

基于 MSP430 的直流电机 PWM 调速控制器设计

梅 莉, 叶晓燕

(新疆独山子克拉玛依职业技术学院电子电气工程系, 新疆 独山子 833600)

摘要: 在他励直流电机的数学模型的基础上, 得到了单反馈闭环控制的直流调速系统的结构。以 MSP430 为核心设计了直流调速系统的电机驱动和光电码盘反馈控制电路, 研究了增量式 PID 控制算法和 MSP430 程序, 实现了低成本的直流电机转速无静差控制方法。

关键词: 脉宽调制; 直流电机; 控制器; PID 控制算法

中图分类号: TM33; TN787*.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-5124(2010)03-0063-03

Design of MSP430-based PWM speed controller of DC motor

MEI Li, YE Xiao-yan

(Department of Electrical & Electronic Engineering, Karamay Vocational & Technical College, Dushanzi 833600, China)

Abstract: Based on the mathematic model of separately excited DC motor, the control structure of the single-feedback-closed-loop controlled DC velocity modulation system was obtained. With MSP430 as controlling core, motor driven circuit and opto-electrical coder feedback-based controlling circuit of DC velocity modulation system were designed and the incremental PID algorithm and the velocity controlling program were investigated. Using the new design, a kind of DC motor velocity controlling method with feature of low cost and no static error was realized.

Key words: PWM; DC motor; Controller; PID

1 引 言

随着微电子技术、计算机技术和现代控制理论的发展, 直流电机控制开始从传统的模拟控制向数字控制转变, 控制的智能化逐渐提高。自从全控型电力电子器件问世后, 基于脉宽调制的高频开关控制的直流脉宽调速系统(直流 PWM 调速系统)得到了迅猛发展, 成为晶闸管直流调速系统之外另一种极其重要的直流调速方法。脉宽调速系统的脉宽调制变换器的作用是把恒定的直流电源电压调制成频率一定、宽度可变的脉冲电压序列, 从而可以改变平均输出电压的大小, 以调节电机转速。随着单片机成本的降低, 以单片机为控制核心的 PWM 调速系统越来越多^[1-3], 其特点是通过程序产生控制脉冲, 电路简单; 开关频率高, 电流连续, 谐波少; 低速性能好, 稳速精度高, 调速范围宽。MSP430 是一种高性价比和高集成度的低功耗单片机, 目前开始应用于直流电机调速控制中^[4]。但这些直流电机控制系统, 未能充分

利用 MSP430 片上资源, 外围驱动与控制电路复杂, 降低了控制器的可靠性。因此采用新型的专用控制芯片, 在充分利用 MSP430 片上资源基础上设计直流电机调速控制系统, 可以提高电机运行的稳定性, 并显著降低成本。

2 直流调速系统的动态数学模型

他励直流电动机的等效电路如图 1。其中电阻 R 和电感 L 包含了电动机的内阻和电感、平波电抗器的电阻和电感以及整流装置的内阻, 额定励磁下直流电机的动态数学模型如图 2 所示。

采用脉宽调速, 当控制电压 U_c 改变时, PWM 变换器输出平均电压 U_d 按线性规律变化, 但其响应会

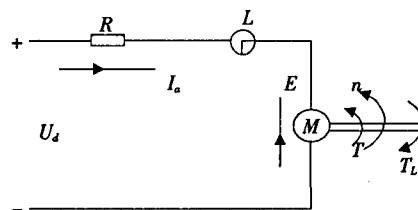


图 1 直流电机等效电路

收稿日期: 2009-11-18; 收到修改稿日期: 2010-01-25

作者简介: 梅 莉(1965-), 女, 新疆独山子人, 实验师, 主要从事电气工程的教学及科研工作。

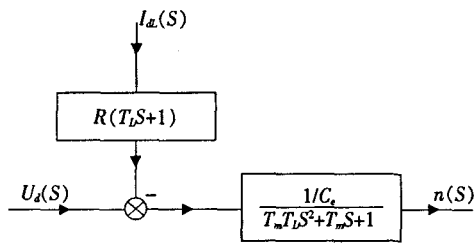


图2 额定励磁下的直流电机结构图

有延迟,最大的时延是一个开关周期 T 。因此 PWM 系统也可以看成是一个滞后环节。当开关频率为 $f > 10\text{kHz}$ 时, $T < 0.1\text{ms}$, 时间常数这么小的滞后环节可以近似看成一个一阶惯性环节。以 K_S 表示 PWM 装置的放大系数, T_S 表示 PWM 装置的延迟时间, 因此:

$$W_S(S) \approx \frac{K_S}{T_S S + 1} \quad (1)$$

因此,单反馈闭环控制的直流调速系统的结构图如图3所示。

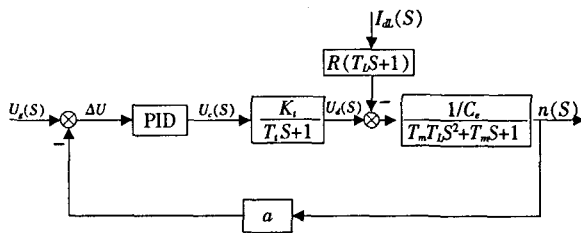


图3 反馈控制闭环直流调速系统结构框图

3 硬件电路

MSP430 是德州仪器公司开发的带 Flash 的 16 位总线单片机,其内核 CPU 结构是按照精简指令集和高透明的宗旨设计的,指令执行速度和效率高,实时处理能力强。MSP430 总线是 16 位的,外设和内存统一编址,寻址范围可达 64K,可扩展外存。MSP430 具有丰富的片上外围模块,片内有精密硬件乘法器、两个 16 位定时器、一个 14 路的 12 位的模数转换器、一个看门狗、6 路 I/O 口、两路 USART 通信端口、一个比较器、一个 DCO 内部振荡器和两个外部时钟,且具有统一的中断管理。MSP430 开发方便,可在线对单片机进行调试和下载^[2]。MSP430 可以在超低功耗模式下工作,可靠性好,完全可以满足工业级直流电机调速控制与功能扩展的要求。

根据直流电机的反馈方式和控制特点,硬件电路由电源电路、复位监控电路、光电隔离电路、电机驱动电路、光电码盘电路和单片机电路组成^[4]。系统运动控制模块如图4所示电机驱动电路、光电码盘电路和单片机电路组成,电机驱动芯片采用 MC33886。

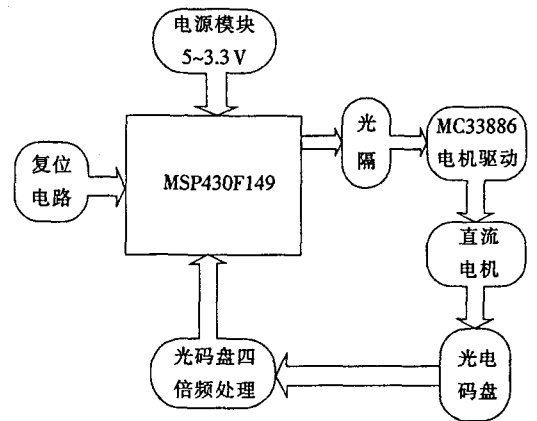


图4 控制硬件电路模块

一片 MC33886 的额定输出流为 5 A,而且芯片热损耗较大。电机在额定电压下堵转时电流为 16 A,该电流远远大于单片 MC33886 所承受的电流,用两片 MC33886 时,所能承受的堵转电流更大。同时可以减少驱动芯片发热量,增强驱动能力。驱动电路设计如图5所示。

MSP430 的 I/O 口的脉冲信号经光隔后发送 MC33886 的 IN1 和 IN2,控制导通与截止,控制电机正反转与停止。MC33886 的 OUT1 和 OUT2 分别接直流电机的两个接头,为直流电机提供驱动电压。

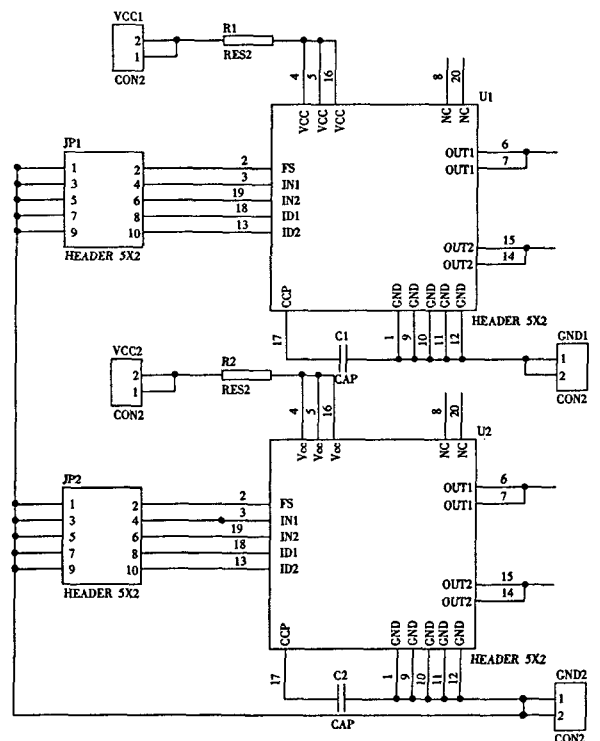


图5 直流电机 MC33886 驱动电路

速度反馈采用 MC3486 实现 4 路独立差分输入的编码器脉冲计数电路,如图 6。将/A 反向叠加在 A,将/B 反向叠加在 B,将/I 反向叠加在 I 可增强稳定信号。其中,叠加后的 OUTA1 或 OUTB1(脉冲输出)传给 MSP430 用来计数。OUTI1 为零位脉冲,可获得编码器的零参考位。编码器线数(旋转一周脉冲数即 500)为 M , t 时间输出的脉冲数为 N , t 时间轮子走过的距离是 $S=NL/M$ 。

4 控制程序

在 PWM 调速中,按一个固定的频率来接通和断开电源,改变一个周期内“接通”和“断开”时间的长短,通过改变直流电机电枢上电压的“占空比”来改变平均电压的大小,从而控制电机转速。设 K_p 为比例系数, T_i 为积分时间常数, T_D 为微分时间常数, T 采样周期。

$$\begin{aligned} \Delta u(k) = & K_p [e(k) - e(k-1)] + T_e [e(k) + \\ & T_D [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)]] = \\ & K_p \Delta e(k) + T_e [e(k) + T_D [\Delta e(k) - \Delta e(k-1)]] \end{aligned} \quad (2)$$

其中:

$$\Delta e(k) = e(k) - e(k-1)$$

所以:

$$\Delta u(k) = A e(k) - B e(k-1) + C e(k-2) \quad (3)$$

式中: $A = K_p(1 + \frac{T}{T_i}) + \frac{T_D}{T}$, $B = K_p(1 + 2\frac{T_D}{T})$, $C = \frac{K_p T_D}{T}$,

增量式 PID 控制算法实现如下:

```
for(;); //PID 处理
{
  rIn=sensor(); //Speed Feedback
  rOut=PIDCalc(&sPID,rIn); //PID Iteration
  actuator(rOut); //Effect Needed Changes
}
计算脉宽调节量的程序如下:
double PIDCalc(PID*pp,double NextPoint)
{
  double dError,Error;
  Error=pp->SetPoint-NextPoint; //偏差
  pp->SumError+=Error; //积分
  dError=pp->LastError-pp->PrevError; //当前
```

微分

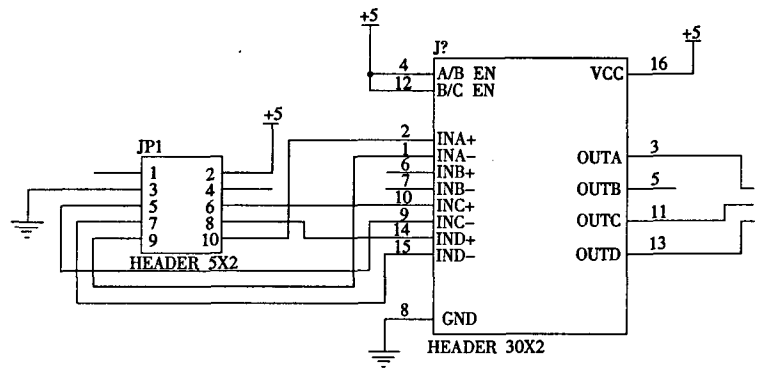


图 6 编码器反馈电路

```
pp->PrevError=pp->LastError;
pp->LastError=Error;
return(pp->Proportion*Error) //比例项
+pp->Integral*pp->SumError //积分项
+pp->Derivative*dError); //微分项
}
```

5 结束语

采用 MSP430 的直流电机 PWM 调速控制,电路与编程简单,成本低,控制效果好,可在保证系统稳定的前提下实现转速无静差控制。

参考文献

- [1] 陈军平,范大鹏.无刷直流电动机集成化驱动电路设计[J].微特电机,2006(1):25-27.
- [2] 薛辉,王丛林.基于单片机采用算法的电机运动控制设计[J].机床电器,2006(1):51-52.
- [3] 董久敏,陈红霞,刘陵顺.一种直流电动机控制电路的设计[J].电子设计工程,2009,17(8):84-86.
- [4] 王鹏飞,王保强.基于 MSP430 单片机的直流电机 PWM 调速系统的研究 [J].成都信息工程学院学报,2003(2):105-109.
- [5] 贾明月,朱建光.新型泵用永磁无刷直流电动机驱动器的设计[J].沈阳工业大学学报,2007,29(3):295-299.
- [6] 熊田忠,孙承志.数字控制无刷直流电动机的驱动器硬件设计[J].机床与液压,2009(8):353-356.
- [7] 沈建华,杨艳琴.MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与实践[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [8] 胡建辉,邹继斌.油田探测用高温无刷直流电动机驱动控制电路设计[J].电子器件,2006(2):528-531.
- [9] 何颖,鹿雷.PID 参数自整定方法概述[J].现代电子技术,2004(24):20-23.