

本应用笔记主要阐述了为何 TEC 系统设计需要考虑输出限压和输出限流，以及 SLM8834 如何在应用电路中设定 TEC 最大电压和最大电流输出，同时介绍了 SLM8834 输出限压和输出限流电路的工作原理。

内容目录

SLM8834 工作原理.....	2
为何 TEC 系统需要电压和电流限值.....	2
使用电阻分压器设置 TEC 电压限值.....	2
使用电阻分压器设置 TEC 电流限值.....	4
试验结果.....	6
总结.....	7
参考资料.....	8

SLM8834 工作原理

SLM8834是一款集成控制环路的TEC控制器，可设置和稳定TEC温度。包括一个线性功率模块，一个PWM开关功率模块和两个零漂移，轨对轨的运算放大器。SLM8834控制一个内部功率H桥，从而通过TEC馈送的电流方向可以是正的（用于冷却模式），以将热量从连接到TEC的物体中抽走，也可以是负的（用于加热模式），以将热量抽入连接到TEC的物体中。温度信息用附着在TEC上的热传感器测量，并将感测到的温度信息（电压）反馈到SLM8834，以完成TEC的闭环热控回路。为了获得最佳的整体稳定性，需将热传感器尽量靠近TEC耦合以获得精确的温度反馈。在大多数激光模块应用中，TEC和NTC热敏电阻已经安装在同一封装中以调节激光二极管温度。

SLM8834的温度控制回路是利用内置的零漂移斩波放大器通过PID补偿来稳定。内部产生的2.50 V参考电压可提供1%的精准参考电压。

为何 TEC 系统需要电压和电流限值

为了稳定TEC工作温度，输出到TEC的电压和电流会根据控制器的输出而进行实时调整，当温控系统启动时，环境温度和目标控制温度差距较大，TEC的电压和电流也会较大，此时需要控制器限制TEC的电压和电流工作在TEC允许的最大范围内，以保护TEC避免损坏。甚至在某些环路不匹配条件下，过大的电压和电流输出会在系统启动过程中造成震荡问题。

另外，如果TEC的设定最大电压和电流过小，会导致温度调整过程过长，不能满足系统调温的实时性需求。

因此，选择合适的TEC电压限值和电流限值在设计整个TEC控制器过程中是必需考虑的。无论是在加热或者制冷模式下，都需要设定合适的TEC电压和电流限值。下面介绍SLM8834如何通过设定TEC的电压和电流限值。

使用电阻分压器设置 TEC 电压限值

TEC两端的最大电压和流过TEC的电流通过VLIM/SD和ILIM引脚设置。最大冷却和加热电流可以独立设置，以允许不对称的加热和冷却限制。

使用同一个电阻分压器可以实现分别设置加热和制冷的电压限值。当SLM8834在加热方向驱动TEC时，加热开关导通，连接到VLIM/SD的内部电流源工作并开始汲取电流，从而降低VLIM/SD处的电压。当TEC在冷却方向上被驱动时，内部开关关断，电流吸收器不起作用。因此，TEC加热电压极限总是低于制冷电压极限。

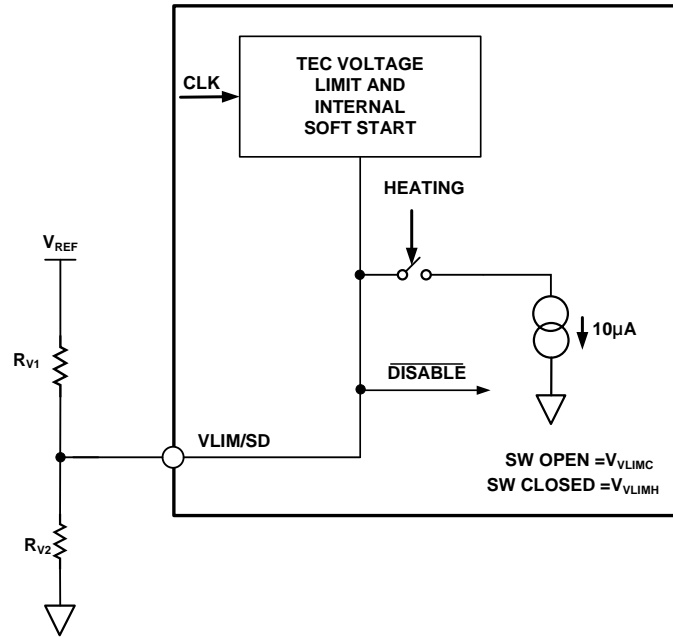


图 1. 使用电阻分压器设置TEC电压限值

使用以下公式计算制冷和加热限值：

$$V_{VLIM_COOLING} = V_{REF} \times R_{V2} / (R_{V1} + R_{V2})$$

其中 $V_{REF} = 2.5\text{ V}$ 。

$$V_{VLIM_HEATING} = V_{VLIM_COOLING} - I_{SINK_VLIM} \times R_{V1} // R_{V2}$$

其中 $I_{SINK_VLIM} = 10\ \mu\text{A}$ 。

$$V_{TEC_MAX_COOLING} = V_{VLIM_COOLING} \times A_{VLIM}$$

其中 $A_{VLIM} = 2\ \text{V/V}$ 。

$$V_{TEC_MAX_HEATING} = V_{VLIM_HEATING} \times A_{VLIM}$$

另外，VTEC管脚的电压为：

$$V_{VTEC} = 1.25\text{V} + 0.25 \times V_{TEC}$$

其中 V_{TEC} 为TEC两端电压，即 $V_{LDR} - V_{SFB}$

下列表格为不同的电阻分压分别得到各个 V_{TEC} ， V_{VTEC} ， V_{VLIM} 的值。

表格 1 设置最大 TEC 电压值

R_{V2} (K Ω)	R_{V1} (K Ω)	$V_{VLIM_COOLING}$ (V)	$V_{TEC_MAX_COOLING}$ (V)	$V_{VTEC_COOLING}$ (V)	$V_{VLIM_HEATING}$ (V)	$V_{TEC_MAX_HEATING}$ (V)	$V_{VTEC_HEATING}$ (V)
10	0.68	2.341	4.682	2.420	2.334	4.669	0.083
10	2.1	2.066	4.132	2.283	2.049	4.098	0.226
10	6.7	1.497	2.994	1.999	1.457	2.914	0.522

10	10	1.250	2.500	1.875	1.200	2.400	0.650
10	15	1.000	2.000	1.750	0.940	1.880	0.780
10	30	0.625	1.250	1.563	0.550	1.100	0.975
10	56	0.379	0.758	1.439	0.294	0.588	1.103

V_{VLIM_COOLING}为制冷状态下VLIM管脚的设定电压值。

V_{TEC_MAX_COOLING}为制冷状态下设定TEC两端电压最大值。

V_{VTEC_COOLING}为制冷状态下发生限压时VTEC管脚的电压值。

V_{VLIM_HEATING}为制热状态下VLIM管脚的设定电压值。

V_{TEC_MAX_HEATING}为制热状态下设定的TEC两端电压最大值。

V_{VTEC_HEATING}为制热状态下发生限压时VTEC管脚的电压值。

使用电阻分压器设置 TEC 电流限值

通过在ILIM引脚上施加电压分压来设置制冷和加热方向上的单独最大TEC电流限值。当SLM8834沿冷却方向驱动TEC时，连接到ILIM的内部电流吸收器电路汲取40 μA电流，从而允许高冷却电流。使用以下公式计算最大TEC电流：

$$V_{ILIM_HEATING} = V_{REF} \times R_{C2} / (R_{C1} + R_{C2})$$

其中 $V_{REF} = 2.5 \text{ V}$ 。

$$V_{ILIM_COOLING} = V_{ILIM_HEATING} + I_{SINK_ILIM} \times R_{C1} // R_{C2}$$

其中 $I_{SINK_ILIM} = 40 \mu\text{A}$ 。

$$I_{TEC_MAX_COOLING} = \frac{V_{ILIM_COOLING} - 1.25 \text{ V}}{R_{CS}}$$

其中 $R_{CS} = 0.525 \text{ V/A}$ 。

$$I_{TEC_MAX_HEATING} = \frac{1.25 \text{ V} - V_{ILIM_HEATING}}{R_{CS}}$$

$V_{ILIM_HEATING}$ 不得超过1.2 V并且 $V_{ILIM_COOLING}$ 必须超过1.3 V，以便在加热和制冷模式之间留出适当的裕度。

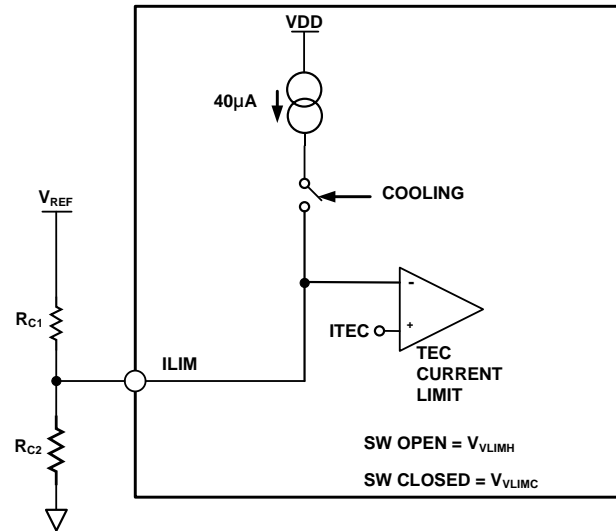


图 2. 使用电阻分压器设置TEC电流限值

表格 2. 设置最大 TEC 电流值

R_{C1} (K Ω)	R_{C2} (K Ω)	$V_{ILIM_COOLING}$ (V)	$I_{TEC_MAX_COOLING}$ (A)	$V_{ITEC_COOLING}$ (V)	$V_{ILIM_HEATING}$ (V)	$I_{TEC_MAX_HEATING}$ (A)	$V_{ITEC_HEATING}$ (V)
256	51	2.116	1.65	2.116	0.415	-1.59	0.415
150	45	1.962	1.36	1.962	0.577	-1.28	0.577
107	39	1.811	1.07	1.811	0.668	-1.11	0.668
63	31	1.656	0.77	1.656	0.824	-0.81	0.824
42	24	1.520	0.51	1.520	0.909	-0.65	0.909
25	18	1.465	0.41	1.465	1.047	-0.39	1.047

$V_{ILIM_COOLING}$ 为制冷状态下 ILIM 管脚的设定电压值。

$I_{TEC_MAX_COOLING}$ 为制冷状态下 TEC 最大电流设定值。

$V_{ITEC_COOLING}$ 为制冷状态下发生限流时 ITEC 管脚电压值。

$V_{ILIM_HEATING}$ 为制热状态下 ILIM 管脚的设定电压值。

$I_{TEC_MAX_HEATING}$ 为制热状态下 TEC 最大电流设定值。

$V_{ITEC_HEATING}$ 为制热状态下发生限流时 ITEC 管脚电压值。

试验结果

试验一：设置 TEC 电压限值， $R_{V1}=0.68\text{kohm}$ ， $R_{V2}=10\text{kohm}$ ， $R_{V1}/R_{V2}=0.64\text{kohm}$

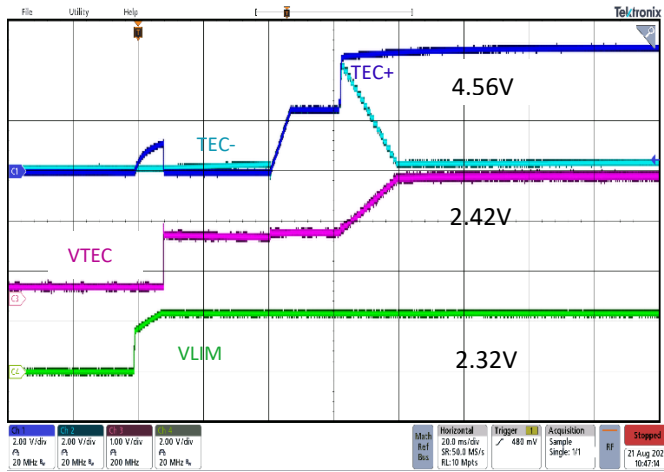


图 3. 制冷模式下的 TEC 电压限值

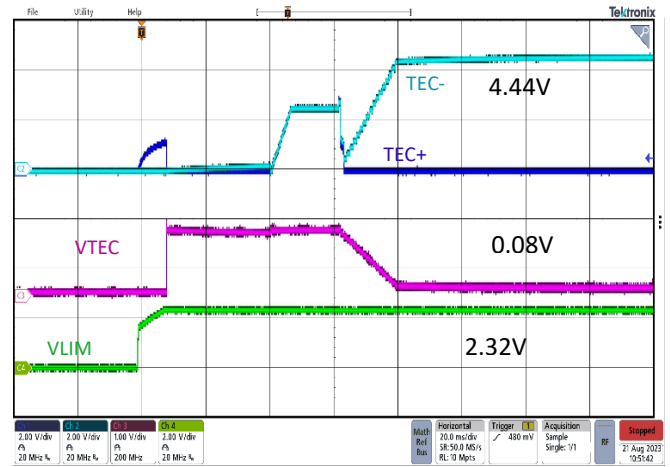


图 4. 制热模式下的 TEC 电压限值

试验结果表明，在制冷模式下，测得 VLIM 管脚电压为 2.32V，VTEC 管脚电压为 2.42V，TEC 两端电压为 4.56V。在制热模式下，测得 VLIM 管脚电压为 2.32V，VTEC 管脚电压为 0.08V，TEC 两端电压为 4.44V。

试验二：设置 TEC 电压限值， $R_{V1}=56\text{kohm}$ ， $R_{V2}=10\text{kohm}$ ， $R_{V1}/R_{V2}=8.48\text{kohm}$

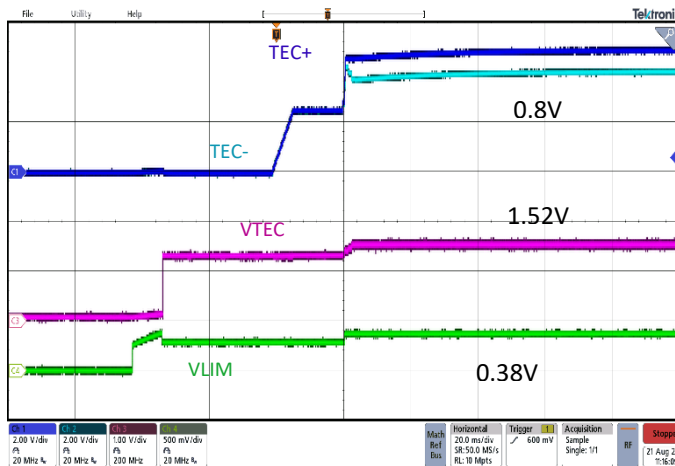


图 5. 制冷模式下的 TEC 电压限值

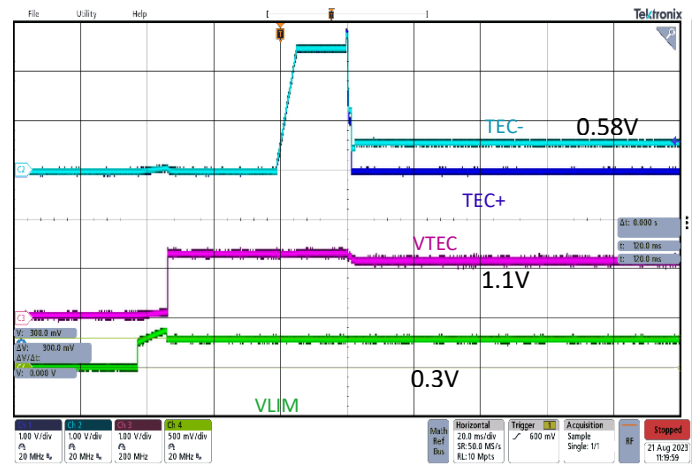


图 6. 制热模式下的 TEC 电压限值

试验结果表明，在制冷模式下，测得 VLIM 管脚电压为 0.38V，VTEC 管脚电压为 1.52V，TEC 两端电压为 0.8V。在制热模式下，测得 VLIM 管脚电压为 0.3V，VTEC 管脚电压为 1.12V，TEC 两端电压为 0.58V。

试验三：设置 TEC 电流限值， $R_{C1}=255\text{kohm}$ ， $R_{C2}=51\text{kohm}$ ， $R_{C1} // R_{C2}=42.53\text{kohm}$

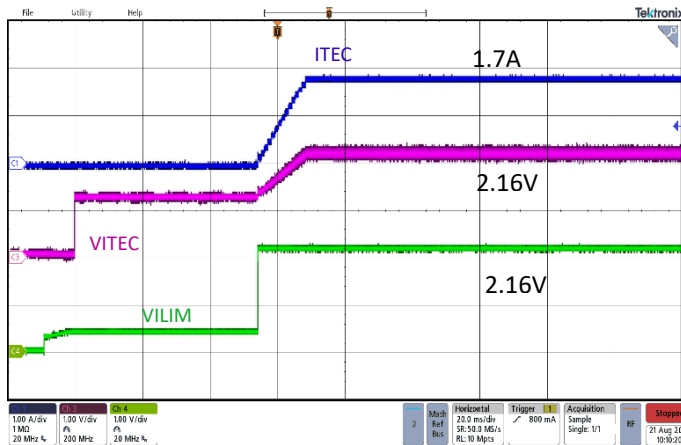


图 7. 制冷模式下的 TEC 电流限值

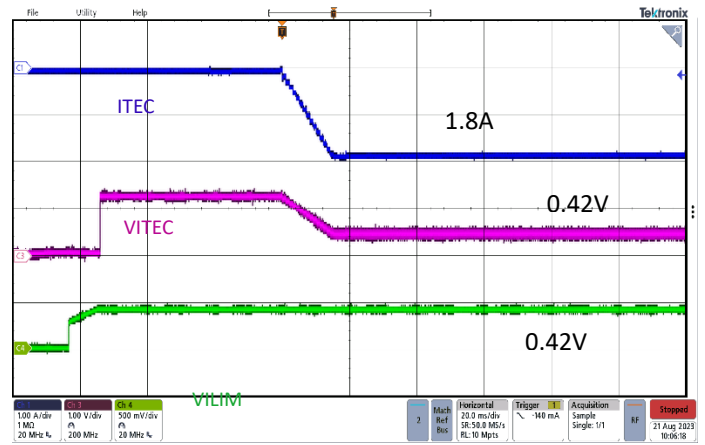


图 8. 制热模式下的 TEC 电流限值

试验结果表明，在制冷模式下，测得 ILIM 管脚电压为 2.16V，ITEC 管脚电压为 2.16V，TEC 限流为 1.7A。

在制热模式下，测得 ILIM 管脚电压为 0.42V，ITEC 管脚电压为 0.42V，TEC 限流为 1.8A。

试验四：设置 TEC 电流限值， $R_{C1}=25.5\text{kohm}$ ， $R_{C2}=18\text{kohm}$ ， $R_{C1} // R_{C2}=10.55\text{kohm}$

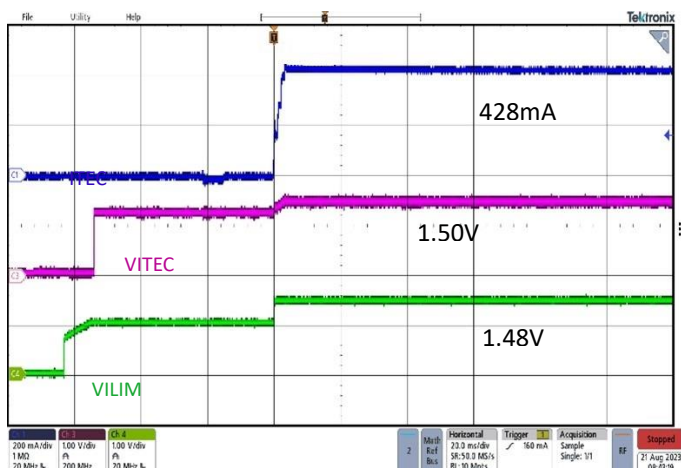


图 9. 制冷模式下的 TEC 电流限值

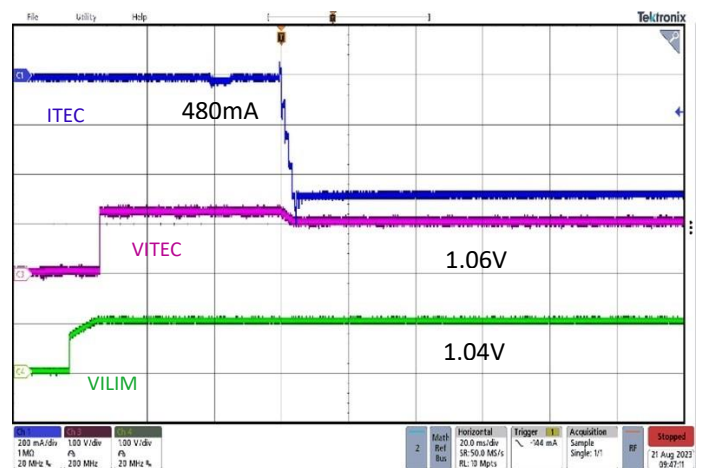


图 10. 制热模式下的 TEC 电流限值

试验结果表明，在制冷模式下，测得 ILIM 管脚电压为 1.48V，ITEC 管脚电压为 1.50V，TEC 限流为 428mA。

在制热模式下，测得 ILIM 管脚电压为 1.04V，ITEC 管脚电压为 1.06V，TEC 限流为 480mA。

另外，TEC 电流越大引起的损耗越大，实验测试值与设定值的偏差会稍大一些；TEC 电流相对较小时，实验测试值与设定值基本一致。

总结

SLM8834 通过 VLIM 和 ILIM 的分压电阻可以分别设定 TEC 的电压和电流最大限值，同时也能分别设定加热和制冷模式下不同的限值。通过设定 TEC 的电压限值和电流限值，可以实现保护 TEC 器件，避免由于过高功率的损坏，另一方面，合适的电压限值和电流限值也能更好的匹配 TEC 在启动过程中保持良好的动态特性。

参考资料

1. SLM8834 数据手册