



دانشگاه تهران
دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر



سیستم‌های نهفته‌ی بی‌درنگ

تمرین اول

راه اندازی انواع موتور با آردوئینو

طراحان:

روزبه بستاندوست

شهاب نیکخو

علی شهیدی

اساتید:

دکتر مهدی کارگهی

دکتر مهدی مدرسی

۱۳۹۸-۹۹

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.

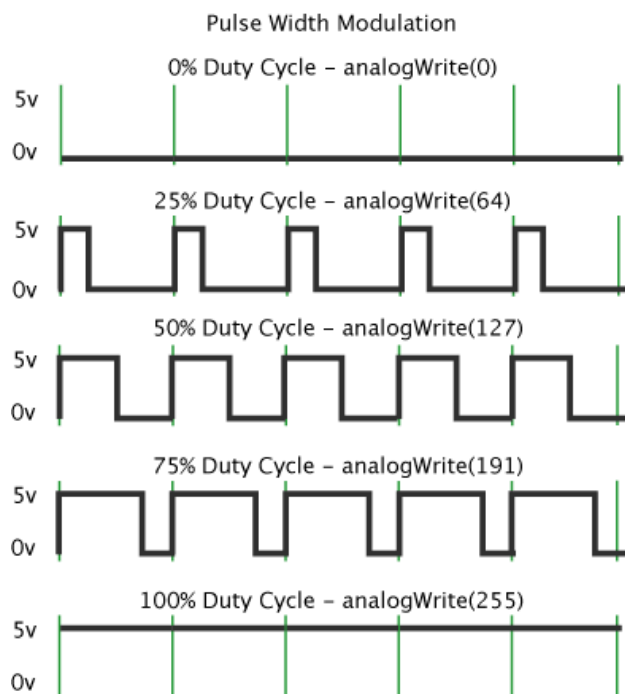
هدف از انجام این تمرین آشنایی با برد آردوینو (Arduino)، یادگیری کارکرد موتورهای و آشنایی با PWM^۱ و ADC^۲ است.

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.

کنترل بیشتر موتورهای مورد استفاده در سیستم های نهفته با تغییر ولتاژ ورودی آن ها انجام میشود. مسئله ای که در تعیین شدت ولتاژ ورودی موتورهای مطرح می شود، این است که خروجی پورت های GPIO به صورت دیجیتال است و ولتاژ ثابتی دارد (۰ و ۱

منطقی). به این ترتیب به نظر می رسد نمی 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.



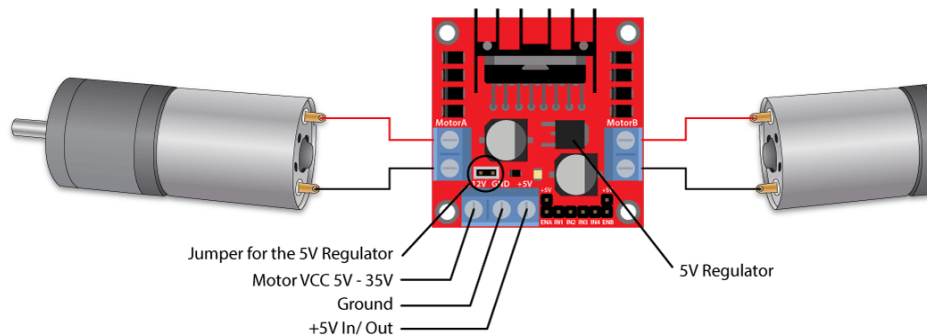
^۱ Pulse width modulation
^۲ Analog to digital converter

معمولا برای نمایش بهتر، عدد اعشاری به دست آمده را در یک عدد مبدا (مثلا ۲۵۶) ضرب می کنند تا خروجی یک عدد صحیح باشد. در دومین قسمت از شکل مقابل، ۲۵ درصد از زمان هر دوره خروجی برابر یک است. از آنجایی که $۰.۲۵ \times ۲۵۶ = ۶۴$ ، عددی که توسط PWM نشان داده می شود برابر ۶۴ است.

در این تمرین با سه نوع مختلف از موتورهای متداول آشنا خواهیم شد. ساده ترین نوع آن ها موتورهای موسوم به DC motor هستند که حرکت چرخشی آن ها توسط چند سیم پیچ تولید می شود. با توجه به شدت و جهت ولتاژ ورودی به این موتورها، می توان سرعت حرکت و جهت حرکت موتور را تعیین کرد.

نکته ی مهمی که باید برای کار با این موتور در نظر گرفت، نحوه ی اتصال آن ها به برد آردوینو است. آردوینو برای برقراری ارتباط با ابزارهای جانبی از درگاه های GPIO استفاده می کند. اما به دلیل پایین بودن جریان این درگاه ها امکان اتصال مستقیم آن ها به موتور وجود ندارد. برای حل این مشکل از قطعه ای به نام driver استفاده می شود که هم به منبع تغذیه وصل می شود (برای دریافت جریان کافی) و هم به میکروکنترلر (برای اطلاع از چگونگی کنترل جریان خروجی). خروجی آن نیز به موتور موردنظر وصل خواهد شد. در این تمرین، از درایور ۲۹۳L استفاده خواهید کرد.

در تصویر زیر نمونه ای اتصال درایور به موتور DC را مشاهده می کنید.



Stepper motor یکی دیگر از انواع موتورهای است که در این تمرین با آن کار خواهیم کرد. در این موتور حرکت به جهت های چپ و راست تنها با اندازه های معینی ممکن است و کاربر می تواند با ارسال دستور به موتور، آن را در یکی از موقعیت های از پیش تعیین شده ی موتور قرار دهد. در این تمرین این از حالت **Bipolar** این موتور استفاده می شود.

این موتورها کاربردهای زیادی در صنعت دارند. به عنوان مثال موتوری که سنسور دستگاه اسکنر را جابه جا می کند از این نوع است. هم چنین موتورهایی که کاغذ پرینتر را دریافت و جابجا می کنند نیز از این نوع هستند. این موتورها در سرعت های بالا نیز قابل استفاده اند. به عنوان مثال **stepper motor**ی که در دستگاه های سی دی خوان استفاده شده اند تا ۴۰۰۰ دور در دقیقه سرعت چرخش دارند.

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

این نوع موتورها کاربرد گسترده ای در صنعت رباتیک دارند. هم چنین از این نوع موتورها در اندازه های بزرگ تر در خطوط تولید کارخانه ها برای حرکت نقاله ی تولید استفاده می شود. یکی از کاربردهای جالب این نوع موتورها نیز در درب های اتوماتیک

است. همان طور که می توان حدس زد، این موتورها در محیط هایی که دقت و موقعیت ابتدایی موتور اهمیت دارد، استفاده ی پررنگ تری 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 ۲۹۳L به برد 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 برد آردوینو متصل شده اند، دستوراتی را به برد 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 ۱۰ 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 در فاصله های ۱۰ 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- نحوه‌ی ساخت PWM را شرح دهید.

۲- استفاده از PWM در DC motor با servo motor چه تفاوتی دارد؟

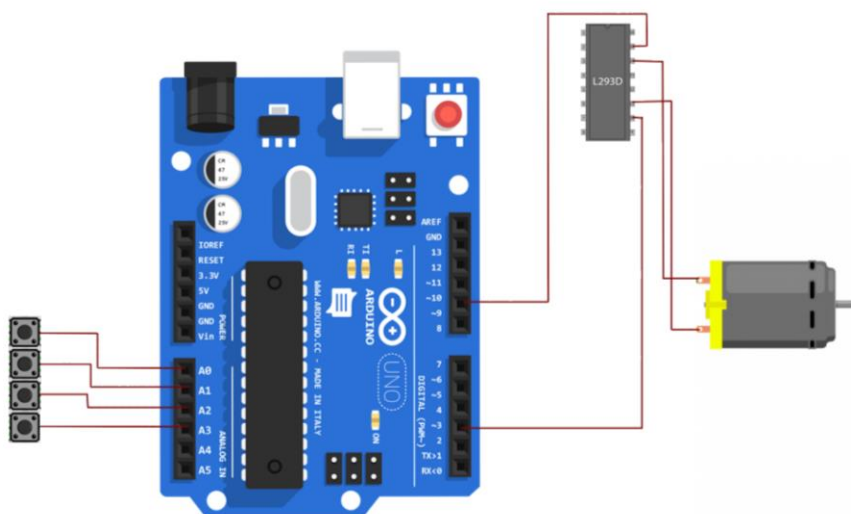
۳- تفاوت servo motor و stepper motor را شرح دهید و یک مورد کاربرد برای هر کدام بیان کنید.

۵. طراحی مفهومی

طراحی مفهومی یا conceptual design کمک می‌کند که بدون در نظر گرفتن جزئیات و نحوه‌ی اتصالات و مشکلات پیش روی طراحی، توصیفی کلی از عملکرد کلی سیستم و همچنین ارتباطات سطح بالای اجزا با هم ارائه شود.

طراحی مفهومی جزئی مهم در ارائه‌ی پروژه‌هاست. برای آشنایی بیشتر شما با کلیت این مفهوم، در این پروژه نمونه‌ای از آن برای اتصال DC motor به آردوینو برای شما آورده شده است. بدیهی است که این مثال بسیار ساده است و طراحی مفهومی پیچیده‌ای نخواهد داشت؛ و صرفاً کاربرد آشنایی شما با این مفهوم را دارد.

ارتباطات اجزا در این پروژه در تصویر زیر به نمایش درآمده است. دقت کنید که جزئیات معماری سیستم و جزئیات اتصالات (مانند نحوه سیگنالینگ)، 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 ۲۹۳L 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 - و نیز پروتوکل ارتباطی قطعات به یکدیگر در این طراحی نمایش داده نخواهند شد.

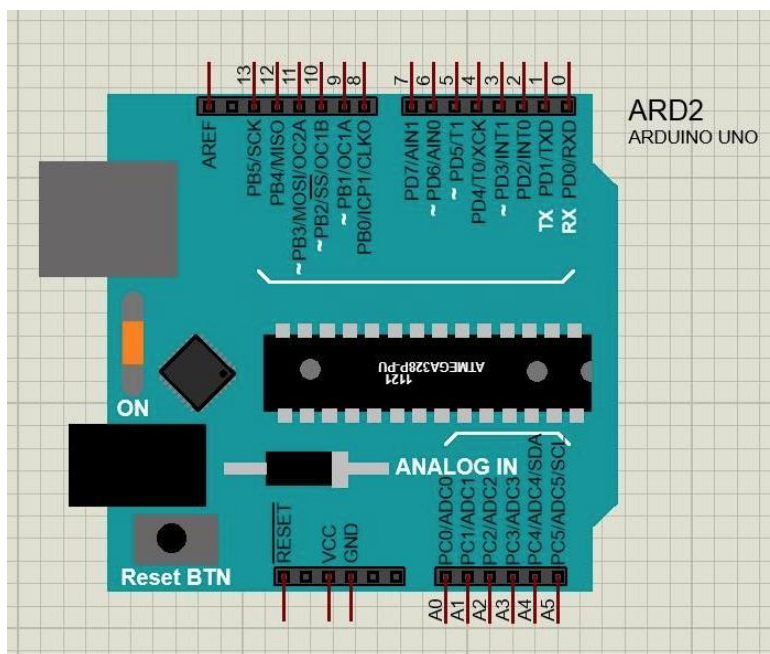
همچنین، چون پیاده‌سازی این دست سیستم‌ها ترکیبی از سخت‌افزار و نرم‌افزار است، نوشتن یک **pseudocode** هم به درک بهتر عملکرد سیستم کمک خواهد کرد.

```
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 motor;
        if (decrease_speed_button)
            decrease speed of motor;
        if (change_direction_button)
            change the direction of rotation;
        update state;
    }
}
```

۵. نرم‌افزارهای مورد نیاز

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

برای استفاده از شبیه‌ساز 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.



۶. نکات مهم

- این تمرین باید در قالب گروه‌های سه نفره انجام شود.
- تمرین تحويل حضوری خواهد داشت.
- برای ما مهم است که حاصل کار خود را تحويل 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 واپسین ساعات روز یکشنبه ۵ اسفند 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.