

# 基于 TMS320F2812 的异步电机变频调速系统设计与应用

解维坤, 彭侠夫

(厦门大学, 福建 厦门 361005)

**摘要:**针对空压机中大功率异步电机耗电问题,为实现节能需对电机变频调速。文中介绍了用于电机控制的芯片的最新发展状况,讨论了基于 TMS320F2812 的异步电机变频调速系统在空压机控制中的硬件设计,介绍了各部分硬件电路的实现。通过电压空间矢量方法实现了对异步电机的变频控制。实践表明,该系统有较高的灵活性和稳定性,适合于复杂的无传感器矢量控制和直接转矩控制算法的实现。

**关键词:**数字信号处理器;变频调速;空压机

**中图分类号:**TP273

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2008)05-0188-03

## Design and Implementation of Variable Speed System of Induction Motor Based on TMS320F2812

XIE Wei-kun, PENG Xia-fu

(Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:**For the electric energy saving purpose in air compressor, introduces the new trends of the CMOS chips used in motor control, discusses the hardware design of a frequency convertible induction motor control system used in air compressor with TMS320F2812, especially analyses the implementation of the circuit. It proves that this system has more flexibility and stability by using SVPWM method, and it is good for making the complicated control methods come true.

**Key words:**DSP; frequency conversion; air compressor

### 0 引言

随着经济的发展和工业生产的需要,交流异步电机的变频调速技术发展很快,其控制芯片逐渐由单一MCU过渡到DSP+MCU混合芯片,其控制方法也由简单的VF控制发展到SVPWM、矢量控制、直接转矩控制再到无传感器的矢量和直接转矩控制。而在我国,工业生产中耗电量巨大的空气压缩机中的异步电机大多还处于简单的单片机VF控制,甚至没有变频调速,很少有用DSP和矢量控制等方法实现的。将基于DSP的异步电机变频调速系统应用于空气压缩机的控制中具有重要的现实意义。

### 1 系统总体设计方案

图1为异步电机变频调速系统应用于空气压缩机

的总体原理框图。主要由变频控制器、变频主电路异步电机、空气压缩机、压力传感器和储气罐等部件组成。开始通过键盘设定期望压力值,如果初始压力没达到期望值,电机起动,控制定子电压频率由低增高直到额定频率。电机速度相应的也由慢到快直到稳定在一定速率上。异步电机带动空压机不断向储气罐中压缩空气,储气罐中空气压力不断增大,当压力超过设定值时,显示屏显示过压,变频控制器控制电机减速直至停止。当储气罐中的压力不足时再起动机。就这样,系统通过压力传感器构成闭环,以节能方式对储气罐压力进行恒压控制。

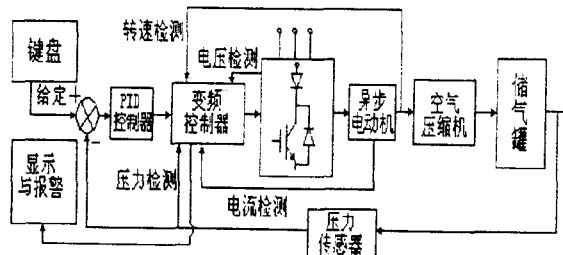


图1 系统总体框图

收稿日期:2007-08-03

作者简介:解维坤(1980-),男,山东人,硕士研究生,从事电机变频调速系统研究开发;彭侠夫,教授,博士生导师,研究方向为控制工程等。

## 2 各部分电路设计

### 2.1 变频控制器设计

首先要选择合适的控制芯片,目前各大芯片公司推出了各种各样的用于电机控制的芯片,单片机方面有 Intel 的 80C196MC、Motorola 的 M37906、Philips 的 LPC2210/2220、Renesas 公司(瑞萨)的 M16C 系列和 SH2 系列;DSP 方面有 AD 公司的 ADMC401、Microchip 公司的 dsPIC30F6010、TI 公司的 TMS320LF2407/F2812。2006 年 9 月飞思卡尔公司也推出了 4 款 16 位新型 DSP 56F8000 和 DSC(数字信号控制器) 56F80X 系列产品,该系列可提供 16 位 96MHz 的 PWM,并且具有可编程故障功能,高度精确的 12 位数模转换器(ADC)和模数转换器(DAC)等。2006 年 11 月 TI 又推出了 4 款 32 位 DSP,即 TMS320F28015、F28016、F2801-60、F2802-60,其价格比较低,但性能很高,其主频都是 60MHz,都采用 12 位 ADC,并推出了高分辨率的 PWM 模块(HRPWM),该特点对提高控制系统的性能,降低变换器的体积和重量都将起到积极作用。考虑到性价比,文中选择了 TI 公司的 TMS320F2812<sup>[1]</sup>。

TMS320F2812 采用高性能静态 CMOS 技术,供电电压为 3.3V,指令周期可达 6.7ns,片内有高达 128k 字的 Flash 程序存储器、18k 字的 RAM;片内还集成了包括 CAN 控制器在内的多个外围模块及存储器;12 位 16 通道的 A/D 转换器最小转换时间为 1.125ns;内部自带看门狗定时器模块(WDT)和串行外设接口模块(SPI)。另外,该芯片有高达 56 个可单独编程或复用的通用 I/O 口、3 个串行通信接口(SCI)和 5 个外部中断<sup>[2]</sup>。

由于 TMS320F2812 有 128k 的片内 Flash 程序存储器和 18k 的片内 RAM,因此无需扩展片外存储器,可以简化电路设计,提高系统稳定性。变频控制器主要包括 DSP 控制芯片、电源监控电路、非易失性存储器 EEPROM、串行接口、CAN 总线接口、JTAG 接口、电平转换电路、A/D 变换模块和功率驱动模块。整个变频控制器框图如图 2 所示。

1) 电源监控部分选用芯片 TPS767D318,该芯片是专门针对 DSP 设备提供双输出稳压电源,可用于不同输出电压的设备中,每一路输出都可容许最大 1A 的电流。电压漂移非常低,在最大输出电流为 1A 的情况下,电压漂移才 350mV。每路输出都有过热保护功能。并有复位和监控输出电压功能。

2) 串行接口部分通过一片 MAX232 构成串行通信接口。MAX232 是双路驱动/接收器,内部包括电容型的电压生成器,可以将 5V 电源转换成符合 EIA/

TIA-232-E 的电压等级。接收器将 EIA/TIA-232-E 标准的输入电平转换成 5VTTL/CMOS 电平。接收器的典型临界值是 1.3V,典型磁滞是 0.5V。发送器将 TTL/CMOS 输入电平转换成 EIA/TIA-232-E 电平。这样就可以实现上下位机之间的通讯。

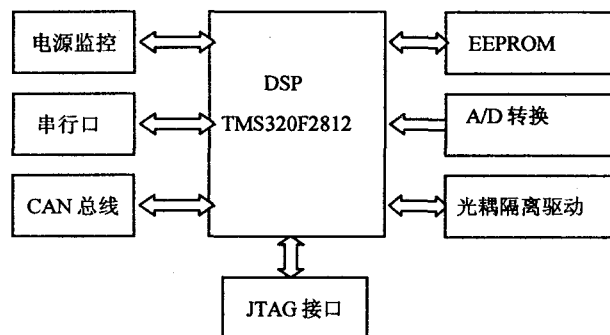


图 2 变频控制器框图<sup>[3]</sup>

#### 3) JTAG 接口。

本系统采用闻亭 EPP5100 硬件仿真器,其仿真信号采用 IEEE1149.1 标准,IEEE1149.1 标准测试存取和边界扫描逻辑是国际电工电子协会(IEEE)于 1990 年颁布的专用于高密度集成器件及板级系统仿真测试的国际标准,又称 JTAG 标准。它取代传统的集成电路及其板级系统的测试方法,通过 JTAG 测试端口的四个必选引脚:TMS,TDI,TD0,TCK 和一个可选的异步 JTAG 复位引脚 TRST 即可对整个芯片及板级系统进行完整的测试和仿真。仿真电路如图 3 所示。

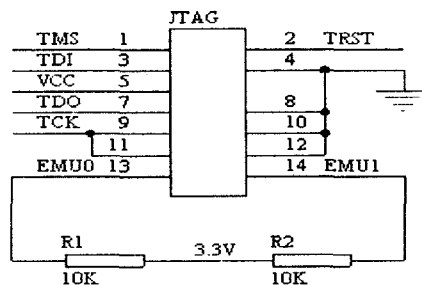


图 3 JTAG 接口电路<sup>[4]</sup>

#### 4) 非易失性存储器。

由于系统在对不同型号的电机进行调速控制的时候,需要存储一些电机参数和控制参数,以供下次选择和新数据的录入。为此要扩展非易失性存储器,选用了 SPI 总线的存储器 X25650,它是 2.5~5.5V 的电源供电,带有块锁存保护的 CMOS 串行 EEPROM 阵列,8k×8bits 存储空间,可提供至少 1 000 000 次擦写和 100 年的数据保存期。

#### 5) 驱动模块。

DSP 输出的 PWM 信号电压太低,不能直接驱动 IGBT,需要将其转换为 -5V~+15V 信号来驱动 IGBT 按照调制方式关断、开通;选用富士电机驱动芯片

EXB841。EXB841 为混合集成电路,能驱动高达 400A、600V 的 IGBT 和高达 300A、1200V 的 IGBT。具有单电源供电,内置过电流保护,过电流时的软关断电路,内置光耦合器,高绝缘耐压等特点。

## 2.2 变频主电路设计

一般变频电路都由整流、滤波和逆变三部分电路组成,如图 4 所示。整流部分由 VD1~VD6 组成桥式全波整流;滤波部分由 C1, C2, R1, R2 组成;逆变部分由 V1~V6(IGBT)组成。为了改进变频电路稳定性和可靠性,在滤波和整流电路间串联了限流电路,它由限流电阻 RL 和短路开关 SL 并联组成。同时,在逆变环节又加了续流和缓冲电路。续流电路由 VD7~VD12 构成,目的是为电动机绕组的无功电流返回直流电路时提供通道。当频率下降而同步转速下降时,为电动机的再生电能反馈直流电路提供通道,为电路中的寄生电感在逆变过程中释放能量提供通道。缓冲电路由 R01~R06, C01~C06 和 VD01~VD06 构成。其目的是减缓在 IGBT 导通与关断瞬间的电压和电流变化率,以免 IGBT 受到损坏。

## 2.3 数据输入显示部分设计

在工业控制中,使用户界面友好、操作简单一直是各厂家追求的方向。本系统中数据输入显示部分采用了台湾产的 MTG-S32240NMNHSGW-04。这是一款带 SED1335 控制器和触摸屏的液晶显示模块。液晶屏大小为 5.7 英寸,320 \* 240 的分辨率。其中 SED1335 是日本 SEIKOEPSON 公司出品的液晶显示控制器,在同类产品中功能很强。其特点为:有较强功能的 I/O 缓冲器;指令功能丰富;四位数据并行发送;图形和文本方式混合显示<sup>[5]</sup>。

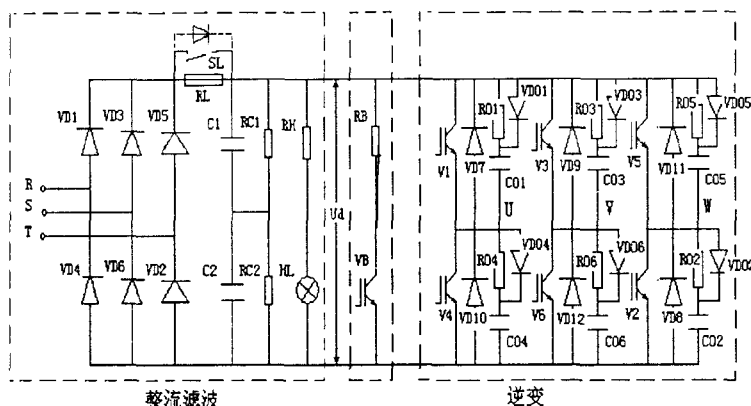


图 4 变频主电路

MTG-S32240NMNHSGW-04 可工作在 3.3V 电压下,可以与 DSP 的 I/O 口直接相连,可同时实现数据触摸输入和图像文字显示功能,界面非常友好,是未来高端变频器发展的主要方向。数据线共有 22 个

引脚,其与 DSP 的连接电路如图 5 所示。

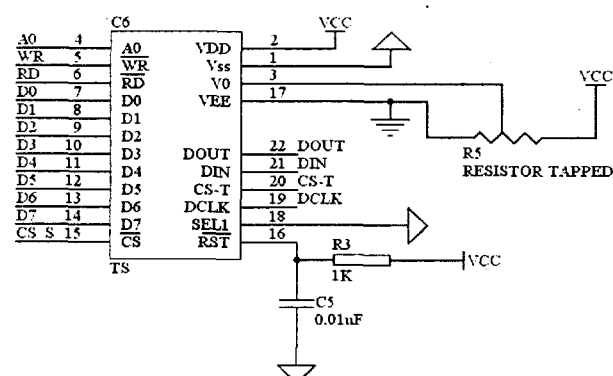


图 5 液晶显示与触摸输入电路

## 3 结语

本系统采用 SVPWM 方法实现了对异步电机的变频调速。将三相 PWM 波形中的两相通过简易 RC 低通滤波器后再叠加可观察到正弦波输出,如图 6 所示。

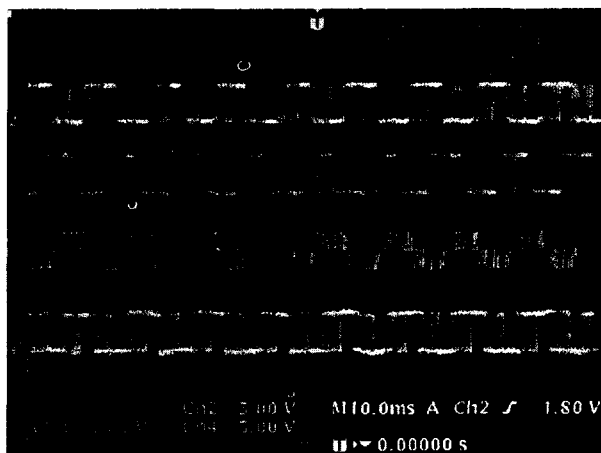


图 6 用 SVPWM 方法实现的输出波形

实践表明该系统具有较高的稳定性和可靠性。现在比较先进的 SVPWM 控制、矢量控制、直接转矩控制以及无传感器方法都可以在本系统上实现。并且系统中的 SPI 串口和 CAN 总线为实现远程控制和多台空压机的整体控制创造了条件。

## 参考文献:

- [1] Texas Instrument. TMS320F2809, TMS320F2808, TMS320F2806, TMS320F2802, TMS320F2801, UCD9501, TMS320C2802, TMS320C2801, TMS320C2801xDSPs [R]. [s. l]: Texas Instrument, 2006.
- [2] Texas Instrument. TMS320F2812, TMS320F2811, TMS320

(下转第 193 页)

QueueUserApc(), 传入一个函数指针(指向 APC 例程)、线程句柄、上下文参数, OS 将构造一个 APC 对象并将其插入目标线程的用户模式 APC 队列中。下列程序给出了一个使用用户模式 APC 的例子。

```
typedef struct MYDATA {
    TCHAR * szText;
    DWORD dwValue;
} MYDATA; //自定义数据结构
VOID CALLBACK TimerAPCProc (LPVOID lpArg) //APC
回调函数指向传入参数的指针
{ MYDATA * pMyData = (MYDATA *)lpArg;
  printf("Message: %s\nValue: %d\n\n", pMyData->
szText,
  pMyData->dwValue); //打印调试信息
  MessageBeep(0); //鸣音
}

以下代码位于目标线程中:
BOOL bSuccess;
MYDATA MyData;
MyData.szText = "This is my data.";
MyData.dwValue = 100;
bSuccess = QueueUserAPC( //向目标线程的用户 APC 队列
中插入一个 APC 对象
  TimerAPCProc, // APC 回调函数
  hThread, //目标线程的线程句柄
  &MyData) //传入 APC 回调函数的数据
if ( bSuccess ) {
  for ( ; MyData.dwValue < 1000; MyData.dwValue + =
100 ) {
    SleepEx( //将线程置入警觉状态
    INFINITE, //指定永远等待
    TRUE ); //必须为真,线程只有处于警觉状态才能正确处理 APC
  }
}
```

### 3.2 内核模式 APC 的使用

虽然内核模式程序不能直接创建 APC 对象,但系统为文件系统驱动程序提供了一个操作,可以保证内核代码在一个特定的进程上下文中运行,关键函数是 KeAttachProcess() 和 KeDetachProcess()。这个操作不能保证一个特定线程的上下文总是有效的,但能保证给定进程的资源都是可访问的,特别是其地址空间。函数原型如下:

```
NTKERNELAPI VOID KeAttachProcess (IN PRKPROCESS
```

```
Process);
```

```
NTKERNELAPI VOID KeDetachProcess (VOID);
```

文件系统驱动程序<sup>[6,7]</sup>能使用 KeAttachProcess() 来强迫自己切换到特定进程的地址空间中执行。函数返回后,内核线程即运行于由参数 Process 指定的进程的地址空间,然后程序能够在被附着的进程中直接操作进程的数据。操作完成后,调用 KeDetachProcess() 回到原来的进程上下文环境。由于这两个函数的开销相当大,程序应尽量避免使用 KeAttachProcess() 和 KeDetachProcess(),但它能使文件系统非常有效率地完成在用户进程与内核程序之间的数据复制工作<sup>[8]</sup>。

## 4 结束语

Windows 2000 操作系统使用异步过程调用以实现在一个已知线程上下文环境中运行任何程序。系统维护线程自有的两个 APC 对象队列,并且定期地检查这些队列,决定是否有 APC 例程需要被执行。系统在处理基本系统操作时,经常使用 APC。APC 对大多数的驱动程序来说,都是透明的,文件系统驱动程序要适当地控制 APC 的调用,以避免系统死锁。用户模式应用程序可以方便地将 APC 插入指定线程的 APC 队列中,内核模式程序则要采用其它方法来完成 APC 的功能。

### 参考文献:

- [1] 郭艳,苗克坚. Windows 2000 下 WDM 驱动程序的研究与开发[J]. 计算机工程, 2006, 32(22): 266-268.
- [2] 王兰英,居锦武. Windows 内核模式驱动程序运行环境的分析[J]. 微计算机信息, 2005, 21(11): 201-202.
- [3] 刘鸿,王平,俞伟. WDM 驱动程序开发疑难分析[J]. 计算机应用, 2003, 23(6): 112-113.
- [4] Cant C. Writing Windows WDM Device Drivers[M]. 北京:机械工业出版社, 2000.
- [5] Solomon D A. Windows 2000 内部揭秘[M]. 北京:机械工业出版社, 2001.
- [6] Microsoft Corporation. Windows 2000 驱动程序开发大全[M]. 北京:机械工业出版社, 2001.
- [7] 郭益昆. VC++ .NET 开发驱动程序详解[M]. 北京:希望电子出版社, 2002.
- [8] 武安河. Windows 2000/XP WDM 设备驱动程序开发[M]. 北京:电子工业出版社, 2005.

(上接第 190 页)

F2810[R]. [s.l.]: Texas Instrument, 2006.

- [3] 刘和平. DSP 原理及电机控制应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2006.

- [4] 刘艳萍. DSP 技术原理及应用教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2005.

- [5] Ma D. MTG - S32240NMNHSGW - 04 customer's note [R]. Taipei, Taiwan: Microtips Technology, 2003.