

# 基于 MSP430 单片机的太阳能充电控制器设计

邬丽娜, 张波

(苏州职业大学 电子信息工程系, 江苏 苏州 215104)

**摘要:**设计制作了一个太阳能充电控制器,可实现 75 W 太阳能电池板对蓄电池的可靠充电。主要采用 Cuk 电路和光耦电压反馈,并利用 TL494 实现 PWM 控制,LM393 加互补功放实现驱动。通过 MSP430 单片机和 1602 液晶进行电压采样和显示。经实验论证,本方案基本完成了设计预期。

**关键词:**Cuk 电路;升降压 DC/DC 变换;PWM 控制;MSP430 单片机;太阳能充电控制器

**中图分类号:**TK 513.5      **文献标志码:**A      **文章编号:**1006-7167(2012)05-0070-03

## Design of a Solar Energy Charge Controller Based on MSP430 MCU

WU Li-na, ZHANG Bo

(School of Electronic & Information Engineering, Suzhou Vocational University, Suzhou 215104, China)

**Abstract:** This paper presents a kind of solar energy charge controller, which may charge the batteries reliably and efficiently by 75 watt solar panels. The controller mainly uses the Cuk circuit and optical coupling voltage feedback circuit, and implements the PWM control using TL494. In the circuit the LM393 is used with a complementary power amplifier to drive. Finally, the MSP430 MCU control 1602 LCD are used to achieve voltage sampling and display. The experimental demonstration proves the design can fulfill its purpose.

**Key words:** CUK circuit; lift voltage DC/DC transform; PWM control; MSP430 MCU; solar energy charge controller

### 0 引言

目前我国家用光伏发电系统主要是直流系统。光伏电池发出的电能给蓄电池充电,蓄电池可直接供电给各类负载。在实验室中考虑到太阳能充电控制器可充分利用 75 W 光伏电池板所产生的能量,更有效地利用太阳能<sup>[1]</sup>。在此采用以 12 V 循环充电方式的蓄电池为例,进行实验论证。

### 1 系统设计

利用模拟电子技术、电力电子技术和单片机信号采集处理技术完成太阳能电池板对蓄电池充电的控制过程中,Cuk 电路实现升降压变化,隔离反馈实现恒压充电,PWM 控制与驱动能根据反馈信号情况控制 Cuk 电路工作<sup>[2]</sup>。最终通过电压采样和液晶显示充电控制的效果。具体系统框图如图 1 所示。

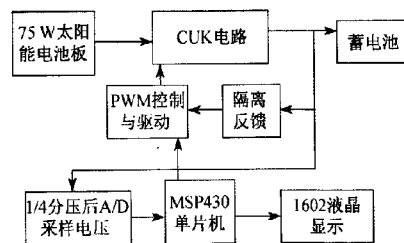


图 1 系统框图

DC/DC 变换拓扑结构的选择采用 Cuk 电路,该电路实际上就是 Boost-Buck 电路,可通过控制功率开关管的导通与时间比来实现电压的变换,还能够实现升降压。而且该电路输入电流连续,开关管公共端接地。PWM 控制采用专用集成芯片如 TL494。集成电路有性能稳定、精度较高、自带电源基准,易于实现闭环控制、所需的外围元件少、产生的 PWM 信号频率高、以及毋需复杂的编程等优点<sup>[3]</sup>。反馈电路方案选择采用光耦隔离 TL431 的形式。这种反馈信号与输出信号隔离,反馈精度高,易于达到要求。采用 MOS 管的专用集成芯片如 IR2110 驱动。该芯片栅极驱动电压

收稿日期:2011-08-24

作者简介:邬丽娜(1976-),女,江苏苏州人,硕士,讲师,研究方向:单片机和嵌入式系统。

Tel.: 13915513401; E-mail: wln@jssvc.edu.cn

范围宽(10~20 V),施密特逻辑输入,输入电平与 TTL 及 COMS 电平兼容,死区时间内置,输出、输入同相,低边输出死区时间调整后与输入反相。而且专用集成芯片性能好、体积小,故选用 MOS 管的专用集成芯片 IR2110 来驱动<sup>[4]</sup>。

## 2 系统实现

### 2.1 DC-DC 转换电路——Cuk 电路

Cuk 电路是 1 种可升、降压的直流变换器电路,它基本可看成是升压电路和降压电路相结合的一种开关电路,其原理图如图 2 所示<sup>[5]</sup>。理论上其输入输出电压关系为: $U_o = -DU_i / (1 - D)$ ,调节占空比  $D$ ,即调节开关管的导通与关断时间来调节输出电压。

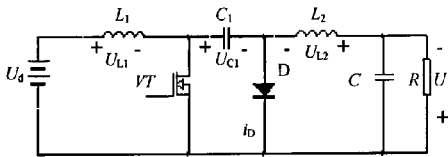


图 2 Cuk 原理图

实际的升降压的直流变换器电路见图 3。由于电路工作频率较高,所选器件均为高频器件,即 MOS 管作为功率开关管,因为它是高频小功率条件下的首选器件<sup>[6]</sup>;D4 为 Cuk 电路中的二极管,选择肖特基二极管;2 个电感  $L$  选择为高频环形电流较大的电感,因为环形电感磁路闭合性能较好;D3 的引入据资料介绍可以使两个电感互不影响<sup>[7]</sup>。

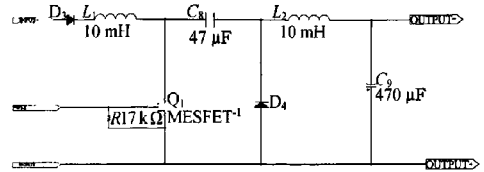


图 3 实际 Cuk 电路

### 2.2 基于 TL494 的 PWM 控制电路

TL494 是一个固定频率的脉冲宽度调制电路,如图 4 所示。振荡频率由 5、6 脚外接的电阻和电容来决定, $f_{osc} = 1.1/RC$ ,其上限频率为 400 kHz; 14 脚接地为并联单端输出方式<sup>[8]</sup>。

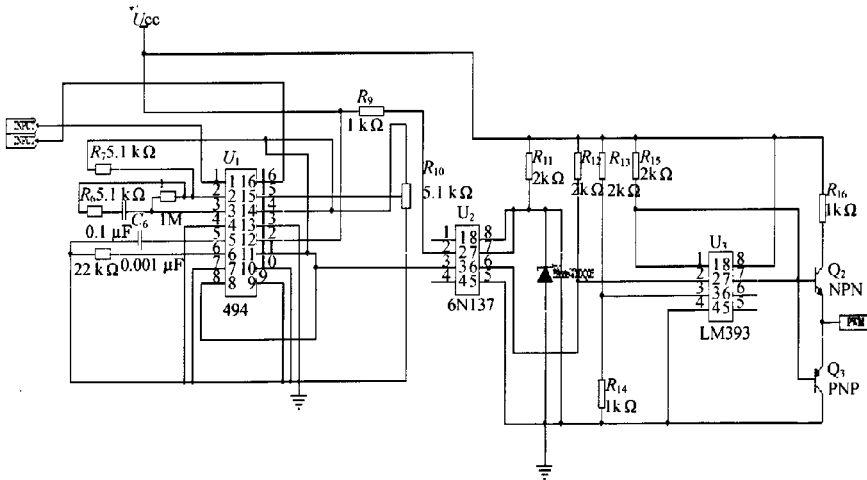


图 4 PWM 脉宽调制电路

### 2.3 反馈电路

电压反馈电路作用是保证充电控制器输出给蓄电池电压稳定,具体电路如图 5 所示。光耦 PC817 实现输入与输出的隔离<sup>[9]</sup>。输出电压变大时, $R_{19A}$ 上分的电压就变大高于 TL431 基准端的电压,以致 TL431 开通,光耦输入电流较大,光耦内光控三极管饱和,通过  $R_{19D}$  把比较高的电位送给 TL494 的 1 端。1 脚是 TL494 内部误差放大器的同向输入端,通过 TL494 改变控制信号的 PWM 信号,从而使输出电压稳定<sup>[10]</sup>。

### 2.4 采样输出显示的设计

由于输入到 12 V 蓄电池两端电压的变化范围应

控制在 11.8~14.7 V。在充电电压达到 14.7 V 最高限制电压后,保持该电压继续充 2~4 h 才达到饱和。所以对蓄电池两端输入通过电阻经 1/4 分压后进行采样,具体采用 MSP430 单片机的 6.0 引脚来完成采样<sup>[11]</sup>。并且通过 MSP430 单片机和 1602 液晶,编程来实现显示分压前蓄电池两端的输入电压<sup>[12]</sup>。并通过程序完成电压超过 14.7 V 上限时报警灯闪烁,1602 显示“VOLTAGE HIGH”。当电压低于 11.8 V 下限报警灯也闪烁,1602 显示“VOLTAGE LOW”。具体软件流程如图 6 所示。由于最大充电电流约为 8 A,在此采用 8 A 保险丝实现硬件电路的过流保护<sup>[13]</sup>。

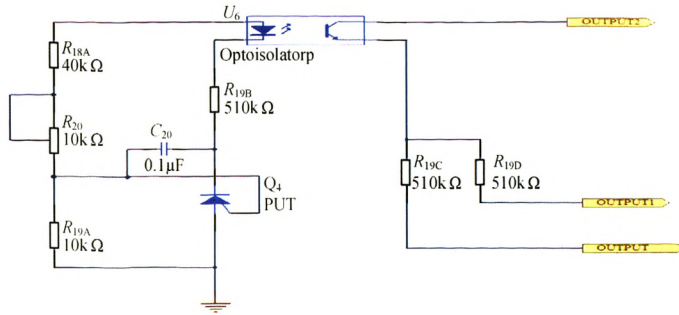


图5 电压反馈电路

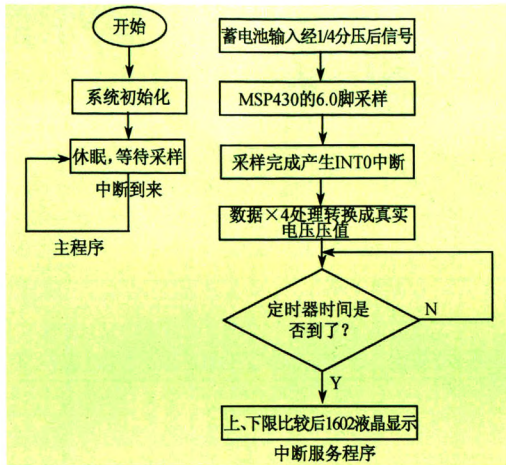


图6 软件流程图

### 3 性能测试

通过实验室测得的波形如图7~9所示,在测试条件下,MOS管工作在开关状态下,功耗较小,驱动电路工作正常,性能较好;输入和输出电感上电流连续,Cuk电路工作在连续导电模式下<sup>[14]</sup>。

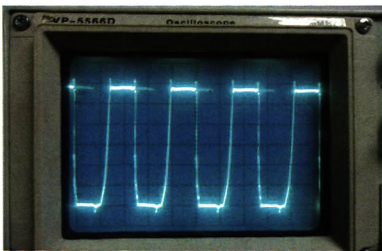


图7 DS端电压图形5(V/div;2μs/div)

### 4 结语

整个系统在实验室测试时,12V输入情况下较稳定,输入电压大于14V时,输出功率就会有明显下降,这是需要改进之处。还可以考虑以下的措施对电路进行完善:参照电动车充电器设计,对电池充电

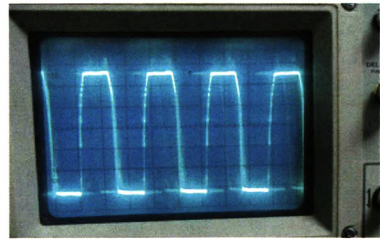


图8 输入电感电压图形5(V/div;2μs/div)

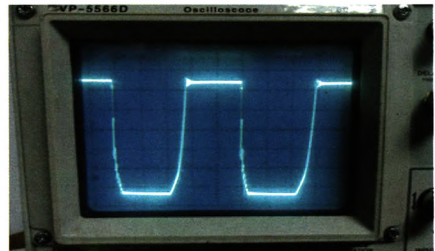


图9 输出电感电压图形5(V/div;1μs/div)

改为三段式充电,提高蓄电池寿命;采用性能更好的磁性元件,如电容、功率开关管,还可采用软开关技术来提高充电效率<sup>[15]</sup>;采用比较恒定电压法,在不同的光照条件下始终使光伏电池输出电压稳定。

### 参考文献 (References):

- [1] 傅胤荣,胡义华.大功率智能充电器的研究与设计[J].通信电源技术,2007,24(1):47-48.
- [2] 陈秉岩,周娟.铁路LED信号灯 Buck 转换器的设计[J].电力电子技术,2007,10(2):16-17.
- [3] 侯振义.直流开关电源技术及应用[M].北京:电子工业出版社,2007.
- [4] 高歌.高效率太阳能充电装置主电路的设计和分析[J].电力建设,2007,2(5):53-54.
- [5] 李钊年.光伏智能充电控制系统的设计[J].现代电子技术,2006,24(3):110-111.
- [6] 王飞.采用大功率跟踪的光伏并网逆变器研究[J].电力电子技术,2004,38(5):4-5.
- [7] 康华光,陈大钦.电子技术基础模拟部分[M].北京:高等教育出版社,1999.

(下转第98页)

解。通过实践,课本上的信号通路不再是生硬枯燥的理论,激发了学生的学习热情,加深了对于“科研”和“临床”关系的认识。

#### 4.5 对文献检索能力以及对文献信息利用的提升

在实验中,三年级学生通过选题,提前学习了文献检索。这使得对之后开设的文献检索课增强了学习兴趣,对老师上课所讲内容印象更为深刻,进一步巩固文献检索的能力。此外,学生们充分利用文献检索获得的资料,提取信息,从而培养了利用资源、提取信息的能力。然而,学生英文水平的不足在一定程度上限制了英文文献的检索和阅读水平。

#### 4.6 对带教导师的要求

本次实验带教导师为优选的曾参加创新性实验的高年级本科生,对于参加创新性实验有着丰富的经验和总结,并且更能够从学生的思维方式指导学生实验的完成。但是带教过程对于导师的要求更高。因为带教导师要不断思考学生提出来的问题,并且将学生的创新思维通实验的创新很好的结合并使之实现。故要求带教导师要不断强化自身的科学思维,加强自身知识储备,使自己具有更加广博的知识和多方面的技能,并且学会思考如何去引导学生理解实验、设计和完成实验<sup>[15]</sup>。而这些对高年级本科生的实验能力和创新能力都是非常大的挑战和锻炼。

#### 4.7 本次工作的经验与不足

参与本次实验工作的本科学学生,皆为利用课余时间进入实验室参与实验。这使得实验时间紧张且不确定性大,难以保证实验的顺利完成,成为阻碍本科生开展创新实验的一大难题。考虑到这个问题,我们挑选的三名小组成员皆来自不同班级。这样安排,一方面避免了上课时间“撞车”,使学生们可互补课余时间,保证实验顺利进行;另一方面,学生们安排不同的分工,使学生们在全面了解实验的基础上各有专攻,互相帮助,提高了实验效率。然而,由于本科生的专业水平和管理水平的不足,以及上课时间与实验时间的冲突,使得整个实验在进行的过程中出现了很多问题。例如,学生对实验中出现问题提出疑问时,带教导师由于没有足够的专业知识与经验,不能及时进行解答。

此外,由于实验的时间都要安排在课余,使实验操作时间相对较为紧张,所以带教导师不能提前指出操作中可能出现的一些细节问题,或对同学的操作不能得以很好的监督,以至于由于学生们经验不足造成仪器损坏等情况出现,浪费了实验资源,给实验室的工作造成一定程度的不便。


#### 参考文献(References):

- [1] 刘拓,陈晨.医学机能学开放性实验教学探索——参与抗氧化剂与细胞凋亡实验的启发与收获[J].西北医学教育,2008(12):1181-1183.
- [2] 张文彩,张尼娜,吴奇,等.生物系毕业论文设计及启示[J].医学教育探索,2009,8(2):201-203.
- [3] 邵春声.初探本科生导师制[J].常州工学院学报,2007,20(1):91-93.
- [4] 黄成华.医学院校学生科研创新能力培养的制度建设[J].医学教育探索,2009,8(12):1476-1478.
- [5] 赵湘辉,吴江,鞠躬.在国外大学生物医学本科生教育中参与实验带教的经验与体会[J].2010,18(4):743-745.
- [6] 廖承红,兰华,胡小芳,等.学生教员带教护理技术操作的实践[J].护理学杂志,2009,24(20):71-73.
- [7] DING Bo-xiao, WANG Chun-ho. Inhibitory effect of polypeptides from *Chlamys farreri* on UVB-induced apoptosis and DNA damage in normal human dermal fibroblasts in vitro[J]. Acta Pharmacol Sin, 2003,24(10):1006-1010.
- [8] XIAO Jin-liu, SHAO Ting-shi, JUN Li-ye, et al. Effect of polypeptide from *Chlamys farreri* on UVB-induced ROS/NF- $\kappa$ B/COX-2 activation and apoptosis in HaCaT cells[J]. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2009,96:109-116.
- [9] 韦耀东,邓如平,黄丽.实施本科生导师制培养创新型人才[J].西北医学教育,2007,15(6):1002-1003.
- [10] 王维聪,王桥,王威威.关于实行本科生导师制的探讨[J].首都医科大学学报(社科版),2007(增刊):72-73.
- [11] 李伟扬,李乃红,徐晶,等.临床医学专业本科生导师制的进一步探索[J].中国高等医学教育,2008(11):109-111.
- [12] 柏志全,李久香,敖杰男.对推行和完善医学本科生导师制的认识[J].中国高等医学教育,2006(7):72-73.
- [13] 陈康德.带教学生重在引导[J].蛇志,2007,19(1):78.
- [14] 胡业佳,石磊,陈金荣,等.机能实验教学与学生创新能力的培养[J].中国病理生理杂志,2009,25(11):2269.
- [15] 朱立群,张圆,邹冬吟.应用问题式学习方法培养医学生的实践与体会[J].中医药管理杂志,2009,17(9):813-814.
- [12] 胡大可. MSP430 系列超低功耗 16 位单片机原理与应用[M].北京:航空航天大学出版社,2005.
- [13] 蓝和慧,宁武.全国大学生电子设计竞赛单片机应用技能精解[M].北京:电子工业出版社,2009.
- [14] 胡宴如,耿苏燕.模拟电子技术[M].北京:高等教育出版社,2004.
- [15] 王瑞福.单片机测控系统设计大全[M].北京:北京航空航天大学出版社,1998.

#### (上接第72页)

- [8] 黄智伟.全国大学生电子设计竞赛系统设计[M].北京:航空航天大学出版社,2011.
- [9] 孔令彬.微机控制蓄电池监测系统[J].电池工业,2002,7(2):70-73.
- [10] 孙政.基于单片机数字化调光装置的设计与实现[J].光学技术,2007,33(2):30-31.
- [11] 陈国先.PIC单片机原理与接口技术[M].北京:电子工业出版社,2004.

# 基于MSP430单片机的太阳能充电控制器设计

作者: 邬丽娜, 张波, WU Li-na, ZHANG Bo  
作者单位: 苏州职业大学电子信息工程系, 江苏苏州, 215104  
刊名: 实验室研究与探索   
英文刊名: Research and Exploration in Laboratory  
年, 卷(期): 2012, 31(5)  
被引用次数: 1次

## 参考文献(15条)

1. 傅胤荣;胡义华 大功率智能充电器的研究与设计[期刊论文]-通信电源技术 2007(01)
2. 陈秉岩;周娟 铁路LED信号灯Buck转换器的设计 2007(02)
3. 侯振义 直流开关电源技术及应用 2007
4. 高歌 高效率太阳能充电装置主电路的设计和分析[外文期刊] 2007(05)
5. 李钊年 光伏智能充电控制系统的设计 2006(03)
6. 王飞 采用大功率点跟踪的光伏并网逆变器研究[外文期刊] 2004(05)
7. 康华光;陈大钦 电子技术基础模拟部分 1999
8. 黄智伟 全国大学生电子设计竞赛系统设计[外文期刊] 2011
9. 孔令彬 微机控制蓄电池监测系统[期刊论文]-电池工业 2002(02)
10. 孙政 基于单片机数字化调光装置的设计与实现 2007(02)
11. 陈国先 PIC单片机原理与接口技术[外文期刊] 2004
12. 胡大可 MSP430系列超低功耗16位单片机原理与应用 2005
13. 蓝和慧;宁武 全国大学生电子设计竞赛单片机应用技能精解[外文期刊] 2009
14. 胡宴如;耿苏燕 模拟电子技术[外文期刊] 2004(6)
15. 王瑞福 单片机微测控系统设计大全 1998

## 引证文献(1条)

1. 欧阳明星 基于无线通信网及GPS的双时钟源授时设计[期刊论文]-实验室研究与探索 2013(7)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_sysyjyts201205022.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sysyjyts201205022.aspx)