



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر

پایان‌نامه‌ی کارشناسی

عنوان:

پیاده سازی اتاق هوشمند

نگارش:

فاطمه ابوطالبی، محمد امین عیسایی

استاد راهنما:

علی محمد افشین همت یار

سال تحصیلی ۹۷-۱۳۹۸

سُبْحَانَكَ اللَّهُمَّ

به نام خدا
دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی

عنوان: پیاده سازی اتاق هوشمند

نگارش: فاطمه ابوطالبی، محمد امین عیسایی

کمیته ی ممتحنین

امضا:

استاد راهنما: علی محمد افشین همت یار

تاریخ:

سپاس

از استاد بزرگوارمان که با کمک‌ها و راهنمایی‌های بی‌دریغشان ما را در انجام این پروژه یاری داده‌اند، تشکر و قدردانی می‌کنیم. هم‌چنین از آقای مهندس بهنام بحیرایی که در پیش‌برد این مقاله همکاری داشتند، صمیمانه سپاس گزاریم.

چکیده

با پیشرفت روزافزون تکنولوژی و گسترش حوزه‌ی اینترنت اشیا به منظور ایجاد سهولت در زندگی روزمره، تصمیم گرفتیم با هوشمندسازی محل کار در قسمتی از این پروژه‌ی جهانی سهم باشیم.

محل کار از بخش‌های مختلفی تشکیل می‌شود که قابلیت هوشمندسازی را دارند. با استفاده از قابلیت‌ها و کمک گرفتن از پروتکل‌های ارتباطی از جمله MQTT و دیگر پروتکل‌های ارتباطی از راه دور و هم چنین سنسورهای مختلف موجود در بازار تلاش خواهیم کرد تا به پیاده‌سازی محل کاری هوشمند نزدیک شویم و در نهایت بتوانیم محیطی مدرن و پویاتر برای کار ایجاد کنیم و آسایش را برای افراد به ارمغان بیاوریم.

این پروژه در بستر Raspberry Pi 3 Model B انجام می‌شود. Raspberry Pi مینی کامپیوتری است دارای چهل پایه، متشکل از بیست و هشت پایه‌ی GPIO و هشت پایه‌ی اتصال به زمین و چهار پایه‌ی VCC است. Raspberry Pi ماژول‌های ارتباطی مثل بلوتوث و وایفای، اترنت و ... را به صورت پیشفرض دارا است. همچنین از توزیع مخصوص سیستم عامل لینوکس Raspberry Pi، یعنی رزبین (Raspbian) استفاده خواهیم کرد.

در این پروژه قصد داریم با استفاده از Raspberry Pi و به کمک رابط‌های کاربری به پیاده‌سازی محل کاری هوشمند پردازیم.

کلید واژه: اینترنت هوشمند، خانه‌ی هوشمند، اتاق هوشمند، IoT، MQTT، Raspberry Pi

فهرست مطالب

۱۱	..... مقدمه
۱۱	..... تعریف اینترنت اشیا
۱۲	..... ساختار اینترنت اشیا
۱۳	..... کاربردهای اینترنت اشیا
۱۵	..... ریز کنترل کننده‌ها
۱۵	..... Raspberry Pi
۱۷	..... سخت افزار
۲۰	..... سیستم عامل
۲۴	..... ESP8266
۲۵	..... برنامه ریزی
۲۸	..... معماری
۲۸	..... Arduino
۲۸	..... Arduino Uno
۳۰	..... آینه‌ی هوشمند
۳۱	..... ساختار
۳۲	..... ساخت آینه‌ی یک طرفه

۳۳	..... سنسورها
۳۳	..... دوربین
۳۴	..... کارتخوان
۳۵	..... مادون قرمز
۳۵	..... کنترل از راه دور
۳۷	..... سنجش دما و رطوبت
۳۸	..... تشخیص دود
۳۹	..... موتور
۴۰	..... تشخیص حرکت
۴۲	..... MQTT
۴۲	..... معماری
۴۴	..... کیفیت خدمات
۴۴	..... امنیت
۴۵	..... بردها
۴۵	..... بدنه‌ی اصلی
۴۶	..... مدارهای جانبی
۴۸	..... منابع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱۱ اکوسیستم اینترنت اشیا ۱۱
- شکل ۲ Raspberry Pi 3 Model B ۱۶
- شکل ۳ پین‌های خروجی Raspberry Pi 3 ۱۸
- شکل ۴ لوگوی برخی از سیستم‌عامل‌های مخصوص Raspberry Pi ۲۳
- شکل ۵ مازول ESP8266-01 ۲۵
- شکل ۶ مبدل USB به TTL ۲۵
- شکل ۷ شماتیک مدار برنامه‌ریز مخصوص ESP8266-01 ۲۷
- شکل ۸ برد Arduino مدل Uno ۲۹
- شکل ۹ نمونه‌ای از یک آینه‌ی هوشمند ۳۰
- شکل ۱۰ نحوه‌ی بازتاب نور در شیشه‌های یک طرفه ۳۱
- شکل ۱۱ نمونه‌ی اولیه از ساخت آینه‌ی یک طرفه ۳۲
- شکل ۱۲ دوربین Raspberry Pi ۳۳
- شکل ۱۳ مازول کارتخوان ۳۴
- شکل ۱۴ مازول گیرنده‌ی مادون قرمز ۳۵
- شکل ۱۵ کنترل از راه دور ۳۶
- شکل ۱۶ مدار رمزگشای IR ۳۶
- شکل ۱۷ سنسور تشخیص دما و رطوبت DHT11 ۳۷
- شکل ۱۸ سنسور تشخیص گازهای سمی MQ-9 ۳۸
- شکل ۱۹ سرو موتور مدل SG90 ۴۰
- شکل ۲۰ سنسور حرکت ۴۱
- شکل ۲۱ الگوی publish/subscribe در پروتکل MQTT ۴۳

- شکل ۲۲ بخش اصلی طراحی ۴۵
- شکل ۲۳ مدار تنظیم روشنایی ۴۶
- شکل ۲۴ مدار تنظیم دما ۴۷
- شکل 25 مدار سنجش دما و میزان آلودگی هوای اتاق ۴۷

فهرست جدول‌ها

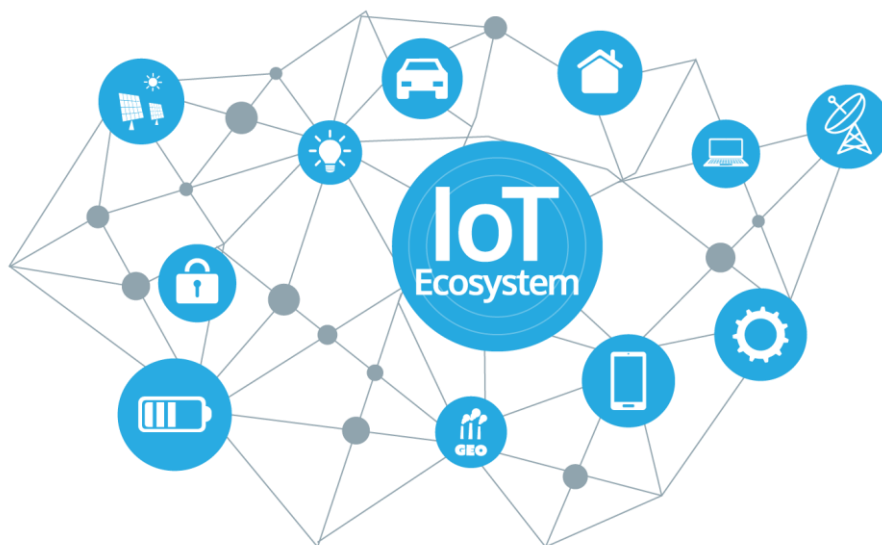
جدول ۱ مقایسه‌ی مدل‌های متفاوت Raspberry Pi	۱۹
جدول ۲ نحوه‌ی اتصال ESP8266-01 به مبدل USB-to_TTL	۲۷
جدول ۳ کدهای خروجی هر یک از دکمه‌های کنترل	۳۷

مقدمه

در این فصل در ابتدا تعریفی از اینترنت اشیا^۱ ارائه می‌شود و سپس به بررسی ساختار، ویژگی‌ها و کاربردهای آن می‌پردازیم.

تعریف اینترنت اشیا

اینترنت اشیا شبکه‌ای از دستگاه‌هایی نظیر خودروها و لوازم خانگی‌ای است که قطعات الکترونیکی، نرم‌افزار، عملگرها^۲ و توانایی ارتباط^۳ همراه خود دارند که به آن‌ها توانایی تعامل و تبادل داده می‌دهد [۱].



شکل ۱۱ اکوسیستم اینترنت اشیا

^۱ Internet of Things

^۲ Connectivity

^۳ Actuator

ساختار اینترنت اشیا

با نگاهی ساده ساختار اینترنت اشیا از سه لایه تشکیل شده است. این سه لایه از قرار زیر هستند:

۱. لایه‌ی دستگاه‌ها: در این لایه دستگاه‌هایی همانند حسگرها و محرک‌ها که با شبکه به یک دیگر متصل‌اند یافت می‌شوند. معمولاً این دستگاه‌ها از قراردادهایی^۴ همچون Modbus و Zigbee برای ارتباط با لایه‌ی درگاه لبه استفاده می‌کنند.

۲. لایه‌ی درگاه لبه: این لایه از سامانه‌های جمع‌آوری داده‌های لایه‌ی دستگاه‌ها تشکیل شده است. این لایه عملکردهایی چون پیش‌پردازش داده، برقراری ارتباط با ابر و در بعضی از موارد تحلیل‌های لبه^۵ و پردازش مه^۶ را ارائه می‌دهد.

۳. لایه‌ی ابر: این لایه از برنامه کاربردی ابری‌ای که با معماری ریزسرویس^۷ ساخته شده، تشکیل شده است. این برنامه‌ها به دلیل استفاده از قراردادهایی چون HTTP/OAuth به صورت ذاتی امن هستند و در این لایه پایگاه داده‌های فراوانی برای ذخیره‌سازی داده‌های حسگرها وجود دارند.

از نظر پیچیدگی به خاطر وجود تعداد زیاد لینک‌های متفاوت، تعاملات و ظرفیت آن برای جای دادن اعضای جدید اینترنت اشیا به عنوان یک سامانه‌ی پیچیده در نظر گرفته می‌شود.

^۴ Protocol

^۵ Edge Analytics

^۶ Fog Computing

^۷ Microservice

کاربردهای اینترنت اشیا

از میان کاربردهای فراوان اینترنت اشیا کاربردهای اصلی آن شامل خانه‌های هوشمند، مصارف پزشکی، مصارف صنعتی و مدیریت انرژی می‌باشد.

- خانه‌های هوشمند

دستگاه‌های اینترنت اشیا بخشی از مفهوم بزرگ‌تر اتوماسیون خانه‌ها^۸ که شامل نورپردازی، گرمایش، تهویه‌ی هوا، رسانه و سامانه‌های امنیتی^۹ است، می‌باشند. یک خانه‌ی هوشمند می‌تواند بر اساس یک سکو^{۱۰} یا قطب^{۱۱} که دستگاه‌های هوشمند را کنترل می‌کند بنا شده باشد. برای مثال با استفاده از Homekit شرکت Apple، تولیدکنندگان می‌توانند محصولات خود را به گونه‌ای تولید کنند که قادر باشند با یک برنامه‌ی کاربردی در سیستم عامل iOS با استفاده از دستگاهی نظیر iPhone یا Apple Watch کنترل شوند.

- مصارف پزشکی

دستگاه‌های اینترنت اشیا زیر نظرگیری سلامت از راه دور و سامانه‌های اعلان اضطراری را ممکن می‌سازند. دستگاه‌های زیر نظرگیری سلامت شامل بازه بزرگی از دستگاه‌های ساده و کوچکی نظیر اندازه‌گیری فشار خون و ضربان قلب تا دستگاه‌های پیشرفته‌ای با قابلیت زیر نظرگیری ایمپلنت‌های مخصوص نظیر قلب مصنوعی^{۱۲} باشد.

- مصارف صنعتی

^۸ Home Automation

^۹ Security System

^{۱۰} Platform

^{۱۱} Hub

^{۱۲} Pacemaker

اینترنت اشیا می‌تواند امکان یکپارچه‌سازی دستگاه‌های تولیدی مختلفی که دارای دستگاه‌های حسگر، تشخیص‌دهنده^{۱۳}، پردازش‌گر، محرک و ارتباط را محقق کند [۲].

• مدیریت انرژی

شمار زیادی از دستگاه‌های پرمصرف قابلیت اتصال به اینترنت را دارند که آن‌ها را قادر می‌سازد با مراکز تأمین حامل‌های انرژی در ارتباط باشند تا تولید و مصرف انرژی برای یک سامانه بزرگ مدیریت شود. این دستگاه‌های اجازه کنترل راه دور توسط کاربر یا کنترل مرکزی با رابط بر پایه‌ی ابر^{۱۴} را می‌دهند و عملکردهایی نظیر برنامه‌ریزی را ممکن می‌سازند.

^{۱۳} Identification

^{۱۴} Cloud-Based Interface

ریز کنترل کننده‌ها

ریز کنترل کننده‌ها^{۱۵} مدارهای مجتمع^{۱۶} با کاربردی خاص هستند که در سیستم‌های نهان^{۱۷} استفاده می‌شوند. معمولاً ریز کنترل کننده‌ها از پردازنده، حافظه و لوازم جانبی^{۱۸} تشکیل شده‌اند [۳].

در ادامه به توضیح بیشتر در خصوص دو ریز کنترل کننده‌ی Raspberry Pi و ESP8266 که در این پروژه استفاده شده‌اند، می‌پردازیم.

Raspberry Pi

Raspberry Pi یک رایانه تک برد در اندازه یک کارت اعتباری است که بنیاد Raspberry Pi آن را ساخته است تا آموزش علوم رایانه را در مدرسه‌ها تشویق کند [۴]. سه نسخه از این رایانه ساخته شده که قیمت نسخه‌های اول و دوم به ترتیب ۲۵ و ۳۵ دلار امریکا (به علاوه‌ی مالیات محلی) و نسخه سوم آن با نام zero تنها ۵ دلار است.

این رایانه دارای دیسک سخت نیست ولی به کمک حافظه SD، خود را راه اندازی می‌کند. این رایانه قادر است با سیستم عامل‌های مختلفی راه اندازی شود. سیستم عامل اولیه‌ای که با آن عرضه شد لینوکس نسخه Debian بود اما امروزه نسخه‌هایی از اندروید، ویندوز و ... نیز برای آن تهیه شده است. این رایانه با کمک یک کابل Micro USB تغذیه می‌شود. Raspberry Pi قادر است به کمک یک کابل تصویر ویدئو و یک درگاه سوزنی، خروجی صدا و تصویر داشته و یا با کابل HDMI، خروجی تصویری با دقت ویدیوی HD و صدایی استریو داشته باشد. دو درگاه USB نیز برای آن در نظر گرفته شده است که می‌توان از آن برای ارتباطات مختلف استفاده کرد. از

^{۱۵} Microcontroller

^{۱۷} Embedded System

^{۱۶} Integrated Circuit

^{۱۸} I/O Peripheral

خروجی های USB برای صفحه کلید، ماوس، شبکه بی سیم و کلید دستگاه های مورد استفاده از درگاه فوق بهره برده می شود. به کمک هاب USB می توان از پورت های بیشتری استفاده کرد. نسخه B این رایانه یک خروجی شبکه نیز دارد که به کمک آن می توان به شبکه های محلی و یا اینترنت متصل شد. از خروجی HDMI برای صدا، تصویر و کنترل آن با هم می توان بهره جست [۵].

در این پروژه از Raspberry Pi 3 Model B استفاده خواهد شد. (شکل ۲)



شکل ۲ Raspberry Pi 3 Model B

سخت افزار

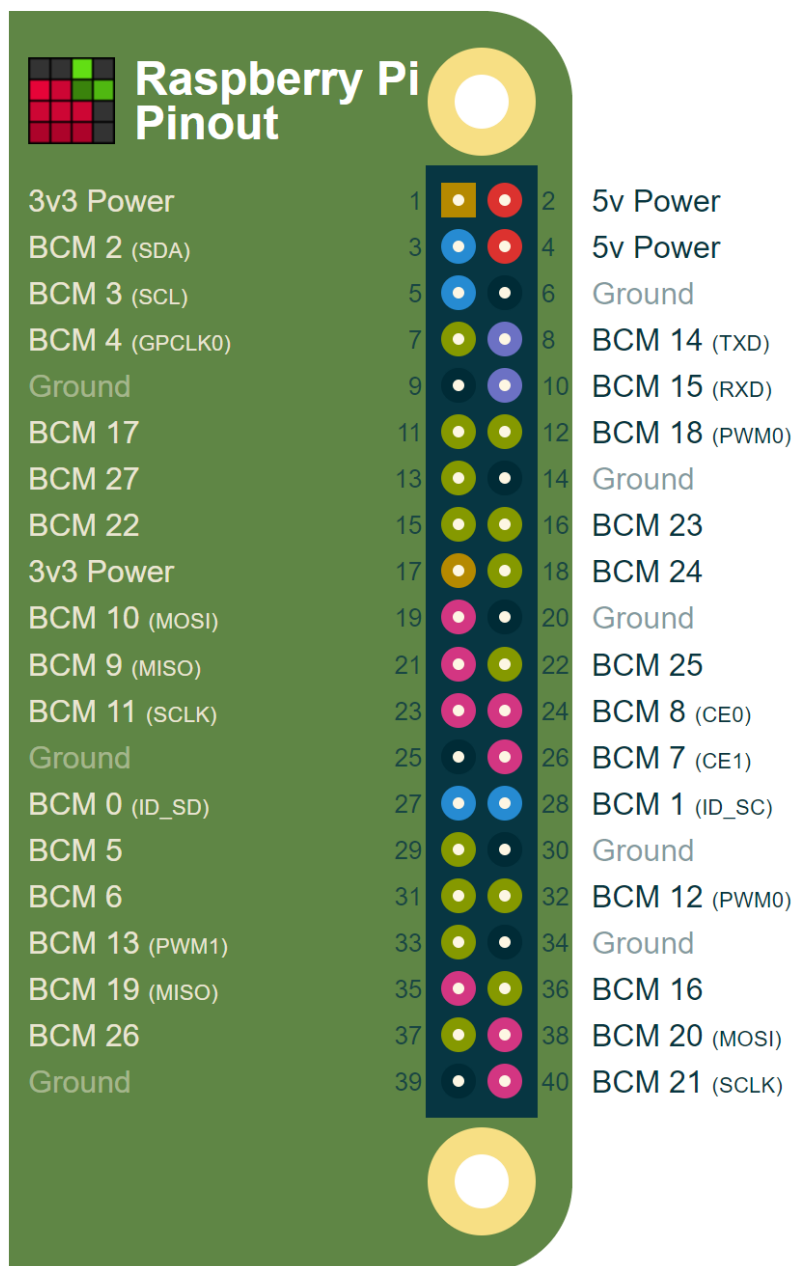
نسل‌های متفاوتی از Raspberry Pi تا به امروز عرضه شده است که تمامی این مدل‌ها دارای یک SoC^{۱۹} شامل دو بخش پردازنده و پردازنده‌ی گرافیکی^{۲۰} هستند [۶].

تا به امروز مدل‌های Raspberry Pi Model A/A+، Raspberry Pi 2 و به تازگی Raspberry Pi Zero معرفی شده است. در جدول ۱ به جزئیات هر مدل پرداخته شده است [۷].

پین‌های این مینی کامپیوتر در شکل ۳ معرفی شده‌اند [۸].

^{۱۹} System on a Chip

^{۲۰} Graphic Process Unit (GPU)



شکل ۳ پین‌های خروجی Raspberry Pi 3

سیستم عامل

بردهای Raspberry Pi توانایی اجرای سیستم عامل‌های مختلفی را دارند. در اکثر سیستم عامل‌های لینوکسی برای Raspberry Pi می‌توانید دسکتاپ و دسترسی را تغییر دهید. دانستن این سیستم عامل‌ها به قدرت انتخاب کاربران بر اساس نیاز و استفاده‌شان کمک خواهد کرد.

در این بخش انواع سیستم‌عامل‌هایی که به صورت رسمی توسط بنیاد Raspberry Pi و غیر رسمی معرفی شده‌اند را بررسی خواهیم کرد [۹].

Raspbian

Raspbian سیستم‌عاملی رایگان و بر پایه‌ی لینوکس Debian است. این سیستم عامل توسط بنیاد Raspberry Pi توسعه داده شده است. سیستم عامل Raspbian بهترین و بیشترین انتخاب کاربران است. سرعت پاسخ‌گویی و کارایی سیستم عامل بسیار عالی است. Raspbian از دسکتاپ سبک و کم‌حجم Xfce استفاده می‌کند. حجم این سیستم عامل حدود ۴ گیگابایت است. در این پروژه از این سیستم‌عامل استفاده خواهیم کرد.

Google Coder

این سیستم‌عامل به صورت رسمی از سوی گوگل ارائه شده است. با سیستم عامل Google Coder برد Raspberry Pi به یک سرور جهت برنامه‌نویسی HTML، CSS، JavaScript و NodeJS تبدیل می‌شود. قابلیت مدیریت فایل‌های هر پروژه و Live Preview نیز در این سیستم‌عامل وجود دارد.

Android

سیستم عامل اندروید مخصوص برد Raspberry Pi توسط یکی از توسعه‌دهندگان به صورت غیر رسمی ارائه شده است. آخرین نسخه آن اندروید ۷ Nougat است. حجم این سیستم عامل حدود ۴۰۰ مگابایت است. تقریباً از تمامی قابلیت‌های اندروید می‌توان در برد Raspberry Pi استفاده کرد. ولی سرعت و عملکرد آن نسبت به دیگر سیستم‌های عامل پایین‌تر است.

Chromium OS

سیستم عامل کرومیوم توسط گوگل Raspberry Pi ارائه شده است. البته به صورت غیررسمی برای Raspberry Pi پورت شده است. حجم آن حدود ۱ گیگابایت است. بهترین کاربرد این سیستم عامل سبک، وب گردی است.

Ubuntu Mate

سیستم عامل اوبونتو توزیع های مختلفی دارد. Ubuntu Mate نسخه دسکتاپ دارد. این نسخه بسیار سبک است. نسخه Ubuntu Mate مخصوص برد Raspberry Pi دقیقاً همانند نسخه دسکتاپ است. Ubuntu Mate بر پایه ی Ubuntu بوده و حجم آن ۸ گیگابایت می باشد. در مقایسه با سیستم عامل رزبین سرعت آن کمی کند است. ولی جامعه کاربری تمام تلاشش را برای بهینه سازی انجام داده است.

RaspBMC

سیستم عامل گنو/لینوکسی RaspBMC، برای تبدیل Raspberry Pi به یک مدیاستر خانگی ساخته شده است. کفایت پس از نصب سیستم عامل RaspBMC برد را به تلوزیون وصل کنید. از برخی از قابلیت های این سیستم عامل می توان به پشتیبانی از زیرنویس فارسی، پشتیبانی از اکثر فرمت های ویدئویی، پشتیبانی از فیلم های با وضوح ۱۰۸۰p و پشتیبانی از تماشای ویدئو به صورت آنلاین اشاره کرد.

Retropie

این سیستم عامل بهترین سیستم عامل برای تبدیل Raspberry Pi به یک کنسول بازی کامل می باشد. این سیستم عامل نیز بر پایه ی دبیان است و آخرین نسخه از آن حدود ۲ گیگابایت حجم دارد. Retropie به صورت پیش فرض با دسته های بازی^{۲۱} کار می کند؛ حتی از دسته های

^{۲۱} Joystick

Playstation و Xbox نیز پشتیبانی می‌کند. پکیج‌های مختلفی از شبیه‌سازهای بازی بر روی RetroPie قابل نصب هستند. بازی‌های قدیمی‌ای مانند Doom، Warcraft، Duke Nuke و ... نیز به صورت پورت شده بر روی این سیستم عامل قابل اجرا می‌باشند.

Lakka

این سیستم عامل مانند RetroPie بوده؛ اما با قابلیت‌ها و حجم کم‌تر. سرعت رابط کاربری آن نیز کمی از RetroPie بیش‌تر است. حجم آن حدود ۱۴۰ مگابایت می‌باشد. لاکا فقط از کنسول‌های معروف مانند Play Station 1 و PSP پشتیبانی می‌کند.

RISC OS Open

سیستم عامل RISC OS مخصوص پردازنده‌های ARM طراحی شده است. این سیستم عامل برپایه هیچ یک از سیستم عامل‌های لینوکس و یونیکس نمی‌باشد.

Windows 10 IoT Core

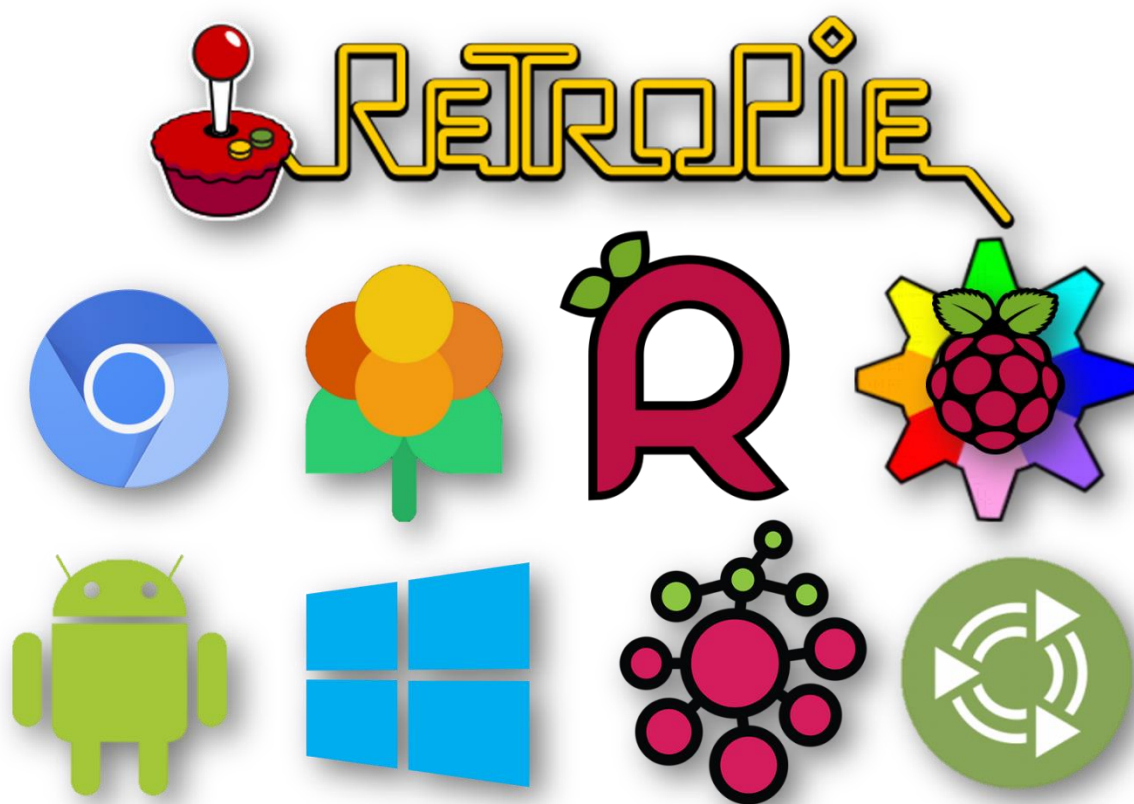
سیستم عامل IoT Core روی برد Raspberry Pi و Minnowboard Max قابل اجراست. سیستم عامل ویندوز IOT روی دستگاه‌های بدون نمایشگر هم کار کند. از آنجایی که IoT Core نسخه کم حجم شده ویندوز ۱۰ است؛ در آن رابط کاربری پنجره‌ای و دسکتاپ را نمی‌بینید. بلکه توسعه دهندگان باید اپلیکیشن فراگیر را پیاده سازی نمایند که نقش رابط کاربری را عهده دار شود.

PiNet

سیستم عامل پای نت با نگرش استفاده در کلاس‌های درس طراحی شده است. یک Raspberry Pi به عنوان سیستم مرکزی با سیستم عامل پای نت PiNet به عنوان سیستم مرکزی و دیگر بردهای Raspberry Pi در کلاس درس به آن متصل می‌شوند. هر دانش آموز دارای نام کاربری و گذر واژه خواهد بود. با این روش فعالیت‌های کلیه دانش آموزان قابل ردیابی است. همچنین طراحی سیستم عامل پای نت PiNet کلا از کف انجام شد است. از این رو تمامی نکات مورد نیاز در کلاس درس در آن اعمال شده است.

Noobs

پیشنهاد بنیاد Raspberry Pi برای تازه کارها استفاده از سیستم عامل نوبز Noobs است. این سیستم عامل سبک و سریع است. نوبز Noobs مخفف New Out Of Box Software می باشد. نصب نوبز بسیار ساده است و پس از نصب آن می توان عامل های مورد نظر را از لیست انتخاب کرد تا خودشان اتوماتیک نصب شوند. به عبارتی یک رابط برای نصب سیستم عامل های دیگر است.



شکل ۴ لوگوی برخی از سیستم عامل های مخصوص Raspberry Pi

ESP8266

ESPها میکروکنترلرهای کوچک و ارزان قیمتی هستند که می‌توانند به شبکه‌ی Wi-Fi وصل شده و به راحتی ارتباطی از جنس TCP/IP برقرار کنند. با استفاده از این ماژول به راحتی می‌توان دستگاه‌های الکترونیکی را از راه دور و از طریق اینترنت کنترل کرد. این ماژول‌ها توان مصرفی کمی دارند.

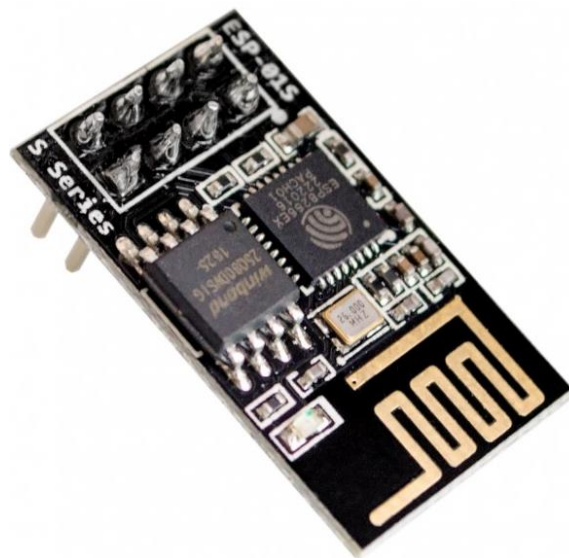
ماژول‌های ESP انواع متفاوتی دارند که تمامی آن‌ها از یک پردازنده‌ی یکسان استفاده می‌کنند و تفاوت اصلیشان در تعداد پایه‌های در دسترس است. هر نوع فواید و مضراتی دارد که بسته به هدف پروژه باید انتخاب شود. در این پروژه از ماژول ESP8266-01 استفاده شده است.

این نوع ESP یکی از پر استفاده‌ترین انواع ESP است که البته کار با آن به سادگی دیگر انواع آن نیست. این نوع ESP ابعاد کوچکی داشته و به نسبت دیگر مدل‌ها ارزان‌تر است. دارای ۸ پایه بوده (شکل ۵) و به راحتی در بازار ایران یافت می‌شود.

در این پروژه قصد داریم با استفاده از یک مودم و پروتکل MQTT اطلاعات را از Raspberry Pi به شبکه‌ی محلی^{۲۲} منتقل کرده و ESP از شبکه دریافت کرده و اطلاعات را از طریق GPIO به دستگاه متصل به آن می‌دهد. (دقت شود که این پروژه مبنی بر شبکه‌ی محلی است و از اینترنت استفاده‌ای نمی‌کند).

در این پروژه از سه ESP8266-01 استفاده می‌شود. ESP اول مربوط به کنترل نور، ESP دوم مربوط به سیستم تهویه و خنک کننده و آخرین ESP نیز برای بررسی آلودگی و دمای هوای داخل اتاق استفاده می‌شود.

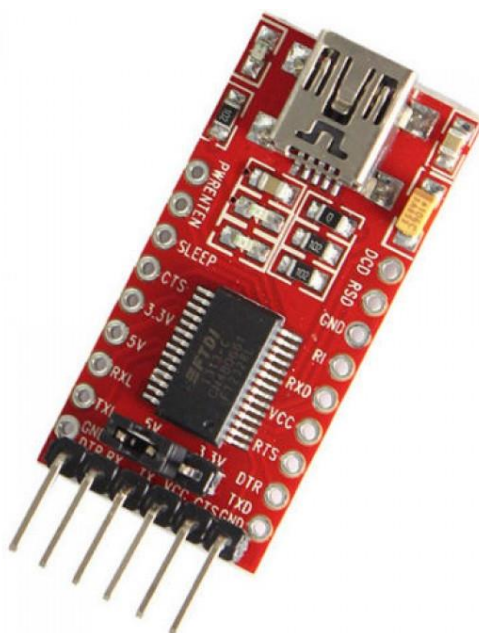
^{۲۲} Local Network



شکل ۵ ماژول ESP8266-01

برنامه‌ریزی

ESPها با استفاده از روش‌های متفاوتی قابل برنامه‌ریزی هستند که راحت‌ترین روش آن استفاده از مبدل USB به TTL (شکل ۶) است.



شکل ۶ مبدل USB به TTL

مبدل USB به سریال، ابزاری است که برای ارسال و دریافت داده‌ها از یک رابط UART مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مبدل به برنامه‌نویسی برای میکروکنترلرها ندارد و قابلیت ارسال و دریافت داده‌ها را بین ماژول‌های UART مانند GSM, GPS, بلوتوث، Wi-Fi و ... و همچنین کامپیوتر از طریق پورت USB را دارد. با استفاده از مبدل USB به سریال، به راحتی می‌توانید پروژه یا محصول خود را به رابط USB مجهز کنید. این مبدل، امکان برقراری ارتباط با کامپیوتر از طریق پورت USB را فراهم می‌کند. در حقیقت با اتصال این مبدل به کامپیوتر و نصب برنامه درایور، یک پورت سریال مجازی به پورت‌های کامپیوتر افزوده می‌شود. این مبدل قابلیت کار با سیستم عامل‌های متفاوت را دارا می‌باشد. با استفاده از این ماژول بردهایی که فاقد پورت USB هستند را به راحتی می‌توان برنامه‌ریزی کرد.

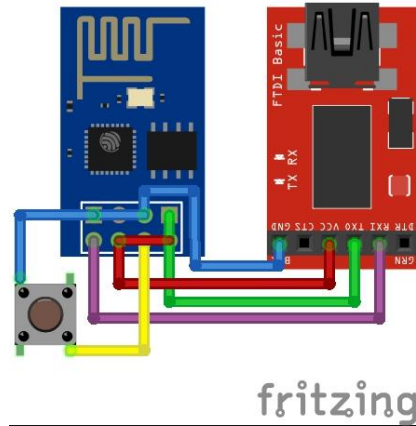
برای اتصال ESP8266-01 به مبدل کافی است به شیوه‌ای که در ادامه گفته شده است می‌توان عمل کرد (جدول ۲ و شکل ۷)

هنگامی که ESP در حالی روشن شود که پایه‌ی GPIO0 آن به زمین وصل باشد، ESP به حالت برنامه‌ریزی شدن رفته و آماده‌ی نوشتن روی حافظه‌ی خود می‌شود. پس حتماً دقت شود که قبل از اتصال پایه‌ی VCC به ولتاژ 3.3v، پایه‌ی GPIO0 به زمین وصل شده باشد.

دقت شود که بیشتر از 3.3v به ESP نباید ولتاژ داده شود. پس ولتاژ مبدل حتماً باید روی 3.3v تنظیم شود.

در صورتی که از دکمه^{۲۳} استفاده نمی‌کنید، پایه‌ی Reset را مستقیماً به VCC وصل کنید.

^{۲۳} Button



شکل ۷ شماتیک مدار برنامه ریز مخصوص ESP8266-01

اتصال
به مبدل USB-

ESP8266-01	USB-to-TTL Converter
TX	RX
GND	GND
CH_PD	VCC
GPIO2	-
RST	Button
GPIO0	GND
VCC	VCC
RX	TX
GPIO2	RX

جدول ۲ نحوه ی
ESP8266-01
to_TTL

معماری

این میکروکنترلر ۳۲ بیتی بوده و معماری آن RISC^{۲۴} است. ESPها توان مصرفی بسیار کمی دارند و بیشترین مقدار کلاک آنها به 160 MHz می‌رسد. همچنین دارای 1 MiB حافظه‌ی Flash و 32KiB حافظه مختص دستورات^{۲۵} می‌باشد.

Arduino

Arduino یک پلتفرم سخت‌افزاری و نرم‌افزاری متن‌باز^{۲۶} است. پلتفرم Arduino شامل یک ریزپردازنده‌ی تک‌بردی^{۲۷} است که قسمت سخت‌افزار Arduino را تشکیل می‌دهد. علاوه بر این یک IDE به منظور برنامه‌نویسی برای بردهای Arduino طراحی شده‌است. پلتفرم Arduino به منظور تولید سریع و ساده پروژه‌های سخت‌افزاری تعاملی و ساخت وسایلی که با محیط تعامل داشته باشند طراحی شده‌است. البته بردهای Arduino اهداف آموزشی را نیز دنبال می‌کنند.

اغلب بردهای Arduino که تمام آنها سخت‌افزار متن‌باز هستند بر پایه ریزپردازنده‌ی AVR Atmel و تعداد کمی از بردهای Arduino بر پایه ریزپردازنده‌های ARM Atmel طراحی شده‌اند.

Arduino Uno

برد Arduino Uno که پرکاربردترین برد Arduino و برد پایه Arduino در اکثر دوره‌های آموزش Arduino است و بر پایه میکروکنترلر AVR ATmega328 ساخته شده‌است، دارای رابط یواس‌بی جهت بارگذاری برنامه و ارتباط با کامپیوتر، ۶ پین ورودی آنالوگ و همچنین ۱۴ پین ورودی/خروجی دیجیتال است که شما را قادر می‌سازند تا برد Arduino را به قطعات، سنسورها،

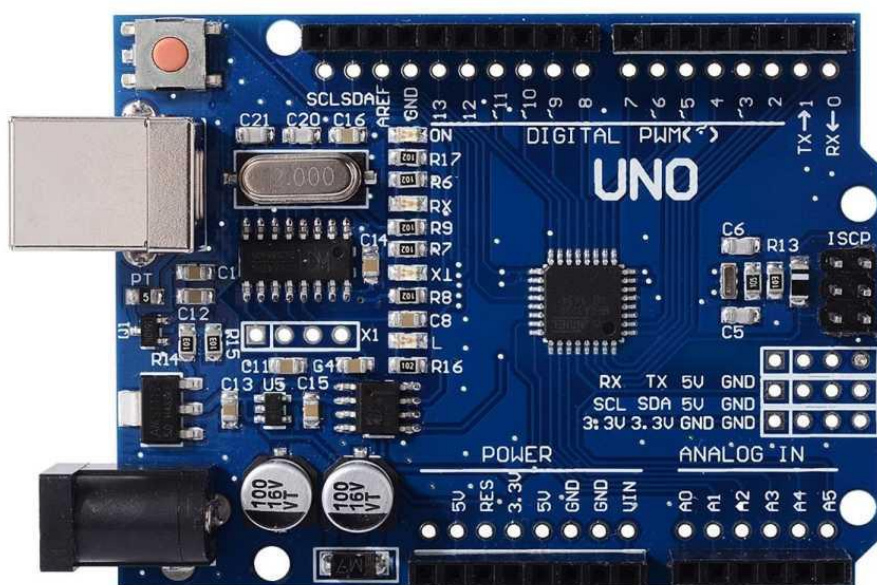
^{۲۴} Reduced Instruction Set Computer

^{۲۵} Instruction RAM

^{۲۶} Open Source

^{۲۷} Single Board

بردها و ماژول‌های دیگری متصل کنید. تعداد ورودی خروجی‌های آنالوگ و دیجیتال در مدل‌های مختلف بردهای Arduino با توجه به میکروکنترلر اصلی استفاده شده بر روی برد متفاوت است. در این پروژه در بخشی از بخش‌ها مخصوصاً برای تست ماژول‌ها و یادگیری کار با آن‌ها از این برد استفاده کردیم. (شکل ۸)

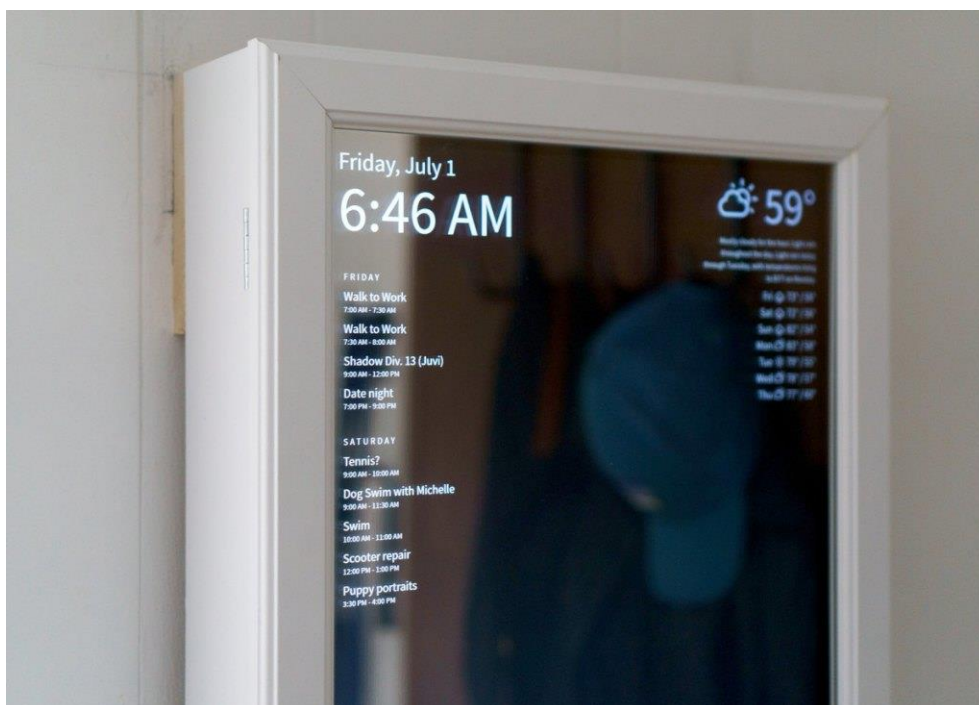


شکل ۸ برد Arduino مدل Uno

آینه‌ی هوشمند

در این پروژه از یک آینه‌ی هوشمند به عنوان صفحه نمایش گر پروژه استفاده خواهیم کرد.

آینه‌ی هوشمند آینه‌ای است که علاوه بر نشان دادن تصویر شما، قابلیت نمایش اطلاعاتی نظیر زمان، آب و هوا، تاریخ و ... را همزمان با بازتاب تصویر را داراست.

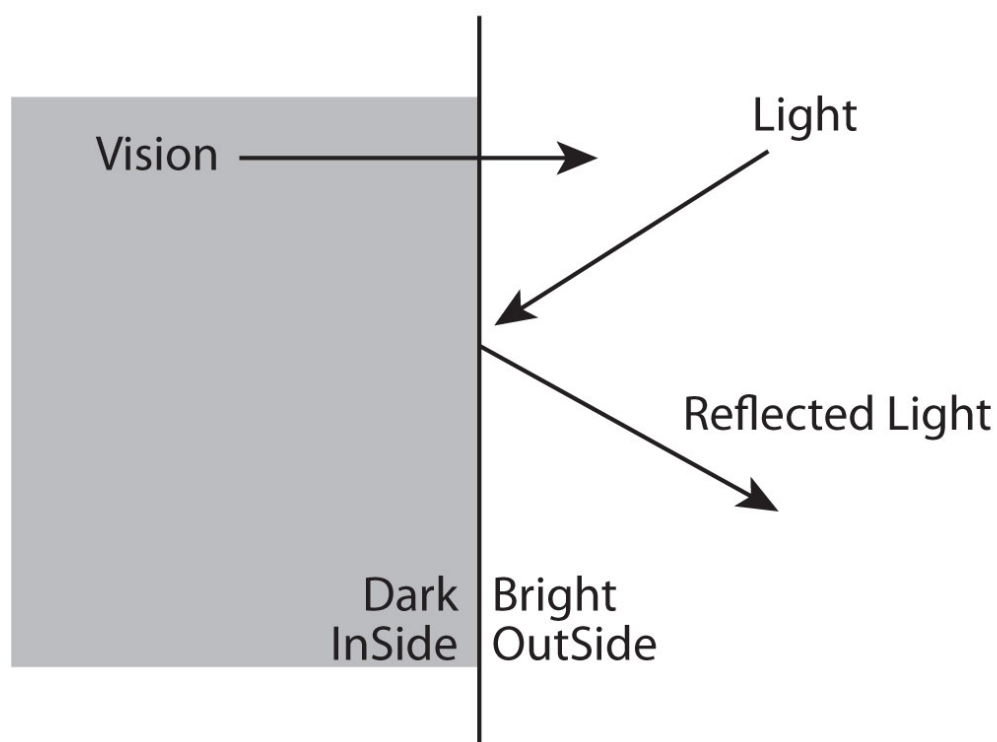


شکل ۹ نمونه‌ای از یک آینه‌ی هوشمند

ساختار

برای ساخت این آینه‌ها به یک آینه‌ی یک طرفه^{۲۸}، یک صفحه‌ی نمایشگر در پشت آینه و یک ریزپردازنده نیاز است؛ که در این پروژه از Raspberry Pi استفاده شده است.

آینه‌های یک طرفه آینه‌هایی هستند که یک طرف آن نور را از خود عبور داده و طرف دیگر نور را بازتاب می‌کند. این آینه‌ها با نام‌های شیشه‌ی یک طرفه و آینه‌های دو طرفه نیز یافت می‌شوند. (شکل ۹)



شکل ۱۰ نحوه‌ی بازتاب نور در شیشه‌های یک طرفه

^{۲۸} One-Way Mirror

با توجه به توضیحی که در خصوص این نوع آینه داده شد، از هر ابزار دیگری مانند شیشه‌های کوتینگ آلومینیوم یا کروم، پلکسی‌های یک‌طرفه و ... که همچنین خاصیتی داشته باشد نیز می‌توان استفاده کرد. از آن رو که تهیه‌ی چنین آینه‌ای هزینه‌بر بود؛ به ساخت یک آینه‌ی یک‌طرفه پرداختیم؛ که در ادامه بیشتر توضیح داده خواهد شد.

ساخت آینه‌ی یک‌طرفه

برای این کار ابتدا باید با استفاده از تینر بخش رنگی پشت آینه را به آرامی سایید. سپس با یک سمباده‌ی بسیار نرم اندکی از ضخامت جیوه‌ی پشت آینه را کم کرد تا نور بتواند از آن عبور کند. حال با انداختن تصویری سفید با پس زمینه‌ای سیاه بر روی نمایش‌گر و قرار دادن آن در پشت آینه می‌توان تغییر به وجود آمده را مشاهده کرد.



شکل ۱۱ نمونه‌ی اولیه از ساخت آینه‌ی یک‌طرفه

سنسورها

دوربین

برای تشخیص چهره‌ی افراد توسط آینه‌ی هوشمند به منظور ورود به حساب کاربری فرد، نیاز به یک دوربین می‌باشد. در این پروژه از دوربین مخصوص Raspberry Pi استفاده شده است.

این دوربین ۵ مگاپیکسل بوده و به راحتی با کابل فلت به پایه‌ی مخصوصی به Raspberry Pi متصل می‌شود. (شکل ۱۲)

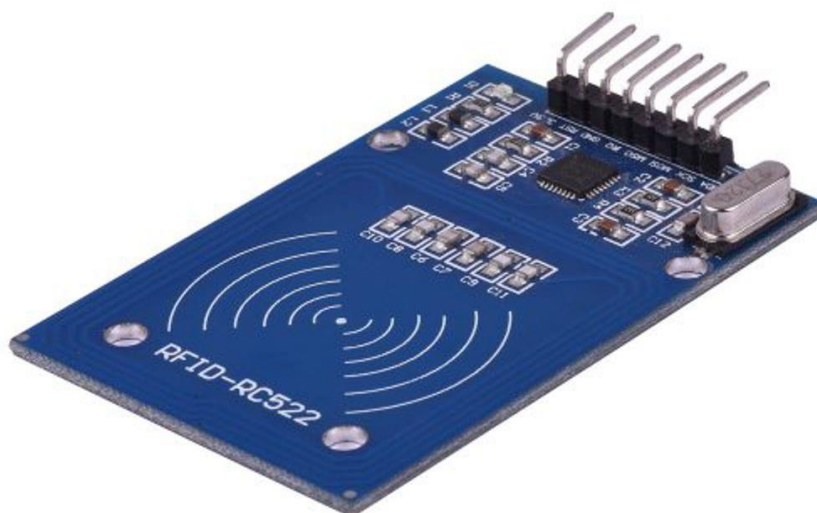


شکل ۱۲ دوربین Raspberry Pi

کارتخوان

تراشه MF RC522 برای خواندن و نوشتن غیر تماسی تگ‌های RFID در فرکانس 13.56 MHz به کار می‌رود. راه اندازی با ولتاژ پایین، قیمت کم، اندازه کوچک ارتباط بدون تماس چیپ برای خواندن و نوشتن روی کارت و انتقال دو طرفه دیتا با سرعت 424 kb/s این چیپ را برای دستگاه‌های هوشمند و قابل حمل مناسب ساخته است. ماژول RC522 دارای قابلیت استفاده آسان با بردهای Arduino و کاربری مناسب در توسعه‌ی تجهیزات و کارت خوان‌های RF می‌باشد. این ماژول از یک مودلایسون برجسته و دمدوله کردن کاملاً یک پارچه برای ارتباط بدون تماس در محدوده فرکانسی 13.56 MHz بهره می‌گیرد. این ماژول می‌تواند به طور مستقیم در قالب‌های مختلف ریدر به کار رود [۱۰].

ولتاژ 3.3V، جریان مصرفی 13-26 mA، ارتباط از طریق رابط SPI و سرعت انتقال داده 10 Mb/s از مشخصات این ماژول است. ارتباط برقرار شده توسط این ماژول پایدار و قابل اطمینان است [۱۰].



شکل ۱۳ ماژول کارتخوان

مادون قرمز

سنسورهای IR یا مادون قرمز سنسورهای کوچکی هستند که مقدار موج مادون قرمزی که از شی رو به رویشان تابش می‌شود را می‌توانند بسنجند. (شکل ۱۴)



شکل ۱۴ ماژول گیرنده‌ی مادون قرمز

از این سنسور در کنار تمامی ریزپردازنده‌های ESP8266 قرار گرفته است تا علاوه بر تنظیم خودکار سیستم، کاربر بتواند به صورت دستی با استفاده از یک ریموت کنترل نیز خانه‌ی خود را اداره کند.

کنترل از راه دور

کنترل‌های از راه دور^{۲۹} وسایلی هستند که با استفاده از یک سنسور فرستنده‌ی IR استفاده می‌کنند و الگویی از موج مادون قرمز را می‌فرستند. گیرنده با دریافت موج و رمزگشایی آن اطلاعات ارسالی را می‌کند. (شکل ۱۵)

^{۲۹} Remote Control

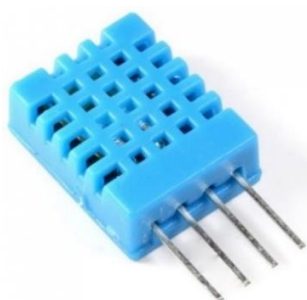
جدول ۳ کدهای خروجی هر یک از دکمه‌های کنترل

Button	HEX Code	Button	HEX Code
UP	8503705D	5	14789DB9
DOWN	DEB0C861	6	F7708F
OFF	D4DD0381	7	F708F7
ON	F7C03F	8	F78877
R	E85952E1	9	6A844445
G	78CDA4DD	10	9DE75E1D
B	A2672345	11	F794B621
W	F7E01F	12	F76897
1	F710EF	FLASH	F7D02F
2	6471EC7D	STORBE	F7F00F
3	9D52009D	FADE	F7C837
4	84044BBD	SMOOTH	F7E817

سنجش دما و رطوبت

سنسور رطوبت DHT11 (شکل ۱۷)، یک سنسور ارزان قیمت جهت سنجش دما و رطوبت هواست که به راحتی می‌تواند به برد Arduino و یا سایر میکروکنترلرها متصل گردد. اندازه کوچک این سنسور، مصرف کم انرژی و انتقال سیگنال به مسافتی بیش از ۲۰ متر، آن را به یکی از بهترین گزینه‌ها جهت استفاده در پروژه‌های مختلف، بدل کرده است [۱۱].

البته، نوع دیگری از سنسورهای تشخیص رطوبت و دمای سری DHT به نام DHT22 نیز موجود می‌باشد که نسبت به مدل DHT11 دقیق‌تر و البته گران‌تر است.



شکل ۱۷ سنسور تشخیص دما و رطوبت DHT11

تشخیص دود

سنسورهای تشخیص دود و گاز سری MQ، نسبت به طیف گسترده‌ای از گازها حساس‌اند و در خانه و دمای اتاق قابل استفاده هستند. این سنسورها از هیتر داخلی کوچک و سنسور الکتروشیمیایی برای تشخیص دود و گاز استفاده می‌کنند. سنسورهای MQ می‌توانند کالیبره شوند اما برای این کار، باید غلظت گاز و یا گازها را بدانند [۱۲].

سنسور گاز MQ9 (شکل ۱۸) که در این پروژه از آن استفاده می‌شود، دارای حساسیت بالا نسبت به کربن مونواکسید، متان و LPG است. این سنسور می‌تواند برای تشخیص گازهای شامل CO و گازهای قابل احتراق به کار رود. جنس مواد حساس این سنسور SnO_2 است که رسانایی پایینی در هوای پاک دارد. عملکرد تشخیص این سنسور از طریق بالا و پایین رفتن دما است و گاز CO را وقتی که دما پایین می‌آید شناسایی می‌کند. رسانایی سنسور با افزایش غلظت گاز زیاد می‌شود. هنگامی که دما افزایش می‌یابد این سنسور گاز متان و پروپان و دیگر گازهای قابل اشتعال را تشخیص می‌دهد و گازهای دیگر جذب شده در دمای کم را رها می‌کند [۱۲].



شکل ۱۸ سنسور تشخیص گازهای سمی MQ-9

موتور

سرو موتور^{۳۰} به صورت کلی یک الکتروموتور هست که یک سری مدارات الکترونیکی مانند درایوها در کنار آن قرار دارد و الکتروموتور حاوی شفت عمل گردش را به عهده دارد و تجهیزات الکترونیکی هم وظیفه دقت دادن به الکتروموتور را بر عهده دارند و این دقت شامل کنترل زاویه، کنترل شتاب، کنترل سرعت و ... می شود.

سرو موتور ها در انواع گیربکس دار و بدون گیربکس وجود دارند و در اندازه های خیلی کوچک تا اندازه های بزرگ تولید می شوند که اندازه های کوچک در پروژه های رباتیک و تجهیزات مکاترونیکی استفاده شده و اندازه های بزرگ هم در ساخت تجهیزات صنعتی مانند دستگاه های CNC استفاده می شود.

در این پروژه با اضافه کردن یک پروانه به این عملگر، از آن به عنوان سیستم خنک کننده ی محیط استفاده می شود.

^{۳۰} Servo Motor



شکل ۱۹ سرو موتور مدل SG90

تشخیص حرکت

حسگرهای PIR^{۳۱} از حسگر IR ساخته شده‌اند. این حسگرها قابلیت تشخیص حرکت را دارند اما در خصوص نوع حرکت اطلاعی نمی‌دهند.

هر جسمی مقداری گرما از خود متصاعد می‌کند. حسگر IR موج مادون قرمز ناشی از فرد را دریافت کرده و سیگنال ارسال می‌کند.

در این پروژه این حسگر در جلوی آینه نصب می‌شود تا هنگامی که فرد رو به روی آینه قرار گرفت، آینه حضور فرد را تشخیص داده، از حالت نیمه خاموش درآمده و چهره‌ی فرد مقابل را تشخیص دهد.

^{۳۱} Passive Infrared



شکل ۲۰ سنسور حرکت

MQTT

به طور کلی اینترنت اشیا، همانند اینترنت، دارای یک مدل لایه لایه، است. در شکل ۱۳-۱ می توان مدل پیشنهادی اینترنت و اینترنت اشیا را در یک تصویر مشاهده نمود. همانطور که در شکل ۱۳-۱ مشاهده می شود یکی از این لایه ها، همانند مدل پیشنهادی اینترنت، لایه کاربرد^{۳۲} نام دارد [۱۳].

پروتکل MQTT^{۳۳} یک پروتکل مبتنی بر رویکرد publish/subscribe طراحی گردیده است. این پروتکل در ابتدا به وسیله شرکت IBM توسعه یافت و اکنون یک استاندارد باز می باشد. از مزایای این پروتکل به سبک بودن^{۳۴}، سازگار بودن با تمام دستگاه ها و پیاده سازی ساده آن می توان اشاره کرد. این قابلیت ها سبب شده است که این پروتکل در موقعیت های متفاوتی از جمله ارتباط بین دو ماشین^{۳۵} استفاده شود. در ادامه به معرفی بیشتر این پروتکل پرداخته خواهد شد [۱۳].

معماری

معماری ساختار MQTT به صورت client/server است. همان طور که در شکل ۱۳-۲ مشاهده می شود، در این پروتکل تعدادی client با توپولوژی ستاره ای به یک server که با نام واسط^{۳۶} شناخته می شود در بستر TCP متصل می شوند [۱۳].

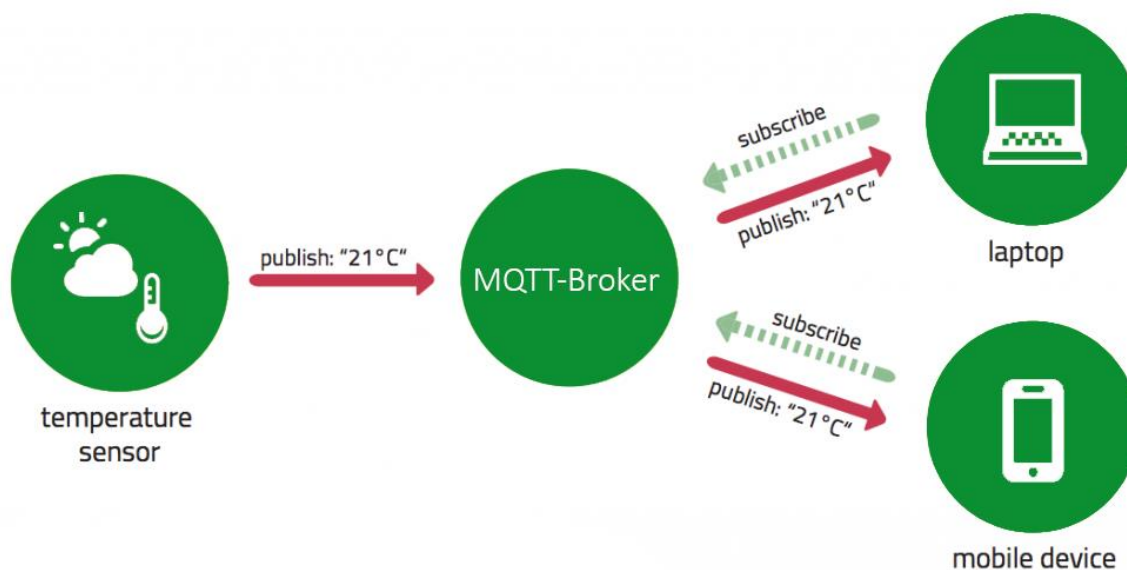
^{۳۲} Application Layer

^{۳۳} Message Queuing Telemetry Transport

^{۳۴} Light Weight

^{۳۵} Machine to Machine (M2M)

^{۳۶} Broker



شکل ۲۱ الگوی publish/subscribe در پروتکل MQTT

پروتکل MQTT مبنی بر انتقال پیام است؛ یعنی واسط وظیفه‌ی انتقال پیام‌ها بین client را دارد. هر پیام دارای یک موضوع^{۳۷} است. واسط با توجه به موضوع پیام ارسال شده، پیام را به تمامی clientهایی که این موضوع را دارند (به جز client فرستنده‌ی پیام) می‌فرستد. در این پروتکل هر client می‌تواند پیام‌هایی با موضوعات متفاوت را بفرستد و دریافت کند. به عنوان نمونه سنسور دما، دمای محیط را با موضوع "temperature" ارسال می‌کند. واسط پیام را دریافت کرده و به دستگاه یا دستگاه‌هایی که با این موضوع اشتراک^{۳۸} می‌فرستد. در صورتی که واسط مشترکی^{۳۹} با این موضوع پیدا نکند، پیام را ذخیره کرده و به محض متصل شدن یک کلاینت با این موضوع، تمامی پیام‌های این موضوع را برای client مشترک می‌فرستد. از آن جایی که این پروتکل حافظه‌ی محدودی دارد، تنها قادر است پیام‌های اخیر را ذخیره کند [۱۳].

^{۳۷} Topic

^{۳۹} Subscriber

^{۳۸} Subscribe

کیفیت خدمات

پروتکل MQTT، سه سطح برای کیفیت خدمات^{۴۰} ارائه می‌دهد. این سطوح عبارتند از:

Fire and Forget: این سطح، تنها پیغام مربوطه را ارسال کرده و خود را درگیر این موضوع که آیا گیرنده پیغام را دریافت کرده‌است یا خیر، نمی‌کند.

Delivered at Least Once: در این سطح، سعی می‌شود تا حداقل یک نمونه از پیغام مربوطه به دست گیرنده برسد.

Delivered Exactly Once: این سطح، همواره یک بسته پیغام را ارسال کرده و منتظر پاسخ ACK آن از سمت گیرنده می‌شود و سپس بسته بعدی را ارسال می‌کند. بنابراین با این سازوکار همواره این اطمینان وجود دارد که از هر بسته دقیقاً یک نمونه به دست گیرنده می‌رسد و نیاز به دور ریختن نمونه‌های اضافی بسته‌ها نیست [۱۳].

امینت

برای برقراری ملزومات امنیتی، ممکن است واسط از کارخواهان در هنگام برقراری ارتباط، نام کاربری و رمز عبور را درخواست کند. همچنین برای اطمینان از امنیت تبادل اطلاعات در این پروتکل ممکن است ارتباط TCP با پروتکل SSL/TLS رمز شود.

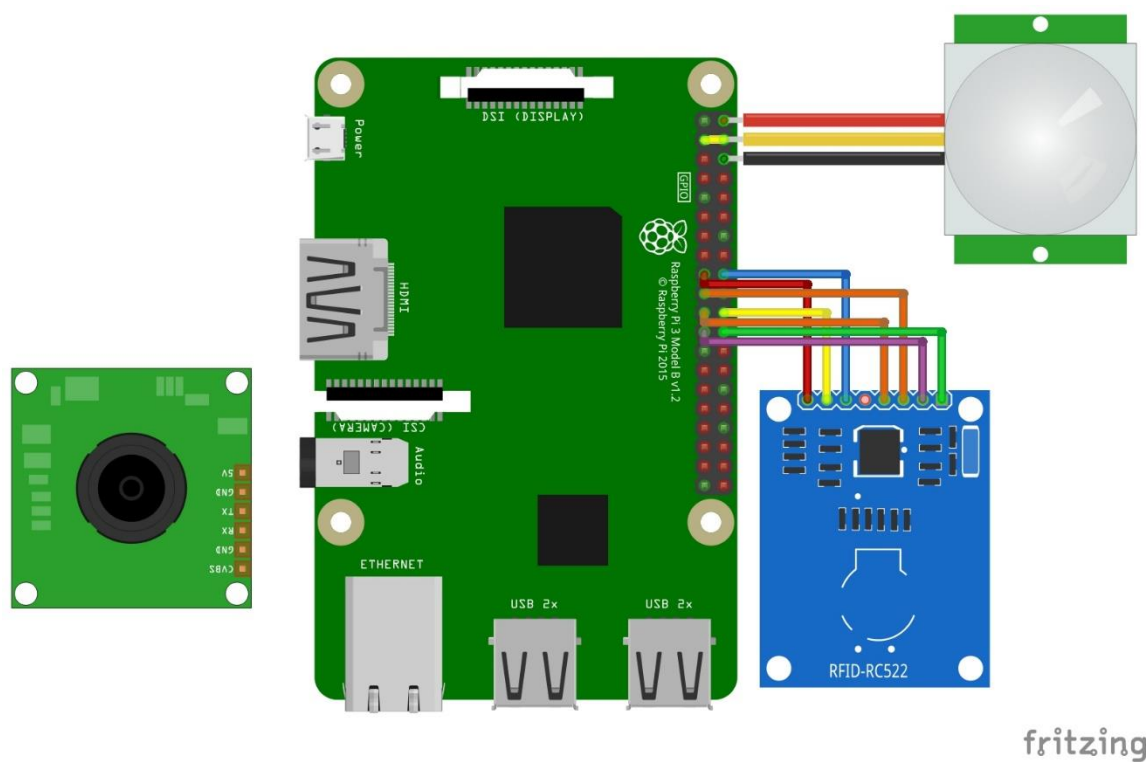
^{۴۰} Quality of Service (QoS)

بردها

بدنه‌ی اصلی

دوربین به طور مستقیم با استفاده از کابل فلت به درگاه دوربین متصل می‌شود.

همچنین Raspberry Pi با استفاده از کابل HDMI به صفحه‌ی نمایش گسترش یافته متصل می‌شود.



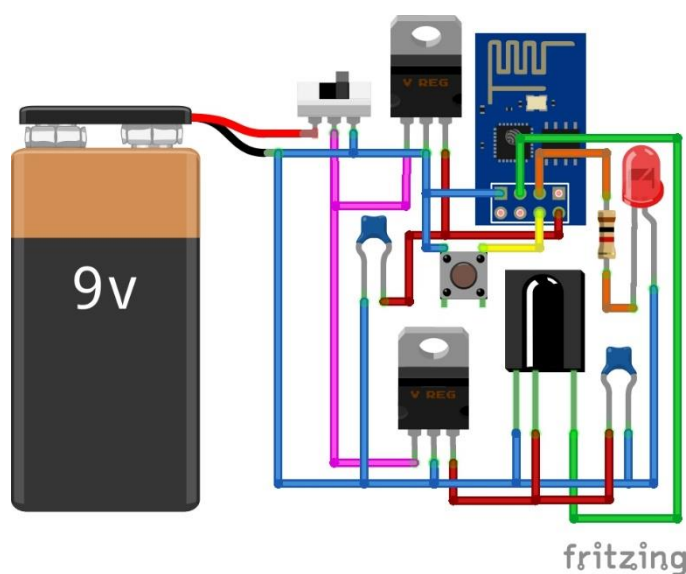
شکل ۲۲ بخش اصلی طراحی

مدارهای جانبی

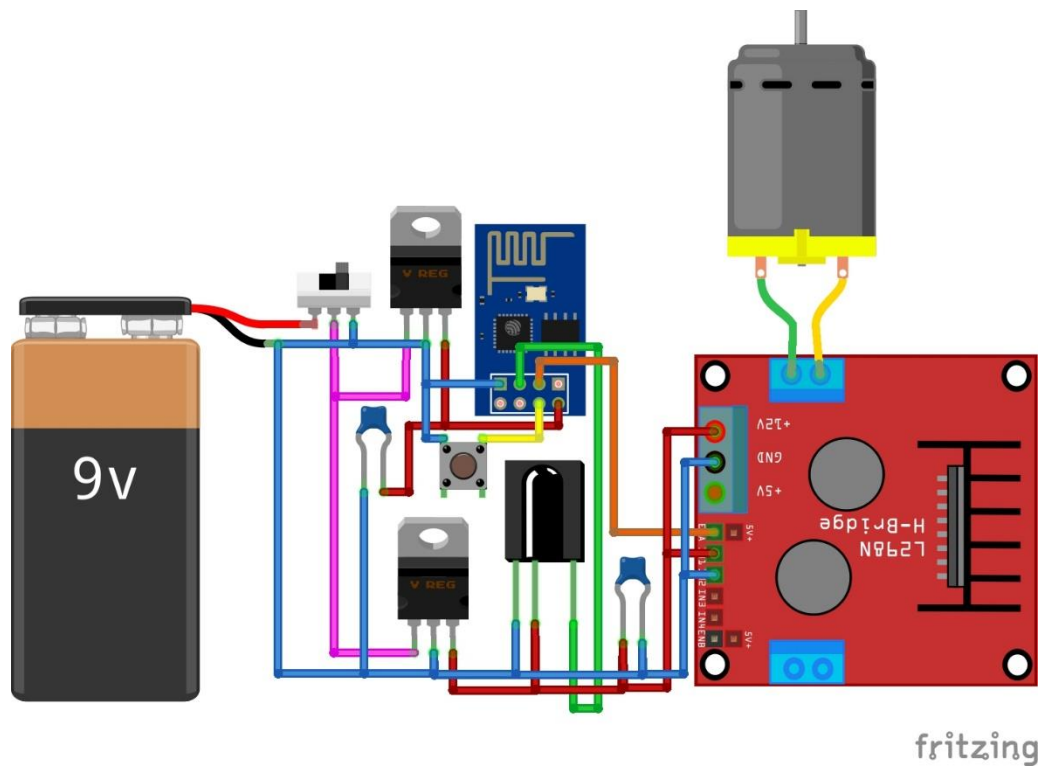
توجه شود که سوئیچ‌های داخل هر سه مدار به منظور قطع و وصل کردن جریان از منبع می‌باشد.

همچنین خازن‌ها به منظور حذف نویز بین دو منبع 3.3v و 5v قرار داده شده‌اند.

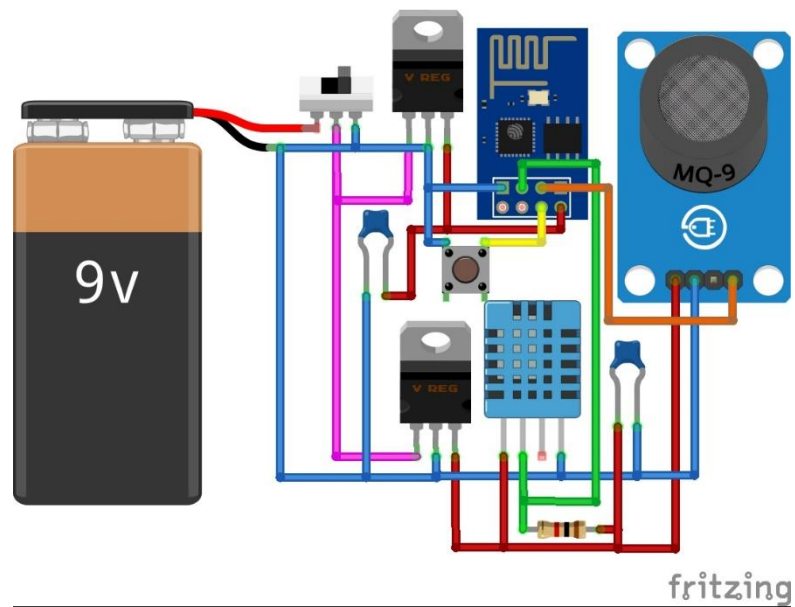
دکمه نیز برای Reset مدار است.



شکل ۲۳ مدار تنظیم روشنایی



شکل ۲۴ مدار تنظیم دما



مدار سنشش دما و میزان آلودگی هوای اتاق 25 شکل

- [1] M. Rouse, Internet of Things (IoT), 2019 .
- [2] C. Yang, W. Shen و X. Wang ,The internet of things in manufacturing: Key issues and potential applications., 2018 .
- [3] “Technical Resource: Types and Applications of Microcontrollers,” Engineering Institute of Technolog. Available: <https://www.eit.edu.au/cms/resources/technical-resources/types-and-applications-of-microcontrollers>.
- [4] R. Jones, A £15 computer to inspire young programmers, BBC News, 2011 .
- [٥] S. Bush, Dongle computer lets kids discover programming on a TV, Electronics Weekly, 2011 .
- [6] M. Brose, Broadcom BCM2835 SoC has the most powerful mobile GPU in the world?, Grand MAX, 2012 .
- [7] “Hardware: Raspberry Pi,” Wikipedia, 2019. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#Specifications.
- [8] “Raspberry Pi Pinout“. Available: <https://pinout.xyz/>

- [9] "Best operating systems for Raspberry Pi". Available:
<https://raspberrytips.com/best-os-for-raspberry-pi/>

- [10] Philips, "MFRC522 Datasheet," 22 May 2007. Available:
<https://www.elecrow.com/download/MFRC522%20Datasheet.pdf>.

- [11] "DHT11 Humidity & Temperature Sensor Dataheet". Available:
<https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>.

- [12] H. H. E. Co., "MQ-9 Semiconductor Sensor for CO/Combustible Gas Datasheet", Available:
<http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/MQ-9/MQ9.pdf>.

- [13] C. Götz, "MQTT 101 – How to Get Started with the lightweight IoT Protocol", Available:
http://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/october/article2.php.



Sharif University of Technology
Department of Computer Engineering

B.Sc. Thesis

Implimentation of Smart Room

By:

Fatemeh Abootalebi, Mohammad Amin Isaai

Supervisor:

Dr. Ali Mohammad Afshin Hemmatyar

August 2019