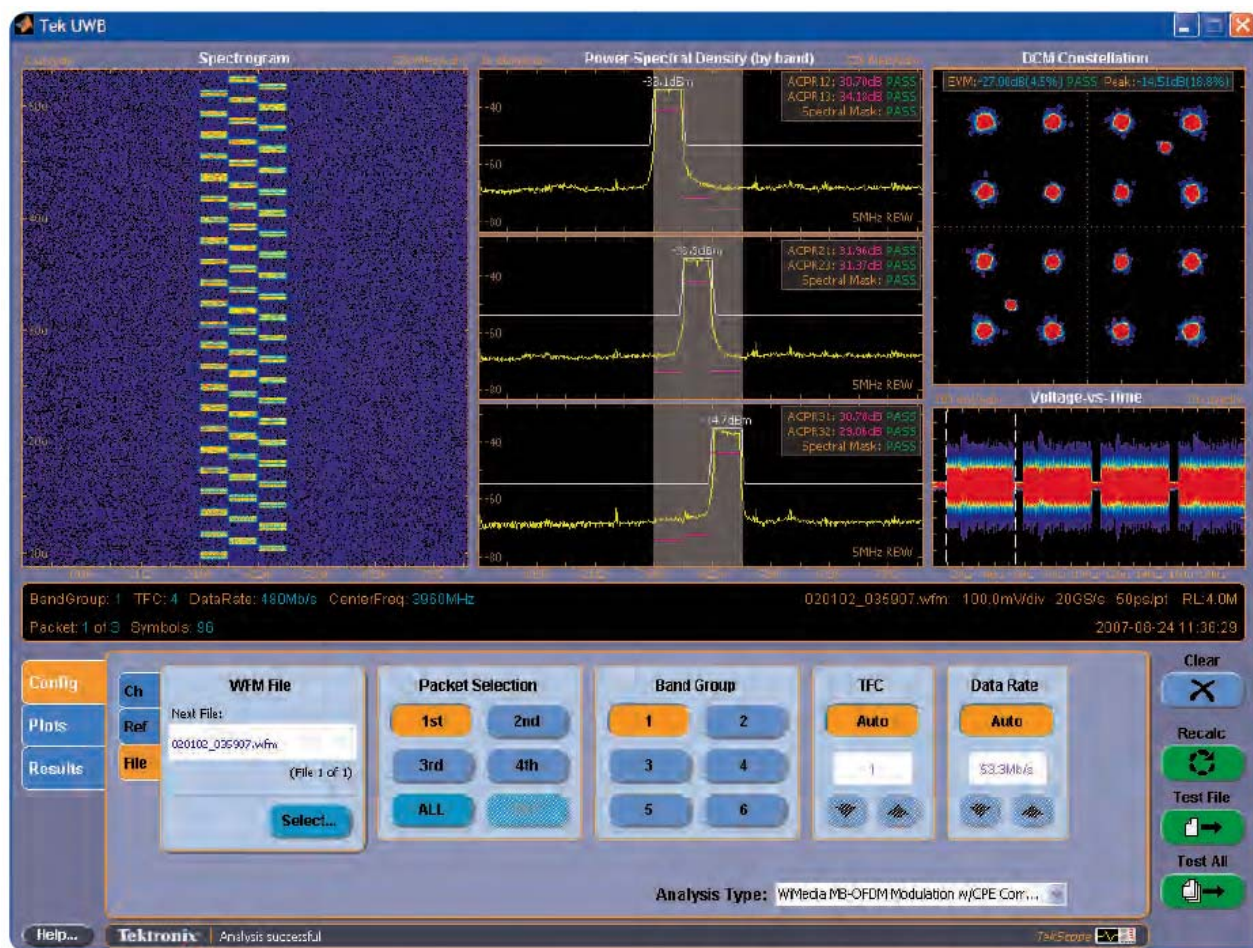


超宽带技术和测试解决方案



摘要

超宽带(UWB)无线电是一种迅速发展的技术, 可望变革低能耗短程无线应用。UWB 已经迅速成为无线 USB 和短程探地雷达等应用的领导技术。UWB 无线电不同于传统窄带无线电, 拥有大量的专用测试需求。巨大的信号带宽、窄脉冲和接近热噪底的瞬态功率频谱密度(PSD), 使得 UWB 测试起来非常困难。幸运的是, 泰克任意波形发生器(AWG)、RFXpress 波形创建软件及装有 UWB 测量软件的数字荧光示波器(DPO)等领先仪器为迎接 UWB 测试挑战提供了有效的解决方案。在本技术简介中, 我们将解释 UWB 技术背后的概念、其独特的硬件和软件结构及工程师遇到的部分相关测试问题。

超宽带技术和测试解决方案

► 技术简介

引言

由于其突出的特性，UWB 无线技术正迅速被人们所接受。为了解 UWB，我们先考察一下 UWB 的起源及发展历史。

发展历史

早期无线电，如马可尼的火花隙设计(1896 年)，标志着脉冲无线电(IR)通信的开端。受赫兹 (1888年)试验仪器启发，第一个无线电报信号使用短脉冲传送信息，该试验仪器验证了麦克斯韦的理论电磁波(1865 年)。这些脉冲信号就是现代 UWB 通信的前身。

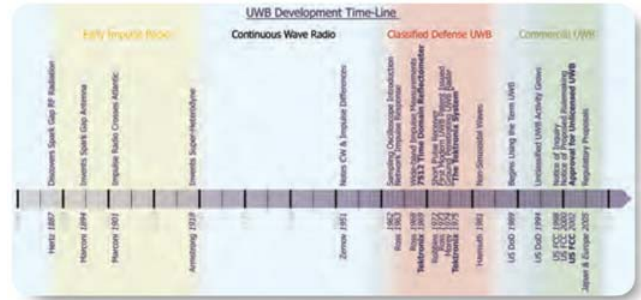
火花隙设计可以采用基本元件简便构建。但是，早期脉冲无线电受到来自于大气和其它发射机的干扰。

1918 年，Edwin Armstrong 的超外差无线电设计有效地抑制了窄带幅度调制(AM)信号干扰。连续波窄带无线电还在长距离传输方面独具魅力，很快代替了早期的脉冲无线电。

脉冲无线电开发停滞了几十年，直到现代测试设备技术最终重新引起人们的关注。1962年，采样示波器的发明，使得 Gerald Ross 能够使用瞬态脉冲检定宽带雷达元件(1963)。亚纳秒级脉冲生成能力，使得以前很难实现的检定相控阵耦合器网络内部微波元件不匹配成为可能。

到 20 世纪 70 年代，超宽带脉冲检定技术被应用到短脉冲雷达和通信链路中，使人们再度关注 IR，只是此时 IR 拥有了超宽的带宽。

政府使用的精密短程雷达和低侦测概率 / 低截获概率

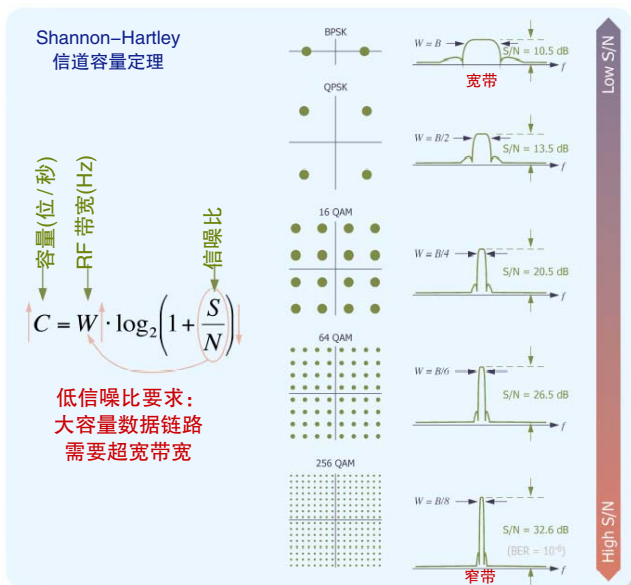


► 图 1. UWB 开发时间表说明了脉冲无线电悠久的历史，该技术最终发展成为当前的 UWB 技术。

(LPD/LPI)通信系统，在 20 世纪六七十年代秘密地进行了大量开发工作。

另外一方面，在传统测量设备的帮助下，如泰克 7S12 时域反射计(TDR)和‘泰克系统’(可以互连起来、创建 UWB 数据链路或 UWB 雷达的一组仪器)，UWB 技术进步一直继续。

最近，现代计算机技术给实现高数据速率外设互连的高速短程个人区域网(PAN)创造了强劲的需求。2002 年，由于认识到 UWB 是扩大短程通信和精密定位应用的理想技术，美国联邦通信委员会(US FCC)把第一个商用频谱授予给了无需牌照的低能耗 UWB 传输。各家制造商开始争相生产杰出性能的 UWB 新产品，实现一系列短程低功耗应用。现在，随着无线 UWB 产品进入消费市场，各种获奖的设计和应用开始变革我们的世界。



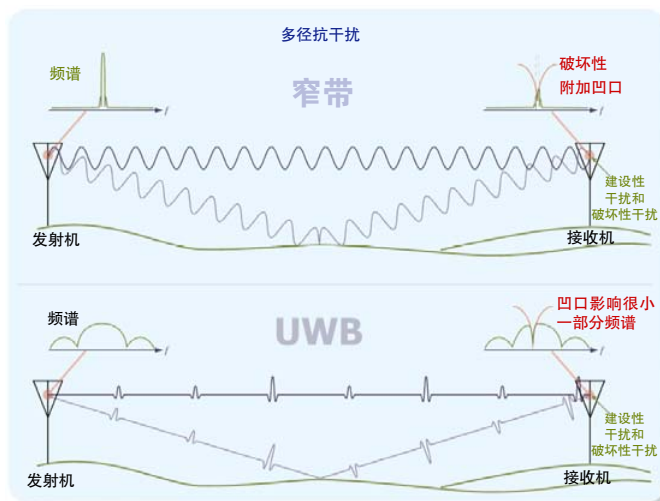
► 图2. Shannon-Hartley 定理说明了信道容量(C)、RF 带宽(W)和最小信噪比(S/N)之间的理想关系。UWB 极具吸引力,因为它可以以很低的信噪比支持很高的信道容量或数据速率。比较一下所示位速率容量完全相同的调制的RF带宽和S/N要求,很容易可以看出带宽与信噪比的互换关系。

为什么采用 UWB?

UWB 有哪些独有的特点? 为什么 UWB 被视为许多短程无线应用的基础技术呢?

超宽带信号为支持当前许多高数据速率应用提供了所需的数据容量,如无线视频。简而言之,Shannon-Hartley 定理指出,在无线链路中只能通过两种方式实现更高的数据速率:(1) 扩大 RF 信号的带宽(W);或(2) 使用更加复杂的多电平调制方式,在误码率相等的情况下,这要求更高的信噪比(S/N)。

使用超宽带实现高数据速率要比在星座图中增加符号容易得多。更重要的是,增加带宽可以以接近热噪底的低信噪比可靠地传输数据。低信噪比传输是一个关键因素,使得UWB能够避免给其它无线信号带来有害的干扰。



► 图3. 破坏性多径影响窄带信号的方式与UWB信号不同,其中被反射的信号在接收机天线上抵消了所需的信号。破坏性多径产生的频率凹口可能会完全抵消窄带信号。而对UWB信号,其只影响发送能量中很小的一部分,因此几乎没有干扰。类似的,窄带信号只会对冗余编码UWB信号产生非常小的干扰,这种干扰几乎可以忽略。

由于UWB信号可能会占用几千兆赫(GHz)的RF频谱,因此协调现有的无线业务不能依赖传统频率复用技术。在当前拥挤的无线世界中,是没有足够的频谱带宽把超宽频段分配给单一用途应用的。因此,必须采取另一种减轻干扰的方式,允许UWB与现有的无线频谱分配方案共存。

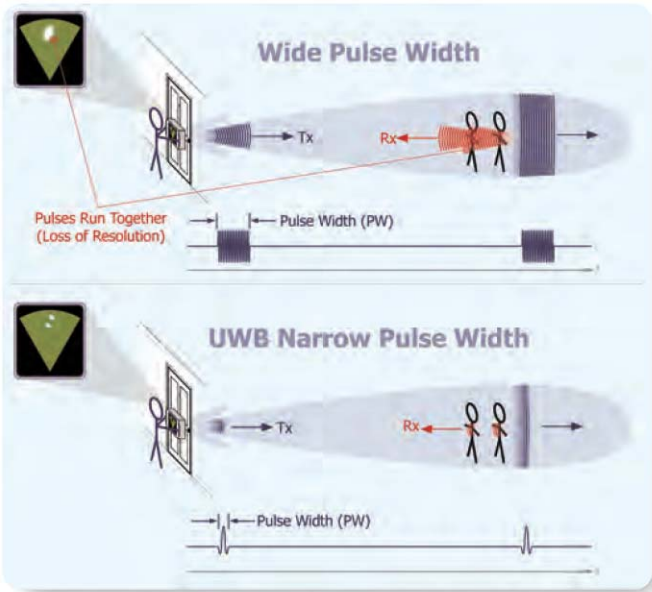
有两种基本干扰情况:(1) UWB 信号干扰现有的窄带通信;(2) 窄带信号干扰UWB传输。

为协调占用相同频率的现有频谱分配方案和UWB信号,UWB信号必须拥有低功率谱密度,其只要高于热噪底就可以了。如果UWB发射机功率限制在低电平,并扩展到几千兆赫的带宽中,这是有可能的。发射机功率限制可以防止给现有的窄带信号带来明显干扰,但这会使UWB仅限于近距离应用。

幸运的是,UWB信号中的内置冗余使其对强窄带信号拥有杰出的抗干扰能力,这正是我们要考虑的另一种情况。同样这些冗余也为UWB设备提供了优异的多径性能。

超宽带技术和测试解决方案

► 技术简介

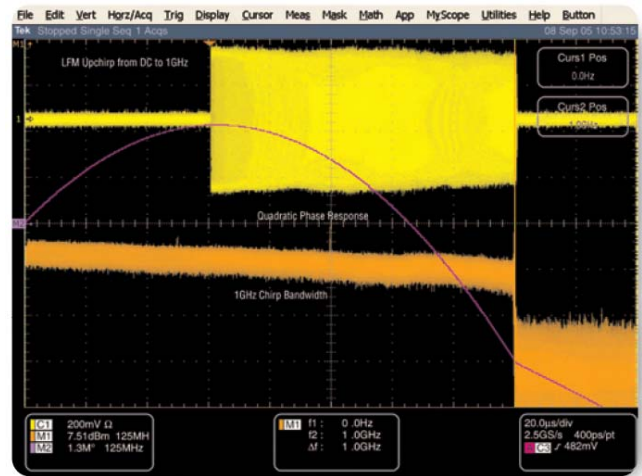


► 图 4. 较长的雷达脉宽可造成两个不同物体的反射重叠，会被理解为仅是一个物体的回波。UWB 脉宽短，通过返回完全隔开的回声，改善了雷达的分辨率。

在所需信号中破坏性地增加多径信号，会产生分散的频率凹口，完全抵消某些频率。这种现象可能会完全吞噬窄带信号，抵消所有接收功率，导致信号衰落；而 UWB 信号只会损耗一小部分功率，因为它们要比频率凹口宽得多。UWB 信号中采用的冗余编码使这种窄带能量损耗并不显著，为 UWB 信号提供了杰出的多径性能。

类似的，强窄带干扰源对 UWB 信号几乎没有影响，因为它只影响总信号能量中的一小部分。UWB 对多径和干扰的容忍性，使其特别适合极具挑战性的室内传输环境，这些环境充斥着反射的信号和 RF 干扰源。

因此，UWB 的高数据速率功能、抗多径及抗干扰能力，使其成为当前带宽计算机外设的基础无线技术。UWB 的低功率谱密度还特别适合 LPD 通信系统。此外，创建超宽带使用的扩频技术使得 UWB 信号很难侦听，为军事应用提供了杰出的 LPI 通信性能。



► 图 5. DPO7000 示波器使用 20 GHz 带宽捕获的 1 GHz 雷达啁啾。该示波器可以把时域信号(黄色)转换成频谱曲线(橙色)和相位谱曲线(紫色)。

UWB 雷达

许多 UWB 信号的短脉宽还提供了杰出的雷达分辨率优势。如图所示，使用长雷达脉冲时，相距很近的目标会产生重叠的雷达反射信号，使目标特点变得模糊；而非非常窄的脉冲则提供了明显不同的反射回波。

超短 UWB 脉冲本身适合相距很近的小型目标的短程低功率成像。探地雷达、室内专用操作雷达和近炸引信等应用都在短距离内检测小型目标，这些应用都可以从 UWB 技术中受益。

短 UWB 脉冲要求超大带宽，以便实现杰出的抗多径能力。在没有超短脉冲的某些情况下，UWB 脉冲压缩技术(脉冲调制)可以改善雷达分辨率。频率啁啾或双相移键控(BPSK)是调制雷达脉冲、改善分辨率的常用方法。当前使用的一些脉冲压缩调制要求超宽带宽，符合 UWB 信号的定义。

扩展 UWB 信号的编码技术还允许精密地定位收发机的无线电信号，其方式与传统扩频设计非常类似。短脉冲增强了短距离内的精度。

高数据速率信道容量、无需牌照的低 PSD 传输、杰出的多径性能、强健的抗干扰能力、高分辨率雷达功能和精密无线电定位潜力，这些重要特点使得 UWB 特别适合许多短程无线应用。但是，这些 UWB 优势也带来了某些技术挑战。

极具挑战性的测试问题

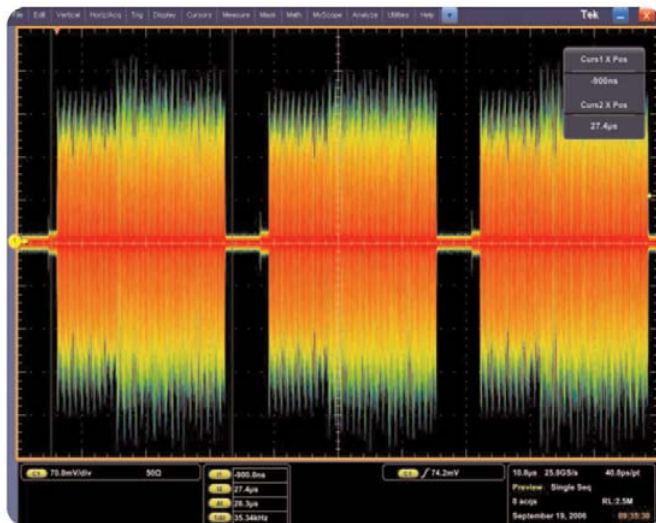
UWB 信号带来了许多挑战性的测试和测量问题，需要专用的测试仪器功能。

为 UWB 生成和分析超宽带测试信号，要求高性能任意波形发生器(如泰克 AWG7000 系列)和超宽带数字荧光示波器(如可以满足各种 UWB 信号带宽要求的 DPO70000 系列)。

UWB 信号的要求带来了宽带幅度和相位平坦度的挑战。测试信号发生器和测量仪器的频谱幅度和相位平坦度可能会使瞬态 UWB 脉冲失真。脉冲失真效应则会改变 UWB 信号的频谱特性。

对窄带信号,选择的测试设备的带宽一般明显高于要测量的所需信号带宽,以使平坦度问题达到最小。但是,对 UWB 信号,测试设备的带宽不可能宽很多。

在测试 UWB 信号时遇到的另一个问题是提供的测量带宽选项有限。即使简单的功率谱密度测量可能也会非常困难,因为法规要求 50 MHz 的分辨率带宽(RBW),而只有很少的频谱分析仪能够达到这一要求。



► 图6. 强大的UWB测试仪器,如AWG7000系列和DPO70000,可以生成和捕获复杂的超宽带信号。

除这些挑战外,如果没有合适的测试设备,扩展 UWB 信号的时间频率代码(TFC)及器件测量可能是一个重大挑战。

为了解哪些测试解决方案适合 UWB,我们简要回顾一下有哪些 UWB 技术及构成这些迷人信号的因素有哪些。

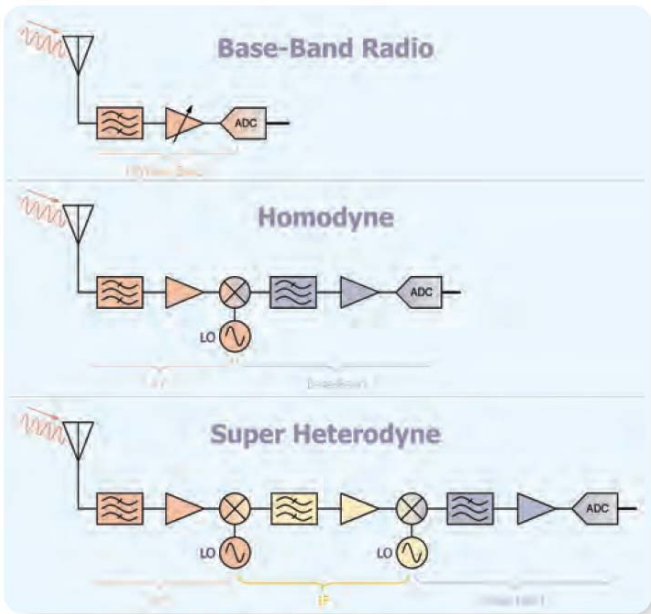
UWB 技术

UWB 技术涵盖了广泛的信号类型和设计拓扑。因此,UWB 信号类型之间差异很大,但似乎有一点是共同的,即带宽高。

UWB 信号与传统窄带信号相比有哪些差异呢?

超宽带技术和测试解决方案

► 技术简介



► 图7. 在发展历史上，先后流行过三种接收机结构：基带无线电(如早期火花隙接收机)简单，但抗干扰能力差；零中频接收机比较复杂，允许在可能存在较少干扰的较高频率上接收信号；普遍应用的超外差接收机则拥有中频(IF)转换功能，带有窄带高品质因数(Q)滤波器，能够消除频谱上相距很近的干扰源。在过去80年中，超外差一直在无线电设计中占主导地位。

什么是 UWB?

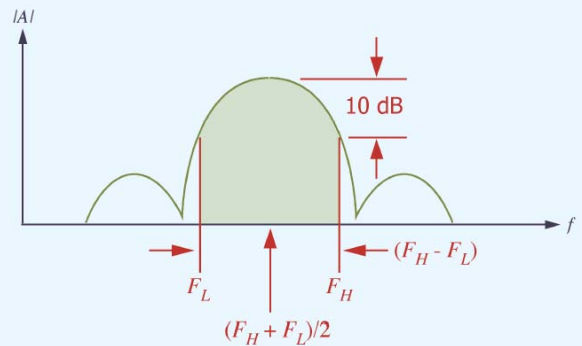
UWB 通信信号最初采用的是其它名称，如脉冲无线电、基带通信、无载波传输和脉冲调制。事实上，直到 20 世纪 80 年代末，UWB 一词才开始用于这种不同寻常的、带宽飞速增长的信号类别。

许多 UWB 设计方法与传统无线链路差异明显，其不采用普遍应用的超外差频率转换结构。

但是，现代超外差无线电结构现在可以生成与超短脉冲的直接基带调制拥有类似带宽的信号。由于可以通过各

UWB 信号定义

$$\text{部分带宽} = \frac{(F_H - F_L)}{\left(\frac{F_H + F_L}{2}\right)} \geq 0.20 \text{ 或 } 20\%$$

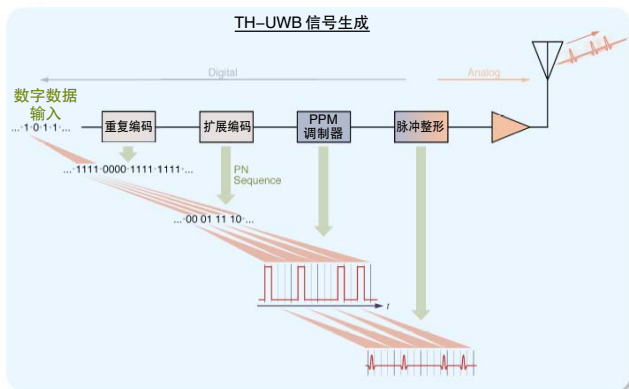


► 图8. US FCC 把 UWB 信号定义为在 10 dB 衰减点上(90% 频谱功率带宽)的带宽高出调制频率的 20% 的任何信号。

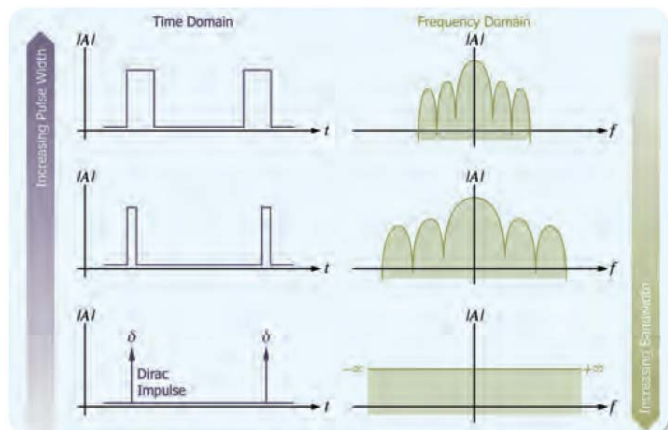
种方式生成 UWB 信号，因此 US FCC 频谱管理局选择基于带宽定义 UWB，而不是基于无线电结构或调制格式定义 UWB。UWB 信号定义为相对带宽大于 20% 的信号。

这么宽的相对带宽单独分配在当前拥挤的无线电频谱中是不能实现的，因此 UWB 被迫重叠分配的其它业务频段，这就有了潜在的干扰可能性。前面我们已经提到，解决问题的方案是把 UWB 信号限定在低功率短程通信，并依赖 UWB 对窄带信号固有的抗干扰能力。

US FCC 对 UWB 的定义非常简单，其结果是：当前 UWB 使用了大量不同的调制技术和硬件结构。



► 图9. 使用PPM生成TH-UWB的过程很简单，即编码、扩展、调制和整形构成信号的短脉冲。注意怎样在没有上变频的基带上完成信号创建工作。



► 图10. 脉冲信号的带宽与时域中的脉宽呈反比的关系。因此，改变时域脉冲形状可以控制UWB信号的功率谱密度。

流行的UWB方法

有几种不同的方法生成超宽带信号。让我们考察三种不同的流行的超宽带信号调制方法：跳时UWB (TH-UWB)、直序UWB (DS-UWB)和多带正交频分复用UWB (MB-OFDM)。

TH-UWB

跳时UWB信号由以伪随机间隔分开的一串非常短的脉冲组成。

TH-UWB信号首先获得需要通过无线链路传送的数据，然后把每个比特重复多次。这种重复模块编码起到了增加了信号冗余和分散频谱的作用，提高了信号抗多径变化和抗干扰的能力。

然后每个编码的比特被指配一个信号扩展使用的伪随机值，再使用脉冲位置调制(PPM)完成跳时。

通过使用伪随机传输扩展代码，脉冲位置调制器选择一个与指配的伪随机值成比例的时隙，生成一个脉冲。它调制发送的每个脉冲的位置，生成由脉冲组成的伪随机流。当然可能有许多变化，但这是跳时UWB信号使用的基本流程。

最后，TH脉冲被整形和放大成所需的脉冲，通过无线信道传送。

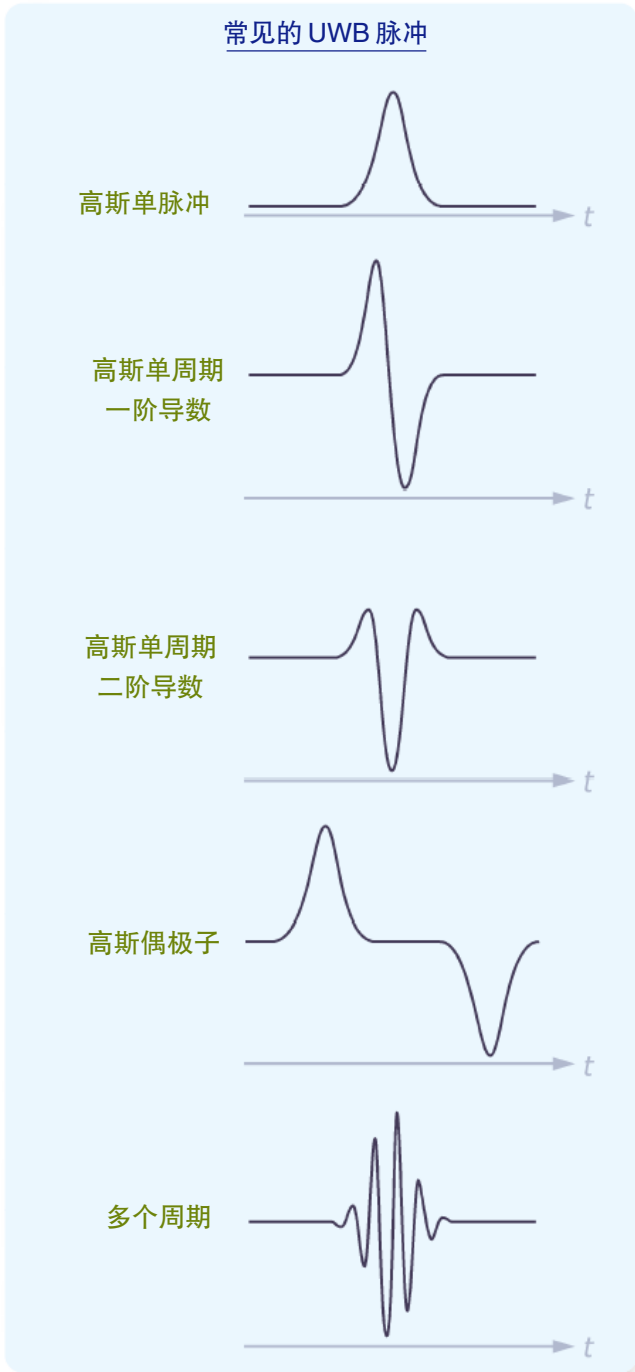
脉冲整形

脉冲整形非常重要，因为它影响着UWB调制的频谱特性。为避免干扰，法规限制UWB信号的功率谱密度，但频域频谱形状与时域脉冲形状直接相关。

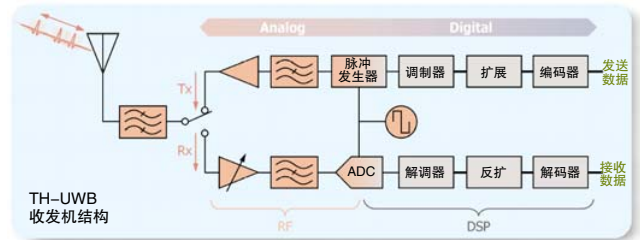
理论Dirac脉冲或时域中的宽度无穷窄的脉冲在频域中会产生无穷大宽频谱响应。通过小心地改变脉冲形状，可以控制TH-UWB信号的功率谱密度。

超宽带技术和测试解决方案

► 技术简介



► 图 11. UWB 信号通常使用各种高斯脉冲形状。所示的简单高斯单脉冲仅供参考,而很少使用,因为它引入了一个DC偏置。



► 图 12. TH-UWB 收发机结构可以非常简单,缺少许多传统模拟 RF 元件。TH-UWB 信号几乎可以完全使用数字硬件在基带创建和处理。

脉冲整形非常重要的另一个原因是它可以影响 TH-UWB 信号的码间干扰(ISI)和多径特点。与采用升余弦滤波和受控的符号时序避免 ISI 的许多传统窄带数字调制不同, UWB 信号通常采用高斯脉冲形状,在面临色散信道效应时,其能够更好地保持形状。高斯脉冲形状确实引入了部分 ISI,但由于 UWB 信号拥有充足的带宽,因此可以调节时序,使码间干扰达到最小。

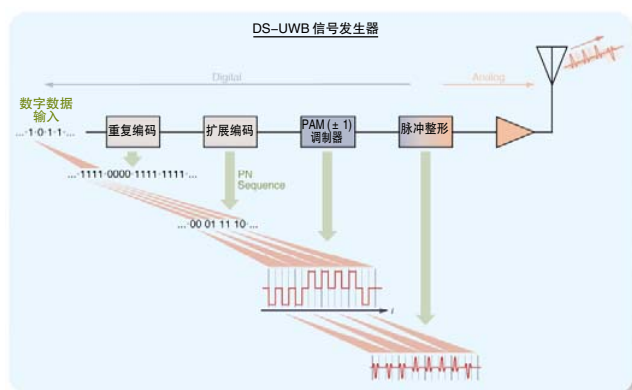
脉冲类型也影响频谱形状。认真处理脉冲形状和宽度,可以实现适合频谱和 ISI 要求的脉冲。

最初,早期 UWB 脉冲信号是使用雪崩二极管及相应的脉冲整形匹配网络实现的。现在,许多 UWB 脉冲是使用高速互补金属氧化物半导体(CMOS)创建的。

基带 UWB IR

必需指出,几乎整个 TH-UWB IR 过程都可以在基带完成。

在基带生成发送的信号不再需要许多传统超外差元件,如上变频器和下变频器、IF 滤波器、放大器、混频器和本振源。这大大降低了 IR UWB 设计的复杂性和成本,同时可以全面利用数字信号处理(DSP)的诸多优势。



► 图 13. DS-UWB PAM 信号生成方式与 TH-UWB 类似。关键差别在于翻转脉冲的相位的脉冲调制器。

DS-UWB

直序 UWB (DS-UWB) 是用来创建超宽带信号的另一种调制方法。DS-UWB 采用与直接序列扩频 (DSSS) 类似的技术。DSSS 技术在超宽带宽上扩展脉冲无线电频谱。

它从重复块编码器开始，每个比特被重复，并指配一个正值或负值。这再次提高了冗余性，分散了频谱，实现了强健的传输特点。

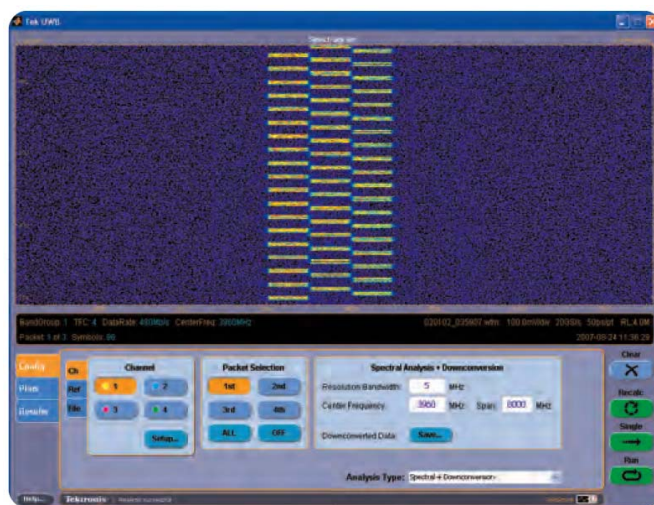
然后，编码的数据被输送到伪噪声 (PN) 传输信道编码器，PN 传输信道编码器为每个冗余位指配一个伪随机值。直序传输信道编码器的输出是由正值和负值组成的一个扩展序列。

然后信号被输送到 PAM 调制器，PAM 调制器生成正脉冲和负脉冲。

最后，PAM 调制器输出脉冲被整形为所需的脉冲，进行放大并传输。

尽管这一过程与连续波形式常用的 DSSS BPSK 调制类似，但脉冲相位调制或倒置在脉冲生成和整形前以数字方式完成。

类似于 TH-UWB，DS-UWB 还可使用基带和零中频结构生成和接收信号，简化了许多硬件结构。



► 图 14. DPO70000 系列示波器捕获的带有跳频扩展的 WiMedia MB-OFDM 信号，并显示为频段组的频谱图。

MB-OFDM

使用 MB-OFDM 生成 UWB 信号是另一种重要方法。由于 US FCC 法规只规定须满足带宽和功率谱密度要求，因此法规允许使用传统调制，如正交频分复用，只要频谱扩展在足够大的带宽上即可。

为满足 UWB 法规，多带 (MB) OFDM 采用跳频技术，进一步扩展传统 OFDM 信号的带宽。当前低成本 OFDM 调制器可以实现 500 MHz 以上的调制信号带宽。在三个频段上使用简单的跳频模式及传统 OFDM 信号，可以实现 1.5 GHz 以上的带宽。在典型中心频率上，这一带宽足以划入 UWB 应用。

OFDM 信号因杰出的多径抑制能力而闻名。由于 OFDM 由许多相距很近、同时仍保持正交的信号载波调制组成，因此每个信号载波的数据速率要比整个信号慢得多。与单载波调制短符号周期相比，同时发送多个最终组合在一起、以实现高数据速率容量的载波，可以相应实现更长的符号时间。这消除了多径时间扩展导致的 ISI。因此，在信道特性差时，OFDM 提供了非常强健的性能。

超宽带技术和测试解决方案

► 技术简介



► 图 15. WiMedia 频段组结构为其 MB-OFDM 信号结构提供了多个频段组。并不是所有频段都能在全球范围内使用，有些频段要求 DAA 来减轻干扰。

由于短程通信通常伴随着较差的传输信道条件，如室内环境，因此 MB-OFDM 是一种极具吸引力的调制方案。

WiMedia 信号

WiMedia 联盟已经选择 MB-OFDM 信号作为其高速多媒体 UWB 数据链路标准。WiMedia 信号由 128 个载波的 OFDM 调制组成，其中在每个载波上使用正交相移键控 (QPSK) 或双载波调制 (DCM)。这种调制格式至少支持八种数据速率，最高可以达到 480 Mb/s。

WiMedia OFDM 调制在由 528 MHz 宽的频段组成的频段组上跳频。OFDM 信号在频段组中的跳动由十个时间频率码 (TFC) 之一控制。相对于大多数跳频扩频 (FHSS) 信号，MB-OFDM WiMedia 信号使用不复杂的跳动模式，跳频速度慢，在每跳中传送很多比特。

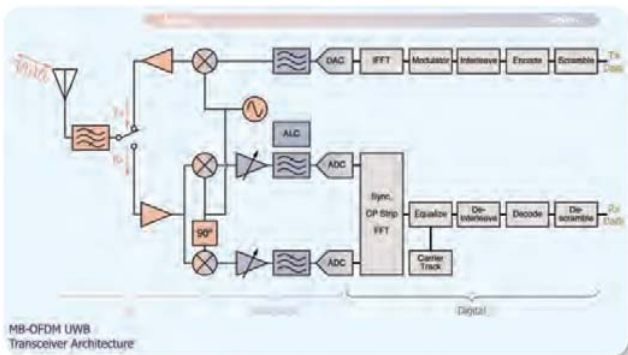
US FCC 率先开放 UWB 使用的无线电频谱。其它国家迅速跟进 US FCC 计划，但并不是 UWB 应用的所有频段都能在全球范围内提供。某些国家要求或将要求检测和避免 (DAA) 方案，其中收发机要侦听其它信号的频段，然后才能传送信号，以帮助减轻干扰。

尽管 WiMedia 的 MB-OFDM 信号在许多方面与传统窄带无线信号类似，但还可以利用许多使其它 UWB 设计受益的结构省略措施。例如，MB-OFDM 不要求超外差结构的陡峭 IF 滤波来消除干扰。

零中频收发机不使用中频转换，而是在单个转换中直接从基带转换到 RF 或反之，消除了许多元件。零中频结构对集成度高的半导体设计很有吸引力。现在市场上有某些集成电路，支持采用不复杂的零中频结构 WiMedia 调制格式。

零中频也带来了某些技术挑战。常见问题包括下变频过程中的 DC 偏置和电路稳定性。

随着放大器增益提高，电路稳定性变得更加困难。少量放大器输出信号可能会返回放大器输入端，产生再生振荡，这种风险会随着增益提高而提高。在增益超过 70 - 75 dB 时，典型放大器内部输入到输入隔离情况会成为首要问题。



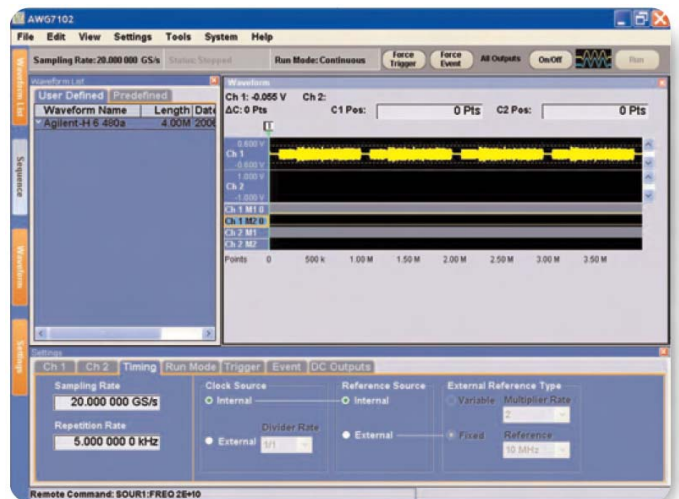
► 图 16. MB-OFDM 收发机结构说明了零中频设计的好处。高级数字实现方案消除了许多昂贵的 IF 和 RF 元件。

为实现稳定性，一般会首选超外差接收机结构，因为可以在三个不同频率范围，即 RF、IF 和基带上扩展整体接收机增益。零中频结构在 RF 和基带上要求更大的增益，因为它们缺少中频范围。幸运的是，集成度高的现代零中频设计采用数字信号处理技术，其增益本身非常稳定，从而最大限度地减少了稳定性问题。

依赖复杂协议的 WiMedia® 信号，如许多 UWB 信号，可能很难使用老式传统仪器测试。UWB 信号非同寻常的特点与差异巨大并且通常缺少传统测试点的硬件结构，给工程师带来了特别的挑战。

测试 UWB 设备

市场上有许多无线测试仪器，但只有部分仪器适合 UWB 设备。让我们考察一些常见问题及为 UWB 应用提供的测试解决方案。



► 图 17. 泰克 AWG7000 任意波形发生器提供了 20 GS/s 的采样率，可以直接生成多种 UWB 信号。

生成宽带宽 UWB 信号

生成 UWB 测试信号要求巨大的带宽，这需要使用专用的信号生成设备。大多数常用的实验室信号发生器只能生成几十或几百 MHz 的带宽，而大多数 UWB 信号需要 1.5 GHz 的带宽，远不能满足 UWB 要求。

根据要生成的 UWB 调制，可能需要不同的信号发生方法。TH-UWB 和 DS-UWB 之类的信号一般完全在基带生成，要求几千兆赫的基带带宽。其它信号如 MB-OFDM 则更多地地上变频到相应的 RF 频段。上变频方法要求的基带带宽较少，但增加了外部上变频器或调制器，提高了复杂性。

超宽带技术和测试解决方案

► 技术简介

多年来，泰克AWG系列的带宽能力一直居于业内领先地位。AWG7000等型号使用近四倍的过采样率，实现了高达 20 GS/s 的采样率和 5.8 GHz 的基带带宽。这为 BG1 和 BG2 的 WiMedia MB-OFDM 信号直接生成 RF 提供了足够的带宽。

通用AWG可以执行直接基带任意波形生成功能，生成的 I-Q 基带信号还可以使用传统外部调制器调制和上变频到更高的频率。AWG7000 提供了 8 - 10 位的动态范围，可以在没有外部元件的情况下，直接生成高达 5.8 GHz 的 UWB 信号。可以使用外部上变频器或 I-Q 调制器，实现 WiMedia 高频段组 #3-6 的信号。

AWG7000 系列也配有差分输出，可以直接同流行的平衡放大器和混频器元件接口，改善了抗共模干扰的能力。

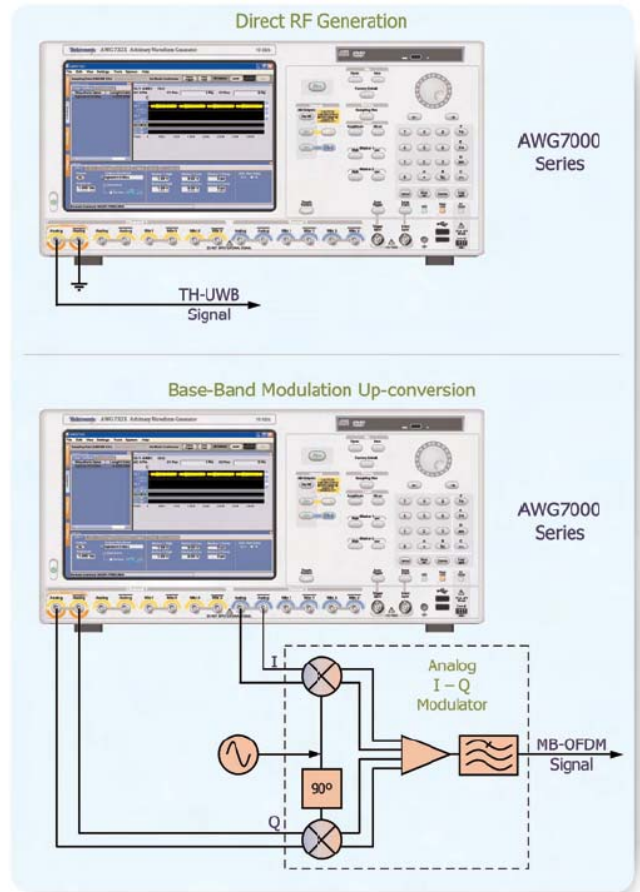
由于大量的 UWB 信号创建工作使用软件算法以数字方式实现，因此任意波形存储器灵活播放各种信号的能力对 UWB 工程师尤其具有吸引力。

可以使用仪器面板操作或 PC，通过多种编程方式对任意波形存储器编程。

泰克提供了 RFXpress，这是一种强大的软件工具，可以合成复杂的 UWB 调制波形文件。此外，泰克 AWG 还可以导入许多常用的文件类型进行播放，如 .pat、.seq、.wfm、MATLAB®、Mathcad® 或 Excel®。这种灵活的文件格式允许工程师直接从软件定义无线电设计工具中下载波形数据，而且通常不需要进行格式转换。

使用 RFXpress 创建波形

为有效构建 UWB 系统，需要各种测试激励波形。过去，编译复杂的 UWB 信号结构一直很难。通常情况下，最容易随时获得的 UWB 信号，是来自于该系统自身软件定义的信号编码。这也是为什么泰克 AWG 信号发生器会支持多种兼容文件类型：这些文件类型被广泛用于流行软件定义无线电的设计工具。



► 图 18. AWG7000 支持直接基带和外部 I-Q 调制器/上变频器 UWB 信号生成方法。

但是，使用 UWB 自己的系统软件生成测试信号可能会带来问题。这种方法的主要问题是它假设系统波形设计能够正确运行，而在开发阶段早期，这可能并不符合实际情况。此外，无线电系统软件通常不能增加信号损伤，产生满足测试目的的信号处理起来可能会非常麻烦，同时，这些系统软件在设计时一般没有考虑测试所用的人机界面。

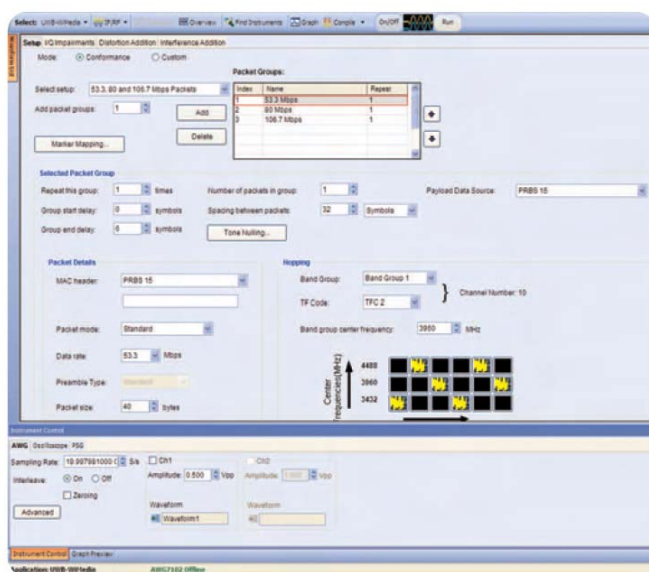
更加首选的方法是使用已知良好的软件工具,这种工具能够可靠地合成通用信号和基于标准的信号,这些信号可以带损伤,也可以不带损伤。这消除了测试信号的不确定性,提供了简便易用的人机界面,加快了设计和调试流程。

RFXpress 波形合成软件支持创建通用信号,及创建特定标准信号,如 WiMedia 格式。因此,RFXpress 同时适用于 WiMedia 设备的频谱环境仿真和功能测试。

RFXpress 是一种基于流行 PC 的软件工具,其图形用户界面可以以可视方式确认波形和设置。RFXpress 可以快速合成波形,简便地自动校准,创建 RF 和 IF 信号。它还拥有“自动发现仪器”功能,消除麻烦的手动仪器设置工作。为简化通用波形或基于标准的波形创建过程,RFXpress 还拥有自动回卷(Wrap around)校正及归一化波形幅度。回卷校正功能消除了重复播放的波形开头和末尾信号幅度差异大时连续播放时可能发生的频谱毛刺。归一化波形幅度使输出信号动态范围达到最大,它缩放波形的幅度,以最好地适应 AWG 的数模转换器(DAC)的动态范围。

通过使用一致性模式,用户只需点击鼠标,就可以合成复杂的 MB-OFDM WiMedia 信号。RFXpress 包含业内采用的各种 WiMedia 信号标准,允许用户在最高层级上选择信号属性。这消除了手动编程实现标准规定的信号特性的复杂性。它还降低了构建 WiMedia 信号时因疏忽而产生错误的可能性。

RFXpress 可以对大量的 WiMedia 信号特性编程。例如,尽管 WiMedia 规定了 RF 频段组和中心频率,但泰克认识到,许多工程师可能希望在 IF 上执行测试。RFXpress



► 图 19. RFXpress 同时提供了通用多信道调制合成功能和基于标准的合成功能,如 WiMedia 的 UWB 信号。

允许在 AWG 指标范围内,用户可选择在 IF 频率或 WiMedia 标准 RF 频率上定义信号。

RFXpress 配置 WiMedia 信号的灵活性远不止输出频率。它可以在数据包组级定义许多 UWB 参数。

WiMedia UWB 信号使用复杂的 PLCP 协议数据单元(PPDU),定义传输所需的协议。PLCP 前置码、PLCP 包头和 PSDU 构成了 PLCP 协议数据单元(PPDU)。PLCP 包头包括一个用于数据包同步和信道估算的前置码及用于 PHY 特点的 PLCP 包头,这些特点包括速率、数据包长度、介质访问控制器(MAC)信息、编码和其它信号协议属性。数据包的 PSDU 部分包括数据净荷及其它功能,如 tail bit 和 Pad bit。

超宽带技术和测试解决方案

► 技术简介

RFXpress 可以全面控制 PLCP 和 PSDU 单元，从数字数据包组级生成波形。测试工程师可以使用一个简单的图形 PPDU 界面简便地创建不同的数据包，其中包括码型选择指示及发送的数据包的十六进制显示，测试 WiMedia 设备的性能。此外，用户可以选择及以图形方式查看所有 TFC 码及数据包之间的间隔。

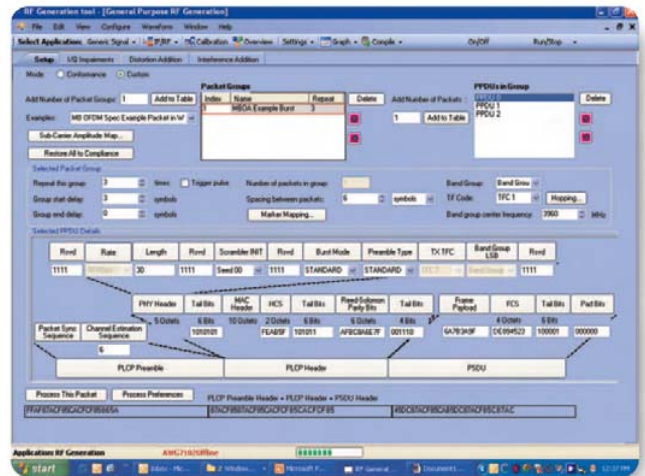
RFXpress 可以为被测设备(DUT)灵活地创建完整的激励数据包，包括设置 MAC 包头和数据净荷。甚至可以实现 OFDM 音调清零，实现每个载波功率电平独立设置的灵活性。为测试基本采集电路和均衡器，RFXpress 还可以只生成 WiMedia 前置码，而没有 PLCP 包头和数据净荷，这有助于创建调试方案。

UWB 调制能够强健地耐受信号损伤的能力，是许多 UWB 应用赖以生存的一项重要功能。为评估 UWB 设备的性能，工程师通常希望提供增加了损伤的激励信号。

RFXpress 不仅可以生成复杂的 WiMedia MB-OFDM 信号，而且可以生成常见的信号损伤。由于能够以数字方式添加信号，因此可以合成及在所需信号中添加所有类型的带内干扰源和带外干扰源，以评估 RF 数据链路的耐受性。类似的，可以在适当的时间增加选通噪声。甚至可以增加失真和 I-Q 损伤，使用并非完美的发射机测试接收机性能，保证 RF 互操作性。

在 RF 设备之间实现无差错空中接口可能会极具挑战性。实现这一点的方式之一，是在不同环境中记录来自一系列无线设备的 UWB RF 传输，然后播放到目标无线设备，评估其响应。

RFXpress 灵活的自定义和其内建的标准一致性合成能力，为 AWG 产生激励信号提供了简便的文件生成工具，是一种强大的波形合成工具。



► 图20. RFXpress 可以从数据包组级合成 WiMedia 数据包波形，控制 PLCP 前置码、包头和 PSDU 数据净荷。

有效测试干扰

测试 UWB 接收机的干扰灵敏度一直被测试专家列为重大挑战，因此我们认真地考察一下这个问题。UWB 信号涵盖的大型带宽自然会导致广泛的潜在窄带干扰源。带内干扰源和附近的带外干扰源都会导致问题。

UWB 设计通常不能选择陡峭的 IF 滤波器，这就需要更宽的测试带宽。几乎没有 UWB 链路是仅仅只被一个窄带信号干扰，所以在测试中，通常要求复杂的频谱测试环境，因此优化干扰性能问题尤其突出。

仿真严酷的充满干扰、涵盖极高带宽的频谱环境的成本可能会非常高。把多个信号源叠加在一起，以生成实际干扰环境的传统方法一般要求大量的信号源投资。

创建干扰测试信号的更好方法是使用AWG的超宽带宽和独特的软件工具，如RFXpress，使用一个AWG信号源合成整个频谱环境。可以在RFXpress中随机生成复杂的一系列窄带频谱干扰源，然后存储在AWG中。

使用单台AWG就可以播放包含所需UWB信号的整个频谱环境，从而简便地判断设计在改善干扰灵敏度方面的效果。

RFXpress还可以控制泰克高速示波器，从而能够捕获和重放宽带信号。它可以精确播放实际信号频谱环境，评估不同设计在受控条件下的性能，复现实际频谱环境。

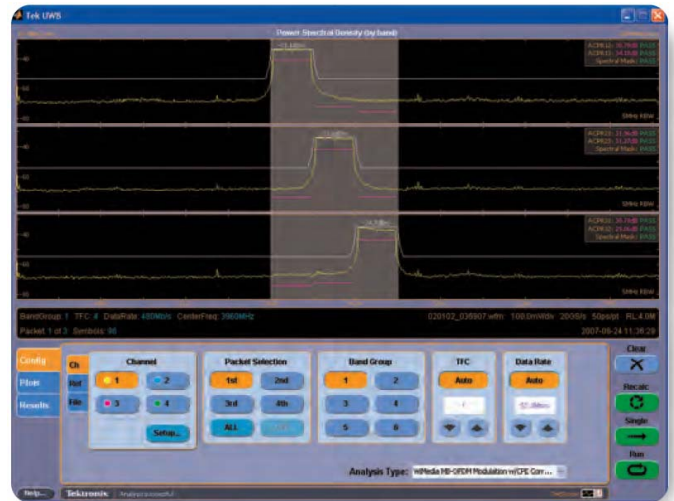
单个超宽带AWG可以代替许多昂贵的独立信号发生器，为评估UWB干扰灵敏度提供了更加经济、更加灵活的解决方案。

UWB 频谱测量

UWB频谱测量给开发和测试工程师带来了某些不同寻常的挑战。

集成度高的UWB设备通常只允许从发射信号中进行频谱测量。内部测试点连接可能不可行，或可能反映不了超宽带天线的衰减特点。除这些问题外，发送信号可能位于噪底附近，要求非常灵敏的频谱分析仪或外部前置放大器。

法规要求测试UWB信号频谱需要50 MHz频谱测量分辨率带宽。UWB信号涵盖了多个宽带频谱，有部分需要牌照的信道被包含在这些频谱中，这些信道可以宽达50 MHz。因此，需要50 MHz的RBW，才能准确了解



► 图21. 装有UWB应用软件的DPO70000系列示波器同时测试WiMedia频段组每个频段的频谱模板，并进行ACPR测量。

潜在的干扰风险。这一要求使许多流行的频谱分析仪无能为力，因为只有少量频谱分析仪才有这么宽的内部带宽。

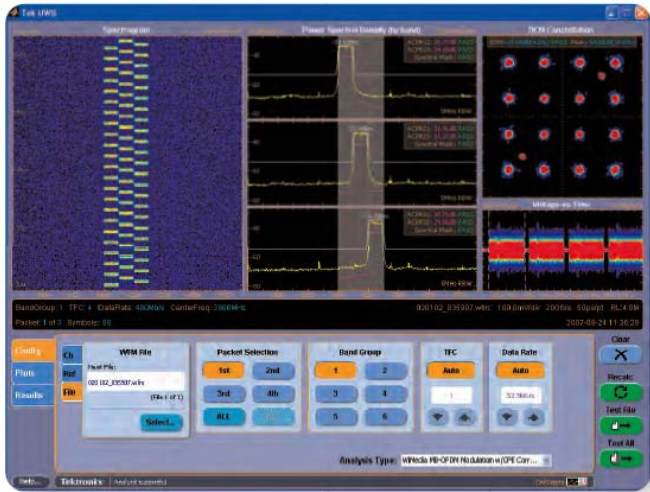
示波器通常没有典型频谱分析仪的动态范围，一些测量的设置会更加麻烦。但是，高速示波器，如泰克DPO70000系列，拥有内部快速傅立叶变换(FFT)功能，其可以从捕获的时域信号中生成发射信号频谱曲线。此外，泰克DPO70000示波器带有UWB软件，可以自动对WiMedia UWB信号进行频谱模板测量。

UWB分析软件自动识别信号的TFC，选择要使用的相应频谱模板。然后软件确定信号是否通过模板测试，并计算总的积分信道功率。

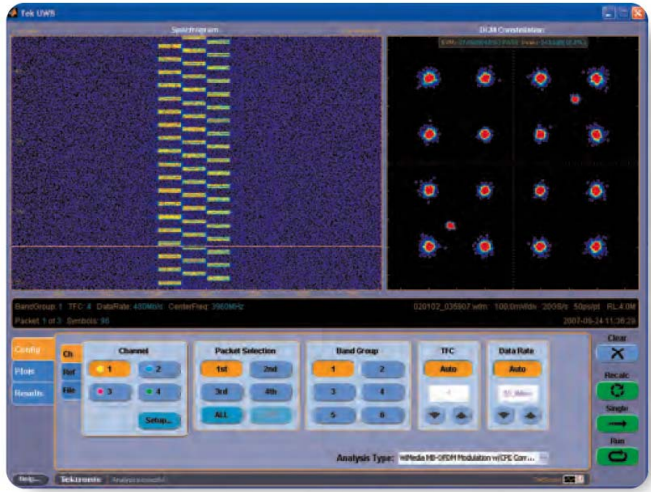
一旦实现满足要求的UWB输出频谱，下一个测量问题通常是优化调制性能。

超宽带技术和测试解决方案

► 技术简介



► 图22. DPO70000示波器和UWB分析软件作为整套测量的一部分，自动识别这个MB-OFDM频谱图的TFC，为每个分析的数据包绘制曲线。



► 图23. UWB分析软件测量单个OFDM载波的星座图及EVM、数据速率和中心频率。

UWB 调制测量

WiMedia 的 MB-OFDM UWB 调制非常复杂，在检定性能时提出了多个挑战。

与小频频范围上依赖杰出元件性能的许多窄带调制不同，超宽带元件特点可能会使 UWB 信号失真。例如，幅度平坦度、群时延变化和跳频毛刺都可能使重要的链路性能劣化。从多频段信号中检测这些问题及其它问题，要求的功能远远超过了简单地捕获时域波形。

首先，必须为某个 WiMedia 信号确定相应的 TFC。如果不知道被测设备的工作模式，可能很难识别正确的代码。幸运的是，泰克 UWB 分析软件利用 DPO70000 捕获的波形，自动识别信号的 TFC、跳频序列和数据速率。UWB 软件和拥有足够的带宽的 DPO70000 示波器，可以识别所有 WiMedia 频段组中的 MB-OFDM 信号，对于全球不同地区对 UWB 信号的法规要求，都可以简化相应的设备测试。

然后，UWB 分析软件可以查看详细的调制测量结果。该软件拥有强大的频域功能，可以确定信号是否通过三个频谱模板。它还独立测量频段组中每个频段的邻道功率比(ACPR)，以及频段组中超出模板的数量和频段组外面超出模板的数量。

在确定频谱一致性后，可以使用矢量幅度误差(EVM)、峰值 EVM、数据速率、中心频率、数据符号数和公共相位误差(CPE)评估调制质量。

UWB 矢量幅度误差(EVM)的计算过程要比传统连续波测量复杂。UWB EVM 包括使用信道估算 (CE) 符号进行初始信道估算，提供相位和定时的估值。这允许对导频的频率偏置估算应用校正，通过简单地选择 CPE 分析类型，更精确地进行测量。

泰克 UWB 分析软件可以简便地测量复杂的 UWB 信号属性，设计和生产领先的产品。

总结

我们看到，UWB技术提供了许多优点，如高速连接、干扰保护、简单的硬件结构等等，正是这些优点促进了UWB设备的迅速发展。TH-UWB、DS-UWB和MB-OFDM技术正在重塑短程高速无线数据链路和雷达。

UWB测量挑战通常非常苛刻，仅带宽要求一项就使许多测试仪器无能为力。但是，泰克提供了AWG信号发生器，能够生成UWB信号、附加损伤和宽带干扰，支持UWB设计和生产。

RFXpress波形合成工具可以简便地对复杂的波形编程，生成在AWG上播放的波形。可以在协议比特级简单的选项中迅速编译信号，如WiMedia的MB-OFDM。

RFXpress还可以控制泰克示波器，这些示波器提供了无可比拟的采集带宽和实际信号记录能力，特别适合测试RF接口。

泰克实时示波器完善了AWG信号源。DPO示波器不仅提供了捕获UWB信号的带宽，而且在流行的WiMedia信号上提供了一套独特的UWB调制测量功能。UWB分析软件可以以无可比拟的方式查看MB-OFDM信号性能。

UWB设备测试需要使用一流的测量仪器。幸运的是，通过使用适当的超宽带工具，UWB信号高级测量现在变得前所未有的简便。想了解泰克怎样持续在UWB测试解决方案中领先业内？请立即与泰克联系，安排产品演示。

超宽带技术和测试解决方案

► 技术简介

泰克科技(中国)有限公司
上海市浦东新区川桥路1227号
邮编: 201206
电话: (86 21) 5031 2000
传真: (86 21) 5899 3156

泰克北京办事处
北京市海淀区花园路4号
通恒大厦1楼101室
邮编: 100088
电话: (86 10) 6235 1210/1230
传真: (86 10) 6235 1236

泰克上海办事处
上海市静安区延安中路841号
东方海外大厦18楼1802-06室
邮编: 200040
电话: (86 21) 6289 6908
传真: (86 21) 6289 7267

泰克广州办事处
广州市环市东路403号
广州国际电子大厦2807A室
邮编: 510095
电话: (86 20) 8732 2008
传真: (86 20) 8732 2108

泰克深圳办事处
深圳市罗湖区深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦G1-02室
邮编: 518008
电话: (86 755) 8246 0909
传真: (86 755) 8246 1539

泰克成都办事处
成都市人民南路一段86号
城市之心23层D-F座
邮编: 610016
电话: (86 28) 8620 3028
传真: (86 28) 8620 3038

泰克西安办事处
西安市东大街
西安凯悦(阿房宫)饭店345室
邮编: 710001
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处
武汉市武昌区武珞路558号
中南花园饭店将军楼4201室
邮编: 430070
电话: (86 27) 8781 2831
传真: (86 27) 8730 5230

泰克香港办事处
香港铜锣湾希慎道33号
利园3501室
电话: (852) 2585 6688
传真: (852) 2598 6260

有关最新的产品信息请访问泰克公司网站: www.tektronix.com.cn



版权所有© 2007, 泰克有限公司。泰克公司保留所有权利。泰克公司的产品受美国和国外专利权保护, 包括已发布和尚未发布的产品。以往出版的相关资料信息由本出版物所代替。泰克公司保留更改产品规格和定价的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是泰克有限公司的注册商标。所有其他相关商标名称是各自公司的服务商标、或注册商标。
7/07 FLG/WOW 76C-20475-1

Tektronix
Enabling Innovation