

## 高分辨率ADC——概览

### 高分辨率ADC成本大幅降低为设计人员带来诸多好处

Steve Grossman

Analog Devices Inc.

设计人员进行工业或数据采集项目设计时，很可能会遇到下面所述的一些问题：

- 对极宽动态范围内的输入信号进行数字化处理，例如环境声压计要能在60dB至80dB范围内检测信号。
- 适应不同来源且信号范围截然不同的信号。
- 解析某一确定值的上下微小变化，旨在扩展以该点为中心的范围。

如果使用相对较低分辨率的ADC，如10位有效分辨率，高电平信号的分辨率可能接近10位。然而，对于低电平信号，如果小于满量程的10%，其有效分辨率可能不超过6或7位。因此在很多情况下，对于精度只有1%的传感器来说，等效精度为0.1%的10位分辨率足够了。然而，对于更低电平信号，有效分辨率可能小于1%。

#### 设计问题的解决之道

这些设计问题有很多解决方法，以下主要列出三种：

- 在相对较低分辨率ADC之前连接可编程增益放大器(PGA)。
  - 将输入信号加在ADC之前连接的缓冲放大器。
  - 使用高分辨率ADC。
- 下面逐一评估这些方法。

**PGA方法**——历史上，PGA方法曾经非常流行，因为与较低成本ADC配对使用时，它比高分辨率ADC更具成本优势。此方法特别适用于输入信号接近0V但具有较宽动态范围的情况。

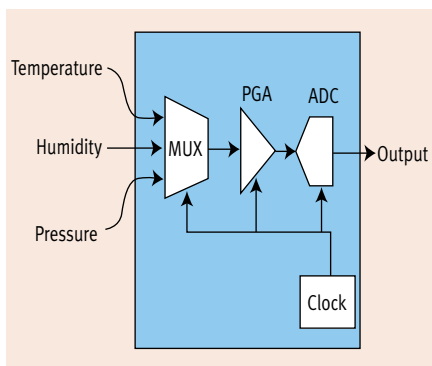


图1：集成PGA的ADC原理示意图

这类似于过程控制系统，需要监控具有不同信号范围的各种传感器信号，例如声压计。如果对较宽动态范围的信号进行增益范围调整，所产生的最关键误差是“交越不匹配”。

这意味着当PGA切换到不同的增益值时，数字输出可能在那个点发生上下跳变。因此，在每一级都必须小心匹配增益来降低这种影响。从不同信号源中复用信号时，这个问题并不重要。不过，这取决于系统是否针对每个信号设计了固定增益(如图2所示)，或者是否像使用宽范围信号输入一样具有动态增益切换。

增益范围调整方法会产生以下问题：

- 虽然可驱动一个12位ADC，但如果在其前面放置一个增益为 $2^7 = 128$ 的放大器，则放大器的有效输入噪声和失调电压精度必须为18位。对于采用固定增益运算放大器，这会有问题，而采用PGA切换时，问题可能还会更严重。这样，将精度要求从ADC转移到PGA，却没有带来任何好处。

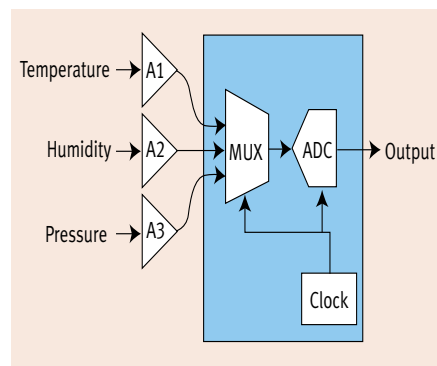


图2：带独立缓冲放大器的ADC原理示意图

- 在进行增益切换时，必须先对信号有所了解。可使用ADC的超量程输出，并配合软件，或者通过比较器来实现这一点。过程很麻烦，而且切换时间也会是个问题。（也许您还记得古老的增益范围调整DVM，在改变范围时它的速度有多慢！）
- 可以对增益为128的精密低噪声运算放大器进行简单的分析：计算有效输出噪声和失调电压，并与低分辨率ADC的最低有效位(LSB)进行比较。然而，在高增益模式下，运算放大器的线性度会是个问题。

**多缓冲放大器方法**——如果传感器或者信号源与内置ADC的数据采集单元有一定距离，可以使用多缓冲放大器方法(见图2)。

**单个高分辨率ADC**——单个高分辨率ADC的优点是简单(见图3)。如果使用16位ADC，对于较小动态范围的信号，丢失3、4或5位会使该信号的有效分辨率降至11至14位。然而，对于大多数传感器来说此精度足够了，因为其精度相当于0.05%或更佳。

由于这些器件的价格最近已降到5美元或更低，因此成本将不再是需要考虑的因素。如果需要更高的有效分辨率，或者需要适应更宽的动态范围，可以使用18至24位的ADC，仍然能提供性价比比较高、也更简单的系统。

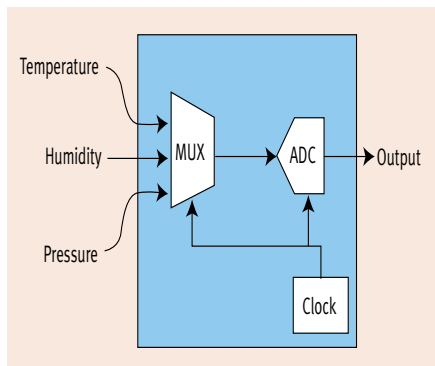


图3: 单个高分辨率ADC原理示意图

需解析0点附近某个信号值的微小变化时，显然应选择使用高分辨率ADC。这也是利用数模转换器(DAC)补偿大多数信号的替代方案。在有些情况下，

这仍然是一种可行的选择。目前适合增益范围调整方法的一款较流行PGA是AD8250(见参考文献2)。表1列出了一些ADC供参考。

表1: 一些选定的ADC

	器件型号	描述
高分辨率ADC	AD7780	24位、引脚可编程的低功耗 $\Sigma$ - $\Delta$ 型ADC
	AD7781	20位、引脚可编程的超低功耗 $\Sigma$ - $\Delta$ 型ADC
	AD7985	16位、2.5MSPS差分ADC
	AD7986	18位、2MSPS PuISAR 15mW ADC, 采用QFN封装
集成PGA的高分辨率ADC	AD7195	4.8kHz超低噪声24位 $\Sigma$ - $\Delta$ 型ADC, 内置PGA和交流激励
	AD7191	引脚可编程的超低噪声24位 $\Sigma$ - $\Delta$ 型ADC, 适用于桥式传感器
	AD7192	内置PGA的4.8kHz超低噪声24位 $\Sigma$ - $\Delta$ 型ADC
	AD7193	内置PGA的4通道、4.8kHz、超低噪声、24位 $\Sigma$ - $\Delta$ 型ADC
面向自行构建系统者	AD8231	零漂移、数字式可编程仪表放大器
	AD8250	10MHz可编程增益仪表放大器
	AD8251	10MHz可编程增益仪表放大器
	AD8253	10MHz可编程增益仪表放大器

## 广告

### AD9467: 16位分辨率、300MHz信号带宽、提供最高的ENOB、可编程的满量程输入范围

AD9467是一款16位250MSPS(兆每秒采样)的ADC(模数转换器)。与其它16位数据转换器相比,这款16位、250MSPS ADC可在能耗降低35%的情况下将采样率提高25%,其信号处理性能达到新的高度,适合测试和测量仪器、防务电子以及通信等要求大带宽高分辨率的应用。除了提供高分辨率和高采样率,AD9467的SFDR(无杂散动态范围)高达100 dBFS, SNR(信噪比)性能达76.4 dBFS。该器件在300MHz模拟输入时达90 dBFS的SFDR和60 fs rms(飞秒均方根)的抖动,使得工程师能在更高的中频条件下提升系统性能,降低信号链的材料组件数量,从而减少信号下变频级数。

AD9467可以配合ADI公司的AD9523/24低抖动时钟发生器和

ADL5562 3.3GHz超低失真RF/IF差分放大器使用,提供数据转换信号链解决方案。

**16位250MSPS ADC AD9467的主要特性和优势:** 1. 16位分辨率,信号带宽高达300MHz,支持实现通用无线平台、雷达系统和频谱分析应用中的高级信号采集子系统。2. 通过片内IF(中频)采样电路和缓冲模拟输入实现优化,提供最高的ENOB,易于使用。3. 高动态范围和宽信号带宽支持多种标准的软件无线电,如LTE/W-CDMA、MC-GSM(1类)和CDMA等。4. 可编程的满量程输入范围允许用户



在SNR与SFDR之间权衡取舍,支持设计更灵敏的雷达系统,使其能够以更高的精度捕捉并跟踪更小的目标。参见下表。

输入范围	SNR	SFDR	模拟输入	采样速率
2.5Vp-p	75.1dBFS	90dBFS	300MHz	250MSPS
2.0Vp-p	74dBFS	95dBFS	170MHz	250MSPS
2.5Vp-p	76dBFS	100dBFS	100MHz	160MSPS

ADI模数转换器的其他资源: [www.analog.com/zh/ADC](http://www.analog.com/zh/ADC)。