

文章编号 :1007 - 649X(2001)04 - 0110 - 03

新颖实用的单片机双积分 A/D 转换电路和软件

王剑铭¹, 黄俊杰², 宁彦卿²

(1. 郑州铁路局郑州勘测设计院, 河南, 郑州 450052; 2. 郑州大学电气工程学院, 河南, 郑州 450002)

摘 要 :通过对双积分 A/D 转换过程及其原理的分析,结合 8031 单片机定时计数器的特点,设计出一种新的 A/D 转换电路,详细介绍了这种转换电路的硬件原理及工作过程,给出了实用的硬件电路与软件设计框图,通过比较分析,可以看出这种 A/D 转换电路性能价格比较高,软件编程简单,并且转换速度和精度优于一般的 A/D 转换电路,这种设计思路为数模转换器(A/D)的升级提高指出一个明确的方向。

关键词 :单片机 ; 定时/计数器 ; A/D 转换 ; 双积分

中图分类号 :TN 702 文献标识码 :A

0 引言

在单片机实时测控和智能化仪器仪表等应用中,将连续信号转成数字信号需要数模转换器(A/D)。随着集成电路技术的发展和电子计算机技术在工程领域内的广泛应用,A/D 转换器的设计思想和制造技术层出不穷。为满足各种不同的检测和控制任务的需要,大量结构不同、性能各异的 A/D 转换电路也应运而生。按其工作方式来分,可以有两类^[1]:一类将被转换电压与标准电压进行比较,称为直接法,或比较法;另一类不把电压直接转换为数字量,而是把电压转换为时间或频率,称为间接法。目前应用较为广泛的双积分 A/D 即属于第二类。直接转换类 A/D,如 8 位的 ADC0809,12 位的 AD678,AD679 等,其特点是转换速度高,一般为 1~100 μs,随精度和速度的提高,价格提高幅度很大。双积分类 A/D,如 5G14433,ICL7109,ICL7135 等,其特点是转换精度高,价格较便宜,但转换速度较低,一般为每秒几次。更进一步讲,这些通用的集成电路的设计,由于其通用性,其接口、参考电压等都有其特殊的限制,与单片机联接时需要外扩接口电路^[2]。通常在单片机实时测控和智能仪表中,大都要求精度高于 0.1%,A/D 转换分辨率高于 11 位(二进制),转换速度为每秒几十次,特别是在批量生产的智

能仪表中,还要求 A/D 在满足性能要求的情况下,价格尽可能地低,以期实现较高的性能价格比^[3]。本文介绍一种具有和单片机接口容易、占有单片机资源少、转换精度高等特点的电路和软件。

1 双积分 A/D 及定时计数器原理

我们先分析双积分 A/D 转换的工作原理。如图 1 所示,积分器先以固定时间 T 对待测的输入模拟电压 V_i 进行正向积分,积分电容 C 积累的电荷为

$$Q_+ = V_i \cdot T / R_1 \tag{1}$$

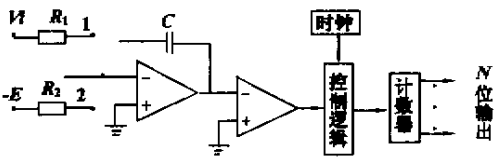


图 1 双积分 A/D 框图

Fig.1 The block diagram of double itegrating A/D

然后,开关位置打向 2,对标准电压 -E 进行反向积分,直至积分器输出返回初始值(输出结果如图 2 所示)。反向积分时间为 t,则电容器释放的电荷为

$$Q_- = E \cdot t / R_2 \tag{2}$$

显然, $Q_+ = Q_-$,因此有

$$V_i = (E \cdot t \cdot R_1) / (R_2 \cdot T) \tag{3}$$

收稿日期 2001 - 06 - 25,修订日期 2001 - 08 - 27

作者简介:王剑铭(1966 -)男,河南省开封市人,郑州铁路局工程师,主要从事高低压电气设计方面的工作。

即反向积分时间 t 正比于模拟电压 V_i . 我们只要准确地控制正向积分时间 T , 并测量反向积分时间 t , 即可以由上述公式得到模拟电压 V_i 的值. 而定时控制和计算, 恰恰是单片机的强项.

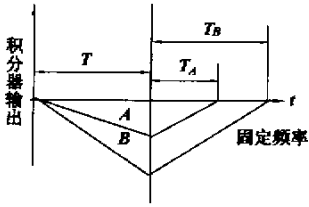


图 2 积分器输出

Fig.2 The output of integrator

从图 3 可以看出 MCS-51 单片机 8031 的定时/计数器的结构和功能. 图上是 T0 工作方式 1 的框图. 若采用软件置门控 $GATE0 = 1$, 计数/定时模式选择位 $C/T = 1$ (即计数方式), 定时/计数器启停控制位 $TR0 = 1$, 则定时/计数器 T0 的启动与停止就由外部中断 INT0 的引脚电平控制. 当 $INT0 = 1$ 时, T0 从当前值开始对内部时钟加以计数; $INT0 = 0$ 时, T0 即停止计数. 另外, 由于 MCS-51 系列单片机 8031 的 P3 口具有多重功能, 也可以通过查询其引脚状态来判断转换完成与否.

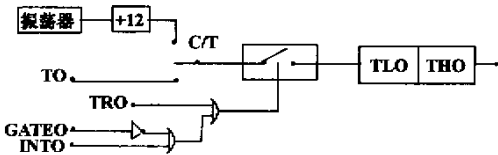


图 3 8031 定时器原理

Fig.3 The principle of 8031 Timer

2 A/D 转换器的硬件结构及工作过程

结合双积分式 A/D 转换的原理和单片机的计数、查询、计算功能, 以固定时间 T 对输入的模拟电压 V_i 进行正向积分, 然后控制其对标准参考电压 $-E$ 进行反向积分. 采用单片机的计数器测出积分器返回初始值的时间, 即反向积分时间 t , 再按公式计算出输入电压 V_i , 从而实现模拟到数字的转换. 其转换电路的原理如图 4 所示.

由图 4 可知, 该 A/D 转换器的实现, 占用非常少的单片机资源, 即只使用了 P1.7 和中断 INT0 两个端子.

下面将 A/D 转换的过程分述如下:

(1) 开始上电复位时, P1.7 高电平, 复位端的引入, 保证由两个“与”门构成的 R-S 触发器的状态使 INT0 为低电平. 此时, 在 P1.7 和 Q 的控

制下, 开关 K_1 和 K_2 打开, K_3 和 K_4 闭合, 积分器输入端接地, 运放 A_1 和 A_2 由 R_3 形成闭环, 使 A 点为低电压, 整个电路处于稳定状态.

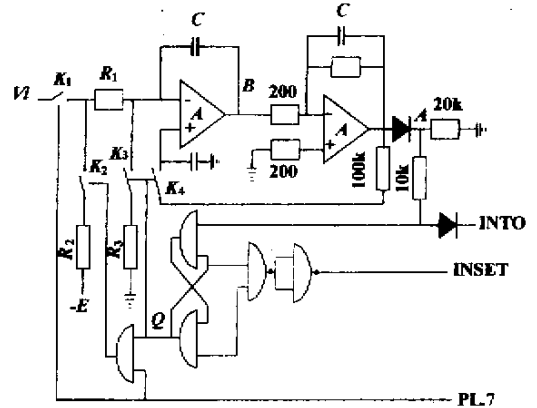


图 4 A/D 转换器的电路

Fig.4 The circuit of A/D converter

(2) 置 $P1.7 = 0$, P-S 触发器的状态发生变化, Q 端输出变为高电平, K_2 仍然处于打开状态. 此时, 输入电压 V_i 通过电阻 R_1 , C 和 A_1 组成的积分器进行正向积分. 积分结果使 B 点电压线性变低, 保证 A 点电压由低变高.

(3) 当设定的积分时间 T 到时, 置 $P1.7 = 1$, 开关 K_1 打开, 在 P1.7 和 Q 的共同作用下, 开关 K_1 闭合, 标准电压 $-E$ 通过电阻 R_2 进行反向积分. 由于此时 B 点仍然为负电平, 因此, A, Q 保持不变. INT0 在 P1.7 的控制下, 变为高电平, 从而启动 8031 的定时器开始计时.

(4) 随着反向积分的进行, 电容 C 的电荷被逐渐中和, B 点的电平也逐渐升高. 当升高到零点时, 电容 C 上的电荷被完全中和, 反向积分过程结束. 比较器 A_2 翻转, A 点电平由高转低. 在 A 点电平的控制下, Q 点高平变低, K_2 打开, K_3, K_4 闭合, INT0 电平变低, 使 8031 计时器停止计数, 完成一个完整的 A/D 转换的过程. 其时序如图 5 所示.

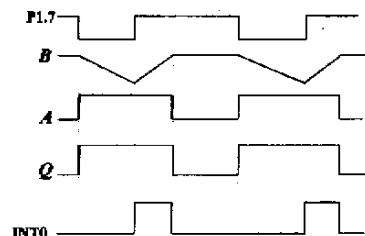


图 5 时序图

Fig.5 The sequence graph

以上介绍了 A/D 转换器的硬件原理及工作过程.我们仅采用了一片 4066 四模拟开关、一片 4011、一个运放和一个比较器,即实现了图中的所有电路,得到了一个高性能价格比的 A/D 转换电路.

3 软件框图及编程要点

由前面硬件部分介绍的 A/D 转换原理可知,软件部分应实现正向积分时间的控制与反向积分时间的计时功能.由于我们在硬件电路设计中充分利用了 8031 单片机的内部资源,从我们给出的程序框图(图 6)上可以看出,软件编程相当简单.

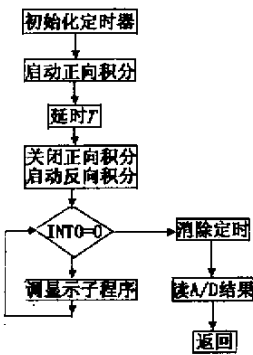


图 6 软件框图

Fig.6 The block diagram of software

值得指出的是,由于计数的开始与结束直接由 INT0 的电平控制,所以虽然我们在判断 A/D 转换是否结束时采用了查询方法,但并不影响 A/D 转换的精度,从而避免了文献 2]中所介绍的误差.

4 转换速度与精度的讨论

MCS - 51 系列单片机 8031 的定时计数器当工作在方式 1 时最大的计数值为 2^{16} .显然,若不考虑转换时间因素,本文介绍的方法,可以实现二进制 16 位的 A/D.通常在单片机实时测控和智能仪器仪表等应用系统中,往往是既要求精度又要求转换速度,因此,类似于文献 2]的计算,当要求 A/D 的转换精度达到 13 位时,A/D 的转换速度可达每秒 60 次以上.这样的速度和精度是通用 A/D 转换芯片 5G14433 ,ICL7109 ,ICL7135 等所不能达到的.

参考文献:

[1] 孙涵芳. MCS - 51 ,96 系列单片机原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995.
[2] 高金峰,黄俊杰,王俊鹏.带通讯接口的电子称重系统[J]. 郑州工业大学学报, 1998 ,18 (1) 34 - 37.
[3] 杜开初.用单片机资源实现快速高精度数模转换[J]. 电子技术应用, 1998 (9) :18 - 21.

The Novel and Practical Circuit and Software of Double Inegraing A/D Conversion Using Single Chip Computer

WANG Jian - ming¹ , HUANG Jun - jie² , NING Yan - qing²

(1. Zhengzhou Survey & Design Institute , Zhengzhou Railway Bureau ,Zhengzhou 450052 ,China ; 2. College of Electrical Engineering Zhengzhou University ,Zhengzhou 450002 ,China)

Abstract :Based on analysis of the process and principle of dual integrating A/D converter , by using the speciality of timing - counter , an A/D converting circuit is designed. The hardware principle and working process of this circuit are introduced in detail. The practical hardware circuit and the block diagram of software design are also presented. By comparison and analysis ,we draw the conclusion that this conerting circuit has high price performance. Its converting speed and accuracy compare favorably with the usual circuit , furthermore , its software design is simpler.

Key words :single chip computer ; timing - counter ; A/D converter ; dual integrating