

Circuits from the Lab™
Reference Circuits

Circuit from the Lab™ 实验室电路是经过测试的电路设计，用于解决常见的设计挑战，方便设计人员轻松地实现系统集成。有关更多信息和技术支持，请访问：www.analog.com/zh/CN0206。

连接/参考器件

AD7793	3通道、低噪声、低功耗、24位Σ-Δ型ADC，内置片内仪表放大器和基准电压源
ADuC832	精密模拟微控制器

采用AD7793 24位 Sigma-Delta ADC的完整热电偶测量系统

设计和集成文件

设计和集成文件

[原理图](#)、[布局文件](#)、[物料清单](#)

电路功能与优势

图1所示电路是一个基于24位Σ-Δ型ADC AD7793的完整热电偶系统。AD7793是一款适合高精度测量应用的低功耗、低噪声、完整模拟前端，内置PGA、基准电压源、时钟和激励电流，从而大大简化了热电偶系统设计。系统峰峰值噪声约为0.02°C。

AD7793的最大功耗仅500 μA，因而适合低功耗应用，例如整个发送器的功耗必须低于4 mA的智能发送器等。AD7793还具有关断选项。在这种模式下，整个ADC及其辅助功能均关断，器件的最大功耗降至1 μA。

AD7793提供一种集成式热电偶解决方案，可以直接与热电偶接口。冷结补偿由一个热敏电阻和一个精密电阻提供。该电路只需要这些外部元件来执行冷结测量，以及一些简单的R-C滤波器来满足电磁兼容性(EMC)要求。

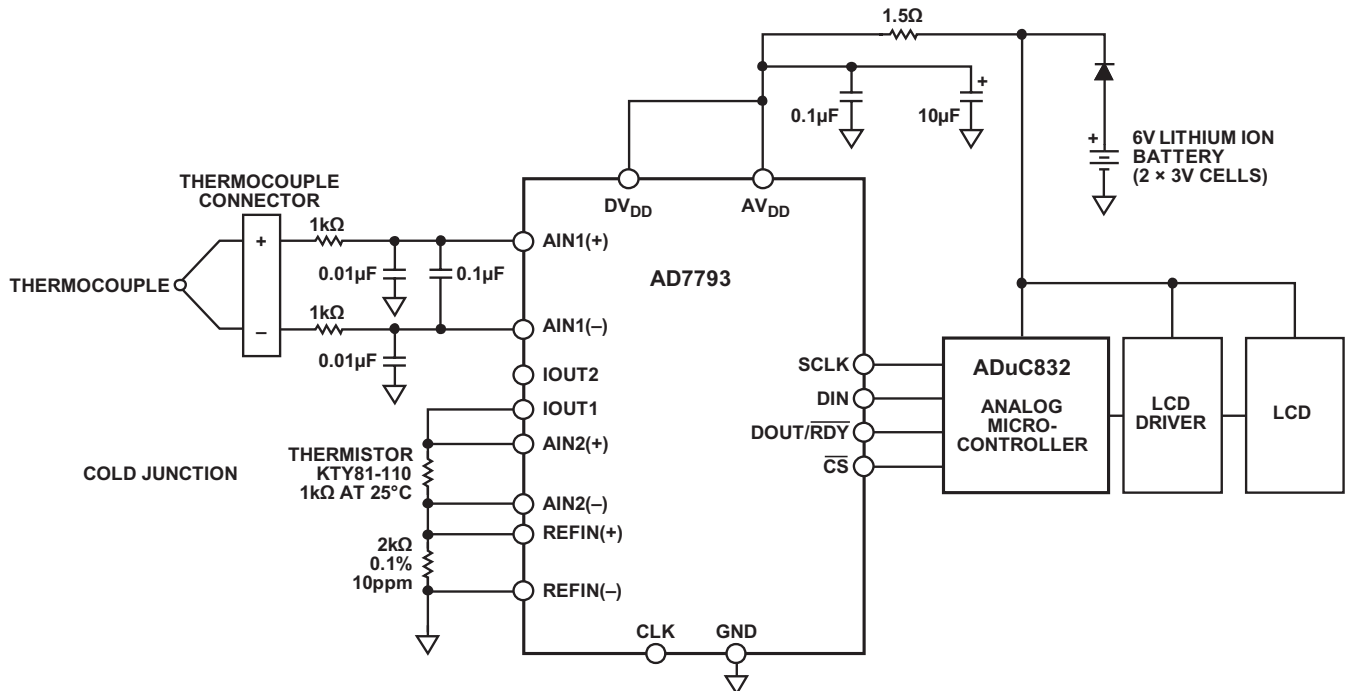


图1. 带冷结补偿的热电偶测量系统 (原理示意图: 未显示去耦和所有连接)

Rev.0

Circuits from the Lab™ circuits from Analog Devices have been designed and built by Analog Devices engineers. Standard engineering practices have been employed in the design and construction of each circuit, and their function and performance have been tested and verified in a lab environment at room temperature. However, you are solely responsible for testing the circuit and determining its suitability and applicability for your use and application. Accordingly, in no event shall Analog Devices be liable for direct, indirect, special, incidental, consequential or punitive damages due to any cause whatsoever connected to the use of any Circuits from the Lab circuits. (Continued on last page)

电路描述

本电路使用T型热电偶。该热电偶由铜和康铜构成，温度测量范围为 -200°C 至 $+400^{\circ}\text{C}$ ，产生的温度相关电压典型值为 $40\ \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ 。

热电偶的传递函数不是线性的。在 0°C 至 $+60^{\circ}\text{C}$ 的温度范围，其响应非常接近线性。但是，在更宽的温度范围内，必须使用一个线性化程序处理。

测试电路不包括线性化功能，因此，本电路的有用测量范围是 0°C 到 $+60^{\circ}\text{C}$ 。在该温度范围内，热电偶产生 $0\ \text{mV}$ 至 $2.4\ \text{mV}$ 的电压。内部 $1.17\ \text{V}$ 基准电压用于热电偶转换。因此，AD7793的增益配置为128。

AD7793采用单电源供电，热电偶产生的信号必须被偏置到地以上，从而处于该ADC支持的范围。对于128倍的增益，模拟输入端的绝对电压必须在 $\text{GND} + 300\ \text{mV}$ 至 $\text{AVDD} - 1.1\ \text{V}$ 范围内。

AD7793片上集成的偏置电压发生器偏置热电偶信号，使其共模电压为 $\text{AVDD}/2$ ，确保以相当大的裕量满足输入电压限值要求。

热敏电阻在 $+25^{\circ}\text{C}$ 时的值为 $1\ \text{k}\Omega$ ， 0°C 时的典型值为 $815\ \Omega$ ， $+30^{\circ}\text{C}$ 时的典型值为 $1040\ \Omega$ 。假设 0°C 至 30°C 的传递函数为线性，则冷结温度与热敏电阻R之间的关系为：

$$\text{冷结温度} = 30 \times (R - 815) / (1040 - 815)$$

AD7793的 $1\ \text{mA}$ 激励电流用于为热敏电阻和 $2\ \text{k}\Omega$ 精密电阻供电。基准电压利用该 $2\ \text{k}\Omega$ 外部精密电阻产生。这种架构提供一种比率式配置，激励电流用于为热敏电阻供电，并产生基准电压。因此，激励电流值的偏差不会改变系统的精度。

对热敏电阻通道进行采样时，AD7793以1倍的增益工作。对于 $+30^{\circ}\text{C}$ 的最大冷结温度，热敏电阻上产生的最大电压为 $1\ \text{mA} \times 1040\ \Omega = 1.04\ \text{V}$ 。

热敏电阻的选择条件是：热敏电阻上产生的最大电压乘以PGA增益的结果小于或等于精密电阻上产生的电压。

对于ADC_CODE的转换值，相应的热敏电阻值R等于：

$$R = (\text{ADC_CODE} - 0x800000) \times 2000 / 2^{23}$$

还需要考虑AD7793 IOUT1引脚的输出顺从电压。使用 $1\ \text{mA}$ 激励电流时，输出顺从电压等于 $\text{AVDD} - 1.1\ \text{V}$ 。从上述计算可知，电路满足这一要求，因为IOUT1的最大电压等于精密电阻上的电压加上热敏电阻上的电压，等于 $2\ \text{V} + 1.04\ \text{V} = 3.04\ \text{V}$ 。

AD7793以 $16.7\ \text{Hz}$ 的输出数据速率工作。每读取10个热电偶转换结果，就读取1个热敏电阻转换结果。相应的温度等于：

$$\text{温度} = \text{热电偶温度} + \text{冷结温度}$$

AD7793的转换结果由模拟微控制器ADuC832处理，所得的温度显示在LCD显示器上。

该热电偶设计采用 $6\ \text{V}$ （2节 $3\ \text{V}$ 锂电池）电池供电。一个二极管将 $6\ \text{V}$ 电压降至适合AD7793和模拟微控制器ADuC832的电平。ADuC832电源与AD7793电源之间有一个RC滤波器，用以降低进入AD7793的电源数字噪声。

图2显示了T型热电偶上产生的电压与温度的关系。圆圈内的区域是从 0°C 到 $+60^{\circ}\text{C}$ ，该区域内的传递函数接近线性。

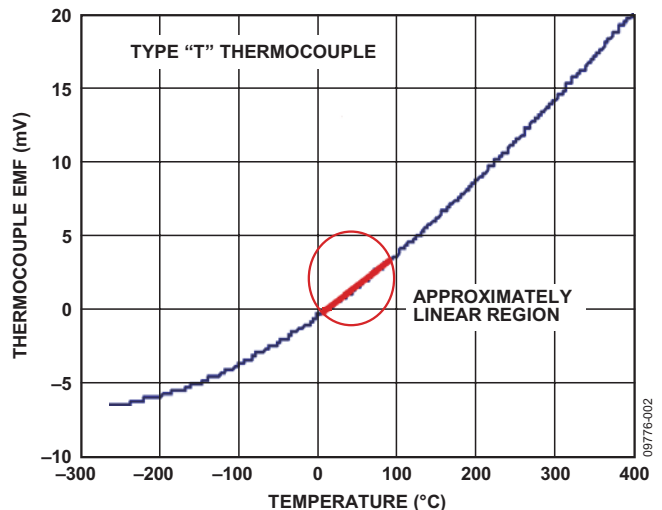


图2. 热电偶电动势与温度的关系

当系统处于室温时，热敏电阻应指示室温的值。热敏电阻指示的是相对于冷结温度的相对温度，即冷结（热敏电阻）与热电偶的温差。因此，在室温时，热电偶应指示0°C。

如果将热电偶放在一个冰桶中，热敏电阻仍旧测量环境（冷结）温度。热电偶应指示热敏电阻值的负值，使得总温度等于0。

最后，对于16.7 Hz的输出数据速率和128倍的增益，AD7793的均方根噪声等于0.088 μV。峰峰值噪声等于：

$$6.6 \times \text{均方根噪声} = 6.6 \times 0.088 \mu\text{V} = 0.581 \mu\text{V}$$

如果热电偶的灵敏度恰好为40 μV/°C，则热电偶的温度测量分辨率为：

$$0.581 \mu\text{V} \div 40 \mu\text{V} = 0.014^\circ\text{C}$$

图3所示为实际的测试板。系统评估如下：分别在室温时以及将热电偶放入冰桶的情况下，测量热敏电阻温度、热电偶温度和分辨率。结果如表1所示。

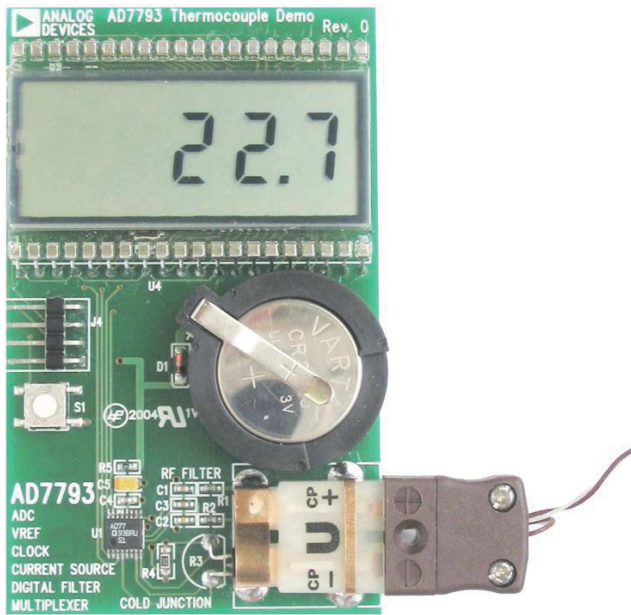


图3. 采用AD7793的热电偶系统

表1. 热电偶系统测试结果

	0°C	环境温度 (20°C)
温度读数 (°C)	-20	0
热敏电阻读数 (°C)	20.3	20.3
结果读数 (°C)	0.3	20.3
峰峰值噪声 (°C)	0.02	0.02

从表1可知，热电偶报告的温度正确，热敏电阻则有0.3°C的误差。这是未包括线性化处理时的系统精度。如果对热电偶和热敏电阻进行线性化处理，系统精度将会提高，系统将能测量更宽的温度范围。

如果每读取10次就计算一次最小与最大温度读数之差，则用温度表示的峰峰值噪声为0.02°C。因此，实际的峰峰值分辨率非常接近期望值。

常见变化

AD7793是一款低噪声、低功耗ADC。其它合适的ADC有AD7792和AD7785，这两款器件具有与AD7793相同的特性组合，但AD7792为16位ADC，AD7785为20位ADC。

电路评估与测试

测试数据利用图3所示测试板获得。该系统的完整文档位于CN-0206设计支持包中：

www.analog.com/CN0206-DesignSupport

进一步阅读

CN-0206 Design Support Package:

<http://www.analog.com/CN0206-DesignSupport>

Kester, Walt. 1999. *Sensor Signal Conditioning*. Section 7. Analog Devices.

MT-004 Tutorial, *The Good, the Bad, and the Ugly Aspects of ADC Input Noise—Is No Noise Good Noise?* Analog Devices.

MT-022 Tutorial, *ADC Architectures III: Sigma-Delta ADC Basics*, Analog Devices.

MT-023 Tutorial, *ADC Architectures IV: Sigma-Delta ADC Advanced Concepts and Applications*, Analog Devices.

MT-031 Tutorial, *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND"*, Analog Devices.

[MT-101 Tutorial, Decoupling Techniques, Analog Devices.](#)

数据手册和评估板

[AD7793 Data Sheet](#)

[AD7793 Evaluation Board](#)

[ADuC832 Data Sheet](#)

[ADuC832 Evaluation System](#)

修订历史

10/11—Revision 0: Initial Version

(Continued from first page) Circuits from the Lab circuits are intended only for use with Analog Devices products and are the intellectual property of Analog Devices or its licensors. While you may use the Circuits from the Lab circuits in the design of your product, no other license is granted by implication or otherwise under any patents or other intellectual property by application or use of the Circuits from the Lab circuits. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, "Circuits from the Lab" are supplied "as is" and without warranties of any kind, express, implied, or statutory including, but not limited to, any implied warranty of merchantability, noninfringement or fitness for a particular purpose and no responsibility is assumed by Analog Devices for their use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from their use. Analog Devices reserves the right to change any Circuits from the Lab circuits at any time without notice but is under no obligation to do so.