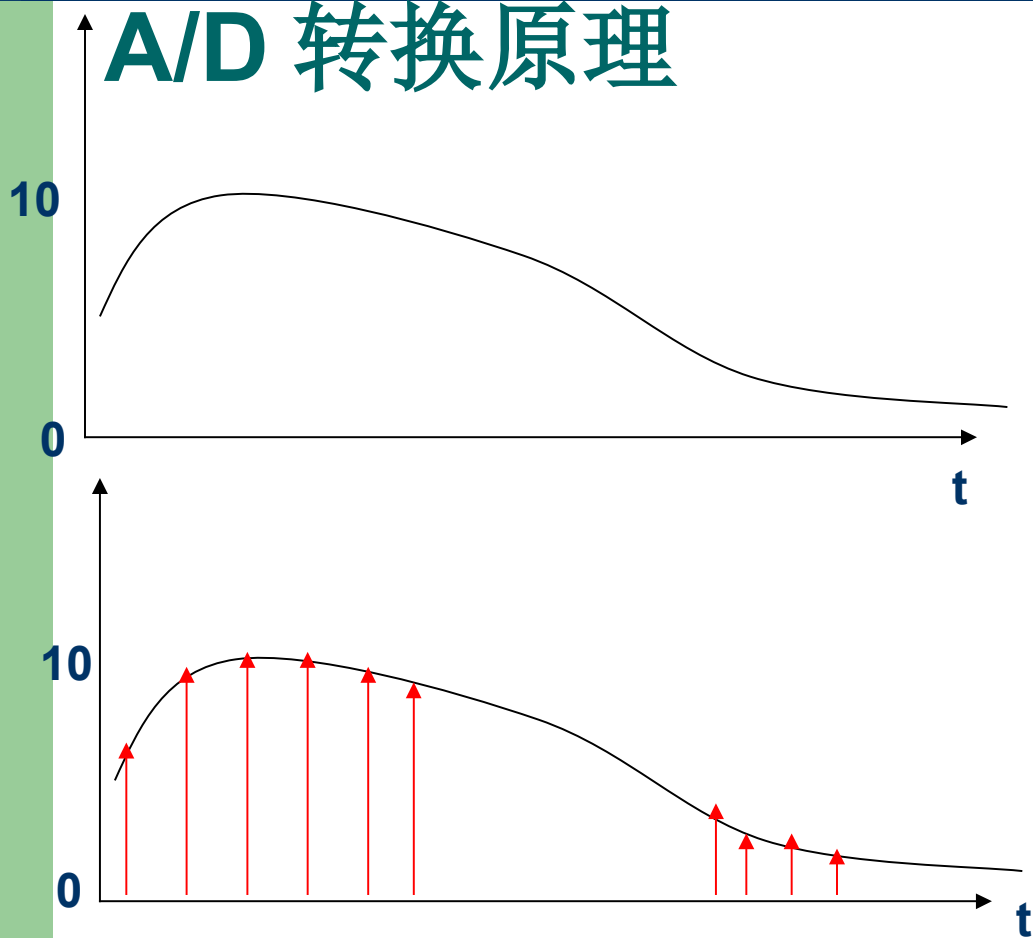


ATmega16 单片机模数转换应用



任务一 项目知识点学习

A/D 转换原理



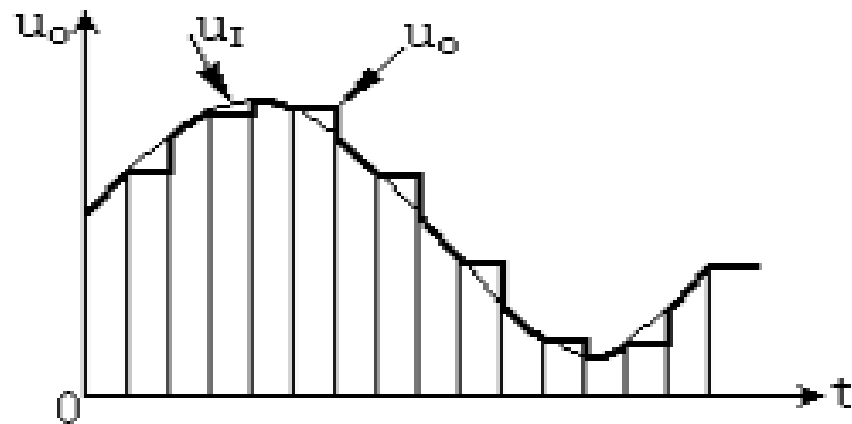
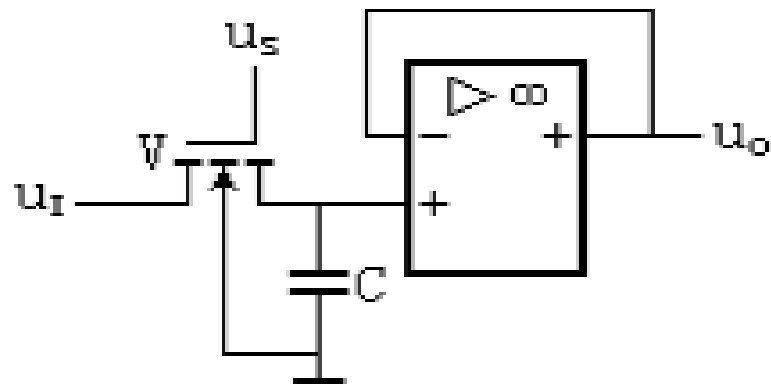
首先通过各种传感器，将非电的模拟信号变成与之对应的模拟电信号。

计算机可处理的信息均是数字量（电脉冲信号）1和0，必须把要处理的模拟电信号转换成数字化的电信号，这需要模拟(Analog)与数字

A/D 转换原理

因为输入的模拟信号在时间上是连续的，而输出的数字信号是离散量，所以进行转换时只能按一定的时间间隔对输入的模拟信号进行采样，然后再把采样值转换为输出的数字量。

通常 A/D 转换需要经过采样、保持量化、编码四个步骤。



A/D 转换原理

采样和保持：

采样，就是对连续变化的模拟信号进行定时测量，抽取其样值。采样结束后，再将此取样信号保持一段时间，使 A/D 转换器有充分的时间进行 A/D 转换。采样—保持电路就是完成该任务的。其中，采样脉冲的频率越高，采样越密，采样值就越多，其采样—保持电路的输出信号就越接近于输入信号的波形。因此，对采样频率就有一定的要求，必须满足采样定理即：

$$f_s \geq 2f_{\text{Imax}}$$

其中 f_{Imax} 是输入模拟信号频谱中的最高频率

A/D 转换原理

量化和编码

所谓量化，就是把采样电压转换为以某个最小单位电压 Δ 的整数倍的过程。分成的等级称为量化级， Δ 称为量化单位。所谓编码，就是用二进制代码来表示量化后的量化电平。

采样后得到的采样值不可能刚好是某个量化基准值，总会有一定的误差，这个误差称为量化误差。显然，量化级越细，量化误差就越小，但是，所用的二进制代码的位数就越多，电路也将越复杂。

A/D 转换原理

量化和编码

如果要把变化范围在 $0\sim 7V$ 间的模拟电压转换为 3 位二进制代码的数字信号，由于 3 位二进制代码只有 2^3 即 8 个数值，因此必须将模拟电压按变化范围分成 8 个等级。每个等级规定一个基准值，例如 $0\sim 0.5V$ 为一个等级，基准值为 $0V$ ，二进制代码为 000， $6.5\sim 7V$ 也是一个等级，基准值为 $7V$ ，二进制代码为 111，其他各等级分别为该级的中间值为基准值。凡属于某一等级范围内的模拟电压值，都取整用该级的基准值表示。例如 $3.3V$ ，它在 $2.5\sim 3.5V$ 之间，就用该级的基准值 $3V$ 来表示，代码是 011。显然，相邻两级间的差值就是 $\Delta = 1V$ ，而各级基准值是 Δ 的整数倍。模拟信号经过以上处理，就转换成以 Δ 为单位的数字量了。

A/D 转换器的主要技术指标

1、分辨率

ADC 的分辨率是指输出数字量变化一个最低有效位所对应的输入模拟电压的变化量。如 ADC 输入模拟电压范围为 0 到 10V，输出为 10 位二进制数，则分辨率为

$$\frac{\Delta U}{2^n - 1} = \frac{10}{2^{10} - 1} V = 9.77mV$$

2、转换误差

转换误差通常以相对误差形式给出，它表示实际输出的数字量和理论输出的数字量之间的误差，一般多以最低有效位的倍数给出。如，转换误差 $\frac{LSB}{2}$ ，表明实际输出的数字量和理论输出的数字量之间的误差小于最低有效位的一半。

3、转换速度

ADC 的转换速度主要取决于转换电路的类型。

模数转换的量化处理

模数转换的量化 ---- 比例问题

例如：2V 电压接入到一个满量程为 5V 的 ADC。

分析：ADC 上的数字量结果应该是 ADC 输出的最大数字量的 40%，输出的数字范围以位来表示

比例转换的公式：
$$\frac{V_{in}}{V_{fullscale}} = \frac{X}{2^n - 1}$$

模数转换的分辨率

测量的精确度：能测量到的最小增量

$$V_{\text{resolution}} = \frac{V_{\text{fullscale}}}{2^n - 1}$$

例如：对一个 8 位，输入量程为 5V 的转换器来说，它的精度计算如下：

$$V_{\text{resolution}} = 5V / (2^8 - 1) = 5V / 255 = 20\text{mV}$$

模数转换的分辨率

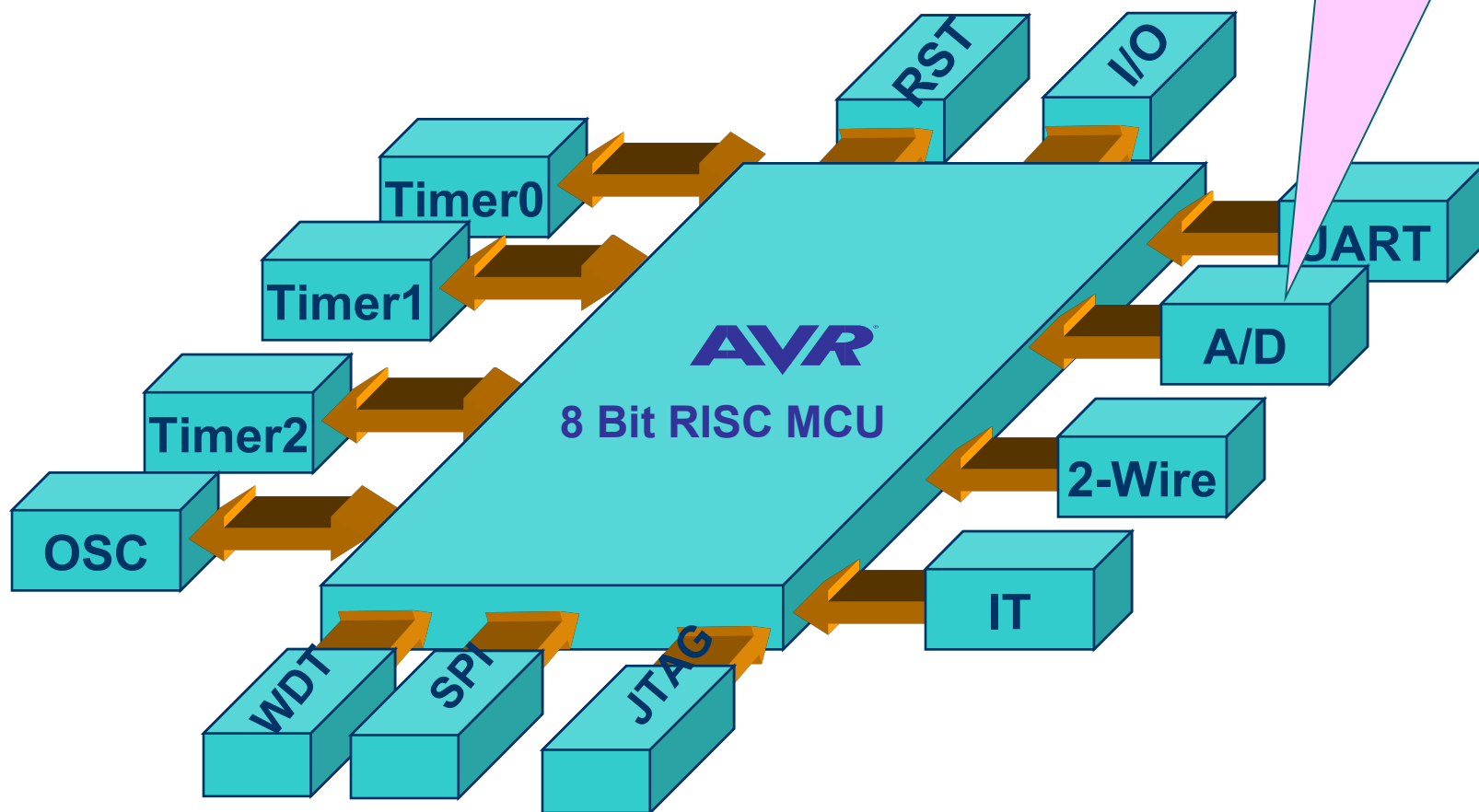
ADC 的分辨率为 10 位，测量温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 140^{\circ}\text{C}$ ，对应的电压范围是 $0.84\text{V}\sim 4.5\text{V}$ ，其测量的精确度能否满足 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的偏差？

$$\frac{4.5\text{V}-0.84\text{V}}{5\text{V}} \times 1023 = 749.56$$

$$\frac{140^{\circ}\text{C} - (-40^{\circ}\text{C})}{749.56} = 0.240^{\circ}\text{C}$$

AVR 片上 A/D 模块

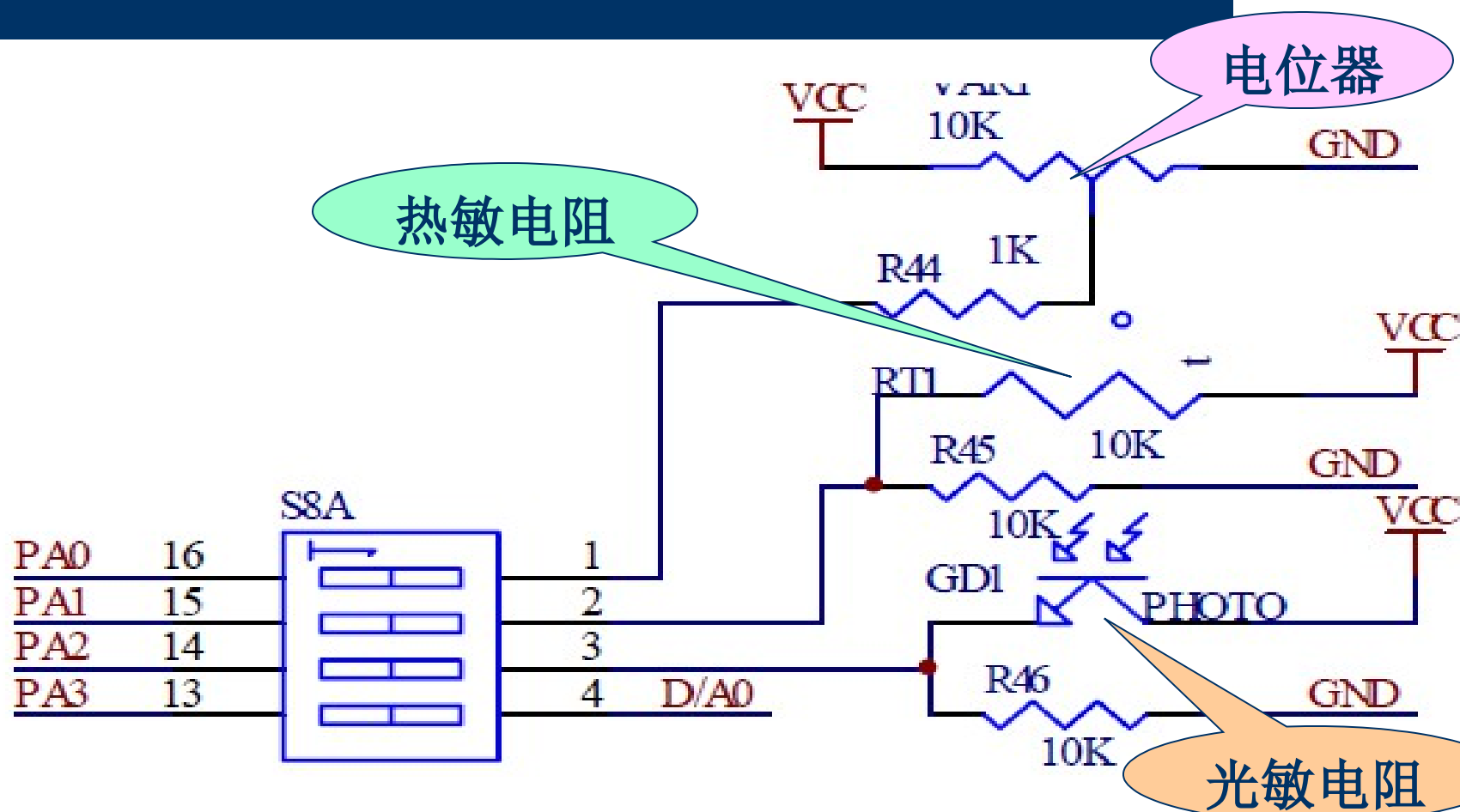
8 路 10 位 A/D :
转换速率可达 20K
多种启动 A/D 转换方式



ATmega16L A/D 转换器特点

- **10** 位精度
- **65 - 260 μ s** 的转换时间
- 最高分辨率时采样率高达 **15 kSPS**
- **8** 路复用的单端输入通道
- **7** 路差分输入通道
- **2** 路可选增益为 **10x** 与 **200x** 的差分输入通道
- 可选的左对齐 **ADC** 读数
- **0 - VCC** 的 **ADC** 输入电压范围
- 可选的 **2.56V ADC** 参考电压
- 连续转换或单次转换模式
- 通过自动触发中断源启动 **ADC** 转换
- **ADC** 转换结束中断

A/D 接口电路



与 A/D 有关的寄存器设置

- **ADC 多路复用选择寄存器——ADMUX**

7	6	5	4	3	2	1	0
REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
0	0	0	0	0	0	0	0

Bits 4:0 – MUX4:0: 模拟通道与增益选择位

Bit 5 – ADLAR: ADC 转换结果（存放于 **ADC 数据寄存器**）左对齐

Bit 7:6 – REFS1:0: 参考电压选择

与 A/D 有关的寄存器设置

ADC 模拟

输入通道选择

MUX4..0	单端输入	正差分输入	负差分输入	增益
00000	ADC0	N/A		
00001	ADC1			
00010	ADC2			
00011	ADC3			
00100	ADC4			
00101	ADC5			
00110	ADC6			
00111	ADC7			
01000		ADC0	ADC0	10x
01001		ADC1	ADC0	
		ADC2	ADC0	

内部 1.22V 参考源

11011		ADC3	ADC0	1x
11100		ADC4	ADC2	1x
11101		ADC5	ADC2	1x
11110	1.22 V (V_{BO})	N/A		
11111	0 V (GND)			

与 A/D 有关的寄存器设置

—— ADC 参

考电压选择

REFS1	REFS0	参考电压选择
0	0	AREF，内部 Vref 关闭
0	1	AVCC，AREF 引脚外加滤波电容
1	0	保留
1	1	2.56V 的片内基准电压源，AREF 引脚外加滤波电容

- ADC 的参考电压源 (VREF) 反映了 ADC 的转换范围。若单端通道电平超过了 VREF，其结果将接近 0x3FF。VREF 可以是 AVCC、内部 2.56V 基准或外接于 AREF 引脚的电压。
- AREF 都直接与 ADC 相连，通过在 AREF 与地之间外加电容可以提高参考电压的抗噪性。

与 ADC 控制

ADC 开始转换，在单次转换模式下，**ADSC** 置位将启动一次 **ADC** 转换。在连续转换模式下，置位将启动首次转换。

ADC 中断标志 在 **ADC** 转换结束，且数据寄存器被更新后，**ADIF** 置位。

ADC 时钟的预分频选择位

• **ADC 控制及状态寄存器 — ADCSRA**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
读 / 写	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
初始值	0	0		0	0	0	0	0	

用于 **ADC** 工作方式选择控制。

ADC 使能，**ADEN** 置位即启动 **ADC**，否则 **ADC** 功能关闭。

ADC 自动触发使能，**ADATE** 置位将启动 **ADC** 自动触发功能。触发信号的上跳沿启动 **ADC** 转换。触发信号源通过 **SFIOR** 寄存器的 **ADTS** 位选择。

ADC 中断使能 若 **ADIE** 及 **SREG** 的位 1 置位，**ADC** 转换结束中断即被激活。

与 A/D 有关的寄存器设置

- ADC 时钟的预分频选择

ADPS2	ADPS1	ADPS0	分频因子
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

与 A/D 有关的寄存器设置

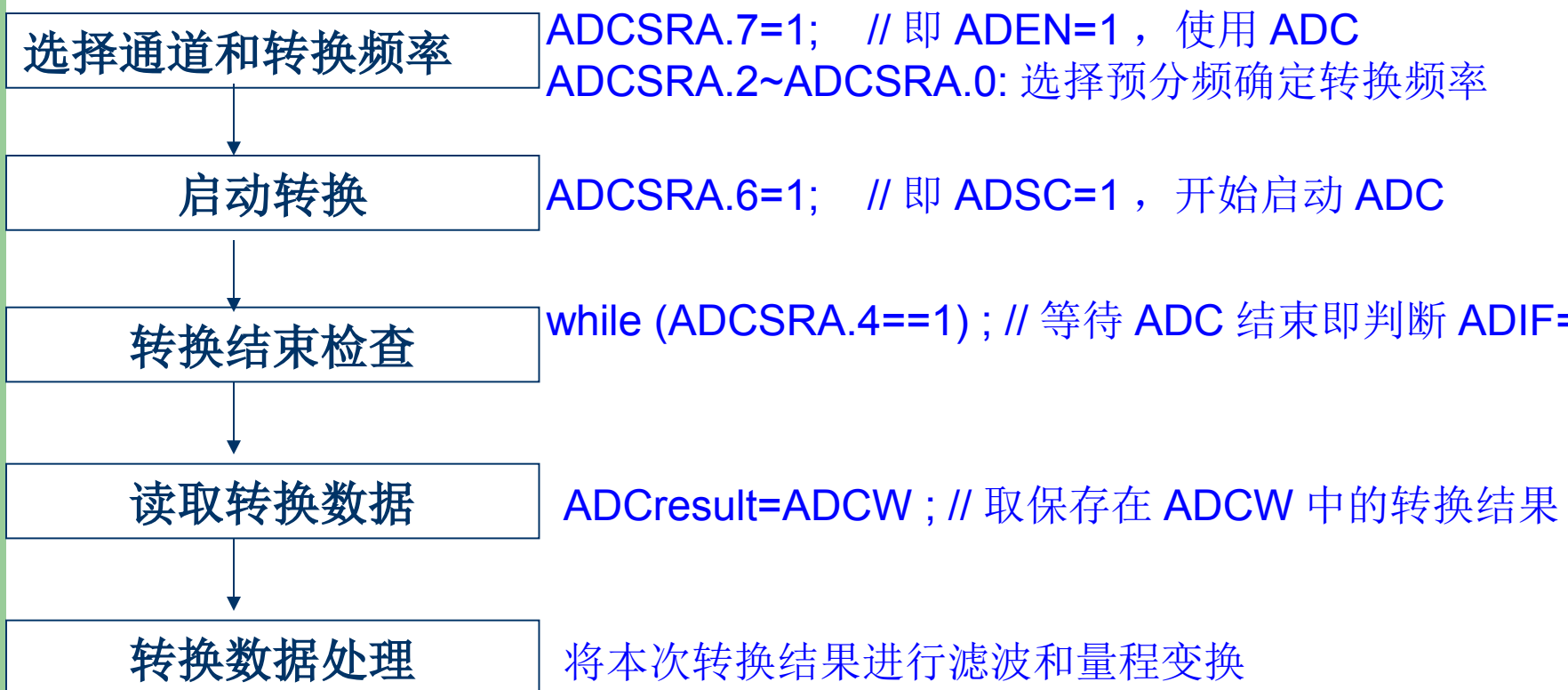
• 特殊功能寄存器——SFIOR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADTS2	ADTS1	ADTS0	—	ACME	PUD	PSR2	PSR10	SFIOR
读 / 写	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
初始值	0	0	0	0	0	0	0	0	

用于选择 ADC
的触发源。

ADTS2	ADTS1	ADTS0	触发源
0	0	0	连续转换模式
0	0	1	模拟比较器
0	1	0	外部中断请求 0
0	1	1	定时器 / 计数器 0 比较匹配
1	0	0	定时器 / 计数器 0 溢出
1	0	1	定时器 / 计数器比较匹配 B
1	1	0	定时器 / 计数器 1 溢出
1	1	1	定时器 / 计数器 1 捕捉事件

A/D 转换过程及处理

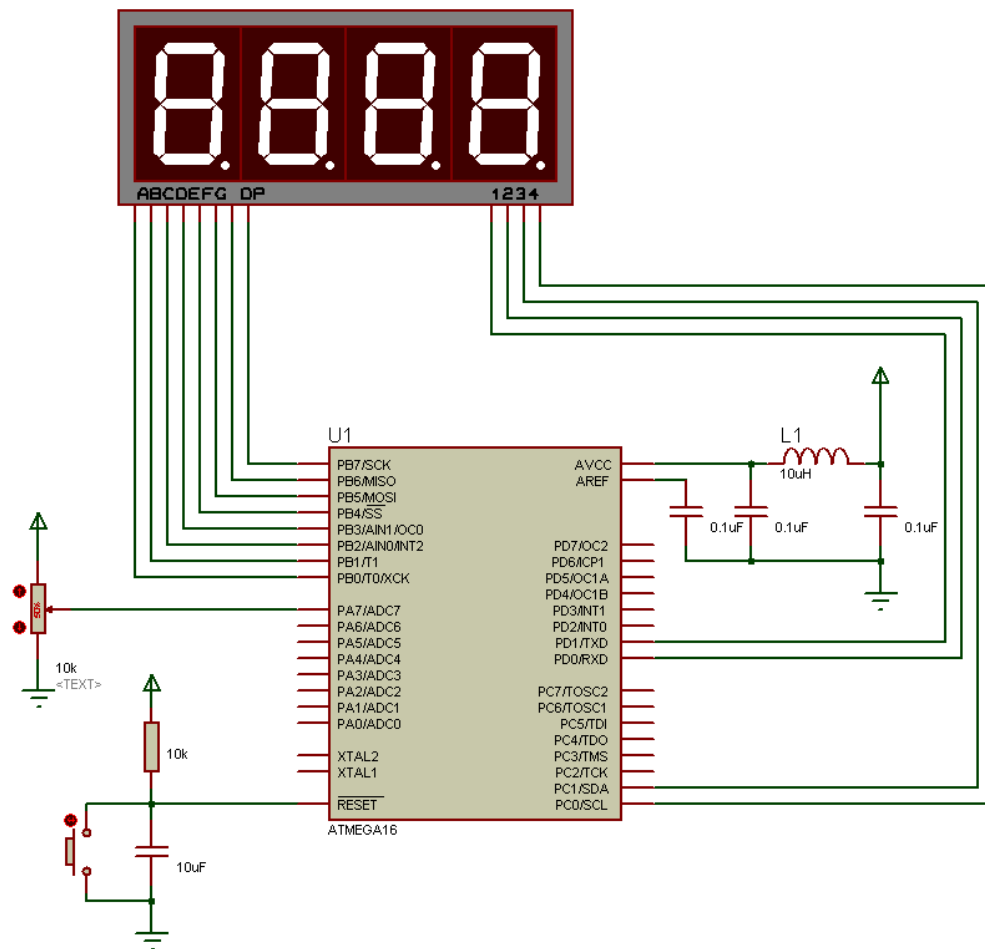


任务 2 简易多路数字电压表制作

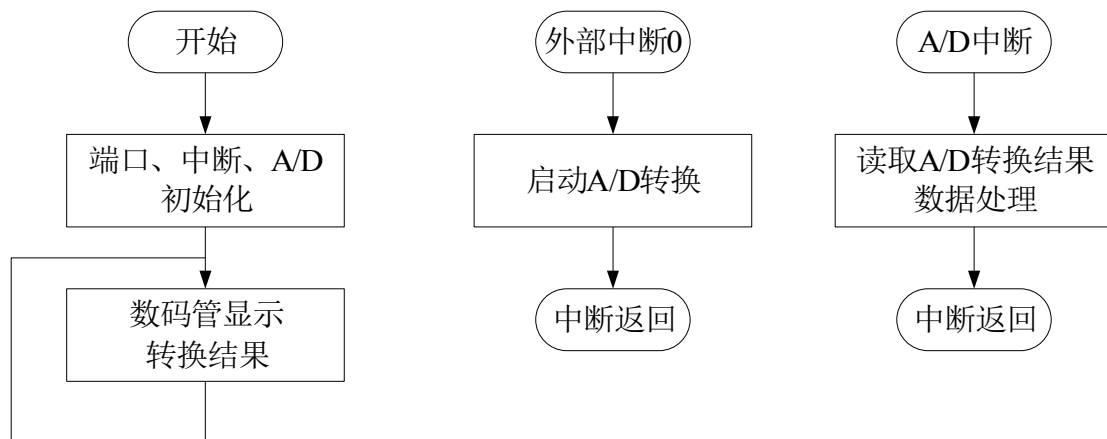
一、任务要求：

- 利用 ATmega16 单片机内部的 A/D 转换器，实现一个简易的多路数字电压表。通过 ADC 来测量一个 0~5V 之间变化的电压，将测得的电压值通过 4 位数码管显示出来。

二、硬件电路



三、程序设计

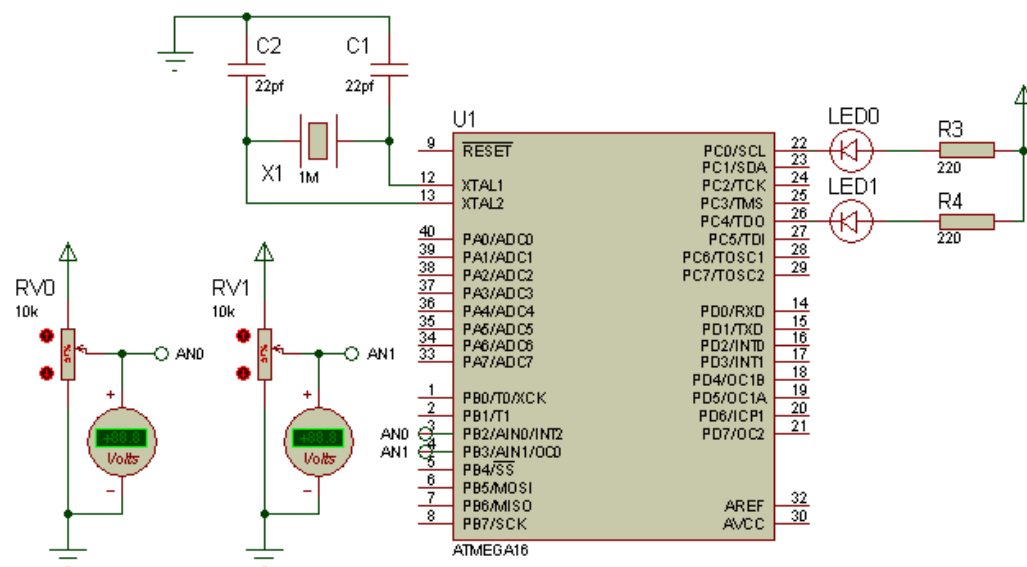


任务 3 低压报警器制作

一、任务要求：

- 利用 ATmega16 单片机内部的模拟比较器，实现两路电压的监测，将模拟比较器的正极 AN0 和负极 AN1 所输入的模拟电压进行比较，如果 AN0 上的电压高于 AN1 上的电压时，LED0 点亮，否则 LED1 点亮。

二、硬件电路



三、程序设计

