

# 基于 AT89C2051 的低成本 A / D 转换方法

· 浙江工商大学信息与电子工程学院 周少铨 朱金刚 ·

**摘要:**介绍一种基于 AT89C2051 的低成本 A / D 转换方法。采用通用、廉价的器件,利用线性锯齿波和单片机内部的定时器来获得 A / D 转换的结果,与单片机接口简单。除了能获得较快的转换速度以外,转换的分辨率也可灵活设置,具有一定的使用价值。

在低成本智能仪表的设计过程中首先考虑的是成本问题,作为核心部件的单片机通常选用低档的 8 位机或 4 位机。就目前的情况而言,自带 A / D 转换的低档单片机并不多见,在需要进行数据采集时只能通过外部 A / D 转换器件,这在很大程度上增加了系统的成本。例如,目前 AT89C2051 单片机的零售价仅 7~8 元,而中速 A / D 转换器件的价格大都在 20 元以上。本文介绍的低成本 A / D 转

换方法仅使用两片通用、廉价的器件就能达到中速 A / D 转换的速度和低于 16 位的转换分辨率。

有一线性良好的锯齿波信号其最大幅度为  $V_{max}$ ,其正程(0~ $V_{max}$ )的扫描时间为  $t_2$ (如图 1 中的直线 OB),在其正程扫描期间的某一时刻  $t$  所对应的电压  $V_t = V_{max}(t/t_2)$ 。图 1 中线段 CD 为一待测模拟信号,两信号于 A 点相交,时间为  $t_1$ ,不难理解,线性锯

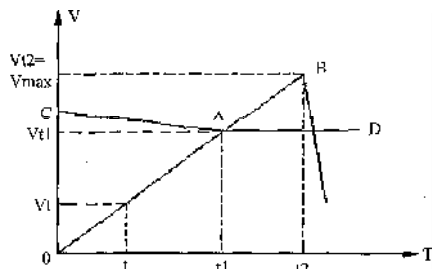


图 1

齿波在 A 点的幅度就是待测的模拟信号的大小,其值  $V_{t1} = V_{max} \times (t_2 \div t_1)$ 。这

的 P1.4 脚输出低电平时,VT1 输出 500mA 的电流对电池进行充电;当 IC1 的 P1.4 脚输出高电平时,VT1 截止停止充电。控制 VT1 的导通和截止即可对电池进行脉冲电流充电。VD3 作充电指示,当 1 单元中有未充满电的电池时,由于电池采用脉冲电流充电,因此它是闪烁的。当 1 单元中没有电池时,R9 提供给 1 单元电压比较器一个高于 1.5V 的电压,等同于该单元有 1 节充满电的电池,使 A 的 1 脚输出高电平。同时它还能对已充满电的电池提供涓流充电,维持电池电压。

4 个运算放大器的输出信号分别通过 P1.0~P1.3 脚输入给单片机 AT89C2051,单片机根据输入的电平判断后通过 P1.4~P1.7 脚对各充电单元的充电状态进行控制。以 1、3 单元放入要充电的电池为例,其它两个单元没有放

输入低电平,经单片机处理后 P1.4、P1.6 脚输出脉冲信号控制 1、3 单元的电池轮流以每节电池 0.5 秒脉冲电流充电。如果某节电池比如 1 单元的电池充满电,则 P1.0 脚输入高电平,P1.4 脚始终输出高电平停止充电,除非该单元换了另一节要充电的电池。

## 程序介绍

主程序流程图见图 2。程序使用汇编语言编写,源程序和 HEX 文件见本刊网站 ([www.eleworld.com](http://www.eleworld.com))。程序在没有充电脉冲电流时自动测量电池的电压,哪一节电池充满了即停止对该节电池的充电,其它电池继续充电。由于是在没有充电脉冲电流时测量电池的电压,可避免在充电过程中测量电压时因电池内阻引起误差,充电程度相同的两节电池内阻大的在充电时测量电压大,这是因充电电流在其内阻上的压降大,而电池的端电

压加内阻上的电压即为测量电压,造成内阻大的电池在没有充满电时被误判为充满了。

## 安装与调试

安装前先将汇编程序编译成十六进制目标文件即 HEX 文件,再用编程器将 HEX 文件写入单片机 AT89C2051 芯片。

充电器的调试主要是对 4 个运算放大器的基准电压的调整,接通电源后,调节 RP1,使运算放大器 A 的 2 脚的电压为 1.5V 即可。也可以用 1 节放完电的充电电池来调试,方法是计算出它需要的充电时间,先将基准电压调高,待充电时间结束后再慢慢调低使电池停止充电。

充电时间的计算方法为:对 1 节或 2 节充电电池进行充电时每节电池的平均充电电流均为 250mA,以容量为 1300mAh 的电池为例,充电时间为:  $(1300\text{mAh} / 250\text{mA}) \times 1.2 = 6.24\text{h}$ 。

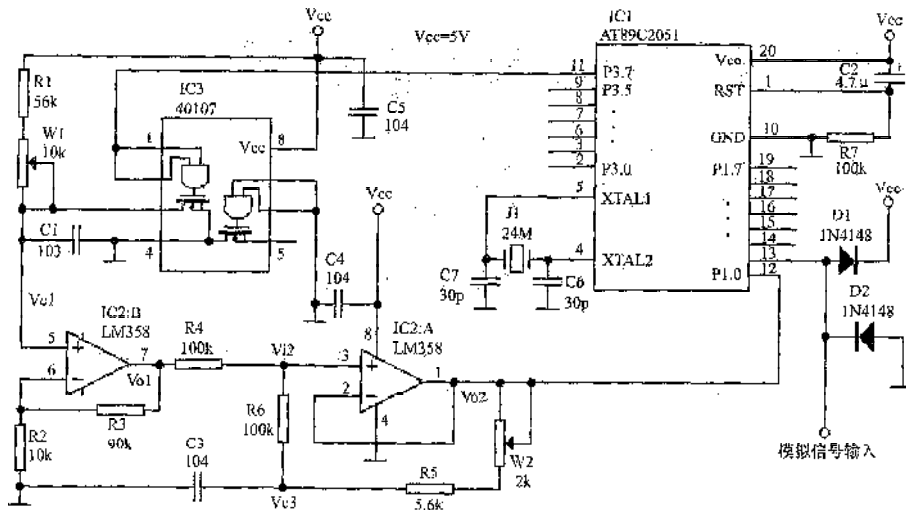


图 2

就是说可以采用这样一种方法，将待测的模拟信号与线性锯齿波相比较，当线性锯齿波在某一时刻的幅度超过待测模拟信号的幅度时就会引起比较器输出状态的变化，测出比较器输出状态翻转时的时间通过上式就可以得到待测模拟信号的大小。

1. 电路及 A / D 转换的过程

图 2 给出了具有 8 位分辨率的 A / D 转换电路。在图 2 所示的电路中，IC1 为 AT89C2051 单片机，其 P1.0 和 P1.1 除了具有通用 I / O 口线的功能外，还是内部模拟比较器的同相输入端和反相输入端，比较器输出的结果内部连接到 P3.6。IC2 和 IC3 为线性锯齿波产生电路，其正程开始扫描的时刻由单片机的 P3.7 控制。IC3 为一双输入与非门缓冲驱动器，这里等效为一个开关，当 P3.7 = 0 时开关断开，C1 通过 R1、W1 充电，线性锯齿波开始正程扫描，同时单片机内部定时器 0 开始计数，计数脉冲为单片机内部时钟。待测的模拟信号从 P1.1 输入，因为线性锯齿波电压是从 0 开始线性递增的，所以在开始正程扫描的时刻 P3.6 为 0，当锯齿波的电压线性递增到超过待测模拟信号的电压时，比较器的输出翻转，P3.6 为 1，此时定时器 0 的数值就是 A / D 转换的结果，也就是图 1 中所示的 t1，通过上述 Vt1 的计

算公式就可以得到待测模拟电压的值。

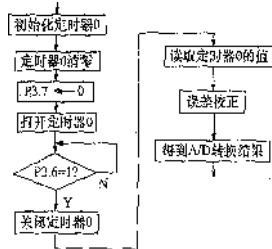


图 3

程序流程框图如图 3 所示。

2. 线性锯齿波电路参数的确定

AT89C2051 单片机的定时器 0 是一 16 位计数器，因此用本文所述的方法所能达到的最高分辨率为 16 位，在最高的时钟频率下（24MHz）完成一次 A / D 转换的最长时间为  $2^{16} \times (1/2) \mu s = 33ms$ 。在实际应用的过程中不一定使用这么高的分辨率，在 8 位分辨率的情况下完成一次 A / D 转换的最长时间为  $2^8 \times (1/2) \mu s = 128 \mu s$ 。下面就以 8 位分辨率为例来介绍锯齿波电路参数的确定方法。

对于图 2 所示的电路，当 P3.7 输出低电平时，锯齿波正程扫描开始，C1 通过 R1、W1 充电，其电压  $V_{c1} = V_{cc} \times (1 - e^{-(t/1)})$  其中， $1 = (R1 + RW1) \times C1$ 。运放 IC2:B 将  $V_{c1}$  放大 10 倍，其输出  $V_{o1} = [1 + (R3 / R2)] \times V_{c1} = 10 V_{cc} \times$

$(1 - e^{-(t/1)})$  因为 IC2 :B 的输出并不是线性锯齿波，所以增加一级 IC2 :A 用作非线性补偿，其输出电压  $V_{o2} = V_{i2} = 1/2 (V_{o1} + V_{c3}) = 1/2 [10 V_{cc} \times (1 - e^{-(t/1)}) + V_{cc} \times (1 - e^{-(t/2)})]$  若  $V_{cc} = 5V$ ， $2 = (R5 + RW2)C3$ ，则有： $V_{o2} = 50 \times (1 - e^{-(t/1)}) / (1 + e^{-(t/2)})$ ，这就是线性锯齿波的理论表达式，通过合理选择 1、2 的值，就可以得到线性良好的锯齿波。

在实际设计中，我们通过一段 C 程序根据上式先从理论上求得最佳的 1、2 的值，再根据实验的结果进行调整，程序见本刊网站 [www.eleworld.com](http://www.eleworld.com)。

eleworld.com)

通过上述的程序可以得到当  $1 = 640 \mu s$ 、 $2 = 610 \mu s$  的情况下，锯齿波已经非常接近线性，每微秒的线性误差均在 0.1mV 以内，远远满足 8 位分辨率 A / D 转换的要求。

3. 误差分析及补偿

误差的来源主要有两个，一是锯齿波的非线性引起的误差，根据上面的叙述，锯齿波的非线性基本上对 A / D 转换的结果不产生影响；二是单片机在控制 A / D 转换的过程中引出的：(1) 在“打开转换开关”和“定时器开始计数”这两个动作中单片机不可能同时完成；(2) 单片机判断片内模拟比较器翻转的过程需要两个机器周期，而计数器最小的计数单位为 1 个机器周期；(3) 单片机确认模拟比较器输出状态翻转和关闭定时器不可能同时完成。对于上述 1、3 两种情况下引起的误差，确是由于指令执行而引起的，其误差的数值就是指令执行的时间，在转换结束时将定时器 0 的值减去这个时间就可以了；而对于第二种情况下引起的误差是无法进行补偿的。

4. 结束语

采用本文所述的方法设计的数据采集系统，成本低廉，接口简单，具有较高的性价比。为保证系统的长期稳定性，采用高稳定的积分电容 (C1、C3) 是必要的。