

文章编号:1009-671X(2005)08-0028-03

DDS 技术在步进电动机控制系统中的应用

鲁 标,潘玉恒,孟 克,安翠珍

(哈尔滨工程大学 信息与通信工程学院,黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要:直接数字频率合成(DDS)技术是目前广为应用的一项频率合成技术,它具有频率转换时间短、频率分辨率高、可编程等特点。正是利用直接数字频率合成技术产生步进电动机控制系统的步进脉冲。试验证明这种方法具有稳定、可靠、精度高等优点,非常适合那些对速度要求精确控制的系统。

关键词:步进电动机;DDS;AD9833

中图分类号:TM383.6 **文献标识码:**A

Application of DDS technology to stepper-motor control system

LU Biao, PAN Yu-heng, MENG Ke, AN Cui-zhen

(School of Information and Communication Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: DDS (direct digital synthesis) is a sort of frequency synthesis technique, which has advantages such as short frequency conversion time, high resolution in frequencies, programmability and so on. This paper puts forward a method to produce step pulse in the stepper-motor control system by using of DDS technology. The experiment proves that the method is steady, reliable, and suitable to those systems requiring accurate speed control.

Keywords: stepper-motor; direct digital synthesis; AD9833

步进式电动机是一种将电脉冲信号转换成角位移或直线位移的控制微电机。步进式电动机无需反馈就形成了开环控制系统,使系统结构大大简化,使用维护更加方便,成本较低,这使得步进电动机的应用领域十分广泛。

步进电机的工作原理很简单:当步进电动机接收到一个脉冲信号,它就按设定的方向转动一个固定的角度(即步进角),可以通过控制脉冲个数来控制角位移量,从而达到准确定位的目的;同时也可以通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度,从而达到调速的目的。由步进电动机的工作原理^[1]可知,在步进电动机控制中关键是需要一个稳定频率可调的步进脉冲源。

直接数字频率合成(DDS)是目前广为应用的一项频率合成技术,它具有频率转换时间极短、频率分辨率很高、输出相位可连续、可编程、灵活性好等特点。AD9833 是 AD 公司生产的一款采用 DDS 技术、可编程、低功耗的波形发生器,当它工作在 25 MHz(参考时钟)时,其输出频率的分辨率可达到 0.05 Hz,这些性能非常适合那些要求精确速度控制的场合。

1 步进电机的控制原理

一般步进电机有 3 种控制方式:

1) 单项激磁控制:每一步转动只有一相线圈被激磁。其特点:简单、省电,但扭矩较小,阻尼效果差,震动大。

2) 双项激磁控制:每一步转动有两相线圈被激磁。其特点为耗电量是单相激磁的 2 倍,扭矩增加 2 倍,阻尼效果好。本系统试验就是采用这种方式。

3) 半相激磁控制:此种方式是单项和双项激磁的混合应用。其特点:电流是单项激磁的 1.5 倍,步进角度是单项激磁的一半,故可以实现更精确的控制。

实际上步进电动机的控制电路非常简单,如图 1 所示。其中 IC1 为异或门 SN74HC86, IC2 为 J-K 触发器 SN74HC76。

当正反转开关打到高电平时,步进电动机正相转动;当打到低电平时反相转动。由 NPN 型的达灵顿三极管提供大电流来驱动步进电动机,而且每一相线圈的两旁都并联一只二极管,用来避免电机线

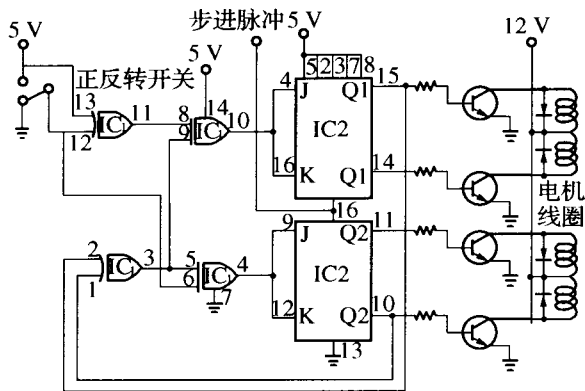


图 1 步进电动机控制电路

圈产生反相高压造成对三极管的破坏,这里给出了步进电动机正相工作的时序图,如图 2 所示。

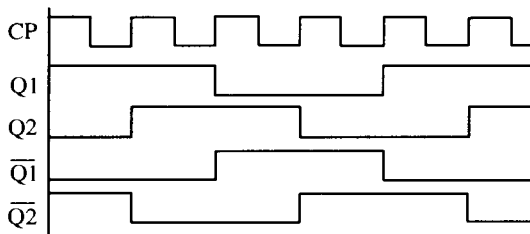


图 2 步进电动机正相转动时的时序图

2 DDS 的基本原理

DDS 是利用数字技术重复扫描存储器来获取数据,实时构筑出所希望的波形.其基本原理框图如图 3 所示。

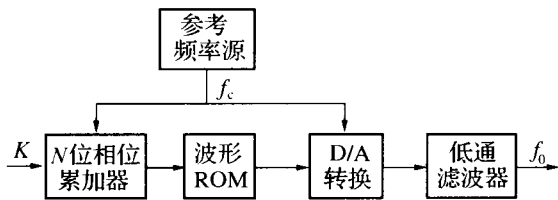


图 3 DDS 的基本原理图

DDS 基本工作原理是:每一个时钟脉冲,相位累加器就将累加器输出的累积相位与预置的相位增量相加;然后以相加后的结果作为地址,对波形 ROM 进行寻址,取出波形 ROM 中与该相位对应单元中的幅度量化编码值,经 D/A 转换器将其转换为模拟取样值,再经低通滤波器平滑得到符合要求的模拟信号。

设参考时钟频率为 f_c , 相位累加器的字长为 N , 则 DDS 输出频率为

$$f_0 = \frac{Kf_c}{2^N} \quad (1)$$

式中: K 是由外部控制电路来预置的. 当时钟频率 f_c 与相位累加器位数 N 一定时, 输出频率 f_0 仅仅取决于 K , 称 K 为频率控制字:

$$K = \frac{2^N}{f_c} f_0 \quad (2)$$

当 $K=1$ 时, DDS 所能产生的正弦信号的最低频率即频率分辨率为

$$\Delta f = f_{0\min} = \frac{f_c}{2^N} \quad (3)$$

DDS 的最大输出频率由 Nyquist 采样定理决定, 即为 $f_c/2$. AD9833 的频率控制字是 28 位, 所以当采用 25 MHz 作为参考时钟时, 理论上最大输出频率为 12.5 MHz (实际输出大概是参考时钟的 40%), 输出频率的频率分辨率约为 0.05 Hz; 当采用 1 MHz 作为参考时钟时, 最大输出频率为 0.5 MHz, 输出的频率分辨率约为 0.004 Hz. 根据不同输出范围和精度要求, 可选用不同的参考时钟来实现。

AD9833 是 AD 公司生产的一款易编程, 低功耗的波形发生器. 它主要有 DDS 单元, 10 位的 D/A 和串行接口组成; 能输出正弦波、方波、三角波 3 种波形; 采用小封装形式, 仅有 10 个引脚. AD9833 引脚图如图 4 所示。

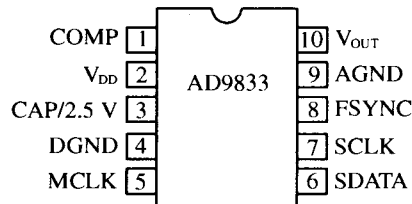


图 4 AD9833 引脚图

AD9833 操作也非常简单, 它拥有 3 线 SPI 接口, 与一般的 DSP 及微控制器的标准兼容, 具体的操作时序图如图 5 所示。

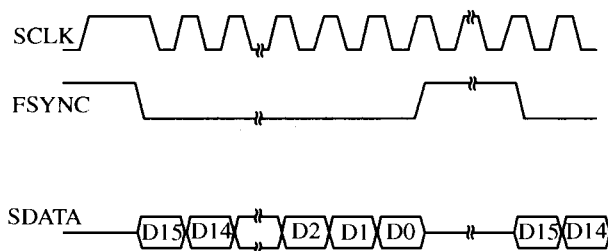


图 5 SPI 的操作时序图

3 控制系统的总体框图

本系统采用微控制器是 Atmel 公司生产的 AT89C2051, 这是一款应用较为广泛的 MCU. 它仅有 20 个引脚, 但是内部却集成了 2KB 的 Flash 程序存储器, 128B 的 RAM, 1 个异步串行口, 15 个通用的 IO 口, 支持 5 个外部的中断. 本设计就是利用 AT89C51 的异步串行口控制 AD9833, 其中 TXD 连接 SCLK, RXD 连接 SDATA, p3.3 连接 FSYNC. 总体框图, 如图 6 所示.

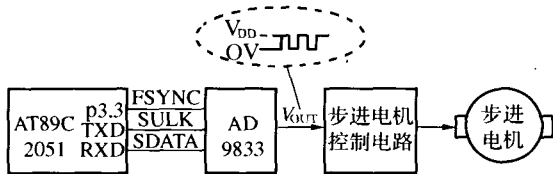


图 6 总体框图

编程过程中值得注意的有以下 2 点: 1) 异步串口工作方式 0, 即数据格式为 8 位, 低位在前, 高位在后, 波特率为 AT89C51 外接晶振频率的 1/12; 而 AD9833 接受的数据格式是高位在前, 低位在后, 所以在发送控制字之前, 应当调整数据. 2) AD9833 的控制寄存器是 16 位的, 而 AT89C2051 的串口需要 2 次才能传输一个控制字^[2], 在此期间 P3.3 应当始终保持低电平. 本系统采用中断的方式发送控制字, 程序流程图, 如图 7、8 所示.

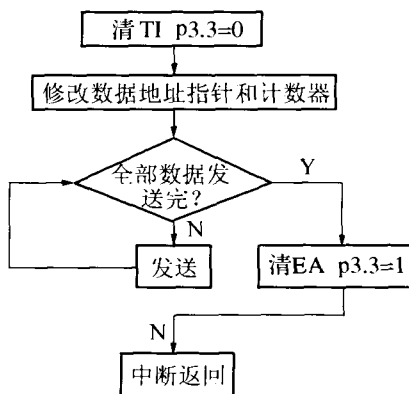


图 7 中断服务程序流程图

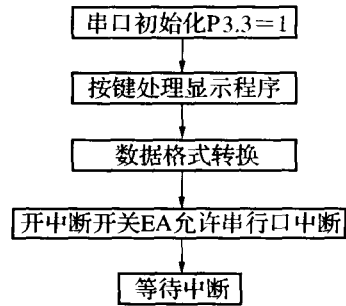


图 8 主程序流程图

4 结束语

在试验中, 采用两相、4 项混合式步进电动机, 步进角度为 $1.8^{\circ}/1.9^{\circ}$, 最高转速 3 600 r/min, AD9833 的参考频率为 1.843 2 MHz. 能稳定的输出 0~700 kHz 的步进脉冲, 可以满足要求. 经试验验证, 采用 DDS 技术步进电机控制系统不仅可靠、稳定、精度高, 而且整个系统的体积可以做得很小, 操作起来非常简单, 是一种值得推广的步进电动机控制方案.

参考文献:

- [1] 陈隆昌. 控制电机[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1996.
- [2] 李群芳. 单片微型计算机与接口技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.

[责任编辑: 李玲珠]