

文章编号:1671-251X(2015)07-0090-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.07.021

胡云,吴银成,张小波,等.矿用宽范围直流输入电源模块设计[J].工矿自动化,2015,41(7):90-94.

矿用宽范围直流输入电源模块设计

胡云, 吴银成, 张小波, 黄绍锦

(中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039)

摘要:针对矿用传感器与直流供电系统电源电压等级不一致、电源类型不相符的问题,提出了一种新型宽范围直流输入的本安型电源模块设计方案。该电源模块基于 Buck 和隔离反激拓扑设计,前端采用 Buck 电路避免了直接采用反激拓扑而导致开关管承受高耐压所带来的风险,后端采用隔离反激拓扑满足了非本安端和本安端的电气隔离要求,具有输入防反接、DC9~350 V 范围直流输入、本安电源输出、易于集成的优点。

关键词:矿用电源; Buck 拓扑; 隔离反激拓扑; 限流电路; 启动电路; 宽范围直流输入

中图分类号:TD611 文献标志码:A 网络出版时间:2015-07-01 11:25

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150701.1125.021.html>

Design of wide range DC input power module used in coal mine

HU Yun, WU Yincheng, ZHANG Xiaobo, HUANG Shaojin

(CCTEG Chongqing Research Institute, Chongqing 400039, China)

Abstract: In view of problems that power supply voltage level and power type between mine-used sensors and DC power supply system is inconsistent, a design scheme of new type of wide range DC input and intrinsic safety type power module was put forward. The power module is based on Buck and isolated flyback topology, front-end uses the Buck circuit to avoid risk caused by direct use of the flyback topology which may bring high pressure to switch tube, and the back-end uses isolated flyback topology to meet isolation requirements of electrical equipment with non-intrinsic safety and intrinsic safety. The power module has advantages of anti reverse input, DC9-350 V input, intrinsic safety power output and easy integration.

Key words: mine-used power supply; Buck topology; isolated flyback topology; limiting current circuit; start-up circuit; wide range DC input

0 引言

目前,本质安全型^[1-2]矿用传感器电源输入范围一般为 DC9~25 V,而井下直流供电系统中有高达 DC320 V 输出,输出类型既有本质安全型,也有非本质安全型^[1-2],所以,传感器不能直接接入供电系统,需串接一个电源转换模块,将电压变换至传感器的输入范围,对电源进行本质安全处理后方能给传感器供电。针对传感器与直流供电系统电源电压等级不一致、电源类型不相符的问题,本文提出了一种

新型矿用宽范围输入的本质安全型电源模块设计和实现方案。该电源模块基于 Buck^[3-4]和隔离反激^[5-6]拓扑设计,具有输入防反接、DC9~350 V 范围直流输入、本质安全电源输出、易于集成的优点。

1 电源模块的拓扑选择

电源设计常用的拓扑有 Buck 拓扑、Boost 拓扑、反激拓扑^[7-8]、正激拓扑、推挽拓扑等,每种拓扑结构的特点见表 1。

收稿日期:2014-12-15;修回日期:2015-05-11;责任编辑:张强。

基金项目:中国煤炭科工集团科技创新基金青年基金项目(2014QN016)。

作者简介:胡云(1988—),男,重庆云阳人,实习助理研究员,硕士,研究方向为煤矿监控技术及仪器仪表, E-mail:zldane@126.com。

表 1 电源拓扑结构及其特点

拓扑结构	降压	升压	输入输出隔离	输出多组电源
Buck	是	否	是	否
Boost	否	是	否	否
隔离反激	是	是	否	是

电源拓扑的选择主要从以下方面进行考虑。

(1) 升压或降压。设计电源拓扑时常常需要考虑的问题就是输入电压与输出电压的关系,如果输入电压高于输出电压,可以选择 Buck 拓扑或反激拓扑,但若输入电压低于输出电压,则 Buck 拓扑电路就不能满足设计要求。

(2) 占空比的限制。电源拓扑结构有的可以工作在 $0 \sim 100\%$ 占空比下, 如 Buck 拓扑, 有的拓扑则不能工作于 100% 占空比下, 如反激拓扑一般工作于 50% 占空比以下。

(3) 输出电源组数及电气隔离。输出电源组数与电源拓扑结构相关,比如确定了电源输出组数大于1组,那么 Buck 拓扑、Boost 拓扑将不能满足设计要求。如果有明确的输入输出电气隔离要求,那也可以排除一些不满足设计要求的电源拓扑,如 Buck 拓扑、Boost 拓扑、非隔离的反激拓扑等。

(4) 连续或断续。主要是指电感或变压器中流过的电流有没有中断,设计中常常需要找到一个临界值,使得电路工作于一种模式,避免由于电源变换器在 2 种工作模式来回切换带来的不稳定问题。

(5) 电压控制或电流控制。电源拓扑中的反馈部分取于输出电压则为电压反馈,取于电流则为电流反馈。目前市场上大多 PWM 控制集成芯片都同时有电压和电流反馈,使得电源变换器响应更加快速,且更加稳定。

本文结合实际情况选用了 Buck 拓扑和反激拓扑相结合的设计,前端采用 Buck 电路,避免了直接采用反激拓扑而导致开关管承受高耐压所带来的风险,后端采用隔离反激拓扑则满足了非本安端和本安端 $2U+1\ 500\text{ V}$ 的电气隔离要求(U 为最高输入电压)。电源模块的原理如图 1 所示, $9\sim 320\text{ V}$ 直流输入经过 Buck 电路后电压降至 $7\sim 12\text{ V}$ (输入端串接二极管有 2 V 压降),接着经过反激电路隔离后输出 $\text{DC}16\text{ V}$,最后经过本安处理后输出 $\text{DC}15\text{ V}$ 本

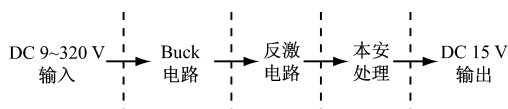


图 1 电源模块原理

安直流电源。本文主要介绍 Buck 电路的设计。

2 电源模块的低压启动

电源模块的最低输入电压为 $9\text{ V}^{[9]}$, 如果电路前端加上熔丝、共模电感、防反接二极管后, 输入的电压就会低于 8 V 。低压启动电路如图 2 所示, 驱动端高电平为 8 V , 则经过开关管 VT_1 后电压为 $8 - V_{\text{gs}} = 4\text{ V}$ (假设开关管 VT_1 开启电压为 4 V), 那么最高输出电压 V_o 也为 4 V , 而且设计中 Buck 电路控制芯片的最低工作电压为 7.4 V , 所以, 若按照常规的方法设计, 电源模块在 9 V 输入时无法工作。为使得在输入电压为 8 V 时输出电压 V_o 大于 7.4 V , 在 VT_1 驱动端增加了升压电路。

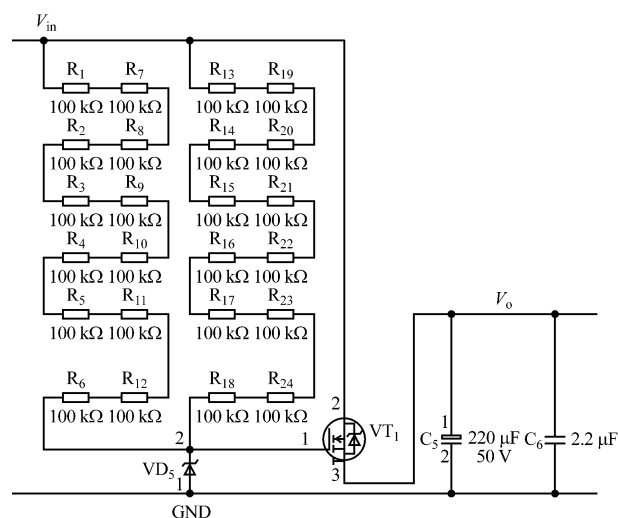


图 2 低压启动电路

若升压电路采用专用的电源芯片则增加了成本,因为驱动开关管 VT_1 的电流需求很小,所以,选择用运放、二极管、阻容器件设计升压电路,升压电路包含 2 个部分:第 1 部分是由运放构成的方波发生电路,如图 3 所示;第 2 部分为由三极管和电阻、电容构成的升压滤波电路,如图 4 所示。

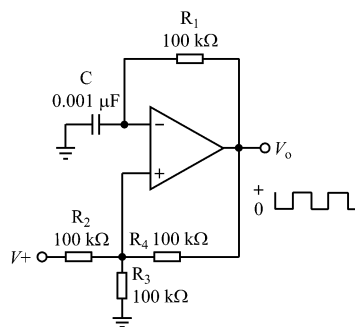
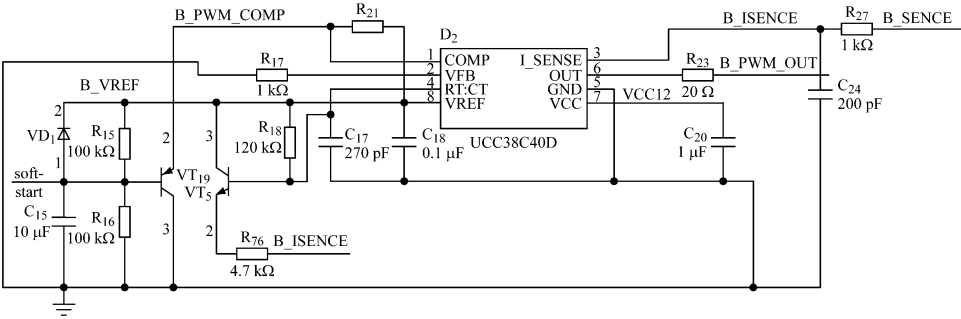
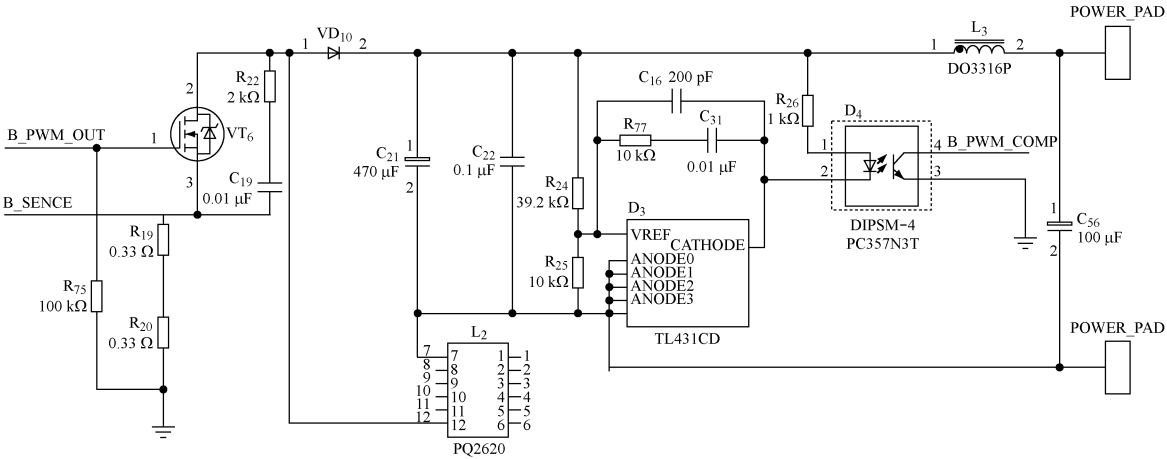


图 3 方波发生电路

理论情况下,经过滤波后的输出直流电压幅值将达到 2 倍输入电压幅值,实际上由于三极管、二极



(a) PWM 控制电路



(b) 电源主回路

图 7 Buck 电路原理

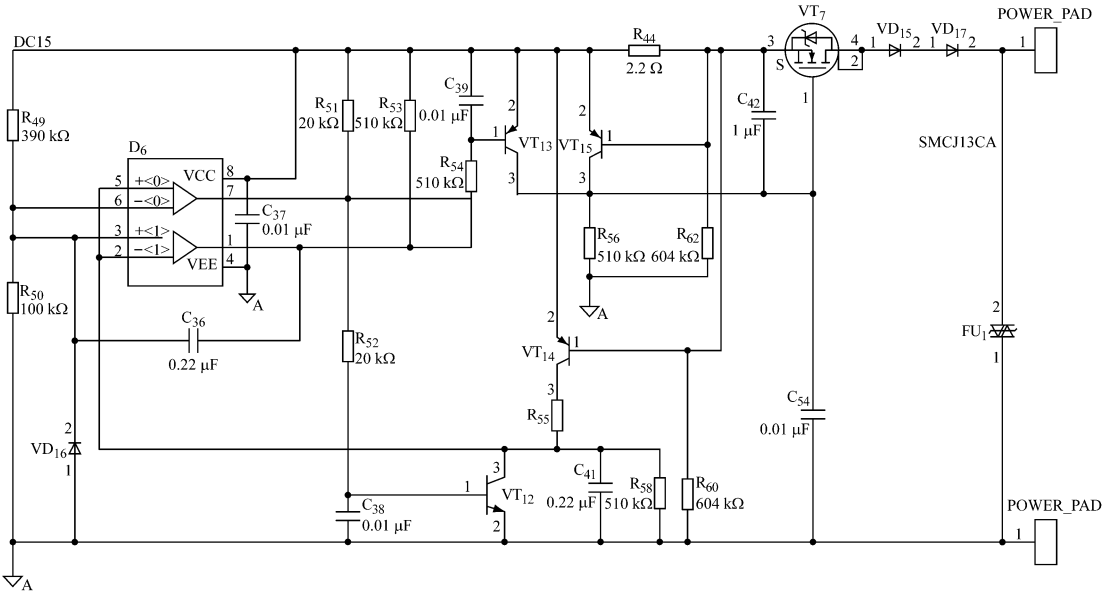


图 8 本安处理电路原理

三极管 VT₁₃ 开始导通,使得 PMOS 管 VT₇ 进入可变电阻区,从而保持线路上的电流恒定;③ C₄₁ 两端电压上升到门限电压后,比较器 D₆ 的端口输出低电平,三极管 VT₁₃ 导通,PMOS 管 VT₇ 的 U_{GS} 约等于 0,VT₇ 截流;④ 电容 C₃₆ 两端电压升高,三极管 VT₁₃ 截止,VT₁₅ 导通,电路进入恒流模式,如此反

复,恒流截流交替进行,可实现过流保护。通过调整 C₃₆ 和 C₄₁ 的值,可以调整恒流截流时间,实际电路测试电流波形如图 9 所示,恒流时间约为 100 ms,截流时间约为 500 ms。在外部发生短路故障时,本安处理电路能有效地限制电源模块能量的输出。

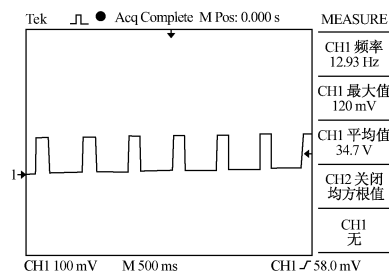


图 9 本安处理电路的过流输出波形

5 试验验证

对设计的原理样机进行试验,电源模块输入电压、输入功率、输出电压等数据见表 2,从表 2 可看出,设计的电源模块满足了宽范围输入电压的要求,输出功率也满足了矿用传感器的要求。

表 2 电源模块试验数据

输入电 压/V	输入功 率/W	输出电 压/V	输出功 率/W	效率 η /%
12	10.7	15.2	7	65.4
50	10.3	15.3	7	68.0
150	10.4	15.3	7	67.3
320	11.2	15.3	7	62.6

6 结语

针对井下 9 ~ 320 V 不同等级的直流电源输

入,提出了基于 Buck 拓扑的电源模块设计方案。该电源模块输入电压范围可达 DC9 ~ 350 V,满足了宽范围输入的设计要求,适用于井下直流输出电压波动范围较大且需要安装低功耗传感器的场合。

参考文献:

[1] ABRAHAM I P. 开关电源设计[M]. 2 版. 王志强,译. 北京:电子工业出版社,2005:21-34.

[2] BILLINGS K. 开关电源手册[M]. 2 版. 张占松,汪仁煌,谢丽萍,译. 北京:人民邮电出版社,2006:115-126.

[3] GB 3836.1—2010 爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求[S].

[4] GB 3836.4—2010 爆炸性环境 第 4 部分:由本质安全型“i”保护的的设备[S].

[5] 杨立杰. 多路输出单端反激式开关电源设计[J]. 现代电子技术,2007(6):23-24.

[6] 薛蒙. 反激型多路开关稳压电源的设计[D]. 青岛:青岛理工大学,2011:29-32.

[7] 沈跃. 反激式开关电源的能量分析[J]. 通信电源技术,2008,25(1):58-59.

[8] 王牧之,王君艳. 反激式高频变压器的分析与设计[J]. 现代电子技术,2011,34(8):157-159.

[9] 薛明岐,沈雷明. 超宽范围输入的开关电源电路设计[J]. 电源技术应用,2009,12(10):26-28.

[10] 马红波,冯全源. 一种低功耗高性能 BICMOS DC-DC 限流电路的设计[J]. 华中科技大学学报:自然科学版,2007,35(增刊 1):49-50.