

## 数字CMOS麦克风前置放大器ASIC的数字和模拟测量单位

作者: Rebecca Reich

### 简介

本应用笔记旨在解释用音频分析仪测量数字麦克风前置放大器输入和输出信号时, 模拟值和数字值之间的差异。确切地说, 考察在进行数字域(FFS或dBFS)或模拟域(V或dBV)测量时, 峰值和均方根值间的差异。下面列举了一些示例性计算公式, 说明在不同定义之间进行转换的必要性。

### 数字和模拟域单位

系统图如图1所示。ASIC的传递函数标为A。

有好几种音频分析仪将0 dBFS定义为满量程正弦波。在这些分析仪中, 正弦波数字域的均方根值和峰值是相等的。相同的分析仪在进行数字域输出测量时都会显示3 dB的均方根电平, 和模拟域内定义的均方根电平相比, 显得过高。因此, 方波的波峰和波谷处在最大数字编码电平, 均方根值为1.414 FFS或3.01 dBFS, 峰值为1.0 FFS或0.0 dBFS, 而在模拟域中, 对应方波的峰值和均方根值都是0 dBV。

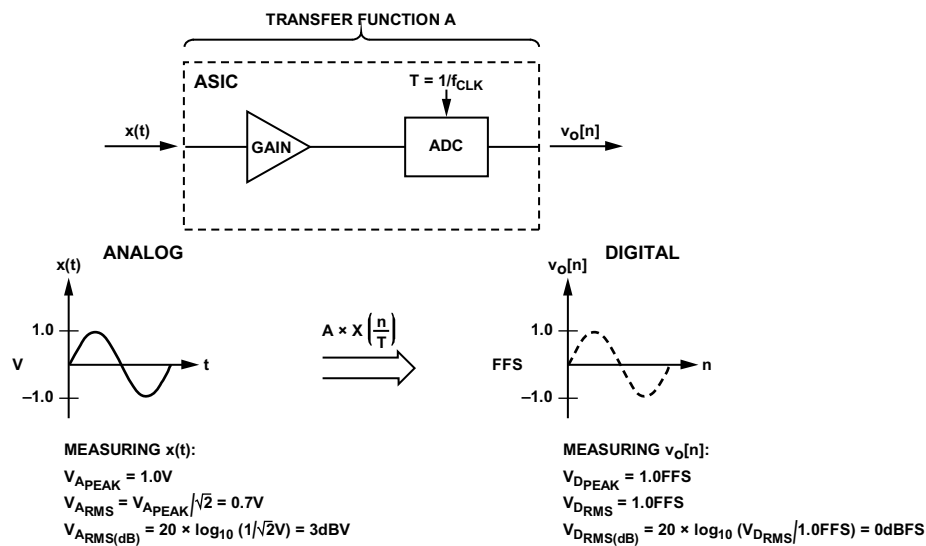


图1.  $A = 1.0$ 时数字域和模拟域的转换

100-REC-001

ASIC有两种表示传递函数A的方法：峰值表示法和均方根值表示法。如前文所述，采取不同的表示法是因为商用数字音频分析仪对于峰值/均方根值在模拟域和数字域定义的不一致性，造成传递函数A存在3 dB的差异。

我们先从模拟域和数字域通用变换公式入手，假定抽取器(跟踪前置放大器输出)通带增益为0 dB。

$$v_o[n] = A \times X\left(\frac{n}{T}\right) \quad (1)$$

其中A是目标频带(音频频带)的常数并可估计如下：

表示为均方根值，

$$A_{RMS} = \frac{RMS\{v_o[n]\}}{RMS\{x(t)\}}, (FFS_{RMS}/V_{RMS}) \quad (2)$$

$$A_{RMS(dB)} = 20 \times \log_{10}(A_{RMS}), (dBFS_{RMS}/dBV_{RMS})$$

表示为峰值，

$$A_{PEAK} = \frac{PEAK\{v_o[n]\}}{PEAK\{x(t)\}}, (FFS_{PEAK}/V_{PEAK}) \quad (3)$$

$$A_{PEAK(dB)} = 20 \times \log_{10}(A_{PEAK}), (dBFS_{PEAK}/dBV_{PEAK})$$

例如，假定14.1 mV<sub>PEAK</sub>的正弦波被输入到ASIC且输出测量值为-22.1 dBFS<sub>RMS</sub>(和-22.1 dBFS<sub>PEAK</sub>相同)，则ASIC的传递函数计算如下：

表示为均方根值，

$$A_{RMS} = \frac{10^{\left(\frac{-22.1}{20}\right)}}{14.1 \times 10^{-3}} = \frac{0.0785}{9.97 \times 10^{-3}} = 7.876 FFS_{RMS}/V_{RMS} \quad (4)$$

$$A_{RMS(dB)} = 20 \times \log_{10}(7.876) = 17.9 \text{ dBFS}_{RMS}/\text{dBV}_{RMS}$$

表示为峰值，

$$A_{PEAK} = \frac{10^{\left(\frac{-22.1}{20}\right)}}{14.1 \times 10^{-3}} = \frac{0.0785}{14.1 \times 10^{-3}} = 5.569 FFS_{PEAK}/V_{PEAK} \quad (5)$$

$$A_{PEAK(dB)} = 20 \times \log_{10}(5.569) = 14.9 \text{ dBFS}_{PEAK}/\text{dBV}_{PEAK}$$

注意，峰值增益A<sub>PEAK</sub>比均方根值增益A<sub>RMS</sub>低3 dB。这也是因为数字正弦波输出信号具有相等的均方根值和峰值。

很多时候，有必要计算产生满量程输出的ASIC最大输入幅度(单位：伏)。假使x(t)的幅度表示为V<sub>APEAK</sub>而v<sub>o</sub>[n]的幅度表示为V<sub>DPEAK</sub>。

要获得对应于1.0 FFS v<sub>o</sub>[n]幅度的最大满量程输出(无限幅)，模拟域输入计算如下：

$$V_{A_{PEAK}} = \frac{V_{D_{PEAK}}}{A_{PEAK}} \quad (6)$$

$$V_{A_{PEAK}} = \frac{1.0 \text{ FFS}}{5.569 \text{ FFS}/V_{PEAK}} = 179.6 \text{ mV}_{PEAK}$$

## 麦克风前置放大器ASIC的噪声测量

另一项经常测量的参数是ASIC(嵌入麦克风模块内)的噪声电平。麦克风前置放大器ASIC的噪声是在数字域内测量的，通过抽取ASIC输出并将其连续输入到音频分析仪内，同时将放大器输入稳定在0V来实现。但是，在将ASIC的传递函数考虑在内时，噪声不仅来自相关输出，而且还包括折合到输入端的噪声。假定抽取器的通带增益为0 dB。如果在ASIC输出端的A加权噪声测量值为-87.5 dBFS<sub>RMS</sub>，则折合到输入端的噪声可计算如下(利用前面计算的相同传递函数)：

$$V_{A_{RMS}} = \frac{V_{D_{RMS}}}{A_{RMS}}$$

$$V_{A_{RMS(dB)}} = V_{D_{RMS(dB)}} - A_{RMS(dB)}$$

$$V_{A_{RMS(dB)}} = -87.5 \text{ dBFS} - 17.9 \text{ dBFS}/\text{dBV}_{RMS} = -105.4 \text{ dBV}_{RMS} \quad (7)$$

$$V_{A_{RMS}} = 10^{\left(\frac{-105.4}{20}\right)} = 5.37 \mu\text{V}_{RMS}$$

因此，在放大器输入端产生的噪声为5.37 μV<sub>RMS</sub>。

## 小结

测量设备表示满量程的方式不尽相同，从而影响了模拟和数字电路测试过程中的值记录。有时，均方根值的数字和模拟定义约相差3dB。

必须在计算模拟和数字域信号电平时了解不同测量设备的不同定义和单位，同时确认这些定义是否和ASIC规格的数据手册数值相一致。

掌握这些数值的信息，有利于简化传递函数和噪声等参数的计算。