

征服恶劣环境—面向极端高温应用的低功耗、精密、高温器件

作者：应用工程师Jeff Watson和应用工程师Maithil Pachchigar, Analog Devices, Inc.

简介

提到恶劣环境，世界上最具挑战性的应用之一无疑是井下钻探。油田服务公司正在挑战技术极限，设计必须能承受极端压力、冲击和振动的精密设备，同时该设备需要具有较长的电池使用寿命且尺寸极小。但是，对于在此环境中使用的电子设备，最大挑战也许是极端温度。这里的高温与深度成函数关系；而地热梯度平均约为25°C/km，在某些地区，还可能更高。随着全球能源需求日益增大，推动着人们去钻探和开发这些过去一直无从下手的热井。不幸的是，在这种环境中根本无法冷却电子设备。正因如此，行业需要必须能在200°C以上的环境中可靠工作的精密仪器。确实，较高的故障成本更是突显了可靠性的重要。在地下数英里作业的钻柱如果出现电子组件故障，需要一天以上的时间来检修及更换，操作复杂深水海上钻井平台每天大约需要花费50多万美元。

除了石油和天然气勘探外，高温电子器件还有其他的新兴应用。航空业正日益向“多电子飞机”的趋势发展。这一方案一方面是为了用分布式控制系统取代传统集中式发动机控制器，分布式控制系统将发动机控制系统放置在离发动机较近的地方，显著降低了互连的复杂性，使飞机的重量减轻了数百磅。此方案的另一方面是要用电力电子和电子控制系统取代液压系统，以提升可靠性，减少维护成本。

理想状态下，控制电子设备必须离执行器很近，这也会产生较高的环境温度。类似于航空电子喷气发动机，用于发电的重工业燃气轮机需要控制系统和仪器仪表。

高额定温度的IC

过去，由于无法获得高温IC，高温电子设备设计人员只能使用超出其额定规格的器件。尽管有些标准温度IC可能具有超出规格的有限功能，但使用起来非常困难，并且十分危险，可靠性或性能毫无保障。例如，工程师必须确定可能选用的器件，充分测试并描述其温度性能，并验证其长期可靠性。器件的性能和寿命经常会大幅递减，并在制造批次之间可能有巨大差异。这一过程充满挑战且昂贵耗时，设计人员都是唯恐避之不及。此外，目标设计温度过渡到175°C，并且需要更先进的封装，即使只是为了在较短的持续时间保持可靠性。

幸运的是，近年来的发展使得能够买到现成的高额定温度IC。ADI公司高温产品组合中的产品采用专门工艺技术、电路设计和封装并经过全面的特性、验证和生产测试计划测试，能够保证以数据手册规格在高温下可靠工作。

高温信号链

尽管我们提到了高温电子设备的一些不同的最终应用，从石油勘探到航空电子再到重工业领域，这些应用在信号链中存在几个共同的要求。其中大多数系统需要从多个传感器获取精密数据或需要高吞吐速率。另外，其中许多应用具有严格的功耗预算，因为它们都是采用电池运行，或无法容忍因电子设备自热而增加的额外温度。因此，需要一个低功耗数据采集信号链，由传感器、精密模拟元件和高吞吐速率ADC组成。

尽管现在可以购买到商用高额定温度IC，如今的电路构建模块选择也仍然有限。特别是，没有低功耗、采样速率高于100 kSPS且额定工作温度超过200°C的商用精密ADC。对于需要采集并处理较宽带宽信号或想要多路复用通道的电路设计人员，这是一个非常令人头疼的问题。为满足这种需求，ADI最近发布了AD7981 ADC；在16位分辨率下，该器件的采样速率可高达600 kSPS，同时维持低功耗和极小的尺寸。现在提供额定温度为175°C的10引脚MSOP封装，以及额定温度为210°C的陶瓷扁平封装，裸片版本也即将推出。作为案例研究，我们将进一步详细探讨此ADC的特性，了解它如何在极端温度下实现突破性能和可靠性。

AD7981高温ADC

AD7981是一款16位、低功耗、单电源ADC，采用采样速率高达600 kSPS的逐次逼近型架构(SAR)。它基于ADI成熟的SAR内核，该内核已在大量工业和仪器仪表系统中使用。该架构基于ADI的专有电荷再分配容性DAC技术。CMOS制造工艺之所以可在高温下实现优异性能，其部分原因就在于这些电容在整个温度范围内的匹配和跟踪特性。此外，还对采集电路进行了优化，以提高高温环境下的精度。

AD7981的典型应用信号链如图1所示，其中轨到轨输出、精密、低功耗、双通道高温认证放大器AD8634用于驱动AD7981的输入，并作为基准电压缓冲器与低温漂移的高温认证ADR225 2.5 V基准电压源配合使用。AD7981需要两个电源：一个模拟和数字内核电源(VDD)，以及一个与1.8 V和5 V之间的任何逻辑直接接口的数字输入/输出接口电源(VIO)。VIO和VDD引脚可以连在一起，以减少所需的电源数。

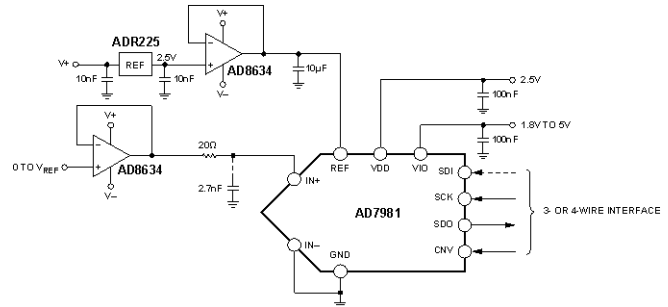


图1. AD7981应用信号链

AD7981提供出色的交流和直流性能并具有 ± 0.7 LSB INL、 -102 dB THD和91 dB SNR的典型规格，因此即使在175°C的高温下，也能实现高动态范围和更好的精度。AD7981的典型INL与代码的关系图如图2所示。

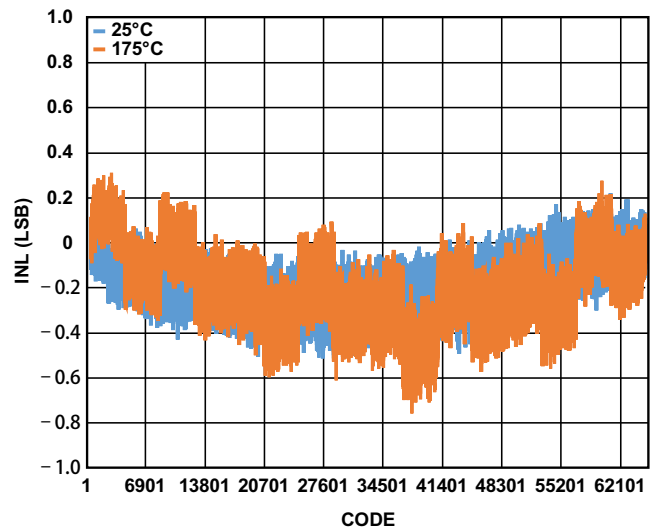


图2. AD7981的非线性误差与温度的关系

AD7981在不同温度下宽输入频率范围内的信纳比(SINAD)性能如图3所示。

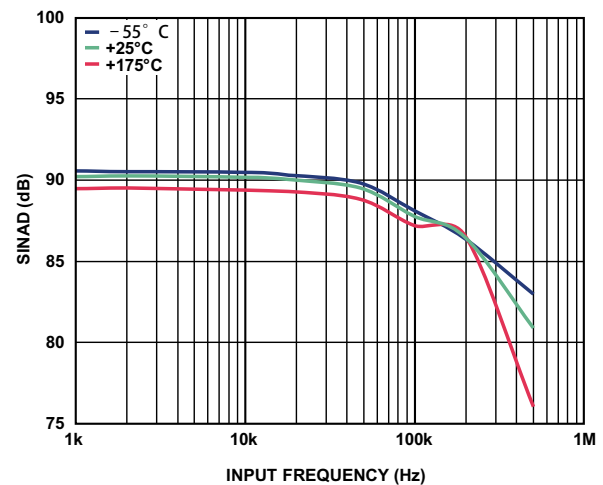


图3. 在整个温度范围内SINAD与频率的关系

AD7981通过使功耗和吞吐速率呈线性变化关系，在600 kSPS满吞吐量时功耗典型值约为4 mW，10 kSPS时为70 μ W，最大程度地延长了恶劣环境中的电池使用寿命，如图4所示。AD7981在转换之间会自动关断，以便节省功耗。这使得该器件特别适合于低采样速率的应用(即使只有几赫兹)，并使电池供电系统实现极低的功耗。

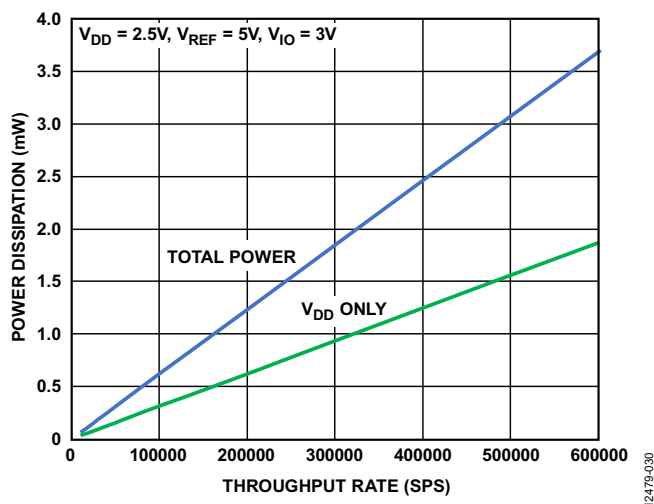


图4. AD7981功耗与吞吐速率的关系

AD7981提供与SPI和其他数字主机兼容的灵活串行数字接口。它可以配置为具有最低I/O计数的简单3线模式，或允许菊花链回读和同步采样选项的4线模式。对于多通道数据采集系统，AD7981可以轻松与多路复用器配合使用，因为它集成了片内采样保持电路，并且SAR架构不存在流水线延迟。

高温封装

拥有能够在高温下工作的高性能芯片时，我们只成功了一半。可靠封装对于必须能承受恶劣高温环境的集成电路至关重要。封装必须能提供对环境的足够保护和与PCB的可靠互连，同时尺寸适合系统的任务剖面。

尽管可靠封装有许多考虑因素，高温环境下其中一个主要故障点是线焊。这种故障在行业中常见的塑料封装中尤其成问题，其中金色焊线和铝焊盘是标准配置。高温会加速金/铝金属间化合物的生长。这些金属间化合物与焊接故障相关联，如脆性焊线和空洞，可能时刻都会发生，如图5所示。为了避免这些故障，ADI使用焊盘金属化(OPM)工艺形成金焊盘表面，以便连接焊线。此单金属系统不会形成

金属间化合物，在我们的认证测试中已经证明是可靠的，在195°C条件下预备超过6000小时，如图6所示。尽管ADI在195°C展现出可靠的焊接性能，但是受限于模塑化合物的玻璃化转变温度，塑料封装的额定工作温度最高仅到175°C。

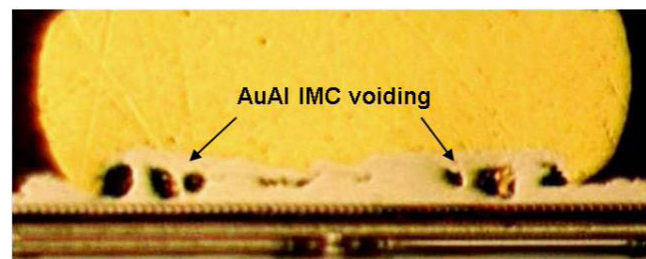


图5. 铝盘上的金球焊(195°C时500小时后)

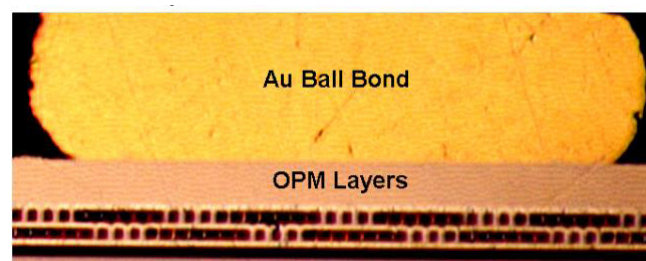


图6. OPM上的金球焊(195°C时6000小时后)

应用示例

上述AD7981重要特性组合，如高性能、稳定性、低功耗和灵活配置，符合恶劣高温环境中精密测量应用的重要性能标准，如地下石油和天然气勘探以及工业、仪器和航空电子应用。

AD7981属于不断增长的高温产品组合，能够实现从传感器到处理器的精密模拟信号处理。AD7981与ADR225 2.5 V基准输出电压源和AD8634/AD8229放大器配套用于信号调理。高额定温度的MEMS惯性传感器，如ADXL206加速度计和ADXRS645陀螺仪，为设计人员提供有关系统方向和运动的信息。使用这些器件的井下钻探仪器仪表的简化信号链如图7所示。

在此应用中，对各种井下传感器的信号进行了采样，以便收集周围的地质构造数据。这些传感器可能采用电极、线圈、压电或其他传感器的形式。加速度计、磁力计和陀螺仪提供有关钻柱的倾斜、方位角、旋转速率、冲击和振动的信息。其中部分传感器的带宽极低，而其他传感器可能具有音频范围及更高范围的相关信息。AD7981能够具有不同带宽要求的传感器采样数据，同时保持功效。小尺寸使其可以轻松地在空间受限的布局中容纳多个通道，如井下钻探工具中常用的极窄电路板宽度。此外，灵活的数字接口则允许在要求更苛刻的应用中进行同步采样，同时还允许对低引脚计数的系统进行简单的菊花链回读。

小结

总而言之，极端高温成为恶劣环境系统中的最大挑战之一。但是，新的高额定温度IC(如AD7981)使设计人员能够采用现成的高精度、低功耗且质量可靠的器件，来克服这种挑战。

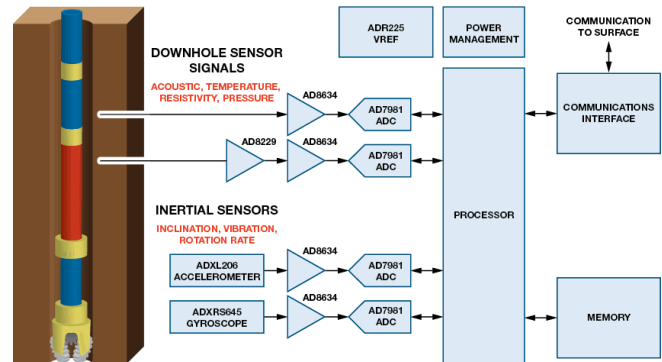


图7. 井下钻探仪器仪表的简化信号链

资源

分享本文

