

# 用 MSP430F149 单片机实现的直流 无刷电机控制器\*

李小龙,赵丽娟

(重庆大学 通信工程学院,重庆 400030)

**摘要:**通过介绍一种基于 MSP430F149 单片机的直流无刷电机隔离及驱动电路、测速电路、键盘及 LED 显示电路、电源电路的硬件设计和软件设计,分析了其控制器的设计与实现方法. 由分析可得,该单片机具有超低功耗和适应工业应用的特点.

**关键词:**单片机;直流电机;控制系统

**中图分类号:**TP368.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1671-0924(2008)10-0144-04

## Realization of Brushless DC Motor Controller with MSP430 Signal Chip Microcontroller

LI Xiao-long, ZHAO Li-juan

(College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** This paper presents a method of designing and realizing brushless DC motor controller based on MSP430F149, which including the design of hardware circuit and control software of the separation circuit, driving, speed testing circuit, key board and LED circuit, power supply circuit. Analysis shows that this SCM possesses characteristics of super low power waste and applicability to industry.

**Key words:** MSP430; DC motor; control system

直流电动机具有非常优秀的线性机械特性,调速范围宽,控制电路简单等优点,长期以来一直广泛地应用在各种驱动装置和伺服系统<sup>[1]</sup>.采用硬件逻辑电路实现直流电机控制系统已在实践中应用多时,但硬件组成复杂,调整困难,缺乏控制的灵活性,因此基于可编程芯片的直流电机控制系统得到了广泛的应用.本研究设计了一种基于美国德州仪器(TI)公司的 MSP430 单片机的全数

字无刷直流电机控制系统,实现了对直流电机的速度,转向,停止的控制,并将电机实际转速在 LED 上显示.

### 1 MSP430 系列单片机

MSP430 系列单片机是美国德州仪器(TI)公司生产的一种 16 位的、具有精简指令集(RISC)的超

\* 收稿日期:2008-07-11

作者简介:李小龙(1983-),男,湖北宜昌人,硕士研究生,主要从事嵌入式计算及系统研究.

低功耗的混合信号处理器(Mixed Signal Processor)。它将各种外围资源集中在片上,实现了片上系统,从而大大简化了系统的设计,具体特点<sup>[2]</sup>:

1) 低电压、超低功耗.工作电压仅为1.8~3.6 V,在1 MHz 时钟条件下运行,工作电流视工作模式不同在0.1~400  $\mu$ A变化。

2) 强大的处理能力.采用了高效16位RISC结构,具有丰富的寻址方式,简洁的27条内核指令,在8 MHz 晶体驱动下,指令周期为125  $\mu$ s。

3) 系统工作稳定.上电复位后,首先由DCO-CLK启动CPU,以保证程序从正确的位置开始执行,保证晶体振荡器有足够的时间起振及稳定时间.如果晶体振荡器在用作CPU时钟MCLK时发生故障,DCO会自动启动,以保证系统正常工作;如果程序出错,可用看门狗将其复位。

4) 具有较丰富的片内外设.本设计采用MSP430F149,它的片内外设包含:60kB FLASH ROM和2kB RAM,12位200kb/s的A/D转换器,高精度比较器,1个硬件乘法器,具有3个捕获/比较寄存器的16位定时器TimeA和TimeB,1个看门狗时钟,2通道串行通信接口可用于异步或同步,有6 $\times$ 8个可实现方向设置的并行输入/输出端口,其中P1口和P2口具有中断功能。

5) 方便高效的开发环境.包含了JTAG技术和PLASH在线编程技术,开发语言有汇编和C语言。

## 2 硬件电路设计

直流电机的单片机控制系统结构框图如图1所示。

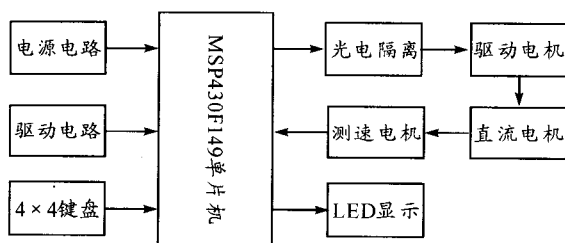


图1 控制系统结构框图

直流电机的控制系统主要由单片机

MSP430F149、直流电机驱动芯片LMD18200、高速光电耦合器6N137、测速电路、电源和晶振电路、4 $\times$ 4键盘、串口方式的LED显示电路等相关单元组成。

### 2.1 隔离及驱动电路

驱动电路采用美国国家半导体公司生产的用于电机驱动的功率集成芯片LMD18200.它将4个DMOS管构成的H桥及其控制逻辑电路均包含在1个11脚的T-220封装中,与由分立元件构成的桥式驱动电路相比,LMD18200构成的驱动电路结构简化,性能更加可靠.LMD18200可采用2种不同类型的PWM信号<sup>[3]</sup>,本系统的PWM信号分别由方向信号和幅值信号组成,幅值由PWM信号的占空比决定,零脉冲时代表零电压.在实际使用时,脚3接方向信号输入,脚5接PWM信号,脚6接停止信号,如图2所示。

LMD18200工作原理如表1所示.其中H表示高电平,L表示低电平,X表示高或低电平。

表1 LMD18200控制信号与直流电机转向关系表

PWM (5)	转向 (3)	刹车 (4)	实际输出 驱动电流	电机工作 状态
H	H	L	流出1、流入2	正转
H	L	L	流入1、流出2	反转
L	X	L	流出1、流出2	停止
H	H	H	流出1、流出2	停止
H	L	H	流入1、流入2	停止
L	X	L	—	

在电机控制中,为提高系统的抗干扰性,在单片机电路和电机驱动放大电路之间用光电耦合器实现电气隔离,使电机驱动电路同MSP430F149完全隔离开,即使电路出现问题,也不会对整个系统造成很大的损害.由于MSP430F149产生的PWM信号频率较高,因此采用高速光电耦合器6N137<sup>[4]</sup>.由于脉冲信号经光电耦合传输后往往会发生波形畸变,如波形的上升沿或下降沿变得不够陡,上升沿的顶端或者下降沿的低端出现振荡现象,因此在6N137的输出端接一个施密特触发器74HC14进行波形整形,如图2所示。

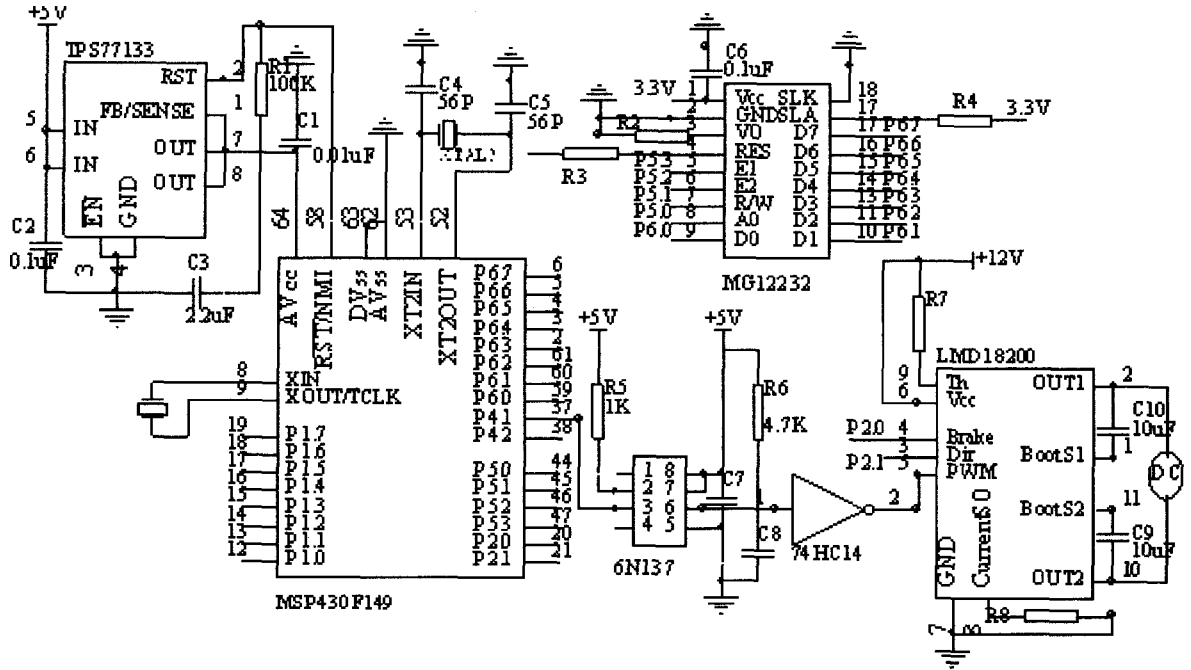


图2 硬件电路

2.2 测速电路

测速反馈电路采用一个增量式光电编码器来反馈电动机的实际转速.该光电编码器由码盘、检测光栅、光电转换电路、机械部件等组成<sup>[4]</sup>.当码盘随着被测电机转轴转动时,检测光栅不动,光线透过码盘和检测光栅上的缝隙照射到光电检测器件,光电检测器件就可以输出2组相位相差的信号,通过检测A、B两相的相位就可以判断转轴是正转还是反转,通过记录A或B相变化的次数,就可以得出转抽旋转的次数.本设计中不需要检测转轴转动方向,故只需通过MSP430F149的捕捉功能,捕捉A相输出脉冲的上升沿,从而记录脉冲的个数,使用式  $n = 60m_1PT_0$ <sup>[6]</sup> (其中:  $T_0$  为设定的采样周期,是固定时间;  $m_1$  为在  $T_0$  时间内计取的光电脉冲数;  $P$  为电动机每转一周光电码盘所发出的脉冲数)就可以求出电动机的转速,经单片机运算处理,将电机实际转速在LED上显示.

2.3 键盘及LED显示电路

用MSP430F149单片机P1口接4×4行列式键盘,键盘作为一个外部中断源,设置输入键和执行键.对于直流电机的速率、转向、启动和停止等通过键盘输入相应指令,由单片机输出直流电机控制信号来实现控制,用LED显示输入的参数,并

在工作时动态显示直流电机的运行状态,包括运行速度、旋转方向、速度增加或者减少等信息.LED显示采用2×16图形点阵液晶显示模块MG12232,与MSP430F149单片机P口进行串行连接,具体连接图2所示.

2.4 电源电路

由于电机在正常工作时对电源的干扰很大,如果只用一组电源时会影响单片机的正常工作,所以我们选用双电源供电.一组9V经TPS77133转换成3.3V和5V,分别给单片机和控制电路供电,另外一组12V给电机供电.本电路采用TPS77133给MSP430提供VCC电源,同时也给复位信号供电以控制MSP430的复位端.该芯片可用做电压管理,当微处理器处于上电或欠电状态时,它的RESET输出能启动复位MSP430<sup>[7]</sup>.

3 软件设计

直流电机控制系统的软件开发平台选用美国IAR公司的“IAR Embedded Workbench for MSP430”作为开发工具.该工具提供了友好的用户界面和强大的调试系统,十分便于开发MSP430系列单片机的应用程序.通过综合利用MSP430F149单片机

的 TimerB 模块,键盘、LED 接口、光电隔离及驱动电路,可以建立小功率无刷直流电机的控制器模型.系统工作流程及调速流程如图 3 和图 4 所示.

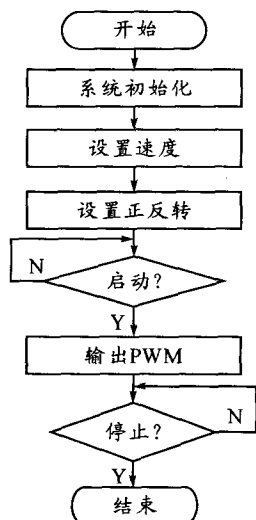


图3 工作流程

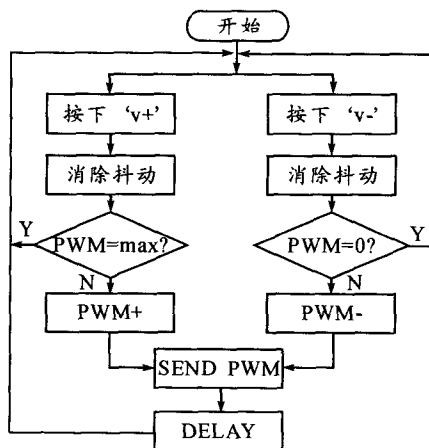


图4 调速流程

### 3.1 直流电机的停止

当电机在运行的过程要想电机停止运行,此时只需按键停止按键,电机停止运行.当按下停止键时,键盘作为一个外部中断源,使 MSP430F149 的 P2.0 输出高电平,因此 LMD18200 的 Brake 输入为高电平,据 LMD18200 工作原理,此时电机停止运行.

### 3.2 直流电机转速的控制

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,从而控制电动机的转速<sup>[8]</sup>,占空比越大,速度越快.通过键盘输入数据,确定

电机转速,运行电机.直流电机的调速具体在软件上是通过 MSP430F149 的 TimerB 输出 PWM 方波实现的.将 TimerB 的捕获/比较模块的工作模式定义为比较模式,输出模式定义为模式 7(PWM 复位/置位模式),通过改变捕获/比较寄存器 CCR1 中的数值就可改变 TimeB 产生的 PWM 方波信号的占空比,通过改变捕获/比较寄存器 CCR0 中的数值就可改变 PWM 方波信号的周期.把 TimerB 的 PWM 输出口 P4.1 通过高速光耦 6N137 连接在 LMD18200 的 5 脚,通过键盘可改变 PWM 方波的周期和占空比,从而达到改变直流电机转速的目的.直流电机的实际转速通过测速电路经单片机运算处理在 LED 上显示,方便用户根据电机实际转速调整电机的目标转速.

### 3.3 直流电机转向的控制

在本系统中, MSP430F149 的 P2.1 端口和 LMD18200 的 3 脚相连,通过设置 P2.1 端口的状态可控制电机的旋转方向.由 LMD18200 的工作原理可知,当 P2.1 为高电平时,电机正转;当 P2.1 为低电平时,电机反转.

## 4 结束语

MSP430 系列单片机是一种新型的功能强大的单片机,具有超低功耗和适应工业应用的特点.本研究介绍的直流电机控制系统充分地利用了 MSP430 单片机的中断、定时、捕捉、运算、液晶驱动等功能,通过软件编程,构成了一个实用的直流电机控制系统.由于 MSP430 的超低功耗及片内外设丰富,该直流电机控制器可作为电池供电的便携式装置,而且能很方便地移植到各种需要控制直流电机的装置中.

### 参考文献:

- [1] 舒红宇,赵海,王盛学,等.基于 dsPIC30F6010A 无刷直流电机控制器的设计[J].机械管理开发,2007,5:7-9.
- [2] 魏小龙.MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002.

件;若消息队列非空,就将消息加入到队列尾部等待读取.采用这种方式的原因如下:虽然核间中断的实时性非常高,但中断任务切换却非常耗费CPU时间,在全部采用核间中断的测试版中发现,当需要控制核处理的报文较多时系统几乎处于挂死状态,这是因为过多的中断使得控制核无法切换至其他任务所致;但若全部采用消息队列的方式,系统的实时性又大大降低,如2台设备对接时Ping报文的延时甚至能达到10ms左右,这显然也是不能接受的;另外因FMN机制无法缓存大量消息,因此若在此采用FMN机制,当消息过多控制核来不及处理时就会出现部分消息丢失的现象,所以也是不适用的.

经实际验证,这种混合的方式既能保证系统的实时性能,又可以使控制核在有大量消息到来时有能力切换至其他任务,保证了系统的稳定性.

核间中断与共享存储的多核通信方案虽然很适合在多核间传输大量的数据,但因为共享存储区域是一个临界区,访问临界资源时必须用到锁或信号量以实现互斥访问,而互斥使得并发处理的事务在临界资源处串行化了,从而无法发挥多核多线程强大的并行处理能力,所以该设备中也很少采用这种方式.

#### 4 结束语

多核多线程处理器被越来越广泛的应用在网络设备中,核间消息的处理对发挥其性能有着很大的影响,因此对核间消息的处理应十分谨慎.希望本研究讨论的这些内容对其他开发人员能有一定的借鉴价值.

#### 参考文献:

- [1] RMI. XLR(TM) Processor Family Programming Reference Manual[K]. [S.l.]: [s.n.], 2006.
- [2] RMI. XLR Processor Family Data Sheet[K]. [S.l.]: [s.n.], 2006.
- [3] Dominic S. See MIPS Run[M]. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- [4] 刘近光,梁满贵.多核多线程处理器的发展及其软件系统架构[J].微处理机,2007,28(1):1-3.
- [5] 苏绍琛,吕喜在,黄飞,等.开放式多媒体应用平台OMAP5910双核通讯[J].微计算机信息,2005(5):67-68.

(责任编辑 刘 舸)

(上接第147页)

- [3] 王磊,艾晓庸,朱齐.基于LMD18200组件的直流电机驱动器的设计[J].自动化与仪表,2004,1:28-29.
- [4] 李红果.一种光电编码器位置检测系统研究与应用[J].微计算机信息,2008,5(2):95-96.
- [5] 宋强.基于MSP430单片机的直流电动机调速测速控制系统[J].科技情报开发与经济,2006,16(8):158-160.

- [6] 陆泉森,李军,鲍鸿.光耦隔离技术在智能测控系统中的应用[J].机械与电子,2008(2):59-62.
- [7] 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):3-7.
- [8] 马书雷,张立勋,杨双华.用AVR单片机实现直流电机PWM调速[J].应用科技,2000,10:13-15.

(责任编辑 陈 松)