维普资讯 http://www.cqvip.com



# TMS320F2812在全数字开关电源中的应用

史增树，张建红，邱忠才
（西南交通大学 四川 成都 610031）

**摘 要**：总结了电力电子领域数字控制的发展历程，并对现状和前景提出了分析。目前对于数字控制的研究主要集中在两个方面，其一是产生DPWM的方法，以满足输出电压精确度的要求；其二是能够充分利用数字控制优点的控制算法，以提高系统的稳态和动态特性。另外还简要介绍了TMS320F28x系列DSP的主要性能参数和控制资源，给出了全数字控制的原理图、系统电磁兼容的处理和软件编程，并对PID算法进行了数学描述。

**关键词**：DSP；PID；DPWM；电磁兼容（EMC）
**中图分类号**：TP17 **文献标识码**：B **文章编号**：1004-373X(2006)13-097-02

## Application of TMS320F2812 in the Full Digtal Switching Power Supply

SHI Zengshu，ZHANG Jianhong，QIU Zhongcai
(Southwest Jiaotong University，Chengdu，610031，China)

**Abstract**: This paper summarizes the development of digital control in power electronics and analyzes the future and actuality. The research on digital control is mainly focused on two areas. One is the methods to generate Digital PWM(DPWM) signals to meet the output voltage accuracy requirement. The other is to develop new control methods that can utilize the advantages of the digital controller so as to improve the dynamic performance of the switching power converters. It presents the important performance and control source，principle of full digital control，design of Electromagnetic Compatibility(EMC)，programme，digital PID control algorithm and emulate.

**Keywords**: DSP；PID；DPWM；Electromagnetic Compatibility (EMC)

## 1 引 言

数字化技术随着高性能低价格智能控制芯片的出现而飞速发展，同时，也对电力电子技术的发展起到了巨大的推动作用。

随着数字信号处理技术的日益完善和成熟，他显示出了越来越多的优点，诸如便于计算机的处理和控制；避免模拟信号的失真；减少杂散信号的干扰；便于自诊断、容错等技术的植入等。在计算机进入电力电子技术领域的初期，只是完成诸如监控功能，实现系统级的控制。但是，随着数字化技术的发展，计算机已经被应用于控制电路，专用于PWM变换器的数字控制。由于电路部分参数变化不敏感，可以方便地和数字系统相连接，并且可以方便地实现完善成熟的控制方案，而越来越受欢迎。

开关电源作为电力电子领域的一个重要分支，目前已经由模拟控制，模数混合控制，进入到全数字控制阶段。

但是过去数字控制在DC/DC变换器中用得较少。近年来，电源的高性能全数字控制芯片已经开发，费用也已降到比较合理的水平，欧美已有多家公司开发并制造出开关变换器的数字控制芯片及软件。

**收稿日期**：2006-01-11

TMS320F2812芯片的封装方式为179引脚GHH球形网格阵列BGA(Ball Grid Array)封装和176引脚PGF低剖面四芯线扁平LQFP(Low-profile Quad)封装，本文使用的是176引脚的LQFP的封装形式。他的所有引脚的电平均与TTL兼容；所有引脚的输出均为3.3 V CMS电平；输入不能承受5 V电压；上拉电流/下拉电流为100 μA。所有引脚的输出缓冲器驱动能力（有输出功能的）典型值是4 mA。

TMS320F2812的CPU是一种低功耗的32位定点数字信号处理器。他集中了数字信号处理的诸多优秀特性，具有精简指令集计算（RISC）功能、微型控制器结构、固件(firmware)及工具装置(tool sets)等。所谓数字信号处理特性包括改进型的哈佛结构和循环寻址(circular addressing)方式等；RISC特性是指单周期执行指令、寄存器到寄存器的操作以及改进型哈佛结构等；微型控制器结构特点则包括使用直观指令集简化操作、压缩和非压缩的字节应用以及对位的操作等。

## 2 系统结构和电磁兼容

TMS320F2812对全桥电路的控制原理图如图1所示。

电磁骚扰引起的设备、传输通道或系统性能的下降通

维普资讯 http://www.cqvip.com



称为电磁干扰。在本系统中采用了3种电磁兼容控制技术：传输通道抑制、空间分离和电气隔离。

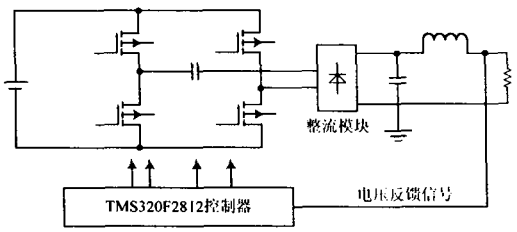


图1　系统原理图

传输通道抑制的具体方法有滤波、屏蔽、接地和合理布局，在该控制器中要将电源输出的电流和电压经传感器反馈至控制器中，由于电压和电流传感器所处的环境比较恶劣，所以要特别注意信号的隔离，本控制器采用了HCR2000线性光耦将反馈的信号进行隔离，以最大限度地防止噪声干扰DSP控制器的正常运行。在控制器的布局上也尽量将模拟信号和数字信号的传输线分开，以减少线间串扰。

在空间布局上也要将控制器和电源的主变压器间隔尽量远，以减少主变压器通过辐射耦合对控制器造成的干扰。

本控制器可实现稳压、稳流控制，反馈信号取自电源输出直流侧的电压传感器和电流传感器，由于电压和电流传感器所处的环境比较恶劣，所以要特别注意电磁骚扰引起的设备、传输通道或系统性能的下降。本文使用线性光耦HCR200和三极管来实现信号的隔离和有源滤波，电路图如图2所示。

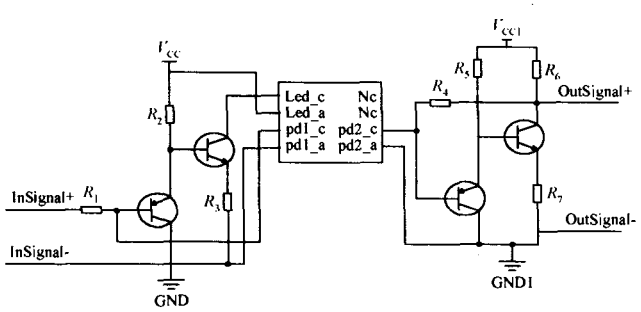


图2　信号隔离原理图

## 3　控制算法和软件编程

### 3.1　数字滤波

传统的模拟滤波器需使用电阻、电容及电感元件，尺寸和功耗较大，而且精度难以提高，调整起来也不方便。而数字滤波实质上是一种程序滤波，即通过一定的计算程序来减少干扰对有用信号的影响，这种方法能大大提高滤波精度，并能方便地调整滤波器参数，目前已获得了广泛的应用。对于微机控制系统，采用数字滤波来改进数字PID控制算式，能够有效地克服偏差信号（测量信号）中的干扰和噪声，改善控制性能和提高控制精度。本控制系统采用了常用的数字平滑滤波。

数字平滑滤波技术主要针对于作用时间较短暂的快速干扰，也就是采用连续多次采样然后求平均值的办法予以滤除。例如：在第$n$次采样时刻连续采样$N$次，可以得到$e_1(n), e_2(n), \cdots, e_N(n)$，然后利用计算机程序剔除其中的最大值和最小值，对剩余的$N-2$次采样值求平均值$e(n)$，把这个平均值作为第$n$次采样时刻的偏差信号，代入前面的式(1)或式(2)进行计算，这样就能最大程度地消除这类快速随机干扰对控制器输出的影响。

### 3.2　数字增量式PID

简单说来，PID控制器各校正环节的作用如下：

比例环节　成比例地反映控制系统的偏差信号，偏差一旦产生，控制器立即产生控制作用，以减小偏差。

积分环节　主要用于消除静态误差，提高系统的无差度。积分作用的强弱取决于积分时间常数。

微分环节　反映偏差信号的变化趋势，并能在偏差信号变得太大之前，在系统中引入一个有效的早期修正信号，从而加快系统的动作速度，减少调节时间。

同样在量化的PID控制中，微分控制和积分控制也能实现相应的功能，得到理想的稳态和动态响应，但是其控制精度受到量化器分辨率的限制。因为开关电源可以通过控制PWM信号占空比的增量来实现输出电压的控制，所以可以通过增量式PID控制来实现。增量式PID控制算法：

$$\Delta D_c(k-1) = K_P \Delta D_e(k) + K_I D_e(k) + K_D[\Delta D_e(k) - \Delta D_e(k-1)]$$

其中$\Delta D_c(k)$为在时间点$k$的占空比指令信息的变换量，$D_e(k)$为误差信号，$D_e(k) = D_{ref}(k) - D_{out}(k)$。

其控制系统框图如图3所示。

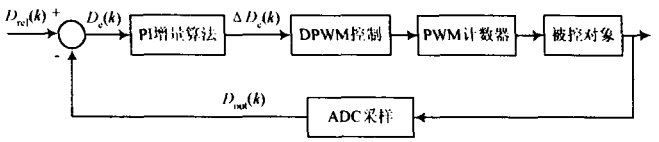


图3　增量式PID控制系统框图

在TMS320F2812的DSP芯片内中有12位A/D转换器和16位的PWM计数器，其控制系统主程序和AD采样中断服务程序分别如图4和图5所示。

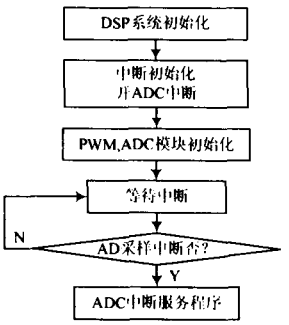


图4　控制系统主程序

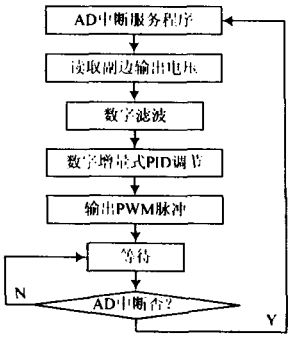


图5　AD中断服务子程序

（下转第101页）

维普资讯 http://www.cqvip.com



频后，由二选一选择器选择输出400 kHz($S=0$)或4 MHz($S=1$)的时钟信号，再经数控分频器分频送至波形数据产生器。

ENCODER(译码器)模块根据输出频率要求，将输入的$A$值译成数控分频器的预置数据值$D$。$D$值根据输入时钟的频率$f_{clk}$(4 MHz或400 kHz)、信号发生器输出频率$f_{out}$和组成一个波形周期的时钟数决定。如一个波形周期由64个时钟信号组成，且数控分频器采用并行预置数的减法计数器实现，为了得到占空比为50%的矩形时钟信号和减少$D$的位宽，将分频输出再进行二分频，此时，该分频器的总分频系数为$2N$。则：

$$\frac{f_{clk}}{64f_{out}}=2N=2(D+1)$$

由此根据输出信号频率的要求，计算出$D$的数据。该任意波形信号发生器的信号输出频率与仪器面板上的控制按钮$A$,$S$的关系如表1所示。

由于设计采用VHDL编程实现，其设计过程简单，极易修改，用户只要修改译码器查表输出的赋值源数据即可改变D值，进而根据自已的需要改变输出信号频率，给使用带来很大的方便。

表1 输出频率与按钮对应关系

| $A_3$ | $A_2$ | $A_1$ | $A_0$ | $Q_{(10)}(D)$ | $f_{out}$(kHz) $S=1$ | $f_{out}$(Hz) $S=0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 312 | 0.1 | 10 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 156 | 0.2 | 20 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 104 | 0.3 | 30 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 78 | 0.4 | 40 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 63 | 0.5 | 50 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 52 | 0.6 | 60 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 45 | 0.7 | 70 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 39 | 0.8 | 80 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 35 | 0.9 | 90 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 31 | 1.0 | 100 |

## 参 考 文 献


[1] 潘松，黄继业. EDA技术实用教程[M]. 北京：科学出版社，2005.

[2] 杨刚，龙海燕. 现代电子技术——VHDL与数字系统设计[M]. 北京：电子工业出版社，2004.

[3] 王彦，方艾，张清明. 基于FPGA的数字波形发生器[J]. 机械与电子，2004 (6)：14-18.

[4] 韩波，唐广. 2.4GHz动态CMOS分频器的设计[J]. 国外电子元器件，2006 (1)：15-17.


**作者简介** 郭海青 男，1954年出生，甘肃酒泉人，副教授。主要从事电子测量技术和电子设计自动化(EDA)的教学和研究。

(上接第98页)

## 4 结 语

简要介绍了TMS320F2812的主要性能参数，分析了系统设计的电磁兼容的原理和处理方法，对增量式PID控制算法进行了分析，并介绍了在TMS320F2812中的实现方法。该方案全部由软件来完成，简化了硬件电路设计，并增加了电源控制系统的可扩展性，具有比较高的实用价值。

## 参 考 文 献


[1] 程佩青. 数字信号处理教程[M]. 北京：清华大学出版社，1995.

[2] 张云，谢莉萍，熊红艳. DSP控制器及其应用[M]. 北京：机械工业出版社，2001.

[3] 李佳武，张景森，滕峰. 定点DSP芯片TMS320F2812实现快速算法应用[J]. 国外电子元器件，2005(3)：27-30.

[4] Liu Yanfei, Sen P C. Digital Control of Switching Power Converters. IEEE Conference on Control Applications Toronto, Canada, August. 28-31, 2005: 635-640.


## 2006年我国手机产销及市场预测

2006年我国手机产业将会继续保持持续平稳发展态势，产量和市场规模将会继续扩大。预计2006年全国手机产量3.4亿部，其中出口2.5亿部，国内市场9 000万部。其主要理由：

(1) 我国良好的社会环境与持续的经济发展，为手机产业的需求提供了坚实的物质基础。

(2) 手机市场的政策环境更加趋好，市场的准入和退出机制逐步走向市场化。

2006年，国家将继续加大对国内企业在自主创新和海外市场开拓方面的支持力度。一方面将有更多的财政及配套科研奖金支持国内领先企业在手机及相关领域的研发，比如TD-SCDMA；另一方面在政策层面也将会有更多的措施，比如整顿市场秩序、查处打击“黑手机”等违法行为，保证企业健康发展。

(3) 国内手机市场需求处于上升期。

目前，我国手机市场处于上升期，近几年仍是全球规模最大的市场之一。2005年，中国手机用户已近4亿户，普及率为30部/百人，与发达国家平均60%以上的普及率水平相比仍然存在巨大差距，相对较低的手机普及率为厂商创造了稳定的增长空间。