

AlphaBot (Руководство пользователя)

Руководство по выбору

Примечание. Аксессуары могут отличаться в разных упаковках. В этом руководстве описаны все совместимые аксессуары, но, возможно, продукт, который вы купили, не содержит некоторые из них.

На рисунке ниже показаны наиболее совместимые аксессуары:

Содержимое пакета		Название продукта				
Позиция	Описание	AlphaBot	AlphaBot-Ar-Basic	Alpha Bot-Ar-Bluetooth	AlphaBot-Pi Acc Pack	AlphaBot-Pi
RPi3B	Raspberry Pi 3 Модель B					V
UNO PLUS	улучшенная плата управления, совместимая с Arduino		V	V		
AlphaBot шасси комплект	материнская плата, колеса, драйверы и т. д.	V	V	V	V	V
Датчик слежения	модуль отслеживания линии	V	V	V	V	V
Датчик фотопрерывателя	модуль измерения скорости (2 шт.)	V	V	V	V	V
Инфракрасный датчик приближения	модуль предотвращения препятствий (2 шт.)	V	V	V	V	V
ИК пульт дистанционного управления	дистанционно управлять роботом	V	V	V	V	V
SG90	сервопривод		V	V	V	V
Ультразвуковой датчик	ультразвуковое преодоление препятствий, измерение расстояния		V	V		
Дополнительный шилд	дополнительная плата аксессуаров, совместимая с Arduino			V		
Двухрежимный Bluetooth	двухрежимный модуль Bluetooth			V		

Камера RPi (В)	Raspberry Pi камера, регулируемый фокус				V	V
Микро SD-карта 16 ГБ	Карта Micro SD на 16 ГБ, класс 10				V	V
5V 2.5A адаптер питания	RPi3 В требует 2,5А или выше блока питания				V	V

Замечания:

AlphaBot требует платы управления, Arduino ИЛИ Raspberry Pi, если у вас ее нет, пожалуйста, рассмотрите комплекты «все в одном»: AlphaBot-Ar-Basic, AlphaBot-Ar-Bluetooth, AlphaBot-Pi. AlphaBot-Pi Acc Pack для этого требуется плата управления Raspberry Pi. Если у вас ее нет, рассмотрите возможность использования набора «все в одном»: AlphaBot-Pi.

Рекомендация

Чтение этого документа может стать проблемой для новичка. Мы советуем читателю иметь некоторые знания о программировании в Raspberry Pi Python или Arduino, что может быть полезно для понимания основ программирования. Здесь можно изучить только некоторые из основных принципов программирования. Если вы хотите иметь полное представление о них, пожалуйста, проверьте исходный код. Здесь мы расскажем больше о практическом опыте разработки интеллектуальных роботов. Raspberry Pi учебник

Raspberry Pi tutorial: http://www.waveshare.com/wiki/Raspberry_Pi_Tutorial_Series

Из-за ограничений по электрическим характеристикам пользователь должен быть более робототехническим, чтобы использовать этот продукт в безопасных и правильных условиях, чтобы не допустить необратимого повреждения платы Raspberry Pi или платы Arduino шасси интеллектуального робота. При первом использовании этого продукта выполните действия, описанные в документе.

Основные детали

Waveshare Wiki предоставляет подробные данные AlphaBot, в том числе руководство пользователя, принципиальную схему, демонстрации, лист данных и тому подобное.

Пользователи могут применять продукт в безопасном и правильном.

Data website : www.waveshare.com/wiki/AlphaBot

Описание продукта

Вступление

Платформа для разработки мобильных роботов, совместимая с Raspberry Pi / Arduino.

Функции

AlphaBot - это роботизированная платформа для разработки, совместимая с Raspberry Pi и Arduino. Он состоит из материнской платы AlphaBot, мобильного шасси и всего, что требуется для его движения.

Просто подключив плату контроллера, Raspberry Pi или Arduino, и в сочетании с нашим примером кода с открытым исходным кодом, теперь все готово для начала исследования робота: отслеживание линии, обход препятствий, видеонаблюдение, дистанционное управление WiFi / Bluetooth / ZigBee / Infrared Remote и т. д., AlphaBot может

воспринимать окружающую среду и выполнять относительный ответ. Он включает в себя следующие технологии:

Линия слежения, обход препятствий, видео мониторинг мобильных телефонов / ПК, WIFI / Bluetooth / ZigBee / Инфракрасный пульт дистанционного управления и тому подобное.

Примечания: Этот документ не предназначен для каких-либо конкретных наборов продуктов. Некоторые из них могут не иметь компонентов, описанных в следующих разделах. Для получения дополнительной информации о наборе продуктов, пожалуйста, обратитесь к странице продукта на веб-сайте Waveshare.

Характеристики

- Интерфейсы Raspberry Pi / Arduino, работают либо с одним отдельно, либо с обоими
- Arduino расширяет заголовок, поддерживает шилды Arduino
- Модульная конструкция, модули plug-and-play, такие как отслеживание линий, обход препятствий, измерение скорости и т. д. устранение проблемы подключения беспорядочных проводов.
- Драйвер двигателя L298P с диодной защитой, больше безопасности
- Регулярное напряжение LM2596 обеспечивает стабильное питание 5V для Raspberry Pi / Arduino
- Чип сбора TLC1543 AD, позволяет Pi использовать аналоговые датчики

Аудитория

Многие энтузиасты MCU могут мечтать создать своего умного робота. Тем не менее, это не легко, когда они приступают, чтобы сделать это. Кто-то не полностью понимает работу умного робота или не знает, с чего начать. С комплектом приложений, предоставленным Waveshare, вы можете быстро изучить умного робота, включая структуру, основной принцип и внешние модули.

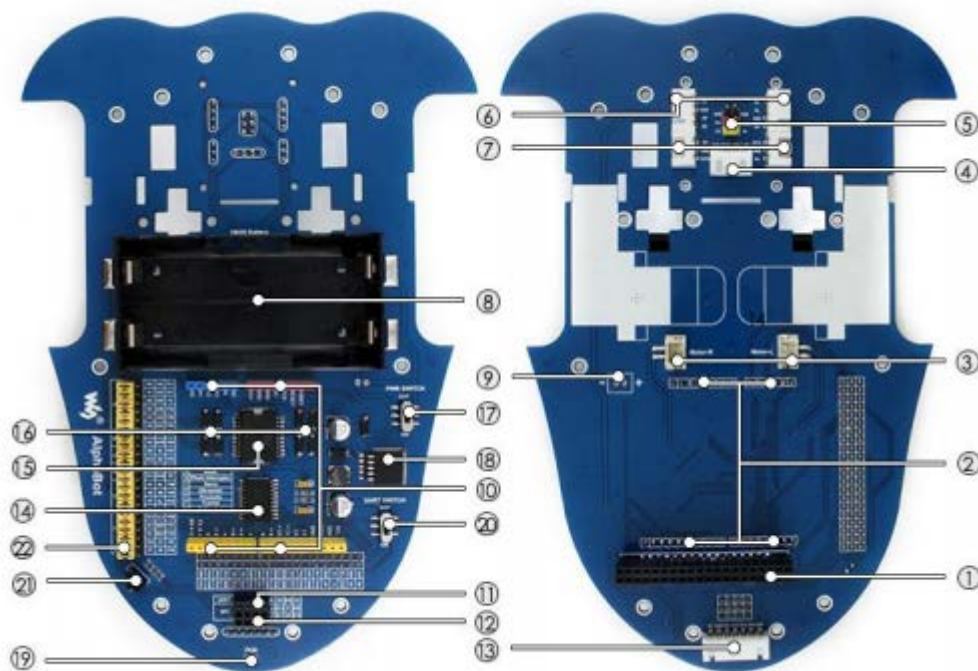
В этом документе мы возьмем пример умного робота Waveshare AlphaBot, чтобы представить принцип работы и процесс производства умного робота.

Также представлены относительные примеры программ, включая линию слежения, обход препятствий, дистанционное управление Bluetooth и управление Wi-Fi. Этот документ описывает разработку интеллектуального робота с примерами программ. Это легко понять, охватывая знание структурных рамок, а также дизайн функции от прямого движения до многофункциональной реализации.

Мы искренне надеемся, что любители MCU смогут полностью понять умного робота. Из-за ограниченных знаний и способностей автора, есть еще много возможностей для улучшения. Если у вас есть какие-либо вопросы, пожалуйста, не стесняйтесь посетить сайт Waveshare

<http://www.waveshare.com> и оставьте свое сообщение.

Встроенный ресурс

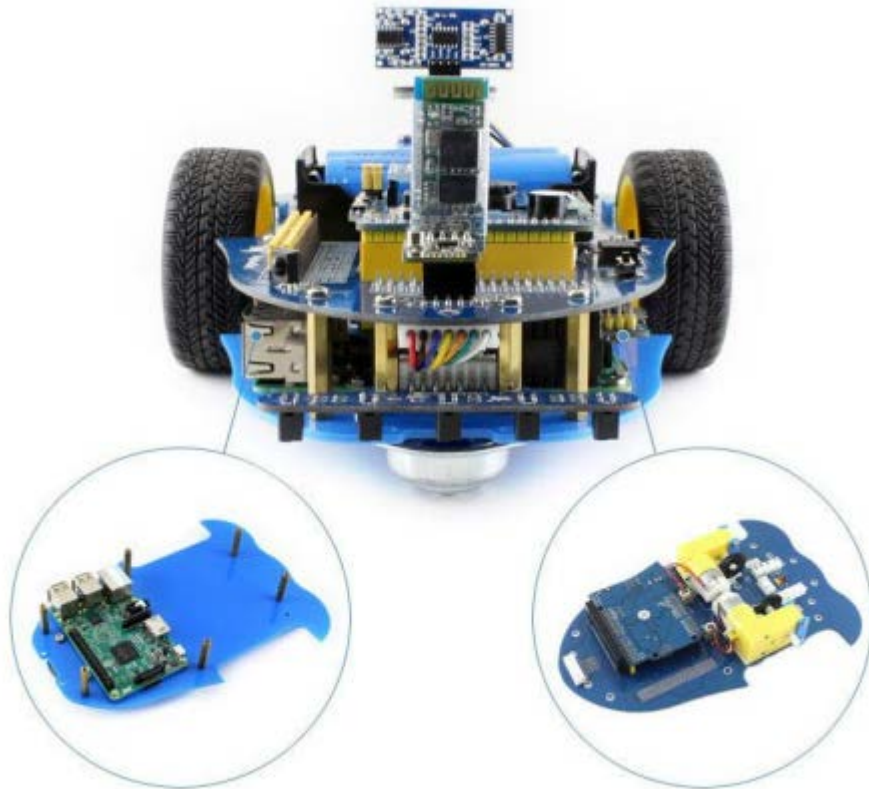


1. Интерфейс Raspberry Pi: для подключения Raspberry Pi
2. Интерфейс Arduino: для подключения Arduino
3. Интерфейс мотора
4. Интерфейс ультразвукового модуля
5. Интерфейс сервомодуля
6. Интерфейс модуля предотвращения препятствий
7. Интерфейс измерения скорости
8. Держатель батареи: поддерживает 18650 батарей
9. Зарезервированная мощность (не паянная): для подключения другого внешнего источника питания.
10. Разъем расширения Arduino: для подключения шилдов Arduino
11. Интерфейс UART: для подключения модуля Bluetooth, для удаленного управления роботом через Bluetooth
12. Интерфейс SPI: для подключения NRF24L01 без модуля
13. Интерфейс модуля отслеживания линии
14. TLC1543: 10-бит АЦП для аналоговых датчиков, позволяет Pi использовать аналоговые датчики
15. L298P: микросхема драйвера двойного моста H, ток до 2А
16. Защитный диод
17. Выключатель питания
18. LM2596: стабилизатор 5В
19. Индикатор питания
20. Переключатель UART: включите, чтобы включить последовательную связь между Raspberry Pi и Arduino
21. ИК-приемник: управляйте роботом дистанционно через инфракрасный порт
22. Выбор Raspberry Pi / Arduino: выберите Raspberry Pi или Arduino для управления периферийными устройствами робота.

Функции модуля

Главный модуль управления

Основной модуль управления является ключевой частью интеллектуального робота. AlphaBot предоставляет интерфейсы Arduino и Raspberry Pi. Конфигурация может быть одним из двух вариантов, или они оба работают вместе. Полностью используя аппаратное и программное обеспечение обеих плат, умный робот может быть применен к гораздо большему числу сценариев применения.

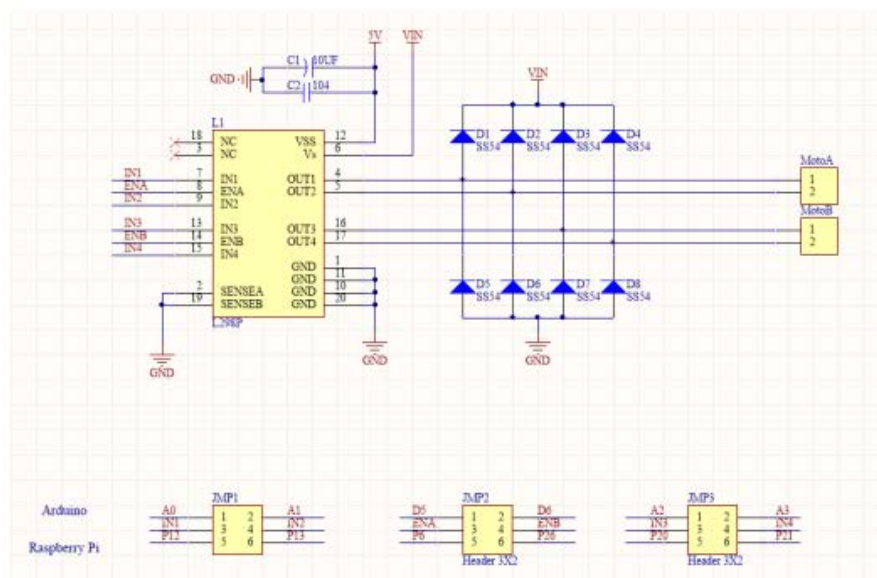


Работа с Arduino или Raspberry Pi может быть выбрана переключателями.

Модуль драйвера мотора

Модуль драйвера Motor - одна из важнейших частей умного робота.

AlphaBot использует микросхему драйвера L298P от ST, которая представляет собой высоковольтную микросхему драйвера двигателя с большим током.



Определение интерфейса модуля драйвера:

Интерфейс Raspberry Pi Arduino

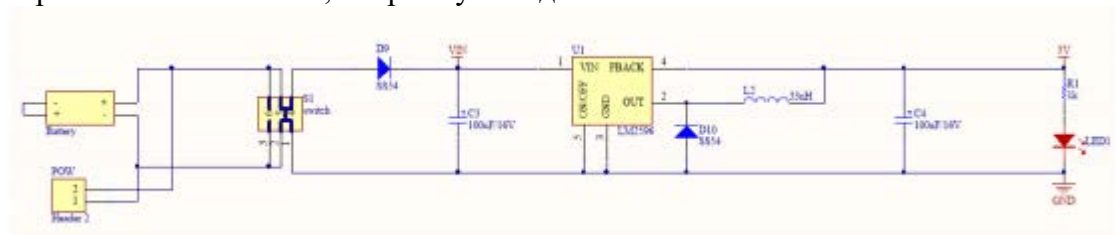
IN1	P12	AO
IN2	P13	A1
ENA	P6	D5
IN3	P20	A2
IN4	P21	A3
ENB	P26	D6

IN1 и IN2 подключены к левому мотору, а IN3 и IN4 подключены к правому мотору. ENA и ENB являются выводами разрешения выхода, активными активаторами высокого уровня. Когда они переведены на высокий уровень, импульс ШИМ будет выводиться из IN1, IN2, IN3 и IN4, чтобы контролировать скорость мотора. Теория управления :

IN1	IN2	IN3	IN4	Описание
1	0	0	1	Когда мотор вращаются вперед, робот движется прямо
0	1	1	0	Когда мотор вращаются назад, робот откатывается назад
0	0	0	1	Когда левый мотор останавливается, а правый двигатель вращается вперед, робот поворачивает влево
1	0	0	0	Когда правый мотор останавливается и левый двигатель вращается вперед, робот поворачивает направо
0	0	0	0	Когда моторы останавливаются, робот останавливается

Источник питания

Интеллектуальный робот использует две серии батарей 18650 для питания с входным напряжением 7,4 В. Входное напряжение будет обрабатываться регулятором LM2596 и отправляться на Arduino, Raspberry Pi и датчики.



Для использования внешнего источника питания входное напряжение не должно превышать 12 В.

Чип АЦП выборки

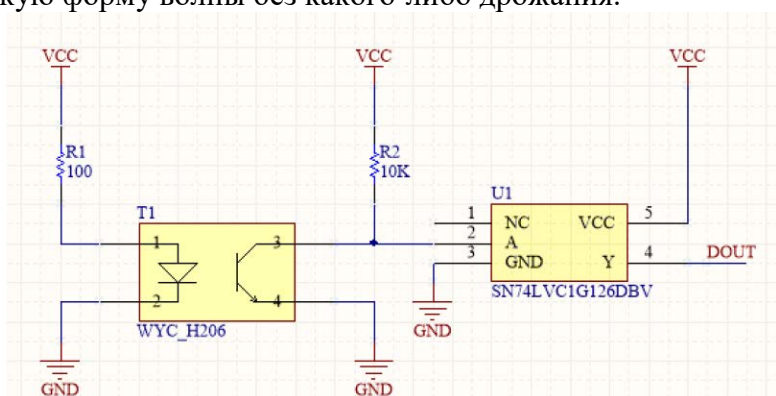
Поскольку GPIO Raspberry Pi не поддерживают функцию АЦП, интеллектуальный робот AlphaBot имеет встроенный 10-разрядный 11-канальный АЦ преобразователь для преобразования линий отслеживания.

Модуль тестирования скорости

Модуль проверки скорости содержит закодированный диск и фотоэлектрический датчик WYC-H206.

Фотоэлектрический датчик WYC-H206 имеет инфракрасный передатчик и инфракрасный приемник. Когда инфракрасный приемник скрыт и не способен принимать инфракрасный свет, датчик будет выдавать напряжение высокого уровня. Напряжение высокого уровня проходит через инвертирующий триггер Шмитта и становится напряжением низкого уровня. В этот момент загорается соответствующий индикатор. Когда закодированный диск работает, DOUT выдаст серию импульсов высокого уровня и импульсов низкого уровня. Проверяя количество плюсов за время цикла, вы можете получить скорость умного робота.

Здесь мы используем триггер Шмитта, потому что он имеет стабильный выходной сигнал, четкую форму волны без какого-либо дрожания.



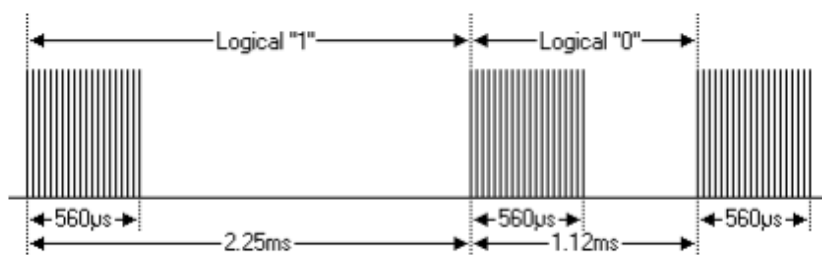
Инфракрасный пульт дистанционного управления

Умный робот применяет приемник LFN0038K для получения инфракрасного сигнала.

Инфракрасный пульт дистанционного управления, поставляемый с комплектом приложения, соответствует стандартному протоколу кодирования NEC. Когда инфракрасный приемник получает инфракрасный сигнал, он выводит относительные импульсы на основной чип управления. Затем основная часть управления декодирует сигнал в код клавиши, чтобы управлять соответствующим двигателем.

Кодирование инфракрасного протокола NEC представляет собой разновидность последовательного кода ШИМ, в котором двоичный логический «0» находится в цикле 1,125 мс с шириной импульса 0,565 мс и интервалом 0,56 мс, а двоичный логический «1» находится в цикле 2,25 мс с длительностью импульса 0,565 мс и интервалом 1,685 мс.





Протокол инфракрасного управления:

32-разрядный двоичный код, состоящий из логического «0» и логической «1», должен быть вторично модулирован с частотой робота-носителя 38 кГц, чтобы повысить эффективность передачи и снизить энергопотребление. Вторичный модулированный код будет передаваться в виде инфракрасного света инфракрасным передатчиком, как показано на рисунке ниже.

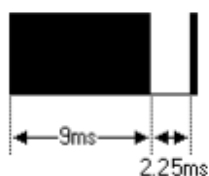


Загрузочный код | ID пользователя | Radix-minus complement идентификатор пользователя | Op Код | Radix minus complement of op code

Типичный формат послынки NEC состоит из преамбулы - пакета несущей частоты длительностью 9 мс, за которой следует промежуток 4.5 мс. Преамбула помогает приемнику установить необходимый уровень усиления и нуля, хотя современные приемники в этом не нуждаются. Далее следует реперный пакет стандартной длительности и за ней 32 интервала, соответствующие 4 байтам информации, причем каждый байт передается младшим битом вперед. Адрес и команда передаются дважды, второй раз они передаются в дополнительном коде.

Каждая команда будет передана только один раз, даже если вы продолжаете нажимать клавишу на контроллере. Но он будет отправлять дублирующий код каждые 110 мс, пока вы не отпустите ключ на контроллере. Формат кода дублирования - 9 мс импульса АРУ, интервал 2,25 мс и импульс 560 мкс.

При удержании кнопки пульта, команда передается только один раз, затем передаются короткие послынки, состоящие из преамбулы длительностью 9 мс и единичного интервала. Такие послынки передаются с периодичностью 110 мс.



Общий вид последовательности при нажатой и удерживаемой кнопке такой:

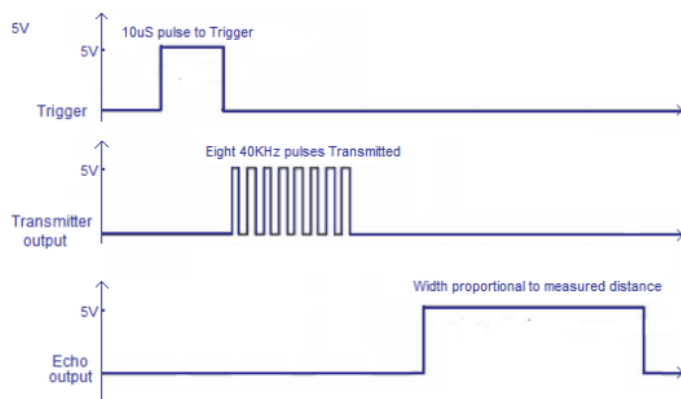
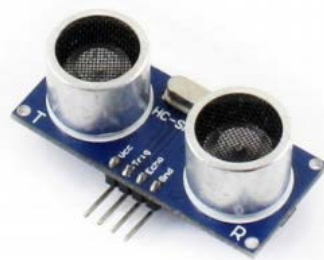
Модуль ультразвукового измерения расстояния

Ультразвуковой модуль измерения расстояния имеет 4 контакта, это VCC, GND, TRIG (передающий контакт) и ECHO (получаемый контакт).

Теория управления :

Здесь принцип ультразвукового измерения расстояния. Когда ультразвуковая волна встречает объект, она отражается назад и принимается приемником.

Вы можете получить расстояние от датчика до объекта, измерив интервал от передачи сигнала до получения эха.



Приведенная выше временная диаграмма показывает принцип управления ультразвуковым измерением расстояния. Когда модуль работает, он посылает сигнал высокого уровня, по крайней мере, на 10мкс для управления выводом TRIG для запуска измерения расстояния. Затем модуль автоматически передает 8 последовательных сигналов 40 кГц, чтобы проверить наличие эхо-сигнала. Если есть, модуль выводит напряжение высокого уровня с вывода ECHO.

Продолжительность времени высокого уровня напряжения - это время, когда ультразвук передается на отражение. В зависимости от скорости и времени передачи звука мы можем получить следующее: измеренное расстояние = (измеренное время * скорость звука) / 2. Скорость звука здесь 340 м / сек.

Технические параметры:

Параметры	замечание	Мин.	Тип	Макс.	Единицы измерения
Рабочее напряжение		3.0		5.5	В
5В рабочий ток	$V_{cc}=5V$		2.8		мА
3,3В рабочий ток	$V_{cc}=3.3V$		2.2		мА
5В минимальное обнаружения расстояние	$V_{cc}=5V$		2	3	см
3.3В минимальное обнаружения расстояние	$V_{cc}=3.3V$		2	3	см
5В максимальное обнаружения расстояние	$V_{cc}=5V$	400	450	600	см
3.3В максимальное обнаружения расстояние	$V_{cc}=3.3V$	350	400	550	см

Угол обнаружения				15	°
Точность обнаружения			1		%
Разрешение			1		мм
Режим вывода			GPIO		
Рабочая температура		-20		80	°C

Сервопривод

Серво - это система автоматического управления с мотором постоянного тока, редуктором, датчиком и цепью управления. Сервопривод может контролировать угол поворота выходной оси, передавая сигнал управления. Он имеет 3 линии управления, красная - линия положительного питания (5V), оранжевая - сигнальная линия (IO), а коричневая - заземление (GND).

Управляющий сигнал будет отправляться на чип модуляции сигнала через приемник, генерирует постоянный ток смещения. Серво имеет опорную схему, которая может генерировать опорный сигнал в цикле 20мс и ширине 1,5мс. Генерируемый постоянный ток смещения сравнивается с напряжением потенциометра, и вы получаете разницу напряжения, которая будет выводиться на микросхему драйвера мотора. Полярность разности напряжений, положительная или отрицательная, может определить направление вращения мотора. Когда мотор вращается со стабильной скоростью, вы можете использовать каскадный редуктор для приведения в действие потенциометра, повернув разность напряжений до 0, чтобы остановить мотор.

Как правило, для управления сервоприводом требуется импульс длительностью 20мс.

И высокий уровень должен длиться не менее 0,5мс - 2,5мс.

Взяв в качестве примера сервоуправление углом 180 градусов, связь между импульсом и углом поворота показано в таблице ниже.

Ширина импульса Угол поворота

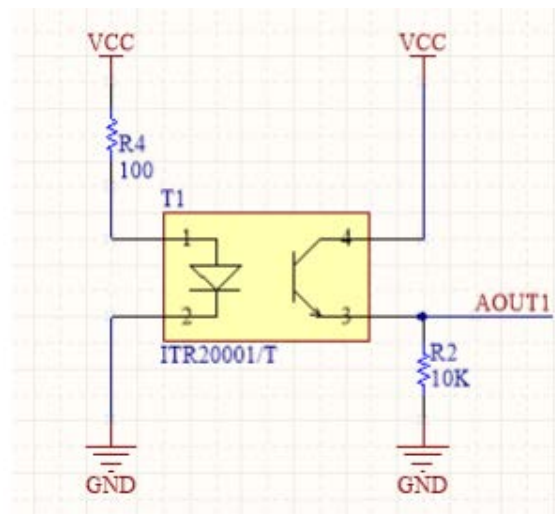
0.5мс	0 градусов
1.0мс	45 градусов
1.5мс	90 градусов
2.0мс	135 градусов
2.5мс	180 градусов

Модуль трекера

Принцип работы модуля трекера аналогичен инфракрасному модулю предотвращения препятствий. Модуль трекера имеет инфракрасный датчик отражения ITR20001 / T, инфракрасный передатчик которого может постоянно передавать инфракрасный свет. Когда инфракрасный свет отражается от препятствия, он принимается инфракрасным приемником. И датчик выдаст относительное аналоговое значение. Выходные данные зависят от расстояния и цвета обнаруженного объекта.

Модуль трекера имеет 5 каналов инфракрасных датчиков. Проверяя выходы 5-канального инфракрасного датчика, модуль может определить положение черной линии, чтобы управлять действиями интеллектуального робота.

Для получения более подробной информации о теории управления и алгоритме, пожалуйста, обратитесь к Руководству пользователя датчика трекера.



NRF24L01 + беспроводное управление

AlphaBot имеет интерфейс SPI, который может соединяться с модулем NRF24L01, новым RF-трансивером. NRF24L01 имеет встроенный синтезатор частоты, усилитель мощности, кварцевый генератор и модулятор.

Благодаря усовершенствованной технологии ShockBurst его адрес, выходная мощность и канал связи могут быть настроены программой, подходящей для связи с несколькими машинами. NRF24L01 имеет сверхнизкое энергопотребление; когда мощность передачи находится в пределах -6 дБм, его рабочий ток составляет всего 9 мА, а рабочий ток его приемника составляет всего 12,3 мА. Модуль NRF24L01 также обеспечивает рабочие режимы с низким энергопотреблением, такие как режим отключения питания и режим ожидания.

При использовании интерфейса SPI для настройки модуля NRF24L01 необходимо установить модуль в режим Enhanced ShockBurst™, позволяющий модулю автоматически обрабатывать протокол RF. Закончив настройку, модуль готов к работе.

Переключение между режимом приема и режимом передачи может быть выполнено путем изменения младшего байта команды во время работы модуля.

Настройки основных параметров: Ширина данных, объявляет количество бит, занимаемое данными в пакете данных RF, позволяя NRF24L01 + различать данные и код CRC в пакете данных; Ширина адреса, объявляет количество бит, занятых адресом в пакете данных RF, позволяя NRF24L01 + различать данные и адрес;

Получать канал, получать адрес данных, адрес от канала 0 до канала 5; Проверка CRC, NRF24L01 + может генерировать код CRC и выполнять декодирование;

Рабочая частота, настраивается от 2,4 ГГц до 2,524 ГГц с интервалом 1 МГц; Мощность передачи, влияет на расстояние связи и энергопотребление всего устройства; Скорость связи, на выбор 1 Мбит / сек. или 2 Мбит / сек.

Управление Bluetooth

AlphaBot имеет интерфейс UART, который может напрямую соединяться с модулем Bluetooth 2.0 или с двойным модулем Bluetooth через модуль Accessory Shield.

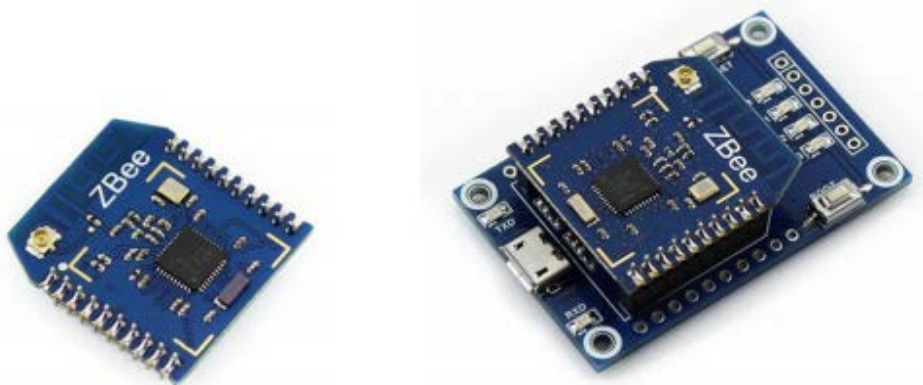
Поскольку модуль Bluetooth управляется через последовательный порт, пользователю не нужно много знать о протоколе Bluetooth. При подключении через модуль Bluetooth вы можете управлять своим умным роботом через мобильный телефон.



На рисунке выше мы видим, как робот использует двойной модуль Bluetooth через плату Accessory Shield, поддерживающую Bluetooth 2.0 и Bluetooth 4.0. Это конфигурация Bluetooth нашего приложения. Однако интерфейс Bluetooth 2.0 для UART не входит в наш комплект приложений.

Управление ZigBee

AlphaBot может соединяться с модулем Core2530 (B) через Accessory Shield для управления ZigBee. В этой конфигурации ПК должен быть подключен к комплекту CC2530 Eval Kit (B) через USB-кабель.



Вот программное обеспечение для ПК для управления умным роботом.



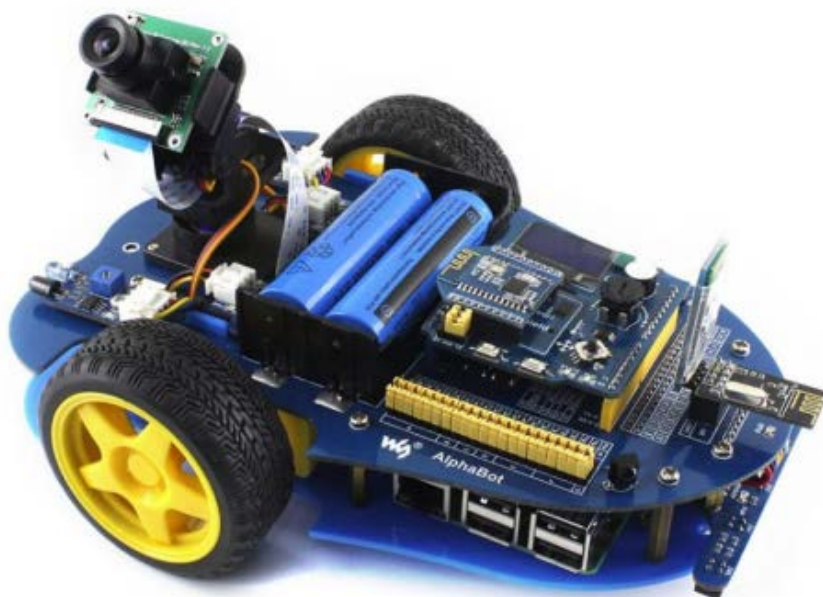
Wi-Fi 视频 监控

В приложении AlphaBot, когда Raspberry Pi работает в качестве основного элемента управления, вы можете использовать свой мобильный телефон или ПК для осуществления видеомониторинга Wi-Fi через управление веб-сайтом.

Webiopi может помочь вам выполнить дистанционное управление, а программное обеспечение mjpg-streamer может в реальном времени отображать изображение, снятое камерой.

Webiopi, веб-фреймворк, ориентированный на Internet of Things (IoT), может управлять объектами GPIO Raspberry Pi. Этот проект размещен в Google, его исходный код можно скачать с сайта sourceforg. Webiopi поддерживает REST-сервер и CoAP-сервер и предоставляет относительную библиотеку python и библиотеку javascript.

MJPEG-streamer может собирать изображения с камеры веб-камеры и передавать их на мобильное устройство через браузер в виде потока через сеть на основе IP. С программным обеспечением mjpg-streamer вы можете видеть изображение, снятое камерой, отображаемое в вашем браузере через сеть.



Примеры программ

Мы предоставляем программы управления Arduino и Raspberry Pi, позволяющие реализовать отслеживание линии, обход препятствий, дистанционное управление и видеонаблюдение.

Следующие примеры программ доступны из Waveshare WIKI. Скопируйте файл библиотеки в каталоге Arduino в папку библиотек в каталоге установки Arduino IDE. Затем перезагрузите Arduino IDE и нажмите File-> Example, чтобы проверить, есть ли опции AlphaBot, TRSensor и Servo.

Если есть, библиотека была успешно экспортирована. Извлеките программу Raspberry Pi из пакета и поместите ее в каталог / home / pi в Raspbian.

Пример программы Arduino

Интеллектуальная программа тестирования роботов

Нажмите Файл -> Пример -> AlphaBot -> E01_Run_Test, чтобы открыть проект.

Скомпилируйте и загрузите программу на плату разработки Arduino. Подключите перемычки IN1, IN2, ENA, ENB, IN3 и IN4 в области A на A0, A1, D5, D6, A2 и A3 соответственно. Включите адаптер питания, и вы увидите, что умный робот бежит прямо вперед. Если колеса интеллектуального робота не движутся вперед, вы можете попытаться изменить схему подключения мотора или изменить настройку контактов в файле AlphaBot.c.

Программа инфракрасного датчика предотвращения препятствий

Нажмите Файл -> Пример -> AlphaBot -> E02_Infrared_Obstacle_Avoidance, чтобы открыть проект. Скомпилируйте и загрузите программу на плату разработки Arduino.

Установите инфракрасные датчики приближения слева и справа от интеллектуального робота. Подключите перемычку двигателя в зоне A к Arduino, а перемычки DL и DR зоны E к D7 и D8 соответственно. Включив адаптер питания, вы увидите, что умный робот может выполнять обход препятствий в инфракрасном диапазоне. Когда датчик обнаружит препятствие перед роботом, загорится зеленый светодиод. Расстояние обнаружения может быть отрегулировано потенциометром. Когда левый датчик обнаружит препятствие, умный робот повернет направо. Когда правый датчик обнаружит препятствие, умный робот повернет налево.

Программа инфракрасная датчика слежения

Нажмите Файл -> Пример -> AlphaBot -> E03_Infrared_Tracking_Objects, чтобы открыть проект. Скомпилируйте и загрузите программу на плату разработки Arduino.

Установите датчик слежения на интеллектуального робота. Подключите перемычку двигателя в зоне A к Arduino, а перемычки DL и DR зоны E к D7 и D8 соответственно.

Включив адаптер питания, вы увидите, что умный робот может выполнять отслеживание объектов. Если перед умным роботом есть какой-либо предмет, он побежит вперед.

Если перед роботом ничего нет, умный робот встанет. Расстояние обнаружения может быть отрегулировано потенциометром.

Программа инфракрасного дистанционного управления

Нажмите Файл -> Пример -> AlphaBot -> E04_Infrared_Remote_Control, чтобы открыть проект. Скомпилируйте и загрузите программу на плату разработки Arduino.

Подключите перемычку двигателя в области A к Arduino, а перемычку инфракрасного приемника IR в области G - к перемычке D4 на Arduino.

Результат ожидания: при нажатии клавиши на инфракрасном пульте дистанционного управления вы можете управлять умным роботом. Клавиша 2 предназначена для движения вперед, 8 для движения назад, 4 для поворота влево, 6 для поворота вправо, 5

для остановки, - для снижения скорости и + для ускорения. (**Примечания:** Кодировка ключа может меняться в зависимости от инфракрасного пульта дистанционного управления. Вы можете изменить программу при необходимости.)

Программа ультразвукового измерения расстояния

Нажмите Файл -> Пример -> AlphaBot -> E05_Ultrasonic_Ranging, чтобы открыть проект. Скомпилируйте и загрузите программу на плату разработки Arduino. Установите сервопривод и ультразвуковой модуль на интеллектуального робота. Подключите перемычки TRIG, ECHO ультразвукового блока в области D к контактам D11 и D12 на Arduino. (Функция линии слежения также будет использовать эти контакты, поэтому, пожалуйста, удалите соответствующие перемычки, чтобы избежать прерывания). Включите адаптер питания, на экране отобразится расстояние, измеренное ультразвуковым устройством.

Программа ультразвукового предотвращения препятствий (без сервопривода)

Нажмите Файл -> Пример -> AlphaBot -> E06_Ultrasonic_Obstacle_Avoidance1, чтобы открыть проект. Скомпилируйте и загрузите программу на плату разработки Arduino. Установите рулевой механизм и ультразвуковой модуль на интеллектуального робота. Подключите перемычки TRIG, ECHO ультразвукового блока в области D к контактам D11 и D12 на Arduino. Включите адаптер питания, «умная кошка» может выполнять ультразвуковое предотвращение препятствий. Когда перед роботом появляется препятствие, он перемещается в сторону, что находится дальше от препятствия.

Программа ультразвукового предотвращения препятствий (с сервоприводом)

Нажмите Файл-> Пример -> AlphaBot -> E07_Ultrasonic_Obstacle_Avoidance2, чтобы открыть проект. Скомпилируйте и загрузите программу на плату разработки Arduino. Установите сервопривод и ультразвуковой модуль на интеллектуального робота. Подключите перемычки TRIG, ECHO ультразвукового блока в области D к контактам D11 и D12 на Arduino. Подключите перемычки S1 и S2C сервопривода в зоне C к контактам D9 и D10 на Arduino. (Функция линии слежения также будет использовать эти контакты, поэтому, пожалуйста, удалите соответствующие перемычки, чтобы избежать прерывания). Включите адаптер питания, «умная кошка» может выполнять ультразвуковое предотвращение препятствий. Когда перед роботом находится препятствие, ультразвуковой модуль измеряет расстояние от правой стороны и левой стороны робота до препятствия соответственно. Затем он переместится в сторону, которая далеко от препятствия.

Программа инфракрасного слежения

Нажмите Файл -> Пример -> AlphaBot -> E08_Infrared_Line_Tracking, чтобы открыть проект. Скомпилируйте и загрузите программу на плату разработки Arduino. Установите датчик слежения на интеллектуального робота. Подключите перемычку двигателя в области A к Arduino, а перемычки CLK, ADDR, DOUT и CS области F к D13, D12, D11 и D10 соответственно. (Сервопривод в области C и ультразвуковой блок в области D также будут использовать эти контакты, поэтому, пожалуйста, удалите соответствующие перемычки, чтобы избежать прерывания). Программа отслеживания линий позволяет умному роботу бегать по черной линии с белым цветом фона. Вы можете выбрать черную клейкую ленту шириной 15 см и вставить ее на белую область, чтобы создать сценарий для отслеживания умного робота. Темный цвет фона уменьшит возможности умного робота на линии слежения. Включите адаптер питания и удерживайте робота в центре черной линии и близко к земле, затем поверните робота из стороны в сторону. Умный робот переходит в режим калибровки,

выявляя макс. и мин. обмолота каждого датчика. Калибровка может иметь прямое влияние на возможности линии слежения интеллектуального робота. Когда колеса робота начнут двигаться, вы можете отпустить робота, и он побежит вдоль черной линией. Для получения более подробной информации о теории управления и алгоритме, пожалуйста, обратитесь к Руководству пользователя датчика слежения.

Программа дистанционного управления Bluetooth

Нажмите Файл -> Пример -> AlphaBot -> E09_Bluetooth_Control, чтобы открыть проект. Скомпилируйте и загрузите программу на плату разработки Arduino. Установите модуль Accessory Shield для интеллектуального робота через интерфейс Arduino, а модуль Bluetooth - для модуля Accessory Shield через интерфейс XBeeinterface. Включите адаптер питания, загрузите и установите программное обеспечение управления Bluetooth на свой мобильный телефон. Запустите программное обеспечение и соединитесь с Bluetooth, затем вы можете управлять движением умного робота с помощью клавиш со стрелками. OLED может отображать командную строку, которую вы отправили.

Программа дистанционного управления ZigBee

Нажмите Файл -> Пример -> AlphaBot -> E10_Zigbee_Control, чтобы открыть проект. Скомпилируйте и загрузите программу на плату разработки Arduino. Установите модуль Accessory Shield на интеллектуальный робот через интерфейс Arduino, а модуль ZigBee Core2530 (B) - на модуль Accessory Shield через интерфейс XBeeinterface. Подключите комплект CC2530 Eval Kit5 к компьютеру с помощью USB-кабеля. Включите адаптер питания и откройте AlphaBot.exe на вашем ПК, выберите соответствующий номер последовательного порта. Затем вы можете управлять движением умного робота с помощью клавиш направления. OLED может отображать командную строку, которую вы отправили. Вот программное обеспечение для ПК для управления умным роботом.



Пример программы Raspberry Pi

Извлеките AlphaBot.tar.gz и поместите его в директорию / home / pi в raspbian.

Перед использованием этой платы расширения мы должны установить библиотеку Python на Raspberry Pi. Для получения дополнительной информации об установке и настройке библиотеки Raspberry Pi, пожалуйста, обратитесь к документу Установка необходимых библиотек в Raspberry Pi.

В случае если пример не может быть выполнен после установки библиотеки, вы можете попробовать применить команду `chmod + x filename`, чтобы предоставить программе разрешение на выполнение.

Программа инфракрасного датчика препятствий

Установите инфракрасные датчики приближения слева и справа от интеллектуального робота. Подключите переключки IN1, IN2, ENA, ENB, IN3 и IN4 двигателя в области А к контактам P12, P13, P6, P26, P20 и P21 Raspberry Pi, соответственно. И подключите переключки DL и DR инфракрасного блока в зоне Е к контактам P19 и P16.

Войдите в терминал Linux и введите следующие строки:

```
cd ~/AlphaBot/python
```

```
sudo python Infrared_Obstacle_Avoidance.py
```

Результат ожидания: когда левый датчик обнаружит препятствие, умный робот повернет направо. Когда правый датчик обнаружит препятствие, умный робот повернет налево.

Программа инфракрасного датчика слежения

Установите инфракрасные датчики приближения слева и справа от интеллектуального робота. Подключите переключки IN1, IN2, ENA, ENB, IN3 и IN4 двигателя в области А к контактам P12, P13, P6, P26, P20 и P21 Raspberry Pi, соответственно. И подключите переключки DL и DR инфракрасного блока в области Е к контактам P19 и P16. Введите терминал Linux и введите следующие строки:

```
cd ~/AlphaBot/python
```

```
sudo python Infrared_Tracking_Objects.py
```

Результат ожидания: если перед умным роботом есть какой-либо объект, он побежит вперед. Если перед роботом ничего нет, умный робот встанет. Расстояние обнаружения может быть отрегулировано потенциометром.

Программа инфракрасного дистанционного управления

Подключите переключку двигателя в области А к Raspberry Pi, а переключку инфракрасного приемника IR в области G - к контакту P18.

Войдите в терминал Linux и введите следующие строки:

```
cd ~/AlphaBot/python
```

```
sudo python Infrared_Remote_Control.py
```

Результат ожидания: при нажатии клавиши на инфракрасном пульте дистанционного управления вы можете управлять умным роботом. Клавиша 2 предназначена для движения вперед, 8 для движения назад, 4 для поворота влево, 6 для поворота вправо, 5 для остановки, - для снижения скорости и + для ускорения (Примечания: Кодировка ключа может меняться в зависимости от инфракрасного пульта дистанционного управления. Вы можете изменить программу при необходимости)

Программа инфракрасного слежения

Подключите переключки двигателя в области А к Raspberry Pi, а контакты CLK , ADDR, DOUT и CS линии слежения функционируют в области F к контактам P25, P24, P23 и P5.

Войдите в терминал Linux и введите следующие строки:

```
cd ~/AlphaBot/python
```

```
sudo python Infrared_Line_Tracking.py
```

Подсоедините перемычки TRIG, ECHO ультразвукового устройства в зоне D к контактам D11 и ожидаемый результат: включите адаптер питания, умный кот может выполнять ультразвуковое преодоление препятствий. Когда перед роботом находится препятствие, ультразвуковой модуль измеряет расстояние от правой стороны и левой стороны робота до препятствия соответственно. Затем он переместится в сторону, которая далеко от препятствия.

Программа ультразвукового ранжирования

Установите рулевой механизм и ультразвуковой модуль на интеллектуального робота. Подключите перемычки TRIG, ECHO ультразвукового устройства в области D к контактам P17 и P5 на Raspberry Pi.

Войдите в терминал Linux и введите следующие строки:

```
cd ~/AlphaBot/python
```

```
sudo python Ultrasonic_Ranging.py
```

Результат ожидания: на экране отобразится расстояние, измеренное ультразвуковым устройством в настоящее время.

Программа ультразвукового модуля препятствий

Установите сервопривод и ультразвуковой модуль на интеллектуального робота. Подключите перемычки TRIG, ECHO ультразвукового устройства в области D к контактам P17 и P5 на Raspberry Pi.

Подключите перемычки S1 и S2C сервопривода в зоне C к контактам D9 и D10 на Arduino. (Функция линии слежения также будет использовать эти контакты, поэтому, пожалуйста, удалите соответствующие перемычки, чтобы избежать прерывания).

Войдите в терминал Linux и введите следующие строки:

```
cd ~/AlphaBot/python
```

```
sudo python Ultrasonic_Obstacle_Avoidance.py
```

Результат ожидания: «умный кот» может выполнять ультразвуковое преодоление препятствий. Когда перед роботом находится препятствие, ультразвуковой модуль измеряет расстояние от правой стороны и левой стороны робота до препятствия соответственно. Затем он переместится в сторону, которая далеко от препятствия.

Программа видео WiFi управления

Этот тест демонстрирует, как дистанционно управлять роботом через webiopi и отображать в реальном времени изображение, снятое камерой с помощью программного обеспечения mjpg-streamer. Для некоторых браузеров может быть невозможно правильно отобразить изображение, мы рекомендуем вам использовать браузер Chrome или браузер Firefox.

Шаг 1. Установите webiopi

```
cd ~/AlphaBotmjpg-AlphaBot/WebIOPi-0.7.1-raspi2
```

```
sudo ./setup.sh
```

```

pi@raspberrypi:~/AlphaBot $ cd ~/AlphaBot/mjpg-AlphaBot/WebIOPi-0.7.1-raspi2/
pi@raspberrypi:~/AlphaBot/mjpg-AlphaBot/WebIOPi-0.7.1-raspi2 $ sudo ./setup.sh

Installing WebIOPi...

Updating apt package list...
Hit http://mirrordirector.raspbian.org jessie InRelease
Hit http://mirrordirector.raspbian.org jessie/main armhf Packages
Hit http://mirrordirector.raspbian.org jessie/contrib armhf Packages
Hit http://mirrordirector.raspbian.org jessie/non-free armhf Packages
Hit http://mirrordirector.raspbian.org jessie/rpi armhf Packages
Hit http://archive.raspberrypi.org jessie InRelease
Hit http://archive.raspberrypi.org jessie/main armhf Packages
Hit http://archive.raspberrypi.org jessie/ui armhf Packages
Ign http://archive.raspberrypi.org jessie/main Translation-en_GB
Ign http://archive.raspberrypi.org jessie/main Translation-en
Ign http://archive.raspberrypi.org jessie/ui Translation-en_GB
Ign http://archive.raspberrypi.org jessie/ui Translation-en
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/contrib Translation-en_GB
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/contrib Translation-en
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/main Translation-en_GB
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/main Translation-en
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/non-free Translation-en_GB
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/non-free Translation-en
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/rpi Translation-en_GB
Ign http://mirrordirector.raspbian.org jessie/rpi Translation-en
Reading package lists... Done

```

```

Installing startup script...
Installing webiopi command...
Installing webiopi-passwd command...

Do you want to access WebIOPi over Internet ? [y/n]
y
Extracting Weaved Software into /home/pi/AlphaBot/mjpg-AlphaBot/WebIOPi-0.7.1-raspi2
Finished extracting
You are running installer script Version: v1.3
Last modified on February 3, 2015, by Mike Young.

Now launching the Weaved connectd daemon installer...

Sorry, you are running this installer on an unsupported platform. But if you go to
http://forum.weaved.com we'll be happy to help you get your platform up and running.

Thanks!

WebIOPi successfully installed
* To start WebIOPi foreground : sudo webiopi [-h] [-c config] [-l log] [-s script] [-d] {port}

* To start WebIOPi background : sudo /etc/init.d/webiopi start
* To start WebIOPi at boot : sudo update-rc.d webiopi defaults

* Weaved IoT Kit installed, log on http://developer.weaved.com to access your device

* Look in /home/pi/AlphaBot/mjpg-AlphaBot/WebIOPi-0.7.1-raspi2/examples for Python Library usage examples

pi@raspberrypi:~/AlphaBot/mjpg-AlphaBot/WebIOPi-0.7.1-raspi2 $ webiopi -h
Traceback (most recent call last):
  File "/usr/lib/python3.4/rumpy.py", line 151, in _run_module_as_main
    mod_name, mod_spec, code = _get_module_details(mod_name)
  File "/usr/lib/python3.4/rumpy.py", line 118, in _get_module_details
    return _get_module_details(pkg_main_name)
  File "/usr/lib/python3.4/rumpy.py", line 104, in _get_module_details
    spec = importlib.util.find_spec(mod_name)
  File "/usr/lib/python3.4/importlib/util.py", line 86, in find_spec
    parent = _import_(parent_name, fromlist=['_path'])
  File "<frozen importlib._bootstrap>", line 2237, in _find_and_load
  File "<frozen importlib._bootstrap>", line 2226, in _find_and_load_unlocked
  File "<frozen importlib._bootstrap>", line 1200, in _load_unlocked
  File "<frozen importlib._bootstrap>", line 1129, in _exec
  File "<frozen importlib._bootstrap>", line 1467, in exec_module
  File "<frozen importlib._bootstrap>", line 1571, in get_code
  File "<frozen importlib._bootstrap>", line 1623, in get_data
PermissionError: [Errno 13] Permission denied: '/usr/local/lib/python3.4/dist-packages/WebIOPi-0.7.1-py3.4-linux-armv7l.egg/webiopi/ init .py'

```

Проверьте установку: запустите команду `webiopi -h`. После успешной установки библиотеки вы увидите следующую информацию, как показано на рисунке ниже.

```
pi@raspberrypi ~ $ webiopi -h
WebIOPi command-line usage
webiopi [-h] [-c config] [-l log] [-s script] [-d] [port]

Options:
  -h, --help            Display this help
  -c, --config file     Load config from file
  -l, --log file        Log to file
  -s, --script file     Load script from file
  -d, --debug           Enable DEBUG

Arguments:
  port                 Port to bind the HTTP Server
pi@raspberrypi ~ $
```

Введите терминал и введите строку ниже:

```
sudo webiopi -d -c /etc/webiopi/config
```

1) Затем откройте браузер на вашем ПК или мобильном телефоне и введите IP-адрес RPi и номер порта: 8000 в адресную строку. Например, ввод `http://192.168.1.16:8000` (адрес может быть изменен в зависимости от вашего фактического состояния). Чтобы войти на сайт, вы должны ввести свой аккаунт и пароль. Имя учетной записи по умолчанию - `webiopi`, а исходный пароль - `raspberry`. После выполнения описанных выше шагов, если вы можете войти в главное меню веб-страницы WebIOPi, это означает, что среда настроена хорошо.

<http://www.waveshare.com/wiki/File:RPi-Motor-Driver-Board-Manual-2.png>

WebIOPi Main Menu

GPIO Header

Control and Debug the Raspberry Pi GPIO with a display which looks like the physical header.

GPIO List

Control and Debug the Raspberry Pi GPIO ordered in a single column.

Serial Monitor

Use the browser to play with Serial interfaces configured in WebIOPi.

Devices Monitor

Control and Debug devices and circuits wired to your Pi and configured in WebIOPi.

Под терминалом нажмите клавиши `Ctrl + C`, чтобы завершить программу.

Шаг 2. Установите и используйте `mjpg-streamer`

В этом разделе описывается новая функция: камера, поскольку RPi может быть связан с камерой. Если вашему приложению эта функция не нужна, перейдите к следующему разделу.

а) Запустите команду `raspi-config`, чтобы запустить камеру перед ее использованием:

```
sudo raspi-config
```

Затем выберите опцию «Включить камеру».

б) Для камеры с интерфейсом CSI система может не обнаружить устройство в каталоге `/dev / video0`. В этом случае вы должны добавить строку `bcm2835-v4l2` в файл `/etc / modules`.


```
sudo nano /etc/modules
```

Добавьте строку:

```
bcm2835-v4l2
```

с) После перезагрузки система загрузит имя модуля, сохраненное в этом файле, и обнаружит устройство video0 в каталоге / dev. (Обратите внимание, что буква l в команде bcm2835-v4l2 является строчной буквой L.)

г) Установите зависимые библиотеки:

```
sudo apt-get install libv4l-dev libjpeg8-dev
```

```
sudo apt-get install subversion
```

д) Скомпилируйте пример:

```
cd ~/AlphaBot/mjpg-AlphaBot/mjpg-streamer
```

```
make USE_LIBV4L2=true clear all
```

Во время выполнения команды make вы можете увидеть предупреждение: make: *** Нет правила, чтобы сделать цель 'clear'. Стоп. Это предупреждение можно игнорировать.

ф) Если произошла какая-либо ошибка, вы можете попробовать изменить содержимое файла mjpg-streamer / plugins / input_uvc / input_uvc.c,

изменение V4L2_PIX_FMT_MJPEG на V4L2_PIX_FMT_YUYV

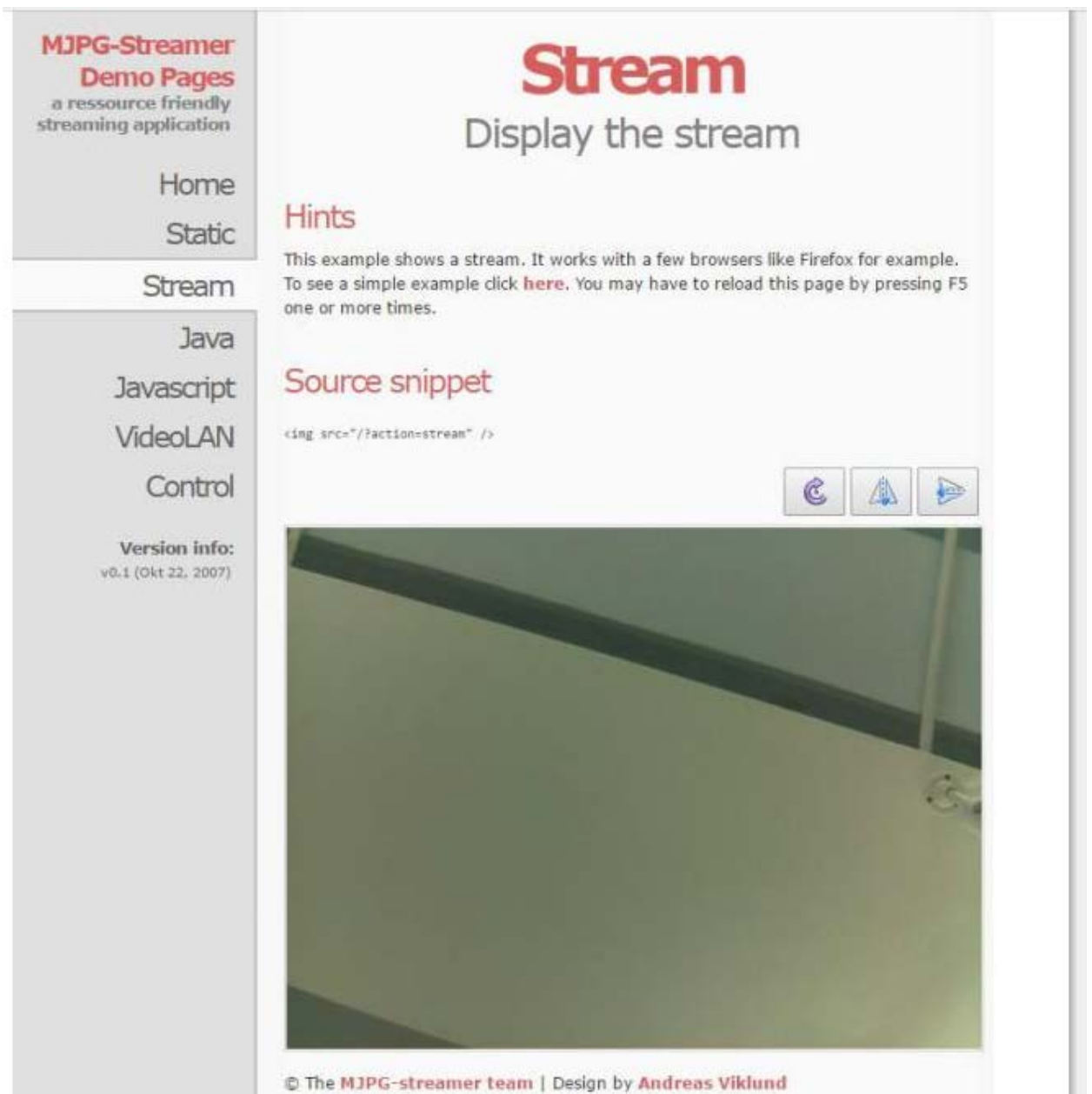
ж) Запустите mjpg-streamer:

```
sudo ./start.sh
```

Затем откройте браузер и введите IP-адрес RPi и номер порта: 8080 в адресную строку. (Замечания: номер порта здесь 8080, а не 8000, который мы использовали ранее.) На веб-сайте будет отображаться информация о стримере M-JPEG.

Выберите опцию Stream, она в реальном времени отобразит изображение, снятое камерой

<http://www.waveshare.com/wiki/File:RPi-Motor-Driver-Board-Manual-3.png>



Под терминалом нажатие клавиш Ctrl + C может завершить программу. Тем не менее, он должен быть запущен, так как он нам все еще нужен в следующих операциях.

Шаг 3. Запустите программу робота

Открыть другой терминал; не заканчивайте программу на шаге 2.

Введите каталог magpi-cambot, который содержит исходный код для управления роботом.

```
cd ~/AlphaBot/mjpg-AlphaBot/mjpg-AlphaBot
```

Измените файл index.html:

```
sudo nano index.html
```

Вы должны изменить тег html в соответствии с используемым IP-адресом Raspberry Pi.

```
<img width = "320" height = "240" src = "http://192.168.1.16:8080/?action=stream">
```

Здесь за «src» следует IP-адрес RPi: 192.168.1.16 и номер порта: 8080 (этот порт используется для передачи потока).

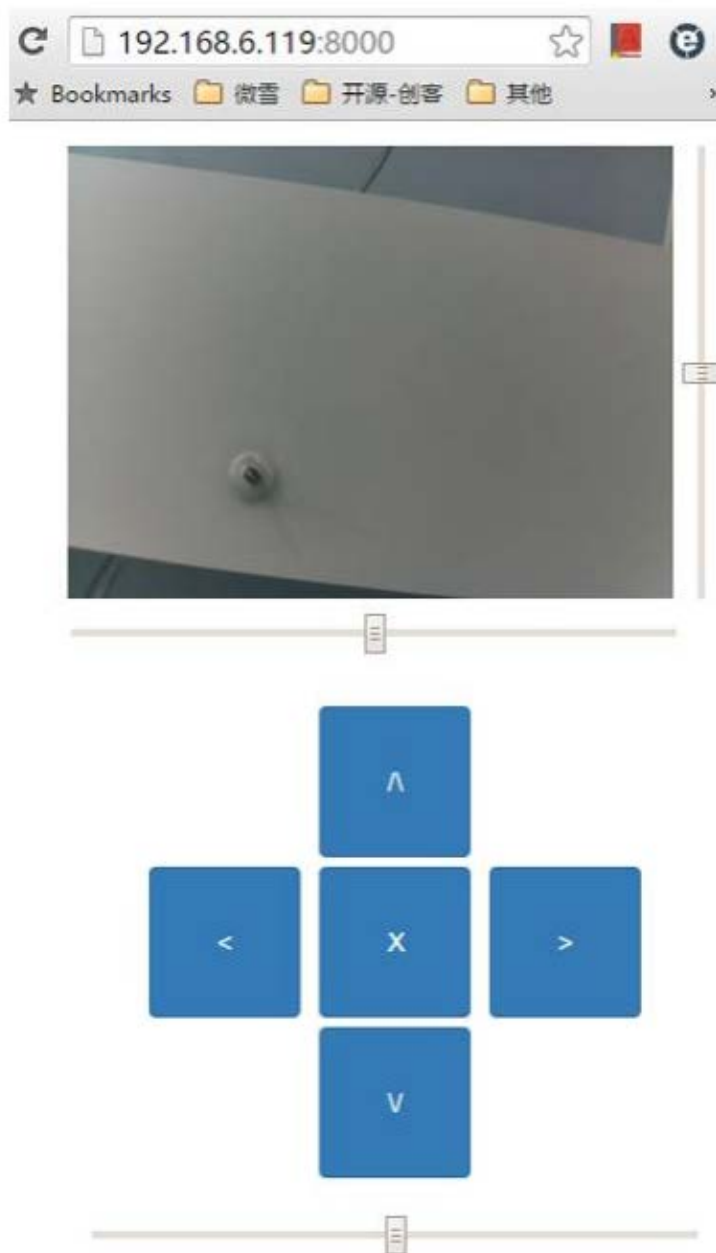
Запустите программу cambot:

```
cd ~/AlphaBot/mjpg-AlphaBot/mjpg-AlphaBot
```

```
sudo webiopi -c config
```

Затем откройте браузер и введите IP-адрес RPi и номер порта: 8000 в адресную строку. (Замечания: номер порта здесь 8000, кроме 8080.)

Изображение, снятое камерой, будет показано на веб-сайте. Нажав на значок направления на веб-сайте, вы можете контролировать действия робота.



Если вы не можете зайти на эту веб-страницу, мы рекомендуем вам использовать браузер Chrome или браузер Firefox. Кроме того, пожалуйста, убедитесь, что текущий каталог Raspberry Pi - это ~ / AlphaBot / mjpg-AlphaBot / mjpg-AlphaBot, и в этом каталоге должен быть файл index.html. А затем введите код

```
sudo webiopi -c config
```

введите index.html. Или же вы перейдете на веб-страницу главного меню WebIOPi

Автоматически запускать настройки

Заменить файл конфигурации

```
cd ~/AlphaBot/mjpg-AlphaBot/mjpg-AlphaBot
```

```
sudo cp config /etc/webiopi/config
```

Это запускает скрипт webiopi при загрузке системы.

```
sudo update-rc.d webiopi defaults
```

Отредактируйте файл / etc / local:

```
sudo vi /etc/rc.local
```

Добавьте следующие строки после строк комментариев, и вы должны убедиться, что строка «exit 0» является последним оператором. Затем сохраните и выйдите.

```
cd /home/pi/AlphaBot/mjpg-AlphaBot/mjpg-streamer
```

```
sudo ./start.sh
```

Подключите переключки мотора IN1, IN2, ENA, ENB, IN3, IN4 в области А к выводу P12, P13, P6, P26, P20, P21 на Raspberry Pi. Подключите переключки S1 и S2 сервопривода в области С к контактам P27 и P22. Перезагрузите свой Pi и введите ip в браузер с номером порта 8000, после чего вы сможете управлять роботом.

Arduino и Raspberry Pi комбинированный контроль

В приведенных выше примерах Raspberry Pi используется для управления сервоприводом и AlphaBot.

В этом случае регулировка скорости робота контролируется аналоговым ШИМ, который может занимать ресурсы ЦП. И выход ШИМ нестабилен. Чтобы получить лучший результат, мы рекомендуем использовать Arduino и Raspberry Pi вместе для управления умным роботом. Таким образом, Arduino управляет двигателем и сервоприводом, а Raspberry Pi управляет передачей видео и управлением сайтом.

Arduino и Raspberry Pi применяют последовательную связь.

1. Отключите функцию отладки последовательного порта оболочки Raspberry Pi, чтобы позволить последовательному порту работать независимо.

Замените файл конфигурации.

```
cd ~/AlphaBot/mjpg-AlphaBot/ARPI-AlphaBot
```

```
sudo cp config /etc/webiopi/config
```

Выберите AdvancedOptions-> Serial -> <No>, чтобы отключить функцию отладки последовательного порта.

Откройте файл /boot/config.txt и найдите следующую строку конфигурации, чтобы включить последовательный порт. Если вы не можете найти его, пожалуйста, добавьте строку в конце файла.

```
enable_uart=1
```

2. Скачайте программу на Arduino

Откройте Arduino IDE , выберите «Файл» -> «Пример» -> «AlphaBot» -> «E11_mjpg-AlphaBot», чтобы открыть проект. Скомпилируйте и загрузите программу на плату разработки Arduino.

Установите Arduino и Raspberry Pi на интеллектуального робота. Подключите переключки IN1, IN2, ENA, ENB, IN3 и IN4 двигателя в области А к контактам A0, A1, D5, D6, A2 и A3 Arduino соответственно. Подключите переключки S1 и S2 сервопривода в зоне С к контактам D9 и D10. Установите переключатель UART в положение ON, затем перезагрузите Raspberry Pi. Введите IP-адрес Raspberry Pi и номер порта 8000 в строке браузера, чтобы управлять умным роботом.

При сборке Arduino и Raspberry Pi не должны касаться друг друга.

Меры безопасности

Название продукта: Комплект для разработки интеллектуального робота, содержит базовую плату AlphaBot и базовую плату интеллектуального робота. Поддержка плат разработки Arduino и Raspberry Pi.

Пожалуйста, зарезервируйте следующую информацию для будущего использования.

Предосторожность

Чтобы AlphaBot, точное устройство, не сломалось или не повредилось, пожалуйста, следуйте требованиям, перечисленным ниже.

В изделии используются две батареи серии 18650 для питания с входным напряжением 7,4 В. При одновременной работе с Arduino и Raspberry Pi необходимо использовать внешний источник питания. Любой внешний источник питания должен соответствовать правилам и стандартам электропитания для вашего региона.

- Продукт следует наносить в хорошо проветриваемой среде, чтобы гарантировать рассеивание тепла источника питания и производительность продукта.

- Демонтажное шасси следует размещать на устойчивой, плоской и непроводящей поверхности, не касаясь проводящих материалов.

- Шасси может быть подключено к Raspberry Pi или Arduino или к обоим. Arduino и Raspberry Pi не должны касаться друг друга в случае совместной работы.

Установка несовместимого устройства на корпус может привести к повреждению и аннулированию гарантии.

- Продукт не должен подвергаться воздействию воды и влаги, а также не должен находиться на проводящей поверхности во время каких-либо операций.

- AlphaBot не должен касаться каких-либо источников тепла, чтобы обеспечить надежную работу в условиях нормальной комнатной температуры

- Во время любых операций защищайте печатную плату и компоненты на ней от механических или электрических повреждений.

- Не прикасайтесь к находящейся под напряжением печатной плате во время любых операций. Допускается касание края платы, что может снизить риск возникновения электростатического разряда.