

详述 ADC 精度和分辨率的概念差异

转摘自: ADI 中文技术论坛

发布者: rourou (ID)

在与使用模数转换器 (ADC) 的系统设计人员进行交谈时, 我最常听到的一个问题就是:

“你的 16 位 ADC 的精度也是 16 位的吗?”

这个问题的答案取决于对分辨率和精度概念的基本理解。尽管是两个完全不同的概念, 这两个数据项经常被搞混和交换使用。

该文详述了这两个概念间的差异, 并将深入研究造成 ADC 不准确的主要原因。

ADC 的分辨率被定义为输入信号值的最小变化, 这个最小数值变化会改变数字输出值的一个数值。对于一个理想 ADC 来说, 传递函数是一个步宽等于分辨率的阶梯。然而, 在具有较高分辨率的系统中 (≥ 16 位), 传输函数的响应将相对于理想响应有一个较大的偏离。这是因为 ADC 以及驱动器电路导致的噪声会降低 ADC 的分辨率。

此外, 如果 DC 电压被施加到理想 ADC 的输入上并且执行多个转换的话, 数字输出应该始终为同样的代码 (由图 1 中的黑点表示)。现实中, 根据总体系统噪声 (也就是包括电压基准和驱动器电路), 输出代码被分布在多个代码上 (由下面的一团红点表示)。系统中的噪声越多, 数据点的集合就越宽, 反之亦然。图 1 中显示的是一个中量程 DC 输入的示例。ADC 传递函数上输出点的集合通常被表现为 ADC 数据表中的 DC 柱状图。

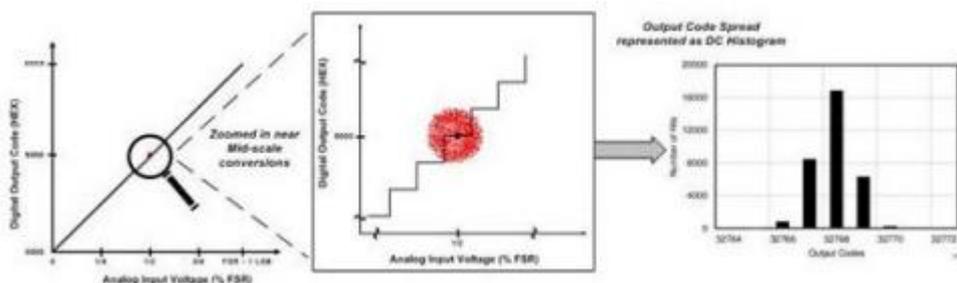


图 1: ADC 传递曲线上 ADC 分辨率和有效分辨率的图示

图 1 中的图表提出了一个有意思的问题。如果同样的模拟输入会导致多个数字输出, 那么对于 ADC 分辨率的定义仍然有效吗? 是的, 前提是我们只考虑 ADC 的量化噪声。然而, 当我们将信号链中所有的噪声和失真计算在内时, 正如等式 (1) 中所显示的那样, ADC 的有效无噪声分辨率取决于输出代码分布 (NPP)。

$$\text{Noise-Free Resolution} = \log_2 \left(\frac{2^n}{N_{PP}} \right), \text{ where } n = \text{ideal resolution} \quad (1)$$

在典型 ADC 数据表中, 有效位数 (ENOB) 间接地由 AC 参数和信噪失真比 (SINAD) 指定, 可使用方程式 2 计算得出:

$$ENOB = \frac{SINAD - 1.76}{6.02} \quad (2)$$

下面，考虑一下图 1 中的输出代码簇（红点）不是位于理想输出代码的中央，而是位于远离黑点的 ADC 传递曲线上的其他位置（如图 2 中所示）。这个距离是指示出采集系统精度。不但 ADC，还有前端驱动电路、基准和基准缓冲器都会影响到总体系统精度。

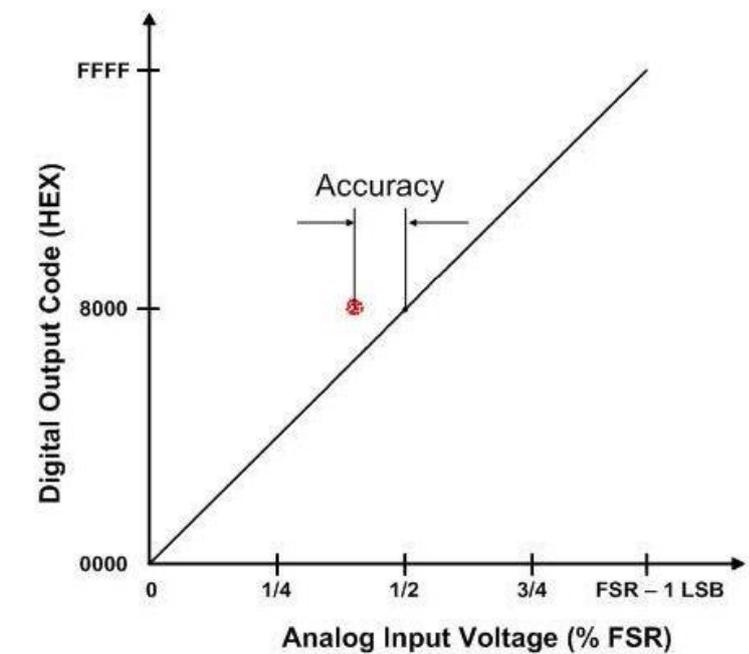


图 2: ADC 传递曲线的精度图示

需要注意的重要一点是 ADC 精度和分辨率是两个也许不相等的不同参数。从系统设计角度讲，精度确定了系统的总体误差预算，而系统软件算法完整性、控制和监视功能取决于分辨率。