

电子系统设计

Electronic Design – China

技术报道

高效率的DDX数字音频功放技术

Ty Kingsmore

类比和电源事业部产品应用经理

Lu Yang

高级系统工程师

IDT公司

当今的世界已经成为移动多媒体设备的海洋，从个人计算机到手机、从平板电脑到MP3播放器，几乎每个人每天都要随身携带至少一个这样的设备。面对如此庞大的市场，系统厂商必须提供令人满意的用户体验才能够在竞争激烈的市场中脱颖而出。

对于便携装置而言，电池寿命和视音频能力越来越成为影响用户体验的重要因素。在进行多媒体产品设计时，设计者需要对性能、质量、电池寿命和成本进行综合考虑来选择元器件。在进行音频元件的选取时，设计者应该选择效率更高的D类功率放大器作为扬声器解决方案，并且这一选择已经深入人心。这主要由于D类功放相对于传统模拟功放有着巨大的优势，尤其是在电池供电的装置中，其优势更加明显。然而，D类功放是否还有改进和提升的余地呢？

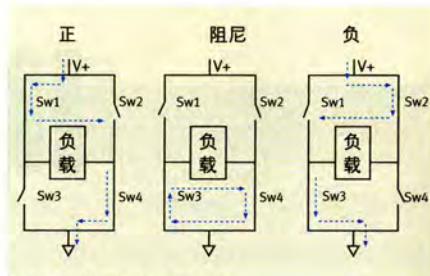


图3：DDX放大器驱动状态。

直接数字放大(DDX)技术是一种全数字高效率的专利放大器技术，该技术满足了当今对于高性能电池供电多媒体应用在音频功放领域的

需求。DDX技术与传统D类数字功放技术都实现了音频输出到扬声器之间的数字处理，而其改进之处在于，DDX技术提供了独特的三态调制(阻尼三态)，使得DDX技术能够提供比传统D类数字功放更高的效率、更好的EMI/RFI特性和更佳音质表现。

功放技术比较

当今的便携设备，主要采用两类放大器技术：A/B类和D类。谈到两者的区别，可以简单地将它们比作电压调节器：A/B类功放类似于线性稳压调节器，而D类功放则与开关调节器相类似。下面来分析两者的特点：

Class-A/B 放大器 A/B类放大器是现有音频放大器中最常见的，由于应用广泛且深入人心，它常被作为其他种类放大器的参考标准。A/B类放大器也被称作推挽式放大器，源于其在功率输出级采用两个放大器(通常使用三级管结构)。其中一个放大器用来产生输出波形的高电压部分(推负载)，而另一个放大器则用来驱动输出波形的低电压部分(拉负载)，从而构成推挽机构。然而为了避免过度的放大失真，两个放大器会有一段同时工

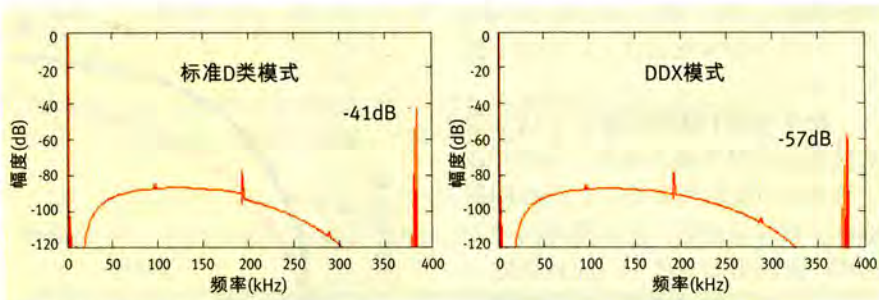


图5: 实测EMI/RFI比较。

作的重合区(见图1)。该区域通过偏置电流来设定，这也是导致A/B类放大器效率不高的内在因素。典型的A/B类放大器的效率在sine波输出时一般在65%到75%之间，而在半波输出时仅为20~30%。

D类放大器 不同于依赖放大器件在线性区工作的A/B类放大器，D类放大器在放大源信号时会采用一种完全不同的方法，即通过快速地将输出级完全打开或关断来获得输出脉冲。就像前面提到过的，D类放大器的工作原理类似于开关电源的工作原理。该开关频率远高于人耳的听觉频率范围，因此在输出时不会被人耳感知。而从长时间看来，输出的脉冲会与输入信号的波形等价。图2示意了D类放大器的典型输出样式。

D类放大器的优势在于其输出级极大地提升了效率，使得散热和供电要求大大降低，并且占用面积也大为减少。典型的D类放大器的效率在满幅输出时能够达到85%到90%。然而，由于D类放大器本质上是一种开关元件，它的副作用是会带来开关频率和更高频率的载波段能量。在运用D类放大

器进行设计时，电磁干扰问题是需要注意的一个关键因素。

DDX放大器与D类放大器相似，DDX放大器技术也采用开关输出。然而，DDX技术采用一种独特的阻尼三态调制技术来解决D类放大器在载波段的效率缺点，同时还通过减少载波段能量减少了电磁干扰。

为了便于理解DDX技术，来看一下图3中所示意的DDX放大器的三种工作状态和图4所示的DDX放大器的输出波形图。

从图2可以看到，传统的D类放大器的两态输出在输出小信号时需要采用双向抵消的方式，这样，即使是在源信号为小信号(这在音频应用中很常见)时，两态的D类放大器仍然要一直对滤波器和负载持续地输出能量。

相比较，DDX技术所采用的阻尼三态技术(如图4)仅输出必要的能量，当没有源信号时，负载将被连接到地端，形成对扬声器的阻尼输出，因此被命名为阻尼三态技术。

DDX技术的优势

相对于标准的D类功放，DDX放大器

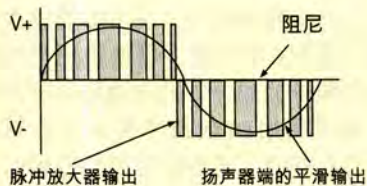


图4: DDX放大器输出。

IDT已经计划针对PC市场和消费类市场推出了多种具备DDX技术的集成电路产品，并且DDX控制器可以很容易地为通信市场的话音处理应用特别优化。新的数字功能(比如数字均衡等)可以很容易地集成进设计，从而使用户的可配置设计成为可能。另外，DDX模块可以和其他数字音频功能相结合达到优化芯片面积的目的。

目前IDT公司已经出品了两款具备专利DDX技术的产品：

IDT 92HD9x单芯片音频系统是一款低功耗高保真四通道音频编解码器，其内部集成有DDX扬声器放大器、免电容耳机放大器以及片上LDO。片上同时具备的双高清音频(HD audio)和I2S接口使得单个编解码器就能够支持音频扩展坞的应用。片上集成的插头检测功能使得系统设计者方便地设计双功能的耳机和听筒。内部集成的高通和带通滤波器可以实现硬件均衡和扬声器保护功能。92HD9x芯片的高集成度使得音频系统设计获得最低BOM数目和成

本的同时，实现了最小的PCB占用面积。该芯片为笔记本和商务台式机应用提供了高质量的高清音频能力。

IDT P95020是新一代标准化专用电源控制器，该芯片包括内置的MCU，搭载耳机输出和2.5W DDX音频放大器的高效率音频编解码器，具有完善的电源管理功能、触摸屏控制器和实时时钟功能。该芯片几乎提供了手机、手持游戏机、数码播放机、手持导航仪等便携消费装置所需的所有外围功能。

所采用的阻尼三态技术有着多种优点，从图2和图4的比较上，第一个优势显而易见。

减少电磁干扰和辐射 由于DDX技术仅在需要时才输出能量，因此相较于传统的D类放大器设计，可以明显地减少载波段能量。在采用相同硬件和相同滤波器的条件下，DDX的阻尼三态技术使得载波能量比传统D类放大器采用的两态开关方式低16dB。这一能量降低使得系统应用设计时，可以简化输出滤波器设计，从而使系统成本降低的同时减少PCB面积。

为了更好地理解其原理，图6示意了传统D类放大器的PWM信号经过滤波器后的输出和DDX方案的输出。传统的D类功放的输出在整个输出波形上都具有持续的纹波幅度，而DDX方案的输出减少了纹波的幅度，特别是在波形幅度低的时候。

信噪比(SNR) 由于采用完全的数字设计，DDX技术提供了非常优秀的信噪比性能，在标准的模拟信号放大器设计中，其输出总会输入的任何信号进行放大，由于输入信号不能完全置0，其输出总存在一个放大的小信号。而采用DDX技术的音频编解码器(CODEC)，其数字输入端为0时，其输出端会进入阻尼状态，将负载接地，这样的结果可以获得几乎是无限的SNR。DDX技术的内在机理保证了从阻尼状态到小信号输出的平滑过渡，因此还可以避免模拟设计中常遇到的爆音和咔嗒声问题。

电源抑制 因为在小信号放大时供电系统的变化将导致音频失真，因此传统的放大器设计需要其供电电源有高的电源抑制比。而DDX调制技术工作在开环模式，其内在的工作机理

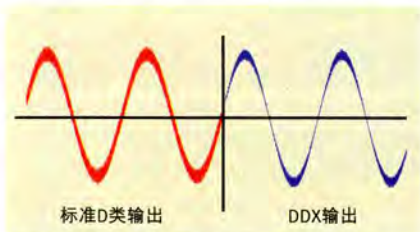


图6: 比较滤波后的PWM输出。

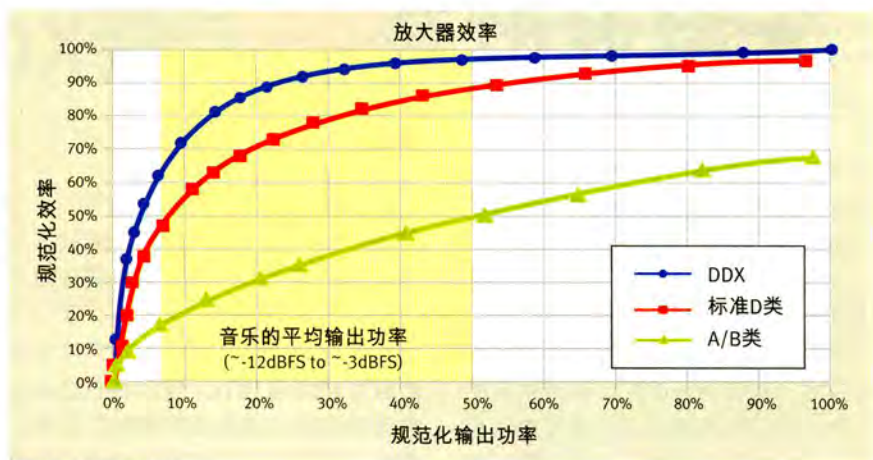


图7: 放大器效率比较。

保证了其小信号时的电源变化不会产生音频失真。这得益于，在大多数时间输出负载不与输入电源相连，而是会被置于地端(也就是工作在阻尼三态状态)。

更高的效率 对当今电池供电的多媒体装置而言，DDX技术最大的吸引力也许正是其更高的效率，特别是在其音频播放时，能够有效提升装置的电池续航力。从图4和图6已经可以看到DDX技术对于载波段能量发射的减少，而它们也显示出DDX技术如何提升电池供电装置的效率。图7用归一化的曲线来比较传统A/B类放大器、标准的D类放大器和采用DDX技术的放大器在不同输出功率上的效率。该图表以所有比较放大器工作在THD+N低于1%为前提。

在与标准的D类放大器同样处于满功率输出时，设计者会发现DDX技术的效率优势并不明显。一般来说，就最大效率指标而言，DDX放大器与传统D类放大器非常接近。然而，在真实应用中这一最大效率指标往往造成误解，这是由于该指标的测定标准是让设备以最大功率播放一个0dBFS的sine波，而没有用户在实际使用中会愿意去听一个满幅的sine波。

用户会使用设备听各种音乐，而绝大多数音乐的平均功率为-12dBFS到-3dBFS之间，具体取决于艺术家、演播室或者是调音师的偏好。一般而言，现代的rock、R&B、pop、hip-hop

音乐可以达到或超过-5dBFS功率水平，而大多数其他流派音乐的平均功率大约为-10dBFS水平。这些因素转化为放大器效率时便会产生戏剧性的结果。DDX放大器在音乐播放时，可以比传统的D类功放获得15%到20%的效率提升，而在与A/B类放大器比较时更可以提升到300%的优势。

设想一台7寸平板电脑整个系统的功率预算为2瓦，而该平板由一块理想的3800mAh的3.7V锂电池供电，该设备的音频系统最大可以给满功率工作时的立体声扬声器各提供1W的功率，并且假设用户播放音乐平均所占的电池寿命占整个电池寿命的20%。在上述参数条件下，采用D类放大器将比采用A/B类放大器使得用户可以获得额外的53分钟的电池使用时间，而如果采用DDX技术的放大器则可以在此基础上再额外提高10分钟的电池续航时间!

结论

DDX技术是一项已申请专利的、高效的音频放大器架构，它的开发和应用满足了当前和未来电池供电的手持多媒体装置的需求。DDX的独特功能使得它易于系统集成，使整个系统获得更低的功耗、更小的体积、更低的EMI元件需求，同时获得了更高的音质保真度。■

ID号于www.ed-china.com输入本文ID号可阅读全文及相关文章: 20110532