



دانشگاه تهران
دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر



سیستم‌های نهفته‌ی بی‌درنگ

تمرین اول

آشنایی با پروتکل‌های ارتباطی انتقال داده و سنسورها

آشنایی با پروتکل های ارتباطی انتقال داده و سنسورها و موتورهای الکتریکی

هدف از انجام این تمرین یادگیری کار با رابط های^۱ Arduino ، آشنایی با پروتکل های انتقال داده به روش سریال (RS232 و I2C) و آشنایی با برخی از انواع سنسورها و نحوه استفاده از آنها است. برای انجام این تمرین از بورد Arduino ، شبیه ساز Proteus و بستری جهت توسعه سیستم های IOT با عنوان PlatformIO استفاده می شود.

در این تمرین باید با استفاده از سه بورد Arduino ، یک شبکه شامل یک گره مرکزی، یک گره سنسور (که به یک سنسور و موتور متصل است و داده های دریافتی از سنسور خود را به گره مرکزی ارسال می کند)، و یک گره عملگر (که شامل یک موتور الکتریکی است) را ایجاد و شبیه سازی کنید. وظیفه ی گره مرکزی پردازش اطلاعات دریافتی، ارسال دستور به موتور، و نمایش تصمیم اتخاذ شده روی یک LCD است.

➤ مفاهیم مقدماتی

بورد استفاده شده در این تمرین بورد Arduino خواهد بود. این بورد در انواع مختلف با اندازه ها و کاربردهای مختلف با نام های Uno, Due, Mini, Nano و ... تولید شده اند. در این تمرین از Arduino Uno استفاده خواهیم کرد که از میکروکنترلر AVR ATmega328P استفاده می کند. این بورد توسط درگاه های مختلف از جمله تعدادی پورت GPIO و ADC ارتباط میکروکنترلر با دنیای بیرون را برقرار می سازد. این بورد همچنین لایه هایی از Abstraction برای برنامه نویسی میکروکنترلر ارائه می دهد و نحوه ی برنامه نویسی را بسیار ساده می کند. برای آشنایی بیشتر با قواعد برنامه نویسی آردوینو می توانید به این [لینک](#) مراجعه کنید.

➤ **ابزارهای توسعه کد و شبیه سازی** - در این تمرین برای شبیه سازی، ابزار Proteus و PlatformIO در VSCode² مورد استفاده قرار می گیرد.

- معرفی PlatformIO : PlatformIO یک بستر مشارکتی حرفه ای متن باز^۳ مبتنی بر پایتون برای توسعه اینترنت اشیا^۴ (IOT) و سیستم های تعبیه شده^۵ است. PlatformIO یک پلتفرم IDE متقابل با یک دیباگر یکپارچه^۶ است که بر روی ویندوز، مک و لینوکس راه اندازی می شود. این بستر دارای ویژگی هایی از جمله امکان

¹ Interface

² Visual Studio Code

³ Open Source

⁴ Internet Of Things

⁵ Embedded System

⁶ Integrated Debugger

توسعه سریع کد (مانند کد های اجرایی C / C++) و همچنین ابزار هوشمند بررسی و آنالیز کد⁷ برای توسعه سریع و حرفه ای است که در آردوینو IDE وجود ندارد و همچنین مجهز به امکان موقعیت یابی و پیمایش کد ها⁸ و قالب بندی کد است. از جمله ویژگی های اصلی آن می توان به ساختار چندین پلتفرمی، مدیریت کتابخانه، مانیتور پورت سریال و غیره اشاره نمود. PlatformIO از مجموعه متنوعی از [پلتفرم](#)، [فریم ورک](#) و [بورد](#) از جمله Arduino پشتیبانی می کند و با تعدادی [مثال](#) و [کتابخانه](#) همراه است که لیست آن ها در هر لینک قابل مشاهده است.

- **افزونه PlatformIO در VSCode** : همان طور که می دانید ویژوال استودیو کد (VSCode) یک ویرایشگر متن شناخته شده با تعدادی افزونه است که امکان توسعه و پیشرفت کد با زبان های مختلف برنامه نویسی را فراهم می کند. قابلیت استفاده از PlatformIO به عنوان یک افزونه⁹ در ویژوال استودیو کد وجود دارد که با استفاده از [لینک](#) زیر می تونید آن را به سادگی در محیط VSCode نصب نمایید.

➤ شرح تمرین

به طور کلی شما در این تمرین باید با استفاده از سه بورد Arduino Uno، یک شبکه شامل یک گره مرکزی، یک گره حسگر (sensor) که به یک سنسور متصل است، و یک گره عملگر (actuator) که به یک موتور DC متصل است را ایجاد و شبیه سازی کنید. گره حسگر با گره مرکزی در ارتباط است و داده هایی که از سنسور خود دریافت می کند را به آن ارسال می کند. وظیفه ی گره مرکزی پردازش اطلاعات دریافتی، کنترل موتور، و نمایش وضعیت سیستم و تصمیم اتخاذ شده روی یک LCD است.

شرح هر کدام از گره ها که با استفاده از یک بورد آردوینو ایجاد می شوند به صورت زیر است:

- **گره حسگر** - این گره در داخل یک گلدان قرار دارد و اطلاعات رطوبت خاک و دما را تولید میکند. برای این کار، بورد مربوطه از طریق ارتباط I2C به یک [سنسور اندازه گیری دما و رطوبت \(SHT25\)](#) متصل می شود و اطلاعات سنسور را بعد از پردازش از طریق ارتباط سریال UART به [ماژول بلوتوث \(HC-05\)](#) ارسال می کند. این ماژول بلوتوث در ادامه اطلاعات را به ماژول بلوتوث گره مرکزی ارسال خواهد کرد. این گره به صورت پیوسته وضعیت گلدان را رصد میکند و هر وقتی که مقدار رطوبت خاک به اندازه 5 درصد از آخرین مقدار رطوبت ارسال شده به گره مرکزی متفاوت شد، مقدار رطوبت و دما را به گره مرکزی ارسال می دارد.
- **گره عملگر**. این گره دارای یک موتور الکتریکی از نوع stepper motor است که به شیر آب متصل است و با رسیدن دستورات از سوی گره مرکزی، قطع و وصل شدن و شدت جریان آب را کنترل میکند. ارتباط این گره با گره مرکزی هم از طریق بلوتوث است و بنابراین این گره نیز نیاز به یک ماژول بلوتوث دارد که دستورها را از گره مرکزی دریافت کند.

- **گره مرکزی (Main-Board)** - این گره که گره کنترل کننده مرکزی در این پروژه است، تصمیم می گیرد که بر اساس شرایط، آبیاری قطره ای صورت بگیرد یا خیر و اگر جواب مثبت است، این کار را با چه نرخ انجام دهد. این گره به یک LCD مجهز است و اطلاعات سنسور را دریافت می کند و بسته به شرایط، پیام مناسب را روی LCD چاپ می کند. این گره نیاز به یک مازول بلوتوث هم دارد که داده ها را از گره حسگر دریافت کند و دستور وصل و قطع موتور را به گره عملگر ارسال نماید.

برنامه ی شما باید دما و رطوبت دریافتی و نرخ آبیاری را روی LCD نمایش داده و تحت شرایط زیر، دستورات متناسب را جهت ارسال به گره غیرمرکزی تولید کند:

- اگر رطوبت بالای 30 درصد بود، آبیاری صورت نگیرد.
- اگر رطوبت بین 20 تا 30 درصد بود نیز دو حالت رخ می دهد. اگر دما کمتر از ۲۵ درجه ی سلسیوس بود، آبیاری لازم نیست. اگر دما بیش تر از ۲۵ درجه ی سلسیوس بود، آبیاری با نرخ ۱۰ سی سی بر دقیقه صورت گیرد (duty cycle پالس ارسالی به موتور: 10٪).
- اگر رطوبت بین 10 تا 20 درصد بود، آبیاری با نرخ 15 سی سی بر دقیقه انجام گیرد. برای اینکار باید پالس هایی با duty cycle 20٪ به موتور ارسال گردد.
- اگر رطوبت کمتر از 10 درصد بود، آبیاری با نرخ 20 سی سی بر دقیقه انجام گیرد. برای اینکار باید پالس هایی با duty cycle 25٪ به موتور ارسال گردد.

➤ نکته های پیاده سازی

- قبل از شروع پیاده سازی پروژه حتما نحوه کارکرد پروتکل های I2C و UART را به صورت دقیق مطالعه کنید. (تسلط شما بر این دو پروتکل در زمان تحویل پروژه سنجیده می شود).
- برای شبیه سازی همانند تمرین قبل از Proteus و PlatformIO استفاده می کنیم. به منظور نصب PlatformIO بر اساس دستورالعمل های لینک PlatformIO عمل کنید. دقت کنید که این برنامه به صورت یک plugin برای ویرایشگر VSCode در دسترس است.
- برای ایجاد هر گره از بورد Arduino Uno استفاده می شود. در PlatformIO برای هر یک از سه گره، یک پوشه با نام آن ایجاد کنید و آن ها را در پوشه ی اصلی پروژه ی خود قرار دهید.
- ارتباط بلوتوث تفاوتی با ارتباط سریال توسط سیم ندارد. در واقع ارسال بی سیم داده ها در لایه های پایین تر مدیریت شده و شما تفاوتی بین این دو انتقال حس نخواهید کرد. (برای ارسال داده ها بین دو آردوینو از طریق بلوتوث می توانید از این لینک استفاده کنید).
- ارتباط دو مازول بلوتوث داده شده در محیط شبیه سازی Proteus به صورت مجازی برقرار می شود. برای این کار روی این مازول ها دوبار کلیک کنید و physical port یکی از مازول ها را برابر 3COM و دیگری را

برابر 4COM قرار دهید. سپس با استفاده از یکی از برنامه های ساخت ارتباط مجازی مثلا com0com این دو پورت را به هم متصل کنید.

- در ادامه، جزئیات مربوط به هر یک از بوردها بیان شده است:

○ **برد حسگر:** این گره با استفاده از پروتکل I2C به سنسور SHT25 متصل است، برای این کار تنها کافی است دو پورت SCL و SDA را به پورت های متناظر سنسور متصل کنید. در برد Arduino Uno پورت های SCL و SDA با پورت های ورودی آنالوگ مشترک است. برای آشنایی با نحوه ی کار با پروتکل I2C در آردوینو که توسط [کتابخانه Wire](#) انجام می گیرد می توانید به لینک مراجعه کنید.

همچنین می توانید با اتصال یک Virtual Terminal به پورت debug سنسور از درست بودن کدهای خود اطمینان حاصل کنید. پورت دیباگ در واقع داده ی سنسور را به صورت سریال به خروجی می دهد. این برد باید دو نوع داده دما و رطوبت را برای گره مرکزی ارسال کند.

برای این کار پروتکل مشخصی وجود ندارد. می توانید با استفاده از خلاقیت خود راهکاری برای این کار پیشنهاد دهید. برای مثال یک ایده می تواند استفاده از delimiter برای جداسازی انواع داده باشد.

○ **برد عملگر:** این برد دستورات مربوط به حرکت موتوری که به شیر آب متصل است را از برد گره مرکزی دریافت میکند. دقت کنید که برای آبیاری باید از شیرهای (valve قابل کنترل با ولتاژ استفاده شود، ولی برای راحت تر شدن تمرین، فرض کنید که PWM ساخته شده به یک stepper motor ارسال میشود.

○ **برد مرکزی:** گره اصلی وظیفه ی گرفتن داده های ارسال شده از گره و پردازش و تصمیم گیری بر اساس آن ها و نمایش اطلاعات و تصمیم مرتبط با آن ها روی یک LCD را دارد. برای شروع ماژول LM041L با اندازه ی 4x20 را از لیست کتابخانه های Proteus به پروژه اضافه کنید. با استفاده از مستندات موجود در اینترنت، LCD را به Arduino متصل کنید (پایه ی En را به GND متصل کنید).

کتابخانه ی LiquidCrystal را مانند قسمت قبلی نصب کنید. با استفاده از تکه کدی از درستی اتصال خود مطمئن شوید. حال با اتصال یک ماژول بلوتوث به ورودی سریال آردوینو، دیتای خروجی برد حسگر را دریافت و در LCD نمایش دهید. زمانی که مقدار سریال را می خوانید امکان دارد در میانه ی ارسال داده بوده باشد. مثلا فرض کنید گره اول برای شما عدد 1234 را ارسال کند ولی زمانی که شما داده را می خوانید داده به صورت کامل خوانده نشده باشد و تنها مقدار 12 را دریافت کنید! این مشکل را در نظر بگیرید و آن را رفع کنید.

➤ پرسش ها

1. در مورد بلوتوث، از چه فرکانسی برای ارتباط بی سیم استفاده میشود؟ در این تمرین که دو ارتباط بلوتوثی برای اتصال 3 گرہ لازم است، چگونه از تداخل داده های ارسالی دستگاه ها جلوگیری میشود؟ نیازی به ارایه جزییات پروتوکل ارتباطی بلوتوث نیست. بیان مفاهیم کلی کافی است.
2. در باس I2C، چگونه تضمین میشود که داده های ارسالی گرہ های روی باس با هم تداخل نمیکند؟
3. در مورد موتورهای الکتریکی، تفاوت و مشخصات سه نوع موتور پُرکاربرد Stepper, DC Motor و Servo Motor را بیان نمایید. تشریح ساختار الکتریکی این موتورها لازم نیست و فقط کاربرد و قابلیت های هر موتور و برتری آن بر دیگران را بیان کنید.

➤ نکته های تحویل تمرین

- این تمرین تحویل حضوری دارد و باید در قالب گروهی انجام شود. موعد تحویل تمرین در صفحه درس اعلام شده است.
- در کنار یادگیری مفاهیم بیان شده ، نحوه کدنویسی خوانا (ماژولار بودن کد، استفاده از نامگذاری مناسب، استفاده درست از توابع و ...) در این تمرین اهمیت بالایی دارد.
- گزارش کار کاملی از مراحل انجام تمرین ، نتایج شبیه سازی، تصاویر و نکات هر بخش و پاسخ به سوالات تهیه شود.
- پیشنهاد می شود هر چه زودتر پیاده سازی ها را شروع کنید و قسمت های مختلف این تمرین بین افراد گروه تقسیم شود. البته همه ی افراد باید تسلط کافی به مباحث تمامی بخش های پروژه داشته باشند.
- اگر پروژه تان موفقیت آمیز بود، میتوانید روی تجاری سازی آن فکر کنید!! (لیست گلدانهای هوشمند آمازون)

موفق باشید :