

Analog Engineer's Circuit

比较器电路限流



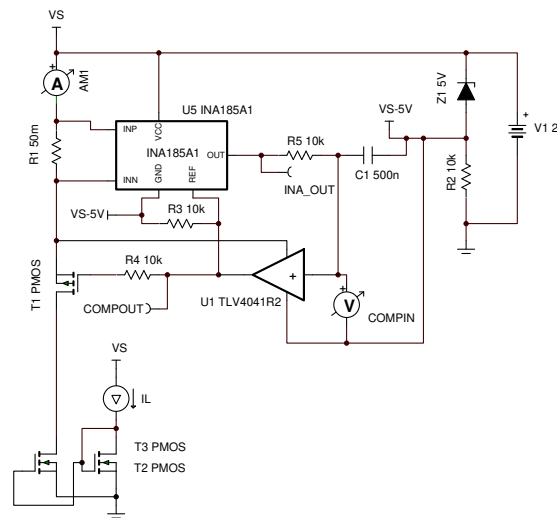
Chuck Sins

设计目标

负载电流 (I_L)	系统电源 (V_S)	电流检测放大器	比较器输出状态	
过流 (I_{OC})	典型值	增益	过流	正常运行
200mA	24V	20V/V	$V_{OH} = V_S$	$V_{OL} = V_S - 5V$

设计说明

这款高侧电流检测解决方案采用一个电流检测放大器、一个带有集成基准的比较器和一个 P 沟道 MOSFET 来构建过流锁存电路。当检测到大于 200mA 的负载电流时，电路将断开系统与其电源的连接。由于比较器驱动 P 沟道 MOSFET 的栅极并将信号反馈回电流检测放大器的基准引脚，因此比较器输出将进行锁存（将 P 沟道 MOSFET 的栅源电压保持在 0V），直到电路循环供电。



设计说明

1. 选择具有外部基准引脚的精密电流检测放大器 (INA)，以便调节其输出电压。
2. 选择具有轨到轨输入的比较器，使其输出在电流检测放大器的整个工作电压范围内均有效。
3. 选择具有推挽输出级（可驱动 MOSFET 栅极）和集成基准的比较器，以便优化电路精度。
4. 创建一个可为 INA 和比较器供电的浮动 5V 电源。

设计步骤

1. 选择 R_1 的值，使 V_{SHUNT} 至少比电流检测放大器输入失调电压 (V_{OS}) 大 100 倍。请注意，如果使 R_6 非常大，则会提高 OC 检测精度，但会降低电源余量和功率耗散。

$$V_{SHUNT} = (I_{OC} \times R_1) \geq 100 \times V_{OS}$$

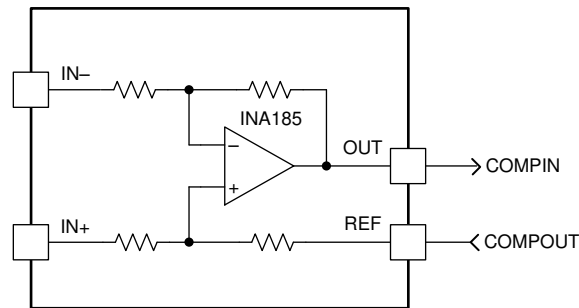
$$\text{Set } R_1 \geq \frac{100 \times V_{OS}}{I_{OC}} = 50\text{m}\Omega \text{ for } I_{OC} = 200\text{mA} \ \& \ V_{OS} = 100\mu\text{V}$$

2. 根据比较器的开关阈值确定 INA 所需的增益 (A_V) 选项。当负载电流 (I_L) 达到过流阈值 (I_{OC}) 时，INA 输出必须超过比较器的开关阈值 (V_{TH})。

$$V_{TH} = (I_{OC} \times R_1) \times A_V = 0.2\text{V}$$

$$\text{Set } A_V = \frac{V_{TH}}{I_{OC} \times R_1} = \frac{0.2}{0.2 \times 0.05} = 20\text{V/V} \text{ for } R_1 = 50\text{m}\Omega$$

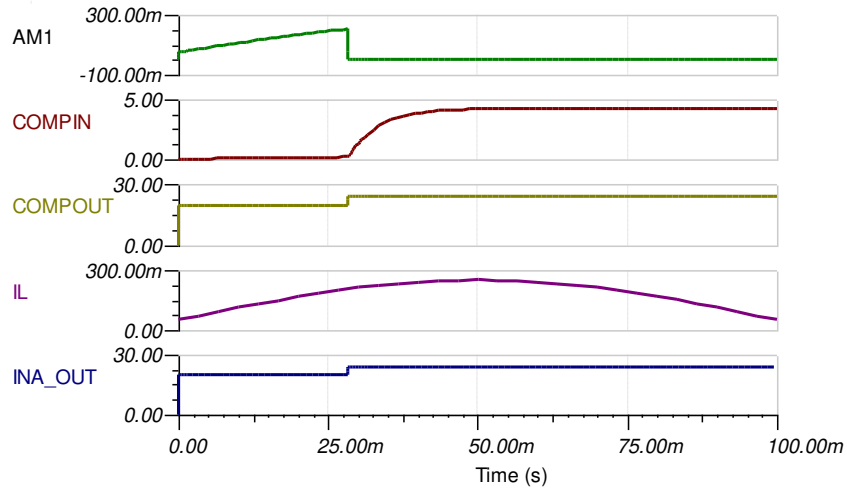
3. 由于许多 INA 和比较器具有 5V 的工作电压范围，因此需要从系统电源 V_S 中获得 5V 的电源电压。此外，5V 电源需要浮动到 V_S 以下，以便比较器输出能够在出现过流情况时将 P 沟道 MOSFET 的源极-栅极电压驱动至 0V，在负载电流小于 I_{OC} 时将其驱动至 5V。该电路所用的方法是使用带有 10k Ω 偏置电阻器 (R_2) 的 5V 齐纳二极管。只要保持适当的偏置电流通过器件，也可以使用并联稳压器等其他选项。
4. 在 INA 输出和比较器输入之间添加一个低通滤波器来衰减任何高频电流尖峰。与错误地断开系统与电源电压的连接相比，延迟触发过流锁存更为重要。低通滤波器由 R_5 和 C_1 导出。由于比较器的开关阈值为 0.2V，因此延迟小于 1 个时间常数 ($R_5 \times C_1 = 5\text{ms}$)。
5. 在比较器输出和 P 沟道 MOSFET 的栅极之间插入一个限流电阻器 R_4 。当比较器输出需要为 MOSFET 栅源电容充电时，将 R_4 设置为 10k Ω 可降低电源上的电流尖峰，以此作为延长充电时间的折衷方案。插入 R_4 的目的还在于保护比较器输出不受电源线上可能出现的任何电源瞬态的影响。
6. 比较器的输出直接连接到 INA 的 REF 引脚，以便对 INA 的输出电压进行偏移。当 $I_L < I_{OC}$ 时，比较器输出为低电平（等于 $V_S - 5\text{V}$ ）且不会向 INA 添加失调电压。但是当 $I_L > I_{OC}$ 时，比较器输出变为高电平（等于 V_S ）并向 INA 添加 5V 失调电压。此失调电压会导致 INA 输出在等于 V_S 的电平处饱和。由于 V_S 的 INA 输出电平高于比较器的 V_{TH} ，因此比较器输出将保持高电平。这种情况称为锁存输出状态，因为电路将保持该状态，直到电路循环供电。



7. 在 INA 基准引脚 (REF) 和 GND ($V_S - 5\text{V}$) 之间添加 R_3 ，以确保在 5V 电源斜升至比较器最低工作电压时有正确的接地路径。
8. 如果不采用锁存特性，可以将比较器输出与电流检测放大器基准引脚断开，并可用短路代替 R_3 。在该配置中，电路将用作 200mA 限流器。

设计仿真

瞬态仿真结果



设计参考资料

德州仪器 (TI), [SBVM944 仿真文件](#), 电路软件

设计特色比较器

TLV4041R2	
V_S	1.6V 至 5.5V
V_{inCM}	轨到轨
V_{OUT}	推挽
集成基准	200mV \pm 3mV
I_Q	2 μ A
t_{PD}	360ns
TLV4041R2	

设计特色电流检测放大器

INA185	
V_S	2.7V 至 5.5V
V_{inCM}	-0.2V 至 26V
增益选项	20V/V、50V/V、100V/V、200V/V
增益误差	0.2%
V_{OS}	100 μ V (A1), 25 μ V (A2、A3 和 A4)
I_Q	200 μ A
INA185	

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司