

## 描述

TEC（热电制冷器）是一种半导体器件，通过在一个方向或另一个方向注入电流，可以冷却或加热物体的温度。TEC18V6A是一款专为高效驱动TEC模块的控制器，通过控制通过TEC模块的电流的方向和大小，精确调节物体温度。它由5.5V至18V的直流电压供电，输出电流最高可达6A，无需使用散热器。图1是TEC18V6AD控制器的实物照片。

控制器TEC18V6A允许分别设置设定温度、最大输出电压值和最大输出电流值。这三个设置是三个控制回路的输入参数：恒温回路、恒流回路和恒压回路。在达到最大输出电压值或最大输出电流值之前，温度回路处于控制状态。当达到最大输出电压值时，控制器将输出一个恒定的电压给TEC模块，无论其极性为正或负；当达到最大输出电流值时，电流回路接管控制，控制器将输出一个恒定的电流给TEC模块。最高输出电压值受最大电源电压的限制，而最大输出电流值为6A。

温度信号可通过使用以下三种温度传感器之一获取：热敏电阻、RTD或温度传感器IC。当使用热敏电阻时，设定温度范围由外部由3个电阻器形成的温度网络确定。为了减少由自加热效应引起的误差，注入到热敏电阻的电流以脉冲模式提供，与连续电流相比，电流减少了10倍。

该TEC控制器的一个先进功能是它配备了一个智能自动PID控制微处理器，可以实时感知和自动补偿热负载，无需外部元件形成补偿网络，也无需繁琐地调整负载。具备自动PID功能的TEC控制器有两个型号：DIP封装型号为TEC18V6ADAPID，SMT封装型号为TEC18V6ASAPID。

用户仍可与过去一样选择使用传统的模拟补偿网络。为了更好地匹配不同的热负载，它需要一次性（第一次使用时）预调网络，但却能可靠、高精度的控制TEC。对于固定的热负载应用，传统的模拟补偿网络可能是一个不错的选择，而对于热负载可变或类型繁多的应用，自动PID控制则更为合适。



图 1. TEC18V6AD 的实物照片

## 特征

- 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  
@V<sub>VPS</sub> = 18V
- 输出电流范围：0 ~ 6A
- 高效率：> 92%  
@V<sub>VPS</sub> = 18V & V<sub>TEC</sub> = 8V & I<sub>TEC</sub> = 6A
- 高温度稳定性：<±0.001°C
- 降低热敏电阻注入电流：< 1μA
- 连续双向输出
- 可编程输出电流和电压限制
- TEC 温度、电流和电压信号
- 可选择的温度传感器类型：热敏电阻、RTD 或温度传感器IC
- 高可靠性和低电磁干扰
- 外型尺寸：35.96 × 35.96 × 8.2 (mm)
- 符合RoHS标准

## 应用

高效驱动大功率TEC模块，无需手动调整补偿网络。

图 2 是控制器的俯视图，显示了引脚名称和位置。控制器共有 32 个引脚，间距为 2 毫米。左侧所有引脚用于控制输入或指示输出信号；右侧所有引脚用于电源输入或输出。

引脚功能详见表 1。

在热敏电阻输入端，有一个热敏电阻的线性化电路，使温度输出电压与热敏电阻的实际温度更接近线性比例。还有一个电压反相电路，当使用负温度系数的热敏电阻时，温度输出电压与温度成正比。这两个电路合在一起称为温度测量电路。见图 6。

温度电压设置点和代表实际温度的电压被送到误差放大器。环路中插入了一个补偿网络，以阻止控制器因热负载的相位延迟效应而产生振荡。因此，补偿网络必须与驱动特定热负载的需要相匹配。为了使补偿网络的调节更简单，可以使用 TEC 控制器评估板提供的可调补偿网络。调整补偿网络的详细指导可参考评估板应用说明。

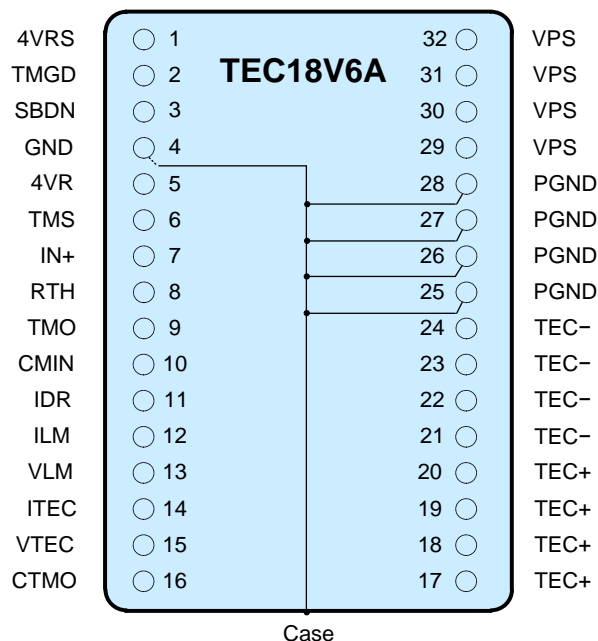


图2. 引脚定义和位置

## 规格

表1. 引脚定义描述

引脚 #	名称	备注	说明书
1*	<b>4VRS</b>	模拟输出	4VR开关输出。该引脚输出一个从0V到4V，频率为85Hz的4VR开关脉冲信号作为热敏电阻的参考。
	<b>SNCO</b>	数字输出	同步输出。该引脚输出一个从0V到5V，频率为600kHz的开关脉冲信号。它可以发送到另一个SM（开关模式）控制器或电源的同步输入，以消除该TEC控制器与其他SM设备之间的拍频干扰。
2	<b>TMGD</b>	数字输出	温度正常指示。高电平激活。表示实际温度等于目标物体的设定温度。也就是说，目标物体温度与设定温度相差不超过0.001°C，前提是设定温度范围为40°C。或 $ VTMO - VTMS  < 0.5mV$ 。 <b>对于带有PID功能的控制器：</b> 当引脚16 CTMO的电压为4V时：TMGD指示灯闪烁时，表示正在识别PID系数，当此指示灯常亮时，表示PID系数已被识别。



引脚 #	名称	备注	说明书
3	<b>SBDN</b>	模拟 / 数字输入	待机和关闭控制。该SBDN引脚内部浮动，并串联有1k电阻。建议使用4.99MΩ电阻将此引脚上拉至VPS电源。如果将其下拉到接地，整个控制器将关机。该引脚具有2个阈值电压：1.5V和2.0V。参见图5。 关机状态：当VSBDN < 0.3V时，控制器处于关机状态。 待机状态：1.5V < VSBDN < 1.9V，除了TEC+和TEC-的没有输出，其他所有组件都处于工作状态。 运行状态：VSBDN > 2.0V，整个控制器处于工作状态。
4	<b>GND</b>	接地	信号地。将此引脚连接到ADC、DAC和信号源的信号地。它还可以用作模拟输出引脚地。
5	<b>4VR</b>	模拟输出	参考电压输出，为4.096V。它可用作电位器或DAC的电压参考，用于设置模拟端口，如TMS、ILM、VLM等。它还可供ADC用于传感模拟输出端口：TMO、CTMO、ITEC和VTEC。初始精度为0.1%，温度系数为<50ppm/°C。
6	<b>TMS</b>	模拟输入	模拟输入端口，用于设置目标物体的设定温度。它内部连接了一个1MΩ电阻到参考电压的一半值，即2V。因此，该引脚的开路电压为2V，使用默认的温度网络（设定温度范围为15°C至35°C）时，对应于25°C的设定温度。强烈建议使用控制器的4V电压参考来设置此引脚的电压。可以使用POT或DAC来设置此引脚。当设定温度需要为25°C时，将此引脚断开连接。  注意：TMS引脚的最大电压范围为0V-4V。建议将此引脚的电压设置为0.2V-3.8V，以避免控制器工作在饱和区域。
7	<b>IN+</b>	模拟输入	接收外部温度信号（热敏电阻和温度传感器等）。
8	<b>RTH</b>	模拟输入	热敏电阻连接端口。连接到安装在目标物体上用于感测其温度的热敏电阻。使用默认的内部温度网络，可以使用一个10kΩ @ 25°C的热敏电阻。也可以使用其他类型的热敏电阻或温度传感器，详细信息请参见应用部分。
9	<b>TMO</b>	模拟输出	实际目标物体温度指示。其电压从0V到4V。使用默认的内部温度网络时，当此引脚的电压从0.1V到3.9V时，线性地表示15°C至35°C，前提是使用标准的10kΩ热敏电阻作为温度传感器装置。
10	<b>CMIN</b>	模拟输入	用于热控制环路的补偿输入引脚。
11	<b>IDR</b>	模拟输入 & 输出	该电压取自温度误差检测电路，并用作TEC电流环路的输入控制信号。其内部阻抗为10kΩ，可以通过外部模拟信号进行过驱动，该信号能够覆盖10kΩ电阻。电压范围为0V至4V，对应着-6A至+6A的输出电流。将此引脚电压设置为2V将使输出电流为零。
12	<b>ILM</b>	模拟输入	此引脚用于设置TEC电流限制。最大限制电流为6A。将此引脚的电压从0V到4V设置，对应于将电流幅值限制从0A到6A。
13	<b>VLM</b>	模拟输入	此引脚用于设置 TEC 电压限值。最大极限电压为 30V。该引脚的电压设置为 0V 至 4V，则 TEC 电压幅度限值为 0 至 30V： $V_{VLM} = \frac{V_{TEC+} - V_{TEC-} _{MAX}}{7.5}$
14	<b>ITEC</b>	模拟输出	TEC电流指示。ITEC是一个模拟电压输出引脚，其电压与TEC模块中实际电流成正比。ITEC的中心电压为2V，对应着此时通过TEC模块的电流为0。 $V_{ITEC} = \frac{I_{OUT}(A)}{7.5} + 2V$ ，其中 I <sub>OUT</sub> 是控制器的实际输出电流，从TEC+端口流出随后流入 TEC- 引脚。

引脚 #	名称	备注	说明书
15	VTEC	模拟输出	TEC电压指示。VTEC是一个模拟电压输出引脚，其电压与通过TEC模块的实际电压成比。它从0V到4V，代表输出电压从-30V到30V，因此改引脚的中心电压为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。它可用于感测控制器的实际温度，以避免过热。从0V到4V线性设置内部温度，对应的温度范围从-55°C到125°C。 <b>对于具有PID功能的控制器：</b> 当有新的负载并且需要重新识别PID系数时，该引脚的电压为4V。
17, 18, 19, 20	TEC+	模拟功率输出	该引脚连接到 TEC 模块的正极端口，所有 4 个引脚在内部连接在一起以增加承受电流的能力。
21, 22, 23, 24	TEC-	模拟功率输出	该引脚连接到 TEC 模块的负极端口，所有 4 个引脚在内部连接在一起。
25, 26, 27, 28	PGND	电源接地	电源接地，用于连接到供电电源的 0V 返回节点，所有 4 个引脚在内部连接。
29, 30, 31, 32	VPS	电源输入	电源供电的正极节点。正常工作电压范围为5.5V至18V，最大值为18V。所有4个引脚在内部连接。

\*有 TEC18V6A 和 TEC18V6ASNCO 两个可供选择的型号。前者的引脚 1 是 4VRS，而后者的引脚 1 是 SNCO。建议使用 TEC18V6A。

表 1. 电气特性

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>参考电压脉冲输出模式：4VRS引脚（或同步输出：SNCO引脚），引脚1</b>						
输出电压范围	V <sub>4VRSOUT</sub>	T <sub>A</sub> = 25°C	4.0925	4.096	4.0995	V
初始误差	V <sub>E</sub>	T <sub>A</sub> = 25°C	-0.05		0.05	%
温度系数	T <sub>C</sub>			±3	±8	ppm/°C
最大负载电流	I <sub>4VRMAX</sub>	T <sub>A</sub> = 25°C	-20		+20	mA
开关频率	F <sub>4VRS</sub>		83	85	87	Hz
输出电压 (断路)	V <sub>SNCOOUT</sub>	断路电压 = 0V ~ 4V PWM	0		4	V
电压范围 (带载)	V <sub>SNCOOUT</sub>	断路电压 = 0V ~ 4V PWM	0.1		3.9	V
频率	F <sub>SNCO</sub>	断路电压 = 0V ~ 4V PWM		600		kHz
<b>温度正常指示：TMGD引脚，引脚2</b>						
电压范围 (断路)	V <sub>TMGDOUT</sub>	断路电压 = 4V	0		4	V
电压范围 (带载)	V <sub>TMGDOUT</sub>	断路电压 = 4V	0		4	V

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
最大输出电流	$I_{TMGDSC}$	断路电压 = 4V	1		15	mA
最大输出电压	$V_{TMGDSC}$	断路电压 = 4V	3.7		4	V
最大吸收电流	$I_{TMGDSK}$	断路电压 = 4V	3		20	mA
最大吸收电压	$V_{TMGDSK}$	断路电压 = 4V	0		0.6	V
<b>待机、关机控制：SBDN 引脚，引脚3</b>						
输入电流	$I_{SBDNIN}$	$V_{SBDN} = 0V$	0.1		0.3	$\mu A$
		$V_{SBDN} = 4V$	4		6	
		$V_{SBDN} = 30V$	30		50	
输入电压范围	$V_{SBDNIN}$	断路电压 = 5V	0		18	V
关机逻辑低电平	$V_{SBDNSDL}$	断路电压 = 5V	0			V
关机逻辑高电平	$V_{SBDNSDH}$	断路电压 = 5V			0.7	V
待机逻辑低电平	$V_{SBDNSBL}$	断路电压 = 5V	1.4			V
待机逻辑高电平	$V_{SBDNSBH}$	断路电压 = 5V			1.9	V
工作逻辑低电平	$V_{SBDNOPL}$	断路电压 = 5V	2.0			V
工作逻辑高电平	$V_{SBDNOPH}$	断路电压 = 5V			5	V
<b>参考电压输出：4VR 引脚，引脚5</b>						
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	$\mu F$
<b>温度设置：TMS 引脚，引脚6</b>						
输入阻抗(输入等效电路见第8页图3)	$Z_{TMSIN}$			5		$M\Omega$
输入电压范围	$V_{TMSIN}$		0		4	V
断路电压	$V_{TMSOP}$			2		V
<b>温度信号输入：IN+ 引脚，引脚7</b>						
输入电压范围	$V_{IN+}$		0		4	V
<b>热敏电阻连接端口：RTH 引脚，引脚8</b>						
输入电压范围	$V_{RTHIN}$		0		4	V
<b>实际目标物体温度指示：TMO 引脚，引脚9</b>						
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
输出电流	$I_{TMOOUT}$	$V_{SS} = 0V$ $T_A = 25^\circ C$	-12		12	mA

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>补偿输入: CMIN 引脚, 引脚10</b>						
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	$\mu A$
<b>补偿输出: IDR 引脚, 引脚11</b>						
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
<b>TEC 电流限制: ILM 引脚, 引脚12</b>						
输入阻抗	$Z_{ILM}$			21		$k\Omega$
输入电压范围	$V_{ILMIN}$		0		4	V
<b>TEC电压限制: VLM引脚, 引脚13</b>						
输入阻抗 (见第8页的图4, 输入等效电路)	$Z_{VLM}$			10		$k\Omega$
输入电压范围	$V_{VLMIN}$		0		4	V
<b>TEC电流指示: ITEC引脚, 引脚14</b>						
<b>TEC电压指示: VTEC引脚, 引脚15</b>						
<b>控制器温度指示: CTMO引脚, 引脚16</b>						
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
<b>TEC+/TEC- 引脚, 引脚17~20/引脚21~24</b>						
最大输出电流	$ I_{MAXTEC+} $   $I_{MAXTEC-} $	$V_{VPS} = 5.5V \sim 18V$ $T_A = 25^{\circ}C$	0		6	A
最大输出电压	$ V_{OUTMAX} $	$V_{VPS} = 18V$	0		14.4	V
<b>电源供电输入: VPS引脚, 引脚29~32</b>						
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
	$I_{VPSSB}$	待机模式	5		20	mA
	$I_{VPSSD}$	关机模式			50	$\mu A$
<b>温度稳定性</b>						
温度误差电压	$V_{TMO} - V_T$ MS		-0.47	0.02	0.47	mV
效率	$\eta$	$V_{VPS} = 18V$ $ V_{TEC+} - V_{TEC-}  = 14V$ $ I_{TEC+} - I_{TEC-}  = 6A$		$\geq 92$		%

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作温度范围	$T_{CS}$		-40		110	$^{\circ}C$
工作环境温度范围	$T_A$		-40		65	$^{\circ}C$
储存温度范围	$T_{STG}$		-40		125	$^{\circ}C$
控制器外壳热阻	$R_{TH}$			9		$^{\circ}C/W$

此TEC控制器只能驱动阻抗 $>1\Omega$ 的TEC，驱动阻抗 $=V_{MAX} / I_{MAX}$ 。

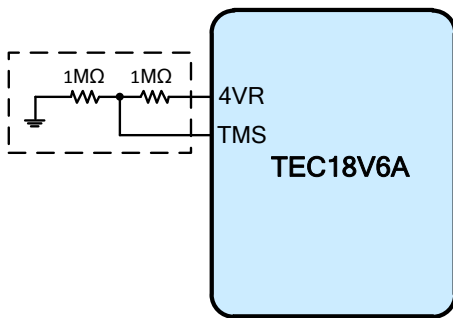


图3. TMS输入等效电路

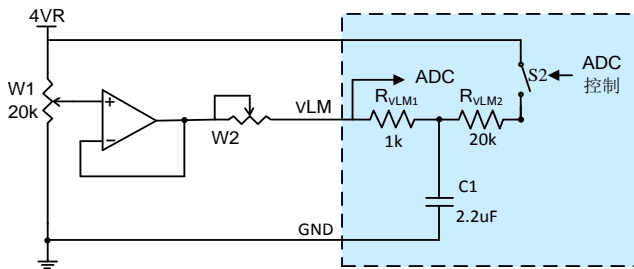


图4. VLM输入等效电路

加热时，开关S2闭合，制冷时，断开

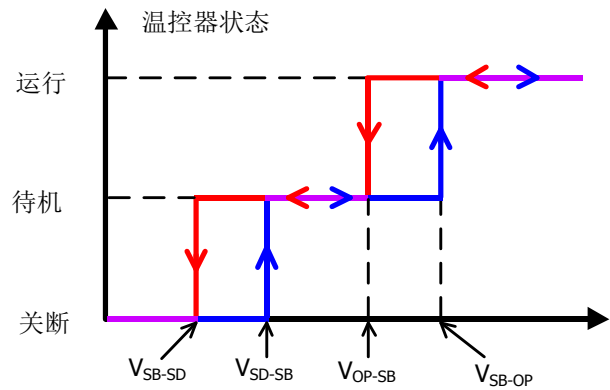


图5. 控制器状态

$V_{SB-SD}$ : 从待机到关机的逻辑低电平

$V_{SD-SB}$ : 从关机到待机的逻辑高电平

$V_{OP-SB}$ : 从开机到待机的逻辑低电平

$V_{SB-OP}$ : 从待机到开机的逻辑高电平

## 方框图

图6是控制器的方框图。

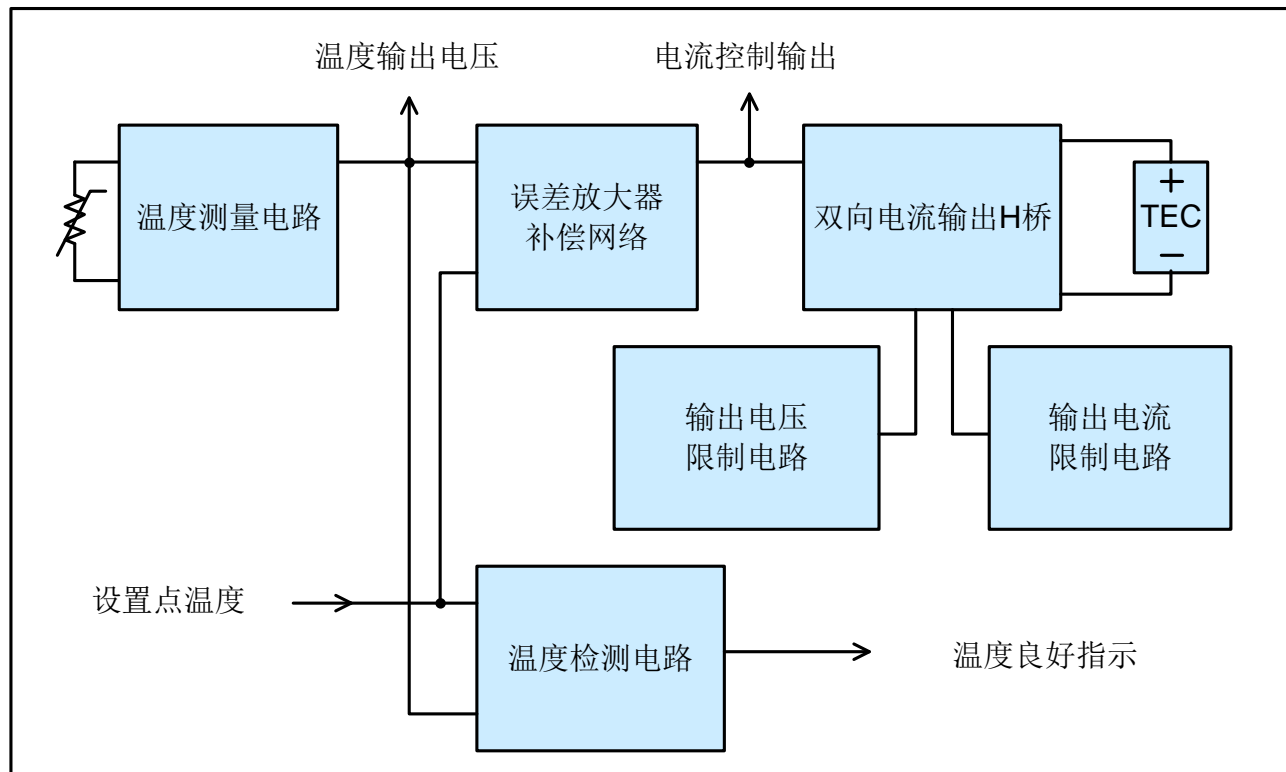


图6. TEC控制器方框图

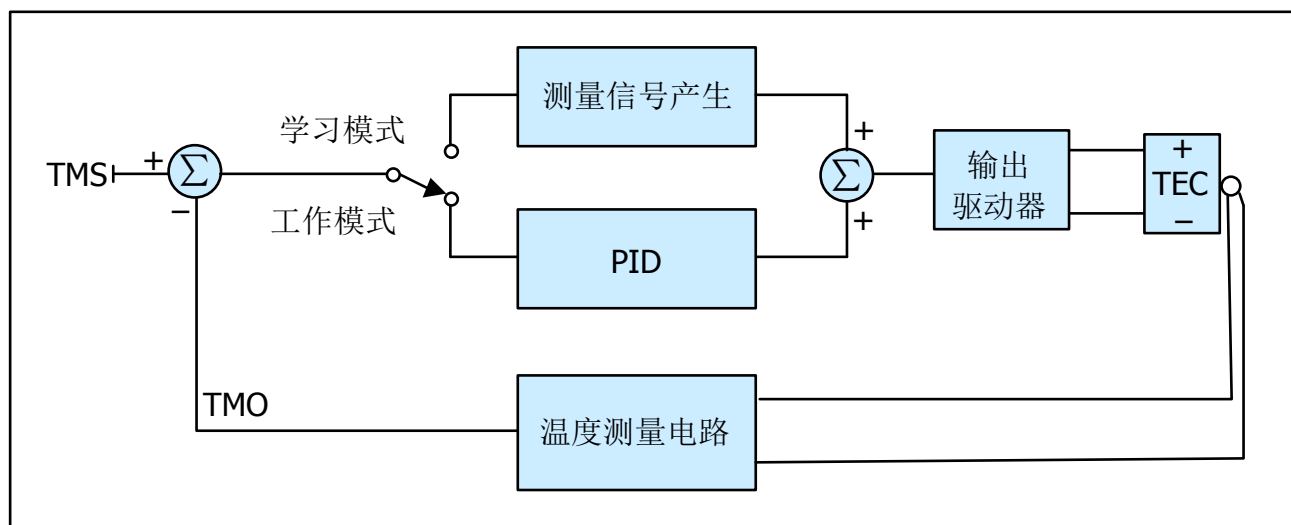


图7. 自动PID系统方框图



**应用**

TEC控制器连接如图8所示。

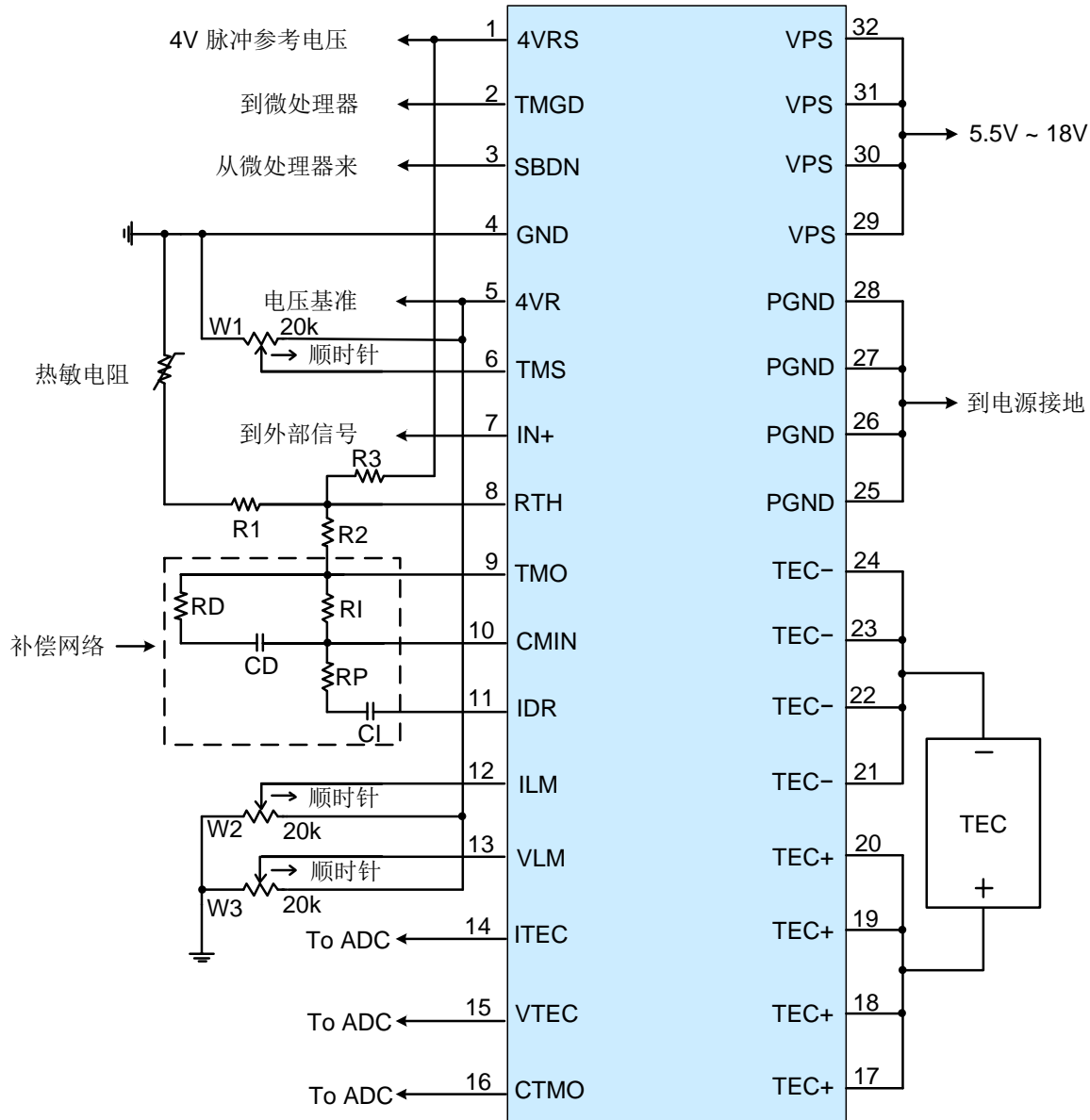


图 8.1. TEC 控制器连接

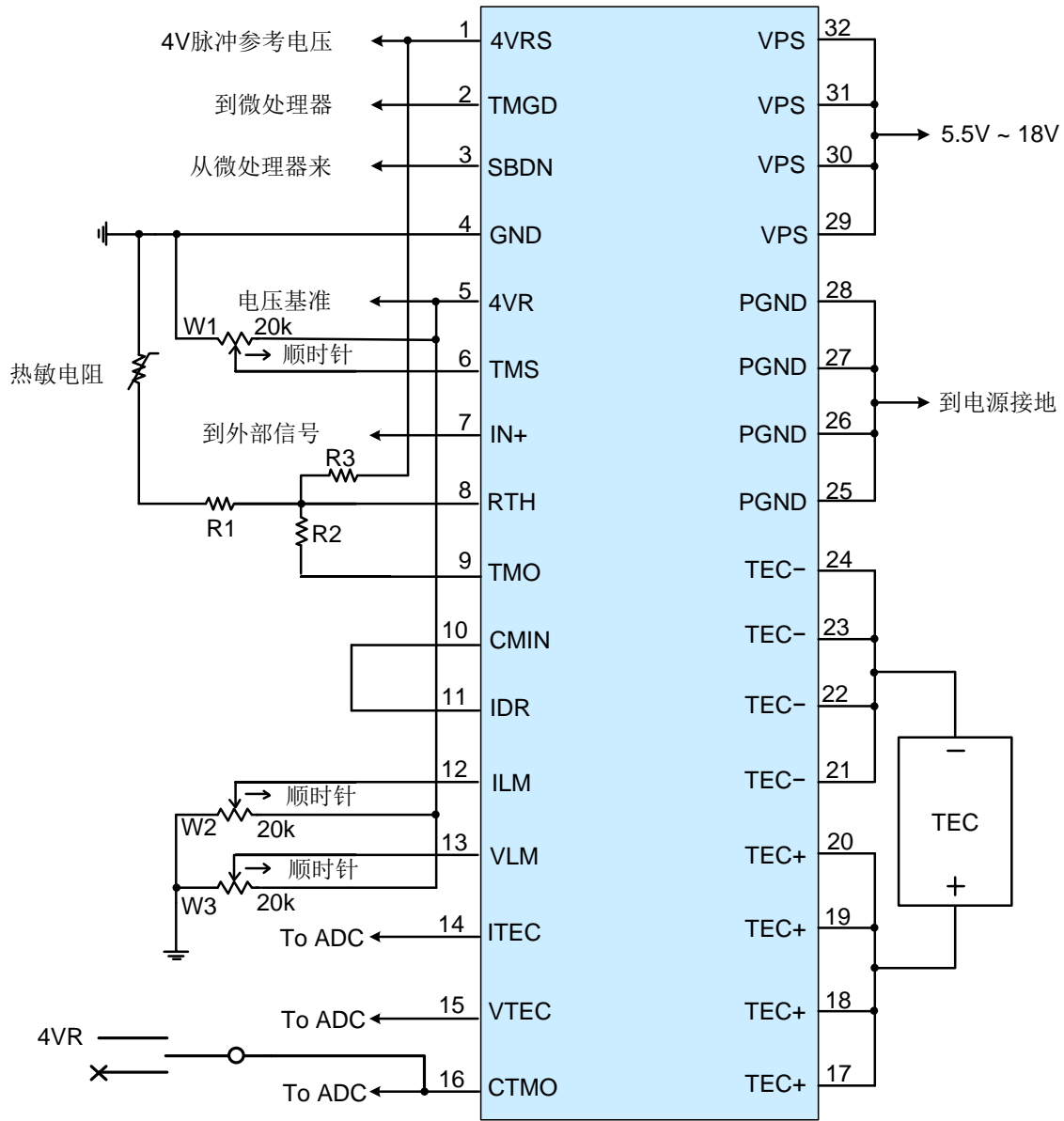


图 8.2. TEC18V6ADAPID 和 TEC18V6ASAPID 的连接

关机

表3. 外部探测器选择

序号	输入	电压	外部探测器
1	SBDN	0V ~ 0.5V	SD
2	SBDN	1.5V ~ 1.9V	SB
3	SBDN	2V ~ 2.3V	温度传感器
4	SBDN	2.4V ~ 2.6V	RTD/RTH
5	SBDN	3.1V ~ 4.0V	RTH (脉冲模式)

注意: 不要将SBDN引脚设为2.7V ~ 3V, 否则控制器会失去控制。

关于具有PID功能的控制器:

序号	输入	电压	外部探测器	PID
1	SBDN	0V ~ 0.5V	SD	N/A
2	SBDN	1.5V ~ 1.7V	SB	N/A
3	SBDN	1.9V ~ 2.1V	RTD 传感器或正温度系数的IC	模拟PID
4	SBDN	2.3V ~ 2.5V	RTH 采样保持模式	
5	SBDN	2.7V ~ 2.9V	RTH CW模式或负温度系数的IC	
6	SBDN	3.1V ~ 3.3V	RTD传感器或正温度系数的IC	自动PID
7	SBDN	3.5V ~ 3.7V	RTH采样保持模式	
8	SBDN	3.8V ~ 4.0V	RTH CW模式或负温度系数的IC	

温度传感器的选择

通常有三种温度传感器, 分别是热敏电阻, RTD (电阻温度检测器), and IC (集成电路) 温度传感器。

1. 热敏电阻

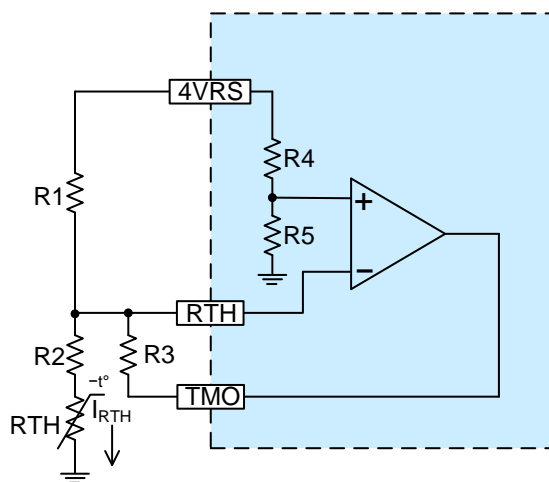
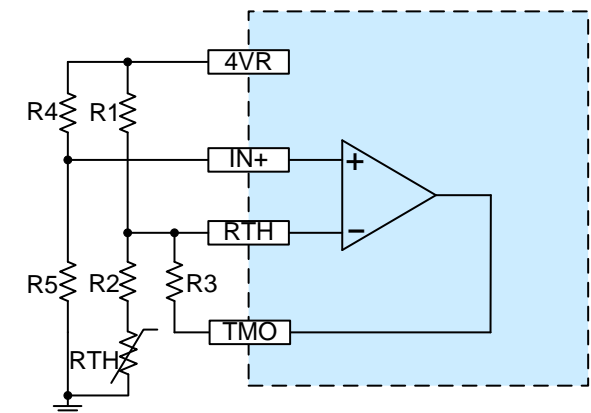


图9.1. RTH (脉冲模式)



Note: R4=R5

图9.2. RTH

通过温度网络中的三个不同设定点温度实现所需的  $V_{TMO}$  输出, 请使用以下公式:

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

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

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

例如，将高设定温度设为 35°C，低设定温度设为 15°C，则得出设定中间温度为  $(35 + 15)/2 = 25^\circ\text{C}$ 。可以使用热敏电阻阻温表。

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

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

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

注意，等式（1）到等式（3）的结果依次为：

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

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

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

为了减少热敏电阻的注入电流以减少自热效应引起的误差，注入电流采用脉冲模式，与连续电流相比，电流减小了10倍。

建议将R1连接到4VRS，控制器将在一定时间间隔内测量温度，以减少RTH自热引起的误差。同时，SBDN引脚应保持在3.1V至4V之间。请参考表3。

我们也可以将R1连接到4VR，但这可能会导致一些由RTH自热引起的误差。同时，SBDN引脚应保持在2.4V至2.6V之间。请参考表3。

## 2. RTD

RTD即电阻温度检测器，具有高精度和低漂移的特点。通常在电流通过RTD时会产生热量，称为自热效应。另外，RTD具有近似线性的电阻-温度关系。

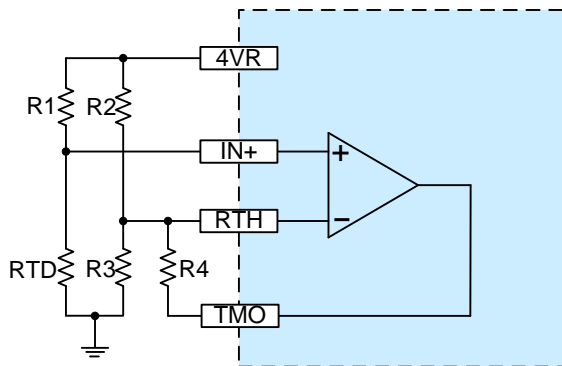


图10. RTD

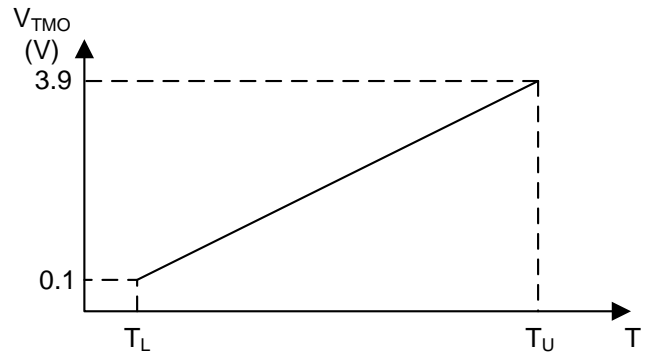


图11.  $V_{TMO}$ 和温度的线性关系

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

例如  $R_0 = 1\text{k}\Omega$

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

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

选取R1

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

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

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

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

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

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

$$R1 = 1.15\text{k}\Omega$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

为了在温度网络的三个不同设定点温度下实现所需的  $V_{TMO}$  输出，可使用以下方程式：

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

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

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

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

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

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

例如  $R_0 = 1k\Omega$

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

$V_{1L} = 0.5V$

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

$R_2 = R_1, R_3 = RTD_L$

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

例如，将高设定点温度设置为  $60^\circ C$ ，低设定点温度设置为  $0^\circ C$ 。使用公式  $RTD = R_0 \times (1 + 0.00385T)$ ，(例如  $R_0 = 1k\Omega$ )。

$RTD_L = RTD(10^\circ C) = 1.0k\Omega$

$RTD_H = RTD(60^\circ C) = 1.231k\Omega$

$R_1 = 7.192k\Omega$

$R_2 = R_1 = 7.192k\Omega$

$R_3 = RTD_L = 1.0k\Omega$

$R_4 = 32.308k\Omega$

### 3. IC

#### (1). 正系数

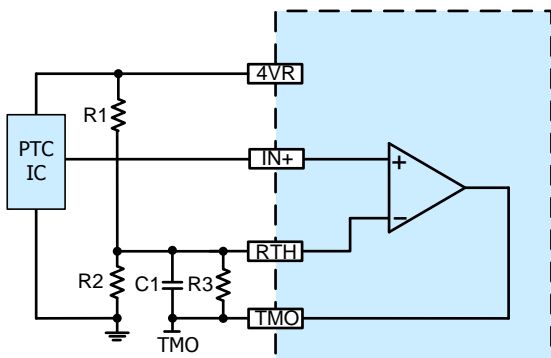


图12.1. PTC IC 温度传感器

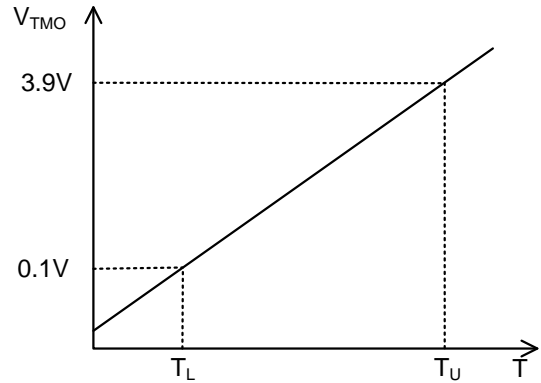


图12.2. 目标

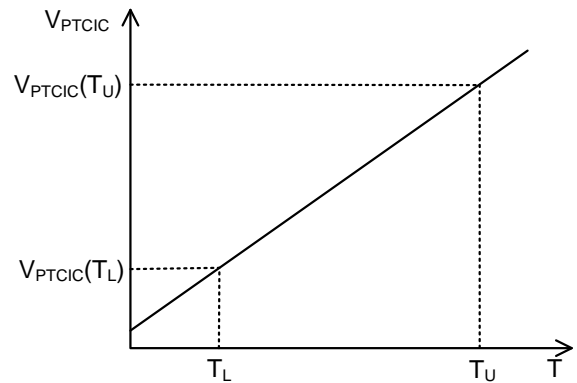


图12.3. 温度 vs.  $V_{PTCIC}$

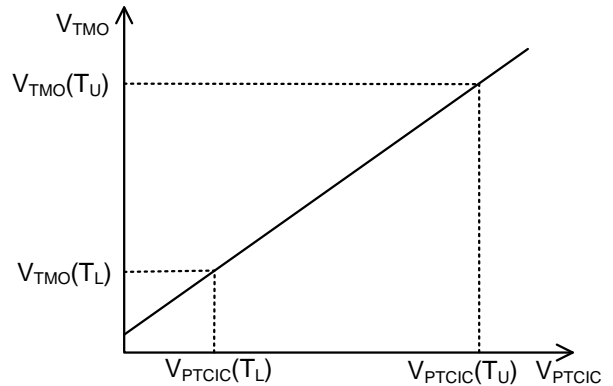


图12.4.  $V_{PTCIC}$  vs.  $V_{TMO}$

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

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

$$G = \frac{R_3}{R_1 // R_2} + 1$$

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

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

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

$$R3=20k\Omega$$

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

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

2. 负系数

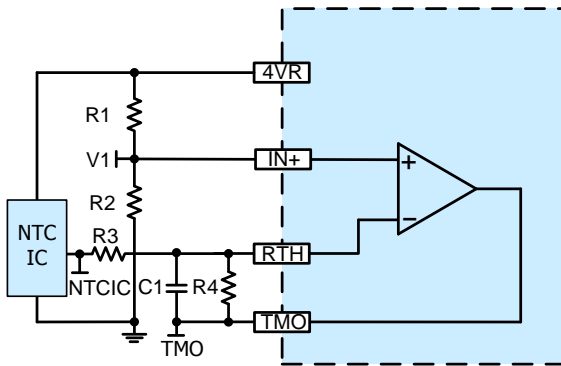


图13.1. NTC IC 温度传感器

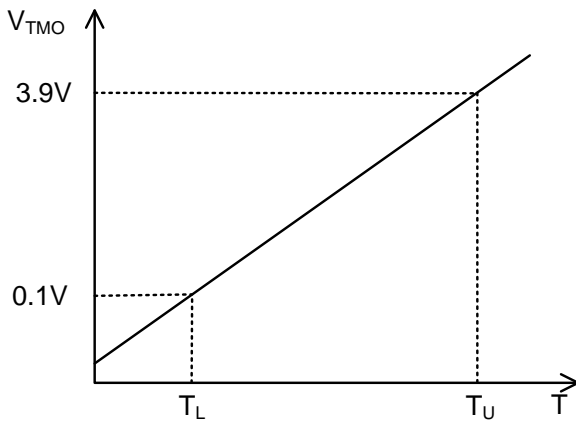


图13.2. Objective

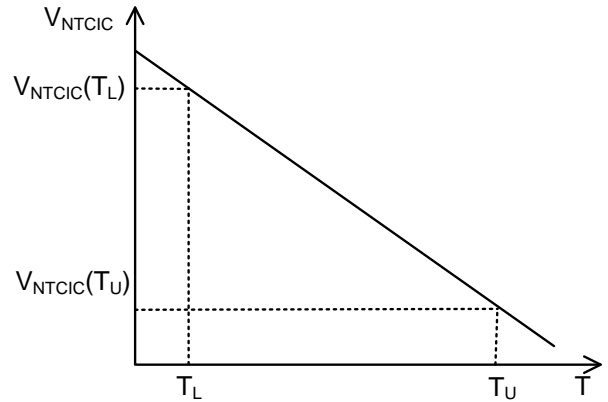


图13.3. 温度 vs. V<sub>NTCIC</sub>

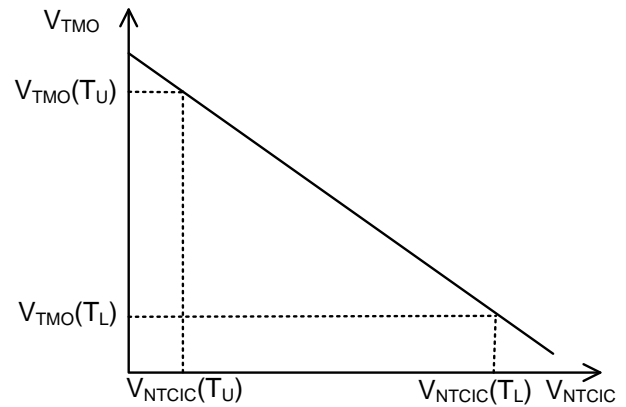


图13.4. V<sub>PTCIC</sub> vs. V<sub>TMO</sub>

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

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

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

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

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

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

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

$$R2=10k$$

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

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

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

最大拉电流:  $\frac{V_{NTCIC}(T_L) - V1}{R3} \leq I_{SOURCEMAX}$

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

**SBDN**

建议将SBDN引脚上拉到VPS，并通过10μA的电流来实现，同时包含1.50V的逻辑阈值。将该引脚驱动为逻辑高电平可启用TEC18V6A。将其驱动为逻辑低电平可禁用TEC控制器，并进入低功耗关机模式。

**ITEC and ILM**

当ITEC的电压为 $V_{ITEC} = 2V$ 时，TEC控制器的电流为 $I_{TEC}=0A$ 。当 $V_{ITEC} = 0V$ 时， $I_{TEC}$ 具有最大的反向电流，-6A。当 $V_{ITEC} = 4V$ 时， $I_{TEC}$ 具有最大的正向电流，6A。

在正向电流时，控制器在制冷区域工作。相反，当电流反向时，控制器在加热区域工作，如图14所示。

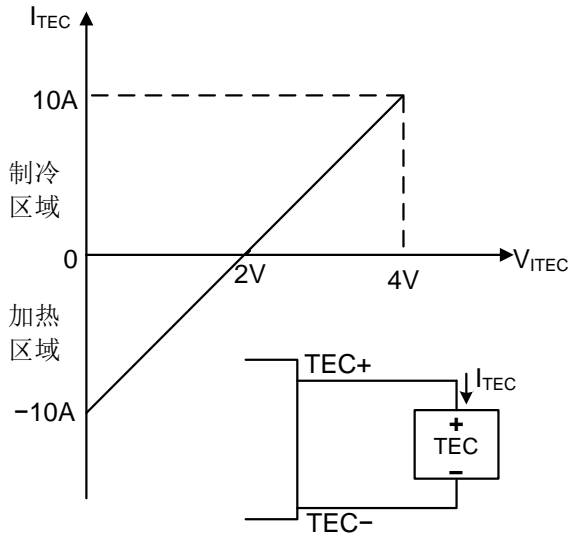


图14.  $V_{ITEC}$  vs.  $I_{TEC}$

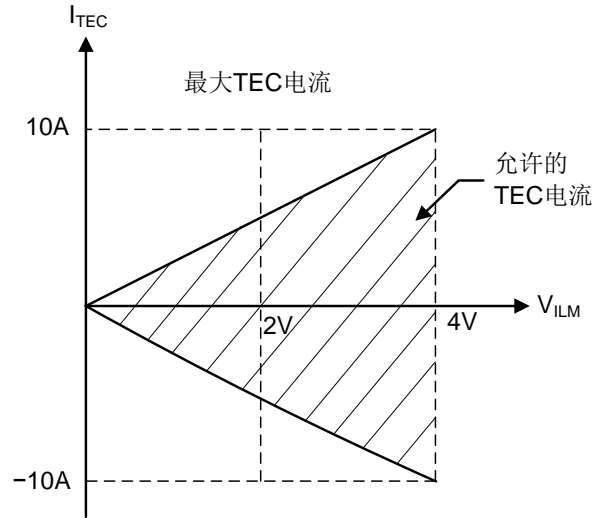


图15.  $V_{ILM}$  vs.  $I_{TEC}$

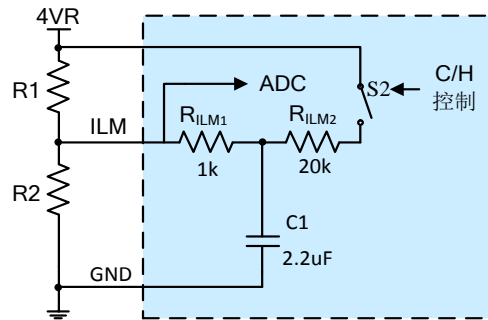


图16. ILM vs. 制冷和加热控制

加热时，开关S1关闭，制冷时，S1开启  
根据图16计算制冷区域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 => S1 = 开;

最大制冷电流:

$$I_{TEC} \leq \frac{V_{ILM}}{4V} \times 10A = \frac{R2}{R1+R2} \times 10A$$

2. 加热区域

$I_{TEC} < 0A, V_{ILM} < 2V$ , 加热区域 => S1 = Close;

最大加热电流:

$$|I_{TEC}|_{MAX} \leq \frac{V_{ILM}}{4V} \times 10A = \frac{R2//R_{ILM}}{R1+R2//R_{ILM}} \times 10A$$

3.在确定加热电流的缩减比后，我们可以确定R1和R2的阻值。

计算R1 & R2的比值

$$I_{COOLMAX} = \frac{R1}{R1+R2} \times 10A \quad \text{-----(1)}$$

根据确定的加热电流缩减比计算 R1 和 R2 的值。

KHC = 最大加热电流 / 最大制冷电流

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

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

$$= \frac{R2}{R1 + R2}$$

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

**VTEC and VLM**

VTEC = VTEC+ - VTEC-, 如图 18 所示。

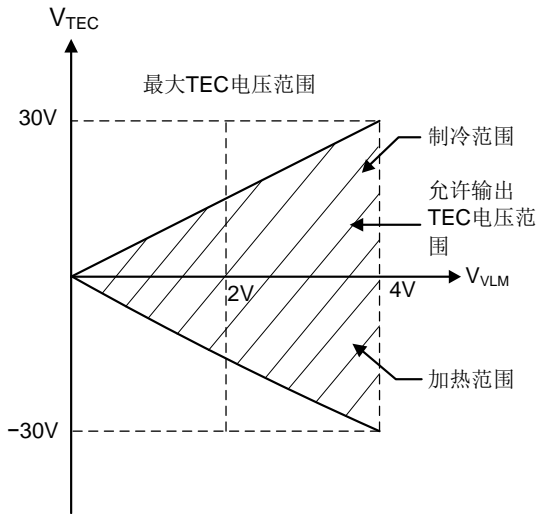


图 17. VTEC vs. VVLM

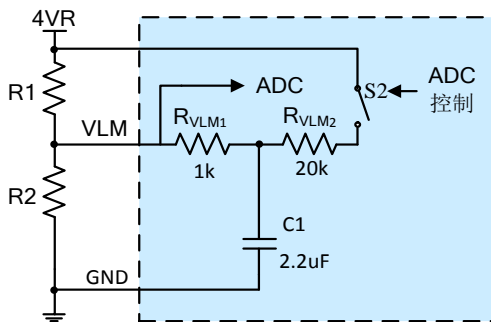


图 18. VLM vs. 制冷和加热控制

加热时, 开关S2关闭, 制冷时, S1开启

**TMGD**

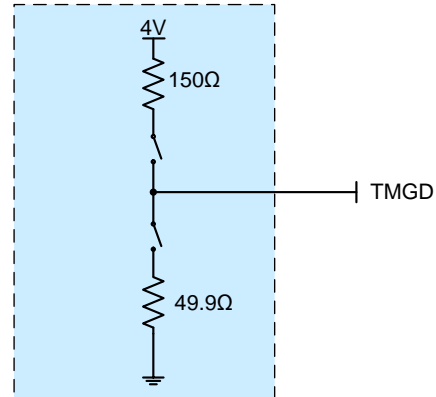


图19. TMGD引脚的输出等效电路

TMGD引脚输出最大的拉电流和灌电流为20mA。输出电流会导致压降, 参见图19。

**VLM and ILM**

若想将此TEC控制器用于其他未在此处讨论的应用, 例如与波浪锁定控制器一起使用, 请联系我们。同样, 对于其他定制需求, 如使用高于4V或VPS的电压源摆动来设置ILM和VLM, 请与我们联系。

外部电压通过电阻连接到ILM引脚。此电压可用于调整制冷或加热的电压范围, 建议值为1.5V。电阻可用于调整制冷和加热之间的差值, 建议值为10kΩ。参见图20。

例如, ILM引脚的电压中间点 (Vm) 为2V。调整外部电压, 使电压范围为1V, 但仅限于电压中间点为2V (Vm) 的情况。如果调整电阻W2, 可以将制冷的极限移动到大于加热的极限。如图21和图22所示。

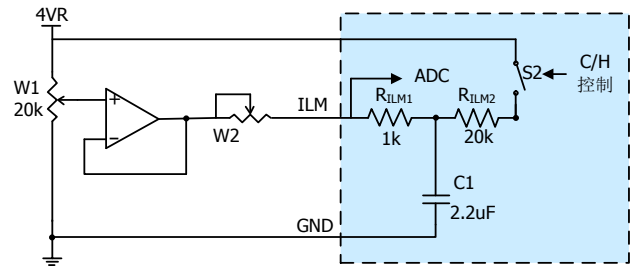


图20. ILM vs. 制冷和加热控制



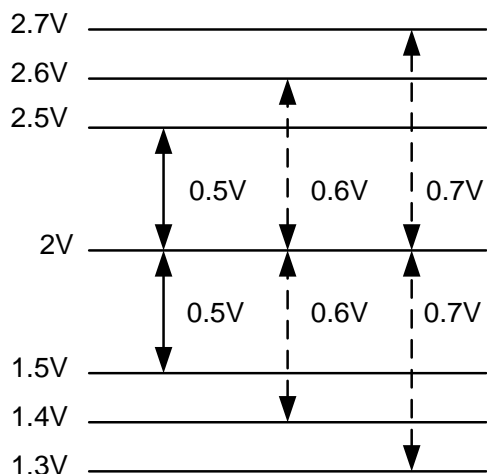


图 21. 调整外部电压

通过 VLM 或 ILM 引脚上的波形，我们可以确定制冷控制或加热控制中的 VLM 或 ILM 电压，参见图 23 和图 24。图 23 中的占空比为 99%，图 25 中的占空比为 1%。我们还可以通过万用表测量这两个电压。当控制器处于待机状态时，由万用表测量的电压是制冷控制中的 VLM 或 ILM 电压。当控制器处于运行状态时，由万用表测量的电压是加热控制中的 VLM 或 ILM 电压。

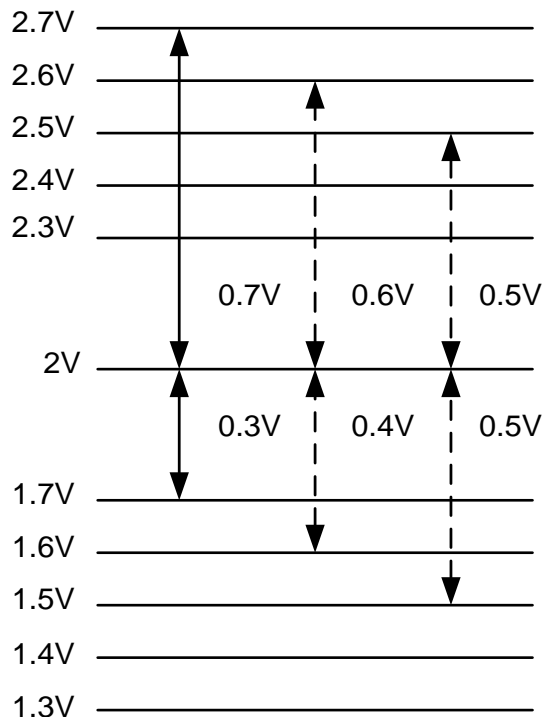


图 22. 调整电阻

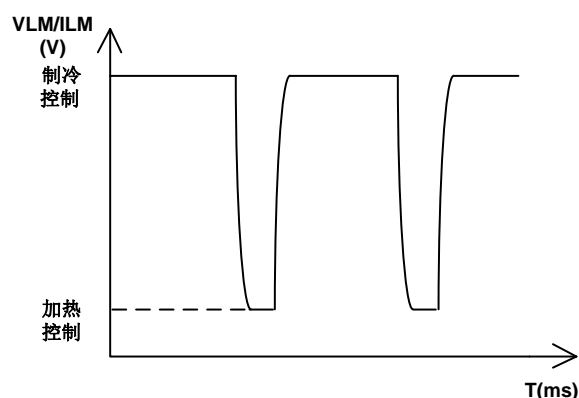


图 23. VLM 或 ILM 引脚在关断状态时的波形

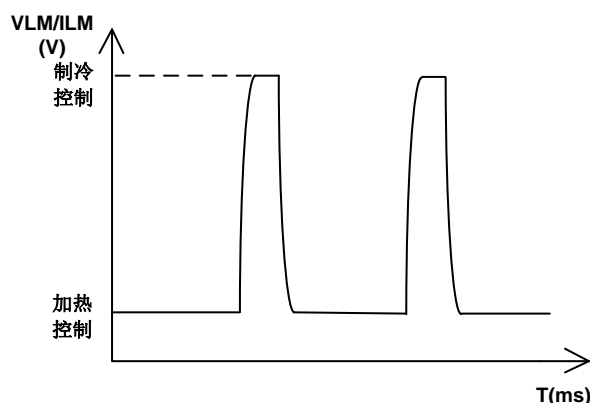


图 24. VLM 或 ILM 引脚在运行状态时的波形

### 温度网络

TEC18V6A 配备了定制的内部补偿网络，各元件值由客户指定。请参见图 8。

TEC18V6A 同时还配备了定制的温度网络。请参见图 6 和图 8。

**典型特点**

表 4. Rth vs. 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

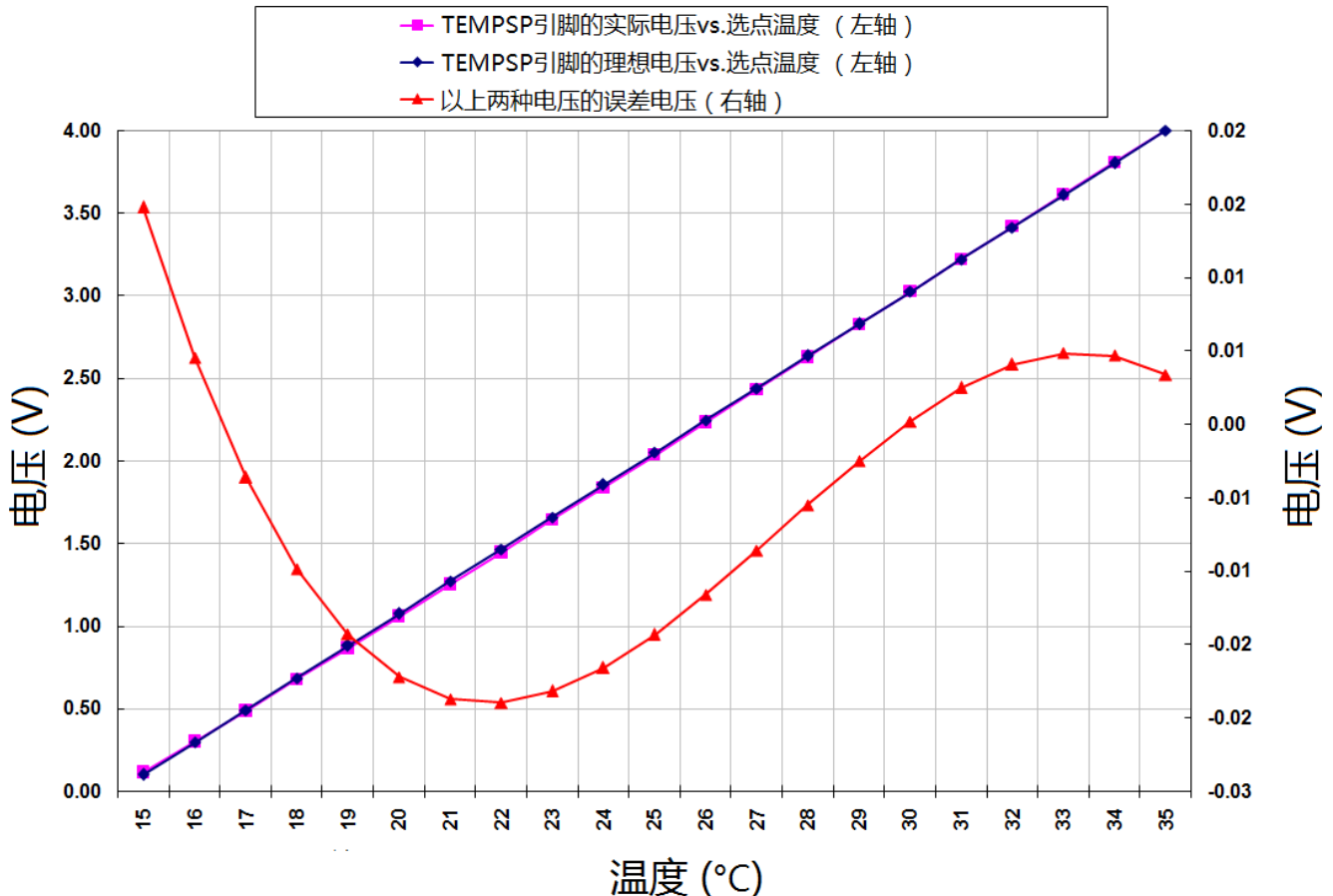


图 25. TMO 引脚电压 vs. 选点温度

**散热**

TEC18V6A 温控器的加热元件位于靠近外壳的顶层，因此散热片需要安装在控制器外壳的顶部。当控制器的输出电流小于8A时，不需要散热片。当输出电流大于8A时，需要使用散热片以确保控制器内部温度 $<85^{\circ}\text{C}$ 。

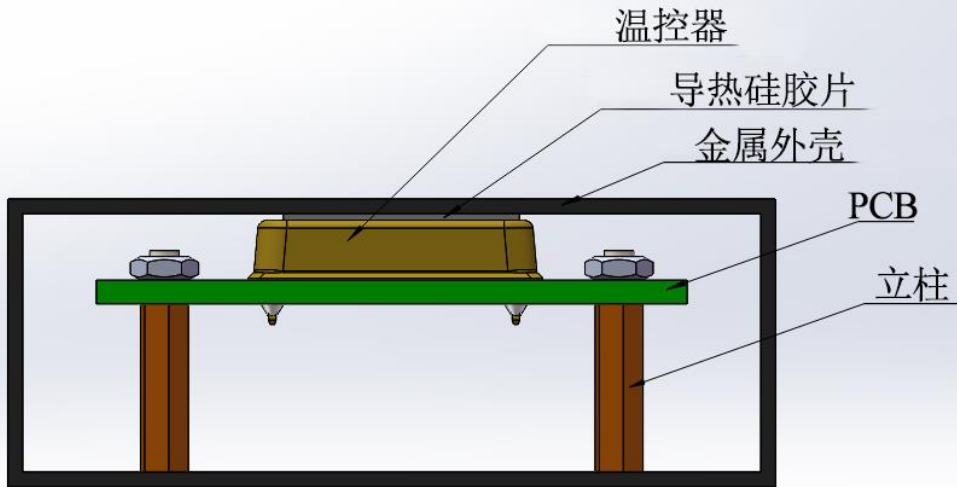


图26. 金属外壳散热

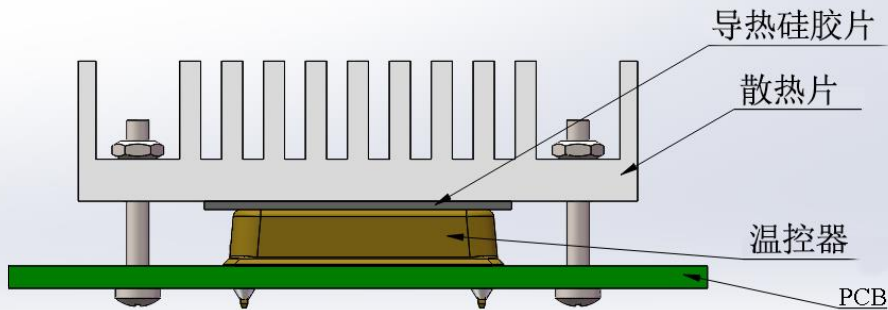


图27. 散热片散热

机械尺寸

温控器有两种封装形式：直插式和贴片式。前者也叫DIP，或简称D，这种封装的产品型号为TEC18V6AD。后者为SMT或SMD封装，型号为TEC18V6AS。温控器的尺寸请见图28和图29。

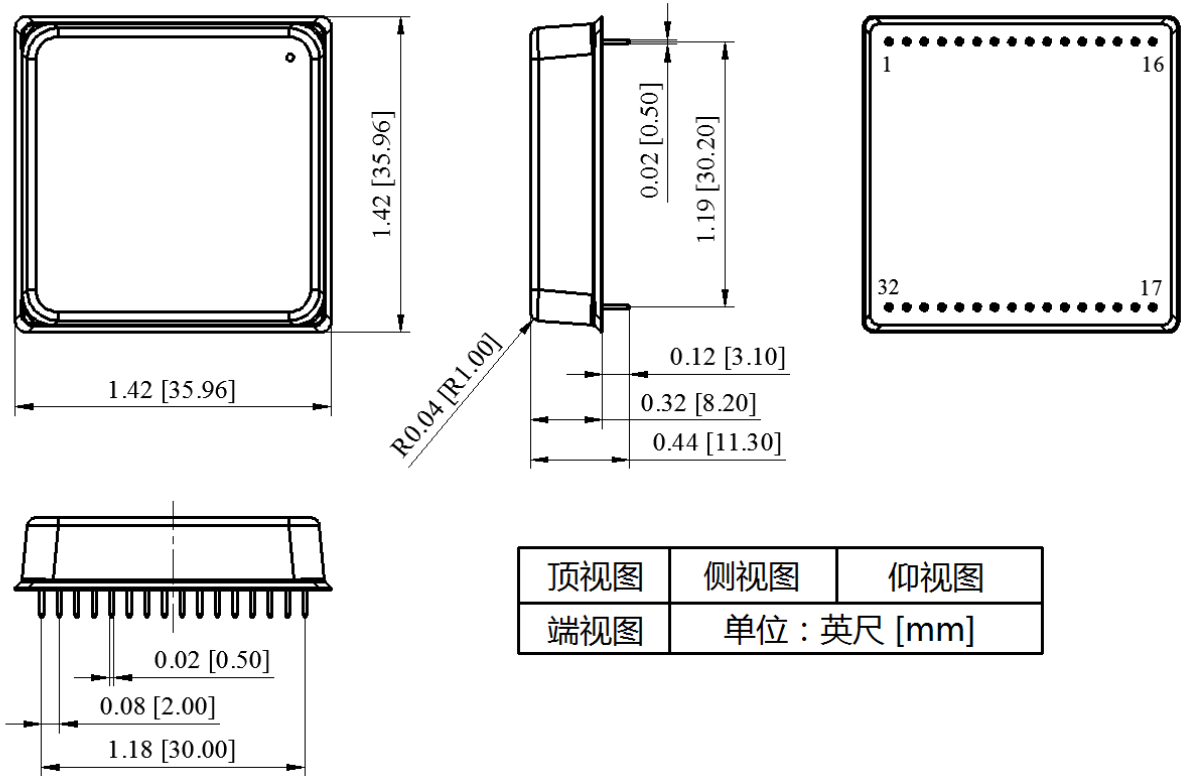


图 28. DIP 封装的尺寸图

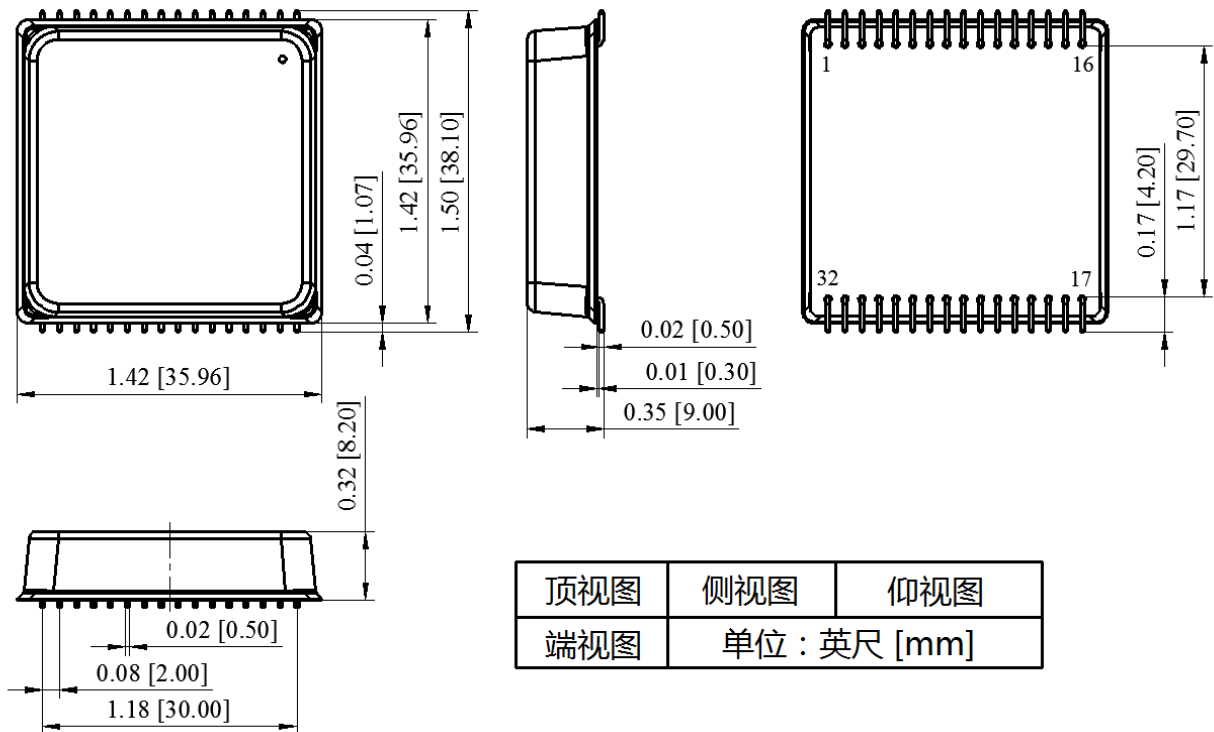


图 29. SMT 封装的尺寸图

**订购信息**

表 5. 型号信息

型号	描述
TEC18V6AD	直插式封装, 引脚 1 为 4VRS
TEC18V6AS	贴片式封装, 引脚 1 为 4VRS
TEC18V6ASNCOD	直插式封装, 引脚 1 为 SNCO
TEC18V6ASNCOS	贴片式封装, 引脚 1 为 SNCO
TEC18V6ADAPID	直插式封装, 引脚 1 为 4VRS, 配备自动 PID 功能
TEC18V6ASAPID	贴片式封装, 引脚 1 为 4VRS, 配备自动 PID 功能

**声明**

- 请仔细阅读并遵守电子元件中的警告、注意事项和产品特定说明。这些说明的目的是确保安全并正确使用该元件, 防止对该元件及周边设备造成损坏。不遵守这些说明可能会导致元件产生故障或失效, 损坏周边设备, 甚至造成人身伤害。如果对如何正确使用电子元件存在疑问, 请采取必要的预防措施或寻求专业帮助。
- 请注意, 我们会不断改进现有产品, 因此本说明书中描述的产品和规格可能会发生变化, 恕不事先通知。建议您在下单之前查看产品描述和规格, 以确保产品适合您的应用。我们保留停产和交付某些产品的权利, 也就是说本说明书中提到的所有产品并非一直可用。
- 尽管我司可以提供有关产品的典型要求和应用信息, 但不能保证产品适用于所有客户的应用。客户有责任评估具有指定性能的产品是否适合其特定应用。
- 我司保证自产品销售之日起一年内符合规格要求, 但不包括因过度使用而损坏的产品。如果产品在销售后一年内不符合规格, 客户可以申请免费更换。
- 我司保留更改产品, 停产或停止服务的权利, 恕不另行通知。建议客户在下单之前获取最新的信息。
- 所有产品的销售受销售条款和条件的约束, 包括与保修、专利侵权和责任限制相关的条款。客户对使用我司产品负有责任, 并且我司对应用辅助或客户产品设计不承担任何责任。
- 我司不授予任何许可, 无论明示或暗示的, 包括但不限于我司所有的专利权、版权、掩膜作品权或其他知识产权。
- ATI 发布有关第三方产品或服务的信息, 并不意味着对其进行批准、保证或认可。
- 我司保留对于我司产品和项目中所涉及的特殊技术、技巧和设计的所有权, 以及对于我司所进行的任何修改、改进和发明的所有权。
- 尽管按照规定操作电子模块, 由于技术的现状, 它们在正常使用寿命结束之前可能出现故障或失效。因此, 对于那些需要操作安全性高的应用, 特别是在事故预防或生命救助系统中, 电子模块的故障或失效可能对人身安全或健康构成风险的情况下, 确保要采取适当的措施。客户应设计其应用程序或实施保护电路或冗余以防止在电子模块故障或失效的情况下对第三方造成伤害或损害。