



概述

OE2031/OE2041 是一款高频锁相放大器，具有卓越的微弱信号测量及大带宽测量能力，带宽测量范围为 DC 至 10 MHz(OE2031) / 80 MHz(OE2041)。

凭借最新数字信号处理技术和 250MSPS 14 位 ADC 高速模数转换器的优势，OE2031/OE2041 能够精准、快速、灵活地检测隐藏在强噪声中的有效信号成分。并且 OE2031/OE2041 在测量精度、信噪比、动态储备等关键性能指标上，均已达到国际领先水平，能广泛适用于科研和工业领域的多种需求。

参考信号通道

锁相放大器的参考信号可以采用仪器内部数字合成的参考信号，也可以根据用户实际需求由外部引入正弦波或方波信号。当 OE2031/OE2041 设置为内部参考信号模式时，仪器内部的高精度振荡器和数字合成算法将生成用于与输入信号相乘的正弦波信号，此时内部参考信号几乎不受相位噪声的影响。通过数字移相技术，参考信号的相位分辨率可达到 0.001deg。在这种模式下，OE2031/OE2041 可在 DC 至 10 MHz/80 MHz 的频率范围内正常工作。

当 OE2031/OE2041 设置为外部参考信号模式时，正弦波信号和 TTL 逻辑电平均可作为外部参考信号，这一信号会被内部数字锁相环锁定。基于参考信号的频率，OE2031/OE2041 可以对信号同频及其谐波进行检测，最大谐波信号频率可达基频的 10000 倍，但最大谐波频率不能超过仪器最大工作频率的 10 MHz/80 MHz。

特征参数

- 测量范围：DC - 10 MHz/80 MHz
- 满量程灵敏度：1 nV - 2 Vrms
- 输入噪声：低至 $3\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- 时间常数：100 ns - 3 ks
- 动态储备：>120 dB
- 多达 6 个解调器
- 示波器、频谱分析、PID 控制器、AM/FM 调制解调、Sweeper 扫描仪

输入信号通道

OE2031/OE2041 可检测单端模式或差分电压模式的输入信号。通过超低噪声前置放大器，输入噪声低至 $3\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ @1 MHz。输入阻抗为 50Ω or 10 MΩ，满量程输入电压灵敏度范围为 1nV 至 2Vrms。

可编程增益放大器用于调整系统的动态储备，因此 OE2031/OE2041 可以保持 120 dB 的高动态储备。高精度 14 位 ADC 的采样率为 250MSPS，ADC 前端出色的抗混叠滤波器（阻带衰减>100dB）可有效防止信号混叠。

数字解调器与输出滤波器

OE2031/OE2041 的关键部件是数字解调器。与传统的模拟锁相放大器相比，OE2031/OE2041 的内部数字解调器可有效抑制直流漂移和偏移引起的测量误差。此外，通过优化数字解调器内部相干信号的乘法运算，可将计算误差降至最低，从而使仪器能够准确检测输入的微弱信号。OE2031/OE2041 拥有 6 个双相解调器，时间常数可在 100ns 到 3 ks 范围内灵活设置（50 μHz 至 1.6 MHz），可选择 6、12、18、24、30、36、42 和 48 dB/oct 滚降（1 到 8 阶）。该低通数字滤波器是通过采样率为 250MHz 的高性能数字滤波器实现的。

OE2031/OE2041 中使用的数字解调和低通滤波器保证了高动态储备（>120dB）和精确的相位（相位误差 <1deg）。此外，当输入信号的频率低于 1 MHz 时，同步滤波器能快速消除信号谐波的影响，确保仪器在快速响应的同时，准确检测低频信号。

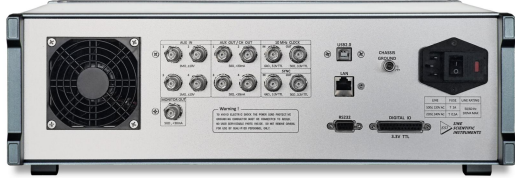
Digital Lock-In Amplifier

OE2031/OE2041 -高频锁相放大器

V251126

辅助输入输出

OE2031/OE2041 具有任意辅助输入和输出接口。AUX-IN 端口可测量低于 10V 的电压，其采样率为 312.5 kSPS。AUX-OUT/CH-OUT 的刷新率位 1 Msp/s 可以输出 X、Y、R、 θ 值和任意直流电压。此外，OE2031/OE2041 还有 CLK-IN、CLK-OUT、TRIG IN、TRIG OUT 和模拟镜像输出端口。

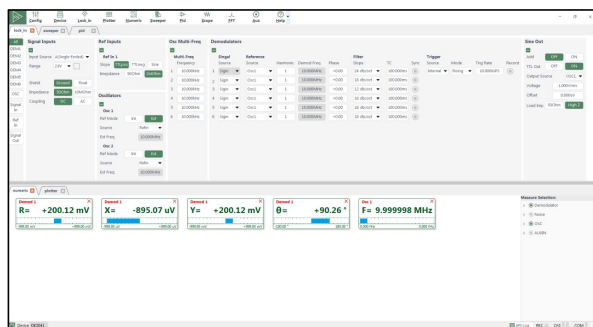


内部振荡器

OE2031/OE2041 的 2 个内部振荡器可产生 DC 至 10 MHz/80 MHz 的低失真 (-75 dBFS) 正弦参考信号，频率分辨率高达 1 nHz。参考信号的频率和振幅可通过 OE2031/OE2041 的前面板或通信接口进行设置。当 OE2031/OE2041 设置为外部参考模式时，内部参考信号与外部参考信号锁相。

远程操作

OE2031/OE2041 配套图形化上位机软件，拥有快捷图形按钮及丰富的图形操作功能。此外，本软件具有清晰的数值显示和波形显示功能，可实时显示测量数据，测量结果可以采用 excel 格式输出保存，供后续的专业软件进行分析，让测量更得心应手。此外，我们还全面支持 Python、MATLAB 和 LabVIEW 应用程序接口 (API)。

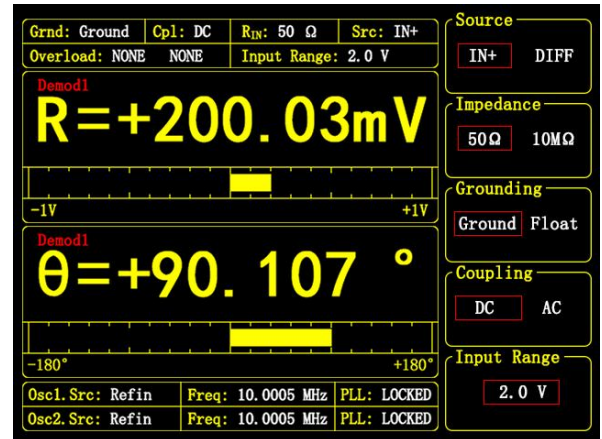


通讯接口

OE2031/OE2041 拥有 USB2.0、千兆网口以及标准 9 针 RS232 串口。通过各个通讯接口，用户能够在控制计算机上有效地使用 OE2031/OE2041 的所有测试功能，设定仪器的合理控制参数和读取仪器所测的数据。

彩色显示屏

OE2031/OE2041 配备了一块 5.6 英寸的 TFT-LCD 彩色显示屏，作为仪器的主要显示界面，并可通过键盘实现对仪器的全方位独立控制。该仪器所能够检测到的数据，例如：信号的 X 值、Y 值、R 值、 θ 值，可通过数值图、条形图、全数据显示等方式来显示。



信号发生器

OE2031/OE2041 利用 16 位高精度数模转换器 (DAC) 输出与内部参考信号频率相同的正弦波信号，正弦波的最大振幅为 2V_{rms}，精度为 0.1 μ V_{rms}，频率范围为 DC 至 10MHz/80MHz。输出正弦波的振幅和相位可通过 OE2031/OE2041 的显示屏进行设置。

人工操作

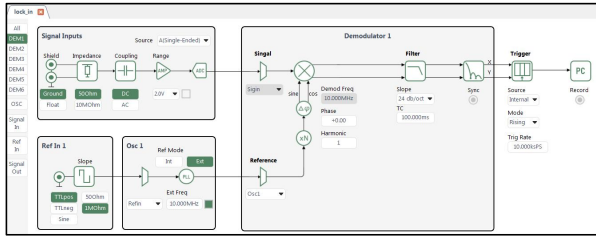
OE2031/OE2041 可以使用前面板上的软键，搭配旋钮实现方便快捷的参数调整，如调整内部参考信号的频率与相位。

自动功能

OE2031/OE2041 可以根据输入信号的不同，自动调节为不同的最佳工作状态，如自动量程调节、自动设置滤波器参数、自动相位补偿调节和自动输出偏置调节。

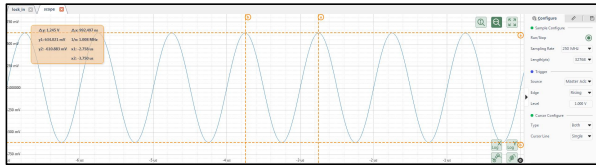
流程框图操作界面

OE2031/OE2041 上位机可选择流程框图模式展现锁相放大器配置。流程框图可为用户提供仪器内部硬件与算法结构的流程图，方便用户理解各个参数的作用。



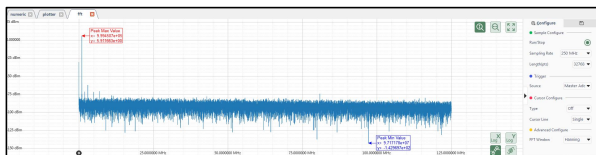
示波器功能

示波器功能具有 1 个信号通道，可选信号输入、参考输入、信号输出、辅助输入输出等信号，具备多种触发方式，为用户实时显示时域信号。每个通道最多 262144 采样深度，最高 250MSPS 采样率。



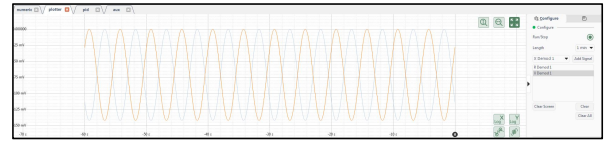
FFT 频谱分析

FFT 频谱分析功能基于示波器捕捉的波形，分析信号的频域信息。根据采样速率和采样深度的不同，频谱分析的频率分辨率范围约在 0.01Hz - 950Hz。



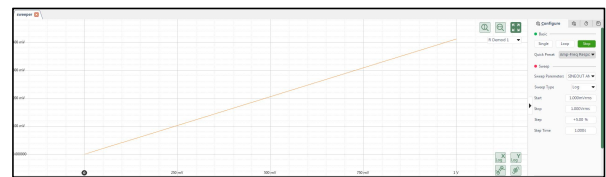
Plotter 绘图仪

绘图仪功能可以滚动显示时域数据的变化图形，灵活缩放水平轴和垂直轴，增加不同的测量值显示，切换线性/对数坐标，显示当前波形的最大最小值等，功能丰富。



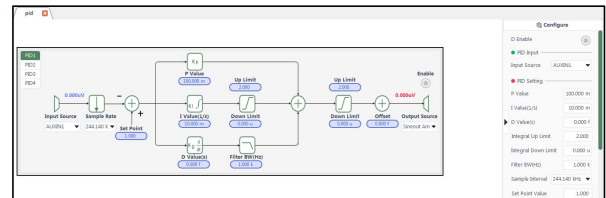
参数扫描仪

参数扫描仪为用户提供方便的快速扫描，实现频率响应、幅度响应等曲线的即时绘制，并提供了单次或循环扫描的模式。



PID 控制器

OE2031/OE2041 内置独立 2 通道数字式 PID 控制器，采样率最高达 3.9 MSPS。PID 控制器与锁相放大器紧密衔接，可根据解调器的测量值控制输出信号的幅度、相位、频率等信号，实现多种受控量的精确调控。



输入信号通道

输入模式	单端输入/差分输入
满量程灵敏度	1 nV 至 2 Vrms
输入阻抗	50 Ω // 10pF 或 10 M Ω // 10pF
输入耦合	交流或直流耦合
共模抑制比	>80 dB(<100 kHz) >70 dB(@1 MHz)
动态储备	120 dB
增益精度	标准 0.5%(<1 MHz), 最大 3%
噪声	3.5 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @100 kHz 3 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @1 MHz
输入屏蔽接地	BNC (IN+, IN-)屏蔽层可直接接地 或者通过 1k Ω 电阻接至浮地

参考信号通道

输入	
频率范围	DC 至 10 MHz/80 MHz
参考输入	方波或正弦波
输入阻抗	50 Ω // 10pF 或 1 M Ω // 10pF
相位	
分辨率	1 μdeg
相位误差	典型 1 deg(<1 MHz), 最大 5 deg
温漂	<200ppm/ $^{\circ}\text{C}$
谐波检测	1~10000 (OE2031: nF < 10 MHz; OE2041: nF < 80 MHz)
采集时间	
内部参考	即时采集
外部参考	100 个周期+ 5 ms

解调器

解调器数量	6
解调器位数	64 位
稳定性	
数字输出	所有设置均无零点漂移
显示	所有设置均无零点漂移
模拟输出	<200ppm/ $^{\circ}\text{C}$
时间常数	100 ns 至 3 ks (6,12,18,24, 30,36, 42,48 dB/oct 陡降)
同步滤波器	低于 1 MHz 且陡降大于 18 dB/oct 有效

内部振荡器

数量	2
精度	0.3 ppm
温度稳定性	0.5 ppm/ $^{\circ}\text{C}$
相位噪声	-145 dBc/Hz (@1kHz)
输出频率	
范围	DC 至 10 MHz/80 MHz
精度	2 ppm + 1 μHz

失真	-75 dBFS (f=100 kHz), -60 dBFS (f=1 MHz)
正弦幅值	1 μV 至 2 Vrms
误差	典型 0.5% (f<1MHz), 最大 3%
温度稳定性	<200 ppm/ $^{\circ}\text{C}$
驱动能力	± 70 mA max
输出阻抗	50 Ω
TTL 同步输出	3.3V TTL/CMOS 电平
外部偏置叠加接口	可输入-10V 至 10V 电压信号

显示

屏幕	5.6 英寸 640 $\times$ 480 TFT 彩色液晶屏
屏幕格式	双栏动态图或全数据显示
显示值	每个通道均可显示 X,Y,R, θ 值
显示类型	数字显示图, 条形图

辅助输入与输出

AUX 输入	
功能	4 通道输入
电压	± 10 V, 0.3 mV 分辨率
输入阻抗	1 M Ω
AUX 输出	
功能	4 通道输出
电压	± 10 V, 0.3 mV 分辨率
驱动电流	± 30 mA max

接口

USB2.0	USB2.0 高速通讯接口
RS-232	标准 9 阵 RS-232 母插座
千兆网口	千兆网络通讯接口

其他

电源要求	
电压	100~240V AC
频率	50/60 Hz
功率	典型 50W 最大不超过 70 W
电源噪声抑制	70dB@1MHz
尺寸	
宽度	448 mm
深度	
包括提手	513 mm
不含提手	470 mm
高度	
包括支脚	148 mm
不含支脚	133 mm