



دانشگاه تهران
دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر



سیستم‌های نهفته‌ی بی‌درنگ

تمرین اول

راه اندازی انواع موتور با آردوئینو

طراحان:
گروه سخت افزار

اساتید:
دکتر کارگهی و دکتر مدرسی

۱۳۹۷-۱۳۹۸

۱. مقدمه

در این تمرین قصد داریم چند نوع موتور مختلف (Stepper motor, DC motor, Servo motor) را روی برد آردوینو راه اندازی کنیم و با تعدادی کلید، سرعت آنها را تنظیم کنیم.

برای شبیه سازی این تمرین، از ابزار های Proteus و Arduino Studio استفاده می کنیم.

هدف از انجام این تمرین آشنایی با برد آردوینو (Arduino)، یادگیری کارکرد موتورهای و آشنایی با PWM^۱ و ADC^۲ است.

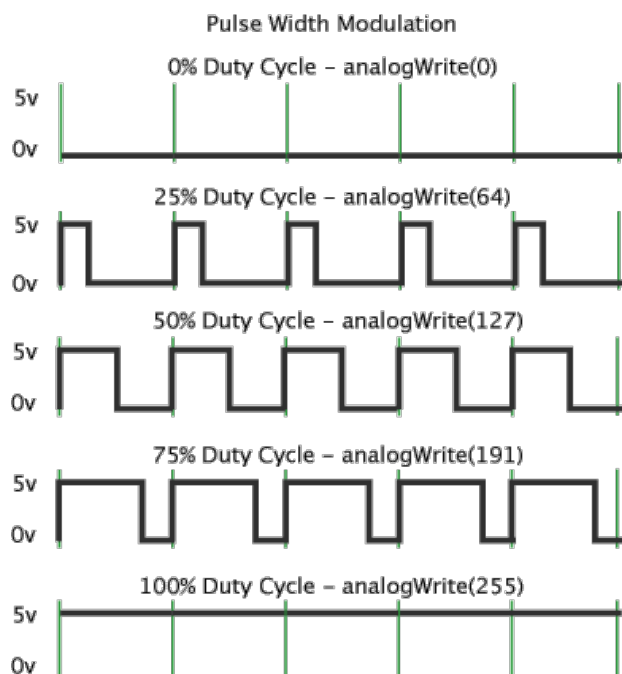
۲. پیش زمینه

برد استفاده شده در این تمرین برد آردوینو خواهد بود. این برد 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 برد توسط درگاه های مختلف از جمله تعدادی پورت GPIO و ADC ارتباط میکروکنترلر با دنیای بیرون را برقرار می سازد. این برد هم چنین 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.

مسئله ای که در تعیین شدت ولتاژ ورودی موتورهای مطرح می شود، این است که خروجی پورت های GPIO به صورت دیجیتالی است و ولتاژ ثابتی دارد. به این ترتیب به نظر نمی رسد می توان با استفاده از پورت های متداول، شدت یک سیگنال ورودی را تغییر داد. برای رفع این مشکل از مفهومی به نام PWM برای

ارسال سیگنال به موتور استفاده می کنیم. در روش PWM برای این منظور، از همان سطوح ولتاژ صفر و یک منطقی استفاده می شود، اما کنترل سرعت موتور توسط درصد زمانی که مقدار خروجی در یک بازه زمانی در سطح یک منطقی قرار دارد انجام می گیرد. برای مثال در قسمت دوم شکل مقابل، مقدار سیگنال در ۲۵٪ از کل یک بازه زمانی یک است و موتور کنترل شده توسط این سیگنال با ۲۵٪ بیشینه سرعت خود، کار خواهد کرد.

برای نمایش بهتر، عدد اعشاری مورد نظر را در یک عدد پایه (مثلاً ۲۵۶) ضرب می کنند تا مقدار نوشته شده در ثبات بدست آید. در دومین قسمت از شکل مقابل، ۲۵ درصد از

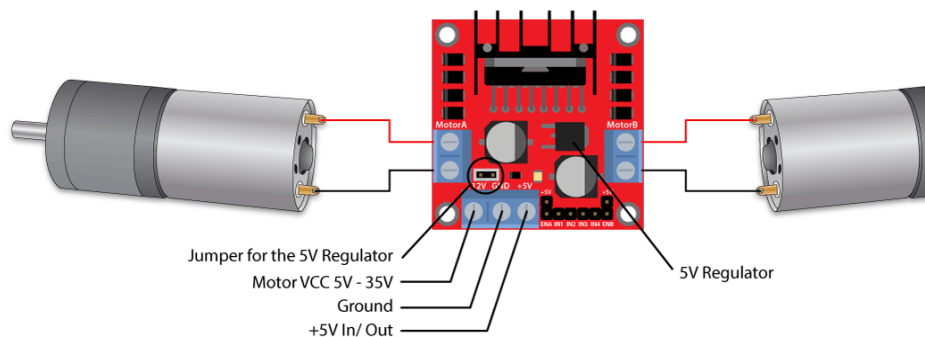


Pulse Width Modulation^۱
Analog to Digital Converter^۲

زمان هر دوره خروجی برابر یک است. از آنجایی که $0.25 \times 256 = 64$ ، عددی که توسط PWM نشان داده می‌شود برابر ۶۴ است.

در این تمرین با سه نوع مختلف از موتورهای متداول آشنا خواهیم شد. ساده‌ترین نوع آن‌ها موتورهای موسوم به DC motor هستند که حرکت چرخشی آن‌ها توسط چند سیم پیچ تولید می‌شود. با توجه به شدت و جهت ولتاژ ورودی به این موتور، می‌توان سرعت حرکت و جهت حرکت آن را تعیین کرد.

نکته‌ی مهمی که باید برای کار با این موتور در نظر گرفت، نحوه‌ی اتصال آن‌ها به برد آردوینو است. آردوینو برای برقراری ارتباط با ابزارهای جانبی از درگاه‌های GPIO استفاده می‌کند. اما به دلیل پایین بودن جریان این درگاه‌ها امکان اتصال مستقیم آن‌ها به موتور وجود ندارد. برای حل این مشکل از قطعه‌ای به نام driver استفاده می‌شود که هم به منبع تغذیه وصل می‌شود (برای دریافت جریان کافی) و هم به میکروکنترلر (برای اطلاع از چگونگی کنترل جریان خروجی). خروجی آن نیز به موتور موردنظر وصل خواهد شد. به این ترتیب، درایور توسط آردوینو کنترل شده و جریان منبع تغذیه را با شدت و در زمان تعیین شده توسط آردوینو به موتور منتقل می‌نماید. در این تمرین باید از درایور L293 استفاده کنید. در تصویر زیر نمونه‌ای اتصال درایور به موتور DC را مشاهده می‌کنید.



Stepper motor یکی دیگر از انواع موتورهای است که در این تمرین با آن کار خواهیم کرد. در این موتور حرکت به جهت‌های چپ و راست تنها با اندازه‌های معینی ممکن است و کاربر می‌تواند با ارسال دستور به موتور، آن را در یکی از موقعیت‌های از پیش تعیین شده‌ی موتور قرار دهد. در این تمرین از حالت Bipolar این موتور استفاده می‌شود.

این موتورها کاربرد های گسترده ای در صنعت دارند. به عنوان مثال موتوری که سنسور دستگاه اسکنر را جابه‌جا می‌کند از این نوع است. هم‌چنین موتورهای که کاغذ پرینتر را دریافت و جابجا می‌کنند نیز از این نوع هستند. این موتورها در سرعت‌های بالا نیز قابل استفاده‌اند. به عنوان مثال stepper motor ای که در دستگاه‌های سی‌دی خوان استفاده شده‌اند تا ۴۰۰۰ دور در دقیقه سرعت چرخش دارند.

نوع دیگری از موتورها که در این تمرین با آن آشنا می‌شویم، Servo motor نام دارد. این نوع موتور با کمک سنسورهای تعبیه شده، توانایی چرخش به هر زاویه‌ی دلخواه که در ورودی به آن داده شود را دارد.

این نوع موتورها کاربرد گسترده‌ای در صنعت رباتیک دارند. هم‌چنین از این نوع موتورها در اندازه‌های بزرگ‌تر در خطوط تولید کارخانه‌ها برای حرکت نقاله‌ی تولید استفاده می‌شود. یکی از کاربردهای جالب این نوع موتورها نیز در درب‌های اتوماتیک است. همان‌طور که می‌توان حدس زد، این موتورها در محیط‌هایی که دقت و موقعیت ابتدایی موتور اهمیت دارد، استفاده‌ی پررنگ‌تری دارند.

۳. شرح تمرین

این تمرین سه مرحله دارد که شامل کار با سه نوع مختلف موتور خواهد بود.

ابتدا با DC motor کار خواهیم کرد. در این قسمت لازم است که موتور را با کمک درایور L۲۹۳ به بورد متصل کنید. در ابتدا موتور در جهت ساعت گرد و با حداکثر سرعت چرخش می کند. سپس باید با کمک چهار کلید که به پورت های بورد آردوینو متصل شده اند، دستوراتی را به بورد ارسال کنید که در نتیجه ی آن، تغییرات زیر در رفتار موتور دیده شود.

(۱) قطع یا ادامه ی حرکت موتور

(۲) افزایش سرعت حرکت موتور

(۳) کاهش سرعت حرکت موتور

(۴) تغییر جهت حرکت موتور از ساعتگرد به پادساعتگرد و برعکس

برای تغییر سرعت حرکت موتور لازم است که از PWM استفاده کنید. اگر حداکثر مقدار PWM برابر با ۲۵۵ و حداقل آن صفر در نظر گرفته شود، برای افزایش یا کاهش سرعت باید مقدار PWM را ۱۰ واحد تغییر دهید. همچنین توجه کنید که مقدار PWM از صفر کمتر یا از ۲۵۵ بیشتر نشود.

در مرحله ی بعد کار با Servo motor را تجربه خواهیم کرد. در این مرحله نیاز است که با فشردن دو دکمه بتوانید موتور را ۴ درجه در جهت ساعت یا خلاف آن به حرکت درآورید. در این مرحله موتور همواره در حال حرکت نیست و تنها با فشردن دکمه جابجا می شود.

در سومین مرحله از تمرین به سراغ Stepper motor می رویم. در این قسمت موتور در ابتدا در حال حرکت در جهت عقربه های ساعت با گام های ده درجه ای است. کاربر باید بتواند با کمک سه دکمه ی جانبی، فعالیت های زیر را انجام دهد:

(۱) جهت چرخش های موتور هم جهت با عقربه های ساعت شود.

(۲) جهت چرخش های موتور مخالف با عقربه های ساعت شود.

(۳) حرکت موتور متوقف شود تا زمانی که کاربر یکی از دکمه های قبلی را فشار دهد.

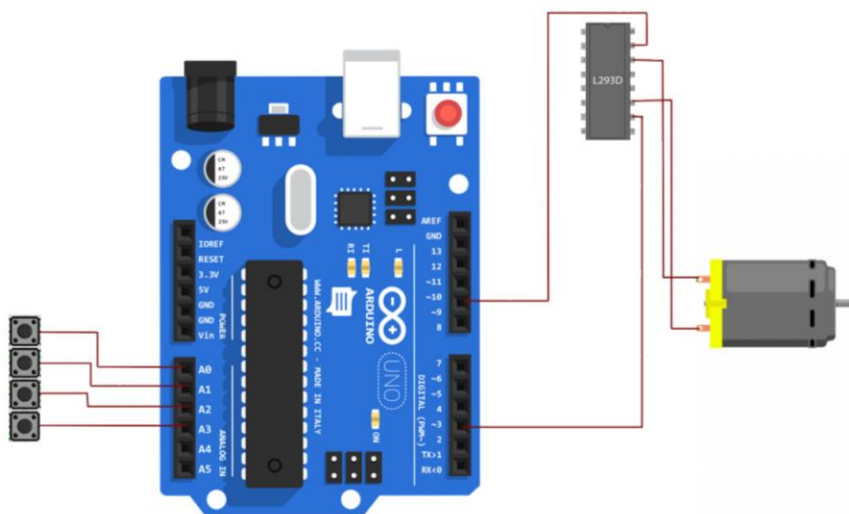
شما باید کد هر مرحله را برای آردوینو تولید کرده و با کمک ابزار Proteus آن را شبیه سازی کنید.

۴. سؤالات

- ۱- نحوه ی ساخت PWM را در مورد آردوینو شرح دهید.
- ۲- استفاده از PWM در DC motor با servo motor چه تفاوتی دارد؟
- ۳- به صورت جامع تر و دقیق تر نسبت به توضیحات ابتدایی صورت پروژه، تفاوت servo motor و stepper motor را شرح دهید و یک مورد کاربرد برای هر کدام بیان کنید.

۵. طراحی مفهومی

- طراحی مفهومی یا conceptual design کمک می کند که بدون در نظر گرفتن جزئیات و نحوه ی اتصالات و مشکلات پیش روی طراحی، دیدی کلی از عملکرد کلی سیستم و همچنین ارتباطات سطح بالای اجزا با هم ارائه شود.
- طراحی مفهومی جزئی مهم در ارائه ی پروژه هاست. برای آشنایی بیشتر شما با کلیت این مفهوم، در این پروژه نمونه ای از آن برای اتصال DC motor به آردوینو برای شما آورده شده است. بدیهی است که این مثال بسیار ساده است و طراحی مفهومی پیچیده ای نخواهد داشت؛ و صرفاً برای آشنایی شما با طراحی مفهومی می باشد.
- ارتباطات اجزا در این پروژه در تصویر زیر به نمایش درآمده است. دقت کنید که جزئیات و نحوه ی اتصالات، موضوع بحث در طراحی مفهومی نیست.



این تصویر به صورت کلی به شما نشان می‌دهد که از ۴ کلید برای کنترل وضعیت موتور استفاده می‌شود. و برای کنترل سرعت و جهت موتور، از یک درایور L۲۹۳ که به پورت‌های pwm برد متصل است استفاده شده است. نکاتی مثل power و جزئیات اتصالات - مانند مدار pull up resistor که برای کلیدها ضروری است - در این طراحی نمایش داده نخواهند شد. همچنین، چون پیاده‌سازی این دست سیستم‌ها ترکیبی از سخت‌افزار و نرم‌افزار است، نوشتن یک شبه کد هم به درک بهتر عملکرد سیستم کمک خواهد کرد.

```
main function definition{

    Initialization for motor state and pins;

    while(true){

        if (pause_resumption_button)

            stop or begin the rotation of motor;

        if (increase_speed_button)

            increase speed of moto

        if (decrease_speed_button)

            decrease speed of motor;

        if (change_direction_button)

            change the direction of rotation;

        update state;

    }

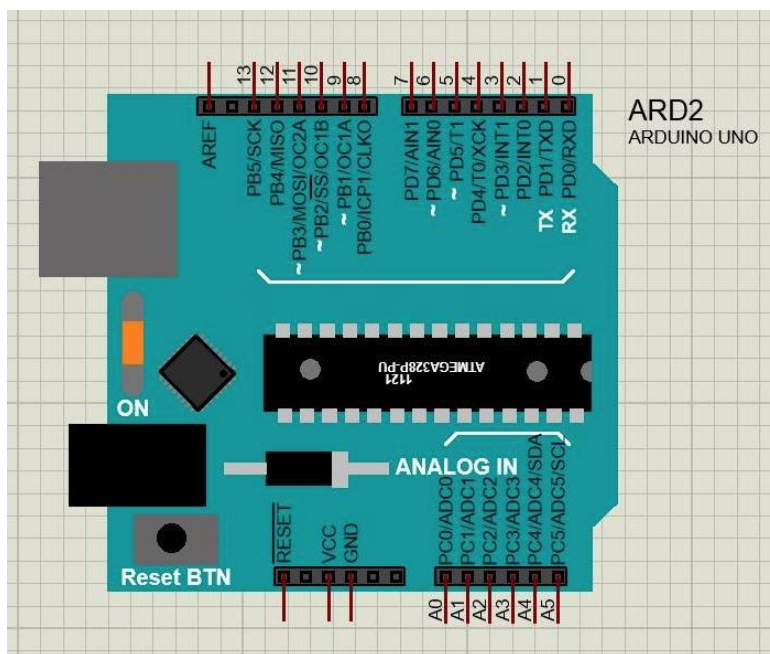
}
```

۶. نرم‌افزارهای مورد نیاز

برای برنامه‌نویسی برای آردوینو نیاز به نصب برنامه‌ی Arduino IDE دارید که از این [لینک](#) قابل دریافت است.

پس از نوشتن برنامه خود در Arduino IDE، باید در نرم افزار شبیه ساز Proteus، قطعات موردنظر از قبیل برد آردوینو، کلید و موتور را استفاده کنید و با وصل کردن اتصالات، مدار خود را کامل کنید. سپس با بارگذاری فایل برنامه ای که نوشتید بر روی برد آردوینو مدار خود را از لحاظ کارایی تست کنید.

برای استفاده از شبیه ساز Arduino در Proteus نیاز به نصب کتابخانه‌ی مربوط به آن را دارید. دانلود این کتابخانه و مراحل نصب آن را می‌توانید در این [لینک](#) پیگیری کنید. بعد از نصب این کتابخانه، می‌توانید همانند عکس زیر، بلاک مربوط را به proteus اضافه کنید.



۷. نکات مهم

- این تمرین باید در قالب گروه‌های سه نفره انجام شود.
- تمرین تحویل حضوری خواهد داشت.
- برای ما مهم است که حاصل کار خود را تحویل دهید به همین دلیل به شدت با تقلب برخورد خواهد شد و به طرفین نمره -۱۰۰ تعلق خواهد گرفت .
- کدهای خود را به همراه گزارش کار تا ساعت ۲۳:۵۵ روز یکشنبه ۲۸ بهمن در صفحه درس بارگذاری کنید.
- گزارش کار باید شامل جواب سوالات و تصاویر کافی برای هر بخش باشد همچنین نوشتن موارد اضافی و بیش از حد مشمول نمره منفی خواهد شد.