دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده‌ی مهندسی‌کامپیوتر

پایان‌نامه‌ی کارشناسی

عنوان:

پیاده سازی اتاق هوشمند

نگارش:

فاطمه ابوطالبی، محمد امین عیسایی

استاد راهنما:

علی محمد افشین همت‌یار

سال تحصیلی ۹۷-۱۳۹۸

c

به نام خدا

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی

عنوان: پیاده‌سازی اتاق هوشمند

نگارش: فاطمه ابوطالبی، محمدامین عیسايی

کمیته‌ی ممتحنین

استاد راهنما: علی محمد افشین همت‌یار امضا:

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 سپاس‌گزاریم.

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 سهیم 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 مینی‌کامپیوتری 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 رRaspberry 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 بپردازیم.

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

فهرست مطالب

[مقدمه 11](#_Toc17213790)

[تعریف اینترنت اشیا 11](#_Toc17213791)

[ساختار اینترنت اشیا 12](#_Toc17213792)

[کاربردهای اینترنت اشیا 13](#_Toc17213793)

[ریزکنترل‌کننده‌ها 15](#_Toc17213794)

[Raspberry Pi 15](#_Toc17213795)

[سخت‌افزار 17](#_Toc17213796)

[سیستم عامل 20](#_Toc17213797)

[ESP8266 24](#_Toc17213798)

[برنامه‌ریزی 25](#_Toc17213799)

[معماری 28](#_Toc17213800)

[Arduino 28](#_Toc17213801)

[Arduino Uno 28](#_Toc17213802)

[آینه‌ی هوشمند 30](#_Toc17213803)

[ساختار 31](#_Toc17213804)

[ساخت آینه‌ی یک طرفه 32](#_Toc17213805)

[سنسورها 33](#_Toc17213806)

[دوربین 33](#_Toc17213807)

[کارتخوان 34](#_Toc17213808)

[مادون قرمز 35](#_Toc17213809)

[کنترل از راه دور 35](#_Toc17213810)

[سنجش دما و رطوبت 37](#_Toc17213811)

[تشخیص دود 38](#_Toc17213812)

[موتور 39](#_Toc17213813)

[تشخیص حرکت 40](#_Toc17213814)

[MQTT 42](#_Toc17213815)

[معماری 42](#_Toc17213816)

[کیفیت خدمات 44](#_Toc17213817)

[امینت 44](#_Toc17213818)

[بردها 45](#_Toc17213819)

[بدنه‌ی اصلی 45](#_Toc17213820)

[مدارهای جانبی 46](#_Toc17213821)

[منابع 48](#_Toc17213822)

فهرست شکل‌ها

[شکل 1 اکوسیستم اینترنت اشیا 11](#_Toc17213716)

[شکل 2 Raspberry Pi 3 Model B 16](#_Toc17213717)

[شکل 3 پین‌های خروجی Raspberry Pi 3 18](#_Toc17213718)

[شکل 4 لوگوی برخی از سیستم‌عامل‌های مخصوص Raspberry Pi 23](#_Toc17213719)

[شکل 5 ماژول ESP8266-01 25](#_Toc17213720)

[شکل 6 مبدل USB به TTL 25](#_Toc17213721)

[شکل 7 شماتیک مدار برنامه‌ریز مخصوص ESP8266-01 27](#_Toc17213722)

[شکل 8 برد Arduino مدل Uno 29](#_Toc17213723)

[شکل 9 نمونه‌ای از یک آینه‌ی هوشمند 30](#_Toc17213724)

[شکل 10 نحوه‌ی بازتاب نور در شیشه‌های یک طرفه 31](#_Toc17213725)

[شکل 11 نمونه‌ی اولیه از ساخت آینه‌ی یک طرفه 32](#_Toc17213726)

[شکل 12 دوربین Raspberry Pi 33](#_Toc17213727)

[شکل 13 ماژول کارتخوان 34](#_Toc17213728)

[شکل 14 ماژول گیرنده‌ی مادون قرمز 35](#_Toc17213729)

[شکل 15 کنترل از راه دور 36](#_Toc17213730)

[شکل 16 مدار رمزگشای IR 36](#_Toc17213731)

[شکل 17 سنسور تشخیص دما و رطوبت DHT11 37](#_Toc17213732)

[شکل 18 سنسور تشخیص گازهای سمی MQ-9 38](#_Toc17213733)

[شکل 19 سرو موتور مدل SG90 40](#_Toc17213734)

[شکل 20 سنسور حرکت 41](#_Toc17213735)

[شکل 21 الگوی publish/subscribe در پروتکل MQTT 43](#_Toc17213736)

[شکل 22 بخش اصلی طراحی 45](#_Toc17213737)

[شکل 23 مدار تنظیم روشنایی 46](#_Toc17213738)

[شکل 24 مدار تنظیم دما 47](#_Toc17213739)

[شکل 25 مدار سنجش دما و میزان آلودگی هوای اتاق 47](#_Toc17213740)

فهرست جدول‌ها

[جدول 1 مقایسه‌ی مدل‌های متفاوت Raspberry Pi 19](file:///C:\Users\hoora\Documents\BS.%20Project\SmartLab\Document\report.docx#_Toc17213679)

[جدول 2 نحوه‌ی اتصال ESP8266-01 به مبدل USB-to\_TTL 27](#_Toc17213680)

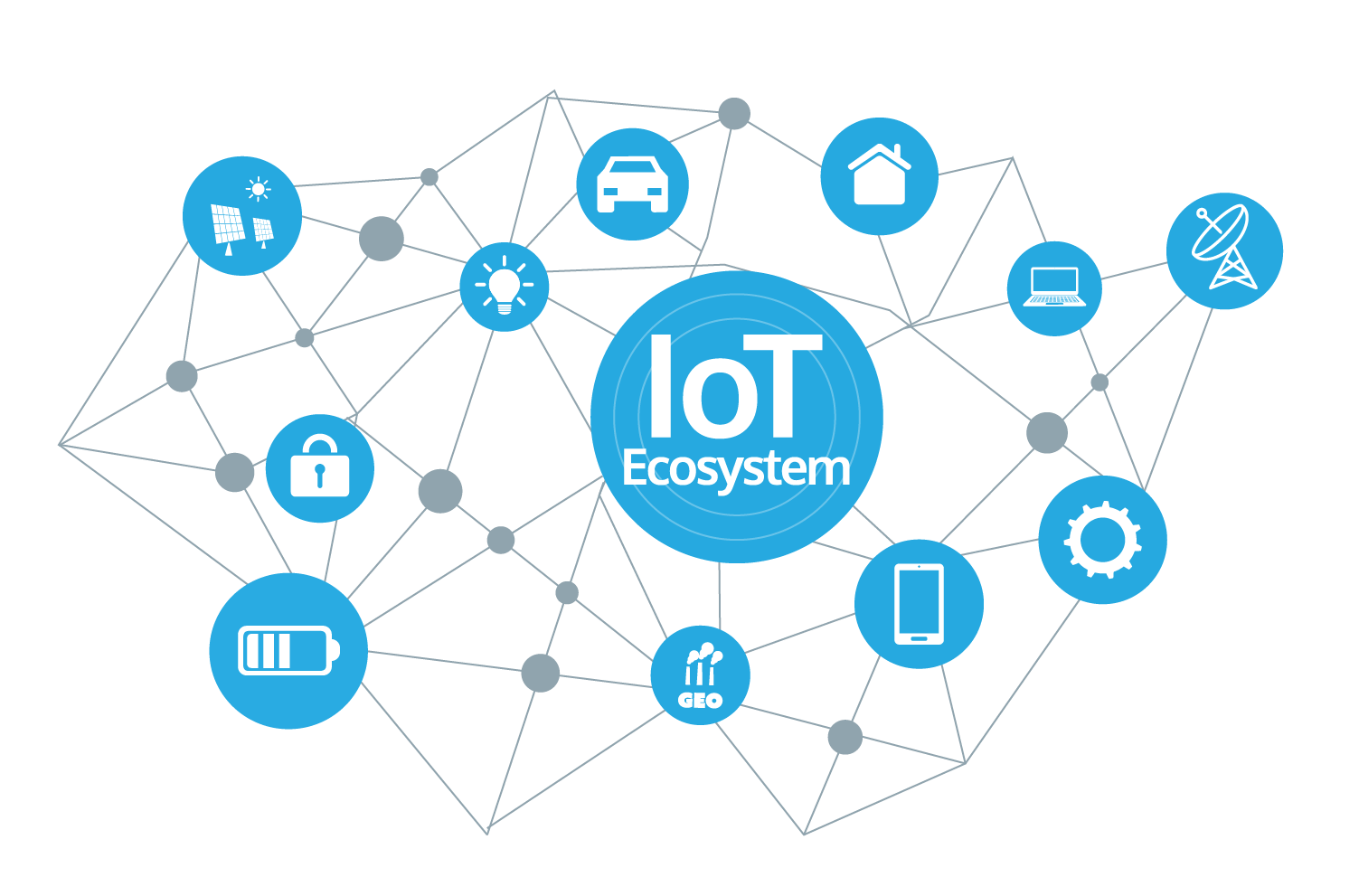
[جدول 3 کدهای خروجی هر یک از دکمه‌های کنترل 37](#_Toc17213681)

# مقدمه

در این فصل در ابتدا تعریفی از اینترنت اشیا[[1]](#footnote-1) 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[[2]](#footnote-2) و توانایی ارتباط[[3]](#footnote-3) همراه خود دارند که به آن‌ها توانایی تعامل و تبادل داده می‌دهد [۱].



شکل 1 اکوسیستم اینترنت اشیا

## ساختار اینترنت اشیا

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

1. لایه‌ی دستگاه‌ها: در این لایه دستگاه‌هایی همانند حسگرها و محرک‌ها که با شبکه به یک دیگر متصل‌اند یافت می‌شوند. معمولاً این دستگاه‌ها از قراردادهایی[[4]](#footnote-4) همچون Modbus و Zigbee برای ارتباط با لایه‌ی درگاه لبه استفاده می‌کنند.
2. لایه‌ی درگاه لبه: این لایه از سامانه‌های جمع‌اوری داده‌های لایه‌ی دستگاه‌ها تشکیل شده است. این لایه عملکردهایی چون پیش‌پردازش داده، برقراری ارتباط با ابر و در بعضی از موارد تحلیل‌های لبه[[5]](#footnote-5) و پردازش مه[[6]](#footnote-6) را ارائه می‌دهد.
3. لایه‌ی ابر: این لایه از برنامه کاربری ابری‌ای که با معماری ریزسرویس[[7]](#footnote-7) ساخته شده، تشکیل شده است. این برنامه‌ها به دلیل استفاده از قراردادهایی جون 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 متفاو، تعاملات و ظرفیت آن برای جای دادن اعضای جدید اینترنت اشیا به عنوان یک سامانه‌ی پیچیده در نظر گرفته می‌شود.

## 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[[8]](#footnote-8) که شامل نورپردازی، گرمایش، تهویه‌ی هوا، رسانه و سامانه‌های امنیتی[[9]](#footnote-9) است، می‌باشند. یک خانه‌ی هوشمند می‌تواند بر اساس یک سکو[[10]](#footnote-10) یا قطب[[11]](#footnote-11) که دستگاه‌های هوشمند را کنترل می‌کند بنا شده باشد. برای مثال با استفاده از Homekit شرکت Apple، تولدیکنندگان 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[[12]](#footnote-12) باشد.

* مصارف صنعتی

اینترنت اشیا می‌تواند امکان یکپارچه‌سازی دستگاه‌های تولیدی مختلفی که دارای دستگاه‌های حسگر، تشخیص‌دهنده[[13]](#footnote-13)، 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[[14]](#footnote-14) را می‌دهند و عملکردهایی نظیر برنامه‌ریزی را ممکن می‌سازند.

# ریزکنترل‌کننده‌ها

ریزکنترل‌کننده‌ها[[15]](#footnote-15) مدارهای مجتع[[16]](#footnote-16) با کاربردی خاص هستند که در سیستم‌های نهان[[17]](#footnote-17) استفاده می‌شوند. معمولاً ریزکنترل‌کننده‌ها از پردازنده، حافظه و لوازم جانبی[[18]](#footnote-18) تشکیل شده‌اند [۳].

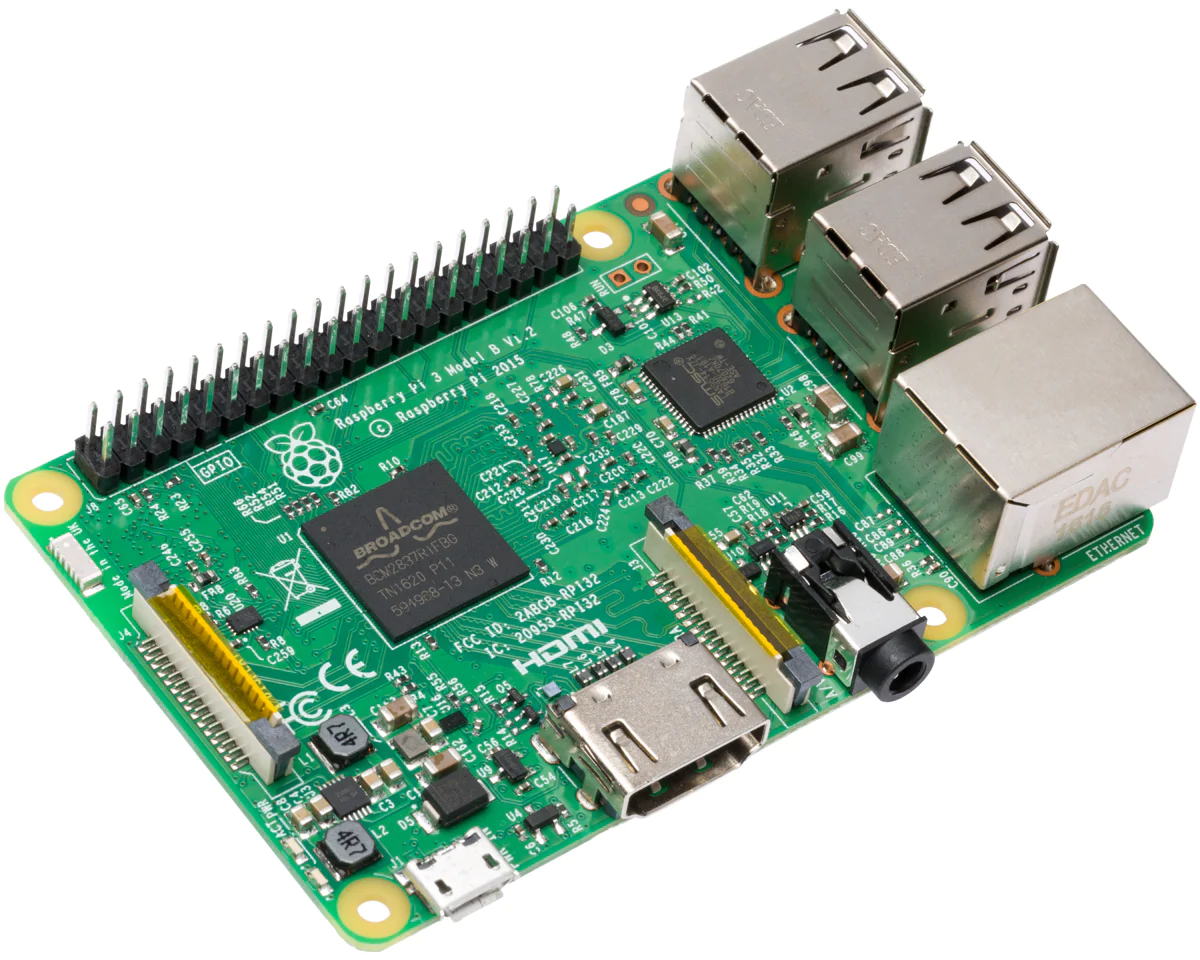
در ادامه به توضیح بیشتر در خصوص دو ریزکنترل‌کننده‌ی Raspberry Pi و ESP8266 که در این پروژه استفاده شده‌اند، می‌پردازیم.

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

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



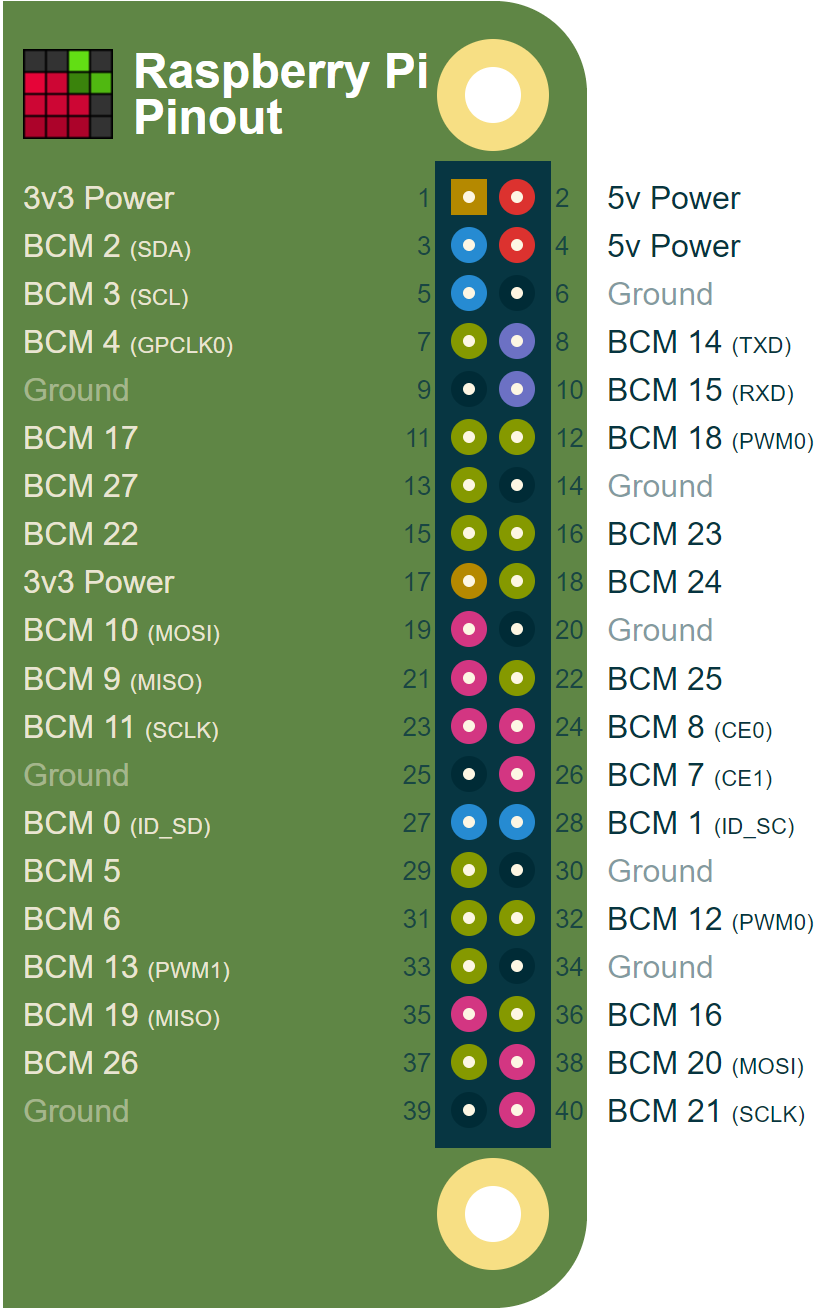
شکل 2 Raspberry Pi 3 Model B

### سخت‌افزار

نسل‌های متفاوتی از Raspberry Pi تا به امروز عرضه شده است که تمامی این مدل‌ها دارای یک SoC[[19]](#footnote-19) شامل دو بخش پردازنده و پردازنده‌ی گرافیکی[[20]](#footnote-20) هستند [۶].

تابه امروز مدل‌های Raspberry Pi Model A/A+، Raspberry Pi 2 و به تازگی Raspberry Pi Zero معرفی شده است. در جدول۱ به جزئیات هر مدل پرداخته شده است [۷].

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



شکل 3 پین‌های خروجی Raspberry Pi 3



جدول 1 مقایسه‌ی مدل‌های متفاوت Raspberry Pi

### 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 شده اند را بررسی خواهیم کرد [۹].

#### ****Raspbian****

Raspbian سیستم‌عاملی رایگان و بر پایه‌ی لینوکس Debian است. این سیستم عامل توسط بنیاد [Raspberry Pi](https://daneshjookit.com/108-%D8%B1%D8%B2%D8%A8%D8%B1%DB%8C-%D9%BE%D8%A7%DB%8C-raspberry-pi) توسعه داده شده است. سیستم عامل Raspbian بهترین و بیشترین انتخاب کاربران است.  سرعت پاسخ گویی 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 سیستم‌عامل Google Coder برد Raspberry Pi به یک سرور جهت برنامه‌نویسی HTML، CSS، Java Script 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 Noughat 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****

سیستم‌عامل 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 سیستم‌عامل سبک، وب‌گردی است.

#### Ubuntu Mate

سیستم‌عامل اوبونتو توزیع‌های مختلفی دارد. Ubuntu Mate نسخه دسکتاپ دارد. این نسخه بسیار سبک است. نسخه Ubuntu Mate مخصوص برد Raspberry Pi دقیقا همانند نسخه دسکتاپ است. Ubuntu Mate بر پایه‌ی Ubuntu بوده و حجم آن ۸ گیگابایت می‌باشد. در مقایسه با سیستم عامل رزبین سرعت آن کمی کُند 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 مدیاسنتر خانگی ساخته شده است. کافیست پس از نصب سیستم عامل RaspBMC برد را به تلوزیون وصل کنید. از برخی از قابلیت‌های این سیستم عامل می‌توان به پشتیبانی از زیرنویس فارسی، پشتیبانی از اکثر فرمت‌های ویدئویی، پشتیبانی از فیلم‌های با وضوح ۱۰۸۰p و پشتیبانی از تماشای ویدئو به صورت آنلاین اشاره کرد.

#### Retropie

این سیستم‌عامل بهترین سیستم‌عامل برای تبدیل Raspberry Pi به یک کنسول بازی کامل می‌باشد. این سیستم‌عامل نیز بر پایه‌ی دبیان است و آخرین نسخه از آن حدود ۲ گیگابایت حجم دارد. Retropie به صورت پیش‌فرض با دسته‌های بازی[[21]](#footnote-21) کار می‌کند؛ حتی از دسته‌های Playstation وXbox 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 سیستم‌عامل قابل اجرا می‌باشند.

**Lakka**  
این سیستم‌عامل 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****

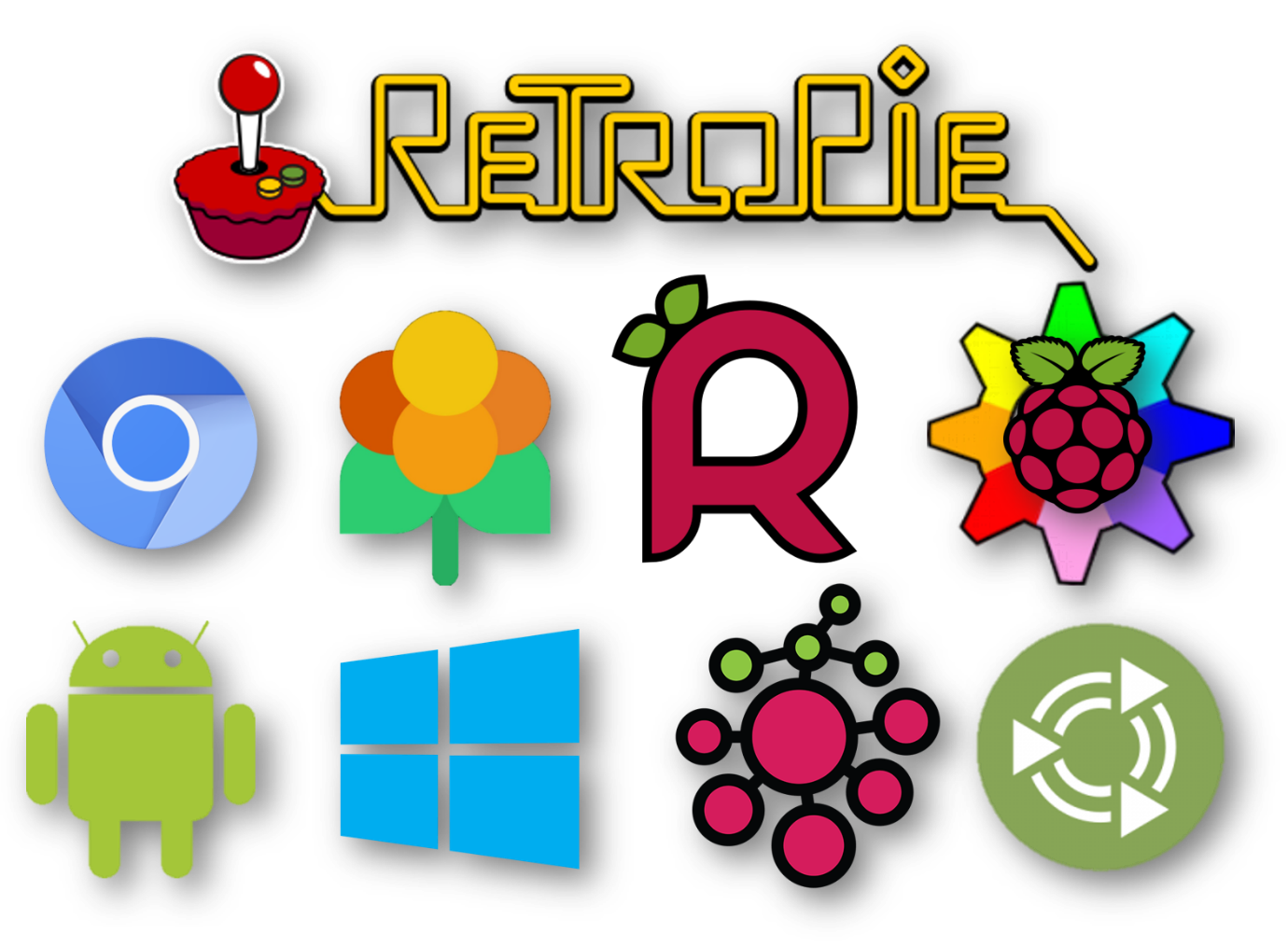
سیستم عامل IoT Core روی برد Raspberry Pi و Minnowboard Max قابل اجراست. سیستم عامل ویندوز IOT روی دستگاه‌های بدون نمایشگر هم کار کند. از آنجایی که IoT Core نسخه کم حجم شده ویندوز ۱۰ است؛ در آن رابط کاربری پنجره‌ای و دسکتاپ را نمی‌بینید. بلکه توسعه دهندگان باید اپلیکیشن فراگیر را پیاده سازی نمایند که 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 می‌باشد. نصب نوبز بسیار ساده است و پس از نصب آن می‌توان عامل‌های مورد نظر را از لیست انتخاب کرد تا خودشان اتوماتیک نصب شوند. به عبارتی یک رابط برای نصب سیستم عامل‌های دیگر است.



شکل 4 لوگوی برخی از سیستم‌عامل‌های مخصوص Raspberry Pi

## ESP8266

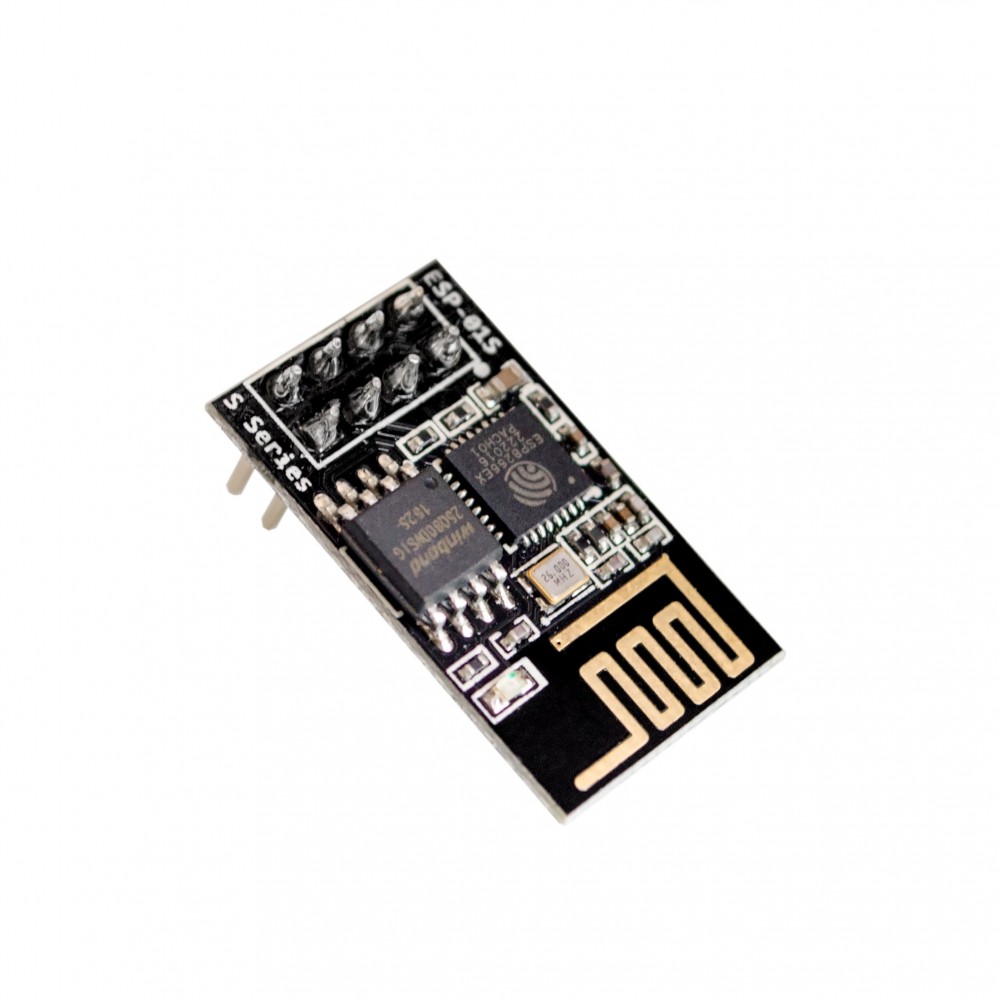
ESPها میکروکنترلرهای کوچک و ارزان قیمتی هستند که می‌توانند به شبکه‌ی Wi-Fi وصل شده و به راحتی ارتباطی از جنس TCP/IP برقرار کنند. با استفاده از این ماژول به راحتی می‌توان دستگاه‌های الکترویکی را از راه دور و از طریق اینترنت کنترل کرد. این ماژول‌ها توان مصرفی کمی دارند.

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[[22]](#footnote-22) 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).

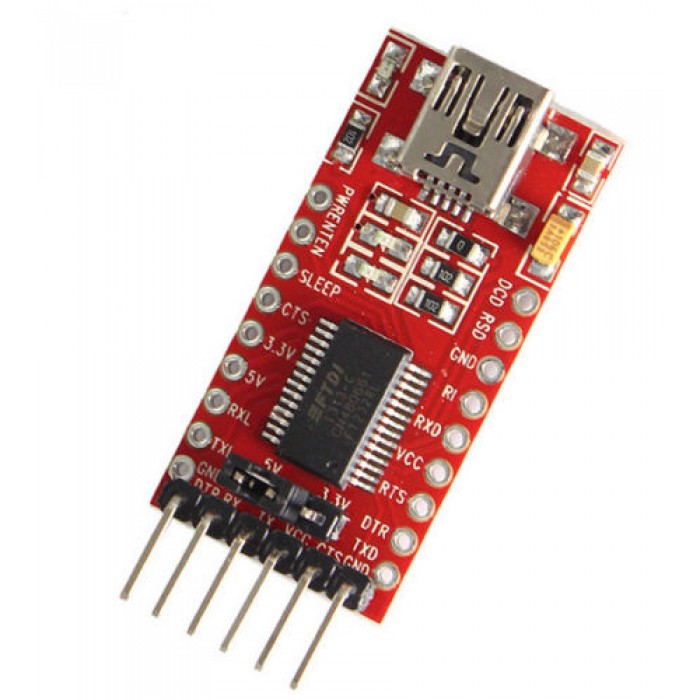
در این پرژه از سه ESP8266-01 استفاده می‌شود. ESP اول مربوط به کنترل نور، ESP دوم مربوط به سیستم تهویه و خنک کننده و آخرین ESP نیز برای بررسی آلودگی ودمای هوای داخل اتاق استفاده می‌شود.



شکل 5 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 6 مبدل USB به TTL

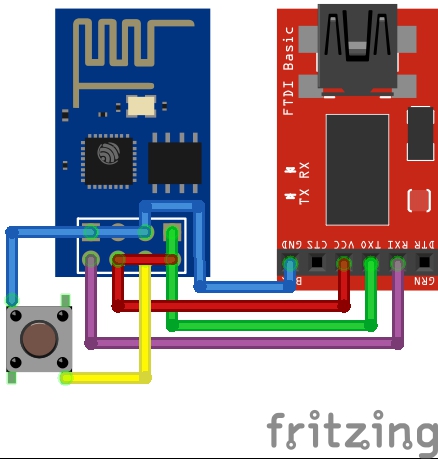
مبدل USB به سريال، ابزاری است که برای ارسال و دریافت داده‌ها از یک رابط UART مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مبدل به برنامه‌نویسی برای میکروکنترلرها ندارد و قابلیت ارسال و دریافت داده‌ها را بین ماژول های UART مانند GSM, GPS, بلوتوث، Wi-Fi و ... و همچنین كامپيوتر از طریق پورت USB را دارد. با استفاده از مبدل USB به سريال ، به راحتي مي‌توانيد پروژه يا محصول خود را به رابط USB مجهز كنيد. این مبدل، امكان برقراري ارتباط با كامپيوتر از طريق پورت USB را فراهم مي‌كند. در حقيقت با اتصال اين مبدل به كامپيوتر و نصب برنامه درايور، يك پورت سريال مجازي به پورت‌هاي كامپيوتر افزوده مي‌شود. اين مبدل قابليت كار با سيستم عامل‌هاي متفاوت را دارا مي‌باشد.‌ با استفاده از اين ماژول بردهايی كه فاقد پورت USB هستند را به راحتی می‌توان برنامه‌ريزي كرد.

برای اتصال ESP8266-01 به مبدل کافی است به شیوه‌ای که در ادامه گفته شده‌است 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[[23]](#footnote-23) استفاده نمی‌کنید، پایه‌ی Reset را مستقیماً به VCC وصل کنید.



شکل 7 شماتیک مدار برنامه‌ریز مخصوص ESP8266-01

|  |  |
| --- | --- |
| **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 2 نحوه‌ی اتصال ESP8266-01 به مبدل USB-to\_TTL

### معماری

این میکروکنترلر ۳۲ بیتی بوده و معماری آن RISC[[24]](#footnote-24) 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[[25]](#footnote-25) می‌باشد.

## Arduino

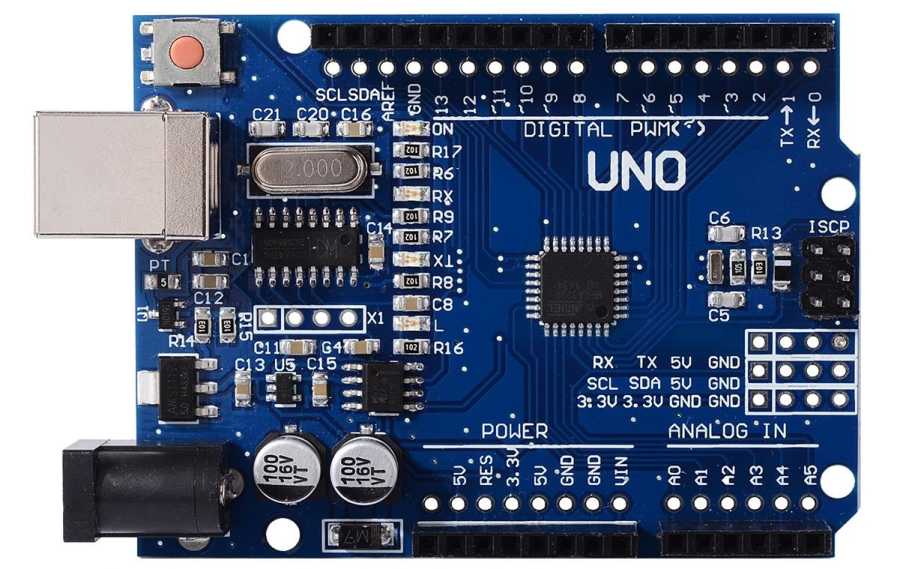
Arduino یک پلتفرم سخت‌افزاری و نرم‌افزاری متن‌باز[[26]](#footnote-26) است. پلتفرم Arduino شامل یک ریزپردازنده‌ی تک‌بردی[[27]](#footnote-27) است که قسمت سخت‌افزار Arduino را تشکیل می‌دهد. علاوه بر این یک IDE به منظور برنامه‌نویسی برای بردهای Arduino طراحی شده‌است. پلتفرم Arduino به منظور تولید سریع و 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، 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 8 برد Arduino مدل Uno

# آینه‌ی هوشمند

در این پروژه از یک آینه‌ی هوشمند به عنوان صفحه نمایش‌گر 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.

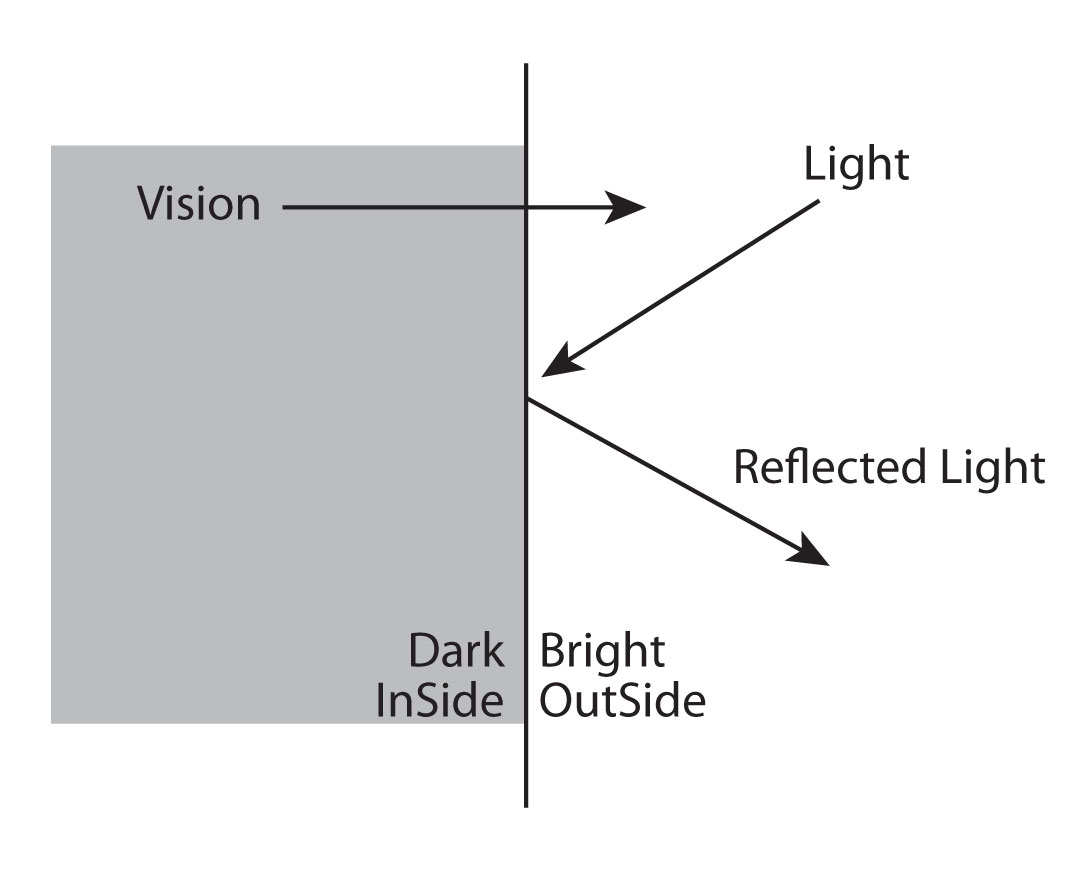


شکل 9 نمونه‌ای از یک آینه‌ی هوشمند

## ساختار

برای ساخت این آینه‌ها به یک آینه‌ی یک طرفه[[28]](#footnote-28)، 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)



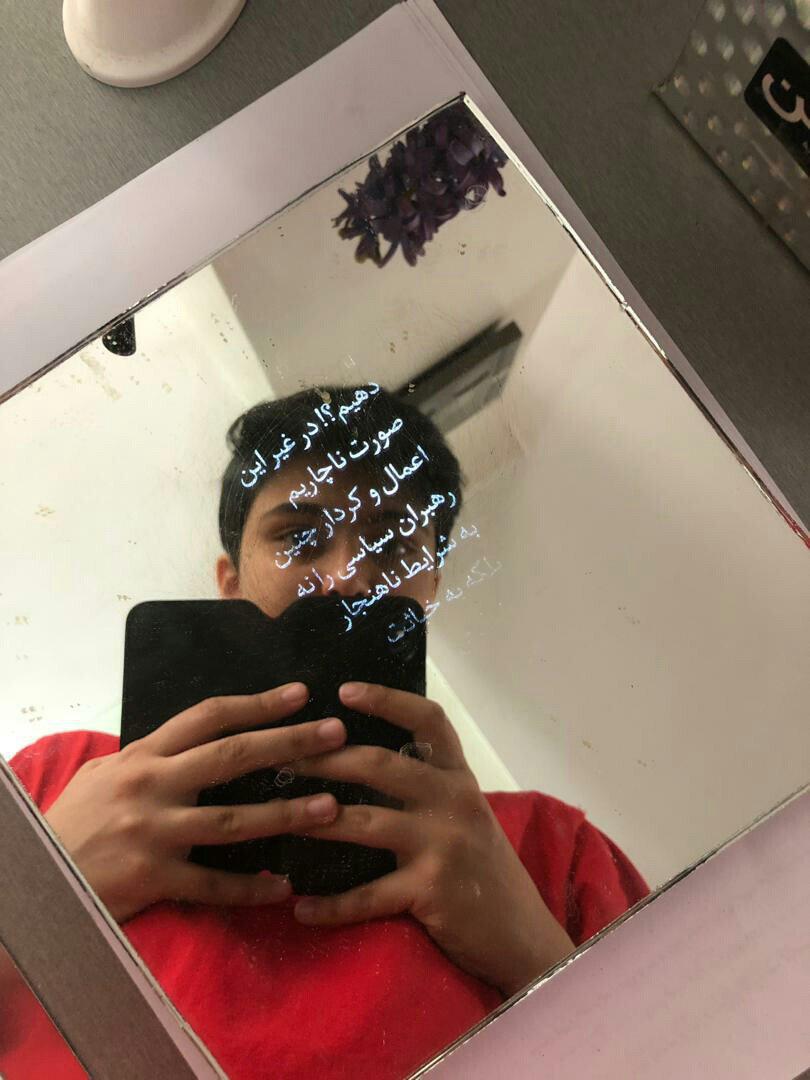
شکل 10 نحوه‌ی بازتاب نور در شیشه‌های یک طرفه

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 همچین خاصیتی داشته باشد نیز می‌توان استفاده کرد. از آن رو که تهیه‌ی چنین آینه‌ای هزینه‌بر بود؛ به ساخت یک آینه‌ی یک طرفه پرداختیم؛ که در ادامه بیشتر توضیح داده خواهد شد.

## ساخت آینه‌ی یک طرفه

برای این کار ابتدا باید با استفاده از تینر بخش رنگی پشت آینه را به آرامی سابید. 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 11 نمونه‌ی اولیه از ساخت آینه‌ی یک طرفه

# 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)

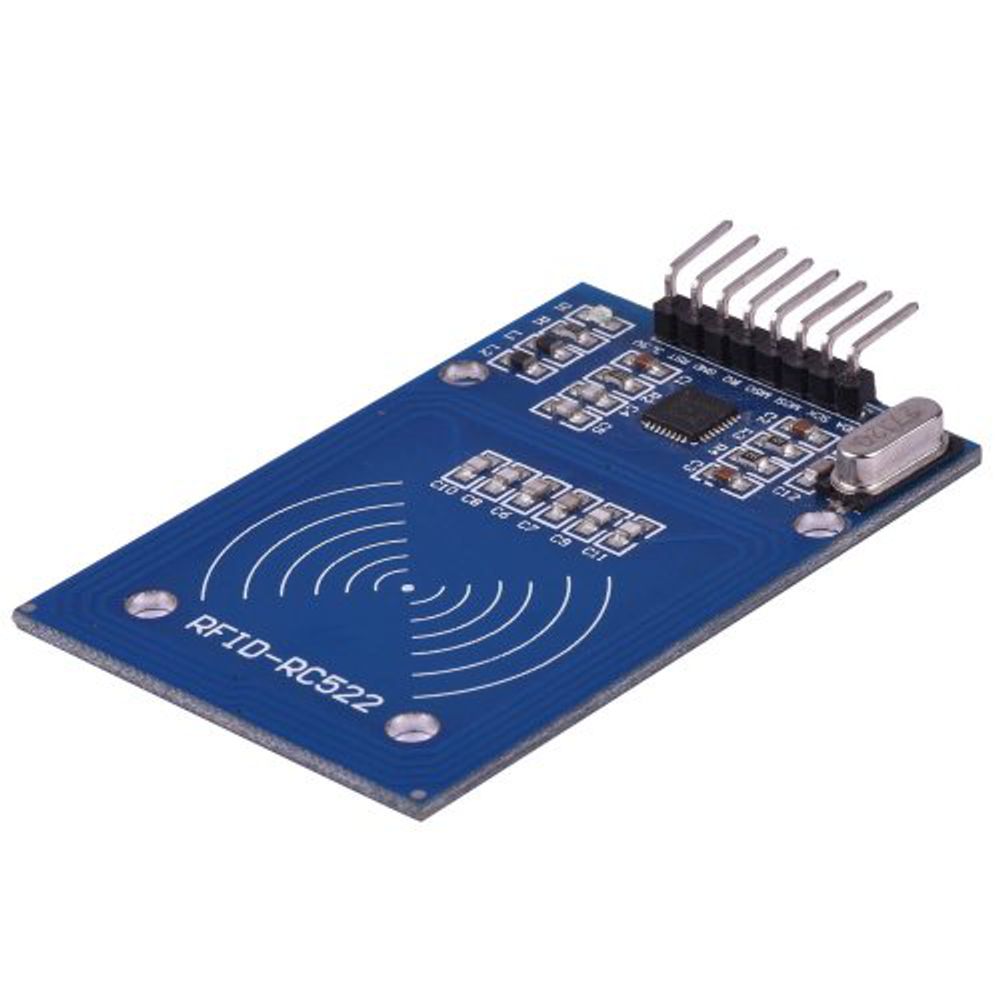


شکل 12 دوربین Raspberry Pi

## 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،انداز 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 توسعه ی تجهیزات و کارت خوان‌های RF‌ می‌باشد. این ماژول از یک مودلاسیون برجسته و دمدوله کردن کاملا 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].

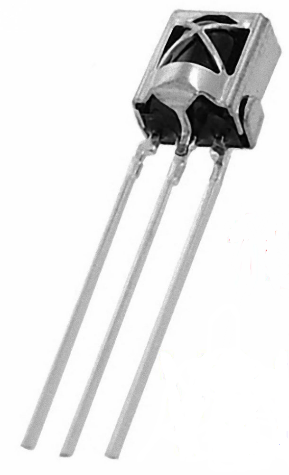
ولتاژ 3.3V، جریان مصرفی 13-26 mA، ارتباط از طریق رابط SPI و سرعت انتقال داده‌ 10 Mb/s از مشخصات این ماژول است. ارتباط برقرار شده توسط این ماژول پایدار و قابل اطمینان است [۱۰].



شکل 13 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 14 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

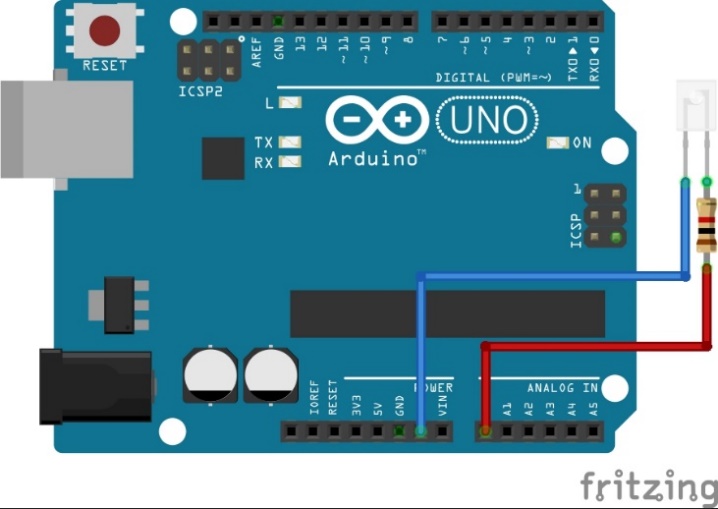
کنترل‌های از راه دور[[29]](#footnote-29) وسایلی هستند که با استفاده از یک سنسور فرستنده‌ی IR استفاده می‌کنند و الگویی از موج مادون قرمز را می‌فرستند. گیرنده با دریافت موج و رمزگشایی آن اطلاعات ارسالی را می‌کند. (شکل۱۵)



شکل 15 کنترل از راه دور

از این نوع کنترل که در شکل ۱۵ مشاهده می‌شود، عموماً برای سیستم‌های روشنایی استفاده می‌شود. در این پروژه برای استفاده از این کنترل ابتدا یک مدار (شکل ۱۶) برای یافتن کد ارسالی توسط هر دکمه از کنترل طراحی شد.

برای ساخت مدار تشخیص دهنده‌ی کد IR تنها کافی است که یک گیرنده‌ی IR را به یکی از پایه‌های آنالوگ Arduino وصل کنیم و این مقدار را در مبنای ۱۶ در سریال Arduino IDE مشاهده کنیم. نتایج به دست آمده در جدول ۳ قابل مشاهده است.



شکل 16 مدار رمزگشای IR

جدول 3 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 20 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 17 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 گازMQ9 (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 SnO2 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 18 سنسور تشخیص گازهای سمی MQ-9

## موتور

سرو موتور[[30]](#footnote-30) 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 ... می‌شود.

سرو موتور ها در انواع گیربکس‌دار و بدون گیربکس وجود دارند و در اندازه های خیلی کوچک تا اندازه‌های بزرگ تولید می‌شوند که اندازه‌های کوچک در پروژه‌های رباتیک و تجهیزات مکاترونیکی استفاده شده و اندازه‌های بزرگ هم در ساخت تجهیزات صنعتی مانند دستگاه‌های CNC استفاده می‌شود.

در این پروژه با اضافه کردن یک پروانه به این عملگر، از آن به عنوان سیستم خنک کننده‌ی محیط استفاده می‌شود.



شکل 19 سرو موتور مدل SG90

## تشخیص حرکت

حسگرهای PIR[[31]](#footnote-31) 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.



شکل 20 سنسور حرکت

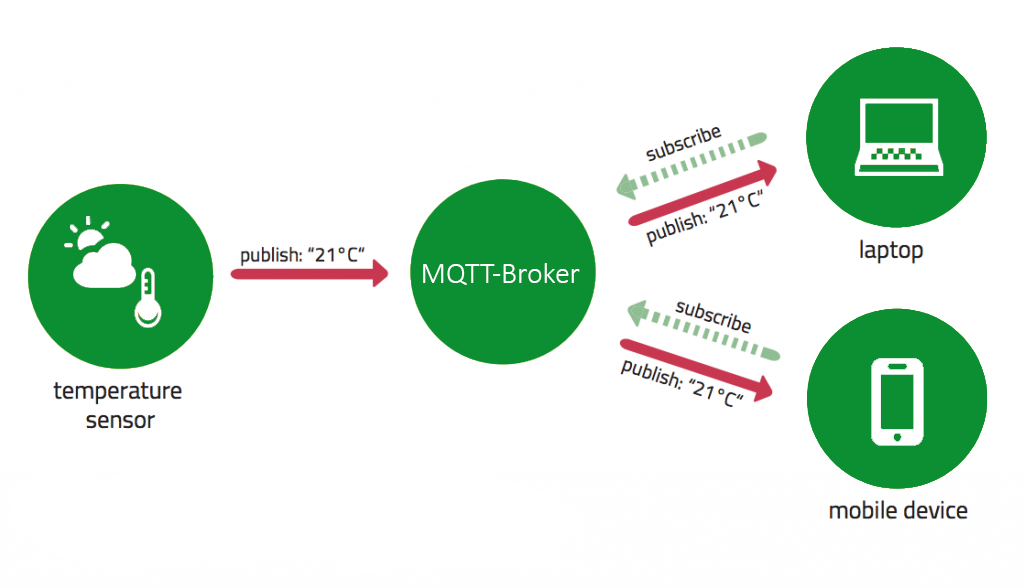
# MQTT

به طور کلی اینترنت اشیا، همانند اینترنت، دارای یک مدل لایه لایه، است. در شکل ???? می‌توان مدل پیشنهادی اینترنت و اینترنت اشیا را در یک تصویر مشاهده نمود. همانطور که در شکل ???? مشاهده می‌شود یکی از این لایه‌ها، همانند مدل پیشنهادی اینترنت، لایه کاربرد[[32]](#footnote-32) نام دارد [۱۳].

پروتکل MQTT[[33]](#footnote-33) 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 می‌باشد. از مزایای این پروتکل به سبک بودن[[34]](#footnote-34)، سازگار بودن با تمام دستگاه‌ها و پیاده سازی ساده آن می‌توان اشاره کرد. این قابلیت‌ها سبب شده است که این پروتکل در موقعیت‌های متفاوتی از جمله ارتباط بین دو ماشین[[35]](#footnote-35) 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 ????? مشاهده می‌شود، در این پروتکل تعدادی client با توپولوژی ستاره‌ای به یک server که با نام واسط[[36]](#footnote-36) شناخته می‌شود در بستر TCP متصل می‌شوند [۱۳].



شکل 21 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[[37]](#footnote-37) 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 موضاعات 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[[38]](#footnote-38) می‌فرستد. در صورتی که واسط مشترکی[[39]](#footnote-39) 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 ایت پیام‌های اخیر را دخیره کند [۱۳].

## کیفیت خدمات

پروتکل MQTT، سه سطح برای کیفیت خدمات[[40]](#footnote-40)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 دقیقا یک نمونه به دست گیرنده می‌رسد و نیاز به دور ریختن نمونه‌های اضافه‌ی بسته‌ها نیست [۱۳].

## امینت

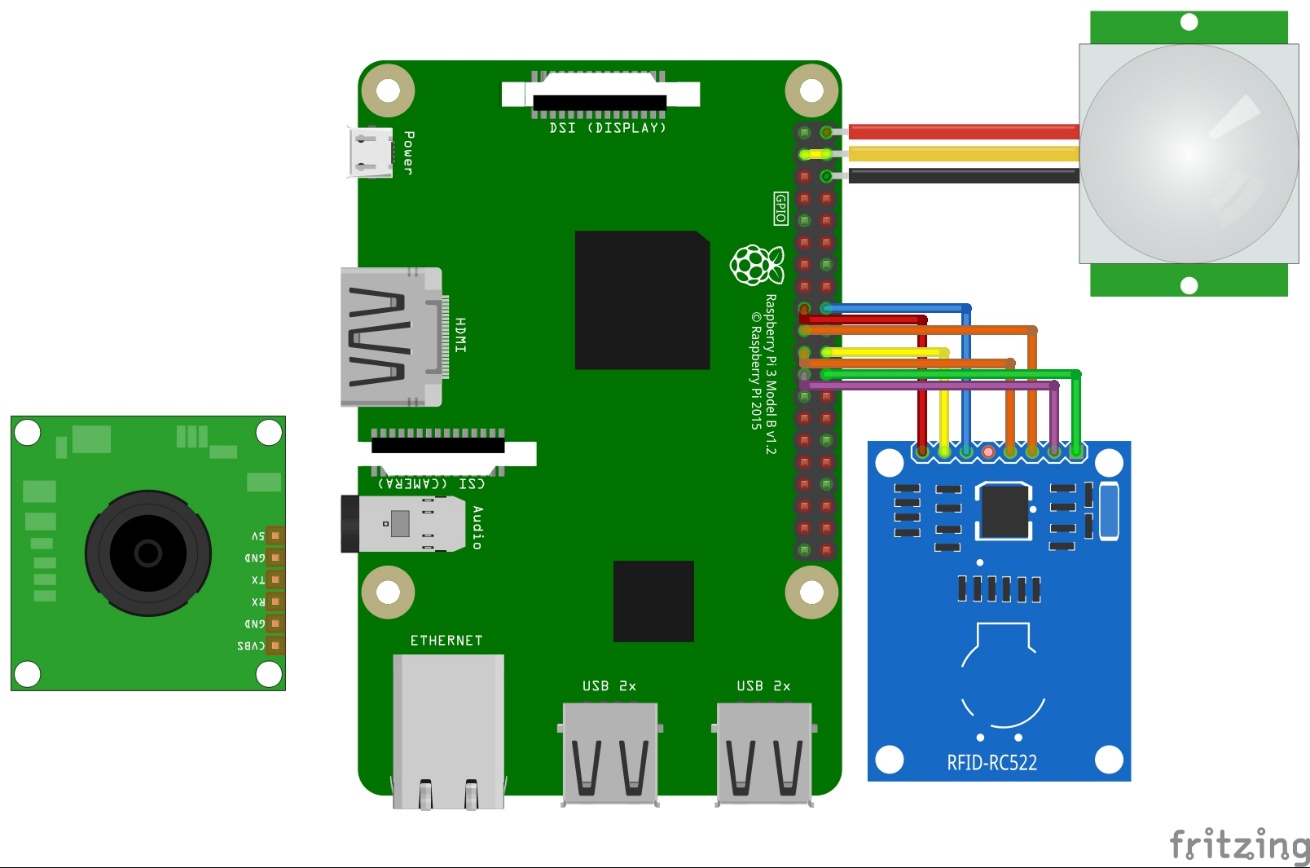
برای برقراری ملزومات امنیتی‌، ممکن است واسط از کارخواهان در هنگام برقراری ارتباط، نام کاربری و رمز عبور را درخواست کند. همچنین برای اطمینان از امنیت تبادل اطلاعات در این پروتکل ممکن است ارتباط TCP با پروتکل SSL/TLS رمز شود.

# 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 نمایش‌گر پشت آینه متصل می‌شود.



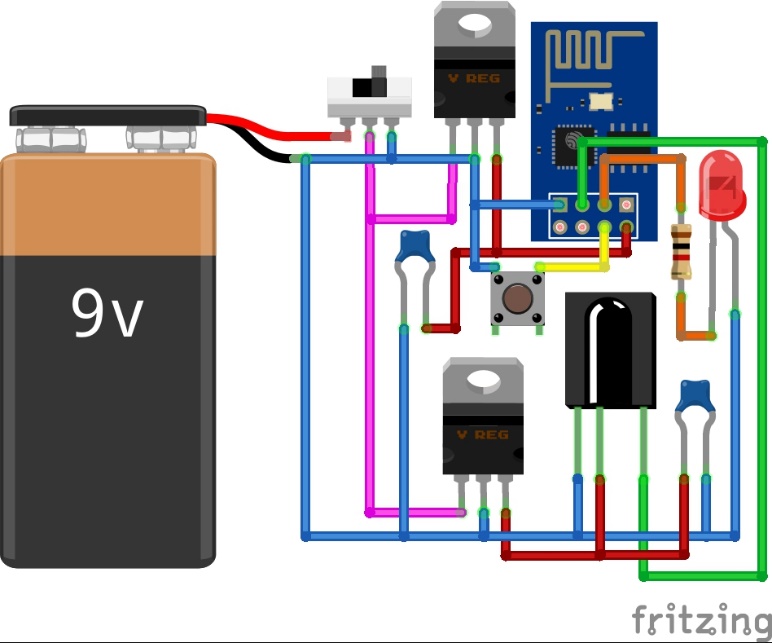
شکل 22 بخش اصلی طراحی

## مدارهای جانبی

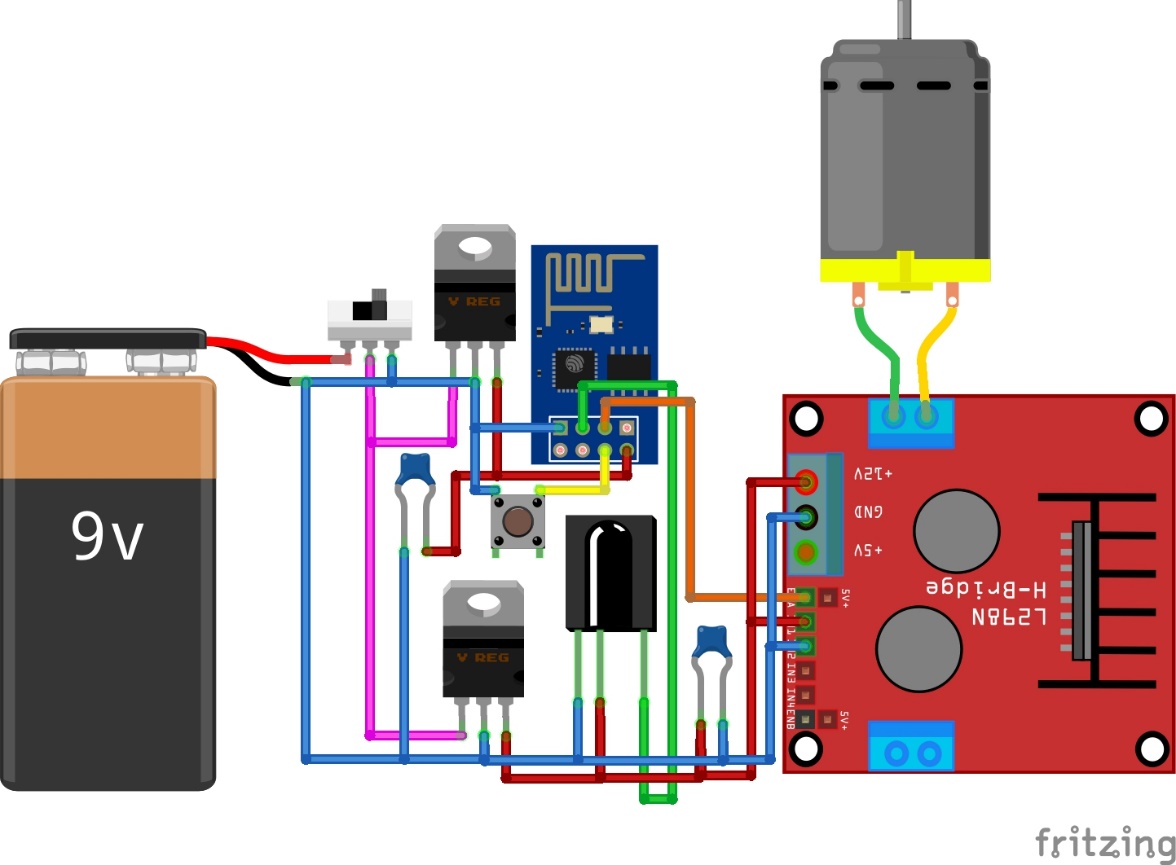
توجه شود که سوئیچ‌های داخل هر سه مدار به منظور قطع و وصل کردن جریان از منبع می‌باشد.

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

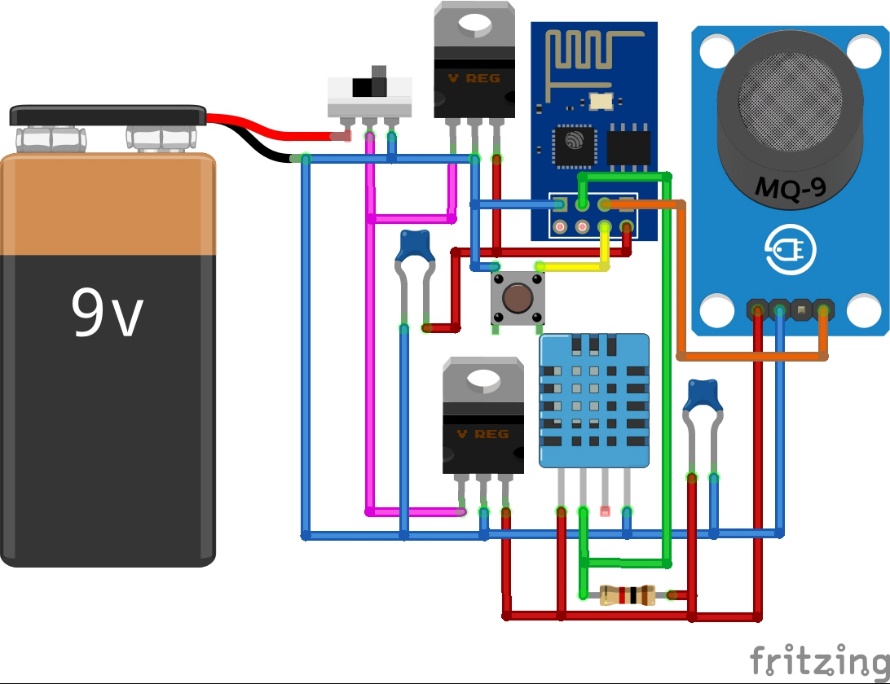
دکمه نیز برای Reset مدار است.



شکل 23 مدار تنظیم روشنایی



شکل 24 مدار تنظیم دما



شکل 25 مدار سنجش دما و میزان آلودگی هوای اتاق

# منابع

|  |  |
| --- | --- |
| [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-resourses/types-and-applications-of-microcontrollers. |
| [4] | R. Jones, A £15 computer to inspire young programmers, BBC News, 2011. |
| [5] | 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 Tchnology

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

1. Internet of Things [↑](#footnote-ref-1)
2. Actuator [↑](#footnote-ref-2)
3. Connectivity [↑](#footnote-ref-3)
4. Protocol [↑](#footnote-ref-4)
5. Edge Analytics [↑](#footnote-ref-5)
6. Fog Computing [↑](#footnote-ref-6)
7. Microservice [↑](#footnote-ref-7)
8. Home Automation [↑](#footnote-ref-8)
9. Security System [↑](#footnote-ref-9)
10. Platform [↑](#footnote-ref-10)
11. Hub [↑](#footnote-ref-11)
12. Pacemaker [↑](#footnote-ref-12)
13. Identification [↑](#footnote-ref-13)
14. Cloud-Based Interface [↑](#footnote-ref-14)
15. Microcontroller [↑](#footnote-ref-15)
16. Integrated Circuit [↑](#footnote-ref-16)
17. Embedded System [↑](#footnote-ref-17)
18. I/O Peripheral [↑](#footnote-ref-18)
19. System on a Chip [↑](#footnote-ref-19)
20. Graphic Process Unit (GPU) [↑](#footnote-ref-20)
21. Joystick [↑](#footnote-ref-21)
22. Local Network [↑](#footnote-ref-22)
23. Button [↑](#footnote-ref-23)
24. Reduced Instruction Set Computer [↑](#footnote-ref-24)
25. Instruction RAM [↑](#footnote-ref-25)
26. Open Source [↑](#footnote-ref-26)
27. Single Board [↑](#footnote-ref-27)
28. One-Way Mirror [↑](#footnote-ref-28)
29. Remote Control [↑](#footnote-ref-29)
30. Servo Motor [↑](#footnote-ref-30)
31. Passive Infrared [↑](#footnote-ref-31)
32. Application Layer [↑](#footnote-ref-32)
33. Message Queuing Telemetry Transport [↑](#footnote-ref-33)
34. Light Weight [↑](#footnote-ref-34)
35. Machine to Machine (M2M) [↑](#footnote-ref-35)
36. Broker [↑](#footnote-ref-36)
37. Topic [↑](#footnote-ref-37)
38. Subscribe [↑](#footnote-ref-38)
39. Subscriber [↑](#footnote-ref-39)
40. Quality of Service (QoS) [↑](#footnote-ref-40)