

基于 MSP430 单片机的开关稳压电源设计

王晓雷,吴必瑞,蒋 群

(中原工学院 河南 郑州 450007)

摘要:介绍基于 MSP430 单片机的开关稳压电源的系统结构和总设计方案。该设计硬件电路由整流滤波电路、升压斩波电路、PWM 驱动电路及保护电路组成。该系统的软件是在 IAR Embedded Workbench 开发环境下采用 C 语言编写,主要包括 12 位高精度 A/D 采集、PWM 驱动电路、过流保护等模块的设计,同时具有键盘设定、液晶显示实时等功能。

关键词:MSP430;开关电源;PWM;升压斩波

中图分类号:TP368.1

文献标识码:B

文章编号:1004-373X(2008)12-186-03

Design of Switching Regulated Power Supply Based on MSP430

WANG Xiaolei, WU Birui, JIANG Qun

(Zhongyuan Institute of Technology, Zhengzhou, 450007, China)

Abstract: This paper introduces a system structure of switching power supply based on MSP430 single chip computer and a total design project. The hardware includes load resistance of rectifier-filter circuits, boost chopper circuit, PWM driving circuit and protection circuit. The software adopts C language writing, to complete some designs of high precision A/D data acquisition of 12 bit, overload protection, in the meantime, it has the functions of setting of keyboard and display of real-time value.

Keywords: MSP430; switching power supply; PWM; boost chopping

1 引言

MSP430 系列单片机是美国 TI 公司生产的新一代 16 位单片机,是一种超低功耗的混合信号处理器(Mixed Signal Processor),它具有低电压、超低功耗、强大的处理能力、系统工作稳定、丰富的片内外设、方便开发等优点,具有很高的性价比,在工程控制等领域有着极其广泛的应用范围。开关 Boost 稳压电源利用开关器件控制、无源磁性元件及电容元件的能量存储特性,从输入电压源获取分离的能量,暂时把能量以磁场的形式存储在电感器中,或以电场的形式存储在电容器中,然后将能量转换到负载。对 DC-DC 主回路采用 Boost 升压斩波电路。

2 系统结构和总设计方案

本开关稳压电源是以 MSP430F449 为主控制器件,它是 TI 公司生产的 16 位超低功耗特性的功能强大的单片机,其低功耗的优点有利于系统效率高的要求,且其 ADC12 是高精度的 12 位 A/D 转换模块,有高速、通用的特点^[1]。这里使用 MSP430 完成电压反馈的 PI 调节;PWM 波产生,基准电压设定;电压电流显示;过电流保护等。

系统框图如图 1 所示。

3 硬件电路设计

3.1 DC/DC 转换电路设计

系统主硬件电路由电源部分、整流滤波电路、DC/DC 转换电路、驱动电路、MSP430 单片机等部分组成。交流输入电压经整流滤波电路后经过 DC/DC 变换器,采用 Boost 升压斩波电路 DC/DC 变换^[2],如图 2 所示:

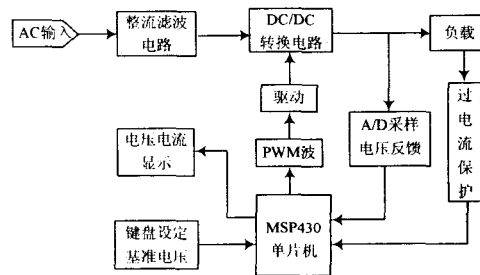


图 1 系统框图

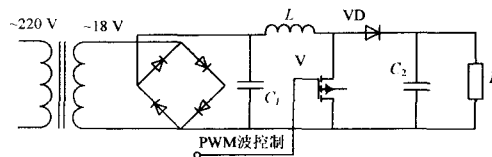


图 2 升压斩波电路

根据升压斩波电路的工作原理一个周期内电感 L 积蓄的能量与释放的能量相等,即:

$$U_0 I_1 t_{on} = I_1 (U_2 - U_0) t_{off} \quad (1)$$

式(1)中 I_1 为输出电流,电感储能的大小通过的电流与电感值有关。在实际电路中电感的参数则与选取开关频率与输入/输出电压要求,根据实际电路的要求选用合适的电感值,且要注意其内阻不应过大,以免其损耗过大减小效率采样电路。对于电容的计算,在指定纹波电压限制下,它的大小的选取主要依据式(2):

$$C = (D_1 \times T_s \times I_0) / V' \quad (2)$$

式(2)中: C 为电容的值; D_1 为占空比; T_s 为 MOSFET 的开关周期; I_0 为负载电流; V' 为输出电压纹波。

3.2 采样电路

采样电路为电压采集与电流采集电路,采样电路如图 3 所示。其中 P6.0, P6.1 为 MSP430 芯片的采样通道, P6.0 为电压采集, P6.1 为电流采集。

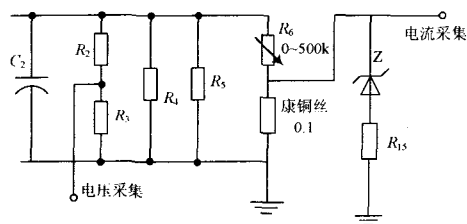


图 3 采样电路

电压采集 因为采样信号要输入单片机 MSP430 内部,其内部采样基准电压选为 2.5 V,因此要将输入的采样电压限制在 2.5 V 之下,考虑安全裕量则将输入电压限制在 2 V 以下,当输入电压为 36 V 时,采样电压为: $12 / (12 + 200) \times 36 \approx 2.04$ V,符合要求。

电流采集 采用康铜丝进行采集。首先考虑效率问题,康铜丝不能选择过大,同时 MSP430 基准电压为 2.5 V,且所需康铜丝需自制。考虑以上方面在康铜丝阻值选取上约为 0.1 Ω。

3.3 PWM 驱动电路的设计

电力 MOSFET 驱动功率小,采用三极管驱动即可满足要求,驱动电路如图 4 所示。

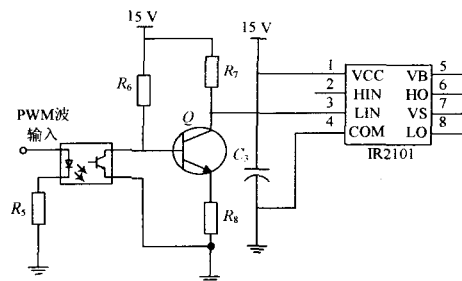


图 4 采样电路 PWM 驱动电路

由于单片机为弱电系统,为保证安全需要与强电侧隔离,防止强电侧的电压回流,烧坏 MSP430,先用开关光耦进行光电隔离,再经三极管到 MOSFET 的驱动电路

IR2101。MSP430 产生的 PWM 波,经过光耦及后面的 IR2101 芯片,在芯片的 5 管脚输出的 PWM 波接到 MOSFET 的门极 G 端,使其工作。IR2101 是专门用来驱动耐高压高频率的 N 沟道 MOSFET 和 IGBT 的。它是一个 8 管脚的芯片,其具有高低侧的输出参考电平。门极提供的电压范围是 10~20 V。

3.4 保护电路的设计

过电流保护是一种电源负载保护功能,以避免发生包括输出端子上的短路在内的过负载输出电流对电源和负载的损坏。当电流大于限定值的时候,使用继电器常闭触点断开进行保护。用 MSP430 单片机控制继电器的常开常闭的吸合,实现自动恢复电路工作的功能^[3]。如图 5 所示:

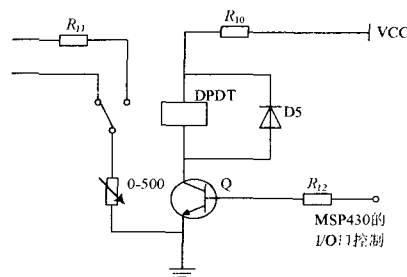


图 5 保护电路

4 软件设计

MSP430 单片机内部具有高、中、低速多个时钟源,可以灵活地配置给各模块使用以及工作于多种低功耗模式,大大降低控制电路的功耗提高整体效率;430F449 有 ADC12 模块能够实现 12 位精度的模数转换、硬件乘法器以及带有 PWM 输出功能的 TIMERA 和 TIMRB 定时器,使得整个电路不需要任何扩展就能完成对电源输出电压、电流的实时采集、PI 控制、PWM 输出;同时 MSP430F449 带有内部 LCD 驱动模块,直接将液晶显示屏连接在芯片的驱动端口即可,电路结构极为简单。本设计的软件采用 C 语言编写,整个程序包括的子模块有:键盘控制模块、A/D 电压和电流采集模块、PI 控制模块和 PWM 波发生模块等几个部分^[4],软件流程图如图 6 所示。

键盘控制和显示模块:通过键盘可实现电压参考值的设定,电压电流的切换显示。通过 LED 实现参考电压的设定与显示,通过 LCD 显示电压和电流的采集值。

AD 电压和电流采集模块:通过 MSP430 单片机的 12 位 A/D 转换模块,对系统输出的电压值和负载电流进行采集。

PI 控制模块:此模块用来对系统输出电压进行控制,使输出电压稳定^[5]。其控制原理如图 7 所示。

PWM 波发生模块:利用 MSP430 单片机的 TimerB 定时器的比较功能,产生驱动 MOSFET 的信号^[6]。

5 实验结果分析

通过单片机MSP430软件设计,对PI调节选定合理参数及开关频率,能达到稳压的效果,使以上前3个指标能达到良好的效果。而能否对纹波电压限制,主要在于整流滤波电路中电容,因此高耐压的支撑电解电容的选取是重要的。

储能电感的内阻以及线路中其他器件损耗影响,因此在器件选取上要注重其损耗的高低。对此系统的进行综合测试,结果如表1所示。

表1 测试结果表

输出电流	输出电流	输入电压	输出电压	效率
4.46 A	2.03 A	18.91 V	35.72 V	82.3%
4.47 A	2.01 A	19.59 V	35.89 V	82.3%

6 结语

本开关稳压电源设计采用低功耗的TI公司的16位单片机MSP430F449片最小系统板为控制核心,以PWM控制技术,闭环PI调节,高精度的12位A/D转换为基础,完成了采样值显示与设置电压值的功能和参数指标。实验结果表明:通过单片机MSP430软件设计,对PI调节选定合理参数及开关频率,能达到稳压的效果。

参考文献

- [1] Jiang Yinping. Intelligent Flow Totalizer Based on MSP430 Mixed Single Microcontroller[J]. IEEE Sensors Applications Symposium, 2007(2): 1-6.
- [2] 王兆安,黄俊. 电力电子技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2000.
- [3] 刘陵顺,鲁芳. 一种高精度开关稳压电源的设计[J]. 仪表技术, 2001, 29(4): 45-46.
- [4] 沈建华,杨艳琴. MSP430系列16位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2004.
- [5] 江莺,王宏华. 0C196KC单片机开关稳压电源的设计[J]. 2004, 33(6): 99-100.
- [6] Yu-Hung Hsiao, Min-Chih. Huang. Development of MSP-430 Based Underwater Acoustic Recorder with Multi-MCU Framework[J]. IEEE Press., 2007(4): 101-106.
- [7] 王玉彩,王福增,王渝,等. MSP430F1101单片机在数据采集中的应用[J]. 现代电子技术, 2005, 28(21): 70-72.

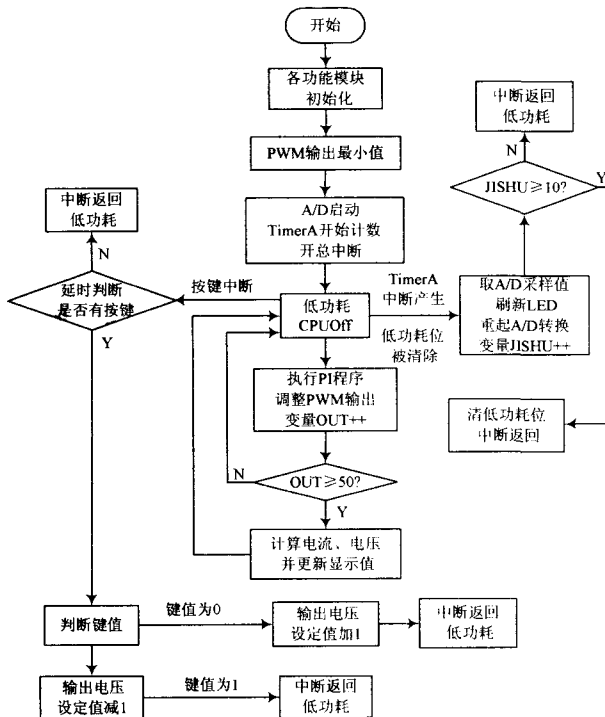


图6 软件流程图

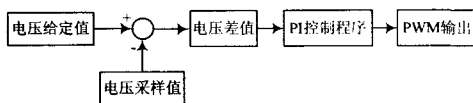


图7 PI调节流程图

在选定开关元件之后,效率主要受开关频率的影响、

作者简介 王晓雷 1963年出生,浙江宁波人,博士,副教授。研究方向为电磁装置和电力电子。

(上接第185页)

参考文献

- [1] Strong S J. World Overview of Building-integrated Photovoltaics[A]. Conference Record of the Twenty Fifth IEEE [C]. Washington, DC: IEEE, 1996: 1197-1202.
- [2] Antonio L, Steven H. Handbook of Photovoltaic Science and

Engineering[J]. Chichester. Hoboken, NJ: Wiley, 2003: 113-117.

- [3] Huang Yi, Shen Miaosen. Z-Source Inverter for Residential Photovoltaic Systems[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2006, 21(6): 275-279.
- [4] Peng F Z. Z-Source Inverter[J]. IEEE Trans. Ind. Appl., 2003, 39(2): 504-510.

作者简介 潘建男, 1983年出生, 江苏连云港人, 硕士研究生。研究方向为电力电子与电力传动。

惠晶男, 1957年出生, 陕西西安人, 江南大学控制科学与工程研究中心教授, 硕士。