



概述

OE1022 是一款高精度锁相放大器，具有卓越的微弱信号测量能力，带宽测量范围为 1 mHz 至 102 kHz。凭借最新数字信号处理技术和高精度 24 位 ADC 优势，OE1022 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。OE1022 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。

此外，OE1022 还集成了多谐波测量和 FFT 频谱分析等特殊功能，能广泛适用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 OE1022 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 1μdeg。在这种模式下，OE1022 可以在 1 mHz 至 102 kHz 的频率范围内正常工作。

当 OE1022 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，OE1022 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 32,767 倍，但最大谐波频率不能超过仪器的测量带宽上限。

特征参数

- 频率范围：1 mHz - 102 kHz
- 满量程灵敏度：1 nV - 1 V
- 时间常数：10 μs - 3 ks
- 动态储备：>120 dB
- 多谐波同步测量
- 附带 FFT 频谱分析功能

输入信号通道

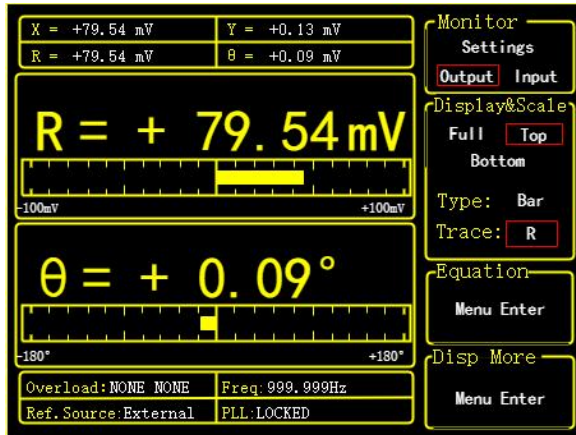
OE1022 可检测单端模式或差分电压模式的输入信号。通过超低噪声前置放大器，输入噪声低至 $5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}@997\text{ Hz}$ 。输入阻抗为 10 MΩ，满量程输入电压灵敏度范围为 1nV 至 1V。此外，OE1022 还可在 10^6 V/A 或 10^8 V/A 的增益下进行电流测量。两个陷波器 (50/60 Hz 和 100/120 Hz) 用于消除电源频率干扰。可编程增益放大器用于调整系统的动态储备，因此 OE1022 可以保持 120 dB 的高动态储备。高精度 24 位 ADC 的采样率为 312.5kSPS，ADC 前端出色的抗混叠滤波器可有效防止信号混叠。

数字解调器与输出滤波器

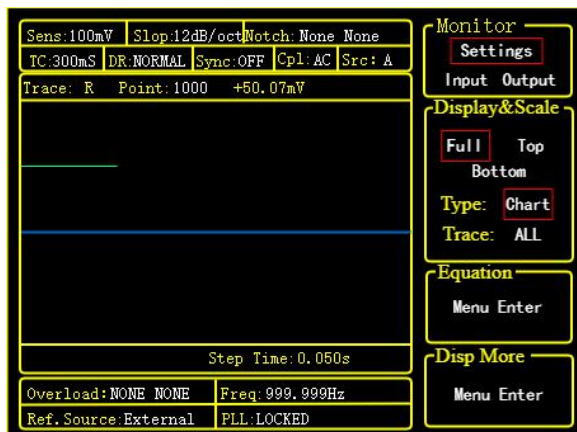
OE1022 的关键部件是数字解调器。与传统的模拟锁相放大器相比，OE1022 的内部数字解调器可有效抑制直流漂移和偏移引起的测量误差。此外，通过优化数字解调器内部相干信号的乘法运算，可将计算误差降至最低，从而使仪器能够准确检测输入的微弱信号。时间常数可在 10 μs 至 3ks 范围内灵活设置，可选择 6、12、18 或 24dB/oct 滚降。该低通数字滤波器是通过采样率为 312.5 kHz 的高性能数字滤波器实现的。OE1022 中使用的数字解调和低通滤波器保证了高动态储备 (>120dB) 和精确的相位 (绝对相位误差 < 1deg)。此外，当输入信号的频率低于 200 Hz 时，同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。

彩色显示屏

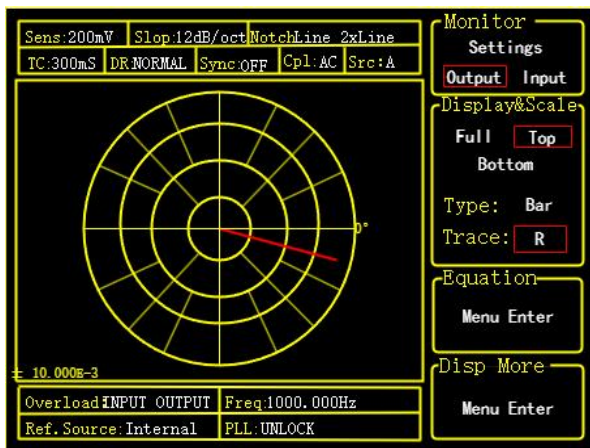
OE1022 配备了一块 5.6 英寸的 TFT-LCD 彩色显示屏。该仪器所能检测到的数据，例如：信号的 X 值、Y 值、R 值、 θ 值，可同时以数值、条形图、XY 坐标图、极坐标显示等来显示。



在 X-Y 图中，OE1022 显示测量结果随时间变化的趋势，并可使用旋钮控制光标检查数值。

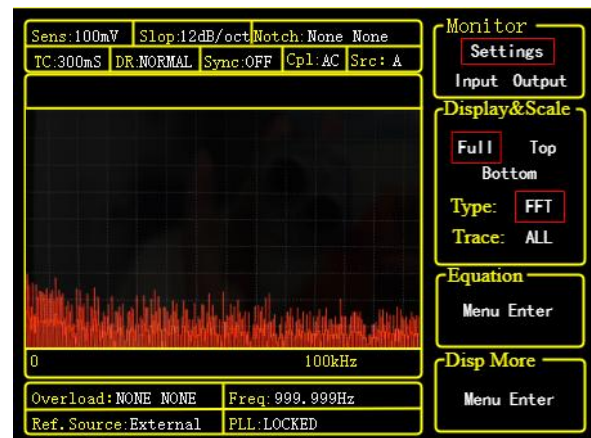


此外，OE1022 还可以使用极坐标显示输入信号的同相分量和正交分量。所有这些显示模式都可以通过手动或自动操作轻松调整。



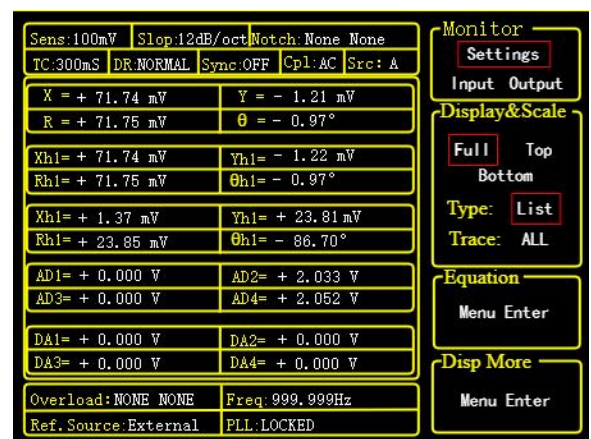
FFT 频谱分析

FFT 频谱分析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 1 mHz-102 kHz。



多谐波同步测量

传统的锁相放大器中，同一时间只能测量基频信号或者某个谐波信号分量。因此对于某些需要同时测量多个频率分量的幅值及相位的情况，传统锁相放大器无法满足测量要求。OE1022 的数字端将 FPGA 与 ARM 技术相结合，实现更高的处理带宽及更灵活的数字架构，数字处理精度可达到 48 位，可以同时进行 3 种频率的谐波的测量，使得 1 台 OE1022 相当于 3 台传统锁相放大器。检测到的最大谐波信号频率可以到达基频的 32,767 倍，但最大谐波频率不能超过仪器的工作频率 102 kHz。

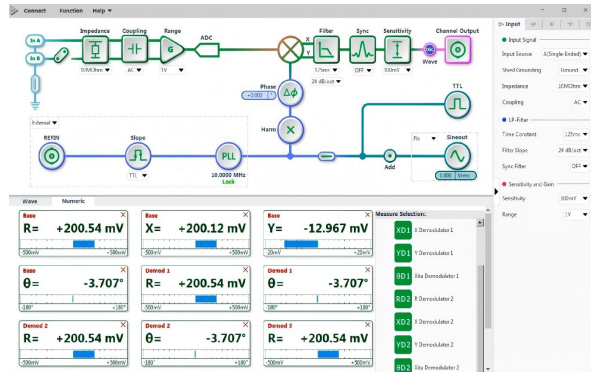


内部振荡器

OE1022 的内部振荡器可产生 1 mHz 至 102 kHz 的低失真 (-80 dBc) 正弦参考信号，频率分辨率高达 1 mHz。参考信号的频率和振幅可通过 OE1022 的前面板或通信接口进行设置。当 OE1022 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

OE1022 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，让测试得心应手。此外，我们还全面支持 Python、MATLAB 和 LabVIEW 应用程序接口（API）。



人工操作

OE1022 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。

信号发生器

OE1022 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。输出正弦波的振幅和相位可在 OE1022 的 REF PHASE 按键菜单内进行设置，正弦波的最大振幅为 5 Vrms。

自动调节功能

OE1022 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，如自动灵敏度调节、自动动态储备调节、自动移相调节和自动刻度调节。

通信接口

OE1022 标配 RS-232 转 USB2.0 接口，可选 GPIB 接口。通过通信接口，可以控制仪器所有功能，实时读取所有数据。同时，OE1022 的所有接口都分布在前面板和后面板上。

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 - 1 V (电压输入) 1 fA - 1 μ A (电流输入)
电流输入增益	10^6 或 10^8 V/A
输入阻抗	
电压	10 M Ω // 25pF, 交流或直流耦合
电流	1k Ω 到虚拟地
共模抑制比	>100 dB 至 10 kHz 以 6dB/oct 减少
动态储备	>120 dB
增益精度	标准 0.2%, 最大 1%
电压噪声	5 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @997 Hz
电流噪声	15 fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @97 Hz 13 fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @997 Hz
陷波器	50/60 Hz 和 100/120 Hz
输入屏蔽接地	BNC (A/I, B)屏蔽层可直接接地 或者通过 10 k Ω 电阻接至浮地

参考信号通道

输入	
频率范围	1 mHz - 102 kHz
参考输入	方波或正弦波
输入阻抗	1 M Ω //25 pF
相位	
分辨率	1 μ deg
绝对相位误差	<1deg
相对相位误差	<0.01deg
温漂	<0.01deg / $^{\circ}$ C (低于 10 kHz) <0.1deg / $^{\circ}$ C (高于 10 kHz)
谐波检测	2F, 3F, ...nF 至 102 kHz (n<32,767)
采集时间	
内部参考	即时采集
外部参考	(2 个周期+ 5 ms) 或者 40 ms

解调器

解调器数量	3
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	所有动态储备设置小于 5 ppm/ $^{\circ}$ C
谐波抑制	-90 dB
时间常数	10 μ s 至 3 ks (<200Hz) 10 μ s 至 30 s (>200Hz) (6, 12, 18, 24 dB/oct 陡降)
同步滤波器	低于 200 Hz (18,24 dB/oct 陡降有效)

内部振荡器

输出频率	
范围	1 mHz - 102 kHz
精度	2 ppm + 10 μ Hz
分辨率	1 mHz
失真	-80 dBc (f<10 kHz), -70 dBc (f>10 kHz)
正弦幅值	100 μ Vrms - 5 Vrms
误差	典型 0.5%(f<10 kHz),最大 1%
温度稳定性	100 ppm/ $^{\circ}$ C
正弦输出	正弦信号, 输出阻抗 50 Ω
TTL 同步输出	5V TTL/CMOS 电平 输出阻抗 200 Ω

显示

屏幕	5.6 英寸 640 $\times$ 480 TFT 彩色液晶屏
屏幕格式	单通道或双通道显示
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, XY 坐标图和极坐标图

辅助输出

CH1 和 CH2	
功能	输出 X,Y,R, θ 和谐波
幅值	± 10 V
驱动电流	± 30 mA max
输出速率	312.5 kSa/s

接口

USB2.0	RS-232 转 USB2.0 接口
IEEE-488 接口(可选配件)	

其他

电源要求	
电压	100/120/220/240 VAC
频率	50/60 Hz
功率	典型 30W 最大不超过 40 W
尺寸	
宽度	448 mm
深度	
包括提手	515 mm
高度	
包括支脚	148 mm
重量	8 kg