

采用单片机的直流电机无线遥控系统*

冯劲梅¹, 王庆明^{2*}

(1. 上海应用技术学院 城市建筑与安全工程学院, 上海 200235;

2. 华东理工大学 机械与动力工程学院, 上海 200237)

摘要: 为对分布于大型建筑各处的通风机进行遥控启停、转向和转速控制, 研究了采用单片机的直流电机无线遥控控制系统, 分析了控制系统的硬件组成、软件设计和控制原理。控制系统以 AT89S51 单片机为核心, 电机调速部分采用脉宽调制(PWM)技术, 以 IR2108 作为驱动芯片设计驱动电路, 无线遥控部分选用 PT2262/PT2272 编解码器, 实现了对直流电机的遥控控制。研究结果表明该系统具有实用性好、结构简单、成本低、体积小和性能可靠等特点。

关键词: 无线遥控; 直流电机; 单片机; 脉宽调制

中图分类号: TP273; TM33

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2010)12-0007-04

Wireless remote control system for DC motor used single-chip microcomputer

FENG Jin-mei¹, WANG Qing-ming²

(1. Urban Construction and Safe Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 200235, China;

2. College of Mechanical and Power Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: In order to remote control on-off, rotation direction, and spindle speed of ventilation fans distributed mega-structures, wireless remote control system of DC motor based on single-chip microcomputer was studied. The hardware structure, software design and control principle were analyzed in detail. SCM AT89S51 was used as the core of the control system. Wireless remote control technique and pulse width modulation(PWM) technique were used to control the motor. IR2108 was used as driver chip to design driver circuit. PT2262/PT2272 encoder and decoder were adopted in remote control unit. The research results show that the system has the characteristics of simpler structure, lower cost and higher reliability.

Key words: wireless remote control; DC motor; single-chip microcomputer; pulse width modulation(PWM)

0 引 言

大型商务中心人流分布往往呈现明显的不均匀性和动态性, 而目前的自动化通风系统通常存在较明显的滞后性, 调节范围也受到限制, 在兼顾空气品质需求和环保节能方面还存在若干问题^[1-2]。根据大型空间内空气品质分布状况, 以手动的方式对分布于大型建筑各处的通风机进行遥控启停、转向和转速控制, 通

过多点和独立可控通风, 实现对相关局部区域进行所需的空气调节, 易于达到空气品质需求和环保节能限制之间的平衡点, 具有较明显的实用价值。

直流电机具有简单的转向控制性能、平滑的运转特性和良好的线性调速特性, 适于应用在运行参数较复杂、要求较高的通风系统。笔者针对某大型商务中心的多点 and 独立可控通风系统进行基于单片机的直流电机遥控调速系统研究。

收稿日期: 2010-08-16

基金项目: 上海市教委科技发展基金资助项目(04YQHB163)

作者简介: 冯劲梅(1969-), 女, 吉林长春人, 博士, 副教授, 主要从事楼宇智能化方面的研究. E-mail: fengjinmei@sit.edu.cn

通信联系人: 王庆明, 男, 教授, 博士生导师. E-mail: wangqm@ecust.edu.cn

直流电机的速度控制可采用电枢控制,也可采用磁场控制。磁场控制有其本质性的缺点,所以一般常用电枢控制。电枢控制是在励磁电压不变的情况下,把电压控制信号加到电机的电枢上来控制电机的转速。目前,绝大多数直流电机采用开关驱动方式获得电压控制信号,即半导体功率器件工作在开关状态,通过脉宽调制(PWM)来控制电动机电枢电压^[3]。

常用的遥控手段有红外、无线电波、超声波等。对于分布于大型建筑各处的通风机而言,与遥控发射装置之间的距离远近不同,且可能会有阻隔,遥控信号需绕行传输,无线电波遥控的特性就比较适合于这种情形^[4-5]。

本研究以 AT89S51 单片机为控制核心,采用脉宽调制(PWM)技术,结合无线遥控器件,实现对通风电机的遥控控制。

1 电机调速部分

1.1 PWM 速度调节原理

脉宽调制(PWM)调压法是利用大功率晶体管的开关特性来调制固定电压的直流电源,按一个固定的频率来控制电源的接通或断开,通过改变一个周期内“关断”和“接通”的时间长短来改变平均电压的大小,从而控制电机的速度。PWM 调压法具有平滑度高、能耗少、精度高等优点,在工业生产中广泛使用^[6]。

设供电电压为 U_s ,电枢电压平均值为 U_a ,在波形周期 T 中,开关管接通时间为 t_1 ,开关管截止时间为 t_2 ,如图 1 所示。

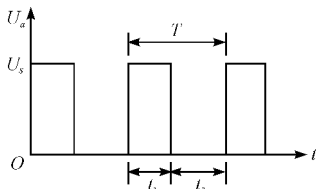


图 1 电枢端电压波形

当开关管导通,供电电源 U_s 向电机输电,电机的电枢电感储能。 t_1 时间后,开关管截止,中断了 U_s ,在开关管接通期间,电枢电感所储存的能量通过续流二极管使电动机电流继续流通。可知电枢电压平均值 U_a 为:

$$U_a = \frac{t_1 U_s}{t_1 + t_2} = \frac{t_1}{T} U_s = \alpha U_s \quad (1)$$

式中, α 为占空比,是实现 PWM 调速的一个重要参数,它表示在一个周期 T 里,开关管导通的时间 t_1 与周期 T 的比值,其变化范围为 $[0, 1]$,改变脉冲的占

空比 α ,电枢电压的平均值也随之改变,从而达到调速的目的。

需要指出的是,式(1)仅仅是说明 PWM 调速原理的基本公式,在工程实际中,不同的调速电路,公式的形式会不同,但通过改变占空比 α 来调速的原理是相同的。式(1)中 U_a 的变化范围是 $[0, U_s]$,工程中常使 U_a 在 $[-U_s, U_s]$ 中变化,以便实现正/反转调速。

1.2 功率驱动单元的设计

本研究采用双极性驱动方式,由 4 个功率 MOSFET 和 4 个续流二极管组成 H 型全桥式驱动电路,能方便地实现直流电机的四象限运行,分别对应正转、正转制动、反转、反转制动。

功率 MOSFET 具有输入阻抗大、开/关速度快、无二次击穿现象等特点,满足高速开/关动作需求。MOSFET 器件的选择主要考虑其开/关特性、功耗和耐压等要求^[7-8]。本研究选用 IR 公司的 N 沟道增强型 VMOS 功率管 IRLR7843。它是一种电压控制器件,开/关速度较高,最小漏源击穿电压为 30 V,最大栅源电压为 ± 20 V。

栅极驱动电路的性能和可靠性直接关系到 MOSFET 的运行特性,如开通、关断瞬间漏极电压、电流的上升、下降速率等,从而影响整个 PWM 系统的性能和安全可靠。使用的驱动芯片不同,设计出的驱动电路也不一样。本研究采用 IR 公司的 IR2108 作为驱动芯片。

IR2108 是一种双通道高压、高速功率 MOSFET 驱动器,它内部应用自举技术来实现同一集成电路可同时输出两个驱动高端与低端的通道信号,工作电压范围为 -5 V ~ 600 V;抗 dv/dt 干扰能力为 50 V/ns;15 V 时静态功耗为 1.6 mW,保证了芯片本身具有整形功能,实现了无论其输入信号前后沿的陡度如何,均可降低开关损耗;两通道均有适当的传输延时,其中导通延时为 150 ns,关断延时为 50 ns;输入和输出都设有锁存抗干扰 CMOS 电路,其输入/输出可承受大于 2 A 的反向电流。

驱动电路如图 2 所示。

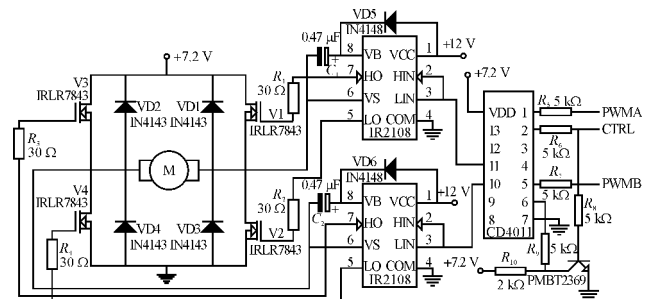


图 2 电机驱动电路

如图 2 所示, H 桥驱动电路的 4 个 IRLR7843 桥臂按对角方位分为 V1、V4 和 V2、V3 两个组进行通/断控制。当 V1、V4 导通时, 电枢绕组承受正向电压, 电动机正转; 当 V2、V3 导通时, 电枢绕组承受反向电压, 电动机反转。

在 4 个 IRLR7843 的漏源之间接了续流二极管, 即 VD1、VD2、VD3、VD4, 选用 IN4143。两个 IR2108 芯片的控制输入端 HIN 和 LIN 通过低速 CMOS 四重双输入“与非”门 CD4011 接入两路带死区的 PWM 脉冲信号, 两路输出 HO 和 LO 与输入 HIN 和 LIN 相对应, 是同相的关系。

C_1 、 C_2 为自举电容, C_1 、VD5 和 C_2 、VD6 分别构成高压侧自举升压电路, 为高压侧 MOSFET 提供浮动的脉冲信号。当 HIN 端出现高电平的时候, 在 HO 与 VS 之间出现高电压驱动 MOSFET 导通, LIN 是低压侧输入信号, LO 是低压侧输出信号, 控制低压侧 MOSFET 的开通和关闭。

2 遥控系统部分

本系统采用无线电遥控方式, 遥控系统主要包括发射器、接收器两部分, 发射器是由编码电路和发射电路组成。编码电路采用按键控制, 产生所需要的控制指令。发射电路将编码电路产生的指令信号调制在载波上, 经天线将已调制载波发射出去。接收器由接收电路及译码电路组成, 输出的控制指令将进入执行放大电路, 以便把指令信号放大到一定的功率水平, 用以驱动执行机构。

2.1 基于 PT2262/PT2272 的发射与接收模块

在本研究的遥控系统中, 笔者选用了 PT2262/PT2272 编解码器。它是我国台湾普城公司生产的一种由 CMOS 工艺制造的低功耗低价位通用编解码电路, 是目前在无线通信电路中作地址编码识别比较常用的芯片之一^[9-10]。

编码发射模块主要由 PT2262 编码 IC 和 高频调制、功率放大电路组成, 发射器工作电压为 DC 12 V, 工作频率为 315 MHz, 工作电流为 13 mA; PT2262 的特点是其内部已经把编码信号调制在了一个较高的载频上, 从 Dout 端送出的是已调制好的约 38 kHz 的高频已调波, 适用于各种遥控电路。

解码接收模块由接收头和 解码芯片 PT2272 两部分组成。接收头将收到的信号输入 PT2272 的 14 脚 (DIN), PT2272 再将收到的信号解码。接收板工作电压为 DC 5 V, 接收灵敏度为 -103 dBm, 工作频率为

315 MHz, 工作电流为 5 mA。

2.2 无线收发模块的地址码设定

本研究采用 8 位地址码和 4 位数据码, 地址线可设置成“1”、“0”、“开路”3 种状态之一, 编码芯片 PT2262 和解码芯片 PT2272 的第 1~8 脚为地址设定脚, 可选择接正电源或接地或悬空, 地址编码不重复度为 $3^8 = 6\,561$ 组。PT2262 和 PT2272 的 1~8 脚设置相同, 便可获得相同的地址编码。对于多点和独立可控通风系统, 通过收/发模块的地址编码设定, 可使发射器与遥控对象一一对应。

2.3 遥控部分工作过程

基于 PT2262 的编码发射器可直接采用, 而基于 PT2272 的遥控接收电路如图 3 所示。

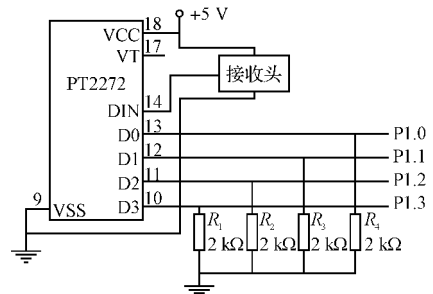


图 3 遥控接收电路

在本研究的遥控发射接收系统中, 采用编码发射模块上的 5 个按键, 解码器有 4 个数据输出端 D3、D2、D1 和 D0。发射器上的按键与所代表指令的对应关系如表 1 所示。

表 1 按键与所代表指令的对应关系

按键	一	二	三	四	五
指令	正转启动	反转启动	加速	减速	制动

PT2272 的数据输出端 D0~D3 分别接到 AT89S51 单片机的 P1.0~P1.3 口, 遥控系统启动后, 通过按 PT2262 无线发射模块上的按键发射出高频信号, 接收头将接收到的信号输入 PT2272 的 14 脚 (DIN), 经 PT2272 解码后, 由数据输出端 D0~D3 输出对应的指令信号到 AT89S51 单片机的 P1.0~P1.3 口, 再由单片机向电机驱动电路输出 PWM 波。

3 单片机控制部分

本设计采用 AT89S51 型单片机, 它是一个低功耗、高性能 CMOS 8 位单片机, 片内含 4 KB ISP (In-system programmable)、可反复擦写 1 000 次的 Flash 只读程序存储器, 128 Bytes 的随机存取数据存储器 (RAM), 32 个外部双向输入/输出 (I/O) 口, 5 个中断

优先级,2层中断嵌套中断,2个16位可编程定时计数器,2个全双工串行通信口,看门狗(WDT)电路,片内时钟振荡器,兼容标准MCS-51指令系统及80C51引脚结构。

3.1 单片机硬件系统

单片机外围电路如图4所示。

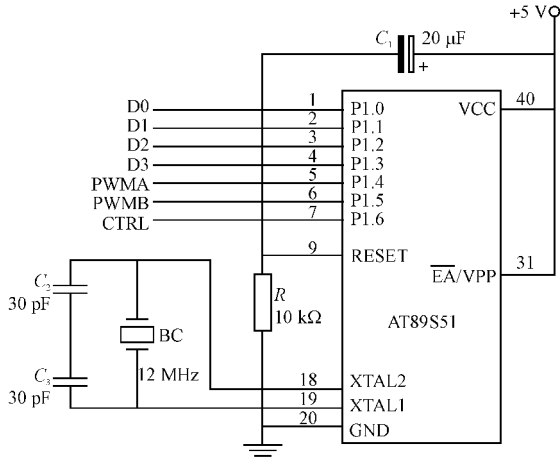


图4 单片机外围电路

引脚19(XTAL1)和引脚18(XTAL2)分别是AT89S51单片机中用于构成内部振荡器的高增益反向放大器的输入端和输出端。根据本系统的具体要求,笔者选用了12MHz的晶振和两个30pF的电容C₂、C₃接在放大器的反馈回路中,构成并联振荡电路。

单片机的复位方式采用上电自动复位电路,利用电容器C₁充电来实现,电容接在VCC和RST之间,电容值为20μF,10kΩ电阻接在引脚9(RST)和引脚20(GND)之间,当RT引脚端保持2个机器周期以上的高电平时,AT89S51单片机即进入复位状态。

3.2 单片机软件系统

本系统采用占空比可调的周期矩形信号控制,通过编程来产生PWM信号,即利用单片机的I/O口,通过软件设计使相应引脚不断地输出高低电平来实现PWM波的输出,脉冲频率取20Hz。

根据工况要求,本研究通过单片机控制使电动机在正转和反转两种情况下分别进行启动、加速、减速和制动,其程序流程如图5所示。

程序的初始化设置模块包括对单片机的CPU系统时钟初始化、I/O端口方向初始化、定时/计数器的初始化和系统相关变量的初始化过程。

单片机端口的P0端口的P1.0、P1.1、P1.3和P1.2与遥控电路连接,设置为输入端口,用以输入遥控接收模块传送来的指令信号,P1.4、P1.5和P1.6与电机驱动电路连接,传送从单片机输出的PWM波或控制指

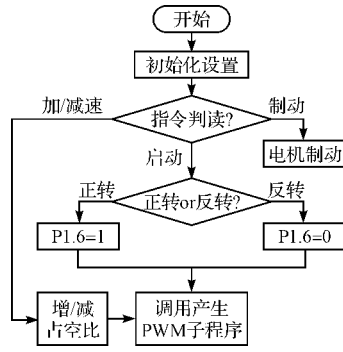


图5 程序流程图

令到电机驱动系统,因此设置为输出端口。

对于通过单片机产生PWM波的软件实现方式而言,无论是采用定时器作为脉宽控制的定时方式还是采用软件延时方式来控制脉宽都比较成熟^[11],因此有关于子程序本研究就不再赘述。

遥控系统中发射器上的按键与所代表指令的对应关系已在表1中列出,当按动某一个键时,发射器发出信号,接收系统将对应的信号指令输入到单片机。单片机根据输入指令执行相应的程序,使相关引脚呈现高低电平,由P1.6输出CTRL信号控制电机的转向,P1.4、P1.5分别输出两路PWM波控制电机的转速。若发射器端按住加/减速键不放时,接收系统向单片机持续传递加/减速的指令信号,系统会通过持续改变占空比进行恒加速或恒减速,直到发射器端按键放开或电机已到最大或最小转速时才停止。

4 结束语

本研究探讨了基于单片机的直流电机无线遥控控制系统,以AT89S51单片机为控制核心,以PT2262/PT2272无线遥控模块构建遥控系统,电路集成度高,收发数据可靠;在电机驱动方面利用PWM技术,采用双极性驱动方式,由4个功率MOSFET和4个续流二极管组成H型全桥式驱动电路。本研究研制的遥控控制系统实现了对直流电机的启停、转向和加减速的遥控控制,成功地运用在某商务中心的大空间多点和独立可控通风系统中,具有结构简单、成本低、体积小和性能可靠等特点,对于空调通风控制系统的设计具有一定的参考意义。

参考文献 (References):

[1] 于振峰,李建兴. 独立新风系统在医院洁净空调中的应用[J]. 煤气与热力,2005,25(3):33-35.
 [2] 温晓航. 智能建筑中央空调系统的节能分析[J]. 山西建筑,2005,31(11):133-134. (下转第14页)

射面。

3 测 试

本研究采用 HP4294A 精密阻抗分析仪对不同长度的圆环斜槽传振杆进行谐振频率测试,测试结果如图 11 所示。



图 11 阻抗分析仪测试结果图

对传振杆对应的谐振频率与其阻抗分析仪进行对比,如表 3 所示。

表 3 ANSYS 与阻抗分析仪对比

参数	长度/mm	谐振频率/kHz
ANSYS	74.5	28.654
测试值	74.5	29.387 8
偏差值	0.0	0.733 8
相对偏%	0.0	0.024 46

从表 3 中可以看出有限元分析的结果约低于实测结果,偏差值 0.733 8,相对偏 0.024 46;偏差在允许范围内。

4 结 束 语

本研究计算了 30 kHz 圆环斜槽传振杆斜槽位置和谐振长度。根据计算出的圆环斜槽传振杆各参数进

行三维造型并进行有限元模态分析,采用阻抗分析仪对谐振频率进行了测试。实验结果表明,有限元分析方法的模态谐振频率和实测的谐振频率数误差在允许范围内。传振杆达到了使用要求。

参考文献 (References) :

[1] 贾春德,姜增辉. 正交车铣运动的矢量建模及表面粗糙度的理论分析[J]. 机械工程学报,2001,37(3):62-64.

[2] 贾春德,姜增辉. 车铣原理[M]. 北京:国防工业出版社,2003.

[3] TSUJINO J. One-dimensional longitudinal torsional vibration converter with multiple diagonally slitted parts[J]. *Ultrasonics*,2000,38(1-8):72-76.

[4] TSUJINO J. Load characteristics of ultrasonic rotary motor using a longitudinal-torsional vibration converter with diagonal slits[J]. *Ultrasonics*,1996,34(2-5):265-269.

[5] 皮 均,徐西鹏. 纵扭共振超声铣削研究[J]. 中国机械工程,2009,20(10):1163-1168.

[6] SREEJITH P S, NGOI B K A. New materials and their machining[J]. *Int. J. Adv. Manuf. Technol*,2001,18(8):537-544.

[7] KOMARAIH M, REDDY P N. Rotary ultrasonic machining-a new cutting process and its performance[J]. *International Journal of Production Research*, 1991, 29 (11): 2177-2187.

[8] NEUGEBAERER R. Ultrasonic application in drilling[J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2004, 149 (1-3):633-639.

[9] 林忠茂. 超声变幅杆的原理和设计[M]. 北京:北京科学技术出版社,1987.

[10] KIM C J, BONO M, NI J. Experimental analysis of chip formation in micro milling[J]. *Transaction of NAMRI/SME*,2002(30):247-254.

[11] 皮 均. 圆环斜槽传振杆的纵扭振动转换[J]. 机械工程学,2008,44(5):242-248. [编辑:李 辉]

(上接第 10 页)

[3] LQBAL A, LEVI E. Space vector PWM techniques for sinusoidal output voltage generation with a five-phase voltage source inverter[J]. *Electric Power Components & System*,2006(12):119-140.

[4] FRAISSE P, ZAPATA R, ZARRAD W, et al. Remote secure decentralized control strategy for mobile robots[J]. *Advanced Robotics*,2005,19(9):1027-1040.

[5] WALTER F, STEVE C. Exploring teleRobotics: a radio-controlled robot[J]. *Technology Teacher*,2007,67(2):11-17.

[6] 王 苏. 直流电机 PWM 调速研究及单片机控制实现[J]. 机电工程技术,2008,37(11):81-84.

[7] PAN Z Y, LUO F L. Steady state reference current determination technique for brushless DC motor drive system[J].

Proceedings-Electrics Power Applications,2005,152(11):1585-1594.

[8] 游志宇,杜 杨,张 洪,等. 基于场效应管的直流电机驱动控制电路设计[J]. 国外电子元器件,2008(2):3-6.

[9] 王 让. 用单片机做的 8 通道无线遥控器[J]. 无线电,2008(1):73-75.

[10] 徐 玮. 51 单片机综合学习系统 - 无线遥控模块的应用[J]. 电子制作,2008(6):29-32.

[11] 吴泽民,王 俊,王 景. 利用单片机产生 PWM 信号的软件实现方法[J]. 机电技术,2008(1):20-21.

[编辑:张 翔]