



Is Now Part of



ON Semiconductor®

**To learn more about ON Semiconductor, please visit our website at
www.onsemi.com**

ON Semiconductor and the ON Semiconductor logo are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

应用指南 AN4141

飞兆电源开关 (FPS™) 反激式应用的故障排除和设计提示

引言

本应用指南说明如何排除电源工程师在操作FPS应用电路时可能遇到的问题。本指南帮助工程师从症状开始找出其问题的原因和解决方案。同时提供一些有用的应用提示。本应用指南中涵盖以下各项。

1. 当电源未启动时	第 2 页
2. 当电源不稳定时	第 3 页
3. 当输出电压中有瞬态过冲时	第 4 页
4. 当峰值漏电压超出额定电压时	第 4 页
5. 当发生次谐波振荡时	第 5 页
6. 当输出电压上的线路频率纹波太大时	第 5 页
7. 当功率转换效率太低时	第 6 页
8. 当发生声频噪声时	第 6 页
9. PCB 布局考虑因素	第 6 页
10. 过载保护中延迟关断的应用电路	第 7 页
11. 输出调节要求严格的应用电路	第 7 页
12. 将自动重启模式转换为门锁模式的应用电路	第 8 页

图1显示使用FPS的基本离线反激式转换器的原理图，也是本应用指南所述的故障排除的参考电路。还假定FPS内的所有保护电路都处于自动重启模式。

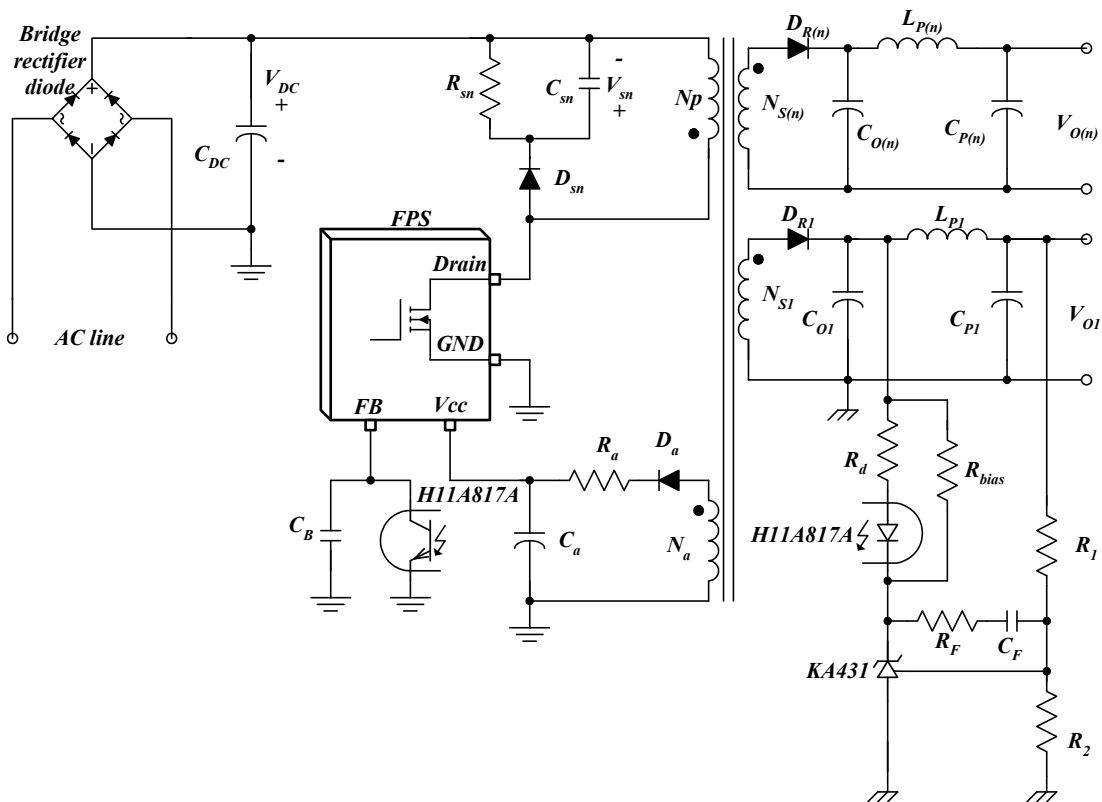


图 1. 采用 FPS 的基本离线式反激转换器

1. 当电源不启动时

当转换器不启动时，首先应检查 V_{cc} 电压。FPS 设计为在 V_{cc} 达到其起始电压时开始开关操作。

(a) 症状： V_{cc} 未达到 V_{cc} 起始电压。

- 检查启动电路。对于需要外部启动电路的 FPS，启动电阻过大可导致这种情况。
- 检查 V_{cc} 电容。 V_{cc} 电容出现故障也可能导致这种现象。

(b) 症状： V_{cc} 达到 V_{cc} 停止电压，因此触发保护，如图 2 中所示。

- 检查 V_{cc} 绕组是否通过整流二极管连接到 FPS 的 V_{cc} 引脚。
- V_{cc} 电容 (C_a) 过小可能导致启动时欠压闭锁。 C_a 的典型值为 10-50uF。

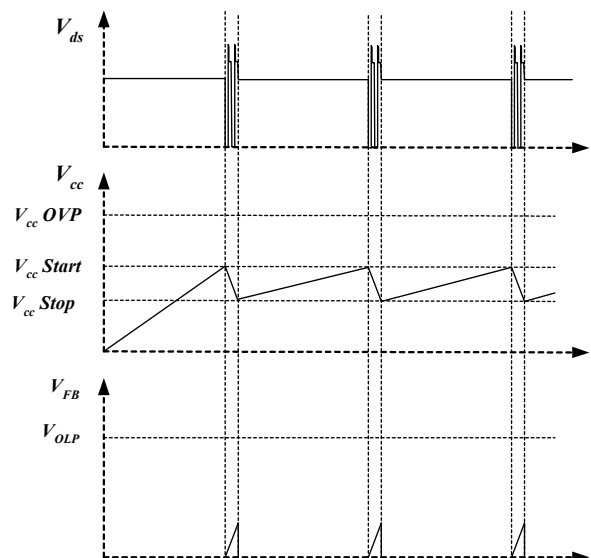


图 2. 欠压闭锁保护

(c) 症状: V_{cc} 达到 $V_{cc\ OVP}$ (过压保护), 因此触发保护, 如图 3 中所示。

- 检查 V_{cc} 绕组匝数是否正确。通常将 V_{cc} 设计为约 V_{cc} 启动电压 (请参见数据表)。
- 由于变压器不完全耦合, V_{cc} 通常随其他输出的负载电流的增加而增加。当 V_{cc} 绕组与输出绕组耦合不佳时, V_{cc} 可能达到 OVP 电平。在这种情况下, 增加与 V_{cc} 二极管串联的阻尼电阻 (R_a)。 R_a 的典型值为 5-20W。
- 检查 V_{cc} 绕组的极性。如果 V_{cc} 绕组的极性反向, 则 V_{cc} 电压可能大于设计值。
- 如果光电耦合器、输出电容或整流二极管出现故障, 则可能触发 OVP。
- 如果有多个输出, 则当其中一个输出负载极轻或无负载, 而其他输出为重负载时, 可能触发 OVP。

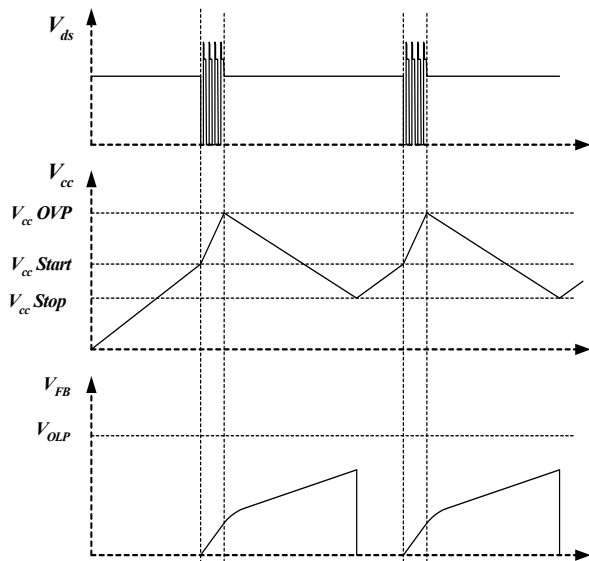


图 3. V_{cc} OVP 保护

(c) 症状: V_{FB} 达到 OLP (过载保护) 电平, 因此触发保护, 如图 4 所示。

- 反馈电容 (C_B) 过小可能在启动时导致 OLP。 C_B 的典型值为 10-50nF。
- 输出电容出现故障可能导致 OLP。
- 光电 LED 串联电阻 (R_d) 过大可能导致 OLP。 R_d 应设计为保证 FPS 器件的反馈电压全摆幅工作。有关详细的设计等式, 请参见 AN4137。

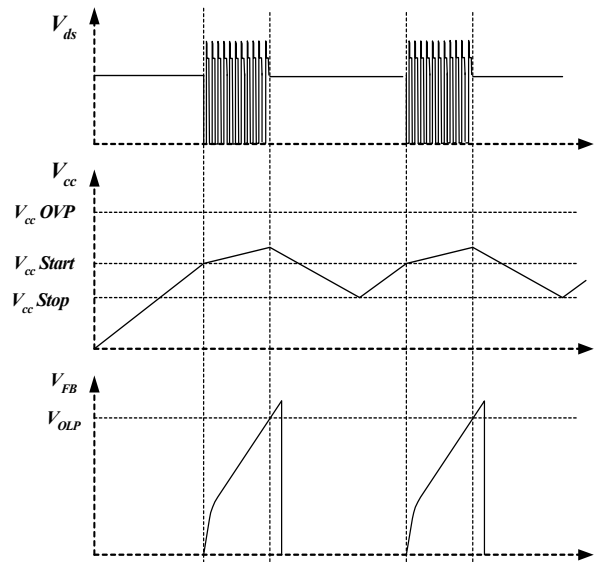


图 4. 过载保护

2. 当电源不稳定时

首先, 检查转换器是否真正稳定。在许多情况下, 由保护电路触发的自动重启操作 (如图 2、3 和 4 所示) 被误解为不稳定操作。有时, 由于线路频率导致的反馈电压的 120Hz 纹波 (如图 5 所示) 也可能被误解为不稳定操作。

检查不稳定性的最佳方式是监控反馈电容。当反馈电压在 120Hz 以外的频率产生振荡, 并且其波形与图 2、3 和 4 中不同时, 可视为合理不稳定。不稳定转换器的实际波形如图 6 所示, 其中反馈电压以不同于 120Hz 的频率振荡。

不稳定性通常由反馈环路的不足增益/相位裕量导致。有关反馈环路的详细设计过程, 请参见 AN4137。通常以下操作会减小反馈增益, 由此使系统稳定。

- 增加光电 LED 串联电阻 (R_d)。
- 在保持 R_1/R_2 不变的同时增加反馈电路分压网络中的电阻值 (R_1 和 R_2)。
- 有时, 输出中的后置 LC 滤波器向系统传递函数引入低频率极点, 从而使系统不稳定。检查后置 LC 滤波器的谐振频率是否低于 1kHz。如果是, 则减小后置 LC 滤波器的电容。

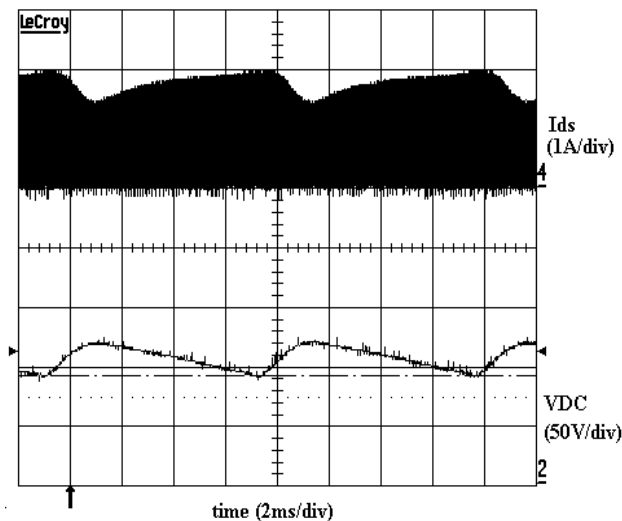


图 5. 120Hz 波纹效应

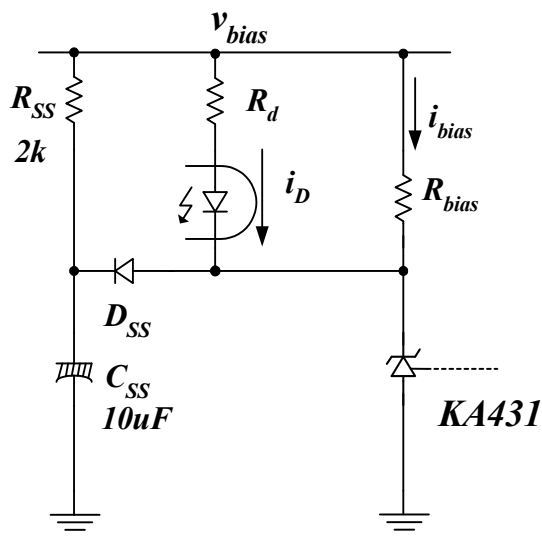


图 7. 外部软启动电路

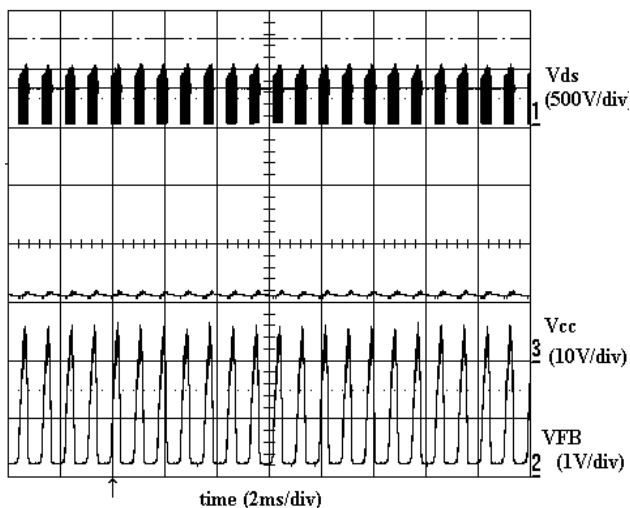


图 6. 不稳定系统

4. 当峰值漏电压超出额定电压时

图 8 显示通用输入应用的典型 MOSFET 漏电压波形。许多客户惯于使最大漏电压保持在 MOSFET 的 BV_{dss} 的 80% 以下。当正常操作中的最大漏电压超出其规格时，通过减小反射的输出电压 (V_{RO}) 来减小缓冲器电容电压 (V_{sn})。 V_{RO} 可通过减少初级端匝数（其他绕组匝数固定）来减小。但这样就增加了次级端二极管中的电压应力，因此应再次检查次级端二极管中的电压应力。缓冲器电容电压也可通过减小缓冲器电阻来降低。但是，此方法有局限性，因为它会增加缓冲器网络中的损耗。通常将缓冲器电容电压设为反射输出电压的约两倍，如图 8 所示。有关详细的设计等式，请参阅应用指南 AN4137。如果漏电压仅在其启动时超出其规格，则使用图 7 中的软启动电路。

3. 当输出电压中有瞬态过冲时

- 检查反馈环路是否有足够的相位裕量。
- 如果仅在启动时发生过冲，则在反馈网络中添加外部软启动电路，如图 7 所示。此电路通过光电缓慢增大电流来去除输出电压过冲。

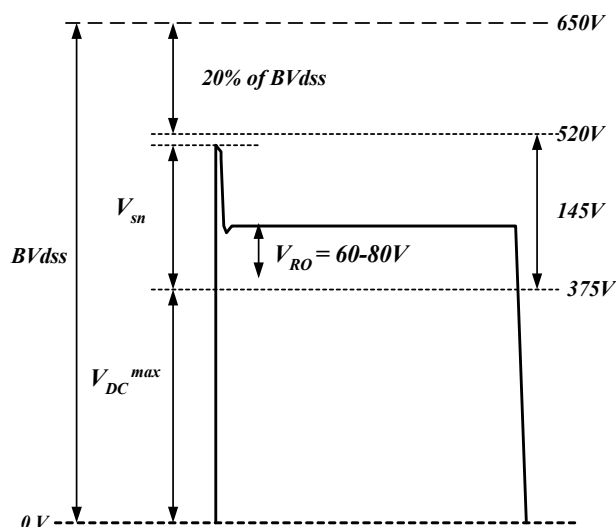


图 8. 漏电压

5. 当发生次谐波振荡时

除低功率 FPS 之外的大多数 FPS 对电池充电器应用采用电流模式控制。如果是电流模式受控 FPS，当占空比在连续导通模式 (CCM) 操作中超过 50% 时，会发生次谐波振荡，如图 9 所示。发生次谐波振荡时，转换器可能变得不稳定或产生声频噪声。在此情况下，应检查以下各项。

- 检查转换器是否过载。
- 检查最大占空比是否设得过大。如果是这样，则减小初级与次级匝数比 (N_p/N_s)。

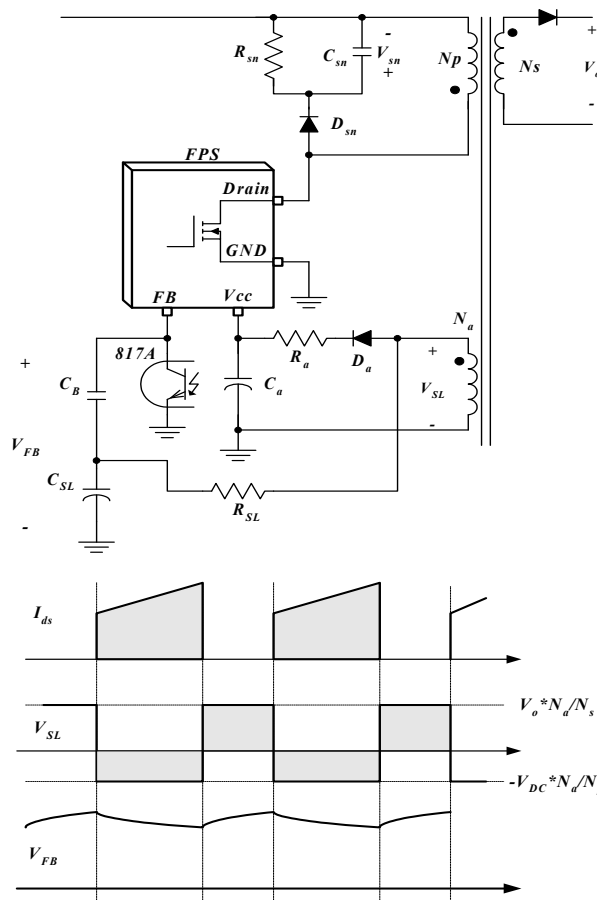
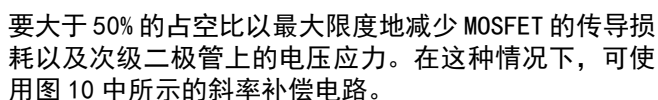


图 10. 斜率补偿电路

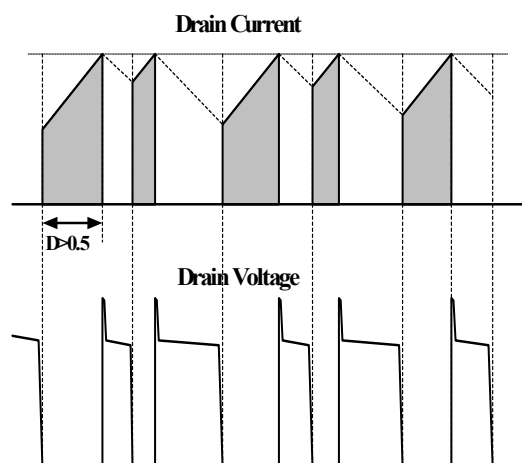


图 9. 次谐波振荡

6. 当输出电压上的线路频率纹波太大时

- 反馈回路中的带宽过低可能导致此问题。增大分压网络中的光电 LED 串联电阻 (Rd) 或电阻 (R1 和 R2) 以增大带宽。

7. 当功率转换效率太低时

- 检查缓冲器电容电压是否过低。通常将缓冲器电容电压设置为反射的输出电压的约两倍。通过增大缓冲器电阻，可增大电容电压。

- 当最小输入电压的效率过低时，可通过增大直流母线电容 (C_{DC}) 或增大转换器的电感来提高效率。

8. 当发生声频噪声时

即使 FPS 的开关频率高于人耳听力范围，瞬态或突发操作期间也可能产生声频噪声。在大多数反激式转换器中，主要噪声源是变压器和电容。

(a) 转换器声频噪声

变压器可产生声频噪声，因为它包含许多实体可移动的元件，如线圈、隔离卷带和线筒。线圈中的电流产生电磁场，从而在线圈之间产生排斥力和 / 或吸引力。这可能会在线圈、铁氧体磁心或隔离卷带中产生物理振动。

减少变压器中声频噪声的最有效方式是通过使用粘性材料或通过涂布涂料消除变压器元件实体移动的可能性。

(b) 电容声频噪声

陶瓷电容也可能产生声频噪声，因为它们具有压电特性。如果对变压器正确涂胶和涂布涂料后突发操作中仍有太多声频噪声，则应检查缓冲器网络中的电容。

将陶瓷电容替换为薄膜电容，可减少声频噪声。另一种方式是减小缓冲器电容的值，这会减小 FPS 每次在突发模式下恢复开关操作时对电容进行充电的脉冲电流，如图 11 所示。

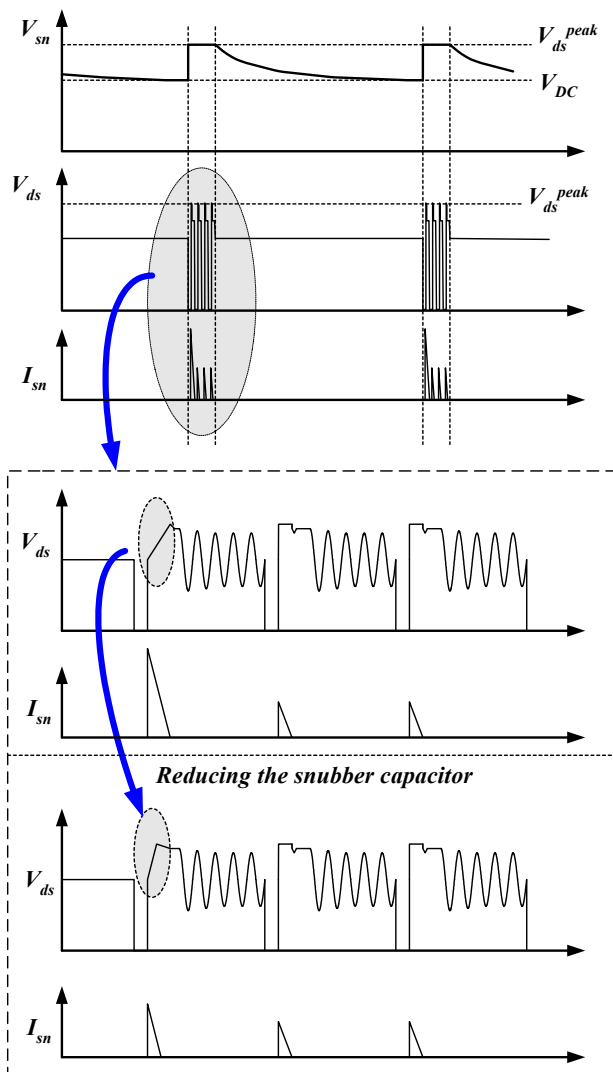


图 11. 通过减小缓冲器电容来降低声频噪声

9. PCB 布局考虑因素

图 12 显示 FPS 应用的典型布局。应进行布局以最大限度地减少 V_{CC} 引脚和反馈引脚中的开关噪声。信号接地应直接连接至 FPS 的 GND 引脚，不与电源地共用走线。 V_{CC} 电容 (C_A) 和反馈电容 (C_B) 应放在尽可能靠近 FPS 的地方以最大限度地减少噪声。缓冲器二极管的阴极应靠近 FPS 的漏引脚以最大限度地减少杂散电感。Y 电容 (C_Y) 应直接连接到 DC 链路电容 (C_{DC}) 的接地以最大限度地提高浪涌抗扰度。

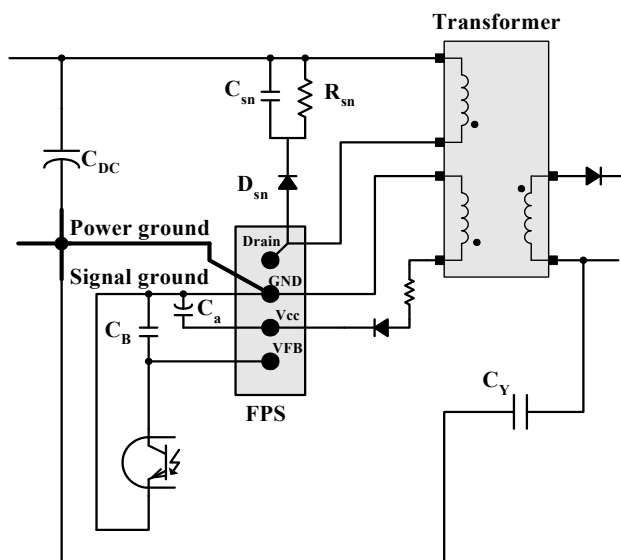


图 12. 典型 PCB 布局

10. 过载保护中延迟关断的应用电路

为了避免在瞬态期间提早触发过载保护 (OLP)，FPS 采用了延迟关断。当反馈电压 (V_{FB}) 达到 2.7V 时， V_{FB} 在 FPS 内部箝位，并且延迟电流 (I_{delay}) 对反馈电容 (C_B) 进行充电。关断延迟时间由对 C_B 从 2.7V 充电至 OLP 阈值所需的时间指定。关断延迟时间可通过增大 C_B 来延长。但是，反馈电容过大可能限制控制环路带宽。

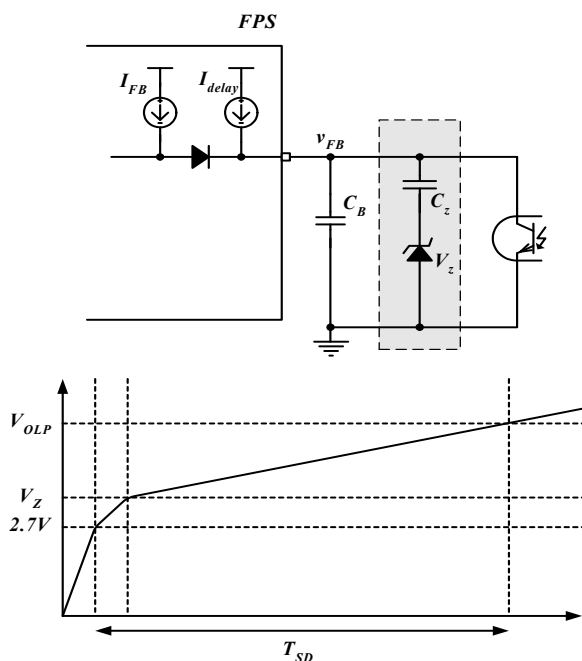


图 13. 延迟关断

延长关断时间而不限制控制带宽的应用电路如图 13 所示。通过将齐纳击穿电压 (V_Z) 设为稍高于 2.7V, 其他延迟电容 (C_Z) 在正常操作下与反馈电路隔离。当反馈电压超出齐纳击穿电压 (V_Z) 时, C_Z 与 C_B 一起确定关断时间。

11. 输出调节要求严格的多输出应用电路

对于多输出应用，具有最严格调节要求的输出用于反馈控制，并且其他输出由变压器匝数比确定。采用此传统方法，难以同时精确调节两个以上输出。如果两个以上输出需要极严格的调节，则使用反馈控制调节电流最高的输出，使用线性稳压器调节其他输出，如图 14 所示。如果输出电流小于 1A，则可使用 KA7805 等标准线性稳压器。如果输出电流大于 1A，输出电压不是标准电压，则应使用具有分立式组件的线性稳压器。

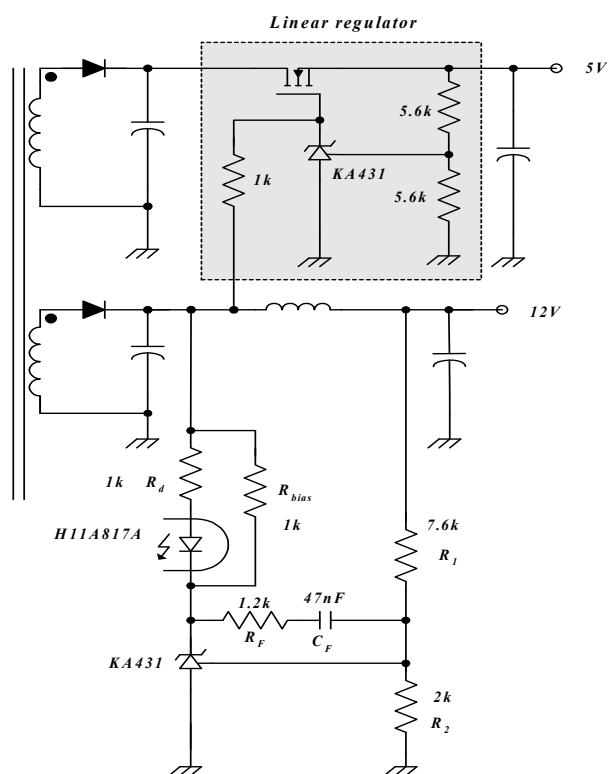


图 14. 严格调节的线性稳压器电路

12. 将自动重启模式转换为门锁模式的应用电路

目前，FPS 中的多数保护在自动重启模式下实施。但是，在某些应用中，首选门锁模式保护而非自动重启模式保护。在这种情况下，可使用图 15（显示门锁模式过载保护）的应用电路将自动重启模式转换为门锁模式。一旦反馈电压 (VFB) 超出齐纳击穿电压，将触发门锁模式并下拉 Vcc 电压。然后，FPS 保护关闭，直至 Vcc 电容 (Ca) 通过关断完全放电。

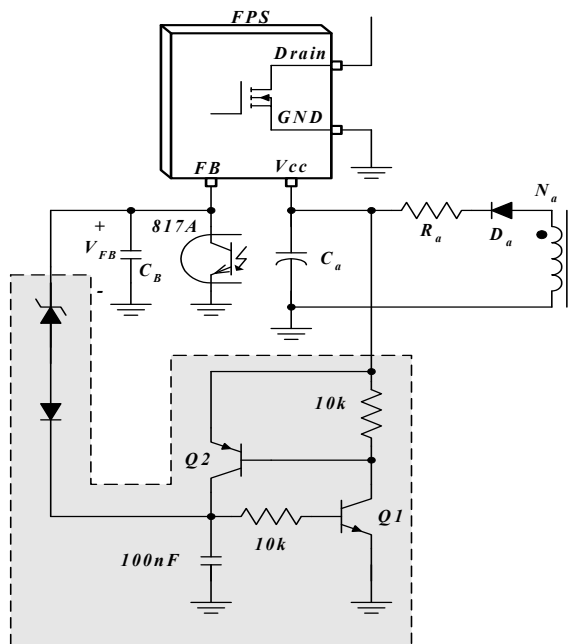


图 15. 门锁模式保护电路

作者 Hang-Seok Choi /D

FPS 应用组 / 飞兆半导体

电话: +82-32-680-1383 传真: +82-32-680-1317

电子邮件: hschoi@fairchildsemi.co.kr

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada

Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910

Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local
Sales Representative