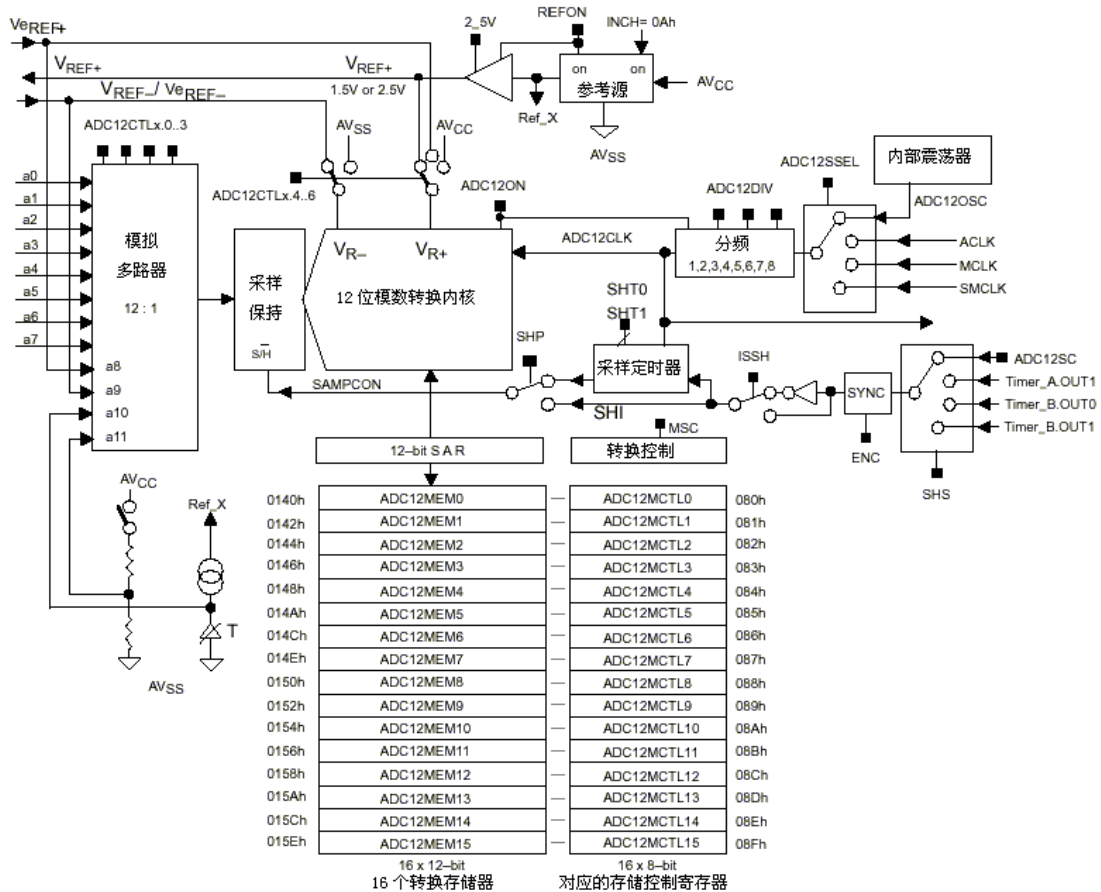


# ADC12 原理与应用

南京航空航天大学 魏小龙

MSP430 的 ADC 有 4 种类型：ADC10、ADC12、ADC14、SLOPE（斜边 ADC 转换）等。最常见的在 MSP430F13、14、15、16、43、44 等系列种的 ADC12，本讲将详细讲述 ADC12，同时示例具体应用。

ADC12 的结构图如下所示：



由上图可看出，ADC12 由以下 5 大功能模块构成：

- 一个带有采样与保持功能的 12 位转换器的 ADC12 内核；
- 内部参考电压发生器，同时有两种参考电压值可供选择；
- 可以选择的采样与转换过程中所需要的时钟信号源；
- 采样以及转换所需的时序控制电路；
- 转换结果有专门的桶型缓存。

ADC12 的主要特性归纳为如下：

- 采样速度快，最高可达 200ksps；
- 12 位转换精度，1 位非线性微分误差，一位非线性积分误差；
- 内置采样与保持电路，省去外部扩展的麻烦；
- 模块本身内置转换所需要时钟发生器，同时还有更多种时钟源可提供给 ADC12 模块；
- 内置温度传感器；

配置有 8 路外部通道与 4 路内部通道；  
 内置参考电源，而且有参考电压有 6 种可编程的组合；  
 模数转换有 4 中模式，可灵活地运用以节省软件量以及时间；  
 ADC12 内核可关断以节省系统能耗。

ADC12 的所有功能都可通过用户软件独立配置。

通过 ADC12 的功能寄存器来使用 ADC12 相当灵活与方便。该模块的寄存器很多：  
 ADC12CTL0、ADC12CTL1、ADC12IFG、ADC12IE、ADC12IV、  
 ADC12MCTL0~ADC12MCTL15、ADC12MEM0~ADC12MEM15。部分如下：

ADC12CTL0:

15~12	11~8	7	6	5	4	3	2	1	0
SHT1	SHT0	MSC	2.5V	REF ON	ADC12 ON	ADC12 OVIE	ADC12 TVIE	ENC	ADC12 SC

ADC12CTL1:

15~12	11~10	9	8	7~5	4, 3	2, 1	0
CSSStartAdd	SHS	SHP	ISSH	ADC12 DIV	ADC12 SSEL	CONSEQ	ADC12 BUSY

ADC12MCTLi:

7	6, 5, 4	3, 2, 1, 0
EOS	Sref 参考电压源	INCH 输入通道

上述表格中阴影部分在使用时要特别注意：只有在 ENC 位为“0”时方可修改。

首先说明参考电压，要将模拟量转换为数字量，必须有参考电压，参考电压有内部与外部两种。如果有使用内部参考电压，则在使用时，确保在 ENC="0"的前提下，REFON=1，ADC12ON=1。这时只是给 ADC 电路供电，给参考电源部分供电，而转换时究竟是以什么为参考还没有指明，所以下面指明具体的参考电源。内部参考电源有 1.5V、2.5V 两种，当 ADC12CTL0 的第 6 位为“0”时是 1.5V 参考电压，否则为 2.5V。

当然也可以使用外部参考电源，在使用外部参考电源时，必须将正确的标准电压源连接在参考电源引脚端。

在 ADC12MCTLi 寄存器中的第 4、5、6 位将指明参考电源非常细节的情况，下面为第 4、5、6 位所表示的数据对应的参考电源情况：

一共有 6 种情况可供选择，分别为  $V_{R+}$  与  $V_{R-}$  的组合。

- 0:  $V_{R+} = AV_{CC}$        $V_{R-} = AV_{SS}$
- 1:  $V_{R+} = V_{REF+}$        $V_{R-} = AV_{SS}$
- 2,3:  $V_{R+} = V_{eREF+}$        $V_{R-} = AV_{SS}$
- 4:  $V_{R+} = AV_{CC}$        $V_{R-} = V_{REF-} / V_{eREF-}$
- 5:  $V_{R+} = V_{REF+}$        $V_{R-} = V_{REF-} / V_{eREF-}$
- 6,7:  $V_{R+} = V_{eREF+}$        $V_{R-} = V_{REF-} / V_{eREF-}$

在确定了转换所需要的参考电压源后，好需要确定采样、保持时间、以及转换的速度与采样速率。

ADC12CTL0 的第 8~15 位将确定采样、保持时间。

ADC12CTL1 的第 3、4 位 ADC12SSEL 选择 ADC12 内核时钟源

- 0: ADC12 内部时钟源为 ADC12OSC（来自 AADC12 内部振荡器）；
- 1: ACLK；
- 2: MCLK；
- 3: SMCLK。

ADC12CTL1 的第 5、6、7 位 ADC12DIV 选择 ADC12 时钟源分频因子，共 3 位，分频因子为该 3 位二进制数加 1。

有了以上这些，是否可以 ADC 转换呢，还必须有采样保持与转换的启动。ADC12 模块提供多种启动条件。ADC12CTL1 的第 10、11 位 SHS 控制位将决定由什么信号启动采样转换：

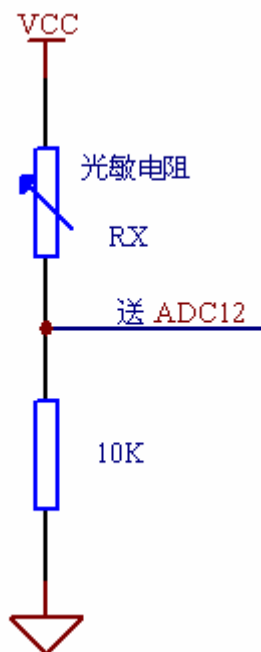
- 0: ADC12SC;
- 1: Timer\_A.OUT1;
- 2: Timer\_B.OUT0;
- 3: Timer\_B.OUT1。

ADC12 模块提供多模拟量输入，确定了以上所讲述的控制位之后，就剩下选取哪个模拟通道的模拟量送 ADC12 模块进行模数转换了。ADC12MCTLi 的最低 4 位所表示的数值将为送达 ADC12 的模拟通道。

在进行模数转换的过程中，ADC12CTL1 的位 0 ——ADC12BUSY 位将为 1，读取转换的结果必须在 ADC12BUSY 位为 0 之后，因为 ADC12BUSY 位为 1 表示正在转换，为 0 表示转换完成。只有在转换完成之后才能读取正确结果。

ADC12 还有 4 种转换模式：单通道单次，单通道多次，多通道单次，多通道多次。这里不详细讲述，下面的例子应用的是单通道单次转换模式。

下面以路灯控制器的设计为例说明 ADC12 的使用方法。路灯在一定的亮度值以上将熄灭，而在亮度低于某个数值时亮起来。下面是简图。当亮度较大、光线较强时，光敏电阻的电阻值比较小，这时它与下面 10K 分压，则送达 ADC12 的电压比较高；而当亮度较小、光线较弱时，光敏电阻的电阻值比较大，这时它与下面 10K 分压，则送达 ADC12 的电压比较低。通过 ADC12 模块转换出具体的表示光强度的数值（光线越强，转换后的数值越大，但不成正比），再设定一个开启路灯的阈值数据，则可以通过实际测量的光强度数据与阈值数据比较得到是否开启路灯的目的。



下面是具体示例程序：（使用单通道单次定时转换）。

```
#include "msp430x44x.h" //使用 MSP430F447
void main(void)
```

```

{
WDTCTL = WDTPW+WDTHOLD; // 停止看门狗
P6SEL |= 0x01; //定义 P6.0 为模拟输入通道 0
ADC12CTL0 = ADC12ON+SHT0_2; // 打开 ADC12 电源，并设置采样时间
ADC12CTL1 = SHP;
ADC12CTL0 |= ENC; //使能转换
while (1)
{
delay(60000) //延时 1 秒（大致，相当于定时器的作用）
ADC12CTL0 |= ADC12SC; // 开始启动转换
while ((ADC12IFG & ADC12BUSY)==0); //等待转换的完成
if(ADC12MEM0<1234) //读取转换结果并比较以得到结论
P1OUT |= BIT0; //当亮度低于阈值时打开路灯
else P1OUT ^= BIT0; //当亮度高于或等于阈值时关闭路灯
}
}

```