

به نام خدا



دانشگاه تهران

دانشکده فنی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر



کارگاه عمومی

دستور کار هفته نهم

بهار ۱۴۰۳

## فهرست

❖ مقدمات

❖ سون سگمنت: انواع و ساختار آن

❖ وقفه در میکروکنترلر

❖ واحد تایمر در میکروکنترلر

❖ شرح آزمایش

این دستور کار شامل ۴ گام است.

❖ **قطعات و دستگاه‌های مورد نیاز**

✓ برد بورد

✓ برد آردوینو و کابل رابط

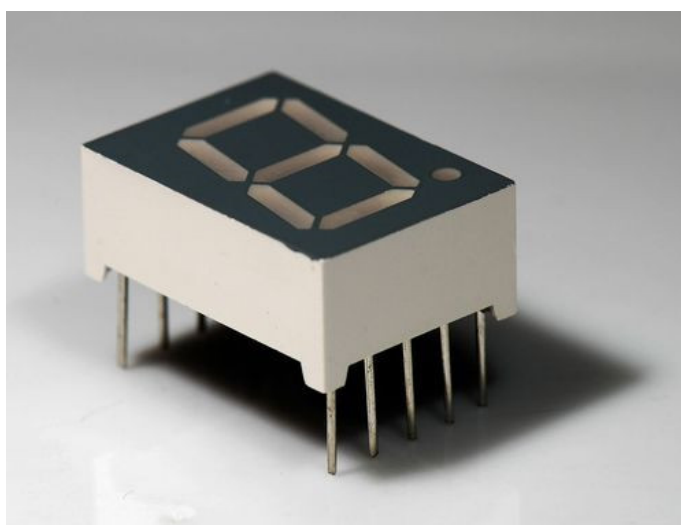
✓ مقاومت  $330\ \Omega$  (چهار عدد)

✓ سون سگمنت ۴ تایی

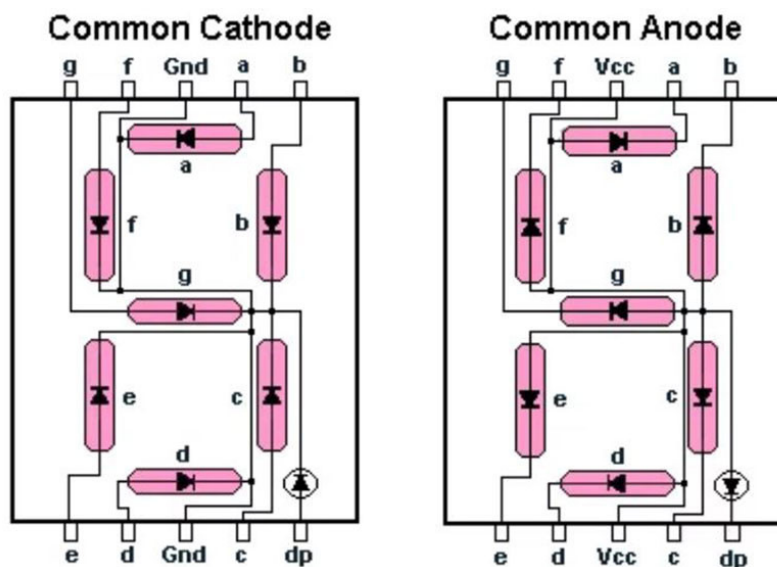
در این جلسه قصد داریم با نمایشگرهای عددی به نام سون سگمنت (Seven Segment) آشنا شویم. سون سگمنت‌ها به طور گسترده در دستگاه‌های الکترونیکی استفاده می‌شود و کاربرد آن‌ها نمایش عدد یا حروف به کمک ۷ عدد ال‌ای‌دی است. مزیت سون سگمنت نسبت به نمایشگرهای LCD، سادگی راه‌اندازی و ارزان بودن است. یکی از کاربردهای سون سگمنت نمایش ساعت و ثانیه است که در انتهای این جلسه ساخت یک ثانیه شمار به کمک واحدهای تایمر و وقفه آردوینو را خواهید آموخت.

## ❖ سون سگمنت: انواع و ساختار آن

در شکل ۱ نمونه‌ای از سون سگمنت (Seven-segment) تکی نشان داده شده است. نام این قطعه از این جا آمده است که ۷ عدد LED یا سگمنت روی آن قرار دارد که برای نمایش اعداد صفر تا ۹ استفاده می‌شود. البته تا حدودی امکان نمایش حروف نیز روی آن وجود دارد. پایه‌هایی که از این قطعه بیرون آمده است در واقع پایه‌ی آند و کاتد LEDها است. سون سگمنت‌ها در ابعاد مختلف و به صورت دوتایی، سه‌تایی، چهارتایی و... وجود دارند، اما فارغ از اندازه و تعداد آن‌ها، سون سگمنت‌ها را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد: ۱- آند مشترک ۲- کاتد مشترک. ساختار این دو نوع سون سگمنت در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که پیش‌تر گفته شد، هر سگمنت در واقع یک LED است که در شکل ۲ نشان داده شده است. برای راحتی راه‌اندازی و برای اینکه پایه کمتری از میکروکنترلر اشغال شود، سون سگمنت را به صورت آند مشترک یا کاتد مشترک می‌سازند. منظور از آند مشترک این است که آند همه‌ی LEDها به هم وصل شده است و به کمک یک یا دو پایه به بیرون از پکیج منتقل می‌شود و در مورد کاتد مشترک نیز مشابه همین موضوع در مورد پایه کاتد صادق است که این موضوع در شکل ۲ نشان داده شده است. بنابراین برای روشن کردن هر سگمنت فقط یک پایه کافی است و پایه مشترک به تغذیه مدار مثلاً 5V (اگر آند مشترک باشد) یا به GND (اگر کاتد مشترک باشد) وصل می‌شود.

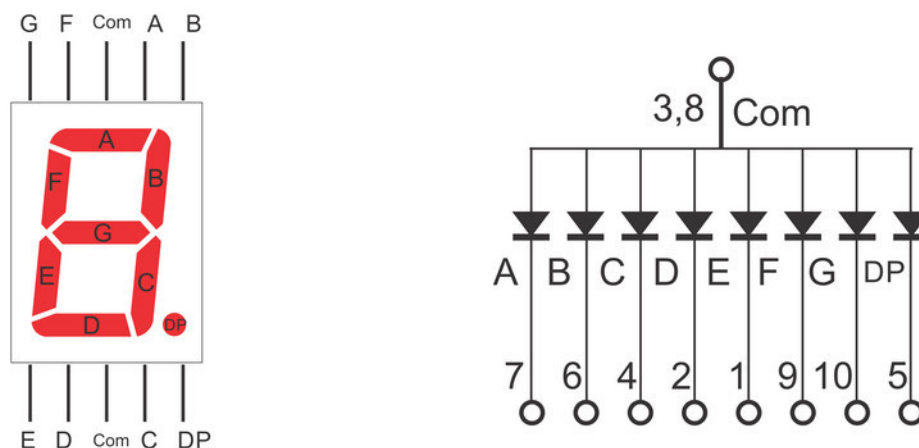


شکل ۱



شکل ۲

در شکل ۳ هر سگمنت با یک حرف انگلیسی نام‌گذاری و مشخص شده است که هر پایه متعلق به کدام سگمنت است. برای نمایش عددهای مختلف باید LEDهای خاصی روشن شوند. مثلاً برای نمایش عدد 1 باید B و C و برای نمایش عدد 6، A، E، F، C و G باید روشن شوند. پایه com همان پایه مشترک است که می‌تواند آند یا کاتد باشد. پایه DP مربوط به LED نقطه است که در شکل ۳ نیز قابل مشاهده است. از این LED برای نمایش ممیز می‌توان استفاده کرد.

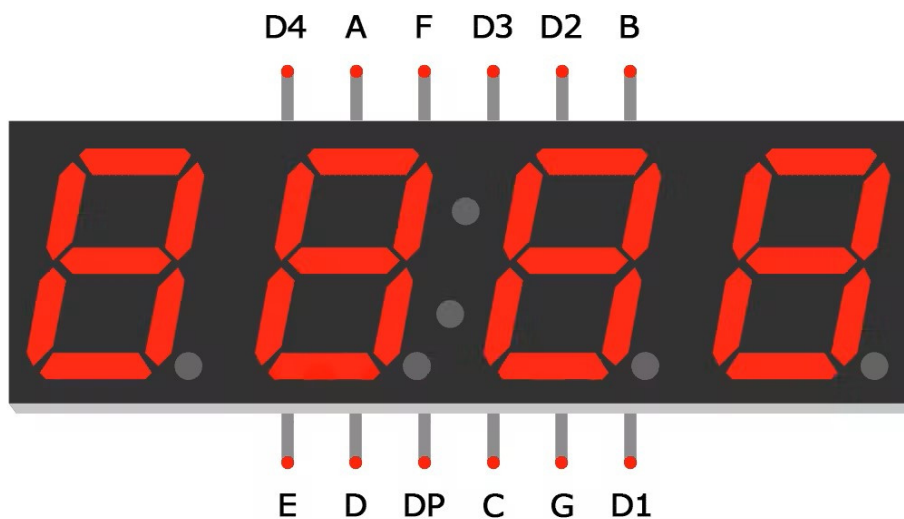


شکل ۳

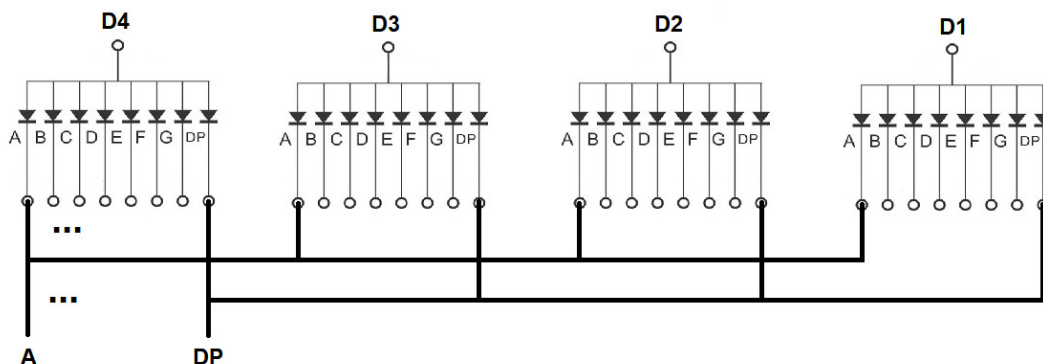
سون سگمنت‌های چندتایی به صورت مالتی پلکس وجود دارند. به این معنی که در آن واحد تنها یکی از سون سگمنت‌ها می‌تواند روشن باشد. علت این است که در غیر این صورت تعداد پایه‌ها خیلی زیاد می‌شود. مثلاً برای یک سون سگمنت ۴ تایی (4 Digit Seven-Segment)، باید حداقل  $4 \times 10 = 40$  (هر سون سگمنت تکی ۱۰ پایه دارد) پایه وجود می‌داشت که راه اندازی آن را پیچیده می‌کرد در صورتی که مشاهده می‌شود یک سون سگمنت ۴ تایی در مجموع ۱۲ پایه دارد. شماتیک سون سگمنتی که در اختیار شما قرار دارد در شکل ۴ آمده است. مشاهده می‌شود که

علاوه بر پایه‌های A تا G و DP که مربوط به سگمنت‌ها هستند، پایه‌های D1 تا D4 نیز به آن اضافه شده است. برای درک بهتر ساختار درونی این نوع سون سگمنت به شکل ۵ توجه کنید. طبق این شکل پایه‌های D1 تا D4 همان پایه‌های مشترک مربوط به هر دیجیت است. این سون سگمنت از نوع آند مشترک است بنابراین پایه‌های مشترک همان آندها هستند که به هم متصل شده‌اند. نکته‌ی دیگر این است که برای همه‌ی ۴ دیجیت فقط یک پایه‌ی A تا G وجود دارد به این دلیل که کاتد سگمنت‌های یکسان هر دیجیت بهم وصل شده‌اند. این موضوع در شکل ۵ نشان داده شده است. بنابراین اگر قرار باشد در هر دیجیت اعداد متفاوتی نمایش داده شود، امکان همزمان روشن بودن همه‌ی دیجیت‌ها وجود ندارد.

نحوه نمایش اعداد روی این سون سگمنت‌ها به این صورت است که ابتدا پایه‌های A تا G به گونه‌ای توسط میکرو صفر و یک می‌شوند که عدد مورد نظر دیجیت ۱ مشخص شود. سپس باید فقط پایه‌ی D1 یک شود و D2، D3 و D4 صفر باشند. سپس با یک تاخیر چند میلی ثانیه‌ای پایه‌های A تا G به نحوی صفر و یک می‌شوند که آماده نمایش عدد مورد نظر در دیجیت ۲ شوند. همزمان باید پایه‌ی D2 یک شود و مابقی صفر شوند و بعد با یک تاخیر به همین ترتیب تا دیجیت ۴ پیش می‌رود و مجدداً از دیجیت ۱ دوباره نمایش آغاز می‌شود. اتفاقی که می‌افتد این است که اگر این جابه‌جایی بین دیجیت‌ها سریع باشد چشم ما قادر به تشخیص خاموش و روشن شدن دیجیت‌ها نخواهد بود و همه‌ی دیجیت‌ها را با عدد خاص خود روشن می‌بیند.



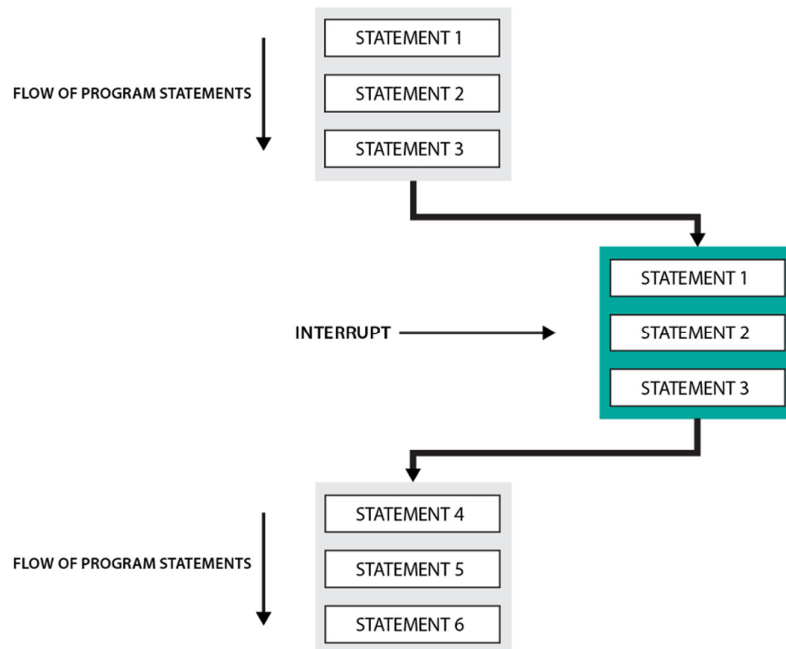
شکل ۴



شکل ۵

## ❖ وقفه در میکروکنترلر

وقفه یا اینتراپت (interrupt) در میکروکنترلرها به معنی ایجاد وقفه در اجرای کد است. به طور مثال در شکل ۶، کد طبق معمول در حال اجرا بوده است اما با ایجاد یک وقفه، کدهای دیگری اجرا می‌شوند و بعد از اتمام آنها ادامه کدهای اصلی میکرو اجرا خواهد شد. هدف از استفاده‌ی وقفه این است که مطمئن شویم در زمان موردنظر کاری که مدنظر ماست حتما انجام می‌شود. ایجاد وقفه به شکل‌های مختلف انجام می‌شود. مثلاً فرض کنید یکی از پایه‌های آردوینو صفر است و ما از قبل تعیین کردیم که به محض یک شدن پایه، یک وقفه در کار میکرو ایجاد شود و کدهای موردنظر ما را اجرا کند. یک نوع دیگر وقفه می‌تواند توسط تایمری که در میکرو روشن شده است و بعد از گذشت مدت زمان خاصی اتفاق بیفتد. در این مورد در ادامه توضیحات بیشتری ارائه خواهد شد.



شکل ۶

## ❖ واحد تایمر در میکروکنترلر

تایمر در میکروکنترلر یک واحد سخت افزاری است که متشکل از یک شمارنده و یک کلاک (clock) است. شمارنده با سیگنالی که از کلاک دریافت می‌کند شروع به شمارش می‌کند. در واقع با مشخص بودن دوره زمانی کلاک، مدت زمانی که طول می‌کشد یک عدد به عدد شمارنده اضافه شود مشخص می‌شود. بنابراین مدت زمانی که شمارنده از صفر تا مقدار نهایی می‌رسد نیز مشخص است و به این ترتیب، به کمک این کلاک و شمارنده، زمان در میکروکنترلر قابل محاسبه است. به این دلیل به این واحد تایمر گفته می‌شود که خروجی این واحد در حقیقت زمان است. تابع `millis()` یا `micros()` که در آردوینو زمان را برحسب میلی ثانیه و میکروثانیه به دست می‌دهند، در واقع خروجی یکی از واحدهای تایمر در میکروکنترلر را برمی‌گردانند. آردوینوی UNO در مجموع سه واحد تایمر دارد: تایمر صفر (Timer0)، تایمر یک (Timer1) و تایمر ۲ (Timer2).

به کمک تایمر می‌توان یک وقفه ایجاد کرد. مثلاً فرض کنید می‌خواهیم بعد از هر یک ثانیه، مجموعه‌ای از فرامین اجرا شود. برای این کار می‌توانیم از تابع delay استفاده کنیم ولی اگر کد پیچیده باشد و امکان استفاده از delay وجود نداشته باشد (به علاوه اینکه خود delay دقت کافی ندارد)، باید به کمک یکی از تایمرها یک وقفه ۱ ثانیه‌ای ایجاد کنیم. اجرای کدهای وقفه در یک تابع ISR انجام می‌شود. به طور مثال کد شکل ۷ تایمر ۱ را به گونه‌ای راه‌اندازی می‌کند که بعد از هر ۱ ثانیه یک وقفه ایجاد شود. تنظیمات مربوط به تایمر و وقفه به کمک رجیسترهای میکرو انجام می‌شود. رجیسترها خانه‌های حافظه‌ای در میکروکنترلر هستند که امکان خواندن/نوشتن دارند.

```
ISR(TIMER1_COMPA_vect)          // interrupt service routine
{
    TCNT1 = 0;
    variable = 1;
}

void setup() {
    noInterrupts(); // disables all interrupts
    TCCR1A = 0;
    TCCR1B = 0;

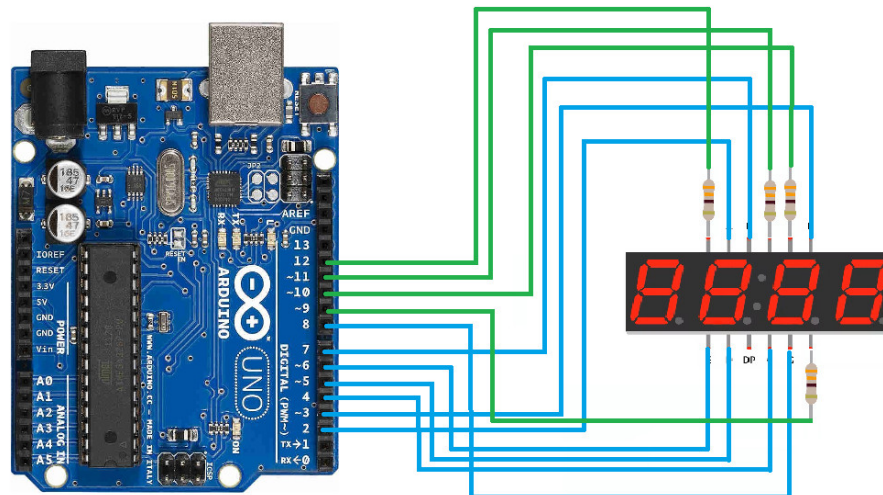
    OCR1A = 62500;
    TCCR1B |= (1 << CS12);      // 256 prescaler
    TIMSK1 |= (1 << OCIE1A);    // enable compare match A interrupt
    interrupts();               // enable all interrupts
}

void loop() {
}
```

شکل ۷

## ❖ شرح آزمایش

در این جلسه باید به کمک مدار شکل ۸، سون سگمنت ۴ تایی را که در اختیار دارید را راه‌اندازی کنید و خواسته‌های گفته شده در گام‌ها را انجام دهید. **به محل قرارگرفتن مقاومت‌ها بسیار دقت کنید چرا که در صورت قراردادن نادرست احتمال سوختن سون سگمنت و برد آردوینو (هر دو) وجود دارد. بایستی با هر دیجیت حتماً یک مقاومت به صورت سری قرار گیرد.** همه مراحل که در اینجا خواسته شده، در ویدیوی آموزشی این جلسه نیز انجام شده است. لذا اکیدا توصیه می‌شود که ویدیوهای مربوط به این جلسه را پیش از پیاده‌سازی گام‌ها مشاهده کنید. همچنین، هنگام تحویل سولاتی از هر یک از اعضای گروه پرسیده می‌شود و همگی شما بایستی قادر به توضیح کد و همچنین ایجاد تغییرات در آن باشید.



شکل ۸

**گام ۱:** به ترتیب از دیجیت ۱ تا ۴ عدد صفر تا ۹ را به صورت تکرار شونده نشان دهید. برای این کار باید یک تابع بنویسید که شماره‌ی دیجیت و عددی که می‌خواهید نمایش دهید را بگیرد و عدد مورد نظر را بر روی دیجیت مورد نظر نمایش دهد. هنگام تحویل، سوالاتی از تابع پیاده‌سازی شده از شما خواهد شد که بایستی قادر به پاسخ‌گویی به آن باشید.

**گام ۲:** چهار رقم آخر شماره دانشجویی خود را بر روی سون سگمنت نمایش دهید. برای این کار باید یک تابع بنویسید که چهار ورودی دارد که هر ورودی بیانگر عددی است که قرار است روی هر دیجیت نمایش داده شود.

**گام ۳:** یک ثانیه شمار دقیق تک رقمی بسازید. برای این کار لازم است که از تایمر ۱ و وقفه استفاده کنید. می‌توانید از هر دیجیت سون سگمنت که خواستید استفاده کنید.

**گام ۴:** یک ساعت به کمک تایمر و وقفه بسازید به گونه‌ای که دو رقم سمت راست سون سگمنت دقیقه و دو رقم سمت چپ آن ساعت را نشان دهد. برای سرعت بیشتر لطفاً دو رقم سمت راست را به ثانیه و دو رقم سمت چپ را به دقیقه اختصاص دهید تا تغییرات آن در کلاس قابل مشاهده باشد.

آماده‌شده به تاریخ ۲۰ اردیبهشت ۱۴۰۱