



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

درس سیستم‌های تعبیه شده

عنوان: گزارش پروژه

موضوع پروژه: خیابان هوشمند

استاد درس: دکتر امیر خورسندی

اعضا: آرمان سعیدی - نوید نصیری - آرش وشاق

چراغ‌های هوشمند روشنایی معابر	عنوان پروژه
دکتر امیر خورسندی	کارفرما
۱۴۰۱/۱۱/۷	تاریخ ارائه

۱ مسئله و ایده اولیه

روشنایی معابر و خیابان‌ها یکی از مسائل همیشگی کشورها بوده است، چرا که مصرف انرژی ناشی از روشنایی معابر هزینه‌های سنگینی را به دولت‌ها متحمل می‌کند. در سال‌های گذشته اتفاقی بزرگ رقم زده شد و روشنایی معابر و خیابان‌ها به صورت خودکار و با استفاده از حسگرهای روشنایی و درک میزان روشنایی محیط اطراف خود انجام شد. اما امروزه نیاز داریم که با استفاده از جدیدترین امکانات موجود، مصرف انرژی را در این بخش از کشور بهینه کنیم؛ زیرا روشن ماندن چراغ‌ها و لامپ‌های معابری که ممکن است در ساعات زیادی از شبانه‌روز بدون تردد باشند، سبب مصرف بیش از حد نیاز انرژی خواهد شد. بنابراین مسئله اصلی که پروژه کنونی سعی در حل آن دارد، عبارت است از هوشمندسازی روشنایی معابر که بر اساس عبور و مرور خودروها و عابرین صورت می‌گیرد.



منبع ۱

۲ روند انجام پروژه

به منظور پیاده‌سازی راه‌حل مورد نظر، در ابتدا نیاز داشتیم که درک خوبی نسبت به صورت مسئله موجود پیدا کنیم؛ که همین موضوع سبب شد تحقیقات خود را راجع به میزان مصرف انرژی در بخش روشنایی معابر در کشورهای مختلف آغاز کنیم. با توجه به مقاله پیوست شده، ۱۵ الی ۴۰ درصد از انرژی مصرف شده در شهرها، مربوط به انرژی مصرفی در روشنایی معابر است که این عدد قابل توجهی نسبت به مقیاس و ابعاد مصرف کل انرژی می‌باشد. سپس با توجه رویکرد کشورهای دیگر ساختار مناسب برای پروژه را انتخاب کردیم و به سراغ انتخاب تجهیزات سخت‌افزاری مناسب رفتیم که در ابتدا برد کنترل NodeMCU ۸۲۶۶ را با توجه به قیمت مناسب و دارا بودن ماژول WiFi برای اتصال گره‌ها انتخاب کردیم. سپس از سنسور

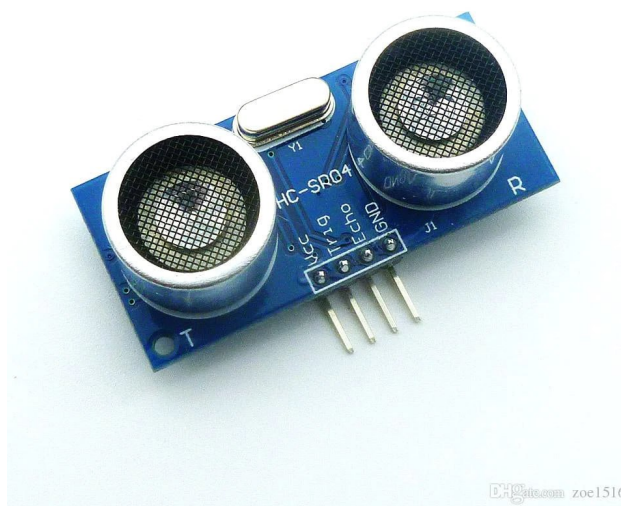
ultrasonic برای تشخیص عبور عابر و از سنسور LDR برای تشخیص روشنایی محیط استفاده کردیم که سبب شدند مسئله را به خوبی و با کیفیت مناسب حل کنیم. در ادامه نیز اقدام به نوشتن برنامه‌های سخت‌افزار و نرم‌افزار کردیم که در این حین با مشکلات و موانع زیادی روبه‌رو شدیم که در ادامه آن‌ها را بررسی خواهیم کرد.

۳ چالش‌ها و راه‌حل‌ها

۱.۳ انتخاب سنسورهای مناسب

روشنایی معابر زمانی لازم است که دو شرط برقرار باشد: تاریکی هوا و وجود حداقل یک عابر. برای دانستن این دو شرط از محیط، به سنسورهایی نیاز داریم که توانایی درک این موضوع را داشته باشند. در این پروژه با توجه به امکانات موجود، دو سنسور LDR و ultrasonic را انتخاب کردیم. سنسور LDR روشنایی و تاریکی محیط را مشخص می‌کند و در میزان نور چراغ‌ها به صورت مستقیم تأثیرگذار است. از سنسور ultrasonic هم برای مشخص کردن فاصله اجسام از خود استفاده کردیم که وجود عابر را مشخص می‌کند. بر اساس چراغ‌های استفاده شده در پروژه و توانایی روشنایی آنها در محیط، حساسیت سنسور ultrasonic تنظیم می‌گردد تا وجود عابر را برای روشن کردن محل عبور مشخص کند.





منبع ۳

۲.۳ ارتباطات

این پروژه نیاز به دو بخش شبکه دارد که برقراری مطمئن هر دو ارتباط به صورت همزمان یکی از چالش های پروژه بود.

۱.۲.۳ ارتباط گره master با گره های slave

در این ارتباط از پروتکل ESP-NOW استفاده شد. این پروتکل بر اساس لایه شبکه کار می کند و همین باعث سرعت بالای آن و کم شدن سربار بسته ها می شود. با استفاده از این پروتکل نیازی به ارتباط از طریق Bluetooth یا WiFi و یا دستگاه سومی مانند تلفن همراه نیست و داده به صورت p2p به مقصد ارسال می شود. (منبع ۴)

پروتکل ESP-NOW دارای ویژگی های زیر است :

- **پاسخ سریع:** دستگاه ها می توانند عملیات ارسال داده و کنترل بقیه دستگاه های متصل شده را به صورت مستقیم و بدون هیچ ارتباط بی سیم با سرعت پاسخگویی در حد میلی ثانیه انجام دهند.

- **مصرف انرژی پایین:** ESP-NOW پنج لایه مدل OSI را به تنها یک لایه کاهش می دهد. این باعث ارتباط آسان و صرفه جویی در مصرف انرژی می شود.

- **سازگاری خوب:** زمانی که دستگاه به یک router متصل است و یا به عنوان یک hotspot کار می کند، می تواند یک ارتباط سریع و پایدار را از طریق ESP-NOW تشخیص دهد. حتی اگر router معیوب باشد یا شبکه ناپایدار باشد، این دستگاه می تواند ارتباط را به صورت پایدار از طریق ESP-NOW حفظ کند.

- **دامنه تقویت شده:** ESP-NOW از ارتباط در فواصل دور و فضاهای گسترده پشتیبانی می کند. همچنین، می تواند یک ارتباط پایدار را برای دستگاه هایی که با دیوارهای ضخیم از هم جدا شده اند و یا در طبقات مختلف قرار دارند فراهم نماید. در آزمایشی که توسط دپارتمان Espressif's R&D انجام شد، آن ها چهار لامپ را در چهار گوشه از یک ساختمان بزرگ قرار دادند. هر یک از لامپ ها ۳۲۰ متر با لامپ بعدی فاصله داشت. این چهار لامپ یک فضا به مساحت ۱۰۰،۰۰۰ متر مکعب را پوشش دادند. محققان توانستند هر چهار لامپ را خاموش و روشن کنند و از data

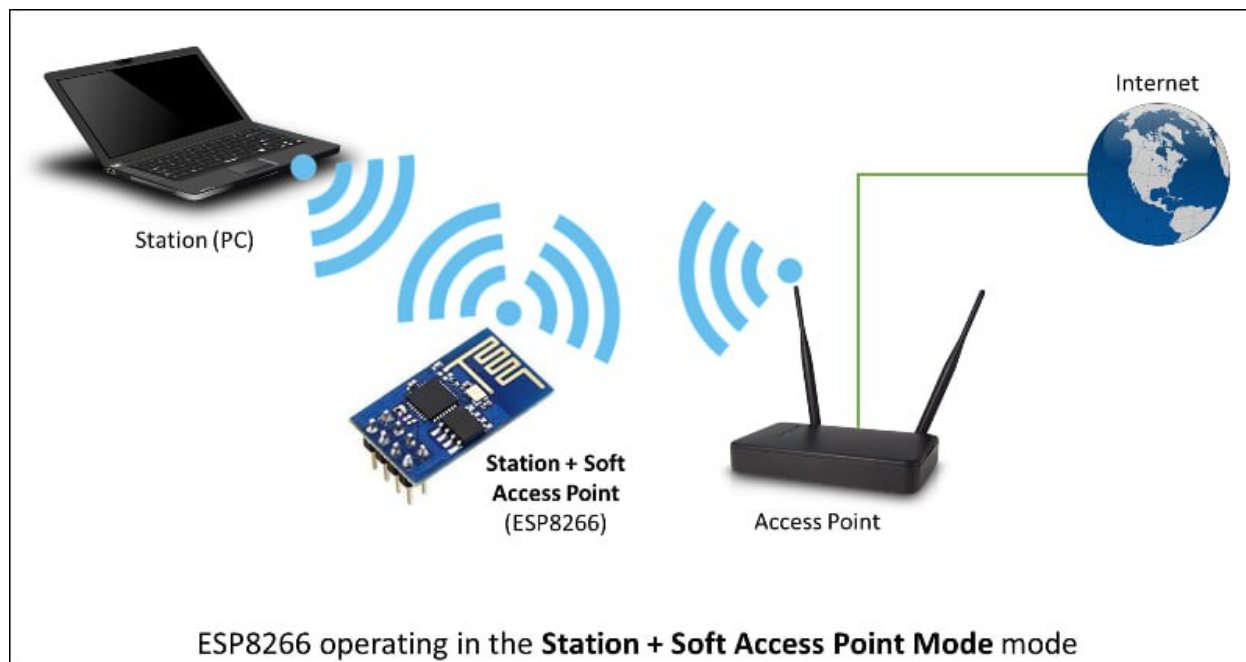
- function forwarding ارائه شده توسط ESP-NOW برای تشخیص یک شبکه multi-hop میان دستگاه‌ها استفاده کنند.
- کنترل چندسطحی: با استفاده از ESP-NOW می‌توانیم صداها دستگاه را از طریق unicast، broadcast و control group پشتیبانی کنیم.
- روش‌های کنترلی متنوع: ESP-NOW همچنین دارای سوئیچ لمسی، صفحه LCD و کنترل صدا و سنسورهای مختلف دیگر است.



منبع ۵

۲.۲.۳ ارتباط گره master با سرور مرکزی

بخش دوم شبکه موجود در پروژه، مربوط به اتصال گره master به router و ارسال داده‌های خود برای سرور مرکزی است. اتصال به wifi همزمان با استفاده از پروتکل ESP-NOW در esp8266 امکان پذیر نیست و یکی دیگر از چالش‌های ایجاد شده در پروژه بود. برای رفع این مشکل هر دو ارتباط را از طریق کانال‌های یکسان انجام دادیم تا گره master بتواند هم به wifi وصل باشد و داده خود را برای سرور ارسال کند و هم دستورات خود را به گره‌های slave بفرستد.



منبع ۶

۳.۳ حالت‌های برنامه

چراغ‌ها ممکن است در طول شبانه روز در سه حالت باشند و با توجه به این سه حالت و این موضوع که تشخیص حالت‌ها فقط توسط گره‌های master انجام می‌شود، دستوراتی که master برای slave می‌فرستد، سه حالت دارد:

- ۱- اگر روز باشد و روشنایی معابر برای عبور و مرور کافی باشد، خاموش هستند.
- ۲- اگر شب باشد و نور کافی در محیط وجود نداشته باشد و همچنین عبوری هم توسط سنسورها تشخیص داده نشود، به دلیل اینکه خاموشی چراغ‌ها ممکن است امنیت معابر را به خطر بیندازد، چراغ‌ها به صورت کامل خاموش نمی‌شوند بلکه به صورت نیمه روشن قرار می‌گیرند.
- ۳- اگر شب باشد و نور کافی نباشد و عبوری هم توسط سنسورها تشخیص داده شود، در این حالت چراغ‌ها به مدت مشخصی کاملاً روشن می‌شوند تا مسیر عبور را روشن و واضح کنند.

۴.۳ مدت زمان روشن ماندن چراغ‌ها

برای تعیین مدت زمان روشن ماندن چراغ‌ها دو سیاست را پیش رو داریم:

- ۱- تخمین یک مدت زمان ثابت برای هر عبور به طوری که تضمین شود به احتمال زیاد، در آن مدت زمان، عبور از معبر گذر کرده است.
 - ۲- محاسبه متوسط سرعت عبور و محاسبه زمان مورد نیاز برای روشن ماندن چراغ‌ها
- در این فاز پروژه به دلیل پیچیدگی روش دوم و کم بودن قدرت و حساسیت سخت افزارها و سنسورها، از روش اول استفاده شد.

۵.۳ ارسال مطمئن بسته‌های اطلاعات

در شبکه استفاده شده برای ارتباط گره master با سرور مرکزی، به این دلیل که از http request که بر روی tcp است استفاده می‌شود، اطمینان کافی برای رسیدن بسته‌ها به سرور وجود دارد، اما در پروتکل ESP-NOW به دلیل سبک بودن بسته‌ها و لزوم سرعت بالای ارسال آن‌ها این اطمینان داده نمی‌شود. به همین دلیل، در کد مربوط به esp، چندین بار (در این فاز ۵ بار) دستور از سمت گره master به سمت گره‌های slave ارسال می‌شود تا از رسیدن بسته به آن‌ها اطمینان بیشتری حاصل شود.

۶.۳ نظارت بر روشنایی معابر از طریق وبسایت

همانطور که گفته شد، گره master زمانی که عابری را تشخیص می‌دهد و دستور روشنایی کامل را به گره‌های slave می‌دهد، به سرور مرکزی هم یک درخواست POST ارسال می‌کند که حاوی شناسه یکتای آن گره master است. این اطلاعات در سرور ذخیره می‌شوند و توسط وبسایت سامانه قابل مشاهده و نظارت هستند.

۴ دامنه کاربرد پروژه

۱.۴ پارک‌ها

در پارک‌ها می‌توان به صورت دوبعدی عابران را تشخیص داد و در یک صفحه مسیر آن‌ها را محاسبه و پیدا کرد. بدین ترتیب تنها در مکان‌هایی که عابر حضور دارد روشنایی ۱۰۰ درصد خواهیم داشت. در مکان‌هایی که عابر حضور ندارد، با حفظ مقدار کمی از روشنایی امنیت پارک‌ها تأمین می‌شود.

۲.۴ معابر بین شهری

در معابر بین‌شهری بیش‌ترین کاربرد این پروژه نمایان می‌شود، چرا که معابر دورافتاده‌ای که پیش از این به دلیل کاهش مصرف انرژی روشنایی نداشته‌اند می‌توانند روشن شوند و همچنین معابر اصلی هم در کاهش مصرف انرژی کل کشور سهیم باشند.

۳.۴ معابر شهری

معابر شهری می‌توانند سخت‌ترین بخش پروژه باشند چرا که درصد اطمینان بالایی از برنامه مورد انتظار است و سیستم باید به صورت کاملاً RealTime عمل کند و کمترین درصد خطا را داشته باشد.

۵ مزایا

۱.۵ کاهش انرژی

اصلی‌ترین مزیت این پروژه کاهش مصرف انرژی مورد استفاده در معابر است که سبب کاهش هزینه‌های بسیاری می‌شود.

۲.۵ تضمین امنیت معابر

با توجه به این نکته که چراغ‌های معابر خاموش نمی‌شوند بلکه روشنایی خود را محدود می‌کنند، می‌توان گفت که ضمن تضمین امنیت معابر، وظیفه اصلی خود یعنی کاهش مصرف انرژی را به خوبی ایفا می‌کنند.

۳.۵ کمک به پیشگیری از گرمایش جهانی

علاوه به کاهش مصرف انرژی، با کاهش اتلاف انرژی و تولید گرمای کمتر حاصل از روشنایی چراغ‌ها گام مهمی در جهت پیشگیری از پدیده گرمایش جهانی برداشته می‌شود.

۶ گام‌های آینده

۱.۶ کنترل روشنایی دو بعدی

با توجه به کاربرد این پروژه در کنترل روشنایی معابر موجود در پارک‌ها لازم است که کنترل روشنایی را به صورت دو بعدی انجام داد که نیازمند تحقیقات بیش‌تری در زمینه‌های ارتباطات بین گره‌ها است.

۲.۶ هوش مصنوعی در تعیین مقدار کاهش روشنایی

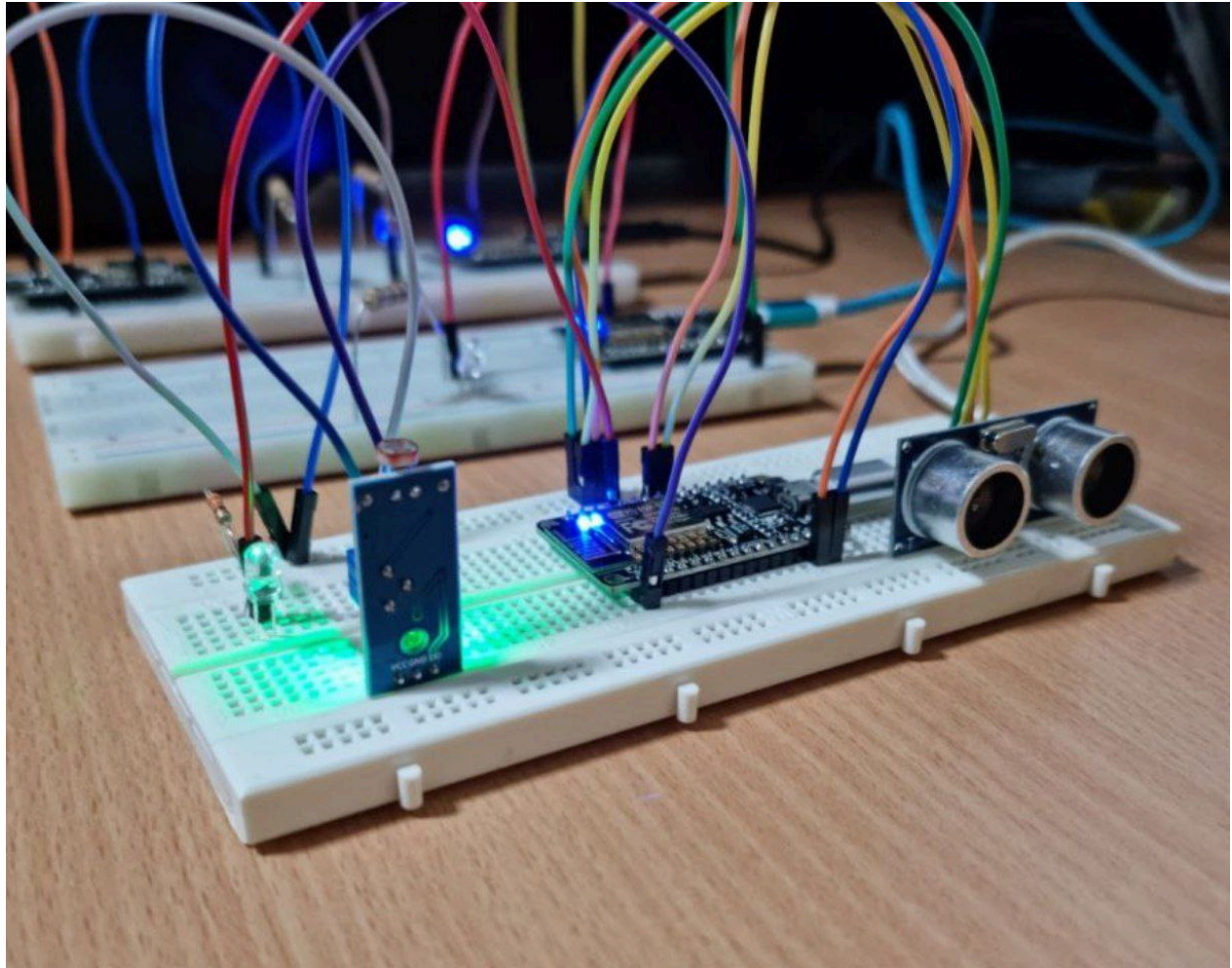
در فاز ابتدایی این پروژه چراغ‌ها در حالت شب و بدون عبور عابر روشنایی خود را تا مقداری مشخص کاهش می‌دهند که در آینده می‌توان مقداری متناسب با هر منطقه را با توجه به پارامترهایی مانند تعداد عبور ماشین و وضعیت کلی جاده‌ها و معابر با استفاده از هوش مصنوعی استخراج و استفاده کرد.

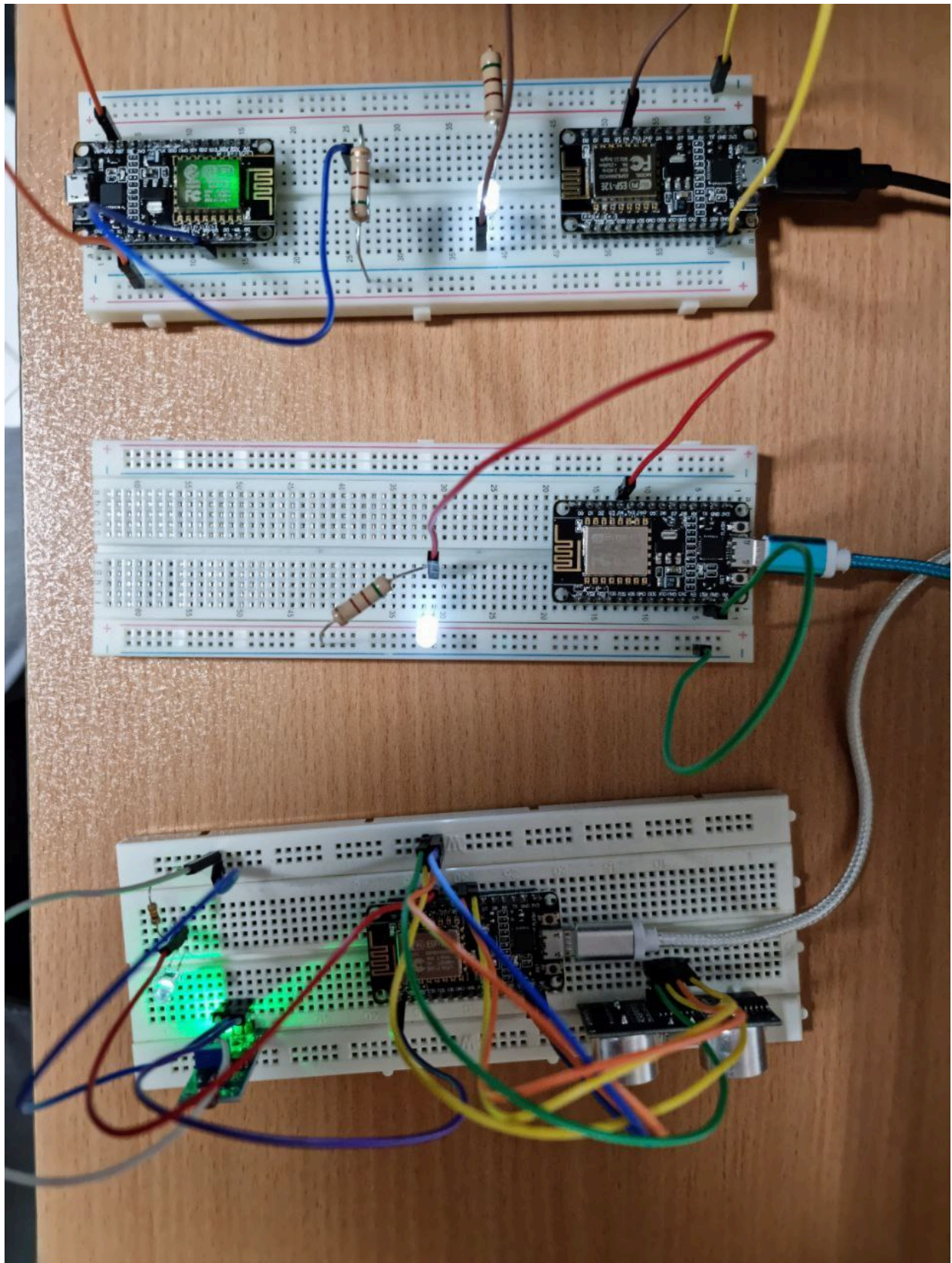
۳.۶ محاسبه زمان روشن ماندن چراغ‌ها

در فاز ابتدایی پروژه تنها بر اساس یک زمان مشخص چراغ‌ها روشن می‌شوند اما در ادامه نیاز است که به منظور افزایش بهره‌وری، زمان روشن ماندن چراغ‌ها به صورت لحظه‌ای با توجه به سرعت عابر محاسبه شود.

۴.۶ استفاده از انرژی تجدید پذیر (خورشیدی) جهت تأمین برق لازم برای گره‌ها

به منظور تکمیل گام خود در جهت کاهش مصرف انرژی، می‌توان از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده کرد.





۷ منابع

منبع ۱: aecillumination.com

منبع ۲: indiamart.com

منبع ۳: store.fut-electronics.com

منبع ۴: espressif.com

منبع ۵: randomnerdtutorials.com

منبع ۶: arduino-esp.readthedocs.io

۸ پیوست امار و اطلاعات

aip.scitation.org