

文章编号: 1007- 2985(2009) 06- 0071- 03

# 基于数字控制的开关电源设计\*

李 一鸣

(湖南理工学院计算机学院, 湖南 岳阳 414006)

**摘 要:** 研究了基于 TI 公司的 TMS320F2812 的新型数字控制的开关电源, 用数字控制器代替模拟控制器, 区别以往的模拟控制电源, 从而提高了功率因数和系统效率, 降低和减少了电源重量和体积, 便于电源调试和升级。

**关键词:** 功率因数校正; 移相全桥; TMS320F2812

中图分类号: TM56; TP17

文献标识码: A

在高功率因数校正 AC/DC 电路中广泛采用 UC3842、UC3855A 等专用控制芯片来实现功率因数校正, 而在移相全桥 DC/DC 电路中广泛采用 TL494、UC3875 等专用电源芯片来驱动开关管<sup>[1]</sup>, 特定的电源芯片本身不可编程、可控性较差、难以扩展以及不易升级维修, 同时电源芯片为模拟控制芯片, 具有模拟电路难以克服的由温漂和老化所引起的误差, 无法保证系统始终具有高精度和可靠性, 克服以上缺点可采用数字控制器 DSP 代替传统的模拟控制芯片。目前数字处理(DSP)技术逐渐成熟<sup>[2]</sup>, 新一代 DSP 采用哈佛结构、流水线操作, 即程序、数据存储器彼此独立, 在每一时钟周期中完成取指、译码、读数据以及执行指令等多个操作, 从而大大减少指令执行周期。另外, 由于其特有的寄存器结构, 功能强大的寻址方式, 灵活的指令系统及其强大的浮点运算能力, 使得 DSP 不仅运算能力较单片机有了较大地提高, 而且在该处理器上更容易实现高级语言。正是由于其特殊的结构设计和超强的运算能力, 使得以前需要硬件才能实现的功能可移植到 DSP 中用软件实现, 使数字信号处理中的一些理论和算法可以实时实现。

## 1 数字控制开关电源系统

该通信开关电源主要由主电路和控制电路组成, 主电路主要由单相高功率因数校正 AC/DC 变换电路和移相全桥软开关 DC/DC 变换电路组成, 它包括单相交流输入电源、滤波网络、整流电路、Boost 高功率因数校正电路<sup>[3]</sup>和移相全桥变换电路<sup>[4]</sup>。控制电路主要包括 DSP 数字控制器, 它由 DSP、驱动电路、检测电路、保护电路以及辅助电源电路组成。系统主电路和控制电路原理框图如图 1 所示, 图 1 中 E 表示输入电压及电感电流、输出电压及电流和主开关管漏极电压、采样电路; B 表示功率开关驱动电路; F 表示输出电压及电流、原边电感电流和 4 个开关管漏极电压采样电路。

### 1.1 单相功率因数校正 AC/DC 变换电路

单相功率因数校正 AC/DC 变换电路采用 Boost 型 ZVT-PWM 变换器, 其电路图如图 2 所示<sup>[3]</sup>, 其工作原理在文献 [3] 中详细描述, 该电路能实现主开关管 S 的零电压开通和二极管 D 的零电流关断。

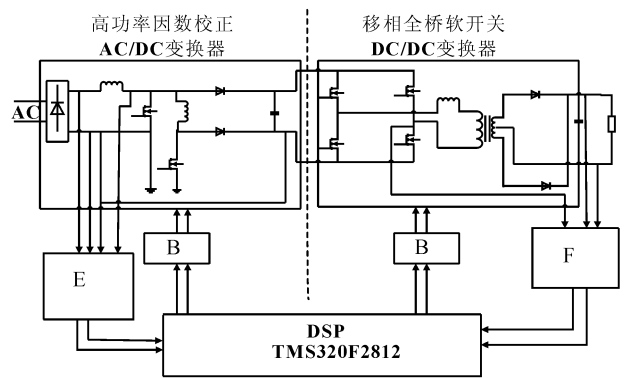


图 1 系统主电路结构框图

\* 收稿日期: 2009- 08- 20

作者简介: 李一鸣(1979-), 女, 湖南岳阳人, 湖南理工学院计算机学院讲师, 硕士, 主要从事计算机硬件及 DPS 技术研究。

### 1.2 移相全桥软开关 DC/DC 变换电路

移相全桥软开关 DC/DC 变换电路采用如图 3 所示的全桥 DC/DC 变换器,其工作原理在文献[4]中详细描述.

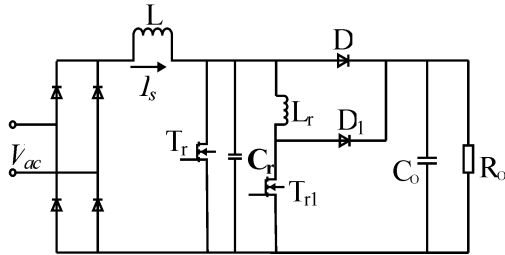


图 2 Boost 型 ZVT-PWM 变换器主电路

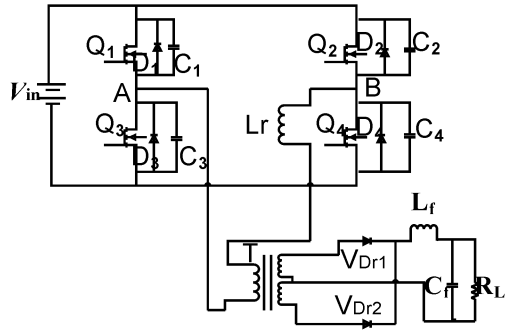


图 3 全桥 DC/DC 变换器原理图

### 1.3 基于 DSP 的硬件电路设计

针对 TMS320F2812 为核心的数字控制电路如图 4 所示.从图 4 中可以看出,控制系统主要包括以下几部分: DSP 及其外围电路、信号检测与调理电路、驱动电路和保护电路.其中,信号检测与调理电路主要完成对图 2 输入电流和电压采样、A/D 等功能, DSP 产生脉冲信号然后通过 D/A 转换后驱动图 2, 3 的功率开关管.

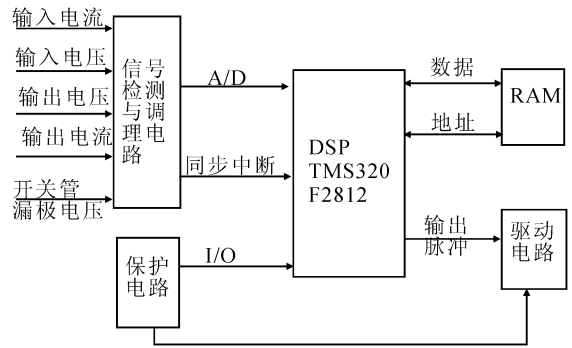


图 4 通信电源数字控制系统框图

### 1.4 系统控制算法软件实现

DSP 数字控制能够实现较之模拟控制更为高级而且复杂的策略,与模拟控制电路相比较,数字控制电路拥有更多的优点:数字 PID 系统相对于模拟 PID 系统具有设计周期短、灵活多变易于实现模块化,能够消除因离散元件引起的不稳定和电磁干扰等优点.数字控制系统主程序图如 5 所示.主程序的作用:初始化,其中包括给控制寄存器赋初值,这时系统工作时钟开 CAP1INT、CAP2INT 中断,在等待中断的空闲时间内采集输出信号,设置 ADC 转换结束标志位为 1.为保证程序的正常运行要禁止看门狗,设置 PWM 信号的频率和死区时间,设置通用定时器 1 和 2 的控制寄存器,设置捕获控制寄存器检测下降沿.

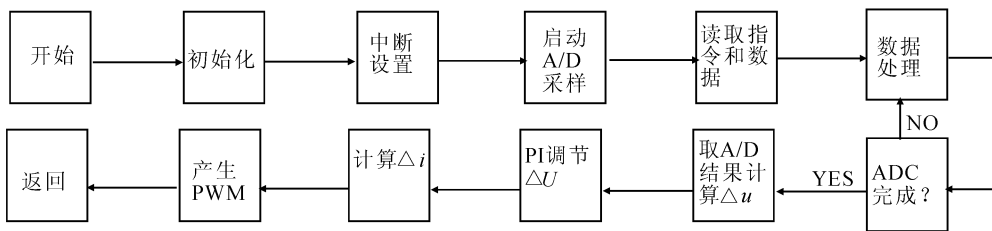


图 5 系统主程序流程图

## 2 实验结果及其分析

设交流输入电压 220 V, 输出电压为 48 V, 输出功率为 1 000 W, 效率为 95%, 变换器工作频率为 100 kHz.

### 2.1 单相功率因数校正 AC/DC 变换器升压电感计算

Boost 升压电感的计算必须是在最差的情况下得到,即输入最低电压,而输出满载的时候来确定<sup>[5]</sup>,其输入电流

$$I_{PK} = \frac{2P_{in}}{\sqrt{2}V_{in,min}} = 7.52 \text{ A},$$

允许的纹波电流一般是取输入电流的 20%, 即

$$\Delta I_L = 0.2 \times 7.52 = 1.5 \text{ A}.$$

在最低线电压时最小占空比为

$$D_{min} = \frac{V_o - V_{in}}{V_o} = 0.263,$$

由电磁感应的基本公式推导出临界电感为

$$L = \frac{V_{in} \times D_{min} \times T_s}{\Delta I_L} = 491 \mu\text{H},$$

因此可取升压电感  $L = 470 \mu\text{H}$ 。

## 2.2 移相全桥软开关变换器滤波输出电容计算

选择输出电容时, 电容的输出电压维持时间非常重要。当输入能量截止时, 要求电容电压仍可维持在某特定范围内, 输出滤波电容由以下公式计算<sup>[6]</sup>:

$$C_f = \frac{V_o}{8L_f^2 f_{c_f} \Delta V_{OPP}} \left( 1 - \frac{V_o}{V_{in}/K - V_{L_f} - V_{PR}} \right) = 14.8 \mu\text{F}.$$

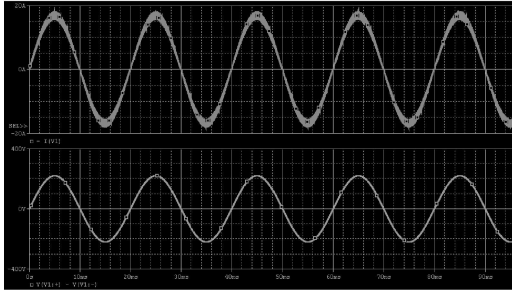


图 6 交流输入电压和电流波形图

## 2.4 试验结果及分析

最后, 设计了基于 TMS320F2812 的功率因数校正实验电路, 实验结果如图 8 所示, 该图为输入电压和输入电流波形, 波形显示了输入电流很好的跟随了输入电压, 达到了功率因数校正的目的。实验结果表明在通信开关电源中用数字控制器代替模拟控制器是可行的。

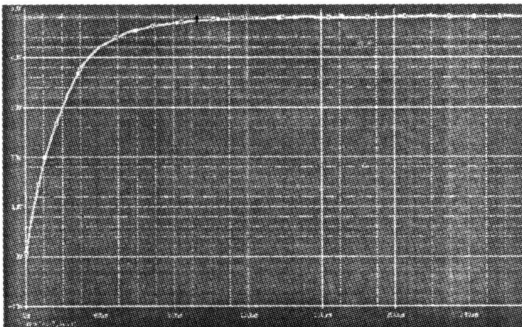


图 7 输出直流电压波形图

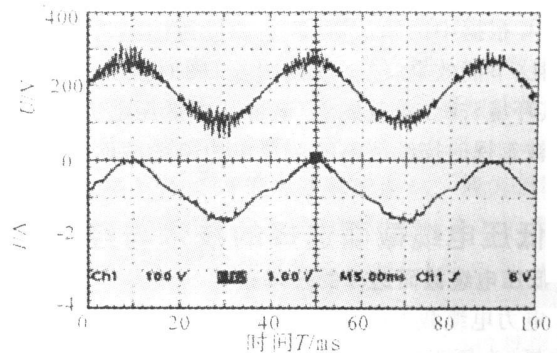


图 8 交流输入电压和电流波形图

## 3 结语

数字开关电源相对模拟开关电源, 具有不可比拟的优势, 如减少电源的体积和重量, 提高控制精度以及维修升级方便。随着控制理论与实施手段的不断完善以及 DSP 价格不断的降低, 数字控制开关电源将成为今后一个重要的研究方向。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 苏圭峰, 吕强, 耿庆锋, 等. TM S320F2812 原理与开发 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [3] 周志敏, 周纪海, 纪爱华. 开关电源功率因数校正电路设计与应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [4] 刘胜利. 现代高频开关电源实用技术 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [5] LIN JONG-LICK, CHANG CHIN-HUA. Small Signal Modeling and Control of ZVT-PWM Boost Converter [J]. IEEE Transaction on Industrial Electronics, 2003(1): 210.
- [6] JEON S J, CANALES F, BARBOSA P M, et al. A Primary-Side-Assisted Zero-Voltage and Zero-Current Switching Three-Level DG-DC Converter with Phase-Shift Control [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2002, 16(5): 573 - 580.

(下转第 90 页)

merization: Subtle modifications Resulting in Superior Activities [J]. *Angew. Chem. Int. Edit.*, 2002, 41(14): 2 599- 2 602.

[9] 黄亦军, 戚国荣, 封麟先. 双金属氰化物配合物的制备、表征及催化性能 [J]. *催化学报*, 2002, 23(2): 113- 117.

[10] GARCIA J L, JANG E J, ALPER H. New Heterogeneous Catalysis for the Synthesis of Poly(ether Polyol)s [J]. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2002, 86(7): 1 553- 1 557.

## Copolymerization of Propylene Oxide with Carbon Dioxide Catalyzed by Zn-Co Double Metal Cyanide Complexes

WU Yuan-xiang<sup>1</sup>, CHEN Shang<sup>1</sup>, WU Xian-ming<sup>1</sup>, ZHANG Xing-hong<sup>2</sup>

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Jishou University, Jishou 416000, Hunan China; 2. Department of Polymer Science and Engineering, Hangzhou University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** Double metal cyanide complex (DMC) based on  $Zn_3[Co(CN)_6]_2$  was prepared and employed as catalyst for the copolymerization of propylene oxide and carbon dioxide. Effects of reaction conditions on catalytic performance and the compositions of products were investigated. The results show that these catalysts demonstrate highly catalytic activity over 2 000 g copolymer per gram of  $Zn_3[Co(CN)_6]_2$ . The copolymers prepared were characterized by FT-IR, <sup>1</sup>H NMR, and the molar fraction of CO<sub>2</sub> for copolymer (FCO<sub>2</sub>) was as high as 0.3 under optimum condition, coupling product of propylene carbonate was also identified as co-product. It is also found that lower temperature and high reaction pressure are favorable for incorporation of CO<sub>2</sub> into copolymer.

**Key words:** double metal cyanide complex; propylene oxide; carbon dioxide; copolymerization

(责任编辑 易必武)

(上接第 73 页)

## Switching Power Supply Based on Digital Control

LI Yi-ming

(Department of Computer, Hunan Institute of Science and Technology, Yueyang 414006, Hunan China)

**Abstract:** This research studies the new digital control of switching power supply based on TI's TMS320F2812. Replacing analog controllers with digital controller is an innovation for switching power. Being different from the past, the digital control of switching power supply improves the PFC and system efficiency and reduces weight and volume, and it is easy to debug and upgrade power supply.

**Key words:** PFC; phase-shifted full-bridge; TMS320F2812

(责任编辑 陈炳权)