

软件可配置的模拟I/O助力 更紧凑更方便的校准器设计

Konrad Scheuer, 资深首席工程师
Sean Long, 执行总监

简介

工业模拟I/O模块用于和工厂内的传感器、执行器之间实现精准、低电平的电压信号与电流信号的收发。同所有电子器件一样，长时间的重复使用和不断变化的环境条件会导致其性能下降，因此需要对其进行定期校准以确保其能够按照既定标准持续运行。



图1. 一名技术人员在接线柜内进行校准

事实上，对于许多行业来说（例如制药），对设备进行定期校准是一项制度性要求。训练有素的技术人员需要访问装有I/O模块的接线柜，以执行校准程序并记录结果。校准过程中需要使用的多种仪器（信号源和仪表）往往很笨重，难以运输和同步操作。对此，我们将在本文中回顾这些校准设备的典型用例及

其特性规格，同时介绍我们的新解决方案的特性。该参考设计基于软件可配置模拟(SWIO) IC，在提供现有功能和性能的基础上可成为新一代超轻便携校准器产品的标杆。

校准设备

要对I/O模块中所有类型的通道进行校准，需要使用电压源和电压表（量程通常为 $\pm 10V$ ）、电流源和电流表（量程通常为 $\pm 20mA$ ）、以及信号源。该信号源用于模拟测量I/O通道温度的各类热电偶和RTD (PT100/PT1000)的输出电压。由于这些仪器的功能各不相同，技术人员需要将多件设备运输到接线柜以进行校准。虽然市面上也有具备所有这些功能的精密仪器，但它们往往价格高、尺寸大、重量重，严重限制了这些设备的便携性。



图2. MAXREFDES183# 精密校准器

图2显示了一台具备所有功能的典型校准仪器。其尺寸为220 mm × 173 mm × 320 mm，重达5.7 kg，精度为0.02%满量程范围(FSR)。

更紧凑的校准器

如图2所示，参考设计MAXREFDES183#是一款可用软件配置的电池供电的精密校准器，与常见的工业模拟输入输出以及电压电流范围兼容。该参考设计还提供以下功能：

- ▶ 精密模拟电压输出，±10 V (+25%超量程)
- ▶ 精密模拟电流输出，±20 mA (+25%超量程)
- ▶ 精密模拟电压输入，±10 V (+25%超量程)
- ▶ 精密模拟电流输入，±20 mA (+25%超量程)
- ▶ 精密温度测量（外置PT100/PT1000/K型热电偶）
- ▶ 精密温度模拟器

与笨重的台式校准器相比，这款参考设计校准器的尺寸仅为108 mm × 83 mm × 36 mm，重量仅为283 g。

MAXREFDES183#的功能框图如图3所示。

特性

参考设计MAXREFDES183#基于可用软件配置的工业级模拟I/O MAX22000，可用于测量电压和电流，并带有用于测量温度的辅助输入引脚（用于连接至TC和RTD）。该IC内置快速建立的18位DAC和124位Σ-Δ型ADC，使用温漂为5 ppm/°C的高度稳定内部基准电压源，在25°C时误差小于0.01%。IC的线性范围为标称范围的105%，而满量程范围为标称范围的125%。（例如，对于±10 V的标称范围，线性范围和满量程范围分别为±10.5V和±12.5V。）IC内置低噪声PGA，具有高低两种电压输入范围，以支持ADC对RTD和TC的

测量。IC通过高速SPI总线进行配置和通信，采用2.7 V至3.6 V的模拟和数字电源供电、以及高达±24 V的高压电源供电。IC为64引脚LGA封装，可在-40°C至+125°C的工业温度范围内工作。该参考设计还使用MAX32625，这是一款超低功耗Arm® Cortex®-M4微控制器，具有512 kB的闪存和160 kB的SRAM，通过SPI接口连接到MAX22000。MAX32625的UART接口连接到板载USB桥接器(FT234XD)和收发器对，用于触屏显示。用户可通过Nextion NX4024K032 3.2" 400 × 240像素彩色触屏显示器进行控制和接收反馈。

热稳定性

正如人们对高性能测量仪器的期望，MAXREFDES183#整合了多种设计技术以最大限度地提高热性能，并改善校准器的整体准确度和整体稳定性。参考设计的温度监控功能由两个低功耗I²C温度传感器MAX31875实现，其中一个传感器靠近MAX22000放置，而另一个传感器靠近源端放置，这使得我们可以对端子之间的电压梯度进行温度补偿。该传感器在0°C至70°C之间具有±1°C的准确度。50 Ω电阻用于设置I/O电流，具有高准确度（0.1%容差）和高温度稳定性（0.2ppm/°C）。此外，四个由FET驱动的加热电阻靠近MAX22000放置，以便在测量之前设置和稳定环境温度。为了进一步提高热稳定性，参考设计使用一个小金属外壳（面积大约为1平方英寸）来覆盖MAX22000及与其邻近的温度传感器IC和加热电阻。

电源管理

校准器由两个3.6 V 3500 mAh的锂电池供电。电量计MAX17320用于监控和管理电池状态，包括电压、电流和温度，并使用外部高边FET来防止过压/欠压、过流、短路、过冷/过热、过充电和内部自放电。IC内置的充电规程确保电池在安全条件下运行，从而延长电池在两次充电之间的使用时间。IC会对电池老化情

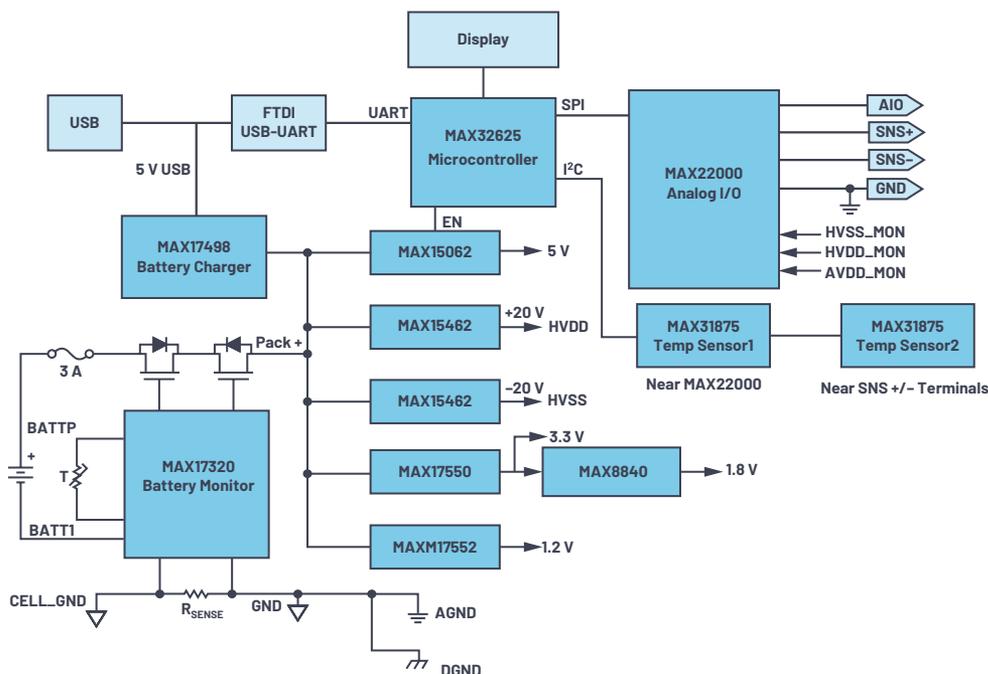


图 3. MAXREFDES183# 精密校准器的功能框图

况、温度和放电速率进行自动补偿，在各种工作条件下能准确提供电池的充电状态（以毫安时mAh或百分比%显示）。IC外接热敏电阻用于测量电池温度。反激式转换器MAX17498将标称5V的USB电压提升至标称7.2V的电池组电压，从而为众多DC-DC转换器提供电压输入，生成为其他器件供电电源轨。MAXREFDES183#功耗为110 mA（典型值），在电池充电周期之间正常使用时间长达31小时。

高准确度

图4为-20°C和+70°C之间的I/O电压和电流的测量结果，表明参考设计在25°C（室温）时的误差在0.01% FSR以内。

稳定性

工作温度范围内的高准确度固然重要，但校准设备通常在温度相对稳定的环境中使用（和存储）。因此，它们在固定温度下、在较长时间间隔内表现出的高度可重复性也很重要。图5显示MAXREFDES183#具有±4 ppm的精度（漂移）。其中，参考设计被配置为电压模式下的5 V模拟输出，记录设备为National Instruments的7.5位数字万用表PXIe 1073，测试环境温度为25°C，记录时间为7天（168小时），记录间隔为15分钟。

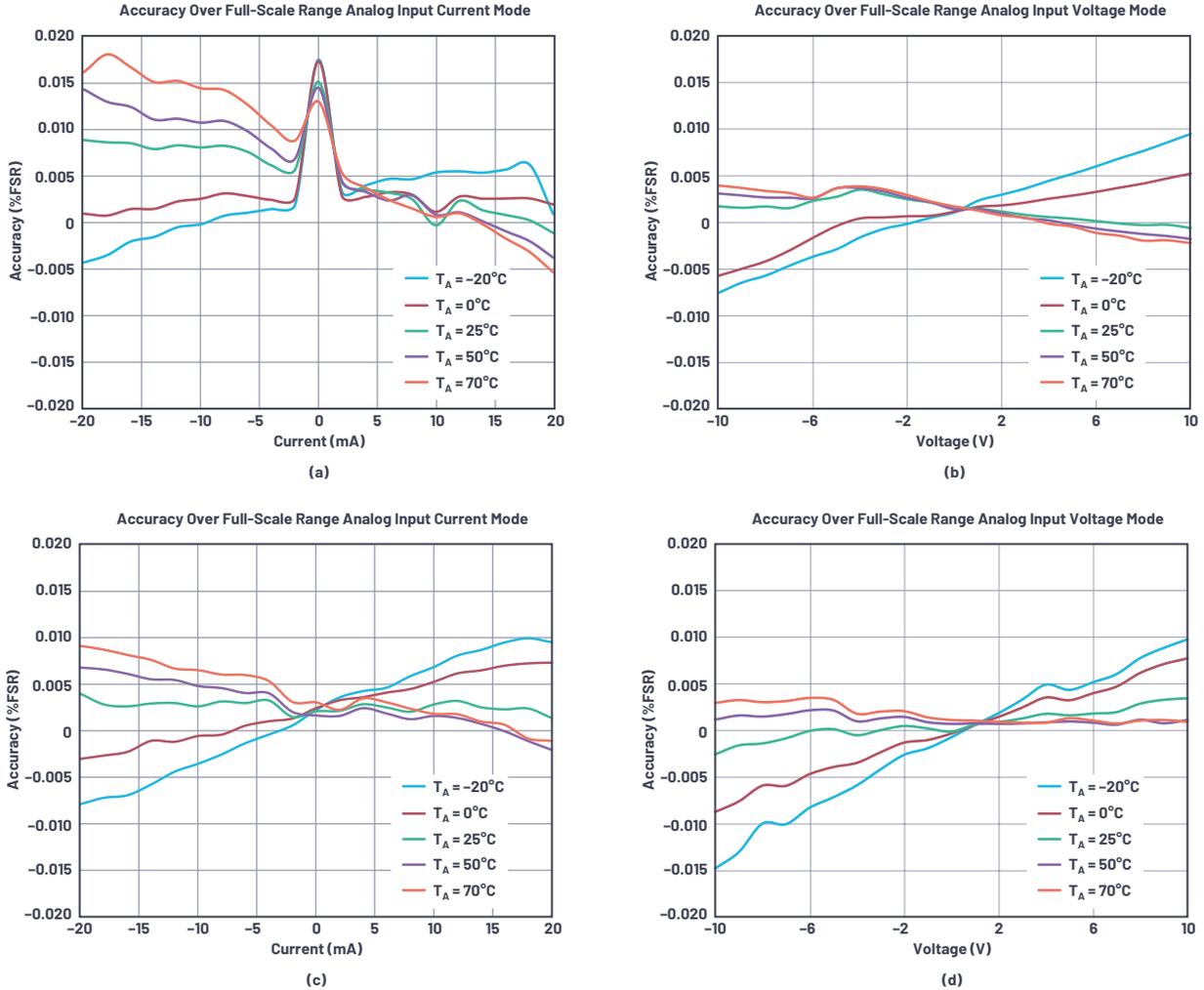


图 4. MAXREFDES183# 在 -20°C 至 +70°C 范围内的电压和电流的准确度

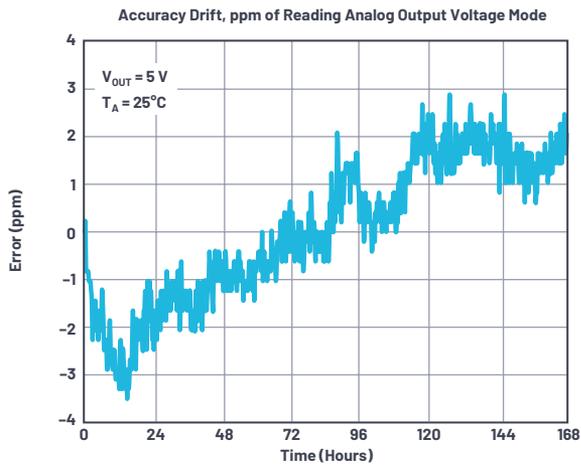


图 5. MAXREFDES183# 模拟输出电压的稳定性 (漂移)

校准器的校准

即使是精密校准器也需要定期校准。MAXREFDES183#包括一个预烧录的校准程序 (参见图6), 它向用户清楚地说明了应如何连接外部仪表和信号源。同时, 该程序可向用户提供反馈, 并解释结果是否在可接受的范围内。

[MAXREFDES183#的3D打印文件](#)可供用户下载以制作校准器的外壳。3D打印的外壳如图7所示。

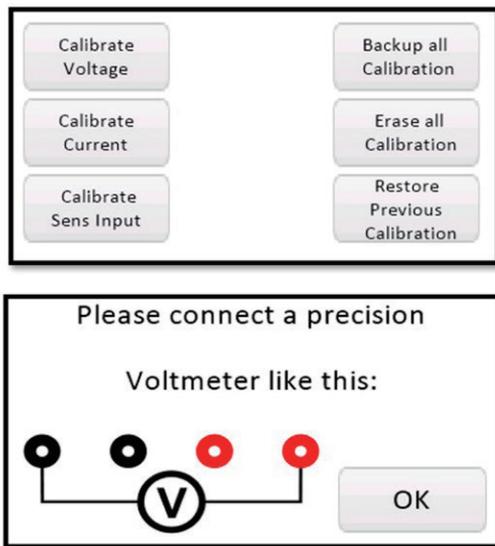


图 6. MAXREFDES183# 校准菜单



图 7. MAX22000 精密校准器的 3D 打印外壳

结论

参考设计MAXREFDES183#精密校准器为一种轻巧、超便携、电池供电的校准器, 其功能、性能和准确度可媲美更大、更重、更昂贵的解决方案。其潜在应用包括: 实验室设备的校准、工业控制设备的调整、智能传感器和执行器的现场校准。



作者简介

Konrad Scheuer是Maxim Integrated（现为ADI公司的子公司）的资深首席工程师，负责欧洲区域的工业接口产品，于2003年毕业于阿伦高等专业学院，获电气工程学士学位，研究领域为计算机科学。Konrad于2004年加入Maxim Integrated，担任应用工程师。联系方式：konrad.scheuer@analog.com。



作者简介

Sean Long是Maxim Integrated（现为ADI公司的子公司）工业和医疗健康事业部的应用执行总监。Sean于2012年5月加入Maxim，拥有英国伯明翰阿斯顿大学电气与电子工程荣誉学士学位。联系方式：sean.long@analog.com。

