

TFG3900A 系列 函数/任意波形发生器

仪器简介

TFG3900A 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），软核嵌入式系统（SOPC），采样速率达到 500MSa/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。4.3 寸彩色液晶屏可以显示出波形图和多种工作参数，简单易用的键盘和旋钮更便于仪器的操作。

1. 主要特性

- **输出通道：**具有 CHA 和 CHB 两个独立的输出通道，两通道特性相同。
- **频率特性：**频率精度 2ppm，分辨率 1 μ Hz
- **幅度偏移特性：**幅度和偏移精度 1%，分辨率 0.2mV。
- **内建波形：**具有正弦、方波、指数等 150 种内建波形。
- **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。
- **相位特性：**可以设置输出信号的相位、极性和两通道相位差。
- **调制特性：**可以输出 FM、AM、PM、PWM、SUM、FSK、ASK 等 13 种调制信号。
- **频率扫描：**可以输出线性、对数和列表频率扫描信号。
- **猝发输出：**可以输出设置周期数的猝发信号和门控输出信号。
- **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：**有丰富灵活的键盘编辑功能和计算机波形编辑软件。
- **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：**两通道的频率、幅度和偏移可相互耦合，两通道信号可组合输出。
- **谐波特性：**可以合成多达 50 次的谐波，各次谐波的幅度和相位可独立设置。
- **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：**在各种功能时具有相应的同步信号输出。
- **外部调制：**在 FM、AM、PM、PWM、SUM 调制功能时可使用外部调制信号。
- **外部触发：**在键控、扫描和猝发功能时可使用外部触发信号。
- **外部时钟：**可以自动检测和使用外部时钟，内部时钟可以输出。
- **计数器：**可以测量外部信号的频率、周期、脉宽、占空比和周期数。
- **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 LAN 接口、USB 设备接口，U 盘存储器接口。
- **功率放大器（选件）：**2 倍功率放大器，最大输出功率 8W（8 Ω ）。

2. 仪器型号：本使用指南适用于 TFG3900A 系列 函数/任意波形发生器的三个型号：TFG3908A、TFG3912A 和 TFG3916A，三个型号的正弦波频率上限分别为 80MHz、120MHz 和 160MHz。

3. 附件：

- | | |
|-----------------------|-----|
| ● TFG39xxA 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 |
| ● 光盘 | 1 张 |

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	16
2.1 原理框图	16
2.2 工作原理	16
第三章 使用说明	18
3.1 工作模式	18
3.2 连续输出	18
3.3 频率调制	27
3.4 幅度调制	28
3.5 相位调制	29
3.6 脉宽调制	30
3.7 叠加调制	31
3.8 频移键控	31
3.9 相移键控	32
3.10 幅移键控	33
3.11 频率扫描	34
3.12 频率列表扫描	35
3.13 猝发输出	36
3.14 外部触发源	37
3.15 双通道操作	39
3.16 文件管理器	41
3.17 任意波形	43
3.18 合成谐波	56

3.19 同步输出.....	57
3.20 工作状态.....	59
3.21 辅助功能.....	60
3.22 信号端口.....	62
3.23 通讯端口.....	62
3.24 系统时钟.....	63
3.25 参数校准.....	63
3.26 计数器.....	65
3.27 系统升级.....	67
3.28 默认设置.....	68
3.29 功率放大器(选件)	70
第四章 服务与支持	72
第五章 技术参数	73

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

功耗：<30VA

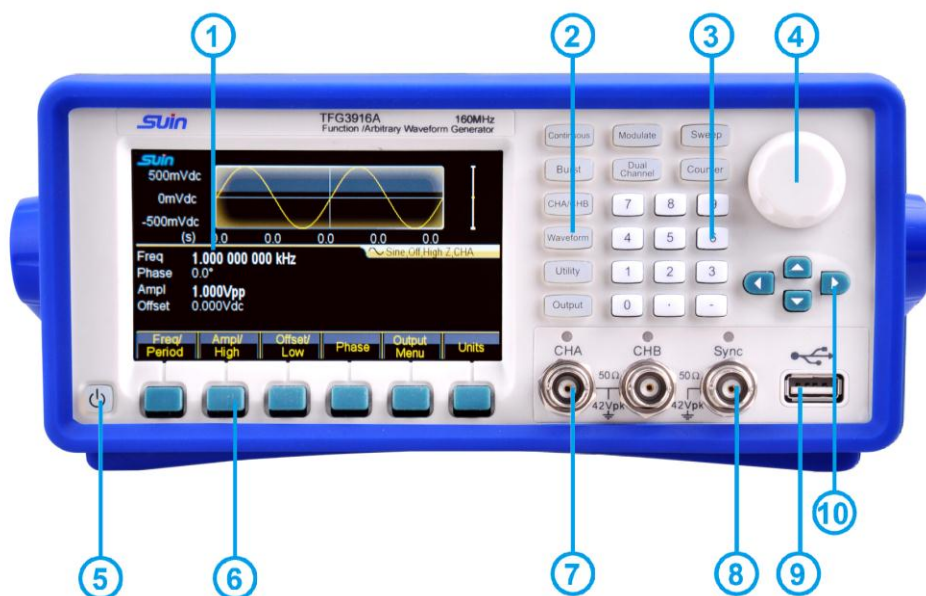
温度：0~40℃ 湿度：<80%

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开始缓慢地闪烁，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，并显示出信号的各项工作参数。

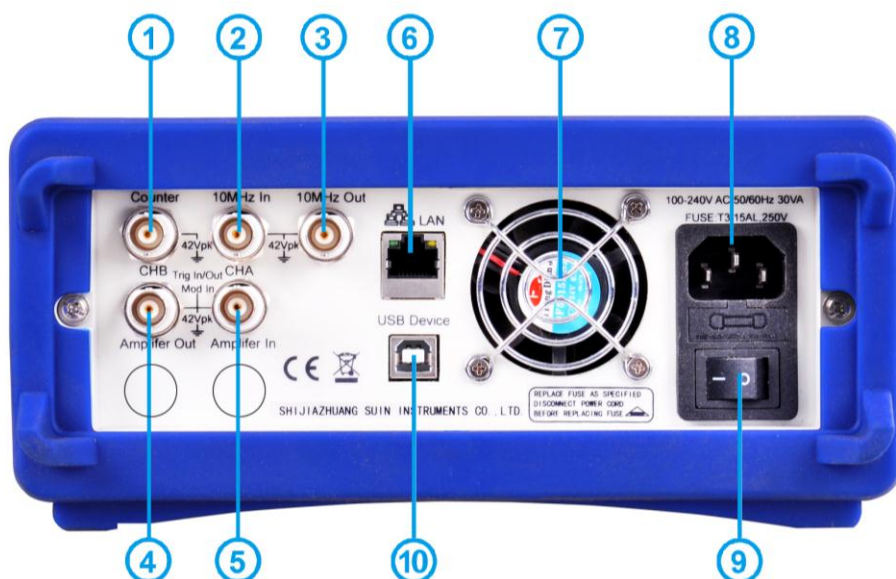
警告： 为保障操作者人身安全，必须使用带有安全接地线的三孔电源插座。

另外，与仪器连接的其他用户设备，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. 功能键 | 3. 数字键 | 4. 调节旋钮 |
| 5. 电源按钮 | 6. 菜单软键 | 7. CHA、CHB 输出 | 8. 同步输出 |
| 9. U 盘插座 | 10. 方向键 | | |



- | | | | |
|--------------------|--------------|----------|--------------------|
| 1. 计数器输入 | 2. 外时钟输入 | 3. 内时钟输出 | 4. CHB 调制输入/触发输入输出 |
| 5. CHA 调制输入/触发输入输出 | 6. 网络接口 | 7. 排风扇 | 8. 电源插座 |
| 9. 电源总开关 | 10. USB 设备接口 | | |

1.3 键盘显示

1.3.1 键盘说明：本仪器共有 32 个按键，26 个按键有固定的含义，用符号【】表示。其中 10 个大按键用作功能选择，小键盘 12 个键用作数据输入，4 个方向键【 Δ 】【 ∇ 】【 $\leftarrow$ 】【 $\rightarrow$ 】用于操作目标的选择和左右移动旋钮调节的光标。显示屏的下边还有 6 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：

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

【.】键：小数点输入键。

【-】键：负号输入键，在输入数据允许负值时输入负号，其他时候无效。

【 $\leftarrow$ 】键：操作目标选择键，光标位左移键，数字输入过程中的退格删除键。

【 $\rightarrow$ 】键：操作目标选择键，光标位右移键。

【 Δ 】键：操作目标选择键。

【 ∇ 】键：操作目标选择键。

【Continuous】键：选择连续模式。

【Modulate】键：选择调制模式。

【Sweep】键：选择扫描模式。

【Burst】键：选择猝发模式。

【Dual Channel】键：选择双通道操作模式。

【Counter】键：选择计数器模式

【CHA/CHB】键：通道选择键。

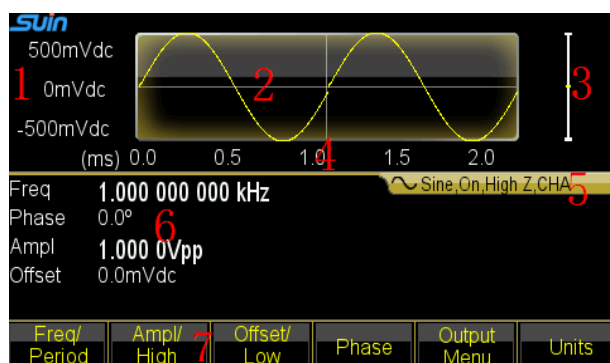
【Waveform】键：波形选择键。

【Utility】键：系统设置键。

【Output】键：输出端口开关键。

〔 〕 〔 〕 〔 〕 〔 〕 〔 〕 〔 〕 空白键：操作软键，用于菜单和单位选择。

1.3.2 显示说明：仪器的显示屏分为三个部分，显示屏的上部为输出波形示意图，显示屏的中部为工作参数及输出信息，显示屏的下部为操作菜单和数据单位，如下图：



- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| 1. 电压标尺 | 2. 波形图 | 3. 幅度投影 | 4. 时间标尺 |
| 5. 输出信息 | 6. 工作参数 | 7. 操作菜单 | |

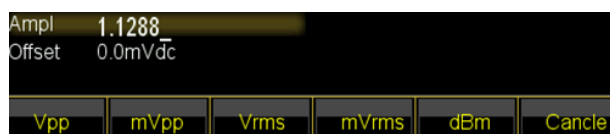
1.4 数据输入

1.4.1 菜单操作：屏幕下方显示工作菜单，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。若菜单项有很多项目，最右边一个菜单软键用来向下翻页，次右边用来向前翻页，可以方便地浏览多页菜单的内容。如果菜单超过三层，那么到达最后一层菜单时，次右边菜单用来返回到首层，最右侧菜单返回上一层。若当前所选菜单按键有下级菜单，那么最右侧按键可以用来返回上级菜单。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，按下一个菜单软键，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，如下图：

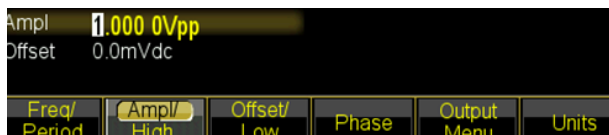


1.4.2 键盘输入：如果一项参数被选中，该参数背景色变亮。使用数字键、小数点键和负号键可以输入数据。在输入过程中如果有错，在按单位键之前，可以按【<】键退格删除。数据输入完成以后，必须按单位键作为结束，输入数据才能生效。如果输入数字后又不想让其生效，可以按【取消】软键，本次数据输入操作即被取消，如下图：



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

用数字调节旋钮。当一项参数被选中，除了给参数加入背景色之外，还会有一个数字变为白色，称作光标位。按移位键【<】或【>】，可以使光标位左右移动，面板上的旋钮为数字调节旋钮，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，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【CHA/CHB】键，可以循环选择当前通道为 CHA 或 CHB。

如果当前通道选择为 CHA，波形示意图和操作菜单显示为黄色，被选中的参数显示出黄色背景，可用数字键或旋钮对通道 A 的参数进行设置。按【Output】键可以循环开通或关闭前面板上《CHA》输出端口的信号。端口上方的指示灯亮时为开通状态，端口上方的指示灯灭时为关闭状态。

如果当前通道选择为 CHB，波形示意图和操作菜单显示为蓝色，被选中的参数显示出蓝色背景，可用数字键或旋钮对通道 B 的参数进行设置。按【Output】键可以循环开通或关闭前面板上《CHB》输出端口的信号。端口上方的指示灯亮时为开通状态，端口上方的指示灯灭时为关闭状态。

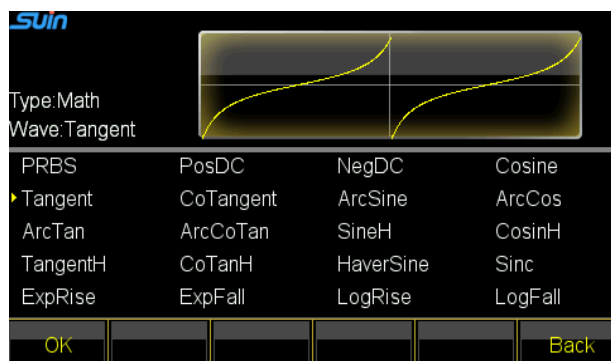
1.5.2 波形选择：按【Waveform】键，显示出波形菜单，可以直接选择正弦波、方波、锯齿波、脉冲波和噪声五个标准波形。

按【任意波】软键，再按【内建波形】软键，显示出任意波类型选择菜单：标准波形、数学波形、线性波形、组合波形、特殊波形五种类型，如下图：



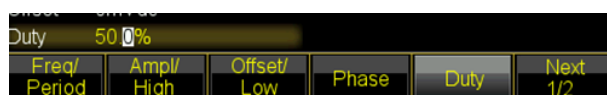
按其中一个类型软键，打开这个类型所包含的波形列表。

波形表中有一个波形的左边带有一个小三角，表示该波形被选中。使用旋钮或【<】【>】键移动小三角，可以选中任意一个波形。最后按【确定】软键，显示屏上部会显示出该波形的名称和波形示意图。再次按【Waveform】键或者按【返回】软键，可以返回到当前功能界面，如下图：

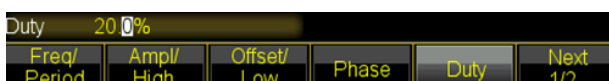


1.5.3 占空比设置：如果选择了方波，要将方波占空比设置为 20%，可按下列步骤操作：

①按【占空比】软键，占空比参数的背景色变亮。



②按数字键【2】【0】输入参数值，按【%】软键，占空比参数显示 20.0%。



③仪器按照新设置的占空比参数输出方波，您也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节输出波形的占空比。

1.5.4 频率设置：如果要将频率设置为 2.5kHz，可按下列步骤操作：

①按【频率/周期】软键，选择为“频率”，频率参数的背景色变亮。

②按数字键【2】【.】【5】输入参数值，按【kHz】软键，频率参数显示为 2.500 000 000kHz，如下图：



③仪器按照设置的频率参数输出波形，您也可以使用旋钮和【<】【>】键连

续调节输出波形的频率。

1.5.5 幅度设置：如果要将幅度设置为 1.5Vrms，可按下列步骤操作：

①按〔幅度/高电平〕软键，选择为“幅度”，幅度参数的背景色变亮。

②按数字键【1】【·】【5】输入参数值，按〔Vrms〕软键，幅度参数显示为 1.500 Vrms，如下图：



③仪器按照设置的幅度参数输出波形，您也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节输出波形的幅度。

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

①按〔偏移/低电平〕软键，选择为“偏移”，偏移参数的背景色变亮。

②按数字键【-】【5】【0】【0】输入参数值，按〔mVdc〕软键，偏移参数显示为-500mVdc，如下图：

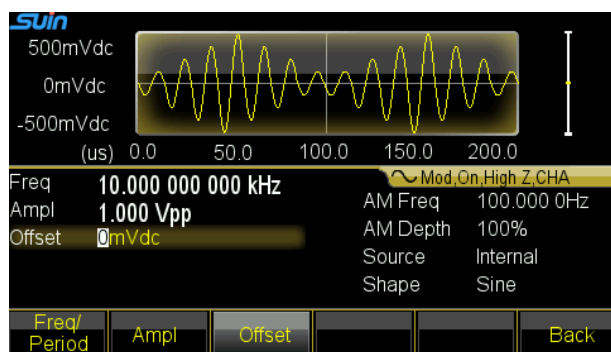


③仪器按照设置的偏移参数输出波形的直流偏移，您也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节输出波形的直流偏移。

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：

①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。

②按〔载波参数〕软键，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，如下图：

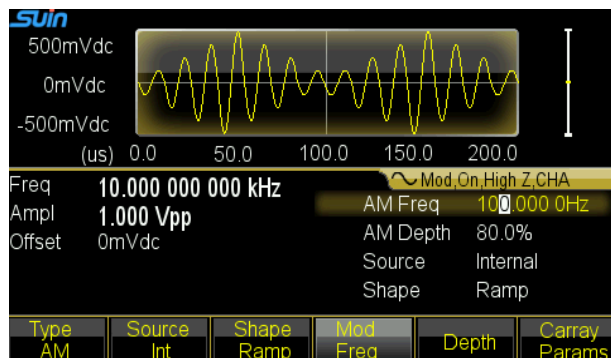


③按【返回】软键，返回幅度调制菜单，按【调制深度】软键，将调制深度设置为 80%。

④按【调制频率】软键，将调制频率设置为 100Hz。

⑤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。

⑥仪器按照设置的调制参数输出一个调幅波，您也可以使用旋钮和【<】【>】键连续调节各调制参数，如下图：



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：

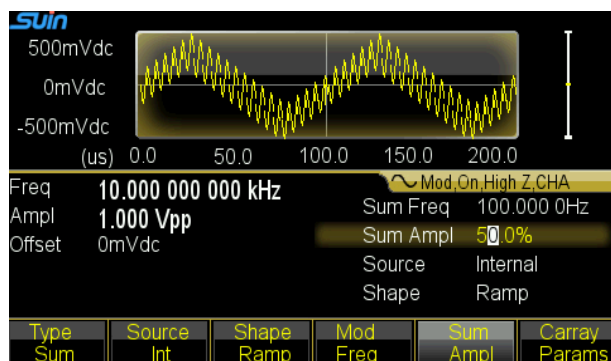
①按【Modulate】键，按【调制类型】软键，显示出调制类型菜单，按【Sum】软键，调制类型显示为 Sum，波形示意图显示为叠加波形，同时显示出叠加调制菜单。

②按【叠加幅度】软键，将叠加幅度设置为 50%。

③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。

④仪器按照设置的调制参数输出一个叠加波形，您也可以使用旋钮和【<】

【>】键连续调节叠加锯齿波的幅度，如下图：



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：

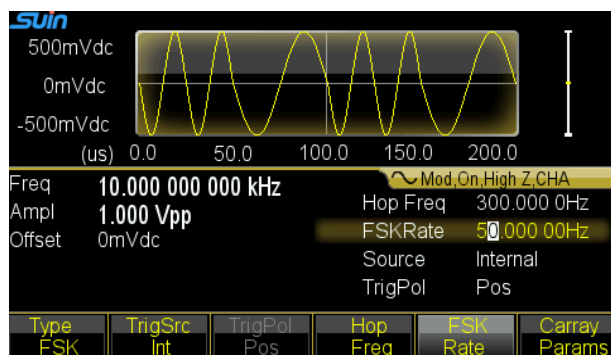
①按【Modulate】键，按〔调制类型〕软键，显示出调制类型菜单，按〔FSK〕软键，调制类型显示为 FSK，波形示意图显示为频移键控波形，同时显示出频移键控菜单。

②按〔跳变频率〕软键，将跳变频率设置为 300Hz。

③按〔FSK 速率〕软键，将跳变速率设置为 50Hz。

④仪器按照设置的调制参数输出一个 FSK 波形，您也可以使用旋钮和【<】

【>】键连续调节跳变频率和键控速率，如下图：



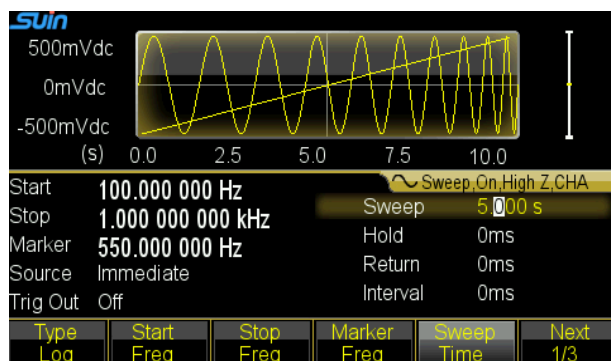
1.5.10 频率扫描：如果要输出一个频率扫描波形，扫描周期时间为 5 秒，对数扫描，可按下列步骤操作：

①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。

②按〔扫描时间〕软键，将扫描时间设置为 5s。

③按〔扫描模式〕软键，将扫描模式选择为“对数”。

④仪器按照设置的扫描时间参数输出扫描波形，如下图：



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：

①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。

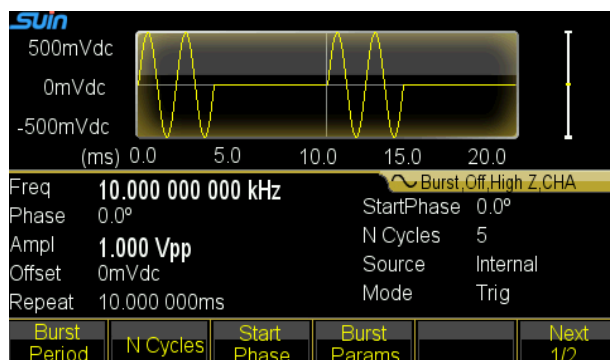
②按〔猝发模式〕软键，将猝发模式选择为“触发”。

③按〔触发源〕软键，将触发源选择为“内部”。

④按〔猝发周期〕软键，将猝发周期设置为 10ms。

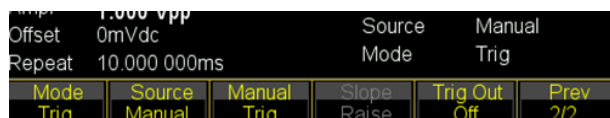
⑤按〔N 循环〕软键，将猝发循环周期数设置为 5，波形图不显示实际周期数。

仪器按照设置的猝发周期和循环周期数连续输出猝发波形，如下图：



⑥按〔触发源〕软键，将触发源选择为“手动”。

⑦按〔手动触发〕软键，每按一次，仪器输出 5 个周期波形，如下图：



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：

①按【Dual Channel】键，进入双通道操作模式，显示出双通道菜单。

②按〔频率耦合〕软键，将频率耦合选择为“开启”，此时双通道键盘灯点亮，表示两个通道进入耦合状态，通道 A 为主动，通道 B 为被动。

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

④按〔频率耦合〕软键，将频率耦合选择为“关闭”，此时双通道键盘灯熄灭，表示两个通道的耦合断开，恢复为相互独立状态。

1.5.13 计数器：如果要测量一个外部信号的频率，可按下列步骤操作：

①按【Counter】键，进入计数器工作模式，显示出计数器菜单。

②在仪器后面板的《Counter》端口输入被测信号。

③按〔测量类型〕软键，再按〔频率〕软键，选择频率测量，仪器测量并显示出被测信号的频率值。

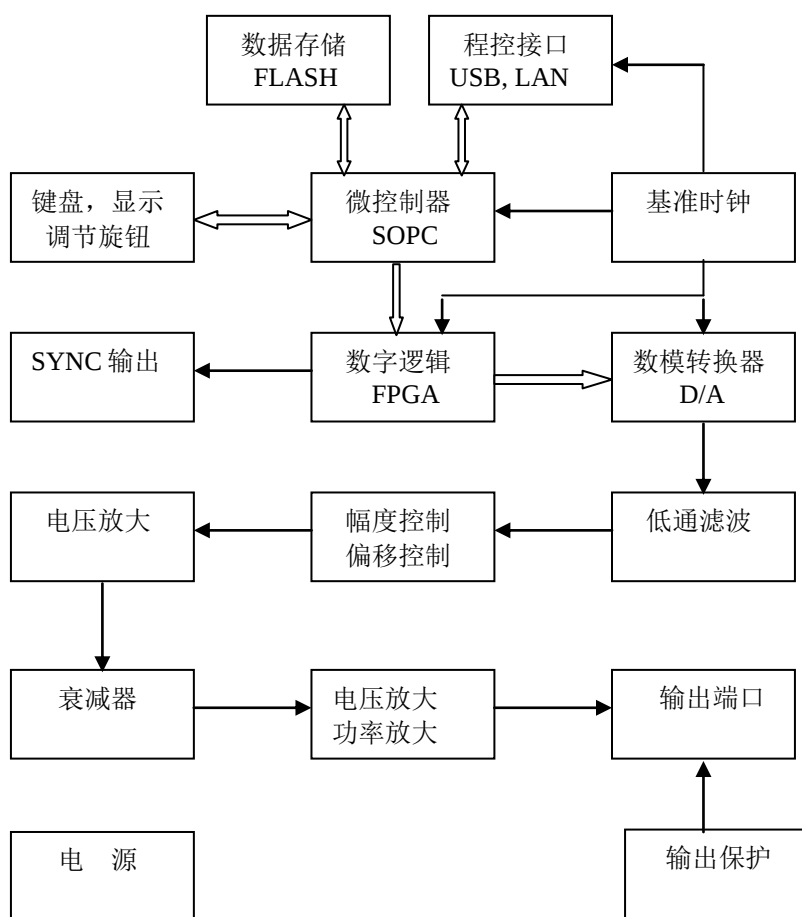
④如果输入信号为方波，按〔占空比〕软键，仪器测量并显示出被测信号的占空比值。

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电压放大、衰减器和功率放大，最后由输出端口输出。

软核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。

3.1 工作模式

仪器具有六种工作模式，对于前四种工作模式，CHA 和 CHB 两个通道是相互独立的，并且具有完全相同的特性。

3.1.1 连续输出：按【Continuous】键，选择连续输出模式，可以输出连续的信号。

3.1.2 调制输出：按【Modulate】键，选择调制输出模式，可以输出 FM、AM、PM、PWM、SUM 、FSK、4FSK、QFSK、PSK、4PSK、QPSK、ASK 和 OSK 共 13 种被调制的输出信号。

3.1.3 频率扫描：按【Sweep】键，选择频率扫描模式，可以输出线性、对数和频率表三种频率扫描信号。

3.1.4 猝发输出：按【Burst】键，选择猝发输出模式，可以猝发输出指定周期数的断续信号。

3.1.5 双通道操作：按【Dual Channel】键，选择双通道操作模式，CHA 和 CHB 两个通道的参数设置可相互耦合，两个通道的输出信号可相互组合。

3.1.6 计数器：按【Counter】键，选择计数器模式，可以测量外部信号的频率、周期、脉冲宽度、占空比和周期数。

3.2 连续输出

按【Continuous】键，选择连续工作模式，并显示出连续波形示意图和连续模式菜单。

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 150 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 5 种 Standard					
00	正弦波	Sine	03	脉冲波	pulse
01	方波	Square	04	噪声波	Noise
02	锯齿波	Ramp			
数学波形 36 种 Math					
05	伪随机码	PRBS	23	对数升	LogRise
06	正直流	PosDC	24	对数降	LogFall
07	负直流	NegDC	25	正平方	PosSquare
08	余弦	Cosine	26	负平方	NegSquare
09	正切	Tangent	27	正立方	PosCube
10	余切	CoTangent	28	负立方	NegCube
11	反正弦	ArgSine	29	平方根	SquareRoot
12	反余弦	ArgCos	30	正倒数	PosRecipro
13	反正切	ArgTan	31	负倒数	NegRecipro
14	反余切	ArgCoTan	32	正负倒数	PNRecipro
15	双曲正弦	SineH	33	二阶倒数	BiRecipro
16	双曲余弦	CosinH	34	正半圆	PosSemicirc
17	双曲正切	TangentH	35	负半圆	NegSemicirc
18	双曲余切	CoTangentH	36	高斯	Gaussian
19	正半矢	HaverSine	37	麦克斯韦	Maxwell
20	Sinc	Sinc	38	洛伦兹	Lorentz
21	指数升	ExpRise	39	拉普拉斯	Laplace
22	指数降	ExpFall	40	贝塞尔	Besell
线性波形 36 种 Linear					
41	正脉冲	PosPulse	59	正负三角脉冲	PNTriangl
42	负脉冲	NegPulse	60	高低三角	HiLoTri

43	正负脉冲	PN_Pulse	61	低高三角	LoHiTri
44	正双脉冲	PosBiPulse	62	正升锯齿	PosRiseRamp
45	负双脉冲	NegBiPulse	63	正降锯齿	PosFallRamp
46	正负双脉冲	PNBiPulse	64	升降锯齿	RiFaRamp
47	正多脉冲	PMulPulse	65	负升锯齿	NegRiseRamp
48	负多脉冲	NMulPulse	66	负降锯齿	NegFallRamp
49	正负多脉冲	PNMulPulse	67	降升锯齿	FaRiRamp
50	宽脉冲	WidePulse	68	梯形	Trapezia
51	窄脉冲	NarrowPulse	69	升阶梯	RiseStair
52	宽窄脉冲	WiNaPulse	70	降阶梯	FallStair
53	高低脉冲	HiLoPulse	71	升降阶梯	RiFaStair
54	升脉冲	RisePulse	72	升阶梯锯齿	RiStariRamp
55	降脉冲	FallPulse	73	降阶梯锯齿	FaStariRamp
56	升降脉冲	RiFaPulse	74	尖顶塔	Spiry
57	正三角脉冲	PosTriangl	75	燕子	Swallow
58	负三角脉冲	NegTriangl	76	椅子	Chair
组合波形 40 种 Combine					
77	正全波正弦	PAllSine	97	正弦 OSK	SineFSK
78	负全波正弦	NAllSine	98	正弦 PSK	SinePSK
79	正半波正弦	PHalfSine	99	正弦 SUM	SineSum
80	负半波正弦	NHalfSine	100	正弦扫描	SineSweep
81	幅度单切割	SiAmplCut	101	正弦幅度升	AmplInc
82	幅度双切割	BiAmplCut	102	正弦幅度降	AmplDec
83	相位单切割	SiPhaselCut	103	噪音猝发	BurstNoise
84	相位双切割	BiPhaselCut	104	正弦猝发	BurstSine
85	正弦加脉冲	SinePulse	105	低通滤波	LowPass
86	正弦加噪声	NoisePulse	106	高通滤波	HighPass
87	二次谐波	BiHarmo	107	带通滤波	BandPass
88	三次谐波	TriHarmo	108	陷阱滤波	BandPit

89	四次谐波	FourthHarmo	109	脉冲振铃	PulseOSC
90	五次谐波	FifthHarmo	110	脉冲过冲	PulseOver
91	正弦调频	SineFM	111	正负半圆	PNCircle
92	正弦调幅	SineAM	112	大理三塔	Tripagoda
93	方波调幅	SquareAM	113	烛光火焰	Candela
94	噪声调幅	NoiseAM	114	指数加方波	ExpSquare
95	脉冲调宽	PulsePWM	115	指数加正弦	ExpSine
96	正弦 FSK	SineFSK	116	正切加平方根	TanSquRoot
特殊波形 32 种 Special					
117	正切反正切	TanArcTan	133	心电图 2	Cardiac2
118	倒数反倒数	ReciInvReci	134	附近地震	NearQuake
119	谐波反谐波	HarmInvHarm	135	远方地震	FarQuake
120	倒数加谐波	BiReciHarm	136	人工爆破	Blast
121	倒数加半圆	BiReciCircle	137	工程震动	Shake
122	立方加高斯	CubeGause	138	山水画卷	LandScape
123	正切加谐波	TanHarm	139	夏日白云	Cloud
124	半二阶倒数	HalfBiReci	140	双峰骆驼	Camel
125	充电曲线	Charge	141	用户波形 1	User_arb1
126	应力曲线	Stress	142	用户波形 2	User_arb2
127	热处理曲线	HeatTreat	143	用户波形 3	User_arb3
128	多次谐波	MulHarm	144	用户波形 4	User_arb4
129	谐振曲线	Syntony	145	用户波形 5	User_arb5
130	环绕声	Stereo	146	用户波形 6	User_arb6
131	降雨量	RainFall	147	用户波形 7	User_arb7
132	心电图 1	Cardiac1	148	用户谐波	User_harmo
编辑波形 1 种 Edit Wave					
149	编辑波形	Edit_wave			

①表中 00~04 号为常用的标准波形。

05~140 号是内建任意波形，可在各种应用场合选择使用，还可提供给用户作为编辑任意波形的素材。

141~147 号是用户任意波形，用来存储用户自己编辑的任意波形。

148 号是用户谐波，用来存储用户自己编辑的谐波波形。

149 号是编辑波形，用来编辑和修改任意波形或谐波波形，如果没有存储，退出编辑功能以后，数据丢失。

②按【Waveform】键，显示出波形选择菜单，可以直接选择正弦波、方波、锯齿波、脉冲波和噪声五个标准波形。按〔任意波〕软键，再按〔内建波形〕软键，可以选择仪器内建的 150 种波形。

内建波形分为“标准波形”“数学波形”“线性波形”“组合波形”“特殊波形”五个类型，按相应的菜单软键选择一种类型，进入该类型的波形列表，再使用左右方向键或旋钮选择需要的波形，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，重新选择其他类型的内建波形。如果再次按〔返回〕软键，将退出内建波形选择菜单。也可以再按【Waveform】键，返回到当前功能界面。

③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 方波脉冲波占空比：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 10ns 最小脉冲宽度的限制，应符合下式的规定：

$$10\text{ns} \leq (\text{占空比} \times \text{周期}) \leq (\text{周期} - 10\text{ns})$$

3.2.3 脉冲宽度和边沿时间：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。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，边沿时间表示从上升沿或下降沿的 10% 阈值到 90% 阈值的时间。

①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：

$$10\text{ns} \leq \text{脉冲宽度} \leq (\text{周期} - 10\text{ns})$$

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。

②如果选择了脉冲波，在连续模式的菜单中，按【边沿时间】软键，可以设置边沿时间。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：

$$\text{边沿时间} \leq 0.625 \times \text{脉冲宽度}$$

$$\text{边沿时间} \leq 0.625 \times \text{占空比} \times \text{周期}$$

在脉冲宽度和占空比设置时，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。

3.2.4 锯齿波对称度 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。如果选择了锯齿波，在连续模式的菜单中，按【对称度】软键，可以设置锯齿波对称度。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。

3.2.5 频率设置：正弦波最高频率与仪器型号有关，其他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)。当波形选择改变时，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 μ Hz。

需要说明的是，除了正弦波形之外，其他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。

3.2.6 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“低电平”，可以设置信号的低电平。

3.2.7 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。

①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。如果高电平极限设置为+10Vdc，低电平极限设置为-10Vdc，则电平极限不起作用。

②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：

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

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

③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）。

④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。但在其他功能时，如果频率超过 10MHz，输出幅度可能会有所下降。

⑤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。

3.2.8 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（毫瓦功率）。

①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。

②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	V _{pp}	V _{rms}
正弦波	2.828V _{pp}	1V _{rms}
方波、脉冲波	2.000V _{pp}	1V _{rms}
锯齿波	3.464V _{pp}	1V _{rms}

③功率电平值与幅度有效值和外接负载有关，如下式：

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

当波形为正弦波，外接负载为 50 Ω 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

V _{pp}	V _{rms}	dBm
10.000 V _{pp}	3.5355 V _{rms}	23.979 dBm
6.3246 V _{pp}	2.2361 V _{rms}	20.000 dBm
2.8284 V _{pp}	1.0000 V _{rms}	13.010 dBm
2.0000 V _{pp}	707.1 mV _{rms}	10.000 dBm
1.4142 V _{pp}	500.0 mV _{rms}	6.9897 dBm
632.5 mV _{pp}	223.6 mV _{rms}	0.00 dBm
282.8 mV _{pp}	100.0 mV _{rms}	-6.9897 dBm
200.0 mV _{pp}	70.7 mV _{rms}	-10.000 dBm
10.0 mV _{pp}	3.5 mV _{rms}	-36.020 dBm

3.2.9 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：

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

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

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，偏移值的正负号能够自动变化。

如果将幅度设置为 0V_{pp}，高电平极限设置为+10V_{dc}，低电平极限设置为-10V_{dc}，那么偏移值可在±10V 范围内任意设置，仪器就变成一台直流电压源，可以输出精确地直流电压信号。

3.2.10 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，输出信号的相位超前于同步信号。

如果通道 A 和通道 B 的频率相同，按【输出菜单】软键，再按【相位对齐】软键，可以使两个通道的同步信号相位对齐，此时可以由两个通道的相位设置值计算出两个通道的相位差。

3.2.11 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。

①如果选择“正向”，输出信号的极性为正向。正向极性表示输出信号的波形与波形示意图相同。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。

②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。

③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。

3.2.12 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。

①仪器的输出阻抗固定为 50 Ω，外接负载上的实际电压值为负载阻抗与 50 Ω 的分压比。外接负载越大，则分压比越接近于 1，负载上的实际电压值与显示值误差越小。当外接负载大于 10k Ω 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。

②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 Ω】软键，可以将外接负载直接设置为 50 Ω。

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。

③仪器开机时，默认外接负载设置为高阻（High_Z）。

④必须注意，大多数外接负载并不是纯电阻性的，电感性阻抗和电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，输出端瞬间短路不会造成损坏，仪器还具有防倒灌措施，当输出端不慎接入比较大的反灌电压时，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【Output】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。而且如果反灌电压过高，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反灌电压仍然是必须禁止的。

3.2.14 数据超限：前面已经叙述过，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，仪器会自动修改设置值，或者修改与设置参数相关的其他参数值。同时显示出错误信息提示，并有声音报警。

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，数据超限报警，能够提请操作者，以便重新设置合适的数值。

3.3 频率调制

在频率调制中，载波的频率随着调制波形的瞬时电压而变化。

按【Modulate】键，进入调制输出模式，工作模式显示为 Mod，再按【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。

3.3.1 载波设置：首先设置载波波形，载波波形通常使用正弦波，也可以使用其他内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【载波参数】软键，可以设置载波的频率、幅度和偏移。

3.3.2 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，调制波形达到满幅度时载波频率的变化量。在调制波的正满度值，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：

$$(\text{载波频率} - \text{频率偏差}) > 0 \quad (\text{载波频率} + \text{频率偏差}) < \text{频率上限}$$

3.3.3 调制频率：按【调制频率】软键，可以设置调制频率值，调制频率一般远低于载波频率。

3.3.4 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，使用波形选择的方法，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。

3.3.5 调制源：按【调制源】软键，如果选择为“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。如果选择为“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》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。

3.4 幅度调制

在幅度调制中，载波的幅度随着调制波形的瞬时电压而变化。

按【Modulate】键，进入调制输出模式，工作模式显示为 Mod，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。

3.4.1 载波设置：首先设置载波波形，载波波形通常使用正弦波，也可以使用其他内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【载波参数】软键，可以设置载波的频率、幅度和偏移。

3.4.2 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，调制波形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。如果调制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 $A_{\max}=0.455A$ ， $A_{\min}=0.455A$ 。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。

3.4.3 调制频率：按【调制频率】软键，可以设置调制频率值，调制频率一般远低于载波频率。

3.4.4 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，使用波形选择的方法，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。

3.4.5 调制源：按【调制源】软键，如果选择为“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。如果选择为“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》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。

3.5 相位调制

在相位调制中，载波的相位随着调制波形的瞬时电压而变化。

按【Modulate】键，进入调制输出模式，工作模式显示为 Mod，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。

3.5.1 载波设置：首先设置载波波形，载波波形通常使用正弦波，也可以使用其他内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【载波参数】软键，可以设置载波的频率、幅度和偏移。

3.5.2 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，调制波形达到满幅度时载波相位的变化量。在调制波的正满度值，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。

3.5.3 调制频率：按【调制频率】软键，可以设置调制频率值，调制频率一般远低于载波频率。

3.5.4 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，使用波形选择的方法，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。

3.5.5 调制源：按【调制源】软键，如果选择为“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。如果选择为“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》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。

3.6 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。

按【Modulate】键，进入调制输出模式，工作模式显示为 Mod，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。

3.6.1 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【载波参数】软键，可以设置载波的频率、幅度和偏移。

3.6.2 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，调制波形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。

3.6.3 调制频率：按【调制频率】软键，可以设置调制频率值，调制频率一般远低于载波频率。

3.6.4 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，使用波形选择的方法，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。

3.6.5 调制源：按【调制源】软键，如果选择为“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。如果选择为“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》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。

3.7 叠加调制

在叠加调制中，输出波形的瞬时电压，等于同一时刻载波波形和调制波形的瞬时电压之和。

按【**Modulate**】键，进入调制输出模式，工作模式显示为 Mod，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。

3.7.1 载波设置：首先设置载波波形，载波波形可以使用全部内建波形。按【载波参数】软键，可以设置载波的频率、幅度和偏移。

3.7.2 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，叠加到载波信号上的调制波形的幅度大小，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。

3.7.3 调制频率：按【调制频率】软键，可以设置调制频率值，和其他调制类型不同，调制频率可以高于也可以低于载波频率值。

3.7.4 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，使用波形选择的方法，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。

3.7.5 调制源：按【调制源】软键，如果选择为“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。如果选择为“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》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。

3.8 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。

按【Modulate】键，进入调制输出模式，工作模式显示为 Mod，再按〔调制类型〕软键，显示出调制类型菜单，按〔FSK〕〔4FSK〕〔QFSK〕软键，调制类型显示为“FSK”“4FSK”“QFSK”，同时显示出频移键控的波形示意图和频移键控菜单。

3.8.1 载波设置：首先设置载波波形，载波波形通常使用正弦波，也可以使用其他内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按〔载波参数〕软键，可以设置载波的频率、幅度和偏移。

3.8.2 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。

①FSK 可以设置跳变频率，载波频率和跳变频率交替输出。

②4FSK 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。

③QFSK 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。

3.8.3 跳变速率：按〔FSK 速率〕〔4FSK 速率〕〔QFSK 速率〕软键，可以设置跳变速率值，跳变速率一般远低于载波频率。

3.8.4 触发源：按〔触发源〕软键，如果选择为“内部”，仪器使用内部触发源，跳变速率的设置是有效的。如果选择为“外部”，则使用外部触发源，跳变速率的设置被忽略。外部触发源的详细叙述见 3.14 条。

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。

按【Modulate】键，进入调制输出模式，工作模式显示为 Mod，再按〔调制类型〕软键，显示出调制类型菜单，按〔PSK〕〔4PSK〕〔QPSK〕软键，调制类型显示为“PSK”“4PSK”“QPSK”，同时显示出相移键控的波形示意图和相移键控菜单。

3.9.1 载波设置：首先设置载波波形，载波波形通常使用正弦波，也可以使用其他内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按〔载波参数〕软键，可以设置载波的频率、幅度和偏移。

3.9.2 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。

①PSK 可以设置跳变相位，载波相位和跳变相位交替输出。

②4PSK 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。

③QPSK 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。

3.9.3 跳变速率：按【PSK 速率】【4PSK 速率】【QPSK 速率】软键，可以设置跳变速率值，跳变速率一般远低于载波频率。

3.9.4 触发源：按【触发源】软键，如果选择为“内部”，仪器使用内部触发源，跳变速率的设置是有效的。如果选择为“外部”，则使用外部触发源，跳变速率的设置被忽略。外部触发源的详细叙述见 3.14 条。

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。

按【Modulate】键，进入调制输出模式，工作模式显示为 Mod，再按【调制类型】软键，显示出调制类型菜单。按【ASK】【OSK】软键，调制类型显示为“ASK”“OSK”，同时显示出幅移键控的波形示意图和幅移键控菜单。

3.10.1 载波设置：首先设置载波波形，载波波形通常使用正弦波，也可以使用其他内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【载波参数】软键，可以设置载波的频率、幅度和偏移。

3.10.2 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。

3.10.3 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。

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

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

速率的设置被忽略。外部触发源的详细叙述见 3.14 条。

3.11 频率扫描

按【Sweep】键，进入频率扫描模式，工作模式显示为 Sweep，同时显示出频率扫描的波形示意图和频率扫描菜单。

3.11.1 扫描信号设置：首先设置扫描信号的波形、幅度和偏移。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。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。

3.11.2 扫描模式：按【扫描模式】软键，可以循环选择扫描模式为“线性”或“对数”，显示出频率扫描菜单。

①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。

②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。

3.11.3 起始和终止频率：按【起始频率】软键，可以设置起始频率值。按【终止频率】软键，可以设置终止频率值。

①如果终止频率值大于起始频率值，则频率从低到高正向扫描，扫描从起始频率值开始逐步增加，直到终止频率值。

②如果终止频率值小于起始频率值，则频率从高到低反向扫描，扫描从起始频率值开始逐步减少，直到终止频率值。

3.11.4 标志频率：按【标志频率】软键，可以设置标志频率值，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。如果超出了范围，仪器自动将标志频率设置为扫描区间的中点。

3.11.5 扫描时间：按【扫描时间】软键，可以设置扫描时间值。扫描时间表

示从起始频率扫描到达终止频率时所占用的时间。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。

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

3.11.7 返回时间：按【返回时间】软键，可以设置返回时间值。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。

3.11.8 间隔时间：按【间隔时间】软键，可以设置间隔时间值。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。

3.11.9 触发源：按【触发源】软键，如果选择了“立刻”，仪器使用内部触发源，触发扫描过程连续反复运行。如果选中了“手动”，每按一次【手动触发】软键，扫描过程只运行一次。如果选择了“外部”，仪器使用外部触发源，外部触发源的详细叙述见 3.14 条。

3.12 频率列表扫描

按【Sweep】键，进入频率扫描模式，工作模式显示为 Sweep，同时显示出频率扫描的波形示意图和频率扫描菜单。

3.12.1 扫描信号设置：首先设置扫描信号的波形、幅度和偏移。频率列表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。

在频率线性或对数扫描模式中，频率的变化只能逐步增大或逐步减小，而且在扫描过程中的每个频率点只停留很短的时间。在有些应用场合，需要输出一个按指定规律变化的频率序列，这时就需要使用列表扫描。在列表扫描过程中，仪器按照设置的停留时间，依次输出列表中的每一个频率点，输出信号的相位是连续的。

3.12.2 扫描模式：按【扫描模式】软键，选择扫描模式为“列表”，显示出列表扫描菜单。

3.12.3 频率列表：仪器有一个默认的频率列表，列表频率为 1kHz~128kHz。用户可以创建自己的频率列表，列表长度最大为 128 个频率值。

①按【列表序号】软键，可以设置列表序号，仪器会显示出该序号的频率值。

②按【列表频率】软键，可以设置或修改当前列表序号的频率值。

③按【下一点】软键，列表序号自动加一，可以顺序设置一系列频率值。

④频率列表创建以后，可以使用状态存储的方法将当前频率列表保存起来，关断电源也不会丢失，以后可以使用状态调出的方法调出使用，详细叙述见 3.20 条。

3.12.4 起始和终止序号：列表扫描从起始序号开始，依次输出列表中的每一个频率值，直到终止序号。

按【起始序号】软键，可以设置起始序号，起始序号必须小于终止序号。如果设置起始序号大于终止序号，那么仪器自动将起始序号设置为终止序号减一。

按【终止序号】软键，可以设置终止序号。终止序号必须大于起始序号，如果设置终止序号小于起始序号，那么仪器自动将终止序号设置为起始序号加一。

3.12.4 停留时间：按【停留时间】软键，可以设置停留时间值，停留时间表示扫描过程中在每一个频率点所停留的时间。

3.12.5 保持时间：按【保持时间】软键，可以设置保持时间值。保持时间表示扫描到达终止序号以后，保持在终止序号的时间。

3.12.6 触发源：按【触发源】软键，如果选择了“立刻”，仪器使用内部触发源，触发扫描过程连续反复运行。如果选择了“手动”，每按一次【手动触发】软键，扫描过程只运行一次。如果选择了“外部”，仪器使用外部触发源，外部触发源的详细叙述见 3.14 条。

3.13 猝发输出

按【Burst】键，进入猝发输出模式，工作模式显示为 Burst，同时显示出猝发波形示意图和猝发输出菜单。

3.13.1 猝发信号设置：首先设置猝发信号的波形，猝发信号通常使用正弦波，也可以使用其他内建波形，但是有些波形可能是不合适的。按【猝发信号】软键，可以设置猝发信号的频率、幅度和偏移。

3.13.2 猝发模式：按【猝发模式】软键，可以循环选择猝发模式为“触发”和“门控”。

①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。

②如果选择了“门控”，只能使用外部触发源，详细叙述见 3.14 条。

3.13.3 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，仪器会自动修改设置值，将猝发周期限制在所允许的最小值。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。

3.13.4 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，仪器会自动修改设置值，将循环周期数限制在所允许的最大值。

3.13.5 起始相位：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。按【起始相位】软键，可以设置起始相位值。

3.13.6 触发源：按【触发源】软键，如果选择了“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。如果选择了“手动”，每按一次【手动触发】软键，猝发信号只输出一次。如果选择了“外部”，仪器使用外部触发源，猝发周期的设置被忽略，外部触发源的详细叙述见 3.14 条。

3.14 外部触发源

仪器后面板有两个触发端口《Trig In/Out》，这是两个双向端口。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。当触发源选择为“内部”时，触发端口被设置为输出端口，用来输出内部触发信号。

标有《CHA》的端口用于通道 A，标有《CHB》的端口用于通道 B。

3.14.1 触发电平输入：当仪器选择为 FSK、4FSK、QFSK、PSK、4PSK、QPSK、ASK、OSK 功能时，可以输入外部触发信号，触发信号为数字逻辑电平。

①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”。

②如果当前功能为猝发输出，猝发模式选择为“门控”，当触发信号为数字“1”时，猝发信号开始输出。当触发信号为数字“0”时，等待最后一个周期波形完成以后，猝发信号再停止输出，门控输出最少为两个循环周期，触发信号的周期应符合下式规定。

$$\text{触发周期} > 2 \div \text{猝发信号频率}$$

③如果当前功能为 FSK、PSK、ASK、OSK，外部触发信号从本通道的触发端口输入。当触发信号为数字“0”时，输出载波频率、载波相位、载波幅度。当触发信号为数字“1”时，输出跳变频率、跳变相位、跳变幅度。

④如果当前功能为 4FSK、QFSK、4PSK、QPSK，需要输入两位触发信号，本通道的触发端口输入触发信号的低位，另一通道的端口输入触发信号的高位。

当触发信号为数字“00”时，输出载波频率、载波相位。

当触发信号为数字“01”时，输出跳变频率 1、跳变相位 1。

当触发信号为数字“10”时，输出跳变频率 2、跳变相位 2。

当触发信号为数字“11”时，输出跳变频率 3、跳变相位 3。

3.14.2 触发边沿输入：当仪器选择为猝发输出或频率扫描功能时，可以输入外部触发信号，触发信号为边沿跳变。

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。

②如果当前功能为猝发输出，当猝发模式选择为“触发”时，每一个有效触发边沿猝发信号输出一次，触发信号的周期应符合下式规定：

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

③如果当前功能为频率扫描，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：

$$\text{触发周期} > \text{扫描时间} + \text{保持时间} + \text{返回时间} + \text{间隔时间}$$

④如果当前功能为频率列表扫描，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：

$$\text{触发周期} > (\text{终止序号} - \text{起始序号}) \times \text{停留时间} + \text{保持时间}$$

3.14.3 触发输出：在猝发输出、频率扫描和频率列表扫描中，当触发源选择

为“内部”或“手动”时，触发端口被设置为输出端口，输出内部触发信号，触发信号为数字逻辑电平，用于触发其他设备。

①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。

②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”。

③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。

④如果当前功能为频率列表扫描，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”的脉冲宽度等于一个停留时间。

⑤如果当前功能为频率扫描或频率列表扫描，触发源选择为“手动”，则在扫描启动时，触发端口输出数字“1”，数字“1”的脉冲宽度大于 100us。

3.15 双通道操作

按【Dual Channel】键，进入双通道操作模式，工作模式显示为 Dual Settings，同时显示出双通道操作的说明和双通道菜单。双通道操作包含两种模式：参数耦合和波形组合，其中参数耦合又包含频率耦合和幅度耦合。

3.15.1 耦合方向：仪器的两个通道完全相同，可以互相耦合，按【耦合方向】软键，可以循环选择耦合方向为“A 到 B”或“B 到 A”。

如果耦合方向选择为“A 到 B”，则通道 A 为源通道，通道 B 为目标通道，如果修改了通道 A 的参数或波形，通道 B 的输出会相应地改变。如果耦合方向选择为“B 到 A”，情况与此相反。

双通道的三种操作模式只要有一种选择为“开启”，双通道键盘灯就会点亮，表示仪器进入了两个通道互相关联的状态，此后只能设置源通道，不能设置目标通道。。

3.15.2 频率耦合：使用频率耦合，使两个通道的输出频率互相关联，可以产生出两个倍频或差频信号。

①按【频率耦合】软键，将频率耦合选择为“开启”，此后只要设置源通道的

频率值，则目标通道的频率值会随之作相应的改变，不能再独立设置。两个通道的频率值符合下式规定：

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

②按【耦合参数】软键，显示出耦合参数设置菜单，按【频率比】软键，可以设置两个通道的频率比。按【频率差】软键，可以设置两个通道的频率差。这两个参数只能在频率耦合选择为“开启”以后才能够设置。

③按【频率耦合】软键，将频率耦合选择为“关闭”，此后两个通道的频率变化恢复为独立状态，可以独立设置。

3.15.3 幅度耦合：使用幅度耦合，使两个通道的输出幅度互相关联，可以产生出两个差分信号。

①按【幅度耦合】软键，将幅度耦合选择为“开启”，此后只要设置源通道的幅度或偏移值，则目标通道的幅度或偏移值会随之作相应的改变，不能再独立设置。两个通道的幅度或偏移值符合下式规定：

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

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

②按【耦合参数】软键，显示出耦合参数设置菜单，按【幅度差】软键，可以设置两个通道的幅度差。按【偏移差】软键，可以设置两个通道的偏移差。这两个参数只能在幅度耦合选择为“开启”以后才能够设置。

③按【幅度耦合】软键，将幅度耦合选择为“关闭”，此后两个通道的幅度或偏移变化恢复为独立状态，可以独立设置。

3.15.4 波形组合：波形组合与叠加调制（Sum）相类似，不同的是，叠加调制是载波和调制波形相加，波形组合是两个通道的波形相加。两个通道不仅可以使用连续波形，还可以使用调制、扫描、猝发波形，因此波形组合更加灵活，可以产生出更加复杂的动态波形。

①按【波形组合】软键，将波形组合选择为“开启”，源通道的波形可以和目标通道的波形叠加组合在一起，组合后的波形从目标通道的端口输出。

②按【耦合参数】软键，显示出耦合参数设置菜单，按【组合幅度】软键，可以设置组合幅度值。组合幅度表示叠加到目标通道波形上的源通道波形的幅度大小，用目标通道幅度设置值的百分比来表示。当组合幅度设置为 100% 时，源通道波形的幅度等于目标通道幅度设置值的一半。当组合幅度设置为 0% 时，源通道波

形的幅度等于 0，此时目标通道波形的幅度等于幅度设置值的一半。两通道的波形组合关系如下式：

$$\text{组合波形} = \text{源通道波形} \times \text{组合幅度} + \text{目标通道波形}$$

组合幅度参数只能在波形组合选择为“开启”以后才能够设置。

③按【波形组合】软键，将波形组合选择为“关闭”，此后两个通道的波形恢复为独立状态。

3.15.5 波形组合举例：利用波形组合的方法，可以生成一些特殊的波形，例如要在一个低频正弦波的每个周期上叠加两个高频正弦波，可按下列步骤操作：

①通道 A 选择为猝发模式，猝发信号的波形选择为正弦波，猝发信号的频率设置为 10kHz，猝发周期设置为 1ms，循环周期数设置为 2。

②通道 B 选择为连续模式，波形选择为正弦波，频率设置为 1kHz。

③按【Dual Channel】键，进入双通道操作模式，按【波形组合】软键，将波形组合选择为“开启”。

④按【耦合参数】软键，再按【组合幅度】软键，设置组合幅度为 80%。

⑤用示波器观察通道 B，可以看到一个正弦波形，每个周期上叠加有两个高频正弦波。使用旋钮连续改变通道 B 的“相位”值，可以看到两个高频正弦波叠加的位置在连续变化。

⑥按【波形组合】软键，将波形组合选择为“关闭”，两个通道的波形恢复为独立状态。

3.16 文件管理器

在下面所述的任意波形、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。

3.16.1 结构布局：文件管理器的结构如下图所示：



①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。

②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。

③文件类型：当前操作的文件类型，包括状态参数文件*.sta，任意波数据文件*.arb，系统升级文件*.exe、*.set、*.prog 等。

④当前操作：文件管理器的当前用途，包括任意波操作, 状态操作, 系统升级。

⑤当前文件路径：当前所选文件的路径。

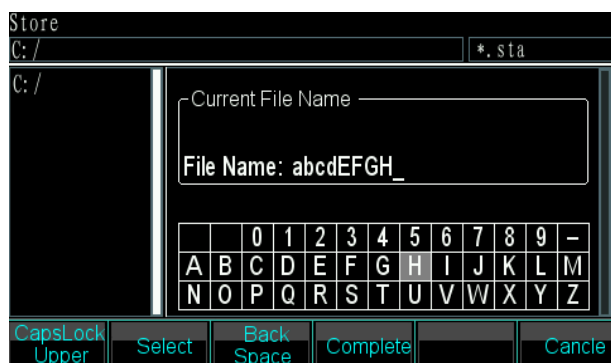
3.16.2 查找文件：如果需要的文件已经存在，可以通过以下步骤找到文件。

①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。

②折叠目录：按左方向键将光标指向左边当前目录区，然后按『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。

③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。

3.16.3 创建新文件：在存储操作时，如果没有符合要求类型的文件，或者不想覆盖破坏现有的文件，可以创建一个新文件。在调出操作时，不能创建新文件。

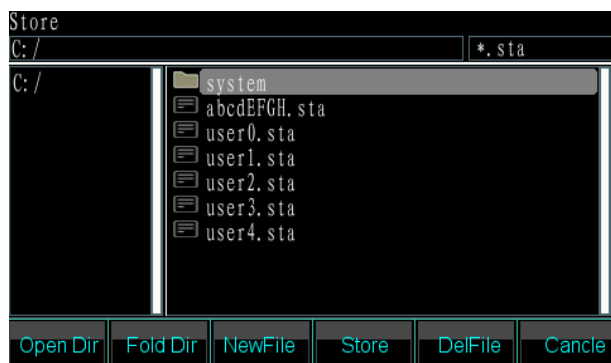


①按『创建新文件』软键，进入文件名输入窗口，显示出一个由数字、英文字母和下划线组成的小键盘。

②按『大小写』软键，可以循环切换英文字母的大小写。

③使用上下左右方向键或者使用旋钮，在小键盘中选中一个字符，然后按『选择字符』软键，这个字符即被写入到文件名的后面。如果字符选择错误，可以按『删除字符』软键，退格删除错误的字符。

④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。



3.16.4 存储和调出：在右边子目录区中选中一个文件，按『存储/调出』软键，如果当前是存储操作，则仪器会将当前位置的数据写入到选中的文件中。如果当前是调出操作，则仪器会将选中文件的数据调入到仪器中的当前位置。

3.16.5 删除文件：在子目录区中选中一个文件，按『文件删除』软键，可以将被选中的文件删除。

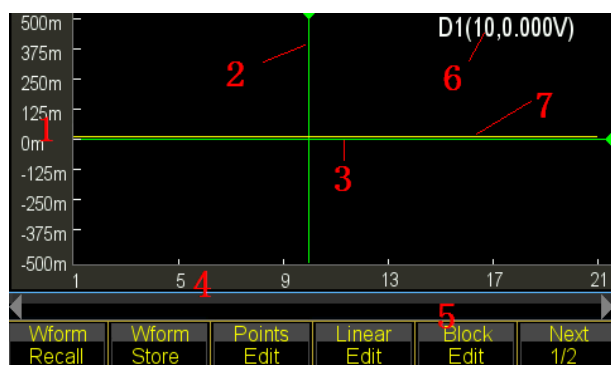
3.17 任意波形

仪器的任意波形设置有两种类型，短任意波和长任意波，两者的编辑方法完全

相同。短任意波的波形长度为 16384 (16K) 个波形点，两个通道可以独立设置。长任意波的波形长度为 1048576 (1M) 个波形点，只适用于通道 A。

3.17.1 进入波形编辑

按【Waveform】键，显示出波形选择菜单，再按〔任意波〕软键，进入任意波菜单，如果要创建的任意波形长度少于 16K 点，可以按〔创建短波形〕软键。如果要创建的任意波形长度大于 16K 点，需要按〔创建长波形〕软键，任意波形长度超过 256K 后，只能用任意波编辑软件编辑。进入任意波形编辑界面以后，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. 当前坐标点 | 7. 当前波形 (黄线) | |

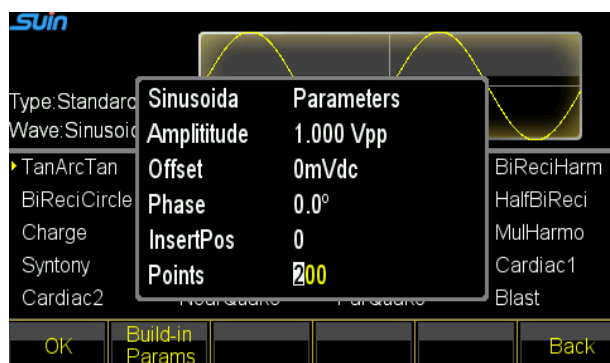
3.17.2 插入内建波形

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 149 种各式各样的任意波形，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。

①按〔插入内建波形〕软键，进入波形选择界面，波形选择的方法在 1.5.2 条中已有详细叙述，这里不再重复。选中需要插入的波形后，按〔确定〕软键。

②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：



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。

③使用上下方向键选择设置项，使用旋钮设置参数值，没有设置的选项使用原有值。

④插入波形的参数设置完成以后，必须连续按【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。

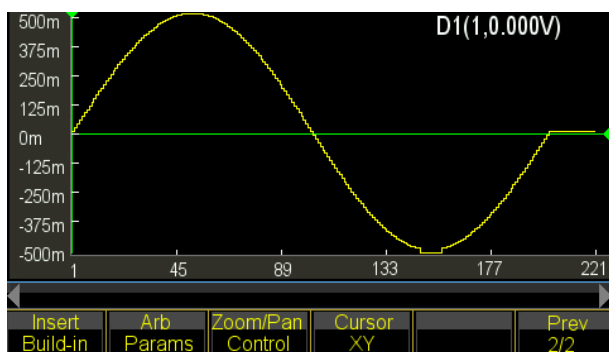
下面举例，插入一个具有 200 个点的正弦波形。

①按【插入内建波形】软键，进入波形选择界面，按【标准波形】软键，使用旋钮选中正弦波，按【确定】软键。

②按【内建波形参数】软键，显示出参数设置框。设置总点数为 200，其他项不设置，使用原有值。

③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作出相应的调整。



3.17.3 选择光标

在任意波形编辑界面中，可以使用光标快速准确的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：

- ①如果选中“光标无”，光标显示被关闭。
- ②如果选中“光标 X”，则显示一条垂直光标。
- ③如果选中“光标 Y”，则显示一条水平光标。
- ④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。

3.17.4 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。

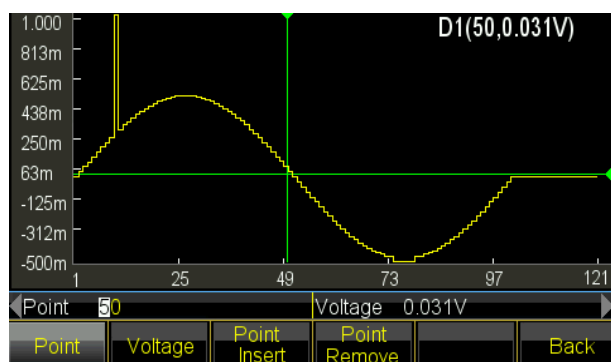
下面举例，对一个具有 100 个点的正弦波形做局部的修改，插入和删除波形点。

- ①首先按 3.17.2 的方法插入一个具有 100 个点的正弦波形。
- ②按『点编辑』软键，进入点编辑功能界面。
- ③按『选择点』软键，设置为 10，也就是要编辑波形点的 X 坐标。
- ④按『点电压』软键，设置为 1Vdc，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述③和④两步所设置的值，右上角显示出这个波形点的信息：D1(10, 1.000V)。

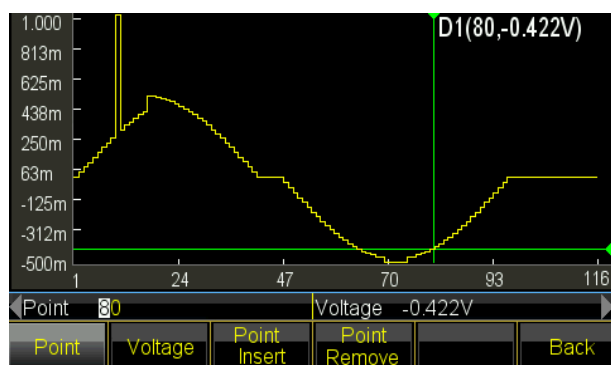
按『选择点』软键，转动旋钮改变选择点，两条光标的交叉点会沿着正弦波形

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 0.031V。如下图所示：



⑤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 0.000V 的波形点。

⑥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 16 至 26 之间的 10 个点已经被删除。将光标的 X 坐标移动到 80 处，如下图所示：



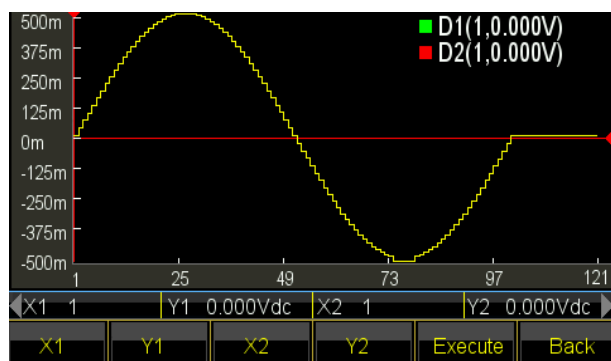
3.17.5 线编辑

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，对两个波形点之间的所有波形点自动设置，也就是将两个波形点使用一条直线连接起来。线编辑的一次操作可以设置一批波形点，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。

①首先按 3.17.2 的方法插入一个具有 100 个点的正弦波形。

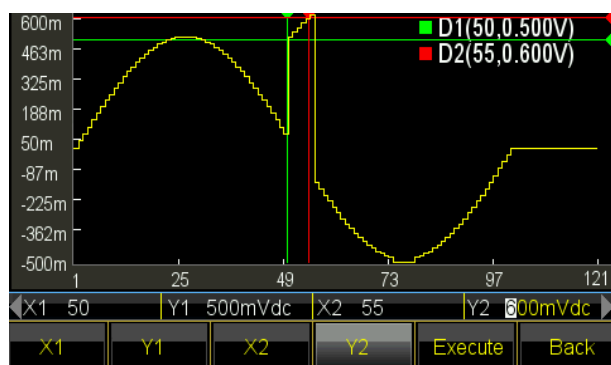
②按『线编辑』软键，进入线编辑功能界面，如下图所示：



③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 0.5Vdc，绿色光标的交叉点即为线段的起始点。

④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 0.6Vdc，红色光标的交叉点即为线段的终止点。

⑤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：



3.17.6 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，对三个内建波形组成的任意波形进行块编辑。

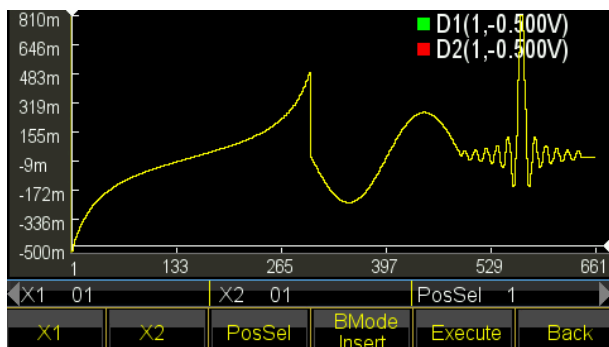
①使用 3.17.2 的方法，插入下面三个波形，三个波形的参数设置各不相同，从显示窗口中可以看到，不同的波形参数设置对插入波形的影响。

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。

②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：

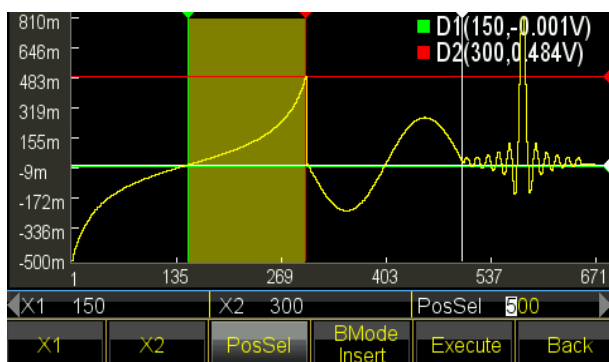


③块插入：按【操作模式】软键，选择为“块插入”模式。

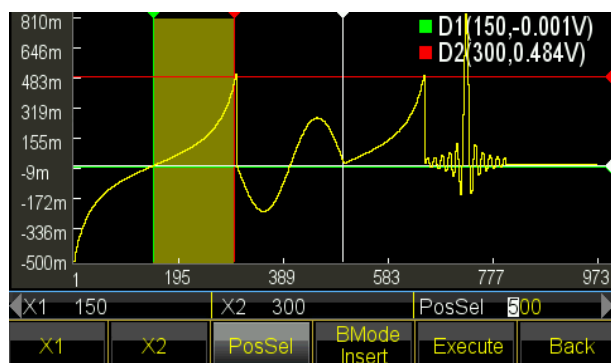
按【X1】软键，设置波形块的起始点坐标为 150，绿色光标的交叉点即为波形块的起始点。

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：

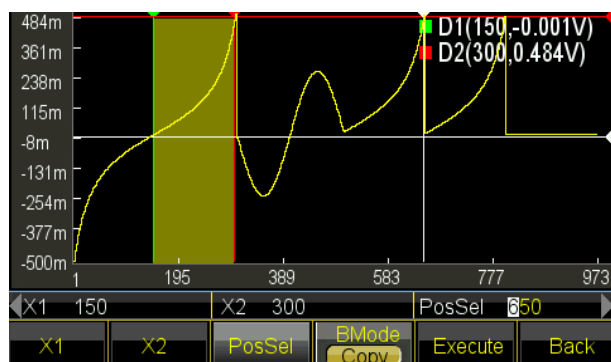


④块复制：按【操作模式】软键，选择为“块复制”模式。

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：



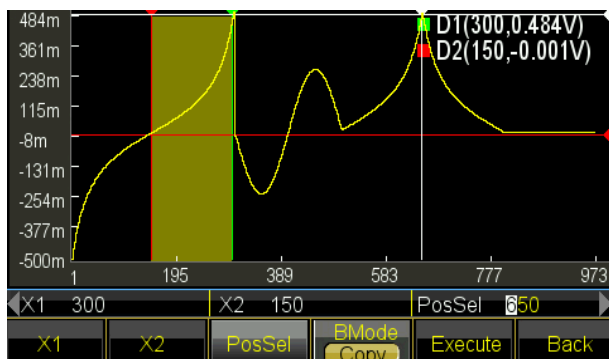
⑤操作顺序：在“块插入”和“块复制”操作中，波形块的操作顺序，总是从 X1 向 X2 操作。如果 X2 大于 X1，那么会将波形块按照从左到右的方向插入或复制。如果 X2 小于 X1，那么会将波形块按照从右到左的方向插入或复制，也就是插入或复制波形块的反转镜像。

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。

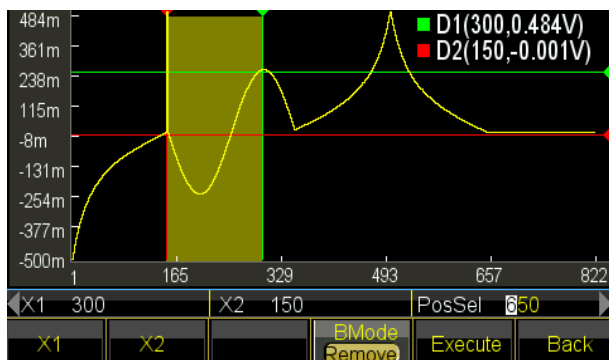


⑥块删除：按【操作模式】软键，选择为“块删除”模式。

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：

对于块删除操作来说，X1 和 X2 的大小没有影响。



3.17.7 缩放和平移

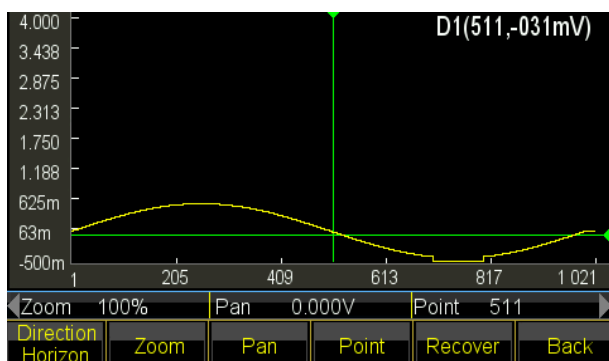
对于波形点较多的复杂波形，在有限的波形显示窗口中，要真实的展示波形的细微部分可能是困难的，此时就需要使用缩放和平移的功能，对波形上指定点附近的波形，按照缩放倍率进行局部放大，使波形的细微部分能够清晰地显示出来。

下面举例，对一个 1000 个点的正弦波形进行缩放和平移。

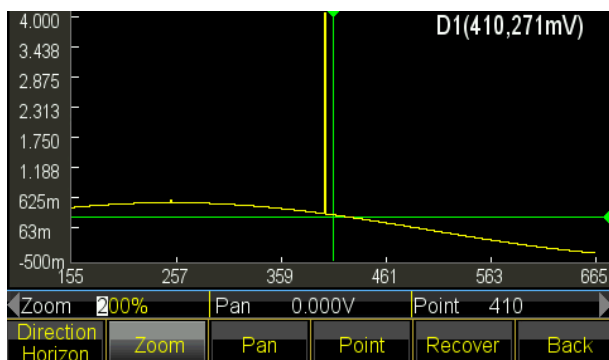
①首先按 3.17.2 的方法插入一个具有 1000 个点的正弦波形。

②使用点编辑功能，修改 X 坐标为 400 的波形点，将该点的 Y 坐标修改为 4Vdc。修改 X 坐标为 250 的波形点，将该点的 Y 坐标修改为 550mVdc。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。

③水平缩放：退出点编辑功能，按『缩放/平移』软键，进入缩放平移功能，如下图所示。

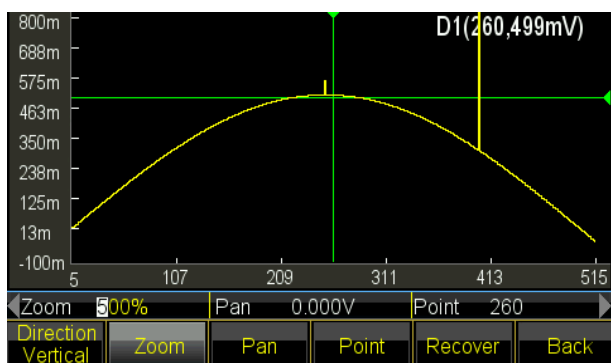


按『缩放方向』软键，选择为“水平”。按『标志点』软键，设置标志点的水平坐标为 410。仪器将以标志点为中心，沿着水平轴进行缩放。按『缩放』软键，设置缩放倍率为 200%，这时可以看到波形点(400, 4.000V)已经显示出来。继续增大缩放倍率到 500%，波形点(400, 4.000V)会显示得更加清晰。如下图所示。

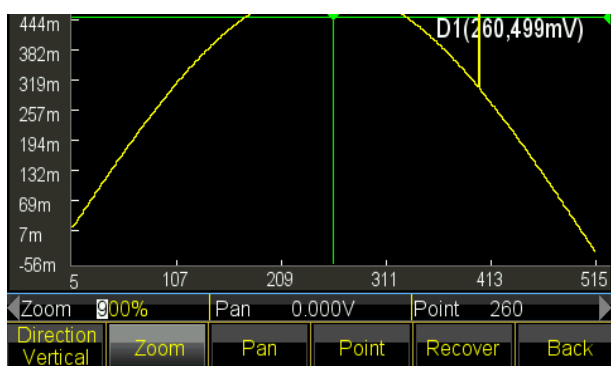


④垂直缩放：按『标志点』软键，设置标志点的水平坐标为 260，现在来观察刚才修改的另外一个波形点（250, 550mV），由于波形点(400, 4.000V)的幅度较大，导致正弦波形在垂直方向上被压缩，使得波形点（250, 550mV）几乎看不到，这就需要使用垂直缩放的功能进行放大。

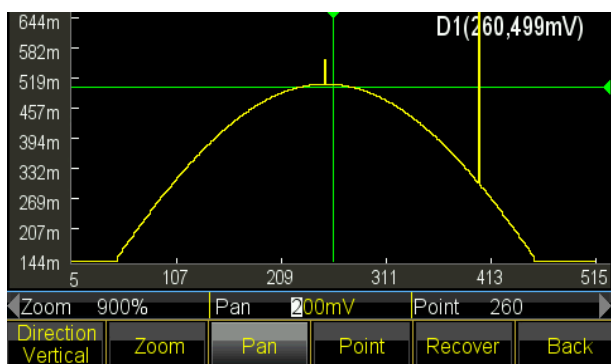
按『缩放方向』软键，选择为“垂直”。仪器将以标志点为中心，沿着垂直轴进行缩放。按『缩放』软键，设置缩放倍率为 500%，这时可以看到波形点（250, 550mV）已经显示出来。如下图所示：



继续增大垂直缩放倍率到 900%，这时波形点（250, 550mV）已经向上溢出了显示窗口，看不到了。如下图所示：



按【平移】软键，将垂直位移设置为 200mVdc，整个波形向下移动，波形点（250, 550mV）又可以看到了，如下图所示。



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，调整“平移”可以使波形上下移动。通过调整这四个参数，就能够将波形的局部细节清晰地显示出来。缩放和平移的操作只是改变了波形的显示，对波形的输出没有影响。

⑤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，仪器将上述四个参数恢复到初始值，整个波形的原貌便重新显示出来。

3.17.8 任意波输出

根据数字合成信号发生器的工作原理，输出信号的频率如下式表示：

$$\text{输出频率} = \text{采样速率} \div \text{采样点数}$$

在本仪器中，正弦、方波等 149 种内建波形和用户编辑的任意波形采用两种完全不同的输出方式，其原因如下。

内建波形采用固定的采样速率 500MSa/s。当输出频率设置以后，仪器会自动计算出在一个周期内的采样点数，然后在波形数据表中间隔抽取采样点进行输出。当输出频率很高时，波形的采样点就很少，波形的细节会大量丢失，输出波形的失真就非常严重。

用户编辑任意波形的目的，就是希望重现工作现场的真实电信号，任何失真都是不允许的。因此，本仪器的任意波形采用逐点输出的方式，保证用户编辑波形的任何细节都不会丢失。

按〔任意波参数〕软键，进入任意波应用界面，可以设置四个基本参数。

①波形长度：要输出一个任意波形，首先要确定实际输出的波形长度，也就是在一个周期内的采样点数。波形长度的设置，可以和显示窗口中波形编辑的点数不同，波形长度如果小于波形编辑的点数，那么多余的波形编辑点不会输出。波形长度如果大于波形编辑的点数，那么波形编辑点的不足部分默认为输出 0。

按〔波形长度〕软键，设置任意波形的波形长度。

②采样速率：在逐点输出方式中，任意波形的采样速率如下式表示：

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

按〔采样率〕软键，设置任意波形的采样速率。

如果波形长度发生了变化，输出频率也会改变，如果要求输出频率不变，应该按照上面的公式重新设置采样速率。

③幅度和偏移：按〔幅度〕软键和〔偏移〕软键，可以设置输出信号的幅度和偏移，任意波形的幅度和偏移的设置与内建波形完全相同。

3.17.9 存储为内建波形

从上一节叙述可知，为了避免内建波形输出失真的缺点，用户编辑的任意波形采用了逐点输出的方式。但是内建波形毕竟是仪器的主要输出方式，频率设置非常

方便，而且具有调制、扫描、猝发等丰富的功能。为了让用户编辑的任意波形能够像内建波形一样地使用，仪器在内建波形中预留了七个存储位置“User_arb1”～“User_arb7”，任意波形编辑完成以后，按〔波形存储〕软键，再按〔存储为内建波形〕软键，显示出存储位置选择菜单，按〔用户 1〕～〔用户 7〕软键，当前编辑的任意波形就作为内建波形存储起来，然后就可以在各种功能时方便地使用。

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，不足部分输出为 0。如果超出 16384 点，超出部分被丢弃。

3.17.10 任意波形下载：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。操作步骤如下：

①将随机光盘中的波形编辑软件装入到计算机中，使用 USB 连接电缆将仪器与计算机连接起来（波形编辑软件的使用方法另有说明）。

②打开计算机波形编辑软件，编辑一个任意波形。

③进入任意波形编辑界面，将任意波形数据下载到仪器中，在波形编辑窗口会显示出计算机下载的任意波形。

3.17.11 任意波形存储：任意波形的编辑，是在波形编辑区进行的，一旦退出波形编辑界面，数据就丢失了。如果要保存当前编辑的任意波形，必须进行存储，操作步骤如下：

①按〔波形存储〕软键，再按〔存储为文件〕软键，进入文件管理器界面。

②按方向右键选中内部文件夹 Local 或者可移动磁盘（如果当前可移动磁盘已插入），再按〔打开目录〕软键，显示出*.arb 的文件列表，然后选中要存储的文件名。如果没有*.arb 的文件，或者要存储到一个新文件，按〔新文件〕软键，输入新的文件名，按〔完成〕软键，创建出一个新文件。

③按〔存储〕软键，当前编辑的任意波形就被存储到了指定的文件中。

3.17.12 任意波形调出：进入任意波形编辑界面以后，如果有以前保存的任意波形文件，可以调出使用，操作步骤如下：

①按〔波形调出〕软键，进入文件管理器界面。

②按方向右键选中内部文件夹 Local 或者可移动磁盘（如果当前可移动磁盘已插入），再按〔打开目录〕软键，显示出*.arb 的文件列表，然后选中要调出的文件

名。

③按【调出】软键，存储在文件中的波形数据就被调入到波形编辑区，并在波形窗口显示出来，然后就可以对任意波形进行编辑和修改。

3.18 合成谐波

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。

按【Waveform】键，再按【任意波】键，再按【创建波形 谐波】软键，进入谐波合成界面。

3.18.1 谐波序号：谐波序号只是为了给每个谐波的设置参数分配一个位置，没有先后次序的概念，和谐波次数没有关系。可以将每一个谐波的参数设置在任意的序号中，没有设置的序号被视为无效。

3.18.2 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 50 以内的正整数，当谐波次数设置为 1 时，也就是基波。谐波次数是根据实际需要设置的，可以任意设置某几次谐波，甚至可以没有基波。

3.18.3 谐波相位：谐波相位是指谐波的起始点与基波起始点之间的相位差，是以基波的一个周期作为参考的，因为各次谐波的周期是不相同的，不能做为相位参考使用。

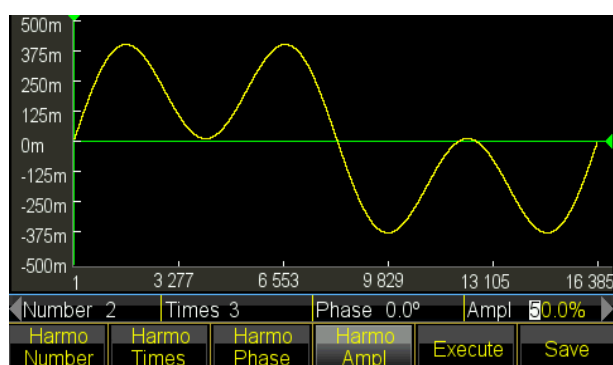
3.18.4 谐波幅度：谐波幅度是一个百分比参数，是指谐波的幅度和编辑波形满幅度的比值。在极端情况下，如果在某个波形点处，各次谐波都是以最大幅度值相加，那么各次谐波的幅度之和应该小于 100%。但实际情况并非如此，在同一个波形点处，不同谐波的幅度值可能是互相抵消的，因此，各次谐波幅度之和可以大于 100%。如果最后合成的波形超过了满幅度，合成波形图会产生限幅，操作者可以根据实际需要作出权衡，减小基波或某些谐波的幅度值。如果幅度设置为 0，则该次谐波不起作用。

3.18.5 谐波合成：本仪器可以由 2 至 50 个谐波合成一个任意波形，可以分别设置每个谐波的次数、相位和幅度。设置完成以后，按【执行】键，仪器开始将各次谐波合成为一个任意波形，并在界面窗口显示出来。所设置的谐波次数越多，合

成过程需要等待的时间也越长。

下面举例，使用基波和 3 次谐波合成一个任意波形，操作步骤如下：

- ①按【谐波序号】软键，设置为 1。
- ②按【谐波次数】软键，设置为 1。谐波相位默认为 0，可以不设置。
- ③按【谐波幅度】软键，设置为 50.0%。
- ④按【谐波序号】软键，设置为 8。
- ⑤按【谐波次数】软键，设置为 3。谐波相位默认为 0，可以不设置。
- ⑥按【谐波幅度】软键，设置为 50.0%。
- ⑦按【执行】软键，稍等片刻，合成波形即会显示出来，如下图所示。



3.18.6 谐波存储：谐波的合成是在波形编辑区进行的，一旦退出波形编辑界面，数据就丢失了。如果要保存当前编辑的谐波波形，必须进行存储，按【保存】软键，当前编辑的谐波波形即被存储起来，关断电源也不会丢失，可以随时调出使用。

3.18.6 谐波调出：合成谐波是作为一种内建波形存储起来的，合成谐波的调出和其他内建波形的选择完全一样，操作步骤如下：

- ①按【Waveform】键，显示出波形菜单。
- ②按【任意波】软键，再按【内建波形】软键，显示出任意波类型选择菜单。
- ③按【特殊波形】软键，打开特殊波形的波形列表。
- ④使用旋钮或【>】键选中波形表的最后一个波形 User_Harmo。
- ⑤按【确定】软键，显示屏会显示出谐波波形示意图。按【Waveform】键或者按【返回】软键，可以返回到当前功能界面。

3.19 同步输出

同步输出端口《Sync》位于前面板，按【Utility】键，再按〔同步输出〕软键，可以循环开通或关闭端口的输出信号。当输出端口上方的指示灯亮时，输出端口为开通状态；当输出端口上方的指示灯灭时，输出端口为关闭状态。

使用同步信号，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。

同步输出信号是一个 TTL 兼容的脉冲波信号。在不同的工作模式时，同步信号的频率和相位有所不同，如下所述：

3.19.1 连续输出：如果当前通道选择为 CHA，同步信号的频率与《CHA》端口信号的频率相同。但是当频率超过 40MHz 时，同步信号的频率是输出信号频率的四分之一。同步信号的相位滞后于《CHA》端口信号的相位，二者的相位差可由通道 A 的“相位”参数设置。

如果当前通道选择为 CHB，情况与此类同。

3.19.2 调制输出：在 FM、AM、PM、PWM 和 Sum 调制模式时，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。

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

①在 FSK、PSK、ASK、OSK 调制模式时，当输出载波频率（幅度、相位）时，同步信号为低电平。当输出跳变频率（幅度、相位）时，同步信号为高电平。

②在 4FSK、4PSK 调制模式时，当输出载波频率（相位）和跳变频率 2（相位 2）时，同步信号为低电平。当输出跳变频率 1 和 3（相位 1 和 3）时，同步信号为高电平。

③在 QFSK、QPSK 调制模式时，载波频率（相位）和三个跳变频率（相位）是以同步信号半个周期的速率随机变化的。

3.19.4 频率扫描：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。

3.19.5 列表扫描：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点序号，同步信号的脉冲宽度等于一个停留时间。

3.19.6 猝发输出：同步信号的周期等于猝发周期，同步信号的上升沿对应猝发信号的起始点，同步信号的下降沿对应猝发信号的结束点。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。

3.19.7 外部触发：在 FSK、QFSK, 4FSK, PSK, QPSK, 4PSK, ASK, OSK 调制、频率扫描、列表扫描、猝发输出模式时，如果使用外部触发或手动触发，则同步信号由触发信号确定。

3.20 工作状态

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。每个用户可以把自已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【Utility】键，进入辅助功能界面，可以设置工作状态。

3.20.1 状态存储：按【状态存储】软键，进入文件管理器，按方向右键选中 local 文件夹或者可移动磁盘(如果当前可移动磁盘已插入)，按【打开目录】软键，显示出*.sta 的文件列表，然后选中要存储的文件名。如果没有*.sta 的文件，或者要存储到一个新文件，按【新文件】软键，输入新的文件名，按【完成】软键，创建出一个新文件。

在文件列表中选中要存储的文件，按【存储】软键，可以将当前的工作状态存储到选中的文件中，关断电源也不会丢失。存储一组新的工作状态参数，会将选中文件里的原有数据覆盖掉，因此存储操作需要谨慎。如果不想存储，可以按【取消】软键，取消存储操作。

3.20.2 状态调出：按【状态调出】软键，进入文件管理器，按方向右键选中 local 文件夹或者是可移动磁盘(如果当前可移动磁盘已插入)，按【打开目录】软键，显示出*.sta 的文件列表，然后选中要调出的文件名。

按【调出】软键，可以将所选文件中的工作状态调出。工作状态调出以后，仪器会使用新的工作状态进行工作。

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，仪器还随时自动存储当前的工作状态，一旦断电，这种状态就作为“关机前”状态。按【开机状态】软键，可以循环选择开机状态为“默认”或“关机前”。

①如果选中了“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。

②如果选中了“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。

3.21 辅助功能

按【Utility】键，可以对仪器的同步输出、界面显示、工作状态等进行设置。

3.21.1 语言选择：按〔Language/中文〕软键，可以循环选择中文或英文。语言选择只限于操作菜单和提示信息，其他部分始终使用英文显示。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。

3.21.2 同步输出：按〔同步输出〕软键，可以循环选择同步输出为“开启”或“关闭”，同步输出的详细叙述见 3.19 条。

3.21.3 系统复位：按〔系统复位〕软键，仪器会将全部参数设置为出厂时的默认工作状态。

3.21.4 开机状态：按〔开机状态〕软键，可以循环选择开机状态为“默认”或“关机前”，开机状态的详细叙述见 3.20.3 条。

3.21.5 显示和声音：按〔显示/声音〕软键，进入显示和声音设置菜单。

①按〔屏幕保护〕软键，可以循环选择屏幕保护为“开启”或“关闭”。

如果选择了屏幕保护开启，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，游动显示仪器的标识图案。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。

如果选择了屏幕保护关闭，则显示屏幕一直处于工作状态。

②按〔亮度〕软键，可以调节显示屏幕背光的亮度。

③按〔按键声音〕软键，可以循环选择按键声音的“开启”或“关闭”。

如果选择了按键声音开启，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。

如果选择了按键声音关闭，任何按键或旋钮的操作都没有声音提示，以保持环境的安静，避免干扰他人。

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，报警声音不受“按键声音”开关的影响。

④按【显示模式】软键，可以循环选择显示模式为“单通道”或“双通道”。

如果选择了单通道，只显示当前一个通道的工作参数，但是可以显示当前通道的输出波形示意图。

如果选择了双通道，可以同时显示出两个通道的工作参数，但是不能显示输出波形示意图。按【CHA/CHB】键可以切换当前通道，如果菜单颜色为黄色，则当前通道为 CHA。如果菜单颜色为蓝色，则当前通道为 CHB。在双通道模式下，只能设置和修改当前通道的参数。

3.21.6 状态存储和调出：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，详细叙述见 3.20 条。

3.21.7 网络设置：按【网络设置】软键，可以设置网络连接的各项参数。

①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。

②按【IP 地址】软键，可以使用数字键对 IP 地址进行设置。

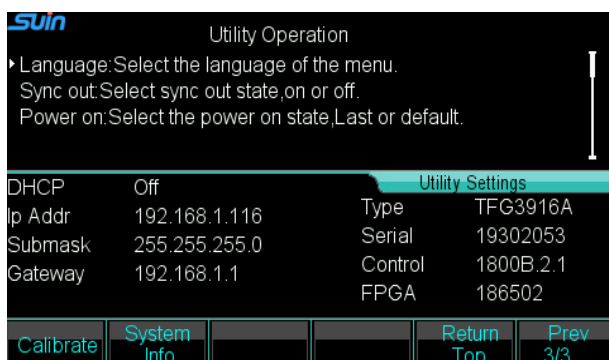
③按【子网掩码】软键，可以使用数字键对子网掩码进行设置。

④按【默认网关】软键，可以使用数字键对默认网关进行设置。

3.21.8 系统升级：按【系统升级】软键，可以进行系统升级，系统升级将在后面的 3.27 条中详细叙述。

3.21.9 校准：按【校准】软键，可以进行参数校准，参数校准将在后面的 3.25 条中详细叙述。

3.21.10 系统信息：按【系统信息】软键，可以查看当前系统的四项固有信息，这些信息对于每一台仪器都是不完全相同的，如下图所示：



①Type: 仪器的型号，仪器出厂后仪器型号固定不变。

- ②Serial: 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。
- ③Control: 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。
- ④FPGA: 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。

3.22 信号端口

仪器的前面板有三个信号输出端口, 后面板有两个信号输入端口, 一个信号输出端口, 两个输入输出双向端口。除“时钟输入”端口外, 其他端口的接地端共用一个“信号地”。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 42Vpk, 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。

3.22.1 信号输出端口《CHA》: 位于前面板, 通道 A 的信号从该端口输出。

3.22.2 信号输出端口《CHB》: 位于前面板, 通道 B 的信号从该端口输出。

3.22.3 同步输出端口《Sync》: 位于前面板, 通道 A 和通道 B 的同步信号都从该端口输出, 详细叙述见 3.19 条。

3.22.4 计数输入端口《Counter》: 位于后面板, 输入计数器的被测信号。

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

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

3.22.7 调制触发端口《CHA: Mod in, Trig In/Out》: 位于后面板, 作为输入端口时, 通道 A 的外部调制和触发信号从该端口输入。作为输出端口时, 通道 A 的内部触发信号从该端口输出。

3.22.8 调制触发端口《CHB: Mod in, Trig In/Out》: 位于后面板, 作为输入端口时, 通道 B 的外部调制和触发信号从该端口输入。作为输出端口时, 通道 B 的内部触发信号从该端口输出。

3.23 通讯端口

仪器的通讯端口接地和机箱接地(大地)相连接。

3.23.1 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。

3.23.2 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。

3.23.3 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 系统时钟

3.24.1 时钟输入端口《10MHz 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准确度。时钟输入端口采用变压器交流耦合方式，与仪器的其他端口没有公共接地端。

①当有外部时钟接入时，仪器会自动识别，并显示出“外部时钟插入”。

②如果外部时钟频率符合要求，系统会自动切换到外部时钟，并显示出“外部时钟有效，使用外部时钟”。

③如果外部时钟频率超出范围，系统会自动切换到内部时钟，并显示出“外部时钟无效，使用内部时钟”。

④如果外部时钟断开，系统会自动切换到内部时钟，并显示出“外部时钟移除，使用内部时钟”。

3.24.2 时钟输出端口《10MHz Out》：位于后面板，输出 10MHz 的内部时钟信号，可用作其它设备的时钟，使其他设备与本仪器同步。

3.25 参数校准

仪器在出厂时已经进行了校准，但经过长期使用之后，某些技术参数可能会有变化。为了保证仪器的精度，可以进行定期校准。对于仪器的校准，并不需要打开机箱，用户只需通过键盘操作，就可以恢复仪器的精度。

开通电源以后，仪器自动调出并使用最后一次校准数据，校准处于关闭状态。不输入校准密码，不能进行校准，这样可以有效地保护校准值，防止被无意中修改，如果用户需要校准，可向生产厂索取校准密码。

校准需要由专业人员进行，所用测量仪器的精度等级应该能够满足技术指标的

要求，校准时仪器和测量仪器应该预热 30 分钟以上，仪器所处的环境应满足技术指标中的要求。

3.25.1 校准开通：按【Utility】键，再按〔校准〕软键，输入校准密码，按〔确定〕软键，进入校准界面。显示出校准操作窗口和校准菜单。

3.25.2 通道选择：首先选择需要校准的通道，按〔校准通道〕软键，可以循环选择校准通道为“通道 A”或“通道 B”。

3.25.3 频率校准：按〔频率校准〕软键，进入频率校准界面，使用数字频率计测量校准通道实际输出的频率值。校准窗口给出了校准目标的标称值，调整“校准值”参数，使实际输出的频率与标称值的误差符合技术指标的规定。

最后按〔确定〕软键，仪器自动保存频率校准值，并退出频率校准界面。

3.25.4 偏移校准：按〔偏移校准〕软键，进入偏移校准界面。使用数字电压表测量校准通道实际输出的直流偏移值。校准窗口给出了校准目标的标称值，调整“校准值”参数，使实际输出的直流偏移与标称值的误差符合技术指标的规定。

按〔下一点〕软键，校准序号加一，校准窗口的目标标称值会随着改变，使用上述方法依次对各点的直流偏移进行校准。如此下去，直到全部校准点校准完成（0#~11#）。

也可以按〔校准点〕软键，输入校准序号，单独对某一个校准点进行校准。

最后按〔确定〕软键，仪器自动保存偏移校准值，并退出偏移校准界面。

3.25.5 幅度校准：按〔幅度校准〕软键，进入幅度校准界面。使用数字电压表测量校准通道实际输出的幅度值。使用上述方法，对全部幅度校准点进行校准（0#~3#）。

最后按〔确定〕软键，仪器自动保存幅度校准值，并退出幅度校准界面。

3.25.6 平坦度校准：输出信号的幅度会随着频率增大而减小，因此需要对不同频率点的输出幅度进行校准。幅度平坦度校准使用比较法，以频率等于 1MHz 时的幅度作为比较基准。幅度平坦度校准分为三段进行，标称幅度分别为 4dBm、17.96dBm 和 11.93dBm，平坦度校准时输出信号频率以 5MHz 步进。

按〔平坦度校准〕软键，进入平坦度校准界面。

①校准序号显示为 0#，此时仪器输出频率 1MHz、幅度 4dBm 的参考信号，用频谱分析仪测量实际输出信号的幅度，作为第一段幅度基准值。然后按〔继续〕软键，进行第一段平坦度校准。使用上述方法，调整校准值，使实际输出幅度等于第

一段幅度基准值。如此下去，直到第一段的全部平坦度校准点校准完成（00#～31#）。

②校准序号显示为 32#，此时仪器输出频率 1MHz、幅度 17.96dBm 的参考信号，用频谱分析仪测量实际输出信号的幅度，作为第二段幅度基准值。然后按『继续』软键，使用上述方法，进行第二段平坦度校准（32#～47#）。

③校准序号显示为 48#，此时仪器输出频率 1MHz、幅度 11.93dBm 的参考信号，用频谱分析仪测量实际输出信号的幅度，作为第三段幅度基准值。然后按『继续』软键，使用上述方法，进行第三段平坦度校准（48#～55#）。

最后按『确定』软键，仪器自动保存平坦度校准值，并退出平坦度校准界面。

3.25.7 计数器校准：计数器校准需要打开机箱，如果计数器工作正常，此项校准可以省略。

①按『触发偏移校准』软键，进入计数器触发偏移校准界面。使用直流电压表测量主电路板上的测试点 TP49。

调整校准值，使测试点 TP49 的电压为 0.5Vdc。

最后按『确定』软键，仪器自动保存触发偏移校准值，并退出触发偏移校准界面。

②按『触发电平校准』软键，进入计数器触发电平校准界面。用直流电压表测量主电路板上的测试点 TP55。

将校准序号设置为 0#，调整校准值，使测试点 TP55 的电压为 0Vdc。

将校准序号设置为 1#，调整校准值，使测试点 TP55 的电压为 0.5Vdc。

最后按『确定』软键，仪器自动保存触发电平校准值，并退出触发电平校准界面。

3.25.8 恢复默认校准：如果用户在校准时操作失误，导致仪器工作不正常，或者校准以后效果并不理想，可以按『恢复默认校准』软键，恢复出厂时的默认校准值。恢复默认校准会将当前的用户校准数据覆盖掉，为了防止误操作，仪器首先发出询问，如果按『确定』软键，仪器会恢复并使用默认校准数据。如果按『取消』软键，仪器仍然使用当前的用户校准数据。

3.25.9 校准退出：按『校准退出』软键，可以退出校准功能。

3.26 计数器

按【Counter】键，选择计数器工作模式，进入计数器功能界面。

将外部被测信号连接到后面板的《Counter》端口，可以对外部信号进行频率计数测量。按〔测量类型〕软键，显示出测量类型选择菜单。

3.26.1 周期连续信号：对于周期连续信号，可以测量信号的频率和周期，对于方波和脉冲波信号，还可以测量脉冲宽度和占空比。对于周期连续信号，计数测量没有意义。

①〔频率〕软键，测量显示出被测信号的频率。

②〔周期〕软键，测量显示出被测信号的周期。

③〔脉宽〕软键，测量显示出被测方波和脉冲波信号的脉冲宽度。

④〔占空比〕软键，测量显示出被测方波和脉冲波信号的占空比，占空比测量需要测量周期和脉宽两个参数，所以需要两次闸门时间才能完成。

3.26.2 闸门时间：按〔闸门时间〕软键，可以设置闸门时间值。闸门时间表示对被测信号的采样时间，闸门时间越长，采样数据就越多，测量结果就越稳定，测量分辨率也越高，但是对信号的快速变化反映也越迟钝。闸门时间越短，对信号变化的跟踪就越好，但是会降低测量分辨率。一般来说，闸门时间应该大于被测信号的周期时间。

3.26.3 触发电平：按〔触发电平〕软键，可以设置触发电平值。如果使用交流耦合，触发电平值应该设置为 0。如果使用直流耦合，应该调整触发电平值。当被测信号的幅度较大时，触发电平的调整影响不大。但是当被测信号的幅度很小，或者频率很高时，需要仔细调整触发电平值，才能得到较好的测量结果。

3.26.4 灵敏度：按〔灵敏度〕软键，可以设置触发灵敏度，设置数值越大，灵敏度越高。当被测信号的幅度很小，并且信号中含有噪声时，则需要仔细调整灵敏度的值，才能得到较好的测量结果。如果被测信号的幅度较大并且很纯净，灵敏度的调节影响不大。

①对于一个已知频率的信号，如果频率测量值偏大，说明灵敏度过高，被测信号中的噪声也被测量，此时应该降低灵敏度。如果频率测量值偏小或测不到信号，说明灵敏度过低，此时应该提高灵敏度。

②对于一个未知频率的信号，灵敏度应该从小到大逐渐调节，当频率测量值比较稳定时，则测量结果是可信的。

3.26.5 耦合方式：按〔输入耦合〕软键，可以循环选择“交流”和“直

流”。如果被测信号的频率较高，并且信号中含有直流偏移时，应该使用交流耦合，将触发电平设置为 0。如果被测信号的频率小于 1Hz，或者幅度小于 100mVpp 时，应该使用直流耦合，并仔细调整触发电平的值，才能得到较好的测量结果。

3.26.6 低通滤波：按『低通滤波』软键，可以循环选择“开启”或“关闭”低通滤波器。

①如果被测信号的频率小于 50kHz 并且信号中含有高频噪声时，应该开启低通滤波器，将信号中的高频噪声过滤掉，以便得到正确的测量结果。

②如果被测信号的频率大于 50kHz 并且幅度较小时，低通滤波器会衰减高频信号，甚至得不到测量结果，这时应该关闭低通滤波器。

3.26.7 周期断续信号：对于周期断续信号，例如猝发信号、间歇信号，不能测量频率、周期、脉冲宽度和占空比，只能测量信号的脉冲数。

①按『脉冲计数』软键，如果选中了“开启”，计数闸门打开，首先将计数值清零，然后开始累加计数。如果选中了“关闭”，计数闸门关闭，计数停止并保持当前计数值。计数闸门每次关闭后再开启，都会从零开始重新累加计数。

②为了测量的准确，应该在信号间歇期间关闭和打开计数闸门。

③如果选中了脉冲计数，闸门时间的设置被忽略。

3.27 系统升级

仪器售出以后，如果用户在使用中发现某些缺陷，或者用户想按照自己的要求对仪器进行一些改进，可以联系生产厂家更改程序，对仪器进行远程升级。

3.27.1 插入 U 盘：将生产厂家给出的升级文件存入到 U 盘中，将 U 盘插入仪器前面板的 USB 接口，仪器会自动识别插入的 U 盘。等到仪器显示出“可移动磁盘已插入”的信息，表示 U 盘识别成功。

3.27.2 升级类型：按【Utility】键，进入 Utility 界面。按『系统升级』软键，显示出升级类型选择菜单。

如果升级文件的扩展名为“.exe”，按『控制程序』软键。

如果升级文件的扩展名为“.prog”，按『Fpga』软键，并选择“程序”。

如果升级文件的扩展名为“.set”，按『Fpga』软键，并选择“配置”。

升级类型选择以后，按『确定』软键，进入文件管理器。

3.27.3 升级文件：按方向右键，再按上下方向键选择 Removeable Disk 文件

夹，再按〔打开目录〕软键，显示出文件列表。选中指定的升级文件，按〔系统升级〕软键。如果决定升级，按〔确定〕软键，仪器开始自动升级过程。

3.27.4 升级过程：仪器首先装载升级文件数据，如果数据装载成功，则将升级数据写入到固件存储器中。这两个过程可能需要较长的时间，显示窗口会有过程进度显示。升级完成以后，关断电源重新开机，仪器会使用新的固件程序进行工作。

在升级过程开始之前，如果选择〔取消〕，则退出升级操作，仍然使用原有的固件程序。但是升级过程一旦开始，就不能再有任何操作，直到升级完成。

3.27.5 注意事项：需要特别注意，在系统升级过程中，仪器绝对不能断电，如果中途断电，会造成仪器瘫痪，必须返回生产厂修理。

3.28 默认设置

3.28.1 连续输出（开机后默认连续输出模式）

波形	Sine	方波占空比	50%
频率	1kHz	锯齿波对称度	50%
幅度	1Vpp	脉冲宽度	500 μ s
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	Normal	低电平限制	-10Vdc
外接负载	High Z	输出端口	Off

3.28.2 调制输出（FM、AM、PM、PWM、Sum）

频率偏差	600Hz	叠加幅度	20%
调幅深度	100%	调制波形	Sine
相位偏差	90°	调制频率	100Hz
脉宽偏差	50%	调制源	Internal

3.28.3 键控输出（FSK、4FSK、QFSK、PSK、4PSK、QPSK、ASK、0SK）

跳变频率 1	200Hz	跳变幅度	0.5Vpp
跳变频率 2	5.0KHz	跳变时间	3ms

跳变频率 3	400Hz	跳变速率	100Hz
跳变相位 1	180°	触发源	Internal
跳变相位 2	45°	触发极性	Pos
跳变相位 3	90°		

3.28.4 频率扫描

扫描模式	Linear	返回时间	0s
起始频率	100Hz	间隔时间	0s
终止频率	1kHz	触发源	Immediate
标志频率	550Hz	触发边沿	Raise
扫描时间	3s	触发输出	Off
保持时间	0s		

3.28.5 列表扫描

始点序号	1#	频率列表	1kHz-128kHz
终点序号	21#	触发源	Immediate
停留时间	1s	触发边沿	Raise
保持时间	0s	触发输出	Off

3.28.6 猝发输出

猝发模式	Trig	触发源	Internal
猝发周期	10ms	触发边沿	Raise
循环周期数	3	触发输出	Off
起始相位	0°		

3.28.7 双通道操作

耦合方向	AtoB	频率差	0Hz
频率耦合	Off	幅度差	0Vpp
幅度耦合	Off	偏移差	0Vdc

波形组合	Off	组合幅度	50%
频率比	1		

3.28.8 系统设置

语言	Chinese	蜂鸣器	Off
同步输出	Off	显示模式	Single
开机状态	Default	网络 DHCP	Off
屏幕保护	Off	校准状态	Closed
亮度	50%	错误队列	Clear

3.29 功率放大器(选件)

功率放大器是一个选购件，如果用户选购了功率放大器，则机箱内会安装一块功率放大器模块，后面板上的《Amplifer In》端口为功放输入端口，后面板上的《Amplifer Out》端口为功放输出端口。

将输入信号连接到功放输入端口，在功放输出端口即可以得到经过功率放大的输出信号，输入信号可以是本机的输出信号，也可以是其他仪器的输出信号。

3.29.1 输入波形：正弦波，对于其他波形，失真度可能较大。

3.29.2 输入电压：功率放大器的电压放大倍数为两倍，最大输出幅度为 10Vrms，所以最大输入幅度应限制在 5Vrms，超过限制时，输出信号会产生失真。

3.29.3 频率范围：功率放大器在 1Hz~150kHz 频率范围内的正弦波失真度优于 1%，最高频率可以达到 200kHz。

3.29.4 输出功率：功率放大器的输出功率表达式为

$$P = V^2 / R$$

式中：P 为输出功率（单位为 W）

V 为输出幅度有效值（单位为 Vrms）

R 为负载电阻（单位为 Ω）

最大输出幅度可以达到 10Vrms，最小负载电阻可以小到 2Ω，但是工作环境温度越高，输出信号的频率越高，输出信号的失真会越大。一般情况下最大输出功率可以达到 8W(8Ω) 或 2W(50Ω)。

3.29.5 输出保护：功率放大器具有输出短路保护和过热保护，一般不会损坏，但应尽量避免长时间输出短路。频率、幅度和负载尽量不要用到极限值，特别是两种参数不能同时用到极限值，以免对功率放大器的性能造成伤害。

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他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、间接的或其他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。

5.1 连续输出

5.1.1 内建波形：

标准波形：正弦波、方波、锯齿波、脉冲波、噪声波 5 个

任意波形：指数函数、对数函数、正切函数、高斯函数、伪随机码、心电图波、震动波等 137 个

用户波形：用户编辑任意波形 7 个

用户谐波：用户编辑谐波波形 1 个（最多 50 次，幅度和相位可调）

波形长度：16384 点

采样速率：500MSa/s

幅度分辨率：14 bits

5.1.2 正弦波：

谐波失真 (0dBm)： $\leq -60\text{dBc}$ 频率 $< 10\text{MHz}$

$\leq -55\text{dBc}$ 频率 $< 80\text{MHz}$

$\leq -50\text{dBc}$ 频率 $< 100\text{MHz}$

$\leq -45\text{dBc}$ 频率 $\geq 100\text{MHz}$

总失真度 (20Hz～20kHz, 20Vpp)： $\leq 0.1\%$

5.1.3 方波、脉冲波、锯齿波：

方波脉冲波占空比：0.1%～99.9%（最小正负脉宽 10ns）

方波脉冲波过冲（典型值）： $\leq 5\%$

方波边沿时间 (1Vpp)： $\leq 8\text{ns}$

脉冲波边沿时间 (1Vpp)：4ns ～ 100us

脉冲波宽度：10ns～1000s

锯齿波对称度：0.0%～100.0%

5.1.4 任意波形：

波形长度：6～1M 点

采样速率：1uSa/s～125MSa/s, 1uSa/s 分辨率

幅度分辨率: 14 bits

5.1.5 频率:

范围: 正弦波: $1\ \mu\text{Hz} \sim 160\text{MHz}$ (注)

方波、脉冲波: $1\ \mu\text{Hz} \sim 50\text{MHz}$ (注)

锯齿波: $1\ \mu\text{Hz} \sim 5\text{MHz}$

其它波形: $1\ \mu\text{Hz} \sim 30\text{MHz}$

分辨率: $1\ \mu\text{Hz}$

准确度: $\pm (2\text{ppm} + 1\ \mu\text{Hz})$

5.1.6 幅度 (偏移 0Vdc):

范围: $2\text{mVpp} \sim 20\text{Vpp}$ (开路), $1\text{mVpp} \sim 10\text{Vpp}$ ($50\ \Omega$) 频率 $\leq 40\text{MHz}$

$2\text{mVpp} \sim 10\text{Vpp}$ (开路), $1\text{mVpp} \sim 5\text{Vpp}$ ($50\ \Omega$) 频率 $\leq 80\text{MHz}$

$2\text{mVpp} \sim 5\text{Vpp}$ (开路), $1\text{mVpp} \sim 2.5\text{Vpp}$ ($50\ \Omega$) 频率 $\leq 120\text{MHz}$

$2\text{mVpp} \sim 4\text{Vpp}$ (开路), $1\text{mVpp} \sim 2\text{Vpp}$ ($50\ \Omega$) 频率 $> 120\text{MHz}$

分辨率: 2mVpp (幅度 $\geq 2\text{Vpp}$, 开路), 1mVpp (幅度 $\geq 1\text{Vpp}$, $50\ \Omega$)

0.2mVpp (幅度 $< 2\text{Vpp}$, 开路), 0.1mVpp (幅度 $< 1\text{Vpp}$, $50\ \Omega$)

准确度 (1kHz 正弦波, 0V 偏移): $\pm (\text{设置值} \times 1\% + 2\text{mVpp})$

平坦度 (相对于 1MHz 正弦波): $\pm 0.2\text{dBm}$ 频率 $< 80\text{MHz}$

$\pm 0.3\text{dBm}$ 频率 $\geq 80\text{MHz}$

单位 (正弦波): Vpp、Vrms、dBm

5.1.7 直流偏移:

范围: $\pm 10\text{Vpk}$ (ac+dc, 开路), $\pm 5\text{Vpk}$ (ac+dc, $50\ \Omega$)

分辨率: 2mVdc (偏移 $\geq 1\text{Vdc}$, 开路), 1mVdc (偏移 $\geq 0.5\text{Vdc}$, $50\ \Omega$)

0.2mVdc (偏移 $< 1\text{Vdc}$, 开路), 0.1mVdc (偏移 $< 0.5\text{Vdc}$, $50\ \Omega$)

准确度: $\pm (\text{设置值} \times 1\% + 2\text{mVdc} + \text{幅度值} \times 0.5\%)$

5.1.8 极性和相位:

波形极性: 正向、反向 (相对于显示波形)

输出相位: $0^\circ \sim 360^\circ$ (相对于同步信号)

5.1.9 输出端口:

输出阻抗: $50\ \Omega$ 典型值

输出保护: 过载自动断开输出

端口接地：信号端口接地与机箱接地相隔离，二者最大允许电压 $\pm 42V_{pk}$

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 $\sim$ 100kHz (FM、AM、PM、PWM)，1mHz $\sim$ 1MHz (Sum)

频率偏差：0 μ Hz $\sim$ 频率上限/2

调幅深度：0% $\sim$ 120%

相位偏差：0° $\sim$ 360°

脉宽偏差：0% $\sim$ 99%

叠加幅度：0% $\sim$ 100%

调制源：内部、外部

5.2.2 FSK、4FSK、QFSK、PSK、4PSK、QPSK、ASK、OSK 调制：

载波波形：正弦波、方波、锯齿波等

跳变频率：1 μ Hz $\sim$ 频率最大值

跳变相位：0° $\sim$ 360°

跳变幅度：2mV_{pp} $\sim$ 载波幅度

跳变时间：4ns $\sim$ 400s

跳变速率：1mHz $\sim$ 1MHz

触发源：内部、外部

5.3 频率扫描

5.3.1 扫描波形：正弦波、方波、锯齿波等

5.3.2 扫描模式：全频率范围内线性、对数、列表扫描

5.3.3 扫描时间：

线性和对数扫描：扫描时间：1ms $\sim$ 500s， 保持时间：0s $\sim$ 500s

返回时间：0s $\sim$ 500s， 间隔时间：0s $\sim$ 500s

列表扫描：停留时间：1ms $\sim$ 500s， 保持时间：0s $\sim$ 500s

5.3.4 频率表长度：128 个频率

5.3.5 触发源：立刻、外部、手动

5.4 猝发输出

5.4.1 猝发波形：正弦波、方波、锯齿波等

5.4.2 猝发模式：触发、门控

5.4.3 猝发周期：1 μ s $\sim$ 500s

5.4.4 猝发计数：1 $\sim$ 100000000 个

5.4.5 门控输出：两个以上周期完整

5.4.6 起始相位：0° $\sim$ 360°

5.4.7 触发源：内部、外部、手动

5.5 双通道操作

5.5.1 频率耦合：频率比、频率差

5.5.2 幅度偏移耦合：幅度差、偏移差

5.5.3 波形组合：组合幅度：0% $\sim$ 100%

5.6 同步输出

5.6.1 波形特性：TTL 兼容，边沿时间 $\leq$ 10nS

5.6.2 频率和脉宽：随工作模式变化

5.6.3 输出阻抗：50 Ω 典型值

5.6.4 端口接地：信号端口接地与机箱接地相隔离，二者最大允许电压 $\pm$ 42Vpk

5.7 调制和触发

5.7.1 调制输入：

输入电压： $\pm$ 2.5Vpp （满度值）

输入阻抗：10k Ω

5.7.2 触发输入：

输入电平：TTL 兼容

输入阻抗：1k Ω

5.7.3 触发输出：

输出电平：TTL 兼容

输出阻抗：1k Ω

5.7.4 端口接地：信号端口接地与机箱接地相隔离，二者最大允许电压 $\pm$ 42Vpk

5.8 计数器

- | | | | |
|-------|------------|---|---------------|
| 5.8.1 | 频率测量: | 10MHz~350MHz | 分辨率: 7 位/秒 |
| 5.8.2 | 周期、脉冲宽度测量: | 100ns~20s | |
| 5.8.3 | 占空比测量: | 0.1%~99.9% | |
| 5.8.4 | 计数测量: | 1~9999999999 | |
| 5.8.7 | 输入幅度: | 20mVrms~5Vrms | 10MHz~150MHz |
| | | 40mVrms~5Vrms | 150MHz~250MHz |
| | | 100mVrms~5Vrms | 250MHz~300MHz |
| | | 200mVrms~5Vrms | 300MHz~350MHz |
| 5.8.5 | 闸门时间: | 1ms~100s | |
| 5.8.6 | 触发电平: | -2.5V~+2.5V | |
| 5.8.7 | 耦合方式: | 交流、直流 | |
| 5.8.8 | 低通滤波: | 开通、关闭 | |
| 5.8.9 | 端口接地: | 信号端口接地与机箱接地相隔离, 二者最大允许电压 $\pm 42\text{Vpk}$ | |

5.9 通讯接口

- 5.9.1 接口种类: USB 主机接口、USB 设备接口、LAN 接口
- 5.9.1 端口接地: 通讯端口接地与机箱接地相连接

5.10 系统时钟

- ### 5.10.1 外时钟输入:

频率: $10\text{MHz} \pm 50\text{Hz}$

幅度: 100mV_{pp}-5V_{pp}

输入阻抗: $300\ \Omega$, 交流耦合

端口接地：信号端口与其他端口和机箱接地均绝缘隔离

- ### 5.10.2 内时钟输出:

频率: 10MHz

幅度: $>1V_{pp}$

输出阻抗: $50\ \Omega$ 交流耦合

端口接地：信号端口接地与机箱接地相隔离，二者最大允许电压 $\pm 42\text{Vpk}$

5.11 通用特性

- 5.11.1 电源条件: 电压: AC 100~240V 频率: 45~65Hz 功耗: <30VA
- 5.11.2 环境条件: 温度: 0~40℃ 湿度: <80%
- 5.11.3 操作特性: 全部按键操作, 旋钮连续调节, 中、英文菜单
- 5.11.4 显示方式: 4.3" 彩色 TFT 液晶屏 像素: 480×272
- 5.11.5 物理特性: 尺寸: 256 mm×106 mm×386 mm 重量: 3.7kg
- 5.11.6 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。

5.12 功率放大器 (选件)

- 5.12.1 输入信号: 电压 $0V_{rms} \sim 5V_{rms}$ 频率 1Hz~200kHz
- 5.12.3 电压放大: 2 倍
- 5.12.4 输出功率: 8W(负载 8Ω) 2W(负载 50Ω) 频率 $\leq 100kHz$
3W(负载 8Ω) 1W(负载 50Ω) 频率 $\leq 200kHz$

注: TFG3916A 正弦波频率范围: $1\mu Hz \sim 160MHz$
方波、脉冲波频率范围: $1\mu Hz \sim 50MHz$
TFG3912A 正弦波频率范围: $1\mu Hz \sim 120MHz$
方波、脉冲波频率范围: $1\mu Hz \sim 40MHz$
TFG3908A 正弦波频率范围: $1\mu Hz \sim 80MHz$
方波、脉冲波频率范围: $1\mu Hz \sim 30MHz$