

# 数字调宽的原理与实现

葛文奇 刘 辉

**摘要:** 本文简述了在微型机或单片机控制系统中,用8253(或8254芯片)通过编程实现数字调宽的有关问题。并在高精度仪器伺服系统实验中取得了满意结果。

## 一、前 言

脉冲调宽(PWM)功率放大器是现代伺服系统的最常用的驱动方式之一,其特点是变换效率高,即耗散在开关元件本身上的功率低,目前变换效率可做到80%以上,其次是线性度高,是可控硅驱动系统所无法比拟的。因此,在中大功率系统中得到广泛应用。

在进行功率放大之前,必须将误差信号变换为宽度可变的脉冲。在早期的应用中,通常是将振荡器输出信号变为三角波(或锯齿波),与直流误差信号迭加,再经过施密特电路变换为调宽方波,如图1所示

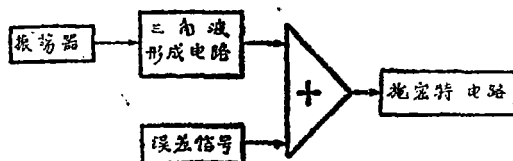


图1 模拟脉冲调宽原理方框图

## 二、数字调宽的原理与实现

1. 在微计算机及单片机广泛应用于控制系统的今天。数字调宽较之前述模拟方法即方便,又具有更高的线性度及灵活性。所谓数字调宽,即把经过数字校正运算后的误差量直接变换为具有固定重复频率的脉冲,脉冲宽度 $T$ 正比于误差量大小,其原理框图如图2所示:

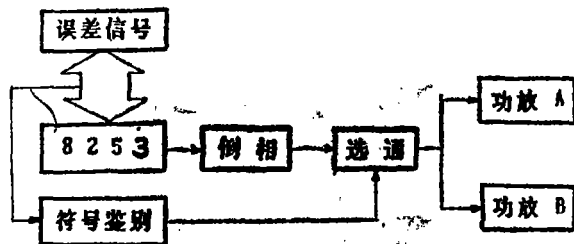


图2 数字脉冲调宽原理方框图

它是用 Intel 公司的 8253 芯片 (或 8254 芯片) 通过编程实现的。

### 2. 采样周期 $T_f$

为了用微机系统产生 PWM 波形, 首先要确定采样周期  $T_f$ , 它由数据处理要求和微机运算速度、以及伺服系统的带宽而定。也就是说在微机现有的运算速度下, 必须在采样周期内完成系统规定的数据处理任务, 并求得新的脉宽控制信息。 $T_f$  大, 系统可能会失去稳定;  $T_f$  小, 控制精度高, 但取得过小, 微机的运算速度达不到要求。它的最小值还受系统控制要求的限制。讨论如下:

设系统要求最高转速为  $N_{max}$ , 最低转速为  $N_{min}$ , 相对误差为  $\delta_n$ , 则最大控制信号比  $K$  为:

$$K = \frac{N_{max}}{N_{min} \cdot \delta_n} = \frac{D}{\delta_n} \tag{1}$$

其中  $D$  为系统调速比。如果系统在不同速度  $N$  时要求的  $\delta_n$  不同, 则  $K$  应写成:

$$K = \frac{N_{max}}{MIN(N \cdot \delta_n)} \tag{2}$$

$MIN(N \cdot \delta_n)$  表示在系统工作范围内速度的最高分辨率。

在单极性调制方式中脉宽可调范围为  $0 \sim T_f$ 。如果最小调制时间当量为  $\mu$ , 则可控制信号比  $Q$  也就被确定为:

$$Q = T_f / \mu \tag{3}$$

其中  $\mu$  是计数器被计数脉冲的周期, 它受脉宽调制计数器硬件物理特性的限制。根据要求, 选择的  $\mu$  越短越好。

为保证系统控制要求, 必须使  $Q > K$  由式 (1)(2)(3) 可得:

$$T_f > = \frac{N_{max} \cdot \mu}{MIN(N \cdot \delta_n)} \tag{4}$$

总的说, 恰当选择  $T_f$  是微机控制系统总体设计中的重要一环, 系统要求不同差别也较大。

### 3. 执行周期 $T_e$

执行周期是指直接加到电机电枢上的控制脉冲周期。也就是调宽波脉冲的周期。它的最大值受电机工作平稳性限制。因为虽然电机和负载有一定惯性, 在电路中也可采取一些滤波和续流措施, 但如果脉冲周期过大仪器就会出现波动, 惯性越小越严重。执行周期  $T_e$  越小, 平稳性越好。但过小又会增加系统输出处理时间。实际取值时, 为便于数字处理总是选择:

$$T_e = 2^i \cdot T_s \tag{5}$$

$i$  为不小于零的整数。

由于  $T_e$  和  $T_f$  不同, 在采样周期  $T_f$  求得的速度误差量必须除以  $2^i$  后分配给每个执行周期  $T_e$  来完成。但是这个速度误差量的当量数 ( $\mu$  的倍数) 不一定能被  $2^i$  整除。为提高控制精度必须进行余数补偿。具体方法是用速度误差量的当量数除以  $2^i$ , 取整数做为每个执行周期的基本值, 将不满  $2^i$  的余数依次补到每个执行周期中去。每次补一个当量, 补完后, 后面的执行周期就不再需要补偿了。当  $T_f$  较小时, 如  $T_f = T_e$ , 则不必进行余数补偿。

### 4. 数学描述

输出脉冲宽度用  $T_w$  表示:

$$T_w = \mu \cdot (E(j) + N) \tag{6}$$

式中  $T_w$  —— 每个采样周期的脉冲宽度 (ms),

$E(j)$  —— 误差当量数, 即脉宽当量数 (yd), 绝对值。

$N$  —— 为克服系统死区、摩擦而加的常量, 同时它有防止 8253 芯片输出脉冲反转的作用。

$\mu$  —— 变换系数 (ms/yd), 被计数脉冲周期, 也就是最小调制时间当量。

由于  $T_w$  的最大值受采样周期  $T_f$  的限制, 即  $T_{w \max} = T_f$ , 所以由式 (6) 可得:

$$E(j)_{\max} = \frac{T_f}{\mu} - N \tag{7}$$

这样在软件编程时要注意对输出脉宽当量数最大值的限幅。另外, 在选择计数器的位数时, 必须使得计数器所能表示的数大于  $E(j)_{\max}/2^n$ , 即:

$$2^n > E(j)_{\max}/2^n \tag{8}$$

$n$  —— 计数器的位数

如果计数器的位数已经确定, 在满足控制比的前提下可调节被计数脉冲的频率  $F$ 。即调节式 (7) 中的最小时间当量  $\mu$ 。

### 5. 调宽波的实现

在所实验的高精度仪器伺服系统中, 根据控制要求取采样周期  $T_f = 5\text{ms}$ , 执行周期  $T_e = 2.5\text{ms}$ , 采用 8253 (或 8254) 16 位计数器进行脉宽调制, 被计数脉冲频率取  $F = 4.94\text{MHz}$  (这样高的频率, 超出了 8253 极限工作参数, 说明书给出的 8253 最高工作频率为  $2.5\text{MHz}$ 。在常温下可以工作到  $5\text{MHz}$ 。在这种情况下, 最好选用 8254 芯片, 它可工作到  $10\text{MHz}$ 。而且它们的管脚是完全一样的。可任意更换。) 此时控制信号比  $Q$  为:

$$Q = T_f \cdot F = 24700$$

这样的控制比完全可以满足系统的控制要求, 8253 芯片包含有三个 16 位计数器, 且每个计数器有五种工作方式, 通过编程、初始化、选择其中一个计数器, 如计数器 1 及工作方式 1, 即当初始化后, 且无数装入时, 其输出高电平, 当装入数据后, 且闸门脉冲上升沿开始后, 输出变为低电平; 当计数完毕后输出回到高电平, 这个负脉冲就是调宽波。为了对输出调宽波进行有效控制, 还必须有一个持续期约  $8\mu\text{s}$  的闸门脉冲, 它也是由软件产生。

其信号波形如图 3 所示。

8253 (8254) 管脚如图 4 所示。

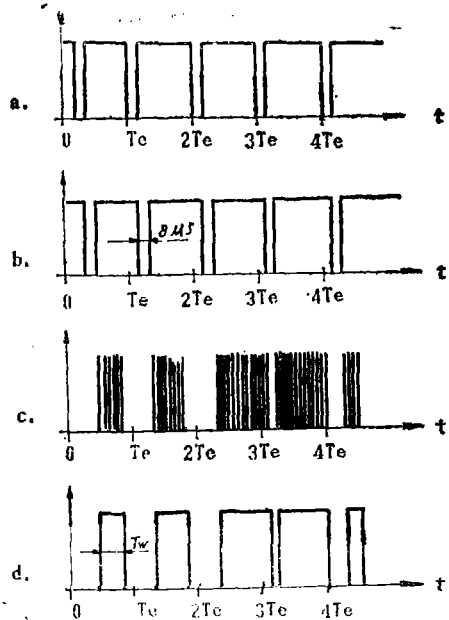


图 3 a. 执行周期中断信号  
b. 闸门脉冲 CATAO 信号  
c. 被计数脉冲 CLOCKO 信号  
d. 计数器输出 OUTO 经倒相后信号

D7	1	24	Vcc
D6	2	23	WR
D5	3	22	RD
D4	4	21	CS
D3	5	20	A1
D2	6	19	A0
D1	7	18	CLK2
D0	8	17	OUT2
CLK0	9	16	GATA2
OUT0	10	15	CLK1
GATA0	11	14	GATA1
GND	12	13	OUT1

图4 8253 (8254) 管脚图

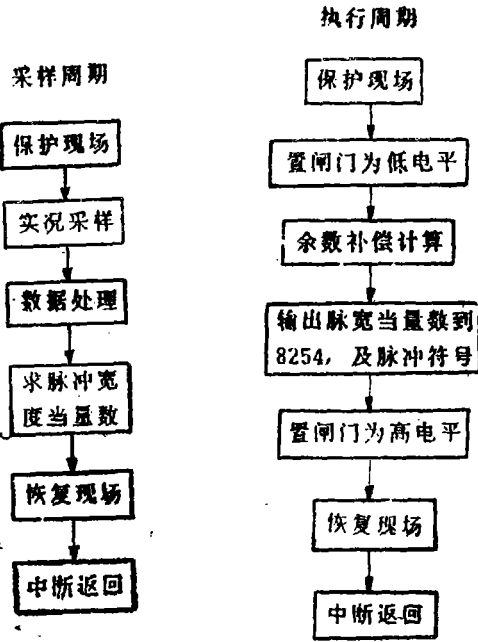


图5 软件程序流程图

### 6. 软件设计

控制软件分采样周期和执行周期两大部分，其框图如下：

### 7. 其它问题

- (1) 倒相。由于8253直接输出为负脉冲，而功率放大器往往需要正脉冲输入，则需增加一级倒相。
- (2) 符号鉴别。对于可逆旋转系统，误差信号将控制电机转向。
- (3) 与功率级的接口电路，即前置功放电路如图6所示。

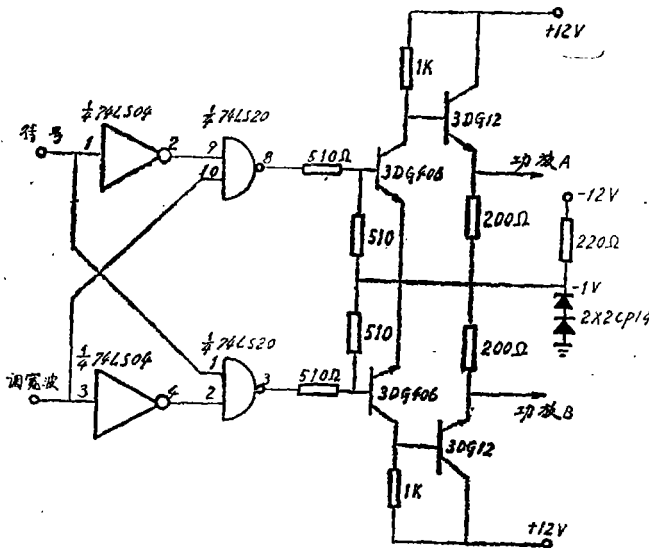


图6 前置功放电路图

### 三、结 束 语

用 Intel86/30 单板机作为控制机, 在高精度仪器伺服系统中做了闭环调速实验。结果表明, 效果极佳, 用起来方便灵活。

### The Principle and Implementation of a Digital PWM

Ge Wenqi Liu Hui

#### Abstract

The paper describes briefly the relative problems of the implementation of a digital PWM with a intel 8253 chip by programming in the microcomputer or a single chip computer controlled system. Some satisfactory results in the experiment of a precision instrument servosystem were received.