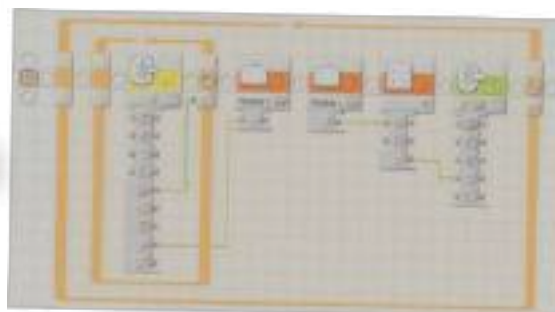
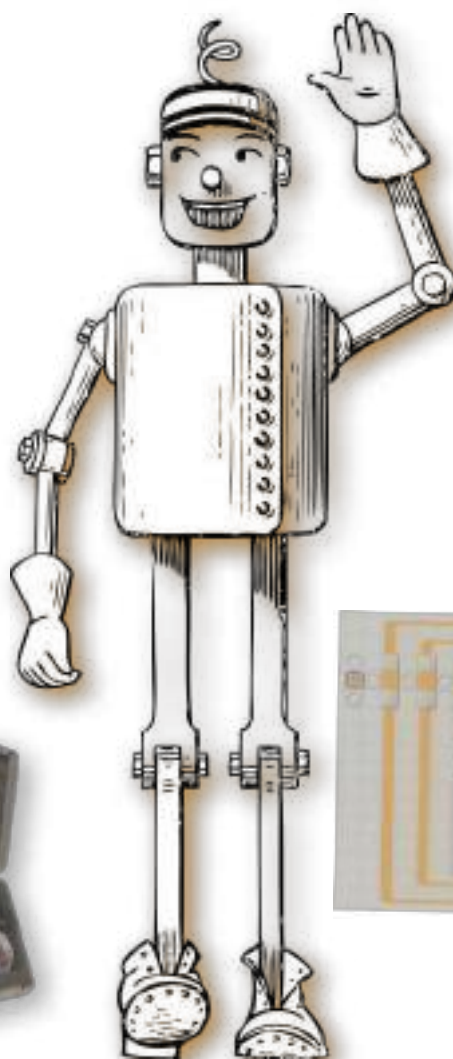




Робототехника для старших классов средней школы

Учебник по мехатронике и робототехнике



Дизайн и верстка Таави Дювина

Фотографии, рисунки, скриншоты Хейло Алтин, Таави Дювин, Свен Хендриксон, Илло Йыэ, Хейко Пикнер, Рамон Ранцус, Ранель Сарапуу, Райво Селл, Анне Виллемс, Ээро Вяльяотс.

Создание учебного материала было поддержано Эстонским научным советом в рамках программы TeaMe.



TeaMe



Эта работа лицензирована в соответствии с **Creative Commons 3.0 Estonia License**. Атрибуция + Некоммерческое использование + Совместное использование на тех же условиях



Тартуский
университет
Тарту 2013

Авторы: Хейло Алтин, Таави Дювин, Свен Хендриксон, Илло Йыэ, Хейко Пикнер, Рамон Ранцус, Ранель Сарапуу, Райво Селл, Анне Виллемс, Ээро Вяльяотс.

Предисловие	5
Введение и основные термины	8
<i>Робототехника</i>	8
<i>Манипуляторы</i>	10
<i>Датчики, микроконтроллеры и исполнительные механизмы</i>	11
<i>Применение роботов и популяризация робототехники</i>	11
<i>Мехатроника в целом</i>	11
Программирование	13
<i>Графическое программирование</i>	13
<i>Текстовое программирование</i>	14
<i>Текстовый язык программирования teek</i>	15
<i>Алгоритмы с использованием текстового языка программирования</i>	16
Роботизированные системы	18
<i>Мехатронная система</i>	18
<i>Микроконтроллер</i>	19
Микроконтроллер	21
<i>Микроконтроллер</i>	21
<i>Память</i>	21
<i>Реестры</i>	21
<i>Цифровые входы-выходы</i>	22
<i>Аналого-цифровой преобразователь</i>	22
<i>Широтно-импульсная модуляция</i>	22
Дисплеи и экраны	24
<i>Светодиодающий диод (LED)</i>	24
<i>Индикатор числа</i>	25
<i>Экран</i>	25
Дисплеи и экраны. Уровень II	27
<i>Таблицы на основе светодиодов и цифровых дисплеев</i>	27
<i>LCD-d</i>	27
Электродвигатели	29
<i>Электрический двигатель</i>	29
<i>Двигатель переменного тока (AC) (двигатель переменного тока)</i>	30

<i>Двигатель постоянного тока (DC) (двигатель постоянного тока)</i>	30
<i>Серводвигатель</i>	31
<i>Двигатель Samt</i>	31
<i>Линейный привод</i>	32
Электродвигатели - уровень II	33
<i>Управление двигателем постоянного тока и H-мост</i>	33
<i>Управление серводвигателем</i>	34
<i>Модифицированный серводвигатель</i>	35
<i>Конструкция и управление шаговым двигателем</i>	35
Датчики	37
<i>Калибровка</i>	38
Аналоговые датчики	39
Аналоговые преобразователи - уровень II	41
Digitaalandurid	44
Дигиталандурид - уровень II	47
Механизмы движения	50
Механизмы движения - уровень II	52
Передача данных	55
Передача данных - уровень II	57
Сбор данных	60
Сбор данных - уровень II	64
Глоссарий	66

Предисловие

Вокруг нас так много роботов, что мы даже не замечаем этого. Автомобили, домашняя электроника и даже некоторые инновационные игрушки - это в некотором смысле роботы. Их создание и обслуживание требует знаний в области робототехники и мехатроники. Задача данного учебника - передать эти знания.

Первые роботы в мире были созданы в 1960-х годах для работы на производстве. Считается, что самым первым роботом был робот автомобильного завода General Motors под названием Unimate, который приступил к работе весной 1961 года (см. рис. 1). В задачу робота входило охлаждение отформованных дверных ручек автомобиля в бассейне, чтобы их можно было передавать на линию для дальнейшей обработки. Работа была опасной для человека, так как форму нужно было снимать с еще горячих от жара красных деталей, которые к тому же выделяли опасные для человека газы. Конечно, это не сравнится с ходячим металлическим человекоподобным роботом, как в фильмах "Терминатор" или "Я, робот", но благодаря Unimate впервые человеку не пришлось участвовать в нескольких операциях, чтобы изготовить одну деталь автомобиля. Тот, кто хочет узнать больше об истории идей и устройств, сделавших возможным создание роботов, может найти информацию в Интернете на сайте <http://robotics.megagiant.com/history.html>. Самые ранние идеи и устройства, упомянутые там, относятся к векам до начала нашей эры.

Робототехника - это очень быстро развивающаяся область, которую вы никогда не узнаете до конца. Этот курс призван объяснить и показать, что создавать и проектировать роботов не так уж и сложно. Если для того, чтобы стать очень хорошим спортсменом, требуются определенные врожденные качества, то стать очень хорошим инженером может каждый, кто этого захочет. Создание роботов - это путь в мир инженерии.

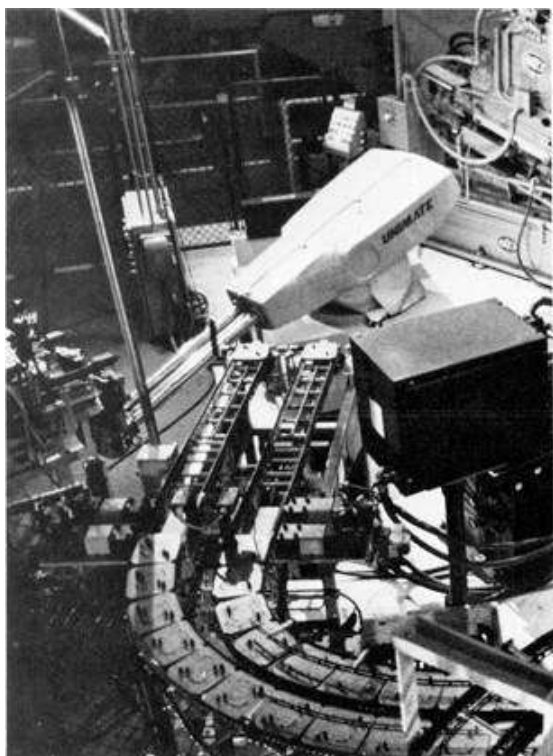


Рисунок 1. Первый в мире робот Unimate, который забирал еще красные дверные ручки автомобилей из формовочной печи, охлаждал их в жидкости и отправлял на линию для дальнейшей обработки.

С помощью этого учебника учащиеся поймут, насколько широка область робототехники, а также познакомятся с терминами, тесно связанными с ней: мехатроника и автоматизация. Робототехника - это, безусловно, та область, в которой невозможно выйти за рамки первых понятий, не экспериментируя. Именно поэтому к учебнику прилагаются рабочие тетради. В зависимости от того, можно ли использовать в школе робототехнические наборы LEGO MINDSTORMS NXT или HomeLab Таллиннского технологического университета, следует выбрать соответствующую рабочую тетрадь. Все темы, рассматриваемые в учебнике, сопровождаются практическими упражнениями.

По окончании этого курса учащиеся приобретут навыки и знания, которые помогут им добиться успеха в современном быстро меняющемся мире технологий. Кроме того, успешное завершение этого курса обеспечит студентам хорошую основу для дальнейшего обучения в университете. Даже если студенты не решат продолжить карьеру в области технологий и науки, они повысят свою способность мыслить независимо и аналитически, а также смогут понять, как работает широкий спектр современных систем.

От имени авторов мы желаем вам увлекательного и успешного полета в мир робототехники!

Ниже мы объясним структуру учебника на простом примере. Давайте построим простого робота, который может двигаться, как показано на рисунке 2.



Рисунок 2: Робот, который может двигаться. <http://www.ecolifegizmos.co.uk/product-detail.aspx?productID=1537>

Давайте рассмотрим довольно простую и понятную задачу. Поместим робота в пустую комнату в любом произвольно выбранном месте. Мы хотим научить робота следующему поведению: если его запустить, он будет ехать прямо вперед, пока перед ним не появится стена. Прежде чем робот на полной скорости врежется в стену, он должен понять, что впереди препятствие, и остановиться.

Что нам нужно для решения этой задачи?

1) Чтобы робот двигался, ему нужны моторы, которые приводят в движение его колеса. В обычной ситуации, ориентированной на человека, двигатели запускаются кнопкой. Нам же нужны моторы, которые можно запускать электрическим сигналом. Подробнее о моторах вы можете прочитать в соответствующей главе. В главе "Локомоция" объясняется, какие мобильные роботы можно построить.

2) Для того чтобы обнаружить наличие препятствия, необходимо какое-то устройство, предоставляющее роботу информацию об окружающей обстановке. Все такие устройства называются датчиками. Существуют сотни различных датчиков. Некоторые из них могут измерять громкость звука в помещении - их называют звуковыми датчиками. Другие используют ультразвук или свет для измерения расстояния - они называются датчиками расстояния. Есть датчики, которые могут измерять силу магнитного поля, количество CO_2 в воздухе и десятки и десятки других физических величин. С технической точки зрения датчики делятся на два больших класса: аналоговые и цифровые. Более подробную информацию о датчиках вы найдете в главе 8.

3) Где-то должен быть приказ запускать двигатели и останавливать их, когда датчик сигнализирует, что стена близко. Кроме того, должен быть способ контролировать частоту обмена информацией с датчиком и решать, останавливаться или нет, на основе результатов, полученных от датчика. Для всего этого в системе должен быть управляющий орган, или "мозг". В роботизированных системах такие "мозги" называются контроллерами. Контроллер - это, по сути, крошечный компьютер. Как и в любом компьютере, в контроллере есть процессор и память, в которой могут храниться программы, управляющие работой системы. Поскольку контроллеры часто выполняются на одном чипе, их часто называют микроконтроллерами. В этом учебнике мы будем стараться использовать термин "контроллер".

4) Контроллер - это устройство, которое может хранить и выполнять программу для выполнения заданной задачи для робота. Чтобы стать хорошим программистом, обычно требуется 3 года обучения в университете.

Для программирования роботов разработаны языки, которые можно успешно освоить в рамках этого курса в средней школе. Особенно простые языки программирования уже преподаются в некоторых начальных школах Эстонии. Программа должна быть написана на обычном компьютере, загружена в робота (по проводу или беспроводной радиосвязи), запущена, а затем она управляет поведением робота, отдает команды на запуск и остановку двигателей, сравнивает данные с датчиков и, при необходимости, выдает информацию человеку на экран робота.

Вооружившись этим начальным объяснением и заданием на проползание по стене, мы начнем шаг за шагом постигать секреты робототехники с помощью этого учебника.

Введение и основные термины

В этой главе мы рассмотрим понятия "робот", "робототехника", "манипулятор", "мехатроника", "сенсор", "исполнитель" и "контроллер". Кроме того, пройдя эту главу, вы сможете определить, к какому поколению относится робот - 1-му, 2-му или 3-му, и объяснить взаимоотношения между роботами и людьми с помощью законов И. Азимова.

На протяжении веков человек пытался создать машины, облегчающие его труд. В прошлом веке появились машины, расширяющие физические возможности человека: экскаваторы для рытья, краны для подъема тяжелых грузов, разнообразные средства быстрого передвижения - поезда, автомобили, самолеты и т. д. Однако теперь, благодаря созданию "умных" машин, появилась возможность избавить людей от рутинной и скучной работы. Это освобождает людей для творческой, интеллектуально сложной работы, такой как создание роботов. На этом курсе мехатроники и робототехники вы узнаете основы того, как "умные" машины ежедневно работают рядом с вами, не только совершая заранее заданные движения, но и принимая некоторые решения самостоятельно.

Далее мы более подробно рассмотрим, что такое робототехника, что такое робот и как можно классифицировать различных роботов.

Робототехника

Робот - это механическое интеллектуальное устройство, способное решать задачи автономно или с внешней (человеческой) помощью. На практике робот обычно представляет собой электромеханическую машину, управляемую компьютером. С другой точки зрения, роботы делятся на две группы:

- Гуманоиды и другие роботы, вдохновленные биологическими существами. К ним относятся человекоподобные устройства (например, ASIMO, робот-гуманоид, выпускаемый компанией Honda в Японии с 2000 года), а также другие роботы, похожие на биологические системы, например, насекомоподобные роботы (см. рис. 1), роботы-фермы и т.д.
- вспомогательные роботы, используемые для выполнения слишком монотонной или опасной и сложной для человека работы. Это промышленные, военные и сервисные роботы, мобильные роботы и т. д.

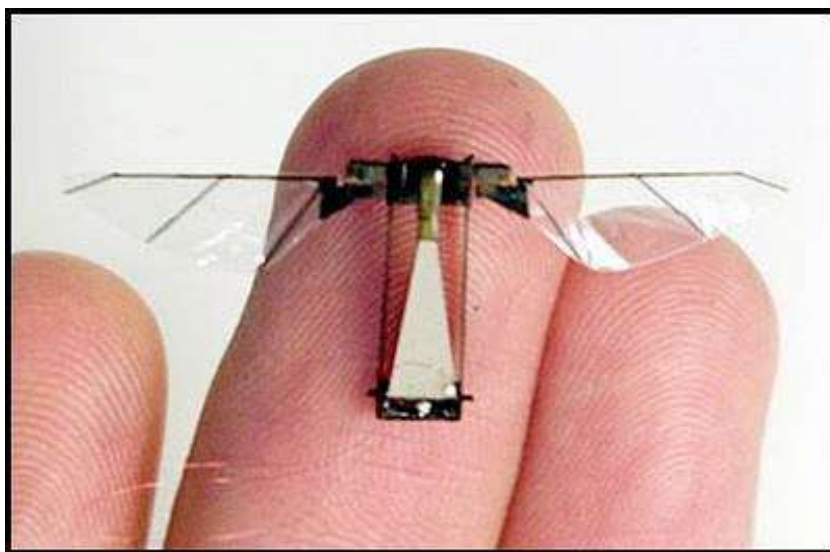


Рисунок 1. Робот-насекомое. <http://photo-junction.blogspot.com/2010/03/robot-insects-photos.html>

Общим для роботов является то, что их действия направляются собственными решениями и интеллектуальным выбором. В более сложных ситуациях робот может "взаимодействовать" с пользователем, то есть запрашивать у человека дополнительную информацию, необходимую для принятия решения. Некоторые роботы способны обучаться, то есть накапливать опыт, и, соответственно, изменять свои действия в определенных пределах без вмешательства пользователя. Все алгоритмы, на основе которых принимаются решения, закладываются в робота производителем. Таким образом, по сути, робот выполняет заранее заданный алгоритм, а его интеллект зависит от создателя.

Например, внутри автомобиля находится роботизированная система подушек безопасности, основанная на датчике ускорения. Когда автомобиль работает одновременно включается маленький компьютер, управляющий подушками безопасности, и постоянно сравнивает, не замедляется ли машина слишком резко. Если автомобиль замедляется быстрее, чем при торможении, значит, произошло столкновение, и компьютер посылает сигнал на раскрытие подушек безопасности. Современные подушки безопасности на самом деле сложнее описанной выше системы, поскольку содержат множество других датчиков. Учитывается наличие подушки безопасности в автомобиле и вес пассажира, так как от этого зависит сила удара в момент столкновения. Вся система работает автоматически и не требует вмешательства человека, поэтому является самодействующим устройством. Поскольку для управления автомобилем нужен человек, сам автомобиль не является роботом, но в нем, кроме подушки безопасности, есть несколько устройств, которые можно назвать роботами.

Робототехника - это область техники и технологии, которая занимается развитием прикладных наук и технологий, необходимых для создания роботов: проектирование, конструирование, разработка алгоритмов, производство роботов и их применение. Робототехника тесно связана с такими областями, как электроника, машиностроение, механика, мехатроника и разработка программного обеспечения.

Вопреки заблуждениям, созданным фильмами, роботы не обязательно должны иметь человеческий облик. Робот должен состоять из трех частей: сенсоров, которые получают сигналы из окружающей среды, блока управления (то есть мозга), который обрабатывает эти сигналы и принимает решения, и исполнителя, который действует в соответствии с решениями мозга. Большинство людей знакомы со стиральной машиной у себя дома. Поскольку в ней есть датчики, исполнительные механизмы и мозг, стиральная машина представляет собой робота - самодостаточное устройство, которому не нужна помощь человека для одного цикла стирки. Стиральная машина содержит множество датчиков, но давайте рассмотрим, как нагревается вода. Датчик температуры посылает в стиральную машину сигнал о температуре воды. Мозг сравнивает, достаточно ли теплая вода, и, если необходимо, машина продолжает нагревать воду в соответствии с командой мозга.

Еще один очень распространенный робот - детектор дыма, который является обязательным в Эстонии. Детектор дыма работает очень просто. В дымовом датчике есть камера с пластинами. Когда дым попадает в камеру, ток между пластинами уменьшается, и это сигнализирует о том, что в помещении есть огонь. Чтобы оповестить жильцов, небольшой блок управления внутри дымового датчика включает сигнал тревоги с пронзительным звуком. Кроме того, существуют и другие типы дымовых извещателей, работу которых можно увидеть на видео ниже.



Поскольку роботы создаются людьми, чтобы облегчить их работу, в интересах человечества создаются законы, запрещающие роботам выполнять определенные команды. Впервые эти законы были записаны писателем-фантастом Айзеком Азимовым в 1942 году в рассказе "Runaround". Хорошие роботы подчиняются следующим законам:

1. Робот не должен травмировать во время своих действий или бездействия.
2. Робот должен подчиняться командам человека, если они не противоречат первому закону.
3. Робот должен защищать свое существование, если это не противоречит первому или второму закону. Для обсуждения.

Научная фантастика уже давно занимается роботами и связанными с ними вопросами. В реальности робототехника появилась в последние шестьдесят лет.

Роботов можно разделить на три поколения:

- **Первое поколение.** Первое поколение роботов было простым по конструкции и не имело датчиков и сенсоров окружающей среды. Они могли выполнять свою работу только в неизменных условиях. Например, роботизированная рука, поднимающая бутылки в ящики на пивоваренном заводе. Робот выполняет одинаковые движения, но поскольку у него нет сигнала от окружающей среды, то есть он не получает обратной связи о своих действиях, он перестает правильно работать при изменении условий. Такие роботы больше не считаются правильными роботами.
- **Второе поколение.** Роботы второго поколения (см. рис. 2) - это роботы, которые могут реагировать на изменения в окружающей среде с помощью датчиков. Поскольку робот может чувствовать окружающую среду, его эффективность во многом зависит от программного обеспечения, которое им управляет. Роботы, используемые в этом курсе, также относятся к роботам второго поколения, если они используют датчики для восприятия окружающей среды и запрограммированы на автономные действия.
- **Третье поколение.** Третье поколение находится в стадии разработки. Роботы третьего поколения могут анализировать ситуации и учиться на них. Например, робот из фильма "Я, робот", который может делать выводы и учиться на них, относится к третьему поколению.



Рисунок 2: Гуманоидный робот Nao, относящийся ко второму поколению. Nao - программируемый робот-гуманоид высотой 58 см и весом 4,3 кг. Nao доступен для исследовательских и образовательных целей с 2008 года.

Манипуляторы

Манипулятор - это устройство или машина, которой управляет человек. Вопреки ошибочному мнению, манипуляторы - это не роботы, поскольку они управляются непосредственно человеком. Манипуляторы не способны работать автономно. Информация, необходимая для работы манипуляторов, поступает через органы чувств человека и обрабатывается в его мозге. Таким образом, манипуляторы - это всего лишь исполнители. Известные манипуляторы - это автомобили с дистанционным управлением и лампочки с выключателями.

Датчики, микроконтроллеры и исполнительные механизмы

Датчик - это устройство, которое измеряет величину и преобразует ее в электрический сигнал. Проще говоря, датчик - это орган чувств для робота, так же как у человека есть глаза, уши, нос и т. д. Подобно тому, как электрические импульсы движутся в нервных клетках, компоненты робота общаются друг с другом с помощью электрических сигналов. От датчика в мозг робота поступает электрический сигнал, который сообщает роботу, следует ли ему действовать. Чем больше датчиков использует робот, тем точнее его можно запрограммировать на поведение и тем больше различных функций ему можно доверить. Для того чтобы роботы могли действовать в соответствии с полученной информацией, у них есть контроллер. Контроллер робота часто называют микроконтроллером, потому что он обычно небольшой. Контроллер - это мозг робота. Сигнал от датчиков поступает на вход микроконтроллера, где он анализируется и используется роботом для выполнения дальнейших действий. Контроллер содержит алгоритм, по которому робот принимает решения. Программное обеспечение для микроконтроллера пишется в зависимости от того, что нужно делать роботу. Так, если к роботу подключена видекамера, необходимо написать программное обеспечение для распознавания роботом объектов в поле зрения. На основе информации, полученной от датчика, микропроцессор запускает исполнителя. Исполнителем может быть любое устройство, на которое можно воздействовать. Примерами исполнительных устройств для роботов могут быть двигатели, нагреватели и т. д. Цель исполнительного устройства - воздействовать на окружающую среду. Например, робот, контролирующий температуру в помещении, будет включать отопление, когда температура упадет ниже заданного предела, и выключать его, когда будет достигнута необходимая температура.

Применение роботов и популяризация робототехники

Поскольку роботы - это механические устройства, они не устают и не скучают, что делает их идеальными для рутинной работы. Именно поэтому роботы используются во многих промышленных компаниях, чтобы выполнять монотонную работу быстрее и качественнее. Кроме того, роботы не так чувствительны к условиям труда, как люди, и могут использоваться на шумных, плохо освещенных рабочих местах и даже там, где работа человека опасна для жизни из-за радиации или других факторов риска. Роботы также используются в местах, куда нельзя послать человека для выполнения работы, например, для исследования дна океана или Марса. Роботы также могут использоваться в развлекательных целях. Например, умные игрушки и танцующие роботы.

Для популяризации робототехники проводятся общенациональные соревнования по робототехнике Robotex и FIRST LEGO League. Все молодые люди, интересующиеся робототехникой, приглашаются к участию в этих соревнованиях.

Мехатроника в целом

Мехатроника - это разнообразная отрасль инженерного дела, объединяющая механику, электронику, компьютерную инженерию, разработку программного обеспечения, теорию управления и проектирование систем с целью создания более совершенного продукта. Отсюда и название мехатроники: *mehna* (механика).

+электроника (электроника). Механика нужна для того, чтобы уметь создавать машины, а электроника - для управления механическими системами. Слово "мехатроника" пришло из французского языка и культуры.

Мехатроника имеет множество применений:

- Машинное зрение, т.е. поиск объектов, их движения и т.д. на изображении и определение их свойств.
- Робототехника - создание и внедрение роботов.
- Автоматизация, или создание оборудования, снижающего потребность в человеческом труде.
- Сенсорно-сенсорные системы, то есть устройства, которые собирают информацию с помощью установленных на них датчиков, обрабатывают и хранят ее.
- Экспертные системы, в которых компьютерная система пытается имитировать принятие решений экспертами в узкой области, помогая эксперту принимать сложные решения (например, экспертная система для диагностики диабета).
- Автомобильные приложения с использованием роботизированных производственных линий, например, для сборки кузова автомобиля или его покраски.
- Электроника и другие промышленные приложения, где хорошо запрограммированные роботы способны припаивать электронные детали к печатной форме более эффективно, чем человек.
- и т.д. и т.п.

В этом контексте робототехника является одним из направлений развития и применения мехатроники.

Есть и третье понятие, связанное с этой областью: автоматизация.

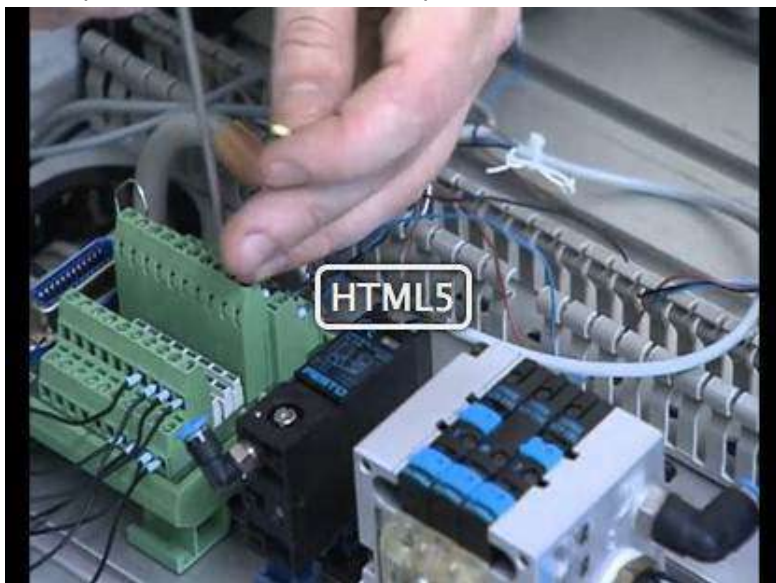
Автоматизация определяется как отрасль техники, использующая теорию управления и информационно-коммуникационные технологии с целью снижения потребности в человеческом труде в производстве.

Слово Слово

Слово "автоматизация" пришло из англо-американской культуры.

Роботом может быть любая система, имеющая датчик, контроллер и исполнительный механизм. Датчик предоставляет контроллеру информацию о внешнем мире, контроллер обрабатывает эту информацию и управляет действиями устройства, а исполнительный механизм - это устройство для перемещения или переключения самого робота или одной из связанных с ним структур.

Видеоролик, знакомящий с мехатроникой



В заключение следует отметить, что робототехника, мехатроника и автоматизация - это понятия, которые имеют разную историю и культурный контекст, в котором они развивались. Деятельность, осуществляемая в каждой из этих областей, во многом совпадает. Разница заключается в целях деятельности.

Обзорные вопросы:

1. Каковы конституции робототехники?
2. Перечислите следующих роботов поколениям: посудомоечная машина, фиксированная рука робота, автоматическая лампочка, самообучающийся робот.
3. Почему манипуляторы - это не роботы?
4. В чем преимущества машин по сравнению с человеческим трудом?
5. Какие три условия должны быть выполнены, чтобы машина или устройство могли называться роботом?
6. Какие промышленные предприятия в Эстонии подходят для мехатроники?
7. Какие навыки дает изучение мехатроники?

Программирование

В этой главе мы рассмотрим различные способы программирования, различия между графическим и текстовым программированием. Мы также рассмотрим, что такое алгоритм и как он связан с программированием.

В работающем роботе можно выделить следующие части: контроллер, датчики, исполнительные механизмы и программу в памяти контроллера, которая управляет всей системой. В этой главе мы поговорим о том, зачем нужна программа и какие инструменты используются для ее создания. То, что происходит в контроллере, можно сравнить с тем, что происходит в человеческом мозге. В человеческом мозге принимаются решения о движении рук или ног, например, мы решаем, что в комнате слишком темно для чтения, основываясь на данных, полученных от наших глаз, и решаем включить свет. Робот получает данные из окружающей среды благодаря датчикам, а программа управляет контроллером - принимает решения о запуске или остановке двигателей, изучает данные с датчиков и заставляет робота действовать соответствующим образом. Процессор внутри контроллера выполняет то, что написано в программе, и в результате робот ведет себя так, как мы указали при его написании. Робот настолько же умен, насколько умна программа, которая им управляет.

Пока робот работает, программа хранится в памяти контроллера робота. Как программа попадает туда и как создаются эти программы управления роботом? Как правило, программы для роботов создаются на обычном настольном или портативном компьютере с установленным соответствующим программным обеспечением. Например, LEGO NXT-G (или Educational), или среда языка программирования общего назначения С. Готовые программы передаются с компьютера в память контроллера робота либо по проводному каналу связи, либо по радиоканалу (например, *bluetooth*). Обычно сам контроллер робота имеет несколько кнопок и небольшой экран, а также простое программное обеспечение, с помощью которого можно создавать миниатюрные программы без большого компьютера.

Существует множество различных инструментов для создания программ. Средства, используемые для написания команд, которые нужно отдать роботу, называются языками программирования. Вместе с языком программирования обычно создается среда для создания программ на этом языке. Языки программирования делятся на несколько различных классов, из которых мы рассмотрим только два: графический и текстовый.

Графический язык программирования подходит для начинающих и предполагает перетаскивание блоков в среду программирования, соединение между собой и установку параметров. Примером графического языка программирования является LEGO NXT-G (е NXT Educational).

Существует множество текстовых языков программирования, но основным языком, используемым в робототехнике, является С. Этот язык можно использовать и для программирования роботов HomeLab. В случае с текстовым программированием необходимо правильно изучить язык, потому что синтаксис очень подробный, и если вы ошибетесь, то не получите работающей программы.

Графическое программирование

Графическое программирование - самый простой способ освоить программирование, потому что, в отличие от текстовых языков, пользователю не нужно знать структуру и точный синтаксис языка. Программирование всегда начинается с , что именно вы хотите, чтобы сделал робот. Например, мы хотим, чтобы робот прошел один метр прямо, затем повернул налево и прошел еще один метр. На графическом языке это легко запрограммировать, потому что каждая из трех команд (ехать, повернуть, ехать) может быть записана в виде одного блока. Есть один блок для метровой прямой, другой блок для левого поворота и третий блок для разбега. Преимущество графического языка программирования в том, что он прост и легок в освоении. На нем особенно удобно писать программы, в которых робот должен многократно выполнять одно и то же действие.

Ниже приведен базовый пример графического программного кода NXT Mindstorms EDU NXT 2.0.

Допустим, нам нужно запрограммировать робота на движение по квадрату. Для этого нам нужно переместить робота вперед на определенное расстояние (скажем, 50 см), затем повернуть его на 90 градусов, снова переместить вперед, повернуть и повторить это действие в общей сложности 4 раза. Пример программы показан на рисунке 1.

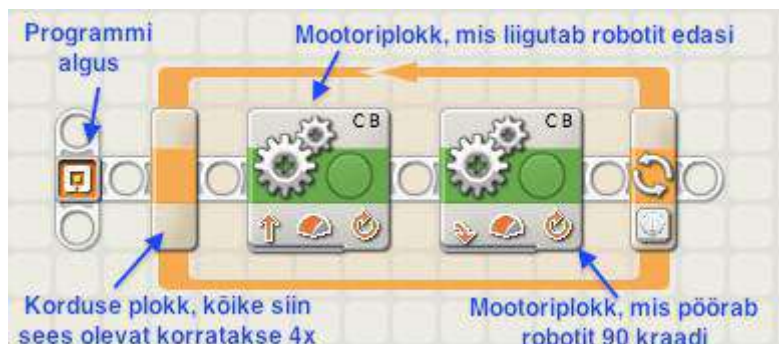


Рисунок 1. Пример программы в графической среде, которая заставляет робота двигаться по квадрату.

Время, необходимое для изучения графического языка программирования, измеряется часами, а в некоторых случаях и минутами. Графическая среда подходит для более простого программирования. Для очень больших программ размер блоков означает, что программа теряет четкость, а очень большие программы в таком виде не поместятся в память контроллера, так как блочное программирование не очень эффективно с точки зрения памяти. Однако программы, созданные в графическом виде, довольно легко читать и понимать даже новичкам - они лаконичны. Подробнее о графическом программировании вы узнаете на практических занятиях в Неделе 1.

Текстовое программирование

Контроллер программируется с помощью тех же текстовых языков программирования, что и обычные компьютерные программы. Разница, однако, заключается в уровне используемого языка. Например, для программирования контроллеров по-прежнему используется язык ассемблера, но для программирования компьютерных программ он является историей. В робототехнике одним из самых распространенных языков является C или C++.

C++ с различными аппаратными техниками. Также используются Python, Basic и т. д., но это требует наличия компилятора или компилятора машинного кода для соответствующего языка и платформы контроллера, который обычно не находится в свободном доступе. Одним из распространенных бесплатных компиляторов является avr-gcc для семейства микроконтроллеров AVR, который представляет собой стандартный компилятор языка C. Он позволяет писать управляющие программы для микроконтроллеров на языке C и, используя бесплатный компилятор, переводить программу в машинный код, понятный контроллеру. Помимо стандартных языков, существует также ряд "псевдоязыков", которые разработаны для конкретной платформы и, как правило, направлены на упрощение написания программ. Хорошим примером является C-подобный код для платформы Arduino, в котором используются специфические для платформы пути и конструкции. Преимуществом такого языка является хорошая совместимость с целевой платформой и относительная простота, но есть и свои недостатки. В настоящее время использовать максимально стандартные инструменты и языки программирования, чтобы созданное решение можно было без особых усилий скомпилировать для разных платформ.

Ниже приведен пример элементарного программного кода на языке Си. Стоит отметить, что текст после двух косых черт является комментарием для человека, и компилятор не учитывает эту строку и не переводит машинный код в контроллер.

```
// макро-киль #include
<stdio.h>

// Декларации int i;
// Функции int
main(void)
{
    // Loused
    printf("Hello word!\n");

    //Assets
    i= 32+ 5 * 4 / (23 % 5);
}
```

Независимо от используемого языка программирования, общие конструкции всегда одинаковы. Наиболее важными из них являются утверждения, условия и циклы. В этих конструкциях могут использоваться разные ключевые слова или символы, но логика одна и та же. Поэтому, в конечном счете, нет особой разницы, на каком языке программирования написана программа, а если один язык понятен, то изучение другого не представляет особой сложности.

Текстовый язык программирования teek

Одно из главных отличий программирования микроконтроллеров от написания обычной компьютерной программы - прямая связь с различными типами аппаратных средств. Распространенными аппаратными компонентами, подключаемыми к контроллеру, являются различные датчики, устройства передачи информации, контроллеры двигателей и интерфейсы обмена данными. Управление многими аппаратными устройствами может быть довольно сложным и громоздким с точки зрения программного обеспечения. Например, для отображения одного символа на стандартном ЖК-экране требуется предварительно выполнить большое количество различных операций, начиная от инициализации контроллера и интерфейса данных ЖК-дисплея, заканчивая настройкой регистров ЖК-дисплея и т. д. Для упрощения решения подобных задач поставщиками оборудования или добровольцами были разработаны библиотеки программного обеспечения. Программные стратегии - это наборы функций, призванные упростить использование и управление аппаратным обеспечением. Они позволяют использовать готовые функции и, по сути, однокомандные операции, для выполнения которых на аппаратном уровне могут потребоваться страницы кода. Эти функции обычно объединены в библиотеку, либо по устройствам, либо по группам устройств. В языке C типичным примером является добавление библиотеки через заголовочные файлы проекта (например, sensors.h). Другая важная цель библиотеки - упростить понимание текста программы. В случае с контроллерами распространена практика управления выходом контроллеров с помощью регистров, значения которых задаются в виде двоичного или шестнадцатеричного числа, при этом используются логические операции. Обычно это одна из самых сложных тем для начинающего программиста. С помощью библиотеки можно скрыть манипуляции с регистрами в библиотеке, а вместо этого ввести удобную именованную функцию. В следующем примере (см. Рисунок 3) стрелками показано, как манипуляции с регистрами (нижняя часть) заменяются удобной для пользователя функцией библиотеки (верхняя часть).

```
// Modulaberi kontrollermooduli LED-i testmise program.
// Põhineb modulaberi teegil.
#include <homelab/pin.h>

// LED-i viiguqa seotud parameetrite määramine muutujale
pin debug_led = PIN(B, 7);

// Põhiprogramm
int main(void)
{
    // LED-i viigu väljundiks seadmine
    pin_setup_output(debug_led);
    // LED-i süütamine
    pin_clear(debug_led);
}

// Modulaberi kontrollermooduli LED-i testmise program.
// Põhineb otsesel registrite muutmisel.
#include <avr/io.h>

// Põhiprogramm
int main(void)
{
    // LED-i viigu väljundiks seadmine
    DDREB |= (1 << 7);
    // LED-i süütamine
    PORTB &= ~(1 << 7);
}
```

Рисунок 3: Пример программы в текстовой среде с использованием библиотеки.

Алгоритмы с использованием текстового языка программирования

Алгоритм - это пошаговая инструкция или модель программы. Интеллект робота равен интеллекту его программы, а сам робот не думает. Поэтому необходимо уделить достаточно внимания разработке программы робота, чтобы он вел себя как можно более разумно. Для более сложных приложений лучше не торопиться с написанием кода, а продумать и смоделировать всю концепцию программного обеспечения. Более простой способ - использовать графический алгоритм, описывающий поведение робота и его реакцию на различные входные сигналы. Затем из графической модели легко вывести программный код. Время, потраченное на создание алгоритма и его согласование с кодом, обязательно окупится впоследствии, и другим людям будет гораздо проще понять, о чем думал программист. Кроме того, при анализе графического алгоритма во много раз легче найти логические ошибки, чем выискивать их в коде текстовой программы.

Более простой вид алгоритма программы можно построить из элементов упрощенной блок-схемы, где прямоугольник - это операция или утверждение, ромб - условие, а стрелки указывают на ход процесса. Особенностью простейших программ для роботов является отсутствие конца процесса и уход всей программы в бесконечный цикл, что редко допустимо, например, для компьютерных программ. Одна из причин использования бесконечных циклов заключается в том, что робот обычно запрограммирован на выполнение определенной задачи, и полностью прервать ее можно только физическим выключением робота. Другой тип ситуации - использование прерываний, когда основная программа робота находится в бесконечном цикле, который может быть совершенно пустым (то есть без каких-либо конкретных действий), но различные действия робота запрограммированы в прерываниях, которые запускаются по какому-то внешнему событию или через определенный промежуток времени (см. Рисунок 4).

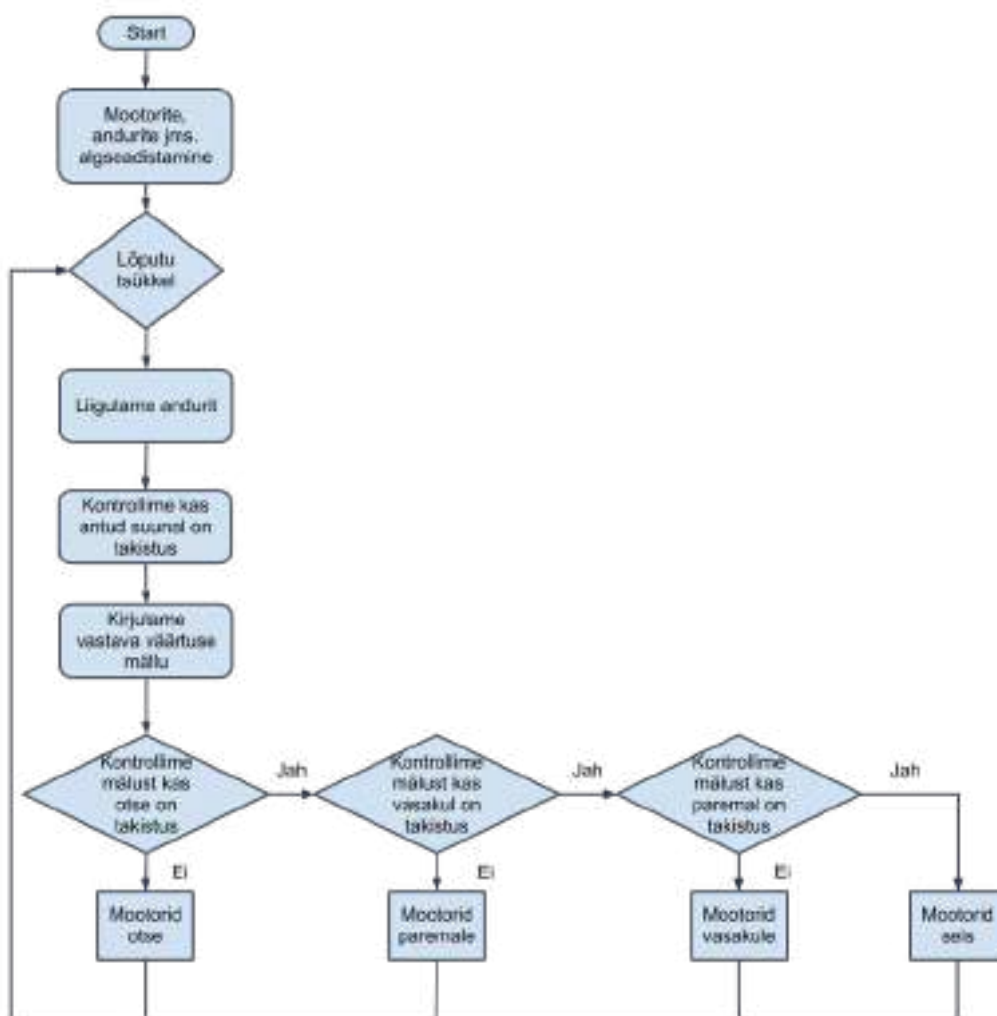


Рисунок 4: Пример алгоритма, который является руководством для поведения робота.

Изучение текстового языка программирования и его технологий занимает довольно много времени. Однако программы, написанные на нем, занимают меньше памяти и выполняются быстрее, чем их графические аналоги.

Обзорные вопросы:

1. Опишите роль программы в работе робота.
2. В чем разница между графическим и текстовым программированием?
3. Если вы работаете в графической среде программирования, почему бы не создать графический алгоритм до того, как вы начнете программировать?
4. Опишите важность путей в текстовом программировании.
5. Почему перед началом текстового программирования необходимо составить правильный алгоритм и записать его графически?

Роботизированные системы

В этой главе мы изучим систему робототехники и мехатроники, ее компоненты и архитектуру. Кроме того, мы рассмотрим функциональность контроллера и простой цифровой сигнал.

Мехатронная система

Мехатронная система обычно состоит из датчиков, исполнительных механизмов и программного обеспечения, которое ими управляет. Такие системы также называют интеллектуальными устройствами, поскольку в зависимости от сложности управления устройства могут выполнять сложные операции, адаптироваться к окружающей среде и взаимодействовать с ней. Одной из самых распространенных областей применения мехатроники является робототехника. У всех робототехника ассоциируется с какими-то интеллектуальными машинами или гуманоидами (человекоподобными роботами), а у многих промышленников - с манипуляторами, сварочными или покрасочными роботами и т. д. Робототехника - самая распространенная область применения в машиностроении. Это говорит о том, что люди по-разному понимают робототехнику, и роботы могут представлять собой очень широкий спектр устройств, с разной степенью сложности и возможностей, при условии, что они отвечают требованиям, описанным в предыдущей главе (датчик-контроллер-робот). На рисунке 1 показана условная мехатронная система, стрелками обозначены связи между компонентами системы и внешней средой, а также направление связи.

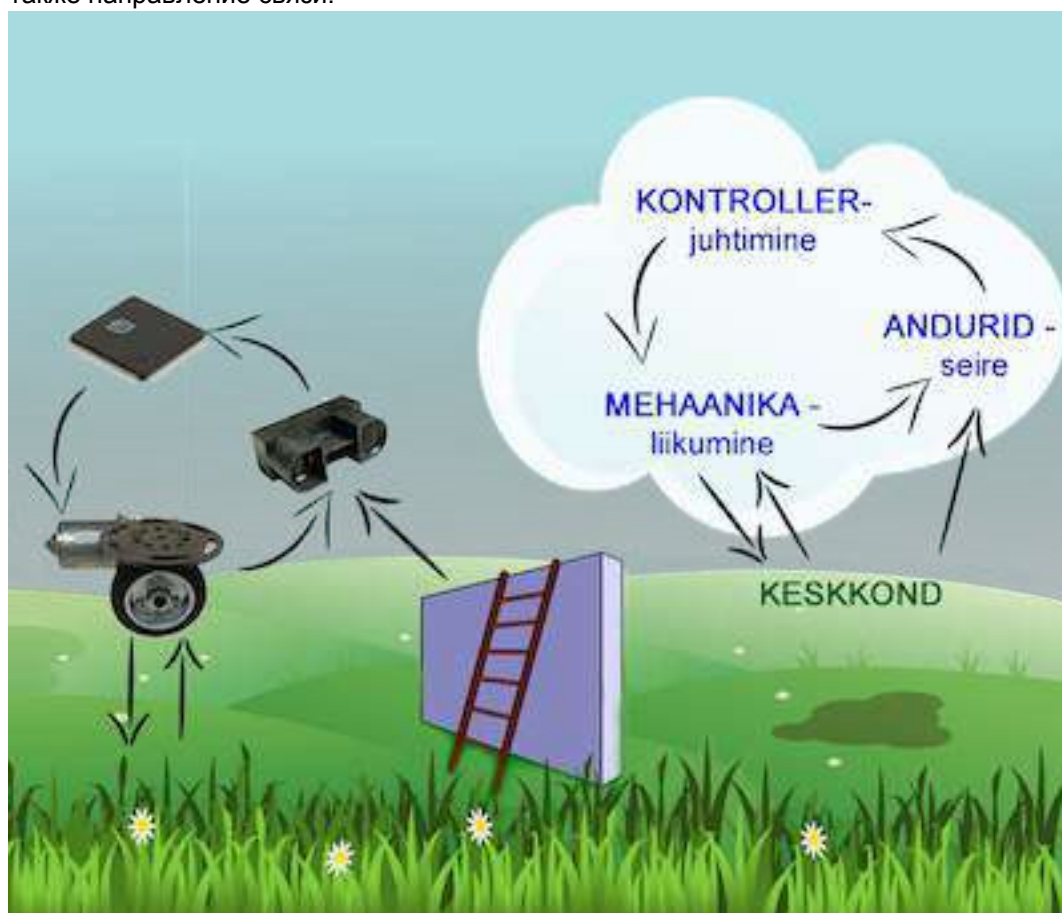


Рисунок 1. Мехатронная система. Датчики получают информацию из внешней среды, которая используется контроллером для принятия решений, и выражают эту информацию через исполнителей (например, движение).

Датчики получают различную информацию из окружающей устройство среды (например, температуру, расстояние до других объектов, радиосигналы) или от самого устройства (например, скорость, ускорение, обороты двигателя) и передают ее в модуль управления. Модуль управления обычно представляет собой контроллер, который выполняет алгоритм или программу. В соответствии с программой и информацией, полученной от датчиков, контроллер управляет исполнительными механизмами, которые обычно представляют собой электродвигатели. Исполнительными механизмами также могут быть соленоиды, искусственные мышцы, пневмоцилиндры и т. д. В общем случае исполнительные механизмы генерируют движение, тем самым воздействуя на внешнюю среду. Пример упрощенной автомобильной удерживающей системы и аварийной ситуации (рис. 2) выглядит следующим образом

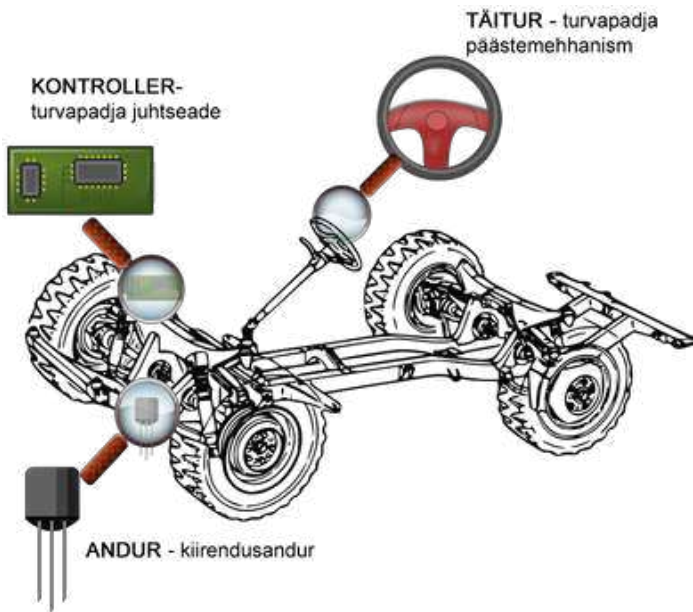


Рисунок 2: Автомобильная подушка безопасности и схематическая модель системы

Система подушек безопасности представляет собой типичную мехатронную систему. Она состоит из трех основных частей: датчика, контроллера и исполнительного механизма. Датчик ускорения обнаруживает внезапное изменение ускорения и передает сигнал в контроллер. Алгоритм в контроллере прерывает все остальные действия по управлению автомобилем и посылает сигнал запуска на акселератор, который связан с подушкой безопасности автомобиля. Подушка безопасности срабатывает от инфлятора, быстро надувая подушку и защищая водителя от удара о рулевое колесо. Схема "датчик-контроллер-безопасность" завершена, и можно сказать, что это мехатронное устройство.

Микроконтроллер

Одним из важнейших компонентов мехатронной системы является микроконтроллер, или сокращенно контроллер, в котором обрабатывается информация и подаются команды на исполнительные механизмы. Контроллер также можно сравнить с небольшим компьютером, в котором все функции (процессор, память, преобразователи ввода-вывода и т. д.) сосредоточены на одном чипе, поэтому его часто называют микроконтроллером. Очевидно, что вычислительная мощность в этом случае несопоставима с мощностью домашнего компьютера, но вполне достаточна для управления роботизированными системами. Внешне микроконтроллер похож на стандартный логический контроллер, но важное отличие заключается в том, что его выходы могут быть запрограммированы программно для работы по желанию и в соответствии с возможностями контроллера. Это означает, что один и тот же физический вывод может быть как входом (информация или сигнал движется к контроллеру), так и выходом (контроллер посылает сигнал или информацию), в зависимости от программы. Например, к входу могут быть подключены разные датчики, а к выходу - разные исполнительные механизмы. В простейшем случае сигналы представляют собой логические цифровые сигналы (0 или 1), где 0 означает отсутствие электрического напряжения, а 1 обычно означает наличие напряжения питания (например, 5 В). Форма различных микроконтроллеров и графическое представление цифровых сигналов показаны на рисунке 3.

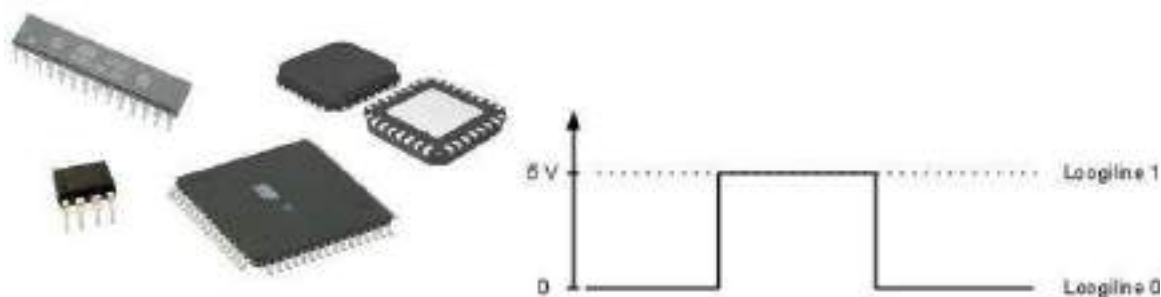


Рисунок 3. Микроконтроллеры в различных корпусах (слева) и простой цифровой сигнал: логический 0 и логическая 1 (справа).

Одной из особенностей контроллеров является их очень широкий спектр. Есть простые и недорогие контроллеры, подходящие для управления простыми процессами, а есть сложные и мощные контроллеры с большим количеством выводов ввода/вывода. Кроме того, контроллеры делятся на категории по функциональности и области применения. Например, к автомобильным контроллерам предъявляются иные требования, чем к контроллерам для бытового применения.

Для управления мехатронными системами и роботами важно знать возможности микроконтроллеров и то, как программировать конкретный контроллер. На втором уровне главы рассматриваются основные возможности и функции контроллеров.

Обзорные вопросы:

1. Каковы основные части мехатронной системы?
2. Какова функция контроллера в мехатронной системе?
3. С помощью каких устройств робот получает информацию?
4. Приведите два примера (устройства, подключаемые к контроллеру), в которых физический вывод микроконтроллера должен быть установлен на а) выход и б) вход.

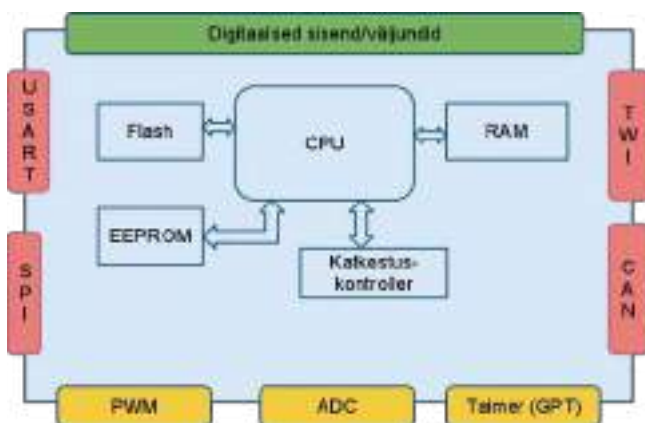
Микроконтроллер

В этой главе мы рассмотрим упрощенную архитектуру микроконтроллера и перечислим основные функции микроконтроллера. Кроме того, мы рассмотрим различные устройства ввода/вывода, связанные с микроконтроллером.

Микроконтроллер

Микроконтроллер можно сравнить с крошечным компьютером, который, помимо своей основной функции - выполнения инструкций, имеет еще и достаточно широкий чип с рядом встроенных периферийных устройств и интерфейсов. Интерфейсы позволяют обмениваться данными в соответствии с согласованным стандартом. Основной частью микроконтроллера является центральный процессор, который, как и процессор обычного персонального компьютера, отвечает за выполнение программных инструкций. В отличие от обычного компьютера, также включает в себя оперативную память, EEPROM и Flash, контроллер прерываний и ряд интерфейсов на одном кристалле, которые более подробно описаны ниже. Схема микроконтроллера приведена на рисунке 1. Все используемые сокращения объясняются в следующем тексте.

Рисунок 1: Упрощенная архитектура микроконтроллера



Память

С точки зрения пользователя, важно различать два типа памяти микроконтроллера. Первый тип памяти - это память программ (Flash), которая используется для хранения скомпилированной операционной программы микроконтроллера, содержащей пользовательские инструкции по управлению контроллером. Объем этой памяти определяет размер и сложность программы, которая может быть загружена в конкретный микроконтроллер. Для небольших 8-битных микроконтроллеров, таких как ATtiny, размер этой памяти составляет от 0,5 до 8 кБ, для более крупных представителей того же семейства, ATmega, - от 4 до 256 кБ, а для 32-битных контроллеров - до 512 кБ. Второй тип памяти - память данных, или EEPROM, которая может использоваться для хранения данных подобно жесткому диску компьютера даже при отключенном питании контроллера. Объем памяти очень мал по сравнению с обычным жестким диском, например, 1024 байта для ATmega32. Однако для большего объема данных можно легко подключить к контроллеру стандартную карту флэш-памяти (SD-карту) и хранить данные на ней.

Реестры

Регистры - это ячейки памяти микроконтроллера, которые имеют определенный адрес и название. Они похожи на переключатели, которые можно включать и выключать программно, причем каждый так называемый переключатель имеет свою цель и значение, например, меняет направление вывода, включает функцию или выражает входные данные (см. Рисунок 2). В случае 8-разрядного микроконтроллера большинство регистров также являются 8-разрядными. Образно это можно представить как панель из восьми переключателей.

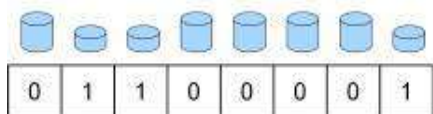


Рисунок 2: Иллюстрация регистра контроллера и воображаемых переключателей.

Цифровые входы-выходы

Часто используемые контакты ввода/вывода обычно служат для обмена цифровыми сигналами между контроллером и периферийным устройством. Контакт может быть запрограммирован на работу в любом направлении путем установки соответствующего значения регистра. Например, 0 (переключатель вверх) означает, что пин работает как вход, а 1 (переключатель вниз) - как выход. Второй регистр можно использовать для установки данных на бит для того же вывода или, если вывод установлен как вход, для считывания данных. Данные равны 0 или 1, т.е. подается ли на вывод питание (логическая 1) или заземление (логический 0).

Аналого-цифровой преобразователь

Микроконтроллер - это цифровое устройство, и все операции и обмен данными между ним и периферийными устройствами осуществляются с помощью цифровых сигналов. К сожалению, реальный мир вокруг нас аналоговый, а это значит, что большинство физических явлений имеют постоянные величины, которые мы хотели бы измерять с помощью микроконтроллера. Например, температура - это не просто 0 или 1, а бесконечное число промежуточных значений. Для преобразования аналоговых величин большинство микроконтроллеров имеют встроенный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который позволяет подключать аналоговые датчики непосредственно к контроллеру. Преобразователь преобразует аналоговый сигнал в цифровой, понятный контроллеру. Точность процесса преобразования зависит от разрешения преобразователя. Например, обычное 10-битное разрешение позволяет разделить диапазон входного напряжения на 1024 части. Как правило, к контроллеру требуется подключить несколько аналоговых преобразователей, поэтому при выборе контроллера важно учитывать, сколько аналоговых входных каналов имеет тот или иной контроллер.

Широтно-импульсная модуляция

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) - это тип цифрового сигнала, который, помимо простого включения/выключения, позволяет устройствам эмулировать аналоговый сигнал. Обычная широтно-импульсная модуляция - это переключение сигнала на высокий и низкий уровни с заданной частотой, где длительность высокого и низкого состояний определяет поведение устройства, подключенного к контроллеру (см. Рисунок 3). Если высокий и низкий уровни имеют одинаковую длительность, то можно сказать, что сигнал усредняется по половине напряжения питания, и если частота достаточно высока, то устройство, подключенное к контроллеру, будет вести себя так же, как если бы к нему была приложена половина напряжения питания.

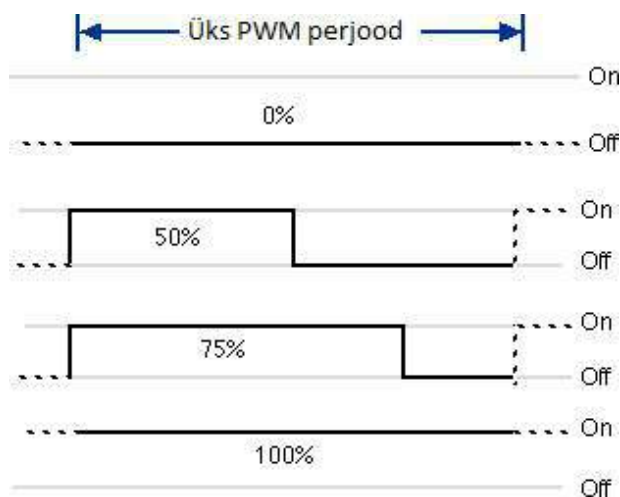


Рисунок 3: Различные формы сигнала широтно-импульсной модуляции

В качестве примера можно привести электродвигатель с номинальным напряжением 5 В, вал которого при подаче номинального напряжения вращается со скоростью 1000 об/мин. В простейшем случае, если мы хотим уменьшить скорость в два раза, напряжение, подаваемое на двигатель, должно быть уменьшено вдвое - 2,5 В. В этом случае напряжение, подаваемое на двигатель, будет равно 2,5 В. Поскольку выходы микроконтроллера являются цифровыми, то есть на них можно подавать только номинальное напряжение (5 В) или нейтральное, 2,5 В нельзя подать непосредственно на выход контроллера. Однако если начать быстро включать и выключать сигнал так, чтобы длительность низкого и высокого значений была одинаковой, вал двигателя начнет вращаться с половинной скоростью, то есть так же, как если бы на него было подано 2,5 В. По сути, мы быстро включаем и выключаем двигатель.

с номинальным напряжением, но поскольку переключение происходит достаточно быстро, двигатель не глохнет, а инерция ротора сглаживает колебания, и двигатель работает на половинной мощности. Часто используется более специфический ШИМ-сигнал, где длина высокой части сигнала имеет конкретное значение для устройства. Например, в случае обычных серводвигателей длина старшей части сигнала определяет положение рычага двигателя.

Большинство микроконтроллеров имеют интерфейсы USART, SPI и часто TWI в качестве коммуникационных интерфейсов. Более мощные или специализированные контроллеры (например, автомобильные) имеют интерфейс CAN, а современные контроллеры также имеют распространенный интерфейс USB. Более подробно коммуникационные интерфейсы рассматриваются в главе "Коммуникации".

Обзорные вопросы:

1. Каково назначение различных элементов памяти в микроконтроллере?
2. Что означают 0 и 1 на выходном контакте контроллера?
3. Какова минимальная измеряемая величина 10-битного аналого-цифрового преобразователя, если опорное напряжение равно 5 В?
4. Какой должна быть форма ШИМ-сигнала, чтобы обеспечить работу двигателя, подключенного к контроллеру $\frac{3}{4}$ повороты.

Дисплеи и экраны

В этой главе мы рассмотрим устройства передачи визуальной информации. После завершения главы вы сможете выбрать подходящее устройство передачи информации для своего робота.

В роботизированных системах для предоставления визуальной информации человеку обычно используются различные дисплеи и экраны (см. рис. 1). Простейшим дисплеем является обычный *светодиод* (LED), который может напрямую управляться с выхода контроллера. Часто первым примером программирования контроллера является мигание светодиода.



Рисунок 1. Различные типы индикаторов и дисплеев: светодиод, цифровой дисплей и экран.

Часто одного светодиода недостаточно, чтобы передать больше информации, чем может передать один светодиод, а в некоторых приложениях требуется пользовательский интерфейс, отображающий текст, цифры или графику. Вот тут-то и пригодятся различные индикаторы и дисплеи, на которые можно выводить цифры, тексты или изображения. Компьютерный монитор - одно из самых известных устройств для отображения информации, но в робототехнике он часто непрактичен (слишком большой). Гораздо чаще в робототехнике используются экраны мобильных телефонов и т. д.

Помимо дисплеев, можно также использовать светодиодные сегменты для формирования более сложных индикаторов, которые могут отображать цифры и символы, а также объединяться в более длинные тексты. Однако для длинных текстов и графики проще и дешевле использовать уже подходящий ЖК-дисплей (*Liquid Crystal Display*). В настоящее время также распространены дисплеи на основе светодиодной технологии, например цветные органические светодиоды (OLED). Когда-то были распространены и нитяные индикаторы чисел, где для каждой цифры использовалась отдельная светящаяся нить. Существуют также электромеханические дисплеи, в которых сегменты с разными цветными гранями физически вращаются. В последнее время все большую популярность приобретает электронная бумага, которая уже имитирует печать. Если первые электронные бумаги (сокращение от *electronic paper*) состояли из сфер с разными цветными сторонами, которые вращались в электрическом поле, то более современные электронные бумаги содержат крошечные капсулы, в которых частицы двух разных цветов под воздействием электрического поля либо опускаются на дно, либо поднимаются на поверхность.

Светоизлучающий диод (LED)

Светоизлучающий диод (LED) - это полупроводник, излучающий свет при обратном смещении. Существуют различные цветные светоизлучающие диоды и комбинации светоизлучающих диодов, которые также могут излучать белый свет. Как и обычный диод, светодиод имеет два контакта: анод и катод. На рисунке 2 анод светодиода обозначен "+", а катод - "-".

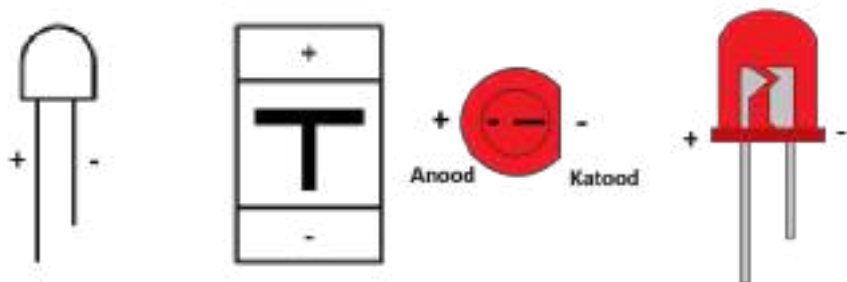


Рисунок 2: Схема светодиода и полярность выводов.

При обратном смещении положительное напряжение подается на анод, а отрицательное - на катод светодиода. Обратное напряжение светодиода зависит от его цвета: для светодиодов с большой длиной волны (красных) оно составляет ~2 В, для светодиодов с меньшей длиной волны (синих) - ~3 В. Как правило, мощность светодиодов составляет несколько десятков милливатт, поэтому ток должен быть такого же порядка величины. Применяя более высокое напряжение или ток к светодиоду, вы рискуете просто пережечь его.

Когда светодиоды используются специально для освещения, целесообразно применять специальные электрические схемы, чтобы генерировать для них именно те напряжения и токи, которые нужны. Однако светодиоды часто используются в качестве индикаторов и питаются непосредственно от выводов микроконтроллера. Поскольку напряжение питания микроконтроллера обычно выше, чем напряжение на выводе светодиода, а сила тока также выше, последовательно со светодиодом необходимо добавить резистор, чтобы ограничить ток и обеспечить необходимое падение напряжения.

Индикатор числа

7-сегментный светодиодный индикатор числа - это дисплей, состоящий из семи светодиодов, расположенных в форме цифры 8. Зажигая или гася соответствующие светодиоды (сегменты), можно использовать их для отображения цифр от нуля до девяти и некоторых букв (рис. 3).

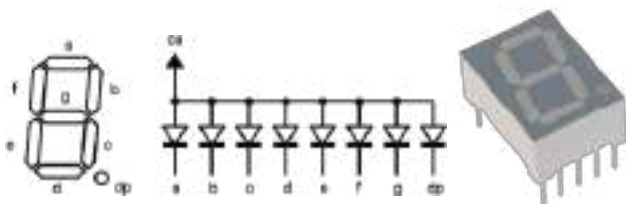


Рисунок 3: Настройка сегмента светодиодного индикатора и схема подключения.

Электрически аноды всех светодиодов соединены общим анодным выводом (ca). Светодиоды зажигаются путем переключения их катода (a, b, c...). Существуют и обратные варианты подключения, когда индикаторы имеют общий катод (cc). Обычно индикаторы используются для отображения многозначных чисел. Для этого индикаторы также оснащаются десятичным (точечным) сегментом (dp). В целом, однако, один индикатор имеет 8 сегментов, но индикаторы все равно называют 7-сегментными по количеству числовых сегментов.

Светодиодные индикаторы числа просты в использовании, так как могут управляться непосредственно с выводов микроконтроллера, но есть и специальные драйверы, которые позволяют управлять индикатором числа с меньшего количества выводов микроконтроллера. Светодиодные индикаторы числа выпускаются в различных цветах и могут быть очень яркими и очень большими. Также доступны индикаторы с дополнительными сегментами, которые позволяют отображать весь латинский алфавит.

Экран

Графический ЖК-дисплей - это жидкокристаллический дисплей, который может отображать как фигуры, так и текст. В графическом дисплее все пиксели распределены по экрану в виде одной большой матрицы. В случае монохроматического графического ЖК-дисплея пиксель представляет собой один маленький квадратный сегмент (см. Рисунок 4). В цветных дисплеях один пиксель состоит из трех субпикселей, каждый из которых излучает красный, зеленый или синий свет через цветовой фильтр. Поскольку субпиксели расположены близко друг к другу, они отображаются как один пиксель.

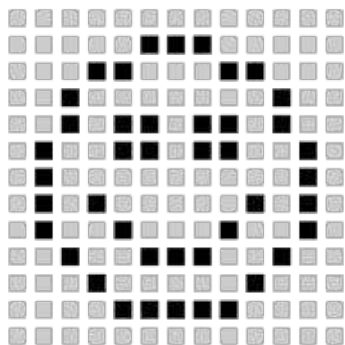


Рисунок 4. Изображение пикселя на ЖК-дисплее

Графические дисплеи являются одними из самых распространенных устройств доставки информации на сегодняшний день, а также широко используются в роботизированных системах.

Обзорные вопросы:

1. В чем разница между стандартным светодиодным и 7-сегментным светодиодным индикатором числа?
2. Сколько физических соединений необходимо для подключения 7-сегментного цифрового индикатора к микроконтроллеру?
3. Чем монохромный (например, черно-белый) ЖК-дисплей отличается от цветного?
4. Какой дисплей или индикатор вы бы выбрали для робота, если бы вам нужно было выдать двузначное показание расстояния? Обоснуйте свой выбор.
5. Какой дисплей или экран лучше всего подходит для отображения информации о включении робота?

Дисплеи и экраны. Уровень II

В этой главе мы рассмотрим устройства передачи информации, их устройство и то, как выбрать подходящий экран для вашего робота.

Таблицы на основе светодиодов и цифровых дисплеев

Помимо простых светодиодных и цифровых дисплеев, были разработаны разнообразные многоцелевые табло и экраны сообщений. Такие устройства часто можно встретить в общественных местах, например в троллейбусах, универмагах и на станциях техобслуживания. В большинстве случаев назначение настольных экранов такого типа - донести какую-либо информацию (обычно рекламную) до широкой аудитории. Однако технически такие билборды состоят из отдельных светодиодов или сегментов с цифрами. Сообщения и символы получаются путем включения и выключения нужной комбинации различных светодиодов. Таким же образом создается и движущийся текст, когда рисунок светодиодов смещается вправо или влево так, что у зрителя создается иллюзия движущегося изображения (см. Рисунок 1). Поскольку планшеты часто состоят из большого количества отдельных светодиодов, управлять ими по отдельности очень сложно, поэтому в планшеты встроен модуль управления, в котором уже запрограммировано большинство символов. Обычно они подключаются к микроконтроллеру (или компьютеру) через интерфейс RS232 или USB, а тексты выводятся на экран с помощью соответствующего программного обеспечения. Такие планшеты редко используются в робототехнике, но в целом довольно распространены в мехатронных системах.



Рисунок 1. Различные светодиодные дисплеи

LCD-d

Различные типы ЖК-дисплеев (*Liquid cristal display*) - одни из самых распространенных устройств, используемых сегодня для передачи информации. Как алфавитно-цифровые, так и графические ЖК-дисплеи широко используются в робототехнике и мехатронике. В случае с буквенно-цифровыми ЖК-дисплеями дисплей разделен на символы, которые отделены друг от друга. В пределах одного символа из пикселей можно сформировать произвольный символ, хотя ограниченное количество символов, таких как буквы, цифры и другие часто используемые символы, обычно уже присутствует в программных файлах. В случае алфавитно-цифровых ЖК-дисплеев часто указывается количество столбцов и строк символов. Распространенными форматами являются 2x16, 4x20 символов и т. д. (см. рис. 2). Обмен данными и управление могут осуществляться через различные интерфейсы. Наиболее распространенным является параллельный интерфейс, в котором реализовано 4- или 8-разрядное управление. В случае 8-битной схемы управления требуется 11 каналов данных (помимо 8 сигналов данных, необходим "сброс", "enable" и RW), что довольно много для небольших контроллеров. Решением может быть последовательный интерфейс, где по сути нужен только один сигнал данных, или интерфейс TWI/I2C, где нужны два сигнала данных, но такие решения обычно дороже.

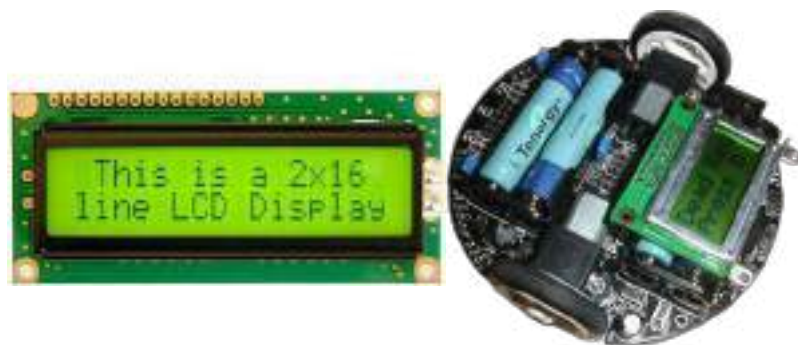


Рисунок 2: 2x16 ЖК-дисплей слева, 2x8 ЖК-дисплей справа, установленный на работе.

Графические ЖК-дисплеи часто используются в небольших роботах для отображения экранов различных мобильных телефонов. В этом случае важно, чтобы ЖК-дисплей управлялся через известный интерфейс данных. Примерами распространенных ЖК-дисплеев являются монохромный ЖК-дисплей Nokia 3110/5110 и цветной ЖК-дисплей Nokia 6610 (см. Рисунок 3).

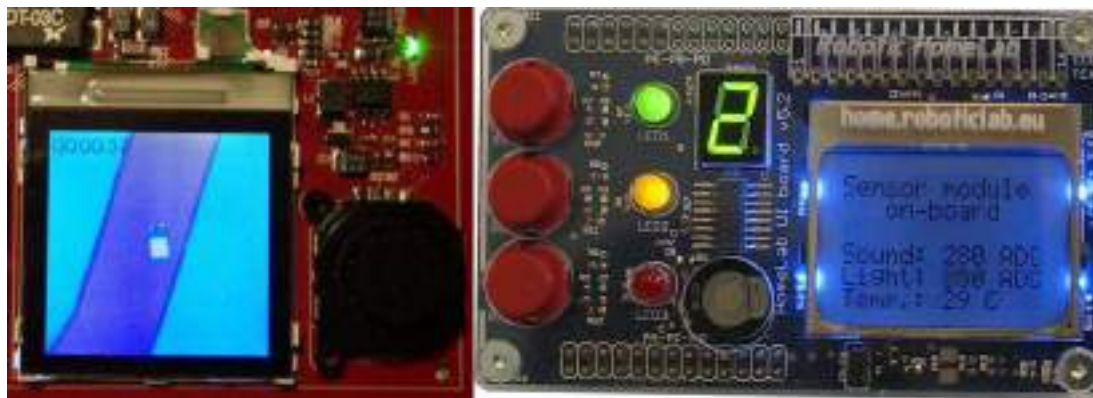


Рисунок 3: Цветной графический ЖК-дисплей слева, монохромный графический ЖК-дисплей справа.

Для управления этими ЖК-дисплеями используется интерфейс SPI, для которого существует широкий спектр программных пакетов для различных микроконтроллерных платформ. Интерфейс SPI требует всего 3 сигнала для обмена данными, что делает удобным использование таких дисплеев, требующих небольшого количества выводов контроллера, и при этом позволяющих отображать очень разнообразную информацию.

При проектировании робота важно продумать тип и объем информации, которую вы хотите выводить на экран. В зависимости от используемого микроконтроллера важно определить, сколько путей передачи данных может быть выделено для устройства передачи информации и какой тип путей передачи данных поддерживает контроллер. В случае с ЖК-дисплеями важно иметь возможность использовать существующее программное обеспечение, поскольку непосредственное использование ЖК-дисплеев, как правило, является довольно сложной и объемной задачей аппаратного программирования.

Обзорные вопросы:

1. Как создать движущийся текст на информационных листах?
2. Чем отличаются алфавитно-цифровые и графические ЖК-дисплеи.
3. Какой ЖК-дисплей и способ передачи данных вы выберете для робота с контроллером, имеющим достаточное количество выходных контактов, если вам нужно передавать в реальном времени пример вращения правого и левого двигателя? Важным моментом является стоимость ЖК-дисплея.

Электродвигатели

В этой главе мы рассмотрим различные типы электродвигателей и их отличия. Прочитав эту главу, студент сможет выбрать электродвигатели для своего робота в зависимости от потребностей.

В предыдущих главах упоминалось множество различных роботизированных систем. Некоторые из них работают без движения, как, например, мобильный телефон в вашем кармане или детектор дыма на потолке. Другие роботы помогают людям, например, поднимают тяжелые предметы или перемещают их с места на место (промышленные роботы). Чтобы двигаться, роботу нужны двигатели. На рисунке 1 показан шестиногий робот Hexarod, который использует 18 двигателей постоянного тока с обратной связью для перемещения и балансировки.



Рисунок 1. Робот, напоминающий шестиногое насекомое - Hexarod.

Движение не всегда означает изменение положения робота в пространстве, это может быть, например, перемещение различных частей робота (изменение положения датчиков, захват рукой робота и т. д.). В следующей главе мы подробнее рассмотрим различные электродвигатели, которые позволяют роботу двигаться и перемещать свои различные части.

Электрический двигатель

Электродвигатель - это устройство, механически преобразующее электричество в энергию. При выборе электродвигателя необходимо учитывать различные параметры: характеристики и потребности двигателя в токе, размеры двигателя, варианты монтажа, сложность управления, управление скоростью и моментом вращения двигателя. Последние два параметра тесно взаимосвязаны и требуют особого внимания.

Единицей измерения скорости вращения является об/мин (оборотов в минуту). Она показывает, сколько оборотов в минуту способен совершить вал двигателя.

Единицей измерения крутящего момента является Нм - Ньютон, умноженный на метр. В физике крутящий момент часто также называют моментом силы. Крутящий момент - это способность силы вызывать вращательное движение вокруг центра вращения. При увеличении передаваемого усилия постоянный крутящий момент приводит к уменьшению скорости (золотое правило механики: во сколько раз мы увеличиваем силу, во столько же раз мы теряем расстояние - и, следовательно, скорость). Поэтому в зависимости от назначения робота необходимо подобрать правильное сочетание скорости и крутящего момента.

В этой главе для наглядности двигатели разделены на два класса: двигатели переменного тока и двигатели постоянного тока. Это разделение иллюстрируется блок-схемой на рис. 2.

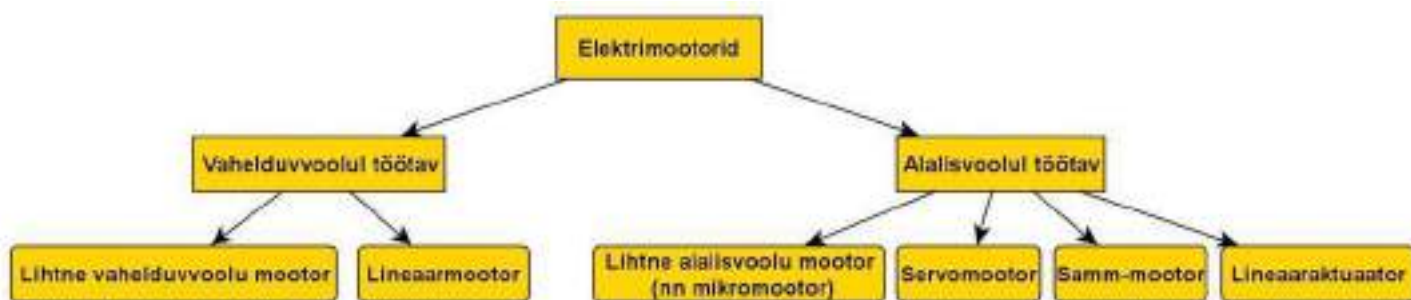


Рисунок 2: Блок-схема электродвигателей.

Двигатель переменного тока (AC) (двигатель переменного тока)

Двигатель переменного тока - это устройство, преобразующее энергию переменного тока в механическую энергию (см. Рисунок 3). Двигатель переменного тока обычно работает при напряжении сети 220 В и частоте 50 Гц.



Рисунок 3. Двигатель переменного тока.

Двигатели переменного тока используются, например, в сверлильных и фрезерных станках. Многие промышленные роботы на заводах также работают от двигателей переменного тока.

Отдельно стоит упомянуть линейный двигатель переменного тока, который не используется в школьной робототехнике. Линейные двигатели используются в инновационных железнодорожных системах и поездах. Они представляют собой метафорически "размотанные" двигатели переменного тока, которые вместо крутящего момента создают линейную силу вдоль оси.

Двигатели переменного тока характеризуются простотой конструкции, низкой стоимостью и хорошим поддержанием постоянной скорости. Однако их основными недостатками являются зависимость от электросети, сложность изменения скорости и относительно большие размеры, что не позволяет использовать их в качестве тяговых двигателей для роботов.

Двигатель постоянного тока (DC) (двигатель постоянного тока)

Двигатель постоянного тока - это устройство, преобразующее энергию постоянного тока в механическую энергию (см. Рисунок 4).



Рисунок 4: Различные двигатели постоянного тока.

Скорость вращения может быть изменена путем изменения напряжения питания. Контролировать положение вращения двигателя невозможно. Однако направление вращения можно изменить, изменив полярность клемм питания. Для увеличения крутящего момента и уменьшения скорости вращения к двигателю постоянного тока часто добавляют редуктор.

Двигатели постоянного тока чаще всего используются в качестве тяговых двигателей для роботов. Преимуществами двигателей постоянного тока являются высокая удельная мощность (мощность на вес и размер), независимость от напряжения сети, относительно низкая стоимость и небольшие размеры. Недостатками являются отсутствие точного управления, плохое соотношение скорости и мощности и необходимость относительно постоянного напряжения для поддержания постоянной скорости.

Серводвигатель

Серводвигатель - это двигатель постоянного тока с подключенным редуктором, возможностью обратной связи и управляющей электроникой (см. Рисунок 5). Обратная связь означает, что пользователь точно знает, насколько сильно повернулся серводвигатель. Поэтому, в отличие от обычного двигателя постоянного тока, серводвигателем можно управлять с высокой точностью.



Рисунок 5: Типовой серводвигатель справа и разобранный серводвигатель слева.

Редуктор серводвигателя предназначен для уменьшения скорости и увеличения крутящего момента двигателя постоянного тока. Серводвигатели не вращаются непрерывно, но могут поворачиваться на фиксированный угол. Наиболее распространены серводвигатели с поворотом на 180 и 360 градусов. Серводвигатели управляются сигналом широтно-импульсной (ШИМ), где фиксированная ширина импульса определяет фиксированный угол поворота (положение) двигателя.

Серводвигатели используются для точного перемещения различных частей роботов (захватов, подъемников, мачт) в ограниченном диапазоне. Преимуществами серводвигателей являются простота подключения, удобство использования и управления, низкое напряжение (обычно 5 В) и достаточно высокая мощность для своего размера. К недостаткам можно отнести относительно высокую стоимость серводвигателя, в основном из-за наличия обратной связи.

Двигатель Smm

Шаговый двигатель - это электродвигатель, который может перемещать вал по шагам (см. Рисунок 6).



Рисунок 6: Шаговые двигатели разных размеров.

В отличие от обычного серводвигателя и аналогично двигателю постоянного тока, шаговый двигатель может вращаться неограниченно (т.е. радиус вращения двигателя не ограничен). Каждый импульс, поступающий на двигатель, заставляет его вращаться на фиксированную длину шага.

Шаговые двигатели используются, например, для перемещения головки принтера. Шаговые двигатели характеризуются высокой точностью, более низкой стоимостью по сравнению с серводвигателями и наличием цифровых сигналов управления. Из минусов: шаговые двигатели генерируют относительно сильные вибрации, довольно сложны в управлении и, к сожалению, имеют низкое удельное энергопотребление (т.е. они слабые для своих размеров и веса).

Линейный привод

Линейный привод - это устройство, преобразующее электрическую энергию в механическое толкающее и/или тянущее усилие по прямолинейной траектории по всей длине (см. Рисунок 7).



Рисунок 7: Линейный привод слева, снаружи и внутри справа, с двигателем постоянного тока и катушкой с резьбой.

Проще говоря, двигатель постоянного тока перемещает резьбовой вал линейного привода из двигателя и обратно. Он используется в тех случаях, когда важно перемещение вала вдоль оси. Достоинствами линейного привода являются надежность, точность, хорошее ускорение и торможение. Недостатками являются относительно высокая стоимость и необходимость отдельного охлаждения.

Обзорные вопросы:

1. Зачем роботам нужны двигатели?
2. Как скорость вращения связана с крутящим моментом?
3. Какой двигатель чаще всего используется в качестве тягового для роботов и почему?
4. Какой из этих двигателей самый точный?

Электродвигатели - уровень II

В этой главе мы рассмотрим двигатель постоянного тока, способы его управления, а также H-мост и его необходимость. Мы также рассмотрим серводвигатель и шаговый двигатель и кратко расскажем об их управлении.

Управление двигателем постоянного тока и H-мост

Для начала давайте рассмотрим, как управляются двигатели постоянного тока. Самый простой способ сделать это - использовать, например, батарею напряжением 4,5 В, один вывод которой подключен к одному выводу двигателя постоянного тока, а другой - к другому. Двигатель начнет вращаться в одном направлении. Теперь, если поменять местами эти клеммы, двигатель будет вращаться в другую сторону. Однако постоянно подключать и отключать клеммы довольно утомительно и непрактично, и для этого опытный пользователь может использовать микроконтроллер. На рисунке 1 показано, как подключить двигатель постоянного тока к микроконтроллеру.

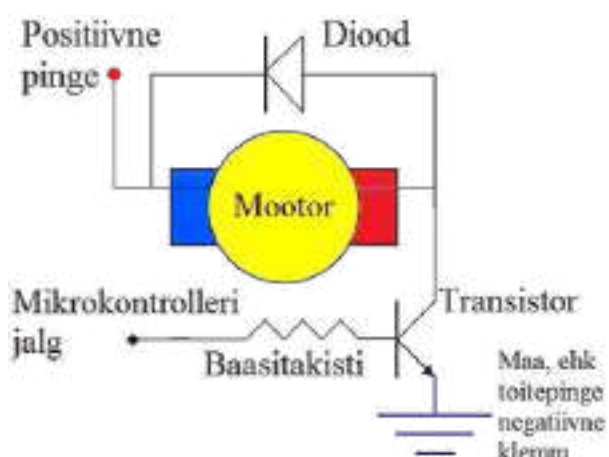


Рисунок 1: Управление двигателем постоянного тока с помощью микроконтроллера

Для этого нам понадобятся диод, транзистор (который в данной схеме выступает в роли переключателя), базовый резистор и, конечно же, двигатель постоянного тока. Если на ножку микроконтроллера подан разрешающий сигнал "1" или +3 В, двигатель начнет вращаться, но если на ножку подан "0", цепь будет разорвана и двигатель остановится. Базовый резистор должен быть выбран в соответствии с максимальным током двигателя и коэффициентом усиления транзистора. Диод защищает транзистор от импульсов напряжения, наводимых обмотками двигателя. В этой схеме двигатель можно просто включать и выключать, но направление вращения двигателя изменить нельзя. Для того чтобы иметь возможность менять направление, используется конструкция, называемая H-мостом. На рисунке 2 показан принцип работы H-моста, где розовой линией обозначено направление протекания тока.

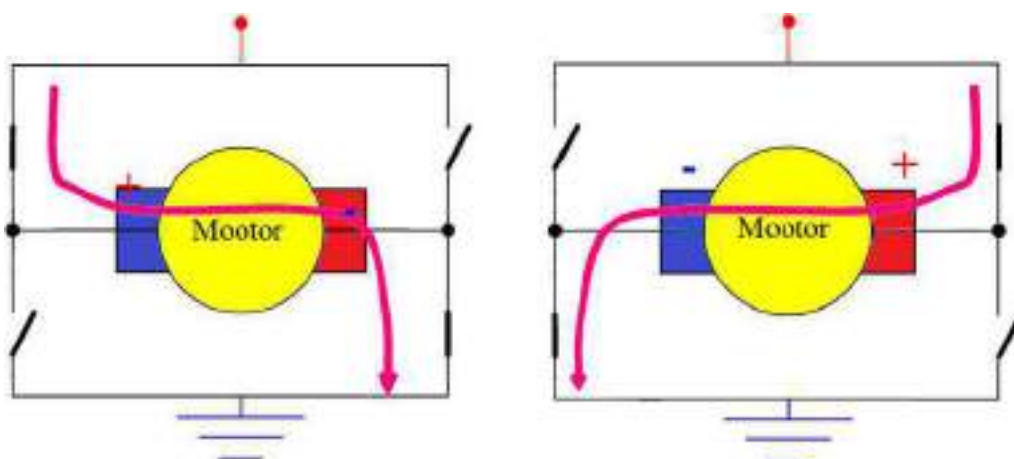


Рисунок 2: Конструкция H-моста с реле (переключателями)

На практике вместо реле используются полупроводники (транзисторы), как показано на рисунке 3.

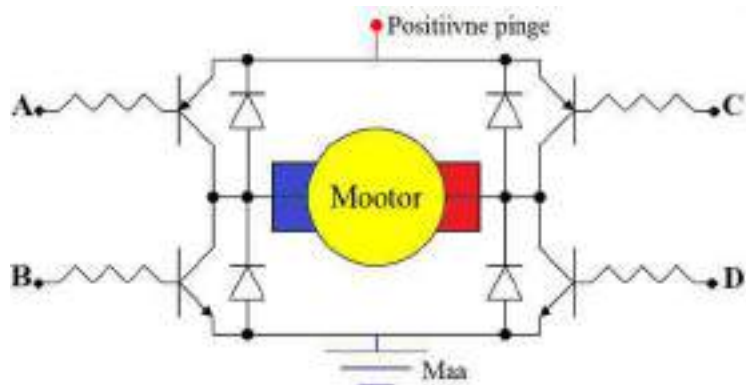


Рисунок 3: H-мост, образованный транзисторами. В конструкции использованы транзисторы NPN и PNP.

В таблице 1 показано действие двигателя при включении/выключении различных ножек микроконтроллера.

A	B	C	D	работа двигателя	комментарий
0	0	1	1	один способ	NPN-транзисторы B и D управляют током, когда уровень равен '1' или +3 В и
1	1	0	0	наоборот	PNP-транзисторы A и C управляют током.
1	0	1	0	Означает	
0	1	x	x	аббревиатура	если уровень равен "0" или 0 В.
Избегайте короткого замыкания! x				x	0 1 короткое замыкание

Таблица 1. Действие двигателя в зависимости от переключения ног

Следует отметить, что существует два типа транзисторов, которые по-разному ведут себя при получении управляющего сигнала ('1'). На практике также встречаются специальные микросхемы, в которые встроены H-мост.

Управление серводвигателем

Для управления серводвигателем используются три провода. Красный - провод питания (+5 В), черный - земля (отрицательная клемма источника питания) и белый - сигнальный провод (подключается к выходу ШИМ микроконтроллера). Как мы узнали в первой части, серводвигатель управляется сигналом ШИМ (*широтно-импульсной модуляции*). Это означает, что через определенный промежуток времени (наиболее распространенный - **20 мс**) на конец сигнала двигателя подаются импульсы, длина которых определяет угол, на который поворачивается сервомотор. Длительность импульса обычно составляет от **1 до 2 мс**, что определяет положение под углом **180** градусов (см. Рисунок 4).

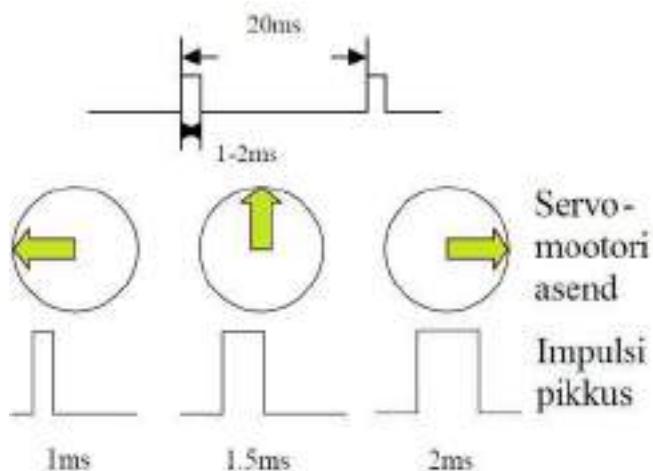


Рисунок 4: Изменение положения серводвигателя в зависимости от длительности импульса

Модифицированный серводвигатель

Серводвигатели модифицируются, чтобы сделать их непрерывно вращающимися. Непрерывное вращение необходимо, например, для использования серводвигателя в качестве тягового двигателя для колес робота. Это удобно, поскольку серводвигатели легко управляются и не требуют отдельной управляющей электроники.

Чтобы заставить сервомотор вращаться непрерывно, сначала необходимо снять ограничители на шестеренках, которые не дают полного вращения. Затем удаляется потенциометр (переменный резистор) и заменяется двумя резисторами одинакового размера, в результате чего обратная связь постоянно видит сервомотор в среднем положении. Управление осуществляется так же, как и обычным серводвигателем, т. е. с помощью длительности импульсов.

Длительность импульса **1,5 мс** соответствует неподвижному состоянию сервопривода. **1 мс** соответствует быстрому вращению назад, а **2 мс** - быстрому вращению вперед. А промежуточные импульсы приводят двигатель в движение с разной скоростью. Чем ближе к **1,5 мс**, тем медленнее вращается двигатель.

Конструкция и управление шаговым двигателем

Концентрационный двигатель состоит из ротора (с прикрепленными к нему постоянными магнитами) и статора, обычно с четырьмя обмотками (см. Рисунок 5). Через обмотки пропускается ток, который создает магнитное поле, приводящее в движение постоянные магниты, прикрепленные к ротору. Таким образом, двигатель вращается.

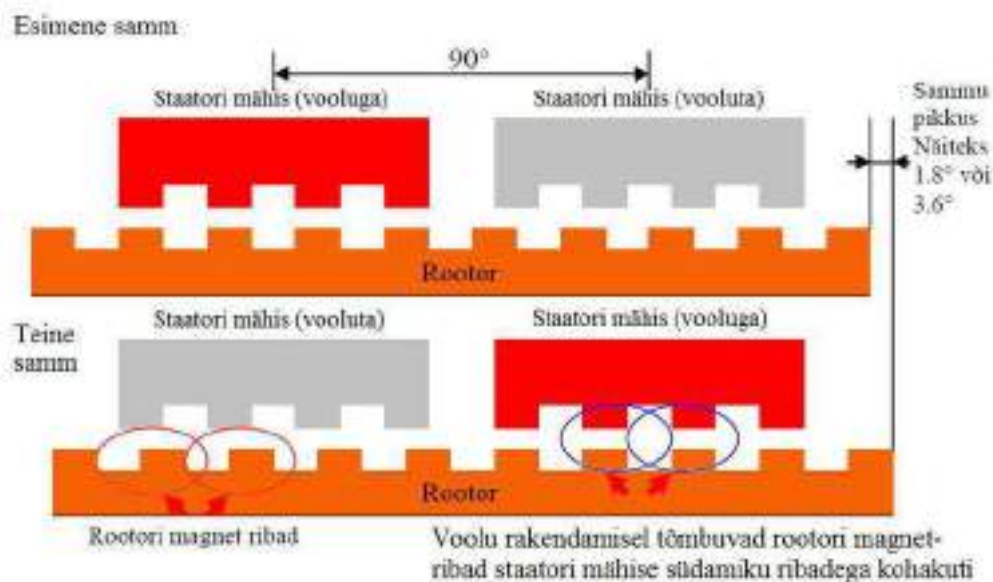


Рисунок 5. Шаговый ротор на шаговом двигателе (в плоскости)

На рисунке 6 показано поперечное сечение шагового двигателя, которое лучше всего иллюстрирует движение шагового двигателя.

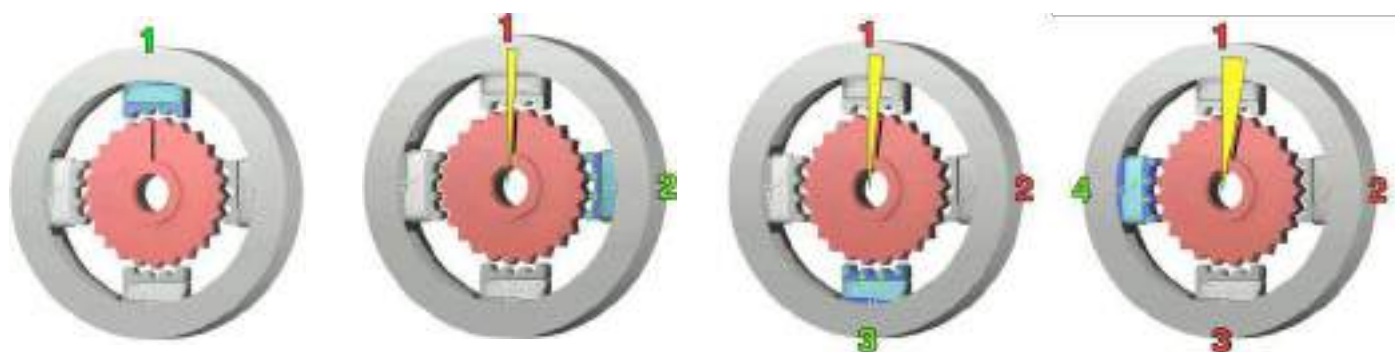


Рисунок 6: Пошаговое моделирование поперечного сечения двигателя и управления.

Обзорные вопросы:

1. Зачем нам нужен H-мост?
2. Как часто подается управляющий импульс на серводвигатель и какова его длительность (по времени)?
3. Зачем нам нужен так называемый модифицированный серводвигатель?
4. Если длина одного шага шагового двигателя равна $1,8^\circ$, сколько шагов нужно сделать двигателю повернуться на 180° и 360° ?

Датчики

Как и люди, которые видят, слышат и чувствуют, что нас окружает, роботы могут ощущать среду, в которой они находятся. Для этого роботы оснащены датчиками и могут измерять различные физические параметры: температуру, интенсивность света, давление, громкость звука, расстояние и т. д. Они также могут ощущать окружающую среду.

Датчики есть во многих устройствах, которыми мы пользуемся. Самые разные датчики можно найти в различных повседневных устройствах, таких как стиральная машина, автомобильная система подушек безопасности и так далее. В каждой современной стиральной машине есть как минимум один датчик температуры, который определяет, насколько горячая вода находится в машине. В зависимости от температуры стиральная машина определяет, нужно ли нагревать воду или нет. Помимо бытовой техники, различные датчики есть и в новых телефонах. Например, в некоторых телефонах есть гироскоп, который сообщает телефону, в какую сторону его держат, и в зависимости от его положения телефон может поворачивать свое изображение, например, на 90 градусов. Огромное количество разнообразных датчиков можно найти и в современных автомобилях. Очень распространены датчики парковки, которые предупреждают водителя о том, что какой-то объект находится в опасной близости от автомобиля. Кроме того, большинство автомобилей оснащены датчиками столкновения, которые сообщают водителю о необходимости срабатывания подушек безопасности.

Устройства, которые на самом деле нельзя считать датчиками, часто считаются таковыми. Самый распространенный пример - детектор дыма, который на самом деле можно считать скорее роботом, чем просто датчиком.

Датчик - это устройство, преобразующее физическую величину в электрический сигнал. Датчики, используемые в робототехнике и мехатронике, можно разделить на две большие группы: аналоговые и цифровые. Основное различие между этими датчиками заключается в форме, в которой они передают информацию контроллеру.

В случае аналоговых датчиков устройство передает непрерывный сигнал с бесконечным числом состояний (см. Рисунок 2).

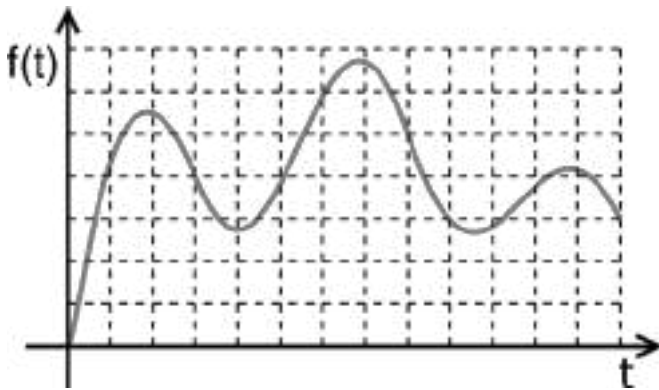


Рисунок 2. Аналоговый сигнал

В случае цифровых датчиков передаются сигналы, которые имеют значение только в момент измерения (см. Рисунок 3). Такой сигнал называется цифровым, а также дискретным.

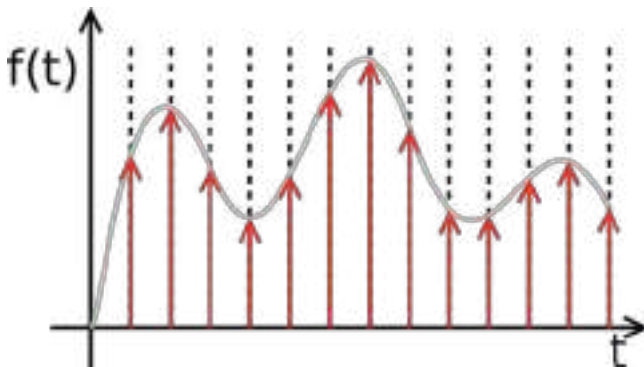


Рисунок 3. Дискретный сигнал

Как видно на рис. 2, аналоговый сигнал непрерывен, и мы не можем подсчитать, сколько у него состояний. Цифровой сигнал на рисунке 3. имеет определенный временной интервал, и по точкам можно считать числовые значения его состояний и количество этих состояний.

Калибровка

Ни один датчик не дает абсолютно точных результатов. Одной из важнейших датчика является его точность. Точность датчика может зависеть от множества различных факторов, таких как температура, интенсивность света или другие параметры окружающей среды. Большинство широкополосных датчиков рассчитаны на работу при комнатной температуре (25 °C), а это значит, что при этой температуре точность таких датчиков максимальна. Если использовать такой датчик при температуре значительно выше или ниже комнатной, то результат его работы может значительно отличаться от фактического значения. Однако существует решение этой проблемы, которое может дать лучшие или худшие результаты в зависимости от конкретного датчика. Это решение заключается в калибровке датчиков. Калибровка датчиков - это процесс изменения конфигурации датчика - изменение формулы расчета, которая преобразует напряжение в числовое значение. Также можно повысить точность датчика, изменив его диапазон измерения. Например, если датчик со стандартной настройкой измеряет температуру от 0 до 100 °C, то настройка датчика на измерение температуры от 25 до 75 °C повысит точность датчика.

Аналоговые датчики

В этой главе мы рассмотрим общие принципы работы аналоговых преобразователей и рассмотрим различные типы аналоговых преобразователей. Кроме того, мы рассмотрим аналого-цифровой преобразователь и его назначение.

Большинство аналоговых датчиков проще по конструкции, чем цифровые. Аналоговые датчики выдают аналоговый сигнал, и информация с них может быть считана в любой момент. Чтобы получить информацию с датчика, его необходимо подключить к измерительной системе, компьютеру или *микроконтроллеру (MCU)*. Поскольку микроконтроллер является цифровым устройством, для подключения аналоговых датчиков к микроконтроллеру *аналого-цифровой преобразователь (АЦП)*. АЦП - это устройство, которое преобразует сигнал от аналогового датчика в цифровой сигнал, представляющий собой последовательность битов. В большинстве случаев АЦП уже встроен в микроконтроллер, и для его использования необходимо подключить аналого-цифровой преобразователь к соответствующей ноге микроконтроллера.

Существует широкий спектр аналоговых датчиков. Аналоговые датчики, которые могут измерять:

- температуры
- Luminosity
- том
- давление воздуха
- влажность воздуха
- концентрация различных газов в воздухе
- ...

Как это работает

Аналоговый датчик преобразует изменение физической величины в изменение напряжения, сопротивления или силы тока (см. рис. 1). Проще говоря, если у нас есть, например, датчик звука, то его выходное напряжение будет равно 0 В при полной тишине и 5 В при звуке в 100 децибел.

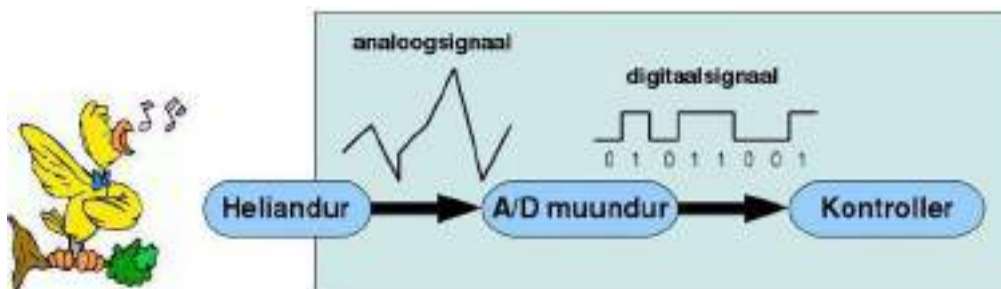


Рисунок 1. Принцип использования аналогового датчика

Одним из простейших аналоговых преобразователей является потенциометр (рис. 2). Потенциометр - это резистор, сопротивление которого можно изменять, поворачивая ручку или винт. При изменении сопротивления напряжение на клеммах потенциометра изменяется в соответствии с законом Ома (ток I постоянен). Если потенциометр подключен к вращающемуся валу, то с помощью потенциометра можно измерить угол поворота этого вала.



Рисунок 2. Потенциометр

Несмотря на простоту конструкции, подключение аналоговых датчиков к микроконтроллеру может быть более сложным. У аналоговых датчиков есть еще один важный недостаток. Поскольку датчик выражает измеряемую физическую величину в терминах напряжения, невозможно сразу определить, например, какое значение напряжения соответствует какой температуре в случае датчика температуры. Для того чтобы узнать температуру, программа контроллера должна содержать формулу преобразует измеренное значение напряжения в температуру. Обычно соответствующая формула уже поставляется производителем вместе с датчиком, в худшем случае соответствующая формула должна быть выведена пользователем.

Обзорные вопросы:

1. Что такое аналогово-цифровой преобразователь и зачем он ?
2. Назовите не менее 5 параметров окружающей среды, которые можно измерить с помощью аналоговых датчиков.
3. Каковы недостатки аналоговых датчиков?

Аналоговые преобразователи - уровень II

В этой главе мы рассмотрим делитель напряжения, аналогово-цифровой преобразователь (A/D-преобразователь). Кроме того, мы узнаем, что такое разрешение A/D-преобразователя и как его найти.

Аналоговые датчики могут измерять широкий спектр параметров окружающей среды. Очень широко используются резистивные датчики. Электрическое сопротивление этих датчиков зависит от какого-либо параметра окружающей среды. При изменении физической величины меняется и электрическое сопротивление датчика. Существует несколько типов резистивных датчиков, наиболее известными из которых являются термистор и фоторезистор (см. рис. 1).



Рисунок 1. Термистор и фоторезистор

Терморезистор - это электронный компонент, сопротивление которого зависит от температуры. Сопротивление фоторезистора, с другой стороны, зависит от количества падающего света. Для подключения резистивных датчиков к контроллеру используется делитель напряжения (см. рис. 2).

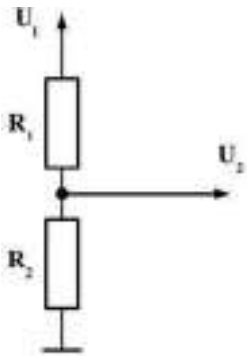


Рисунок 2. Делитель напряжения.

Делитель напряжения - это цепь напряжения, состоящая из двух резисторов, выходное напряжение которых является частью входного напряжения. Заданное выходное напряжение зависит от сопротивления выбранных резисторов и может быть рассчитано по формуле, приведенной на рисунке 3.

$$U_2 = U_1 * \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Рисунок 3. Формула выходного напряжения для калькулятора делителя напряжения

При подключении резистивного датчика к микроконтроллеру один из резисторов в цепи делителя напряжения заменяется на подходящий резистивный датчик - в данном случае резистор R2 заменяется фоторезистором (см. Рисунок 3).

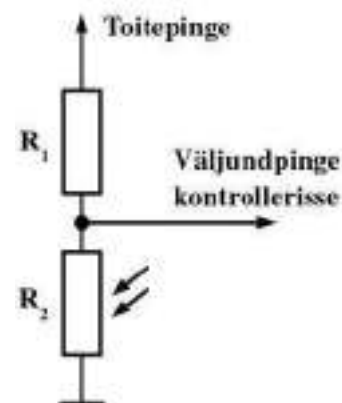


Рисунок 4: Фоторезистор в схеме делителя напряжения.

Помимо резистивных датчиков, существует также ряд аналоговых датчиков более сложной конструкции и принципа действия. В робототехнике и мехатронике широко используются инфракрасные датчики расстояния (см. Рисунок 5). Инфракрасный датчик расстояния состоит из двух основных частей: инфракрасного излучателя и приемника. Передатчик посылает импульс инфракрасного света, который отражается от объектов, находящихся на пути света. Отраженный свет регистрируется приемником. Приемник состоит из ряда элементов, чувствительных к инфракрасному свету. В зависимости от того, до какого элемента дошел отраженный свет, можно рассчитать расстояние до объекта, от которого он отразился.

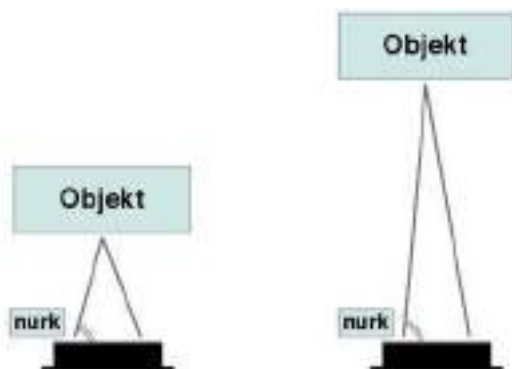


Рисунок 5: Принцип работы инфракрасного датчика.

Для более удаленных объектов световой импульс отражается в приемник под большим углом, и световой импульс достигает другого приемного элемента, чем для близкого объекта. Соответственно, можно определить угол и по нему рассчитать расстояние объекта от датчика. Такие датчики достаточно надежны, но в зависимости от конструкции они имеют фиксированный диапазон измерения, в пределах которого результат будет достоверным. Инфракрасные дальномеры с диапазоном измерения 10-80 см достаточно распространены.

Как мы уже видели в предыдущей главе, для подключения аналоговых датчиков к микроконтроллерам необходим дополнительный аналого-цифровой преобразователь, который уже встроен во многие микроконтроллеры. В зависимости от контроллера аналого-цифровой преобразователь может иметь разное количество каналов. Очень распространены микроконтроллеры с 8-канальным аналого-цифровым преобразователем. Однако существуют аналого-цифровые преобразователи с меньшим, а некоторые и с большим количеством аналоговых каналов. Обычно имеется только один выход, с которого считывается цифровой сигнал. В зависимости от конструкции преобразователя, преобразованный результат может быть считан из АЦП, например, как 8- или 10-битный. В настоящее время наиболее распространены 10-битные преобразователи. 10-битный преобразователь означает, что для представления цифрового числа у нас есть 10 разрядов. Поскольку мы имеем дело с цифровым сигналом, у нас есть только две различные цифры: 0 и 1.

Таким образом, результат работы АЦП может быть, например, 1001001101. Минимальное число, которое может выдать такой преобразователь, - 0000000000 или 0 в десятичной системе счисления, а максимальное - 1111111111 или 1023 в десятичной системе счисления. Таким образом, 10-битный аналого-цифровой преобразователь может выдать до 1024 различных значений ($2^{10}=1024$).

Каждый аналого-цифровой преобразователь характеризуется разрешением. Разрешение указывает на наименьшее изменение аналогового сигнала, которое может быть измерено данным преобразователем. Например, если у нас есть 10-битный аналого-цифровой преобразователь и аналоговый сигнал изменяется в диапазоне от 0 до 5 В, разрешение можно определить по формуле, приведенной на рисунке 6.

$$Q = \frac{U_{max} - U_{min}}{2^{bitide ar}}$$

Рисунок 6: Формула расчета разрешения аналого-цифрового преобразователя

Таким образом, в данном примере мы получаем разрешение преобразователя 0,004882812 В " 0,005 В. Аналогично линейке с минимальным измеряемым размером 1 мм, минимальный измеряемый размер данного преобразователя составляет " 0,005 В.

Обзорные вопросы:

1. Опишите, для чего может использоваться делитель напряжения.
2. Найдите выходное напряжение U_2 делителя напряжения, если входное напряжение $U_1=5$ В, $R_1= 1$ к Ω и $R_2= 1$ к Ω .
3. Какое сопротивление резисторов нужно выбрать, чтобы выходное напряжение делителя напряжения составляло 3,3 В при входном напряжении 5 В?
4. Объясните разрешение аналого-цифрового преобразователя.
5. Каково разрешение 10-битного аналого-цифрового преобразователя, если аналоговый сигнал изменяется в диапазоне от 0 до 5 вольт?
6. Вам предоставлен инфракрасный датчик расстояния и микроконтроллер с АЦП, способный преобразовывать аналоговый сигнал в диапазоне напряжений 0-5 В. При обнаружении объекта с помощью датчика расстояния выходное напряжение датчика составило 2,5 В, а аналого-цифровой преобразователь контроллера - 10-битный. Найдите количество сантиметров от датчика до объекта, если в документации к датчику была приведена следующая формула.

$$k_{augus}(cm) = \frac{4800}{A/D \text{ муундурі лугем} - 20}$$

Digitaalandurid

В этой главе мы рассмотрим простейшие цифровые датчики, их работу (см. рисунок 1) и цифровой сигнал. После завершения главы вы сможете выбрать подходящие датчики для своего робота.

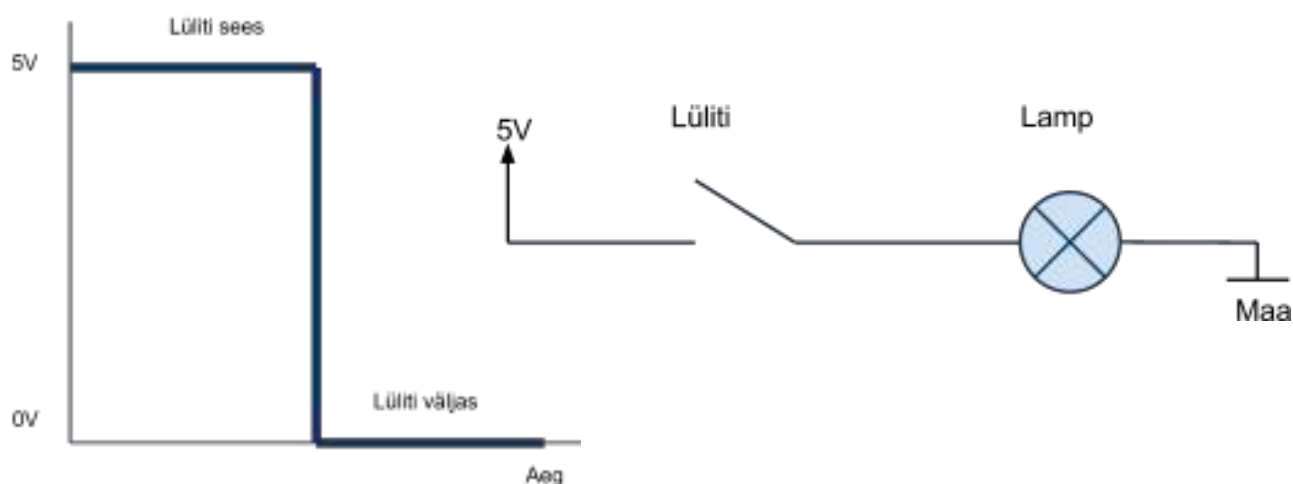


Рисунок 1 Схема работы цифрового скалера

Элементарный цифровой сигнал - это наличие или отсутствие напряжения, то есть логическая 1 или 0. Например, в простой электрической схеме (схема выше), где лампа подключена к источнику питания через выключатель, можно сказать, что лампа горит при логической 1 и не горит при логическом 0. Один из самых простых цифровых датчиков - это простой одноконтный переключатель, который выдает цифровой сигнал. Если контакты выключателя разомкнуты (логический 0), лампа выключена, и наоборот. Переключатели с ручным управлением используются на панелях управления бытовой техникой. Количество пар контактов в таких переключателях может варьироваться в широких пределах, как и форма и другие характеристики переключателя.

В робототехнике и автоматизации переключатели часто используются в качестве датчиков касания, которые, будучи размещенными в конце пути движущегося устройства, останавливают привод, когда он достигает предельного положения (см. рис. 2). Аналогичным образом автономные роботы оснащаются рычагами, которые активируют два переключателя в зависимости от угла встречи с препятствием. При прямом столкновении с препятствием сигнал подают оба переключателя, в противном случае - только один.



Рисунок 2 Мобильность платформы с сенсорными датчиками

На дороге данные для статистики собираются с помощью устройства, содержащего два реле давления. Они подключены к шлангам, идущим через дорогу, которые закрыты на концах. Автомобиль, проезжающий по шлангу, нажимает на него.

сжимает воздух в шланге и генерирует импульс, который передается на контакты переключателя. Таким образом, по последовательности импульсов можно определить направление, в котором движется автомобиль. Кроме того, измеряя время между импульсами, можно рассчитать длину и скорость движения автомобиля (см. Рисунок 3).

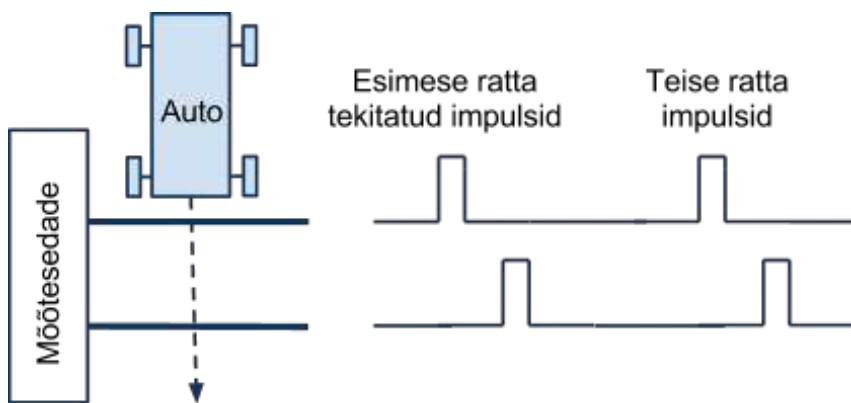


Рисунок 3 Иллюстративная схема подсчета автомобилей слева, импульсный график справа.

Из предыдущего примера видно, что, добавив временную составляющую к простому цифровому сигналу, можно составить несколько более сложный цифровой сигнал. Источник сигнала, который включается и выключается с определенной частотой, используется, например, в инфракрасных маяках.

Маячки отмечают важное место для робота. Это может быть погрузочная станция или, в случае с роботами для соревнований, ворота. Простейшая система состоит из передатчика и приемника на роботе. Инфракрасный светодиод передатчика мигает с определенной частотой. Это позволяет отличить передатчик от других возможных источников инфракрасного излучения, таких как солнце и флуоресцентные лампы. Наиболее распространенная несущая частота - 38 кГц, что означает 38 000 колебаний в секунду (см. Рисунок 4).

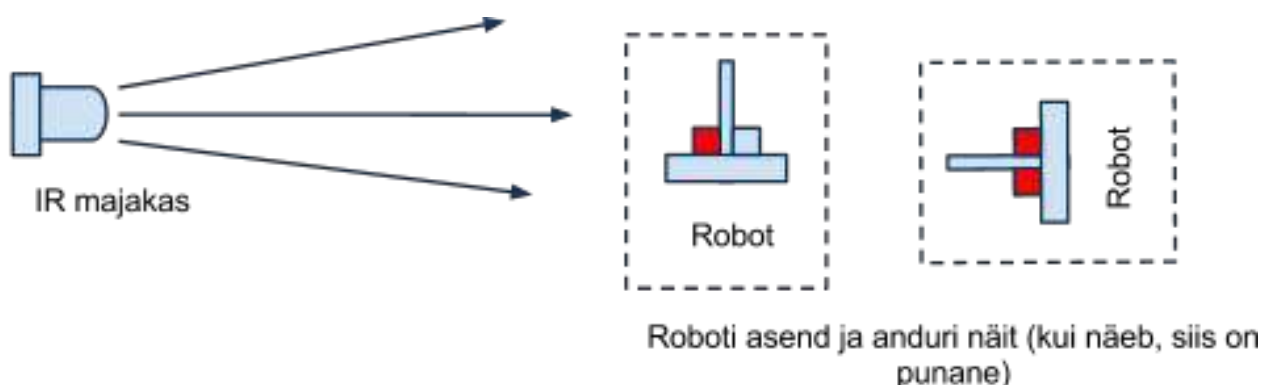


Рисунок 4: Диаграмма, объясняющая принцип работы ИК-маяка

Фототранзисторный приемник на роботе реагирует только на сигнал соответствующей частоты, чтобы избежать ложных срабатываний. Направленная чувствительность обеспечивается за счет ограничения поля зрения фототранзистора. Наибольшая направленная чувствительность обеспечивается двумя ИК-приемниками, разделенными перегородкой, направленной прямо вперед. В этом случае, если один из датчиков обнаруживает маяк, робот находится лицом к нему, если оба - лицом к маяку, робот находится непосредственно перед ним.

Ультразвуковой датчик измеряет расстояние до объекта путем измерения времени отражения ультразвука. Для этого в нужный момент на выходе устанавливается высокий уровень, т.е. подается триггерный импульс, после чего датчик генерирует звуковой импульс. Затем этот же вывод преобразуется во вход, после чего датчик УН снова устанавливает высокий уровень, пока звуковая волна не вернется. Измеряется время, в течение которого контакт был высоким, и на основании этого можно рассчитать расстояние до объекта. Видно, что цифровой выход датчика - это не просто ноль или единица, а импульс определенной длины (логическая 1), длительность которого соответствует измеряемой датчиком величине (в данном случае расстоянию) (см. Рисунок 5).

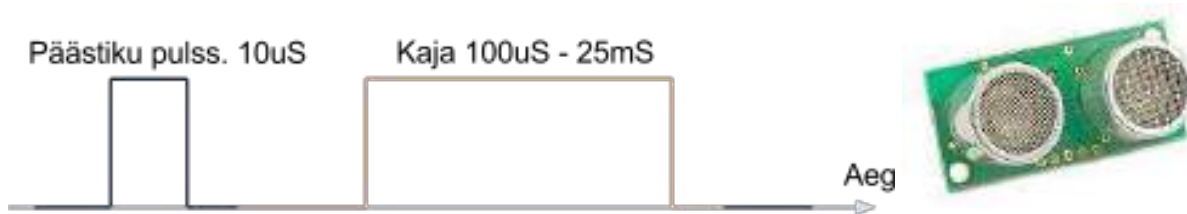


Рисунок 5: График сигнала датчика УН слева, датчик УН справа.

Подав необходимый импульс на датчик УН, можно определить порядок измерений, чтобы избежать помех между датчиками, находящимися в непосредственной близости друг от друга.

В этой главе были описаны переключатель, маяк и ультразвуковой датчик, которых достаточно для реализации простых алгоритмов навигации робота. Разнообразие датчиков очень велико, и в следующей главе будут рассмотрены более сложные датчики.

Обзорные вопросы:

1. Имеется робот с двумя переключателями, оснащенными рычагами на передней панели. Какой из них переключится, если робот въедет прямо в стену под углом 45 градусов к ней?
2. Зачем нужны два измерительных шланга, чтобы измерить скорость автомобиля?
3. С помощью маячков необходимо выделить два важных для робота места. Как это сделать, чтобы робот знал, какое место является важным?
4. Если робот оснащен несколькими ультразвуковыми датчиками, расположенными близко друг к другу, как сделать так, чтобы они не мешали друг другу?
5. Какой маневр должен робот, если внезапно оба фототранзистора робота перестали регистрировать сигнал маяка?

Дигиталандурид - уровень II

В этой главе мы рассмотрим наиболее распространенные интерфейсы датчиков - лидар и гироскоп. Кроме того, мы узнаем, какие датчики можно использовать для навигации робота.

Более сложные датчики требуют для работы множество управляющих сигналов, а также сами передают достаточно много данных. Поскольку простых цифровых сигналов уже недостаточно, для решения этой проблемы были разработаны различные стандарты интерфейсов передачи данных, направленные на передачу как можно большего количества информации по минимальному количеству линий (проводов).

Одним из самых распространенных интерфейсов для подключения различных датчиков является USART, или универсальный последовательный интерфейс. В основном он используется в более сложных датчиках, которые напрямую взаимодействуют с компьютером или промышленным контроллером, используя двустороннюю связь.

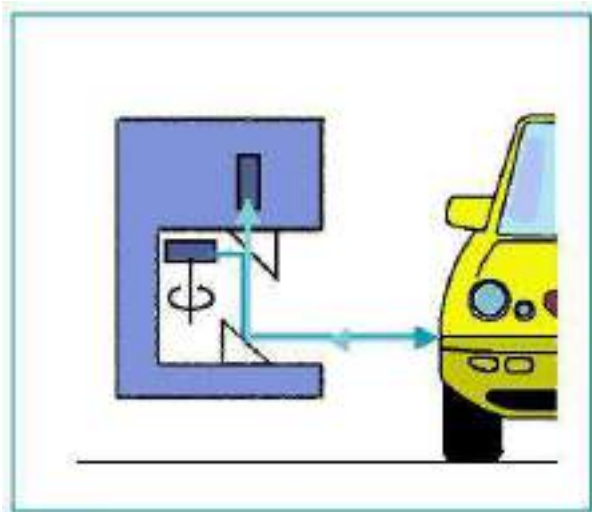


Рисунок 1: Лидар измеряет расстояние до объекта (автомобиля)

Лидар - это датчик, который измеряет окружающее пространство с помощью лазерного луча. Существует два способа измерения. Первый - послать инфракрасный лазерный импульс и подождать, пока он отразится обратно. Время отражения можно использовать для расчета расстояния до объекта в заданном направлении. Во втором случае испускается модулированный инфракрасный лазерный луч и измеряется фазовый сдвиг отраженного света. Таким образом, лидар производит измерения во многих точках, обычно в диапазоне 180 градусов и с разрешением в полградуса. Формируется двухмерное изображение сканируемой области. В большинстве случаев, из-за более низкой стоимости, используется лидарное сканирование только в одной плоскости. Изображение передается на блок управления (микроконтроллер или компьютер), по углу и расстоянию, по последовательному каналу связи. Перед началом работы лидару необходима установочная информация, которая поэтапно передается ему по последовательному интерфейсу. Таким образом определяется область сканирования, частота и другие параметры, необходимые для работы.

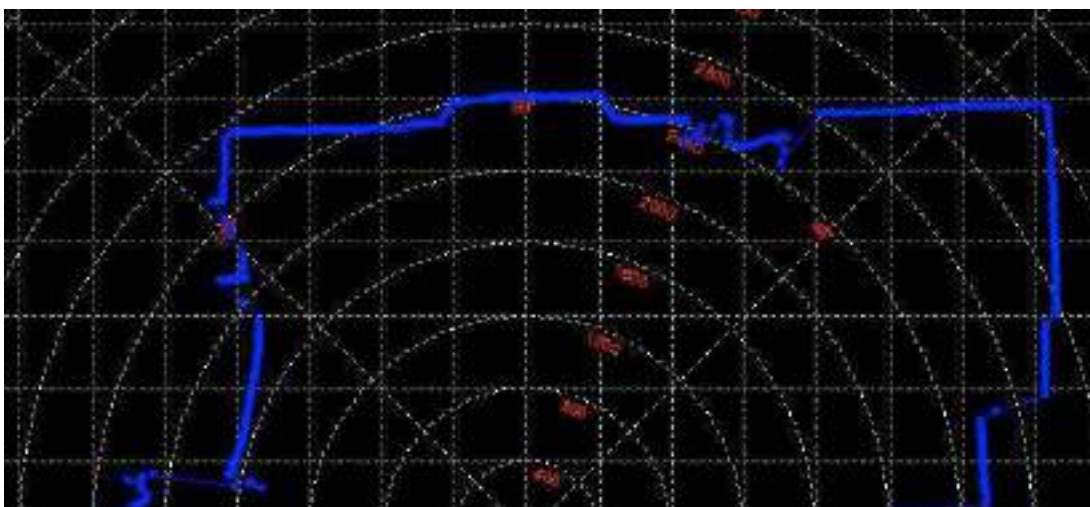


Рисунок 2. Лидарное изображение комнаты

Лидары используются не только в автономных автомобилях и роботах, но и в различных системах картографирования пещер и окружающей среды, а также в промышленной робототехнике. Лидар позволяет получить достаточно точное изображение пространства и препятствий. Лидар не видит за препятствиями, например, столб отображается на карте Лидара в виде конуса с вышеупомянутым препятствием на вершине.

Другим распространенным интерфейсом для подключения небольших датчиков к микроконтроллеру является I2C (Two Wire Interface, также известный как TWI). Преимущество этого интерфейса в том, что к одной шине можно подключить до 112 датчиков или других устройств, в то время как последовательный интерфейс, описанный выше, требует отдельной шины для каждого датчика. В случае интерфейса I2C существует одно устройство, обычно микроконтроллер, называемый ведущим, который координирует движение по шине.

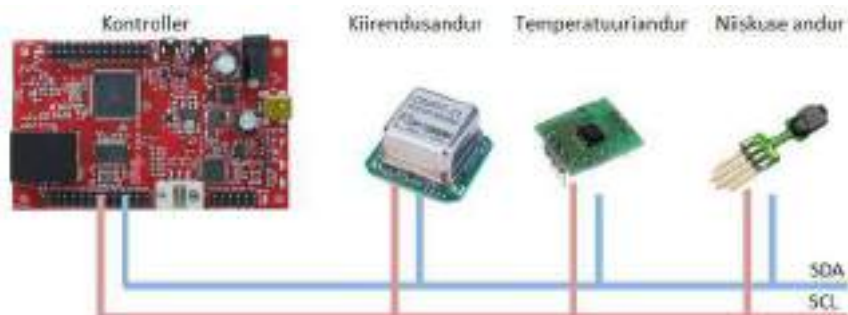


Рисунок 3: Сеть I2C с различными датчиками и контроллером.

Интерфейс I2C используется в робототехнике, например, для подключения акселерометра и гироскопа к микроконтроллеру. Оба датчика измеряют ускорение, но гироскоп измеряет угловое ускорение, или ускорение вокруг оси, а акселерометр - линейное ускорение. Довольно часто оба датчика объединены в одном корпусе. Для повышения точности измерений может быть более трех осей.



Рисунок 4: Гироскоп и акселерометр с измеренными осями

Оба датчика схожи по конструкции и могут быть изготовлены разными способами. Самый простой способ измерения ускорения - прикрепить массу заданного размера к концу пружины, перпендикулярной вектору ускорения. Чем больше ускорение, тем сильнее изгибается пружина. Величина перемещения массы измеряется, например, межпластинчатой емкостью. В настоящее время вся система построена на кристалле микрочипа.

Гироскопы и акселерометры можно встретить, например, в самолетах, где они обеспечивают устойчивость воздушного судна. Эти сигналы используются для перемещения лопастей или регулировки скорости вращения пропеллера. В наземных роботах они могут обнаружить аномалии в движении робота. Например, если робот застрял или ударился о что-то. Кроме того, взяв производную от ускорения, мы можем получить мгновенную скорость робота.



Рисунок 5: Расположение гироскопа на четырехкрылом самолете.

По возможности, гироскоп должен быть установлен на пересечении осей вращения робота. Например, на четырехкрылом самолете на рисунке гироскоп находится в центре вертолета. Оси акселерометра должны совпадать с основными осями движения измеряемого робота.



Рисунок 6: Автономный робот UKU

Роботы, перемещающиеся по полю, используют цифровой компас. Опять же, существует множество различных способов измерения магнитного поля. Часто для измерения разности магнитных полей используется система датчиков Холла и конденсаторов магнитного поля. Когда ось датчика находится в направлении магнитного поля Земли, разность потенциалов между контактами датчика наибольшая. Она измеряется и вычисляется направление магнитного поля Земли. Результаты передаются по интерфейсу I2C в процессор робота.

Лидар, акселерометры и компас, описанные в этой главе, позволяют создать сложную навигационную систему для робота. На земле основное внимание уделяется изучению окружающей среды, составлению карты и обнаружению препятствий. В случае с летающими роботами первым шагом является обеспечение устойчивости робота в воздухе. Затем, если нет риска падения робота, можно, например, определить его положение.

Обзорные вопросы:

1. Сколько датчиков можно подключить к одному интерфейсу I2C (TWI)?
2. Чем изображение, передаваемое лидаром, отличается изображения, получаемого с помощью обычной камеры?
3. Нарисуйте, как будет выглядеть лидар в комнате, в которой вы находитесь.
4. В чем разница между гироскопом и акселерометром. Кроме того, приведите примеры, когда лучше использовать гироскоп, когда лучше использовать акселерометр и когда необходимы оба прибора.
5. В какой момент целесообразно установить гироскоп на модель самолета.

Механизмы движения

В этой главе мы рассмотрим различные типы роботов и их характеристики. После завершения главы вы сможете выбрать механизм локомоции для своего робота в зависимости от местности.

25 мая 2011 года официально завершилась операция НАСА по спасению марсохода *Spirit*, в ходе которой предпринимались попытки связаться с ним. Конечным местонахождением *Spirit* стал кратер "Троя", куда радиосигналы НАСА не доходят. *Spirit* преодолел 7,7 км в ходе миссии по неизвестной местности, что является хорошим достижением для ровера. *Spirit* - один из самых необычных телероботов с точки зрения его двигательного механизма, поскольку он может поднимать и опускать колеса, чтобы передвигаться по очень пересеченной местности (см. рис. 1. <http://marsrovers.jpl.nasa.gov/mission/status.html#spirit>).



Рисунок 1. Марсоход НАСА *Spirit* один из самых необычных телероботов с точки зрения его двигательного механизма. Известно, что *Spirit* находится на одном из стартов MARS1, куда не доходят радиосигналы НАСА.

С точки зрения мобильности роботы обычно бывают двух типов: стационарные и мобильные. Стационарные роботы не нуждаются в изменении своего положения в пространстве, поскольку их задачи не требуют этого. Примерами таких роботов являются роботизированные руки на заводах, некоторые бытовые приборы и т. д. Они не являются стационарными. Роботизированные руки на заводах выполняют определенные рутинные движения, например, сваривают кузова автомобилей или режут металл. Мобильные роботы меняют свое положение в пространстве. Примерами таких роботов являются самоходные пылесосы и дистанционно управляемые устройства, разработанные для спасательных и военных целей. Дистанционно управляемые устройства можно разделить на два типа - манипуляторы и телероботы. Манипуляторы не обладают автономностью, то есть способностью самостоятельно принимать решения. Обычно они управляются дистанционно человеком-оператором. Манипулятор становится телероботом, когда он сохраняет способность принимать ограниченные решения. Например, TALON полностью управляется человеком (см. рис. 2).

Если на пути TALON окажется препятствие и TALON объедет его самостоятельно, без участия человека, то TALON станет телероботом. Если же TALON будет передвигаться в окружающей среде с помощью датчиков без участия человека, то это будет полностью автономный робот. Марсоход *Spirit* - это телевизионный робот. Радиосигналы доходят до Марса и обратно очень медленно. Поэтому *Spirit* должен будет выполнять большое количество команд одновременно. Выполняя команды, *Spirit* сможет выбрать оптимальный маршрут к месту назначения.



Рисунок 2: TALON - это гусеничный манипулятор, предназначенный для установления прямого контакта с противником в бою.

Мобильные роботы могут использовать различные инструменты для перемещения в пространстве. Наиболее распространенными являются гусеницы, колеса, всенаправленные колеса. Однако робот может использовать любые функциональные средства локомоции, например ноги или плавники. Последние используются, например, для имитации насекомых, животных и рыб. Каждое средство передвижения отличается друг от друга, и выбор зависит в основном от задачи, которую необходимо выполнить.

Гусеничные - чаще всего используются в труднопроходимой местности, где передвижение роботов затруднено и требуется подъем и хорошее сцепление с поверхностью. Гусеницы не позволяют роботам двигаться быстро, но обеспечивают точную маневренность.

Колесо - наиболее часто используемое средство передвижения. Колеса легко позиционируются и позволяют быстрее маневрировать и передвигаться. Колеса не позволяют передвигаться по неровной поверхности, если клиренс (наименьшая высота кузова транспортного средства над землей) меньше высоты неровной поверхности.

Квадротор - это летающее устройство, которое использует четыре лопасти, чтобы держаться в воздухе.

Большинство квадрантов пилотируются человеком, но некоторые могут самостоятельно перемещаться из точки А в точку Б. Квадротор - это тип винтокрылого аппарата, которым может управлять человек. **Всенаправленный** - устройство для передвижения, похожее на колесо, но позволяющее роботу двигаться вбок, не поворачивая в этом направлении. Всенаправленные транспортные средства обеспечивают роботу отличную маневренность, но требуют только ровной поверхности для движения (см. Рисунок 3).



Рисунок 3: Всенаправленное колесо также позволяет перемещаться вбок с помощью небольших роликов параллельно прямому движению.

Ноги, плавники - как средство передвижения они скорее демонстративны, чем функциональны. Однако они позволяют передвигаться по очень неровным поверхностям. Плавники используются роботизированными рыбами для передвижения в воде.

Обзорные вопросы:

1. Является ли автомобиль с дистанционным управлением роботом?
2. Какой механизм передвижения вы бы использовали, если бы вам пришлось создавать робота для передвижения по школьному зданию (включая лестницы)?
3. Что особенного в омнибайке?

Механизмы движения - уровень II

В этой главе мы рассмотрим различные методы позиционирования и используемые датчики. Кроме того, вы познакомитесь с примером алгоритма позиционирования.

Как уже говорилось выше, роботы, телероботы и манипуляторы делятся на стационарные и мобильные. Стационарные роботы, такие как роботизированные руки на заводах, используют внутренние поворотные датчики для определения своего положения (см. Рисунок 1). Датчики передают в мозг информацию о том, на сколько повернулся мотор, например,двигающий руку.



Рисунок 1: Датчик вращения, определяющий положение с помощью диска с черными и белыми секторами. Диск крепится к валу двигателя или трансмиссии и вращается вместе с двигателем. Черный и белый цвета по-разному отражают свет и могут быть использованы для определения количества секторов. Все сектора имеют одинаковую ширину. Подсчитав количество повернутых секторов, можно узнать, на сколько градусов повернулся двигатель.

Существует несколько способов определения положения роботов, перемещающихся в пространстве, например, измерение расстояний между объектами, определение расстояния и направления по вращению двигателей. Предположим, что колесный робот движется с помощью двух двигателей и опорного колеса. Робот может рассчитать угол поворота и пройденное расстояние, если выполняются следующие условия:

1. Робот подсчитывает вращение двигателей с помощью датчиков вращения
2. Робот знает расстояние, пройденное при повороте колеса на 1° .
3. Колесо не скользит по земле
4. Робот знает расстояние между колесами

Популярная система глобального позиционирования (GPS) не работает в помещениях и может использоваться только на открытом воздухе. GPS-позиционирование дает наилучшие результаты на открытой местности, где точность находится в пределах нескольких метров. Точность дифференциальной GPS составляет до 10 см. Дифференциальная GPS использует стационарные наземные станции, которые передают разницу между реальным положением и положением, определенным по спутниковой информации. Устройство GPS рассчитывает свое положение по данным спутников, а затем вычитает или прибавляет разницу.

В космосе или на открытой местности робот может определять расстояние до объектов с помощью сонара или лазера. Сонар подходит для использования, когда расстояние не нужно определять очень точно, так как погрешность сонара обычно составляет ± 10 см, но также очень сильно зависит от конкретного сонара. Более точным способом измерения расстояний является использование лазерного датчика расстояния, который возвращает расстояние до объекта со сравнительно небольшой погрешностью. На рисунке 2 показано видение пространства роботом с помощью лазера и сонара. Существует множество способов использования роботами колес. На рисунке 3 показаны пять основных типов трехколесных роботов.

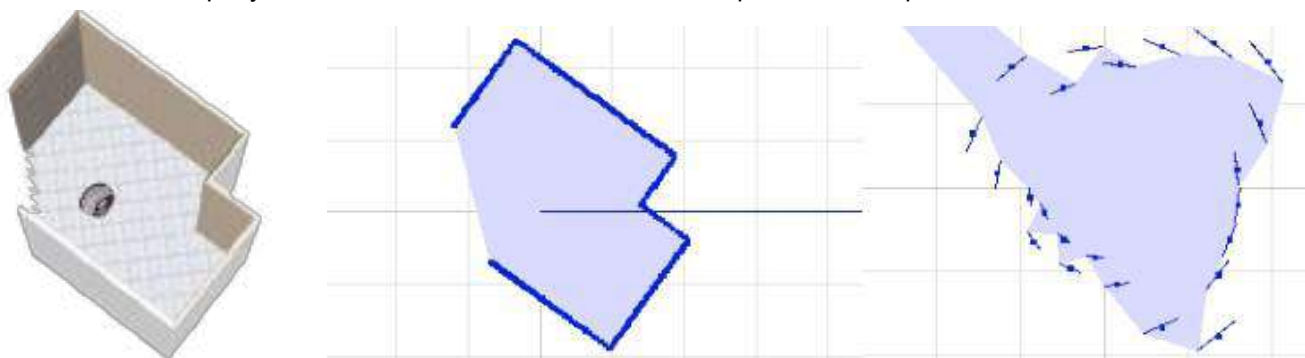


Рисунок 2. Слева - изображение того, как робот позиционируется в пространстве. Среднее изображение - это изображение лазерного дальномера. Справа - изображение сонарного феномена, объект иногда ближе, иногда дальше.

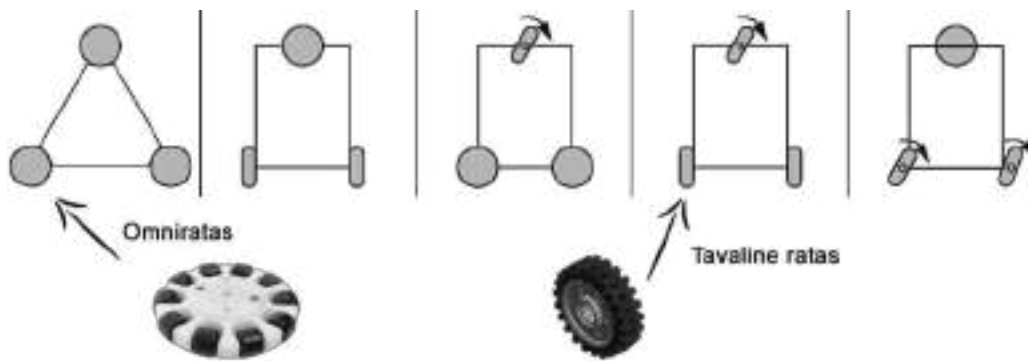


Рисунок 3: Пять основных типов трехколесных роботов. Круг представляет собой всенаправленное колесо,

Основная задача робототехники - спланировать движение от начальной точки к конечной без столкновений. Это справедливо как для мобильных роботов, так и для роботизированных рук. Далее мы рассмотрим случай вычисления движения робота с дифференциальным механизмом движения к целевой точке. Механизм дифференциального движения робота показан на рисунке 4.

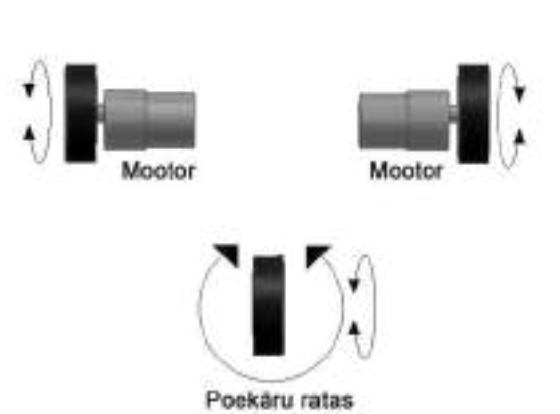


Рисунок 4: Механизм дифференциального движения. Два мотора вращают колеса, третье колесо является точкой опоры, которая позволяет двигаться в любом направлении.

При перемещении в пространстве необходимо знать начальное местоположение робота и его конечный пункт. Движение робота рассматривается с точки зрения траектории в пространстве координат x - y . Давайте рассмотрим простой пример, как запрограммировать робота на перемещение из начальной точки ($x=0$, $y=0$) в выбранный нами пункт назначения (x =параметры, y =параметры) (Рисунок 5).

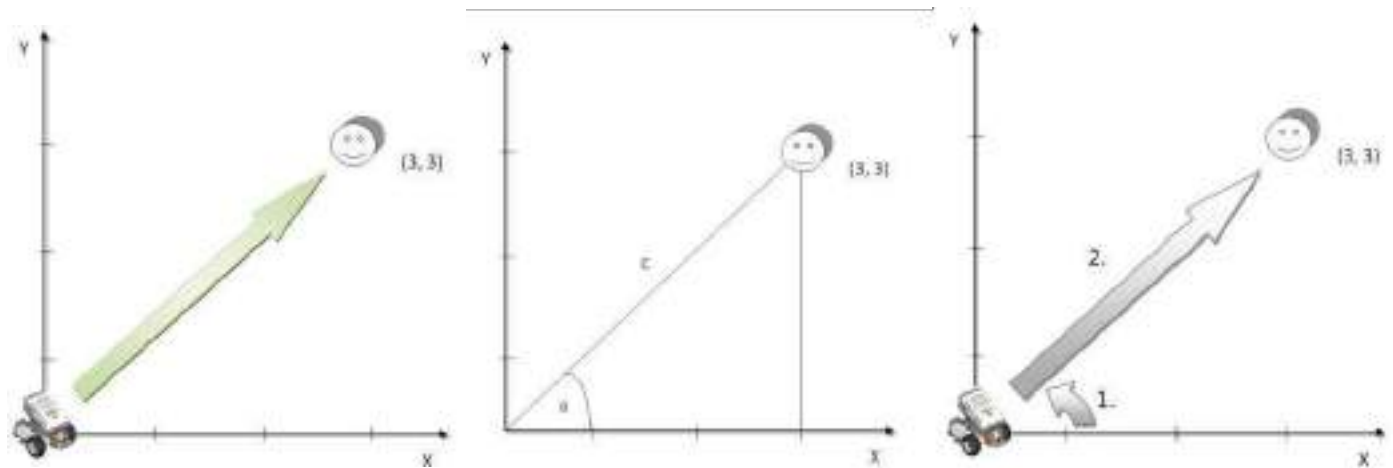


Рисунок 5: Позиционирование робота в упрощенном виде.

Пусть у нас есть робот, находящийся в начальной позиции $(0, 0)$. Место назначения - $(3, 3)$. Робот знает только координаты пункта назначения. Исходя из этого, робот должен рассчитать, как добраться до места назначения. Для простоты на пути робота нет препятствий, которые он должен миновать. Путь робота к пункту назначения прямой. Исходя из координат конечной точки, мы можем вычислить длину гипотенузы c и угол между гипотенузой и осью x . Эти две величины необходимы для расчета пути робота. Пусть в начальной точке угол между роботом и осью x равен 0° . В качестве первого маневра робот должен повернуть себя в направлении целевой позиции. Второй

Маневр - это путешествие к месту назначения. Это кратчайший путь к пункту назначения. Более простым решением является движение вдоль оси x, поворот на 90° влево и движение по значению координаты y. Такие маневры могут происходить, когда робот получает обратную связь от своих колес или от внешнего источника о своем положении.

Используя эти данные, мы вычисляем длину и угол Θ гипотенузы. В алгоритмах позиционирования роботов угол Θ представляет собой угол между фактическим направлением движения робота и целевой точкой.

Вычисление длины гипотенузы:

$$c = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$c = \sqrt{3^2 + 3^2} \sim 4,24$$

Вычисление угла тета:

$$\theta = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) = \arctan\left(\frac{3}{3}\right) = 45^\circ$$

Обзорные вопросы:

1. Объясните, как работает датчик вращения.
2. Опишите как минимум два различных способа добраться до места назначения по беспрепятственной местности.
3. Опишите алгоритм, как робот должен добраться до места назначения, если на пути есть препятствие.

Передача данных

В этой главе мы рассмотрим принцип передачи цифровых данных. Кроме того, мы изучим характеристики передачи данных и составим диаграммы обмена данными.

Как люди общаются друг с другом с помощью речи, так и микросхемы могут общаться с другими людьми с помощью данных. Обмен данными - это отправка и получение данных между двумя или более электронными устройствами.

В настоящее время все роботизированные системы используют только цифровой обмен данными. В нашей повседневной жизни цифровые данные используются для передачи сетевого трафика, например, в Интернете, а также для мобильной связи, а с июля 2010 года - и для цифрового телевидения.

Помимо описанной выше цифровой связи между устройствами, внутри каждого устройства существует отдельная связь между микроконтроллером и другими микросхемами, помогающими ему, с помощью специальных каналов связи. Например, в цифровой камере изображение в виде битов, обработанных процессором, отправляется на карту памяти для хранения, а также может быть извлечено и отправлено на компьютер.

Цифровые устройства, работающие на микроконтроллерах, имеют дело с байтами и битами, поэтому данные передаются между устройствами бит за битом. В то время как более простые микросхемы могут только отправлять биты, микроконтроллеры могут принимать и программировать биты. контроллер, чтобы понять это.

Передача цифровых данных всегда происходит с фиксированной частотой, которая определяет скорость передачи данных от одной стороны к другой (см. Рисунок 1). Также можно различать значения битов, равные нулю и единице. Частота определяет очень малую единицу времени, или тактовый импульс, в течение которого должен быть отправлен один бит. Для того чтобы отправитель мог понимать получателя и наоборот, микросхемы отправителя и получателя должны быть настроены на одну и ту же частоту. Если микросхемы работают на разных частотах, передатчик и приемник не смогут понять друг друга. Существует два способа согласования частот:

- Синхронный - помимо битов данных, происходит еще и передача частоты от одного устройства к другому, например, с помощью простого провода.
- Асинхронная - передатчик и приемник используют одну и ту же частоту, поэтому передача частоты не происходит.

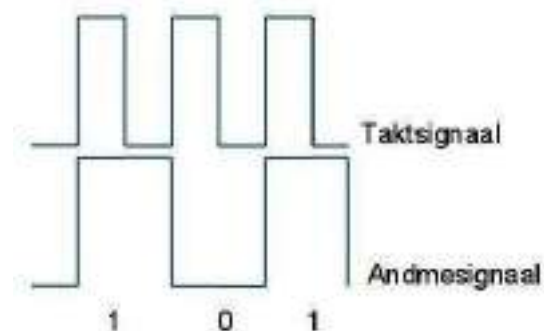


Рисунок 1. Данные и тактовый сигнал.

Электронные устройства могут иметь проводную или беспроводную связь. Беспроводная передача осуществляется с помощью радиоволн или световых сигналов. В случае проводной передачи различные стандарты на коммуникационные решения часто определяют требования к кабелям (многоканальные, экранированные или витые) и конструкции разъемов и розеток (см. Рисунок 2). Различные коммуникационные решения обозначаются английскими аббревиатурами (например, USB - *universal serial bus*) или образными названиями (*Bluetooth* на английском, *Blue Fang* на эстонском).



Рисунок 2: Различные гнезда данных, используемые в компьютере.

Микроконтроллер может использовать интерфейсы передачи данных. Более простые интерфейсы обычно располагаются на одной микросхеме с микроконтроллером. Интерфейс данных - это внутренний модуль микроконтроллера, который вместе с соответствующими выводами позволяет использовать определенный режим передачи данных.

Для электронных устройств разработан целый ряд различных стандартов, которые определяют электрические свойства сигналов и правила их передачи, или протоколы. Наиболее распространенные типы соединений - последовательные, при которых данные передаются от одного устройства к другому по одному или двум проводам данных, по одному биту за раз. Также возможен параллельный интерфейс, при котором целый байт передается за один такт передачи данных, но для этого требуется восемь проводов данных. Если оба устройства имеют одинаковый тип интерфейса, их можно соединить с помощью разъемов. В противном случае необходимо использовать промежуточный преобразователь, который переводит последовательность битов, передаваемую с одного интерфейса, в другую понятную форму. Таким образом, микроконтроллер может взаимодействовать с любыми другими устройствами (см. Рисунок 3).

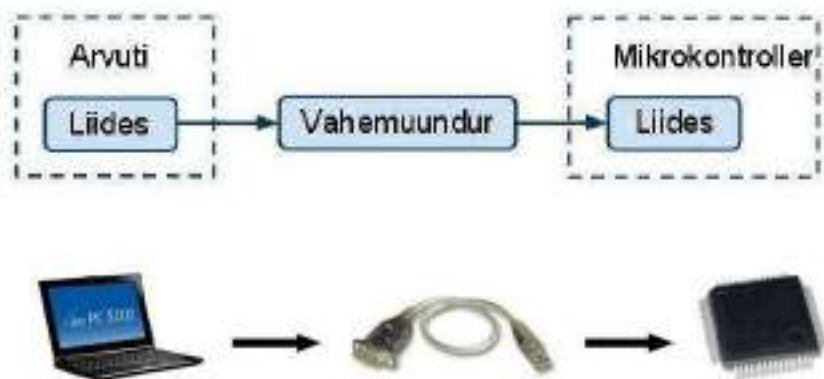


Рисунок 3. Преобразователь данных.

В случае беспроводных и проводных соединений между двумя устройствами должно быть заключено соглашение о том, как передавать данные. Это соглашение называется протоколом. Протокол - это набор правил, которые устройства используют для обмена данными. Например, в протоколе указывается, как реагировать на ошибку, как устройство-отправитель сообщает о завершении сообщения и как устройство-получатель сообщает об успешном получении сообщения.

Обзорные вопросы:

1. Как микросхема узнает, является ли отправленный/полученный бит 0 или 1?
2. Что называется интерфейсом данных?
3. Что определяет протокол передачи данных?
4. Как устройства с разными интерфейсами данных могут взаимодействовать друг с другом?

Передача данных - уровень II

В этой главе мы рассмотрим преимущества и недостатки мостовых решений и то, как они работают в целом. После завершения этой главы вы сможете выбрать подходящее коммуникационное решение для своей робототехнической системы.

Каждый человек способен выучить несколько иностранных языков, а микроконтроллер имеет несколько коммуникационных интерфейсов для общения с другими микроконтроллерами и устройствами. Микроконтроллеры обычно имеют встроенные стандартные интерфейсы, сокращенно UART, I2C, SPI, но многие уже выпускаются с внутренними интерфейсами для USB, Ethernet, CAN или ZigBee. Эти интерфейсы используются для различных приложений в зависимости от требуемой скорости передачи данных, расстояния, энергопотребления и т.д. Распространенные коммуникационные решения, которые могут использовать микроконтроллеры, показаны на рисунке 1.

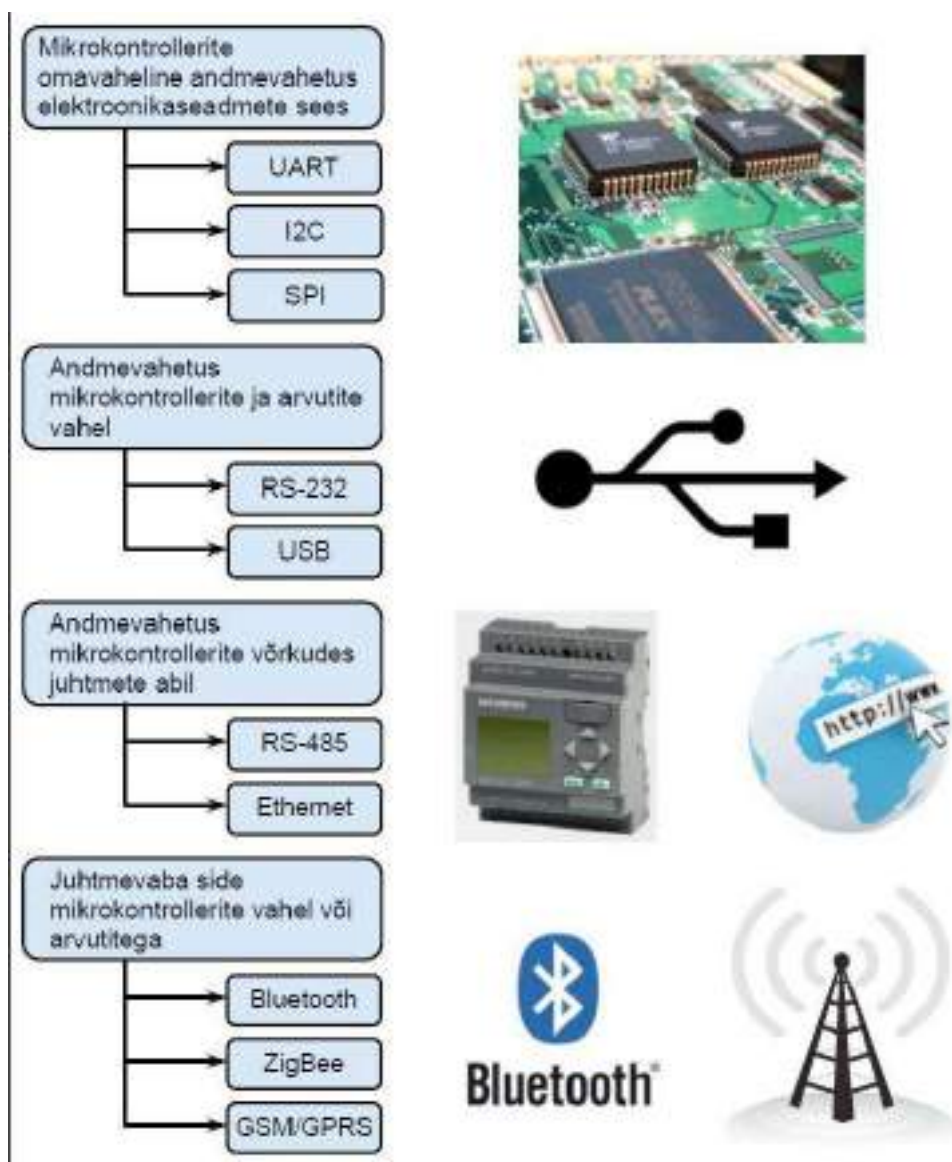


Рисунок 1: Распределение различных коммуникационных решений по сферам использования.

Первый интерфейс, UART, показанный на схеме, представляет собой модуль данных внутри микроконтроллера, используемый для высокоскоростного последовательного соединения только между двумя устройствами, например, для подключения к компьютеру. Компьютерные последовательные порты (COM-порты), с другой стороны, используют стандарт физического интерфейса данных RS-232, сегодня в значительной степени заменен интерфейсом USB. Стандарт RS-232 определяет разъемы, электрические параметры и значение сигналов, но не протокол. Таким образом, частоты и протокол совпадают с UART, но электрические параметры цифровых входов и выходов не такие, как у UART-модуля микроконтроллера. Поэтому для их объединения используются специальные преобразователи электрических уровней, один из самых известных - MAX232.

I2C - это технология низкоскоростного обмена данными между несколькими микросхемами внутри электронных устройств, позволяющая им образовывать сеть. Это коммуникационное решение использует только две линии с резистивным питанием для обмена данными между всеми участниками сети - тактовую (SCL) и данных (SDA) (рис. 2). Каждый участник сети имеет уникальный 7-битный адрес, который он отправляет в сеть после получения сигнала о начале обмена данными. Кроме того, микросхемы, использующие связь I2C, имеют адреса внутренних регистров, которые можно использовать для подачи им необходимых команд. Микроконтроллер, управляющий сетью, может проверять правильность передачи каждого байта с помощью специального бита ACK/NACK. Этот бит включается микросхемой, принимающей данные, если команда понята. Длина линии I2C может достигать практически 1 м.

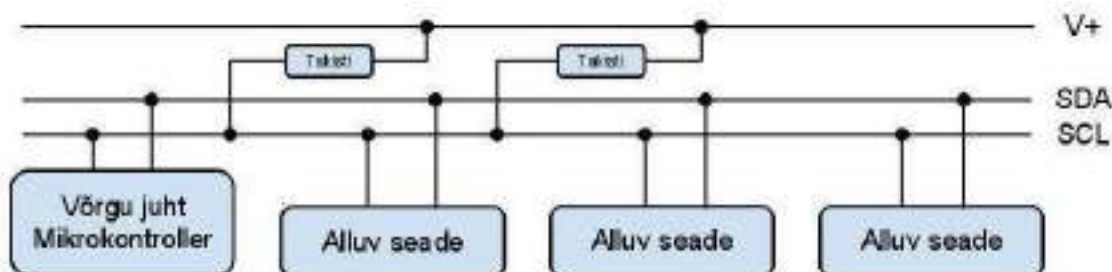


Рисунок 2. Схема подключения I2C.

SPI - это интерфейс передачи данных между одним контроллером и несколькими подчиненными устройствами (рисунок 3). Подчиненное устройство, которому отправлены данные, выбирается одной линией SS, поэтому адреса устройств не требуются. SPI требует больше линий связи, чем I2C, но он проще и эффективнее, что позволяет достичь гораздо более высоких скоростей соединения. Однако длина линии также ограничена 1 метром.

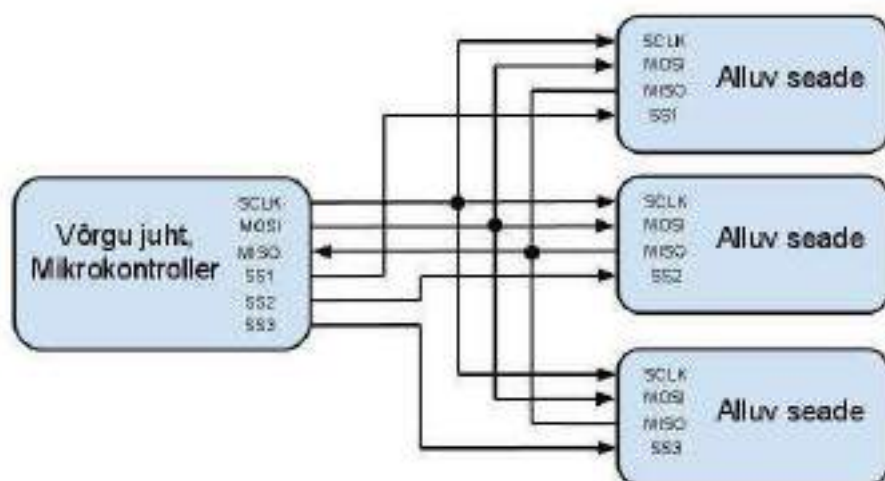


Рисунок 3. Схема подключения SPI.

В промышленной автоматизации (например, на крупных заводах) чаще всего используются микроконтроллеры, подключенные к локальным вычислительным сетям. Для обмена данными в них необходим высокий уровень помехоустойчивости, поэтому используется стандарт физического интерфейса RS-485, на котором основаны протоколы обмена данными CAN, Modbus и другие. Протокол обмена данными CAN является основой для обмена данными между микроконтроллерами во всех современных автомобилях, например.

Ethernet - это базовая технология проводной локальной сети (LAN), которая соединяет большинство компьютеров в мире, образуя Интернет. Ethernet позволяет обмениваться данными между всеми устройствами, подключенными к локальной сети, на скоростях от 10 Мбит/с до 10 Гбит/с. Ethernet определяет типы проводов и разъемов, описывает физическую передачу сигналов и задает формат обмена данными. Ethernet является основой для сетевых протоколов, таких как TCP/IP, которые обеспечивают работу Интернета и других сетей.

Технология Bluetooth призвана заменить провода в мобильных телефонах, компьютерах и т. д. на вспомогательные устройства (системы "свободные руки", компьютерные мыши и т. д.). Среднее устройство Bluetooth обычно имеет уровень сигнала около 10 м, что гораздо слабее, чем у WiFi. Альтернатива ZigBee предназначена для использования в еще более простых и дешевых приложениях, требующих беспроводной связи, таких как всевозможные информационные табло, промышленная и домашняя автоматизация (дистанционное управление домашним кинотеатром и т.д.). По сравнению с Bluetooth, ZigBee имеет меньшую скорость передачи данных, но гораздо более экономное энергопотребление, так как время активной связи модуля сведено к минимуму (рис. 4).

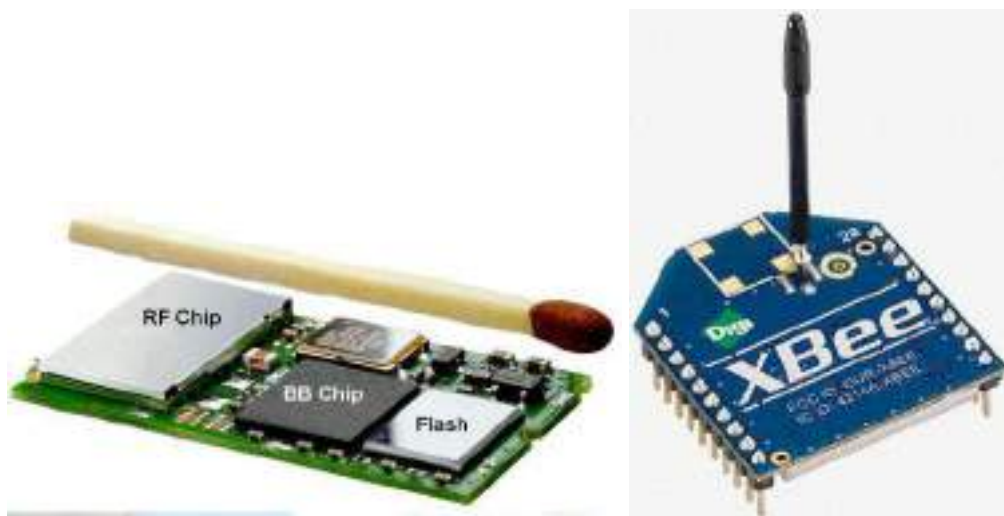


Рисунок 4: Модули Bluetooth и ZigBee могут быть очень маленькими.

GSM - самый популярный стандарт мобильной связи в мире. GSM - это технология цифровых беспроводных сетей, построенных в группах, или сотах. Это означает, что каждое устройство, желающее подключиться, будет искать свой собственный

ячейка в непосредственной близости от сети, через которую подключена вся сеть. Размер ячеек зависит от мощности поддерживающей их антенны (например, мобильной мачты). Дополнительной услугой сети GSM является GPRS, которая позволяет обмениваться большим объемом данных по сети.

Все описанные выше возможности беспроводной связи обычно доступны микроконтроллеру с помощью небольшого внешнего модуля, который содержит управляющую электронику для связи с микроконтроллером, передачи данных и генерации радиосигнала, а также антенну, которая может быть отдельной. Контроллер обменивается данными с модулями с помощью UART, SPI или I2C.

Обзорные вопросы:

1. Какое коммуникационное решение является наиболее безопасным?
2. Какие коммуникационные решения обычно используются только внутри электронного оборудования?
3. Какой метод связи позволяет подключить несколько устройств с помощью наименьшего количества проводов?
4. Опишите один простой способ подключения к компьютеру!
5. Как можно использовать беспроводную связь с микроконтроллером?

Сбор данных

В этой главе мы рассмотрим роботов, собирающих данные. После этой главы вы сможете обосновать необходимость использования роботов для сбора данных. Кроме того, вы будете знать, как хранятся данные и куда они уходят от робота.

Примеры из жизни

19.11 марта 2011 года, после цунами, обрушившегося на японскую атомную электростанцию "Фукусима" в результате землетрясения 11 марта, было объявлено, что в опасную радиоактивную зону станции будут отправлены два робота под названием MoniRobo. Оба робота были дистанционно управляемыми (с расстояния 1 км), один из них передавал трехмерное изображение, измерял радиацию, температуру и влажность. Другой робот использовался для взятия проб и измерения горючих газов, выбрасываемых в воздух.

В Эстонии роботы также используются для сбора данных, но не в случае катастроф, а в совершенно обычных повседневных ситуациях. Департамент автомобильных дорог Эстонии проводит подсчет трафика на государственных дорогах, результаты которого используются для планирования строительства, ремонта и обслуживания дорог. Используются как стационарные, так и краткосрочные подсчеты. Стационарные пункты подсчета, которые расположены более чем в восьмидесяти точках Эстонии, подсчитывают движение круглый год. В них используются счетные устройства типа Traffic Monitor с индуктивными датчиками. Индуктивные датчики подходят для обнаружения металлов и магнитных материалов. Этот тип датчиков работает на явлении изменения индуктивности катушки. Для краткосрочных измерений используется оборудование MetroCount, состоящее из двух датчиков давления в шлангах. Данные, собранные этими счетными роботами, используются для составления ряда отчетов, таких как карты среднегодового трафика на национальных дорогах Эстонии.

Упражнение на размышление: Сравните следующие три рисунка из ежегодника "Маантеамет" за 2010 год (рис. 1-3).

- Вместе с партнером подумайте, какие данные вы можете получить из каждого рисунка.
- Для каких целевых групп такой способ отображения данных может быть наиболее подходящим?
- Проверьте на сайте Maanteamet последние доступные данные и узнайте, были ли внесены изменения.

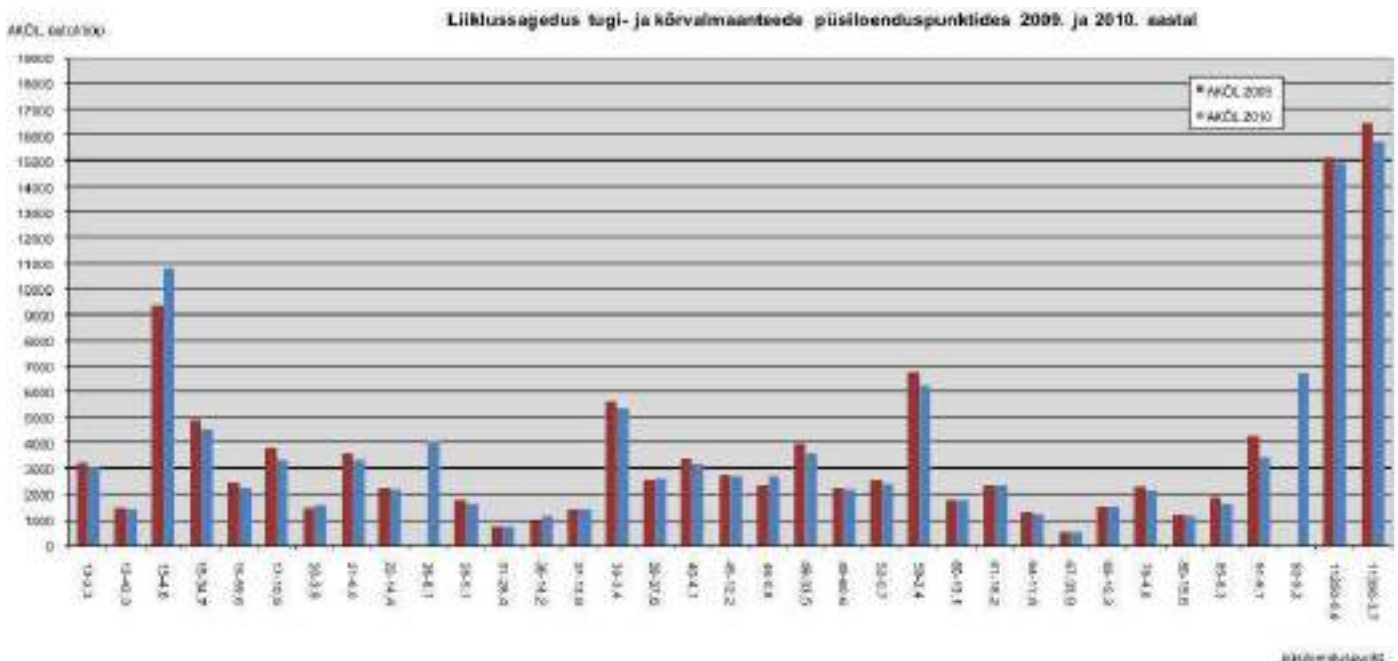


Рисунок 1: График частоты движения дорожной команды: по оси y - количество автомобилей в день, по оси x - точка стабильного состояния.

	Liiklussagedus				Läbisõit
	Põhi- maanteed	Tugi- maanteed	Kõrval- maanteed	Riigi maanteed kokku	mln autokm aastas
2001	2 888	1 082	237	598	3 593
2002	3 062	1 182	241	632	3 790
2003	3 229	1 156	250	669	4 019
2004	3 534	1 238	277	740	4 372
2005	3 808	1 279	291	776	4 663
2006	4 190	1 440	303	850	5 113
2007	4 741	1 589	334	945	5 676
2008	4 552	1 418	334	901	5 422
2009	4 255	1 325	301	834	5 013
2010	4 058	1 277	283	795	4 788

Рисунок 2: Таблица средней частоты движения от Национальной дорожной администрации.

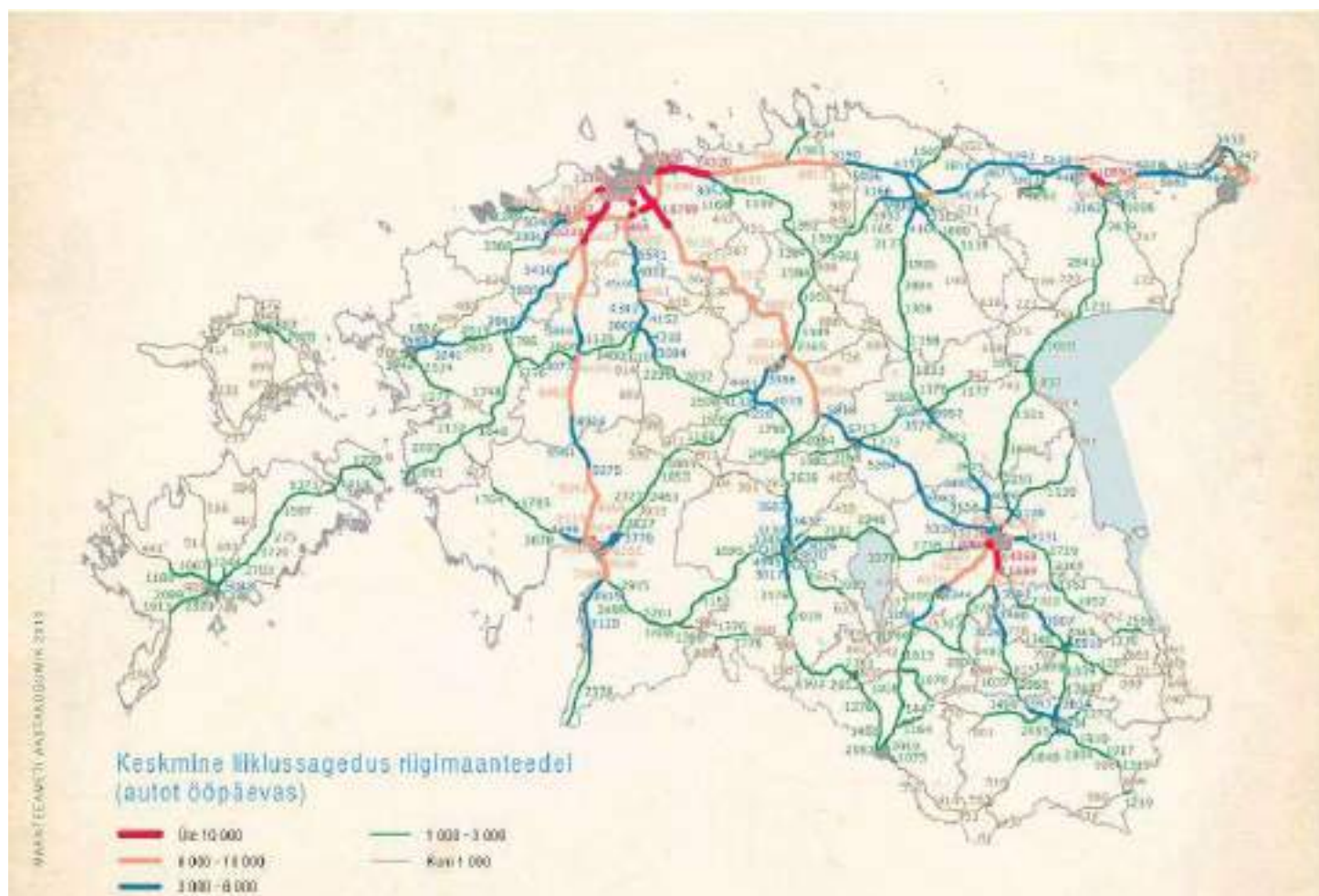


Рисунок 3: График дорожной группы, показывающий среднесуточный трафик на соответствующих национальных дорогах.

Классификация роботов по сбору данных

В начале этого курса роботы делились на два класса: гуманоиды и вспомогательные роботы. Теперь можно разделить вспомогательных роботов, или роботов-рабочих, еще на два класса: те, которые сами выполняют какую-то работу (например, сварочные роботы в автомобильной промышленности, где задача состоит в том, чтобы соединять различные детали автомобиля с помощью сварки), и те, которые собирают данные для последующей обработки человеком.

Кроме того, создаются роботы, которые в какой-то мере похожи на людей (гуманоидные роботы). Гуманоидные роботы создаются как для научных целей, так и для развлечений. Посмотрите, например, на You-Tube робота Actroid_DER3, созданного в Японии.

Сбор данных - это работа, выполняемая в интересах людей. Например, сбор данных о частоте движения необходим для того, чтобы решить, нужно ли расширять дорогу или как часто планировать ее обновление. Типичной задачей по сбору данных является экологический мониторинг, который проводится для оценки состояния окружающей среды и, при необходимости, для принятия мер по ее сохранению; сбор метеорологических данных важен для прогнозирования погоды и т. д. Сбор метеорологических данных также важен для прогнозирования погоды. Подсобные работы и сбор данных также могут сочетаться: например, при сварке деталей автомобиля робот может подсчитать, сколько сварных швов было сделано за день, для составления отчета; робот Monirobo, упомянутый в начале этой главы, самостоятельно передвигается по радиоактивно загрязненной территории и также собирает данные, которые затем обрабатываются человеком.

Упражнение на размышление. Представим, что вы работаете на метеостанции. Вы живете рядом с автоматической измерительной станцией в небольшом домике. Ваша задача - каждые 6 часов выходить на улицу, открывать шкафчик автоматической метеостанции, считывать следующие показания: направление ветра, скорость ветра, температура, количество осадков за последние 6 часов. Опорожните дождеприемник, вернитесь в дом и внесите показания на страницу метеостанции через веб-форму. И так 7 дней в неделю, 365 дней в году. Что мешает вам делать это регулярно? Как робототехника может помочь вам? Что может помешать роботу выполнить задание? Должен ли человек управлять роботом? Как часто?

Документ для обсуждения. В чем преимущества роботов перед людьми при сборе данных? В парах подумайте о мин. 3 преимуществах. В группе - мин. 5 преимуществ.

Роботизированный сбор данных для исследования частоты движения

Как данные попадают в память робота? Датчик определяет параметр и передает его в контроллер в виде цифрового показания. Поскольку память робота обычно ограничена (например, LEGO MINDSTORMS NXT имеет 256 Кбайт памяти), она не может хранить очень много данных. Кроме того, в памяти робота должны программы, которые управляют им во время сбора данных. Для многих задач нет смысла хранить данные в памяти робота долгое время - например, данные о погоде нужны совершенно немедленно для обработки на больших компьютерах (или компьютерных кластерах, или ~фермах). Таким образом, робот, собирающий данные, должен передавать их куда-то с некоторым интервалом. При этом робот сам может выполнить часть предварительной обработки. Рассмотрим пример с подсчетом трафика.

Комплект для сбора информации о мобильном трафике состоит из:

1. Два датчика давления в шлангах, которые подают сигнал на каждую колесную пару по мере ее прохождения. Обычно шланги располагаются под прямым углом к дороге. Поскольку шлангов два, порядок движения вверх также может быть использован для определения направления движения автомобиля.
2. Придорожный блок управления (робот), соединенный с датчиками; блок управления находится в атмосферостойком корпусе.
3. Программное обеспечение на блоке управления для сохранения необходимых данных для каждого пересечения, добавления времени пересечения и других необходимых данных.
4. Программное обеспечение для компьютера, которое на основе данных, собранных блоком управления, способно классифицировать автомобиль (легковой, грузовой с прицепом, мотоцикл, велосипед и т.д.) на основе данных от двух датчиков и вывести данные в нужном формате - в виде таблицы, графика или карты.

Объем памяти блоков управления достаточен для регистрации до 1 миллиона пересечений транспортными средствами. Блок управления должен быть оснащен аккумулятором, который обеспечивает питание блока управления в течение всего периода подсчета. В конце подсчета (или во время подсчета в случае более длительного подсчета) данные записываются из блока управления в компьютер. Для этого используется либо кабельное соединение, либо радиопередача между блоком управления и компьютером. Данные обрабатываются на компьютере, оснащенном специальным программным обеспечением. Планирование времени проведения переписи и обработки данных зависит от человека-оператора: сколько времени займет перепись, какие данные и в каком формате будут представлены.

Визуализация данных

Данные можно визуализировать двумя основными способами:

- на собственном экране робота
- обработанные компьютером (на экране компьютера, напечатанные на бумаге)

Выводить данные на экран робота имеет смысл, если вам нужна немедленная обратная связь и не требуется очень большой график. Как правило, роботы имеют небольшое черно-белое информационное окно, из которого трудно прочитать информативный график (см. Рисунок 4).

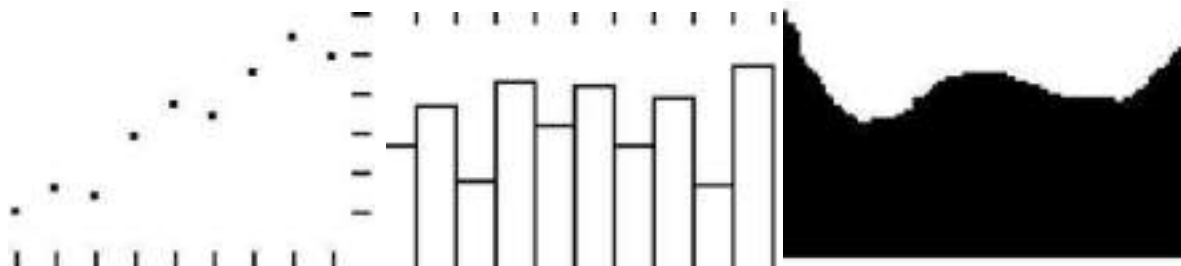


Рисунок 4: Различные способы отображения графиков на экранах роботов

Для того чтобы выводы из собранных данных были понятны всем, а графики и собранные данные были понятны людям, имеющим минимальное представление о районе, необходимо рассмотреть наиболее подходящий формат представления данных. Например, ранее мы рассматривали статистику переписи движения, которая была представлена в трех разных форматах (таблица, график, карта), каждый из которых имел свою основную аудиторию.

Итоги: сбор данных с помощью робота

1. Сбор данных может быть как периодическим (когда данные собираются о непрерывном явлении, например, о температуре), так и основанным на их появлении (например, о движении автомобилей по дороге).
2. Данные собираются в интересах людей, чтобы они могли что-то с ними сделать (принять решение о необходимости ремонта дорог, предсказать погоду и т. д.).
3. Чтобы данные были понятны, они должны быть представлены в наглядном формате, удобном для человека: графики, диаграммы, карты.

Обзорные вопросы:

1. Приведите примеры использования робота для сбора данных.
2. В чем преимущества робота перед человеком при сборе данных?
3. В чем преимущества робота перед полностью автоматическим устройством?
4. Зачем нам нужны данные, которые собирают роботы?
5. Кто является потребителем данных, которые собирают роботы?
6. В каком виде собранные роботом данные будут представлены человеку для принятия решений?
7. Собирает ли стиральная машина как робот данные о человеке?

Сбор данных - уровень II

Сбор и обработка данных измерений ультрафиолетового излучения.

Тыраверская обсерватория измеряет уровень ультрафиолетового излучения (так называют ультрафиолетовый свет колеоптеры) в Тыраве в течение всего года. На основе собранных данных они строят собственные ежедневные графики радиации. Кроме того, собранные ими данные обрабатываются в Эстонском метеорологическом и гидрологическом институте (EMHI), и ежемесячно публикуются графики суточного максимума. Давайте подробнее рассмотрим сбор и обработку данных об ультрафиолетовом излучении.

Ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение) - это невидимое человеческому глазу световое излучение с длиной волны 10-400 нанометров (нм) (1 нанометр равен 0,000000001 м или 10^{-9} м). Это часть излучения, достигающего Земли от Солнца. Ультрафиолетовое излучение с наименьшей длиной волны (УФ-С) почти полностью поглощается атмосферой, УФ-излучение со средней длиной волны (УФ-В) достигает Земли в зависимости от толщины озонового слоя, а УФ-излучение с наибольшей длиной волны (УФ-А) достигает большей части Земли (см. рис. 1). Кроме того, существует дополнительное ультрафиолетовое излучение (длина волны 121-10 нм), но поскольку оно не достигает Земли, в данном учебнике оно не рассматривается.

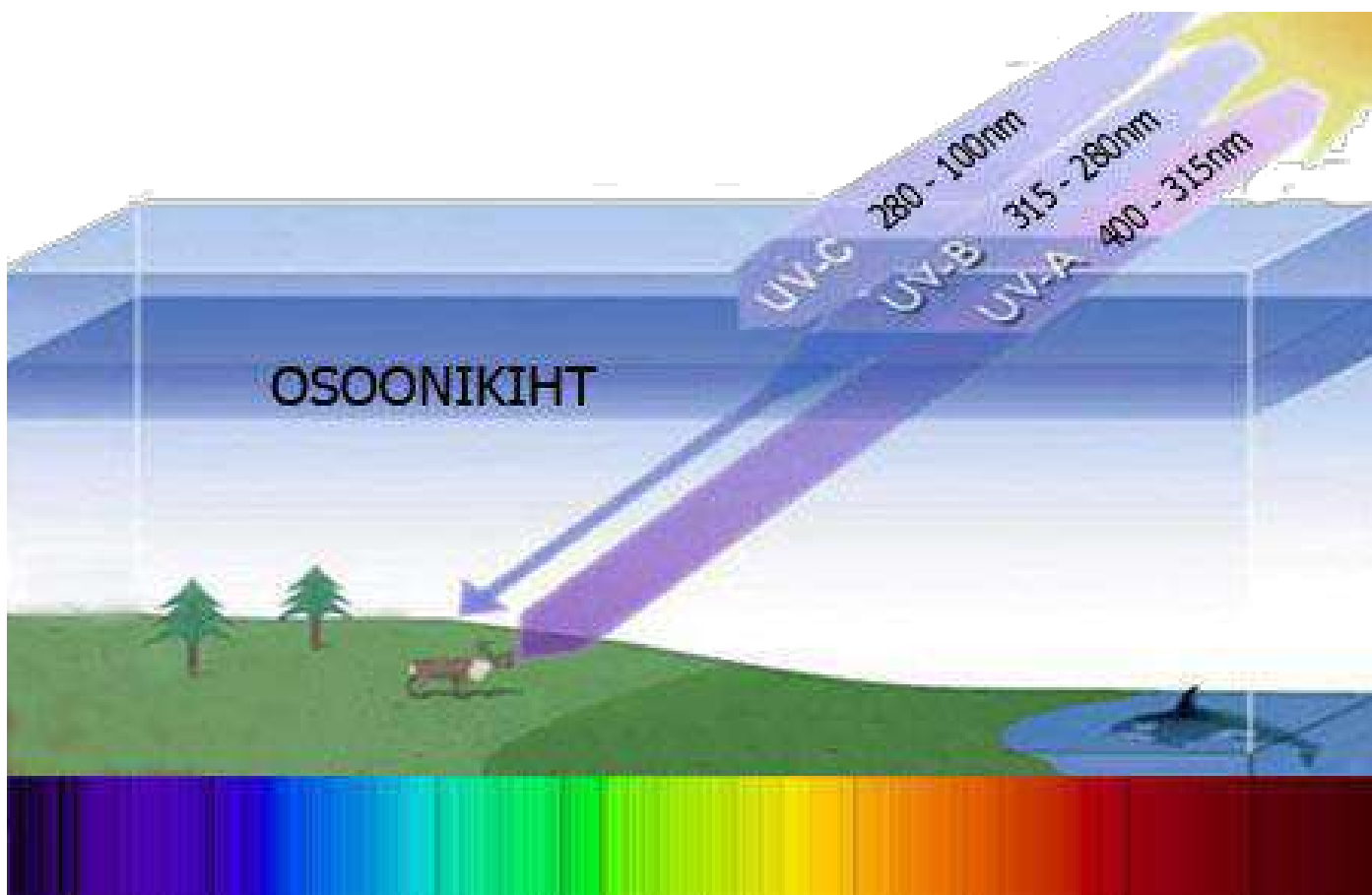


Рисунок 1. Ультрафиолетовое излучение, достигающее земли. УФ-С поглощается в атмосфере, УФ-В частично поглощается в озоновом слое, а УФ-А достигает земли в основном. 2.

УФ-В оказывает самое большое влияние на здоровье человека: именно эта часть солнечных лучей помогает нашей коже вырабатывать витамин D, но именно она также определяет степень загара нашей кожи - слишком большое количество УФ-В вызывает покраснение и, в долгосрочной перспективе, может привести к раку кожи. Чтобы дать людям простой и понятный показатель интенсивности УФ-излучения, используется термин УФ-индекс. В зависимости от того, какая часть ультрафиолетового излучения достигает поверхности, этот индекс может варьироваться от 0 до 10. УФ-индекс указывает на интенсивность ультрафиолетового излучения и измеряется в 1 мВт/м^2 . Если УФ-индекс равен 1, то интенсивность излучения составляет 25 мВт/м^2 , значение 2 соответствует 50 мВт/м^2 и так далее. Уровень интенсивности излучения 6 и выше считается опасным для человека. От такого излучения следует защищать кожу с помощью одежды и/или специальных кремов. Блики высокой интенсивности от УФ-В также опасны для глаз человека.

На сайте обсерватории Тыравере вы можете увидеть график измерений за один день (см. рис. 2) и данные последнего измерения в виде XML-файла. Содержимое этого XML-файла обновляется каждую минуту. Используя данные измерений в Тыравере, Эстонский метеорологический и гидрологический институт (EMHI) составляет ежемесячные графики ежедневных минимальных значений (см. <http://www.emhi.ee/?ide=21,553>).

UV-индекс Тõraveres

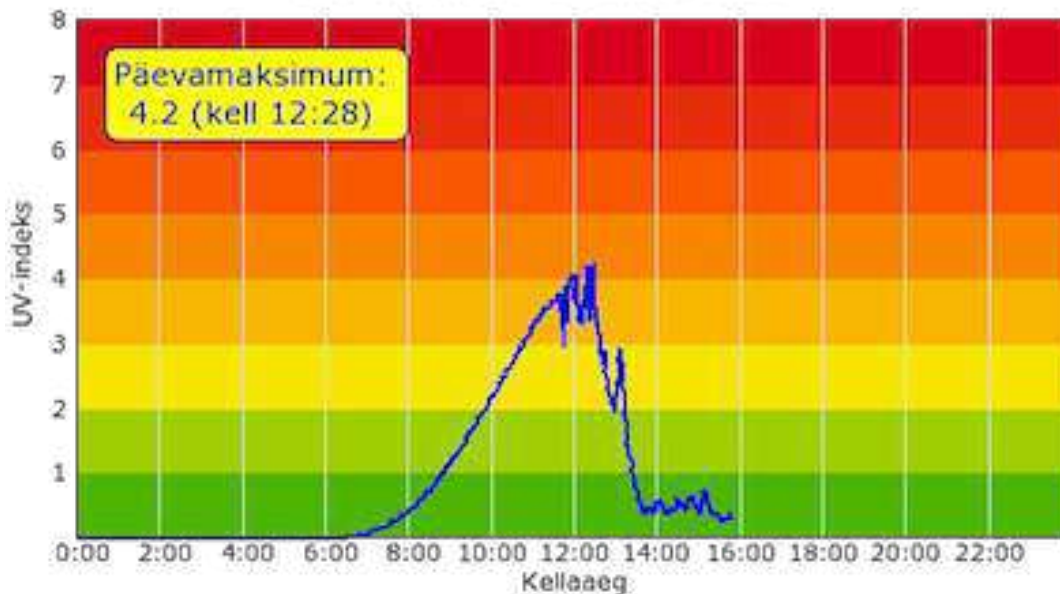


Рисунок 2: График УФ-индекса, измеренного в Тыравере 3.09.2011 в 15.55.

В Тыравере УФ-В излучение измеряется с помощью датчика CUVB1 от Kirp&Zonen, который имеет спектральный максимум при 306 нм и полосу пропускания 2 нм. Это длина волны, к которой кожа человека наиболее чувствительна.

Интенсивность ультрафиолетового излучения на уровне земли зависит от:

- От горизонта солнца;
- эффективная толщина стратосферного озонового слоя;
- количество, состав и расположение аэрозоля в тропосфере;
- количество и вертикальное распределение тропосферного озона;
- облачный покров (количество, высота и тип облаков);
- отражающие свойства подложки.

Более подробную информацию об ультрафиолетовом излучении можно найти на сайте EMHI:

<http://www.emhi.ee/index.php?ide=29,720,1034>

Рассматривая график на рисунке 2, мы видим, что облачность значительно увеличилась после 12 часов дня в этот день, а к 14 часам небо было настолько плотным, что лишь очень малая часть ультрафиолетового излучения достигла земли.

Обзорные вопросы:

1. Какая часть ультрафиолетового излучения не достигает земли?
2. Какая доля ультрафиолетового излучения "виновата" в загаре человека?
3. Как УФ-индекс связан с интенсивностью УФ-излучения, измеряемой в мВт/м^2 ?
4. Какой уровень ультрафиолетового излучения считается опасным для человека?
5. См. рисунок 2 в главе учебника "Сбор данных II уровня". В какое время УФ-индекс достиг максимума в рассматриваемый день?
6. С какого времени суток до какого времени суток УФ-индекс был опасен для человека в указанный день?
7. Смотрите график индекса ультрафиолетового излучения на сайте EMHI или обсерватории Тыравере. Опасно ли сегодняшнее ультрафиолетовое излучение?

Глоссарий

АЦП - см. аналогово-цифровой преобразователь

Аэрозоль - дисперсная смесь газа и мелких твердых частиц или капель жидкости.

Двигатель постоянного тока" означает устройство, преобразующее электрическую энергию постоянного тока в механическую вращательную энергию.

Алгоритм" означает пошаговое руководство, инструкцию, правило для выполнения какого-либо действия или достижения цели. В программировании алгоритм означает, что написанный код указывает программе или машине, как вести себя в определенных ситуациях.

аналогово-цифровой преобразователь - устройство, преобразующее аналоговый сигнал в цифровой. Такое устройство используется, например, для преобразования электрического напряжения от датчика в числовое значение. Контроллер сам по себе не знает, какое напряжение выдает датчик. Аналогово-цифровой преобразователь измеряет напряжение на выходе датчика и преобразует его в число, понятное контроллеру.

аналоговый преобразователь" означает преобразователь, который выдает электрическое напряжение в соответствии с измеряемой физической величиной. Например, аналоговый датчик температуры измеряет температуру в диапазоне от -20 до 100° C и выдает напряжение 0...5 В в зависимости от температуры. При температуре -20° датчик выдает 0 В, а при 100° - 5 В.

Аналоговый сигнал - сигнал, который является непрерывным или непрерывным во времени. В любой момент времени он имеет значение, которое можно измерить.

Передача данных - передача электронного сигнала по среде, может быть кабельной или микроволновой.

Датчик" означает устройство, преобразующее физическую величину (расстояние, температуру и т.д.) в электрический сигнал, который может быть лучше передан, обработан и усилен.

Анод - положительно заряженный электрод, принимающий электроны.

Arduino - платформа для создания прототипов электроники с открытым исходным кодом. Она состоит из гибкого и простого в использовании аппаратного и программного обеспечения.

Компьютерная ферма или компьютерный кластер - взаимосвязанные компьютерные узлы, которые централизованно управляются и контролируются из диспетчерской. Узлы в основном одинаковые, их количество варьируется от нескольких до тысяч. Компьютерные кластеры предназначены для решения масштабных вычислительных задач, для которых мощности одного компьютера недостаточно.

компьютерный кластер - см. компьютерная ферма

Компьютерная программа - (обычно просто "программа" или "приложение") - это набор инструкций, которые компьютер может понять. Компьютерная программа написана на определенном языке программирования или, в случае низкоуровневых языков, на определенной архитектуре компьютера.

ASIMO - человекоподобный робот.

асинхронный - несинхронный. Асинхронная передача данных - обмен данными между двумя устройствами происходит поочередно.

автоматизация - научно-техническая область автоматизации и связанной с ней техники.

Бит AVK/NACK - одна из составляющих протокола связи. Он используется одним устройством, чтобы сообщить другому, получило ли оно данные и готово ли принять новый байт. Например, вы и ваш друг находитесь на расстоянии 100 метров друг от друга, и ваш друг что-то кричит вам. Вы поднимаете руку, чтобы подтвердить получение информации. Ваш друг видит, что вы подняли руку, и выкрикивает следующее сообщение. Это поднятие руки можно назвать битом AVK/NACK.

AVR - семейство микропроцессоров Atmel. Широко используются в школьной и хобби-робототехнике.

Байт - единица информации, используемая в компьютерах, содержащая 8 отсортированных битов. Байт. Также используется как килобайт (kB) = 1024 байта; мегабайт (MB) = 1024 kB; гигабайт (GB) = 1024 MB; терабайт (TB) = 1024 GB; петабайт (PB) = 1024 TB;

Basic - состоит из простых в использовании, продвинутых языков программирования, образующих семейство универсальных кодов символьных инструкций для начинающих.

bitwise - для работы с данными в двоичной системе счисления. Они могут применяться ко всем данным целочисленного типа. Побитовые операции похожи на логические, но отличаются тем, что операция выполняется над каждым битом отдельно, а не над целым числом.

Бит - основная единица объема информации. В английском языке: bit (от Binary digit). Подходит для хранения информации, отражающей один из двух вариантов выбора: да или нет, мужчина или женщина и т. д. Один бит подходит для хранения двоичного одноразрядного числа. Восемь битов образуют байт. Для измерения скорости передачи информации используется единица bps (bits per second).

Bluetooth - или "синий зуб" - это стандарт беспроводной передачи данных на небольшие расстояния. Bluetooth работает на частоте 2400-2380 МГц.

Протокол CAN - протокол связи на основе сообщений, изначально разработанный для автомобильной промышленности. В автомобиле существует множество различных контроллеров (двигатель, стеклоподъемники, центральный замок, сиденья, контроллер подушек безопасности и т. д.), которые должны взаимодействовать друг с другом. В протоколе CAN связь организована без центрального компьютера, так что устройства на одной линии могут обмениваться сообщениями без централизованной координации.

Цифровой датчик - как и аналоговый датчик, измеряет физическую величину, но выдает электрическое напряжение, зависящее от показаний, а конкретную физическую величину. Например, аналоговый датчик температуры выдает электрическое напряжение в зависимости от температуры, в то время как цифровой датчик температуры выдает показания температуры, а не электрическое напряжение.

Цифровой сигнал - цифровой сигнал представляет собой электрическое напряжение с фиксированными значениями во времени, например, 0 В = 0 и 5 В = 1.

Диод - компонент, используемый в электронике для обеспечения движения электрических зарядов только в одном направлении. По сути, диод позволяет электрическому току двигаться в одном направлении, но не дает ему двигаться в другом.

EEPROM (Electrically Erasable Read-Only Memory) - электрически стираемое запоминающее устройство, обычно используемое для хранения небольшого количества данных. В компьютерах, например, она используется для хранения информации о загрузке.

экспертная система - система, использующая некоторую базу знаний для решения инженерных задач или составления смет. База знаний может быть основана на опыте инженеров.

Электрический потенциал или напряжение - физическая величина, используемая в физике и электротехнике для описания разницы в напряженности электрического поля между двумя точками и определения того, сколько работы требуется для переноса заряда из одной точки в другую.

Электрический сигнал - функция, передающая информацию путем изменения электрического напряжения во времени.

Электромеханическая - электромеханическая система, состоящая из электродвигателя, трансмиссии, преобразователя энергии и органов управления.

Разность фаз - разница, возникающая в фазе одного, например, сигнала или между двумя или более сигналами. Фазовый сдвиг выражается в градусах или во времени.

физический контакт - соединительная клемма или ножка микроконтроллера. На материнских платах многих компьютеров находятся микроконтроллеры, ножки которых припаяны к материнской плате.

GPRS - название является аббревиатурой английского слова (general packet radio service). По сути, это пакетный сервис передачи данных для мобильных сетей 2G и 3G GSM. GPRS доступен более чем в 200 странах.

GSM (Global System for Mobile Communication) - глобальная система мобильной связи. В настоящее время это самый популярный мобильный стандарт в мире, используемый 80 % мирового мобильного населения.

рынок мобильной связи. GSM передает информацию в цифровой форме и поэтому считается технологией второго поколения (2G).

Гироскоп означает устройство для поддержания или измерения пространственной ориентации.

Гексапод - робот с шестью ногами.

Гуманоидный робот - робот, похожий на человека.

I2C - двухпроводной интерфейс, также известный как TWI. Интерфейс, соединяющий контроллер с цифровыми датчиками и позволяющий подключить к одной шине до 128 датчиков. Контроллер управляет обменом данными на шине, выступая в роли ведущего устройства.

Датчик индуктивности - датчик, работающий по принципу электрической индуктивности. Датчик содержит полюс, изменение индуктивности которого фиксируется при приближении металла или магнита к датчику. Одним из самых известных индуктивных датчиков является металлодетектор.

инновационный - означает лучший, инновационный, новаторский.

Интенсивность - плотность, сила чего-либо. В музыке интенсивность - это сила звука. В физике - интенсивность света.

Момент силы - В физике и теоретической механике момент силы или крутящий момент - это способность силы вызывать вращательное движение вокруг точки.

Двоичное число - число, представленное в двоичном виде. Оно может иметь только 2 значения - 0 или 1.

Двоичная система - или двоичная система - это позиционная система счисления, основанная на 2.

Катод - отрицательно заряженный электрод, способный отдавать электроны.

дистанционно управляемый робот или телеробот - дистанционно управляемое устройство, обладающее некоторой степенью автономности - способностью самостоятельно принимать решения. Автомобиль с дистанционным управлением - это не робот, но автомобиль с дистанционным управлением, который едет прямо, видит впереди препятствие и может проехать мимо него автономно, - это телеробот.

Сварочный робот - робот, предназначенный для сварки металла. Сварочные роботы широко используются в машиностроении, особенно в автомобильной промышленности.

Клиренс означает высоту самой нижней точки транспортного средства над землей.

Коммутация - ручное или автоматическое переключение электрических цепей в электрооборудовании. Коммутация также происходит в коммутаторе электрической машины, где периодически изменяется направление электрического тока в обмотках ротора.

Компилятор - специализированное программное обеспечение, переводящее код, написанный на одном языке (обычно языке высокого уровня), в другой язык (обычно машинный язык).

Компиляция - перевод одного исходного языка в другой (целевой язык). Часто код программы компилируется в машинный или двоичный код. Это делает программу исполняемой на компьютере.

Контроллер - небольшой компьютер, используемый для управления процессами или машинами. Для этого в контроллер загружается программа, созданная человеком.

концепция - подход, система взглядов. Например, у робота есть своя концепция решения задачи.

"кодирующее устройство" означает устройство, преобразующее сигнал или информацию в код

Корпорация означает международный тип компании, аналогичный публичной компании с ограниченной ответственностью.

Кварцевый генератор - Кварцевый генератор может использоваться для генерации фиксированной тактовой частоты для микропроцессора. Кварцевые генераторы обеспечивают точность тактовой частоты около 0,001 %, независимо от температуры.

LCD (Liquid Crystal Display) - жидкокристаллический дисплей. Тип экрана или дисплея, в котором используется технология жидких кристаллов.

LED (Light-emitting diode) - светоизлучающий диод. Полупроводниковый диод, излучающий свет.

LEGO MINDSTORMS NXT - робототехническая платформа, созданная компанией LEGO Group A/S. В основном используется для обучения.

LIDAR - датчик, создающий карту окружающего пространства. Существует два способа его измерения. Первый - послать инфракрасный лазерный импульс и подождать, пока он отразится обратно. По времени отражения можно рассчитать расстояние до объекта в заданном направлении. Во втором случае испускается модулированный инфракрасный лазерный луч и измеряется фазовый сдвиг отраженного света. Лидары используются в автономных автомобилях и роботах, а также в различных системах картографирования пещер и окружающей среды и в промышленной робототехнике. Лидар позволяет получить достаточно точное изображение пространства и препятствий.

Интерфейс - граница между двумя различными частями/системами. Интерфейс данных позволяет системам с разными принципами или характеристиками понимать друг друга.

линейный привод - см. линейный двигатель

Линейный двигатель - двигатель, который, в отличие от обычного вращательного движения, имеет линейное движение. Линейные двигатели имеют длительный срок службы и высокую точность. Линейные двигатели также известны как актуаторы.

Локальная сеть () - компьютерная сеть, объединяющая компьютеры в ограниченном пространстве, например в здании, компьютерном классе и т. д. Компьютеры также соединяются с помощью витой пары (например, протокол Ethernet) или радиосвязи (например, WiFi).

логическая схема - электронный компонент, обрабатывающий цифровые сигналы. Примеры: счетчики, блоки арифметической логики, генераторы импульсов и т. д.

Манипулятор - дистанционно управляемое устройство, обычно управляемое дистанционно человеком. Функция манипулятора заключается в том, чтобы служить продолжением человеческих органов чувств и мышц. Это означает, что через манипулятор контроллер получает информацию о внешней среде и с помощью манипулятора может изменять ее. Самыми сложными манипуляторами являются "роботы-бомбы".

Мехатроника - междисциплинарная отрасль инженерного дела, объединяющая механику, электронику, компьютерную технику, программное обеспечение, теорию управления и проектирование систем с целью создания более совершенного продукта. Слово "мехатроника" происходит из французского языка и культуры.

Мехатронная система означает устройство или набор устройств, состоящих из датчиков, исполнительных механизмов и модуля управления, работающих на достижение общей цели.

Микроконтроллер - устройство, содержащее процессор и память. В основном используется для автоматизации или управления системами.

Микросхема - крошечная электронная схема, состоящая из очень маленьких транзисторов. Микросхемы можно встретить повсюду - в мобильных телефонах, телевизорах, автомобилях.

Я, робот" I, Robot - американская научно-фантастическая комедия 2004 года о роли роботов в будущем.

Миссия - целенаправленные действия для достижения чего-либо. Например, миссия робота-уборщика - убирать!

Протокол Modbus - протокол передачи данных, созданный в 1979 году компанией Schneider Electric (тогда Modicon) для своих ПЛК (программируемых логических контроллеров). Он широко используется и сегодня благодаря следующим факторам:

- разработаны для того, чтобы стать частью индустрии
- Общественность
- прост в установке и обслуживании
- перемещает биты и слова по линии без излишних условий для производителей контроллеров

Неопределенность измерения - вероятностный диапазон, в котором находится истинное значение измеряемой физической величины.

Преобразователь - устройством может быть использовано для изменения формы энергии или сигнала.

NAO - человекоподобный робот.

NASA - Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства Соединенных Штатов Америки, которое осуществляет как гражданские космические программы, так и исследования в области аэронавтики.

Порочный круг" (The Vicious Circle) - короткая научно-фантастическая повесть, опубликованная И. Азимовым в 1942 году.

OLED (organic light-emitting diode) - органический светоизлучающий диод. Тип светоизлучающего диода (LED), в котором излучающий слой представляет собой органическое соединение, излучающее свет электрическим током.

Всенаправленный" означает колесное устройство, способное катиться боком.

Pascal - язык программирования, созданный в 1970 году Никлаусом Виртом и широко используемый до сих пор.

PC (Personal Computer) - персональный компьютер. В настоящее время обозначает стандартный настольный или портативный компьютер.

Пиксель - технология цифровой обработки изображений использует маленькие точки, расположенные в виде матрицы, для отображения изображений. Каждая точка является частью изображения и называется пикселем.

Делитель напряжения - электрическая цепь, выходное напряжение которой является частью входного напряжения. Величина выходного напряжения зависит от соотношения сопротивлений резисторов, образующих электрическую цепь. Делитель напряжения часто используется при подключении резистивных датчиков, когда один из резисторов заменяется резистивным датчиком (например, термистором).

Пневматический датчик давления - датчик, реагирующий на изменение давления. Используется, например, при подсчете трафика, когда датчик давления подключается к шлангам в дорожном покрытии, в которых давление меняется по мере того, как по ним проезжает автомобиль. Датчик фиксирует это изменение и передает его на контроллер.

Пневматический цилиндр - по принципу действия похож на гидравлический цилиндр (используется для ковшей, тракторов). В пневматическом цилиндре давление создается воздухом, а не маслом.

Полигон - тренировочный или испытательный полигон. Например, на военных базах проводятся учения по стрельбе.

Крутящий момент - сила, заставляющая объект вращаться вокруг своей оси. Измеряется в ньютон-метрах.

Скорость вращения - величина, характеризующая вращение объекта вокруг оси вращения. Она измеряется как количество оборотов в единицу времени, например, оборотов в минуту.

Программист - человек, который пишет компьютерные программы с помощью языков программирования (Python, Java, C++, PHP и др.).

Язык программирования - набор синтаксических и семантических правил для написания (программирования) программы на компьютере. Языки программирования в основном классифицируются по парадигмам программирования и поддерживаемой типизации.

Протокол - набор правил передачи и интерпретации данных в определенной системе.

Процессор" означает логическую схему, которая интерпретирует и выполняет инструкции, заданные в машинном коде, и состоит, по крайней мере, из набора инструкций и арифметического логического блока.

Робот-насекомое - небольшие насекомоподобные роботы. Они создаются для самых разных целей - военных (разведывательные роботы, передающие информацию о противнике или собственных войсках), экологических (миниатюрные роботы для мониторинга окружающей среды) и т. д. Эти роботы часто имеют размер насекомого и/или используют насекомоподобную локомоцию (например, могут передвигаться по поверхности воды, как бегун).

ШИМ (широтно-импульсная модуляция). Импульсный сигнал фиксированной частоты, выходное напряжение которого можно изменять шириной импульсов.

Радиоволны - периодические изменения электрического и магнитного полей, распространяющиеся в пространстве с длиной волны более 0,1 мм.

радио - беспроводная связь. Информация передается с помощью радиоволн, то есть без проводов.

Прикладная наука - отрасль науки, целью которой является разработка решений для практических задач.

Редуктор означает зубчатую или шкивную передачу, функция которой заключается в уменьшении или увеличении угловой скорости ведомого вала по отношению к ведущему валу. Уменьшение угловой скорости приводит к увеличению крутящего момента на ведомом валу и наоборот.

Робототехника - область техники и технологий, которая занимается всем необходимым для создания роботов: проектированием, конструированием, разработкой алгоритмов, созданием роботов и поиском их применения.

Robotics HomeLab - набор взаимосвязанных модулей на базе микроконтроллера ATmega, разработанный Таллинским технологическим университетом и ITT Group, упакованный в портативный кейс.

Робот - автономное устройство (действующее без контроля человека), состоящее из контроллера, датчика и исполнительного механизма.

Robotex - ежегодные соревнования по робототехнике для общеобразовательных школ и университетов, организуемые TUT, UT и IT College. См. также www.robotex.ee

Роботизированная ферма - система из множества роботов. Ее основное назначение - имитировать особей, живущих в дикой природе. В роботизированной ферме между роботами в основном поддерживается связь, а задачи распределяются.

Шаговый двигатель - устройство, преобразующее электрические импульсы постоянного тока в механическое вращательное движение. В отличие от двигателя постоянного тока, который вращается непрерывно, шаговый двигатель совершает серию фиксированных движений, или шагов.

сегмент - часть целого. Например: целое делится на несколько частей или сегментов.

датчик - см. датчик

Серводвигатель - состоит из небольшого двигателя постоянного тока, передачи и логики управления. Ротор серводвигателя обычно перемещается в фиксированное положение и затем пытается сохранить это положение.

Сигнал - вариация физической величины, используемая в технике для представления данных. Сигнал может быть естественного или искусственного происхождения. Сигнал может быть функцией одной или нескольких независимых переменных. Примерами переменных сигнала являются время, расстояние, местоположение, температура, давление и т. д.

Входной контакт - физический контакт микроконтроллера, который настроен как входной.

SMS - Short Message Service - способ отправки коротких текстовых сообщений на мобильных телефонах.

Соленоид - электронный компонент, представляющий собой однослойный полюс. Соленоиды не обязательно должны иметь внутри металлический стержень (он не обязательно должен быть металлическим, это может быть любой другой материал, усиливающий электрическое поле). Соленоиды используются в системах автоматизации, например, для открытия и закрытия клапанов, в электронных схемах.

Сонар - (английская аббревиатура sonar "SOund Navigation And Ranging") - технология обнаружения объектов, основанная на распространении звуковых волн, в том числе ультразвука. Активные сонары излучают звуковую волну, которая отражается от объекта к датчику. Процессор в датчике рассчитывает расстояние до объекта на основе времени, затраченного на возвращение звуковой волны. Пассивные гидролокаторы прослушивают звуки от других объектов, например кораблей. Пассивные гидролокаторы чаще всего используются в гидрографии на воде.

SPI - последовательный интерфейс для обмена данными между микроконтроллером и несколькими устройствами под его управлением.

Стратосфера - один из слоев атмосферы.

Детектор дыма - устройство, громкий звук при появлении дыма в воздухе.

синхронный - или одновременный. В роботизированных системах это означает, что время в двух системах уравнивается путем передачи его из одной системы в другую.

Привод означает устройство, выполняющее какую-либо операцию, например, вызывающее движение.

Тактовый сигнал - особый тип сигнала, используемый в электронике, особенно в синхронной цифровой электронике, который колеблется между высоким и низким состоянием. Высокое и низкое состояния можно отличить по наличию напряжения в одном случае и отсутствию в другом.

TALON - американский военный робот, используемый в реальности как манипулятор для разведывательных и боевых целей.

Разработка программного обеспечения - процесс создания программного обеспечения для компьютеров. Он включает в себя несколько этапов, таких как: системный анализ, проектирование системы, программирование, тестирование, развертывание, сопровождение. Разработкой программного обеспечения обычно занимается команда или компания из нескольких человек.

Библиотека - набор программных функций, позволяющих упростить код программы и использовать функции (например, для считывания данных с датчиков, управления двигателями и т. д.), не входящие в стандартный язык.

Искусственная мышца - полоска из нескольких слоев металла, которая двигается под действием электрического напряжения.

Инженерная наука - отрасль наук, занимающаяся проблемами техники и технологии.

Телеробот - робот, управляемый человеком, но обладающий определенной степенью автономности. Например, модель танка, которая управляется человеком, но может самостоятельно объезжать препятствия, является телероботом.

Терминатор - американский художественный фильм, снятый в 1984 году.

Тестировщик - член команды разработчиков программного обеспечения, который тестирует разрабатываемое программное обеспечение. См. также разработка программного обеспечения

Рабочий цикл - время открытия транзистора за весь период ШИМ, выраженное в процентах. 0% означает, что транзистор постоянно закрыт, т.е. не управляет током, 100% означает, что транзистор постоянно открыт, т.е. управляет током.

Транзистор - полупроводниковый прибор с тремя и более выводами, используемый для генерации, усиления, преобразования и переключения электрических сигналов. Транзистор можно использовать для управления или приведения в действие другого электрического сигнала с помощью одного электрического сигнала.

Тропосфера - нижний слой атмосферы, простирающийся от земли до высоты 8-18 км над поверхностью.

UART - универсальный асинхронный последовательный интерфейс. Обычно используется для подключения микроконтроллера к компьютеру или другому более сложному устройству.

Ультразвук - звуковые волны с непередаваемой частотой от 20 кГц до 1 ГГц.

Unimate - первый промышленный робот. Он начал работать на заводе General Motors в Нью-Джерси в 1961 году.

USART - универсальный синхронный последовательный интерфейс, обычно используется для подключения контроллера робота к компьютеру.

USB (т.е. универсальная последовательная шина) - промышленное соединение, разработанное в середине 1990-х годов. USB определяет, какие кабели, разъемы и протоколы следует использовать для подключения компьютеров и других электронных устройств.

УФ-индекс - определяет относительную (без димезионов) облученность ультрафиолетовым излучением солнца по международной стандартной шкале. Ультрафиолетовый индекс помогает людям оценить степень риска для кожи и глаз от солнечной радиации и защитить себя соответствующим образом.

Световой сигнал" - сигнал, в котором информация передается с помощью света.

Освещенность (часто обозначается E) - физическая величина, характеризующая световой поток или, точнее, интенсивность светового потока, падающего на единицу поверхности.

'**выходной контакт**' означает физический контакт (ножку) микроконтроллера, который настроен как выход.

Жидкий кристалл - особое соединение, обладающее одновременно кристаллическими и жидкими свойствами - способностью пропускать свет с определенной поляризацией через электрическое поле.

Блок-схема - наглядное представление этапов процесса, которое может быть использовано для всех аспектов любого процесса. Используется для:

- 1) описание существующего процесса;
- 2) при разработке нового процесса;
- 3) изучение взаимосвязей между различными этапами процесса.

XML - расширяемый язык разметки (*Extensible Markup Language, XML*) используется для обмена информацией между различными информационными системами. Он похож на HTML, но отличается гибкостью и расширяемостью. Документы, написанные на этом языке, читаются как людьми, так и компьютерами.