

TFG2900A 系列 函数/任意波形发生器

仪器简介

TFG2900A 系列函数/任意波形发生器采用直接数字合成技术（DDS），大规模集成电路（FPGA），采样速率达到 1.2GSa/s。具有优异的技术指标和强大的功能特性，使您能够快速地完成各种测量工作。7 英寸彩色液晶屏可以显示出波形图和各种工作参数，电容式触摸屏以及简单易用的键盘、旋钮更便于仪器的操作。

1. 主要特性：

- **输出通道：**具有四个独立的输出通道，四个通道特性相同。
- **频率特性：**频率精度 1ppm，分辨率 1 μ Hz
- **幅度偏移：**幅度和偏移精度 1%，分辨率 1mVpp。
- **内建波形：**具有正弦波、方波、指数、对数等 165 种波形。
- **方波锯齿波：**可以设置精确的方波占空比和锯齿波对称度。
- **脉冲波：**可以设置精确的脉冲宽度和边沿时间。
- **双脉冲波：**可以分别设置两个脉冲的脉冲宽度和两个脉冲之间的间隔时间。
- **相位特性：**可以设置输出信号相对于同步信号的相位和极性。
- **调制特性：**可以输出 FM、AM、PM、PWM、SUM、FSK、ASK 等 13 种调制信号。
- **猝发输出：**可以输出设定周期数的猝发信号和门控输出信号。
- **频率扫描：**可以输出线性频率扫描和对数频率扫描信号。
- **频率序列：**可以输出高速跳频的频率序列。
- **合成谐波：**可以合成多次谐波，各次谐波的幅度和相位可独立设置。
- **任意波形：**采用逐点输出方式，保证波形的任何细节不会丢失。
- **波形编辑：**任意波形编辑可以使用键盘编辑功能和计算机编辑软件。
- **波形序列：**可以输出不同波形长度和周期循环次数的任意波序列。
- **隔离特性：**输出信号与机箱接地相隔离，可以和不同参考电位“浮动”连接。
- **通道耦合：**各通道的频率、幅度和偏移设置参数可相互耦合。
- **存储特性：**可存储和调出多组仪器工作状态参数，多个用户任意波形。
- **同步输出：**在各种功能时具有和功能相应的同步信号输出。
- **外部调制：**在 FM、AM、PM、PWM、SUM、QAM、QPM 调制时可使用外调制。
- **外部触发：**在键控、扫描、猝发、双脉冲、频率和波形序列时可使用外触发。
- **外部时钟：**可以自动检测和使用外部基准时钟，内部基准时钟可以输出。

- **计数器：**可以测量外部信号的频率、周期、脉宽和占空比，频率最高 3GHz。
- **触摸屏：**电容式触摸屏，可以使操作更方便。
- **计算功能：**可以选用频率值或周期值，幅度峰峰值、有效值或 dBm 值。
- **通讯接口：**配置 USB 设备接口，U 盘存储器接口、LAN 接口、WiFi 接口。

2. 仪器型号：

本用户使用指南适用于 TFG29xxA 系列 函数/任意波形发生器。

仪器型号中第一个 x 表示正弦波频率上限，分别为 200MHz、300MHz 和 400MHz。

仪器型号中第二个 x 表示输出通道数，分别为 2 通道和 4 通道。

3. 配套附件：

- | | |
|-----------------------|-----|
| ● TFG29xxA 函数/任意波形发生器 | 1 台 |
| ● 三芯电源线 | 1 条 |
| ● BNC 双端测试电缆 | 1 条 |
| ● WiFi 天线 | 1 根 |
| ● 光盘 | 1 张 |

4. 告知：本文档中可能包含有技术方面不够准确的地方，只作为仪器使用的指导，石家庄数英仪器有限公司对本文档不做任何形式的保证，包括但不限于为特定目的的适销性和适用性所作的暗示保证。本文档所含内容如有修改，恕不另告。

目 录

仪器简介	1
第一章 快速入门.....	5
1.1 使用准备.....	5
1.2 前后面板.....	6
1.3 键盘显示.....	7
1.4 数据输入.....	8
1.5 基本操作.....	9
第二章 原理概述.....	17
2.1 原理框图	17
2.2 工作原理	17
第三章 使用说明.....	19
3.1 工作模式.....	19
3.2 连续输出.....	19
3.3 频率调制.....	29
3.4 幅度调制.....	29
3.5 相位调制.....	30
3.6 脉宽调制.....	31
3.7 叠加调制.....	32
3.8 频移键控.....	33
3.9 相移键控.....	35
3.10 幅移键控.....	37
3.11 猝发输出	38
3.12 双脉冲波.....	40
3.13 谐波合成	42
3.14 频率扫描	44
3.15 频率序列	46
3.16 任意波.....	49
3.17 波形序列	60
3.18 通道耦合	64

3.19 文件管理器.....	65
3.20 系统设置	67
3.21 系统升级.....	70
3.22 时钟校准.....	70
3.23 信号端口.....	71
3.24 通讯端口.....	72
3.25 频率参考.....	73
3.26 默认设置.....	73
3.27 计数器（选件）	76
第四章 服务与支持.....	78
第五章 技术参数.....	79

第一章 快速入门

如果您是初次使用本仪器，或者没有时间仔细阅读全部使用指南，那么您只需浏览一下本章的内容，就能快速地掌握信号发生器的基本使用方法。如果需要使用比较复杂的功能，或者使用中遇到某些困难，可阅读第三章“使用说明”。

1.1 使用准备

1.1.1 开箱检查：仔细检查仪器及附件是否齐备完好，如果发现包装箱严重破损，请先保留，直至仪器通过性能测试。如有缺损，请与销售部门联系。

1.1.2 接通电源：仪器在符合以下的使用条件时，才能开机使用。

电压：AC 100~240V 频率：45~65Hz

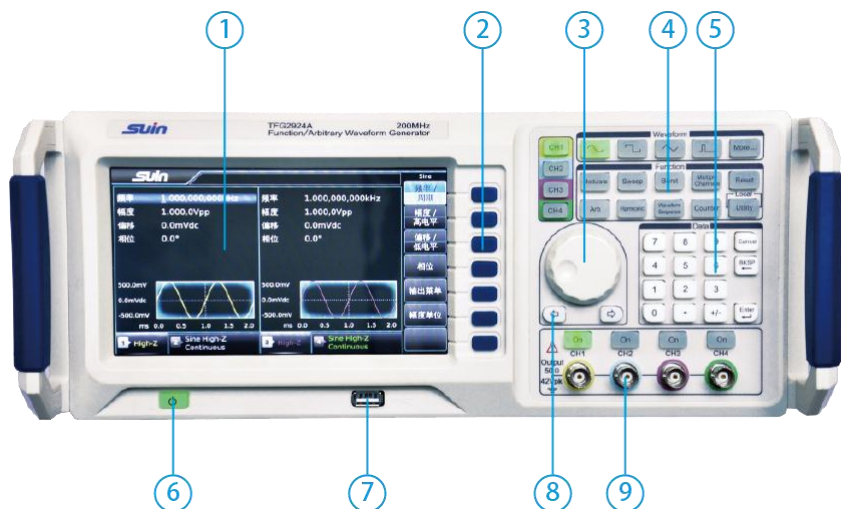
温度：0~40℃ 湿度：<80%

将电源插头插入交流 100~240V 带有接地线的电源插座中，按下后面板上电源插座下面的电源总开关，仪器前面板上的电源按钮灯开始闪烁，表示已经与电网连接，但此时仪器仍处于关闭状态。按下前面板上的电源按钮，电源接通，仪器进行初始化，装入开机状态参数，进入正常工作状态，并显示各项工作参数。

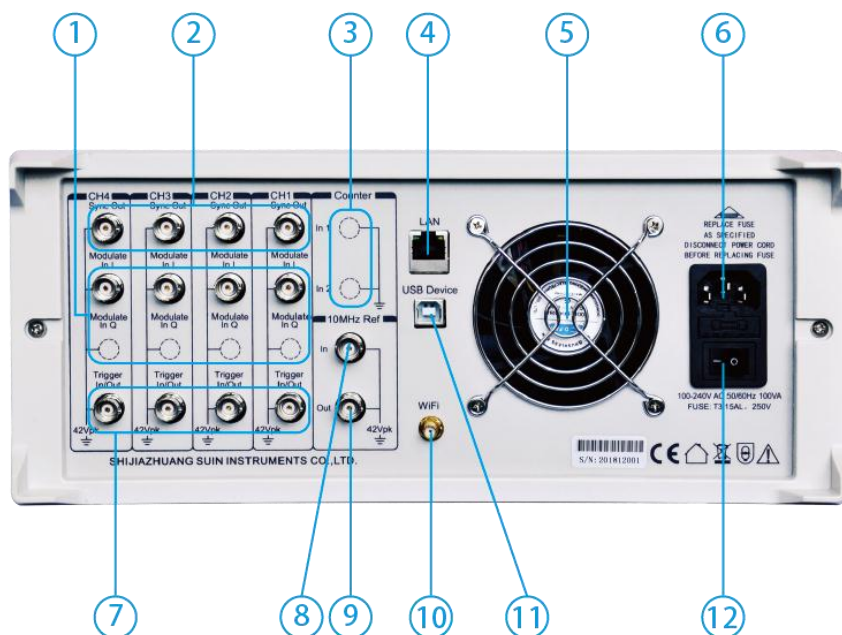
警告：为保障操作者人身安全，必须使用带有安全接地线的三孔电源插座。

另外，与仪器连接的其它用户设备，其接地线必须和仪器的接地线可靠连接，否则可能会造成仪器的损坏。

1.2 前后面板



1. 显示屏 2. 菜单软键 3. 调节旋钮 4. 功能键 5. 数字键
6. 电源按钮 7. U 盘插座 8. 方向键 9. CH1、CH2、CH3、CH4 输出



1. CH1、CH2、CH3、CH4 调制输入 2. 同步输出 3. 计数器输入 4. LAN 口
5. 排风扇 6. 电源插座 7. CH1、CH2、CH3、CH4 触发输入输出
8. 外时钟输入 9. 内时钟输出 10. WiFi 天线接口 11. USB 设备接口
12. 电源总开关

1.3 键盘显示

1.3.1 键盘说明：4 通道仪器为 47 个按键，2 通道仪器有 43 个按键，有固定含义的按键，用符号【】表示，用来选择功能、数据输入、移动光标和切换输出等；显示屏的右边还有 7 个空白键，其含义随着操作菜单的不同而变化，称为“软键”，用符号〔〕表示。键盘说明如下：

【CH1】键：通道选择键。

【CH2】键：通道选择键。

【CH3】键：通道选择键，4 通道仪器有这个按键。

【CH4】键：通道选择键，4 通道仪器有这个按键。

【0】【1】【2】【3】【4】【5】【6】【7】【8】【9】键：数字输入键。

【.】键：小数点输入键。

【+/-】键：符号输入键。

【<】键：光标位左移键。

【>】键：光标位右移键。

【Modulate】键：选择调制模式。

【Sweep】键：选择扫描模式。

【Burst】键：选择猝发模式。

【Multiple Channels】键：选择多通道操作模式。

【Counter】键：选择计数器模式

【Arb】键：选择任意波功能。

【Harmonic】键：选择谐波功能。

【Waveform Sequence】键：选择波形序列功能。

【Utility】键：系统设置键。

【Reset】键：系统复位键。

【Local】键：在仪器处于程控状态时，返回本地，这个键是和 Utility 复合在一起的。

【~】键：选择正弦波。

【⌏】键：选择方波。

【^】键：选择锯齿波。

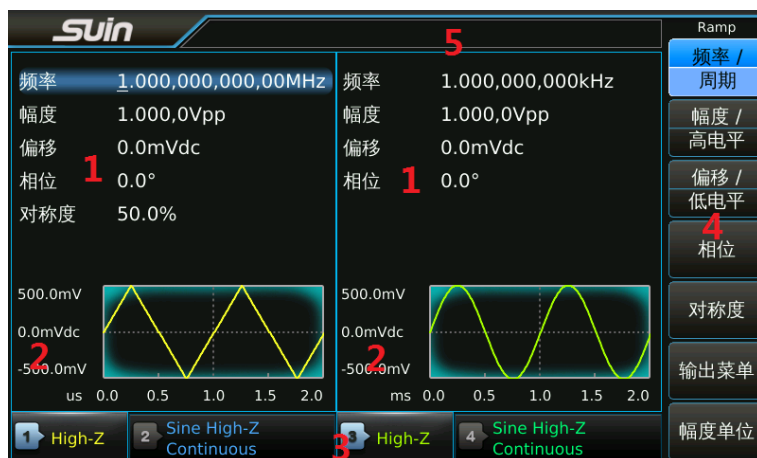
【⌐】键：选择脉冲波。

【More...】键：选择内置的其它波形。

【On】键：打开/关闭输出。

〔 〕空白键：操作软键，用于菜单和单位选择。

1.3.2 显示说明：仪器的显示屏分为4个区域，显示屏的上侧是公司logo和状态信息区域，显示屏的中间为工作参数和波形示意图区域，显示屏的下侧为通道简略信息区域，显示屏的右侧为菜单区域。显示界面如下图。



1. 工作参数 2. 电压刻度 3. 通道简略信息 4. 操作菜单 5. 状态信息

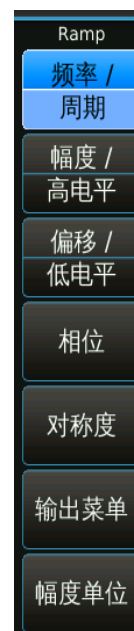
1.4 数据输入

1.4.1 菜单操作：屏幕右侧为操作菜单，按菜单软键可以选中一个菜单项，被选中的菜单项背景色变亮，如果一个菜单呈现灰色，表示在当前功能下该菜单不能使用。

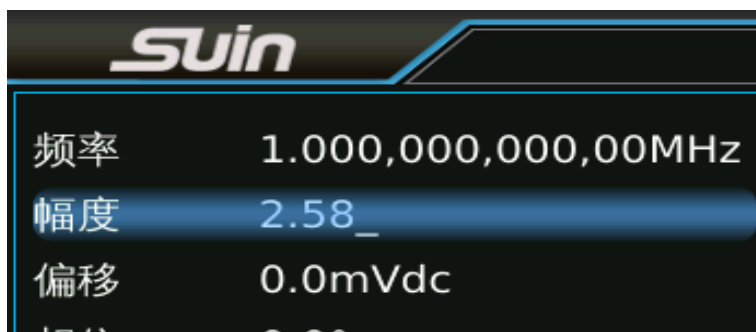
多数菜单都对应一项参数，按下菜单软键，相对应的参数背景色会变亮，可以使用数字键或旋钮对该参数进行设置和修改，菜单界面如下图。

使用软键可以完成的功能，都可以使用触摸屏来完成，例如设置相位参数，可以点击菜单区域中的“相位”来选中，也可以点击工作参数区域中的“相位”来选中。为了描述的简单，在下文中都是使用“软键”来描述，不再重复提及“触摸屏”。

1.4.2 键盘输入：如果一项参数被选中，该参数背景色变亮。使用数字键、小数点键和负号键可以输入数据。在输入过程中如果有错，在按单位键之前，可以按【BKSP】退格键逐一删除，也可以按【Cancel】键或者〔取消〕软键取

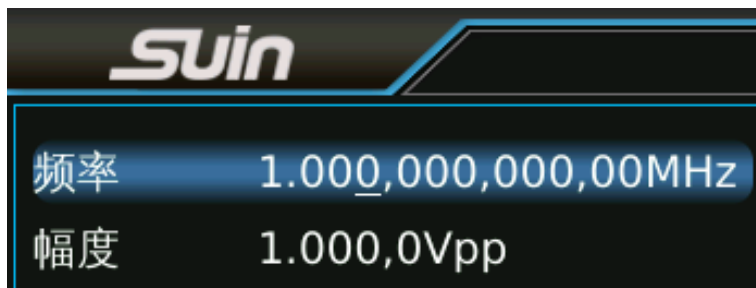


消本次数据输入操作。数据输入完成以后，须按单位键确认，这时输入数据才能生效，也可以按【Enter】键，这时输入数据也会生效，显示界面如下图。【Enter】键默认当前单位不会改变，例如，当前是 Vpp，输入数字后按【Enter】键，则单位还是 Vpp，当前是 kHz，输入数字后按【Enter】键，则单位还是 kHz。



数字、小数点和负号只能用键盘输入，不能使用触摸屏输入。

1.4.3 旋钮调节：在实际应用中，有时需要对信号进行连续调节，这时可以使用调节旋钮。当一项参数被选中，除了给参数加入背景色之外，还会有一个数字底下有一白色的横线，称作光标位。按移位键【<】或【>】，可以使光标位左右移动，面板上的旋钮为调节旋钮，向右转动旋钮，可使光标位的数字连续加一，并能向高位进位。向左转动旋钮，可使光标位的数字连续减一，并能向高位借位。使用旋钮输入数据时，数字改变后即刻生效，不用再按单位键。光标位向左移动，可以对数据进行粗调，光标位向右移动，可以对参数进行细调，显示界面如下图。



1.4.4 输入方式选择：对于已知的数据，使用数字键输入最为方便，而且不管数据变化多大，都能一次到位，没有中间过渡性数据产生。对于已经输入的数据进行局部修改，或者需要输入连续变化的数据进行观测时，使用调节旋钮最为方便。操作者可以根据不同的应用要求灵活选择。

1.5 基本操作

1.5.1 通道选择：按【CH1】、【CH2】、【CH3】或者【CH4】键，可以选择

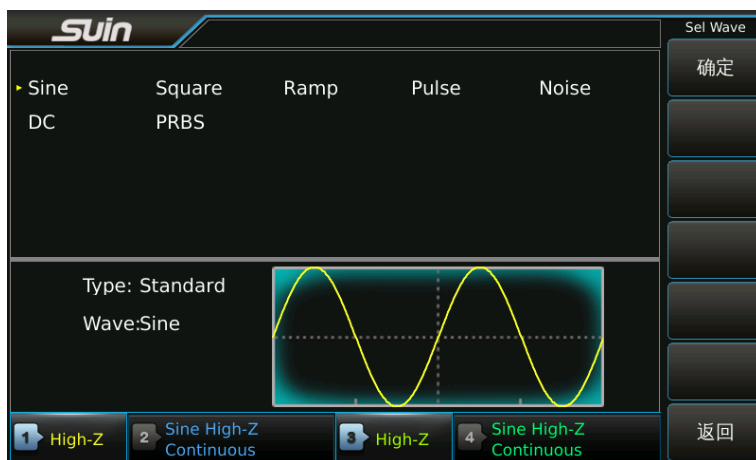
当前允许设置的通道。

按【On】键可以循环开通或关闭前面板上对应端口的输出信号。按键下的指示灯点亮时为输出开通状态，指示灯灭时为输出关闭状态。

1.5.2 波形选择：仪器有 4 个波形可以通过按键直接选择，分别是正弦波、方波、锯齿波和脉冲波，其它波形需要按【More...】键调出波形菜单后再选择。波形分为标准波形、数学波形、线性波形、组合波形、窗函数、特殊波形 6 种类型。

按其中一个类型软键，可以打开这个类型所包含的波形列表。

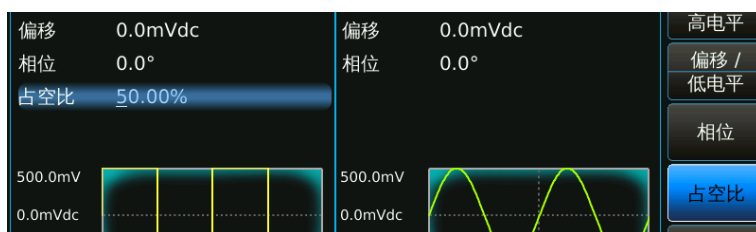
波形表中总有一个波形的左边带有一个黄色的小三角，表示该波形将被选中，使用旋钮移动小三角，可以选中任意一个波形，最后按【确定】软键，显示屏上会显示出该波形的名称和波形示意图，同时选择的波形会出现在输出端口。按 2 次【返回】软键，退出波形选择界面，返回到当前功能界面。波形选择界面如下图。



在选择波形时，使用触摸屏更方便，在波形选择界面直接点击需要的波形就可以完成波形的选择。

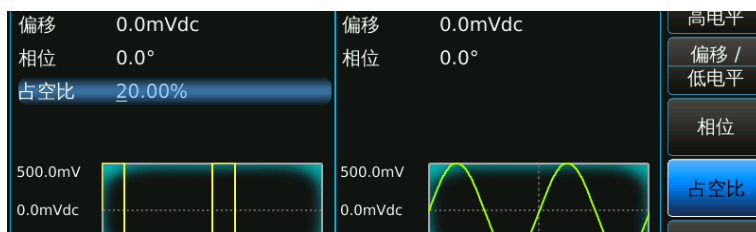
1.5.3 占空比设置：如果选择了方波，要将方波占空比设置为 20%，可按下列步骤操作：

按【占空比】软键，占空比参数的背景色变亮。



按数字键【2】【0】输入参数值, 按【%】软键或者【Enter】键，占空比参数显示

20.00%，仪器按照新设置的占空比参数输出。

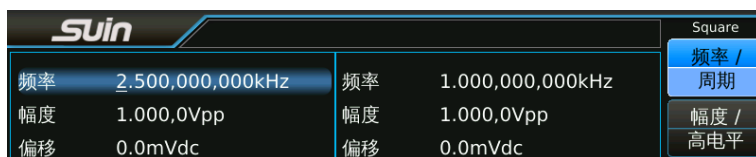


也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节输出波形的占空比。

1.5.4 频率设置：如果要频率从 1kHz 设置为 2.5kHz，可按下列步骤操作：

按【频率/周期】软键，选择“频率”，频率参数的背景色变亮。

按数字键【2】【.】【5】输入参数值，按【kHz】软键或者【Enter】键，频率参数显示为 2.500,000,000kHz，仪器按照设置的频率参数输出。显示界面如下图。



也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节输出波形的频率。

1.5.5 幅度设置：如果要幅度设置为 1.5Vrms，可按下列步骤操作：

按【幅度/高电平】软键，选择“幅度”，幅度参数的背景色变亮。

按数字键【1】【.】【5】输入参数值，按【Vrms】软键，幅度参数显示为 1.500,0 Vrms，仪器按照设置的幅度参数输出，显示界面如下图。

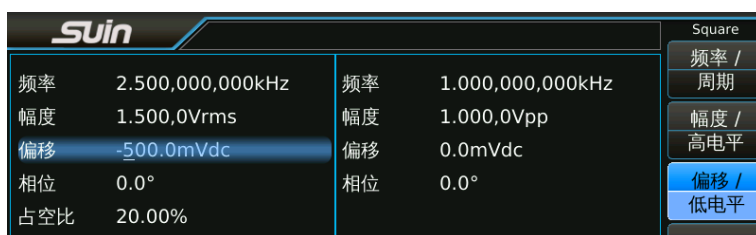


也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节输出波形的幅度。

1.5.6 偏移设置：如果要直流偏移设置为-500mVdc，可按下列步骤操作：

按【偏移/低电平】软键，选择“偏移”，偏移参数的背景色变亮。

按数字键【-】【5】【0】【0】输入参数值，按【mVdc】软键，偏移参数显示为-500,0mVdc，仪器按照设置的偏移参数输出，显示界面如下图。



也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节输出波形的直流偏移。

1.5.7 幅度调制：如果要输出一个幅度调制波形，载波为正弦波，频率 10kHz，幅度 1Vpp，偏移 0Vdc，调制深度 80%，调制频率 100Hz，调制波形为锯齿波，可按下列步骤操作：

按【Modulate】键，进入调制模式，工作模式显示为 Mod。按『调制类型』软键，显示出调制类型菜单。按『AM』软键，调制类型显示为 AM，波形示意图显示为调幅波形，同时显示出幅度调制菜单。

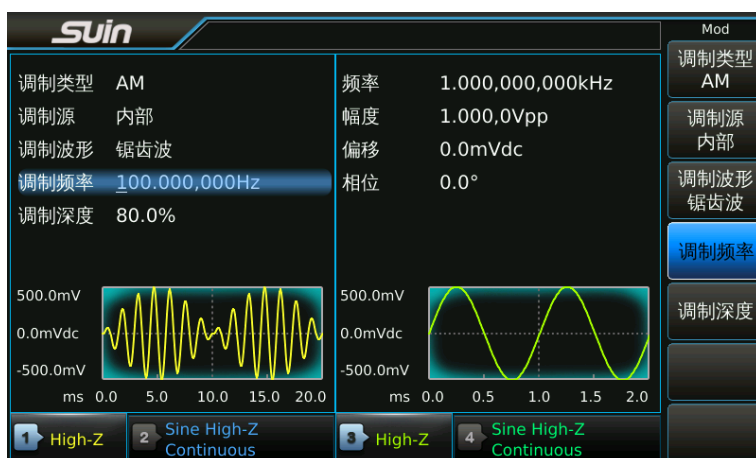
按【CH1】键，进入载波参数设置，按『频率』软键，将载波频率设置为 10kHz。按『幅度』软键，将载波幅度设置为 1Vpp。按『偏移』软键，将载波偏移设置为 0Vdc，显示界面如下图。



按【Modulate】键，再次进入幅度调制菜单，按『调制深度』软键，将调制深度设置为 80%。

按『调制频率』软键，将调制频率设置为 100Hz。

按『调制波形』软键，进入波形选择菜单，按『锯齿波』软键，将调制波形设置为锯齿波，仪器按照设置的调制参数输出一个调幅波，显示界面如下图。



也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节各调制参数。

1.5.8 叠加调制：如果要在输出波形上叠加锯齿波，叠加幅度为 50%，可按下列步骤操作：

按【Modulate】键，按【调制类型】软键，显示出调制类型菜单，按【Sum】软键，调制类型显示为 Sum，波形示意图显示为叠加波形，同时显示出叠加调制菜单。

按【叠加幅度】软键，将叠加幅度设置为 50%。

按【调制波形】软键，进入波形选择菜单，按【锯齿波】软键，将调制波形设置为锯齿波，仪器按照设置的调制参数输出一个叠加波形，显示界面如下图。



也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节各调制参数。

1.5.9 频移键控：如果要输出一个频移键控波形，跳变频率为 300Hz，键控速率为 50Hz，可按下列步骤操作：

按【Modulate】键，按【调制类型】软键，显示出调制类型菜单，按【FSK】

软键，调制类型显示为 FSK，波形示意图显示为频移键控波形，同时显示出频移键控菜单。

按〔跳变频率〕软键，将跳变频率设置为 300Hz。

按〔FSK 速率〕软键，将跳变速率设置为 50Hz，仪器按照设置的调制参数输出一个 FSK 波形，界面显示如下图。



也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节跳变频率和键控速率。

1.5.10 频率扫描：如果要输出一个频率扫描波形，扫描周期时间为 5 秒，对数扫描，可按下列步骤操作：

按【Sweep】键，进入扫描模式，工作模式显示为 Sweep，并显示出频率扫描波形示意图，同时显示出频率扫描菜单。显示界面如下图。



按〔扫描时间〕软键，将扫描时间设置为 5s。

按〔扫描模式〕软键，将扫描模式选择为“对数”。

仪器按照设置的扫描参数输出扫描波形。

1.5.11 猝发输出：如果要输出一个猝发波形，猝发周期 10ms，猝发计数 5 个周期，连续或手动单次触发，可按下列步骤操作：

按【Burst】键，进入猝发模式，工作模式显示为 Burst，并显示出猝发波形示意图，同时显示出猝发菜单。

按〔猝发周期〕软键，将猝发周期设置为 10ms。

按〔N 循环〕软键，将猝发循环周期数设置为 5，波形图不显示实际周期数。

按〔猝发模式〕软键，将猝发模式选择为“触发”。

按〔触发源〕软键，将触发源选择为“内部”。

仪器按照设置的参数输出猝发波形。显示界面如下图。



按〔触发源〕软键，将触发源选择为“手动”。

按〔手动触发〕软键，每按一次，仪器输出 5 个周期波形。

1.5.12 频率耦合：如果要使两个通道的频率相耦合（联动），可按下列步骤操作：

按【Multiple Channels】键，进入通道耦合模式，显示出通道耦合菜单。

按〔目标通道〕、〔通道 3〕软键，选择耦合目标通道为通道 3。通道 1 为源通道，通道 3 为目标通道。

按〔频率耦合〕软键，将频率耦合选择为“开启”。



按【CH1】键，进入连续工作模式。改变通道 1 的频率值，通道 3 的频率值也随着变化，两个通道的频率始终相等，此时通道 3 的频率不能设置。

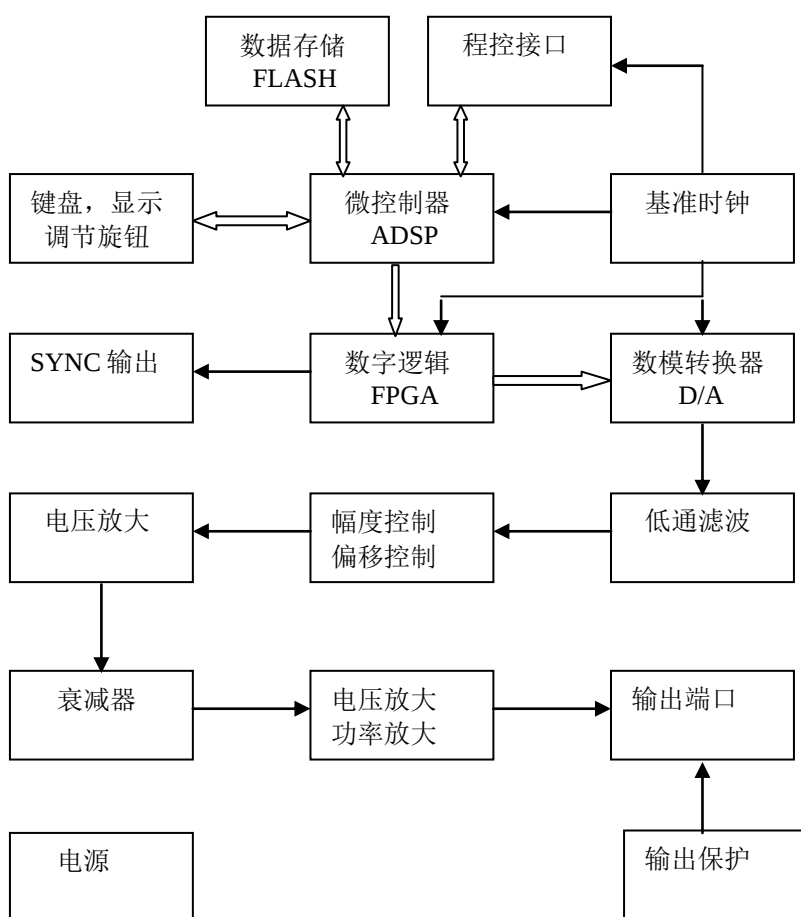
按【Multiple Channels】键，再按『频率耦合』软键，将频率耦合选择为“关闭”，此时两个通道的耦合断开，恢复为相互独立状态。

第二章 原理概述

通过本章内容，您可以了解到信号形成的基本概念和仪器的内部操作，从而对仪器的性能有更深刻的理解，便于您更好的使用本仪器。

2.1 原理框图

从数模转换器以后，分成 A、B 两个相同的通道，图中只画出一个通道的框图。



2.2 工作原理

2.2.1 数字合成：要产生一个电压信号，传统的模拟信号源是采用电子元器件以各

种不同的方式组成振荡器，其频率精度和稳定度都不高，而且工艺复杂、分辨率低，频率设置和实现计算机程控也不方便。直接数字合成技术（DDS）是一种数字化的信号产生方法，它完全没有振荡器元件，而是用数字合成的方法产生一连串数据流，再经过数模转换器产生出一个模拟信号。

例如要合成一个正弦波信号，首先将函数 $Y=\sin X$ 进行数字量化，然后以 X 为地址，以 Y 为量化数据，依次存入波形存储器。DDS 使用了相位累加技术来控制波形存储器的地址，在每一个采样时钟周期中，都把一个相位增量累加到相位累加器的当前结果上，通过改变相位增量即可以改变 DDS 的输出频率值。根据相位累加器输出的地址，由波形存储器取出波形量化数据，经过数模转换器和运算放大器转换成模拟电压。由于波形数据是间断的取样数据，所以 DDS 发生器输出的是一个阶梯正弦波形，必须经过低通滤波器将波形中所含的高次谐波滤除掉，输出即为连续的正弦波形。

2.2.2 工作原理：仪器内部有一个高分辨率的数模转换器，使用高精度的基准电压源，为幅度和偏移控制提供可设置的参考电压，因而保证了输出幅度和直流偏移的精度和稳定性。

经过幅度和偏移控制的信号再经过衰减器、电压放大和功率放大，最后由输出端口输出。

微控制器控制键盘和显示部分，当有键按下时，控制器识别出被按键的编码，然后转去执行该键的命令程序。显示电路将仪器的工作状态和各种参数显示出来。

面板上的旋钮可以用来改变光标指示位的数字，每旋转一定的角度可以产生一个触发脉冲，控制器能够判断出旋钮是左转还是右转，如果是左转则使光标指示位的数字减一，如果是右转则加一，并且连续进位或借位。

第三章 使用说明

本章将详细叙述仪器的功能特性和操作使用的细节，在阅读本章之前，如果您还没有掌握仪器的基本操作，请先阅读第一章“快速入门”，并进行实际操作练习。因为在本章中，涉及到基本操作方面的内容将不再重复叙述，而且只有具备实际操作的体验，才能更好地理解本章的内容。本章的操作主要以 CH1 通道为例，其它通道的设置是完全相同的，不再一一描述。

3.1 工作模式

仪器具有多种工作模式，每个通道是相互独立的，具有相同的特性。

3.1.1 连续输出：选择连续模式，可以输出连续信号。

3.1.2 调制输出：可以输出 FM、AM、PM、PWM、SUM 、FSK、PSK、ASK、OSK 等调制信号。

3.1.3 频率扫描：可以输出线性扫描、对数扫描两种频率扫描信号。

3.1.4 猝发输出：可以输出指定周期数的猝发信号。

3.1.5 双脉冲：可以输出双脉冲信号。

3.1.6 任意波：可以输出用户自己编辑的任意波形。

3.1.7 波形序列：可以输出用户自己编辑波形序列。

3.1.8 频率序列：可以输出用户自己编辑的跳频信号。

3.1.9 合成谐波：可以输出用户自己创建的多次谐波信号。

3.1.10 参数耦合：通道间的参数设置可相互耦合。

3.2 连续输出

连续输出是指输出信号是稳态连续的，信号的波形、频率和幅度都不随时间变化，信号的相位是随时间线性变化的。

3.2.1 波形选择：仪器共有 165 种内建波形，如下表。

波 形 表

序号	波 形	名 称	序号	波 形	名 称
标准波形 7 种 Standard					
01	正弦波	Sine	02	方波	Square
03	锯齿波	Ramp	04	脉冲波	pulse
05	噪声波	Noise	06	直流	DC
07	伪随机码	PRBS			
数学波形 38 种 Math					
08	余弦	Cosine	09	正切	Tangent
10	余切	CoTangent	11	反正弦	ArgSine
12	反余弦	ArcCos	13	反正切	ArcTan
14	反余切	ArcCoTan	15	双曲正弦	SineH
16	双曲余弦	CosinH	17	双曲正切	TangentH
18	双曲余切	CoTangentH	19	反双曲正弦	ArcSineH
20	反双曲余弦	ArcCosinH	21	反双曲正切	ArcTangentH
22	误差函数	Erf	23	互补误差函数	Erfc
24	正半矢	HaverSine	25	Sinc	Sinc
26	指数升	ExpRise	27	指数降	ExpFall
28	对数升	LogRise	29	对数降	LogFall
30	正平方	PosSquare	31	负平方	NegSquare
32	正立方	PosCube	33	负立方	NegCube
34	平方根	SquareRoot	35	正倒数	PosRecipro
36	负倒数	NegRecipro	37	正负倒数	PNRecipro
38	二阶倒数	BiRecipro	39	正半圆	PosSemicirc
40	负半圆	NegSemicirc	41	高斯	Gaussian
42	麦克斯韦	Maxwell	43	洛伦兹	Lorentz
44	拉普拉斯	Laplace	45	贝塞尔	Besell
线性波形 36 种 Linear					
46	正脉冲	PosPulse	47	负脉冲	NegPulse

48	正负脉冲	PN_Pulse	49	正双脉冲	PosBiPulse
50	负双脉冲	NegBiPulse	51	正负双脉冲	PNBiPulse
52	正多脉冲	PMulPulse	53	负多脉冲	NMulPulse
54	正负多脉冲	PNMulPulse	55	宽脉冲	WidePulse
56	窄脉冲	NarrowPulse	57	宽窄脉冲	WiNaPulse
58	高低脉冲	HiLoPulse	59	升脉冲	RisePulse
60	降脉冲	FallPulse	61	升降脉冲	RiFaPulse
62	正三角脉冲	PosTriangl	63	负三角脉冲	NegTriangl
64	正负三角脉冲	PNTriangl	65	高低三角	HiLoTri
66	低高三角	LoHiTri	67	正升锯齿	PosRiseRamp
68	正降锯齿	PosFallRamp	69	升降锯齿	RiFaRamp
70	负升锯齿	NegRiseRamp	71	负降锯齿	NegFallRamp
72	降升锯齿	FaRiRamp	73	梯形	Trapezia
74	升阶梯	RiseStair	75	降阶梯	FallStair
76	升降阶梯	RiFaStair	77	升阶梯锯齿	RiStariRamp
78	降阶梯锯齿	FaStariRamp	79	尖顶塔	Spiry
80	燕子	Swallow	81	椅子	Chair
组合波形 40 种 Combine					
82	正全波正弦	PAllSine	83	负全波正弦	NAllSine
84	正半波正弦	PHalfSine	85	负半波正弦	NHalfSine
86	幅度单切割	SiAmplCut	87	幅度双切割	BiAmplCut
88	相位单切割	SiPhaselCut	89	相位双切割	BiPhaselCut
90	正弦加脉冲	SinePulse	91	正弦加噪声	NoisePulse
92	二次谐波	BiHarmo	93	三次谐波	TriHarmo
94	四次谐波	FourthHarmo	95	五次谐波	FifthHarmo
96	正弦调频	SineFM	97	正弦调幅	SineAM
98	方波调幅	SquareAM	99	噪声调幅	NoiseAM
100	脉冲调宽	PulsePWM	101	正弦 FSK	SineFSK
102	正弦 OSK	SineFSK	103	正弦 PSK	SinePSK

104	正弦 SUM	SineSum	105	正弦扫描	SineSweep
106	正弦幅度升	AmplInc	107	正弦幅度降	AmplDec
108	噪音猝发	BurstNoise	109	正弦猝发	BurstSine
110	低通滤波	LowPass	111	高通滤波	HighPass
112	带通滤波	BandPass	113	陷阱滤波	BandPit
114	脉冲振铃	PulseOSC	115	脉冲过冲	PulseOver
116	正负半圆	PNCircle	117	大理三塔	Tripagoda
118	烛光火焰	Candela	119	指数加方波	ExpSquare
120	指数加正弦	ExpSine	121	正切加平方根	TanSquRoot
窗函数 12 种 Window					
122	汉宁窗	Hanning	123	Barth 窗	Barthanning
124	帕曾窗	Parzen	125	Nuttal 窗	Nuttal
126	凯瑟窗	Kaiser	127	高斯窗	Gaussian
128	平定窗	FloatTop	129	Bohman 窗	Bohman
130	BlackManH 窗	BlackManHarris	131	布莱克曼窗	BlackMan
132	巴特利特窗	Bartlett	133	三角窗	Trigangular
特殊波形 32 种 Special					
134	正切反正切	TanArcTan	135	倒数反倒数	ReciInvReci
136	谐波反谐波	HarmInvHarm	137	倒数加谐波	BiReciHarm
138	倒数加半圆	BiReciCircle	139	立方加高斯	CubeGause
140	正切加谐波	TanHarm	141	半二阶倒数	HalfBiReci
142	充电曲线	Charge	143	应力曲线	Stress
144	多次谐波	MulHarm	145	谐振曲线	Syntony
146	环绕声	Stereo	147	降雨量	RainFall
148	心电图 1	Cardiac1	149	心电图 2	Cardiac2
150	附近地震	NearQuake	151	远方地震	FarQuake
152	人工爆破	Blast	153	工程震动	Shake
154	山水画卷	LandScape	155	夏日白云	Cloud
156	双峰骆驼	Camel	157	用户波形 1	User_Arb1

158	用户波形 2	User_Arb2	159	用户波形 3	User_Arb3
160	用户波形 4	User_Arb4	161	用户波形 5	User_Arb5
162	用户波形 6	User_Arb6	163	用户波形 7	User_Arb7
164	用户波形 8	User_Arb8	165	用户谐波	User_Harm

表中 01~07 号为常用的标准波形。

08~156 号是固定波形，可在各种场合选择使用，还可提供给用户作为编辑任意波形的素材。

157~164 号是 8 个用户编辑任意波形，用来存储用户自己编辑的任意波形。

165 号是谐波波形，用来存储用户自己编辑的谐波波形。

按【More...】键，显示出波形选择菜单，分为“标准波形”、“数学波形”、“线性波形”、“组合波形”、“窗函数”和“特殊波形”6 个类型，按相应的菜单软键选择一种类型，进入该类型的波形列表，选择需要的波形，然后按【确定】软键，输出端口就会输出所选中的波形，同时在波形显示区会显示该波形的示意图。

按【返回】软键，可以返回到类型选择界面，重新选择其它类型的内建波形。如果再次按【返回】软键，将退出内建波形选择菜单。

波形示意图只是一种简单的模拟图形，分辨率很低，失真也较大。仪器输出的真实波形，需要使用示波器从输出端口进行观察和测试。

3.2.2 方波和脉冲波：方波和脉冲波的波形是一样的，只是波形参数的设置有些差异。方波可以设置占空比，脉冲波不仅可以设置占空比，还可以设置脉冲宽度和边沿时间。

占空比：占空比表示方波或脉冲波高电平部分所占用的时间与周期的比值。如果选择了方波或脉冲波，在连续模式的菜单中，按【占空比】软键，可以设置方波或脉冲波的占空比。当方波或脉冲波的频率变化时，占空比保持不变。但是当频率较高时，占空比的设置会受到最小脉冲宽度的限制，应符合下式的规定：

$$3.2\text{ns} \leq (\text{占空比} \times \text{周期}) \leq (\text{周期} - 3.2\text{ns})$$

脉冲宽度：脉冲宽度表示脉冲波从上升沿的中点到下降沿的中点所占用的时间。如果选择了脉冲波，在连续模式的菜单中，按【脉冲宽度】软键，可以设置脉冲宽度。脉冲宽度的设置不仅会受到脉冲波频率的限制，还会受到最小脉冲宽度的限制，应符合下式的规定：

3. $2\text{ns} \leq \text{脉冲宽度} \leq (\text{周期} - 3.2\text{ns})$

当脉冲波频率变化时，如果不超过上式的规定，则脉冲宽度保持不变。如果频率变化到超过了上式的规定，则仪器会自动修改脉冲宽度值，使脉冲宽度尽量满足脉冲波频率的设置。

边沿时间：边沿时间表示脉冲波的上升沿从幅度的 10% 上升到幅度的 90% 所用的时间，或者脉冲波的下降沿从幅度的 90% 下降到幅度的 10% 所用的时间。如果选择了脉冲波，在连续模式的菜单中，按【上升沿】【下降沿】软键，可以分别设置上升沿和下降沿的边沿时间。边沿时间的设置会受到脉冲宽度和占空比的限制，应符合下式的规定：

$$\text{上升沿时间}/0.8 + \text{高电平期间时间} \geq 5\text{ns}$$

$$\text{下降沿时间}/0.8 + \text{低电平期间时间} \geq 5\text{ns}$$

在设置脉冲宽度或占空比时，如果不超过上式的规定，则边沿时间保持不变；如果脉冲宽度和占空比变化到超过了上式的规定，则仪器会自动修改边沿时间值，使边沿时间尽量满足脉冲宽度和占空比的设置。

3.2.3 锯齿波：锯齿波可以设置对称度，锯齿波对称度表示锯齿波的上升部分所占用的时间与周期的比值。当锯齿波频率变化时，对称度保持不变。当对称度为 100% 时称为升锯齿波，当对称度为 0% 时称为降锯齿波，当对称度为 50% 时称为三角波。

3.2.4 频率设置：正弦波最高频率与仪器型号有关，其它波形受到采样率和通道带宽的影响，对最高频率都做了限制(见技术参数)。当波形改变时，如果当前频率超过了波形的最高频率限制，则仪器自动修改频率值，将频率限制到当前波形允许的最高频率值。所有波形的最低频率都是 $1\text{ }\mu\text{Hz}$ 。

需要说明的是，除了正弦波形之外，其它波形的最高频率限制都是很宽松的。随着频率的升高，阶跃波形的过冲会加大，任意波形的细节会丢失，谐波波形中的高次谐波会衰减，频率越高，波形失真越大。对于不同的波形，波形失真的程度也不相同。用户应该根据自己的测试任务，对最高频率的使用再做适当的限制。

在连续模式菜单中，按【频率/周期】软键，如果选中了“频率”，可以设置频率值；如果选中了“周期”，可以设置周期值。仪器可以使用频率设置，也可以使用周期设置，实际上在仪器的内部都使用频率合成的方式，只是在数据的输入和显示时进行了换算。

3.2.5 幅度设置：幅度设置有两种方式：“幅度设置”和“电平设置”。如果采用幅度设置，信号的高电平和低电平同时变化，而信号的直流偏移保持不变。如果采用电平设置，信号的高电平和低电平可以独立设置，信号的直流偏移随着变化。信号的幅度峰峰值、高电平、低电平、直流偏移，四者之间有如下关系：

$$\text{幅度峰峰值} = \text{高电平} - \text{低电平}$$

$$\text{高电平} = \text{直流偏移} + \text{幅度峰峰值} \div 2$$

$$\text{低电平} = \text{直流偏移} - \text{幅度峰峰值} \div 2$$

在连续模式菜单中，按〔幅度/高电平〕软键，选择“幅度”，可以设置信号的幅度；选择“高电平”，可以设置信号的高电平。按〔偏移/低电平〕软键，选择“偏移”，可以设置信号的直流偏移值；选择“低电平”，可以设置信号的低电平。

3.2.6 幅度限制：信号的输出幅度会受到下列因素的限制，如果幅度设置超出了限制，仪器将修改设置值，使其限制在允许的最大幅度值。

极限电平的限制：按〔输出菜单〕软键，再按〔高电平极限〕软键，可以设置输出高电平的极限值。按〔低电平极限〕软键，可以设置输出低电平的极限值。电平极限设置是一种安全措施，用户可以预先设置好高低电平的极限值，在使用中即使发生了误操作，仪器的输出电压也不会超过极限值，从而保护用户设备不会因为过压而损坏。高电平极限最大设置值为+10Vdc，低电平极限最小设置值为-10Vdc。

直流偏移的限制：如果直流偏移设置为 0，幅度设置只受到极限电平的限制，否则将进一步受到直流偏移的限制。幅度设置应符合下式的规定：

$$\text{直流偏移} + \text{幅度峰峰值} \div 2 \leq \text{高电平极限}$$

$$\text{直流偏移} - \text{幅度峰峰值} \div 2 \geq \text{低电平极限}$$

频率限制：当频率较高时，最大幅度允许值会受到限制（见技术参数）。

由于通道带宽的影响，当频率较高时输出幅度会减小，在连续输出模式时，仪器进行了幅度平坦度的补偿，输出幅度是准确的。但在其它功能时，仪器没有进行幅度平坦度的补偿，输出幅度会随着频率的升高有所下降。

对于任意波形，在波形示意图中，如果波形曲线的峰峰值没有达到垂直满幅度，则实际输出幅度与幅度显示值是不符合的。

3.2.7 幅度格式：幅度值有三种格式：峰峰值 V_{pp} 、有效值 V_{rms} 、功率电平值 dBm。对于所有波形都可以使用峰峰值 V_{pp} 。对于正弦波、方波、锯齿波和脉冲波，

还可以使用有效值 V_{rms} 。如果外接负载设置为非高阻状态（非 High Z），还可以使用功率电平值 dBm。

在连续模式菜单中，按【幅度单位】软键，如果当前波形和负载条件是允许的，按不同的单位软键，幅度值会以不同的幅度格式显示。

对于不同的波形，幅度峰峰值与有效值的波峰系数也不同，如下表：

幅度峰峰值和有效值对应表

波 形	Vpp	Vrms
正弦波	2.828Vpp	1Vrms
方波、脉冲波	2.000Vpp	1Vrms
锯齿波	3.464Vpp	1Vrms

方波和脉冲波的波峰系数是按照占空比为 50%计算的。

功率电平值与幅度有效值和外接负载有关，如下式：

$$dBm = 10 \times \log_{10}(P/0.001) \quad \text{式中 } P = (V_{rms})^2 / \text{Load}$$

当波形为正弦波，外接负载为 50Ω 时，则 V_{pp} 、 V_{rms} 、dBm 三者如下表。

功率电平与峰峰值和有效值对应表

Vpp	Vrms	dBm
10.000 Vpp	3.5355Vrms	23.979 dBm
6.3246 Vpp	2.2361Vrms	20.000 dBm
2.8284 Vpp	1.0000Vrms	13.010 dBm
2.0000 Vpp	707.1 mVrms	10.000 dBm
1.4142 Vpp	500.0 mVrms	6.9897 dBm
632.5 mVpp	223.6 mVrms	0.00 dBm
282.8 mVpp	100.0 mVrms	-6.9897 dBm
200.0 mVpp	70.7 mVrms	-10.000 dBm
10.0 mVpp	3.5 mVrms	-36.020 dBm

3.2.8 偏移设置：在连续模式菜单中，按【偏移/低电平】软键，选择“偏移”，可以设置直流偏移值。直流偏移设置会受到幅度和极限电平的限制，应符合下式规定：

$$\text{直流偏移} \geq \text{低电平极限} + \text{幅度峰峰值} \div 2$$

直流偏移 $\leq$ 高电平极限-幅度峰峰值 $\div 2$

如果直流偏移设置超过了规定，仪器将修改设置值，使其限制在允许的偏移值。

对输出信号进行直流偏移调整时，使用调节旋钮要比使用数字键方便得多。不管当前直流偏移是正值还是负值，向右转动旋钮直流电平上升，向左转动旋钮直流电平下降，经过零点时，偏移值的符号能够自动变化。

3.2.9 相位设置：在连续模式菜单中，按〔相位〕软键，可以设置输出相位。输出相位表示输出信号相对于同步信号的相位差。

3.2.10 极性设置：在连续模式菜单中，按〔输出菜单〕软键，再按〔波形极性〕软键，可以设置输出信号的极性。

如果选择“正向”，输出信号的极性为正向，例如正弦波形，正向极性表示输出波形从 0 相位起始，电压呈上升状态。

如果选择“反向”，输出信号的极性为反向，反向极性是以电压 0V 为轴线，将正向极性的波形上下颠倒，与正向极性的波形互为垂直镜像。

波形极性设置对直流偏移电压没有影响，对同步输出信号也没有影响。

3.2.11 同步输出：同步信号的频率与输出信号的频率相同。但是当频率超过 66.66667MHz 时，同步信号的频率是输出信号频率的六分之一。

3.2.12 外接负载：在连续模式菜单中，按〔输出菜单〕软键，再按〔负载〕软键，显示出外接负载菜单，可以设置外接负载值。

仪器的输出阻抗固定为 $50\ \Omega$ ，外接负载上的实际电压值为负载阻抗与 $50\ \Omega$ 的分压所得。当外接负载设置为高阻时，外接负载越大，外接负载上的实际电压值越大，负载上的实际电压值与显示值误差越小。当外接负载大于 $10\text{k}\ \Omega$ 时，误差将小于 0.5%。如果外接负载较小，则负载上的实际电压值与显示值是不符合的。

当外接负载较小时，为了使负载上的实际电压值与显示值相符合，应该进行“外接负载”设置。

按〔 $50\ \Omega$ 〕软键，可以将外接负载直接设置为 $50\ \Omega$ 。

按〔高阻〕软键，可以将外接负载直接设置为高阻。

按〔阻值〕软键，可以设置外接负载的实际值，

当外接负载设置发生变化时，可以看到幅度和偏移的显示值也发生了变化。但是仪器的实际输出并没有变化，如果此时在输出端口接入一个外接负载，并且这个

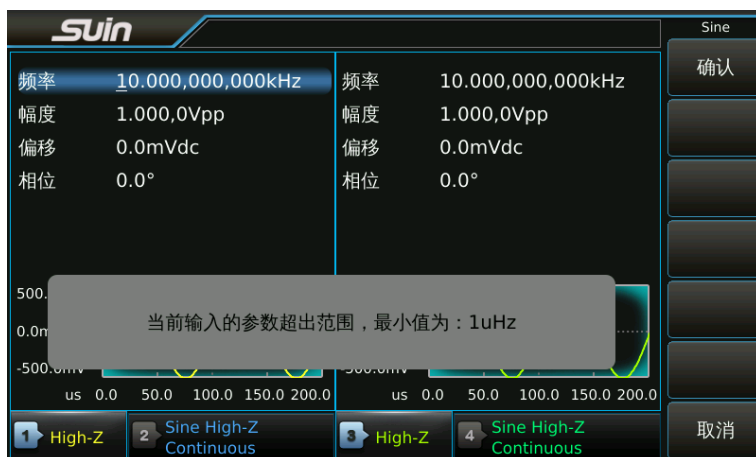
外接负载的实际值与设置值相等，则负载上的实际电压值与当前显示值是相符合的。

仪器开机时，默认外接负载设置为高阻（High-Z）。

必须注意，大多数外接负载并不是纯电阻性的，感性阻抗和容性阻抗会随着频率而变化，当频率较高时这种变化是不可忽略的。如果不能确切地知道外接负载的实际阻抗，可以逐步改变外接负载的设置值，使负载上的实际电压与显示值相符合，这时外接负载的设置值也就等于外接负载的实际阻抗。

3.2.13 输出保护：仪器具有 $50\ \Omega$ 输出电阻，输出端短时间短路不会造成损坏，仪器还具有过压保护措施，当输出端不慎接入比较大的电压时，保护电路立刻使输出关闭，同时显示出报警信息，并有声音报警。操作者必须对端口负载进行检查，在故障排除以后，才能按【On】键开启输出。虽然仪器具有一定程度的保护措施，但保护功能并不是万无一失的，而且如果接入电压过高，在保护电路动作之前的瞬间，就可能已经造成了仪器的损坏，所以，输出端口长时间短路和接入电压仍然是必须禁止的。

3.2.14 数据超限：频率、幅度等参数都有各自的数据允许范围，当设置数据超出范围时，仪器会出现相应的提示，如下图所示。



这时按〔确认〕软键，仪器将参数设置为允许的极限值，并且有可能修改与设置参数相关的其它参数值。

这时按〔取消〕软键或者等待一会儿，仪器将取消当前的设置。

设置数据超出范围，虽然不会对仪器造成损坏，但是仪器的输出结果可能与操作者的预期不一致，仪器会有提示，能够警示操作者，以便重新设置合适的的数据。

3.3 频率调制

在频率调制中，载波的频率随着调制信号的瞬时电压而变化。

3.3.1 功能选择：按【Modulate】键，进入调制功能，按〔调制类型〕软键，显示出调制类型菜单，按〔FM〕软键，调制类型显示为“FM”，同时显示出频率调制的波形示意图和频率调制菜单。

3.3.2 载波设置：FM 时载波波形通常使用正弦波，也可以使用其它内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【CH1】键，进入载波参数界面，可以设置载波参数，再次按【Modulate】键，进入调制参数设置界面，可以设置调制信号参数。

3.3.3 频率偏差：按〔频率偏差〕软键，可以设置频率偏差值。频率偏差表示在频率调制过程中，调制信号达到满幅度时载波频率的变化量。在调制信号的正满度值，输出频率等于载波频率加上频率偏差，在调制波的负满度值，输出频率等于载波频率减去频率偏差。因此，频率偏差设置须符合两个条件：

$$\begin{aligned} (\text{载波频率} - \text{频率偏差}) > 0 & \quad (\text{载波频率} + \text{频率偏差}) < \text{频率上限} \\ \text{频率偏差} & \leq \text{载波频率}/2 \end{aligned}$$

3.3.4 调制频率：按〔调制频率〕软键，可以设置调制信号的频率值，调制频率一般远低于载波频率。

3.3.5 调制波形：调制波形可以使用大多数内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按〔调制波形〕软键，可以选择调制信号的波形。

3.3.6 调制源：按〔调制源〕软键，可以选择调制源，如果选择“内部”，仪器使用内部调制源，调制频率和调制波形的设置是有效的；如果选择“外部”，则使用外部调制源，这时调制频率和调制波形的设置被忽略。从仪器后面板上当前通道的《Mod In I》端口输入调制信号，当外部调制信号的幅度为 5Vpp，直流偏移为 0Vdc 时，频率偏差的显示与实际频率偏差相符合。

3.3.7 同步输出：同步信号的占空比为 50%，同步信号的频率等于调制频率，同步信号的相位以调制信号的相位为参考。

3.4 幅度调制

在幅度调制中，载波的幅度随着调制信号的瞬时电压而变化。

3.4.1 功能选择：按【Modulate】键，进入调制功能，再按〔调制类型〕软键，

显示出调制类型菜单，按【AM】软键，调制类型显示为“AM”，同时显示出幅度调制的波形示意图和幅度调制菜单。

3.4.2 载波设置：载波波形通常使用正弦波，也可以使用其它内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【CH1】键，进入载波参数界面，可以设置载波的参数，再次按【Modulate】键，进入调制参数设置界面，可以设置调制信号的参数。

3.4.3 调制深度：按【调制深度】软键，可以设置调制深度值。调制深度表示在幅度调制过程中，调制信号达到满幅度时载波幅度变化量相对于幅度设置值的百分比。调制后载波包络的最大幅度 A_{max} 、最小幅度 A_{min} 、幅度设置值 A 、调制深度 M ，四者之间的关系由下式表示：

$$A_{max} = (1+M) \times A/2.2 \quad A_{min} = (1-M) \times A/2.2$$

由以上两式可以导出调制深度 $M = (A_{max} - A_{min}) \times 1.1/A$

如果调制深度为 120%，则 $A_{max}=A$ ， $A_{min}=-0.09A$ 。如果调制深度为 100%，则 $A_{max}=0.909A$ ， $A_{min}=0$ 。如果调制深度为 50%，则 $A_{max}=0.682A$ ， $A_{min}=0.227A$ 。如果调制深度为 0%，则 $A_{max}=0.4545A$ ， $A_{min}=0.4545A$ 。也就是说，当调制深度为 0 时，载波幅度大约是幅度设置值的一半。

3.4.4 调制频率：按【调制频率】软键，可以设置调制信号的频率值，调制频率一般远低于载波频率。

3.4.5 调制波形：调制波形可以使用大多数内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【调制波形】软键，可以选择调制信号的波形。调制波形选择以后，按【返回】软键，返回调制菜单。

3.4.6 调制源：按【调制源】软键，可以选择调制源，如果选择“内部”，仪器使用内部调制源，调制频率和调制波形的设置是有效的；如果选择“外部”，则使用外部调制源，调制频率和调制波形的设置被忽略。从仪器后面板上当前通道的《Mod In I》端口输入调制信号，当外部调制信号的幅度为 5Vpp，直流偏移为 0Vdc 时，调制深度的显示与实际调制深度相符合。

3.4.7 同步输出：同步信号的占空比为 50%，同步信号的频率等于调制信号的频率，同步信号的相位以调制信号的相位为参考。

3.5 相位调制

在相位调制中，载波的相位随着调制信号的瞬时电压而变化。

3.5.1 功能选择：按【Modulate】键，进入调制功能，再按〔调制类型〕软键，显示出调制类型菜单，按〔PM〕软键，调制类型显示为“PM”，同时显示出相位调制的波形示意图和相位调制菜单。

3.5.2 载波设置：载波波形通常使用正弦波，也可以使用其它内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【CH1】键，进入载波参数界面，可以设置载波的参数，再次按【Modulate】键，进入调制参数设置界面，可以设置调制信号的参数。

3.5.3 相位偏差：按〔相位偏差〕软键，可以设置相位偏差值。相位偏差表示在相位调制过程中，调制信号达到满幅度时载波相位的变化量。在调制信号的正满度值，输出信号的相位增加一个相位偏差，在调制波的负满度值，输出信号的相位减少一个相位偏差。

3.5.4 调制频率：按〔调制频率〕软键，可以设置调制信号的频率值，调制频率一般远低于载波频率。

3.5.5 调制波形：调制波形可以使用大多数内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按〔调制波形〕软键，可以选择调制波形。调制波形选择以后，按〔返回〕软键，返回调制菜单。

3.5.6 调制源：按〔调制源〕软键，可以选择调制源，如果选择“内部”，仪器使用内部调制源，调制频率和调制波形的设置是有效的；如果选择“外部”，则使用外部调制源，调制频率和调制波形的设置被忽略。从仪器后面板上当前通道的《Mod In I》端口输入调制信号，当外部调制信号的幅度为 5Vpp，直流偏移为 0Vdc 时，相位偏差的显示与实际相位偏差相符合。

3.5.7 同步输出：同步信号的占空比为 50%，同步信号的频率等于调制信号的频率，同步信号的相位以调制信号的相位为参考。

3.6 脉宽调制

在脉宽调制中，载波的脉冲宽度随着调制波形的瞬时电压而变化。

3.6.1 功能选择：按【Modulate】键，进入调制功能，再按〔调制类型〕软键，显示出调制类型菜单，按〔PWM〕软键，调制类型显示为“PWM”，同时显示出脉宽调制的波形示意图和脉宽调制菜单。

3.6.2 载波设置：脉宽调制的载波波形只能使用脉冲波，如果当前波形不是脉冲波，仪器会自动将载波波形设置为脉冲波。按【CH1】键，进入载波参数界面，可

以设置载波的参数，再次按【Modulate】键，进入调制参数设置界面，可以设置调制信号的参数。

3.6.3 脉宽偏差：按〔脉宽偏差〕软键，可以设置脉宽偏差值。脉宽偏差表示在脉宽调制过程中，调制信号达到满幅度时载波脉宽变化量相对于脉宽设置值的百分比。在调制波的正满度值，输出信号的脉宽等于脉宽设置值加上脉宽偏差；在调制波的负满度值，输出信号的脉宽等于脉宽设置值减去脉宽偏差。

3.6.4 调制频率：按〔调制频率〕软键，可以设置调制信号的频率值，调制频率一般远低于载波频率。

3.6.5 调制波形：调制波形可以使用大多数内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按〔调制波形〕软键，可以选择调制波形。调制波形选择以后，按〔返回〕软键，返回调制菜单。

3.6.6 调制源：按〔调制源〕软键，可以选择调制源，如果选择“内部”，仪器使用内部调制源，调制频率和调制波形的设置是有效的；如果选择“外部”，则使用外部调制源，调制频率和调制波形的设置被忽略。从仪器后面板上当前通道的《Mod In I》端口输入调制信号，当外部调制信号的幅度为 5Vpp，直流偏移为 0Vdc 时，脉宽偏差的显示与实际脉宽偏差相符合。

3.6.7 同步输出：同步信号的占空比为 50%，同步信号的频率等于调制频率，同步信号的相位以调制信号的相位为参考。

3.7 叠加调制

在叠加调制中，输出波形的瞬时电压，等于同一时刻载波和调制信号的瞬时电压之和。

3.7.1 功能选择：按【Modulate】键，进入调制功能，再按〔调制类型〕软键，显示出调制类型菜单，按〔Sum〕软键，调制类型显示为“Sum”，同时显示出叠加调制的波形示意图和叠加调制菜单。

3.7.2 载波设置：载波波形通常使用正弦波，也可以使用其它内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【CH1】键，进入载波参数界面，可以设置载波的参数，再次按【Modulate】键，进入调制参数设置界面，可以设置调制信号的参数。

3.7.3 叠加幅度：按〔叠加幅度〕软键，可以设置叠加幅度值。叠加幅度表示在叠加调制过程中，叠加到载波上的调制信号的幅度大小，用载波幅度设置值的百

分比来表示。当叠加幅度设置为 100% 时，调制波形幅度等于载波幅度设置值的一半。当叠加幅度设置为 0% 时，调制波形幅度等于 0，此时的载波幅度也等于载波幅度设置值的一半。

3.7.4 调制频率：按【调制频率】软键，可以设置调制信号的频率值，和其它调制类型不同，调制频率可以高于也可以低于载波频率值。

3.7.5 调制波形：调制波形可以使用全部内建波形。按【调制波形】软键，可以选择调制波形。调制波形选择以后，按【返回】软键，返回调制菜单。

3.7.6 调制源：按【调制源】软键，可以选择调制源，如果选择“内部”，仪器使用内部调制源，调制频率和调制波形的设置是有效的；如果选择“外部”，则使用外部调制源，调制频率和调制波形的设置被忽略。从仪器后面板上当前通道的《Mod In I》端口输入调制信号，当外部调制信号的幅度为 5Vpp，直流偏移为 0Vdc 时，叠加幅度的显示与实际叠加幅度相符合。

3.7.7 同步输出：同步信号的占空比为 50%，同步信号的频率等于调制频率，同步信号的相位以调制信号的相位为参考。

3.8 频移键控

在频移键控调制中，输出信号的频率在“载波频率”和“跳变频率”间交替跳变，跳变的速度由跳变速率确定。

3.8.1 功能选择：按【Modulate】键，进入调制功能，再按【调制类型】软键，显示出调制类型菜单，按【FSK】【4FSK】【nFSK】软键，调制类型显示为“FSK”“4FSK”“nFSK”，同时显示出频移键控的波形示意图和频移键控菜单。

3.8.2 载波设置：载波波形通常使用正弦波，也可以使用其它内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【CH1】键，进入载波参数界面，可以设置载波的参数，再次按【Modulate】键，进入调制参数设置界面，可以设置调制信号参数。

3.8.3 跳变频率：FSK 调制与调制波形为方波的 FM 调制相类似。“跳变频率”类似于“频率偏差”，不同的是 FM 调制的频率偏差是在载波频率基础上加减的一个偏移量，其设置范围与载波频率有关，而跳变频率可以在全部频率范围内任意设置，和载波频率没有关系。按【跳变频率】软键，可以设置跳变频率值。

FSK 可以设置 1 个跳变频率，载波频率和跳变频率交替输出。

4FSK 可以设置 3 个跳变频率，载波频率和跳变频率 1、2、3 顺序输出。

nFSK 也可以设置 3 个跳变频率，载波频率和 3 个跳变频率随机输出。

3.8.4 跳变速率：按【FSK 速率】【4FSK 速率】【NFSK 速率】软键，可以设置跳变速率值，跳变速率一般低于载波频率和跳变频率。

3.8.5 触发源：按【触发源】软键，可以选择触发源，如果选择“内部”，仪器使用内部触发源，跳变速率的设置是有效的。如果选择“外部”，则使用外部触发源，跳变速率的设置被忽略，外触发信号从仪器后面板上的《Trig In /Out》端口输入。

当设置为 FSK 时，从仪器后面板上的《Trig In/Out》端口输入外触发信号。

当设置为 4FSK 或者 nFSK 时，需要两位外触发信号，因此 CH1 和 CH2 共用外触发信号，CH3 和 CH4 共用外触发信号，所以 CH1 和 CH2 不允许同时设置为外触发，CH3 和 CH4 不允许同时设置为外触发。当 CH1 设置为外触发时，从仪器后面板上 CH1 的《Trig In /Out》端口输入触发信号的低位，CH2 的《Trig In/Out》端口输入触发信号的高位，当 CH2 设置为外触发时，从仪器后面板上 CH2 的《Trig In /Out》端口输入触发信号的低位，CH1 的《Trig In/Out》端口输入触发信号的高位；CH3 和 CH4 也相同。

3.8.6 触发极性：按【触发极性】软键，选择外触发信号的极性。触发极性的设置仅对外触发有效，只有选择为“外部”时才可以选择触发极性。

触发极性设置为正极性时：

设置为 FSK 时，当触发信号为“0”时，输出载波频率，当触发信号为“1”时，输出跳变频率。

设置为 4FSK 时，

当触发信号为“00”时，输出载波频率。

当触发信号为“01”时，输出跳变频率 1。

当触发信号为“10”时，输出跳变频率 2。

当触发信号为“11”时，输出跳变频率 3。

触发极性设置为负极性时：

设置为 FSK 时，当触发信号为“1”时，输出载波频率，当触发信号为“0”时，输出跳变频率。

设置为 4FSK 时，

当触发信号为“00”时，输出载波频率。

当触发信号为“01”时，输出跳变频率 1。

当触发信号为“10”时，输出跳变频率 2。

当触发信号为“11”时，输出跳变频率 3。

设置为 nFSK 时，触发信号仅仅起到触发作用，与输出的哪一个频率没有对应关系。

3.8.7 同步输出：同步信号的占空比为 50%，同步信号的频率等于跳变速率。

在 FSK 键控模式时，当输出载波频率时，同步信号为低电平；当输出跳变频率时，同步信号为高电平。

在 4FSK 键控模式时，当输出载波频率和跳变频率 2 时，同步信号为低电平；当输出跳变频率 1 和 3 时，同步信号为高电平。

在 nFSK 键控模式时，载波频率和三个跳变频率是随机输出的，和同步信号没有高低电平的对应关系。

如果使用外部触发，则同步信号由外部触发信号确定。

3.9 相移键控

在相移键控调制中，输出信号的相位在“载波相位”和“跳变相位”间交替跳变，跳变的速度由跳变速率确定。

3.9.1 功能选择：按【Modulate】键，进入调制功能，再按〔调制类型〕软键，显示出调制类型菜单，按〔PSK〕〔4PSK〕〔nPSK〕软键，调制类型显示为“PSK”“4PSK”“nPSK”，同时显示出相移键控的波形示意图和相移键控菜单。

3.9.2 载波设置：载波波形通常使用正弦波，也可以使用其它内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【CH1】键，进入载波参数界面，可以设置载波的参数，再次按【Modulate】键，进入调制参数设置界面，可以设置调制信号参数。

3.9.3 跳变相位：PSK 调制与调制波形为方波的 PM 调制相类似，“跳变相位”类似于“相位偏差”。按〔跳变相位〕软键，可以设置跳变相位值。

PSK 可以设置跳变相位，载波相位和跳变相位交替输出。

4PSK 可以设置 3 个跳变相位，载波相位和跳变相位 1、2、3 顺序输出。

nPSK 也可以设置 3 个跳变相位，载波相位和 3 个跳变相位随机输出。

3.9.4 跳变速率：按〔PSK 速率〕〔4PSK 速率〕〔nPSK 速率〕软键，可以设置跳变速率值，跳变速率一般低于载波频率。

3.9.5 触发源：按『触发源』软键，可以选择触发源，如果选择“内部”，仪器使用内部触发源，跳变速率的设置是有效的。如果选择“外部”，则使用外部触发源，跳变速率的设置被忽略，外触发信号从仪器后面板上的《Trig In/Out》端口输入。

当设置为 PSK 时，从仪器后面板上的《Trig In/Out》端口输入触发信号。

当设置为 4PSK 或者 nPSK 时，需要两位外触发信号，因此 CH1 和 CH2 共用外触发信号，CH3 和 CH4 共用外触发信号，所以 CH1 和 CH2 不允许同时设置为外触发，CH3 和 CH4 不允许同时设置为外触发。当 CH1 设置为外触发时，从仪器后面板上 CH1 的《Trig In /Out》端口输入触发信号的低位，CH2 的《Trig In/Out》端口输入触发信号的高位，当 CH2 设置为外触发时，从仪器后面板上 CH2 的《Trig In /Out》端口输入触发信号的低位，CH1 的《Trig In/Out》端口输入触发信号的高位；CH3 和 CH4 也相同。

3.9.6 触发极性：按『触发极性』软键，选择外触发信号的极性。触发极性的设置仅对外触发有效，只有选择为“外部”时才可以选择触发极性。

触发极性设置为正极性时：

设置为 PSK 时，当触发信号为“0”时，输出载波相位，当触发信号为“1”时，输出跳变相位。

设置为 4PSK 时，

当触发信号为“00”时，输出载波相位。

当触发信号为“01”时，输出跳变相位 1。

当触发信号为“10”时，输出跳变相位 2。

当触发信号为“11”时，输出跳变相位 3。

触发极性设置为负极性时：

设置为 PSK 时，当触发信号为“1”时，输出载波相位，当触发信号为“0”时，输出跳变相位。

设置为 4PSK 时，

当触发信号为“00”时，输出载波相位。

当触发信号为“01”时，输出跳变相位 1。

当触发信号为“10”时，输出跳变相位 2。

当触发信号为“11”时，输出跳变相位 3。

设置为 nPSK 时，触发信号仅仅起到触发作用，与输出的哪一个相位没有对应关系。

3.9.7 同步输出：同步信号的占空比为 50%，同步信号的频率等于跳变速率。

在 PSK 键控模式时，当输出载波相位时，同步信号为低电平。当输出跳变相位时，同步信号为高电平。

在 4PSK 键控模式时，当输出载波相位和跳变相位 2 时，同步信号为低电平。当输出跳变相位 1 和 3 时，同步信号为高电平。

在 nPSK 键控模式时，载波相位和三个跳变相位是随机输出的，和同步信号没有高低电平的对应关系。

如果使用外部触发，则同步信号由外部触发信号确定。

3.10 幅移键控

在幅移键控调制中，输出信号的幅度在“载波幅度”和“跳变幅度”间交替跳变，跳变的速度由跳变速率确定。

3.10.1 功能选择：按【Modulate】键，进入调制功能，再按【调制类型】软键，显示出调制类型菜单。按【ASK】或者【OSK】软键，调制类型显示为“ASK”或者“OSK”，同时显示出幅移键控的波形示意图和幅移键控菜单。

3.10.2 载波设置：载波波形通常使用正弦波，也可以使用其它内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【CH1】键，进入载波参数界面，可以设置载波的参数，再次按【Modulate】键，进入调制参数设置界面，可以设置调制信号的参数。

3.10.3 跳变幅度：在 ASK 时，按【跳变幅度】软键，可以设置跳变幅度值，但是跳变幅度必须小于载波幅度。在 OSK 调制时，跳变幅度默认设置为 0，没有这个菜单项。

3.10.4 跳变时间：在 OSK 时，按【跳变时间】软键，可以设置跳变时间值。跳变时间表示输出幅度由载波幅度逐渐减小到 0 或者由 0 逐渐增大到载波幅度的时间。在 ASK 调制时，跳变时间默认设置为 0，没有这个菜单项。

3.10.5 跳变速率：按【ASK 速率】或者【OSK 速率】软键，可以设置跳变速率值，跳变速率一般低于载波频率。

3.10.6 触发源：按【触发源】软键，可以选择触发源，如果选择“内部”，仪器使用内部触发源，跳变速率的设置是有效的；如果选择“外部”，则使用外部触

发源，跳变速率的设置被忽略，外触发信号从仪器后面板上的《Trig In/Out》端口输入。

3.10.7 触发极性：按〔触发极性〕软键，选择外触发信号的极性。触发极性的设置仅对外触发有效，只有选择为“外部”时才可以选择触发极性。

触发极性设置为正极性时，当触发信号为“0”时，输出载波幅度；当触发信号为“1”时，输出跳变幅度。

触发极性设置为负极性时，当触发信号为“1”时，输出载波幅度；当触发信号为“0”时，输出跳变幅度。

3.10.8 同步输出：同步信号的占空比为 50%，同步信号的频率等于跳变速率。当输出载波幅度时，同步信号为低电平。当输出跳变幅度时，同步信号为高电平。

如果使用外部触发，则同步信号由外部触发信号确定。

3.11 猝发输出

3.11.1 功能选择：按【Burst】键，进入猝发功能，显示出猝发波形示意图和猝发菜单。

3.11.2 猝发信号：猝发信号通常使用正弦波，也可以使用其它内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【CH1】键，进入猝发信号设置界面，可以设置猝发信号的参数，再次按【Burst】键，进入猝发参数设置界面，可以设置猝发的参数。

3.11.3 猝发模式：按〔猝发模式〕软键，可以选择猝发模式，如果选择了“触发”，每次触发以后，猝发信号从起始相位开始输出设定的循环周期数，然后停止在与起始相位对应的电平上，等待下一次触发，触发信号的周期应符合下式规定。

$$\text{触发信号周期} > (\text{循环周期数} \div \text{猝发信号频率})$$

如果选择了“门控”，只能使用外部触发源，门控输出最少为两个循环周期，少于两个循环周期时，猝发信号不能输出完整的波形，门控信号的周期应符合下式规定。

$$\text{门控信号周期} > (2 \div \text{猝发信号频率})$$

3.11.4 猝发周期：按〔猝发周期〕软键，可以设置猝发周期值。猝发周期表示从一次猝发信号开始到下一次猝发信号开始的时间，猝发周期必须足够大，以便能

够容纳猝发信号的循环周期数，如下式：

$$\text{猝发周期} > (\text{循环周期数} \div \text{猝发信号频率})$$

如果设置的猝发周期值过小，仪器提示设置值超过范围，按【确认】软键，则将猝发周期设置为允许的最小值，按【取消】软键，则取消此次设置值。如果猝发信号的频率发生了变化，导致猝发周期不能容纳猝发信号的循环周期数，仪器会自动修改猝发周期值，将猝发周期调整到所允许的最小值。

3.11.5 循环周期数：按【N 循环】软键，可以设置猝发信号的循环周期数。循环周期数表示在一个猝发周期中所包含的猝发信号的周期个数，循环周期数必须足够小，以便在猝发周期中能够容纳得下，如下式：

$$\text{循环周期数} < (\text{猝发周期} \times \text{猝发信号频率})$$

如果设置的循环周期数过大，仪器提示设置值超过范围，按【确认】软键，则将循环周期数设置为允许的最大值，按【取消】软键，则取消此次设置值。

3.11.6 起始相位：按【起始相位】软键，可以设置起始相位值。猝发信号的起始时刻和结束时刻总是处在波形的相同相位点上，称为起始相位。起始相位的设置对有些波形是无效的，比如方波等。

3.11.7 触发源：按【触发源】软键，可以选择触发源，如果选择“内部”，仪器使用内部触发源，连续输出猝发信号，猝发周期的设置是有效的；如果选择“手动”，每按一次【手动触发】软键，猝发信号输出一次；如果选择“外部”，则使用外部触发源，猝发周期的设置被忽略，外触发信号从仪器后面板上的《Trig In/Out》端口输入。

3.11.8 触发边沿：按【触发边沿】软键，选择外触发信号的有效边沿。触发边沿的设置仅在外触发时有效，才可以选择触发边沿。

触发边沿设置为上升沿时，当触发信号由“0”变为“1”时，也就是上升沿，猝发信号从起始相位开始输出设定的循环周期数。

触发边沿设置为下降沿时，当触发信号由“1”变为“0”时，也就是下降沿，猝发信号从起始相位开始输出设定的循环周期数。

3.11.9 触发极性：按【触发极性】软键，选择外触发信号的极性。触发极性的设置仅对门控方式有效，只有选择为“门控”时才可以选择触发极性。

触发极性设置为正极性时，当门控信号为“1”时，猝发信号从起始相位开始输出；当门控信号为“0”时，等待最后一个周期波形完成以后，猝发信号停止输

出，输出信号停止在与起始相位对应的电平上。

触发极性设置为负极性时，当门控信号为“0”时，猝发信号从起始相位开始输出；当门控信号为“1”时，等待最后一个周期波形完成以后，猝发信号停止输出，输出信号停止在与起始相位对应的电平上。

3.11.10 触发输出：按【触发输出】软键，选择触发信号的输出方式，如果选择“关闭”，则触发信号输出端口没有触发信号输出；如果选择“上升沿”，当猝发信号开始输出时，触发输出信号由“0”变为“1”，并一直维持为“1”，当猝发信号输出完成时，触发输出信号由“1”变为“0”；如果选择“下降沿”，当猝发信号开始输出时，触发输出信号由“1”变为“0”，并一直维持为“0”，当猝发信号输出完成时，触发输出信号由“0”变为“1”。

3.11.11 同步输出：同步信号的周期等于猝发周期，同步信号的上升沿对应应在猝发信号的起始点，同步信号的下降沿对应应在猝发信号的结束点。在猝发信号持续期间，同步信号为高电平；在猝发信号停止期间，同步信号为低电平。

如果使用外部触发或手动触发，则同步信号由外部触发或手动触发信号确定。

3.12 双脉冲波

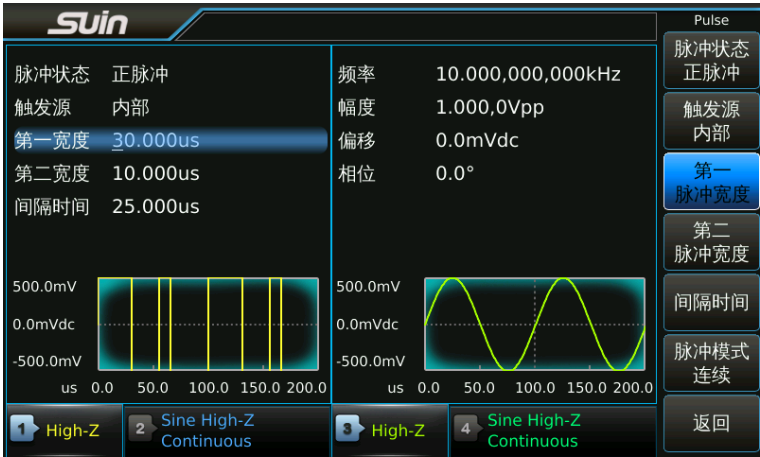
脉冲波的一个周期只有一个脉冲，但在有些应用场合，需要按照一定的间隔相继触发两个相关的事件，或者对两个脉冲的时间间隔进行测量，这通常要使用专门的脉冲信号发生器来产生双脉冲信号。选择双脉冲波，即可以完成脉冲信号发生器的功能。

3.12.1 功能选择：按【】键，然后按【脉冲参数】、【双脉冲模式】软键，进入双脉冲功能，显示出双脉冲波形示意图和双脉冲操作菜单。

3.12.2 第一脉冲宽度：按【第一脉冲宽度】软键，可以设置第一个脉冲的脉冲宽度，脉冲宽度表示第一个脉冲波从上升沿的中点到下降沿的中点所占用的时间。

3.12.3 第二脉冲宽度：按【第二脉冲宽度】软键，可以设置第二个脉冲的脉冲宽度，脉冲宽度表示第二个脉冲波从上升沿的中点到下降沿的中点所占用的时间。

3.12.4 间隔时间：按【间隔时间】软键，可以设置两个脉冲之间的间隔时间。间隔时间表示从第一个脉冲波下降沿的中点到第二个脉冲波上升沿的中点所占用的时间。



两个脉冲宽度和间隔时间的设置不仅会受到双脉冲波频率的限制，还会受到最小时间的限制，应符合下式的规定：

$$5\text{ns} \leq (\text{第一脉冲宽度} \text{ 或 } \text{间隔时间} \text{ 或 } \text{第二脉冲宽度})$$
$$(\text{第一脉冲宽度} + \text{间隔时间} + \text{第二脉冲宽度}) \leq (\text{周期} - 5\text{ns})$$

当脉冲波频率或者周期变化时，如果满足上式的规定，则两个脉冲宽度和间隔时间保持不变。如果不能满足上式的规定，仪器会自动修改脉冲波的参数，修改顺序依次为第二脉冲宽度、间隔时间、第一脉冲宽度。

3.12.5 脉冲状态：按『脉冲状态』软键，可以循环选择“正脉冲”、“负脉冲”和“正负脉冲”三种状态。正脉冲状态的脉冲宽度所占用部分为正值，脉冲间隔所占用部分为 0 值；负脉冲状态的脉冲宽度所占用部分为负值，脉冲间隔所占用部分为 0 值；正负脉冲状态的脉冲宽度所占用部分为正值，脉冲间隔所占用部分为负值。输出“正脉冲”或者“负脉冲”时，输出信号的幅度是设置值的一半。

3.12.6 触发源：按『触发源』软键，可以选择触发源，如果选择“内部”，仪器使用内部触发源，连续输出双脉冲信号，双脉冲频率和周期的设置是有效的；如果选择“外部”，则使用外部触发源，双脉冲频率和周期的设置被忽略，但是外部触发信号的周期应符合下式规定。外触发信号从仪器后面板上的《Trig In /Out》端口输入。

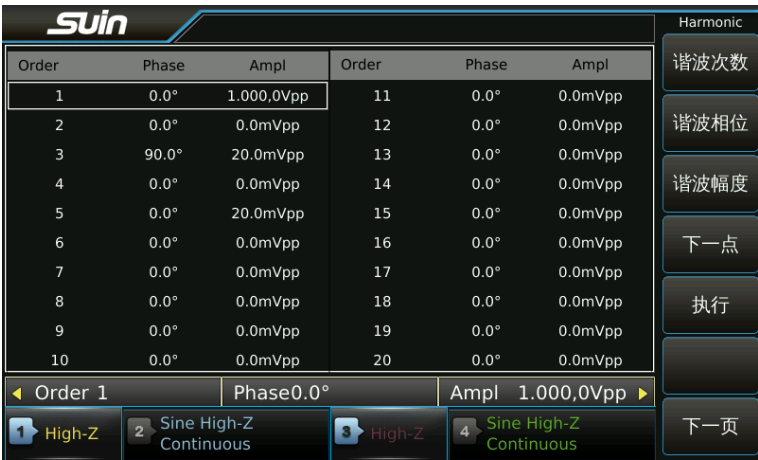
$$\text{触发信号周期} > (\text{第一脉冲宽度} + \text{间隔时间} + \text{第二脉冲宽度} + 5\text{ns})$$

3.12.9 同步输出：同步信号的周期等于双脉冲波的周期，同步信号的宽度等于第一个脉冲的宽度。如果使用外部触发或手动触发，则同步信号由外部触发或手动触发信号确定。

3.13 谐波合成

由傅里叶变换可知，任何周期性函数都可以分解为若干个不同频率、幅度和相位的正弦函数。反过来，我们也可以使用若干个不同频率、幅度和相位的正弦波形合成一个预期的周期性任意波形。使用这种方法，可以准确地模拟出现实生活中各种任意波形，给相应的测试设备提供理想的信号测试源。

3.13.1 功能选择：按【Harmonic】键，进入谐波合成功能，显示出谐波列表和谐波操作菜单。



3.13.2 谐波次数：谐波次数定义为谐波频率是基波频率的倍数，谐波次数的设置必须是正整数，谐波次数设置为 1，也就是基波。谐波合成功能实际上是 n 次正弦波形的线性叠加，可以任意设置某几次谐波，甚至可以没有基波。需要注意谐波频率不能超过仪器频率的上限值。

3.13.3 谐波相位：谐波相位是指谐波的起始相位，当谐波相位不同时，合成的任意波波形也会不同。

3.13.4 谐波幅度：谐波幅度指谐波的幅度值，如果谐波幅度设置为 0，则该次谐波不起作用。各谐波的幅度可以任意设置，当最终合成的任意波幅度值超过仪器幅度限制时，在图形界面可以显示完整的合成波形，但是输出信号的波形会出现限幅。

3.13.5 谐波序列：谐波合成首先要装载一个谐波序列表，表中的每一个正弦波可以具有不同的频率、幅度和相位。下面举例，使用基波、2 次谐波合成一个谐波波形，谐波序列表如下所示：

谐波次数	谐波相位	谐波幅度
1	0.0°	7.0Vpp
2	90.0°	3.0Vpp

操作步骤如下：

按【谐波次数】软键，设置为 1，也就是基波。

谐波 1 相位默认为 0，可以不设置。

按【谐波幅度】软键，设置为 7Vpp。

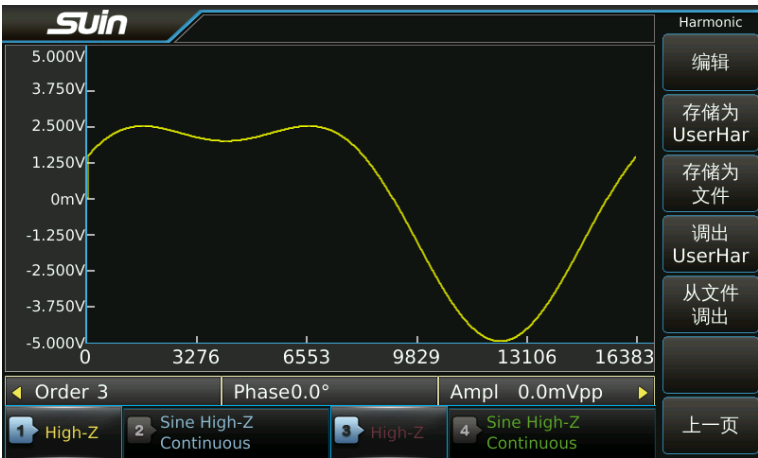
按【下一个】软键，Order 显示为 2，开始设置第 2 次谐波。

按【谐波相位】软键，设置为 90.0°。

按【谐波幅度】软键，设置为 3Vpp。

3.13.6 谐波合成：谐波序列表装载完成以后，按【执行】软键，仪器开始将各次谐波合成为一个谐波波形，所装载的谐波序列表越长，合成谐波过程所需要的时间也越长。当最终合成的任意波幅度值超过仪器幅度限制时，仪器会有幅度超限的提示。

3.13.6 谐波预览：谐波合成的显示界面有两种，一个是图形界面，可以很直观的预览生成的谐波波形，另一个是编辑界面，可以看到所有谐波的设置。待谐波合成后，可以按【预览】软键，显示界面会从谐波列表转换到波形示意图，显示出合成谐波的波形，显示界面如下图。



按【编辑】软键，显示界面会从波形示意图转换到谐波列表，显示界面如下图。



3. 13. 7 存储为内建波形：内建波形是仪器的主要输出方式，输出频率的设置非常方便，而且具有调制、扫描、猝发等丰富的功能。为了让用户合成的谐波能够像内建波形一样地使用，仪器在内建波形中设置了 1 个用户谐波存储位置“User_Harm”（特殊波形的最后一个），合成谐波装载到 RAM 存储器中以后，按【存储为 UserHar】软键，当前合成的谐波就作为内建波形存储起来，关断电源也不会丢失，可以和其它内建波形一样方便地使用。

3. 13. 8 从内建波形调出：如果先前已经存储过内建波形“User_Harm”，则可以按【调出 UserHar】软键，直接从内建波形中“User_Harm”调出一个谐波序列，进行编辑、输出。编辑后的谐波序列并不影响先前存储的“User_Harm”的参数。

3. 13. 9 谐波存储：合成的谐波波形存储在 RAM 存储器中，一旦退出合成谐波功能，存储的数据就丢失了。如果要保存当前合成的谐波，只需要保存谐波序列就可以了。按【存储到该文件】软键，创建一个文件名 Harm_seq1.har（创建文件的时候，不需要输入扩展名，仪器会自动添加扩展名），将谐波序列数据保存到文件中，这是一个二进制类型的文件，可以保存多个这样的文件，以后可以随时调出使用。

3. 13. 10 谐波调出：进入谐波合成操作界面以后，如果先前已经存储过谐波序列文件，只要按【从文件中调出】软键，找到谐波序列文件 Harm_seq1.har，按【选项】、【谐波调出】软键，即可以装载这个谐波序列文件，进而重新合成所需要的谐波，并在屏幕上显示出谐波波形示意图。

3. 14 频率扫描

3.14.1 功能选择：按【Sweep】键，进入频率扫描功能，同时显示出频率扫描的波形示意图和频率扫描菜单。

3.14.2 扫描信号设置：频率扫描可以使用大多数内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【CH1】键，进入扫描信号参数界面，可以设置扫描信号的参数，需要注意频率和周期是不可以设置的。在频率扫描过程中，输出频率从起始频率到终止频率变化，输出信号的相位是连续的，扫描可以在整个频率范围内进行。

3.14.3 扫描模式：按〔扫描模式〕软键，可以选择扫描模式为“线性”或“对数”。

在线性扫描模式时，频率步进量是固定的。当扫描范围较宽时，固定的频率步进量会带来不利的影响，会导致在频率的高端扫描分辨率较高，频率变化较慢，扫描很细致。但在频率的低端扫描分辨率较低，频率变化很快，扫描很粗糙。因此，线性扫描模式适合于扫描频率范围较窄的场合。

频率线性扫描和调制波形为锯齿波的 FM 调制相类似，不同的是频率扫描不使用调制波形，而是按照一定的时间间隔连续输出一系列离散的频率点。

在对数扫描模式时，频率步进量不是固定的，而是按对数关系变化。在频率的高端，频率步进量较大，在频率的低端，频率步进量较小。在较宽的频率扫描范围内，频率的变化是相对均匀的。对数扫描模式适合于扫描频率范围较宽的场合。

3.14.4 起始和终止频率：按〔起始频率〕软键，设置起始频率值。按〔终止频率〕软键，设置终止频率值。

如果终止频率值大于起始频率值，则频率从低到高扫描，扫描从起始频率值开始逐步增加，直到终止频率值。

如果终止频率值小于起始频率值，则频率从高到低扫描，扫描从起始频率值开始逐步减少，直到终止频率值。

3.14.5 标志频率：按〔标志频率〕软键，设置标志频率值，当扫描通过标志频率点时，同步输出信号会有一个跳变。标志频率必须设置在起始频率和终止频率之间。

3.14.6 扫描时间：按〔扫描时间〕软键，设置扫描时间值。扫描时间表示从起始频率扫描到达终止频率时所需要的时间。扫描过程中每个频率点持续的时间是固定不变的，所以扫描时间越长，扫描频率点数就越多，频率步进量就越小，扫描就越精细。扫描时间越短，扫描频率点数就越少，频率步进量就越大，扫描就越粗

糙。

3.14.7 保持时间：按【保持时间】软键，设置保持时间值。保持时间表示扫描到达终止频率以后，在终止频率停留的时间。

3.14.8 返回时间：按【返回时间】软键，设置返回时间值。返回时间表示从终止频率扫描到达起始频率所占用的时间。

3.14.9 间隔时间：按【间隔时间】软键，设置间隔时间值。间隔时间表示扫描返回到起始频率以后，在起始频率所停留的时间，也就是一次扫描结束后到下一次扫描开始的时间。

3.14.10 触发源：按【触发源】软键，选择触发源，如果选择“内部”，仪器使用内部触发源，触发扫描过程连续反复运行。如果选择“手动”，每按一次【手动触发】软键，扫描就会运行一次。如果选择为“外部”，仪器使用外部触发源，外触发信号从仪器后面板上的《Trig In/Out》端口输入。每一个有效触发边沿会触发一次扫描过程，触发信号的周期应该大于一个扫描过程的总时间，如下式。

触发信号周期 > 扫描时间 + 保持时间 + 返回时间 + 间隔时间

3.14.11 触发边沿：按【触发边沿】软键，选择外触发信号的有效边沿。触发边沿的设置仅在外触发时有效，这时才可以选择触发边沿。

触发边沿选择“上升沿”时，当触发信号由“0”变为“1”时，扫描启动。

触发边沿选择“下降沿”时，当触发信号由“1”变为“0”时，扫描启动。

3.14.12 触发输出：按【触发输出】软键，选择触发信号的输出方式，如果选择“关闭”，则触发信号输出端口没有触发信号输出；如果选择“上升沿”，当扫描启动时，触发输出信号由“0”变为“1”，当扫描到标志频率时，触发输出信号由“1”变为“0”；如果选择“下降沿”，当扫描启动时，触发输出信号由“1”变为“0”，当扫描到标志频率时，触发输出信号由“0”变为“1”。

3.14.13 同步输出：同步信号的周期等于扫描过程的总时间，同步信号的上升沿对应起始频率点，同步信号的下降沿对应标志频率点。

如果使用外部触发或手动触发，则同步信号由外部触发或手动触发信号确定。

3.15 频率序列

频率序列实际上是频率扫描的一种高级模式，在频率扫描模式中，频率的变化只能按照线性或对数的规律逐步增大或减小，而且扫描速度比较慢。而频率序列可

以由用户制定任意的频率变化序列，并且具有极高的扫描速度。在现代通信中，收发双方可以使用定制的频率序列列表，使通信载波的频率值按照这个序列列表快速跳变，因此也叫做“跳频通信”，频率序列列表可以随时更换，甚至可以使用随机变化的频率序列列表。频率序列信号（载波）的波形可以使用多种波形，但通常都使用正弦波。

3.15.1 功能选择：按【Sweep】键，再按〔扫描模式〕软键，设置为“序列”，进入频率序列功能，显示出频率序列菜单。

3.15.2 采样速率：按〔采样速率〕软键，设置频率序列的采样速率，仪器按照设置的采样速率，循环反复输出频率序列指定的频率值。

采样速率表示采样输出一个频率点所使用的时间，频率序列的输出频率和采样速率如下式表示：

$$\text{序列频率} = \text{采样速率} \div \text{序列长度}$$

3.15.3 频率数据：仪器在上电时初始化了一组频率数据，有 1024 个序号，每一个序号都有一个频率数据，如下表所示，序号从 1-1024，频率值从 1kHz-1024kHz。

序号 1	序号 2	序号 3	序号 4		序号 1024
1kHz	2kHz	3kHz	4kHz		1024kHz

下面表中是一个有 10 个频率数据的频率序列，频率值从 100kHz 到 10kHz，步进 10kHz，设置步骤如下。

序号 1	序号 2	序号 3	序号 4		序号 10
100kHz	90kHz	80kHz	70kHz		10kHz

按〔序列长度〕软键，将序列长度设置 10。

按〔序列号〕软键，设置为 1。

按〔频率值〕软键，输入频率值 100kHz。

按〔下一个〕软键，此时序列号会自动更改为 2，输入频率值 90kHz。

按〔下一个〕软键，此时序列号会自动更改为 3，输入频率值 80kHz。

依次下去，直到序号 10，输入频率值 10kHz。

3.15.4 序列模式：按〔序列模式〕软键，可以选择“定制序列”和“伪随机序

列”两种模式。定制序列按照用户定制的频率序列顺序循环输出一系列频率值，伪随机序列则按照伪随机码输出一系列随机变化的频率值，这时序列长度为特定的值，如下式。

$$\text{序列长度}=2^n \quad (5 \leq n \leq 10)$$

3.15.5 触发源：按〔触发源〕软键，可以选择触发源，如果选择“内部”，仪器使用内部触发源，频率序列输出过程连续反复运行；如果选择“手动”，每按一次〔手动触发〕软键，频率序列输出过程只运行一次，然后停止在第一个序列号的频率上；如果选择“外部”，仪器使用外部触发源，外触发信号从仪器后面板上的《Trig In /Out》端口输入。每一个有效触发边沿会触发一次频率序列输出过程，触发信号的周期应该大于频率序列的周期，如下式。

$$\text{触发信号周期} > \text{序列长度} \div \text{采样速率}$$

3.15.6 触发边沿：按〔触发边沿〕软键，选择外触发信号的有效边沿。触发边沿的设置仅在外触发时有效，这时才可以选择触发边沿。

触发边沿选择“上升沿”时，当触发信号由“0”变为“1”时，频率序列输出启动。

触发边沿选择“下降沿”时，当触发信号由“1”变为“0”时，频率序列输出启动。

3.15.7 触发输出：按〔触发输出〕软键，选择触发信号的输出方式。触发输出的设置仅在内触发和手动触发时有效，这时才可以选择触发输出。如果选择“关闭”，则触发信号输出端口没有触发信号输出；如果选择“上升沿”，当频率序列输出启动时，触发输出信号由“0”变为“1”，当频率序列输出完成时，触发输出信号由“1”变为“0”；如果选择“下降沿”，当频率序列输出启动时，触发输出信号由“1”变为“0”当频率序列输出完成时，触发输出信号由“0”变为“1”。

3.15.8 同步输出：同步信号的周期等于一个频率序列过程的时间（序列速率÷序列长度），同步信号的上升沿对应在频率序列的起始点，同步信号的脉冲宽度等于频率序列过程的一半。如果使用外部触发或手动触发，则同步信号由外部触发或手动触发信号确定。

3.15.9 序列存储：频率数据表都是存储在 RAM 存储器中，一旦关断电源，存储的数据就丢失了。如果要保存当前的频率序列数据，就需要将频率数据表和频率序列表保存到 FLASH 存储器中。按〔序列存储〕软键，创建一个文件名

Freq_data1.freq (创建文件的时候，不需要输入扩展名，仪器会自动添加扩展名)，按【存储到该文件】将频率数据保存到文件中。这个文件是二进制类型的文件，可以保存多个这样的文件，以后可以随时调出使用。

3.15.10 序列调出：进入频率序列操作界面以后，如果先前已经存储过频率数据文件，按【序列调出】软键，找到数据文件 Freq_data1.freq，按【选项】、【调出频率序列】软键，即可以装载这个频率数据表和频率序列表。进而重新实现所需要的频率序列功能。

3.16 任意波

仪器采用直接数字合成技术（DDS）输出内建波形时，采样速率高达1200MSa/s，但是这种方式也不是完美无缺的。由于 DDS 采用间隔抽点采样的方法，输出频率越高，在一个波形周期内的采样点就越少，当输出频率很高时，波形的细节会大量丢失，输出波形的失真就非常严重，这对于严苛的测试要求显然是不允许的。

为了能够逼真地重现工作现场的真实电信号，现今的波形发生器都采用了逐点生成的任意波形技术，保证用户编辑的任意波形任何细节都不会丢失。

3.16.1 功能选择：按【Arb】键，进入任意波编辑界面。仪器预先创建了一个直线波形，波形长度为 20 个点，各波形点的电压值均为 0.000V，波形编辑界面如下图所示：



1. 电压标尺 2. X 光标 3. Y 光标(绿线) 4. 点数标尺
5. 编辑参数 6. 当前波形(黄线, 和 3 重合)

3.16.2 插入内建波形：要创建一个简单的波形，例如脉冲波或锯齿波，可以使用“点编辑”和“线编辑”的方法逐点手动编辑出来。但是要创建一个正弦波，如果使用手动编辑，费时费力不说，要达到每个波形点的值都非常精确，几乎是难以做到的。

好在仪器内建了各式各样的波形，我们可以将这些波形作为素材，插入到正在编辑的任意波形当中。然后使用局部修改或剪裁、粘贴等方法，就能够简单快捷地创建一个很复杂的波形，而无需自己去逐点编辑。

按【插入内建波形】软键，进入波形选择界面，选中需要插入的波形后，按【确定】软键。

按【内建波形参数】软键，显示出一个设置框，可以对即将插入的波形进行参数设置，如下图所示。

Amplitude: 插入波形的幅度峰峰值。

Offset: 插入波形的直流偏移电压。

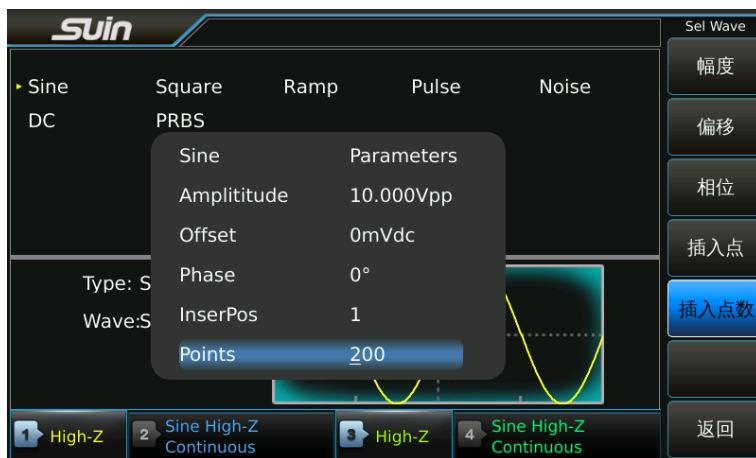
Phase: 插入波形的起始相位，以波形本身为参考。

InsertPos: 将波形插入到当前编辑的任意波形中的位置（X 坐标值）。

Points: 插入波形的总点数，也就是插入波形的长度。

修改需要的参数，没有修改的选项使用原有值。

插入波形的参数设置完成以后，连续按【返回】软键，返回到任意波形编辑界面，可以看到所选择的波形已经被插入到指定的位置。如果没有返回到任意波形编辑界面，则先前编辑的任意波形将会丢失。

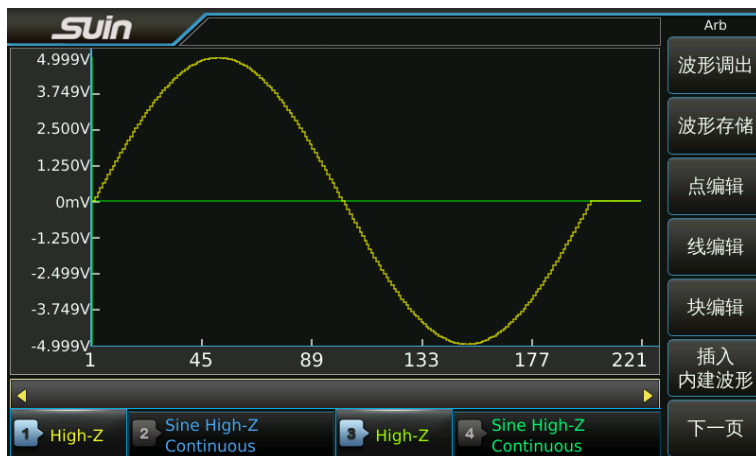


下面举例，插入一个具有 200 个点的正弦波形。

按【插入内建波形】软键，进入波形选择界面，按【标准波形】软键，选择正弦波，按【确定】软键。

按【内建波形参数】软键，显示出参数设置框。设置总点数为 200，其它项不设置，使用原有值。

连续按【返回】软键，返回到任意波编辑界面，可以看到在原有 20 个点的直线波形的前面，插入了一个 200 个点的正弦波形，如下图所示。



在任意波形编辑界面中，波形左面的 Y 轴标尺和波形下面的 X 轴标尺，都能够随着坐标数值的变化范围自动做出相应的调整。

3.16.3 选择光标：在任意波形编辑界面中，可以使用光标快速准确地定位波形中某一个点的位置，并显示出这个波形点的 X 和 Y 坐标值。

按【光标 XY】软键，可以选择四种光标模式：

如果选中“光标无”，光标显示被关闭。

如果选中“光标 X”，则显示一条垂直光标。

如果选中“光标 Y”，则显示一条水平光标。

如果选中“光标 XY”，则显示水平和垂直两条光标。

光标只有在选中 X 或 Y 坐标参数时才能活动，在下面的任意波形编辑操作中，将会有很多机会实际使用到光标。

3.16.4 点编辑：点编辑可以对波形的某一个点进行电压设置，也可以在波形指定的位置上插入一个点，或者删除一个点。点编辑适用于对已有的波形进行局部修改，或者创建一个点数较少的简单波形。

下面举例，对一个具有 100 个点的正弦波形做局部的修改，插入和删除波形

点。

首先插入一个点数为 100，幅度为 1V_{pp} 的正弦波形。

按【点编辑】软键，进入点编辑功能界面。

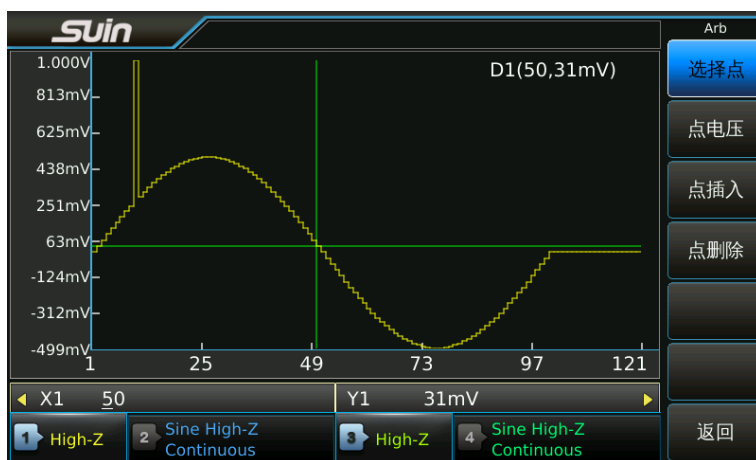
按【选择点】软键，设置为 10，也就是要编辑波形点的 X 坐标。

按【点电压】软键，设置为 1V，也就是要编辑波形点的 Y 坐标。

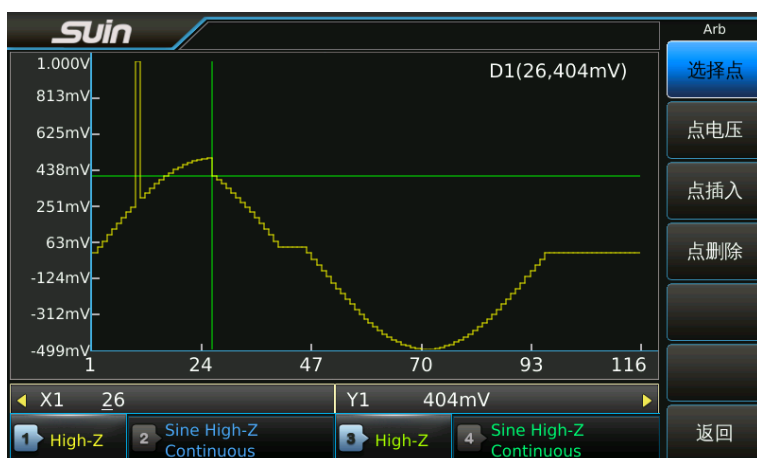
如果 X 和 Y 方向的光标都已经打开，绿色光标的交叉点的坐标正是上面两步所设置的值，右上角显示出这个波形点的信息：D1(10, 1.000V)。

按【选择点】软键，转动旋钮改变选择点，两条光标的交叉点会沿着正弦波形的轨迹线移动，并显示出每一个波形点的 X 和 Y 坐标值。当光标移动到 X 坐标为 50 时，Y 坐标为 31mV。如下图所示。

连续按【点插入】软键 5 次，可以看到，在波形点 50 后面增加了 5 个电压为 31mV 的波形点。



将光标的 X 坐标移动到 26 处，连续按【点删除】软键 10 次，可以看到，波形点 26 至 36 之间的 10 个点已经被删除，如下图所示。

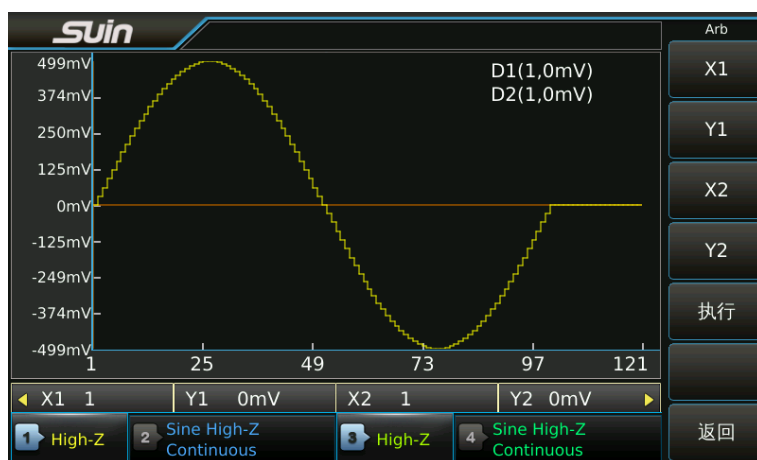


3.16.5 线编辑：使用“点编辑”可以对波形的每一个点进行电压设置，但是当需要设置的波形点很多时，就会非常费力。使用线编辑，用户则只需要设置两个波形点，仪器会按照线性变化的规律，对这两个点之间的所有点自动设置，也就是将两个点使用一条直线连接起来。线编辑的一次操作可以设置多个点，和点编辑比较，能够更快地创建和修改波形。线编辑适用于对已有的波形进行线性修改，或者创建一个由折线组成的波形。

下面举例，对一个具有 100 个点的正弦波形做线性修改。

首先插入一个点数为 100，幅度为 1V_{pp} 的正弦波形。

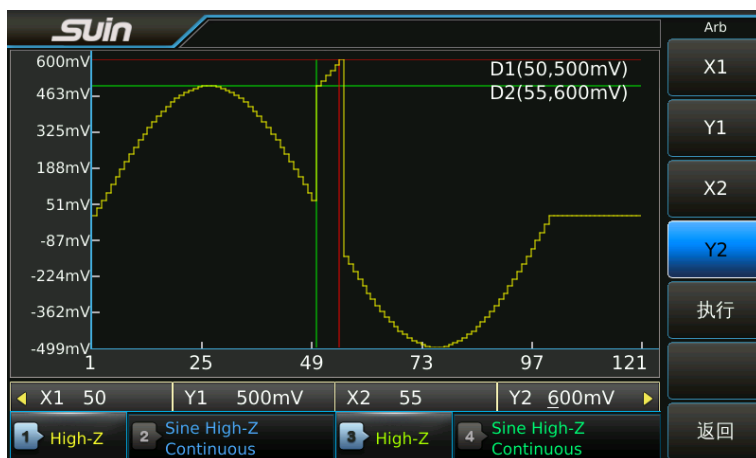
按〔线编辑〕软键，进入线编辑功能界面，如下图所示。



按〔X1〕软键，设置起始点 X1 的坐标值为 50。按〔Y1〕软键，设置起始点 Y1 的坐标值为 0.5V，绿色光标的交叉点即为线段的起始点。

按〔X2〕软键，设置终止点 X2 的坐标值为 55。按〔Y2〕软键，设置终止点 Y2 的坐标值为 0.6V，红色光标的交叉点即为线段的终止点。

按【执行】软键，仪器自动将起始点和终止点用一条直线连接起来，在正弦波形上添加了一个脉冲，脉冲的顶端为一条斜线。如下图所示。



3.16.6 块编辑：使用“线编辑”可以创建一个简单的折线波形，或者对已有的波形进行线性修改。“块编辑”的功能则更加丰富，可以对现有的波形进行块插入、块复制、块删除，从而创建一个更加复杂的任意波形。

下面举例，对由 3 个内建波形组成的任意波形进行块编辑。

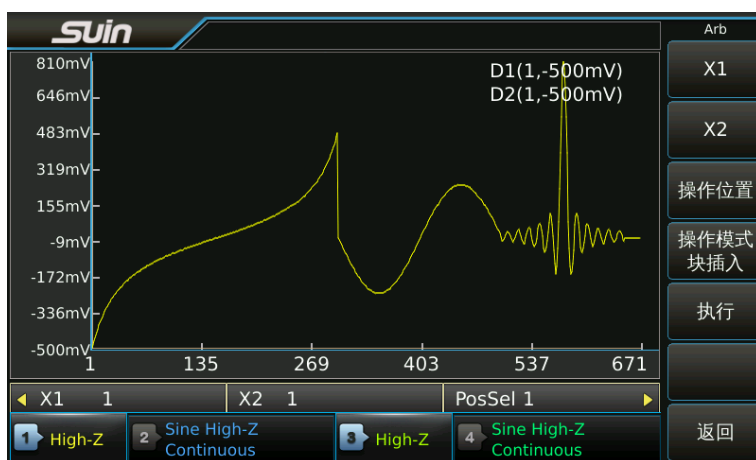
插入下面三个波形，三个波形的参数设置各不相同，从显示窗口中可以看到，不同的波形参数设置对插入波形的影响。

Sinc 波形，幅度 1.000Vpp，偏移 310mVdc，相位 0.0°，总点数 150。

正弦波形，幅度 500mVpp，偏移 0mVdc，相位 180°，总点数 200。

正切波形。幅度 1.000Vpp，偏移 0mVdc，相位 0.0°，总点数 300。

按【块编辑】软键，进入块编辑界面。块编辑包括“块插入”“块复制”和“块删除”三种操作模式。如下图所示。

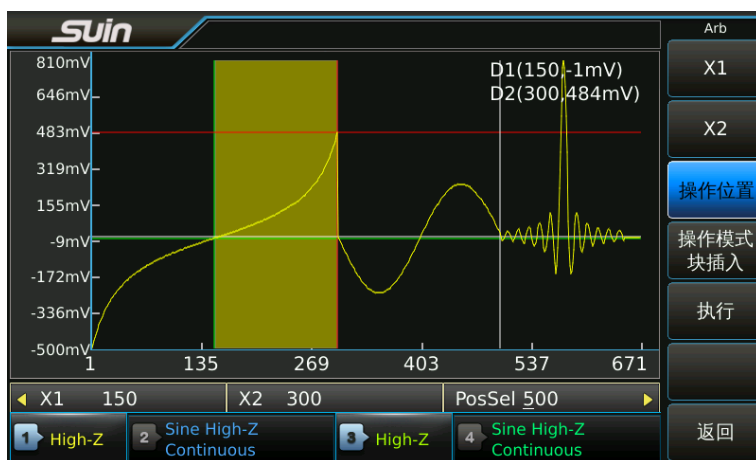


块插入：按【操作模式】软键，选择为“块插入”模式。

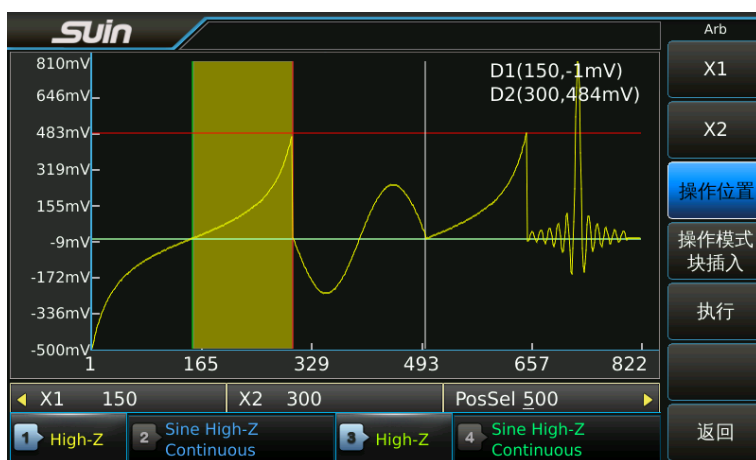
按【X1】软键，设置波形块的起始点坐标为 150，绿色光标的交叉点即为波形块的起始点。

按【X2】软键，设置波形块的终止点坐标为 300，红色光标的交叉点即为波形块的终止点，波形块选择为正切波形的后半部分。

按【操作位置】软键，设置要插入点的坐标为 500，白色光标的交叉点即为要插入的位置，插入到正弦波形的后面。如下图所示。



按【执行】软键，仪器将选择的波形块插入到指定的位置，同时将插入点后面原有的 Sinc 波形向右移动，并保持形状不变。块插入操作是将选择的波形块“添加”到指定的位置。如下图所示。



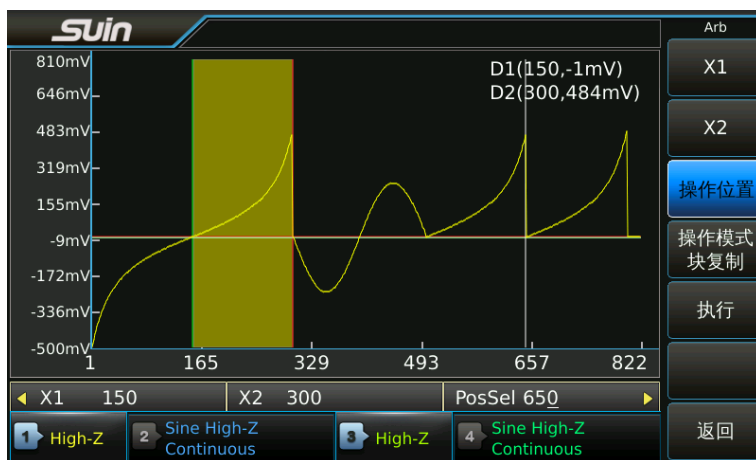
块复制：按【操作模式】软键，选择为“块复制”模式。

仍然使用当前选择的波形块。

按【操作位置】软键，设置要复制点的坐标为 650，白色光标的交叉点即为要

复制的位置，在 Sinc 波形的前面。

按〔执行〕软键，仪器将选择的波形块复制到指定的位置，同时将复制点后面原有的 Sinc 波形覆盖掉。块复制操作是将选择的波形块“覆盖”到指定的位置。如下图所示。



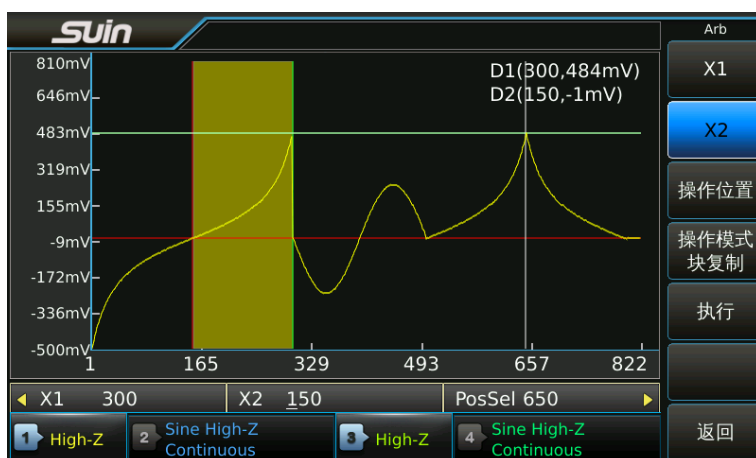
镜像：在“块插入”和“块复制”操作中，波形块的操作顺序，总是从 X1 向 X2 操作。如果 X2 大于 X1，那么会将波形块按照从左到右的方向插入或复制。如果 X2 小于 X1，那么会将波形块按照从右到左的方向插入或复制，也就是插入或复制波形块的反转镜像。

现在将 X1 和 X2 的坐标相互对调一下，使 X2 小于 X1。

按〔X1〕软键，设置波形块的起始点坐标为 300，绿色光标的交叉点即为波形块的起始点。

按〔X2〕软键，设置波形块的终止点坐标为 150，红色光标的交叉点即为波形块的终止点。

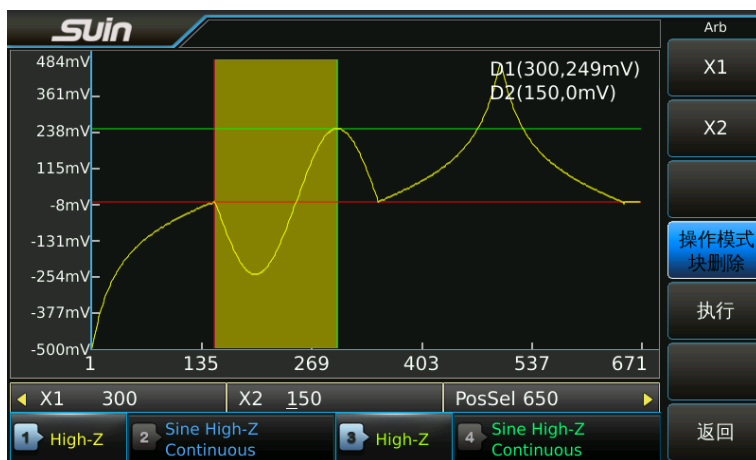
按〔执行〕软键，可以看到，仪器将选择的波形块的反转镜像复制到了指定的位置。如下图所示。



块删除：按『操作模式』软键，选择为“块删除”模式。

仍然使用当前选择的波形块，现在没有了『操作位置』软键。

按『执行』软键，仪器将选择的波形块删除掉，波形块后面原有的正弦波形向左移动，并保持形状不变。如下图所示。



3.16.7 缩放：对于波形点较多的复杂波形，在有限的波形显示窗口中，要真实的展示波形的细微部分可能是困难的，此时就需要使用缩放和平移的功能，对波形上指定点附近的波形，按照缩放倍率进行局部放大，使波形的细微部分能够清晰地显示出来。

下面举例，对一个 1000 个点的正弦波形进行缩放和平移。

首先插入一个点数为 1000，幅度为 1V_{pp} 的正弦波形。

使用点编辑功能，修改 X 坐标为 402 的波形点，将该点的 Y 坐标修改为 4V。修改 X 坐标为 251 的波形点，将该点的 Y 坐标修改为 550mV。由于显示窗口的分辨率较低，刚刚修改的这两个波形点在显示窗口中都看不到。

水平缩放：退出点编辑功能，按【缩放】软键，进入缩放平移功能，如下图所示。



按【标志点】软键，设置标志点的水平坐标为 402。仪器将以标志点为中心，沿着水平轴进行缩放。按【X 缩放】软键，设置缩放倍率为 200%，这时可以看到波形点(402, 4.000V)已经显示出来。如下图所示。



继续增大缩放倍率到 500%，波形点(400, 4.000V)会显示得更加清晰，重新将缩放倍率设置为 200%。

垂直缩放：按【标志点】软键，设置标志点的水平坐标为 260，现在来观察刚才修改的另外一个波形点（251, 550mV），由于波形点(400, 4.000V)的幅度较大，导致正弦波形在垂直方向上被压缩，使得波形点（251, 550mV）几乎看不到，这就需要使用垂直缩放的功能进行放大。

按【Y 缩放】软键，选择为“垂直”。仪器将以标志点为中心，沿着垂直轴进行缩放。设置缩放倍率为 500%，如下图所示。



此时，界面上，第 512 至第 1021 点并没有都显示出来。

综上所述，为了清晰地观察一个波形的局部细节，可以使用“水平放大”将波形横向展开，调整“标志点”可以使波形左右移动。使用“垂直放大”将波形纵向展开。通过调整这三个参数，就能够将波形的局部细节清晰地显示出来。缩放的操作只是改变了波形的显示，对波形的输出没有影响。

波形经过缩放和平移以后，显示窗口中只剩下波形的局部细节。按【恢复】软键，仪器将上述三个参数恢复到初始值，整个波形的原貌便重新显示出来。

3. 16. 8 波形长度：任意波编辑完成以后，将任意波数据装载到 RAM 存储器中，仪器即可输出用户编辑的任意波形。按【波形长度】软键，可以设置输出任意波的波形长度，也就是在一个周期内任意波的采样点数。波形长度的设置，可以小于实际装载的波形长度，只输出装载波形的一部分，但是不能大于实际装载的波形长度，如果超出实际装载的波形长度，超出部分的波形输出将是不确定的。如果没有进行“波形长度”的设置，则仪器默认为实际装载的波形长度。

仪器上可以编辑的波形长度最大为 16384 个点。如果波形长度超过 16384 个点，需要使用任意波编辑软件从上位机下载波形数据到仪器。

3. 16. 9 采样速率：任意波采用逐点输出的方式，按【采样速率】软键，可以设置任意波的采样速率，也就是对任意波形每秒钟采样的点数。任意波的输出频率和采样速率如下式表示：

$$\text{输出频率} = \text{采样速率} \div \text{波形长度}$$

3. 16. 10 同步输出：同步信号的频率与输出任意波的频率相同。同步信号的相位和输出任意波的相位始终相同，不能进行相位偏移。

3.16.11 存储为内建波形：为了让用户编辑的任意波形能够像内建波形一样地使用，仪器设置了 8 个用户波形存储位置“User_arb1”～“User_arb8”，任意波形编辑完成后，按【存储为内建波形】软键，显示出存储位置选择菜单，按其中一个存储位置【User_arbX】软键，当前编辑的任意波形就作为内建波形存储起来，关断电源也不会丢失，可以和其它内建波形一样方便地使用。

需要注意的是，内建波形的长度固定为 16384 点，如果用户编辑的任意波形长度不足 16384 点，仪器会将波形等比例放大到 16384 个点，然后存储到存储区中。例如，用户编辑的任意波形有 512 个点，则计算出的放大系数为 64（ $16384/512$ ），这样的话任意波的每一个点在存储区中就会放大到 64 个点，这 64 个点的数据是完全相同的。

3.16.12 存储为文件：可以将建好的任意波形以文件的形式存储，这样可以直接通过 U 盘赋值到其它机器上。按【波形存储】、【存储为文件】软键，进入到《文件管理》界面，按【打开目录】、【选项】软键，如果该文件夹中有文件，可以选择该文件，按【存储到该文件】软键，则任意波的波形数据保存到了该文件（注意：如果该文件原来保存过任意波的数据，则本次保存会覆盖原来的数据）。也可以新建一个文件来保存任意波数据。

3.16.13 从文件中调出：如果机器中有任意波数据的文件，按【波形调出】软键，进入《文件管理》界面，按【打开目录】、【选项】软键，选择一个文件，按【任意波调出】软键，完成任意波数据的调出，并显示出来。

3.16.14 计算机编辑：使用键盘编辑一个任意波形，可以随意修改，即编即用。但是只适合编辑比较简单的波形，对于比较复杂的波形，使用键盘编辑就要花费大量的时间，最好通过波形编辑软件，在计算机屏幕上编辑一个任意波形，然后再将波形数据下载到仪器中。详细请参考波形编辑软件使用说明。

3.17 波形序列

当今的测试任务越来越复杂，对波形发生器的要求也越来越高，不仅要求输出单一的波形，而且要求将多个波形按照要求的顺序排成一个序列，且每个波形可以设定长度和重复的次数，从而形成一个更长、更复杂的波形。

波形序列中波形都是仪器内建的波形。

3.17.1 功能选择：按【Waveform Sequence】键，进入波形序列功能，显示出波形

序列的列表和波形序列菜单。

3.17.2 序列设置：波形序列有 1024 个单元，每个单元可以装入一个波形参数，包括波形号、波形长度和波形重复次数，每个单元都有一个号，称之为“序列号”。

下面举例定制一个包含 3 个单元的波形序列，也就是说由 3 个波形组成的序列，如下所示。

	序列号	波形	波形重复次数	波形长度
单元 1	1	正弦波	2	128
单元 2	2	锯齿波	4	96
单元 3	3	三次谐波	1	4096

操作步骤如下：

设置第一个波形的参数：

按〔序列号〕软键，设置为 1

按〔波形〕软键，设置为 1，正弦波

按〔波形长度〕软键，设置为 128

按〔重复次数〕软键，设置位 2

设置第二个波形的参数：

按〔序列号〕软键，设置为 2

按〔波形〕软键，设置为 3，锯齿波

按〔波形长度〕软键，设置为 96

按〔重复次数〕软键，设置为 4

设置第三个波形的参数：

按〔序列号〕软键，设置为 3

按〔波形〕软键，设置为 89，三次谐波

按〔波形长度〕软键，设置为 4096

按〔重复次数〕软键，设置为 1

按〔执行〕软键，仪器输出设置好的波形序列。

3.17.3 采样速率：按〔采样速率〕软键，设置波形序列的采样速率，也就是波形序列每秒钟采样的点数，波形序列采用逐点输出的方式。波形序列的一个周期如下式表示。

序列周期 = n 个 (波形长度 $\div$ 采样速率 $\times$ 重复次数) 之和

3.17.4 触发源：按〔触发源〕软键，可以选择触发源，如果选择“内部”，仪器使用内部触发源，波形序列输出过程连续重复运行；如果选择“手动”，每按一次〔手动触发〕软键，触发一次波形序列输出过程；如果选择了“外部”，仪器使用外部触发源，每一个有效的触发边沿会触发一次波形序列输出过程。在“手动”和“外触发”时，波形序列的输出受“触发模式”控制。外触发信号从仪器后面板上的《Trig In》端口输入。

3.17.5 触发模式：按〔触发模式〕软键，可以选择触发模式，触发模式的设置仅在外触发和手动触发时有效，这时才可以设置触发模式。

触发模式选择“序列”时，每次有效的触发，波形序列会输出一组波形信号。按照上例中的设置，第 1 次触发，输出 2 个重复周期的正弦信号，第 2 次触发，输出 4 个重复周期的锯齿波，第 3 次触发，输出 1 个重复周期的 3 次谐波。在触发模式设置为“序列”时，完成一次完整的波形序列输出需要 3 次有效触发。

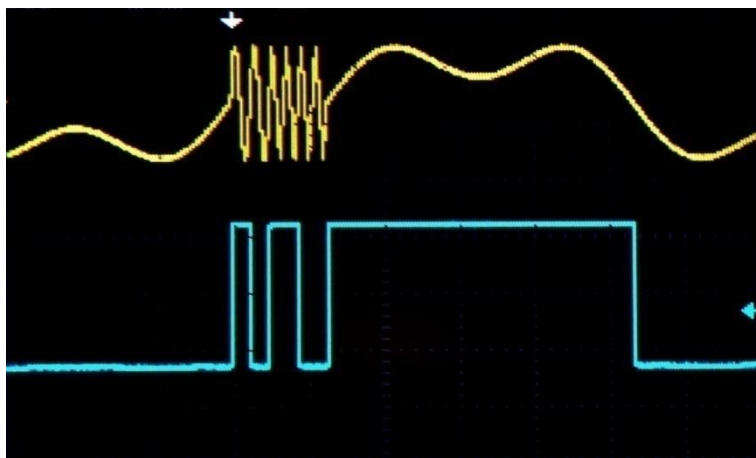
触发模式选择“波形”时，每次有效的触发，波形序列会输出一个周期的波形信号。按照上例中的设置，第 1、2 次触发，分别输出 1 个周期的正弦信号，第 3、4、5、6 次触发，分别输出 1 个周期的锯齿波，第 7 次触发，输出 1 个重复周期的 3 次谐波。在触发模式设置为“波形”时，完成一次完整的波形序列输出需要 7 次有效触发。

3.17.6 触发边沿：外触发时，可以设置触发边沿，按〔触发边沿〕软键，选择外触发信号的有效边沿，触发边沿的设置仅在外触发时有效，这是才可以选择触发边沿。

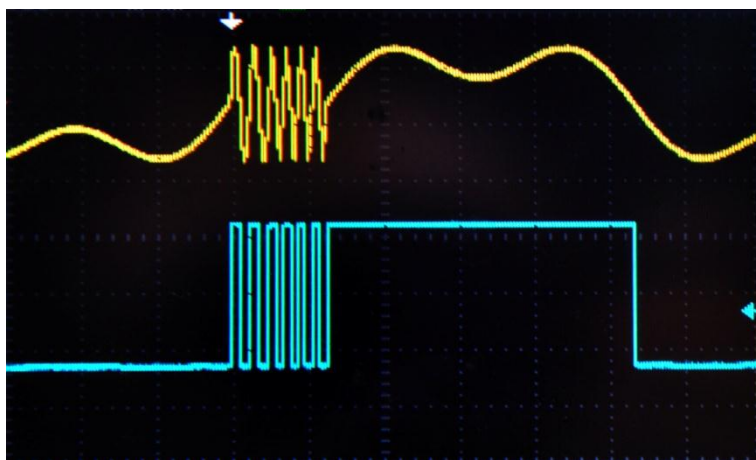
触发边沿选择“上升沿”时，当触发信号由“0”变为“1”时，波形序列输出启动。

触发边沿选择“下降沿”时，当触发信号由“1”变为“0”时，波形序列输出启动。

3.17.7 同步模式：同步输出打开时，按〔同步模式〕软键，可以选择同步信号的输出方式，当选择为“序列”时，同步信号的周期和波形序列中波形的个数相关，按照上例中的设置，序列中波形的个数是 3，重复次数的和是 7，当输出一个周期的波形序列时，会输出 3 个同步信号，如下图所示：



当选择为“波形”时，同步信号的周期和波形序列中波形的个数及重复次数相关，按照上例中的设置，序列中波形的个数是 3，重复次数的和是 7，当输出一个周期的波形序列时，会输出 7 个同步信号，输出信号如下图所示：



3.17.8 同步输出：同步信号的上升沿对应在序列中每一个任意波形的切换点，同步信号的脉冲宽度等于这个任意波形重复次数的一半。

如果使用外部触发或手动触发，则同步信号由外部触发或手动触发信号确定。

3.17.9 序列存储：任意波序列的数据都是存储在 RAM 存储器中，一旦关断电源，存储的数据就丢失了。如果要保存当前的任意波序列数据，就需要将任意波序列数据保存到 FLASH 存储器中。按【存储调出】、【存储为文件】软键，进入到文件管理界面，按【打开目录】软键，按【选项】、【新建文件】软键，创建一个文件名 Arb_seq1.wseq（创建文件的时候，不需要输入扩展名，仪器会自动添加扩展名），将任意波序列数据保存到文件中。这是一个二进制类型的文件，可以保存多个这样的文件，以后可以随时调出使用。

3.17.10 序列调出：进入任意波序列操作界面以后，如果先前已经存储过任意波序列文件，只要按【存储调出】、【从文件调出】软键，进入到文件管理界面，按【打开目录】软键，找到序列文件 Arb_seq1.wseq，按【选项】、【波形序列调出】软键，即可以装载这个任意波序列文件。进而重新实现所需要的任意波序列功能。

3.18 通道耦合

仪器的通道具有完全相同的特性，使用通道耦合功能，可以方便地改变多个通道的参数值。通道耦合包含频率耦合和幅度耦合。4 通道仪器和 2 通道仪器的设置有一些区别。

3.18.1 功能选择：按【Multiple Channels】键，进入通道耦合功能，显示出通道耦合界面和通道耦合菜单。

3.18.2 源通道、目标通道：4 通道仪器只有 2 个通道可以作为源通道，分别是通道 1 和通道 3。当通道 1 作为源通道，可以同时耦合到其它的 3 个通道，也可以耦合到其中的 2 个或者 1 个通道；当通道 3 作为源通道时，只可以耦合到通道 4；通道 2 和通道 4 是不可以作为源通道的。2 通道仪器的通道 1 和通道 2 既可以作为源通道，也可以作为目标通道，按【耦合方向】软键，可以切换。

3.18.3 耦合模式：按【耦合模式】软键，进入耦合模式选择菜单，可以选择 4 个耦合模式，这 4 个耦合模式是同时有效的。2 通道仪器没有这个设置。

3.18.4 目标通道：按【目标通道】软键，进入通道选择菜单，可以选择当前模式的目标通道。例如当前为“模式 1”，按【通道 2】和【通道 3】软键，【通道 2】和【通道 3】高亮显示，表示通道 2 和通道 3 选中，再次按【通道 2】软键，【通道 2】高亮显示消失，表示通道 2 去除，选中的目标通道会在显示区中显示。因为通道 3 已经被选择为“模式 1”的目标通道，在其它模式中，就不可以再次被选择为目标通道。2 通道仪器没有这个设置。

3.18.5 频率耦合：使用频率耦合，使通道间的输出频率相互关联。按【频率耦合】软键，将频率耦合设置为“开启”，通道间的频率值符合下式规定：

$$\text{目标通道频率} = \text{源通道频率} \times \text{频率比} + \text{频率差}$$

使用频率耦合功能时，当目标通道的频率超过频率上限或者下限时，仪器会将频率设置到限定值，上面的公式不再适合。

使用频率耦合功能，可以使通道输出倍频或差频信号。

3.18.6 幅度耦合：使用幅度耦合，使通道间的输出幅度相互关联。按〔幅度耦合〕软键，将幅度耦合设置为“开启”，两个通道的幅度或偏移值符合下式规定：

$$\text{目标通道幅度} = \text{源通道幅度} + \text{幅度差}$$

$$\text{目标通道偏移} = \text{源通道偏移} + \text{偏移差}$$

使用幅度耦合功能时，当目标通道的幅度、偏移超过上限或者下限时，仪器会将幅度、偏移设置到限定值，上面的公式不再适合。

使用幅度耦合功能，可以使两个通道输出差分信号。

3.18.4 耦合参数：按〔耦合参数〕软键，进入耦合参数设置菜单，可以设置“频率比”、“频率差”、“幅度差”和“幅度比”4个参数。

3.18.5 相位对齐：按〔相位对齐〕软键，选择需要对齐的通道，按〔确认〕软键，便可以使选中通道的同步信号和 CH1 相位对齐，此时可以由每个通道的相位设置值计算出各个通道的之间的相位差。

3.19 文件管理器

在合成谐波、频率序列、任意波形、任意波序列、仪器状态、系统升级和外部 U 盘的操作中都要使用到文件管理器，文件管理器可以方便地对文件进行存储和调出操作。

3.19.1 结构布局：文件管理器的结构如下图所示：



1. 当前目录区 2. 子目录区 3. 文件类型 4. 当前操作 5. 当前文件路径

当前目录区：显示当前打开的目录（文件夹），也就是子目录区所在的上级目录。

子目录区：显示当前打开的目录的子目录，以及符合当前操作类型的文件。

文件类型：文件类型包括以下几种：

谐波序列文件：Harm_seq*.har

频率数据文件：Freq_data*.freq

任意波数据文件：Arb_data*.arb

任意波序列文件：Arb_seq*.wseq

工作状态文件 State*.sta

FPGA 升级文件 Update_FPGA.bin

当前操作：文件管理器的用途，包括合成谐波、频率序列、任意波序列, 工作状态和系统升级操作。

当前文件路径：当前所选文件的路径。

3. 19. 2 查找文件：如果需要的文件已经存在，可以通过以下步骤找到文件。

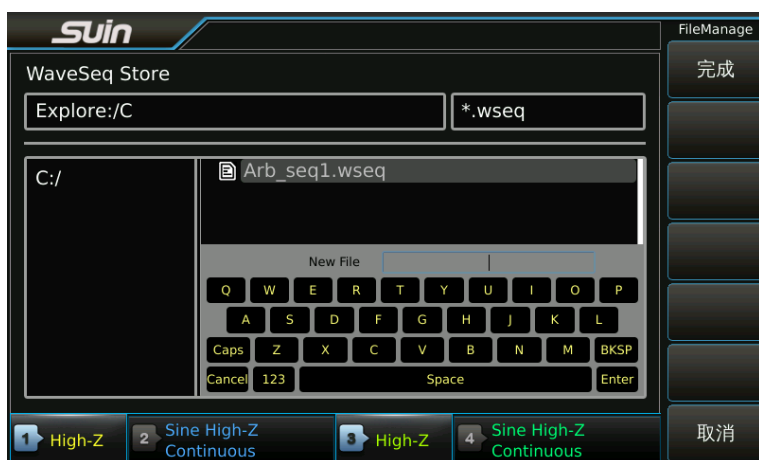
打开目录（文件夹）：按右方向键将光标指向右边子目录区，然后使用上下方向键选中要打开的文件夹。按【打开目录】软键打开文件夹，该文件夹被转移到左边的当前目录区，右边子目录区显示出该文件夹中所包含的文件夹或者文件列表。如果没有找到所需要的文件，就继续选择右边子目录区的文件夹，然后打开它。如此多次操作，直到最后找到所需要的文件。

折叠目录：按【折叠目录】软键，即可将当前文件夹收起，当前目录区显示上一级文件夹。

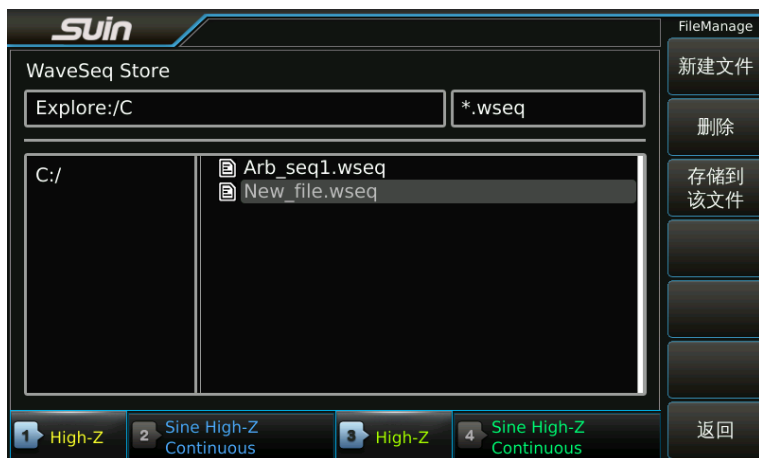
目录分支：在使用外部 U 盘时，U 盘中可能有许多文件夹，或者文件夹的嵌套层次较深，这就需要结合使用打开目录和折叠目录的操作，沿着逐个文件夹分支去查找所需要的文件。在使用内部存储器 Local 时，由于文件很少，往往只需打开 Local 文件夹，即可找到所需要的文件。

3. 19. 3 创建新文件：在存储操作时，如果不想覆盖现有的文件，可以创建一个新文件。

按【新建文件】软键，界面弹出一个模拟键盘，通过触摸屏和数字键盘输入文件名（不需输入扩展名）。



文件名写好以后，按『完成』软键，仪器会自动在文件名的后面添加合适的扩展名，形成一个新文件，并在右边子目录区显示出来。



3. 19. 4 删除文件：在子目录区中选中的一个文件，按『文件删除』软键，可以将被选中的文件删除。

3. 20 系统设置

3. 20. 1 功能选择：按【Utility】键，进入辅助功能界面，显示出辅助功能菜单，可以对仪器的界面显示、工作状态、语言、接口等进行设置。

3. 20. 2 语言选择：按『Language』软键，可以循环选择中文或英文。如果选中了一种语言，仪器会一直使用这种语言，系统复位和关断电源重新开机都不会改变，除非重新进行语言选择。

3. 20. 3 开机状态：仪器在出厂时存储了一组“默认”的工作状态参数。另外，

如果开机状态设置为“关机前”，当仪器的状态发生变化时，仪器会自动存储当前的工作状态。

按【开机状态】软键，可以循环选择“默认”或“关机前”。

如果选择“默认”，则仪器开机时会自动调出默认的工作状态。如果仪器是多人使用，或者工作任务变化莫测，则应将开机状态设置为默认，使每次开机后有一个固定的工作状态。

如果选择“关机前”，则仪器开机时会自动调出上次关机前的工作状态。如果仪器应用于连续性的工作任务，应将开机状态设置为关机前，下次开机后就不必重复设置上次的工作状态。

3.20.4 显示和声音：按【显示/声音】软键，进入显示和声音设置菜单。

3.20.4.1 按【屏保】软键，可以循环选择屏幕保护为“开启”或“关闭”。如果选择开启，若连续两分钟内没有对仪器进行操作，则显示屏幕进入保护状态，关闭显示屏背光。任何按键或旋钮的操作，都可以结束屏幕保护，重新进入工作状态。如果选择关闭，则显示屏幕一直处于工作状态。

3.20.4.2 按【亮度】软键，可以调节显示屏幕背光的亮度。

3.20.4.3 按【按键声音】软键，可以循环选择按键声音的“开启”或“关闭”。如果选择开启，任何按键或旋钮的操作都会有一个短声音提示，表示操作有效。如果选择关闭，任何按键或旋钮的操作都没有声音提示。

当参数设置超出允许范围时，或者操作出现错误时，仪器会有一个长声音报警，此时不受“按键声音”开关的影响。

3.20.5 状态存储和调出：仪器在使用中可以设置各种功能，例如连续、调制等。在每种功能里还可以设置各种参数，例如波形、频率、调幅深度等，这些统称为仪器的工作状态。每个用户可以把自己专用的工作状态存储起来，下次再用时可以迅速调出，不必再进行频繁地设置。

按【状态存储】软键，可以将当前工作状态参数存储到状态文件中。按【状态调出】软键，可以将状态文件中的参数调出使用。

3.20.6 网络设置：按【网络设置】软键，可以设置网络连接的各项参数。



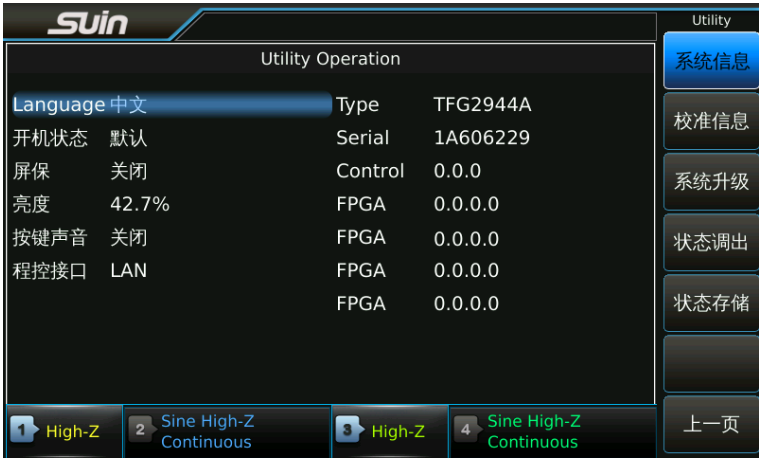
按〔DHCP〕软键，可以循环选择 DHCP 的开启或关闭，如果选择 DHCP 打开，那么 IP 地址、子网掩码和默认网关都不能进行设置。

按〔IP 地址〕软键，可以使用数字键对 IP 地址进行设置。

按〔子网掩码〕软键，可以使用数字键对子网掩码进行设置。

按〔默认网关〕软键，可以使用数字键对默认网关进行设置。

3. 20. 7 系统信息：按〔系统信息〕软键，在界面的右半栏可以查看当前系统的固有信息，这些信息对于每一台仪器都是不完全相同的，如下图所示。



- Type: 仪器的型号，仪器出厂后仪器型号固定不变。
- Serial: 仪器的序列号，每一台仪器的序列号都是唯一的，出厂后固定不变。
- Control: 控制程序版本号，控制程序版本主要影响仪器的操作，系统升级后更新。
- FPGA: 固件版本号，固件版本主要影响仪器的功能，系统升级后更新。

3. 20. 8 系统升级：请参考系统升级章节。

3.21 系统升级

仪器可以对底层固件和控制软件进行升级，来解决发现的 bug 或者对仪器进行一些改进，因为是直接更改底层固件和控制软件，所以在升级过程中仪器不能断电，如果升级出现问题，会造成仪器不能正常使用，只能返厂维修，因此需要谨慎选择系统升级。

3.21.1 控制软件升级：

控制软件升级包的后缀为“sys”，将控制软件的升级包重新命名为 SysUpdate.sys，拷贝到 FAT32 格式的 U 盘中，将 U 盘插入前面板的 USB 接口。

按下电源按钮启动仪器，立即长按功能键中的【Reset】键，直到显示屏上出现英文提示，松开【Reset】键，几分钟后显示屏上提示升级完成，仪器自动重新启动，升级完成。

3.21.2 固件升级：仪器有 2 个或者 4 个通道，每个通道的固件是独立的，因此需要将每个通道都升级。在下面说明中用“*”表示通道号。每个通道升级完成后，都会有重新启动的提示，这时可以重新启动仪器，也可以继续升级其它的通道，等所有通道都升级完成后重新启动仪器。

固件升级包的后缀 bin，将固件升级包拷贝到 FAT32 格式的 U 盘中，将 U 盘插入前面板的 USB 接口，仪器能自动识别，并且在显示屏上有 usb 图标提示。

按【Utility】、【下一页】、【系统升级】键，显示出系统升级界面，转动旋钮选中“UDisk”目录，按【打开目录】键，打开“UDisk”目录，显示出该目录下的文件和文件夹，转动旋钮选中后缀为 bin 的升级文件。

按【选项】、【选择通道】、【通道*】键，仪器显示提示信息“通道*：系统将要进行升级，是否继续？”，按【确认】键，仪器开始升级固件，在升级过程中仪器会提示“正在校验升级包”、“正在更新，请不要操作仪器”，升级完成后提示“Channel* 升级完成，请重启”；如果升级失败则提示“系统升级失败”。按【取消】键，仪器退出当前升级。

3.22 时钟校准

石英晶振都存在老化现象，随着时间的推移，输出频率会产生漂移，仪器采用了温补压控晶振，可以通过对内部晶振校准来尽可能的解决老化带来的频率漂移。

时钟校准需要用到计数器，将仪器后面板的时钟输出端口连接到计数器，然后按【Utility】键，进入辅助功能界面，按【校准信息】、【时钟校准】软键，进入

时钟校准功能，按照提示操作，输入计数器测量得到的频率值，即可完成时钟的校准。

3.23 信号端口

仪器的前面板有 4 个信号端口，后面板有 24 个信号端口（2 通道仪器有 12 个端口）。“Counter In 1”和“Counter In 2”端口的地和机箱接地（大地）是直接连接的；“10MHz In”端口的地是完全独立的，和机箱接地（大地）以及其它端口的信号地是绝缘隔离的；除了以上 3 个信号端子，其它的信号端子共用一个信号地，这个信号地和机箱接地（大地）之间是绝缘隔离的，因此信号端口可以和不同参考电位的电路浮动连接，但是必须保证信号地与机箱地之间的电压不能超过 42V_{pk}，否则可能会造成仪器的损坏。

仪器的输出端口严格禁止用作信号输入，否则，可能会导致仪器的损坏。

3.23.1 信号输出端口《CH1》：位于前面板，通道 1 的信号从该端口输出。

3.23.2 信号输出端口《CH2》：位于前面板，通道 2 的信号从该端口输出。

3.23.3 信号输出端口《CH3》：位于前面板，通道 3 的信号从该端口输出。

3.23.4 信号输出端口《CH4》：位于前面板，通道 4 的信号从该端口输出。

3.23.5 同步输出端口《Sync》：位于后面板（2 通道仪器位于前面板），对应通道的同步信号从该端口输出。

同步输出信号是一个 TTL 兼容的脉冲波信号，高次谐波丰富，同步信号输出时，可能会在输出接地回路中与输出信号产生耦合，对主信号产生干扰，如果不使用同步信号，应将其关闭。仪器开机时，同步信号默认为关闭。

3.23.6 调制端口《Mod in I》、《Mod in Q》：位于后面板，输入端口，通道外部调制信号从该端口输入。

3.23.7 触发端口《Trig In /Out》：位于后面板，《Trig In/Out》是双向端口，当触发源选择为“外部”时，触发端口被设置为输入端口，用来输入外部触发信号。

按〔触发极性〕软键，如果选择为“正极性”，则触发信号逻辑高电平作为数字“1”，逻辑低电平作为数字“0”。如果选择为“负极性”，则触发信号逻辑高电平作为数字“0”，逻辑低电平作为数字“1”。

按〔触发边沿〕软键，如果选择为“上升沿”，则触发信号从低到高的跳变作

为有效触发沿。如果选择为“下降沿”，则触发信号从高到低的跳变作为有效触发沿。

当触发源选择为“内部”时，触发端口《Trig In /Out》被设置为输出端口，用来输出内部触发信号,用于触发其它设备。

按〔触发输出〕软键，如果选择为“上升沿”，则在触发输出数字“1”时，触发端口的信号为逻辑高电平。如果选择为“下降沿”，则在触发输出数字“1”时，触发端口的信号为逻辑低电平。如果选择为“关闭”，则触发端口没有信号输出。

如果当前功能为猝发输出，则在猝发信号输出期间，触发端口输出数字“1”，猝发信号关闭期间，触发端口输出数字“0”。

如果当前功能为频率扫描，触发源选择为“内部”，则在扫描启动时，触发端口输出数字“1”，数字“1”的脉冲宽度等于扫描过程总时间的一半。

如果当前功能为频率序列，触发源选择为“内部”，则在扫描启动时，触发端口输出数字“1”，数字“1”的脉冲宽度等于一个停留时间。

3.23.8 计数输入端口《Counter In 1》、《Counter In 2》：位于后面板，《Counter In 1》是计数器 1 的输入端口，《Counter In 2》是计数器 2 的输入端口。

3.23.9 时钟输入端口《10MHz Ref In》：位于后面板，输入外部时钟信号。

3.23.10 时钟输出端口《10MHz Ref Out》：位于后面板，内部时钟信号输出。

3.24 通讯端口

仪器的通讯端口接地和机箱接地（大地）相连接。

3.24.1 USB 主机端口《USB Host》：位于前面板，用作U盘插入端口，用于对任意波形和工作状态文件的存储和调出，在系统升级时用于导入升级文件。

3.24.2 USB 设备端口《USB Device》：位于后面板，通过 USB 电缆和计算机相连，可以对仪器进行编程控制，或者使用波形编辑软件下载用户波形数据，USB 设备接口的使用方法在随机光盘中有详细说明。

3.24.3 网络端口《LAN》：位于后面板，通过网线和计算机相连，可以对仪器进行远程控制，LAN 接口的使用方法在随机光盘中有详细说明。

3.24.4 WiFi 端口《WiFi》：位于后面板，通过无线方式和计算机相连，可以

对仪器进行远程控制，WiFi 接口的使用方法在随机光盘中有详细说明。

3.25 频率参考

3.25.1 频率参考输入端口《10MHz Ref In》：位于后面板，可输入外部时钟信号，使本仪器与其它设备同步，也可使用更高精度的外部时钟，进一步提高输出频率的精度。时钟输入端口采用变压器交流耦合方式，与仪器的其它端口没有公共接地端。

当有外时钟接入时，如果时钟频率在可以锁定的范围内，则显示“外时钟接入”提示信息，同时在状态信息显示区显示“Ext Ref On”，仪器自动切换到外时钟。

如果外时钟频率超出可以锁定的范围，则显示“外时钟无效，请移除外时钟”提示信息，同时在状态信息显示区显示“Ext Ref In”，仪器会自动切换到内时钟。如果外时钟没有移除，仪器会频繁检测外时钟是否可以锁定，这会造成输出信号频率不稳定，因此需要将外时钟移除。

如果外部时钟断开，则显示“外时钟移除”提示信息，状态信息显示区不再显示和外时钟有关的信息，仪器会自动切换到内时钟。

3.25.2 频率参考输出端口《10MHz Ref Out》：位于后面板，输出 10MHz 的时钟信号，可用作其它设备的时钟，使其它设备与本仪器同步。

3.26 默认设置

3.26.1 连续输出（开机后默认连续输出）

波形	正弦波	方波占空比	50%
频率	1kHz	锯齿波对称度	50%
幅度	1Vpp	脉冲宽度	500 μs
直流偏移	0Vdc	边沿时间	10ns
输出相位	0°	高电平限制	10Vdc
波形极性	正向	低电平限制	-10Vdc
外接负载	高阻	输出端口	关闭

3.26.2 调制输出 (FM、AM、PM、PWM、Sum)

频率偏差	500Hz	相位偏差	90°
调幅深度	100%	调制频率	100Hz
调宽深度	50%	调制波形	正弦波
叠加深度	100%	调制源	内部

3.26.3 键控输出 (FSK、4FSK、nFSK、PSK、4PSK、nPSK、ASK、OSK)

跳变频率 0	1kHz	跳变相位 0	0°
跳变频率 1	200Hz	跳变相位 1	180°
跳变频率 2	5.0KHz	跳变相位 2	45°
跳变频率 3	400Hz	跳变相位 3	90°
跳变幅度	0.5Vpp	跳变速率	100Hz
跳变时间	3ms	触发源	内部
		触发极性	正极性

3.26.4 猝发输出

猝发周期	10ms	猝发模式	触发
循环周期数	3	触发源	内部
起始相位	0°	触发输出	关闭

3.26.5 双脉冲

双脉冲频率	1kHz	双脉冲状态	正脉冲
第一脉冲宽度	200 μs	触发源	内部
间隔时间	100 μs	触发输出	关闭
第二脉冲宽度	50 μs		

3.26.6 频率扫描

起始频率	100Hz	返回时间	1ms
终止频率	1kHz	间隔时间	0s

标志频率	550Hz	扫描模式	线性
扫描时间	5s	触发源	内部
保持时间	0s	触发输出	关闭

3. 26. 7 频率序列

采样速率	1Hz	触发源	内部
序列长度	20	触发输出	关闭
序列模式	定制序列		

频率数据

序号 1	序号 2	序号 3	序号 4		序号 20
1kHz	2kHz	3kHz	4kHz		20kHz

3. 26. 8 任意波序列

采样速率	1MSa/s	触发源	内部
序列长度	3		

任意波序列

	任意波 1	任意波 2	任意波 3
波形	正弦波	锯齿波	三次谐波
起始地址	2000	4000	6000
波形长度	128	96	4096
重复周期	2	4	1

3. 26. 9 通道耦合

频率比	1	耦合模式	模式 1
频率差	0Hz	耦合方向	CHA → CHB
幅度差	0V _{pp}	频率耦合	关闭
		幅度耦合	关闭

3. 26. 10 系统设置

语言	中文	屏幕亮度	50%
开机状态	默认	按键声音	关闭
屏幕保护	关闭	程控接口	USB

3.27 计数器（选件）

计数器有四种测量功能，可以测量外部信号的频率、周期、脉冲宽度和占空比，如下图所示，默认为频率测量。轻触显示屏上得“Frequency”、“Period”、“PulseWidth”和“Duty”可以切换计数器的测量功能。



计数器 1 可以设置闸门时间、触发电平、耦合方式、输入阻抗、带宽限制和衰减器，计数器 2 仅可以设置闸门时间。

3.27.1 闸门时间：按〔闸门时间〕软键，可以设置计数器的闸门时间，默认为 1s。

3.27.2 触发电平：按〔触发电平〕软键，可以设置计数器的触发电平，默认设置 0mV。

3.27.3 耦合方式：按〔耦合〕软键，可以设置计数器的耦合方式，耦合方式可以设置为 DC 耦合和 AC 耦合，默认是 AC 耦合。

3.27.4 输入阻抗：按〔输入阻抗〕软键，可以设置计数器的输入阻抗，默认为 1MΩ。

3.27.5 带宽限制：按〔带宽限制〕软键，可以设置计数器器通道的带宽，带宽限制是限制 100kHz 以上的信号进入计数器通道，默认为关闭。

3.27.6 衰减器：按『衰减器』软键，可以设置计数器器通道的衰减状态，默认为关闭。

第四章 服务与支持

4.1 保修概要

石家庄数英仪器有限公司对生产及销售产品的材料和工艺缺陷，自发货之日起给予一年的保修期。保修期内，对经证实有缺陷的产品，本公司将根据保修的详细规定进行维修或更换。

除本概要和保修单所提供的保证以外，本公司对本产品没有其它任何形式的明示和暗示的保证。在任何情况下，本公司对直接、间接的或其它继发的任何损失不承担任何责任。

4.2 联系我们

在使用产品的过程中，若您感到有不便之处，可和石家庄数英仪器有限公司直接联系：周一至周五 北京时间 8：00-17：00

营销中心： 0311-83897148 83897149

客服中心： 0311-83897348

传 真： 0311-83897040

技术支持： 0311-83897241/83897242 转 8802/8801

0311-86014314

或通过电子信箱与我们联系

E-mail:market@suintest.com

网址：<http://www.suintest.com>

第五章 技术参数

技术参数的测试，应该在 18℃~28℃环境温度下，开机 30 分钟后进行，需保证仪器单独放置，不能堆叠，并且通风散热良好，两侧和后部至少有 150mm 以上通风空间。

5.1 连续输出

5.1.1 内建波形：

正弦波、方波、锯齿波、脉冲波、噪声、直流、伪随机码、用户编辑任意波和用户编辑谐波等 165 种波形

采样速率：1.2GSa/s

幅度分辨率：14 bits

5.1.2 正弦波：

谐波失真(0dBm)：	$\leq -65\text{dBc}$	频率<40MHz
	$\leq -60\text{dBc}$	频率<80MHz
	$\leq -55\text{dBc}$	频率<120MHz
	$\leq -50\text{dBc}$	频率<150MHz
	$\leq -45\text{dBc}$	频率<200MHz
	$\leq -40\text{dBc}$	频率<250MHz
	$\leq -45\text{dBc}$	频率<300MHz
	$\leq -50\text{dBc}$	频率 $\geq 300\text{MHz}$

总失真度： $\leq 0.2\%$ (20Hz~20kHz, 20Vpp)

相位噪声： $\leq -140\text{dBc/Hz}$ (0dBm, 10kHz 偏移, 10MHz)

5.1.3 方波：

占空比：0.01%~99.99% (受频率设置限制)

过冲： $\leq 5\%$ (典型值)

边沿时间： $\leq 2.5\text{ns}$ (1Vpp)

5.1.4 脉冲波：

占空比：0.01%~99.99% (受边沿时间与频率设置限制)

过冲： $\leq 5\%$ (典型值)

边沿时间：2.5ns~1.2s (1Vpp)，上升边沿和下降边沿单独可调

脉冲宽度：4ns~(周期-4ns)

5.1.5 双脉冲波:

过冲: $\leq 5\%$ (典型值)

边沿时间: $\leq 2.5\text{ns}$ ($1V_{pp}$)

第一脉冲宽度: $5\text{ns} \sim 20\text{s}$

第二脉冲宽度: $5\text{ns} \sim 20\text{s}$

间隔时间: $5\text{ns} \sim 20\text{s}$

脉冲宽度和间隔时间分辨率: 5ns

脉冲状态: 正脉冲、负脉冲、正负脉冲

触发源: 内部、外部

5.1.6 锯齿波:

对称度: $0.0\% \sim 100.0\%$

5.1.7 任意波:

采样方式: 逐点采样

采样速率: $1\mu\text{Sa/s} \sim 200\text{MSa/s}$

波形长度: $2 \sim 16\text{K}$ 点 步进: 1 点

16K 点 $\sim 32\text{M}$ 点 步进: 4 点

幅度分辨率: 14bits

5.1.8 合成谐波:

谐波次数: $1 \sim 50$

谐波相位: $0^\circ \sim 360^\circ$

5.1.9 频率:

范围: 正弦波: $1\mu\text{Hz} \sim 400\text{MHz}$ (注)

方波: $1\mu\text{Hz} \sim 120\text{MHz}$

脉冲波: $1\mu\text{Hz} \sim 80\text{MHz}$

锯齿波: $1\mu\text{Hz} \sim 6\text{MHz}$

其它波形: $1\mu\text{Hz} \sim 50\text{MHz}$

分辨率: $1\mu\text{Hz}$ 或 12 位数字

精度: $\pm 1\text{ppm} \pm 1\mu\text{Hz}$ $0^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$

老化率: $\pm 1\text{ppm}/\text{年}$

5.1.10 幅度 (50Ω 负载, 偏移 $0V_{dc}$):

范围：1mVpp~10Vpp 频率 $\leq$ 40MHz
1mVpp~5Vpp 频率 $\leq$ 100MHz
1mVpp~2Vpp 频率 $\leq$ 200MHz
1mVpp~1.5Vpp 频率 $\leq$ 300MHz
1mVpp~1Vpp 频率 $>$ 300MHz

分辨率：1mVpp 或 3 位数字

精度(正弦波 1kHz, $\geq$ 10mVpp, 高阻)： $\pm$ (设置值 $\times$ 1%+1mV)

平坦度(正弦波 0dBm, 相对于 10MHz)：

$\pm$ 0.2dBm 频率 $<$ 100MHz
 $\pm$ 0.3dBm 频率 $<$ 200MHz
 $\pm$ 0.4dBm 频率 $<$ 300MHz
 $\pm$ 0.5dBm 频率 $\geq$ 300MHz

单位(正弦波)：Vpp、Vrms、dBm

5.1.11 直流偏移 (50 Ω 负载)：

范围： $\pm$ 5Vpk (ac+dc)

分辨率：1mVdc

精度(高阻)： $\pm$ (|设置值| $\times$ 1%+2mV+幅度值 $\times$ 0.5%)

5.1.12 极性和相位：

波形极性：正向、反向

输出相位：0° ~360° (相对于同步信号)

5.1.13 信号输出：

输出阻抗：50 Ω (典型值)

输出保护：过载自动断开输出

端口接地：信号地与机箱地相隔离

5.2 调制输出

5.2.1 FM、AM、PM、PWM、Sum 调制：

载波波形：正弦波、方波、锯齿波等 (PWM 仅脉冲波)

调制波形：正弦波、方波、锯齿波等

调制频率：1mHz~100kHz

频率偏差：0Hz～频率上限/2

调幅深度：0%～120%

相位偏差：0°～360°

脉宽偏差：0%～99.9%

叠加幅度：0%～100%

调制源：内部、外部

5.2.2 FSK、4FSK、NFSK、PSK、4PSK、NPSK、ASK、OSK 调制：

载波波形：正弦波、方波、锯齿波等

跳变频率：1 μ Hz～频率上限

跳变相位：0°～360°

跳变幅度：1mV_{pp}～载波幅度

跳变时间：5ns～500s

跳变速率：1 μ Hz～1MHz

触发源：内部、外部

5.3 猝发输出

5.3.1 猝发波形：正弦波、方波、锯齿波等

5.3.2 猝发模式：触发、门控

5.3.3 猝发周期：1 μ s～500s

5.3.4 猝发计数：1～100000000 个

5.3.5 门控输出：两个以上完整周期

5.3.6 起始相位：0°～360°

5.3.7 触发源：内部、外部、手动

5.4 频率扫描

5.4.1 扫描波形：正弦波、方波、锯齿波等

5.4.2 频率范围：1 μ Hz～频率上限

5.4.3 扫描模式：线性扫描、对数扫描

5.4.4 扫描时间：正扫：1ms～500s，保持、反扫、间隔：0s～500s

5.4.5 触发源：内部、外部、手动

5.5 频率序列

5.5.1 序列波形：正弦波、方波、锯齿波等

5.5.2 频率范围：1 μ Hz $\sim$ 频率上限

5.5.3 序列模式：定制序列、伪随机序列

5.5.4 序列长度：2 $\sim$ 1024

5.5.5 采样速率：1mSa/s $\sim$ 50MSa/s

5.5.6 触发源：内部、外部、手动

5.6 波形序列

5.6.1 采样速率：1 μ Sa/s $\sim$ 200MSa/s

5.6.2 波形长度：12 $\sim$ 16K 点 步进：4 点

5.6.3 重复次数：1 $\sim$ 1024

5.6.4 序列长度：2 $\sim$ 1024

5.6.5 触发源：内部、外部、手动

5.7 通道耦合

5.7.1 耦合方向：通道 A $\rightarrow$ 通道 B、C、D，通道 C $\rightarrow$ 通道 D

5.7.2 频率耦合：频率比、频率差

5.7.3 幅度、偏移耦合：幅度差、偏移差

5.7.4 相位对齐：相位对齐后通道间相位差 ≤ 5 ns（典型值）

5.8 同步输出

5.8.1 波形特性：方波，边沿时间 ≤ 20 nS

5.8.2 频率和脉宽：随工作模式变化

5.8.3 输出电平：TTL 兼容

5.8.3 输出阻抗：50 Ω （典型值）

5.8.4 端口接地：信号地与机箱地相隔离

5.9 调制触发输入

5.9.1 调制输入： $\pm 2.5V_{pp}$ （满度值）

5.9.2 触发输入：TTL 电平

5.9.3 输入阻抗： $10k\Omega$ （典型值）

5.10 通讯接口

5.10.1 接口种类：USB 主机接口、USB 设备接口、LAN 接口、WiFi

5.10.2 端口接地：通讯端口地与机箱地相连接

5.11 频率参考

5.11.1 频率参考输入：

频率： $10MHz \pm 50Hz$

$10MHz \pm 0.5Hz$ （有高稳晶振选件时）

幅度： $100mV_{pp} \sim 5V_{pp}$

输入阻抗： $1k\Omega$ ，交流耦合

5.11.2 频率参考输出：

频率： $10MHz$

幅度： $0dBm$

输出阻抗： 50Ω ，交流耦合

5.12 通用特性

5.12.1 电源条件：电压： $AC\ 100 \sim 240V$

频率： $45 \sim 65Hz$

功耗： $<70VA$ （TFG29X2A）

$<80VA$ （TFG29X4A）

5.12.2 环境条件：工作温度： $0 \sim 40^{\circ}C$ 湿度： $<80\%$

贮存温度： $-30 \sim 60^{\circ}C$

5.12.3 操作特性：全部按键操作，旋钮连续调节，中、英文菜单

5.12.4 显示方式：7" 彩色 TFT 液晶带触摸屏像素：800×480

5.12.5 物理特性：

尺寸：363mm(宽)×154mm(高)×327mm(深) 重量：约 7.0kg (TFG29X2A)

尺寸：363mm(宽)×154mm(高)×467mm(深) 重量：约 10.0kg (TFG29X4A)

5.12.6 制造工艺：表面贴装工艺，大规模集成电路，可靠性高，使用寿命长。

5.13 计数器（选件）

5.13.1 计数器 1

频率范围：DC 耦合时 1Hz~100MHz

AC 耦合时 1MHz~100MHz (50Ω 开)

AC 耦合时 30Hz~200MHz (1MΩ 开)

动态范围：50mV_{rms}~1.0V_{rms} 正弦波

150mV_{pp}~4.5V_{pp} 脉冲波

输入阻抗：1MΩ//35pF 或 50Ω

耦合方式：AC 或 DC

衰减器： 关闭或×10

带宽限制：截止频率约 100kHz

触发电平：-5.000V~+5.000V，步进 3mV

5.13.2 计数器 2

频率范围：100MHz~3GHz

动态范围：-15dBm~+13dBm 正弦波（频率：100MHz~2.0GHz）

-10dBm~+13dBm 正弦波（频率：2.0GHz~3GHz）

输入阻抗：50Ω

耦合方式：AC

5.14 高稳晶振（选件）

5.14.1 精度：±0.01ppm±1μHz 0℃~40℃

5.14.2 老化率：±0.03ppm/年

注：正弦波频率范围：1 μ Hz $\sim$ 200MHz（TFG292XA）

1 μ Hz $\sim$ 300MHz（TFG293XA）

1 μ Hz $\sim$ 400MHz（TFG294XA）