



初识任意波形发生器

方浩 深圳市鼎阳科技有限公司

初识任意波形发生器

在产品调试的过程中，大多数的电路需要输入某种幅度随时间变化的信号，在这样的应用场景中，一个完整的测试测量系统一般会包含激励源，被测件和采集仪器三个部分。采集仪器通常使用的是示波器和逻辑分析仪，而信号源在系统中则扮演了激励源的角色，任意波形发生器就是种类众多的信号源中的一种，在电子测试测量领域应用广泛。

信号源何时诞生？经历了怎样的发展历程？

信号源是一种古老的测试测量仪器，伴随着整个仪器的发展周期，世界上第一台信号源诞生于 20 世纪 20 年代。随着通信和雷达技术的发展，20 世纪 40 年代出现了主要用于测试各种接收机的标准信号发生器，使信号源的应用范畴从定性分析演进到了定量分析的范畴，同一时期还出现了可用作脉冲调制器的脉冲信号发生器。

早期的信号源机械结构复杂，功率较大，电路比较简单，发展速度非常慢。这种窘境直到 1964 年世界上出现了第一台全晶体管的信号源之后才得到改观。此后出现了函数发生器，扫频信号发生器，合成信号发生器，程控信号发生器等新种类，信号源的各项指标都得到了大幅提高。但是采用模拟电子技术的信号源由分立器件或模拟集成电路构成，不仅电路结构复杂，而且只能产生种类非常有限的简单波形。更令人头疼的是，模拟电路的漂移较大，使得信号源输出波形的幅度稳定性很差。

自从 70 年代微处理器出现以后，利用微处理器和 DAC 可以使得信号源的功能进一步扩大，能够产生比较复杂的波形。但是，这种方案有一个很严重的缺陷：输出波形的频率低主要是由 CPU 的工作频率决定的，这就意味着只能通过缩短软件执行时间或提高 CPU 的时钟频率来提高信号源输出波形的频率，具有很大的局限性。

发展到今天，市面上的信号源大多基于数字技术，许多信号源既可以输出模拟信号又可以

输出数字信号,但是在真正高效的方案中,往往都是选择根据具体的应用环境优化过的信号源,因此也派生出了多种不同类型的信号源。

时下的信号源有哪些类型？

广义上,根据信号源的应用范畴可以分为两类,数字应用信号源和模拟应用信号源。

其中专门为数字应用而诞生的信号源,我们称之为逻辑源。逻辑源大体上可以分为两类,一种是可以输出方波和脉冲流的脉冲发生器,脉冲发生器的输出频率一般非常高,经常用于测试数字器件。此外,还有一种逻辑源,我们称之为码型发生器,或者数据发生器,这种仪器一般有生成 8 个, 16 个或者更多输出通道,可以产生各种类型的同步数字脉冲流,码型发生器常常作为计算机总线、数字电信单元等的激励信号。

虽然各厂家的命名方式各不相同,但是在需要提供模拟信号或者混合信号的应用场景中使用信号源大体上有任意波形发生器、射频信号发生器、微波信号发生器和基带信号发生器几种类型。其中,本系列文章将要给大家全面展开介绍的任意波形发生器是一种比较主流的信号源,它可以将离散的数据点存放在存储器中,通过系统时钟产生读取数据的触发信号,经过 DAC 芯片的转换和低通滤波器最终生成模拟波形,使用这种“采样原理”理论上可以生成和编辑几乎任意类型和参数的波形。函数/任意波形发生器一般有 1-4 路输出,某些功能更加丰富的型号还支持触发信号和系统时钟信号的输出,用于触发外部的仪器,比如作为示波器的外部触发信号,如图 1 所示的就是鼎阳科技出品的 SDG2000X 系列函数/任意波形发生器。



图 1

SDG2000X
系列函数/
任意波形发

生器

任意波形发生器拿来干嘛用的？

任意波形发生器具备了函数发生器的所有功能，可以产生正弦波、方波、三角波等基本函数。除此之外，任意波形发生器还可以产生模拟和数字调制信号，支持线性/对数扫频信号和脉冲串的输出，这是任意波形发生器区别于函数发生器的最大特征。鼎阳科技的全系列函数/任意波形发生器都能支持 AM、FM、PM、FSK、ASK、DSB-AM 等模拟和数字调制功能。都支持扫频功能和脉冲串输出功能，在这两种模式中，触发源可以在内部、外部和手动三种中进行选择，当选择内部和手动触发源的时候，支持触发信号输出，便于实现多款不同的仪器之间的触发同步。

任意波形发生器有上百种应用方式，但是在电子测试测量领域，其应用范围基本可以分为三种：检验、检定以及极限/余量测试。在产品的调试阶段，工程师需要测试产品的各项参数，以检验产品是否满足相关的出厂标准，在这个过程中，任意波形发生器需要发出标准规定的信号作为待测网络的激励源，通过测量并记录被测网络的响应，然后将记录的结果与标准规定的指标进行对照并且得出检验的结论。另外，新开发的工控模块，数据调理模块等都需要使用任意波形发生器通过穷尽测试来确定其线性度和单调性等指标。在很多场合中，任意波形发生器需要在其提供的信号中增加已知的，数量和类型可重复的失真或损伤，通过控制失真或损伤相关的参数可以对被测件进行极限/余量测试。

任意波形发生器有哪些主要的指标？这些指标分别有什么含义？

如果您使用过示波器，那么您一定听说过示波器的三大指标：带宽，存储深度，采样率，我们在挑选一款合适的示波器的时候，这三大指标往往是我们首要考虑的因素。实际上，从原理的角度来看，任意波形发生器是示波器的逆过程，那么任意波形发生器是否也有所谓的三大

指标呢？答案是肯定的，在任意波形发生器的范畴中，同样有带宽，采样率和存储深度的概念。

1、带宽

任意波形发生器的带宽可以定义为最大可输出的正弦波的频率。但是，对于不同的输出波形，任意波形发生器能够支持的最大输出频率是有区别的，比如在鼎阳科技的 SDG2122X 函数/任意波形发生器中，当输出正弦波时，可以输出的最大频率为 120MHz，然而当它输出方波时，最高输出频率就变为了 25MHz。之所以会有这样的区别，是因为方波边沿变化很快，包含了许多高频成分，为了避免输出的方波上升沿和下降沿部分产生严重失真，当任意波形发生器输出方波时，其带宽必须能够覆盖更多的高次谐波成分。

2、采样率

任意波形发生器的采样率通常用每秒兆样点或者千兆样点表示，比如 SDG2000X 系列函数/任意波形发生器标称的采样率为 1.2GSa/s，这项指标表明了任意波形发生器将数字信号转换为模拟信号的速率，采样率影响着主要输出信号的频率和保真度。伟大的奈奎斯特采样定理规定，采样率或时钟速率必须至少是生成的信号中最高频谱成分的两倍，在这样的前提下才能保证精确的复现原始信号。但是在实际应用中，两倍是往往还是不够的，具体还是要看信号的类型和上升时间。

3、存储深度

存储深度是指用来记录波形的数据点数，它决定着波形数据的最大样点数量。任意波形发生器的带宽是由采样速率和存储深度决定的。SDG2000X 系列函数/任意波形发生器支持时下非常流行的“逐点输出”，能够在保证不丢失波形细节的前提下，以 1uSa/s~75MSa/s 的可变采样率输出 8pts~8Mpts 范围内的任意长度地抖动波形。

除了以上三个指标之外，频率分辨率和垂直分辨率也是任意波形发生器的重要指标。垂直分辨率指的是在任意波形发生器中可以编程的最小电压增量，跟硬件电路中使用的 DAC 的位

数有关，一般用单位“位”来表示，它决定了输出波形的幅度精度。频率分辨率，即最小可调频率分辨率，也就是创建波形时可以使用的最小时间增量，跟时钟的最高速率以及 DAC 的转换速率有关。

当我们把不同厂家的任意波形发生器摆在一起的时候，就会发现，实际上大家都已经能够做到相似的功能，但是从输出信号的周期抖动范围，可调整的最小脉宽，上升沿下降沿可调整的最小步进距离等方面可以看出不同厂家优化功力的高低。鼎阳科技的 SDG2000X 系列函数/任意波形发生器使用了申请了发明专利的 EasyPulse 技术和 TrueArb 技术，有效提高了波形发生器的性能。这在后续的文章中将会向您详细说明。

文章的最后，还有一段总结

总之，任意波形发生器是应用最广泛的基础通用仪器之一，是电子工程师信号仿真实验的必备工具。本文介绍了波形发生器相关的一些知识，意在为您的选型和对概念的了解提供方便。但是如果要对任意波形发生器有更进一步的了解，仅仅靠上述的内容是不够的，接下来我会延续这个系列的文章，为您剖析 DDS 技术，EasyPulse 技术，TrueArb 技术等相关描述，让您对波形发生器的原理有更多的了解。

更多内容，请关注鼎阳硬件设计与测试智库。