

# 智能车竞赛中直流电机调速系统的设计与比较

王名发, 江智军, 邹会权

(南昌大学 信息工程学院, 江西 南昌 330031)

**摘要:**针对大学生智能车竞赛中直流电机的驱动设计了6种方案,经过实验比较分析了各种方案的优缺点,最后确立了一套驱动能力强、体积小、性能稳定的驱动方法,可广泛应用于40V以下的大功率直流电机驱动的场所。

**关键词:**直流电机;调速系统; MC33886; VNH3SP30; BTS7960B; DT340I; IRF3205

中图分类号: TP273.4

文献标识码: B

## The design and comparison of DC motor speed control system in smart car race

WANG Ming Fa, JIANG Zhi Jun, ZOU Hui Quan

(School of Information Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

**Abstract:** In this paper, six DC motor-driven methods were designed for the smart car competition of university students, and the advantages and disadvantages of various options were obtained, after a comparative and analysis of the experiment. Finally, we established a driven approach with strong drive capability, small size, and performance stability, and can be widely used in the occasions of following 40V, high-power DC motor-driven.

**Key words:** DC motor; speed control system; MC33886; VNH3SP30; BTS7960B; DT340I; IRF3205

目前大电流直流电机多采用达林顿管或MOS管搭制H桥PWM脉宽调制,因此体积较大;另一方面,由于分立器件的特性不同,使得驱动器的特性具有一定的离散性;此外,由于功率管的开关电阻比较大,因此功耗也很大,需要功率的散热片,这无疑进一步加大了驱动器的体积。随着技术的迅猛发展,基于大功率MOS管的H桥驱动芯片逐渐显现出其不可替代的优势。但目前能提供较大电流输出的集成芯片不是很多。例如飞思卡尔半导体公司推出的全桥驱动芯片MC33886和33887、意法半导体公司推出的全桥驱动芯片VNH3SP30、英飞凌公司推出的高电流PN半桥驱动芯片BTS7960。ST微电子有限公司推出的TD340驱动器芯片是一种用于直流电机的控制器件,可用于驱动N沟道MOSFET管。

本文在第三、四届大学生智能车大赛中分别尝试了上面提到的5块电机驱动芯片设计的驱动电路,通过现场调试发现它们的优缺点,确定了驱动能力强、性能稳定的驱动方案,并得到了很好的应用。

《微型机与应用》2009年第20期

### 1 直流电机驱动原理

目前直流电机的驱动方式主要有2种形式:线性驱动方式和开关驱动方式。其中线性驱动方式可以看成是一个数控电压源。该驱动方式的优点是驱动电机的力矩纹波很小,可应用于对电机转速要求非常高的场合;缺点是该方式通常比较复杂,成本较高,尤其是要提高驱动的功率时,相应的电路成本将提升很多<sup>[1]</sup>。本文针对H桥驱动电路在智能车竞赛中的应用加以分析。

目前的H桥驱动主要有3种方式。图1(a)中H桥的4个桥臂都使用N沟道增强型MOS管;图1(b)中H桥的

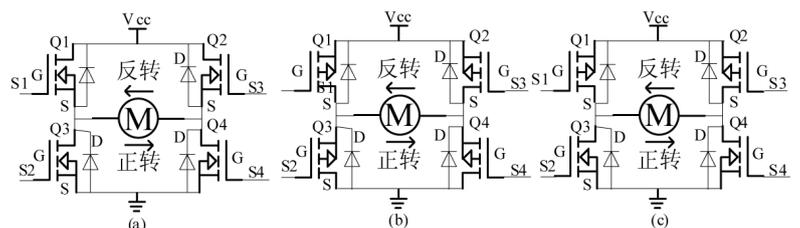


图1 H桥驱动电路的3种形式

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 19

## 硬件纵横

Hardware Technique

4个桥臂都使用P沟道增强型MOS管;图1(c)中上H桥臂分别使用P沟道增强型MOS管和N沟道增强MOS管。由于P沟道MOS管的品种少、价格较高,导电电阻和开关速度等都不如N沟道MOS管,因此最理想的情况应该是在H桥的4个桥臂都使用N沟道MOS管。但是在如图1(a)中可以看到,为了使电机正转,Q1和Q4应该导通,因此S4电压应该高于Q4的源极电压,S1电压应该高于Q1的源极电压,由于此时Q1的源极电压近似等于 $V_{cc}$ ,因此就要求S1必须大于 $(V_{cc}+V_{gs})$ 。在很多电路中除非作一个升压电路否则是比较困难得到的,因此图1(a)这种连接方式比较少见。同理,图1(b)中为了使电机正转,S4电压就必须低于 $0V-V_{GS}$ ,在使用时也不方便。因此最常用的是图1(c)的电路,该电路结合了上述2种电路各自的优点,使用方便。本文针对3种形式电路进行设计,并进行实验比较分析。

## 2 驱动芯片的选择与比较

在设计H桥驱动电路时,关键要解决4个问题:(1)MOS管均高速驱动;(2)防止共态导通;(3)消除反向电动势;(4)PWM信号频率选择与光耦隔离。以下是4种方案设计比较:

## 2.1 方案1:采用1片33886驱动

MC33886为H桥式电源开关IC,该IC结合内部控制的逻辑、电荷泵、栅极驱动器、以及 $R_{DS(on)}=120\text{ m}\Omega$  MOSFET输出电路,可工作在 $5\text{ V}\sim 40\text{ V}$ 电压范围内。能够控制连续感性直流负载电流高达 $5.0\text{ A}$ ,可以接受高达 $10\text{ kHz}$ 的2路PWM信号来控制电机的转向和速度。具有短路保护、欠电压保护、过温保护等特点。其原理如图2所示。

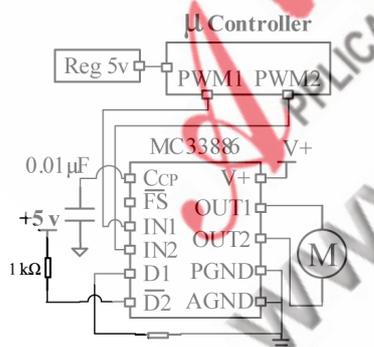


图2 采用单片MC33886驱动原理图

该方法能够控制电机正反转和刹车,且使用方法灵活,但是内阻大导致压降大,开关频率限制在 $10\text{ kHz}$ ,电机噪声大,使电机容易发热,驱动能力受限制,会拉低电源电压,容易导致控制器掉电产生复位。

## 2.2 方案2:采用2、4片33886驱动

由于MC33886的导电电阻比较大,产生了较大的压降,使芯片容易发热,为了增强其驱动能力利用多块33886并联使用,如图3所示。

该接法降低了MOS管的导电内阻,增大了驱动电流,

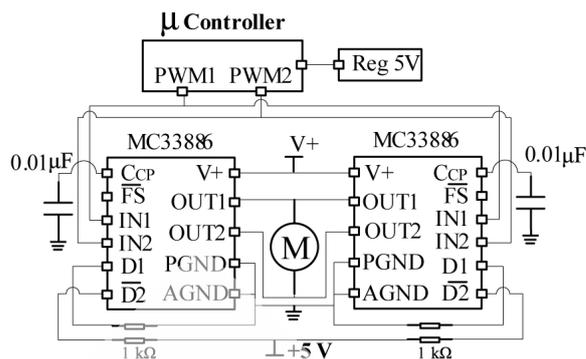


图3 采用2片MC33886并联驱动原理图

可以起到增强驱动能力、减小芯片发热的作用,但是起始频率受限,电机噪声大且发热严重。

## 2.3 方案3:采用2片VNH3SP30

(1)运动控制H桥组件VNH3SP30性能<sup>[2]</sup>

VNH3SP30是意法半导体公司生产的专用于电机驱动的大电流功率集成电路,其原理框图如图4所示,芯片核心是一个双单片上桥臂驱动器(HSD)和2个下桥臂开关, HSD开关的设计采用ST的ViPowe技术,允许在一个芯片内集成一个功率场效应MOS管和智能信号/保护电路。下桥臂开关是采用ST专用的EHD(STripFET)工艺制造的纵向场效应MOS管。3个模块叠装在一个表面组装Multi-PowerSO-30引脚框架绝缘封装内,具体性能指标如下:①最大电流 $30\text{ A}$ 、电源电压高达 $40\text{ V}$ ;②功率MOS管导电电阻 $0.034\ \Omega$ ;③ $5\text{ V}$ 兼容的逻辑电平控制信号输入;④内含欠压、过压保护电路;⑤芯片过热报警输出和自动关断。

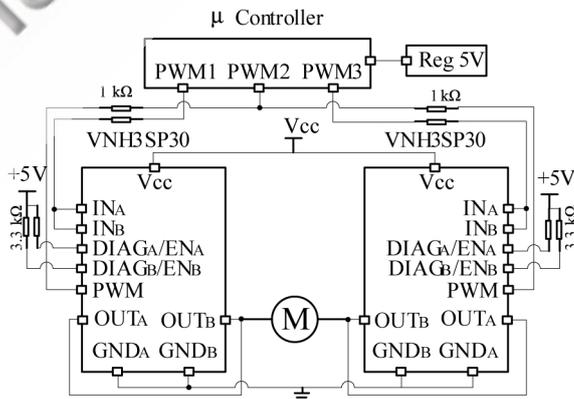


图4 采用2片VNH3SP30驱动原理图

## (2)驱动器电路设计与运行原理

## ①PWM信号调节方式

PWM(脉宽调制)信号是VNH3SP30最重要的控制信号,其最大工作频率为 $10\text{ kHz}$ 。PWM信号通过控制H桥上的功率管的导通时间,从而实现输出负载平均电流的调节。PWM信号的一个低电平状态将会关闭2个下桥臂开关,而当PWM输入端由低电平变为高电平时,下桥臂LSA和LSB导通与否取决于输入信号INA和INB,只有输

# 硬件纵横

Hardware Technique

入信号从低电平变为高电平时，下桥臂 LSA 和 LSB 才能重新导通。

## ②方向控制信号和桥臂使能信号

INA 和 INB 为电机转向控制信号，控制电机的转向和刹车;ENA/DIAGA 和 ENB/DIAGB 为桥臂使能信号，当这 2 个信号都为低电平时，H 桥将不能导通。当驱动芯片过热、过压、欠压及过流时，ENA/DIAGA 和 ENB/DIAGB 为故障诊断反馈信号，这 2 个信号返回一个低电平，同时 H 桥输出被封锁。

该方法较 MC33886 的一个显著优点就是芯片不会发热，且保护功能强大，但是存在开关频率限 10 kHz，电机噪声大且电机容易发热，但芯片较贵，很多场合性价比不高。

## 2.4 方案 4: 采用 2 片 BTS7960

如图 5 所示，采用 2 个半桥智能功率驱动芯片 BTS7960B 组合成一个全桥驱动器，驱动直流电机转动。BTS7960B 是应用于电机驱动的大电流半桥集成芯片，它带有一个 P 沟道的高边 MOSFET、一个 N 沟道的低边 MOSFET 和一个驱动 IC。P 沟道高边开关省去了电荷泵的需求，因而减少了电磁干扰 (EMI)。集成的驱动 IC 具有逻辑电平输入、电流诊断、斜率调节、死区时间产生和超温、过压、欠压、过流及短路保护功能。BTS7960B 的通态电阻典型值为 16 mΩ，驱动电流可达 43 A，调节 SR 引脚外接电阻的大小可以调节 MOS 管导通和关断时间，具有防电磁干扰功能。IS 引脚是电流检测输出引脚。INH 引脚为使能引脚，IN 引脚用于确定哪个 MOSFET 导通。当 IN=1 且 INH=1 时，高边 MOSFET 导通，输出高电平；当 IN=0 且 INH=1 时，低边 MOSFET 导通，输出低电平。通过对下桥臂开关管进行频率为 25 kHz 的脉宽调制 (PWM) 信号控制 BTS7960B 的开关动作，实现对电机的正反向 PWM 驱动、反接制动、能耗制动等控制状态。

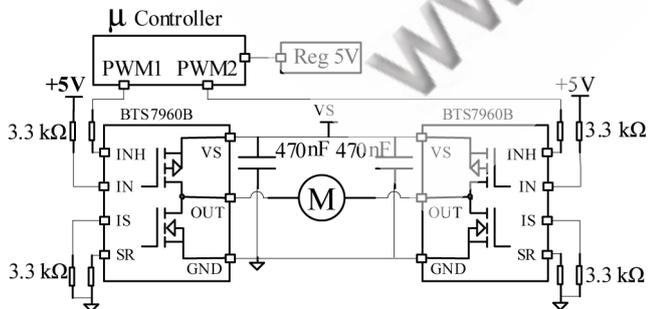


图 5 采用 2 片 BTS7960 驱动原理图

这块芯片开头频率可以达到 25 kHz，可以很好地解决前面提到的 MC33886 和 VN3SP30 使电机噪声大和发热的问题，同时驱动能力有了明显的提高，响应速度快。但

是，电机变速时会使电源电压下降 10% 左右，控制器等其他电路容易产生掉电危险，从而使整个电路系统瘫痪。

## 2.5 方案 5: 采用 DT340 和 IRF3205

以 TD340 驱动器芯片为核心的直流电机 PWM 调速控制系统可以很好地驱动由低导通电阻 IRF3205 组成的 H 桥，大大简化硬件电路。该系统不仅可以模拟控制，而且具有计算机接口，同时具有良好的保护功能。

图 6 所示为可逆的 PWM 变换器主电路的 H 型结构形式。图中，4 个 MOSFET 管的基极驱动电压分为 2 组，其中 Q2L 和 Q1H 为一组，当 Q2L 接收 PWM 信号导通时，Q1H 常开，而 Q2H 和 Q1L 截止。这时，电机两端得到电压而旋转，而且占空比越大，转速越高。由于直流电机是 1 个感性负载，当 MOS 关断时，电机中的电流不能立即降到零，所以必须给这个电流提供一条释放通路，否则将产生高压破坏器件。处理这种情况的通常方法是在 MOSFET 竹旁边并联 1 个二极管，使电流流过二极管，最后通过欧姆耗散的方式在二极管中消失。对于大电流，耗散是重要的排放方法。这里必须使用高速二极管。电机反转时原理相同。

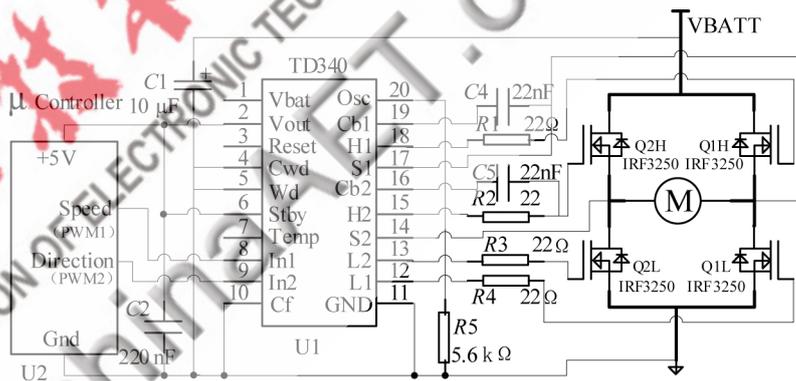


图 6 采用 2 片 TD340 驱动和 IRF3205 搭 H 桥电路原理图

该方案基本上集合了前面 4 种方法的所有优点，初始频率高达 25 kHz，且有微控制器的标准 5 V 电压输出，采用的开关管 IRF3205 的导通内阻仅有 8 mΩ，不需要高速光耦对 MCU 的 PWM 隔离电路，从而整个电路简单化。

## 3 实验结果与分析

经过对电路的选择和调试实验，本文重点论述的 5 种

表 1 驱动芯片的参数比较

参数	内阻/mΩ	最大电流/A	频率/kHz	电压范围/V
MC33886	120	5	10	5~40
2 片 MC33886	120/2	小于 10	10	5~40
VN3SP30	34	30	10	-0.3~40
BTS7960	16	43	25	-0.3~45
TD340i 和 IRF3205	8	110	25	6.5~18.5

(下转第 25 页)

(上接第 21 页)

电路对比结果如表 1、表 2 所示。

表 2 驱动芯片的性能比较

参数 芯片	芯片发热 程度	产生的压降	电机噪声	电机发热
MC33886	差	大	大	大
2 片 MC33886	一般	一般	大	较大
VN3SP30	较好	较小	较大	较大
BTS7960	较好	较小	较小	较小
TD340i 和 IRF3205	好	小	小	小

综上所述,每一种驱动方法都有优缺点,但是从综合因素考虑选择 TD34 和 IRF305 组成 H 桥对电机进行控制是最好的方法。

### 参考文献

- [1] 曾国强,葛良全.机器人比赛中直流电机驱动电路的设计[J].微计算机信息,2008,24(5-2):236-238.
- [2] 侯清锋,罗海波,王洪福.基于 VN3SP30 的大电流直流电机驱动器的设计[J].微计算机信息,2007,23(10-1):92-94.
- [3] 伊永峰,杨勇,张立勋.TD340 芯片在直流调速系统中的应用

《微型机与应用》2009 年第 20 期

欢迎订阅

电子技术应用 月刊

订阅代号: 2-889

---

微型机与应用 半月刊

订阅代号: 82-417

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 25