



图 1. TEC18V15AAIT 实体照片

特性

- 全球首款具备
内置自动PID补偿网络的TEC控制器模块
- 输入电压范围: 5.5V ~ 18V
- 输出电压范围: -14.4V ~ 14.4V
 $\text{@V}_{\text{PS}} = 18V$
- 输出电流范围: 0 ~ 15A
- 高效率: > 92%
- $\text{@V}_{\text{PS}} = 18V, \text{V}_{\text{TEC}} = 8V, \text{I}_{\text{TEC}} = 15A$
- 高温度稳定性: < $\pm 0.001^\circ C$
- 降低热敏电阻注入电流: < 1 μA
- 连续双向输出
- 可编程的输出电流和电压限制
- TEC温度、电流及电压信号
- 可选温度传感器类型: 热敏电阻、
RTD或温度传感器IC
- 高可靠性与零电磁干扰
- 紧凑尺寸: 35.96 × 35.96 × 8.2 (毫米)
- 100%无铅 (Pb), 符合RoHS标准

应用领域

驱动高功率热电制冷器模块，实现高效运行，无需手动
调节补偿网络。

产品描述

热电制冷器 (TEC) 是一种半导体器件，通以正反向电
流即可对物体温度进行降温或加热。TEC控制器

TEC18V15AAIT设计用于高效驱动热电制冷器，通过控制
流过TEC的电流方向和幅值，实现对物体温度的精确调
节。其供电电压范围为5.5V至18V，最大输出电流可达
15A，且无需散热片。图1为TEC18V15AAIT实际控制器实
物照片。

TEC18V15AAIT控制器允许分别设定设定温度、最大输出
电压幅值和最大输出电流幅值。这三个设置为三个控制
环的输入参数：恒温、恒流和恒压。在达到最大输出电
压幅值或最大输出电流幅值之前，温度环处于控制状
态。当达到最大输出电压幅值，无论是对热电制冷器输出
正电压还是负电压时，电压环接管控制，控制器将向热
电制冷器输出恒定电压；当达到最大输出电流幅值时，
电流环接管控制，控制器将向热电制冷器输出恒定电
流。最高输出电压幅值由最大电源电压限制，最大输出
电流幅值为15A。

温度信号可通过下列三种温度传感器之一获得：热敏电
阻、铂电阻温度计 (RTD) 或温度传感器IC。使用热敏电
阻时，设定温度范围由由三个电阻组成的外部温度网络
确定。为减少注入热敏电阻的电流，减小因自加热效
应引起的误差，注入电流采用脉冲模式提供，相较于连续
电流，电流降低了10倍。

该TEC控制器的一个先进特性是内置智能自动PID控制微
处理器，能够实时感知并自动补偿热负载，无需外部元
件组成补偿网络，也无需对补偿网络进行繁琐的负载细
调。具备自动PID功能的TEC控制器型号为：DIP封装为
TEC18V15ADAPID，SMT封装为TEC18V15ASAPID。

保守用户仍可选择采用传统模拟补偿网络。与以往相
同，传统模拟补偿网络需要一次性预调以匹配热负载，
但能够提供可靠且高精度的控制。对于固定热负载应
用，传统模拟补偿可能是较优选择；而对于热负载多变
或类型多样的应用，自动PID控制更为适用。

图2为控制器的俯视图，标示了引脚名称及位置。该控
制器共有32个引脚，引脚间距为2mm。左侧所有引脚均
用于控制输入或指示输出信号；右侧所有引脚为电源输
入或输出。

引脚功能详情见表1。

在热敏电阻输入端设有热敏电阻线性化电路，使温度输出
电压与实际热敏电阻温度呈更线性比例。设有电压反
相电路，由于热敏电阻具有负温度系数，该电路使温度
输出电压与温度成正比。这两个电路合称为温度测量电
路，见图6。

设定温度电压和表示实际温度的电压被送入误差放大
器。回路中插入补偿网络，以抑制热负载相位延迟引起
的控制器振荡。因此，补偿网络必须满足驱动特定热负
载的需求。为简化调节，评估板为该TEC控制器提供了
可调补偿网络。关于如何通过热负载调节补偿网络的详
细指导，见评估板应用说明。

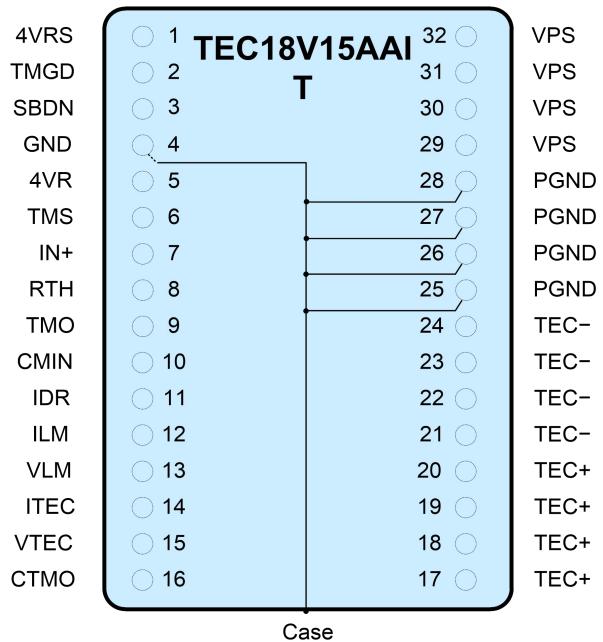


图2 引脚名称及位置

规格

表 1. 引脚功能描述

引脚编号	名称	注释	说明
1	4VRS	模拟输出	4VR开关输出该引脚输出一个4VR开关脉冲信号，电压范围为0V至4V，频率85Hz，作为热敏电阻的参考信号。
	SNCO	数字输出	同步输出该引脚输出一个切换脉冲信号，电压范围为0V至5V，频率600kHz。该信号可输出至另一开关电源（SM）控制器或电源的同步输入端，以消除本TEC控制器与其他开关电源设备间的干扰。
2	TMGD	数字输出	<p>温度良好指示，高电平有效。指示实际温度等于目标对象的设定温度。即目标对象温度在设定温度范围40°C内，偏差不超过0.001°C，或 $V_{\text{TMO}} - V_{\text{TMS}} < 0.5\text{mV}$。</p> <p>针对具有PID功能的控制器：</p> <p>当16脚CTMO电压为4V时：TMGD指示灯闪烁表示正在识别PID系数，指示灯常亮表示PID系数已识别完成。</p>



引脚编号	名称	注释	说明
3	SBDN	模拟 / 数字输入	待机及关断控制。该SBDN引脚内置悬空状态，并串联1k Ω 电阻。建议通过4.99M Ω 电阻将该引脚上拉至VPS电源。若下拉至地，将关闭整个控制器。该引脚具有两个电压阈值：1.5V和2.0V。详见图5。 关断： $V_{SBDN} < 0.3V$ ，控制器被设定为非工作状态。 待机： $1.9V > V_{SBDN} > 1.5V$ ，除TEC+与TEC输出级外，所有组件均设定为工作状态。- 运行： $V_{SBDN} > 2.0V$ ，整个控制器设定为工作状态。
4	地线	接地	信号地。将此引脚连接至ADC、DAC及信号源的信号地。亦可用作模拟输出引脚的地线。
5	4VR	模拟输出	参考电压输出，4.096V。可作为电位器或DAC设定模拟端口（如TMS、ILM、VLM等）的电压参考，也可供ADC检测模拟输出端口：TMO、CTMO、ITEC及VTEC。初始精度为0.1%，最大温度系数小于50ppm/° C。
6	TMS	模拟输入	用于设定目标对象设定温度的模拟输入端口。此端口内部连接有一个1M Ω 电阻至参考电压的一半值2V。因此，该引脚的开路电压为2V，使用默认温度网络时对应的设定温度为25° C（设定温度范围为15° C至35° C）。强烈建议使用控制器的4V电压参考为该引脚设定电压。该引脚的电压可通过电位器（POT）或数模转换器（DAC）进行设定。当设定温度为25° C时，请保持该引脚悬空。 注意：TMS引脚的最大电压范围为0V至4V。建议将该引脚电压设定在0.2V至3.8V之间，以避免控制器进入饱和工作区。
7	IN+	模拟输入	接收外部温度信号（热敏电阻与温度传感器等）
8	RTH	模拟输入	热敏电阻连接端口。连接安装于目标对象上的热敏电阻，以检测其温度。通过采用默认内部温度网络，可使用10k Ω @ 25° C的热敏电阻。也可使用其他类型的热敏电阻或温度传感器，详情请参见应用部分。
9	TMO	模拟输出	实际目标对象温度指示。电压在0V至4V之间变化。通过默认内部温度网络，若该引脚电压在0.1V至3.9V之间线性变化，且采用标准10k Ω 热敏电阻作为温度传感器，则对应于15° C至35° C。
10	CMIN	模拟输入	热控电流环补偿输入端。
11	IDR	模拟输入输出端	该电压源自温度误差检测电路，作为热电制冷器电流环的输入控制信号。其内部阻抗为10k Ω ，且可被外部模拟信号覆盖以驱动，覆盖该10k Ω 电阻。电压范围为0V至4V，分别对应-15A至+15A的输出电流。将此引脚电压设为2V时，输出电流为零。-
12	ILM	模拟输入	该引脚用于设定热电制冷器的电流限制。最大限制电流为15A。将此引脚电压从0V调节至4V，等同于设定电流幅值限制从0A至15A。
13	VLM	模拟输入	该引脚用于设定热电制冷器的电压限制。最大限制电压为30V。将此引脚电压从0V调节至4V，热电制冷器电压幅值限制范围为0至30V： V_{VLM}



引脚编号	名称	注释	说明
			$= \frac{ V_{TEC+} - V_{TEC-} _{MAX}}{7.5}$
14	ITEC	模拟输出	热电制冷器电流指示引脚。ITEC为模拟电压输出引脚，其电压与热电制冷器实际电流成正比。ITEC的中心电压为2V，对应热电制冷器电流为零。 $V_{ITEC} = \frac{I_{OUT}(A)}{7.5} + 2V$ ，其中 I_{OUT} 为控制器的实际输出电流，从TEC+端口流出，流入TEC引脚。 -
15	VTEC	模拟输出	TEC电压指示VTEC为一个模拟电压输出引脚，其电压与TEC两端实际电压成比例。电压范围为0V至4V，指示的输出电压范围为-30V至30V，中点电压为2V。 - $V_{VTEC} = \frac{V_{TEC+} - V_{TEC-}}{15} + 2V$
16	CTMO	模拟输出	控制器内部温度指示输出该引脚可用于检测控制器实际温度，以防过热。0V至4V线性对应内部温度范围为-55° C至125° C。 针对具有PID功能的控制器： 当出现新负载且需重新识别PID系数时，该引脚电压为4V。
17, 18, 19, 20	TEC+	模拟电源输出	该引脚用于连接TEC模块的正极端子，所有4个引脚内部连接以提升电流承载能力。
21, 22, 23, 24	TEC-	模拟电源输出	该引脚用于连接TEC模块的负极端子，所有4个引脚内部连接。
25, 26, 27, 28	PGND	电源地	电源地，用于连接电源0V回路线，所有4个引脚内部连接。
29, 30, 31, 32	VPS	电源输入	电源电压正极节点。正常工作电压范围为5.5V至18V，最大值为18V。所有4个引脚内部连接。

*本产品有两种料号可供选择，TEC18V15AAIT 和 TEC18V15ASNCO。前者引脚1为4VRS，后者引脚1为SNCO。建议选用TEC18V15AAIT。



表 2. 电气特性

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
参考电压脉冲输出模式: 4VRS引脚 (或同步输出: SNCO引脚) , 引脚1						
输出电压范围	$V_{4VRSOUT}$	$T_A = 25^\circ C$	4.0925	4.096	4.0995	V
初始误差	V_E	$T_A = 25^\circ C$	-0.05		0.05	%
温度系数	T_c			± 3	± 8	$ppm/^\circ C$
最大负载电流	I_{4VRMAX}	$T_A = 25^\circ C$	-20		+20	mA
开关频率	F_{4VRS}		83	85	87	Hz
输出电压 (开路电压)	$V_{SNCOOUT}$	开路电压 = 0V ~ 4V PWM	0		4	V
电压范围 (有负载)	$V_{SNCOOUT}$	开路电压 = 0V ~ 4V PWM	0.1		3.9	V
频率	F_{SNCO}	开路电压 = 0V ~ 4V PWM		600		kHz
温度正常指示: TMGD 引脚, 脚 2						
电压范围 (开路)	$V_{TMGDOUT}$	开路电压 = 4V	0		4	V
电压范围 (有负载)	$V_{TMGDOUT}$	开路电压 = 4V	0		4	V
最大源电流	I_{TMGDSC}	开路电压 = 4V	1		15	mA
最大源电压	V_{TMGDSC}	开路电压 = 4V	3.7		4	V
最大吸收电流	我 $_{TMGDSK}$	开路电压 = 4V	3		20	mA
最大吸收电压	V_{TMGDSK}	开路电压 = 4V	0		0.6	V
待机关闭控制: SBDN 引脚, 3号引脚						
输入电流	I_{SBDNIN}	$V_{SBDN} = 0V$	0.1		0.3	μA
		$V_{SBDN} = 4V$	4		6	
		$V_{SBDN} = 30V$	30		50	
输入电压范围	V_{SBDNIN}	开路电压 = 5V	0		18	V
关闭逻辑低位	$V_{SBDNSDL}$	开路电压 = 5V	0			V
关闭逻辑高位	$V_{SBDNSDH}$	开路电压 = 5V			0.7	V
待机逻辑低位	$V_{SBDNSBL}$	开路电压 = 5V	1.4			V
待机逻辑高电平	$V_{SBDNSBH}$	开路电压 = 5V			1.9	V
运行逻辑低电平	$V_{SBDNOPL}$	开路电压 = 5V	2.0			V
运行逻辑高电平	$V_{SBDNOPH}$	开路电压 = 5V			5	V
参考电压输出: 4VR 引脚, 5脚						
输出电压范围	$V_{4VRROUT}$	$T_A = 25^\circ C$	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	μF



参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
温度设定: TMS 引脚, 6脚						
输入阻抗 (输入等效电路参见第8页图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
温度信号输入: IN+ 引脚, 第7脚						
输入电压范围	V_{IN+}		0		4	V
热敏电阻连接端口: RTH 引脚, 第8脚						
输入电压范围	V_{RTHIN}		0		4	V
实际目标对象温度指示: TMO 引脚, 第9脚						
输出电压范围	V_{TMOOUT}	$R_{负载} = 10k\Omega$ 至 2V $-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	0		4	V
输出电流	I_{TMOOUT}	$V_{SS} = 0V$ $T_A = 25^\circ C$	-12		12	mA
补偿输入: CMIN 引脚, 第10脚						
输入电压范围	V_{CMIN}	$R_{负载} = 10k\Omega$ 至 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
补偿输出: IDR 引脚, 第11脚						
输出电压范围	V_{IDROUT}	$R_{负载} = 10k\Omega$ 至 2V $-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$	0		4	V
TEC电流限制: ILM引脚, 12脚						
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引脚, 13脚						
输入阻抗 (参见第8页图4输入等效电路)	Z_{VLM}			10		$k\Omega$
输入电压范围	V_{VLMIN}		0		4	V
TEC电流指示: ITEC引脚, 14脚						
TEC电压指示: VTEC引脚, 15脚						
控制器温度指示: CTMO引脚, 16脚						
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
TEC+/TEC-引脚, 17~20脚 / 21~24脚						
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

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源输入: VPS 引脚, 29~32 脚						
输入电压范围	V_{VPS}		5.5		18	V
输入电流	I_{VPS}	工作模式	0.05		16	A
	I_{VPSB}	待机模式	5		20	mA
	I_{VPSD}	关机模式			50	μ 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	η	$V_{VPS} = 18V$ $ V_{TEC+} - V_{TEC-} = 14V$ $ I_{TEC+} - I_{TEC-} = 15A$		≥ 92		%
机壳工作温度范围	T_{CS}		-40		110	$^{\circ}$ C
环境工作温度范围	T_A		-40		65	$^{\circ}$ C
存储温度范围	T_{STG}		-40		125	$^{\circ}$ C
控制器机壳热阻	R_{TH}			9		$^{\circ}$ C / W

此TEC控制器仅能驱动阻抗大于1Ω的TEC，该阻抗等于 V_{MAX} / I_{MAX} 。

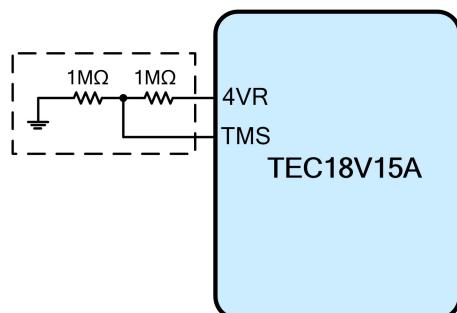


图3. TMS输入等效电路

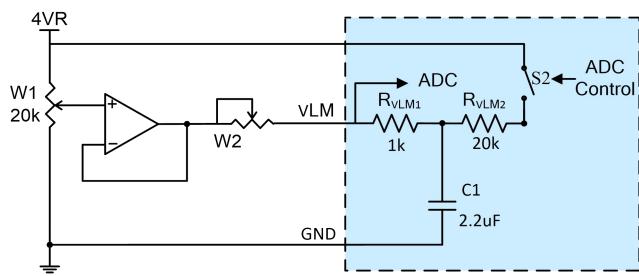


图4. VLM 输入等效电路

开关 S2 在加热时闭合，在制冷时断开。

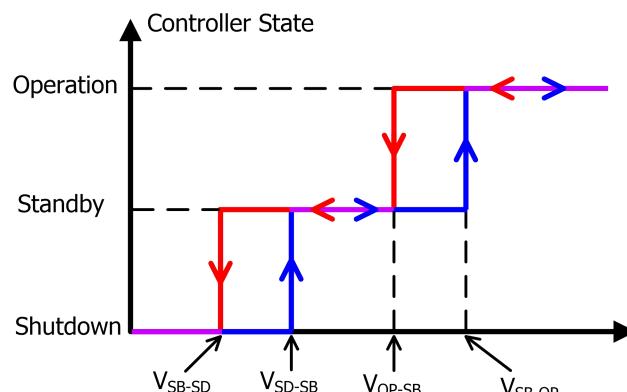


图 5. 控制器状态

V_{SB-SD} : 从待机到关断，逻辑电平下降

V_{SD-SB} : 从关断到待机，逻辑电平上升

V_{OP-SB} : 从运行到待机，逻辑电平下降

V_{SB-OP} : 从待机到运行，逻辑电平上升

框图

控制器框图如图 6 所示。

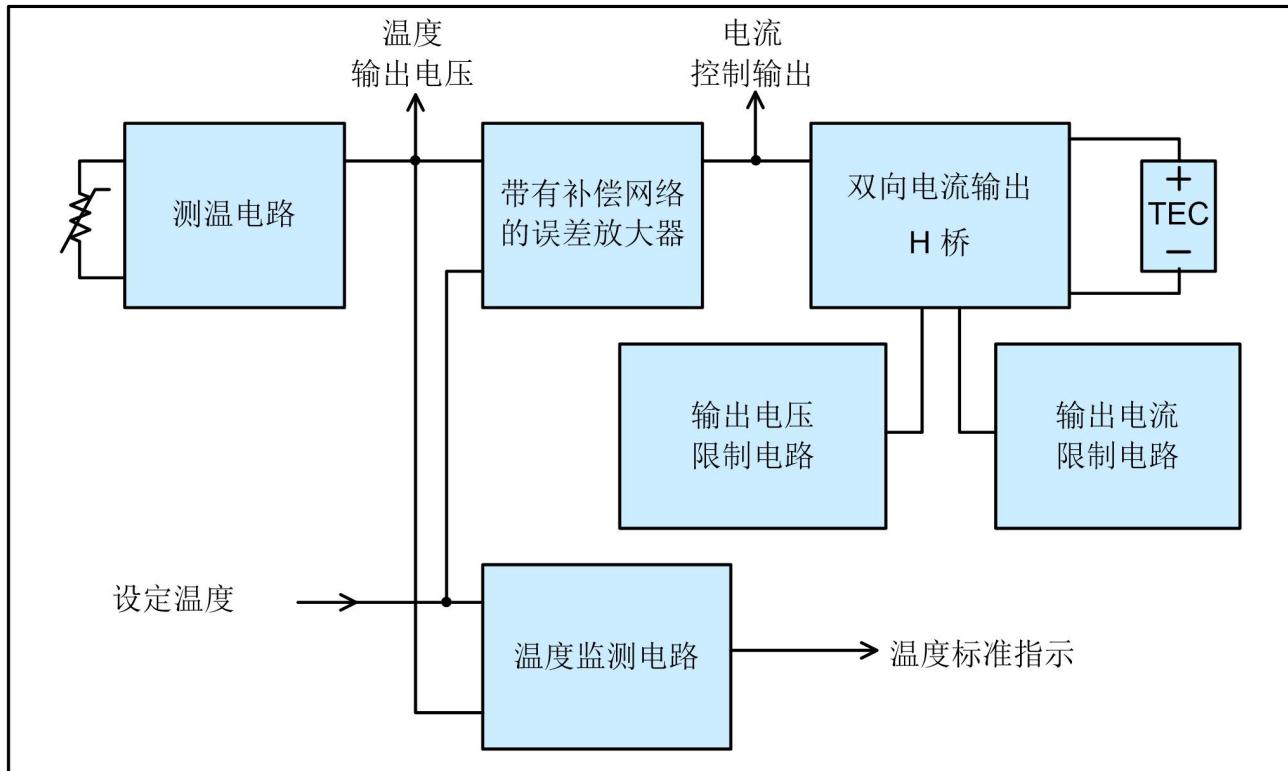


图 6. TEC 控制器框图

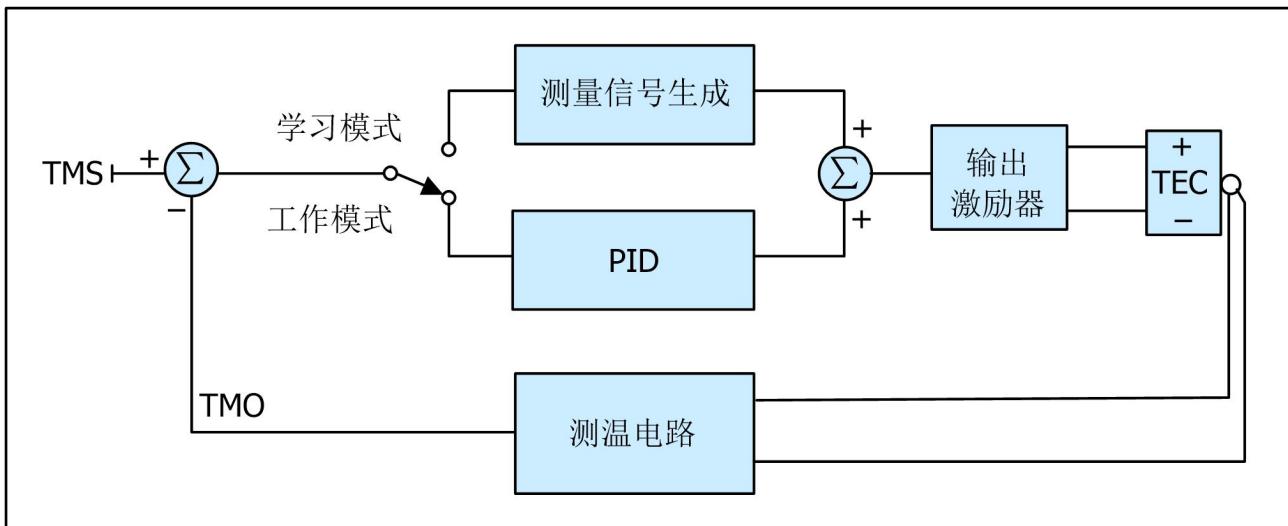


图 7. 自动 PID 系统框图

应用领域

TEC 控制器连接如图 8 所示。

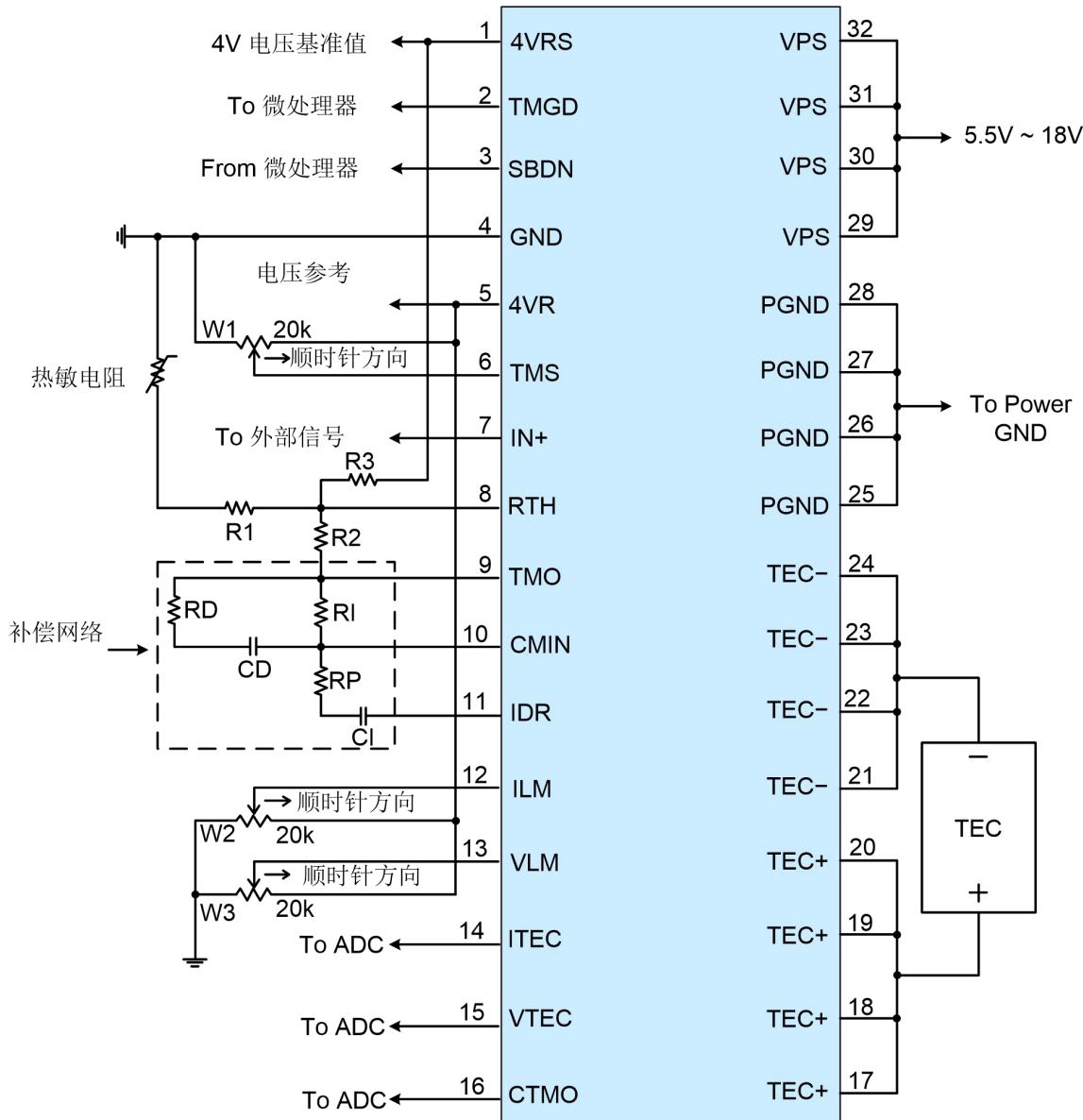


图 8.1. TEC 控制器连接

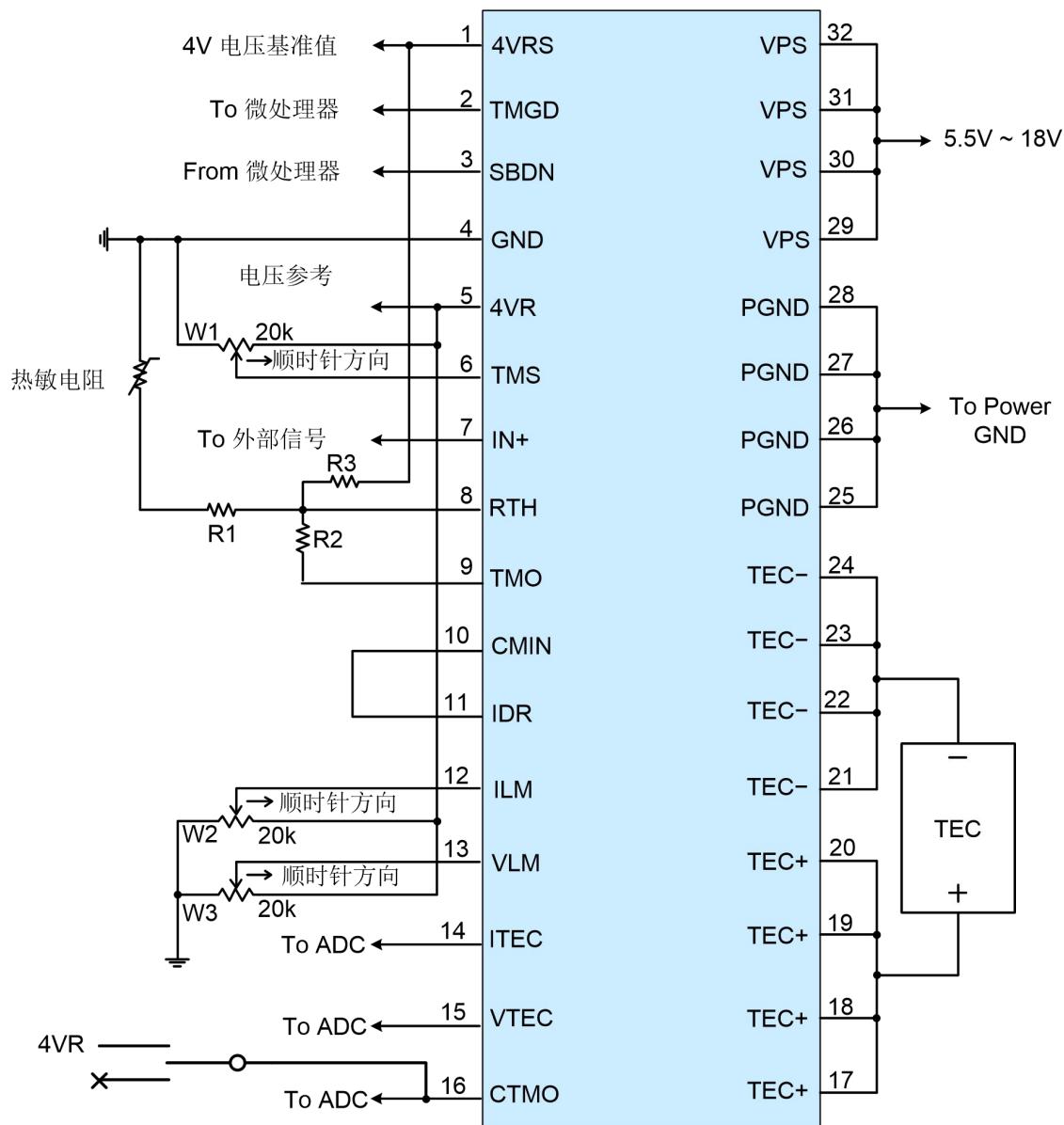


图 8.2. TEC18V15ADAPID 与 TEC18V15ASAPID 连接

SBDN

表 3. 外部检测器选择。

编号	输入	电压	控制器状态	温度传感器类型及模式
1	SBDN	≤ 0.5V	关闭	-
2		1.7V ± 0.2V	待机	-
3		2.1V ± 0.1V	工作状态	温度传感器IC或RTD
4		2.4V ± 0.1V		热敏电阻连续模式
5		2.9V ± 0.1V		热敏电阻脉冲模式

针对具有PID功能的控制器：

编号	输入	电压	控制器状态	温度传感器类型及模式	PID类型
1	SBDN	≤ 0.5V	关闭	-	-
2		1.5V ± 0.2V	待机	-	-
3		2.1V ± 0.1V	工作状态	温度传感器IC或RTD	外部模拟 PID
4		2.4V ± 0.1V		热敏电阻连续模式	
5		2.9V ± 0.1V		热敏电阻脉冲模式	
6		3.2V ± 0.1V	工作状态	温度传感器IC或RTD	自动PID
7		3.6V ± 0.1V		热敏电阻连续模式	
8		3.9V ± 0.1V		热敏电阻脉冲模式	

温度传感器选择

通常有三种温度传感器：热敏电阻、RTD（电阻温度探测器）和IC（集成电路）温度传感器。

1. 热敏电阻

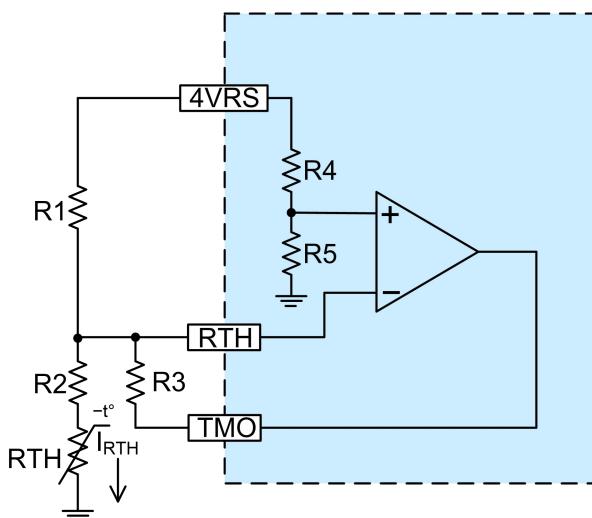


图9.1. RTH (脉冲模式)

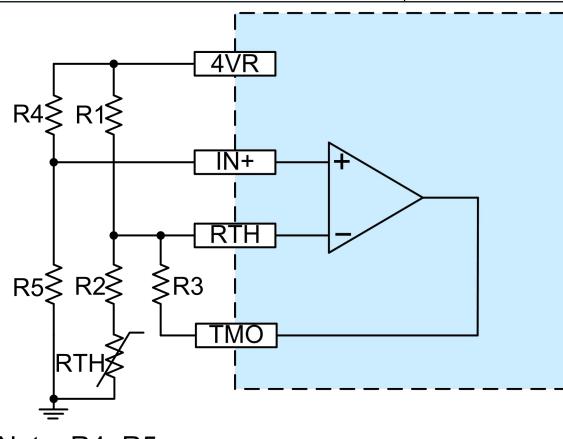


图9.2. RTH

为实现温度网络中三个不同设定温度点处所需的 V_{TMO} 输出，使用以下公式：

$$R1 = R_{MID} + \frac{R_{MID} \times (R_{LOW} + R_{HIGH}) - 2 \times R_{HIGH} \times R_{LOW}}{R_{HIGH} + R_{LOW} - 2 \times R_{MID}} \quad (1)$$

$$R2 = R1 - R_{MID} \quad (2)$$

$$R3 = \frac{R1 \times (R1 + R_{LOW} - R_{MID})}{R_{LOW} - R_{MID}} \quad (3)$$

例如, 将高设定温度点设为 35°C , 低设定温度点设为 15°C , 则中间设定温度点为 $(35 + 15) / 2 = 25^{\circ}\text{C}$ 。使用热敏电阻的 R-T 表。

$$R_{\text{HIGH}} = 6.9\text{k}\Omega$$

$$R_{\text{MID}} = 10\text{k}\Omega$$

$$R_{\text{LOW}} = 14.8\text{k}\Omega$$

注意, 方程 1 到方程 3 的结果为

$$R1 = 17.5\text{k}\Omega$$

$$R2 = 7.5\text{k}\Omega$$

$$R3 = 81.3\text{k}\Omega$$

为了减少注入热敏电阻的电流, 以降低自热效应造成的误差, 注入电流采用脉冲模式, 相较于连续电流降低了 10 倍。

建议将 R1 连接至 4VRS, 控制器将在一定间隔测量温度, 以减少 RTH 自热引起的误差。同时, SBDN 引脚电压应保持在 3.1V 至 4V 之间, 详见表 3。

我们也可以将 R1 连接至 4VR, 但这可能会引起由 RTH 自热引起的部分误差。同时, SBDN 引脚电压应保持在 2.4V 至 2.6V 之间。详见表 3。

2. 铂电阻温度检测器 (RTD)

RTD 是电阻温度检测器的简称, 具有高精度和低漂移特性。当电流通过 RTD 时, 通常会产生热量, 此现象称为自加热效应。此外, RTD 的电阻与温度之间呈近似线性关系。

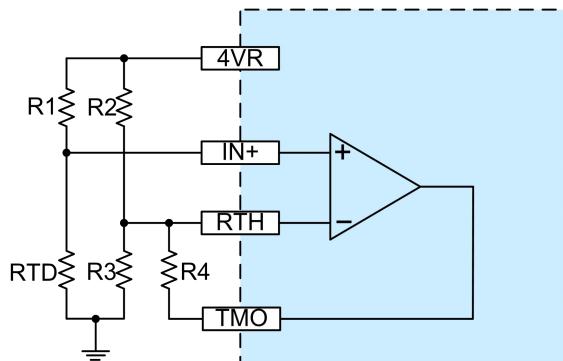


图 10. RTD

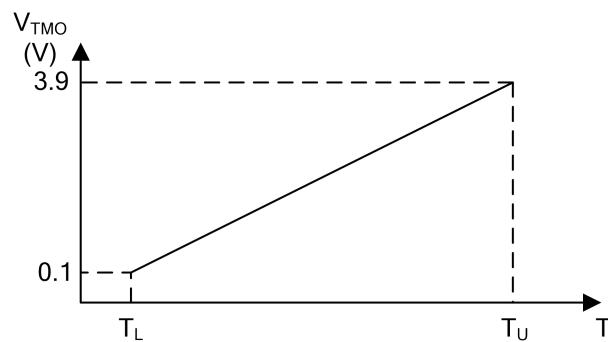


图 11. V_{TMO} 与温度的线性关系

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

例如 $R_0 = 1\text{k}\Omega$

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

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

选取 $R1$

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

$$\text{PRTD} = (\text{IRTD})^2 \times 1000\Omega = 0.001\text{W}$$

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

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

$$\text{PRTD} = (\text{IRTD})^2 \times 100\Omega = 0.001\text{W}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

当 $T = 40^{\circ}\text{C}$ 时, $R1 = 1.15\text{k}\Omega$, $R_{\text{TD}}(T_U) = 1.154\text{k}\Omega$,

$$1.9 = \frac{2 \times R4 \times (R2 - R3)}{R2 \times R3}$$

为实现温度网络中三个不同设定温度点处所需的 V_{TMO} 输出, 使用以下公式:

当 $T = \text{LOW}$, $\text{RTD} = \text{RTD}_L$, $TMO = 0.1V$, $V_i = V_{IL}$

当 $T = \text{HIGH}$, $\text{RTD} = \text{RTD}_H$, $TMO = 4.0V$, $V_i = V_{IH}$

$$\Delta TMO = 4V - 0.1V = 3.9V$$

$$\Delta V1 = V_{IH} - V_{IL}$$

$$G = \frac{\Delta TMO}{\Delta V1} = 1 + \frac{R4 \times (R2 + R3)}{R2 \times R3}$$

$$\text{RTD} = R0 \times (1 + 0.00385T)$$

例如 $R0 = 1k\Omega$

$$V1 = 4.096V \times \frac{\text{RTD}}{R1 + \text{RTD}}$$

$$V_{IL} = 0.5V$$

$$R1 = \text{RTD}_L \times \frac{4.096V}{V_{IL}} - \text{RTD}_L$$

$$R2 = R1, R3 = \text{RTD}_L$$

$$R4 = (G - 1) \times \frac{R2 \times R3}{R2 + R3}$$

例如, 将高设定温度点设为 60°C , 低设定温度点设为 0°C 。使用 $\text{RTD} = R0 \times (1 + 0.00385T)$, (例如 $R0 = 1k\Omega$)。

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

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

$$R_i = 7.192k\Omega$$

$$R_2 = R_i = 7.192k\Omega$$

$$R_3 = \text{RTD}_L = 1.0k\Omega$$

$$R_4 = 32.308k\Omega$$

3. 集成电路

(1). 正温度系数

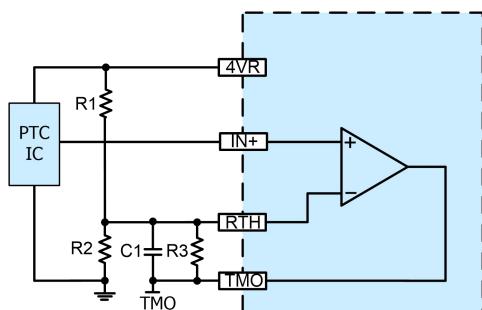


图12.1. PTC 集成电路温度传感器

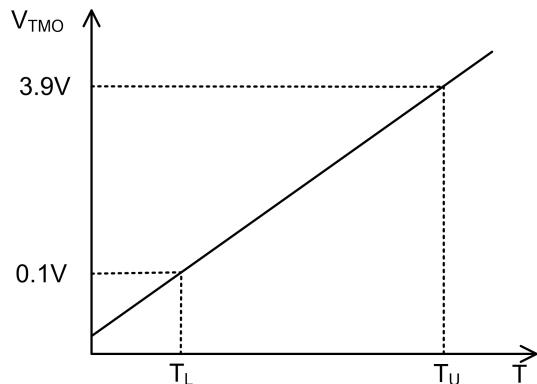


图12.2. 目标

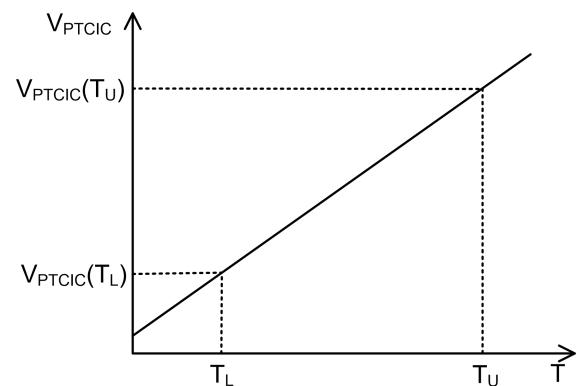


图12.3. 温度与 V_{PTCIC}

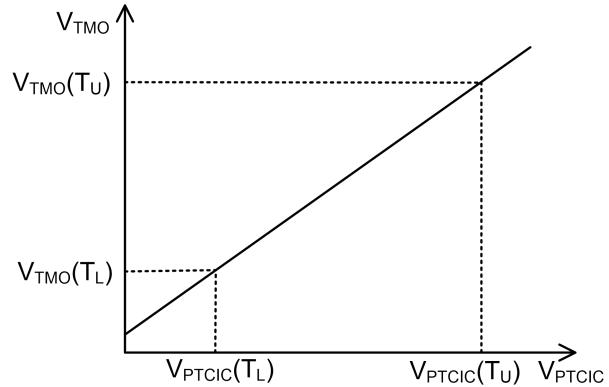


图12.4. V_{PTCIC} 与 V_{TMO}

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

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

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

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

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

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

R3=20k Ω

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

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

2. 负系数

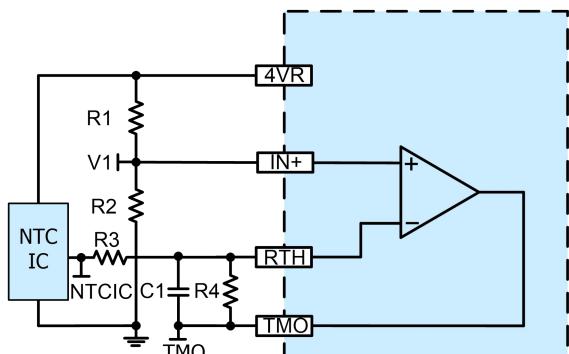


图13.1. NTC IC温度传感器

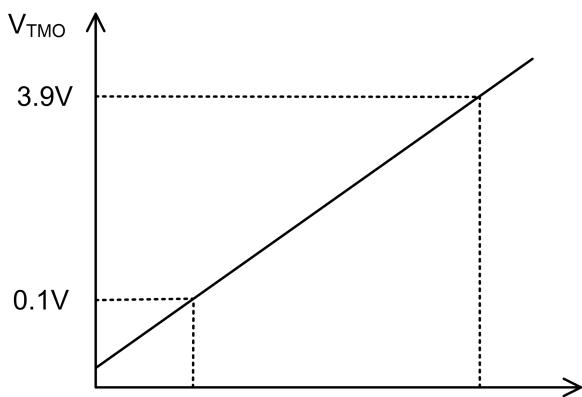


图13.2. 目标

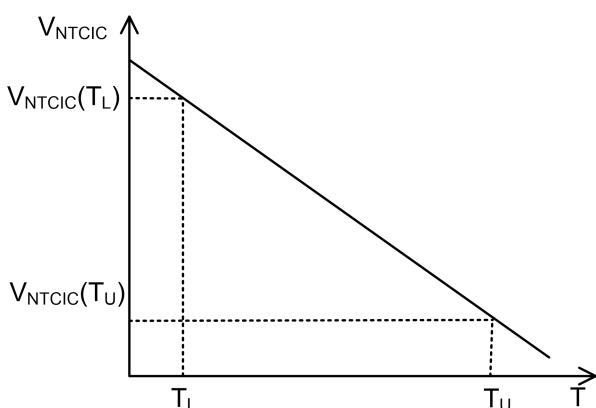


图13.3. 温度与 V_{NTCIC}

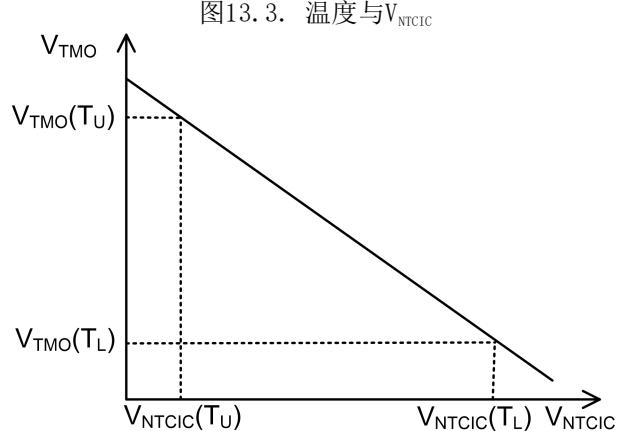


图13.4. V_{PTCIC} 与 V_{TMO}

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

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

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

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

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

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

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

$$R2 = 10k \Omega$$

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

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

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

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

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

SBDN

建议将SBDN以10 μ A电流拉升至VPS，该引脚具有1.50V的逻辑阈值。将此引脚驱动为逻辑高电平以使能TEC18V15AAIT。驱动为逻辑低电平可禁用TEC控制器并进入微功耗关断模式。

ITEC 和 ILM

当ITEC电压 $V_{ITEC} = 2V$ 时, TEC控制器电流 $I_{TEC} = 0A$ 。当 $V_{ITEC} = 0V$ 时, ITEC具有最大反向电流 $-15A$ 。当 $V_{ITEC} = 4V$ 时, ITEC 达到最大正向电流, $15A$ 。

TEC控制器在电流正向时工作于制冷区域。相反, 当电流反向时, TEC控制器工作于加热区域, 如图14所示。

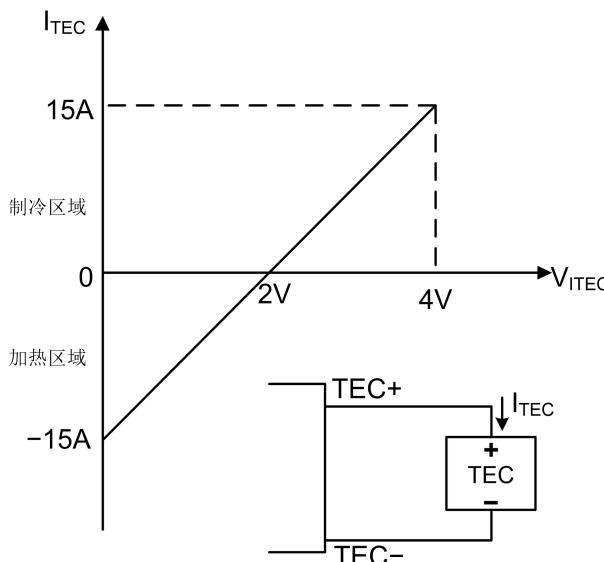


图14. V_{ITEC} 与 I_{TEC}

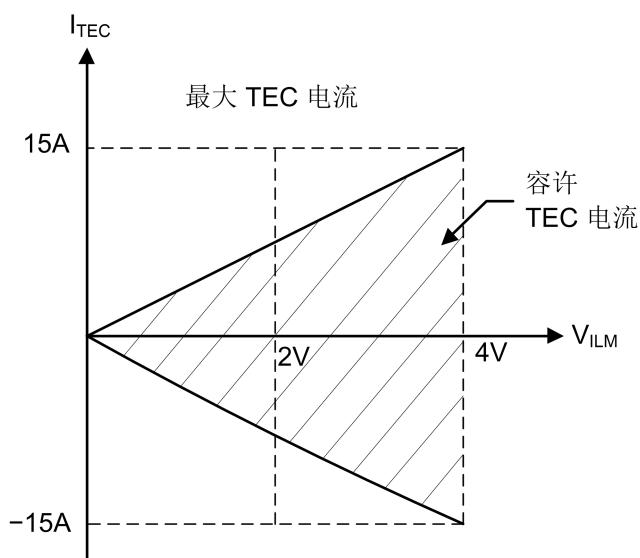


图15. V_{ILM} 与 I_{TEC}

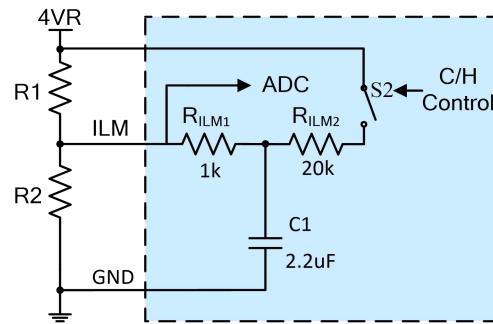


图16. ILM 与制冷及加热控制的关系

开关 S1 在加热时闭合, 制冷时断开。

根据图 16 计算制冷和加热区域的最大电流。

1. 制冷区域

$I_{TEC} \geq 0A, V_{ILM} \geq 2V$, 制冷区域 $\Rightarrow S1$ 断开;

最大制冷电流:

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

2. 加热区域

$I_{TEC} < 0A, V_{ILM} < 2V$, 加热区域 $\Rightarrow S1$ 闭合;

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. 确定加热电流缩减比后, 即可确定 R1 和 R2 的数值。

计算 R1 与 R2 的比例

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

通过确定加热电流缩减比计算 R1 和 R2 的数值:

KHC = 最大加热电流 / 最大制冷电流

$$= \frac{|I_{TEC} - (TH-MAX)|}{|I_{TEC} - (CL-MAX)|} \quad \dots \dots \dots (2)$$

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

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

VTEC 和 VLM

$V_{TEC} = V_{TEC+} - V_{TEC-}$, 如图 18 所示。

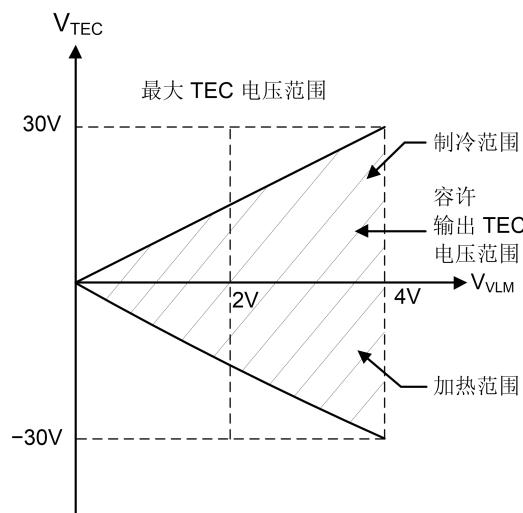


图 17. V_{TEC} 与 V_{VLM}

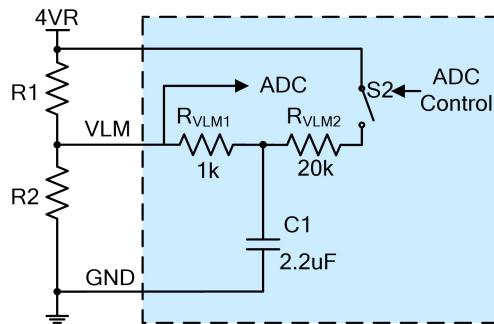


图 18. VLM 与制冷及加热控制

开关 S2 在加热时闭合，在制冷时断开。

TMGD

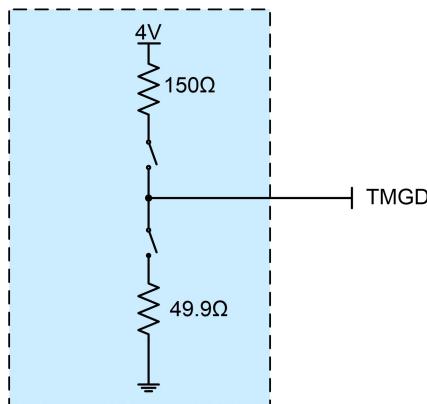


图 19. TMGD 引脚的输出等效电路

TMGD 引脚输出最大 20mA 的源电流和汇电流。输出电流将产生电压降，如图 19 所示。

VLM 和 ILM

若需将该 TEC 控制器应用于本文未涉及的其他场合（例如波形锁定控制器），请与我们联系。同样适用于其他定制需求，如使用高于 4V 的电压源摆幅及/或 VPS 设

置 ILM 和 VLM。

外部电压通过电阻连接至 ILM 引脚。该电压可用于调节制冷或加热的电压范围，建议取 1.5V。电阻用于调节制冷和加热之间的差异，建议为 10kΩ。详见图 20。

例如，ILM 引脚的电压中点 (V_m) 为 2V。调整外部电压，使电压范围为 1V，但以 2V (V_m) 为中心。调节电阻 W2 可使制冷极限高于加热极限。如图 21 与图 22 所示。

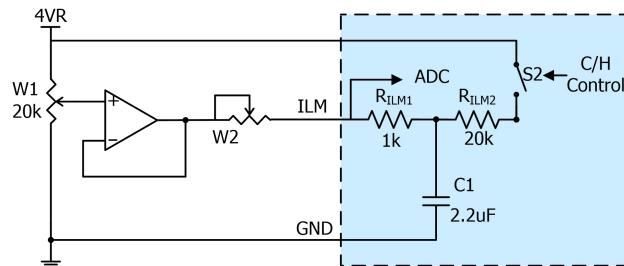


图 20. ILM 与制冷及加热控制

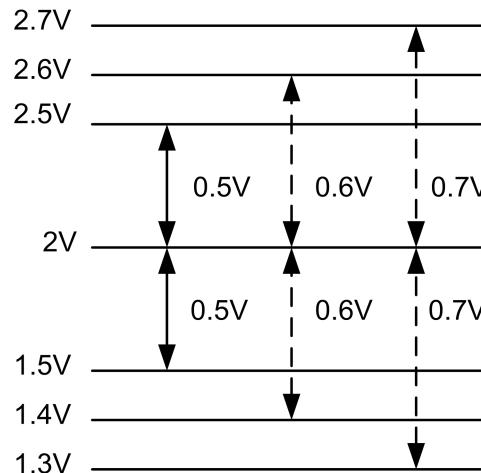


图 21. 调整外部电压

通过 VLM 或 ILM 引脚上的波形，可判定制冷或加热控制中的 VLM 或 ILM 电压，详见图 23 与图 24。图 23 中的占空比为 99%，图 25 中为 1%。我们也可以使用万用表测量两种电压。当控制器处于待机状态时，万用表测得的电压为制冷控制中的 VLM 或 ILM 电压。当控制器处于工作状态时，万用表测得的电压为加热控制中的 VLM 或 ILM 电压。

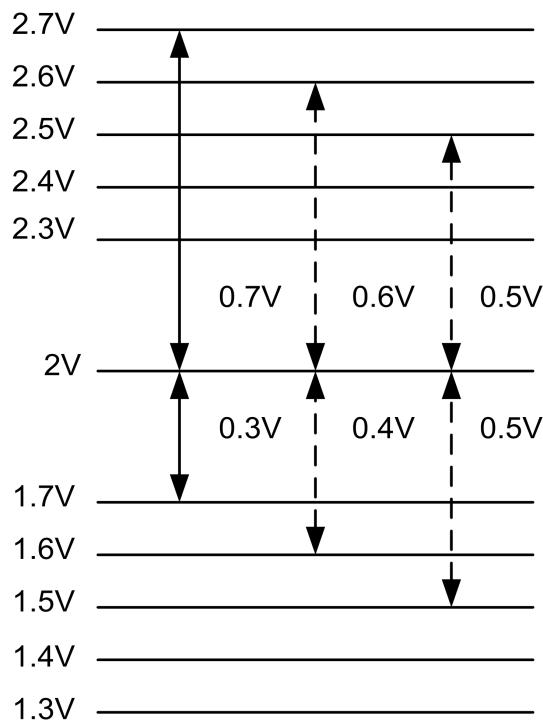


图 22. 调节电阻

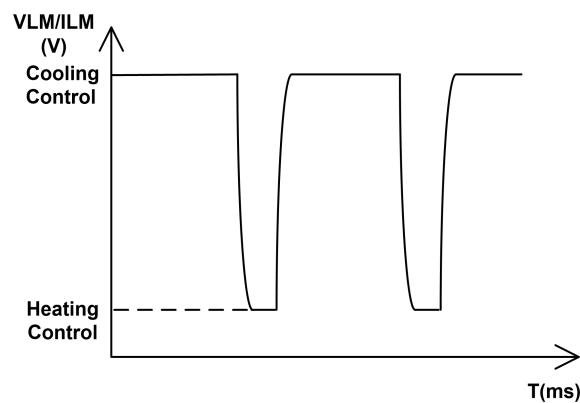


图 23。 VLM 或 ILM 引脚的波形
@ 待机状态

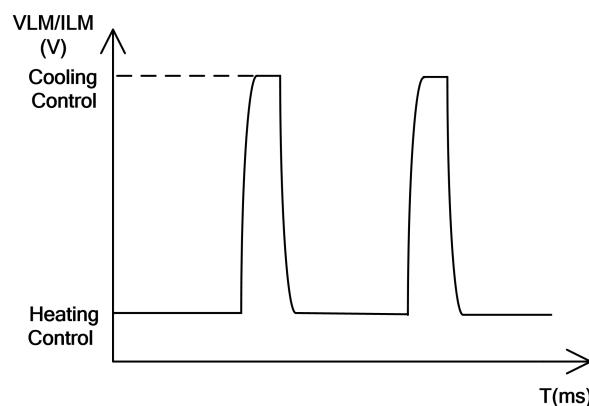


图 24。 VLM 或 ILM 引脚的波形
@ 工作状态

温度网络

TEC18V15AAIT配备定制的内部补偿网络，其元件值由客户指定。详见图8。

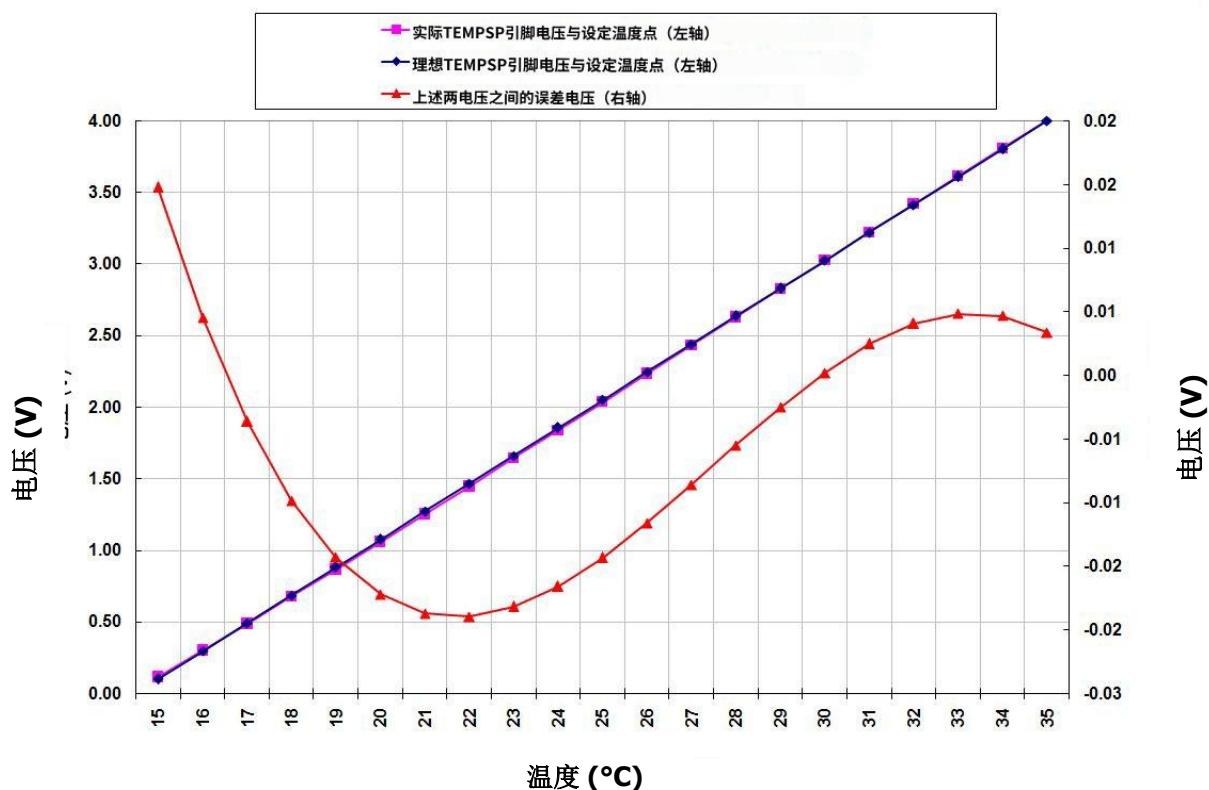
TEC18V15AAIT配备定制的温度网络。详见图6和图8。

典型特性

表 4. RTH 与温度的测量数据

温度 (° C)	Rth (kΩ)	TMO (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 (kΩ)	TMO (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



散热

TEC18V15AAIT TEC控制器的加热元件位于靠近外壳的顶层，因此散热器须安装于控制器外壳顶部。当控制器输出电流小于8A时，无需散热器。当输出电流大于

8A时，需配备散热器以确保控制器内部温度低于85°C。

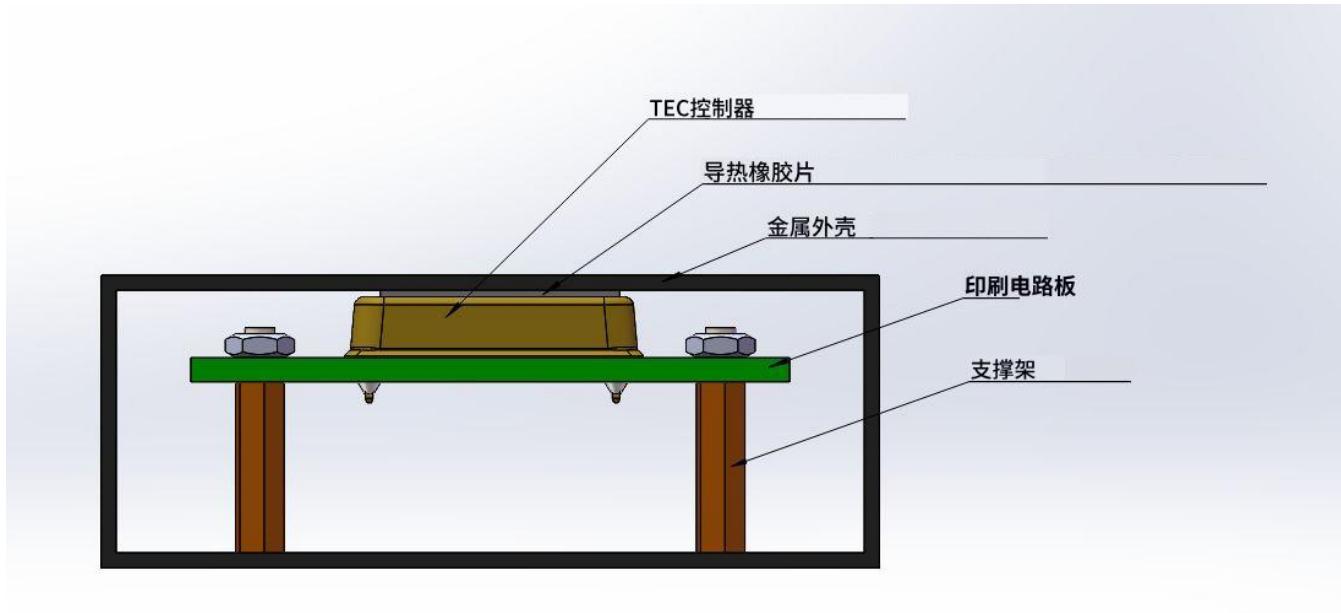


图26. 通过金属外壳传热

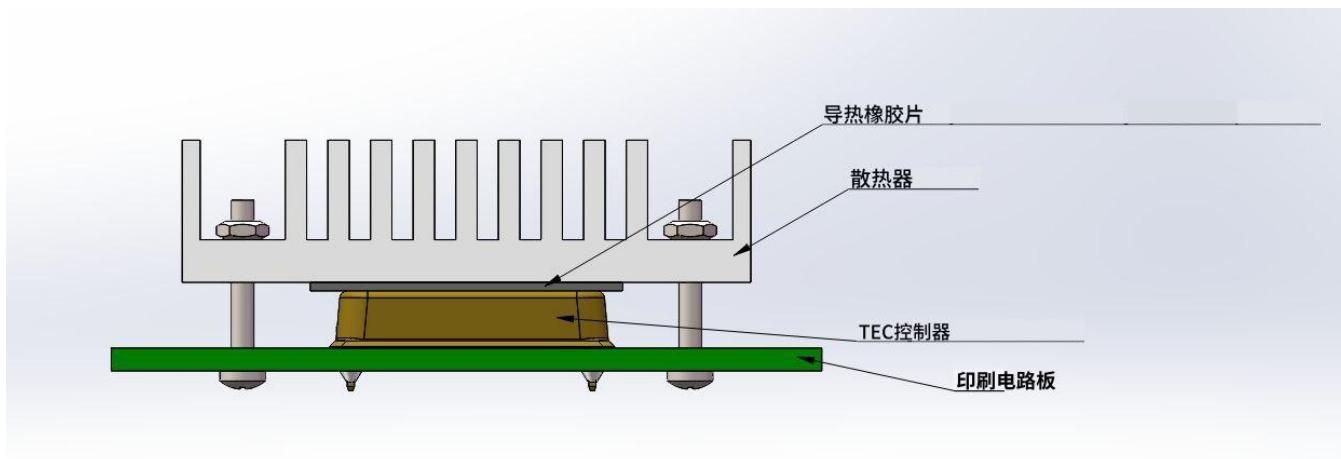


图27. 通过散热器传热

机械尺寸

该控制器提供两种封装形式：通孔安装与表面贴装。前者通常称为DIP（双列直插封装）或简称D封装，型号为TEC18V15AD；后者通常称为SMT（表面贴装技术）或SMD（表面贴装器件）封装，型号为TEC18V15AS。控制器尺寸见图28和图29。

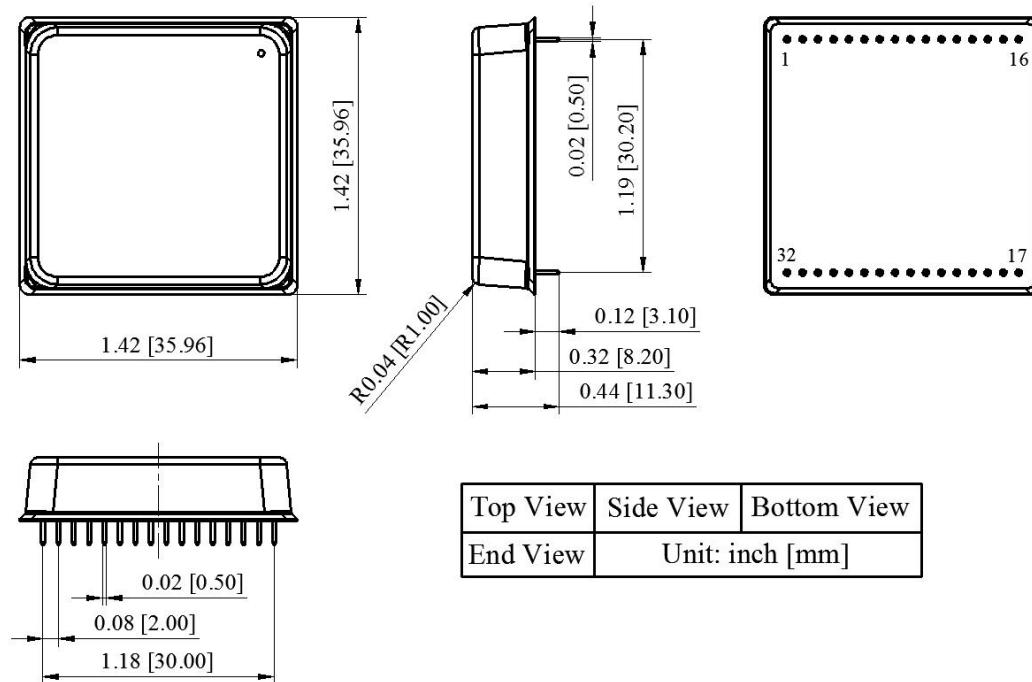


图 28。 DIP 封装尺寸

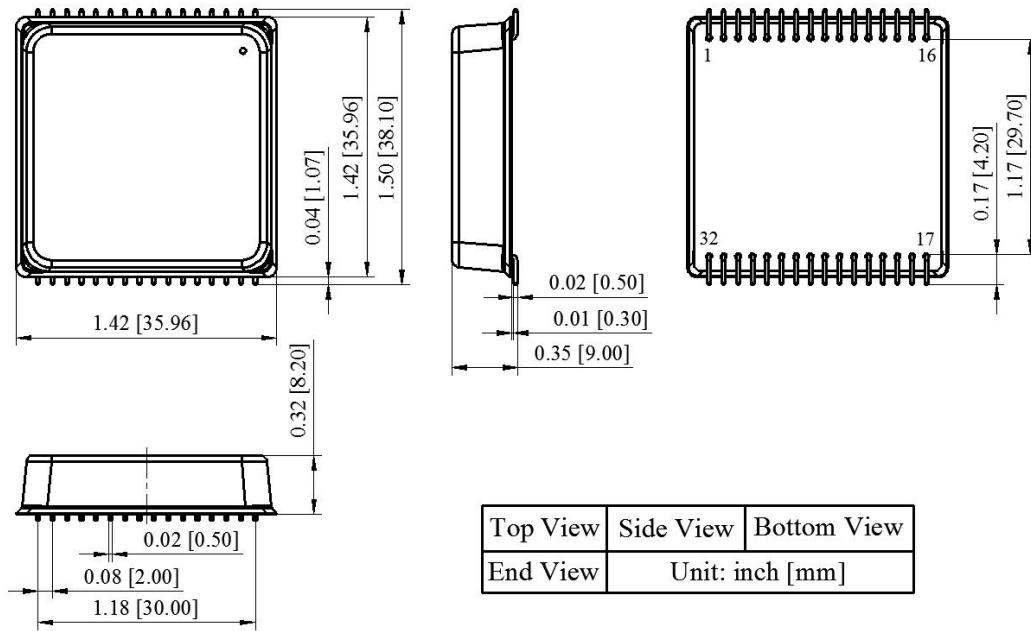


图 29。 SMT 封装尺寸