



概述

OE1311\OE1351\OE1301 模块锁相放大器是目前最新款的核心技术产品，是一款高性能、高性价比的测量仪器。基于数字调制、输出滤波器以及高精度 24 位数模转换器(ADC)，采用全新 Zynq 架构，能够精确、快速测量出淹没在大噪声中的有效信号分量。

而且，OE1311\OE1351\OE1301 锁相放大器能够同时测量输入信号的幅度和相位信息，在测量精度、工作频率范围、信噪比、动态储备等核心参数方面，均与国际同行业的顶尖技术相媲美。同时新开发了多谐波测量、示波器、FFT 频谱分析等功能，使得 OE1311\OE1351\OE1301 功能可以满足多种科研及工业用途。

滤波器

OE1311\OE1351\OE1301 的时间常数可以设定在 1 μ s 至 3ks 之间。输出低通滤波器的滚降速率可设定为 6、12、18、24、30、36、42 和 48 dB/oct。这款低通数字滤波器是利用无限脉冲响应 (IIR)滤波器结构实现的，其信号处理的采样率为 4 MHz。OE1311\OE1351\OE1301 采用的数字调制方法和滤波器结构，保证其相对于模拟锁相放大器来说拥有更高的动态储备 (>120dB)、精确的相位 (绝对相位误差<1deg)、零直流漂移和良好的正交性。此外，在输入信号的频率低于 1 kHz 时，OE1311\OE1351\OE1301 还会使用同步滤波器来消除参考信号的谐波影响，保证仪器能够快速检测出有效的低频信号。

信号发生器

OE1311\OE1351\OE1301 基于 16 位数模转换器 (DAC)，能够产生频率范围在 1 μ Hz 到 100 kHz\500 kHz\1 MHz 之内的正弦波信号，其信号的幅值和相位与仪器内部的振荡器有关，可以通过仪器的控制目录能够设定仪器所产生的正弦信号的幅值。OE1311\OE1351\OE1301 的信

特征参数

- 带宽测量范围：1 μ Hz -100kHz\500kHz\1MHz
- 满量程灵敏度：1 nV - 5 V
- 时间常数：1 μ s - 3 ks
- 动态储备：>120 dB
- 相位/幅值自动调节
- 同步多谐波测量
- 频谱分析、示波器

输入信号通道

锁相放大器 OE1311\OE1351\OE1301 中所采用的低噪声模拟前端放大器能够有效地处理差分信号或者单端信号，其等效输入噪声为 5nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 。本通道的输入阻抗为 10M Ω ，满量程灵敏度为 1nV 至 5V。此外，OE1311\OE1351\OE1301 能够应用于输入电流信号的测量，其前端电流增益为 10⁶ V/A。OE1311\OE1351\OE1301 的动态范围可以达到 120dB 以上，其可以根据输入信号的幅度来调节内部的可编程的增益放大器以改变整个系统的动态储备。高精度的 24 位 ADC 的采样率为 4MSPS，在 ADC 前面的抗混叠滤波器能够有效地防止信号混叠。

参考信号通道

OE1311\OE1351\OE1301 数字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。

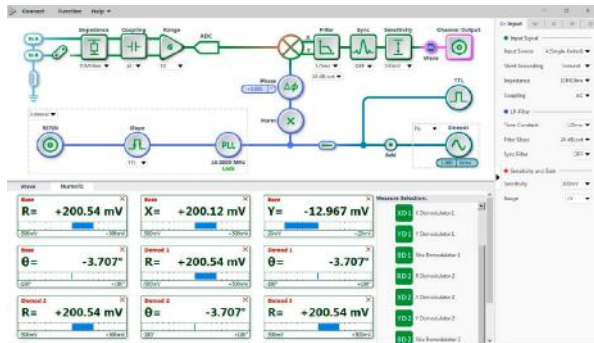
当 OE1311\OE1351\OE1301 设定为内部参考信号模式时，仪器内部的高精度振荡器和数字合成算法能够产生用于和输入信号相乘的正弦波信号，此时的内部参考信号几乎不会受到相位噪声的影响。利用数字移相技术，内部参考信号的相位能够达到 1 μ deg 的分辨率。本仪器的内部参考信号模式能够在 1 μ Hz 至 100 kHz\500 kHz\1 MHz 的频率范围内正常工作。

此外，OE1311\OE1351\OE1301 也能够使用外部参考信号模式，正弦波信号和 TTL 逻辑电平可作为外部参考信号。外部参考信号的上升沿或者下降沿会触发内部的数字锁相环 (DPLL)。基于参考信号的频率，OE1311\OE1351\OE1301 可以对信号谐波进行检测，其所能检测到的最大谐波信号频率是基频的 65535 倍，但最大谐波频率不能超过仪器的工作频率 100 kHz\500 kHz\1 MHz。

号发生器所能产生的正弦波信号的最大幅值为 5 Vrms。

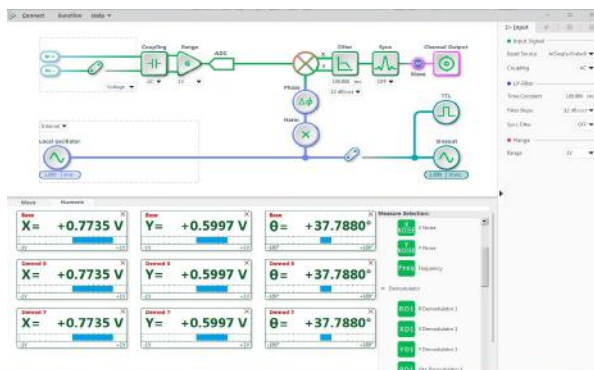
PC 软件操作

OE1311\OE1351\OE1301 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)。



多解调器

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。因此对于某些需同时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。OE1311\OE1351\OE1301 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，可最多同时以 8 个任意频率分析信号输入。8 个解调器可自由配置幅值和相位，实现线性组合。

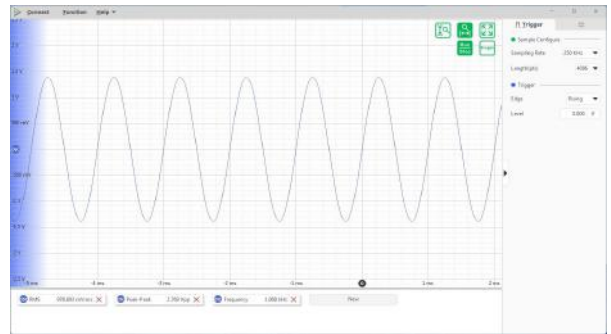


接口

OE1311\OE1351\OE1301 的接口标准为 1000Mbps RJ45 网口和 RS232 串口 (可选 XH2.54-4PIN TTL 电平)。通过网口或者串口，用户能够在控制计算机上有效地使用 OE1311\OE1351\OE1301 的所有测试功能，包括设定仪器的合理控制参数和读取仪器所测的数据。

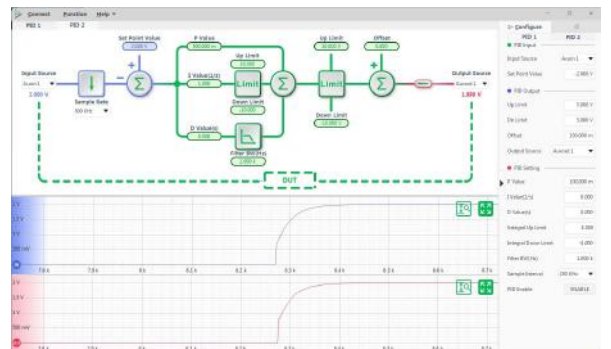
示波器

示波器具有一个 4 MSa/s 模拟输入通道，5 Vrms 输入电压范围以及用户可配置的 AC/DC 耦合和 10 MΩ 阻抗。



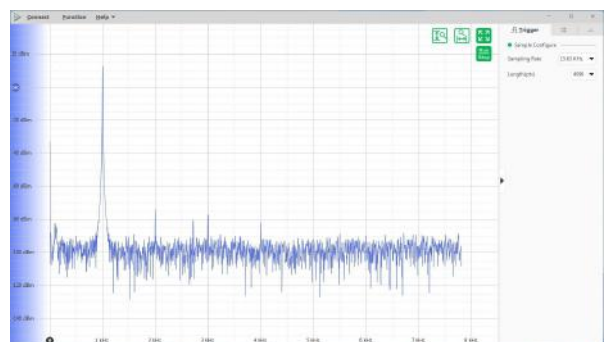
PID 控制器

OE1311\OE1351\OE1301 内置独立的 2 通道数字式 PID 控制器，得益于 FPGA 的高速运算能力，PID 的采样率最高达 4 MSa/s。PID 算法简单明了，各个控制参数较为独立，参数的选定较为简单。PID 提供稳定和精确的控制，能够很好地适应各种系统，并能有效处理系统动态变化，使其适用于广泛的应用领域。



FFT 频谱分析

频谱分析功能支持在频域中观察 DC 到 2MHz 输入信号。同时分辨率带宽低至 1 Hz，最小跨度为 100 Hz。



输入信号通道

电压输入模式	单端输入或差分输入
满量程灵敏度	1 nV - 5 V (电压输入) 1 fA - 5 μ A (电流输入)
电流输入增益	10^6 V/A
输入阻抗	
电压输入	10 M Ω // 10pF,
电流输入	直流耦合或交流耦合
共模抑制比	1k Ω 至虚地端 >70 dB (在 10 kHz 内), 之后以 6dB/oct 递减
动态储备	>120 dB
增益精度	典型值 0.2%, 最大值 1%
噪声性能	5 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @997 Hz (电压) 260 fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @997 Hz (电流)

参考信号通道

输入信号	
频率范围	1 μ Hz - 100 kHz (OE1311) 1 μ Hz - 500 kHz (OE1351) 1 μ Hz - 1 MHz (OE1301)
输入信号类型	TTL 逻辑电平或正弦波
输入阻抗	10 M Ω
方波参考电平	$V_{IH} > 3V, V_{IL} < 0.5V$
正弦参考信号	>1 Hz, >400 mVpp
相位	
分辨率	1 μ deg
绝对相位误差	<1deg
相对相位误差	<1mdeg
正交性	
内部参考	<0.0001deg rms@1 kHz
外部参考	0.005deg rms@1 kHz (时间常数为 100 ms, 12 dB/oct)
温漂	<0.01deg / $^{\circ}$ C (低于 10kHz) <0.1deg / $^{\circ}$ C (高于 10kHz)
谐波检测	2F, 3F, ...nF 至 1 MHz (n < 65,535)

采集时间

内部参考	即时采集
外部参考	(3 个周期 + 5 ms) 或 40 ms

解调器

数量	8
稳定性	
数字输出	所有设置均无零点漂移
模拟输出	所有动态储备设置 <5 ppm/ $^{\circ}$ C
谐波抑制	-75 dB

时间常数	1 μ s - 3 ks. 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 dB/oct 陡降
同步滤波器	低于 1k Hz 且大于 18dB/oct 陡降有效

信号发生器

频率	
范围	1 μ Hz - 100 kHz (OE1311) 1 μ Hz - 500 kHz (OE1351) 1 μ Hz - 1 MHz (OE1301)
精度	2 ppm + 10 μ Hz
分辨率	1 μ Hz
失真度	-80 dBc (f < 10 kHz), -70 dBc (f > 10 kHz)
幅度	100 μ Vrms 至 5 Vrms (分辨率: 10 μ Vrms)
误差	1%
温度稳定性	100 ppm/ $^{\circ}$ C
正弦输出	正弦信号, 输出阻抗为 50 Ω
TTL 同步输出	5V TTL/CMOS 电平 输出阻抗 200 Ω

AUX 输出

通道 1 和通道 2	
功能	输出 X,Y,R, θ , harmonics
幅度	± 10 V
阻抗	100 Ω

AUX 输入

功能	2 通道输入
幅度	± 10 V
阻抗	1 M Ω

通信接口

UART	RS232 (可选 XH2.54-4PIN)
网口	隔离式 1000Mbps RJ45 接口

其他

电源要求	
电压	12 V DC $\pm 5\%$
功率	标准 15W 最大不超过 24W

外形尺寸

长	180 mm
深	106 mm
高	44 mm