

Circuits from the Lab[®]
Reference Designs

Circuits from the Lab[®] reference designs are engineered and tested for quick and easy system integration to help solve today's analog, mixed-signal, and RF design challenges. For more information and/or support, visit www.analog.com/CN0221.

连接/参考器件

| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| ADuCM360/ ADuCM361 | Cortex-M3的微控制器，内置双通道24位Σ-Δ型ADC |
| ADP1720-3.3 | 低压差线性调节器 |

采用ARM Cortex - M3的USB热电偶温度测量系统

评估和设计支持

电路评估板

[CN-0221电路评估板\(EVAL-ADuCM360TCZ\)](#)

设计和集成文件

[ADuCM360原理图](#)、[布局文件](#)、[物料清单](#)、[源代码](#)

电路功能与优势

本电路显示如何在精密热电偶温度监控应用中使用精密模拟微控制器 ADuCM360/ADuCM361。ADuCM360/ADuCM361集成双通道24位Σ-Δ型模数转换器(ADC)、双通

道可编程电流源、12位数模转换器(DAC)、1.2 V内部基准电压源、ARM Cortex-M3内核、128 kB闪存、8 kB SRAM以及各种数字外设，例如UART、定时器、SPI和I²C接口等。在本电路中，ADuCM360/ADuCM361连接到一个热电偶和一个100 Ω铂电阻温度检测器(RTD)。RTD用于执行冷结补偿。

在源代码中，ADC采样速率选择4 Hz。当ADC输入可编程增益放大器(PGA)的增益配置为32时，ADuCM360/ADuCM361的无噪声代码分辨率大于18位。

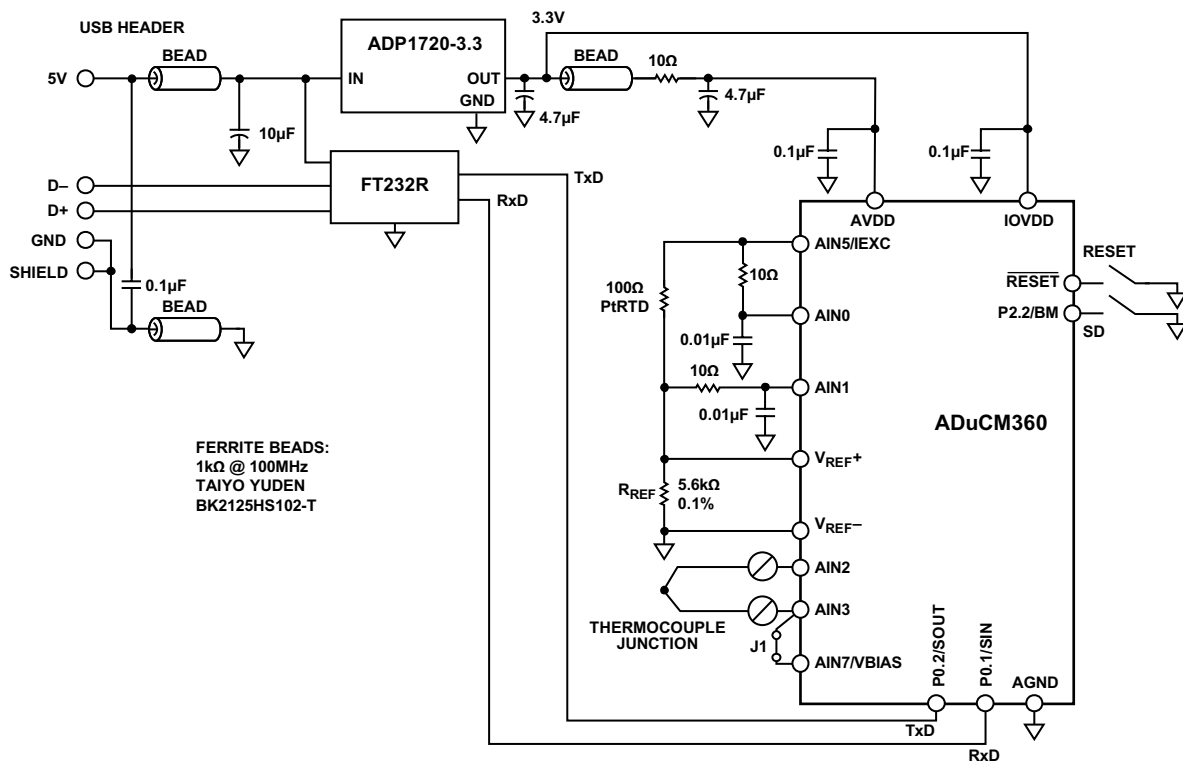


图1. ADuCM360/ADuCM361用作温度监控控制器与热电偶接口(原理示意图，未显示所有连接)

Rev. C

Circuits from the Lab[®] reference designs 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

本应用中用到ADuCM360/ADuCM361的下列特性：

- 在软件中，为热电偶和RTD配置了32倍PGA增益的24位 Σ - Δ 型ADC。ADC1在热电偶信号采样与RTD电压信号采样之间连续切换。
- 可编程激励电流源，用来驱动受控电流流经RTD。双通道电流源可在0 μ A至2 mA范围内配置。本例使用200 μ A设置，以便将RTD自热效应引起的误差降至最小。
- ADuCM360/ADuCM361中的ADC内置1.2 V基准电压源。它的内部基准电压源精度高，适合测量热电偶电压。
- ADuCM360/ADuCM361中的ADC内置外部电压基准电压源。它可测量RTD电阻；采用比率式设置，将一个外部基准电阻(R_{REF})连接在外部VREF+和VREF-引脚上。
- 偏置电压发生器(VBIAS)。VBIAS用于将热电偶共模电压设置为AVDD/2。
- ARM Cortex-M3内核。功能强大的32位ARM内核集成了128 kB闪存和8 kB SRAM存储器，用来运行用户代码，可配置并控制ADC，通过RTD处理ADC转换，以及控制UART/USB接口的通信。
- UART用作与PC主机的通信接口。
- 两个外部开关用来强制该器件进入闪存引导模式。使SD处于低电平，同时切换RESET按钮，ADuCM360/ADuCM361便进入引导模式，而不是正常的用户模式。在引导模式下，通过UART接口可以对内部闪存重新编程。

热电偶和RTD产生的信号均非常小，因此需要使用PGA来放大这些信号。

本应用使用的热电偶为T(铜-康铜)型，其温度范围为-200°C至+350°C。灵敏度约为40 μ V/°C，这意味着ADC在双极性模式和32倍PGA增益设置下可以覆盖热电偶的整个温度范围。

RTD用于执行冷结补偿。本电路使用铂100 Ω RTD，型号为Enercorp PCS 1.1503.1。它采用0805表贴封装。温度变化率为0.385 Ω /°C。

注意，基准电阻RREF应为精密5.6 k Ω (\pm 0.1%)电阻。

ADuCM360/ADuCM361的USB接口通过FT232R UART转USB收发器实现，它将USB信号直接转换为UART。

除图1所示的去耦外，USB电缆本身还须采用铁氧体磁珠来增强EMI/RFI保护功能。本电路所用铁氧体磁珠为Taiyo Yuden #BK2125HS102-T，它在100 MHz时的阻抗为1000 Ω 。

本电路必须构建在具有较大面积接地层的多层印刷电路板(PCB)上。为实现最佳性能，应采用适当的布局、接地和去耦技术(请参考教程MT-031——实现数据转换器的接地并解开“AGND”和“DGND”的谜团、教程MT-101——去耦技术、以及ADuCM360TCZ评估板布局)。

评估该电路所用的PCB如图2所示。



图2. 本电路所用的EVAL-ADuCM360TCZ板

代码说明

用来测试电路的源代码链接在CN0221设计支持包中：

<http://www.analog.com/CN0221-DesignSupport>

UART配置为波特率9600、8数据位、无极性、无流量控制。如果本电路直接与PC相连，则可以使用“超级终端” (HyperTerminal)等通信端口查看程序来查看该程序发送给UART的结果，如图3所示。

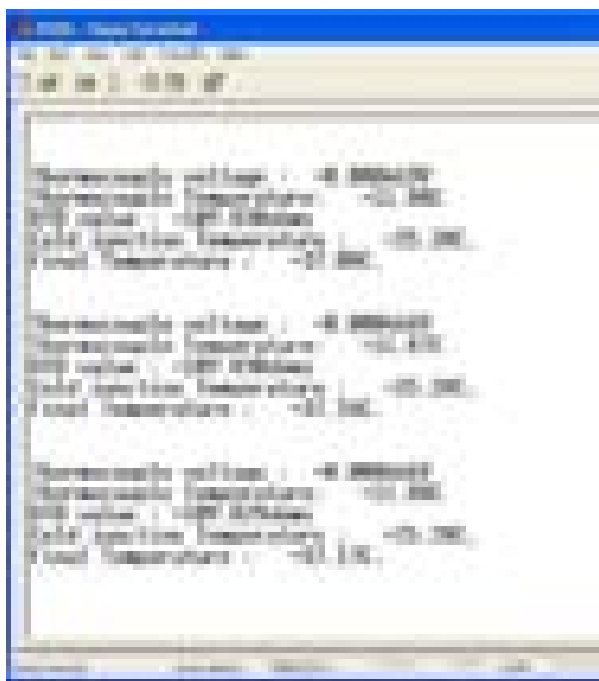


图3.“超级终端”通信端口查看程序的输出

测量热电偶和RTD的温度，以获得温度读数。通过查找表，将RTD温度转换为它的等效热电偶电压(可查看ISE公司的ITS-90 T型热电偶表)。这两个电压相加以得出热电偶的绝对温度值。

首先，V1是热电偶两条线之间测得的电压。通过查找表，测量RTD电压并转换为温度值；然后，该温度值再转换为它的等效热电偶电压(V2)。随后，V1和V2相加得出总热电偶电压值，此数值经转换后作为最终的温度测量值。

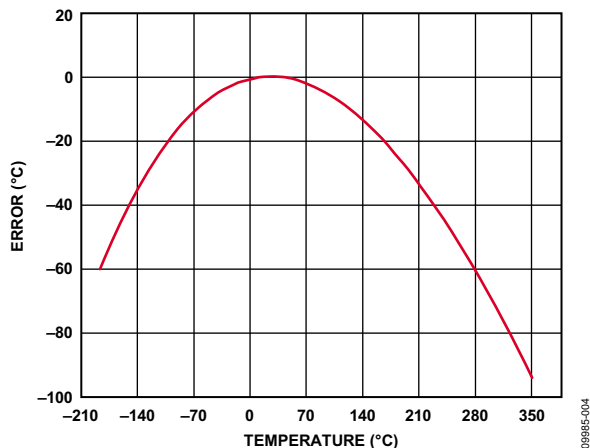


图4. 使用简单线性逼近法时的误差

最初，这一转换是基于一个简单的线性假设：热电偶的温度为 $40\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。从图4可以看出，只有针对 0°C 左右的小范围温度，如此转换所产生的误差才是可以接受的。计算热电偶温度的更好方法是对正温度使用6阶多项式，对负温度使用7阶多项式。这需要进行数学运算，导致计算时间和码字大小增加。适当的折衷是针对固定数量的电压计算相应的温度，然后将这些温度存储在一个数组中，其间的值利用相邻点的线性插值法计算。从图5可以看出，使用这种方法时误差显著降低。图5表示使用理想热电偶电压的算法误差。

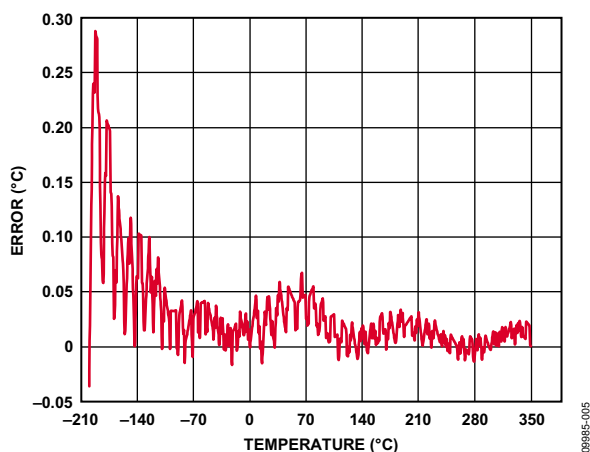


图5. 使用分段线性逼近法时的误差
(采用52个校准点和理想测量值)

图6表示在ADuCM360上采用ADC1测量全热电偶工作范围内的52个热电偶电压，所产生的误差。整体最大的误差为 $<1^{\circ}\text{C}$ 。

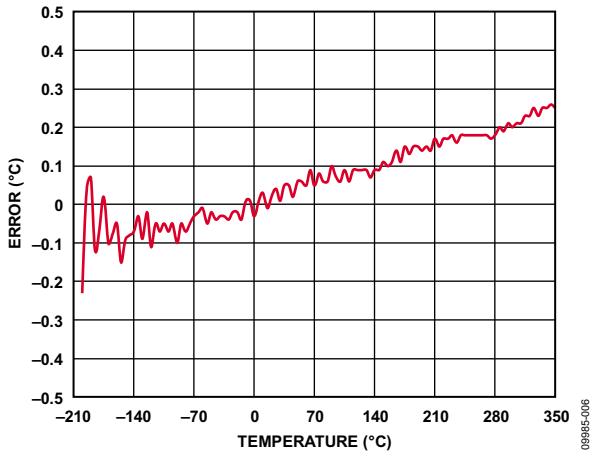


图6. 使用分段线性逼近法时的误差
(采用ADuCM360/ADuCM361测量的52个校准点)

像热电偶一样，RTD温度可使用查找表的方法计算与实现。注意，描述RTD温度与电阻关系的多项式与描述热电偶的多项式不同。

欲了解有关线性化和实现RTD最佳性能的详细信息，请参考应用笔记AN-0970：利用ADuC706x微控制器实现RTD接口和线性化。

常见变化

请注意，ADuCM360/ADuCM361可以通过标准串行接口编程或调试。

对于标准UART至RS-232接口，可以用ADM3202等器件代替FT232R收发器，前者需采用3 V电源供电。对于更宽的温度范围，可以使用其它热电偶，例如J型热电偶。为使冷结补偿误差最小，可以让一个热敏电阻与实际的冷结接触，而不是把它放在PCB上。

针对冷结温度测量，可以用一个外部数字温度传感器来代替RTD和外部基准电阻。例如，ADT7410可以通过I²C接口连接到ADuCM360/ADuCM361。

有关冷结补偿的更多信息，请参阅ADI公司的《信号调理》第7章“温度传感器”。

如果USB连接器与本电路之间需要隔离，则应增加隔离器件ADuM3160/ADuM4160。

电路评估与测试

为测试与评估电路，将热电偶测量和RTD测量单独进行评估。

热电偶测量测试

基本测试设置如图7。热电偶与J5相连，必须安装J1跳线以便对AIN7/VBIAS引脚进行热电偶共模电压设置。电路板从PC的USB连接获得电源。

使用两种方法来评估本电路的性能。首先使用连接到电路板的热电偶来测量冰桶的温度,然后测量沸水的温度。

使用Wavetek 4808多功能校准仪来充分评估误差，如图4和图6所示。这种模式下，校准仪代替热电偶作为电压源，如图7所示。为了评估T型热电偶的整个范围，利用校准仪设置T型热电偶 -200°C 至 $+350^{\circ}\text{C}$ 的正负温度范围之间52个点的等效热电偶电压。(可查看ISE公司的ITS-90 T型热电偶表)。

为评估查找算法的精度，将551电压读数(等效温度范围： -200°C 至 $+350^{\circ}\text{C}$ ，间隔 $+1^{\circ}\text{C}$)送往温度计算函数。图4和图5表示以线性法和分段线性逼近法计算的误差。

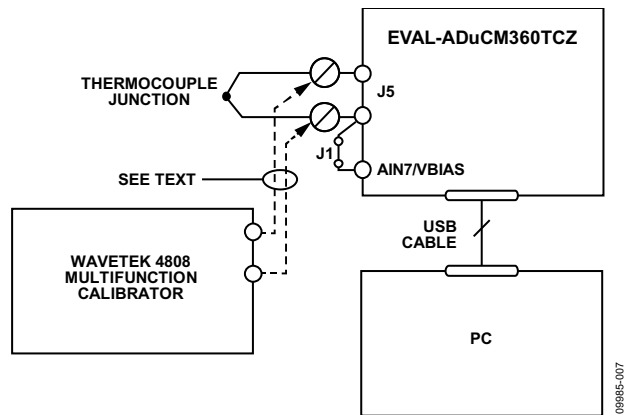


图7. 用于在热电偶完整输出电压范围内校准和测试电路的设置

RTD测量测试

为评估RTD电路和线性化源代码，以精确可调节的源电阻替代板上的RTD。采用仪器为1433-Z Decade Resistor。RTD值在90 Ω 至140 Ω 之间，表示的RTD温度范围为-25°C至+114°C。

图8表示测试设置电路，图9表示RTD测试的误差结果。

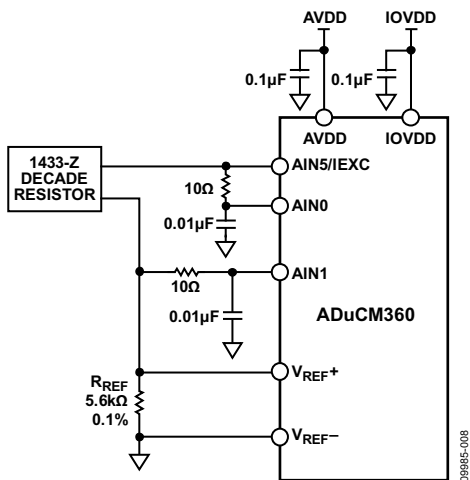


图8. 用于测量RTD误差的测试设置

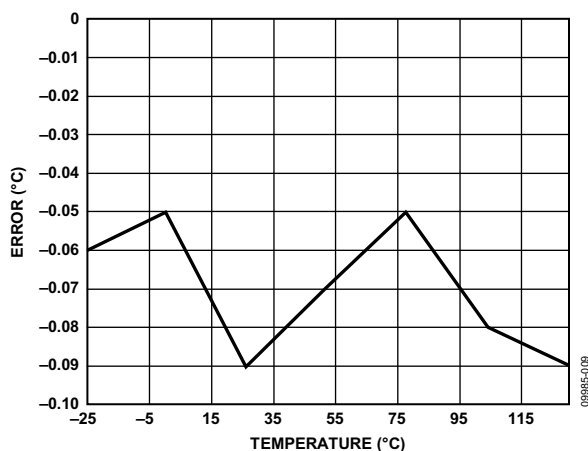


图9. RTD测量误差，以°C表示
(采用分段线性代码和ADC测量)

了解详情

CN0221 Design Support Package:

<http://www.analog.com/CN0221-DesignSupport>

ADIsimPower Design Tool.

Kester, Walt. 1999. *Sensor Signal Conditioning*. Analog Devices. Chapter 7, "Temperature Sensors."

Kester, Walt. 1999. *Sensor Signal Conditioning*. Analog Devices. Chapter 8, "ADCs for Signal Conditioning."

Looney, Mike. *RTD Interfacing and Linearization Using an ADuC706x Microcontroller*. AN-0970 Application Note. 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.

ITS-90 Table for Type T Thermocouple.

数据手册和评估板

[ADuCM360/ADuCM361 Data Sheet](#)

[ADuCM360/ADuCM361 Evaluation Kit](#)

[ADM3202 UART to RS232 Transceiver Data Sheet](#)

[ADP120 Data Sheet](#)

[ADP1720 Data Sheet](#)

修订历史

2014年4月—修订版B至修订版C

更改电路功能与优势部分 1

更改电路描述部分 2

更改常见变化部分 4

2013年12月—修订版A至修订版B

更改代码描述部分 3

2013年8月—修订版0至修订版A

更改标题 1

2012年5月—修订版0：初始版

(Continued from first page) Circuits from the Lab reference designs 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 reference designs 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 reference designs. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab reference designs 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 reference designs at any time without notice but is under no obligation to do so.

©2012–2014 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
CN09985sc-0-4/14(C)

