ریزپردازنده‌ها و زبان اسمبلی

فصل نهم

آشنایی با مبدل آنالوگ به دیجیتال

محمدعلی شفیعیان

http://shafieian-education.ir/

مقدمه

- مبدل آنالوگ به دیجیتال یکی از پر استفاده‌ترین قطعات برای جمع‌آوری داده می‌باشد.

- دنیای خارج از میکروکنترلر ماهیت آنالوگ (پیوسته) دارد حال آن‌که کامپیوترهای دیجیتال از مقادیر باینری (گسسته) استفاده می‌کنند. دما، فشار (مایع یا گاز)، رطوبت و سرعت نمونه‌هایی از کمیت‌های فیزیکی هستند که هر روزه با آن‌ها سر و کار داریم.

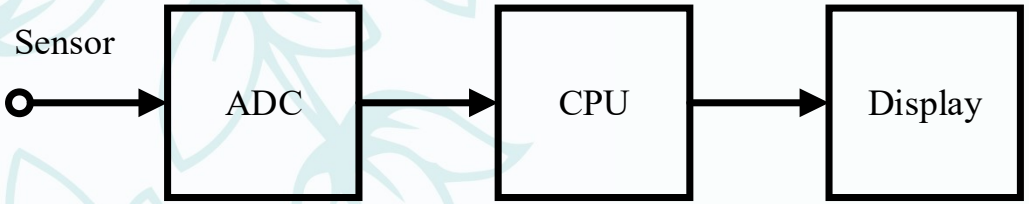
مقدمه

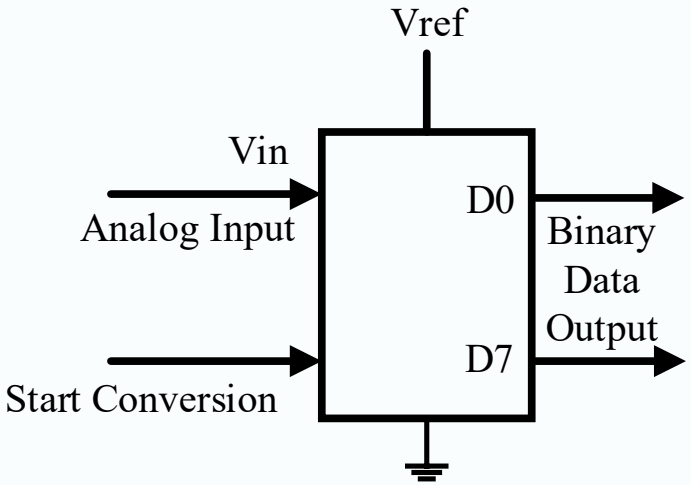
- یک کمیت فیزیکی با استفاده از قطعه‌ای به نام **مبدل** (Transducer) **به سیگنال الکتریکی (ولتاژ، جریان)** تبدیل می‌شود. به این مبدل‌ها **سنسور** نیز می‌گوییم.

- سنسورها از دما، فشار، سرعت، نور و بسیای از کمیت‌های طبیعی یک خروجی ولتاژ (یا جریان) تولید می‌کنند.

مقدمه

- مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال (ADC) و دیجیتال به آنالوگ (DAC) امکان ارتباط میکروکنترلر با سیگنال‌های آنالوگ را فراهم می‌کنند. مبدل ADC یک ولتاژ آنالوگ را گرفته و مقدار دیجیتالی برای آن فراهم می‌کند تا میکروکنترلر بتواند آن‌ها را خوانده و پردازش نماید.





مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

- در میکروکنترلر ATmega16 از نقش دوم پایه های پورت A یعنی ADC0 تا ADC7 به‌عنوان ورودی مالتی‌پلکسر ADC استفاده می شود.

- اگر از ضریب بهره استفاده کنید دقت ADC کاهش می‌یابد. اگر از بهره های 1X و یا 10X استفاده شود دقت ۸ بیتی و اگر بهره 200X انتخاب شده باشد، دقت ۷ بیتی خواهد بود.

- منظور از بهره (Gain)، تقویت سیگنال آنالوگ قبل از اعمال به ورودی ADC می‌باشد؛ در واقع این ضریب تقویت نیز داخلی است

نتیجه عملیات تبدیل ADC

- در صورتی که ADC تنظیم و بیت ADSC یک شده باشد، تبدیل آغاز می‌شود و پس از پایان تبدیل، وقفه کامل شدن عملیات ADC، در صورت فعال بودن، ایجاد می‌گردد. این نتایج که با دقت ۱۰ بیتی می باشد در دو رجیستر ADCL و ADCH قرار می‌گیرد و به طور پیش‌فرض، نتایج تبدیل از سمت راست تنظیم می شود.

- نتایج تبدیل همچنین می تواند به صورت ۱۶ بیتی در برنامه نویسی خوانده شود، برای این منظور کافی است نتایج را از ADCW بخوانیم.

نتیجه عملیات تبدیل ADC

- در صورتی که از مُد Single Ended یعنی تک پایه استفاده کرده باشیم، ولتاژ ورودی را می‌توان از رابطه زیر برای تبدیل با دقت ۱۰ بیت بدست آورد:

$$ADC = \frac{V_{IN} \times 1024}{V_{REF}}$$

که در آن:

- ADC نتایج دیجیتال تبدیل شده، به فرم ۱۶ بیتی است،
- عدد ۱۰۲۴ به دلیل دقت ۱۰ بیتی است،
- V_{REF} ولتاژ مرجع مبدل است که در صورت انتخاب مرجع داخلی ۲/۵۶ ولت می‌باشد،
- و V_{IN} ولتاژ ورودی بر حسب ولت است.

رجیسترهای مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

رجیستر ADMUX (ADC Multiplexer Selection Register)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

- **ـ بیت‌های MUX4:0 (Analog Channel and Gain Selection Bits)**

توسط این بیت‌ها می‌توان ورودی کانال ADC را انتخاب کرد. همچنین توسط این بیت‌ها می‌توان بهره (Gain) ورودی در حالت تفاضلی را تعیین نمود.

رجیسترهای مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

رجیستر ADMUX (ADC Multiplexer Selection Register)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

- ـ بیت ADLAR (ADC Left Adjust Result)
- اگر این بیت یک شود آنگاه نتیجه ADC در حالت ۱۰ بیتی از سمت چپ تنظیم می‌گردد و اگر صفر باشد نتیجه از سمت راست تنظیم خواهد شد.

رجیسترهای مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

- بیت ADLAR (ADC Left Adjust Result) ـ

- اگر این بیت یک شود آنگاه نتیجه ADC در حالت ۱۰ بیتی از سمت چپ تنظیم می‌گردد و اگر صفر باشد نتیجه از سمت راست تنظیم خواهد شد.

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
ADLAR=0	-	-	-	-	-	-	ADC9	ADC8	ADCH
	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0	ADCL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
ADLAR=1	ADC9	ADC8	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADCH
	ADC1	ADC0	-	-	-	-	-	-	ADCL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	

رجیسترهای مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

رجیستر ADMUX (ADC Multiplexer Selection Register)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

- بیت‌های REFS1:0 (Reference Selection)

REFS1	REFS0	Voltage Reference Selection
0	0	AREF, Internal Vref turned off
0	1	AVCC with external capacitor at AREF pin
1	0	Reserved
1	1	Internal 2.56V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin

رجیسترهای مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

رجیستر ADCSRA (ADC Control and Status Register A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

- بیت‌های ADPS2:0 (ADC Prescaler Select)

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Division Factor
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

رجیسترهای مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

رجیستر ADCSRA (ADC Control and Status Register A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

- **بیت ADIE (ADC Interrupt Enable)**

زمانی که این بیت به همراه بیت I در رجیستر وضعیت (SREG) یک گردند وقفه ADC پس از کامل شدن عملیات تبدیل، ایجاد می گردد.

- **بیت ADIF (ADC Interrupt Flag)**

زمانی که عملیات تبدیل ADC کامل می‌شود این بیت به نشانه کامل شدن تبدیل و بازنویسی در رجیستر ADCW یک می‌شود که در صورت فعال کردن وقفه ADC توسط بیت ADIE با یک شدن بیت ADIF روتین یا تابع وقفه اجرا می‌شود.

رجیسترهای مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

رجیستر ADCSRA (ADC Control and Status Register A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

- بیت ADATE (ADC Auto Trigger Enable)

با یک کردن این بیت، مُد تحریک خودکار مبدل آنالوگ به دیجیتال فعال می‌گردد. در این مد با لبه مثبت سیگنال تحریک‌کننده که توسط بیت‌های ADTS2:0 واقع در رجیستر SFIOR تعیین می گردد، تبدیل آغاز می شود.

رجیسترهای مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

رجیستر ADCSRA (ADC Control and Status Register A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

- بیت ADSC (ADC Start Conversion)

در حالت تبدیل منفرد (Single Conversion) این بیت در ابتدای هر تبدیل باید یک شود و تا انتهای تبدیل یک باقی می‌ماند و سپس توسط سخت‌افزار صفر می‌گردد ولی در حالت اجرای آزاد (Free Running) تنها برای اولین شروع باید این بیت یک گردد.

رجیسترهای مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

رجیستر ADCSRA (ADC Control and Status Register A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

- بیت ADEN (ADC Enable)

با یک کردن این بیت ADC فعال می‌گردد و با صفر کردن آن ADC غیر فعال می‌شود.

رجیسترهای مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)

رجیستر SFIOR (Special Function IO Register)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADTS2	ADTS1	ADTS0	-	ACME	PUD	PSR2	PSR10
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

- بیت‌های ADTS2:0 (ADC Auto Trigger Source)

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Trigger Source
0	0	0	Free Running mode
0	0	1	Analog Comparator
0	1	0	External Interrupt Request 0
0	1	1	Timer/Counter0 Compare Match
1	0	0	Timer/Counter0 Overflow
1	0	1	Timer/Counter1 Compare Match B
1	1	0	Timer/Counter 1 Overflow
1	1	1	Timer/Counter 1 Capture Event

مراحل تنظیم مبدل آنالوگ به دیجیتال

۱- پایه کانال ADC مورد نظر از پورت A را در حالت امپدانس بالا قرار می دهیم.

۲- با یک کردن بیت ACD در رجیستر ACSR مقایسه کننده آنالوگ را خاموش می‌کنیم.

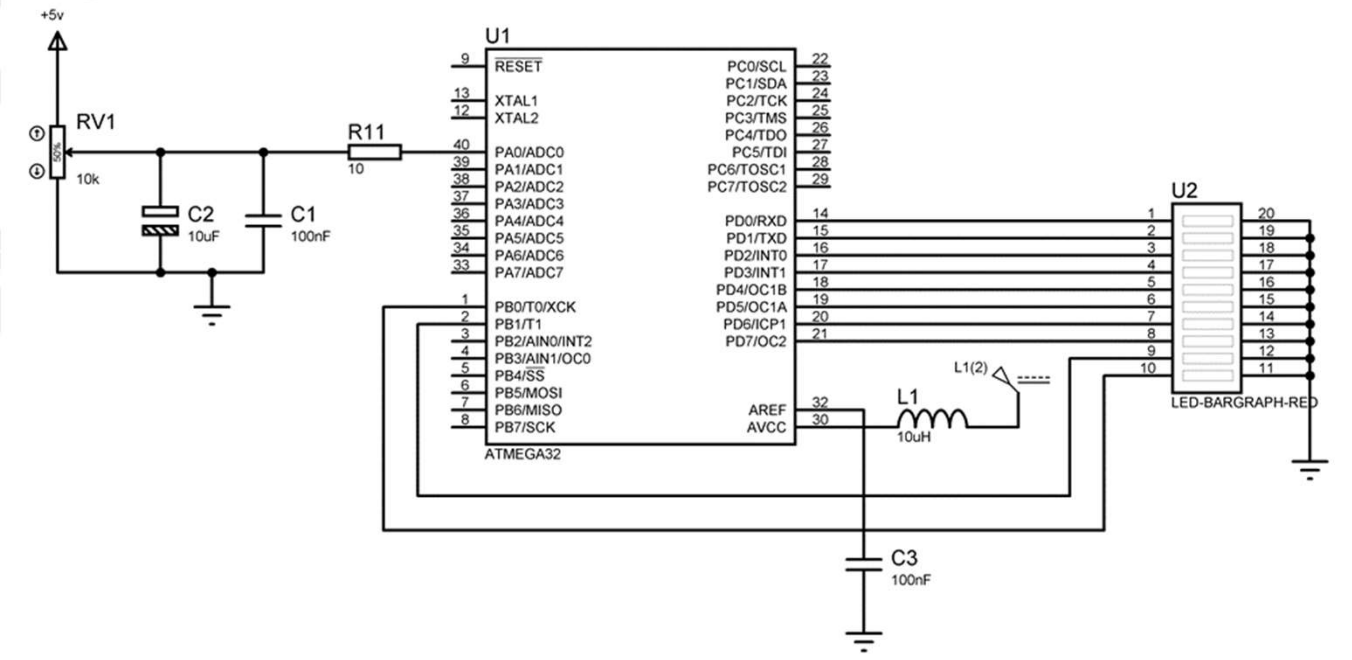
۳- با تنظیم بیت های ADTS2:0 در رجیستر SFIOR می‌توانیم منبع تحریک‌کننده ADC را انتخاب کنیم.

۴- توسط بیت‌های MUX4: 0 در رجیستر ADMUX کانال ورودی مبدل ADC را از نوع تک پایه (Single Ended) و یا از نوع دیفرانسیلی انتخاب می‌کنیم و همچنین توسط بیت های REFS1:0 در رجیستر ADMUX ولتاژ مرجع مبدل آنالوگ به دیجیتال را تعیین می کنیم.

۵- یک کردن بیت ADEN در رجیستر ADCSRA مبدل آنالوگ به دیجیتال را فعال می‌نماییم. با یک کردن بیت ADIE در رجیستر ADCSRA وقفه ADC را فعال می‌کنیم و توسط بیت های ADPS2:0 در رجیستر ADCSRA سرعت تبدیل یا سرعت نمونه‌برداری را انتخاب می کنیم. در واقع با یک تقسیم فرکانسی مجزا از کلاک سیستم استفاده می‌شود.

برنامه اول

می‌خواهیم برنامه ای بنویسیم که ولتاژ سر وسط متغیر یک پتانسیومتر ۱۰ کیلواهم که به ورودی ADC0 متصل است و می‌تواند بین ۰ تا ۵ ولت تغییر کند را اندازه‌گیری کند و سپس داده‌های دیجیتال تبدیل شده روی ۱۰، دیود نورانی (LED) که به پورت‌های D و B توسط مقاومت ۲۲۰ اهم متصل هستند نمایش دهد. همچنین از روش وقفه استفاده در این برنامه استفاده شده است.



برنامه اول

با توجه اینکه سیگنال تک ورودی است از نوع Single Ended استفاده می‌کنیم و همچنین سرعت نمونه‌برداری را متوسط و ۲۵۰kHz با کریستال ۸ MHz کار می گیریم. وقفه ADC را فعال می‌کنیم تا بعد از کامل شدن تبدیل، داده های دیجیتال را بر روی LEDها، نمایش دهیم و در برگشت از وقفه مجدداً ADC را برای شروع تبدیل جدید تحریک می‌کنیم و در هر مرحله یک تأخیر ۲۵۰ms در نظر می‌گیریم تا نتایج بهتری داشته باشیم.

```
#include <mega32.h>
#include <io.h>
#include <Delay.h>
interrupt [ADC_INT] void adc_isr(void){
    PORTD = ADCW;
    PORTB = (ADCW>>8);
    delay_ms(250);
    ADCSRA = 0xCD;
}
void main(){
    PORTA = 0x00;
    DDRA = 0x00;
    PORTD = 0x00;
    DDRD = 0xff;
    PORTB = 0x00;
    DDRB = 0xff;
    ACSR = 0x80;
    SFIOR = 0x00;
    ADMUX = 0x40;
    ADCSRA = 0x8D;
    #asm("sei")
       ADCSRA = 0xCD;
    while (1);
}
```

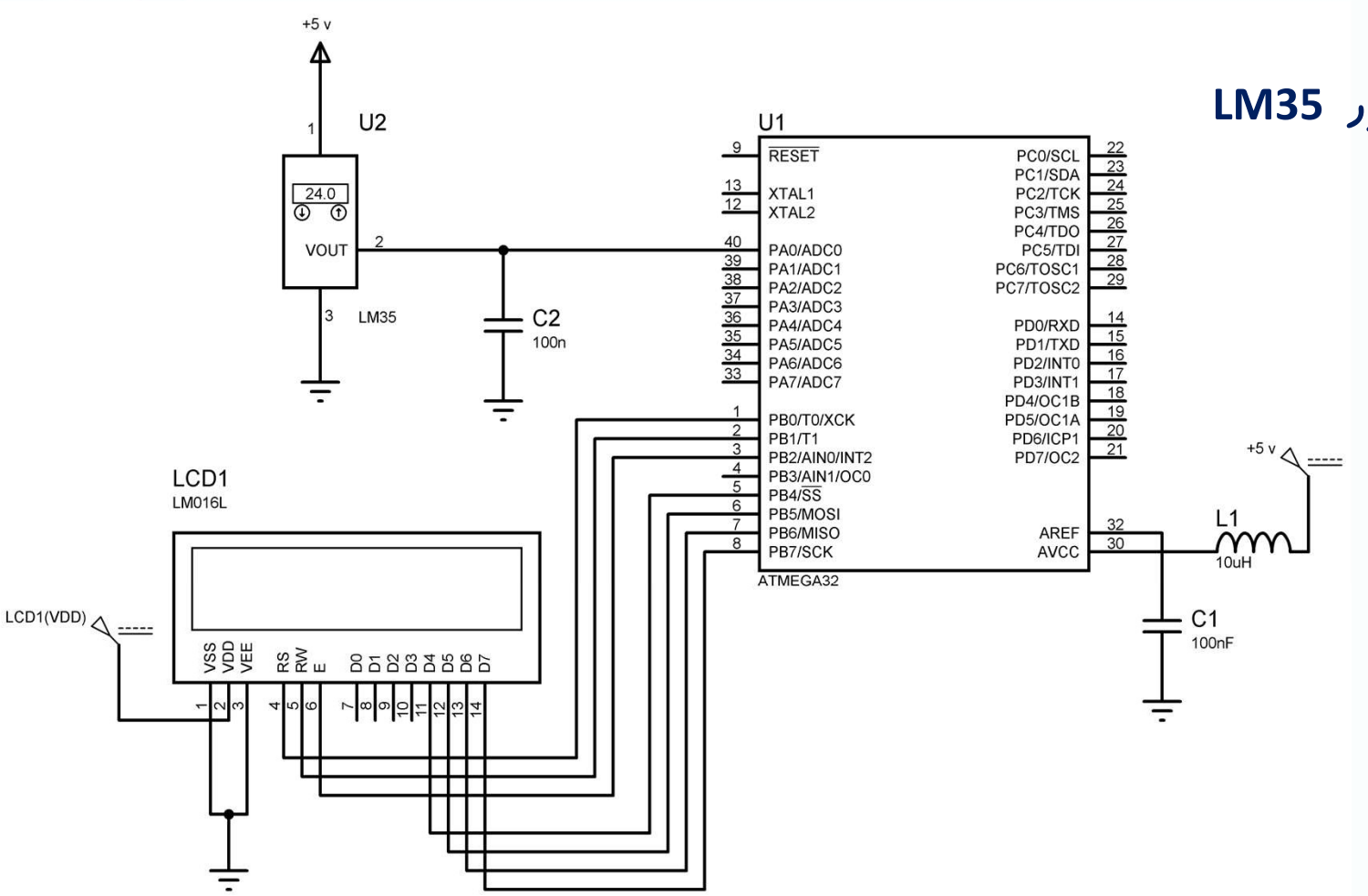
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

برنامه دوم

دماسنج با استفاده از سنسور LM35



Success
is where
Preparation and
Opportunity
meet.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد این درس می‌توانید به وب سایت آموزشی در لینک زیر مراجعه نمایید

http://shafieian-education.ir