

## 高级专业音频设计解析：逐块方法解析

作者：Dafydd Roche，德州仪器 (TI) 专业音频市场营销经理

今天的高端专业音频市场，已经从只专属于少数唱片和广播公司的领地演变成为每一个音乐人都可以录制属于他（她）们自己的音乐，从而使得技术的推进刺激了发烧级设备的发展。

虽然各类实际产品的需求不一样，例如：乐器、“针对专业消费者的产品 (Prosumer)”（介于专业音频和消费音频之间）和专业音频（唱片录制、广播和大型实况转播），但是驱动这些产品功能的技术却都是基于同一类型的电路。

图 1 显示的是专业音频信号链的各个部分。本文将带您对该主要模块进行一次全面了解，提供一些期望的参数，并找出在设计一个专业音频产品时设计人员应该考虑的益处。

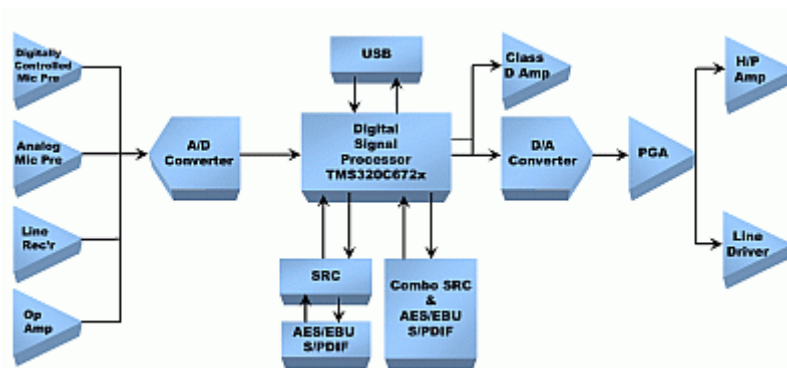


图 1 典型专业音频系统的结构图

(点击图片放大观看)

### 模拟输入

通常，在一个音频系统中（如：麦克风、乐器和线路电平），会有三种不同类型的模拟输入。大部分外部麦克风都有一个平衡差动输出。这些麦克风信号一般在毫伏的范围内，且需要一些增益来将其提至线路电平，以此来进行数字处理或存储。

产品的线路输入可以为单端和差动输入，并且均在 0.7 到 3.4-V 范围内。另外，在某些广播环境中，模拟输入/输出摆幅可高达 43.72 Vpp。

对于一些麦克风前置放大器来说，无论它们是单级 IC 放大器、分立式晶体管放大器、还是可编程增益放大器 (PGA)，都有一些重要的参数是您应该注意的。

这些重要参数之一便是等效输入噪声 (EIN)。这是放大器电路内部预增益噪声的度量标准。通常，在不同增益电平时给出该等效输入噪声，用  $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$  或  $\text{dBu}$  来表示，但总是具有确定的增益值。例如，图 2 显示了 [PGA2500](#) 数控模拟麦克风前置放大器的等效输入噪声曲线。

由于等效输入噪声为预增益，因此麦克风前置放大器运用的任何增益将会在放大输入信号的同时也会把等效输入噪声放大。所以，为了确保设计人员获取信号时只听到演唱者的声音而非放大器的噪声，在麦克风前置放大器中就非常需要低等效输入噪声。

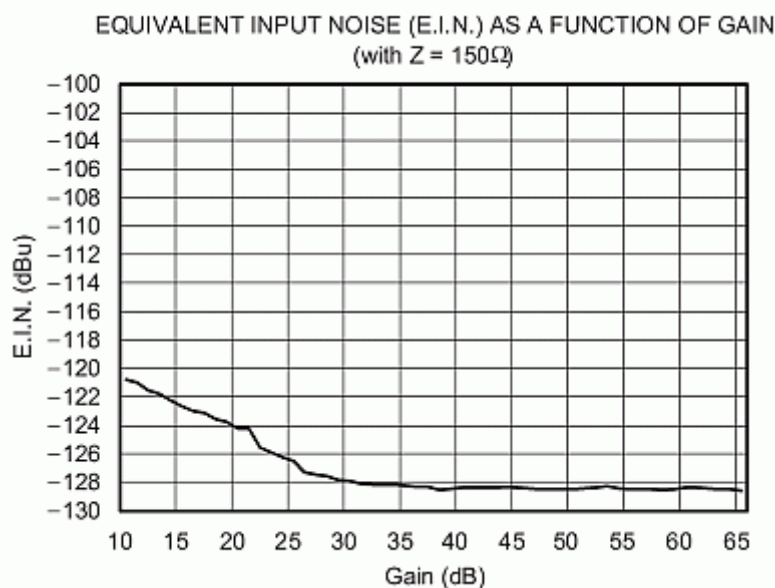


图 2 放大器电路 (在本实例中为 **PGA2500** 麦克风前置放大器) 的等效输入噪声曲线为放大器内部预增益噪声的度量标准

(点击图片放大观看)

需要注意的第二个参数是总谐波失真和噪声 (THD+N)。这是一种当以几乎满量程 (例如: 1 kHz) 向器件输入一个单一频率时，由该器件在某增益条件下引起的谐波量度标准。该量度标准通常以百分比形式给出 (见图 3)。

在输入谐波出现时，总谐波失真的高电平听起来有失真、有金属感和细弱无力。因此，在高性能专业音频系统中，重点是让 THD+N 尽可能地低，以此来保证声音听起来尽可能地清晰。

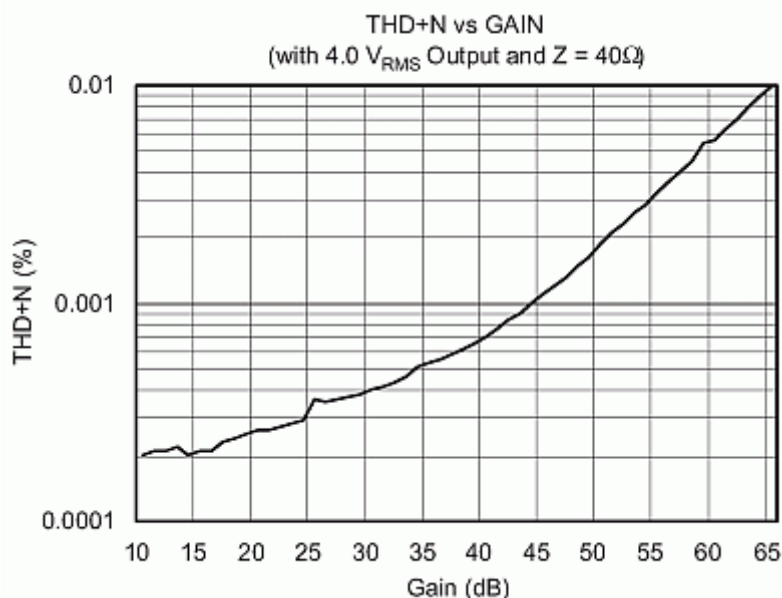


图 3 总谐波失真和噪声是一种在某增益条件下由器件（本案例中为 PGA25000 ( $V_{cc} = +5\text{ V}$ )）引起的谐波度量标准，用于单一输入频率测量。

### 单端及差动信号链

大多数麦克风前置放大器电路在运用增益的同时将差动输入转换为单端输出（见图 4）。如果信号在到达模数转换器 (ADC) 以前需要通过许多电路，那么单端输出就十分有用。

这种电路的典型实例可以用于均衡和动态范围压缩。然后，该信号被转换回差动信号，以此来使其尽可能明确无误地进入模数转换器。

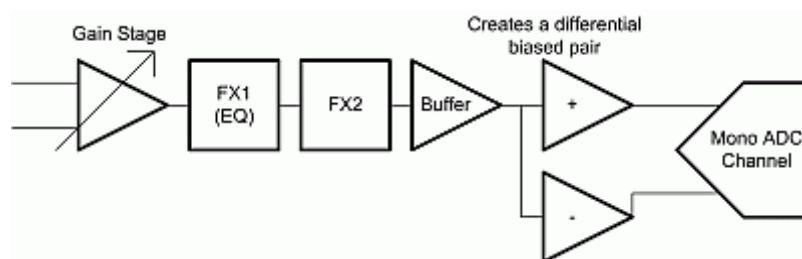


图 4 混频器中的典型模拟信号链在运用增益的同时将一个差动输入转换为一个单端输出

(点击图片放大观看)

通过任何额外电路始终保持一个差动信号路径（例如：均衡器）不是一个怯弱者可以完成的工作。这种电路要求为每一步匹配组件。

大多数设计人员都是首先处理单端模式中的信号，然后再创建一个该信号的差动信号，以此来驱动模数转换器。对于直接连接至一个模数转换器的麦克风放大器来说，一个数控麦克风前置放大器（例如：PGA2500）可以为设计人员提供一种低噪声、数控差动输入/输出解决方案，顾名思义，也就是说可以为设计人员提供一个数控增益模数转换器驱动器。

## 数字输入

目前，市场上有多种数字接口可供选择。最简单的要数 S/PDIF 接口，该接口通常为一个 192 kHz 立体声接口，具有光纤连接或同轴线缆连接选项。

第二个是 [ADAT 协议](#)。ADAT 协议最先是由 [Alesis](#) 公司开发的，设计旨在支持通过光纤连接的 24 位八通道 48-kHz 音频。此后，就通过将两通道多路复用为单通道来支持 90 kHz。

现在，可以使用其它一些数字接口，包括 USB 接口、FireWire 接口和以太网接口。这些接口中的大多数不仅仅是“插入式 (drop-in)，即插即用”，因为诸如时钟和器件接口的问题均依赖于软件实施和器件本身。

虽然信号调节的问题没有信号输入那么明显，但是有关同步和采样速率的问题总是让人担心。在所有多种产品（唱片录制、广播和直播）的数字音频环境中，整个系统的采样时间 (sample instant) 保持一至是至关重要的。如若不然，产品将会出现相位差，从而导致自然“滤波效应”，甚至会导致缓冲器过载/欠载运行，从而引起音频短时脉冲波形干扰。

传统上，设计人员过去在演播室中使用字时钟分配来实现多个产品同步。这种做法至今仍然是许多应用的标准做法。但是，它不能对在不同采样速率下运行的器件进行补偿。

例如，一个数字硬盘记录器可能会运行在 96 kHz 的采样速率下。但是，其采用的音频采样器可能是五年多以前的了，而且是运行在 44.1kHz 的采样速率下。此时，要将采样器的数字输出直接记录到该硬盘记录器上将是一个挑战。将采样器的直接频率 44.1-kHz S/PDIF 用于 PC/Mac 硬盘记录器的 96-kHz S/PDIF 输入，会导致 S/PDIF 输入解锁 (unlock)，或引起噪声。

采样率转换器 (SRC) 将迅速地成为数字音频产业至关重要的一部分。随着传统设备中新采样率的使用，采样率转换带来了两种得天独厚的优势——采样率隔离和相位隔离。

采样率转换器允许集成不同的采样速率，同时其还可以被用于链接两种相同采样速率的不同相域。将一个没有同步时钟输入的 44.1-kHz 采样器引入一个 44.1-kHz 硬盘记录系统便是一个很好的例子。通过给记录系统输入添加一个采样率转换器，最终用户无需任何相位和采样器采样速率知识，只需插入连接器，它便开始工作了。

在过去，人们担心采样率转换器会无缘无故地将声音降级。然而，TI 推出的 SRC4392 器件实际上具有一个 144-dB 动态范围核心，可转换为相当于 24 位理论最小值的噪声底限。在现实生活中，使用这种器件来转换一个输入信号，对于无论什么样的输入“声音”都不会产生影响。

### 音频转换器

通常，您可以使用一个单个参数（动态范围）来分离转换器。一个模数转换器或数模转换器的动态范围是告诉您关于转换质量的一个参数，从本质上来讲，也就是转换器能够解密的最大和最小信号噪声之间的比率。

在观察模数转换器时，转换噪声通常遮盖一些 24 位字最低位。位数的多少与转换器的质量密切相关。

一些人可能会说 CD 音质已经足够好了。但许多人还没有考虑到的是，在将音频记录到 16 位 CD 媒介以前，音频要经过很多路径，其中包括增益、过滤、混频以及许多压缩。

在数字音频处理软件中看过音频的人们会立即将一首现代流行歌曲看作是一条实点且平滑宽度的黑色线条。但是，如果他们观察从麦克风或吉它输出的音频，那么他们将会感到无比吃惊，因为它看起来更像是一条平滑宽度的黑色线条。

当音乐人演唱时，总会有低音部分和高音部分。在对声音进行编辑处理之前尽可能精确地捕获这些信息至关重要。简单的说，“不要作无用功”。

谨记这一点，那么唱片录制、实况直播和广播市场总是希望其转换器至少要比家庭音频系统好一点点的想法就可以理解了。动态范围压缩（使低音位更高）通常是处理的最后一步。在此之前，工程师们仍然想要听到那些低音位。图 5 显示了不同类型设备的性能。

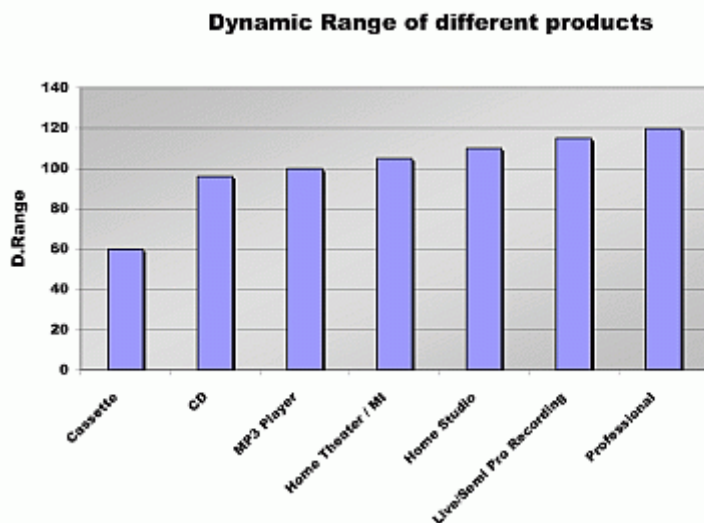


图 5 不同类型终端设备之间的动态范围性能变化

(点击图片放大观看)

数字乐器中的转换器通常为 100 至 105-dB 动态范围。家庭音视频系统也具有类似的性能。对于家庭录音棚来说，该性能升至 110 至 115 dB 的动态范围。在广播市场和商业录音棚，产品的动态范围会升高至 120-dB 的范围甚至更高。

然而，“专业=性能”的古老谚语正迅速地发生改变。针对专业消费者的产品更注重功能性（卧室演播厅、小型直播间、“you-tuber”以及多通道系统），在任何地方都可以看到，高性能数字音频转换器的应用地点在不停地改变。

最近几年，设计人员开始从其数据转换器中寻求更多原始性能。对于音频设计人员来说，功率和集成是目前音频转换器的关键问题。但是，由于终端产品通道数量开始升至 8 和 16 通道甚至更多，因此更多通道适应于小空间的能力为其带来了附加值，但与此同时，散热和尺寸的问题开始突显出来了。

在更低端的专业音频市场，TI 发现了一些颇具应用前景的 (value-driven) 转换器，最初瞄准的是家庭音视频市场，并且找到了进入许多乐器设计市场的途径。对于要求更高性能、更低功耗和更高集成度的应用来说，可用器件的例子包括 PCM179x 系列数模转换器以及 PCM4xxx 转换器，其均含有 118 dB 四通道器件。业界最高性能的模数转换器—[PCM4222](#)，仅仅消耗 305 毫瓦的功耗，却可以带来 124 dB 的性能。

## 音量控制

一旦信号处理完成，并且被转换回模拟信号，就总是会出现这样的问题：“我应该在模拟域中改变音量，还是只需在数控中改变音量？”这是关于噪声底限的问题。

当运用数字方法将音量调低时，数模转换器的噪声水平与模拟输出之间的差异就会变小，这是因为数模转换器的噪声水平是相同的，但是用于代表音频的位数更少了。因此，一个 24 位数模转换器的表现就像一个 16 位的数模转换器，甚至更差。

通过在模拟域中改变输出音量（衰减），数模转换器的噪声底限便随同音频本身被一起调低。因此，需要在衰减输出时维持目前的信噪声比。

对于那些消费类电子市场（如 CD、MP3 等等）中的用户而言，在衰减（更确切地说，也就是增加不足一的采样）信号的同时，仅仅使用一个比声源（例如：96 dB 的 CD）更高性能的数模转换器（例如：105 dB）便可以保留其动态范围

对于那些需要对音频进行完全控制，而不喜欢音频被衰减时声音中出现差异的用户，数控音量（通常使用一个可编程增益放大器）可以满足上述要求，其将在模拟域中改变增益/衰减，并兼有数控的好处。

### 相关链接：

[Accelerate audio algorithms with enhanced DMA](#)

[Design of High-Performance Balanced Audio Interfaces](#)

[Design of High-Performance Balanced Audio Interfaces - Part 2](#)

[Design of High-Performance Balanced Audio Interfaces - Part 3](#)

[TI launches 216-kHz stereo A/D converters with 124-dB dynamic range](#)