

基于 SPMC75F2413 单片机的直流双闭环调速系统的设计

陈力, 王凯

(中国矿业大学信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221008)

摘要: 与交流电动机相比, 直流电动机结构复杂, 成本高, 运行维护困难。但是直流电动机具有良好的调速性能、较大的起动转矩和过载能力强等许多优点, 因此在很多行业中应用。在本文中, 设计一种基于凌阳单片机的直流双闭环调速系统, 并对系统的硬件及软件部分作了具体的介绍及论述。该系统包括转速给定、转速显示、转速检测、电压电流检测和转速控制等。该调速系统容易实现, 成本低廉, 具有很好的实用价值。

关键词: 自动控制技术; 直流电机; 单片机; 双闭环控制

中图分类号: TP27

Design of Double Closed Loop DC Speed Control System based on SPMC75F2413

Chen Li, Wang Kai

(Information and electrical engineering School, China University of Mining and Technology, Jiangsu XuZhou 221008)

Abstract: Compared with AC electromotor, DC electromotor is more complex, the cost is expensive and the maintenance is difficult. But, DC motor has much merit, such as: better speed performance, bigger starting torque and stronger overload capacity, etc. Therefore, it is applied widely in many industries. In this paper, a kind of double closed loop DC motor speed control system is designed based on the SPMC75F2413. And introduced and discussed the hardware and software designed specifically. This instrument consists of rotation setting, display and detection, current sensing, and so on. It can be showed that this system have the advantages of easy-implement, lower cost and better use value.

Keywords: Control technology; DC Motor; single-chip computer; double closed loop control

0 引言

早期直流电动机的控制均以模拟电路为基础, 由运算放大器、非线性集成电路以及少量的数字电路组成, 控制系统的硬件部分非常复杂功能单一, 而且系统非常不灵活调试困难, 受到器件的性能温度等因素的影响, 阻碍了直流电动机控制技术的发展和推广范围的推广^[1]。

以微处理器为核心的数字控制系统, 硬件电路的标准化程度高, 制作成本低^[2]。软件能够进行逻辑判断和复杂的运算, 可以实现不同于一般线性调节的最优化、自适应、非线性、智能化等控制规律。此外还拥有信息存储、数据通信和故障诊断等模拟控制系统无法实现的功能^[2]。

SPMC75F2413 单片机作为高性能的 16 位 MCU 平台, 拥有多种功能模块, 包括高性能的 CPU 内核、高效益的中断系统、可编程 I/O 口、模拟量测量用的 ADC、外部通信用的同步和异步串行接口、普通的定时计数器等常见硬件模块, 以及多功能捕获比较模块、BLDC 电机驱动专用位置检测接口、两项增量编码器接口、能产生各种电机驱动波形的 PWM 发生器等特殊硬件模块。同时, SPMC75F 系列单片机内部还集成了 32K Words 的 Flash 和 2K

作者简介: 陈力, (1986-), 男, 硕士研究生, 控制理论与控制工程. E-mail: chenli1061@126.com

Words 的 SRAM^[3]。

1 系统硬件结构

本系统所要设计的是单片机控制的直流调速，同时还具有液晶显示和人机接口功能。该系统由数据采集模块、计算处理、功率驱动、触发整流、键盘、LCD 显示以及单片机和直流电动机等组成。

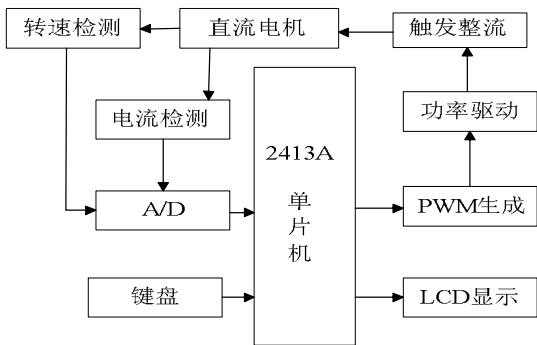


图 1 硬件设计框图
Fig. 1 Hardware design block diagram

2 单元电路设计

2.1 键盘电路

在一般的单片机应用系统中，为了控制其运行状态，需要向系统输入一些命令或数据，因此本系统中设有键盘^[2]。这些功能键或组合控制键都是以开关状态来设置控制功能或输入数据。如图 2 所示,本系统采用的是独立式按键。

具体的功能如下：

- S3 为确定键。当速度给定值输入后，按下 S3 表示确认。
- S4 为速度位数切换键。
- S5 和 S6 分别是加减键。数字在 0 到 9 内变化，每按一次增加或减少 1。
- S7 为显示当前速度值。
- S8 为电机停车键。

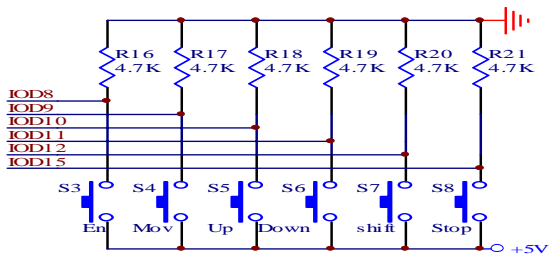


图 2 键盘电路
Fig.2 Keyboard circuit

2.2 液晶显示电路

显示器主要用来显示速度给定值和当前速度反馈值，该显示器具体使用芯片 1602。因

为要显示英语字母、数字和特殊符号时，采用 LCD 显示是一种简便节电的手段。LCD 由

LCD 显示器, LCD 驱动器和 LCD 控制器组成。图 3 为点阵式液晶显示器 1602 与单片机 2413 的接口图。其中 RS 是寄存器选择, 高电平时选择数据寄存器, 低电平时选择指令寄存器。R/W 为读写选择, 高电平为读操作, 低电平为写操作。当 RS 和 R/W 同为低电平时可以写入指令或显示地址, 当 RS 为高电平, R/W 为低电平时可以写入数据。E 为使能信号, 当 E 端由高电平跳变低电平时, 液晶模块执行相应命令。DB0 至 DB7 为数据总线, 分别和 2413 的 IOC[10:15] 引脚相连。

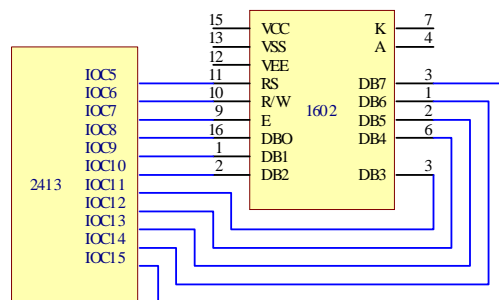


图 3 1602 与单片机接口图
Fig. 1 1602 and MCU interface diagram

2.3 速度检测电路

转速是工程上一个常用的参数, 旋转体的转速常以 r/min 来表示。转速的测量方法很多, 由于转速是以单位时间内的转速来衡量的, 因此采用霍尔元件测量转速是较为常用的一种测量方法。霍尔器件是由半导体材料制成的一种薄片, 设其长为 L 、宽为 b 、厚度为 d 。若在垂直于薄片平面方向(即沿厚度 d 的方向)施加外磁场, 在沿长 L 为的方向的两个端面加以外电场, 则其内部会有一定的电流经过。由于电子在磁场中运动, 所以将受到一个洛仑磁力, 其大小为: $F_1 = qvB$

式中 F_1 为洛仑兹力; q 为载流子电荷; v 为载流子运动速度; B 为磁感应强度。

由于受洛仑兹力, 电子的运动轨迹将发生偏移, 在霍尔元器件薄片的两个侧面分别产生电子积聚或电核过剩, 形成霍尔电场。在霍尔元器件两个侧面间形成的电位差称为霍尔电压, 其大小为: $U_H = RHIB/d$

式中, RH 为霍尔常数, I 为控制电流。

应注意, 当电磁感应强度反向时, 霍尔电动势也反向。若控制电流保持不变, 则霍尔感应电压将随外界磁场强度而变化。根据这一原理, 可以将一块永久磁钢固定在电动机转轴上转盘的边沿, 转盘随被测轴旋转, 磁钢也将跟着同步旋转。在转盘附近安装一个霍尔元件, 转盘随轴旋转时, 霍尔元件受到磁钢所产生的磁场影响, 故可输出脉冲信号, 其频率和转速成正比。测出霍尔元件输出脉冲的周期或频率即可计算出转速。

2.4 A/D 转换电路

SPMC75X 系列微控制器内嵌一个 100Ksps 转换速率的高性能 10 位通用 ADC 模块, 采用 SAR (逐次逼近) 结构。它与 IOA[7:0] 复用引脚作为输入通道, 最多能提供 8 路模拟输入能力。同时, ADC 模块有多种工作模式可选, 它的转换触发信号可以是软件产生也可以通过来自外部 (IOA15)、PDC 位置检测、MCP 等定时器的信号, 以满足不同的应用。利用此 ADC 模块, 可以同电机驱动定时器联合动作, 实现电机驱动过程中电参量的同步测量, 满足电机驱动的需要。此外, ADC 模块也可以实现一些普通的模拟测量动作, 如电压

测量、温度信号测量、低频信号的采集等^[4]。

SPMC75X 系列微控制器内嵌的 ADC 模块共有 4 个控制寄存器。通过这 4 个控制寄存器可以完成 ADC 模块所有功能的控制。

表 1 ADC 控制寄存器
Tab. 1 ADC control register

地址	寄存器	名称
7160h	P_ADC_Setup ADC	设置寄存器
7161h	P_ADC_Ctrl ADC	控制寄存器
166h	P_ADC_Channel ADC	输入通道使能寄存器
7162h	P_ADC_Data ADC	数据寄存器

2.5 PWM 波形的产生

2.5.1 PDC 定时器

SPMC75X 系列微控制器提供了两个 PDC(Phase Detection Control)定时器, PDC 定时器 0 和 PDC 定时器 1, 用于捕获功能和产生 PWM 波形输出, 同时具有检测无刷直流电机位置改变的特性。PDC 定时器能够处理总计 6 路(每个定时器 3 路)捕获或霍尔信号输入。PDC 定时器非常适用于机械速度的计算^[3]。

2.5.2 PCM 定时器

SPMC75X 系列微控制器提供了两个 MCP(Motor Control PWM)定时器, 定时器 3 和定时器 4。MCP 定时器有两套独立的三相六路 PWM 波形输出。MCP 定时器 3 与 PDC 定时器 0 联合, MCP 定时器 4 与 PDC 定时器 1 联合能完成直流电机和交流感应电机应用中的速度反馈环控制。MCP 模块有总计 12 路定时器输出用作电机控制操作^[3]。

以 MCP3 定时器为例, 霍尔位置传感器产生的信号传入 IOB[8: 10], 通过程序处理后, 由 IOB[0: 5]产生三相六路 PWM 波控制全控器件的导通。

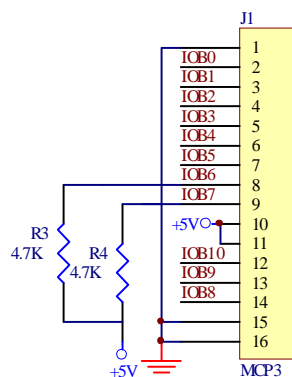


图 4 PWM 波形生成
Fig. 1 PWM waveform generation

2.6 整流电路

整流电路采用 6 个电力 MOSFET 管、平波电抗器组成。电力 MOSFET 管是用栅极电压来控制漏极电流, 因此它的第一显著特点是驱动电路简单, 需要的驱动功率小。其第二个显著特点是开关速度快, 工作频率高^[5]。

2.6.1 电动机参数

电动机为一台容量为185W 的直流电动机，其主要技术参数如下：

$P_n = 185W$, $U_n = 220V$, $I_n = 1.2A$, $n_n = 1600r/min$, 他激 , $U_{fn} = 220V$, $I_{fn} \leq 0.13A$ 。

2.6.2 平波电抗器的计算

为了保证稳定运行时电流波形的连续，在电枢回路中设置了平波电抗器。

电动机电枢电感

$$L_D = K_D \frac{U_N}{2pnNI_n} = 10 \times \frac{220}{2 \times 3 \times 1600 \times 1.2} mH = 190.97mH$$

式中 p ——电动机磁极对数； K_D ——计算系数。对一般无补偿电动机 K_D 取 8~12，这里取 $K_D = 10$

平波电抗器的电感量一般按低速轻载时保证电流连续的条件来选择^[6]。通常首先利用最小电流 $I_{d\min}$ 计算所需的总电感量，减去电枢电感，即得平波电抗器应有的电感量。对于三相桥式整流电路：

$$L_m = 0.693 \frac{U_2}{I_{d\min}}$$

一般取 $I_{d\min}$ 为电动机额定电流的 5% ~ 10% ，故平波电抗器电感量：

$$L = L_m - L_D = 776.89 - 190.27mH = 586.62mH$$

单片机 2413 的引脚 IOB[0: 5]通过光电隔离装置与整流电路 6 个电力 MOSFET 管的栅极相连。

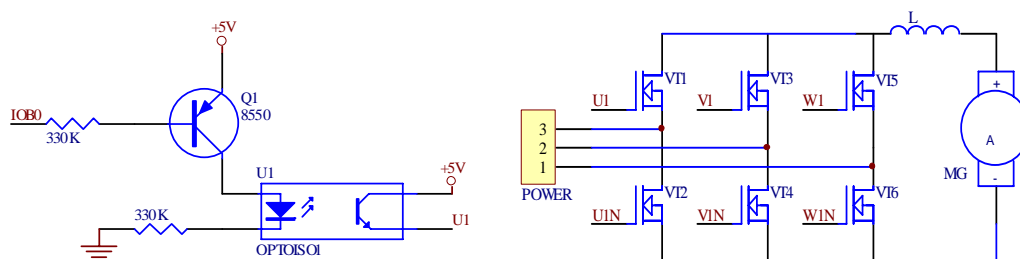


图 5 整流电路

Fig. 1 Rectifier circuit

3 系统软件设计

本系统软件由 C 语言编写而成，采用模块化结构设计，主要由采集模块、键盘模块、计算处理模块、显示模块、PWM 输出模块组成。在编写程序时用到了很多的单片机指令，通过结合设置相关的寄存器、定时器和串行口等，完成程序的编写。

主程序在系统初始化（初始化时钟、中断、变量等）之后，等待按键输入。当有键按下后，调用对应的子程序，完成特定的功能。其流程如图 5-1 所示。

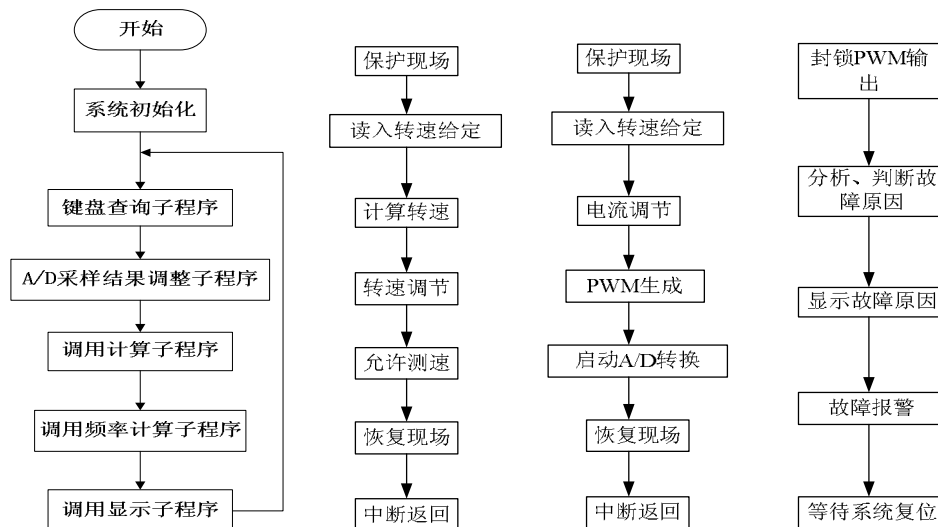


图 6 程序流程图

Fig. 1 Program flow chart

4 结论

本文给出了基于 SPMC75F2413 单片机直流双闭环调速系统的设计方案。该系统具有响应速度快、抗干扰能力强、精度高、成本低等特点。凌阳单片机的内嵌 ADC 和通过软件编程就可以产生三相六路 PWM 波形等强大功能使得整个设计系统变得简单，容易实现，具有很强的实用价值。

[参考文献] (References)

- [1] 陈伯时, 阮毅. 电力拖动自控控制系统——运动控制系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
CHEN B S, RUAN Y. Electric drive automatic system——motion control system[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2007.
- [2] 李朝清. 单片机技术及接口技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999.
LI C Q. SCM principle and interface technology[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1999.
- [3] 范蟠果. 工控单片机原理及应用——凌阳 SPMC75F2413A[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
FAN P G. Industrial microcontroller theory and application——SPMC75F2413[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.
- [4] 张向艳. 凌阳十六位单片机(一)[J]. 单片机应用与制作, 2003.
ZHANG X Y. Sixteen bit lingyang microcontroller[J]. SCM application and production, 2003.
- [5] 刘立平. 电力电子技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
LIU L P. Power electronics technology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2007.
- [6] 杨耕, 罗应立. 电机与运动控制系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
YANG G, LUO Y L. Motor and motion control system[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.