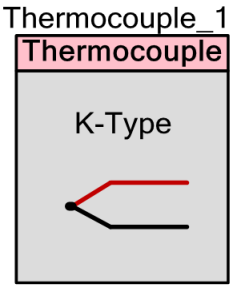
热电偶温度计算器

1.20



特性

- 支持 B、E、J、K、N、R、S 和 T 型热电偶温度计算器
- 提供热电势到温度的转换以及温度到电压的转换功能
- 显示计算误差与温度的关系图

概述

在热电偶温度测量中，热电偶的温度是基于测量的热电势电压而计算得出的。美国国家标准与技术研究院（NIST）描述了电压到温度转换的特征，并提供了表格和多项式系数，用于进行热电势到温度的转换。NIST 的表格和多项式系数可在以下链接中找到：

http://srdata.nist.gov/its90/download/download.html

热电偶温度测量还涉及测量热电偶参考结温度以及将其转换为电压。热电偶温度计算器组件，通过使用编译时生成的多项式为上述提到的所有热电偶类型的热电势到温度的转换以及温度到热电势的转换提供 API，简化了热电偶温度测量过程。热电偶组件以高效的方式评估多项式以减少计算时间。

何时使用热电偶温度计算器

该组件只有一个用例。组件提供的 API 用于将热电势转换为温度以及将温度转换为热电势。

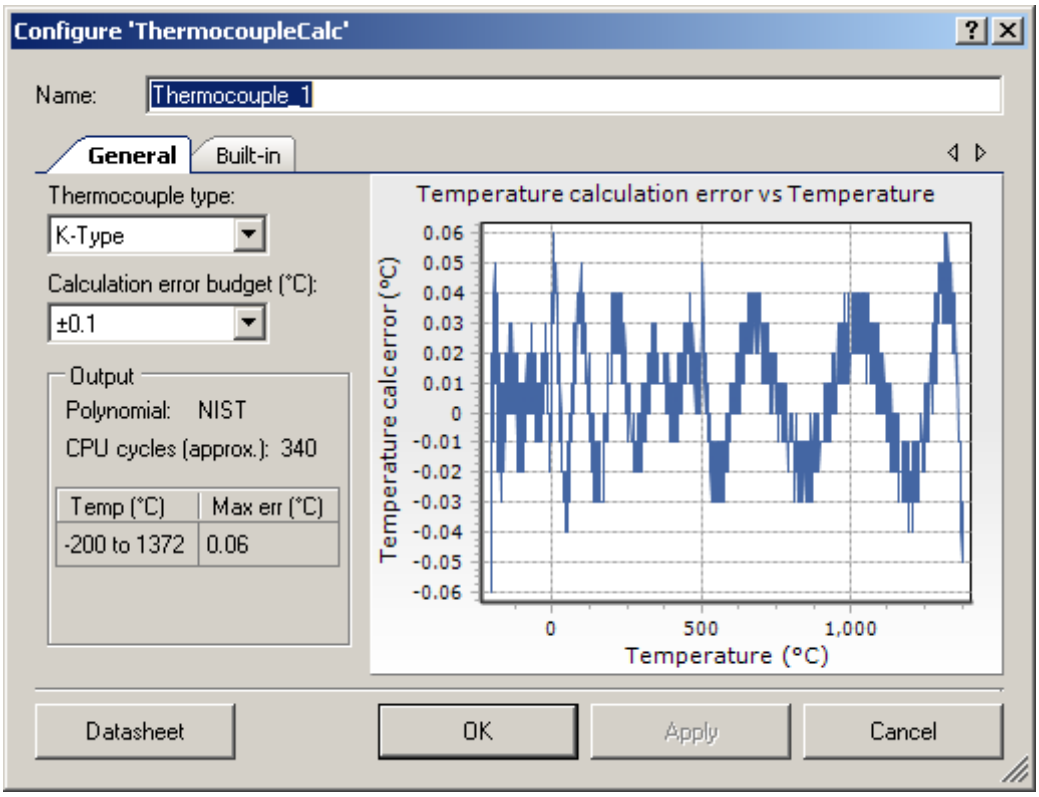
输入/输出接口

该组件是一个软件组件，没有任何输入/输出接口。

参数和设置

将热电偶温度计算器组件拖入您的设计中，双击它以打开 Configure（配置）对话框。该对话框有一个选项卡，可引导您完成热电偶温度计算器组件的设置过程。

General（常规）选项卡



General 选项卡提供以下参数。

Thermocouple Type（热电偶类型）

该字段允许用户选择热电偶类型。

Calculation error budget（计算误差预算）

鉴于多项式计算，用户选择允许的最大误差。该参数是针对高于-200 °C 的温度的误差。

Temperature Error Vs Temperature（温度误差与温度）图形

该图形显示热电偶类型和多项式的温度误差与温度之间的关系。

Polynomial（多项式）

显示 GetTemperature() API 中的计算所使用的多项式阶次。

使用了三种类型的多项式：

- NIST（由美国国家标准与技术研究院提供）
- 七阶多项式（NIST 多项式的近似）
- 五阶多项式（NIST 多项式的近似）

多项式的类型是基于选定的误差预算而选择的。将选择其最低阶不会超过误差预算的多项式。

CPU cycles（CPU 周期）

显示为计算选定的多项式而使用的 CPU 周期总数的估算值。

Max error（最大误差）表格

该表格包含选定的热电偶类型和多项式在给定温度范围内的最大温度误差。

应用编程接口（API）

通过应用编程接口（API）函数，您可以使用软件对组件进行配置。下表列出并说明了每个函数的接口。以下各节将更加详细地介绍每个函数。

默认情况下，PSoC Creator 将实例名称“Thermocouple_1”分配给指定设计中组件的第一个实例。您可以将其重新命名为任何一个符合标识符语法规则的唯一值。该实例名称成为每个全局函数名称、变量和常量符号的前缀。为增加可读性，下表中使用了实例名称“Thermocouple”。

函数	说明
int32 Thermocouple_GetTemperature(int32 voltage)	根据热电势（单位为µV）计算温度
int32 Thermocouple_GetVoltage(int32 temperature)	计算给定温度（单位为1/100ths摄氏度）下的电压。用于基于冷结处的温度计算冷结补偿电压。

int32 Thermocouple_GetTemperature(int32 voltage)

说明： 根据热电势（单位为µV）计算温度。

参数： 电压，单位为µV。

返回值： 温度，单位为1/100ths摄氏度

其他影响: 无

int32 Thermocouple_GetVoltage(int32 temperature)

说明： 计算给定温度（单位为1/100ths摄氏度）下的电压。用于基于冷结处的温度计算冷结补偿电压。

参数： 温度，单位为1/100ths摄氏度

返回值： 热电势，单位为µV。

其他影响: 无

MISRA 合规性

本节介绍了MISRA-C:2004合规性和本组件的偏差情况。定义了下面两种类型的偏差：

- 项目偏差 — 适用于所有 PSoC Creator 组件的偏差
- 特定偏差 — 仅适用于该组件的偏差

本节提供了有关组件特定偏差的信息。《*系统参考指南*》的“MISRA 合规性”章节中介绍了项目偏差以及有关 MISRA 合规性验证环境的信息。

热敏电偶计算器组件没有任何特定偏差。

示例固件源代码

PSoC Creator 在“Find Example Project”（查找示例项目）对话框中提供了多种包括原理图和示例代码的示例项目。要查看特定组件示例，请打开“Component Catalog”中的对话框或原理图中的组件实例。要查看通用示例，请打开“Start Page”或 **File** 菜单中的对话框。根据要求，可以通过使用对话框中的 **Filter Options** 选项来限制可选的项目列表。

更多有关信息，请参考《PSoC Creator 帮助》部分中主题为“查找示例项目”的内容。

功能说明

1821 年，德国-爱沙尼亚物理学家 Thomas Seebeck 发现当两种不同的金属相接时，会发生如图 1(a)所示的情况，并且加热其中一个结时，整个回路中将出现连续的电流。当断开回路并测量它们之间的电压（请见图 1(b)）时，得到的电压与两个结之间的温差直接相关。在该现象中，由于两种金属导体中的其中一个结进行了加热，因而产生了电压，该现象被称为热电效应或塞贝克（Seebeck）效应。被加热的结称为热结或测量结。另一个结被称为冷结或参考结，产生的电压被称为热电势。

图 1(a). 热电偶 — 塞贝克（Seebeck）效应

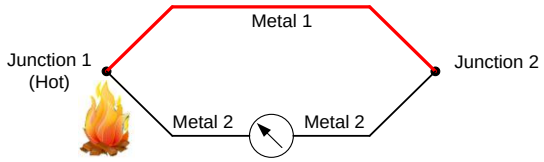
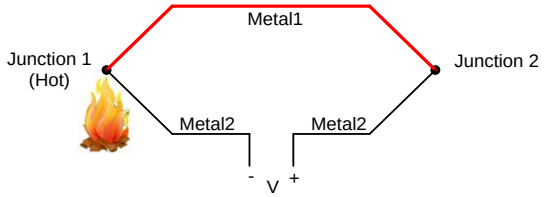


图 1(b). 热电偶 — 塞贝克(Seebeck)效应



热电势取决于以下各项：

- 结处使用的金属
- 热结与冷结之间的温差
- 冷结温度的绝对值。即：100 °C 的热结温度与 0 °C 的冷结温度所产生的热电势将与 800 °C 的热结温度与 700 °C 的冷结温度所产生的热电势不一样，尽管两者的温差都是 100 °C。

根据所使用金属的类型，热电偶可以分为多个类型：热电偶的类型根据其工作温度范围和灵敏度（每个温度的单位变化的电压变化，V/°C）而不同。IEC EN 60584-2 和 ASTM E230 两大主要标准控制热电偶容差。器件标识符容差指定了由于将某个热电偶替换为同一类型的其他热电偶而产生的最大误差。

表 1 列出了一些常见的热电偶类型及其金属组合、温度范围、灵敏度和符合 ASTM 标准的容差。如表 1 所示，ASTM 建立了两种热电偶容差标准：标准和特殊。未定义整个温度范围的容差标准。

美国国家标准与技术研究院（NIST）提供了所有热电偶类型在 0 °C 冷结下的热电势与热结温度数据。由于 0 °C 温度下的热电势为 0，所以选择 0 °C 的冷结温度。冰浴通常可以提供 0 °C 的参考

温度。NIST 提供了表格以及多项式系数用于将热电势转换为温度以及将温度转换为热电势。图 2 显示的是一个 K 型热电偶，其中一个结被加热，另一个结维持在 0 °C 状态；

图 3 下一页中的图 3 显示的是 K 型热电偶在 0 °C 冷结时热电势与热结温度间的图形。K 型热电偶的灵敏度可以在 NIST 提供的表格中找到，温度 > -100 °C 时，它的灵敏度相当于 40 µV/°C。

图 2. 冷结处于 0 °C 的 K 型热电偶

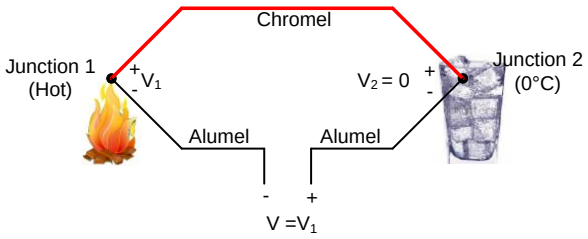
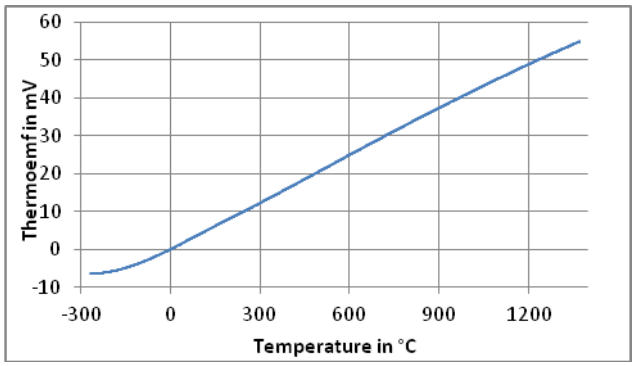


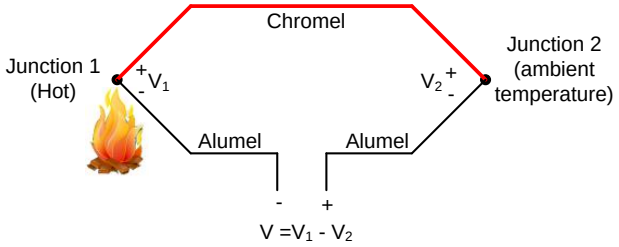
图 3. K 型热电偶的热电势与温度（冷结处于 0 °C）



冷结补偿

通过使用 ADC 测量热电势，我们可以轻松地确定温度。但是存在一个难点；冷结需要维持在 0 °C 才可使用 NIST 表格。提供冰浴不切实际，并且在大多数情况下，冷结处于室温环境中。如果冷结温度不等于 0 °C，冷结也会产生热电势 V_2，如图 4 所示，这会降低测得的电压，V。为了正确地测量热结温度，冷结电压 V_2 需要添加到最终电压 V 中。

图 4. 冷结不处于 0 °C



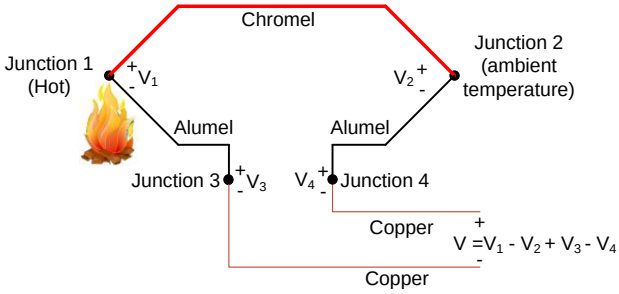
如果我们查到了冷结温度，可根据 NIST 表格计算电压 V_2。因此，在冷结不处于 0 °C 的情况下，需要测量冷结温度，并需要将与该温度对应的热电势添加到热电偶电压中。该程序被称为冷结补偿。

可使用热敏电阻、RTD、二极管或基于 IC 的传感器进行冷结温度测量。（记住这些冷结温度测量传感器之一不能构成热电偶， 因为它们不能用于测量很高的温度，或不能用于腐蚀性环境或恶劣的环境。）

测量热电势

可以使用 ADC 测量热电势，将 ADC 的输入引线连接至热电偶，如图 5 所示。

图 5. 测量热电势



ADC 的输入（铜质）引线构成了两个热电偶（铜-镍铝），从而向等式增加了两个电压 V_3 和 V_4。V_3 和 V_4 方向相反；只要这两个热电偶处于同一温度，这两个电压就会相等。因此，我们需要确保这两个铜-镍铝热电偶处于同一温度，这样热电势将保持不变。

表 1. 热电偶类型

类型	正引线中的金属含量	负引线中的金属含量	温度范围（°C）	25 °C 时的灵敏度（µV/°C）	容差（ASTM）		
					温度范围（°C）	标准	特殊
B	70.4%铂（Pt） 29.6%铑（Rh）	93.9% Pt，6.1% Rh	0 – 1820	0	800 – 1700	0.5%	
E	90%镍（Ni） 10%铬（Cr）	55%铜（Cu） 45% Ni	-270 – 1000	61	-200 – 0	1.7 °C 或 1%	
					0 - 900	1.7 °C 或 0.5%	1°C 或 0.4%
J	99.5%铁（Fe）	55% Cu，45% Ni	-210 – 1200	52	0 – 750	2.2 °C 或 0.75%	1.1 °C 或 0.4%
K	90% Ni 10% Cr	95% Ni 5%各种元素	-270 – 1372	41	-200 – 0	2.2 °C 或 2%	
					0 – 1250	2.2 °C 或 0.75%	1.1 °C 或 0.4%
N	84.4% Ni，14.2% Cr 1.4%硅	95.5% Ni， 4.4% Si	-270 – 1300	26	-270 – 0	2.2 °C 或 2%	
					0 – 1300	2.2 °C 或 0.75%	1.1 °C 或 0.4%
R	87% Pt，13% Rh	100% Pt	-50 – 1768	6	0 - 1450	1.5 °C 或 0.25%	0.6 °C 或 0.1%
S	90% Pt，10% Rh	100% Pt	-50 – 1768	6	0 – 1450	1.5 °C 或 0.25%	0.6 °C 或 0.1%
T	100% Cu	55% Cu，45% Ni	-270 – 400	41	-200 – 0	1 °C 或 1.5%	
					0 – 350	1 °C 或 0.75%	0.5 °C 或 0.4%

资源

该组件完全在固件中实现。它不会消耗任何其他 PSoC 资源。

API 的内存使用情况

根据编译器、器件、所使用的 API 数量以及组件的配置不同，组件对存储资源的占用也不一样。下表提供了在某种组件配置中所有 API 占用存储器的大小。

下表中的存储器大小是在将相应编译器设置为 Release（释放）模式并且优化选项为 Size 的情况下测得的。有关特定的设计，可分析编译器生成的映射文件以确定存储器使用情况。

配置	PSoC 3 （Keil_PK51）		PSoC 4 （GCC）		PSoC 5LP（GCC）	
	Flash 字节	SRAM 字节	Flash 字节	SRAM 字节	Flash 字节	SRAM 字节
B 型热电偶	644	0	420	0	436	0
E型热电偶	664	0	432	0	440	0
J型热电偶	636	0	408	0	428	0
K型热电偶	664	0	428	0	428	0
N型热电偶	811	0	528	0	556	0
R型热电偶	823	0	532	0	556	0
S型热电偶	807	0	516	0	528	0
T型热电偶	640	0	408	0	416	0

性能

该组件的性能取决于自定义程序中选择的实现方法。使用 Release 模式中的相应编译器和 24 MHz 的 CPU 速度收集以下测量值。这些数字应视为近似值，并应用于确定必要的权衡。

GetTemperature API

NIST 多项式

类型	电压范围（mV）	温度范围（°C）	多项式阶次	CPU周期数（PSoC 3）	CPU周期数（PSoC 4/PSoC 5LP）
B	0.033 ~ 0.291	100 ~ 250	7	7900	270
	0.291 ~ 2.431	250 ~ 700	8	8500	270
	2.431 ~ 13.820	700 ~ 1820	8	8500	270
E	-9.718 ~ -8.825	-250 ~ -200	9	9100	310
	-8.825 ~ 0	-200 ~ 0	8	8500	310
	0 ~ 76.373	0 ~ 1000	8	8500	310
J	-8.095 ~ 0	-210 ~ 0	8	8500	270
	0 ~ 42.919	0 ~ 760	7	7900	270
	42.919 ~ 69.553	760 ~ 1200	5	6700	270
K	-5.891 ~ 0	-200 ~ 0	8	8500	310
	0 ~ 20.644	0 ~ 500	9	9100	310

类型	电压范围（mV）	温度范围（°C）	多项式阶次	CPU周期数（PSoC 3）	CPU周期数（PSoC 4/PSoC 5LP）
	20.644 ~ 54.886	500 ~ 1372	6	7300	310
N	-4.313 ~ -3.990	-250 ~ -200	9	9100	310
	-3.990 ~ 0	-200 ~ 0	9	9100	310
	0 ~ 20.613	0 ~ 600	7	7900	310
	20.613 ~ 47.513	600 ~ 1300	5	6700	310
R	-0.226 ~ 1.923	-50 ~ 250	10	9700	340
	1.923 ~ 13.228	250 ~ 1200	9	9100	340
	13.228 ~ 19.739	1200 ~ 1664.5	5	6700	340
	19.739 ~ 21.103	1664.5 ~ 1768.1	4	6100	340
S	-0.235 ~ 1.874	-50 ~ 250	9	9100	310
	1.874 ~ 11.950	250 ~ 1200	9	9100	310
	11.950 ~ 17.536	1200 ~ 1664.5	5	6700	310
	17.536 ~ 18.693	1664.5 ~ 1768.1	5	6700	310
T	-6.180 ~ -5.603	-250 ~ -200	7	7900	240
	-5.603 ~ 0	-200 ~ 0	7	7900	240
	0 ~ 20.872	0 ~ 400	6	7300	240

7 阶和 5 阶多项式

多项式阶次	CPU周期数（PSoC 3）	CPU周期数（PSoC 5LP）
7	7900	240
5	6700	170

GetVoltage API

类型	温度范围（°C）	多项式阶次	CPU周期数（PSoC 3）	CPU周期数（PSoC 4/PSoC 5LP）
B	0到100	6	7300	2000
E	-20到100	8	8500	270
J	-20到100	7	7900	240
K	-20到100	8	8500	270
N	-20到100	8	8500	270

类型	温度范围（°C）	多项式阶次	CPU周期数（PSoC 3）	CPU周期数（PSoC 4/PSoC 5LP）
R	-20到100	7	7900	240
S	-20到100	7	7900	240
T	-20到100	8	8500	270

组件更改

本节列出了该组件各版本中的主要更改内容。

版本	更新内容	更改原因/影响
1.20.a	更新了数据手册。	移除了已停产的PSoC 5器件的参考内容。
1.20	更新了数据手册中的存储器使用情况和MISRA合规性。	该组件未进行MISRA合规性验证。
1.10.a	更新了数据手册中的存储器使用情况和PSoC 4的性能。	
1.10	添加了“MISRA 合规性”章节	该组件未通过MISRA合规性验证。
	添加了“示例固件源代码”章节	
1.0	版本 1.0 是热电偶温度计算器器件的首次发行版	

©赛普拉斯半导体公司，2013-2015。此处，所包含的信息可能会随时更改，恕不另行通知。除赛普拉斯产品内嵌的电路外，赛普拉斯半导体公司不对任何其他电路的使用承担任何责任。也不根据专利或其他权利以明示或暗示的方式授予任何许可。除非与赛普拉斯签订明确的书面协议，否则赛普拉斯不保证产品能够用于或适用于医疗、生命支持、救生、关键控制或安全应用领域。此外，对于可能发生运转异常和故障并对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统中，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

PSoC®是赛普拉斯半导体公司的注册商标，PSoC® Creator™和 Programmable System-on-Chip™是赛普拉斯半导体公司的商标。此处引用的所有其他商标或注册商标归其各自所有者所有。

所有源代码（软件和/或固件）均归赛普拉斯半导体公司（赛普拉斯）所有，并受全球专利法规（美国和美国以外的专利法规）、美国版权法以及国际条约规定的保护和约束。赛普拉斯据此向获许可者授予适用于个人的、非独占性、不可转让的许可，用以复制、使用、修改、创建赛普拉斯源代码的派生作品、编译赛普拉斯源代码和派生作品，并且其目的只能是创建自定义软件和/或固件，以支持获许可者仅将其获得的产品依照适用协议规定的方式与赛普拉斯集成电路配合使用。除上述指定用途外，未经赛普拉斯的明确书面许可，不得对此类源代码进行任何复制、修改、转换、编译或演示。

免责声明：赛普拉斯不针对此材料提供任何类型的明示或暗示保证，包括（但不仅限于）针对特定用途的适销性和适用性的暗示保证。赛普拉斯保留在不做出通知的情况下对此处所述材料进行更改的权利。赛普拉斯不对此处所述之任何产品或电路的应用或使用承担任何责任。对于合理预计可能发生运转异常和故障，并对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统中，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

产品使用可能受适用于赛普拉斯软件许可协议的限制。