



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.

AN-6754A

用 FAN6754A 替换 SG6742 的设计指南

引言

FAN6754A 是一款高度集成的 PWM 控制器，具有绿色模式、抖频、恒定功率限制和一系列保护功能。该绿色模式和间歇工作模式功能只需较低的工作电流，最大程度地提高了轻载下的效率，使得电源可以满足严苛的待机功耗规范。抖频可通过扩展频谱的方式减少电磁辐射 (EMI)。恒定功率限制功能可最大限度地减少异常条件下的元件应力，同时有助于优化功率级设计。完全集成欠压保护、过载/开环保护 (OLP)、过压保护 (OVP)、感测引脚短路保护 (SSCP) 和过温保护 (OTP) 等各种

保护功能，可提高开关模式电源的可靠性，并且不会增加系统成本。本应用指南将介绍如何用 FAN6754A 替换 PWM 控制器 SG6742。这两款器件的引脚配置相同，可直接替换，无需更改 PCB 布局。但是，FAN6754A 已针对效率更高、性能更佳作了改善。因此，某些外部组件也应作出相应调整。表 1 总结了这两款器件的不同之处。逐脉冲限流阈值电压几乎降低了一半，因此减少了电流感测损耗，使效率提升了 0.4~0.5%。此外，产品还降低了工作电流以实现更低的待机功耗，大多数设计都的待机功耗都在 100mW 以下。图 1 和图 2 分别显示了典型应用电路和内部结构框图。

表 1. SG6742 和 FAN6754A 的比较

	SG6742	FAN6754A
欠压保护	否	使用 HV 引脚感测线路电压
逐脉冲限流线路电压补偿 ($V_{Limit-L} / V_{Limit-H}$)	锯齿波限制 (0.9V/0.56V)	通过 HV 引脚调节 (0.46V/0.39V)
感测引脚短路保护	$V_{SENSE} < 0.15V$ (超过 150 μs)	$V_{SENSE} < 0.05V$ (超过 120 μs)
栅极驱动箝位电压	18 V	13 V
FB 阻抗 (Z_{FB})	5 k Ω	16 k Ω
工作电流 (I_{DD_OP})	2.7 mA	1.5 mA
前沿消隐时间 (t_{LEB})	150 ns	280 ns
软启动	5 ms	8 ms
最大占空比	65%	89%
V_{FB-Q}/V_{FB-N} (绿色模式)	2.4 V / 3.0 V	2.3 V / 2.8 V
V_{ZDC}/V_{ZDOR} (间歇工作模式)	1.6 V / 1.7 V	2.0 V / 2.1 V

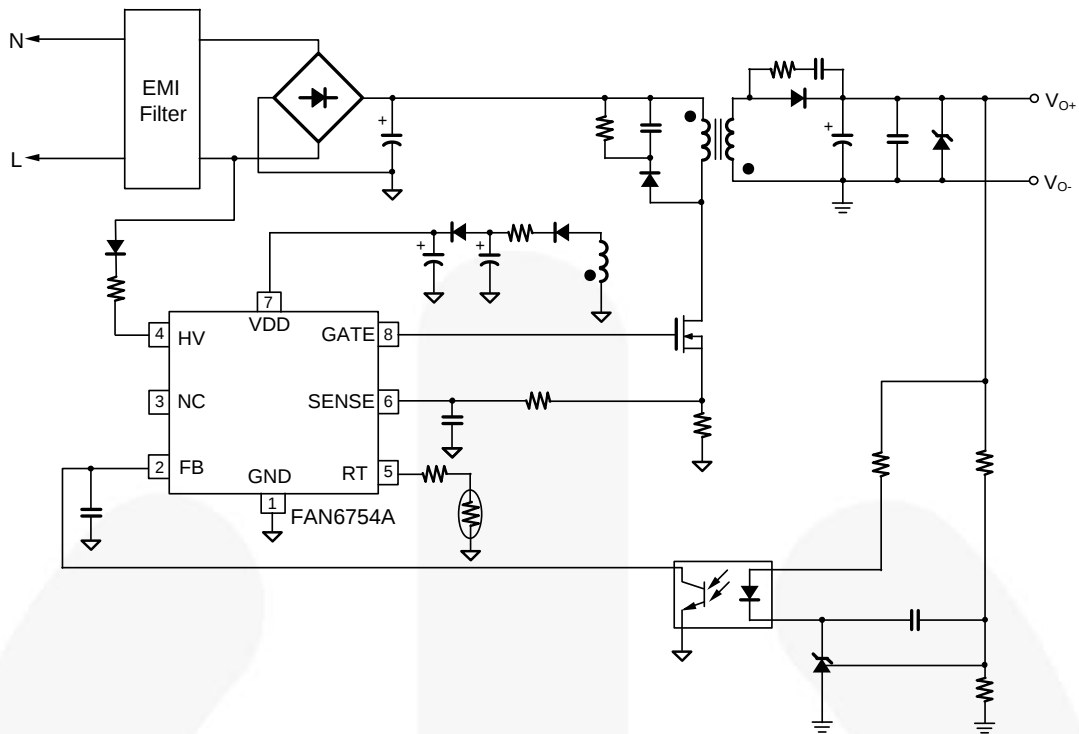


图 1. 典型应用

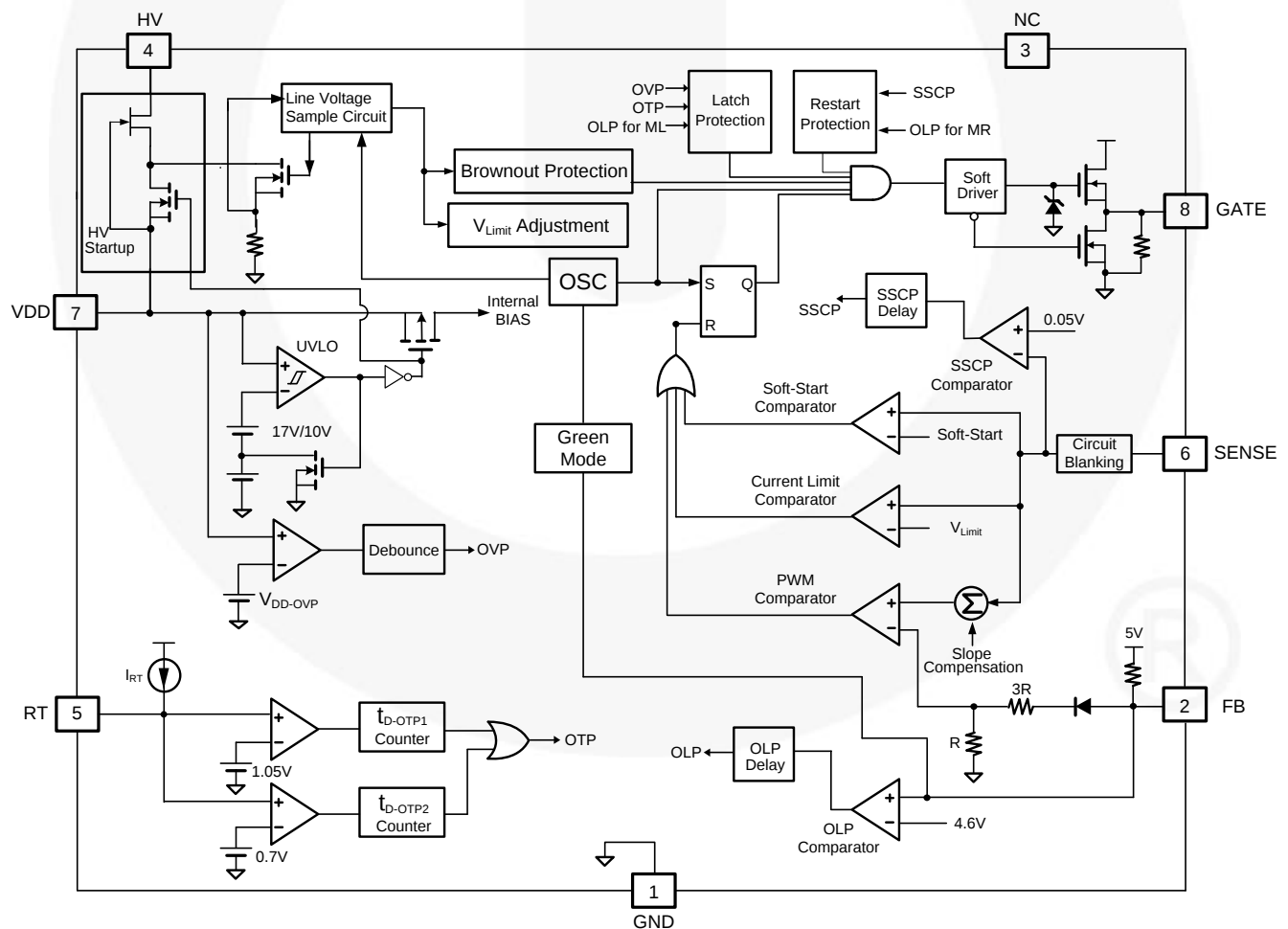


图 2. 内部框图

HV 启动电路

图 3 显示了 HV 启动电路的简化原理图。AC 线路施加到电源时，内部高压电流源通过启动电阻 R_{HV} 对保持电容 C_1 充电。随着 V_{DD} 引脚电压达到工作阈值 V_{DD-ON} ，PWM 控制器启用并开始正常工作。然后，高压电流源关断，电源电流从主变压器的辅助绕组获得电流，如图 3 所示。为了使 HV 引脚获得更好的线路浪涌抗扰度，通常要使用高于 $150k\Omega$ 的 HV 电阻。 V_{DD} 需要较大的 C_1 电容时，HV 电阻就会限制 V_{DD} 电容的充电电流，延长启动时间。如果需要缩短启动时间，则建议使用两级 V_{DD} 电容电路，如图 3 所示。

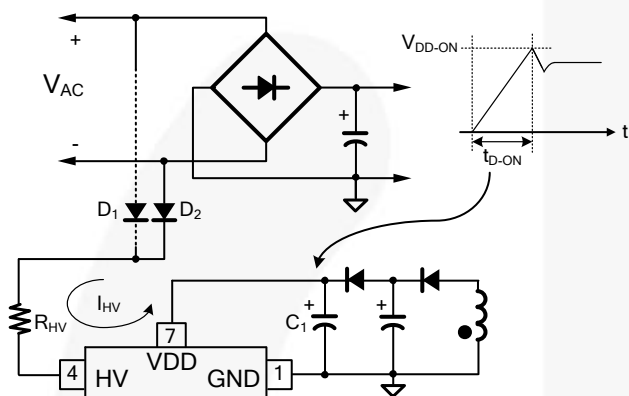


图 3. 启动电路

软启动

FAN6754A 集成了可逐步增加逐脉冲限流电平的内部软启动电路，如图 4 所示。内置的软启动电路在启动时可显著降低输入电流过冲，还可最大限度地降低输出电压过冲。

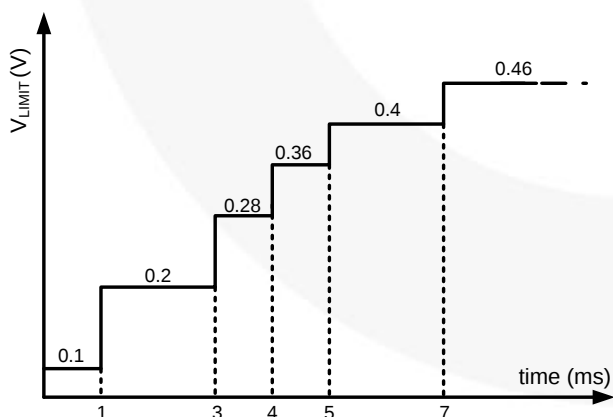


图 4. 软启动逐脉冲限流电平

欠压闭锁 (UVLO)

FAN6754A 的 V_{DD} 引脚具有欠压闭锁功能。Error! Reference source not found. 显示了导通 (V_{DD-ON}) 和关断 (V_{DD-OFF}) 阈值电平。请注意，还有一个 V_{DD} 关断电平 (V_{DD-OLP})，它可以通过延长 V_{DD} 放电时间，最大程度地降低功率级在过载保护/开环保护条件下的功耗。

如果输出短路过载或反馈环路开路，FB 电压在 OLP 延迟时间 (t_{D-OLP}) 内就会保持在 V_{FB-OLP} 以上，直至触发保护。发生这种情况时，MOSFET 漏极-源极电流将达到其针对每个开关周期的逐脉冲限流电平，使开关器件和变压器产生大量功耗。采用两步式 UVLO 机制可大幅降低过载或开环条件下的平均输入功率。

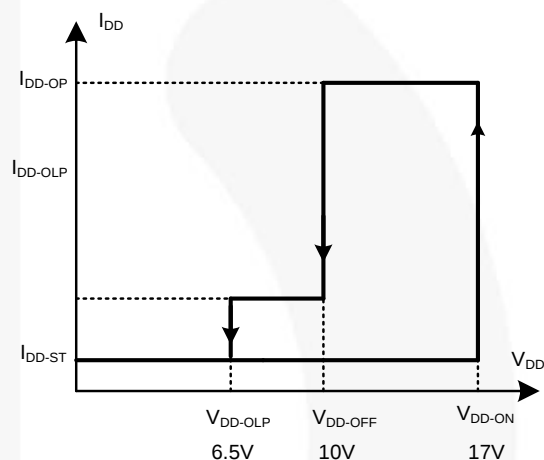


图 5. UVLO 规格

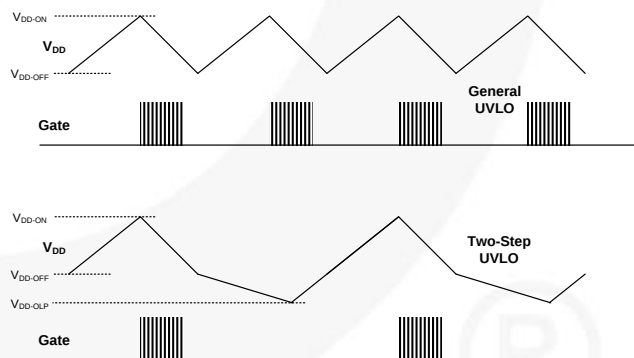


图 6. 两步式 UVLO

绿色模式工作

FAN6754A 采用反馈电压 (V_{FB}) 作为输出负载的指示并调制 PWM 的频率 (如图 7 所示), 这样, 开关频率就会随着负载的降低而降低。在重载条件下, 开关频率为 65kHz。一旦 V_{FB} 下降至低于 V_{FB-N} (2.8V), PWM 频率就开始从 65kHz 向 22kHz 线性下降, 以降低开关损耗。如果 V_{FB} 下降至低于 V_{FB-G} (2.3V), 开关频率就会固定为 22kHz。如果 V_{FB} 下降至低于 V_{FB-ZDC} (2.0V), FAN6754A 就会进入间歇模式工作。如果 V_{FB} 下降至低于 V_{FB-ZDC} , FAN6754A 就会停止开关动作, 且输出电压将开始下降, 从而引起反馈电压上升。一旦 V_{FB} 上升至高于 $V_{FB-ZDCR}$, 开关动作将恢复。间歇工作模式下交替启用和禁用开关动作, 可减少待机模式下的开关损耗, 如图 8 所示。

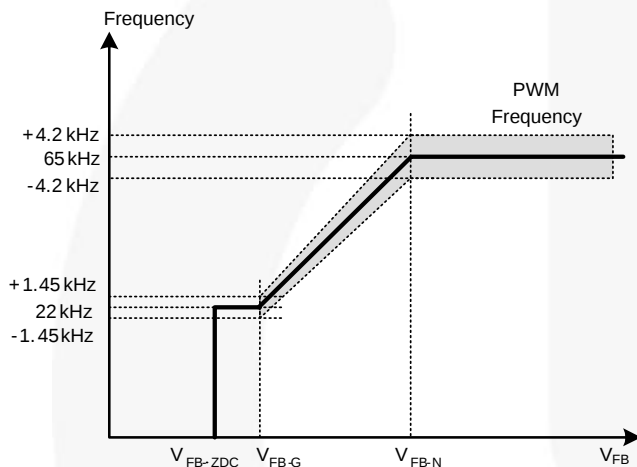


图 7. 频率调制

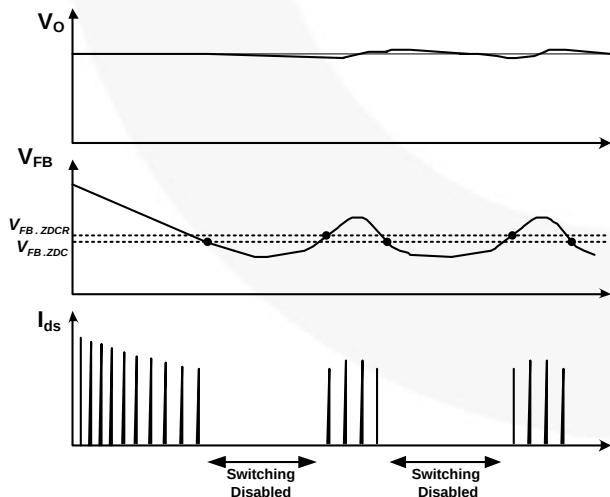


图 8. 间歇模式

FB 输入

FAN6754A 采用峰值电流模式控制, 如图 9 所示。通过电流感测电阻 R_{CS} 可在外部实现电流-电压转换。

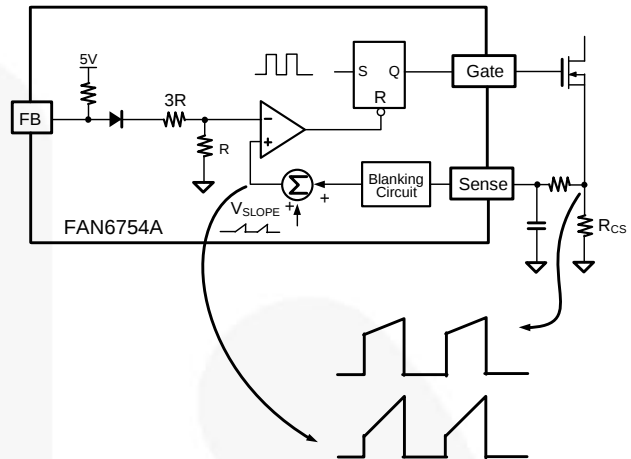


图 9. 同步斜率补偿

图 10 是一种典型的反馈电路, 主要由分流稳压器和光电耦合器组成。R1 和 R2 构成了一个分压电路, 用于输出电压调节。R3 和 C1 针对控制环路补偿进行了调节。位于 FB 引脚和 GND 引脚之间的小数值 RC 滤波器 (例如, $R_{FB}=10\Omega$ 、 $C_{FB}=1nF$) 可大幅提高环路的稳定性。FB 引脚的最大源电流为 $310\mu A$ (FB 通过 $16k\Omega$ 拉升至 5V 内部参考电压)。光电晶体管必须能够吸收此电流, 才能拉低空载条件下的 FB 电平。Rb 和内部 FB 上拉电阻确定增益反馈环路。SG6742 的内部拉升电阻为 $5k\Omega$, 但 FAN6754A 的上拉电阻更高 ($15k\Omega$), 可降低功耗。因此, 在使用 FAN6754A 替换 SG6742 时, 要保持相同的环路增益, Rb 应当是初始值的 3 倍。

不建议通过外部电压强制 FB。

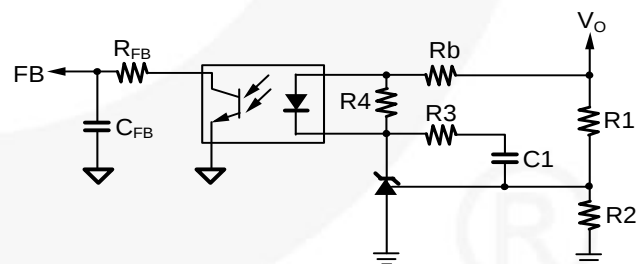


图 10. 反馈电路

前沿消隐 (LEB)

每次导通功率 MOSFET 时, 感测电阻 (中的 R_s) 两端图 11 都可能会产生导通尖峰, 这是由初级端电容和次级端整流器的反向恢复造成的。为了避免开关脉冲提前结束, 便内置了一段前沿消隐时间。在消隐期间 (280ns), PWM 比较器被禁用, 无法关断栅极驱动器。因此, 具有较小 RC 时间常数 (例如, $100\Omega + 470\text{pF}$) 的 RC 滤波器足以进行电流感测。建议对 R_s 采用非感性电阻。

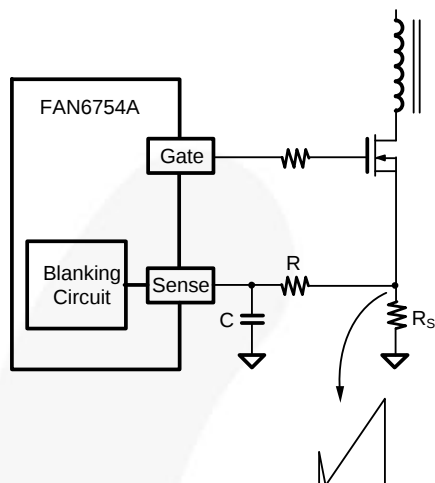


图 11. 导通尖峰

输出驱动器/软驱动

输出级采用快速图腾柱栅极驱动器, 可直接驱动外部 MOSFET。内部齐纳二极管 (如 图 12 所示) 将驱动器电压箝位至低于 13V, 以防止 MOSFET 栅极过压。由于集成电路控制开关导通上升时间的压摆率, 因此可能不需要通过外部电阻 R_G R_s 来降低开关噪声。

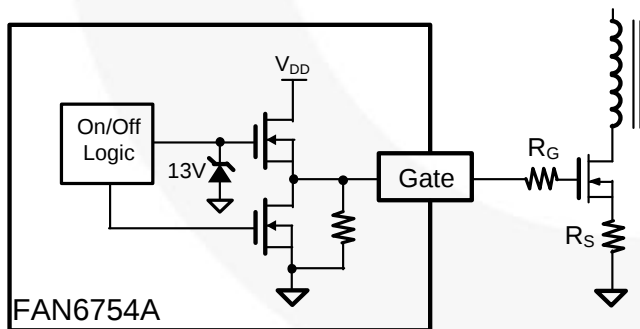


图 12. 栅极驱动器

HV 引脚的高/低线路补偿

传统逐脉冲限流方案的限流比较器具有恒定的阈值, 因此高压线路的功率限值也更高。FAN6754A 的限流阈值随线路电压升高而下降, 这使实际功率限制电平在通用输入范围内的不同电路电压下几乎保持恒定, 如图 13 所示。在 FAN6754A 中, 可通过 HV 引脚的峰值电压调节峰值限流阈值。图 14 中详细介绍的内部

电路提供了线路电压信息的示例。1.62k Ω 的内部电阻与 HV 引脚连接, 通过形成具有电阻 R_{HV} 和内部电阻的分压器来降低线路电压。

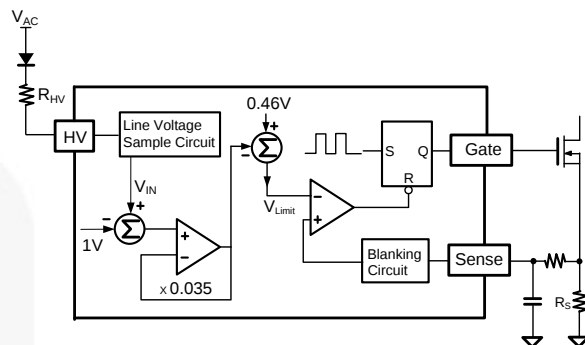


图 13. 恒定输出功率限制的通用线路电压补偿

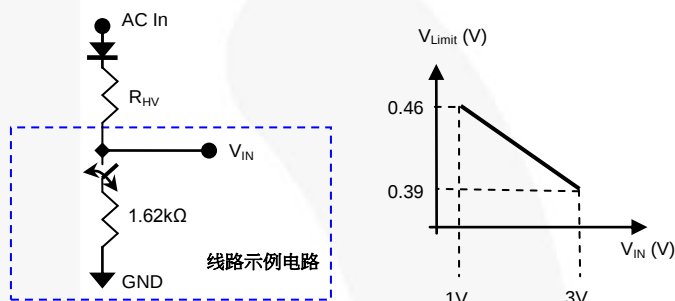


图 14. HV 示例电路以及 V_{Limit} 电平与 V_{IN}

HV 引脚的欠压保护

如图 15 所示, HV 引脚使用电阻 (R_{HV})、二极管 (D1) 和内部线路电压示例电路来监控 AC 线路电压。图 16 显示了电路在 HV 引脚使用 AC 线路输入 (V_{HV}) 的半波时的欠压保护行为。 V_{HV} 大于掉电检测电压阈值 (V_{AC-ON}), 且 V_{DD} 高于 V_{DD-AC} 时, PWM 将立即开始工作, 无去抖动时间。同时, V_{HV} 低于检测电压阈值 (V_{AC-OFF}) 且时长超过去抖动时间时, PWM 将停止工作。

V_{AC-ON} 和 V_{AC-OFF} 通过以下等式计算得出:

$$V_{AC-ON}(RMS) = (0.9 \times \frac{R_{HV} + 1.6}{1.6}) / \sqrt{2} \quad (1)$$

$$V_{AC-OFF}(RMS) = (0.81 \times \frac{R_{HV} + 1.6}{1.6}) / \sqrt{2} \text{ or where } R_{HV} \text{ is in k}\Omega. \quad (2)$$

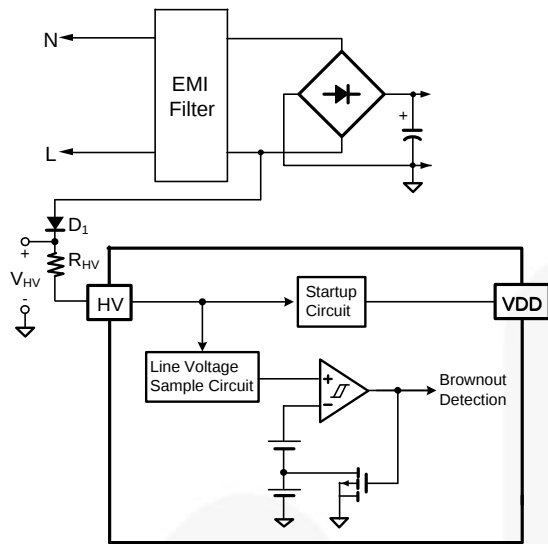


图 15. 欠压电路

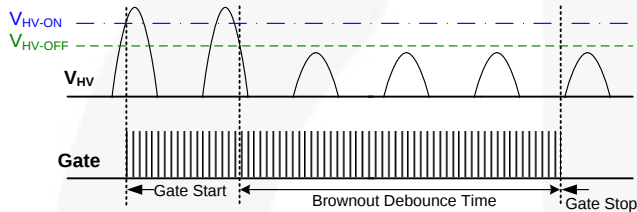


图 16. 欠压保护行为

过载/开环保护 (OLP)

输出过载时，漏电流将达到其逐脉冲限流电平，从而限制输入功率。然后，输出电压下降，光电二极管无电流流过，致使反馈电压上升至超过 OLP 保护阈值 (4.6V)。反馈环路开路且无电流流过光电二极管时也会出现类似的反应。

如果反馈电压高于 4.6V 的时长超过 OLP 延迟时间，便会触发 OLP 保护，如图 17 所示。

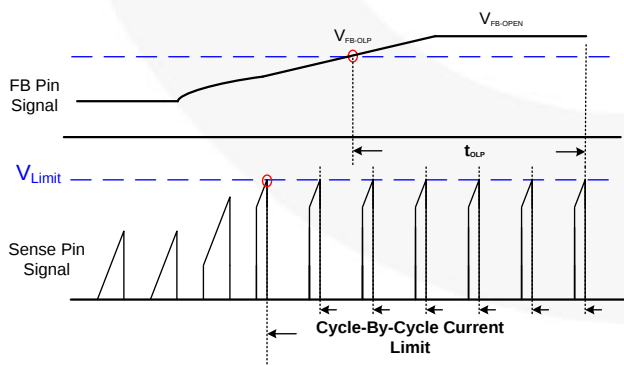


图 17. OLP 行为

V_{DD} 过压保护 (V_{DD_OVP})

V_{DD} 过压保护可防止 V_{DD} 引脚因过压而受损。发生反馈环路开路故障时，V_{DD} 电压会上升。一旦 V_{DD} 电压超过 25V (V_{DD_OVP}) 并持续 165μs 以上，电源就会锁定，直至 V_{DD} 放电至低于 V_{DD-LH}。

感测引脚短路保护 (SSCP)

此保护功能用于限功率电源 (LPS) 安全测试。进行此测试时，需要将 R_{SENSE} 短接接地，从而提高输出功率。如果额定输出电源设置为 19V，则会在输出功率提高到 100W 时触发此保护。

图 18 显示了此检测方法。R_{SENSE} 短接接地时，FAN6754A 会在栅极开启时检测 SENSE 引脚的电压。去抖动周期后，栅极关闭且 V_{DD} 进入“打嗝”模式。

以下情况全部发生时，将触发感测电阻短路保护：

- 栅极处于“高”状态；而且
- 栅极的开启时间 $t_{ON-SSCP}$ 超过 4.4μs 且 $V_{SENSE} < 50mV$ ；而且
- 在 120μs 的去抖动时间内，如果满足以上所有脉冲条件并复位了 SSCP 计数器。

鉴于固定栅极的开启检查，高电平线路和低电平线路之间的电感峰值电流会有所不同。FAN6754A 设置了所有输入电压范围的 V_{SENSE} 检测电平。

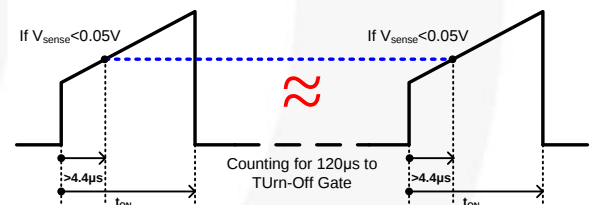


图 18. SSCP 检测方法

为了防止在正常模式 (R_{SENSE} 未短接接地)，尤其是在 AC 线路输入电压和轻载条件下错误触发保护，变压器电感不应过高。

下面提供了一个设计示例；

- (1) 如果 R_{HV} 为 200kΩ，假设高负载条件下的纹波为 15V，则欠压应为 80V_{AC}。
- (2) R_{SENSE} 为 0.15Ω，容差为 ±5%。
- (3) 按照数据表， $t_{ON-SSCP}$ 的最小规格为 4μs。
- (4) 按照数据表， t_{SSCP-L} 的最大规格为 70μs。

变压器的最大初级电感应该为:

$$L_{\max} = \frac{(V_{\text{Brownout_min}}) \times t_{\text{ON-SSCP(min)}} \times R_{\text{SENSE(min)}}}{V_{\text{SSCP-L(max)}}} = \frac{(80\text{V} \times \sqrt{2} - 15\text{V}) \times 4\mu\text{s} \times 0.1425\Omega}{70\text{mV}} = 799\mu\text{H} \quad (3)$$

通常, 变压器的制造容差为 $\pm 10\%$, 系统设计人员应该考虑此容差; 在本例中, 不允许最大值超过 $799\mu\text{H}$ 。

在 FAN6754A 中, 有两种情况会触发系统应用程序中的 SSCP, 如下所示。

- (1) 在低电平线路和重载条件下断电。
如果在低输入电压线路处于重载的情况下断电, 则 FAN6754A 将触发 SSCP 功能, 如图 19 和图 20 所示。(SSCP 功能是重启行为。)

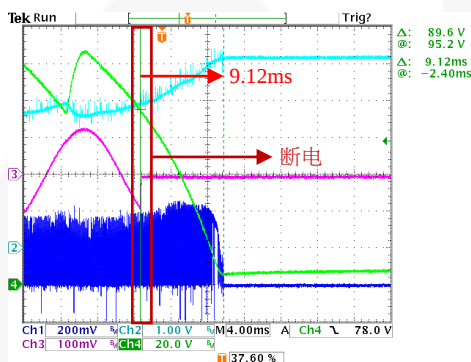


图 19. 90V_{AC} 重载时断电
(缩小 - 沟道 1: 感测沟道 2: FB Ch3: AC Ch4: 降压)

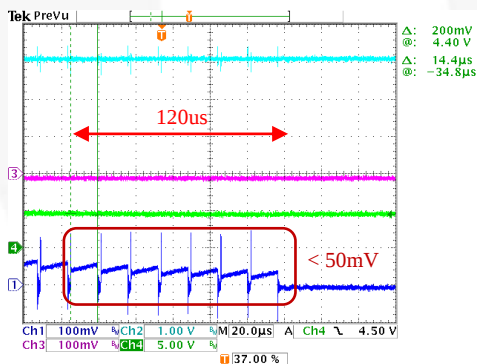


图 20. 90V_{AC} 重载时断电 (放大 - 沟道 1: 感测沟道 2: FB Ch3: AC Ch4: 降压)

- (2) 在 AC DIP 期间, AC DIP 周期持续 30ms ($1\frac{1}{2}$ 周期) 100% 降低时。

如果降压缓慢下降, 电感的电流斜率变平 (如等式 4 所示), 此条件将触发 SSCP 功能。即使 AC DIP 已释放, 栅极也会停止上升, 且 V_{DD} 将再次重启。

$$\frac{V_{\text{Bulk}}}{L_p} = \frac{di_L}{dt} \quad (4)$$

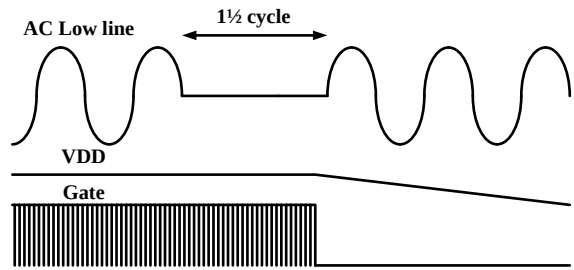


图 21. $1\frac{1}{2}$ AC 周期 DIP 测试

热保护

恒流源 I_{RT} ($100\mu\text{A}$) 连接至 RT 引脚进行过温保护, (参考图 22。) NTC 热敏电阻 R_{NTC} 与电阻 R_A 串联, 通常用于连接 RT 引脚和 GND 引脚。 V_{RT} 低于 1.035V (V_{RTH1}) 且高于 0.7V 时, PWM 会在去抖动时间 $t_{D-OTP-1}$ 结束后禁用。如果 V_{RT} 低于 0.7V (V_{RTH2}), 则 PWM 将在极短的去抖动时间 ($t_{D-OTP-2}$) 后锁定。此功能用于外部保护。

如果未使用热保护设计, 请使用小电容 (建议使用约 0.47nF 的电容) 连接 RT 引脚和 GND 引脚, 以防噪音干扰。 RT 电容不得超过 1nF , 否则将会在启动过程中触发热保护。如果 RT 引脚未连接至 NTC 电阻以实施过温保护, 请添加串联 $100\text{k}\Omega$ 电阻以接地, 从而防止噪音干扰。此引脚受内部箝位电路限制。

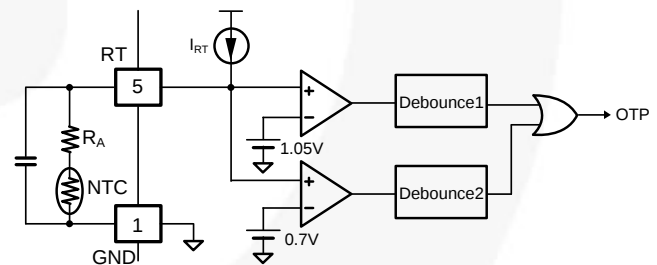


图 22. 热保护电路

实验室说明

返工或焊接/拆焊电源时, 应利用外部泄放电阻为初级端的降压电容放电。否则, PWM IC 可能会在焊接/拆焊过程中因外部高压而受损。

此器件可感测静电放电。为了提高产量, 应依据 ANSI ESD S1.1、ESD S1.4、ESD S7.1、ESD STM 12.1 以及 EOS/ESD S6.1 标准, 对生产线采取静电放电防护。

印刷电路板 (PCB) 布局

高频开关电流/电压的存在使印刷线路板 (PCB) 布局成为一件非常重要的设计任务。良好的 PCB 布局可以最大限度地抑制过多 EMI，在浪涌/静电放电测试过程中有利于提升开关电源的抗扰能力。

指南：

- 为了获得更好的 EMI 性能并降低电源频率纹波，整流器桥输出（如图 23 所示）应该首先连接到电容 C1，然后连接到开关电路。
- 高频电流环路为 C1 - 变压器 - MOSFET - R_s - C1。该电流环路包围的面积应尽可能的小。保持走线（尤其是 4→1）尽可能的短、直、宽。与 MOSFET 漏极和 RCD 缓冲器相关的高压走线应远离控制电路，以防止不必要的干扰。如果散热片用于 MOSFET，则将此散热片连接到地线。
- 如 3 所示，控制电路的地线应该先连接在一起，然后连接至其他电路。
- 如 2 所示，由变压器辅助绕组、D1、C2、D2 和 C3 包围的面积应尽可能的小。为获得良好的去耦效果，应将 C3 靠近 FAN6754A 放置。

提供利弊有所不同的两个接地建议：

- GND3→2→4→1：这有助于避免常见的感测信号阻抗干扰。
- GND3→2→1→4：若电源不可接地，则该路径可提供更好的静电放电测试性能。对于静电放电路径，电荷首先自次级端通过变压器杂散电容到达 GND2。然后，电荷从 GND2 到达 GND1，再返回市电电源处。控制电路不应放置在放电路径上。针对共模扼流圈进行尖端放电可降低高频阻抗，增加静电放电抗扰度。
- 如果需要一个 Y 电容连接初级端和次级端，有两种可行方法。一种方法是将其连接至 C1 的正极。另一种方法是将其连接至初级 GND，也就是 C1 的负极 (GND1)。Y 电容的尖端放电也有利于抑制静电放电，但两尖端之间的爬电距离应足够大，能满足适用标准。

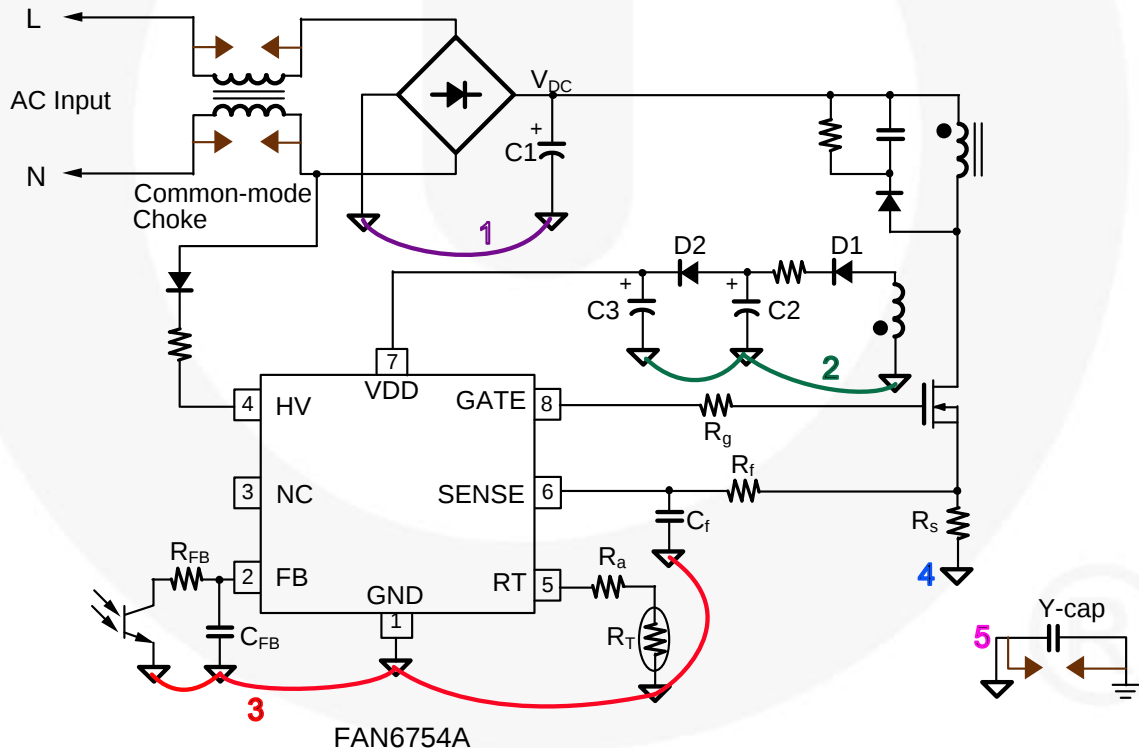


图 23. 布局思路

相关数据表

[FAN6754A — 高度集成的绿色模式 PWM 控制器（通过 HV 引脚进行欠压和恒定功率限制）](#)

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