

555时基电路在计算机接口中的应用

蔡灿辉

张秋凝

(计算机科学系)

(电子工程系)

摘

要

本文介绍555时基电路作为电压—频率式A/D转换器和脉宽调制式A/D转换器的方法及与计算机的接口,对各种接法的原理作了理论上的说明,并对软件设计作了具体分析。

目前已得到广泛应用的555时基电路是一种模拟功能与逻辑功能相结合的集成电路,其内部主要由二个比较器、一个RS触发器和放电开关管等组成(见图1)。比较器把输入模拟信号的电平信息转换为逻辑信号输出,其基准电压由三个数值相等的精密电阻分压得来。比较器的输出控制RS触发器的工作状态,触发器的两个输出端分别作为555的输出和开关管的控制信号。这种内部结构使得它能产生精确的延时和振荡,具有极为广泛的用途。常见的应用可分为三类:多谐振荡、器单稳态触发器及RS触发器。然而,把555做为计算机的接口器件,则鲜为所见。本文介绍几种用“555”作计算机接口的线路。

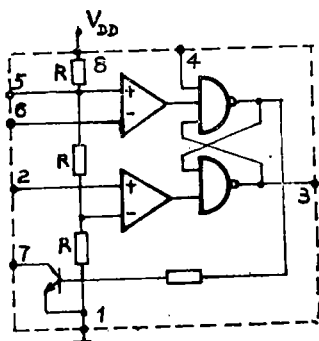


图1 555的结构方框图

随着微计算机应用的深入发展,仪器仪表的智能化已势在必行。要将外部世界的模拟信号转换为计算机能处理的数字信号,就必须进行A/D转换。常见的A/D转换器有两种,即逐次逼近(Successive Approximation)A/D转换器和双积分式(Dual-slope Interating)A/D转换器。而电压-频率(Voltage to Frequency)及脉宽调制式(Pulse

Width Modulator)A/D转换器则由于可用器件较少,很少采用。根据我们的实际经验,“555”时基电路与计数器联用,可以做成电压-频率式的A/D转换器与脉宽调制式A/D转换器,用其作为计算机的传感接口。线路简单,接口方便,精度也能满足要求。

一、“555”电压-频率式A/D转换器及计算机接口

用“555”构成的V/f式A/D转换器如图2所示。其中“555”接成施密特触发器。其工

本文1985年4月22日收到。

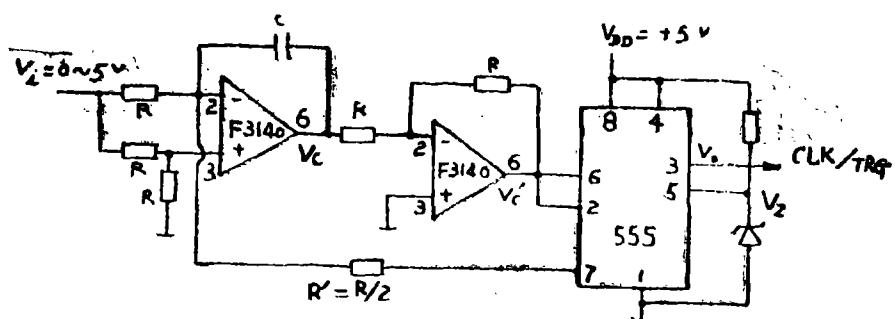


图 2 V/f 式 A/D 转换器

作原理如下:

设开始时“555”的输出电压 V_o 为高, 开关管截止。 V_i 通过 R 向 C 充电, V_c 下降, V_c' 上升, 当 $t = t_0$ 时, V_c' 上升到 V_z , 触发器翻转, V_o 输出为低, 开关管饱和导通, 电阻 R' 经开关管接地, 电容 C 放电, 运算放大器的输出为:

$$\begin{aligned} V'_c(t) &= V_z - \frac{1}{2RC} \int_{t_0}^t V_i(t) dt \\ &= V_z - \frac{V_i}{2RC} (t - t_0) \end{aligned}$$

若 V_i 为常数, 则:

$$V'_c(t) = V_z - \frac{V_i}{2RC} (t - t_0) \quad (1)$$

即电容 C 以 $V_i/2RC$ 的速率放电。当 $V'_c = \frac{V_z}{2}$ 时, 触发器再次翻转, V_o 为高, 开关管断开

电容 C 再次充电。在式(1)中, 令 $V'_c = \frac{V_z}{2}$ 可解出电容放电时间为:

$$t_1 = \frac{V_z}{V_i} RC$$

放电回路如图 3。同理, 可求得电容充电时间为

$$t_2 = \frac{V_z}{V_i} RC$$

充电回路如图 4。即 V_o 的振荡周期为

$$T = t_1 + t_2 = \frac{2V_z}{V_i} RC \quad (2)$$

或以频率表示

$$f = \frac{1}{T} = \frac{V_i}{2V_z RC} \quad (2')$$

有关输出波形见图 5。

由式(2')可见, f 正比于 V_i 。因此要实现模拟信号与计算机的接口, 只要把图 2 中“555”

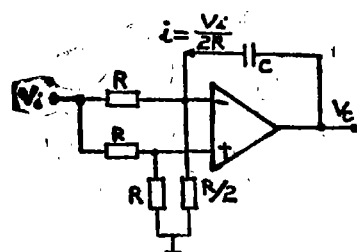


图3 放电回路

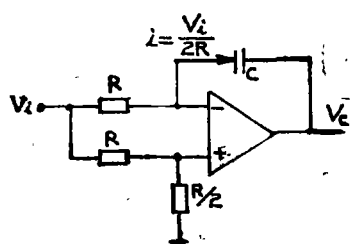


图4 充电回路

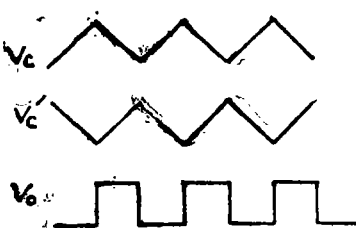


图5 图2点的波形

的输出接到 CTCO 的 CLK/TRG 端, 利用 CTCO 计下 f 的数值, 再由计算机读出即可。其软件设计步骤如下:

1. 初始化 Z80—CTC

- (1) CTCO 的通道控制字为 OFDH, 即 CTCO 对 $V_o(t)$ 的脉冲上升沿计数。
- (2) 时间常数定为 00H, 计满 256 个脉冲后, 由 CTCO 的 ZC/TO 脉冲向 CPU 发出中断请求, 用软件对 ZC/TO 脉冲进行计数, 以提高 A/D 转换的精度。
- (3) 中断矢量定为 2100H, 中断服务子程序入口地址为 2102H。

2. 主程序

主程序包括 CTCO 的初始化及 A/D 转换结果的计算等。这里设 CTCO 的口地址为 84H。A/D 转换结果存入寄存器对 BC。DELAY 是一延时子程序。具体清单如下:

```

ORG      2000H
LD       SP, 23000H      ; 设栈指针
LD       BC, 00H         ; 清 A/D 结果寄存器
LD       A, 21H          ; 置中断矢量高位
LD       I, A
LD       A, OFDH         ; 置方式控制字
OUT      (84H), A
LD       A, 00H          ; 计数初值 = 256
OUT      (84H), A
OUT      (84H), A        ; 写入中断矢量
IM       2               ; 中断方式
EI
CALL     DELAY           ; 等待 A/D 变换结果
IN       A, (84H)
NEG
LD       C, A            ; A/D 转换结果送 BC

```

3. 中断服务子程序

```

ORG      2100H
TABLE, DW 2102H          ; 中断子程序首址

```

COUNT, INC B
EI
RETI -

3 中断子程序, 扩充计数量程

4. 元器件选择

设 A/D 转换器输入量程为 $0 \sim -5\text{v}$, 分辨率为满量程的千分之一, 各元件选用如下:

稳压管选取 2CW21, 稳压值为 $V_z = 4\text{v}$ 的管子。

$R = 6.2\text{k}\Omega$

$C = 1000\text{pF}$

由式(2)可得 A/D 转换的时间为:

$$T_{ADC} = 1000 \times \frac{2.4\text{v}}{5\text{v}} \times 6.2\text{k}\Omega \times 1000\text{pF} \\ = 10\text{ms}$$

若 Z80—CPU 的时钟频率为 2MHz , 则延时子程序 DELAY 的时钟状态数应为:

$$N = 10\text{ms} \times 2\text{MHz} \\ = 2 \times 10^4 (\text{个})$$

这便是设计 DELAY 子程序的依据。实验数据如表 1。

表 4 电压—频率式 ADC 实验数据

输入电压 mV	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
十六进制	3D	18B	231	2C6	355	3D6	454	4C5	520
十进制	218	395	561	710	853	982	1108	1221	1325

5. 讨论:

(1) 输入电压为 $0 \sim -5\text{v}$, 超出此范围应加一定的处理。

(2) 文中采用的是软件定时来完成 A/D 转换的, 在 A/D 转换期间 CPU 不能做其它工作, 利用率较低。如果在 A/D 转换同时还需要 CPU 做其它工作, 可用 CTC 的另两个通道作 10ms 的定时器。A/D 转换的高位数值也可由 CTC 计数。当然, 也可以不用 CTC 而直接用 CPU 对“555”的输出脉冲计数。

二、“555”脉宽调制式 A/D 转换器

“555”脉宽调制式 A/D 转换器如图 6 所示。其中“555”接成单稳态电路。在稳态时“555”输出为低, 开关管导通, 电容上的电压 $V_c = 0$ 。当 A/D 转换起始信号“START”到来时, 触发器翻转, “555”输出为高, 开关管断开, 电容器以恒定电流 I 充电。若以这时为时间参考点, 电容器上的电压可表为:

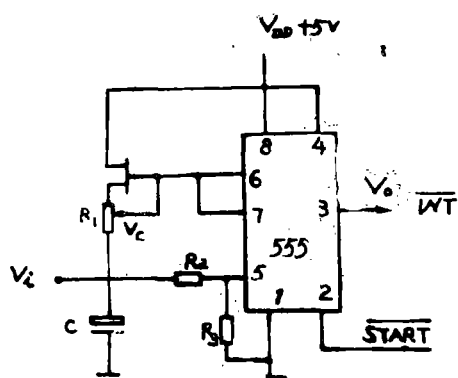


图6 脉宽调制式 ADC 线路图

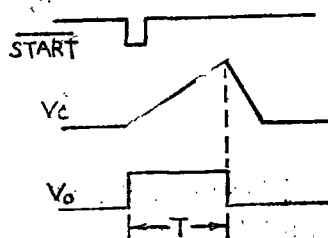


图7 图6的波形图

$$V_C = \frac{I}{C} t \quad (3)$$

当 V_C 上升到略大于 V_5 时, 触发器再次翻转, “555” 输出为低, 开关管导通, 电容经开关管放电, 电路重新回到稳态。各点波形图见图 5。这段时间 T 可由 $V_C = V_5$ 。从式 (3) 中求出,

$$T = \frac{V_5 C}{I} = a + b V_i \quad (4)$$

式中

$$a = \left(\frac{V_{DD}}{\frac{3}{2} + \frac{R}{R^2} + R_3} \right) \frac{C}{I}$$

$$b = \left(\frac{1}{1 + \frac{3R_2}{2R} + \frac{R_2}{R_3}} \right) \frac{C}{I} \quad (R \text{ 为 “555” 内部分压电阻})$$

只要记下参考脉冲源在这段时间的脉冲数, 即实现了 V_i 的 A/D 转换。如果我们让计算机启动 A/D 转换器工作, 而把 “555” 的输出接到 CPU 的中断请求输入端 INT, 并让计算机在启动 A/D 转换后开始计数到接收到 INT 信号为止, 这也就实现了计算机与 “555” 脉宽调制式 A/D 转换器的接口。具体步骤如下:

① 主程序

主程序包括初始化, 计数及 A/D 转换结果的运算。程序清单如下:

```

ORG          2000H
LD           SP, 2300H      ; 设栈指针
LD           DE, 00H        ; 初始化计数器
IM           1              ; 方式 1
EI
OUT          (START), A     ; 启动 ADC
LOOP: INC    DE              ; 计数

```

JR	Loop	
PROCESS: LD	HL, No	, 求 A/D 转换结果
EX	DE, HL	
XOR	A	
SBC	HL, DE	
⋮		
⋮		

其中, N_0 是 $V_i = 0$ 伏时的计数值。

② 中断处理程序

ORG	0038H
LD	HL, PROCESS
EX	(SP), HL
RET	

3. 参数的确定

设输入电压的范围为 0~5 伏, A/D 转换器的分辨率为满量程的千分之一, 取 $R_2 = R$, $R_3 = 2R$, $C = 4.7 \mu f$, 则式(4)可化为:

$$T = \frac{N \cdot 18}{f}$$

$$= \frac{C}{3I} (V_{DD} + V_i)$$

或

$$N = \frac{Cf}{54I} (V_{DD} + V_i) \quad (5)$$

当 $V_i = 0$ 伏时, 对应计数值 N_0 为

$$N_0 = \frac{Cf}{54I} V_{DD} \quad (6)$$

当 $V_i = 5$ 伏时, 对应计数值 N 为

$$N = N_0 + 1000 \quad (7)$$

式(1)代入式(5)并化简得:

$$1000 = \frac{Cf}{54I} \times V_i$$

$$I = \frac{Cf}{1000 - 54} V_i$$

$$= \frac{4.7 \mu f \times 2 \times 10^6 \times 5v}{1000 \times 54}$$

$$= 0.87mA$$

由式(6)得

$$N_0 = 1000$$

A/D 转换一次的时间

$$T_{ADC} = 18\text{ms}$$

实验数据参看表2.

表2 脉宽调制式 A/D 转换器的实验数据

输入电压 u: 伏		0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
计数 值	十六进制	3E6	41A	460	4B0	50A	554	3AA	604	664	6CA	718
	十进制	998	1050	1120	1200	1290	1380	1450	1540	1636	1730	1816

5. 讨论

(1) 文中采用的是软件计数方法, 也可用 CTC 进行计数.

(2) 若输入可能超过 0~5v, 还应加适当处理.

(3) 文中的 ADC 是把电压变化量转换为数字量变化送入计算机处理的, 但也可以把电阻或电容的微变量送入计算机处理, 只要在电路上稍加更改即可.

三, “555” 与非电量电测仪器的接口

在非电量电测中, 传感器输出的中间电量往往是电阻或电容. 如果把这种电阻和电容作为 V/F 变换或脉冲调宽式 A/D 转换器的充电电阻或电容, 通过文中一、二两部分相近的方法即可把这些电阻或电容的数字量送入计算机处理. 图8为某温度控制设备的计算机传感接口. 从原理上讲, 它仍属于脉宽调制式 A/D 转换器. 其工作过程简述如下:

平时“555”输入为低, 电路处于稳定状态. A/D 转换启动脉冲 START 到来, 使电路进入暂稳过程. 电源 V_{cc} 通过 R_i 向电容 C 充电. 当 V_c 上升到 $V_c = \frac{2V_{DD}}{3}$ 时, RS 触发器翻转, 电容 C 通过开关管放电, 电路重新回到稳态. 这段时间为:

$$t = R_i C \ln 3$$

令计数频率为 f , 在 t 时间内计数值为 n , 则:

$$R_i = \frac{n}{C f \ln 3} \quad (8)$$

即完成了 R_i 数值的 A/D 转换.

当然, 这种型式的 A/D 转换器不仅可用于温度测量, 尚可应用于压力、应变等方面的测量. 如利用 555 将电阻值(模拟温度)转换为脉冲数的实验数据如表3.

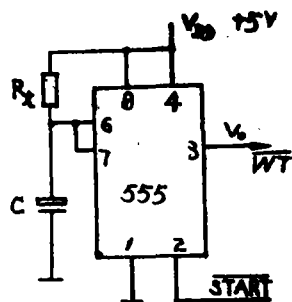


图8 温度传感接口线路

表 3 电阻值转为脉冲数的实验数据

电 阻 K Ω		0.1	0.24	0.47	0.82	1	2	3	4.7	5.6	6.8	10	15	20
计 数 值	十六进制	1	31	C2	177	1E2	3E2	5A0	985	B35	D86	1463	1F9E	26AD
	十 进 制	1	81	194	375	482	994	1440	2437	2869	3462	5219	8094	9901

四. 结 束 语

随着计算机应用的广泛发展, 如何有效地实现外部世界与计算机的接口, 是一个关键。由于“555”的内部结构, 使得它能够很好地胜任这种任务。采用“555”的接口电路, 具有简单灵活, 便宜等特点, 且具有令人满意的精度和较高的转换速度, 是一般测量和控制较理想的线路。

参 考 文 献

- [1] 上海元件五厂, “晶峰”器件应用, 2(1981).
- [2] Lance, A., Leuenthal Z80 Assembly Language programming. (1979).

Application of 555 Timing Circuit to the Interface of Computer

Cai Canhui Zhang Qijun

Abstract

In this paper, 555 timing circuit was introduced as a voltage frequency A/D converter and a pulse width modulating A/D converter method, and thus may serve as a part of interface in the computer system. The principle of all connections was explained and the software design was analyzed.