



# میکروکنترلرها و اجزاء آنها



## فهرست مطالب

- مطالبی که در این فصل با آنها آشنا خواهیم شد:
- مقدمه
- مزایای استفاده از میکروکنترلرها
- میکروکنترلر چیست و فواید آن کدامند؟
- اجزاء میکروکنترلرها

## مقدمه

• در این فصل ابتدا به معرفی میکروکنترلرها و فواید استفاده از آنها پرداخته و سپس یکی از انواع میکروکنترلرهای پرکاربرد یعنی میکروکنترلر ATmega16 از خانواده AVR ساخت شرکت ATMEL را معرفی و با معماری و قابلیت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری آن آشنا می‌شویم.

• اجزای این میکروکنترلر شامل سیستم ساعت، کنترل سیستم و بازنشانی، وقفه‌ها، درگاه‌های ورودی و خروجی، زمان‌سنج/شمارنده‌ها، پیش‌تقسیم‌کننده، واسطه سریال USART، واسطه سریال SPI، واسطه سریال I2C، مقایسه‌کننده آنالوگ، مبدل آنالوگ به دیجیتال و واسطه JTAG و سیستم اشکال‌زدای درون تراشه می‌باشد.

## میکرو کنترلر چیست؟

- تمامی اجزاء، یک میکروکنترلر مانند سیستم حافظه، سیستم ورودی-خروجی و اجزای دیگر تنها بر روی یک تراشه واقع شده‌اند.

- میکروکنترلرها قابلیت اتصال به سنسورها، عملگرها و موتورهای الکتریکی، انواع نمایش دهنده‌ها، اتصال به کامپیترهای شخصی و نیز شبکه‌ای از میکروکنترلرها را دارند.

- میکروکنترلرها در سیستم‌های نهفته برای کنترل و اجرای توابع مختلفی بکار می‌روند:

- کنترلرهای الکترونیکی هوشمند
- سیستم‌های حفاظتی
- سیستم احتراق، ترمز ضد قفل ABS و سایر قسمت‌های خودرو
- موبایل‌ها
- لوازم خانگی
- .....

## مزایای استفاده از میکروکنترلرها

- رایانه‌های شخصی گزینه مناسبی برای بسیاری از کاربردها نمی‌باشند، چرا که بخش اعظم توانایی‌های پردازنده‌های بکار رفته در کامپیوترهای شخصی بدون استفاده می‌مانند.
- گزینه مناسب برای چنین کاربردهایی میکروکنترلر است.
- دو دلیل اصلی استفاده از میکروکنترلرها با وجود رایانه‌های شخصی بسیار قوی امروزی صرفه‌جویی در هزینه و در اندازه است.
- میکروکنترلرها برخلاف ریزپردازنده‌ها، گران نیستند.
- در بسیاری از کاربردها، یک رایانه شخصی که قابلیت انجام وظایف بسیار متنوعی را دارد، مورد نیاز نیست.

## میکرو کنترلر چیست؟

- تمامی اجزاء، یک میکروکنترلر مانند سیستم حافظه، سیستم ورودی-خروجی و اجزای دیگر تنها بر روی یک تراشه واقع شده‌اند.
- میکروکنترلرها قابلیت اتصال به سنسورها، عملگرها و موتورهای الکتریکی، انواع نمایش دهنده‌ها، اتصال به کامپیترهای شخصی و نیز شبکه‌ای از میکروکنترلرها را دارند.
- میکروکنترلرها در سیستم‌های نهفته برای کنترل و اجرای توابع مختلفی بکار می‌روند:
  - کنترلرهای الکترونیکی هوشمند
  - سیستم‌های حفاظتی
  - سیستم احتراق، ترمز ضد قفل ABS و سایر قسمت‌های خودرو
  - موبایل‌ها
  - لوازم خانگی
  - .....

## میکرو کنترلر چیست؟

- میکروکنترلرها در انواع مختلف ۴ بیتی، ۸ بیتی، ۱۶ بیتی و ۳۲ بیتی ساخته می‌شوند.
- برای هر نوع از میکروکنترلرهای برشمرده، زیر شاخه‌های دیگری نیز وجود دارد.
- مثلاً میکروکنترلرهای ۴ بیتی دارای انواع مختلفی هستند که در مشخصه‌های مختلفی مثل سرعت ساعت، سیستم حافظه و ساختار درونی با یکدیگر متفاوت هستند.
- این تنوع منطقی به طراح سخت‌افزار کمک می‌کند که برای کاربرد مورد نظر خود، بهترین تراشه را برگزیند.

# میکرو کنترلر چیست؟

- معماری میکرو کنترلرها معمولا از نوع ثبات-ثبات است.
- در این معماری دسترسی به حافظه برای ذخیره متغیرها تنها با استفاده از دستورات بارکردن و ذخیره کردن قابل انجام است.
- یعنی اینکه ابتدا ثبات ها با مقدار متغیرها بار می شوند، سپس محاسبه انجام شده و نتیجه به یکی از ثبات ها برگردانده می شود.
- در پایان نتیجه از این ثبات به متغیر مقصد ذخیره می شود.



# اجزاء میکروکنترلرہا

سیستم  
حافظہ

RAM

EEPROM

Flash

واحد پردازشگر  
مرکزی

مبدل آنالوگ به رقمی

سیستم زمان سنج و  
شمارنده دقیق

سیستم ارتباط سریال

سیستم توسعه

ویژگی های پیشرفته:

سیستم پردازش توزیع شده  
مدولاسیون پهنای پالس  
مبدل آنالوگ به رقمی و بالعکس  
ساعت زمان واقعی (RTC)  
واسط LCD

پورت A

پورت B

...

پورت X

دیگرام بلوکی یک میکروکنترلر

## اجزاء میکروکنترلرها

• **CPU:** واحد پردازشگر مرکزی، دستورالعمل‌های ذخیره شده در حافظه را واکنشی، دیکود و اجرا می‌نماید.

• اجزای CPU:

- ثبات‌ها
- واحد محاسبه و منطق
- دیکودر دستورالعمل
- مدار کنترل

## اجزاء میکروکنترلرها

### • انواع حافظه ها:

#### ۱. حافظه برنامه:

- معمولاً از نوع حافظه فلش است.
- حافظه فلش این مزیت را دارد که می توان برنامه کار میکروکنترلر را در آن نوشت و در صورت نیاز تغییر داد.

#### ۲. حافظه داده:

- از نوع حافظه RWM است.
- از نوع استاتیک و اصطلاحاً SRAM هستند
- برای ذخیره متغیرها و همچنین به عنوان پشته بکار می روند.

## اجزاء میکروکنترلرہا

---

حافظہ ہا (ادامہ)

۳. حافظہ EEPROM

- برای ذخیره بعضی از داده‌هایی که کمتر نیاز به تغییر آنهاست و با قطع تغذیه میکروکنترلر باید حفظ شوند.
- از نوع غیرفرار می‌باشند.

## اجزاء میکروکنترلرها

---

### تولید ساعت:

- استفاده از کریستال‌های کوارتز و یا نوسان‌سازهای سرامیکی و حتی از مدارات داخلی مقاومتی خازنی برای تولید سیگنال ساعت استفاده می‌شود.
- استفاده از کریستال کوارتز، دقت و پایداری بیشتری را فراهم می‌کند.

## اجزاء میکروکنترلرها

### مدار بازنشانی و تشخیص افت ولتاژ تغذیه

- اگر ولتاژ تغذیه میکروکنترلر از حد مجاز آن کمتر شود، برای جلوگیری از تغییر محتوای ثبات‌ها و هر گونه عملکرد اشتباه، لازم است که میکروکنترلر بازنشانی شود.
- این بازنشانی توسط مدار تشخیص افت ولتاژ تغذیه صورت می‌گیرد
- با بازنشانی میکروکنترلر تمام اجزاء و مدارهای کنترل و بسیاری از ثبات‌ها در زمان راه‌اندازی، مقادیر اولیه از پیش تعیین شده‌ای را پیدا می‌کنند.

## اجزاء میکروکنترلرها

### مبدل آنالوگ به رقمی (ADC):

- مبدل های آنالوگ به رقمی، سیگنال های آنالوگ ورودی را به سمبل های دودویی (رقمی) تبدیل می کنند.
- در کاربردهایی که قصد بر آن است تا مولفه های فیزیکی محیط مورد سنجش قرار گیرند، از میکروکنترلرها استفاده می شود.
- این مولفه های فیزیکی، در طبیعت بصورت سیگنال های آنالوگ حضور دارند، در حالی که میکروکنترلرها رقمی هستند.
- بنابراین بیشتر میکروکنترلرها مجهز به کانال های تبدیل سیگنال آنالوگ به رقمی (ADC) هستند.

## اجزاء میکروکنترلرها

### مبدل آنالوگ به رقمی (ADC):

برای تبدیل یک نمونه‌ی آنالوگ به رقمی لازم است مراحل زیر اجرا شوند:  
۱. تعیین نرخ نمونه برداری:

- نرخ نمونه برداری یعنی تعداد نمونه‌هایی از سیگنال آنالوگ که در یک ثانیه از آنالوگ به رقمی تبدیل می‌شوند.

- معمولاً نرخ نمونه برداری طبق قانون نایکوئیست باید مساوی و یا دو برابر بیشینه فرکانس موجود در سیگنال آنالوگ باشد.

- نرخ نمونه برداری به بیشینه فرکانس موجود در سیگنال آنالوگ بستگی دارد. از فیلترهای پائین‌گذر برای محدود کردن پهنای باند و عبارتی فرکانس بیشینه یک سیگنال استفاده می‌شود.

ادامه.....



## اجزاء میکروکنترلرها

### ۲. تعیین دقت (تعداد بیت‌های) هر نمونه رقمی:

- دقت هر نمونه بر حسب تعداد بیت مشخص می‌کند که هر نمونه رقمی توسط چند بیت ارائه می‌گردد. با معلوم بودن نرخ نمونه‌برداری و دقت هر بیت، نرخ بیت اطلاعات حاصل از تبدیل نمونه‌های آنالوگ به رقمی برابر حاصل ضرب این دو پارامتر می‌باشد.
- بعضی از دقت‌های متداول عبارتند از ۸، ۱۰، ۱۶ و یا ۲۴ بیت.

### ۳. محدود کردن پهنای باند سیگنال آنالوگ به حداکثر نصف نرخ نمونه‌برداری

### ۴. نمونه‌برداری از سیگنال آنالوگ

### ۵. تبدیل دامنه نمونه آنالوگ به یک مقدار دودویی متناظر با آن

## اجزاء میکروکنترلرها

### زمان سنج، شمارنده:

- زمان سنج توسط میکروکنترلر برای زمان بندی رویدادها استفاده می شود
- تعداد پالس های شمارش شده ضربدر زمان هر پالس ساعت، زمان سپری شده را مشخص می کند
- گستره ی تغییرات شمارنده از 0 تا  $2^{\text{power}(b)} - 1$  می باشد که  $b$  در این عبارت برابر با تعداد بیت های شمارنده است.
- شمارنده با هر پالس ساعت افزایش یا کاهش می یابد.

## اجزاء میکروکنترلرها

### زمان سنج، شمارنده:

- برای مثال ممکن است نیاز باشد یک موتور الکتریکی را در زمان های معینی روشن و خاموش کرد.
- زمان سنجی توسط شمارنده و با شمارش پالس های ساعت صورت می گیرد.
- تعداد پالس های شمارش شده ضربدر زمان هر پالس ساعت، زمان سپری شده را مشخص می کند.
- در حالت شمارش افزایشی، وقتی که شمارنده به بیشینه ی شمارش خود رسید با پالس ساعت بعدی به عدد صفر بازنشانی می شود.
- در همان زمان یک پرچم سرریز نیز به یک مقداردهی می شود که نشان می دهد که شمارش دوباره از صفر آغاز شده است.

## اجزاء میکروکنترلرها

### مدولاسیون پهنای پالس PWM:

- مدولاسیون پهنای پالس، روشی برای کنترل مقدار متوسط یک سیگنال است و یکی از کاربردهای آن تنظیم سرعت یک موتور DC است.
- برای این کار کافیت برای تولید هر مقدار DC مطلوب، سیگنال PWM با پهنای پالس مربوطه را تولید کنیم.
- تولید موج PWM معمولاً به کمک زمان سنج شمارنده‌ها انجام می‌شود.

## اجزاء میکروکنترلرها

### زمان سنج نگهبان (WDT):

- زمان سنج نگبان (WDT) زمان سنجی با وظیفه خاص است.
- این زمان سنج معمولاً برای جلوگیری از قفل شدن نرم افزار بکار می رود.
- زمان سنج نگهبان در هنگام کارکرد، در فواصل زمانی معینی یک شمارنده داخلی را افزایش می دهد.
- چنانچه برنامه کاربر، شمارنده را بازنشانی نکند، شمارنده پس از مدتی سرریز شده و در نتیجه میکروکنترلر بطور کامل بازنشانی می شود.

ادامه.....

## اجزاء میکروکنترلرہا

### زمان سنج نگہبان (WDT):

- بنابراین، نرم افزار کاربر باید در فواصل معینی زمان سنج نگہبان را بازنشانی کند.
- این بازنشانی در حقیقت به معنی "زنده بودن میکروکنترلر" و دچار مشکل نبودن آن است.
- یعنی اینکه اگر برنامه، زمان سنج نگہبان را بازنشانی نکند، برنامه دچار مشکل شده است.
- در اینصورت بدیہی است کہ بازنشانی میکروکنترلر بہتر از قفل شدن کامل و عملکرد غیر قابل پیش بینی آن است.

## اجزاء میکروکنترلرها

### ارتباط سریال:

- همه میکروکنترلرها به یک یا چند درگاه سریال برای ارتباط با وسایل بیرونی، مجهز شده‌اند.
- با استفاده از ارتباط سریال از نوع **USART** طراح خواهد توانست با استفاده از یک رایانه شخصی با میکروکنترلر ارتباط برقرار کند.
- میکروکنترلرها انواع ارتباطات سریال از نوع **همگام** و **ناهمگام** را فراهم می‌کنند.
- سیستم‌های ارتباط **ناهمگام**، از یک پروتکل دقیق برای ارتباط با سیستم‌های ارتباط سریال دیگر استفاده می‌کنند.
- تکنیکی که در ارتباطات **ناهمگام** بطور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد، واسط **RS232C** می‌باشد.

## اجزاء میکروکنترلرها

### • ارتباط سریال:

- داده‌ها با استفاده از استاندارد آسکی و یا استانداردهای جدیدتر کدینگ بین‌المللی، بین دو سیستم که به تجهیزات ارتباط سریال مجهزند، منتقل می‌شود.

- ارتباطات سریال می‌توانند در حالت **یک‌طرفه** که اجازه می‌دهند که اطلاعات در یک زمان تنها در یک جهت منتقل شوند و یا حالت **دوطرفه** که ارتباطات دو جهته را اجازه می‌دهند، اجرا شوند.

- میکروکنترلرها می‌توانند از حالت دوطرفه برای ارتباط با یک وسیله بیرونی استفاده کنند.

- این ارتباطات دارای یک قالب مخصوص خود، مشتمل بر بیت‌های **شروع**، **توازن**، **داده** و **توقف** می‌باشند



## اجزاء میکروکنترلرها

### • ارتباط سریال:

- در مقایسه با سیستم‌های ارتباطی همگام، هنگامی که ارتباطات موثر در فاصله‌ای کمتر از ۱۵ متر نیاز است بکار می‌روند.
- ارتباطات ناهمگام کندتر می‌باشند اما مقاوم‌تر بوده و دارای هزینه کمتری هستند.
- برخلاف سیستم‌های ارتباطی ناهمگام، ارتباطات همگام به سیگنال‌هایی نیازمندند که بتوانند بخش‌های مختلف خود را هماهنگ و همگام کنند
- سیستم‌های ارتباطی همگام برای ایجاد این همگامی می‌توانند از پالس‌های همگام‌سازی استفاده کنند و یا اینکه همانطور که در بیشتر این گونه سیستم‌ها مشاهده می‌شود، از یک ساعت مشترک، بهره گیرند.

## اجزاء میکروکنترلرها

### • ارتباط سریال:

- استفاده از ساعت مشترک این امکان را فراهم می‌سازد که نرخ انتقال داده در مقایسه با انتقال ناهمگام بیشتر باشد.

- لذا برای نرخ‌های بالای داده از ارتباطات همگام استفاده می‌شود.

- برای مثال در بعضی از کاربردها مانند حافظه‌های جانبی، نمایش‌گرهای LCD و مانند آن به یک درگاه اضافی نیاز داریم که توان عملیاتی بالایی داشته باشد، در چنین مواردی ارتباطات همگام ترجیح داده می‌شوند.

## اجزاء میکروکنترلرها

### • ارتباط سریال:

• گرچه از سیستم‌های ارتباطی ناهمگام نیز برای همان کاربردها می‌توان استفاده کرد، ولی سیستم‌های ارتباطی همگام در کاربردهایی که بحث سرعت مطرح می‌شود بر ارتباطات ناهمگام ترجیح داده می‌شوند.

### • بنابراین با استفاده از ارتباطات همگام می‌توان:

- یک میکروکنترلر را برای دسترسی به یک حافظه‌ی بیرونی سریال برنامه‌ریزی کرد.
- می‌توان وضعیت را با استفاده از نمایشگر LCD یا نمایشگر هفت قطعه‌ای نمایش داد.
- با سرعت نسبتاً زیادی از طریق درگاه‌های اضافی با وسایل بیرونی ارتباط برقرار کرد.

## اجزاء میکروکنترلرها

### ارتباط سریال:

- برای ارتباطات همگام، طراح باید در ابتدا وسیله‌ی اصلی که دیگر وسایل را کنترل می‌کند و نیز وسایل دیگر را که تحت کنترل وسیله‌ی اصلی هستند را مشخص کند.
- در اصطلاح وسیله اصلی که کنترل را در دست دارد را راهبر و به دیگر وسایل که تحت هدایت راهبر قرار می‌گیرند پیرو گفته می‌شود.
- راهبر مشخص می‌کند که کدام وسیله سیگنال همگام‌سازی و یا سیگنال ساعت مشترک را تولید کند.
- برای دریافت و ارسال داده‌ها در سیستم‌های ارتباطی همگام از ثبات‌های انتقال استفاده می‌شود

## اجزاء میکروکنترلرها

### درگاه ها:

- یکی از دلایل مهم موفقیت میکروکنترلرها در بین پردازنده‌های موجود، داشتن مدارات واسط ورودی و خروجی یا عبارتی درگاه‌هاست.
- برای مثال در صنعت خودروسازی از میکروکنترلرها برای کاربردهایی همچون تامین امنیت بیشتر برای خودرو، بهینه‌سازی مصرف سوخت و مانند آن استفاده شده است.
- داشتن درگاه‌های ورودی و خروجی متعدد در میکروکنترلرها امکان افزایش بهره‌وری در چنین کاربردهایی را فراهم آورده است.

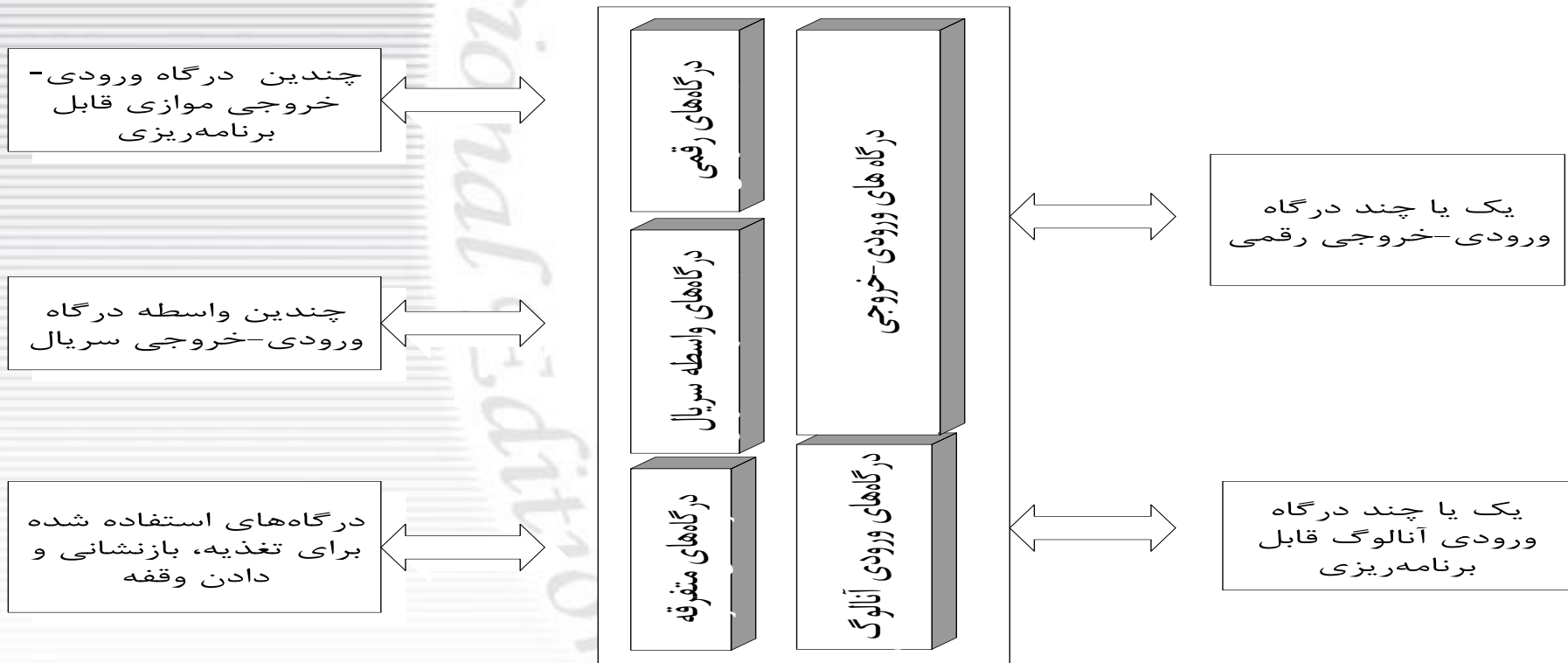
## اجزاء میکروکنترلرها

### درگاه ها:

- میکروکنترلرها برای سیستم‌های ارتباطی ناهمگام و همگام از درگاه‌های سریال استفاده می‌کنند، ولی در عین حال میکروکنترلرها دارای درگاه‌های موازی چندگانه نیز هستند.
- بیشتر درگاه‌ها علاوه بر امکان استفاده از آنها به عنوان درگاه موازی، برای اجرای وظایف خاصی چون تبدیل سیگنال‌های آنالوگ به رقمی و بالعکس و یا تولید سیگنال‌های مدولاسیون پهنای پالس PWM و مانند آن قابل برنامه‌ریزی هستند.
- بعضی دیگر از درگاه‌ها نیز عملاً برای اعمال سیگنال‌های کنترلی مانند وقفه، ریست، اعمال ورودی‌ها و خروجی‌هایی برای زمان‌سنج/شمارنده‌ها و مانند آن استفاده می‌شوند.

# اجزاء میکروکنترلر

## درگاه‌های ورودی-خروجی میکروکنترلر



## اجزاء میکروکنترلرها

### وقفه:

- وسایل جانبی می توانند با فعال کردن پایه های وقفه خارجی میکروکنترلر خدمات مورد نظر را از میکروکنترلر دریافت نمایند
- تجهیزات داخلی مانند زمان سنج ها، درگاه های سری TWI، SPI، USART، مبدل آنالوگ به رقمی و سایر تجهیزات داخلی با استفاده از وقفه های داخلی می توانند از طریق اجرای روال های وقفه خدمات مورد نظر را از میکروکنترلر دریافت نمایند.



## اجزاء میکروکنترلرها

---

- ساعت زمان واقعی

- در بسیاری مواقع تراشه‌هایی که قادر به تولید زمان واقعی هستند به میکروکنترلر متصل می‌شوند تا بدین ترتیب بعضی از اعمال میکروکنترلر برای کنترل تجهیزات بیرونی آنرا با زمان واقعی همگام کنیم.

- بعضی از میکروکنترلرها خود مجهز به ساعت زمان واقعی هستند.

## نمایشگرهای LCD و هفت قطعه‌ای

---

- برای نشان دادن اطلاعات توسط یک میکروکنترلر معمولاً از نمایشگر LCD استفاده می‌شود.
- این نمایشگرها معمولاً دارای یک میکروکنترلر داخلی می‌باشند که درون آن‌ها مقیم بوده و امور مربوط به زمان‌بندی و دیگر توابع نمایش را کنترل می‌کند.
- نمایشگر LCD از نوع نویسه‌ای فقط برای نمایش نویسه‌ها استفاده می‌شوند.

## نمایشگرهای LCD و هفت قطعه‌ای

- نوع گرافیکی نمایشگرها هم برای نوشتن نویسه‌ها و هم نمایش اشکال بکار می‌روند.
- وسیله‌ی دیگری که برای نمایش اطلاعات مورد استفاده میکروکنترلرها قرار می‌گیرد، نمایشگر هفت‌قطعه‌ای است.
- این نمایشگر، از هفت دیود نورانی (LED) ساخته شده است که مجموعاً به صورت عدد 8 لاتین در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و با روشن کردن این دیودها می‌توان اعداد ۰ تا ۹ را به همراه چند نویسه محدود دیگر نمایش داد.
- این نمایشگر مستقیماً به همراه تراشه‌ی مبدل کد بی‌سی‌دی به کد هفت قطعه‌ای به میکروکنترلر متصل می‌شود و نویسه‌ای که باید نمایش دهد را دریافت می‌کند.