

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2016.05.010

基于 OB2269 的高精度笔记本电源适配器

皮松涛, 文定都, 李学敏

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 设计基于 OB2269 的高精度笔记本电源适配器。功率电路采用反激式拓扑结构, 电路的控制采用 PFM 型频率调制控制方式, 辅助电源采用晶体管有源嵌位电路, 输出电路采用变压器单路隔离输出, 电压反馈电路采用光耦 PC817 和 TL431 的组合结构。测试结果表明: 本电源适配器能输出 19.3 V 的稳定电压, 功率可达 100 W, 效率高达 78.8%, 纹波电压为 100 mV。本电源适配器适用于 75~285 V 宽电压的交流输入, 是一种成本低、维修简单的高性能开关电源。

关键词: OB2269; 开关电源; 纹波电压; PFM

中图分类号: TP303.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2016)05-0045-06

A Design of OB2269-Based High-Precision PC Power Adapter

PI Songtao, WEN Dingdu, LI Xuemin

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract : A high-precision PC power adapter based on PFM control chip OB2269 has been designed. The power adapter adopts the fly-back topology structure, with PFM control its frequency modulation control mode, with the transistor active block circuit its auxiliary supply, with the isolated single output its output circuit, and with the composite structure of PC817 and TL431 its voltage feedback circuit. The test results show that the PC power adapter of this design can output the high-precision 19.3 V, with its the power up to 100 W, with its efficiency as high as 78.8%, and with its ripple voltage 100 mV. The PC power adapter, low in production cost, simple in maintenance but high in performance, can also find its application in 75~285 V AC input voltage.

Keywords : OB2269; switching power supply; ripple voltage; PFM

0 引言

人们对电源适配器的要求越来越高, 如高输出功率、高效率、高精度等。因此, 如何设计一种精度高、噪声低、纹波小的电源适配器成为研究热点。目前笔记本电源适配器的设计方案主要有以下几种。

1) “单端反激式”(flyback)结构^[1]。此方案采用硬开关技术和传统的 PWM 控制方式^[2], 虽然结构简单、成本低。但该方案设计的电源适配器开关噪声和纹波都比较大, 精度也不高。

2) “功率因数+反激准谐振”(APFC+QR)两级结构。此方案采用功率因数校正技术^[2]和准谐振软开关技术。虽然此种电源适配器比传统的采用硬开关结构的效率高, 但该方案设计的电源适配器电路结构比较复杂, 且在不同负载时, 电路工作在不同状态, 尤其在重载时, 电路工作在硬开关状态而导致开关损耗大。

3) “功率因数+单端反激+同步整流”(APFC+PWM+SR)三级结构。此方案采用了同步整流技术。虽然此种电源适配器的效率非常高, 即使

收稿日期: 2016-07-07

基金项目: 湖南省教育厅科研基金资助项目(15C0393)

作者简介: 皮松涛(1985-), 男, 湖北松滋人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为电力电子与电力传动,

E-mail: 287595417@qq.com

在重载条件下开关损耗也低,但此种结构的电源适配器电路结构较为复杂、成本高、维修难度高。

4)“功率因数+半桥软开关+同步整流”(APFC+LLC+SR)三级结构。此方案采用功率因数校正技术、软开关技术和同步整流技术。目前,该结构的电源适配器效率和功率是最高的,但该方案的 LLC 电路设计非常复杂,LLC 谐振腔电路的调试也比较困难,且输出级有复杂的同步整流电路。因此,该方案不仅结构复杂,生产成本低,而且维修难度很大,一般只适用于特殊的高端场合。

为了解决上述几种传统方案存在的缺点,本文设计了基于 OB2269 的笔记本电源适配器,并制作样机。该电源适配器采用频率调制型控制芯片 PFM (pulse frequency modulation)。测试结果表明,该电源适配器具有高效率、低噪声、小纹波等诸多优点^[3],不仅生产成本低,而且调试和维修均比较简单。

1 系统设计

1.1 系统结构

一个完整的独立工作的 AC/DC 开关电源通常包括输入级 EMC (electro magnetic compatibility) 滤波整流电路、功率级电路、控制电路、驱动电路、辅助电源、电流采样电路、反馈电路和输出级整流电路组成,如图 1 所示。系统工作原理是:输入交流 220 V,经过输入级 EMC 滤波整流电路后,得到 310 V 直流;然后经过功率级电路、输出级整流电路得到 19.3 V 直流;电流采样电路采样开关管峰值电流,反馈电路采样输出电压值,电流采样信号和反馈电路的电压信号分别输入到控制芯片的两个不同的反馈引脚,控制芯片检测反馈引脚上电压值得不同频率的 PFM 驱动波形。

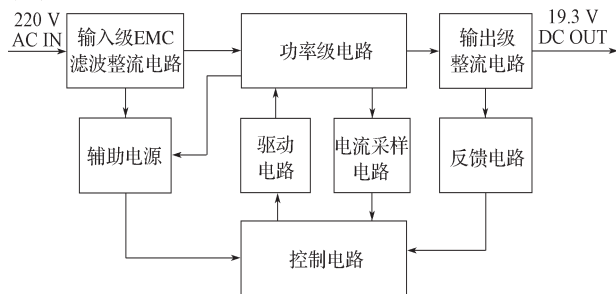


图 1 系统结构框图

Fig. 1 System structure diagram

1.2 功率级电路和输出级整流电路

功率级电路采用反激式拓扑结构^[4],如图 2 所示。反激变压器 T1 起隔离、储存和传递能量的作用。当开关管 Q1 导通时,反激变压器 T1 的原边绕组 Np

储存能量;当开关管关断时,原边绕组 Np 向副边 Ns 释放能量。R1、C1 和 D1 组成 RCD 吸收回路。由于反激式拓扑结构的电路在工作时有储能过程,因此反激变压器 T1 必须使用开气隙的磁芯。如果气隙过大,则反激变压器 T1 的漏感较大,开关管关断时漏极承受的尖峰电压很高,开关管容易击穿;如果反激变压器气隙过小,则磁芯容易饱和,变压器容易工作在非线性区,易造成开关管 Q1 发热严重甚至过热损坏。综合考虑,反激变压器 T1 使用开气隙为 0.3 mm 的 PQ3220 型磁芯。

输出级电路采用传统的输出整流电路结构,其包括肖特基二极管 D2、储能电容 C2 以及由输出滤波电感 L1 和滤波电容 C3 组成的 LC 低通滤波器。C2、C3 和 L1 能有效滤除输出电压的开关噪声。该结构的输出级电路成本低、可靠性高。

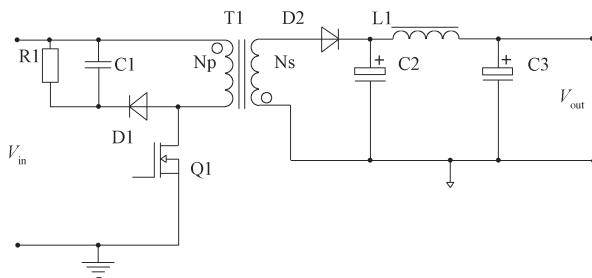


图 2 单端反激变换器功率级和输出级电路图

Fig. 2 The main circuit and output circuit of the flyback converter

1.3 控制电路

对整个系统而言,控制电路就像人的大脑,控制着整个系统的正常运行。本文舍弃使用传统 PWM 芯片^[5](如 TL494)方法,选用 PFM 型芯片 OB2269。OB2269 是上海昂宝电子有限公司生产的一款高性能电流型 PFM 控制芯片,采用单路图腾柱输出,电路结构如图 3 所示。与传统 PWM 方案相比,采用 PFM 芯片的电源在全电压甚至更低电压条件下更容易输出高精度的 19.3 V 电压,且系统响应速度更快,线性调整率更好。

控制芯片 OB2269 的主要特点如下。

1) 低待机功耗。芯片 OB2269 是通过特别的低功率间歇工作模式来设计,不仅可以让整个系统在空载状态下轻易达到国际能源机构最新的推荐标准,而且允许系统在较轻负载(1/30 满载以下)的情况下同样具有超低耗的性能。

2) 无噪声工作。基于芯片 OB2269 设计的电源在空载、轻载和满载的情况下都不会产生音频噪声。优化的系统设计可以使系统在任何工作状态下都能安静的工作。

3) 更低启动电流。芯片 OB2269 VIN/VDD 启动电流低至 $4\mu\text{A}$ 。这可有效减小系统启动电流的损耗, 缩短系统的启动时间。

4)更低工作电流。OB2269的工作电流约为2.3 mA。这可有效降低系统损耗,提高系统效率。

5) 内置频率消抖电路。这可有效抑制电路振荡。

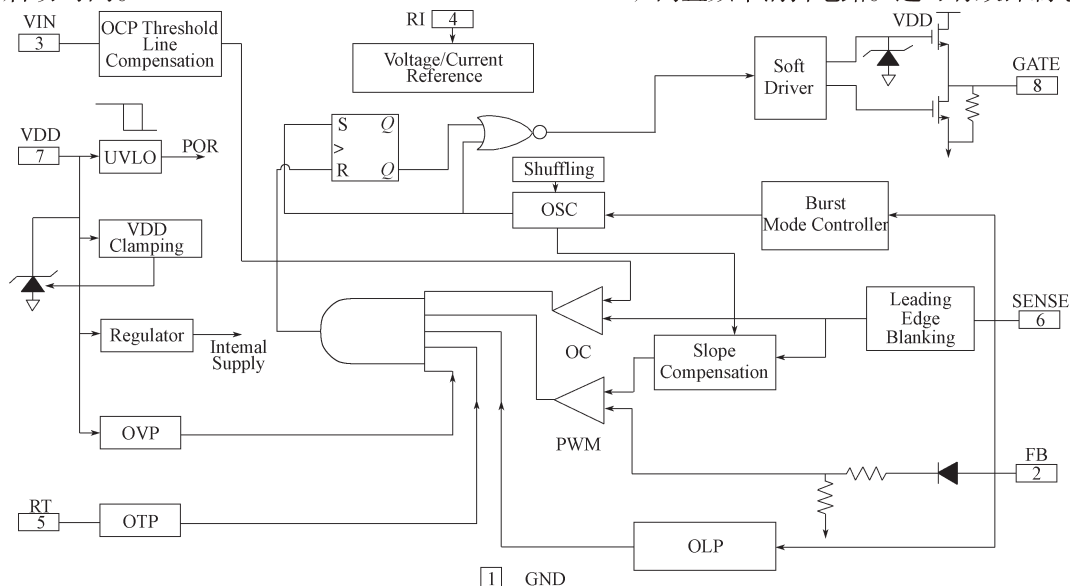


图3 OB2269 的结构框图

Fig. 3 Structure diagram of OB2269

1.4 启动电路和辅助电源

启动电路采用晶体管有源启动方式。辅助电源^[6]采用变压器辅助绕组供电。启动电路和辅助电源电路如图4所示。开机时,启动电路工作,Q2输出11.3 V的启动电压。此时,辅助电源也开始工作。辅助电源工作时,晶体管Q2由于发射极电压 V_e 高于基极电压 V_b ,所以Q2处于截止状态,启动电路停止工作。图4中, HV 为整流后310 V直流电压, VCC 为控制芯片的供电电压,晶体管Q2采用耐压值450 V、最大电流500 mA的CMPTA44TR,Na为反激变压器T1的辅助绕组,D6为15 V的稳压二极管,Q3能输出14.3 V的工作电压。

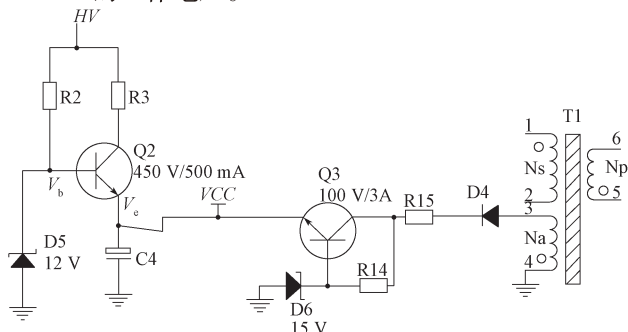


图4 启动电路和辅助电源

Fig. 4 Starting circuit and its auxiliary supply

1.5 电流采样电路

为了提高电流采样精度和整机成本,舍弃了由运放构成的采样电路,电流采样电路采用两级 LC 滤波。其作用是滤除采样电阻 R6 上采样电压的尖峰。

该设计不仅结构简单、成本低，而且滤波效果也比较理想。电路结构如图 5 所示。图中，IC_P6 为芯片的第 6 个引脚；R6 为 $0.03\ \Omega$ 采样电阻；R7 为磁珠，其作用是进一步滤掉采样电压上的高频尖峰。

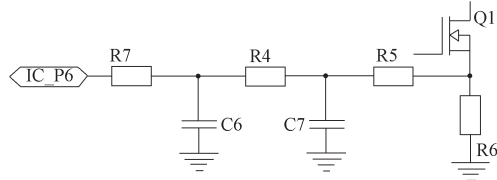


图 5 电流采样电路图

Fig. 5 The circuit of current sampling

1.6 电压反馈电路

电压反馈电路采用传统的光耦 PC817 和 TL431 的组合结构^[7], 如图 6 所示。TL431 的环路补偿采用 I 型补偿。

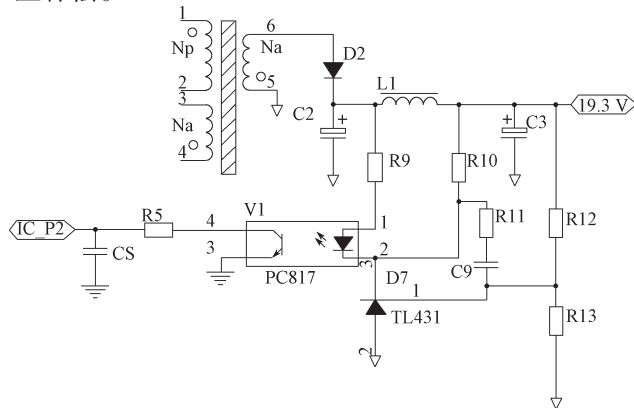


图 6 电压反馈电路图

Fig. 6 The circuit of voltage feedback

图6中,电压反馈电路并联在输出级的滤波电感L1的两端^[8]。电压反馈电路由U1, TL431, R9, R10, R11, R12, R13和C9组成。R9和R10为限流电阻; R12和R13为分压电阻; R11和C9为TL431的补偿电阻和补偿电容,调整R11和C9的值会影响输出电压的精度; IC_P2为控制芯片的第2个引脚即电压反馈引脚,反馈在该引脚上

电压值的变化会影响控制芯片输出PFM波形的频率。

1.7 整机原理

整机原理如图7所示。在功率级MOS管上和输出级的肖特基二极管上增加了RC吸收电路。整机还设计了软启动电路。出于保密需要,图7中的元件参数不能显示。

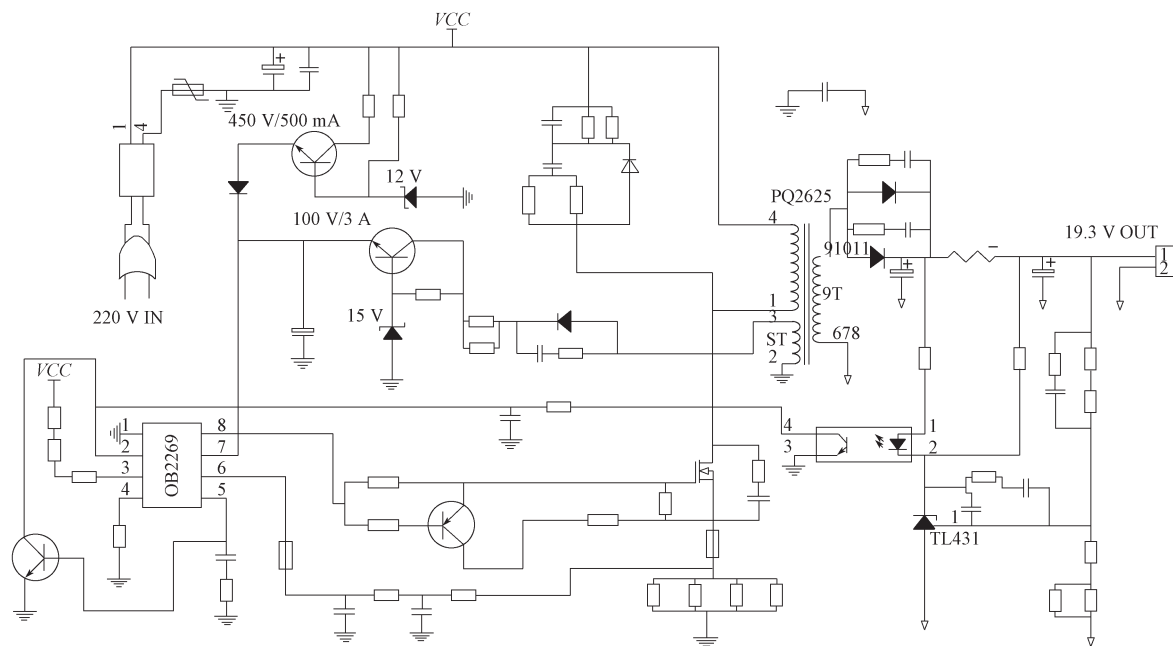


图7 整机原理图

Fig. 7 The circuit design schematic diagram

2 系统主要器件参数设计

电源最大输出功率为100 W。实际输出功率会随笔记本电脑具体的使用状态不同而发生变化。系统主要器件参数设计如下。

1) 反激变压器。反激变压器采用PQ型磁芯^[9]。具体采用哪款型号由式(1)决定,即

$$AP = \frac{11.1 P_{in}}{K_p K_u K_l \Delta B f} \quad (1)$$

式中: P_{in} 为输入功率; K_p 为原边面积系数; K_u 为窗口面积系数; K_l 为电流系数; ΔB 为磁芯的磁通变化量,单位为T; f 为开关频率。

根据式(1),本文采用PQ3220磁芯^[10]。

2) 原边匝数 N_p 和副边匝数 N_s 。原边匝数和副边匝数分别为:

$$N_p = \frac{I_p L_p \times 10^8}{A_e \Delta B} \quad (2)$$

$$N_s = \frac{N_p V_o D}{V_{in_DC} (1-D)} \quad (3)$$

式(2)~(3)中: I_p 为原边峰值电流; L_p 为励磁电感量; A_e 为磁芯PQ3220^[10]的有效截面积,其值为 1.7 cm^2 ; V_{in_DC} 为整流后的直流电压; D 为电路工作在最稳定状态时的占空比。

反激电路工作在最稳定状态时的占空比为

$$\frac{V_{in_DC}}{(1-D)^2} = \frac{V_{in_DC}}{1-D} + V_{AD} \quad (4)$$

式中 V_{AD} 是在开关管截止状态下承受的反向电压。计算可得,原边 N_p 匝数为35,副边 N_s 匝数为6,辅助绕组 N_a 匝数为5。辅助绕组输出有效电压约为17 V,为控制芯片供电。

3) 功率开关管。图7中,开关管Q1选用英飞凌公司900 V/8 A的FQA8N90C。

4) 肖特基二极管。图7中,D5为输出肖特基二极管,选用200 V/10 A的MBR10200。

5) 输出级LC滤波器。图7中,电感L1选用 $10 \mu\text{H}$ 、线径1.5 mm的开气隙电感;电容C9选用 $470 \mu\text{F}/50 \text{ V}$ 的极性电容。

3 样机测试和结果分析

本文设计的样机如图8所示。图8中左上角的工频电感是被动PFC电感^[11],在实际电路中串联在输入级EMC输入级滤波整流电路。测试用的电脑为富士通笔记本,其标配适配器的输出电压为19.3 V,绿色指示灯显示电脑正在充电,如图9所示。

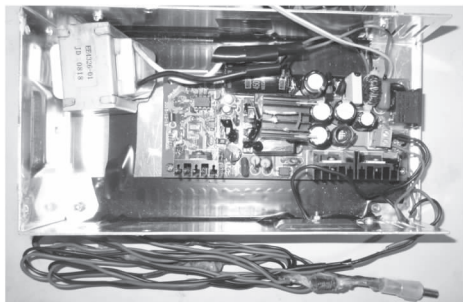


图8 样机图

Fig. 8 Photos of the prototype



图9 样机测试图

Fig. 9 Testing of the system

电源在1.5 A续航,输出功率为30 W时,开关管Q1的PFM驱动波形和漏极电压 V_{ds} 波形如图10所示。图中,CH1为PFM波形,CH2为漏极电压 V_{ds} 波形。由图可知,系统工作频率为22.7 kHz,导通时间为7 μ s,占空比为11%,电源工作在深度断续模式(discontinuous conduction mode, DCM)。

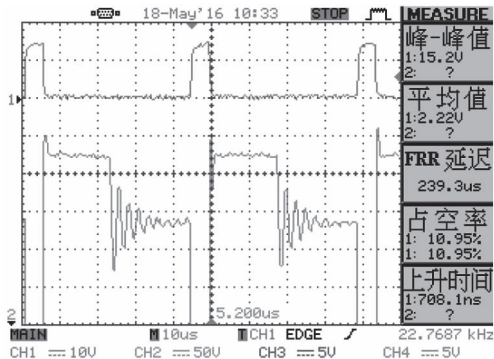


图10 开关管PFM波形和 V_{ds} 波形

Fig. 10 The waveform of PFM and V_{ds}

电源在3.3 A充电,输出功率为70 W时,开关管PFM波形和漏极电压 V_{ds} 波形如图11所示。图中,

CH1为PFM波形,CH2为漏极电压 V_{ds} 的波形。由图可知,系统工作频率为30 kHz,导通时间为7 μ s,占空比为18%,电源工作状态接近于临界模式(boundary conduction mode, BCM)。

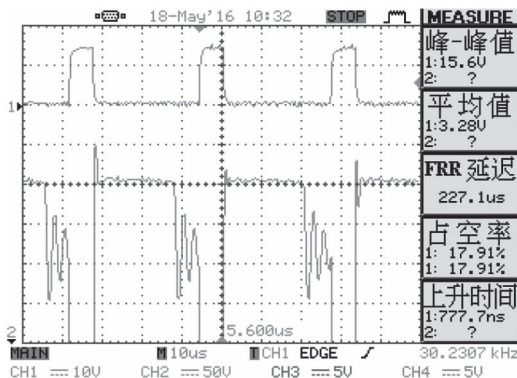


图11 开关管PFM波形和 V_{ds} 波形

Fig. 11 The waveform of PFM and V_{ds}

由图10~11可知,不同负载条件下,开关管D1的导通时间均为7 μ s,驱动波形的占空比 D 和频率均发生了变化。

为了提高系统稳定性,电源采用二阶LC滤波电路,抑制采样电压尖峰。经二阶LC滤波后采样电阻的电压波形如图12所示。图中,CH1为经过二阶LC滤波后输送到控制芯片的采样电压信号,CH2为采样电阻R6上的电压信号。由图可知,二阶LC滤波电路能有效削减采样电压尖峰,提高了系统的稳定性。

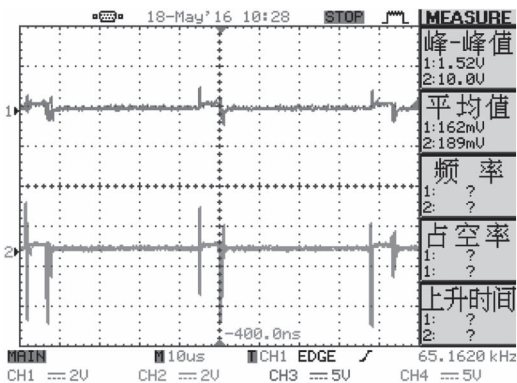


图12 经二阶LC滤波后采样电阻的电压波形图

Fig. 12 Voltage waveform of the sampling resistor after second filtering

与市面上绝大多数电源适配器相比,本课题组所设计的电源适配器具有精度高、开关噪声低的优点。为了直观反映本电源的优点,本课题组测试了样机和笔记本电脑的原装适配器。在满载3.3 A时,输出波形如图13所示。图中,CH1为笔记本电脑的原装适配器的输出波形,CH2为样机的输出波形。由图可知,样机的开关噪声的峰峰值仅为100 mV,远

低于原装适配器的峰峰值 360 mV。

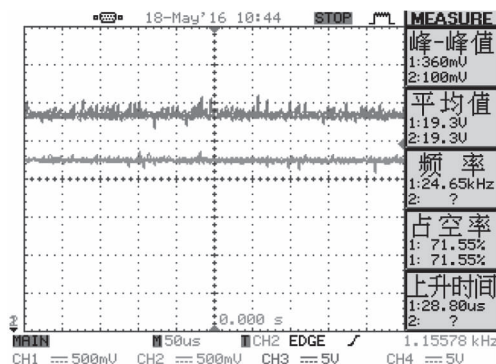


图 13 样机与原装适配器的输出电压对比图

Fig. 13 The output voltage of the sample compared with the original supply

在续航模式和充电模式下测得各参数数值如表 1 所示。本文设计的电源适配器采用了大电感量的被动 PFC 电感, 整机效率最高可达 78.8%。

表 1 在续航模式和充电模式下参数数值

Table 1 Parameters in the life mode and the charging mode

工作模式	输入电压/ V	输入电流/ A	输出电压/ V	输出电流/ A	效率/ %
续航模式	220	0.17	19.3	1.5	78.8
充电模式	220	0.38	19.3	3.3	75.5

4 结语

本课题组设计了基于 OB2269 的笔记本电源适配器。该电源能提供高精度、稳定的 19.3 V 电源, 开关噪声低, 峰峰值在 100 mV。通过样机和原装电源适配器的测试分析可知, 本文设计的电源适配器的输出电压精度明显高于原装电源适配器, 且其成本低, 易于调试和维修, 具有较好的推广价值。

参考文献:

- [1] 周志敏, 纪爱华. 零起点学开关电源设计: 基础篇[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013: 181-185.
ZHOU Zhimin, JI Aihua. Learning Switch Power Supply From the Zero Point: Foundation[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2013: 181-185.
- [2] 周翔, 廖无限, 陈明. 一种基于单级 PFC 双管正激变换器偏磁控制技术研究[J]. 湖南工业大学学报, 2015, 29(6): 49-52.
ZHOU Xiang, LIAO Wuxian, CHEN Ming. Study on Magnetic-Bias Control Technology of Single Stage PFC Dual-Transistor Forward Converter[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2015, 29(6): 49-52.
- [3] 马洪涛, 沙占友, 周芬萍. 开关电源制作与调试[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010: 75-76.
MA Hongtao, SHA Zhanyou, ZHOU Fenping. Switching

Power Supply Production and Commissioning[M]. Beijing: China Electric Press, 2010: 75-76.

- [4] 王健强. 精通开关电源设计[M]. 2 版. 北京: 人民邮电出版社, 2015: 81-99.
WANG Jianqiang. Switching Power Supplies A to Z[M]. 2nd ed. Beijing: Posts and Telecommunications Press, 2015: 81-99.
- [5] 张文鼎, 肖强晖, 廖无限. 用于 EPS 的 12V/48V 软开关电源变换器研究[J]. 湖南工业大学学报, 2015, 29(1): 70-75.
ZHANG Wending, XIAO Qianghui, LIAO Wuxian. Research of 12 V/48 V Soft Switching Power Converter for EPS[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2015, 29(1): 70-75.
- [6] 朱叶, 廖无限, 胡正国, 等. 基于 UC3843 的半波整流电路辅助电源设计[J]. 湖南工业大学学报, 2016, 30(3): 54-57.
ZHU Ye, LIAO Wuxian, HU Zhengguo, et al. On the Auxiliary Power Supply of the Half-Wave Rectifier Circuit Based on UC3843[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2016, 30(3): 54-57.
- [7] 文立群, 肖强晖. 基于 UC3846 的有源嵌位单级 PFC 开关电源[J]. 湖南工业大学学报, 2014, 28(2): 52-55.
WEN Liqun, XIAO Qianghui. UC3846-Based Active Clamp and Signale-Stage PFC Switched Power Supply[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2014, 28(2): 52-55.
- [8] 张阳, 肖强晖, 廖无限. 基于 HV9910 的 LED 驱动恒流源设计[J]. 湖南工业大学学报, 2012, 26(4): 56-58.
ZHANG Yang, XIAO Qianghui, LIAO Wuxian. Research on HV9910-Based LED Constant-Current Supply[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2012, 26(4): 56-58.
- [9] 李定宣. 开关稳定电源设计与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 91-114.
LI Dingxuan. Design and Application of Switching Power Supply[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006: 91-114.
- [10] 比林斯, 莫瑞. 开关电源手册[M]. 张占松, 汪仁煌, 谢丽萍, 等译. 3 版. 北京: 人民邮电出版社, 2012: 388-389.
BILLINGS Keith, MOREY Taylor. Switch Mode Power Supply Handbook[M]. ZHANG Zhansong, WANG Renhuang, XIE Liping, et al Translated. 3rd ed. Beijing: Posts and Telecommunications Press, 2012: 388-389.
- [11] 赵盼盼. 电压模式 PFM 升压 DC-DC 转换器设计[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.
ZHAO Panpan. Design of Voltage-Mode PFM Boost DC-DC Converter[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2014.

(责任编辑: 邓彬)