

当今的传感器模块电源效率 创新推动未来的系统演进

Tom Bui, Maxim Integrated (现为ADI公司一部分) 电源事业部技术团队主要成员

随着系统变得越来越以数据为中心，工业、物联网、家庭医疗可穿戴式、健身和健康方面的监控器正在经历爆炸性增长。这些以数据为中心的系统对更多功能和更低功耗的需求不断增加。该趋势由智能系统驱动，这些系统会主动监视一个人或环境，并做出预测性的响应，包括告警、动作或推荐的操作。响应的好坏取决于所提供的数据，这些系统需要通过单个传感器或无线传感器网络收集大量高精度数据的原因正在于此。

传感器应用设计工程师面临的挑战是需要占板面积最小化的传感器模块，同时保持高精度并延长电池寿命。为了解决这个挑战，有两种应对思维：一是最大化元器件和系统操作的能效比，一是投资研发新型低功耗架构。第一种方法致力于开发依靠电池工作更长时间并提供更高响应度和精度的系统，有望帮助设计人员在短期内实现其目标。

最大化电源效率

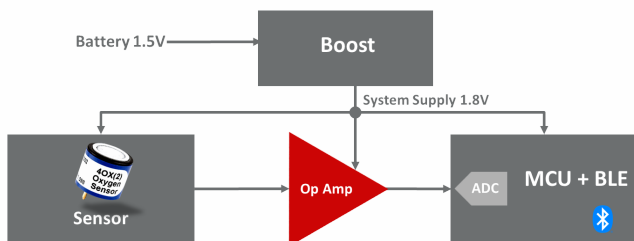


图1. 当前AI系统使用的设计如上面的传感器框图所示。

上面的图1显示了传感器应用的典型框图。解决方案的四个基本模块是系统电源、传感器、传感器信号放大和信号处理。选择合适的器件对于最大化传感器模块的电池寿命至关重要。下面我们仔细研究每个模块，看看可以做些什么来提高电源效率并提供更精确的测量。

传感器选择

第一个考虑是传感器。当今传感器模块中使用的传感器主要有两种类型：单端传感器和差分传感器。单端传感器包括用于血糖检测的电化学传感器、气体传感器和可穿戴医疗传感器。差

分传感器通常使用仪器放大器，应用包括工业压力或力传感器、工业温度传感器、医疗应用中的线内空气(air-inline)和阻塞传感器等。这些在医用胰岛素泵和线内空气探测器中很常见。

更常见的传感器类型是电化学传感器。这些是低功耗传感器，包括血糖传感器，数以百万计的糖尿病患者使用这种传感器控制其血糖水平。其他应用包括气体传感器（例如二氧化碳(CO₂)传感器）、水质（电导率、pH值等）传感器、用于机油降解的酒精传感器以及检测爆炸物的传感器。

电化学传感器的大多数应用是便携式和电池供电应用。虽然家庭CO₂传感器一般可正常使用五到七年，但大约每六个月至一年便可能需要更换新电池。为了延长电池寿命，制造商使用最新的低功耗器件，这些器件从电池消耗的电流极小。

接下来我们仔细研究一种具体类型的电化学传感器——乙醇传感器，并了解其工作原理。

乙醇传感器工作原理

图1中使用的乙醇传感器是一个安培法气体传感器，其产生的电流与气体的体积分数成正比。它是一种三电极器件，乙醇在工作（或检测）电极(WE)上测量。对电极(CE)使电路完整，而参考电极(RE)在电解质中提供稳定的电化学电位，它不接触乙醇。对于SPEC传感器，将+600mV偏置电压施加于RE。

很多电化学传感器需要固定的偏置才能正常工作，这给电池寿命带来了额外的负担。现在我们考虑系统的电源要求。

电源要求

系统的功率预算及其电池容量最终决定了传感器的工作寿命。小尺寸电池供电解决方案的典型目标是使用单节1.5V电池。使用单节电池会降低容量，从而影响传感器的工作寿命。那么，可以采取什么措施来优化单节电池的工作寿命？

当充满电时，即在其寿命开始时，单节电池为1.5V。此电压随着时间推移而逐渐下降，在寿命结束时为0.9V。为了最大程度地延长单节电池的寿命，应用必须在0.9V至1.5V之间运行，才能获

得最长的应用工作时间。由于其他系统器件以1.8V运行，因此必须选择一个DC-DC升压转换器，它应能最大程度地提高工作和待机电流效率，并能在0.9V至1.5V范围内运行。

拥有95%的高效率不是高效电源转换的唯一考虑因素。升压调节器还必须能够在宽电流范围内高效工作，从而降低静态电流(I_0)和工作过程中的热量耗散。应用大部分时间处于待机模式，因此升压转换器在轻载待机状态下必须具有高效率，以延长电池寿命。关断特性通过关闭部分电路将电流消耗降至nA级范围，这也能大幅降低功耗。

信号链解决方案

传感器产生的输出信号通常很微弱，只有几 μ V，而模数转换器需要V级的信号。因此，选择低功耗、高精度放大器是设计中第二重要的考虑因素。

低功耗放大器有两个重要方面——电流消耗和工作电压，因为许多传感器需要偏置电流以维持精度。这要求应用的传感器部分开启以保持准确的读数。此外，0.9V至1.5V的低工作电压支持单节电池供电，无需升压转换器。

通常，选择低功耗放大器的缺点是精度较低。但是，存在一些低功耗放大器，即使在低工作电流和电压下，它们也能保持很高的精度水平。精密放大器的一些特性包括：亚微伏(μ V)输入失调电压、nV/ $^{\circ}$ C级的电压漂移以及pA级的输入偏置电流。

低功耗微控制器与集成ADC相结合，可提供一种低功耗传感器解决方案，它能在最大化电池寿命的同时使应用保持小尺寸。

乙醇传感器解决方案的测量

除了器件级别的改进之外，还可以优化系统架构，在相同的精密测量水平下实现更低的功耗。为了证明这一点，我们将提供使用相似器件的乙醇传感器解决方案的两次实验测量，以及未来传感器解决方案的一次理论测量，后者显示出了节省电能的优点。

该实验使用下面列出的器件，对于乙醇电化学传感器测量，这些器件具有相同的占空比。

- SPEC电化学乙醇传感器
- MAX40108 1V精密运算放大器/1.8V运算放大器
- MAX17220 0.4-5.5V nanoPower同步升压转换器，提供True Shutdown™
- MAX6018A 1.8V精密、低压差基准电压源
- MAX32660 1.8V超低功耗Arm® Cortex®-M4处理器
- 单节1.5V AA电池

传统1.8V系统

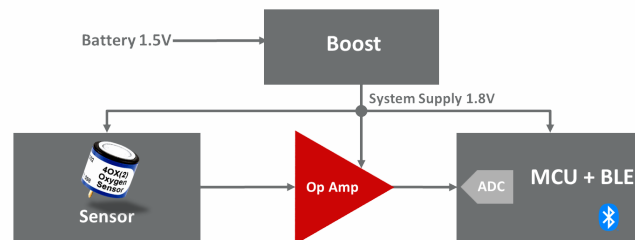


图2. 上图所示为传统的1.8V传感器系统解决方案。

1.8V系统解决方案使用单节电池供电，利用高效的升压转换器为乙醇传感器、运算放大器和带ADC的微处理器提供1.8V系统电源。0.1%活动的占空比由微控制器控制，微控制器唤醒后进行测量，然后又回到睡眠模式。

待机模式下的传感器利用升压转换器维持睡眠模式下传感器、运算放大器和微控制器的电源。在待机状态下，该系统消耗150.8 μ A的电流。在活动状态期间，微控制器唤醒并进行传感器测量。在活动状态下，该系统短时间消耗14mA。活动状态仅占0.1%的时间，经计算可知，活动和待机模式合并的平均电流为164 μ A，这是实际传感器应用的典型值。

1V放大器系统

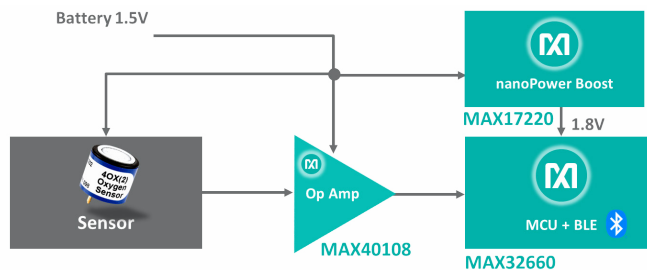


图3. 上图所示为新一代1V放大器传感器解决方案。

在1V放大器解决方案中，SPEC乙醇传感器和MAX40108 1V运算放大器均直接连接到电池。这需要一个能以低至0.9V的电压工作、保持高精度水平并最大化单节电池使用寿命的放大器。

其余电路与为微控制器供电并支持1.8V电路的升压调节器类似。在这种配置中，电流大幅减少到81.9 μ A，降幅为45%；平均电流减少到95.7 μ A，降幅为41.79%。结果，使用MAX40108 1V运算放大器的系统的电池寿命几乎是传统系统的两倍。

未来的1V信号链系统

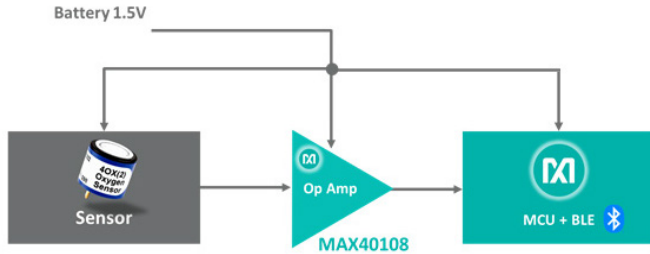


图4. 上面的框图显示了未来的1V传感器系统解决方案。

在这个未来的1V信号链解决方案中，放大器、ADC和微控制器均以低至0.9V的电压工作，同时保持高精度水平。这使得整个信号链解决方案都可以由单节电池供电，从而无需升压转换器，传感器解决方案的电池寿命得以最大化。

结论

人们对更智能AI系统的需求在增长，因此对具有额外功能、更高精度和更长寿命的传感器的需求也随之增长。传感器必须提供小尺寸解决方案，既可以由人佩戴，也可以联网，从而确定

一个人、生产车间、建筑物或城市的健康状况，使系统能够积极主动响应，而不是被动应对。更进一步，对于那些受益于新一代系统的人而言，主动响应可改善健康状况、降低成本、提高生产率并增强安全性。

在赋能AI系统的传感器网络中，创新正在许多不同的层面上发生。尤其是IC制造商，它们正在开发更低功耗的传感器构建模块，以帮助今天的工程师为明天创建更智慧、更高效的系统。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn

