

SSG5000X/X-V 系列

射频信号发生器

用户手册

CN02A



深圳市鼎阳科技股份有限公司
SIGLENT TECHNOLOGIES CO.,LTD

目录

1	引言	1
2	安全要求	3
2.1	一般安全总结	3
2.2	安全术语和符号	5
2.3	工作环境	5
2.4	冷却要求	6
2.5	电源和接地要求	7
2.6	清洁	8
2.7	异常情况	8
3	产品交付	9
3.1	检查装箱物品	9
3.2	质保	9
3.3	维护协议	9
4	文档约定	10
5	安装和开关机	11
5.1	开机	11
5.2	关机	11
5.3	版本信息	11
5.4	添加新选件	11
6	快速入门	12
6.1	前面板	12
6.1.1	功能按键	12
6.1.2	方向旋钮操作	13
6.1.3	数字/字母按键区	13
6.1.4	前面板按键背灯	15
6.1.5	前面板连接器	15
6.2	后面板	16
6.3	用户界面	19
6.3.1	状态栏标识	19
6.3.2	RF 频率 (显示频率)	20
6.3.3	RF 幅度 (显示幅度)	20

6.3.4	参数设置区	20
6.4	触摸操作	20
6.5	参数设置	21
6.5.1	数值输入	21
6.5.2	下拉框输入	22
6.5.3	开关设置	23
6.6	帮助信息	23
7	应用实例	24
7.1	远程模式和本地模式	24
7.2	输出射频信号	24
7.3	10MHz 参考校准	25
7.4	使用平坦度功能修正线损	26
7.5	输出模拟调制信号	27
7.6	输出脉冲串序列	28
7.7	使用 Custom 模式输出 IQ 调制信号	29
7.8	使用多音模式测试有源器件的 OIP3	30
7.9	使用 ARB 模式播放波形序列	32
7.10	使用 ARB 模式给调制信号附加高斯白噪声	33
7.11	使用 FTP (LAN) 下载/上传文件	34
8	前面板及触摸操作	37
8.1	频率	37
8.1.1	射频显示频率和输出频率	37
8.1.2	频率偏移	37
8.1.3	相位偏移	38
8.1.4	RF 开关	38
8.2	幅度	38
8.2.1	射频显示幅度和输出幅度	38
8.2.2	幅度偏移	39
8.2.3	ALC 状态	39
8.2.4	平坦度	39
8.3	扫描	43
8.3.1	扫描状态	43
8.3.2	步进扫描设置	44
8.3.3	列表扫描设置	44
8.3.4	扫描方向	45

8.3.5	扫描模式.....	46
8.3.6	触发方式.....	46
8.3.7	点触发方式.....	47
8.3.8	触发沿.....	48
8.3.9	对扫描条件的解释.....	48
8.4	模拟调制.....	49
8.4.1	幅度调制 (AM).....	49
8.4.2	频率调制 (FM).....	51
8.4.3	相位调制 (PM).....	53
8.4.4	脉冲调制.....	54
8.5	LF.....	62
8.5.1	LF 源.....	62
8.5.2	LF 扫描.....	63
8.6	功率计.....	65
8.6.1	功率计设置.....	65
8.6.2	功率控制.....	68
8.7	IQ 调制.....	70
8.8	UTILITY 设置.....	71
8.8.1	系统设置.....	71
8.8.2	文件管理.....	79
8.9	快捷键.....	82
8.9.1	PRESET.....	82
8.9.2	HOME.....	91
8.9.3	ESC/Close.....	91
8.9.4	Trigger.....	91
8.9.5	MOD ON/OFF.....	91
8.9.6	RF ON/OFF.....	92
8.10	Custom 调制.....	93
8.10.1	Custom 状态.....	93
8.10.2	数据源.....	93
8.10.3	调制设置.....	95
8.10.4	滤波器设置.....	97
8.10.5	更新.....	98
8.10.6	保存波形.....	98
8.11	ARB 调制.....	99
8.11.1	ARB 状态.....	99
8.11.2	波形选择.....	99

8.11.3	波形段.....	99
8.11.4	波形序列.....	100
8.11.5	ARB 设置.....	103
8.11.6	多载波.....	106
8.11.7	标识设置.....	109
8.11.8	波形设置.....	113
8.11.9	触发.....	115
8.11.10	波形头文件.....	117
8.11.11	波形段文件类型.....	119
8.12	Stream 调制.....	121
8.12.1	stream 文件.....	121
8.12.2	Stream 设置.....	121
8.12.3	播放 stream 文件.....	122
8.13	IoT 调制.....	123
8.13.1	协议简介和设置.....	123
8.13.2	协议波的基本设置.....	123
8.13.3	标识设置.....	124
8.13.4	触发设置.....	125
8.14	多音调制.....	126
8.14.1	多音状态.....	126
8.14.2	多音个数.....	126
8.14.3	采样率.....	126
8.14.4	频率间隔.....	126
8.14.5	单边.....	126
8.14.6	保存状态.....	126
8.14.7	加载状态.....	127
8.15	AWGN 调制.....	128
8.15.1	AWGN 状态.....	128
8.15.2	AWGN 带宽.....	128
8.15.3	应用 AWGN 调制.....	128
8.16	I/Q 设置.....	129
8.16.1	I/Q 调制状态.....	129
8.16.2	I/Q 源.....	129
8.16.3	通道补偿.....	129
8.16.4	I/Q 调节.....	130
8.16.5	I/Q 输出.....	130
8.16.6	I/Q 交换.....	131

9	IEEE 802.15.4 ZIGBEE	132
9.1	ZigBee 简介	132
9.2	ZigBee O-QPSK BPSK PHY	133
9.2.1	SHR 字段	133
9.2.2	PHR 字段	133
9.2.3	PHY Payload 字段	134
9.3	用户设置界面	137
9.3.1	通用设置	137
9.3.2	PPDU 设置	138
9.3.3	损伤	141
9.3.4	ZigBee 状态	141
9.3.5	保存波形	141
9.3.6	更新	142
9.4	ZigBee 应用实例	142
9.4.1	恢复出厂设置	142
9.4.2	设置 ZigBee 调制信号	142
9.4.3	设置载波信号	143
9.4.4	打开 IQ 调制功能和射频输出	143
9.4.5	在频谱仪中解调	143
10	ITU-T G.9959 Z-WAVE	145
10.1	Z-Wave 简介	145
10.1.1	调试模式与编码方式	145
10.1.2	数据速率	145
10.2	Z-Wave PHY	145
10.2.1	Preamble 字段	146
10.2.2	Start of frame (SOF) delimiter 字段	146
10.2.3	PSDU 字段	146
10.2.4	End of frame (EOF) delimiter 字段	147
10.3	用户设置界面	148
10.3.1	通用设置	148
10.3.2	PPDU 设置	149
10.3.3	损伤	152
10.3.4	Z-Wave 状态	153
10.3.5	保存波形	153
10.3.6	更新	153
10.4	Z-Wave 应用实例	154
10.4.1	恢复出厂设置	154

10.4.2	设置 Z-Wave 信号	154
10.4.3	设置载波信号	155
10.4.4	打开 IQ 调制功能和射频输出	155
10.4.5	在频谱仪中解调	155
11	远程控制	157
11.1	SCPI 远程控制	157
11.2	网页控制	157
12	故障排除	159

1 引言

SSG5000X/X-V 系列射频信号发生器，输出频率范围涵盖 9 kHz~6 GHz，标配 AM&FM&PM 模拟调制，同时有脉冲调制，脉冲序列发生器和功率计控制等功能。内置 IQ 基带源，可产生常用的数字调制信号，内置 WLAN, LTE, WCDMA, GSM, CDMA, BLUETOOTH 等常用通信协议波形文件。可满足研发，生产等各种环境下的应用。

该系列包括以下型号：

型号	频率	
	CW 模式	IQ 模式
SSG5040X	9 kHz - 4 GHz	无
SSG5060X	9 kHz - 6 GHz	无
SSG5040X-V	9 kHz - 4 GHz	10 MHz - 4 GHz
SSG5060X-V	9 kHz - 6 GHz	10 MHz - 6 GHz

特性与优点：

- 最高频率 4 GHz/6 GHz
- 输出频率分辨率可达 0.001 Hz
- 最高功率输出可达 26 dBm
- 相位噪声 < -120 dBc/Hz@1 GHz，偏移 20 kHz（典型值）
- 幅度精度 ≤ 0.7 dB（典型值）
- 支持 AM/FM/PM 模拟调制，支持内外部调制方式
- 脉冲调制功能，通断比可达 70 dBc
- 脉冲串发生器（选件），用户可自定义脉冲序列
- 功率计控制套件，能够方便使用功率计测量功率，控制功率的输出，及线损修正
- 支持 IQ 调制，可输出 QAM, FSK, ASK, PSK 以及多音等各种调制信号，支持 Matlab 产生的数据源播放
- 支持 IEEE 802.15.4 ZigBee、ITU-T G.9959 Z-Wave 协议的播放
- 支持协议文件的播放，内置 LTE, WLAN, WCDMA, GSM 以及 BLUETOOTH 等各种通信协议信号

- 支持波形序列的生成和播放
- 支持 web 远程控制，可以方便用户远程控制设备
- 5 英寸电容触摸屏，方便用户操作
- 丰富的通信接口：标配 USB-HOST，USB DEVICE (USB-TMC)，LAN (VXI-11, Socket, Telnet)，选配 GPIB

2 安全要求

本手册包含用户必须遵守的信息和警告，以确保安全操作并保持产品处于安全状态。

2.1 一般安全总结

仔细阅读以下安全预防措施，以避免人身伤害，并防止损坏仪器及其连接的任何产品。

为避免潜在危险，请按规定使用仪器。

避免火灾或人身伤害。

使用合适的电源线。

仅使用符合所在国家安全标准的电源线将仪器连接到主电源。

将仪器接地。

仪表通过电源线的保护接地导体接地。

为避免触电，接地导体必须接地。

连接输入或输出端子前，确保仪器正确接地。

正确连接信号线。

信号线的电势等于接地，因此不要将信号线连接到高压。

不要接触裸露的触点或部件。

查看所有端子的额定值。

为避免火灾或触电，请查看仪器的所有额定值和标记说明。

在连接仪器之前，请仔细阅读手册，以获得有关额定值的更多信息。

设备维护和保养。

当设备出现故障时，请勿拆卸机器进行维护。

该设备包含电容器、电源、变压器和其它储能装置，可能导致高压损坏。

设备内部对静电敏感，直接接触容易对设备造成不可修复的损坏。

必须返回工厂或公司指定的机构进行维修。

维修设备时，务必拔出电源。

严禁带电作业。

只有在维护完成并确认维护成功后，设备才能通电。

不得在怀疑故障的情况下运行。

如果怀疑仪表损坏，请让合格的维修人员检查。

避免电路或电线外露部件外露。

电源接通时，请勿触摸裸露的触点或部件。

请勿在潮湿条件下操作。

请勿在爆炸性环境中操作。

保持仪器表面清洁干燥。

责任机构或操作员应参考说明书，以保护设备提供的保护。

如果设备未按制造商规定的方式使用，设备提供的保护可能会受损。

未经制造商或代理商授权，不得更改或更换设备及其附件的任何部件。

2.2 安全术语和符号

当下列符号或术语出现在仪表前面板或后面板上或本手册中时，表示在安全方面特别小心。

	此符号用于需要注意的地方。请参阅随附的信息或文件，以防止人身伤害或仪器损坏。
	此符号警告潜在的电击危险。
	此符号用于表示测量接地连接。
	此符号用于表示安全接地连接。
	此符号表示该开关为接通/备用开关。按下时，仪器的状态在操作和待机之间切换。此开关不会断开设备的电源。要完全关闭仪器电源，必须在仪器处于待机状态后从交流插座拔下电源线。
小心	“CAUTION”符号表示存在潜在危险。它提醒人们注意如果不遵守可能有危险的程序、做法或状况。在完全理解和满足其条件之前，请勿继续。
警告	“WARNING”符号表示存在潜在危险。它提醒注意一种程序、做法或状况，如果不遵守这些程序、做法或状况，可能会导致人身伤害或死亡。如果指示警告，在完全了解并满足安全条件之前，请勿继续操作。

2.3 工作环境

环境

仪器在室内使用，应在环境温度范围内的清洁干燥环境中操作。

注：在评估环境温度时，应考虑阳光直射、电加热器和其它热源。

	警告： 请勿在爆炸、多尘或潮湿环境中操作仪器。
---	--------------------------------

环境温度

可操作温度：0°C到+50°C

非操作温度：-20°C到+70°C

注：评估环境温度时，应考虑阳光直射、散热器和其它热源。

相对湿度

0°C到+30°C时，≤95%RH

+30°C到+50°C时，≤75%RH

电源电压波动

参见“电源和接地要求”章节。

海拔高度

可操作高度：≤ 3,000 m

安装（过电压）等级

本产品由符合安装（过电压）类别 II 的电源供电。

注：安装（过电压）I类是指设备测量端子连接到电源电路的情况。在这些端子中，采取预防措施将瞬态电压限制在相应的低水平。

安装（过电压）II类是指适用于连接到交流线路（交流电源）的设备的本地配电等级。

污染等级

射频信号源可在 II 级污染环境中工作。

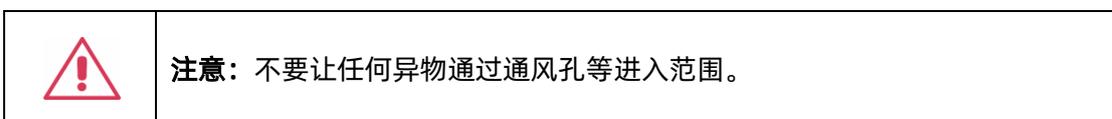
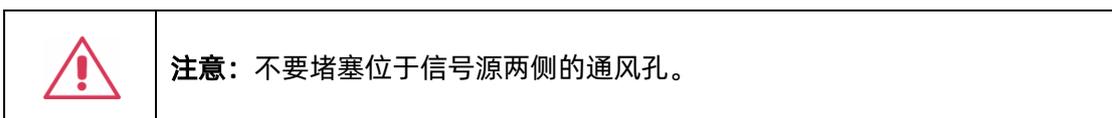
注：二级污染是指工作环境干燥，发生非导电污染的情况。预计偶尔会出现冷凝引起的临时导电性。

防护等级

IP20（定义见 IEC 60529）。

2.4 冷却要求

本仪器依靠内部风扇和通风口的强制空气冷却。必须注意避免限制信号源每侧开口（风扇孔）周围的气流。为确保充分通风，需要在仪器两侧留出至少 15 厘米（6 英寸）的间隙。



2.5 电源和接地要求

仪器在 50/60 Hz (+/-5%) 的单相 100 至 240 Vrms (+/-10%) 交流电源下运行，或在 400 Hz (+/-5%) 的单相 100 至 120 Vrms (+/-10%) 交流电源下运行。

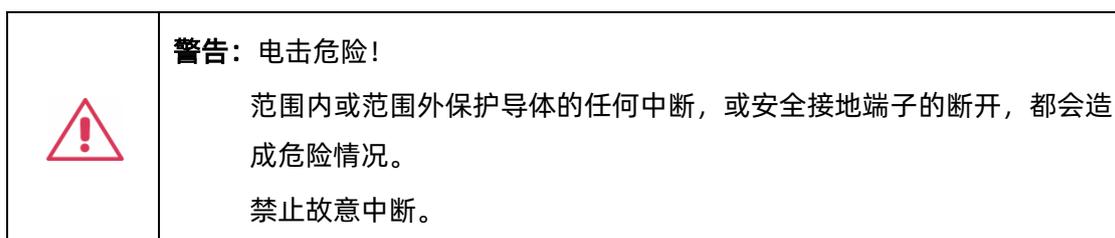
由于仪器自动适应线路电压，因此无需手动选择电压。

根据选项和附件的类型和数量，仪器可消耗高达 85 W 的功率。

注：仪器自动适应以下范围内的交流线路输入：

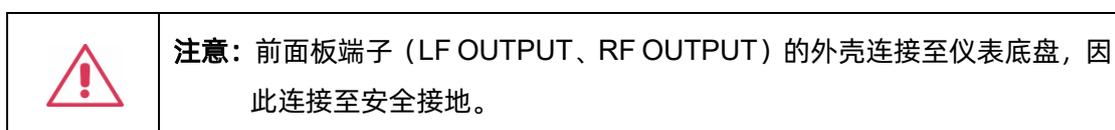
电压范围：	90-264Vrms	90-132Vrms
频率范围：	47-63Hz	380-420Hz

该仪器包括一组接地线，其中包含一个模制三端极化插头和一个标准 IEC320 (C13 型) 连接器，用于进行线路电压和安全接地连接。交流输入接地端子直接连接至仪表框架。为充分防止电击危险，必须将电源线插头插入包含安全接地触点的配套交流插座中。仅使用本仪器指定的电源线，并在使用国家/地区进行认证。



仪器的位置应便于接近插座。要使仪器完全断电，请从交流插座拔下仪器电源线。

如果仪器长时间不使用，应将电源线从交流插座上拔下。



2.6 清洁

仅使用潮湿柔软的布清洁仪器外部。不要使用化学品或研磨剂。在任何情况下都不允许水分渗入仪器。为避免触电，清洁前请从交流电源插座拔下电源线。

	<p>警告：电击危险！</p> <p>内部无操作员可维修零件。不要拆下盖子。</p> <p>请向合格人员咨询维修。</p>
---	--

2.7 异常情况

如果有任何可见的损坏迹象或受到严重的运输应力，请勿操作射频信号源。

如果怀疑射频信号源的保护功能受损，请断开电源线并固定仪器，以防意外操作。

仪器的正确使用取决于仔细阅读所有说明和标签。

	<p>警告：以制造商未规定的方式使用射频信号源可能会损害仪器的安全保护。该仪器不应直接连接到人体受试者或用于患者监测。</p>
---	--

3 产品交付

3.1 检查装箱物品

首先，检验装箱清单上列明的所有物品是否都已经交付。如有遗漏或损坏，请及时与鼎阳客户服务中心或全国经销商联系。如果在发生遗漏或损坏时您未能立即与我们联系，我们将不能负责更换。

3.2 质保

射频信号源从发货之日起、在正常使用和操作时拥有为期 3 年的质保。**SIGLENT** 可以维修或选择更换在保修期内退回授权服务中心的任何产品。但为此，我们必须先检查产品，确定缺陷是由工艺或材料引起的，而不是由于滥用、疏忽、事故、异常条件或操作引起的。

SIGLENT 对下述情况导致的任何缺陷、损失或故障概不负责：

- a) 由 **SIGLENT** 授权之外的人员进行维修或安装；
- b) 连接不兼容的设备，或连接不当；
- c) 使用非 **SIGLENT** 供应商提供的产品导致的任何损坏或故障。此外，如果产品已经被改动或集成，且这些改动或集成提高了射频信号源维护任务的时间或难度，那么 **SIGLENT** 将不负责维护改动或集成的射频信号源产品。所有备件和更换部件及维护均有 90 天的质保期。

射频信号源的软件已经经过全面测试，视为功能正常。然而，软件提供时没有任何类型的涵盖详细性能的保证。非 **SIGLENT** 制造的产品仅由原始设备制造商提供质保。

3.3 维护协议

我们以维护协议为准提供各种服务。我们提供延长保修，您可以在三年保修期过后制订维护费用预算。我们通过专门的补充支持协议提供安装、培训、增强和现场维修及其它服务。详情请咨询 **SIGLENT** 客户服务中心或全国经销商。

4 文档约定

为方便描述，本文作如下约定：

- 采用带字符边框的文字来表示前面板按键，如 **FREQ** 代表前面板的“FREQ”按键。
- 采用斜体加字符底纹的文字来表示触摸显示屏上可触摸或可点击的菜单、选项和虚拟按键。
- 如 **AM 波形** 代表显示屏上的“AM 波形”设置项。



- 采用带方括号的加黑字体表示连接器，如 **[RF OUTPUT 50Ω]** 代表前面板的射频输出连接器。
- 对于含有多个步骤的操作，采用“步骤 1 > 步骤 2 > ...”的形式进行描述，

如进入升级界面的步骤：

UTILITY > **系统** > **升级**

共 3 步，第 1 步为按下前面板的 **UTILITY** 按键，第 2 步为进入用户界面的 **系统** 设置项组，第 3 步为点击触摸显示屏的 **升级** 选项。

5 安装和开关机

5.1 开机

射频信号源提供了两种开机方式，分别为：

上电开机

当“上电开机”功能启用时，射频信号源只需要通过电源线连接到交流电源即可开机。

设置“上电开机”使能的步骤为：

UTILITY > 系统 > 设置 > 上电开机

手动开机

不启用射频信号源的“上电开机”功能时，射频信号源通过电源线接入交流电源后，需要用户手动按下电源按钮才能打开射频信号源。

5.2 关机

长按电源按钮两秒关闭射频信号源，或者通过下述步骤关闭：

UTILITY > 系统 > 关机

注：按下关机按钮后，射频信号源仍处于待机状态。如果您不希望射频信号源继续消耗功率，请从交流电源插座上拔下仪器电源线以完全关闭仪器电源。

5.3 版本信息

可以采取下述步骤确定射频信号源的软件和硬件版本：

UTILITY > 系统 > 系统信息

详见“系统信息”一节。

5.4 添加新选件

为添加软件选件，需要一个授权码激活这个选件。详细请见“许可证”章节。

6 快速入门

6.1 前面板



图 6-1 前面板

- | | |
|----------------|-----------|
| 1. 功能键 | 6. 方向键 |
| 2. USB Host 接口 | 7. 数字键盘 |
| 3. LF 输出端 | 8. 触摸屏显示区 |
| 4. RF 输出端 | 9. 电源按键 |
| 5. 旋钮 | |

6.1.1 功能按键

表 6-1 前面板功能键说明

功能键	功能描述
FREQ	设置频率，频率偏移和相位偏移等相关参数。
LEVEL	设置幅度，幅度偏移，ALC 状态，平坦度修正等参数。
SWEEP	设置扫描方式，扫描类型，扫描模式等参数。
LF	设置 LF 输出，LF 扫描相关参数。
MOD	设置各种调制 AM, FM, PM 以及 PULSE 的相关参数。

I/Q	设置 I/Q 调制等的相关参数。
ESC /Close	参数编辑过程中，按下该键将清除活动功能区的输入，同时退出参数输入状态。 当处于远程控制时，按此键可以解除远程控制。
Trigger	当射频扫描或者 PULSE 调制或者 LF 扫描或者 IQ 调制的触发类型为按键时，按下此键执行一次触发。
MOD ON/OFF	各种调制模式的总开关。
RF ON/OFF	射频信号输出开关。
PRESET	将仪器恢复至预设状态（出厂默认状态或用户保存的状态）。
UTILITY	系统和文件相关操作。
HOME	返回主界面。

6.1.2 方向旋钮操作

1. 方向旋钮

非参数输入状态下，旋动旋钮，可以按顺序移动聚焦框。

在功能区按下旋钮，可以进入下一级菜单栏。

在参数输入区按下旋钮，光标会聚焦到某一位，然后通过旋转旋钮改变数值。

2. 方向选择按键

非参数输入状态下，按上下左右方向键，可以按顺序移动聚焦框。

在参数输入区按下旋钮，光标会聚焦到某一位，然后通过按左右方向键可以改变光标的位置。按上下键可以微调光标所在位置的数值。

6.1.3 数字/字母按键区

射频信号发生器前面板提供数字键盘，如下图所示。

该键盘支持英文大小写字符、数字和常用符号（包括小数点、!、@、#、\$、%、^和&）的输入，主要用于编辑文件或文件夹名称。



图 6-2 数字键盘

表 6-2 数字键盘按键说明

功能键	功能描述
0 └	数字状态下为 0，英文状态下为空格。
. *...#	在英文状态下输入特殊符号“!, @, #, \$, %, ^, &”。 在数字状态下输入小数点。
- A<>a	在数字状态下，输入“-”号； 英文状态输入下为大小写切换。
G/n dBuV	当设置幅度时，按此键为 dBuV； 当设置为频率时，按此键单位为 GHz； 如果输入时间相关参数，按此键单位是 ns。
M/u uV	当设置幅度时，按此键为 uV 单位； 当设置为频率时，按此键单位为 MHz； 如果输入时间相关参数，按此键单位是 us。
K/m mV	当设置幅度时，按此键为 mV 单位； 当设置为频率时，按此键单位为 kHz； 如果输入时间相关参数，按此键单位是 ms。
x1 dBm	当设置幅度时，按此键为 dBm 单位； 当设置为频率时，按此键单位为 Hz； 如果输入时间相关参数，按此键单位是 s。
BACK SPACE	参数编辑过程中，按下该键将删除编辑框内光标前的内容。
ENTER	参数输入过程中，按下该键将结束参数输入，并为参数添加当前设置的单位。

6.1.4 前面板按键背灯

1. 电源开关

橙色常亮：表示待机状态。

绿色常亮：表示正常工作状态。

2. MOD ON/OFF 按键

MOD ON/OFF 按键设置为打开了调制时，灯会亮，关闭调制，灯会灭。

3. RF ON/OFF 按键

当射频信号打开时，该按键背灯亮；当射频信号关闭时，该按键背灯熄灭。

当 RF ON/OFF 和 MOD ON/OFF 背灯同时点亮时，用于输出调制的射频信号。

6.1.5 前面板连接器

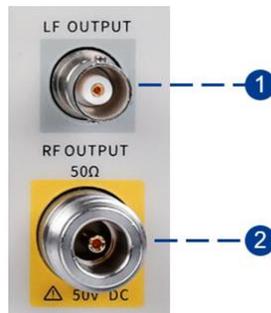


图 6-3 前面板连接器

1. LF OUTPUT

输出低频信号以及 FM, PM 调制时的调制波形。

连接器类型：BNC 阴头，阻抗：50 Ω。

2. RF OUTPUT

输出射频信号。

连接器类型：N 型阴头，阻抗：50 Ω。



警告： 为避免损坏仪器，射频输出连接器上的反向直流电压不得超过 50 V；频率大于 1 MHz 时，反向输入的最大连续功率不得超过 +30 dBm。

6.2 后面板

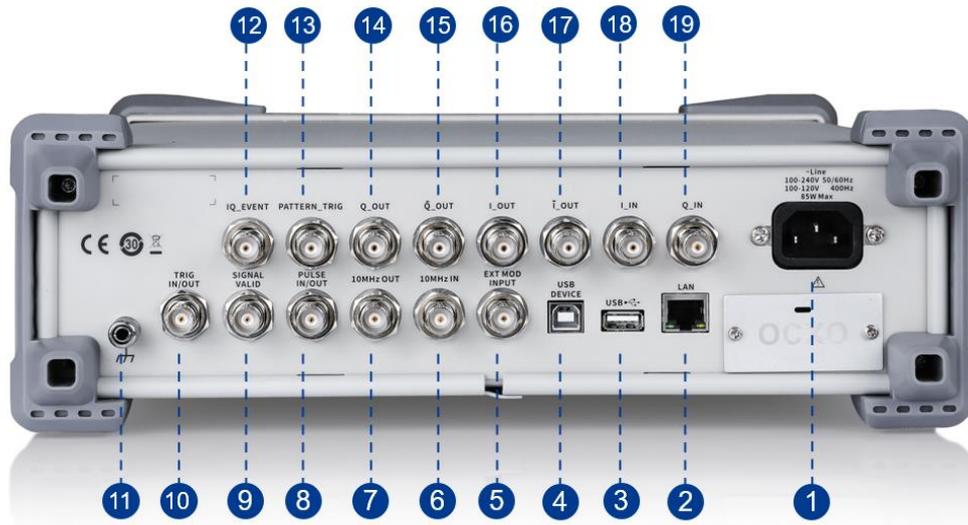


图 6-4 后面板

1. AC 电源输入端

射频信号发生器支持的交流电源规格为：100-240 V，50/60 Hz 或 100-120 V，400 Hz。请使用附件提供的电源线将射频信号发生器连接到 AC 电源中。

2. LAN 接口

用于将射频信号发生器连接至计算机或者计算机所在的网络，射频信号发生器符合 VXI-11 类仪器标准，并支持基于 Socket 和 Telnet 远程命令，以及使用 WEB 进行远程控制，可与其它标准设备快速搭建测试系统，轻松实现系统集成。

3. USB Host

支持 FAT 格式的 U 盘。可以读取 U 盘中的状态文件，或平坦度校准文件，或 IQ 调制的任意波形文件，或将当前的仪器状态存储到 U 盘中。射频信号发生器可以通过 U 盘升级软件版本。

4. USB Device 接口

射频信号发生器符合 USBTMC 协议。该接口可连接至计算机，通过上位机软件对射频信号发生器进行控制。

5. EXT MOD INPUT

当调幅、调频或调相模式的调制源为“外部”时，用于输入外部调制信号。

6. 10MHz IN

射频信号发生器可以使用内部参考源或外部参考源。

- 若仪器检测到 **[10MHz IN]** 连接器接收一个来自外部的时钟信号，则该信号作为外部参考源。此时用户界面状态栏显示“EXT REF”。当外部参考丢失、超限或者未连接时，仪器自动切换为内部参考，屏幕状态栏将不再显示“EXT REF”
- **[10MHz IN]** 与 **[10MHz OUT]** 连接器常用于在多台仪器之间建立同步。

7. 10MHz OUT

射频信号发生器可以使用内部参考源或外部参考源。

- 若仪器使用内部参考源，**[10MHz OUT]** 连接器可输出由仪器内部产生的 10MHz 时钟信号，可用于同步其它设备。
- **[10MHz OUT]** 与 **[10MHz IN]** 连接器常用于在多台仪器之间建立同步。

8. PULSE IN/OUT

该连接器的功能由脉冲调制当前的工作模式决定。

1) PULSE IN:

当 PULSE 的脉冲源为“外部”时，用于输入外部脉冲信号。

2) PULSE OUT:

当 PULSE 的调制源为“内部”且脉冲输出开关打开时，用于输出内部发生器产生的脉冲信号。该输出信号与“脉冲类型”的选择有关，可设置为“单脉冲”、“双脉冲”或“脉冲序列”。

9. SIGNAL VALID

修改射频输出频率或幅度时，仪器内部电路经过一定的响应和处理时间后，前面板射频输出连接器以指定的频率和幅度输出射频信号。在此过程中，**[SIGNAL VALID]** 连接器输出一个脉冲同步信号指示射频输出信号的有效性：

高电平 (3.3 V)：表示射频信号正在配置；

低电平 (0 V)：表示射频信号已经稳定（即有效）。

10. TRIG IN/OUT

当 Pulse 调制触发方式为“内触发”时，该连接器可以用于输出触发信号。

当 RF SWEEP、LF SWEEP、Pulse 调制触发方式为“外触发”时，该连接器用于输入外部触发信号。

11. 接地

系统接地端子。

12. IQ_EVENT

当播放的 Arb 波形中有标记标识时，在这个连接器上会输出辅助脉冲信号。输出的脉冲信号与标识的极性设置有关：

标识极性为正极性时，波形的标识点为高电平（ $\approx 3.3\text{ V}$ ）；

标识极性为负极性时，波形的标识点为低电平（ 0 V ）。

13. PATTERN_TRIG

当 IQ ARB 调制中的触发方式为“外部”或“外部门限”时，该连接器用于输入外部触发信号。

14. Q_OUT

IQ 调制源为内部时，打开 I/Q Output，可以输出内置基带发生器的 I/Q 调制的模拟正交相位成分。

15. \bar{Q} _OUT

与 [Q_OUT] 连接器结合使用，提供平衡基带信号源。

16. I_OUT

IQ 调制源为内部时，打开 I/Q Output，可以输出内置基带发生器的 I/Q 调制的模拟同相成分。

17. \bar{I} _OUT

与 [I_OUT] 连接器结合使用，提供平衡基带信号源。

18. I INPUT

IQ 调制源为外部时，用于输入外部调制 I 路基带信号。

19. Q INPUT

IQ 调制源为外部时，用于输入外部调制 Q 路基带信号。

备注：只有配备 IQ 调制功能的机器型号，后面板上才有 IQ 调制相关连接器。

6.3 用户界面

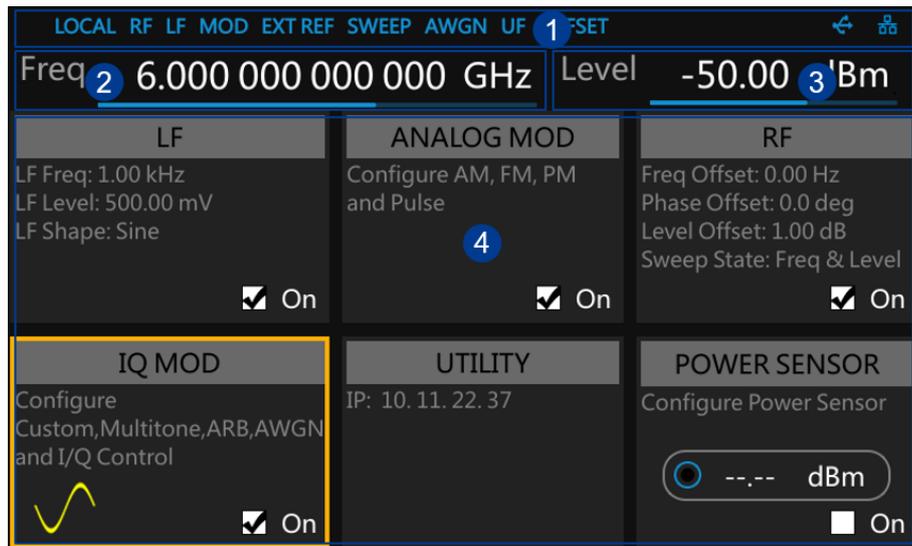


图 6-5 用户界面

1. 状态栏标识
2. RF 频率（显示频率）
3. RF 幅度（显示幅度）
4. 参数设置区，各菜单设置及输出状态显示

6.3.1 状态栏标识

- LOCAL/REMOTE: LOCAL 表示本机被本地控制，REMOTE 表示本机被远程控制。当显示 REMOTE 时，屏幕键盘将被锁定，需要按 `ESC/Close` 或发送“SYSTem:REMOte 0”解除远程锁定。
- RF: 射频输出打开关闭状态。蓝色表示输出打开，灰色表示关闭。
- LF: 低频信号发生器打开关闭状态。
- MOD: 调制模式打开关闭状态。蓝色表示调制打开，灰色表示关闭。
- EXT REF: 表明射频信号发生器正在使用外部 10 MHz 参考输入。
- SWEEP: 扫描状态为频率、幅度、频率&幅度时显示。
- AWGN: IQ 调制的附加高斯白噪声功能打开关闭状态。蓝色表示调制打开，灰色表示关闭。
- UF: 电平平坦度校正功能打开。
- OFFSET: 电平偏移打开。
- U 盘标志  表示已经读取到一个 U 盘。
- LAN 标志: 表示 LAN 状态。 表示网络连接正常。 表示没有网络连接或网络连接失败。

6.3.2 RF 频率（显示频率）

可以直接设置 RF 频率，它和频率菜单栏中频率输出设置是有差别的：

RF 频率（显示频率）= 频率输出 + 频率偏移

当扫描类型为“频率”或“频率&幅度”时，下方显示频率扫描进度条。

6.3.3 RF 幅度（显示幅度）

可以直接设置 RF 输出幅度，它和幅度菜单栏中的幅度设置是有差别的：

RF 幅度（显示幅度）= 幅度输出 + 幅度偏移

当扫描类型为“幅度”或“频率 & 幅度”时，下方显示幅度扫描进度条。

6.3.4 参数设置区

参数设置区显示各菜单设置及输出状态。

- LF: LF 输出状态设置及波形显示，点击可进入 LF 相关设置。
- ANALOG MOD: 模拟调制状态设置及调制类型显示，点击可进入调幅、调频、调相或脉冲相关设置。
- RF: RF 输出状态设置，点击可进入频率、幅度和扫描等相关设置。
- IQ MOD: I/Q 调制总开关设置，点击可进入 IQ 调制 相关设置。
- UTILITY: 点击可进入系统及文件相关设置。
- POWER SENSOR: 功率计读值显示，点击可进入功率计相关设置。

6.4 触摸操作

射频信号源提供 5 英寸电容触摸屏，支持各种手势操作。包括：



点击屏幕参数或菜单，弹出虚拟键盘，可对参数进行编辑



左右滑动屏幕，切换菜单



上下滑动屏幕，显示更多菜单

备注：只有屏幕右侧出现滚动条时才能上下滑动屏幕。如果没有滚动条，则表示只有当前页面。

6.5 参数设置

射频信号源的参数设置包括数值输入、下拉框输入和开关设置。

6.5.1 数值输入

数值输入可通过按键和数字键盘、按键和旋钮/方向键、或触摸屏的方式输入。下面以设置频率偏移为 100 MHz 为例，介绍三种数值输入方法。

1. 使用按键和数字键盘

- 1) 按前面板 **FREQ** 按键，进入频率的参数设置区；
- 2) 旋转旋钮或按方向键，使焦点落在参数设置区的 **频率偏移** 参数；

- 3) 使用前面板的数字键盘输入数值“100”；
- 4) 按下  按键设置单位为 MHz。

2. 使用按键和旋钮/方向键

- 1) 按前面板  按键，进入频率的参数设置区，
- 2) 旋转旋钮或按方向键，使焦点落在参数设置区的  参数，
- 3) 按下  按键或旋钮，使参数进入编辑状态，
- 4) 调节左右方向键选择需要调节的参数位数，
- 5) 旋转旋钮或按上下方向键改变参数值，直到获得所需的参数值，
- 6) 按下  按键或旋钮，确定参数值。

3. 使用触摸屏

- 1) 从主界面开始，依次点击  模块 >  频率 >  频率偏移，会弹出设置参数的小键盘，
- 2) 在小键盘上输入 100，然后选择单位 MHz。

6.5.2 下拉框输入

下拉框输入可通过按键和旋钮/方向键、或触摸屏的方式输入。下面以设置 ALC 状态值为例，介绍两种下拉框输入方法。

1. 使用按键和旋钮/方向键

- 1) 按前面板  按键，进入幅度的参数设置区；
- 2) 旋转旋钮或按方向键，使焦点落在参数设置区的  ALC 状态 参数；
- 3) 按下  按键或旋钮，打开下拉框；
- 4) 旋转旋钮或按方向键，选择下拉框选项；
- 5) 按下  按键或旋钮，确定选项。

2. 使用触摸屏

- 1) 从主界面开始，依次点击  RF 模块 >  幅度 >  ALC 状态，会打开下拉框；
- 2) 点击下拉框的选项。

6.5.3 开关设置

开关状态可通过按键和旋钮/方向键、或触摸屏的方式设置。当开关按钮在右侧且呈蓝色时，表示已打开。当开关按钮在左侧且呈灰色时，表示关闭。

下面以设置平坦度开关为例，介绍两种开关设置方法。

1. 使用按键和旋钮/方向键

- 1) 按前面板 **LEVEL** 按键，进入幅度的参数设置区；
- 2) 旋转旋钮或按方向键，使焦点落在参数设置区的 **平坦度** 的开关 **0** 上；
- 3) 按下 **ENTER** 按键或旋钮，可以切换开关状态。

2. 使用触摸屏

- 1) 从主界面开始，依次点击 **RF** 模块 > **幅度** > **平坦度** **0** ；
- 2) 点击开关即可切换开关状态。

在参数编辑过程中，按 **ESC/Close** 键可退出编辑模式，参数值保留原值。

6.6 帮助信息

射频信号源内置帮助系统，提供各个功能和菜单的帮助信息。

1. 按 **UTILITY** 键并选择 **帮助**，会进入信息页面；
2. 点击进入对应目录查看。



7 应用实例

7.1 远程模式和本地模式

当信号发生器由远程计算机控制时，仪器将处于远程（REMOTE）模式，前面板输入将被锁定。如下图所示，“REMOTE”标识在用户界面状态栏中显示。此时如果您点击用户界面或者按前面板按键，用户界面会弹出一个提示框。



想要解锁前面板，即进入 LOCAL 模式，有以下两种方法：

1. 按前面板按键 **ESC/Close** 。
2. 发送 SCPI 命令 “SYSTem:REMote 0” 。

退出远程模式后，用户界面状态栏将会出现“LOCAL”标识。

7.2 输出射频信号

下面以从 **[RF OUTPUT 50Ω]** 连接器输出频率为 3 GHz，幅度为 0 dBm 的射频信号为例。

1. 恢复出厂设置

- 1) 按 **UTILITY** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **复位类型**，设置复位类型为默认；
- 2) 按 **PRESET** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **复位**，执行复位操作。

2. 频率设置

按 **FREQ** 按键，用数字键盘输入 3 GHz，或者在触摸屏上点击频率输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 3 GHz。

3. 电平设置

按 **LEVEL** 按键，用数字键盘输入 0 dBm，或者在触摸屏上点击幅度输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 0 dBm。

4. 打开 RF 输出

按 **RF ON/OFF** 按键打开射频输出，或者按 **HOME** > **RF** 模块 > **On** 开关以打开射频输出。打开射频输出后，**RF ON/OFF** 按键灯变亮，同时状态栏的 RF 标识变成蓝色。

此时 **[RF OUTPUT 50Ω]** 连接器输出频率为 3 GHz，幅度为 0 dBm 的射频信号。

7.3 10MHz 参考校准

利用高准确度频率计，射频信号源可通过参考校正功能修正 10 MHz 参考信号的初始准确度。10 MHz 参考信号由射频信号源的时钟参考源 TCXO 或 OCXO 产生，**[10MHz OUT]** 连接器输出。将 **[10MHz OUT]** 连接器连接频率计，然后调整参考振荡器码字，直至 10 MHz 参考信号的初始准确度达到目标值。

注：SSG5000X/X-V 系列标配 TCXO 时钟参考源，您可在机器出厂时选购 10M_OCXO_L 选件，以获取高精度时钟参考源 OCXO。

1. 恢复出厂设置

- 1) 按 **UTILITY** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **复位类型**，设置复位类型为默认；
- 2) 按 **PRESET** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **复位**，执行复位操作。

2. 设置参考振荡器的码字

- 1) 在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **参考校正** >  进入“参考振荡器设置”页面；
- 2) 点击 **参考校正** 开关，将其切换为开启状态，此时时钟参考源将使用 **参考振荡器码字** 中的数值作为码字。若参考校正开关为关闭状态，时钟参考源将使用出厂校准码字。
- 3) 点击 **参考振荡器码字**，弹出小键盘，设置码字。

3. 进行 10 MHz 参考校准

时钟参考源输出的频率可以通过码字进行修正，根据频率计测得的频率，增大或减小参考振荡器码字，反复配置直至时钟参考源输出的 10MHz 参考信号满足精度要求。

7.4 使用平坦度功能修正线损

结合功率计，射频信号源可以使用平坦度功能修正线损。

将射频信号源的 [RF OUTPUT 50Ω] 连接器连接被测线缆，线缆末端连接功率计。功率计插入射频信号源的 USB 端口，等待功率计连接完成。

1. 恢复出厂设置

- 1) 按 **UTILITY** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **复位类型**，设置复位类型为默认；
- 2) 按 **PRESET** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **复位**，执行复位操作。

2. 设置载波频率和幅度

- 1) 按 **FREQ** 按键，用数字键盘输入 1 GHz，或者在触摸屏上点击频率输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 1 GHz；
- 2) 按 **LEVEL** 按键，用数字键盘输入 0 dBm，或者在触摸屏上点击幅度输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 0 dBm。

3. 设置平坦度校准的频率

- 1) 按 **LEVEL** > **平坦度** >  > **设置**，选择 **填充方式** 为“步进填充”；
- 2) 设置 **开始频率** 为 4 GHz，**结束频率** 为 5 GHz，**点数** 为 11。

4. 进行幅度校准

点击 **幅度校准** 按钮，会弹出“数据采集中”的提示对话框；

数据采集结束后，用户界面会自动返回平坦度列表页面，并给出各个频率的幅度修正值。

7.5 输出模拟调制信号

下面以幅度调制为例，介绍输出一个模拟调制信号：载波频率为 1 GHz，载波幅度为-10 dBm，AM 调制深度为 80 %，调制频率为 10 kHz，调制波形为正弦波。

1. 恢复出厂设置

- 1) 按 **UTILITY** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **复位类型**，设置复位类型为默认；
- 2) 按 **PRESET** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **复位**，执行复位操作。

2. 设置载波频率和幅度

- 1) 按 **FREQ** 按键，用数字键盘输入 1 GHz，或者在触摸屏上点击频率输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 1 GHz；
- 2) 按 **LEVEL** 按键，用数字键盘输入-10 dBm，或者在触摸屏上点击幅度输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入-10 dBm。

3. 设置 AM 调制参数

按 **MOD** 按键或者在触摸屏上点击 **ANALOG MOD** 模块 > **调幅** 进入调幅参数设置界面。

- 1) 设置 **AM 波形** 为正弦波；
- 2) 设置 **调制深度** 为 80 %；
- 3) 设置 **AM 调制频率** 为 10 kHz；
- 4) 设置 **AM 状态** 为打开。

4. 打开模拟调制功能和射频输出

- 1) 按下 **MOD ON/OFF** 键，按键灯变亮，用户界面状态栏的 MOD 标识由灰色变为蓝色；
- 2) 按下 **RF ON/OFF** 键，按键灯变亮，用户界面状态栏的 RF 标识由灰色变成蓝色。

此时，**[RF OUTPUT 50Ω]** 连接器以当前配置输出已调制的射频信号。

7.6 输出脉冲串序列

以下步骤介绍如何从射频信号源后面板的 **[PULSE IN/OUT]** 连接器输出用户自定义的脉冲序列。脉冲序列的具体设置参数如下表所示。

序号	正脉宽	负脉宽	重复次数
1	10 ms	30 ms	1
2	20 ms	20 ms	2

1. 恢复出厂设置

- 1) 按 **UTILITY** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **复位类型**，设置复位类型为默认；
- 2) 按 **PRESET** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **复位**，执行复位操作。

2. 安装脉冲序列发生器（选件）

按 **UTILITY** > **许可证** 进入选件安装界面，选择“SSG5000X-PT”并输入正确的激活码，然后点击 **安装** 按钮，射频信号源将自动安装脉冲序列发生器选件。

3. 编辑脉冲序列

按 **MOD** 按键或者在触摸屏上点击 **ANALOG MOD** 模块 > **脉冲** 进入脉冲调制设置界面。

- 1) 设置 **脉冲类型** 为脉冲序列，会出现 **脉冲序列** 设置按钮；
- 2) 点击脉冲序列的设置按钮  进入脉冲序列编辑界面，设置第一个脉冲正脉宽为 10 ms，负脉宽为 30 ms，重复次数为 1；
- 3) 点击 **添加** 增加一行，设置第二个正脉宽为 20 ms，负脉宽为 20 ms，重复次数为 2。

4. 打开脉冲调制和脉冲输出

返回上一级菜单：脉冲调制设置界面

- 1) 打开 **脉冲输出** 开关；
- 2) 打开 **脉冲状态** 开关。

5. 打开模拟调制功能

按下 **MOD ON/OFF** 键，按键灯变亮，用户界面状态栏的 MOD 标识由灰色变为蓝色。

此时，**[PULSE IN/OUT]** 连接器输出如上配置的脉冲序列信号。

7.7 使用 Custom 模式输出 IQ 调制信号

以下步骤介绍如何生成一个 32QAM 的 IQ 调制信号。用户可以根据实际的应用需求，修改和配置 IQ 调制相关的参数。

1. 恢复出厂设置

- 1) 按 **UTILITY** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **复位类型**，设置复位类型为默认；
- 2) 按 **PRESET** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **复位**，执行复位操作。

2. 设置基带信号

按 **I/Q** 键或者在触摸屏上点击 **IQ MOD** 功能模块，在菜单中点击 **Custom** 进入 Custom 设置界面。

- 1) 打开 **数据源** 设置界面，设置 **数据源** 为 PN9，**符号率** 为 1MSps，**符号长度** 为 512；
- 2) 打开 **调制设置** 界面，设置 **调制类型** 为 QAM，**QAM 类型** 为 32QAM；
- 3) 打开 **滤波器设置** 界面，设置 **滤波器类型** 为根升余弦，**滤波器 Alpha** 为 0.35，**滤波器长度** 为 128，**过采样倍数** 为 2；
- 4) 打开 **Custom 状态** 开关。

3. 设置载波频率和幅度

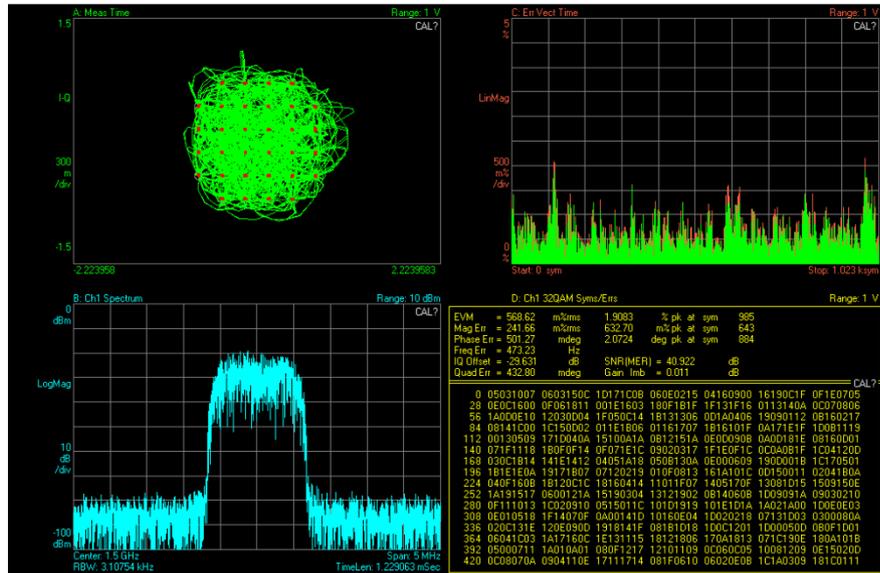
- 1) 按 **FREQ** 按键，用数字键盘输入 1 GHz，或者在触摸屏上点击频率输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 1 GHz，
- 2) 按 **LEVEL** 按键，用数字键盘输入 -10 dBm，或者在触摸屏上点击幅度输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 -10 dBm。

4. 打开 IQ 调制功能和射频输出

- 1) 按下 **MOD ON/OFF** 键打开调制功能，或者按 **HOME** > **IQ MOD** 模块 > **On** 开关以打开 IQ 调制总开关。打开 IQ 调制功能后，**MOD ON/OFF** 按键灯变亮，同时用户界面状态栏的 MOD 标识由灰色变为蓝色；

2) 按下 **RF ON/OFF** 键，按键灯变亮，用户界面状态栏的 RF 标识由灰色变成蓝色。

此时 SSG5000X-V 的 RF 接口输出调制模式为 32QAM 的 IQ 调制信号，将 IQ 调制信号接到 IQ 解调设备，可观测 IQ 调制信号的特性。



7.8 使用多音模式测试有源器件的 OIP3

OIP3 是评估有源器件线性度的一项关键指标，使用 SSG5000X-V 可以实现对该项指标的测试。

以下步骤介绍如何生成一个载波频率为 3.2 GHz，间隔频率为 1 MHz 的双音连续波信号，测试有源器件的 OIP3。

1. 恢复出厂设置

- 1) 按 **UTILITY** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **复位类型**，设置复位类型为默认；
- 2) 按 **PRESET** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **复位**，执行复位操作。

2. 设置基带信号

按 **I/Q** 键或者在触摸屏上点击 **IQ MOD** 功能模块，然后在菜单中点击 **多音** 进入多音调制的设置界面。

- 1) 设置 **多音个数** 为 1；
- 2) 设置 **采样率** 为 10 MHz；
- 3) 设置 **频率间隔** 为 1 MHz；
- 4) 关闭 **单边** 开关；

5) 打开 **多音状态** 开关。

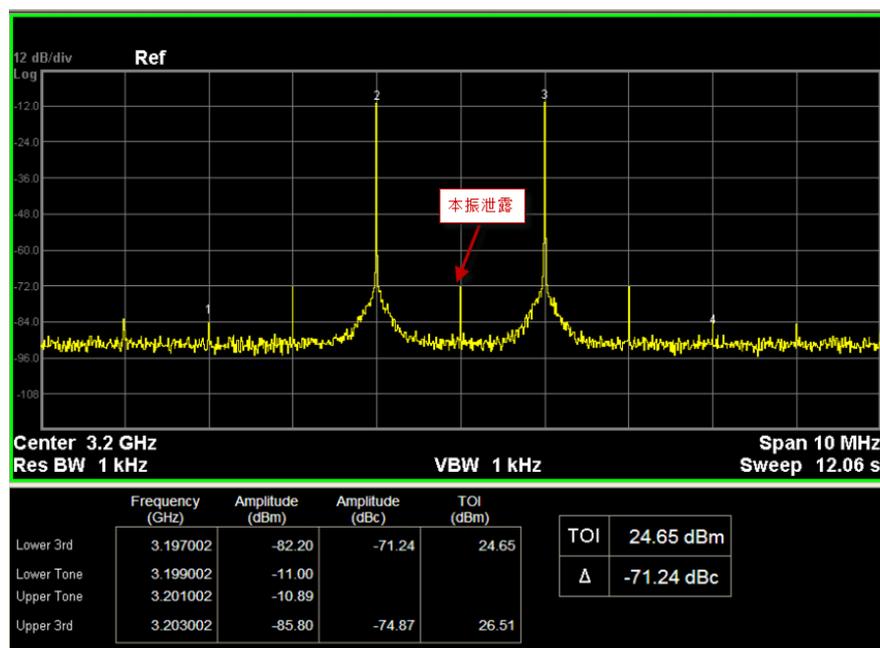
3. 设置载波频率和幅度

- 1) 按 **[FREQ]** 按键，用数字键盘输入 3.2 GHz，或者在触摸屏上点击频率输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 3.2 GHz，
- 2) 按 **[LEVEL]** 按键，用数字键盘输入 -10 dBm，或者在触摸屏上点击幅度输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 -10 dBm。

4. 打开 IQ 调制功能和射频输出

- 1) 按下 **[MOD ON/OFF]** 键打开调制功能，或者按 **[HOME]** 按键 > **IQ MOD** 模块 > **On** 开关以打开 IQ 调制总开关。打开 IQ 调制功能后，**[MOD ON/OFF]** 按键灯变亮，同时用户界面状态栏的 MOD 标识由灰色变为蓝色；
- 2) 按下 **[RF ON/OFF]** 键，按键灯变亮，用户界面状态栏的 RF 标识由灰色变成蓝色。

此时 SSG5000X-V 的 RF 接口输出载波频率为 3.2 GHz，间隔频率为 1 MHz 的双音连续波信号，将信号作为有源器件的输入，测试其输出信号，便可得到如下图所示的 OIP3 特性。



注：可以通过 SSG5000X-V 的 **I/Q 设置** > **I/Q 调节** 功能进行 IQ 补偿。例如，当 IQ 调制信号出现明显的本振泄露时，可以通过交替调节 I 和 Q 的 Offset 解决。

7.9 使用 ARB 模式播放波形序列

使用 SSG5000X-V 的任意波形播放模式，可以播放波形序列。

1. 恢复出厂设置

- 1) 按 **UTILITY** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **复位类型**，设置复位类型为默认；
- 2) 按 **PRESET** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **复位**，执行复位操作。

2. 新建波形序列

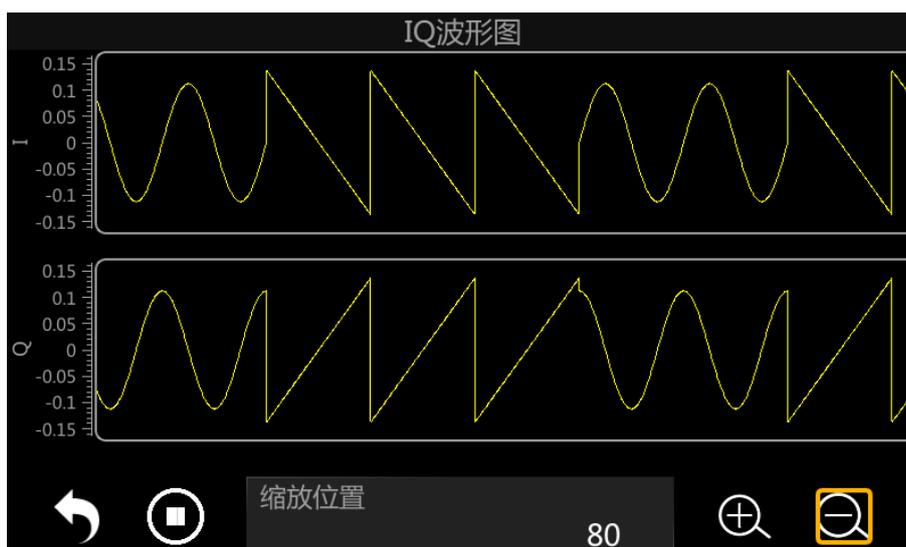
按 **I/Q** 键或者在触摸屏上点击 **IQ MOD** 功能模块，然后在菜单中点击 **ARB** 进入 ARB 调制的设置界面。

- 1) 点击 **波形序列** 进入波形序列的设置界面；
- 2) 点击 **创建** 进入新建波形序列的界面；
- 3) 点击左侧 Segment 列表中的波形段 “SINE_WAVE” 和 “RAMP_WAVE”，可以看到这两个波形段都被添加到波形序列中；
- 4) 修改 SINE_WAVE 的重复次数为 2，RAMP_WAVE 的重复次数为 3；
- 5) 点击 **保存** 按钮，输入波形序列的名称 “seq1”。

3. 播放波形序列

- 1) 返回 ARB 菜单下，在 **波形选择** 中选择波形序列 “seq1”；
- 2) 打开 **ARB 状态** 开关；

此时创建的波形序列 seq1 被播放。可以返回主页面，点击 **IQ MOD** 模块中的  按钮查看播放的波形。当前播放的波形如下图所示。



7.10 使用 ARB 模式给调制信号附加高斯白噪声

使用 SSG5000X-V 的任意波形播放模式，可以在调制载波的同时，向载波上附加高斯白噪声 (AWGN)。

1. 恢复出厂设置

- 1) 按 **UTILITY** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **复位类型**，设置复位类型为默认；
- 2) 按 **PRESET** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **复位**，执行复位操作。

2. 设置载波频率

按 **FREQ** 按键，用数字键盘输入 2 GHz，或者在触摸屏上点击频率输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 2 GHz。

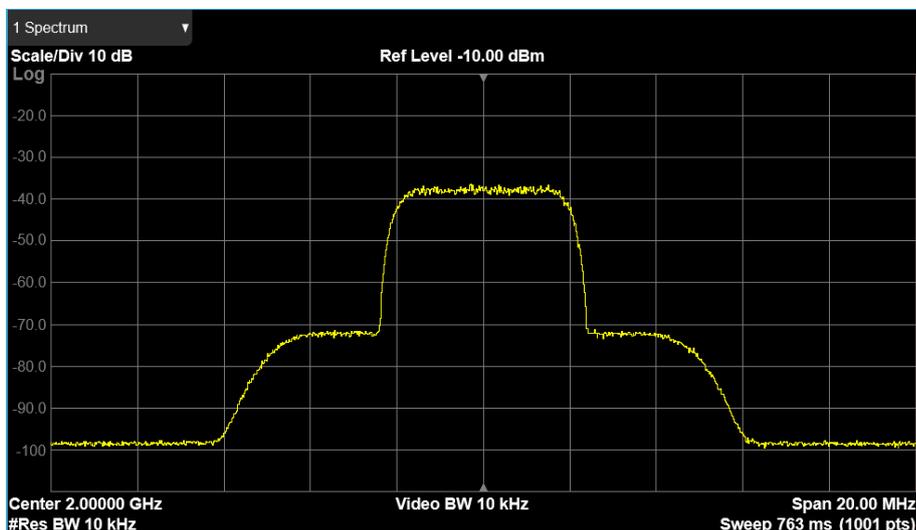
3. 设置实时 AWGN 功能

- 1) 按 **I/Q** > **ARB** > **ARB 设置** > **实时 AWGN**，进入实时高斯白噪声的设置界面；
- 2) 设置 **输出选择** 为“载波+噪声”，**载波带宽** 为 3.84 MHz，**白噪声带宽** 为 8 MHz，**载波噪声比格式** 为“C/N”，**载波噪声比** 为 34 dB，**功率控制模式** 为“总功率”，**总功率** 为 -10 dBm；
- 3) 返回上一级菜单，打开 **实时 AWGN** 开关；

4. 设置播放波形

- 1) 返回 ARB 菜单下，设置 **波形选择** 为 SSG5000X-V 的内置协议波形 “WCDMA_3 DPCH”；
 - 2) 打开 **ARB 状态** 开关；
5. 打开 IQ 调制功能和射频输出
- 1) 按下 **MOD ON/OFF** 键打开调制功能，或者按 **HOME** 按键 > **IQ MOD** 模块 > **On** 开关以打开 IQ 调制功能。打开 IQ 调制总开关，**MOD ON/OFF** 按键灯变亮，同时用户界面状态栏的 MOD 标识由灰色变为蓝色；
 - 2) 按下 **RF ON/OFF** 键，按键灯变亮，用户界面状态栏的 RF 标识由灰色变成蓝色。

将 SSG5000X-V 的 **[RF OUTPUT 50Ω]** 连接器连接至频谱分析仪，设置中心频率为 2 GHz，打开迹线平均功能，附加高斯白噪声的调制波频谱如下图所示。



7.11 使用 FTP (LAN) 下载/上传文件

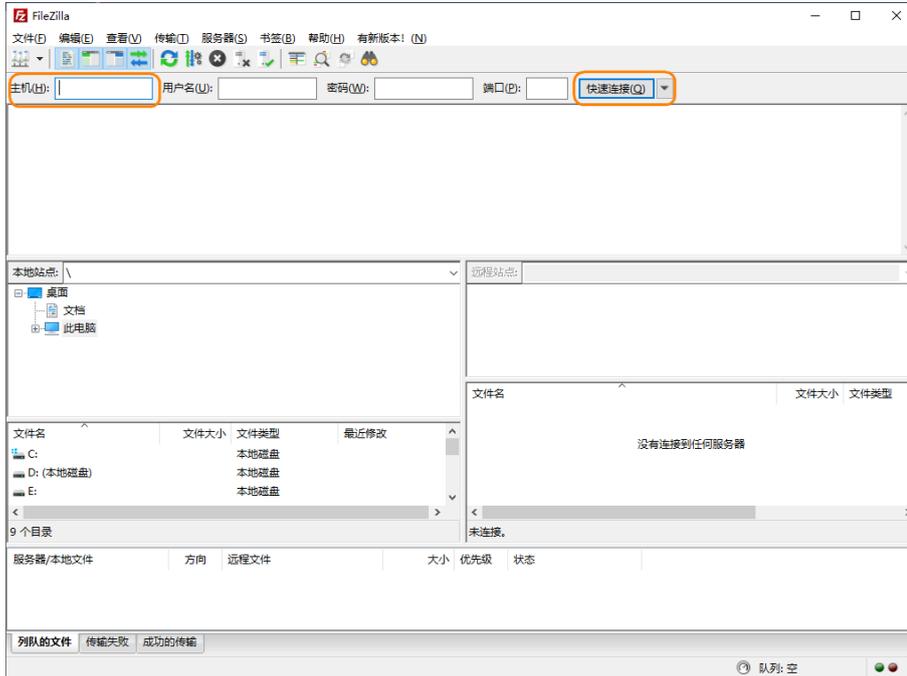
射频信号源支持 LAN 和 FTP 协议，用户可以通过免费软件 FileZilla 将信号发生器的“Local”文件夹中的文件下载到个人电脑上，也可以将文件从个人电脑上传到信号发生器的“Local”文件夹中。该文件传输支持 TLS 加密。

下面介绍如何通过 LAN，使用 FileZilla 软件下载或上传文件：

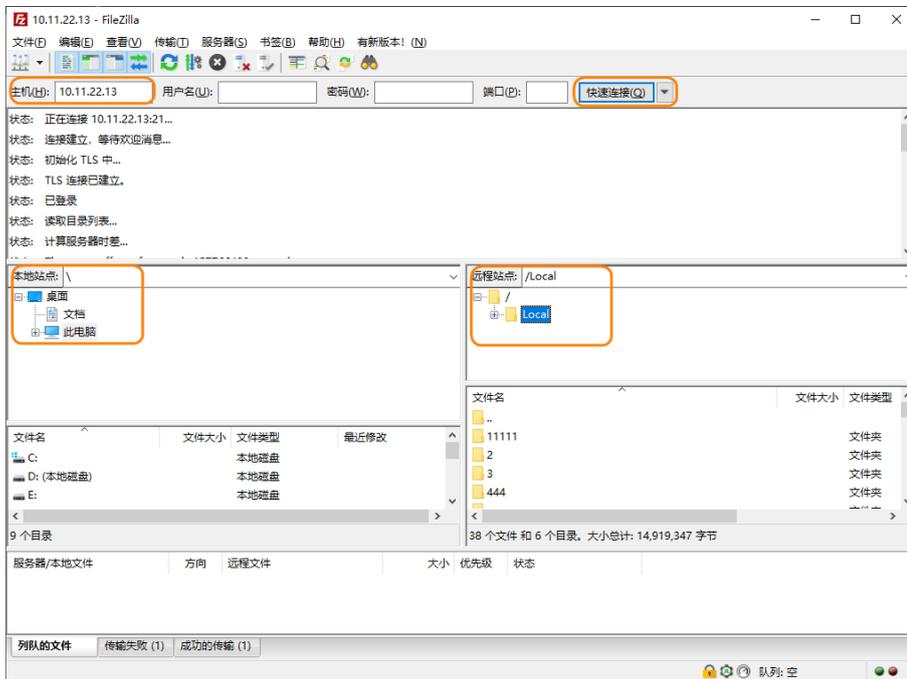
1. 在计算机上安装 FileZilla 软件。



2. 设置信号发生器的局域网参数，并且确保 IP 地址可以 ping 通。
3. 打开 FileZilla 软件，用户界面如下图：



4. 在 FileZilla 软件的“主机”输入框内填入信号发生器的 IP 地址，然后点击“快速连接”按钮即可连接信号源。



5. 连接信号源后，您可以在本地站点（个人电脑）和远程站点（信号源的“Local”文件夹）之间传输文件。
6. 若想关闭 FTP 功能，您可以按 **UTILITY** > **接口** > **网页设置** > **FTP 状态** 关闭 FTP，见下图。此时将无法通过 FTP（LAN）在个人电脑和信号源之间的文件传输。



8 前面板及触摸操作

本章详细介绍 SSG5000X/X-V 前面板各功能键及其相关的菜单功能。

8.1 频率

您可以在状态栏上的显示频率输入框设置频率值，也可以在频率的参数设置区设置频率值。注意状态栏上的显示频率和参数设置区的频率二者有所差别，它们之间的差别将会在下面章节描述。



图 8-1 频率设置

8.1.1 射频显示频率和输出频率

如果射频输出接入变频系统时，例如混频模块，可以在频率的参数设置区设置频率偏移。状态栏的显示频率和参数设置区的频率关系如下：

1. 显示频率与输出频率、频率偏移的关系为：

$$\text{显示频率 (状态栏的显示频率)} = \text{输出频率 (参数设置区的频率)} + \text{频率偏移}$$

2. 显示频率与频率偏移之间的差值即射频输出频率。

8.1.2 频率偏移

设置相对于射频输出频率的频率偏移。

应用：在射频信号源连接外部混频器等设备时，通过设置合理的频率偏移，可以直接读取和设置经过混频器后的频率。

8.1.3 相位偏移

设置相对于当前射频信号的相位偏移。

应用：当多个射频源同时输出信号时，通过调整该参数可以将多个信号输出到同一相位或固定相位偏移。此时您应该将多个射频源设置为相同的频率并使它们时钟同步。

点击 **重置相位差显示值**，可将当前显示的相位偏移值复位为 0 度，但信号的实际相位偏移并未改变。

8.1.4 RF 开关

与前面板 **RF ON/OFF** 按键功能等价。

8.2 幅度

您可以在状态栏上的显示幅度输入框设置幅度值，也可以在幅度的参数设置区设置幅度值。注意状态栏上的显示幅度和参数设置区的幅度，二者有所差别，它们之间的差别将会在下面章节描述。



图 8-2 幅度设置

8.2.1 射频显示幅度和输出幅度

如果射频信号源工作在有衰减器或者放大器的系统，可以在幅度的参数设置区设置相应的幅度偏移参数。当信号源和衰减器或者放大器看成一个整体时，可以直接在状态栏的显示幅度区域查看幅度值。

状态栏的显示幅度和参数设置区的幅度关系如下：

1. 显示幅度与输出幅度、幅度偏移的关系为：

显示幅度（状态栏的显示幅度） = 输出幅度（参数设置区的幅度） + 幅度偏移

2. 显示幅度与幅度偏移之间的差值即射频输出幅度。

8.2.2 幅度偏移

设置射频信号的幅度偏移。

应用：在射频输出连接固定衰减或增益时，通过设置合理的幅度偏移，在射频源上可以直接读取和设置经过衰减或放大后的幅度值。

设置幅度偏移不为零后，用户界面的状态栏上会显示蓝色的“OFFSET”标识。



8.2.3 ALC 状态

设置 ALC 功能的工作状态。

ALC 即自动电平控制 (Automatic Level Control)。该功能将实际输出幅度与所设置的幅度进行比较，并根据比较结果调整输出幅度，从而保证了输出幅度的准确性。

ALC 有“关”、“开”、“自动”三种工作状态：

1. 关（采样&保持）：关闭 ALC 功能，处于采样&保持状态。该状态下每次改变频率或者幅度时，先打开 ALC，执行采样，然后关闭 ALC 处于保持状态。
2. 开：打开 ALC 功能。
3. 自动：根据仪器当前状态，自动打开或者关闭 ALC 功能。

8.2.4 平坦度

平坦度校正功能可以在仪器频率范围内调节与频率点对应的射频输出幅度，以补偿电缆或者其它设备引入的外部损耗。

校正过程是将平坦度校正列表中的射频输出频率处的校正值与输出幅度值相加。如果平坦度校正列表中没有射频输出频率，则对距离该频点最近的两个频点进行线性插值，得到幅度校正值，再与输出幅度值相加。

打开平坦度校正功能后，用户界面的状态栏上会显示蓝色的“UF”标识。



8.2.4.1 创建平坦度列表

按 **LEVEL** > **平坦度**，或者在主界面点击 **RF** > **幅度** > **平坦度**，然后点击设置按钮  进入平坦度列表编辑页。

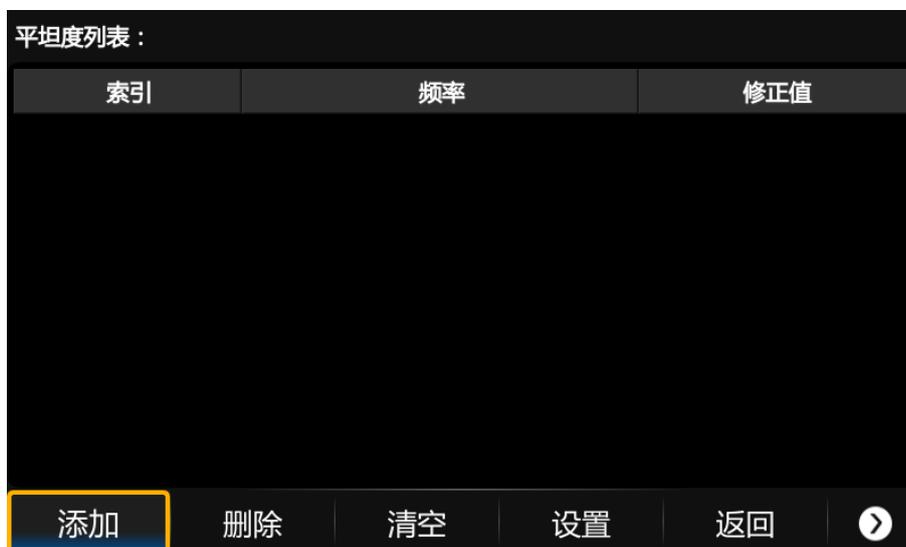


图 8-3 平坦度列表设置界面

平坦度列表由索引、修正频率和幅度修正值构成，默认为空列表。

- 点击 **添加** 可在最后一行后插入一行，用户需要编辑频率和幅度修正值。
- 点击 **删除** 可删除当前选中行。
- 点击 **清空** 可使平坦度列表恢复为空。
- 点击 **设置** 可进入平坦度列表自动填充页，具体内容请查看“自动填充平坦度列表”。
- 点击 **返回** 可返回上一级菜单。
- 点击  > **加载** 可以选择并加载平坦度校正文件 (*.UFLT)。
- 点击  > **保存** 可以保存当前的平坦度列表至 UFLT 文件。
- 用户界面每页最多可显示 25 行数据。当平坦度列表超过 25 行数据时，您可点击  > **第一页** / **上一页** / **下一页** / **最后一页** 浏览列表内容。
- 点击表格区域的各个频率和修正值参数，可通过触摸屏键盘或前面板小键盘进行设置。

用户在编辑平坦度列表时，需要注意以下事项：

1. 当存在频率偏移时，需要将频率偏移值添加到校正频率中。
2. 平坦度列表自动按照校正频率由小到大排序。

8.2.4.2 自动填充平坦度列表

用户可以使用功率计，以以下三种方式来自动填充平坦度列表。

1. 平坦度列表填充

- 1) 首先在平坦度列表编辑页中设置校正频点；
- 2) 然后点击 **设置** 按钮进入自动填充平坦度列表页面；
- 3) 再然后选择 **填充方式** 为“平坦度列表”；
- 4) 最后点击 **幅度校准** 按钮。

2. 步进填充

- 1) 首先点击 **设置** 按钮进入自动填充平坦度列表页面；
- 2) 然后选择 **填充方式** 为“步进填充”；
- 3) 再然后在弹出的编辑框中设置需要校正的开始频率、结束频率、频率步进方式和频率步进或点数等参数；
- 4) 最后点击 **幅度校准** 按钮。

3. 扫描列表填充

- 1) 首先在 **[SWEEP] > 列表扫描** 中设置扫描频率；
- 2) 然后在平坦度列表中选择 **填充方式** 为“扫描列表”；
- 3) 最后点击 **幅度校准** 按钮。

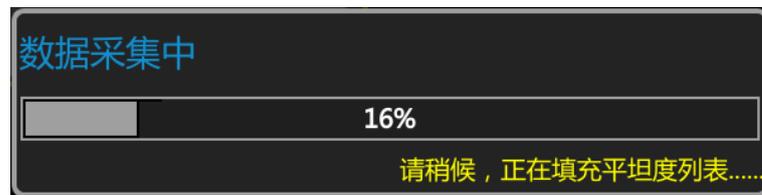
点击幅度校准按钮后，射频信号源将会自动生成平坦度列表的幅度修正值。

用户在使用功率计自动填充平坦度列表时，需要注意以下事项：

- 使用扫描列表填充平坦度列表时，平坦度列表的校正频率和扫描列表的扫描频率一致，且平坦度列表的校正频率会自动从小到大排序。
- 使用自动填充平坦度列表功能时，请在射频信号源上正确连接功率计。如果未连接功率计或功率计未被识别，将无法自动填充平坦度列表。请注意弹出的提示信息。



- 在自动填充平坦度列表时，用户不需要打开 **RF ON/OFF** 开关和功率计状态开关，平坦度列表自动填充功能会自动打开或关闭 **RF ON/OFF** 开关和功率计状态开关。
- 在自动填充平坦度列表的过程中，用户界面将弹出如下提示信息。在此过程中，请勿移动功率计。



8.3 扫描

启用射频扫描功能时，扫描信号将从前面板的 [RF OUTPUT 50Ω] 连接器输出。

请注意，只有射频开关 [RF ON/OFF] 处于开启状态时才有射频信号输出。

您可以按前面板 [SWEEP] 按键进入射频扫描的参数设置界面。

8.3.1 扫描状态

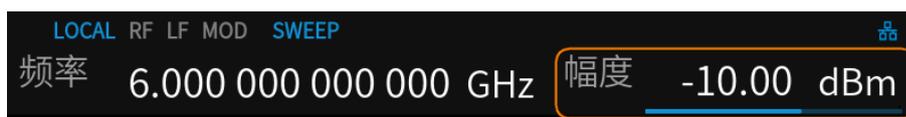
扫描状态默认为“关闭”。射频信号源提供了“频率”、“幅度”以及“频率&幅度”三种扫描类型，选择任意一种扫描类型即可启用扫描功能。开启扫描功能后，用户界面的状态栏上会显示蓝色的“SWEEP”标识。

点击 **扫描状态** 下拉框，可以选择所需的扫描类型。

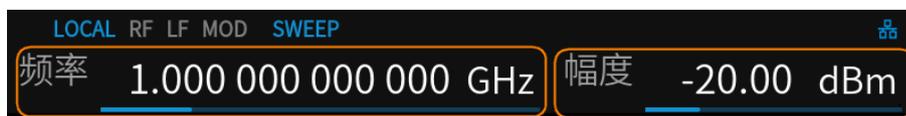
- 关闭：默认状态。关闭扫描功能。
- 频率：启用频率扫描。此时，显示频率实时刷新当前频率扫描的频率值，并可在频率扫描的进度条上观察当前扫描进度。



- 幅度：启用幅度扫描。此时，显示幅度实时刷新当前幅度扫描的幅度值，并可在幅度扫描的进度条上观察当前扫描进度。



- 频率&幅度：同时启用频率和幅度扫描。此时，显示频率和显示幅度实时刷新当前扫描的频率和幅度值，并可在频率和幅度扫描进度条上观察当前的扫描进度。



注意：打开射频扫描会关闭功率计的功率控制功能。如果正在进行射频扫描，则无法打开功率计的功率控制功能。

8.3.2 步进扫描设置

步进扫描默认处于打开状态。点击滑动开关  可以切换其开关状态，点击  按钮可进入步进扫描的参数设置菜单。

步进扫描的设置包括以下参数：

- 1) 开始频率：设置扫描的起始频率。
- 2) 结束频率：设置扫描的终止频率。
- 3) 开始幅度：设置扫描的起始幅度。
- 4) 结束幅度：设置扫描的终止幅度。
- 5) 驻留时间：设置两个相邻扫描点之间的间隔时间。
- 6) 扫描点数：设置扫描的点数，各扫描点的频率和幅度值由起始和终止参数进行插值得到。
- 7) 扫描形状：表示多次扫描的循环模式，有“锯齿波”和“三角波”两种类型，可通过点击下拉框进行选择。
 - 锯齿波：扫描周期总是从起始频率或起始电平到终止频率或终止电平，扫描序列类似于一个锯齿波。
 - 三角波：扫描周期总是从起始频率或起始电平到终止频率或终止电平，然后再落回到起始频率或起始电平，扫描序列类似于一个三角波。
- 8) 扫描步进：表示在一个频率扫描的步进内，从一个频率到另一个频率的变化方式。频率扫描有“线性”和“对数”两种步进类型，可通过点击下拉框进行选择。

注意：幅度扫描只支持线性步进，无需设置。

8.3.3 列表扫描设置

列表扫描和步进扫描是互斥的，当前者打开时后者自动关闭，反之亦然。

列表扫描默认为关闭状态。点击滑动开关  可以切换其开关状态，点击  按钮可进入扫描列表的编辑页。

扫描列表:

索引号	频率	幅度	驻留时间
1	1.000000000000 GHz	0.00 dBm	500.0 ms
2	2.000000000000 GHz	-5.00 dBm	1.0000 s
3	3.000000000000 GHz	-10.00 dBm	2.0000 s

添加 删除 清空 导入 返回

图 8-4 扫描列表设置界面

扫描列表包括索引号、扫描频率、扫描幅度和驻留时间，其默认值为“1, 1.5 GHz, -110 dBm, 50 ms”。

- 点击 **添加** 可在当前选定的行之前插入一行，新插入的数据行将复制当前选定的行。
- 点击 **删除** 可删除当前选中行。
- 点击 **清空** 可使扫描列表恢复为默认值。
- 点击 **导入** 可根据步进扫描设置生成扫描列表。
- 点击 **返回** 可返回上一级菜单。
- 点击 **➤** > **加载** 可以选择并加载扫描列表文件 (*.LSW)。
- 点击 **➤** > **保存** 可以保存当前的扫描列表至 LSW 文件。
- 用户界面每页最多可显示 25 行扫描数据。当扫描列表超过 25 行数据时，您可点击 **➤** > **第一页** / **上一页** / **下一页** / **最后一页** 浏览列表内容。
- 点击表格区域的各个频率、幅度和驻留时间参数，可通过触摸屏键盘或前面板小键盘进行设置。

用户在编辑扫描列表时，需要注意：当存在频率偏移和幅度偏移时，需要将偏移值添加到扫描频率和扫描幅度中。

8.3.4 扫描方向

扫描方向默认为“向上”。射频信号源提供了“向上”或“向下”两种类型，点击下拉框可启用相应的扫描方向。

- 向上：信号源从起始频率或起始电平扫描到终止频率或终止电平，参数栏显示的进度条由左向右进行扫描。
- 向下：信号源从终止频率或终止电平扫描到起始频率或起始电平，参数栏显示的进度条由右向左进行扫描。

8.3.5 扫描模式

扫描模式默认为“连续”。射频信号源提供了“连续”或“单次”两种扫描模式，点击下拉框可启用相应的模式。

- 连续：当满足触发条件时，信号源根据当前的设置进行连续扫描。
- 单次：当满足触发条件时，每点击一次 **执行单次扫描** 按钮，信号源便以当前的设置进行一个周期的扫描，然后停止。

请注意，只有当扫描模式为“单次”时，执行单次扫描按钮才会显示，其余情况下隐藏。

8.3.6 触发方式

触发方式默认为“自动”。射频信号源提供了“自动”、“按键”、“总线”以及“外部”四种触发类型。

点击 **触发方式** 的下拉框，可以选择所需的类型。

1. 自动：

- 如果扫描模式为“连续”，选择任意扫描状态后，信号源便开始连续扫描。
- 如果扫描模式为“单次”，选择任意扫描状态后，需要点击一次 **执行单次扫描** 按钮才能开始扫描。完成一个周期后扫描停止。

2. 按键：

- 如果扫描模式为“连续”，每按一次前面板的 **Trigger** 按键或者点击一次触摸屏上的 **触发** 按钮，信号源便开启一次扫描。
- 如果扫描模式为“单次”，需要先点击一次 **执行单次扫描** 按钮，然后再按一次前面板的 **Trigger** 按键或者点击一次触摸屏上的 **触发** 按钮，信号源将启动一次扫描。

3. 总线：

- 如果扫描模式为“连续”，则设备通过通信总线（USB、LAN 或 GPIB）收到控制计算机发送的“*TRG”命令后，将开始一次性扫描。
- 如果扫描模式为“单次”，需要先点击一次 **执行单次扫描** 按钮，然后再发送一次

“*TRG”命令，信号源将启动一次扫描。

4. 外部：

信号源从后面板 [TRIG IN/OUT] 连接器接收外部触发信号。

- 如果扫描模式为“连续”，信号源每次接收到一个指定极性的 TTL 脉冲信号，将开启一次扫描。
- 如果扫描模式为“单次”，需要先点击一次 **执行单次扫描** 按钮，此后信号源每次接收到一个指定极性的 TTL 脉冲信号，将启动一次扫描。

请注意，以上对扫描触发方式的描述基于点触发方式为“自动”模式。

8.3.7 点触发方式

点触发方式默认为“自动”。射频信号源提供了“自动”、“按键”、“总线”以及“外部”四种点触发类型。

点击 **点触发方式** 的下拉框，可以选择所需的类型。

1. 自动：

- 如果扫描模式为“连续”，则只需选择一种扫描状态即可开始在一个扫描周期内连续扫描每一点。
- 如果扫描模式为“单次”，首先点击一次 **执行单次扫描** 按钮，开始扫描一个扫描周期内的每个点。扫描完成一个周期后停止。

2. 按键：

- 如果扫描模式为“连续”，则每次按下前面板的 **Trigger** 按键或者点击触摸屏上的 **触发** 按钮，信号源将扫描一个点。
- 如果扫描模式为“单次”，需要先点击一次 **执行单次扫描** 按钮，然后每按一次前面板的 **Trigger** 按键或者点击一次触摸屏上的 **触发** 按钮，信号源便会扫描一个点。扫描完成一个周期后停止。

3. 总线：

- 如果扫描模式为“连续”，每发送一次“*TRG”命令，信号源便会扫描一个点。
- 如果扫描模式为“单次”，需要先点击一次 **执行单次扫描** 按钮，然后每发送一次“*TRG”命令，信号源便会扫描一个点。扫描完成一个周期后停止。

4. 外部：

信号源从后面板 [TRIG IN/OUT] 连接器接收外部触发信号。

- 如果扫描模式为“连续”，信号源每次接收到一个指定极性的 TTL 脉冲信号便会扫描一个点。
- 如果扫描模式为“单次”，需要先点击一次 **执行单次扫描** 按钮，此后信号源每次接收到一个指定极性的 TTL 脉冲信号便会扫描一个点。扫描完成一个周期后停止。

请注意，以上对点触发方式的描述基于触发方式为“自动”模式。

8.3.8 触发沿

当触发方式或点触发方式为“外部”时，可通过选择触发沿的类型来决定是由外部触发信号的“上升沿”还是“下降沿”触发扫描。默认触发沿为“上升沿”。

通过点击下拉框可启动相应的触发沿设置：

- 上升沿：当外部触发信号的上升沿到来时，触发扫描。
- 下降沿：当外部触发信号的下降沿到来时，触发扫描。

请注意，只有当触发方式或点触发方式为“外部”时，触发沿按钮才会显示，其余情况下隐藏。

8.3.9 对扫描条件的解释

当执行扫描操作时，所需满足扫描条件的优先级由高到低为：

扫描模式 > 触发方式 > 点触发方式。

例如，当触发方式和点触发方式均选“按键”时：

- 在“连续”扫描模式下，先按一次 **Trigger** 按键满足触发条件，再按一次 **Trigger** 按键满足点触发条件。此时信号源将开始扫描。
- 在“单次”扫描模式下，先按 **执行单次扫描** 按钮以优先满足单次扫描条件。然后再按两次 **Trigger** 按键，满足触发条件和点触发条件。此时信号源将开始扫描。完成一个周期后扫描停止。

8.4 模拟调制

模拟调制包括幅度调制、频率调制、相位调制和脉冲调制。

需要打开模拟调制总开关以开启模拟调制功能。您可以通过按前面板的 **MOD ON/OFF** 按键，也可以通过主页上的 ANALOG MOD 模块开关来开启，如下图所示。打开模拟调制总开关后，用户界面的状态栏上会显示蓝色的“MOD”标识。



图 8-5 模拟调制总开关

8.4.1 幅度调制 (AM)

幅度调制 (Amplitude Modulation, AM) 是一种通过改变载波信号的振幅来调制原始信号的技术。当原始信号的幅度变化时，载波信号的幅度也会随之线性变化，从而将原始信号的特征叠加在载波信号上。

您可以在主页点击 **ANALOG MOD** 模块 > **调幅** 进入幅度调制页面，也可以按几次 **MOD** 按键直到切换到幅度调制页面。

8.4.1.1 打开幅度调制

切换 **AM 状态** 开关，可以打开或关闭幅度调制。

8.4.1.2 选择调制源

通过 **AM 源** 设置幅度调制源为“内部”、“外部”或“内部+外部”，默认为“内部”。

1. 内部调制源

内部调制源由仪器内部产生，与低频发生器 (LF) 共用。当内部源调制打开时，低频输出将关

闭。当低频输出打开时，内部源调制将关闭。

2. 外部调制源

外部调制源是从射频信号源后面板的 [EXT MOD INPUT] 连接器输入的外部调制信号。调制信号可以是任意波形。此时，调制深度由外部调制信号的电平控制。

3. 内部+外部调制源

选择“内部+外部”后，调制信号为内部和外部调制源合成，可以实现双音幅度调制。

8.4.1.3 选择调制波形

内部源幅度调制支持“正弦波”和“方波”两种调制波形。设置 AM 调制源为“内部”或“内部+外部”后，可以选择 **AM 波形** 为“正弦波”或者“方波”。

8.4.1.4 设置调制频率

设置 AM 调制源为“内部”或“内部+外部”后，可以通过 **AM 调制频率** 设置内部源的调制频率。

- 正弦波的调制频率范围为 0.01 Hz~100 kHz；
- 方波的调制频率范围为 0.01 Hz~20 kHz。

8.4.1.5 设置调制深度

调制深度表示载波幅度变化的程度，以百分比表示。

- 在选择“内部”调制源时，AM 调制深度的设置范围为 0.0 %~100 %。调制深度 m 与载波边带幅度差 ΔP 之间满足关系式： $\Delta P = 6.02 - 20 \cdot \lg m$
- 在选择“外部”调制源时，实际调制深度跟外部输入调制信号的幅度有关，即：

$$\text{调制深度} = \text{外部输入信号的幅度} \times \text{外调制灵敏度}$$

例如设置调制深度为 100 %，则在外调制信号为满量程 2 Vpp（偏置为 0V）时实际调制深度为 100 %，外调制信号为 1 Vpp（偏置为 0V）时实际调制深度为 50 %。

- 在选择“内部”+“外部”调制源时，设置值是总的调制深度，内部源占 50 %，外部源占 50 %，其中外部源调制深度跟外部输入调制信号的幅度有关，即：

$$\text{调制深度} = \text{设置值} \times 0.5 + \text{外部输入信号的幅度} \times \text{外调制灵敏度}$$

例如设置调制深度为 100 %，则分配给内部源和外部源的调制深度各为 50 %。由于外调制灵敏度为 25 %/V，则在外调制信号为满量程 2 Vpp（偏置为 0V）时实际调制深度为 100 %，外调制信号为 1 Vpp（偏置为 0V）时实际调制深度为 75 %。

8.4.1.6 外调制灵敏度

外调制灵敏度显示由外部调制信号的幅度量化的单位深度。

8.4.2 频率调制 (FM)

频率调制 (Frequency Modulation, FM), 通过改变载波信号的频率来调制原始信号的技术, 原始信号的频率变化会被转换为载波信号的频率变化, 从而在载波信号上携带了原始信号的特征。

您可以在主页点击 **ANALOG MOD** 模块 > **调频** 进入频率调制页面, 也可以按几次 **MOD** 按键直到切换到频率调制页面。

8.4.2.1 打开频率调制

切换 **FM 状态** 开关, 可以打开或关闭频率调制。

8.4.2.2 选择调制源

通过 **FM 源** 设置频率调制源为“内部源 1”、“内部源 2”、“内部源 1+内部源 2”、“外部源”、“内部源 1+外部源”或者“双波形”, 默认为“内部源 1”。

1. 内部调制源

选择“内部源 1”、“内部源 2”、“内部源 1+内部源 2”或者“双波形”时, 调制源完全由仪器内部产生, 统称为“内部源”。有两个内部源可供选择, 内部源 1 和内部源 2, 可独立设置两个内部源的波形、最大频偏和调制频率等参数。

当选择“内部源 1+内部源 2”时, 使用两个内部调制源进行双音调制。

当选择“双波形”时, 将两个内部源的波形叠加之后作为新的调制信号进行调制。

2. 外部调制源

选择为“外部源”后, 调制源来自于射频信号源后面板的 **[EXT MOD INPUT]** 连接器输入的外调制信号。该调制信号可以为任意波形。

3. 内部+外部调制源

选择为“内部源 1+外部源”后, 调制信号由内部源 1 和外部源叠加而成, 通过该方式可以实现双音调制或者更复杂的调制。

8.4.2.3 选择调制波形

频率调制的内部源支持“正弦波”、“方波”、“锯齿波”和“三角波”四种调制波形。

8.4.2.4 设置调制频率

设置 FM 调制源为内部源或内部源+外部源后，可以通过 **FM 调制频率 1** 设置内部源 1 的调制频率，通过 **FM 调制频率 2** 设置内部源 2 的调制频率。

- 正弦波的调制频率范围为 0.01 Hz~100 kHz；
- 方波、锯齿波或三角波的调制频率范围为 0.01 Hz~20 kHz。

8.4.2.5 设置频率偏移

对应不同的载波频率，频率偏移范围不同，设置范围为 0.01 Hz~N×1 MHz，N 的值与载波频率有关，具体请参考数据手册。

- 当调制源选择“内部源 1”、“内部源 2”或“双波形”时，设置值就是射频输出的频率偏移。
- 当调制源选择“内部源 1+内部源 2”时，频率偏移与两个调制源分别设置的频率偏移有关。射频输出的频偏 = 最大频偏 1 + 最大频偏 2，“最大频偏 1”和“最大频偏 2”分别对应“内部源 1”和“内部源 2”的频率偏移设置值。
- 当调制源选择的“外部源”时，实际频率偏移跟外部输入调制信号的幅度有关，即：

$$\text{射频输出的频偏} = \text{外部输入信号的幅度} \times \text{外调制灵敏度}$$

例如设置最大频偏为 100 kHz，则在外调制信号为满量程 2 Vpp（偏置为 0V）时实际频偏为 100 kHz，外调制信号为 1 Vpp（偏置为 0V）时实际频偏为 50 kHz。

- 当调制源选择“内部源 1+外部源”时，设置值是总的频偏的最大值，内部源占 50%，外部源占 50%，其中外部源调制频偏跟外部输入调制信号的幅度有关，即：

$$\text{射频输出的频偏} = \text{设置值} \times 0.5 + \text{外部输入信号幅度} \times \text{外调制灵敏度}$$

例如设置最大频偏为 100 kHz，则分配给内部源和外部源的频偏各为 50%。由于外调制灵敏度为 25 kHz/V，则在外调制信号为满量程 2 Vpp（偏置为 0 V）时实际调制频偏为 100 kHz，外调制信号为 1 Vpp（偏置为 0V）时实际调制频偏为 75 kHz。

8.4.2.6 外调制灵敏度

外调制灵敏度显示由外部调制信号的幅度量化后的单位频偏。

8.4.2.7 设置初始相位

当调制源选择“内部源 1+内部源 2”或“双波形”时，设置“内部源 1”和“内部源 2”产生的波形信号在初始时刻的相位，不同的相位设置会影响最终的调制结果。

初始相位的设置范围是-360°~+360°。

8.4.2.8 设置幅度占比

当调制源选择“双波形”时，设置“内部源 1”和“内部源 2”的波形信号在叠加过程中各自的幅度占比，即：

$\text{叠加波形的幅度} = \text{设置值} \times \text{“内部源 1”的波形幅度} + (100\% - \text{设置值}) \times \text{“内部源 2”的波形幅度}$ 。

例如，当设置值为 30% 时，采用“内部源 1”幅度值的 30% 与“内部源 2”幅度值的 70% 进行叠加。

幅度占比的设置范围是 0%~100%。

8.4.3 相位调制 (PM)

相位调制 (Phase Modulation, PM)，通过改变载波信号的相位来调制原始信号的技术，原始信号的相位变化会被转换为载波信号的相位变化，从而在载波信号上传输了原始信号的信息。

您可以在主页点击 **ANALOG MOD** 模块 > **调相** 进入相位调制页面，也可以按几次 **MOD** 按键直到切换到相位调制界面。

8.4.3.1 打开相位调制

切换 **PM 状态** 开关，可以打开或关闭频率调制。

8.4.3.2 选择调制源

通过 **PM 源** 设置相位调制源为“内部”、“外部”或“内部+外部”，默认为“内部”。

1. 内部调制源

内部调制源由仪器内部产生，可以设置调制频率和选择调制波形。

2. 外部调制源

外部调制源是从射频信号源后面板的 **[EXT MOD INPUT]** 连接器输入的外部调制信号。调制信号可以是任意波形。

3. 内部+外部调制源

选择“内部+外部”后，调制信号为内部和外部调制源合成，可以实现双音调制。

8.4.3.3 选择调制波形

相位调制的内部源支持“正弦波”和“方波”两种调制波形。设置 PM 调制源为“内部”或“内部+外部”后，可以选择 **PM 波形** 为“正弦波”或者“方波”。

8.4.3.4 设置调制频率

设置 PM 调制源为“内部”或“内部+外部”后，可以通过 **PM 调制频率** 设置内部源的调制频率。

- 正弦波的调制频率范围为 0.01 Hz~100 kHz；
- 方波的调制频率范围为 0.01 Hz~20 kHz。

8.4.3.5 设置相位偏移

不同的载波频率有不同的相偏范围，其设置范围为 0.01 rad~N×5 rad，N 的值与载波频率有关，具体请参考数据手册。

- 当调制源为内部时，设置值为射频输出的最大相偏。
- 当调制源为外部时，实际最大相偏跟外部输入调制信号的幅度有关，即：

$$\text{射频输出的相偏} = \text{外部输入信号的幅度} \times \text{外调制灵敏度}$$

例如设置最大相偏为 1 rad，则在外调制信号为满量程 2 Vpp（偏置为 0V）时实际最大相偏为 1 rad，外调制信号为 1 Vpp（偏置为 0V）时实际最大相偏为 0.5 rad。

- 当调制源为外部+内部时，设置值是总的相偏的最大值，内部源占 50%，外部源占 50%，其中外部源调制相偏跟外部输入调制信号的幅度有关，即：

$$\text{射频输出的相偏} = \text{设置值} \times 0.5 + \text{外部输入信号的幅度} \times \text{外调制灵敏度}$$

例如设置最大相偏为 1 rad，则分配给内部源和外部源的相偏各为 50%。由于外调制灵敏度为 0.25 rad/V，则在外调制信号为满量程 2 Vpp（偏置为 0 V）时实际最大相偏为 1 rad，外调制信号为 1 Vpp（偏置为 0V）时实际最大相偏为 0.75 rad。

8.4.3.6 外调制灵敏度

外调制灵敏度显示由外部调制信号的幅度量化后的单位相偏。

8.4.4 脉冲调制

脉冲调制（Pulse Modulation）表示用脉冲信号作为调制信号去调制射频载波信号的过程。

您可以在主页点击 **ANALOG MOD** 模块 > **脉冲** 进入脉冲调制页面，也可以按几次 **MOD** 按键直到切换到脉冲调制界面。

8.4.4.1 脉冲状态

默认状态为关闭状态，点击滑动开关可切换开关状态。

8.4.4.2 脉冲源

默认脉冲调制源为“内部”，点击下拉框可选择使用“内部”还是“外部”调制源。

- 内部：射频信号源的内部脉冲发生器提供调制源，您可设置调制源的脉冲类型、脉冲周期和脉冲宽度等参数。
- 外部：射频信号源接收从后面板 **[PULSE IN/OUT]** 连接器输入的外部脉冲信号作为调制源。此时，脉冲类型、脉冲周期、脉冲宽度、触发方式和脉冲输出等设置项均隐藏。

8.4.4.3 外触发极性

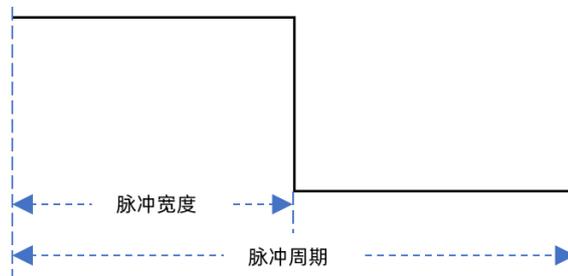
当脉冲源为“外部”时，点击 **外触发极性** 可切换外部调制源的触发极性，默认为“正相”。

- 正相：当外部脉冲调制信号为高电平时执行脉冲调制。
- 反相：当外部脉冲调制信号为低电平时执行脉冲调制。

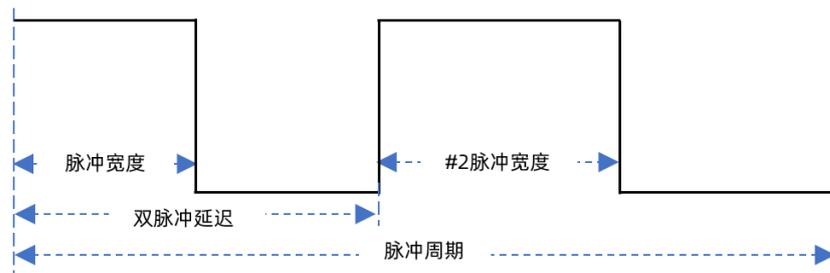
8.4.4.4 脉冲类型

当脉冲调制源为“内部”时，射频信号源提供“单脉冲”、“双脉冲”和“脉冲序列”三种脉冲类型，默认为“单脉冲”类型，点击下拉框可对脉冲类型进行选择。

- 单脉冲：一个脉冲周期内产生一个脉冲信号。此时，“双脉冲延迟”和“#2 脉冲宽度”两个设置项将处于隐藏状态。



- 双脉冲：一个脉冲周期内产生两个脉冲信号。此时，“双脉冲延迟”和“#2 脉冲宽度”两个设置项将显示。



- 脉冲序列：一个脉冲周期内产生多个脉冲信号。此时将出现 **脉冲序列** 设置项，“脉冲周期”、“脉冲宽度”、“双脉冲延迟”和“#2 脉冲宽度”等设置项将处于隐藏状态。脉冲序列的详细介绍请查看“脉冲序列”章节。

8.4.4.5 脉冲周期

脉冲周期表示两个相邻周期脉冲之间的时间间隔。当脉冲类型为“单脉冲”或“双脉冲”时需要设置脉冲周期。

8.4.4.6 脉冲宽度

脉冲宽度表示单脉冲调制信号的高电平持续时间，或者双脉冲调制信号的第一个脉冲的高电平持续时间。

8.4.4.7 双脉冲延迟

双脉冲延迟表示双脉冲调制信号中单个周期内第一个脉冲开始到第二个脉冲开始的延迟。

8.4.4.8 #2 脉冲宽度

#2 脉冲宽度表示双脉冲调制信号中单个周期内第二个脉冲的高电平持续时间。

8.4.4.9 脉冲序列

设置脉冲类型为脉冲序列时，将出现 **脉冲序列** 设置按钮，“脉冲周期”、“脉冲宽度”、“双脉冲延迟”和“#2 脉冲宽度”等设置项将处于隐藏状态。

8.4.4.9.1 脉冲序列的设置

点击 **脉冲序列** 的设置按钮  进入脉冲序列的编辑界面。

脉冲序列：

索引	正脉宽	负脉宽	重复次数
1	1.00000 ms	1.00000 ms	1

添加 删除 清空 示意图 返回

图 8-6 脉冲序列设置界面

脉冲序列的每行参数代表单个脉冲周期内每个脉冲信号的设置：

- 1) 索引表示该行对应脉冲信号的序号，
- 2) 正脉宽表示该脉冲信号为高电平的持续时间，
- 3) 负脉宽表示该脉冲信号为低电平的持续时间，
- 4) 重复次数表示该脉冲信号的重复次数。

脉冲序列默认值为“1,1 ms,1 ms,1”。

- 点击 **添加** 可在当前选定的行之前插入一行，新插入的数据行将复制当前选定的行。
- 点击 **删除** 可删除当前选中行。
- 点击 **清空** 可使脉冲序列恢复为默认值。
- 点击 **示意图** 可查看当前脉冲序列的示意图。
- 点击 **返回** 可返回上一级菜单。
- 点击 **➤** > **加载** 可以选择并加载脉冲序列文件 (*.PULSTRN)。
- 点击 **➤** > **保存** 可以保存当前脉冲序列至 PULSTRN 文件。
- 用户界面每页最多可显示 25 行数据。当脉冲序列超过 25 行数据时，您可点击 **➤** > **第一页** / **上一页** / **下一页** / **最后一页** 浏览列表内容。
- 点击表格区域的各个正脉宽、负脉宽和重复次数参数，可通过触摸屏键盘或前面板小键盘进行设置。

8.4.4.9.2 脉冲序列示意图

在脉冲序列的编辑界面点击 **示意图** 按钮将进入当前脉冲序列的示意图显示页面。

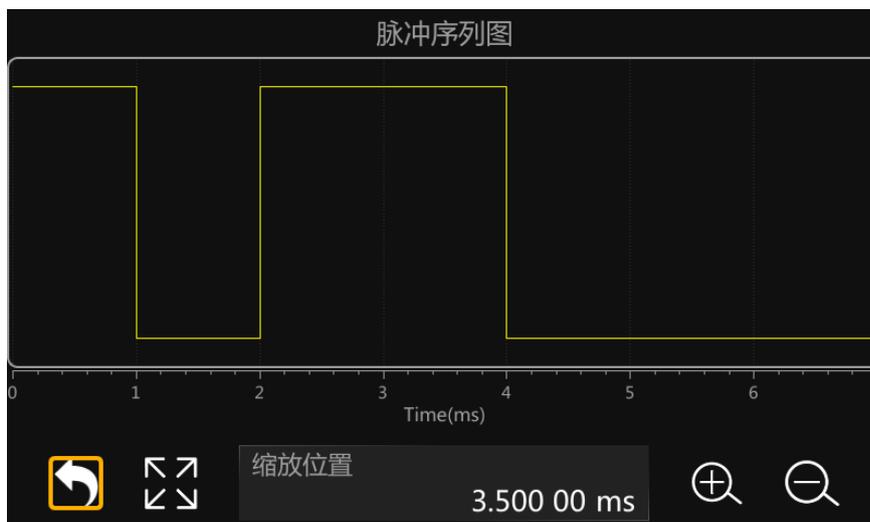


图 8-7 脉冲序列示意图

如图所示，该页面由上方的绘图区和下方的控制区组成：

- 绘图区：根据当前的脉冲序列生成的波形示意图。垂直方向代表脉冲序列中各脉冲信号的高低电平变化，该方向上高低电平的位置不变；水平方向代表脉冲序列中各脉冲信号的高低电平持续时间，可对其进行放大、缩小等操作以便于观察对比。

- 控制区：

点击  按钮，可返回上一级的脉冲序列编辑界面。

点击  按钮，可将波形图恢复至初始状态。

“缩放位置”参数控件显示当前波形图的中心位置，缩放操作都基于该位置实现，可通过触摸屏键盘或前面板小键盘进行设置，使当前波形平移相应的位置。

点击  按钮，可对当前波形图中心位置进行放大显示。

点击  按钮，可对当前波形图中心位置进行缩小显示。

针对绘图区的缩放操作可通过以下几种方式实现：

- 1) 通过控制区的  、  、  按钮以及“缩放位置”参数进行缩放、复原、平移。
- 2) 也可以用手指或触控笔直接在触摸屏上进行放大。
- 3) 在触摸屏上，使用鼠标滚轮，滚轮向下为放大操作，滚轮向上为缩小操作，滚轮缩放的位置和控制区的“缩放位置”一致。

8.4.4.9.3 脉冲序列高级模式

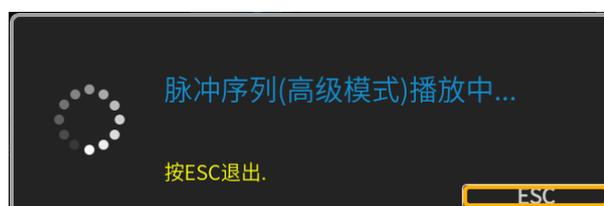
可通过 **序列高级模式** 按钮打开脉冲序列的高级模式。打开脉冲序列的高级模式后，脉冲序列的每行参数将增加频率和幅度参数，如下图所示。通过设置频率和幅度参数，脉冲序列的每个脉冲信号将依次调制不同的射频载波。

索引	正脉宽	负脉宽	重复次数	频率	幅度
1	1.00000 ms	4.00000 ms	1	1.000000000000 GHz	-5.00 dBm
2	2.00000 ms	3.00000 ms	1	2.000000000000 GHz	0.00 dBm
3	2.50000 ms	2.50000 ms	1	3.000000000000 GHz	-10.00 dBm

添加 删除 清空 示意图 返回

图 8-8 脉冲序列高级模式设置界面

打开脉冲序列的高级调制模式时，用户界面将弹出如下提示框，此时射频信号源的用户界面被锁定，前面板功能按键也被屏蔽，用户不可进行其它操作。



您可以按下对话框中的 **ESC** 按钮，或者按下前面板的旋钮按键、**ESC/Close** 或 **Enter** 键以退出脉冲序列的高级调制。

8.4.4.10 脉冲输出

默认状态为关闭状态，点击滑动开关可切换脉冲输出状态。打开脉冲输出时，射频信号源将从后面板的 **[PULSE IN/OUT]** 连接器输出内部脉冲发生器产生的脉冲信号。

注：当脉冲源为“外部”时，脉冲输出功能将自动关闭。

8.4.4.11 脉冲输出极性

默认为“正相”，点击下拉框可切换后面板 **[PULSE IN/OUT]** 连接器输出的脉冲调制信号的极性。

- 正相：后面板 **[PULSE IN/OUT]** 连接器输出极性为正相的脉冲信号。

- 反相：后面板 [PULSE IN/OUT] 连接器输出极性为反相的脉冲信号。

8.4.4.12 触发输出状态

触发输出默认为“关闭”状态，点击滑动开关可切换开关状态。当触发输出打开时，射频信号源从后面板 [TRIG IN/OUT] 连接器输出内部脉冲发生器产生的触发信号。

注：当触发方式为“外部触发”或“外部门控”时，触发输出功能将自动关闭。当射频扫描或者 LF 扫描的触发方式设置为“外部触发”时，触发输出功能也将自动关闭。

8.4.4.13 触发方式

射频信号源提供了“自动”、“按键”、“总线”、“外部触发”以及“外部门控”五种脉冲触发类型，默认为“自动”。

点击触发方式的下拉框，可以选择所需的类型。

- 自动：射频信号源在任何时刻均满足自动触发条件。
- 按键：选择触发方式为“按键”时，用户界面将显示 **触发** 按钮。每按一次 **Trigger** 键或者用户界面的 **触发** 按钮，射频信号源将会启动一次脉冲调制。
- 总线：每接收一次 SCPI 命令 “*TRG” ，射频信号源便会启动一次脉冲调制。
- 外部触发：选择触发方式为“外部触发”时，用户界面将显示 **触发沿** 按钮。此时射频信号源接收从后面板 [PULSE IN/OUT] 连接器输入的触发信号。每接收到一个指定极性的 TTL 脉冲信号时，射频信号源便会启动一次脉冲调制。
- 外部门控：选择触发方式为“外部门控”时，用户界面将显示 **触发极性** 按钮。此时射频信号源接收从后面板 [PULSE IN/OUT] 连接器输入的触发信号。每接收到一个指定极性的 TTL 脉冲信号时，射频信号源便会在其有效电平内启动脉冲调制。

8.4.4.14 触发延迟

触发延迟表示脉冲调制信号从接收到外部触发信号开始到第一个脉冲调制开始的延迟。当触发方式为“外部触发”时，用户界面将显示 **触发延迟** 设置项。

8.4.4.15 触发沿

默认为“上升沿”，点击下拉框可切换触发沿类型。

- 上升沿：外部触发信号的上升沿到来时触发一次脉冲调制。
- 下降沿：外部触发信号的下降沿到来时触发一次脉冲调制。

当触发方式为“外部触发”时，用户界面将显示 **触发沿** 设置项。

8.4.4.16 触发极性

默认为“正相”，点击下拉框可切换触发极性类型。

- 正相：在外部门控信号的高电平有效时间内触发脉冲调制。
- 反相：在外部门控信号的低电平有效时间内触发脉冲调制。

当触发方式为“外部门控”时，用户界面将显示 **触发极性** 设置项。

8.5 LF

8.5.1 LF 源

射频信号源有低频信号发生器，可以用作低频信号输出或者模拟调制的内部源。当作为低频信号输出时，LF 支持几种常用的波形，并且可以设置低频信号的频率、幅度、幅度偏移和相位等参数。

按前面板 **LF** 键，在菜单中选择 **LF 源**，或者在主页点击 **LF** 模块 > **LF 源**，可进入 LF 的参数设置界面。

8.5.1.1 LF 状态

切换开关状态可以打开或关闭 LF 输出。

8.5.1.2 LF 波形

按 **LF 波形** 选择 LF 输出信号的波形，支持“正弦波”、“方波”、“锯齿波”、“三角波”和“直流”，默认为“正弦波”。

8.5.1.3 LF 频率

按 **LF 频率** 设置 LF 输出信号的频率，

- 波形为“正弦波”时，LF 频率设置范围为 0.01 Hz~1 MHz，
- 波形为“方波”、“锯齿波”或“三角波”时，LF 频率设置范围为 0.01 Hz~20 kHz。

8.5.1.4 LF 电平

按 **LF 电平** 设置 LF 的输出幅度，设置范围为 1 mVpp~3 Vpp。支持多种单位格式设置。

8.5.1.5 LF 幅度偏移

按 **LF 幅度偏移** 设置 LF 输出的幅度偏移。设置范围为：

$$|LF \text{ Level Offset}| \leq \min(2.5 - \frac{1}{2}LEVEL, 2 \text{ V})$$

8.5.1.6 LF 相位

按 **LF 相位** 设置 LF 相位，设置范围为-360°~360°，支持以度或弧度设置。

8.5.2 LF 扫描

射频信号源支持在指定的时间内输出从开始频率到结束频率逐渐变化的 LF 波形，即 LF 输出支持频率扫描。

按前面板 **LF** 键，在菜单中选择 **LF 扫描**，或者在主页点击 **LF** 模块 > **LF 扫描**，可进入 LF 扫描的参数设置界面。

8.5.2.1 LF 扫描状态

切换开关状态可以打开或关闭 LF 扫描。

8.5.2.2 开始频率

按 **开始频率**，可以设置 LF 扫描的开始频率值，设置范围为 0.01 Hz~1 MHz。

8.5.2.3 结束频率

按 **结束频率**，可以设置 LF 扫描的结束频率值，设置范围为 0.01 Hz~1 MHz。

8.5.2.4 中心频率

按 **中心频率**，可以设置 LF 扫描的中心频率值，修改后，开始频率和结束频率会以中心频率为中心轴，扫描宽度为范围进行变化。

8.5.2.5 扫描宽度

按 **扫描宽度**，可以设置 LF 扫描的频率宽度。

8.5.2.6 扫描时间

扫描时间表示进行一次 LF 扫描持续的时间。

8.5.2.7 扫描方向

按 **扫描方向** 设置 LF 扫描的频率方向为向上或向下。

- 向上：从开始频率扫描到结束频率。
- 向下：从结束频率扫描到开始频率。

8.5.2.8 触发方式

LF 触发方式默认为“自动”。射频信号源提供了“自动”、“按键”、“总线”以及“外部”四种触发类型。

点击 **触发方式** 的下拉框，可以选择所需的类型。

- 自动：信号发生器输出连续的扫频波形。
- 按键：每按下一次前面板的 **Trigger** 键或点击一次触摸屏上的 **触发** 按钮，信号发生器便启动一次扫描。
- 总线：每发送一次“*TRG”命令，信号发生器便启动一次扫描。
- 外部：信号发生器接收从仪器后面板的 **[TRIG IN/OUT]** 连接器输入的外部触发信号，每接收到一个指定极性的 TTL 脉冲信号时，信号发生器就会启动一次扫频。

注：如果在 LF 扫描过程中更改触发方式，信号发生器将停止扫描并恢复初始状态，直到下一个触发事件开始。

8.5.2.9 触发沿

当触发方式为“外部”时，可通过选择触发沿的类型来决定是由外部触发信号的“上升沿”还是“下降沿”触发扫描。默认触发沿为“上升沿”。

通过点击下拉框可启动相应的触发沿设置：

- 上升沿：当外部触发信号的上升沿到来时，触发扫描。
- 下降沿：当外部触发信号的下降沿到来时，触发扫描。

请注意，只有当触发方式为“外部”时，触发沿按钮才会显示，其余情况下隐藏。

8.5.2.10 扫描形状

扫描形状表示多次扫描的循环模式，有“锯齿波”和“三角波”两种类型，默认为“锯齿波”。

- 锯齿波：在扫描周期内信号总是从起始频率变化到终止频率，扫描序列类似于一个锯齿波。
- 三角波：在扫描周期内信号总是从起始频率变化到终止频率，然后再落回到起始频率，扫描序列类似于一个三角波。

8.5.2.11 扫描方式

按 **扫描方式**，选择 LF 扫描输出时信号频率的变化方式，可选为线性或者对数方式。

8.6 功率计

射频信号源可通过 USB Host 接口连接 USB 功率传感器。

目前 SSG5000X/X-V 系列支持的功率计型号如下表所示：

表 8-1 射频信号源支持的功率计型号

厂商	型号
R&S	NRP6A、NRP18A
	NRP8S、NRP18S、NRP33S、NRP40S、NRP50S、NRP67S
	NRP40T
Keysight	U2000A、U2001A、U2002A、U2004A
	U2000B、U2001B
	U2000H、U2001H、U2002H

8.6.1 功率计设置

在主页点击 **POWER SENSOR** 模块，可进入功率计的参数设置界面。

请注意，当功率计未连接或未初始化完成时，无法打开或设置功率计测量的任何参数。此时用户界面会弹出如下提示：



8.6.1.1 功率计信息

显示已连接到信号源的功率计型号信息。当功率计未连接或未初始化完成时，功率计信息显示为空。

8.6.1.2 功率计状态

打开或关闭功率计测量功能，默认为“关闭”。开启功率计测量功能后，测量控件实时刷新功率计测量值。

8.6.1.3 测量功率

显示功率计的当前读数。您可以选择结果显示的单位：dBm、dBμV、uV、mV、V、nW、uW、mW、W。

8.6.1.4 功率控制

借助功率控制功能，您可以为 DUT 实现非常稳定和准确的 RF 功率。借助下游控制电路 CLPC（闭环功率控制），您可以检测组件的频率响应特性，例如电缆、模块或组件造成的损耗，并相应地补偿这些影响。

请详见“功率控制”一节介绍。

8.6.1.5 统计功能

统计功能默认关闭，打开后会显示功率传感器测量的统计数据。

- 打开：打开统计功能，统计开关旁边会显示统计参数。统计参数包括平均值、最小值、最大值和统计次数，点击  按钮可以清除当前所有统计值，并开始新一轮统计。
- 关闭：关闭统计功能，统计参数将自动隐藏。

8.6.1.6 自动调零

功率计调零功能可降低噪声和零偏对测量结果的影响，提高射频功率测量的准确性。调零默认为“禁用”，点击下拉框可切换调零类型。

- 禁用：执行调零按钮处于隐藏状态。
- 内部：执行调零按钮处于显示状态。
- 外部：执行调零按钮处于显示状态。

点击执行调零按钮，功率计开始执行调零操作，此时按钮名称变为“调零中...”。调零完成后，按钮名称恢复为“执行调零”。

在执行功率计调零时请注意：

- 1) 一般情况下在功率计执行调零前应关闭所有的测量信号，具体操作请参考功率计的使用手册。
- 2) 若功率计没有内外部调零的选项，则下拉框中“内部”和“外部”两个选项将不予显示，由“启用”选项取而代之。

为降低噪声和零偏对测量结果的影响，建议以下情况对功率计进行调零：

- 刚连接到信号源后的预热阶段
- 温度变化超过 5°C
- 高温下将功率计连接到射频输出端口
- 功率计在过去 24 小时内未执行归零操作
- 测量小功率信号之前，比如预期测量功率低于测量范围下限 10 dB 以上的信号

8.6.1.7 测量频率

频率模式默认为“自动”，点击下拉框可切换频率模式。

- 自动：根据测量的信号频率自动配置功率计的测量频率值。
- 手动：可对功率计的测量频率值进行自定义设置。

8.6.1.8 幅度偏移

幅度偏移默认为“关闭”状态，点击滑动开关可切换其开关状态。

- 打开：此时可设置幅度偏移值，功率传感器显示的读数值为实际测量值加上幅度偏移值。该功能可方便某些应用场景下的测量，比如信号链路中间存在放大器和衰减器的情况。
- 关闭：幅度偏移值设置项将自动隐藏。此时功率传感器显示的读数值与实际测量值一致。

8.6.1.9 平均类型

平均类型默认为“自动”，点击下拉框可切换功率计的平均测量模式。

- 自动：根据当前的测量自动配置平均次数，平均次数只显示，无法修改。
- 手动：此时可设置功率计测量的平均次数。

8.6.1.10 日志

测量日志默认为“关闭”状态，点击滑动开关可切换其状态。打开日志功能后，信号源会记录测量值并保存在日志文件中，文件格式为 TXT。

功率计的日志文件保存路径为：Local:/power_sensor/。

8.6.2 功率控制

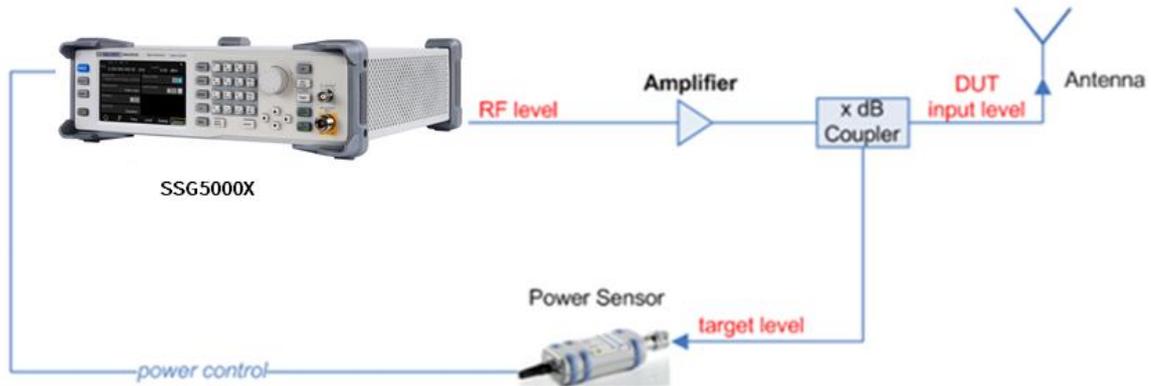


图 8-9 功率控制

闭环功率控制功能的信号链路图如上所示。当信号源、DUT 和功率计以上述方式连接形成闭环链路后，功率计可以实时检测 DUT 接收到的功率，与此同时，信号源可以通过实时获取功率计测量值对其射频输出信号进行调节补偿，进而保证 DUT 接收到的信号功率维持在一个稳定可靠的范围内。

在实际使用中，需要使用一个射频分路器对射频信号进行分路，一路传输给 DUT，一路传输给功率计，而信号源则负责采集和补偿。一般而言，功率补偿的部分有可能是线缆的损耗、无源网络的衰减、功率放大器对信号的放大，以及链路中各器件随着频率变化的频率响应等。

注：开启 RF 扫描功能时，无法开启功率控制功能，开启功率控制功能前必须先关闭 RF 扫描功能，反之亦然。

8.6.2.1 功率控制状态

默认为“关闭”，点击滑动开关可切换开关状态。

该设置项和上级菜单中的“功率控制”功能一致。

8.6.2.2 测量功率

测量控件用于显示当前功率计的读值，您可以点击下拉框更改当前的功率显示单位。

该设置项和上级菜单中的“测量功率”功能一致。

8.6.2.3 目标功率

目标功率表示期望在功率计输入端口测量到的稳定功率值，即 DUT 接收到的信号功率值。信号源将在功率控制过程中不断调节射频信号功率，直到功率计测量值稳定在目标功率值为止。

8.6.2.4 限制功率

功率限制值用于限制闭环功率控制过程中信号源射频端口的最大输出功率，以避免 DUT 因大功率信号输入而损坏。此时，如果输入的射频信号功率超过该限制值，则设置值将不生效，并且信号源将弹出警告信息。

8.6.2.5 捕获范围

捕获范围表示若功率计读值处于有效捕获范围内，则闭环功率控制系统将其视为有效读值，并且会对射频信号予以调节补偿；若功率计读值超出这一范围，则将自动忽略该值。

有效捕获范围的计算方法为：目标功率 \pm 捕获范围设置值。

8.7 IQ 调制

IQ 调制，即两个正交信号（频率相同，相位相差 90° 的载波，一般用 Sin 和 Cos 表示）与 I (In-Phase, 同相分量)、Q (Quadrature Phase, 正交分量) 两路信号分别进行载波调制后一起发射，从而提高了频谱利用率。

SSG5000X-V 的 IQ 调制功能包括：Custom、ARB、Stream、IoT、多音调制以及 AWGN 调制，此外还有 I/Q 信号的设置。具体请查看以下章节：

- Custom 调制
- ARB 调制
- Stream 调制
- IoT 调制
- 多音调制
- AWGN 调制
- I/Q 设置

8.8 UTILITY 设置

射频信号源的 UTILITY 设置内容包括系统设置和文件管理。

8.8.1 系统设置

8.8.1.1 设置

1. 语言

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键，然后点击 **设置** > **Language**，可以选择射频信号源的语言。射频信号源支持中英文菜单、帮助及界面显示。

2. 屏保

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键，然后点击 **设置** > **屏保** 可以选择屏幕保护的状态。打开屏保后，在指定时间内没有触屏、按键操作或者 VNC 操作时，屏幕将关闭显示。

3. 启动设置

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键，然后点击 **设置** > **启动设置** 可以设置开机启动时加载的参数配置类型。

上电后调用的设置类型包括默认和上次：

- 默认：加载出厂设置，具体参数配置请详见“表 8-5 默认设置”。
- 上次：恢复为用户上一次关机前的配置。

4. 复位类型

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键，然后点击 **设置** > **复位类型** 可以选择射频信号源重置的配置类型。

重置的配置类型包括：默认和用户。

- 默认：按下 **PRESET** 按键时，加载默认设置，具体参数配置请详见“表 8-5 默认设置”。
- 用户：按下 **PRESET** 按键时，将仪器恢复至用户指定的状态。

注：在选择复位类型为用户后，会自动打开文件管理界面，让用户加载配置文件。您也可以点击  更换配置文件。

5. 恢复出厂设置

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键, 然后点击 **设置** > **恢复出厂设置** 可以将仪器配置恢复成出厂设置。

恢复出厂设置除加载默认设置外, 还将对以下列表中的参数进行配置。

表 8-2 出厂设置

参数名称	参数值
设置	
语言	中文/英文 (根据出厂时的配置而定)
屏保	关闭
启动设置	默认
复位设置	默认
蜂鸣器	打开
上电开机	关闭
参考校正	关闭
接口	
DHCP 状态	关闭
IP 地址	10.11.13.220
子网掩码	255.255.255.0
网关	10.11.13.1
Auto DNS	关闭
VNC 操作	打开
FTP 状态	打开
主机名	与产品型号一致
GPIB 地址	18
幅度	

平坦度列表	空
扫描	
列表扫描	只保留一个默认的扫描点 "1,1.5 GHz,-110 dBm,50 ms"
脉冲调制	
脉冲序列	只保留一个默认的脉冲 "1,1 ms,1 ms,1"

6. 复位清除

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键, 然后点击 **设置** > **复位清除** 按钮会重置仪器配置为出厂设置, 同时清空 "Local" 文件夹下用户保存的文件。

7. 蜂鸣器

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键, 然后点击 **设置** > **蜂鸣器** 可以切换蜂鸣器的开关状态。

蜂鸣器打开时, 点击按钮、输入框和复选框等时会发出提示音。

8. 上电开机

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键, 然后点击 **设置** > **上电开机** 可以设置射频信号源接通电源后是否需要按开机键开机。

- 关闭: 仪器上电后, 您需要按下前面板电源键来启动仪器。
- 打开: 仪器上电后, 仪器自动启动。

9. 参考校正

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键, 然后点击 **设置** > **参考校正** 可以打开参考校正开关并修改参考振荡器码字, 来改变射频信号源的参考频率。

用户可以在后面板的 **[10MHz OUT]** 连接器连接一个频率计, 然后通过修改参考振荡器码字来调整仪器的 10MHz 参考源。

- 点击 **参考校正** 的  按钮, 进入参考振荡器设置界面。
- 点击 **参考校正** 开关, 可以打开或关闭参考校正功能,

- 点击 **参考振荡器码字** 可输入参考振荡器码字，
- 点击 **保存参考振荡器设置** 按钮可以保存当前码字至*.dac 文件，
- 点击 **加载参考振荡器设置** 按钮可以加载保存在*.dac 文件中的码字，
- 点击 **重置为默认值** 按钮，可重置码字为默认值，仪器的参考源也将同时恢复为初始值。

10. 时间设置

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键，然后点击 **设置** > **时间设置** 可以设置射频信号源显示的系统时间。

11. 日志

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键，然后点击 **设置** > **日志**，可查看射频信号源的日志列表。日志功能主要是记录系统在运行过程中的操作记录和一些比较重要的事件记录，在出现某些问题的时候可以给用户和开发人员提供一些提示信息或回溯记录信息。

在日志列表界面，您也可以保存或删除日志内容。

8.8.1.2 系统信息

您可以在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键，然后在 **系统** 中点击 **系统信息** 查看系统信息。

系统信息包括：

- 产品型号
- 主机 ID
- 序列号
- 软件版本
- U-boot OS
- 硬件版本
- 开机次数

8.8.1.3 接口

您可以在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键，然后在 **系统** 中点击 **接口** 进入系统的接口设置界面。

1. LAN 设置

1) 网络配置

射频信号源支持 LXI 标准网络配置。

● IP 地址设置

IP 地址可以动态或静态分配。打开 **DHCP 状态** 可设置动态 IP，此时 DHCP 服务器将根据当前网络状况自动配置 IP 地址、子网掩码和网关，用户无需设置。关闭 **DHCP 状态** 可设置静态 IP，用户需自定义设置 IP 地址、子网掩码和网关。

● Auto DNS 设置

DNS 也可以动态或静态配置，静态需要手动输入 DNS 地址，自动方式则是直接使用 DHCP 服务器返回的信息。

2) 网络重置 (LCI)

LCI 机制是为了防止不正确的网络配置或者忘记配置信息导致设备无法修改或访问网络。

点击 **LXI** 的  按钮可以进入网络重置界面，网络重置界面包括设备识别指示灯 **LXI**、**复位网络** 按钮以及网络重置受影响的条目列表。

- 您可点击 **复位网络** 按钮来进行网络重置。
- 射频信号源支持 LXI 标准网页界面。在信号源的 VNC 首页，点击 **Instrument Identification** 的 **Start** 按钮，可看到网络重置界面的设备识别指示灯 **LXI** 闪烁。

2. 网页设置

按 **UTILITY** > **接口**，然后滚动窗口右侧的滚动条即可查看整个 Web 设置内容。

1) VNC 操作

点击滑动开关可打开或关闭网页控制功能。

- 打开 VNC 操作时，允许用户通过 Web 浏览器控制仪器。
- 关闭 VNC 操作时，网页控制功能失效。

2) FTP 状态

打开 FTP 状态，用户可以通过免费软件 FileZilla 将信号发生器的“Local”文件夹中的文件下载到个人电脑上，也可以将文件从个人电脑上传到信号发生器的“Local”文件夹中。您可以查看应用实例“使用 FTP (LAN) 下载/上传文件”。

3) 主机名

设置主机名。当上位机与射频信号源处于同一网段时,可使用“http://主机名.local”登录 VNC。

4) 网络密码设置

点击 **网络密码设置** 按钮,可以进入 VNC 网页登录密码的设置界面。您可以修改密码,或者重置为默认密码:

- 修改密码:在 **当前密码** 中输入当前密码,在 **新密码** 中输入新密码,并在 **确认密码** 中再次输入新密码即可使新密码生效。
- 重置为默认密码:点击 **重置为默认密码** 按钮可以重置密码为默认密码“siglent”。

3. GPIB 设置

设置 GPIB 端口号,端口号范围为 1-30。您需要使用鼎阳的 USB-GPIB 适配器连接到射频信号源的 USB 接口,以把仪器的 USB 接口扩展成 GPIB 接口。

8.8.1.4 自测试

您可以在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键,然后在 **系统** 中点击 **自测试** 按钮进入系统的自测试界面。

射频信号源的自测试包括 LCD 测试、按键测试、点亮测试、板级测试和触摸屏测试。

1. LCD 测试

提供屏幕上红、绿、蓝三种颜色测试,检测屏幕是否存在坏点。

操作:按 **7** 改变屏幕颜色,按 **8** 或屏幕右上角的按钮退出测试。

2. 按键测试

测试信号源前面板的按键是否损坏或功能异常。

操作:依次按下前面板的功能按键,观察用户界面上对应的按键颜色是否变为蓝色,如未变为蓝色,表明按键有问题。连续按三次 **8** 或点击屏幕退出测试。

3. 点亮测试

检测 **MOD ON/OFF** 和 **RF ON/OFF** 的背景灯是否可以正常点亮和熄灭。

操作:按 **7** 键可以改变 **MOD ON/OFF** 和 **RF ON/OFF** 的背景灯状态,观察其背景灯是否会被依次点亮和熄灭,如果没有说明该键的背景灯有问题。按 **8** 或点击屏幕可退出测试。

4. 板级测试

测试 CPLD 及 FPGA 读写是否正常。

操作：点击 **板级测试** 按钮即可查看测试结果。按任意前面板按键退出测试。

5. 触摸屏测试

通过点击触摸屏上不同位置的白色圆点，验证触发屏感应是否正常。按 **8** 可退出测试。

8.8.1.5 关机

在触摸屏上向右滑动  滑块，将关闭射频源。

点击 **取消** 按钮将退出关机界面。

8.8.1.6 复位

点击该按钮可根据重置类型复位射频信号源的参数设置。

8.8.1.7 升级

点击该按钮可打开射频信号源的文件浏览器，您可以选择升级文件并点击 **加载** 按钮来对射频信号源进行软件升级。点击 **加载** 按钮后，用户界面将弹出升级进度条。若升级成功，信号源将会重启，若升级失败，用户界面将弹出提示。

8.8.1.8 许可证

您可以在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键，然后在 **系统** 中点击 **许可证** 按钮进入系统的许可证列表及安装界面。

在许可证列表中您可以看到射频信号源的选件安装状态。许可证列表由选件名称、许可证类型和剩余次数组成：

选件名称	许可证类型	剩余次数
SSG5000X_F60	永久	--
SSG5000XV_B150	永久	--
SSG5000X-PT	临时	0
SSG5000XV-IOT	临时	30
10M_OCXO_L	永久	--
SigIQPro-OFDM	临时	27
SigIQPro-BT	临时	30
SigIQPro-IOT	临时	30

- 许可证类型分为永久和临时两种，永久许可证表示该选件已经被安装，可以无限制使用。临时许可证表示该选件没有被安装，只能试用若干次。

- 当临时许可证的剩余次数为 0 时，该 SSG5000X/X-V 的选件将不可用。若您需要继续使用该选件，请进行安装。

SSG5000X-V 的选件类型请查看数据手册。其中 10M_OCXO_L 为高精度时钟参考源选件，需出厂确认是否需要安装。

当安装选件时，您需要点击 **安装** 中的下拉框选择需要安装的选件，然后点击 **扫描 U 盘** 按钮扫描 U 盘中的许可证文件安装选件，或者在输入框中输入许可证号，然后点击 **安装** 按钮完成安装。在正确安装许可证后，将弹出“激活码正确”等提示信息。若安装失败，将弹出“激活码错误”等提示信息。

8.8.1.9 帮助

您可以在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键，然后在 **系统** 中点击 **帮助** 按钮进入帮助页面。



图 8-10 系统帮助界面

在帮助页中，可通过点击下划线文字跳转到相关功能的帮助页面。点击图标  返回帮助主页，点击图标  输入关键字可在当前页面中搜索到与关键字相符的内容，点击图标  返回上一次的页面，点击图标  返回之前的页面。

8.8.1.10 联系我们

显示 SIGLENT 的联系方式。以便在使用中遇到问题时可以联系我们。

8.8.2 文件管理

在主页点击 **UTILITY** 模块或者按 **UTILITY** 按键，然后点击 **文件** > **保存/调用** 进入文件管理页。



图 8-11 文件管理界面

在文件管理页中，顶栏显示当前选择的**路径、文件夹或文件**，以及 Local 路径或 U 盘中已用内存和可用内存的大小。界面中间显示文件列表，您可以通过点击触摸屏来选择文件、折叠或展开文件夹，也可以使用上下键选择文件、左右键折叠或展开文件夹。界面底栏显示操作按钮，具体操作如下：

1. 文件类型

点击菜单中的 **文件类型** 按钮，可以切换界面显示某种类型的文件。可切换的文件类型包括：所有文件（All）、状态文件（State）和升级文件（Update）。

表 8-3 射频信号源的文件类型

文件类型	文件后缀	文件描述
所有文件	LSW	扫描列表文件
	UFLT	平坦度校正文件
	PULSTRN	脉冲序列文件
	ARB	I/Q 调制的波形段文件
	MARKER	I/Q 调制的波形段标记文件

		SEQ	I/Q 调制的波形序列文件
		SHEADER	I/Q 调制的波形序列头文件
		STREAM	I/Q Stream 调制的波形文件
		MULSTATE	I/Q 调制的多音文件
		UDATA	I/Q 调制的 PN 序列文件
		MAP	I/Q 调制的星座图文件
		ML	I/Q 调制的 ARB 多载波列表文件
		DAC	参考校正的参考振荡器码字文件
		TAR.GZ	系统日志文件
		TXT	功率计日志文件
	状态文件	XML	系统状态文件
	升级文件	CFG	系统配置文件
		ADS	系统升级文件

2. 加载

当选择 **文件类型** 为状态文件（State）时可以加载状态文件，或者打开文件夹。

3. 保存

当选择 **文件类型** 为状态文件（State）时可以保存状态文件。

4. 删除

可以删除当前所选的文件或文件夹。

5. 创建文件夹

可以新建一个文件夹。

6. 重命名

可以更改当前所选文件或文件夹的名称。

7. 复制

复制当前所选的文件或文件夹。

8. 粘贴

执行复制操作后，粘贴复制的文件或文件夹到目标存储器。

8.9 快捷键

射频信号源前面板有一些快捷键，可快速执行特定的功能。这些快捷键包括：

表 8-4 射频信号源快捷键

快捷键	功能
PRESET	快速复位
HOME	一键返回主页
ESC/Close	退出编辑或远程模式
Trigger	执行按键触发
MOD ON/OFF	调制总开关
RF ON/OFF	射频输出总开关

8.9.1 PRESET

根据复位类型，将系统设置恢复到指定的状态。

要点说明：

- 复位类型可通过 **UTILITY** > **设置** > **复位类型** 设置，您可以选择“默认”或者“用户”。当选择复位类型为“用户”时，您需要选择复位的状态文件。
- 按 **Preset** 键，仪器将调用默认设置或者用户设置。默认设置如下表所示。

表 8-5 默认设置

参数名称	参数值
RF	
RF 开关	关
频率	
频率	6 GHz
频率偏移	0 Hz
相位偏移	0 deg

幅度	
幅度	-130 dBm
幅度偏移	0 dB
ALC 状态	自动
平坦度	关
扫描	
扫描状态	关
扫描模式	连续
扫描方向	上
触发模式	自动
点触发模式	自动
触发沿	上升沿
步进扫描	
步进扫描状态	开
开始频率	6 GHz
结束频率	6 GHz
开始幅度	-130 dBm
结束幅度	-130 dBm
扫描点	11
间隔时间	30 ms
扫描方式	线性
扫描形状	锯齿波
列表扫描	
列表扫描状态	关
ANALOG MOD	

状态	关
调幅	
AM 状态	关
AM 源	内部
AM 波形	正弦波
AM 频率	1 kHz
调制深度	50 %
调频	
FM 状态	关
FM 源	内部源 1
FM 波形 1	正弦波
FM 调制频率 1	10 kHz
最大频偏 1	100 kHz
调相	
PM 状态	关
PM 源	内部
PM 波形	正弦波
PM 调制频率	10 kHz
最大相位偏移	1 rad
脉冲	
脉冲状态	关
脉冲源	内部
脉冲类型	单脉冲
脉冲周期	10 ms
脉冲宽度	2 ms

双脉冲延迟	4 ms
#2 脉冲宽度	2 ms
触发方式	自动
触发延迟	140 ns
触发沿	上升沿
触发极性	正相
触发输出	开
脉冲输出	关
脉冲输出极性	正相
LF	
LF 源	
LF 状态	关
LF 波形	正弦波
LF 频率	1 kHz
LF 电平	500 mVpp
LF 幅度偏移	0 uV
LF 相位	0 deg
LF 扫描	
扫描状态	关
开始频率	500 Hz
结束频率	1.5 kHz
中心频率	1 kHz
扫描宽度	1 kHz
扫描时间	1 s
扫描方向	向上

触发模式	自动
扫描形状	锯齿波
扫描方式	线性
IQ MOD	
状态	关
Custom	
Custom 状态	关
数据源	PN7
PN 种子 (Hex)	7F
符号率	1 MSps
符号长度	512
调制类型	16 QAM
格雷码	关
滤波器类型	根升余弦
滤波器 Alpha	0.35
滤波器长度	128
过采样倍数	2
ARB	
ARB 状态	关
波形选择	*NONE
ARB 设置	
采样时钟	2 MHz
调制器衰减类型	自动
调制衰减	3 dB
实时 AWGN 状态	关
输出选择	载波+噪声

功率控制模式	总功率
总功率	0 dBm
载波噪声比格式	C/N
载波噪声比	0 dB
载波带宽	1 Hz
白噪声带宽	1 Hz
调制滤波器	无
基带频率偏置	关
多载波设置	
波形名称	MULTICARRIER
功率参考	峰值
载波列表	SINE_WAVE,0,0,0
信号周期模式	LCM
标识设置	
标识编号	1
输出标识	1
标识极性	反相
脉冲/RF 消隐	关闭
标识延迟	0 us
标识点设置	1,1,0
波形设置	
波形段选择	*NONE
缩放	100 %
削减类型	I+jQ
I+jQ 削减至	100 %

触发设置	
触发类型	连续
连续模式	自由播放
I/Q 设置	
I/Q 调制状态	关
I/Q 源	内部
补偿通道	RF
I/Q 调节	开
增益平衡	0 dB
I 偏置	0 %
Q 偏置	0 %
正交相位调节	0 deg
I/Q 输出	关
I/Q 输出衰减	0 dB
I/Q 输出增益平衡	0 dB
I 输出偏置	0 uV
Q 输出增益	0 uV
I/Q 共模偏置	0 uV
I/Q 交换	关
Stream	
Stream 状态	关
选择 Stream 文件	*NONE
Stream 设置	
采样时钟	2 MHz
调制器衰减类型	自动

调制衰减	3 dB
基带频率偏置	关
IoT	
协议类型	ZigBee
触发类型	连续
连续模式	自由播放
标识 1	帧起始
标识 2	帧起始
ZigBee	
ZigBee 状态	关
过采样率	8
帧数	1
调制方式	O-QPSK
空闲间隔	100 us
频带	868 MHz
MAC FCS	开
MAC 帧类型	通用帧
MAC Header 状态	开
MAC Header	8821,01,1234,5678,4321,8765,,,
数据类型	PN9
PN 种子 (Hex)	1FF
数据长度	20 Octets
数据模式	截断
符号率偏差	0 ppm
载波频率偏移	0 Hz
Z-Wave	

Z-Wave 状态	关
过采样率	8
帧数	1
数据速率	R1-9.6 kbps
调制方式	FSK
空闲间隔	100 us
斜坡符号数	10
斜坡符号类型	First/Last
前导码长度	10 Octets
帧起始 (Hex)	F0
MAC Header 开关	开
MAC Header	12345678,01,3412,2A,01,01
数据类型	PN9
PN 种子 (Hex)	1FF
数据长度	32 Octets
数据模式	截断
MAC FCS	开
帧尾定界符	开
符号率偏差	0 ppm
载波频率偏移	0 Hz
频偏缩放	100%
Gaussian BT	0.6
多音	
多音状态	关
多音个数	2

单边	关
采样率	2 MHz
频率间隔	1 MHz
AWGN	
AWGN 状态	关
带宽	10 MHz

8.9.2 HOME

任意菜单下按 **HOME** 键均可快速返回主界面。

8.9.3 ESC/Close

该快捷键有以下功能：

- 按此键可以将仪器从远程控制切换为手动控制。
- 参数编辑过程中，按此键可以清除输入并退出参数编辑模式。
- 在包含“ESC”按钮的对话框中，按此键将关闭对话框。
- 退出当前菜单并返回上一个菜单。

8.9.4 Trigger

- 当射频扫描的触发方式为按键触发时，按下一次该键，触发一次扫描。
- 当射频扫描的点触发方式为按键触发时，按下一次该键，触发一次点扫描。
- 当脉冲调制的触发方式为按键触发时，按下一次该键，触发一次脉冲调制。
- 当 LF 扫描的触发方式为按键触发时，按下一次该键，触发一次 LF 扫描。
- 当 IQ 调制的触发方式为按键触发时，按下一次该键，触发一次 IQ 调制。

8.9.5 MOD ON/OFF

按下该键打开 RF 调制，按键背光亮，用户界面状态栏中 MOD 标识由灰色变为蓝色。再次按下该键关闭所有调制，按键背光熄灭，用户界面状态栏中 MOD 标识由蓝色变为灰色。

8.9.6 RF ON/OFF

按下该键打开 RF 输出，按键背光亮，用户界面状态栏中 RF 标识由灰色变为蓝色。再次按下该键关闭 RF 输出，按键背光熄灭，用户界面状态栏中 RF 标识由蓝色变为灰色。

8.10 Custom 调制

Custom IQ 的调制类型包括 QAM、ASK、PSK、FSK 和 MSK 调制，您还可以自定义 IQ 数据进行调制。

8.10.1 Custom 状态

按 **I/Q** > **Custom** > **Custom 状态**，可以打开或者关闭 Custom 调制。

8.10.2 数据源

按 **I/Q** > **Custom** > **数据源**，可以进入 Custom 调制的数据源设置。数据源设置 IQ 调制波的符号数据。

8.10.2.1 数据源

选择要调制的数据源码型，可选项：PN7 | PN9 | PN15 | PN23 | 自定义，默认选择 PN7。

- PN7 | PN9 | PN15 | PN23

当选择“PN7 | PN9 | PN15 | PN23”作为数据源类型时，软件自动生成数据源位。

- 自定义

当选择“自定义”作为数据源类型时，会出现 **自定义数据** 按钮，点击自定义数据按钮，可进入自定义数据的编辑页。

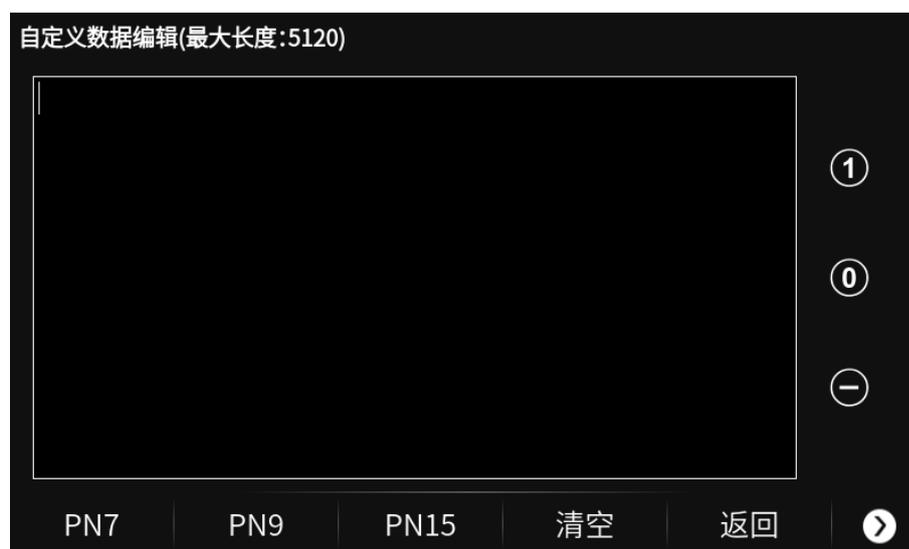


图 8-12 伪随机码编辑界面

如上图所示，自定义数据的编辑页由表格区域、右侧的操作按钮和底部的菜单组成。

- 1) 点击按钮  输入数据 1。
- 2) 点击按钮  输入数据 0。
- 3) 点击按钮  删除当前光标处的数据。
- 4) 数据编辑: 选择编辑位置后, 可通过触摸屏按键或前面板键盘输入数字 0 和 1, 或者进行删除。
- 5) 点击 **PN7** 或 **PN9** 或 **PN15** 按钮, 可以选择 PN7 或 PN9 或 PN15 填充用户数据, 并可进行下一步的编辑修改。
- 6) 点击 **清空** 按钮可清空当前用户编辑的数据。
- 7) 点击 **返回** 按钮可返回上一级菜单。
- 8) 点击  > **加载** 按钮可以选择并加载 UDATA 文件。
- 9) 点击  > **保存** 按钮可以保存当前用户编辑的数据至 UDATA 文件。

8.10.2.2 PN 种子 (Hex)

当选择“PN7 | PN9 | PN15 | PN23”作为数据源类型时, 您可以设置 PN 种子, 数值以十六进制显示。

范围: PN7: 0 ~ 7F, PN9: 0 ~ 1FF, PN15: 0 ~ 7FFF, PN23: 0 ~ 7FFFFFFF。

默认值: PN7: 7F, PN9: 1FF, PN15: 7FFF, PN23: 7FFFFFFF。

8.10.2.3 符号率

设置 IQ 调制波的符号速率 (每秒符号数)。

范围: (1000/过采样) ~ (240000000/过采样) Sps 或 120 MSps, 以较低者为准。默认值 1 MSps。

8.10.2.4 符号长度

设置 IQ 调制波的符号长度。

范围: 100 ~ 100000, 默认值 512。

8.10.2.5 位/符号

显示一个调制符号中包含的位数。该参数是只读的, 不可设置。

8.10.3 调制设置

按 **I/Q** > **Custom** > **调制设置**，可以进入 Custom 的调制设置。

8.10.3.1 调制类型

调制类型可以选择 QAM | ASK | PSK | MFSK | 自定义，默认选择 QAM。

- QAM

在 QAM 类别中选择要进行调制的类型。

可选项：16QAM | 32QAM | 64QAM | 128QAM | 256QAM | 512QAM | 1024QAM，默认选择 16QAM。

- ASK

在 ASK 类别中选择要进行调制的类型。

可选项：2ASK | 4ASK | 8ASK | 16ASK，默认选择 2ASK。

- PSK

在 PSK 类别中选择要进行调制的类型。

可选项：BPSK | QPSK | 8PSK | DBPSK | DQPSK | D8PSK | OQPSK | PI/4-DQPSK | PI/8-D8PSK，默认选择 BPSK。

- MFSK

在 MFSK 类别中选择要进行调制的类型。

可选项：2FSK | 4FSK | 8FSK | 16FSK | MSK，默认选择 2FSK。

- 自定义

当选择“自定义”作为调制类型时，用户可以自定义编辑 IQ 数据，具体请查看“自定义 IQ 数据”。

8.10.3.2 自定义 IQ 数据

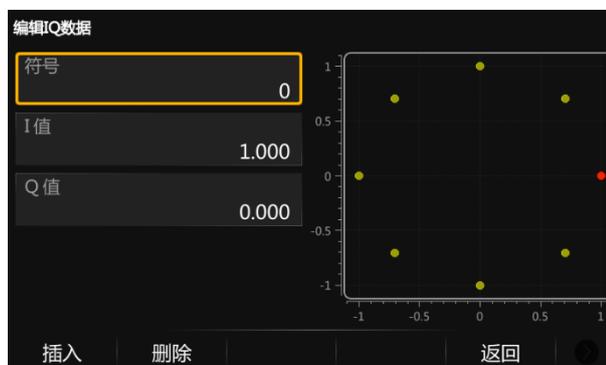
当选择“自定义”作为调制类型时，会出现 **自定义设置** 按钮，点击 **自定义设置** 按钮，您可以进入自定义 IQ 数据的编辑页。



图 8-13 自定义 IQ 数据设置界面

如上图所示, 自定义 IQ 数据的编辑页由 IQ 数据列表和底部的菜单组成, 其中 IQ 数据列表由符号、I 值和 Q 值组成。

- 1) 点击 **插入** 可在当前选定的行之前插入一行, 新插入的数据行将复制当前选定的行。
- 2) 点击 **删除** 可删除当前选中行。
- 3) 点击 **清空** 会清空当前用户编辑的数据, 并复默认数据 (2ASK)。
- 4) 点击 **导入** 会导入 2ASK / 16QAM / 32QAM / 64QAM / 128QAM / 256QAM / 512QAM / BPSK / QPSK / 8PSK 的 IQ 数据。
- 5) 点击 **返回** 可返回上一级菜单。
- 6) 点击 **➤** > **加载** 可以选择并加载 MAP 文件。
- 7) 点击 **➤** > **保存** 可以保存当前用户编辑的 IQ 数据至 MAP 文件。
- 8) 点击 **➤** > **星座图** 可以打开星座图并编辑 IQ 数据。星座图编辑页如下:



如上图所示:

- 页面左侧为编辑区，显示当前选中的符号数和 I/Q 值；
- 页面右侧为星座图，红点为当前选中点，可通过触摸屏选中和移动符号；
- 页面下方为操作按钮，可插入或删除符号。

注：编辑星座点的时候，点数必须是 2 的幂数，否则点击“更新”按钮会出现错误提示。

8.10.3.3 格雷码

当选择调制类型为 QAM | ASK | PSK | 自定义时，可以设置打开或关闭 IQ 数据的格雷码，默认为关闭状态。

8.10.3.4 FSK 频偏

当选择调制类型为 2FSK | 4FSK | 8FSK | 16FSK 时，会显示 **FSK 频偏** 输入栏。

FSK 频偏用来设置 FSK 调制类型的频率偏移，单位赫兹 (Hz)。

可设范围：0 ~ 0.8 * Symbol Rate * OverSampling，默认为 600 kHz。

8.10.4 滤波器设置

按 **I/Q** > **Custom** > **滤波器设置**，可以进入 Custom 调制的滤波器设置。

8.10.4.1 滤波器类型

设置当前调制的滤波器类型。

可选项：升余弦 | 根升余弦 | 高斯 | 半正弦 | 无，默认为根升余弦。

注：对于半正弦 (HalfSine) 滤波器，只支持 OQPSK 调制模式。

8.10.4.2 滤波器 Alpha/BT

设置滤波器的 Alpha 因子 (对于高斯滤波器，是 BT 参数)。

范围：0.01 ~ 1，默认值：0.35。

高斯滤波器的 BT 系数可设范围：0.1 ~ 1，默认值：0.5。

8.10.4.3 滤波器长度

设置滤波器的符号长度。

范围：1 ~ 512，默认值：128。

8.10.4.4 过采样倍数

设置波形的过采样倍数。波形采样率由符号率和过采样倍数确定。

范围：2 ~ 32，默认值：2。

注：

- 对于 OQPSK 调制模式，过采样率必须是偶数。
- 对于半正弦（HalfSine）滤波器，过采样率必须大于等于 8。

8.10.5 更新

根据当前的设置重新生成波形数据。

注：若更新按钮闪烁，表示当前设置已改变或更新失败。若当前设置已改变，需要点击更新按钮重新生成波形数据；若更新失败，需要修改不正确的调制参数后再点击更新按钮。

8.10.6 保存波形

点击 **保存波形** 按钮，可以把当前的 Custom 设置保存至*.arb 文件中。

8.11 ARB 调制

8.11.1 ARB 状态

按 **I/Q** > **ARB** > **ARB 状态**，可以打开或者关闭 ARB 调制。

8.11.2 波形选择

按 **I/Q** > **ARB** > **波形选择**，可以进入易失性波形段及波形序列目录，选择需要播放的波形段或波形序列。

SSG5000X-V 的波形段或波形序列存储器分为两种：

- 易失性存储器，是一种基带发生器(BBG)存储介质，可以从这一存储介质中选择播放或编辑波形文件。
- 非易失性存储器，是一种内部 (int) 存储介质或外部 (USB) 存储介质，可以在其中存储波形文件，但不能直接播放非易失性存储器中储存的波形文件。

注：对于存储在非易失性存储器中的大小不超过 32 MSa 的波形文件，可以通过按 **I/Q** > **ARB** > **波形段** > **加载**，或者 **I/Q** > **ARB** > **波形序列** > **加载**，把波形从非易失性存储器加载至易失性存储器。

8.11.3 波形段

按 **I/Q** > **ARB** > **波形段**，进入易失性波形文件目录。波形段必须存于易失性存储介质中，才能被播放、编辑或被包括在一个序列中。



图 8-14 易失性波形文件目录

如上图所示，易失性波形文件目录界面包括波形段列表和底部的操作按钮，其中波形段列表包括波形名称和波形段点数。

1. 加载

将非易失性存储器里的波形段文件 (*.arb) 加载至易失性存储器，加载成功后波形段列表会添加该波形段的名称及点数。

此时可以选择播放该波形段了：

- 1) 按 **I/Q** > **ARB** > **波形选择**，选择需要播放的波形段；
- 2) 打开 **ARB 状态** 开关；
- 3) 在主页面打开 **I/Q MOD** 模块开关，或者按 **MOD ON/OFF** 键；
- 4) 配置 RF 输出。

此时信号发生器的 [RF OUTPUT 50Ω] 连接器输出由波形段调制的载波。

2. 保存

将易失性存储器中的波形文件存储到非易失性存储器中。可以选择重命名该波形段。

3. 删除

从易失性存储器中删除该波形段。此时在 **波形选择** 中不可以选择播放该波形段了。

4. 重命名

重命名选择的波形段。

5. 清空

清除波形段列表中的所有文件。

8.11.4 波形序列

8.11.4.1 波形序列基本概念

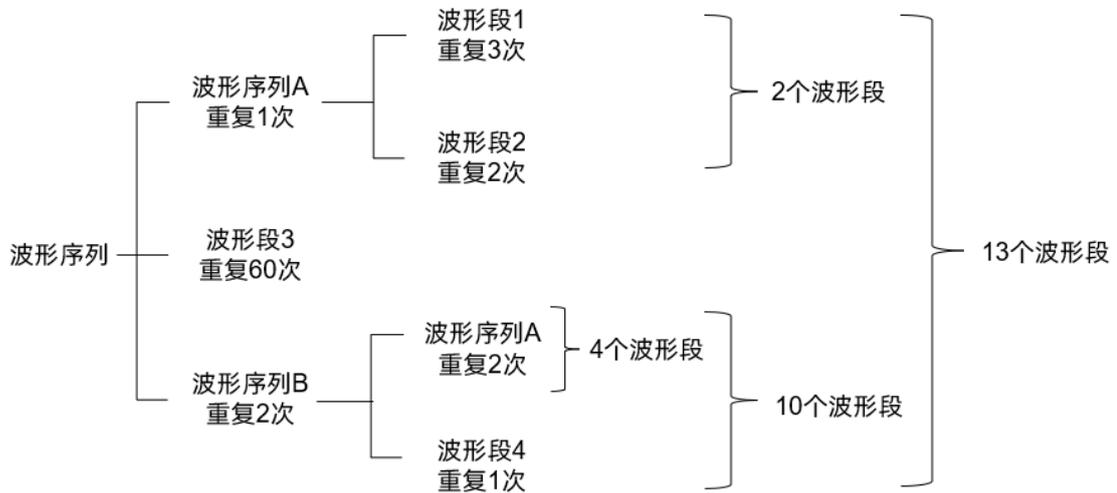
波形序列可以包含一个或者多个波形段，或者波形段和其他波形序列之间的自由组合。由于波形序列保存的是指向波形段或者嵌套序列的指针，所以占用的内存较小。在播放波形序列时，信号发生器会将波形段进行拼接，然后加载到 DDR3 中进行播放。

一个波形序列中最多可以包含 1024 个波形段，并可以同时包括波形段和其它序列（嵌套序列）。可

以设置包含在波形序列中的波形段或者序列的重复次数：

- 每个波形段最多可以重复 65535 次，且只当做一个波形段计数；
- 每个序列的重复都当做额外的波形段计数。

如下图所示：



如果一个波形序列包含了 24 个波形段以及一个有 10 个波形段的嵌套序列，那么这个嵌套序列最多只能重复 $(1024-24) / 10=100$ 次。

8.11.4.2 波形序列操作

按 $\boxed{I/Q}$ > **ARB** > **波形序列**，进入波形序列文件目录。



图 8-15 波形序列文件目录

如上图所示，波形序列文件目录界面包括序列列表和底部的操作按钮，其中序列列表会显示已创建的波形序列，包括序列名称和序列大小。

用户可以对已有的波形序列进行编辑，也可以创建新的波形序列。

1. 创建

创建波形序列的所有操作都可以通过波形发生器的触摸屏实现：

- 可以点击添加左侧的波形段或者波形序列；
- 在右侧波形序列的组成列表中改变波形段或者序列的重复次数；
- 点击波形段或者波形序列的 Marker 值，以修改开/关标记；
- 点击底部的操作按钮，进行删除、插入、清空和保存操作；
- 当编辑完成所需的波形序列之后，点击保存并命名，便完成波形序列的创建。

注：只有易失性存储器中的波形段才可添加进波形序列。



2. 重命名

重命名选择的波形序列。

3. 删除

从序列列表中删除波形序列。此时在 **波形选择** 中不可以选择播放该波形序列了。

4. 编辑

对于序列列表中的波形序列，可以点击 **编辑** 按钮，修改波形序列的波形、波形重复次数和标记。

5. 加载

将非易失性存储器里的波形序列文件 (*.SEQ) 加载至波形序列列表。

8.11.4.3 播放波形序列

创建序列后，您可以选择播放该序列：

- 1) 按 **I/Q** > **ARB** > **波形选择**，选择需要播放的波形序列，
- 2) 打开 **ARB 状态** 开关，
- 3) 在主页面打开 **I/Q MOD** 模块开关，或者按 **MOD ON/OFF** 键，
- 4) 配置 RF 输出，

此时信号发生器的 **[RF OUTPUT 50Ω]** 连接器输出由波形序列调制的载波。

8.11.5 ARB 设置

按 **I/Q** > **ARB** > **ARB 设置**，进入 ARB 设置界面。波形发生器支持对任意波进行多种多样的设置，以满足更广泛的应用需求。

8.11.5.1 采样时钟

设置任意波的采样率，最大不超过 240 MHz。

8.11.5.2 调制衰减

用户可以调整进入 IQ 调制器前的 I 和 Q 两路数据信号的幅度。当 **调制器衰减类型** 设置为手动时，波形发生器可设置合适的调制衰减值以获得最佳的 ACPR 特性。

- 当 **调制器衰减类型** 设置为自动时，调制衰减值为 3 dB。
- 当 **调制器衰减类型** 设置为手动时，调制衰减值可设置为 0 ~ 20 dB。

8.11.5.3 实时 AWGN

按 **I/Q** > **ARB** > **ARB 设置** > **实时 AWGN** 进入 AWGN（加性高斯白噪声，Additive White Gaussian Noise）设置界面。开启该功能后，SSG5000X-V 可以在 ARB 播放调制波形的同时，实时向载波信号添加高斯白噪声。



图 8-16 实时 AWGN 设置界面

8.11.5.3.1 输出选择

设置 RF 输出的类型，包括“载波 + 噪声”，“载波”和“噪声”。

- 载波+噪声：噪声和载波均从内部基带发生器输出。
- 载波：仅载波从内部基带发生器输出。
- 噪声：仅加性噪声从内部基带发生器输出。

在 ALC 关闭的情况下，此功能可独立于总功率直接测量载波或噪声贡献。

8.11.5.3.2 功率控制

设置载波和噪声的功率。

- 总功率：设置总功率，即载波功率与总噪声功率之和。载波功率和总噪声功率会随着任何噪声参数的调整而变化，以保持总功率和 C/N 为最后指定的值。
- 载波：设置载波功率。总功率和总噪声功率会随着任何噪声参数的调整而变化，以保持载波功率和 C/N 为其最后指定的值。
- 总噪声：设置总噪声功率。总功率和载波功率会随着任何噪声参数的调整而变化，以保持总噪声功率和 C/N 为最后指定的值。
- 通道噪声：设定信道噪声功率，即噪声在载波带宽内的积分功率。总功率、载波功率和总噪声功率会随着任何噪声参数的调整而变化，以保持总噪声功率和 C/N 为最后指定的值。

8.11.5.3.3 载波噪声比格式

选择载波噪声比 (C/N) 或接收端每比特能量与噪声功率密度之比 (Eb/No) 作为控制载波带宽内载波功率与噪声功率之比的变量。

两种格式的转换关系见公式：

$$C/N = Eb/No + 10 \log_{10} \frac{\text{bitRate}}{\text{CBW}}$$

当选择 Eb/No 时，会出现 **载波比特率** 设置，可用于计算 Eb/No 值。

8.11.5.3.4 载波带宽

对于选定的载噪比，载波功率和信道噪声功率是在载波带宽上进行积分计算的。通常，载波带宽 (CBW) 是载波的占用带宽。

8.11.5.3.5 白噪声带宽

实际的白噪声带宽 (NBW) 应该比载波带宽略宽 (通常为 1.6 倍)。占用带宽 = (1.25 * 白噪声带宽)。

8.11.5.4 调制滤波器

设置 ARB 波形是否通过滤波器。可选的滤波器类型包括“升余弦”、“根升余弦”、“高斯”、“半正弦”以及“无”，默认为“无”。

当选定了滤波器类型之后，还需要设置相应的滤波器的参数，最后点击 **更新** 按钮，滤波器设置便应用到 ARB 播放的波形之中。

此滤波器在 ARB 波形播放时应用，而不是在波形数据本身中应用。

8.11.5.5 基带频率偏置

可以对基带的频谱设置一个频率偏置，可设置的范围是-60 MHz ~ 60 MHz。

基带频率偏置的一些典型应用如下：

- 使载波偏离 LO 馈通（载波频率处的载波信号杂散），
- 将基带信号与外部 IQ 输入信号相加以创建多载波信号，
- 可以作为 IF 直接输出带频率偏置的基带信号。

8.11.6 多载波

本章节介绍有关任意波功能中生成多载波信号的背景信息以及所提供设置的影响。

按 **I/Q** > **ARB** > **多载波**，进入多载波的参数设置。

8.11.6.1 多载波功能介绍

为了模拟具有不同基带信号的复杂的多载波场景，SSG5000X-V 提供了生成多载波波形的功能。这些波形可由多达 100 个载波组成，每个载波由相同或不同的用户可选基带信号调制。使用该功能，用户可以创建由来自不同数字标准的信号组成的复杂多载波场景。

因为多载波文件是由任意波生成器处理的，所以在加载到 ARB 并由 ARB 播放之前，必须创建组合的波形文件。SSG5000X-V 将创建的多载波波形文件以用户可定义的名称存储，与单载波波形一样，使用的文件扩展名是*.arb。仪器将附加信息添加到组成的波形文件的头部。

创建多载波时，载波间距在总可用带宽内可调。组成的多载波信号的总射频带宽不得超过可用的射频带宽（参考数据手册）。每个载波可以根据功率、相位和调制输入信号分别定义，完成多载波的所有处理步骤后，仪器计算得出总信号的峰值和均方根功率，并将该值写入波形文件中。

8.11.6.2 波形名称

点击该选项可输入当前多载波名称，默认波形名称为“MULTICARRIER”。

8.11.6.3 功率参考

定义组合多载波信号中单个载波的功率调节方式。

1. 峰值

各载波根据其峰值功率和配置的载波增益进行功率调节。

例如多载波信号由两个波形文件组成：第一个载波增益为 0 dB，第二个载波增益为-3 dB，则在产生的多载波信号中，第二载波信号的峰值功率将比第一载波信号的峰值功率低 3 dB。

2. 均方根值

各载波根据其均方根功率和配置的载波增益进行功率调节。

例如多载波信号由两个波形文件组成：第一个载波增益为 0 dB，第二个载波增益为-3 dB，则在产生的多载波信号中，第二载波信号的均方根功率将比第一载波信号的均方根功率低 3 dB。

8.11.6.4 载波列表

点击该选项进入多载波列表设置界面，该页面包含各个载波的设置：

多载波列表：

载波	偏置频率	增益	相位	信息
SINE_WAVE	500.000000kHz	0.00 dB	0.00 deg	Info...
RAMP_WAVE	-500.000000kHz	-3.00 dB	0.00 deg	Info...

插入 删除 清空 辅助设置 返回

图 8-17 多载波设置界面

多载波以表格形式显示，行数与载波数相对应。

表格中每列参数代表单个载波的设置：

- 1) 载波：设置载波信号，从易失性存储器中选择波形段；
- 2) 偏置频率：设置载波相对于中心频率的偏置频率；
- 3) 增益：设置载波增益；
- 4) 相位：设置载波相位；
- 5) 信息：指示所选载波的名称、采样率、采样数和信号周期。

界面下方菜单栏中各个选项的功能：

- 1) 插入：在当前选定的行之前插入一个载波，新插入的载波将复制当前选定的载波；
- 2) 删除：从多载波列表中删除当前选择的载波；
- 3) 清空：清空多载波列表，只保留一个默认载波；
- 4) 辅助设置：点击进入多载波列表的辅助设置菜单，该菜单用于生成一个载波信号固定以及频率间距相等的多载波列表。该菜单包含以下设置项：
 - 波形选择：设置多载波列表中应用的载波信号，从易失性存储器中选择波形段，
 - 频率间隔：设置相邻载波的频率间距，
 - 载波数：设置载波个数，最多 100 个，
 - 应用：按照上述设置生成多载波列表，并会返回多载波列表设置界面，

- 5) 加载：选择并读取保存在非易失性存储器中的后缀名为*.ml的多载波列表设置文件；
- 6) 保存：输入文件名后完成当前多载波列表的保存，方便在需要的时候重新读取；
- 7) 返回：返回上级菜单。

8.11.6.5 信号周期模式

定义多载波波形的信号周期的计算方式。对于多载波表中的所有载波，都将用于计算信号周期。进入“载波列表”，点击“信息”一列中的“Info..”，可获取每个载波的采样率和文件长度数据的信息。

多载波的信号周期模式有：

- 最长文件：信号周期由载波列表中周期最长的波形文件定义，短于该周期的波形文件会周期性重复。
- 最短文件：信号周期由载波列表中周期最短的波形文件定义，长于该周期的波形文件只会保留该周期的一段波形。
- 最小公倍数：信号周期由载波列表中所有波形文件的周期的最小公倍数定义产生。
- 自定义：信号周期可在“信号周期”菜单中手动设置。短于该周期的波形文件会周期性重复，长于该周期的波形文件只会保留该周期的一段波形。

8.11.6.6 信号周期

该菜单显示当前多载波的信号周期，并且只有在 **信号周期模式** 为“自定义”时可设置。

8.11.6.7 采样率

该菜单根据载波列表的波形设置，显示当前多载波信号的采样率。

8.11.6.8 创建并加载

点击该按钮，将根据当前的设置创建多载波，并加载多载波到易失性存储器中，然后在 **波形选择** 中自动选择该多载波。

8.11.6.9 多载波创建流程

为创建多载波波形文件，可按以下步骤执行：

- 1) 在 **波形名称** 中为新建的多载波的命名；
- 2) 进入 **载波列表**，按需求添加各个载波，并配置相应的偏置频率、增益、相位等参数。也可使用“辅助设置”功能，一次性添加多个载波到载波列表中；

- 3) 设置多载波信号的 **功率参考** 和 **信号周期模式** ；
- 4) 最后点击 **创建并加载** ，新建的多载波将被添加到易失性存储器中，并被选择播放。

8.11.7 标识设置

本章节介绍有关波形标识的概念及使用方法。

按 **I/Q** > **ARB** > **标识设置** 进入标识设置菜单。

8.11.7.1 标识功能介绍

SSG5000X-V 为标记波形段的特定点提供了四个波形标识。您可以设置每个标识的极性和标识点（在单个采样点或一系列采样点上）。当信号发生器遇到激活的标识时，一个辅助信号将路由到后面板的 **[IQ_EVENT]** 连接器输出。

您可以使用辅助输出信号将另一台仪器与波形同步，或将其用作触发信号以在波形上的给定点开始测量。您还可以配置标记以启动 RF 消隐。

8.11.7.2 标识编号

选择当前要设置的波形标识，有四个标识 1、2、3、4 可供选择。

8.11.7.3 输出标识

选择要输出的标识，有四个标识 1、2、3、4 可供选择。后面板的 **[IQ_EVENT]** 连接器将按照当前选定的标识及相关设置输出对应的脉冲信号。

注：**[IQ_EVENT]** 连接器只能同时输出一个标识信号。

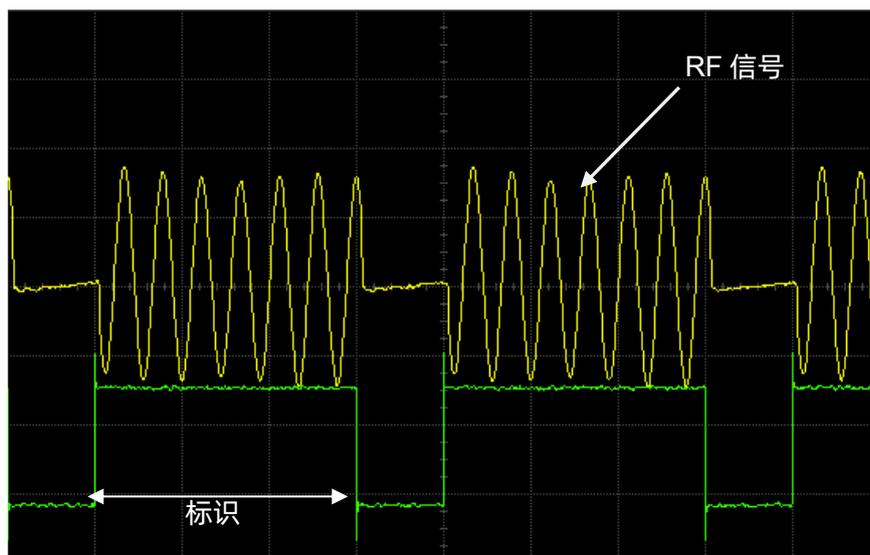
8.11.7.4 标识极性

默认为“反相”，点击下拉框切换标识极性。

- 正相：脉冲信号在标识点处输出高电平（3.3V）信号，在非标识点处输出低电平（0V）信号；
- 反相：脉冲信号在标识点处输出低电平（0V）信号，在非标识点处输出高电平（3.3V）信号。

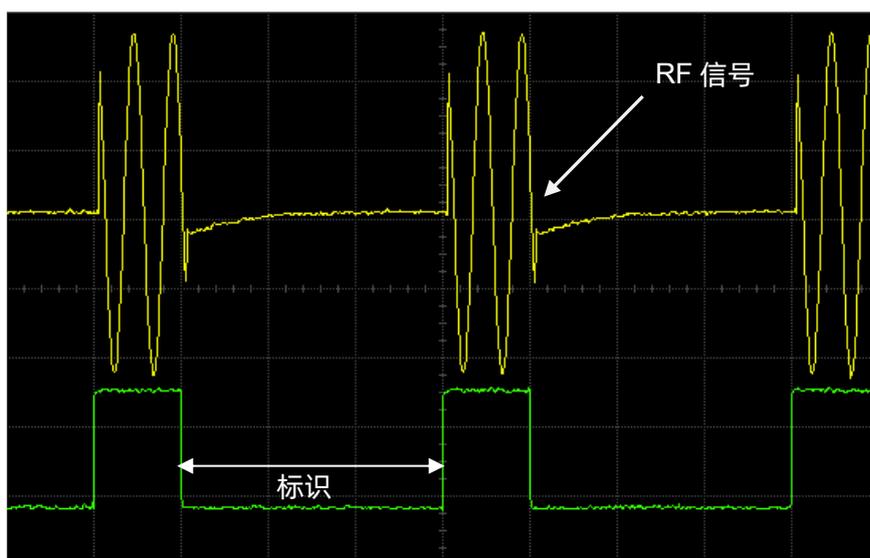
8.11.7.5 脉冲/RF 消隐

该选项打开时，在标识信号为低电平时，信号发生器将会隐去 RF 输出。下图为两个例子，说明当标识极性分别为正相、反相时，消隐对 RF 输出信号的影响。



标识极性 = 正相

当标记极性为正时，RF 输出在关闭标记点期间会被消隐。



标识极性 = 反相

当标记极性为负时，RF 输出在标记点开启期间会被消隐。

8.11.7.6 标识延迟

设置 **[IQ_EVENT]** 连接器输出的脉冲信号相对于 RF 信号的延迟时间。

延迟范围为-4000 ns 至 860 us，默认值为 0 us。

8.11.7.7 标识点设置

点击该选项进入标识点设置界面。



图 8-18 标识点设置界面

如图所示，标识点设置页由波形段选择区域、标识点设置区域以及菜单栏三部分组成。

1. 波形段选择区域

波形段选择区域列出当前易失性存储器中的所有波形段及其相应的采样点数，选中对应的波形段可在右侧标识点设置区域中进行标识点的设置。

2. 标识点设置区域

标识点的设置区域中，每行参数代表一个标识段的标识点设置：

- 第一个标识点：设置该标识段的第一个标识点对应的采样点。
- 最后一个标识点：设置该标识段的最后一个标识点对应的采样点(最后一个标识点的值必须小于等于波形中的点数，且大于等于第一个标识点的值)。
- 间隔：设置希望跳过的采样点数，这样会在标识段内每隔对应数量的采样点才输出一个标识点。

在设置标识点时，它们不会代替已经存在的点，而是会附加在现有点上。例如，在序号为 1 的标识段上，设置标识点为 1~30，在序号为 2 的标识段上设置标识点为 20~50，由这两个标识段组成的标识信号，在第 1 个采样点开始，第 50 个采样点结束。

3. 菜单栏

界面下方菜单栏中各个选项的功能：

- 添加：在当前选择的行之之前插入一行，新插入的数据将复制当前选择的行；
- 删除：从标识列表中删除当前选择的行；

- 清空：清空标识列表中所有的标识设置；
- 应用：使当前设置的标识列表生效，在标识列表设置完成后，必须点击“应用”选项，相应的标识才会输出；
- 显示：进入标识信号示意图页面；
- 返回：返回上级菜单。

标识信号示意图页面如下图所示：

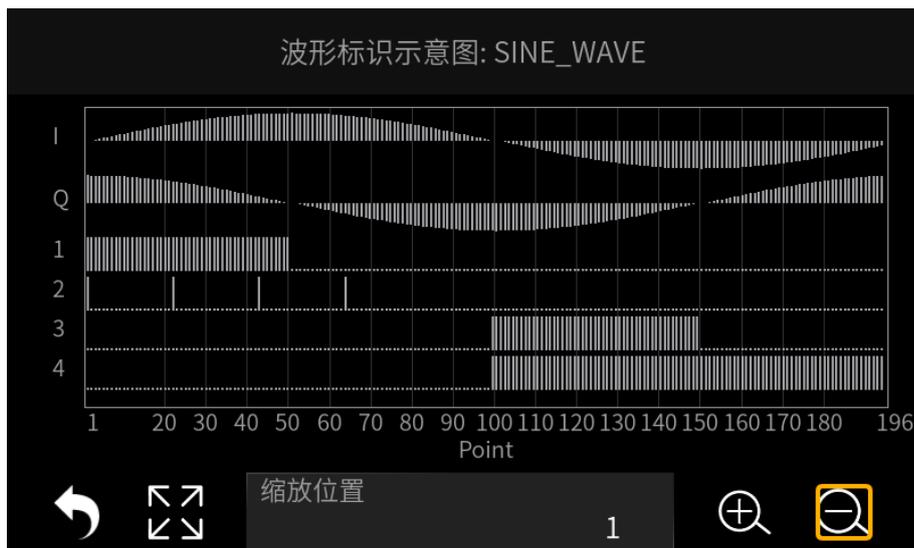


图 8-19 波形标识示意图

如图所示，该页由上方的绘图区和下方的控制区组成：

- 1) 绘图区：根据当前选择的波形段，以及四个标识点的标识设置生成的标识示意图。

Y 轴左侧 “I” 和 “Q” 代表当前波形段的 I 和 Q 两路的输出波形，“1”、“2”、“3”、“4” 代表 4 个标识点的标识设置；

示意图水平方向代表波形段的采样点和标识点，垂直方向代表输出信号的电平高低。

- 2) 控制区：

- 点击  按钮，返回上级菜单；
- 点击  按钮，将示意图恢复至初始状态；
- 点击  按钮，对示意图进行放大显示；
- 点击  按钮，对示意图进行缩小显示；
- “缩放位置” 设置示意图的起始采样点，缩放操作都基于该位置实现。

8.11.8 波形设置

按 **I/Q** > **ARB** > **波形设置**，进入波形段缩放和削减设置页面。

8.11.8.1 波形段选择

选择需要幅度缩放或削峰的波形段。只能从易失性存储器中选择波形段。

8.11.8.2 缩放

设置波形段的幅度缩放百分比。

信号发生器使用内插算法（在 I/Q 数据点之间采样）重建波形。对常用波形，这种内插可能会导致过冲，过冲可能会导致 DAC 超出范围的错误。此时，可以通过缩减 I/Q 数据幅度，消除该错误。

幅值缩放降低了基带波形的幅度，同时保持其基本形状和特点。但幅值缩放过度会破坏波形完整性。为实现最大精度及优化动态范围，波形幅值缩放的程度不得超过消除 DAC 超出范围错误所要求的程度。

8.11.8.3 削减

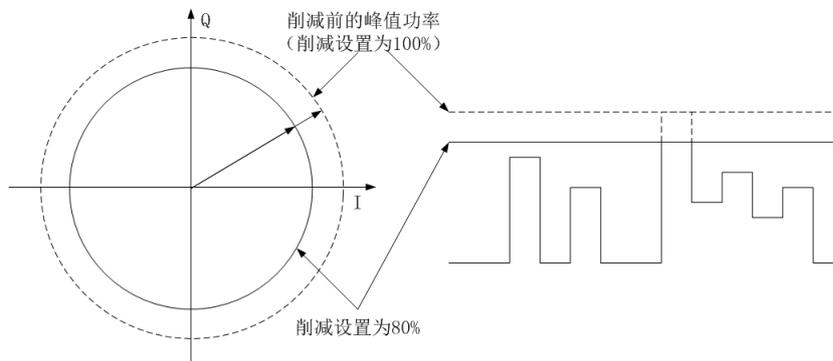
通过波形削减可以降低峰值平均功率比，减少频谱再生。削减通过把 I 数据和 Q 数据削减到最高峰值的选定百分比来限制波形功率峰值。

8.11.8.3.1 削减类型

信号发生器提供两种削峰方法：

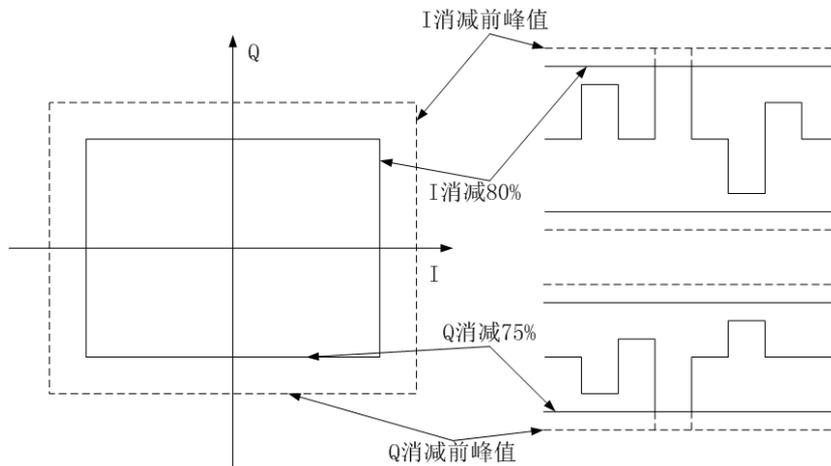
1. 圆形削峰

$|I+jQ|$ 削减应用到合成 I/Q 数据中(I 和 Q 数据同等削减)。削减电平对所有矢量相位恒定不变，在矢量表示中表现为一个圆。



2. 矩形削峰

$|I|, |Q|$ 削减独立应用在 I 数据和 Q 数据中。削减电平对 I 和 Q 不同，在矢量表示中表现为一个矩形。



8.11.8.3.2 削减值

- **|I+jQ| 削减至** 设置将 I/Q 信号模值 (即 $\sqrt{I^2 + Q^2}$) 削减到峰值的百分比。
- **|I| 削减至** 设置将 I/Q 信号的 I 路信号削减到 I 路信号峰值的百分比。
- **|Q| 削减至** 设置将 I/Q 信号的 Q 路信号削减到 Q 路信号峰值的百分比。

8.11.8.4 应用到当前波形

点击“应用到当前波形”按钮，以使波形缩放或削峰生效。

注：点击“应用到当前波形”按钮后，波形缩放或削峰是不可逆的，不能恢复幅值缩放或削峰操作中丢失的任何数据。在应用幅值缩放或削峰前应保存波形文件拷贝。

8.11.8.5 显示 CCDF

进行削峰前后，可以点击“显示 CCDF”按钮以显示波形段的互补累积分配曲线。

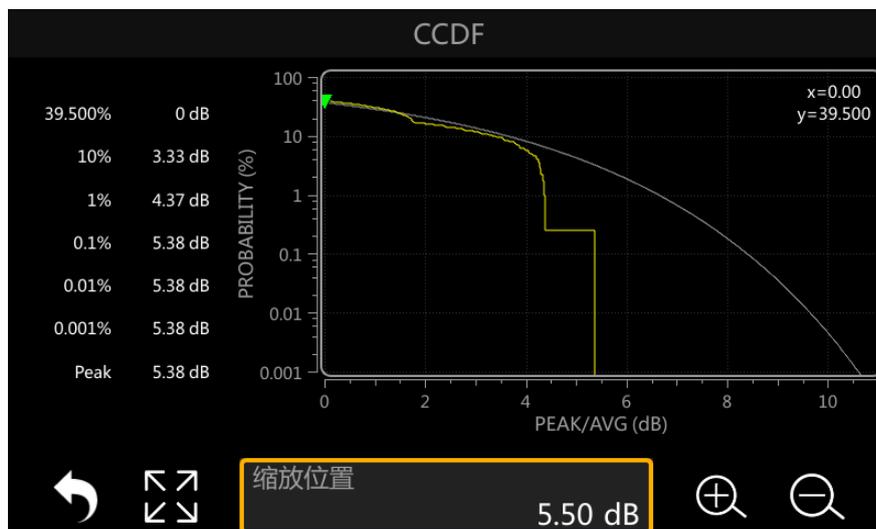


图 8-20 CCDF 示意图

如上图所示，CCDF 图显示页面由上方的绘图区和下方的控制区两部分组成。

1. 绘图区

根据选择的波形段绘制互补累积分配曲线：

- 垂直方向代表概率，水平方向代表相对均值功率的倍数（单位为 dB）；
- 黄色曲线为波形段的当前 CCDF 曲线，灰色曲线为 CCDF 的基准线。

2. 控制区

可对互补累积分配曲线进行放大、缩小等操作以便于观察对比：

- 点击  按钮，可返回上级菜单；
- 点击  按钮，可将互补累积分配曲线图恢复至初始状态；
- “缩放位置”设置当前 CCDF 图的中心位置；
- 点击  按钮，可对 CCDF 图以中心位置为基准进行放大显示；
- 点击  按钮，可对 CCDF 图以中心位置为基准进行缩小显示；

8.11.9 触发

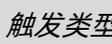
按  >  > ，进入触发设置菜单。触发控制着信号发生器何时发送调制信号。

8.11.9.1 触发类型

触发类型可设置为连续、单次、段提前或门选通，默认为连续。

- 连续模式：使信号发生器能够无限重复调制信号，直到您关闭信号，或者更改触发类型或连续触发模式，或者选择播放其他波形。
- 单次模式：波形在收到触发信号后播放一次。
- 段提前触发模式：仅在触发时播放序列中的波形段。触发源控制着波形段之间的播放，忽略段重复。在最后一个波形段循环中收到的触发会播放到序列中的第一个波形段。
- 门选通模式：只能接收外部触发源，可选高电平或者低电平选通。波形在选通状态下播放，在非选通状态下停止。

8.11.9.2 连续触发模式

当选择  为“连续”时，可以点击  设置连续触发模式为自由播放、触发&播放，或者复位&播放，默认为自由播放。

- 自由播放：立即触发和播放波形，波形的播放是连续的，忽略后续触发。
- 触发&播放：在收到触发时开始连续播放波形，忽略后续触发。
- 复位&播放：在收到触发时开始连续播放波形，若有后续触发会重启波形。

8.11.9.3 单次触发模式

当选择 **触发类型** 为“单次”时，可以点击 **单次模式** 设置单次触发模式为忽略重触发、触发缓冲或触发重启，默认为忽略重触发。

- 忽略重触发：播放波形一次，在播放波形时忽略收到的触发。
- 触发缓冲：在播放波形时若收到触发信号，当前波形播放结束时，将再一次播放波形。
- 触发重启：在播放波形时若收到触发信号，将立即重启波形，重新播放一次。

8.11.9.4 段提前触发模式

当选择 **触发类型** 为“段提前”时，可以点击 **段模式** 设置段提前触发模式为单次或连续，默认为单次。

- 单次：收到触发信号后，播放序列中的第一个波形段一次，忽略重复设置，然后停止播放波形，等待触发；收到触发信号后，再播放序列中的第二个波形段一次；然后按上述步骤依次播放序列中的下一个波形段一次，直到最后一段完成然后重头开始循环。

如果在播放波形段时收到触发，会播放该波形段直到完成，然后进入下一个波形段，播放该波形段直到完成。

- 连续：连续播放序列中的第一个波形段，直到波形收到另一个触发，开始连续播放序列中的第二个波形段，直到最后一段完成然后重头开始循环。

如果在播放波形段时收到触发，会播放该波形段直到完成。然后进入下一个波形段，连续播放该波形段。

8.11.9.5 门选通触发模式

当选择 **触发类型** 为“门选通”时，可以点击 **门选通模式** 设置门选通触发模式为低电平有效或高电平有效，默认为低电平有效。波形在触发源激活期间播放，在非激活期间停止。

8.11.9.6 触发源

触发源可设置为按键、总线或外部。

- 按键：每按一次前面板 **Trigger** 键或者触摸屏上的 **触发** 按钮，信号源就产生一个触发信

号。

- 总线：每发送一次“*TRG”命令，信号源就产生一个触发信号。
- 外部：信号源接收从仪器后面板的 [PATTERN_TRIG] 连接器输入的外部触发信号。

注：连续“自由播放”触发，或门选通触发时没有“触发源”设置项。

8.11.9.7 外触发极性

当设置触发源为“外部”时，可设置外触发极性为正相或反相。

- 正相：信号发生器在触发信号上升沿响应。
- 反相：信号发生器在触发信号下降沿响应。

8.11.9.8 触发延迟

当设置触发源为“外部”时，可以设置触发延迟，表示从接收到外部触发信号开始到触发生效的延迟。

可设置 **延迟类型** 为关闭、时间或采样点。

- 关闭：关闭触发延迟。
- 时间：根据延迟时间设置触发延迟，可通过 **延迟时间** 按钮设置。
- 采样点：根据延迟采样点数设置触发延迟，可通过 **延迟采样点数** 按钮设置。其中：

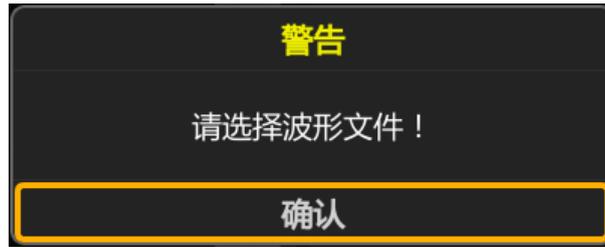
$$\text{延迟时间} = \text{延迟采样点数} / \text{采样率}$$

注：在初始选择触发模式时或从一种触发模式切换为另一种触发模式时，可能会丢失 RF 输出上的载波信号，直到触发调制信号。这是因为信号发生器在第一个触发事件前把 I 和 Q 信号设为 0 V。

8.11.10 波形头文件

在 **I/Q** > **ARB** > **波形选择** 中选择波形段或波形序列后，点击 **波形头文件** 按钮，可进入波形头文件设置界面。

注：当 **波形选择** 中没有选择波形段或波形序列，即选择*NONE 时，无法进入波形头文件设置界面。此时用户界面会弹出提示：



8.11.10.1 波形头文件功能介绍

对一定的波形，可以在头文件中保存信号发生器的设置和参数，包括标识设置等；在把存储的波形文件加载到 BBG 存储介质中时，头文件设置自动应用到信号发生器中，以便在每次播放波形时都以相同的方式设置信号发生器。

其中波形序列的头文件优先于各个波形段的头文件，在播放波形序列时，会忽略波形段头文件，自动加载波形序列的头文件至信号发生器中。

8.11.10.2 波形头文件的编辑

波形头文件设置界面如下图示。



图 8-21 波形头文件设置界面

1. 标题栏

显示当前选择的波形段或波形序列。通过 **I/Q** > **ARB** > **波形选择**，来选择要编辑哪个波形段或波形序列的头文件。

2. 参数显示区

参数显示器有三列参数，分别为：

- 头文件参数：列举了头文件中保存的参数的名称。
- 已存头文件设置：已保存的波形段或波形序列的头文件参数值。若参数值显示“未定义”，表示没有为该参数保存任何设置。
- 当前仪器设置：显示了当前信号发生器设置。返回 ARB 菜单下，在 ARB 设置和标识设置菜单中可以访问保存到头文件中的部分信号发生器设置。

注：如果在头文件中没有指定设置，那么在选择和播放波形时，信号发生器对该设置使用当前值。

3. 菜单栏

菜单栏的功能按钮有：

- 说明：添加波形的头文件描述。
- 清空头文件：把保存的头文件设置恢复为“未定义”。
- 保存至头文件：把“当前仪器设置”栏中的信息保存到头文件中，此时“已存头文件设置”栏和“当前仪器设置”栏显示相同的值。

注：波形段头文件参数保存到非易失性存储器中，需要返回 ARB 菜单，在波形段菜单中重新保存该波形段。

8.11.11 波形段文件类型

ARB 波形段列表中可以加载的波形文件类型包括*.arb、*.WDbin 和*.txt 三种格式。

8.11.11.1 arb 文件

arb 文件为 SSG5000X-V 自动生成，或者鼎阳的 SigIQPro 软件生成。

8.11.11.2 WDbin 文件

文件的后缀名为(.WDbin)，是一种纯波形数据的二进制文件。I 和 Q 波形数据是 16bit 的补码数据，交替存储在文件中。

WDbin 波形文件的 I 和 Q 数据示例如下：

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
00000000h:	0B	00	00	00	2D	00	00	00	65	00	00	00	B3	00	00	00
00000010h:	17	01	00	00	91	01	00	00	20	02	00	00	C4	02	00	00
00000020h:	7D	03	00	00	49	04	00	00	29	05	00	00	1C	06	00	00
00000030h:	21	07	00	00	38	08	00	00	5F	09	00	00	96	0A	00	00
00000040h:	DC	0B	00	00	31	0D	00	00	92	0E	00	00	00	10	00	00
00000050h:	79	11	00	00	FC	12	00	00	88	14	00	00	1C	16	00	00
00000060h:	B7	17	00	00	58	19	00	00	FE	1A	00	00	A7	1C	00	00
00000070h:	53	1E	00	00	00	20	00	00	AC	21	00	00	58	23	00	00
00000080h:	01	25	00	00	A7	26	00	00	48	28	00	00	E3	29	00	00
00000090h:	77	2B	00	00	03	2D	00	00	86	2E	00	00	FF	2F	00	00
000000a0h:	6D	31	00	00	CE	32	00	00	23	34	00	00	69	35	00	00
000000b0h:	A0	36	00	00	C7	37	00	00	DE	38	00	00	E3	39	02	00

8.11.11.3 txt 文件

txt 文件的后缀名为(.txt)，是一种纯波形数据的 txt 文件。I 和 Q 波形数据是以浮点数的形式存储在文件中，I 和 Q 分别存成一列，I 在第一列，Q 在第二列。

txt 波形文件的 I 和 Q 数据示例如下：

	I	Q
1	-0.0205389568773461	-0.054048280281991
2	0.137180700094607	-0.228156376842555
3	0.342570268868068	-0.381725516525773
4	0.188665425580615	-0.274391918698691
5	-0.0585955381939146	-0.0303659169286172
6	-0.0143436994537187	0.0993072298348949
7	0.0267952513199255	0.248390148625141
8	-0.131321146275216	0.380596331675161
9	-0.0983306375316629	0.0823084200567644
10	0.158116397595141	-0.372020630512406
11	0.208716086306345	-0.252662739951781
12	0.146214178899503	0.1293069246498
13	0.349070711386456	0.0175481429486984
14	0.555284279915769	-0.277932065797906

基带频率偏置的一些典型应用如下：

- 将基带信号偏移 LO 馈通，
- 把基带信号与外部 IQ 输入信号相加，创建多载波信号，
- 可以作为 IF 直接输出带频率偏置的基带信号。

8.12.3 播放 stream 文件

以下步骤描述了如何播放 stream 文件：

- 1) 按 **FREQ** > **频率**，设置载波频率。按 **LEVEL** > **幅度**，设置载波幅度。
- 2) 按前面板按键 **RF ON/OFF** 和 **MOD ON/OFF**，打开射频输出和调制。
- 3) 按 **I/Q** > **Stream** > **选择 Stream 文件**，选择要播放的 stream 文件。
- 4) 按 **Stream 设置** > **采样时钟**，设置波形的采样率。
- 5) 按 **Stream 状态**，打开 Stream 调制。

此时用户界面会弹出一个进度条，如下图所示。该进度条提示用户 stream 文件正在循环播放。此时用户界面将被进度条锁定，无法进行操作。您可以按进度条中的 **停止播放** 按钮或前面板 **ESC/Close** 按键退出播放。



图 8-22 Stream 循环播放

8.13 IoT 调制

8.13.1 协议简介和设置

按 **I/Q** > **IoT** 进入 IoT 调制模式。在 IoT 模式下，您可以播放两种协议：ZigBee 和 Z-Wave。

- ZigBee 是基于 IEEE 802.15.4 标准的低功耗物联网标准，具体请见“IEEE 802.15.4 ZigBee”章节。
- Z-Wave 由 ITU-T G.9959 建议定义，具体请见“ITU-T G.9959 Z-Wave”章节。

8.13.2 协议波的基本设置

按 **I/Q** > **IoT** > **基本设置** 可进入基本波的设置界面。在基本设置中您可以设置协议波的过采样率和帧数。

8.13.2.1 过采样率

该参数设置波形的过采样率。范围：2 ~ 64，默认值：8。

当设置波形的过采样率后，波形的采样率即确定了：

$$\text{采样率} = \text{Chip rate} * \text{过采样率},$$

其中 Chip rate 值请查看“表 9-1 频带和数据速率”。

8.13.2.2 帧数

该参数设置波形的 PPDU 帧数。根据设置，ZigBee 或 Z-Wave 波形可以包含一个或多个帧。

帧数范围是 1 ~ 2000，默认值是 1。

8.13.2.3 总采样点数

该参数显示波形的采样点数，不可设置。该参数由协议类型、PPDU 长度、空闲间隔和过采样率等参数共同确定。

8.13.2.4 波形长度

该参数显示波形长度，单位为秒 (s)，不可设置。波形长度可由总采样点数和采样率计算：

$$\text{波形长度} = \text{总采样点数} / \text{采样率}$$

8.13.3 标识设置

按 **I/Q** > **IoT** > **标识设置** 可进入波形的标识设置界面。



图 8-23 IoT 设置界面

8.13.3.1 标识 1

配置标识 1 的标识点。

可设置项：波形起始 | 帧起始，默认值：帧起始。

8.13.3.2 标识 2

配置标识 2 的标识点。

可设置项：波形起始 | 帧起始，默认值：帧起始。

8.13.3.3 标识设置应用举例

以下示例显示如何使用标识设置。

步骤 1、创建波形

- 1) 先创建一个 ZigBee 波形，比如波形的总采样点数是 15024，帧数为 4。
- 2) 设置 **标识 1** 为帧起始。
- 3) 设置 **标识 2** 为波形起始。
- 4) 按 **I/Q** > **IoT** > **保存波形** 保存 ZigBee 波形为 zigbee_wave.arb。

步骤 2、在 ARB 中播放波形

- 1) 按 **I/Q** > **ARB** > **波形段** ，加载波形文件 zigbee_wave.arb。
- 2) 按 **波形选择** ，选择播放 zigbee_wave。
- 3) 打开 **ARB 状态** 。

步骤 3、查看标识设置

按 **I/Q** > **ARB** > **标识设置** 进入 ARB 模式的标识设置界面。

- 1) 选择 **标识编号** 为 1。
- 2) 按 **标识点设置** ，并选择波形 zigbee_wave，可以看到标识点为 “1,15024,3756”。

这意味着如果标识类型是 “帧起始”，标识点将为：

“1,波形总采样点数,一帧的采样点数”，

注意，如果帧数是 1，“帧起始”类型的标识点将是 “1,1,0” 。

- 3) 选择 **标识编号** 为 2。
- 4) 按 **标识点设置** ，并选择波形 zigbee_wave，可以看到标识点为 “1,1,0”。

8.13.4 触发设置

按 **I/Q** > **IoT** > **触发设置** 进入波形的触发设置界面。

IoT 的触发功能与 ARB 中相同，但功能少一些。具体功能请参考 ARB 调制中的 “触发” 章节。

注意，IoT 中的单次触发没有 “单次模式” 设置项，单次触发模式默认为 “忽略重触发”。

8.14 多音调制

按 **I/Q** > **多音** 可进入多音调制模式。多音模式支持最多 20 个多音, 最大采样率为 240 MHz, 最大频谱间隔可达 120 MHz, 同时支持单边频谱和双边频谱两种模式。

8.14.1 多音状态

按 **I/Q** > **多音** > **多音状态** , 可以打开或者关闭多音调制。

8.14.2 多音个数

按 **I/Q** > **多音** > **多音个数** 可以设置多音的个数, 最大支持 20 个。多音频谱默认成对存在, 这里设置的多音个数指的是对的数量, 它是对称分布在射频中心频率左右两侧的双边频谱。

8.14.3 采样率

按 **I/Q** > **多音** > **采样率** 可以设置生成多音波形的采样率, 最高采样率为 240 MHz。

8.14.4 频率间隔

按 **I/Q** > **多音** > **频率间隔** 可以设置多音频谱的频率间隔。这里的频率间隔是指从最左边的频谱到最右边的频谱之间的频率间距。

8.14.5 单边

按 **I/Q** > **多音** > **单边** 可以打开或者关闭单边谱模式。如果打开单边谱模式, 则多音左侧 (中心频率左边) 的频谱会被去掉。

8.14.6 保存状态

按 **I/Q** > **多音** > **保存状态** 可以将当前多音模式的参数设置保存到 MULSTATE 文件中, 以方便下次加载使用。

8.14.7 加载状态

按 **I/Q** > **多音** > **加载状态** 可以从文件浏览器加载 MULSTATE 文件，作为多音模式的设置参数。

8.15 AWGN 调制

按 **I/Q** > **AWGN**，进入附加高斯白噪声的设置界面，可以使用高斯白噪声调制载波。

8.15.1 AWGN 状态

按 **I/Q** > **AWGN** > **AWGN 状态** 可以打开或关闭 AWGN 调制状态。当 AWGN 调制打开时，用户界面状态栏将显示蓝色的 AWGN 标识。

8.15.2 AWGN 带宽

AWGN 带宽的设置范围为 1 Hz ~ 150 MHz，默认为 10 MHz。

8.15.3 应用 AWGN 调制

您可以按如下步骤，在 1 GHz, 0 dBm 的载波上应用 10 MHz 的高斯白噪声：

- 1) 按 **I/Q** > **AWGN** > **带宽**，设置带宽为 10 MHz；
- 2) 按 **I/Q** > **AWGN** > **AWGN 状态**，打开 AWGN 状态，此时状态栏显示 AWGN 标识；
- 3) 在主页面打开 **IQ MOD** 模块的开关，或者打开 **MOD ON/OFF**；
- 4) 配置 RF 载波，设置频率 1 GHz，幅度 0 dBm，打开 **RF ON/OFF**；

此时信号发生器的 **[RF OUTPUT 50Ω]** 连接器将输出 AWGN 调制的载波信号。

8.16 I/Q 设置

按 **I/Q** > **I/Q 设置** 进入 I/Q 设置界面, 此时可以设置 I/Q 调制状态, 切换 I/Q 调制源, 设置 I/Q 调制和 I/Q 校准等。

8.16.1 I/Q 调制状态

打开或关闭 I/Q 调制的开关。

注: 打开 Custom、ARB、Stream、IoT、多音或 AWGN 调制时, 会自动打开 I/Q 调制状态开关, 以进行 I/Q 调制。

8.16.2 I/Q 源

可以设置 I/Q 源为内部或者外部。

- 内部: 使用内部信号作为调制源。
- 外部: 信号发生器通过后面板的 **[I INPUT]** 和 **[Q INPUT]** 连接器接受外部提供的模拟 I 和 Q 信号作为调制源。

以下是使用外部 IQ 调制源的应用示例:

1. 把外部的模拟 I 和 Q 信号分别连接到信号发生器的后面板的 **[I INPUT]** 和 **[Q INPUT]** 连接器上;
2. 按 **I/Q** > **I/Q 设置** > **I/Q 源**, 设置 I/Q 调制源为外部;
3. 打开 **I/Q 调制状态** 开关;
4. 在主页面打开 **IQ MOD** 模块的开关, 或者打开 **MOD ON/OFF** ;
5. 配置 RF 载波, 并打开 **RF ON/OFF** ;

此时信号发生器的 **[RF OUTPUT 50Ω]** 连接器将输出外部调制源调制的载波信号。

8.16.3 通道补偿

将补偿通道设置为 RF 或输出。

- RF: 补偿前面板的 RF 通道, 此时后面板输出的 IQ 信号的补偿将被关闭。
- 基带输出: 补偿后面板连接器输出的 I/Q 信号, 此时基带到 RF 的补偿将被关闭。

8.16.4 I/Q 调节

使用 I/Q 调节补偿 I/Q 信号中的劣化或在 I/Q 信号中增加劣化，此调节仅适用于前面板 RF 输出。

8.16.4.1 增益平衡

输入增益比，使 I 增益超过 Q 增益。

例如，如果输入 1 dB 的值，则 I 信号的幅度将比 Q 信号多 1 dB。可以使用增益平衡消除 I 和 Q 中的缺陷或引入校准损伤。

可设范围：±4 dB，默认为 0 dB。

8.16.4.2 I 偏置

输入要应用于 I/Q 调制器之前的 I 信号的直流偏置值。使用此偏置可以消除同相信号中的缺陷或引入校准损伤。

当使用此设置来最小化 LO 馈通信号时，在任何其他 I/Q 路径调整之后进行调整即可实现最佳性能。如果执行最小化后进行其他调整，LO 馈通信号可能会增加。

可设范围：±50 %，默认为 0 %。

8.16.4.3 Q 偏置

输入要应用于 I/Q 调制器之前的 Q 信号的直流偏置值。使用此偏置可以消除正交相位信号中的缺陷或引入校准损伤。

当使用此设置来最小化 LO 馈通信号时，在任何其他 I/Q 路径调整之后进行调整即可实现最佳性能。如果执行最小化后进行其他调整，LO 馈通信号可能会增加。

可设范围：±50 %，默认为 0 %。

8.16.4.4 正交相位调节

输入一个值来调整 Q 相位角。当正交角设置为零时，I 和 Q 矢量之间的相位角为 90 度。当正交角设置为正值时，相位角将从 90 度增加，反之相位角将从 90 度减小。

8.16.5 I/Q 输出

此调节只针对后面板的 I 和 Q 输出。

8.16.5.1 I/Q 输出衰减

设置后面板的 I 和 Q 信号衰减，调节范围为 0 ~ 20 dB，默认为 0 dB。

8.16.5.2 I/Q 输出增益平衡

调节 I 信号幅度或者 Q 信号幅度，调节范围为 -4 ~ 4 dB，默认为 0 dB。

设置值为正数时，I 信号衰减，设置值为负数时，Q 信号衰减。

8.16.5.3 I 输出偏置

调节后面板 I+ 和 I- 的输出信号的直流偏置电平。不能单独调节 I+ 和 I-。

可设范围：±3 V，默认为 0 V。

8.16.5.4 Q 输出偏置

调节后面板 Q+ 和 Q- 的输出信号的直流偏置电平。不能单独调节 Q+ 和 Q-。

可设范围：±3 V，默认为 0 V。

8.16.5.5 I/Q 共模偏置

同时调节后面板 I 信号和 Q 信号的直流偏置。

可设范围：±2.5 V，默认为 0 V。

8.16.6 I/Q 交换

通过交换 I 和 Q 信号，调制边带被反转（信号的 Q 部分被反转）。

- 当 IQ 交换关闭时，是正常输出模式，射频调制器的输出将会是

$$i(t) \cos(2\pi * fc * t) + q(t) \sin(2\pi * fc * t)$$

其中 $i(t)$ 和 $q(t)$ 是 I 和 Q 信号， fc 为载波频率。

- 当 IQ 交换打开时，Q 路信号将会取反，射频调制器的输出将会是

$$i(t) \cos(2\pi * fc * t) - q(t) \sin(2\pi * fc * t)$$

此时频谱是正常模式的镜像。

9 IEEE 802.15.4 ZigBee

9.1 ZigBee 简介

ZigBee 是一个基于 IEEE 802.15.4 标准的低功耗物联网标准，由 Zigbee 联盟来维护。根据协议规定，该技术是一种短距离、低功耗的无线通信技术。无线传感网络的无线通信技术可采用 ZigBee 技术、蓝牙、Wi-Fi 和红外等技术。与蓝牙和 Wi-Fi 相比，ZigBee 具有低功耗、近距离和自组织网络的特点。ZigBee 的最大传输速率是 250 kbit / s，采用 128 位对称加密算法保护，具有较高的安全性。

IEEE 802.15.4 标准于 2003 年发布，最新修订是在 2020 年。下表提供了基于 IEEE 802.15.4-2020 的 ZigBee 协议的详细信息：

表 9-1 频带和数据速率

PHY (MHz)	Frequency band (MHz)	Spreading parameters		Data parameters		
		Chip rate (kchip/s)	Modulation	Bit rate (kb/s)	Symbol rate (ksymbol/s)	Symbols
868/915	868–868.6	300	BPSK	20	20	Binary
	902–928	600	BPSK	40	40	Binary
868/915 (optional)	868–868.6	400	ASK	250	12.5	20-bit PSSS
	902–928	1600	ASK	250	50	5-bit PSSS
868/915 (optional)	868–868.6	400	O-QPSK	100	25	16-ary Orthogonal
	902–928	1000	O-QPSK	250	62.5	16-ary Orthogonal
2450	2400–2483.5	2000	O-QPSK	250	62.5	16-ary Orthogonal

SSG5000X-V ZigBee 使用 O-QPSK 工作在 868/915/2450 MHz 频段，使用 BPSK 工作在 868/915 MHz 频段。

9.2 ZigBee O-QPSK BPSK PHY

在 PHY (physical layer) 中, 802.15.4 O-QPSK BPSK 信号基于 PPDU (Physical Protocol Data Unit) 生成。PPDU 框架包括 SHR、PHR 和 PHY Payload (PSDU) 三部分, 如图所示。

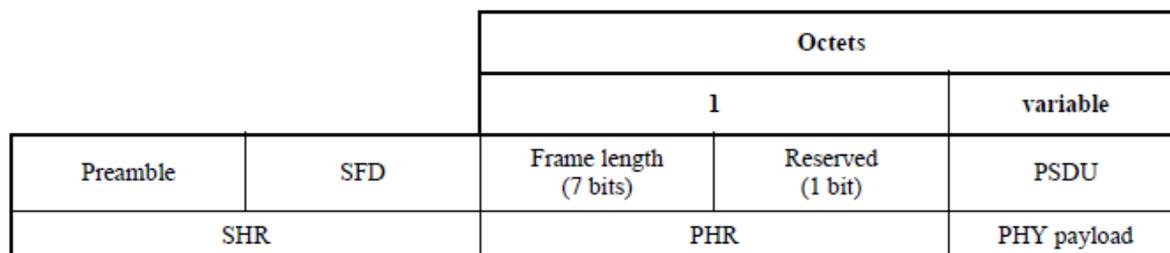


图 9-1 ZigBee PPDU 格式

帧与 PPDU 相同, 因此这两个术语是可以互换的, 这意味着帧即是 PPDU。根据设置, 波形可以包含一个或多个帧。下面介绍 PPDU 格式, 即帧格式。

9.2.1 SHR 字段

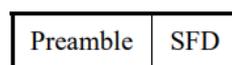


图 9-1 SHR 字段格式

SHR 字段包含 Preamble 和 SFD 两个字段, 这两个字段为固定值。

9.2.1.1 Preamble

Preamble 字段的长度为 4 字节 (octets), 并且 Preamble 字段中的比特位应为二进制零。

9.2.1.2 SFD

SFD 字段指示 SHR 的结束和包数据的开始。SFD 字段的长度为 1 字节, 其值固定如下:

Bits: 0	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	0	0	1	0	1

图 9-2 SFD 字段值

9.2.2 PHR 字段

PHR 字段的格式如下所示, 其长度为 1 字节。

Bits: 0-6	7
Frame Length	Reserved

图 9-3 PHR 字段格式

Frame Length 字段指定 PSDU，也即 PHY payload 中包含的字节总数。

9.2.3 PHY Payload 字段

PHY Payload 字段携带 PSDU (PHY Service Data Unit)。PSDU 由 MAC 层产生，对应 MAC 层的 MPDU (MAC protocol data unit)。如下图所示。

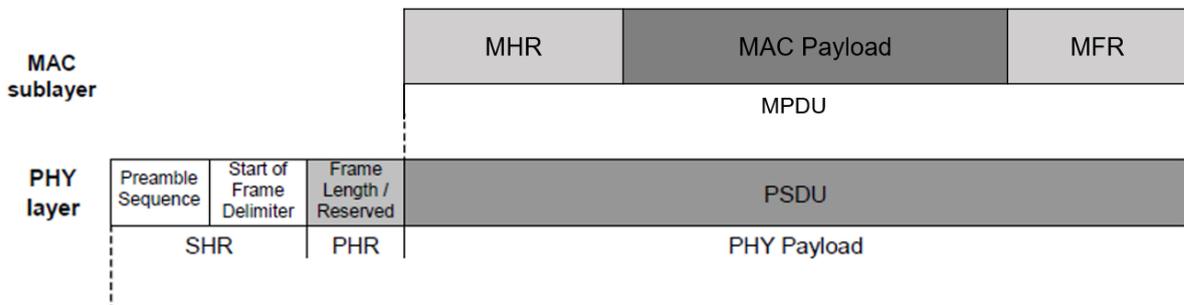


图 9-4 ZigBee PHY Payload

该协议定义了四种 MPDU (帧结构) 格式: Beacon (信标帧)、Data (数据帧)、Ack (应答帧) 和 MAC Command (命令帧)。此外, SSG5000X-V 还设置了通用帧格式。

9.2.3.1 通用帧格式

通用帧格式如图:

Octets: 1/2	0/1	0/2	0/2/8	0/2	0/2/8	variable	variable	variable	2	
Frame Control	Sequence Number	Destination PAN ID	Destination Address	Source PAN ID	Source Address	Auxiliary Security Header	IE		Frame Payload	FCS
		Addressing fields					Header IEs	Payload IEs		
MHR							MAC Payload		MFR	

图 9-5 通用帧格式

MHR 的字段以固定的顺序出现。

9.2.3.1.1 Frame Control 字段

Frame Control 字段的长度为 2 字节，格式如下所示。

Bits: 0–2	3	4	5	6	7	8	9	10–11	12–13	14–15
Frame Type	Security Enabled	Frame Pending	AR	PAN ID Compression	Reserved	Sequence Number Suppression	IE Present	Destination Addressing Mode	Frame Version	Source Addressing Mode

图 9-6 Frame Control 字段格式

Frame Type 字段由 3 个比特位组成，定义如下表。通用帧的 Frame Type 取值范围为 0b000 ~ 0b111。

表 9-2 Frame Type 值范围

Frame Type value b2 b1 b0	Description
000	Beacon
001	Data
010	Acknowledgment
011	MAC command
100	Reserved
101	Multipurpose
110	Fragment or Frak
111	Extended

9.2.3.2 Beacon 帧格式

Beacon 帧格式为：

Octets: 2	1	4/10	variable	2	variable	variable	variable	2
Frame Control	Sequence Number	Addressing fields	Auxiliary Security Header	Superframe Specification	GTS Info	Pending address	Beacon Payload	FCS
MHR				MAC Payload				MFR

图 9-7 Beacon 帧格式

9.2.3.3 Data 帧格式

Data 帧格式为：

Octets: 2	0/1	variable	variable	variable		variable	2
Frame Control	Sequence Number	Addressing fields	Auxiliary Security Header	IEs		Data Payload	FCS
				Header IEs	Payload IEs		
MHR				MAC Payload		MFR	

图 9-8 Data 帧格式

9.2.3.4 Ack 帧格式

Ack 帧没有数据域，其格式为：

Octets: 2	1	2
Frame Control	Sequence Number	FCS
MHR		MFR

图 9-9 Ack 帧格式

9.2.3.5 MAC Command 帧格式

MAC Command 帧格式为：

Octets: 2	0/1	variable	variable	variable		1	variable	2
Frame Control	Sequence Number	Addressing fields	Auxiliary Security Header	IE		Command ID	Content	FCS
				Header IEs	Payload IEs			
MHR				MAC Payload		MFR		

图 9-10 MAC Command 帧格式

9.3 用户设置界面

9.3.1 通用设置

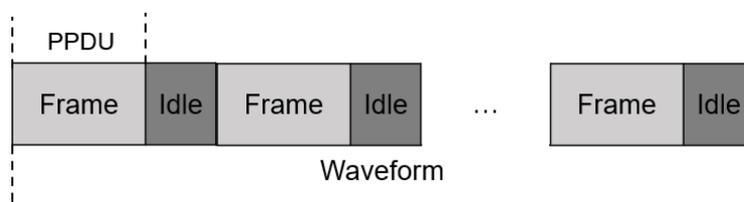
按 **I/Q** > **IoT** > **通用设置** 进入 ZigBee 协议的通用设置界面。在通用设置中，用户可以设置 ZigBee 调制方式、频带和空闲间隔参数。

9.3.1.1 调制方式

选择 ZigBee 协议的调制方式，可选项：O-QPSK | BPSK，默认为 O-QPSK。

9.3.1.2 空闲间隔

以秒为单位输入帧之间的空闲间隔。当空闲间隔设置为零时，将产生连续的波形。



空闲间隔可设范围：0 ~ 200000 us，默认值为 100 us。

要确定信号中使用了多少帧，请参见 **I/Q** > **IoT** > **基本设置** 中的 **帧数**。

9.3.1.3 频带

选择 ZigBee 协议的频带。该参数与射频频率设置不耦合。选择频带后，请再为信号设置合适的载波频率。

- BPSK 频带选项：868 MHz | 915 MHz
- QPSK 频带选项：868 MHz | 915 MHz | 2450 MHz

9.3.1.4 数据速率

显示当前的数据速率，不可设置。当设置调制方式和频带后，协议的数据速率值将确定，具体请参见“表 9-1 频带和数据速率”。

9.3.2 PPDU 设置

按 **I/Q** > **IoT** > **PPDU 设置** 进入 ZigBee 协议的 PPDU 设置界面。

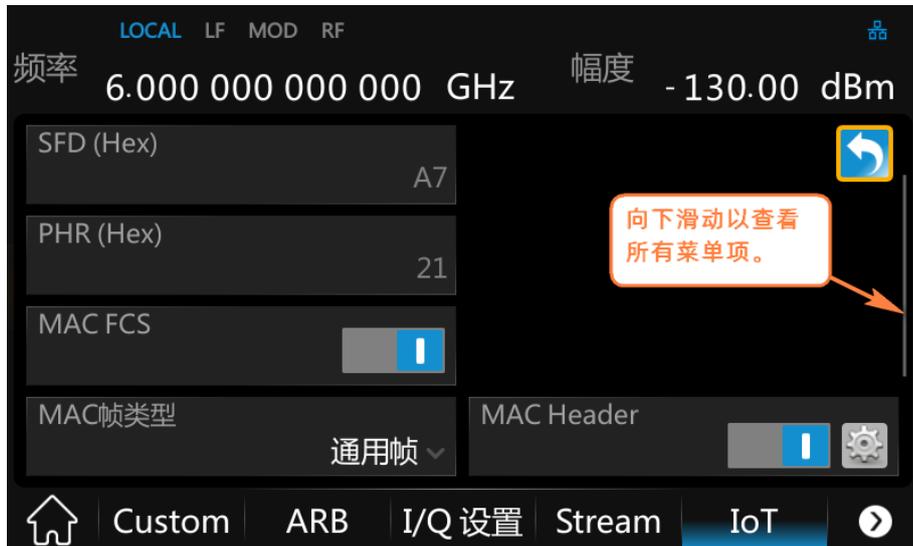


图 9-11 ZigBee PPDU 设置界面

9.3.2.1 前导码 (Hex)

前导码以十六进制格式显示 PPDU 的 Preamble 字段。Preamble 字段长度为 4 字节，在 O-QPSK 和 BPSK PHY 中固定为 “00 00 00 00”。

9.3.2.2 SFD (Hex)

以十六进制格式显示 PPDU 的 SFD 字段。SFD 字段长度为 1 字节，固定值为 “A7”。

9.3.2.3 PHR (Hex)

以十六进制形式显示 PPDU 的 PHR 字段。当修改 PSDU 设置时，该值会自动更新。

9.3.2.4 PSDU 设置

该部分是对包含有效负载数据的帧的 PSDU 字段的设置。如下图所示，在菜单中，第一部分的 MAC Header，第二部分的数据类型，种子，数据长度和数据模式，第三部分的 MAC FCS 共同配置了 PSDU。



图 9-12 PSDU 设置界面

9.3.2.4.1 MAC 帧类型

选择 PSDU 的类型。

可选项：通用帧 | 信标帧 | 数据帧 | 应答帧 | 命令帧。默认为通用帧。

9.3.2.4.2 MAC Header

1. MAC Header 开关

打开或关闭 MAC Header 字段。

2. MAC Header 字段

点击设置按钮进入 MAC Header 字段设置界面。MAC Header 字段内容将根据所选 MAC 帧类型的不同而不同。注意，所有字段都是十六进制输入。

9.3.2.4.3 数据类型

可选项：PN9 | PN15 | 自定义，默认为 PN9 (PN 种子：0x1FF)。

当选择数据类型为 PN9 或 PN15 时，可在 **PN 种子 (Hex)** 设置项中设置 PN 种子。

当选择数据类型为自定义时，**自定义数据** 设置项代替 **PN 种子 (Hex)** 设置项出现。点击设置按钮进入自定义数据编辑界面：



图 9-13 伪随机码编辑界面

- 1) 点击 **1** 或 **0** 输入单个比特位，点击 **-** 删除当前光标处的比特位。
- 2) 数据编辑：选择编辑位置后，可通过触摸屏按键或前面板键盘输入数字 0 和 1，或者进行删除。
- 3) 点击 **PN7** / **PN9** / **PN15** 插入 PN7 或 PN9 或 PN15 数据。
- 4) 点击 **清空** 删除所有输入的数据。
- 5) 点击 **返回** 按钮可返回上一级菜单。
- 6) 点击 **>** **加载** 按钮可以选择并加载 UDATA 文件。
- 7) 点击 **>** **保存** 按钮可以保存当前用户编辑的数据至 UDATA 文件。

9.3.2.4.4 数据长度

输入 MAC Data Payload 字段的字节长度。

范围：0 ~ 127，默认为 20。

9.3.2.4.5 数据模式

可选项：连续 | 截断，默认为连续。

对于多帧信号，选择 PN 码应用于 MAC Payload 的模式。如果信号中只有一帧，那么选择就没有区别。

- 连续模式

有效载荷数据位连续分布在多个帧之间。

- 截断模式

有效载荷数据位对所有的帧都是相同的，数据大小为一帧截断。

9.3.2.4.6 MAC FCS

打开或关闭 MAC FCS。

- 打开

数据位按照 IEEE 802.15.4 标准填充 FCS 部分，并在帧长度上增加两个八位字节。当有多个数据长度（八位字节）值时，FCS 八位字节被添加到每个值。

- 关闭

用于模拟无效的 FCS 情况，不添加任何字节到帧长度。

9.3.3 损伤

9.3.3.1 符号率偏差

范围：-300 ~ 300 ppm，默认为 0。

输入标准采样率的偏移。此误差被添加到波形头的标准采样时钟中。

9.3.3.2 载波频率偏移

范围：-200 ~ 200 kHz，默认为 0。

输入标称载波频率的偏移量，单位为赫兹。

9.3.4 ZigBee 状态

打开或关闭 ZigBee 调制。

注意，如果要开启 ZigBee 调制，需要同时打开前面板的 **MOD ON/OFF** 调制总开关，或者用户界面首页 **IQ MOD** 模块的开关。

9.3.5 保存波形

保存当前 ZigBee 波形到*.arb 文件。

9.3.6 更新

点击 **更新** 按钮，可以基于当前设置重新生成波形数据。

9.4 ZigBee 应用实例

以下步骤描述了如何生成一个 ZigBee O-QPSK 频段为 2450 MHz 的信号。

9.4.1 恢复出厂设置

1. 按 **UTILITY** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **复位类型**，设置复位类型为默认；
2. 按 **PRESET** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **复位**，执行复位操作。

9.4.2 设置 ZigBee 调制信号

设置 **I/Q** > **IoT** > **协议类型** 为 ZigBee。

9.4.2.1 通用设置

按 **I/Q** > **IoT** > **通用设置** 来设置协议波的调制方式，频带和空闲间隔。

1. 设置 **调制方式** 为 O-QPSK。
2. 设置 **频带** 为 2450 MHz。
3. 设置 **空闲间隔** 为 1.5ms。

9.4.2.2 PPDU 设置

按 **I/Q** > **IoT** > **PPDU 设置** 来设置协议波的 PPDU。

1. 设置 **MAC 帧类型** 为信标帧。
2. 打开 **MAC Header**。然后按  进入 Header 参数设置界面，并设置头部为：
3. 21 Byte(s) [7898,07,369C,EFBC,CCDD,7896,123456789A,2356,2B,126F]
4. 设置 **数据类型** 为 PN15。
5. 设置 **PN 种子 (Hex)** 为 0x78。
6. 设置 **数据长度** 为 40 字节。
7. 设置 **数据模式** 为截断。

8. 打开 **MAC FCS** 。

9.4.2.3 基本设置

按 **I/Q** > **IoT** > **基本设置** 来设置协议波的过采样率和帧数。

1. 设置 **过采样率** 为 10。
2. 设置 **帧数** 为 5。

9.4.3 设置载波信号

1. 按 **FREQ** 按键, 用数字键盘输入 1 GHz, 或者在触摸屏上点击频率输入框, 弹出小键盘, 在小键盘上输入 1 GHz,
2. 按 **LEVEL** 按键, 用数字键盘输入 -10 dBm, 或者在触摸屏上点击幅度输入框, 弹出小键盘, 在小键盘上输入 -10 dBm。

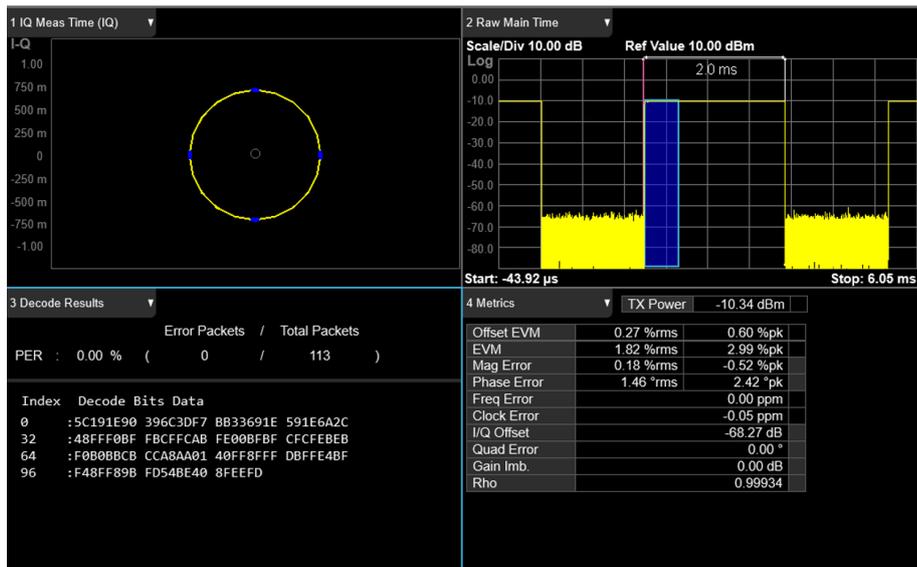
9.4.4 打开 IQ 调制功能和射频输出

1. 打开 **I/Q** > **IoT** > **ZigBee 状态** 。
2. 按下 **MOD ON/OFF** 键打开调制功能, 或者按 **HOME** 按键 > **IQ MOD** 模块 > **On** 开关以打开 IQ 调制总开关。打开 IQ 调制功能后, **MOD ON/OFF** 按键灯变亮, 同时用户界面状态栏的 MOD 标识由灰色变为蓝色;
3. 按下 **RF ON/OFF** 键, 按键灯变亮, 用户界面状态栏的 RF 标识由灰色变成蓝色。

9.4.5 在频谱仪中解调

1. SSG5000X-V 后面板的 **[10 MHz OUT]** 连接器连接到频谱仪上, 使其时钟同步。
2. SSG5000X-V 前面板的 **[RF OUTPUT 50Ω]** 连接器连接到频谱仪射频输入接口。

可以看到解调结果如图示:



10 ITU-T G.9959 Z-Wave

10.1 Z-Wave 简介

Z-Wave PHY 和 MAC 层由 ITU-T G.9959 建议定义。该协议是一种可互操作的、无线的、基于射频频的通信技术，设计用于住宅和轻型商业环境中的控制、监控和状态读取应用。

10.1.1 调试模式与编码方式

ITU-T G.9959 PHY 采用频移键控 (FSK) 进行数据速率 R1 和 R2 下的射频调制，采用高斯频移键控 (GFSK) 进行数据速率 R3 下的射频调制。曼彻斯特码应用于数据速率 R1 下的数据符号编码，非归零 (NRZ) 应用于数据速率 R2 和 R3 下的数据符号编码。

下表总结了 Z-Wave 的调制和编码方式。

表 10-1 Z-Wave 调制和编码方式

Data Rate	Modulation	Coding	Frequency offset	Separation	Symbols
R1	FSK	Manchester	20 kHz	40 kHz \pm 20%	Binary
R2	FSK	NRZ	0 kHz	40 kHz \pm 20%	Binary
R3	GFSK, BT = 0.6	NRZ	0 kHz	58 kHz \pm 20%	Binary

10.1.2 数据速率

Z-Wave PHY 应符合下表所列的数据速率和准确性要求。

表 10-2 Z-Wave 数据速率和准确性

Data rate	Bit rate	Symbol rate	Accuracy
R1	9.6 kbit/s	19.2 kbaud	\pm 27 parts per million (ppm)
R2	40 kbit/s	40 kbaud	\pm 27 ppm
R3	100 kbit/s	100 kbaud	\pm 27 ppm

10.2 Z-Wave PHY

在 PHY (physical layer) 中, ITU-T G.9959 Z-Wave 信号基于 PPDU (Physical Protocol Data Unit) 生成。PPDU 框架包括 SHR、MSDU (PSDU) 和 EHR 三部分, 如图 4-1 所示。

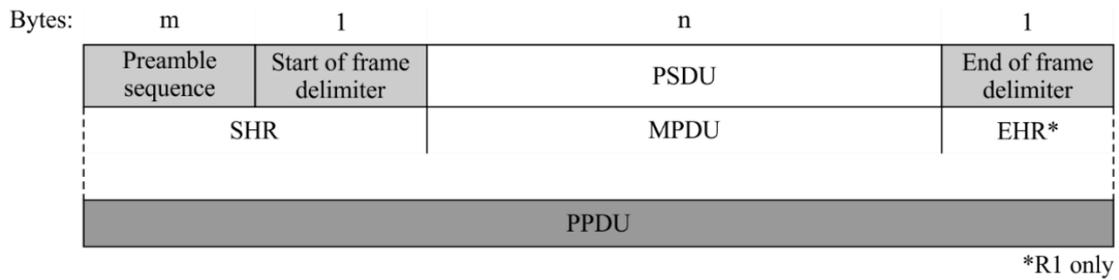


图 10-1 Z-Wave PPDU 格式

帧格式以其由 PHY 传输的顺序描述，从左到右，最左边的比特位最先传输。

10.2.1 Preamble 字段

Preamble 字段允许接收器获得符号同步。Preamble 字段应由包含二进制模式“01010101”的字节序列组成。

10.2.2 Start of frame (SOF) delimiter 字段

SOF 是一个 8-比特位字段，代表了 Preamble 字段的结束和 PSDU 的开始。其值可在软件中配置，默认值为 0xF0。

10.2.3 PSDU 字段

MPDU 通用结构如图 4-2 所示。MSDU 包含来自更高层次的有效载荷数据。MSDU 以 MAC Header (MHR) 作为前置，并以 FCS (MFR) 作为附加。MHR、MSDU 和 MFR 共同构成了 MPDU。

MPDU 作为 PSDU 传递到 PHY 层。

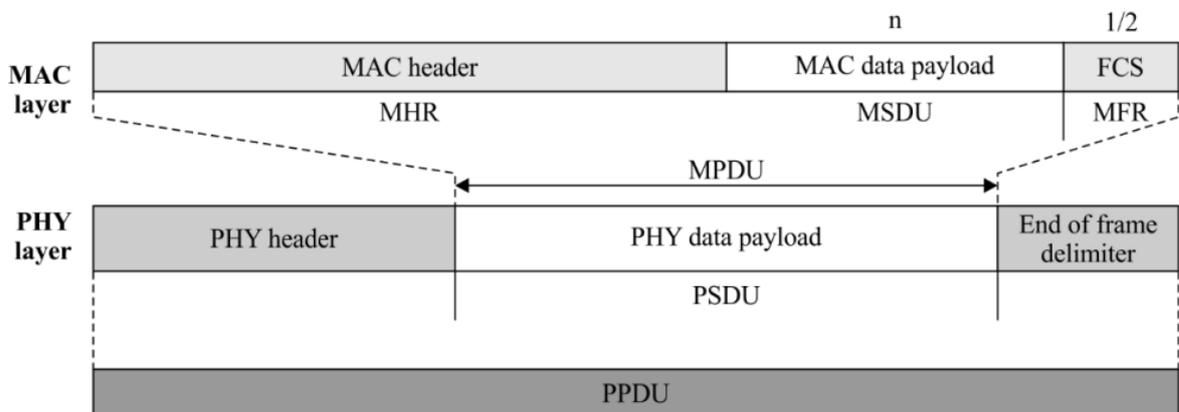


图 10-2 Z-Wave 通用 MPDU 结构

PSDU 由软件可配置的字段组成，下图显示了这些字段。

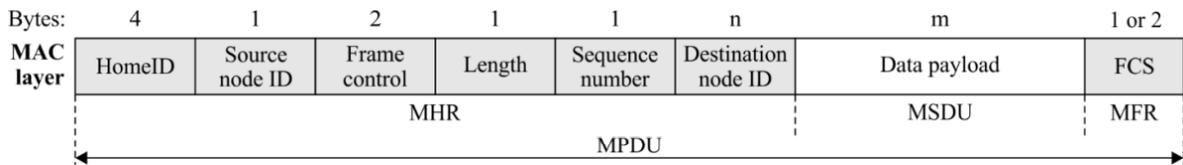


图 10-3 Z-Wave 通用 MPDU 格式

10.2.3.1 Length 字段

Length 字段的长度是 1 字节，其值表示了 PSDU 字段的字节长度。PSDU 字段的长度可变，数据速率 R1 和 R2 下的 PSDU 最大长度是 64 字节，数据速率 R3 下的 PSDU 最大长度是 170 字节。

10.2.3.2 FCS 字段

采用 8 比特位非纠错 FCS 机制检测数据速率 R1 和 R2 的误码。采用 16 比特位非纠错 FCS 机制检测数据速率 R3 的误码。

10.2.4 End of frame (EOF) delimiter 字段

EOF 分隔符字段只有在以数据速率 R1 传输时才会被发送。该字段将包含 8 个曼彻斯特代码违规的序列，每一个都表示为 E。每个违规 E 将是一个没有过渡的符号。

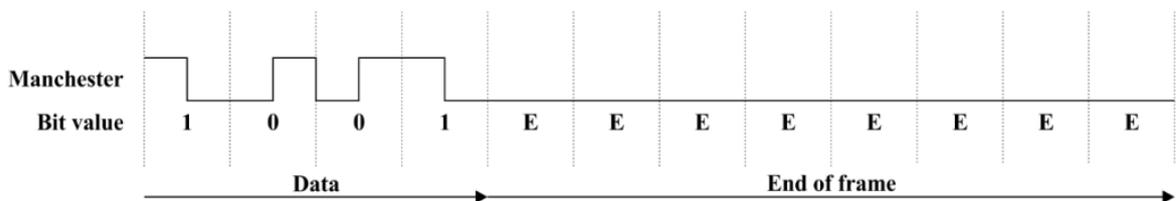


图 10-4 EOF 分隔符模式（仅 R1 数据速率下）

10.3 用户设置界面

按 **I/Q** > **IoT** > **协议类型**，将协议类型设置为 Z-Wave，然后可以设置 Z-Wave 参数。

10.3.1 通用设置

按 **通用设置** 进入 Z-Wave 协议的通用设置界面。在通用设置中，您可以设置 Z-Wave 协议的数据速率、调制方式、空闲间隔和斜波等参数。

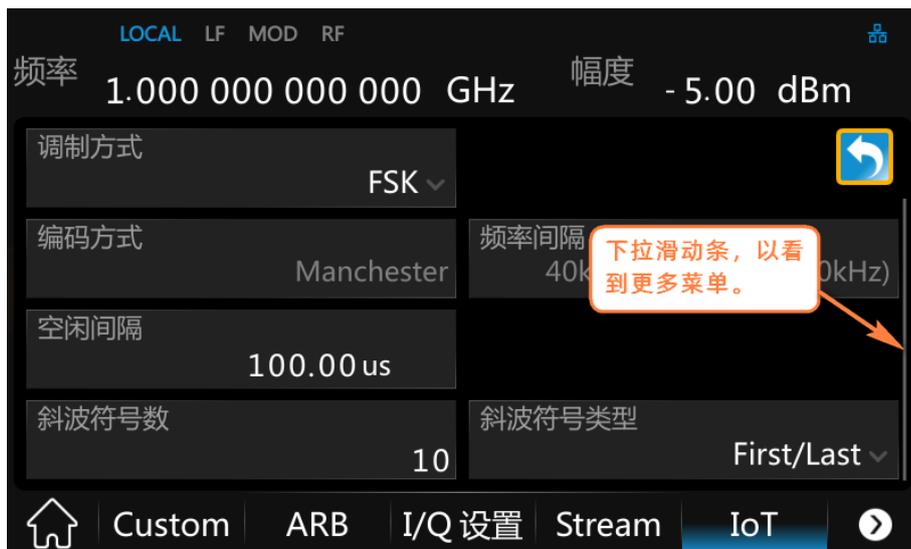


图 10-5 Z-Wave 通用设置界面

10.3.1.1 数据速率

使用单击单元格时出现的下拉菜单设置数据速率。

可选项：R1–9.6 kbps | R2–40 kbps | R3–100 kbps，默认值：R1–9.6 kbps。

10.3.1.2 调制方式

选择 ITU-T G.9959 Z-Wave 的调制方式，详见“表 10-1 Z-Wave 调制和编码方式”。

可选项：FSK | GFSK，默认值：数据速率 R1/ R2 下是 FSK，数据速率 R3 下是 GFSK。

10.3.1.3 编码方式

显示不同数据速率下的编码方式，不可设置。详见“表 10-1 Z-Wave 调制和编码方式”。

10.3.1.4 频率间隔

显示不同数据速率下的频率间隔，不可设置。详见“表 10-1 Z-Wave 调制和编码方式”。

10.3.1.5 空闲间隔

以秒为单位输入帧之间的空闲间隔。当空闲间隔设置为零时，将产生连续的波形。

空闲间隔可设范围：0 ~ 200000 us，默认值为 100 us。

10.3.1.6 斜坡符号数

设置波形向上或向下的斜坡的符号数。当空闲间隔为零时，斜坡不生效且不可设置。

可设范围：1 ~ 10，默认值为 10。

10.3.1.7 斜坡符号类型

设置波形向上或向下的斜坡的符号类型。当空闲间隔为零时，斜坡不生效且不可设置。

可选项：First/Last | Center | One | Zero，默认值：First/Last。

- First/Last：使用帧的第一个符号斜坡上升和最后一个符号斜坡下降。
- Center：在 f_0 （偏差之间的中心频率）处斜坡上升和斜坡下降。
- One：在符号 1 处斜坡上升和斜坡下降。
- Zero：在符号 0 处斜坡上升和斜坡下降。

10.3.2 PPDU 设置

按 **I/Q** > **IoT** > **PPDU 设置** 进入 Z-Wave 协议的 PPDU 设置界面。

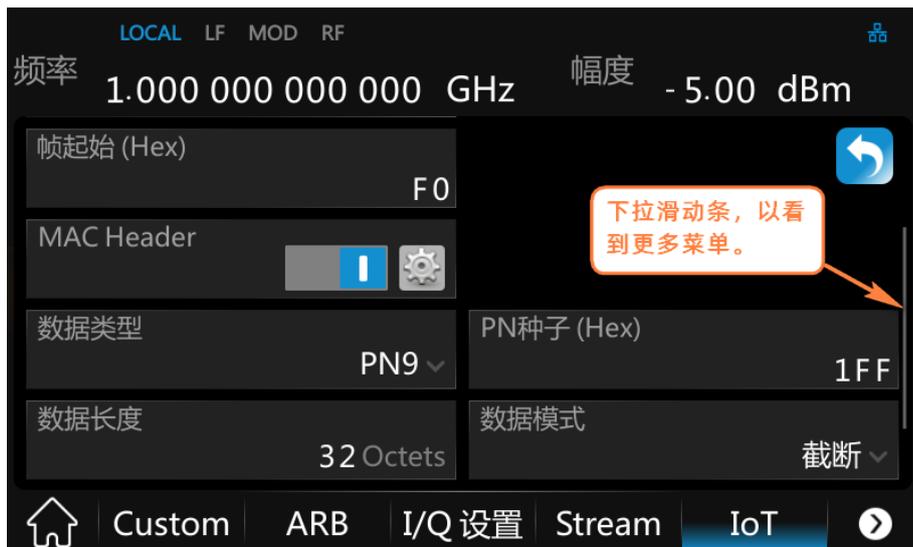


图 10-6 Z-Wave PPDU 设置界面

10.3.2.1 PPDU 长度

显示 PPDU 的总字节长度，不可设置。

10.3.2.2 前导码长度

设置前导码 Preamble 字段的字节长度。

范围：10 ~ 100，默认值：10。

10.3.2.3 帧起始 (Hex)

以十六进制格式输入 SOF 字段的值，长度为 1 字节。

范围：00 ~ FF，默认值：F0。

10.3.2.4 PSDU 设置

以下是包含有效负载数据的帧的物理服务数据单元 (PSDU) 部分的设置。

10.3.2.4.1 MAC Header

1. MAC Header 开关

打开或关闭 MAC Header 字段。

2. MAC Header 字段

点击设置按钮进入 MAC Header 字段设置界面。注意，所有字段都是十六进制输入。

- Length 字段

Length 字段长度为 1 字节，该字段指示 MPDU 的字节长度，不可设置。

- Sequence Number 字段

通过点击其复选框，来打开或关闭 Sequence Number 字段。当关闭时，Sequence Number 字段不可设置。

10.3.2.4.2 数据类型

可选项：PN9 | PN15 | 自定义，默认为 PN9 (PN 种子：0x1FF)。

当选择数据类型为 PN9 或 PN15 时，可在 **PN 种子 (Hex)** 设置项中设置 PN 种子。

当选择数据类型为自定义时，**自定义数据** 设置项代替 **PN 种子 (Hex)** 设置项出现。点击设置按钮进入自定义数据编辑界面：



图 10-7 伪随机码编辑界面

- 1) 点击 **1** 或 **0** 输入单个比特位，点击 **-** 删除当前光标处的比特位。
- 2) 数据编辑：选择编辑位置后，可通过触摸屏按键或前面板键盘输入数字 0 和 1，或者进行删除。
- 3) 点击 **PN7** / **PN9** / **PN15** 插入 PN7 或 PN9 或 PN15 数据。
- 4) 点击 **清空** 删除所有输入的数据。
- 5) 点击 **返回** 按钮可返回上一级菜单。
- 6) 点击 **>** **加载** 按钮可以选择并加载 UDATA 文件。
- 7) 点击 **>** **保存** 按钮可以保存当前用户编辑的数据至 UDATA 文件。

10.3.2.4.3 数据长度

输入 Data Payload 字段的字节长度。

Data Payload 字段在数据速率 R1 和 R2 下的最大长度是 54 字节，在数据速率 R3 下的最大长度是 158 字节。

范围：0 ~ 最大字节长度。默认值：32。

10.3.2.4.4 数据模式

可选项：连续 | 截断，默认为连续。

对于多帧信号，选择 PN 码应用于 MAC Payload 的模式。如果信号中只有一帧，那么选择就没有区别。

- 连续模式

有效载荷数据位连续分布在多个帧之间。

- 截断模式

有效载荷数据位对所有的帧都是相同的，数据大小为一帧截断。

10.3.2.4.5 MAC FCS

打开或关闭 MAC FCS。

- 打开：数据位按标准填充 FCS 部分。
- 关闭：用于模拟无效的 FCS 情况。

10.3.2.5 帧尾定界符

打开或关闭 PPDU 的 EHR 字段。当数据速率为 R2 或 R3 时，PPDU 没有 EHR 字段，所以该项不可设置。

10.3.3 损伤

按 **I/Q** > **IoT** > **损伤** 进入 Z-Wave 协议的损伤设置界面。

10.3.3.1 符号率偏差

范围：-300 ~ 300 ppm，默认为 0。

输入标准采样率的偏移。此误差被添加到波形头的标准采样时钟中。

10.3.3.2 载波频率偏移

范围：-200 ~ 200 kHz，默认为 0。

输入标称载波频率的偏移量，单位为赫兹。

10.3.3.3 频偏缩放

范围：50% ~ 150%，默认为 100%。

为标称 FSK 频率偏差增加缩放值。

10.3.3.4 高斯滤波器 BT

范围：0.1 ~ 10，默认为 0.6。

输入应用于 FSK 调制的高斯滤波器的 BT 乘积。仅当调制方式是 GFSK 时可见。

10.3.4 Z-Wave 状态

打开或关闭 Z-Wave 调制。

注意，如果要开启 Z-Wave 调制，需要同时打开前面板的 **MOD ON/OFF** 调制总开关，或者用户界面首页 **IQ MOD** 模块的开关。

10.3.5 保存波形

保存当前 Z-Wave 波形到*.arb 文件。

10.3.6 更新

点击 **更新** 按钮，可以基于当前设置重新生成波形数据。

10.4 Z-Wave 应用实例

以下步骤描述了如何生成一个数据速率为 R2-40 kbps 的 Z-Wave 信号。

10.4.1 恢复出厂设置

1. 按 **UTILITY** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **设置** > **复位类型**，设置复位类型为默认；
2. 按 **PRESET** 按键或者在触摸屏上点击 **UTILITY** 模块 > **复位**，执行复位操作。

10.4.2 设置 Z-Wave 信号

设置 **I/Q** > **IoT** > **协议类型** 为 Z-Wave。

10.4.2.1 通用设置

按 **I/Q** > **IoT** > **通用设置** 来设置协议波的数据速率、空闲间隔和斜坡符号等参数。

1. 设置 **数据速率** 为 R2-40 kbps。此时 **调制方式** 为 FSK。
2. 设置 **空闲间隔** 为 100 us。
3. 设置 **斜坡符号数** 为 6。
4. 设置 **斜坡符号类型** 为 Zero。

10.4.2.2 PPDU 设置

按 **I/Q** > **IoT** > **PPDU 设置** 来设置协议波的 PPDU。

1. 设置 **前导码长度** 为 12 octets。
2. 设置 **帧起始 (Hex)** 为 2B。
3. 打开 **MAC Header**。按  进入 Header 参数设置界面，并设置头部为：

10 Bytes [6B3552B6,36,3EB2,39,69,3B]

- Length 字段不可设置，其值指示 MPDU (PSDU) 的字节长度。
 - 当设置 Sequence Number 字段时，您需要先打开 Sequence Number 的开关。
4. 设置 **数据类型** 为自定义。
 5. 点击进入 **自定义数据**，并插入 PN9。
 6. 设置 **数据长度** 为 45 字节。

7. 设置 **数据模式** 为连续。
8. 打开 **MAC FCS** 。

10.4.2.3 基本设置

按 **I/Q** > **IoT** > **基本设置** 来设置协议波的过采样率和帧数。

1. 设置 **过采样率** 为 8。
2. 设置 **帧数** 为 6。

10.4.3 设置载波信号

1. 按 **FREQ** 按键，用数字键盘输入 1 GHz，或者在触摸屏上点击频率输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 1 GHz，
2. 按 **LEVEL** 按键，用数字键盘输入 -5 dBm，或者在触摸屏上点击幅度输入框，弹出小键盘，在小键盘上输入 -5 dBm。

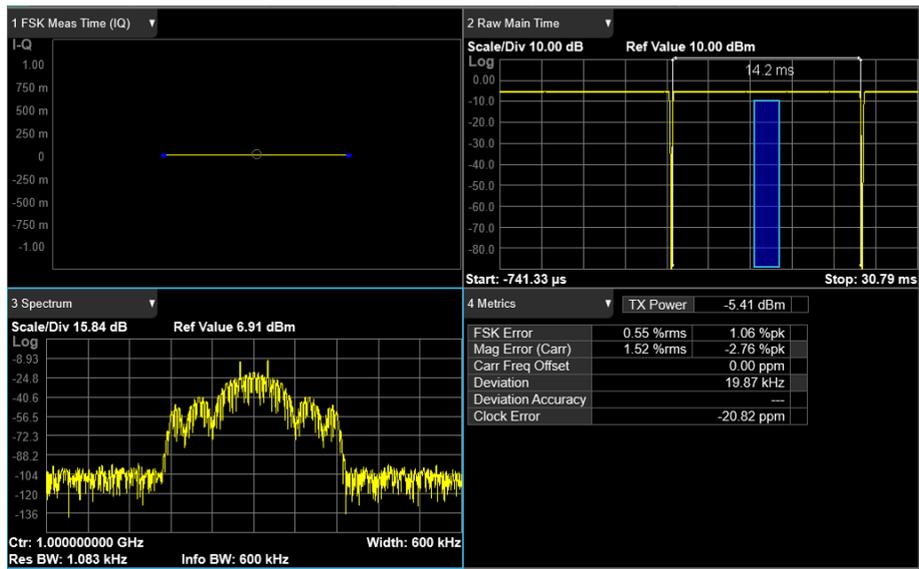
10.4.4 打开 IQ 调制功能和射频输出

1. 打开 **I/Q** > **IoT** > **Z-Wave 状态** 。
2. 按下 **MOD ON/OFF** 键打开调制功能，或者按 **HOME** 按键 > **IQ MOD** 模块 > **On** 开关以打开 IQ 调制总开关。打开 IQ 调制功能后，**MOD ON/OFF** 按键灯变亮，同时用户界面状态栏的 MOD 标识由灰色变为蓝色；
3. 按下 **RF ON/OFF** 键，按键灯变亮，用户界面状态栏的 RF 标识由灰色变成蓝色。

10.4.5 在频谱仪中解调

1. SSG5000X-V 后面板的 **[10 MHz OUT]** 连接器连接到频谱仪上，使其时钟同步。
2. SSG5000X-V 前面板的 **[RF OUTPUT 50Ω]** 连接器连接到频谱仪射频输入接口。

可以看到解调结果如图示：



11 远程控制

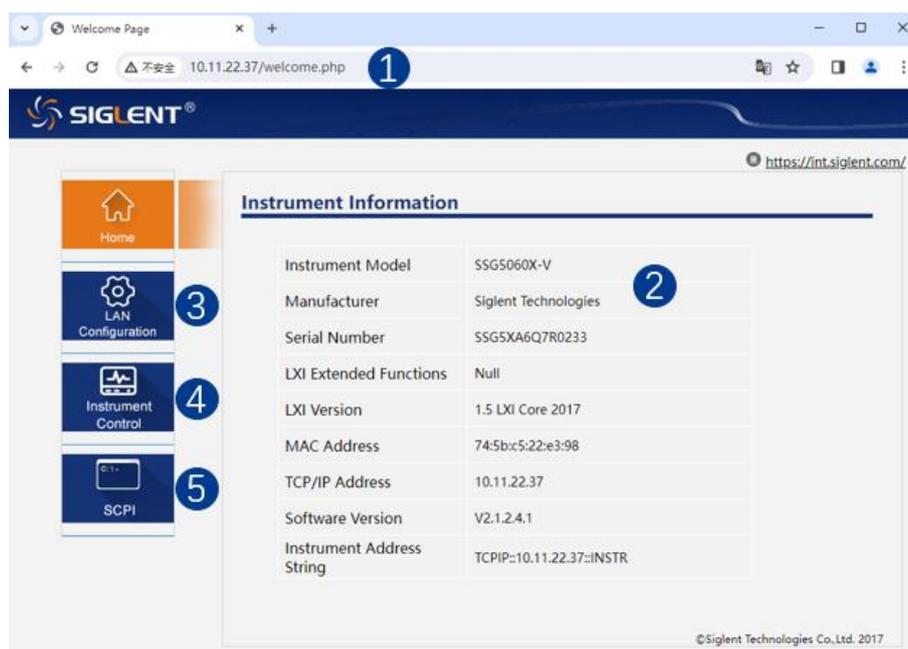
射频信号源有 USB、LAN 和 USB-GPIB 接口。基于这三种接口，用户可通过多种方式实现对射频信号源的远程控制。

11.1 SCPI 远程控制

基于上述接口，射频信号源支持通过 NI-VISA、Telnet 或 Socket 连接向仪器发送 SCPI 命令进行远程控制。详细内容请参考本产品的编程手册。

11.2 网页控制

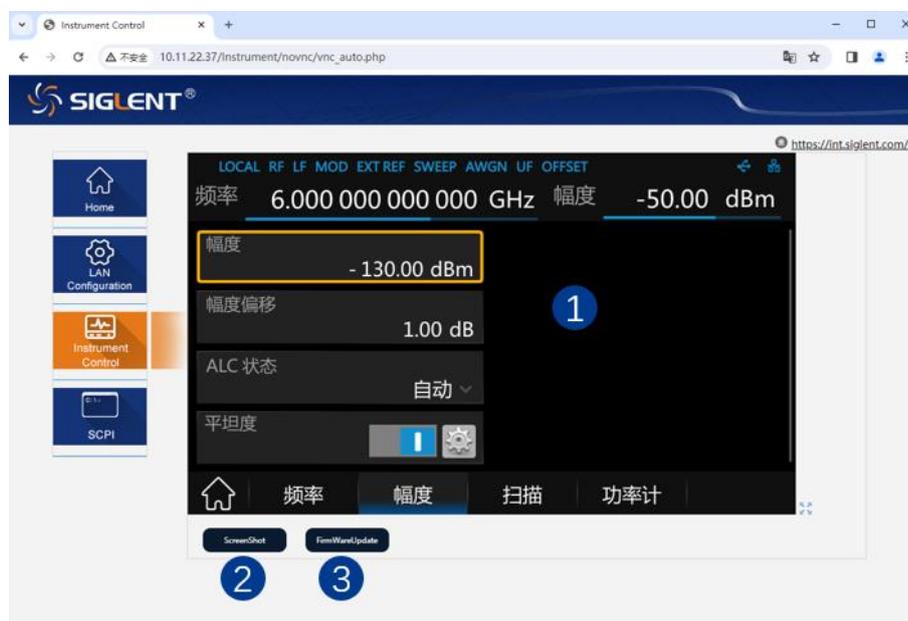
射频信号源还支持用户通过 Web 浏览器访问和控制。用户在浏览器地址栏中输入仪器 IP 地址，即可访问射频信号源。



1. 在浏览器地址栏中输入仪器的 IP 地址
2. 进入首页后默认显示仪器信息
3. 点击此处可进行局域网和 WebServer 登录密码配置
4. 点击此处可进入仪器控制界面
5. 点击此处可发送 SCPI

注：关于网页控制开关和网页访问密码的设置，详见“网页设置”一节，关于 IP 地址的设置，详见“LAN 设置”一节。

仪器控制界面如下图：



1. 仪器界面显示与控制区，该区域显示的内容为仪器显示区的拷贝。使用鼠标在该区域操作，效果等同于直接操作仪器的显示区
2. 点击进行当前屏幕截图
3. 点击进行软件版本升级

12 故障排除

下面列举了射频信号源在使用过程中可能出现的故障及排查方法。当您遇到这些故障时，请按照相应的步骤进行处理，如不能处理，请及时与 **SIGLENT** 公司联系。

1. 按下电源键后射频信号源仍黑屏，无任何显示：
 - 1) 检查电源：
 - 检查电源接头是否已正确连接；
 - 检查电源开关是否已打开。
 - 2) 检查风扇是否转动：
 - 如果风扇转动，屏幕不亮，可能是屏幕连接线松动；
 - 如果风扇不转，说明仪器并未成功开机，请参考步骤 2 处理。
 - 3) 检查保险丝是否熔断。如需更换电源保险丝，请及时与 **SIGLENT** 公司联系，并将仪器返厂，由 **SIGLENT** 授权的维修人员进行更换。
 - 4) 做完上述检查后，请重新启动仪器。如果仍无法正常启动本产品，请与 **SIGLENT** 联系。

2. 按键无响应或串键：
 - 1) 开机后，确认是否所有按键均无响应。
 - 2) 按 **UTILITY** > **自测试** > **按键测试**，确认是否有按键无响应或者串键现象。
 - 3) 如存在上述故障，可能是键盘连接线松动或者键盘损坏，请勿自行拆卸仪器，并及时与 **SIGLENT** 联系。

3. 设置正确但波形输出不正确：
 - 1) 没有 RF 输出
 - 检查信号连接线是否与 **[RF OUTPUT 50Ω]** 端口紧固连接。
 - 检查连接线是否有损伤。
 - 检查 **RF ON/OFF** 按键灯是否点亮。如果未点亮，按该键使其点亮，并且用户界面状态栏 RF 标识变蓝色。此时 **RF ON/OFF** 输出已正确打开。
 - 检查信号输出幅度是否过小，适当调整输出幅度的大小。
 - 2) RF 输出上没有调制

- 检查信号连接线是否与 [RF OUTPUT 50Ω] 端口紧固连接。
- 检查连接线是否有损伤。
- 检查 [MOD ON/OFF] 和 [RF ON/OFF] 按键灯是否都处于点亮状态，并且调制开关是否打开。
- 检查调制参数是否合适，适当调整调制参数。
- 如果使用外部调制源，请确保外部源连接正确并且有输出，同时应在信号源指定的范围内工作。

4. 扫描异常

1) 扫描出现停滞

用户界面显示频率区 / 显示幅度区显示扫描进度条，表示正在进行扫描操作。若出现停滞，应检查几点：

- 至少打开一种扫描类型：按 [SWEEP] > 扫描状态，选择“频率”，“幅度”或“频率&幅度”。
 - 如果是单次扫描模式，点击执行单次扫描满足触发条件时，则启动一次扫描。
 - 如果扫描触发方式不是自动触发，设置扫描的 触发方式 为“自动”，以确定是不是扫描触发丢失阻塞了扫描。
 - 如果点触发方式不是自动触发，设置扫描的 点触发方式 为“自动”，以确定是不是点触发丢失阻塞了扫描。
 - 确定驻留时间设置值是否太大或者太小，导致看不到扫描。
- 2) 在列表或者步进扫描中，幅度没有变化
- 确认扫描类型设置为幅度或频率&幅度。
 - 如果当前扫描类型设置为频率，幅度值不会改变。

5. USB 设备不能被识别

- 1) 检查 U 盘设备是否可以正常工作。
- 2) 检查 USB 设备接口是否能正常工作。
- 3) 确认使用的 flash 型 U 盘设备，本仪器不支持硬盘型 U 盘设备。
- 4) 重新启动仪器后，再插入 U 盘设备进行检查。
- 5) 如果仍无法正常使用 U 盘，请与 SIGLENT 联系。

6. 测量结果错误或精度不够：

用户可从数据手册中获取有关技术指标的详细说明，以此来计算系统误差，检查测量结果和精度问题。欲达到手册所列的性能指标，您需要：

- 1) 检查射频信号源是否在校准周期内（校准周期为 1 年）。
- 2) 确认是否在测试之前将射频信号源预热了至少 30 分钟。
- 3) 检查使用的测试设备的性能是否符合要求。
- 4) 确保使用的测试设备在校准周期内。
- 5) 检查使用的测试设备是否在其手册要求的工作条件下。
- 6) 检查所有的连接是否已经紧固。

7. 弹出消息：

仪器在工作中会根据其所处的状态，给出提示消息、错误消息或状态消息。这些消息可以帮助用户正确使用仪器，并非仪器故障。

关于鼎阳

鼎阳科技 (SIGLENT) 是通用电子测试测量仪器领域的行业领军企业, A 股上市公司。

2002 年, 鼎阳科技创始人开始专注于示波器研发, 2005 年成功研制出鼎阳第一款数字示波器。历经多年发展, 鼎阳产品已扩展到数字示波器、手持示波表、函数/任意波形发生器、频谱分析仪、矢量网络分析仪、射频/微波信号源、台式万用表、直流电源、电子负载等基础测试测量仪器产品, 是全球极少数能够同时研发、生产、销售数字示波器、信号发生器、频谱分析仪和矢量网络分析仪四大通用电子测试测量仪器主力产品的厂家之一, 国家重点“小巨人”企业。同时也是国内主要竞争对手中极少数同时拥有这四大主力产品并且四大主力产品全线进入高端领域的厂家。公司总部位于深圳, 在美国克利夫兰、德国奥格斯堡、日本东京成立了子公司, 在成都成立了分公司, 产品远销全球 80 多个国家和地区, SIGLENT 已经成为全球知名的测试测量仪器品牌。

联系我们

深圳市鼎阳科技股份有限公司

全国免费服务热线: 400-878-0807

网址: www.siglent.com

声明

 是深圳市鼎阳科技股份有限公司的注册商标, 事先未经过允许, 不得以任何形式或通过任何方式复制本手册中的任何内容。

本资料中的信息代替原先的此前所有版本。技术数据如有变更, 恕不另行通告。

技术许可

对于本文档中描述的硬件和软件, 仅在得到许可的情况下才会提供, 并且只能根据许可进行使用或复制。

