

电动汽车的 DSP 控制系统设计

翁武林, 彭侠夫, 孙文磊

(厦门大学 福建 厦门 361005)

摘要: 介绍了一种电动汽车用的全数字稀土永磁无刷直流电动机控制系统, 本系统以 TI 公司生产的专用于数字电机控制的 DSP 芯片——TMS320LF2407, 采用 DC-DC 变换器提升电池的电压, 用 IR2132 驱动 IPM 功率开关, 实现了全数字 PWM 控制, 实践证明该系统能够降低成本, 增强系统性能, 同时能够胜任各种操作要求。

关键词: 永磁无刷直流电机; DC-DC 变换器; TMS320LF2407; 智能功率模块

中图分类号: TP11

文献标识码: B

文章编号: 1004-373X (2006) 02-116-02

Design of Control System with DSP for Electrical Vehicles

WENG Wulin, PENG Xiafu, SU N Wenlei

(Xiamen University, Xiamen, 361005, China)

Abstract: In this paper, a digital control system rare earth permanent magnetic brushless DC motor is introduced. The system is based on TMS320LF2407 which is especially used to control digital motor produced by TI. The system is mainly made of DC-DC converter which can boost the fuel cell voltage, IR2132 and IPM, implements digital PWM control. It proves that this system can reduce cost, improve system performance effectively, and can satisfy any operating requirements.

Keywords: brushless DC motor; DC-DC converter; TMS320LF2407; intelligent power module

最近十年来, 环境污染和能源危机促使人们迫切要求开展对电动汽车的研究和开发, 而电动汽车的动力来源问题一直是阻碍其发展的关键因素, 随着蓄电池和燃料电池的研究, 电动汽车也逐渐产业化和商业化。本文介绍的是主电路以镍氢电池为能源, 经 DC-DC 变换器从低压升为高压, 再经智能功率模块 (IPM) 逆变成三相电驱动无刷直流电动机运转。控制电路随着 TI 公司面向电机控制的新一代 DSP-TMS320LF2407 的推出, 由于其内核 40 MIPS 的高速处理能力和面向电机控制的专用外围设备, 利用微处理器进行 PWM 实时信号调制, 使全数字调速系统成为可能。另外, 其内涵的 CAN (控制器局域网) 模块非常适合电动汽车的通信功能。

1 永磁无刷直流电动机简介

直流电动机具有非常优秀的线性机械特性、宽的调速范围、大的启动转矩、简单的控制电路等优点, 长期以来一直广泛地应用在各种伺服系统中。但是直流电动机的电刷和换向器却成为阻碍他发展的障碍。机械电刷和换向器造成的火花、噪声等一系列问题, 影响了直流电动机的调速精度和性能以及限制了他的应用场合。因此人们一直在寻找一种不用电刷和换向器的直流电动机。随着电子技术, 功率半导体和高性能的磁性材料制造技术的发展, 这种想法已经能够实现。无刷直流电动机利用电子换向器取

代了机械电刷和换向器, 因此使这种电动机不仅保留了直流电动机的优点, 而且又具有交流电动机的结构简单、运行可靠、维护方便等优点, 使他一经出现就以极快的速度发展和普及。随着电动汽车的产业化和商业化, 无刷直流电动机凭借其特有的优势占据着重要地位。

2 三相无刷直流电动机的 DSP 控制策略

图 1 是三相无刷直流电动机调速控制框图。给定转速与速度反馈量形成偏差, 经速度调节后产生电流参考值, 他与电流反馈量的偏差经电流调节后形成 PWM 占空比的控制量, 实现电动机的速度控制。电流的反馈是通过测量电阻的压降来实现。速度反馈则是通过霍尔位置传感器输出的位置量, 经过计算得到的。位置传感器输出的位置还用于控制换相。

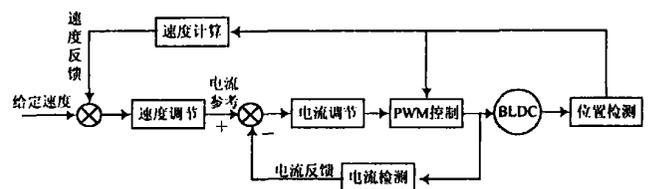


图 1 三相无刷直流电动机调速控制框图

3 系统硬件配置

以 TMS320LF2407 为核心的硬件控制系统结构如图 2

所示, 主要由以下几部分构成: 控制器核心 TMS320LF2407、外围接口电路、功率开关模块及其驱动, DC-DC 变换模块。

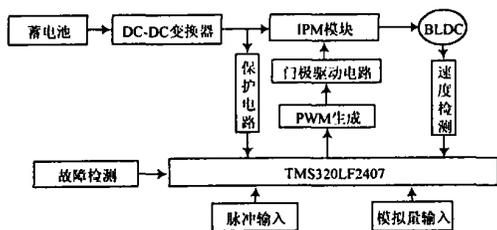


图2 控制系统结构框图

3.1 TMS320LF2407

TMS320LF2407 与老的电机控制芯片相比具有了一些新的特点: 采用了高性能静态 CMOS 技术, 供电电压降低为 3.3 V, 减小了功耗, 同时指令执行周期缩短到 33 ns, 从而提高了控制器的实时处理能力; 片内包含 32 k 的 FLASH 程序存储器、544 字双存取 RAM 和 2 k 字的单存取 RAM (可以灵活地配置为数据存储器 and 程序存储器); 片内外设采用统一的外设总线 and 数据空间连接, 其中包含 2 个事件管理器模块, 每个均由 2 个 16 位通用定时器、8 个 16 位的脉宽调制 (PWM) 通道、3 个捕获单元以及 1 套编码器接口电路组成; 10 位 A/D 转换器采用序列器灵活编程, 在一个转换周期内可以对一个通道进行多次转换, 可选择分别由 2 个事件管理器来触发 2 个 8 通道输入 A/D 转换序列或 1 个 16 通道输入的 A/D 转换序列, A/D 转换的最小时间为 500 ns。从上述的结构特点可以知道, TMS320LF2407 作为整个控制器的核心, 集成了主要的电机外设控制部件, 具有高速的运算能力、较高的采样精度, 外设配置性能和功能比较强, 非常适合构成单片电机伺服控制器, 完成实时性要求高的伺服控制任务。在本系统中利用他来实现电流环、速度环以及 PWM 信号发生、各种故障保护处理等功能。

3.2 DC-DC 变换器

电动汽车的能源来自于镍氢电池, 本系统采用 4 个 12 V 的单体电池串联组成 48 V 的电池组, 而想带动起线电压为 380 V 的无刷直流电机, 需要的逆变前的直流电压为几百伏, 怎样才能从 48 V 升压到几百伏呢? 系统采用 BOOST 升压变压器, 如图 3 上所示, 采用一个高速开关管 IGBT 以及隔离变压器 T。

原理: 产生脉冲信号 (高、低电平) 促使 IGBT 导通和关断, 经变压器产生感应电动势, 变压器原副边电压由匝比决定, 再经二极管 (单向导通) 和电容 (充放电) 促使输出电压的连续以及稳定。

那么怎样才能控制栅极的关断呢? 这里开关管的驱动脉冲由 555 构成的多谐振荡器产生, 如图 3 所示。

3.3 IPM 智能功率模块及其驱动芯片 IR2132

智能功率模块 (Intelligent Power Module, IPM) 是

一种先进的功率开关器件, 具有 GTR (大功率晶体管) 高电流密度、低饱和电压和耐高压的优点, 以及 MOSFET (场效应晶体管) 高输入阻抗、高开关频率和低驱动功率的优点。而且 IPM 内部集成了逻辑、控制、检测和保护电路, 使用起来方便, 不仅减小了系统的体积以及开发时间, 也大大增强了系统的可靠性, 适应了当今功率器件的发展方向——模块化、复合化和功率集成电路 (PIC), 在电力电子领域得到了越来越广泛的应用。

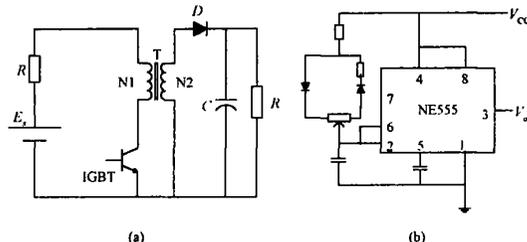


图3 BOOST 变压器和脉冲产生器

本文采用 IR 公司的具有 28 脚双列直插芯片 IR2132, 用于驱动栅极的高压驱动器。IR2132 具有 6 路输入信号和 6 路输出信号, 其中 6 路输出信号中的 3 路有电平转换功能, 可以直接驱动高压侧的功率元件, 另外 3 路用于驱动低压侧的功率元件。另外, 控制器还有一大优点就是只要一路控制电源, 克服了以往的控制需要多路隔离电源的缺点, 简化了硬件设计。IR2132 与 IPM 的典型连接如图 4 所示。

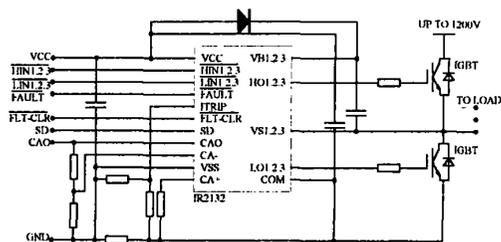


图4 IR2132 驱动 IPM 连接图

4 控制系统软件设计

系统主要包括系统初始化及工作使能等的主程序和若干中断返回程序。主程序还包括控制直流无刷电动机的启动与制动, 而中断子程序主要包括捕捉中断和 A/D 转换中断。CPU 通过定时器 1 周期匹配事件启动 ADC 转换, 使每个 PWM 周期对电流进行一次采样, 并在 A/D 转换中断处理程序中对电流进行调节, 控制 PWM 输出。转子每转过 60° 机械角都触发一次捕捉中断, 进行换相和速度计算。捕捉中断和 A/D 转换中断子程序框图如图 5 所示。

5 结语

本设计主要应用于电动汽车上控制无刷直流电机的转速, TMS320LF2407 以其低功耗而且高效的优良特性必将在电动汽车产业化环节上占有重要的一环。

(下转第 120 页)

(5) 与 PCI 插槽连接的电源线引脚可以自由选择, 但数量不宜少于 4 对。当板卡的电源消耗较大时, 可以多增加几对电源线, 通过多点接触提供稳定的大电流。

4.3 硬件中断功能介绍

CH365 芯片具有软件和硬件中断功能, 与中断功能有关的 2 个引脚分别是 PCI_INTA 和 SYS_EX。如果 CH365 的数据线 D3 连接了下拉电阻, 则工作模式设定为启用中断功能, SYS_EX 引脚自动复用为 INT_REQ, 作为本地中断请求输入引脚, 低电平有效, 外部电路需要请求计算机中断时只要向该引脚提供低电平脉冲。PCI_INTA 总是作为 PCI 中断三态输出引脚, 不用中断功能时可以悬空不接, 需要中断功能时可以与 PCI 总线的 INTA 相连接, 低电平有效, 中断激活时输出低电平, 中断未激活时输出高阻。

5 应用程序介绍

(1) 接收数据子程序

```
CH365OpenDevice( true, true);
mPCH365_IO_REG mIoBase;
CH365GetIoBaseAddr(& mIoBase);
// CH365WriteIoByte ( & mIoBase - > mCh365IoPort
```

```
[0x0FA], 71); // * * * * * * * * * *
```

```
UCHAR data1;
```

```
CH365ReadIoByte( & mIoBase -> mCh365IoPort [ m_Port
NumR], & data1); m_DataR= data1;
```

(2) 发送数据子程序

```
CH365OpenDevice( true, true);
mPCH365_IO_REG mIoBase;
CH365GetIoBaseAddr( & mIoBase);
CH365WriteIoByte( & mIoBase -> mCh365IoPort [ m_Port
NumW], m_DataW);
```

本文采用南京沁恒公司提供的 PCI 接口芯片 CH365 实现了 PCI 通信卡的设计, 在使用中测的实际传输率为 10 MB/s 左右, 工作稳定可靠, 完全满足一般数据量传输不是非常快的场合。

参 考 文 献

[1] 易先清, 莫松海, 喻晓峰, 等. 微型计算机原理与应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2001
[2] 李贵山, 戚德虎. PCI 局部总线开发者指南 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001
[3] CH365 中文手册. 南京沁恒电子有限公司.

(上接第 117 页)

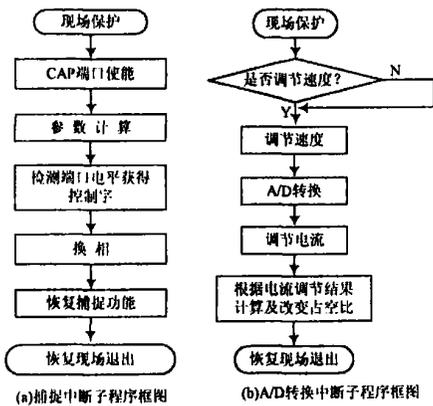


图 5 子程序框图

作者简介 翁武林 男, 1981 年出生, 福建平潭人, 厦门大学自动化系硕士研究生。研究方向为运动控制技术。

彭侠夫 男, 1963 年出生, 江西南昌人, 厦门大学信息科学与技术学院副院长, 教授。研究方向为运动控制技术。

参 考 文 献

[1] Rajesh G. Development of a Low Cost Fuel Cell Inverter System With DSP Control [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2004, 19: 1 256 - 1 260
[2] 王晓明, 王玲. 电动机的 DSP 控制 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004
[3] 张占松, 蔡宣三. 开关电源的原理与设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004
[4] 刘和平, 严利平, 张学峰. TMS320LF240x DSP 结构原理及应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002
[5] 李国丽. 逆程 DC/DC 变换器设计 [M]. 电测与仪表, 1998 (386): 38 - 40.

三星市值破千亿美元 成亚洲最大科技公司

据悉, 三星电子的市值首次突破 1000 亿美元, 从而成为亚洲地区最大的科技公司。到目前为止, 亚洲只有四家企业的市值超过 1000 亿美元。

本周三, 三星电子股价上扬 5.1%, 达到每股 704.87 美元。从而使三星电子的市值达到 1030 亿美元, 成为亚洲地区最大的科技公司。

在亚洲地区, 三星电子的市值仅次于丰田汽车、中国石油和三菱日联金融集团。在全球市场, 通用电气的市值最高, 高达 3740 亿美元。在亚洲的科技公司中, 市值最高的为三星电子, 紧随其后的是中国移动, 市值为 970 亿美元。据三星电子预计, 公司 2010 年的销售额将翻一番, 同时成为全球 20 种产品的最大制造商。