

# 直流电机的 IR2110 驱动控制设计及 DSP 实现\*

马晓虹<sup>1,2</sup>, 吴延海<sup>2</sup>, 尹向雷<sup>3</sup>

(1. 陕西理工学院 电工电子实验教学中心, 陕西 汉中 723003;

2. 西安科技大学 通信与信息工程学院, 陕西 西安 710054;

3. 陕西理工学院 电气工程学院, 陕西 汉中 723003)

**摘要:** 为了解决直流电机转向及速度控制问题, 设计了一种 H 桥驱动电路。以 IRF530 为开关元件、IR2110 为栅极驱动芯片, 由 DSP 产生 PWM 信号, 经过光耦隔离和逻辑电路后送至 IR2110 进行控制。给出了整体驱动控制电路、上下桥臂的栅源电压波形、上桥臂的浮动电压信号以及电机两端的运行电压信号。测试分析表明, 该方案很好地实现了电机的正反转控制及电机速度调节, 电机运行平稳, 达到了设计要求, 对直流电机控制应用具有较高的参考价值。

**关键词:** 直流电机; 驱动; IR2110; PWM

中图分类号: TM33

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2013)15-0034-03

## Design of driving control based on IR2110 for DC motor and its DSP implementation

Ma Xiaohong<sup>1,2</sup>, Wu Yanhai<sup>2</sup>, Yin Xianglei<sup>3</sup>

(1. Electrical & Electronic Experiment Teaching Center, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723003, China;

2. College of Communication and Information Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

3. College of Electrical Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723003, China)

**Abstract:** One of H-bridge driving circuit is designed for resolving swerve and speed control problem of DC motor. It's based on IRF530 for switch element, IR2110 for Grid driver chip, DSP for producing PWM signal. The wave form is giving that of the grid source voltage of up and down the bridge arm, and floating voltage signal of up bridge arm, and the motor running voltage signal. Through tests and analyses, it shows that the motor runs smoothly, and implements the aim of control swerve and speed of DC motor. Finally, the important note is given. It has the high value for control application of DC motor.

**Key words:** DC Motor; Driving; IR2110; PWM

随着电力电子技术以及新型永磁材料的发展, 直流电机以其良好的线性特性以及优异的控制性能等特点, 在多数变速运动控制和闭环伺服控制系统 (如机器人、精密机床、汽车电子、家用电器以及工业过程等) 领域中得到了广泛的应用<sup>[1-4]</sup>。

目前, 直流电机控制数字化已成为主流趋势, 而高性能的电机控制算法多数是通过主控芯片实现的, 随着高速度、多功能的数字信号处理器 (DSP) 的出现, 使得更复杂的电机控制策略得以实现。本文以 TMS320F28335

为主控芯片、IRF530 为驱动芯片、IR2110 为驱动控制芯片对直流电机进行了 H 桥驱动控制设计, 该控制达到了很好的效果, 具有较高使用价值。

### 1 直流电机驱动原理

直流电机的驱动方式很多, 现成的驱动芯片有 33886、L298N 以及 TB6539 等<sup>[5]</sup>, 这些芯片都是基于 H 桥原理进行控制的。如果设计一些大功率的驱动, 只能用分立元件自行搭建 H 桥驱动<sup>[6]</sup>。H 桥驱动电路能方便地实现电机的 4 象限运行, 其原理拓扑结构如图 1 所示。组成 H 桥驱动电路的 4 只开关管工作在开关状态, K1、

\* 基金项目: 陕西理工学院科研计划资助项目 (SLGKY11-13)

K4 为一组, K2、K3 为一组, 两组开关管工作状态互补。当 K1、K4 导通且 K2、K3 截止时, 电机两端加正向电压实现电机的正转; 当 K2、K3 导通且 K1、K4 截止时, 电机两端加反向电压实现电机的反转。实际控制中, 电机可以在 4 个象限之间切换运行。电路中的 4 个二极管 D1~D4 为续流二极管, 用来保护开关元件。

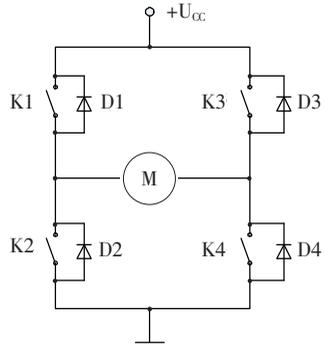


图1 H桥驱动原理拓扑结构

## 2 硬件电路设计

硬件电路设计的整体思路是: 用PWM波控制图1中开关K1、K4以及K2、K3通断的方式来控制电机的正反转, 通过改变PWM波的占空比使电机得到不同的电压, 从而控制电机的速度。

### 2.1 开关元件的选择

开关元件可选择双极型晶体管或场效应管, 由于功率场效应管是电压控制型元件, 具有输入阻抗大、开关速度快、无二次击穿等特点, 能满足高速开关动作的需求。本文设计中4个开关均选用IR公司的N沟道增强型功率MOSFET管IRF530, 其漏极电流为14 A, 并可以承受49 A的单脉冲电流, 最大电压100 V, 其导通电阻不大于0.16  $\Omega$ , 满足驱动要求。

### 2.2 MOSFET栅极驱动器件的选择

IR公司提供了多种桥式驱动集成电路芯片, 典型产品为IR2110。该芯片是一种双通道、栅极驱动、高压高速功率器件的单片式集成驱动模块, 由于芯片中采用了高度集成的电平转换技术, 大大简化了功率器件对逻辑电路的控制要求, 同时提高了驱动电路的可靠性。尤其是上管采用外部自举电容上电, 使得驱动电源数目较其他IC驱动大大减少。本次设计采用IR公司的IR2110作为驱动芯片。

IR2110工作频率可达500 kHz, 逻辑电源电压范围为5 V~15 V, 其浮置电源采用自举电路, 功率端驱动电压最大可达500 V, 容许逻辑电路参考地与功率电路参考地之间有 $\pm 5$  V的偏移量, 其逻辑端和功率端使用单个15 V电源即可工作, 简化了设计<sup>[7]</sup>。IR2110典型应用电路图如图2所示。

图2中的C1、C3和C4均为各电源与地之间的电容, 其作用是利用电容的储能防止电压有大的波动, 一般根据具体情况取10  $\mu\text{F}$ ~100  $\mu\text{F}$ (本文设计选用10  $\mu\text{F}$ ); R1和R2取值均为1 k $\Omega$ 。C2为自举电容,  $V_{cc}$ 经D1、C2、负载、T2给C2充电, 以确保在T2关闭、T1导通时, T1管的栅极靠C2上足够的储能来驱动。自举电容一般选用1.0  $\mu\text{F}$ , 具体与PWM的频率有关, 频率低时, 选用大

电容; 频率高时, 选择较小的电容, 本设计选用1.0  $\mu\text{F}$ 电解电容。需要说明的是, 若自举电容取值不合适, 将导致不能自举, 具体容量算法可参考参考文献[8]。

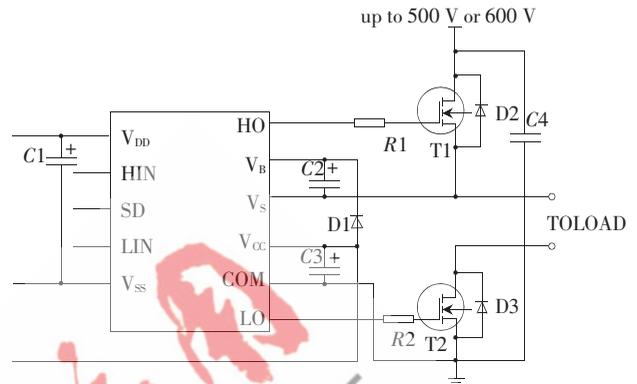


图2 IR2110典型应用电路图

图2中的D1为保护二极管, 其作用是防止T1导通时高电压串入 $V_{cc}$ 端损坏该驱动芯片。D1应选用快速恢复二极管, 且导通电阻要小, 以减少充电时间, 如1N4148、FR系列或MUR系列等, 本设计选用1N4148。

### 2.3 开关频率的选择

PWM波的频率将影响到电机能否输出最大转矩以及转矩的平稳性, 这里主要考虑最大转矩。要得到最大的输出转矩, 必须知道转子磁极的方向, 即确定转子的位置, 这对本设计的小型直流电机来说可暂不考虑。为了避免电机发出比较大的噪声, 应尽可能让PWM波频率在声波范围之外; 另一方面, 由于电机绕组的感性性质, 频率越高感抗越大, 高的频率会使电机的转矩变小<sup>[9]</sup>。经分析比较, 本文最终确定的电机频率为250 Hz, 虽然有一定的低频噪声, 但输出转矩效果很好。

### 2.4 控制器的选择

目前, PWM波的产生有多种方式, 可以用专门的PWM波产生芯片产生, 也可由微控制器(如单片机、ARM、DSP、FPGA等)产生。本文微控制器选用了TI公司TMS320F28335型DSP, 它是整个控制系统的核心部分, 其性能在一定程度上决定了整个硬件系统的稳定性。TMS320F28335为32 bit浮点型DSP, 其工作主频达150 MHz, 有12路PWM输出, 其中6路是高精度PWM波通道, 非常适合电机控制。

### 2.5 驱动控制电路整体设计

根据以上关键部件的选择, 设计得到图3所示的驱动控制硬件电路图。

PWM波由DSP的PWM产生, 然后通过180  $\Omega$ 电阻R5送至光耦TLP521。由于本设计的PWM波频率不高, 普通光耦TLP521已满足要求。

图3中, “非门”和“与非门”不仅是逻辑控制的需要, 同时起到了对光耦输出波形信号进行整形的作用。

T1~T4由4片IRF530构成H桥驱动对电机M进行

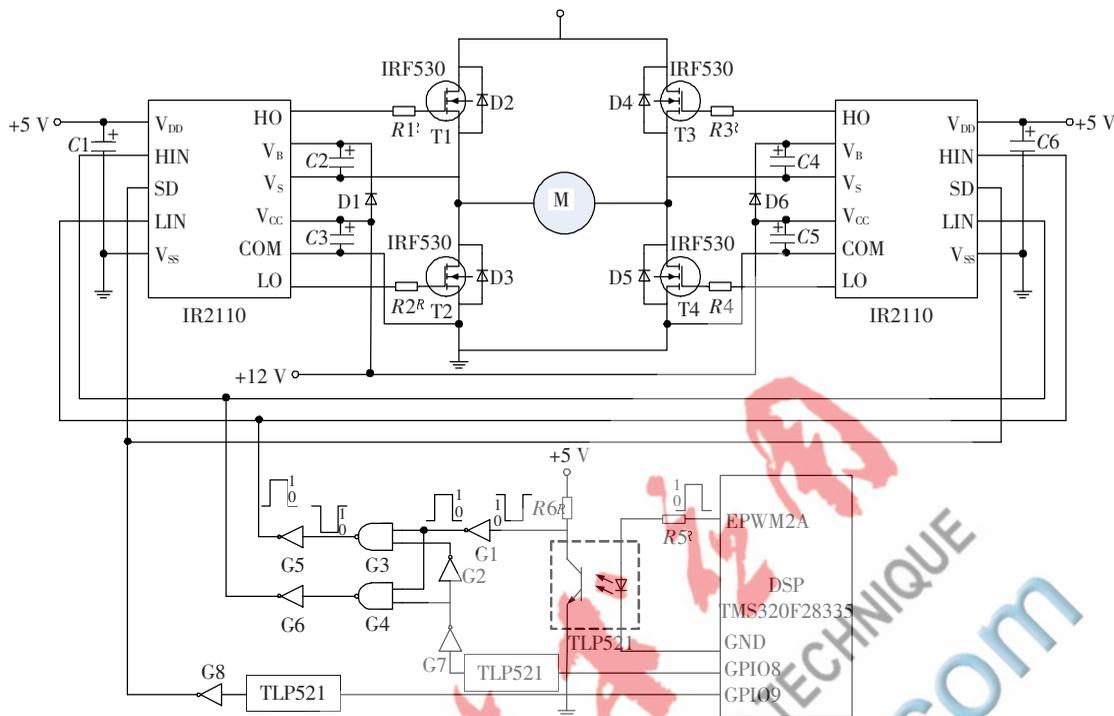


图3 电机驱动总电路结构图

控制,IRF530的栅极驱动由两片IR2110完成,其中一片IR2110的HIN和另一片的LIN连在一起,用一个PWM控制信号驱动电机的上桥臂和下桥臂MOSFET。

两片IR2110的SD端连在一起,由DSP的GPIO9管脚通过光耦反相器G8后进行控制,GPIO9低电平时正常工作。

DSP的GPIO8管脚为高电平时G4门输出有效,电机正转;否则G3门输出有效,电机反转。所以可由DSP的GPIO8方便地控制电机的正反转。

另外,由图3可以看出,DSP输出的正脉冲传输到IR2110的控制端时也是正脉冲,因此可以直接由PWM波占空比的大小控制直流电机转动的快慢。

### 3 电路的测试

根据以上设计,由DSP产生PWM波,经过逻辑电路输入到IR2110,从而控制IRF530的通断,调节PWM波的占空比即可控制电机的转速。

电路中,C1、C6取值为 $10\mu\text{F}$ ,C2~C5取值为 $1\mu\text{F}$ ,D1~D6选1N4148二极管,R1~R4取值为 $1\text{k}\Omega$ ,R5取值为 $180\Omega$ ,R6取值为 $10\text{k}\Omega$ ,反相器选为74LS04,“与非门”选74LS00,逻辑电压取为 $+5\text{V}$ ,栅极驱动电压取为 $+12\text{V}$ ,电机电压取为 $+5\text{V}$ ,3个电源均共地,但DSP电源是隔离的。当PWM波的频率为 $250\text{Hz}$ 、占空比为50%时,对型号为RN260-CN38-18130的电机进行了测试。测试示波器型号为安泰信ADS1102C。

图4为经过“与非门”和反相器的信号,也是IR2110的控制信号。可以看出,信号经过门电路后不仅干扰被大量减少,而且波形更加规则平整。

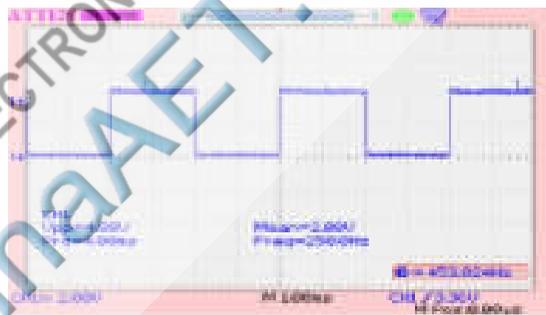


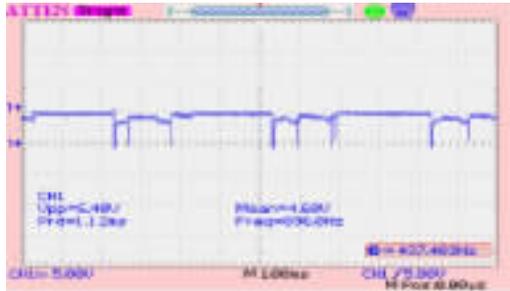
图4 光耦输出及整形后的PWM信号

下桥臂的栅源电压容易控制,但上桥臂的栅源电压是由自举电路形成的,因为在上桥臂导通时源极电压基本等于驱动电机的电源电压,这时要上桥臂的MOSFET继续导通就必须使栅极电压随着源极电压一起升高,不管源极电压是多少,栅源电压要保持不变,这就使得栅极电压要随着源极电压进行浮动。

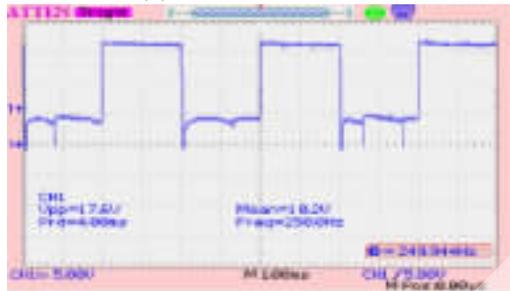
图5(a)为上桥臂的源极对地电压信号,图5(b)为上桥臂的栅极对地电压信号。可以看出,源极电压随着PWM波的变化而变化,其平均电压浮动值为 $4.6\text{V}$ ;而栅极电压会随着源极电压的变化而相应浮动,其峰峰值为 $17.6\text{V}$ ,则相对于源极电压基本是 $13\text{V}$ ,最终使得栅源电压为稳定值。

整体测试结果表明,直流电机运转平稳,控制精确,达到了设计要求。

本文对直流电机进行了H桥驱动控制的全过程设计,采用功率MOSFET芯片IRF530作为开关元件,IR2110作为MOSFET的栅极驱动控制,用DSP产生



(a) 上桥臂 S 对地之间电压



(b) 上桥臂 C 对地之间电压

图 5 上下桥臂的栅源电压信号

PWM 信号并通过光耦及逻辑控制送至 IR2110。成功地使上桥臂驱动电压进行浮动控制,可以方便地进行启停和正反转控制,电机运行平稳良好,达到了设计目的。本文给出的驱动控制电路也适合其他类似的应用,具有较大的实用参考价值。

#### 参考文献

- [1] 夏长亮,方红伟.永磁无刷直流电机及其控制[J].电工技术学报,2012,27(3):25-34.

- [2] 余晓填,杨曦,陈安,等.基于移动机器人直流电机驱动电路的设计与应用[J].微电机,2011,44(11):37-40.
- [3] 黄列威,肖兵.车载冰箱变频控制器的开发[J].计算机测量与控制,2012,20(4):970-972.
- [4] 张春燕,马其华,陈安红.电动汽车电机驱动控制系统设计研究[J].机械设计与制造,2012(2):116-118.
- [5] 王宝超,原庆兵,李建军,等.基于 TB6539 的低噪声无刷直流电机驱动系统[J].微电机,2010,43(12):31-33.
- [6] 胡发焕,邱小童,蔡咸健.基于场效应管的大功率直流电机驱动电路设计[J].电机与控制应用,2011,38(4):21-24.
- [7] International Rectifier. IR2110 data sheet[Z]. 2005.
- [8] 程时兵,张爱军. IR2110 在无刷直流电机驱动电路中的应用[J].机电元件,2010,30(4):28-31.
- [9] Hanker. 如何确定直流电机驱动的 PWM 频率[EB/OL]. (2008-06-xx)[2012-10-xx]. <http://wenku.baidu.com/view/cb6dc18002d276a200292e5a.html>.

(收稿日期:2013-03-04)

#### 作者简介:

马晓虹,女,1980年生,硕士研究生,实验师,主要研究方向:信号与信息处理。

吴延海,男,1957年生,研究生导师,教授,主要研究方向:视频图像,远程监测控,无线传感器网络。

尹向雷,男,1977年生,硕士,讲师,主要研究方向:传感器网络与信息融合。