

苹果和橘子——特性关联要求相同的测试条件

问：ADC的等效输入噪声与其信噪比(SNR)有何关系？



答：在不断变化的数据位中，我们解释了即使模拟输入为静态，等效输入噪声也会导致高速ADC输出改变。等效输入噪声与SNR有关系，但只有在相同的测试条件下才能比较二者。

ADC的SNR可用来计算等效均方根输入噪声，如下式所示：

$$\text{Noise}_{\text{input}} = \frac{\text{FSR}}{2 \times \sqrt{2} \times 10^{\text{SNR}/20}}$$

其中，输入满量程范围(FSR)的单位是LSB，SNR的单位是dBFS（相对于满量程的分贝值）。以12位500 MSPS ADC AD9434为例，根据其数据手册中给出的接地输入直方图（图25），可知等效输入噪声为1.24 LSB rms。技术规格表显示：对于30 MHz至450 MHz输入，SNR典型值在65.9 dBFS到63.5 dBFS范围内变化。计算应使用什么数值呢？我们要比较SNR与接地输入直方图结果。对于现代单电源ADC，其输入开路而未接地，因此会浮动到模拟电源的中点。SNR不是在DC下测量，因此应选择最低的输入频率30 MHz。利用上式可以计算输入噪声：

$$\text{Noise}_{\text{input}} = \frac{2^{12}}{2 \times \sqrt{2} \times 10^{65.9/20}} = 1.47 \text{ LSB rms}$$

怎么回事，结果是1.47，而不是1.24？考虑以下因素有助于减小这种差异。首先，SNR是在30 MHz输入信号下-1 dBFS水平进行测试的，而接地输入直方图测试并无任何信号。这有什么区别呢？抖动在ADC输出端引起的噪声可通过下式估算：

$$\text{SNR} \approx -A \times 20 \log(2\pi f t_a)$$

其中，A是输入幅度，f是输入频率， t_a 是孔径不确定度（抖动）。显然，与无信号的接地输入直方图测试相比，抖动会降低噪声性能，但除此之外，测试条件仍不是“苹果对苹果”（完全对等）的关系。能够再接近一点吗？图19显示的是140.3 MHz输入下SNR与模拟输入幅度的关系。再仔细看看，你会看到，在-65 dBFS时，SNR约为67 dBFS，比-1 dBFS结果好大约1 dB。虽然此测试是在高于SNR测试的频率下进行的，但我们可以假设：在较低频率时，抖动引起的噪声相似。利用此SNR重新计算输入噪声可得 $\text{Noise}_{\text{input}} = 1.29 \text{ LSB}$ ，该值与利用接地输入直方图测得的等效输入噪声仅相差0.05 LSB，二者非常接近，足以说明我们已成功将这两个特性关联起来。另外，也可以在没有输入信号的情况下对AD9434执行FFT。根据FFT可以算得SNR等于67.5 dBFS。利用这一结果计算等效输入噪声，得到1.22 LSB，与直方图结果仅相差0.02 LSB！。虽然要费一番周折，但你完全可以将高速ADC的SNR与等效输入噪声成功地关联起来。