

混合信号示波器

混合信号示波器，简称 MSO (Mixed-signaloscilloscopes)。混合信号示波器这个称呼沿袭了原 HP(今 Agilent)在 1996 年推出 54645D 时的说法，当时混合信号 mcu 正在兴起，HP 正是看好这个机会才推出了混合示波器，当时 HP 的宣传是，首先它是一台示波器，其次还能添加逻辑分析功能。

下面是 54645D 基本性能：

Dual-channel 100-MHz scope with 200 MSa/s

1 MB of memory per scope channel

6 logic timing channels with 400 MSa/s on 8 channels (2 MBmemory/ch)

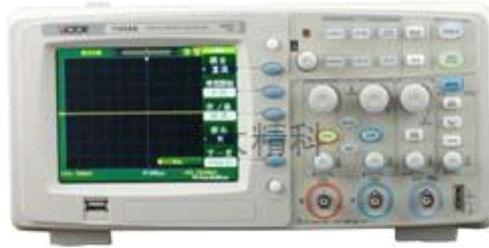
200 MSa/s on 16 Channels (1 MB memory/ch)

Ideal for debugging 8- or 16-bit microcontroller systems

MEGA-Zoom technology for easy-to-use responsive deed memory

Simple easy-to-use controls

Powerful triggering



VC1100AN 数字存储示波器

可是在之后的 10 年时间内只有 Agilent 一家在推 MSO，别的示波器厂家似乎无动于衷，就是 Agilent 自己也只是从 Mega-Zoom1 进化到 Mega-Zoom2。直到 2006 年 Tektronix 推出 MSO4000，经过铺天盖地的宣传，MSO 才逐渐得到了重视，所有厂家的热情似乎也被点燃。大家争相推出新的型号，完整的低速串行协议的触发和解码功能也被引进，逻辑分析的功能得到了大大的加强。

主要的混合信号示波器

目前除了传统的示波器 4 强，一些新兴的厂商也推出了 MSO，比如国内的 rigol,Owon,德国的 Hameg，更有厂商推出了基于 PC 的 MSO。这里将市场上主流的 MSO 列举出来，做个比较，以便大家在选购，使用的时候参考。

作为 MSO 的鼻祖，Agilent 在这个市场上独舞了 10 年之久，这种情况在示波器史上也是非常罕见的。当然，在 Agilent 独舞期间推出的 MSO 跟眼下流行的 MSO 在功能上还是有一些差距，尤其是逻

辑分析能力和串行总线的触发和解码方面。但是 Agilent 在 2004 年推出的 MSO6000 几乎一举扭转了人们对 MSO 的映像,除了 6.3 寸的屏幕显得还有点不足以外,相对于采用 MegaZoom 2 技术的 546xxD 在性能方面做出了很大的改进,并将为人诟病的 5462xD 的 200Msps 采样率一举提升到 2Gsps。

标配 2 Mpts MegaZoom III 深存储器 可升级到 8 Mpts

更新速率高达 100k 波形/秒、256 级亮度的高分辨率 XGA 显示器

15 ps rms 触发动抖

可快速响应的 MegaZoom III 深存储器

16 个在时间上与示波器通道相关联的数字通道

在所有模拟通道和数字通道上均可进行码型和混合信号触发

用于 Xilinx 和 Altera 的 FPGA 动态探头应用选件 Xilinx

用于 Altera 的 FPGA 动态探头应用选件 Altera

I2C, SPI, CAN, LIN 和 USB 触发标准和提供的解码选件

CAN、LIN 和 FlexRay 自动串行 触发和解码选件

2 Agilent MSO7000

HP/Agilent 的示波器一直给人一种笨重的感觉,2007 年 Agilent 终于痛下决心,推出了轻盈的 7000 系列示波器,一举改变了用户对 Agilent 示波器的印象。当时 7000 系列的口号就是“博大精深”,此言不虛。7000 基本上是 6000 的改良版本,除了显著加大了存储深度以外,就是外型的大变化,身材变得非常轻薄,但显示屏却高达 12.1

寸。带宽方面只有 350M/500M/1G 3 个版本可选。

标准 8 Mpts MegaZoom III 深存储器

具有 256 级灰度的 12.1 英寸 XGA 显示屏，可以显示微小的信号细节

业界最快的、高达每秒 100000 次波形更新速率，轻松显示偶发事件

串行解码包括：I2C、SPI、CAN、LIN、RS-232/UART 和 FlexRay

用于 Xilinx 和 Altera 设备的内核辅助 FPGA 调试

分段存储

矢量信号分析软件 89601A

可在电脑上进行离线分析，以及查看先前采集到的数据

3 Agilent Infiniium8000

Inifiniium 8000 是 Agilent 推出的一款高性能示波器，当然了价格不菲。由于采用了新一代 MegaZoom 技术，深存储高达 128 Mpts，配上高清晰显示屏，用户可以轻易查看细微的异常信号，并对信号细节展开分析。基于 Windows 架构，内置丰富的应用分析软件，可以进行眼图，抖动测试，并能用作 USB，以太网的性能验证和一致性测试。

1 Mpts 标准存储器深度，带有 128 Mpts 选件 高达 128 Mpts 的选件

XGA 彩色显示屏，256 个亮度级

可进行拖放测量的触摸屏

矢量信号分析选件

16 个数字通道，与 4 个示波器通道在时间上关联

在所有模拟和数字通道上的码型和混合信号触发

用于 Xilinx 和 Altera 的 FPGA 动态探头软件选件

数字总线活动的模拟图表

I2C 和 SPI 解码选件

CAN 串行解码选件

USB 和以太网一致性测试软件选件

开放式 Windows® XP Pro 操作系统

4 Tektronix MSO2000

Tek 在 08 年发布了低端的 MSO 产品 MSO2000，成为目前市场上价格最低的入门级混合信号示波器，体积也是本次对比中最小的。继承了 MSO4000 的突出特性，提供 Wave Inspector，便于查找和浏览长记录信号。提供 I2C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN 的触发和解码以及搜索。标配每通道 1M 的存储深度，但 5k 波形/秒的刷新率为本次最低。

5 Tektronix MSO4000

就是这一系列的产品，点燃了业界对 MSO 的热情。最大的创新是引入了 Wave Inspector 功能，具有 Wave Inspector 功能按钮的前面板也成为 4000 的一个鲜明标志。在提供 10.4 寸大屏幕显示的同时，入深只有 5.4 寸。在最高 5Gps 的采样率下标配每通道 10M 的存储深度。并将 Tek 在逻辑分析仪方面的 MagniVu 引入进来，提供高达

16.5Gbps 的采样率，但在此模式下存储深度只有 10k。提供 I2C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN 的触发和分析选项。具有 200ps 的毛刺检测能力，以及低至 60ps 的数字通道偏斜。示波器则提供了完整的 HDTV 解决方案。

6 Yokogawa DLM2000

DLM2000 是 Yokogawa 面向低端推出的一款 MSO 解决方案，外观秉持了横河的一贯特点。尽管定位低端，但 DLM2000 表现出了非常强悍的性能。最高 125M 的存储深度为本次对比之最，并提供了不妥协的最高 2.5Gbps 的采样率，以及 20k 波形/秒的更新率。至于提供的带宽限制也是非常丰富，多达 14 级，这可以让用户选择最合适的本底噪声。虽然最高带宽只到 500M，但依然配备了强大的分析功能，最多同时测量 20 个参数，并做出参数的直方图，趋势图，FFT 的分析长度高达 250k。同时也是唯一一款在低端也给出了抖动测试能力的 MSO，可作抖动直方图。显示插值上除了常见的正弦和线性插值外，还给出了 pulse(脉冲) 插值方式。

除了鲜明的外观，DLM2000 所提供的 MSO 方式也非常的奇特，是 3 ch analog + 8-bit logic 模式，通道 4 可以在一个模拟输入和 8 个逻辑输入之间任意切换。独有的历史记录和回放功能，可以通过面板上的功能键快速实现，最多可录取 20k 帧画面，藉此用户可以方便的实现长时间无人值守测试和发现罕有的不良现象。触发功能除了常见的沿，宽度，状态触发并对其进行了加强，以及数字通道的 I2C,SPI,UART,CAN,LIN 触发外，还提供了独有的 B trigger 功能。由

于具有最高达 125M 的存储深度，在捕获信号的搜索方面也做出了加强，提供了标准的搜索、放大功能，并在前面板设置了快捷键。

7 Yokogawa DL9000 MSO

DL9000 MSO 系列是横河的高端方案，基于其顶级的示波器 DL9000 系列，采用了 ADSE 引擎，获得了良好的响应和运算速度。除了具备 DLM2000 的所有功能外，DL9000 提供了更丰富的触发功能，分组波形显示以及虚拟的 AD，DA 功能，增强的波形搜索功能。当然了，DL9000 可以做眼图和模板测试。对于低速串行总线，不光可以触发还能进行解码。

8 LeCroy WaveSurfer MXs 和 LeCroy WaveRunner MXi

LeCroy 推出的 MSO 解决方案是采用外挂的逻辑通道选项，所以目前也只有 LeCroy 在超过 2G 带宽的示波器上还提供 MSO。WaveSurfer 是基于 Windows 架构的，标配触摸屏，带宽 200M~1G 的示波器。Wavesurfer 的一个显著特点是加入了 WaveScan 功能，可以便捷的搜索捕获到的信号，搜索条件几乎可以任意设定。由于标配触摸屏，很多以前要在前面板完成的操作，现在可以便捷的通过屏幕进行，比如快捷的配置采样率，存储深度。示波器通道标配 10M 的存储深度，逻辑通道则是 50M，另，逻辑通道支持最高 2Gsp/s 的采样率，以及 500M 的带宽。定位与中端的 Wavesurfer 有着 LeCroy 的典型血统，分析能力特别的强，运算能力也是非常强悍，甚至内嵌 Matlab，无须切换到 Matlab 环境。

支持 I2C, SPI, UART/RS-232, LIN, CAN 的触发和解码。

标配 12.5M，最大 25M 的存储深度。低速串行触发和解码相对

WaveSurfer 增加了 Flexray。WaveRunner 的带宽为 400M~2G。但目前 LeCroy 已在其网站删除了这款示波器的资料，继而用基于第四代示波器平台的 WaveRunner MXi-A 代之。与 MXi 比起来在规格上并没有太大变化，变化在于采用新的 X-Stream™ II 硬件结构，提高了采集和显示速度；第四代示波器的鲜明特征之一 TriggerScan™ 偶发事件捕获技术，改善了调试和分析功能；并采用 Intel® Core™ 2 Duo 处理器，据说与竞争对手的产品相比，在深存储分析和串行数据解码方面，速度提高了 40-70%。

9 Hameg HMO3524

Hameg 是测试巨擘 R&S 旗下的子公司，是一家独立的侧重于 EMI 测试的厂商，同 RS 一样示波器并不是其强项，但去年 Hameg 还是推出了混合信号示波器，打破了以模拟示波器为主的局面。这款 MSO 的特点如下：

4GSa/s Real time, 350MHz bandwidth.

MSO (Mixed Signal Opt. HO3508) with 8 /16 logic channels

Vertical sensitivity 1mV...5V/div. (into 1MΩ/50Ω), Offset control
±0,2...±20V

12div. x-axis display range

Trigger modes: slope, video, pulsewidth, logic, delayed, event

FFT for spectral analysis

6 digit counter, Autoset, automeasurement, formula editor

6.5" TFT VGA display, DVI output

10 Link instruments MSO_9212

Link Instrument 原是一家主要生产基于 USB 逻辑分析仪的厂商，在台湾的分部叫克拉克。USB 逻辑分析仪有着非常好的性价比，但通常难与示波器进行很好的交互，所以 Link 与去年也发布了基于 USB 的混合信号示波器，以便解决这个问题。

MSO_9212 带有 2 个模拟示波器通道以及 12 个逻辑通道，单次最高采样率 1Gsps，模拟带宽 200MHz。每通道 2M 样点的存储深度，触发方式除了常见的沿，宽度(毛刺)，电平外，还有脉冲计数和 12b 长的字以及 SPI, I2C 触发方式，并支持 SPI, I2C 的解码。FFT 的频谱分析带宽高达 500MHz。由于是基于 USB 的仪器，利用应用软件可以非常方便的利用 PC 的大屏幕显示器进行显示。另外对于需要定制化软件的用户还提供了 DLL 和 LabView 驱动。

总结与评测

虽然示波器是一种非常普遍的仪器，但混合信号示波器却并不普及，再加之示波器特有的复杂性，并非三言两语就能概括完毕。除了基于 PC 的仪器在性能上比台式仪器有明显差别外，4 家示波器厂商的产品在性能上并没有绝对的差距，区别在于大家各有侧重。Agilent 加强了 6000/7000 的波形更新率，并提供了 USB 总线的触发和解码功能。Tektronix 大有后来居上之势，标配了 Wave Inspector 功能，并率先推出了 422/485 触发和解码功能，在 4000 系列中更是提供了其高端逻辑分析仪的 MagniVu 功能，使得毛刺检测能力大大加强。Yokogawa 则保持了一贯在记录仪上的优势，配备了历史记录，回放

功能，并加强了搜索功能，分析能力也直追 LeCroy。LeCroy 则是突出了一贯的分析能力，外接的逻辑分析仪模块性能也是非常的强悍，几乎提供了混合信号示波器中最强的性能，最多的通道，并且是业界唯一一个在高带宽示波器上也提供逻辑分析选项的厂商。

下表给出混合信号示波器主要参数的比较。由于厂商的资料各有侧重，好多参数或指标均未明确给出，如果你关心的参数并未在对比表格中给出，请直接联系厂商，以获取翔实可信的资料。需要说明的是对于厂商宣传资料上给出的最大采样率，最深存储深度是有一定的条件限制的，比如最大的采样率一般是在单次采样模式，或者 Interleaving 模式下给出的。波形更新率也跟存储深度以及示波器的设置密切相关，另，要区分最大触发速率和实时波形更新率的概念。