

基于 PIC16F876 的步进电机细分驱动电路设计

彭树生, 周 璇

(南京理工大学 电子工程系, 江苏 南京 210094)

摘要: 介绍了由 PIC16F876 控制的步进电机细分驱动电路的设计, 该电路主要包括单片机控制电路、斩波电路、功率驱动电路及温度报警与限流电路等。给出了细分驱动电路的设计原理及其实现的方法, 提出细分按照线性加正弦规律的方法输出阶梯电压, 经脉宽调制 (PWM) 输出各相驱动信号, 实现细分驱动信号波形。应用于天文望远镜的 90BF003 步进电机驱动, 性能良好。

关键词: 步进电机; 单片机; 细分电路

Design of Micro-stepping Driving Circuit of Step Motor Based on PIC16F876

Peng Shusheng, Zhou Xuan

(Dept. of Electronic Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: A design of micro-step driving circuit of step motor based on PIC16F876 is presented. The circuit includes chopping circuit, the power drive circuit, temperature measurement circuit and current-limit circuit. The design principle is given in detail. This circuit is applied to drive 90BF003 step motor for an astronomy telescope.

Key words: step motor; PIC16F876; micro-stepping

0 引言

步进电机在实际应用中存在着驱动电路效率低、低频振荡、高频出力不足、频率特性差等问题。基于 PIC16F876 的步进电机细分驱动电路将斩波电路和可变细分控制的方法进行结合, 能够使电机的高、低频运行性能和启动性能明显提高。

步进电动机又称为脉冲电动机或阶跃电动机, 它是将数字电脉冲直接转换为位移角度的机电设备。在一般情况下, 步进电机各相绕组电流在步进脉冲的控制下, 轮流切换, 从而使电机的转子步进旋转。如果每次输入脉冲切换时, 只改变对应绕组中额定电流的一部分, 那么转子相应的每步转动也只有原步距角的一部分。额定电流细分成多少份 (即细分数), 转子就以多少步来完成一个原有的步距角, 这种把步距角分成若干步来完成的控制方式称为细分控制。虽然这种驱动电路的结构比较复杂, 但在不改变电机内部结构的前提下, 使步进电机具有更小的步距角、更高的分辨率; 也使电机运行平稳, 减小或消除电机振荡, 减少噪声^[1]。

1 系统功能

步进电动机的控制系统一般包含步进脉冲产生与方

向控制电路、相脉冲逻辑分配电路和驱动电路。其中驱动电路有细分和不细分之分。文章以 PIC16F876 单片机为核心, 将相脉冲逻辑分配电路和细分驱动电路有机结合在一起, 实现了多功能的步进电机的细分驱动电路。电路原理框图如图 1 所示, 整个系统主要分为单片机控制子系统和功率放大驱动电路两大部分, 两部分中间由电平转换电路桥接。

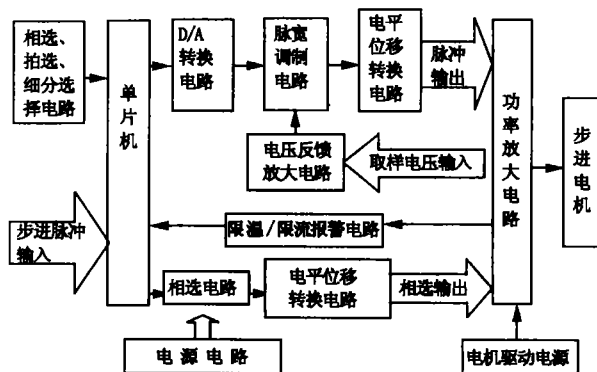


图 1 步进电机细分驱动电路原理框图

单片机控制电路主要包括 PIC16F876 单片机、产生步进脉冲输出的斩波电路和产生电机相信号的相控电路以及其他一些相关电路。单片机通过中断接口接收步进脉冲和方向信号, 根据方向信号和步进脉冲的顺序, 输出阶梯电压细分值和相控信号。斩波电路由 D/A 转换电路、取样电压放大电路和脉宽调制电路 (PWM) 组成。D/A 转换电路将单片机输出的电压细分值转换为模

收稿日期:2003-04-08

作者简介: 彭树生 (1966-), 男, 广西省贺州市人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事微波毫米波被动探测技术和微型计算机及单片机的应用技术研究。

拟量，作为比较参考电压，加在脉宽调制电路同相输入端，与取样电压放大电路的输出值进行比较，由脉宽调制电路产生恒频调宽脉冲，作为步进电机的脉冲信号。

为了防止驱动电路的过流和过热，系统中设计了限温报警电路和限流报警电路。当驱动电路温度超过设定值或电机的相电流超过设定值时，报警电路产生报警信号，让单片机关断各相的驱动信号，暂停输出。为了适应不同相数的电机和选择不同的细分数，系统中设计了相选/细选选择电路，在每次加电之前通过拨动开关来设置相数和细分数，单片机自动识别。

功率放大驱动电路采用经典的高低电压功率场效应管对管实现，附加相电流取样电路和温度传感电路。

2 硬件电路的设计

2.1 单片机电路

采用单片机实现步进电机细分控制系统中，其响应频率一直受单片机的速度影响，PIC 系列单片机具有精简指令集 RISC 结构，仅 30 几条单字节指令，除跳转指令为双周期指令外，其余均为单周期指令，CPU 采用指令线与数据线分离的哈佛结构，两级流水线指令取数与执行，这使得 PIC 在代码压缩与执行速度方面和同类 8 位单片机相比，具有较大的优势^[2]。

PIC16F876 单片机是美国 Microchip 公司中档产品，采用 CMOS 工艺制造，带有 FLASH 工艺特性，功耗低，I/O 端口有较大的驱动能力，扇出电流可达 25 mA，可简化外围电路；易于编程，执行速度快，内部具有看门狗 WDT 防止程序跑飞，另具有程序加密性

好、价位低廉等优点^[3]。
在 PIC16F876 中，共有 3 个 I/O 端口：端口 A、端口 B、端口 C，都是双向 I/O 口。系统中，PIC16F876 的端口功能如表 1 所示。

表 1 PIC16F876 端口功能

端口	功能	端口	功能
RA0~1	相选输入	RB1	步进电机方向信号
RA1	拍选输入	RB4	74HC373 寻址
RA2	是否细分输入	RB5	TLC7226 寻址
RA3	是否加电至电机	RB6	TLC7226 的 A1
RA4	WR 信号	RB7	TLC7226 的 A0
RA5	温度、限流报警输入	RC0~RC7	数据总线
RB0	外部中断		

步进脉冲信号从 PIC16F876 的中断引脚 RB0/INT 输入，选择上升沿触发，单片机一旦检测到引脚上出现有效边沿，就把 INTF 位（INTCON 的 D1）置 1，向 CPU 申请中断，在中断服务时间内，单片机将完成输出相选控制信号和阶梯电压细分值。为了防止错误的死循环执行同一个中断，在重新开放这个中断之前必须在中断服务程序中用软件对 INTF 位清零。

中断现场保护是中断技术一个很重要的组成部分，由于中断服务程序会改变主要寄存器，在返回时可能影响主程序，必须对这些寄存器进行现场保护。在中断返回之前必须恢复主要寄存器的原值。而在该程序中，主程序在等待中断时，执行空操作，即使主要寄存器改变也没关系。

为了防止在受到干扰时程序跑飞，一般在系统设置看门狗电路。在 PIC16F876 中自带了自振式（RC 振荡）看门狗电路，不需要外加电路，简化了外围电路。

2.2 斩波电路

斩波电路由 D/A 转换电路、电压反馈放大电路和脉宽调制电路（PWM）组成，根据单片机输出的细分值和取样电压的反馈值，产生宽度受调制的脉冲输出，具体电路如图 2 所示。

D/A 转换电路采用 TI 公司的 TLC7226 芯片，TLC7226 芯片是采用 LinBiCMOSTM 技术的电压输出型四通道 8 位 D/A 转换器，每一通道片上有独立的数据锁存器，数据通过 8 位公共的与 TTL/CMOS 5 V 兼容的输入端口锁存到数据锁存器中。在设计中，TLC7226 的工作条件是单电源 +12 V 供电，基准为 +5 V 电压，D/A 转换的输出为 0~5 V。

电压反馈放大电路采用同相放大器结构，将取样电压同相放大，与 D/A 输出比较。同

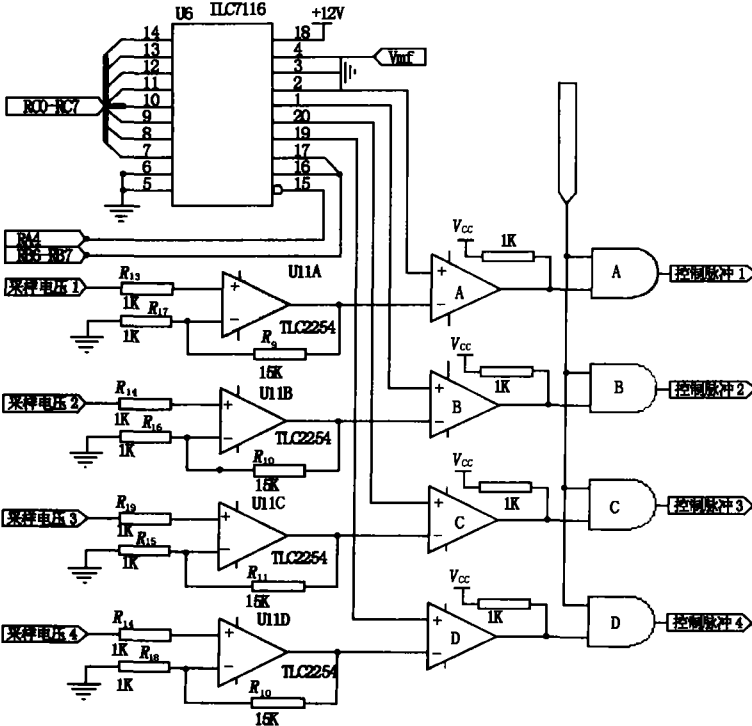


图 2 斩波电路示意图

(1) 根据步进电机运行方式的要求; (2) 步进电机各绕组与数据线连接的对应关系。因此, 实现同一种运行方式, 由于绕组与数据线的连接不同, 可以有多种相选代码。当然运行方式发生改变, 相选代码也会改变运行方向。

3.3 线性加正弦规律的数学模型

步进电动机细分控制的关键在于: 按照什么样的细分电流波形(前后沿)来控制步进电机各相绕组中的电流。采用的线性加正弦规律最接近于电机的非线性, 因而可以实现步距角的等步距细分, 它的数学模型如式(1)和式(2)所示。

上升沿: $C(n) = Z[n/M] + K \times \sin(2\pi \times n/M)$ (1)

下降沿: $C(n) = Z[(M - n)/M] + K \times \sin(2\pi \times (M - n)/M)$ (2)

式中, C 为细分电流数据, M 为细分数, n 为细分步序数 ($n=0, 1, 2 \dots M$), Z 和 K 为常数 ($Z=255$; $0 < K < 1$, 设计中为 $20/255$)。软件上为了节省 CPU 时间, 单片机输出的数字信号(各相细分值、相选值)不是采用即时计算方法确定, 而是预先经过 C 程序计算,

(上接第 65 页)

3.2 硬件对消

软件对消一般可使信噪比提高约 20 dB。通过硬件对消, 可使所关心频段上信噪比进一步提高。系统中硬件对消, 主要 MH 可变衰减器、移相器、小功率低噪声放大器组成。可将背景信号对消至 -60 dB 以下, 单个频点甚至可达 -80 dB。但是硬件对消同时作用有效频段较窄。

4 软件测试结果

目标宽带 RCS 扫频测试系统, 目前已开发完毕, 投入使用。图 3 给出了 F-117 型隐身飞机缩比模型典型频点测试结果。可以看出其在鼻锥方向 RCS 很小, 但在两侧翼方向 RCS 较大。测试结果较为可信。图中左翼方向上, 出现一很高尖峰, 是由于在测试中, 转台归零存在偏差, 支架反射未能完全对消所引起。由此可见支架反射完全对消是系统测试中主要技术难点。整套系统操作较为方便, 精度较高, 完全可满足实验验证需要。实践证明扫频方式测试目标宽带 RCS 方案作为理论研究的实验验证, 方案可行。但在实际工程化中, 出

利用预存细分编码的方法存放在单片机 ROM 中开辟的单元, 建立数据表, 通过查表形成各输出值。

4 结论

经过精心的调试, 电路的实测最大响应频率可达 72.2 kHz, 比理论的低一些, 是因为响应中断本身需要花一些时间。电路适用于三相电机, 也可适应二相和四相电机, 细分数可随应用设定。在实际应用中, 设计为三相六拍十细分, 驱动由 90BF003 步进电机带动的天文望远镜, 运行状态良好, 性能可靠。

参考文献:

[1] 孙兴进. 步进电机的最佳细分控制 [J]. 自动化与仪器仪表, 2001, (1): 33-35.
[2] 王有绪. PIC 系列单片机接口技术与应用系统设计 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.
[3] 彭树生. PIC 单片机原理及应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
[4] 余永权. 单片机应用系统的功率接口技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1994.

于实时性及雷达作用距离等方面限制, 脉冲体制具有扫描方式所无法替代的优势和巨大的发展前景。

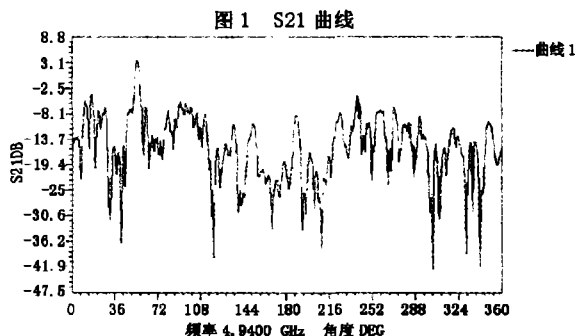


图 3 F-117 缩比模型测试结果图

参考文献:

[1] 庄钊文, 袁乃昌. 雷达散射截面测量——紧凑场理论与技术 [M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2000.

北京通杰科进技术开发有限公司

工业组态软件精品:
FIX/IFIX/INTOUCH
PLC: 三菱 FX, A, Q 系列
工控机: 研华, 西门子
地址: 北京海淀区清华园三才堂写字楼 5111 室(100084)
电话: 010-62581235, 62555899
网址: www.ZiDongHua.com.cn

Automation 中国自动化在线 www.chnaol.com

信息频道 商务频道 自动化社区 行业平台

中国自动化黄页: 国内(含港、澳、台地区)工业自动化领域名录大全, 涵盖自动化领域机构信息。即将出版, 诚征加盟。

我们的目标: 用我们不懈努力和严谨的工作作风建设国内最具影响的自动化领域综合网站

我们的服务: 为业内人士提供最丰富的行业信息, 最完备的产品查询, 最广泛的业内搜索和最全面的技术论坛