

Инструкция FTC:

Перевод контента gm0

gm0 - сайт, который включает информацию о соревнованиях FTC: создание и работу в команде, сборку и программирование робота, разбор наград и социальной активности. Это открытый ресурс для всех, интересующихся робототехникой.

[ОСНОВНОЙ САЙТ](#)



Начните здесь

Вы rookie команда? Новички в FTC? Или просто хотите освежить свои знания? Ознакомьтесь с этим разделом, чтобы увидеть тщательно подобранный список самых полезных страниц!

Быть в команде

Описывает, как начать, организовать и эффективно управлять командой.

Навыки проектирования

Описывает общие навыки проектирования, включая процесс инженерного проектирования, стратегию дизайна и использование CAD.

Hardware компоненты

Сравнивает варианты комплектов, содержит список полезных инструментов и общие советы.

Общеупотребительные механизмы

Содержит описания, преимущества/недостатки и примеры распространённых механизмов, включая приводы, рычаги, линейное движение, захваты и датчики. Также охватывает рекомендации по проектированию и передаче мощности.

Кастомное производство

Описывает, какие материалы подходят для использования и детали, касающиеся 3D-печати и обработки.

Электроника и компоненты движения

Описывает проводку, системы управления, моторы, серводвигатели и датчики

Программное обеспечение

Охватывает различные темы, связанные с software.

Полезные ресурсы

Список полезных ресурсов с описаниями, отмечены особенно важные из них, на которые нужно обратить внимание.

Знайте свой жаргон

Список часто используемого сленга FTC и их значений.

Appendix

Содержит глоссарий, галерею дизайнов роботов и информацию о конкретных поставщиках.



Миссия



Приветствуем вас! Спасибо, что уделите время на прочтение **Game Manual 0** - основного ресурса для новых и начинающих команд **FIRST Tech Challenge** переведенный командой **PID**. Если вы новичок или только что создали команду, мы особенно рады принять вас в сообществе **FIRST**. Мы хотим сделать ваши первые шаги и переход в FTC максимально простыми, поделившись опытом и советами, накопленными за годы.

Цель **Game Manual 0** - создать всеобъемлющее руководство для команд. Физических ресурсов для FTC не так много, а онлайн-материалы разбросаны по всему интернету. Как правило, главным препятствием для новых команд становится отсутствие базы знаний, ведь робототехника - это относительно новая область **STEM**. У новых команд также может не быть связей с опытными командами, которые могли бы наставлять или давать советы в течение сезона. В результате они остаются в неведении, пытаются разобраться самостоятельно, зачастую без видимого пути. Хотя процесс обучения невозможно сократить, **Game Manual 0** стремится устранить эти трудности, предоставляя стартовое руководство по аппаратной и программной части **FIRST Tech Challenge**.

Читая **gm0**, важно учитывать перспективу его авторов. Многие команды, участвовавшие в его создании, являются опытными командами-чемпионами высокого уровня в FTC. Это означает, что большинство наших рекомендаций даны почти исключительно с точки зрения конкурентных преимуществ. Например, команды могут одинаково эффективно учиться, используя как набор **Tetrix**, так и набор **goBILDA**. *То, что у одной команды есть конкурентное преимущество, не означает, что у другой есть недостаток в обучении.* В **gm0** содержится множество полезной информации и знаний (таких как FTC и основные инженерные принципы) для всех команд, включая команды, которые в первую очередь стремятся учиться, а не соревноваться. Однако отнеситесь к нашим рекомендациям со всей серьезностью. Мы хотим помочь всем командам в FTC, но, поскольку опыт авторов работы основан на конкуренции, некоторые части руководства могут быть *неприменимы* к некоторым командам.

Кроме того, руководство изначально было написано с расчетом на маленькую аудиторию - молодые команды, которые недавно начали свой путь в FTC. Все рекомендации, как правило, ориентированы на более неопытные команды. Однако за последние пару лет **gm0** расширили руководство, чтобы оно содержало более подробные сведения по более сложным темам. Мы надеемся, что перевод **Game Manual 0** будет полезным как для новичков, так и для "ветеранов".

Прежде чем углубиться в суть, хотим сделать небольшую оговорку: этот гайд не является **"Как создать робота-победителя чемпионата"**. Его цель - просто предоставить знания, рекомендации и подсказки о том, как начать и развивать работу.

 Заметка

Крайне важно, чтобы все команды учились правильному подходу (следуя процессу инженерного проектирования), а не изучали пошаговые инструкции или готовые руководства. Поэтому, несмотря на множество советов в Game Manual 0, конкретные шаги не включены. Удачи и приятного времяпрепровождения в FTC!

Узнайте терминологию

Многие команды могут быть незнакомы с различными **терминами и жаргоном**, которые часто используются на соревнованиях и встречах. Мы собрали руководство по часто используемым терминам, чтобы помочь вам быстрее освоиться.

Соревнования

Партнёр по реализации программы (PDP)

Директор или группа директоров, отвечающих за мероприятия и деятельность в конкретном регионе. Ранее назывались "Партнёры-аффилиаты (AP)".

Квалификационный турнир (Qualifier)

Турнир с 5–6 квалификационными матчами и финальной серией на вылет (лучший из трёх матчей). Включает судейство. Победители проходят на уровень штатов/регионов.

Матч лиги (League Meet)

Менее напряжённое соревнование, на котором матчи идут в зачёт рейтинга команды в Лиговом турнире. Судейство отсутствует.

Турнир лиги (League Tournament)

Турнир с рейтинговыми матчами и серией матчей на вылет для команд этой лиги. Включает судейство. Победители проходят на уровень штатов/регионов. Иногда называют "Чемпионатом Лиги".

Альянс (Alliance)

Группа из двух, а в финальной стадии — двух или трёх команд, которые соревнуются вместе. В матчах на вылет каждая команда должна участвовать хотя бы один раз.

Очки рейтинга (RP)

Основной показатель в рейтинге на традиционных мероприятиях. В сезоне Power Play команда получает 2 RP за победу в квалификационном матче, 1 за ничью и 0 за поражение.

Очки тайбрейка (TBP)

Вторичный показатель в рейтинге команд на традиционных мероприятиях, первичный — на удалённых. В сезоне Power Play разделяются на два типа: TBP1 (очки в автономный период альянса/команды) и TBP2 (очки в конце игры).

Квалификационный матч (Qualification Match)

Матчи (обычно 5), где альянсы формируются случайным образом. Они используются для определения рейтинга команд.

Матч на вылет (Elimination Match)

2 альянса из 2 или 3 команд соревнуются в серии до двух побед (лучший из 3 матчей), чтобы определить победителя. Также называются "elims".

DC мотор

Открытая система RS-555 серии 12-вольтовых моторов, используемых для управления механизмами. Максимум 8.

Сервопривод (Servo)

Закрытая система с сервоприводами для точного перемещения. Управляется с помощью PWM-сигналов. Максимум 12.

Приводная система (Drivetrain, DT)

Механизм, отвечающий за передвижение робота.

Интейк (Intake)

Механизм, подбирающий игровые элементы с поля с помощью вращательного движения.

Клешня (Claw)

Механизм, подбирающий игровые элементы посредством захвата.

Линейное выдвижение/Слайд (Linear Extension/Slide)

Механизм, выдвигающий части робота за пределы начальной конфигурации по линейной траектории.

Рука (Arm)

Механизм, увеличивающий досягаемость робота через вращательное движение или движение по нескольким осям.

REV Expansion Hub

Контроллер оборудования робота, подключённый к телефону Robot Controller. Управляет 4 моторами с энкодерами, 6 сервоприводами и различными сенсорами через цифровые, аналоговые и I2C порты. Максимум 2 хаба.

REV Control Hub

Интеграция Expansion Hub и телефона Robot Controller. Выполняет те же функции, что и Expansion Hub, но исключает необходимость в телефоне Robot Controller. Можно использовать 1 Expansion Hub вместе с 1 Control Hub.

Driver Station (DS)

Android-телефон, подключённый к игровому контроллеру. Водители используют DS для запуска/остановки робота.

Robot Controller

Android-телефон, подключённый к Expansion Hub. Соединяется с DS через Wi-Fi Direct.

Игровой контроллер (Gamepad Controller)

Контроллер в стиле Xbox или PS4, используемый водителем для управления роботом во время управления с пульта. Максимум 2.

Быть в команде

Советы по созданию, управлению и организации команды, а также по аутричу и маркетингу

Создание команды

Вы хотите создать команду FTC? Вот как это сделать! Эти советы помогут вам запустить процесс, включая набор участников и наставников, организацию структуры команды и формирование бюджета.

Обращайтесь к местным организациям, чтобы привлечь новых тиммейтов

Скорее всего, если вы интересуетесь робототехникой, в вашем регионе найдется немало людей, заинтересованных в том же! Их привлечение - это распространение вашей идеи и повышение интереса к вашей **команде**, а для этого реклама - это все. Сделайте **броский флаер** и проведите пару **интересных встреч**! Полезный совет, чтобы привлечь людей на них, - приносите еду - люди обожают **бесплатную еду**...

На этих интересных мероприятиях обсудите, насколько FTC интересен и полезен для тех, кто в нем участвует. Убедитесь, что у вас есть информация как для **родителей**, так и для **учащихся**! При наборе персонала следите за тем, чтобы все были вовлечены - люди, возможно, еще не осознали, что их увлечения лежат в сфере деятельности **FIRST**, и они могут проявить творческий подход, если им представится такая возможность!

Совет

Чтобы создать устойчивую команду, старайтесь привлекать участников, начиная с 7 класса и старше. Это обеспечит постоянный приток новых участников. Ключ к устойчивому развитию - новые лица!

Обязательно сохраняйте контактную информацию всех участников, чтобы вы могли связаться с ними и поддерживать их интерес.

-Поиск менторов

Поиск менторов

Этот шаг может быть **сложным**, но он чрезвычайно **важен**: хорошие менторы могут определить, станет ли ваш сезон **успешным** или **неудачным**! Обратите внимание на слово менторы во множественном числе. Сильная команда наставников поможет справиться с различными инженерными и организационными задачами на протяжении сезона. Один ментор также может быть полезен, но его времени и знаний может не хватить на всё.

Чтобы найти менторов, начните с обращения к учителям **STEM-дисциплин** в вашем регионе. Также вы можете связаться с местными предприятиями и узнать, готовы ли их сотрудники помочь вашей команде. Набор новых участников может упростить процесс: если новый ментор знаком с кем-то из команды, ему будет легче интегрироваться. Хотя удалённое наставничество через сообщения или видеозвонки возможно, личные встречи гораздо **эффективнее** для объяснения и демонстрации технических и программных концепций.

! Важно

Для участия в соревнованиях команды обязаны иметь минимум двух менторов старше 18 лет. Дополнительные(неофициальные) наставники могут быть моложе, но все они должны пройти проверку безопасности FIRST (Youth Protection Screening). Эта процедура проводится ежегодно, организуется FIRST и является бесплатной.

Хотя родители и родственники могут быть полезными наставниками, важно также иметь наставников извне, чтобы команда могла существовать даже после выпуска текущих участников.

Как правило, менторы выполняют **несколько основных функций**. Некоторые из них могут быть чисто техническими и давать советы по работе с вашим **роботу и инженерной документацией**; некоторые наставники сосредоточены на "soft skills", таких как **лидерство, сбор средств, маркетинг и командная логистика**. Многие менторы стирают границы между этими ролями, но некоторые предпочитают придерживаться той или иной области.

🎯 Совет

Не бойтесь привлекать наставников, которые не заявляют о себе как о высокотехнических специалистах. Иногда они оказываются лучшими.

-Структура команды

Эффективная структура вашей команды

Существует 3 общие структуры команды, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки:

Школьная команда

Участвуйте в качестве школьной команды / клуба, финансируемого школой. Следите за бюрократией в отношении средств и комплектующих деталей. Также будьте осторожны на поле :)

! Важно

Если вы создаете школьную команду, обязательно выясните, можете ли вы принять внешнее спонсорство. Это может повлиять на ваше финансовое планирование и сбор средств.

Преимущества:

- Легче поддерживать деятельность команды.
- Потенциальная возможность получать стабильное финансирование.

Недостатки:

- Меньшая свобода в составлении расписания для тренировок.
- Ограничения на закупку деталей по школьным правилам.
- Необходимость ежегодно конкурировать за финансирование.
- Ограниченные или полностью отсутствующие возможности для летних тренировок.

Домашняя команда (Home team)

Работайте из дома или гаража. Бюджет формируется за счёт привлечённых средств.

Преимущества:

- Более гибкий график тренировок.
- Отсутствие ограничений на закупку деталей.

Недостатки:

- Сложнее привлекать спонсоров.
- Ограничения по пространству и условиям в жилом помещении.

Команда сообщества (Community team)

Это самый сложный формат для организации, но он предоставляет максимальную гибкость.

**Заметка**

Если вы выбираете путь команды сообщества, рассмотрите возможность сотрудничества с местной некоммерческой организацией. Это значительно сократит затраты времени и усилий по сравнению с созданием собственной организации. Многие организации, такие как 4-H, отряды скаутов, объединения для обучения на дому и библиотеки, с удовольствием расширяют свои программы, особенно в сфере STEM, если вы предложите убедительную идею.

Преимущества:

- Возможность иметь выделенное пространство для тренировок.
- Полная свобода в составлении графика тренировок.
- Отсутствие ограничений на закупку деталей.

Недостатки:

- Сложнее поддерживать стабильную деятельность команды.
- Требуется выполнение множества административных задач

-Поиск финансирования

Поиск финансирования

В конечном счете, способ финансирования вашей команды зависит от того, какую структуру вы используете.

Школьная команда

Если вы решите создать школьную команду, вам следует обратиться к своему управляющему, школьному совету и директору школы. Обязательно пригласите одного-двух преподавателей STEM и, возможно, даже администратора учебной программы.

Чтобы эффективно представить вашу идею создания FTC команды, все три предложения (школьная команда, домашняя команда, команда сообщества) должны следовать единой структуре.

Создавая команду FTC, убедитесь, что вы выделяете **ценностное предложение** (преимущества, которые вы получите): опыт **получения** образования, **подготовка** будущих специалистов в области STEM, повышение потенциала технологической **экономики** региона и т.д. Возможно, вам это кажется неважным, но многие лица, принимающие решения, учитывают эти факторы при принятии решения об утверждении вашей команды!

Не занижайте свои бюджетные потребности!

Вот разбивка типичного бюджета на сезон FTC (FIRST Tech Challenge):

- Регистрация в FIRST – 295 долларов. Это позволяет зарегистрировать команду и участвовать в соревнованиях.
- Региональные сборы и участие в соревнованиях – варьируются в зависимости от региона, от 250 до 800 долларов или больше. Свяжитесь с местным партнером программы для уточнения.
- Комплект игрового поля на сезон – 450 долларов.
- Поле для соревнований – 659 долларов. Если бережно обращаться с плитками поля, его замена потребуется примерно раз в 2–3 года.
- Набор управления и связи FIRST – 265 долларов.
- Электронный набор FIRST – 282 доллара.
- Дополнительный Expansion Hub для увеличения возможностей робота – 250 долларов. При аккуратном использовании эти покупки делаются один раз.
- Стартовый набор goBILDA FTC – 600 долларов (с учетом скидки для FTC). Этот комплект рекомендуется для начала работы с основным оборудованием. Если заранее проектировать робота в CAD, можно сократить расходы.
- Дополнительные деньги на датчики и сервоприводы – до 100 долларов за единицу. Предположим, 2 сервопривода и 3 датчика, это 500 долларов.

Вышеприведённый бюджет составляет около **4000 долларов** стартовых затрат и примерно **2500 долларов** ежегодных расходов. Вы, безусловно, можете начать команду с меньшим бюджетом, но если у вас есть возможность запросить больший бюджет, воспользуйтесь этим шансом!

Если вы не можете достичь нужного уровня финансирования, можно сделать бюджет более управляемым следующими методами:

Фандрайзинг и спонсорство — важнейшие способы обеспечить выживание команды. Ознакомьтесь с руководством по фандрайзингу (скоро будет доступно) для получения дополнительной информации.

Также в течение сезона можно применять несколько общих мер по снижению затрат, включая:

- Контроль за запасами и избегание избыточного заказа деталей.
- Аккуратное обращение с деталями.
- Использование #black-market на Discord FTC для приобретения бывших в употреблении деталей.
- Подачу заявок на сезонные гранты FTC и использование скидки goBILDA для FTC.
- Инвестирование в 3D-принтер для самостоятельного изготовления деталей.

- Если вы используете кастомные металлические детали, обращение к сервисам, таким как SendCutSend или Fabworks, которые обычно обходятся дешевле, чем внутреннее фрезерование на станке с ЧПУ.

Домашняя команда (Home team)

Для домашних команд обратитесь с предложением к своим родителям или опекунам! Они, скорее всего, будут брать на себя большую часть забот, так что будьте добрыми и вежливыми :)

Команда сообщества

Если вы обращаетесь с предложением к общественной некоммерческой организации, обязательно подчеркните, как участие в программе FIRST поможет ей развиваться. Предложите свою помощь и помощь вашей команды в качестве волонтеров для поддержки их программ, особенно связанных с STEM. Это поможет создать взаимовыгодное сотрудничество.

Организация команды

Группа людей - ничто без структуры и организации. Изучение индивидуальных особенностей каждого из ваших товарищей по команде для совместного создания роботов превратит вас в силу, способную справиться даже с самыми сложными игровыми задачами. В этой статье рассказывается об организации и сотрудничестве в команде, обмене знаниями, благородном профессионализме и создании безопасной командной среды.

Структура команды -Структура команды

Первый шаг в организации команды - это определение ролей. Обычно команды FTC организованы в подразделения: инженерия, программное обеспечение и outreach, с различными подгруппами для выполнения разных задач - например, в подразделении outreach может быть подгруппа, работающая над связями с промышленностью. Кроме того, ваша команда, вероятно, сформирует межподразделенческие группы, такие как команда драйверов и команда волонтеров.

Для эффективного управления этими подразделениями необходимо установить тщательно подобранную структуру руководства - лидеры должны обладать хорошими навыками делегирования и быть готовыми способствовать обучению тех, кто назначен в их подразделение. Дополнительно может быть выбран капитан, который будет следить за деятельностью лидеров подразделений.

Совет

Каждый участник команды должен сам решать, в каком подразделении он хотел бы работать, поскольку люди более эффективно выполняют задачи, которые им интересны! Кроме того, каждый участник должен быть вовлечен в outreach в той или иной форме, чтобы познакомиться с сообществом и понять важность выступлений. Это улучшит ваши презентации перед жюри.

Наконец, вашей команде нужно будет решить, когда она будет встречаться. Из недели в неделю это будет зависеть от объема работы, который нужно выполнить, но рекомендуется запланировать 1-2 обязательные еженедельные встречи для эффективности труда.

-Получение знаний

Получение знаний

Команды должны стремиться расширить свои знания о дизайне, программном обеспечении и работе с аудиторией FTC как до, так и во время сезона. Чем больше вы будете знать и приобретать опыт, тем легче вам будет решать инженерные задачи, с которыми вы столкнетесь.

Практика летом

Летние проекты - отличный способ изучить концепции роботов и начать работу с outreach. Например, ваша команда могла бы изучить различные конструкции лифтов и составить матрицу решений с учетом сильных и слабых сторон. Чаще всего разработанные вами конструкции будут использованы в вашем соревновательном роботе в предстоящем сезоне - и, несмотря на это, механические приемы, которым вы научитесь, будут полезны. Общение с представителями STEM-компаний до начала сезона поможет вам получить информацию, которая может оказаться полезной в предстоящем году, а планирование и реализация информационно-пропагандистских инициатив в вашем сообществе даст вам толчок к началу сезона.

Создавайте и используйте ресурсы.

Чтобы начать процесс обучения, вам может пригодиться Game Manual O! Попросите свою команду ознакомиться с приведенными здесь ресурсами и использовать их в качестве отправной точки для создания собственной базы знаний. Обязательно ознакомьтесь с разделом "Полезные ресурсы", где каталогизирована другая полезная информация. Кроме того, создание собственных ресурсов позволит вашей команде изучить различные методы и материалы и предоставит полезную документацию для будущих членов команды. Вы можете создать библиотеку позволенных датчиков FTC и комплектов goBILDA. Обязательно вовлеките всех своих сотрудников в эти процессы.

Обучение членов команды несколькими ролям

Это, на наш взгляд, самый важный совет, связанный с знаниями. Когда все члены команды осваивают хотя бы один навык за пределами своей основной области, это значительно повышает сотрудничество и эффективность. Программисты, которые умеют работать в CAD, смогут разрабатывать и интегрировать собственные корпуса для сенсоров, что снизит нагрузку на команду инженеров. Инженеры, которые знают о процессе outreach, смогут лучше писать свои части и более эффективно представлять свои разработки на судейских презентациях. Люди, занимающиеся outreach, которые понимают механические и программные процессы своего робота, становятся более эффективными.

Создание программы обучения для новичков

Когда новые члены присоединяются к вашей команде, некоторые из них, вероятно, не будут знать, как строить и программировать робота, или могут иметь опыт работы с другими техниками и программным обеспечением. Документируйте конкретную программу вступления для ваших новых участников - какие логины вы должны им предоставить? Какие программы они должны изучить? Какие методы проектирования им нужно будет освоить? Назначьте ответственных членов команды для обучения младших участников этим техникам и для передачи своих знаний.

-Благородный профессионализм

Благородный профессионализм

Команды должны проявлять добросердечность и профессионализм как на тренировках, так и на мероприятиях. Подчеркните своим участникам, что каждый из них является представителем вашей команды. Поощряйте их активно помогать другим командам на онлайн и оффлайн мероприятиях. Наконец, следите за атмосферой в команде и убедитесь, что все хорошо ладят друг с другом и проявляют уважение.

-Безопасность

Создание безопасной окружающей среды

Ваша команда должна стремиться быть как можно более инклюзивной. Убедитесь, что другие участники не делают гомофобные, сексистские, расистские или трансфобные шутки, и объясните им, почему этого нужно избегать. Активно следите за тем, чтобы не создавать культуру "клуба мальчиков", где женщин объектируют или игнорируют, и убедитесь, что каждый участник чувствует себя комфортно на своей позиции. Каждый должен ощущать уют в команде.

-Командная идентичность

Командная идентичность

Создайте логотип для вашей команды и соответствующий стиль по шрифтам и цветам для поддержания консистентности при создании маркетинговых материалов. Это облегчит процесс разработки постеров, флаеров, футболок, стикеров и даже корпуса для вашего робота!

Коллаборация и сотрудничество

FTC построен на сотрудничестве, и существует несколько способов сделать его максимально эффективным. Вот как!

Зачем сотрудничать?

Преимущество сотрудничества заключается в расширении креативности. Члены вашей команды не идентичны - у каждого есть свой подход к решению проблем. Сочетание этих уникальных подходов часто приводит к креативным, эффективным и действенным решениям как в программировании, так и в механике.

Общее сотрудничество

Руководство вашей команды должно ежедневно обсуждать статус своих подразделений-это важно для обеспечения бесперебойной работы команды. Для организации разговоров можно использовать платформы, такие как Discord и Slack. Кроме того, такие совместные платформы, как Canva и Google Drive, идеально подходят для хранения инженерной документации, презентаций для судей и маркетинговых материалов. Чем больше материалов будет доступно членам команды, тем больше они смогут внести свой вклад.

Идеально, чтобы каждый участник также открыто документировал проекты, над которыми работает. Таким образом, если другому члену нужно будет взять на себя задачу или улучшить проект, он сможет эффективно работать, используя доступную публичную документацию.

Совет

Проводите обязательные собрания не реже одного раза в неделю и сообщайте о прогрессе каждого подразделения. Это позволит вашей команде получать актуальные знания о вашем роботе и предлагать идеи на каждом этапе проектирования, программирования и работы с outreach.

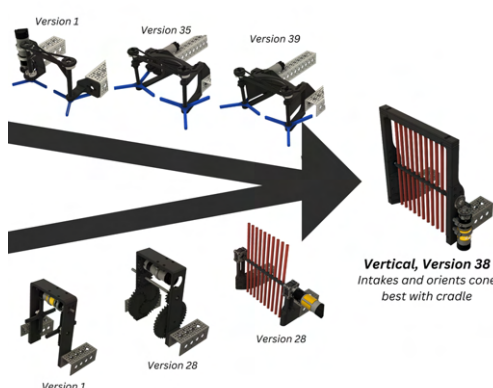
Сотрудничество в дизайне

Ваши инженеры, вероятно, имеют разные стили строения робота и механические предпочтения, и их командная работа может улучшить функциональность вашего робота.

Конкурентоспособный дизайн

Один из способов максимально раскрыть творческий потенциал ваших инженеров - создать прототип на конкурсной основе. 2-3 билдера выбирают механизм и разрабатывают свой собственный подход к дизайну, затем создают физический прототип, чтобы протестировать его на соответствие определенным критериям. Наиболее успешный вариант объединяет в себе наиболее удачные компоненты каждого из них и постоянно совершенствуется отдельным членом команды.

Самое большое преимущество такого подхода заключается в том, что вы можете интегрировать аспекты личных приемов каждого участника.



7149 Enforcers, PowerPlay, пример соревновательного прототипирования. Два их дизайнера создали прототипы для механизма захвата (интейка), а финальный оптимизированный дизайн объединил лучшие аспекты каждого из прототипов.

CAD

Ваша команда инженеров (а при возможности и вся остальная команда) должна иметь доступ ко всем вашим проектам. Совместное использование 3D моделей позволяет участникам команды помогать друг другу, делясь техниками и приёмами, а также позволяет вашей аутрич-команде легко создавать рендеры для презентаций и маркетинга.

Это можно реализовать с помощью программ, основанных на общих папках, таких как Onshape или Fusion 360. Также это возможно с использованием других CAD-программ, таких как Solidworks или Inventor, но обычно их настройки значительно сложнее.

Software коллаборация

Организовать совместную работу над программным обеспечением проще. Код робота должен быть под версионным контролем, независимо от размера вашей команды программистов. Обучение участников работе с общим репозиторием на GitHub - это простой способ наладить сотрудничество.

Кроме того, можно использовать парное программирование (когда несколько участников пишут код вместе за одним компьютером), что помогает быстрее находить и исправлять ошибки.

Эффективность

Сотрудничество работает только при эффективном подходе. Вот несколько советов!

- **Работайте из дома.** Командные встречи следует использовать для обсуждения между подразделениями, принятия решений и физического тестирования частей робота. Итерации дизайна в CAD можно создавать и просматривать дома, а программное обеспечение писать вне часов практики. Это даст больше времени для тестирования и анализа.
- **Эффективно делегируйте задачи.** Руководители подразделений должны быть фасилитаторами, распределяя задачи среди членов команды в зависимости от их навыков. Если работа концентрируется у одного-двух человек, общий рабочий процесс замедляется. Доверяйте своим товарищам.
- **Соблюдайте дедлайны и не откладывайте на потом.** Установленные сроки позволяют лучше планировать сезон, а чем раньше вы начнёте до дедлайна, тем больше времени будет для помощи, решения неожиданных проблем и доработок.
- **Делитесь.** Если члену команды приходится искать документацию или письмо, которое вы должны были отправить, это создаёт административные трудности. Убедитесь, что вы добавляете нужных людей в копию писем и делитесь своей работой со всей командой.
- **Не скрывайте проблемы.** Если вы что-то сломали или неправильно рассчитали, не пытайтесь это замаскировать. Ваши товарищи по команде (и они таковыми останутся!) с пониманием отнесутся и помогут исправить ошибку. Быть всегда правым невозможно, ошибки делает каждый!
- **Чаще общайтесь с подразделением и командой.** Общение — ключевой фактор на командной работе. Это позволяет быстро решать проблемы, генерировать новые идеи и использовать креативность всей команды.

Основы outreach

Руководство по созданию портфолио вашей команды учитывая влияние outreach.

Что для вас важно?

Многие команды рассматривают аутрич исключительно как способ получить награды. Хотя действительно, награды Motivate и Connect зависят от уровня аутрич-активности, но это гораздо больше, чем просто критерий оценки. Как команда FTC, вы обладаете уникальной возможностью создавать положительное влияние на окружающий мир. Чтобы раскрыть свой потенциал, сфокусируйтесь на тех аспектах аутрича, которые для вас действительно важны.

Совет

С точки зрения судейства, также легче говорить на темы, которые вам действительно безразличны и в которые вы вовлечены.

Многие команды часто надеются создать масштабные программы, которые повлияют на десятки тысяч человек. Однако множество небольших программ по аутричу могут быть более эффективными, чем одна большая и неуклюжая инициатива, которая, возможно, так и не будет реализована. Подумайте о том, что нужно вашему региону — возможно, вашей библиотеке требуются волонтеры для преподавания STEM или местной команде FLL необходим наставник. Может быть, в вашем районе вообще нет других команд FLL или FTC. Как бы то ни было, ваша цель должна заключаться в продвижении STEM и программы FIRST в вашем сообществе.

Заметка

Создайте план! Любое мероприятие по аутричу должно быть изложено в бизнес-плане, документируя, как оно помогает расширить охват вашей программы. Этот план должен также содержать видение вашей команды, цели бюджета и задачи по росту.

Распространение информации

Как только вы определитесь с программами, которые хотите создать или к которым хотите присоединиться, определите, с кем нужно связаться и что нужно предложить. Посмотрите раздел «Как представить вашу команду», чтобы узнать больше советов о том, как правильно составить ваше предложение.

Motivate

Представьте, что вы решили проводить еженедельные STEM-вечера в вашей местной библиотеке.

Предложение: STEM-вечер, организованный x участниками местной робототехнической команды в x день недели, в течение x недель.

- Напишите электронное письмо администрации вашей библиотеки и укажите в копии (СС) библиотекаря, с которым вы знакомы, представляя вашу команду и описывая вашу идею.

- Подчеркните, что вы выделите ресурсы команды и участников для реализации этой идеи в течение указанного вами времени.
- Назначьте конкретных участников для этой программы и подключите их к разговору.
- Работайте с библиотекой, чтобы определить время для проведения STEM-вечера каждую неделю.
- Наконец, назначенные участники работают вместе, чтобы заранее составить планы уроков и создать рекламные материалы для распространения в социальных сетях и среди друзей/семьи.

Fundraising

Ваша команда придумала идею для сбора средств — упаковывать покупки в местном супермаркете.

Предложение: Поддержите местных студентов STEM, позволив местной робототехнической команде упаковывать покупки в вашем магазине!

- Посетите местный супермаркет и поговорите с менеджером или представителем службы поддержки, чтобы вежливо представить свою команду.
- С уважением попросите, чтобы вам разрешили упаковывать покупки для клиентов и установить банки для чаевых.
- Получите контактную информацию человека, с которым вы разговаривали, и напишите последующее письмо, поблагодарив его и подтвердив дату и время.
- Назначьте участников для создания рекламных материалов, чтобы поделиться ими в социальных сетях и с друзьями/семьей.

Connect

Обращение к местным компаниям для создания связей и получения спонсорства довольно похоже. Отправляйте много электронных писем с просьбой о помощи или спонсорской поддержке. Постарайтесь связать инженерные проблемы, с которыми вы сталкиваетесь в сезоне, с конкретной организацией, от которой вы просите помощь; это может упростить для компании оправдание пожертвования своих денег или времени.

Отличный способ найти компании для обращения-это через вашу местную Торгово-промышленную палату (используйте Google для поиска их сайта), которая обычно предоставляет большой список членствующих компаний в вашем регионе. Попробуйте отправить одно письмо каждой компании в этом списке. Также нацеливайтесь на организации в ближайшем крупном городе если вы живете за городом.



Совет

Рекламные материалы должны быть яркими и включать брендинг вашей команды, с акцентом на лаконичный дизайн. Ваша цель - максимизировать передачу информации, используя как можно меньше слов.

Общие советы по аутричу:

- **Обращайтесь за пожертвованиями заранее.** Компании с большей вероятностью будут готовы пожертвовать деньги с сентября по ноябрь, когда они завершают финансовый год. Обращайтесь за спонсорством и пожертвованиями в это время, так как вы столкнетесь с большим успехом.
- **Соберите больше денег, чем нужно.** Никогда не знаешь, когда понадобится купить детали в экстренном случае или неожиданно квалифицироваться на чемпионат мира. Наличие дополнительного финансирования никогда не будет лишним.
- **Будьте последовательными.** Легко забыть о внешнем взаимодействии, когда строишь робота. Однако программы, которые существуют долгое время, отличаются постоянной деятельностью по аутричу, так как это создает связи в сообществе для набора участников и сбора средств.

- **Будьте настойчивыми.** Если ваша идея не сработала с первого раза или не принесла ожидаемого успеха, не сдавайтесь! Оцените, что пошло не так, и попробуйте снова.
- **Диверсифицируйте.** Старайтесь организовывать как можно больше уникальных мероприятий, это будет интересно и полезно!
- **Поддерживайте отношения.** Отправляйте благодарственные письма организациям, которые вас принимают и с вами работают, и держите их в курсе успехов вашей команды. Гораздо легче попросить о помощи у организации, которая поддерживает вашу команду.
- **(Уважительный) email-спам всегда работает.** Отправляйте много писем. Ваша цель — отправить более 100 писем за сезон по каждой категории: сбор средств, связи и спонсорство. Чем больше писем вы отправите, тем выше шанс получить ответ.
- **Посещайте компании лично.** Игнорировать личное посещение компании гораздо сложнее, чем игнорировать электронное письмо. Подготовьте односторонний флайер и краткую презентацию, помните, что у вас есть ограниченное количество времени, чтобы произвести впечатление на человека, с которым вы разговариваете.

Домашнее ведение:

1. Ведите список программ, которые ваша команда создала или к которым она внесла вклад.
2. Убедитесь, что вы фотографируете каждый проект с участниками команды.
3. Отслеживайте следующие показатели:
 - Reach (Охват) — физическое взаимодействие или наблюдение за вашей командой.
 - Engagement (Вовлеченность) — сколько людей взаимодействовали с вашей командой/вы взаимодействовали с ними (например, посещение мероприятий).
 - Impact (Воздействие) — сколько людей непосредственно затронули ваши мероприятия.
 - Conversion (Конверсия) — сколько людей приняли участие в вашей программе.
4. Если вы хотите включить эти статистические данные в вашу конкурсную презентацию или портфолио, убедитесь, что вы придерживаетесь «Определений наград», приведенных в приложении Game Manual, которые описывают термины, относящиеся к аутричу. Эти термины: Started, Mentored, Assisted, Provided Published Resources, Ran, Hosted, Reached, Advocated.

Представление вашей команды

Обращаться и привлекать внимание трудно. Вот несколько советов, как продвигать свою команду!

Типы презентаций

В рамках аутрича вам, как правило, предстоит представить какую-то идею человеку или организации. Вот несколько примеров различных структур презентаций:

Холодный звонок

Это тип презентации, при которой вы обращаетесь к человеку или организации, с которым ранее не взаимодействовали. Задача — быстро заинтересовать собеседника, представить свою команду и цель, с которой вы обращаетесь. Важно быть кратким, четким и уверенным.

Стартап

Презентации стартапов проводятся при встрече с потенциальными партнерами или спонсорами. Обычно они сопровождаются слайд-шоу и направлены на представление идентичности вашей команды и уникальных целей, отличие от других команд, а также объяснение, почему стоит выбрать именно вас.

Элеваторная презентация

Этот тип презентации должен быть кратким и эффективным, так как предполагается, что у вас есть не более 30 секунд (или время, которое займет поездка в лифте), чтобы заинтересовать собеседника. Важно быть ясным, представить свою команду и цель, с которой вы обращаетесь, и выделить уникальные особенности, которые делают вашу команду особенной.

Социальные сети

Это пост в социальных сетях, предназначенный для продвижения чего-либо — будь то кампания по набору участников, мероприятие или сбор средств. Ваша презентация должна быть короткой и яркой, выделяться на фоне того дизайна, который вы создаете.

Последующее обращение

Наверное, самый важный тип презентации. Последующее обращение может быть использовано для подчеркивания письма, на которое не было ответа, или для подтверждения события, спонсорства или связи. Вы "заключаете сделку" с помощью краткого последующего обращения, которое повторяет основные моменты первоначального письма.

Искусство убеждения

Ваша презентация должна использовать риторические и психологические приемы, чтобы более эффективно убедить вашу аудиторию.

Риторические приемы

Есть три основных риторических приема: пафос, этос и логос. Пафос «трогает за сердце» эмоции человека. Этос — это идея «социальной credibilidad», использующая авторитет оратора. Логос относится к идеям логики, рассуждения и анализа. При создании презентации вы будете использовать все три эти приема, чтобы эффективно убедить слушателя.

Вот краткий пример письма для сбора средств, использующего эти три приема:

Dear Company Name,

We are FIRST® Tech Challenge Robotics Team #XXXX, representing Our School or Organization. Our team competes against 6,500 teams worldwide, and after a hard-fought season from September to now, was selected to represent our region at the FIRST World Championship and compete alongside 191 other teams (x% of teams worldwide)!

However, we now have to raise \$y for registration, transportation, and housing to successfully compete. As a community organization, we rely on the businesses and organizations around us to help us develop future STEM professionals and spread science and technology throughout our region. Even a \$z donation would help us greatly in attending the championship, and we would love to feature your company's logo on our robot with a donation above \$n.

Thank you for your time! We hope you will consider contributing to this monumental opportunity.

Our Team.

Вот примеры различных обращений в этом письме.

Pathos (пафос)

- "...мы зависим от бизнеса и организаций вокруг нас" подчеркивает отчаянную нужду в финансировании.
- "...(х% команд по всему миру)" создает усиленное ощущение важности квалификации на чемпионат мира.
- "Трудный сезон с сентября до настоящего времени" подчеркивает продолжительность времени, которое ваша команда посвящает созданию роботов, и показывает получателям, что ваша команда настроена серьезно!

Логос

- "Развивать будущих специалистов в области STEM и распространять науку и технологии" апеллирует к логической потребности компании в большем числе сотрудников в будущем или к желанию отдельного человека о продвижении общества.
- "Разместить логотип вашей компании на нашем роботе" передает ощутимую маркетинговую выгоду для компании, к которой вы обращаетесь.

Этос

- "Развивать будущих специалистов в области STEM и распространять науку и технологии" также апеллирует к этосу, поскольку ваша команда (непосредственные получатели этих благ) говорит о продолжающихся преимуществах, которые исходят от этого донорства.

Психологические техники

Две основные психологические техники, которые можно использовать для улучшения вашей презентации, — это эффект самоссылки и эффект первичности и недавности.

- 1.Эффект самоссылки определяется как «тенденция людей по-разному воспринимать информацию в зависимости от того, связаны ли они с этой информацией», что в основном означает, что люди лучше запоминают информацию, если они считают, что как-то связаны с ней. Если вы найдете связи между вашей презентацией и вашим собеседником, он будет с большей вероятностью запоминать вас и ваши идеи!
- 2.Эффект первичности и недавности — это «наблюдение, что новая информация воспринимается и запоминается легче в начале и в конце учебной сессии». Это означает, что информация, представленная в начале и в конце презентации, с наибольшей вероятностью останется в памяти вашей аудитории. Чтобы адаптировать свою презентацию с учетом эффекта первичности и недавности, важно разместить самые мощные идеи в начале и в конце вашей презентации.

Будь кратким!

Все представленные в начале статьи примеры питчей основываются на принципе краткости. Люди, которые ежедневно сталкиваются с десятками, сотнями или тысячами запросов о деньгах и помощи, часто имеют короткое внимание. Чтобы выделиться, нужно сжать много информации и риторики в несколько коротких предложений или слайдов.

Определите, как ваша команда связана с контактом, к которому вы обращаетесь, и стройте свой питч вокруг этой связи. Найти общую почву — отличный способ связать себя с контактом и использовать эффект самоссылки! Для этого заранее изучите основные ценности и инициативы компании. Например, если компания активно инвестирует в программы STEM-образования для сообщества, подчеркните, что ваша команда развивает STEM-специалистов уникальным способом. После того, как вы найдете связь между вашей командой и контактом, создайте контент питча, основываясь на этих идеях.

После разработки питча убедитесь, что вся информация релевантна. Удаляйте контент, который не связан с компанией или организацией, которой вы представляете, — это поможет сэкономить время. Если вы решите использовать слайды, сделайте их минималистичными. Перегруженный слайд отвлечет внимание от вашей команды, что плохо — люди лучше воспринимают информацию о людях, чем текстовые блоки. Также, проверяя сценарий или питч, убедитесь, что каждая идея озвучена только один раз. В целом, ваша цель — создать ясную картину вашей команды, ее воздействия и связи с минимумом слов.

Собираем все вместе

Теперь, когда у вас есть эти советы и техники, интегрируйте их в свои презентации, флаеры и сетевые мероприятия! С энтузиазмом и упорным трудом вы, надеюсь, заметите, как ваш успех стремительно растет :)

Как задавать эффективные вопросы

Задавать вопросы эффективно — это один из самых важных навыков, который нужно развивать, особенно для вашей жизни за пределами робототехники. Умение правильно учиться на своих вопросах крайне важно, и поэтому вы должны уметь задавать хорошие вопросы, помогать тем, кто хочет вам помочь, и извлекать максимальную пользу из того, чему вас учат.

Исследуйте в первую очередь

Перед тем как задать вопрос, вам следует провести собственное исследование, чтобы найти ответ. Это займет больше времени и усилий, но крайне важно научиться находить решения самостоятельно и эффективно исследовать, чтобы решать свои проблемы. В конечном счете, это исследование принесет долгосрочную пользу, помогая вам узнать больше о темах, связанных с вашим вопросом, и часто поможет понять корни проблем, с которыми вы сталкиваетесь.

Вот несколько шагов, которые можно предпринять для исследования вашей проблемы:

1. Проверка официальной документации – если доступны документация или инструкции, внимательно изучите соответствующие разделы. Возможно, ваша проблема уже решена или вызвана ошибочным прочтением информации.
2. Google – просто поищите вашу проблему в интернете. Вы будете удивлены, как часто это решает вопрос. Попробуйте сформулировать вопрос разными способами, чтобы найти похожие вопросы, которые могли быть уже заданы. Обратите внимание на ключевые слова, связанные с вашей проблемой, а если это касается программирования, добавьте релевантные сообщения об ошибках и коды.

Совет

При поиске прошлых документов или разделов учебников добавьте «filetype:pdf» в начало вашего запроса, чтобы фильтровать результаты поиска только по .pdf документам.

YouTube — На YouTube есть множество отличных ресурсов, которые могут помочь даже с редкими проблемами.

Reddit и Discord — Подфорум FTC на Reddit и сервер Discord (Полезные ресурсы) могут быть полезными местами для поиска прошлых ответов или для того, чтобы задать свой собственный вопрос. Попробуйте искать прошлые вопросы с ключевыми словами, связанными с вашей проблемой.

Прошлые примеры — Попробуйте найти прошлые реализации той проблемы, которую вы пытаетесь решить. Этот шаг может занять больше времени, так как нужно найти пример, а затем разобраться, как кто-то другой нашел решение, но этот процесс может быть очень ценным. Для программирования исследование репозитория другого человека может дать полезные инсайты. Точно так же для механического дизайна, полезно посмотреть технический блокнот команды или выпуск CAD.

Совет

Для вопросов по программированию иногда полезно искать прошлые реализации через GitHub Code Search. Обратите внимание, что для этого требуется учетная запись на GitHub. Даже если вы не найдете решение, изучение других кодовых баз может многому научить, включая общие стратегии и функции, которые вы, возможно, раньше не видели.

Будьте конкретными

Чтобы другие могли предложить хорошее решение вашей проблемы, им необходимы конкретные детали. Это включает в себя следующие шаги:

1. Разбейте проблему.
2. Попробуйте как можно точнее определить проблему. Например, при сбоях робота постарайтесь собрать как можно больше данных о времени сбоев. Вы можете не понять эти данные сами, но они могут помочь другим решить вашу проблему. Также полезно объяснить, почему вы задаете этот вопрос. Легко застрять на конкретном решении, когда проблема может быть решена совершенно другим способом. Это называется "проблемой XY".
3. Предоставьте контекст.
4. Часто полезно предоставить контекст, например, какие навыки вам новы и могут быть причиной проблемы. Кроме того, информация о ваших ресурсах поможет другим предложить решения, которые будут реализуемыми и эффективными в рамках ваших ограничений. Например, если вам нужно решение в течение недели, упомяните это в вопросе.
5. Поделитесь своим прогрессом.
6. Объясните шаги, которые вы уже предприняли для решения проблемы. Это может включать конкретные методы устранения неполадок или примеры того, что вы изменяли, чтобы решить проблему. Это поможет другим лучше понять вашу проблему и избежать предложений решений, которые вы уже пробовали.
7. Не ограничивайтесь словами.
8. Всегда старайтесь предоставить дополнительные материалы, связанные с вашей проблемой. Это могут быть соответствующие фрагменты кода, файлы CAD, изображения или видео. Все эти материалы помогут другим лучше понять вашу проблему.

Понимание решения

Последний шаг в задавании вопроса — это понимание решения. Это ваша собственная ответственность. Независимо от того, насколько хорош преподаватель, если вы не задаете уточняющие вопросы, вы ограничиваете собственное обучение. Чтобы действительно понять решение, вы должны сделать следующее:

Понять, почему проблема решена.

Как ваша проблема была исправлена? Почему это исправление работает?

Выяснить, почему возникла проблема.

Что стало коренной причиной проблемы? Как можно предотвратить её повторение?

Попросить описать процесс решения проблемы.

Как кто-то другой решил проблему? Как вы можете использовать этот процесс для решения собственных проблем в будущем?

Найти пробелы в своих знаниях.

Какую информацию вам не хватало, что привело к проблеме? Как вы можете развить эту область своих знаний?

Совет

Если ответ на один из этих вопросов не очевиден, попросите человека, который вам помог, предоставить дополнительные пояснения. Если он был готов помочь вам разобраться с исходной проблемой, скорее всего, он поможет вам понять и решение.

Важно

Если вы решили проблему самостоятельно, но уже опубликовали вопрос, обязательно оставьте ответ, в котором описываете, как вы решили проблему. Это уточнение может помочь кому-то в будущем решить подобную задачу гораздо быстрее.

Руководство по проводке

Почему проводка имеет значение?

Вы когда-нибудь заглядывали внутрь своего робота и думали: «Какая путаница из проводов»? Проводка чрезвычайно важна в FTC®, но её часто недооценивают или делают наспех за час до начала соревнований. Однако время, потраченное на правильную проводку робота, играет ключевую роль в его производительности и обслуживании.

Внимание

Настоятельно не рекомендуется игнорировать проводку, однако многие новые команды, кажется, пренебрегают ею или уделяют мало внимания правильной прокладке проводов в роботе.

Хотя проводка может показаться утомительным и не самым увлекательным занятием, она может стать ключевым фактором между победой и поражением. Даже лучший робот в мире не сможет работать, если провод ослабнет или запутается во время матча. Поэтому крайне важно тщательно продумывать проводку при проектировании и сборке робота.

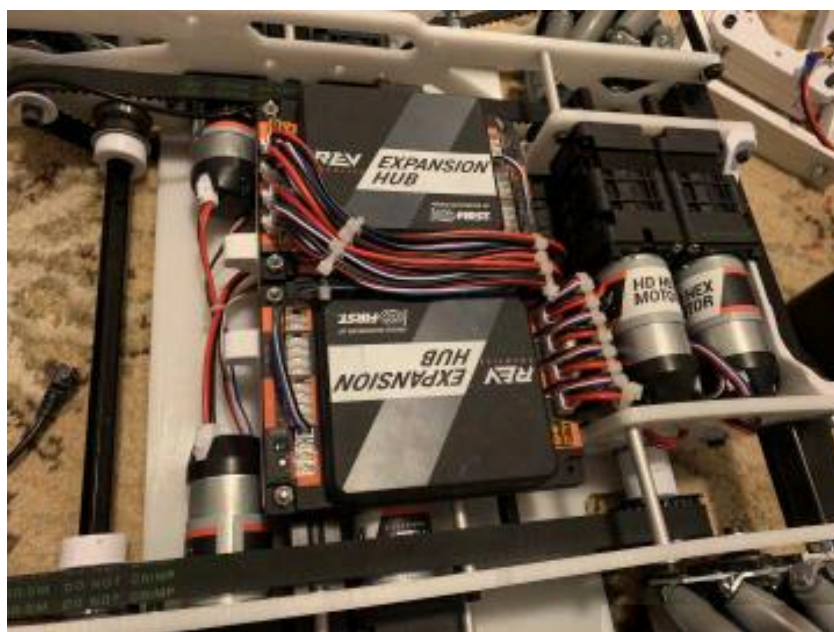
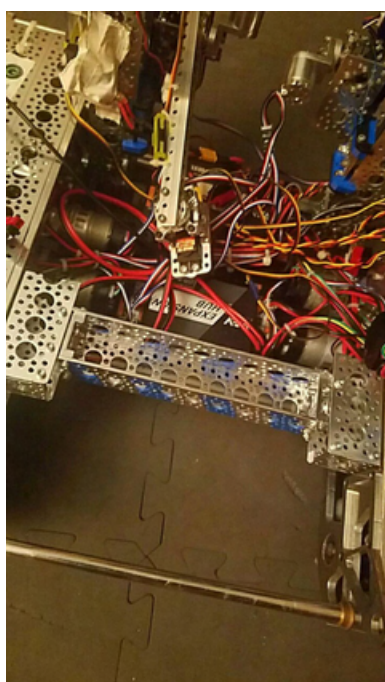
Руководство по проводке FTC от FIRST®

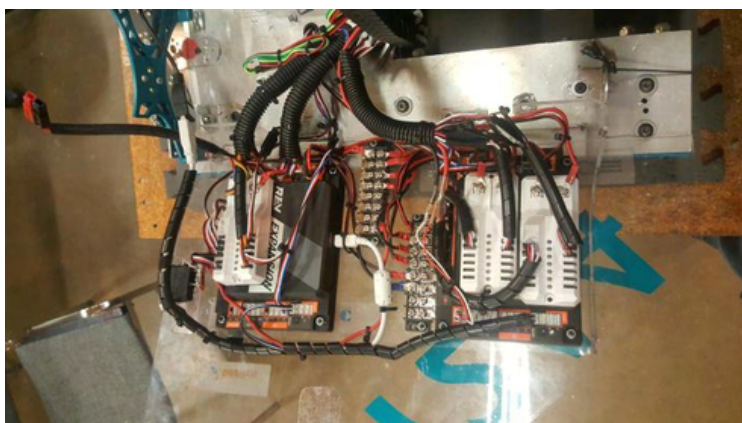
FIRST® создала руководство по проводке, которое поможет командам с такими задачами, как обжим кабелей, пайка соединений и предотвращение статического электричества (ESD), которые не будут рассмотрены в данном руководстве. После того как вы ознакомитесь с основами электроники и проводки здесь, обязательно изучите руководство по проводке FTC для получения лучших практик и дополнительных советов. Кроме того, FIRST подготовила документ по предотвращению ESD, который также стоит прочитать.

Общие советы

- Всегда маркируйте провода! Когда провода собраны в пучок, бывает сложно определить, какой провод к какому порту подключен.
- Собирайте свободные провода вместе, а ещё лучше закрепляйте этот пучок проводов на структурной детали. Это гарантирует, что провода не будут мешать работе механизмов.
- Обращайте внимание на номера портов! REV-хаб обычно имеет несколько портов на одном разъеме. Используйте схему распиновки от REV, чтобы избежать путаницы.
- Считайте каждое проводное соединение потенциальной точкой отказа. Поэтому изолируйте соединения с помощью изолянты и максимально используйте разгрузку натяжения.
- Разгрузка натяжения должна применяться везде, где это возможно. Рекомендуется использовать такие продукты, как крепления USB от REV, а также 3D-печатные средства разгрузки для таких устройств, как Expansion Hub и телефоны роботов-контроллеров.

- НИКОГДА не паяйте провод перед обжатием. Припой может "сползти", что может привести к потере соединения и, возможно, возгоранию.
- Держите все проводные линии как можно короче, чтобы предотвратить запутывание и улучшить управление проводами.
- При использовании кабелей для передачи данных/сигналов держите их подальше от моторов. Это уменьшит электромагнитные помехи (EMI). Если возможно, добавьте ферритовое кольцо.
- Обжатые соединения обычно лучше, чем паяные, так как паяные соединения могут легче сломаться, чем обжатые.
- Держите провода подальше от движущихся механизмов и убедитесь, что они не будут задеты движущимися частями. Для этого можно использовать такие материалы, как акрил, которые позволяют видеть внутренности робота, удерживая провода подальше от других роботов/игровых элементов. Рекомендуется использовать съемные липучки или кабельные стяжки для управления кабелями.
- Для силовых проводов предпочтительны провода меньшего калибра (большего размера). Это обеспечивает меньшее сопротивление и более высокую пропускную способность. Однако для проводов передачи данных это не имеет значения.
- Мелкие провода и кабели хрупкие. Относитесь к ним соответственно и не размещайте их в местах, где они будут постоянно подвергаться ударам. Более крупные силовые кабели выдерживают гораздо больше нагрузки.
- Убедитесь, что провода не попадают в точки заземления, где другой механизм может прижать провод. Это особенно важно для рычагов или механизмов на шарнирах.





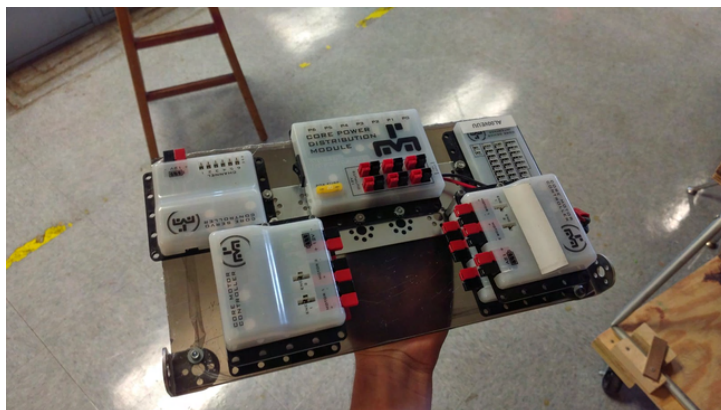
При прокладке проводки уделите время планированию конкретной схемы расположения проводов и их маршрутов по всему роботу. При необходимости создайте что-то вроде панели для электроники! При сборке робота выделите достаточно места для проводки. Это может включать установку трубы из ПВХ для прокладки проводов от задней части робота через нее или использование простых решений, таких как липучки или стяжки.

Совет

Убедитесь, что провода максимально короткие, чтобы снизить риск запутывания.

Однако, когда компоненты выходят за пределы робота, провода движутся вместе с ними. Если фиксировать каждый свободный дюйм, это может привести к разрыву соединений. Проводка — это искусство нахождения идеального баланса между минимальной длиной и достаточной свободой, необходимой для работы механизмов.

Также рекомендуется устанавливать электронику на некондуктивный материал, такой как дерево, чтобы предотвратить статическое электричество (ESD).



Конкретные рекомендации

Питание модулей

- Разъемы XT30 изнашиваются значительно быстрее, чем разъемы PowerPole. Поскольку XT30 разъемы паяются, они могут ломаться гораздо легче, чем соединения PowerPole.
- Кабели для питания модулей должны быть минимум 14 AWG, а лучше 12 AWG. Учтите, что провод должен быть многожильным, а не одножильным.

Питание моторов

- Кабели для питания моторов должны быть между 16 AWG и 12 AWG. Как и в случае с питанием модулей, провода должны быть многожильными.
- Некоторые моторы (например, REV HD Hex и Core Hex) имеют съемные разъемы на задней части, тогда как у других моторов (например, Andymark NeveRests) кабель припаян к корпусу. Съемные разъемы значительно удобнее. Если разъемов нет, рекомендуется использовать максимально короткий провод у мотора.

Провода для сервоприводов

- Рекомендуется использовать усиленные удлинительные провода.
- Соединения между удлинителями и проводами сервоприводов следует обматывать изолентой, так как они могут со временем ослабевать и легко выниматься.
- У контроллера мотора VEX Motor Controller 29 разъем 3-пин имеет неправильный пол. Для работы потребуется либо использовать переходной кабель, либо заменить разъем (рекомендуется). Обязательно защищайте MC29, так как он хрупкий и может выйти из строя при ударе.

USB

- USB разъемы обычно надежны, но со временем изнашиваются. Не подключайте и не отключайте их без необходимости, особенно на телефонах RC/DS.
- USB кабели нуждаются в снятии нагрузки. Для предотвращения разрывов закрепляйте кабели так, чтобы они минимально свисали на работе.

Провода датчиков и энкодеров

- Провода датчиков и их разъемы очень хрупкие. Будьте осторожны при их прокладке и оставляйте небольшой запас у разъемов при установке нагрузочных креплений.
- JST разъемы данных на модулях REV имеют +5V, GND и два контактных пина данных. Если вы используете цифровые или аналоговые датчики, которые не используют I2C, можно применять Y-кабели для подключения двух датчиков к одному порту.

Прочее

- Заземляющий ремешок REV — единственный легальный способ заземления робота. Закрепите один конец на металлической части рамы робота, а другой подключите в свободный XT30 порт.

- Блоки распределения питания: REV Power Distribution Block позволяет использовать больше четырех разъемов XT30. Его можно подключить к модулю Servo Power Module для увеличения напряжения на сервоприводах.
- Смягчающие меры против статического электричества:
 - Протирайте робота антистатическими салфетками после каждого матча. Хотя это не рекомендуется FIRST, эмпирические данные показывают, что это помогает. Однако салфетки могут быть на границе легальности, так как заземление робота запрещено.
 - Используйте спрей Staticide для снижения статического электричества. Наносите его перед мероприятием, а не во время.
- Распространенные причины статики:
 - Каждая точка контакта робота с полом увеличивает накопление статического электричества.
 - Избыточное сопротивление при поворотах (например, если используется 4WD или 6WD без центрального падения и все колеса тяговые).
 - Контакт проводящих деталей с землей, например, когда захват касается пола во время движения. Пена на колесах или роликах также может способствовать накоплению статики

Разъемы и провода

Есть множество типов разъемов, которые используются в FTC®. Вот самые распространенные разъемы, которые можно встретить на роботе FTC.

Anderson PowerPole Anderson PowerPole — это разъем, используемый компанией AndyMark на их моторах NeveRest. Разъемы PowerPole очень надежны и рекомендуются командам. Кроме того, доступны адаптеры для других систем.



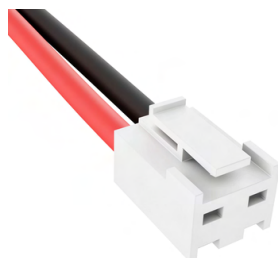
XT30

Разъем XT30 используется в экосистеме REV через Expansion или Control Hub. Разъем XT30 через REV Slim Battery подает питание на Expansion Hub, и командам потребуется кабель XT30 для передачи питания от основного хаба к дополнительному хабу. Этот разъем также используется на заземляющем ремне REV.



JST-VH

JST-VH — это тип разъема, используемый моторами FTC для подключения к REV Expansion Hub. Он имеет ключ и фиксируется на месте для повышения надежности.



Dupont 0.1"



Небольшой контактный разъем, обычно используемый в сервоприводах и некоторых датчиках.

JST-PH

JST-PH — это тип разъема. Для FTC чаще всего используются варианты с 3 и 4 пирами. На контроллерах и расширительных хабах REV используется 4-пиновый разъем для подключения энкодеров, I2C, аналоговых и цифровых соединений. 3-пиновый разъем используется для соединения RS-485 между контроллером и расширительным хабом.



JST PH Series



JST XH Series

JST-XH

Разъемы JST-XH используются для подключения энкодеров к моторам goBILDA (MATRIX) и Andymark NeveRest. Оба поставщика продают адаптеры с JST-XH на разъемы JST-PH для энкодеров на контроллерах и расширительных хабах REV. Эти разъемы также иногда встречаются на некоторых сторонних датчиках.

Tamiya

Используется на некоторых сторонних платах. Не используйте эти разъемы! Металлические разъемы хрупкие и могут привести к случайным разъединениям.



Системы управления

Система управления FTC основана на "Robot controller" и "Driver Station". Контроллер робота устанавливается на роботе. Он либо встроен, либо подключен к специальным "Хабам", которые в свою очередь подключаются к моторам, сервоприводам и датчикам. Контроллер робота связан со Driver station через WiFi или WiFi Direct.

Компания REV Robotics является единственным производителем легальных компонентов системы управления FTC. REV Expansion Hub подключается к моторам, сервоприводам, датчикам и Контроллеру робота. REV Control Hub выполняет те же функции, что и Expansion Hub, но с встроенным Контроллером робота.

Дополнительную информацию о системе управления FTC можно найти ниже:

- 1.Официальная документация по системе управления FTC на сайте FTC Docs
- 2.Документация по системе управления REV
- 3.Официальное руководство по устранению неполадок

На роботе FTC можно использовать две возможные системы управления:

- REV Control Hub + REV Expansion Hub
- RC Phone + REV Expansion Hub(s)

REV Control Hub + REV Expansion Hub

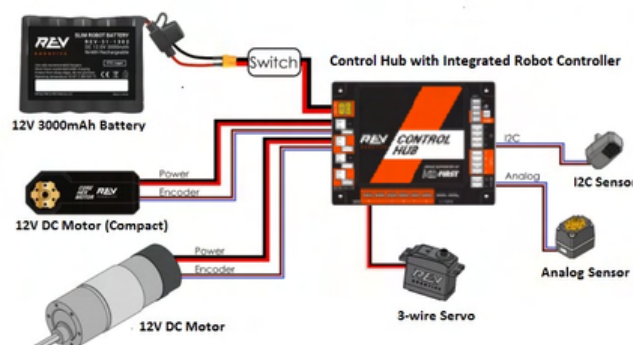
Предупреждение

Крайне важно обновить прошивку на REV Expansion Hub до версии не ниже 1.8.2. Это обеспечит лучшую защиту от отключений и улучшит производительность программы. Смотрите документацию по обновлению прошивки REV Expansion Hub.

Это стандартная система управления для команд, начинающих участвовать в FTC.

Control Hub подключается к Expansion Hub через соединение RS-485 или через USB-A (сторона Control Hub) к mini-USB (сторона Expansion Hub). В любом случае, следует использовать правильное снятие напряжения с кабелей и управление кабелями.

Для получения дополнительной информации о настройке Control Hub и конфигурации робота, ознакомьтесь с Руководством по Control Hub в технических ресурсах REV Robotics.

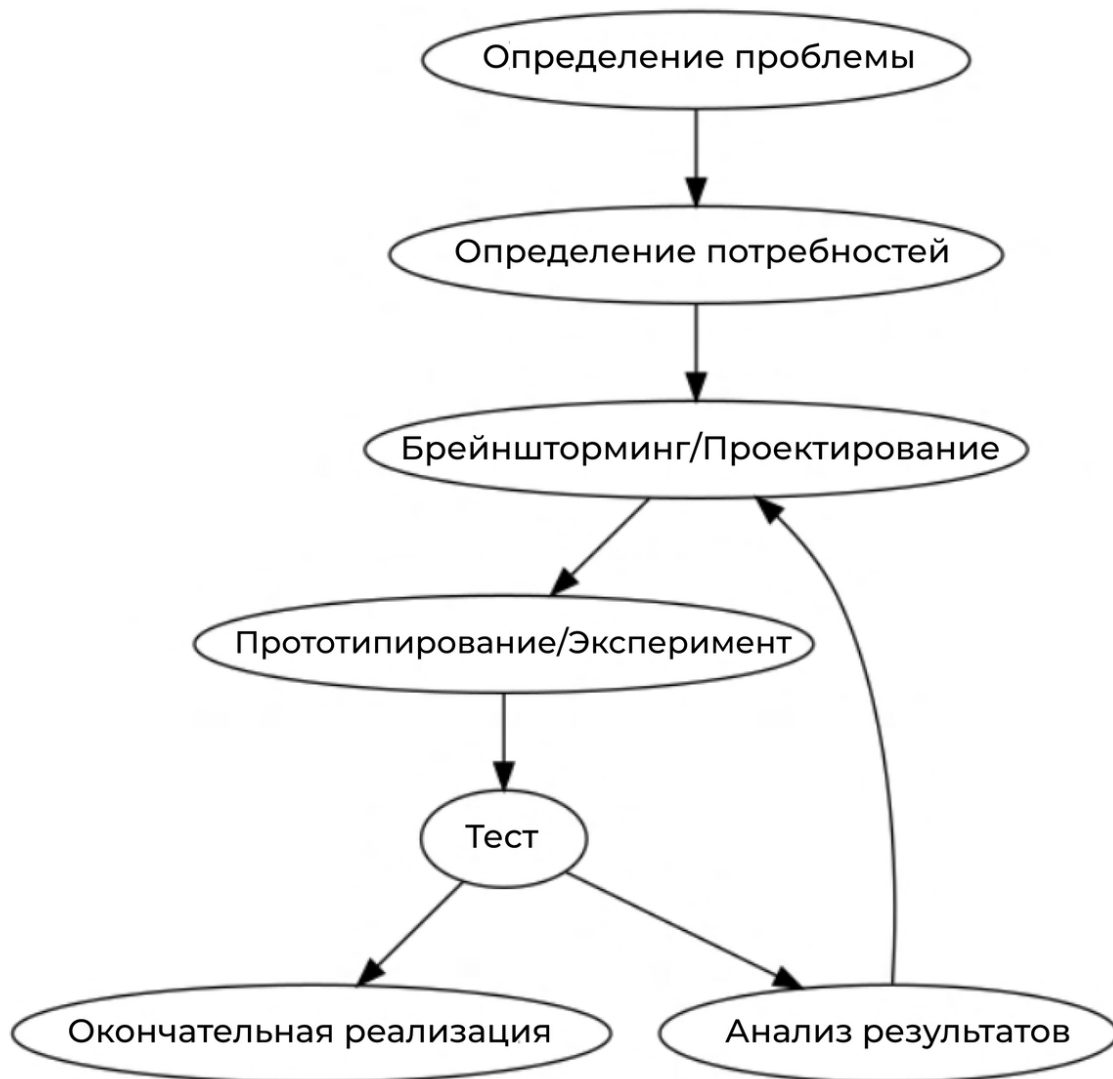


Навыки проектирования

Эта глава описывает основы робот дизайна и навыки проектирования, которые могут помочь вам в конструировании вашего робота.

Процесс проектирования

Примечание: процесс будет отличаться от команды к команде, поэтому график не является строго обязательным



Составляющие части процесса проектирования

В целом процесс проектирования состоит из следующих частей; однако каждая команда может модифицировать его в соответствии со своими потребностями и ограничениями:

- Определите проблему: Что вы пытаетесь решить? Каковы сроки?
- Определите требования: Что вам необходимо для вашего решения?

- Брейншторминг/Проектирование CAD: Нарисуйте прототип на бумаге или в системах CAD
- Прототипирование/Эксперимент: Создайте первый дизайн, используя физические материалы
- Тест: Убедитесь, что вы полностью протестировали все части вашего решения для выявления недостатков.
- Анализ результатов: Изучите полученные в ходе тестирований знания, и повторяйте регулярно
- Окончательная реализация: Закрепите окончательный дизайн, который останется неизменным

Например, давайте рассмотрим воображаемую команду, строящую трансмиссию для Rover Ruckus (RR2), которая была игрой 2018-2019 года. В RR2 был кратер, высота которого составляла примерно 3", и который можно было пересечь. В игре того года были два основных варианта: пересечь указанный кратер, или использовать рычаг

Команда должна в первую очередь определить требования для трансмиссии. Маневренность это один из главных аспектов в трансмиссии. Другими требованиями могут скорость, надежность и тд. Исходя из определенных командой требований, они будут выбирать подходящие трансмиссии. Если команда решила пересекать кратер, то оптимальным решением для них будет 4WD или 6WD. Если им не нужно пересекать кратер, то у них есть еще множество возможных вариантов, таких как голономные трансмиссии.

Следующим шагом должен быть брейншторминг реальной конструкции. Было бы разумно иметь более, чем 1 участника, занимающегося созданием прототипа трансмиссии, чтобы команда могла протестировать больше, чем одну трансмиссию.

После этого, команда может приступить к процессу прототипирования и тестирования. Это может включать в себя проверку времени, необходимого для пересечения кратера, времени от кратера до посадочного модуля, максимальной скорости, маневренности и т. д. Вместо усложненных тестов могут быть проведены и простые. Например, если предполагается, что робот будет весить 30 фунтов, можно установить гантель поверх трансмиссии, чтобы симитировать дополнительный вес. Это позволит оценить, сможет ли трансмиссия легко и надёжно преодолеть кратер, чтобы робот не застрял на его краю.

Далее, проанализируйте результаты и повторите снова. Например, если просвет между элементами конструкции был очень мал, и трансмиссия застревала на кратере, то для решения этой проблемы потребуется поднять приводную базу. Однако, не спешите сразу менять много вещей - вам нужно изменить только 1 переменную за раз, иначе вы не сможете понять, что может вызвать дальнейшие проблемы, если они возникнут. Всегда старайтесь менять только одну переменную.

Заметка

Часто требуется несколько итераций, чтобы добиться желаемого результата, поэтому не расстраивайтесь, если ваша вторая или даже третья попытка окажется не такой успешной, как вы думаете. Многие команды проводят более 10 итераций разработки intake механизма, чтобы усовершенствовать и отточить свой дизайн до максимальной эффективности. Хотя такое количество попыток не рекомендуется для новых команд, не бойтесь изменять один фактор за раз, чтобы выявить и решить проблемы.

Ваша окончательная реализация может быть просто усовершенствованным прототипом, или, если вы использовали некачественные материалы для создания прототипа, вы могли бы заменить их на долговечные.

Стратегия проектирования

Общие советы и ошибки в проектировании

Вот несколько полезных советов для команд по принятию решений на этапах проектирования высокого уровня и стратегического планирования.

Проблема	Решение
Делать все сразу • Робот становится недоделанным • Не удастся преуспеть в одной области	Сначала выполните и доведите до конца 1 задачу • Робот высоко оптимизирован • Неизменно преуспевает в одной области
Чрезмерно усложнять • Больше времени требуется для итераций • Менее надежный	Упрощайте • Лучшие дизайны обычно самые простые • Меньше двигающихся частей
Проектирование для оценки • Пренебрежение надлежащими принципами • Часто очень несогласованный дизайн	Проектирование для стабильности • Стабильность и надежность > набор очков • Большой плюс при выборе альянса
Бессистемное проектирование • Конструирование из некачественных материалов • Неполноценная система поддержки	Создавайте для надежности • Исключите ненужные движущиеся части • Устраните отдельные точки отказа
Беспокойство о дизайне • Пустая трата времени на тестирование • Одного дизайна недостаточно	Сосредоточьтесь на выполнении • Примите решение, а дальше придерживайтесь его • Исполнение часто превосходит дизайн

Делать все сразу → Сначала довести до совершенства 1 цель

Последовательность - это главное

Важно

Частой ошибкой для команд-первогодок является попытка выполнить все игровые задачи одновременно, особенно в теле-оп режиме и эндгейме.

Это крайне нежелательно, так как у многих новых команд ещё нет достаточного опыта для этого. Создать надёжного робота, который будет успешно справляться с любыми задачами на соревнованиях, даже на самых высоких уровнях, — это уже немалое достижение.

К сожалению, мы часто наблюдаем, как команды используют в своих матчах незаконченных роботов, которые пытаются выполнить сразу несколько задач, но не достигают успеха ни в одной из них. Даже если им удаётся выиграть, то часто с небольшим преимуществом, и повторить этот успех почти невозможно. Этот робот мог бы быть гораздо более успешным, если бы команда сначала потратила свое время на совершенствование одного механизма.

Командам всегда следует помнить о том принципе, что робот, который может последовательно выполнять одну задачу, скорее всего, будет более конкурентоспособен, чем робот, который делает все непоследовательно. Мы рекомендуем командам сосредоточиться на одной задаче во время теле-оп режима/эндгейма и довести ее до совершенства.

Сверхсложный → Простой

Важно

Еще одной распространенная ловушка, в которую попадают команды, - это чрезмерное усложнение без необходимости. Упрощение робота может в будущем упростить возможные проблемы

Хотя некоторые роботы могут показаться очень сложными, важно отметить, что команды, которые их создают, обычно обладают большим опытом, навыками обработки и полностью проектируют своих роботов в CAD. Однако многие команды мирового уровня часто создают оригинальные, но на удивление простые проекты.

Одним из преимуществ простоты является то, что у робота меньше точек отказа, так как у него меньше движущихся частей. Кроме того, для отработки и совершенствования простого механизма требуется гораздо меньше времени по сравнению со сложным. Это связано с тем, что в сложной системе гораздо больше переменных, которые необходимо скорректировать или которые могут вызвать проблемы.

На практике существует несколько способов достижения простоты:

1. Ограничьте диапазон перемещения механизма. Например, линейный ползун перемещается по прямой, в отличие от рычага, который вращается вдоль оси. Это позволяет устранить силы, которые в противном случае могли бы негативно повлиять на работу механизма.
2. Ещё один способ сделать процесс проще — это создать игру, ориентируясь на кратчайшее расстояние. Очевидно, что прямая — это кратчайший путь между двумя точками, поэтому команды могут стремиться расположить игровые элементы таким образом, чтобы они находились на разумной прямой. Это поможет избежать возможных проблем, связанных с необходимостью слишком часто менять направление игровых объектов

Проектирование для очков → Проектирование для стабильности

Важно

Командам следует приоритизировать постоянство, нежели набор очков.

Черепаша побеждает кролика. Притча, которой часто пользуются, но в ней все еще есть доля истины. Почему? Потому что черепаха, которая упорно продвигалась вперед, опередила кролика, у которого были горячие и холодные полосы.

Отличительной чертой любой успешной команды является стабильность и надежность на протяжении всего соревновательного сезона и даже на протяжении нескольких сезонов подряд. Спортивные династии на то и династии, что они соревнуются на высоком уровне не в течение пары игр, а в течение нескольких сезонов. Без силы постоянства будет практически невозможно выигрывать матчи, не говоря уже о турнирах.

Слишком многие команды склонны ставить во главу угла умение зарабатывать очки, а не что-либо другое, что является серьезной ошибкой. В соответствии с первым советом, сначала нужно выполнить одну задачу, и это поможет повысить согласованность действий.

Важно

Хотя способность набирать очки должна быть приоритетом и целью при разработке механизмов, это еще не все в этой игре. Мы рекомендуем быть последовательными при низком и среднем уровнях начисления очков, нежели нестабильно набирать очки на высоком уровне.

Сосредоточьтесь на том, чтобы уметь делать одно задание каждый раз на протяжении ваших матчей, и вы начнете понимать, насколько важна последовательность. Этот совет не менее важен при выборе альянса. Лучшие команды будут отдавать предпочтение командам, которые отличаются стабильностью, а не способностью зарабатывать очки. Они не боятся смотреть на команды, которые не могут выполнять много заданий, но могут каждый раз вносить свой вклад в результативность альянса.

Строить бессистемно → Строить для надежности

Важно

Рассчитывайте на наихудший, а не на наилучший вариант развития событий. При строительстве команды часто упускают из виду ключевой принцип: строить для надежности. Слишком часто команды экономят на качестве строительства, а также на материалах, что приводит к одной из наиболее распространенных причин неудачных турниров: поломке деталей.

Команды также не принимают во внимание суровость соревнований и строят так, как будто робот не столкнется с роботами противника. Достаточная практика драйвера позволит лучше имитировать игровые условия и проверить надежность робота. Чтобы устранить эту проблему, обратитесь к Руководству по материалам, чтобы лучше понять, какие материалы рекомендуются для использования.

По возможности, команды должны строить с учетом резерва. Например, если один комплект линейных механизмов выйдет из строя из-за обрыва проволоки, наличие второго комплекта позволит роботу продолжать работать. На практике дублирование механизмов, двигателей и сервоприводов является распространенным методом создания резервов.

Кроме того, команды часто забывают учитывать усилия скручивания или сжатия, которые могут возникнуть при работе механизма.

Хотя мы не можем дать каких-либо конкретных рекомендаций, имейте в виду, какие нагрузки должна выдерживать несущая конструкция вашего механизма на протяжении всего диапазона движения, и учитывайте, что может произойти, если он столкнется с другим роботом / бортом поля. Более надежное строительство всегда стоит потраченного времени. Однако не стоит забывать о том, что в результате может возникнуть дополнительный вес робота.

Кроме того, частой причиной отключения робота являются проблемы с электропроводкой. Дополнительную информацию смотрите в разделе "Электропроводка"; обязательно спланируйте заранее и оставьте место для проводов, а также, по возможности, уменьшите натяжение.

Все эти советы в совокупности помогут вашему роботу стать более надежным, что является ключевой характеристикой всех роботов мирового уровня.

Беспокойство о дизайне → Фокус на исполнении

Совет

Хорошее исполнение плохого дизайна превзойдет плохое исполнение хорошего дизайна.

Важно

FTC® — это показатель ваших навыков как инженеров и драйверов. Если ваша цель — победа, то эстетическая красота вашего робота не имеет значения. Ваша задача не столько впечатлить судей, сколько продемонстрировать на поле все свои навыки и умения.

Вполне возможно взять плохой дизайн, но выполнить его хорошо и при этом оставаться конкурентоспособным на высоком уровне. Несмотря на то, что не многие команды способны на это, это все равно показывает, что метод реализации очень важен. Проводя брейншторминг проекта, старайтесь, по возможности, не заикливаться на мелких деталях.

Важно обсудить различные варианты дизайна и взвесить все "за" и "против", но после того, как дизайн выбран, оставайтесь с ним, если только не обнаружите серьезных недостатков, которые изначально были упущены из виду. Изменение дизайна приведет к потере времени, потраченного на первоначальный дизайн, в то время как команды могли бы продолжать совершенствовать его или больше практиковаться. Можно перестроить своего робота в середине сезона, и многие топ-команды сделали это с большим успехом.

Однако это не рекомендуется для новичков и новых команд из-за общего недостатка опыта. Если быть реалистичным, то будьте готовы потратить на создание робота с нуля более 50-100 часов. Сосредоточьтесь на том, как вы можете усовершенствовать свой текущий дизайн, чтобы сделать его максимально эффективным и отточенным.

Советы для соревнований и ошибки

Здесь вы можете найти хорошие советы для команд на этапе реализации

Проблема	Решение
Пренебрегать практикой драйверов • Драйверы не знакомы с роботом • Надежность робота не протестирована	Постоянная практика драйвинга • Драйверам комфортно контролировать робота • Робот протестирован
Отсутствие игровой стратегии • Недостаточно планов в случае непредвиденных ситуаций • Слабеет сила альянса	Стратегический драйвинг • Предпринимаются только действия, имеющие смысл • Эффективный драйвинг
Полностью контролируемый драйвером • Менее эффективный • Требуется больше практики	Частично автоматизированные задачи • Уменьшает стресс драйвера • Исключает человеческие ошибки

Пренебрежение практикой драйверов → Постоянная практика драйвинга

Важно

Постоянной проблемой в новых командах является пренебрежение практикой драйверов. Практика драйвинга должна проводиться в течение всего сезона, а не за неделю до соревнований.

Независимо от того, насколько хорош ваш робот, он составляет лишь 50% от общего результата. Остальные 50% - это драйверы, которые определяют успех команды в целом. Даже если ваш робот лучший в мире, робот с опытной командой драйверов, скорее всего, победит вашего робота с плохой командой драйверов. К апрельскому чемпионату мира большинство ведущих команд провели сотни тренировочных матчей.

Это дает некоторые очевидные преимущества по сравнению с командой, практикующейся меньше.

1. Водитель(-и) полностью знаком(-ы) с управлением роботом в любой ситуации.
2. Доказано, что робот достаточно надежен, чтобы выдержать многочасовую эксплуатацию.
3. Огромные данные, которые команды собирают в ходе тестовых запусков, используются для оптимизации каждого элемента робота.

Тренировка драйверов не только знакомит драйвера(-ов) с роботом и служит проверкой надежности робота, но и моделирует условия в игре. Научиться расширять возможности вашего робота следует во время тренировки, а не на соревнованиях. Таким образом, драйвтиму будет комфортнее управлять роботом в условиях стресса и напряженной работы. Команды, имеющие интенсивную практику драйвинга, намеренно усложняют работу (например, размещают неработающего робота посреди поля или отключают двигатель трансмиссии).

Это может показаться экстремальным, на самом деле это всего лишь форма подготовки. Если ваш драйвер не знает, как реагировать, то вам нужно проводить больше драйв практисов.

Отсутствие игровой стратегии → Стратегический драйвинг

Как и в случае с тренировками по драйвингу, многие неопытные команды игнорируют это. Здесь уместен пример из спорта - даже с самыми талантливыми игроками команда далеко не уйдет без хорошей стратегии игры.

Важно

Даже менее опытная команда, но лучше реализующая стратегию, часто может победить. Тщательно спланированная стратегия позволяет использовать каждую секунду игрового времени в 2:30 с максимальной эффективностью, что в итоге приводит к большему количеству очков.

Например, водители должны точно знать, где должен находиться робот после переключения с автономного режима на теле-оп. Отработка этого переключения сэкономит пару секунд, когда водителям придется думать "что мне теперь делать?". В матчах с высокой конкуренцией эти несколько секунд могут помочь вашей команде выиграть дополнительный цикл. Знание того, когда следует переходить от теле-оп режима к эндгейму, не менее важно (совет: сначала выполните ее) и сэкономит драгоценное время. Всегда следует использовать стратегию, позволяющую увеличить количество очков - будь то стратегия позиционирования для получения доступа к игровым элементам или оборонительная стратегия, позволяющая помешать другому альянсу набрать очки

Совет

В большинстве сезонов лишить другой альянс 10 очков - это то же самое, что набрать 10 очков в каждом матче

Однако командам-новичкам не рекомендуется играть в обороне из-за особых правил, связанных с этой стратегией. Если команда хочет использовать оборонительную стратегию, обязательно ознакомьтесь со всеми правилами, поскольку при неправильном выполнении защитных действий защита может легко привести к штрафным майнорам/карточкам.

Термин

Оборона

Оборона - это стратегия, применяемая с целью помешать альянсу противника набрать очки или, по крайней мере, значительно замедлить их получение.

Эта стратегия может привести к обратным результатам, если драйверы не по правилам играют в защите и получают штрафы и / или карточки для своего альянса. Защита обычно заключается в создании препятствий альянсу противника, либо в стратегическом размещении робота таким образом, чтобы перекрыть доступ, либо в том, чтобы поставить робота другой команды в невыгодное положение

Полностью контролируемый матч драйвером → Частично автоматизированные задачи

Важно

Автономность не должна ограничиваться только автономным режимом. Автоматизация простых задач может реально сэкономить время и повысить эффективность работы команд.

1. Автоматизация задач может сэкономить время и уменьшить необходимость в многозадачности драйвера. Водители всегда должны управлять роботом, по возможности, наименьшим количеством кнопок, насколько это возможно. Например, автоматическая остановка механизма сбора игровых элементов позволяет сэкономить время на нажатии кнопки.
2. Преимущество автономного управления некоторыми механизмами заключается в том, что оно исключает ошибки драйвера и снижает нагрузку. Например, если лифт необходимо поднять ровно на 30 дюймов, двигатель с датчиком может выполнить это со 100% точностью на полной скорости, по сравнению с незначительной ошибкой водителя-человека.



Заметка

Автономные функции должны иметь возможность перезапускаться вручную в случае возникновения непредвиденных ситуаций, таких как отсоединение энкодера от сети или поломка детали. Это позволит избежать повреждения робота и гарантировать соблюдение правил игры.

CAD



Термин

Computer-aided design (CAD)

CAD - это программное обеспечение, наиболее часто используемое для проектирования деталей и сборок в машиностроении. В FTC® CAD используется для создания 3D-моделей роботов, а также для проектирования нестандартных деталей.

Для создания успешного робота в FTC не требуется CAD. Многие успешные команды вообще не создавали своих роботов в CAD. Другие успешные команды создавали только отдельные части своих роботов в CAD. Другие команды полностью проектировали своих роботов в CAD.

Итак, в чем же тогда смысл CAD? Приветствуется, чтобы новые команды пробовали свои силы в CAD, особенно если у вас есть наставник или родитель, имеющий опыт работы в этой области. CAD полезен по нескольким причинам:

1. CAD решает множество проблем, которые можно предотвратить, например, проблемы с расстояниями. Таким образом, при обнаружении проблем в CAD, которые можно устранить до создания робота, вы сэкономите время.
2. CAD - это профессиональный инструмент, который используется во многих областях STEM. Знания и навыки в области CAD будут полезны в вашей будущей карьере, если вы будете учиться и работать в этих областях.
3. Если вы хотите создать детали, напечатанные на 3D-принтере или обработанные механическим способом, для этого потребуется CAD.
4. CAD может снизить затраты на создание робота, помогая определить, какие детали вам нужны для робота, прежде чем тратить деньги на их покупку.

Однако CAD - это не волшебный инструмент, который гарантирует вам успех в FTC. При правильном использовании это отличный инструмент, помогающий командам создавать своих роботов. Однако имейте в виду, что многие команды добились успеха и без CAD.

Для начала выберите CAD-программу и изучите ее как можно лучше. Возможно, было бы неплохо потратить несколько недель на поиск предметов, которые лежат где попало, сесть с линейкой или штангенциркулем и быстро создать CAD-модель. Хороший способ проверить точность - выбрать твердый объект, изготовленный из одного известного материала. Взвесьте объект и создайте модель в CAD, примените к нему этот материал и посмотрите, какова разница в весе. Это хороший способ проверить, насколько модель CAD соответствует реальной детали. На самом деле не имеет значения, что это за объект - просто найдите что-нибудь и сделайте это в меру своих возможностей. На YouTube также есть множество видеороликов; хороший из них - TFI, который создает подробные руководства для Autodesk Inventor.

Обзор программ CAD

Существует множество возможных программ CAD, которые могут быть изучены командами, и все они могут быть загружены бесплатно по лицензии student или FTC team. Вам придется провести небольшое исследование, поскольку требования к бесплатным копиям варьируются в зависимости от программы. Вот несколько предложений, которые можно рассмотреть:

[Onshape](#)

Это полнофункциональный пакет CAD, но он полностью работает в облаке. Он может работать на любом компьютере (даже на ноутбуках Chromebook!), а также поддерживает приложения для iOS, iPadOS и Android.

Он обладает всеми теми же основными функциями, что и SolidWorks и Inventor, а также лучшим в отрасли документооборотом для совместной работы - многие называют его "Google Docs of CAD". Onshape позволяет нескольким людям работать с одним и тем же документом одновременно и позволяет пользователям "следить" друг за другом и посмотреть, что находится на экране другого пользователя.

В OnShape также есть FeatureScript, язык программирования, на котором вы можете создавать пользовательские функции. Сообщество уже создало множество очень полезных FeatureScripts, которые вы можете использовать совершенно бесплатно.

У Onshape также есть комплексная обучающая система (<https://learn.onshape.com>), которая научит вас не только пользоваться их программным обеспечением, но и подходить к решению задач проектирования.

Если вы только начинаете работать с CAD или у вас нет доступа к мощным компьютерам, Onshape - это программное обеспечение для вас.

[SolidWorks](#)

Стандартный пакет CAD от Dassault Systèmes. Он настолько многофункционален, насколько это возможно в программном обеспечении CAD, включая отличные возможности моделирования и очень надежную среду сборки. Он широко используется в промышленности, а также является предпочтительной программой для большинства инженерных курсов на уровне колледжей.

Однако она недоступна для пользователей Mac, и для ее запуска вам понадобится довольно мощный компьютер (в стандартную комплектацию входит 16 ГБ оперативной памяти). SolidWorks также поставляется с программой solid simulation, если вы хотите протестировать конструктивные свойства вашего робота или специально разработанной детали.

Если у вас есть наставники или члены команды с предыдущим опытом работы в SolidWorks или в вашей школе есть инженерный класс, где преподается SolidWorks, это будет ваш лучший выбор.

[Inventor](#)

Промышленное предложение Autodesk. Он предлагает множество функций, схожих с SolidWorks, но отличается пользовательским интерфейсом и тремя различными режимами сборки.

Несмотря на то, что он используется многими компаниями в отрасли, он не фигурирует в учебных программах многих колледжей. Inventor, как правило, является вторым выбором для компаний, которые не используют SolidWorks, а работают на базе Autodesk universe.

Inventor также недоступен для Mac, но он может работать лучше на ПК с более низкой спецификацией.

Если у вас есть наставники или члены команды с предыдущим опытом работы в Inventor или в вашем учебном заведении есть инженерный класс, где преподается Inventor, это будет ваш лучший выбор.

[Fusion 360](#)

Облачный комплексный CAD/CAM-пакет, также созданный Autodesk. Fusion 360 совместим с несколькими платформами, хотя и не очень хорошо работает на компьютерах с низкой спецификацией.

Он обладает мощной CAM-средой для обработки ваших деталей, а также интуитивно понятным и простым облачным рендерингом, который облегчает работу серверов Autodesk.

Чтобы упростить пользовательский интерфейс, Fusion отказывается от многих более продвинутых функций SolidWorks и Inventor, хотя на самом деле это не такая уж большая проблема.

Однако более примечательным отличием является то, что Fusion игнорирует все отраслевые стандарты, создавая свою собственную структуру и организационную систему. Помимо простых эскизов и функций выдавливания, система моделирования и сборки Fusion уникальна и не совместима ни с каким другим программным обеспечением CAD, что затрудняет переход от Fusion к другому программному обеспечению.

Из-за этого, если вы не будете осторожны, файловая иерархия Fusion может активно поощрять плохие дизайнерские привычки и препятствовать повторному использованию, позволяя пользователям создавать новые детали без предварительного их индивидуального проектирования.

Если кто-то внимательно следит за передовыми практиками проектирования, Fusion - отличный вариант.

[Creo \(ранее известный как Pro/E\)](#)

Семейство CAD/CAM-приложений, разработанных компанией PTC (Parametric Technology Corporation). Creo parametric - это основной пакет CAD, который включает в себя надежную сборку и моделирование деталей, аналогичное Solidworks.

Основным преимуществом Creo по сравнению с другими программами CAD является сложность взаимосвязей деталей и ограничений, однако большинству новых пользователей этот аспект трудно понять в полной мере. Пакет Creo включает в себя интегрированный локальный движок рендеринга и систему тщательного моделирования. Движок рендеринга можно использовать для создания фотореалистичных изображений любых объектов - от простых однокомпонентных до сложных многокомпонентных конструкций. Улучшения дизайна могут быть непосредственно интегрированы в детали с помощью моделирования материалов/геометрии в Creo Simulate.

Creo обладает множеством функций, но действует общее правило 80 на 20: 20% функций позволяют создать 80% дизайна. Пакет Creo также включает в себя версию системы обмена файлами Windchill, которую используют большинство профессиональных компаний, но для целей FTC будет достаточно Grabcad.

Изучение Creo может оказаться более сложной задачей, чем других программ САПР, из-за ограниченного количества доступных онлайн-руководств, а также сложной структуры связей и ограничений. Мы рекомендуем изучать Creo для тех, кто уже имеет опыт работы с этим программным обеспечением.

На инженерных факультетах колледжей, а также во многих компаниях автомобильной, аэрокосмической и потребительской промышленности используется Creo. Поскольку Creo использует файловую систему операционной системы Windows, она не будет работать на Mac. Однако для запуска Creo на Mac можно установить эмулятор Windows.

Получение деталей

Все поставщики (REV, goBILDA, Actobotics, AndyMark, Tetrax) предоставляют 3d-модели деталей, которые они продают, в формате STEP, которые могут быть импортированы с помощью любой из вышеперечисленных CAD-программ. Некоторые производители также предлагают репозитории или zip-файлы, содержащие пошаговые инструкции по всем моделям, которые они продают.

- Vendor CAD библиотеки
 - [Actobotics \(ServoCity\)](#).
 - REV Robotics
- 10650 Hazmat Robotics CAD Library
- [FTC Onshape Parts Library \(contains a majority of parts from most major vendors\)](#).

Общий доступ к файлам

В командах, работающих над CAD-моделями, часто работают несколько человек, и поэтому им требуется система общего доступа к файлам для обеспечения того, чтобы у каждого сотрудника были актуальные файлы. Некоторые рекомендации включают GrabCAD, Box, Google Drive или Dropbox. Также рекомендуется, чтобы только один член команды работал над моделью в одно время, чтобы избежать путаницы.

Полезные ресурсы

Больше ресурсов по CAD можно найти в разделе [Полезные ресурсы](#)

Учебное пособие по CAD

Часть 1 – Трансмиссия за час

Выбор трансмиссии

Изучив выбранную вами CAD-программу, определите необходимые требования к трансмиссии, исходя из задач сезона. Команды должны выбрать колесную базу, которая наилучшим образом соответствует планировке конкретного поля.

Например, в Relic Recovery (2017-2018) трансмиссии требовалась точность, чтобы не только извлекать грифы из центральной ячейки, но и выстраивать их в линию с криптобоксом. Таким образом, колеса mescalum и широкая центральная часть робота доказали преимущество перед 6-колесным танковым приводом. (Однако следует отметить, что при достаточной практике и компетентных водителях любая база привода может быть конкурентоспособной до определенной степени).

После выбора трансмиссии определите количество двигателей. Имейте в виду, что ограничение в восемь двигателей - это проблема, которую не следует игнорировать. Хорошее практическое правило - четыре двигателя для привода и четыре двигателя для других механизмов (например, воздухозаборников, линейных направляющих, рычага и т.д.). Для большинства современных игр FTC® вам нужно как минимум 7 двигателей, чтобы быть конкурентоспособным, хотя 8 - это хорошее эмпирическое правило.

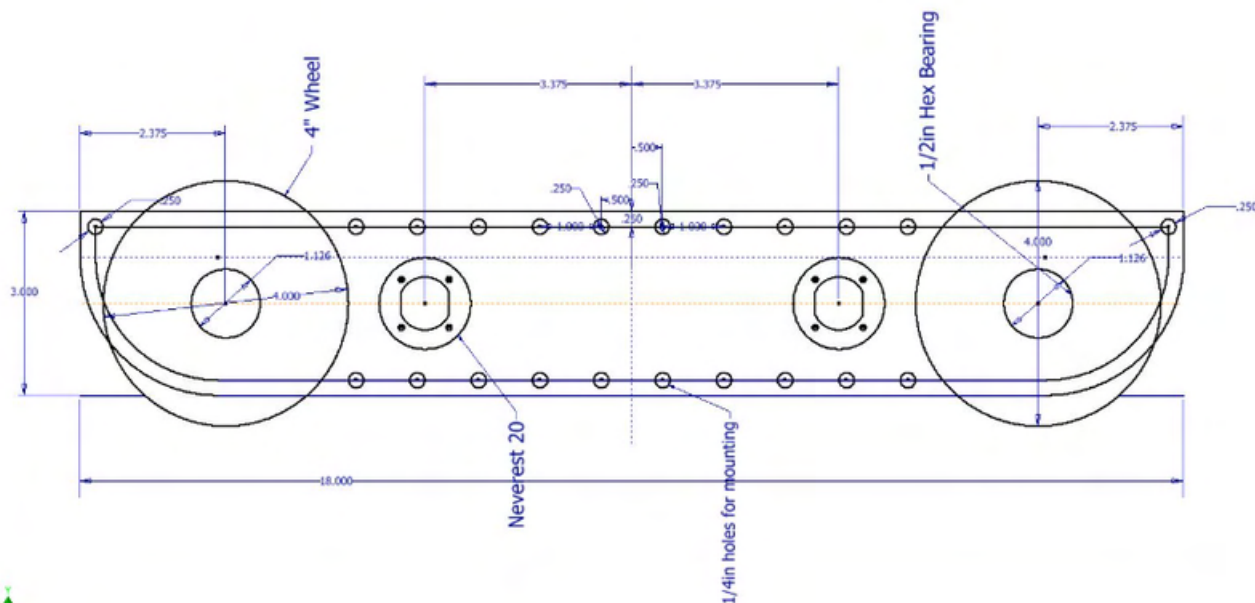
Проектирование пластин трансмиссии

После изучения программного обеспечения CAD пришло время приступить к фактическому проектированию. Вот несколько вещей, которые необходимо выяснить перед началом работы:

- Тип привода (mescalum, 6wd, 8wd и т.д.)
- Количество двигателей (в большинстве случаев рекомендуется использовать четыре двигателя)
- Тип колес (тяговые, универсальные и т.д.)
- Мощность привода (ремень, цепь, шестерня)

Для простоты в этом примере используется привод цистерны на 4 колеса с четырьмя двигателями. Выбраны 2 колеса Colson для тяги и 2 колеса omni для облегчения поворота

Сначала сделайте левую сторону основания диска. После завершения все, что вам нужно сделать, это зеркально отразить левую сторону справа, так что вам не придется делать каждую сторону по отдельности. Начните с создания 2D-эскиза всего, прежде чем пытаться выдавливать и создавать реальные 3D-объекты.

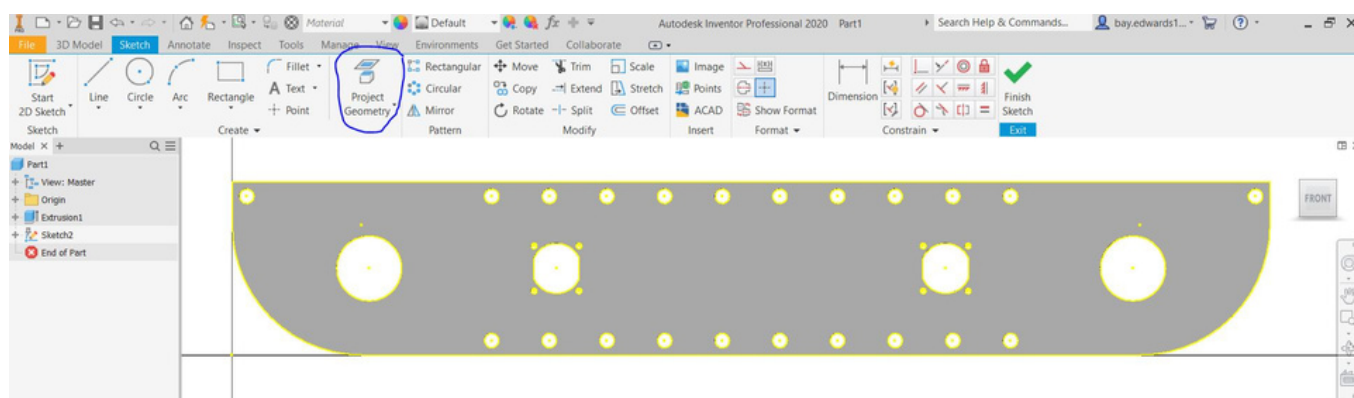


Это эскиз внутренней пластины основания привода. Все должно быть представлено в виде 2D-эскиза, чтобы определить монтажные отверстия, расточку, межцентровое расстояние и т.д. 2D-эскизы чрезвычайно полезны и настоятельно рекомендуются в любом проекте. После того, как эскиз завершен, все остальное становится на свои места и становится довольно простым.

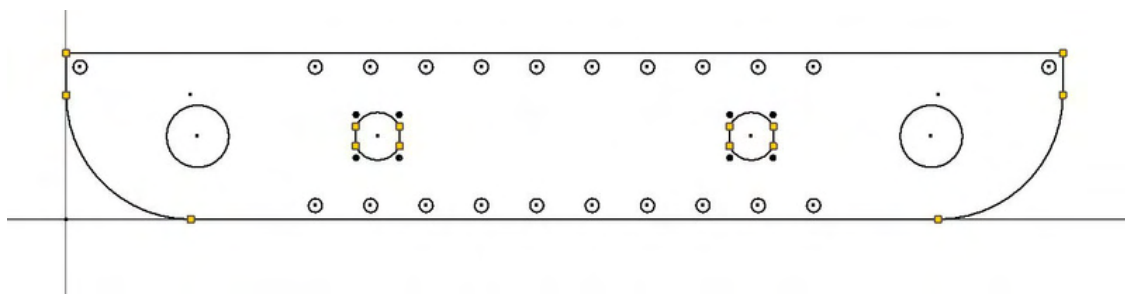
После этого выдавите этот рисунок на первую пластину трансмиссии. Обычно стандартная толщина алюминиевой пластины составляет 1/8 дюйма. Также можно использовать более тонкую пластину (3/32 дюйма), но, как правило, большинство производителей придерживаются толщины 1/8 дюйма. Выдавите пластину до нужной толщины. Ниже приведен эскиз после выдавливания.



Следующим шагом будет изготовление внешней пластины для основания привода. Это делается даже быстрее, чем внутренняя. Для этого просто создайте новую деталь. Вернитесь к своей внутренней пластине и начните 2D-эскиз.



После создания нового эскиза на внутренней панели нажмите “Спроектировать геометрию” и просто щелкните в любом месте детали. Это должно выделить каждый контур детали. (Здесь показана желтая линия; у вас она может быть красной, синей или какого-либо другого цвета). Теперь щелкните и перетащите курсор мыши по детали, выделяя каждую линию на экране. Теперь нажмите CTRL + C, затем перейдите к новой детали и нажмите создать 2D-эскиз. Затем нажмите CTRL + V.



Это должно выглядеть как точная копия внутренней пластины, но теперь в виде эскиза. Удалите крепления двигателя из середины, затем вытяните внешнюю пластину.



Вот как выглядит внешняя пластина, почти точная копия внутренней, без отверстий для двигателей. Теперь, когда эти две пластины изготовлены, пришло время собрать остальную трансмиссию, что, безусловно, занимает больше всего времени. Теперь немного информации о том, что использовать для соединения двух пластин, как правило, рекомендуется использовать разделители или форму для запекания. Чтобы соединить две половинки трансмиссии, используйте швеллер, экструзию или специальную u-образную скобу. Некоторые команды предпочитают специальные распорки, поскольку это хороший способ повысить жесткость трансмиссии, не требуя при этом особого обслуживания в течение сезона. Можно использовать экструзионную систему для арахиса или каналный комплект, которые, в качестве альтернативы, работают так же хорошо.

Обратите внимание, что при использовании специальной трансмиссии вы можете вырезать материал из пластин трансмиссии. Этот процесс называется *rocketing*. Хотя *rocketing* не является жизненно важным этапом, она помогает снизить вес. Однако следите за тем, чтобы не удалить слишком много материала; в противном случае пластины станут менее прочными. Подробнее о *rocketing* читайте в следующем разделе.

Дополнительные соображения

Привод колес в движение может осуществляться несколькими различными способами: с помощью ремней и шкивов, цепей и звездочек, зубчатых колес или даже непосредственно от двигателя. Прямой привод и цепи являются самыми простыми вариантами, при этом для прямого привода вообще не требуется расчетное расстояние, достаточно просто установить двигатель точно по центру колеса. Цепи допускают небольшое провисание, не требуя точного расстояния между центрами намотки, как это делают ремни и шкивы. И, наконец, шестерни, которые должны находиться на определенном расстоянии друг от друга, чтобы правильно зацепляться, а не проскакивать или заедаться.

Монтаж двигателей осуществляется в виде пластины путем установки двигателя лицевой стороной на самую внутреннюю пластину трансмиссии. Это также можно сделать, установив двигатели на третью пластину, расположенную между внешней и внутренней сторонами. Это позволяет двигателю занимать меньше места в середине робота, но добавляет сложности конструкции. Двигатели всегда должны располагаться как можно ниже, и в зависимости от того, где вы хотите разместить центр масс, либо посередине, либо ближе к задней части робота. Также стоит учитывать тип силовой передачи и целесообразность ее использования в зависимости от расположения двигателя.

Дорожный просвет зависит от того, есть ли на поле какие-либо препятствия, а также от того, что ваша команда хочет сделать в этой игре в отношении этих препятствий.

Например, в Rover Ruckus некоторые команды с танковыми двигателями решили заехать в кратер. Поэтому они оставили достаточно места, чтобы не застревать на вершине кратера, что является распространенной ошибкой, которую часто совершают неопытные команды.

Другие команды решили проигнорировать движение над кратером и решили воспользоваться системой рычагов или направляющих, а это означало, что им не требовался большой дорожный просвет для их приводной базы.

Как правило, зазор от 0,25 до 0,5 дюйма (если вы хотите быть в безопасности) на совершенно ровном поле позволяет весу робота вдавливаясь в пенопластовые плитки. Больше ничего от робота не должно касаться земли.

Что вы можете сделать, так это установить робота в CAD на поле. Установите препятствия, такие как кратер, и имитируйте движение по кратеру, перемещая его так, как, по вашему мнению, это происходило бы в реальном мире.

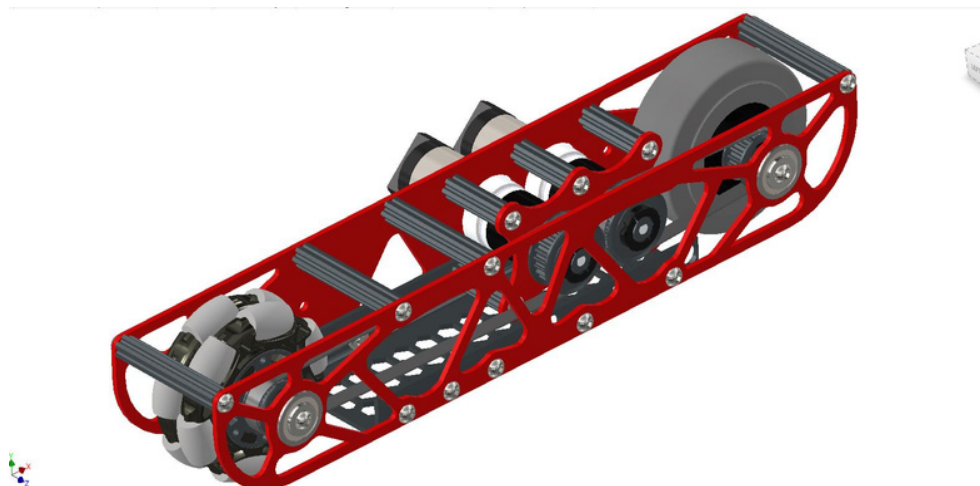
Если какая-либо из плит пересекается с препятствием, увеличьте зазор, чтобы вас не выбросило на берег, как грустного кита.

Общее эмпирическое правило для большинства команд заключается в том, что чем шире набор, тем больше шансов забрать игровую фигуру. Однако это зависит от суперигры. Если вам нужно взять 6-дюймовый куб, как в Relic Recovery, вам не понадобится 14-дюймовое пространство для приема.

Однако, если вам нужно поднять мяч, как в Velocity Vortex, то чем больше воздухозаборник, тем больше шансов захватить мячи. Помните об этом при проектировании приводных модулей - старайтесь, чтобы они были как можно более тонкими, не жертвуя жесткостью и прочностью, чтобы максимально увеличить пространство для других механизмов и проводки.

Соединить две пластины вместе очень просто. С помощью разделителей или формовок churro от AndyMark вы можете легко закрепить их с помощью нескольких болтов. Просто сделайте на эскизе несколько отверстий диаметром 1/4 дюйма в том месте, где вы хотите, чтобы была трубка churro. Решите, какой длины должен быть churro. Не забудьте оставить достаточно места между пластинами для колес, шкивов, шестеренок и спейсеров. Вам не нужно переборщить с количеством промежутков между пластинами; однако разместите их в стратегически важных местах, где необходима поддержка.

Ниже показан приводной модуль, который представляет собой половину трансмиссии, включая валы, подшипники, колеса, двигатели, ремни и т. д. Приводной модуль содержит все, что будет построено в реальной жизни. Конкретно это левая сторона, но чтобы правая сторона создала плоскость смещения, выберите инструмент «Зеркало», затем нажмите «Зеркало».



Отзеркалив приводной блок, чтобы получилась противоположная сторона, соедините эти две половинки вместе, и с трансмиссией покончено. Ниже представлена визуализация всей трансмиссии в CAD.



Учебное пособие по CAD, часть 2 — Руководство по pocketing

Термин

Pocketing

“Вырезание карманов” - это общий термин в терминологии FTC и FRC®, который означает вырезание лишнего материала из детали, спроектированной CAD. Вырезание карманов помогает снизить вес и может повысить прочность детали. Это может показаться нелогичным (как удаление материала может укрепить деталь?), но заделка карманов может уменьшить нагрузку, особенно на углы.

Прорези часто можно увидеть на листовых пластинах трансмиссии, которые обрабатываются на CNC станках. В FRC прорези часто используются для уменьшения веса прямоугольных алюминиевых труб.

Существует несколько способов pocketing, включая фрезерование, фрезерование по профилю, гидроабразивную резку, лазерную резку и даже ручное сверление. В зависимости от вашего доступа к инструментам, pocketing может быть более или менее сложным для вас.

Фрезерование и фрезерование на станке с ЧПУ превосходно подходят для вырезания в алюминиевых коробчатых трубках, тогда как гидроабразивная и лазерная резка превосходно подходят для обрезки пластин.

При выделении излишков материала важно учитывать тип материала, толщину и степень нагрузки на деталь. Более слабые, тонкие или подвергающиеся значительным нагрузкам материалы должны иметь менее «агрессивные» карманы, а более прочные, толстые или подвергающиеся меньшим нагрузкам материалы могут иметь более «агрессивные» карманы. Агрессивная обработка карманов подразумевает удаление материала из заготовки (более агрессивное = большее удаление материала).

Хотя FEA (анализ методом конечных элементов) немного сложен для понимания, его можно использовать для определения подходящей толщины. FEA можно использовать для создания геометрии карманов, но это совершенно другая кроличья нора.



Создать лаконичные и выгодные карманы так же просто, как нарисовать окружности и касательные линии. Параметрические карманы могут быть заданы одним или двумя значениями смещения. Значения смещения определяют толщину оставшегося материала.

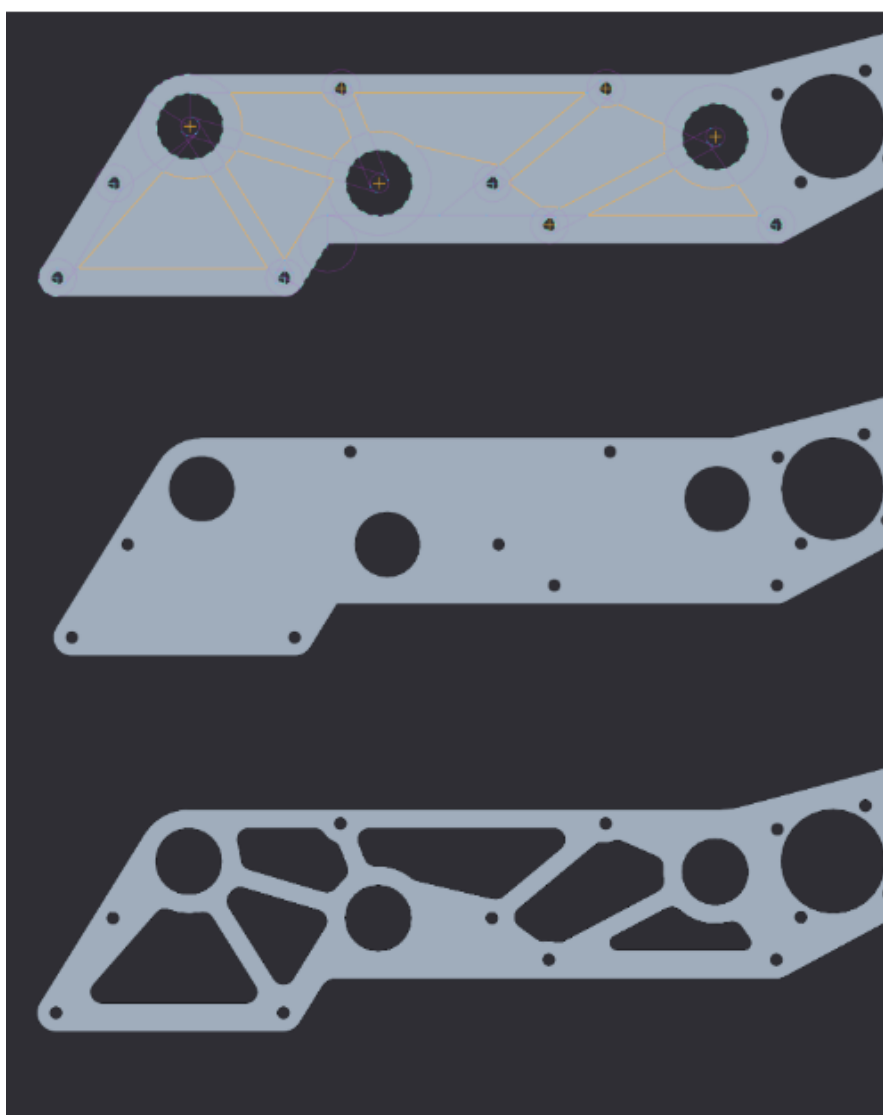
Параметрический означает, что весь эскиз определяется параметром, в данном случае это значение смещения, которое при настройке автоматически корректирует весь эскиз (с точки зрения толщины материала).

На каждой пластине/трубе можно нанести несколько обозначений, в том числе отверстия для винтов, отверстия для подшипников и углы. Для каждой ссылки будет выделен один или два круга для построения конструкции/эскиза. В идеале все строительные круги должны быть не более 4 размеров, чтобы обеспечить согласованность и простоту размещения карманов.

Сначала идут окружности для построения резьбовых отверстий с радиусом, равным радиусу резьбового отверстия, плюс значение смещения. Далее идут опорные отверстия с радиусом, равным радиусу опорного отверстия, плюс значение смещения. Затем идут кромки с окружностями для построения с радиусом, равным значению смещения. Затем на каждом из отверстий для винтов и подшипников проставляются наиболее важные окружности, которые будут определять толщину стойки.

Окружности в центре каждого отверстия для винта и подшипника будут иметь диаметр, равный значению смещения. После того, как все конструктивные окружности будут нарисованы, можно провести касательные линии для создания геометрии выемки. Использование значения параметрического смещения позволит легко регулировать толщину распорки, просто изменив одно или два значения.

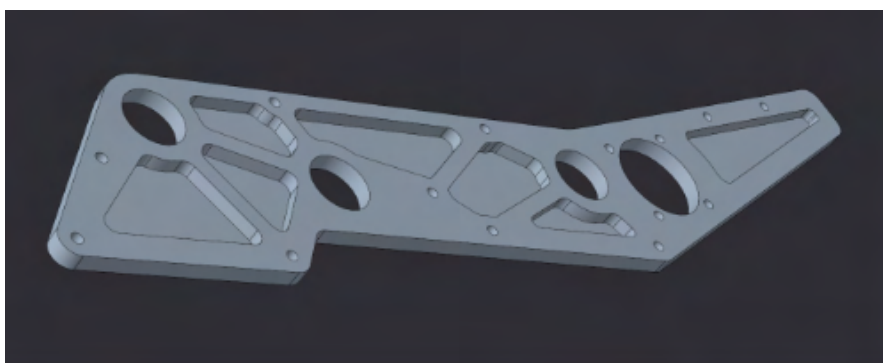
Касательные линии проводятся между окружностями по краям и другими окружностями по краям, а также между окружностями в центре каждого отверстия для подшипника и винта. Окружности с указанием радиуса отверстия для подшипника и отверстия для винта плюс величина смещения позволяют убедиться, что вокруг отверстий для подшипника и винта достаточно материала. Ниже приведен пример.



Последним этапом обработки отверстий является добавление закруглений к каждому углу, особенно к внутренним. Закругления уменьшают нагрузку на углы и упрощают обработку. Некоторые станки, такие как фрезерные и фрезерно-фрезеровочные станки, также не могут обрабатывать узкие внутренние углы. Для тех деталей, где требуется минимальная потеря жесткости и гораздо больше машинного времени, прорезание карманов не требуется полностью.

Гидроабразивные и лазерные фрезы могут разрезать материал только насквозь, в то время как фрезерные станки и фрезеровщики могут создавать поверхностные карманы. Эти карманы не проходят сквозь весь материал и являются во много раз более жесткими, чем сквозные карманы.

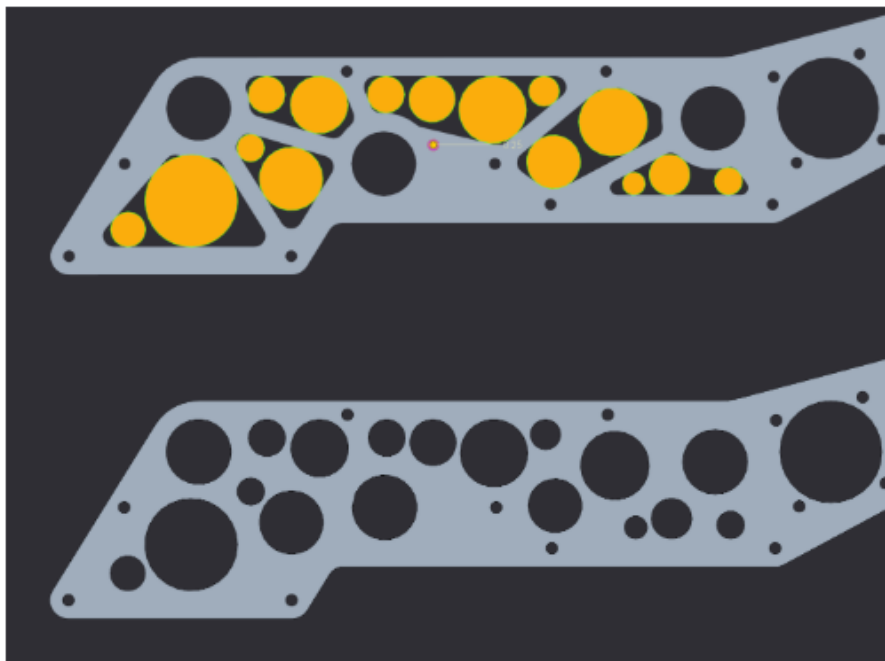
Недостатком является увеличение времени обработки. Увеличение времени связано с траекторией резания инструмента “для стрижки газона”, а не с простым срезанием геометрических кромок. Кроме того, это усложняет обработку, поскольку фрезеруется больше материала, а удаление стружки становится более важным.



Если у вас нет доступа к высокоточным инструментам, ручная дрель/сверлильный станок и крупногабаритные сверла / сверлильные головки с плоским дном могут создавать карманы в материале. Хотя это самый простой способ создания карманов, существует простой способ оптимизировать метод круглого сверления.

Поскольку основной целью pocketing'a является удаление как можно большего количества материала без существенного ущерба для стабильности конструкции, отверстия необходимо просверливать в определенных местах с помощью сверла нужного размера.

Самый эффективный способ определить конкретные положения и размеры сверла - это сначала создать схему выемки, как если бы вы использовали окружности и касательные линии. Затем нарисуйте отверстия по касательной к стойкам, созданным окружностями и касательными линиями. Ниже приведен пример с оранжевыми отверстиями для сверления, расположенными по касательной к краям обычных углублений.

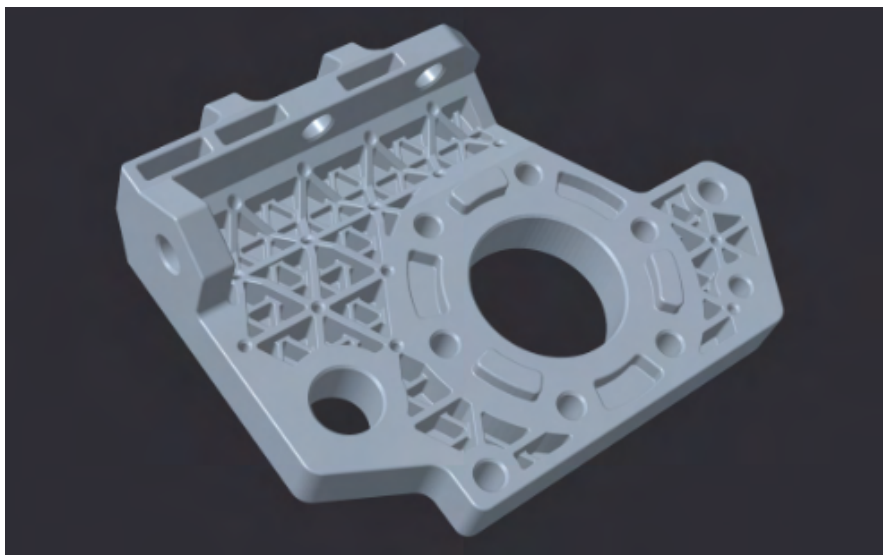


Несмотря на то, что это может выглядеть как беспорядочное месиво и на это может потребоваться больше времени, чем “создание дырок в сыре”, этот метод позволит добиться наибольшего снижения веса и снижения жесткости конструкции при использовании метода просверливания отверстий.

Очень важный совет при создании карманов - делать это в последнюю очередь при проектировании детали. Детали не должны проектироваться по шаблону карманов, скорее, карманы должны проектироваться вокруг детали. Если в детали слишком много отверстий или деталь слишком мала, чтобы ее можно было обрезать, то вероятно ее не стоит обрезать.

Создание карманов позволяет снизить вес детали, но при использовании традиционных методов обработки может потребовать значительного дополнительного времени. Однако при добавлении карманов к деталям, которые будут напечатаны в 3D-формате, в некоторых случаях это может сократить время печати, а также расход материала.

Описанный выше метод создания карманов является простейшим параметрическим методом создания карманов, но существуют и более сложные методы. Например, на рисунке ниже приведен пример сложного шаблона для создания карманов с двойной изо-сеткой, оптимизированного для 3D-печати по металлу.

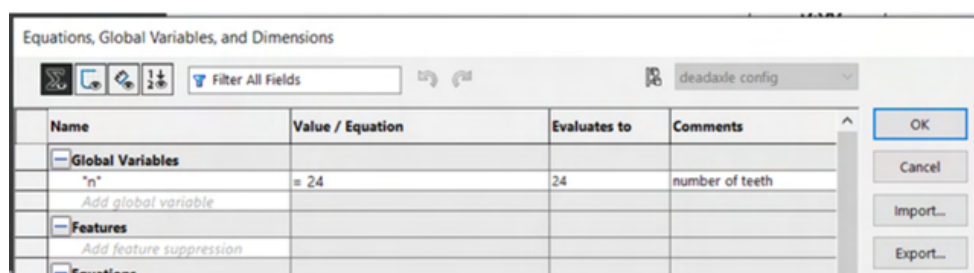


Когда карманы создаются вокруг детали, напечатанной на 3D-принтере, открывается множество новых возможностей с точки зрения минимального радиуса внутреннего угла, разрешения и размеров. Теперь можно также делать rocketing деталей, напечатанных на 3D-принтере.

Учебное пособие по CAD, часть 3. ***Индивидуальный шаблон шкива***

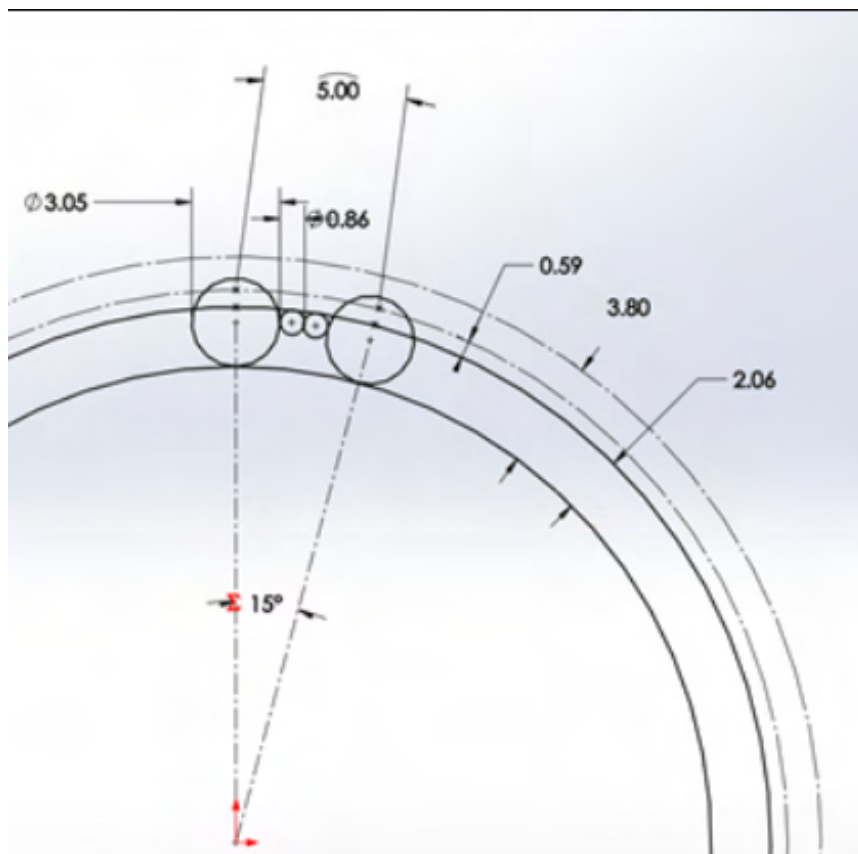
При разработке методов передачи мощности полезно иметь регулируемый шкив-генератор, позволяющий быстро изменять расстояние СС (от центра до центра) для внесения изменений в конструкцию. Обычно команды FTC используют профиль ремня HTD5 из-за его глубокого профиля зубьев, который повышает устойчивость к скольжению и увеличивает грузоподъемность. В этом руководстве основное внимание будет уделено профилю HTD5, но его относительно легко адаптировать для разных профилей.

Чтобы сделать шкив полностью параметрическим (регулируемым без переделки базового эскиза), мы будем использовать уравнения (в Solidworks и Creo), параметры (Fusion 360 и Inventor) или переменные (Onshape). Уравнения позволяют пользователю быстро корректировать значения и изменять несколько размеров эскиза или объекта.



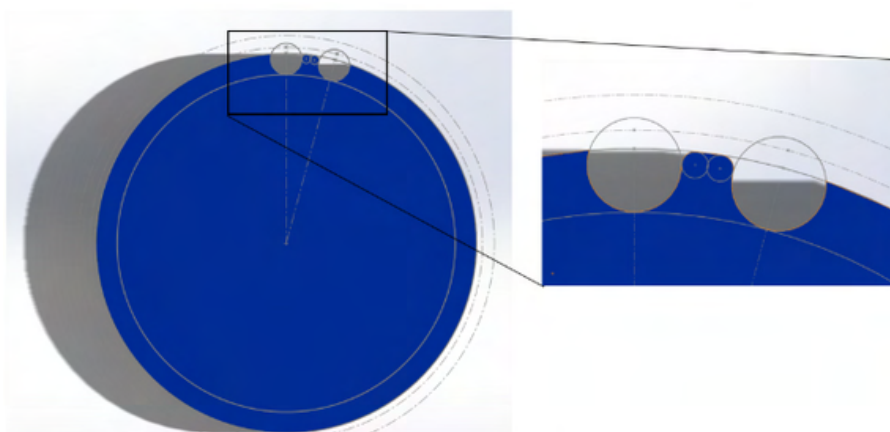
Сначала определите новую переменную "n" и установите значение по умолчанию равным 24. Это очень важно, поскольку "n" будет влиять на количество зубцов, которые будут определять угол между зубцами и круговой рисунок.

Скопируйте эскиз, приведенный ниже.

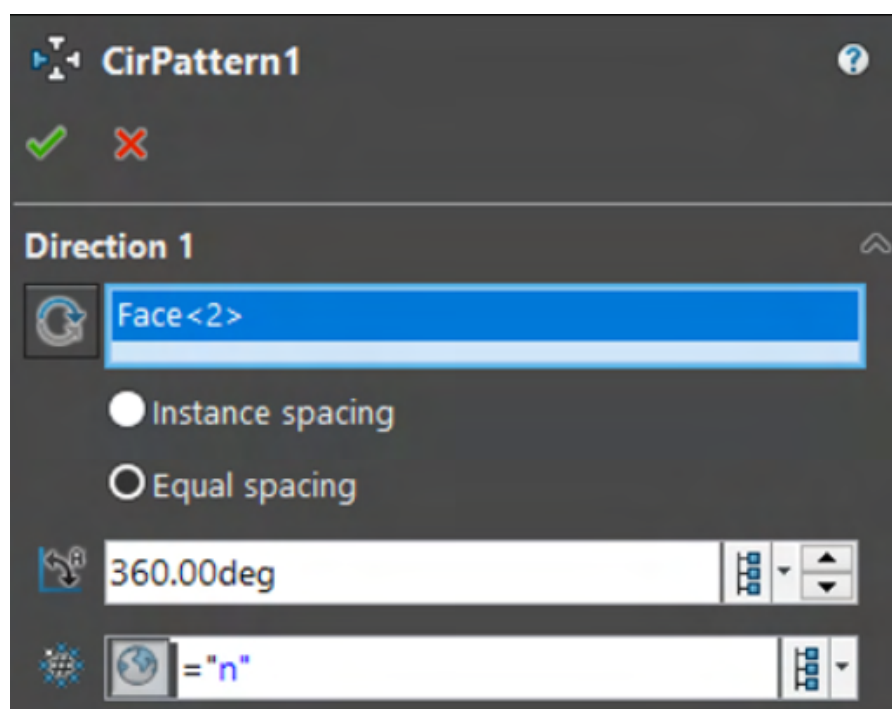


- Уравнение 15° выполняется путем ввода $=360/"n"$ в текстовое поле
- Обратите внимание, что размер 5 мм вверху описывает длину дуги, которая определяется в Solidworks путем предварительного выбора двух точек и соединяющей их дуги.
- Две большие окружности касаются двух окружностей поменьше, но две окружности поменьше не касаются друг друга.

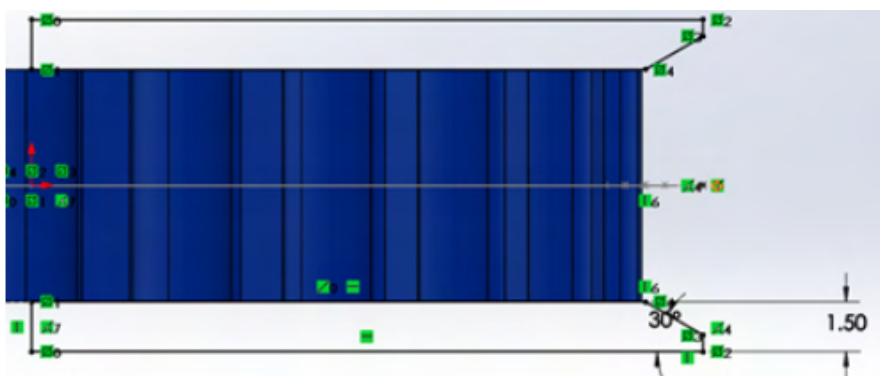
Оставьте этот эскиз в качестве ссылки и используйте "Преобразовать объекты" для создания эскизов дополнительных объектов.



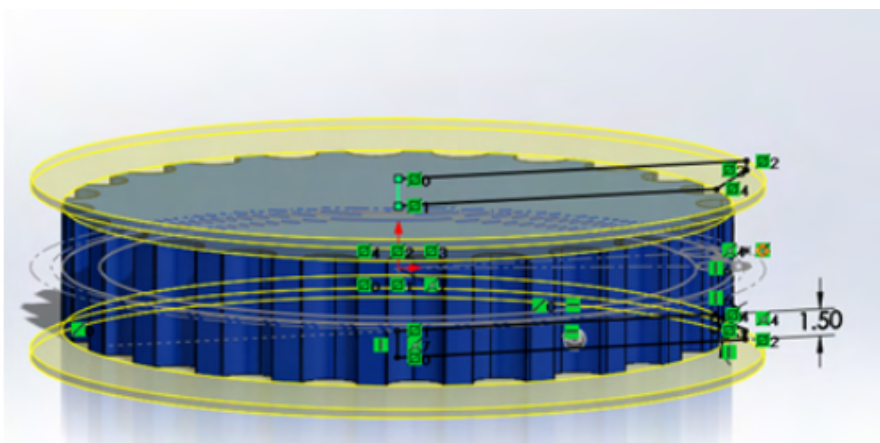
Затем вытяните внешний жирный круг. Вырежьте-вытяните профиль на эталонном эскизе. Делайте эти функции отдельно



Теперь просто создайте круговой узор. Определите направление 1 как верхнюю грань и создайте «n» экземпляров элемента вырезания-вытягивания



Теперь просто сделайте набросок на боковой плоскости и обозначьте фланцы. Это зависит от вас, но желательно, чтобы внешняя точка была перпендикулярна точке, проходящей через внешнюю окружность. Таким образом, фланец изменится относительно «n».



Глоссарий

COTS

COTS (Commercial Off The Shelf) - это комплектующие, которые команды могут приобрести физически или через онлайн-магазины

Внимание

Специалисты FTC® имеют ограниченный доступ к определенным деталям COTS, (за некоторыми исключениями). Например, будет разрешено приобрести выдвижной механизм, поскольку он имеет только одну степень свободы. Однако приобретение многоосевого рычага будет запрещено

Однако команды могут приобрести отдельные детали и собрать их вместе в механизм с несколькими степенями свободы. Это не относится к комплектam трансмиссии.

Укомплектование (packaging)

Под укомплектованием понимается относительный размер и расположение компонентов на роботе. Как правило, требуется спроектировать и разместить (или укомплектовать) компоненты максимально компактным способом.

Файл STEP

Файл STEP - это тип файла, используемый для хранения 3D-данных о детали. Он распознается различными САПР, включая SolidWorks, Inventor, Creo и др.

Аппаратные компоненты

Руководство по наборам и оборудованию

Перед началом сезона вашей команде предлагается принять важное решение, которое, несомненно, сильно повлияет на направление разработки оборудования, по крайней мере, в течение первого года. В настоящее время в магазине FIRST® представлены два набора для новых команд: набор TETRIX от Pitsco и стартовый набор REV от REV Robotics. Однако командам следует тщательно рассмотреть другие варианты, такие как goBILDA, прежде чем выбирать набор.

Каждая система сборки имеет свои преимущества и недостатки, о которых мы рассказали в наших подробных руководствах по сборке систем ниже. Хотя руководство может быть не совсем объективным, рекомендации основаны на нашем собственном опыте работы с различными наборами, так что это не лишено оснований. Как и практически во всем, что касается FTC®, здесь нет единственно правильного ответа, но есть ответы, которые лучше других. Надеемся, что в этом руководстве вы найдете несколько полезных советов о том, какой набор может быть лучшим для вашей команды.

Почему рекомендуют использовать наборы?

В конце концов, многие успешные роботы не придерживались этой концепции. Тем не менее, мы по-прежнему рекомендуем новым командам приобрести стартовый набор по одной важной причине. У опытных команд практически гарантированно будут запасные части, которые они смогут использовать для создания своего следующего бота. Однако у команд-новичков, как это очевидно, нет такого количества деталей из предыдущих сезонов. Таким образом, новые команды должны приобретать эти детали самостоятельно, чтобы к началу сезона было из чего строить, а стартовые комплекты предлагают эти детали за меньшие деньги, чем если бы они были приобретены отдельно. Как будет показано ниже, существуют варианты, которые не включают в себя комплекты, и, безусловно, они очень полезны, но новым командам рекомендуется использовать компоненты, разработанные для FTC, в качестве отправной точки.

Какой набор стоит выбрать?

Выбор набора является предметом многочисленных дискуссий на форумах FTC, и у каждой команды есть свои фавориты. Если вы новичок в команде и не имеете опыта работы ни с одним из вышеперечисленных наборов, мы бы рекомендовали начать с набора от REV Robotics или goBILDA. Эти комплекты обеспечивают хороший выбор деталей, надежность и соотношение цены и качества. Они легко расширяются, а большая гибкость в выборе деталей позволяет их настраивать. Имейте в виду, что совместимость между комплектами различна и зависит от используемой системы агрегатов.

- goBILDA (metric) немного дороже, но с ним проще начать работу. Набор имеет обширный каталог запчастей и может быть адаптирован к другим системам сборки, таким как REV. Однако его цена может отпугнуть некоторые команды с меньшим бюджетом.
- REV Robotics (metric) немного дешевле, но, как правило, требует большего времени на освоение, чем большинство других наборов, поскольку он основан на экструзии, а не на использовании швеллеров. Работа с экструзией требует больше усилий (вам нужно обрезать алюминиевую экструзию по длине), однако он обеспечивает максимальную свободу проектирования и настраиваемость. REV также доступен в магазине FIRST, что может быть удобно для команд, осуществляющих закупки через официальные школьные системы закупок.
- Tetrix (метрический и имперический), вероятно, является самой простой системой для работы, но выбор деталей в наборе ограничен, а использование вала диаметром 4,7 мм с установочными винтами уступает зажимным втулкам, используемым в других системах.

⚠ Внимание

Несмотря на то, что VEX также продает некоторые комплектующие для FTC, Game Manual 0 никоим образом не может одобрять или поддерживать какие-либо продукты VEX Robotics/IFI (материнской компании VEX). Мы не можем с чистой совестью заставлять людей поддерживать бизнес, в истории которого были чрезвычайно серьезные обвинения в домогательствах на рабочем месте, токсичности и общем поведении, которое не соответствует идеалам FIRST.

Варианты наборов goBILDA

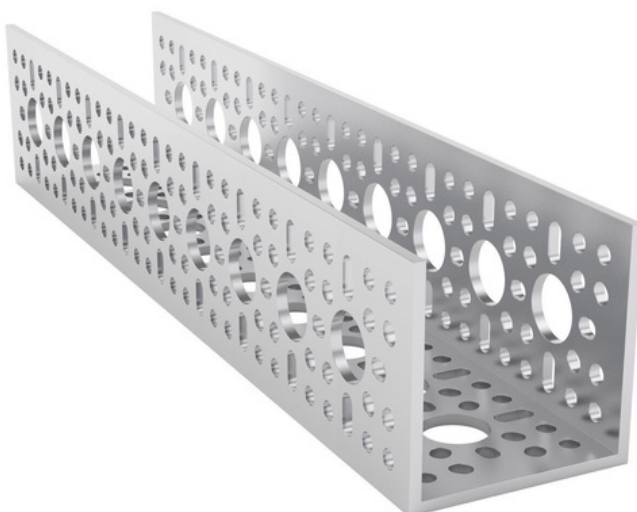
goBILDA (<https://www.gobilda.com/>) - это система построения на основе каналов с фиксированным шагом, использующая метрические единицы измерения. Она была выпущена в сезоне 2018-2019 годов и производится той же компанией, что и Actobotics.

Особые соображения

- goBILDA основана на метрических измерениях с использованием оборудования M4. Схема отверстий состоит из отверстий диаметром 4 мм на 8-миллиметровой сетке.
- Конструкция комплекта в основном основана на U-образном канале, который отличается прочностью и долговечностью.
- Надежная система перемещения goBILDA позволяет производителям легко создавать трансмиссии и механизмы, не беспокоясь о размещении и натяжении.
- Это спорно, но goBILDA, скорее всего, плохо поддается обучению из-за своего простого, но чрезвычайно функционального каталога запчастей.
- Детали goBILDA, как правило, можно легко адаптировать к другим деталям комплекта, таким как REV.
- Кроме того, goBILDA по-прежнему разрабатывается быстрыми темпами и отвечает потребностям сообщества FTC®.
- goBILDA предлагает скидку 25% для команд FIRST®.

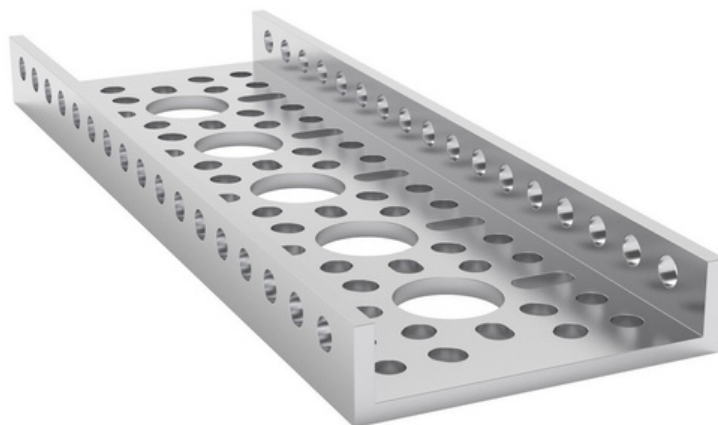
Известные компоненты

- Для перемещения goBILDA использует цепь 8 мм и ремни HTD 3 или HTD 5.
- В goBILDA в основном используются зажимные втулки (называемые Sonic hubs), что позволяет исключить ненадежные установочные винты.
- Валы goBILDA имеют метрическую форму (диаметр 6 мм и закругленный шестигранник 8 мм).
- Основным конструктивным элементом является алюминиевый U-образный канал диаметром 48 мм, показанный ниже.



goBILDA U-channel (48x48 mm)

- Канал Low-Side (канал меньшего профиля) дополняет полноразмерный канал. Канал Low-Side имеет высоту всего 12 мм и позволяет создавать более компактные конструкции. Кроме того, канал Low-Side открывает такие возможности, как трансмиссия с параллельными пластинами на основе комплекта. Канал Low-Side также составляет основу каскадного комплекта с возможностью 2 или 4 ступеней.



goBILDA low-side channel (12x48 mm)

- Канал Mini-Low-Side (еще более узкий профильный канал), дополняющий канал Mini-Low-Side. Высота канала Mini-Low-Side составляет 12 мм, а ширина - всего 32 мм, что делает его отличным решением для небольших конструкций.



goBILDA mini-low-side channel (12x48 mm)

- Выдвижные ящики Viper - это версия широко используемых выдвижных ящиков goBILDA линейного выдвижения длиной 336 мм и 240 мм. Примечательно, что goBILDA продает комплект слайдов Viper, в который входят все детали для сборки слайдов из 2 или 4 блоков. Кроме того, они являются одним из немногих поставщиков, который продает эти слайды в комплекте с ремнями. 240-миллиметровая направляющая также является уникальной двунаправленной и скользит в обе стороны.

- GoRail - это экструзия, которая хорошо дополняет ассортимент швеллеров. GoRail используется в комплекте линейных приводов для выдвижных механизмов.

Вердикт

Комплект goBILDA - это надежный, хотя и немного более дорогой вариант для новых бригад. Он предлагает большую гибкость и возможность выбора деталей из их каталога. goBILDA - это надежный выбор благодаря разумной цене, простому обучению и продуманному дизайну, который уменьшает затраты времени и возможные затруднения.

Преимущества

- Low-Side U-образный канал от goBILDA открывает множество новых возможностей благодаря своей гибкости и компактности. Например, теперь можно изготовить параллельную пластинчатую трансмиссию без специальной обработки или U-образный канал нестандартной ширины.
- У goBILDA также есть сервоблоки (идентичные Actobotics, за исключением рисунка отверстий), которые значительно увеличивают срок службы сервопривода.
- goBILDA имеет встроенную опору шестигранного вала большого диаметра (12 мм REX сопоставима с закругленным шестигранником 3/8 дюйма), что является одним из основных преимуществ индивидуального изготовления.
- goBILDA также может взаимодействовать с TETRIX channel, поскольку у них есть некоторые общие недостатки. Для получения дополнительной информации о совместимости TETRIX и goBILDA посетите этот веб-сайт. Он также полностью совместим с экосистемой REV.
- В goBILDA используется хорошо продуманная система перемещения на шариковых подшипниках с интеллектуальной передачей движения. Цепь или ремень легко монтируются в швеллер.



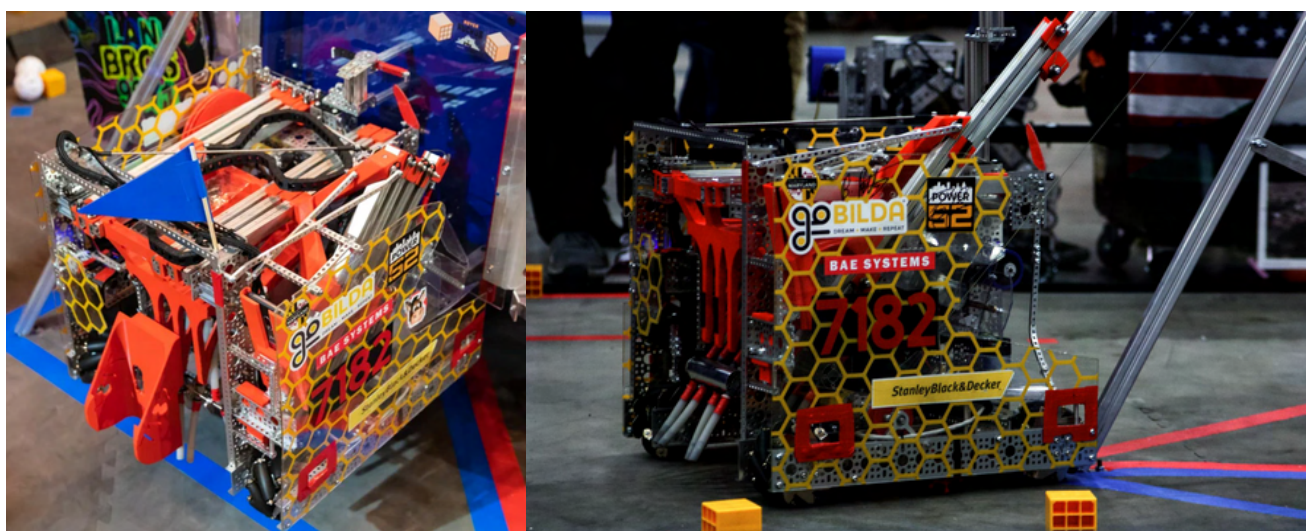
Заметка

Цепь 8 мм, ремень HTD 3 и ремень HTD 5 мм идеально подходят для C2C (от центра к центру) по схеме goBILDA. Это избавляет от головной боли при расчете расстояний C2C.

- У goBILDA есть множество вариантов валов, шарикоподшипников и опорных блоков.
- Двигатели goBILDA могут быть встроены лицевой стороной в канал, что устраняет необходимость в креплениях для двигателей и обеспечивает надежный способ монтажа двигателей.
- В goBILDA есть некоторые специальные детали, недоступные в других системах, например, валы с квадратными балками.
- goBILDA предлагает большой выбор двигателей постоянного тока 12 В. В двигателях Yellow Jacket используются орбитальные редукторы, и они доступны с 10 различными передаточными числами в диапазоне от 30 до 1620 об/мин. Ни один другой производитель не предлагает такого разнообразия передаточных чисел.

Недостатки

- goBILDA - не самая дешевая система сборки; по цене она относительно эквивалентна Actobotics, но REV дешевле.
- U-образные каналы goBILDA имеют больший размер, чем каналы Tetrix, что приводит к увеличению объема сборки. Однако это компенсируется тем фактом, что в канал можно поместить двигатель goBILDA. Кроме того, использование канала mini-low-side позволяет создавать более компактные конструкции там, где это необходимо.
- Из-за метрического расстояния между схемами в goBILDA используется цепь с шагом 8 мм, в отличие от цепи Imperial стандарта FTC № 25. Это означает, что цепь и шестеренки из других комплектов не будут работать с цепью и шестеренками goBILDA.



Пример успешного робота на базе goBILDA, 7182 Mechanical Paradox Cubed: Finalist Alliance 1st Pick (Детройт), Rover Ruckus

REV Robotics

REV kit - это набор на основе экструзии с бесконечным шагом, в которой используется метрическая система и оборудование МЗ.

Особые соображения

- Система REV ecosystem основана на алюминиевой экструзии размером 15x15 мм и дополнена каналами размером 45x45 мм.
- При экструзии отсутствуют фиксированные монтажные отверстия, что повышает удобство регулировки и гибкость. Например, натяжение цепи упрощается, когда при перемещении крепления или кронштейна увеличивается натяжение.
- В новой системе используются метрические размеры (экструзия 15 мм, фурнитура МЗ), за исключением роликовой цепи № 25 (стандарт FTC®, imperial).
- Компания REV специально разработала систему с учетом совместимости, поскольку адаптеры шаблонов облегчают проблемы совместимости.
- Многие детали REV изготовлены из Delrin, износостойкого пластика, что снижает общую стоимость. Однако REV также предлагает алюминиевые варианты для деталей с высокой нагрузкой.
- У REV более сложная кривая обучения, чем у систем сборки на основе каналов, благодаря тому факту, что создание конструктивно обоснованных механизмов требует лишь немного больше размышлений.

Известные компоненты

- Основным преимуществом REV является алюминиевая экструзия размером 15x15 мм. В нее входят винты с шестигранной головкой МЗ, которые скользят по пазам.
- Кроме того, REV также предлагает U-образные швеллеры 45x45 мм и С-образные швеллеры 45x45 мм, которые прочнее экструзионных и при необходимости обеспечивают жесткость и поддержку.
- REV также предлагает перфорированные трубки для тех, кому нужна более надежная система крепления при сохранении гибкости экструзии.
- В REV используются стальные стержни с шестигранной головкой диаметром 5 мм и система поддержки перемещения на шарикоподшипниках. Вал может быть обрезан по длине, что может быть очень полезно в определенных случаях. Многие производители добавили совместимость с шестигранным валом диаметром 5 мм.
- REV предлагает 3 типа двигателей HD HEX: цилиндрические, планетарные и ультрапланетарные. UltraPlanetary имеет настраиваемые передаточные числа планетарно-кольцевых передач по очень доступной цене.
- REV также предлагает адаптеры для других систем, встроенные во многие детали, такие как алюминиевые кронштейны.

Вердикт

Комплект REV хорош для команд, желающих потратить время на создание экструзионной системы. Это самый гибкий комплект, поскольку он основан на экструзии, но в то же время позволяет интегрировать швеллер наряду с экструзией. REV предлагает возможность модернизации деталей для тех, кто хочет дополнительно инвестировать в систему REV building.



Заметка

Одним из преимуществ комплекта REV kit является совместимость с экструзией MiSUMI размером 15x15 мм.

Экструзия REV размером 15x15 мм не такая прочная, как у MiSUMI, по двум причинам:

1. Экструзия REV изготовлена из алюминия марки 6063, в то время как экструзия MiSUMI изготовлена из алюминия A6N01SS-T5, более прочного и жесткого сплава.
2. Экструзия MiSUMI имеет большую площадь поверхности, что обеспечивает большую площадь контакта.

MiSUMI обладает большей прочностью при меньших оптовых затратах. Кроме того, MiSUMI позволяет резать с точностью до полумиллиметра, что делает его отличным вариантом для тех, кому требуется точная резка. Недостатком MiSUMI является то, что он немного тяжелее, чем экструзионный станок REV. Рекомендуется, чтобы команды использовали MiSUMI для трансмиссии и поддержки конструкции, а REV - для механизмов, которые будут испытывать низкую или среднюю нагрузку.

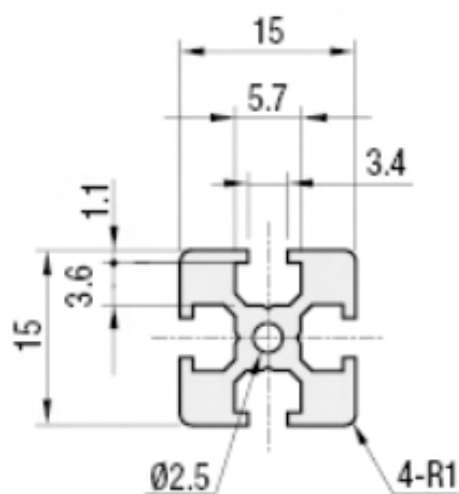
REV также продает перфорированные трубки, представляющие собой алюминиевые трубки диаметром 15 мм, которые позволяют производителям использовать систему REV building диаметром 15 мм, не сталкиваясь с недостатками экструзии, такими как отсоединение деталей со временем.

При использовании перфорационных трубок команды должны предварительно просверлить отверстия и прикрепить их, в отличие от экструзии, когда команды могут перемещать и настраивать механизмы.

Таким образом, для экономии средств рекомендуется использовать экструзию при прототипировании/итеративном проектировании и использовать перфорационные трубки при окончательной итерации своего робота. Пробивная трубка совместима с метрическим ступенчатым сверлом и заклепками диаметром 1/8 дюйма или 3,2 мм.



REV 15x15mm Extrusion



MiSUMI 15x15mm Extrusion Profile

Набор

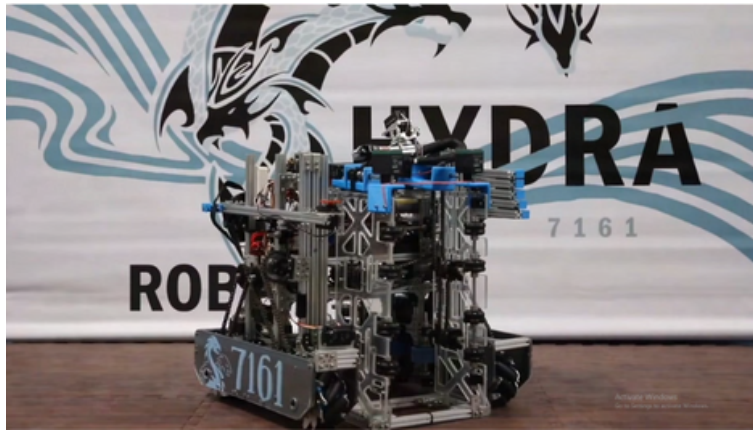
FTC Стартовый набор V3

Преимущества

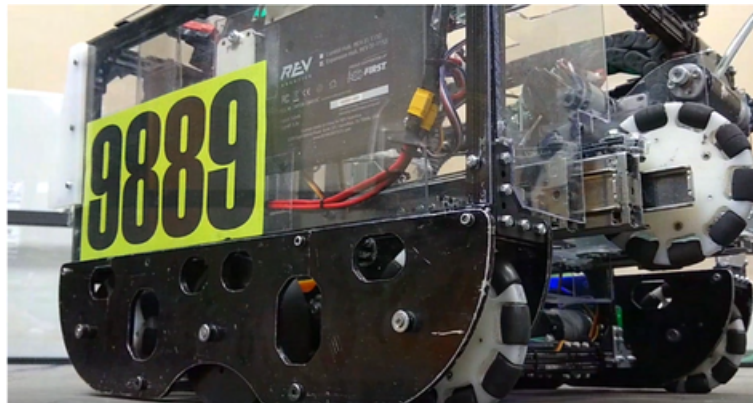
- Для экструзионных систем не нужно беспокоиться о натяжении, поскольку крепления регулируются в соответствии с вашими потребностями.
- Экструзия позволяет командам экономить пространство в отличие от швеллеров, и она легче алюминиевых швеллеров.
- Экструзия обеспечивает неограниченные возможности позиционирования вместо фиксации на определенном расстоянии, что полезно для настройки механизма.
- Продукция Delrin недорогая, но долговечная в большинстве случаев.
- В REV есть возможность при необходимости перейти на алюминиевые детали, чего не предлагает ни одна другая система сборки. (не для всех деталей)
- Шестигранник диаметром 5 мм - это надежный вал и система перемещения, которая легко адаптируется к шестигранному валу UltraHex диаметром 1/2 дюйма. У других компаний есть варианты адаптации с шестигранником диаметром 5 мм.
- Пробивная трубка - отличный вариант для окончательной доработки, если вы уверены в правильности установки.
- Швеллер прекрасно дополняет экструзию - возможность регулировки экструзии и жесткость швеллера делают его очень прочной системой сборки.
- Как правило, продукция REV разрабатывается с учетом доступности, поэтому компоненты имеют хорошее соотношение цены и качества.

Недостатки

- экструзия размером 15x15 мм не так прочна, как швеллеры, при высоких нагрузках.
- Более сложный процесс обучения, больше времени уходит на измерение и обрезку экструзии по длине.
- Требуются такие инструменты, как пила и ленточнопильный станок.
- Требуется продуманность и планирование длины и размещения экструзии.
- Детали со временем расшатываются (для исправления: используйте пробивную трубку)
- Болты М3, особенно те, которые продаются непосредственно компанией REV, склонны к изгибу при повышенной нагрузке (например, при использовании в качестве оси для шкива)
- Шестигранный вал диаметром 5 мм также подвержен изгибу, особенно если он длинный.



7161 ViperBots Hydra, Finalist Alliance 1st Pick (Houston), Relic Recovery



9889 Cruise Control, Rover Ruckus



6299 ViperBots QuadX, Velocity Vortex



11115 Gluten Free used both REV and Actobotics for the 2017-2018 season. Finalist Alliance Captain (Detroit), Relic Recovery

TETRIX

Внимание

Использование TETRIX, как правило, не рекомендуется из-за его ограниченной гибкости и низкой надежности в долгосрочной перспективе. Эта страница служит справочной информацией для команд, которые имеют и используют компоненты TETRIX, но у которых нет особых причин для их приобретения.

Система построения TETRIX - это система построения с фиксированным шагом, основанная на каналах, в которой используются как имперские, так и метрические единицы измерения.

Особые соображения

- Система TETRIX build system основана на алюминиевых с-образных каналах диаметром 32 мм и 16-миллиметровом круге для болтов с шагом 16 мм (центры кругов расположены на расстоянии 16 мм друг от друга). TETRIX использует эти каналы для создания множества вариантов монтажа строительных конструкций.
- Эти каналы имеют тенденцию изгибаться под нагрузкой, что часто требует усиления с использованием нескольких каналов для сохранения их формы.
- В то время как канал TETRIX измеряется в метрических единицах, в системе используются болты Imperial (SAE) и цепь Imperial. Такое сочетание единиц измерения означает, что детали часто выстраиваются не совсем так, как предполагалось, что приводит к непредвиденным проблемам.
- При использовании цепи на TETRIX часто требуются дополнительные натяжители.
- Шестерни и звездочки TETRIX предлагают очень ограниченные возможности для создания передаточных отношений. Алюминиевые шестерни имеют свойство очень быстро изнашиваться, особенно если они неправильно закреплены с обеих сторон.
- Детали Tetrix, как правило, не отличаются высокой надежностью и долговечностью из-за некачественного выбора материалов.
- Цены на детали Tetrix немного завышены, в то время как качество ниже, чем REV и goBILDA.

Вердикт

Хотя вы, возможно, рассматриваете TETRIX в качестве стартового набора, мы рекомендуем вам изучить возможные варианты, прежде чем выбирать комплект. Несмотря на то, что Tetrix вызывает довольно много критики со стороны сообщества, это неплохой выбор с точки зрения физических качеств, таких как прочность, но варианты монтажа и расположение отверстий оставляют желать лучшего и ограничивают возможности команд в плане гибкости.

Набор

- Набор деталей
- 2020-2021 Набор деталей BoM

Преимущества

- Набор TETRIX, являясь самым базовым из всех наборов, прост в освоении и предоставляет множество возможностей в строительстве. Сам набор поставляется с с-образным швеллером, который выполнен из алюминия в форме буквы С. В нем предварительно прорезаны отверстия, благодаря чему двигатели, шестерни или приводные валы могут быть легко встроены в канал. Для начинающей команды с небольшим опытом или без него набор TETRIX позволяет собрать работающую трансмиссию за пару часов (Примечание: Большинство других наборов позволяют сделать то же самое, но с большим количеством возможностей настройки).
- Кроме того, TETRIX обладает хорошей структурной прочностью, если каналы установлены в правильной ориентации. Как правило, они должны быть расположены в виде буквы "n", верхней стороной вверх. Соединение каналов контргайкой вместо обычных гаек повышает долговечность. Однако TETRIX - самая слабая из систем сборки и очень подвержена изгибу, особенно при изготовлении длинных швеллеров, на которые приходится нагрузка по нескольким осям.
- Базовые механизмы, такие как рычаг, легко изготавливаются с использованием зубчатых колес и d-образного вала. Однако у этого есть потенциальные недостатки.

Недостатки

- Двигатели TorqueNADO сравнимы с двигателями NeveRest 60:1. Они пригодны для использования, однако имеют более ограниченное применение из-за низкого передаточного числа, что означает высокий крутящий момент, но относительно низкую выходную скорость. В TorqueNADO используются цилиндрические редукторы, и они не выдерживают такой большой ударной нагрузки, как другие планетарные модели, а именно орбитали AndyMark 20, планетарии REV HD или планетарии goBILDA Yellow Jacket.
- Алюминиевые шестерни часто скрежещут друг о друга, даже при правильном расстоянии друг от друга, и служат недолго, особенно при высоком крутящем моменте.
- Втулки TETRIX имеют круглую форму 6 мм или 4,7 мм и крепятся на установочных винтах, которые передают крутящий момент. Эти установочные винты известны тем, что они отвинчиваются под нагрузкой, поэтому необходимо соблюдать особую осторожность при постоянной затяжке этих винтов.

Кроме того, настоятельно рекомендуется, чтобы участники использовали какой-либо фиксатор резьбы на установочных винтах, будь то Loctite Blue (съемный) или Loctite Red (несъемный). Возможным решением проблемы является приобретение зажимных втулок диаметром 6 мм у goBILDA для использования на валах TETRIX, однако для этого также необходимо использовать переходник с шаблона goBILDA на TETRIX.

- Из-за использования метрической схемы, но с использованием имперских стандартов на отверстия и цепь не будет иметь идеального натяжения при перемещении от одного отверстия в канале к другому. Для установки цепных систем потребуется внешний натяжитель.
- TETRIX также является в среднем самым дорогим комплектом, но при этом предоставляет самые ограниченные возможности для сборки. И, наконец, из-за ограниченного количества блоков команды не могут интегрировать пользовательские компоненты в TETRIX.
- Установочные винты на втулках TETRIX могут повредить валы двигателя, а отверстие в самой ступице может увеличиться, что приведет к шатанию или смещению втулки.

Советы по использованию

В любой системе сборки важно правильно поддерживать конструкцию вашего робота. Это включает в себя опорные оси в двух или более точках соприкосновения или наличие нескольких точек опоры для части швеллера. Из-за относительно хрупкой конструкции TETRIX этот совет применим к TETRIX вдвойне. Вместо того, чтобы просто поддерживать вал в двух точках, рекомендуется поддерживать вал в 4 или более точках (если вы используете стандартное крепление диаметром 4,7 мм). При монтаже двигателей рекомендуется использовать два зажимных устройства для крепления одного двигателя. Также настоятельно рекомендуется использовать выступы внутри канала, чтобы предотвратить его изгиб внутрь или наружу.



6022 To Be Determined: Worlds Semifinalist (St. Louis), Velocity Vortex

Роботы на базе TETRIX являются конкурентноспособными, однако в последние годы это стало происходить все реже.

Acrobotics

Внимание

С июня 2023 года, ServoCity приостанавливает выпуск линейки Acrobotics, чтобы сфокусироваться на goBILDA. Данный раздел мы решили оставить для тех команд, которые продолжают использовать детали Acrobotics

Набор Actobotics от ServoCity (<https://www.servocity.com/actobotics>) представляет собой систему сборки на основе каналов с фиксированным шагом, в которой используются элементы imperial units. Система перемещения на основе 1,5-дюймовых с-образных каналов и шариковых подшипников позволяет командам создавать механизмы полностью из деталей набора.

Особые соображения

- В каналах Actobotics гораздо больше монтажных отверстий, чем в каналах Tetrix, что обеспечивает большую гибкость при монтаже.
- В Actobotics используются имперские единицы измерения, что обеспечивает точное расстояние между ними и их установку. Однако в большинстве других наборов используются метрические.
- Actobotics может подключаться к другим наборам, таким как REV, с помощью различных адаптеров шаблонов.
- ServoCity предлагает скидку 25% на все комплектующие FIRST® teams по конкурентоспособным ценам.:
https://www.servocity.com/first_team_discounts

Известные компоненты

- Мини-канал предлагается в дополнение к каналу стандартного размера для неструктурных компонентов.
- Система экструзии X-rail от Actobotics обеспечивает исключительную регулировку и гибкость, поскольку она добавляет экструзионный компонент в комплект на основе канала.
- В дополнение к конструктивным решениям Actobotics использует серию зажимных втулок и прочный стальной D-образный вал диаметром 1/4 дюйма.
- В линейном наборе для перемещения используется экструзия X-rail для создания выдвижных механизмов.
- Сервоблоки, которые продлевают срок службы сервопривода, рекомендуются для всех команд, независимо от комплектации. Однако сервоблоки легко интегрируются с экосистемой Actobotics.
- Кроме того, Actobotics предлагает такие варианты перемещения, как конические шестерни и комплекты линейных приводов (с ходовыми винтами) для конкретных случаев использования.

Вердикт

До того, как Actobotics был снят с производства, он был отличным выбором для новых команд, предлагая надежный базовый набор с множеством возможностей для расширения. Поскольку он больше не выпускается, мы рекомендуем командам рассмотреть другие наборы.

Набор деталей

- [Набор деталей 2020-2021](#)

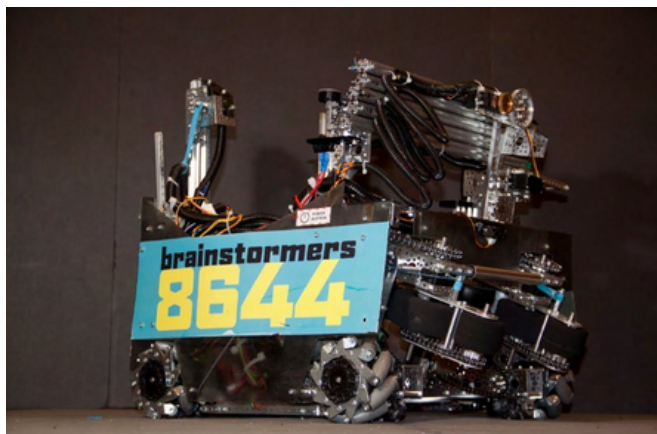
Преимущества

- Actobotics предлагает высококачественную систему сборки с фиксированным шагом, которая, как правило, проще в сборке, чем системы на основе экструзии, требующие обрезки по длине.
- В Actobotics установлены запатентованные сервоблоки, которые значительно увеличивают срок службы сервопривода, защищая его от ударных нагрузок. Более подробную информацию можно найти в глоссарии.
- Actobotics легко совместима с другими системами сборки, такими как REV kit, с помощью адаптеров, которые можно найти на веб-сайте Servocity.
- Actobotics более прочна, чем TETRIX, в плане гибкости трансмиссии и имеет больше опор для предотвращения изгиба конструкции.
- Предлагаемые зажимные втулки более надежны, чем установочные винты, поскольку при зажиме вал входит в зацепление в большем количестве мест, чем при использовании установочного винта (с одной стороны). Как уже говорилось в разделе о TETRIX, установочные винты, в частности, подвержены ослаблению, особенно без применения Loctite.
- Система перемещения Actobotics очень надежна и основана на шарикоподшипниках, которые имеют более низкий коэффициент трения, чем втулки. Actobotics совместима с 5-миллиметровыми шестигранниками, используемыми REV, с их адаптируемыми ступицами.
- Actobotics также обеспечивает торцевой монтаж двигателей в отличие от зажимного монтажа.

Недостатки

- Компания ServoCity больше не производит Actobotics, поэтому найти некоторые запчасти может быть сложно.
- Actobotics стоит недешево, поэтому ее стоимость может оказаться непомерно высокой для некоторых команд с ограниченным бюджетом. Обратите внимание, что благодаря 25%-ной скидке FTC® team Actobotics может стоить дешевле, чем TETRIX. Единственная более дешевая система сборки - REV

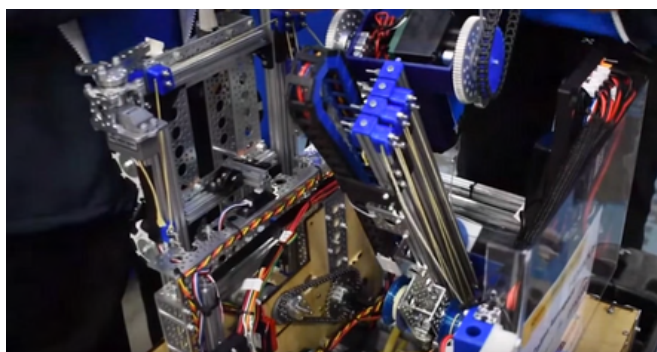
- Ремни XL от ServoCity не очень хороши. Рекомендуется приобретать ремни от ServoCity, поскольку для этого может потребоваться использование шкивов, напечатанных на 3d-принтере. Кроме того, внутри канала не так много места для установки ремня или цепи, что значительно ограничивает размер шкивов.
- Канал занимает больше места, чем экструзия, поэтому с комплектом Actobotics механизмы могут быть немного больше. Чтобы устранить эту проблему, ServoCity продает мини-каналы такого же размера, как и экструзионные.



Пример успешного робота на базе набора Actobotics, 8644 Brainstormers: 2018 Winning Alliance Captain (Detroit), Relic Recovery



Другой пример робота на основе Actobotics, 9971 LanBros: 2019 Winning Alliance Captain (Detroit), Rover Ruckus



9794 Wizards.exe использовали Actobotics и REV extrusion to build their Rover Ruckus robot

Кастом

Многие команды предпочитают полностью игнорировать наборы и вместо этого создают свои собственные механизмы с нуля. Хотя это дает практически неограниченную свободу проектирования, имейте в виду, что создание с нуля имеет множество недостатков. Для создания кастомного робота требуется полная CAD-модель, а также возможности обработки. Для новых команд вариант с полностью кастомизированным роботом не самый подходящий.

Однако отказ от полностью кастомизированного робота открывает множество возможностей. Многие команды предпочитают создавать робота, состоящего как из комплектных, так и кастомизированных деталей. Мы рекомендуем использовать детали комплекта в качестве основы робота и изготавливать любые дополнительные детали по индивидуальным требованиям, а не наоборот. Таким образом, вы можете положиться на прочность и долговечность набора, сохраняя при этом возможность настройки небольших деталей и механизмов в соответствии с вашими предпочтениями.

Методы, которые команды используют для изготовления кастомизированных деталей, обычно включают аддитивное или субтрактивное производство: либо изготовление детали из исходного материала (3d-печать), либо извлечение материала со склада для создания детали (фрезерование, фрезерование по профилю и лазерная резка).

Теперь вы можете ознакомиться с подробностями о 3d-печати и фрезеровании в нашем разделе "Кастомизированное конструирование", а также с учебными пособиями и общими советами, которые помогут перенести ваши детали из CAD в реальную жизнь.

Глоссарий

Швеллер

Швеллер (более точно называемый С-образным швеллером) - это алюминий, который имеет форму буквы С. (Его также иногда называют U-образным швеллером). Швеллер, наряду с экструзионным, является наиболее распространенным конструктивным элементом FTC® и входит в комплекты Tetrrix, REV, Actobotics и goBILDA.

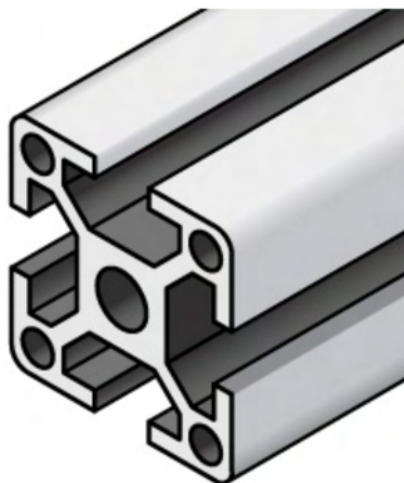
Швеллер имеет фиксированный шаг, что означает наличие предварительно просверленных отверстий, ограничивающих монтаж в определенных местах. С его помощью можно легко сконструировать трансмиссию, однако имейте в виду, что зубчатое колесо и цепная сетка могут не иметь канала.



Экструзия

Экструзия - это формование из алюминия профилей с прорезями, которые могут использоваться для определенных типов фурнитуры. Для компании FTC наиболее распространенной является 15-миллиметровая экструзия, используемая в продуктах REV и Misumi. для экструзии диаметром 15 мм используются болты и гайки М3 (обратите внимание, что в паз могут входить только обычные гайки М3, а не контргайки).

Система экструзии не имеет фиксированного шага, что позволяет специалистам настраивать компоненты по своему усмотрению. Это упрощает достижение правильного натяжения и установку механизмов там, где швеллер ограничивает монтаж. Возможность регулировки экструзии особенно полезна в сложных ситуациях, таких как геометрия впускного отверстия. Однако необходимо соблюдать особую осторожность, чтобы компоненты не смещались под нагрузкой.



Шариковые подшипники

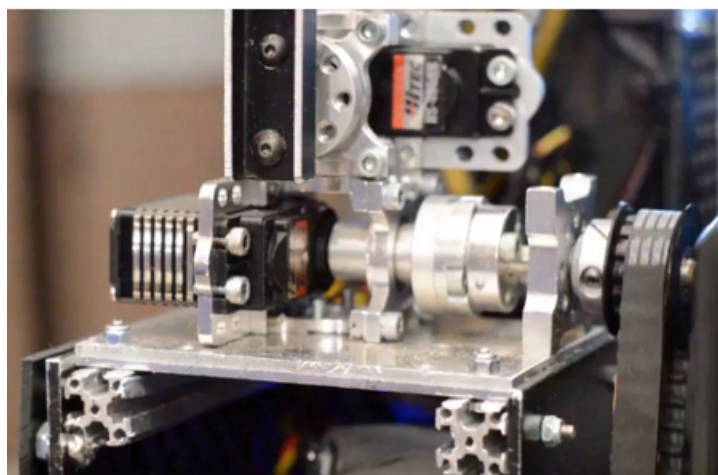
Шариковые подшипники - это подшипники со стальными шариками, расположенными по кругу. Это позволяет вращать элемент с меньшим трением, чем у втулки, главным образом потому, что площадь поверхности (или площадь контакта) намного меньше, чем у втулки.

Подшипники, безусловно, рекомендуются для трансмиссии и использования на высоких скоростях. Подшипники используются в комплектах Actobotics, goBILDA и REV и широко продаются большинством производителей робототехники.



Сервоблоки

Сервоблоки, продаваемые компаниями Servocity/Actobotics/goBILDA. Это, безусловно, лучший способ установки сервоприводов, поскольку он уменьшает нагрузку на шлиц сервопривода, который является самой слабой частью сервопривода. Это связано с тем, что под нагрузкой зубья шлица сервопривода могут легко разрушиться, что сделает сервопривод непригодным для использования. Несмотря на то, что сервоблоки стоят недешево, они являются одной из лучших инвестиций для команд.



Зажимная втулка

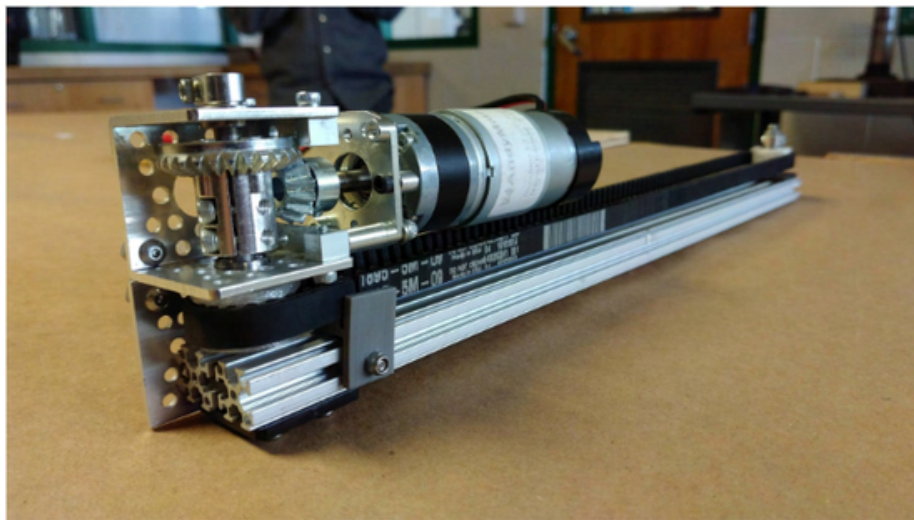
Зажимная втулка используется для фиксации таких деталей, как шестеренки или шестерни, на валах. Она также используется для предотвращения бокового перемещения валов. В отличие от хомутов для вала, в зажимных втулках используются винты для приложения усилия зажима по всему валу, что обеспечивает лучшую фиксацию. В связи с этим рекомендуется устанавливать зажимные втулки поверх хомутов вала.



Угловая шестерня

Угловая шестерня - это зубчатые колеса, которые передают мощность по разным осям, перпендикулярным друг другу. Конические зубчатые колеса, как правило, считаются более неэффективными, чем обычные зубчатые колеса.

Однако конические зубчатые колеса могут быть очень полезны, особенно в местах с ограниченным пространством, где двигатель может быть установлен перпендикулярно элементу, который он приводит в движение, а не в одной плоскости.



Ходовой винт

Ходовой винт очень похож на резьбовой стержень. Он используется при больших нагрузках и большом крутящем моменте, например, при подвешивании. Однако из-за особенностей резьбового стержня ходовые винты, как правило, работают довольно медленно по сравнению с линейными направляющими. Скорость вращения ходового винта определяется двумя факторами. Первый - это скорость вращения двигателя, а второй - количество витков резьбы на дюйм (TPI).



Вал

Вал - это кусок профилированного металла, используемый для передачи энергии. Валы являются основным способом передачи мощности от двигателя к колесу. Как правило, валы изготавливаются из стали, поэтому не используйте ленточную пилу для резки вала. Лучше воспользуйтесь ножовкой, так как лезвия ножовки могут резать сталь. В FTC существуют различные виды отверстий, которые перечислены ниже.

Круглый стержень

- D-образный стержень: имеет плоскую часть для установочных винтов, в противном случае круглый
- Шестигранный стержень: шестигранный стержень
- Закругленный шестигранный вал: шестигранный вал, закругленный таким образом, чтобы он мог работать в круглых подшипниках.
- Шпоночный вал: круглый вал, в котором имеется шпоночный паз (прорезь), проходящий через вал

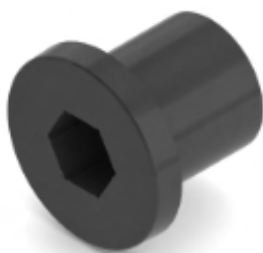
Контргайка

Контргайка - это гайка, которая противостоит вибрации из-за нилок внутри. Nyloc - это разновидность пластика, который надежно удерживает болт на гайке при его завинчивании. Рекомендуется, чтобы бригады приобретали контргайки вместо обычных гаек, поскольку со временем механизмы FTC часто расшатываются.

Втулка

Втулка обычно устанавливается снаружи вала. Она вращается в опорном блоке, который удерживает втулку. Как правило, и то, и другое изготавливается из материала с низким коэффициентом трения, такого как делрин или бронза.

Втулки менее эффективны, чем шарикоподшипники, поскольку имеют большую поверхность контакта, но они приемлемы для ситуаций с низкой нагрузкой или малобюджетных бригад.



Втулка REV



Опорный подшипник REV

Чурро

Чурро - это изделие с шестигранной головкой диаметром 1/2 дюйма или 3/8 дюйма, выпускаемое компанией AndyMark. Оно имеет отверстие, в которое легко вставляются болты диаметром 1/4-20 и 1/4-28, и обычно используется в качестве большой подставки. Он легкий и дешевый по сравнению с другими продуктами hex.

Внимание

Крайне не рекомендуется использовать чурро в качестве вала, из-за его размера и склонности к скручиванию



Установочный винт

Установочный винт - это, как правило, винт с шестигранной головкой, который используется для крепления таких деталей, как звездочки или шестерни, к валу или для фиксации вала на месте, чтобы он не перемещался. Благодаря шестигранному гнезду для затяжки и ослабления установочных винтов необходимо использовать шестигранные ключи.

Внимание

Установочные винты не рекомендуется использовать в трансмиссиях и при высоких нагрузках, так как они имеют очень малую площадь контакта с валом (только кончик винта). Это может привести к повреждению вала установочным винтом. Таким образом, установочные винты могут очень легко ослабнуть.

Если необходимо использовать установочные винты, то обязательно используйте Loctite, чтобы уменьшить вероятность их расшатывания.

Заметка

Зажимные втулки гораздо предпочтительнее установочных винтов, так как зажимные втулки оказывают давление на весь диаметр вала, а не только на одну точку.



Воротник вала

Втулка вала с установочным винтом устанавливается на вал для закрепления деталей.



Калибр

Калибр относится к форме отверстия, в которое вставляется вал. Например, отверстие для шестигранного вала диаметром 5 мм имеет шестиугольную форму.

«Зачистка калибра» означает, что со временем отверстие потеряет свою шестиугольную форму и станет близкой к круглой, что сделает отверстие (и, следовательно, часть, на которой оно находится) бесполезными.

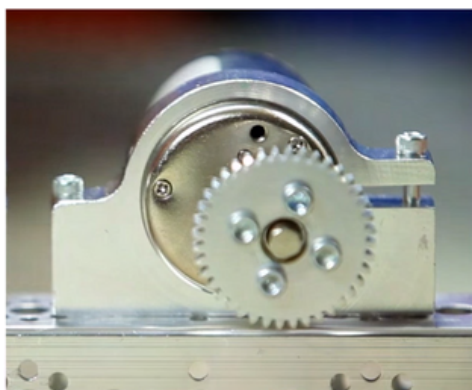


Крепление с помощью зажима

Крепление с помощью зажима относится к креплению двигателя, в основном, с помощью трения, а не винтов, прикрепленных к самому двигателю. Обычно это не рекомендуется, так как со временем двигатель может ослабнуть.

Совет

Используйте фрикционную ленту вокруг закрепленной поверхности двигателя, чтобы у него было меньше возможности сместиться

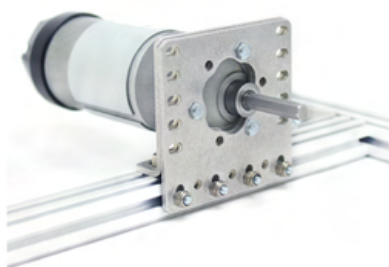


Торцевой монтаж

Под торцевым монтажом понимается монтаж двигателя путем его непосредственного прикрепления к креплению с помощью болтов. Это предпочтительный способ монтажа двигателя (по сравнению с креплением с помощью зажимов), поскольку со временем вероятность его ослабления снижается, особенно при использовании Loctite на болтах.

Заметка

Для торцевого крепления желательно использовать 4-6 болтов для резервирования.



Руководство по креплениям

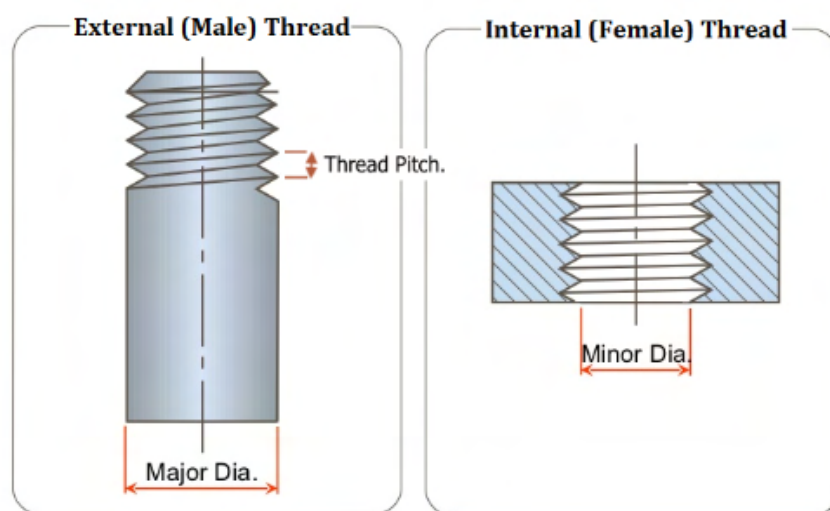
Если вы хотите, чтобы ваш робот оставался целым, вам понадобятся крепежные детали. Крепежные детали - это любые элементы оборудования, которые механически соединяют детали. В этом руководстве будут рассмотрены распространенные типы крепежных деталей и способы их использования на вашем роботе.

Резьбовые крепежные детали

Болты, винты и гайки – это крепежные изделия с резьбой, то есть для соединения деталей используется винтовая резьба.

Основы резьбы

Чтобы разобраться в резьбовых креплениях, вам необходимо ознакомиться с некоторыми базовыми терминами



Внешняя резьба

Резьба на внешней поверхности. Например, болты имеют внешнюю резьбу.

Внутренняя резьба

Резьба на внутренней поверхности. Например, гайки имеют внутреннюю резьбу.

Шаг резьбы

Расстояние от одной резьбы до другой, измеряемое по длине резьбы. Это также может быть выражено как количество витков резьбы на единицу длины, например, количество витков резьбы на дюйм.

Основной диаметр

Наибольший диаметр профиля резьбы.

Меньший диаметр

Наименьший диаметр профиля резьбы.

Стандарты и наименования резьбы

В FTC существуют две основные системы наименования и определения размеров резьбы, с которыми вы столкнетесь: используется стандарт imperial и стандарт ISO metric.

Imperial (UTS)

Универсальный стандарт резьбы (UTS) основан на имперской системе и обычно используется для определения размеров резьбы в США и Канаде. Название резьбы UTS определяется числом, обозначающим основной диаметр резьбы, за которым следует шаг резьбы, измеряемый в резьбах на дюйм.

Для основных диаметров размером ¼ дюйма и более, первое число - это просто основной диаметр в дюймах. Для диаметров размером менее ¼ дюйма используется следующий код:

№	Диаметр (дюймы)
#0	0.0600
#1	0.0730
#2	0.0860
#3	0.0990
#4	0.1120
#5	0.1250
#6	0.1380
#8	0.1640
#10	0.1900
#12	0.2160

Некоторые распространенные размеры резьбы imperial в FTC включают 1/4-20 (основной диаметр в четверть дюйма, 20 резьб на дюйм) и #6-32 (основной диаметр в 0,138 дюйма, 32 резьбы на дюйм)

Метрические (ISO)

Стандарт метрической резьбы ISO широко используется во всем мире и применяется для многих изделий, продаваемых поставщиками FTC.

Метрическая резьба обозначается буквой М, за которой следует внешний диаметр в миллиметрах, например, М4 для болта с основным диаметром 4 мм. Затем следует "х" и шаг, также в миллиметрах. Например, "М4Х0,7" означает резьбу М4 с шагом 0,7 мм.

Болты

Болты являются наиболее часто используемым крепежным элементом в FTC.

Существует несколько типов болтов, с которыми вы можете столкнуться, например:

Болты с торцевой головкой



Эти болты имеют цилиндрическую головку и затягиваются и ослабляются с помощью шестигранника

Болты с торцевой шляпкой



Эти болты имеют выпуклую головку, в отличие от плоской головки стандартного торцевого болта.

Болты с потайной головкой



Эти болты имеют конусообразную головку и могут использоваться в отверстиях с потайной головкой (конусообразной формы) для получения ровной поверхности.

Резьбовые винты



У этих болтов нет головки, вместо нее в резьбе имеется углубление. В основном они используются в качестве установочных винтов.

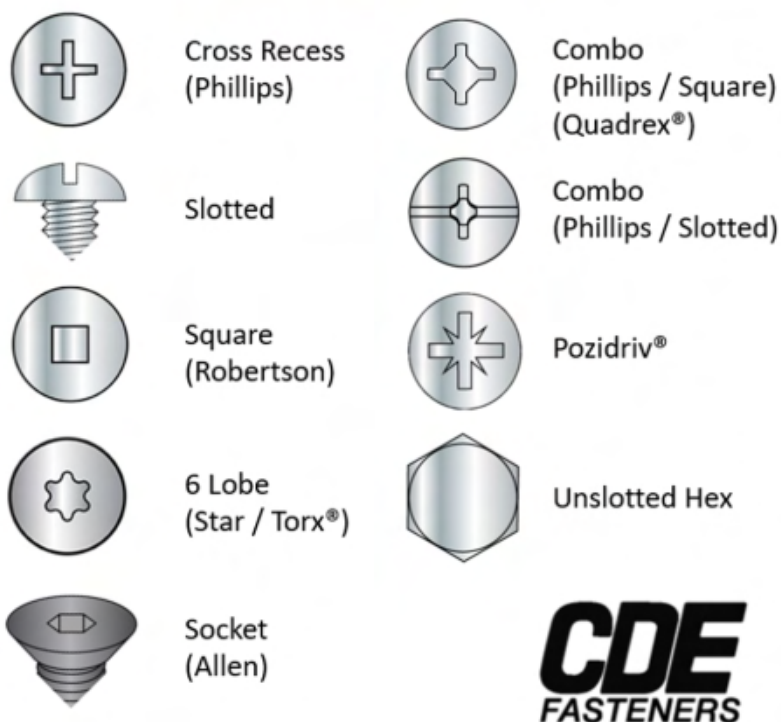
Болты с шестигранной головкой



Болты затягиваются с помощью внешней шестигранной головки. При проектировании для этих болтов важно обеспечить зазор со стороны головки для затяжки.

Для каждого болта требуется “привод”, то есть геометрия, которая используется для его поворота и установки. Каждый из перечисленных выше болтов может иметь множество различных типов приводов:

Типы приводов



Гайки

Гайка - это крепежный элемент с отверстием с внутренней резьбой. Вместе с болтом они используются для соединения деталей. Ниже приведены несколько типов гаек, которые вы можете встретить в FTC:

Шестигранные гайки



Это наиболее распространенный тип гаек. Их можно затянуть торцевым шестигранным ключом.

Квадратные гайки



Это четырехгранные гайки. Они хорошо подходят для небольших отверстий и могут быть легко вставлены в квадратные отверстия, чтобы предотвратить их вращение.

Гайки с Т-образным слотом



Их можно вставить в Т-слот для закрепления деталей в экструзии

Барашковые гайки



Эти гайки можно легко затянуть без гаечного ключа.

Нейлоновые гайки



Эти гайки содержат нейлоновое кольцо, которое предотвращает ослабление за счет увеличения трения о резьбу болта. Мы рекомендуем использовать их везде, где это возможно.

Создание резьбы

Иногда вам может понадобиться создать новую резьбу. Этот процесс называется нарезанием резьбы (threading). Для создания внутренней резьбы вы можете использовать режущий инструмент, называемый метчиком, – по сути, более острый вариант винта.

Для создания внешней резьбы используется инструмент, называемый штампом.



Фиксатор резьбы

Со временем болты на вашем роботе могут ослабнуть, особенно при сильной вибрации. Чтобы предотвратить это, вы можете использовать стопорные гайки или стопорные шайбы, которые механически прижимаются к резьбе. Другим решением является использование фиксатора резьбы, представляющего собой клеевой состав, который, как следует из названия, фиксирует резьбу на месте.



Заметка

Настоятельно рекомендуется, чтобы рабочие использовали Loctite на всех креплениях двигателей и сервоприводов, а также на любых механизмах, подверженных вибрации.

⚠ Внимание

Синий или красный loctite не следует использовать с хрупкими пластмассами, такими как поликарбонат. Известно, что это может привести к тому, что пластик треснет. Вместо этого используйте клей на основе цианоакрилата или винт с нейлоновой накладкой, так как это не повредит пластик. Также обратите внимание: ЦВЕТ ФЛАКОНА И ЦВЕТ ЖИДКОСТИ МЕНЯЮТСЯ МЕСТАМИ. Когда мы говорим о “цвете”, мы имеем в виду цвет жидкости. Синий loctite обычно поставляется в красном флаконе.



Синий loctite (в красном тюбике), Красный loctite (перманентный, в синем тюбике)

Список инструментов

Ниже приведен список необходимых и полезных инструментов для вашей команды. Вам, очевидно, потребуется приобрести самое необходимое, например, подходящую отвертку, шестигранные ключи и сверла. Для большей точности и возможности создавать кастомизированные детали, выберите сверлильный станок и ленточную пилу. Фрезер может быть полезен командам, заинтересованным в работе с деревом - отличным материалом для создания прототипов (а также для финальных моделей!).

Необходимые инструменты

- **Защитные очки. Надевайте их, когда пользуетесь электроинструментом. Серьезно.**
- Отвертки Philips разных размеров
- Шестигранные отвертки и шестигранные L-образные ключи
 - Шестигранные отвертки 7/64" (Actobotics и TETRIX)
 - 3/32", шаровая головка для установочных винтов не рекомендуется (TETRIX)
 - Шестигранник 2,5/3 мм (gobinda)
- Гайковерты и гаечные ключи
 - Гайковерт/гаечный ключ с шестигранной головкой 5,5 мм (REV)
 - Гайковерт/гаечный ключ с шестигранной головкой 7 мм (goBILDA)
- Дрель и сверлильные наконечники
- Плоскогубцы, игольчатый наконечник и фиксатор
- Напильник по металлу (наждачная бумага не рекомендуется, если вы не работаете с деревом)
- Быстрозажимные зажимы (2+) или тиски
- Молоток и киянка
- Центральный перфоратор
- Ножовка (режет стальные стержни)
- Приспособление для зачистки проволоки / кусачки
- Стяжки на молнии / липучках
- Изолента
- Линейка и угольник из нержавеющей стали
- Острый карандаш или очень тонкий перманентный маркер

Полезные инструменты

- Ленточный станок

Предупреждение

Ленточная пила не может разрезать стальные стержни!

- Перфоратор ударного действия
- Сверлильный станок
- Торцовочная пила с лезвием для резки цветных металлов
- Dremel (используйте с осторожностью; Dremel $\neq$ ленточная пила)
- Лента для захвата
- Кронциркуль
- Паяльник
- Термопистолет
- Фрезерный станок или настольная пила

- Лобзик
- Металлический пресс
- 3d-принтер

3D-принтер, станок с ЧПУ или лазерный резак значительно расширяют ваши возможности по созданию нестандартных конструкций роботов. Для большинства команд покупка станка с ЧПУ или лазерного резака выходит за рамки их бюджета, но вы можете получить доступ к нему через школу, местный колледж или близлежащее рабочее пространство.

Советы и рекомендации

Ниже приведен набор советов и хитростей по основам построения. Некоторые из них могут показаться очевидными, но почти каждый новичок FTC® хотя бы раз допускал подобные ошибки.

- **Выделите инструменты цветом.** Если вы используете шестигранники нескольких разных размеров (например, 2,5 мм и 3 мм, используемые в goBILDA), обозначьте их цветом, используя изоляцию разного цвета для разных размеров.
- **Избегайте использования установочных винтов.** Установочные винты легко отвинчиваются, что приводит к проскальзыванию ступицы. Кроме того, установочные винты повреждают ось, что иногда затрудняет последующее снятие ступицы. По этим причинам, по возможности, используйте зажимные втулки и хомуты вместо установочных винтов. Если вам необходимо использовать ступицы установочных винтов, используйте непостоянный фиксатор резьбы, такой как Loctite blue, чтобы предотвратить их ослабление.
- **Используйте только контргайки.** Никогда не используйте в своих сборках обычные гайки - они легко отваливаются при вибрации. Гайки Кер, используемые в TETRIX, лучше, но они все равно подвержены ослаблению. Для достижения наилучших результатов всегда используйте нейлоновые контргайки.
- **Не используйте винты с торцевой головкой для крепления пластиковых деталей.** Использование винтов с торцевой головкой для крепления пластиковых деталей (в частности, сервоприводов) повреждает пластик. Вместо этого используйте винты с кнопочной головкой или винты с торцевой головкой с шайбами.
- **Убедитесь, что винты ни во что не врезаются.** При креплении детали убедитесь, что длина используемого винта не превышает глубину резьбового отверстия - в противном случае винт заденет нижнюю часть отверстия, и вы не сможете затянуть его должным образом.

Такая ситуация обычно возникает при креплении деталей с помощью экструзионного устройства с т-образным пазом (Misumi, REV, GoRail от goBILDA) - если винт слишком длинный, он попадет в нижнюю часть паза, и, как бы вы ни старались, плотного соединения не получится. Еще один случай, когда возникает такая ситуация, - это использование крепежных блоков, в которых два отверстия для винтов пересекаются - если вы не будете осторожны, один винт может задеть другой.

- **Не соединяйте два компонента, оба из которых имеют резьбовые отверстия.** Для обеспечения плотного соединения винт должен проходить через отверстие без резьбы в одном компоненте в резьбовое отверстие в другом или через два отверстия без резьбы в гайке.
- **Снятие зачищенных винтов.** Распространенной проблемой является извлечение винта, у которого повреждена или изношена шестигранная головка, и, следовательно, обычная шестигранная отвертка не обеспечивает достаточного удерживающего усилия для откручивания винта. Вот несколько способов решения этой проблемы:
 - Приобретите шестигранную головку получше. Шестигранные головки также могут быть изношены, особенно шестигранники с шаровой головкой.
 - Приобретите новую шестигранную головку (не с шаровой головкой), которая еще не изношена, и это может улучшить сцепление с неподатливыми винтами.
 - Вставьте резиновую ленту между наконечником шестигранной отвертки и гнездом. Это увеличит силу тяги.
 - С помощью ножовки или Dremel сделайте прорезь в головке винта, превратив ее в винт с прорезью, который можно извлечь с помощью обычной плоской отвертки.
 - Воспользуйтесь шуруповертным экстрактором
 - Если ничего не работает, просверлите его.
 - Если это не сработает, помните, что винт не является винтом, если он из жидкого металла. Очевидно, что это не очень хорошая идея. :)

Само собой разумеется, что после того, как вы извлекли поврежденный винт, немедленно выбросьте его - не кладите обратно в коробку с другими винтами.

Создание кастомизированных деталей

Руководство по материалам

В FTC® команды могут свободно выбирать, какие материалы использовать. Однако, безусловно, есть несколько важных рекомендаций по их использованию.

Обычные материалы можно найти в местном магазине. McMaster-Carr и OnlineMetals - два часто используемых онлайн-поставщика. Чтобы узнать больше о поставщиках, ознакомьтесь с приложением.

Здесь рекомендуемые материалы перечислены в порядке важности.

Рекомендуемые материалы:

- Алюминиевые швеллеры и уголки
- Алюминиевая экструзия (15 и 20 мм)
- Поликарбонат (Lexan™)
- ABS
- Delrin
- HDPE

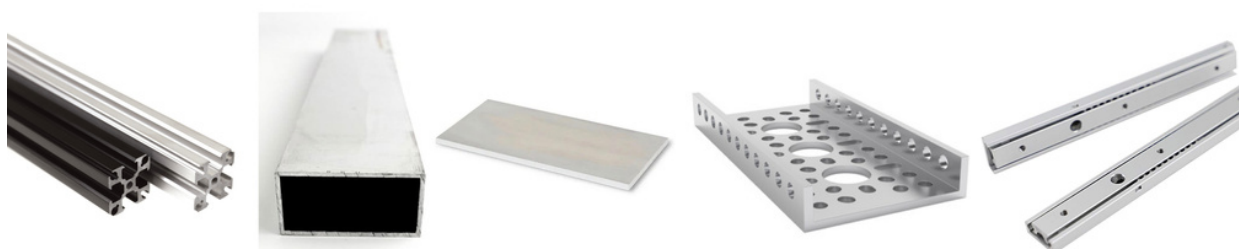
Рекомендуется при определенных условиях:

- Алюминиевый лист
- Экструзия алюминия (1 дюйм)
- Фанера
- Поливинилхлорид (ПВХ)

Не рекомендуется:

- Древесноволокнистая плита средней плотности (МДФ)
- Сталь
- Акрил

Металлы Алюминий



- Высокопрочный материал средней и высокой плотности. Подходит для использования практически в любых областях применения; рекомендуется для несущих конструкций.
- Алюминий выпускается в виде швеллеров, экструзий, плоских, угловых листов/пластин и используется в некоторых выдвижных ящиках.

Алюминиевый швеллер используется во многих комплектах систем сборки и очень популярен среди команд различного уровня подготовки. Швеллер прочный, но при этом относительно легкий и предлагает множество вариантов монтажа для команд.

Экструзия диаметром 15 мм совместима с оборудованием M3, что позволяет бригадирам вставлять болты в нужное место. REV и MiSUMI предлагают экструзию диаметром 15 мм. Экструзия REV не так удобна в конструкции, но легче, чем экструзия MiSUMI. MiSUMI более устойчивы к изгибу и/или скручиванию под нагрузкой. Как экструзионные материалы REV, так и MiSUMI продаются оптом, и у MiSUMI есть возможность разрезать их до полумиллиметра. Имейте в виду, что при большом количестве экструзионных материалов их вес может быстро увеличиться.



Термин

Жесткость при кручении

Жесткость при кручении определяется тем, насколько сложно скручивать объект из-за приложенного крутящего момента. В основном это относится к экструзии, поскольку экструзию легче скручивать, чем, например, швеллер или угловую деталь.

Жесткость при кручении особенно важна при создании трансмиссий, поскольку трансмиссия - это последний механизм вашего робота, который должен прогибаться под воздействием веса или силы.

MiSUMI и 8020 также предлагают алюминиевые экструзии других размеров, таких как 20 мм и 1 дюйм. Экструзия толщиной 20 мм может быть хорошим выбором, если вам нужна более прочная рама, чем при экструзии толщиной 15 мм. Обратите внимание, что в этом случае вам потребуется приобрести специальные гайки, так как 20-миллиметровая экструзия несовместима с гайками M3. 1-дюймовая экструзия регулярно используется в качестве основной системы крепления в FRC®, но для FTC это определенно перебор.

Алюминиевые пластины и алюминиевые уголки широко продаются в хозяйственных магазинах. В некоторых случаях, например, при адаптации к различным системам сборки, можно просверлить специальные переходные пластины для крепления механизмов к трансмиссии. Алюминиевый уголок также является очень прочной конструкционной опорой, которая занимает относительно мало места и может быть адаптирована к любой системе сборки. Мы рекомендуем использовать алюминиевый профиль диаметром 1/8 дюйма для трансмиссии или монтажа, а алюминиевый профиль диаметром 1/16 дюйма - для ситуаций с низкой нагрузкой.

Для экономии веса рекомендуется использовать алюминиевые выдвижные направляющие, часто с шарикоподшипниками, вместо стальных выдвижных направляющих. Дополнительную информацию смотрите в разделе "Линейное перемещение".

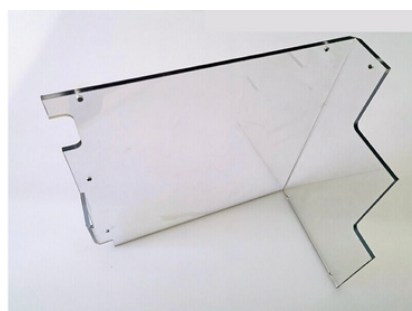
Листовой алюминий обычно используется для изготовления пластин трансмиссии на заказных трансмиссиях. Рекомендуемая толщина составляет 1/8 дюйма или 3/16 дюйма. Поскольку это пластина, листовой алюминий может гнуться, если его неправильно закрепить с помощью выступов или швеллеров. Загружайте лист только в той плоскости, в которой он находится (если лист вертикальный, то прикладывайте к нему только вертикальную нагрузку; не загружайте его горизонтально). Тем не менее, могут быть некоторые приложения, которые выиграют от небольшой гибкости в настройке - в таких случаях используйте свое суждение и протестируйте его на себе!

Сталь

- Сталь является излишне тяжелой для конструкции FTC. Алюминий обеспечивает большую прочность при меньшем весе и не требует сварки.
- Сталь в FTC используется для изготовления валов (большинство из них изготовлены из нержавеющей стали с точной заточкой) и редукторов.
- Можно использовать стальные выдвижные механизмы для ящиков, но настоятельно рекомендуется использовать алюминиевые.

Пластик

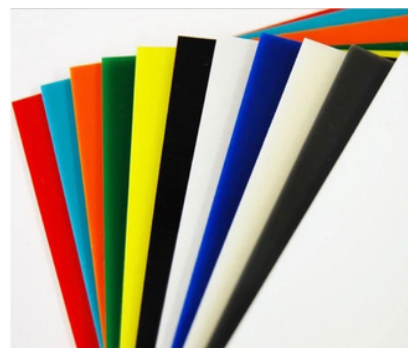
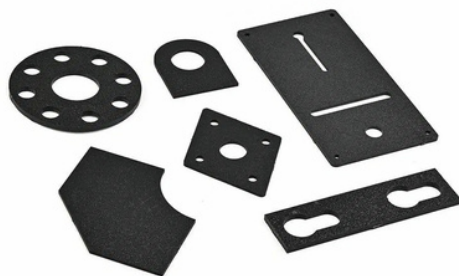
Lexan



- Поликарбонат, широко известный под торговой маркой Lexan, является материалом, который отлично подходит для таких применений, как пластины трансмиссии или коробки впускных коллекторов. Lexan выдерживает нагрузку и обладает высокой ударопрочностью.
- Lexan обычно используется в механизмах впуска и выгрузки, поскольку он прозрачен, что позволяет водителям заглянуть внутрь самого воздухозаборника, что является преимуществом перед деревом.
- Толстый слой Lexan'a можно использовать для изготовления пластин трансмиссии, хотя это не рекомендуется для неопытных команд.

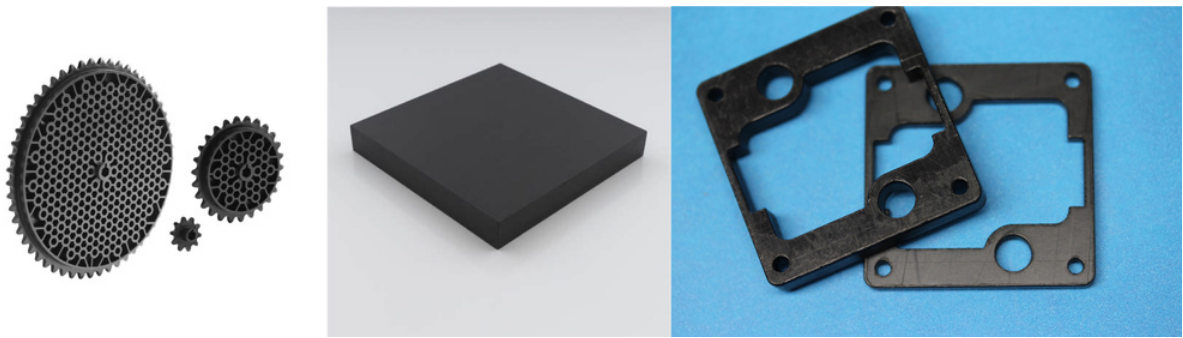
Тонкий Lexan можно согнуть с помощью металлического пресса или листогибочного станка. Производителям рекомендуется использовать ленты вместо соединения болтами - изгиб, как правило, намного прочнее, чем соединение болтами, поскольку при этом деталь остается цельной. Если о сгибании листов не может быть и речи, можно использовать термопистолет или походные горелки, чтобы разогреть Lexan и согнуть его. Однако это делать не рекомендуется, так как перегрев Lexan может привести к повреждениям и образованию пузырьков. В качестве альтернативы для более тонких листов можно использовать "холодную гибку", то есть сгибание по прямой кромке без применения нагрева.

ABS



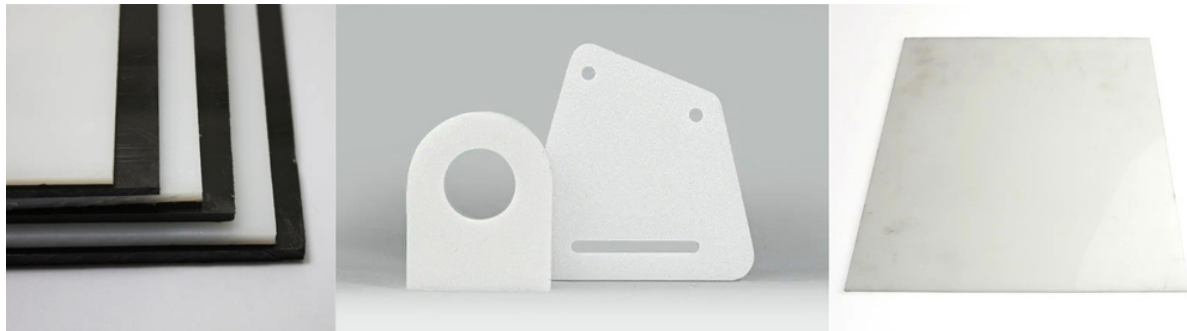
- ABS - это твердый пластик с низким коэффициентом трения, который легко поддается механической обработке.
- Лист ABS можно использовать для изготовления боковых панелей, рамп и даже обшивки трансмиссии.
- Он не такой прочный, как Delrin, но достаточно прочный для большинства целей.
- ABS дешевле, чем Lexan и Delrin.
- Для обработки ABS-пластика можно использовать ручные инструменты или ЧПУ. Листы ABS-пластика также можно сгибать с помощью станка для сгибания листов (рекомендуется) или термопистолета.
- Тонкие (1/16 дюйма) листы ABS-пластика также можно разрезать ножницами.

Delrin



- Ацеталь, также известный под торговой маркой Delrin, представляет собой прочный пластик с низким коэффициентом трения. Это обычный пластик, используемый для изготовления колес, пластмассовых шестеренок и звездочек (особенно в системе контроля оборотов).
- Это прочный пластик, который нелегко сломать. Delrin можно использовать для изготовления плит трансмиссии (используйте листы толщиной 1/4 дюйма или 3/16 дюйма), но они также довольно дороги.
- Delrin можно обрабатывать различными способами, включая лазерную резку, фрезерование с ЧПУ и ручную лепку. Однако сгибать Delrin намного сложнее, чем Lexan или ABS.

HDPE



- HDPE - это полиэтилен высокой плотности, который обычно выпускается в виде непрозрачных белых или черных листов и пластин.
- HDPE - это более дешевая альтернатива, обладающая характеристиками низкого трения, аналогичными Delrin, и эластичностью/структурой, близкой к поликарбонату.
- HDPE легко обрабатывается как ручными инструментами, так и станками. Однако он будет прожигаться лазерным резаком, поэтому не режьте HDPE лазером.

Поливинилхлорид (ПВХ)

- ПВХ - это обычный легкий пластик, который можно найти в любом хозяйственном магазине.
- ПВХ чаще всего продается в виде труб, хотя существует и листовой ПВХ.
- Команды FTC обычно используют ПВХ для изготовления заборных роликов, особенно для заборов хирургических трубок. Благодаря мягкому пластику его очень легко просверлить, поэтому бригады часто присоединяют хирургическую трубку к трубе из ПВХ. Затем ролик из ПВХ присоединяется к впускному двигателю.
- Поскольку ПВХ - дешевый материал, команды могут легко экспериментировать с различными конфигурациями механизма.
- Трубы из ПВХ иногда используются для прокладки кабелей, так как они бывают разных диаметров и легко монтируются. Лист ПВХ можно купить или изготовить самостоятельно, разрезав трубу вертикально вдоль, чтобы профиль имел форму буквы С. Запекайте в духовке.
- Лист ПВХ податлив, но в то же время прочен, что делает его хорошим вариантом для опор или индивидуальных соединителей, требующих некоторого изгиба.

Акрил

⚠ Предупреждение

Акрил не выдерживает нагрузки. Он трескается и, возможно, разрушается при ударе. Ни в коем случае не используйте его на трансмиссиях!

- Акрил - это прозрачный термопластик, широко известный как оргстекло.
- Поскольку акрил не является конструкционным материалом, его следует использовать только в механизмах, где исключена вероятность ударного воздействия.
- Его можно использовать в эстетических целях или в качестве экранирующего средства (для защиты игровых элементов от попадания в робота или от того, чтобы другие роботы не запутались в проводах и т.д.).
- Относитесь к акрилу как к декоративному прозрачному картону - на него нельзя давать нагрузку, и его следует использовать только в особых случаях.

Другие материалы

Фанера и МДФ

- Материал средней и высокой прочности, пригодный для широкого спектра применений. Имейте в виду, что древесину нельзя подвергать воздействию воды или чрезмерной влажности, так как пиломатериалы, используемые в FTC, не подвергаются обработке и могут деформироваться или расширяться.

Не пытайтесь использовать для изготовления трансмиссии древесину, вырезанную лазером. Это особенно важно, если вы живете во влажном регионе, например, во Флориде, - разложение древесины может полностью испортить изготовленную на заказ трансмиссию.

- Балтийская береза - это фанера высшего сорта, используемая в коммерческих целях и производстве мебели. Она содержит более 8 слоев (обычно), отличается высокой плотностью и рекомендуется для применения в конструкциях с высокой нагрузкой. Это довольно дорогой материал, поэтому перед резкой тщательно подготовьте прототип и спланируйте конструкцию.
- Фанера не рекомендуется для окончательных переделок, но может быть дешевым материалом для создания прототипов. Она не особенно хорошо переносит нагрузку и может немного прогнуться.
- МДФ, как правило, не рекомендуется, поскольку есть варианты лучше, и он легко впитывает воду.

Углеродное волокно

Опасно

Механическая обработка углеродного волокна, как и любого волокнистого материала, представляет собой серьезную УГРОЗУ БЕЗОПАСНОСТИ! Пыль из углеродного волокна, в частности, может вызывать рак и невероятно опасна. НЕ ПОДВЕРГАЙТЕ углеродное волокно механической ОБРАБОТКЕ, если вы не знаете, что делаете. При этом обязательно используйте оборудование, предназначенное для резки углеродного волокна, или выполняйте резку в хорошо проветриваемом помещении с достаточной защитой органов дыхания и проточной водой на углеродное волокно.

- Углеродное волокно - один из самых прочных материалов для использования в FTC. Для большинства команд это совершенно излишний материал, но его можно использовать в некоторых конкретных областях применения.
- Стержни из углеродного волокна используются в изготовленных на заказ линейных направляющих или многоосевых рычагах.
- Это, пожалуй, самый дорогой материал для покупки.

Картон

Пожалуйста, не используйте картон в качестве несущего материала. Мы видели, что слишком многие команды используют картон не так, как следует. Относитесь к картону как к листу бумаги: он не обладает жесткостью конструкции и может использоваться только в качестве направляющих для перемещения деталей из пункта А в пункт Б.

3D-печать

Существует несколько различных видов 3D-печати. FDM (Fused Deposition Modeling) (также известный как Fused Filament Fabrication) использует расплавленную нить для создания детали и является наиболее распространенным типом, на котором мы сосредоточимся в этом руководстве. SLA (стереолитография) и SLS (селективное лазерное спекание) - это варианты 3D-печати на пластике, но они, как правило, более сложные, дорогие или имеют другие недостатки в применении FTC®. По этим причинам они не рекомендуются.

3D-печать на металле (SLS и другие) также становится все более доступной, но это не входит в сферу охвата данного руководства.

Совет

Ознакомьтесь с разделом [3D-печати FTC docs](#), в котором содержится руководство по 3D-печати FDM в рамках FTC. В нем рассматриваются такие темы, как адгезия слоя, допуски, проектирование для 3D-печати, настройка и выбор оборудования.

Преимущества

- 3D-печать позволяет настраивать размеры и проводить идеальную оптимизацию; например, команды могут напечатать катушку точного диаметра, необходимого для достижения оптимальной скорости, или ременный шкив с определенным количеством зубьев.
- 3D-печать позволяет командам легко адаптироваться между наборами и отдельными деталями, поскольку не все наборы имеют адаптируемые крепления или кронштейны. Хорошим примером этого являются адаптеры для отверстий Nexus mecamim, которые команды печатают в 3D.
- 3D-печать позволяет командам изготавливать детали, которые в противном случае были бы невозможны из таких материалов, как алюминий, из-за ограничений по механической обработке.
- 3D-печать позволяет командам настраивать натяжение проводов и соединений. Это отличный проект, который стоит вашего времени.

Недостатки

- Если на соревнованиях у вас закончились запасные части, напечатанные на 3D-принтере, скорее всего, вам не повезло. Командам рекомендуется распечатать как минимум по одному комплекту каждой детали, напечатанной на 3D-принтере, в качестве запасных частей для соревнований.

- Компоненты, напечатанные на 3D-принтере, как правило, более прочные, чем другие материалы, такие как алюминий. Однако печать в правильной ориентации может быть очень эффективной - у команд есть 3D-печатные крючки и другие детали для поддержки роботов FRC® (120 фунтов) и FTC (40 фунтов).
- Детали, напечатанные на 3D-принтере, следует загружать только в одном направлении. То есть, если робот подвешен на крюке, нагрузка должна приходиться только на нижнюю поверхность изогнутой части крюка. Постарайтесь максимально исключить боковые нагрузки, чтобы избежать поломки детали.
- Размер деталей, напечатанных на 3D-принтере, ограничен размером вашей печатной машины.
- Печать больших и толстых отпечатков может занять много времени (всю ночь) и может привести к сбою.
- 3D-печать может оказаться довольно дорогостоящей, хотя нити накала можно найти по разумной цене у онлайн-продавцов, таких как Amazon.

Часто используемые нити накала

PLA (или PLA+, Pro и т.д.) и/или PETG, удовлетворяют всем требованиям по прочности, долговечности и эстетичности практически для всех деталей, которые необходимо напечатать на 3D-принтере для FTC. Эти два типа нитей, безусловно, проще всего использовать в печати, и многие производители продают их по разумным ценам. Большинство других представленных здесь нитей обладают весьма специфическими преимуществами (такими, как TPU), которые достигаются ценой усилий, времени и денег.

⚠ Опасно

Если нагревательный элемент вашего принтера (часть, которая расплавляет нить накала) имеет подкладку из PTFE (Teflon), где трубка из PTFE проходит до самого термоблока (часто используется в недорогих принтерах, таких как Ender 3 и его модификациях), то вам не следует печатать при температуре или выше 250 градусов Цельсия. Это приведет к разрушению и расплавлению трубки из PTFE, что приведет к выделению токсичных паров. Если вам нужно печатать при таких температурах и у вас есть нагревательный элемент с покрытием из PTFE, вы можете перейти на цельнометаллический нагревательный элемент.

PLA (полимолочная кислота)

Наиболее распространенной нитью для 3D-печати является полимолочная кислота, или PLA. Это пластик, изготовленный из биологических материалов, таких как кукурузный крахмал и сахарный тростник. PLA является жестким, но более хрупким, чем другие виды нитей, и при печати практически не деформируется. ЗАЗОР хорошо подходит для большинства деталей робота, но он может плохо выдерживать ударные нагрузки (удары по деталям), и поэтому такие детали должны быть спроектированы соответствующим образом.

- Температура нагрева PLA составляет от 190° до 230°C
- Температура слоя PLA составляет от 20° до 60°C, но подогрев слоя PLA не является обязательным условием.

Совет

Из-за относительно низкой температуры плавления PLA не рекомендуется оставлять детали из PLA в таких местах, как раскаленный автомобиль, так как это может привести к их сильному деформированию.

Существует множество разновидностей PLA, продаваемых разными производителями, например, PLA+ или PLA Pro. В состав этих нитей входят различные добавки, улучшающие прочность, пригодность для печати и другие свойства. Хотя эти продукты стоят дороже, они могут значительно улучшить характеристики PLA и скрыть его недостатки.

ПЭТГ (полиэтилентерефталатгликоль)

PETG можно охарактеризовать как более прочный по сравнению с PLA. Печать с этим материалом несложно, но часто заметно больше растяжек и других мелких дефектов. Хотя технически он обладает меньшей прочностью, чем PLA, он гораздо менее хрупкий и лучше выдерживает удар. Это отличный вариант для деталей из FTS, которые должны быть ударопрочными, и для которых PLA недостаточно. Его более высокая термостойкость также означает, что он не деформируется при высокой температуре окружающей среды.

Предупреждение

Известно, что ПЭТГ очень хорошо склеивает материалы для печати, особенно стекло и пенополиуретан, и, как известно, отрывает от них куски. Перед печатью рекомендуется добавить немного клея или лака для волос.

- Температура нагрева ПЭТГ составляет от 230° до 260°C
- Температура слоя ПЭТГ составляет от 60° до 80°C

Менее распространенные нити накала

Эти нити используются реже, чем перечисленные выше, но все же их можно найти в большом количестве вариантов использования в работах FTS. Обычно они используются из-за особых свойств материала, таких как гибкость или долговечность. Однако они часто сопряжены с существенными трудностями при печати, которые не позволяют некоторым принтерам печатать их "из коробки", а иногда и значительно дороже.

ABS (акрилонитрилбутадиенстирол)

ABS был стандартной нитью накала для печати до того, как PLA стал доступен в продаже. Вы, вероятно, уже использовали ABS для изготовления деталей LEGO®. Он выдерживает высокие нагрузки и достаточно пластичен. Это связано с трудностями печати, когда для повышения температуры окружающей среды и предотвращения сильного деформирования деталей часто требуется корпус. В PETG легче найти более прочные детали по сравнению с PLA, поэтому детали из ABS не так часто используются в FTC. Однако ABS вполне доступен по цене, сравнимой с PLA.

- Температура нагрева ABS составляет от 230° до 250°C
- Температура слоя АБС-пластика составляет от 100° до 120 °C
- Настоятельно рекомендуется использовать корпус для предотвращения деформации.

Из-за сложности печати на ABS-материале и его ограничений можно рассмотреть альтернативные варианты, такие как ASA, которые обладают аналогичными свойствами и гораздо легче для печати

TPU/TPE (термопластичный полиуретан/ термопластичный эластомер)

TPU и TPE - это обычные нити для печати, которые широко используются благодаря своим свойствам гибкого материала. Это позволяет создавать печатные детали, которые можно легко сгибать. TPU/TPE выпускается с различными дюрометрами (показатель твердости/гибкости материала по шкале Шора), а высокая ударопрочность и адгезия слоев делают его не только универсальным волокном, но и чрезвычайно прочным. В FTC команды используют TPU/ TPE в таких областях, как печатные впускные клапаны вместо труб, а также специальные ремни для применения при низких нагрузках.

Совет

Из-за своей гибкости принтерам, использующим систему экструзии трубок Bowden, в которой двигатель экструдера не установлен на рабочей поверхности, будет чрезвычайно сложно печатать с TPU/TPE.

- Температура термопечати TPU/TPE составляет от 210° до 250°C
- Обычно для термопечати TPU/TPE не требуется подогрев подложки, но при его использовании температура не должна превышать 60 °C, так как это приведет к слиянию с подложкой для печати.
- TPU/TPE имеет свойство впитывать много влаги из воздуха, поэтому его, вероятно, потребуется высушить до и, возможно, во время печати.
- Настоятельно рекомендуется использовать экструдер с прямым приводом

Редко встречаемые нити накала

В FTS редко возникает необходимость в таких нитях накала. Они обладают исключительно хорошими свойствами материала для деталей, которые должны подвергаться воздействию высоких нагрузок и неблагоприятных условий эксплуатации. Все они намного дороже, чем любая из перечисленных выше нитей, и создают множество проблем при печати.

Нейлон

Нейлоновые нити могут быть наполнены стеклом, углеродным волокном или чистыми волокнами. Нейлон - это основа ударопрочности во многих ситуациях, когда деталь может прогнуться в сторону, а не ломаться полностью. Иногда нейлон используется для изготовления таких деталей, как колесные накладки на трансмиссии и в местах, где он может подвергаться многократным ударам и повреждениям. Нейлон требует очень высоких температур, как правило, для него требуется защитная оболочка, и его обязательно необходимо высушить перед печатью (и во время печати).

- Температура нагрева нейлона составляет от 240° до 260° C
- Температура слоя нейлона составляет от 55° до 80° C
- Нейлон известен тем, что впитывает влагу из воздуха, и его следует тщательно высушивать до и во время печати. В противном случае деталь, вероятно, будет практически непригодна для использования.
- Рекомендуется использовать отдельную емкость

С наполнителем из углеродного волокна

Многие нити также продаются с добавлением небольших кусочков углеродного волокна в саму нить. Хотя эти нити часто используются для повышения прочности, на самом деле они должны быть более жесткими и улучшать качество печати на таких нитях, как нейлон. Нити с наполнителем из углеродного волокна обычно требуют более высоких температур и насадки из закаленной стали, но если вы можете печатать чистые варианты этих нитей, вы должны быть в состоянии печатать их аналоги с наполнителем из углеродного волокна.

Поликарбонат (ПК)

Поликарбонат и его разновидности являются очень прочными техническими материалами. ПК отличается высокой прочностью и превосходно выдерживает ударные нагрузки. ПК также необходимо содержать в сухом состоянии, иметь принтер, способный работать при очень высоких температурах, и корпус. Это очень сложный материал для печати, и зачастую он стоит очень дорого. В FTS практически нет необходимости в печатных деталях из поликарбоната, поскольку ни в одном случае его прочность не требуется.

Существует несколько смесей для ПК, которые значительно упрощают печать, ярким примером является PolyMaker PolyMax PC. Это более простой в печати ПК с низкой температурой, который сохраняет многие преимущества чистого ПК. Полилит не такой ударопрочный, но намного дешевле. Печатать на обоих материалах намного проще, чем на чистом ПК.

- Температура нагрева ПК составляет от 250° до 320 °С
- Температура слоя ПК составляет от 80° до 140 °С
- Требуется огражденная емкость
- Нить накала должна быть сухой

Высококачественные и редко используемые нити

Есть несколько других материалов, которые могут обладать очень высокими преимуществами и расширять возможности 3D-печати, но их не следует печатать, если вы не очень уверены в своих навыках печати и, по сути, не имеете никакого отношения к FTC. Эти материалы включают, но не ограничиваются ими, Delrin (ацеталь, гомополимер полиоксиметилена), PEI (полиэфиримид, торговая марка ULTEM), PEEK (полиэфирэфиркетон) и PEKK (полиэфиркетонкетон). Эти материалы чрезвычайно сложны для печати, требуют невероятных температур (иногда до такой степени, что закаленное стальное сопло начинает плавиться) и чрезвычайно дороги.

Руководство по проектированию деталей для 3D-печати

Мы надеемся, что это краткое руководство по проектированию деталей, напечатанных на 3D-принтере, будет полезно тем, кто не знаком с 3D-детальями.

При проектировании деталей, напечатанных на 3D-принтере, в первую очередь учитывается ориентация печати. Это относится к стороне, которая соприкасается с печатающей поверхностью. Предпочтительно, чтобы деталь имела плоское дно для максимального контакта с печатным слоем.

Совет

Максимальный контакт с печатным слоем гарантирует, что деталь не отслоится и не деформируется от печатного слоя, а также повысит качество печати.

Если у детали не может быть плоской стороны для печати, простым решением является разделение детали на несколько частей по плоскости. Например, у пластины редуктора, представленной ниже, не было плоской стороны для печати, поэтому она была разделена пополам. Позже деталь была скреплена многочисленными винтами и пластиковым клеем. Если бы эта пластина была напечатана как единое целое, а не разделена пополам, для создания всех необходимых отверстий пришлось бы использовать подложку. Для деталей, в которых не используется материал подложки, расходуется минимум пластика.



Совет

Не снимайте фаски и не закругляйте ничего по периметру первого слоя на нижней поверхности детали. Снятие фаски или закругления увеличит вероятность деформации детали, особенно на неотапливаемых печатных формах.

Угол наклона

Угол наклона - это угол выступа между стороной детали и вектором нормали к печатной плате. Максимальный угол наклона - это максимальный угол, под которым принтер может печатать без подложки, и зависит от принтера, настроек печати (в частности, скорости, температуры и охлаждения) и типа нити накала. При уменьшении размера опорного материала учитывайте каждый угол выступа и убедитесь, что он находится в пределах максимального угла наклона. Соблюдение максимального угла наклона также уменьшит вероятность деформации детали.

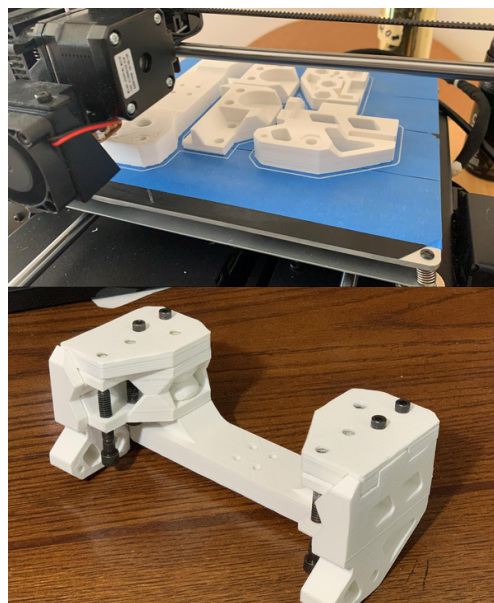
Векторы напряжения

Возможно, наиболее важным фактором являются векторы напряжений. Детали, напечатанные на 3D-принтере, по своей природе прочнее по двум осям и слабее по одной оси. Более слабая ось обусловлена действием слоев, которое определяет 3D-печать FDM. Обычно это можно исправить, просто увеличив температуру печати до определенного предела, пока качество печати не начнет снижаться, но более слабую ось можно устранить, снова разделив ее на несколько частей. Суть в том, чтобы попытаться повысить прочность за счет оптимизации сечений детали на плоскости, на которой она печатается. Например, представленный ниже узел отвечал за подвешивание всего робота, поэтому он должен был быть максимально прочным для детали, напечатанной на 3D-принтере.

Совет

Может показаться нелогичным разбивать деталь на несколько частей для увеличения прочности, но в этом есть логика.

Деталь можно было бы легко напечатать как единое целое, но она была бы довольно слабой при воздействии напряжения в направлении вверх. Разделение детали и создание новых плоских поверхностей для печати укрепит каждую ось. Если одна небольшая деталь выйдет из строя, робот, возможно, все же сможет в какой-то степени функционировать. Это было бы предпочтительнее, чем если бы вся деталь вышла из строя сразу. В этом примере боковые детали были напечатаны как отдельные детали на дополнительной оси для усиления сборки.



Эта сборка является хорошим примером учета ориентации деталей, углов наклона и векторов напряжений в каждой детали конструкции. Сложные детали можно сделать прочными и без какой-либо поддержки, просто правильно разделив их.

Механическая обработка

Преимущества

- Механическая обработка позволяет командам создавать практически любые детали без ограничений
- Механическая обработка позволяет командам создавать индивидуальные пластины трансмиссии, рычаги, линейные направляющие и т.д. в соответствии с их требованиями к дизайну более эффективно, чем комплекты.
- Механическая обработка - это круто. Да, действительно.

Недостатки

- Возможно, самым большим препятствием при создании полностью индивидуального робота является то, что для этого требуется очень дорогое производственное оборудование. В то время как 3D-принтеры становятся все более распространенными в FTC® и позволяют командам создавать или настраивать небольшие детали, многие команды не имеют доступа к такому оборудованию, как токарные станки, маршрутизаторы, гидроабразивные фрезы или станки с ЧПУ.
- Полностью кастомизированные роботы должны быть полностью спроектированы в CAD. Создание эскизов не поможет при создании пользовательских роботов.
- Еще одним препятствием является то, что создание прототипов с использованием полностью настраиваемых систем почти всегда происходит намного медленнее, чем с использованием готовых деталей. Полный процесс разработки CAD требует времени, а изготовление/передача деталей в мастерскую или спонсору - еще один длительный процесс. Несмотря на эти два фактора, если что-то пойдет кардинально не так, то потребуются повторный процесс CAD и изготовления.

Следует отметить, что командам не нужно выбирать между полностью укомплектованным роботом или полностью изготовленным с нуля. На самом деле, многие успешные представляют собой гибрид как комплектных, так и изготовленных вручную деталей, что можно увидеть на многих примерах роботов в этом разделе. Однако мы советуем неопытным командам отдавать предпочтение 3D-печати, а не механической обработке для изготовления нестандартных деталей, по крайней мере, в ближайшей перспективе.



8680 Kraken Pinion, Division Semifinalist (Detroit Worlds), Rover Ruckus

Используются комплектная трансмиссия (Actobotics) и горизонтальные линейные направляющие (REV) с индивидуальным впуском, корпусом и контейнером для минералов. Комплектный линейный привод (Actobotics) с индивидуальным крюком.



8393 Giant Diencephalic BrainSTEM Robotics Team, Winning Alliance First Pick (Detroit), Relic Recovery, полностью кастомизированный



731 Wannabee Strange, Rover Ruckus, Design Award Finalist (Houston)

Используется напечатанный на 3D-принтере (PETG и TPU) и обработанный механически (фрезерованный) штоссель/впускной патрубок с изготовленной на заказ трансмиссией из HDPE (с ЧПУ).

Лазерная резка

Лазерная резка может быть полезным инструментом, который позволяет командам FTC® быстро изготавливать сложные детали на заказ. В этом руководстве рассказывается об использовании лазерной резки в FTC, распространенных типах лазерных резаков и о том, как оптимизировать конструкцию для лазерной резки.

Если у вашей команды нет доступа к лазерному резаку, обратитесь к спонсорам или местным производителям или воспользуйтесь такими сервисами, как Fabworks или SendCutSend. Возможно, у них есть доступ к лазерным резакам, которые могут резать более экзотические материалы. Например, Fabworks и Send Cut предоставляют услуги как по обработке металлов, таких как алюминий и сталь, так и по резке, и, в частности, предлагают широкий ассортимент древесины, пластмасс, металлов и композитов. Эти услуги также могут включать последующую обработку, такую как гибка, нарезание резьбы и порошковое покрытие.

Распространенные типы лазерных резаков

В целом, команды FTC могут иметь доступ к трем типам лазерных резаков: **диодным лазерам, CO2-лазерам и волоконным лазерам.**

Лазерный диод

Как правило, это самый маленький, дешевый и легкий лазер. Он перемещается по небольшому (<20 Вт) лазерному диоду на открытой платформе. Обычно им можно резать только бумагу, картон или тонкую древесину. В FTC они могут быть полезны для быстрого создания прототипов на картоне и для гравировки декоративных элементов, таких как номера команд и логотипы спонсоров.

CO2

Как правило, это закрытые станки, использующие движущееся зеркало для направления света от лазерной трубки мощностью более 30 Вт. С их помощью можно резать дерево и пластик, но маркировать можно только металл. Они могут быть очень полезны в FTC для изготовления нестандартных деталей.

Волоконные лазеры

Они объединяют лучи от нескольких лазерных диодов в волоконно-оптический кабель и могут резать металл. Настольные версии обычно имеют очень ограниченную рабочую область, часто всего пару дюймов. Они очень дорогие, и лишь немногие специалисты FTC имеют к ним доступ.

Предупреждение

Это обобщения, которые не всегда соответствуют действительности. Например, некоторые диодные фрезы могут резать тонкие металлы. Для получения дополнительной информации всегда изучайте свой конкретный лазерный резак.

Что вы можете обработать лазерным резакom?

Как упоминалось выше, CO₂—лазеры, которые обычно доступны командам FTC, могут резать дерево и некоторые пластмассы. Некоторые из наиболее полезных материалов, которые вы можете резать с помощью CO₂-лазера мощностью 40 Вт, - это:

Дерево

Самая тонкая древесина легко поддается лазерной резке и отлично подходит для изготовления прототипов, а также легких деталей. Дополнительную информацию смотрите в [Руководстве по материалам](#). Пожалуйста, обратите внимание, что некоторые виды древесины, такие как МДФ, содержат клеи, которые при резке выделяют пары. Маслянистая или смолистая древесина также может подвергаться повышенному риску возгорания.

Акрил

Акрил - очень часто используемый материал для лазерной резки. Из-за своей склонности к разрушению под нагрузкой, он в основном используется на роботах FTC в качестве декоративных пластин или направляющих для игровых элементов. Более подробную информацию об использовании акрила в FTC смотрите в [Руководстве по материалам](#).

Delrin

Delrin, также известный как ацеталь, можно безопасно резать с помощью большинства CO₂-лазеров при надлежащей вентиляции. Лазерная резка Delrin может использоваться для изготовления всего, от опор двигателя до линейных направляющих и целых пластин трансмиссии. Более подробную информацию о delrin можно найти в [Руководстве по материалам](#).

А что нельзя?

Опасно

Есть некоторые материалы, в основном пластмассы, которые никогда не следует резать настольным лазером.

ПВХ

Выделяет токсичные пары, которые могут повредить ваш лазерный резак и нанести вред вашим легким.

Поликарбонат

Если вы попытаетесь разрезать поликарбонат, он обесцветится и сгорит, выделяя токсичные пары, что может привести к возгоранию.

ABS и HDPE

Они будут плавиться, а не резаться аккуратно.

Любой неизвестный пластик

Если вы не знаете, какой пластик вы держите в руках, не рискуйте его резать. Это может привести к возгоранию или выделению токсичных газов. Будьте осторожны, так как некоторые виды пластика, такие как акрил и поликарбонат, могут быть похожи друг на друга.

Предупреждение

Это далеко не полный список, и вы всегда должны проверять материалы, чтобы убедиться в их безопасности, прежде чем резать их.

Руководство по проектированию

Заметка

Если вы пользуетесь услугами спонсора, механического цеха или сервиса, такого как Fabworks или SendCutSend, поставщик может настроить детали для вас. Прежде чем вносить эти изменения, проконсультируйтесь с сервисом, которым вы пользуетесь!

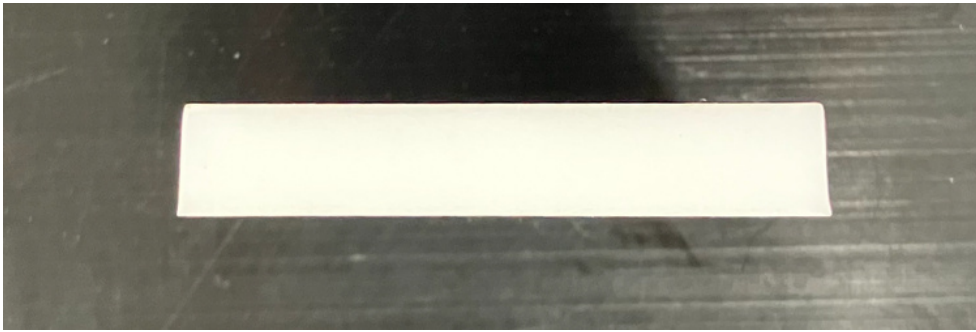
Есть несколько особенностей деталей, вырезаемых лазером, которые следует учитывать при их проектировании

Надрез

Большинство программ для лазерной резки не учитывают ширину лазерного луча при резке. Это означает, что если вам требуются точные внешние размеры или диаметры отверстий, вам необходимо вручную сместить контуры в CAD.

Конус

Поскольку линза в лазерном резке фокусирует свет, она естественным образом создает конусообразный луч. Это приводит к скошенной кромке деталей. Хотя для пластин это обычно не является проблемой, это означает, что запрессованные подшипники без фланца могут со временем выходить из строя, поскольку с одной стороны они сжимаются сильнее, чем с другой. Один из способов обойти это - сделать отверстия меньшего размера, а затем просверлить или расширить их до конечного размера, чтобы получить вертикальные стенки.



Вид сбоку на вырезанную лазером акриловую деталь,
показывающую конусность

Другие виды применения лазерной резки

Лазерный резак можно использовать для точной разметки отверстий в металлическом листе, которые затем можно высверлить с помощью сверлильного станка для изготовления металлических пластин.

Глоссарий

Лазерный резак

Лазерный резак - это инструмент, который использует мощный лазер для резки листового металла или аналогичного материала. Лазер управляется ЧПУ для вырезания предварительно запрограммированных рисунков на листе.

Гидроабразивный резак

Гидроабразивный резак - это инструмент, который режет листовый металл и другие материалы с помощью воды под очень высоким давлением, направляемой в виде небольшой струи. Гидроабразивные резаки широко используются в промышленном производстве и могут выполнять предварительно запрограммированные инструкции по вырезанию узоров, подобно системе ЧПУ.

Шпонка

Шпонка/Прокладка - это крепежная деталь с двумя резьбовыми концами, обычно имеющая шестигранный профиль для использования с гаечным ключом. Эти концы обычно имеют внутреннюю резьбу, что означает, что в них может быть ввинчен винт.

Как правило, это более компактная альтернатива длинному винту и распоркам, и ее можно использовать как для увеличения пространства, так и для закрепления предметов. Специальные подставки могут быть изготовлены из шестигранной заготовки, например, для [чурпо AndyMark](#).

Шпонки обычно используются в трансмиссиях, например, в приводах с параллельными пластинами, где пластины должны быть разделены и поддерживаться ограничителями на равных расстояниях



www.pololu.com

Базовые механизмы

Компромиссы в проектировании

Проблема	Решение
Трансмиссия с 2 моторами • Меньше мощности • Меньше ускорения	Трансмиссия с 4 моторами • Способность пересекать препятствия • Улучшенная мощность и ускорение
Pushbot • Плохая маневренность • Низкая максимальная скорость	Мecanum, 6WD, и тд. • Более маневренный, выше скорость • Настраиваемое передаточное число
Claw • Управляет 1 элементом • Легко ломается	Intake • Управляет несколькими элементами • Наиболее эффективный
Цилиндрические редукторы • Не подходят для использования при высоких нагрузках • Могут сломаться при ударной нагрузке	Планетарные редукторы • Лучше подходят для трансмиссий с высокой нагрузкой • Устойчивы к ударным нагрузкам
Одноосевой/Многоосевой рычаг • Часто требуется высокое передаточное число • Более комплексный, чем линейный extension	Линейный extension • Чаще всего быстрее, чем рычаг • Гораздо более точный

**Трансмиссия с 2 моторами →
Трансмиссия с 4 моторами**

Важно

Как правило, командам не рекомендуется использовать 2 двигателя в трансмиссии, вместо этого используйте 4. В основном это связано с дополнительной мощностью и увеличенным ускорением, которые обеспечивают 4 двигателя.

Как правило, максимальная скорость определяется передаточным числом и техническими характеристиками двигателя, а не количеством двигателей. **Однако** на ускорение влияет количество двигателей, а поскольку роботам FTC® приходится менять направление и ускоряться множество раз за матч, медленный разгон оказывает существенное негативное влияние на конкурентоспособность робота. Кроме того, роботам с двумя двигателями может быть сложно преодолевать препятствия или подниматься по пандусам из-за меньшей мощности. Часто возникает вопрос: "Не нужно ли больше двигателей для других функций робота?" Это правильный вопрос, но, как правило, ответ отрицательный. Можно создать конкурентоспособного робота с 4 двигателями, предназначенными для трансмиссии, и 4 двигателями для других механизмов, так что не стоит экономить. Помните, что трансмиссия - это основа робота. Ваши механизмы и близко не будут оптимизированы, если трансмиссия не сможет быстро и эффективно доставить вашего робота из пункта А в пункт Б. В истории FTC еще не было игр, в которых лучшим роботам требовалось бы более 4 двигателей для трансмиссии, так что следовать этому правилу вполне безопасно.

Pushbot → Mecanum, 6WD и другие рекомендуемые трансмиссии

Важно

Трансмиссия pushbot, которую обычно разрабатывают команды, участвующие первый год, с использованием руководств, предоставляемых компанией FIRST®, не рекомендуется в качестве соревновательной трансмиссии.

Мы рекомендуем командам, которые приобрели набор Tetrix, использовать его исключительно в образовательных целях, то есть для ознакомления с компонентами и основными принципами построения с использованием набора, основанного на использовании швеллеров. Однако мы не советуем командам использовать такого робота на соревнованиях из-за его многочисленных недостатков.

1. Pushbot приводится в действие двумя двигателями, и, как было указано выше, нет смысла использовать два двигателя в трансмиссии.
2. У pushbot низкая максимальная скорость и маневренность, учитывая, что передаточное отношение (40:1 на 4-дюймовых колесах) в два раза меньше, чем у многих команд.
3. Не рекомендуется использовать прямой привод.

Однако большинство, если не все, этих проблем можно решить, используя четырехмоторную трансмиссию, рекомендованную в руководстве по трансмиссии (mecanum, 6WD и т.д.). Поэтому командам рекомендуется ознакомиться с разделом "Трансмиссия" и посмотреть, какая трансмиссия лучше всего подходит для их общей стратегии игры.

Пассивный intake/claw → Активный intake

Важно

Активные интейки (с непрерывным вращательным движением) всегда должны иметь быть в приоритете, нежели пассивные интейки и манипуляторы

Активные интейки гораздо эффективнее при захвате обычных игровых элементов, таких как мячи, кубы и прямоугольные призмы, чем claw. Это широко распространенное правило; многие роботы мирового уровня на протяжении многих лет используют интейк. **Исключением является** то, что claw следует использовать для объектов неправильной формы, которыми невозможно управлять с помощью интейка; например, реликвия в игре Relic Recovery. Интейки имеют два основных преимущества перед claw.

1. Интейк может управлять несколькими игровыми элементами одновременно. Интейк неразборчив в подборе предметов, что делает их гораздо более эффективными. В то же время claw может захватывать только один объект за раз, и драйверу необходимо нацелить claw на этот конкретный объект, чтобы захватить его.
2. При использовании интейка водителю не нужно сосредотачиваться на каком-то одном игровом элементе - вместо этого, интейк будет просто захватывать все на своем пути, если он правильно спроектированы.

Claw также подвержен поломкам, и, следовательно, от него страдают роботы-защитники. Они также, как правило, более хрупкие, чем воздухозаборники. Поэтому активные воздухозаборники в результате намного эффективнее, чем когти. Почти каждый конкурирующий робот прошлых лет с большим успехом использовал активные захваты, так что есть множество прецедентов для подражания.

Цилиндрические редукторы → Планетарные редукторы

Заметка

Цилиндрические редукторы подходят для большинства применений в команде новичков. Мы не выступаем за обязательную модернизацию до планетарных редукторов, но есть некоторые преимущества, которые могут оказаться полезными в более сложных случаях использования, например, в системах с высокой нагрузкой.

Важно

Цилиндрическим редукторам присущи значительные недостатки. Цилиндрические редукторы не следует использовать в условиях высокой нагрузки, прежде всего потому, что шестерни могут вывести из строя редуктор.

Примером может служить трансмиссия, которой приходится многократно и быстро менять направление движения. Планетарные редукторы гораздо лучше подходят для трансмиссии и рычагов из-за конфигурации солнечной и планетарной передач. Кроме того, цилиндрические редукторы подвержены ударным нагрузкам, поэтому использование прямого привода на трансмиссиях не рекомендуется. Более подробную информацию о коробках передач смотрите в разделе "Анатомия редуктора". **Это относится к использованию цилиндрических редукторов, которые крепятся непосредственно к ведущей шестерне двигателя. Это не относится к внешним передаточным числам за пределами мотор-редуктора, который всегда будет иметь цилиндрическую передачу.**

Одноосевой/Многоосевой рычаг → Линейный extension

Важно

Командам, как правило, рекомендуется держаться делать выбор в пользу линейных расширений (extension). Это связано с тем, что рычаги, как правило, менее эффективны, чем линейные расширения, и их сложнее правильно использовать

Для рычагов требуется высокое передаточное число, поэтому рычаги должны быть очень хорошо закреплены, чтобы выдерживать крутящий момент, который обеспечивает двигатель. Плохо закрепленный и/или сконструированный рычаг доставит драйверам ненужные неудобства, поскольку очень трудно выровнять рычаг, который постоянно трясется. Напротив, линейным расширениям не нужно беспокоиться о передаточных числах и редукторах. Их можно оптимизировать, чтобы они были более эффективными, чем рычаги, и, как правило, более точными, поскольку линейным движением легче управлять, чем угловым. Еще одним положительным моментом является то, что линейные расширения могут иметь большую протяженность, чем рычаги, а некоторые достигают более 5 футов в длину.

Трансмиссии

В этом разделе речь пойдет о самом главном элементе любого робота - трансмиссии. Назначение трансмиссии заключается в облегчении передвижения робота и, следовательно, имеет решающее значение для функционирования робота в целом. Если не работает трансмиссия, то и остальные компоненты робота не будут работать. В FTC® существует множество возможных типов трансмиссий, которые мы рассмотрели в руководстве. Трансмиссии делятся на два основных типа: танковые (с бортовым поворотом) и голономные.

Виды трансмиссий

Танковая трансмиссия

Танковая трансмиссия в основном использует тяговые колеса и не может отклоняться в сторону (двигаться боком). Чтобы изменить направление движения, трансмиссия танка использует либо поворот колес с левой и правой стороны в противоположном направлении (таким образом, робот вращается), либо движение в одну сторону быстрее, чем в другую (таким образом, робот движется по дуге). В танковых трансмиссиях тяговое усилие и ускорение ставятся во главу угла, а не просто маневренность, что позволяет им преодолевать препятствия и защищаться. Танковые трансмиссии относительно просты в изготовлении, но при этом конкурентоспособны на самом высоком уровне.

Голономная трансмиссия

Голономная трансмиссия, в отличие от танковой трансмиссии, может перемещаться вбок благодаря использованию колес *mecanum* или *omni*. Колеса такого типа оснащены специальными роликами, которые обеспечивают плавное перемещение. Таким образом, в голономных трансмиссиях приоритет отдается движению, а не тяге. Голономные трансмиссии сокращают время, затрачиваемое на поворот для трансмиссии танка. Однако голономные трансмиссии уязвимы для защиты и могут пострадать при работе с тяжелым роботом. На протяжении многих лет компания Holonomic доказала свою конкурентоспособность на самом высоком уровне и широко распространена среди роботов мирового класса.

Выбор трансмиссии

При создании любого механизма команды должны составить список необходимых компонентов или желаемых функций. Вот несколько приоритетов, которые, по нашему мнению, важны для каждой трансмиссии:

1. Надежность: Ключ к успеху в FIRST® Tech Challenge - это надежность трансмиссии, которая является основой любого робота. Одним из аспектов надежности, который следует учитывать, является тип двигателя и коробки передач, которые используются в трансмиссии. Например, цилиндрические редукторы чаще ломаются под нагрузкой, чем планетарные. (Подробности смотрите в руководстве по эксплуатации двигателя). Таким образом, прямозубые двигатели не являются оптимальным выбором для трансмиссии, особенно если предполагается, что робот будет весить более 30 фунтов.

Заметка

Как правило, более сложные трансмиссии создают дополнительные проблемы с надежностью для неопытных команд. Мы рекомендуем использовать более простые трансмиссии, такие как привод на 4 или 6 колес и механический привод.

2. Маневренность: На маневренность влияет множество факторов: максимальная скорость, ускорение, радиус поворота, скоростной режим и возможность маневрирования по прямой. Обратите внимание, что радиус поворота - это часто упускаемая из виду характеристика, которая имеет решающее значение для общей маневренности трансмиссии. Как правило, твердотопливная трансмиссия должна иметь свободную скорость (скорость без нагрузки) в диапазоне 4,5-6 футов в секунду.

3. Количество двигателей и передаточное число: Как правило, новые команды могут использовать только два двигателя в трансмиссии. Хотя это возможно, это не рекомендуется, поскольку все участвующие в соревнованиях команды используют более 4 двигателей в трансмиссии. Еще одна проблема, вытекающая из опыта, заключается в том, что трансмиссии большинства команд работают слишком медленно. Более продвинутые команды могут сосредоточиться на умении играть в обороне, но в целом маневренность и скорость являются основными факторами успешной работы трансмиссии.

Двигатели с соотношением мощности 60:1 и 40:1 **почти всегда работают слишком медленно для трансмиссий FTC**. Любое передаточное число от 16:1 до 20:1 вполне приемлемо для 4-дюймовых колес. Соотношение 19,2: 1 на 4-дюймовых колесах является популярным выбором, поскольку позволяет использовать планетарный двигатель с соотношением 19,2:1 в соотношении 1 к 1. Такое соотношение обеспечивает отличный баланс, практически мгновенное ускорение и высокую максимальную скорость. На 3-дюймовых колесах эквивалентные соотношения составляют от 12:1 до 15:1, что делает соотношение 13,7: 1 на 3-дюймовых колесах удобным, поскольку его можно использовать в соотношении 1 к 1 от планетарного редуктора goBILDA с соотношением 13,7:1. Команды могут программно замедлить работу трансмиссии, при необходимости снизив мощность двигателей.

Предупреждение

Командам не рекомендуется использовать цилиндрические редукторы в своей трансмиссии. Вместо этого используйте планетарные редукторы, так как они менее подвержены ударным нагрузкам и поломкам.

4. Тяговое усилие/толкающая способность: Хотя этой характеристике часто придается чрезмерное значение, она по-прежнему очень важна. Тяговая способность описывает способность трансмиссии выдерживать защиту/включаться в защиту. Кроме того, тяговое усилие будет иметь важное значение, если трансмиссия должна преодолевать препятствия или какой-либо вид местности. На тяговое усилие трансмиссии влияют многие факторы, в том числе тип колес, мотор-редуктор и общий вес робота.

Заметка

Если у вас уже есть очень маневренная трансмиссия с опытными драйверами, команда может избежать обороны вместо того, чтобы участвовать в ней.

5. Привод трансмиссии: Как правило, существует четыре варианта передачи мощности: прямой привод, цепной, зубчатый и ременной. Более подробную информацию о каждом варианте можно найти в разделе "Трансмиссия".

Командам следует держаться подальше от прямого привода, так как редукторы подвержены поломкам, особенно при ударных нагрузках (например, если в колесо попадает другой робот или колесо врезается в стену).

Мы рекомендуем приводы с ременным приводом, но понимаем, что для новых команд это сложный вариант. Цепь и шестерни также являются отличными вариантами - цепь требует немного большей продуманности, поскольку для поддержания правильного натяжения цепи требуется более 1 натяжителя с каждой стороны.

CAD или подробный эскиз цепи, как правило, рекомендуется использовать вместе с цепью, чтобы наглядно представить ход цепи (где она будет размещена). Зубчатые колеса немного проще и могут быть отличным и легким вариантом, особенно при использовании экструзии. Мы бы посоветовали не использовать шестерни TETRIX и использовать шестерни из других комплектов, таких как шестерни REV delrin (с шестигранным усилителем ступицы) или алюминиевые шестерни REV.

Более подробную информацию смотрите в разделе Трансмиссия.

Важным шагом является определение того, чего вы хотите от своей трансмиссии:

- Вам нужна скорость?
- Мощность при движении?
- Способность преодолевать пересеченную местность?
- Вам нужна маневренность?

Прежде чем выбрать трансмиссию, следует ответить на все эти вопросы.

Глоссарий

Универсальные колеса

Универсальные (направленные) колеса, продаваемые многими производителями, представляют собой особый тип колес, в которых приоритет отдается мобильности и маневренности (перемещению вбок), а не сцеплению с дорогой или движению вперед-назад. Они похожи на колеса месапит в том смысле, что колеса omni оснащены резиновыми роликами, которые вращаются перпендикулярно плоскости колеса.

Таким образом, робот может двигаться боком (хотя в боковом направлении у робота нет электропривода). Он также используется в качестве колеса с низким коэффициентом трения в 4-, 6- и 8-колесных трансмиссиях вместо угловых тяговых колес.

Кроме того, X-drive использует четыре универсальных колеса, хотя сцепление с дорогой минимально.

Колесо месапит *технически* является всенаправленным, но, как правило, под “универсальным колесом” подразумевают ролики, повернутые на 90 градусов по отношению к вращению колеса, в то время как механическое колесо обычно поворачивается на 45 градусов. Универсальное колесо REV Robotics



Тяговое колесо

Тягово-сцепное колесо - это колесо, предназначенное для максимального сцепления с дорогой. Оно имеет внешнее резиновое кольцо, а широкая колея обеспечивает большее пятно контакта с грунтом. Тяговые колеса обычно используются в трансмиссиях танков. Они продаются разными производителями в разных размерах и толщине.

Strafing

Стрейфинг - это движение вбок или в поперечном направлении (что-то похожее на дрейф). Это возможно с помощью колес omni или mecanum и невозможно с помощью тяговых колес.

Трансмиссия с параллельными пластинами

Трансмиссия с параллельными пластинами - это трансмиссия, в которой приводные блоки состоят из двух раздвинутых пластин с колесами и трансмиссией между ними.

Расстояние между пластинами может составлять от 1 до 5 дюймов, в зависимости от требований к пространству для колес и системы привода. Как правило, желательна ширина корпуса не более 3 дюймов, чтобы максимально увеличить расстояние между приводными блоками для таких механизмов, как впускной патрубков.

Голономная трансмиссия

Привод Mecanum

Приводная система Mecanum состоит из четырех колес mecanum, которые независимо приводятся в движение одним двигателем. Такая конфигурация позволяет регулировать скорость каждого колеса, что позволяет роботу маневрировать.



Термин

Колесо Mecanum

Колеса Mecanum - это особый тип колес, которые обеспечивают маневренность и голономную проходимость в отличие от традиционных колес. Они состоят из ряда резиновых роликов, поворачиваемых на 45 градусов влево или вправо.

В обычной трансмиссии mecanum движение колес по одной диагонали в направлении, противоположном движению колес по другой диагонали, приводит к боковому перемещению. Комбинации этих движений колес позволяют транспортному средству двигаться в любом направлении при любом повороте транспортного средства (включая полное отсутствие поворота).

Основным преимуществом Mecanum drive является маневренность, которую он обеспечивает, особенно потому, что робот может двигаться по прямой, а не поворачивать и вести машину. Ролики на колесах Mecanum расположены под углом 45 градусов к оси вращения колеса, что означает, что трансмиссии Mecanum не могут двигаться так же быстро, как вперед.

Это можно объяснить, обсудив задействованные силы. Когда каждое колесо вращается, оно создает силу трения о землю, которая приводит робота в движение. При движении вперед обе пары левых колес вращаются в одном направлении с одинаковой скоростью, а обе пары правых колес вращаются в одном направлении с одинаковой скоростью, что означает, что силы не противодействуют друг другу. Однако при движении по прямой ни два левых, ни два правых колеса не вращаются с одинаковой скоростью. Во многих случаях они даже вращаются в противоположных направлениях.

Эти две противоположные силы приводят к тому, что ролики все больше и больше проскальзывают, что снижает скорость робота за счет тяги (большее проскальзывание приводит к потере скорости). Однако при движении вперед колеса по-прежнему проскальзывают, но не так сильно, как при движении по прямой.

Это является основным недостатком трансмиссий Mecanum: они, как правило, не обладают большой тяговой способностью и, следовательно, уязвимы для защиты с помощью надежного привода танка.

В связи с тем, что колеса Mecanum с большей вероятностью будут проскальзывать из-за диагональных роликов, дополнительным дополнением к приводам Mecanum является отдельный механизм одометрии, позволяющий отслеживать местоположение робота во время автономной работы.

Внимание

Важно отметить, что для максимальной эффективности и стабильности приводов Mecanum, если смотреть сверху, ролики каждого колеса должны быть направлены к центру робота, образуя форму буквы X, а не ромба.

Основная причина этого заключается в том, что это позволяет трансмиссии поворачиваться значительно быстрее, чем она могла бы сделать в противном случае. При использовании предложенной установки, если смотреть снизу робота, ролики образуют ромб. Это позволяет силе, прилагаемой колесами к земле, действовать по касательной к радиусу поворота, что приводит к ускорению поворота.

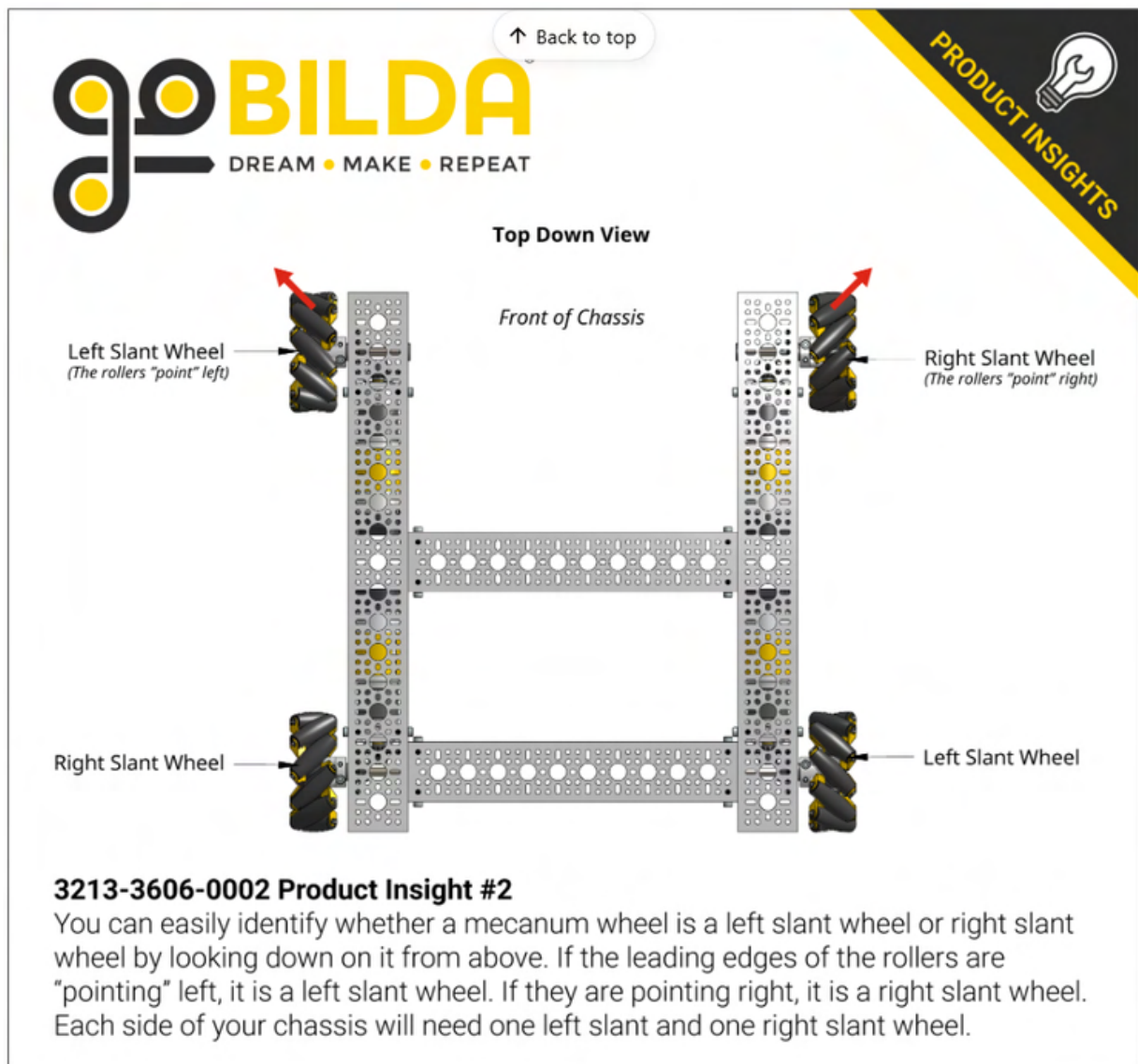
Смотрите [это видео](#) и [другие видеоролики](#) для более подробного объяснения.

Преимущества

- Фантастическая маневренность и маневренность на бреющем полете позволяют очень хорошо обходить оборону
- Хорошее ускорение позволяет развивать высокую максимальную скорость
- Очень универсальная трансмиссия практически для любой игры

Недостатки

- Ухудшается сцепление с дорогой, так как катки меканум имеют более низкий коэффициент трения, чем тяговые колеса; они не могут передвигаться по пересеченной местности
- Их можно передвигать при обороне
- Колеса должны приводиться в действие независимо, поэтому нет необходимости в резервировании



Мини-гайд по Mecanum Wheels

Одной из наиболее важных особенностей колеса mecanum является механизм, который позволяет вращать ролик — либо втулки, либо шарикоподшипники. Механизмы, в которых используются шарикоподшипники, работают лучше, чем механизмы, в которых используются втулки, так как ролики могут вращаться с меньшим трением.



Заметка

В прошлом некоторые команды инвестировали в колеса mecanum диаметром 6 дюймов. Как правило, они намного дороже и, как правило, не обеспечивают значительных преимуществ в производительности. Мы настоятельно рекомендуем использовать колеса диаметром от 3 до 4 дюймов.

Рекомендуется

Эти диски являются золотым стандартом mecanum wheels, поэтому, если вы покупаете новые диски mecanum, у вас практически нет причин покупать диски mecanum не из этого раздела.

- Диски goBILDA Mecanum Wheels v2 (127,49 долларов США со скидкой для команды): Диски goBILDA v2 Mecanum являются золотым стандартом для команд, которым нужен качественный дизайн во всех аспектах. Они имеют диаметр 96 мм и толщину 38 мм, установлены на шарикоподшипниках и роликах диаметром 70 А, которые обеспечивают отличную производительность при шлифовании. Благодаря использованию углубленных отверстий размером 16x16 мм и 32x32 мм эти колеса имеют наибольшее количество вариантов крепления и подходят для всех типов валов, обычно используемых в FTC®.
- Колеса REV Robotics Mecanum (\$127,50 со скидкой для команды): Колеса REV Robotics Mecanum имеют диаметр всего 75 мм, что позволяет командам FTC использовать колеса mecanum меньшего размера; однако они не являются самыми тонкими при толщине 40,8 мм. Они оснащены роликами на шарикоподшипниках, которые обеспечивают исключительную проходимость и сцепление с дорогой. Рисунок отверстий на этих колесах совместим с насадками Andymark, а также с универсальным шестигранным адаптером REV Robotics Universal Hex Adapter v2 (входит в комплект поставки); однако для использования других вариантов вала, скорее всего, потребуется использование адаптера или физическая модификация.

Возможно

Эти меканумы обладают приемлемой производительностью, но на данный момент нет особых причин покупать их, поскольку они были заменены более совершенными. Если они у вас уже есть, то это вполне приемлемый вариант, но подумайте о том, чтобы ознакомиться с некоторыми меканумами из раздела "Рекомендуется".

- Колеса Nexus с шарикоподшипниками Mecanum (\$134,00): Диаметр этих колес составляет 100 мм, а ширина - 59 мм. Благодаря использованию шарикоподшипников они превосходно скользят. Однако они стоят дороже, занимают больше места, имеют меньшее сцепление с дорогой и их сложнее монтировать, чем рекомендуемые колеса.
- Колеса goBILDA Mecanum Wheels v1 (сняты с производства): Эти колеса очень похожи на шарикоподшипниковые колеса Nexus Mecanum Wheels, но отличаются цветовой гаммой и улучшенными возможностями крепления.
- Колеса Andymark Heavy Duty Mecanum (225 долларов): Это, пожалуй, самые дорогие диски mecanum в списке. Диаметр этих колес составляет 4 дюйма, а ширина - 1,65 дюйма. Это диски mecanum на основе втулок, поэтому, несмотря на приличную проходимость, они все равно работают хуже, чем диски на основе подшипников. Они обладают хорошим сцеплением с дорогой, большим, чем подшипники Nexus или втулочные диски.
- Колеса Nexus Bushing Mecanum (\$80,00): Это шарикоподшипниковые колеса Nexus Mecanum с втулками вместо шарикоподшипников. О них мало что можно сказать, кроме того, что они работают прилично, но хуже, чем аналоги на шарикоподшипниках.

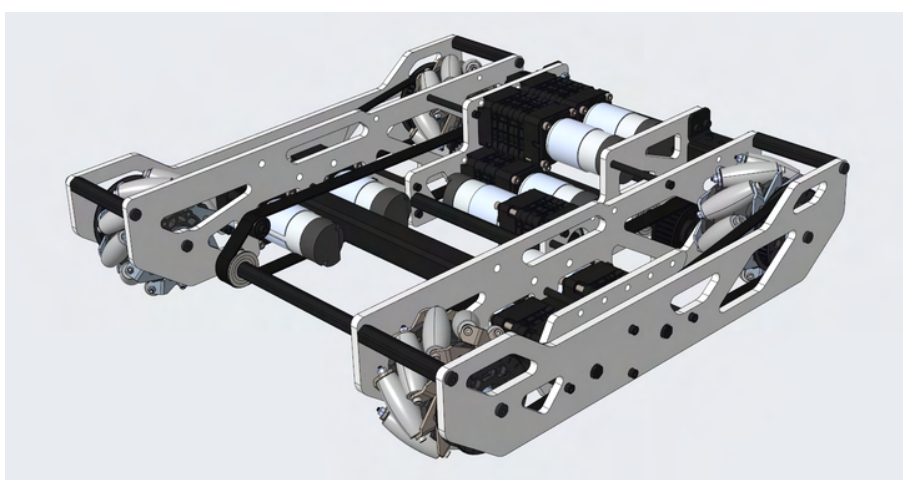
Не рекомендуется

Практически нет причин использовать эти диски mecanum — они очень плохо работают и стоят ненамного дешевле, чем те, что представлены в разделе "Рекомендации". Мы не можем рекомендовать их использование на роботах FTC, поэтому, если это вообще возможно, замените их на mecanums из раздела "Рекомендации".

- Колеса TETRIX Mecanum (\$149,00): В конструкции этих механизмов используется ролик из твердого пластика на основе втулки, что, в свою очередь, ухудшает качество нарезания резьбы. Встроенная ступица представляет собой конструкцию на основе установочного винта с круглым отверстием, что делает ее ненадежной, а также занимает дополнительное пространство.
- Колеса Andymark Standard Duty Mecanum (\$77,00): Эти колеса практически не деформируются и очень хрупкие.



8103 Null Robotics, Rover Ruckus, с использованием Nexus mecanum bearing



731 Wannabee Strange, Rover Ruckus, с использованием колес AndyMark HD mecanum

X-Drive

X-Drive - это голономная трансмиссия на базе универсальных колес. Этот тип привода предполагает установку 4 универсальных колес в углу робота под углом 45 градусов.

Одним из заметных отличий X-Drive от mecanum является скорость перемещения. В то время как, как упоминалось в разделе mecanum, отношение скорости движения по прямой к скорости движения вперед заметно меньше 1, передаточное отношение на X-Drive равно в точности 1 из-за симметрии вращения колес. Это означает, что скорость полета робота X-Drive на брейющем полете и скорость движения вперед эквивалентны. Однако при движении на брейющем полете под углом 45° (приблизительно $\frac{\sqrt{2}}{2}$ скорости движения вперед).

Несмотря на то, что X-drive обладает хорошими поворотами и ускорением, основным недостатком привода является упаковка/форм-фактор. Упаковка определяет, насколько легко/удобно трансмиссия вписывается в общую конструкцию робота.

В идеале трансмиссия должна занимать как можно меньше места, чтобы упростить установку механизмов. Поскольку колеса *omni* смещены, компоновка X-Drive является более сложной задачей, чем других типов голономных приводов, таких как *mecanum* или H-Drive. Кроме того, из-за необычной конструкции относительно сложно точно передавать мощность от двигателей к колесам, а это означает, что большинство X-Drives в конечном итоге становятся прямоточными, что отрицательно сказывается на сроке службы мотор-редуктора



Заметка

При использовании X-Drive робот перемещается вперед/назад/прямо из стороны в сторону в несколько раз быстрее, чем трансмиссия с колесами в обычном положении (при том же передаточном числе и размере колес).
Объяснение того, почему именно это происходит, смотрите [в этом анализе](#).

Преимущества

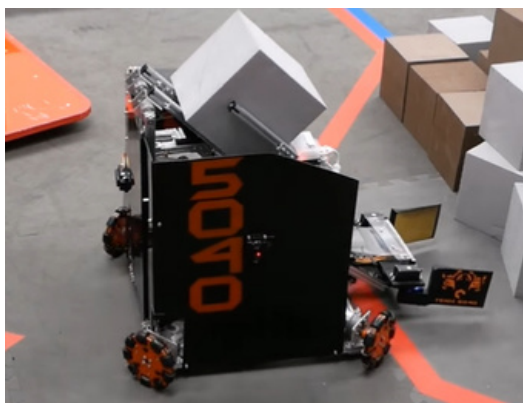
- Хорошая маневренность
- Хорошее ускорение

Недостатки

- Склонен к обороне, его легко оттолкнуть
- Часто используется прямой привод из-за неудобного форм-фактора



731 Wannabee Strange, Velocity Vortex



5040 Nuts and Bolts, Relic Recovery

Н-образный привод

Н-образный привод (также известный как U-образный привод, в зависимости от конфигурации) - это привод голономного типа, в котором используются все колеса omni. Н-образный привод основан на наборе “направляющих колес”, которые расположены перпендикулярно передним/задним колесам для обеспечения равномерного хода. Система H-Drive похожа на комбинацию трансмиссии танка, сохраняя при этом маневренность и маневренность голономных трансмиссий.

Теоретически H-Drive очень прост в программировании, но большинство команд используют какую-либо коррекцию гироскопа, чтобы двигаться прямо, хотя при правильном распределении веса в этом нет необходимости.

H-Drive имеет несколько возможных конфигураций двигателей - 1 или 2 двигателя могут быть установлены на каждый блок переднего привода, а один или два двигателя могут быть установлены на передние колеса. В конфигурации с одним двигателем на каждом блоке переднего привода H-Drive обеспечивает незначительное снижение ускорения по сравнению с приводом Mecanum.

Для обеспечения максимально возможной надежности многие команды FRC® подвешивают свои направляющие колеса на коромысло, чтобы обеспечить контакт всех колес с землей, пока робот не совершает полет.

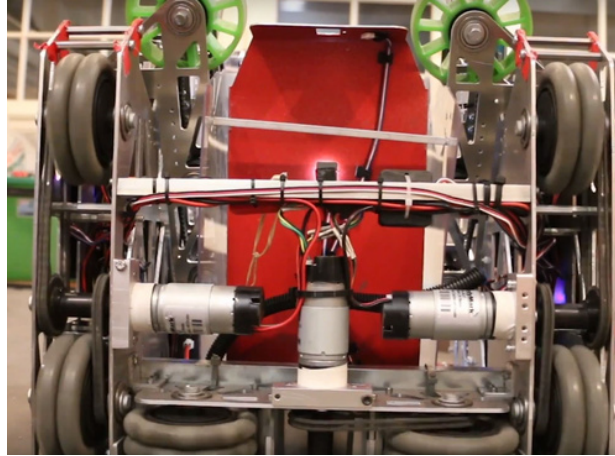
Безусловно, самым большим преимуществом H-drive является возможность использования нескольких распределений двигателей. Например, если вы хотите использовать только 3 двигателя для своих механизмов и у вас остался еще один двигатель, то использование 1 двигателя с регулировкой хода и 4 приводных двигателя является абсолютно приемлемой конфигурацией. Или, если вы хотите использовать 5 двигателей для своих механизмов, то H-drive с 2 приводными двигателями и 1 приводом с регулировкой скорости, безусловно, является оптимальным решением.

Преимущества

- Сочетает в себе преимущества бака и голономной трансмиссии
- Может использоваться с 3 или 5 двигателями
- Хорошая тяга и максимальная скорость
- Отличная маневренность

Недостатки

- Распыление немного менее эффективно, чем Mecanum
- Иногда требуется сложная суспензия, в зависимости от конструкции



9804 Bomb Squad, Relic Recovery

Sample Drivetrains

В этом разделе мы собрали несколько примеров приводов, которые вы можете использовать в качестве отправной точки для своих собственных разработок. Вам также следует ознакомиться с галереей моделей роботов в [Приложении](#).

[goBILDA strafer chassis](#)

Базовое шасси mecanum от goBILDA. Простое в сборке шасси, которое является отличной отправной точкой для роботов, изготовленных из деталей goBILDA.

[goBILDA BeeLine Chassis](#)

Базовое 6-колесное шасси от goBILDA. Простое в сборке шасси, которое является отличной отправной точкой для роботов, изготовленных из деталей goBILDA.

[Strafer chassis with Dead Wheels](#)

Модификация шасси goBILDA от FTC® 9794 Wizards.exe, в которой добавлены задние колеса. Также смотрите их видеоуроки: <https://www.youtube.com/watch?v=OjNvAD350M4&list=PLICNg-rquurYgWAQGhu6iC0At75vgqFJp>

[REV Robotics 6 wheel drivetrain](#)

Пример 6-колесной трансмиссии, построенной с использованием комплекта REV.

[AndyMark Tile Runner chassis](#)

Универсальный комплект шасси, продаваемый компанией AndyMark. Он доступен в нескольких модификациях: 6 колес, mecanum, tank tread. Он стоит дорого, но вы можете бесплатно использовать предоставленные 3d-модели для создания собственной трансмиссии..

[Wizards.exe 6 wheel drive chassis](#)

Еще один дизайн от FTC 9794 Wizards.exe. В нем сочетаются изготовленные на заказ боковые панели с деталями Actobotics (шестерни).

[Custom drivetrain by FTC 14875 LightSpeed](#)

В этой конструкции используются колеса goBILDA mecanum, двигатели и некоторые швеллеры в сочетании с боковыми накладками, изготовленными на заказ.

[NX VANTAGE-H](#)

Еще одна нестандартная трансмиссия с колесами goBILDA mecanum от redditor /u/nateless. Обратите внимание, что этот дизайн можно просмотреть, но не загружать — это сделано намеренно; смотрите его оригинальный пост на reddit.

Передача мощности

При создании любого механизма важно учитывать, как он будет приводиться в действие, поскольку передаточное число и форм-фактор - это два фактора, которые влияют как на расстояние, так и на эффективность. Существует четыре основных вида передачи мощности: прямой привод, шестерни, цепь и ремень ГРМ. Кроме того, существуют различные способы приведения в действие механизма, установленного на оси.

- Подвижный монтаж
- Крепление вала
- Прямой привод
- Шестерни
- Роликовая цепь
- Зубчатый ремень
- Глоссарий

Подвижный монтаж

При монтаже механизма важно знать, как передавать на него мощность. Существует множество способов добиться этого с помощью оси.

Ось под напряжением



Термин

Ось под напряжением

Самый простой способ передачи мощности называется “Ось под напряжением”. В этом случае механизм физически установлен на приводимой в движение оси: **когда ось поворачивается, механизм поворачивается вместе с ней.** Механизм на оси обычно крепится к ступице или переходнику, который передает мощность от оси. По этой причине, при одновременном подключении нескольких устройств к одной оси, как правило, рекомендуется использовать ось под напряжением.

Этот способ передачи энергии чаще всего используется в механизмах, которые монтируются непосредственно на двигателе, а также в некоторых механизмах, таких как воздухозаборники.

Преимущества

- Самая простая в изготовлении силовая передача
- Может быть собрана с любой системой COTS
- Позволяет легко приводить в действие несколько механизмов, расположенных на одной оси
- Может использоваться непосредственно с вала двигателя

Недостатки

- Может физически занимать больше места (подшипники должны располагаться по обе стороны вала)
- Обычно требуется какое-либо крепление вала, чтобы предотвратить перемещение вала

Неподвижная ось

Термин

Неподвижная ось

Другой способ передачи мощности называется “неподвижной осью”. При использовании неподвижной оси механизм устанавливается на неподвижную ось с помощью подшипников: **он может свободно вращаться вокруг оси**. Этот метод требует, чтобы силовая передача была физически прикреплена болтами к механизму, поскольку сама ось вращаться не будет. По этой причине при приведении в действие чего-либо, находящегося между двумя пластинами, обычно рекомендуется использовать глухую ось, поскольку сама ось может служить опорой между пластинами.

Преимущества

- Простая передача электроэнергии с изготовлением на заказ
- Ось может использоваться в качестве промежуточной опоры между различными пластинами
- Требуется меньше деталей, чем при установке оси под напряжением

Недостатки

- Сложнее передавать мощность по длинному валу
- Обычно это ограничивается приводом механизмов между двумя параллельными пластинами

Ось-зомби (коаксиальная)

Термин

Ось зомби

Ось-зомби - это когда один вал служит мертвой осью для одного механизма и рабочей осью для другого механизма. Это означает, **что один механизм установлен на валу с помощью подшипников, но вал может свободно вращаться независимо, приводя в действие второй механизм**. Эта установка может быть использована для передачи мощности на два устройства с использованием одной и той же точки вращения, что упрощает приведение в действие таких механизмов, как рычаги с воздухозаборниками или подвесные блоки трансмиссии. Ось Zombie рекомендуется использовать только в том случае, когда два механизма должны приводиться в действие соосно друг другу.

Преимущества

- Единственный способ передачи энергии, который может приводить в действие два механизма в одной и той же точке вращения

Недостатки

- Обладает недостатками как живой, так и мертвой оси
- Более сложная в механическом отношении

Крепление вала

Если вы приводите в действие какой-либо механизм с системой подвижных осей, вам потребуется способ фиксации вала, чтобы он не перемещался в осевом направлении (по всей длине). Необходимо ограничить перемещение в обоих направлениях, и на одном валу можно сочетать два метода. Как правило, это достигается за счет того, что что-то соприкасается с внутренним кольцом подшипника, которое закреплено на валу в осевом направлении. Важно убедиться, что сами подшипники также закреплены.



Заметка

Обязательно установите прокладку/шайбу подходящего размера между элементом, удерживающим вал, и подшипником таким образом, чтобы она касалась только внутреннего кольца подшипника. В противном случае трение приведет к неэффективности.

Ниже приведены некоторые распространенные методы, которые команды FTC используют для удержания вала.

Хомуты для крепления вала

Хомуты для крепления вала устанавливаются на вал для его фиксации. Существует два основных типа: хомуты для установки винтов и зажимные хомуты.



Хомуты для установки винтов

Для затягивания установочных винтов на валу используются установочные винты (обычно с закручивающейся головкой). Хотя установочные винты дешевы и легко доступны, у них есть некоторые недостатки. Винт врезается в стержень, образуя выступающий заусенец, что затрудняет снятие/регулировку хомута или использование вала для чего-либо другого в будущем.

Зажимные кольца



В зажимном кольце вала используются обычные болты для фиксации вала, прикладывающие усилие по всему валу, а не только в одном месте. Они могут иметь или не иметь встроенную прокладку для упора в кольцо подшипника. Как правило, они рекомендуются вместо установочных винтовых хомутов, особенно для применений с высокой нагрузкой. Однако они, как правило, дороже и крупнее.

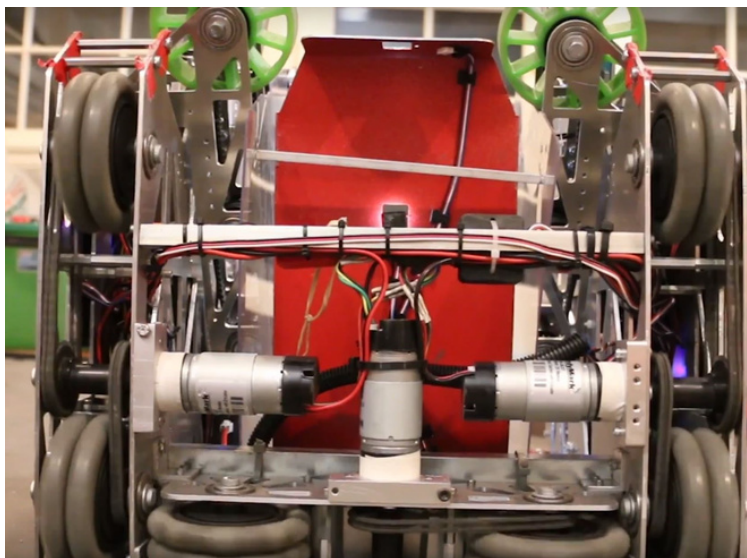
Фиксирующие кольца для вала



Фиксирующие кольца для вала вставляются в канавку на валу и обеспечивают простой и компактный способ его фиксации. В отличие от хомутов, их нельзя перемещать вдоль вала, и они зависят от наличия обработанной канавки в правильном месте. Многие бригады используют E-clips, разновидность стопорного кольца, с 8-миллиметровым валом REX от goBILDA, поскольку его можно приобрести с предустановленным E-clip.

Болты и шайбы

При использовании вала с резьбовым отверстием для его фиксации можно использовать болт и шайбу на каждом конце. Важно использовать состав для фиксации резьбы, чтобы предотвратить ослабление болтов со временем.



Прямой привод

Термин

Прямой привод

Привод механической части (чаще всего ведущего колеса) непосредственно от оси двигателя. Многие новички и неопытные бригады используют этот метод для приведения в действие своей трансмиссии, поскольку это самый простой способ. Однако у этого метода есть существенные недостатки.

Прямой привод создает ненужную нагрузку на приводной двигатель. Это связано с тем, что ударные нагрузки могут разрушать редукторы, даже планетарные. Редукторы способны выдерживать нагрузку вдоль оси вращения, например, возникающую при изменении направления вращения колеса. Это нормальная ситуация с нагрузкой. Однако при прямом приводе вал коробки передач может подвергаться ударным нагрузкам, выходящим за пределы нормальной оси. Это происходит, когда колесо соприкасается с другим роботом или стеной поля, что, честно говоря, случается чаще, чем вы думаете. Это может привести к изгибу вала двигателя или необратимому повреждению коробки передач.

Это также ограничивает передаточное число двигателя коробкой передач. Одним из преимуществ всех трех других систем трансмиссии является возможность увеличивать или уменьшать передачу в зависимости от потребностей команды.

Прямой привод не может этого сделать, и если в вашей трансмиссии используется коробка передач 40:1, то нет возможности уменьшить это передаточное отношение, например, до более быстрой коробки передач 20:1.

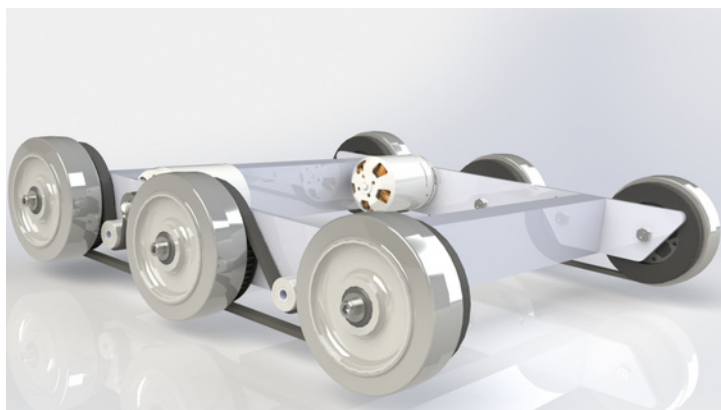
Конструкция валов двигателя не рассчитана на большую нагрузку, направленную вниз. Это может привести к изгибу вала двигателя, поскольку при прямом приводе вал опирается только на одну сторону - коробку передач. Как правило, все инженеры придерживаются принципа поддерживать вал с обеих сторон, что в данном случае невозможно. Это приводит к смещению вала, чего, как правило, следует избегать. Таким образом, у тяжелого робота валы двигателей могут легко погнуться из-за отсутствия опоры. (Хотя, как правило, невозможно закрепить вал двигателя на обоих концах, общим правилом является наличие двойной опоры на колесах или других валах, не связанных с двигателем.)



Термин

Кантилевер

Кантилевер - это когда объект (обычно вал) поддерживается только с одной стороны. Хотя теоретически это обеспечивает меньшую поддержку, пока вал по-прежнему поддерживается в двух точках подшипниками или втулками, кантилевер по-прежнему является надежной строительной техникой. Многие трансмиссии расположены консольно, что обеспечивает легкий доступ к колесам. Опора вала с обеих сторон теоретически более надежна с точки зрения конструкции, хотя в большинстве случаев вы не заметите разницы.

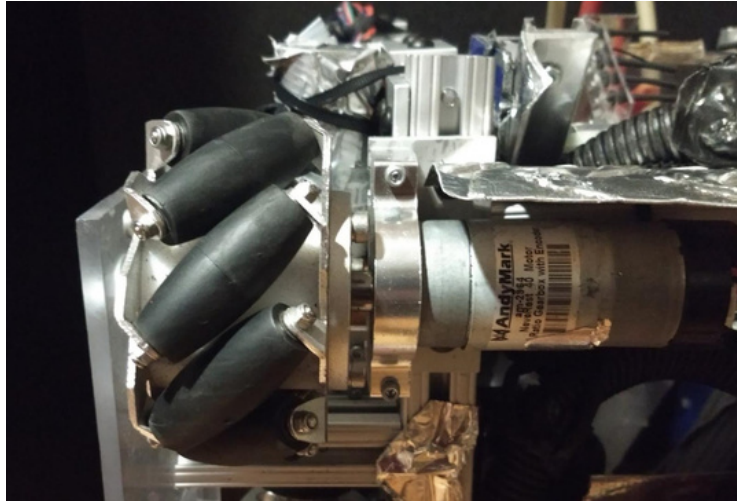


Преимущества

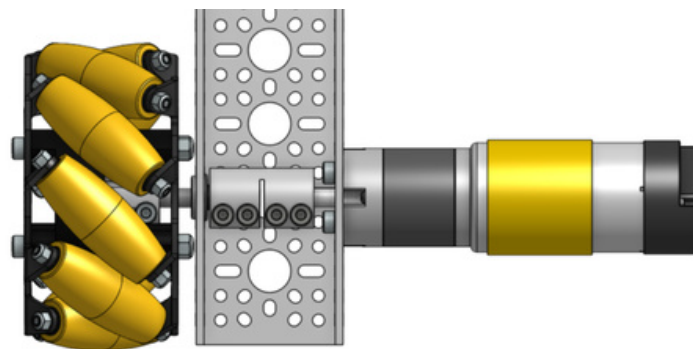
- Экономит пространство
- Простота сборки; наиболее простая форма передачи

Недостатки

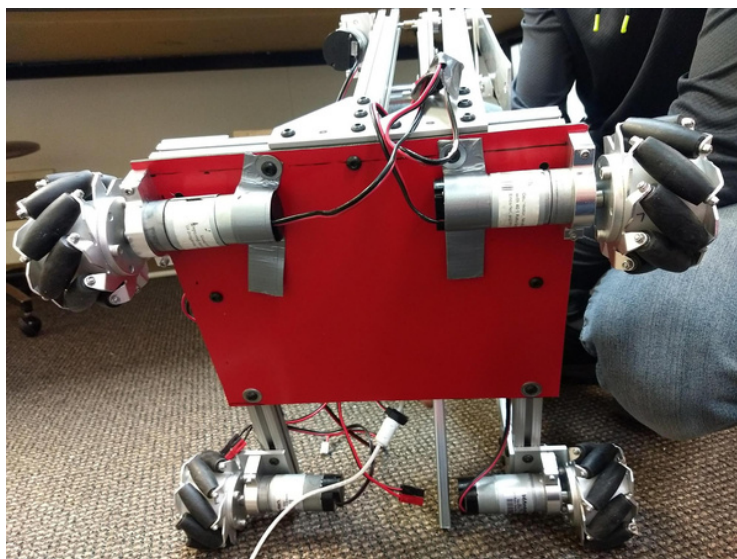
- Подвержен ударным нагрузкам, которые разрушают коробку передач
- Передаточное число самого двигателя ограничено
- Коробка передач двигателя быстрее изнашивается
- Вал двигателя может погнуться



Прямой привод с внешней поддержкой (**предпочтительный вариант прямого привода**)



Прямой привод со внутренней поддержкой (**предпочтительный вариант прямого привода**)



Прямой привод без поддержки (**непредпочтительный вариант прямого привода**)

Шестерни

Шестерни, как зубчатые колеса и шкивы, используются в силовых передачах для трех основных целей: изменения направления мощности, величины крутящего момента и частоты вращения. Зубчатые колеса - менее распространенный вариант передачи, чем цепные, но все же они очень эффективны в большинстве случаев. Зубчатые колеса не менее надежны, чем цепные, но не могут использоваться для передачи мощности на большие расстояния. Многим производителям не нравятся зубчатые колеса, изготовленные из комплектных каналов, поскольку расположение отверстий ограничивает возможные комбинации зубчатых колес. Следовательно, может быть трудно достичь желаемого передаточного числа. Однако в экструзионных системах очень просто использовать различные передаточные числа, поскольку при экструзии шестерни можно перемещать по кругу.



Термин

Шестерня

Шестерня - это деталь машины с нарезанными зубьями, обычно обозначаемая в виде "цифры" (например, 32T, 86T). Это форма передачи мощности, которая изменяет направление вращения при использовании. Наиболее распространенным материалом для изготовления зубчатых колес является алюминий или пластик delrin.



56T REV aluminum gear

Шестерни изготавливаются из разных материалов, наиболее распространенным из которых является алюминий марки 7075. Никогда не соединяйте пластиковые и металлические шестерни вместе. Допускается соединение металлических шестерен разных типов при условии, что они имеют одинаковый диаметральный шаг. Рекомендуется избегать алюминиевых зубчатых колес TETRIX, так как они очень быстро изнашиваются. Некоторые зубчатые колеса изготовлены из Delrin, самосмазывающегося пластика. Это прочный материал, но имейте в виду, что при использовании пластикового зубчатого колеса в отверстии очень легко зачистить отверстие. Таким образом, мы рекомендуем использовать шестигранный усилитель ступицы REV, чтобы избежать оголения отверстия в зубчатых колесах Delrin.

Конические шестерни - это особый тип зубчатых колес, который позволяет передавать мощность в двух разных плоскостях. Это особенно полезно в стесненных условиях, когда обычное положение установки двигателя не подходит.

Расчет диаметра шага

$$PD = Module * Number\ of\ Teeth$$

$$DP = \frac{Number\ of\ Teeth}{PD}$$

$$PD = OD - (2 * Module)$$

Окружность шага - это воображаемая окружность, которая соприкасается с окружностью шага любой другой передачи, с которой она находится в зацеплении. В принципе, у каждой передачи есть окружность шага. Когда шестерня 1 входит в зацепление с шестерней 2, окружности шага обеих шестерен должны соприкоснуться точно посередине того места, где зубья соприкасаются друг с другом.

Зацепляющиеся шестерни



Термин

Зацепление

Зацепление - это перекрывающийся контакт между зубом шестерни и другим зубом шестерни, цепью и звездочкой или ремнем и шкивом. Правильное зацепление имеет важное значение для обеспечения максимальной передачи крутящего момента. Слишком мелкое зацепление может привести к отсутствию передачи мощности, поломке или более быстрому изнашиванию шестерен. Слишком большое зацепление может вызвать нежелательное трение и привести к неэффективности системы привода.

При зацеплении зубчатых колес важно, чтобы они были не слишком ослаблены и не слишком туго затянуты. Если зубчатые колеса слишком ослаблены, зубья легко изнашиваются, что снижает их долговечность. Однако, если зубчатые колеса слишком плотно затянуты, они будут испытывать слишком сильное трение и могут стачиваться или заедаться. Идеальный способ зацепления зубчатых колес - убедиться, что зубья сцеплены и просто касаются основания зубчатого колеса.

⚠ Внимание

По возможности, лучше избегать зацепления шестерен с зажимным креплением двигателя – из-за чувствительности зацепления даже малейшее движение двигателя внутри зажимного крепления может привести к проскальзыванию шестерен или повреждению друг друга.

Рассчитать межосевые расстояния с помощью зубчатых колес довольно просто. Чтобы рассчитать желаемое межосевое расстояние между двумя заданными шестернями, вы должны знать количество зубьев для каждой шестерни и **диаметральный шаг** ваших шестерен (количество зубьев на дюйм диаметра шестерни). Используя эти две части информации, вы можете использовать уравнение В этом уравнении $D = \frac{T_1 + T_2}{P}$ указано расстояние D между центрами обеих шестерен, T1 и T2 - количество зубьев каждой из них и P - диаметральный шаг шестерен.

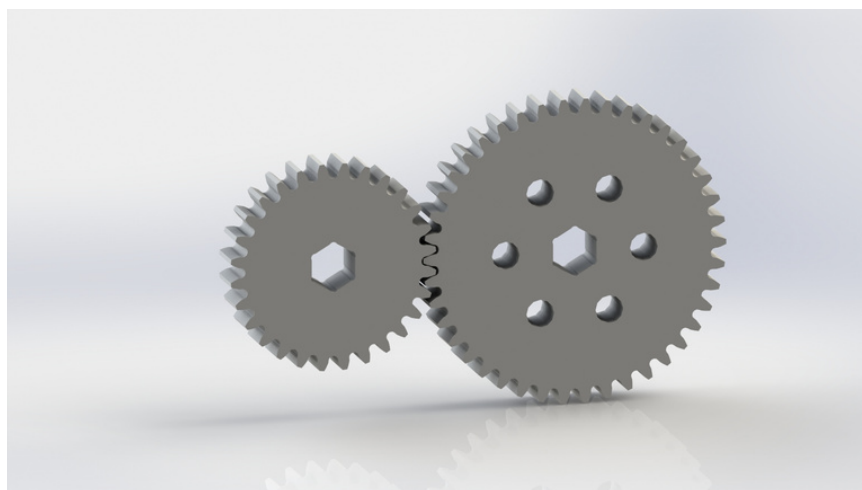
Модуль (сокращенно **MOD**) зубчатого колеса используется аналогично диаметральному шагу. Это количество миллиметров диаметра зубчатого колеса на один зуб шестерни. Уравнение для определения межосевого расстояния D таково: $D = \frac{(T_1 + T_2) * M}{2}$ где T1 и T2 - количество зубьев каждой рассматриваемой шестерни, а M это модуль шестерни.



Заметка

Никогда не устанавливайте в зацепление шестерни с разным шагом по диаметру. (Заметным исключением являются шестерни с шагом 32 по диаметру и с шагом 0,8 по модулю. Они достаточно близки друг к другу, чтобы их можно было использовать идеально).

Кроме того, можно усреднить диаметры шага двух зубчатых колес, чтобы найти правильное расстояние между центрами.



Правильное сцепление шестерней

Как и в случае со звездочками, важно расположить шестерни таким образом, чтобы они случайно не проскальзывали. Особенно при использовании экструзии, возможно, что шестерня может быть не параллельна экструзии, поскольку два опорных конца могут находиться на одной линии друг с другом. Крайне важно, чтобы шестерня была установлена как можно ровнее, чтобы предотвратить повреждение или заедание зубчатых колес.

Настоятельно рекомендуется использовать белую литиевую смазку или аналогичную смазку между зубчатыми колесами для уменьшения трения и возможного заедания.

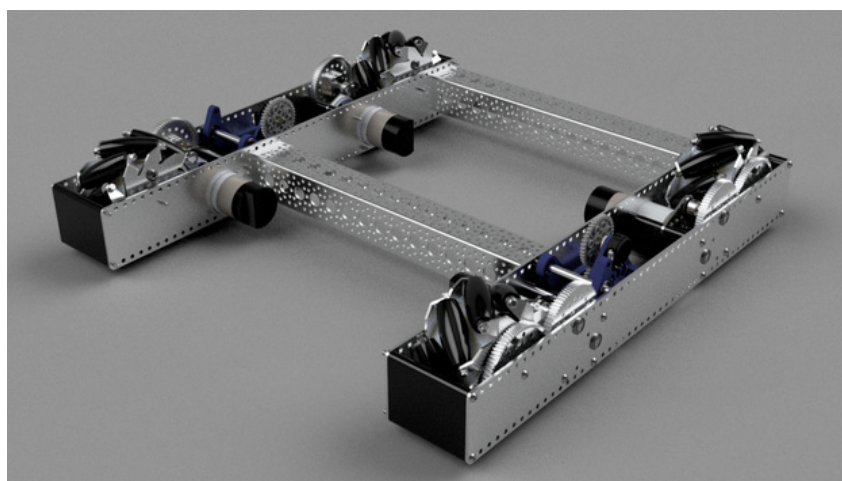
Преимущества

- **Зубчатые колеса - надежный и проверенный способ передачи энергии.** Первые образцы зубчатых колес относятся к 4 веку до нашей эры, так что вы используете технологию, за которой стоят тысячелетия развития. Когда дело доходит до зубчатых колес, мы мало чего не понимаем.
- **Шестерни просты в использовании как с каналом, так и с экструзией.** На канале ваши шестерни уже расположены правильно - вам просто нужно выбрать правильную пару шестерен. Экструзия обеспечивает еще большую гибкость - просто вставьте шестерни в зацепление, и вы сможете установить любое желаемое передаточное число.
- **Зубчатые колеса могут обеспечить вам значительные сокращения на небольших площадях.** В зависимости от комбинации зубчатых колес можно добиться больших передаточных чисел при уменьшении в очень малых пространствах (например, 10-зубчатая передача и 100-зубчатая передача занимают гораздо меньше места, чем 10-зубчатая звездочка и 100-зубчатая звездочка).
- **Зубчатые колеса не требуют натяжения:** если расстояние между ними выбрано правильно, они будут работать быстро. В отличие от цепи или ремня, мощность больше не передается, что избавляет от необходимости надлежащего натяжения цепи или ремня. Конечно, это имеет недостаток, заключающийся в невозможности передачи мощности на большие расстояния.

Недостатки

- **Иногда требуемое передаточное число может оказаться непростым.** Расстояние между каналами ограничивает передаточные числа, но это можно обойти, применив сложные передаточные числа и проявив немного креативности.
- **Передача мощности на большие расстояния с передачами нецелесообразна.** Если вам нужно передавать мощность на большие расстояния, комбинации передач могут очень быстро усложниться, поэтому предпочтение отдается ремню/цепи.

- **Зацепление зубчатых колес может быть сложной задачей.** Это усугубляется чувствительностью зубчатого зацепления. Однако канавки решают эту проблему, обеспечивая отверстия с заданным интервалом для легкого зацепления зубчатых колес. Имейте в виду, что зацепление зубчатых колес может быть не идеальным, даже при использовании канавок.
- **Шестерни обычно изнашиваются быстрее, чем звездочки, если между ними слишком сильное трение.** Для устранения этой проблемы специалисты могут использовать белую литиевую смазку или аналогичную смазку.



11115 Gluten free трансмиссия на основе зубчатых колес



13075 Coram Deo Robotics, трансмиссия на базе Rover Ruckus gear

Роликовая цепь

Если ваши валы расположены не вплотную друг к другу, роликовая цепь и звездочки позволят вам надежно передавать мощность между вашими валами.



Термин

Цепь

Роликовая цепь состоит из ряда звеньев, соединенных штифтами. Каждое звено может вращаться вокруг своих штифтов, создавая динамическую петлю, которая может принимать любую форму. Штифты в цепи входят в зазоры между зубьями каждой шестерни. Номер цепи указывает на тип и размер цепи, совместимой со звездочкой. В FTC® обычно используются цепи диаметром 25 и 8 мм.

Если вы ездили на велосипеде, то, скорее всего, вы уже видели роликовую цепь - цепь на вашем роботе FTC похожа, но, вероятно, у нее другой шаг (другой размер). Цепи, наиболее часто используемые в FTC, имеют размер #25 (шаг 1/4 дюйма) или 8 мм.

При использовании цепи часто используется основное звено. Это особый тип звена, которое имеет съемную концевую капсулу для укорачивания цепи. Однако, поскольку оно съемное, оно не очень надежное звено цепи и может ослабнуть и отвалиться при длительном использовании. У некоторых команд во время соревнований выходили из строя основные звенья цепи, что стоило им участия в отборочных турах.

Устройство для прерывания цепи устраняет необходимость в основных звеньях, поскольку оно может разорвать цепь и присоединиться к ней в любой момент.

⚠ Внимание

Настоятельно рекомендуется, чтобы команды приобрели прерыватель цепи (мы рекомендуем прерыватель цепи DarkSoul для цепи № 25 и прерыватель цепи goBILDA для цепи с шагом 8 мм) вместо использования основных звеньев, которые подвержены поломкам.



Расчеты от центра к центру

Уравнение для расчета расстояния от центра к центру цепи довольно сложное. Многие онлайн-калькуляторы могут рассчитать расстояния от центра к центру, не прибегая к утомительным вычислениям. Однако полная формула приведена ниже.

Если ваши валы расположены не вплотную друг к другу, роликовая цепь и звездочки позволят вам надежно передавать мощность между вашими валами.

$$C = \frac{P}{8} * (2L - (N + n)) + \sqrt{(2L - (N + n))^2 - \frac{8}{\pi^2} * (N - n)^2}$$
$$L = \frac{2C}{P} + \frac{N + n}{2} + \frac{P(\frac{N-n}{2\pi})^2}{C}$$

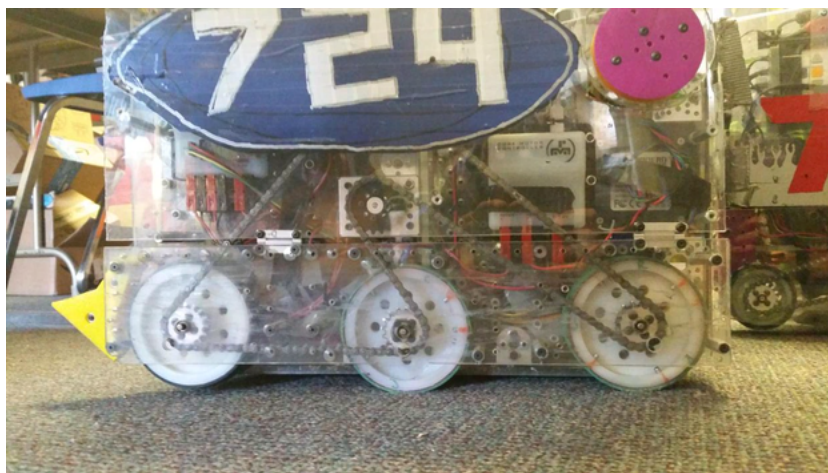
- C = межцентровое расстояние, дюймы
- L = длина цепи в шагах
- P = шаг цепи
- N = количество зубьев в большой звездочке
- n = количество зубьев в малой звездочке

Намотка цепи

Угол контакта цепи со звездочкой должен составлять не менее 90 градусов. Рекомендуется, чтобы угол контакта составлял не менее 180 градусов, так как при правильном натяжении маловероятно, что цепь упадет. Проскакивание цепи, особенно на трансмиссии или рычагах, вполне возможно без надлежащего наматывания или натяжения цепи.

При натяжении цепи следите за тем, чтобы цепь не была натянута слишком сильно. Недостаточное натяжение цепи может привести к падению цепи со звездочки или проскальзыванию цепи, когда цепь может проскочить вдоль звездочки. Чрезмерное натяжение цепи часто приводит к перегоранию двигателя или, что менее серьезно, к потере эффективности. Протолкните цепь вперед, и если цепь слегка сдвинется без существенного сопротивления, скорее всего, вы все сделали правильно. Если она будет слишком туго натянута, то цепочка едва сдвинется при легком нажатии.

Лучшие примеры обмотки цепи



724 Rednek Robotics Wun, Relic Recovery



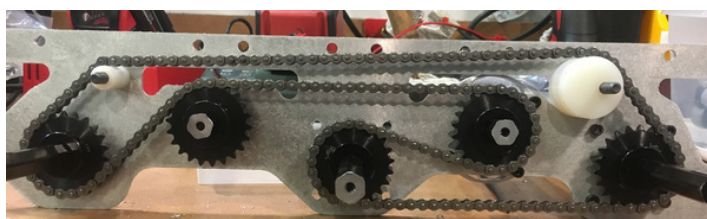
8103 Null Robotics, Rover Ruckus

Преимущества

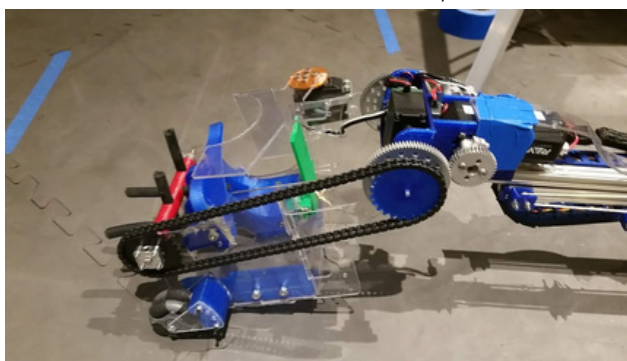
- **Цепь может выдержать удар.** Независимо от того, для чего вы ее применяете, металлическая цепь, как правило, справляется с этой задачей. Цепь # 25 выдерживает нагрузку до 930 фунтов, прежде чем порваться, и в FTC вы ничего не будете делать, чтобы приложить такую силу. (Если ваша цепь все-таки порвется, то, скорее всего, это произойдет из-за неисправного ведущего звена или неправильно выровненных звездочек.)
- **Цепь может быть как длинной, так и короткой, как вы пожелаете.** При изменении передаточного числа или перемещении валов легко адаптировать ход цепи - просто разомкните цепь и снова соедините ее с новой длиной. Часто это можно сделать, даже не снимая цепь с робота.
- **Цепь может работать довольно точно.** При правильном натяжении роликовая цепь не сильно прогибается. Однако, чтобы уменьшить прогиб, вам действительно нужно правильно отрегулировать натяжение цепи, и, вероятно, вам понадобится регулируемый натяжитель на случай, если цепь растянется. Это можно легко сделать при использовании экструзионных систем, так как натяжение звездочки можно регулировать.

Недостатки

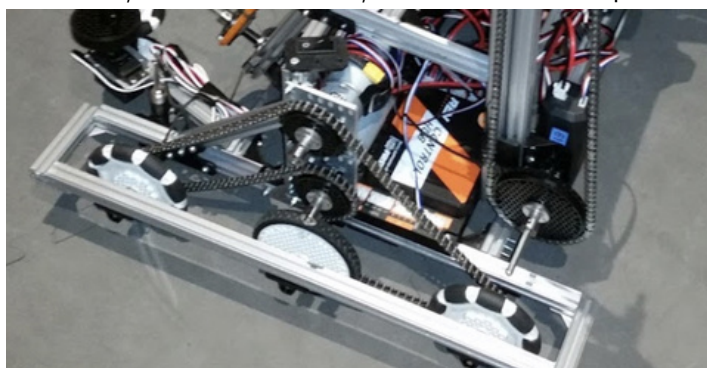
- **Цепь со временем растягивается.** При ее использовании соединения между звеньями и роликами могут немного растягиваться. Хотя на первый взгляд это не так уж и сильно, такое растяжение может привести к большим сбоям в работе цепи и даже к ее срыву в некоторых случаях. Скорее всего, вам понадобится регулируемый натяжитель, чтобы сохранить натяжение с течением времени - некоторые компании используют подпружиненные динамические натяжители, которые автоматически компенсируют любые изменения.
- **Чем меньше шестерня, тем быстрее растягивается цепь.** Это происходит потому, что при вращении цепи на звездочке меньшего диаметра прикладывается большее усилие из-за меньшего радиуса.
- **Намотка цепи, особенно при одном прогоне, может быть проблематичной.** Как правило, бригады используют один или два прогона цепи (отрезка цепи) на каждую сторону трансмиссии. Однако для одного хода цепи может потребоваться более одной холостой шестерни, что усложняет поддержание надлежащего намотки цепи.
- **Шестерни действительно большие.** Если вы хотите добиться действительно высокого обжатия цепи, вы заплатите за это тем, что она занимает много места. Зубья звездочки намного крупнее зубьев шестерни или шкива, поэтому ваши сокращения будут намного больше.



7244 OUT of the BOX Robotics, Relic Recovery



9794 Wizards.exe, Rover Ruckus, пластиковая цепь на интейке



Тщательно сделанная намотка цепи на REV систему

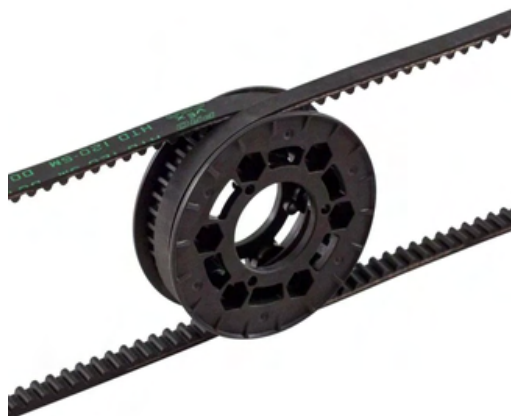
Ремень ГРМ

Когда вы думаете о ремне, вы, вероятно, имеете в виду очень важный мужской модный аксессуар. Однако существует другой тип ремней, который гораздо более актуален для робототехники, - ремень ГРМ. Если вы когда-нибудь раньше разбирались с внутренностями автомобиля, то наверняка знаете, что ремни ГРМ являются важным компонентом, предназначенным для синхронизации работы всего, что находится под капотом.

Термин

Зубчатый ремень ГРМ

Зубчатые ремни ГРМ имеют ряд мелких широких зубьев, которые входят в зацепление со шкивом с несколькими соответствующими канавками. Они получили свое название благодаря высокой точности, практически бесшумной передаче мощности и плотному соединению между валами.



Хотя зубчатый ремень может выполнять ту же задачу, что и цепь, его характеристики и прочность сильно отличаются. Зубчатые ремни легче и компактнее цепных, но им не хватает гибкости настройки, присущей их более громоздким собратьям - ремни изготавливаются в виде замкнутого контура заданной длины, и эту длину невозможно изменить на ходу.

Как и цепь, ремень определяется по его шагу - наиболее распространенные шаги, используемые в роботах FTC®, включают HTD 5 мм, HTD 3 мм и GT2 3 мм.

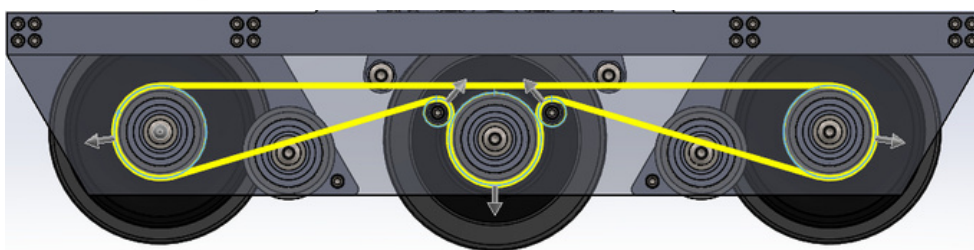
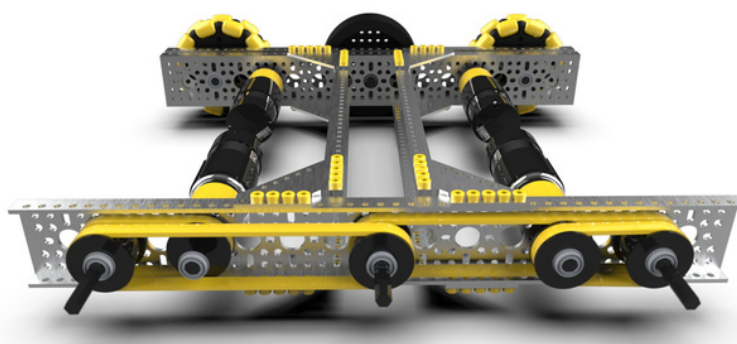
При использовании зубчатых ремней очень важно правильно их натянуть. Существует два основных способа добиться правильного натяжения. Первый из них прост - в модели goBILDA и Actobotics уже встроены ремни с отверстиями. Вы можете приобрести ремень нужного размера непосредственно у каждого поставщика, и натяжение будет идеальным, как только ремень будет установлен. По мере усложнения конструкции будет меняться и ход ремня - возможно, в нем будет более 2 шкивов, и, возможно, все ваши шкивы разного размера. Чтобы компенсировать это, вторым способом обеспечения натяжения является использование динамического натяжителя, аналогичного тем, которые используются в сложных цепях. Для проектирования этих натяжителей мы рекомендуем планировать более сложные цепи в САПР, прежде чем создавать их в реальной жизни.

Обмотка ремня

Угол соприкосновения ремня со шкивом должен составлять не менее 90 градусов. Рекомендуется, чтобы угол соприкосновения составлял не менее 180 градусов, так как при правильном натяжении он вряд ли отвалится.

Пропуск ремня, особенно на трансмиссии или рычагах, вполне возможен без надлежащего наматывания или натяжения ремня. При натяжении ремня следите за тем, чтобы он не был натянут слишком сильно. Недостаточное натяжение ремня может привести к его соскальзыванию со шкива или пропуску ремня, когда ремень может проскочить вдоль шкива. Чрезмерное натяжение ремня часто приводит к перегоранию двигателя или, что менее серьезно, к потере эффективности. Надавите на ремень, и если он слегка сдвинется без существенного сопротивления, скорее всего, вы сделали это правильно. Если он слишком туго затянут, то при легком нажатии ремень будет едва двигаться.

Примеры хорошей обмотки



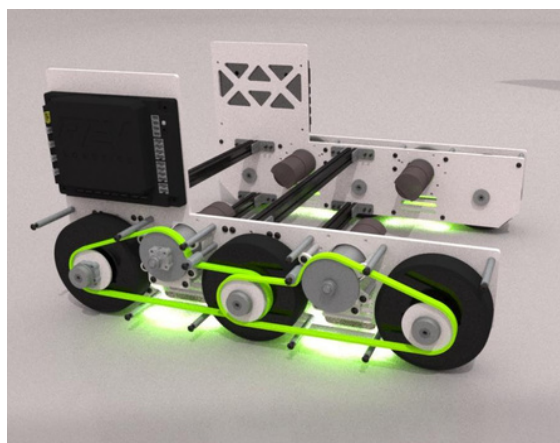
8103 Null Robotics

Преимущества:

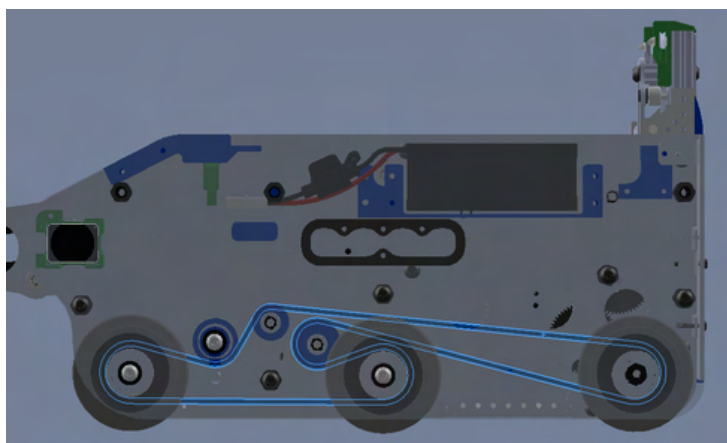
- **Шкивы можно изготовить в домашних условиях.** В большинстве случаев шкивы можно напечатать на 3D-принтере, что позволяет сократить расходы и легко создавать уникальное количество зубьев.
- **Ремни очень прочные.** Они усилены стекловолоконными шнурами, которые невероятно трудно порвать, что придает ремням невероятную прочность. (Если вы порвали ремень, то, скорее всего, это произошло из-за того, что он был не выровнен или слишком туго натянут.)
- **При правильном натяжении не происходит абсолютно никаких сбоев.** В двигателях используется ремень ГРМ не просто так - это наилучшее решение для идеальной синхронизации валов. Точность вращения правильно натянутого ремня не может сравниться ни с чем другим.
- **Ремни эффективны и бесшумны.** По сравнению с громким скрежещущим звуком, издаваемым цепью, ленточные конвейеры работают абсолютно бесшумно, и они более эффективны, чем цепи (хотя в случае использования в робототехнике практический эффект от этого нулевой).

Недостатки:

- **Ремни не настраиваются.** Вы покупаете ремень определенной длины и не меняете его до тех пор, пока не купите другой. Это не так уж плохо, если вы правильно спланируете своего робота, но цепь лучше подойдет для прототипов, где длина цепи будет часто меняться.
- **Ремни могут быть шире, чем альтернативные (особенно цепные).** Это, вероятно, не окажет существенного влияния, но ремень часто может быть шире, чем другие способы передачи мощности, поэтому он может не всегда подходить по размеру.
- **Ремни могут стоить дорого (но при использовании шкивов вы сэкономите деньги).** Хотя вы можете покупать цепи длиной по 10 футов за раз, вам, скорее всего, придется покупать каждый ремень совершенно новым. Хотя это может обойтись недешево, вы сэкономите деньги на шкивах.



7236 Recharged Green, Rover Ruckus



8417 Lectric Legends, Rover Ruckus

Покупка ремней

Как только вы узнаете, какой шаг и длина ремня вам нужны, для покупки ремня необходимо перейти на веб-сайт поставщика. Почти каждый поставщик ремней COTS определяет ремни по трем параметрам: шаг, длина шага и ширина. Шаг - это шаг ремня, длина шага - это длина ремня (умноженная на шаг зубьев ремня), а ширина - это ширина ремня. После этого нужно просто найти нужный ремень на странице производителя.

SDP-SI

SDP-SI - известный поставщик механических деталей, который продает широкий ассортимент ремней COATS. Чтобы перейти на сайт, перейдите на главную страницу с ремнями, выберите нужный тип ремня, затем выберите опцию для правильного шага.



Заметка

Убедитесь, что выбран тип одностороннего ремня, а не тип накладки ремня ГРМ. Накладка ремня ГРМ - это длинный отрезок ремня, который не имеет петли, в то время как односторонние ремни представляют собой петлю.

Например, чтобы приобрести ремень HTD-5, сначала перейдите в раздел "Ремни грм GATES HTD", выберите шаг 5 мм и выберите "купить сейчас" в разделе "Односторонний ремень".

Специалисты по клиновым ремням

У производителей клиновых ремней имеется в наличии большое количество вариантов ремней. Они известны тем, что изготавливают ремни практически любой ширины, поскольку нарезают их по размеру на заказ. При поиске по сайту используются коды ремней в формате "Длина шага -код шага-ширина". Например, лента HTD5 длиной 200 мм и шириной от края до края 5 мм будет иметь код 200-5m-5. Ниже приведен список распространенных кодов шага.

Название	Код шага
HTD-5	5m
HTD-3	3m
GT3-2mm	2mgt
GT3-3mm	3mgt
GT3-5mm	5mgt

Глоссарий

C2C

Межцентровое расстояние (C2C) относится к расстоянию между центрами пары звездочек, шкивов или шестерен. Это влияет на натяжение цепи/ремня и зацепление зубчатых колес, поэтому важно правильно рассчитать это значение.

Диаметр зазора

Диаметр зазора - это диаметр воображаемой окружности, в которую входит весь шкив, звездочка или зубчатое колесо. Для шкивов и звездочек это диаметр ремня или цепи на детали. Диаметр зазора используется для проверки на наличие помех в работе других механизмов. Обычно он больше диаметра шага (PD) и наружного диаметра (OD)

Лента GT2

Ремень GT2 - это тип синхронного зубчатого ремня, который обычно используется в трансмиссиях и других механизмах. Он доступен в различных вариантах ширины и шага, хотя наиболее распространенным является GT2 3 мм (шаг 3 мм), совместимый со шкивами REV Robotics COTS. Смотрите ремень ГРМ

HTD-ремень

HTD-ремень - это тип синхронного зубчатого ремня, который обычно используется в трансмиссиях. Он доступен в различных вариантах ширины для установки на шкивы разного размера. Наиболее распространенными являются ремни HTD3 (с шагом 3 мм) и HTD5 (с шагом 5 мм), поскольку они совместимы со шкивами goBILDA COTS. Смотрите Ремень ГРМ

Наружный диаметр (OD)

Диаметр воображаемой окружности, очерченной самой внешней поверхностью зубьев шестерни или шкива. Это будет больше, чем диаметр шага (PD) для шестерни, но меньше, чем диаметр шага (PD) для шкива или звездочки.

Шаг

Шаг - это расстояние от центра одного зуба шестерни или шкива до центра другого. В цепях это расстояние от одного пальца до другого, а в ремнях - расстояние от одной канавки до другой.

Диаметр шага (PD)

Воображаемая окружность вокруг детали, используемая для различных вычислений. Для шестерен это воображаемая окружность, которая соответствует диаметру шага любой другой шестерни, если шестерни расположены на правильном расстоянии друг от друга. Для цепи и ремня это окружность, которая описывается серединой ремня или цепи при вращении шкива или звездочки. Для зубчатых колес диаметр шага будет меньше наружного диаметра (OD), но для цепи и ремней диаметр шага будет больше.

Цепное колесо

Цепное колесо - это механическая деталь, передающая мощность через свои зубцы, которые соединены с цепью. Она похожа на зубчатую передачу, за исключением того, что вместо зацепления с другой шестерней звездочка входит в зацепление с цепью

Руководство по линейному перемещению

Линейное перемещение - один из важнейших компонентов успешного робота. В большинстве игр от команд требуется добраться до области, недоступной для трансмиссии, чтобы забрать или внести игровые элементы. Например, в 2017-2018 годах в игре Relic Recovery командам нужно было протянуть какую-нибудь руку, чтобы схватить реликвию, лежащую в углу игрового поля. Роботу было практически невозможно проехать по этому участку игрового поля, поэтому потребовалось линейное расширение.

Доступ с разрешением > 18 дюймов необходим почти для всех игр; предпочтительнее использовать доступ с разрешением >24 дюйма. В некоторых играх может потребоваться расширение на 36 дюймов и более.



Заметка

Можно выполнять разгибание с помощью руки, но, поскольку это руководство предназначено для новых команд, линейному разгибанию следует отдавать предпочтение перед руками. Для получения дополнительной информации обратитесь к Руководству по рычагам

Выдвижные направляющие для выдвижных ящиков

Вы наверняка уже пользовались выдвижными направляющими - по крайней мере, две из них устанавливаются практически на любой выдвижной ящик, который вы открывали. Команды используют эти выдвижные направляющие для линейного перемещения, часто укладывая их друг на друга с помощью 3D-печатных прокладок, чтобы добиться большего выдвижения.

Эти выдвижные ящики предлагаются различными производителями и представлены в большом количестве разновидностей, поэтому выбор подходящего выдвижного ящика может оказаться затруднительным. Выдвижные ящики из стали широко распространены, но их бывает сложно установить, поскольку они не предназначены для штабелирования. Алюминиевые выдвижные ящики, такие как выдвижные ящики MiSUMI, как правило, являются лучшим вариантом для команд.

Мы рекомендуем слайды Viper или MiSUMI для новых команд. Слайды Viper дешевле и лучше сочетаются с продуктами goBILDA, в то время как слайды MiSUMI лучше сочетаются с НОВЫМИ продуктами. Слайды Viper также доступны в комплекте

Заметка

При совместном использовании двух комплектов выдвижных ящиков их следует устанавливать лицом друг к другу, чтобы уменьшить прогиб. Это особенно важно для горизонтальных выдвижений.



7236 Recharged Green, Rover Ruckus

В роботе 7236 направляющие расположены не лицом друг к другу. Прогиб, вызванный этим, в значительной степени уменьшен за счет поддержки удлинителя на конце с помощью универсальных колес.



12791 Iterative Intentions, Power Play

В роботе 12791 направляющие обращены друг к другу, что уменьшает прогиб по сравнению с другими ориентациями.

Ниже перечислены рекомендуемые выдвижные механизмы ящиков

Выдвижные ящики для шкафов на стальных роликах

Стальные выдвижные ящики, которые можно приобрести в местном хозяйственном магазине, - неплохой вариант для команд FTC®, поскольку они достаточно прочны для большинства случаев использования. Однако такие выдвижные ящики намного тяжелее, чем другие алюминиевые выдвижные ящики. Кроме того, эти выдвижные ящики не предназначены для установки на них подшипников или второго выдвижного ящика, поскольку в них предусмотрено крепление только для стандартного выдвижного ящика. Таким образом, в этих выдвижных ящиках требуется просверлить отверстия для установки необходимых деталей для линейного выдвижения.

Преимущества

- Обычное дело в любом хозяйственном магазине
- Не очень дорогое

Недостатки

- Более тяжелые, чем другие варианты направляющих (стальные, в отличие от алюминиевых)
- Обычно они скользят хорошо, но не очень качественно
- Их трудно адаптировать к строительным системам
- Могут потребоваться прокладки, напечатанные на 3D-принтере

Телескопические направляющие MiSUMI

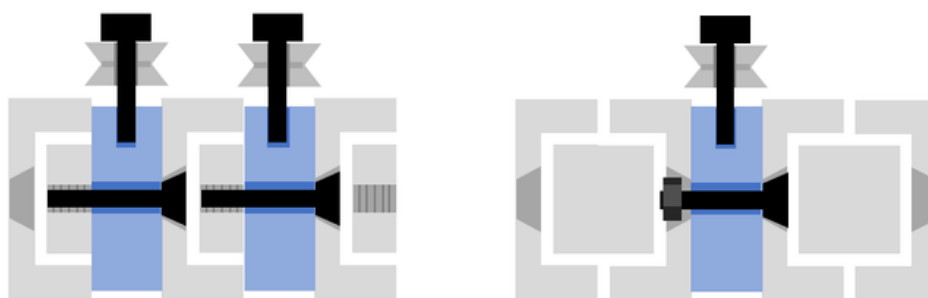
Многие ведущие команды предпочитают направляющие MiSUMI, потому что они прочные, очень надежные и невероятно гладкие благодаря системе шарикоподшипников. **Направляющие MiSUMI способны выдерживать значительную нагрузку при незначительном изгибе.**

Они также низкопрофильны и имеют тип крепления M3, что означает, что их легко прикрепить для демонтажа компонентов. Однако слайды MiSUMI имеют несколько более высокую цену, и часто бывает сложно прикрепить один слайд к другому. Простое решение состоит в том, чтобы прикрепить конец одной направляющей детали к направляющему выступу и проделать то же самое со следующей направляющей. Затем прикрепите подшипник направляющего ролика к верхней части направляющей детали, чтобы через него проходила нить.

Чтобы сэкономить место, некоторые команды напечатали на 3D-принтере вставку, которая вставляется между каждым слайдом, вместо того чтобы использовать 15-миллиметровую экструзионную деталь. Чтобы прикрепить слайды к чему-либо, командам потребуется приобрести винты M3 с потайной головкой у McMaster-Carr. Для крепления к штранг-прессу REV купите винты M3 диаметром 6 мм с **гайкой M3 (контргайка)**, которые вставьте внутрь штранг-прессования. Совет: старайтесь не допускать попадания стружки или опилок на направляющие, так как при скольжении будет заметна разница.

MiSUMI продает два разных типа слайдов: SAR2 и SAR3. Слайд SAR2 состоит из двух частей, в то время как слайд SAR 3 состоит из трех частей (имеет промежуточный ползунок для увеличения длины слайда). Команды успешно использовали оба варианта, и ни один из них не является однозначно лучшим.

Командам, использующим направляющие SAR 3, как правило, необходимо приобретать низкопрофильные стопорные гайки M3 от McMaster-Carr для соединения направляющих друг с другом. При затягивании эти гайки вставляются в направляющие с небольшим зазором.



Слева: поперечное сечение 3-ступенчатого подъемника с использованием вставок, напечатанных на 3D-принтере (синие), и слайдов SAR2; справа: поперечное сечение 2-ступенчатого подъемника с использованием вставки, напечатанной на 3D-принтере, и слайдов SAR3. Левый подход также используется для создания длинных слайдов для робототехники (обсуждается ниже).

Варианты длины рельса:

- 200 мм, артикул SAR220 (SAR 2) или SAR 320 (SAR 3)
- 300 мм, артикул SAR230 (SAR 2) или SAR 330 (SAR 3)
- 400 мм, номер детали SAR240 (SAR 2) или SAR 340 (SAR 3)

Преимущества

- Наилучшая плавность скольжения благодаря шарикоподшипникам
- Незначительный изгиб скольжения, надежное качество сборки
- Может выдерживать относительно большие нагрузки (в разумных пределах).
- Совместимость с системой экструзии диаметром 15 мм

Недостатки

- Недешево
- Сложно адаптировать, если не использовать REV
- Могут потребоваться прокладки, напечатанные на 3D-принтере
- Со временем стальные шарикоподшипники в алюминиевых направляющих изнашиваются, что приводит к люфту

Выдвижные горки Viper

goBILDA Выдвижные горки Viper - это относительно новое дополнение к экосистеме goBilda. Это выдвижные горки из стали с покрытием, которые можно приобрести в комплекте со всеми деталями, необходимыми для их быстрой сборки и монтажа.

В них используются крепежные болты M4 и стандартный 8-миллиметровый шаблон goBilda.

Преимущества

- Благодаря шарикоподшипникам скольжения получаются плавными
- Совместимы с gobinda ecosystem
- Стальные направляющие выдерживают большую нагрузку (во многих ситуациях можно использовать один комплект направляющих вместо двух)
- Доступны в комплекте со всем необходимым для начала использования за одну покупку
- Более длинный ход (большее удлинение), чем у слайдов misumi той же длины
- Дешевле, чем слайды misumi

Недостатки

- В два раза тяжелее на слайд по сравнению с слайдами misumi
- Рекомендуется устанавливать слайды в желобе для предотвращения изгиб

Длинные слайды Robotics

⚠ Предупреждение

Из-за того, что торцевые опоры часто выходят из строя, а также из-за проблем с заклиниванием слайдов, больше не рекомендуется приобретать длинные слайды Robotics

Команды также используют длинные робототехнические горки, потому что они почти такие же гладкие, как горки MiSUMI, благодаря системе шарикоподшипников, но немного дешевле.

В них используются крепежные болты M4, и они могут крепиться непосредственно к каналу goBILDA. Они практически идентичны горкам MiSUMI серии SAR2.

На веб-сайте производителя есть файлы CAD для 3D-печати вставок, которые вставляются между направляющими, на которые крепятся V-образные подшипники. V-образные подшипники можно приобрести в Long Robotics. Для крепления направляющих необходимо приобрести винты с потайной головкой M4, которые также можно приобрести в Long Robotics.

Они доступны как с длиной рельса 300 мм, так и с длиной рельса 400 мм.

Преимущества

- Направляющие имеют плавный ход благодаря шарикоподшипникам
- Совместимы с направляющими goBILDA channel
- Они дешевле, чем направляющие MiSUMI

Недостатки

- Прокладки, напечатанные на 3D-принтере, практически обязательны; хотя существуют и другие решения, прокладки, напечатанные на 3D-принтере, являются самыми простыми и безопасными с наименьшим риском
- Их может быть сложно монтировать в системы комплектов, которые не основаны на экструзии или не имеют отверстий, расположенных на расстоянии 8 мм друг от друга
- Стальные шарикоподшипники со временем изнашиваются в алюминиевых направляющих, что приводит к образованию люфта
- Известно, что торцевые упоры на направляющих выходят из строя, и шарикоподшипники высыпаются из направляющих на поле
- Известно, что направляющие иногда заедают

Экструзионные слайды

Экструзионные слайды состоят из набора профилей, которые выдвигаются, скользя друг по другу. Для этого есть два способа: втулки или клиновые колеса. Направляющие втулки соединяют две направляющие с помощью двух самосмазывающихся пластиковых деталей, которые плавно скользят по пазам в экструзионном устройстве. слайды с клиновым колесом имеют V-образные подшипники с канавками на обеих сторонах экструзионного устройства, которые входят в канавки на экструзионном устройстве, обеспечивая плавное скольжение ступеней.

Компании REV, Actobotics и goBILDA продают комплекты экструзионных слайдов, которые прекрасно сочетаются с существующими комплектующими FTC®. Кроме того, OpenBuilds продает комплект экструзионных слайдов с V-образным колесом, подходящих для более тяжелых нагрузок, а Misumi предлагает несколько различных размеров экструзионных слайдов на основе втулок. Кроме того, REV продает комплект направляющих подшипников с V-образным пазом 8020 для FRC®, который не рекомендуется для использования в системах FTC.



Заметка

Мы рекомендуем новым специалистам, использующим экструзионные слайды, использовать наборы, разработанные для FTC, а не создавать свои собственные.

Набор для линейного расширения REV Robotics 15 мм

Набор для линейного расширения REV 15 мм основан на системе экструзии 15 мм. **Этот набор для экструзии не будет работать должным образом без модификации.** Это было частично исправлено компанией REV, поскольку они разработали вторую версию своего комплекта ползунков, который имеет гораздо лучшие допуски на ползунки Delrin.

Тем не менее, вы увидите, что некоторые команды, участвующие в соревнованиях, используют этот комплект с различными модификациями, например, добавляют много смазки и устанавливают ползунки по-разному. Команды также печатают свои собственные ползунки в 3D-формате, хотя это не лучшая идея для команд, не имеющих большого опыта в 3D-печати. Одной из самых серьезных проблем, связанных со стандартным комплектом REV, является склонность направляющих к склеиванию. Кроме того, поскольку единственное, что соединяет один экструзионный элемент с другим, - это пластиковый ползунок, направляющие REV не отличаются особой прочностью, и для их выравнивания требуются поперечные перекладины.

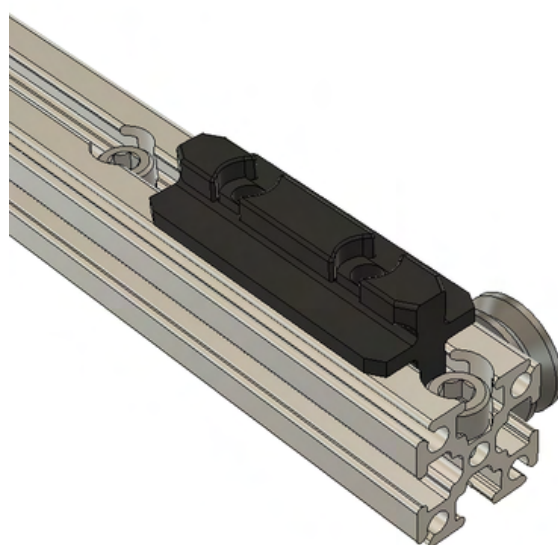
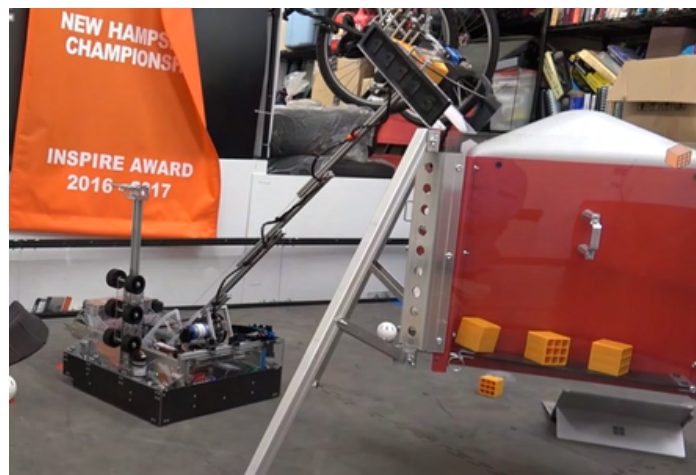
В целом, этот комплект легкий, простой и дешевый. Он может стать хорошим началом для команд, использующих REV и нуждающихся в линейном расширении, и, как правило, его можно использовать "из коробки". Однако он не очень плавный и достигает своего максимального потенциала только при доработке.

Преимущества

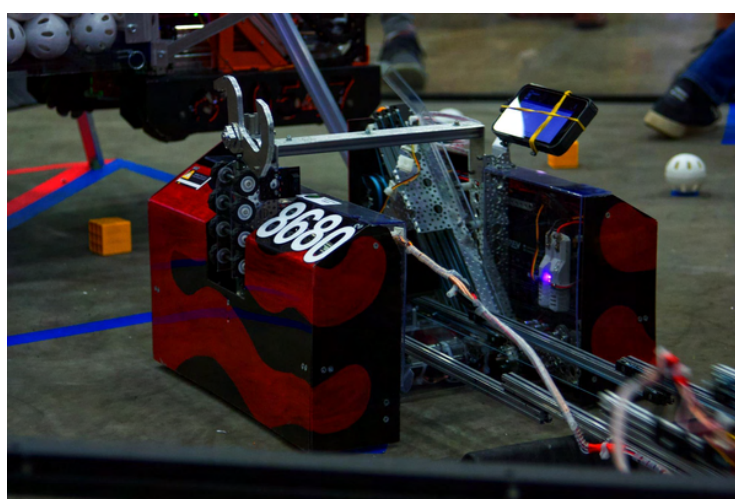
- В REV есть полное руководство по установке линейных направляющих
- Легко взаимодействует с системой REV building system
- Легкий вес, подходит только для легких / средних нагрузок
- При доработке может стать очень эффективной линейной направляющей

Недостатки

- В готовом виде работает не очень хорошо
- Может прогибаться под нагрузкой, нуждается в дополнительной поддержке
- Возможно, потребуются некоторые модификации, такие как пользовательские ползунки



11115 Gluten Free, Rover Ruckus, кастомизированные слайды REV



8680 Kraken-Pinion, Rover Ruckus, слайды REV

Портальный комплект OpenBuilds Mini V

Портальный комплект OpenBuilds Mini V предназначен для использования с экструзионными 20-миллиметровыми V-образными пазами OpenBuilds, которые могут быть установлены на другие системы сборки с помощью винтов M3 и T-образных гаек. Слайды OpenBuilds используются для высокоточных приложений, таких как 3D-принтеры и станки с ЧПУ, и обладают гораздо большей нагрузочной способностью, чем слайды REV и Actobotics. Слайды OpenBuilds также намного тяжелее слайдов REV и Actobotics, но благодаря своей прочности их можно использовать в приложениях, где в противном случае потребовались бы два комплекта более легких слайдов. Изначально салазки OpenBuilds предназначены для одноступенчатых ленточных подъемников, но их можно было бы легко адаптировать для работы с многоступенчатыми или струнными подъемниками, если немного подумать и приобрести дополнительные детали.

Преимущества

- Прочная, не прогибается даже под большой нагрузкой
- Взаимодействует с большинством других систем сборки благодаря скользящим T-образным гайкам

Недостатки

- Не предназначен для многоступенчатых подъемников "из коробки"
- Тяжелый, слишком тяжелый для подъема более легких предметов, если только точность не важна.
- OpenBuilds предлагает только гайки M3 и M5 T, хотя другие совместимые размеры можно найти на Amazon или McMaster-Carr



4997 Masquerade, Cascade Effect, слайды OpenBuilds

goBILDA goRAIL

Направляющие линейного перемещения - это новый подход goBILDA к линейному перемещению с использованием GoRail, который представляет собой тип экструзии, совместимый с подшипниками с V-образной канавкой. Как и стандартная каретка с V-образной канавкой 8020, используемая в FRC, GoRail является более легким вариантом, который лучше подходит для FTC.

Комплект слайдов X-rail от Actobotics

⚠ Внимание

Компания ServoCity сняла с производства комплект слайдов Actobotics X-rail.

Комплект слайдов X-rail от Actobotics хорошо работает в готовом виде. Однако главный нюанс заключается в том, что этот комплект рассчитан на очень низкую максимальную нагрузку (2 фунта при максимальном выдвижении).

Команды должны позаботиться о том, чтобы конструкция этого комплекта была особенно легкой. В этом слайде используется эластичное втягивание с помощью хирургической трубки, что означает, что вместо удлиняющей и возвращающей струн постоянно прилагается усилие втягивания. Это помогает упростить натяжение и намотку, однако ограничивает скорость перемещения ползуна. Кроме того, известно, что пластиковые торцевые крышки часто ломаются, поскольку они выдерживают ударную нагрузку каждый раз, когда ползун выдвигается на максимум. Альтернативные варианты с 3D-печатью могут быть более прочными, чем стандартные торцевые крышки.

⚠ Внимание

Настоятельно рекомендуется, чтобы рабочие устанавливали дополнительный комплект подшипников с v-образной канавкой в конце каждой детали экструзии, чтобы обеспечить каждой ступени дополнительную точку опоры. Это увеличит грузоподъемность и, возможно, плавность хода.

Преимущества

- Легко взаимодействует со строительной системой Actobotics
- Эластичное втягивание - это простой способ втягивания
- Следует использовать только для легких/средних нагрузок

Недостатки

- Будет прогибаться под нагрузкой, нуждается в дополнительной поддержке
- Втягивание резинки замедляет скорость разгибания, и втягивание будет происходить медленнее, чем втягивание струны

Линейные подшипники скольжения

Линейные подшипники - это специальные шарикоподшипники. В отличие от радиальных шарикоподшипников, они перемещают шарики по циклическим дорожкам вдоль рельса или вала, создавая плавное, стабильное и точное линейное движение. Они используются во многих системах промышленной автоматизации, включая 3D-принтеры и станки с ЧПУ.

⚠ Внимание

В отличие от большинства направляющих, шарики линейных подшипников плохо удерживаются при снятии их с направляющих. Линейные подшипники, в которых отсутствует несколько шариков, имеют несколько сниженную производительность. Обращайтесь с подшипниками и храните их с осторожностью, а также будьте готовы к тому, что их шарики выпадут.

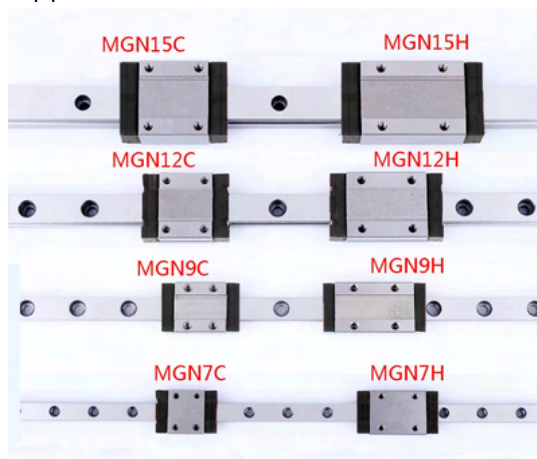
В FTC обычно используются два типа линейных подшипников: круглые линейные подшипники и линейные подшипниковые блоки.

Линейные подшипниковые блоки серии MGN

Линейные подшипниковые блоки серии MGN являются наиболее распространенными линейными подшипниковыми блоками в FTC. Они являются самыми маленькими из более широкой линейки направляющих, выпускаемых корпорацией HIWIN. Они бывают нескольких размеров, самый маленький - MGN 7, а самый большой - MGN15.

Рекомендуется, чтобы команды использовали только горки MGN7, MGN9 и MGN12. Пары горок MGN12 достаточно для подъема робота весом 40 фунтов (20 кг). Выдвижные ящики MGN9 по весу и размерам аналогичны выдвижным ящикам MiSUMI. Выдвижные ящики MGN7 меньше, но с ними немного сложнее работать, поскольку для крепления используются винты M2 меньшего размера.

При заказе напрямую через промышленные центры снабжения, такие как HIWIN, эти горки могут стоить дорого. Однако для любителей они продаются по более разумным ценам через продавцов на Amazon и eBay, хотя у этих продавцов может быть сомнительный контроль качества. Вы можете найти дополнительную информацию с помощью поиска в Google по запросу "улучшение дешевых слайдов MGN".



Преимущества

- Чрезвычайно плавная работа благодаря использованию шарикоподшипников
- Более жесткая и прочная, чем почти у любого другого типа слайдов
- Стальные слайды не изнашиваются в отличие от алюминиевых слайдов

Недостатки

- Поскольку слайды и ползунки MGN полностью изготовлены из стали, они, как правило, намного тяжелее алюминиевых выдвижных механизмов. Это не проблема со слайдами MGN 9, которые немного тяжелее, и слайдами MGN7, которые немного легче.
- Проще всего соединить направляющие вместе и установить шкивы с помощью специальных деталей
- Дешевые слайды, как правило, требуют особого внимания при очистке и повторной смазке



8221 Cubix, Res-Q, MGN слайды,
соединенные деталями,
напечатанными на 3D-принтере



8813 The Winter Soldiers, Rover Ruckus, MGN12 слайды,
соединенные кастомизированными трубами

Круглые линейные подшипники

Круглые линейные подшипники аналогичны подшипниковым блокам и обладают аналогичными свойствами, но их можно использовать на любом круглом валу, а не на специализированном рельсе. Их также можно использовать в тех случаях, когда механизмы скольжения должны вращаться вокруг одной оси.

Круглые линейные подшипники можно легко приобрести у большинства поставщиков робототехники, включая goBILDA и Actobotics. Однако в настоящее время у этих поставщиков нет готовых подъемных комплектов с использованием этих подшипников. Трудно изготовить компактную направляющую, используя только комплектующие детали, и по этой причине большинство бригад, использующих круглые линейные подшипники, используют для их установки специальные детали.

Круглые линейные подшипники часто монтируются с помощью зажимов, но они также могут быть установлены с помощью недорогих стопорных колец, которые защелкиваются в пазах на внешней стороне подшипников.

Многие производители используют круглые линейные подшипники с недорогими трубками из алюминия и углепластика вместо стальных трубок для экономии веса. Хотя ползуны, изготовленные таким образом, чрезвычайно легкие, они со временем подвержены износу, поскольку стальные шарики изнашиваются в более мягких материалах. Команды должны помнить об этом и стараться проектировать свои скользящие системы таким образом, чтобы трубы можно было легко заменить.



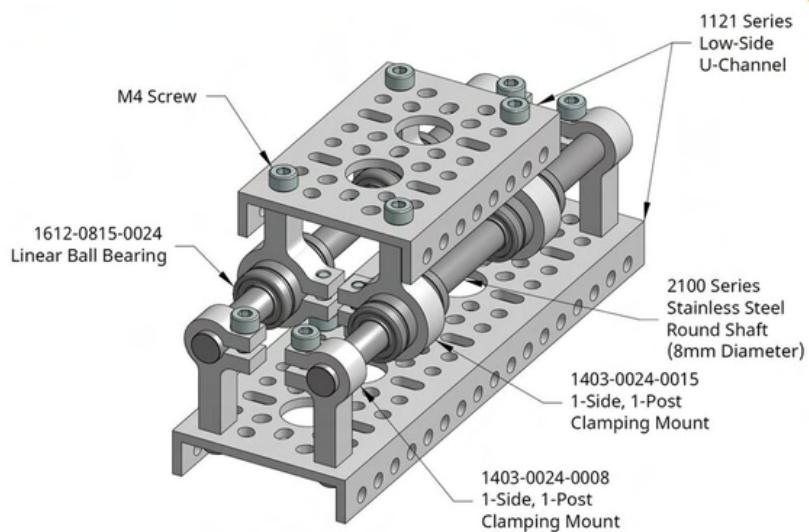
8417 'Lectric Legends, Rover Ruckus, круглые линейные подшипники и трубки из углеродного волокна с креплениями, напечатанными на 3D-принтере



11115 Gluten Free, Skystone, круглые линейные подшипники и металлические валы с креплениями, напечатанными на 3D-принтере



5975 Cybots, Relic Recovery, круглые линейные подшипники и трубки из углеродного волокна с креплениями, напечатанными на 3D-принтере



PRODUCT INSIGHT #288

Linear Ball Bearings running on Stainless Steel Round Shafting make a robust linear motion setup. Linear ball bearings can be rotated radially as well as moved axially. While that may be advantageous in some use-cases, most commonly the radial movement is restricted with the use of a dual setup. This assembly shows a simple dual shaft linear ball bearing dolly setup.

goBILDA, круглые линейные подшипники
с металлическими зажимами и валами

Кастомизированные опции

Некоторые команды решили создавать собственные решения для линейного удлинения. Многие из этих команд заимствуют концепции у команд FRC®, моделируя свои лифты на основе высотных систем, используемых в более крупных роботах. Есть причина, по которой многие конкурирующие команды FRC строят однотипные подъемники - в их масштабах подъемник с коробчатыми трубами зарекомендовал себя как наиболее эффективный способ отрывать игровые фигуры от земли с поразительно высокой скоростью.

При правильной сборке подъемник такого типа может выдерживать нагрузку в сотни фунтов на любую ось и практически ничего не весить. Однако существующие готовые варианты уже удовлетворяют потребности большинства команд FTC® в линейном перемещении.

Пользовательские системы расширения также требуют большого объема работы в САПР, многих часов производственного времени и могут потребовать многократных итераций, прежде чем они заработают должным образом. Из-за их сложности и сложности проектирования менее опытные команды могут столкнуться со значительными трудностями.

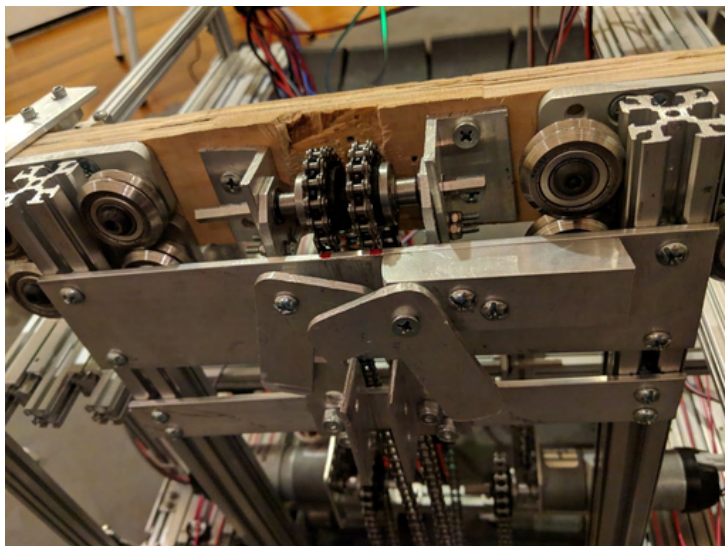


Заметка

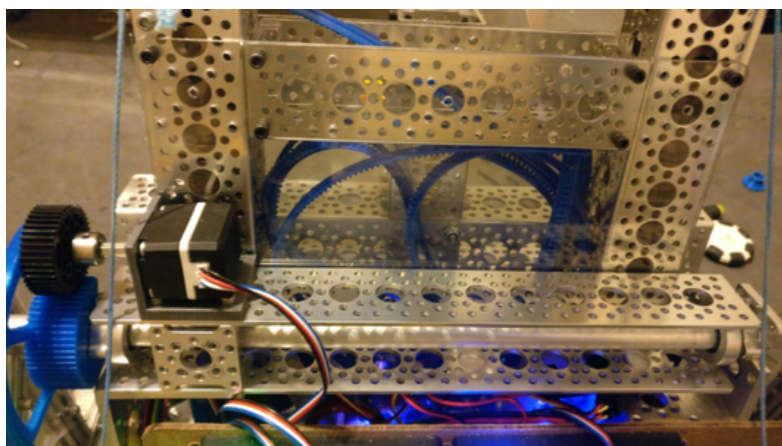
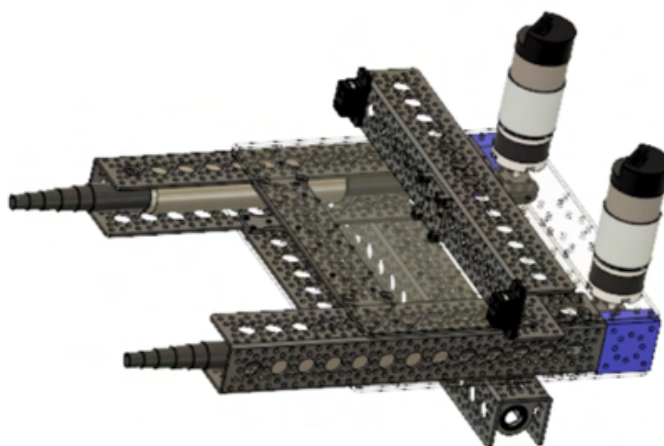
Легкие выдвижные механизмы (алюминиевые MiSUMI и длинные выдвижные ящики Robotics) могут обеспечить аналогичную производительность при меньшей сложности.



7236 Recharged Green, Rover Ruckus, изготовленный вручную линейный лифт с коробчатой трубкой



13075 Coram Deo Academy Robotics, Rover Ruckus, специальная подвеска с цепным приводом 8020



7172 Technical Difficulties, Rover Ruckus, удлинение удочки с помощью зубчатой рейки

Ходовые винты

Ходовые винты имеют резьбовой стержень для создания линейного перемещения с высоким крутящим моментом. Их основное преимущество заключается в том, что они способны выдерживать гораздо более высокие нагрузки, чем другие варианты комплекта без изменений. Хотя эта опция была широко распространена в RoverRuckus для подвесных роботов, ее варианты использовались еще в Res-Q. Еще одним вариантом использования ходовых винтов является изменение угла наклона платформы рычага, хотя это более распространено в FRC®. Однако за такую способность выдерживать высокие нагрузки приходится платить: ходовые винты работают чрезвычайно медленно.

Безусловно, самым популярным вариантом ходового винта является комплект линейных приводов ServoCity. В целом, этот комплект легкий, простой и дешевый. Он может стать хорошим подспорьем для команд, использующих REV и нуждающихся в линейном удлинении, и, как правило, его можно использовать в готовом виде.

Преимущества

- Простой способ для применения при высокой нагрузке и высоком крутящем моменте
- Компактный форм-фактор
- Обычно требуется только один двигатель

Недостатки

- Не для быстрого линейного удлинения
- Высокий крутящий момент приводит к низкой скорости удлинения



11115 Gluten Free, Rover Ruckus, Ходовой винт Actobotics, используемый для хэнга

Зубчатая рейка

Зубчатая рейка относится к линейному зубчатому колесу (рейке), входящему в зацепление с круговым зубчатым колесом (шестерней). Когда зубчатая передача приводится в действие, она перемещает зубчатую передачу вверх или вниз, в зависимости от того, как установлена зубчатая рейка.

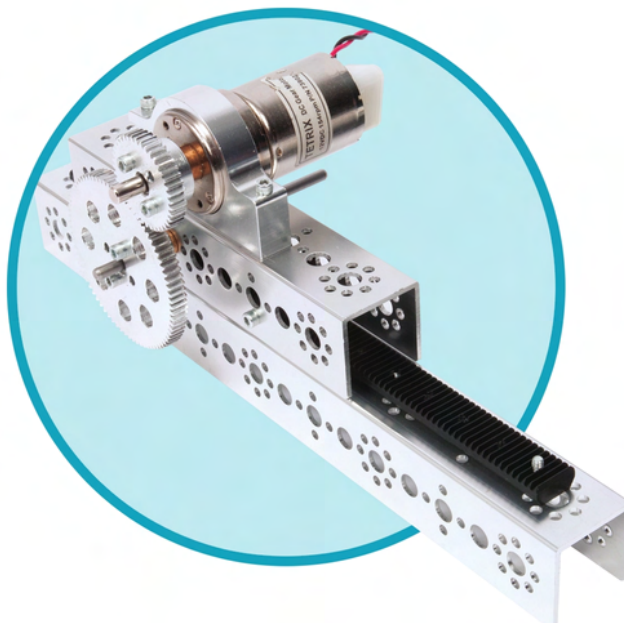
В целом, реечная передача - это удобный вариант для использования бригадами FTC® с точки зрения линейного удлинения. Однако у реечной передачи есть некоторые недостатки по сравнению с другими вариантами линейного удлинения. Поэтому использование реечной передачи, как правило, не рекомендуется бригадам.

Преимущества

- Простой способ удлинения вверх.
- Мощность и линейное движение в одном корпусе
- При надлежащей поддержке может выдерживать большие нагрузки (например, подвесной робот).

Недостатки

- Реечная передача обычно используется только на одном этапе, поскольку для работы нескольких механизмов требуются другие способы ее приведения в действие (ремень, струна, цепь и т.д.).
- Реечная передача должна быть надежно закреплена, чтобы выдержать большую нагрузку, иначе сетка выйдет из строя. Не рекомендуется использовать реечную передачу Tetrix в условиях высокой нагрузки.



Реечная передача Tetrix имеет тенденцию выходить из строя при средней или высокой нагрузке.

Такелаж

Такелаж - это способ установки веревки, ремня или цепи для выдвижения и втягивания линейного удлинителя. Это важное и трудоемкое требование для любой бригады, использующей линейный удлинитель, поэтому не забудьте уделить этому достаточно времени.



Пример настройки такелажу от team 7236 Recharged Green. В этой настройке используется непрерывная установка для первой ступени и каскадная установка для второй ступени с ременным приводом.

Общие советы по такелажу

- Натягивайте удлинительную тетиву, когда она втянута, и втягивайте ее, когда она максимально натянута
- Закрепите тетиву болтом, вместо того чтобы привязывать ее к чему-либо, что значительно упрощает быстрое изменение натяжения тетивы
- Если вы обвязываете пластиковую деталь нитью из абразивного материала, например кевлара, вы можете обвязать ее вокруг шайбы, чтобы распределить нагрузку по отверстию в шкиве, вместо того чтобы обвязывать ее непосредственно в отверстии в шкиве
- Как правило, проще начинать со шкива сбоку и продвигаться к концу направляющих, а затем наоборот

Непрерывная оснастка

Обычно рекомендуется

Непрерывная оснастка включает в себя установку одной длинной удлинительной веревки, начинающейся с катушки с приводом от двигателя, на верхнюю часть базовой ступени, затем на нижнюю часть первой ступени, затем на верхнюю часть первой ступени, затем на нижнюю часть второй ступени и т.д. Натяжная катушка, выходящая из второй катушки, расположенной на той же оси, что и удлинительная катушка, затем закрепляется на верхней ступени. Когда двигатель вращается в одном направлении, удлинительная катушка наматывается на удлинительную катушку, таким образом, она становится короче. При этом расстояние между верхней частью одной ступени и нижней частью следующей ступени уменьшается, что приводит к удлинению системы.



Заметка

Последняя ступень всегда выдвигается и втягивается раньше других ступеней (это может быть как преимуществом, так и недостатком, в зависимости от области применения).

Как только последняя ступень достигает своего предела, предпоследняя ступень расширяется наружу и так далее; схема повторяется до тех пор, пока каждая ступень не будет полностью расширена. Когда двигатель вращается в противоположном направлении, натяжной шнур наматывается, подтягивая верхнюю ступень ближе к исходному положению, пока система не вернется в исходное положение. Для натяжного шнура часто бывает необходимо установить дополнительный шкив в задней части удлинителя. Это происходит потому, что втягивание происходит только до самой дальней точки, которой обычно является катушка. Однако катушка может быть установлена не в самой задней части робота, поэтому потребуется дополнительный шкив. Обратите внимание, что для того, чтобы это сработало, удлинительный шнур должен быть обернут вокруг катушки в направлении, противоположном направлению втягивающего шнура. Таким образом, если удлинение намотано по часовой стрелке, то втягивание должно быть выполнено против часовой стрелки.

Вот несколько дополнительных соображений при монтаже непрерывной системы:

- Как правило, непрерывные катушки могут приводиться в действие системой с относительно низким передаточным числом.
- Удлинительная катушка и втягивающая катушка не обязательно должны быть отдельными, но натягивать систему будет намного проще, если они будут отдельными.
- Удлинительная катушка и втягивающая катушка должны быть одинакового диаметра.

- Как и при любой другой работе со струнами и шкивами, вам необходимо убедиться, что вы натягиваете струну ровно. Малейшее смещение может привести к тому, что струна соскользнет с вашего шкива.
- Ширина и диаметр вашей катушки должны быть достаточными, чтобы после полного наматывания бечевка никогда не натягивалась внахлест. Причина этого в том, что, когда бечевка начинает натягиваться внахлест, это может привести к изменению диаметра вашей катушки, что приведет к изменению натяжения бечевки.

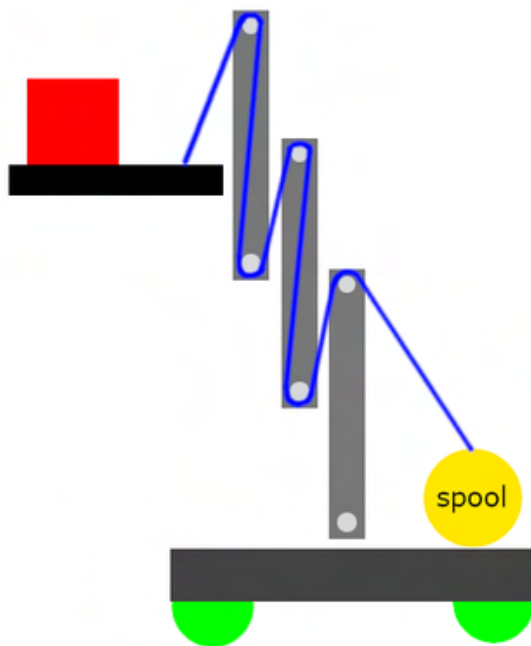


Схема непрерывного такелажа

Каскадная оснастка

Обычно рекомендуется

Каскадная оснастка немного сложнее, чем непрерывная. Как и в случае с непрерывной оснасткой, удлинитель, начинающийся с катушки, крепится к верхней части основания и спускается к нижней части первой ступени. Однако вместо того, чтобы крепиться к верхней части ступени, удлинительная струна крепится к нижней части первой ступени. Вторая удлинительная струна, прикрепленная к верхней части основания, крепится к верхней части первой ступени и закрепляется в нижней части второй ступени. Эта схема продолжается до тех пор, пока не будут выполнены все этапы.



Заметка

Количество строк, необходимых для расширения, равно количеству этапов в системе.

Когда двигатель вращается в одном направлении, удлинительная катушка наматывает первую нитку, уменьшая расстояние между основанием и нижней частью первой ступени. При этом вторая нитка продвигается вперед, уменьшая расстояние между верхней частью первой ступени и нижней частью второй ступени и так далее. Обратите внимание, что в отличие от непрерывного такелажа, каждая ступень движется одновременно. Вторая ступень движется относительно основания в 2 раза быстрее первой, третья - в 3 раза быстрее и так далее.

Каскадная система может быть убрана тремя способами: с помощью непрерывного втягивания, эластичного втягивания или обратного каскадного втягивания.

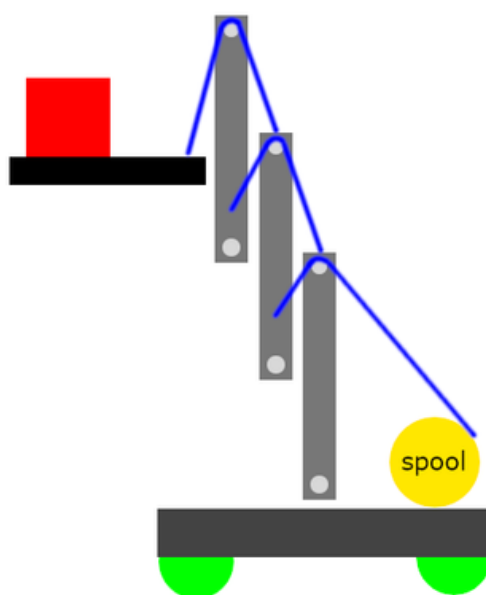


Схема каскадного такелажа

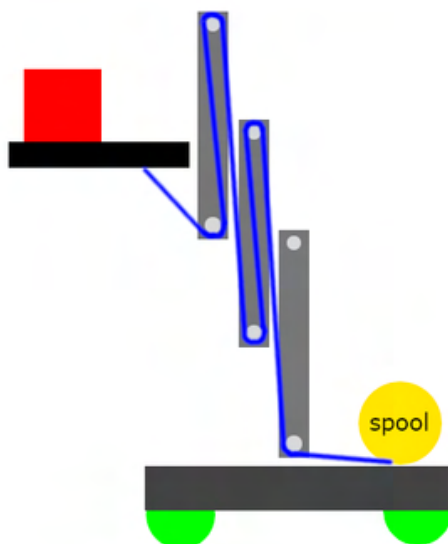
Варианты втягивания

Непрерывное втягивание

Как следует из названия, при непрерывном втягивании используется перевернутая непрерывная оснастка для втягивания направляющих. Для этого существует два основных метода: втягивание со свободным ходом, при котором струна с последней ступени подается непосредственно обратно на катушку, и втягивание со скольжением, при котором струна подается в обратном непрерывном порядке. Как правило, при втягивании ползунов следует использовать удлинители, выходящие за пределы рамы робота, чтобы предотвратить их запутывание, а при свободно плавающим втягивании следует использовать только с чисто вертикальными ползунами.

Заметка

Если при каскадном удлинении используется катушка непрерывного втягивания, диаметр двух катушек не может быть одинаковым. Если переменная N означает количество ступеней в системе, диаметр катушки каскадного удлинения должен быть в N раз меньше диаметра катушки непрерывного втягивания.



Непрерывное втягивание

Предупреждение

Если используется свободно перемещающийся механизм втягивания, убедитесь, что натяжной шнур всегда параллелен направляющим. Если натяжной шнур смещен, он может натянуть направляющую и вызвать чрезмерные изгибающие усилия на направляющих.

Преимущества:

- Простейшая втягивающая оснастка

Недостатки:

- Может запутаться, если находится в свободном плавании
- При использовании каскадного втягивания требуются катушки разного размера

Эластичное втягивание

Вместо втягивания с помощью втягивающей катушки, одним из распространенных способов втягивания является прикрепление эластичной ленты (обычно хирургической трубки) к последней ступени. Эластичная лента прикладывает к последней ступени усилие, которое при вытягивании нейтрализуется двигателем. Однако при втягивании двигатель наматывает последнюю направляющую обратно. Хотя этот метод втягивания рекомендован во многих руководствах по установке направляющих, использовать его не рекомендуется.

Преимущества:

- Для натяжения требуется только одна струна, а не несколько, что упрощает процесс натяжения.
- Эластичная лента автоматически натягивает удлинительную струну.

Недостатки:

- Поскольку упругий элемент постоянно прикладывает усилие к ползуну, это усилие противостоит усилию, прилагаемому двигателем при выдвижении ползунов. Таким образом, эластичное втягивание значительно снижает скорость выдвижения.
- Эластичное усилие не всегда является постоянным. Оно прикладывает усилие, пропорциональное степени выдвижения ползуна, поэтому втягивание может быть не плавным и контролируемым, как при других методах такелаж.
- При использовании эластичного втягивания размотать удлинительную катушку очень просто.

Каскадное втягивание

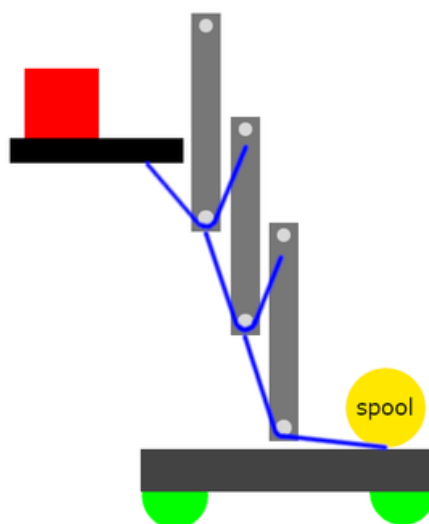
Для каскадного втягивания требуется просто закрепить другой комплект каскадной веревки, которая может втягивать систему при включении (см. изображение ниже).

Преимущества:

- Очень компактен
- Все ступени убираются с одинаковой скоростью в одно и то же время

Недостатки:

- Требуется больше ниток (меньше нужно натягивать ниток, меньше может ослабнуть ниток)
- Для использования с каскадным удлинителем требуются катушки разного размера



Каскадное втягивание

Дополнительные соображения:

- Если система имеет только одну ступень, каскадная оснастка идентична непрерывной оснастке
- В отличие от непрерывной оснастки, при каждом добавлении новой ступени к каскадной системе передаточное число, необходимое для поддержания той же скорости выдвижения, увеличивается. Например, если к 1-ступенчатому каскадному подъемнику, работающему в соотношении 3:1, добавить 2 ступени, это соотношение должно увеличиться в $\frac{2+1}{1}$ для сохранения той же скорости, изменив соотношение на 9:1.
- Одним из недостатков каскадной оснастки является то, что каждая струна должна быть постоянно натянута. То же самое относится и к непрерывной оснастке, но вам нужно следить за большим количеством струн, так как натяжение должно поддерживаться на каждой из них.
- Как и при любой другой работе со струнами и шкивами, вам необходимо убедиться, что вы натягиваете струну ровно. Малейшее смещение может привести к тому, что струна соскользнет с вашего шкива.

Слайды с ременным приводом

Одной из все более популярных альтернатив традиционному такелажу на основе струн являются слайды с ременным приводом. Это можно делать непрерывно или с помощью каскадного такелажа.

Преимущества перед слайдами со струнным приводом

В отличие от слайдов со струнным приводом, ремни, используемые на направляющих, не требуют натяжения. Как обсуждалось в разделе о линейном перемещении, для того чтобы направляющие с приводом от струн оставались эффективными, необходимо поддерживать натяжение струны. Естественно, со временем тетива ослабевает, поэтому вам нужен либо механизм, который может обеспечить дополнительное натяжение (пружина), либо ручная затяжка тетивы, что может быть немного утомительным занятием (особенно при каскадной оснастке).

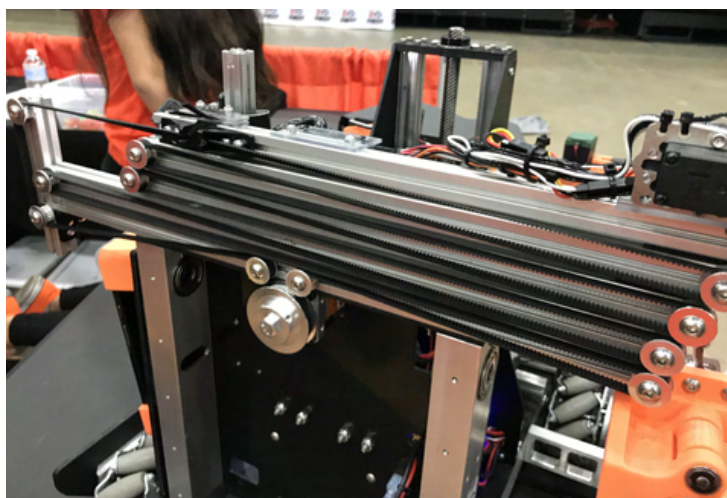
Однако у ремней этой проблемы нет. Они, как правило, не растягиваются со временем, а это означает, что сложные внешние натяжители требуются редко. Ремни также имеют автоматическую петлю "один к одному", что означает, что на каждый дюйм, который вы втягиваете со стороны удлинения, вы всегда возвращаете этот дюйм со стороны втягивания, и наоборот. Хотя это может показаться несущественным, если бечевка наматывается на катушку и в какой-то момент перекрывается, диаметр катушки меняется, что приводит к рассинхронизации двух катушек.

Недостатки по сравнению с бечевкой

Основным недостатком слайдов с ременным приводом является то, что они занимают много места. Проще говоря, ременные шкивы занимают гораздо больше места, чем шкивные подшипники толщиной 4 мм и диаметром 12 мм, которые продает REV. При использовании слайдов с ременным приводом толщина шкивов как минимум вдвое больше, а диаметр значительно больше, что означает, что каждая ступень должна быть толще.



7236 Recharged Green, River Ruckus, непрерывная установка



11190 Mechadojos, Relic Recovery, ленточная установка непрерывного действия



5064 Aperture Science Rover Ruckus, окончательная версия каскадного ременного привода

Лифты с ременным или цепным приводом

Лифты с ременным и цепным приводом, которые практически повсеместно используются в FRC®, существуют, казалось бы, целую вечность. Основная идея заключается в том, что в верхней и нижней частях подъемника к роботизированной надстройке должны быть установлены звездочки или шкивы. Затем ремень или цепь жестко прикручиваются к лифту рядом с нижней звездочкой или шкивом. При приведении в действие цепи или ремня лифт будет двигаться вверх и вниз. Возможно, лифты имеют многоступенчатую конструкцию, но привести их в действие будет **сложнее**.



7236 Recharged Green, Rover Ruckus

Натяжители

Натяжение каната - одна из самых трудоемких задач для строителей в FTC. Обеспечение равномерного натяжения обоих комплектов направляющих может быть трудоемкой и раздражающей работой. Однако установка натяжителей на струны может помочь устранить неравномерное натяжение и обеспечить соединение обеих сторон направляющих. Наиболее распространенным типом натяжителя является пружина, которую можно приобрести в хозяйственном магазине. Как правило, он устанавливается в конце цепочки, рядом с той частью, которая находится дальше всего от центра робота. При этом тетива натягивается, когда катушка выдвигает рычаг, сохраняя натяжение таким образом, чтобы тетива не отсоединялась от шкивов при линейном выдвижении ползуна.

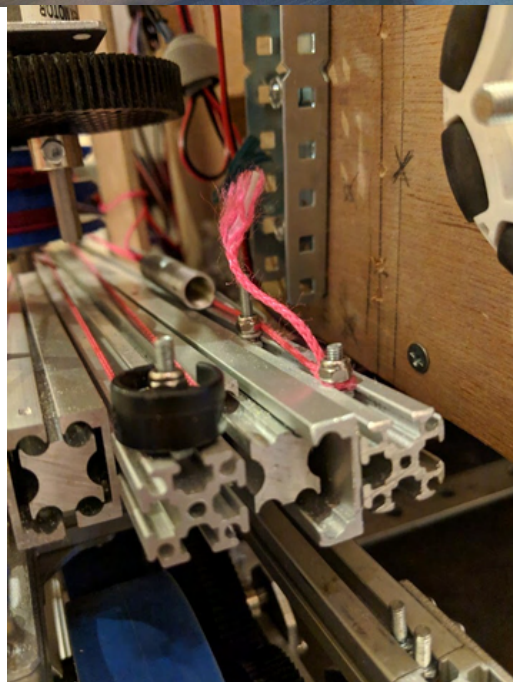
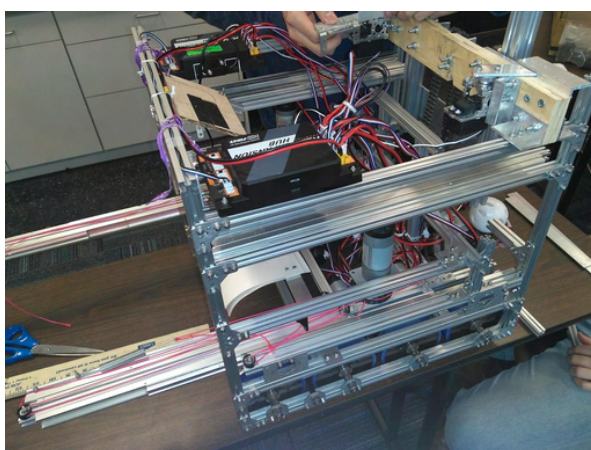
Другой формой устройства натяжения может быть подпружиненный шкив. Поскольку шкив подпружинен, он восполнит слабинку шнура. В качестве альтернативы можно установить шкив на лист экструзии и сдвинуть его, чтобы натянуть шнур.

Есть две основные причины, по которым натяжители настоятельно рекомендуются в линейных слайдах на основе струн, первая и зачастую более важная из них заключается в том, что по своей сути струна представляет собой серию полигонов, и по мере расширения слайда эффективный размер этого полигона меняется. Это означает, что при полностью выдвинутом ползуне может потребоваться больше или меньше натяжения струны по сравнению с тем, когда он выдвинут наполовину. Или частично. Чем ближе друг к другу расположены подшипники, тем меньше это влияет на натяжение струны.

Еще одна (но менее важная) вещь, о которой следует помнить, - это то, что размер катушки меняется по мере добавления / удаления нити с катушки. Если радиус катушки увеличивается, скорость натягивания также увеличивается, а крутящий момент, который противостоит скорости, уменьшается. Следовательно, изменится и натяжение. Таким образом, небольшое провисание присуще всем конструкциям линейных растяжек с использованием струн.

Внимание

Настоятельно рекомендуется, чтобы у команд был хотя бы один пружинный натяжитель на каждый комплект линейных слайдов



Выбор подходящего размера катушки

Катушки обладают особым свойством, которое не часто обсуждается, но которое чрезвычайно полезно при создании систем линейного перемещения. Точно так же, как скорость и крутящий момент системы можно изменить, изменив ее передаточное число, скорость и крутящий момент также можно изменить, изменив размер катушки. Двигатель вращает катушку с постоянной угловой скоростью. Таким образом, поступательная скорость (скорость скольжения) пропорциональна радиусу катушки, а поскольку крутящий момент обратно пропорционален скорости, изменение размера катушки также приводит к изменению крутящего момента.

Это важно понимать, поскольку для получения желаемого сочетания скорости и крутящего момента часто удобнее менять размер катушки, чем передаточное число. Чтобы проиллюстрировать это, предположим, что у вас есть система линейного удлинения с передаточным отношением 3,7:1. Затем вы решаете, что передаточное число 5:1 обеспечит более желательное сочетание скорости и крутящего момента, чем текущее передаточное число 3,7:1.

Во многих случаях вместо замены коробки передач имеет смысл заменить катушки меньшего размера. Если длина вашей катушки в настоящее время составляет 2 дюйма, то для достижения того же результата ваш новый размер должен быть равен $\frac{2 \times 3.7}{5}$ дюймам.

Вам также необходимо убедиться, что при полной намотке на катушку ваш трос или бечевка не перекрываются. Перекрывание может привести к изменению диаметра катушки, что приведет к изменению натяжения бечевки.

Управление кабелями

При расширении кабеля наружу все большее значение приобретает управление проводами. Очевидно, что необходимо использовать провода немного длиннее, чем длина удлинителя. Однако не рекомендуется оставлять эти провода незащищенными, так как они могут запутаться или зацепиться за направляющие гораздо легче, чем при наличии защиты.

Как правило, команды должны следить за тем, чтобы провода не выступали за пределы конструктивных элементов робота, поскольку они могут зацепиться за других роботов или игровые элементы. Это можно сделать с помощью кабельных стяжек или липучек на липучке, а также с помощью акриловой пластины, удерживающей провода внутри.

Однако для линейных удлинителей необходимы другие способы прокладки кабеля. Рекомендуются два типа прокладки кабеля: кабельный держатель и выдвижной спиральный шнур. Для получения дополнительной информации обратитесь к разделу "Электроника и электропроводка".

Кабельный держатель/тяговая цепь

Кабельный держатель - стандартный промышленный метод крепления проводов - представляет собой пластиковые звенья цепи с полым центром. Кабели размещаются внутри цепи, что позволяет системе удлиняться бесконечно. Звенья достаточно жесткие, но в то же время гибкие, что позволяет кабельной цепи изгибаться при втягивании удлинителя и выпрямляться при вытягивании. Как правило, они достаточно жесткие, чтобы не провисать чрезмерно при втягивании.

Вот несколько звеньев для различных цепей натяжения:

- кабельный держатель igus
- цепочка для перетаскивания ixcell 10x10 мм, от Amazon

Преимущества:

- Трудно запутаться / зацепиться за другие предметы или роботов
- Прочная конструкция
- Очень хорошо защищает провода

Недостатки:

- Большой форм-фактор, занимает много места
- Если требуется дополнительное удлинение, необходимо добавить звенья
- Может быть тяжелым, особенно при большой длине тяговой цепи



7236 Recharged Green, Rover Ruckus: держатель кабеля находится с левой стороны их горизонтальных слайдов и с правой стороны вертикальных слайдов

Выдвижной спиральный шнур

Несмотря на то, что он не распространен в промышленности, спиральные шнуры по-прежнему широко распространены (спиральный шнур практически повсеместно используется в старых телефонах). Выдвижной спиральный шнур более гибкий, чем кабельные носители, и растягивается при вытягивании.

Преимущества:

- Очень экономичен в использовании пространства
- Гибкий и, как правило, может адаптироваться до любой необходимой длины (в отличие от кабельных сетей, добавлять новые соединения никогда не требуется).

Недостатки:

- Может легче запутаться, так как она менее жесткая, чем тяговая цепь



Спиральный шнур на горизонтальном удлинителе

Самозатягивающийся держатель для бейджа

Несмотря на то, что это необычная технология, самозатягивающийся держатель для удостоверения личности может помочь с подключением дополнительного устройства. Это распространенные устройства; вот одно из них от Amazon.

На самом деле это работает только для вертикальных или почти вертикальных скользящих, так как трос все еще немного провисает и может легко запутаться, если он выходит за пределы рамы робота.

Чтобы прикрепить Самозатягивающийся держатель для бейджа к проволоке, прикрепите твердую пластиковую часть держателя для бейджа к основанию направляющих и закрепите конец шнурка держателя на проволоке. Провода должны быть надежно закреплены (с помощью стяжек на молнии или того, что использует ваша команда) в верхней части убирающегося ползуна с достаточным провисанием. Для достижения наилучших результатов держатель бейджа должен быть почти полностью втянут (оставьте один-два сантиметра, чтобы был небольшой зазор) при убирании затвора.

Преимущества:

- Чрезвычайно простой и легкодоступный в реализации
- Гибкий и, как правило, может удлиняться до любой необходимой длины (в отличие от кабельных сетей, добавлять новые соединения никогда не требуется).

Недостатки:

- Подобно катушке, тросы для управления кабелем легче запутываются, так как они менее жесткие, чем тяговая цепь
- Плохо работает на длинных горках (более 2-х ступеней) без существенной инженерной проработки



248 Fatal Error, Freight Frenzy: Ретрактор кабеля втягивающего устройства для бейджа на удлинительном механизме

Рычаги

Рычаги - это еще один способ увеличить размеры робота до размеров 18 " x 18". В отличие от линейных удлинителей, рычаги требуют большого крутящего момента - стандартная коробка передач 40:1 или даже 60:1 не подходит для большинства применений. Например, многие команды используют коробку передач 256:1 для своего вращающегося двигателя.

Внимание

Такие двигатели должны быть очень хорошо закреплены, в противном случае двигатель может сорваться со своего крепления и закрутиться.

В редких случаях рычаг следует устанавливать непосредственно на приводной двигатель. Вместо этого крутящий момент должен передаваться с помощью шестерни, цепи или ремня. Большими рычагами также бывает сложно управлять (из-за увеличения нагрузки на коробку передач сложно быстро остановить трехфутовый рычаг, который весит пять фунтов, не повредив коробку передач). Во многих случаях эту проблему можно устранить с помощью программного обеспечения (см. раздел "Контур управления").

В зависимости от области применения и реализации рычаги могут быть как более быстрыми, так и более медленными, чем варианты удлинения.

Различные типы рычагов в FTC® включают одно- и многоосевые рычаги.

Преимущества

- Рычаги с одним стержнем могут быть относительно просты в изготовлении.
- Рычаги могут быть полезны в приложениях с низкой нагрузкой; однако большинство механизмов в FTC не очень легкие.

Недостатки

- Рычаги требуют большого крутящего момента, и для этого команды должны приобретать редукторы с высоким крутящим моментом, такие как UltraPlanetary gearbox от REV или планетарные редукторы goBILDA с высоким передаточным числом.
- Хотя одиночные рычаги могут быть более простыми, они не могут обеспечить достаточную мощность для большинства игр.

Одиночные рычаги

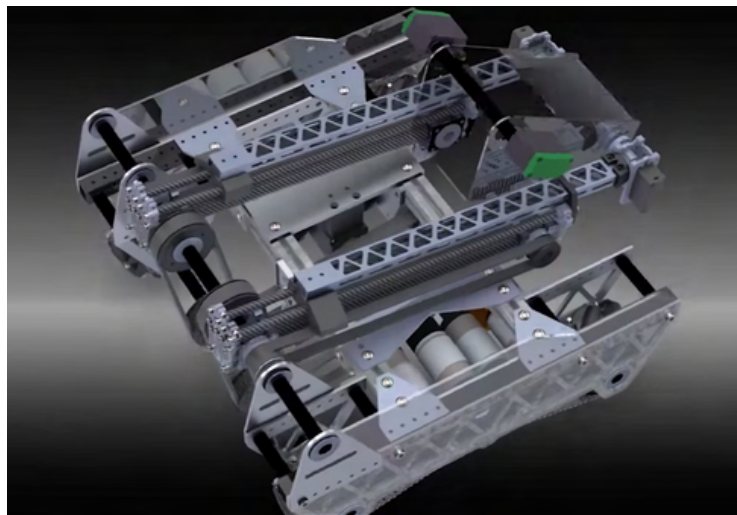
Самый простой тип рычага в FTC, одиночный рычаг относится к рычагу, расположенному на одной оси вращения. Несмотря на то, что можно успешно сконструировать руку такого типа, как правило, длина руки с одной осью составляет всего около 15-16 дюймов, что недостаточно практически для любой игры.

Причина этого в том, что максимальная длина канала может составлять 18 дюймов (технически вы могли бы сделать канал длиннее, расположив его по диагонали, но это усложняет дело). Таким образом, при максимальном удлинении в 18 дюймов необходимо вычесть пару дюймов, поскольку точка поворота находится внутри 18-дюймового калибровочного куба; следовательно, удлинение составляет около 15-16 дюймов.

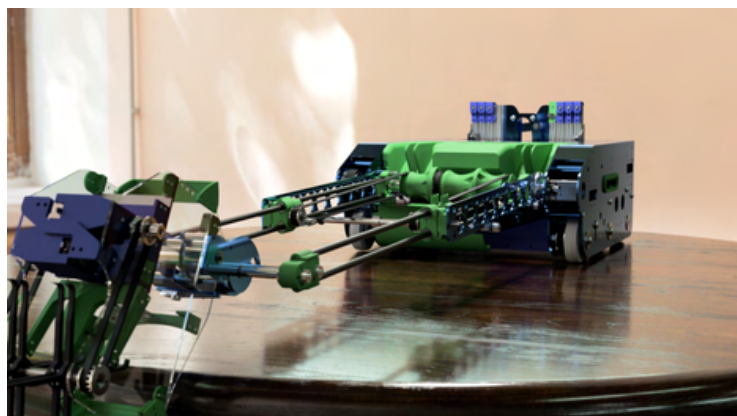
Поэтому оптимальным является один рычаг с дальнейшим линейным удлинением. Например, некоторые команды создали одиночную руку с дополнительным механизмом линейного удлинения, чтобы достичь желаемой длины удлинения, которая обычно составляет > 24 дюймов.

Преимущества одной руки заключаются в том, что она относительно проста в изготовлении и может быть быстрым способом получить некоторую форму расширения за пределами куба робота.

Однако у него есть много недостатков, таких как высокое передаточное число, необходимость в гораздо большей поддержке, чем у линейного ползуна, и сложность управления без соответствующего программного обеспечения.



8103 Null Robotics, Rover Ruckus, один рычаг + линейный удлинитель с ременным приводом



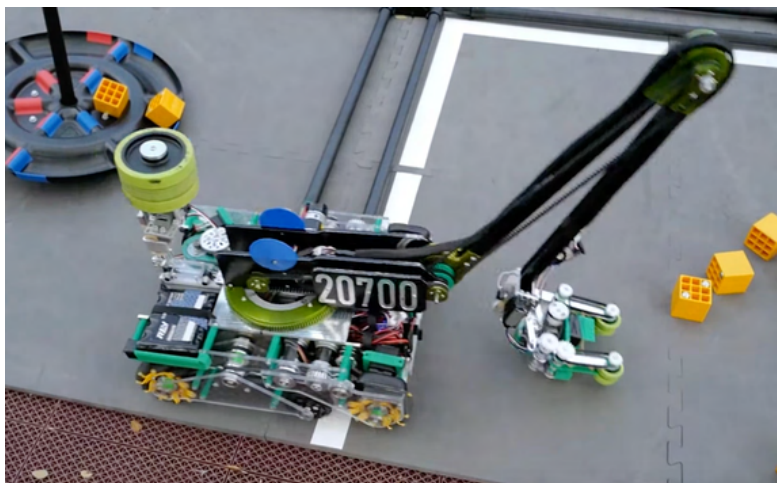
8417 'Lectric Legends, Rover Ruckus, Finalist Alliance First Pick (Ochoa), один рычаг + линейный удлинитель с ременным приводом

Многоосевые рычаги

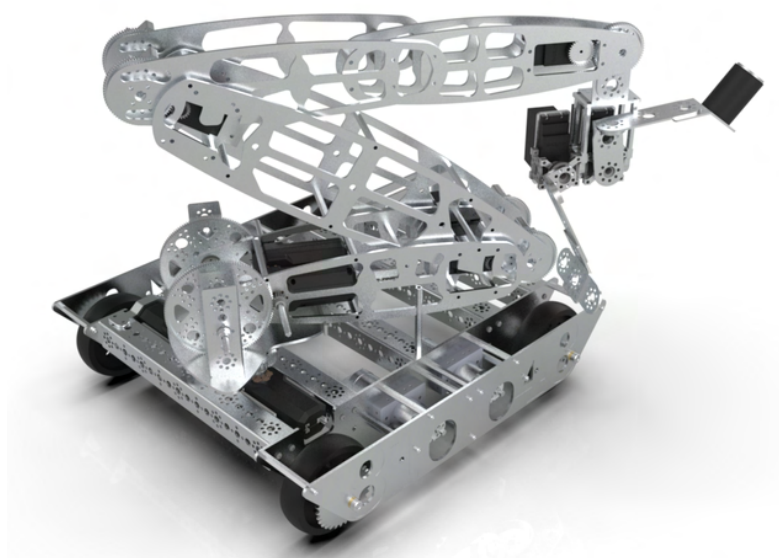
Многоосевой рычаг - это рычаг, который имеет несколько точек вращения. Многоосевые рычаги содержат множество переменных, которые экспоненциально усложняют задачу и могут быть смоделированы только с помощью сложных кинематических уравнений.

Предупреждение

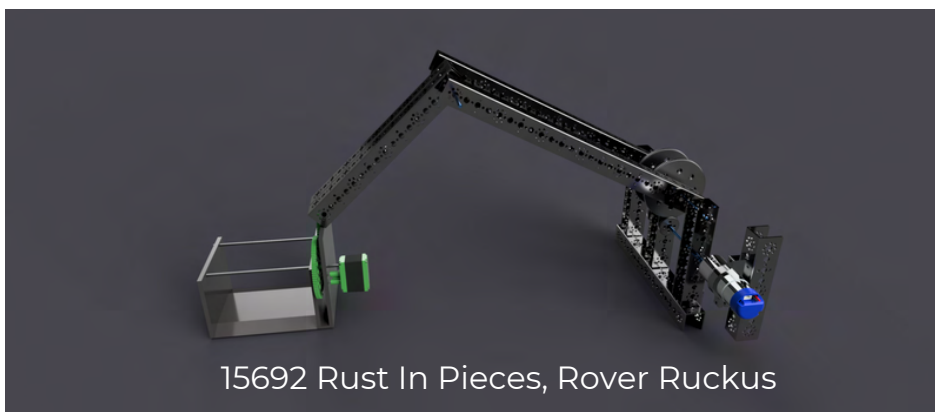
Это крайне нежелательно для неопытных команд FTC из-за сложности сборки, а также необходимости в станках.



20700 Snap, Freight Frenzy



8148 Aleph Bots, Relic Recovery



15692 Rust In Pieces, Rover Ruckus

Начало работы

Основные концепции в программирование

Для большинства языков программирования, таких как Java, Python или Blocks, существуют концепции, которые переносятся между языками. Эти идеи являются фундаментальными для изучения программирования и должны быть полезны как в FTC®, так и за его пределами.

Этот раздел в первую очередь предназначен для людей с ограниченным опытом работы с Java. Однако даже если у вас больше опыта, может быть полезно просмотреть этот раздел, так как вы можете найти концепции, которые ранее не встречались.

Примеры в основном будут на Java, где “//” обозначает комментарий, который программа игнорирует и который предназначен для чтения человеком.

```
int number; // Объявление переменной number как целого числа.  
  
number = 5; // Присваивание значения переменной.  
  
int secondNumber = 6; // Выполнение обоих предыдущих действий в одной строке.  
  
int total = number + secondNumber; // Выполнение математической операции.  
  
System.out.println(total); // Вывод результата (будет 11).
```

Вопросы относящиеся к Java

- Что произойдет, если я не присвою значение переменной number и попытаюсь вывести ее?
- Какие еще операции можно выполнить с number и secondNumber?
- Можно ли присвоить десятичное значение переменной number? Если нет, что произойдет?
- Что такое System.out.println();?
- Удалите один символ из кода. Какую ошибку вы получите? Теперь отмените это действие и удалите что-то другое. Сколько различных ошибок вы можете получить?

Существуют разные типы переменных

- Числа (Integers, Floats, Doubles)
- Строки (Text) или символы
- И многое другое в зависимости от языка (например: массивы)

Тип переменной помогает программе понять, как работать с данными.

```
String coolName = "Gluten Free";  
  
String restOfSentence = " is epic.";  
  
// Выводит предложение, объединяя строки (в отличие от сложения чисел)  
  
System.out.println(coolName + restOfSentence);  
  
// Интересный факт: использование + для объединения строк называется конкатенацией строк.
```

Вопросы относящиеся к Java(part 2)

- Замените текст в coolName на что-то другое: ваше имя, номер телефона или любимое аниме. Как насчет эмодзи или текста на других языках?
- Попробуйте сложить число и строку. Что произойдет?
- Можно ли объединить несколько строк и чисел вместе?

Важные управляющие структуры

Обязательно ознакомьтесь с основными управляющими структурами (операторы if/else, циклы for, while и for-each). Эти управляющие структуры являются наиболее часто используемыми, поэтому их понимание крайне важно (не только для FTC®, но и для программирования в целом). Тем не менее существуют несколько управляющих структур, которые встречаются реже, но могут быть очень полезны в FTC®.

Структуры данных (массивы)

Структуры данных — это способ организации и хранения больших объемов данных. Существует множество различных типов структур данных, которые различаются по способу организации данных. Мы рекомендуем вам изучить их все. Здесь мы рассмотрим лишь некоторые из них.

[Массивы](#)

Массивы - это самая базовая структура данных. Когда массив создается, его размер задается сразу и не может быть изменен.

Если вам нужно расширить массив, необходимо создать новый массив большего размера и скопировать туда все данные из старого массива. Элементы массива хранятся последовательно в памяти, поэтому при доступе к элементу вычисляется его адрес на основе начального адреса массива и размера элементов.

Это делает массивы невероятно эффективными для случайного доступа к данным.

[ArrayList](#)

[Объектно-ориентированное программирование на Java](#)

Варианты программирования

Существует три рекомендованных варианта для команд, которые хотят программировать робота для выполнения различных задач: Blocks, OnBot Java и Android Studio.

Blocks

Blocks - это простой инструмент программирования, позволяющий кодировать простые действия для робота. Он имеет яркий и похожий на конструктор дизайн, а также включает звуки соединяющихся блоков.

Для подключения устройства к телефону-управляющему роботом, подключите ваше устройство к Wi-Fi телефона, нажав на три точки в правом верхнем углу и выбрав "Program & Manage". Это отобразит SSID и пароль Wi-Fi для подключения. Затем откройте браузер (предпочтительно Chrome, хотя другие современные браузеры также могут подойти) и введите указанный адрес.

Преимущества Blocks

- Подходит для новичков: один из самых простых вариантов использования.
- Легкость настройки: требуется устройство (ноутбук, Chromebook, планшет) и телефон в экране Program & Manage.
- Программы можно сохранять непосредственно на телефон.
 - Изменения можно вносить быстро.
- Не требует внешнего Wi-Fi подключения.

Недостатки Blocks

- Не рекомендуется, если вы уже знакомы с каким-либо типом программирования
 - В первую очередь это учебное пособие для людей, не имеющих опыта программирования
- Это приведет к замене вашей основной сети Wi-Fi на прямую сеть Wi-Fi контроллера робота, и, таким образом, вы не сможете получить доступ к Интернету, подключившись к этой конкретной сети.
 - Команды могут решить эту проблему, купив внешний модуль Wi-Fi, который позволяет компьютерам подключаться к двум сетям Wi-Fi одновременно.
- Жертвуя гибкостью и возможностями применения, вы стремитесь к простоте
- Никогда не пользуйтесь им на телефоне, если только у вас нет других вариантов. (Не подходит для использования по телефону)
 - Вы можете устроить еще больший беспорядок, если попытаетесь это сделать.

OnBot Java

OnBot Java использует аналогичный метод работы через браузер для кодирования и сохранения непосредственно на телефон. Разница заключается в том, что используется язык программирования Java.

Преимущества OnBot Java

- Рекомендуется, если вы изучаете или уже изучили программирование; еще лучше, если вы немного знаете Java.
- Большая гибкость по сравнению с Blocks.
- Доступно гораздо больше ресурсов в случае необходимости помощи.
- Более применимо к реальному миру по сравнению с Blocks.
- Сохраняет большинство преимуществ Blocks.

Недостатки OnBot Java

- Подключение к Wi-Fi сети контроллера робота предотвратит использование интернета, включая видеуроки и онлайн-коммуникацию.
- Использование внешних библиотек затруднено и практически невозможно.
- Более крутая кривая обучения по сравнению с Blocks.

Android Studio

Android Studio - это комплексная интегрированная среда разработки (IDE), использующая Java для программирования телефонов. Вместо использования браузера для загрузки кода Android Studio компилирует ваш код Robot Controller в файл .apk (установщик приложения) и устанавливает его на телефон.

Преимущества Android Studio

- Рекомендуется, если вы изучаете или уже изучили программирование; еще лучше, если вы немного знаете Java.
- Значительно большая гибкость по сравнению с Blocks.
- Легче интегрировать библиотеки [EasyOpenCV](#), [FTC Dashboard](#), [FTCLib](#), and [Road Runner](#).
- Можно использовать плагины [Road Runner](#).
- Можно использовать как USB-соединение с телефоном, так и беспроводное соединение для загрузки кода.

Заметка

Время развертывания можно ускорить с помощью [OpenRC Turbo](#).

- Можно отлаживать в реальном времени.
- Много ресурсов по Java, Android Studio и IDEA.
- Можно использовать другие языки программирования.

Недостатки Android Studio

- Подключение к Wi-Fi сети контроллера робота предотвратит использование интернета, включая видеуроки и онлайн-коммуникацию, если у вас нет второго адаптера Wi-Fi (дешево и просто).
- Относительно легкий процесс настройки, но времязатратный и требует значительного объема файлов (3 ГБ между Android Studio, ftc_app и другими библиотеками).
- Проблемы могут быть трудными для диагностики и решения.

Другие языки программирования

Kotlin

Kotlin - это относительно новый и быстро развивающийся язык программирования от JetBrains, создателя IDE IntelliJ, на основе которой построен Android Studio. Kotlin полностью совместим с Java и легче в использовании. Google недавно объявил его официальным языком Android и сообщил о переходе на "Kotlin first", сохраняя поддержку Java.

Преимущества Kotlin

- Сжатый, читаемый код; легко редактировать.
- Требуется гораздо меньше кода для выполнения тех же задач.
- Поддерживает опциональную типизацию и более строгую типовую систему по сравнению с Java.
- Безопасность от нулевых значений.
- Безопасность потоков.
- Функциональное программирование.
- Бесшовная интеграция с кодом и библиотеками Java.
- Очень легко перейти с Java.

Недостатки Kotlin

- Еще не широко используется в FTC®.
- Новый язык с меньшим количеством ресурсов сообщества для обучения.
- Не рекомендуется программистам, которым нужна большая помощь от других команд.

C и C++

C и C++ - это нативные языки программирования, совместимые с Android. Очень немногие команды использовали C++. Обычно он используется только для части кода; большинство написано на Java или Kotlin.

Преимущества C и C++

- Быстрое выполнение для ресурсоемких приложений.
- Поддерживает больше библиотек.

Недостатки C и C++

- Редко нужен.
- Очень трудно настроить.
- Сложно отлаживать код.
- Очень немногие команды могут помочь вам.
- Очень мало онлайн ресурсов.

LinearOpMode и OpMode

В FTC® SDK есть два класса OpMode: OpMode и LinearOpMode. Тот, который вы используете, влияет на то, как вы пишете программу. Для получения примеров того, как использовать операционный режим и LinearOpMode, обратитесь к примерам операционных режимов в SDK.

Методы LinearOpMode

- `runOpMode()`: Код внутри этого метода выполняется ровно один раз после нажатия кнопки INIT. Здесь следует разместить весь код для OpMode.
- `waitForStart()`: Этот метод приостанавливает выполнение OpMode до нажатия кнопки START на панели управления.
- `isStarted()`: Возвращает true, если кнопка START была нажата, в противном случае возвращает false.
- `isStopRequested()`: Возвращает true, если кнопка STOP была нажата, в противном случае возвращает false.
- `idle()`: Вызывает `Thread.yield`, позволяя другим потокам того же уровня приоритета выполняться.
- `opModelsActive()`: Возвращает результат выражения `isStarted() && !isStopRequested()` и вызывает `idle()`.
- `opModeInInit()`: Возвращает результат выражения `!isStarted() && !isStopRequested()` и не вызывает `idle()`.

Методы OpMode

- `init()`: Код внутри этого метода выполняется ровно один раз после нажатия кнопки INIT на панели управления.
- `init_loop()`: После выполнения кода в `init()`, код внутри этого метода будет выполняться непрерывно до нажатия кнопки START на панели управления.
- `start()`: Код внутри этого метода выполняется ровно один раз после нажатия кнопки START на панели управления.
- `loop()`: После выполнения кода в `start()`, код внутри этого метода будет выполняться непрерывно до нажатия кнопки STOP на панели управления.
- `stop()`: Код внутри этого метода выполняется ровно один раз после нажатия кнопки STOP на панели управления.



Начиная с версии SDK 8.1, при выполнении OpMode наблюдается незначительная задержка в одну миллисекунду между вызовами `loop()`. Ранее задержки были непредсказуемыми, однако с версии 8.1 производительность стала аналогичной производительности LinearOpMode.

Вывод

В целом, выбор между LinearOpMode и OpMode зависит от предпочтений разработчика. В Game Manual 0 везде используется LinearOpMode для обеспечения согласованности.

Общие аппаратные компоненты

При использовании SDK FTC® существует множество встроенных классов оборудования, которые можно использовать для взаимодействия с аппаратным обеспечением робота, таким как DC Motors и датчики.

Создание и инициализация объектов оборудования

Первым шагом для правильного создания объекта является импорт его класса. В Android Studio, если класс упоминается без импорта, можно нажать Alt+Enter для автоматического импорта. После импорта следующим шагом является создание объекта:

```
private DcMotor liftMotor;
```

После создания объекта его необходимо инициализировать. Часть суперкласса OpMode называется hardwareMap.hardwareMap используется в SDK FTC для инициализации объектов вместо вызова конструктора.

Он содержит всю информацию, введенную в конфигурацию на Robot Controller, такую как имена оборудования и порты, к которым они подключены. Вот пример инициализации мотора, который мы создали выше:

java

```
liftMotor = hardwareMap.get(DcMotor.class, "Lift Motor");
```

Какой бы датчик вы ни использовали, вы передадите этот класс в место, где указано DcMotor.class. Например, если liftMotor был бы серво-приводом, вместо этого передавали бы Servo.class.

Для второго аргумента вы передаете имя устройства, указанное в конфигурации Robot Controller. Затем hardwareMap найдет порт, к которому подключено устройство с этим именем, что позволяет получить доступ к оборудованию.

Примеры использования общих аппаратных компонентов

```
DcMotor leftMotor = hardwareMap.get(DcMotor.class, "Left Motor");  
DcMotor rightMotor = hardwareMap.get(DcMotor.class, "Right Motor");  
DcMotor elevatorMotor = hardwareMap.get(DcMotor.class, "Elevator Motor");  
DcMotor intakeMotor = hardwareMap.get(DcMotor.class, "Intake Motor");
```

После инициализации DcMotor есть несколько переменных, которые можно установить для изменения работы DC мотора. Первая из них — направление:

```
leftMotor.setDirection(DcMotor.Direction.REVERSE);  
rightMotor.setDirection(DcMotor.Direction.FORWARD);
```

Изменение направления мотора делает именно то, что ожидается: меняет направление. Если подать мощность 1 на мотор в прямом режиме, он будет вращаться в одном направлении. Если он в обратном режиме, мощность 1 будет вращать его в другом направлении.

Далее есть два поведения при нулевой мощности, которые можно настроить:

```
leftMotor.setZeroPowerBehavior(DcMotor.ZeroPowerBehavior.BRAKE);  
rightMotor.setZeroPowerBehavior(DcMotor.ZeroPowerBehavior.FLOAT);
```

Изменение этой переменной влияет на то, как DC мотор ведет себя при подаче мощности 0. BRAKE заставит мотор пытаться замедлить себя при движении (но не удерживать позицию), тогда как FLOAT позволит мотору плавно остановиться.

Наконец, есть четыре различных режима работы для DC моторов:

```
leftMotor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_WITHOUT_ENCODER);  
rightMotor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_USING_ENCODER);  
elevatorMotor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_TO_POSITION);  
intakeMotor.setMode(DcMotor.RunMode.STOP_AND_RESET_ENCODER);
```

Важно отметить, что значения энкодера могут быть считаны в любом из этих режимов при условии правильного подключения энкодера. Эти режимы просто изменяют реакцию двигателя на значения датчика. В документации REV Robotics есть описание всех четырех режимов работы.



Функция RUN_TO_POSITION может быть удобным способом управления механизмом с одним двигателем, поскольку она разгружает всю работу по управлению; однако, поскольку каждый двигатель управляется независимо, нецелесообразно использовать ее в механизмах с несколькими двигателями, особенно в трансмиссиях.

Энкодеры



Энкодер - это устройство, которое отслеживает (как правило) вращательное движение вокруг оси.

Существуют как абсолютные, так и относительные энкодеры. Абсолютный энкодер точно показывает, под каким углом находится вал по сравнению с его абсолютным "нулем". Относительный энкодер сообщит, на какое расстояние провернулся вал с момента начала отслеживания (например, при автономном запуске). Относительные энкодеры будут иметь квадратурный выходной сигнал, в то время как абсолютные энкодеры обычно имеют аналоговый выход или выход i2c.

Датчики используются для определения местоположения робота или одного из его механизмов.

Энкодер — это устройство, которое отслеживает вращательное движение вокруг оси. Существуют абсолютные и относительные энкодеры. Абсолютный энкодер сообщает точный угол поворота в сравнении с абсолютным "нулем", тогда как относительный сообщает о том, насколько далеко он вращался с момента начала отслеживания.

В FTC все легальные моторы содержат встроенные относительные квадратурные энкодеры. Доступ к энкодерам требует вызова метода на объекте DcMotor — `getCurrentPosition()`, который возвращает текущее положение энкодера.



Энкодеры с большим количеством отсчетов на оборот, такие как энкодер с проходным отверстием REV, могут пропускать шаги при подключении к портам 1 или 2. Кроме того, вызовы функции `getVelocity()` для объекта `DcMotorEx` могут переполняться из-за большого количества кодеров на оборот, поскольку возвращаемое число является всего лишь 16-разрядным целым числом со знаком.

Серво-приводы

```
Servo releaseServo = hardwareMap.get(Servo.class, "Release Servo");
```

После инициализации серво-привода доступны две основные функции: `setPosition()` и `getPosition()`.

```
releaseServo.setPosition(0.75);  
telemetry.addData("Release Servo Target", releaseServo.getPosition());
```

Функция `setPosition()` устанавливает положение сервопривода. SDK будет использовать встроенный контур управления с потенциометром сервопривода для приведения сервопривода в заданное положение и удержания его в этом положении. Функция `setPosition()` принимает двойное значение от 0 до 1, где 0 - нижний предел вращения сервопривода, а 1 - верхний предел вращения сервопривода. Все, что находится между ними, прямо пропорционально, так что 0,5 - это середина, 0,75 - это 3/4 пути вверх и т.д.

Функция `GetPosition()` возвращает не текущее положение сервопривода, а его текущее целевое положение. Если переменная для текущего целевого положения сервопривода сохранена должным образом, эта функция никогда не понадобится.

Непрерывный серво-привод

```
CRServo intakeServo = hardwareMap.get(CRServo.class, "Intake Servo");
```

Сервопривод CR имеет один основной метод - `SetPower()`. Это работает очень похоже на функцию `SetPower()` от `DcMotor`, то есть при прохождении значения 0 она останавливается, при прохождении значения 1 она движется вперед на полной скорости, при прохождении значения -1 она движется назад на полной скорости и все, что находится между ними.

Цифровой ввод-вывод

У цифрового канала есть несколько основных методов. Функция `setMode()` используется для настройки порта в качестве ВЫХОДНОГО или ВХОДНОГО, функция `getState()` возвращает текущее состояние порта (работает только в режиме ВВОДА), а функция `setState()` устанавливает состояние порта (работает только в режиме вывода).

```
DigitalChannel digitalDevice = hardwareMap.get(DigitalChannel.class, "digital  
device");
```

Аналоговый ввод

```
AnalogInput analogInput = hardwareMap.get(AnalogInput.class, "analog input");
```

Аналоговый ввод имеет один основной метод: `getVoltage()`, который используется для получения текущего входного напряжения на порту.

Замечание о скорости вызова аппаратного обеспечения

Выполнение каждого аппаратного вызова, который вы выполняете (будь то настройка мощности двигателя, положения сервопривода, считывание значения с датчика и т.д.), занимает приблизительно 3 миллисекунды, за исключением вызовов I2C, которые могут занимать более 7 мс. Это связано с тем, что за кулисами SDK может потребоваться выполнить несколько аппаратных вызовов для выполнения операции I2C.

Это время может показаться быстрым, но оно быстро увеличивается. Рассмотрим схему управления, позволяющую двигаться вперед в течение N отсчетов кодера, сохраняя направление движения с помощью IMU. Для этого потребовалось бы 5 обычных аппаратных вызовов (4 набора мощности + 1 кодер считывания) и вызов I2C (IMU), что означает, что выполнение цикла цикла займет приблизительно 22 мс и, таким образом, будет выполняться примерно на частоте 45 Гц.

Это означает, что крайне важно свести к минимуму количество аппаратных вызовов, которые вы выполняете, чтобы обеспечить быструю работу контуров управления. Например, не считывайте показания датчика более одного раза за цикл. Вместо этого прочитайте его один раз и сохраните значение в переменной, если вам нужно будет использовать его снова в других точках того же цикла.

Использование аппаратного вызова для массового чтения может помочь в решении этой проблемы. Массовое чтение занимает те же 3 мс, что и любой другой обычный аппаратный вызов, но возвращает гораздо больше данных. Чтобы иметь возможность использовать массовое чтение, у вас должен быть запущен SDK версии 5.4 или выше.

Использование Android Studio

Android Studio — это интегрированная среда разработки (IDE) для разработки приложений под Android, основанная на IntelliJ. Она компилирует ваш код в файл apk, который затем устанавливается на Robot Controller: либо на Control Hub, либо на легальный Android телефон.

Скачивание Android Studio

- Если вы уже скачали Android Studio, можете перейти к следующему шагу. Шаги для скачивания и настройки Android Studio:
- Убедитесь, что ваша система соответствует требованиям.
- Установите последнюю версию Android Studio.
- Запустите исполняемый файл, следуйте мастеру настройки и используйте все рекомендуемые инструменты разработки.

Настройка SDK

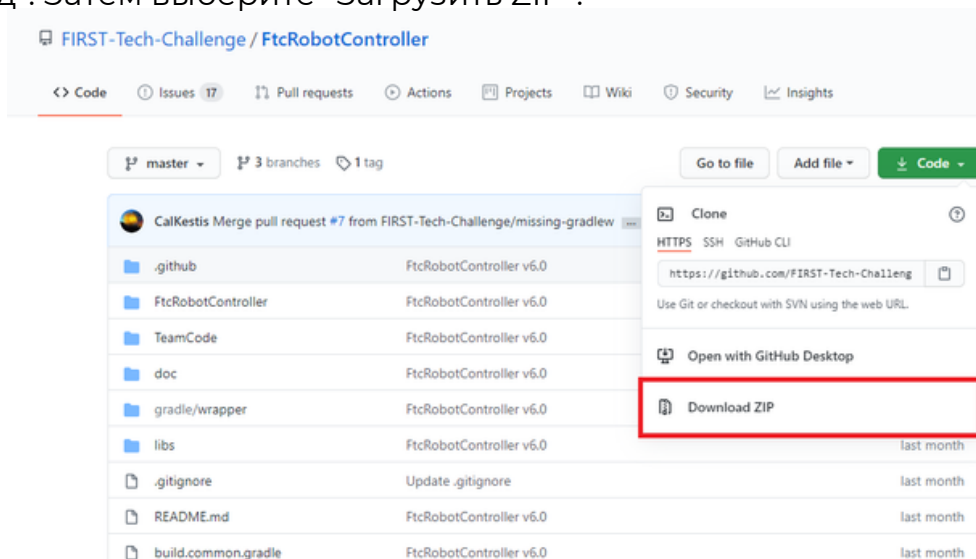
Теперь, когда у вас установлена Android Studio, вам нужно использовать SDK (набор средств разработки) текущего сезона, в котором вы будете создавать код вашей команды.

Скачивание SDK

SDK публикуется в репозитории GitHub каждый сезон. SDK текущего сезона можно найти в репозитории.

Скачивание ZIP

- 1) Когда вы окажетесь в хранилище, нажмите зеленую кнопку "код". Затем выберите "Загрузить ZIP".



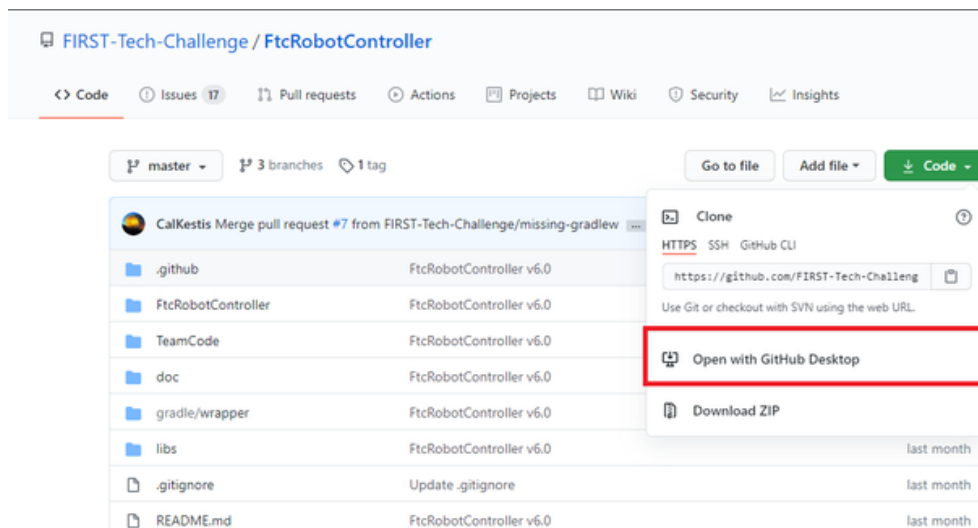
2) Затем сохраните его в нужном месте на вашем компьютере.



3) После сохранения извлеките содержимое ZIP-файла и поместите его в любое желаемое место. Вы должны увидеть содержимое SDK внутри папки location

Использование GitHub Desktop

- 1) Установите GitHub Desktop
- 2) Откройте хранилище SDK в браузере.
- 3) Нажмите зеленую кнопку “код”, а затем выберите “Открыть с помощью GitHub Desktop”.



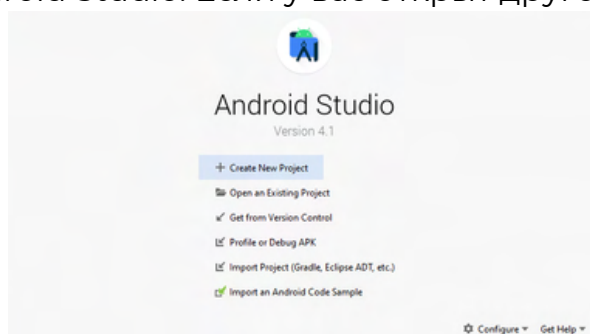
4) Скопируйте проект.

Из командной строки

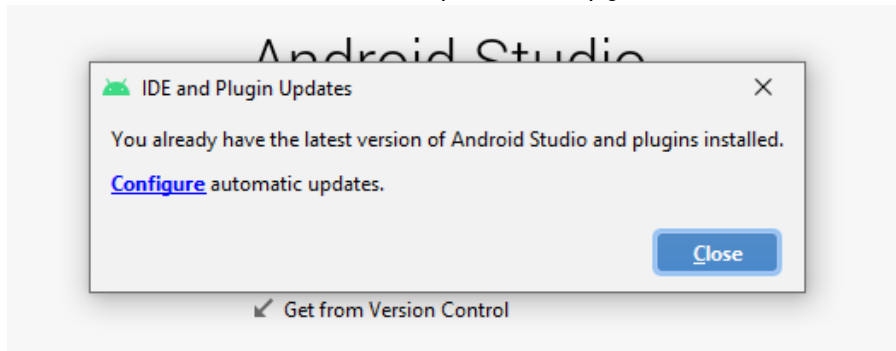
1. Установите git
2. Откройте терминал (возможно, bash) в нужном месте на ресурсе.
3. Используйте `$ git clone https://github.com/FIRST-Tech-Challenge/FtcRobotController.git`

Открытие SDK в Android Studio

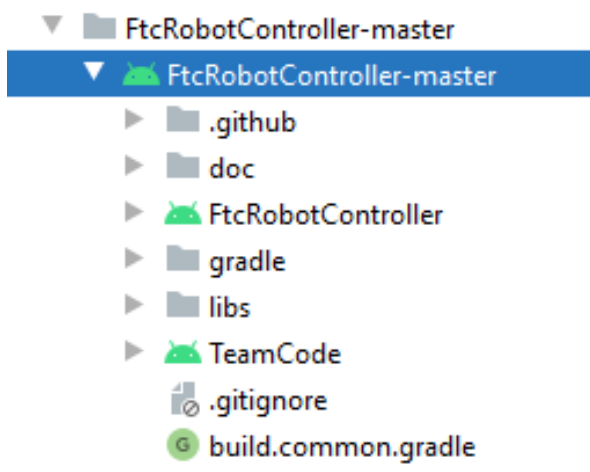
- 1) Откройте Android Studio. Если у вас открыт другой проект, закройте его.



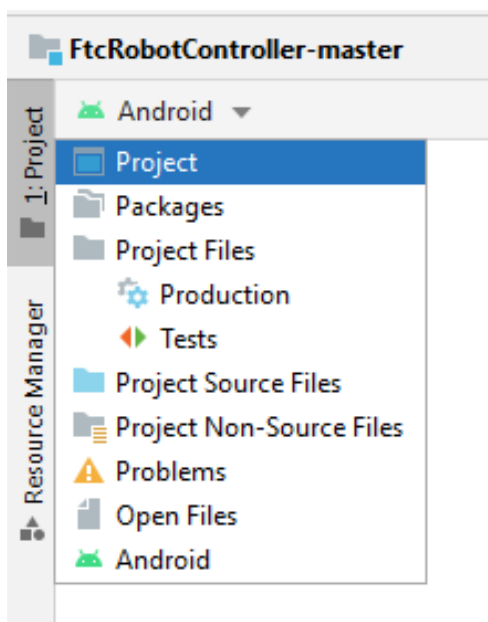
2) Проверьте наличие обновлений. Нажмите на раскрывающийся список “Настроить” и выберите “проверить наличие обновлений”. Если у вас не установлена последняя версия, загрузите обновления.



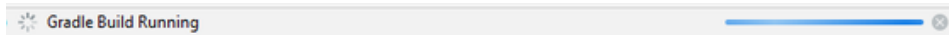
3) Выберите “Импортировать проект”. Перейдите к тому месту, где на вашем компьютере сохранен SDK. Выберите каталог с логотипом Android.



4) Перейдите в режим просмотра проекта. В верхнем левом углу должен быть выпадающий список, позволяющий изменить способ просмотра вашего проекта.



5) Дождитесь, пока Gradle завершит сборку. По умолчанию этот индикатор должен располагаться в нижней части окна.

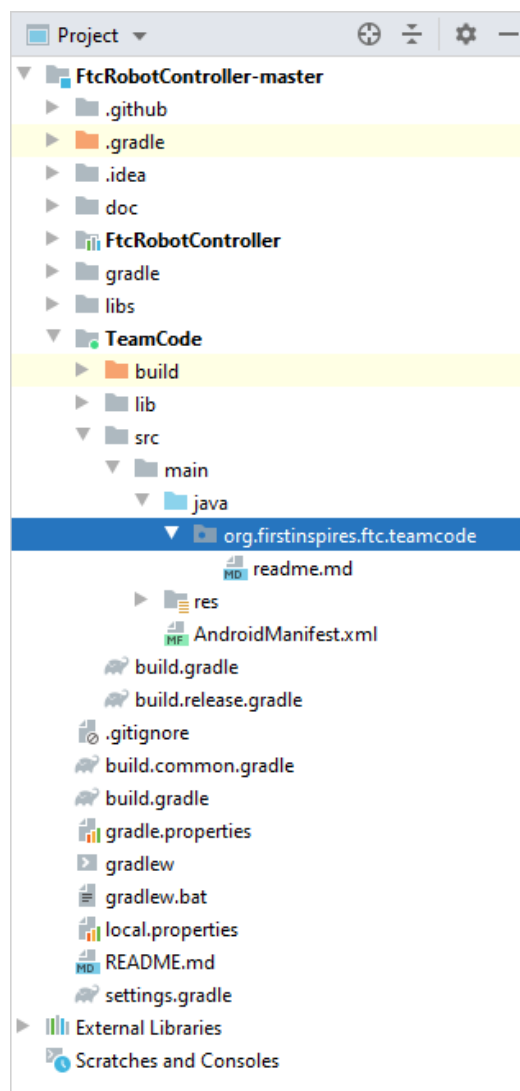


Макет Android Studio

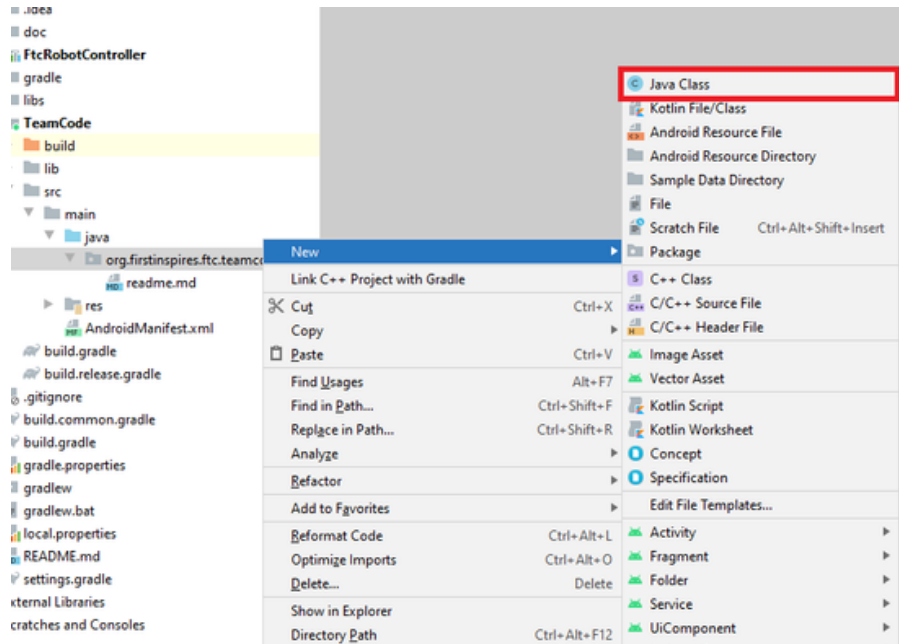
Android Studio может показаться устрашающей на первый взгляд, но есть всего несколько функций, необходимых для правильного использования.

Создание классов

Первое, что стоит отметить в представлении проекта — это выпадающее меню с именем проекта. Если вы развернете его, вы увидите все файлы Gradle и директории. Перейдите в папку TeamCode. В папке teamcode вы увидите пакет `org.firstinspires.ftc.teamcode`. Здесь вы будете создавать свой код для робота. Чтобы создать новый класс Java, щелкните правой кнопкой мыши на пакете, выберите New и затем выберите "Java Class".



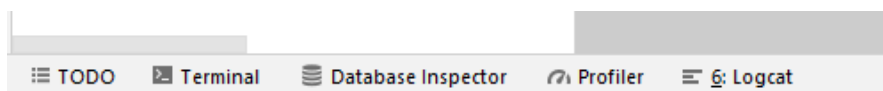
Здесь вы создадите свой код для робота. Чтобы создать новый класс Java, щелкните правой кнопкой мыши на пакете, выберите "Создать", а затем выберите "Класс Java".



В качестве альтернативы вы можете выбрать опцию "Package", если хотите создать вложенную папку для организационных целей. Затем вы можете создавать классы в этих пакетах(группах).

Терминал и Logcat

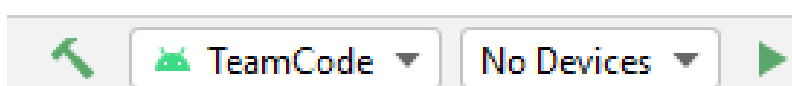
В левом нижнем углу приложения вы найдете вкладки для локального терминала и logcat. Это полезные инструменты для работы с вашей программой.



Вы можете создать свою программу с помощью командной строки через локальный терминал. Перейдите на вкладку терминала, а затем введите "gradlew :TeamCode:clean :TeamCode:build". Это приведет к удалению ранее скомпилированных файлов и созданию вашего модуля TeamCode.

Установка вашей программы

Чтобы установить вашу программу на контроллер робота(Robot Controller), вы будете использовать кнопку воспроизведения, расположенную в правом верхнем углу окна приложения.



Рядом с ним вы увидите раскрывающийся список устройств. Когда вы подключите контроллер робота(Robot Controller) к компьютеру (используя правильный кабель), устройство должно появиться в раскрывающемся списке через некоторое время. Затем нажмите кнопку воспроизведения, и ваша программа будет установлена на устройство.



Иногда приложение не запускается на контроллере робота, оставляя станцию водителя в отключенном состоянии. В этом случае вы можете открыть терминал и запустить

```
adb shell am start -n
```

```
com.qualcomm.ftcrobotcontroller/org.firstinspires.ftc.robotcontroller.internal.PermissionValidatorWrapper
```

для удаленного запуска приложения Robot Controller.

Если у вас возникнут какие-либо проблемы с этим процессом, обратитесь к официальной [документации по REV](#). Некоторые полезные страницы с сайта REV:

- [Устранение неполадок в системе управления](#)
- [Беспроводное развертывание кода](#)

Если вы все еще застряли, вы можете обратиться за помощью в [FTC | reg | Discord](#).

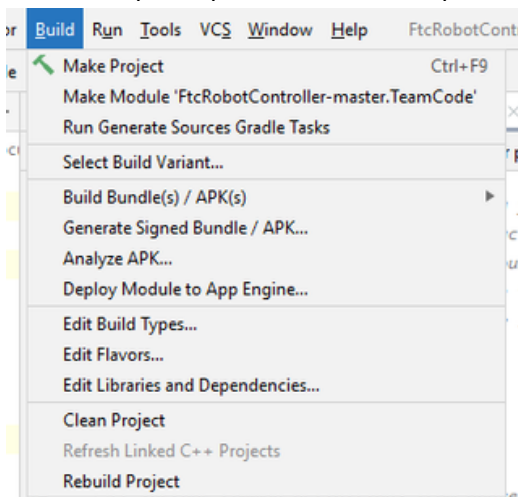
Gradle

Gradle - это встроенный инструмент для разработки программного обеспечения. В рамках FTC он используется для сборки зависимостей для вашего проекта и управления ими.

При обновлении любого из ваших файлов Gradle вам необходимо будет выполнить синхронизацию Gradle, которая синхронизирует ваш проект с изменениями и перестраивает его заново. В вашем "build.common.gradle" вы найдете информацию о том, как построено ваше приложение для управления роботом.

Изменение(перестроение проекта)

Вы можете легко перестроить свой проект с помощью раскрывающегося списка build.



Чтобы выполнить перестроение из чистого проекта, нажмите опцию "Clean Project"("Очистить Проект"). Это удалит старые скомпилированные файлы из вашего проекта, чтобы вы могли полностью перестроить свой проект. Это очистит все производственные файлы, сгенерированные файлы и т.д. Это полезно для того, чтобы убедиться, что старые артефакты ничего не нарушают при сборке вашего кода. При следующей сборке вашего проекта он будет делать это с нуля, без старых скомпилированных файлов, на которые он может ссылаться. Чтобы перестроить свой проект, нажмите опцию перестроить.

Удаление и перезапуск

Иногда вы можете получать ошибки после перемещения объектов, рефакторинга и т.д. Первый шаг - попробовать очистить проект и выполнить перестройку. Если это не сработает, возможно, вы перепутали Android Studio, потому что она кэширует информацию о структуре вашего проекта.

Наиболее распространенный способ исправить эти ошибки - сделать недействительным и перезапустить. В раскрывающемся списке "Файл" будет опция для этого, а затем вы выберете "Аннулировать и перезапустить". Это очистит кэш и перезапустит вашу Android Studio, которая затем должна выполнить перестройку Gradle.

Добавление зависимостей

Если вы хотите добавить зависимости в свой проект, вы можете сделать это в build.gradle файле в каталоге TeamCode.

В нижней части файла должен быть блок зависимостей.

```
// Включить общие определения из вышеуказанного.
apply from: '../build.common.gradle'
apply from: '../build.dependencies.gradle'

dependencies {
    implementation project(':FtcRobotController')
    annotationProcessor files('lib/OpModeAnnotationProcessor.jar')
}
```

Некоторые зависимости требуют внесения изменений в другие файлы Gradle. Обязательно прочитайте инструкции по установке для любой зависимости, которую вы хотите добавить.

Затем вы добавляете строку в блок зависимостей для реализации зависимости. Обычно это делается с помощью implementation 'com.package.name'.

```
dependencies {
    implementation project(':FtcRobotController')
    annotationProcessor files('lib/OpModeAnnotationProcessor.jar')
    implementation 'com.package.name'
}
```

Обратитесь к инструкциям любой библиотеки, которую вы используете, чтобы узнать правильное название пакета и версию.

Наконец, выполните синхронизацию Gradle.

Обновление до Java 8

По умолчанию версия Java для SDK установлена на 7. Также поддерживается Java 8. Возможно, вам захочется обновить свою версию Java с 7 до 8, если вы хотите использовать такие функции, как лямбды или обобщённое программирование. Для некоторых библиотек также может потребоваться изменить версию Java.

Чтобы перейти на Java 8, перейдите к своему “build.common.gradle” файлу. Прокрутите вниз, пока не найдете этот блок:

```
compileOptions {  
    sourceCompatibility JavaVersion.VERSION_1_7  
    targetCompatibility JavaVersion.VERSION_1_7  
}
```

Измените 7 на 8, вот так:

```
compileOptions {  
    sourceCompatibility JavaVersion.VERSION_1_8  
    targetCompatibility JavaVersion.VERSION_1_8  
}
```

Затем выполните синхронизацию Gradle.

Android Debug Bridge

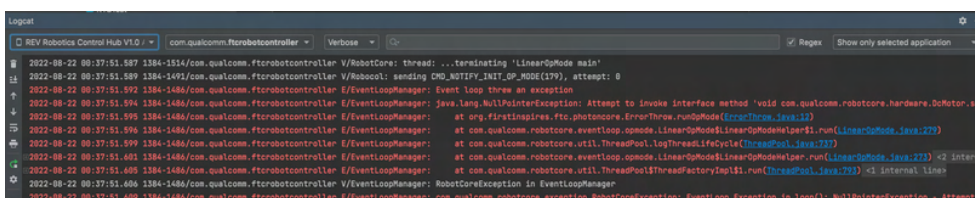


В macOS, Linux или с помощью PowerShell вам придется изменить все команды, начинающиеся с “adb” на “./adb”, если вы находитесь в “platform-tools” каталоге.

Logcat

Logcat чрезвычайно полезен для отладки проблем с вашим кодом во время выполнения или выяснения, что пошло не так. Например, если ваша активность в приложении завершается сбоем, и вы открываете журнал, в котором видите 5000 строк одной и той же ошибки, вероятно, в вашем коде бесконечная рекурсия!

Чтобы использовать logcat, подключите свое устройство (или подключитесь через ADB). Затем выберите приложение, для которого вы хотите просматривать журналы. Ваше окно должно выглядеть следующим образом.



Если у вас возникла непонятная проблема, вы можете сделать скриншот журнала или выбрать и скопировать ошибку и задать вопрос в [FTC discord](#).

Беспроводная связь

Android Debug Bridge (ADB) - это инструмент командной строки, который обеспечивает беспроводную связь между контроллером робота (телефоном или центром управления).

ADB должен поставляться с инструментами платформы в Android Studio. Перейдите к вашему "local.properties" файлу в корневом каталоге вашего проекта, и вы должны увидеть путь к Android SDK на вашем компьютере, например "C:\Users\Woodie\AppData\Local\AndroidSdk". Затем перейдите к "platform-tools" и там должно быть приложение с именем adb. Чтобы использовать его, откройте CLI (например, PowerShell или командную строку) и запустите либо "adb devices", либо "./adb devices".

Для получения дополнительной информации о ADB вы можете посмотреть на [странице разработчиков](#).

Настройка ADB

1. Убедитесь, что на вашем устройстве включена отладка по USB и оно находится в режиме разработчика.
2. Убедитесь, что у вас установлен ADB. Если вы этого не сделали, следуйте инструкциям [по этой ссылке](#)



Вы можете использовать logcat через ADB с помощью команды adb logcat. Это чрезвычайно полезно для отладки, поскольку позволяет просматривать журналы по беспроводной сети, что экономит время. Помните, logcat - это лучший способ отладки вашего программного обеспечения.

Добавить ADB В PATH

Добавление переменных в PATH:

- [Windows](#)
- [Linux / Unix \(bash\)](#)
- [macOS \(zsh\)](#)

Если вы хотите использовать ADB из любого каталога, добавьте его в PATH. Следуйте онлайн-руководству по добавлению в PATH и укажите ПУТЬ к platform-tools каталогу. Как только вы это сделаете, вы сможете запускать команды ADB из любого места вашей системы.

Беспроводное подключение к телефону

1. Подключите телефон robot controller к своему компьютеру.
2. Запустите команду adb devices в platform-tools каталоге и посмотрите, появится ли телефон.
3. Запустите adb usb, а затем adb tcpip 5555. Затем вы можете отключить телефон от сети.

5. Подключитесь к той же сети Wi-Fi, в которой размещено устройство. Сеть WiFi direct, созданная телефоном, должна называться “TEAMNUMBER-RC” или каким-то небольшим производным от этого. Оно может содержать дополнительные буквы, если у вас в команде несколько устройств. Обратитесь к RS01 в руководстве по игре, часть 1, для получения дополнительной информации о схеме именования сети.

5. Подключитесь к телефону с помощью adb connect 192.168.49.1:5555. Если это не сработает, перепроверьте IP-адрес телефона и повторите попытку с этим IP-адресом, если он отличается.

Беспроводное подключение к Control Hub

1. Подключитесь к точке доступа Wi-Fi, размещенной в центре управления. Точка доступа должна называться “TEAMNUMBER-RC” или каким-то небольшим производным от этого. Она может содержать дополнительные буквы, если у вас в команде несколько устройств. Обратитесь к RS01 в Руководстве по игре, часть 1, для получения дополнительной информации о схеме именования сети.

2. После подключения к сети Control Hub вам просто нужно подключиться к ней с помощью adb connect 192.168.43.1:5555.

Как только соединение установлено, оно должно появиться в раскрывающемся списке устройства в Android Studio.

Настройка беспроводной сети

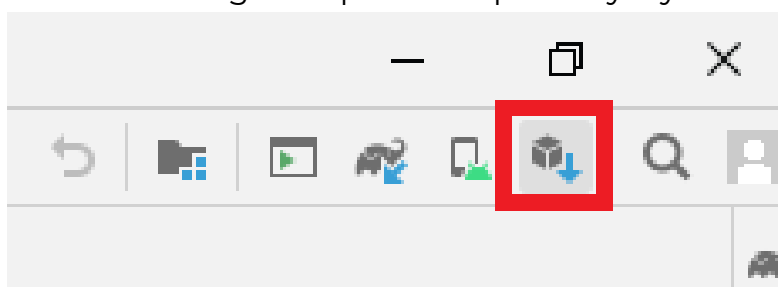
Вы можете настроить конфигурацию на станции водителя или контроллере робота, как обычно. Однако вы также можете создать действительный XML-файл конфигурации в TeamCode/src/main/res/xml. Вы можете найти свои файлы конфигурации в /sdcard/FIRST папке в виде XML-файла с тем же именем, что и конфигурация.

Чтобы получить эти XML-файлы по беспроводной сети, вы можете использовать adb pull /sdcard/FIRST/config.xml /fully/qualified/path/res/xml.

Если включен допустимый XML-файл конфигурации, res/xml он отобразится как конфигурация, которую вы можете использовать для робота, когда вы отправите ее на контроллер робота или в центр управления.

SDK Manager

Вы можете найти SDK manager в правом верхнем углу вашей Android Studio.



Прием лицензий

Если вы получаете предупреждение с жалобой на то, что лицензии не принимаются, выполните следующие действия:

1. Перейдите в SDK manager и в раздел SDK Platforms.
2. Выберите версию с уровнем API, указанным в предупреждении.
3. Нажмите “Применить” и дождитесь установки компонентов.
4. Как только это завершится, нажмите “Готово”, затем “Ок”. Подождите, пока Android Studio проиндексирует, если это так.
5. Перезапустите Android Studio.

Установка SDK Tools

Чтобы установить любые инструменты SDK, такие как platform tools или build tools, откройте SDK manager и перейдите в SDK Tools. Выберите инструменты, которые вы хотите установить, и установите их так же, как для платформ SDK.

Control Version(Контроль версий)

Контроль версий - чрезвычайно полезный инструмент. Он позволяет просматривать предыдущие версии кода (и возвращаться к ним), упрощает совместную работу, имеет несколько версий кода, которые можно объединить вместе, и т.д.

Что касается систем контроля версий, мы настоятельно рекомендуем использовать git, особенно при использовании с графическим интерфейсом, таким как встроенные в Android Studio инструменты VCS или Github Desktop. Хотя руководство по git выходит за рамки руководства по игре 0, вот некоторые ресурсы по git:

- [Официальный учебник по git](#)
- [Коллекция ресурсов git на GitHub](#)
- [Руководство по установке git на GitHub](#)
- [Рабочий стол GitHub, графический интерфейс git](#)
- [Документация по интеграции Android Studio / IntelliJ с git](#)

Руководство(tutorial)

Mecanum TeleOp

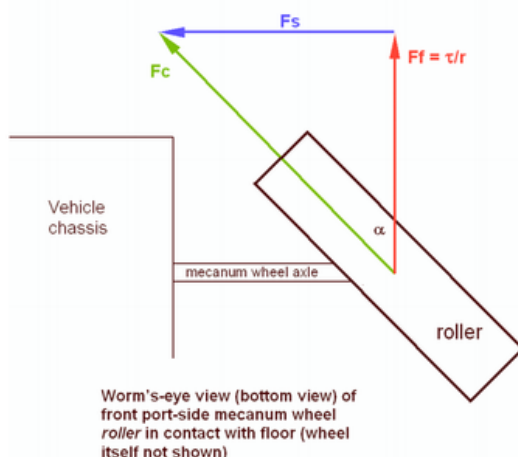
Физика Mecanum

Mecanum drive - очень популярный тип трансмиссии в FTC®. Трансмиссии Mecanum обеспечивают голономное движение. Это означает, что трансмиссия может двигаться в любом направлении при вращении: вперед, назад, из стороны в сторону, переводя при вращении и т.д. Вот отличное видео, демонстрирующее такое движение.



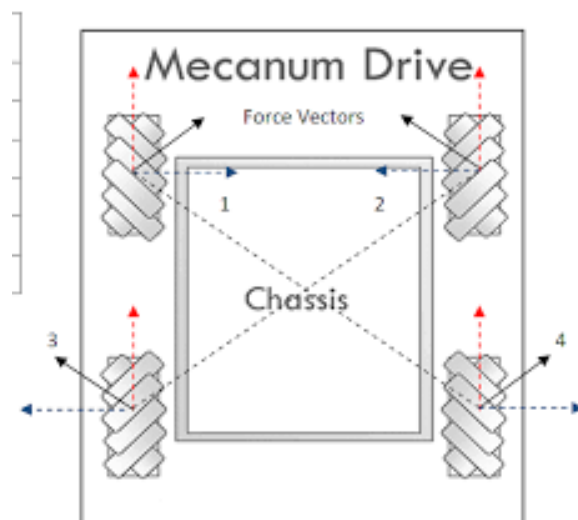
Некоторые распространенные комплекты трансмиссии COTS mecanum - это комплект шасси goBILDA Strafer и комплект трансмиссии REV Mecanum.

Колеса Mecanum имеют ролики под углом 45° к остальной части колеса. Поскольку они соприкасаются с землей, а не с чем-то твердым, как в тяговом колесе, вместо того, чтобы колесо создавало силу, параллельную ориентации колеса, оно создает силу, отклоненную от параллели на 45° . В зависимости от того, как приводятся в движение колеса, X или Y компоненты векторов силы могут отменяться, что позволяет двигаться в любом направлении.

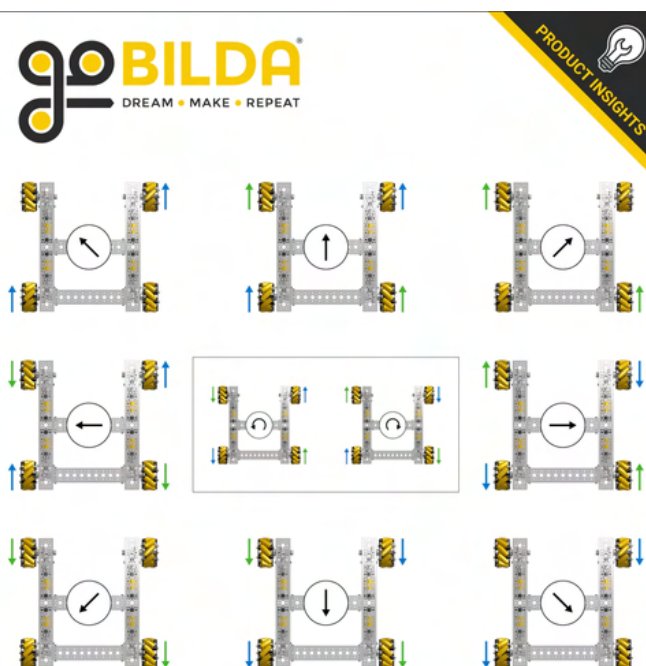


Использование векторизации для создания всенаправленного движения

Стандартная конфигурация привода mecanum имеет 4 колеса mecanum, ориентированных в форме буквы "X". Это означает, что ролики расположены под углом к центру, если смотреть на них сверху. Эта конфигурация позволяет суммировать векторы силы, создаваемые смещающими роликами, и получать движение в любом направлении. Важно отметить, что из-за трения идеальное движение невозможно во всех направлениях, поэтому трансмиссия mecanum сможет двигаться вперед / назад немного быстрее, чем в любых других направлениях. Комбинирование перевода и вращения также приведет к замедлению движения.



На изображении выше векторы 1, 2, 3 и 4 представляют собой векторы силы, создаваемые колесами меканум, когда шасси получает команду двигаться к верхней части изображения. Все двигатели движутся вперед. Синяя и красная линии обозначают их компоненты X и Y соответственно. Вот несколько примеров того, как колеса должны приводиться в движение для достижения различных перемещений:



Настоятельно не рекомендуется напрямую кодировать эти движения; ниже описан гораздо лучший способ, который позволяет выполнять настоящие голономные движения и является гораздо более элегантным.

Вывод управляющих уравнений Mecanum

Прежде чем думать о меканум, представьте сценарий, в котором у вас есть двухмоторная трансмиссия танка, которой вы хотите управлять, используя левую ось Y джойстика для движения вперед / назад и правую ось X джойстика для поворота оси поворота.

Двигатели настроены таким образом, что для правого двигателя положительный сигнал направлен по часовой стрелке, когда корпус повернут в противоположную сторону от вас, а для левого двигателя - наоборот. Чтобы управлять движением только вперед / назад, вам просто нужно установить мощность двигателя на значение Y stick (переверните знак, поскольку Y перевернуто):

```
double y = -gamepad1.left_stick_y; // Помните, ось y перевернута!  
  
leftMotor.setPower(y);  
rightMotor.setPower(y);
```

Хотя на первый взгляд добавление вращения может показаться сложной задачей, на самом деле это очень просто. Все, что вам нужно сделать, это вычесть значение right X stick из правых колес и добавить его к левым:

```
double y = -gamepad1.left_stick_y; // Помните, ось y перевернута!  
double rx = gamepad1.right_stick_x;  
  
leftMotor.setPower(y + rx);  
rightMotor.setPower(y - rx);
```

Здесь, если нажать левую ручку вверх, на оба двигателя будет подано положительное значение, заставляя робота двигаться вперед. Если нажать кнопку вниз, на оба двигателя будет подано отрицательное значение, заставляя робота двигаться назад. Аналогичный принцип применим и к вращению: если правая палка повернута вправо, левые колеса будут вращаться вперед, в то время как правые - назад, вызывая вращение. Обратное относится к перемещению палки влево. Если нажать обе палочки одновременно, скажем, левая палочка Y находится в положении 1, а правая палочка X также в положении 1, значение левых колесиков будет равно $1+1=2$ (которое в SDK обрезается до 1), а правые колеса будут $1-1=0$, которое вызывает изгиб вправо.

Применение всенаправленного перемещения с помощью колес тесанит работает по тому же принципу, что и добавление поворота в примере с танком. Значения левой ручки X будут добавляться или вычитаться для каждого колеса в зависимости от того, как это колесо должно вращаться, чтобы получить желаемое движение. Единственное отличие от поворота заключается в том, что вместо того, чтобы колеса с одной стороны обозначали один и тот же знак, колеса по диагонали друг к другу будут обозначать один и тот же знак.

Мы хотим, чтобы положительное значение левого стика X коррелировало с прицелом вправо. Если мы вернемся к векторному изображению, это означает, что передняя левая и задняя правая части должны вращаться вперед, в то время как задняя левая и передняя правая части должны вращаться назад. Итак, мы должны добавить значение x к переднему левому и заднему правому элементам и вычесть его из заднего правого и переднего левого:

```
double y = -gamepad1.left_stick_y; // Помните, ось y перевернута!  
double x = gamepad1.left_stick_x;  
double rx = gamepad1.right_stick_x;  
  
frontLeftMotor.setPower(y + x + rx);  
backLeftMotor.setPower(y - x + rx);  
frontRightMotor.setPower(y - x - rx);  
backRightMotor.setPower(y + x - rx);
```



Важно

Большинство двигателей FTC вращаются против часовой стрелки, если смотреть с лицевой стороны, когда по умолчанию включено положительное напряжение, за исключением NeveRests. Если в вашей трансмиссии используется четное количество передач, это изменит направление вращения двигателей на обратное.

На большинстве трансмиссий вам нужно будет переключать на левую сторону, чтобы увеличить мощность для движения вперед с большинством двигателей, и на правую сторону при поворотах. Наличие зацепления между мотор-коробкой передач и колесом может привести к его замене, как в случае с goBILDA Strafer и комплектом трансмиссии REV Mecanum.

Это то же самое, что и в примере с танком, за исключением того, что теперь добавлено 4 двигателя и компонент обстрела. Аналогично примеру с танком, компонент Y добавляется ко всем колесам, а правый X (rx) добавляется к левым колесам и вычитается из правого. Теперь мы добавили левый компонент X (x), который позволяет нам вести обстрел вправо. Однако, делая это, мы фактически разрешили обстрел в любом направлении. Если подумать, нажатие левого джойстика влево сделает то же самое в обратном порядке, что и необходимо для поворота влево. Если нажать на нее под углом 45 градусов, компоненты x и y джойстика станут одинаковыми. Это приведет к отключению двух диагональных двигателей, что позволит перемещать джойстик по диагонали. Этот же эффект применим ко всем углам наклона джойстика.

Теперь, когда у нас есть действующая программа вождения mecanum, есть несколько вещей, которые можно сделать, чтобы ее почистить. Первым из них было бы умножение значения left X на что-то, чтобы нейтрализовать несовершенное бреющее движение. Это позволит повысить точность управления автомобилем в направлениях, не выровненных по оси, и повысить точность вождения, ориентированного на поле. В этом руководстве мы будем использовать версию 1.1, но на самом деле это зависит от предпочтений драйвера.

```
double y = -gamepad1.left_stick_y; // Помните, ось y перевернута!  
double x = gamepad1.left_stick_x * 1.1; // Компенсация  
несовершенного страйфинга  
double rx = gamepad1.right_stick_x;
```

Другое улучшение, которое мы можем внести, - это масштабировать значения в диапазоне от -1 до 1.

Поскольку SDK просто обрезает (ограничивает) мощности в этом диапазоне, мы можем потерять искомое соотношение, если предварительно не вернем все числа обратно в этот диапазон, сохраняя при этом наше рассчитанное соотношение. Например, если мы рассчитаем значения 0.4, 0.1, 1.1 и 1.4, они будут урезаны до 0.4, 0.1, 1.0 и 1.0, что не является одинаковым соотношением. Вместо этого нам нужно разделить их все на абсолютное значение наибольшей степени, когда оно превышает 1:

```
// Знаменатель – это самая большая мощность мотора (абсолютное значение) или 1
// Это гарантирует что все мощности сохраняют одно и то же соотношение но только когда
// хотя бы одно из них вне диапазона [-1 , 1]

double denominator = Math.max(Math.abs(y) + Math.abs(x) + Math.abs(rx), 1);

double frontLeftPower = (y + x + rx) / denominator;
double backLeftPower = (y - x + rx) / denominator;
double frontRightPower = (y - x - rx) / denominator;
double backRightPower = (y + x - rx) / denominator;
```

Убедитесь что вы устанавливаете мощности на ваш мотор и обновляете это каждую итерацию цикла управления!

Финальный пример кода, ориентированный на роботов

package org.firstinspires.ftc.teamcode;

```
import com.qualcomm.robotcore.eventloop.opmode.LinearOpMode;
import com.qualcomm.robotcore.eventloop.opmode.TeleOp;
import com.qualcomm.robotcore.hardware.DcMotor;
import com.qualcomm.robotcore.hardware.DcMotorSimple;
```

```
@TeleOp
public class MecanumTeleOp extends LinearOpMode {
    @Override
    public void runOpMode() throws InterruptedException {
        // Объявление наших моторов
        // Убедитесь что ваши ID соответствуют вашей конфигурации
        DcMotor frontLeftMotor = hardwareMap.dcMotor.get("frontLeftMotor");
        DcMotor backLeftMotor = hardwareMap.dcMotor.get("backLeftMotor");
        DcMotor frontRightMotor = hardwareMap.dcMotor.get("frontRightMotor");
        DcMotor backRightMotor = hardwareMap.dcMotor.get("backRightMotor");

        // Разверните моторы правой стороны.
        // Это может быть неверно для вашей настройки.
        // Если ваш робот движется назад когда ему приказано двигаться вперед,
        // разверните левую сторону вместо этого.
        frontRightMotor.setDirection(DcMotorSimple.Direction.REVERSE);
        backRightMotor.setDirection(DcMotorSimple.Direction.REVERSE);

        waitForStart();

        if (isStopRequested()) return;

        while (opModeIsActive()) {
            double y = -gamepad1.left_stick_y; // Помните: значение оси Y перевернуто!
            double x = gamepad1.left_stick_x * 1.1; // Компенсация несовершенного страйфинга
            double rx = gamepad1.right_stick_x;

            // Знаменатель — это самая большая мощность мотора (абсолютное значение) или 1
            // Это гарантирует что все мощности сохраняют одно и то же соотношение,
            // но только если хотя бы одно из них вне диапазона [-1 , 1]
            double denominator = Math.max(Math.abs(y) + Math.abs(x) + Math.abs(rx), 1);

            double frontLeftPower = (y + x + rx) / denominator;
            double backLeftPower = (y - x + rx) / denominator;
            double frontRightPower = (y - x - rx) / denominator;
            double backRightPower = (y + x - rx) / denominator;

            frontLeftMotor.setPower(frontLeftPower);
            backLeftMotor.setPower(backLeftPower);
            frontRightMotor.setPower(frontRightPower);
            backRightMotor.setPower(backRightPower);
        }
    }
}
```

Field Centric(Ориентированность на поле)

С приводом mecanum, ориентированным на поле, джойстик перемещения управляет направлением робота относительно поля, в отличие от рамы робота. Это предпочитают некоторые водители, и это упрощает некоторые действия по уклонению, поскольку можно вращаться, перемещаясь в заданном направлении. Для этого компоненты x / y джойстиков поворачиваются против угла наклона робота, который задается IMU.

В концентраторах управления (и более старых моделях концентраторов расширения) есть IMU. В отличие от большинства других аппаратных средств, рекомендуется сделать больше, чем `hardwareMap.get()` начать использовать его. Примечание, это настраивается при создании новой конфигурации по умолчанию как `imu`. Смотрите страницу документации FTC, посвященную интерфейсу IMU и его параметрам для получения дополнительной информации. Здесь будет инициализирован IMU следующим образом:

```
// Получите IMU из аппаратной карты
imu = hardwareMap.get(IMU.class, "imu");

// Настройте параметры ориентации чтобы соответствовать
вашему роботу
IMU.Parameters parameters = new IMU.Parameters(new RevHubOrientationOnRobot(
    RevHubOrientationOnRobot.LogoFacingDirection.UP,
    RevHubOrientationOnRobot.UsbFacingDirection.FORWARD));

// Без этого предполагается что ориентация REV hub – логотип вверх /
usb вперед
imu.initialize(parameters);
```

Угол необходимо считывать каждую итерацию цикла управления.

Кроме того IMU сохраняет постоянное нулевое положение между OpModes (в частности между автономным режимом и телепрограммированием), добавление привязки к сбросу угла важно для компенсации дрейфа поскольку ноль может измениться из-за некоторых типов отключений.



BNO055 объекты сбрасывают значение IMU на ноль при вызове `initialize`. Класс BNO055 не рекомендуется для новой разработки. Класс IMU не имеет такого поведения и является подходящей заменой начиная с SDK версии 8.1.1.

```
// Этот выбор кнопки был сделан так чтобы его было трудно
случайно нажать,
// его можно свободно изменить по предпочтению.
// Эквивалентная кнопка – start на контроллерах xbox.
if(gamepad1.options){
    imu.resetYaw();
}
double botHeading = imu.getRobotYawPitchRollAngles().getYaw(AngleUnit.RADIANS);
```

Затем значения джойстика перевода должны быть повернуты в противоположную сторону от направления движения робота. IMU возвращает направление, однако нам нужно повернуть счетчик движения в соответствии с вращением робота, чтобы его значение было отрицательным. Значения джойстика представляют собой вектор, и для поворота вектора в 2D требуется эта формула (доказано здесь), где x_1 и y_1 являются компонентами исходного вектора, β это угол, на который нужно поворачиваться, и x_2 и y_2 являются компонентами результирующего вектора.

$$\begin{aligned}x_2 &= x_1 \cos \beta - y_1 \sin \beta \\y_2 &= x_1 \sin \beta + y_1 \cos \beta\end{aligned}$$

```
// Поверните направление движения против вращения робота
double rotX = x * Math.cos(-botHeading) - y * Math.sin(-botHeading);
double rotY = x * Math.sin(-botHeading) + y * Math.cos(-botHeading);
```

Затем эти повернутые значения можно ввести в кинематику месанум, показанную ранее.

```
double denominator = Math.max(Math.abs(rotY) + Math.abs(rotX) + Math.abs(rx), 1);
double frontLeftPower = (rotY + rotX + rx) / denominator;
double backLeftPower = (rotY - rotX + rx) / denominator;
double frontRightPower = (rotY - rotX - rx) / denominator;
double backRightPower = (rotY + rotX - rx) / denominator;
```

Финальный пример кода, ориентированный на поле,

```
package org.firstinspires.ftc.teamcode;
```

```
import com.qualcomm.robotcore.eventloop.opmode.LinearOpMode;
import com.qualcomm.robotcore.hardware.IMU;
import com.qualcomm.robotcore.eventloop.opmode.TeleOp;
import com.qualcomm.robotcore.hardware.DcMotor;
import com.qualcomm.robotcore.hardware.DcMotorSimple;
import com.qualcomm.hardware.rev.RevHubOrientationOnRobot;
import org.firstinspires.ftc.robotcore.external.navigation.AngleUnit;
```

```
@TeleOp
public class FieldCentricMecanumTeleOp extends LinearOpMode {
    @Override
    public void runOpMode() throws InterruptedException {
        // Declare our motors
        // Make sure your ID's match your configuration
        DcMotor frontLeftMotor = hardwareMap.dcMotor.get("frontLeftMotor");
        DcMotor backLeftMotor = hardwareMap.dcMotor.get("backLeftMotor");
        DcMotor frontRightMotor = hardwareMap.dcMotor.get("frontRightMotor");
        DcMotor backRightMotor = hardwareMap.dcMotor.get("backRightMotor");

        // Reverse the right side motors. This may be wrong for your setup.
        // If your robot moves backwards when commanded to go forwards,
        // reverse the left side instead.
        // See the note about this earlier on this page.
        frontRightMotor.setDirection(DcMotorSimple.Direction.REVERSE);
        backRightMotor.setDirection(DcMotorSimple.Direction.REVERSE);

        // Retrieve the IMU from the hardware map
        IMU imu = hardwareMap.get(IMU.class, "imu");
        // Adjust the orientation parameters to match your robot
        IMU.Parameters parameters = new IMU.Parameters(new RevHubOrientationOnRobot(
            RevHubOrientationOnRobot.LogoFacingDirection.UP,
            RevHubOrientationOnRobot.UsbFacingDirection.FORWARD));
        // Without this, the REV Hub's orientation is assumed to be logo up / USB forward
        imu.initialize(parameters);

        waitForStart();

        if (!isStopRequested()) return;

        while (opModeIsActive()) {
            double y = -gamepad1.left_stick_y; // Remember, Y stick value is reversed
            double x = gamepad1.left_stick_x;
            double rx = gamepad1.right_stick_x;

            // This button choice was made so that it is hard to hit on accident,
            // it can be freely changed based on preference.
            // The equivalent button is start on Xbox-style controllers.
            if (gamepad1.options) {
                imu.resetYaw();
            }

            double botHeading = imu.getRobotYawPitchRollAngles().getYaw(AngleUnit.RADIANS);

            // Rotate the movement direction counter to the bot's rotation
            double rotX = x * Math.cos(-botHeading) - y * Math.sin(-botHeading);
            double rotY = x * Math.sin(-botHeading) + y * Math.cos(-botHeading);

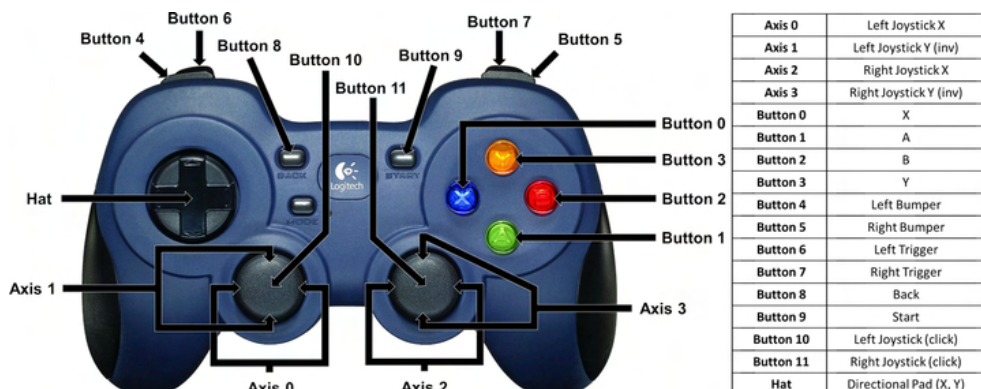
            rotX = rotX * 1; // Counteract imperfect strafing

            // Denominator is the largest motor power (absolute value) or 1
            // This ensures all the powers maintain the same ratio,
            // but only if at least one is out of the range [-1, 1]
            double denominator = Math.max(Math.abs(rotY) + Math.abs(rotX) + Math.abs(rx), 1);
            double frontLeftPower = (rotY + rotX + rx) / denominator;
            double backLeftPower = (rotY - rotX + rx) / denominator;
            double frontRightPower = (rotY - rotX - rx) / denominator;
            double backRightPower = (rotY + rotX - rx) / denominator;

            frontLeftMotor.setPower(frontLeftPower);
            backLeftMotor.setPower(backLeftPower);
            frontRightMotor.setPower(frontRightPower);
            backRightMotor.setPower(backRightPower);
        }
    }
}
```

Использование Геймпада

Макет геймпада



Псевдонимы кнопок

Поскольку контроллеры PS4 и Xbox разрешены FTC®, в FTC SDK есть псевдонимы между названиями кнопок в стиле PS4 и Xbox.

PS4	Xbox
circle	b
cross	a
triangle	y
square	x
share	back
options	start
ps	guide

Логические входные данные

Операционные режимы TeleOp обычно пишутся в итеративном стиле с циклом, содержащим код, который вызывается снова и снова. В соответствии с этой парадигмой простая обработка пользовательского ввода может выглядеть следующим образом

```
if (gamepad1.a) {  
    motor.setPower(1);  
}  
else {  
    motor.setPower(0);  
}
```

В данной ситуации, скорее всего, это делает то, чего хочет водитель: при удержании кнопки мощность двигателя устанавливается равной 1, а в противном случае мощность устанавливается равной 0. Поскольку многократная подача одинаковой мощности на двигатель не влияет на его работу, это работает отлично. Однако проблемы возникают, когда требуется сделать что-то один раз при нажатии кнопки. Например, есть соблазн написать что-то вроде этого, чтобы получить нажатие клавиши a или b для настройки сервопривода.

```
if (gamepad1.a) {  
    servo.setPosition(servo.getPosition()+0.1);  
}  
else if (gamepad1.b) {  
    servo.setPosition(servo.getPosition()-0.1);  
}
```

Однако это будет вести себя непредсказуемо, поскольку при каждом нажатии кнопки setPosition метод будет вызываться несколько раз по мере изменения частоты циклов и продолжительности нажатия кнопки. Есть несколько способов избежать этого, однако все они требуют сравнения состояния геймпада с состоянием геймпада в предыдущем цикле; следовательно, необходимо сохранить его.

Сохранение позиций геймпада

Хотя предыдущее состояние каждого ввода с геймпада может храниться отдельно в переменной, например, boolean previousA, это очень быстро начинает раздражать. К счастью, FTC SDK предоставляет способ копирования состояний геймпада с помощью gamepad.copy(gamepadToCopy).



В дополнение к сохранению состояния геймпада для предыдущей итерации цикла, также сохраняется состояние геймпада для текущей итерации цикла. Это необходимо, потому что, если состояние кнопки всегда считывалось из gamepad1/gamepad2, оно могло меняться между считыванием значения и сохранением предыдущего значения. Это связано с тем, что gamepad1/gamepad2 одновременно обновляется для LinearOpMode, и поэтому может изменяться во время итерации цикла.

В LinearOpMode основанной на телеоператоре программе сохранение текущего и предыдущего состояния геймпада может выглядеть следующим образом:

```
public void runOpMode() {  
    // By setting these values to new Gamepad(), they will default to all  
    // boolean values as false and all float values as 0  
    Gamepad currentGamepad1 = new Gamepad();  
    Gamepad currentGamepad2 = new Gamepad();  
  
    Gamepad previousGamepad1 = new Gamepad();  
    Gamepad previousGamepad2 = new Gamepad();  
  
    // other initialization code goes here  
  
    while (opModeIsActive()) {  
        // Store the gamepad values from the previous loop iteration in  
        // previousGamepad1/2 to be used in this loop iteration.  
        // This is equivalent to doing this at the end of the previous  
        // loop iteration, as it will run in the same order except for  
        // the first/last iteration of the loop.  
        previousGamepad1.copy(currentGamepad1);  
        previousGamepad2.copy(currentGamepad2);  
  
        // Store the gamepad values from this loop iteration in  
        // currentGamepad1/2 to be used for the entirety of this loop iteration.  
        // This prevents the gamepad values from changing between being  
        // used and stored in previousGamepad1/2.  
        currentGamepad1.copy(gamepad1);  
        currentGamepad2.copy(gamepad2);  
  
        // Main teleop loop goes here  
    }  
}
```

Rising Edge Detector(Детектор возрастающих границ)

Наиболее часто используемый метод - это Rising Edge Detector(Детектор возрастающих границ). Он позволяет запускать код только один раз при первоначальном нажатии кнопки, в отличие от каждого цикла, пока она удерживается нажатой. Это работает путем проверки того, что кнопка нажата в данный момент, но не была нажата в предыдущем цикле. Например, внутри цикла телеоперации.:

```
if (currentGamepad1.a && !previousGamepad1.a) {  
    servo.setPosition(servo.getPosition() + 0.1);  
}
```

Это увеличит положение сервопривода ровно на 0,1 на каждое одно нажатие "a".

Falling Edge Detector(Детектор падающих краев)

Очень похожий метод - это Falling Edge Detector(Детектор падающих краев). Он позволяет запускать код только один раз, когда кнопка отпущена, в отличие от каждого цикла, пока она удерживается нажатой. Это работает путем проверки того, что кнопка в данный момент не нажата, но была нажата в предыдущем цикле. Например, внутри цикла телеоперации.:

```
if (!currentGamepad1.b && previousGamepad1.b) {  
    servo.setPosition(servo.getPosition() - 0.1);  
}
```

Это уменьшит положение сервопривода на 0,1 ровно один раз за нажатие "b".

Переключатель

Одним из распространенных вариантов использования детекторов rising edge является управление переключателями. Переключатели могут использоваться для того, чтобы робот мог переключаться между состояниями; например, включать и выключать воздухозаборник. Это можно сделать для любого количества состояний, но чаще всего делается между двумя. Для переключения между двумя состояниями используется детектор восходящего фронта, который устанавливает логическое значение в противоположное, а затем это логическое значение используется для управления действием.

Пример

```
// Rising edge detector  
if (currentGamepad1.a && !previousGamepad1.a) {  
    // This will set intakeToggle to true if it was previously false  
    // and intakeToggle to false if it was previously true,  
    // providing a toggling behavior.  
    intakeToggle = !intakeToggle;  
}  
  
// Using the toggle variable to control the robot.  
if (intakeToggle) {  
    intakeMotor.setPower(1);  
}  
else {  
    intakeMotor.setPower(0);  
}
```

Обратная связь с геймпадом

Обратная связь с геймпадом (т.е. гул и светодиодное управление) может быть полезным способом для роботов сообщать о состоянии гонщику во время матча. Степень, в которой разрешенные геймпады поддерживают эту функциональность, варьируется:

Logitech F310

- Вибрация: отсутствует
- Управление светодиодом(LED Control): отсутствует

Xbox 360

- Вибрация: долгая(whomp whomp) и быстрая(bzzz)
- Управление светодиодом(LED Control): отсутствует

DualShock4 (PS4)

- Вибрация: долгая(whomp whomp) и быстрая(bzzz)
- Управление светодиодом(LED Control): управление световой полосой RGB (сплошной цвет или узор)



Обратная связь с геймпада может использоваться для оповещения водителей о начале эндгейма(последние 30 секунд), о взятии интейка, завершении автоматической настройки и т.д.

Rumble

SDK предоставляет как простой, так и более сложный API для управления rumble в соответствии с желаемым вариантом использования.



- Мощность вибраций задается как значение с плавающей запятой в диапазоне [0.0, 1.0].
- Продолжительность грохота указывается в миллисекундах как целое число. Константа Gamepad.RUMBLE_DURATION_CONTINUOUS может использоваться для указания того, что грохот должен продолжаться до тех пор, пока не будет подана команда на другое действие rumble.



Все действия rumble выполняются асинхронно; т. е. Вызовы функций возвращаются немедленно. Любой вызов rumble API немедленно заменит любое текущее действие rumble. То есть, если вы прикажете геймпаду гроыхать в течение 750 мс, а затем сразу же прикажете гроыхать в течение 250 мс, геймпад будет гроыхать в течение 250 мс с момента подачи второй команды.

Простой API

Самый простой способ управлять rumble: rumble motor 1 на 100% мощности в течение заданного времени:

```
gamepad1.rumble(int durationMs);
```

Если требуется контроль как над вибраций, так и над интенсивностью вибраций:

```
gamepad1.rumble(double rumble1, double rumble2, int durationMs);
```

Чтобы заставить геймпад вибрировать определенное количество “всплесков” (понятие того, что такое “всплеск”, предопределено в SDK):

```
gamepad1.rumbleBlips(int numBlips);
```

Вспомогательные функции:

Функция `public boolean isRumbling()` позволяет сделать обоснованное предположение о том, выполняется ли действие `rumble` на данном геймпаде. Контроллер робота не знает наверняка, продолжается ли действие `rumble` или нет, потому что после отправки команды на станцию водителя станция водителя управляет запуском эффектов геймпада, а контроллер робота отключается.

Функция `public void stopRumble()` может использоваться для остановки любого текущего действия `rumble` на геймпаде (возможно, наиболее полезна в сочетании с непрерывной вибраций).

Расширенный API(усложненная версия)

Для создания более продвинутых режимов вибраций, `RumbleEffect` может быть создан, состоящий из “Шагов”, которые определяют мощность и продолжительность, с которой должен работать каждый мотор. Когда геймпаду дается команда запустить `RumbleEffect`, он выполняет каждый из “Шагов” последовательно.

Для создания `RumbleEffect` необходимо использовать `RumbleEffect.Builder` класс. Конструктор предоставляет `addStep(double rumble1, double rumble2, int durationMs)` функцию, которая используется для добавления шага к последовательности, и `build()` функцию для создания `RumbleEffect` из последовательности шагов.

Использование анонимного экземпляра класса `builder` - это самый лучший способ создания `RumbleEffect`, например:

```
Gamepad.RumbleEffect effect = new Gamepad.RumbleEffect.Builder()
    .addStep(0.0, 1.0, 500) // Rumble right motor 100% for 500 mSec
    .addStep(0.0, 0.0, 300) // Pause for 300 mSec
    .addStep(1.0, 0.0, 250) // Rumble left motor 100% for 250 mSec
    .addStep(0.0, 0.0, 250) // Pause for 250 mSec
    .addStep(1.0, 0.0, 250) // Rumble left motor 100% for 250 mSec
    .build();
```

После создания `RumbleEffect` его можно отправить на геймпад, используя:

```
gamepad1.runRumbleEffect(effect);
```

Управление светодиодом(LED Control)



- Интенсивность светодиодного компонента RGB (т.е. красного, зеленого, синего) задается как значение с плавающей запятой в диапазоне [0.0, 1.0].
- Продолжительность работы светодиода указывается в миллисекундах как целое число. Константа "Gamepad.LED_DURATION_CONTINUOUS" может использоваться для указания того, что светодиод должен оставаться указанного цвета до тех пор, пока не будет выдана другая команда.



Все действия с LED завершаются асинхронно; т. е. вызовы функций возвращаются немедленно. Любой вызов API LED немедленно заменит любое выполняемое в данный момент действие LED. То есть, если вы включите светодиод зеленым на 750 мс, а затем сразу же включите фиолетовый на 250 мс, светодиод будет гореть фиолетовым в течение 250 мс с момента подачи второй команды.

Чтобы установить цвет светодиода на фиксированную продолжительность:

```
gamepad1.setLedColor(double r, double g, double b, int durationMs);
```

Для создания более продвинутого режима работы светодиода, LedEffect может быть создан параметр, состоящий из "Шагов", которые определяют цвет и продолжительность его поддержания. Когда геймпаду дается команда запустить LedEffect, он выполняет каждый из "Шагов" последовательно.

Для создания LedEffect необходимо использовать LedEffect.Builder класс. Конструктор предоставляет addStep(double r, double g, double b, int durationMs) функцию, которая используется для добавления шага к последовательности, и build() функцию для создания LedEffect из последовательности шагов.

Использование анонимного экземпляра класса builder - это самый лучший способ создания LedEffect, например:

```
Gamepad.LedEffect rgbEffect = new Gamepad.LedEffect.Builder()  
    .addStep(1, 0, 0, 250) // Show red for 250ms  
    .addStep(0, 1, 0, 250) // Show green for 250ms  
    .addStep(0, 0, 1, 250) // Show blue for 250ms  
    .addStep(1, 1, 1, 250) // Show white for 250ms  
    .build();
```

После создания сообщения LedEffect его можно отправить на геймпад, используя:

```
gamepad1.runLedEffect(rgbEffect);
```

Использование телеметрии

В SDK есть “телеметрия”, которая может быть отправлена с контроллера робота на станцию водителей для отображения основного текста. Доступ к этой телеметрии осуществляется через Telemetry класс и telemetry переменную, доступную как в режиме OpMode, так и в LinearOpMode.

Написание телеметрии

Для добавления объектов в телеметрию используются два основных метода. addData() принимает два параметра, строку для заголовка, а затем значение, которым может быть любой объект. Затем это выводится на экран телефона в формате caption : value. Эти строки вводятся с помощью клавиш, поэтому добавление дополнительной строки addData() с тем же заголовком переопределит установленное значение.

```
telemetry.addData("Caption 1", 2.5);  
telemetry.addData("Caption 2", "value");
```

Второй метод, используемый для добавления элементов в телеметрию, - это addLine(). Добавить строку можно использовать для добавления строки без параметров или использовать одну строку для добавления в виде строки.

```
telemetry.addLine("This is a line!");
```

Обновление телеметрии

После добавления всех элементов телеметрии (обычно в конце цикла управления режимом), telemetry.update() должен быть вызван. Вызов этого метода передает значения на телефон, поэтому без него телеметрия не будет отображаться на экране телефона. Обратите внимание, что OpMode будет вызываться telemetry.update() автоматически один раз за каждый вызов its loop.



По умолчанию телеметрия обновляется на телефоне только каждые 250 мс. Все звонки на telemetry.update() в течение этого окна будут сохранены и перезаписаны, если повторно вызвать функцию update() по истечении 250 мс. setMsTransmissionInterval() может использоваться для изменения времени ожидания SDK между отправкой обновлений на станцию драйвера.

Энкодеры(Encoders)

Что такое энкодеры?

Очень часто в FTC® вы хотите знать, где что-то находится. Независимо от того, сколько раз повернулось колесо вашей трансмиссии, под каким углом находится ваш рычаг или как далеко продвинулись ваши струнные направляющие, вам могут помочь энкодеры вращения. В FTC энкодером называется любой датчик, который отслеживает угол поворота механизма.

В FTC обычно используются два типа энкодеров: относительные и абсолютные энкодеры. Здесь рассматриваются относительные энкодеры, поскольку они являются более распространенным типом.

Относительные энкодеры

Начиная от встроенного энкодера в каждом легальном двигателе FTC и заканчивая обычными внешними энкодерами, такими как энкодер оборотов через отверстие, эти энкодеры отслеживают относительное положение вала или механизма, к которому они прикреплены. Это означает, что вывод положения осуществляется относительно начального положения при включении робота, что означает потерю информации о положении между циклами включения.



Относительные энкодеры не сбрасываются на ноль в начале OpModes! Вы можете использовать `STOP_AND_RESET_ENCODERS`, чтобы гарантировать, что ваши энкодеры всегда равны нулю в начале операционного режима (см. Ниже).

Все относительные энкодеры в FTC используют "квадратурный" протокол для отправки информации о местоположении в центр расширения. В результате соответствующие энкодеры должны быть подключены к портам энкодера, расположенным рядом с портами двигателя, чтобы функционировать.

Терминология

Count(Количество): "Количество" (иногда называемое "тиками") относится к одному приращению положения энкодера. Относительные энкодеры сообщают о своем положении в виде числа, равного количеству "тиков" или "отсчетов", на которые энкодер отклонился от своего начального угла.

Counts Per Revolution(Количество оборотов): количество "отсчетов", о которых сообщает энкодер после того, как он совершил ровно один оборот. Это значение обычно используется для преобразования "количества" энкодера в градусы или обороты.

Программирование энкодеров

Считывание энкодеров

В программном обеспечении FTC доступ к квадратурным энкодерам и двигателям осуществляется с помощью одного и того же объекта `motor`. Это означает, что мы можем получить доступ к положению энкодера следующим образом:

```
int position = motor.getCurrentPosition();
```

Хотя это удобно при использовании встроенного энкодера двигателя, при использовании внешних энкодеров это может легко привести к путанице. Чтобы использовать внешние энкодеры, вы должны использовать объект motor, связанный с портом. Например, если в порту 1 установлен двигатель с именем "Arm Motor", а внешний энкодер подключен к порту 1 энкодера, вы должны сделать следующее, чтобы получить положение энкодера:

```
DcMotor motor = hardwareMap.dcMotor.get("Arm Motor");
double position = motor.getCurrentPosition();
```

Отлично! Теперь у нас есть относительное положение нашего энкодера, выраженное в количестве "отсчетов" от того, что он считает равным нулю. Однако часто бывает удобно, чтобы кодировщик запускался с нуля в начале операционного режима. Хотя технически это ничего не меняет, это может помочь в отладке и упростить будущий код. Для этого мы можем добавить вызов для сброса энкодеров, прежде чем мы их прочитаем.

```
DcMotor motor = hardwareMap.dcMotor.get("Arm Motor");
motor.setMode(DcMotor.RunMode.STOP_AND_RESET_ENCODER); // Reset the motor encoder
motor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_WITHOUT_ENCODER); // Turn the motor back on when we are done
int position = motor.getCurrentPosition();
```

В качестве примечания, RUN_WITHOUT_ENCODER не отключает энкодер. Вместо этого он сообщает SDK не использовать энкодер двигателя для встроенного контроля скорости. Мы рассмотрим, что это значит, в более позднем разделе, но пока знайте, что это снова включает мотор, чтобы мы могли использовать его после сброса энкодера.

Теперь у нас есть наше положение (в "counts") относительно начального угла энкодера. Мы можем быстро создать программу, чтобы увидеть это в действии. Здесь мы используем энкодер двигателя, подключенный к порту с именем "Arm Motor" в конфигурации оборудования.

```
package org.firstinspires.ftc.teamcode;

import com.qualcomm.robotcore.eventloop.opmode.LinearOpMode;
import com.qualcomm.robotcore.eventloop.opmode.TeleOp;
import com.qualcomm.robotcore.hardware.DcMotor;
@TeleOp
public class EncoderOpMode extends LinearOpMode {
    @Override
    public void runOpMode() throws InterruptedException {
        // Find a motor in the hardware map named "Arm Motor"
        DcMotor motor = hardwareMap.dcMotor.get("Arm Motor");

        // Reset the motor encoder so that it reads zero ticks
        motor.setMode(DcMotor.RunMode.STOP_AND_RESET_ENCODER);

        // Turn the motor back on, required if you use STOP_AND_RESET_ENCODER
        motor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_WITHOUT_ENCODER);

        waitForStart();

        while (opModeIsActive()) {
            // Get the current position of the motor
            int position = motor.getCurrentPosition();

            // Show the position of the motor on telemetry
            telemetry.addData("Encoder Position", position);
            telemetry.update();
        }
    }
}
```

Если вы запустите вышеуказанный операционный режим и повернете энкодер, вы должны увидеть, как значения меняются по мере вашего перемещения. Если вы повернете вал туда, откуда он начинался, вы увидите, что число возвращается к (очень близкому) нулю. В качестве упражнения поверните вал на один полный оборот (360) градусов и запишите число.

Есть еще одна вещь, которую мы можем сделать с энкодерами. Хотя знание количества отсчетов чего-либо перемещаемого полезно, часто требуется другое число, например, количество оборотов энкодера или угол, под которым он находится. Чтобы определить их, нам нужна константа, количество энкодеров за оборот или CPR. Для внешних энкодеров это число часто указывается в техническом описании. Что касается двигателей, то они, как правило, есть на странице продукта, хотя на некоторых двигателях (в первую очередь на ультрапланетной коробке передач Rev) они явно не указаны.



Вы можете рассчитать количество оборотов двигателя, взяв количество оборотов базового двигателя на оборот и умножив его на передаточное число коробки передач. Будьте осторожны, используя при этом фактическое передаточное число коробки передач! Например, ультрапланетный двигатель 5: 1 будет иметь число оборотов $28 * (5.23) = 146.44$, потому что базовый двигатель имеет 28 чисел оборотов, а коробка передач 5: 1 на самом деле имеет передаточное отношение 5.23: 1. Помните, что при использовании двух коробок передач друг над другом вы умножаете передаточные числа друг на друга.

В следующем примере мы разделим положение энкодера на количество оборотов, чтобы получить количество оборотов, которые энкодер совершил. Вы должны заменить [Your Counts Per Revolution Here] на количество оборотов вашего двигателя, указанное на странице продукта или рассчитанное с помощью приведенной выше подсказки.

```
double CPR = [Your Counts Per Revolution Here];

int position = motor.getCurrentPosition();
double revolutions = position/CPR;
```

Есть еще одно число, которое мы можем получить: угол поворота вала. Вычислить это число очень просто. Мы можем умножить количество оборотов на 360 (поскольку за один оборот приходится 360 градусов). Вы могли заметить, что это число может превышать 360, поскольку вал вращается несколько раз. Таким образом, мы вводим нормированный угол, который всегда будет между 0 и 360.

```
double CPR = [Your Counts Per Revolution Here];

int position = motor.getCurrentPosition();
double revolutions = position/CPR;

double angle = revolutions * 360;
double angleNormalized = angle % 360;
```

Собрав все это вместе, мы получаем следующую программу для тестов.

```
package org.firstinspires.ftc.teamcode;

import com.qualcomm.robotcore.eventloop.opmode.LinearOpMode;
import com.qualcomm.robotcore.eventloop.opmode.TeleOp;
import com.qualcomm.robotcore.hardware.DcMotor;
@TeleOp
public class EncoderOpMode extends LinearOpMode {
    @Override
    public void runOpMode() throws InterruptedException {
        // Find a motor in the hardware map named "Arm Motor"
        DcMotor motor = hardwareMap.dcMotor.get("Arm Motor");

        // Reset the motor encoder so that it reads zero ticks
        motor.setMode(DcMotor.RunMode.STOP_AND_RESET_ENCODER);

        // Turn the motor back on, required if you use STOP_AND_RESET_ENCODER
        motor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_WITHOUT_ENCODER);

        waitForStart();

        while (opModeIsActive()) {
            double CPR = [Your Counts Per Revolution Here];

            // Get the current position of the motor
            int position = motor.getCurrentPosition();
            double revolutions = position/CPR;

            double angle = revolutions * 360;
            double angleNormalized = angle % 360;

            // Show the position of the motor on telemetry
            telemetry.addData("Encoder Position", position);
            telemetry.addData("Encoder Revolutions", revolutions);
            telemetry.addData("Encoder Angle (Degrees)", angle);
            telemetry.addData("Encoder Angle - Normalized (Degrees)", angleNormalized);
            telemetry.update();
        }
    }
}
```

Использование двигателей с энкодерами

Мы научились считывать значения энкодера, но как установить, куда вы хотите двигаться, и сообщить двигателю, чтобы он двигался туда?

Ранее мы узнали о режиме RUN_WITHOUT_ENCODER для двигателя. Мы можем использовать другой режим двигателя, RUN_TO_POSITION, чтобы сообщить двигателю о запуске в определенное положение с помощью тактов, например:

```
DcMotor motor = hardwareMap.dcMotor.get("Arm Motor");
motor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_TO_POSITION); // Tells the motor to run to the specific position
```

Однако, прежде чем мы скажем двигателю перейти в определенное положение, мы должны сообщить двигателю, в какое положение ему перейти. **Обратите внимание, что это значение должно быть целым.** Давайте внесем поправки в приведенный выше код, чтобы сделать это.



Установка двигателя в режим RUN_TO_POSITION перед установкой целевого положения выдаст ошибку. Будьте осторожны, не делайте этого!

```
DcMotor motor = hardwareMap.dcMotor.get("Arm Motor");
int desiredPosition = 1000; // The position (in ticks) that you want the motor to move to
motor.setTargetPosition(desiredPosition); // Tells the motor that the position it should go to
motor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_TO_POSITION);
```

Этот код сообщает двигателю перейти на 1000 тактов, используя ПИД-контур для управления положением двигателя. Подробнее о ПИД-контурах вы можете прочитать [здесь](#).

Мы можем ограничить скорость, с которой работает двигатель, используя следующий код:

```
DcMotor motor = hardwareMap.dcMotor.get("Arm Motor");
int desiredPosition = 1000; // The position (in ticks) that you want the motor to move to
motor.setTargetPosition(desiredPosition); // Tells the motor that the position it should go to is des
motor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_TO_POSITION);
motor.setPower(0.5); // Sets the maximum power that the motor can go at
```

Теперь давайте используем эту информацию для управления arm в OpMode.

```
package org.firstinspires.ftc.teamcode.Tests;

import com.qualcomm.robotcore.eventloop.opmode.LinearOpMode;
import com.qualcomm.robotcore.eventloop.opmode.TeleOp;
import com.qualcomm.robotcore.hardware.DcMotor;

@TeleOp
public class ArmOpMode extends LinearOpMode {
    @Override
    public void runOpMode() throws InterruptedException {
        // Position of the arm when it's lifted
        int armUpPosition = 1000;

        // Position of the arm when it's down
        int armDownPosition = 0;

        // Find a motor in the hardware map named "Arm Motor"
        DcMotor armMotor = hardwareMap.dcMotor.get("Arm Motor");

        // Reset the motor encoder so that it reads zero ticks
        armMotor.setMode(DcMotor.RunMode.STOP_AND_RESET_ENCODER);

        // Sets the starting position of the arm to the down position
        armMotor.setTargetPosition(armDownPosition);
        armMotor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_TO_POSITION);
        waitForStart();

        while (opModeIsActive()) {
            // If the A button is pressed, raise the arm
            if (gamepad1.a) {
                armMotor.setTargetPosition(armUpPosition);
                armMotor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_TO_POSITION);
                armMotor.setPower(0.5);
            }

            // If the B button is pressed, lower the arm
            if (gamepad1.b) {
                armMotor.setTargetPosition(armDownPosition);
                armMotor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_TO_POSITION);
                armMotor.setPower(0.5);
            }

            // Get the current position of the armMotor
            double position = armMotor.getCurrentPosition();

            // Get the target position of the armMotor
            double desiredPosition = armMotor.getTargetPosition();

            // Show the position of the armMotor on telemetry
            telemetry.addData("Encoder Position", position);

            // Show the target position of the armMotor on telemetry
            telemetry.addData("Desired Position", desiredPosition);
            telemetry.update();
        }
    }
}
```

Bulk Reads- это команда LYNX, которая считывает все значения датчиков (кроме I2C) на концентраторе одновременно. Выполнение этой команды занимает столько же времени, сколько и любой другой команды LYNX, и, следовательно, может сэкономить много времени в цикле выполнения; при Bulk Reads считывание десяти датчиков занимает столько же времени, сколько считывание одного датчика (если они не I2C и находятся на одном хабе).

Это стало намного проще делать с SDK версий 5.4 и выше, благодаря встроенному способу легкого доступа к нему. [Вот официальный пример Bulk Reads](#)

Выключенный режим

Это значение по умолчанию и самое скучное; это означает, что массовое чтение не используется SDK при вызове обычных методов аппаратного доступа.

Чтобы вручную установить "OFF"(Выключенный) режим, вам необходимо запустить следующий код:

```
List<LynxModule> allHubs = hardwareMap.getAll(LynxModule.class);

for (LynxModule hub : allHubs) {
    hub.setBulkCachingMode(LynxModule.BulkCachingMode.OFF);
}
```

Автоматический режим

Это самый простой в использовании режим, использующий массовое чтение; новое массовое чтение выполняется при повторении аппаратного чтения. В качестве примера этого.

```
List<LynxModule> allHubs = hardwareMap.getAll(LynxModule.class);

for (LynxModule hub : allHubs) {
    hub.setBulkCachingMode(LynxModule.BulkCachingMode.AUTO);
}

while (opModeIsActive()) {
    // Will run one bulk read per cycle; however, if e.g.
    // frontLeftMotor.getCurrentPosition() was called again,
    // a new bulk read would be issued
    int frontLeftEncoderPos = frontLeftMotor.getCurrentPosition();
    int frontRightEncoderPos = frontRightMotor.getCurrentPosition();
    int backLeftEncoderPos = backLeftMotor.getCurrentPosition();
    int backRightEncoderPos = backRightMotor.getCurrentPosition();
}
```

Однако это может быть проблематично, если одно и то же аппаратное чтение вызывается более одного раза в заданном цикле; пример этого

```
List<LynxModule> allHubs = hardwareMap.getAll(LynxModule.class);

for (LynxModule hub : allHubs) {
    hub.setBulkCachingMode(LynxModule.BulkCachingMode.AUTO);
}

while (opModeIsActive()) {
    // Will run two bulk read per cycles,
    // as frontLeftMotor.getCurrentPosition() is called twice
    int frontLeftEncoderPos = frontLeftMotor.getCurrentPosition();
    int frontLeftEncoderPos2 = frontLeftMotor.getCurrentPosition();
}
```

В целом, это рекомендуется, поскольку маловероятно, что это что-то испортит и может дать значительное улучшение производительности при небольших усилиях. На стороне пользователя нет необходимости вручную очищать кэш массового чтения; однако это означает, что вы теряете некоторый контроль.

Ручной режим

В ручном режиме кэш для массового чтения сбрасывается только после ручного сброса. Это может быть полезно, поскольку позволяет полностью свести к минимуму посторонние чтения, однако, если кэш не сбрасывается, будут возвращены устаревшие значения. Как уже говорилось, вот правильная реализация MANUAL режима

```
List<LynxModule> allHubs = hardwareMap.getAll(LynxModule.class);

for (LynxModule hub : allHubs) {
    hub.setBulkCachingMode(LynxModule.BulkCachingMode.MANUAL);
}

while (opModeIsActive()) {
    // Will run one bulk read per cycle,
    // even as frontLeftMotor.getCurrentPosition() is called twice
    // because the caches are being handled manually and cleared
    // once a loop
    for (LynxModule hub : allHubs) {
        hub.clearBulkCache();
    }

    int frontLeftEncoderPos = frontLeftMotor.getCurrentPosition();
    int frontLeftEncoderPos2 = frontLeftMotor.getCurrentPosition();
}
```

Computer Vision(работа с распознаванием)

Computer Vision - это процесс использования компьютеров для понимания цифровых изображений, таких как фотографии и видео. Computer Vision обеспечивает распознавание объектов, которое обычно требуется в FTC®.

В настоящее время существует 3 наиболее часто используемых формы Computer Vision: TensorFlow Lite, AprilTags и OpenCV (через VisionPortal / EasyOpenCV).

Официально поддерживаемые решения

TensorFlow

TensorFlow - это технология машинного обучения Google, которую можно обучить обнаруживать объекты. В FTC SDK используется TensorFlow Lite, облегченная версия Google TensorFlow, предназначенная для работы на мобильных устройствах. Наряду с поддержкой Android Studio и OnBot, TensorFlow имеет поддержку блоков, что делает его хорошим выбором для большинства команд.

Примеры операционных режимов для TensorFlow, используемых для обнаружения пикселей (CENTERSTAGE), можно найти [здесь](#) (Блоки), а пример Java можно найти [здесь](#).

FIRST® выпустила инструмент под названием FTC-ML для обучения вашей собственной модели TensorFlow Lite для обнаружения пользовательских объектов. Подробную информацию о FTC-ML можно найти в [документаций FTC](#).

AprilTags

AprilTags распознают определенные черно-белые изображения с низким разрешением, которые размещены на различных участках поля. AprilTags - отличный способ определять определенные части полей под большими углами, на большом расстоянии и в различных условиях освещения. AprilTags поддерживаются в OnBot Java, Android Studio и Blocks.

Вы можете узнать больше о внедрении AprilTags в [документаций FTC](#). Поддерживаемые изображения AprilTag доступны в [этом PDF-файле](#).

VisionPortal

Представленный вместе с FTC SDK версии 8.2, API VisionPortal интегрирует проект EasyOpenCV в FTC SDK. С помощью VisionPortal вы можете подключить несколько процессоров видения к одной камере. VisionProcessors - это простой способ создания конвейеров OpenCV, который позволяет применять пользовательские манипуляции и обработку к каждому входящему кадру. VisionPortal - самая мощная форма компьютерного зрения, но она также и самая сложная в использовании. Поэтому мы можем рекомендовать ее только более продвинутым командам.

Дополнительные ресурсы

Симулятор EasyOpenCV

EasyOpenCV Simulator - это простой способ протестировать ваши конвейеры непосредственно на вашем компьютере. Он поддерживает Windows, macOS и Linux и имитирует часть структуры FTC SDK, включая VisionPortal API, позволяя вам копировать и вставлять конвейеры.

Вы можете найти EasyOpenCV Simulator [здесь](#).

Панель управления FTC®

FTC Dashboard запускает веб-страницу панели мониторинга в центре управления, которая, помимо прочего, транслирует предварительный просмотр подключенной камеры в режиме реального времени. Это очень полезный инструмент для тестирования и отладки приложений vision.

Вы можете найти панель управления FTC [здесь](#).

Scrcpy

Scrcpy - это простой способ отображения устройств Android, подключенных через USB, и управления ими. Он поддерживает Linux, Windows и macOS, обеспечивает низкую задержку, требует мало ресурсов и обладает высокой производительностью. Это чрезвычайно полезно для отладки кода vision на центре управления, поскольку это позволит вам видеть выходные данные камеры практически в режиме реального времени. Его также можно использовать с телефоном-роботом-контроллером, однако выходные данные камеры видны на экране телефона.

Вы можете найти scrcpy [здесь](#).

Контур управления(Control loops)

Контур управления - это программное обеспечение, используемое для быстрого и контролируемого управления системами передачи энергии (такими как трансмиссия или линейный привод). Контур управления не только позволяет быстро запускать механизмы, не опасаясь потери контроля, во многих случаях они помогают сохранить долговечность механизмов за счет уменьшения быстрой смены прилагаемого напряжения двигателя.

Что такое ошибка?

Первое, что необходимо определить при обсуждении контуров управления, - это понятие ошибки.

Ошибка определяется как разница между тем, где вы находитесь, и тем, где вы хотите быть. Допустим, вы приказываете трансмиссии двигаться со скоростью 30 дюймов в секунду, но на самом деле в данный момент трансмиссия движется со скоростью 28 дюймов в секунду. Поскольку $30 - 28 = 2$, погрешность скорости трансмиссии в данный момент T составляет 2 дюйма в секунду. Другими словами, за раз $t=T$, $e(t)=2$.

PID

ПИД-контроллер (или пропорционально-интегральный производный контроллер) - это контур управления, который использует исключительно ошибки для управления системой. PID - это форма контура управления с обратной связью, или управления с замкнутым контуром. Это означает, что данные о переменной, которой вы управляете, необходимы для того, чтобы цикл мог управлять этой переменной. В этом случае информация об ошибке системы требуется для управления системой с помощью ПИД-регулятора.

Необязательный математический анализ

Следующее уравнение представляет собой строгое математическое определение выходного сигнала ПИД-регулятора f в любой момент времени t :

$$f(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

где K_p , K_i и K_d являются константами, а $e(t)$, как упоминалось ранее, является ошибкой в системе.

Если у вас нет опыта работы с математическим анализом, не волнуйтесь; хотя PID в корне основан на математическом анализе, вам не нужно никакого опыта работы с математическим анализом, чтобы понять его, только базовую алгебру. Тем не менее, вам по-прежнему настоятельно рекомендуется прочитать остальную часть раздела, независимо от опыта работы с математикой, поскольку сама формула не объяснит вам, почему она работает.

Упрощение формулы PID

Вот упрощенная версия формулы PID: $f(t) = K_p P(t) + K_i I(t) + K_d D(t)$

Все, что мы сделали, это просто взяли полную формулу и заменили часть членов функциями: P(t), I(t), and D(t)

Пропорциональное выражение

Первый компонент функции, $K_p P(t)$, безусловно, самый простой и понятный, поскольку $P(t)=e(t)$. Для примера давайте представим, что $K_i=0$ и $K_d=0$ (ПИД-регулятор только с пропорциональной константой известен как Р-контроллер). Как будет вести себя система? Что ж, если ошибка большая, результат будет большим. Аналогично, если ошибка маленькая, результат будет маленьким. Кроме того, в идеале, при наличии достаточного времени система всегда приближается к месту назначения, предполагая, что K_p имеет правильный знак.

Допустим, мы применим это к трансмиссии. Вы хотите проехать определенное расстояние D, и вы решаете настроить мощность своего двигателя с помощью Р-контроллера для достижения этой цели. В данном случае ваша ошибка заключается в том, насколько далеко робот находится от желаемого местоположения. Когда вы начинаете двигаться вперед, ваша ошибка велика, поэтому вы двигаетесь вперед быстро, что желательно. В конце концов, вас пока не беспокоит промах мимо цели, если вы находитесь далеко от нее.

Но по мере того, как расстояние робота до цели будет приближаться к 0, вы начнете замедляться, получая больший контроль над роботом. В идеале, как только ошибка будет равна нулю, робот остановится, и вы достигнете места назначения. Если вы допустите промах, ошибка станет отрицательной, и робот вернется назад, повторив процесс.

Производное выражение

Этот термин, $(K_d D(t))$, предназначен для снижения скорости изменения ошибки. Другими словами, он пытается сохранить ошибку постоянной. Как это делается?

Что ж, для тех из вас, кто разбирается в математике, $D(t)=de(t)dt$. Для тех, у кого нет опыта работы с математикой, это показывает, насколько быстро меняется ошибка. Графически, D(t) это просто наклон ошибки в любой момент времени t.

Этот наклон можно рассчитать, отслеживая ошибку на протяжении последовательных итераций цикла управления. За раз выполняется одна итерация t_n с ошибкой $e(t_n)$. На следующей итерации время составляет t_{n+1} с ошибкой $e(t_{n+1})$. Таким образом, чтобы найти D(t), просто найдите наклон $e(t)$ с учетом этих двух точек.

Псевдокод PID

```
while True:
    current_time = get_current_time()
    current_error = desire_position-current_position

    p = k_p * current_error

    i += k_i * (current_error * (current_time - previous_time))

    if i > max_i:
        i = max_i
    elif i < -max_i:
        i = -max_i

    d = k_d * (current_error - previous_error) / (current_time - previous_time)

    output = p + i + d

    previous_error = current_error
    previous_time = current_time
```

Тюнинг ПИД-контура

Самое важное, что нужно знать при настройке ПИД-контура, - это то, как каждый из элементов влияет на выходной сигнал. Это позволит вам увидеть, какие усиления необходимо отрегулировать.

Например, если цель не достигнута, но вместо этого заданное значение начинает колебаться вокруг цели, это означает, что усиления D недостаточно. Если цель в конечном итоге достигнута, хотя и очень медленно, это означает, что усиления P недостаточно или усиление D слишком велико.

Вкратце, переменная P приближает ошибку к нулю, переменная I корректирует ошибку установившегося режима, а переменная D ослабляет влияние переменной P, тем более что ошибка приближается к нулю, что предотвращает превышение.

Наиболее распространенный метод настройки ПИД-регулятора заключается в следующем:

Установите коэффициенты усиления I и D равными нулю

Увеличивайте коэффициент усиления P до тех пор, пока вокруг цели не появятся колебания

Увеличивайте коэффициент усиления D до тех пор, пока не исчезнет перерегулирование

При возникновении ошибки в установившемся режиме увеличивайте коэффициент усиления I до тех пор, пока она не будет исправлена

Важно отметить, что большинству систем не требуется ни I, ни D-управление. Как правило, системам без особых трений не нужен I-термин, но потребуется больше D-управления. Системы с большим трением, с другой стороны, обычно не нуждаются в D-контроле, потому что трение способствует замедлению, но нуждаются в I-контроле, потому что в противном случае трение мешает системе достичь цели.

Для более подробного объяснения, [нажмите здесь](#)

Встроенный ПИД-контроллер

В ситуациях, когда необходимо контролировать скорость или положение отдельного двигателя, можно использовать встроенный ПИД-регулятор. ПИД можно включить, изменив режим запуска на RUN_USING_ENCODER.

Официальную документацию по встроенному ПИД-контроллеру [смотрите здесь](#)

Debugging(Отладка) встроенного ПИД-регулятора

Проблема	Решение
Двигатель работает на полной скорости независимо от заданного значения скорости	В большинстве случаев это происходит, когда происходит одно из двух событий: # 1: Ваш энкодер подключен неправильно. Диагностика: Запишите положение вашего энкодера в телеметрию, если положение колеблется между 0 и 1, убедитесь, что у вас правильный кабель и он правильно установлен.
	# 2: Ваш мотор работает не в том направлении. Диагностика: Запишите свою скорость в телеметрию, если у вас положительная контрольная скорость, а на выходе отрицательная, или наоборот, значит, ваш двигатель подключен в обратном направлении.
Двигатель не разгоняется до полной скорости при <code>.setPower</code>	Используйте <code>.setVelocity</code> метод как часть DcMotorEx или используйте RUN_WITHOUT_ENCODER с внешним ПИД-регулятором.

Частота дискретизации ПИД-регулятора

Для команд, которые хотят получить максимальную производительность от своего ПИД-регулятора, важно учитывать частоту дискретизации контроллера. Частота дискретизации - это когда контроллер обновляет свой выходной сигнал с учетом новых данных датчика. Более высокие частоты дискретизации обеспечивают более стабильное управление и позволяют использовать более значительные коэффициенты PID для сокращения времени установления. Посмотрите это [видео](#), чтобы увидеть, как частота дискретизации влияет на стабильность в практическом примере управления двигателем. Встроенный ПИД-контроллер заблокирован на частоте обновления 20 Гц (частота дискретизации 50 мс). Многие ведущие команды FTC оптимизируют свои контуры роботов для работы на частоте до 80 Гц, добиваясь гораздо более стабильного управления с помощью внешнего PID.

Прямое управление

Прямое управление - это метод, известный как управление с “разомкнутым контуром”. Это противоположно управлению с замкнутым контуром, и основное отличие заключается в том, что feedforward не использует активно датчики для управления системой. Вместо этого он “предсказывает” желаемый ввод на основе модели.

Обычно прямая связь используется либо для контроля скорости изменений, либо для борьбы с известными помехами в вашей системе.

Feedforward очень мощный, потому что он невосприимчив к шуму или другим ошибкам датчиков. Это потому, что он не проводит активные измерения системы, а вместо этого предсказывает желаемый входной сигнал. Однако это также означает, что он не очень хорош для исправления ошибок. Вот почему его часто используют в сочетании с контроллером с замкнутым контуром, таким как PID.

Модель прямой связи Kv Ka

Наиболее распространенной прямой связью, используемой такими библиотеками, как road-runner, является модель прямой связи Kv-Ka:

$$f(t) = K_v \cdot \text{Velocity} + K_a \cdot \text{Acceleration}$$

Где K_v это прирост скорости, K_a - это прирост ускорения, и $f(t)$ это прямой вывод, отправляемый на ваши двигатели.

Эти коэффициенты усиления можно оценить, предоставив контроллеру серию входных сигналов с постепенным увеличением (например, рассчитанных с помощью профиля движения), измерив выходные данные, а затем изменяя эти коэффициенты усиления до тех пор, пока робот не будет соответствовать желаемому движению.

Псевдокод прямой связи Kv Ka

```
while True:
    targetVelocity = getTargetVelocity(time)
    targetAcceleration = getTargetAcceleration(time)
    output = targetVelocity * Kv + targetAcceleration * Ka;
```

Прямая связь со статическим трением

В каждой системе обязательно должно быть определенное статическое трение. Это означает, что механизм робота не будет двигаться, пока не будет приложено определенное количество энергии. Это можно смоделировать, добавив постоянный член прямой связи в направлении, в котором вы хотите двигаться.

```
error = desire_position - current_position;
sign = signum(error) # sign of error, will be -1, 0, or 1
output = sign * staticFriction + PID(error); # PID Controller + Friction Feedforward
```

Finite State Machines(Конечные автоматы)

Конечные автоматы (FSM) часто используются при программировании, чтобы обеспечить выполнение более сложных серий действий. Это особенно полезно, когда требуется одновременное выполнение нескольких задач, поскольку позволяет задачам нелинейно зависеть от выполнения друг друга.

Что такое конечный автомат?

Название конечного автомата является очень описательным; это конечный автомат с конечным числом состояний. Он может находиться в одном состоянии одновременно и может перейти в другое состояние, как только что-то произойдет. Приведенный в [Википедии](#) пример турникета очень хорошо объясняет концепцию.

Реализация

Наивная реализация

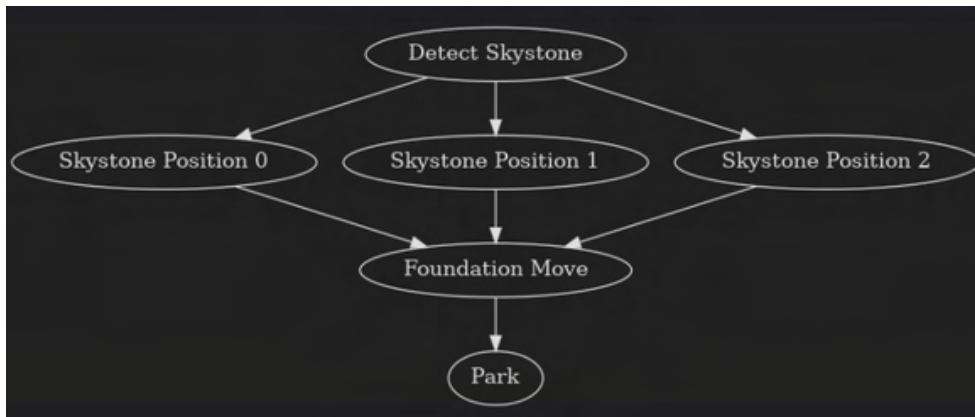
Программисты, впервые знакомясь с FSM, довольно часто пытаются их использовать. Часто они пытаются применить FSM к своим автономным программам, разделяя свои автономные программы на гигантские switch операторы, и часто это выглядит примерно так:

```
while (opModeIsActive()) {
    switch (state) {
        case DETECT_SKYSTONE:
            // skystone detection code here
            int position = detectSkystone();

            if (position == 0) {
                state = SKYSTONE_POS_0;
            }
            else if (position == 1) {
                state = SKYSTONE_POS_1;
            }
            else {
                state = SKYSTONE_POS_2;
            }
            break;
        case SKYSTONE_POS_0:
            // skystone position 0 here
            doSkystone(0);
            state = MOVE_FOUNDATION;
            break;
        case SKYSTONE_POS_1:
        case SKYSTONE_POS_2:
            // etc etc
            break;
        case MOVE_FOUNDATION:
            // foundation move code
            state = PARK;
            break;
        case PARK:
            // park the bot
            break;
    }
}
```

Однако на самом деле это не имеет никаких преимуществ по сравнению с тем, если бы программист просто разделил каждый из сегментов кода на функции и выполнил их по порядку. На самом деле, часто программисты структурируют свой код подобным образом, вместо того чтобы разбивать его на функции. В результате получается автономная система, которую сложнее отлаживать и, в конечном итоге, сложнее исправить на лету во время соревнований или другого дефицита времени.

Если бы кто-то нарисовал диаграмму перехода состояний для каждого из состояний, для приведенного выше *autonomus* она была бы очень линейной, и переходы состояний всегда происходят, потому что раздел кода завершен:



Фактически, во многих реализациях выполнение переходов состояний по любой другой причине часто затруднено, потому что код выполняется линейно и находится только в цикле для повторного запуска операторов *switch*. (Часто это означает, что коду трудно реагировать на запрос остановки в середине автономной работы.)

Полезная информация для реализации

FSM - подходящий инструмент для использования, когда роботу необходимо выполнять несколько задач одновременно; распространенный пример этого - когда робот должен иметь автоматизацию в *teleop*, но при этом иметь контроль над трансмиссией.

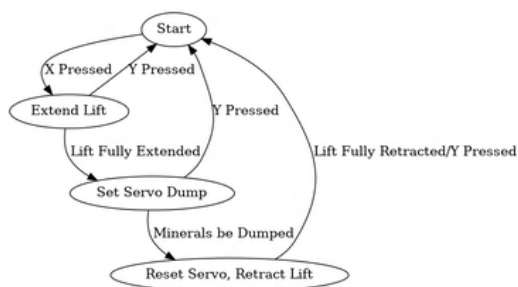
Часто у команд возникают проблемы из-за того, что их телеоператор выполняется в цикле, а их серво-логика отключена. Но мы можем избежать этого, если напишем код асинхронным способом - где вместо ожидания завершения задачи перед выполнением следующей задачи задачи выполняются одновременно, и состояние каждой задачи проверяется без остановки выполнения других задач.

Примером этого могло бы быть то, что если бы у кого-то был робот, похожий на робота Ruckus от Gluten Free, и кто-то хотел автоматизировать подсчет очков, чтобы водителям не приходилось думать, пока бот вносит минералы. В этом упражнении для нас важны две части бота: наклонный подъемник для подсчета очков и сервопривод, который наклоняет самосвал, чтобы минералы высыпались. Цель состоит в том, чтобы иметь возможность нажать кнопку, и тогда бот будет:

- выдвигать лифт,
- подождите, пока выпадут элементы,
- верните сервопривод в исходное положение
- уберите лифт

Если водители нажмут определенную кнопку other, мы прекратим выполнение описанных выше действий в качестве меры предосторожности - на случай, если робот каким-то образом сломается и водителям потребуется перейти на ручное управление. Тем не менее, водители по-прежнему должны иметь возможность управлять нашей трансмиссией, чтобы мы могли вносить коррективы. Сейчас, конечно, это немного упрощено (и, вероятно, не совсем то, что делала GF), но пока сойдет.

Прежде чем что-либо программировать, может быть полезно нарисовать диаграмму состояния, чтобы лучше понять, что мы, роботы, на самом деле должны делать. Это также может дополнить представление о награде за контроль.



Теперь давайте перейдем к реальной реализации кода для этого. В традиционном OpMode, который обычно используется для телеоперации, код многократно выполняется в loop() функции, поэтому вместо ожидания непосредственного перехода состояния код будет повторно проверять при каждом loop() вызове, должен ли он выполнять переход состояния. Этот вид шаблона “обновить наше состояние” не позволяет коду блокировать выполнение остальной части loop() кода, такого как трансмиссия.

Продолжение на следующей странице

```

/*
 * Some declarations that are boilerplate are
 * skipped for the sake of brevity.
 * Since there are no real values to use, named constants will be used.
 */

@TeleOp(name="FSM Example")
public class FSMExample extends OpMode {
    // An Enum is used to represent lift states.
    // (This is one thing enums are designed to do)
    public enum LiftState {
        LIFT_START,
        LIFT_EXTEND,
        LIFT_DUMP,
        LIFT_RETRACT
    };

    // The liftState variable is declared out here
    // so its value persists between loop() calls
    LiftState liftState = LiftState.LIFT_START;

    // Some hardware access boilerplate; these would be initialized in init()
    // the lift motor, it's in RUN_TO_POSITION mode
    public DcMotorEx liftMotor;

    // the dump servo
    public Servo liftDump;
    // used with the dump servo, this will get covered in a bit
    ElapsedTime liftTimer = new ElapsedTime();

    final double DUMP_IDLE; // the idle position for the dump servo
    final double DUMP_DEPOSIT; // the dumping position for the dump servo

    // the amount of time the dump servo takes to activate in seconds
    final double DUMP_TIME;

    final int LIFT_LOW; // the low encoder position for the lift
    final int LIFT_HIGH; // the high encoder position for the lift

    public void init() {
        liftTimer.reset();

        // hardware initialization code goes here
        // this needs to correspond with the configuration used
        liftMotor = hardwareMap.get(DcMotorEx.class, "liftMotor");
        liftDump = hardwareMap.get(Servo.class, "liftDump");

        liftMotor.setTargetPosition(LIFT_LOW);
        liftMotor.setMode(DcMotor.RunMode.RUN_TO_POSITION);
    }

    public void loop() {
        liftMotor.setPower(1.0);

        switch (liftState) {
            case LIFT_START:
                // Waiting for some input
                if (gamepad1.x) {
                    // x is pressed, start extending
                    liftMotor.setTargetPosition(LIFT_HIGH);
                    liftState = LiftState.LIFT_EXTEND;
                }
                break;
            case LIFT_EXTEND:
                // check if the lift has finished extending,
                // otherwise do nothing.
                if (Math.abs(liftMotor.getCurrentPosition() - LIFT_HIGH) < 10) {
                    // our threshold is within
                    // 10 encoder ticks of our target.
                    // this is pretty arbitrary, and would have to be
                    // tweaked for each robot.

                    // set the lift dump to dump
                    liftDump.setTargetPosition(DUMP_DEPOSIT);

                    liftTimer.reset();
                    liftState = LiftState.LIFT_DUMP;
                }
                break;
            case LIFT_DUMP:
                if (liftTimer.seconds() >= DUMP_TIME) {
                    // The robot waited long enough, time to start
                    // retracting the lift
                    liftDump.setTargetPosition(DUMP_IDLE);
                    liftMotor.setTargetPosition(LIFT_LOW);
                    liftState = LiftState.LIFT_RETRACT;
                }
                break;
            case LIFT_RETRACT:
                if (Math.abs(liftMotor.getCurrentPosition() - LIFT_LOW) < 10) {
                    liftState = LiftState.LIFT_START;
                }
                break;
            default:
                // should never be reached, as liftState should never be null
                liftState = LiftState.LIFT_START;
        }

        // small optimization, instead of repeating ourselves in each
        // lift state case besides LIFT_START for the cancel action,
        // it's just handled here
        if (gamepad1.y && liftState != LiftState.LIFT_START) {
            liftState = LiftState.LIFT_START;
        }

        // mecanum drive code goes here
        // But since none of the stuff in the switch case stops
        // the robot, this will always run!
        updateDrive(gamepad1, gamepad2);
    }
}

```

Кинематика

Кинематика - это применение геометрии для управления различными механизмами роботов. Уравнения кинематики используются для управления механизмами путем предоставления определенных входных данных для достижения желаемого результата.

Многие уравнения кинематики здесь взяты из Controls Engineering на FIRST соревновании по робототехнике (книга) и Mobile Robot Kinematics for FTC (документ), которые содержат соответствующие выводы. Хотя здесь приведены только уравнения кинематики танка (дифференциальный привод) и mecanum, эти источники также содержат выводы для других механизмов, таких как измерение поворота и пробуксовки колес.

Прямая и обратная кинематика

Механизмы могут иметь разные наборы уравнений для их прямой и обратной кинематики. Прямая кинематика - это уравнения, используемые для определения состояния системы с учетом состояния ее выходных данных, тогда как обратная кинематика определяет выходные данные системы с учетом желаемого состояния. Например, в трансмиссии прямая кинематика будет определять скорость тела робота на основе индивидуальных скоростей колес, тогда как обратная кинематика будет определять требуемые скорости колес для желаемой скорости тела.

Танк (дифференциальный привод)

Танк, или дифференциальный привод, представляет собой трансмиссию, состоящую из двух пар колес по обе стороны от робота с независимым приводом. Они описаны более подробно в Танк (Skid-Steer) Раздел "Трансмиссии".

Переменные

В этом разделе используются следующие переменные.

- v_r обозначает линейную скорость вращения правого колеса (колес)
- v_l обозначает линейную скорость вращения левого колеса (колес)
- v_f обозначает поступательную скорость робота относительно самого себя
- ω обозначает скорость вращения робота в радианах в секунду
- r_b обозначает базовый радиус гусеницы или расстояние между колесом и центром робота (половина расстояния между колесами)

Прямая кинематика

Кинематика движения вперед танкового привода соотносит скорость вращения колес со скоростью движения вперед и скоростью вращения робота относительно самого себя. Поступательная скорость v_f и скорость вращения ω равна:

$$v_f = \frac{v_r + v_l}{2}$$
$$\omega = \frac{v_r - v_l}{2r_b}$$

Обратная кинематика

Обратная кинематика привода танка соотносит желаемую скорость робота со скоростью, требуемой от колес. Эти скорости следующие:

$$\begin{aligned}v_r &= v_f + r_d \cdot \omega \\v_l &= v_f - r_d \cdot \omega\end{aligned}$$

Меканум драйв

Переменные

Кинематика “Mecanum” использует те же переменные, что и дифференциальный привод, за исключением переменных скорости четырех колес и дополнительного вектора скорости робота для изменения скорости слева направо.

- v_{fr} обозначает линейную скорость вращения переднего (ведущего) правого колеса
- v_{br} обозначает линейную скорость заднего (замыкающего) правого колеса
- v_{fl} обозначает линейную скорость переднего (ведущих) левого колеса (колес)
- v_{bl} обозначает линейную скорость заднего (задних) левого колеса (колес)
- v_f обозначает поступательную скорость робота относительно самого себя.
- v_s обозначает прямую (боковую) скорость робота относительно самого себя.
- ω обозначает скорость вращения робота в радианах в секунду
- r_b представляет базовый радиус гусеницы или расстояние между колесом и центром робота (половина расстояния между колесами)

Прямая кинематика

Кинематика движения вперед привода mecanum соотносит скорость колес со скоростями движения вперед, поперек и вращения робота относительно самого себя.

Они следующие:

$$\begin{aligned}v_f &= \frac{v_{fr} + v_{fl} + v_{br} + v_{bl}}{4} \\v_s &= \frac{v_{bl} + v_{fr} - v_{fl} - v_{br}}{4} \\ \omega &= \frac{v_{br} + v_{fr} - v_{fl} - v_{bl}}{4 * 2r_b}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v_{fl} &= v_f - v_s - (2r_b \cdot \omega) \\v_{bl} &= v_f + v_s - (2r_b \cdot \omega) \\v_{br} &= v_f - v_s + (2r_b \cdot \omega) \\v_{fr} &= v_f + v_s + (2r_b \cdot \omega)\end{aligned}$$

Обратная кинематика

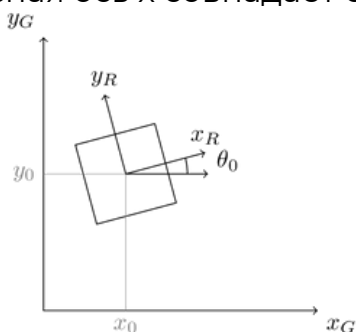
Обратная кинематика привода mecanum соотносит желаемую скорость робота со скоростью, требуемой для колес. Они следующие:

Одометрия

Одометрия - это форма локализации, которая использует данные от датчиков, таких как энкодеры, для определения предполагаемого положения относительно начальной точки. Локализация - это средство определения местоположения бота в определенный момент времени. Одометрия особенно полезна в автономных программах, поскольку позволяет упростить выполнение различных задач на поле благодаря пониманию своей позиции.

Позиция

Мы имеем в виду позу, которая представляет собой положение некоторого тела (например, бота), обычно в контексте двумерного пространства, поскольку движение робота обычно ограничено одной плоскостью. Мы обозначаем позу робота как $x \rightarrow$. Поза содержит две записи: положение робота и направление движения; положение обычно указывается в декартовых координатах, поэтому поза может быть представлена с помощью x , y и θ . "Направление" - это термин, обозначающий направление, в котором обращена передняя часть робота. Из-за этого система координат робота настроена таким образом, что глобальная ось x совпадает с направлением 0 .



Мы можем сослаться на текущую позу ($x \rightarrow 0$) робота как (x_0, y_0, θ_0) . Это просто причудливое обозначение точки на поле (x_0, y_0) с заданной ориентацией робота – заголовком θ_0 . Поза обычно имеет некоторое начальное значение в системе координат.

Как найти изменение положения

Чтобы определить текущее местоположение робота и обновить его позу, изменение должно быть рассчитано с использованием данных, считываемых с датчиков. У робота будет три возможных датчика, которые вы сможете использовать: два, которые расположены параллельно телу робота в x -направлении, и один, который выровнен с y -направлением движения (перпендикулярно ведущим колесам).

Угол наклона и смещение

Смещение (или изменение положения) левого сенсора составляет Δx_l , а смещение правого сенсора - Δx_r . Поперечное расстояние между этими двумя датчиками называется шириной колеи и обозначается как L . Это очень важно для определения угла приближения к повороту. Это значение необходимо будет настроить, что означает многократное тестирование, а затем довести до некоторого сходящегося значения, близкого к фактическому измерению.

Одометрия псевдокод

```
while robot_is_active():
    delta_left_encoder_pos = left_encoder_pos - prev_left_encoder_pos
    delta_right_encoder_pos = right_encoder_pos - prev_right_encoder_pos
    delta_center_encoder_pos = center_encoder_pos - prev_center_encoder_pos

    phi = (delta_left_encoder_pos - delta_right_encoder_pos) / trackwidth
    delta_middle_pos = (delta_left_encoder_pos + delta_right_encoder_pos) / 2
    delta_perp_pos = delta_center_encoder_pos - forward_offset * phi

    delta_x = delta_middle_pos * cos(heading) - delta_perp_pos * sin(heading)
    delta_y = delta_middle_pos * sin(heading) + delta_perp_pos * cos(heading)

    x_pos += delta_x
    y_pos += delta_y
    heading += phi

    prev_left_encoder_pos = left_encoder_pos
    prev_right_encoder_pos = right_encoder_pos
    prev_center_encoder_pos = center_encoder_pos
```

Ресурсы для одометрии

Существует несколько отличных ресурсов по одометрии. Мы настоятельно рекомендуем [Road Runner](#). Чтобы узнать математику, лежащую в основе Road Runner (в которой используются экспоненты pose), вы также можете прочитать [статью Райана](#). [Дополнительным ресурсом](#) для Road Runner является Learn Road Runner, который представляет собой пошаговое процедурное руководство, объясняющее, как работать с Road Runner quickstart.

Мы также рекомендуем [книгу Тайлера](#), поскольку в ней очень подробно рассказывается о различных элементах управления в FIRST® robotics.

Если вы используете другие ресурсы, важно, чтобы вы не использовали те, которые используют интеграцию Эйлера, поскольку это менее оптимально для реального приближения позы робота.

Усовершенствованная система управления

Электроника системы управления

Эта страница содержит описание известных электронных компонентов системы управления, а также любые примечания, касающиеся их

Компоненты Expansion Hub

Доска Lynx

“Lynx” - это кодовое название платы в центре расширения и центре управления, которая взаимодействует с оборудованием. Ссылки на “Lynx” сделаны в FTC® SDK и относятся к этой плате. Похоже, что она была разработана как REV, так и DEKA, возможно, для использования в FIRST® Global (судя по FIRST Global silkscreen на печатной плате).

Процессор

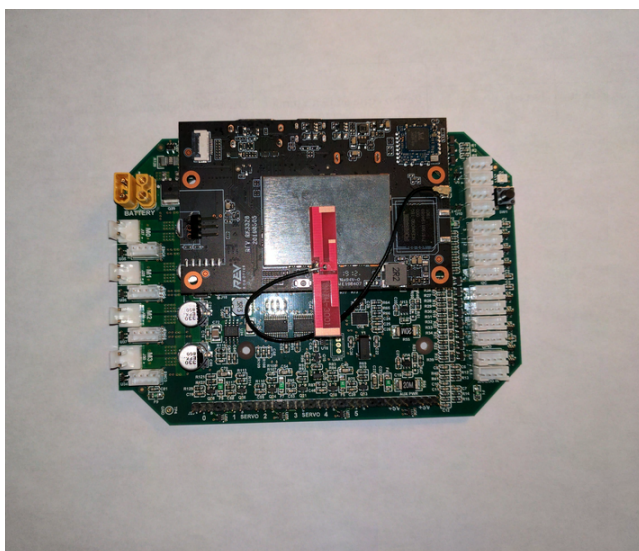
Основным процессором Expansion Hub является Texas Instruments ARM Cortex M4, работающий на частоте 80 МГц.

Порты

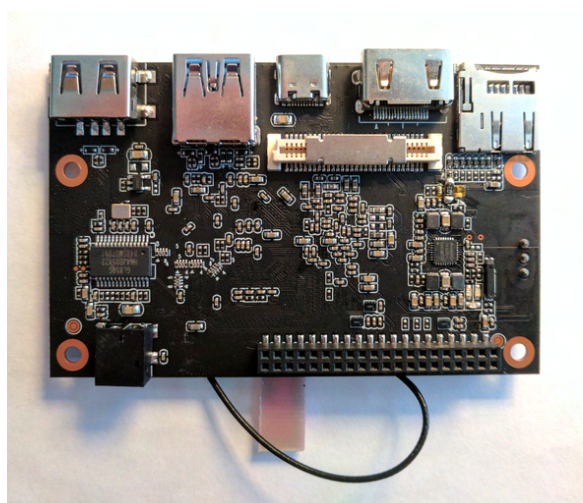
- Два порта отладки UART
 - The top port outputs a continuous high speed CSV stream of data from the various subsystems in the hub.
- Четыре порта I2C
 - There are integrated pull up resistors on this port
- Восемь портов DIO
- Четыре аналоговых порта
- Шесть портов сервопривода
- Два порта питания 5 В
- Четыре порта двигателя
- Четыре порта для энкодеров
 - IMPORTANT: Only two of the encoder ports (Ports 0 and 3) appear to be connected via hardware and are reliable at high speed. There are two methods of connecting an encoder internally to the texas instruments microprocessor, through hardware and software. Hardware ports use the integrated quadrature decoder chip and are extremely accurate at high speed, whereas encoders decoded in software are not reliable at high speeds. As a result, high Count Per Revolution (CPR) encoders, those with more than 4000 counts per revolution, should NOT be used on ports 1 and 2, the ports connected in software.
- Два разъема XT30
 - Следует соблюдать осторожность при перемещении кабелей, так как известно, что эти разъемы выходят из строя и отрываются от платы.
 - Кроме того, xt30 со временем изнашиваются и расшатываются. При ослаблении кабелей рекомендуется использовать горячий клей.
- Разъем Mini USB B
 - Поддерживает полноскоростной USB 2.0 и выход 5 В для зарядки телефона. Выход 5 В может быть ненадежным, это зависит от концентратора.
- Внутренний разъем
 - Этот разъем используется для подключения к дочерней плате Android. Предположительно, он поддерживает UART, а также питание и заземление. Все концентраторы расширения имеют этот разъем, независимо от того, являются они концентраторами управления или нет. Предположительно, это связано с тем, что control hub и REV hub были разработаны одновременно.

Control Hub

Control Hub - это центр расширения, к которому подключена дочерняя плата встроенного одноплатного компьютера Android. Это позволяет ему не нуждаться в отдельном телефоне-контроллере робота, поскольку дочерняя плата функционирует как контроллер робота. Внутри LYNX команды передаются с дочерней платы на плату Lynx по внутреннему соединению UART. Дочерняя плата control hub содержит четырехъядерный процессор ARM Cortex-A53 RK3328 под управлением пользовательской версии Android / Linux. Это программное обеспечение с открытым исходным кодом, но не имеет ничего примечательного, за исключением некоторого программного обеспечения, которое управляет точкой доступа Wi-Fi. У него нет теплового распространения, такого как радиаторы, на чипе, что может вызвать тепловое регулирование при использовании тяжелых приложений, таких как tensorflow.



Одноплатный компьютер и плата Lynx от центра управления



Плата Android, Взятая с Control Hub

SDK Communication

При использовании любого метода в FTC® SDK, который обращается к оборудованию, будь то настройка мощности двигателя, считывание кодера, датчика и т.д., отправляется команда LynxCommand.



Команды LYNX не отправляются напрямую с контроллера робота на концентратор расширения через USB; в концентраторе расширения они отправляются через USB на FTDI, который преобразует сигнал USB в сигнал UART. В control hub этот шаг USB пропущен, вместо этого плата control hub отправляет данные непосредственно через UART во внутренний концентратор расширения.



Блокировка команд LynxCommands (и, более конкретно, наличие главной блокировки на каждом usb-устройстве) означает, что многопоточность аппаратных вызовов в лучшем случае бесполезна и, как правило, вредна для производительности.

Если используется телефон Android и концентратор расширения, команды LYNX отправляются по USB; однако, если используется концентратор управления, команды LYNX отправляются по UART. Это очень важно не только из-за повышения надежности при использовании UART вместо USB, но и потому, что команды LynxCommands занимают примерно 3 миллисекунды по USB и примерно 2 миллисекунды по UART.

Все концентраторы расширения, подключенные через RS485, получают свои команды через этот разъем. Концентраторам Lynx не нужно повторно передавать пакеты, поэтому дополнительная задержка от этого процесса незначительна, но некоторая дополнительная задержка будет. Теоретически можно подключить до 255 концентраторов расширения.



Взаимодействие с устройствами I2C занимает значительно больше времени; более 7 миллисекунд по USB. Однако это происходит не потому, что каждая команда LynxCommand занимает больше времени, а потому, что для взаимодействия с I2C необходимо отправить несколько команд LynxCommands.

Пожалуйста, обратите внимание, что начиная с версии 5.5 SDK, вызовы I2C на Control Hub выполняются намного быстрее, чем на Expansion Hub. Это связано с тем, что частота опроса была значительно увеличена, что может сократить ненужные потери времени.

SDK Motors

SDK предлагает несколько методов управления двигателями и связи с ними, а также пару скрытых методов, к которым можно легко получить доступ.

Общее объяснение

Контроллер двигателя

Все порты двигателя управляются с помощью так называемого контроллера двигателя H-bridge, схемы, которая может использоваться для изменения выходного напряжения, а также для обозначения (отрицательного или положительного) напряжения. Отрицательное напряжение на двигателе постоянного тока приводит двигатель в движение, тогда как положительное - заставляет двигатель двигаться вперед. Мощность двигателя SDK (от -1 до 1) представляет собой множитель входного напряжения, которое выводится через порт двигателя. Различные напряжения создаются с помощью PWM, при котором порт быстро включается и выключается для создания более низкого среднего напряжения.

Кроме того, можно настроить режим нулевой мощности двигателя, то есть поведение двигателя при отсутствии подачи питания. В режиме FLOAT контроллер двигателя просто отключается, обеспечивая минимальное дополнительное сопротивление. В режиме ТОРМОЖЕНИЯ два провода двигателя закорачиваются вместе внутри. Из-за присущего всем электродвигателям постоянного тока с щеткой свойства вырабатывать электричество при вращении вала, короткое замыкание проводов вызывает обратное питание, которое быстро останавливает двигатель и устойчиво к внешним воздействиям.



Контроллер двигателя использует входное напряжение, это означает, что на 13-вольтовой батарее установка мощности на 1 создаст выходное напряжение 13 вольт. Аналогично, на 11-вольтовой батарее мощность, равная 1, создаст выходное напряжение в 11 вольт.

Энкодер двигателя



Важно

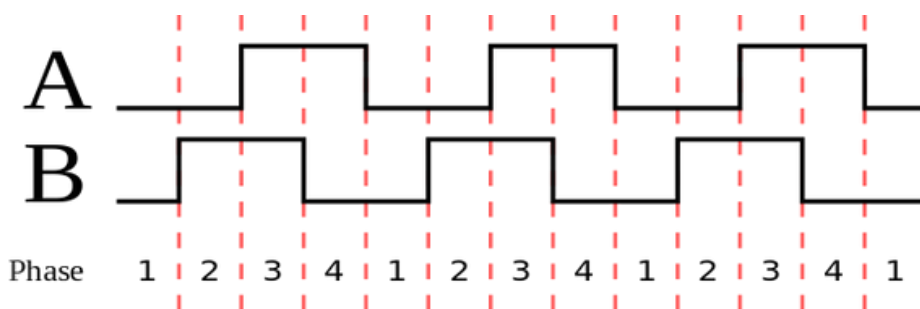
При работе с квадратурными кодерами не существует реальной стандартизированной терминологии. Здесь мы используем термины "количество" и "тик" для обозначения отдельного действия по повышению или снижению квадратурной волны. Вы также можете увидеть в некоторых таблицах данных список "импульсов", который может обозначать что угодно от 1 "количества" до 4 "отсчетов". Будьте осторожны при чтении таблиц данных!

Энкодеры FTC® используют двухпроводной квадратурный формат для передачи относительной информации о энкодере. В квадратуре есть два сигнальных провода, А и В. При перемещении оба А и В генерируют прямоугольные волны, расположенные на расстоянии 90 градусов друг от друга, то есть одна прямоугольная волна начинается на полпути через другую прямоугольную волну и заканчивается на полпути через другую прямоугольную волну. При движении в одном направлении прямоугольная волна провода А приводит к прямоугольной волне провода В, а в другом направлении прямоугольная волна провода В приводит к прямоугольной волне провода А. Две волны объединяются в XOR для создания выходной волны, где каждое восходящее и нисходящее действие составляет один “тик”, и чем быстрее волна, тем быстрее движется энкодер.

Концентратор оборотов подсчитывает импульсы и вычисляет скорость, используя “кольцевой буфер” с 5 значениями, к которому каждые 10 мс добавляется новое значение. Затем эти 5 значений используются для расчета текущей скорости.



Рекомендуется подключать квадратурные энкодеры к специальным аппаратным портам декодирования, чтобы их можно было правильно считывать. Концентратор расширения содержит специальное оборудование для считывания квадратурных датчиков, но поскольку таких контроллеров всего два, два вывода подключены “программно” (порты декодируются программно, а не аппаратно). Фактически это означает, что порты 0 и 3, два порта, подключенные к специальным квадратурным портам, всегда будут считываться точно. Порты 1 и 2 подключены к менее точным “программным” портам, что означает, что с кодерами с высоким КПП (кодеры, производящие более 4000 отсчетов за оборот, такие как энкодер REV Through Bore Encoder или энкодер Talon SRX) они могут “сбиваться с шага” и дрейфовать.



Пример квадратурной волны, с каналом А, ведущим канал В. Каждый отсчет представляет собой “количество” или “тик”

Скрытые методы

DcMotorEx

Все двигатели постоянного тока REV hub являются экземплярами DcMotorEx, который предоставляет пользователю еще несколько методов, таких как контроль скорости и измерение потребляемого тока.

SDK Servos

SDK предлагает несколько методов управления сервоприводами и связи с ними, а также пару скрытых методов, к которым можно легко получить доступ.

Общее объяснение

PWM Объяснение

Сервоприводы управляются с помощью сигнала PWM. Сигнал PWM - это сигнал, при котором сигнал включается на некоторое количество микросекунд, затем выключается на некоторое количество микросекунд. Сервоприводы управляются путем отправки импульсов переменной длины каждые 20 мс, причем длина импульсов определяет, под каким углом сервопривод должен двигаться (или, в случае CR-сервоприводов, с какой скоростью он должен двигаться). Эта длительность импульса, выраженная в микросекундах, называется шириной импульса PWM. По умолчанию sdk генерирует сигналы от 600 до 2400 микросекунд (при этом SDK 0 равен 600 микросекундам, а SDK 1 равен 2400 микросекундам). Однако на самом деле концентратор расширения может генерировать от 500 до 2500 микросекунд, если диапазон задан вручную.

Питание 5 В

Для работы всех сервоприводов требуется минимум 5 В, поэтому концентратор расширения генерирует 5 В для питания сервоприводов. Питание 5 В распределяется между парами портов (0-1, 2-3, 4-5). По умолчанию это питание 5 В отключено и не обеспечивает подачу питания. Однако выполнение любой операции с сервоприводом, такой как установка положения сервопривода, приведет к подаче питания 5 В на оба общих порта. Вызов disable PWM, похоже, отключает общее питание, однако, если используется или активен другой сервопривод, питание 5 В будет оставаться включенным.

Hidden Methods

ServolmplEx

Все сервоприводы REV hub являются экземплярами ServolmplEx, который предоставляет пользователю еще несколько методов, таких как настройка диапазона ШИМ сервопривода.



В использовании нет никаких недостатков ServolmplEx, чтобы преобразовать a Servo в a ServolmplEx, пользователю просто нужно преобразовать Servo возвращаемое hardwareMap в a ServolmplEx.

SDK Sensors

SDK предлагает несколько методов управления датчиками и связи с ними.

Общее объяснение

I2C Объяснение

I2C - это двухпроводная шина последовательной связи, предназначенная для связи с несколькими устройствами. Два провода - это SCL, или линия синхронизации, и SDA, или линия передачи данных. Разъем REV hub также содержит еще два контакта для подключения 3,3 В и GND. Протокол может адресовать несколько устройств, используя адреса, по которым главное устройство отправляет адрес, с которым оно обменивается данными, а затем данные, которые оно хочет отправить. Устройство, с которым оно разговаривает, затем отвечает. Это означает, что к одному порту I2C может быть подключено любое количество устройств, при условии, что никакие два устройства не имеют одинаковых адресов I2C.

I2C имеет несколько спецификаций скорости, но REV hub поддерживает стандарты связи как 100 кГц, так и 400 кГц. Спецификация также требует подтягивания линий, поэтому REV hub оснащен двумя подтягивающими резисторами 2,49 Ком, что сводит на нет необходимость во внешних подтягивающих резисторах.



I2C часто называют более медленным, чем другие формы датчиков. Изначально это не медленнее, но из-за того, как в SDK работает связь I2C, для считывания данных с одного датчика I2C требуется несколько команд, что означает, что одно считывание данных I2C может занять в 2-3 раза больше времени, чем одно цифровое или аналоговое считывание.

Аналоговый вход

Считывает входное напряжение на концентратор расширения. Эти порты - единственные порты датчиков, допускающие напряжение 5 В.

Цифровой ввод-вывод

Цифровой ввод-вывод может быть настроен либо как вход, считывающий, является ли порт высоким или низким, либо как выход, посылающий высокие или низкие сигналы. Цифровой вход поднят высоко, чтобы предотвратить плавающий.



Плавающий сигнал возникает, когда вы пытаетесь считывать данные с pin-кода цифрового входа, но сигнал отключен или не подается высоко или на землю. В результате pin-код считывается "плавающим" и может давать противоречивые результаты. Чтобы предотвратить это, резистор соединяет порт с напряжением 3,3 В, так что вместо плавающего значения вывод считывается ВЫСОКИМ, когда ничего не подключено.

Lynx Module

Модуль Lynx - это объект, представляющий центр управления и расширения. Для каждого подключенного центра создается один объект модуля Lynx.

Общее объяснение

Получение объекта модуля Lynx

Список подключенных объектов модуля Lynx можно получить с помощью `hardwareMap.getAll(LynxModule.class)`; Концентратор управления или концентратор расширения, подключенный к телефону через USB, будет иметь `isMaster()` значение `true`, а для концентратора, подключенного по RS-485, будет установлено значение `false`.

LED

Индикатор REV hub можно настроить с помощью `setConstant()` или `setPattern()`. `setConstant()` устанавливает постоянный цвет для светодиода и `setPattern()` позволяет пользователю определять последовательность цветов, которой будет следовать REV hub.

Мощность

Общую величину тока, потребляемого концентратором REV, можно измерить с помощью `getCurrent()`. Это текущее напряжение на входе 12 В в указанных устройствах, поэтому оно включает в себя все, что подключено к концентратору, а также сам концентратор. Кроме того, входное напряжение на концентратор расширения можно измерить с помощью `getInputVoltage()`, который возвращает напряжение батареи в указанных единицах измерения.

Bulk Reads

Bulk Reads также можно управлять с помощью объекта модуля `lynx`. Смотрите [Bulk Reads](#) для получения дополнительной информации об этом.

Глоссарий программного обеспечения

Отключить(Disconnect)

Отключение (DC) - это когда по какой-либо причине роботом нельзя управлять с геймпада. Это может произойти по многим причинам - накопление статического электричества на роботе, незакрепленный кабель или ошибка в коде.

Как правило, большинство сбоев в работе DC возникают из-за неправильного подключения, поэтому всем командам рекомендуется снимать напряжение с проводов (крепление для USB-накопителя). Они также могут быть вызваны отключением Wi-Fi или поражением электроники электростатическим разрядом.

Driver Station(DS)

Станция водителя (DS) относится как к программному обеспечению, так и к устройству, которое используется командой drive team и подключается к геймпаду (ам). Устройство может быть либо один из телефонов Android, указанных в части 1 Руководства по игре, либо центр управления драйверами REV Robotics.

Robot Controller(RC)

Контроллер робота (RC) относится как к программному обеспечению, так и к устройству, которое находится на роботе и управляет им. Это может быть либо концентратор управления REV Robotics, либо один из телефонов Android, указанных в части 1 Руководства по игре, подключенный к концентратору расширения с помощью кабеля Micro USB.

FIRST® Tech Challenge - это нечто большее, чем просто создание роботов, он содержит элементы инженерной документации, информационно-пропагандистской работы и многое другое. В то время как большая часть [Game Manual 0](#) рассказывает о том, как принимать решения о создании вашего робота, написанное вами портфолио на самом деле показывает, как вы принимали эти решения и как вы положительно влияете на STEM-сообщество, окружающее вас.

Получение наград принесет вам только пользу. Вы не сможете получить награды, не написав портфолио, и в некоторых штатах единственным способом продвижения являются награды, а в других регионах это может значительно облегчить продвижение. Раньше для получения наград требовался инженерный блокнот, однако это уже не так. Таким образом, именно эти темы будут рассмотрены в этом разделе [Game Manual 0](#).

! Важно

Судейство и награды крайне субъективны, и некоторые правила немного меняются в зависимости от штата. То, что работает в одном регионе, может не сработать в других регионах. Поэтому проконсультируйтесь со своими судьями о некоторых нюансах; например, некоторые соревнования позволяют вам использовать специальный лист заявки для награды control, в то время как другие принимают только те, которые указаны в положении FIRST®. Авторы этой части [Game Manual 0](#) имеют большой опыт работы с наградами и даже были победителями и финалистами Inspire Award на чемпионатах мира.

Для получения большинства наград команды проводят 5-минутную презентацию в начале дня, после чего проходит сессия вопросов и ответов, а затем, возможно, пит-интервью (подробнее читайте в разделе о процессе судейства). Командам FTC® присуждается 7 наград (за исключением наград, которые не могут продвинуть команду вперед).

Для получения каждой награды инженерное портфолио является ключевым ориентиром, поэтому убедитесь, что ваша команда сосредоточена на нем.

Всегда помните, что независимо от того, насколько хорошо, по вашему мнению, вы справились, присуждение наград зависит от субъективности судей, поэтому невозможно на 100% контролировать результаты вашей команды.

В целом, награждение - это одна из ключевых составляющих конкурса FIRST Tech Challenge. Они распознают команды в конце каждого соревнования (за исключением матчей лиги), а также определяют многие команды, которые выделяются на фоне других.

Награды продвижения

Для команд FTC® предусмотрено 7 наград (за исключением дополнительных наград). Более подробную информацию о точных требованиях к этим наградам смотрите в Game Manual Part 1. В порядке очередности иерархии наград, это:

Inspire award

Премия Inspire Award - это высшая награда для команды FTC. Она присуждается команде, которая неизменно занимает первое место в других категориях наград. Кроме того, (за исключением принимающей команды), она занимает первое место в списке достижений. Это означает, что победитель гарантированно переходит на следующий уровень в большинстве сценариев, в отличие от капитана победившего альянса в некоторых штатах.

Чтобы выиграть награду Inspire Award, ваша команда должна сосредоточиться на каждой другой категории наград и хорошо выступить в игре с роботами. В прошлом в рамках премии Inspire Award гораздо больше внимания уделялось результатам награждения, но, похоже, теперь судьи больше внимания уделяют результатам роботов.

Из всех наград эта, пожалуй, самая субъективная, поскольку она касается того, насколько хорошо работает команда в целом, включая информационно-пропагандистскую работу и документацию, и сколько они весят по сравнению с производительностью роботов.

Описание из официального руководства по игре

Эта награда присуждается команде, которая наилучшим образом воплотила в жизнь задачу программы FIRST® Tech Challenge. Команда, получившая эту награду, является авторитетным представителем программ FIRST и образцом для подражания. Эта команда является одним из главных претендентов на множество других престижных наград и достойным соперником. Обладатель премии Inspire Award вдохновляет другие команды, проявляя благородный профессионализм® как на игровом поле, так и за его пределами. Эта команда делится своим опытом, энтузиазмом и знаниями с другими командами, спонсорами, своим сообществом и судьями. Работая как единое целое, эта команда добьется успеха в выполнении задачи по проектированию и созданию робота.

Think award

Think Award присуждается исключительно за инженерный блокнот и инженерное портфолио. Чтобы иметь шанс на победу, инженерный блокнот должен содержать как можно больше математических и физических данных, документировать весь путь робота через итерации и другую документацию по дизайну и стратегии игры.

Кроме того, портфолио должно быть хорошо оформлено и содержать информацию о различных нетехнических аспектах работы команды, таких как устойчивость (набор новых членов команды и наставников), обучение, информационно-пропагандистская деятельность (особенно влияние информационно-пропагандистской работы и то, что было извлечено из нее) и структура команды. Хотя эти категории не так важны, как документация по роботам, они, как правило, рекомендуются для создания мощного инженерного портфолио.

Описание из официального руководства по игре

Эта награда присуждается команде, которая наилучшим образом отражает опыт, проделанный командой в процессе инженерного проектирования в течение сезона. Инженерный контент в портфолио является ключевым ориентиром для судей, который помогает определить наиболее достойную команду. Инженерный контент команды должен быть сосредоточен на этапе проектирования и сборки робота команды.

Команда должна быть в состоянии поделиться или предоставить дополнительную подробную информацию, которая будет полезна для судей. Это может включать описание научных и математических основ проектирования роботов и игровых стратегий, их дизайна, редизайна, успехов и возможностей для улучшения. Команда не может претендовать на эту награду, если в ее портфолио нет инженерного контента.

Connect award

Connect Award - одна из двух наград в области аутрич-деятельности. Эта награда присуждается командам, работающим с местным STEM-сообществом и корпоративным сообществом. К сожалению, грань между премиями Connect и Motivate может быть размытой, и судьи могут не различать, какая аутрич-деятельность подпадает под ту или иную награду.

Дополнительные советы по этому поводу приведены в разделе, посвященном дифференциации функций connect и motivate. Для получения обеих премий за аутрич-поддержку требуется командный план. Обратитесь за советом к разделу о составлении командного плана.

Для получения этой награды также требуется портфолио, в котором должно содержаться описание аутрич-работы, а также информация о том, что команда получила от аутрич-работы. Кроме того, портфолио должно также содержать информацию о планах по набору наставников, а также о том, как команда планирует эффективно развивать свои связи в STEM.

Будьте готовы к тому, что судьи спросят вас, насколько значимыми были ваши разъяснительные работы, и старайтесь избегать проведения разъяснительных работ по STEM только для того, чтобы сказать, что вы провели разъяснительную работу по STEM. Успешные STEM-проекты - это те, которые проводятся с определенной целью и имеют четкое намерение и цель, например, встреча с экспертом по компьютерному зрению, чтобы попросить совета по задаче визуализации для игры. Если вы изо всех сил пытаетесь найти партнеров по STEM, местные колледжи и предприятия - хорошее начало.

Описание из официального руководства по игре

Эта награда присуждается команде, которая больше всего связана со своим местным сообществом в области науки, технологий, инженерии и математики (STEM). Настоящая команда FIRST - это нечто большее, чем сумма ее составляющих, и она признает, что привлечение местного сообщества STEM играет важную роль в ее успехе. Обладатель этой награды отмечен за то, что помог сообществу понять, что такое FIRST Tech Challenge, и за саму команду. Команда, получившая награду Connect Award, активно занимается поиском и привлечением инженеров, а также изучает возможности, доступные в мире инженерии, науки и технологий. У этой команды есть четкий командный план и определенные шаги для достижения своих целей.

Innovate award

Innovate Award - присуждается командам, создающим инновационных роботов или роботизированные механизмы.

Премия Innovate присуждается в основном за аппаратное обеспечение, но некоторые команды смогли также представить инновационное программное обеспечение. Некоторые судьи считают, что это здорово - представлять программное обеспечение как часть инноваций, но другие считают, что программное обеспечение подходит только для control.

Хотя может возникнуть соблазн подать всего вашего робота как инновационного, часто гораздо эффективнее сосредоточиться на одном или двух аспектах вашего робота. Судьи часто спрашивают, какая часть вашего робота самая инновационная, и это ваша возможность сосредоточиться на одном или двух механизмах, которые вы можете преподнести.

Инженерное портфолио должно содержать информацию о механизмах вашего робота, а в презентации также должны быть упомянуты инновационные компоненты вашего робота. Однако воздержитесь от чрезмерного описания механизмов, которые вы собираетесь подавать, как инновационных, поскольку вы хотите оставить судьям возможность задавать вопросы, что даст вам больше возможностей и времени для продажи ваших механизмов. Кроме того, потренируйтесь в том, какие аспекты механизмов вы хотите преподнести как инновационные, и убедитесь, что вы сможете подробно описать, почему они являются инновационными, когда вас спросят.

Описание из официального руководства по игре

Премия Innovate Award присуждается команде, которая творчески мыслит и обладает изобретательностью, креативностью и изобретательским подходом к воплощению своих проектов в жизнь. Эта награда присуждается команде, которая предлагает самое инновационное и креативное решение по созданию роботов для любых конкретных компонентов в игре FIRST Tech Challenge. К числу достоинств этой награды относятся элегантный дизайн, надежность и "нестандартное" мышление, связанное с дизайном. Эта награда может касаться дизайна всего робота или отдельного узла, прикрепленного к роботу. Творческий компонент должен работать стабильно, но робот не обязательно должен работать все время во время матчей, чтобы претендовать на эту награду. Чтобы претендовать на эту награду, инженерное портфолио команды должно включать краткое описание конструкции компонента или составляющих, а также робота команды. Записи должны описывать, как команда пришла к своему решению.

Control award

Награда Control award присуждается команде, разработавшей хорошее программное решение, позволяющее сделать робота “умным”. Она называется “Премия за программное обеспечение” и присуждается команде, разработавшей лучшее или наиболее инновационное программное обеспечение и сенсорное решение для игры.

Не поддавайтесь искушению не обратить внимания на награду control, даже если она не присуждается в большинстве соревнований. Награда control засчитывается в inspire award, а высокие результаты в control учитываются в рейтинге inspire.

Для получения этой награды требуется отдельный бланк заявки, который представляет собой краткое описание программного обеспечения команды. Ознакомьтесь с правилами вашего региона, некоторые требуют традиционной (очной) или дистанционной формы, но некоторые принимают специальные формы. Если вы не уверены, проконсультируйтесь с вашим партнером по партнерской программе или судьями. **Не размещайте код непосредственно в своем портфолио, контрольном листе или блокноте, жюри это не заинтересует.** Вместо этого сосредоточьтесь на объяснении ключевых алгоритмов, которые вы используете, и объясните программное обеспечение в простой для понимания форме. Помните, что члены жюри премии control award могут не быть инженерами-программистами, поэтому убедитесь, что вы сможете все объяснить человеку, не имеющему опыта работы с программным обеспечением.

Кроме того, программное обеспечение control award - это нечто большее, чем просто программы для автономного режима работы. Помощь драйверу, обратная связь и автоматизация - все это жизненно важно для премии control award.

Описание из официального руководства по игре

Награда Control Award присуждается команде, которая использует датчики и программное обеспечение для повышения функциональности робота на поле. Эта награда присуждается команде, которая демонстрирует инновационное мышление для решения таких игровых задач, как автономная работа, совершенствование механических систем с интеллектуальным управлением или использование датчиков для достижения лучших результатов. Компонент управления должен стабильно работать в игровых условиях. Инженерное портфолио команды должно содержать краткое описание программного обеспечения, датчиков и механического управления, но, скорее всего, не включать копии самого кода.

Несколько примеров листа control award:

- [11115 Gluten Free Rover Ruckus](#)
- [11115 Gluten Free Skystone](#)
- [1002 Circuit Runners Green Skystone](#)
- [9866 VIRUS Skystone](#)
- [5143 Xcentrics Skystone](#)
- [11528 Bots of Prey Skystone](#)
- [9794 Wizards.exe Skystone](#)

Motivate award

Премия Motivate Award - это одна из двух наград в области аутич-деятельности. Она присуждается командам, работающим со своим местным сообществом и сообществом FIRST. К сожалению, грань между премией connect award и премией motivate award может быть размытой, и большинство судей не знают, как отличить аутич-деятельность от награды FIRST award.

Дополнительные советы по этому поводу приведены в разделе, посвященном дифференциации функций connect и motivate. Для получения обеих премий за аутич-поддержку требуется командный план. Обратитесь за советом к разделу о составлении командного плана.

Ключевые аспекты, которые следует включить в ваше портфолио и презентацию для motivate, - это показать, как все члены команды вносят свой вклад в успех команды, как ваша команда набирает сотрудников из областей, не связанных с stem, а также планы по сбору средств, финансированию, устойчивому развитию и подбору персонала.

Описание из официального руководства по игре

Эта команда придерживается культуры FIRST и наглядно демонстрирует, что значит быть командой. Эта награда присуждается команде, которая олицетворяет суть конкурса FIRST Tech Challenge благодаря благородному профессионализму и общему энтузиазму в отношении общей философии FIRST и того, что значит быть командой FIRST Tech Challenge. Это команда, которая прилагает коллективные усилия, чтобы сделать FIRST известным в своей школе и сообществе, и побуждает других приобщиться к культуре FIRST.

Design award

Design Award - это одна из премий в области робототехники, которая в первую очередь посвящена аппаратному обеспечению робота. Она присуждается роботам, которые одновременно функциональны, эстетичны и используют передовые методы проектирования, включая CAD.

Чтобы претендовать на премию в области дизайна, рекомендуется, чтобы ваша команда использовала CAD и спроектировала робота до того, как он будет собран, с разделами инженерного портфолио, посвященными разработке робота на протяжении итераций процесса инженерного проектирования. Важно включить скриншоты и чертежи CAD в свое портфолио, и ваш дизайн должен соответствовать любым перечисленным целям команды.

Хотя большинство команд уделяют особое внимание функциональности, награда за дизайн также учитывает эстетику, и большинство судей, как правило, не обращают внимания на не эстетичного робота, претендующего на эту награду (на роботе нет картона!), поэтому убедитесь, что ваш робот выглядит презентабельно.

Описание из официального руководства по игре

Эта награда присуждается за функциональные и эстетические элементы дизайна робота. Награда за дизайн присуждается командам, которые внедряют элементы промышленного дизайна в свои решения. Эти элементы дизайна могут упростить внешний вид робота, придав ему опрятный вид, быть декоративными по своей природе или иным образом выразить творческий потенциал команды. Робот должен быть долговечным, качественно спроектированным и эффективно решать игровые задачи.

Connect vs Motivate

Обе премии outreach awards может быть трудно отличить друг от друга, поскольку официальные описания очень расплывчаты, и большинство судей не совсем понимают разницу. Поскольку описания очень расплывчаты, вам решать, что относится к той или иной награде. Часто команды вкладывают больше внимания в Connect, чем в Motivate, поскольку Connect занимает довольно высокое место в списке достижений, в отличие от Motivate, поэтому, вкладывая больше в Connect, вы можете добиться успеха в Connect, хотя обязательно проведите исследование, прежде чем пытаться использовать подобную стратегию.

Что подпадает под понятие "Connect"?

- Развитие отношений с компаниями
- Привлечение внешних наставников (не родителей)
- Сбор средств от компаний (другие методы могут подпадать под понятие "Мотивировать" в каждом конкретном случае)

Что подпадает под понятие "Motivate"?

- Создание/ наставничество команд-НОВИЧКОВ
- Демонстрации сообщества

Советы для обоих

- Представляйте цифры, но подчеркивайте их только в том случае, если они крупные и обладают эффектом "вау"
- Убедитесь, что ваши цифры в какой-то мере точны! Если вы участвуете в крупном мероприятии, вы можете узнать приблизительную численность персонала у организаторов, но, как правило, лучше знать, сколько человек на самом деле остановились и посмотрели на вашу команду.
- Представляйте судьям истории, а не просто обзоры. Рассказывайте личные истории.
- Регистрируйте все свои выездные мероприятия с указанием того, кто ходил и сколько часов каждый участник провел в своем месте, отдельно от инженерного блокнота. Это упрощает составление итоговых данных и позволяет судьям увидеть все выездные мероприятия в одном месте.
- Чтобы добиться большего эффекта, убедитесь, что на мероприятии у вас есть больше ресурсов, чем просто информация о вашей команде. Наличие подробной информации о командах FIRST Lego League в дополнение к информации о вашем ПЕРВОМ техническом испытании может увеличить охват аудитории.
- Следите за новостями, следите за новостями, следите за новостями! Если человек дает вам визитную карточку или студент проявляет интерес, не мешает поддержать его, если он не свяжется с вами, как обещал. Люди могут забыть или быть заняты, иногда напоминание бывает полезным!

Дополнительные награды

Есть некоторые награды, которые не обязательно вручать на соревнованиях; они не способствуют продвижению команд.

Judges Choice Award

Награда "Выбор судей" присуждается команде, которая не вписывается ни в одну из существующих категорий, но судьи все равно сочли, что команда заслужила награду за выдающиеся усилия или другой опыт. Эта награда очень субъективна и не способствует продвижению команд. Награждение на каждом соревновании также необязательно, но в некоторых регионах оно проводится на каждом соревновании, если только судьи не найдут достойную команду.

Promote Award and Compass Award

Награды Promote и Compass - это необязательные награды, которые обычно вручаются только на чемпионатах штатов и чемпионатах мира. Для получения этих наград не требуется инженерный блокнот, но они не способствуют продвижению команд. Они представлены в виде видеоролика продолжительностью не более 1 минуты. Награда Promote присуждается за создание PSA for FIRST с помощью специальной видео-подсказки. Эта подсказка меняется каждый год, и ее можно найти в Game Manual Part 1. Награда Compass присуждается за признание выдающегося наставника. Вручение этих наград обычно осуществляется в каждом конкретном случае, когда организатор мероприятия рассылает командам инструкции о том, как подать заявку.

Несколько хороших примеров заявки для Promote award:

- [Team 3595 in 2014](#)
- [Team 8808 in 2017](#)
- [Team 5795 in 2017](#)
- [Team 4924 in 2016](#)

Несколько хороших примеров для заявки Compass award:

- [Team 4855 in 2017](#)
- [Team 3595 in 2017](#)
- [Team 9879 in 2017](#)
- [Team 6510 in 2015](#)

Для более детальной информации по этим наградам стоит почитать Game Manual Part 1.

Инженерное портфолио — это краткий, но подробный обзор вашей команды и сезона. Он требуется для всех наград и является важной частью процесса судейства.

Требования к портфолио

Совет

Подробный список требований приведен в разделе 9.3 Game Manual Part 1.

Инженерное портфолио представляет собой 15-страничный документ, состоящий из стандартных страниц формата A4 или Letter и шрифта размером не менее 10 пунктов. Однако, несмотря на небольшое количество страниц, в документ необходимо вместить много информации, чтобы соответствовать требованиям всех наград.

Общие советы

- Организуйте свое портфолио четко и тщательно! Разделы должны быть легко читаемыми и понятными, иметь понятные заголовки и пояснения. Наличие номера вашей команды где-то на странице полезно для судей, быстро просматривающих портфолио.
- Сохраняйте форматирование и брендинг согласованными, не меняйте дизайн слишком сильно от страницы к странице. Похожие макеты могут помочь при чтении портфолио.
- Убедитесь, что ваш текст читабелен! Выбор цвета имеет большое значение, старайтесь избегать текста схожего цвета на фоне.
- Общий объем не должен превышать 15 страниц, включая 16 страниц с титульным листом.
- Меньше значит больше: судьи потеряют интерес к большим непрерывным блокам текста.
- Изображения, изображения, изображения: чертежи и снимки экрана CAD могут быть полезными инструментами, но также содержат реальные изображения механизмов и компонентов. Хотя рендеры могут выглядеть впечатляюще на обложках, многие судьи предпочитают реальные снимки экрана или изображения CAD.
- Убедитесь, что номер вашей команды указан на титульном листе портфолио.
- Не объясняйте все слишком подробно. Вы хотите оставить судьям возможность задать вопросы.
- Помните, что ваше портфолио предназначено не только для чтения судьями, но и как полезный инструмент для быстрого ознакомления с материалами при судействе.

Титульный лист

В дополнение к 15 страницам, вам разрешается одна титульная страница. Она должна содержать номер вашей команды и любые соответствующие логотипы, а также должна включать изображение вашего робота и/или команды.

Как правило, необходимую информацию для инженерного портфолио можно разделить на три категории.

- Информация о роботе
- Информация о команде
- Информационная/нетехническая информация

Информация о роботе

Обзор сезона и робота — это ядро вашего инженерного портфолио. Он содержит обзор вашего дизайна робота, стратегии, итераций и показывает, как ваша команда продвинулась на протяжении сезона.

Робот

Ваше портфолио должно содержать обзор вашего робота и его компонентов. Однако портфолио должно выходить за рамки простого описания компонентов вашего робота. Обычно команды разделяют своего робота на 3-4 части, помещая другой механизм на новую страницу. На странице должны быть изображения и описания механизма, но также должны быть итерации и объяснения того, как команда пришла к этой версии механизма или почему была выбрана эта система, а также почему предыдущие итерации не работали и/или что было улучшено между итерациями.

Совет

Возьмите себе в привычку фотографировать все! Будь то быстрая заготовка для тестирования чего-либо или полноценный прототип, у вас должны быть фотографии, которые можно будет добавить в портфолио в качестве итераций.

Для краткой справки страницы механизмов робота должны содержать следующее:

- Объяснение того, почему этот механизм был необходим
- Объяснение механизма
- Описание итераций, через которые прошел механизм (и несколько кратких слов о том, ПОЧЕМУ ему пришлось пройти через эти итерации)
- Математика/уравнения/датчики, используемые с этим механизмом
- Фотографии и/или скриншоты CAD механизма

Помимо страниц, посвященных конкретным механизмам, одна или две страницы, посвященные общему обзору вашего бота и датчиков, могут оказаться полезными в качестве быстрой справки, особенно при оценке.

Сезон

Обзор вашего сезона — это более высокий уровень объяснения вашего дизайна робота и того, как вы продвигались в сезоне. Он не должен быть полностью отделен от страниц механизмов, но все равно должен предоставлять объяснение вашего общего подхода к сезону, а также вашего подхода к дизайну робота в целом. Этот раздел должен быть нацелен на то, чтобы охватить следующее:

- Подход команды к анализу игры и стратегии
- Общий подход к проектированию робота (процесс инженерного проектирования, итерации и т. д.)
- Подход к решению проблем и принятию решений

Обычно рекомендуется приводить конкретные примеры для этих разделов.

Информация о команде

Инженерное портфолио должно охватывать не только сезон и робота команды, оно должно охватывать детали самой команды. Это не просто список членов команды. Темы, рассматриваемые в этом разделе, должны включать:

- Основная схема членов команды и групп
- Финансирование, спонсоры и расходы
- Планы устойчивого развития

Финансирование, спонсоры и расходы

Важной частью вашей команды является то, откуда вы берете деньги и как вы их тратите. Хотя идеально точные цифры не требуются, понимание того, каковы ваши расходы и откуда вы берете деньги, может быть полезной информацией для портфолио. Портфолио определенно должно включать список спонсоров, но также может включать другую информацию, например, командные взносы и приблизительную разбивку расходов.

Устойчивость

Устойчивость является очень важной частью организации, а также является важной частью присуждаемых наград. Устойчивость означает не только финансирование, она включает в себя планы по набору новых студентов и наставников, поддержанию и расширению связей с сообществом и привлечению новых спонсоров. Важно иметь план или отчет по устойчивому развитию, схему того, как команда планирует привлекать новых студентов, наставников и спонсоров, а также прогресс, достигнутый командой по этому плану. Важно конкретно указать новых членов, спонсоров и наставников, которые присоединились, чтобы судьи могли увидеть результаты, которых добилась ваша команда.

Информационная/нетехническая информация

Outreach — это нетехнический аспект вашей команды, включая связи с общим сообществом, наставничество и выход на STEM-сообщество. Из-за того, насколько похожи эти вещи, возникает соблазн объединить их в один раздел, но между ними следует провести различия.

Связи с сообществом STEM

Связи с сообществом STEM важно документировать. Они должны включать основные сведения, например, кто является лицом или организацией и чем они занимаются. Однако портфолио также должно объяснять, чему команда научилась из связи и почему она была значимой. Важно иметь конкретную и применимую причину для связи STEM, так как в последние годы судьи стали более критически относиться к большому количеству связей, которые не приносят пользы команде.



Совет

Это должно быть включено в ваш план устойчивого развития, поскольку связи часто могут стать наставниками или спонсорами.

Связи с сообществом в целом

Часто команды проводят мероприятия или агитационные мероприятия с целью распространения идеи FIRST® и привлечения новых членов в свою команду. Правильное документирование этого важно для некоторых наград. Как правило, эти разделы должны содержать сведения о мероприятии, например, когда оно состоялось, что сделала ваша команда и сколько людей вы охватили.

⚠ Внимание

Приложение F Game Manual Part 1 содержит очень конкретные определения таких слов, как **Наставник, Стартовал, Достиг, Пробежал и т. д.** Неправильное использование этих слов может быть использовано против вас при судействе, поэтому убедитесь, что вы соответствуете определениям терминов, если вы их используете.

При документировании того, сколько людей достигло событие, может возникнуть соблазн попросить организаторов официально подсчитать количество людей и использовать это число. Однако в части 1 Game Manual конкретно указано, что простое присутствие на мероприятии не засчитывается как то, что кто-то охвачен командой, они должны каким-то образом взаимодействовать с вашей командой. Ведение приблизительного подсчета того, сколько людей вы взаимодействуете, может помочь вам отслеживать точные цифры. **Вас могут спросить, откуда вы знаете, что ваши цифры точны, поэтому будьте готовы ответить на вопросы о том, как вы вели подсчет.**

Работа с другими командами

Наставничество, начало и помощь другим командам имеют решающее значение для самой программы, а также для некоторых наград. Эти взаимодействия должны быть задокументированы в портфолио, как и доказательства, подтверждающие, что вы соответствуете определениям Наставничества, Начала и Помощи, изложенным в Game Manual Part 1. В целом, Наставничество требует регулярного, содержательного общения между вами и командой, а Начало требует, чтобы новая команда согласилась, что они были начаты вами.

🎯 Совет

Самый простой способ доказать, что вы соответствуете определениям, — предоставить скриншоты писем от наставников команд, которым вы помогли, в которых указано, что вы были наставником, основали или помогали этой команде.

Процесс судейства и презентация

В начале соревнования команды будут иметь 5-минутную презентацию, за которой последует краткий период вопросов и ответов, в течение которого судьи могут задать вопросы о портфолио и презентации. После этого судьи иногда могут проводить последующие интервью на пит-зонах, где они задают командам больше вопросов о конкретных вещах, чтобы помочь в их обсуждениях. Этот процесс так же важен, как и ваша письменная документация, когда дело касается успеха вашей команды в наградах.

Общие советы

- **Вы команда, действуйте как единое целое.** Вы должны практиковаться много раз друг с другом и действовать как команда. Не перебивайте друг друга, дайте каждому возможность ответить. Вы должны знать сценарии друг друга, а также как отвечать на широкий круг вопросов.
- Будьте профессиональны. Всегда предполагайте, что судья наблюдает за вами. Хотя вам не обязательно воздерживаться от веселья, будьте осторожны в своих действиях. Когда вы сталкиваетесь с судьями, ведите себя наилучшим образом и будьте настолько профессиональны, насколько это возможно.
- **Будьте последовательны!** Если вы что-то говорите во время начальных вопросов и ответов, убедитесь, что вы говорите то же самое во время судейства на пит-стопе. Если вы называете один конкретный механизм инновационным, не говорите о другом механизме, когда вас спрашивают. Всегда будьте последовательны.
- Разнообразьте порядок тех, кто отвечает на вопросы. **Убедитесь, что у каждого есть возможность высказаться.**
- Используйте свое портфолио! Вы можете использовать его для ссылок на вещи или указания на различные разделы, особенно если вы не можете вспомнить что-то в данный момент.
- Не болтайте, но и не обрывайте. Отвечайте на вопросы полностью, но нет смысла тратить время судей. **В большинстве случаев у судей есть фиксированное время для каждой команды, поэтому трата времени может уменьшить количество вопросов, на которые вы сможете ответить.**
- Постарайтесь не отходить от темы. Если судья спрашивает о связях с общественностью, не говорите слишком много о конструкции робота. Судьи обычно спрашивают о вещах с определенной целью, и другая информация может быть потрачена впустую.

Презентация

Презентация длится 5 минут, в течение которых судьям не разрешается прерывать ее. По истечении 5 минут вас либо попросят остановиться, либо судьи прервут вас. Для этого периода нет установленного формата, поэтому ваша команда может решить, как они хотят выступить. Как правило, большинство команд делают формальные презентации по сценарию, часто с каждым студентом, занимающимся отдельной частью информации о команде, работе, связях и т. д. Рекомендованные команды охватывают темы из каждой темы награды.

Совет

Хотя может возникнуть соблазн сделать что-то уникальное, например, спеть или провести презентацию, знайте, что это обычно сложно и не приносит особой пользы. Если вы не уверены, что можете сделать это очень хорошо, вам, вероятно, не стоит пробовать.

Обычно нет штрафа за использование сценариев, поэтому настоятельно рекомендуется их использовать. Кроме того, вам следует неоднократно практиковать период судейства перед соревнованием. Практикуйте все, начиная с того, как войти и предоставить свое портфолио судьям, и заканчивая периодом вопросов и ответов. **Убедитесь, что вам комфортно с вашим сценарием и с ответами на вопросы.**

Советы по презентации

- Практикуйте четкую и точную речь. Вы должны практиковаться много раз и знать не только свои реплики, но и то, что скажут окружающие вас люди.
- Используйте робота! Пусть другие члены команды указывают на робота и перемещают предметы, пока вы говорите, чтобы продемонстрировать.
- Хотя наличие сценария не будет использовано против вас, постарайтесь не прилипнуть к нему и не смотреть вниз. Если вы время от времени будете смотреть на судей, это поможет сделать вашу презентацию более профессиональной.
- **Убедитесь, что у каждого есть возможность что-то сказать или ответить на вопрос.** Если ученики ничего не говорят во время судейства, это может выглядеть плохо.

Период вопросов и ответов

Период вопросов и ответов так же важен, как и презентация, и его следует практиковать несколько раз, пока команда не будет чувствовать себя комфортно, отвечая на импровизированные вопросы. Хорошей идеей будет попрактиковаться в вопросах для судей (Приложение В). Наставники должны задавать вопросы, похожие на вопросы из примера для судей, в дополнение к вопросам, на которые трудно ответить («Какую награду, по вашему мнению, вы заслуживаете?» — пример вопроса, на который невероятно сложно ответить на месте).

Совет

Судьи почти всегда спрашивают что-то вроде: «Есть ли что-то еще, что вы хотите, чтобы мы знали, но что не было охвачено?» Убедитесь, что у вас есть ответ на этот вопрос! Лучшая стратегия обычно — ответить на что-то, о чем не спрашивали или что не было охвачено, поэтому обратите внимание на то, какие темы были затронуты во время вопросов и ответов.

Судейство на пит-стопах

Во время соревнований вторичные группы судей могут ходить по пит-стопам, чтобы задавать больше вопросов о конкретных компонентах команды, робота или охвата. Эти вопросы являются важной частью судейского обсуждения и должны рассматриваться аналогично вопросам и ответам в начале соревнований.

Иногда судить на пит-стопах бывает сложно, так как судьи могут захотеть поговорить с вашей командой, пока вы отправляетесь на матч. Хотя некоторые судьи могут предложить вернуться в другое время, часто лучше, чтобы ваши товарищи по команде не уходили, чтобы поговорить с судьей, если это возможно. Это может гарантировать, что у них не закончится время, чтобы поговорить с вами.

Когда приходят судьи пит-стопа, нужно попытаться примерно определить, для чего они там. Судьи довольно быстро дадут понять, для чего они там, для control, наград по роботу, аутричей и т. д. Если судья пришел поговорить с вами о роботе, не тратьте его время на аутричи. Точно так же, если судья спрашивает о ваших аутричах, не переходите к разговору о роботе. Судьи там для определенной цели, другая информация может быть по сути отброшена ими.

Важно

Судьи почти всегда спрашивают что-то вроде: «Есть ли что-то еще, что вы хотите, чтобы мы знали, но что не было охвачено?» Убедитесь, что у вас есть ответ на этот вопрос! Лучшая стратегия обычно — ответить на что-то, о чем не спрашивали или что не было охвачено, поэтому обратите внимание на то, какие темы были затронуты во время вопросов и ответов.

Советы по судейству на пит-стопах

- У судей ограниченное количество времени, не тратьте его зря! Отвечайте на вопросы подробно, но осознанно.
- Держите наготове портфолио или блокнот для быстрого доступа к информации при необходимости.
- Постарайтесь, чтобы на вопросы отвечали разные люди, вовлекая в обсуждение всех.

Дизайн и решения для ноутбуков

В этом разделе будет рассмотрено как то, что должно быть в блокноте, так и решения, которые вам необходимо принять по этому поводу и которые повлияют как на отдельные разделы, так и на блокнот в целом.

Внимание

Инженерный блокнот полностью ОПЦИОНАЛЬНЫЙ. Наличие блокнота НЕ является обязательным для получения какой-либо награды. Однако судьи технически все еще могут попросить блокнот для получения дополнительной информации, поэтому некоторые команды все равно решают сделать его. **Эта статья остается здесь по причинам наследия для команд, которые хотят сделать инженерные блокноты, хотя это совершенно необязательно и не обязательно для команд, чтобы все еще иметь шанс на награды.** Было несколько случаев, когда команды выигрывали награды высокого уровня, такие как Inspire и Think, не имея инженерного блокнота.

Решения для всей тетради

Сжатый против длинного

Ловушка, в которую попадают многие команды, заключается в том, что более длинный блокнот — это лучший блокнот, особенно если это действительно качественный текст. К сожалению, это не всегда так.

На многих соревнованиях, особенно когда блокнот совершенно необязателен, у судей не так много времени, чтобы читать ваши блокноты. Они, скорее всего, бегло просмотрят несколько страниц и более подробно рассмотрят некоторые страницы. Таким образом, даже если вы напишете отличный, но длинный блокнот, они могут упустить основные моменты и поставить вам оценку ниже, чем вы должны были получить. Решение этой проблемы — создать сжатый блокнот.

Здесь вы прилагаете целенаправленные усилия, чтобы избавиться от лишнего и убедиться, что все записанное в блокноте служит своей цели — его читают и отмечают наградами.

Так что если вы знаете, что ваши соревнования будут длиться больше пары дней, напишите длинный, подробный блокнот. Но если он длится всего один день, напишите так, чтобы каждый раздел имел цель.

Рукописный и печатный текст

Это решение команды. Некоторые команды клянутся, что судьи предпочитают рукописные блокноты, но доказательств этому нет. Но если у вас небольшая команда или вы предпочитаете писать, делайте это. Убедитесь, что почерк последовательный и разборчивый! Печатные блокноты гораздо проще организовать, и судьи определенно смогут их прочитать.

Серьёзный против Обаятельного

Блокнот команды — это продолжение ее личности и бренда. Некоторые команды пытаются выдать себя за инженерную фирму или, по крайней мере, за очень серьезную, в то время как другие действуют наоборот.

Вы должны попытаться отразить это в своем блокноте. Ни один из способов не лучше, но хорошо бы на раннем этапе выяснить, как ваша команда действует и пишет в той манере, которая ей подходит.

В целом юмор приемлем, но постарайтесь свести шутки к минимуму (в конце концов, инженерный блокнот — это документ профессионального уровня).



Заметка

Важно иметь постоянный бренд команды, чтобы судьи вас запомнили. Большое количество победных наград запоминается и пропагандируется судьями.

Таким образом, наличие последовательного бренда помогает судьям понять, с какой командой они имеют дело и что они о вас знают.

Отдельные разделы

В разделе 9.2.2 Game Manual Part 1, перечислены типы вещей, которые вы ожидаете увидеть в своем блокноте.

Они перечислены здесь:

- Определение проблемы
- Сбор информации
- Решения для мозгового штурма
- Концептуальный дизайн
- Проектирование системного уровня
- Тестирование
- Улучшение дизайна
- Производство
- Повышение
- Бюджетирование
- Планирование
- Аутрич
-

Конкретные разделы, названные в Game Manual Part 1, Руководстве для судей и Руководстве по блокноту, не многочисленны. Они включают в себя командный план, который в основном не является роботизированным письмом — план устойчивого развития, стратегический план и бизнес-план — все это попадает в него, и выполнение одного из этих разделов требуется для награды Inspire, и сообщение нам того, что они хотят видеть в блокноте (перечислено выше). Отдельные авторы блокнотов должны выяснить, как они конкретно хотят назвать каждый раздел и что в него вписать.

Ежедневные журналы и другие способы документирования

Это, возможно, самый распространенный способ документирования в блокнотах. Даже команды, которые так себе в попытках написать блокнот, имеют пару месяцев журналов, потому что в целом это не так уж и сложно.

Существуют и другие методы, такие как еженедельные, чистые цели или другие инженерные методы, такие как agile (если вы придерживаетесь последнего, вы можете использовать тех с трудом завоеванных наставников, которых вы получили). Еженедельно или раз в две недели — то же самое, что и выше, но дата становится диапазоном, и вы говорите о том, что произошло за этот период времени. Это лучше для команды, в которой всего несколько человек ведут журналы, потому что общие журналы становятся все более и более утомительными.

Раздел «Создание и документирование робота»

Вы потратили кучу времени на прочтение оставшейся части этого руководства, чтобы узнать о роботе и о том, как его построить. Раздел о строительстве посвящен тому, как ваш робот справляется с задачей, и какие движущие факторы были при создании вашего робота.

Информация о деталях и материалах, а также фотографии каждого механизма (плюс подписи) помогут судьям собрать воедино то, как робот работает механически. Объяснения компонентов проиллюстрируют мыслительные процессы, лежащие в основе дизайна.

Обширная графика (скриншоты/рендеры CAD, изображения и т. д.) поможет судьям понять, как это работает и почему это полезно. Однако убедитесь, что у каждого графика есть подпись или пояснение. Не ждите, что судьи поймут, как работает ваш робот, только по картинкам.

Как и в случае с большинством документов, использование реальных скриншотов CAD или реальных фотографий обычно лучше, чем высококачественные рендеры. Хотя рендеры интересны с технологической и эстетической точки зрения, они обычно требуют больше времени и усилий и также не передают ваш инженерный процесс в полной мере. Скриншоты CAD, как правило, делают документ более похожим на реальную документацию инженерного процесса и могут выглядеть гораздо более профессионально, даже если они не так эстетичны.

Кроме того, используйте в этих объяснениях математику, чтобы претендовать на премию Think Award.

Вторая часть гораздо более документирована и тяжела в плане написания, но в некотором смысле она проще. Поскольку вы создаете робота, вы не получите своего окончательного бота с первой попытки.

Подумайте о том, чтобы рассказать историю о том, как ваша команда прошла путь от мозгового штурма и концепции идеи до прототипирования и финального дизайна. Судьи *любят* следовать логической последовательности шагов, поскольку это показывает, как команда обдумывала ошибки и добивалась успехов.

Каждый раз, когда вы итерируете часть вашего робота или продвигаетесь на шаг дальше в процессе инженерного проектирования, документируйте это. Ниже приведены важные вопросы, которые следует задать при написании этого раздела.

- Что побудило к этому изменению/почему было внесено это изменение?
- В чем заключалось изменение?
- Каким образом была принята поправка?
- Каковы были результаты (хорошие и плохие)?
- Как можно улучшить эту конструкцию?

Сюда также входят ваши первые нереализованные идеи, о которых ваша команда говорила сразу после окончания сезона, когда она только собралась.

Галерея блокнотов

- Relic Recovery
 - [4042](#)
- Rover Ruckus
 - [9794](#)
 - [14270](#)
- Skystone
 - [11115](#)
 - [8813 Дизайнерский блокнот](#)
 - [9656 Технический переплет](#)
 - [9656 Нетехнический переплет](#)

Полезные ресурсы

Вот страница, посвящённая полезным ресурсам в интернете. Приятного изучения!



Заметка

Ссылки, помеченные звёздочкой (*), являются особенно полезными и актуальными ресурсами. Мы настоятельно рекомендуем вам ознакомиться с ними.

Общие ресурсы

[FTC Discord*](#) - **Неофициальный** сервер FTC® Discord - это сервер, основанный на обсуждениях в сообществе. Это самое активное сообщество FTC, что означает, что здесь обычно представлена самая актуальная информация, и это самый простой способ получить быстрые ответы на вопросы. Также сервер включает канал с прямым доступом к производителям.



Внимание

Основная аудитория FTC Discord - участники возраста FTC, что значительно влияет на средний уровень дискуссий. Часто обсуждения могут быть не по теме или проблемными. Мы рекомендуем в основном придерживаться каналов, посвящённых помощи.

[FTC Docs*](#) - Официальная документация FIRST® FTC, включающая ресурсы по программированию, управлению командой и многое другое.

[FTC Q&A*](#) - Раздел вопросов и ответов по игре FTC, где команды могут задавать уточняющие вопросы о правилах игры и получать на них ответы.

[Game and Season Materials*](#) - Раздел, где можно найти информацию о текущем сезоне, включая игровые руководства.

[FTC Blog](#) - Официальный блог FTC; здесь обычно публикуются важные обновления.

[FTC Tutorials](#) - (Неофициальные) учебные материалы по FTC, охватывающие темы, связанные с роботами, соревнованиями и управлением командой.

[FIRST Resource Library](#) - Библиотека ресурсов FIRST (отфильтрованная для материалов по FTC). Включает чек-листы для проверки роботов/поля, ресурсы по созданию и программированию роботов, материалы по управлению командой, руководство для наставников FTC и многое другое.

[Engineering Portfolio Library](#) - Библиотека ранее награждённых инженерных портфолио. Создано участником Polar из FTC 23396 и поддерживается сообществом.

[REV Robotics FTC Documentation](#) - Охватывает аппаратное и программное обеспечение REV. Документация по системе управления включает вводный урок по программированию для FTC.

[Spectrum's Recommended Reading](#) - Список ресурсов, составленный командой FRC® 3847, Spectrum. Хотя эти ресурсы предназначены для FRC, многие из них напрямую применимы к FTC.



Управление командой

[Running a FIRST Team*](#) - Руководство от Картика Канагасабапати, бывшего главного наставника (а ныне советника) команды FRC 1114 Simbotics из Зала славы, о том, как управлять командой FIRST. Хотя некоторые детали специфичны для FRC (например, 6-недельный график), большая часть применима к управлению командой FTC.

[Team Management Resources](#) - Ресурсы для управления командами FTC от FIRST, охватывающие вопросы бюджета, инженерную тетрадь и другие аспекты.

Стратегия

[Effective FIRST Strategies*](#) - Презентация на чемпионате от Картика Канагасабапати, бывшего главного наставника (а ныне советника) команды FRC 1114 Simbotics, о эффективных стратегиях дизайна и соревнований. Посмотрите также саму презентацию в формате [слайд-шоу](#).

CAD

[Autodesk Education Account](#) - Страница регистрации учебной учётной записи Autodesk. Учебная учетная запись предоставляет доступ к Fusion 360 и Inventor.

[Creo Education License](#) - Форма заявки на образовательную лицензию Creo.

[Onshape Education Account](#) - Страница создания образовательной учётной записи Onshape.

[SolidWorks Sponsorship](#) - Ссылка на форму заявки на бесплатные лицензии SolidWorks для робототехнических команд.

Part Libraries

[i10650 Hazmat Robotics Public CAD Library](#) - Публичная библиотека деталей от нескольких поставщиков, совместимая с разными CAD-программами благодаря использованию файлов STEP.

[2901 Purple Gears Onshape Parts Library](#) - Библиотека деталей от нескольких поставщиков, специально для Onshape.

[REV Robotics Official CAD Library](#) - Официальная библиотека CAD-деталей REV Robotics Для FTC.

[ServoCity Official CAD Library](#) - Полный каталог файлов STEP от ServoCity, включая детали Actobotics.

Генераторы

[Belt Generator](#) - Генератор ремней с 5 различными типами ремней. Это позволяет создавать ремни с зубьями для CAD и рассчитывать необходимое натяжение для более сложных ременных приводов.

Разработано Джеремией из FTC 10641.

[HTD Pulley Generator](#) - Генератор шкивов HTD3 и HTD5 с множеством опций. Это позволяет создавать кастомные шкивы, которые можно распечатать на 3D-принтере. Разработано Хенопиедом из FTC 18255.

[GT2 3mm Pulley Generator](#) - Генератор шкивов GT2 с шагом 3 мм с множеством опций. Это позволяет создавать кастомные шкивы, которые можно распечатать на 3D-принтере.

Рендеринг

[Blender4FTC](#) - Аддон для Blender и библиотека материалов, предназначенные для простого и удобного рендеринга CAD, с возможностью полной настройки для опытных пользователей.

[Рендеринг FTC в Fusion 360](#) - Руководство по рендерингу роботов FTC в Fusion 360, предназначенное для пользователей с минимальным опытом работы в Fusion 360.

Механическое проектирование и сборка

[Mechatronics*](#) - Документ о технологиях, принципах, проектировании и анализе сложных электромеханических систем. Он охватывает такие темы, как крепежные элементы, производственные процессы, методы изготовления, передача мощности, механизмы, принципы проектирования и многое другое.

[8644 Brainstormers Tips and Tricks](#) - Плейлист с видео, сравнивающими различные реализации механизмов, шестерёнок и цепей, а также другие темы, связанные с роботами FTC.

[9794 Wizards.exe](#) - Канал с множеством полезных видео для FTC, особенно для новичков.

[COREFTC](#) - Полное руководство по FDM 3D-печати в рамках FTC, отвечающее на многие основные вопросы о 3D-печати, включая такие темы, как: адгезия к столу, допуски, проектирование для 3D-печати, настройка и выбор оборудования.

[Designing Competitive FTC Robots \(paid\)](#) - Эта книга описывает общий подход к проектированию робота, включая стратегию, мозговой штурм и прототипирование.

[Fastener Guide](#) - Руководство, объясняющее различные типы крепежных элементов и их применение. Оно также включает распечатки с изображениями различных крепежей в масштабе для их идентификации.

[FIRST Robot Building Resources](#) - Сборник официальных ресурсов FIRST для проектирования и сборки, включая руководства по сборке TETRIX/REV.

[goBILDA with TETRIX](#) - Документация, описывающая, как использовать goBILDA с TETRIX.

[NASA RAP Design Guide](#) - Руководство по конкурентной робототехнике, охватывающее темы, такие как производство, стили проектирования, передача мощности, проектирование механизмов и многое другое.

[The Unofficial FRC Mechanism Encyclopedia](#) - Страница с видеопримером множества механизмов FRC и FTC, категоризированных по типу.

Передача мощности *SDP-SI Timing Belt* и *Pulley Handbook*

[SDP-SI Timing Belt and Pulley Handbook*](#) - Подробное руководство о ремнях и шкивах. Некоторые аспекты также применимы к цепным передачам.

[SDP-SI Timing Belt Drive Design Guide*](#) - Одностраничное руководство по проектированию систем привода с ремнями и шкивами.

[Gears Educational Systems Guide to Chain Drive Systems](#) - Руководство по роликовым цепям, включающее полезные формулы.

[Gear Efficiency Comparisons](#) - Сравнение различных типов шестерён (цилиндрические, конические, червячные и др.).

[How Gears Work](#) - Интерактивное визуальное руководство о том, как работают шестерни.

[KHK Introduction to Gears](#) - Руководство, описывающее основы механики шестерён.

Калькуляторы

[ILITE Drivetrain Simulator \(v2020\)](#) - Калькулятор для привода, акцентирующий внимание на времени достижения цели. Введите данные о моторе, количестве моторов, передаточном соотношении и различных характеристиках привода и электрической системы. На выходе отображаются предполагаемая максимальная скорость, расчётное время разгона, минимальное напряжение системы и максимальное напряжение при полной скорости привода.

[JuliaDesignCalc](#) - Табличный калькулятор для проектирования. Однако он не включает данные о моторах FTC, поэтому их нужно добавлять вручную, используя информацию из раздела "Пиковая мощность и кривые моторов".

[Pulley Center-to-Center Calculator](#) - Полнофункциональный калькулятор для расчёта расстояния между центрами шкивов ременной передачи.

[ReCalc](#) - Калькулятор для механического проектирования, созданный совместными усилиями. В настоящее время находится в стадии альфа-тестирования и предоставляет ссылки для совместного использования.

[Thad's EveryCalc](#) - Калькулятор для механического проектирования, охватывающий широкий спектр механизмов. Также включает полезные функции, такие как подбор ремня, расчёт траектории и многое другое.

Программирование

[Learn Java for FTC*](#) - Введение в программирование FTC, рассчитанное на тех, кто не имеет предварительных знаний Java.

[FTC Robot Controller Repository*](#) - Репозиторий с SDK FTC. Также рекомендуется ознакомиться с сопутствующей [wiki](#) и [JavaDocs](#).

[REV's Introduction to Programming*](#) - Вводная документация по программированию от компании REV, охватывающая программирование с использованием Blocks и Java. Также по ссылке доступна остальная документация REV для системы управления.

[Controls Engineering in the FIRST Robotics Competition](#) - Книга, представляющая студентам более широкую область теории управления.

[CTRL ALT FTC](#) - Руководство по теории управления, созданное командой FTC №19376 Thermal Equilibrium.

[FIRST Programming Resources](#) - Сборник официальных ресурсов FIRST по программированию, включая вводные материалы для каждого инструмента программирования.

[FRC 4613 Software Workshops](#) - Семинары команды FRC 4613, предназначенные для обучения их новых программистов Java и программированию для FTC. Семинары охватывают темы от самых основ данных до более сложных концепций, таких как полиморфизм и функциональные интерфейсы.

[Intro to Control Theory](#) - Серия блогов о теории управления.

Библиотеки

[Easy Open CV](#) - Простой способ использовать OpenCV на роботе FTC. С этой библиотекой вы можете перейти от стандартного SDK к запуску примера OpenCV OpMode всего за несколько минут, используя либо встроенную, либо внешнюю камеру.

[FTC Dashboard](#) - FTC Dashboard - это React-дэшборд, основанный на WebSocket, разработанный для FTC. Очень полезен для отладки, включает функции, такие как отображение и построение графиков телеметрии в реальном времени, а также настройку переменных конфигурации во время работы OpMode.

[FTCLib](#) - Довольно обширная библиотека для FTC, в которой, в частности, представлен подход к программированию на основе команд и реализации визуальных пайплайнов.

[Road Runner](#) - Road Runner - библиотека для планирования траектории движения. Предназначена в основном для автономного движения роботов, она позволяет создавать и следовать сложным путям, поддерживая контроль скорости и ускорения. Это позволяет роботам более точно и эффективно следовать заданным траекториям. Также посмотрите [Learn Road Runner](#), руководство по настройке Road Runner.

Электроника

[Robot Wiring Guide*](#) - Руководство FIRST по подключению проводки на роботах FTC, включая варианты снижения воздействия электростатических разрядов (ESD).



[An Analysis of ESD Mitigation for the FIRST Tech Challenge](#) - Анализ различных методов снижения проблем, связанных с электростатическими разрядами (ESD), которые могут вызывать отключение роботов. В заключении статьи представлены отличные рекомендации по минимизации этих проблем.

Команда/ результаты мероприятия

[FTC Events](#) - Официальная база данных FIRST с результатами команд и мероприятий FTC.

[FTC Scout](#) - Созданный сообществом интерфейс для FTC Events с большим количеством функций и более удобным дизайном.

[The Orange Alliance](#) - База данных результатов команд и мероприятий, управляемая сообществом. Особенно полезна благодаря более полным результатам до сезона "Ultimate Goal" (2020-2021).

Appendix

Gallery Of Robot Designs

Коллекция дизайнов роботов из прошлых сезонов. Вы можете использовать некоторые дизайны для создания своего робота!



Заметка

Копирование дизайна другой команды обычно не приносит результата, если вы не понимаете, почему их конструкция работает и зачем она была создана именно так. Точно так же, как списывание домашнего задания у друга не означает, что вы усвоили материал.

2023-2024 Center Stage

11329 I.C.E. Robotics

- [CAD](#)
- [Robot Reveal Video](#)
- [Behind the Bot](#)
- [Code](#)

19043 CyLiis

- [CAD](#)
- [Behind the Bot](#)

19234 ByteForce

- [Portfolio \(English\)](#)
- [Portfolio \(Romanian\)](#)

23396 hivemind

- [CAD](#)
- [Portfolio](#)

2022-2023 Power Play

11329 I.C.E. Robotics

- [CAD](#)
- [Robot Reveal Video](#)
- [Behind the Bot](#)
- [Code](#)
- [Portfolio](#)

19043 CyLiis

- [CAD](#)
- [Robot Reveal Video](#)
- [Behind the Bot](#)

19044 Peppers

- [CAD](#)
- [Robot Reveal Video](#)
- [Behind the Bot](#)

2021-2022 Freight Frenzy

12518 Almond Robotics

- [CAD](#)
- [Portfolio](#)

2020-2021 Ultimate Goal

13648 Jankbot

- [CAD](#)
- [Robot Pictures](#)

16537 LOGICoyote

- [Engineering Portfolio](#)
- [Robot Reveal Video](#)

17077 Adna Robotics

- [Engineering Portfolio](#)
- [Robot Reveal Video](#)

18253 Beach Bots

- [CAD](#)
- [Robot Explanation Video](#)
- [Robot Description Flyer](#)

18275 SubZero

- [CAD](#)
- [Remote Match Video](#)

2019-20 Skystone

11115 Gluten Free

- [CAD](#)
- [Robot Reveal Video](#)
- [Former World Record Match Video](#)

11503 Viperbots Hyperfang

- [Technical Binder](#)
- [CAD](#)

14270 Quantum Robotics

- [CAD](#)
- [Robot Reveal Video](#)

2018-19 Rover Ruckus

8417 'Lectric Legends

- [CAD](#)
- [Robot Reveal Video](#)
- [Behind the Bot Interview](#)

9048 Philobots

- [CAD](#)

9872 (In)Formal Logic

- [CAD](#)
- [Robot Reveal Video](#)
- [Behind the Bot Interview](#)

11115 Gluten Free

- [CAD](#)
- [Practice Match Video](#)
- [World Record Match Video](#)
- [Behind the Bot Interview](#)

14270 Quantum Robotics

- [CAD](#)
- [Robot Description Flyer](#)
- [Practice Match Video](#)
- [Robot Reveal Video](#)

2017-18 Relic Recovery

9794 Wizards.exe

- [Robot Reveal Video](#)
- [3D model of the claw](#)
- [Misc CAD models](#)

2016-17 Velocity Vortex

3415 Livingston Lancers

- [Robot Reveal Video](#)
- [Robot Render](#)
- [Engineering drawing](#)

4137 Islandbots

- [Technical Binder](#)
- [CAD](#)
- [Robot Reveal Video](#)
- [Match Video](#)

9794 Wizards.exe

- [Robot Reveal Video](#)

Перечень производителей

- [Actuonix](#)

- Actuonix продаёт линейные приводы и компоненты для линейного перемещения. Дорого, но надёжно. Команды могут подать заявку на спонсорство FIRST®.

- [AndyMark](#)

- AndyMark продаёт официальные игровое поля и наборы для игр, а также отдельные игровые детали и пеноматериалы SoftTiles.

- AndyMark также предлагает моторы NeveRest и NeveRest Sport, платформу TileRunner, колёса compliant, stealth и mecanum, а также множество других товаров.

- AndyMark продаёт систему сборки Robits, которая использует неметрические компоненты, аналогичные системе Tetrix.

- [Axon Robotics](#)

- Поставщик высоконастраиваемых сервоприводов с программным обеспечением, позволяющим увеличивать диапазон и переключаться между режимами позиционирования и непрерывного вращения.

- [CopperState](#)

- Недорогой поставщик крепежа и другого оборудования.

- [eplastics](#)

- Поставщик сырого пластика, такого как поликарбонат, ацеталь, HDPE и другие.

- [estreetplastics](#)

- Поставщик сырого пластика, включая затемнённый поликарбонат.

- [Fastenal](#)

- Поставщик средней ценовой категории для крепежа и другого оборудования, включая инструменты.

- [goBILDA](#)

- goBILDA продаёт свою собственную систему сборки, включая моторы Yellow Jacket, каналы, компоненты для движения и батареи. Обратите внимание, что самые дешёвые батареи можно найти здесь: MATRIX 12V Batteries стоят \$39.99, с командной скидкой - \$29.99, что почти в два раза дешевле, чем батареи за \$50, продаваемые в других местах.

- Команды могут получить 25% командную скидку от goBILDA.

- [McMaster-Carr](#)

- McMaster-Carr продают оборудование и сырьё оптом. У них в наличии почти все виды болтов, винтов и гаек, а также шайбы, подшипники, пружины и т.д. Покупайте у них для закупок больших партий оборудования, а также в тех случаях, когда вам нужно найти очень редкую деталь.
- Не пугайтесь скрытых затрат на доставку. Обычно стоимость доставки у McMaster-Carr примерно такая же, как у других поставщиков, и доставка часто осуществляется на следующий день.

- [MiSUMI](#)

- MiSUMI - японская компания, специализирующаяся на промышленных и производственных компонентах. Они продают алюминиевые экструзии ([extrusion](#)) 15 мм в оптовых партиях, аналогичные экструзиям ([extrusion](#)) REV Robotics. Эти экструзии ([extrusion](#)) можно нарезать по длине.
- MiSUMI также продаёт алюминиевые направляющие для ящиков, которые популярны для линейных расширений. Они доступны в разных длинах, но наиболее распространённая длина - 400 мм.

- [OnlineMetals](#)

- Распространённый поставщик для покупки различных видов сырьевых металлов.

- [Pitsco](#)

- Pitsco продаёт комплект Tetrix с каналами, моторами TorqueNado и собственной системой движения.

- [REV Robotics](#)

- REV Robotics продают систему сборки REV, которая является экструзионной ([extrusion](#)) экосистемой, включающей моторы (HD Hex, HD Planetary, Core HEX), экструзии ([extrusion](#)), сервоприводы ([servos](#)) (Smart Robot Servo), кронштейны и батареи.
- REV также продают систему управления для FTC® (Expansion Hub и Control Hub).
 - REV предлагают различные датчики (магнитный ограничительный выключатель, датчик цвета, датчик касания, датчик расстояния, потенциометр и другие).
 - Кроме того, можно приобрести электронные компоненты, такие как Servo Power Module, SPARKmini или Blinkin.

- [Servocity](#)

- Servocity продают широкий ассортимент сервоприводов, от Hitec до Futaba, в разных ценовых категориях.
- Команды могут получить 25% командную скидку от Servocity.

- [Studica](#)

- Studica продают систему сборки Studica, которая имеет узоры отверстий, совместимые с большинством систем.
- Кроме того, Studica является владельцем и продаёт продукт navX, более высококачественный IMU, чем тот, что предоставляется в Control Hub.

- [West Coast Products](#)

- Также известная как WCP, компания West Coast Products продаёт продукцию, предназначенную исключительно для использования в FRC®. Однако многие из их деталей могут быть использованы в FTC, особенно в кастомных роботах.

Руководство по производителям/ поставщикам

Идентификация производителей

Когда вы читаете спецификацию материалов (BOM) или номера деталей, упомянутые в этом руководстве, может быть сложно понять, от какого поставщика поступает нужная вам деталь. Очевидный способ - это поискать номер детали в Google, и обычно это помогает найти нужную информацию и источник. Но если это не помогает, вот несколько быстрых советов, как определить поставщика, который продаёт то, что вам нужно.

Идентификация префикса

- AM- обозначает AndyMark (например, AM-0447)
- REV- обозначает REV Robotics (например, REV-31-1155)
- WCP- обозначает West Coast Products (например, WCP-0117)

Идентификация SKU

- Actonix: 3-4 цифры SKU, alphanumeric, в форме XX00 или X00 (например, PQ12)
- goBILDA: 12 цифр SKU, числовой, в форме [0000-0000-0000](#) (например, 3213-3606-0001)
- Pitsco/Tetrix: 6 цифр SKU, W + 5 цифр, в форме W00000 (например, W44260)
- Servocity/Actobotics: 6 цифр SKU, числовой, в форме 000000 (например, 615190)

Где можно купить?

- Моторы и коробки передач
 - Моторы с прямозубыми шестернями
 - [AndyMark NeveRest](#) Classic
 - [REV HD Hex](#) & [Core Hex](#)
 - goBILDA 5201 Spur Gear
 - TETRIX TorqueNado
 - Моторы с планетарными коробками передач (рекомендуется)
 - [AndyMark NeveRest](#) Orbital
 - [REV HD Hex](#) Planetary & UltraPlanetary
 - [goBILDA 5202/5203 Yellow Jacket Planetary](#)
 - (курсивом = настраиваемое передаточное соотношение коробки передач)
- Сервоприводы
 - HiTec (от ServoCity); 24-зубчатый шлиц
 - REV Smart Robot Servo; 25-зубчатый шлиц
 - Axon Mini & Max; 25-зубчатый шлиц
 - goBILDA Dual Mode Servo; 25-зубчатый шлиц
 - Futaba (сервоприводы Futaba широко используются в радиоуправляемых и хоббийных моделях); 25-зубчатый шлиц
 - Savox усиленные сервоприводы; 25-зубчатый шлиц
 - Actuonix (линейные актуаторы)
- Сенсоры/датчики
 - AndyMark
 - REV
- Оборудование и сырьё
 - McMaster-Carr
 - OnlineMetals
 - Amazon
 - Местный строительный магазин
- Алюминиевые компоненты
 - Actobotics [channel](#) (канал), мини-[channel](#) (канал), экструзия ([extrusion](#)) X-rail
 - REV экструзия ([extrusion](#)), [channel](#) (канал) C, [channel](#) (канал) U
 - goBILDA [channel](#) (канал) экструзия ([extrusion](#)) goRAIL
 - TETRIX [channel](#) (канал)
 - MiSUMI экструзия ([extrusion](#))
- Шестерни/Цепные колёса/Шкивы
 - REV шестерни, цепные колёса ([gears](#), [sprockets](#)), шкивы
 - Actobotics шестерни, цепные колёса ([gears](#), [sprockets](#)), шкивы
 - goBILDA шестерни, цепные колёса ([gears](#), [sprockets](#)), шкивы
 - TETRIX шестерни ([gears](#)) и шкивы
 - AndyMark шестерни ([gears](#)) и шкивы

- Колёса
 - AndyMark колёса с высокой сцепляемостью, [compliant](#), [mecanum](#)
 - REV колёса с высокой сцепляемостью [omni](#), [mecanum](#)
 - ServoCity колёса с высокой сцепляемостью, [omni](#)
 - goBILDA колёса с высокой сцепляемостью, [omni](#), [mecanum](#)
 - TETRIX колёса с высокой сцепляемостью [omni](#), [mecanum](#)
 - Nexus колёса [mecanum](#)
- Наборы линейных направляющих
 - REV набор линейных направляющих для экструзии ([extrusion](#))15мм
 - Actobotics набор линейных направляющих
 - goBILDA набор линейных направляющих
- Направляющие (слайды) для ящиков
 - MiSUMI SAR2 или SAR3 алюминиевые направляющие (слайды)
 - Long Robotics направляющие (слайды)
 - Hafele направляющие (слайды) для шкафов
 - Стальные рулонные направляющие (слайды) для ящиков
 - Igus

Лицензия

Game Manual 0 лицензировано по лицензии [CC BY-NC 2.0](#).

Руководство для участников

Введение

Здравствуйтесь, и спасибо, что нашли время рассмотреть возможность внесения вклада в Game Manual 0. Ваши знания и вклад помогут многим другим командам и улучшат Game Manual 0 как универсальный ресурс. Этот документ предназначен для того, чтобы дать базовый обзор внесения вклада в Game Manual 0.

Кто может внести свой вклад?

Game Manual 0 приветствует вклад практически любого человека. Большая часть этого руководства была написана успешными студентами FTC® из самых разных команд, а также наставниками и выпускниками. Наш редакционный контроль основан исключительно на содержании, пока оно хорошее, оно будет добавлено в Game Manual 0.

Цели Game Manual 0

Прежде чем писать, пожалуйста, ознакомьтесь с целями Game Manual 0. Основные цели:

1. Информировать и направлять новые команды, участников и тренеров FIRST® Tech Challenge, а также помогать им достигать своих соревновательных целей.
2. Выступить в качестве живого источника информации о механизмах, методах и знаниях сообщества, имеющих отношение к FIRST Tech Challenge.

Эти цели могут показаться относительно очевидными, но из них можно сделать несколько важных выводов.

- Game Manual 0 — это руководство, в первую очередь, с точки зрения соревнования. В целом, наши рекомендации имеют конечную цель — увеличить количество очков, набранных командой, работая в рамках ограничений команды, и выработать хорошие технические привычки, которые пригодятся в будущей карьере.
- Game Manual 0 стремится информировать, а не рассказывать. Game Manual 0 не стремится поощрять один «мета» дизайн или ряд приемов, вместо этого руководство стремится представить командам множество вариантов со списком плюсов и минусов каждого из них и позволить командам принимать собственные решения в соответствии с их собственными обстоятельствами. Если даются рекомендации, они должны основываться на объективных, повторяемых рассуждениях. Для получения дополнительной информации об этом прочитайте [Style Guide](#).

- Эти цели не обязательно вытекают друг из друга. Например, давайте рассмотрим раздел «Трансмиссии» . Если мы просто хотим направить больше команд-новичков на путь к успеху, мы бы обсудили очень популярные трансмиссии, с которыми могут столкнуться команды (2WD, 4WD, 6WD, mecanum, X-Drive и H-Drive), чтобы команды могли быстро набрать скорость и выбрать конкурентоспособную трансмиссию. Однако, если цель состоит в том, чтобы стать всеобъемлющим справочником, мы бы включили каждую возможную трансмиссию, когда-либо созданную для FTC, даже если они не очень конкурентоспособны или реалистичны для создания новыми командами (swerve, ball, octocanum и т. д.).
 - Мы стремимся достичь обеих целей с помощью новой структуры: будет страница «Для новичков», которая будет ссылаться на список специально подобранных страниц, предназначенных для новичков, в то время как страницы за пределами этого списка могут выступать в качестве более полных справочных материалов.
 - При написании помните о цели страницы и о том, предназначена ли она для размещения на странице «Для новичков», и соответствующим образом корректируйте содержание.
- Game Manual 0 — это, как правило, концептуальное руководство высокого уровня. Это означает, что информация дается таким образом, что она применима ко многим ситуациям, а не в виде последовательности шагов. Однако, когда это возможно, мы ссылаемся на внешнюю документацию, чтобы заполнить пробелы в знаниях. Например: в разделах по электронике мы не обсуждаем, как именно подключать робота с помощью системы управления REV, вместо этого мы ссылаемся на документацию REV для точной проводки и обсуждаем общие передовые методы проводки.

Начало работы над вкладом

1. Прочитайте этот документ
 2. Прочитайте [руководство по стилю](#)
 3. Просмотрите [список проектов](#) и [проблемы GitHub](#)
 4. Ознакомьтесь со [способами внесения вклада](#)
- [Руководство по стилю](#)
 - [Методы внесения вклада](#)
 - [Участники](#)

Руководство по стилю

Не возводите всё в абсолют.

- Только ситх имеет дело с абсолютами.
- Используйте списки плюсов и минусов для сравнения вариантов
- Объясните, **ПОЧЕМУ** что-то хорошо или плохо
 - Например, мы все знаем, что двигатели Tetrix V2 плохие. Но не просто говорите, что они плохие, а скажите: «Двигатели Tetrix V2 недостаточно мощные и часто сгорают за несколько секунд при остановке, поэтому их обычно не рекомендуют. У них также нет встроенных энкодеров. Мы настоятельно рекомендуем вместо них приобретать двигатели класса RS-550/RS-555, которые продаются goBILDA, REV и AndyMark».
 - Аналогично, мы знаем, что двигатели goBILDA в целом хороши. Но объясните, почему они хороши, например: «Планетарные двигатели goBILDA Yellow Jacket обычно рекомендуются, если вам нужен двигатель с выходным валом 6 мм D/8 мм REX, и особенно если вы используете goBILDA в качестве основной системы сборки. Эти двигатели имеют прочную коробку передач, которая, как правило, может выдерживать приличную ударную нагрузку (но они все равно должны поддерживаться в ситуациях с высоким крутящим моментом) и удобно монтируются лицом в детали goBILDA. Кроме того, двигатели goBILDA не требуют использования переключателя уровня для использования своих энкодеров с системой управления REV для гибкости. Обратите внимание, что вам нужно будет адаптировать пулевые разъемы к силовым кабелям системы управления REV, а силовые кабели двигателей goBILDA не являются съемными, в отличие от двигателей REV Robotics».
- По-прежнему подчеркивайте, что команды могут свободно исследовать и внедрять инновации, но помогайте устанавливать реалистичные ожидания (см. следующий пункт)

Game Manual 0 — это **руководство с точки зрения соревнований**.

- Постарайтесь исключить то, что плохо работает и непопулярно; если это популярно, стоит объяснить недостатки (см. Н-привод против шарового привода; объяснение Н-привода как относительно популярной и простой трансмиссии имеет смысл, но шаровой привод, который едва ли существует и невероятно сложен, не имеет смысла упоминать).
- Постарайтесь как можно реже высказывать свое мнение. Не говорите авторитетно о вещах, в которых у вас нет личного опыта, когда это возможно.
- **Помните, что тенденции дизайна FTC являются временными и преходящими.**
 - Если что-то популярно в один сезон, это не значит, что это конец всему. Было время, когда 6-колесные приводы и соосные поворотные приводы были в моде, но это не значит, что мы должны рекомендовать их в Game Manual 0. Постарайтесь как можно лучше понять, почему что-то популярно и какие преимущества в дизайне, функциональности и исполнении оно на самом деле приносит.

Учтите, что не у всех команд есть ресурсы для приобретения наиболее оптимальных деталей для своей конструкции.

- Это означает, что мы должны дать рекомендации о том, как смягчить проблемы, связанные с некачественными деталями.
 - Например: структура TETRIX имеет плохую репутацию из-за изгиба время от времени, по крайней мере, по сравнению с другими системами сборки, такими как REV, goBILDA и Actobotics. Поэтому мы рекомендуем добавлять дополнительную поддержку при сборке в TETRIX по сравнению с другими системами (это означает включение дополнительных поперечных балок и добавление стоек внутри канала для увеличения жесткости).

По возможности прикрепляйте фотографии и видео.

- Добавление примеров механизмов действительно помогает передаче знаний.
 - Укажите команды: Формат подписи: [Номер команды] [Название команды], (Соответствующее достижение), [Сезон], (описание)
 - []s означает все время, ()s означает когда уместно
 - Если у вас есть несколько фотографий одного и того же персонажа от одной и той же команды, укажите авторство только на последней из них, чтобы избежать повторений.
 - Примеры
 - 11115 Без глютена, Финалист Alliance Captain (Детройт), Relic Recovery, с пружинным механизмом
 - 8417 'Lectric Legends, Rover Ruckus, впускные клапаны TPU
 - 7236 Заряженный зеленый, Rover Ruckus, Misumi SAR3

По возможности придерживайтесь стандартов бренда.

- Соблюдайте правила FIRST® по использованию товарных знаков, доступные [здесь](#).
 - Первое упоминание FIRST и FTC на странице должно включать ® (т.е. FIRST®)
 - Всегда пишите имя с заглавной буквы и курсивом В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ
 - НЕ используйте притяжательную форму имени FIRST (например, FIRST's)
- Это gm0, а не GM0, черт возьми; посмотрите на логотип.
- Это также относится к названиям команд: пишите их так, как они официально пишутся.
 - Если вы не знаете, как пишется название команды, посетите сайт [The Orange Alliance](#) или [FTC Events](#).

Вы можете использовать «you» при письме, когда это делает письмо менее неловким. Однако старайтесь избегать его чрезмерного использования.

Методы внесения вклада

Запрос на извлечение GitHub (настоятельно рекомендуется)

Запросы на извлечение следует направлять в репозиторий `gm0` на GitHub. Они будут рассмотрены, и можно будет оставить комментарии. Черновые запросы на извлечение настоятельно рекомендуются, когда вы работаете над чем-то, так как они позволяют получать обратную связь в процессе разработки. Это также означает, что CI может работать.

Подача документов

Этот метод разработан, чтобы помочь участникам, которые не понимают git и reStructuredText, начать вносить свой вклад. Этот метод работает только для добавления новых страниц ; вы не можете редактировать текущие страницы, используя этот метод.

1. Запишите предполагаемый контент в Google Doc
2. Измените Google Doc на «Любой пользователь Интернета, у которого есть эта ссылка, может комментировать»
3. Отправьте ссылку на Google Doc в следующей форме

Участники

Game Manual 0 не был бы возможен без многих участников, которые пожертвовали своим драгоценным свободным временем (или просто нашли еще один повод отложить свою работу). Я особенно благодарен Бену и Эби за помощь в переносе Game Manual 0 в Copperforge, и всем тем, кто продолжал добавлять и редактировать Game Manual 0 в течение напряженного учебного года. Game Manual 0 был моей мечтой довольно долгое время, и как выпускник, чрезвычайно благодарный за все, чему меня научил FIRST®, я хотел создать Game Manual 0, чтобы сохранить и распространить базу знаний, которая могла быть утеряна с классом FTC® 2019 года и далее. По этой причине я хотел бы выразить признательность всем участникам, которые помогли сделать Game Manual 0 отличным ресурсом для команд FIRST Tech Challenge. Не стесняйтесь обращаться к любому из имен, перечисленных ниже, по электронной почте (gamemanual0@gmail.com) или по другим контактным адресам электронной почты - я уверен, что они будут более чем готовы помочь вам!

Клептоман

Управляющие редакторы

- Tom - FTC Alum - 3736 Serious Business - seminole3736@gmail.com
- Abigail - FTC 7026 JDroids - gm0@dogbuilt.net
- Frank - FTC 8581 Aedificatores - fgportman00@gmail.com
- Justin - FTC 9656 Omega - ftc9656omega@gmail.com
- Nathanael/Kleptomaniac - FTC Alum - 13075 Coram Deo Robotics - nathanchu@utexas.edu
- Davy - FTC 16461 Infinite Turtles - davy@mcr.club

Другие участники

- Adham - FTC 14875 LightSpeed
- Arjun - FTC 9794 Wizards.exe
- Baylor - FTC 10641 Atomic Gears
- Cole - FTC 7548 SPAREPARTS
- Cooper - FTC 19458 Equilibrium.exe
- David - FTC 2753 Team Overdrive
- David - FTC 7236 Recharged Green
- David - FTC 8680 Kraken Pinion
- Dom - FTC 15692 Rust in Pieces
- Eric - FTC Alum - 8417 'Lectric Legends
- Ethan - FTC 7236 Recharged Green - goBILDA
- Frank - FTC 8581 Aedificatores
- Frank - FTC 8581 Aedificatores
- Fulton - FTC 5143 Xcentrics
- Guineawheel - FTC Alum
- Ian - FTC 7842 Browncoats
- Jackson - FTC/FRC® Mentor/Alum
- James - FTC 14298 Lincoln Robotics
- Justin - FTC 9656 Omega
- Karter - FTC 5975 Cybots
- Kelvin - FTC 731 Wannabee Strange
- Keval - FTC 731 Wannabee Strange/FTC 10195 Night Owls
- Kevin - FTC 9048 Philobots
- Nate - FTC 12897 Newton's Law of Mass
- Navya - FTC 7149 ENFORCERS
- Neo - FTC 6710 Sigmas
- Peter - FTC 12533 Inception
- Sam - FTC 2753 Team Overdrive
- Shurik - FTC 4137 Islandbots mentor
- Tom - FTC 3736 Serious Business
- Tyler - FRC 3184 Blaze Robotics
- Wes - FTC 3658 Bosons
- Whimsy - FTC 8417 'Lectric Legends
- Mikonti - FTC 24670 PID

ХОСТИНГ

- Benjamin Ward - FRC/FTC Alum - Copperforge - blward@copperforge.cc

