

AVR 内部基准电压应用

— JackyHuang

关键字：AVR，基准电压源，AD 校准，欠压保护

AVR 是 ATMEL 公司的 8 位 MCU。AVR 丰富的功能，卓越的性能以及高性价比使其迅速成为 8 位 MCU 的领导者。越来越多的公司，工程师将 AVR 应用到他们的产品中。

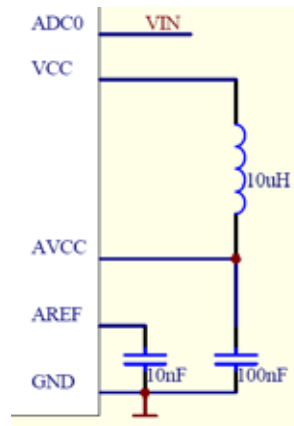
AVR 片内基本上都带有基准电压源，在这里将介绍如何更好的利用片内基准电压源。本文以通用的 Atmega48 为例。

Atmega48 片内的基准电压为 1.1V，参考电压由能隙基准源 (V_{BG}) 通过内部放大器产生。由于芯片的离散性，实际基准电压都有偏差，Atmega48 的基准电压范围是 1.0-1.2V，每颗芯片在出厂后基本上是个固定值。在 VCC 工作在 2.7V 时，基准电压的上升时间为 40us-70us，功耗大约为 10uA，当 MCU 的 BOD，模拟比较器或模数转换模块打开时，V_{BG} 即开始工作。

无论是哪种情况，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。V_{REF} 可通过高输入内阻的伏特表在 AREF 引脚测得。由于 V_{REF} 的阻抗很高，因此只能连接容性负载。

1、利用片内基准电压进行 AD 时，AD 值校准

在很多需要模数转换的场合，为了提高 AD 的分辨率，往往都选择较小的电压作为基准源，特别是采样一些电压值较小的模拟信号，此时 Atmega48 内部的基准电压 (1.1V) 无疑是最好的选择。而每一颗芯片的基准电压都处于 1.0-1.2V 间，存在一定的偏差。因此，基准电压的偏差自然就会被带入 AD 值中。



模数转换电源电路

基准电压偏差是固定的，所以用算术的方法可以将 AD 值校准为真实值，消除偏差。假设我们选用 10 位 AD，输入电压为 V_{IN}，参考电压为 V_{REF}，则 AD 值为：

$$ADC_{IN} = V_{IN}/V_{REF} * 1024$$

$$V_{IN} = ADC_{IN}/1024 * V_{REF}$$

当 V_{REF} 选择的是内部基准电压时，我们会认为输入电压值为：

$$V_{IN} = ADC_{IN}/1024 * 1.1$$

实际上，1.1V 是有偏差的，所以计算出的 V_{IN} 也带有一定的偏差，要得到准确的 V_{IN} 就必须知道内部 V_{REF} 偏差是多少。在实验室可以用万用表测量 MCU 的 A_{REF} 引脚，得到 MCU 内部基准电压的准确值，但这仅适合实验室，工程化就不现实了。

用算术和软件的方法也可以做到很准确的校准。校准的条件是 MCU 的工作电压 (V_{CC}) 是稳定的，可预知的。校准的方法是：MCU 上电的起始先校准内部基准电压值 V_{REF} ，用 A_{VCC} 作为参考电压采集 V_{BG} 电压， A_{VCC} 基本等于 V_{CC} 。AD 转换结果为：

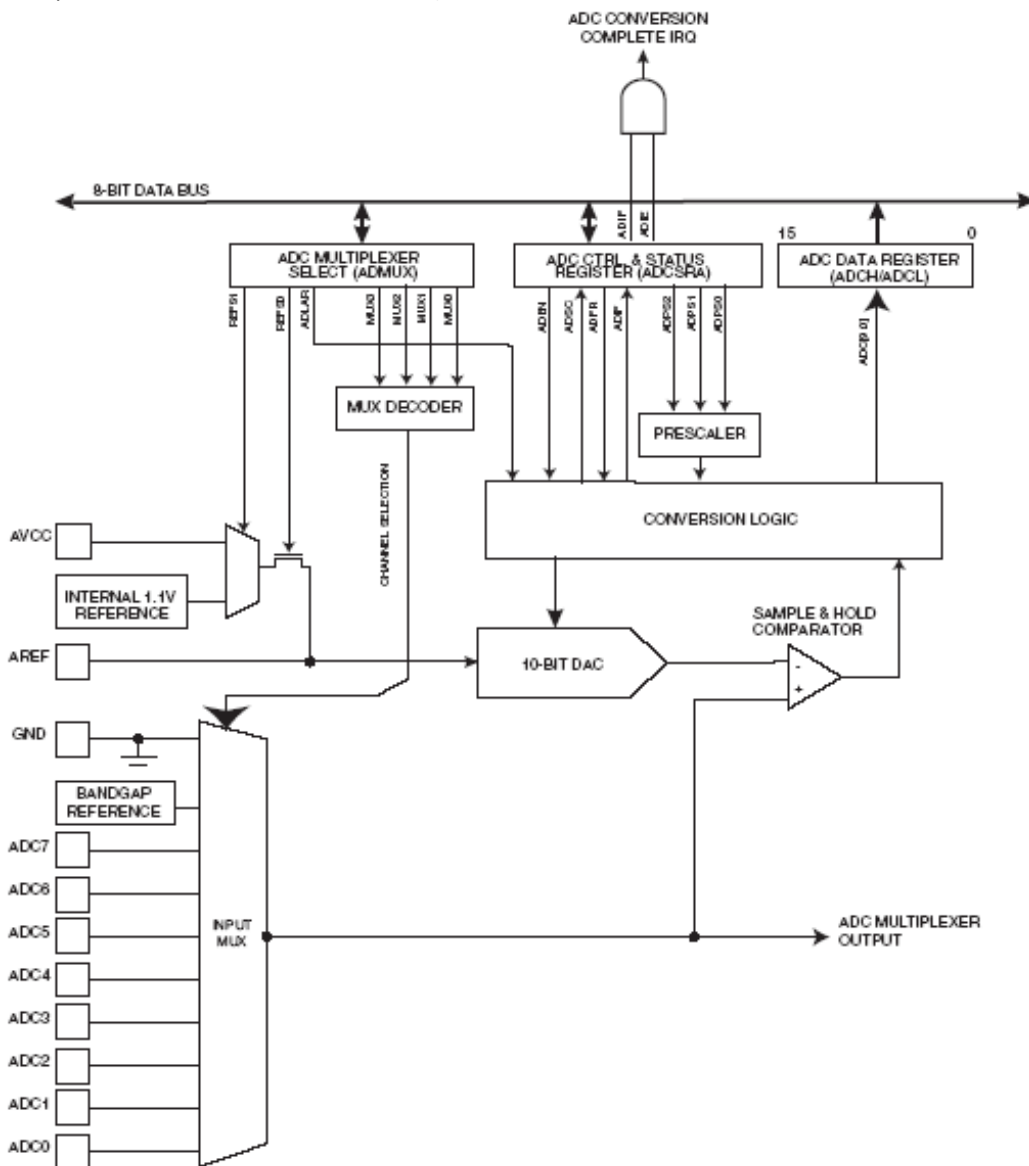
$$ADC_{V_{BG}} = V_{BG}/V_{CC} * 1024$$

$$V_{BG} = ADC_{V_{BG}}/1024 * V_{CC}$$

因为 $V_{BG}=V_{REF}$ ，把 V_{BG} 带入 $V_{IN} = ADC_{IN}/1024 * V_{REF}$ ，得到：

$$V_{IN} = ADC_{IN}/1024 * ADC_{V_{BG}}/1024 * V_{CC}$$

在这个关系式里， ADC_{IN} 与 V_{IN} 相关； $ADC_{V_{BG}}$ 是一个常量，与 V_{BG} ， V_{CC} 相关； V_{CC} 是个可预知的常量，所以可以计算出准确的 V_{IN} 值。



MCU 内部模数转换结构

在软件处理时，为了减少或避免浮点数运算，常常直接利用 AD 转化值进行运算或判断，这个时候就要明确知道 AD 值对应的基准电压值。利用上述方法将 AD 值校准到虚拟准确的 1.1V 内部电压基准源也是可以的。

实际转化的 AD 值为：

$$ADC_{IN} = V_{IN}/V_{REF} * 1024$$

相对于 1.1V 电压基准，AD 值为：

$$ADC'_{IN} = V_{IN}/1.1 * 1024$$

将上面两个关系式相除得到：

$$\begin{aligned} ADC'_{IN} / ADC_{IN} &= V_{REF}/1.1 \\ ADC'_{IN} &= ADC_{IN} * V_{REF}/1.1 \end{aligned}$$

片内基准电压相对于 VCC 的 AD 值为：

$$ADC_{VBG} = V_{BG}/V_{CC} * 1024$$

1.1V 电压相对于 VCC 的 AD 值为：

$$ADC_{1.1} = 1.1/V_{CC} * 1024$$

将上面两个关系式相除得到：

$$V_{BG}/1.1 = ADC_{VBG} / ADC_{1.1}$$

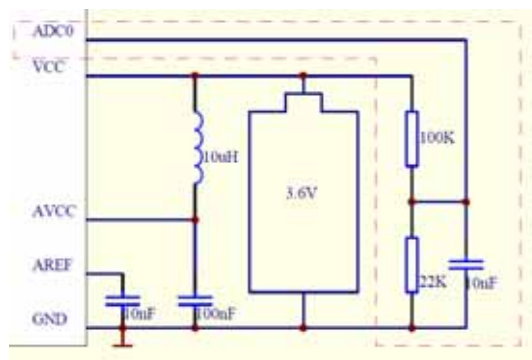
将上式带入 $ADC'_{IN} = ADC_{IN} * V_{REF}/1.1$ ，得到：

$$ADC'_{IN} = ADC_{IN} * ADC_{VBG} / ADC_{1.1}$$

$ADC_{1.1}$ ， ADC_{VBG} 都是相对于 VCC 的一个常量。因此，经过这样的运算， ADC'_{IN} 是 V_{IN} 相对于虚拟准确的 1.1V 内部电压基准源的 AD 值。基本消除了片内 1.1V 的偏差。

2、利用 VBG 做欠压保护功能

在很多应用场合，常利用电池供电，此时基本都需要用 MCU 来做欠压报警或保护等。但系统设计时候常遇到 IO 不够用，欠压点不准确等问题。在这里利用 VBG 可以非常简单的实现欠压保护功能。



电池自检电路

在系统分析时，我们知道 VCC 是一个变量，而 MCU 内部的 VBG 电压却是固定的。常用的方法是，将 VCC 用电阻分压，选用内部基准源来进行采样，然后对 AD 值进行判断。如果我们反过来想，用 VCC 作为基准，采集 VBG 电压。关系式是：



ATMEL ASIA Limited SHENZHEN OFFICE

TEL: (0755) 82874440 FAX: (0755) 82874445

$$ADC_{VBG} = VBG/VCC * 1024$$

$$VCC = 1024 / ADC_{VBG} * VBG$$

由此可以计算出 VCC 的电压值，但有个问题是 VBG 是有偏差的。所以，我们首先要用上文的方法对 VBG 做校准。

实现的步骤如下：

- 、让 MCU 的工作电压调到欠压值，比如 3V，对片内基准电压 VBG 进行采样。将欠压值 ADC_{VBG} 保存到 EEPROM 里。

$$ADC_{VBG} = VBG/3 * 1024$$

- 、在应用程序中，间隔几秒或几分钟采样一次 VBG 电压，此时的 AD 值是：

$$ADC^{\prime}_{VBG} = VBG/VCC * 1024$$

将 A，B 两步的 AD 值做除法得到：

$$ADC_{VBG} / ADC^{\prime}_{VBG} = VCC/3$$

$$VCC = ADC_{VBG} / ADC^{\prime}_{VBG} * 3 \text{ (V)}$$

如果直接比较 ADC_{VBG} ， ADC^{\prime}_{VBG} ，当 $ADC^{\prime}_{VBG} > ADC_{VBG}$ 时，VCC 小于 3V，即系统欠压。

这样的欠压检测方法最大的特点是电路简单，降低系统成本和功耗。还可以利用这种方法检测到系统是否处于掉电状态，将 SRAM 里的一些重要的数据写到 EEPROM 中。

在 AVR 的硬件资源中挖掘，总会有新的收获，因为它的资源非常丰富。