



دانشکده مهندسی  
کامپیوتر و فناوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی‌تکنیک تهران)

# دستور کار آزمایشگاه ریزپردازنده و زبان اسمنبلی

(بهار ۱۴۰۰)

مؤلفان:

بهداد منصوری

علیرضا صالحی

ارشیا رحیمی

نرگس سدیفی

## فهرست مطالب

1	قوانين آزمایشگاه ریزپردازنده
7	آزمایش ۱: آشنایی با برد Arduino MEGA2560 و برنامه‌های مورد نیاز
10	آزمایش ۲: کیبورد ورودی و ارتباطات سریال
14	آزمایش ۳: مانیتور خروجی
17	آزمایش ۴: راه اندازی سروو موتور و ورودی آنالوگ
21	آزمایش ۵: راه اندازی رله با Arduino MEGA2560
27	آزمایش ۶: نیم پروژه
31	آزمایش ۷: ماشین لباسشویی ساده
38	آزمایش ۸: اتاق تحت کنترل
42	آزمایش ۹: موسیقی و header
49	آزمایش ۱۰: پروژه نهایی
	آزمایش ۱ اسمنبلی
	آزمایش ۲ اسمنبلی
	پروژه های اسمنبلی

## قوانين آزمایشگاه ریزپرداز نده

به منظور افزایش کارایی درس آزمایشگاه ریزپرداز نده، رعایت عدالت میان همه گروههای آزمایشگاه و آموزش حداکثری مطالب درس به صورت عملی، مدرسین و دانشجویان ملزم به رعایت نکات و قوانین زیر هستند:

1. مدرسین و دانشجویان موظفند راس ساعت در کلاس آنلاین حاضر شوند.
2. در تمام مدت زمان کلاس دانشجویان موظفند آنلاین بوده و با به صلاحیت مدرسین وبکم و میکروفون خود را فعال کرده و همچنین صفحه دسکتاپ خود را به اشتراک بگذارند.
3. غیبت در هیچ یک از جلسات کلاس‌های آنلاین به هیچ عنوان مجاز نیست.
4. اگر دانشجویانی نتوانند در طی یک جلسه آزمایش مورد نظر را تمام کنند، در طول هفته موظفند تا آن آزمایش را تکمیل کرده و پیش از آغاز جلسه بعد نتیجه را به مدرس خود تحویل دهند. حداکثر تعداد جلساتی که به درازا کشیده می‌شود ۱ جلسه در طول نیمسال است. دانشجو برای تکمیل آزمایش نمی‌تواند به گروههای دیگر ملحق شود.
5. آزمایش‌ها در گروههای تک نفره انجام می‌شوند و میزان فعالیت افراد تعیین کننده نمره نهایی آن‌ها خواهد بود.
6. هر آزمایش شامل یک پیش‌گزارش است. این پیش‌گزارش باید به صورت دستنویس و پیش از شروع آزمایش‌ها از طریقی که مدرس آزمایشگاه اعلام کرده است به ایشان تحویل داده شود. پیش‌گزارش مناسب برای هر آزمایش در دستور کار آمده است.
7. ارائه گزارش کار آزمایش‌ها الزاماً نیست و تحویل خروجی صحیح به مدرس کفايت می‌کند.

نکات امنیتی:

1. پیش از انجام هر آزمایش، مبحث تئوری آن آزمایش باید به طور کامل مطالعه شود و پرسش‌هایی که در بخش "آنچه در پیش‌گزارش باید نوشته شود" آمده است باید با دقت پاسخ داده شود؛ چرا که در هنگام انجام آزمایش، وقت کافی برای توضیح و یادگیری قسمت تئوری وجود ندارد.
2. در انجام هر آزمایش لازم است که مطالب ذکر شده در آزمایش‌های قبل را به خاطر داشته باشد. زیرا به دلیل کمبود وقت، مطالب تکراری توضیح داده نمی‌شود. پس دانشجویان باید علاوه بر گزارش کاری که به تدریس‌یار خود تحویل می‌دهند (چه به صورت شفاهی و چه به صورت کتبی)، برای خود نیز یادداشت بردارند تا بعد از اتمام کلاس‌ها دچار مشکل نشونند.
3. هیچگاه دیودهای نورانی (یا اصولاً هر قطعه‌ای که در آن دیود نورانی به کار رفته مثل هفت قسمتی‌ها و ماتریس‌های LED) را مستقیماً به خروجی برد یا منبع تغذیه وصل نکنید، بلکه آن را با یک مقاومت بین 100 تا 330 اهمی سری نموده، و سپس وصل کنید.

## آشنایی با برد Arduino MEGA 2560

برد Arduino MEGA 2560 یک میکروکنترلر بر پایه ATmega2560 از شرکت Atmel است. این برد دارای 54 پین دیجیتال ورودی/خروجی (که 15 پین میتواند به عنوان خروجی PWM استفاده شود)، 16 ورودی آنالوگ، 4 پورت UARTs (پورت‌های سریال سخت‌افزاری)، یک کلاک 16 مگاهرتزی، یک کابل ارتباطی USB، یک پاور جک، یک ICSP header و یک دکمه ریست است. این برد عملاً همه‌ی چیزهایی که برای کار با میکروکنترلر نیاز است را شامل می‌شود. فقط کافیست با USB به یک کامپیوتر متصل شود یا با آداپتور AC به DC برق بگیرد و یا از باتری استفاده کند تا روشن شود. مگا 2560 میتواند با اکثر شیلد‌های طراحی شده برای Uno و همچنین بردهای قیمتی Duemilanove or Diecimila کار کند.

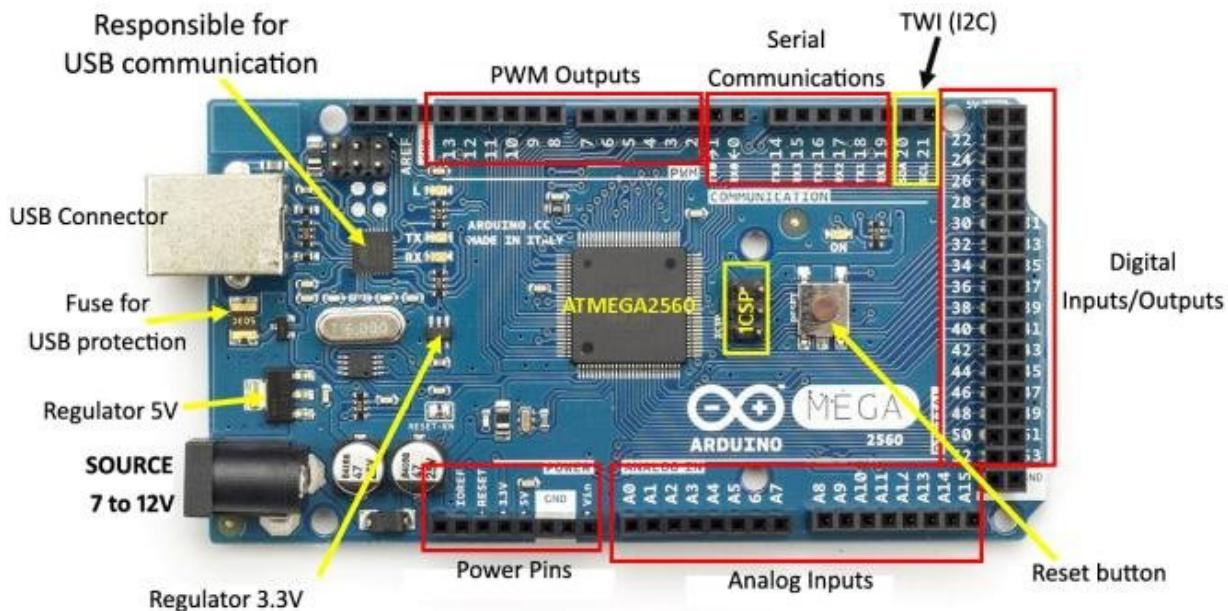
Arduino MEGA 2560 همانند دیگر بردهای Arduino با برنامه‌ریزی می‌شود که نحوه نصب و اتصال برد به آن در پیوست آورده شده است.

### مشخصات:

#### ATmega2560

5 ولت
7 تا 12 ولت
20-60 ولت
15 تای آن خروجی PWM تولید می‌کنند).
16 عدد
20 میلی‌آمپر
50 میلی‌آمپر
256 کیلوبایت که 8KB برای bootloader است.
8 کیلوبایت
16 مگاهرتز

- میکروکنترلر:
- ولتاژ عملیاتی:
- ولتاژ ورودی (پیشنهادی):
- دامنه مجاز ولتاژ ورودی :
- پین‌های دیجیتال ورودی/خروجی:
- پین‌های ورودی آنالوگ:
- جریان DC هر پین 3.3 ورودی/خروجی:
- جریان DC هر پین 5 ولت:
- حافظه فلاش:
- SRAM
- سرعت ساعت:



برد آردوینو Mega2560

## نیشانگر LED های :

**نیشانگر LED تغذیه:** هنگام اتصال تغذیه به برد آردوینو روشن می شود. اگر LED روشن نشد، در بخشی از اتصال تغذیه مشکلی وجود دارد.

**نیشانگر LED های RX و TX:** بر روی برد دو بخش به نام های TX (ارسال) و RX (دریافت) وجود دارد. یکی در بخش پایه های 0، 1 و 14 تا 19 که برای ارتباط سریال هستند و دومی LED های TX و RX. چرا غ مربوط به TX هنگام ارسال داده سریال مناسب با میزان سرعت چشمک می زند و چرا غ مربوط به RX نیز هنگام دریافت داده چشمک می زند. میزان سرعت چشمک زدن به baud rate برد بستگی دارد.

## تغذیه:

ولتاژ مورد نیاز Arduino MEGA 2560 می تواند از طریق اتصال USB و یا یک منبع تغذیه خارجی تأمین شود. هنگامی که اتصال برقرار شد، منبع تغذیه به صورت خودکار انتخاب می شود.

منبع تغذیه خارجی غیر از USB می تواند آداپتور AC به DC یا باتری باشد. آداپتور (با سوکت های center-positive به قطر 2.1 میلی متر) می تواند به پاور جک موجود بر روی برد متصل شود و سیم های باتری می توانند مستقیماً وارد پین های GND و Vin شوند.

برد می تواند با منبع تغذیه خارجی 6 تا 20 ولت کار کند. اگر ولتاژ منبع تغذیه پایین تر از 7 ولت باشد روی ولتاژ پین ها اثر خواهد کاشت و ممکن است ولتاژ خروجی آن ها کمتر از 5 ولت شود و حتی نوساناتی را به وجود آورد. ولتاژ بیش از 12 ولت نیز می تواند موجب افزایش دمای رگولاتور و در نتیجه آسیب به برد گردد. ولتاژ پیشنهادی مناسب، بین 7 تا 12 ولت است.

پین های مربوط به منبع تغذیه به شرح زیر است:

- $V_{IN}$ : پین ورودی ولتاژ آردوینو است که به هنگام استفاده از منبع تغذیه خارجی (به جای منبع تغذیه تنظیم شده یا اتصال USB با 5 ولت) از آن استفاده می شود و چنانچه برد از طریق پاور جک به منبع تغذیه وصل شده باشد، می توانید از طریق این پین (به عنوان خروجی) به ولتاژ منبع تغذیه دسترسی داشته باشید.

- 5V: این پین یک ولتاژ تنظیم شده 5 ولت را از طریق رگولاتور موجود بر روی برد فراهم می کند. برد می تواند از طریق پاور جک (12-7 ولت)، پورت USB (به اندازه 5 ولت) و یا پین  $V_{IN}$  (برد 12-7 ولت)، تغذیه گردد. ولتاژ پین های 5 ولت و 3.3 ولت از رگولاتور عبور می نماید و استفاده از ولتاژ این پین ها ممکن است باعث صدمه دیدن برد شود، از همین رو، استفاده از این پین ها توصیه نمی شود.

3.3V: یک ولتاژ 3.3 ولتی، به وسیله ای رگولاتور روی برد فراهم می گردد که حداقل جریان آن 50 میلی آمپر است. •  
GND: پین هایی که با اتصال به زمین، ولتاژ صفر را فراهم می کنند. •

• IOREF: این پین میزان ولتاژ مرجعی که میکروکنترلر با آن کار می کند را مشخص می نماید. این پین اجازه می دهد یک شیلد را با پیکربندی مناسب، جهت تطبیق با ولتاژی که توسط برد فراهم شده است، به برد متصل کنید. یک شیلد که به درستی تنظیم شده باشد، می تواند مقدار ولتاژ را از پین IOREF خوانده، منبع تغذیه مناسب خود را انتخاب نماید و یا این که مبدل های ولتاژ را برای کار کردن با ولتاژ های 5 یا 3.3 ولت، بر روی خروجی ها فعال نماید. این قابلیت، به شیلد ها امکان می دهد تا با برد 3.3 ولتی همچون DUE و برد های AVR-based که با ولتاژ 5 ولت کار می کنند، خود را تطبیق دهند.

## Arduino

آردوینو یک بستر متون باز، برای توسعه سیستم‌های نهفته می‌باشد که کار توسعه سیستم‌های سخت افزاری را ساده‌تر می‌کند. این بستر یک فریم‌ورک توسعه متون باز به زبان C/C++ برای AVR و ARM و... فراهم می‌کند. این فریم‌ورک API پیکانی را به ازای میکروکنترلرهای متفاوت فراهم می‌کند و مدیریت سطح پایین سخت افزار میکروکنترلر را انجام میدهد. از این رو برنامه‌ای که بر بستر آردوینو نوشته می‌شود قابلیت آن را دارد که بر میکروکنترلرهای مختلف با سخت‌های افزاری متفاوت اجرا شود.

در پروژه آردوینو می‌توان زبانهای C، C++ و Assembly را به کاربرد. برای نمونه یک روال را به زبان اسمبلی نوشته و در کد C/C++ آن را فراخوانی کرد. از این رو می‌توان مدیریت سطح پایین سخت افزار را به جای قابلیت‌های عمومی فریم‌ورک آردوینو، به طور ویژه برای پروژه خود پیاده‌سازی کرد.

همچنین می‌توان از قابلیت‌های برنامه‌نویسی شی گرا در C++ مانند کلاس‌ها، ارث بری، اینترفیس و... بهره مند شد. البته باید توجه داشت که در برنامه‌نویسی شی گرا در میکروکنترلرها به دلیل منابع سخت افزاری محدود، همه قابلیت‌های زبان C++ پیاده‌سازی نشده است.

- برای راهنمایی در بخش‌های مختلف گزارش کار کد های نمونه ای در گیت هاب آزمایشگاه گذاشته می‌شود که به آدرس زیر می‌باشد.

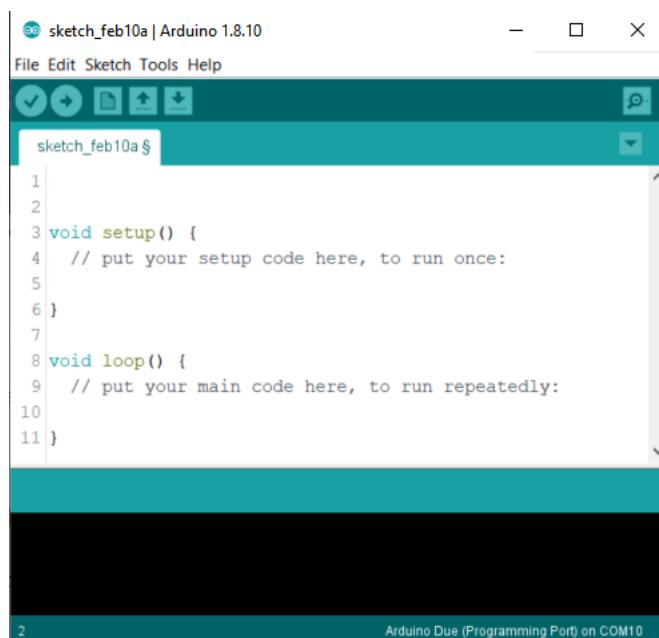
<https://github.com/MicroprocessorAUT/Lab/tree/main/Samples>

- پروژه‌های نمونه ای برای نشان داده شیوه استفاده از کلاس‌های C++ و ساختاربندی مناسب کد در آدرس بالا آورده شده است. از آنجا که رعایت این ساختاربندی در تحویل کد های آزمایشگاه لازم می‌باشد، این پروژه‌های نمونه را بررسی کنید.

پلتفرم آردوینو یک IDE نیز برای برنامه‌نویسی بردهای آردوینو و همچنین ارتباط سریال با برد به نام Arduino IDE فراهم می‌کند. این برنامه متون باز و رایگان است. می‌توانید نسخه دسکتاپ آن را نصب نمایید یا از نسخه برخط آن در آدرس زیر برای نوشتن برنامه و آپلود آن بر روی برد استفاده کنید.

<https://create.arduino.cc/>

شکل زیر محیط برنامه Arduino IDE را نشان می‌دهد.



محیط برنامه Arduino IDE

البته این IDE برخی توانایی های محیط توسعه مدرن را ندارد، اما خوشبختانه تنها محیط توسعه آردوینو موجود نیست و برای نمونه که بر روی ویرایشگر هایی مانند **Atom** و **VS Code** اجرا می شود، قابلیت های بیشتری را ارائه میکند.

همچنین می توان از محیط **Eclipse C/C++** برای توسعه پروژه های آردوینو بهره برد.

#### عملکرد منوهای موجود در Arduino IDE

- Verify: برای بررسی خطاهای برنامه‌ی نوشته شده از این گزینه استفاده می‌کنیم.
- Upload: برای آپلود کردن برنامه‌ی نوشته شده روی برد از این گزینه استفاده می‌کنیم. (پروگرم کردن میکروکنترلر)
- New: کلید میانبر برای ایجاد یک پروژه جدید.
- Open: کلید میانبر برای باز کردن نمونه پروژه‌های موجود در نرمافزار.
- Save: ذخیره‌ی پروژه ایجاد شده.
- Serial Monitor: ترمینال سریال برای دریافت دیتای پورت سریال از برد و ارسال اطلاعات به آن.

حالا با یک کلیک ساده روی منوی Upload شروع به آپلود برنامه روی برد آردوینو خواهد کرد. چند ثانیه صبر نمایید، در زمان آپلود دو عدد Led با نام‌های RX و TX روی برد چشمک خواهند زد. در صورتی که آپلود برنامه با موفقیت انجام شود، در نوار وضعیت، پیغام "Done Uploading" را خواهید دید.

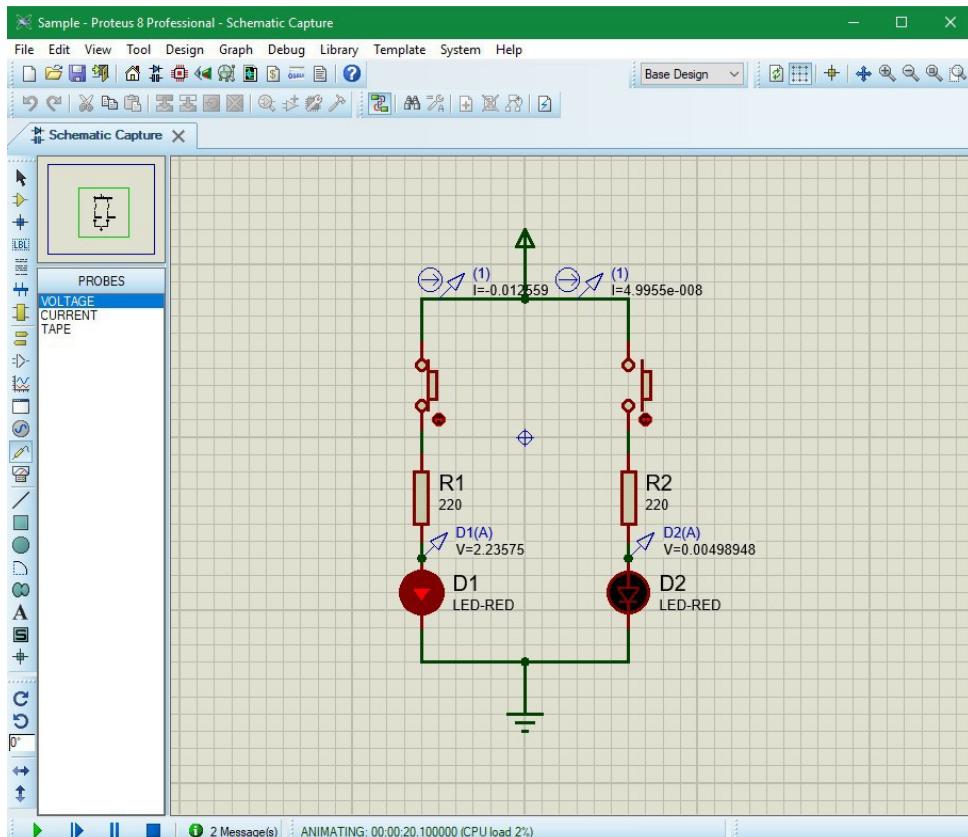
#### برنامه‌نویسی در آردوینو 3 بخش کلی دارد:

1. پیش‌پردازش‌ها: در بخش پیش‌پردازش، کتابخانه‌ها و یا متغیر‌هایی که محلی نیستند تعریف و فراخوانی می‌شوند.
2. حلقه setup: در این بخش کارهایی که باید یکبار انجام شوند را تعریف می‌کنیم. به طور مثال، تنها کافی است یکبار تعریف کنیم که یک پین دیجیتال ورودی باشد یا خروجی و یا این‌که به برد اطلاع دهیم که می‌خواهیم از پورت سریال استفاده کنیم.
3. حلقه loop: حلقه loop یک حلقه بی‌نهایت است و کارهایی که باید به طور متناوب انجام شوند در این حلقه نوشته می‌شود. به طور مثال، اگر بخواهیم یک سنسور دما را به برد وصل کنیم و برد دمای محیط را بر روی نمایش‌گر نشان دهد، عمل خواندن دما از سنسور و نوشتن اطلاعات در صفحه نمایش را باید در این حلقه بنویسیم.

برای گرفتن فایل hex از Arduino IDE که به Proteus داده شود، بعد از کامپایل شدن کد، با انتخاب گزینه Export Compiled Sketch از تب Sketch می‌توانید فایل باینری کامپایل شده برای پرینت‌رئوس را بسازید که در Sketch Folder ذخیره می‌شود و می‌توانید با انتخاب Show Sketch Folder در زیر این گزینه، به آن دسترسی پیدا کنید.

## نرم افزار شبیه سازی Proteus

این ترم به دلیل برگزاری مجازی آزمایشگاه، آزمایش‌ها در بستر شبیه‌سازی Proteus انجام خواهد شد. این نرم افزار مانند نرم افزار ORCAD که در آزمایشگاه مدارهای الکتریکی با آن آشنا شدید، امکان شبیه‌سازی مدارهای الکتریکی را ارائه می‌کند. افزون بر آن، شبیه‌سازی کارکرد خانواده‌هایی از میکروکنترلرهای در مدار را فراهم می‌کند. از این رو، می‌توان از این نرم افزار برای شبیه‌سازی آزمایش‌های درس ریزپردازندۀ بهره برد.



محیط برنامه Proteus

### چگونگی انجام شبیه سازی آزمایش‌ها در محیط Proteus

نخست مدار آزمایش را در نرم افزار Proteus طراحی کنید، سپس در محیط توسعه آردوینو در تابع `(void setup()` پیکربندی ورودی/خروجی پایه‌ها را انجام دهید و در تابع `(void loop()` منطق کنترلی برنامه را پیاده‌سازی کنید.

پس از آن، برنامه را برای ATmega2560 کامپایل کنید. بدین منظور، ابتدا برد را از طریق Tools -> Board -> Arduino انتخاب کنید و سپس گزینه Verify را بزنید.

حال بر روی برد در Proteus کلیک راست کرده و گزینه Edit Properties را انتخاب کرده و سپس در بخش Address فایل هگز کامپایل شده را قرار دهید و شبیه‌سازی را اجرا کنید.

همچنین راه دیگری نیز برای دریافت فایل باینری در محیط Arduino IDE وجود دارد، پس از کامپایل شدن برنامه، گزینه‌ی Export Sketch در منوی Sketch را انتخاب کنید. این کار، فایل HEX برنامه را در پوشه‌ی Sketch Compiled Binary می‌ریزد و می‌توان با انتخاب گزینه‌ی Show Sketch Folder در همان منو به آن دست یافت.

## آزمایش ۱ : کار با پایه های ورودی/خروجی (PIO) و وقته ورودی (Input Interrupt)

هدف آزمایش:

- آشنایی واحد PIO
- آشنایی با روش های سرکشی (Polling) و وقته محور (Interrupt-Driven) برای مدیریت واحد های جانبی
- مقایسه دو روش سرکشی و وقته محور

قطعات آزمایش:

- برد Arduino MEGA 2560
- دیود نورانی LED
- کلید
- مقاومت  $220\Omega$
- مقاومت  $10K\Omega$

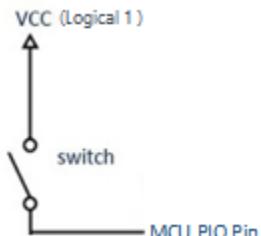
آنچه باید در پیش گزارش نوشته شود:

- با توجه به درس سیستم عامل، تقاضوت روش های سرکشی و وقته محور را بیان کنید.
- به پرسش هایی که در مقدمه آزمایش آورده شده است پاسخ دهید.

مقدمه:

مدارهای Pull-up و Pull-down

مدار زیر را در نظر بگیرید:



فرض کنید میخواهیم از این مدار برای دریافت اینکه چه زمانی کلید (Switch) بسته شده است استفاده کنیم. برای این کار سطح ولتاژ منطقی (1 یا 0) بر روی پایه میکرو (MCU PIO Pin) را پیوسته بررسی میکنیم و زمانی که برابر با 1 شد را زمان بسته شدن کلید در نظر میگیریم. به عبارتی دیگر، زمانی که کاربر دکمه مربوط را فشار داده است.

**پرسش:** چرا این روش برای فهمیدن اینکه چه زمانی کلید بسته شده درست نیست؟ در این مدار پایه میکرو در چه حالتی می باشد؟

برای اینکه مشکل روش بالا بر طرف گردد می‌توان کلید را در مدار Pull-up یا Pull-down قرار داد.



بدیهی است تقاضت دو مدار فوق در سطح ولتاژ پایه میکروکنترلر در دو حالت فشرده شده یا آزاد میباشد. دو مدار فوق را بررسی کرده و از آنها در طراحی مدار خود بهره ببرید.

**پرسش:** درباره چگونگی کارکرد مدار های بالا توضیح دهید. به چه دلیل نیاز به مقاومت (Pull-up/pull-Down) داریم؟

برای نوشتن برنامه این آزمایش می بایست از دستورات `delay()`, `digitalWrite()`, `digitalRead()`, `pinMode()` استفاده کنید.

**وقفه:**

وقفه پاسخی است که پردازنده به هنگام رخدادن یک اتفاق (Event) می‌دهد. این پاسخ به این صورت است که پردازنده اجرای کنونی خود را متوقف کرده و روال سرویس وقفه (Interrupt Service Routine) منتظر با آن رخداد را اجرا خواهد کرد. پس از به پایان رسیدن سرویس وقفه پردازنده اجرای متوقف شده خود را دنبال خواهد کرد. واحد مدیریت وقفه مسئولیت اجرای این روند را بر عهده دارد. به این صورت که هنگامی که یک اتفاق رخ می‌دهد در صورت لزوم روال سرویس وقفه منتظر با آن را اجرا خواهد کرد.

واحد های گوناگونی می‌توانند تنظیم شوند تارخ دادن یک اتفاق مشخص را اعلام کنند (Assertion). یکی از این واحد ها، GPIO می‌باشد که می‌تواند حالت های مختلف سطح ولتاژ منطقی یک پایه ورودی را به عنوان اتفاق دلخواه در نظر گرفته و رخدادن آن را به واحد مدیریت وقفه اعلام کند. از این رو می‌توان این واحد را به گونه ای پیکربندی کرد که فشرده شدن کلید را اعلام کند.

سپس هر بار که دکمه فشار داده می‌شود، روال سرویس وقفه منتظر با آن اجرا خواهد شد. می‌توان این روال یا تابع را به گونه ای برنامه ریزی کرد که پاسخ مناسب به فشرده شدن کلید داده شود. در این صورت رخداد اتفاق مورد نظر یعنی فشرده شدن کلید در شرایط گوناگون مدیریت پذیر خواهد بود.

**پرسش:** آیا رخدادن یک اتفاق در صورت اعلام شدن (Assertion) لزوماً منجر به اجرای روال سرویس وقفه منتظر با آن می‌شود؟

همه یا برخی از پایه های یک واحد GPIO برای ثبت رخداد های ورودی در نظر گرفته شده است. شمار این پایه ها بسته به مدل میکروکنترلر مقاولات است.

**پرسش:** پایه های وقفه در برد ATmega 2560 و شیوه پیاده سازی وقفه ورودی را بدست آورید.

دستوری که برای فعال سازی مدیریت وقفه روی پایه مدد نظر در آردوینو وجود دارد (`attachInterrupt()` میباشد. برای اطلاعات بیشتر در این باره لینک زیر از مستندات آردوینو را بررسی کنید:

<https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/external-interrupts/attachinterrupt/?setlang=it>

**پرسش:** اگر بخواهیم در زمان تغییر مقدار پایه، وقفه فعال شود از چه mode ای درون تابع `attachInterrupt` استفاده می شود؟

**پرسش:** انواع اتفاق های ورودی را که واحد GPIO در برد آردوینو ATmega2560 می تواند رخدان آن ها را بفهمد و اعلام کند بنویسید.

### شرح آزمایش:

این آزمایش در بردارنده چندین LED (دلخواه اما بیشتر از 5 عدد) و سه دکمه می باشد. که مدار آن بر روی برد در شکل 1-1 و مدار شماتیک آن در شکل 2-1 نمایش داده شده است. در ابتدا LED ها خاموش می باشند. با هر بار فشردن دکمه ی یک، LED ها از سمت چپ یکی یکی روشن می شوند، با هر بار فشردن دکمه ی دو، LED ها بصورت همزمان به تعداد کاراکتر های نام شما شروع به چشمک زدن می کنند (فراخوانی `strlen` باید درون کد شما قابل مشاهده باشد) و پس از آن در حالت تمام روشن قرار می گیرند. و با فشردن دکمه سوم همه LED ها خاموش می شوند

1. برنامه آزمایش را به روش سرکشی بنویسید و پس از آن که از درستی کارکرد مدار و برنامه خود مطمئن شدید گام دوم رو انجام دهید.

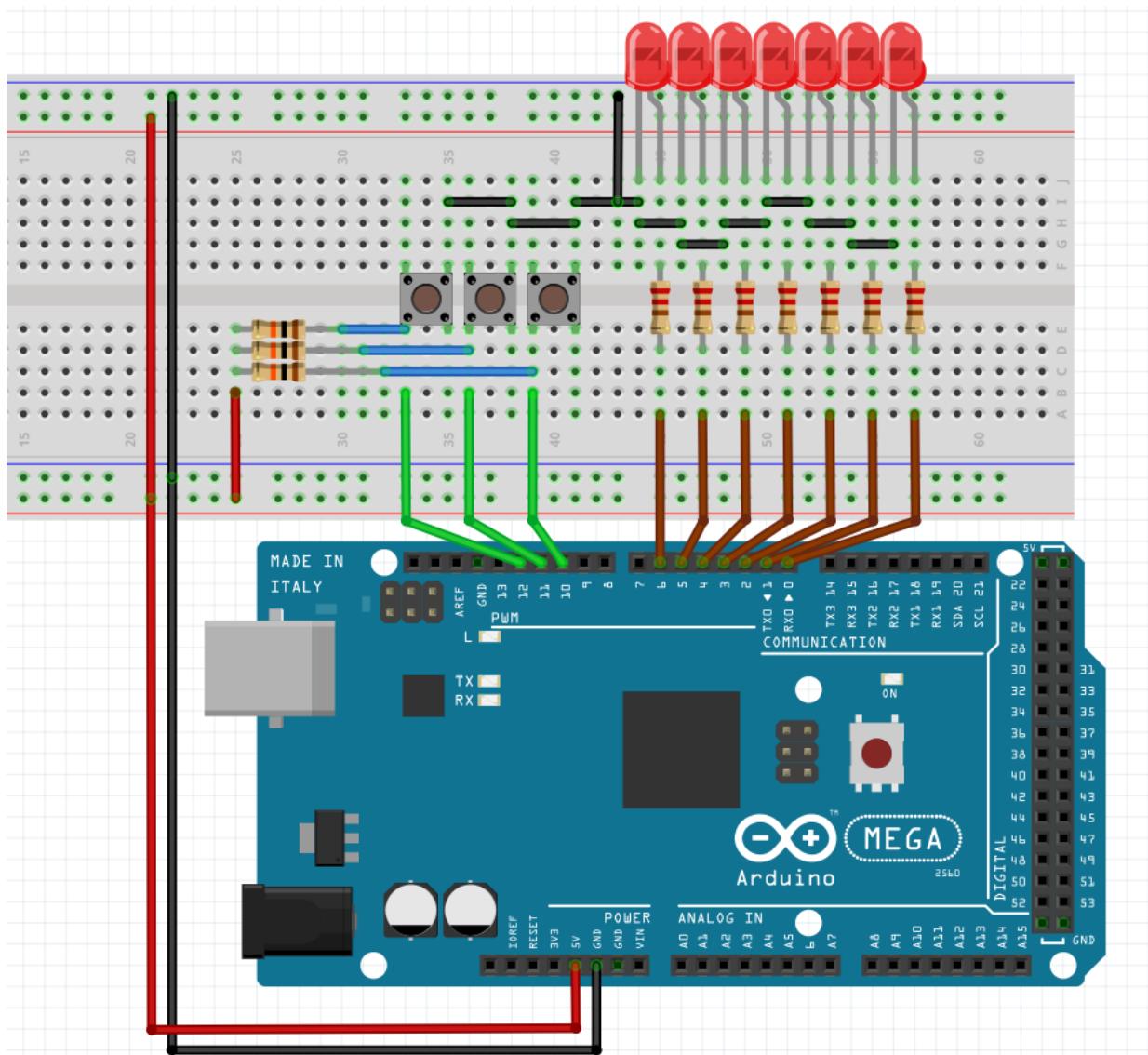
### 2. به پرسشها زیر پاسخ دهید:

- اگر دکمه را در حالت فشرده برای زمان طولانی نگه داریم چه اتفاقی خواهد افتاد؟ آیا با منطق کارکرد خواسته شده سازگار است؟ چه راه حلی برای این مشکل (در صورت وجود) می توان پیشنهاد کرد؟
- فرض کنید می خواهیم برد موردنظر علاوه بر فراهم کردن کارکرد خواسته شده در بالا، عمل دیگری را نیز به صورت زمان دار انجام دهد. برای نمونه در کنار کارکرد بالا، وضعیت روشن یا خاموش بودن یک LED را نیز هر 5 ثانیه یک بار تغییر دهد. روشی برای افزودن این کارکرد تازه به برنامه پیشنهاد دهید.

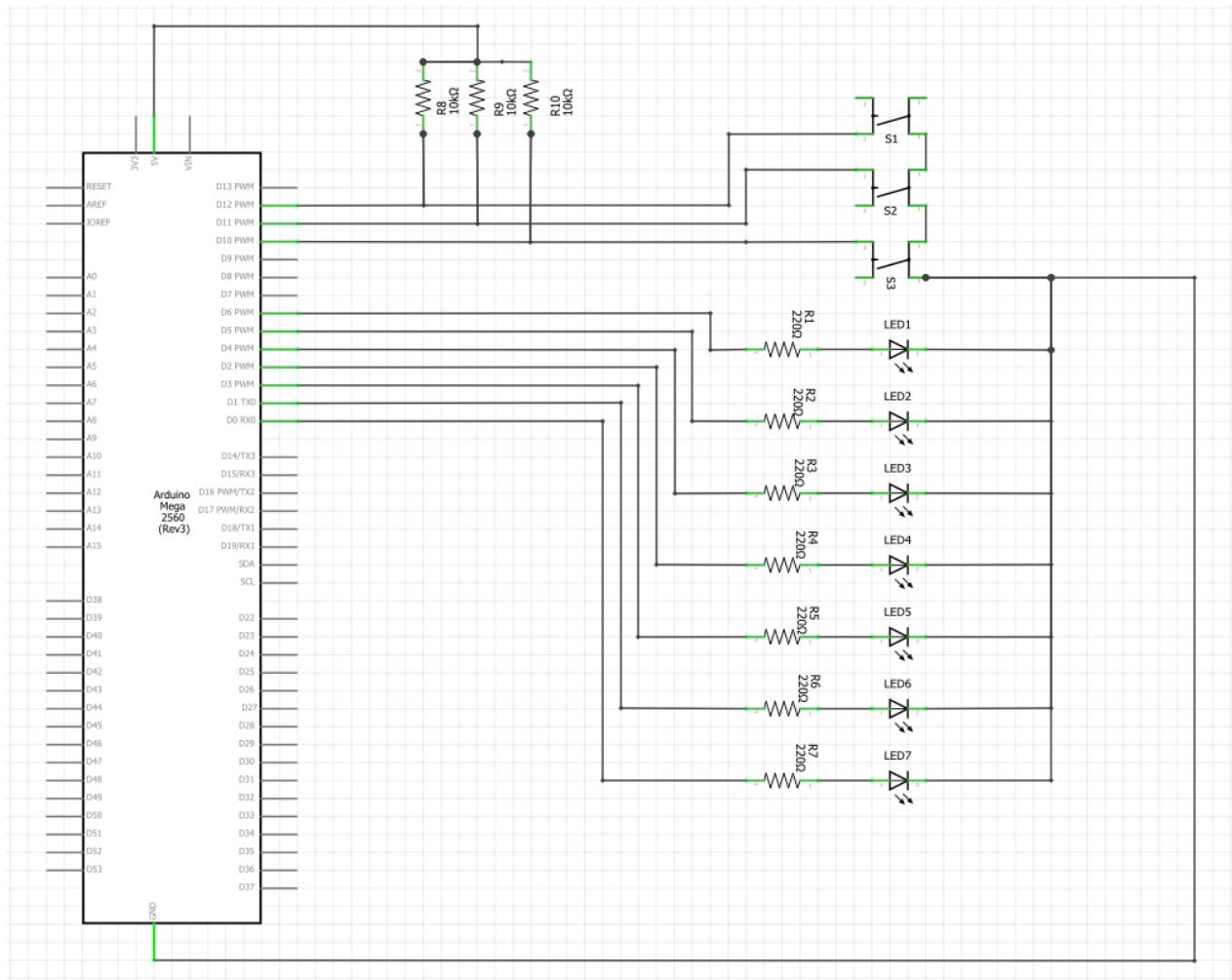
فرض کنید می خواهیم کارکرد دیگری را به دستگاه اضافه کنیم به این صورت که در صورت یک شدن یک پایه عملیات مشخصی را به عنوان پاسخ انجام دهد. (حدودیت زمانی برای پاسخ دادن وجود دارد) هیچ یک از اتفاق های یک شدن پایه نباید از دست برود (بی پاسخ بماند). و یک شدن پایه نیز در هر زمانی ممکن است رخدهد. آیا برنامه شما -که به روش سرکشی واحد های جانبی را بررسی می کند- می تواند در هر شرایطی (مثل هنگام فشرده شدن کلید) این کارکرد را فراهم کند؟

فرض کنید به دلیل محدودیت در توان مصرفی می خواهیم پردازنده در هنگام بیکاری به خواب ببرود. در زمان خواب پردازنده هیچ دستوری را اجرا نمی کند. روش سرکشی چه قدر با این نیازمندی سازگاری دارد؟ آیا می توان با این روش هم به خواب رفت و هم کارکرد درست آزمایش را فراهم کرد؟

3. با پاسخ به پرسش های بالا می توان دریافت که روش سرکشی برای کنترل واحد های جانبی با اینکه در برنامه های کوچک و به نسبت ساده قابل پیاده سازی است، همواره روش خوبی نیست و گاهی نمی تواند نیازمندی های ما را فراهم کند. اکنون آزمایش را به روش وقفه محور انجام دهید. پیاده سازی نیازمندی های خواسته شده در گام دوم را به روش سرکشی و وقفه محور مقایسه کنید.



شكل 1-1



شكل 2-1

## آزمایش 2: کیبورد ورودی و ارتباطات سریال

هدف آزمایش:

اتصال صفحه کلید ماتریسی ساده به میکروکنترلر به عنوان رابط کاربر برای وارد کردن اطلاعات

راه اندازی یک ترمینال مجازی با Mega 2560 و آشنایی با ارتباطات Serial

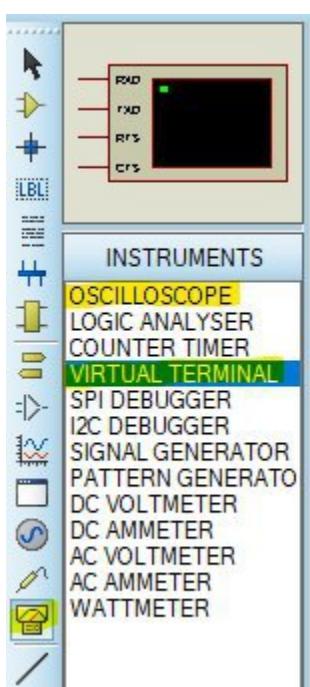
قطعات مورد نیاز:

- برد Arduino Mega2560
- صفحه کلید (Keypad) ماتریسی
- LED
- ترمینال مجازی برای سریال مانیتور
- اسیلوسکوپ

آنچه باید در پیشگزارش نوشته شود:

- کدهای مورد نیاز برای برنامه‌ریزی برد
- پاسخ به پرسش‌های دستور کار
- انواع Keypad ماتریسی و چگونگی کارکرد آن‌ها
- پدیده‌ی نوسان (bounce) کلید چیست و چگونه می‌توان از بروز اشکالات ناشی از آن جلوگیری کرد؟
- تعریف مختصر توابع مورد نیاز از کتابخانه Keypad.h مانند:

- [Keypad\(makeKeymap\(userKeymap\), row\[\], col\[\], rows, cols\)](#)
- [Char getKey\(\)](#)
- [Char getKeys\(\)](#)
- [char waitForKey\(\)](#)
- [KeyState getState\(\)](#)
- [boolean keyStateChanged\(\)](#)



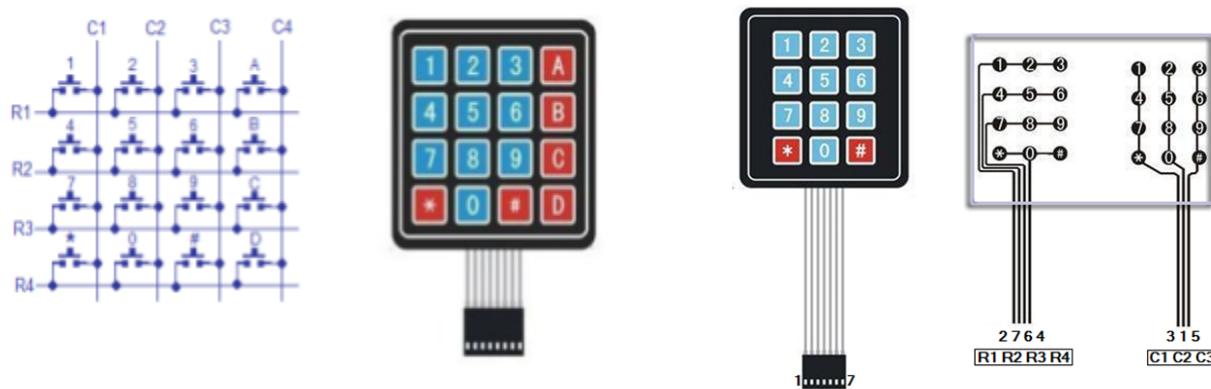
- نحوه و کاربردهای ارتباط سریال در آردوینو
- تعریف مختصر و نحوه کار با توابع ارتباط سریال مانند:

- begin()
- end()
- find()
- parseInt()
- println()
- read()
- readStringUntil()
- write()

مقدمه:

صفحه کلید مجموعه‌ای از دکمه‌ها است که به صورت بلوک یا "پد" تنظیم شده‌اند و به صورت ماتریسی روی هم قرار گرفته‌اند. ماتریسی بودن کلیدها این امکان را می‌دهد تا علاوه بر بهره مندی از تعداد زیادی کلید، تعداد کمی از پایه‌های برد را اشغال کنیم.

در یک صفحه کلید استاندارد، کلیدهای اصلی به صورت  $2 \times 4$  ماتریس قرار گرفته‌اند که در حالت معمول به صورت رديفی و ستونی به یکدیگر متصل هستند. اگر یک صفحه کلید، 12 کلید داشته باشد این صفحه کلید به صورت 3 ستون 4 رديفی به یکدیگر متصل می‌شوند. برد آردوینو می‌تواند از طریق پین‌های دیجیتال به این سطرها و ستون‌ها دسترسی داشته باشد. وقتی یک کلید فشار داده می‌شود یک سطر و ستون به هم متصل می‌شوند. در غیر این صورت هیچ گونه اتصالی بین سطرهای و ستون‌ها وجود ندارد. شکل زیر ساختمان داخلی یک صفحه کلید  $3 \times 4$  را نشان می‌دهد.



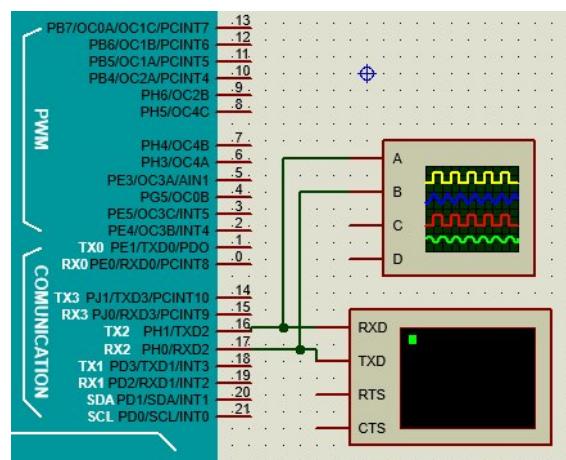
نمایی از ساختار درونی و بیرونی دو کلید

برای برنامه‌ریزی برد می‌توان از کتابخانه Keypad.h استفاده کرد. در صورتی که کتابخانه Keypad.h در نرمافزار Arduino IDE موجود نباشد، باید کتابخانه مورد نظر را نصب کنید. برای این کار به مسیر زیر رفته، سپس عبارت Keypad.h را جستجو کنید و کتابخانه مورد نظر را نصب کنید.

Sketch->Include Libraries->manage libraries

و یا آن را از لینک زیر دانلود کنید و در مسیر پوشه arduino\libraries\ ذخیره کنید.

<https://playground.arduino.cc/uploads/Code/keypad/index.zip>

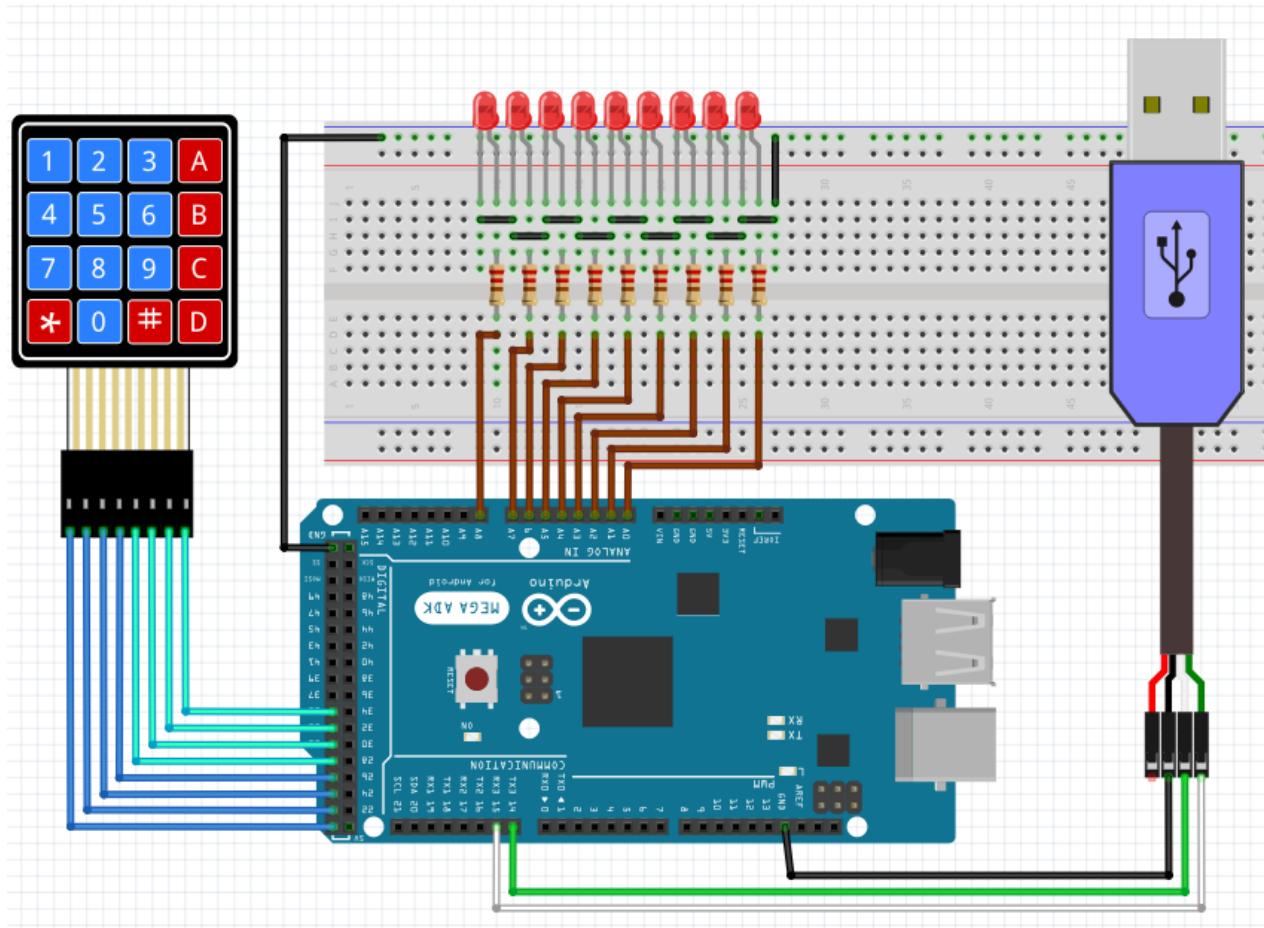


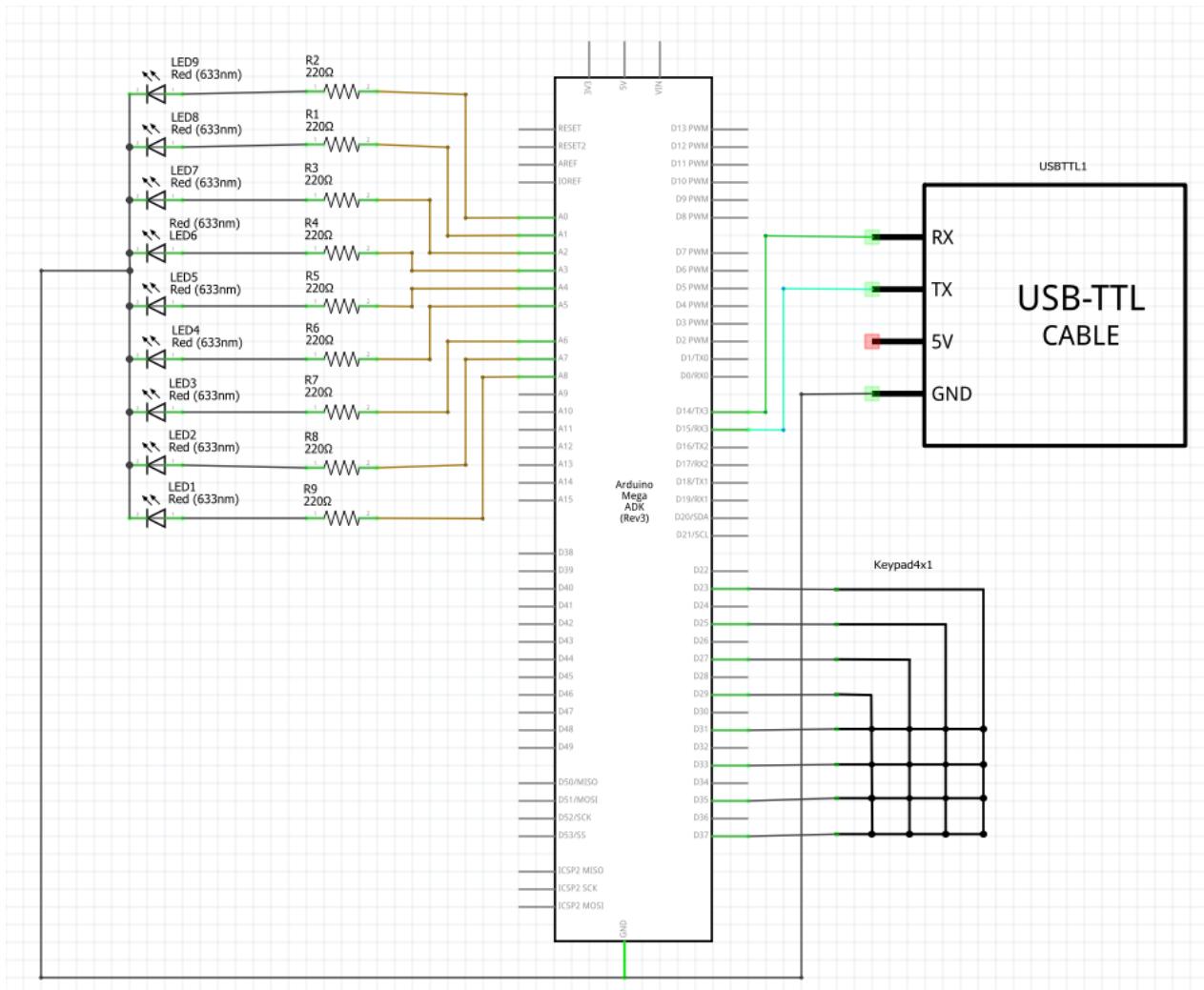
همچنین در این آزمایش قابلیت ارتباط سریال آردوینو را بررسی می‌کنیم. از نوار ابزار پروتوس (سمت چپ) و از تب INSTRUMENTS یک اسیلوسکوپ و یک ترمینال مجازی را انتخاب می‌کنیم. ترمینال را به یک TX و RX از پین‌های COMMUNICATION می‌کنیم. برده وصل می‌کنیم و اسیلوسکوپ را برای مشاهده سیگنال‌های ارتباطی، به همان دو سر ترمینال مجازی متصل می‌کنیم. در آردوینو واحدهای USART و UART با نام Serial به کار برده می‌شوند و چنانچه از واحد USART یا UART استفاده می‌کنید (TXn، RXn) و همچنین اگر n = 0 باشد شماره nام استفاده می‌کنید (RXn، TXn) و همچنین Serial در غیر این صورت Serials نام دارد.

پرسش: در رابطه با نحوه عملکرد ارتباط سریال و در آردوینو و همچنین پروتکل‌های ارتباطی USART و UART توضیح مختصری ارائه دهد.

شرح آزمایش:

1. نخست 9 عدد LED و یک صفحه کلید را از میان component‌های پروتئوس اضافه و به برد Arduino Mega2560 وصل کنید. برنامه‌ای بنویسید که به تعداد عدد انتخاب شده در صفحه کلید از سمت چپ به راست LED‌ها روشن کند.
2. سپس ترمینال مجازی را (که در شکل زیر به صورت یک تبدیل USB-TTL نشان داده شده است) به پین‌های ارتباطی برد وصل کنید. برنامه‌ای بنویسید که کاراکتر روى دکمه فشرده شده را در ترمینال مجازی نشان دهد. حال این آزمایش را با اسیلوسکوپ متصل شده به سیم‌های ترمینال مجازی تکرار کنید. سیگنال فرستاده شده به ترمینال روى اسیلوسکوپ را ببینید. آیا می‌توانید آن را بررسی کنید؟
3. برنامه‌ای بنویسید که ترمینال مجازی، یک عدد بین 1 تا 9 را به عنوان ورودی بگیرد و به تعداد آن LED‌ها را از سمت چپ به راست روشن کند. در صورتی که عدد وارد شده بزرگتر از 9 بود پیام "Invalid number" را به عنوان خطا نمایش دهد.





### آزمایش ۳: مانیتور خروجی

هدف آزمایش:

اتصال صفحه نمایش کاراکتری به میکروکنترلر برای نمایش اطلاعات

قطعات مورد نیاز:

- برد Arduino Mega2560
- صفحه نمایش کاراکتری  $2 \times 16$
- مقاومت  $220\Omega$  یا پتانسیومتر  $10k\Omega$
- ترمینال مجازی برای سریال مانیتور
- کیبورد  $4 \times 4$

آنچه باید در پیشگزارش نوشته شود:

- کدهای مورد نیاز برای برنامه‌ریزی برد
- مشخصات فنی مژول نمایشگر ال‌سی‌دی کاراکتری  $2 \times 16$  و دلیل استفاده از پتانسیومتر در مدار
- پاسخ به پرسش‌های مقدمه
- تعریف مختصر توابع مورد نیاز از کتابخانه LiquidCrystal مانند:

- [LiquidCrystal\(\)](#)
- [begin\(\)](#)
- [clear\(\)](#)
- [setCursor\(\)](#)
- [write\(\)](#)
- [print\(\)](#)
- [noDisplay\(\)](#)
- [scrollDisplayLeft\(\)](#)
- [autoscroll\(\)](#)

مقدمه:

در بسیاری از پروژه‌ها ما نیاز داریم تا برخی اطلاعات را توسط نمایشگرها به کاربران نمایش دهیم. به صورت کلی LCD‌های موجود به دو دسته LCD گرافیکی و LCD کاراکتری تقسیم می‌شوند.

پرسش: در رابطه با LCD گرافیکی توضیح دهد.

LCD کاراکتری  $2 \times 16$  یکی از پایه‌ای‌ترین نمایشگرهای الکترونیکی است. مژول نمایشگر دارای یک صفحه نمایش LCD با قابلیت نمایش 2 سطر و 16 ستون کاراکتر است. این مژول در شکل (1-3) نشان داده شده است. پایه‌های LCD کاراکتری از چپ به راست به صورت زیر است:

پرسش: هر یک از پایه‌های زیر برای چه هدفی استفاده می‌شوند؟

GND = زمین .1

VCC = تغذیه ۵ ولت .2

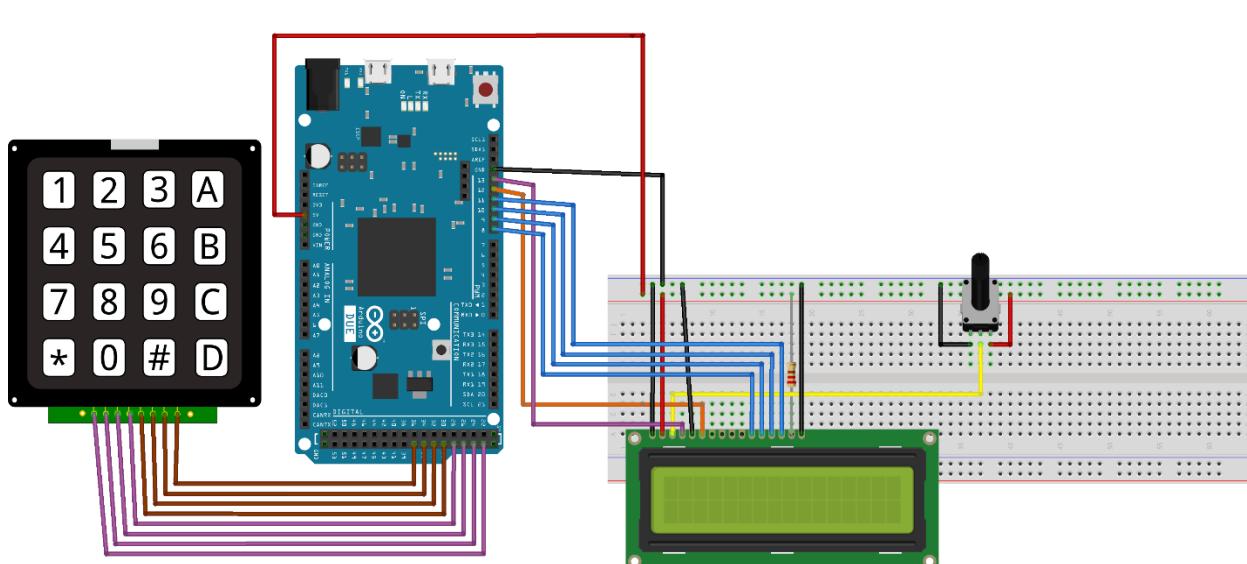


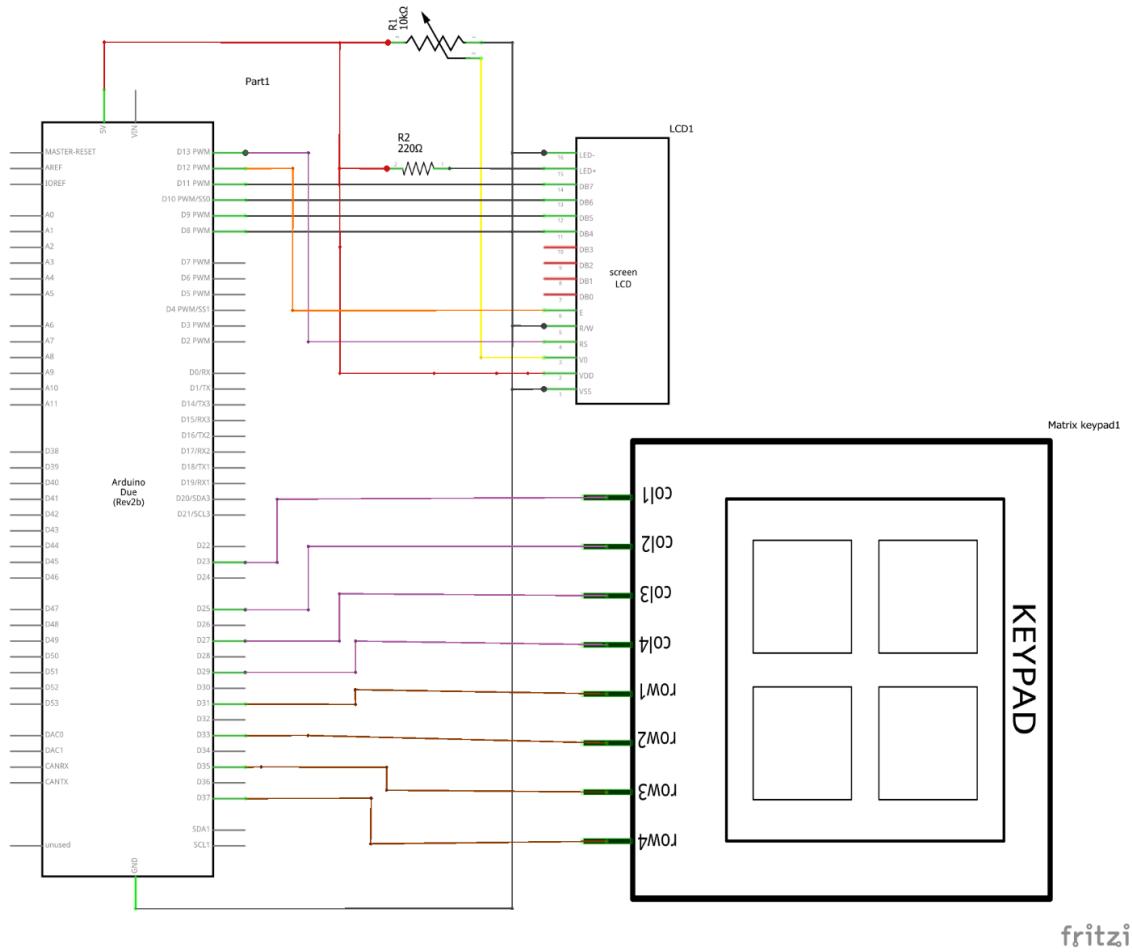
$VO$ (Display Contrast Pin)	.3
RS (Register Select)	.4
Write و Read = پایه RW (Read/Write)	.5
Enable = E	.6
D0 – D7 = پایه های دیتا (داده 8 بیتی)	.7
Anode = A	.8
Cathode = K	.9

برای برنامه ریزی LCD موجود می توانید از کتابخانه LiquidCrystal استفاده کنید که به صورت پیش فرض در نرم افزار IDE آردوینو وجود دارد. لازم به ذکر است که در محیط شبیه سازی پروتئوس، مقاومت/پتانسیومتر تاثیری ندارد و صفحه نمایش همواره اعداد را نشان میدهد، در حالی که در عمل میزان ولتاژ آن  $VO$ ، میزان نمایان بودن اعداد و شدت نور صفحه را تنظیم می کند.

### شرح آزمایش:

1. همانطور که در عکس زیر می بینید، ابتدا یک صفحه نمایش را از بین component های پروتئوس اضافه کرده و به برد Arduino Mega 2560 وصل کنید. با استفاده از توابع کتابخانه ای برنامه ای بنویسید که اسم خودتان در ابتدای سطر اول کاراکتری نوشته شده و هر ثانية یک خانه به جلو حرکت کند و وقتی به انتهای خط اول رسید به خط دوم رفته و باز به سمت جلو حرکت نماید. سپس به طور پیوسته این کار را تکرار نماید.
2. یک صفحه کلید از پیش فرض های پروتئوس اضافه کنید و به برد نصب کنید. با استفاده از آن، رمزی را دریافت کنید و روی LCD نمایش دهید، و با زدن کلید \* باید درستی این رمز را (مقدار صحیح رمز به صورت پیش فرض باید شماره دانشجویی شما باشد) بررسی کنید. در صورت درستی رمز عبور پیغام "correct password" در خط دوم نمایش داده شود و در غیر اینصورت پیغام "wrong password" نمایش داده شود.
3. یک کد ماشین حساب بنویسید که بر اساس نوشته های کلید (که در LCD مانند  $59+23$  نوشته شود) دستورات محاسباتی بگیرد و در خط دوم LCD به صورت خروجی نشان دهد. ماشین حساب باید جمع، تفریق، ضرب و تقسیم را انجام دهد.
4. با استفاده از توابع کتابخانه ای برنامه ای بنویسید که یک کاراکتر را در ابتدای سطر اول LCD بنویسد و هر ثانية در حالی که یک خانه به جلو حرکت می کند، به خط بعدی برود (اگر در خط اول بود به خط دوم برود و بر عکس). سپس بطور پیوسته این کار را تکرار نماید.





fritzing

## آزمایش 4: راه اندازی سرورو موتور و ورودی آنالوگ

### هدف آزمایش

راه اندازی سرورو موتور با Arduino Mega 2560 و آشنایی با سرورو موتور و مفهوم PWM خواندن پین‌های ورودی آنالوگ و تحلیل و استفاده از آن‌ها

### قطعات مورد نیاز

- برد Arduino Mega 2560
- سرورو موتور (MOTOR-PWMSERVO در پروتئوس)
- پتانسیومتر (POT در پروتئوس) با مقاومت 10K اهم
- کیبورد 4x4
- اسیلوسکوپ

آنچه باید در پیش‌گزارش نوشته شود:

- مفهوم PWM و استفاده‌های آن
- پاسخ به پرسش‌های دستور
- کاربردهای سرورو موتور
- کدهای مورد نیاز برای برنامه‌ریزی برد
- توضیح در مورد ورودی آنالوگ و تحلیل آن در آردوینو وتابع مورد استفاده این آزمایش:

### ● `analogRead()`

● تعریف مختصر توابع مورد نیاز از کتابخانه Servo.h مانند:

- `attach()`
- `write()`
- `read()`
- `writeMicroseconds()`
- `readMicroseconds()`

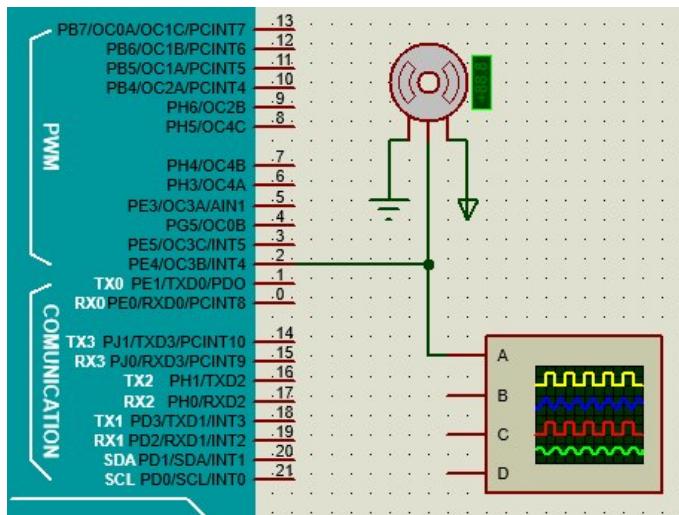
### مقدمه:

سرورو موتور یک چرخ دنده و مدار کوچک الکترونیکی است و نوعی از موئورهای الکتریکی است که می‌تواند موقعیت زاویه را به صورت دقیق کنترل کند.

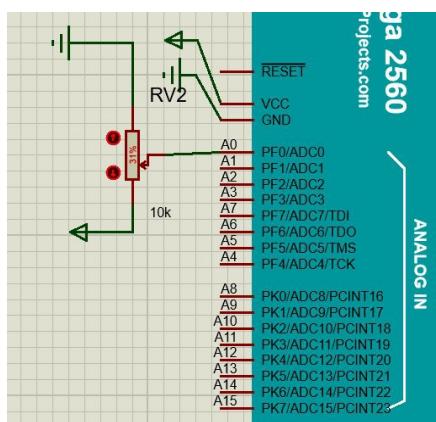
برای مدیریت سرورو موتور، نیاز به موج مربعی با PWM است. به عبارت دیگر، سرورو موتور یک موتور کوچک دارای یک محور یا شفت خروجی است. این محور خروجی قادر است در یک موقعیت و زاویه خاص با سیگنال دریافتی قرار گیرد.

سرورو موتور دارای سه پایه به ترتیب Signal، VCC، GND است. سیم تغذیه به  $+5$  ولت، سیم زمین به زمین مدار، و در آخر سیم سیگنال به یک پین دیجیتال آردوینو که قابلیت PWM داشته باشد متصل می‌شود.

لازم به ذکر است که در محیط آزمایشی پروتئوس، سروو موتور با کمی خط اعمل می‌کند و با تنظیم و کالیبره کردن pwm می‌توان از مقدار آن کاست.



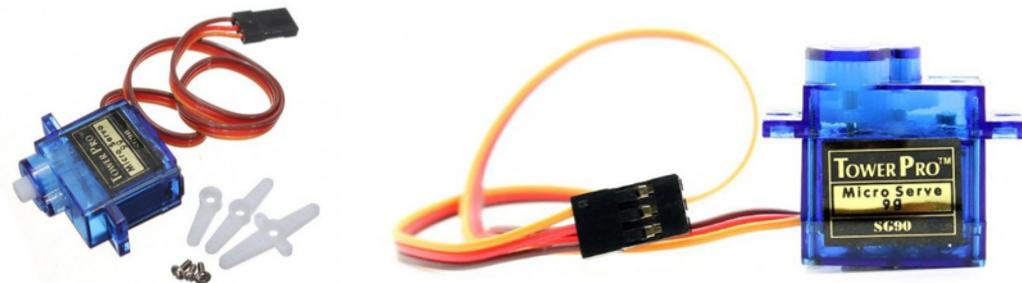
سپس برای اتصال پتانسیومتر، پایه‌های کناری را به تغذیه +5 ولت و زمین متصل کرده و سیم وسط را به یک پین آنالوگ آردوینو (مانند A0) می‌زنیم تا ورودی آنالوگ (میزان ولتاژ) را برای تحلیل دریافت کند.



پرسش: ابزار دیگری همانند سروو موتور به نام stepper وجود دارد. در رابطه با نحوه عملکرد و تقاؤت آن با سروو توضیحاتی ارائه دهید.

پیشنهاد: تابع map آردوینو در کار با سروو موتور و خواندن داده آنالوگ پتانسیومتر میتواند به شما کمک شایانی نماید.

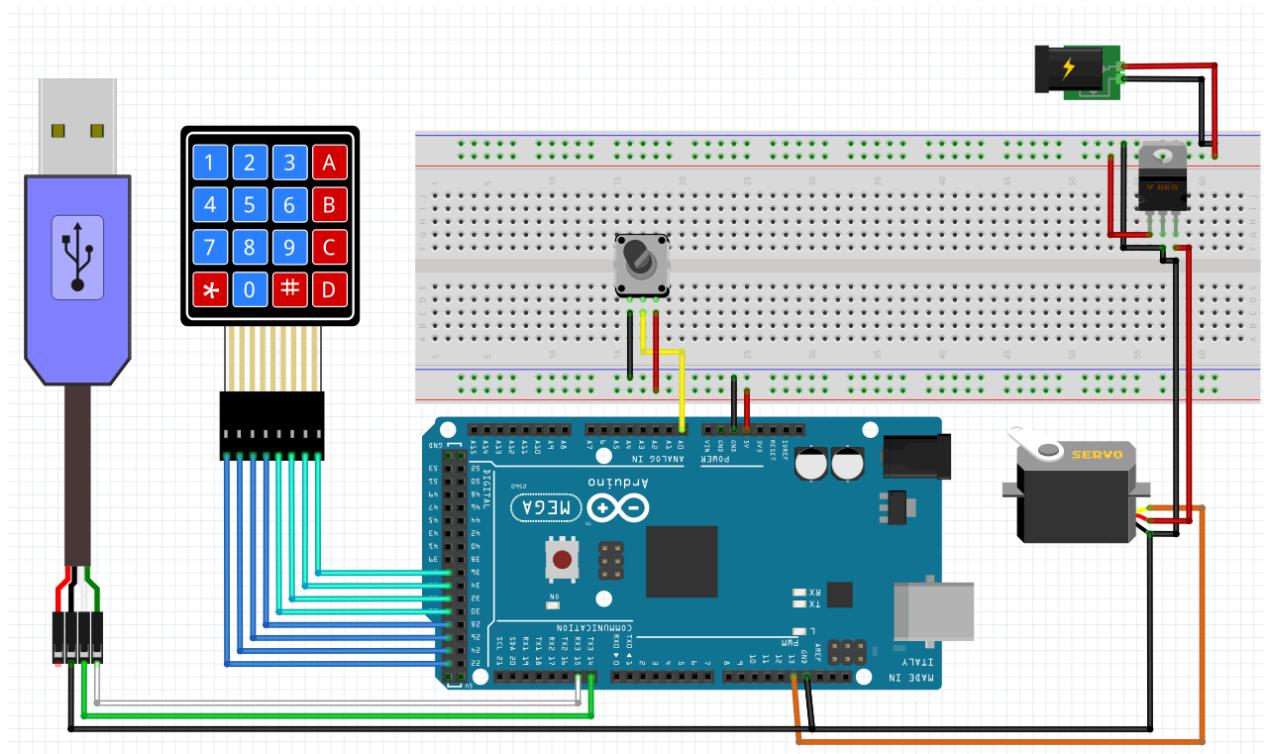
پرسش: در بخش آخر شرح آزمایش به fundamental period و duty cycle اشاره شده است در رابطه با هر یک توضیح دهید.

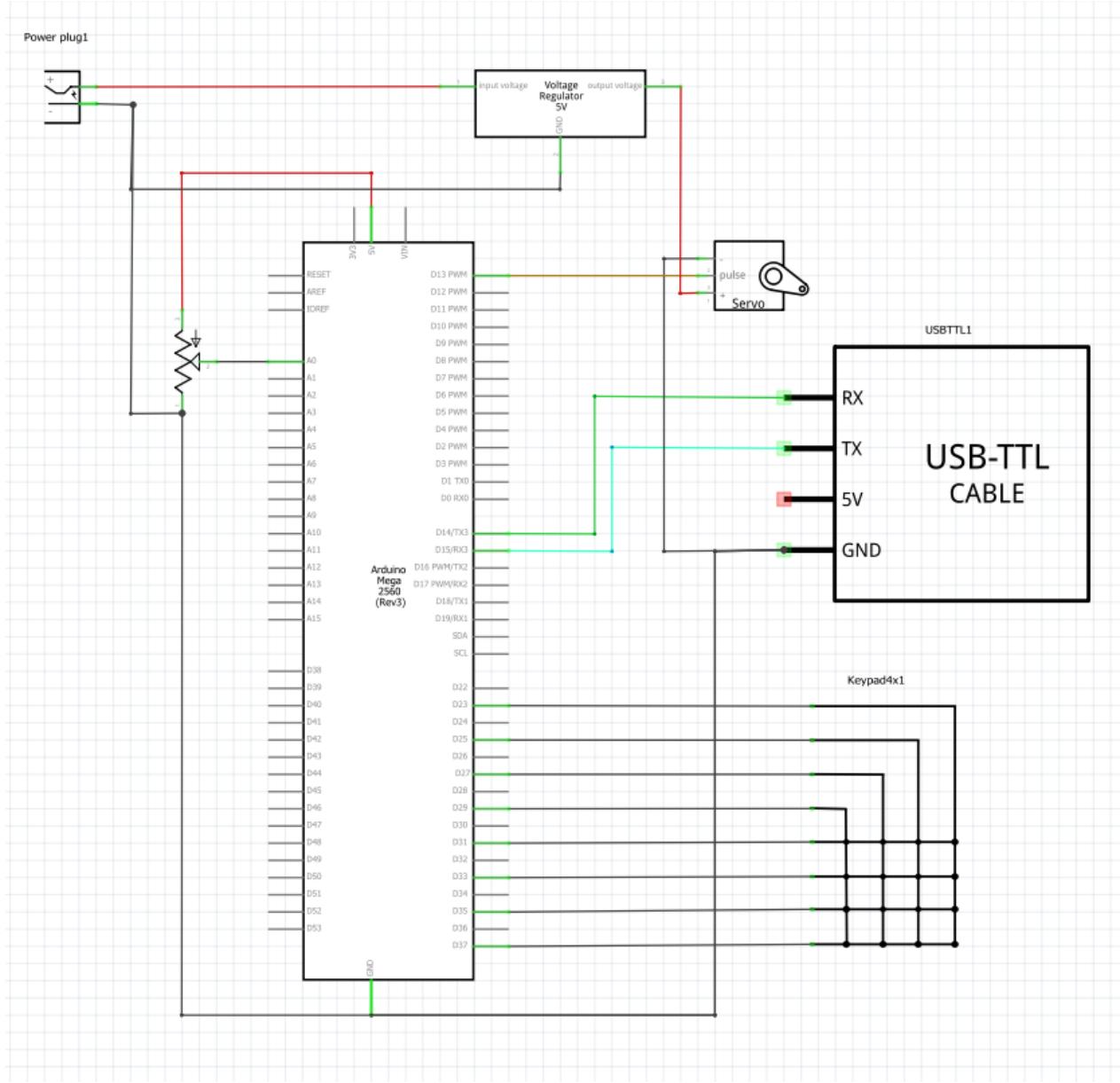


سرورو موتور SG90

### شرح آزمایش:

1. برنامه‌ای بنویسید که به صورت خودکار سرورو از زاویه ۰ تا ۹۰ درجه تغییر کند و سپس از زاویه ۹۰ به ۰ بازگردد. سپس به صورت متناوب این حرکت را تکرار کند.
2. برنامه‌ای بنویسید که کاربر با کیبورد یک عدد بین ۰ تا ۳۶۰ انتخاب کرده و سرورو موتور آن را بین -۱۸۰ درجه و +۱۸۰ درجه نشان دهد.
3. برنامه‌ای بنویسید که با استفاده از سریال مانیتور، مقدار زاویه مورد نظر را وارد کنیم و سرورو موتور به اندازه‌ی قرینه‌ی آن عدد تغییر زاویه دهد.
4. برنامه باید به گونه‌ای نوشته شود که با تغییر مقدار پتانسیومتر که به یک پایه آنالوگ برد متصل است، زاویه سرورو موتور تغییر کند.
5. اسیلوسکوپ را به خط سرورو موتور متصل کنید. چه چیزی متوجه می‌شوید؟ آیا می‌توانید دوره پایه (Fundamental Period) و همچنین دوره کاری ([Duty Cycle](#)) موج را به ازای زاویه‌های گردش مختلف سرورو موتور به دست آورید؟





## آزمایش 5: راه اندازی رله با Arduino MEGA2560

هدف:

آشنایی با سوییچ الکتریکی یا رله (Relay) و راه اندازی آن با Arduino Mega

اتصال رله به برد و فعال سازی آن با سیگنال های خروجی از آردوینو برای راه اندازی قطعاتی مانند لامپ که نیازمند جریان یا ولتاژ بالایی هستند و مستقیم با پایه های برد قابل فعال سازی نیستند.

قطعات مورد نیاز:

- بورد Arduino Mega
- رله
- موتور
- LED
- مقاومت  $10k\Omega$  و  $1k\Omega$
- ترانزیستور NPN
- دیود
- باتری
- دکمه
- ولت سنج (DC Voltmeter)
- آمپر سنج (DC Ammeter)

آنچه باید در پیشگزارش نوشته شود:

- رله چیست؟ انواع رله و کاربردهای آن را ذکر کنید.
- آشنایی با پایه های رله، نحوه کار کرد آن و نحوه تشخیص پایه های رله
- تشخیص پایه های رله چگونه انجام می شود؟
- پاسخ به پرسش های مقدمه

مقدمه

کلید ها می توانند با فرمان های مختلفی تحریک شوند. فشار مکانیکی، نور، لرزش و صد البته جریان الکتریکی! وقتی فرمان یک کلید جریان الکتریکی است، نام سوییچ یا رله (Relay) را برای کلید انتخاب می کنیم. در واقع رله یک کلید تبدیل است، با این تفاوت که در کلید تبدیل به یک انسان نیاز است تا با دست خود، کلید تبدیل را فشار دهد. ولی در رله یک جریان برق این کلید را تغییر حالت می دهد. یعنی ما یک ولتاژ برق را به رله می دهیم و رله، کلید تبدیلی که در داخل آن تعییه شده است را برای ما خاموش و روشن می کند. از آنجا که رله ها می توانند جریانی قوی تر از جریان ورودی را هدایت کنند، به معنی وسیع تر می توان آن ها را نوعی تقویت کننده نیز دانست.

رله ها چندین ساختار مختلف دارند. که با توجه به تعداد قطب ها و خروجی های آن، دسته بندی می شوند. اما ساده ترین و پر کاربرد ترین نوع آن ها، رله های SPDT هستند. نمونه ای از این نوع رله در شکل (1-6) نشان داد شده است. این حروف مخفف عبارت تک قطبی دو خروجی (Single Pole Double Throw) است. به این معنا که این نوع رله ها دارای 5 پایه هستند که دو پایه coil برای فرمان (قسمت فرمان) و سه پایه برای خروجی (مدار قدرت) دارند.



دو نمونه از رله های 5 ولت SPDT

نمایی از ساختار درونی رله SPDT

1. پایه Common (COM): پایه مشترک میان دو پایه NO و NC می باشد که بسته به شرایط به یکی از این دو پایه متصل است. می توانیم این پایه را به یک سر موتور متصل کنیم.
- 2-3. پایه های COIL: این پایه ها مربوط به COIL در رله است که هنگامی که به این دو پایه یک ولتاژ مثبت و منفی DC وصل شود کلید تغییر وضعیت می دهد.
4. پایه Normally closed (NC): پایه ای که در حالت عدم تحریک کوپل به COM متصل است. می توانیم این پایه را به منفی تغذیه متصل کنیم.
5. پایه Normally open (NO): پایه ای که در حالت تحریک کوپل به COM متصل می شود. می توانیم آن را به مثبت تغذیه متصل کنیم.

بنابراین آن سر موتور نیز به منفی تغذیه متصل می کنیم.

**پرسش:** درباره چگونگی کارکرد این مدار توضیح دهید.

**پرسش:** از جمله دیگر ساختار های معروف رله SPST، DPST، SPDT، DPDT را می توان نام برد. ساختار درونی آن ها به چه صورت می باشد؟

#### شرح آزمایش:

در این آزمایش همانند مدار های شکل 1 و 2 که در زیر آورده شده است، می خواهیم با رله یک موتور را راه اندازی کنیم، هنگامی که دکمه را فشار می دهیم موتور روشن و LED خاموش می شود و هنگامی که دکمه را رها می کنیم موتور خاموش و LED روشن می شود.

گام یک:

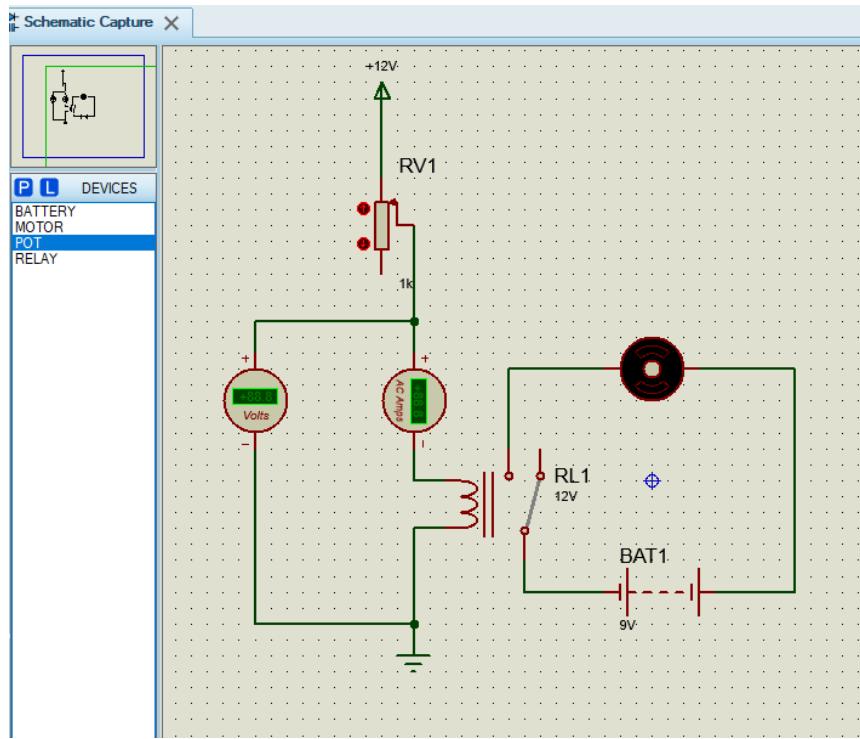
ابتدا مدار زیر را با پتانسیومتر (POT)، رله (Relay)، موتور (Motor)، باتری، آمپر متر و ولت متر رسم کنید. و آن را اجرا نمایید. ابتدا POT را بر روی بیشترین مقاومت قرار دهید. در این حالت ولت و آمپر متر کمترین مقدار را نشان خواهند داد. همچنین رله غیر فعال است.

سپس رفته مقادیر POT را افزایش دهید و آستانه ای را که در آن رله فعال می شود را به دست آورید. و مقدار هایی را که دستگاه های ولت متر و آمپر متر نشان می دهند بررسی کنید.

همان گونه که دیده می شود ولتاژ آستانه مورد نیاز برای فعال شدن رله به مراتب بیشتر از ولتاژ یک منطقی ATMega2560 است.

(5v)

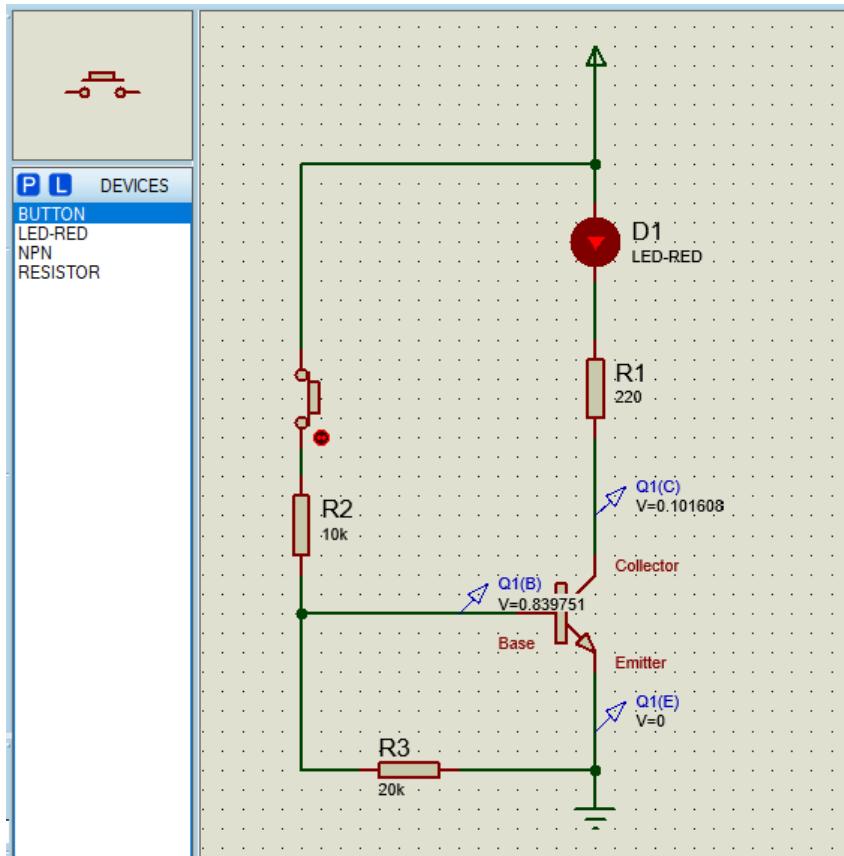
همچنین جریانی که برای فعال کردن رله نیاز هست نیز معمولا از بیشینه جریانی که هر پین ورودی/خروجی ATmega2560 فراهم می‌کند بیشتر است. (40mA)



نتیجه: از این رو پین های ورودی/خروجی این میکروکنترلر به تنهایی توانایی فعال کردن رله یا آرمیچر را ندارد و به کاربردن آن ها برای این منظور می‌تواند سبب **آسیب رسیدن به میکروکنترلر و سوختن آن شود**، در نتیجه از ترانزیستور برای فعال کردن رله بهره می‌بریم.

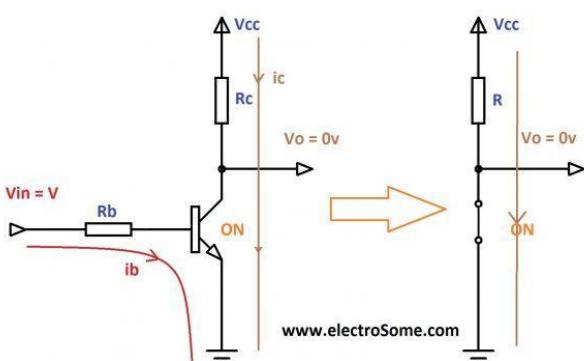
گام دو:

برای آشنایی با شیوه کار کرد تر از ترانزیستور های NPN مداری مانند مدار زیر را در Proteus رسم کرده و آن را اجرا کنید.

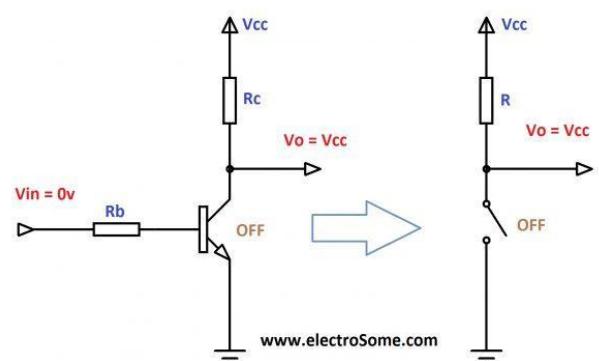


همان گونه که دیده می شود به طور خلاصه می توان گفت به ازای افزایش جریان از پایه Base به  $I_B$ ، بیشینه جریانی که از Emitter به Collector می تواند بگذرد به نسبت بیشتری افزایش می یابد. به گونه ای که در حالت اشباع ترانزیستور می توان از مقاومت ترانزیستور از Emitter به Collector در مدار چشم پوشی کرد.

حالت کلید بسته:

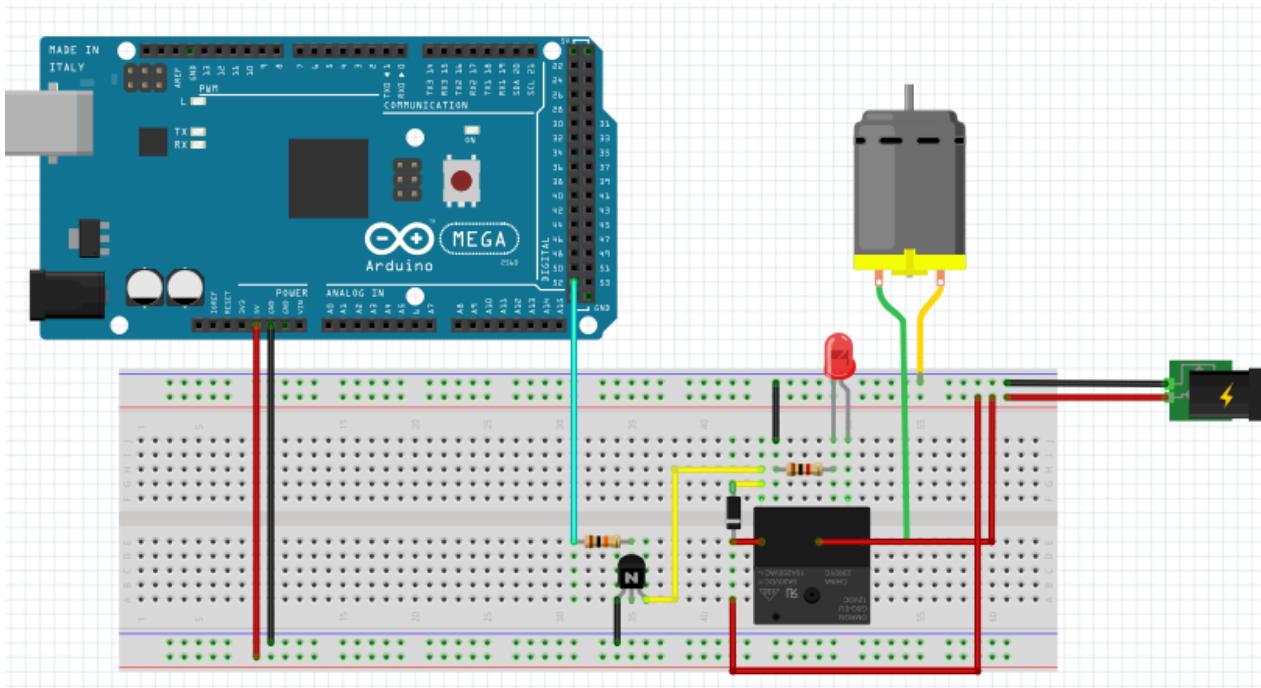


حالت کلید باز:

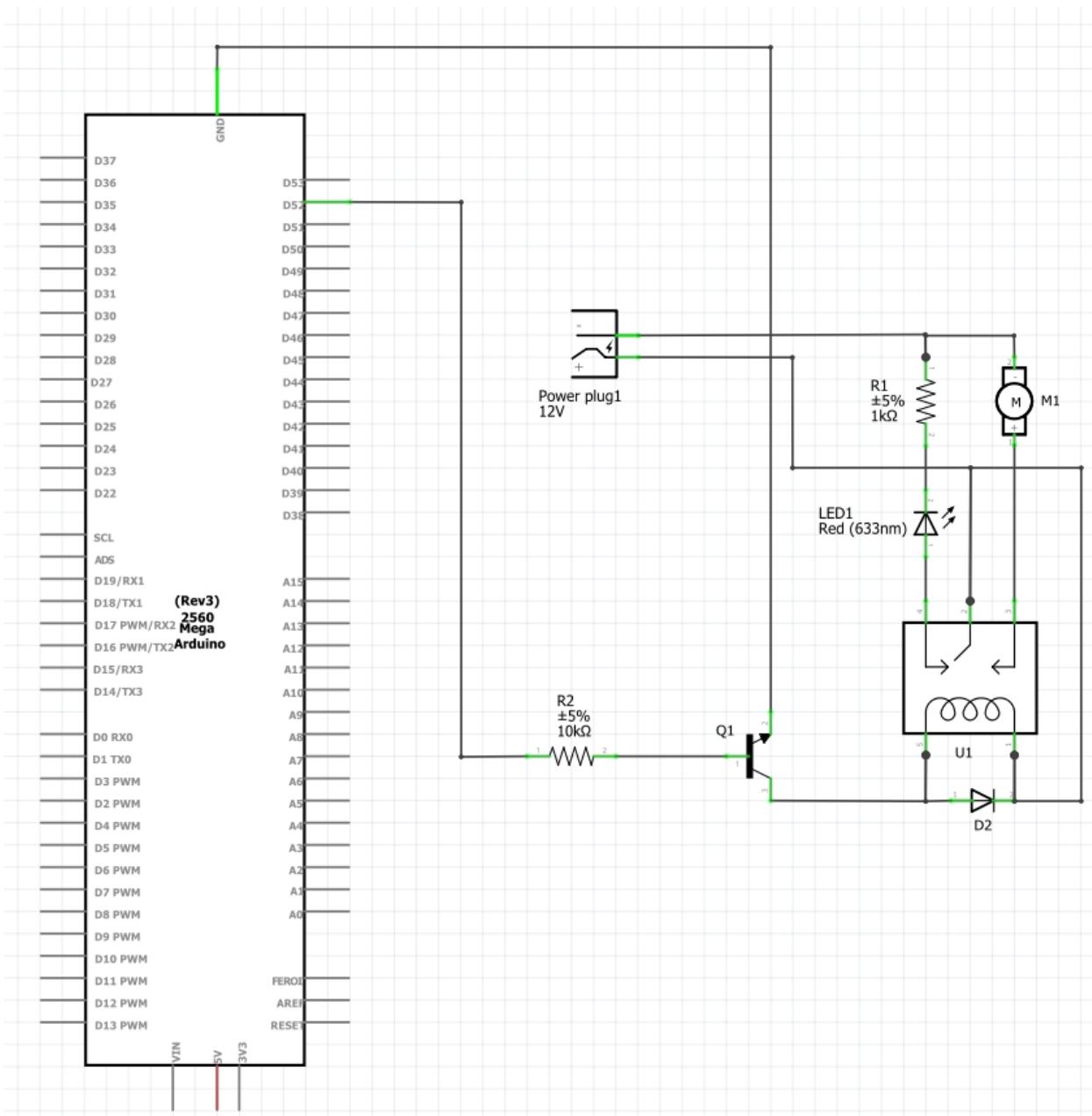


## گام سوم:

از این ویژگی ترانزیستور برای راه اندازی رله استفاده کنید و مدار نهایی خواسته شده برای این آزمایش را که مدار شماتیک آن در شکل 2 آورده شده است، رسم کنید.



### نمودار ۱ (مدار آزمایش بر روی برد برد)



نمودار 2 (شماییک لازم برای راه اندازی موتور به کمک رله و بورد Arduino Mega

## آزمایش 6: نیم-پروژه

### هدف آزمایش:

مروری بر مطالبی که در جلسه‌های گذشته گفته شد و پیاده‌سازی یک کاربرد ساده از این مطالب با بهره‌گیری از خلاقیت و ایده پردازی خودتان هدف این آزمایش است. به عنوان مثال، تعدادی ایده پیشنهادی در زیر آورده شده است.

آنچه باید در پیش‌گزارش نوشته شود:

- کدهای مورد نیاز برای برنامه‌ریزی برد

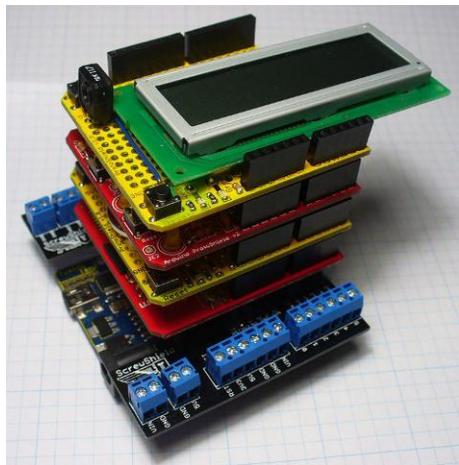
### آردوینوهای همکار

#### هدف پروژه

پیاده‌سازی دو برد آردوینو که با فرستادن و دریافت اطلاعات از راه ارتباطات سریال، می‌توانند یکسری مسائل بازگشتی (مانند بررسی زوج-فرد بودن بازگشتی) را حل کنند.

#### قطعات مورد نیاز:

- دو عدد بورد Arduino Mega2560
- کیبورد
- LCD کاراکتری



### کامپیوتر ماشین کنترلی

#### هدف پروژه

این ماشین باید از ارتباطات سریال دستور بگیرد (که فرضا به کنترلر رادیویی متصل شده)، چراغهای ماشین (LED) را روشن کند، به چرخهای جلو زاویه بدهد (سرو موتور)، چرخهای عقب را به حرکت بیندازد (رله و آرمیچر) و بوق بزند (بازر). لازم است شما از سه حسگر مادون قرمز، لایت و فوتولسل استفاده کنید تا مشخص کند ماشین در خط مستقیم کند، به راست برود یا به چپ بپیچد و در صورت پایان خط باید ماشین بایستد. این ماشین دو mode دارد که مود موردنظر توسط کیبد دریافت و روی LCD نمایش داده می‌شود. مود ها عبارتند از mode servo و mode stepper. در حالت سروو تغییر جهتی که در ابتدا گفته شد انجام می‌شود و در حالت استپر حرکت ماشین همانند ویلچر است stepper یک موتور همانند سروو است و یک کتابخانه دارد. برای اطلاعات بیشتر درباره آن به [اینجا](#) مراجعه کنید. برای تغییر سرعت ماشین نیز یک پتانسیومتر روی آن قرار دهید.



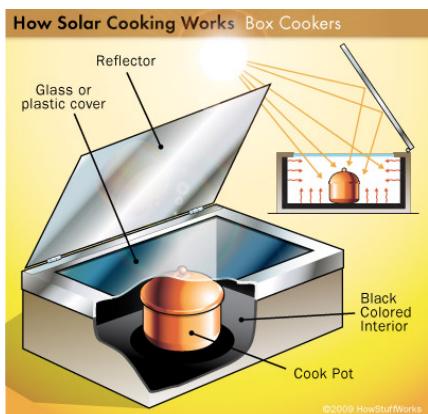
#### قطعات مورد نیاز:

- بورد Arduino Mega2560
- دیود نورانی (LED) به مقدار لازم

- سروو موتور
- آرمیچر
- رله
- بازر
- نمایشگر (LCD)
- کیبورد

## اجاق خورشیدی

### هدف پروژه



اجاق خورشیدی دستگاه نور خورشید را از شیشه می گذراند و توسط دیوارهای سیاه درونی، گرما را به دام می اندازد. میکروکنترلر شما باید شیشه را باز و بسته کند (سروو موتور) یک دما و یک زمان بگیرد (کیبورد) که حرارت درونی به دمای گرفته شده رسید (حرارت سنج) یک تایмер را شروع کند و پس از گشتن زمان به همان اندازه ای که گرفته شده است، با بازر (buzzer) کاربر را از پخت غذا آگاه کند. لازم است زمان گرفته شده روی LCD نمایش داده شود و به صورت معکوس تا تمام شدن پخت از مقدار آن کم شود. اجاق شما باید یک اپشن reset داشته باشد تا در صورت نیاز کاربر بتواند فرایند پخت را متوقف کند.

### قطعات مورد نیاز:

- بورد Arduino Mega2560
- سروو موتور
- حرارت سنج
- کیبورد
- بازر
- LCD

## یعقوب برقی رایگان!

### هدف پروژه



سیر کردن دانشجوها. یک گذرواژه هفت رقمی (کیبورد) در را باز می کند (یک سروو موتور) همه پیچش ها را (تعداد زیادی سروو موتور) به عقب می چرخاند تا غذا کار گذاشته شود. همه

چراغها (LED) در این مرحله خاموش است. دکمه دوباره در را می‌بندد و چراغها روشن می‌شوند. سپس دانشجوها با زدن شمارهای دورقمی غذا، آن را تحویل می‌گیرند. همه چیز روی LCD نشان داده شود و دکمه پاک و تایید داشته باشد.

#### قطعات مورد نیاز:

- بورد Arduino Mega2560
- دیود نورانی (LED) به مقدار لازم
- تعداد زیادی سروو موتور
- کیبورد
- LCD کاراکتری

#### پنکه



#### هدف پروژه

خنک کردن دانشجوها. یک دکمه (button) به کمک رله پنکه را به راه می‌اندازد (آرمیچر و رله)، هنگام فشرده شدن دکمه، بازر بوق می‌زند (buzzer) و یک دکمه دیگر بین سه سرعت مختلف آرمیچر سوییچ می‌کند که هر سه توسط یک نور (LED) به کاربر نشان داده می‌شوند. یک دکمه دیگر هم به کمک سروو موتور چپ و راست شدن پنکه را فعال و غیرفعال می‌نماید. همچنین پنکه باید توانایی برنامه پذیری داشته باشد، به این شیوه که با یک صفحه کلید و برنامه دوره زمانی رفت و برگشت پنکه و همچنین سرعت موتور مشخص می‌شود. که این برنامه بر روی LCD کاراکتری نمایش داده خواهد شد.

برای این‌که برنامه خودکار و کارکرد دستی نیز با یکدیگر تداخل نداشته باشند یک دکمه را نیز برای انتخاب روش کاری (خودکار یا دستی) به کار ببرید.

#### قطعات مورد نیاز:

- بورد Arduino Mega2560
- سه عدد LED
- چهار دکمه (push button)
- آرمیچر و رله
- بازر
- صفحه کلید
- LCD کاراکتری



#### گاو صندوق

#### هدف پروژه

کاربر گذرواژه را وارد می‌کند (صفحه کلید) و سپس در گاو صندوق باز (سروو موتور) و چراغ نمایانگر باز بودن در روشن خواهد شد. و بازر به هنگام باز و بسته شدن در هشدار می‌دهد (بوق). کاربر می‌تواند با فشردن دکمه در را

بینند، همچنین زمان شماری راه اندازی می‌شود که پس از گذشت زمان مشخصی اگر در هم چنان باشد آن را خواهد بست. و چراغ نمایانگر بسته بودن روشن خواهد شد.

بر روی LCD درستی یا نادرستی گذروازه، وضعیت در و زمان سنج بسته شدن در نمایش داده شود. همچنین باید بازه زمانی گفته شده و گذروازه تازه را بتوان از صفحه کلید دریافت کرد و باز تنظیم نمود. لازم است گاوصندوق یک دزدگیر داشته باشد به این صورت که در صورتی که رمز 4 بار غلط وارد شد آذیر خطر را فعال کند و در LCD هشدار ورودی غیر مجاز چاپ شود همچنین پس از آن امکان وارد کردن رمز گاوصندوق به مدت یک دقیقه غیر فعال می‌شود. اگر پس از 4 بار اشتباه و همچنین گذشت یک دقیقه رمز درست وارد شد در گاوصندوق باز می‌شود در غیر این صورت باید به مدت دو دقیقه غیر فعال شود و به همین ترتیب.

#### قطعات مورد نیاز:

- بورد Arduino Mega2560
- LED به مقدار لازم
- کیبورد
- LCD کاراکتری
- سروو موتور
- Buzzer

#### تردمیل



#### هدف پروژه

تردمیل با رله، موتور خود را به برق متصل می‌کند. دو نوع تنظیم دارد، یکی سرعت و دیگری شبیب (که با یک سروو موتور قوی کنترل می‌شود). کاربر قبل از شروع به کار تردمیل میتواند با چهار دکمه، سرعت و شبیب را بالا و پایین بیاورد. افزایش سرعت و درجه ی شبیب باید روی LCD نمایش داده شود. همچنین می‌توان سرعت و شبیب مورد نظر را به یکباره توسط کلید وارد کرد و لازم نباشد یکی یکی آن را افزایش داد.

#### قطعات مورد نیاز:

- بورد Arduino Mega2560
- سروو موتور
- رله
- موتور
- دکمه و صفحه نمایش LCD

## آزمایش 7: ماشین لباسشویی ساده

هدف آزمایش:

آشنایی با پروتکل ارتباط سریال TWI

کار با حافظه EEPROM بیرونی و نوشتن داده‌های مانند تنظیمات دستگاه بر روی آن و یا خواندن از آن

قطعات مورد نیاز:

- Arduino Mega
- حافظه AT24C02
- LED
- صفحه کلید (Keypad)
- LCD کاراکتری

آنچه باید در پیش‌گزارش نوشته شود:

- به پرسش‌های درون مقدمه پاسخ داده شود.

### مقدمه

در این آزمایش می‌خواهیم با پروتکل ارتباط سریال TWI بیشتر آشنا شویم. برای این هدف، از حافظه‌ی EEPROM با نام AT24C02 که با پروتکل ارتباط سریال کار می‌کند، استفاده می‌کنیم.

### حافظه EEPROM:

فرض کنید می‌خواهیم یک ماشین لباسشویی طراحی کنیم، یکی از کارکردهای مورد نیاز ما این است که کاربر بتواند مدهای کاری دلخواه خود برای شستشو را تنظیم کند، از سوی دیگر کاربر مایل نیست به ازای هر بار کار با ماشین لباسشویی، دوباره این تنظیمات را انجام دهد. برای این کار نیاز است که مدهای دلخواه کاربر را در یک حافظه‌ی دائمی نگه داری کنیم که با خاموش کردن ماشین لباسشویی همچنان وجود داشته باشد، همچنین این داده‌ها احتمالاً به بیشتر از چند متغیر چند بایتی فضای ذخیره‌سازی نیاز ندارند و ممکن است برای نگهداری ویرایش یک مد کاری که کاربر انجام می‌دهد، نیاز باشد برخی از متغیر‌ها را باز مقداردهی کنیم (بایت به بایت). برای پیاده‌سازی چنین کنترل‌بودی به EEPROM نیاز داریم.

**پرسش:** در چه کاربردهای EEPROM به کار برده می‌شود؟ چرا در اینجا حافظه Flash یا RAM را به کار نمی‌بریم؟ تفاوت حافظه EEPROM با RAM در چیست؟

**پرسش:** اگر بخواهیم برای نگهداری مدهای کاری حافظه Flash را به کار ببریم، فرآیند نوشتن باید چگونه انجام شود که داده‌های دیگری که بر روی همان بلاک هستند از دست نروند؟

در یک دستگاهی می‌توان EEPROM را به دو نوع درونی (Internal) و بیرونی (External) دستگاهی کرد. حافظه‌های درونی در کنار پردازنده بر روی یک IC قرار می‌گیرند. در نتیجه، نیازی به کارکرد پایه‌های آدرس (A0-A2) نیست و می‌توان سریال استفاده از پروتکل ارتباط سریال برای نوشتن و خواندن را از میان برداشت. بنابراین حافظه‌های درونی تندتر هستند، ولی اندازه‌شان محدود است.

میکروکنترلر ATMEGA2560 نیز دارای یک EEPROM درونی است. که البته در این آزمایش مورد توجه ما نیست.

گونه‌های دیگر از EEPROM ها بیرونی هستند که بر روی یک IC جدگانه قرار می‌گیرند. برای ارتباط با این حافظه‌ها اکثراً از پروتکل‌های ارتباط سریال استفاده می‌شود. حافظه AT24C02 نیز که در این آزمایش به کار برده می‌شود، پروتکل سریال TWI را به کار می‌گیرد. به این صورت که در این پروتکل حافظه‌ها همان برده‌ها (Slaves) هستند و برد کنترلر نیز سرپرست (Master) است. در این دسته گاهی برای این‌که بتوان چند حافظه را بر روی یک باس کنترل کرد (چند برده داشت) از پایه‌های آدرس استفاده می‌شود. این آدرس به صورت سخت‌افزاری پیکربندی می‌شود (Hard-Wired).

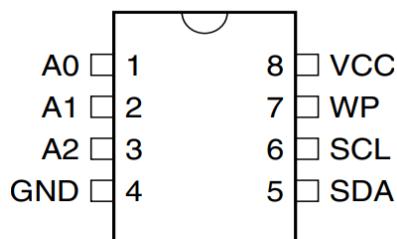
### نمای بیرونی و پایه‌های AT24C02

در حافظه‌ای که در این آزمایش با آن کار می‌کنیم، سه پایه برای آدرس قطعه وجود دارد که در نتیجه  $2^3$  قطعه از آن را می‌توان بر روی یک باس مشترک قرار داد.

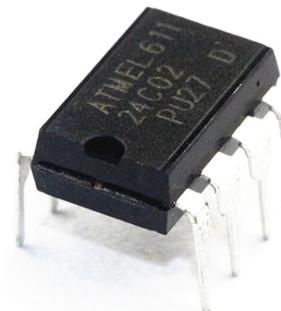
Pin Name	Function
A0 - A2	Address Inputs
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock Input
WP	Write Protect
NC	No Connect
GND	Ground
VCC	Power Supply

جدول کارکرد پایه‌ها

8-lead PDIP



نمایی از پایه‌های AT24C02



تصویری از AT24C02

**پرسش:** اگر یک حافظه EEPROM بیرونی دارای 4KB حافظه و 2 پایه آدرس باشد، در این صورت می‌توان حداقل چند KB حافظه EEPROM بیرونی بر روی یک باس مشترک داشت؟

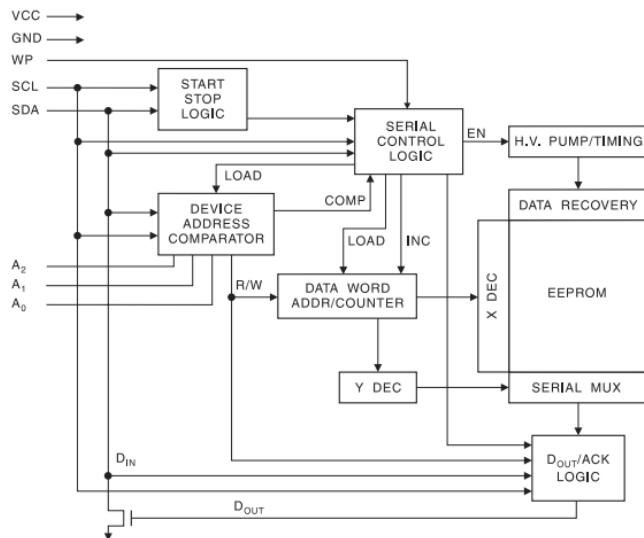
AT24C02 از پروتکل TWI بهره می‌برد؛ با این تفاوت که به جای 7 بیت، تنها 3 بیت برای آدرس دهی اختصاص یافته (A0-A3) و 4 بیت دیگر (پر ارزش‌تر) مقداری ثابت و برابر با 0b1010 دارند.

کارکرد دیگری که معمولاً در EEPROM‌های بیرونی وجود دارد، حفاظت نوشتن (Write Enable و Write Protection) است. این ویژگی به این صورت است که هنگامی که سطح منطقی پایه WP برابر با 0 باشد، خواندن و نوشتن به صورت عادی انجام شدنی است ولی هنگامی که مقدار ولتاژ منطقی آن برابر با 1 باشد، نوشتن غیر فعال می‌گردد.

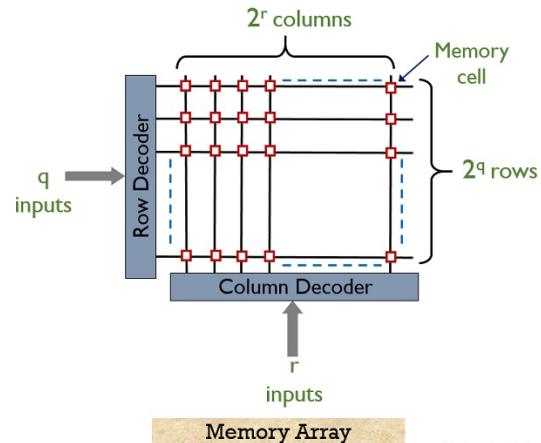
**پرسش:** نمودار شماتیک برای این‌که دو AT24C02 را به یک باس مشترک وصل کنیم و حفاظت نوشتن غیر فعال باشد را رسم کنید. (آدرس دهی سخت‌افزاری دلخواه - باس را هم به پایه‌های میکروکنترلر متصل کنید)

## ساختار درونی AT24C02

بلوک دیاگرام حافظه AT24C02



ساختار عمومی ماتریس حافظه



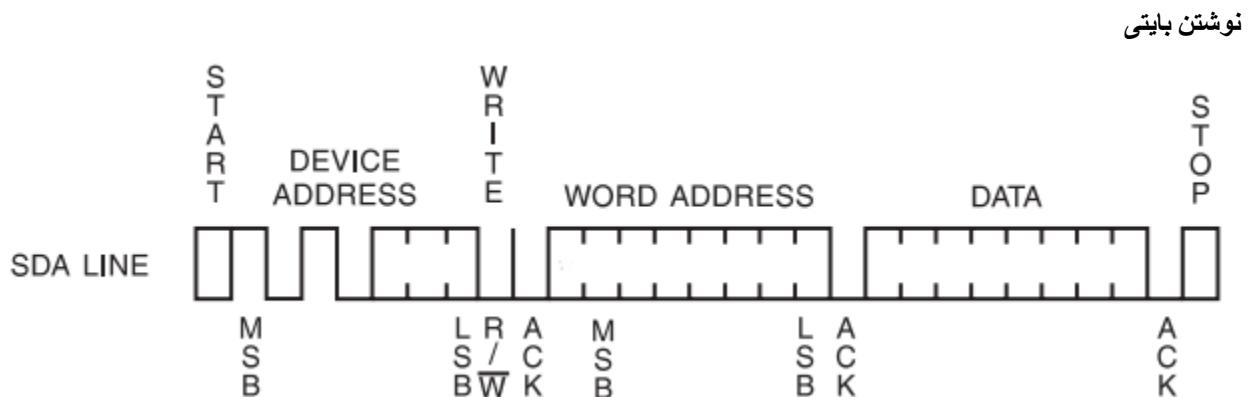
شکل بالا ساختار درونی حافظه EEPROM را نشان می‌دهد، برای هر بار انجام عملیات نوشتمن در آغاز باید آدرس خانه‌ی مورد نظر در شمارنده آدرس (Data Word Addr/Counter) قرار بگیرد. همان‌گونه که دیده می‌شود مقدار این شمارنده ورودی دیکتر آدرس (X) است و به این طریق ردیف مورد نظر در ماتریس حافظه انتخاب می‌شود. پس از انجام عملیات نوشتمن، مقدار شمارنده یک واحد افزایش می‌یابد. مقدار این شمارنده تا پیش از قطع تعذیه همچنان ماندگار است.

از این رو، برای این‌که بتوان از یک خانه حافظه خواند باید نخست با انجام یک عملیات خواندن نیمه کاره (Dummy Write)، این شمارنده را دوباره مقدار دهی کرد تا خانه مورد نظر در ماتریس حافظه انتخاب گردد.

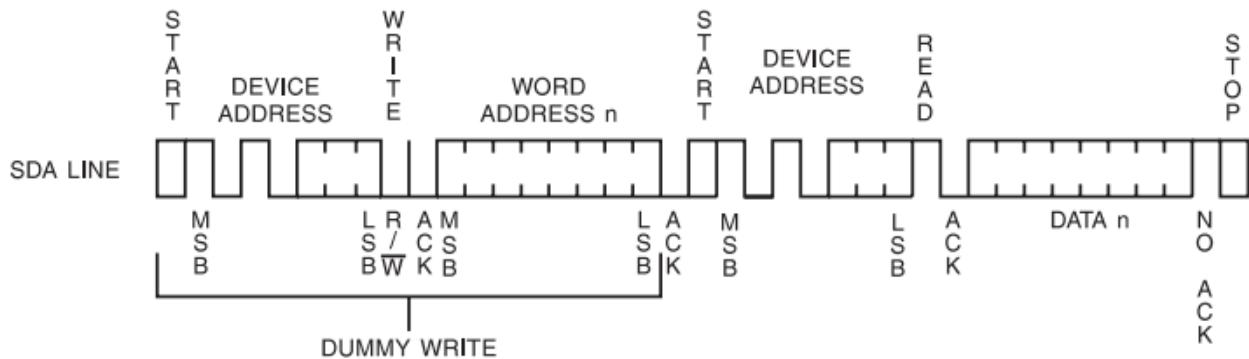
عملیات نوشتمن در یک خانه حافظه در بیشترین حالت 5 میلی ثانیه طول خواهد کشید. (اگر در این مدت و پیش از به پایان رسیدن عملیات درخواست تازه‌ای برسد، حافظه در پاسخ (NACK) بر می‌گرداند و در نتیجه عملیات تازه انجام نخواهد شد).

### پیام‌های عملیات خواندن و نوشتمن

در زیر دنباله فریم‌های پیام برای عملیات خواندن و نوشتمن باقی نشان داده شده است:



## خواندن بایت تصادفی



همانگونه که مشخص است، پیش از درخواست خواندن، یک عملیات نوشتن نیمهکاره (Dummy Write) انجام می‌شود تا شمارنده آدرس باز مقداردهی گردد.

**پرسش:** همچنانی این دنباله فریم‌ها را با پروتکل TWI بررسی کنید. (فریم‌های آدرس و داده را مشخص کنید، دستور خواندن یا نوشتن چگونه مشخص می‌شوند؟)

### مشخصات تغذیه و فرکانس SCL

این قطعه ولتاژ تغذیه 2.7 تا 5 ولت را پشتیبانی می‌کند، به طور کلی بیشینه فرکانس TWI که قطعه می‌تواند در آن به درستی کار کند با افزایش ولتاژ تغذیه افزایش می‌یابد. به طور کلی فرکانس 100KHz را می‌توان برای فرکانس کلک (SCL) در ارتباط TWI استفاده کرد.

**پرسش:** فرکانس کلک در کدام دستگاه پیکربندی می‌شود؟ کلک را کدام دستگاه فراهم می‌کند؟ با توجه به زمان مورد نیاز برای انجام عملیات نوشتن، با فرض این‌که کلک را 10KHz تنظیم کرده باشیم، در این صورت حداقل با چه نرخی می‌توان عملیات نوشتن را انجام داد؟

### کتابخانه TWI در Arduino

کتابخانه [Wire](#) که یکی از [کتابخانه‌های استاندارد](#) آردوینو است (از این رو نیازی به نصب آن نیست)، توابعی کاربردی برای کار با واحد TWI را فراهم می‌آورد. تابع‌هایی که برای این آزمایش مورد نیاز هستند:

- `begin()`
- `setClock()`
- `beginTransmission()`
- `write()`
- `endTransmission()`
- `requestFrom()`
- `available()`
- `read()`

**پرسش:** هر یک از تابع‌های نوشته شده را از راه لینک کتابخانه `Wire`، در مستندات آردوینو بررسی کنید و کد لازم را برای تولید دنباله‌ی فریم‌ها برای عملیات نوشتن و خواندن گفته شده (با این تابع‌ها) بنویسید.

## شرح آزمایش

در این آزمایش می‌خواهیم یک طراحی ساده از یک ماشین لباس‌شویی انجام دهیم. در هر ماشین لباس‌شویی چهار گام کلی ۱- پیش‌شستن با شوینده ۲- شستن با آب ۳- خشک کردن برای شستن لباس‌ها انجام می‌شود. در این آزمایش این‌که دستگاه در کدام یک از این گام‌ها است را با روش بودن یک LED نشان می‌دهیم. هر یک از این گام‌ها می‌توانند مدت زمان قابل تنظیم داشته باشند. همچنین وقت کنید زمان هر یک از گام‌ها باید ذخیره شود که در صورت قطع شدن تغذیه و وصل شدن مجدد آن فرایند شستشو ادامه پیدا کند و از اول شروع نشود.

دستگاه باید مد کاری پیش‌فرض را بر روی LCD کاراکتری نمایش دهد و همچنین کاربر باید بتواند مدهای کاری دلخواه را با صفحه کلید وارد کند، به گونه‌ای که با قطع تغذیه نیز در دستگاه ذخیره شده بماند. پس از پایان هر یک از گام‌ها باید فرایند شستشو به گام بعدی منتقل شود پس در صورت قطع تغذیه و وصل شدن آن باید فرایند شستشو را تا گام آخر ادامه دهد.

کاربر باید بتواند از میان مدهای دستگاه یکی را انتخاب کرده و توانایی انجام دستورهای آغاز و وقفه را داشته باشد. زمان مانده تا پایان فرایند شستشو باید بر روی LCD کاراکتری نمایش داده شود.

کاربر باید بتواند با دکمه‌ای از صفحه کلید وضعیت شستشو را در وضعیت hold قرار دهد و با دوباره فشردن آن فرایند شستشو را ادامه دهد.

پایان فرایند نیز با روشن شدن همه LED‌ها و نمایش عبارت مناسب بر روی نمایش‌گر نشان داده شود و دستگاه هنگامی که کاربر دکمه‌ی مناسب را وارد کرد، به حالت اولیه باز می‌گردد.

همان‌گونه که می‌دانید، شمار عملیات‌های نوشتن بر روی یک EEPROM محدود است و پس از آن، **EEPROM کاربری خود را از دست می‌دهد.** از این رو همانند حافظه RAM به آن نگاه نکنید و تنها وقتی لازم بود بر روی آن داده بنویسید.



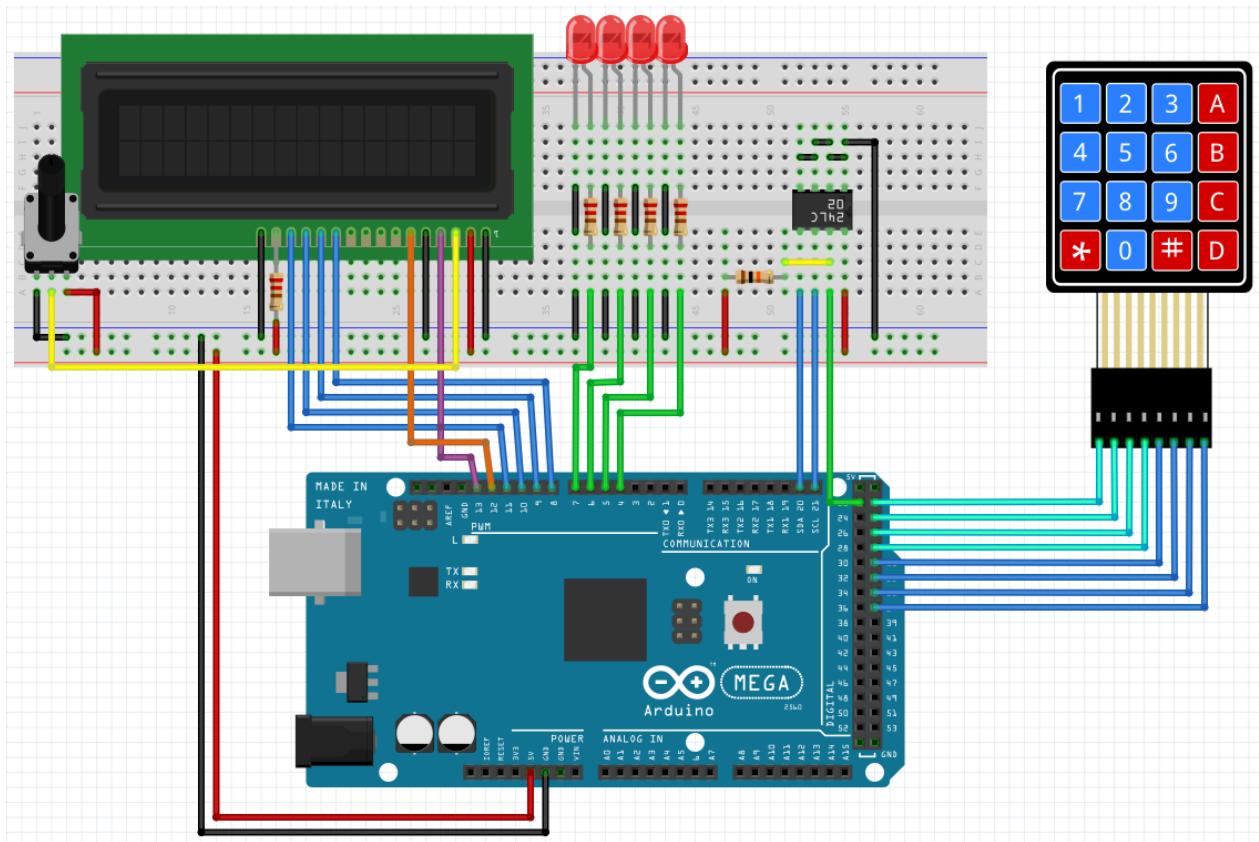
**تمرین بیشتر:** (تمرین‌های زیر اجباری نیستند، نباید جزوی از آزمایش در نظر گرفته شوند)

● با اسیلوسکوپ موج TWI فرستاده شده به EEPROM را تحلیل کرده و فریم‌های داده و آدرس را مشخص و همخوانی آن‌ها با تنظیمات انجام شده در برنامه را بررسی کنید. در برنامه آدرس سخت‌افزاری EEPROM را تغییر دهید و نتیجه را بررسی کنید.

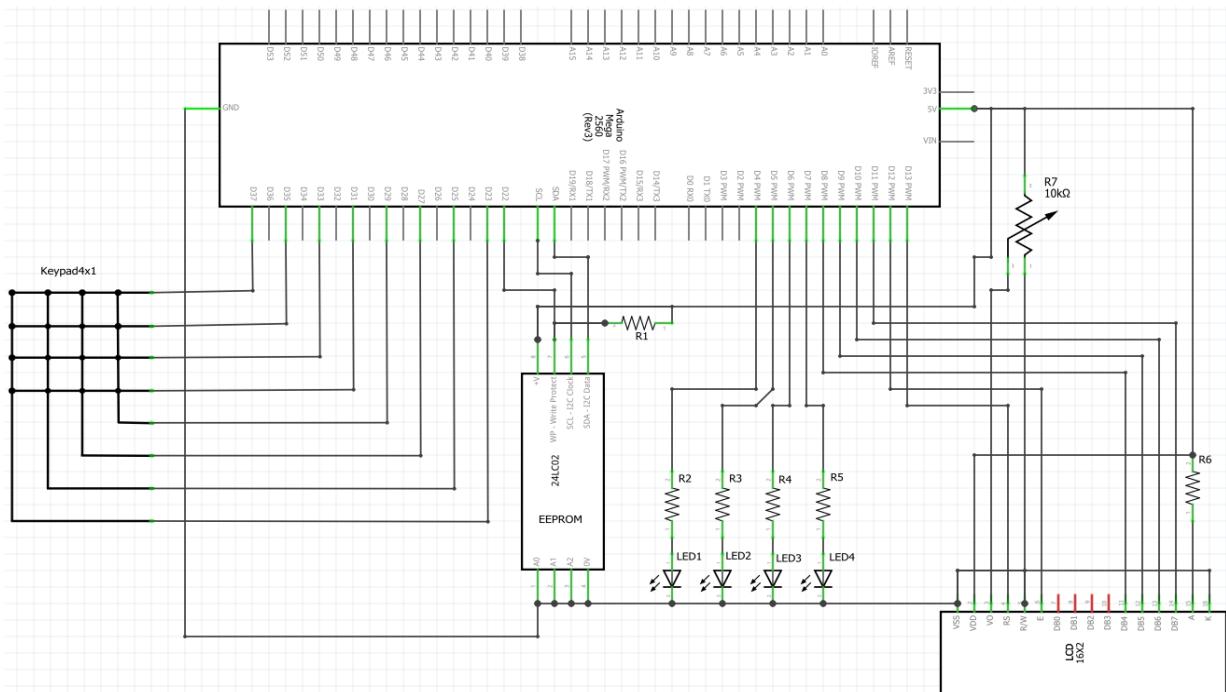
● طراحی را به گونه‌ای تغییر دهید که دو یا چند EEPROM دیگر نیز به باس متصل شده، داده‌ها دسته‌بندی شوند و بر روی EEPROM منتظر با خود ذخیره گرددن.

● در صورت موافقت سرپرست آزمایشگاه، دو گروه بردهای خود را با یکدیگر به اشتراک گذاشته و دو میکروکنترلر را با پروتکل TWI به هم مرتبط سازند و انجام یک الگوریتم مانند مرتب‌سازی یک آرایه را میان این دو پخش کرده، سپس خروجی‌های را با یکدیگر یکپارچه کنند.

● در صورت موافقت سرپرست آزمایشگاه، دو گروه بردهای خود را با یکدیگر به اشتراک گذاشته و دو میکروکنترلر را با پروتکل TWI با یکدیگر مرتبط سازند. کنترل واحد TWI را به روش سرکشی (یا Polling) و همچنین روش وقفه محور (یا Interrupt-Driven) بررسی کنید. (راهنمایی: تابع‌های `(onRequest()` و `(onReceive()` و `Wire` است که به روش وقفه محور واحد TWI را کنترل می‌کند).



نمودار مدار آزمایش بر روی برد



نمودار شماتیک آزمایش

## آزمایش 8 : اتاق تحت کنترل

هدف آزمایش:

آشنایی با پروتکل SPI

تحلیل موج خروجی آردوبینوی مرکزی (master)

راه اندازی حسگر نور و دما

قطعات مورد نیاز:

- Arduino Mega 3 عدد برد
- مقاومت متغیر فتوسل (ldr)
- سنسور دمای Lm35

آنچه باید در پیش‌گزارش نوشته شود:

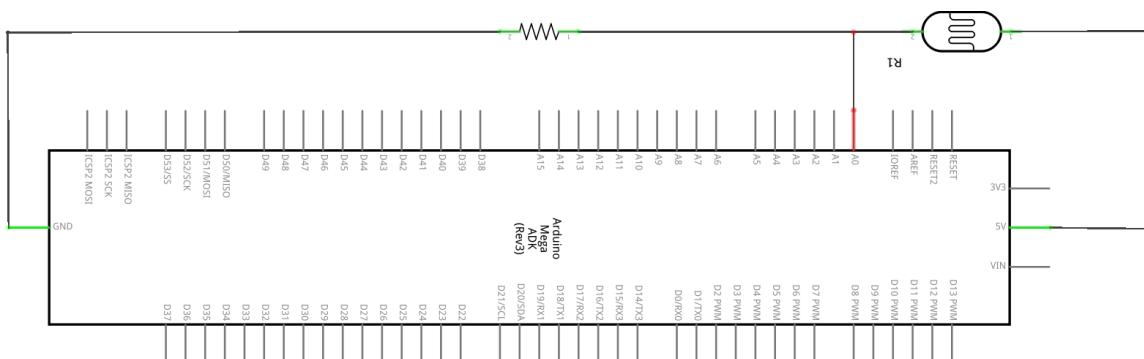
- به پرسش‌های درون مقدمه پاسخ داده شود.

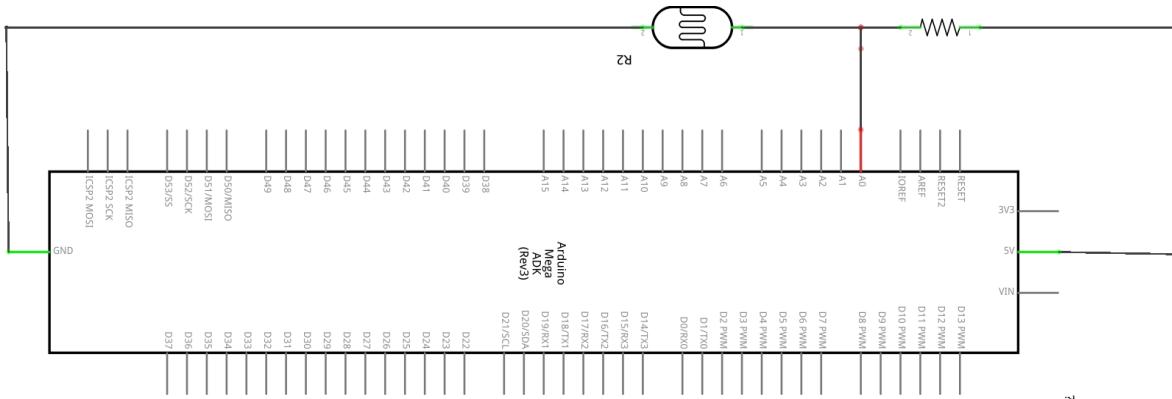
### مقدمه

در این آزمایش می‌خواهیم با پروتکل ارتباط SPI بیشتر آشنا شویم و از آن برای ارسال میزان نور اتاق و دمای آن استفاده کنیم. این کار در حالت عادی به نظر منطقی نمی‌رسد، زیرا نمایش اطلاعات در همان آردوبینوی مرکزی هم امکان پذیر است. اما این کار زمانی مهم می‌شود که بخواهیم به صورت توزیع شده عملیات پردازشی بر روی این داده‌ها انجام دهیم که با توجه به زمان محدود این آزمایش، پردازشی بر روی این داده‌ها صورت نمی‌گیرد. در ابتدا به نحوه استفاده از مقاومت فتوسل و سنسور Lm35 می‌پردازیم و در ادامه پروتکل SPI را بررسی می‌کنیم.

### راه اندازی سنسور میزان روشنایی :

همان‌گونه که در ابتداء گفته شد، می‌توان برای راه اندازی این سنسور از مقاومت متغیر فتوسل بهره برد. این مقاومت با تغییرات میزان نور تغییر می‌کند. این تغییرات با میزان نور رابطه عکس دارد. برای تبدیل تغییرات مقاومت به تغییرات ولتاژ می‌توان از مدار تقسیم ولتاژ بهره برد.





**پرسش:** در مورد تفاوت دو مدار فوق تحقیق کنید. میزان ولتاژ خروجی هر کدام با تغییرات نور چگونه تغییر می‌کند.

#### راه اندازی سنسور دما : lm35

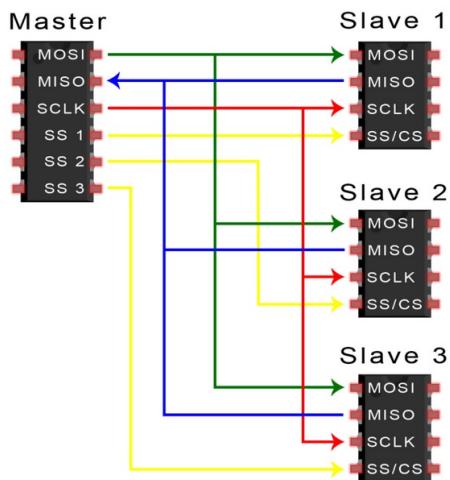


سنسور دما، میزان دمای محیط را بر حسب درجه سانتی‌گراد به ولتاژ آنالوگ تبدیل می‌کند.

**پرسش:** در مورد پایه‌های آن و همینطور نحوه تبدیل ولتاژ خروجی به میزان دما تحقیق کنید.

#### راه اندازی ارتباط SPI در حالت چند برده ای :

همان‌طور که می‌دانید این نوع ارتباط از نوع ارتباطات (master/slave) است. در این نوع ارتباطات یک دستگاه می‌تواند با چند دستگاه دیگر ارتباط برقرار کند. در ارتباط SPI بورد مرکزی (master)، برده که می‌خواهد با آن ارتباط برقرار کند را انتخاب کرده و برای آن پیامی ارسال می‌کند و در صورت نیاز، از آن درخواست پاسخ می‌کند.



در این ارتباط می‌بایست سه پایه MOSI (که برای ارسال داده از سوی بورد به بورد مرکزی در نظر گرفته شده) به همراه MOSI (که برای ارسال داده از سوی برد مرکزی به Slave انتخاب شده است) و SCLK (که کلاک مرکزی تمام دستگاه‌ها است)، در تمام دستگاه‌ها یکی شده باشد. از آنجا که تنها یک دستگاه مرکزی (به نام master) وجود خواهد داشت، بنابراین SS که در واقع برای تعیین Slave است، در تمام Slave‌ها یک پایه خاص است. ولی در دستگاه مرکزی (master) می‌توان آن را به تعداد Slave‌ها تعیین کرد.

**پرسش:** آیا در پروتکل SPI امکان حضور چند master وجود دارد؟ چه پروتکلی این امکان را به ما می‌دهد؟

**پرسش:** در رابطه با ارتباط full-duplex تحقیق کنید. آیا پروتکل SPI از این امکان بهره مند است؟

**پرسش:** در مورد پایه‌های MOSI، SCLK، MISO در آردوینو تحقیق کنید. پایه‌ی پیشفرض برای SS کدام پایه است؟ برای مشاهده آن می‌توانید به محل نصب آردوینو رفته، مسیر زیر را دنبال نمایید و در انتهای فایل داخل پوشه را باز نمایید:

-> hardware -> arduino -> avr -> variants -> mega

**پرسش :** در مورد نحوه انتخاب برد Slave توسط SS تحقیق نموده و نحوه پیاده‌سازی برنامه را برای این‌که برد مرکزی بتواند به ترتیب و در هر ثانیه برای یکی از بردات‌های Slave داده ارسال کند، شرح دهد. ( برای این‌کار بهتر است نمونه کدهایی که برای ارتباط بین دو آردوینو از طریق پروتکل SPI در اینترنت موجود است را بررسی نمایید. )

**پرسش :** مقدار کلاک توسط Master تعیین می‌شود یا Slave ؟

## کتابخانه SPI در Arduino

کتابخانه [SPI](#) که یکی از [کتابخانه‌های استاندارد آردوینو](#) است (نیازی به نصب آن نیست)، رابط کاربردی برای کار با واحد SPI را فراهم می‌آورد. تابع‌هایی که برای این آزمایش مورد نیاز هستند:

- [begin\(\)](#)
- [setClockDivider\(\)](#)
- [transfer \(\)](#)
- [attachInterrupt\(\)](#)

**پرسش:** هر یک از تابع‌های نوشته شده را از راه لینک کتابخانه Wire، در مستندات آردوینو بررسی کنید.

**پرسش:** دستور مورد نیاز تا آردوینو در حالت Slave قرار گیرد را نوشته و در مورد کارایی آن تحقیق نمایید.

**پرسش:** تابع ISR در کد Slave به چه منظور استفاده می‌شود؟ رجیستر مربوط به بایت دریافتی چیست؟

## شرح آزمایش

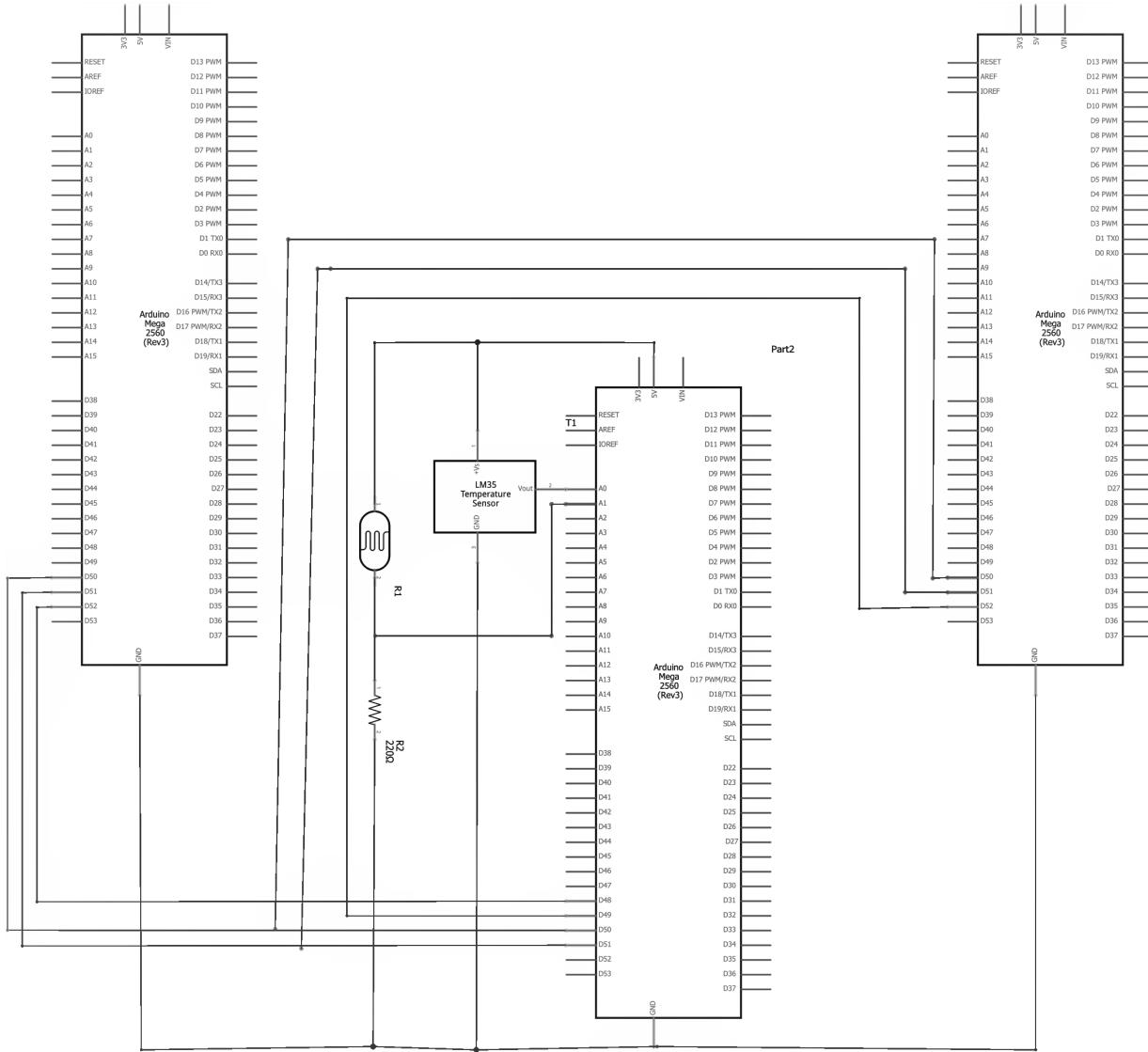
در این آزمایش قصد داریم با ارتباط SPI میزان نور محیط را بر حسب درصد به یکی از دو آردوینو (Slave) و مقدار دما را به آردوینو دیگر ارسال کنیم و در هر کدام این مقادیر بر روی نمایش‌گر سریال نمایش داده شود.

1. ارتباط میان دو دستگاه آردوینو از طریق SPI برقرار نمایید. بدین منظور دو برنامه یکی برای دریافت اطلاعات توسط بورد Slave و دیگری برای ارسال اطلاعات از طریق بورد master بنویسید. لازم به توضیح است master هر ثانیه کلمه اسم و شماره دانشجویی شما را برای برد Slave ارسال می‌کند. حتماً پایه SS در آردوینو master را پایه‌ای به جز پایه‌ای پیش‌فرض آردوینو قرار دهید.

2. موج خروجی سه پایه MOSI، SCLK، SS را برای سه مقدار Clock توسط اسیلوسکوپ مشاهده کنید.  
3. کد قسمت Master و اتصالات آن را به گونه‌ای تغییر دهید که بعد از اضافه کردن یک Slave و قرار دادن کد مربوط به برد Slave، به طور متناسب و هر ثانیه به آردوینو دوم اسم شما ارسال شود و در ثانیه‌ی بعدی آردوینو اول کلمه "Hello "your name" را دریافت کند.

4. داده‌های Hello world و Hi را با اطلاعات مربوط به دو سنسور دما و نور جای‌گزین نمایید. برای خواندن ولتاژ خروجی هر یک از سنسور ها کافیست از دستور analogRead استفاده نمایید. سپس عدد به دست آمده را به بازه مناسب map نمایید.

5. موج خروجی را برای چهار پایه SCLK، MOSI، SS1، SS2، توسط اسیلوسکوپ مشاهده نمایید.



## آزمایش 9: موسیقی و header

هدف آزمایش:

آشنایی با عملکرد و نحوه کار با اسپیکر های piezo

استفاده از فایلهای header در برنامه نویسی آردوینو

پیاده سازی هر گونه موسیقی بر روی میکرو کنترلر

قطعات مورد نیاز:

- بورد Arduino Mega
- اسپیکر piezo (در پروتئوس به نام sounder)
- پتانسیومتر
- کلید

آنچه باید در پیش گزارش نوشته شود:

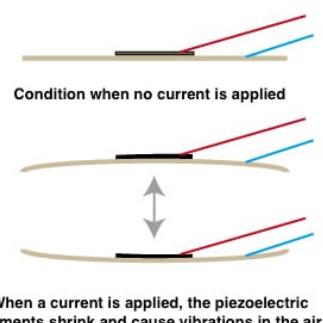
- به پرسش های درون مقدمه پاسخ داده شود.

مقدمه:

اسپیکر پیزو الکتریک، از پدیده‌ی پیزو الکتریک (رابطه‌ی بین نیروی الکتریکی و نیروی مکانیکی در بعضی اجسام جامد مثل کربیستال‌ها و سرامیک‌ها) استفاده می‌کند تا بین وسیله صوت تولید کند. این وسیله امروزه در ساعت‌های دیجیتال کوارتز و دستگاه‌های الکترونیک دیگر استفاده می‌شود و برای اسپیکر سیستم‌های ارزان مانند رادیوهای پرتاپل و لوازم خانگی کاربرد دارد. این طراحی نسبت به بقیه طراحی‌های بلندگو بسیار ساده‌تر کار می‌کند.

پرسش: چند مورد از کاربردهای پیزو الکتریک در دنیای واقعی را نام ببرید.

پرسش: اسپیکر پیزو الکتریک ما چطور کار می‌کند؟ فکر می‌کنید چرا این روش کار انتخاب شده است؟



## دستور `tone` در Arduino

```
tone(pin_number, frequency_in_hertz, duration_in_milliseconds);
```

آرگومان سوم دلخواه است، یعنی میتوانید `duration_in_milliseconds` را تعیین نکنید که در آن صورت، صدای توافقی که `noTone` صدا زده شود ادامه پیدا میکند. البته اگر `tone` در حال اجرا بر یک پین دیگر باشد، صدا زدن هیچ تاثیری ندارد و اگر در حال اجرا بر همان پین باشد، صدا زدن فرکانس را آپدیت میکند. اگر دو اسپیکر `piezo` را به دو پین برد وصل کنید، نمیتوانند همزمان اجرا شوند؛ باید یکی کارش تمام شود و سپس دیگری شروع به کار کند.

مهمترین نکته در مورد دستور `tone` این است که زمان را با تایمر داخلی برد میسنجد، پس اگر نت های مشخص میخواهید، بعد از دستور، به همان اندازه `duration_in_milliseconds` یک `delay` قرار دهید.

**پرسش:** تایمری که دستور `tone` استفاده میکند با خیلی از پین های برد مشترک است. بررسی کنید که به چه روش هایی میتوانید آن تایمر را به هم بریزید که دستور `tone` خراب شود و صدای مطلوب را اجرا نکند.

تئوری موسیقی:

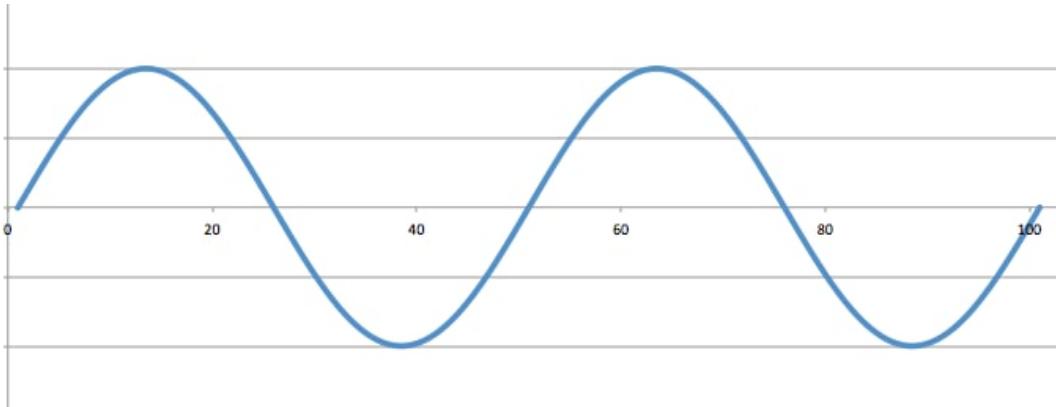
اسپیکر های `piezo` برای اجرای فرکانس های کمتر از ۳۱ هرتز نیستند. این قضیه مشکل زیادی ندارد، چون گوش انسان از ۲۰ هرتز شروع به شنیدن میکند. پایین ترین اکتاو موسیقی (هر بار که تمامی نت های موسیقی را از پایین به بالا میشمارند یک اکتاو نامیده میشود) با فرکانس ۳۲ هرتز شروع میشود که دقیقاً بالای حداقل `piezo` است. در زیر، فرکانس های مختلف در یک جدول آورده شده است.

Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz
C1	32.7	C2	65.4	C3	130.8	C4	261.6	C5	523.3	C6	1046.5	C7	2093.0
C#1	34.6	C#2	69.3	C#3	138.6	C#4	277.2	C#5	554.4	C#6	1108.7	C#7	2217.5
D1	36.7	D2	73.4	D3	146.8	D4	293.7	D5	587.3	D6	1174.7	D7	2349.3
D#1	38.9	D#2	77.8	D#3	155.6	D#4	311.1	D#5	622.3	D#6	1244.5	D#7	2489.0
E1	41.2	E2	82.4	E3	164.8	E4	329.6	E5	659.3	E6	1318.5	E7	2637.0
F1	43.7	F2	87.3	F3	174.6	F4	349.2	F5	698.5	F6	1396.9	F7	2793.8
F#1	46.2	F#2	92.5	F#3	185.0	F#4	370.0	F#5	740.0	F#6	1480.0	F#7	2960.0
G1	49.0	G2	98.0	G3	196.0	G4	392.0	G5	784.0	G6	1568.0	G7	3136.0
G#1	51.9	G#2	103.8	G#3	207.7	G#4	415.3	G#5	830.6	G#6	1661.2	G#7	3322.4
A1	55.0	A2	110.0	A3	220.0	A4	440.0	A5	880.0	A6	1760.0	A7	3520.0
A#1	58.3	A#2	116.5	A#3	233.1	A#4	466.2	A#5	932.3	A#6	1864.7	A#7	3729.3
B1	61.7	B2	123.5	B3	246.9	B4	493.9	B5	987.8	B6	1975.5	B7	3951.1

هر ستون یک اکتاو را نشان می دهد که نت ها (و بعضی های نت ها) با فرکانس مربوطه شان نشان داده شده اند. دقت کنید که نت های B و C و نت های E و F بینشان # ندارند.

برای مطالعه بیشتر درباره اکتاو موسیقی، میتوانید لینک زیر را مطالعه فرمایید:

<https://www.masterclass.com/articles/music-101-what-is-an-octave#how-is-an-octave-divided>



برای مثال، این فرکانس مربوط به نت A4 است. به این معنا که ۴۴۰ هرتز / ۴۴۰ نوسان در ثانیه در هوا و اسپیکر piezo ساخته می‌شود.

یک ملودی، یک سری نت است که در یک ترتیب خاص و به مدت معلوم نوخته می‌شود. مثلاً ملودی زیر را در نظر بگیرید:

## Jingle Bells

TRADITIONAL  
arr. A.L.Christopherson

Piano

این ملودی را می‌توانیم به عنوان یک سری از نت‌های نوخته شده بخوانیم. در این مثال به ترتیب EEEEEE GCDE. ولی هر نت ارزش زمانی خاصی دارد که به آن اندازه کشیده می‌شود. می‌توانیم نت‌های توپر (سیاه) را به عنوان استاندارد در نظر بگیریم. عدهای نوشته شده اول نت 4/4 به ما می‌گوید در هر جعبه، ما اندازه‌ی چهار نت سیاه زمان سپری می‌کنیم. پس از جعبه اول همچنین می‌توان فهمید که هر نت سفید دو برابر یک سیاه کشیده می‌شود، پس دو سیاه و یک سفید یعنی چهار سیاه. یک جعبه.

ITEM	NOTE	VALUE
Whole note	○	1
Half note	♩	2
Quarter note	♪	4
Eighth note	♪	8
Sixteenth note	♪	16

این جدول برای دیدن ارزش‌های زمانی پر کاربرد است. البته اینجا نت دایره معیار قرار داده شده است. سفید، یک دوم دایره است. سیاه یک چهارم، چنگ یک هشتم دایره است. همچنین دولاچنگ یک شانزدهم دایره است.

برای نواختن ملودی های این درس، یک تکنیک دیگر در نتخوانی را باید بلد باشیم. این‌که اگر بخواهیم یک نت را به اندازه یک واحد و نیم بکشیم، باید چه کنیم. یعنی نمی‌خواهیم دو نت به اندازه های سفید و نصف سفید بنوازیم، بلکه یک نت را به اندازه یک سفید و نیم نگه داریم. در اینجا از نقطه استفاده می‌کنیم:

ITEM	NOTE	REST	VALUE (number of beats)
Dotted whole note/rest	○ .	— .	6
Dotted half note/rest	♩ .	— .	3
Dotted quarter note/rest	♪ .	♩ .	1 1/2
Dotted eighth note/rest	♪ .	♩ .	3/4
Dotted sixteenth note/rest	♪ .	♩ .	3/8

این جدول همه‌چیز را نسبت به سیاه مقایسه کرده. سیاه یک واحد زمانی دارد. پس سیاه نقطه دار یک و نیم واحد زمانی. سفید نقطه دار سه واحد زمانی و ...

همچنین این جدول علامت های نت های سکوت را به ما نشان می دهد. مثلاً نماد سکوت نت سیاه به این معناست که اگر این علامت را دیدیم، به اندازه مدت زمانی یک سیاه هیچ چیزی نمی نوازیم. و اگر آن علامت با یک نقطه بود، به اندازه یک سیاه و نیم هیچ آهنگی نمی نوازیم.



#### فایل های هدر:

تاکنون در آردوینو از کتابخانه ها استفاده کرده ایم. برای LCD و Servo، و اخیرا هم TWI. به هر حال، ساختن یک فایل هدر در آردوینو خودش بسیار ساده است. برای اینکه یک فایل جدید کار فایل اصلی درست کنید، از دکمه **New Tab** یا از میانبر **Ctrl+Shift+N** استفاده کرده فایل جدید را با پسوند **.h** نخیره کنید. اکنون میتوانید در فایل اصلی خود آن را **include** کنید.

برای مثال در این آزمایش، دو بخش از قطعات حجیم کرد را به جای گذاشتن در فایل اصلی، به عنوان هدر می گذاریم. مثلاً یک فایل pitches.h که در آن نت ها و فرکانس های مربوطه را آن جا ثبت می کنیم، و یک فایل themes.h برای ملودی ها. فایل pitches.h در اختیار شما قرار می گیرد ( فقط شامل یک سری **#define** است که اسم نت ها را به فرکانس های مربوطه می کند، همان طور که خودتان از جدول فرکانس های در بالا می توانید درست کنید )

```
#define NOTE_C4 262
#define NOTE_CS4 277
#define NOTE_D4 294
#define NOTE_DS4 311
#define NOTE_E4 330
#define NOTE_F4 349
#define NOTE_FS4 370
#define NOTE_G4 392
#define NOTE_GS4 415
```

```
int melody[] = {
    NOTE_E5, NOTE_E5, NOTE_E5,
    NOTE_E5, NOTE_E5, NOTE_E5,
    NOTE_E5, NOTE_G5, NOTE_C5, NOTE_D5,
    NOTE_E5,
    NOTE_F5, NOTE_F5, NOTE_F5, NOTE_F5,
    NOTE_F5, NOTE_E5, NOTE_E5, NOTE_E5, NOTE_E5,
    NOTE_E5, NOTE_D5, NOTE_D5, NOTE_E5,
    NOTE_D5, NOTE_G5
};

int noteDurations[] = {
    4, 4, 2,
    4, 4, 2,
    4, 4, 3, 8,
    1,
    4, 4, 4, 4,
    4, 4, 4, 8, 8,
    4, 4, 4, 4,
    2, 2
};
```

برای مثال، در پیاده سازی ملودی Jingle Bells که در بالا دیدید، می توان برای راحتی کار این دو آرایه را در themes.h ذخیره کنید. آرایه **1** اول شامل اسم نت ها ( که بخارط **#define** های pitches.h با فرکانس برای tone استفاده می شوند ) و آرایه **2** دوم شامل ارزش زمانی است. ارزش زمانی بر مبنای نت دایره حساب شده است، و همه های duration ها کسری از دایره هستند. برای مثال **2** یعنی یک دوم دایره، پس سفید. **4** یعنی یک چهارم دایره، پس سیاه. **6** یعنی یک سیاه و نصف، پس یعنی دایره نقطه دار.

#### نحوه آزمایش

1. در پروتئوس یک دکمه و یک اسپیکر و یک صفحه کلید را به برد وصل می کنیم. برنامه ای بنویسید که به هنگام فشرده شدن هر کلید فایل ملودی منتظر با آن را پخش کند.

**پرسش:** یک اسیلوسکوپ به سیم اسپیکر متصل کنید. چه اتفاقی دارد می افتد؟

2. هنگام پخش موسیقی از اسپیکر، پروتئوس با کارت صدا آن را به کامپیوتر شما می‌دهد. به احتمال زیاد هشدار اجرا نشدن کد در ریل تایم می‌گیرید، پس با کلیک راست روی برد، فرکانس کلاک آن را پایین بیاورید تا به جایی برسید که موسیقی به نرمی اجرا شود. متوجه می‌شوید که فرکانس نت‌ها هم عوض می‌شود، پس با ایجاد تغییری کوچک در کد، آن را هم رفع کنید.
3. یک پتانسیومتر به برد وصل کنید. همان‌طور که قبل از map ورودی آنالوگ را استفاده کردید، اکنون برنامه‌ای بنویسید که هر دفعه که دکمه فشرده می‌شود، بنا به وضعیت پتانسیومتر یک نت زیرتر یا بمتر اجرا کند.
4. با دانشی که دارید، برنامه‌ای بنویسید که ملودی Ode to Joy را پخش کند.

## Ode to Joy

from the "Choral" Symphony

LUDWIG VAN BEETHOVEN  
(1770-1820)

Op.125

arr. A.L. Christopherson

The musical score consists of three staves of music in common time, treble clef, and C major. The notes are labeled with their corresponding letter names (E, F, G, D, C) below each staff. The first staff starts with E, E, F, G, G, F, E, D, C, C, D, E, E, D, D. The second staff starts with E, E, F, G, G, F, E, D, C, C, D, E, D, C, C. The third staff starts with D, D, E, C, D, E, F, E, C, D, E, F, E, D, C, D.

5. ملودی امتیازی: (۱) همان # است ولی بجای یک قدم جلو، یک قدم عقب. ۲ نت را عادی می‌کند. ۳ های اول خط تا آخر خط باقی می‌مانند، مگر اینکه با ۴ عادی سازی شوند)

## The Imperial March

Music by  
John Williams

The musical score consists of two staves of music in 4/4 time and B-flat major. The top staff begins with a series of eighth-note chords. The bottom staff follows with a rhythmic pattern of eighth and sixteenth notes. The music features various dynamic markings and rests throughout the measures.

## آزمایش 11: پروژه نهایی

### هدف آزمایش:

در طول این ترم، شما با مفاهیم اساسی کار با میکروکنترلر، و مژول های جانبی پایه ای آن آشنا شدید. برای اختتام این آزمایشگاه و تثبیت دانسته هایتان در یک پروژه نهایی که می تواند تجلی دروس سخت افزار دانشگاه در رزومهتان باشد، همه ی دانش خود را استفاده کنید تا یک سیستم کاربردی تولید کنید.

پروژه ی مورد نظر خود را با مسئول آزمایشگاه خود همانگ کنید، و در رابطه با پیچیده بودن آن، ایشان را قانع کنید. و گرنه دو تا از پروژه های پیشنهادی زیر را میتوانید پیاده سازی کنید. توجه داشته باشید که پروژه خلاقانه می تواند به اندازه ی صلاححید استاد، نمره اضافی هم دربرگیرد. استفاده از مژول های جدید، حتی اتصال میکرو به یک نرم افزار GUI، وب و یا موبایل، هم برای رزومه خودتان هم بابت نمره اضافی، مزیت محسوب می شود.

## رای گیری الکترونیکی

### هدف پروژه



چند برد آردوینو که هر کدام با مانیتور و کیبورد یک رای گیری را انجام می دهد و همگی به یک برد مرکزی اطلاعات جمع آوری شده را می فرستند. برد مرکزی هم در یک EEPROM نتایج رای گیری را ذخیره می کند. در دستگاه مرکزی کاربر باید بتواند بین چند مود (لایک و دیسلایک یا بله و خیر، رای دادن از پنج ستاره، رای دادن تنها به یک نفر ، امکان رای دادن به چند نفر) این تغییرات فقط در دستگاه مرکزی قابل اعمال است همچنین باید امکان توقف رای گیری در یک حالت نشان دادن نتایج و سنت کردن یک نوع جدید بدون خاموش کردن دستگاه وجود داشته باشد. وقت داشته باشید که لازم است یک توکن برای هر کاربر وجود داشته باشد تا نتواند دو بار در رای گیری شرکت کند و در صورت شرکت مجدد پیغام "رای شما قبل اثبات شده است" چاپ شود.

### قطعات مورد نیاز:

- پنج عدد برد Arduino Mega2560
- کیبورد و LCD کاراکتری
- EEPROM
- بازر و ال ای به مقدار کافی

## گیتار الکتریکی ۳ سیم

### هدف پروژه



بعد از آنکه پیانوی الکتریکی را باد گرفتید، اکنون نوبت این رسیده که یک گیتار الکتریکی پیاده سازی کنید! از طریق کیبورد و رودی بگیرید. دست راست با سه دکمه M K O نواختن سیم را تعیین می کند و دست چپ با دکمه های چپ تر کیبورد، سیم را میگیرد. چالش سطحی، پیاده سازی نت های گیتار روی صفحه کلید است. چالش اصلی، نحوه اجرای چند نت همزمان است. قبلا گفتیم این ممکن نیست، چون فقط یک تایмер استفاده می شود، ولی راه هایی وجود دارد.

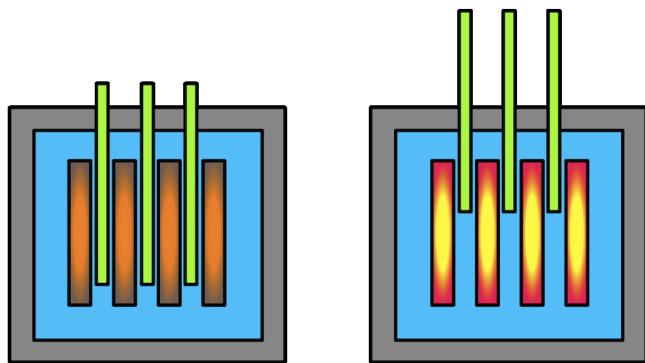
امتیازی: یکسری پتانسیومتر که نقش کوک کردن سیم ها را دارد. هر چه بیشتر چرخانده شود، نت های سیم به تر و زیر تر می شود.

#### قطعات مورد نیاز:

- بورد Arduino Mega2560
- پتانسیومتر
- پیزوالکترویک اسپیکر
- ال ای دی به مقدار کافی

#### میله های کنترل

##### هدف پروژه



در این مخزن، یک واکنش حرارت زای تصاعدی اتفاق می افتد. تصاعد واکنش و تصاعد دما در یک نقطه، باعث خرابی کل مخزن می شود و برای مقابله با آن، هر چقدر میله ها پایین تر بیایند، واکنش کنترل می شود. هدف ما این است که تا جای ممکن واکنش را بدون تخریب مخزن ادامه دهیم.

پس هنگامی که حرارت سنج دمای بالاتر از حدی مشخصی را ثبت کند، سرو و موتور میله های کنترل را پایین می آورد که واکنش از کنترل خارج نشود و هنگامی که دما کم باشد، میله ها را بالا می آورد تا واکنش ادامه پیدا کند. بالا و پایین رفتن میله ها باید نسبی و مناسب با دما باشد.

اگر مخزن در یک بازه حرارتی بالای خاص قرار داشته باشد، به ازای زمان سپری شده در آن بازه حرارتی، امتیاز دریافت می کند و این امتیاز همزمان در LCD ای که کنار مخزن قرار دارد آپدیت می شود.

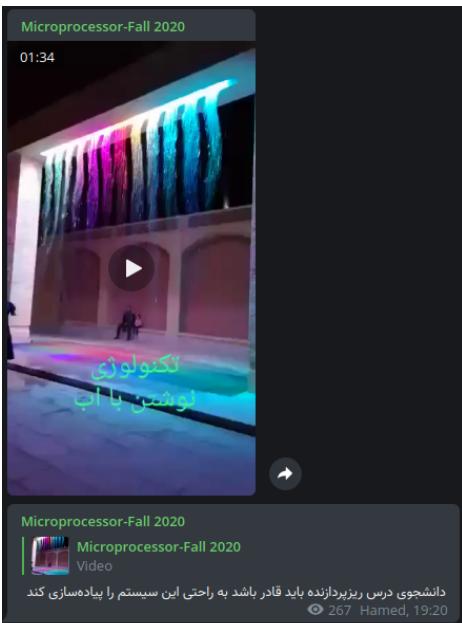
هنگامی که دما بالاتر از یک میزان حساس برود، میله ها بصورت اضطراری تا انتهای رها می شوند، به برد های دیگر در سراسر ساختمان (یعقوب برقی، پنکه، هرآنچه در میان ترم پیاده کردید) اطلاع داده می شود که همه فعالیت خود را متوقف کنند و ال ای دی خطر روشن شده و آذیر خطر نیز به صدا در می آید. واکنش که متوقف شد، به برد های دیگر خبر قطع آذیر فرستاده می شود و پس از بالا آمدن میله ها، واکنش دوباره از سر گرفته و آذیر و ال ای دی خاموش می شود.

#### قطعات مورد نیاز:

- حافظه بورد Arduino Mega2560
- حرارت سنج (برای آزمایش، راحت تر و بهتر است که حرارت در نرم افزار شبیه سازی شود)
- تعداد زیادی سرو و موتور
- بازر و ال ای دی به مقدار کافی
- LCD کاراکتری

#### رقص آب (همان چیزی که استاد گفت!)

##### هدف پروژه



پیاده کردن همان چیزی که استاد گفت! البته به خاطر محدودیت های پروتئوس، به صورت کمی ساده تر.

یک دیوار از LED بسازید. LED های ریف اول از برد دستور می گیرند و LED های ریف های بعدی فقط اگر بینند LED بالایی روشن بوده و خاموش شده، برای نیم ثانیه روشن می شوند.

اینگونه سرشار شدن آب را شبیه سازی کنید. برای مستقل بودن از میکرو، LED ها باید با دانش الکترونیک شما برنامه ریزی شوند. کار اصلی شما این است که از طریق دستگاه ارتباطات سریال برنامه ای بنویسید که هر کاراکتر UNICODE که گرفته شود یا چند کاراکتری که جا شوند را، بصورت سرشار شونده روی LED ها پدیدار کند.

#### قطعات مورد نیاز:

- بورد Arduino Mega2560
- بازر و ال ای دی به مقدار کافی



#### ربات سوپرمارکت (ربات کارتزین)

##### هدف پروژه

یک سیستم هایپر مارکت رباتیک به همراه رابط کاربری مثلا صد عدد کالای مختلف در قسمه هایی که شامل ده ستون و ده ردیف هستند چیده شده اند. در قسمت رابط کاربری:

ابتدا یک فرم اپلیکیشن اندروید یا وب فرم یا ویندوز فرم طراحی کنید که شامل یک لیست باکس و یک باتن باشد و کاربر نام محصول مورد نظر را بتواند انتخاب کند و یک جعبه متغیر هم برای وارد کردن تعداد کالای درخواستی داشته باشد.

یک دکمه برای افزودن محصول جدید

یک دکمه برای حذف محصول انتخاب شده و یک دکمه هم برای محاسبه قیمت فاکتور در یک جعبه پیام لیست اقلام سفارش داده شده و تعداد و قیمت کل را نمایش می دهد. و با یک دکمه هم اقدام به پایان خرید می نماید.

لیست مربوط به نام اقلام باید به یک جدول پایگاه داده متصل باشد که حاوی فیلد های نام کالا، تعداد موجودی و قیمت کالا باشد که با هر بار خرید هر مشتری به روزرسانی شود.

اما در قسمت مکاترونیک:

کالاها باید دارای کد منحصر بفرد باشند و هر کالا هم در یک خانه به خصوص از قسمه فروشگاهی قرار دارد. با وارد کردن کد هر کالا یک سبد خرید توسط یک ربات کارتزین به نقطه مختصات مربوط به کالای درخواستی می رود و توسط یک سرو و موتور به تعداد کالای مورد نظر سرمه حرکت می نماید و پس از پایان خرید به نقطه مختصات صفر و صفر باز می گردد و سبد را به مشتری تحویل می دهد.

ربات کارتزین دارای دو استپر موتور می باشد که یکی از آنها برای حرکت در محور افقی و دیگری برای حرکت در محور عمودی استفاده می شود.

#### قطعات مورد نیاز:

- بورد Arduino Mega2560
- استپر موتور
- تعداد زیادی سرمه موتور
- کیبورد و LCD کاراکتری

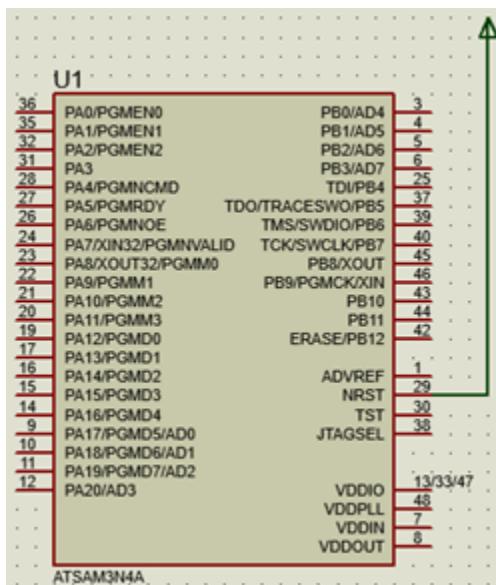
• بازر و ال ای دی به مقدار کافی

آزمایشگاه اسمنبلی

## مقدمه

### نکاتی درباره Proteus

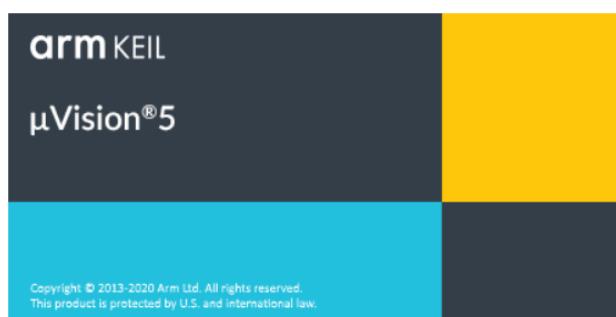
- از آنجا که میکروکنترلری که درس بررسی می شود ATSAM3X8E می باشد از این رو باید پروژه ها نیز بر روی همین میکرو انجام شود. اما Proteus از این میکروکنترلر پشتیبانی نمی کند.
- ولی خوشبختانه خویشاوند های این میکرو را پشتیبانی می کند: که خانواده ATSAM3N می باشد. و از دید معماری پردازنده (Cortex-M3) یا آدرس و کارکرد های پریفال ها، میکرو های این خانواده نزدیکی زیادی با میکروکنترلر درس دارند.
- از این رو می توان از این میکروکنترلر ها در پروتئوس برای انجام پروژه ها بهره مند شد. مانند ATSAM3N4A در نتیجه دقت کنید در  $\mu$ Vision نیز پروژه را برای همان میکروکنترلری از خانواده ATSAM3N پیزارید که در پروتئوس انتخاب کرده اید.
- برای اینکه این میکروکنترلر ها را در شماتیک خود بیفزایید همانند گذشته در پنجره Pick Device این بار به جای Arduino Mega 1280 نام ATSAM3N4A را جستجو کنید. و همانند گذشته فایل هگز را که این بار از کامپایل پروژه در  $\mu$ Vision به دست آورده اید، بر روی میکرو در پروتئوس بارگذاری کنید.
- از آن جا که پروتئوس تنها یک ابزار شبیه سازی می باشد، نیاز به افزودن VCC و GND به میکرو نیست و مدار زیر بسنده می کند.



### ابزار توسعه keil

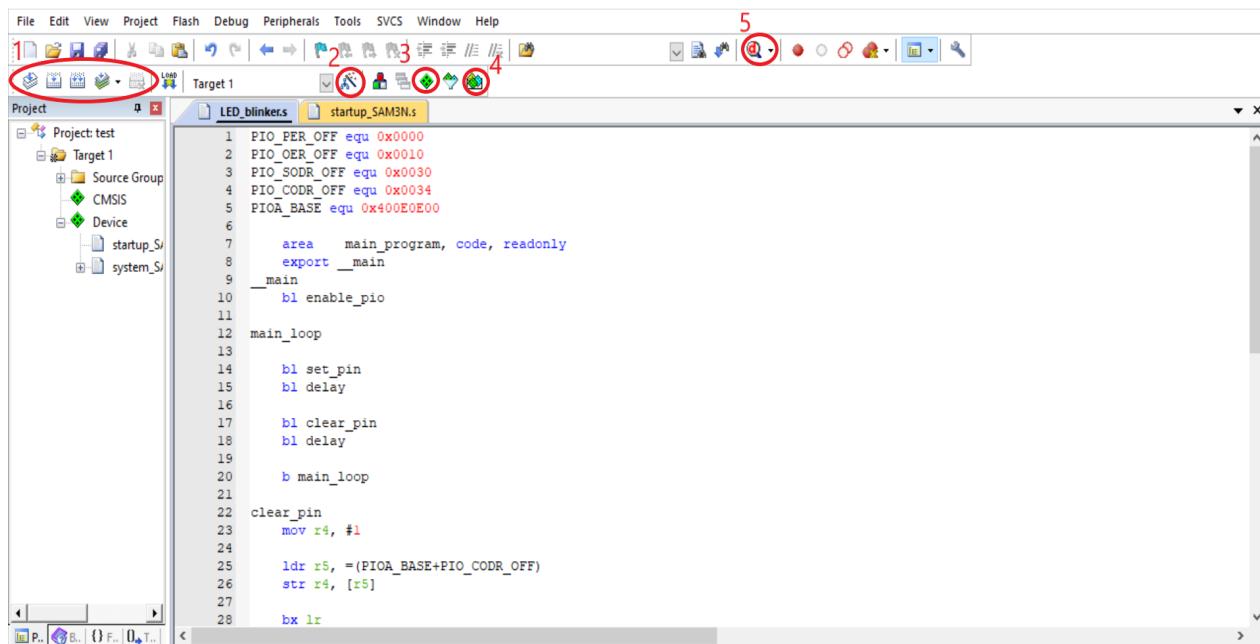
پروژه هایی که در زیر آورده شده است باید با زبان اسملی پیاده سازی شود. برای اینکار می توانید از ابزار توسعه Keil  $\mu$ Vision بهره ببرید. این ابزار محیطی را برای توسعه میکروکنترلر های سازندگان مختلف مانند؛ STM32، LPC، Microchip، ARM فراهم میکند که معماری های پردازنده شرکت ARM را در میکروکنترلر های خود پیاده سازی میکنند.

در این ابزار باید ابتدا پکیج های مربوط به خانواده میکروکنترلری را که در نظر داریم (ATSAM3N)، با ابزار Package Installer در  $\mu$ Vision دانلود و نصب کنیم. سپس می توان با انتخاب میکروکنترلر دلخواه خود پروژه هایی را به زبان اسملی یا سی برای آن ساخت که در این صورت  $\mu$ Vision کد ها و فایل های لازم برای کامپایل شدن و لینک درست برنامه را به صورت خودکار می سازد. برای دانلود نسخه رایگان این محیط توسعه به این [لينک](#) مراجعه کنید. (نیاز به ثبت نام دارد)



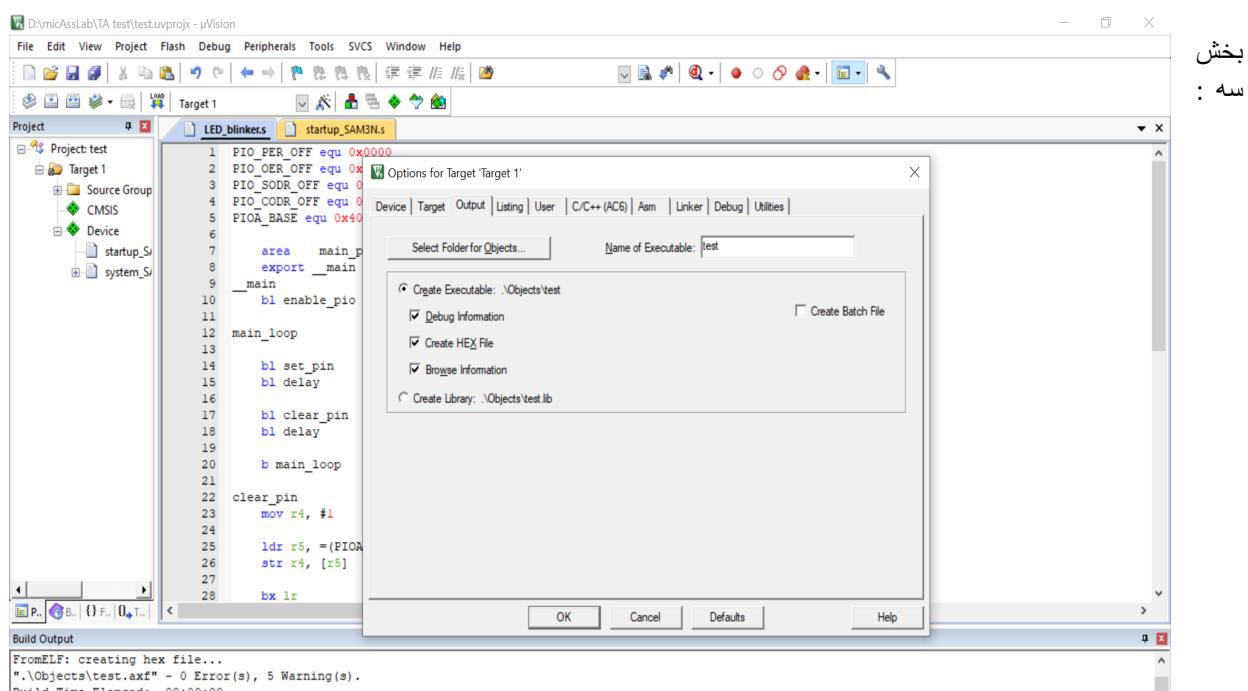
در پیوست فایل های کیل و پروتوس برای پیاده سازی یک پروژه نمونه برای چراغ چشمک زن با اسمبلی بر روی میکروکنترلر بالا آورده شده است.

اکنون به توضیح مختصری درباره چند بخش پرکاربرد در ابزار keil میپردازیم:

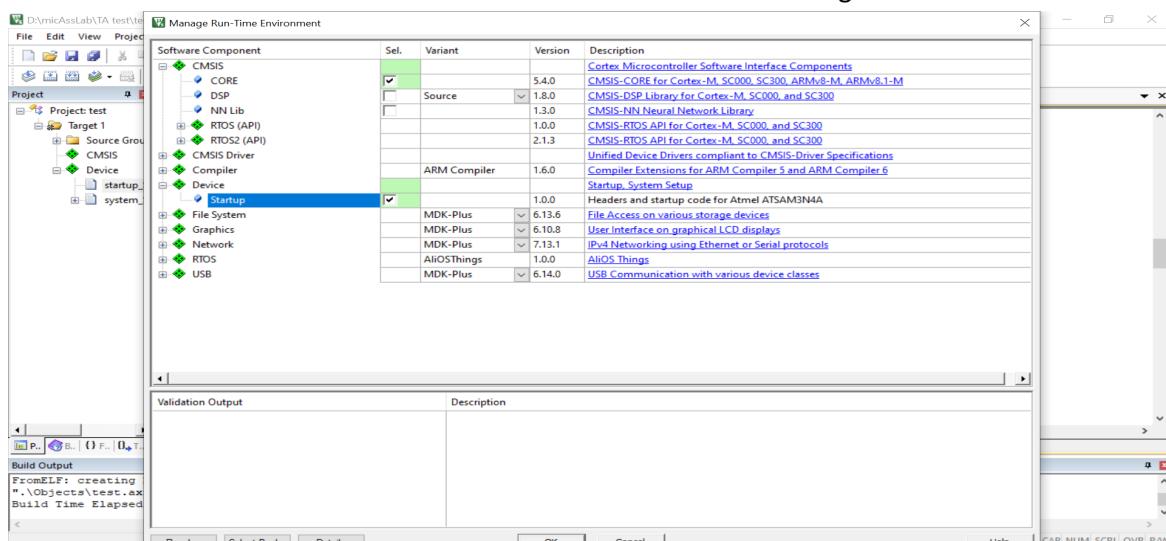


**بخش یک :** بخش های translate , build , rebuild , batch build , stop build ابزار هایی که به هنگام ساختن کد مورد استفاده قرار می گیرند هستند پس از تغییر کد از دستور rebuild استفاده می کنیم. **با مطالعه در رابطه با بقیه دستور های گفته شده توضیحات مختصری ارائه دهید.**

**بخش دو :** option for target است پس از کلیک روی آن پنجره ای مانند شکل زیر مشاهده می کنید که شامل بخش های مختلفی است برای وصل کردن کد اسمبلی به پروتتوس لازم است که همانند شکل در بخش output create HEX file را فعال کنید.



است . باید دو بخش مشخص شده در شکل زیر را فعال کنید.



بخش چهار: pack installer برای اضافه کردن پک های مختلف استفاده می شود.

بخش پنجم : debug session است مثل سایر ابزار های برنامه نویسی نرم افزار keil هم بخش دیباگ را در اختیار ما قرار داده است تا بتوانیم به راحتی کد زده شده را عیب یابی کنیم. امکان اضافه کردن breakpoint و ... نیز وجود دارد.

ما نیاز به کد اسملی از پیش آمده `startup` داریم این کد به منظور تعریف کردن میکروکنترلر استفاده می شود و باید با طراحی سخت افزاری ما مطابقت داشته باشد. می توانید در رابطه با بخش های مختلف این کد با مراجعه به [اینجا](#) اطلاعات بیشتری پیدا کنید.

راجع به دو بخش **interrupt vector** و **reset-handler**.

## آزمایش ۱:

هدف آزمایش:

- آشنایی با شیوه پیکربندی رجیستر ها و مدیریت سطح پایین با زبان اسملی

قطعات آزمایش:

- میکروکنترلر ATSAM3N4A
- دیود نورانی LED
- کلید
- مقاومت 220Ω
- مقاومت 10KΩ

آنچه باید در پیش گزارش نوشته شود:

- توضیحات مختصری درباره دستورات MOV, LDR و STR دهید.
- ایده ای برای پیاده سازی تابع تاخیر در زبان اسملی ارائه دهید.
- به پرسش ها در بخش مقدمه ای در رابطه با کد keil که بارنج قرمز مشخص شده است پاسخ دهید.

مقدمه:

همانطور که در ویدیو آموزشی نیز به آن اشاره شد، برای اجرای برنامه‌ی نوشته شده با استفاده از زبان اسملی نیاز به وارد کردن یک فایل مهم به نام startup.S (import) داریم.

در این فایل همه پیکربندی های آغازی لازم در هنگام روشن کردن و آغاز به کار (Startup) میکروکنترلر پیاده سازی می شود.

این پیکربندی ها در بردارنده سه عمل مهم زیر می باشد :

- پیکربندی پشتۀ Heap (Stack)
- ذخیره جدول بردار و قله (Interrupt Vector Table)
- پیاده سازی روال Reset Handler

:startup.s بررسی کد

```
27 Stack_Size      EQU      0x00000200
28
29          AREA    STACK, NOINIT, READWRITE, ALIGN=3
30 Stack_Mem       SPACE   Stack_Size
31 __initial_sp
```

تصویر-1 دستورهای پیکربندی پشتۀ

در تصویر ابتدا سایز استک با استفاده از دستور EQU به اندازه 0X00000200 تعریف می شود. (معادل دستور #define مانند در زبان C می باشد) سپس ناحیه مربوط به STACK با استفاده از تگ AREA مشخص می شود(دقت کنید که این ناحیه از نوع READWRITE می باشد، یعنی علاوه بر خواندن، اجازه نوشتن نیز وجود دارد). در آخر نیز با استفاده از SPACE برای STACK حافظه رزرو می شود.

```

38  Heap_Size      EQU      0x00000200
39
40          AREA     HEAP, NOINIT, READWRITE, ALIGN=3
41  __heap_base
42  Heap_Mem       SPACE    Heap_Size
43  __heap_limit

```

تصویر-2 دستورهای پیکربندی هیپ

خطوط بالا مربوط به ناحیه `heap` و اختصاص دادن حافظه به آن می باشد که بسیار مشابه کد `stack` می باشد با این تفاوت که با استفاده از `_heap_limit` و `_heap_base` آدرس شروع و پایان ناحیه `heap` تعریف می شود.

```

54          AREA     RESET, DATA, READONLY
53          EXPORT   __Vectors
54
55  __Vectors      DCD      __initial_sp           ; 0: Top of Stack
56          DCD      Reset_Handler            ; 1: Reset Handler
57          DCD      NMI_Handler             ; 2: NMI Handler
58          DCD      HardFault_Handler        ; 3: Hard Fault Handler
59          DCD      MemManage_Handler        ; 4: MPU Fault Handler
60          DCD      BusFault_Handler         ; 5: Bus Fault Handler
61          DCD      UsageFault_Handler       ; 6: Usage Fault Handler
62          DCD      0                     ; 7: Reserved
63          DCD      0                     ; 8: Reserved
64          DCD      0                     ; 9: Reserved
65          DCD      0                     ; 10: Reserved
66          DCD      SVC_Handler            ; 11: SVCall Handler
67          DCD      DebugMon_Handler        ; 12: Debug Monitor Handler
68          DCD      0                     ; 13: Reserved
69          DCD      PendSV_Handler         ; 14: PendSV Handler
70          DCD      SysTick_Handler        ; 15: SysTick Handler
71

```

تصویر-3 دستورهای پیکربندی بردار وقهه

در این قسمت interrupt vector table را مشاهده می کنیم. در اولین خط آن `initial_sp` را داریم که حاوی بالاترین آدرس `stack` می باشد. هنگامی که میکرو شروع به کار کردن می کند رجیستر `sp` بوسیله `initial_sp` مقدار دهی می شود. دومین خط این قطعه کد آدرس وقهه `reset` می باشد که به تابع `reset_handler` اشاره می کند که در ادامه به آن می پردازیم.

```

111  Reset_Handler  PROC
112          EXPORT  Reset_Handler
113          IMPORT  SystemInit
114          IMPORT  __main
115          LDR    R0, =SystemInit
116          BLX    R0
117          LDR    R0, =__main
118          BX     R0
119          ENDP

```

#### تصویر-4-پیاده سازی روال Reset Handler

وظیفه اصلی تابع `reset_handler`، تنظیم کلک سیستم و در نهایت پریدن به تابع `main` برنامه‌ی ما می‌باشد.

#### شرح آزمایش:

این آزمایش شامل 3 عدد LED و 2 دکمه می‌باشد. در ابتدا LED‌ها خاموش می‌باشد. هنگامی که دکمه‌ی اول فشرده می‌شود. هر 3 LED شروع به چشمک زدن می‌کند با این تفاوت که سرعت چشمک زدن LED‌ها از چپ به راست افزایش پیدا می‌کند. با فشردن دکمه‌ی دوم همه‌ی LED‌ها خاموش می‌شوند.

## آزمایش 2 (مخصوص ترم های حضوری)

هدف آزمایش:

فراخوانی اسملی با استفاده از روش inline

قطعات مورد نیاز:

- برد arduino due
- صفحه نمایش کاراکتری 16×2

آنچه باید در پیش گزارش نوشته شود:

- درباره‌ی مزایای استفاده از inline assembly تحقیق کنید.

در آزمایش قبل با مدیریت سطح پایین در زبان اسملی آشنا شدیم. در این آزمایش قصد داریم که با نوع دیگری از کاربردهای زبان اسملی یعنی فراخوانی با استفاده از روش inline نیز آشنا شویم.

گاهی اوقات نیاز داریم که از دستورات اسملی در زبان‌های سطح بالا استفاده کنیم، یکی از روش‌ها برای انجام این کار این است که مانند

آزمایش قبل درون یک فایل جدا توابع اسملی را بنویسیم و سپس با استفاده از دستور "C extern" آن توابع را وارد کد C++ خود کنیم.

یکی از معایبی که این روش دارد، ایجاد سربار زیاد است به همین دلیل سراغ روش دوم یعنی inline assembly می‌رویم.

از inline assembler موجود در کامپایلر به ما اجازه می‌دهد تا بتوانیم با استفاده از کلید واژه‌ی \_\_asm از دستورات اسملی بطور در

زبان‌های C/C++ استفاده کنیم.

گاهی اوقات کامپایلر بهینه سازی‌هایی را در هنگام اجرای کدا انجام می‌دهد که باعث پاک شدن بلاک‌های برنامه می‌شود. برای جلوگیری از این کار بهتر است علاوه‌در کنار \_\_asm volatile کلید واژه‌ی \_\_asm volatile را نیز قرار داد و بهصورت آن را نوشت.

```
__asm volatile ("ADD R0, R1, R2");
```

تصویر - 1 نحوه‌ی استفاده از \_\_asm

در صورتی که بخواهیم درون بلاک \_\_asm از چند دستور اسملی استفاده کنیم باید مانند تصویر 2 در انتهای هر خط \n\t قرار داد.

```
__asm volatile (
    "ADD R0, R1, R2\n\t"
    "SUB R1, R2, R3\n\t");
```

تصویر - 2 نحوه‌ی inline دستور کردن بیش از 1 دستور

گاهی اوقات می خواهیم بلاک اسembلی ما با متغیر هایی که در C تعریف می کنیم تعامل داشته باشد، بطور مثال ورودی دریافت کند، پردازش بر روی آن داده ها انجام دهد و آن را در خروجی از پیش تعریف شده ذخیره کند. در این صورت بلاک اسembلی شکل زیر را به خود می گیرد:

```
__asm [volatile] (
    Assembly instruction/s
    :Output operand list      c
    :Input operand list       c
    :Clobber list            c
    لیستی از عملوند های خروجی و متغیر معادل آن در زبان C
    لیستی از عملوند های ورودی و متغیر معادل آن در زبان C
    لیستی از رजیستر هایی که نمی خواهیم در هنگام اجرای برنامه به عنوان عملوند ورودی/خروجی استفاده شوند
);
```

لیست های بالا اختیاری می باشند و در صورتی که به آن ها نیاز نداشته باشیم، می توانند خالی بمانند.

در **clobber list** علاوه بر نام رجیستر ها، از دو رشتہ خاص "memory" و "cc" نیز می توان استفاده کرد. در مورد این دو رشتہ تحقیق کنید و نتیجه ی آن را در پیش گزارش بنویسید.

```
int add(int i, int j)
{
    int res = 0;
    __asm (
        "ADD %[result], %[input_i], %[input_j]"
        : [result] "=r" (res)
        : [input_i] "r" (i), [input_j] "r" (j)
        : "r5", "r6", "cc", "memory"
    );
    return res;
}
```

شرح آزمایش:

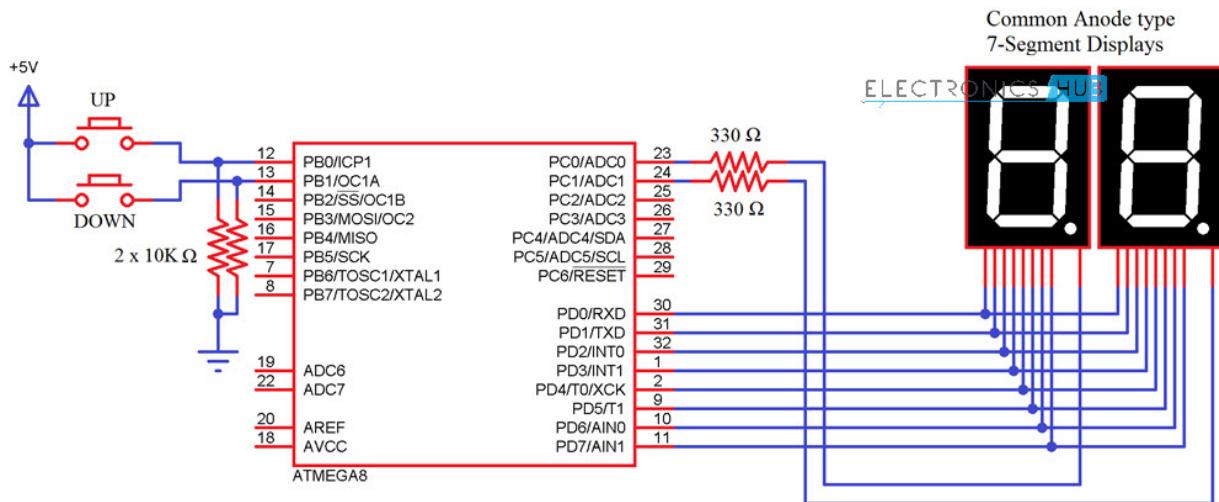
با استفاده از روش **inline** تابع بازگشتی فاکتوریل را پیاده سازی کنید و نتیجه ی آن را بر روی صفحه نمایش کاراکتری نمایش دهید.

## پروژه های اسمبلی(امتیازی)

### ثانیه شمار

در این پروژه شما باید با وقهه شمارنده Systick و دو سون سگمنت (Seven-segment) برای نمایش ثانیه های شمرده شده از 0 تا 59 ، ثانیه شماری را به زبان اسsemblی پیاده سازی کنید که هر زمان کلیدی فشرده شود، شمارش از 0 آغاز گردد و هر زمان کلید رها شود شمارنده بایستد ولی مقدار سون سگمنت ها نباید پاک شود و تنها در زمان فشردن کلید مقدار نمایش داده شده با سون سگمنت ها بازنگشانی خواهد شد.

بررسی سطح منطقی پایه PIO باید با وقهه انجام شود (Polling) و نه سرکشی (Interrupt-Driven).

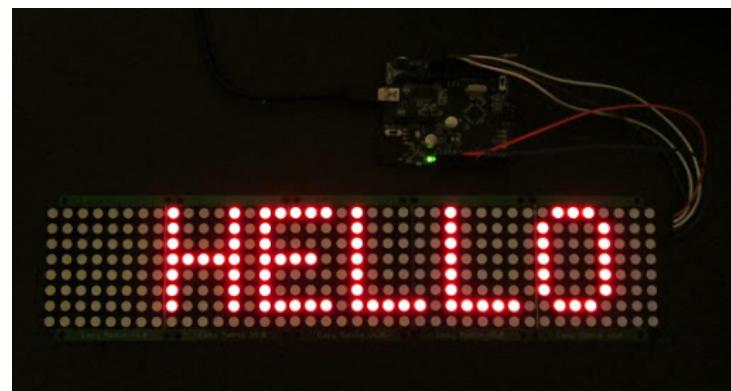


شماتیکی از شیوه اتصال دو سون سگمنت به یک میکروکنترلر

### تابلو روان

در این پروژه باید با بهره گیری از چند ماتریس LED (در LED Dot-Matrix) یک تابلو روان را پیاده سازی کنید. بر روی تابلو روان HELLO نمایش داده می شود (در سمت چپ ترین ماتریس) که هر ثانیه چند خانه به سمت راست می رود. و رفته رفته از راست ترین سمت ماتریس ناپدید می شود و دوباره از چپ ترین سمت ماتریس نمایش داده می شود.

یکی از ماتریس های LED در پروتئوس MATRIX-8\*8-GREEN می باشد. ممکن است به دلیل محدودیت در پایه های میکرو یا ماتریس LED، روشن کردن همزمان همه LED های نمایانگر HELLO ممکن نباشد برای حل این مسئله باید در هر لحظه تنها چند LED را روشن نگه دارید و سپس چند LED دیگر را. اگر این کار به اندازه کافی تند انجام شود. چشم انسان توانایی تشخیص پیوسته نبودن روشنایی LED هارا ندارد و نتیجه آن می شود که همه LED ها را روشن میبینیم. به این روش Multiplexed Display گفته می شود.



نمایی از چند ماتریس به هم متصل شده که بر روی آن ها واژه Hello نمایش داده شده است