



图 1. TEC18V10AAIT 的俯视图

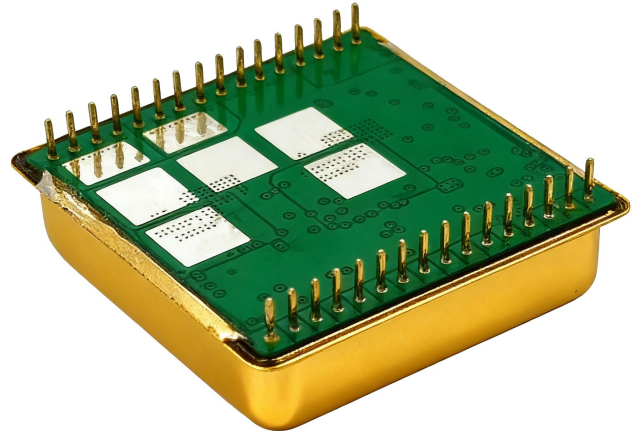


图 2. TEC18V10AAIT 的底部视图

### 特点

- 全球首款TEC控制器模块
- 电源电压：5.5V~18V
- 最大驱动电流：±10A@VPS=5.5V~18V
- 轨到轨输出电压：0~ ±VPS
- 革命性自动PID：内置智能算法，自动实时补偿热负载，实现“无振荡”稳定控制，彻底免除繁琐的手动调节。
- 超高效率：> 90%，显著降低功耗和发热，简化热管理设计。 @ VPS = 18V & VTEC = 9V & ITEC = 10A
- 极致温度稳定性：< ±0.001° C，满足最苛刻的激光和光学应用要求。
- 底部配备导热垫，以实现更佳的散热效果
- 可编程输出电流和电压限制
- PWM 平滑连续输出电流
- 支持多种温度传感器：热敏电阻、RTD 和温度传感器 IC
- 高可靠性与零电磁干扰
- 低噪声与低EMI：采用同步开关技术等措施，有效最小化电磁干扰，确保系统纯净信号。
- 紧凑功率密度：36x36x8.2mm超小封装，无需外部散热片可输出高达10A电流，极大节省PCB空间。
- 100%无铅（Pb）且符合RoHS标准

### 应用

控制大功率TEC模块，以高效率实现高温稳定性。

### 描述

热电冷却器（TEC）是一种固态器件。一种能够对热负载进行冷却或加热的半导体器件。通过调节流经热电冷却器（TEC）的电流大小和极性，该器件既能从负载中吸收热量（制冷），也能向负载释放热量（制热）。我们的TEC控制器通过向TEC提供精确调节的电流来完成这一任务，从而确保对目标热负载实现稳定、精准且响应迅速的温度控制。

TEC18V10AAIT控制器专为管理TEC的运行而设计，可将目标物体的温度精确地维持在设定值附近的某一范围内。这种高水平的温度控制是通过调节供给TEC的电流方向和大小来实现的。该控制器采用5.5V至18V的直流输入电压，无需额外散热器即可提供高达10A的电流。图1展示了TEC18V10A控制器。

这款控制器使用起来非常简便。图3是使用该TEC控制器的简化原理图。它由一个电源、一个温度设定电位器、TEC组件、若干无源元件（若采用外部补偿网络则需添加）、以及控制器本身组成。图4展示了使用控制器的操作。

### 与数字外设的接口

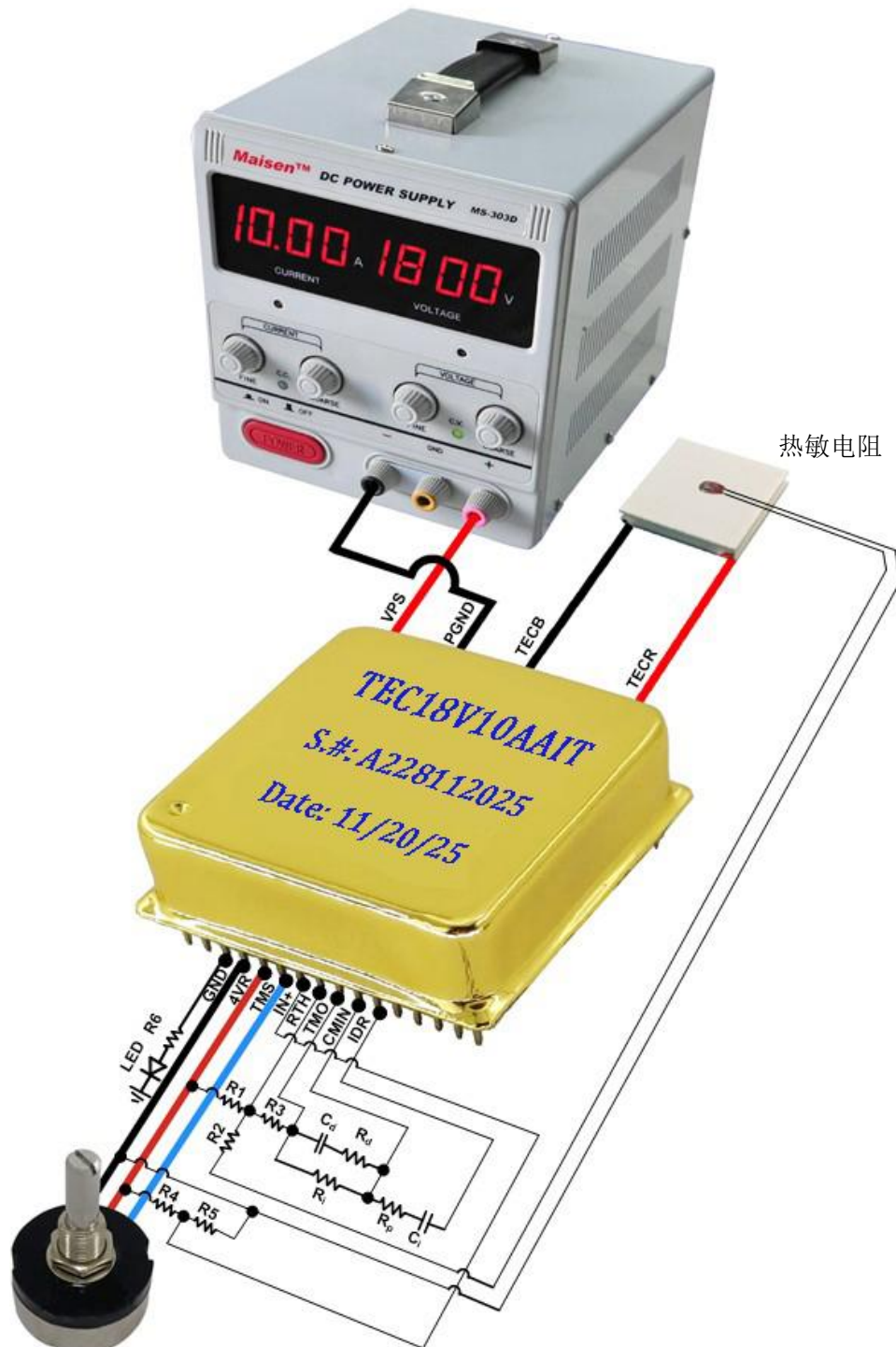


图 3. 用于TEC18V10AAIT TEC控制器的3D原理图绘制

### 操作步骤

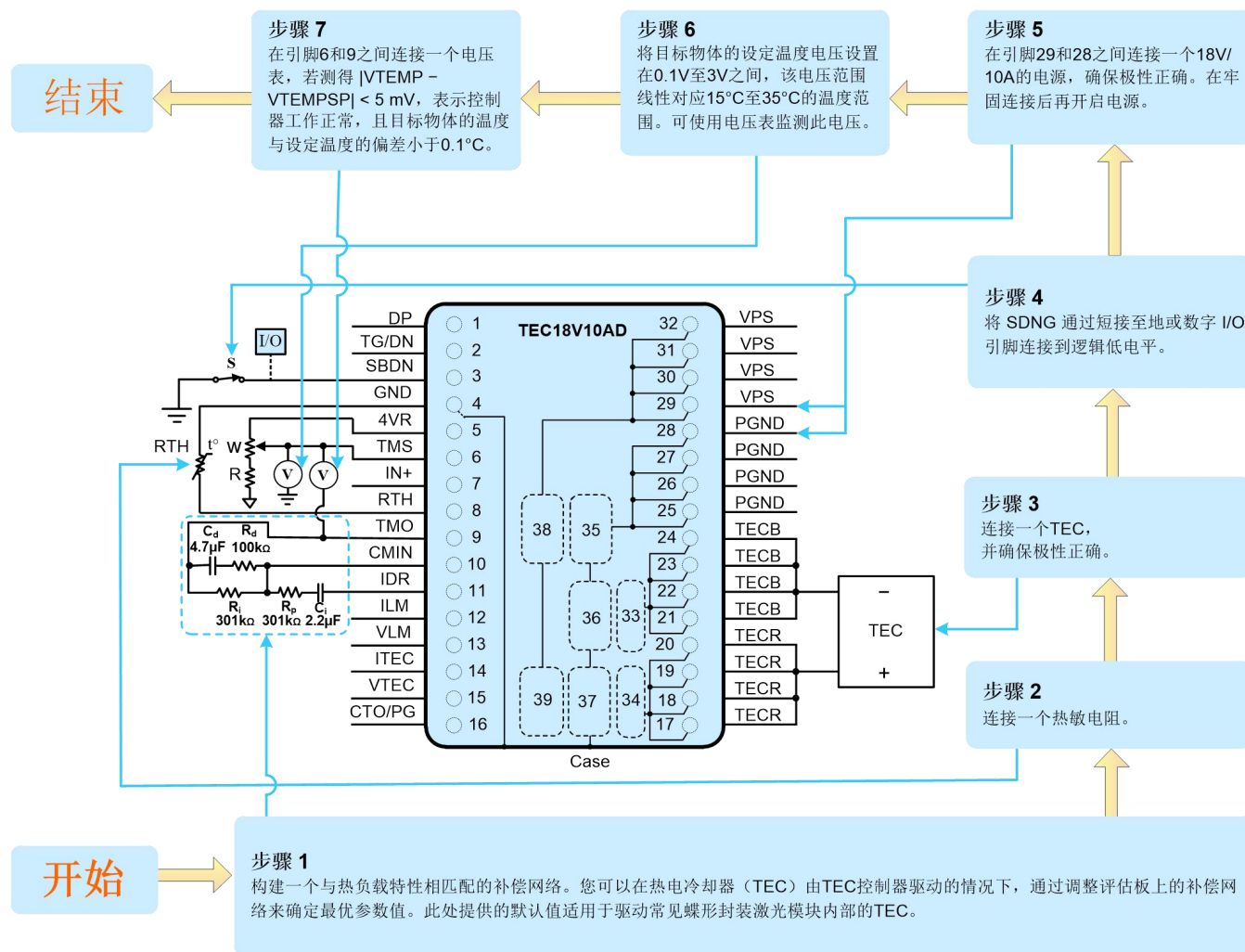


图 4. 操作步骤

### 框图

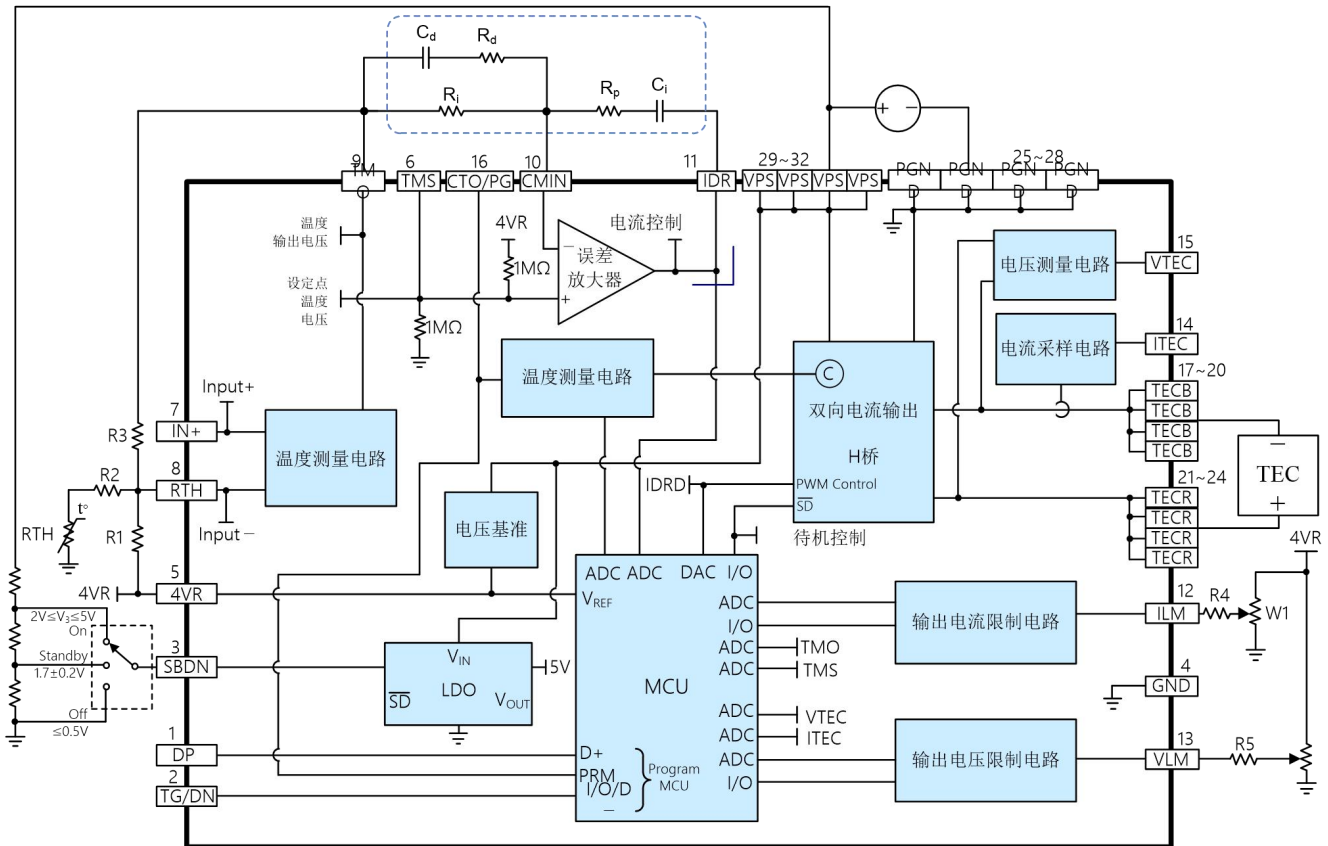


图 5. 框图

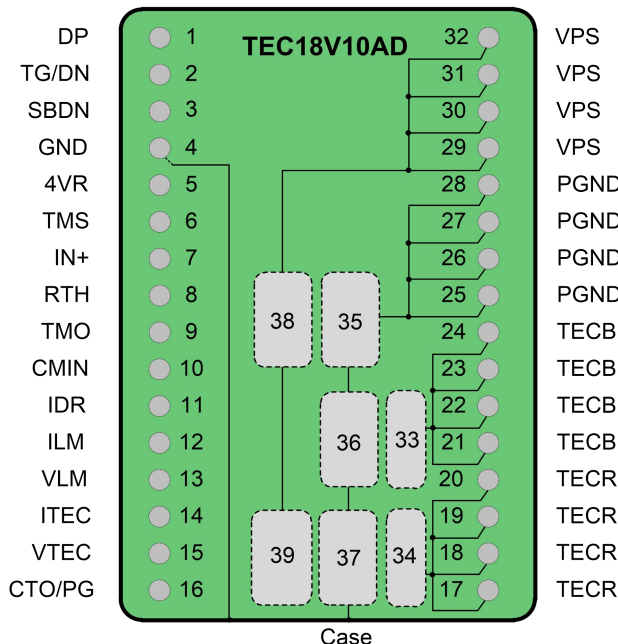


图 6. 引脚名称和位置

图6展示了该控制器的引脚名称，图5为其功能框图。该控制器的核心部分由三个控制环路组成：温度

环路、电流环路和电压环路。在未达到或触发任何限值之前，TEC（热电冷却器）由温度环路控制，此时目标物体的实际温度会跟随一个预设的或随时间变化的设定点温度值。TEC控制器TEC18V10AAIT允许分别设置目标物体的设定点温度、制冷和加热时的最大输出电流与最大输出电压。这三个设定值分别作为三个控制环路（恒温、恒流、恒压）的输入参数。在未触及输出电压或输出电流限值前，系统由温度环路主导控制。一旦达到电压或电流限值，控制器将切换为向TEC输出恒定电压或恒定电流，并覆盖恒温控制环路。除了用户预设的限值外，最大输出电压幅值还受限于电源电压，而最大允许输出电流幅值为10A。

该控制器可支持三种常用的温度传感器，用于检测目标物体的温度：热敏电阻（thermistor）、电阻温度检测器（RTD）或温度传感器IC。其中，热敏电阻因其高灵敏度、体积小和成本低而最为常用。使用热敏电阻时，设定点温度范围由三个外部电阻构成的温度分压网络决定。

该TEC控制器的一项高级功能是内置了一个由微处理器实现的智能自动PID控制器，能够实时感知并



自动补偿热负载特性，无需外部元件构建补偿网络，也无需针对负载繁琐地精细调节该网络。带自动PID功能的TEC控制器DIP封装型号为：TEC18V10AAITAPID。

保守型用户仍可选择使用传统的模拟补偿网络。与以往相同，该方式需要一次性预先调整补偿网络以匹配热负载，但能提供可靠且高精度的控制。对于热负载固定的应用场景，传统模拟补偿可能是一个不错的选择；而对于热负载多变或存在多种类型热负载的应用，则更适合采用自动PID控制。

图6为该控制器的顶视图，展示了各引脚的名称和位置。器件共有32个引脚，引脚间距为2mm。左侧所有引脚均为控制输入或状态指示输出信号；右侧所有引脚均为电源输入或输出。

引脚功能的详细说明见表2。

在热敏电阻输入端，设有一个热敏电阻线性化电路，使温度输出电压与热敏电阻的实际温度之间具有更好的线性比例关系。此外，还包含一个电压反相电路，用于将温度输出电压转换为与温度呈正相关的信号（因为热敏电阻具有负温度系数）。这两个电路共同构成了温度测量电路，参见图4。

设定点温度电压与代表实际温度的电压被送入一个误差放大器。在控制环路中插入了一个补偿网络，用以抑制因热负载引起的相位延迟所导致的控制器振荡。因此，该补偿网络必须与所驱动的特定热负载相匹配。为简化调节过程，本TEC控制器的评估板提供了一个可调补偿网络。关于如何结合热负载对补偿网络进行调节的详细指导，请参阅该评估板的应用说明文档。

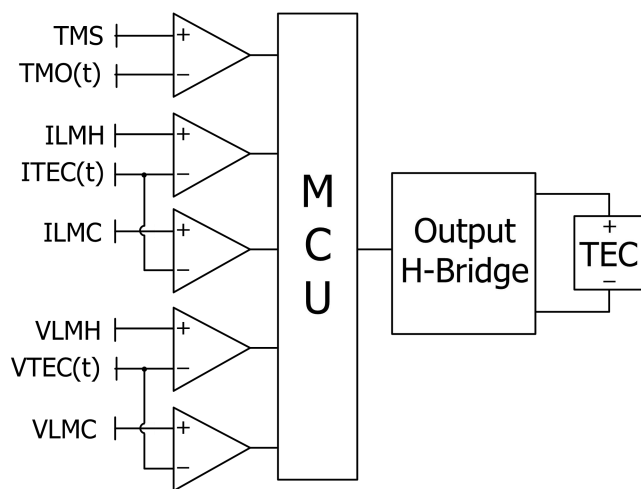


图 7. TEC18V10A的按键控制回路

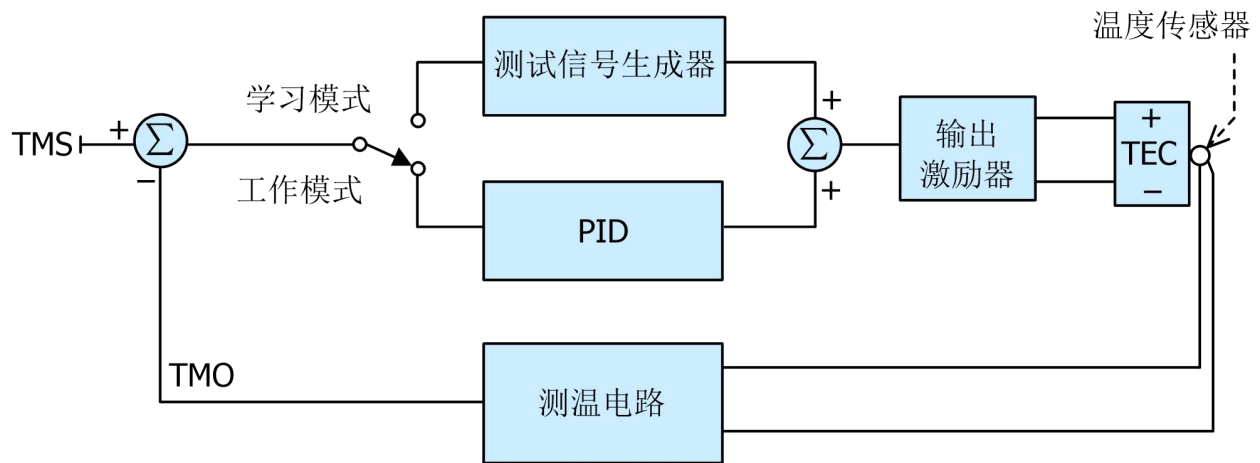


图 8. 自动PID框图

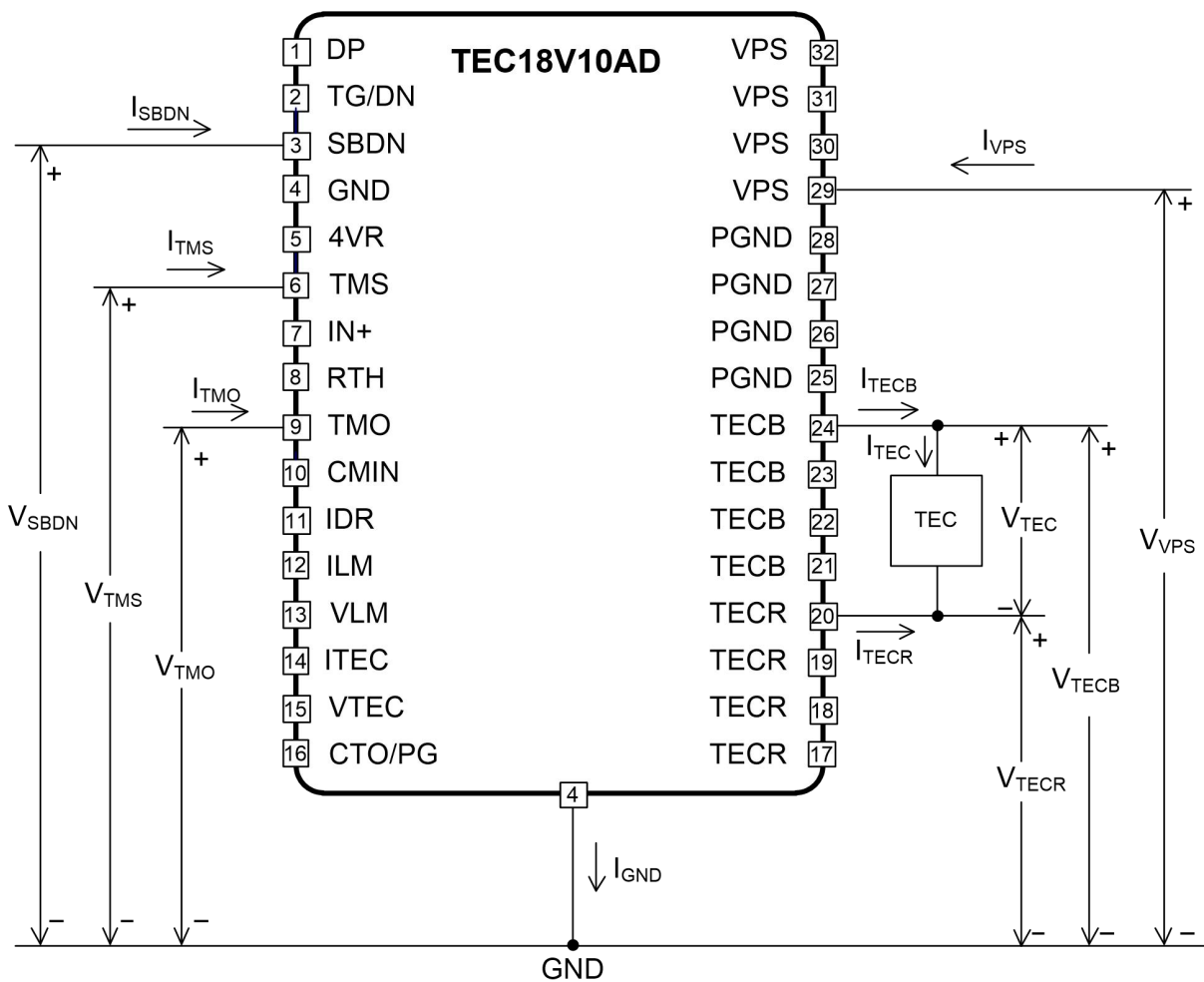


图 9. 参数变量约定



## 规格参数

表 1. 引脚功能描述。

引脚编号	名称	注释	描述
1	DP	数字量输出	DP是USB接口中用于数据传输的正差分信号线。在数据传输过程中，DP线上的信号与DN线上的信号互为补充，通过差分信号实现高效、可靠的高速数据通信。
2	TG	数字量输出	温度指示良好。逻辑高表示当实际目标物体温度与设定点温度相差在 $\pm 0.001^{\circ}\text{C}$ 范围内时。
	DN	数字量输出	DN是USB接口中用于数据传输的负差分信号线。在数据传输过程中，DN线上的信号与DP线上的信号互为补充，通过差分信号实现可靠的数据通信
3	SBDN	模拟量/数字量输入	它将控制器设置为运行、待机或关机模式。这种SBDN引脚输入阻抗高。详情见第15页。
4	GND	地	信号地。将此引脚连接到adc、dac和信号源的信号地。也可作为模拟输出引脚接地。
5	4VR	模拟量输出	参考电压输出，4.096V。它可以作为电位器或dac设置模拟端口的电压基准，如TMS，ILM，VLM等。它也可以被adc用于感应模拟输出端口：TMO，CTMO，ITEC和VTEC。初始精度为0.1%，温度系数最大 $<50\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 。
6	TMS	模拟量输入	<p>用于设置目标物体设定点温度的模拟输入端口。该引脚内部通过一个<math>1\text{M}\Omega</math>电阻连接至参考电压的一半（即2V），因此当引脚开路时，其电压为2V，对应于使用默认温度网络时的<math>25^{\circ}\text{C}</math>设定点温度（默认设定点温度范围为<math>15^{\circ}\text{C}</math>至<math>35^{\circ}\text{C}</math>）。</p> <p>强烈建议使用控制器自带的4V电压基准来设置该引脚的电压。可通过电位器（POT）或数模转换器（DAC）对该引脚进行配置。当设定点温度需设为<math>25^{\circ}\text{C}</math>时，可将此引脚悬空，但需通过一个<math>1\mu\text{F}</math>电容旁路接地。</p> <p>注意：TMS引脚的绝对最大电压范围为<math>0\text{V} \sim 4\text{V}</math>。建议将电压设置在<math>0.2\text{V} \sim 3.8\text{V}</math>之间，以避免进入饱和区。</p>
7	IN+	模拟量输入	接收外部温度信号（热敏电阻、温度传感器等
8	RTH	模拟量输入	热敏电阻连接端口。连接热敏电阻，热敏电阻安装在目标物体上，用于检测其温度。通过使用默认的内部温度网络，可以使用 $10\text{k}\Omega @ 25^{\circ}\text{C}$ 热敏电阻。其他类型的热敏电阻或温度传感器也可以使用，详细信息请参见应用部分。
9	TMO	模拟量输出	实际目标物体温度指示。从0V到4V。通过使用默认的内部温度网络，当该引脚的电压线性波动0.1V至3.9V时，它代表 $15^{\circ}\text{C}$ 至 $35^{\circ}\text{C}$ ，前提是使用标准 $10\text{k}\Omega$ 热敏电阻作为温度传感器设备
10	CMIN	模拟量输入	热控制回路的补偿输入引脚。



引脚编号	名称	注释	描述
11	IDR	模拟量输入与输出	该电压来自温度误差检测电路，并用作TEC电流回路的输入控制信号。其内部阻抗为10k $\Omega$ ，可以由外部模拟信号过度驱动，该信号能够覆盖10k $\Omega$ 电阻。电压范围为0V ~ 4V，对应（10A ~ +10A）输出电流。将此引脚电压设置为2V将强制输出电流为零。
12	ILM	模拟量输入	这个引脚设置TEC电流限制。最大限制电流为10A。将该引脚的电压从0V设置为4V，对应于将电流幅度限制从0A设置为10A。
13	VLM	模拟量输入	这个引脚设置TEC电压限制。最大限制电压为30V。将该引脚的电压从0V设置为4V，对应于TEC电压幅度限制从0到30V： $VVLM = \frac{ V_{TEC+} - V_{TEC-} _{MAX}}{7.5}$
14	ITEC	模拟量输出	TEC电流指示。ITEC是一个模拟电压输出引脚，其电压与通过TEC的实际电流成正比。ITEC的中心电压为2V，对应通过TEC的电流为零。 $VITEC = \frac{I_{OUT}(A)}{7.5} + 2V$ ，其中IOUT是控制器的实际输出电流，从TEC+端口流出并流入TEC（引脚）。
15	VTEC	模拟量输出	TEC电压指示。VTEC是一个模拟电压输出引脚，其电压与TEC上的实际电压成正比。从0V到4V摆动，表示输出电压从30V到30V，因此中心电压为2V。 $VVTEC = \frac{V_{TEC+} - V_{TEC-}}{15} + 2V$
16	CTMO	模拟量输出	控制器内部温度指示输出。可用于感应控制器的实际温度，避免过热。0V至4V设置内部温度从- 55° C到125° C线性。 <b>对于具有PID功能的控制器：</b> 当有新的负载需要重新识别PID系数时，引脚电压为4V。
17, 18, 19, 20	TECR	模拟功率输出	该引脚用于连接 TEC 模块的正极，所有 4 个引脚都内部连接，以增加电流能力。
21, 22, 23, 24	TECB	模拟功率输出	此引脚用于连接 TEC 模块的负极，4 个引脚均为内接。
25, 26, 27, 28	PGND	电源地	电源接地用于连接电源 0V 返回节点，所有 4 个引脚都内部连接。
29, 30, 31, 32	VPS	电源输入	电源电压正节点。正常工作电压范围5.5V ~ 18V，最大值18V。所有4个引脚都内部连接。





表 2. 电气特性。

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
温度达标指示: TMGD pin, pin 2						
电压范围 (开路)	$V_{TMGDOUT}$	开路电压 = 4V	0		4	V
电压范围 (带负载)	$V_{TMGDOUT}$	开路电压 = 4V	0		4	V
最大输出电流	$I_{TMGDSC}$	开路电压 = 4V	1		15	mA
最大输出电压	$V_{TMGDSC}$	开路电压 = 4V	3.7		4	V
最大灌入电流	$I_{TMGDSK}$	开路电压 = 4V	3		20	mA
最大灌入电压	$V_{TMGDSK}$	开路电压 = 4V	0		0.6	V
待机关机控制: SBDN pin, pin 3						
输入电流	$I_{SBDNIN}$	$V_{SBDN} = 0V$	0.1		0.3	$\mu A$
		$V_{SBDN} = 4V$	4.0		6.0	
		$V_{SBDN} = 30V$	30		50	
输入电压范围	$V_{SBDNIN}$	开路电压 = 5V	0		18	V
关机逻辑低电平	$V_{SBDNSDL}$	开路电压 = 5V	0		0.5	V
关机逻辑高电平	$V_{SBDNSDH}$	开路电压 = 5V	0		1.0	V
待机逻辑低电平	$V_{SBDNSBL}$	开路电压 = 5V	1.1		1.4	V
待机逻辑高电平	$V_{SBDNSBH}$	开路电压 = 5V	1.5		1.9	V
运行逻辑低电平	$V_{SBDNOPL}$	开路电压 = 5V	2.0		2.5	V
运行逻辑高电平	$V_{SBDNOPH}$	开路电压 = 5V	2.5		5.0	V
参考电压输出: 4VR pin, pin 5						
输出电压范围	$V_{4VROUT}$	$T_A = 25^\circ C$	4.0925	4.096	4.0995	V
初始误差	$V_E$	$T_A = 25^\circ C$		0.05		%
温度系数	$T_C$	$T_A = -40^\circ C \sim 125^\circ C$		3	8	ppm/ $^\circ C$
最大负载电流	$I_{4VRMAX}$	$T_A = 25^\circ C$	-20		+20	mA
最大负载电容	$C_{4VRMAX}$		0.1		1	$\mu F$
温度设定: TMS pin, pin 6						
输入阻抗 (见图3)	$Z_{TMSIN}$			5		M $\Omega$
输入电压范围	$V_{TMSIN}$		0		4	V
开路电压	$V_{TMSOP}$			2		V
温度信号采集: IN+ pin, pin 7						
输入电压范围	$V_{IN+}$		0		4	V
热敏电阻连接端口: RTH pin, pin 8						
输入电压范围	$V_{RTHIN}$		0		4	V
实际目标物体温度指示: TMO pin, pin 9						
输出电压范围	$V_{TMOOUT}$	$R_{LOAD} = 10k\Omega$ to 2V $-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	0		4	V



参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输出电流	$I_{TMOOUT}$	$V_{SS} = 0V$ $T_A = 25^\circ C$	-12		12	mA
补偿输入: CMIN pin, pin 10						
输入电压范围	$V_{CMIN}$	$R_{LOAD} = 10k\Omega$ to 2V $-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	0		4	V
输入电流	$I_{CMIN}$	$-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$		90	200	pA
Compensation Output: IDR pin, pin 11						
输出电压范围	$V_{IDROUT}$	$R_{LOAD} = 10k\Omega$ to 2V $-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	0		4	V
TEC 电流限制: ILM pin, pin 12						
输入阻抗	$Z_{ILM}$			21		k $\Omega$
输入电压范围	$V_{ILMIN}$		0		4	V
TEC 电压限制: VLM pin, pin 13						
输入阻抗 (见图5)	$Z_{VLM}$			10		k $\Omega$
输入电压范围	$V_{VLMIN}$		0		4	V
TEC 电流指示: ITEC pin, pin 14						
TEC 电压指示: VTEC pin, pin 15						
温度指示控制器: CTMO pin, pin 16						
输出电压范围	$V_{CTMO}$	$T_A = 25^\circ C$	0		4	V
最大负载电流	$I_{CTMOOUT}$	$T_A = 25^\circ C$	-12		12	mA
TECR/TECB pin, pin 17~20/pin 21~24						
最大输出电流	$ I_{MAXTEC+} $ $ I_{MAXTEC-} $	$V_{VPS} = 5.5V \sim 18V$ $T_A = 25^\circ C$	0		15	A
最大输出电压	$ V_{OUTMAX} $	$V_{VPS} = 18V$	0		14.4	V
电源输入: VPS pin, pin 29~32						
输入电压范围	$V_{VPS}$		5.5		18	V
输入电流	$I_{VPS}$	运行模式	0.05		16	A
	$I_{VPSSB}$	待机模式	5		20	mA
	$I_{VPSSD}$	关机模式			50	$\mu A$
温度稳定性						
温度误差电压	$V_{TMO} - V_{TMS}$		-0.47	0.02	0.47	mV
效率	$\eta$	$V_{VPS} = 18V$ $ V_{TEC+} - V_{TEC-}  = 14V$ $ I_{TEC+} - I_{TEC-}  = 10A$		$\geq 92$		%
箱体工作温度范围	$T_{CS}$		-40		110	$^\circ C$

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作环境温度范围	T <sub>A</sub>		-40		65	° C
存储温度范围	T <sub>STG</sub>		-40		125	° C
控制器外壳热阻	R <sub>TH</sub>			9		° C /W

此TEC控制器只能驱动具有 $>1\ \Omega$ 阻抗的TEC，该阻抗等于 $V_{MAX} / I_{MAX}$ 。

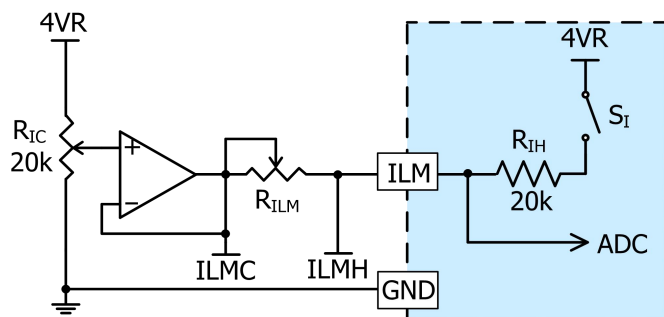


图 9. ILM 输入等效电路

制冷电流限制:

$$I_{LMC} = \frac{ILMC}{4} \times 10(A) = 2.5ILMC$$

加热电流限制:

$$I_{LMH} = \frac{ILMH}{4} \times 10(A) = 2.5ILMH$$

$$ILMH = ILMC + \frac{4 - ILMC}{20k + R_{ILM}} \times R_{ILM}$$

$$\begin{aligned} I_{LMH} &= \left( \frac{ILMC}{4} + \frac{4 - ILMC}{4} \times \frac{R_{ILM}}{20k + R_{ILM}} \right) \times 10(A) \\ &= \left[ \frac{ILMC}{4} \times \left( 1 - \frac{R_{ILM}}{20k + R_{ILM}} \right) + \frac{R_{ILM}}{20k + R_{ILM}} \right] \times 10(A) \end{aligned}$$

$$= \left[ \frac{ILMC}{4} \times \frac{20k}{20k + R_{ILM}} + \frac{R_{ILM}}{20k + R_{ILM}} \right] \times 10(A)$$

$$= \frac{1}{20k + R_{ILM}} \times \left[ \frac{ILMC}{4} \times 20k + R_{ILM} \right] \times 10(A)$$

$$= \frac{5ILMC + R_{ILM}}{20k + R_{ILM}} \times 10(A)$$

$$R_{ILM} = \frac{20I_{LMH} - 50ILMC}{10 - I_{LMH}} = \frac{20I_{LMH} - 20I_{LMC}}{10 - I_{LMH}}$$

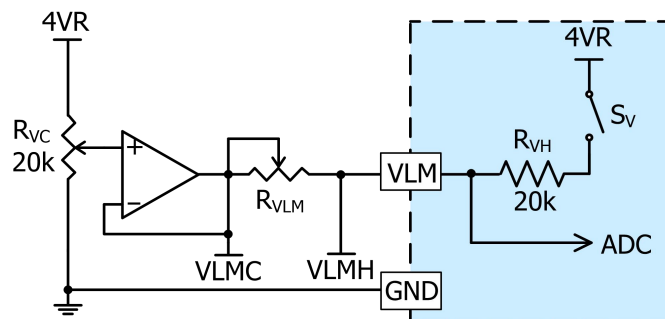


图 10. VLM 输入等效电路

制冷电压限制:

$$I_{VLMC} = \frac{VLMC}{4} \times 10(A) = 2.5VLMC$$

加热电压限制:

$$I_{VLMH} = \frac{VLMH}{4} \times 10(A) = 2.5VLMH$$

$$VLMH = VLMC + \frac{4 - VLMC}{20k + R_{VLM}} \times R_{VLM}$$

$$\begin{aligned} I_{VLMH} &= \left( \frac{VLMC}{4} + \frac{4 - VLMC}{4} \times \frac{R_{VLM}}{20k + R_{VLM}} \right) \times 10(A) \\ &= \left[ \frac{VLMC}{4} \times \left( 1 - \frac{R_{VLM}}{20k + R_{VLM}} \right) + \frac{R_{VLM}}{20k + R_{VLM}} \right] \times 10(A) \end{aligned}$$

$$= \left[ \frac{VLMC}{4} \times \frac{20k}{20k + R_{VLM}} + \frac{R_{VLM}}{20k + R_{VLM}} \right] \times 10(A)$$

$$= \frac{1}{20k + R_{VLM}} \times \left[ \frac{VLMC}{4} \times 20k + R_{VLM} \right] \times 10(A)$$

$$= \frac{5V_{LMC} + R_{VLM}}{20k + R_{VLM}} \times 10(A)$$

$$R_{VLM} = \frac{20I_{VLMH} - 50VLMC}{10 - I_{VLMH}} = \frac{20I_{VLMH} - 20I_{VLMC}}{10 - I_{VLMH}}$$

### 应用

TEC 控制器连接如图11所示。

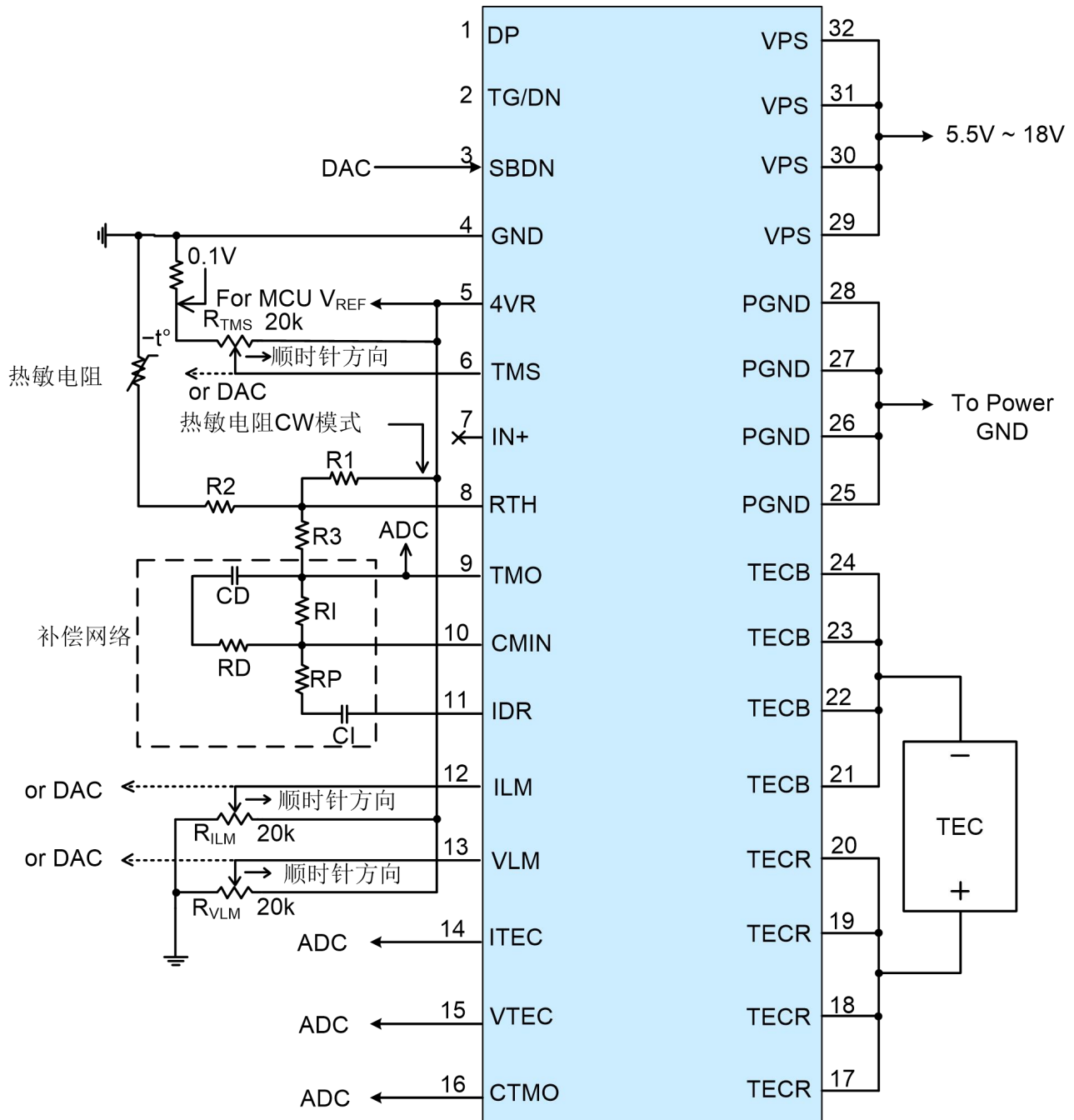


图 11.1. 采用外部模拟补偿网络

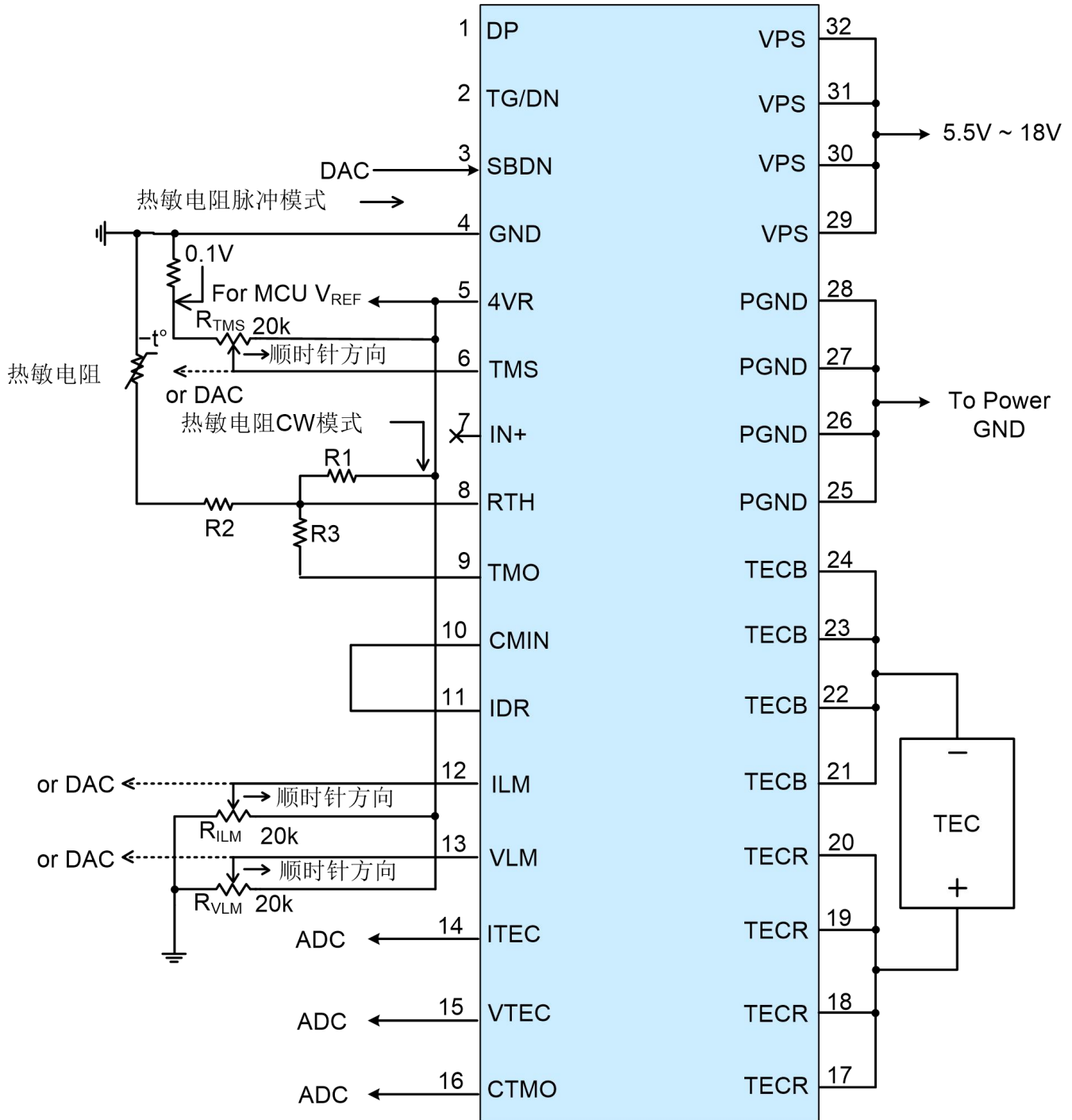


图 11.2. 使用自动 PID



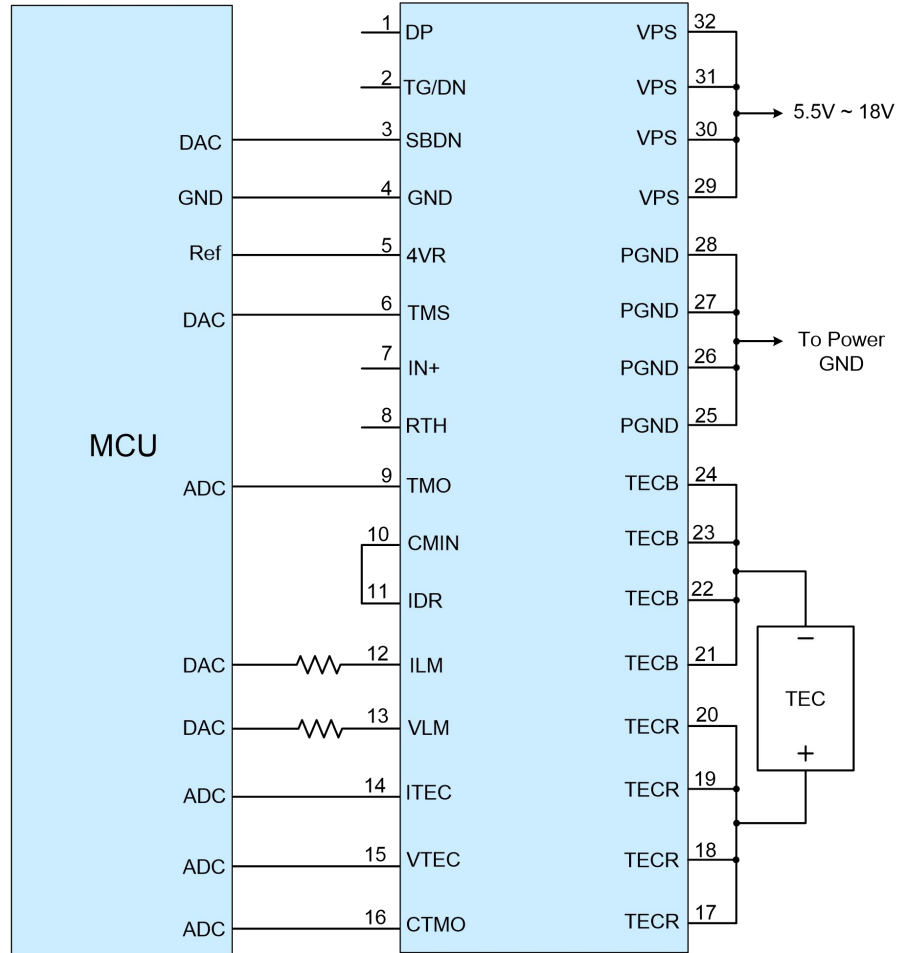


图 11.3. 用单片机实现自动 PID 控制

### SBDN

表 3. 适用于无自动PID功能的控制器 (TEC18V10AAIT )

No.	输入	电压	控制器状态	温度传感器类型和模式
1	SBDN	$\leq 0.5V$	关机	-
2		$1.7V \pm 0.2V$	待机	-
3		$2V \sim 5V$	工作	温度传感器 IC, RTD and RTH

表 4. 适用于带自动PID功能的控制器 (TEC18V10AAITAPID)

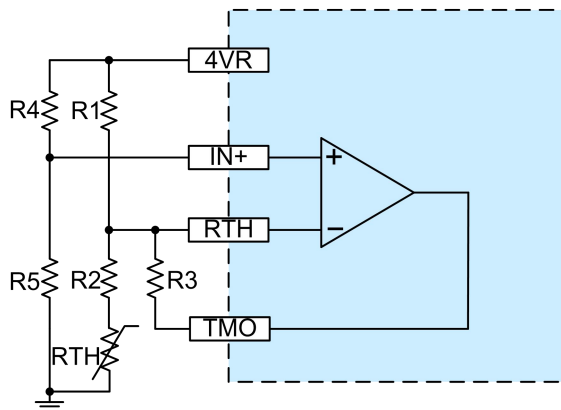
No.	输入	电压	控制器状态	温度传感器类型和模式	PID 型号
1	SBDN	$\leq 0.5V$	关机	-	-
2		$1.3V \pm 0.3V$	待机	-	-
3		$2.5V \pm 0.4V$	工作	温度传感器 IC or RTD	External Analog PID
4		$3.5V \pm 0.4V$		温度传感器 IC or RTD	Auto PID

### 温度传感器的选择及其原理图

常用的温度传感器有三种：热敏电阻、电阻温度器件（RTD）和温度传感器IC（集成电路）。

#### A. 热敏电阻及其温度网络。

TEC18V10AAIT 依赖于外部温度网络设置设定点温度范围。



Note: R4=R5

图 12. 使用热敏电阻的电路原理图

a. 确定设定值温度范围后，查找热敏电阻的 R-T 曲线，得到上限电阻 RU 的值；RM，中间极限阻力；下限电阻 RL。

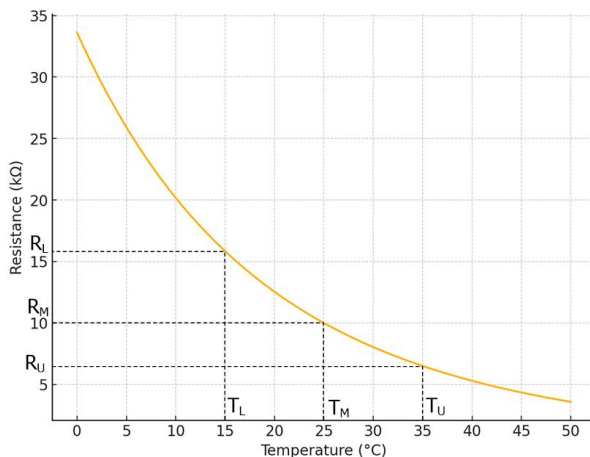


图 13.

b. 用下式计算 R1、R2、R3:

$$R1 = R_M + \frac{R_M \times (R_L + R_H) - 2 \times R_H \times R_L}{R_H + R_L - 2 \times R_M} \quad (1)$$

$$R2 = R1 - R_M \quad (2)$$

$$R3 = \frac{R1 \times (R1 + R_L - R_M)}{R_L - R_M} \quad (3)$$

例如，将高设定点温度设置为 35℃，低设定点温度设置为 15℃，则中设定点温度为 (35 + 15)/2 = 25℃。使用热敏电阻的 R-T 表。

R<sub>H</sub> = 6.9kΩ, R<sub>M</sub> = 10kΩ and R<sub>L</sub> = 14.8kΩ

Note that Equation 1 to Equation 3 result in

R1 = 17.5kΩ, R2 = 7.5kΩ and R3 = 81.3kΩ

R4=R5, 可以是任意值。考虑因素：值越低，噪声越小，但功耗越高。我们建议选择10kΩ。

关于标称电阻。热敏电阻的标称电阻发现在大多数现成的光学元件，如蝴蝶封装的激光模块，是10kΩ。但是，如果您的应用需要最小化由自热效应引起的温度传感误差，则可以选择更高阻值的热敏电阻，例如100kΩ@25℃。

#### B. RTD

RTD，代表电阻温度检测器，是另一种类型的温度传感器。与热敏电阻相比，它具有高精度、高重复性、良好的线性和低漂移的特点，但尺寸更大、成本更高、灵敏度更低——这意味着它很难像热敏电阻那样达到0.001℃的温度稳定性。最显著的区别是，它有一个正的温度系数，而不是在热敏电阻中发现的负温度系数，如图a所示。

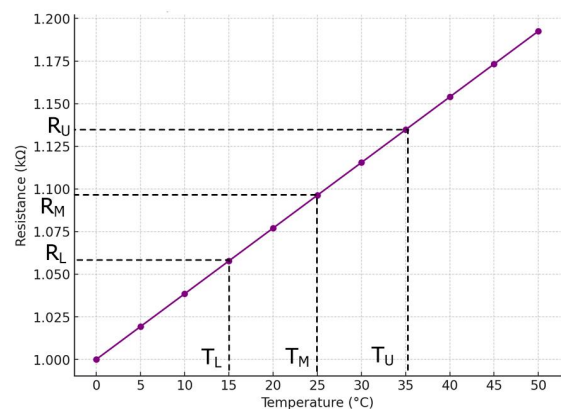


图 14.

有几种方法可以将RTD连接到TEC控制器。

表 5. RTD接口原理图

图	特征	特征列表
15.1	①④	①. VTMO几乎与TRTD成正比
15.2	②④	②. VTMO几乎与TRTD成反比
15.3	③	③. VTMO与TRTD绝对成正比
		④. RTD一端接地

A. 图13.1中的原理图连接到放大器的正输入端，而其另一端接地，如图8所示的应用电路。然而，图8中的原理图有一个主要缺点：它的线性不好，因为RTD上的电压不是恒定的，它随温度变化。为了达到理想的线性度，可以使用图13.2中的原理图。它也有一个缺点：输出电压不是与RTD温度成单比例的。

它通常在电流流过RTD时产生热量，称为自热效应。这是由于RTD的电阻通常较低，如100欧姆，最大可达1000欧姆。在这个低电阻，高电流必须注入到RTD，以产生足够的电压，为放大器感测电阻变化引起的温度。为避免自热效应，建议使用电阻较高的RTD。

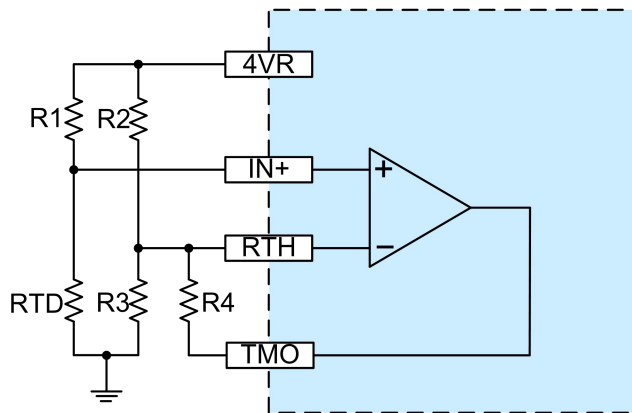


图 15.1. RTD使用原理图

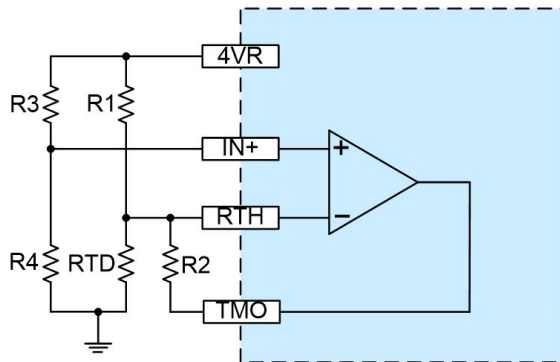


图 15.2.

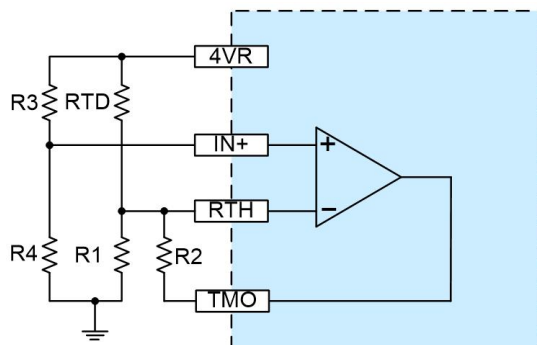


图 15.3.

设计步骤：

a. 在 RTD 的 R-T 曲线上，确定 RU 和 RL，其中 TU 和 TL 分别为温度上限和下限。在 RTD 规格中，其标称电阻额定为 0° C。

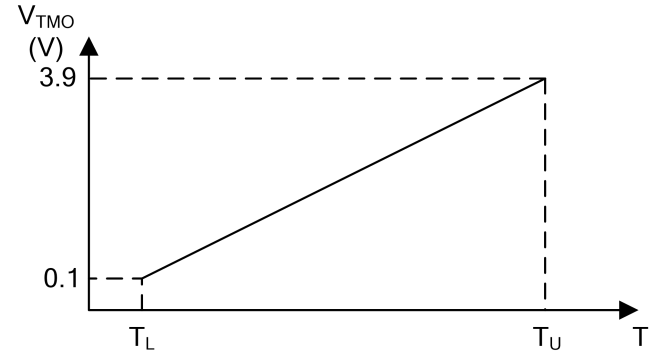


图 16. VTMO与温度的线性关系

$$R_{TD} = R_0 \times (1 + 0.00385T)$$

e. g.  $R_0 = 1k \Omega$

当  $T = 10^\circ C$  时， $R_{TD}(10) = 1.0385k \Omega$

当  $T = 40^\circ C$  时， $R_{TD}(40) = 1.154k \Omega$

选择 R1

A.  $P_{RTD} \leq 1mW$ ,  $R_{TD} = 1000 \Omega$

$$P_{RTD} = (I_{RTD})^2 \times 1000 \Omega = 0.001W$$

$$I_{RTD} = 1mA = \frac{4VR}{R1 + R_{TD}} = \frac{4}{R1 + 1k} \Rightarrow R1 = 3k \Omega$$

B.  $P_{RTD} \leq 1mW$ ,  $R_{TD} = 100 \Omega$

$$P_{RTD} = (I_{RTD})^2 \times 100 \Omega = 0.001W$$

$$I_{RTD} = 3.16mA = \frac{4VR}{R1 + R_{TD}} = \frac{4}{R1 + 0.1k} \Rightarrow R1 = 1.15k \Omega$$

$$V_{TMO} = \frac{4 \times R_{TD}}{R1 + R_{TD}} \times \left[ 1 + \frac{R4 \times (R2 + R3)}{R2 \times R3} \right] - \frac{4 \times R4}{R2}$$

I. 当  $T = 10^\circ C$  时， $R1 = 3k \Omega$ ,  $R_{TD}(T_L) = 1.0385k \Omega$ ,

$$0.93 = \frac{R4 \times (2.97R3 - 1.03R2)}{R2 \times R3}$$

当  $T = 40^\circ C$  时， $R1 = 3k \Omega$ ,  $R_{TD}(T_U) = 1.154k \Omega$ ,

$$2.79 = \frac{R4 \times (1.11R2 - 2.89R3)}{R2 \times R3}$$

II. 当  $T = 10^\circ C$  时， $R1 = 1.15k \Omega$ ,  $R_{TD}(T_L) = 1.0385k \Omega$ ,

$$1.8 = \frac{R4 \times (2.1R3 - 1.9R2)}{R2 \times R3}$$

当  $T = 40^{\circ}\text{C}$  时,  $R_1 = 1.15\text{k}\Omega$ ,  $R_{TD}(T_U) = 1.154\text{k}\Omega$ ,

$$1.9 = \frac{2 \times R_4 \times (R_2 - R_3)}{R_2 \times R_3}$$

要在温度网络中的三个不同设定温度下实现所需的 VTMO 输出, 请使用以下公式:

当  $T = \text{LOW}$  时,  $RTD = RTD_L$ ,  $TMO = 0.1\text{V}$ ,  $V_1 = V_{1L}$

当  $T = \text{HIGH}$  时,  $RTD = RTD_H$ ,  $TMO = 4.0\text{V}$ ,  $V_1 = V_{1H}$

$$\Delta TMO = 4\text{V} - 0.1\text{V} = 3.9\text{V}$$

$$\Delta V_1 = V_{1H} - V_{1L}$$

$$G = \frac{\Delta TMO}{\Delta V_1} = 1 + \frac{R_4 \times (R_2 + R_3)}{R_2 \times R_3}$$

$$RTD = R_0 \times (1 + 0.00385T)$$

e. g.  $R_0 = 1\text{k}\Omega$

$$V_1 = 4.096\text{V} \times \frac{RTD}{R_1 + RTD}$$

$$V_{1L} = 0.5\text{V}$$

$$R_1 = RTD_L \times \frac{4.096\text{V}}{V_{1L}} - RTD_L$$

$$R_2 = R_1, R_3 = RTD_L$$

$$R_4 = (G - 1) \times \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3}$$

例如: 高设定温度设置为  $60^{\circ}\text{C}$ , 低设定温度设置为  $0^{\circ}\text{C}$ 。使用  $RTD = R_0 \times (1 + 0.00385T)$ , (例如  $R_0 = 1\text{k}\Omega$ )。

$$RTD_L = R_{TD}(10^{\circ}\text{C}) = 1.0\text{k}\Omega$$

$$RTD_H = R_{TD}(60^{\circ}\text{C}) = 1.231\text{k}\Omega$$

$$R_1 = 7.192\text{k}\Omega$$

$$R_2 = R_1 = 7.192\text{k}\Omega$$

$$R_3 = RTD_L = 1.0\text{k}\Omega$$

$$R_4 = 32.308\text{k}\Omega$$

3. IC

(1). 正系数

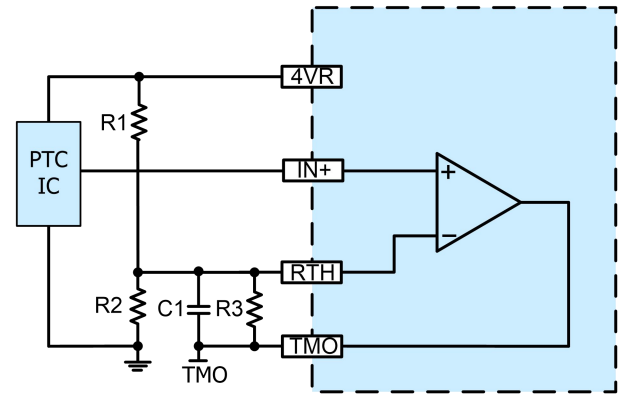


图 17.1. PTC IC 温度传感器

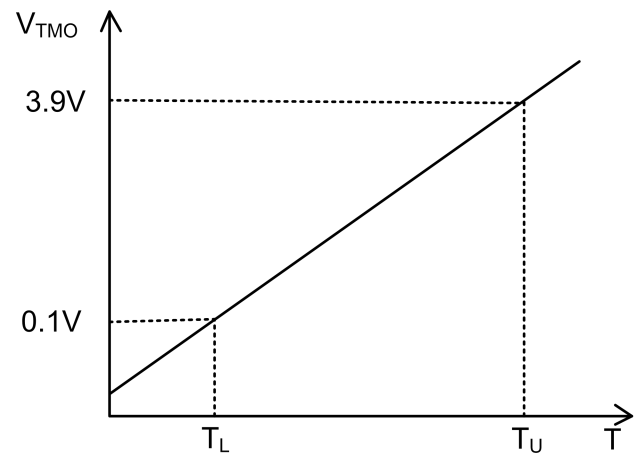


图 17.2. 目标

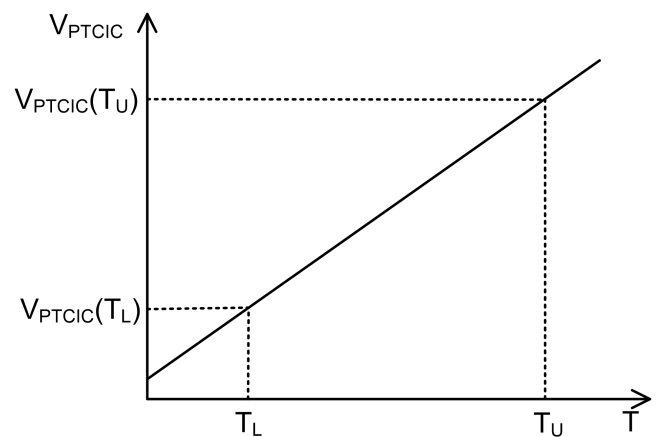


图 17.3. 温度 vs.  $V_{PTCIC}$

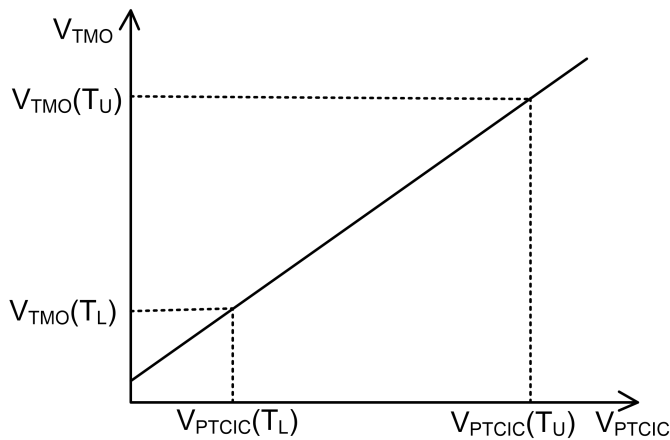


图 17.4.  $V_{PTCIC}$  vs.  $V_{TMO}$

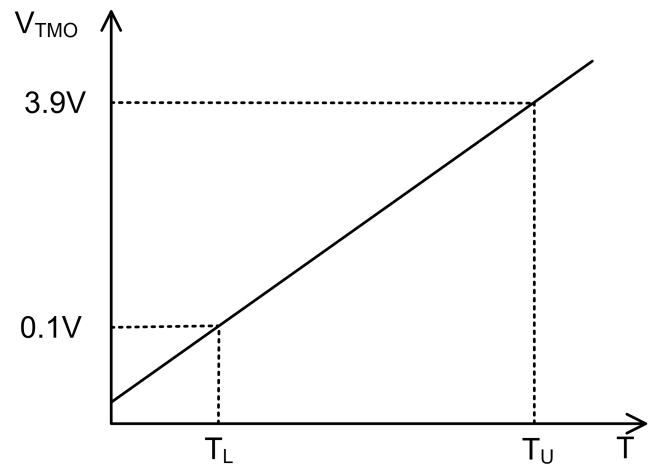


图 18.2. 目标

$$V_{TMO}(T_L) = 0.1V, V_{TMO}(T_U) = 3.9V$$

$$G = \frac{\Delta V_{TMO}}{\Delta V_{PTCIC}} = \frac{V_{TMO}(T_U) - V_{TMO}(T_L)}{V_{PTCIC}(T_U) - V_{PTCIC}(T_L)}$$

$$G = \frac{R3}{R1/R2} + 1$$

$$V_{PTCIC}(T_M) = \frac{V_{PTCIC}(T_U) + V_{PTCIC}(T_L)}{2}$$

$$V_{PTCIC} = V_{PTCIC}(T_M), V_{TMO} = \frac{3.9V + 0.1V}{2} = 2V$$

$$\frac{V_{PTCIC}(T_M)}{R2} = \frac{2V - V_{PTCIC}(T_M)}{R3} + \frac{4V - V_{PTCIC}(T_M)}{R1}$$

$$R3=20k\Omega$$

$$R2 = \frac{R3}{[4V - V_{PTCIC}(T_M)] \times G - 2}$$

$$R1 = \frac{R2 \times R3}{R2 \times (G - 1) - R3}$$

2. 负系数

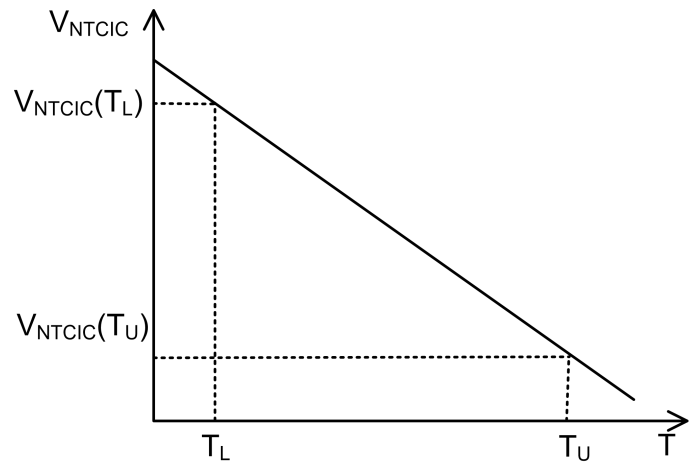


图 18.3. 温度 vs.  $V_{NTIC}$

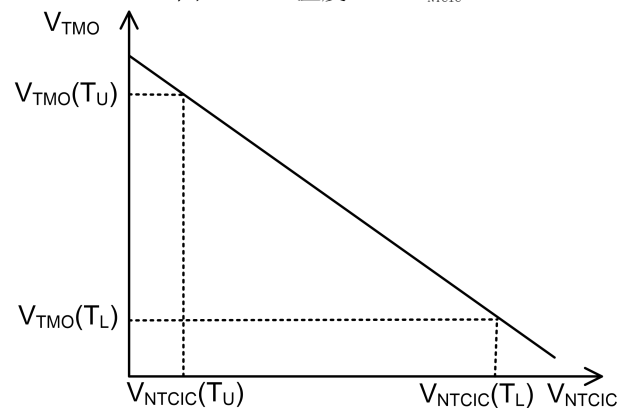


图 18.4.  $V_{PTCIC}$  vs.  $V_{TMO}$

$$V_{TMO}(T_L) = 0.1V, V_{TMO}(T_U) = 3.9V$$

$$G = \frac{\Delta V_{TMO}}{\Delta V_{NTIC}} = \frac{V_{TMO}(T_U) - V_{TMO}(T_L)}{V_{NTIC}(T_U) - V_{NTIC}(T_L)}$$

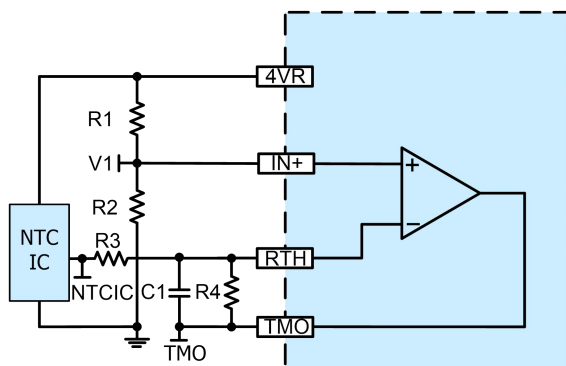


图 18.1. NTC IC 温度传感器



$$G = \frac{R4}{R3}$$

$$R4 = 20k\Omega \sim 200k\Omega$$

$$R3 = \frac{R4}{G}$$

$$V_{NTCIC}(T_M) = \frac{V_{NTCIC}(T_U) + V_{NTCIC}(T_L)}{2}$$

$$\frac{[2V - V_{NTCIC}(T_M)] \times R3}{R3 + R4} + V_{NTCIC}(T_M) = \frac{4V \times R2}{R1 + R2}$$

$$R2 = 10k$$

$$R1 = \frac{40 \times (1 + G)}{2 - V_{NTCIC}(T_M)} - 10$$

$$\frac{1}{2\pi \times (R3/R4) \times C} = 200Hz$$

$$C = \frac{1}{2\pi \times (R3/R4) \times 200Hz} = \frac{1 + G}{400\pi \times R4}$$

$$\text{最大输出电流: } \frac{V_{NTCIC}(T_L) - V1}{R3} \leq I_{SOURCEMAX}$$

$$\text{最大灌入电流: } \frac{V1 - V_{NTCIC}(T_L)}{R3} \leq I_{SOURCEMAX}$$

### SBDN

建议通过一个 10  $\mu A$  的电流将 SBDN 引脚上拉至 VPS，并且该引脚具有 1.50 V 的逻辑阈值。将此引脚驱动为逻辑高电平，可启用 TEC18V10A；驱动为逻辑低电平，则禁用 TEC 控制器并进入低功耗关断模式。

### ITEC and ILM

当 ITEC 引脚电压 VITEC 为 2 V 时，TEC 控制器的输出电流 ITEC 为 0 A；当 VITEC 为 0 V 时，ITEC 输出最大反向电流，即 -10 A；当 VITEC 为 4 V 时，ITEC 输出最大正向电流，即 10 A。

TEC 控制器工作在冷却区，当它有正向电流时。相反，当电流反转时，它作用于加热区域，如图 12 所示。

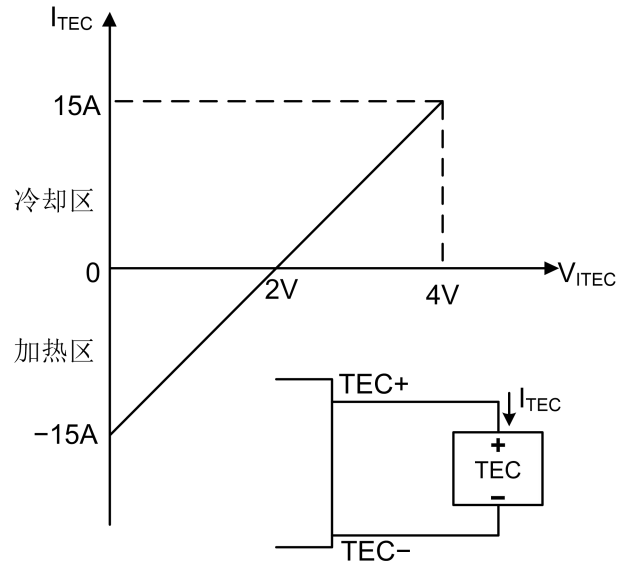


图 19.  $V_{ITEC}$  vs.  $I_{TEC}$

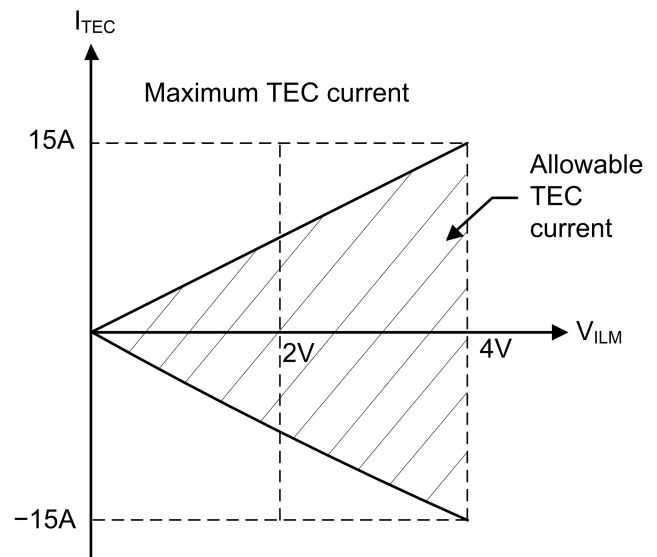


图 20.  $V_{ILM}$  vs.  $I_{TEC}$

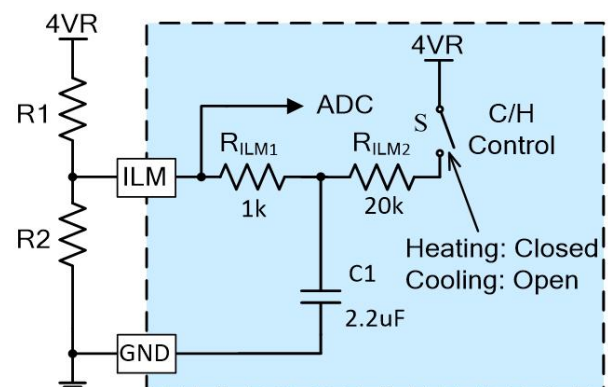


图 21. ILM vs. 冷却和加热控制

根据图 14 计算冷却和加热区域的最大电流。

### 1. 冷却区

$I_{TEC} \geq 0A$ ,  $V_{ILM} \geq 2V$ , 冷却区  $\Rightarrow S1 = \text{打开}$ ;

最大冷却电流:

$$I_{TEC} \leq \frac{V_{ILM}}{4V} \times 15A = \frac{R2}{R1 + R2} \times 15A$$

### 2. 加热区

$I_{TEC} < 0A$ ,  $V_{ILM} < 2V$ , 加热区  $\Rightarrow S1 = \text{关闭}$ ;

最大加热电流:

$$|I_{TEC}|_{MAX} \leq \frac{V_{ILM}}{4V} \times 15A = \frac{R2/R_{ILM}}{R1 + R2/R_{ILM}} \times 15A$$

3. 确定加热电流收缩比后, 我们可以确定  $R1$  和  $R2$  的值。

计算  $R1$  和  $R2$  的比值

$$I_{COOLMAX} = \frac{R1}{R1 + R2} \times 15A \quad \text{----- (1)}$$

通过确定加热电流收缩比计算  $R1$  和  $R2$  值:

$KHC = \text{最大加热电流} / \text{最大冷却电流}$

$$= \frac{I_{ITEC-(TH-MAX)}}{I_{ITEC-(CL-MAX)}} \quad \text{----- (2)}$$

$$= \frac{\frac{R2/R_{ILM}}{R1 + R2/R_{ILM}}}{\frac{R2}{R1 + R2}}$$

$$= \frac{200 \times (R1 + R2)}{R1 \times R2 + 200 \times (R1 + R2)}$$

**VTEC and VLM**

$V_{TEC} = V_{TEC^+} - V_{TEC^-}$ , 如图 16 所示。

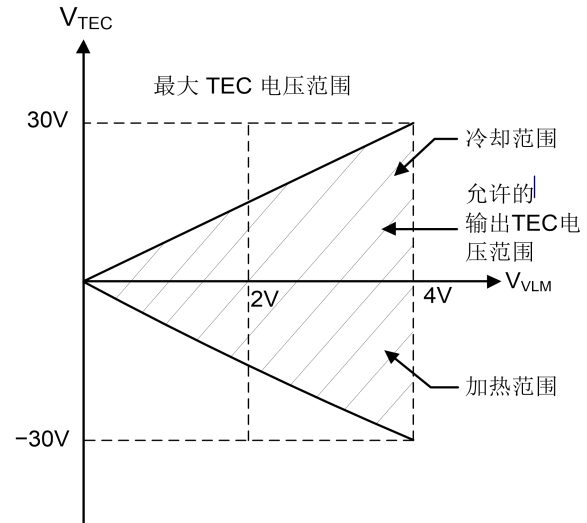


图 22.  $V_{TEC}$  vs.  $V_{VLM}$

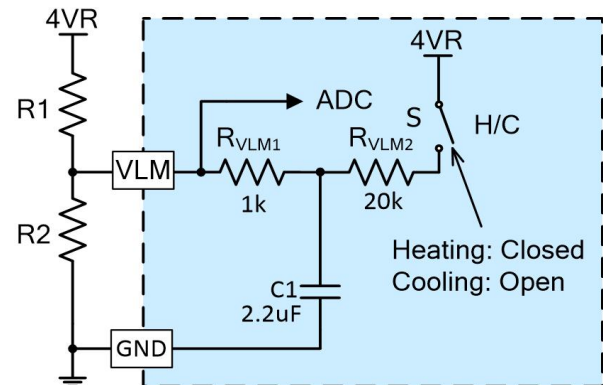


图 23. VLM vs. 冷却和加热控制

### VLM and ILM

如果您想将此 TEC 控制器用于此处未讨论的其他应用, 例如与波锁控制器一起使用, 请咨询我们。其他自定义也是如此, 例如通过使用高于 4V 和/或 VPS 的电压源摆动来设置 ILM 和 VLM。

外部电压通过电阻连接 ILM 引脚。此电压可用于调节冷却或加热的电压范围, 建议为 1.5V。电阻器可以用来调节冷热差, 建议是 10kΩ。参见图 18。

例如, ILM 引脚  $V_m$  的电压中点为 2V。调整外部电压, 使电压范围为 1V, 但仅以 2V ( $V_m$ ) 为中心。如果你调整电阻器  $W2$ , 你可以移动冷却的极限大于加热的极限。如图 19 和图 20 所示。

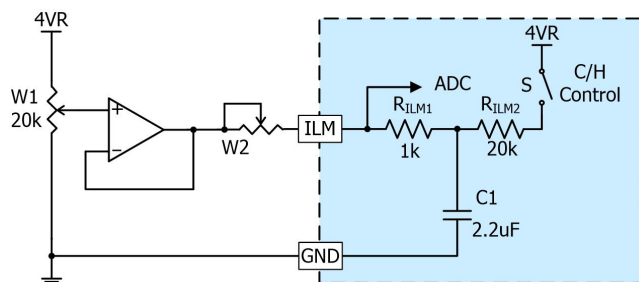


图 24. ILM vs. 冷却和加热控制

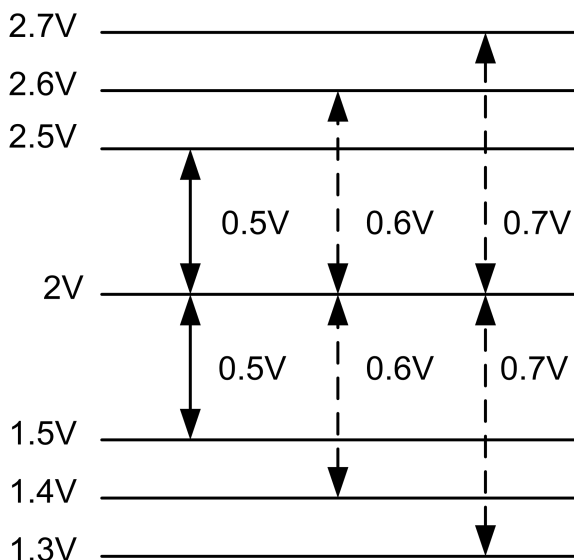


图 25. 调整外部电压

我们可以通过 VLM 或 ILM 引脚上的波形来判断冷却控制或加热控制中的 VLM 或 ILM 电压，如图 21 和图 22 所示。图 21 中的占空比为 99%，图 22 中的占空比为 1%。我们也可以用万用表测量这两个电压。当控制器处于待机状态时，万用表测量的电压为冷却控制的 VLM 或 ILM 电压。当控制器处于工作状态时，万用表测量的电压为加热控制的 VLM 或 ILM 电压。

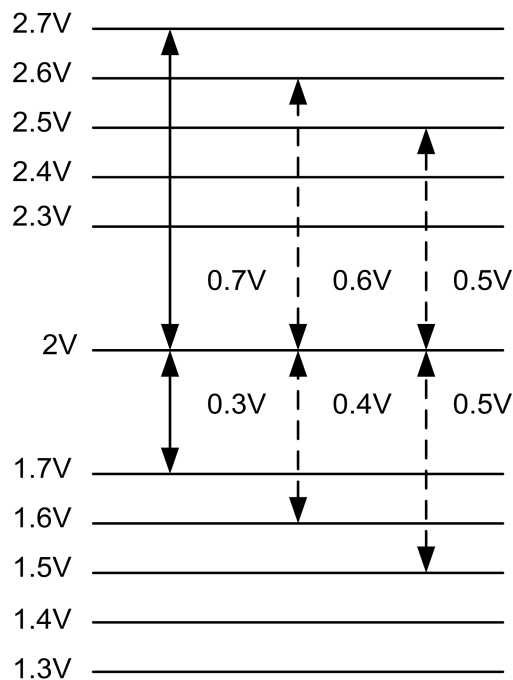


图 26. 调整电阻

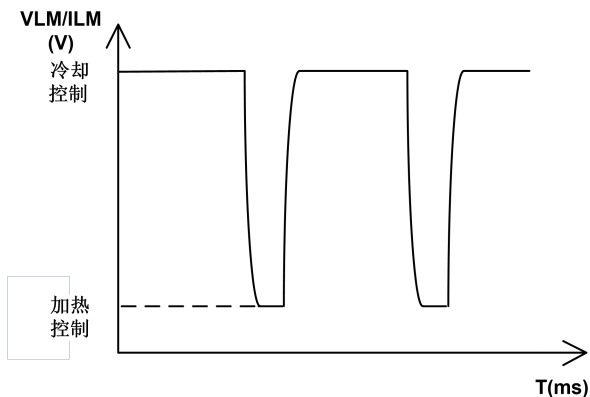


图 27. VLM 或 ILM 引脚上的波形  
@ SB State

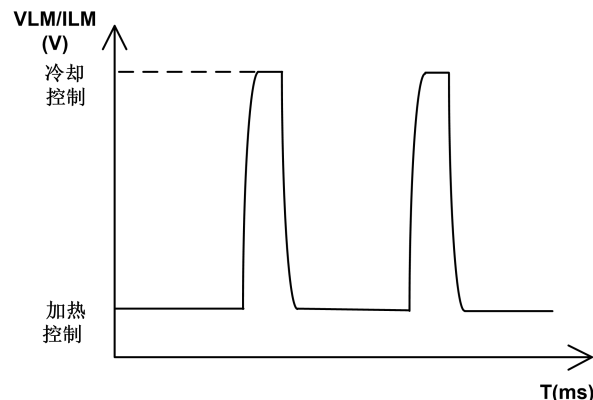
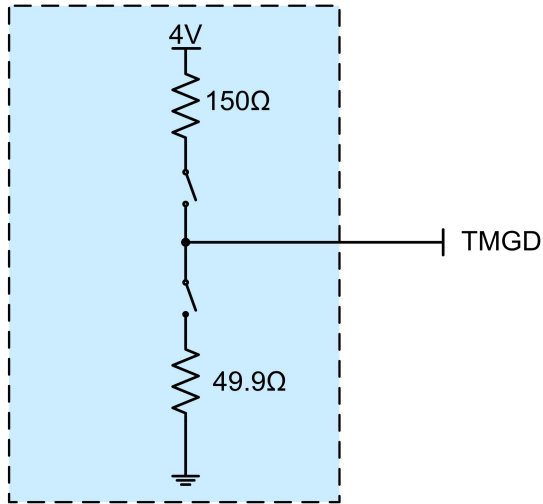


图 28. VLM 或 ILM 引脚上的波形 @ 工作状态

TMGD



TMGD引脚输出最大源电流和吸收电流20mA。输出电流会引起电压下降，如图27所示。

图 29. TMGD引脚输出等效电路

## 典型特征

表 6. Rth 对温度的测量数据

温度 (° C)	Rth (k Ω)	TM0 (V)	理想线性 (V)	误差 (V)
15	15.7049	0.05	0.1	-0.05
16	14.9944	0.24	0.3	-0.06
17	14.3198	0.43	0.49	-0.06
18	13.6792	0.63	0.69	-0.06
19	13.0705	0.82	0.88	-0.06
20	12.4922	1.02	1.08	-0.06
21	11.9425	1.22	1.27	-0.05
22	11.4198	1.42	1.47	-0.05
23	10.9227	1.62	1.66	-0.04
24	10.4499	1.82	1.86	-0.04
25	10	2.03	2.05	-0.02

温度 (° C)	Rth (k Ω)	TM0 (V)	理想线性 (V)	误差 (V)
26	9.5718	2.23	2.25	-0.02
27	9.1642	2.44	2.44	0
28	8.776	2.64	2.64	0
29	8.4063	2.85	2.83	0.02
30	8.0541	3.05	3.03	0.02
31	7.7184	3.25	3.22	0.03
32	7.3985	3.46	3.42	0.04
33	7.0935	3.66	3.61	0.05
34	7.0935	3.86	3.81	0.05
35	6.5251	4.06	4.00	0.06

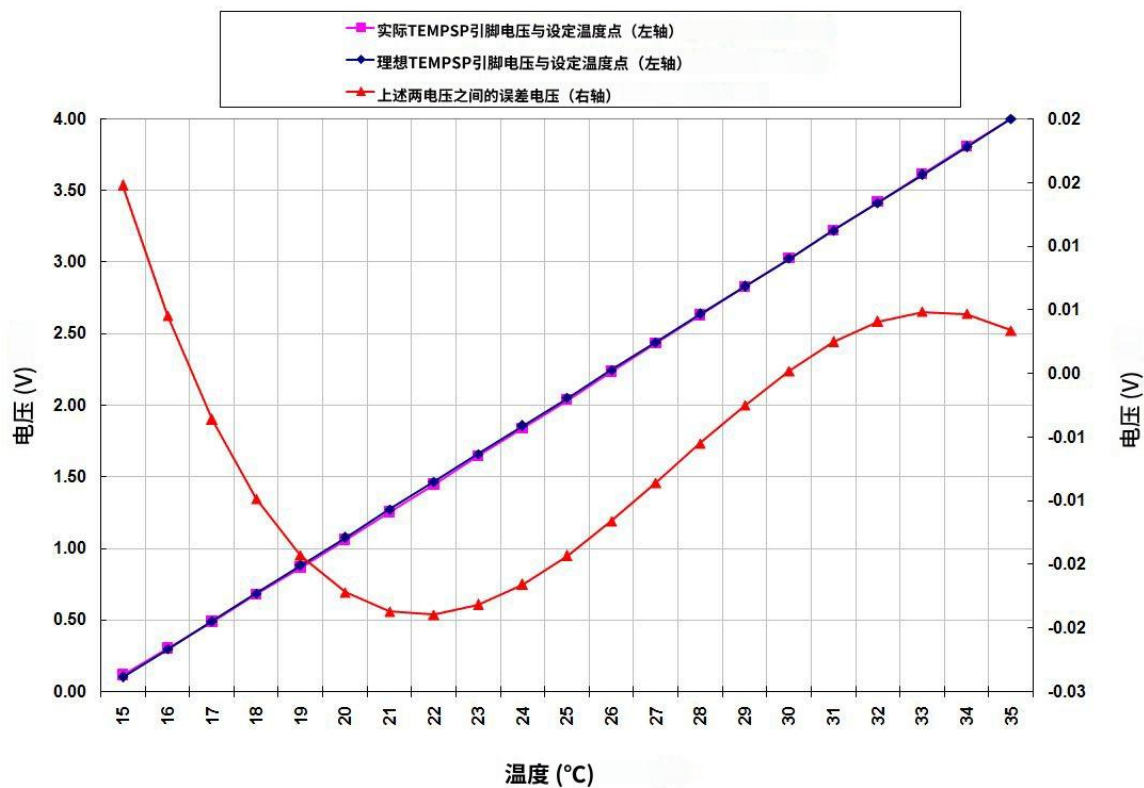


图 30. TMO 引脚电压与设定点温度



### PCB电路板布局

TEC18V10AAIT是一个高输出功率器件，即使它具有很高的效率，在PCB布局时也要考虑散热问题。两种方式：使用PCB作为散热器或安装外部散热器。

A. TEC18V10AAIT在模块下方带有热垫。它们可以焊接到内部pcb层，作为散热片，如图图 31所示。

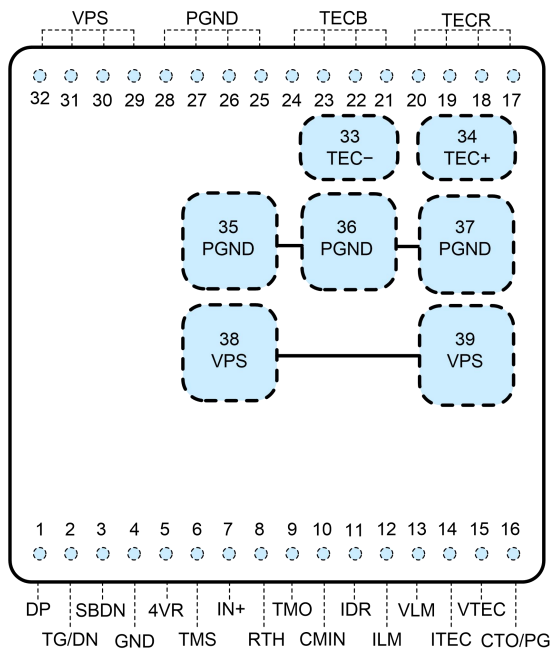


图 31.

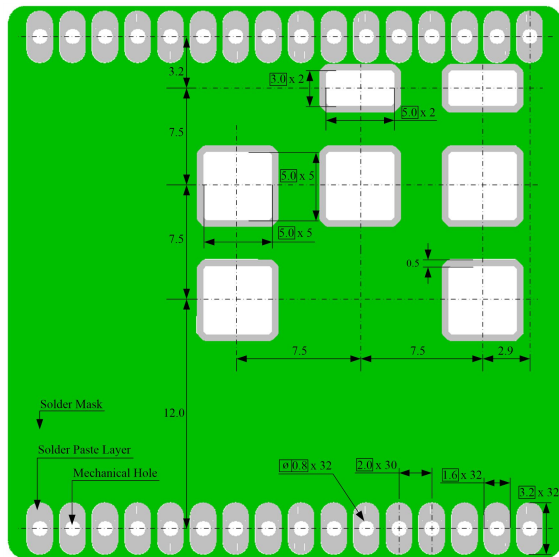


图 32.

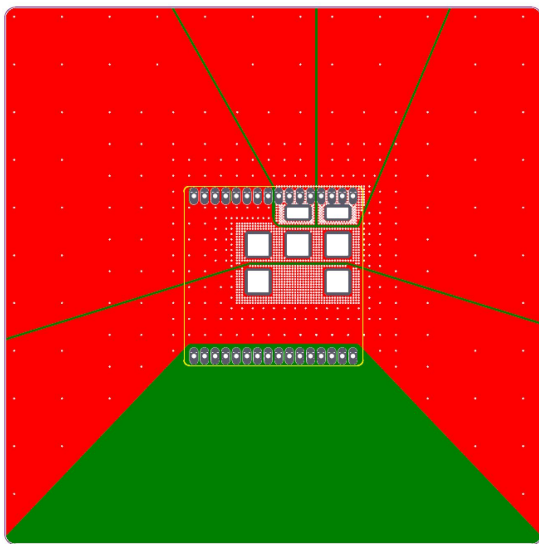


图 33.

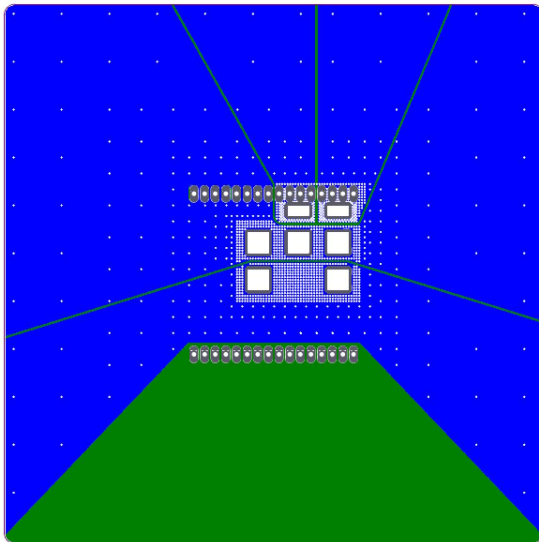


图 34.

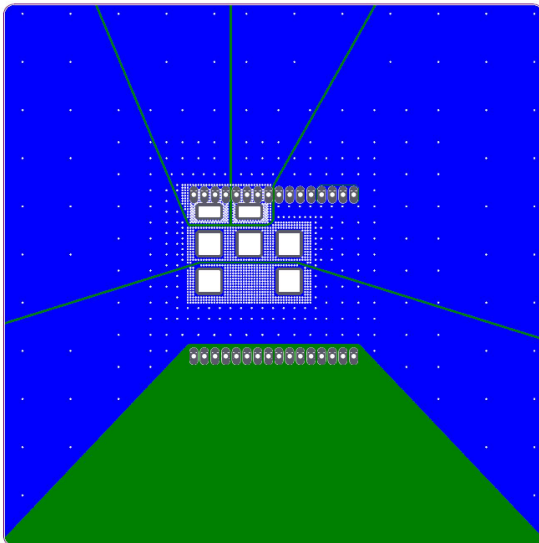


图 35.

### 散热

TEC18V10AAIT TEC控制器 的发热元件位于靠近外壳的上层，因此散热器需要安装在控制器外壳的顶部。

当控制器输出电流 $<8A$ 时，不需要散热片。当输出电流为 $>8A$ 时，需要安装散热片，保证控制器内部温度 $<85^{\circ}C$ 。

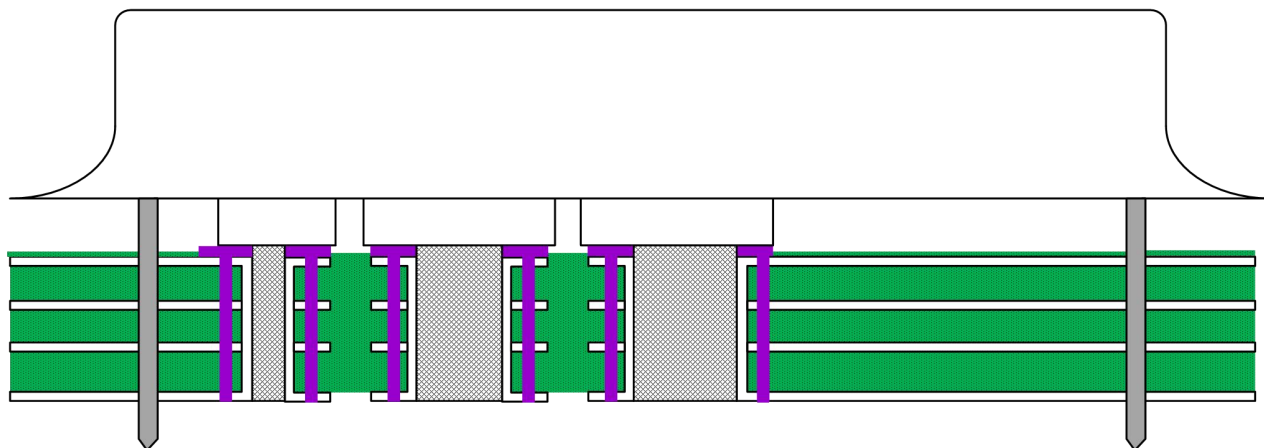


图 36.

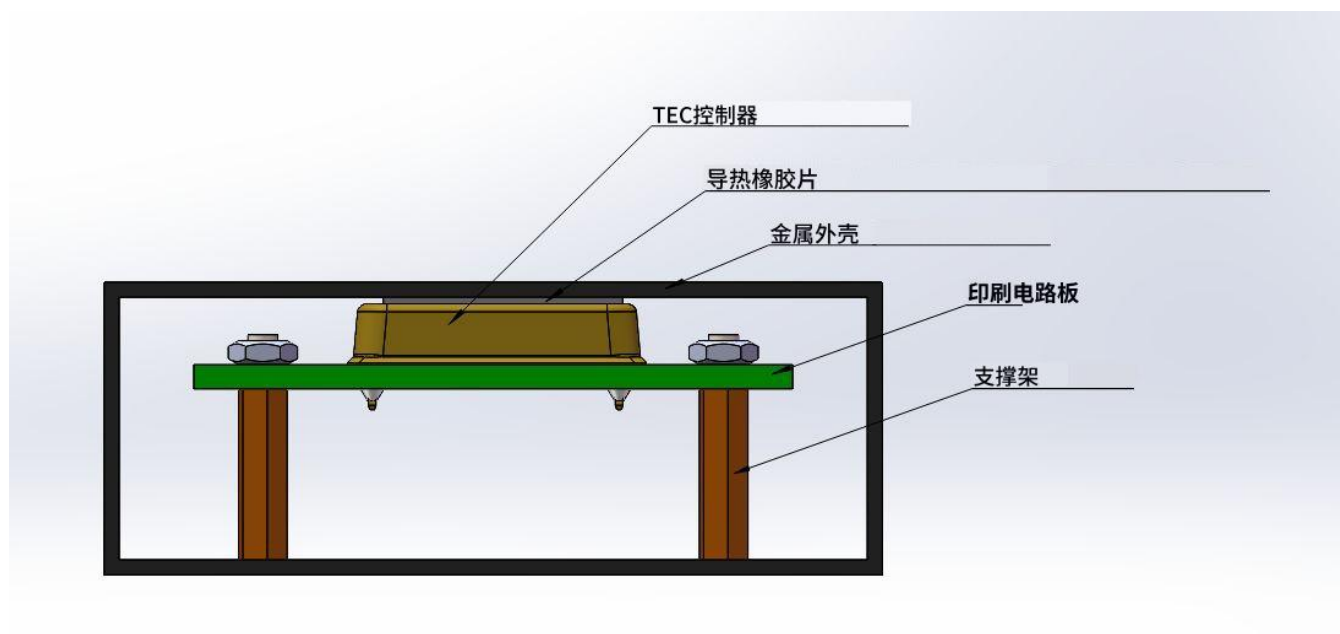


图 37. 通过金属外壳传热

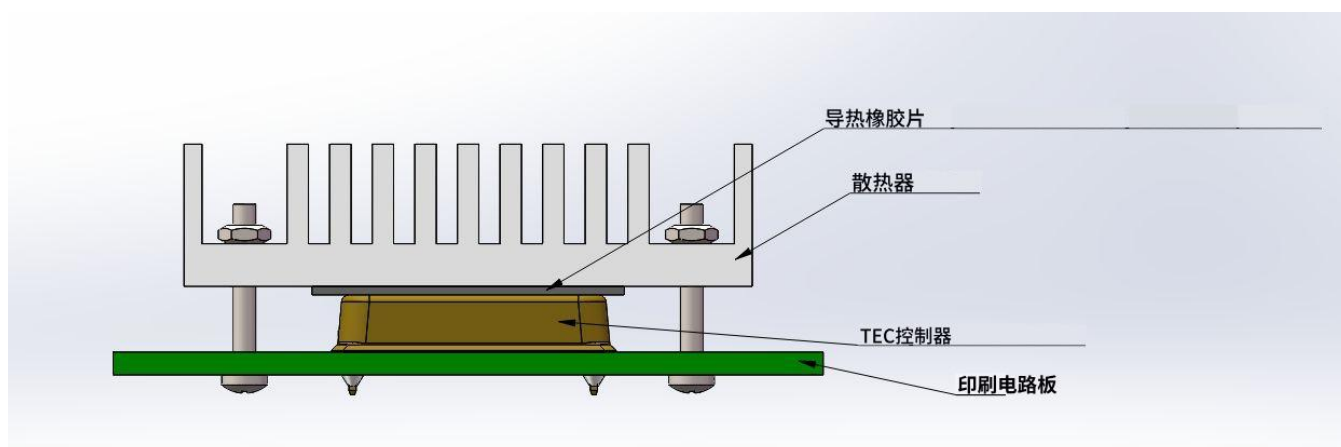


图 38. 通过散热器传热

### 机械尺寸

通孔安装控制器通常被称为DIP（双内联封装）或D（DIP的简称）封装，零件号： TEC18V10AAIT，该控制器的尺寸如图39所示。

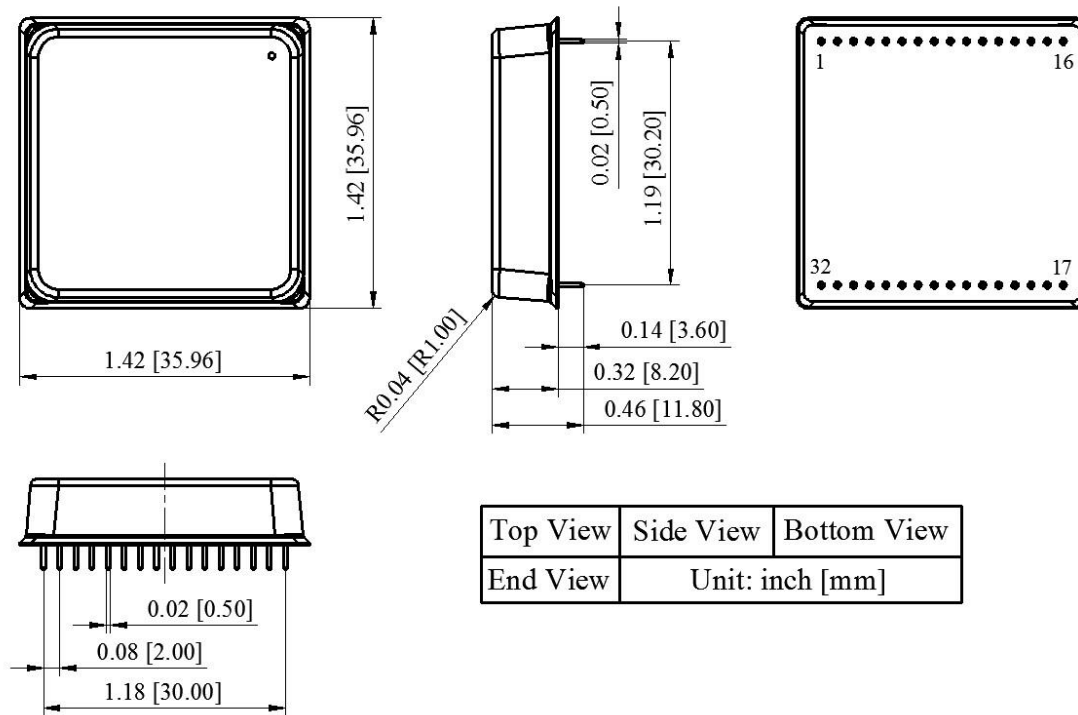


图 39. DIP 封装尺寸