

简易的5 V/2 A不断电电源设计

吴尚明, 徐军明*

(杭州电子科技大学 新型电子器件与应用研究所, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为了解决火灾监控主机持续供电问题,将模拟控制技术应用到不断电电源设计中。指出了现在5 V/2 A直流不断电电源的不足,并提出了简单易行的电路设计方法。对电路工作原理进行了分析,增加了过流保护、欠压保护、主备电故障检测、电池脉冲充电等功能。最后,在对电路各功能进行试验后给出了波形并进行了分析。研究结果表明,该电路简单实用,各项功能都得到了实现,达到了设计要求。

关键词: 模拟控制;不断电电源;故障检测;电池脉冲充电

中图分类号: TM13;TM91 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2012)05-0596-04

Design of simple 5 V/2 A uninterruptible power system

WU Shang-ming, XU Jun-ming

(Institute of Electron Device & Application, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to solve the problems of fire alarming device continued power supply, the simulation control technology was investigated. The shortage of 5 V/2 A DC uninterruptible power system was pointed out, and a method to simple circuit design was proposed. The principle of circuit was analyzed, and the function of pulse charging for battery, short-circuit protection and over-current protection was increased. The principle of waveform was given and analyzed after test. The experimental results show that the design is simple and practical. Each function is implemented and it meets the design requirements.

Key words: simulation control; uninterruptible power system; fault testing; cell pulse charging

0 引言

不断电电源是以电池为储能装置且能不间断供电的设备。国标要求火灾报警主机应具有主、备电源转换装置,当主电源断电时,能自动转换到备用电源;当主电源恢复时,能自动转换到主电源;主、备电源的工作状态应有指示,主电源应有过流保护措施^[1]。现在的不断电电源也有直流型和交流型,交流输出型是通过蓄电池逆变为220 V交流,这种电源体积大、成本高^[2],而且用在5 V系统中还要整流稳压,十分不便。而现在市面上5 V且能输出2 A电流的不断电电源的价格都在300 RMB~400 RMB,实现方案一般都是市电经过开关电源得到主电源,然后通过监控芯片检测主电运行,主电源正常时主电直接给电池充电。如果主电丢失则监控芯片就启动DC-DC转换芯片,配合外围电路持续输出^[3]。其

成本较高,功能单一,无辅助功能(如主电故障指示灯),而且电池直充影响寿命,无过流保护功能,可靠性不高。

本研究提出的不断电电源电路用简单的元件实现了系统的持续供电。笔者对电池采用脉冲充电方式充电以延长其使用寿命;还实现了电池短路保护和欠压保护;同时使其具备主、备电故障检测功能,以便在不断电系统中提示用户注意。

1 系统设计图

系统设计图如图1所示。主电为220 V交流输入,开关电源为15 V/3 A输出,电池为12 Ah。有主电时,开关电源工作主电经过开关电源转变为15 V直流,一方面经充电电路给蓄电池脉冲充电,一方面经切换电路和稳压电路输出5 V直流。无主电时,开关电源不

收稿日期:2011-11-18

作者简介:吴尚明(1985-),男,安徽黄山人,主要从事微电子与固体电子方面的研究。E-mail:wshm1127@163.com

通信联系人:徐军明,男,教授,硕士生导师。E-mail:xujunming@hdu.edu.cn

工作,电池经过切换电路和稳压电路继续输出5 V直流,从而保证电路不断电工作^[4]。

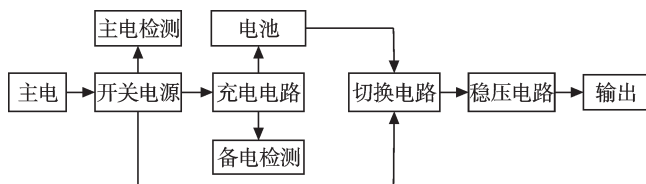


图1 系统设计图

2 主体电路原理

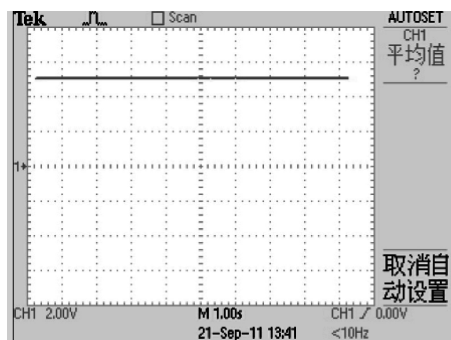
整个原理图分主要部分和辅助部分。主要部分原理图如图2所示,从左至右由继电器 J_1 、P-MOS管、PNP三极管 T_2 、 T_3 以及双二极管 VD_1 这几个重要元件及其他外围元件构成,可实现主备电自动切换、电池充电、电池短路保护、过流保护,电池欠压保护功能。

2.1 主、备电自动切换

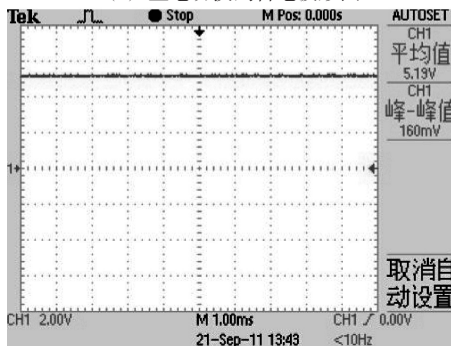
主、备电自动切换功能通过双二极管 MBR2060 自动切换实现。MBR2060 是低功耗高速双二极管,最大整流电流 10 A,电池正极 BT+ 经二极管 D_4 到 MBR2060 的 1 脚,3 脚为开关电源输出 15 V。电池电压为 12 V,所以此时开关电源对 2 脚电势差大,开关电源输出。反之若开关电源不工作则切换到电池输出^[5]。带负载主备电切换波形图如图3所示,开始时主、备电同时供电,在第6 s开始时切断主电,波形图如图3(a)所示。细化图如图3(b)所示,从图中可看出,电源仍然能够持续输出5 V电压,输出稳定,纹波小。

2.2 电池充电

若 T_1 、 T_2 均截止,开关电源经 R_{10} 、 Z_2 、 R_{18} 到地,此时 Z_2 稳压管上面的电压为 12 V 左右。P-MOS 型号为 IRF9540,开启电压 $V_{gs(th)} = -4$ V,可承受栅源电压 $V_{ds} = -100$ V,栅源电流 $I_{ds} = -12$ A,足以满足设计需求。现在 $V_{gs} \approx -12$ V $< V_{gs(th)}$,所以 V_1 导通。开关电源经 R_{10} 、



(a) 主电切换到备电波形图



(b) 细化图

图3 主电切换到备电波形图和细化图

V_1 、 D_5 、 D_3 向蓄电池进行脉冲充电^[6]。由于电池长期不用或者电放光时内阻很小,几乎为零,此时若直接充电则电流无穷大,很容易造成电池永久性损坏。而对电池脉冲充电就不会造成这样的结果,现在一般的锂电池也是使用脉冲充电方式。脉冲充电电路如图2所示,CD40106 是 6 施密特触发器,触发电压 $V_{T+} = 3$ V、 $V_{T-} = 2$ V。本研究先由 40106 构成多谐振荡器,然后经 40106 整形成方波,控制三极管 T_1 9013 的导通和截止,从而实现脉冲充电。

刚上电时, C_2 上为 0 V,40106 输出高电平 V_0 。 V_0 经 R_3 、 R_2 对电容充电,当充到 V_{T+} 时,施密特触发器翻转, V_0 输出低电平,电容放电,当放到 V_{T-} 时,密特触发器又翻转,输出高电平,周而复始,产生一个方波^[7]。充电时

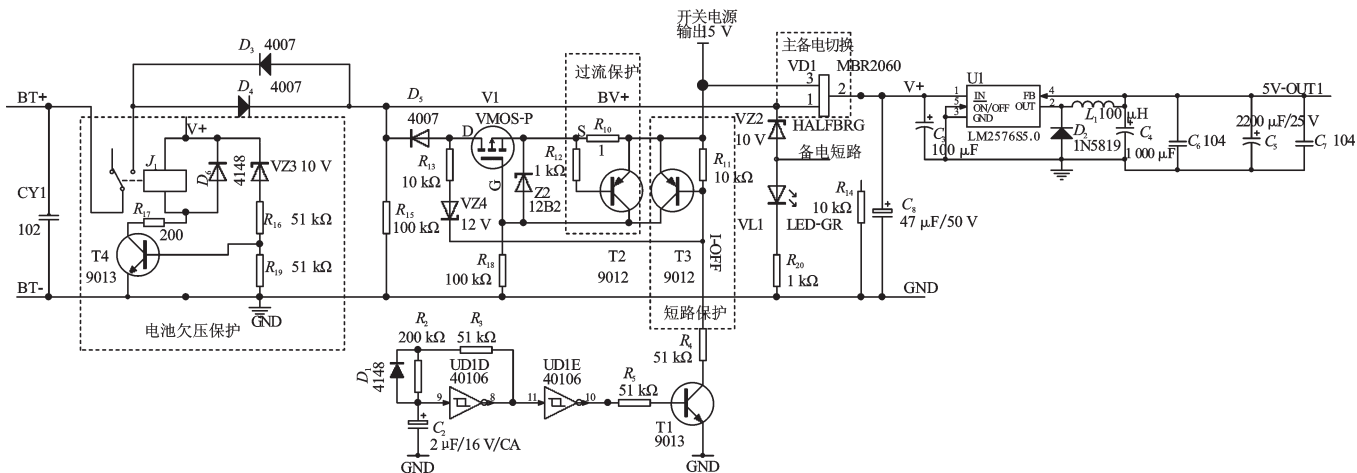


图2 主要部分原理图

间为 T_1 , 放电时间为 T_2 , 周期为:

$$T = T_1 + T_2 \quad (1)$$

$$T_1 = (R_2 + R_3)C_2 \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}} \quad (2)$$

$$T_2 = R_3 C_2 \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}} \quad (3)$$

因此, 充电周期为:

$$T = T_1 + T_2 = 0.183 \text{ s} + 0.005 \text{ s} = 188 \text{ ms}$$

2.3 电池短路保护

图2中, 若BT+、BT-短路, 流过 R_{11} 的电流增大, 导致 T_3 导通, 所以 Z_2 两端的压差约为零, P-MOS 截止。电流一路经过 T_3 、 R_{18} 到地, 一路经过 R_{11} 、 VZ_4 、 R_{13} 、 D_5 、 D_3 到地。从而有效保护了P-MOS不被大电流烧坏。此时BV+约为0.7 V, VZ_2 截止, “备电短路”点检测到的是0 V低电平。正常情况下“备电短路”点检测值为4 V多, 是高电平。

2.4 过流保护

图2中, R_{10} 、 R_{12} 、 T_2 构成过流保护电路。假设流过 R_{10} 的电流为 I , 流过 R_{12} 的电流为 i , 当 $R_{10} \cdot I + R_{12} \cdot i = 0.7 \text{ V}$ 时, T_2 导通。由于 i 为基极电流, 忽略不计, 即:

$$\begin{aligned} R_{10} \cdot I &\approx 0.7 \text{ V} \\ I &\approx 0.7/1 = 700 \text{ mA} \end{aligned} \quad (4)$$

所以当充电电流大于700 mA时, T_2 导通, Z_2 压降约为零, P-MOS 截止, 电池停止充电, 从而有效保护电池不会被大电流损坏。

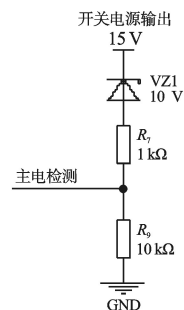
2.5 电池欠压保护

图2中, 继电器 J_1 选用12 V继电器, 若无主电, 继电器一直打开使BT+断路, 电源不工作。有主电时, V+为15 V, 使 T_4 导通, 继电器开启, 从而给电池充电。而继电器的吸合电流大, 约为60 mA。维持电流小, 一般为吸合电流的0.2倍, 即12 mA。当主电丢失电池供电, 继电器可一直吸合。若电池输出电流小于12 mA, 不足以维持继电器吸合电流时, 继电器断开, 电源不工作, 从而保护电池不至于把电放光, 提高使用寿命^[8]。

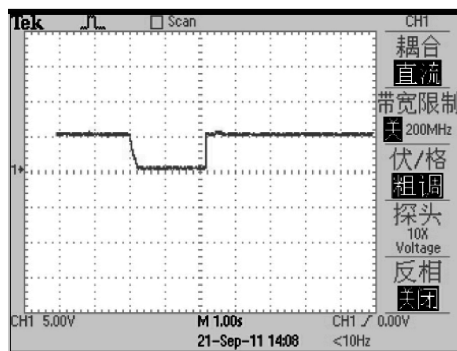
3 主、备电检测原理分析

3.1 主电检测

主电检测中, 开关电源输出的15 V电压经10 V稳压管 VZ_1 、 R_7 和 R_9 分压得到 $(15-10) \times 10/(10+1) = 4.5 \text{ V}$ 电压, 即TTL的高电平, 若主电丢失, 电压为0。主电检测电路如图4(a)所示, 主电检测波形图如图4(b)所示。本研究在第4 s开始断开主电, 可以看到输出逐渐拉低, 这是开关电源内部电容放电过程, 在第6 s开始



(a) 主电检测电路



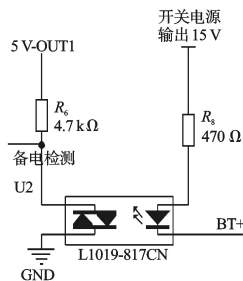
(b) 检测波形

图4 主电检测电路及对主电的检测波形

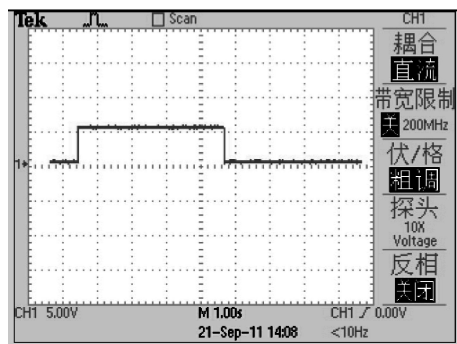
接通主电, 立刻输出5 V。

3.2 备电检测

备电检测电路如图5(a)所示, 电池正极接BT+, 负极接地。如图2所示的开关电源输出15 V经 R_{10} 、P-MOS、两个二极管 D_5 和 D_3 到BT+, 所以15 V与BT+之间就有1.8 V的压差^[9]。本研究利用这个压差驱动光耦PC817。PC817的导通电流为选10 mA~20 mA合适。 $1.8/20 \text{ k}\Omega \leq R_8 \leq 1.8/10 \text{ k}\Omega$, $90 \leq R_8 \leq 180$, 这里



(a) 备电检测电路



(b) 检测波形

图5 备电检测电路及备电丢失和恢复波形

选 100 Ω 。备电检测波形图如图 5(b)所示,开始时光耦导通,输出 0 V。在第 1.5 s 开始断开备电,可以看到立即输出 5 V,此时光耦截止。在第 5.5 s 开始接通备电,输出立刻变为 0 V。

4 稳压电路

稳压芯片采用 LM2576。LM2576 输入电压最大 40 V,输出电压 5 V,电流达 3 A,精度为 4%,效率高,只需少量外围元件就能稳定输出 5 V,电路如图 2 所示。

5 结束语

本研究针对现在的不间断电源存在的结构复杂、维修不便、成本高的缺点设计了简单实用的不间断电源。电源稳定输出 5 V/2 A,具有电自动切换功能、主备电故障检测、检测结果输出 TTL 兼容电平、电池的脉冲充电电路、电池短路保护、过流保护功能和电池短路检测功能。电路全部采用模拟电路实现,成本低,没有使用单片机提高了抗干扰能力。该设计现已经在产品电气火灾报警主机上得到了应用,完全满足国标要求。在产品使用中客户反映良好,一年内尚无返修记录。

参考文献(References):

- [1] 国家标准化工作委员会. GB/T 14287-2005 电气火灾监控系统[S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- [2] XI Yu. Grounding system of an uninterruptible power system [C]//Telecommunications Energy Conference. IEEE 30th International, 2008:203-210.
- [3] HOLT M. Grounding and Bonding of Separately Derived AC System [M]. Electrical Construction & Maintenance, 2006.
- [4] 张广明,沈卫东,曲颖. USP 高可用供电系统设计与应用 [M]. 北京:人民邮电出版社,2004:31-50.
- [5] 童诗白,华成英. 模拟电子技术基础[M]. 北京:高等教育出版社,2006:39-52.
- [6] 何晓帆,彭琼,刘丽. 实用电源电路与充电电路图集 [M]. 北京:中国电力出版社,2009.
- [7] 阎石. 数字电子技术基础[M]. 5 版. 北京:高等教育出版社,2006.
- [8] 徐国家. UPS 电源维修手册[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [9] SOLTER W. A New International UPS Classification by IEC 62040-3 [C]. Telecommunications Energy Conference. America, [s.n.], 2002.

[编辑:李辉]

(上接第 562 页)

参考文献(References):

- [1] 谢德馨,杨仕友. 工程电磁场数值分析与综合[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [2] YAO Chu-jin, JURGEN B. Evolutionary optimization in uncertain environments—a survey [J]. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, 2005, 9(3): 303-317.
- [3] HO S L, YANG Shi-you. An efficient tabu search algorithm for robust solutions of electromagnetic design problems [J]. **IEEE Transactions on Magnetics**, 2008, 44 (6): 1042-1045.
- [4] TSUTSUI S, GHOSH A. Genetic algorithms with a robust solution searching scheme [J]. **IEEE Transaction on Evolutionary Computation**, 1997, 1(3): 201-208.
- [5] KENNETH S. finding robust solutions using local search [J]. **Journal of Mathematical Modelling and Algorithms**, 2004(3): 89-103.
- [6] ALOTTO P. Robust target functions in electromagnetic design [J]. **COMPEL: The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering**, 2003, 22(3): 549-560.
- [7] LAMBERTI P, TUCCI V. Interval approach to robust design [J]. **COMPEL: The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering**, 2007, 26(2): 280-292.
- [8] STEINER G E, WATZENIG D. Statistical robust design using the unscented transformation [J]. **COMPEL: The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering**, 2005, 24 (2): 606-619.
- [9] ALOTTO P G, BAUMGARTNER U, FRESCHI F, et al. SEMS Optimization Benchmark: TEAM Workshop Problem 22 [EB/OL]. [日期不详]. <http://www.compumag.org/jsite/images/stories/TEAM/problem22.pdf>.

[编辑:李辉]