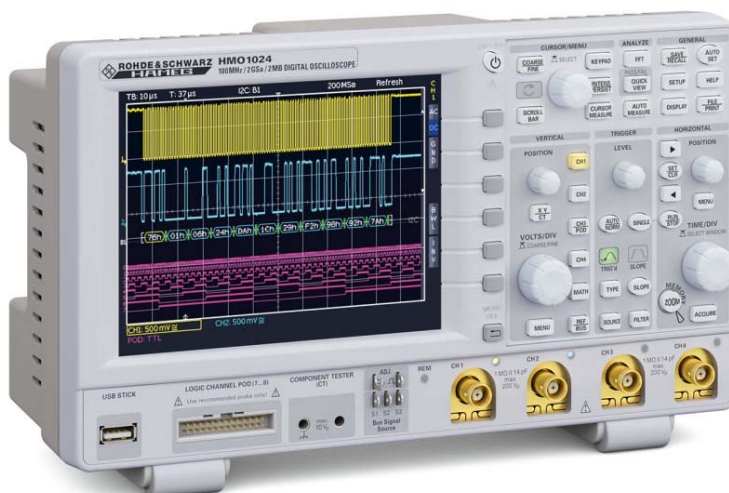




使用 HMO 示波器测量总谐波失真

惠美 HMO1024 示波器具有 64K 点的 FFT 分析能力，本文举实例来说明用 HMO 系列示波器直接测试总谐波失真 (THD)。



什么是 THD?

由于元件的非线性特性，非线性失真通常发生在信号通过系统时的传输过程中。例如：当发送一个正弦波音频信号（频率定义为 $f_1=1\text{kHz}$ ）通过一个放大器后，在输出端测得的正弦波将或多或少有一定的失真，表明放大器是非线性的。总谐波失真或 THD 是可量化的失真量。既然我们不可能实现一个绝对理想的线性系统，这使得非线性系统的质量分析尤其重要。

时间信号和频谱

如果一个系统完全是线性和理想状态，输入的正弦波在系统输出端不会出现失真并且会同频率输出，两个正弦波除了振幅外都将保持原来的形状，这意味是一个线性和时间不变的系统 (LTI 系统)。

然而，实际上正弦波在输出端会出现失真，这些失真不仅包括基频 (f_1)，还包括谐波所造成的失真。这些谐波是基频的整数倍，我们可以从输出信号的频谱来确定 THD。

怎样计算总谐波失真?

简单的说，总谐波失真是基于基频的谐波比值来计算。谐波分量由高次谐波的有效值组成（不包括基频 f_1 ），如果电压有效值可用，可以很容易地计算出总谐波失真：

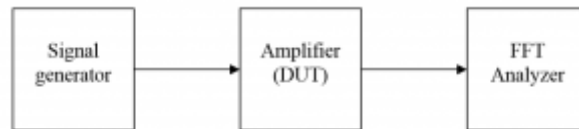
$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + V_5^2 + \dots}}{V_1}$$

THD 测量: 过去和现在



几十年来，THD 已成为放大器高保真技术评估中的一个重要方面。根据公式，可以推断，它足以识别所有谐波的电压有效值，为了确定系统的 THD。过去，为了测量有效值，采用模拟失真度测量桥，该桥包括一个在放大器输入端上已激活的信号发生器、放大器本身、频率特性曲线下凹的滤波器（阶式滤波器）和电压表。通过开关连续测量谐波或 AC 分量，实现连接或断开阶式滤波器。该过程所需的阶式滤波器的频率精度要求特别高，信号发生器的频率必须对应于滤波器的本振。

如今，人们常用数字失真测量桥，它包括一个产生本振的信号发生器、被测设备（DUT）和进行频谱显示的 FFT 分析仪。与此设置相对应，直接从频谱上就可识别有效值，包括每个单独谐波的失真系数，然后，可通过上面的公式计算失真系数。经典的模拟测量桥通常需要通过一个带通滤波的阶式滤波器切换很麻烦地识别各次谐波。相比之下，一个 FFT 分析仪无需费劲就可直接识别各次谐波的影响。



数字 THD 测量桥

测量步骤

测量设置还是蛮简单的：

- 1、连接一个带正弦音频（本振）的信号发生器（例如： $f_1=1\text{kHz}$ 、 $V_1 = 1\text{V}$ ）到放大器输入端（DUT 被测设备）；
- 2、连接 FFT 分析仪（HMO2014）到放大器输出端，并且设置号频率范围，以便有足够的分辨率对 20kHz 频率进行测试；
- 3、设置 Y 垂直刻度，使电压有效值可直接测定（设置 HMO 示波器为 V_{eff} ）；
- 4、重复测量各种增益电平。由于其性能限制，放大器往往会产生严重的失真；
- 5、高保真技术经常使用 $f_1=1\text{kHz}$ 频率，以确保谐波有足够的带宽。

理想 LTI 系统的频谱

理想的系统，对基频 $f_1=1\text{kHz}$ 信号，你只会期待有一个离散谱线，因为放大器的缘故，它的幅度可能会有所不同。

现实系统线性失真的频谱

除了基频，现在你可以看到来自与基频倍频的谐波，它的幅度可以直接计入公式来计算 THD。

HMO 系列示波器都能做到

如果示波器 FFT 测量的点数不够，只有几个 2 次幂，FFT 测量选项就会明显受限。德国惠美 HMO 系列示波器在 FFT 分析时，性能俱佳，都具有 65536 个点，同时也能进行综合的游标测量。带 FFT 的 HMO 示波器，如果与像 HMF2550 那样的高质量信号发生器组合，也能测试放大器的总谐波失真。软键菜单让您通过游标容易测量谱线。此外，通过在 Y 轴刻度菜单上 V_{eff} 选项的有效值显示，简化操作过程，来确定所需的值。