

Keysight 33210A 10 MHz 函数 / 任意波形发生器

声明

版权声明

© 是德科技 2009 - 2021

根据美国和国际版权法，未经是德科技事先允许和书面同意，不得以任何形式（包括电子存储和检索或翻译为其他国家或地区语言）复制本手册中的任何内容。

手册部件号

33210-90418

版本

第 4 版，2021 年 6 月 1 日

印刷地区：

马来西亚印刷

发布者：

是德科技
Bayan Lepas Free Industrial Zone,
11900 Penang, Malaysia

技术许可

本文中描述的硬件和 / 或软件仅在得到许可的情况下提供并且只能根据此类许可的条款进行使用或复制。

符合性声明

可以从 Web 上下载本产品以及其他 Keysight 产品的符合性声明。请转到 <http://www.keysight.com/go/conformity>。然后，可以按产品编号进行搜索，查找最新的符合性声明。

美国政府权利

本软件属于联邦政府采购法规 (“FAR”) 2.101 定义的 “商用计算机软件”。按照 FAR 12.212 和 27.405-3 以及国防部 FAR 补充条款 (“DFARS”) 227.7202，美国政府根据向公众提供商用计算机软件的一般条款获得本软件。同样，Keysight 根据其标准商业许可证向美国政府客户提供本软件，该许可证包含在其最终用户许可协议 (EULA) 中，可以在以下位置找到该许可协议的副本：<http://www.keysight.com/find/sweula>。EULA 中所述的许可证阐述了美国政府在使用、修改、分发或披露本软件方面的专属权利。除了其他事项之外，EULA 及其所述的许可证不要求或不允许 Keysight：(1) 提供通常不会向公众提供的与商用计算机软件或商用计算机软件文档相关的技术信息；或者 (2) 让或以其他方式提供的政府权利超过通常向公众提供的有关使用、修改、复制、发布、执行、显示或披露商用计算机软件或商用计算机软件文档方面的权利。EULA 中未涉及的其他政府要求不适用，除非按照 FAR 和 DFARS 的规定明确要求所有商用计算机软件提供商提供这些条款、权利或许可证，并且 EULA 中的其他地方有专门的书面说明。Keysight 不承担更新、修订或修改本软件的责任。关于 FAR 2.101 所定义的技术数据，根据 FAR 12.211 和 27.404.2 以及 DFARS 227.7102，美国政府获得的权利不超过 FAR 27.401 或 DFAR 227.7103-5 (c) 中定义的有限权利，这适用于任何技术数据。

担保

本文中包含的材料 “按原样” 提供，如有更改，恕不另行通知。此外，在适用法律允许的最大范围内，Keysight 不承诺与本手册及其包含的任何信息相关的任何明示或暗示的保证，包括但不限于对特定目的的适销性和适合性的暗示担保。对于因提供、使用或运用本文档或其包含的任何信息所导致的错误或者意外或必然损害，Keysight 概不负责。如果 Keysight 和用户另有书面协议，并且其中的某些担保条款涉及了本文档中与这些条款冲突的资料，则以此协议中的担保条款为准。

安全信息

小心

“小心” 标志表示存在危险。它要求重视操作程序、做法等。如果不正确地执行或不遵守此类操作规程，则可能导致产品损坏或重要数据丢失。在没有完全理解指定的条件且不满足这些条件的情况下，请勿继续执行 “小心” 标志所指示的任何操作。

警告

“警告” 标志表示有危险。它要求重视操作程序、做法等。如果不正确地执行或不遵守此类操作规程，则可能导致人身伤亡。在没有完全理解指定的条件且不满足这些条件的情况下，请勿继续执行 “警告” 标志所指示的任何操作。

Keysight 33210A 总览

Keysight Technologies 33210A 是高性能的 10 MHz 复合函数发生器，其具有内置任意波形和脉冲功能。函数发生器同时具备工作台特性和系统特性，是满足您目前及未来测试需求的多用途解决方案。

便利的工作台特性

- 最多 10 个标准波形
- 内置的 14 位 50 MSa/s 任意波形功能
- 具有可调边沿时间的精确脉冲波形功能
- LCD 显示器可提供数字和图形视图
- 易用的旋钮和数字小键盘
- 仪器状态存储器，用户可自定义名称
- 带有防滑支脚的便携式耐用机箱

灵活的系统特性

- 四个可选的可下载 8K 点任意波形存储器（选件 002）
- GPIB（IEEE-488）、USB 和 LAN 远程接口为标准配置
- 符合 LXI Class C 标准
- SCPI（可编程仪器的标准命令）兼容

注意

除非另有说明，否则本手册适用于所有序列号的产品。

基本信息

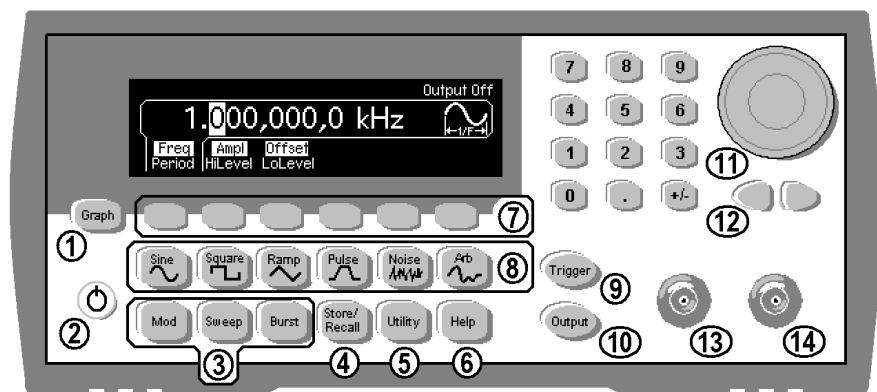
常规特征	要求
电源	CAT II 频率为 50/60 Hz ($\pm 10\%$) 时，电压为 100 至 240 V 频率为 400 Hz ($\pm 10\%$) 时，电压为 100 至 120 V
功耗	最大 50 VA
操作环境	IEC 61010 污染度 2 室内位置
操作温度	0 °C 至 55 °C
操作湿度	5% 至 80% RH (无凝结)
操作海拔高度	最高 3000 米
储存温度	-30 °C 至 70 °C

产品法规和合规性

33210A 符合下列安全和 EMC 要求。

有关最新修订版，请参阅“符合性声明”，网址为 <http://www.keysight.com/go/conformity>。

前面板总览



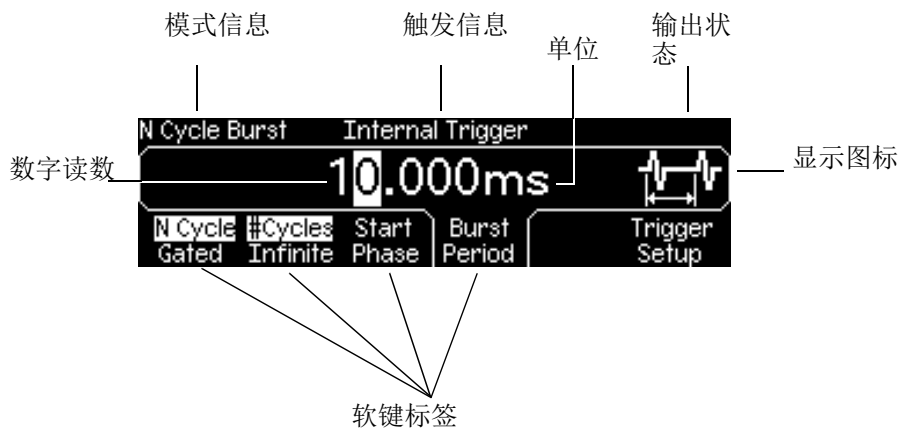
- | | |
|------------------|------------------------|
| 1 图形模式 / 本地键 | 9 手动触发键
(仅用于扫描和脉冲串) |
| 2 开关 | 10 输出启用 / 禁用键 |
| 3 调制 / 扫描 / 脉冲串键 | 11 旋钮 |
| 4 状态存储器菜单键 | 12 光标键 |
| 5 实用程序菜单键 | 13 Sync 连接器 |
| 6 帮助菜单键 | 14 Output 连接器 |
| 7 菜单操作软键 | |
| 8 波形选择键 | |

注意

要获取有关前面板键或菜单软键的上下文帮助，按住该键。

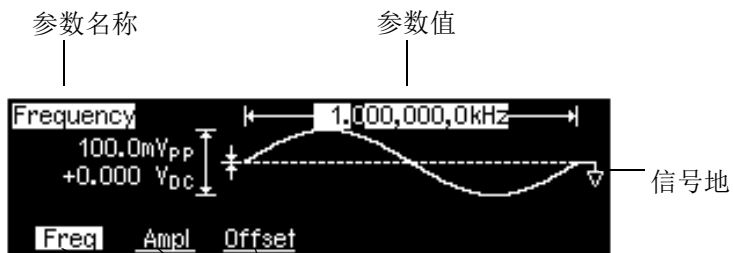
前面板显示屏总览

菜单模式



图形模式

要进入或退出图形模式，按 **Graph** 键。

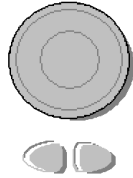


在图形模式下，一次仅为每个键显示一个参数标签。

前面板数字输入

可以使用下列两个方法之一，从前面板输入数字。

使用旋钮和光标键修改显示的数字。



- 1 使用旋钮下面的键来向左或向右移动光标。
- 2 旋转旋钮改变数字（顺时针旋转数值增大）。

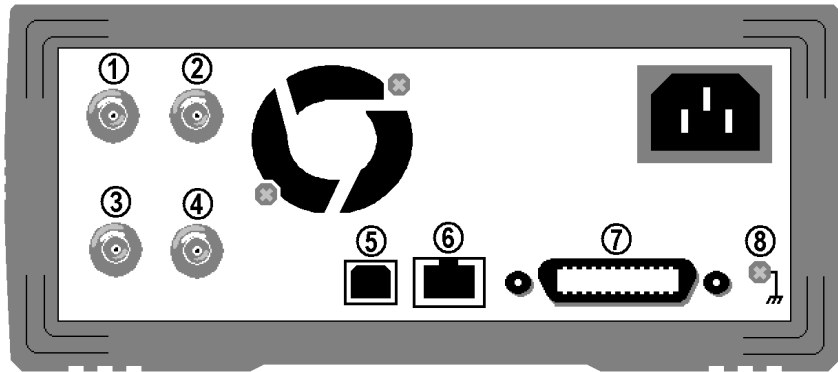
使用数字小键盘输入数字，使用软键选择单位。



- 1 像使用标准计算器一样输入数值。
- 2 选择输入数值的单位。



后面板总览



- | | |
|------------------------------------|------------------------------|
| 1 外部 10 MHz 参考输入端子
(仅限于选件 001)。 | 4 输入：外部触发 / 脉冲串门控
输出：触发输出 |
| 2 内部 10 MHz 参考输出端子
(仅限于选件 001)。 | 5 USB 接口连接器 |
| 3 外部调制输入端子 | 6 LAN 接口连接器 |
| | 7 GPIB 接口连接器 |
| | 8 机箱接地 |

使用 **Utility** 菜单：

- 选择 GPIB 地址（参见第 2 章）。
- 设置 LAN 接口的网络参数（参见第 2 章）。
- 显示当前网络参数（参见第 2 章）。

注意

只有当安装了选件 001（外部时基参考）时，才存在有外部和内部 10 MHz 参考端子（上图中的 1 和 2）。否则，这些连接器的插孔是被封住的。

警告

- 为防止电击，必须将电源线接地。如果只有两触点电源插座，则应将仪器的机箱接地螺钉（参见上图）连接到良好的接地线路中。
 - 请勿在有易燃气体或烟雾、有蒸汽或潮湿的环境中操作仪器。
-

本书内容

快速入门 第 1 章帮助您将函数发生器准备就绪并熟悉一些前面板特性。

前面板菜单操作 第 2 章为您介绍了前面板菜单并对函数发生器的一些菜单功能进行了说明。

特性和函数 第 3 章提供了有关函数发生器功能和操作的详细说明。无论是从前面板或是通过远程接口操作函数发生器，您都可以从本章找到有用信息。

远程接口参考资料 第 4 章提供了帮助您通过远程接口对函数发生器进行编程的参考信息。

错误消息 第 5 章列出了在使用函数发生器时可能出现的错误消息。每条错误消息都提供了帮助您诊断和解决问题的信息。

应用程序 第 6 章包含一些远程接口应用程序，用来帮助您开发自己的应用程序。

教程 第 7 章讨论了信号发生和调制技术的基本原理。

技术参数 第 8 章列出了函数发生器的技术参数。

废弃电气和电子设备 (WEEE) 指令

此仪器符合 WEEE 指令标记要求。此附加产品标签说明不得将此电气或电子产品丢弃在家庭垃圾中。

产品类别：

根据 WEEE 指令附件 1 中说明的设备类型，将此仪器分类为“监测和控制仪器”产品。

附加的产品标签显示如下。



切勿丢弃在家庭垃圾中。

要退还不需要的仪器，请与您最近的 Keysight 服务中心联系，或访问 <http://about.keysight.com/en/companyinfo/environment/takeback.shtml> 了解详细信息。

销售与技术支持

要联系 Keysight 的销售和技术支持，请参考以下 Keysight 网站上的支持链接：

- www.keysight.com/find/33210A
(特定于产品的信息和支持、软件与文档更新)
- www.keysight.com/find/assist
(查询世界各地的维修和服务联系信息)

目录

Keysight 33210A 总览	3
前面板总览	5
前面板显示屏总览	6
菜单模式	6
图形模式	6
前面板数字输入	7
后面板总览	8
本书内容	10
废弃电气和电子设备 (WEEE) 指令	11
产品类别:	11
销售与技术支持	11
1 快速入门	
快速入门	24
准备使用函数发生器	25
调整提手	26
设置输出频率	27
设置输出振幅	28
设置 DC 偏移电压	30
设置高电平和低电平值	31
选择 “DC Volts”	32
设置方波的占空比	33
配置脉冲波形	34
查看波形图形	35
输出存储的任意波形	36
使用内置帮助系统	37
在机架上安装函数发生器	39

2	前面板菜单操作	
	前面板菜单操作	42
	前面板菜单参考资料	43
	选择输出终端	47
	复位函数发生器	48
	输出已调制波形	49
	输出 PWM 波形	51
	输出频率扫描	53
	输出脉冲串波形	55
	触发扫描或脉冲串	57
	存储仪器状态	58
	配置远程接口	59
	GPIB 配置	59
	USB 配置	60
	LAN 配置	60
3	特性和函数	
	特性和函数	66
	输出配置	68
	输出函数	68
	输出频率	70
	输出振幅	71
	DC 偏移电压	73
	输出单位	75
	输出终端	76
	占空比（方波）	77
	对称性（锯齿波）	78
	电压自动调整	79
	输出控制	79
	波形极性	80
	同步输出信号	81

脉冲波形	83
脉冲周期	83
脉冲宽度	84
脉冲占空比	85
边沿时间	86
调幅 (AM)	87
选择 AM 调制	87
载波波形形状	88
载波频率	88
调制波形形状	89
调制波形频率	90
调制深度	90
调制源	91
调频 (FM)	92
选择 FM 调制	92
载波波形形状	93
载波频率	94
调制波形形状	95
调制波形频率	96
频率偏差	97
调制源	98
脉冲宽度调制 (PWM)	99
选择 PWM 调制	99
脉冲波形	100
脉冲周期	100
调制波形形状	101
调制波形频率	101
宽度偏差	102
占空比偏差	103
调制源	104
频率扫描	105
选择扫描	105
起始频率和停止频率	105
中心频率和频率跨距	106

扫描模式	107
扫描时间	108
标志频率	108
扫描触发源	109
触发输出信号	110
脉冲串模式	112
选择脉冲串	112
脉冲串类型	113
波形频率	115
脉冲串计数	116
脉冲串周期	117
脉冲串相位	118
脉冲串触发源	119
触发输出信号	120
触发	121
触发源选项	121
触发输入信号	125
触发输出信号	126
可选任意波形（选件 002）	127
创建和存储任意波形	128
有关任意波形的其他信息	133
系统相关操作	134
仪器状态存储	134
错误状态	137
蜂鸣器控制	138
显示屏灯泡保护程序	138
显示对比度	139
自检	139
显示屏控制	140
数值格式	141
固件修订版查询	142
SCPI 语言版本查询	142

远程接口配置	143
连通性软件和产品 CD	143
GPIB 配置	144
LAN 配置	144
Keysight 33210A Web 接口	152
USB 配置	152
外部时基参考（选件 001）	153
校准概述	155
校准安全	155
校准计数	157
校准消息	158
出厂默认设置	159
4 远程接口参考资料	
远程接口参考资料	162
SCPI 命令概要	164
APPLY 命令	164
输出配置命令	165
脉冲配置命令	166
调制命令	167
扫描命令	169
脉冲串命令	170
任意波形命令	171
触发命令	172
状态保存命令	172
与系统相关的命令	173
接口配置命令	174
锁相命令	175
状态报告命令	175
校准命令	176
IEEE 488.2 通用命令	177
简要的编程概述	178
使用 APPLY 命令	178
使用低级命令	178
读取查询响应	179

选择触发源	179
使用 APPLy 命令	180
输出频率	181
输出振幅	182
DC 偏移电压	184
APPLy 命令语法	185
输出配置命令	189
脉冲配置命令	202
调幅 (AM) 命令	207
AM 概述	207
AM 命令	208
调频 (FM) 命令	211
FM 概述	211
FM 命令	212
脉冲宽度调制 (PWM) 命令	215
PWM 概述	215
PWM 命令	216
频率扫描命令	221
扫描概述	221
扫描命令	223
脉冲串模式命令	229
脉冲串模式概述	229
脉冲串模式命令	231
触发命令	237
任意波形命令 (选件 002)	240
任意波形概述	240
任意波形命令	242
状态保存命令	251
与系统相关的命令	255
接口配置命令	260
锁相命令 (仅限于选件 001)	265
SCPI 状态系统	267

什么是条件寄存器？	267
什么是事件寄存器？	267
什么是允许寄存器？	267
状态字节寄存器	269
使用服务请求（SRQ）和串行轮询	271
使用 *STB? 读取状态字节	271
使用信息可用位（MAV）	272
使用 SRQ 中断计算机	272
确定命令序列何时完成	272
可疑数据寄存器	273
标准事件寄存器	275
状态报告命令	277
状态字节寄存器命令	277
可疑数据寄存器命令	278
标准事件寄存器命令	279
其他状态寄存器命令	280
校准命令	281
SCPI 语言简介	283
本手册使用的命令格式	284
命令分隔符	285
使用 MIN 和 MAX 参数	285
查询参数设置	286
SCPI 命令终止符	286
IEEE-488.2 通用命令	286
SCPI 参数类型	287
使用设备清除	288
5 错误消息	
错误消息	290
命令错误	292
执行错误	296
设备相关错误	316
查询错误	317
仪器错误	318

自检错误	319
校准错误	322
任意波形错误	324
6 应用程序	
概述	328
程序列表	330
示例：简单正弦波形	330
示例：振幅调制	330
示例：线性扫描	331
示例：脉冲波形	332
示例：脉冲宽度调制（PWM）	334
示例：下载任意波形（ASCII）	335
7 教程	
教程	338
直接数字合成	339
创建任意波形（选件 002）	342
生成方波波形	345
生成脉冲波形	346
非理想信号	348
谐波造成的非理想信号	348
非谐波造成的非理想信号	348
相位噪声	349
量化误差	349
输出振幅控制	350
接地回路	352
AC 信号的属性	354
调制	356
振幅调制（AM）	356
调频（FM）	357
脉冲宽度调制（PWM）	358
频率扫描	359

同步信号和标志信号	360
脉冲串	361
触发脉冲串模式	361
门控脉冲串模式	362

8 技术参数

本页特意留为空白。

1

快速入门

快速入门	24
准备使用函数发生器	25
调整提手	26
设置输出频率	27
设置输出振幅	28
设置 DC 偏移电压	30
设置高电平和低电平值	31
选择“DC Volts”	32
设置方波的占空比	33
配置脉冲波形	34
查看波形图形	35
输出存储的任意波形	36
使用内置帮助系统	37
在机架上安装函数发生器	39

快速入门

首先，您需要熟悉函数发生器前面板的使用。通过学习本章的内容，您可以掌握将函数发生器准备就绪的操作，并且熟悉前面板的一些操作。本章分为下列几个部分：

- [准备使用函数发生器](#)，第 25 页
- [调整提手](#)，第 26 页
- [设置输出频率](#)，第 27 页
- [设置输出振幅](#)，第 28 页
- [设置 DC 偏移电压](#)，第 30 页
- [设置高电平和低电平值](#)，第 31 页
- [选择“DC Volts”](#)，第 32 页
- [设置方波的占空比](#)，第 33 页
- [配置脉冲波形](#)，第 34 页
- [查看波形图形](#)，第 35 页
- [输出存储的任意波形](#)，第 36 页
- [使用内置帮助系统](#)，第 37 页
- [在机架上安装函数发生器](#)，第 39 页

准备使用函数发生器

1 检查供货清单。

检查函数发生器附带的下列物品是否完好。如有缺失，请就近与 Keysight Technologies 公司销售部门联系。

- 电源线（适用于目的地所在国家 / 地区）。
- 校准证书。
- *Keysight 33210A Product Reference CD*（产品软件、编程示例和手册）。
- *Keysight Automation-Ready CD* (Keysight IO Libraries Suite)。
- USB 2.0 电缆。


注意

Keysight 33210A Product Reference CD 上提供了 33210A 产品的所有文档，通过网址 www.keysight.com/find/33210A 也可以获得这些文档。另外还可以付费购买印刷版（硬拷贝）手册。



电源
开关

2 接上电源线并打开函数发生器。

仪器将会花费几分钟时间来执行加电自检。当仪器准备就绪可以使用后，将显示一条关于如何获取帮助的消息以及当前的 GPIB 地址和 USB 标识串。接通电源时函数发生器设置为正弦波函数，其频率为 1 kHz，振幅为 100 mV 峰峰值（以 50 W 端接）。在接通电源时，禁用 Output 连接器。要启用 Output 连接器，请按  键。

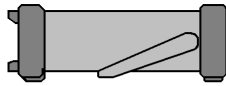
如果函数发生器没有接通，请检查电源线是否牢固地连接到后面板的电源插座上（在接通电源时自动检测电源线电压）。您还应确保函数发生器连接到通电的电源上。然后，检查是否接通函数发生器。

注意

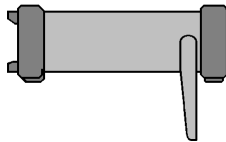
如果加电自检失败，“Self-Test Failed”（自检失败）会连同错误代码显示出来。请参考《Keysight 33210A Service Guide》，以获得错误代码信息和将函数发生器返回 Keysight Technologies 公司进行维修的说明。

调整提手

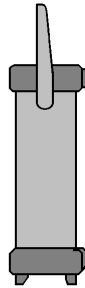
要调整位置，请握住两侧的提手并*向外拉*。然后，将提手旋转到所需位置。



收回



放开



手提位置

设置输出频率

在接通电源时，函数发生器输出一个频率为 1 kHz，振幅为 100 mV（峰峰值）的正弦波（以 50 Ω 端接）。下列步骤说明如何将频率更改为 1.2 MHz。

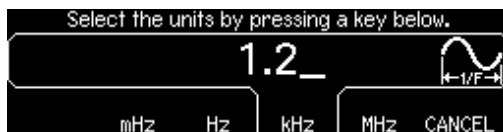
1 按“Freq”软键。

显示的频率为接通电源时的值，或者是预先选定的频率。在更改函数时，如果当前值对于新函数是有效的，则使用同一频率。要设置波形周期，则再次按 **Freq** 软键，以切换到 **Period** 软键（当前选项为突出显示）。



2 输入所需的频率值。

使用数字小键盘，输入值“1.2”。



3 选择所需的单位。

按对应于所需单位的软键。在您选择单位时，函数发生器以显示的频率输出波形（如果启用输出）。在本例中，按 **MHz**。



注意

您也可以使用旋钮和光标键输入所需的值。

设置输出振幅

在接通电源时，函数发生器输出振幅为 100 mV（峰峰值）的正弦波（以 50 ω 端接）。下列步骤说明如何将振幅更改为 50 mV_{RMS}。

1 按“Ampl”软键。

显示的振幅为接通电源时的值，或者是预先选定的振幅。在更改函数时，如果当前值对于新函数是有效的，则使用相同的振幅。要使用高电平和低电平设置振幅，再次按 **Ampl** 软键，以切换到 **HiLevel** 和 **LoLevel** 软键（当前选项为突出显示）。



2 输入所需的振幅值。

使用数字小键盘，输入值“50”。



3 选择所需的单位。

按对应于所需单位的软键。在您选择单位时，函数发生器以显示的振幅输出波形（如果启用输出）。在本例中，按 **mV_{RMS}**。



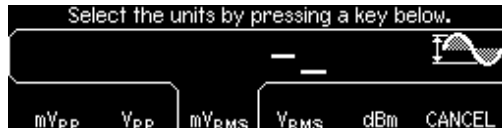
注意

您也可以使用旋钮和光标键输入所需的值。

您可以非常容易地将显示的振幅从一个单位转换到另一个单位。例如，下列步骤说明如何将振幅从 V_{RMS} 转换到 V_{PP} 。

4 转为数字输入模式。

按 $\boxed{+/-}$ 键，转为数字输入模式。



5 选择新的单位。

按对应于所需单位的软键。将显示的值转换为新单位。在本例中，请按 **V_{PP}** 软键将 50 mV_{RMS} 转换为以伏特为单位的相应峰峰值。



要以 **十倍增** 更改显示的振幅，请按向右光标键，将光标移到显示屏右侧的 unit 上。然后旋转旋钮，以十倍增来增加或减少显示的振幅。



设置 DC 偏移电压

在接通电源时，函数发生器输出 DC 偏移为 0 V 的正弦波（以 50 ω 端接）。下列步骤说明如何将偏移更改为 -1.5 mVdc。

1 按“Offset”软键。

显示的偏移电压为接通电源时的值，或者是预先选定的偏移值。在更改函数时，如果当前值对于新函数是有效的，则使用同一偏移值。



2 输入所需的偏移值。

使用数字小键盘，输入值“-1.5”。



3 选择所需的单位。

按对应于所需单位的软键。在您选择单位时，函数发生器以显示的偏移值输出波形（如果启用输出）。在本例中，按 mV_{DC}。



注意

您也可以使用旋钮和光标键输入所需的值。

设置高电平和低电平值

如前面所述，您可以通过设置振幅和 DC 偏移值来指定一个信号。另一种设置信号限值的方法是指定其高电平（最大值）和低电平（最小值）值。这通常对于数字应用是很方便的。在下面的示例中，将高电平设置为 1.0 V，将低电平设置为 0.0 V。

- 1 按 “Ampl”（振幅）软键以选择 “Ampl”。
- 2 再次按该软键以切换至 “HiLevel”（高电平）。

请注意，Ampl 和 Offset 软键一起切换，分别切换为 HiLevel 和 LoLevel。



- 3 设置 “HiLevel” 值。

使用数字小键盘或旋钮选择 “1.0 V”。（如果您使用键盘，则您需要选择单位 “V” 以输入该值。）



- 4 按 “LoLevel” 软键并设置数值。


同样，使用数字小键盘或旋钮输入数值 “0.0 V”。



请注意，这些设置（高电平 = “1.0 V”，低电平 = “0.0 V”）相当于设置一个 “1.0 Vpp” 的振幅和一个 “500 mVdc” 的偏移。

选择“DC Volts”

您可以从“Utility”（实用程序）菜单选择“DC Volts”（直流电压）功能，然后设置一个恒定的 DC 电压作为“Offset”（偏移）值。设置“DC Volts” = 1.0 Vdc。

- 1 按  并选择“DC On”软键。

Offset 值被选中。



- 2 输入所需的电压电平作为“Offset”。

使用数字小键盘或旋钮输入 1.0 Vdc。



您可以输入 -5 Vdc 至 +5 Vdc 之间的任何 DC 电压值。

设置方波的占空比

在接通电源时，方波的占空比是 50%。对于输出频率不高于 5 MHz 的方波，可以在 20% 至 80% 的范围内调节其占空比。下列步骤说明如何将占空比更改为 30%。

1 选择方波函数。

按 **Square** 键，然后将所需的输出频率设置为不高于 5 MHz 的任意值。

2 按 “Duty Cycle” 软键。

显示的占空比为接通电源时的值，或者是预先选定的百分比。占空比表示每个周期方波为高电平的时间量（请注意显示屏右侧的图标）。



3 输入所需的占空比。

使用数字小键盘或旋钮，选择占空比的值为 “30”。函数发生器立即调整占空比，并以指定的值输出方波（如果启用输出）。



配置脉冲波形

您可以对函数发生器进行配置，以输出脉冲宽度和边沿时间可变的脉冲波形。下列步骤说明如何配置一个脉冲宽度为 10 ms，边沿时间为 50 ns 的 500 ms 的脉冲波形。

1 选择脉冲函数。

按 **Pulse** 键，选择脉冲函数并以默认参数输出脉冲波形。

2 设置脉冲周期。

按 **Period** 软键，将脉冲周期设置为 500 ms。



3 设置脉冲宽度。

按 **Width** 软键，将脉冲宽度设置为 10 ms。脉冲宽度表示从上升沿的 50% 阈值处到紧接着的一个下降沿的 50% 阈值处的时间（请注意显示的图标）。



4 设置上升沿和下降沿的边沿时间。

按 **Edge Time** 软键，将上升沿和下降沿的边沿时间都设置为 50 ns。边沿时间表示从各边沿的 10% 阈值处到 90% 阈值处的时间（请注意显示的图标）。



查看波形图形

在*图形模式*中，您可以查看当前波形参数的图形表示。这些软键的排列顺序与在常规显示模式下相同，且执行相同的功能。然而，每个软键一次只显示一个标签（例如，**Freq** 或 **Period**）。

1 启用图形模式。

按 **Graph** 键，启用图形模式。显示屏左上角显示的当前选定的参数名称及其数值字段均为突出显示。



2 选择所需的参数。

要选择特定的参数，请注意显示屏底部的软键标签。例如，要选择周期，请按 **Period** 软键。

- 在常规显示模式下，您可以使用数字小键盘或者旋钮和光标键来编辑数字。
- 在图形模式中，在您第二次按键时通常会切换的参数仍将切换。然而，您在每个软键上一次只能看到一个标签（例如，**Freq** 或 **Period**）。
- 要退出图形模式，再次按 **Graph**。

注意

Graph 键也可用作 **Local** 键，以在远程接口操作之后恢复前面板控制。

输出存储的任意波形

注意

任意波形还可用于 33210A（选件 002）。要升级 33210A 以包含任意波形功能，请转至 www.keysight.com/find/33210U。

在非易失性存储器中共存储 5 个内置的任意波形。下列步骤说明如何从前面板中输出内置的“指数下降波形”。

注意

有关创建自定义任意波形的详细信息，请参见第 128 页的“[创建和存储任意波形](#)”。

1 选择任意波形函数。

在您按 **Arb** 键选择任意波形函数时，将显示一条临时消息，表明当前选定了何种波形（默认情况下为“指数上升”波形）。

2 选择活动的波形。

先按 **Select Wform** 软键，再按 **Built-In** 软键从 5 个内置波形中进行选择，然后按 **Exp Fall** 软键。除非您对这些参数进行了更改，否则将以频率、振幅和偏移的当前设置输出波形。



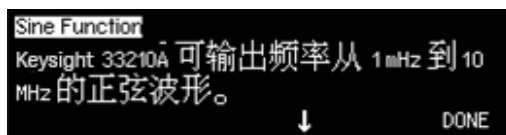
现在，选定的波形已被指定到 **Arb** 键。只要按该键，就将输出已选定的任意波形。为快速确定当前选定了何种任意波形，请按 **Arb** 键。

使用内置帮助系统

内置帮助系统设计为对任何一个前面板键或菜单软键提供上下文相关帮助。还可以利用帮助主题列表，获得有关一些前面板操作的帮助。

1 查看函数键的帮助信息。

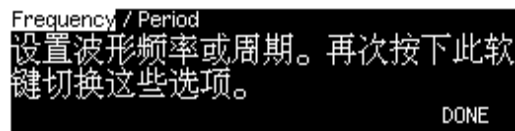
按住 **Sine** 键。如果该消息包含的信息超过一屏，请按 **fl** 软键或者顺时针旋转旋钮，来查看剩余信息。



按 **DONE**，退出帮助。

2 查看菜单软键的帮助信息。

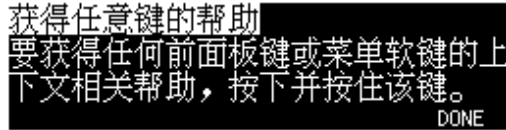
按住 **Freq** 软键。如果该消息包含的信息超过一屏，请按 **fl** 软键或者顺时针旋转旋钮，来查看剩余信息。



按 **DONE**，退出帮助。

3 查看帮助主题列表。

按 **Help** 键，查看可用的帮助主题列表。要滚动该列表，请按 **>** 或 **fl** 软键，或者旋转旋钮。选择第三个主题“*获得任意键的帮助*”，然后按 **SELECT**。

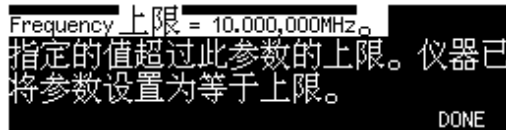


按 **DONE**，退出帮助。

4 查看显示消息的帮助信息。

只要超出限制或者发现任何其他的无效配置，函数发生器都将显示消息。例如，如果您输入一个超出选定函数频率限制的值，就将显示一条消息。内置帮助系统提供有关最新显示消息的附加信息。

按 **Help** 键，选择第一个主题“*查看最后一次显示的消息*”，然后按 **SELECT**。



按 **DONE**，退出帮助。

注意

本地语言帮助：该内置帮助系统有多种语言版本。所有消息、上下文相关帮助和帮助主题都以所选的语言显示。菜单软键标签和状态行消息未翻译。

要选择本地语言，请按 **Utility** 键，再按 **System** 软键，然后按 **Help In** 软键。选择所需的语言。

在机架上安装函数发生器

可以使用所提供的两个可选套件中的任意一个套件，将 Keysight 33210A 安装到标准 19 英寸机柜中。每套机架安装套件都配有安装说明和安装部件。所有同尺寸的 Keysight Technologies 系统 II 的仪器都可架装在 Keysight 33210A 的旁边。

注意

在机架上安装仪器前，应卸下提手和前后面板的橡胶减震垫。



要拆下提手，将其转至垂直位置并将两端向外拉出。

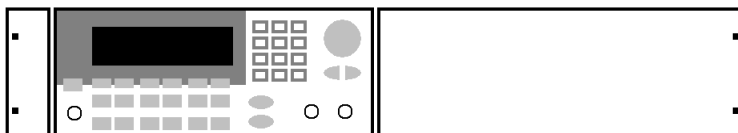


正面

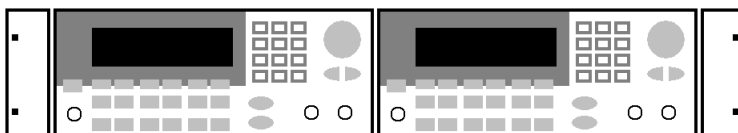
背面（底视图）

要拆下橡胶减震垫，应先拉住一角然后将其滑出。

1 快速入门



要在机架上安装单个仪器，请订购 5063-9240 适配器套件。



要在机架上并列安装两台仪器，请订购 5061-8769 锁链套件和 5063-9212 法兰盘套件。请务必使用机柜中的支撑轨。

注意

为防止过热，不要阻碍仪器的空气流通。要在仪器的后面、侧面和底部留出足够的空隙，以保证内部空气流通。

2 前面板菜单操作

前面板菜单操作	42
前面板菜单参考资料	43
选择输出终端	47
复位函数发生器	48
输出已调制波形	49
输出 PWM 波形	51
输出频率扫描	53
输出脉冲串波形	55
触发扫描或脉冲串	57
存储仪器状态	58
配置远程接口	59

前面板菜单操作

本章介绍了前面板按键和菜单的操作。本章并未对每个前面板按键或菜单操作进行详细说明，而是使您对前面板菜单和多种前面板操作有一个大致了解。有关函数发生器功能和操作的详细说明，请参见起始于第 65 的 [第 3 章](#)，“[特性和函数](#)”。

- [前面板菜单参考资料](#) [第 43 页](#)
- [选择输出终端](#) [第 47 页](#)
- [复位函数发生器](#) [第 48 页](#)
- [输出已调制波形](#) [第 49 页](#)
- [输出 PWM 波形](#) [第 51 页](#)
- [输出频率扫描](#) [第 53 页](#)
- [输出脉冲串波形](#) [第 55 页](#)
- [触发扫描或脉冲串](#) [第 57 页](#)
- [存储仪器状态](#) [第 58 页](#)
- [配置远程接口](#) [第 59 页](#)

前面板菜单参考资料

本部分概述了前面板菜单，本章其他部分将介绍一些使用前面板菜单的示例。

Mod 配置 AM、FM 和 PWM 的调制参数。

- 选择调制类型。
- 选择内部或外部调制源。
- 指定 AM 调制深度、调制频率和调制形状。
- 指定 FM 频率偏差、调制频率和调制形状。
- 指定 PWM 偏差、调制频率和调制形状。

Sweep 配置频率扫描的参数。

- 选择线性扫描或对数扫描。
- 选择起始 / 停止频率或者中心 / 跨距频率。
- 选择完成扫描所需的时间（以秒计）。
指定标志频率。
- 指定扫描的内部或外部触发源。
- 指定外部触发源的斜率（上升沿或下降沿）。
- 指定“触发输出”信号的斜率（上升沿或下降沿）。

Burst 配置脉冲串的参数。

- 选择触发（N 循环）或外部门控脉冲串模式。
- 选择每个脉冲串的循环数（1 至 50,000，或者是无限）。
- 选择脉冲串的起始相角（ -360° 至 $+360^\circ$ ）。
- 指定从一个脉冲串开始到下一个脉冲串开始的时间。
- 指定脉冲串的内部或外部触发源。
- 指定外部触发源的斜率（上升沿或下降沿）。
- 指定“触发输出”信号的斜率（上升沿或下降沿）。

Store/Recall 存储和调用仪器状态。

- 在非易失性存储器中最多可存储 4 个仪器状态。
- 为每个存储位置指定自定义名称。
- 调用存储的仪器状态。
- 将所有仪器设置恢复为出厂默认值。
- 选择仪器的加电配置（最近一次或出厂默认值）。

Utility 配置系统相关参数。

- 只产生 DC 电压电平。
- 启用 / 禁用从 “Sync” 连接器中输出的同步信号。
- 选择输出终端（1 w 至 10 kw，或者无限）。
- 启用 / 禁用振幅自动调整。
- 选择波形极性（常规或反向）。
- 选择 GPIB 地址。
- 指定 LAN 配置（IP 地址和网络配置）。
- 选择在前面板上显示的数字中如何使用点和逗号。
- 选择前面板消息和帮助文本的本地语言。
- 启用 / 禁用产生错误时的声音提示。
- 启用 / 禁用显示屏灯泡保护程序模式。
- 调整前面板显示屏的对比度设置。
- 执行仪器自检。
- 为校准对仪器进行加密 / 解密，以及执行手动校准。
- 查询仪器的固件修订版代码。

Help 查看帮助主题列表。

- 查看显示的最后一条消息。
- 查看远程命令错误队列。
- 获得任意键的帮助。
- 如何只产生 DC 电压电平。
- 如何产生已调制的波形。
- 如何创建任意波形。
- 如何将仪器复位到默认状态。
- 如何在图形模式中查看波形。
- 如何同步多个仪器。
- 如何获得 Keysight Technologies 公司的技术支持。

选择输出终端

对于前面板 *Output* 连接器，Keysight 33210A 具有一个 50 欧姆的固定串联输出阻抗。如果实际负载阻抗与指定的值不同，则显示的振幅和偏移电平将是不正确的。所提供的负载阻抗设置只是为了方便您将显示电压与期望负载相匹配。

- 1 按 **Utility**。
- 2 导航菜单，以设置输出终端。

按 **Output Setup** 软键，然后选择 **Load** 软键。



- 3 选择所需的输出终端。

使用旋钮或数字小键盘来选择所需的负载阻抗，或者再次按 **Load** 软键选择“High Z”。

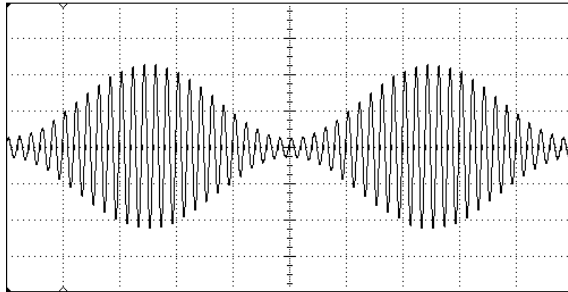
复位函数发生器

要将仪器复位到出厂默认状态，请按 ，然后选择 **Set to Defaults** 软键。按 **YES** 以确认此操作。

有关该仪器加电和复位状态的完整列表，请参见 160 上的 [“Keysight 33210A 出厂默认设置”](#)。

输出已调制波形

已调制波形由**载波**和**调制波形**组成。在 AM（调幅）中，载波的振幅是随调制波形的振幅而变化的。在本例中，您将输出一个具有 80% 调制深度的 AM 波形。载波为 5 kHz 的正弦波，而调制波形为 200 Hz 的正弦波。



1 选择载波的函数、频率和振幅。

按 **Sine**，然后按 **Freq**、**Ampl** 和 **Offset** 软键来配置载波波形。在本例中，选择 5 kHz 的正弦波，振幅为 5 Vpp。

2 选择 AM。

按 **Mod**，然后使用 **Type** 软键选择“AM”。请注意，显示屏的左上角将显示状态消息“AM by Sine”。

3 设置调制深度。

按 **AM Depth** 软键，然后使用数字小键盘或者旋钮和光标键将值设置为 80%。



4 设置调制频率。

按 **AM Freq** 软键，然后使用数字小键盘或者旋钮和光标键将值设置为 200 Hz。

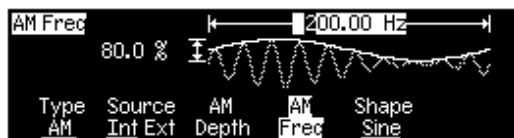


5 选择调制波形形状。

按 **Shape** 软键选择调制波形的形状。对于此示例，请选择正弦波。
此时，函数发生器以指定的调制参数输出 AM 波形（如果启用输出）。

6 查看波形。

按 **Graph**，查看波形参数。



要关闭图形模式，再次按 **Graph**。

输出 PWM 波形

您可以配置函数发生器以输出脉冲宽度调制（PWM）波形。Keysight 33210A 可为脉冲载波波形提供 PWM，PWM 是受脉冲波形支持的唯一调制类型。在 PWM 中，载波波形的脉冲宽度或占空比根据调制波形而变化。您可以指定脉冲宽度和宽度偏差或脉冲占空比和占空比偏差，偏差受调制波形控制。

在本示例中，您将为具有 100 Hz 正弦波调制波形的 1 kHz 脉冲波形指定一个脉冲宽度和脉冲宽度偏差。

1 选择载波波形参数。

按 **Pulse**，然后按 **Freq**、**Ampl**、**Offset**、**Width** 和 **Edge Time** 软键以配置载波波形。在本示例中，选择振幅为 1 Vpp、偏移为 0、脉冲宽度为 100 ms 以及边沿时间为 50 ns 的 1 kHz 脉冲波形。

2 选择 PWM。

按 **Mod**，（PWM 为**脉冲**的唯一调制类型）。请注意，显示屏的左上角显示一条状态消息“PWM by Sine”（正弦波 PWM）。

3 设置宽度偏差。

按 **Width Dev** 软键，并使用数字小键盘或旋钮和光标键将数值设置为 20 ms。



4 设置调制频率。

按 **PWM Freq** 软键，并使用数字小键盘或旋钮和光标键将数值设置为 5 Hz。



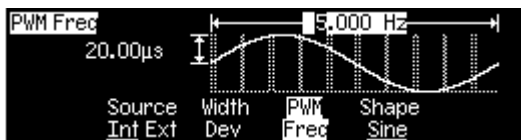
5 选择调制波形形状。

按 **Shape** 软键选择调制波形的形状。对于此示例，请选择正弦波。

此时，函数发生器用指定的调制参数输出（如果启用输出）一个 PWM 波形。

6 查看波形。

按 **Graph** 以查看波形和参数。

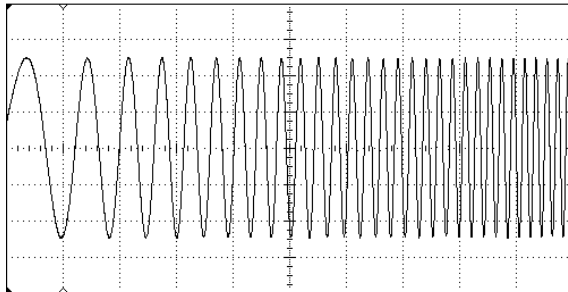


要关闭图形模式，再次按 **Graph**。

当然，要真正查看 PWM 波形，您需要将其输出到示波器中。如果将波形输出到示波器，您将会看到脉冲宽度如何变化（在此情况下，脉冲宽度在从 80 到 120 ms 之间变化）。在调制频率为 5 Hz 时，就可以很好地看到偏差。

输出频率扫描

在频率扫描模式中，函数发生器以指定的扫描速率从起始频率到停止频率“步进”。您能够以线性或对数间隔由高频向低频扫描，或者由低频向高频扫描。在本例中，将输出一个从 50 Hz 到 5 kHz 的扫描正弦波。您不能更改其默认设置中的其他参数：内部扫描触发、线性间隔和 1 秒的扫描时间。



1 选择扫描的函数和振幅。

对于扫描，您可以选择正弦、方波或锯齿波形（不允许脉冲、噪声、DC 和任意波形）。在本例中，选择一个振幅为 5 V_{pp} 的正弦波。

2 选择扫描模式。

按 **Sweep**，然后验证当前是否已选定线性扫描模式。请注意在显示屏的左上角显示状态消息“Linear Sweep”。

3 设置起始频率。

按 **Start** 软键，然后使用数字小键盘或旋钮和光标键将值设置为 50 Hz。



4 设置停止频率。

按 **Stop** 软键，然后使用数字小键盘或旋钮和光标键将值设置为 5 kHz。



此时，函数发生器输出一个从 50 Hz 到 5 kHz 的连续扫描（如果启用输出）。

注意

如果需要，您可以使用中心频率和频率跨距来设置扫描的频率边界。这些参数与起始频率和停止频率相类似，可以给您提供更大的灵活性。要达到同样的结果，可将中心频率设置为 2.525 kHz，频率跨距设置为 4.950 kHz。

5 查看波形。

按 **Graph**，查看波形参数。



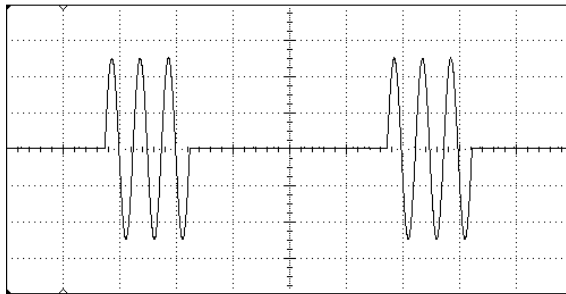
要关闭图形模式，再次按 **Graph**。

注意

通过按 **Trigger** 键，您可以生成单个频率扫描。
有关详细内容，请参见第 57 的“触发扫描或脉冲串”。

输出脉冲串波形

您可以配置函数发生器以输出具有指定循环数的波形，称为“脉冲串”。您可以按某一速率输出脉冲串，该速率是由内部速率发生器或后面板 Trig In 连接器上的信号电平所决定的。在本例中，将输出一个三循环的正弦波，脉冲串周期为 20 ms。您不能更改其默认设置中的其他参数：内部脉冲串源和 0 度的起始相位。



1 选择脉冲串的函数和振幅。

对于脉冲串波形，您可以选择正弦、方波或锯齿波形（不允许脉冲、噪声、DC 和任意波形）。在本例中，选择一个振幅为 5 Vpp 的正弦波。

2 选择脉冲串模式。

按 **Burst**，然后验证当前是否选定了“N Cycle”（内部触发）模式。请注意在显示屏的左上角显示状态消息“N Cycle Burst”。

3 设置脉冲串计数。

按 **#Cycles** 软键，然后使用数字小键盘或旋钮将计数设置为“3”。



4 设置脉冲串周期。

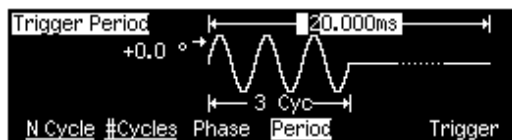
按 **Burst Period** 软键，然后使用数字小键盘或者旋钮和光标键将周期设置为 20 ms。脉冲串周期设置从一个脉冲串开始到下一个脉冲串开始的时间（请注意显示图标）。



此时，函数发生器输出一个连续的三循环脉冲串（如果启用输出）。

5 查看波形。

按 **Graph**，查看波形参数。



要关闭图形模式，再次按 **Graph**。




注意

通过按 **Trigger** 键，您可以生成单个脉冲串（指定的计数）。有关详细信息，请参见第 57 的“触发扫描或脉冲串”。

您也可以使用外部门控信号，根据施加到后面板 **Trig In** 连接器上的外部信号来“开启”或“关闭”脉冲串信号。有关详细信息，请参见第 112 页上的“脉冲串模式”。

触发扫描或脉冲串


您可以使用*手动*触发或*内部*触发，从前面板中对扫描和脉冲串产生触发。

- 函数发生器的默认设置是启用*内部*或“自动”触发。在这种模式下，当已选定扫描或脉冲串模式时函数发生器将连续输出。
- 每次按前面板中的键，*手动*  触发都会启动一个扫描，或输出一个脉冲串。继续按该键，将再次触发函数发生器。
- 在远程模式下（远程模式下远程图标开启）以及当前未选定扫描或脉冲串函数时（或者禁用输出时），禁用  键。在使用手动触发时， 键立即变暗。

存储仪器状态

您可以在 4 个非易失性存储位置中的任何一个位置上存储仪器状态。第五个存储位置自动保存该仪器的断电配置。在恢复电源时，该仪器可以自动返回断电前的状态。

1 选择所需的存储位置。


按 ，然后选择 **Store State** 软键。



2 为选定的位置指定自定义名称。

如果需要，您可以给这四个位置的每一个位置都指定一个自定义名称。



- 名称最多可包含 12 个字符。第一个字符必须是字母，其他的字符可以是字母、数字或下划线字符（“_”）。
- 要添加另外的字符，按右光标键，直到光标移至现有名称的右侧，然后旋转旋钮。
- 要删除光标位置右边的所有字符，则按 .
- 要在名称中使用数字，您可以直接从数字小键盘中输入它们。使用数字小键盘中的小数点，将下划线字符（“_”）添加到名称中。

3 存储仪器状态。

按 **STORE STATE** 软键。该仪器存储选定的函数、频率、振幅、DC 偏移、占空比、对称性，以及使用的任何其他调制参数。该仪器并不存储在任意波形函数中创建的易失性波形。

配置远程接口

Keysight 33210A 支持使用以下三种接口进行远程接口通信： GPIB、 USB 和 LAN（符合 LXI Class C 标准）。三种接口在加电时都处于“活动”状态。以下部分说明如何从仪器前面板配置远程接口。

注意

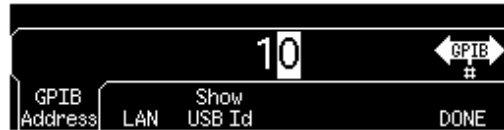
随仪器提供的两张 CD 中包含在远程接口上进行通信的连接软件。有关这些 CD 及其所包含软件的详细信息，请参见第 143 的“[连通性软件和产品 CD](#)”。

GPIB 配置

您只需要选择一个 GPIB 地址。

1 选择“I/O”菜单。

按 **Utility**，然后按 **I/O** 软键。



2 设置 GPIB 地址。

使用旋钮和光标键或数字小键盘在 0 到 30 范围内选择一个 GPIB 地址（出厂默认值为“10”）。

GPIB 地址在加电时显示在前面板显示屏上。

3 退出该菜单。

按 **DONE** 软键。

2 前面板菜单操作

USB 配置

USB 接口不需要前面板配置参数。只需使用适宜的 USB 电缆将 Keysight 33210A 连接到 PC 即可。接口将自动进行配置。按 “I/O” 菜单中的 **Show USB Id** 软键以查看 USB 接口标识字符串。USB 1.1 和 USB 2.0 都被支持。

LAN 配置

您可能需要设置几个参数以使用 LAN 接口来建立网络通信。首先，您需要建立一个 IP 地址。在建立与 LAN 接口的通信过程中，您可能需要您的网络管理员的帮助。

1 选择 “I/O” 菜单。

按 **Utility**，然后按 **I/O** 软键。



2 选择 “LAN” 菜单。

按 **LAN** 软键。



选择 **Modify Settings** 可以更改 LAN 设置，选择 **Current Config** 可以查看当前的 LAN 设置（包括 MAC 地址）。

按 **Modify Settings**。



从此菜单中，可以选择 **Reset LAN** 以重新启动 LAN，选择 **IP Setup** 以设置 IP 地址和相关参数，选择 **DNS Setup** 以配置 DNS，或选择 **Password** 以设置 Web 服务器接口的密码。

注意

要设置密码，请使用旋钮和光标键（使用 **+/-** 删除光标右侧的所有字符）。Web 服务器接口将提示输入密码以保护某些窗口。有关进一步信息，请参见第 152 的“**Keysight 33210A Web 接口**”。

3 建立“IP Setup”。

要在网络中使用 Keysight 33210A，您必须首先建立一个 IP 设置，包括 IP 地址，可能还会有一个子网掩码和网关地址。按 **IP Setup** 软键。默认情况下，**DHCP** 和 **Auto IP** 都设置为 **On**。



在 **DHCP On** 的情况下，在您将 **Keysight 33210A** 与网络进行连接时，IP 地址将由 **DHCP**（动态主机配置协议）自动设置，前提是 **DHCP** 服务器已被发现，且该服务器能够这样做。如果需要，**DHCP** 还会自动处理子网掩码和网关地址。这通常是为您的仪器建立 LAN 通信的最简单的方法。您所要做做的就是保持 **DHCP On**。

Auto IP 设置为 **On** 时，如果 **DHCP** 无法分配 IP 地址，则 **Auto IP** 在超时后将尝试分配 IP 地址。

如果无法通过 DHCP 或 Auto IP 建立通信，则需要手动设置 IP 地址，以及子网掩码和网关地址（如果这二者也在使用中）。请按照以下步骤操作：

- a 设置“IP Address”。按软键将 **DHCP** 和 **Auto IP** 都选为 Off。此时将出现手动选择软键，并显示当前 IP 地址：



请向您的网络管理员询问要使用的 IP 地址。所有 IP 地址均为点号分隔的形式“nnn.nnn.nnn.nnn”，其中的每个“nnn”是 0 到 255 范围内的字节数值。您可以使用数字小键盘（而不是旋钮）输入一个新的 IP 地址。只需用键盘输入数字及点号分隔符。使用向左光标键作为退格键。不要输入前置 0。有关进一步信息，请参见本节结尾处的[关于 IP 地址和点号的详细信息](#)。

- b 设置“Subnet Mask”。如果您的网络已被划分为几个子网，则需要使用子网掩码。请问您的网络管理员是否需要子网掩码，并获得正确的掩码。按 **Subnet Mask** 软键并以 IP 地址的格式输入子网掩码（使用键盘）。



- c 设置“Default Gateway”。网关地址是一个网关的地址，网关是一个连接两个网络的设备。向您的网络管理员查询是否使用网关，并获得正确的地址。按 **Default Gateway** 软键并以 IP 地址的格式输入网关地址（使用键盘）。
- d 退出“IP Setup”菜单。按 **DONE** 返回到“Modify Settings”菜单。

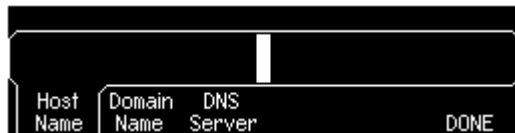
4 配置 “DNS Setup”（可选）。

DNS（域名服务）是一项将域名转换为 IP 地址的因特网服务。请咨询您的网络管理员是否使用 DNS，如果使用，请咨询所使用的主机名、域名及 DNS 服务器地址。

启动 “Modify Settings” 菜单。



按 **DNS Setup** 软键以显示 “Host Name” 字段。



- a 设置 “Host Name”。输入主机名。主机名是域名的主机部分，它被转换成一个 IP 地址。使用旋钮和光标键选择并更改字符，将主机名以字符串输入。主机名中可以包含字母、数字和破折号（“-”）。使用键盘只能输入数字字符。


按 **+/-** 以删除光标右侧的所有字符。

- b 设置 “Domain Name”。按 **Domain Name** 软键并输入域名。域名被转换为一个 IP 地址。使用旋钮和光标键选择并更改字符，将域名以字符串输入。域名中可以包含字母、数字、破折号（“-”）和句号（“.”）。使用键盘只能输入数字字符。

按 **+/-** 以删除光标右侧的所有字符。

- c 设置 “DNS Server” 地址。按 **DNS Server** 软键，并以 IP 地址格式输入 DNS 服务器的地址（使用键盘）。

5 退出菜单。

按“**DONE**”依次退出每个菜单，或按  直接退出“Utility”菜单。

注意

关于 IP 地址和点号的详细信息

在表示 IP 地址等的点号地址（“`nnn.nnn.nnn.nnn`”，其中“`nnn`”为字节数值）时必须小心。这是因为 PC 上的大多数网络软件将使用前置 0 作为八进制数来解释字节数值。因此，“`255.255.020.011`”实际上等于十进制的“`255.255.16.9`”而不是“`255.255.20.11`”，因为“`.020`”被解释为八进制的“`16`”，“`.011`”被解释为“`9`”。为了避免混乱，最好只使用不带前置 0 的十进制数来表示字节数值（0 至 255）。

Keysight 33210A 假定所有 IP 地址和其他点号地址均表示为十进制字节值，并且这些字节值已去掉所有前置 0。因此，如果您尝试在 IP 地址字段中输入“`255.255.020.011`”，则它会变成“`255.255.20.11`”（纯粹的十进制表示）。您应在 PC 网络软件中输入完全相同的表示“`255.255.20.11`”，以确定仪器的地址。不要使用“`255.255.020.011`” – PC 会因前置 0 的存在而对该地址进行不同的解释。

3 特性和函数

特性和函数	66
输出配置	68
脉冲波形	83
调幅 (AM)	87
调频 (FM)	92
脉冲宽度调制 (PWM)	99
频率扫描	105
脉冲串模式	112
触发	121
可选任意波形 (选件 002)	127
系统相关操作	134
远程接口配置	143
外部时基参考 (选件 001)	153
校准概述	155
出厂默认设置	159

特性和函数

通过学习本章内容，您将会轻松地对函数发生器特性有一个全面了解。它的内容包括前面板和远程接口操作。您可以先阅读第 2 章，“前面板菜单操作”。有关对用于对函数发生器进行编程的 SCPI 命令语法的详细讨论，请参见第 4 章，“远程接口参考资料”。本章分为下列几个部分：

- 输出配置，第 68 页
- 脉冲波形，第 83 页
- 调幅 (AM)，第 87 页
- 调频 (FM)，第 92 页
- 脉冲宽度调制 (PWM)，第 99 页
- 频率扫描，第 105 页
- 脉冲串模式，第 112 页
- 触发，第 121 页
- 可选任意波形 (选件 002)，第 127 页
- 系统相关操作，第 134 页
- 远程接口配置，第 143 页
- 外部时基参考 (选件 001)，第 153 页
- 校准概述，第 155 页
- 出厂默认设置，第 159 页

注意

在本手册中随处可见“默认”状态和数值。假如您没有启用断电调用模式，则这些默认值为加电时的默认状态（请参见第 134 页的“仪器状态存储”）。

在本手册中，对于远程接口编程 SCPI 命令语法采用以下约定：

- 方括号 ([]) 表示可选的关键字或参数。
- 花括号 ({}) 括住命令串中的参数。
- 尖括号 (< >) 括住必须将其替代为一个值的参数。
- 垂直线 (|) 将多个参数选项分隔开。

输出配置

本部分包含有助于您对函数发生器进行配置以输出波形的内容。您可能不需要更改此处讨论的某些参数，但是它们能够为您提供更大的灵活性。

输出函数

该函数发生器可以输出五种标准波形（正弦波、方波、锯齿波、脉冲和噪声）以及 DC。您也可以选择这五种可选内置任意波形中的一种，或者创建自定义波形。可以使用 AM 或 FM（但不是锯齿波、脉冲、噪声、DC 或任意波形）内部调制正弦波形和方波波形。您也可以使用 PWM 调制脉冲。线性或对数频率扫描可用于正弦波、方波和锯齿波形（但不可用于脉冲、噪声、DC 或任意波形）。可以使用正弦波、方波和锯齿波形（而不是脉冲、噪声、DC 或任意波形）生成脉冲串波形。*默认函数是正弦波。*

- 下表显示调制、扫描和脉冲串模式允许使用哪些输出函数。每个“•”表示有效的组合。如果您将当前函数改为一个调制、扫描或脉冲串不允许的函数，则将关闭调制或模式。

	正弦波	平方	锯齿波	脉冲	噪声	DC	任意波形 ^[a]
AM、FM 载波	•	•					
PWM 载波				•			
扫描模式	•	•	•				
脉冲串模式	•	•	•				

[a] **注意：**任意波形也称作用户定义波形。

- **函数限制:** 如果您要将当前函数改为一个其最大频率小于当前函数最大频率的函数，则将频率调整为新函数的最大值。例如，如果您当前正输出一个 10 MHz 的正弦波，然后要改为锯齿波函数，则函数发生器会自动将输出频率调整为 100 kHz（锯齿波频率的上限）。
- **振幅限制:** 如果您要将当前函数改为一个其最大振幅小于当前函数最大振幅的函数，则将振幅自动调整为新函数的最大值。由于不同输出函数的波峰因数不同，在输出单位是 Vrms 或 dBm 时，可能出现这种情况。

例如，如果您输出一个 5 Vrms 的方波（以 50 欧姆端接），然后改为正弦波函数，则该函数发生器会自动将输出振幅调整为 3.536 Vrms（以 Vrms 表示的正弦波上限）。

- **前面板操作:** 要选择函数，则按功能键顶行的任意键。按 **Arb**，输出当前选定的任意波形。要查看其他任意波形选项，则按 **Select Wform** 软键。

要从前面板中选择 dc volts，请按 **Utility**，然后选择 **DC On** 软键。按 **Offset** 软键输入所需的偏移电压电平。

- **远程接口操作:**

FUNCTION {SINusoid|SQUare|RAMP|PULSe|NOISe|DC|USER}

您也可以仅使用一个 **APPLY** 命令选择函数、频率、振幅和偏移。

输出频率

如下所示，输出频率范围取决于当前选定的函数。*对于所有函数，默认频率都是 1 kHz。*

功能	最小频率	最大频率
正弦波	1 mHz	10 MHz
平方	1 mHz	10 MHz
锯齿波	1 mHz	100 kHz
脉冲	1 mHz	5 MHz
噪声、DC	不可用	不可用
任意波	1 mHz	3 MHz

- **函数限制:** 如果您要将当前函数改为一个其最大频率小于当前函数最大频率的函数，则将频率调整为新函数的最大值。例如，如果您当前正输出一个 10 MHz 的正弦波，然后要改为锯齿波函数，则函数发生器会自动将输出频率调整为 100 kHz（锯齿波频率的上限）。
- **脉冲串限制:** 对于内部触发的脉冲串，其最小频率为 2.001 mHz。对于正弦波和方波，只有“无限”的脉冲串计数才允许 3 MHz 以上的频率。
- **占空比限制:** 对于方波，在较高频率下函数发生器可能不能使用占空比的整个范围，如下所示。
 - 20% 至 80%（最大 5 MHz）
 - 40% 至 60%（最大 10 MHz）

如果改为不能产生当前占空比的频率，则将占空比自动调整为新频率的最大值。例如，如果当前的占空比设置为 70%，然后将频率改变为 6 MHz，则函数发生器会将占空比自动调整为 60%（该频率的上限）。

- **前面板操作:** 要为选定的函数设置输出频率, 按 **Freq** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的频率。要改为设置波形周期, 请再次按 **Freq** 软键以切换到 **Period** 软键。
- **远程接口操作:**

FREquency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}

您也可以仅使用一个 **APPLY** 命令选择函数、频率、振幅和偏移。

输出振幅

对于所有函数默认振幅都是 100 mVpp (以 50 欧姆端接)。

- **偏移电压限制:** 输出振幅和偏移电压间的关系如下所示。Vmax 是已选定输出终端的峰值电压 (对于 50 W 的负载为 5 V, 对于高阻抗负载为 10 V)。

$$V_{pp} \leq 2 \times (V_{max} - |V_{offset}|)$$
- **输出终端限制:** 如果您更改输出终端设置, 则将自动调整显示的输出振幅 (不会产生错误)。例如, 如果您将振幅设置为 10 Vpp, 然后将输出终端从 50 欧姆改为 “高阻抗”, 则函数发生器前面板上显示的振幅将增加一倍, 为 20 Vpp。如果从 “高阻抗” 改为 50 欧姆, 则显示的振幅将下降一半。*有关详细内容, 请参见第 76 页的 “输出终端”。*
- **选择单位的限制:** 在某些情况中, 振幅限制是由所选定的输出单位决定的。由于不同输出函数的波峰因数的不同, 在单位选择为 Vrms 或 dBm 时可能出现这种情况。例如, 如果输出 5 Vrms 的方波 (以 50 欧姆端接), 然后更改为正弦波函数, 则函数发生器将输出振幅自动调节为 3.536 Vrms (以 Vrms 为单位的正弦波上限)。

- 您可以按 Vpp、Vrms 或 dBm 单位设置输出振幅。有关详细内容，请参见第 75 页的“输出单位”。
- 如果输出终端当前设置为“高阻抗”，则无法以 dBm 为单位指定输出振幅。该单位将被自动转换为 Vpp。有关详细内容，请参见第 75 页的“输出单位”。
- **任意波形限制：**对于任意波形，如果波形数据点没有覆盖输出 DAC（数模转换器）的全部标度范围，则最大振幅将是受限制的。例如，内置的“正弦”波形不使用 ± 1 间整个范围的值，因此其最大振幅限制为 6.087 Vpp（以 50 欧姆端接）。
- 在更改振幅时，您可能会注意到由于切换输出衰减器，在某个特定电压处输出波形中会有一个瞬时破坏。为防止输出中的这种破坏，您可以禁用电压自动调整特性，如第 79 页所述。
- 您还可以通过指定高电平和低电平来设置振幅（以及相关偏移电压）。例如，如果您将高电平设置为 +2 V，低电平设置为 -3 V，则结果产生的振幅为 5 Vpp（偏移电压为 -500 mV）。

对于 DC 电压，输出电平实际上是由偏移电压的设置所决定的。您也可以将 DC 电平设置为 -5 Vdc 之间的任何值（以 50 欧姆端接），或者 ± 10 Vdc 之间的任何值（开路）。有关详细信息，请参见下一页的“DC 偏移电压”。

要从前面板中选择 dc volts，请按 **Utility**，然后选择 **DC On** 软键。按 **Offset** 软键设置所需的偏移电压电平。

- **前面板操作：**要为已选定的函数设置输出振幅，按 **Ampl** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的振幅。要使用高电平和低电平设置振幅，再次按 **Ampl** 软键以切换到 **HiLevel** 和 **LoLevel** 软键。

远程接口操作:

```
VOLTage {< 振幅>|MINimum|MAXimum}
```

或者, 您可以通过使用以下命令指定高电平和低电平来设置振幅。

```
VOLTage:HIGH {< 电压>|MINimum|MAXimum}
```

```
VOLTage:LOW {< 电压>|MINimum|MAXimum}
```

您也可以仅使用一个 **APPLY** 命令选择函数、频率、振幅和偏移。

DC 偏移电压

对于所有函数默认偏移都为 0 V。

- **振幅限制:** 偏移电压和输出振幅间的关系显示如下。Vmax 是已选定输出终端的峰值电压 (对于 50 w 的负载为 5 V, 对于高阻抗负载为 10 V)。

$$|\text{Voffset}| \leq V_{\text{max}} - \frac{V_{\text{pp}}}{2}$$

如果指定的偏移电压是无效的, 则函数发生器会将其自动调整为指定振幅所允许的最大 DC 电压。

- **输出终端限制:** 偏移限制是由当前输出终端设置所决定的。例如, 如果您将偏移设置为 100 mVdc, 然后将输出终端从 50 欧姆改为“高阻抗”, 则函数发生器前面板上显示的偏移电压将增加一倍, 达到 200 mVdc (不会产生错误)。如果从“高阻抗”改为 50 欧姆, 则显示的偏移将会减少一半。有关详细信息, 请参见第 76 页的“输出终端”。

- **任意波形限制:** 对于任意波形，如果波形数据点没有覆盖输出 DAC（数模转换器）的全部标度范围，则最大偏移和振幅将是受限制的。例如，内置的“正弦”波形不使用 ± 1 之间整个范围的值，因此其最大振幅限制为 4.95 V（以 50 欧姆端接）。
- 您还可以通过指定高电平和低电平来设置偏移。例如，如果您将高电平设置为 +2 V，低电平设置为 -3 V，则结果产生的振幅为 5 Vpp（偏移电压为 -500 mV）。
- 对于 DC 电压，输出电平实际上是由偏移电压的设置所决定的。您也可以将 DC 电平设置为 -5 Vdc 之间的任何值（以 50 端接），或者 -10 Vdc 之间的任何值（开路）。

要从前面板中选择 *dc volts*，请按 **Utility**，然后选择 **DC On** 软键。按 **Offset** 软键设置所需的偏移电压电平。

- **前面板操作:** 要为已选定的函数设置 DC 偏移，按 **Offset** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的偏移。要使用高电平和低电平设置偏移，再次按 **Offset** 软键以切换到 **HiLevel** 和 **LoLevel** 软键。
- **远程接口操作:**

```
VOLTage:OFFSet {< 偏移>|MINimum|MAXimum}
```

或者，您可以通过使用以下命令指定高电平和低电平设置偏移。

```
VOLTage:HIGH {< 电压>|MINimum|MAXimum}
```

```
VOLTage:LOW {< 电压>|MINimum|MAXimum}
```

您也可以仅使用一个 **APPLY** 命令选择函数、频率、振幅和偏移。

输出单位

仅适用于输出振幅。打开电源时，输出振幅的单位是伏特（峰峰）。

- 输出单位：**Vpp**、Vrms 或 dBm。默认情况下是 Vpp。
- 在易失性存储器中保存设置的单位；在断开电源或远程接口复位后，单位设置为“Vpp”（假设加电状态被设置为“default”）。
- 对于前面板和远程接口操作，函数发生器都使用当前的单位选项。例如，如果您从远程接口中选择“VRMS”，则在前面板上显示的单位也将为“VRMS”。
- 如果输出终端当前设置为“高阻抗”，则无法将振幅的输出单位设置为 dBm。该单位将被自动转换为 Vpp。
- *前面板操作*：使用数字小键盘输入所需的值，然后按相应的软键来选择单位。您也可以从前面板中进行单位的转换。例如，要将 2 Vpp 转换为以 Vrms 为单位的相应值，按 **+/-**，然后按 **VRMS** 软键。对于正弦波，转换的值为 707.1 mVrms。
- *远程接口操作*：

```
VOLTage:UNIT {VPP|VRMS|DBM}
```

输出终端

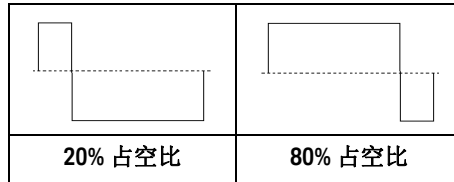
仅适用于输出振幅和偏移电压。对于前面板 *Output* 连接器，Keysight 33210A 具有一个 50 欧姆的固定串联输出阻抗。如果实际负载阻抗与指定的值不同，则显示的振幅和偏移电平将是不正确的。

- 输出终端：1 w 至 10 kw，或者无限默认值为 50 w。显示屏顶部的消息行可提醒您注意 50 w 以外的输出终端设置。
- 输出终端设置存储在 *非易失性* 存储器中，并且在断电时或远程接口复位后不会改变（假设加电状态被设置为“default”）。
- 如果指定 50-ohm 的端接，但实际上是以开路端接，则实际的输出将是指定值的两倍。例如，如果将偏移设置为 100 mVdc（指定 50-ohm 的负载），但以开路端接输出，则实际的偏移为 200 mVdc。
- 如果您更改输出终端设置，则将自动调整显示的输出振幅和偏移电平（不会产生错误）。例如，如果您将振幅设置为 10 Vpp，然后将输出终端从 50 欧姆改为“高阻抗”，则函数发生器前面板上显示的振幅将增加一倍，为 20 Vpp。如果从“高阻抗”改为 50 欧姆，则显示的振幅将下降一半。
- 如果输出终端当前设置为“高阻抗”，则无法以 dBm 为单位指定输出振幅。该单位将被自动转换为 Vpp。
- *前面板操作*：按 **Utility**，然后选择 **Output Setup** 软键。使用旋钮或数字小键盘来选择所需的负载阻抗，或者再次按 **Load** 软键选择“High Z”。
- *远程接口操作*：

```
OUTPut:LOAD {< 欧姆>|INFinity|MINimum|MAXimum}
```

占空比（方波）

方波的占空比表示每个周期方波为高电平的时间量（假设波形极性不是反向的）。



（有关脉冲波形的占空比的信息，请参见第 83 页的[脉冲波形](#)。）

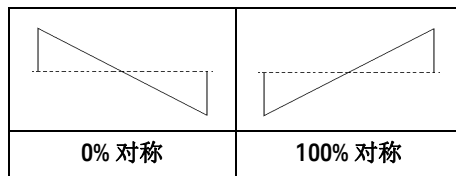
- 占空比 :20% 至 80%（最大为 5 MHz）
40% 至 60%（最大为 10 MHz）
- 占空比存储在 *易失性* 存储器中；在断电时或远程接口复位后，将占空比设置为默认值 50%（假设加电状态被设置为“default”）。
- 在从方波改为其他函数时，切记占空比设置。在返回方波函数时，使用上次的占空比。
- 频率限制：如果已选定方波函数，而要改为不能产生当前占空比的频率，则占空比将自动调整为新频率的最大值。例如，如果当前的占空比设置为 70%，然后将频率改变为 6 MHz，则函数发生器会将占空比自动调整为 60%（该频率的上限）。
- 如果您选择方波作为 AM、FM、或 PWM 的 *调制* 波形，则 *将不应用* 占空比设置。方波调制总是使用 50% 占空比。占空比设置只适用于方波 *载波*。
- *前面板操作*：在选择方波函数之后，按 **Duty Cycle** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的占空比。
- *远程接口操作*：

FUNCTION:SQUare:DCYClE {< 百分比 >|MINimum|MAXimum}

APPLY 命令会自动将占空比设置为 50%。

对称性（锯齿波）

仅适用于锯齿波。对称性表示每个周期锯齿波为上升的时间量（假设波形不是反向的）。




- 对称性存储在易失性存储器中；在断电时或远程接口复位后，将对称性设置为 100%（默认）（假设加电状态被设置为“default”）。
- 在从锯齿波改为其他函数时，切记对称性设置。在返回锯齿波函数时，使用上次的对称性。
- 如果您选择锯齿波波形作为 AM、FM 或 PWM 的调制波形，则将不应用对称性设置。
- **前面板操作：**在选择锯齿波函数之后，按 **Symmetry** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的对称性。
- **远程接口操作：**

FUNCTION:RAMP:SYMMetry {< 百分比 >|MINimum|MAXimum}

APPLY 会自动将对称性设置为 100%。

电压自动调整


在默认模式下，启用自动调整，函数发生器自动为输出放大器和衰减器选择最佳的设置。禁用自动调整时，函数发生器使用当前的放大器和衰减器设置。



- 禁用自动调整的一个优点是：改变振幅时可以消除由于切换衰减器所引起的瞬时破坏。然而，关闭自动调整具有一些负面影响：
- 在将振幅降低到在自动调整开启时会发生的范围改变以下的时候，振幅和偏移准确度及分辨率（以及波形保真度）会受到不利影响。
- 您可能不能达到在自动调整开启时可以取得的最小振幅。
- *前面板操作*：按 ，然后选择 **Output Setup** 软键。再次按 **Range** 软键，以便在“Auto”和“Hold”选项间进行切换。
- *远程接口操作*：

`VOLTage:RANGe:AUTO {OFF|ON|ONCE}`

APPLY 命令将覆盖电压自动调整设置，并自动启动自动调整。

输出控制

您可以禁用或启用前面板 *Output* 连接器。为了保护其他设备，默认情况下，加电时将禁用输出。启用时， 键被点亮。

- 如果过多的外部电压被应用于前面板 *Output* 连接器，则将显示一条错误消息，并且禁用该输出。要重新启用该输出，则从 *Output* 连接器中清除过载状态，然后按  以启用该输出。
- *前面板操作*：按  启用或禁用输出。
- *远程接口操作*：

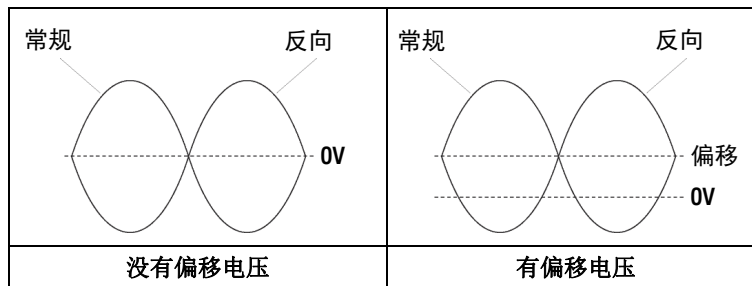
`OUTPut {OFF|ON}`

APPLY 命令将覆盖当前设置，并自动启用 *Output* 连接器。

波形极性

在*常规*模式下（默认值），在循环的第一部分期间波形为正向。在*反向*模式下，在循环的第一部分期间波形为负的。

- 如下例所示，*相对于*偏移电压，波形是反向的。当波形反向后，将不会更改任何偏移电压。



- 当波形反向时，与波形相关的同步信号将不会反向。
- *前面板操作*：按 **Utility**，然后选择 **Output Setup** 软键。再次按 **Normal** 软键，以便在“Normal”和“Invert”选项间进行切换。
- *远程接口操作*：

```
OUTPut:POLarity {NORMal|INVerted}
```


同步输出信号

在前面板 *Sync* 连接器上提供同步输出。所有标准输出函数（除噪声和 DC 之外）都具有一个相关的同步信号。对于某些您可能不想输出同步信号的应用，您可以禁用 *Sync* 连接器。

- 默认情况下，将同步信号发送到 *Sync* 连接器（启用）。在禁用同步信号时，*Sync* 连接器上的输出电平是逻辑“低”电平。
- 在波形反向时（请参见上一頁的“**波形极性**”），与波形相关的同步信号并不反向。
- 扫描模式使用的标志频率的设置（请参见第 108 页），将使同步信号设置无效。因此，在启用标志频率（同时启用扫描模式）时，将忽略同步信号的设置。
- 对于正弦波、锯齿波和脉冲波，同步信号是占空比为 50% 的方波。在波形输出为正时，相对于 0 V 电压（或者 DC 偏移值），同步信号为 TTL “高”电平。在波形输出为负时，相对于 0 V 电压（或者 DC 偏移值），同步信号为 TTL “低”电平。
- 对于方波，同步信号是一个具有与主要输出相同占空比的方波。在波形输出为正时，相对于 0 V 电压（或者 DC 偏移值），同步信号为 TTL “高”电平。在波形输出为负时，相对于 0 V 电压（或者 DC 偏移值），同步信号为 TTL “低”电平。
- 对于任意波形，同步信号是占空比为 50% 的方波。在输出第一个下载的波形点时，同步信号为 TTL “高”电平。
- 对于内部调制的 AM、FM 和 PWM，同步信号以调制波（不是载波）为参考，同步信号是占空比为 50% 的方波。在第一个半个调制波形期间，同步信号为 TTL “高”电平。
- 对于外部调制的 AM、FM 和 PWM，同步信号以载波（不是调制波）为参考，同步信号是占空比为 50% 的方波。

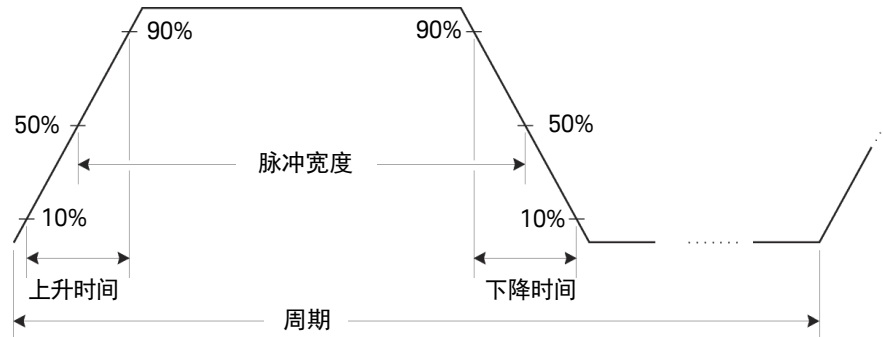
- 对于*关闭标志*的*频率扫描*，扫描过程中的同步信号是占空比为 50% 的方波。在扫描开始时同步信号的 TTL 为“高”，在扫描中点变为“低”。同步信号与扫描同步，但不完全等于扫描时间，因为其计时中还包括了重新作用时间。
- 对于*打开标志*的*频率扫描*，在扫描开始时同步信号为 TTL “高”电平，在标志频率处变为“低”电平。
- 对于*触发脉冲串*，在脉冲串开始时，同步信号是 TTL “高”电平。在指定循环数结束处同步信号为 TTL “低”电平（如果波形具有一个相关的起始相位，则可能不是零交叉点）。对于一个*无限计数脉冲串*，其同步信号与连续波形的同步信号相同。
- 对于*外部门控脉冲串*，同步信号遵循外部门控信号。然而，请注意该信号直到最后一个周期结束才会变为 TTL “低”电平（如果该波形具有一个相关的起始相位，则可能不是零交叉点）。
- *前面板操作*：按 **Utility**，再次选择 **Sync** 软键，以便在“off”和“on”选项间切换。
- *远程接口操作*：

OUTPut:SYNC {OFF|ON}

设置存储在非易失性存储器中

脉冲波形

如下所示，脉冲波形由周期、脉冲宽度、上升沿和下降沿组成。



脉冲周期

- 脉冲周期：200 ns 至 1000 秒。默认值为 1 ms。
- 如下所示，指定的周期必须大于脉冲宽度和边沿时间的总和。函数发生器将调整脉冲宽度和边沿时间，以满足指定周期的要求。

$$\text{周期} \geq \text{脉冲宽度} + (1.6 \times \text{边沿时间})$$

- **前面板操作:** 在选择脉冲函数之后，再次按 **Freq** 软键以切换至 **Period** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的脉冲周期。
- **远程接口操作:**

```
PULSe:PERiod {< 秒>|MINimum|MAXimum}
```

脉冲宽度

脉冲宽度表示从上升沿的 50% 阈值处到紧接着的一个下降沿的 50% 阈值处的时间。

- 脉冲宽度：40 ns 至 1000 秒（请见下列限制条件）。默认情况下脉冲宽度为 100 ms。
- 最小脉冲宽度（Wmin）受周期的影响。
 - Wmin = 40 ns，适用于周期 ≤ 10 秒。
 - Wmin = 200 ns，适用于周期 > 10 秒，但 ≤ 100 秒。
 - Wmin = 2 ms，适用于周期 > 100 秒，但 ≤ 1000 秒的情况。
- 如下所示，指定的脉冲宽度也必须小于周期与最小脉冲宽度之差。函数发生器将根据需要调整脉冲宽度，以满足指定周期的要求。
 - 脉冲宽度 \leq 周期 - Wmin
- 如下所示，所指定的脉冲宽度必须小于周期与边沿时间的差。函数发生器将自动调整脉冲宽度，以满足指定周期的要求。
 - 脉冲宽度 \leq 周期 - (1.6 \times 边沿时间)
- 如下所示，脉冲宽度必须大于一个边沿的总时间。
 - 脉冲宽度 $\geq 1.6 \times$ 边沿时间
- 前面板操作：在选择方波函数之后，按 **Width** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的脉冲宽度。
- 远程接口操作：

FUNCTION:PULSE:WIDTH {< 秒 >|MINimum|MAXimum}

脉冲占空比

脉冲占空比定义为：

$$\text{占空比} = 100 \times \text{脉冲宽度} \div \text{周期}$$

其中，脉冲宽度表示从脉冲上升沿的阈值 50% 到下一下降沿的阈值 50% 经历的时间。

- 脉冲占空比：0% 到 100%（参见下面的限制）。默认值为 10%。
- 指定的脉冲占空比必须符合由*最小脉冲宽度*（Wmin）决定的以下限制。函数发生器将根据需要调整脉冲占空比以满足指定的周期。

$$\text{占空比} \geq 100 \times W_{\text{min}} \div \text{周期}$$

和

$$\text{占空比} \leq 100 \times (1 - W_{\text{min}} \div \text{周期})$$

其中：

Wmin = 40 ns，适用于周期 ≤ 10 秒。

Wmin = 200 ns，适用于周期 > 10 秒，但 ≤ 100 秒。

Wmin = 2 ms，适用于周期 > 100 秒，但 ≤ 1000 秒的情况。

- 指定的脉冲占空比必须符合以下由*边沿时间*决定的限制。函数发生器将根据需要调整脉冲占空比以满足指定的周期。

$$\text{占空比} \geq 100 \times (1.6 \times \text{边沿时间}) \div \text{周期}$$

和

$$\text{占空比} \leq 100 \times (1 - (1.6 \times \text{边沿时间}) \div \text{周期})$$

- *前面板操作*：选择了脉冲函数之后，按 **Dty Cyc** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的占空比。
- *远程接口操作*：

FUNCTION:PULSE:DCYCLE {< 百分比 > | MINimum | MAXimum}

边沿时间

边沿时间设置脉冲的每个边沿转换时间（上升和下降）。上升时间和下降时间不能被独立设置—每个时间等于边沿时间。对于每个转换，边沿时间表示从 10% 阈值处到 90% 阈值处的时间。

- 边沿时间：20 ns 至 100 ns（请参见下列限制条件）。默认的边沿时间是 20 ns。
- 如下所示，指定的边沿时间必须在所指定的脉冲宽度的范围内。函数发生器将根据需要调整边沿时间，以满足指定脉冲宽度的要求。

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

或根据占空比

$$\text{边沿时间} \leq 0.625 \times \text{周期} \times \text{占空比} \div 100$$

- **前面板操作：**在选择脉冲函数之后，按 **Edge Time** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的边沿时间。
- **远程接口操作：**

`FUNCTION:PULSE:TRANSITION {<秒>|MINimum|MAXimum}`

调幅 (AM)

已调制波形由 *载波波形* 和 *调制波形* 组成。在 AM 中，载波的振幅是随调制波形的瞬时电压而变化的。函数发生器将接受一个内部或外部调制源。

有关调幅基本原理的详细信息，请参考第 7 章，“教程”。

选择 AM 调制

- 函数发生器只允许一次启用一个调制模式。例如，不能同时启用 AM 和 FM。在启用 AM 时，将关闭前一个调制模式。
- 函数发生器不允许在启用扫描或脉冲串的同时启用 AM。在启用 AM 时，将关闭扫描或脉冲串模式。
- *前面板操作*: 在设置其他任何调制参数之前，您必须启用 AM。按 **Mod**，然后使用 **Type** 软键选择“AM”。以当前设置的载波频率、调制频率、输出振幅和偏移电压输出 AM 波形。
- *远程接口操作*: 要避免多个波形更改，请在设置其他调制参数之后启用 AM。

AM:STATE {OFF|ON}

载波波形形状

- AM 载波形状：**正弦**或方波波形。*默认情况下为正弦波。您不能使用锯齿波、脉冲、噪声、DC 或任意波形作为载波波形。*
- *前面板操作：*按 **Sine** 或 **Square** 前面板函数键。
- *前面板操作：*
FUNCTION {SINusoid|SQUare}

您也可以仅使用一个 **APPLY** 命令选择函数、频率、振幅和偏移。

载波频率

如下所示，最大载波频率取决于选定的函数。*对于所有函数，默认频率都是 1 kHz。*

功能	最小频率	最大频率
正弦波	1 mHz	10 MHz
平方	1 mHz	10 MHz

- *前面板操作：*要为选定的函数设置载波频率，请按 **Freq** 软件。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的频率。
- *远程接口操作：*
FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}

您也可以仅使用一个 **APPLY** 命令选择函数、频率、振幅和偏移。

调制波形形状

函数发生器将接受用于 AM 的内部或外部调制源。

- 调制波形形状（*内部源*）：**正弦波**、方波、锯齿波、负锯齿波、三角波、噪声或任意波形。默认情况下为**正弦波**。

- 方波具有 50% 占空比。



- 锯齿波具有 100% 对称性。



- 三角波具有 50% 对称性。



- 负锯齿波具有 0% 对称性。



- 您可以使用噪声作为调制波形，但您 **不能** 使用锯齿波、脉冲、噪声、DC 或任意波形作为载波波形。

如果选择任意波形作为 *调制* 波形，则此波形会被自动限制为 4K 个点。通过抽取删除额外的波形点。

注意

任意波形还可用于 33210A（选件 002）。要升级 33210A 以包含任意波形功能，请转至 www.keysight.com/find/33210U。

- *前面板操作*：在启用 AM 之后，按 **Shape** 软键。
- *远程接口操作*：

```
AM:INTERNAL:FUNCTION {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMP|
TRIangle|NOISe|USER}
```

调制波形频率

函数发生器将接受用于 AM 的内部或外部调制源。

- 调制频率（*内部源*）：2 mHz 至 20 kHz。
默认情况下为 100 Hz。
- *前面板操作*：在启用 AM 之后，按 **AM Freq** 软键。
- *远程接口操作*：

AM:INTernal:FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}

调制深度

调制深度 以百分比表示，它表示振幅变化的程度。在 0% 深度时，输出振幅是选定值的一半。在 100% 深度时，输出振幅等于选定值。

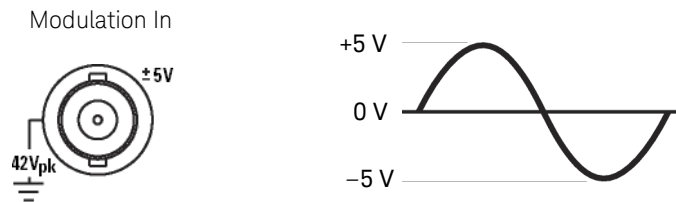
- 调制深度：0% 至 120%。默认值为 100%。
- 请注意，即使大于 100% 的深度，函数发生器输出也不会超过 ± 5 V 的峰值（以 50 W 负载端接）。
- 如果您选择 *外部* 调制源，则按外部波形调制载波波形。调制深度由后面板 *Modulation In* 连接器上显示的 ± 5 V 信号电平控制。例如，如果您已将调制深度设置为 100%，则在调制信号为 +5 V 时，输出为最大振幅。在调制信号为 -5 V 时，输出为最小振幅。
- *前面板操作*：在启用 AM 之后，按 **AM Depth** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入深度。
- *远程接口操作*：

AM:DEPTH {< 深度, 百分比 >|MINimum|MAXimum}

调制源

函数发生器将接受用于 AM 的内部或外部调制源。

- 调制源：**内部**或**外部**。*默认情况下为内部源。*
- 如果您选择**外部源**，则将使用一个外部波形调制载波波形。调制深度由后面板 *Modulation In* 连接器上显示的 $\pm 5\text{ V}$ 信号电平控制。例如，如果您已将调制深度设置为 100%，则在调制信号为 $+5\text{ V}$ 时，输出为**最大**振幅。在调制信号为 -5 V 时，输出为**最小**振幅。



- **前面板操作**: 在启用 AM 之后，按 **Source** 软键。
- **远程接口操作**:

`AM:SOURce {INTernal|EXTernal}`

调频 (FM)

已调制波形由 *载波波形* 和 *调制波形* 组成。在 FM 中，载波的频率是随调制波形的瞬时电压而变化的。

有关调频基本原理的详细信息，请参考第 7 章，“教程”。

选择 FM 调制

- 函数发生器只允许一次启用一个调制模式。例如，不能同时启用 FM 和 AM。在启用 FM 时，将关闭前一个调制模式。
- 函数发生器不允许在启用扫描或脉冲串的同时启用 FM。在启用 FM 时，将关闭扫描或脉冲串模式。
- *前面板操作*：在设置任何其他调制参数之前必须启用 FM。按 **Mod**，然后使用 **Type** 软键选择“FM”。以当前设置的载波频率、调制频率、输出振幅和偏移电压输出 FM 波形。
- *远程接口操作*：要避免多个波形发生更改，请在设置其他制参数之后启用 FM。

FM:STATe {OFF|ON}

载波波形形状

- FM 载波形状：**正弦波**或方波波形。默认情况下为正弦波。您不能使用锯齿波、脉冲、噪声、DC 或任意波形作为载波波形。
- 前面板操作：按 **Sine** 或 **Square** 前面板函数键。
- 前面板操作：
 FUNCTION {SINusoid|SQUare}
- 您也可以仅使用一个 **APPLY** 命令选择函数、频率、振幅和偏移。

载波频率

如下所示，最大载波频率取决于选定的函数。对于所有函数，默认频率都是 1 kHz。

功能	最小频率	最大频率
正弦波	1 mHz	10 MHz
平方	1 mHz	10 MHz

- 载波频率必须一直大于或等于频率偏移。如果您将偏差设置为一个大于载波频率的值（启用 FM），函数发生器会自动将偏差调整到当前载波频率所允许的最大值。
- 载波频率和偏差之和必须小于或等于已选定函数的最大频率加上 100 kHz（对于正弦波和方波波形为 10.1 MHz）。如果您试图将偏移设置为一个无效的值，则函数发生器会自动将其调整为当前载波频率所允许的最大值。
- 前面板操作：要为选定的函数设置载波频率，请按 **Freq** 软件。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的频率。
- 远程接口操作：

FREQuency {< 频率 > | MINimum | MAXimum}

您也可以仅使用一个 APPLy 命令选择函数、频率、振幅和偏移。

调制波形形状

函数发生器将接受用于 FM 的内部或外部调制源。

- 调制波形形状（*内部源*）：**正弦波**、方波、锯齿波、负锯齿波、三角波、噪声或任意波形。*默认情况下为正弦波。*

- 方波具有 50% 占空比。



- 锯齿波具有 100% 对称性。



- 三角波具有 50% 对称性。



- 负锯齿波具有 0% 对称性。



- 您可以使用噪声作为调制波形，但您 *不能* 使用锯齿波、脉冲、噪声、DC 或任意波形作为载波波形。
- 如果选择任意波形作为 *调制* 波形，则此波形会被自动限制为 4K 个点。通过抽取删除额外的波形点。

注意

任意波形还可用于 33210A（选件 002）。要升级 33210A 以包含任意波形功能，请转至 www.keysight.com/find/33210U。

- *前面板操作*：在启用 FM 之后，按 **Shape** 软键。
- *远程接口操作*：

```
FM:INTernal:FUNCTION {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMP|
TRIangle|NOISe|USER}
```

调制波形频率

函数发生器将接受用于 FM 的内部或外部调制源。

- 调制频率（*内部源*）：2 mHz 至 20 kHz。
默认情况下为 10Hz。
- *前面板操作*：在启用 FM 之后，按 **FM Freq** 软键。
- *远程接口操作*：

`FM:INTernal:FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}`

频率偏差

频率偏差设置 表示由于载波频率引起的调制波频率的峰值变化。

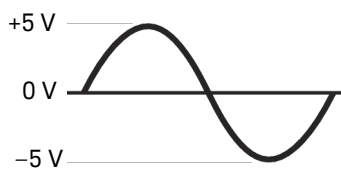
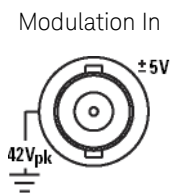
- 频率偏差: 1 mHz 至 5 MHz。默认情况下为 100 Hz。
- 载波频率 必须总是大于或等于偏差。如果您试图将偏差设置为一个大于载波频率的值（启用 FM），函数发生器将把偏差限制为当前载波频率所允许的最大值。
- 载波频率 和偏差之和必须小于或等于已选定函数的最大频率 **加上 100 kHz**（对于正弦波和方波波形为 10.1 MHz）。如果您试图将偏差设置为一个无效的值，则函数发生器会将其限制在当前载波频率所允许的最大值之内。
- 前面板操作: 在启用 FM 之后，按 **Freq Dev** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的偏差。
- 远程接口操作:

```
FM:DEVIation {< 偏差峰值 (Hz) >|MINimum|MAXimum}
```

调制源

函数发生器将接受用于 FM 的内部或外部调制源。

- 调制源：**内部**或**外部**。*默认情况下为内部源。*
- 如果您选择**外部源**，则将使用一个外部波形调制载波波形。频率偏差由后面板 *Modulation In* 连接器上的 $\pm 5\text{ V}$ 信号电平控制。例如，如果您已将偏差设置为 100 kHz，那么一个 +5 V 信号电平对应于频率增加 100 kHz。较低的外部信号电平产生较少的偏移，负信号电平将频率降低到载波频率之下。



- **前面板操作**: 在启用 FM 之后，按 **Source** 软键。
- **远程接口操作**:

$$\text{FM:SOURce \{INTernal|EXTernal\}}$$

脉冲宽度调制 (PWM)

在脉冲宽度调制中 (PWM)，脉冲波形的宽度因调制波形的瞬时电压而变化。脉冲的宽度可以表示为 *脉冲宽度* (象周期一样以时间单位表示) 或 *占空比* (以周期的一个百分比表示)。函数发生器将接受一个内部或外部调制源。

有关脉冲宽度调制基本原理的详细信息，请参考第 7 章，“教程”。

选择 PWM 调制

- 函数发生器只允许为脉冲波形选择 PWM，PWM 是唯一被脉冲支持的调制类型。
- 在启用扫描或脉冲串的同时，函数发生器不允许启用 PWM。
- *前面板操作：*您必须在设置任何其他调制参数之前启用 PWM。按 **Pulse** 选择脉冲，然后按 **Mod** 开启调制。PWM 作为脉冲唯一支持的调制类型而被选中。使用脉冲频率、调制频率、输出振幅、偏移电压、脉冲宽度和边沿时间的当前设置输出 PWM 波形。
- *远程接口操作：*要避免多个波形变化，在设置其他调制参数之后启用 PWM。

PWM:STATE {OFF|ON}

脉冲波形

- 脉冲是 PWM 唯一支持的波形形状。

- *前面板操作*: 按 **Pulse**。

- *远程接口操作*:

FUNCTION {PULSe}

您也可以只使用一个 **APPLY** 命令来选择函数、频率、振幅和偏移。

脉冲周期

脉冲周期的范围为 200 ns 至 1000 s。默认值为 1 ms。

- *前面板操作*: 在选择脉冲函数之后，再次按 **Freq** 软键以切换至 **Period** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的脉冲周期。

- *远程接口操作*:

PULSe:PERiod {< 秒>|MINimum|MAXimum}

调制波形形状

函数发生器将接受用于 PWM 的内部或外部调制源。

- 调制波形形状（*内部源*）：**正弦波**、方波、锯齿波、负锯齿波、三角波、噪声或任意波形。*默认情况下为正弦波。*

- 方波具有 50% 占空比。



- 锯齿波具有 100% 对称性。



- 三角波具有 50% 对称性。



- 负锯齿波具有 0% 对称性。



- 如果选择任意波形作为 *调制* 波形，则此波形会被自动限制为 4K 个点。通过抽取删除额外的波形点。

- *前面板操作*：在启用 PWM 之后，按 **Shape** 软键。

- *远程接口操作*：

```
PWM:INTernal:FUNCTion {SINusoid|SQUare|
TRIangle|NOISe|USER}
```

调制波形频率

函数发生器将接受用于 PWM 的内部或外部调制源。

- 调制频率（*内部源*）：2 mHz 至 20 kHz。
默认情况下为 10 Hz。
- *前面板操作*：在启用 PWM 之后，按 **PWM Freq** 软键。
- *远程接口操作*：

```
PWM:INTernal:FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
```

宽度偏差

宽度偏差表示被调制波形的宽度与原始脉冲波形的宽度之间的变化（以秒表示）。

- 宽度偏差：0 秒至 500 秒（参见下面）。默认值为 10 ms。
- 宽度偏差不能超过当前的脉冲宽度。
- 宽度偏差还受到最小脉冲宽度（Wmin）的限制：

$$\text{宽度偏差} \leq \text{脉冲宽度} - W_{\text{min}}$$

和

$$\text{宽度偏差} \leq \text{周期} - \text{脉冲宽度} - W_{\text{min}}$$

其中：

$W_{\text{min}} = 40 \text{ ns}$ ，适用于周期 ≤ 10 秒。

$W_{\text{min}} = 200 \text{ ns}$ ，适用于周期 > 10 秒，但 ≤ 100 秒。

$W_{\text{min}} = 2 \text{ ms}$ ，适用于周期 > 100 秒，但 ≤ 1000 秒的情况。

- 宽度偏差受到当前边沿时间设置的限制。

$$\text{宽度偏差} \leq \text{脉冲宽度} - (1.6 \times \text{边沿时间})$$

和

$$\text{宽度偏差} \leq \text{周期} - \text{脉冲宽度} - (1.6 \times \text{边沿时间})$$

- **前面板操作：** 在启用 PWM 之后，按 **Width Dev** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的偏差。
- **远程接口操作：**

```
PWM:DEVIation {< 偏差 (秒) >|MINimum|MAXimum}
```

注意

前面板接口中结合有脉冲宽度和宽度偏差以及脉冲占空比和占空比偏差功能。如果您为脉冲波形选择 **Width** 并启用 PWM，则 **Width Dev** 软键将可以使用。另一方面，如果您为脉冲波形选择 **Dty Cyc** 并启用 PWM，则 **Dty Cyc Dev** 软键将可以使用。

占空比偏差

占空比偏差表示被调制波形的占空比与脉冲波形占空比之间的变化。占空比偏差表示为周期的百分比。

- 占空比偏差：0 至 100%（参见下面）。默认值为 1%。
- 占空比偏差不能超过当前的脉冲占空比。
- 占空比偏差还受到最小脉冲宽度（Wmin）的限制：

$$\text{占空比偏差} \leq \text{占空比} - 100 \times W_{\min} \div \text{周期}$$

和

$$\text{占空比偏差} \leq 100 - \text{占空比} - 100 \times W_{\min} \div \text{周期}$$

其中：

Wmin = 40 ns，适用于周期 ≤ 10 秒。

Wmin = 200 ns，适用于周期 > 10 秒，但 ≤ 100 秒。

Wmin = 2 ms，适用于周期 > 100 秒，但 ≤ 1000 秒的情况。

- 占空比偏差还受到当前边沿时间设置的限制。

$$\text{占空比偏差} \leq \text{占空比} - (160 \times \text{边沿时间}) \div \text{周期}$$

和

$$\text{占空比偏差} \leq 100 - \text{占空比} - (160 \times \text{边沿时间}) \div \text{周期}$$

- **前面板操作：** 在启用 PWM 之后，按 **Dty CyC Dev** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的偏差。
- **远程接口操作：**

`PWM:DEVIation:DCYCLE {< 偏差 (百分比) >|MIN|MAX}`

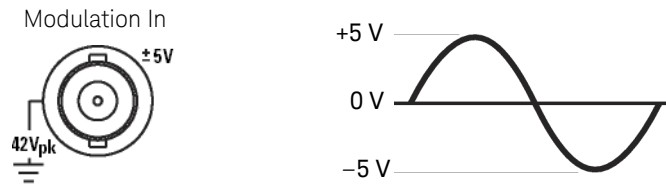
注意

前面板接口中结合有脉冲宽度和宽度偏差以及脉冲占空比和占空比偏差功能。如果您为脉冲波形选择 **Width** 并启用 **PWM**，则 **Width Dev** 软键将可以使用。另一方面，如果您为脉冲波形选择 **Dty Cyc** 并启用 **PWM**，则 **Dty Cyc Dev** 软键将可以使用。

调制源

函数发生器将接受用于 PWM 的内部或外部调制源。

- 调制源：**内部**或外部。*默认情况下为内部源。*
- 如果您选择**外部**源，则按外部波形调制脉冲波形。宽度偏差或占空比偏差由后面板 *Modulation In* 连接器上的 $\pm 5\text{ V}$ 信号电平控制。例如，如果您已将占空比设置为 10%，并将占空比偏差设置为 5%，则在调制信号为 +5 V 时，输出为**最大**占空比（15%）。在调制信号为 -5 V 时，输出为**最小**占空比（5%）。



- **前面板操作**：在启用 PWM 之后，按 **Source** 软键。
- **远程接口操作**：

`PWM:SOURce {INTernal|EXTernal}`

频率扫描

在频率扫描模式中，函数发生器以指定的 *扫描速率* 从 *起始频率* 到 *停止频率* “步进”。您能够以线性或对数间隔由高频向低频扫描，或者由低频向高频扫描。您也可以配置函数发生器，使其用外部触发或手动触发输出单个扫描（扫描从起始频率到停止频率）。对于正弦波、方波、锯齿形（不适用于脉冲、噪声、DC 和任意波形），函数发生器都可以产生一个频率扫描。

有关扫描基本原理的详细信息，请参考第 7 章，“教程”。

选择扫描

- 函数发生器不允许在启用脉冲串或任意调制模式的同时启用扫描模式。在启用扫描时，将关闭脉冲串或调制模式。
- **前面板操作：** 在设置其他任何扫描参数之前，必须启用扫描。按 Sweep，使用频率、输出振幅和偏移的当前设置输出扫描。
- **远程接口操作：** 要避免多个波形更改，请在设置其他调制参数之后启用扫描模式。

SWEep:StATe {OFF|ON}

起始频率和停止频率

*起始频率*和*停止频率*设置扫描的频率上限和下限。函数发生器从起始频率开始，一直扫描到停止频率，然后又复位回起始频率。

- 起始和停止频率：1 mHz 至 10 MHz（对于锯齿波形，限制为 100 kHz）。在整个频率范围中，该扫描是相位连续的。默认*起始频率*为 100 Hz。默认的*停止频率*是 1 kHz。
- 要*从低频到高频*进行扫描，请设置起始频率 < 结束频率。
要*从高频到低频*进行扫描，请设置起始频率 > 结束频率。
- 对于*关闭标记*的扫描，同步信号是占空比为 50% 的方波。在扫描开始时，同步信号为 TTL “高”，在扫描中点变成 “低”。同步波形的频率与指定的扫描时间相等。从前面板的 Sync 连接器上输出信号。
- 对于*打开标记*的扫描，在扫描开始时同步信号为 TTL “高” 电平，在标志频率处变为 “低” 电平。从前面板的 Sync 连接器上输出信号。
- *前面板操作*：在启用扫描之后，按 **Start** 或 **Stop** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的频率。
- *远程接口操作*：

FREquency:START {< 频率>|MINimum|MAXimum}

FREquency:STOP {< 频率>|MINimum|MAXimum}

中心频率和频率跨距

如果需要，您可以使用 *中心频率* 和 *频率跨距* 来设置扫描的频率边界。这些参数与起始频率和停止频率相类似（参见上一页），可以给您提供更大的灵活性。

- 中心频率：1 mHz 至 10 MHz（对于锯齿波形，限制为 100 kHz）。默认情况下为 550 Hz。
- 频率跨距：0 Hz 至 10 MHz（对于锯齿波形，限制为 100 kHz）。默认情况下为 900 Hz。
- 要从 *低频到高频* 进行扫描，请设置 *正* 频率跨距。
要从 *高频到低频* 进行扫描，请设置 *负* 频率跨距。
- 对于 *关闭标记* 的扫描，同步信号是占空比为 50% 的方波。在扫描开始时，同步信号为 TTL “高”，在扫描中点变成 “低”。同步波形的频率与指定的扫描时间相等。从前面板的 Sync 连接器上输出信号。
- 对于 *打开标记* 的扫描，在扫描开始时同步信号为 TTL “高” 电平，在标志频率处变为 “低” 电平。从前面板的 Sync 连接器上输出信号。
- *前面板操作*：在启用扫描之后，再次按 **Start** 或 **Stop** 软键，以切换到 **Center** 或 **Span** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的值。
- *远程接口操作*：

```
FREquency:CENTer {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
```

```
FREquency:SPAN {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
```

扫描模式

您能够以线性或对数间隔进行扫描。对于*线性*扫描，在扫描期间函数发生器以线性方式改变输出频率。对于*对数*扫描，函数发生器以对数方式改变输出频率。

- 扫描模式：线性扫描或对数扫描。默认情况下为线性扫描。
- 前面板操作：在启用扫描之后，再次按 **Linear** 软键，以便在线性模式或对数模式之间进行切换。
- 远程接口操作：

`SWEep:SPACing {LINear|LOGarithmic}`

扫描时间

扫描时间 指定从起始频率到停止频率所需的秒数。函数发生器根据所选择的扫描时间，自动计算扫描中离散频率点的数目。

- 扫描时间：1 ms 至 500 秒。默认值为 1 秒。
- 前面板操作：在启用扫描之后，按 **Sweep Time** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的扫描时间。
- 远程接口操作：

`SWEep:TIME {< 秒>|MINimum|MAXimum}`

标志频率

如果需要，您可以设置使前面板 Sync 连接器上的信号在扫描期间变为逻辑很低的频率。在扫描的开始处，同步信号总是从低到高。


- 标志频率：1 mHz 至 10 MHz（对于锯齿波形，限制为 100 kHz）。默认值为 500 Hz。
- 在启用扫描模式时，标志频率必须在指定的起始频率和停止频率之间。如果您试图将标志频率设置为一个不在此范围的频率，则函数发生器自动将标志频率设置为与起始频率或停止频率相等（为更接近的那个频率）。
- 如果启用扫描模式使用的标志将使同步启用设置无效。（请参见第 81 页）。因此，在启用标志频率（同时启用扫描模式）时，将忽略同步信号的设置。
- 前面板操作：在启用扫描之后，按 **Marker** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的标志频率。
- 远程接口操作：

```
MARKer:FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
```

```
MARKer {Off|On}
```

扫描触发源

在扫描模式中，函数发生器在接收到触发信号时输出一个扫描。在一次从起始频率到停止频率的扫描之后，函数发生器在输出起始频率的同时等待下一次触发。

- 扫描触发源：**内部源**、外部源或手动源。*默认情况下为内部源。*
- 在选择**内部源**（立即）时，函数发生器输出一个连续的扫描，其速率由指定的*扫描时间*决定。
- 在选择**外部源**时，函数发生器将接受一个适用于后面板 *Trig In* 连接器的硬件触发。每次 *Trig In* 接收一个具有指定极性的 TTL 脉冲时，函数发生器就启动一个扫描。
- 触发周期必须大于或等于指定的扫描时间*加上* 1 ms。
- 在选择**手动源**时，每次按前面板上的  键后，函数发生器都输出一个扫描。
- *前面板操作*：按 **Trigger Setup** 软键，然后按 **Source** 软键选择所需的源。

要指定函数发生器是在 *Trig In* 连接器的上升沿还是下降沿触发，请按 **Trigger Setup** 软键。然后按 **Slope** 软键选择所需的边沿。

- *远程接口操作*：

```
TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}
```

使用下列命令来指定函数发生器是在 *Trig In* 连接器的信号上升沿还是在下降沿上触发。

```
TRIGger:SLOPe (POSitive|NEGative)}
```

有关详细信息，请参见第 121 页的“**触发**”。

触发输出信号

“触发输出”信号是在后面板的 *Trig Out* 连接器上提供的（仅用于扫描和脉冲串）。启用后，在扫描开始时从 *Trig Out* 连接器中输出具有上升沿（默认情况下）或下降沿的 TTL 兼容方波。

- 选择 *内部*（立即）触发源时，函数发生器在扫描开始时从 *Trig Out* 连接器中输出一个占空比为 50% 的方波。波形的频率与指定的 *扫描时间* 相等。
- 在选择 *外部* 触发源时，函数发生器自动禁用“触发输出”信号。*Trig Out* 连接器不能同时用于两个操作（外部触发波形使用相同的连接器触发扫描）。
- 在选择 *手动* 触发源时，函数发生器在每个扫描或脉冲串开始时从 *Trig Out* 连接器中输出一个脉冲（>1 ms 脉冲宽度）。
- *前面板操作*：在启用扫描之后，按 **Trigger Setup** 软键。然后按 **Trig Out** 软键选择所需的边沿。
- *远程接口操作*：

```
OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
```

```
OUTPut:TRIGger {OFF|ON}
```

脉冲串模式

您可以配置函数发生器以输出具有指定循环数的波形，称为“脉冲串”。函数生成器可以使用正弦波、方波或锯齿波形生成一个脉冲串（不允许脉冲、噪声、DC 和任意波形）。

有关脉冲串模式基本原理的详细信息，请参考第7章，“教程”。

选择脉冲串

- 函数发生器不允许在启用扫描或任何调制模式的同时启用脉冲串。在启用脉冲串时，将关闭扫描或调制模式。
- *前面板操作*：在设置其他任何脉冲串参数之前，您必须启用脉冲串。按 **Burst**，使用频率、输出振幅和偏移电压的当前设置输出脉冲串。
- *远程接口操作*：要避免多个波形更改，在设置其他参数之后启用脉冲串模式。

BURSt:StAtE {OFF|ON}

脉冲串类型

您可以按如下所述的两种模式使用脉冲串。基于选择的 *触发源* 和 *脉冲串源*，函数发生器一次启用一种脉冲串模式（请参见下表）。

- **触发脉冲串模式：**在这种模式下（也称作 N 循环脉冲串），每次接收触发时函数发生器都将输出一个具有指定循环数的（*脉冲串计数*）波形。在已输出指定的循环数之后，函数发生器停止并等待下一个触发。您可以对函数发生器进行配置，以使用内部触发来启动脉冲串，或者通过按前面板的 **Trigger** 键、对后面板 *Trig In* 连接器应用触发信号，以及从远程接口中发送软件触发命令，可以提供一个外部（手动）触发源。
- **外部门控脉冲串模式：**在这种模式下，根据后面板 *Trig In* 连接器使用的外部信号电平，输出波形“开启”或“关闭”。在门控信号为真时，函数发生器输出一个连续波形。在门控信号为假时，首先完成当前的波形周期，然后函数发生器停止，同时保持在所选波形的起始脉冲串相位对应的电压电平上。

	脉冲串模式 (BURS:MODE)	脉冲串计数 (BURS:NCYC)	脉冲串周期 (BURS:INT:PER)	脉冲串相位 (BURS:PHAS)	触发源 (TRIG:SOUR)
触发脉冲串模式： 内部触发	TRIGgered	可用	可用	可用	IMMediate
触发脉冲串模式： 外部触发	TRIGgered	可用	未使用	可用	EXTErnal, BUS
门控脉冲串模式： 外部触发	GATed	未使用	未使用	可用	未使用

- 在选择 *门控* 模式时，脉冲串计数、脉冲串周期和触发源都被忽略（这些参数仅用于触发脉冲串模式）。如果接收到手动触发，则将其忽略，并且不产生错误。
- 在选择 *门控* 模式时，您也可以在后面板 *Trig In* 连接器上选择信号的极性。

前面板操作: 在启用脉冲串之后，按 **N Cycle**（触发）或 **Gated** 软键。

要在 *Trig In* 连接器上选择外部门控信号的极性，按 **Polarity** 软键。默认极性为 POS（真—高逻辑）。

- *远程接口操作:*

BURSt:MODE {TRIGgered|GATed}

- 使用下面的命令在 *Trig In* 连接器上选择外部门控信号的极性。默认情况下为 NORM（真—高逻辑）。

BURST:GATE:POLarity {NORMal|INVerted}

波形频率

在触发和外部门控模式中 *波形频率* 定义了脉冲串波形的重复速率。在 *触发模式* 中，以波形频率输出由 *脉冲串计数* 指定的循环数。在 *外部门控模式* 中，当外部门控信号为真时输出波形频率。

切记波形频率与“脉冲串周期”不同，脉冲串周期指定脉冲串之间的间隔（仅为触发模式）。


- 波形频率：1 mHz 至 10 MHz（对于锯齿波形，限制为 100 kHz）。默认波形频率为 1 kHz。（对于内部触发脉冲串波形，最小频率为 2.001 mHz。）您可以选择正弦波、方波或锯齿波行（不允许脉冲、噪声、DC 和任意波形）。
- 对于正弦波和方波，只有“无限”的脉冲串计数才允许 3 MHz 以上的频率。
- 前面板操作：要为选定的函数设置波形频率，请按 **Freq** 软键。然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的频率。
- 远程接口操作：
 - FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
- 您也可以仅使用一个 **APPLY** 命令选择函数、频率、振幅和偏移。

脉冲串计数

脉冲串计数定义了每个脉冲串要输出的循环数。仅用于触发脉冲串模式（内部或外部源）

- 脉冲串计数：1 至 50,000 个循环数，以 1 个循环为增量。您也可以选择无限脉冲串计数。默认值为 1 个循环。
- 在选择内部触发源时，连续输出指定的循环数，其速率是由脉冲串周期的设置决定的。脉冲串周期定义了脉冲串之间的间隔。
- 在选择内部触发源时，脉冲串计数必须小于脉冲串周期和波形频率的乘积，如下所示。

$$\text{脉冲串计数} < \text{脉冲串周期} \times \text{波形频率}$$

- 函数发生器会自动将脉冲串周期增加到其最大值，以满足指定的脉冲串计数（但是将不改变波形频率）。
- 在选择门控脉冲串时，将忽略脉冲串计数。然而，如果您在门控模式中从远程接口更改脉冲串计数，函数发生器将记下新的计数，并且在选择触发模式时使用。
- 前面板操作：要设置脉冲串计数，按 **#Cycles** 软键，然后使用旋钮或数字小键盘输入计数。而要选择无限计数脉冲串，则再次按 **#Cycles** 软键，以切换到 **Infinite** 软键（按一次  开始波形，按两次停止波形）。
- 远程接口操作：

`BURSt:NCYCles {< 循环数 >|INFinity|MINimum|MAXimum}`

脉冲串周期

脉冲串周期 从一个脉冲串开始到下一个脉冲串开始的时间。仅用于内部触发脉冲串模式。

切记脉冲串周期与“波形频率”不同，波形频率指定了脉冲串信号的频率。

- 脉冲串周期：1 ms 至 500 秒。默认值为 10 ms。
- 只有在启用内部触发时，才使用脉冲串周期设置。在启用手动或外部触发（或者选择门控脉冲串模式）时，将忽略脉冲串周期。
- 不可能指定过短的脉冲串周期，否则函数发生器将不能按指定的脉冲串计数和频率进行输出（参见下面的公式）。如果脉冲串周期过短，函数发生器会自动将其调整为重新连续触发脉冲串所需要的值。

$$\text{脉冲串周期} > \frac{\text{Burst Count}}{\text{Waveform Frequency}} + 200 \text{ ns}$$

- *前面板操作*：要设置脉冲串周期，请按 **Burst Period** 软键，然后使用旋钮或数字小键盘来输入周期。
- *远程接口操作*：

BURSt:INTernal:PERiod {< 秒 > | MINimum | MAXimum}

脉冲串相位


脉冲串相位 定义了脉冲串的起始相位。

- 脉冲串相位：-360 度到 +360 度。默认值为 0 度。
- 从远程接口中，您可以使用 **UNIT:ANGL** 命令将起始相角设置为度数或弧度（请参见第 170 页）。
- 在前面板中，起始相位总是显示为度数（不可使用弧度）。如果在远程接口中将起始相位设置为弧度，然后返回前面板操作，您将发现函数发生器将相位转换为度数。
- 对于正弦波、方波和锯齿波，0 度是波形正向通过 0 V（或 DC 偏移值）的点。
- 脉冲串相位也可用在门控脉冲串模式中。在门控信号变为假时，完成当前波形循环，然后函数发生器停止。输出将保持在起始脉冲串相位对应的电压电平上。
- *前面板操作*：要设置脉冲串相位，按 **Start Phase** 软键，然后使用旋钮或数字小键盘输入所需的相位，以度数为单位。
- *远程接口操作*：

BURSt:PHASe {< 角度 >|MINimum|MAXimum}

脉冲串触发源

在触发脉冲串模式中，函数发生器每次接收触发时，都输出一个具有指定循环数（脉冲串计数）的脉冲串。在已输出指定的循环数之后，函数发生器停止并等待下一个触发。在接通电源时，启用内部触发的脉冲串模式。

- 脉冲串触发源：**内部源**、外部源或手动源。默认情况下为内部源。
- 在选择内部（立即）源时，产生的脉冲串频率是由脉冲串周期决定的。
- 在选择外部源时，函数发生器将接受一个适用于后面板 Trig In 连接器的硬件触发。每次 Trig In 接收到一个具有指定极性的 TTL 脉冲时，函数发生器都输出指定的循环数。在忽略脉冲串期间将出现外部触发源。
- 在选择手动源时，每次按前面板的  键之后，函数发生器都将输出一个脉冲串。
- 在选择外部或手动触发源时，脉冲串计数和脉冲串相位仍保持有效，而将忽略脉冲串周期。
- 前面板操作：按 **Trigger Setup** 软键，然后按 **Source** 软键选择所需的源。

要指定函数发生器是在 Trig In 连接器信号的上升沿还是下降沿触发，请按 **Trigger Setup** 软键。然后按 **Slope** 软键选择所需的边沿。

远程接口操作：

```
TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}
```

使用以下命令指定函数发生器是在 Trig In 连接器的上升沿还是下降沿触发。

```
TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
```

有关触发的详细内容，请参见第 121 页的“触发”。

触发输出信号

“触发输出”信号由后面板 *Trig Out* 连接器提供（仅用于扫描）。启用后，在脉冲串开始时会从 *Trig Out* 连接器中输出具有上升沿（默认情况下）或下降沿的 TTL 兼容脉冲波形。



- 选择 *内部*（立即）触发源时，函数发生器在脉冲串开始时从 *Trig Out* 连接器中输出一个占空比为 50% 的方波。波形的频率与指定的 *脉冲串周期* 相等。
- 在选择 *手动* 触发源时，函数发生器在每个脉冲串开始时从 *Trig Out* 连接器中输出一个脉冲（>1 ms 脉冲宽度）。
- 在选择 *外部* 触发源时，函数发生器自动禁用“触发输出”信号。*Trig Out* 连接器不能同时用于两个操作（外部触发波形使用相同的连接器触发脉冲串）。
- *前面板操作*：在启用脉冲串之后，按 **Trigger Setup** 软键。然后按 **Trig Out** 软键选择所需的边沿。
- *远程接口操作*：

```
OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
```

```
OUTPut:TRIGger {OFF|ON}
```


触发

仅适用于扫描和脉冲串。 您可以使用 *内部* 触发、*外部* 触发或 *手动* 触发，对扫描或脉冲串产生触发。

- 在您接通函数发生器时，启用内部或“自动”触发。在这种模式下，当已选定扫描或脉冲串模式时函数发生器将连续输出。
- 外部触发使用后面板的 *Trig In* 连接器来控制扫描或脉冲串。每次 *Trig In* 接收一个 TTL 脉冲时，函数发生器就会启动一个扫描或输出一个脉冲串。您可以选择函数发生器是在外部触发信号的上升沿还是下降沿触发。
- 每次您按前面板上的  键，手动触发就启动一个扫描或输出一个脉冲串。继续按该键，将再次触发函数发生器。
- 在远程接口下，或者当前没有选择脉冲串或扫描函数时，将禁用  键。

触发源选项

仅适用于扫描和脉冲串。 必须指定函数发生器接受其触发的触发源。

- 扫描触发源：**内部源**、外部源或手动源。*默认情况下为内部源。*
- 函数发生器将接受手动触发、后面板 *Trig In* 连接器中的硬件触发或者使用内部触发的连续输出扫描或脉冲串。*在加电时，选择了内部触发。*

- 触发源设置保存在 *易失性* 存储器中；在电源关闭或通过远程接口复位后，触发源被设置为内部触发（前面板）或立即触发（远程接口）。（假设电源开启状态设置为“default”。）
- *前面板操作*：在启用扫描或脉冲串之后，按 **Trigger Setup** 软键。然后按 **Source** 软键选择所需的源。
- *远程接口操作*：
TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}
APPLY 命令会自动将源设置为“立即”。

内部触发

在内部触发模式中，函数发生器连续输出扫描或脉冲串（按 *扫描时间* 或 *脉冲串周期* 所指定的）。这是接通电源时前面板和远程接口使用的触发源。

- *前面板操作*：按 **Trigger Setup** 软键，然后选择 **Source Int** 软键。
- *远程接口操作*：
TRIGger:SOURce IMMEDIATE

外部触发

在外部触发模式中，函数发生器将接受施加到后面板 *Trig In* 连接器的硬件触发。每次在指定边沿 *Trig In* 接收一个 TTL 脉冲时，函数发生器就会启动一个扫描或输出一个脉冲串。

另请参见以下页的“[触发输入信号](#)”。

*前面板操作：*除了对 *Trig In* 连接器应用触发这一点外，外部触发模式与手动触发模式相似。要选择外部源，请按 **Trigger Setup** 软键，然后选择 **Source Ext** 软键。

要指明函数发生器是在上升沿还是在下降沿上触发，按 **Trigger Setup** 软键，然后按 **Slope** 软键选择所需要的边沿。



- *远程接口操作：*

```
TRIGger:SOURce EXTernal
```

使用以下命令指定函数发生器是在上升沿还是在下降沿上触发。

```
TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
```

手动触发

在手动触发模式中（仅用于前面板），通过按前面板的  键，您可以手动触发函数发生器。每次您按该键时，函数发生器都将启动一个扫描或输出一个脉冲串。在函数发生器等待手动触发时， 键被点亮（在远程接口禁用该键）。

软件（总线）触发

总线触发模式仅可用于远程接口中。这种模式与前面板中的手动触发相类似，但是您需要通过发送总线触发命令来触发函数发生器。每次接收总线触发命令时，函数发生器就启动一个扫描或输出一个脉冲串。

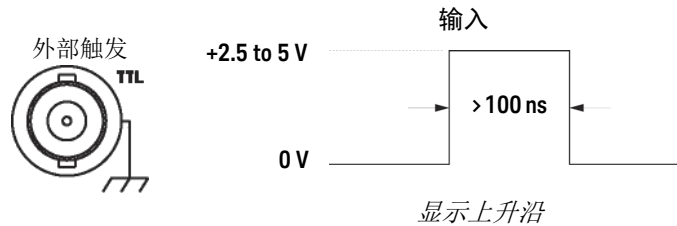
- 要选择总线触发源，则要发送下列命令。

TRIGger:SOURce BUS

- 在选择总线源时要从远程接口（GPIB、USB 或 LAN）中触发函数发生器，请发送 **TRIG** 或 ***TRG**（触发）命令。在函数发生器等待总线触发时，前面板的

 键被点亮。

触发输入信号

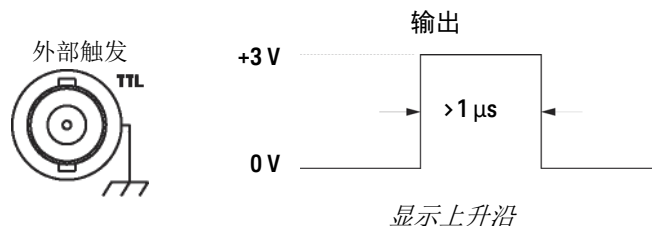


在下列模式中使用这种后面板连接器：

- **触发扫描模式：** 要选择外部源，请按 **Trigger Setup** 软键，然后选择 **Source Ext** 软键，或者从远程接口中执行 **TRIG:SOUR EXT** 命令（必须启用扫描）。在 *Trig In* 连接器上接收到 TTL 脉冲的上升沿或下降沿（您指定的那个边沿）时，函数发生器将输出一个扫描。
- **触发脉冲串模式：** 要选择外部源，请按 **Trigger Setup** 软键，然后选择 **Source Ext** 软键，或者从远程接口中执行 **TRIG:SOUR EXT** 命令（必须启用脉冲串）。每次从指定的触发源中接收触发时，函数发生器都输出一个具有指定循环数（*脉冲串计数*）的波形。
- **外部门控脉冲串模式：** 要启用门控模式，请按 **Gated** 软键，或者从远程接口中执行 **BURS:MODE GAT** 命令（必须启用脉冲串）。在外部门控信号为真时，函数发生器输出一个连续波形。在外部门控信号为假时，首先完成当前的波形周期，然后函数发生器停止，同时保持在起始脉冲串相位对应的电压电平上。

触发输出信号

“触发输出”信号是在后面板的 *Trig Out* 连接器上提供的（仅用于扫描和脉冲串）。启用后，在扫描或脉冲串开始时，从后面板的 *Trig Out* 连接器中输出具有上升沿（默认情况下）或下降沿的 TTL 兼容方波。



- 在选择 *内部*（立即）触发源时，函数发生器在扫描或脉冲串的开始时从 *Trig Out* 连接器中输出一个方波波形，占空比为 50%。该波形的周期等于指定的 *扫描时间* 或 *脉冲串周期*。
- 在选择 *外部* 触发源时，函数发生器自动禁用“触发输出”信号。*Trig Out* 连接器不能同时用于两个操作（外部触发波形使用相同的连接器触发扫描或脉冲串）。
- 在选择 *总线*（软件）或手动触发源时，函数发生器在每个扫描或脉冲串开始时从 *Trig Out* 连接器中输出一个脉冲（>1 ms 脉冲宽度）。
- **前面板操作：** 在启用扫描或脉冲串之后，按 **Trigger Setup** 软键。然后按 **Trig Out** 软键选择所需的边沿。
- **远程接口操作：**

```
OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
```

```
OUTPut:TRIGger {OFF|ON}
```

可选任意波形（选件 002）

注意

任意波形还可用于 **33210A**（选件 **002**）。要升级 **33210A** 以包含任意波形功能，请转至 www.keysight.com/find/33210U。

在非易失性存储器中一共存储 5 个内置的任意波形。最多可将 4 个用户定义的波形存储在非易失性存储器中，还可在易失性存储器中存储一个。每个波形可以包含 1（DC 电压）到 8,192（8K）个数据点。

您可以按照下面章节中的说明从前面板创建一个任意波形，或者使用 Keysight 33210A 随附的 CD-ROM 上的 Keysight IntuiLink 软件。Keysight IntuiLink 软件可让您使用 PC 上的图形用户界面来创建任意波形，然后将这些波形下载到 Keysight 33210A 上。您也可以从 Keysight 示波器捕获波形并将其导入 IntuiLink。有关详细信息，请参见 Keysight IntuiLink 软件的联机帮助。

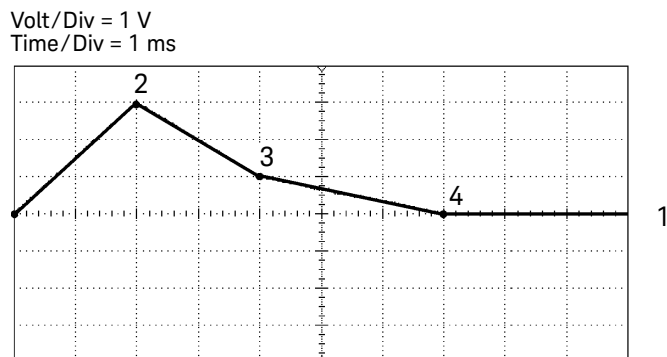
注意

您可以将具有最多 **8,192（8K）** 个数据点的波形从 PC 下载到 **Keysight 33210A**。

有关下载和输出任意波形内部操作的详细内容，请参考第 7 章，“教程”。

创建和存储任意波形

本节提供一个示例，用以说明如何从前面板中创建和存储任意波形。要从远程接口中下载一个任意波形，请参见[任意波形命令](#)，起始于第 171 页。在本例中，您将使用 4 个波形点来创建和存储下面所示的锯齿波。



1 选择任意波形函数。

在您按 **Arb** 键选择任意波形函数时，将显示一条临时消息，表明当前选定了哪种波形。

2 启动任意波形编辑器。

按 **Create New** 软键来启动波形编辑器。在波形编辑器中，通过对波形中的每个点指定时间和电压值，来定义波形。当创建新波形时，将覆盖易失性存储器中的上一个波形。

3 设置波形周期。

按 **Cycle Period** 软键，为波形设置*时间*边界。波形中可以定义的最后一点的时间值必须小于指定的循环周期。

在本例中，将波形周期设置为 10 ms。



4 设置波形电压限制。

在编辑波形的同时，按 **High V Limit** 和 **Low V Limit** 软键，设置可以达到的电压电平上限和下限。上限必须大于下限。在默认情况下，将 Point #1 设置为等于上限，而将 Point #2 设置为等于下限。

在本例中，上限设置为 3.0 V，下限为 0 V。



5 选择内插方法。

按 **Interp** 软键在波形点之间启用或禁用线性内插（该功能仅可从前面板中使用）一旦启用内插（默认值），波形编辑器就将在两点之间划一条直线。禁用内插时，波形编辑器在两点之间保持恒定的电压电平，并建立一个“阶梯状”的波形。

在本例中，启用线形内插。

6 设置波形点的初始数。

波形编辑器最初建立一个具有两个点的波形，并自动将波形的最后一个点与第一个点的电压电平连接到一起，以创建一个连续的波形。按 **Init # Points** 软键，指定波形点的初始数目（如果需要的话，稍后您可以添加或删除点）。

例如，可以将点初始数目设置为“4”。

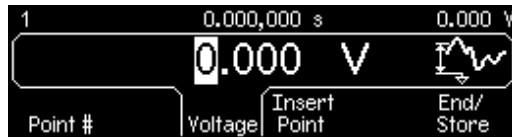
7 开始进行逐点编辑过程。

按 **Edit Points** 软键以接受初始波形设置，然后开始逐点编辑。显示窗口顶端的状态行在 *左侧* 显示点数，在 *中间* 显示当前点的时间值，而在 *右侧* 显示当前点的电压值。

8 定义第一个波形点。

按 **Voltage** 软键，为 Point #1 设置电压电平（该点时间固定在 0 秒）。默认情况下，Point #1 被设置为等于电压上限。

在本例中，将 Point #1 的电压电平设置为 0 V。

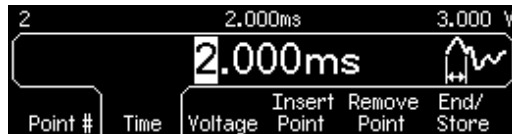


波形编辑器使用 V_{pp} 执行所有振幅计算，而不是用 V_{rms} 或 dBm。

9 定义下一个波形点。

按 **Point #** 软键，然后旋转旋钮移到 Point #2。按 **Time** 软键，设置当前点的时间（该软键不用于 Point #1）。按 **Voltage** 软键，设置当前点的电压电平。

在本例中，将时间设置为 2 ms，电压电平设置为 3.0 V。



10 定义其他波形点

利用 **Time** 和 **Voltage** 软键，用下表所示的值定义其他的波形点。

点	时间值	电压值
1	0 s	0 V
2	2 ms	3 V
3	4 ms	1 V
4	7 ms	0 V

- 波形中可以定义的最后一点的时间值必须小于指定的循环周期。
- 波形编辑器自动地将最后一个波形点连接到第一个点的电压电平，以创建一个连续波形。
- 要在当前波形点之后插入其他点，按 **Insert Point** 软键。新点插入到当前点和下一个定义点的中间。
- 要删除当前波形点，按 **Remove Point** 软键。使用当前选择的内插法连接其他的点。因为波形必须有一个定义的初始值，所以不能删除 Point #1。

11 将任意波形存储在存储器中。

按 **End / Store** 软键，将新的波形存储到存储器中。然后按 **DONE** 软键将波形存储在 **易失性** 存储器中，**或者** 按 **Store in Non-Vol** 软键将波形存储在 4 个 **非易失性** 存储器位置中的一个位置上。

您可以给这四个非易失性存储器位置指定自定义名称。

- 定制名称可最多包含 12 个字符。第一个字符必须是字母，其他的字符可以是字母、数字或下划线字符（“_”）。
- 要添加另外的字符，按右光标键，直到光标移至现有名称的右侧，然后旋转旋钮。
- 要删除光标右边的所有字符，则按 **(+/-)** 键。

在本例中，给存储器位置 1 指定名称为 “RAMP_NEW”，然后按 **STORE ARB** 软键存储该波形。



现在波形存储在非易失性存储器中，正被从函数发生器中输出。现在，在已存储波形的列表中（在 **Stored Wform** 软键下面）应出现您用于存储该波形的名称。

有关任意波形的其他信息

- 要快速确定已选定了何种任意波形，按 **Arb** 。在前面板上显示一条临时消息。
- 您不能编辑 5 个内置的任意波形中的任何一个。
- 按 **Edit Wform** 软键，编辑存储在非易失性存储器中的任何一个任意波形，或者当前存储在易失性存储器中的波形。在编辑现有波形的同时，请注意下列的相互影响。
 - 如果 *增加* 循环周期，某些点可能会与现有的点重叠。波形编辑器将保留最早的点，并删除所有重复的点。
 - 如果 *减少* 循环周期，则波形编辑器将删除超出新周期的所有以前定义的点。
 - 如果 *提高* 电压限制，将不会改变任何现有点的电压电平，但可能会降低垂直分辨率。
 - 如果 *降低* 电压限制，某些现有的点可能会超出新限制的范围。波形编辑器将减少这些点的电压电平，使它们等于新的限制。
- 如果您选择任意波形作为 AM、FM、或 PWM 的 *调制* 波形，该波形将自动限制为 4K 点。通过抽取删除额外的波形点。

系统相关操作

本节提供了有关仪器状态存储、断电调用、错误状态、自检和前面板显示屏控制等主题的信息。这些信息与波形发生没有直接关系，但是操作函数发生器的重要组成部分。



仪器状态存储

本函数发生器的非易失性存储器具有五个存储位置，可以保存仪器状态。位置编号从 0 到 4。在断电时，函数发生器自动使用位置“0”来保持仪器的状态。您也可以从前面板中为每个要使用的位置（1 到 4）指定一个用户定义的名称。


- 您可以在这 5 个存储位置中的任一个位置上存储仪器状态。但是，只能从包含先前已保存状态的存储位置中调用状态。
- 您仅可以从*远程接口*中使用存储位置“0”，来存储第五个仪器状态（您不能从前面板中对该位置进行存储）。然而请注意，在开关电源时，位置“0”被自动覆盖（先前存储的仪器状态将被覆盖）。
- 状态存储特性将“记住”已选定的函数（包括任意波形）、频率、振幅、DC 偏移、占空比、对称性，以及其他使用的任何调制参数。
- 在出厂时，存储位置“1”到“4”是空的（位置“0”包含断电状态）。
- 在关闭电源时，函数发生器自动将其状态存储在位置“0”。您可以对函数发生器进行配置，以便电源恢复时自动调用此断电状态。但是，在出厂时函数发生器被配置为在通电时自动调用出厂默认状态。

- 您可以为每一个存储位置指定一个自定义名称（但是，您不能从前面板中命名位置“0”）。可以从前面板或通过远程接口命名存储位置，但只能从前面板中按名称来调用状态。通过远程接口，只能使用编号（0到4）来调用保存的状态。
- 名称最多可包含12个字符。第一个字符*必须*是字母（A-Z），其他的字符可以是字母、数字（0-9）或下划线字符（“_”）。不允许使用空格。如果指定的名称超出12个字符，将会出现错误。
- 本函数发生器*将不会*阻止给不同的存储位置指定*相同的*自定义名称。例如，您可以给位置“1”和位置“2”指定相同的名称。
- 如果在存储仪器状态之后，从非易失性存储器中删除一个任意波形，则将丢失波形数据，并且在调用状态时，函数发生器*将不*输出该波形。而输出内置的“指数上升”波形，代替被删除的波形。
- 在存储仪器状态时将保存前面板显示屏状态（*请参见第140页的“显示屏控制”*）。在您调用该状态时，前面板显示屏将返回到以前的状态。
- 仪器复位*不会*影响保存在存储器内的配置。一旦保存了一个状态，则在该状态被覆盖或彻底删除之前都一直保存。

- **前面板操作:** 按 ，然后选择 **Store State** 或 **Recall State** 软键。要删除已存储的状态，选择 **Delete State** 软键（同时删除此存储器位置的自定义名称）。

要对函数发生器进行配置，以便在接通电源时调用出厂默认状态，按 ，然后选择 **Pwr-On Default** 软键。要对函数发生器进行配置，以便在恢复电源时调用断电状态，请按 ，然后选择 **Pwr-On Last** 软键。

您可以给这四个位置的每一个位置都指定一个自定义名称。

- 定制名称可最多包含 12 个字符。第一个字符必须是字母，其他的字符可以是字母、数字或下划线字符（“_”）。
- 要添加另外的字符，按右光标键，直到光标移至现有名称的右侧，然后旋转旋钮。
- 要删除光标右边的所有字符，则按  键。

- **远程接口操作:**

***SAV {0|1|2|3|4}** 状态 0 是断电时仪器的状态。

***RCL {0|1|2|3|4}** 状态 1、2、3、4 是用户定义的状态。

要给从前面板调用的保存状态指定一个自定义名称，请发送下面的命令。通过远程接口，只能使用编号（0 到 4）来调用保存的状态

```
MEM:STATE:NAME 1,TEST_WFORM_1
```

要对函数发生器进行配置，以便在恢复电源时自动调用断电状态，请发送下面的命令。

```
MEMory:STATe:RECall:AUTO ON
```


错误状态

在函数发生器的错误队列中可以存储 20 个命令语法错误或硬件错误。有关错误的完整列表，请参见第 5 章。

- 以先进先出（FIFO）的顺序检索错误。返回的第一个错误即是存储的第一个错误。读取错误时，错误即被清除。每当产生一个错误，函数发生器就会发出蜂鸣声（除非禁用了蜂鸣器）。
- 如果产生的错误超过 20 个，存储在队列中的最后一个错误（最新错误）会被替换为“Queue overflow”。除非删除队列中的错误，否则不再存储其他错误。如果在读取错误队列时没有出现错误，则函数发生器将响应“No error”（无错误）。
- 可以使用 *CLS（清除状态）命令或在打开然后关闭电源后清除错误队列。当您读取错误队列时，错误也被清除。使用仪器复位（*RST 命令）时不会清除错误队列。
- 前面板操作：按 **Help**，选择标题为“查看远程命令错误队列”的主题（主题编号为 2）。然后按 **SELECT** 软键查看错误队列中的错误。如下所示，列表中的第一个错误（即，在列表顶部的错误）是第一个产生的错误。


```
Remote Interface Command Errors.
-113 Undefined header
-151 Invalid string data

DONE
```

- 远程接口操作：
 - SYSTEM:ERROR? 从错误队列中读取一个错误
 - 错误具有如下格式（错误字符串最多可包含 255 个字符）。
 - 113,"Undefined header"

蜂鸣器控制

通常情况下，当在前面板或远程接口发生错误时，函数发生器会发出响声。对于某些特定的应用程序，您可能要禁用前面板的蜂鸣器。


- 蜂鸣器状态存储在 *非易失性* 存储器中，它在电源关闭或远程接口复位后不会改变。在出厂时，启用蜂鸣器。
- 关闭蜂鸣器不会使您按前面板键或旋转旋钮时发出声响的功能失效。
- *前面板操作*：按 ，然后选择“System”菜单中的 **Beep** 软键。
- *远程接口操作*：

SYSTem:BEEPer 立即发出一声蜂鸣

SYSTem:BEEPer:STATe {OFF|ON} 禁用 / 启用蜂鸣器

显示屏灯泡保护程序

在不进行操作的 8 小时之后，前面板显示屏灯泡通常关闭，屏幕将不显示任何内容。对于某些特定的应用程序，您可能要禁用灯泡保护程序的特性。*只有通过前面板才能使用该特性。*

- 灯泡保护程序设置存储在 *非易失性* 存储器中，并且在断电时或远程接口复位后不会改变。在出厂时，启用灯泡保护程序。
- *前面板操作*：首先按 。从“System”菜单中，按 **Display Options**，然后按 **Scrn Svr**（屏幕保护程序）。

显示对比度

要使前面板显示屏的可读性达到最佳，您可以调整对比度设置。*只有通过前面板才能使用该特性。*

- 显示对比度：15 至 50。默认值为 30。
- 对比度设置存储在非易失性存储器中，并且在断电时或远程接口复位后不会改变。
- 前面板操作：按 **Utility**，然后选择“System”菜单中的 **Display Contr** 软键。

自检

- 打开函数发生器时会自动执行加电自检。这种有限的测试可检查函数发生器是否能正常工作。
- 全面自检执行一系列测试，大约需要 15 秒。如果通过了所有测试，就可以完全放心地操作函数发生器。
- 如果全面自检成功完成，则前面板上会显示“Self-Test Passed”。如果自检失败，会显示“Self-Test Failed”，并出现错误号。有关将仪器送回 Keysight Technologies 公司进行维修的说明，请参见《Keysight 33210A Service Guide》。
- 前面板操作：按 **Utility**，然后选择“Test/Cal”菜单中的 **Self Test** 软键。
- 远程接口操作：
 - *TST?
- 如果自检通过，返回“0”，如果失败返回“1”，同时产生一条错误信息，说明测试失败的原因。

显示屏控制

出于安全的考虑，或者要加快函数发生器从远程接口中执行操作的速度，您可能要关闭前面板的显示。通过远程接口，您也可以在前面板上显示一条 12 个字符的消息。

- 只能通过从远程接口中发送命令，来禁用前面板显示屏（在本地操作中不能禁用前面板）。
- 在禁用时，前面板显示屏上不显示任何内容（但是，用于显示屏背光照明的灯泡还在启用）。在禁用显示屏时，除 **Local** 之外的所有键都被锁定。
- 从远程接口中对前面板显示屏发出的消息将使显示屏状态设置无效。这意味着即使当前禁用显示屏，您也可以显示消息（即使禁用显示屏，也总是会显示远程接口错误）。
- 在开关电源时、仪器复位后（使用（*RST 命令），或者返回本地操作（前面板）时，自动启用显示屏。按 **Local** 键，或从远程接口中执行 IEEE-488 GTL（Go To Local）命令，返回本地状态。
- 在使用 *SAV 命令存储仪器状态时，也将保存显示屏状态。在使用 *RCL 命令调用该仪器状态时，前面板显示屏将返回以前的状态。
- 通过从远程接口中发送命令，您可以在前面板上显示文本消息。您可以使用大写或小写字母（A-Z）、数字（0-9），以及标准计算机键盘上的其他字符。取决于您指定的字符个数，函数发生器将选择两种字体大小中的一种，来显示此消息。使用大字体可以显示大约 12 个字符，使用小字体可以显示大约 40 个字符。

- **远程接口操作：** 下面的命令将关闭前面板显示屏。

DISP OFF

下面一条命令在前面板上显示消息，并且如果当前禁用显示屏，则该命令将其开启。

DISP:TEXT 'Test in Progress...'

要清除前面板上显示的消息（而不改变显示屏状态），则发送下面的命令。

DISP:TEXT CLEAR

数值格式

函数发生器可以在前面板显示屏上显示数值，以及表示小数点和数字分隔符的点及逗号。只有通过前面板才能使用该特性。



小数点：点
数字分隔符：逗号


小数点：逗号
数字分隔符：无

- 数值格式存储在 *非易失性* 存储器中，它在电源关闭或远程接口复位后不会改变。在出厂时，点用于表示小数点，而逗号用于表示数字分隔符（例如，1.000,000,00 kHz）。
- **前面板操作：** 按 **Utility**，然后选择“System”菜单中的 **Number Format** 软键。

固件修订版查询

您可以对函数发生器进行查询，以确定当前已安装的固件修订版。修订版代码包含 5 个编号，其格式为 “**f.ff-b.bb-aa-p**”。

- f.ff** = 固件修订版号
- b.bb** = 引导内核修订版号
- aa** = ASIC 修订版号
- p** = 印刷电路板修订版号

- *前面板操作*: 按 ，然后选择 “Test/Cal” 菜单中的 **Cal Info** 软键。修订版代码作为前面板显示屏上的一条消息被列出。
- *远程接口操作*: 使用下面的命令读取函数发生器的固件修订版号码（确保字符串变量的大小至少为 50 个字符）。

***IDN?**

此命令将返回以下格式的字符串：

Keysight Technologies,33210A,0,f.ff-b.bb-aa-p

SCPI 语言版本查询

本函数发生器符合 SCPI（*可编程仪器的标准命令*）当前版本的规则和约定。通过从远程接口中发送查询命令，您可以确定仪器所符合的 SCPI 版本。

不能从前面板中查询 SCPI 版本。

- *远程接口操作*:

SYSTem:VERSion?

返回的字符串格式为 “**YYYY.V**”，其中 “**YYYY**” 表示版本的发行年份，而 “**V**” 表示该年份的版本号（例如，1999.0）。

远程接口配置

本节提供了有关配置函数发生器以用于远程接口通信的信息。有关从前面板配置仪器的信息，请参见“[配置远程接口](#)”，起始于第 59 页。有关可通过远程接口对函数发生器进行编程的 SCPI 命令的信息，请参见第 4 章，“[远程接口参考资料](#)”，起始于第 162 页。

Keysight 33210A 支持使用以下三种接口进行远程接口通信：GPIB、USB 和 LAN。三种接口在加电时都处于“活动”状态。本节介绍需要在函数发生器上设置的一些接口配置参数。

- **GPIB 接口。**您只需为函数发生器设置 GPIB 地址，然后使用一条 GPIB 电缆将其与 PC 进行连接。
- **USB 接口。**无需在函数发生器上进行配置。只需使用一条 USB 电缆将函数发生器连接到 PC。
- **LAN 接口。**在默认情况下启用 DHCP，这样就启用了通过 LAN 接口的网络通信。您可能需要按照下面的 LAN 配置一节中的说明来设置几个配置参数。

连通性软件和产品 CD

Keysight 33210A 随附两张 CD：

- **Keysight Automation-Ready CD:** 此 CD 中包含 *Keysight IO Libraries Suite* 软件，必须安装它才能进行远程接口操作。此 CD 自动启动，并提供有关安装软件的信息。有关其他背景信息，请参考 *Keysight Technologies USB/LAN/GPIB Connectivity Guide*（在此 CD-ROM 上提供）。
- **Keysight 33210A Product-Reference CD:** 此 CD 包含 33210A 仪器驱动程序、*Keysight Intuilink Waveform Editor* 软件、整套 Keysight 33210A 产品手册以及编程示例。此 CD 自动启动，并显示欢迎页面以及说明。

GPIB 配置

GPIB (IEEE-488) 接口上的每个设备必须具有一个唯一地址。您可以将函数发生器的地址设置为 0 到 30 之间的任意值。函数发生器在出厂时其地址被设置为“10”。GPIB 地址在加电时显示。

- 地址存储在 *非易失性* 存储器中，在电源关闭或远程接口复位后 *不会* 改变。
- 计算机的 GPIB 接口卡有其自己的地址。确保避免将计算机的地址用于任何连接在接口总线上的仪器。
- *前面板操作*: 按 **Utility**，然后选择 **I/O** 软键。此时将出现 **GPIB Address** 字段。使用旋钮和光标键或数字键盘更改地址。
- *前面板操作*:

```
SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRess < 地址 >
```

```
SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRess?
```

LAN 配置

下面的部分介绍从 33210A 前面板 Utility 菜单中可以设置的主要 LAN 配置功能。在适当位置会列出 SCPI 命令。此外，某些 LAN 配置功能只能使用 SCPI 命令来执行。有关 LAN 配置命令的完整列表，请参考第 4 章，“接口配置命令”，起始于第 260 页。

注意

如果更改了 LAN 设置，则必须关闭并重新打开电源才能激活新设置。这适合于所有 LAN 设置，包括将 DHCP 和 Auto IP 设置为 on 或 off。

重置 LAN

使用 Reset LAN 功能，您随时可以将 LAN 设置恢复为默认值并重新启动 LAN：

- **前面板操作：**按 **Utility**，然后按 **I/O** 软键。依次选择 **LAN**、**Modify Settings** 和 **Reset LAN**。重置 LAN 的同时显示 “Restarting LAN” 消息。
- 没有用于重置 LAN 的 SCPI 命令。

DHCP On/Off (LAN)

DHCP（动态主机配置协议）是向网络上的设备自动分配动态 IP 地址的协议。一般而言，DHCP 是配置 Keysight 33210A 使用 LAN 接口进行远程通信最简单的方法。

- 将 **DHCP** 选择为 On 将使用 DHCP 自动分配 IP 地址。
- DHCP 设置存储于 *非易失* 存储器中，即使关闭电源时或重置远程接口后该设置也不会更改。
- **前面板操作：**按 **Utility**，然后按 **I/O** 软键。依次选择 **LAN**、**Modify Settings** 和 **IP Setup**。默认情况下，DHCP 为 On 状态。按 **DHCP On/Off** 软键可以切换其状态。
- 没有用于设置 DHCP On/Off 的 SCPI 命令。

Auto IP On/Off (LAN)

Auto IP 是向网络上的设备自动分配动态 IP 地址的另一种协议。一般，AutoIP 将在 DHCP 失效时尝试分配 IP 地址。

- 选择 **Auto IP On** 以使用 Auto IP 自动分配 IP 地址。
- 如果 DHCP 和 Auto IP 都未能分配有效的 IP 地址，则使用当前配置的静态 IP 地址。
- Auto IP 设置存储于 *非易失* 存储器中，即使关闭电源时或重置远程接口后该设置也不会更改。

- *前面板操作:* 按 **Utility**，然后按 **I/O** 软键。依次选择 **LAN**、**Modify Settings** 和 **IP Setup**。默认情况下，Auto IP 为 On 状态。按 **Auto IP On/Off** 软键以切换其状态。
- *远程接口操作:*

```
SYSTem:COMMunicate:LAN:AUTOip[:STATe] {OFF|0|ON|1}
SYSTem:COMMunicate:LAN:AUTOip[:STATe]?
```

注意

如果要手动设置 IP 地址、子网掩码或默认网关，您必须先关闭 DHCP 和 Auto IP 两者。然后按照以下部分所述更改 IP 设置。

IP 地址 (LAN)

可以输入以点分形式 (“nnn.nnn.nnn.nnn”，其中每个 “nnn” 都是从 0 到 255 的字节值) 表示的四字节整数作为 33210A 的静态 IP 地址。每个字节都以一个十进制值表示，不带有前置零 (例如，169.254.2.20)。

- 如果正在使用 DHCP 或 Auto IP，则不需要输入 IP 地址。但是，如果 DHCP 和 Auto IP 都未能分配有效的 IP 地址，则使用当前配置的静态 IP 地址。
- 请向网络管理员询问您的信号发生器可使用的有效 IP 地址。
- 使用数字小键盘 (而不是旋钮) 输入 IP 地址。
- IP 地址存储在 *非易失性* 存储器中，在电源关闭或远程接口复位后不会改变。
- *前面板操作:* 按 **Utility**，然后按 **I/O** 软键。依次选择 **LAN**、**Modify Settings** 和 **IP Setup**。默认情况下，DHCP 和 Auto IP 均为 On 状态。将 **DHCP** 和 **Auto IP** 都选择为 Off。此时将出现 **IP Address** 字段。输入所需的地址 (例如：169.254.11.22)。
- *远程接口操作:*

```
SYSTem:COMMunicate:LAN:IPADdress < 地址 >
SYSTem:COMMunicate:LAN:IPADdress?
```

注意

有关点分地址的详细信息：必须谨慎表达点分地址（“nnn.nnn.nnn.nnn”，其中“nnn”是字节值），因为 PC 上的大多数网络软件将带有前置零的字节值解释为八进制数。例如，“255.255.020.011”实际上等于十进制“255.255.16.9”，而非“255.255.20.11”，因为以八进制表示的“.020”被解释为“16”，“.011”被解释为“9”。为避免混淆，请只使用十进制来表示字节值（0 到 255），不要带有前置零。

例如，33210A 假定所有点分地址都表示为十进制字节值，并从这些字节值中去除所有前置零。因此，如果尝试将 IP 地址设置为“255.255.020.011”，则会变为“255.255.20.11”（纯十进制表示法）。确保在 PC 网络软件中输入准确的表示法“255.255.20.11”，这样才能确定仪器的地址。请勿使用“255.255.020.011” — 由于存在前置零，PC 会对此地址做出不同解释。

子网掩码（LAN）

网络管理员使用子网掩码可以将网络划分为多个更小的网络，以简化管理并使网络流量最小化。子网掩码指明主机地址中要用于表示子网的那部分。

- 如果正在使用 DHCP 或 Auto IP，则不需要设置子网掩码。
- 请向您的网络管理员询问是否正在使用子网，并获取正确的子网掩码。
- 使用数字小键盘（而不是旋钮）输入子网掩码。
- 子网掩码存储在 *非易失性* 存储器中，在电源关闭或远程接口复位后不会改变。
- *前面板操作：* 按 **Utility**，然后按 **I/O** 软键。依次选择 **LAN**、**Modify Settings** 和 **IP Setup**。默认情况下，DHCP 和 Auto IP 均为 On 状态。将 **DHCP** 和 **Auto IP** 都选择为 Off。然后选择 **Subnet Mask**。输入合适的掩码（例如：255.255.0.0）。
- 没有用于设置子网掩码的 SCPI 命令。



默认网关 (LAN)

网关是一种连接不同网络的网络设备。默认网关设置是此类设备的 IP 地址。

- 如果正在使用 DHCP 或 Auto IP，则不需要设置网关地址。
- 请向您的网络管理员询问是否正在使用网关，并获得网关地址。
- 使用数字小键盘（而不是旋钮）输入网关地址。
- 网关地址存储在 *非易失性* 存储器中，在电源关闭或远程接口复位后不会改变。
- *前面板操作*：按 **Utility**，然后按 **I/O** 软键。依次选择 **LAN**、**Modify Settings** 和 **IP Setup**。默认情况下，DHCP 和 Auto IP 均为 On 状态。将 **DHCP** 和 **Auto IP** 都选择为 Off。然后选择 **Default Gateway**，并设置相应的网关地址。
- 没有用于设置网关地址的 SCPI 命令。

主机名 (LAN)

主机名是域名（将转换为 IP 地址）的主机部分。

- 请向您的网络管理员询问正确的主机名。
- 使用旋钮和光标键输入主机名。名称中的每个字符可以是字母（“a”至“z”）、数字或破折号（“_”）。
 - 使用旋钮选择每个字符。
 - 使用光标键移动到下一字符。
 - 您可以使用键盘来输入数字。
 - 使用  键删除从光标位置起右侧的所有字符。
- 主机名存储在 *非易失性* 存储器中，在电源关闭或远程接口复位后不会改变。
- *前面板操作*：按 ，然后按 I/O 软键。依次选择 **LAN**、**Modify Settings** 和 **DNS Setup**。此时将出现 **Host Name** 字段。输入主机名。
- 没有用于设置主机名的 SCPI 命令。

域名 (LAN)

域名是在互联网上注册的名称，将转换为 IP 地址。

- 请向您的网络管理员询问正确的域名。
- 使用旋钮和光标键输入域名。名称中的每个字符可以是字母（“a”至“z”）、数字、破折号（“-”）或句号（“.”）。
 - 使用旋钮选择每个字符。
 - 使用光标键移动到下一字符。
 - 您可以使用键盘来输入数字。
 - 使用 **+/-** 键删除从光标位置起右侧的所有字符。
- 主机名存储在 *非易失性* 存储器中，在电源关闭或远程接口复位后不会改变。
- *前面板操作*：按 **Utility**，然后按 **I/O** 软键。依次选择 **LAN**、**Modify Settings** 和 **DNS Setup**。然后选择 **Domain Name**，并输入域名。
- 没有用于设置域名的 SCPI 命令。



DNS 服务器 (LAN)

DNS（域名服务）是一种将域名转换为 IP 地址的 Internet 服务。DNS 服务器地址是执行此服务的服务器的 IP 地址。

- 请向您的网络管理员询问是否正在使用 DNS，并获取正确的 DNS 服务器地址。
- 使用数字小键盘（而不是旋钮）输入地址。
- DNS 服务器地址存储在 *非易失性* 存储器中，在电源关闭或远程接口复位后不会改变。
- *前面板操作*：按 **Utility**，然后按 **I/O** 软键。依次选择 **LAN**、**Modify Settings** 和 **DNS Setup**。然后选择 **DNS Server**，并输入服务器地址。
- 没有用于设置 DNS 服务器地址的 SCPI 命令。

Web 密码 (LAN)

可以设置密码以控制通过 Web 接口对仪器的访问。默认无密码。

- 使用旋钮和光标键输入密码。每个字符都必须为字母 (“a” 至 “z”)。
 - 使用旋钮选择每个字符。
 - 使用光标键移动到下一字符。
 - 使用  键删除从光标位置起右侧的所有字符。
- *前面板操作:* 按 ，然后按 I/O 软键。依次选择 **LAN** 和 **Modify Settings**。此时将出现 **Password** 字段。输入所需的密码。
- 没有用于设置密码的 SCPI 命令。

当前配置 (LAN)

选择 Currently Active Settings 显示屏以查看 MAC 地址和当前的 LAN 配置。

- *前面板操作:* 按 ，然后按 I/O 软键。依次选择 **LAN** 和 **Current Config**。使用 “箭头” 软键滚动列表。
- 没有用于显示配置屏幕的 SCPI 命令。

注意

该显示只反映**当前活动**的设置。如果您已更改了任何 LAN 设置，则您必须首先关闭电源再重新加电以将设置激活，然后选择 **Current Config**。同样，该显示是**静态的**。它不更新信息以显示之后所发生事件的信息。例如，如果 DHCP 在显示打开时分配了一个 IP 地址，则您在按 **Refresh** 按钮之前将看不到新的 IP 地址。

其他 SCPI 配置命令 (LAN)

有些其他的 LAN 配置命令未包含在此处，这些命令将会在第 4 章中介绍。有关使用 SCPI 命令进行 LAN 接口控制的完整信息，请参见第 4 章，“接口配置命令”，起始于第 174 页。

Keysight 33210A Web 接口

Keysight 33210A 提供一个常驻于仪器内的 Web 接口。可以在 LAN 上使用此接口查看和修改仪器的 I/O 配置。此外，还提供一个远程前面板接口，可以通过网络控制仪器。

访问和使用 Web 接口：

- 1 建立从 PC 到 33210A 之间的 LAN 接口连接。
- 2 打开 PC 的 Web 浏览器。
- 3 要启动 Web 接口，请在浏览器地址栏中输入仪器的 IP 地址或其完全合格主机名。
- 4 按照 Web 接口的联机帮助中的说明进行操作。

USB 配置

没有需要配置的 USB 配置参数。可以使用 Show USB Id 功能检索 USB ID 字符串（由制造商设置）：

前面板操作： 按 **Utility**，然后按 **I/O** 软键。选择 **Show USB Id**。USB 字符串以如下格式显示：

USB ID = usb0::2391::1031::MY48nnnnnn::INSTR

其中，“MY48nnnnnn”是仪器的序列号。

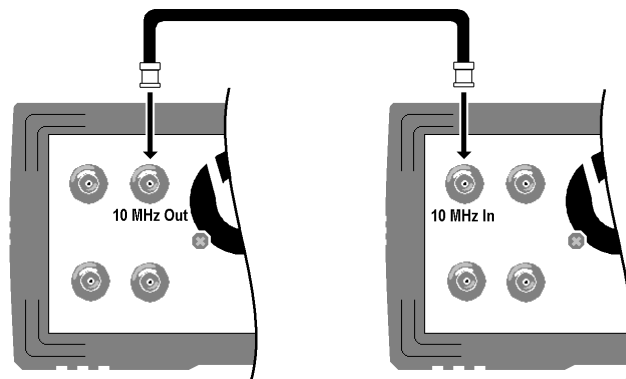
- 没有用于显示 USB ID 的 SCPI 命令。

外部时基参考（选件 001）

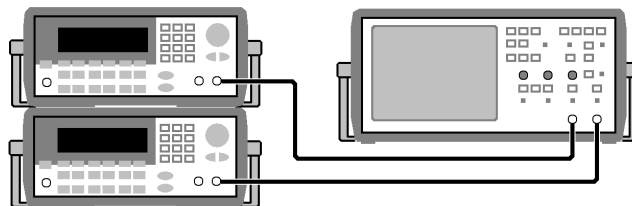
选件 001 是外部时基参考，它提供后面板接头（**10 MHz In** 和 **10 MHz Out**）和电路，以实现多个 Keysight 33210A 函数发生器之间的同步或与外部 10 MHz 时钟信号的同步。还可以从前面板或通过远程接口设置输出波形的相位偏移。*要同步多个 33210A，所有仪器都必须安装选件 001。*

要对准两个 33210A 的相位，可以使用双通道示波器比较输出信号：

- 1 连接两个 33210A，将 10 MHz Out 连接到 10 MHz In

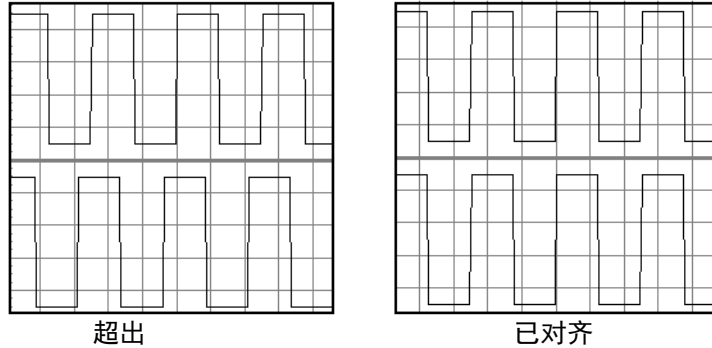


- 2 将 33210A 的输出连接到示波器通道输入：



- 3 在两个函数发生器上设定相同的频率。示波器应该显示信号在频率方面同步，但相位不同步。（方波能够很好地显示相位差。）

- 4 在第一台 33210A 上保持相位设置的默认值（零），使用 **Adjust Phase** 功能调整第二台 33210A 的相位以使其与输出信号保持一致：



两个函数发生器现已对准，可以使用 **Set 0 Phase** 功能设置新的零相位参考点。

- **前面板操作：** 按 **Utility** ，然后依次选择 **Output Setup** 软键和 **Adjust Phase** 。使用旋钮和光标键或数字键盘设置相位角度（±360 度）。在示波器上对准信号后，按 **Set 0 Phase** 以设置新的零相位参考点。
- **远程接口操作：** 使用下面的命令设置相位偏移（查询返回当前设置的偏移）：

```
PHASe {< 角度 >|MINimum|MAXimum}
```

```
PHASe? [MINimum|MAXimum]
```

- 下面的命令设置新的零相位参考点：

```
PHASe:REference
```

应用说明 1426：“如何连接两个或更多信号发生器创建多通道波形发生器”提供有关这一主题的其他信息。

校准概述

本部分简要介绍了函数发生器的校准功能。有关校准过程的详细讨论，请参见《*Keysight 33210A Service Guide*》的第 4 章。

校准安全

您可以使用该功能输入密码，以防范意外或未经授权的函数发生器校准。当您首次收到函数发生器时，它已被加密。必须先输入正确的密码对函数发生器解密，然后才能进行校准。

注意

如果忘记了密码，可通过仪器内的主 PC 板上的“CAL ENABLE”跳线来禁用加密功能。有关详细信息，请参见《*Keysight 33210A Service Guide*》。

- 在函数发生器出厂时，密码设置为“AT33210A”。密码存储在非易失性存储器中，并且在断电时或远程接口复位后不会改变。
- 密码最多可包含 12 个字母和数字字符。第一个字符必须是字母，其他的字符可以是字母、数字或下划线字符（“_”）。您不必一定使用全部的 12 个字符，但是第一个字符必须总是字母。

进行解密以便校准

可以从前面板或通过远程接口来解密函数发生器。在出厂时函数发生器是加密的，其密码设置为“AT33210A”。

- 一旦您输入一个密码，那么该密码对前面板和远程操作都起作用。例如，如果从前面板对函数发生器进行加密，那么在远程接口中就必须使用相同的密码进行解密。

- *前面板操作*：按 ，然后从“Test/Cal”菜单中选择 **Secure Off** 软键。

- *远程接口操作*：要解密函数发生器，用正确的密码发出下面的命令。

```
CAL:SECURE:STATE OFF,AT33210A
```

防校准加密

可以从前面板或通过远程接口来加密函数发生器。在出厂时函数发生器是加密的，其密码设置为“AT33210A”。

- 一旦您输入一个密码，那么该密码对前面板和远程操作都起作用。例如，如果从前面板对函数发生器进行加密，那么在远程接口中就必须使用相同的密码进行解密。

- *前面板操作*：按 ，然后从“Test/Cal”菜单中选项 **Secure On** 软键。

- *远程接口操作*：要加密函数发生器，用正确的密码发出下面的命令。

```
CAL:SECURE:STATE ON,AT33210A
```

更改密码

要更改密码，您必须首先对函数发生器解密，然后输入一个新的密码。在试图更改密码之前，要确保您已经读过第 155 页所述的密码规则。

- **前面板操作：**要更改密码，使用旧密码解密函数发生器。然后按 **Utility**，从“Test/Cal”菜单中选择 **Secure Code** 软键。从前面板更改密码时，同时会更改远程接口操作所需的密码。
- **远程接口操作：**要更改密码，您必须首先用旧的密码对函数发生器解密。然后，输入如下所示的新密码。

CAL:SECURE:STATE OFF,AT33210A *用旧密码解密*

CAL:SECURE:CODE SN123456789 *输入新密码*

校准计数

您可以查询函数发生器，以确定已经执行了多少次校准。请注意，在函数发生器出厂前已被校准。在收到您的函数发生器时，要读取该计数以确定它的初始值。

- 校准计数保存在 *非易失性* 存储器中，它在电源关闭或远程接口复位后不会改变。
- 校准计数递增最多可达到 65,535，然后归“0”。由于每个校准点的值都会增加 1，因此全面校准可能会使值增加多个计数。
- **前面板操作：**按 **Utility**，然后选择“Test/Cal”菜单中的 **Cal Info** 软键。校准计数作为显示屏上的一条消息被列出。
- **远程接口操作：**

CAL:COUNT?

校准消息

函数发生器允许将一条消息保存在主机的校准存储器中。例如，可存储上次校准的日期、下次校准的预定日期、函数发生器的序列号、甚至是新校准联系人的姓名和电话号码。

- 只能从远程接口并且仅在函数发生器解密时，可以记录校准消息。可以从前面板或通过远程接口读取消息。无论函数发生器被加密或者解密，均可读取校准消息。
- 一条校准信息最多可包含 40 个字符（其余字符则被截去）。
- 保存校准消息会覆盖先前保存在存储器中的任何消息。
- 校准消息保存在非易失性存储器中，它在电源关闭或远程接口复位后不会改变。
- 前面板操作：按 **Utility**，然后选择“Test/Cal”菜单中的 **Cal Info** 软键。校准信息作为显示屏上的一条消息被列出。
- 远程接口操作：要保存校准消息，请发送下面的命令，并在单引号（‘ ’）中括入任何所需的字符串。

```
CAL:STR 'Cal Due: 01 August 2008'
```

出厂默认设置

下页上的表总结了 Keysight 33210A 的出厂默认设置。

注意

如果您已启用了断电调用模式，则加电状态会与表中的设置有所不同。请参见第 134 页的“[仪器状态存储](#)”。

Keysight 33210A 出厂默认设置

输出配置	出厂设置
函数	正弦波
频率	1 kHz
振幅 / 偏移	100 mVpp / 0.000 Vdc
输出单位	Vpp
输出终端	50 w
自动调整	开启
调制	出厂设置
载波 (AM, FM)	1 kHz 正弦波
载波 (PWM)	1 kHz 脉冲
调制波形 (AM)	100 Hz 正弦波
调制波形 (FM, PWM)	10 Hz 正弦波
AM 深度	100%
FM 偏差	100 Hz
PWM 宽度偏差	10 ms
调制状态	关闭
扫描	出厂设置
起始 / 停止频率	100 Hz / 1 kHz
扫描时间	1 秒
扫描模式	线性
扫描状态	关闭
脉冲串	出厂设置
脉冲串计数	1 Cycle
脉冲串周期	10 ms
脉冲串起始相位	0 度
脉冲串状态	关闭
系统相关操作	出厂设置
· 断电调用	· 禁用
显示模式	开启
错误队列	错误已清除
存储的状态, 存储的任意波	无更改
输出状态	关闭
触发操作	出厂设置
触发源	内部 (立即)
远程接口配置	出厂设置
· GPIB 地址	· 10
· DHCP	· 开启
· Auto IP	· 开启
· IP 地址	· 169.254.2.20
· 子网掩码	· 255.255.0.0
· 默认网关	· 0.0.0.0
· DNS 服务器	· 0.0.0.0
· 主机名	· 无
· 域名	· 无
校准	出厂设置
· 校准状态	· 加密

带圆点 (·) 的参数保存在非易失性存储器中。

4 远程接口参考资料

远程接口参考资料	162
SCPI 命令概要	164
简要的编程概述	178
使用 APPLY 命令	180
输出配置命令	189
脉冲配置命令	202
调幅 (AM) 命令	207
调频 (FM) 命令	211
脉冲宽度调制 (PWM) 命令	215
频率扫描命令	221
脉冲串模式命令	229
触发命令	237
任意波形命令 (选件 002)	240
状态保存命令	251
与系统相关的命令	255
接口配置命令	260
锁相命令 (仅限于选件 001)	265
SCPI 状态系统	267
状态报告命令	277
校准命令	281
SCPI 语言简介	283
使用设备清除	288

远程接口参考资料



- SCPI 命令概要, 第 164 页
- 简要的编程概述, 第 178 页
- 使用 APPLY 命令, 第 180 页
- 输出配置命令, 第 189 页
- 脉冲配置命令, 第 202 页
- 调幅 (AM) 命令, 第 207 页
- 调频 (FM) 命令, 第 211 页
- 脉冲宽度调制 (PWM) 命令, 第 215 页
- 频率扫描命令, 第 221 页
- 脉冲串模式命令, 第 229 页
- 触发命令, 第 237 页
- 任意波形命令 (选件 002), 第 240 页
- 状态保存命令, 第 251 页
- 与系统相关的命令, 第 255 页
- 接口配置命令, 第 260 页
- 锁相命令 (仅限于选件 001), 第 265 页
- SCPI 状态系统, 第 267 页
- 状态报告命令, 第 277 页
- 校准命令, 第 281 页
- SCPI 语言简介, 第 283 页
- 使用设备清除, 第 288 页



注意

在本手册中随处可见“默认”状态和数值。假如您没有启用断电调用模式，则这些默认值为加电时的默认状态（请参见第 3 章中的“仪器状态存储”）。

注意

如果您首次使用 SCPI 语言，可能要参阅这些章节的内容，以便在尝试函数发生器编程前先熟悉该语言。

SCPI 命令概要

在本手册中，对于远程接口编程 SCPI 命令语法采用以下约定：

- 方括号 ([]) 表示可选的关键字或参数。
- 花括号 ({}) 括住命令串中的参数。
- 尖括号 (<>) 括住必须将其替代为一个值的参数。
- 垂直线 (|) 将多个参数选项分隔开。

APPLy 命令

(有关详细信息，请参见第 180 页)

APPLy

```
:SINusoid [< 频率 > [, < 振幅 > [, < 偏移 >] ]]  
:SQUare [< 频率 > [, < 振幅 > [, < 偏移 >] ]]  
:RAMP [< 频率 > [, < 振幅 > [, < 偏移 >] ]]  
:PULSe [< 频率 > [, < 振幅 > [, < 偏移 >] ]]  
:NOISe [< 频率 | DEF >[1] [, < 振幅 > [, < 偏移 >] ]]  
:DC [< 频率 | DEF >[1] [, < 振幅 > | DEF >[1] [, < 偏移 >] ]]  
:USER [< 频率 > [, < 振幅 > [, < 偏移 >] ]]
```

APPLy?

[1] 该参数对此命令没有作用，您必须指定一个值或 “DEFault”。

输出配置命令

(有关详细信息, 请参见第 189 页)

FUNCTION {**SINusoid**|SQUare|RAMP|PULSe|NOISe|DC|USER}
FUNCTION?

FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
FREQuency? [MINimum|MAXimum]

VOLTage {< 振幅 >|MINimum|MAXimum}
VOLTage? [MINimum|MAXimum]

VOLTage:OFFSet {< 偏移 >|MINimum|MAXimum}
VOLTage:OFFSet? [MINimum|MAXimum]

VOLTage
:HIGH {< 电压 >|MINimum|MAXimum}
:HIGH? [MINimum|MAXimum]
:LOW {< 电压 >|MINimum|MAXimum}
:LOW? [MINimum|MAXimum]

VOLTage:RANGe:AUTO {**OFF**|ON|ONCE}
VOLTage:RANGe:AUTO?

VOLTage:UNIT {**VPP**|VRMS|DBM}
VOLTage:UNIT?

FUNCTION:SQUare:DCYCLe {< 百分比 >|MINimum|MAXimum}
FUNCTION:SQUare:DCYCLe? [MINimum|MAXimum]

FUNCTION:RAMP:SYMMetry {< 百分比 >|MINimum|MAXimum}
FUNCTION:RAMP:SYMMetry? [MINimum|MAXimum]

OUTPut {**OFF**|ON}
OUTPut?

OUTPut:LOAD {< 欧姆 >|INFinity|MINimum|MAXimum}
OUTPut:LOAD? [MINimum|MAXimum]

OUTPut:POLarity {**NORMal**|INVerted}
OUTPut:POLarity?

OUTPut:SYNC {**OFF**|**ON**}
OUTPut:SYNC?

[1] 在 *RST (复位) 命令后选择以 **黑体** 显示的参数。

脉冲配置命令

(有关详细信息, 请参见第 202 页)

PULSe:PERiod {< 秒>|MINimum|MAXimum}

PULSe:PERiod? [MINimum|MAXimum]

FUNcTION:PULSe

:HOLD {WIDTh|DCYCLe}

:HOLD?

:WIDTh {< 秒>|MINimum|MAXimum}50% 到 50% 阈值

:WIDTh? [MINimum|MAXimum]

:DCYCLe {< 百分比>|MINimum|MAXimum}

:DCYCLe? [MINimum|MAXimum]

:TRANSition {< 秒>|MINimum|MAXimum}10% 到 90% 阈值

:TRANSition? [MINimum|MAXimum]

[1] 在 *RST (复位) 命令后选择以 **黑体** 显示的参数。

调制命令

(有关详细信息, 请参见第 207 页)

AM 命令

```
AM:INTernal
:FUNctIon {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMP|TRIangle|NOISe|USER}
:FUNctIon?
```

```
AM:INTernal
:FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
:FREQuency? [MINimum|MAXimum]
```

```
AM:DEPTH {< 深度, 百分比 >|MINimum|MAXimum}
AM:DEPTH? [MINimum|MAXimum]
```

```
AM:SOURce {INTernal|EXTernal}
AM:SOURce?
```

```
AM:STATe {OFF|ON}
AM:STATe?
```

FM 命令

```
FM:INTernal
:FUNctIon {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMP|TRIangle|NOISe|USER}
:FUNctIon?
```

```
FM:INTernal
:FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
:FREQuency? [MINimum|MAXimum]
```

```
FM:DEVIation {< 峰值偏差, Hz >|MINimum|MAXimum}
FM:DEVIation? [MINimum|MAXimum]
```

```
FM:SOURce {INTernal|EXTernal}
FM:SOURce?
```

```
FM:STATe {OFF|ON}
```

```
FM:STATe? 在 *RST (复位) 命令后选择以 黑体 显示的参数。
```

[1] 在 *RST (复位) 命令后选择以 **黑体** 显示的参数。

PWM 命令

```
PWM:INTernal
:FUNction {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMP|TRIangle|NOISe|USER}
:FUNction?

PWM:INTernal
:FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
:FREQuency? [MINimum|MAXimum]

PWM:DEVIation {< 偏差, 秒数 >|MINimum|MAXimum}
PWM:DEVIation? [MINimum|MAXimum]

PWM:DEVIation:DCYCLE {< 偏差, 百分比 >|MINimum|MAXimum}
PWM:DEVIation:DCYCLE? [MINimum|MAXimum]

PWM:SOURce {INTernal|EXTernal}
PWM:SOURce?

PWM:STATE {OFF|ON}
PWM:STATE?
```

[1] 在 *RST（复位）命令后选择以**黑体**显示的参数。

扫描命令

(有关详细信息, 请参见第 223 页)

FREQuency

:START {< 频率 > | MINimum | MAXimum}

:START? [MINimum | MAXimum]

:STOP {< 频率 > | MINimum | MAXimum}

:STOP? [MINimum | MAXimum]

FREQuency

:CENTER {< 频率 > | MINimum | MAXimum}

:CENTER? [MINimum | MAXimum]

:SPAN {< 频率 > | MINimum | MAXimum}

:SPAN? [MINimum | MAXimum]

SWEep

:SPACing {LINear | LOGarithmic}

:SPACing?

:TIME {< 秒 > | MINimum | MAXimum}

:TIME? [MINimum | MAXimum]

SWEep:STATe {OFF | ON}

SWEep:STATe?

TRIGger:SOURce {IMMediate | EXTernal | BUS}

TRIGger:SOURce?

TRIGger:SLOPe {POSitive | NEGative}

“Trig In” 连接器

TRIGger:SLOPe?

OUTPut

:TRIGger:SLOPe {POSitive | NEGative} “Trig Out” 连接器

:TRIGger:SLOPe?

:TRIGger {OFF | ON}

:TRIGger?

MARKer:FREQuency {< 频率 > | MINimum | MAXimum}

MARKer:FREQuency? [MINimum | MAXimum]

MARKer {OFF | ON}

MARKer?

[1] 在 *RST (复位) 命令后选择以 **黑体** 显示的参数。

脉冲串命令

(有关详细信息, 请参见第 229 页)

```

BURSt:MODE {TRIGgered|GATed}
BURSt:MODE?

BURSt:NCYCles {<# 循环数>|INFinity|MINimum|MAXimum}
BURSt:NCYCles? [MINimum|MAXimum]

BURSt:INTernal:PERiod {< 秒>|MINimum|MAXimum}
BURSt:INTernal:PERiod? [MINimum|MAXimum]

BURSt:PHASe {< 角度>|MINimum|MAXimum}
BURSt:PHASe? [MINimum|MAXimum]

BURSt:STATe {OFF|ON}
BURSt:STATe?

UNIT:ANGLE {DEGREE|RADIan}
UNIT:ANGLE?

TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTernal|BUS}  触发脉冲串
TRIGger:SOURce?

TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}        “Trig In” 连接器
TRIGger:SLOPe?

BURSt:GATE:POLarity {NORMal|INVerted}    外部门控脉冲串
BURSt:GATE:POLarity?

OUTPut
  :TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}    “Trig Out” 连接器
  :TRIGger:SLOPe?
  :TRIGger {OFF|ON}
  :TRIGger?

```

[1] 在 *RST (复位) 命令后选择以 **黑体** 显示的参数。

任意波形命令

(有关详细信息, 请参见第 240 页)

注意

任意波形还可用于 33210A (选件 002)。要升级 33210A 以包含任意波形功能, 请转至 www.keysight.com/find/33210U。

```

DATA VOLATILE, < 值 >, < 值 >, . . .
DATA:DAC VOLATILE, { < 二进制数据块 > | < 值 >, < 值 >, . . . }
FORMat:BORDER {NORMa1|SWAPped}      指定字节次序
FORMat:BORDER?

DATA:COpy < 目标任意波形名称 > [,VOLATILE]

FUNctioN:USER { < 任意波形名称 >[2] |VOLATILE}
FUNctioN:USER?

FUNctioN USER
FUNctioN?

DATA
  :CATalog?
  :NVOLatile:CATalog?
  :NVOLatile:FREE?

DATA:DELeTe < 任意波形名称 >
DATA:DELeTe:ALL

DATA
  :ATTRibute:AVERAge? [ < 任意波形名称 >[2] ]
  :ATTRibute:CFACTOR? [ < 任意波形名称 >[2] ]
  :ATTRibute:POINts? [ < 任意波形名称 >[2] ]
  :ATTRibute:PTPeak? [ < 任意波形名称 >[2] ]

```

[1] 在 *RST (复位) 命令后选择以 **黑体** 显示的参数。

[2] 内置任意波形的名称是: EXP_RISE、EXP_FALL、NEG_RAMP、SINC 和 CARDIAC。

触发命令

(有关详细信息, 请参见第 237 页)

这些命令仅用于扫描和脉冲串。

TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTErnal|BUS}

TRIGger:SOURce?

TRIGger

*TRG

TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative} “Trig In” 连接器

TRIGger:SLOPe?

BURST:GATE:POLarity {NORMal|INVerted} 外部门控脉冲串

BURST:GATE:POLarity?

OUTPut

:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative} “Trig Out” 连接器

:TRIGger:SLOPe?

:TRIGger {OFF|ON}

:TRIGger?

状态保存命令

(有关详细信息, 请参见第 251 页)

*SAV {0|1|2|3|4} 状态 0 是断电时仪器的状态。

*RCL {0|1|2|3|4} 状态 1 至 4 是用户定义的状态。

MEMory:STATe

:NAME {0|1|2|3|4} [, <名称>]

:NAME? {0|1|2|3|4}

:DELeTe {0|1|2|3|4}

:RECall:AUTO {OFF|ON}

:RECall:AUTO?

:VALid? {0|1|2|3|4}

:CATalog?

MEMory:NSTATes?

[1] 在 *RST (复位) 命令后选择以 **黑体** 显示的参数。

与系统相关的命令

(有关详细信息, 请参见第 255 页)

SYSTem:ERRor?

*IDN?

DISPlay {OFF|**ON**}

DISPlay?

DISPlay

:TEXT < 带引号的字符串 >

:TEXT?

:TEXT:CLEar

*RST

*TST?

SYSTem:VERSion?

SYSTem

:BEEPer

:BEEPer:STATe {OFF|**ON**}

:BEEPer:STATe?

SYSTem

:KLOCK[:STATe] {OFF|**ON**}

:KLOCK:EXCLude {**NONE**|LOCAL}

:KLOCK:EXCLude?

SYSTem:SECurity:IMMediate

小心: 清除**全部**存储器。建议
不要用于例行应用程序。

*LRN?

*OPC

*OPC?

*OPT?

*WAI

[1] 在 *RST (复位) 命令后选择以 **黑体** 显示的参数。

接口配置命令

(有关详细信息, 请参见第 260 页)

```
SYSTem:LOCAl
SYSTem:REMote
SYSTem:RWLock
SYSTem:COMMunicate:RLState {LOCAl|REMote|RWLock}
SYSTem:COMMunicate:GPIB
:ADDRes < 地址 >
:ADDRes?
SYSTem:COMMunicate:LAN
:AUTOip[:STATe] {OFF|0|ON|1}
:AUTOip[:STATe]?
:IPADdress < 地址 >
:IPADdress?
:LIPIaddress?
:MAC?
:MEDIasense {OFF|0|ON|1}
:MEDIasense?
:NETBios {OFF|0|ON|1}
:NETBios?
:TELNet:PRoMpt < 字符串 >
:TELNet:PRoMpt?
:TELNet:WMESsage < 字符串 >
:TELNet:WMESsage?
```

[1] 在 *RST (复位) 命令后选择以 **黑体** 显示的参数。

锁相命令

这些命令需要选件 001，即“外部时基参考”（有关详细信息，请参见第 265 页）。

```
PHASe {< 角度 > | MINimum | MAXimum}
PHASe? [MINimum | MAXimum]

PHASe:REFerence

PHASe:UNLock:ERRor:STATe {OFF | ON}
PHASe:UNLock:ERRor:STATe?

UNIT:ANGLE {DEGree | RADian}
UNIT:ANGLE?
```

状态报告命令

（有关详细信息，请参见第 277 页）

```
*STB?

*SRE < 允许值 >
*SRE?

STATus
:QUEStionable:CONDition?
:QUEStionable[:EVENT]?
:QUEStionable:ENABle < 允许值 >
:QUEStionable:ENABle?

*ESR?

*ESE < 允许值 >
*ESE?

*CLS

STATus:PRESet

*PSC {0 | 1}
*PSC?

*OPC
```

[1] 在 *RST（复位）命令后选择以 **黑体** 显示的参数。

校准命令

(有关详细信息, 请参见第 281 页)

CAL?

CAL

:SECure:STATe {OFF|**ON**}, < 密码 >

:SECure:STATe?

:SECure:CODE < 新密码 >

:SETup <0|1|2|3| . . . |94>

:SETup?

:VALue < 值 >

:VALue?

:COUNT?

:STRing < 带引号的字符串 >

:STRing?

[1] 在 *RST (复位) 命令后选择以 **黑体** 显示的参数。

IEEE 488.2 通用命令

*CLS

*ESR?

*ESE < 允许值 >

*ESE?

*IDN?

*LRN?

*OPC

*OPC?

*OPT?

*PSC {0|1}

*PSC?

*RST

*SAV {0|1|2|3|4} 状态0 是断电时仪器的状态。

*RCL {0|1|2|3|4} 状态1 至4 是用户定义的状态。

*STB?

*SRE < 允许值 >

*SRE?

*TRG

*TST?

简要的编程概述

本节概述了通过远程接口对函数发生器编程所使用的基本方法。本节只是概述，并未提供编写您自己的应用程序所需的全部详细内容。有关详细内容，请参见本章其余部分及第 6 章中的应用程序示例。有关仪器控制的详细内容，可能需要参考应用程序编程附带的参考手册。

使用 APPLy 命令

APPLy 命令为通过远程接口进行函数发生器编程提供了最直接的方法。例如，计算机发出的下列命令串将输出一个 3 Vpp 的正弦波，频率为 5 kHz，偏移 -2.5 V。

```
APPL:SIN 5.0E+3, 3.0, -2.5
```

使用低级命令

虽然 **APPLy** 命令为函数发生器编程提供了最直接的方法，但低级命令在更改个别参数方面具有更大的灵活性。例如，计算机中发出的下列命令串将输出一个 3 Vpp 的正弦波，频率为 5 kHz，偏移 -2.5 V。


FUNC SIN	<i>选择正弦函数</i>
FREQ 5000	<i>设置频率为 5 kHz</i>
VOLT 3.0	<i>设置振幅为 3 Vpp</i>
VOLT:OFFS -2.5	<i>设置偏移为 -2.5 Vdc</i>

读取查询响应

只有查询命令（命令以“?”结束）会指示函数发生器发送响应消息。查询返回仪器的内部设置。例如，从计算机中发出的下列命令，可读取函数发生器的错误队列并检索最新错误的响应。

dimension statement	<i>标出错误串阵列的大小（255 个元素）</i>
SYST:ERR?	<i>读取错误队列</i>
enter statement	<i>输入错误字符串响应</i>

选择触发源

在启用*扫描*或*脉冲串*时，函数发生器将采用立即内部触发、后面板 *Trig In* 连接器的硬件触发、前面板  键的手动触发或者软件（总线）触发。默认情况下，选择内部触发源。如果要使用外部或软件触发源，您必须首先选择源。例如，计算机中发出的下列命令串，在每次后面板 *Trig In* 连接器接收到一个 TTL 脉冲上升沿时，将输出一个 3 循环的脉冲串。

BURS:NCYC 3	<i>设置脉冲串计数为 3 次循环</i>
TRIG:SLOP POS	<i>设置极性为上升沿</i>
TRIG:SOUR EXT	<i>选择外部触发源</i>
BURS:STAT ON	<i>启用脉冲串模式</i>

使用 APPLy 命令

另见第 3 章中起始于第 68 页的“输出配置”。

APPLy 命令为通过远程接口进行函数发生器编程提供了最直接的方法。您也可以在一个命令中选择函数、频率、振幅和偏移，如下面的语法所示。

```
APPLy:< 函数 > [ < 频率 > [, < 振幅 > [, < 偏移 > ] ]
```

例如，计算机发出的下列命令串将输出一个 3 Vpp 的正弦波，频率为 5 kHz，偏移 -2.5 V。

```
APPL:SIN 5 KHZ, 3.0 VPP, -2.5 V
```

APPLy 命令执行下列操作：

- 将触发源设置为立即（等价于发出 TRIG:SOUR IMM 命令）。
- 关闭当前启用的调制、扫描或脉冲串模式，将仪器设置为连续波形模式。
- 开启 Output 连接器（OUTP ON 命令），但不改变输出终端设置（OUTP:LOAD 命令）。
- 覆盖电压自动调整设置，并自动启用自动调整（VOLT:RANG:AUTO 命令）。
- 对于方波，覆盖当前的占空比设置，并自动选择 50%（FUNC:SQU:DCYC 命令）。
- 对于锯齿波，覆盖当前的对称性设置，并自动选择 100%（FUNC:RAMP:SYMM 命令）。

在第 185 页显示 APPLy 命令的语法说明。

输出频率

- 对于 **APPLY** 命令的 *频率* 参数来讲，输出频率的范围取决于指定的函数。可以用“MINimum”、“MAXimum”或“DEFault”代替 *频率* 参数的特定值。MIN 选择指定函数所允许的最小频率，MAX 选择指定函数所允许的最大频率。对于所有函数，默认频率都是 1 kHz。

功能	最小频率	最大频率
正弦波	1 mHz	10 MHz
平方	1 mHz	10 MHz
锯齿波	1 mHz	100 kHz
脉冲	1 mHz	5 MHz
噪声、DC	不适用	不可用
任意波形	1 mHz	3 MHz

- *函数限制*: 频率限制是由 **APPLY** 命令中指定的函数所决定的。**APPLY** 命令总是设置函数和频率，所指定的频率必须适合于该函数。例如，命令 **APPL:RAMP 10 MHz** 可导致一个“Data out of range”（数据超出范围）错误。频率设置为 100 kHz，这是锯齿波波形的最大值。

输出振幅

- 对于 **APPLY** 命令的 *振幅* 参数来讲，输出振幅的范围取决于指定的函数和输出终端。可以用“MINimum”、“MAXimum”或“DEFault”代替 *振幅* 参数的特定值。MIN 选择最小的振幅（10 mVpp，以 50 欧姆端接）。MAX 选择指定函数的最大振幅（以 50 欧姆端接最大值为 10 Vpp，具体取决于函数和偏移电压）。*对于全部函数默认振幅都是 100 mVpp（以 50 欧姆端接）。*
- **输出终端限制**：输出振幅的限制是由当前输出终端设置决定的（**APPLY** 命令不改变终端设置）。例如，如果将振幅设置为 10 Vpp，然后将输出终端从 50 欧姆更改为“高阻抗”，在函数发生器前面板上显示的振幅将 *增加一倍*，达到 20 Vpp（不会产生错误）。如果从“高阻抗”改为 50 欧姆，则显示的振幅将下降一半。*有关细内容，请参见第 199 页的 **OUTP:LOAD** 命令。*
- 如下所示，通过将单位指定为 **APPLY** 命令的一部分，您可以将输出振幅的单位设置为 Vpp、Vrms、或 dBm。

```
APPL:SIN 5.0E+3, 3.0 VRMS, -2.5
```

或者可以使用 **VOLT:UNIT** 命令（请参见第 201 页）指定后面紧随的所有命令的输出单位。除非将单位指定为 **APPLY** 命令的一部分，否则 **VOLT:UNIT** 命令具有优先权。例如，如果使用 **VOLT:UNIT** 命令选择“Vrms”，并且在 **APPLY** 命令中不包括单位，那么为 **APPLY** 命令中的 *振幅* 参数指定的值，将以“Vrms”为单位。

- 如果输出终端当前设置为“高阻抗”，则无法以 dBm 为单位指定输出振幅。该单位将被自动转换为 Vpp。有关详细信息，请参见第 201 页的 **VOLT:UNIT** 命令。
- **选择单位的限制**：在某些情况中，振幅限制是由所选定的输出单位决定的。由于不同输出函数的波峰因数的不同，在单位选择为 Vrms 或 dBm 时可能出现这种情况。例如，如果输出 5 Vrms 的方波（以 50 欧姆端接），然后更改为正弦波函数，则函数发生器将输出振幅自动调节为 3.536 Vrms（以 Vrms 为单位的正弦波上限）。在远程接口中，将产生“Data out of range”（数据超出范围）错误，并按所述的方法调整振幅。
- **任意波形限制**：对于任意波形，如果波形数据点没有覆盖输出 DAC（数模转换器）的全部标度范围，则最大振幅将是受限制的。例如，内置的“正弦”波形不使用 ± 1 间整个范围的值，因此其最大振幅限制为 6.087 Vpp（以 50 欧姆端接）。
- 在更改振幅时，您可能会注意到由于切换输出衰减器，在某个特定电压处输出波形中会有一个瞬时破坏。但是，振幅是受控制的，因此在改变范围时输出电压将决不会超过当前设置。要防止这种输出中的破坏，可以使用 **VOLT:RANG:AUTO** 命令禁用电压自动调整特性（有关详细信息，请参见第 196 页）。**APPLY** 命令自动启用自动调整。

DC 偏移电压

- 对于 **APPLY** 命令的 *偏移* 参数，可以用 “MINimum”、“MAXimum” 或 “DEFault” 代替该参数的特定值。MIN 为指定函数和振幅的最大负 DC 偏移电压。MAX 为指定函数和振幅的最大 DC 偏移电压。对于所有函数默认偏移都为 0 V。
- **振幅限制**：偏移电压和输出振幅间的关系显示如下。Vmax 是已选定输出终端的 **峰值电压**（对于 50 w 的负载为 5 V，对于高阻抗负载为 10 V）。

$$|\text{Voffset}| \leq V_{\text{max}} - \frac{V_{\text{pp}}}{2}$$

如果指定的偏移电压是无效的，则函数发生器会将其自动调整为指定振幅所允许的最大 DC 电压。在远程接口中，将产生 “Data out of range”（数据超出范围）错误，并按所述的方法调整偏移。

- **输出终端限制**：偏移限制是由当前输出终端设置决定的（**APPLY** 命令不会改变终端设置）。例如，如果您将偏移设置为 100 mVdc，然后将输出终端从 50 欧姆改为 “高阻抗”，则函数发生器前面板上显示的偏移电压将增加一倍，达到 200 mVdc（不会产生错误）。如果从 “高阻抗” 改为 50 欧姆，则显示的偏移将会减少一半。有关详细信息，请参见第 199 页的 **OUTP:LOAD** 命令。
- **任意波形限制**：对于任意波形，如果波形数据点没有覆盖输出 DAC（数模转换器）的全部标度范围，则最大偏移和振幅将是受限制的。例如，内置的 “正弦” 波形不使用 ±1 之间整个范围的值，因此其最大振幅限制为 4.95 V（以 50 欧姆端接）。即使波形数据点没有横跨输出 DAC 的全部标度范围，“0” DAC 值仍将用于偏移参考。

APPLy 命令语法

- 因为在 **APPLy** 命令中使用可选的参数（包括在方括号中），所以您必须指定 *频率* 以使用 *振幅* 参数，而且您必须指定 *频率* 和 *振幅* 两个参数，才能使用 *偏移* 参数。例如，下面的命令串是有效的（指定 *频率* 和 *振幅*，但忽略了 *偏移*，因此使用默认值）。

```
APPL:SIN 5.0E+3, 3.0
```

但是，如果没有指定 *频率* 就不能指定 *振幅* 或 *偏移*。

- 可以使用 “MINimum”、“MAXimum” 或 “DEFault” 代替 *频率*、*振幅* 和 *偏移* 参数的特定值。例如，下列语句输出一个 3 Vpp 的正弦波，频率为 10 MHz（正弦波的最大频率），偏移 -2.5 V。

```
APPL:SIN MAX, 3.0, -2.5
```

- **APPLy** 命令执行下列操作：
 - 将触发源设置为 *立即*（等价于发出 **TRIG:SOUR IMM** 命令）。
 - 关闭当前启用的调制、扫描或脉冲串模式，将仪器设置为连续波形模式。
 - 开启 *Output* 连接器（**OUTP ON** 命令），但不改变输出终端设置（**OUTP:LOAD** 命令）。
 - 覆盖电压自动调整设置，并自动启用自动调整（**VOLT:RANG:AUTO** 命令）。
 - 对于方波，覆盖当前的占空比设置，并自动选择 50%（**FUNC:SQU:DCYC** 命令）。
 - 对于锯齿波，覆盖当前的对称性设置，并自动选择 100%（**FUNC:RAMP:SYMM** 命令）。

APPLY:SINusoid [**< 频率 >** [,**< 振幅 >** [,**< 偏移 >**]]]

输出一个具有指定频率、振幅和 DC 偏移的正弦波。执行命令后立即输出波形。

APPLY:SQUare [**< 频率 >** [,**< 振幅 >** [,**< 偏移 >**]]]

输出一个具有指定频率、振幅和 DC 偏移的方波。该命令覆盖当前的占空比设置，并自动选择 50%。执行命令后立即输出波形。

APPLY:RAMP [**< 频率 >** [,**< 振幅 >** [,**< 偏移 >**]]]

输出一个具有指定频率、振幅和 DC 偏移的锯齿波。该命令覆盖当前的对称性设置，并自动选择 100%。执行命令后立即输出波形。

APPLY:PULSe [**< 频率 >** [,**< 振幅 >** [,**< 偏移 >**]]]

输出一个具有指定频率、振幅和 DC 偏移的脉冲波。执行命令后立即输出波形。

- 该命令可保留当前脉冲宽度设置（FUNC:PULS:WIDT 命令）或脉冲占空比设置（FUNC:PULS:DCYC 命令），具体取决于已选择要“保持”的设置（FUNC:PULS:HOLD 命令）。边沿时间设置（FUNC:PULS:TRAN 命令）也被保留。然而，函数发生器将根据所指定的频率来调整脉冲宽度或边沿时间以满足脉冲波形的频率限制。*有关设置脉冲宽度和边沿时间的详细信息，请参见第 202 页。*

APPLY:NOISE [**< 频率 | DEFault >** [, **< 振幅 >** [, **< 偏移 >**]]

输出一个具有指定振幅和 DC 偏移的高斯噪声。执行命令后立即输出波形。

- *频率* 参数对该命令不起作用，但您必须指定一个值或者“DEFault”（噪声函数具有 7 MHz 的带宽）。如果您指定一个频率，尽管它对噪声输出不起作用，但在改为其他函数时要切记该值。下列语句显示对噪声使用的 APPLY 命令。

```
APPL:NOIS DEF, 5.0, 2.0
```

APPLY:DC [**< 频率 | DEFault >** [, **< 振幅 >** | **DEFault >** [, **< 偏移 >**]]

输出一个具有 *偏移* 参数指定电平的 DC 电压。您也可以将 DC 电压设置为 ± 5 Vdc 之间的任何值（以 50 欧姆端接），或者 ± 10 Vdc 之间的任何值（开路）。执行命令后立即输出 DC 电压。

- *频率* 和 *振幅* 参数对该命令不起作用，但您必须指定一个值或“DEFault”。如果您指定频率和振幅，它们虽然不对 DC 输出起作用，但在您更改为不同的函数时要切记这些值。下列语句显示 APPLY 命令对于 DC 输出的使用。

```
APPL:DC DEF, DEF, -2.5
```

APPLY:USER [**< 频率 >** [, **< 振幅 >** [, **< 偏移 >**]]**注意**

任意波形还可用于 33210A（选件 002）。要升级 33210A 以包含任意波形功能，请转至 www.keysight.com/find/33210U。

输出当前由 FUNC:USER 命令选择的任意波形。输出一个具有指定频率、振幅和 DC 偏移的波形。执行命令后立即输出波形。有关将任意波形下载到存储器的详细信息，请参见第 240 页。

APPLY?

查询函数发生器的当前配置，并返回一个带引号的字符串。此命令的目的是在编程应用程序中将此查询响应追加到 **APPL:** 命令中，并使用所得结果将函数发生器置于指定状态。按如下的样例字符串所示，返回函数、频率、振幅和偏移（引号作为字符串的一部分被返回）。

```
“SIN  
+5.000000000000000E+03,+3.000000000000000E+00,-2.500000000000000E+00”
```

输出配置命令

另见第 3 章中起始于第 68 页的“输出配置”。

本节介绍了函数发生器编程时所使用的低级命令。虽然 **APPLY** 命令为函数发生器编程提供了最直接的方法，但低级命令在更改个别参数方面具有更大的灵活性。

FUNCTION {SINusoid|SQUare|RAMP|PULSe|NOISe|DC|USER} **FUNCTION?**

选择输出的函数。用以前选定的频率、振幅和偏移电压设置输出选定的波形。**FUNC?** 查询将返回 “SIN”、“SQU”、“RAMP”、“PULS”、“NOIS”、“DC” 或 “USER”。

- 如果选择 “USER”，函数发生器将输出当前由 **FUNC:USER** 命令选定的任意波形。

下表显示调制、扫描和脉冲串模式允许使用哪些输出函数。每个 “•” 表示有效的组合。如果要更改为一个调制、扫描或脉冲串不允许的函数，则将关闭调制或该模式。

	正弦波	平方	锯齿波	脉冲	噪声	DC	任意波形 / 用户 ^[a]
AM、FM 载波	•	•					
PWM 载波				•			
扫描模式	•	•	•				
脉冲串模式	•	•	•				

[a] **注意：**任意波形也称作用户定义波形。

- *函数限制*: 如果您要将当前函数改为一个其最大频率小于当前函数最大频率的函数, 则将频率调整为新函数的最大值。例如, 如果您当前正输出一个 10 MHz 的正弦波, 然后要改为锯齿波函数, 则函数发生器会自动将输出频率调整为 100 kHz (锯齿波频率的上限)。在远程接口中, 将产生 “Settings conflict” (设置冲突) 错误, 并按照所述的方法调整频率。

- *振幅限制*: 如果要改为一个其最大振幅小于当前函数最大振幅的函数, 则将振幅自动调整为新函数的最大值。由于不同输出函数的波峰因数不同, 在输出单位是 V_{rms} 或 dBm 时, 可能出现这种情况。

例如, 如果您输出一个 5 V_{rms} 的方波 (以 50 欧姆端接), 然后改为正弦波函数, 则该函数发生器会自动将输出振幅调整为 3.536 V_{rms} (以 V_{rms} 表示的正弦波上限)。在远程接口中, 将产生 “Settings conflict” 错误, 并按照所述的方法调整振幅。

FREquency {< 频率>|MINimum|MAXimum}**FREquency? [MINimum|MAXimum]**

设置输出频率。MIN 选择指定函数所允许的最小频率，MAX 选择指定函数所允许的最大频率。对于所有函数默认值都为 1 kHz。FREQ? 查询返回频率设置，以 Hz 为单位（对于当前选定的函数）。

功能	最小频率	最大频率
正弦波	1 mHz	10 MHz
平方	1 mHz	10 MHz
锯齿波	1 mHz	100 kHz
脉冲	1 mHz	5 MHz
噪声、DC	不可用	不可用
任意波形	1 mHz	3 MHz

- **函数限制:** 频率限制和函数有关，如上表所示。如果您发送命令指定一个不在当前函数的合适范围内的频率，则会出现错误。例如，如果当前函数为“锯齿波”，而您发送命令 **FREQ 10 MHz**，则会产生一个“Data out of range”（数据超出范围）错误，频率被设置为 100 kHz（这是锯齿波的最大频率）。
- **占空比限制:** 对于方波，在较高频率下函数发生器可能不能使用占空比的整个范围，如下所示。
 - 20% 至 80%（最大为 5 MHz）
 - 40% 至 60%（最大为 10 MHz）

如果更改为不能产生当前占空比的频率，则将占空比自动调整为新频率的最大值。例如，如果当前的占空比设置为 70%，然后将频率改变为 6 MHz，则函数发生器会将占空比自动调整为 60%（该频率的上限）。在远程接口中，将产生“Settings conflict”（设置冲突）错误，并按照所述的方法调整占空比。

VOLTage {< 振幅>|MINimum|MAXimum}

VOLTage? [MINimum|MAXimum]

设置输出振幅。对于所有函数，默认振幅都是 100 mVpp（以 50 ω 端接）。MIN 选择最小的振幅（10 mVpp，以 50 ω 端接）。MAX 为选定函数选择最大振幅（以 50 ω 端接，最大为 10 Vpp，具体取决于选择的函数和偏移电压）。VOLT? 查询返回当前选定函数的输出振幅。返回值的单位是由最近的 VOLT:UNIT 命令设置的。

- 偏移电压限制：如下所示，输出振幅和偏移与 Vmax 有关。
- $|\text{Voffset}| + \text{Vpp} \div 2 \leq \text{Vmax}$

其中，Vmax 是选定输出终端的最大峰值电压（对于 50 ω 负载，为 5 V；对于高阻抗负载，为 10 V）。在 VOLT 命令中指定的新的振幅将被设置，*但偏移电压可能会相应降低，并产生一个“Settings conflict”错误。*

- **输出终端限制：**如果您更改输出终端设置，则自动调整显示的输出振幅（不会产生错误）。例如，如果您将振幅设置为 10 Vpp，然后将输出终端从 50 欧姆改为“高阻抗”，则函数发生器前面板上显示的振幅将*增加一倍*，为 20 Vpp。如果从“高阻抗”改为 50 欧姆，则显示的振幅将下降一半。*有关详细信息，请参见第 199 页的 OUTP:LOAD 命令。*
- 如下所示，通过将单位指定为 VOLT 命令的一部分，您可以将输出振幅的单位设置为 Vpp、Vrms、或 dBm。

VOLT 3.0 VRMS

或者可以使用 VOLT:UNIT 命令（请参见第 201 页）指定后面紧随的所有命令的输出单位。

- 如果输出终端当前设置为“高阻抗”，则无法以 dBm 为单位指定输出振幅。该单位将被自动转换为 Vpp。*有关详细信息，请参见第 201 页的 VOLT:UNIT 命令。*

- **选择单位的限制:** 在某些情况中，振幅限制是由所选定的输出单位决定的。由于不同输出函数的波峰因数的不同，在单位选择为 *Vrms* 或 *dBm* 时可能出现这种情况。例如，如果输出 5 *Vrms* 的方波（以 50 欧姆端接），然后更改为正弦波函数，则函数发生器将输出振幅自动调节为 3.536 *Vrms*（以 *Vrms* 为单位的正弦波上限）。在远程接口中，将产生“Settings conflict”（设置冲突）错误，并按照所述的方法调整振幅。
- **任意波形限制:** 对于任意波形，如果波形数据点没有覆盖输出 DAC（数模转换器）的全部标度范围，则最大振幅将是受限制的。例如，内置的“正弦”波形不使用 ± 1 间整个范围的值，因此其最大振幅限制为 6.087 *Vpp*（以 50 欧姆端接）。
- 在更改振幅时，您可能会注意到由于切换输出衰减器，在某个特定电压处输出波形中会有一个瞬时破坏。但是，振幅是受控制的，因此在改变范围时输出电压将决不会超过当前设置。要防止这种输出中的破坏，可以使用 **VOLT:RANG:AUTO** 命令禁用电压自动调整特性（有关详细信息，请参见第 196 页）。
- 您还可以通过指定高电平和低电平来设置振幅（以及相关偏移电压）。例如，如果您将高电平设置为 +2 V，低电平设置为 -3 V，则结果产生的振幅为 5 *Vpp*（相关的偏移电压为 -500 mV）。有关详细信息，请参见第 195 页的 **VOLT:HIGH** 和 **VOLT:LOW** 命令。
- 要输出一个 DC 电压电平，使用 **FUNC DC** 命令选择 DC 电压函数，然后用 **VOLT:OFFS** 命令设置偏移电压电平。您也可以将 DC 电平设置为 -5 Vdc 之间的任何值（以 50 欧姆端接），或者 -10 Vdc 之间的任何值（开路）。

VOLTage:OFFSet {< 偏移>|MINimum|MAXimum}
VOLTage:OFFSet? [MINimum|MAXimum]

设置 DC 偏移电压。对于所有函数默认偏移都为 0 V。MIN 为选定函数和振幅的最大负 DC 偏移电压。MAX 为选定函数和振幅选择最大 DC 偏移。:OFFSet? 查询返回当前选定函数的偏移电压。

- **振幅限制:** 如下所示，输出振幅和偏移与 Vmax 有关。

$$|Voffset| + Vpp \div 2 \leq Vmax$$

其中，Vmax 是选定输出终端的最大峰值电压（对于 50 w 负载，为 5 V；对于高阻抗负载，为 10 V）。在 VOLT:OFFSet 命令中指定的新的振幅将被设置，但偏移电压可能会相应降低，并产生一个“Settings conflict”错误。

- **输出终端限制:** 偏移限制是由当前输出终端设置所决定的。例如，如果您将偏移设置为 100 mVdc，然后将输出终端从 50 欧姆改为“高阻抗”，则函数发生器面板上显示的偏移电压将增加一倍，达到 200 mVdc（不会产生错误）。如果从“高阻抗”改为 50 欧姆，则显示的偏移将会减少一半。有关详细信息，请参见第 199 页的 OUTP:LOAD 命令。
- **任意波形限制:** 对于任意波形，如果波形数据点没有覆盖输出 DAC（数模转换器）的全部标度范围，则最大偏移和振幅将是受限制的。例如，内置的“正弦”波形不使用 ± 1 之间整个范围的值，因此其最大振幅限制为 4.95 V（以 50 欧姆端接）。

- 您还可以通过指定高电平和低电平来设置偏移。例如，如果您将高电平设置为 +2 V，低电平设置为 -3 V，则结果产生的振幅为 5 Vpp（相关的偏移电压为 -500 mV）。有关详细信息，请参见下面的 **VOLT:HIGH** 和 **VOLT:LOW** 命令。
- 要输出一个 DC 电压电平，使用 **FUNCDC** 命令选择 DC 电压函数，然后用 **VOLT:OFFS** 命令设置偏移电压电平。您也可以将 DC 电平设置为 -5 Vdc 之间的任何值（以 50 欧姆端接），或者 -10 Vdc 之间的任何值（开路）。

VOLTage

:HIGH {< 电压 > | MINimum | MAXimum}

:HIGH? [MINimum | MAXimum]

:LOW {< 电压 > | MINimum | MAXimum}

:LOW? [MINimum | MAXimum]

设置高电压电平或低电压电平。对于所有函数，默认的高电平是 +50 mV，而默认的低电平是 -50 mV。MIN 可为指定函数选择最大的负电压电平，而 MAX 可选择最大的电压电平。:HIGH? 和 :LOW? 查询可分别返回高电平和低电平。

- **振幅限制：**利用下面所示的限制条件，可以将电压电平设置为正值或负值。Vpp 是已选定输出终端的最大峰峰值振幅（对于 50 欧姆负载，为 10 Vpp，对于高阻抗负载，为 20 Vpp）。

$$V_{high} - V_{low} \leq V_{pp}(\max) \quad \text{并且} \quad V_{high}, V_{low} \leq \frac{V_{pp}(\max)}{2}$$

如果指定的电平是无效的，则函数发生器会将其自动调整为电压所允许的最大值。在远程接口中，将产生“Data out of range”（输出超出范围）错误，并按照所述的方法调整电平。

- 可以将电平设置为正值或负值，但是请注意高电平必须一直大于低电平。如果将低电平设置为大于高电平，则函数发生器自动将高电平设置为比新低电平高 1 mV。将产生一个“Settings conflict”（设置冲突）错误。

- 请注意，在设置高电平和低电平时，还要设置波形的振幅。例如，如果您将高电平设置为 +2 V，低电平设置为 -3 V，则结果产生的振幅为 5 Vpp（偏移电压为 -500 mV）。
- **输出终端限制：**如果您更改输出终端设置，则将自动调整显示的电压电平（不会产生错误）。例如，如果您将高电平设置为 +100 mVdc，然后将输出终端从 50 欧姆改为“高阻抗”，则函数发生器前面板上显示的电压将增加一倍，为 +200 mVdc。如果从“高阻抗”改为 50 欧姆，则显示的电压将会减少一半。*有关详细信息，请参见第 199 页的 **OUTP:LOAD** 命令。*
- 要将波形相对于偏移电压进行反向操作，可以使用 **OUTP:POL** 命令。*有关详细信息，请参见第 200 页。*

VOLTage:RANGe:AUTO {OFF|ON|ONCE}

VOLTage:RANGe:AUTO?

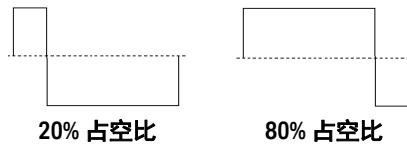
对所有的函数禁用或启用电压自动调整。在默认模式下，启用自动调（“ON”），而且函数发生器自动为输出放大器和衰减器选择最佳的设置。禁用自动调整时（“OFF”），函数发生器使用当前的放大器和衰减器设置。:AUTO? 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

- **APPLY** 命令使电压自动调整设置无效，并自动启用自动调整（“ON”）。
- 禁用自动调整的一个优点是：改变振幅时可以消除由于切换衰减器所引起的瞬时破坏。然而，在将振幅减少到所期望的范围更改以下时，振幅和偏移准确度、分辨率（以及波形保真度）可能会受到负面的影响。
- “ONCE”参数与开启（“ON”）然后关闭（“OFF”）自动调整的功能相同。该参数允许在返回 **VOLT:RANG:AUTO OFF** 设置之前，更改以前的放大器 / 衰减器设置。

FUNCTION:SQUare:DCYCLe {< 百分比>|MINimum|MAXimum}

FUNCTION:SQUare:DCYCLe? [MINimum|MAXimum]

为方波设置占空比百分比。占空比表示每个周期方波为高电平的时间量（假设波形极性不是反向的）。默认值为 50%。MIN 可为已选定频率选择最小占空比，而 MAX 可选择最大占空比（请参见下列限制）。:DCYCLe? 查询以百分比返回当前占空比设置。

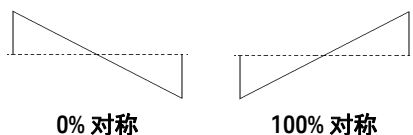


- 占空比 :20% 至 80%（最大 5 MHz）
40% 至 60%（最大 10 MHz）
- 对于方波，APPLY 命令使当前的占空比设置无效，并自动选择 50%。
- 在从方波改为其他函数时，切记占空比设置。在返回方波函数时，使用上次的占空比。
- *频率限制*：如果已选定方波函数，而要改为不能产生当前占空比的频率，则占空比将自动调整为新频率的最大值。例如，如果当前的占空比设置为 70%，然后将频率改变为 6 MHz，则函数发生器会将占空比自动调整为 60%（该频率的上限）。在远程接口中，将产生“Settings conflict”（设置冲突）错误，并按照所述的方法调整占空比。
- 如果您选择方波作为 AM、FM 或 PWM 的调制波形，则将不应用占空比设置。函数发生器总是使用 50% 占空比的方波。

FUNCTION:RAMP:SYMMetry { < 百分比 > | MINimum | MAXimum }

FUNCTION:RAMP:SYMMetry? [MINimum | MAXimum]


为锯齿波设置对称性百分比。对称性表示每个周期锯齿波为上升的时间量（假设波形极性不是反向的）。可以将对称性设置为 0% 到 100% 的任何值。默认值是 100%。MIN = 0%。MAX = 100%。:SYMM? 查询以百分比返回当前的对称性设置。



- 对于锯齿波，APPLY 命令使当前的对称性设置无效，并自动选择 100%。
- 在从锯齿波改为其他函数时，切记对称性设置。在返回锯齿波函数时，使用上次的对称性。
- 如果您选择锯齿波作为 AM 或 FM 的调制波形，则将不应用对称性设置。

OUTPUT {OFF | ON}

OUTPUT?

禁用或启用前面板 Output 连接器。默认情况下为“OFF”。启用输出时，在函数发生器的前面板点亮  键。OUTP? 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

- APPLY 命令使当前 OUTP 命令设置无效，并自动启用 Output 连接器（“ON”）。
- 如果过多的外部电压被应用于前面板 Output 连接器，则将显示一条错误消息，并且禁用该输出。要重新启用该输出，则删除 Output 连接器中的过载，并发出 OUTP ON 命令。

OUTPut {OFF|ON} 命令通过切换输出继电器而改变输出连接器的状态。然而，该命令在切换继电器之前不会将要被输出的电压置零。因此，输出信号可能在信号稳定之前具有大约 1 ms 的“毛刺”。您可以在更改输出状态之前首先将振幅设置为最小值（使用 **VOLTage** 命令），并将偏移设置为 0（使用 **VOLTage:OFFSet** 命令），从而将这些毛刺最小化。

OUTPut:LOAD {< 欧姆>|INFinity|MINimum|MAXimum}
OUTPut:LOAD? [MINimum|MAXimum]

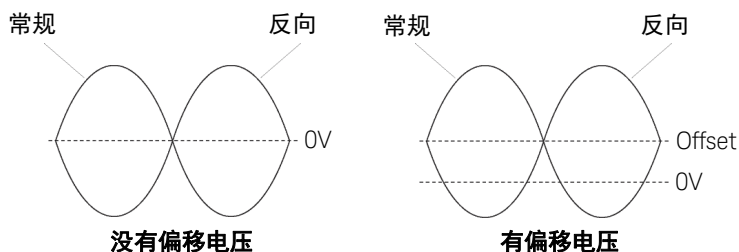
选择所需的输出终端（也就是 Keysight 33210A 的输出上附有负载阻抗）。指定值用于振幅、偏移和高 / 低电平设置。可以将负载设置为 1 w 至 10 kw 之间的任何值。MIN 可选择 1 w。MAX 可选择 10 kw。INF 将输出终端设置为“高阻抗”(>10 kw)。默认值为 50 w。**:LOAD?** 查询返回当前的负载设置，以欧姆为单位，或“9.9E+37”（对于“高阻抗”）。

- 对于前面板 *Output* 连接器，Keysight 33210A 具有一个 50 欧姆的固定串联输出阻抗。如果实际负载阻抗与指定的值不同，则显示的振幅、偏移和高 / 低电平将是不正确的。
- 如果更改输出终端设置，则将自动调整显示的输出振幅、偏移和高 / 低电平（不会产生错误）。例如，如果您将振幅设置为 10 Vpp，然后将输出终端从 50 欧姆改为“高阻抗”，则函数发生器前面板上显示的振幅将*增加一倍*，为 20 Vpp。如果从“高阻抗”改为 50 欧姆，则显示的振幅将下降一半。
- 如果输出终端当前设置为“高阻抗”，则无法以 dBm 为单位指定输出振幅。该单位将被自动转换为 Vpp。*有关详细信息，请参见第 201 页的 VOLT:UNIT 命令。*

OUTPut:POLarity {NORMal|INVerted}**OUTPut:POLarity?**

相对于偏移电压将波形反向。在*常规*模式下（默认值），在循环的第一部分期间波形为正向。在*反向*模式下，在循环的第一部分期间波形为负的。:POL? 查询返回“NORM”或“INV”。

- 如下例所示，相对于偏移电压，波形是反向的。当波形反向后，将不会更改任何偏移电压。



- 当波形反向时，与波形相关的同步信号将不会反向。

OUTPut:SYNC {OFF|ON}**OUTPut:SYNC?**

禁用或启用前面板的 Sync 连接器。在较低振幅时，可通过禁用同步信号减少输出破坏。默认设置为“ON”。:SYNC? 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

- 有关每个波形函数同步信号的详细信息，请参见第 81 页的“同步输出信号”。
- 在禁用同步信号时，Sync 连接器上的输出电平是逻辑“低”电平。
- 在波形反向时（OUTP:POL 命令），与波形相关的同步信号并不反向。
- 在扫描模式下使用 MARK 命令的设置，将覆盖 OUTP:SYNC 命令（请参见第 228 页）。因此，在启用标志频率（同时启用扫描模式）时，将忽略 OUTP:SYNC 命令。

VOLTage:UNIT {VPP|VRMS|DBM}**VOLTage:UNIT?**

选择输出振幅的单位（不影响偏移电压或高 / 低电平）。默认情况下是 VPP。

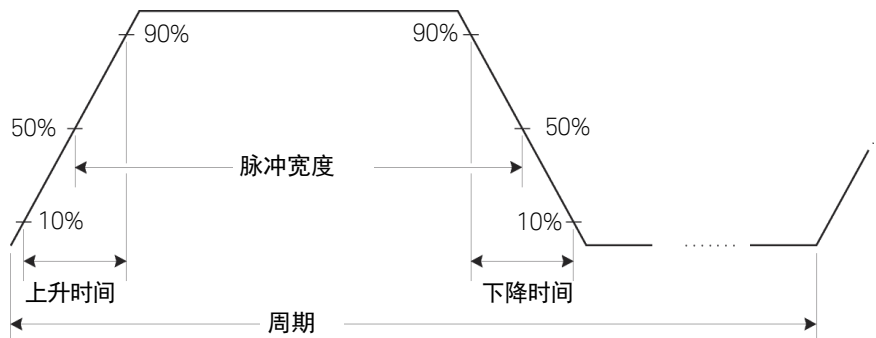
:UNIT? 查询返回 “VPP”、“VRMS” 或 “DBM”。

- 对于前面板和远程接口操作，函数发生器都使用当前的单位选项。例如，如果您从远程接口中使用 **VOLT:UNIT** 命令选择 “VRMS”，则在前面板上显示的单位也将为 “VRMS”。
- **VOLT?** 查询命令（请参见第 192 页）将返回输出振幅，其单位是由最近一次的 **VOLT:UNIT** 命令设置的。
- 如果输出终端当前设置为 “高阻抗”，则无法将振幅的输出单位设置为 dBm。该单位将被自动转换为 Vpp。*有关详细信息，请参见第 199 页的 **OUTP:LOAD** 命令。*
- 除非将单位指定为 **APPLY** 或 **VOLT** 命令的一部分，否则 **VOLT:UNIT** 命令具有优先权。例如，如果使用 **VOLT:UNIT** 命令选择 “Vrms”，并且在 **APPLY** 或 **VOLT** 命令中不包括单位，那么在 **APPLY** 命令中，为 *振幅* 参数指定的值将以 “Vrms” 为单位。

脉冲配置命令

另见第 3 章中起始于第 83 页的“脉冲波形”。

本节介绍了为输出脉冲波形，函数发生器编程所使用的一些低级命令。要选择脉冲函数，使用 **FUNC PULS** 命令（请参见第 189 页）。请参考下面的图形，以获得随后有关的命令说明。



PULSe:PERiod {< 秒>|MINimum|MAXimum}

PULSe:PERiod? [MINimum|MAXimum]

设置脉冲周期。可以从 200 ns 至 1000 秒之间选择周期。默认值为 1 ms。MIN = 200 ns。MAX = 1000 s。PULSe:PER? 查询将返回脉冲波形的周期，单位为秒。

- 指定的周期必须大于脉冲宽度和边沿时间的总和。函数发生器将调整边沿时间和脉冲宽度，以适应指定周期的需要。在远程接口中，将产生“Settings conflict”（设置冲突）错误。首先边沿时间被最小化，随后宽度（或占空比）被调节如下。

$$\text{周期} \geq \text{脉冲宽度} + (1.6 \times \text{边沿时间})$$

或根据脉冲占空比：

$$\text{周期} \geq (\text{周期} \times \text{占空比} \div 100) + (1.6 \times \text{边沿时间})$$

- 该命令影响所有波形函数（除脉冲之外）的周期（和频率）。例如，如果使用 **PULS:PER** 命令选择周期，然后将函数改为正弦波，新的函数将使用指定的周期。
- *函数限制*：如果您要将当前函数改为一个其最小周期大于脉冲波形周期的函数，则将周期自动调整为新函数所允许的最小值。例如，如果您正输出一个周期为 200 ns 的脉冲波形，然后要改为锯齿波函数，则函数发生器自动将周期调整为 10 ms（锯齿波的下限）。在远程接口中，将产生“Settings conflict”（设置冲突）错误，并按照所述的方法调整周期。

FUNCTION:PULSe:HOLD {WIDTH|DCYCLe}

FUNCTION:PULSe:HOLD?

设置函数发生器以保持脉冲宽度或脉冲占空比：

- **WIDTH**：在周期改变时，函数发生器保持脉冲宽度设置（以秒表示）不变。（适用最小宽度和边沿时间限制。）如果接收到一个用于设置占空比值的命令，则占空比被转换为以秒表示的相应的脉冲宽度。如果开启了脉冲宽度调制（PWM），则在周期发生变化时，脉冲宽度被保持，宽度偏差也被保持。占空比偏差命令被转换为宽度偏差值。
- **DCYCLe**：在周期改变时，函数发生器保持脉冲占空比设置（以百分比表示）不变。（适用最小宽度和边沿时间限制。）如果接收到一个用于设置脉冲宽度值的命令，则宽度被转换为以百分比表示的相应的占空比。如果开启了脉冲宽度调制（PWM），则在周期发生变化时，脉冲占空比被保持，占空比偏差也被保持。宽度偏差命令被转换为占空比偏差值。

注意

FUNC:PULS:HOLD 命令不会限制周期设置。如有必要可调整脉冲宽度或占空比以满足新的周期设置。

该命令将使脉冲菜单中的 **Width/Dty Cyc** 软键在适当时切换其内容。同样，从前面板更改 **Width/Dty Cyc** 软键将更改用于以后程序执行的 **HOLD** 选择。

FUNCTION:PULSE:WIDTH {<秒>|MINimum|MAXimum}

FUNCTION:PULSE:WIDTH? [MINimum|MAXimum]

设置脉冲宽度，以秒为单位。脉冲宽度表示从上升沿的 50% 阈值处到紧接着的一个下降沿的 50% 阈值处的时间。可以在 40 ns 到 1000 秒之间改变脉冲宽度（请参见下列限制条件）。默认的脉冲宽度为 100 ms。MIN = 40 ns。MAX = 999.99 s。:WIDT? 查询将返回脉冲宽度，单位为秒。

- 最小脉冲宽度（Wmin）受周期的影响。

Wmin = 40 ns, 适用于周期 ≤ 10 秒。

Wmin = 200 ns, 适用于周期 > 10 秒, 但 ≤ 100 秒。

Wmin = 2 ms, 适用于周期 > 100 秒, 但 ≤ 1000 秒的情况。

- 如下所示，指定的脉冲宽度也必须小于周期与最小脉冲宽度之差。函数发生器可根据需要调整脉冲边沿时间及脉冲宽度以满足指定的周期。远程接口处会产生一个“Settings conflict”（设置冲突）错误，脉冲宽度根据下式得到调整。

脉冲宽度 \leq 周期 - Wmin

- 如下所示，所指定的脉冲宽度必须小于周期与边沿时间的差。函数发生器可根据需要首先限制脉冲边沿时间，然后调整脉冲宽度以满足指定的周期。远程接口处会产生一个“Data out of range”（数据超出范围）错误，脉冲宽度根据下式受到限制。

脉冲宽度 \leq 周期 - (1.6 × 边沿时间)

- 如下所示，脉冲宽度必须大于一个边沿的总时间。

脉冲宽度 $\geq 1.6 \times$ 边沿时间

注意

此函数受 **FUNC:PULS:HOLD** 命令的影响，该命令决定了周期被调整时要被保持恒定的值：指定的脉冲宽度值，或者指定的脉冲占空比值。有关详细信息，请参见 **FUNC:PULS:HOLD** 命令。

FUNCTION:PULSE:DCYCLE {< 百分比>|MINimum|MAXimum}
FUNCTION:PULSE:DCYCLE? [MINimum|MAXimum]

设置以百分比表示的占空比。脉冲占空比定义为：

$$\text{占空比} = 100 \times \text{脉冲宽度} \div \text{周期}$$

其中，脉冲宽度表示从脉冲上升沿的阈值 50% 到下一下降沿的阈值 50% 经历的时间。

脉冲占空比范围为 0% 至 100%。然而，脉冲占空比受到最小脉冲宽度和边沿时间的限制，可以防止设置刚好 0% 或 100% 的占空比。例如，对于 1 kHz 的脉冲波形，脉冲占空比通常被限制在 0.002% 至 99.998% 范围内，受到 40 ns 最小脉冲宽度的限制。

默认脉冲占空比为 10%。最小值近似为 0%。最大值近似为 100%。:DCYC? 查询会返回以百分比表示的脉冲占空比。*宽度和边沿限制如下所示：*

- 指定的脉冲占空比必须符合由*最小脉冲宽度*（Wmin）决定的以下限制。函数发生器将根据需要调整脉冲占空比以满足指定的周期。*远程接口处会产生一个“Data out of range”（数据超出范围）错误，占空比将根据下式得到调整。*

$$\text{占空比} \geq 100 \times W_{\text{min}} \div \text{周期}$$

和

$$\text{占空比} \leq 100 \times (1 - W_{\text{min}} \div \text{周期})$$

其中：

Wmin = 40 ns，适用于周期 ≤ 10 秒。

Wmin = 200 ns，适用于周期 > 10 秒，但 ≤ 100 秒。

Wmin = 2 ms，适用于周期 > 100 秒，但 ≤ 1000 秒的情况。

- 指定的脉冲占空比会影响边沿时间。首先调整边沿时间，然后调整占空比，以满足指定周期，并符合以下面的限制。远程接口处会产生一个“Data out of range”（数据超出范围）错误，边沿时间和占空比将根据下式受到限制。

$$\text{占空比} \geq 100 \times (1.6 \times \text{边沿时间}) \div \text{周期}$$

和

$$\text{占空比} \leq 100 \times (1 - (1.6 \times \text{边沿时间}) \div \text{周期})$$

注意

此命令受 `FUNC:PULS:HOLD` 命令的影响，后者决定了周期被调整时要被保持恒定的值：指定的脉冲宽度值，或者指定的脉冲占空比值。有关详细信息，请参见 `FUNC:PULS:HOLD` 命令。

FUNCtion:PULSe:TRANSition {< 秒数>|MINimum|MAXimum}
FUNCtion:PULSe:TRANSition? [MINimum|MAXimum]

为上升沿和下降沿都设置边沿时间，以秒为单位。边沿时间表示从各边沿的 10% 阈值处到 90% 阈值处的时间。边沿时间的范围是 20 ns 到 100 ns（请参见下面的限制条件）。默认的边沿时间是 20 ns。MIN = 20 ns。

MAX = 100 ns。:TRAN? 查询将以秒为单位返回边沿时间。

- 如下所示，指定的边沿时间必须在所指定的脉冲宽度的范围内。函数发生器将根据需要限制边沿时间以满足指定的脉冲宽度或占空比。远程接口处会产生一个“Settings conflict”（设置冲突）错误，边沿时间根据下式受到限制。

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

或根据占空比：

$$\text{边沿时间} \leq 0.625 \times \text{周期} \times \text{占空比} \div 100$$

调幅 (AM) 命令

另请参见第 3 章中起始于第 87 页的调幅 (AM)。

AM 概述

下面是生成 AM 波形所需步骤的简单概述。下页列出了用于 AM 的命令。

1 配置载波波形。

使用 **APPLY** 命令或等价的 **FUNC**、**FREQ**、**VOLT** 和 **VOLT:OFFS** 命令，来选择载波波形的函数、频率、振幅和偏移。您可以为载波选择正弦或方波波形（不允许锯齿波、脉冲、噪声、DC 和任意波形）。

2 选择调制源。

函数发生器将接受一个内部或外部调制源。使用 **AM:SOUR** 命令选择调制源。*对于外部源，可以略过下面的步骤 3 和 4。*

3 选择调制波形的形状。

您可以使用正弦波、方波、锯齿波、噪声或任意波形来调制载波（不允许使用脉冲和 DC）。使用 **AM:INT:FUNC** 命令选择调制波形。

4 设置调制频率。

使用 **AM:INT:FREQ** 命令将调制频率设置为 2 mHz 到 20 kHz 间的任何值。

5 设置调制深度。

使用 **AM:DEPT** 命令可将调制深度（也称为“调制百分比”）设置为 0% 到 120% 间的任何值。

6 启用 AM 调制。

在设置完其他调制参数之后，使用 **AM:STAT ON** 命令启用 AM。

AM 命令

注意

用 **APPLY** 命令或相当的 **FUNC**、**FREQ**、**VOLT** 和 **VOLT:OFFS** 命令来配置载波波形。

AM:SOURce {INTernal|EXTernal}

AM:SOURce?

选择调制信号源。函数发生器将接受一个内部或外部调制源。默认值为 INT。

:SOUR? 查询会返回 “INT” 或 “EXT”。

- 如果您选择外部源，则将使用一个外部波形调制载波波形。调制深度由后面板 *Modulation In* 连接器上显示的 ± 5 V 信号电平控制。例如，如果已使用 **AM:DEPT** 命令将调制深度设置为 100%，则在调制信号为 +5 V 时，输出为最大振幅。在调制信号为 -5 V 时，输出为最小振幅。

AM:INTernal

:FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMP|TRIangle|NOISE|USER}

:FUNCtion?

选择调制波形的形状。仅在选择内部调制源时使用（**AM:SOUR INT** 命令）。您可以使用噪声作为调制波形，但您不能使用锯齿波、噪声、脉冲、DC 或任意波形作为载波波形。默认值为 SIN。**:FUNC?** 查询会返回 “SIN”、“SQU”、“RAMP”、“NRAMP”、“TRI”、“NOIS” 或 “USER”。

- 选择 “SQU”，表示具有 50% 占空比的方波。
- 选择 “RAMP”，表示具有 100% 对称性的锯齿波。
- 选择 “TRI”，表示具有 50% 对称性的锯齿波。
- 为对称性为 0% 的锯齿波形选择 “NRAMP”（负锯齿波）。



- 如果选择任意波形作为 *调制* 波形 (“USER”)，则将波形自动限制为 4K 个点。通过抽取删除额外的波形点。

注意

任意波形还可用于 33210A (选件 002)。要升级 33210A 以包含任意波形功能，请转至 www.keysight.com/find/33210U。

AM:INTernal:FREQuency {< 频率>|MINimum|MAXimum}**AM:INTernal:FREQuency? [MINimum|MAXimum]**

设置 *调制* 波形的频率。仅在选择 *内部* 调制源时使用 (AM:SOUR INT 命令)。从 2 mHz 至 20 kHz 之间进行选择。默认值为 100 Hz。MIN = 2 mHz。MAX = 20 kHz。:FREQ? 查询返回内部调制频率，以 Hz 为单位。

AM:DEPTH {< 深度, 百分比>|MINimum|MAXimum}**AM:DEPTH? [MINimum|MAXimum]**

设置内部调制深度 (或 “调制百分比”)，以百分比表示。范围在 0% 到 120% 之间。默认值为 100%。MIN = 0%。MAX = 120%。:DEPT? 查询返回调制深度，以百分比表示。

- 请注意，即使大于 100% 的深度，函数发生器输出也不会超过 ± 5 V 的峰值 (以 50 Ω 负载端接)
- 如果选择 *外部* 调制源 (AM:SOUR EXT 命令)，则以外部波形调制载波波形。调制深度由后面板 *Modulation In* 连接器上的 ± 5 V 信号电平控制。例如，如果已使用 AM:DEPT 命令将调制深度设置为 100%，则在调制信号为 +5 V 时，输出为 *最大* 振幅。在调制信号为 -5 V 时，输出为 *最小* 振幅。

AM:STATe {OFF|ON}

AM:STATe?

禁用或启用 AM。要避免多个波形更改，在设置其他调制参数之后，启用 AM。默认情况下为 OFF。:STAT? 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

- 函数发生器只允许一次启用一个调制模式。例如，不能同时启用 AM 和 FM。在启用 AM 时，将关闭前一个调制模式。
- 函数发生器不允许在启用扫描或脉冲串的同时启用 AM。在启用 AM 时，将关闭扫描或脉冲串模式。

调频 (FM) 命令

另请参见第 3 章中起始于第 92 页的调频 (FM)。

FM 概述

下面是生成 FM 波形所需步骤的概述。下页列出了用于 FM 的命令。

1 配置载波波形。

使用 **APPLY** 命令或等价的 **FUNC**、**FREQ**、**VOLT** 和 **VOLT:OFFS** 命令，来选择载波波形的函数、频率、振幅和偏移。您可以为载波选择正弦或方波波形（不允许锯齿波、脉冲、噪声、DC 和任意波形）。

2 选择调制源。

函数发生器将接受一个内部或外部调制源。使用 **FM:SOUR** 命令选择调制源。
对于外部源，可以略过下面的步骤 3 和 4。

3 选择调制波形的形状。

您可以使用正弦波、方波、锯齿波、噪声或任意波形来调制载波（不允许使用脉冲和 DC）。使用 **FM:INT:FUNC** 命令选择调制波形。

4 设置调制频率。

使用 **FM:INT:FREQ** 命令将调制频率设置为 2 mHz 到 20 kHz 间的任何值。

5 设置峰值频率偏差。

使用 **FM:DEV** 命令将频率偏差设置为 1 mHz 至 5 mHz 之间的任意值。

6 启用 FM 调制。

在设置完其他调制参数之后，使用 **FM:STAT ON** 命令启用 FM。

FM 命令

注意

使用 **APPLY** 命令或相当的 **FUNC**、**FREQ**、**VOLT** 和 **VOLT:OFFS** 命令来配置载波波形。

FM:SOURce {INTernal|EXTernal}**FM:SOURce?**

选择调制信号源。函数发生器将接受一个内部或外部调制源。默认值为 INT。

:SOUR? 查询会返回 “INT” 或 “EXT”。

- 如果您选择 *外部源*，则将使用一个外部波形调制载波波形。频率偏差由后面板 *Modulation In* 连接器上的 ± 5 V 信号电平控制。例如，如果您已用 **FM:DEV** 命令将偏差设置为 100 kHz，那么与 +5 V 信号电平相对应的频率将增加 100 kHz。较低的外部信号电平产生较少的偏差，负信号电平将频率降低到载波频率之下。

FM:INTernal**:FUNCtion {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMP|TRIangle|NOISE|USER}****:FUNCtion?**

选择 *调制* 波形的形状。只在选择 *内部* 调制源时使用 (**FM:SOUR INT** 命令)。您可以使用噪声作为调制波形，但您 *不能* 使用锯齿波、噪声、脉冲、DC 或任意波形作为载波波形。默认值为 SIN。**:FUNC?** 查询会返回 “SIN”、“SQU”、“RAMP”、“NRAMP”、“TRI”、“NOIS” 或 “USER”。

- 选择 “SQU”，表示具有 50% 占空比的方波。
- 选择 “RAMP”，表示具有 100% 对称性的锯齿波。
- 选择 “TRI”，表示具有 50% 对称性的锯齿波。
- 为对称性为 0% 的锯齿波形选择 “NRAMP”（负锯齿波）。



- 如果选择任意波形作为 *调制* 波形 (“USER”)，则将波形自动限制为 4K 个点。通过抽取删除额外的波形点。

注意

任意波形还可用于 33210A (选件 002)。要升级 33210A 以包含任意波形功能，请转至 www.keysight.com/find/33210U。

FM:INTernal:FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
FM:INTernal:FREQuency? [MINimum|MAXimum]

设置 *调制* 波形的频率。只在选择 *内部* 调制源时使用 (FM:SOUR INT 命令)。从 2 mHz 至 20 kHz 之间进行选择。默认值为 10 Hz。MIN = 2 mHz。MAX = 20 kHz。:FREQ? 查询返回内部调制频率，以 Hz 为单位。

FM:DEVIation {< 峰值偏差, Hz >|MINimum|MAXimum}
FM:DEVIation? [MINimum|MAXimum]

设置峰值频率偏差，以 Hz 为单位。该值表示由于载波频率引起的 *已调制* 波形的峰值偏差。从 1 mHz 到 5 MHz 之间选择任意值。默认情况下为 100 Hz。MIN = 1 mHz。如下所示，最大频率偏差 (MAX) 取决于载波的频率。:DEV? 查询返回偏差，以 Hz 为单位。

$$\text{最大偏移} = \frac{\text{Carrier}}{2} \quad \text{对于载波} < 5 \text{ MHz}$$

$$\text{最大偏差} = \frac{\text{Max. Frequency} - \text{Carrier}}{2} \quad \text{对于载波} > 5 \text{ MHz}$$

- *载波频率* 必须总是大于或等于偏差。如果您将偏差设置为一个大于载波频率的值 (启用 FM)，函数发生器会自动将偏差调整到当前载波频率所允许的最大值。在远程接口中，将产生 “Data out of range” (数据超出范围) 错误，按所述的方法调整偏差。

- 载波频率和偏差之和必须小于或等于已选定函数的最大频率 **加上 100 kHz**（对于正弦波和方波波形为 10.1 MHz）。如果您试图将偏移设置为一个无效的值，则函数发生器会自动将其调整为当前载波频率所允许的最大值。在远程接口中，将产生“Data out of range”（数据超出范围）错误，并按所述的方法调整偏差。
- 如果偏差会导致载波波形超出当前占空比的频率限制（仅用于方波），则函数发生器自动将占空比调整为当前载波频率所允许的最大值。在远程接口中，将产生“Settings conflict”（设置冲突）错误，并按照所述的方法调整占空比。
- 如果选择外部调制源（用 FM:SOUR EXT 命令），则偏差由后面板 Modulation In 连接器上显示的 ± 5 V 信号电平控制。例如，如果您已将频率偏差设置为 100 kHz，那么 +5 V 信号电平对应的频率将增加 100 kHz。较低的外部信号电平产生较少的偏差，负信号电平将频率降低到载波频率之下。

FM:STATe {OFF|ON}

FM:STATe?

禁用或启用 FM。要避免多个波形更改，在设置完其他调制参数之后，启用 FM。默认情况下为 OFF。:STAT? 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

- 函数发生器只允许一次启用一个调制模式。例如，不能同时启用 FM 和 AM。在启用 FM 时，将关闭前一个调制模式。
- 函数发生器不允许在启用扫描或脉冲串的同时启用 FM。在启用 FM 时，将关闭扫描或脉冲串模式。

脉冲宽度调制（PWM）命令

另请参见第 3 章中起始于第 99 页的“脉冲宽度调制（PWM）”。

PWM 概述

下面是生成 PWM 波形所需步骤的概述。PWM 命令列在下一页上。

1 配置载波（脉冲）波形。

使用 `APPLY` 命令或相当的 `FUNC`、`FREQ`、`VOLT` 和 `VOLT:OFFS` 命令选择脉冲波形的函数、频率、振幅和偏移。PWM 只能用于脉冲。

2 选择调制源。

函数发生器将接受一个内部或外部调制源。使用 `PWM:SOUR` 命令选择调制源。对于外部源，可以略过下面的步骤 3 和 4。

3 选择调制波形的形状。

您可以使用正弦波、方波、锯齿波、噪声或任意波形来调制载波（不允许使用脉冲和 DC）。使用 `PWM:INT:FUNC` 命令选择调制波形。

4 设置调制频率。

使用 `PWM:INT:FREQ` 命令将调制频率设置为 2 mHz 至 20 kHz 之间的任意值。

5 设置脉冲宽度或脉冲占空比偏差。

使用 `PWM:DEV` 命令将宽度偏差设置为 0 至当前脉冲宽度或周期 - 脉冲宽度（取较小值）之间的一个数值。或者，使用 `PWM:DEV:DCYC` 命令将占空比偏差设置为 0 至当前占空比或 100 - 占空比（取较小值）之间的一个数值。

6 启用 PWM 调制。

在设置了其他调制参数之后，使用 `PWM:STAT ON` 命令启用 PWM。

PWM 命令

注意

使用 **APPLY** 命令或相当的 **FUNC**、**FREQ**、**VOLT** 和 **VOLT:OFFS** 命令来配置载波波形。

PWM:SOURce {INTernal|EXTernal}**PWM:SOURce?**

选择调制信号源。函数发生器将接受一个内部或外部调制源。默认值为 INT。

:SOUR? 查询会返回 “INT” 或 “EXT”。

- 如果您选择 *外部* 源，则将使用一个外部波形调制载波波形。脉冲宽度或脉冲占空比偏差由后面板 *Modulation In* 连接器上的 ± 5 V 信号电平控制。例如，如果您已使用 **PWM:DEV** 命令将脉冲宽度偏差设置为 50 ms，则 +5 V 的信号电平对应的宽度将增加 50 ms。较低的外部信号电平产生较小的偏差。

PWM:INTernal**:FUNction {SINusoid|SQUare|RAMP|NRAMp|TRIangle|NOISe|USER}****:FUNction?**

选择 *调制* 波形的形状。仅在选择了 *内部* 调制源 (**PWM:SOUR INT** 命令) 时使用。

(载波必须为用于 PWM 的脉冲波形。) 默认值为 SIN。 **:FUNC?** 查询会返回 “SIN”、“SQU”、“RAMP”、“NRAM”、“TRI”、“NOIS” 或 “USER”。

- 选择 “SQU”，表示具有 50% 占空比的方波。
- 选择 “RAMP”，表示具有 100% 对称性的锯齿波。
- 选择 “TRI”，表示具有 50% 对称性的锯齿波。
- 为对称性为 0% 的锯齿波形选择 “NRAM” (负锯齿波)。



- 如果选择任意波形作为 *调制* 波形 (“USER”)，则将波形自动限制为 4K 个点。通过抽取删除额外的波形点。

注意

任意波形还可用于 33210A (选件 002)。要升级 33210A 以包含任意波形功能，请转至 www.keysight.com/find/33210U。

PWM:INTernal:FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}

PWM:INTernal:FREQuency? [MINimum|MAXimum]

设置 *调制* 波形的频率。仅在选择了 *内部* 调制源 (PWM:SOUR INT 命令) 时使用。从 2 MHz 至 20 kHz 之间进行选择。默认值为 10 Hz。MIN = 2 MHz。MAX = 20 kHz。:FREQu? 查询返回内部调制频率，以 Hz 为单位。

PWM:DEViation {< 偏差, 秒数 >|MINimum|MAXimum}

PWM:DEViation? [MINimum|MAXimum]

以秒为单位设置宽度偏差。该值代表相对于载波脉冲波形的脉冲宽度的宽度偏差 (以秒为单位)。默认值为 10 ms。MIN = 0 s。MAX = 500 s (受到周期、最小脉冲宽度和边沿时间的限制)。:DEV? 查询会返回以秒为单位的脉冲宽度偏差。

- 脉冲宽度偏差不能超过当前的脉冲宽度。
- 脉冲宽度偏差还受到最小脉冲宽度 (Wmin) 的限制：

$$\text{宽度偏差} \leq \text{脉冲宽度} - W_{\min}$$

和

$$\text{宽度偏差} \leq \text{周期} - \text{脉冲宽度} - W_{\min}$$

其中：

$W_{\min} = 40 \text{ ns}$ ，适用于周期 ≤ 10 秒。

$W_{\min} = 200 \text{ ns}$ ，适用于周期 > 10 秒，但 ≤ 100 秒。

$W_{\min} = 2 \text{ ms}$ ，适用于周期 > 100 秒，但 ≤ 1000 秒的情况。

- 脉冲宽度偏差受到当前边沿时间设置的限制。

$$\text{宽度偏差} \leq \text{脉冲宽度} - (1.6 \times \text{边沿时间})$$
 和

$$\text{宽度偏差} \leq \text{周期} - \text{脉冲宽度} - (1.6 \times \text{边沿时间})$$
- 如果您选择外部调制源（`PWM:SOUR EXT` 命令），则偏差值由后面板 *Modulation In* 连接器上的 $\pm 5\text{ V}$ 信号电平控制。例如，如果您已将宽度偏差设置为 10 ms ，则 $+5\text{ V}$ 信号电平对应的偏差为 10 ms 。较低的外部信号电平产生较小的偏差，负信号电平产生负的偏差。

注意

`PWM:DEV` 命令的操作受到 `FUNC:PULS:HOLD` 命令的影响（有关详细信息，请参见第 202 页的“**脉冲配置命令**”）。`FUNC:PULS:HOLD` 命令决定了在周期发生变化时脉冲宽度（默认）或脉冲占空比值是否保持恒定。如果宽度保持，宽度偏差也被保持。如果占空比被保持，占空比偏差也被保持。如果占空比和占空比偏差都保持不变，则用 `PWM:DEV` 命令指定的宽度偏差值会自动转换为以百分比表示的相当的占空比偏差值。

`PWM:DEVIation:DCYcle` {< 偏差, 百分比>|MINimum|MAXimum}
`PWM:DEVIation:DCYcle?` [MINimum|MAXimum]

以百分比（周期的百分比）设置占空比。该值代表相对于基本脉冲波形的占空比的占空比峰值变化。例如，如果占空比为 10% ，占空比偏差为 5% ，则被调制波形的占空比将在 5% 至 15% 之间变化。默认值为 1% 。最小值近似为 0% 。最大值近似为 100% （受到周期、最小脉冲宽度和边沿时间的限制）。

`:DEV:DCYC?` 查询会返回以百分比表示的占空比偏差。

- 占空比偏差不能超过当前的脉冲占空比。

- 占空比偏差还受到最小脉冲宽度（Wmin）的限制：

$$\text{占空比偏差} \leq \text{占空比} - 100 \times W_{\min} \div \text{周期}$$

和

$$\text{占空比偏差} \leq 100 - \text{占空比} - 100 \times W_{\min} \div \text{周期}$$

其中：

Wmin = 40 ns，适用于周期 ≤ 10 秒。

Wmin = 200 ns，适用于周期 > 10 秒，但 ≤ 100 秒。

Wmin = 2 ms，适用于周期 > 100 秒，但 ≤ 1000 秒的情况。

- 占空比偏差还受到当前边沿时间设置的限制。

$$\text{占空比偏差} \leq \text{占空比} - (160 \times \text{边沿时间}) \div \text{周期}$$

和

$$\text{占空比偏差} \leq 100 - \text{占空比} - (160 \times \text{边沿时间}) \div \text{周期}$$

- 如果您选择外部调制源（**PWM:SOUR EXT** 命令），则偏差值由后面板 *Modulation In* 连接器上的 ±5 V 信号电平控制。例如，如果将占空比偏差设置为 5%，则 +5 V 的信号电平相当于 5% 的偏差，该偏差为被附加到脉冲占空比上的周期的 5%。较低的外部信号电平产生较小的偏差，负信号电平可减少占空比。

注意

PWM:DEV:DCYC 命令的操作受到 **FUNC:PULS:HOLD** 命令的影响（有关详细信息，请参见第 202 页的“**脉冲配置命令**”）。**FUNC:PULS:HOLD** 命令决定了在周期发生变化时脉冲宽度（默认）或脉冲占空比值是否保持恒定。如果宽度保持，宽度偏差也被保持。如果占空比被保持，占空比偏差也被保持。如果脉冲宽度和脉冲宽度偏差被保持，则用 **PWM:DEV:DCYC** 命令指定的占空比偏差值会自动转换为以秒为单位的相当的脉冲宽度。

PWM:STATe {OFF|ON}

PWM:STATe?

禁用或启用 PWM。要避免多个波形变化，可以在设置其他调制参数之后启用 PWM。默认情况下为 OFF。:STAT? 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

- 函数发生器只允许一次启用一个调制模式。例如，您不能同时启用 PWM 和 AM。当启用 PWM 时，前一个调制模式将关闭。
- 在启用扫描或脉冲串的同时，函数发生器不允许启用 PWM。当启用 PWM 时，扫描或脉冲串模式将关闭。
- 只有选择脉冲函数时才允许使用 PWM。

频率扫描命令

另见第 3 章中起始于第 105 页的“频率扫描”。

扫描概述

下面是生成扫描所需步骤的概述。在第 223 页上列出了扫描使用的命令。

1 选择波形形状、振幅和偏移。

使用 `APPLY` 命令或等价的 `FUNC`、`FREQ`、`VOLT` 和 `VOLT:OFFS` 命令，来选择函数、频率、振幅和偏移。您可以选择正弦波、方波或锯齿波（禁用脉冲、噪声、DC 和任意波形）。

2 选择扫描的频率界限。

您可以使用下列两个方法中的任一个来设置频率界限。

- a 起始频率 / 停止频率：**使用 `FREQ:STAR` 命令设置起始频率，使用 `FREQ:STOP` 命令设置停止频率。

要从**低频到高频**进行扫描，请设置起始频率 < 停止频率。

要从**高频到低频**进行扫描，请设置起始频率 > 结束频率。

- b 中心频率 / 频率跨距：**使用 `FREQ:CENT` 命令设置中心频率，使用 `FREQ:SPAN` 命令设置频率跨距。

要从**低频到高频**进行扫描，请设置**正**跨距。

要从**高频到低频**进行扫描，设置**负**跨距。

3 选择扫描模式。

使用 `SWE:SPAC` 命令选择扫描的线性间隔或对数间隔。

4 设置扫描时间。

使用 `SWE:TIME` 命令设置从起始频率到停止频率进行扫描所需的秒数。

5 选择扫描触发源。

使用 `TRIG:SOUR` 命令选择要被触发的扫描源。

6 设置标志频率。（可选）

如果需要，您可以设置使前面板 Sync 连接器上的信号在扫描期间变为逻辑很低的频率。使用 `MARK:FREQ` 命令将标志频率设置为起始频率和停止频率之间的任意值。使用 `MARK ON` 命令启用标志频率。

7 启用扫描模式。

在设置完其他扫描参数之后，使用 `SWE:STAT ON` 命令启用扫描模式。

扫描命令

FREQuency:START {< 频率 >|MINimum|MAXimum}

FREQuency:START? [MINimum|MAXimum]

设置起始频率（与*停止频率*一同使用）。在 1 mHz 到 10 MHz 范围内选择（对于锯齿波形，限制为 100 kHz）。默认值为 100 Hz。MIN = 1 mHz。MAX = 10 MHz。:STAR? 查询返回起始频率，以 Hz 为单位。

- 要从*低频到高频*进行扫描，请设置起始频率 < 结束频率。
要从*高频到低频*进行扫描到，请设置起始频率 > 结束频率。

FREQuency:STOP {< 频率 >|MINimum|MAXimum}

FREQuency:STOP? [MINimum|MAXimum]

设置停止频率（与*起始频率*一同使用）。在 1 mHz 到 10 MHz 范围内选择（对于锯齿波形，限制为 100 kHz）。默认值为 1 kHz。MIN = 1 mHz。MAX = 10 MHz。:STOP? 查询返回停止频率，以 Hz 为单位。

FREQUENCY:CENTER {< 频率>|MINimum|MAXimum}

FREQUENCY:CENTER? [MINimum|MAXimum]

设置中心频率（与*频率跨距*一同使用）。在 1 mHz 到 10 MHz 范围内选择（对于锯齿波形，限制为 100 kHz）。默认值为 550 Hz。MIN = 1 mHz。如下所示，MAX（最大中心频率）取决于所选函数的频率跨距和最大频率。:CENT? 查询返回中心频率，以 Hz 为单位。

$$\text{中心频率（最大值）} = \text{最大频率} - \frac{\text{Span}}{2}$$

- 下面的等式显示了中心频率和起始 / 停止频率之间的关系。

$$\text{中心频率} = \frac{|\text{Stop Frequency} - \text{Start Frequency}|}{2}$$

FREQUENCY:SPAN {< 频率>|MINimum|MAXimum}

FREQUENCY:SPAN? [MINimum|MAXimum]

设置频率跨距（与*中心频率*一同使用）。在 0 Hz 到 10 MHz 范围内选择（对于锯齿波形，限制为 100 kHz）。默认值为 900 Hz。MIN = 0 Hz。MAX（最大频率跨距）取决于所选函数的中心频率和最大频率。:SPAN? 查询返回跨距，以 Hz 为单位（可以为正值或者负值）。

$$\text{频率跨距（最大值）} = 2 \times (\text{最大频率} - \text{中心频率})$$

- 要*从低频到高频*进行扫描，请设置*正*频率跨距。
- 要*从高频到低频*进行扫描，请设置*负*频率跨距。
- 下面的等式显示了频率跨距和起始 / 停止频率之间的关系。

$$\text{频率跨距} = \text{停止频率} - \text{起始频率}$$

SWEEp:SPACing {LINear|LOGarithmic}**SWEEp:SPACing?**

选择扫描的线性间隔或对数间隔。默认情况下为线性扫描。:SPAC? 查询返回“LIN”或“LOG”。

- 对于线性扫描，在扫描期间函数发生器以线性方式改变输出频率。
- 对于对数扫描，在扫描期间函数发生器以对数方式改变输出频率。

SWEEp:TIME {<秒>|MINimum|MAXimum}**SWEEp:TIME? [MINimum|MAXimum]**

设置从起始频率到停止频率进行扫描所需的秒数。可选择 1 ms 到 500 秒之间进行选择任何值。默认值为 1 秒。MIN = 1 ms。MAX = 500 秒。:TIME? 查询将返回扫描时间，单位为秒。

- 函数发生器自动计算扫描的离散频率点的数目，该数目是在选择的扫描时间基础上的。


SWEEp:STATE {OFF|ON}**SWEEp:STATE?**

禁用或启用扫描模式。要避免多个波形更改，在设置其他调制扫描参数之后可以启用扫描模式。默认情况下为 OFF。:STAT? 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

- 函数发生器不允许在启用脉冲串或任意调制模式的同时启用扫描模式。在启用扫描时，将关闭脉冲串或调制模式。

TRIGger:SOURce {IMMEDIATE|EXTERNAL|BUS} TRIGger:SOURce?

选择函数发生器接受其触发的触发源。函数发生器将接受立即内部触发、后面板 *Trig In* 连接器中的硬件触发或软件（总线）触发。默认情况下为 IMM。:SOUR? 查询返回 “IMM”、“EXT” 或 “BUS”。

- 在选择 *立即*（内部）源时，函数发生器输出一个连续的扫描，其频率由指定的扫描时间（使用 SWE:TIME 命令）*加上* 1 ms 所决定。
- 在选择 *外部* 源时，函数发生器将接受一个适用于后面板 *Trig In* 连接器的硬件触发。每次 *Trig In* 接收一个 TTL 脉冲（其边沿极性由 TRIG:SLOP 命令指定）时，函数发生器都启动扫描（请参见第 227 页）。请注意，触发周期必须大于或等于指定的扫描时间*加上* 1 ms。
- 在选择 *总线*（软件）源时，每次接收到一个总线触发命令时，函数发生器都启动扫描。要从远程接口（GPIB、USB 或 LAN）中触发函数发生器，则发送 *TRG（触发）命令。在函数发生器等待总线触发时，前面板的  键被点亮。
- APPLY 命令自动将触发源设置为 *立即*（与 TRIG:SOUR IMM 命令等价）。
- 在选择 *总线* 源后要确保同步，则发送 *WAI（等待）命令。执行 *WAI 命令时，函数发生器要等待所有未决操作完成之后，才会执行任何其他命令。例如，下列命令串保证了第一个触发被接受并执行操作后，才识别第二个触发。

```
TRIG:SOUR BUS;*TRG;*WAI;*TRG;*WAI
```

- 在完成扫描时，可以使用 *OPC?（操作完成查询）命令或 *OPC（操作完成）命令发出信号。当操作完成时，*OPC? 命令将 “1” 返回到输出缓冲区。在扫描完成时，*OPC 命令设置标准事件寄存器中的“操作完成”位（位 0）。

TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}**TRIGger:SLOPe?**

对于一个外部触发扫描，请在后面板 *Trig In* 连接器上选择函数发生器是使用触发信号的上升沿还是下降沿。默认情况下是 POS（上升沿）。**:SLOP?** 查询返回“POS”或“NEG”。

OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}**OUTPut:TRIGger:SLOPe?**

选择“触发输出”信号的上升沿或下降沿。使用 **OUTP:TRIG** 命令（请见下面）启用时，在扫描开始时从后面板 *Trig Out* 连接器中输出具有指定边沿的 TTL 兼容方波。选择“POS”输出具有上升沿的脉冲，或者选择“NEG”输出具有下降沿的脉冲。默认情况下是 POS。**:SLOP?** 查询返回“POS”或“NEG”。

- 在选择立即（内部）触发源时（使用 **TRIG:SOUR IMM** 命令），函数发生器从 *Trig Out* 连接器中输出一个方波，占空比为 50%（上升沿为扫描触发）。该波形的周期等于指定的扫描时间（使用 **SWE:TIME** 命令）。
- 在选择外部触发源（使用 **TRIG:SOUR EXT** 命令）时，函数发生器自动禁用“触发输出”信号。后面板的 *Trig Out* 连接器不能同时用于两个操作（外部触发扫描使用相同的连接器触发扫描）。
- 在选择总线（软件）触发源（使用 **TRIG:SOUR BUS** 命令）时，函数发生器在每个扫描的开始处从 *Trig Out* 连接器中输出一个脉冲（>1 ms 脉冲宽度）。

OUTPut:TRIGger {OFF|ON}**OUTPut:TRIGger?**

禁用或启用“触发输出”信号。启用时，在扫描开始时从后面板的 *Trig Out* 连接器中输出具有指定边沿的 TTL 兼容方波（使用 **OUTP:TRIG:SLOP** 命令）。默认情况下为 OFF。**:TRIG?** 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

MARKer:FREQuency {< 频率>|MINimum|MAXimum}

MARKer:FREQuency? [MINimum|MAXimum]

设置标志频率。这是在扫描期间前面板 Sync 连接器上的信号变为逻辑低的频率。在扫描的开始处，同步信号总是从低到高。在 1 mHz 到 10 MHz 范围内进行选择（对于锯齿波形，限制为 100 kHz）。默认值为 500 Hz。MIN = 起始频率或停止频率（更低的一个）。MAX = 起始频率或停止频率（更高的一个）。

:FREQ? 查询返回标志频率，以 Hz 为单位。

- 启用扫描时，标志频率 *必须* 在指定的起始频率和停止频率之间。如果您试图将标志频率设置为一个不在此范围的频率，则函数发生器自动将标志频率设置为与起始频率或停止频率相等（为更接近的那个频率）。*在远程接口中，将产生 “Settings conflict”（设置冲突）错误，并按照所述的方法调整标志频率。*

MARKer {OFF|ON}

MARKer?

禁用或启用频率标志。在禁用频率标志时，从 Sync 连接器输出的信号是常规的载波波形的同步信号（请参见第 81 页的 **“同步输出信号”**）。默认情况下为 OFF。**MARK?** 查询返回 “0”（OFF）或 “1”（ON）。

- **MARK** 命令的设置，将使 **OUTP:SYNC** 命令无效。因此，在启用标志频率（同时启用扫描模式）时，将忽略 **OUTP:SYNC** 命令

脉冲串模式命令

另见第 3 章中起始于第 112 页的“脉冲串模式”。

脉冲串模式概述

下面是生成脉冲串所需步骤的概述。您可以按如下所述的两种模式使用脉冲串。基于选择的触发源和脉冲串源，函数发生器一次只能启用一种脉冲串模式。

- **触发脉冲串模式:** 在这种模式下（也称作 N 个循环脉冲串），每次接收触发时函数发生器都将输出一个具有指定循环数的（*脉冲串计数*）波形。在已输出指定的循环数之后，函数发生器停止并等待下一个触发。您可以对函数发生器进行配置，以使用内部触发来启动脉冲串，或者通过按前面板的 **Trigger** 键、对后面板 *Trig In* 连接器应用触发信号，以及从远程接口中发送软件触发命令，可以提供外部（手动）触发源。
- **外部门控脉冲串模式:** 在这种模式下，根据后面板 *Trig In* 连接器使用的外部信号电平，输出波形“开启”或“关闭”。在门控信号为真时，函数发生器输出一个连续波形。在门控信号为假时，首先完成当前的波形周期，然后函数发生器停止，同时保持在所选波形的起始脉冲串相位对应的电压电平上。

	脉冲串模式 (BURS:MODE)	脉冲串计数 (BURS:NCYC)	脉冲串周期 (BURS:INT:PER)	脉冲串相位 (BURS:PHAS)	触发源 (TRIG:SOUR)
触发脉冲串模式: 内部触发	TRIGgered	可用	可用	可用	IMMediate
触发脉冲串模式: 外部触发	TRIGgered	可用	未使用	可用	EXTernal, BUS
门控脉冲串模式: 外部触发	GATed	未使用	未使用	可用	未使用

1 配置脉冲串波形。

使用 `APPLY` 命令或等价的 `FUNC`、`FREQ`、`VOLT` 和 `VOLT:OFFS` 命令来选择波形的函数、频率、振幅和偏移。您可以选择正弦波、方波或锯齿波（禁用脉冲、噪声、DC 和任意波形）。对于内部触发的脉冲串，其最小频率为 2.001 MHz。对于正弦波和方波，只有“无限”的脉冲串计数才允许 3 MHz 以上的频率。

2 选择“触发”或门控脉冲串模式。

使用 `BURS:MODE` 命令选择触发脉冲串模式（在前面板上称为“N Cycle”）或外部门控脉冲串模式。

3 设置脉冲串计数。

使用 `BURS:NCYC` 命令，将脉冲串计数（每个脉冲串的循环数）设置为 1 到 50,000 个（或无限）循环之间任意值。*仅用于触发脉冲串模式。*

4 设置脉冲串周期。

使用 `BURS:INT:PER` 命令，将脉冲串周期（生成内部触发脉冲串的间隔）设置为 1 ms 到 500 秒之间的任何值。*仅用于内部触发源的触发脉冲串模式。*

5 设置脉冲串起始相位。

使用 `BURS:PHAS` 命令，将脉冲串的起始相位设置为 -360 度到 +360 度。

6 选择触发源。

使用 `TRIG:SOUR` 命令选择触发源。*仅用于触发脉冲串模式。*

7 启用脉冲串模式。

在设置完其他扫描参数之后，使用 `BURS:STAT ON` 命令启用脉冲串模式。

脉冲串模式命令

注意

使用 **APPLY** 命令或等价的 **FUNC**、**FREQ**、**VOLT** 和 **VOLT:OFFS** 命令来配置波形。对于内部触发的脉冲串，其最小频率为 2.001 mHz。对于正弦波和方波，只有“无限”的脉冲串计数才允许 3 MHz 以上的频率。

BURSt:MODE {TRIGgered|GATed}

BURSt:MODE?

选择脉冲串模式。在 *触发* 模式中，函数发生器每次接收指定触发源的触发时（使用 **TRIG:SOUR** 命令），都输出一个具有指定循环数（*脉冲串计数*）的波形。在 *门控* 模式中，输出波形是“开启”还是“关闭”取决于后面板 *Trig In* 连接器使用的外部信号电平。默认情况下为 TRIG。:**MODE?** 查询返回“TRIG”或“GAT”。

- 在选择 *门控* 模式时，波形发生器是运行还是停止取决于后面板 *Trig In* 连接器上的门控信号的逻辑电平。可以使用 **BURSt:GATE:POL** 命令选择 *Trig In* 连接器的极性（请参见第 236 页）。在门控信号为真时，函数发生器输出一个连续波形。在门控信号为假时，首先完成当前的波形周期，然后函数发生器停止，同时保持在所选波形的起始脉冲串相位对应的电压电平上。
- 在选择 *门控* 模式时，脉冲串计数、脉冲串周期和触发源都被忽略（这些参数仅用于触发脉冲串模式）。如果接收到手动触发（使用 **TRIG** 命令），该模式被忽略，并且不产生错误。

BURSt:NCYCles {<# 循环数>|INFinity|MINimum|MAXimum}
BURSt:NCYCles? [MINimum|MAXimum]

设置每个脉冲串要输出的循环数（仅用于触发脉冲串模式）。可在 1 到 50,000 个循环范围内选择，增量为 1 个循环（请参见以下限制）。默认值为 1 个循环。MIN = 1 个循环。如下所示，MAX（最大循环数）取决于脉冲串周期和频率。选择 INF 以生成连续的脉冲串波形。:NCYC? 查询返回 1 到 50,000 的脉冲串计数，或者“9.9E+37”（对于无限计数）。

- 如果选择立即触发源（使用 TRIG:SOUR IMM 命令），则脉冲串计数必须小于最大脉冲串周期和波形频率的乘积，如下所示。

脉冲串计数 < 最大脉冲串周期 X 波形频率

- 函数发生器自动将脉冲串周期增加到其最大值，以适应指定的脉冲串计数（但是不会改变波形频率）。在远程接口中，将产生“Settings conflict”（设置冲突）错误，并按照所述的方法调整脉冲串周期。
- 对于正弦波和方波，只有“无限”的脉冲串计数才允许 3 MHz 以上的频率。
- 在选择门控脉冲串时，将忽略脉冲串计数。但是，如果您在门控模式中更改脉冲串计数，函数发生器将记下新的计数，并且在选择触发模式时使用。

BURSt:INTernal:PERiod {<秒>|MINimum|MAXimum}**BURSt:INTernal:PERiod? [MINimum|MAXimum]**

设置内部触发脉冲串的脉冲串周期。脉冲串周期定义从一个脉冲串开始到下一个脉冲串开始的时间。可在 1 ms 到 500 秒之间进行选择。默认值为 10 ms。MAX = 500 s。MIN = 基于脉冲串记数和波形频率，如下所示。:PER? 查询返回脉冲串周期，以秒为单位。

- 只有在启用 *立即* 触发时才使用脉冲串周期设置（使用 TRIG:SOUR IMM 命令）。在启用手动或外部触发（或者选择 *门控* 脉冲串模式）时，将忽略脉冲串周期。
- 不可能指定过短的脉冲串周期，否则函数发生器将不能按指定的脉冲串计数和频率进行输出（参见下面的公式）。如果脉冲串周期过短，函数发生器会自动将其调整为重新连续触发脉冲串所需要的值。在远程接口中，将产生 “Data out of range”（数据超出范围）错误，并按照所述的方法调整脉冲串周期。

$$\text{脉冲串周期} > \frac{\text{Burst Count}}{\text{Waveform Frequency}} + 200 \text{ ns}$$

BURSt:PHASe {<角度>|MINimum|MAXimum}**BURSt:PHASe? [MINimum|MAXimum]**

将脉冲串的起始相位设置为前一个 UNIT:ANGL 命令指定的度数或弧度。可选择范围是 -360 度到 +360 度或 -2p 到 +2p 弧度。默认值为 0 度（0 弧度）。MIN = -360 度（-2p 弧度）。MAX = +360 度（+2p）。:PHAS? 查询返回起始相位，以度数或弧度表示。

- 对于正弦波、方波和锯齿波，0 度是波形正向通过 0 V（或 DC 偏移值）的点。
- 脉冲串相位也可用在 *门控* 脉冲串模式中。在门控信号变为 *假* 时，完成当前波形循环，然后函数发生器停止。输出将保持在起始脉冲串相位对应的电压电平上。

BURSt:StAtE {OFF|ON}**BURSt:StAtE?**

禁用或启用脉冲串模式。要避免多个波形更改，在设置其他调制脉冲串参数之后可以启用脉冲串模式。默认情况下为 OFF。:STAT? 查询返回 “0” (OFF) 或 “1” (ON)。

- 函数发生器不允许在启用扫描或任意调制模式的同时启用脉冲串模式。在启用脉冲串时，将关闭扫描或调制模式。

UNIT:ANGLe {DEGree|RADian}**UNIT:ANGLe?**


使用 BURS:PHAS 命令（仅用于远程接口），可将脉冲串起始相位设置为度数或弧度。默认情况下是 DEG。:ANGL? 查询返回 “DEG” 或 “RAD”。

- 在前面板中，起始相位总是显示为度数（不可使用弧度）。如果在远程接口中将起始相位设置为弧度，然后返回前面板操作，您将发现函数发生器将相位转换为度数。

TRIGger:SOURce {IMMEDIATE|EXTERNAL|BUS}**TRIGger:SOURce?**

仅为触发脉冲串模式选择触发源。在触发脉冲串模式中，函数发生器每次接收触发时都将输出一个具有指定循环数（脉冲串计数）的波形。在已输出指定的循环数之后，函数发生器停止并等待下一个触发。默认情况下为 IMM。:SOUR? 查询返回 “IMM”、“EXT” 或 “BUS”。

- 在选择立即（内部）源时，脉冲串产生的频率是由脉冲串周期决定的（使用 BURS:INT:PER 命令）。
- 在选择外部源时，函数发生器将接受一个适用于后面板 Trig In 连接器的硬件触发。每次 Trig In 接收一个 TTL 脉冲（其边沿极性由 TRIG:SLOP 命令指定）时，函数发生器都输出指定的循环数（请参见第 235 页）。在忽略脉冲串期间将出现外部触发源。

- 在选择总线（软件）源时，函数发生器每次接收到一个总线触发命令时，都将输出一个脉冲串。要从远程接口（GPIB、USB 或 LAN）中触发函数发生器，则发送 *TRG（触发）命令。在函数发生器等待总线触发时，前面板的  键被点亮。
- 在选择外部或总线触发源时，脉冲串计数和脉冲串相位仍保持有效，而将忽略脉冲串周期。
- APPLY 命令自动将触发源设置为立即（与 TRIG:SOUR IMM 命令等价）。
- 在选择总线源后要确保同步，则发送 *WAI（等待）命令。执行 *WAI 命令时，函数发生器要等待所有未决操作完成之后，才会执行任何其他命令。例如，下列命令串保证了第一个触发被接受并执行操作后，才识别第二个触发。

```
TRIG:SOUR BUS;*TRG;*WAI;*TRG;*WAI
```

- 在脉冲串完成时，可以使用 *OPC?（操作完成查询）命令或 *OPC（操作完成）命令发出信号。当操作完成时，*OPC? 命令将“1”返回到输出缓冲区。在脉冲串完成时，*OPC 命令设置标准事件寄存器中的“操作完成”位（位 0）。

TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}

TRIGger:SLOPe?

对于一个外部触发脉冲串，在后面板 *Trig In* 连接器上选择函数发生器是使用触发信号的上升沿还是下降沿。默认情况下是 POS（上升沿）。:SLOP? 查询返回“POS”或“NEG”。

BURSt:GATE:POLarity {NORMal|INVerted}**BURSt:GATE:POLarity?**

对于一个外部门控脉冲串，选择函数发生器在后面板 *Trig In* 连接器上是使用真—高还是真—低逻辑。默认值为 NORM（真—高逻辑）。:POL? 查询返回“NORM”或“INV”。

OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}**OUTPut:TRIGger:SLOPe?**

选择“触发输出”信号的上升沿或下降沿。在使用 **OUTP:TRIG** 命令（请见下面）启用时，在脉冲串开始处从后面板 *Trig Out* 连接器中输出具有指定边沿的 TTL 兼容方波。选择“POS”输出具有上升沿的脉冲，或者选择“NEG”输出具有下降沿的脉冲。默认情况下是 POS。:SLOP? 查询返回“POS”或“NEG”。

- 在选择 *立即*（内部）触发源（使用 **TRIG:SOUR IMM** 命令）时，函数发生器在脉冲串开始处从 *Trig Out* 连接器中输出一个方波，占空比为 50%。该波形的频率等于指定的脉冲串周期（使用 **BURS:INT:PER** 命令）。
- 在选择 *外部* 触发源（使用 **TRIG:SOUR EXT** 命令）或在选择 *门控* 模式（使用 **BURS:MODE GAT** 命令；）时，函数发生器自动禁用“触发输出”信号。后面板 *Trig Out* 连接器不能同时用于两个操作（外部触发波形使用相同的连接器触发脉冲串）。
- 在选择 *总线*（软件）触发源（使用 **TRIG:SOUR BUS** 命令）时，函数发生器在每个脉冲串的开始时从 *Trig Out* 连接器中输出一个脉冲（>1 ms 脉冲宽度）。

OUTPut:TRIGger {OFF|ON}**OUTPut:TRIGger?**


禁用或启用“触发输出”信号（仅用于脉冲串和扫描）。启用时，在脉冲串开始处从后面板的 *Trig Out* 连接器中输出具有指定边沿的 TTL 兼容方波（使用 **OUTP:TRIG:SLOP** 命令）。默认情况下为 OFF。:TRIG? 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

触发命令

仅适用于扫描和脉冲串。另见第 3 章中起始于第 121 页的“触发”。

TRIGger:SOURce {IMMEdiate|EXTernal|BUS} TRIGger:SOURce?

选择函数发生器接受其触发的触发源。函数发生器将接受立即内部触发、后面板 *Trig In* 连接器中的硬件触发或软件（总线）触发。默认情况下为 IMM。:SOUR? 查询返回“IMM”、“EXT”或“BUS”。

- 选择立即（内部）源时，在启用扫描模式或脉冲串模式后函数发生器连续输出。
- 在选择外部源时，函数发生器将接受一个适用于后面板 *Trig In* 连接器的硬件触发。每次 *Trig In* 接收一个 TTL 脉冲（其边沿极性由 TRIG:SLOP 命令指定）时，函数发生器都将启动一个扫描或者输出一个脉冲串（请参见第 238 页）。
- 在选择总线（软件）源时，每次接收到一个总线触发命令时，函数发生器都将启动一个扫描或输出一个脉冲串。在选择总线源时，要从远程接口（GPIB、USB 或 LAN）中触发函数发生器，则发送 *TRG（触发）命令。在函数发生器等待总线触发时，前面板的  键被点亮。
- APPLY 命令自动将触发源设置为立即（与 TRIG:SOUR IMM 命令等价）。

- 在选择总线源后要确保同步，则发送 ***WAI**（等待）命令。执行 ***WAI** 命令时，函数发生器要等待所有未决操作完成之后，才会执行任何其他命令。例如，下列命令串保证了第一个触发被接受并执行操作后，才识别第二个触发。

TRIG:SOUR BUS;*TRG;*WAI;*TRG;*WAI

- 在扫描或脉冲串完成后，可以使用 ***OPC?**（操作完成查询）命令或 ***OPC**（操作完成）命令发出信号。在扫描或脉冲串操作完成时，***OPC?** 命令将“1”返回到输出缓冲区。在扫描或脉冲串完成时，***OPC** 命令设置标准事件寄存器中的“操作完成”位（位0）。

TRIGger

从远程接口中触发扫描或脉冲串。该命令可用于任一个可用的触发源（使用 **TRIG:SOUR** 命令）。例如，您可以从远程接口发出触发，然后对任何可用触发源使用此命令（**TRIG:SOUR** 命令）。

***TRG**

只有当前选择了总线（软件）触发源（使用 **TRIG:SOUR BUS** 命令）时，才能从远程接口中触发扫描或脉冲串。

TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}

TRIGger:SLOPe?

选择在后面板 *Trig In* 连接器上函数发生器是使用触发信号的上升沿还是下降沿。默认情况下是 POS（上升沿）。**:SLOP?** 查询返回“POS”或“NEG”。

BURSt:GATE:POLarity {NORMal|INVerted}

BURSt:GATE:POLarity?

对于一个外部门控脉冲串，选择函数发生器在后面板 *Trig In* 连接器上是使用真一高还是真一低逻辑。默认值为 NORM（真一高逻辑）。**:POL?** 查询返回“NORM”或“INV”。

OUTPut:TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
OUTPut:TRIGger:SLOPe?

选择“触发输出”信号的上升沿或下降沿。在使用 **OUTP:TRIG** 命令（请见下面）启用时，在扫描或脉冲串开始时从后面板 *Trig Out* 连接器中输出具有指定边沿的 TTL 兼容方波。选择“POS”输出具有上升沿的脉冲，或者选择“NEG”输出具有下降沿的脉冲。默认情况下是 POS。**:SLOP?** 查询返回“POS”或“NEG”。

- 在选择立即（内部）触发源（使用 **TRIG:SOUR IMM** 命令）时，函数发生器在脉冲串开始处从 *Trig Out* 连接器中输出一个方波，占空比为 50%。波形周期等于指定的扫描时间（使用 **SWE:TIME** 命令）或脉冲串周期（使用 **BURS:INT:PER** 命令）加上 1 ms。
- 在选择外部触发源（使用 **TRIG:SOUR EXT** 命令）时，函数发生器自动禁用“触发输出”信号。后面板 *Trig Out* 连接器不能同时用于两个操作（外部触发波形使用相同的连接器触发扫描或脉冲串）。
- 在选择总线（软件）触发源（使用 **TRIG:SOUR BUS** 命令）时，函数发生器在每个扫描或脉冲串的开始处从 *Trig Out* 连接器中输出一个脉冲（>1 ms 脉冲宽度）。

OUTPut:TRIGger {OFF|ON}
OUTPut:TRIGger?

禁用或启用“触发输出”信号（仅用于扫描和脉冲串）。启用时，在扫描或脉冲串开始处从后面板的 *Trig Out* 连接器中输出具有指定边沿的 TTL 兼容方波（使用 **OUTP:TRIG:SLOP** 命令）。默认情况下为 OFF。**:TRIG?** 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

任意波形命令（选件 002）

另见第 3 章中起始于第 127 页的“可选任意波形（选件 002）”。

注意

任意波形还可用于 33210A（选件 002）。要升级 33210A 以包含任意波形功能，请转至 www.keysight.com/find/33210U。

任意波形概述

下面概述了通过远程接口下载和输出任意波形所需的步骤。在第 242 页列出了任意波形所使用的命令。*有关下载和输出任意波形内部操作的详细信息，请参考第 7 章，“教程”。*

注意

您可以将具有最多 8,192（8K）个点的波形从 PC 下载到 Keysight 33210A。

注意

第 6 章，“应用程序”中包含了一个示例程序，说明了如何将任意波形下载到 Keysight 33210A 上。

1 将波形点下载到易失性存储器中。

每个波形可以下载 1 个（DC 信号）到 8,192（8K）点。可以将这些点下载为浮点值、二进制整数值或十进制整数值。使用 **DATA** 命令可下载浮点值，值范围是 -1.0 到 +1.0。使用 **DATA:DAC** 命令可下载二进制整数或十进制整数值，值范围是 -8191 到 +8191。

*要保证二进制数据被完全下载，您必须使用 **FORM:BORD** 命令选择下载字节的次序。*

2 选择波形频率、振幅和偏移。

使用 `APPLY` 命令或等价的 `FREQ`、`VOLT` 和 `VOLT:OFFS` 命令，来选择波形的频率、振幅和偏移。

3 将任意波形复制到非易失性存储器。

可以直接从易失性存储器中输出任意波形，或者可以使用 `DATA:COPY` 命令将波形复制到非易失性存储器中。

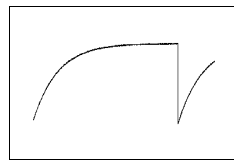
4 选择要输出的任意波形。

可以选择 5 个内置任意波形中的一种、4 个用户定义波形中的一种，或者当前下载到易失性存储器中的波形。使用 `FUNC:USER` 命令来选择波形。

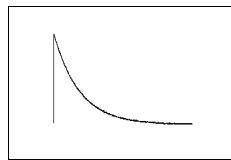
5 输出已选定的任意波形。

使用 `FUNC USER` 命令来输出先前用 `FUNC:USER` 命令选定的波形。

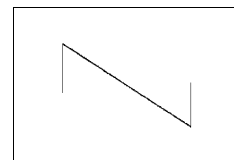
5 个内置任意波形显示如下。



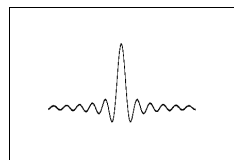
指数上升



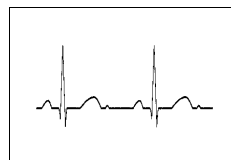
指数下降



负锯齿波



正弦波



心电图波

任意波形命令

*OPT?

查询当前是否启用了可选任意波形。如果启用了任意波形，则返回“002”。如果没有启用任意波形，则返回“0”。

注意

要升级您的 33210A 任意波形功能（选项 002），请转到 www.keysight.com/find/33210U。

DATA VOLATILE, < 值 >, < 值 >, ...

将值为 -1 到 +1 的浮点值下载到易失性存储器中。每个波形可以下载 1 到 8,192 (8K) 个点。该函数发生器采用指定的点数，并加以扩展来写入波形存储器。

- 值 -1 和 +1 对应于波形的峰值（假设偏移为 0 V）。例如，如果将振幅设置为 10 Vpp（0 V 偏移），则“+1”对应于 +5 V，“-1”对应于 -5 V。
- 如果波形数据点没有横跨输出 DAC（数模转换器）的全部标度范围，则最大振幅将是受限制的。例如，内置的“正弦”波形不能使用 -1 间整个范围的值，因此其最大振幅为 6.087 Vpp（以 50 欧姆端接）。
- 下载浮点值（使用 DATA VOLATILE）比下载二进制值（使用 DATA:DAC VOLATILE）速度要慢，但在使用返回值为 -1 到 +1 之间的三角函数时更方便。
- DATA 命令覆盖易失性存储器中的上一个波形（不生成波形）。使用 DATA:COPY 命令将波形复制到非易失性存储器中。
- 在非易失性存储器中，最多可存储四个用户定义的波形。使用 DATA:DEL 命令删除易失性存储器中的波形，或者非易失性存储器中 4 个用户定义波形中的任一个。使用 DATA:CAT? 命令列出当前存储在易失性和非易失性存储器（也就是 5 个内置波形）中的所有波形。

- 在将波形数据下载到存储器之后，使用 `FUNC:USER` 命令来选择活动的波形，并使用 `FUNC USER` 命令将其输出。
- 下面的语句说明如何使用 `DATA` 命令，将 7 个点下载到易失性存储器中。

```
DATA VOLATILE, 1, .67, .33, 0, -.33, -.67, -1
```

DATA:DAC VOLATILE, {< 二进制数据块>|< 值>, < 值>, . . . }

将 -8191 到 +8191 范围内的二进制或十进制整数值下载到易失性存储器中。采用 IEEE-488.2 二进制数据块格式或者作为值列表，每个波形可以下载 1 到 8,192 (8K) 个点。值的范围与可用于内部 14 位 DAC (数模转换器) 代码的值相对应。该函数发生器采用指定的点数，并加以扩展来写入波形存储器。

- 值 -8191 和 +8191 对应于波形的峰值 (假设偏移为 0 V)。例如，如果将输出振幅设置为 10 Vpp，则 “+8191” 对应于 +5 V，而 “-8191” 对应于 -5 V。
- 如果波形数据点没有横跨输出 DAC 的全部标度范围，则最大振幅将受限制。例如，内置的 “正弦” 波形不能使用 ±8191 间整个范围的值，因此其最大振幅为 6.087 Vpp (以 50 欧姆端接)。
- `DATA:DAC` 命令覆盖易失性存储器中的上一个波形 (不生成错误)。使用 `DATA:COPY` 命令将波形复制到非易失性存储器中。
- 在非易失性存储器中，最多可存储四个用户定义的波形。使用 `DATA:DEL` 命令删除易失性存储器中的波形，或者非易失性存储器中 4 个用户定义波形中的任一个。使用 `DATA:CAT?` 命令列出当前存储在易失性和非易失性存储器 (也就是 5 个内置波形) 中的所有波形。
- 在将波形数据下载到存储器之后，使用 `FUNC:USER` 命令来选择活动的波形，并使用 `FUNC USER` 命令将其输出。

- 下面的语句说明了如何使用 `DATA:DAC` 命令以二进制数据块格式下载 7 个整数点（另请参见下面的“[使用 IEEE-488.2 二进制数据块格式](#)”）。

```
DATA:DAC VOLATILE, #214 二进制数据
```

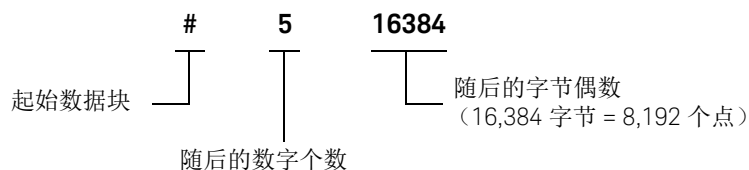
- 下面的语句说明如何使用 `DATA:DAC` 命令以十进制格式下载 5 个整数点。

```
DATA:DAC VOLATILE, 8191, 4096, 0, -4096, -8191
```

注意

使用 IEEE-488.2 二进制数据块格式

在二进制数据块格式中，*数据块报头*置于波形数据之前。数据块报头具有以下格式：



此函数发生器将二进制数据表示为 16 位的整数，这种整数将作为两个字节发送。因此，**字节总数始终是波形中数据点数目的两倍**（并且必须总是**偶数**）。例如，下载一个具有 8,192 点的波形需要 16,384 个字节。

使用 `FORM:BORD` 命令选择数据块模式中二进制传输的字节顺序。如果指定 `FORM:BORD NORM`（默认情况下），则假定每个数据点的最高有效字节（MSB）是第一个字节。如果指定 `FORM:BORD SWAP`，则假定每个数据点的最低有效字节（LSB）是第一个字节。大多数计算机使用“交换”字节次序。

FORMat:BORDER {NORMal|SWAPped} **FORMat:BORDER?**

仅用于二进制数据块传输。使用 **DATA:DAC** 命令选择数据块模式中二进制传输的字节顺序。默认情况下是 **NORM**。:**BORDER?** 查询返回 “**NORM**” 或 “**SWAP**”。

- 在 **NORM** 字节次序（默认情况下）中，假定每个数据点的最高有效字节（**MSB**）是第一个字节。
- 在 **SWAP** 字节次序中，假定每个数据点的最低有效字节（**LSB**）是第一个字节。大多数计算机使用 “交换” 字节次序。
- 该函数发生器将二进制数据表示为有正负之分的 16 位整数，作为两个字节发送。因此，每个波形数据点都需要 16 位，这在函数发生器接口上作为两个字节来传输。

DATA:COPY < 目标任意波形名称 > [,VOLATILE]

将易失性存储器中的波形复制为非易失性存储器中指定的名称。复制的来源总是 “易失性” 的。您不能从任何其他源中复制，也不能复制到 “易失性” 存储器中。

- 任意波形名称最多可包含 12 个字符。第一个字符必须是字母（**A-Z**），其他的字符可以是数字（**0-9**）或下划线字符（**_**）。不允许使用空格。如果指定名称超过 12 个字符，将产生 “Program mnemonic too long” 错误。
- **VOLATILE** 参数是可选的并且可以省略。请注意关键字 “**VOLATILE**” 不具有缩写格式。
- 下列内置波形名称为保留名称，不能用于 **DATA:COPY** 命令：“**EXP_RISE**”、“**EXP_FALL**”、“**NEG_RAMP**”、“**SINC**” 和 “**CARDIAC**”。如果指定其中一个内置的波形，则将产生 “Cannot overwrite a built-in waveform”（无法覆盖内置波形）错误。
- 该函数发生器不区分大写和小写字母。因此，**ARB_1** 和 **arb_1** 是相同的名称。所有字符都被转换为大写。

- 如果复制为一个已存在的波形，则将覆盖以前的波形（不产生错误）。但是，不能覆盖 5 个内置波形中的任何一个。
- 在非易失性存储器中，最多可存储四个用户定义的波形。如果存储器已满，而您试图将一个新波形复制到非易失性存储器中，则将产生“Not enough memory”的错误。使用 **DATA:DEL** 命令删除易失性存储器中的波形，或者非易失性存储器中 4 个用户定义波形中的任一个。使用 **DATA:CAT?** 命令列出当前存储在易失性和非易失性存储器中的所有波形。默认选择为 **EXP_RISE**。
- 下面的语句说明如何使用 **DATA:COPY** 命令将 VOLATILE 波形复制到存储名称为“ARB_1”的波形中。

```
DATA:COPY ARB_1, VOLATILE
```

FUNCTION:USER {< 任意波形名称>|VOLATILE}

FUNCTION:USER?

可以选择 5 个内置任意波形中的一种、4 个用户定义波形中的一种，或者当前下载到易失性存储器中的波形。**:USER?** 查询返回“EXP_RISE”、“EXP_FALL”、“NEG_RAMP”、“SINC”、“CARDIAC”、“VOLATILE”，或者是在非易失性存储器中任何一个用户定义波形的名称。默认选择为“EXP_RISE”。

- 请注意，该命令不会输出已选择的任意波形。使用 **FUNC USER** 命令（请见下一页）输出已选定的波形。
- 5 个内置任意波形的名称为：“EXP_RISE”、“EXP_FALL”、“NEG_RAMP”、“SINC”和“CARDIAC”。
- 要选择当前存储在易失性存储器中的波形，请指定 VOLATILE 参数。关键字“VOLATILE”不具有缩写格式。
- 如果选择一个当前未下载的波形名称，则将产生一个“Specified arb waveform does not exist”（指定的任意波形不存在）错误。

- 该函数发生器不区分大写和小写字母。因此，**ARB_1** 和 **arb_1** 是相同的名称。所有字符都被转换为大写。
- 使用 **DATA:CAT?** 命令可列出 5 个内置波形的名称（非易失性）、“VOLATILE”（假设波形当前下载到易失性存储器中），以及任何一个用户定义波形的名称（非易失性）。

FUNCTION USER FUNCTION?

选择任意波形函数并输出当前的任意波形。在执行时，该命令输出当前由 **FUNC:USER** 命令选择的任意波形（请参见上一页）。用当前的频率、振幅和偏移电压设置输出选定的波形。**FUNC?** 查询将返回 “SIN”、“SQU”、“RAMP”、“PULS”、“NOIS”、“DC” 或 “USER”。

- 使用 **APPLY** 命令或等价的 **FREQ**、**VOLT** 和 **VOLT:OFFS** 命令，来选择波形的频率、振幅和偏移。
- 如果波形数据点没有横跨输出 DAC（数模转换器）的全部标度范围，则最大振幅将是受限制的。例如，内置的“正弦”波形不能使用 ± 1 间整个范围的值，因此其最大振幅限制为 6.087 Vpp（以 50 欧姆端接）。
- 如果选择任意波形作为 *调制* 波形（“USER”），则将波形自动限制为 4K 个点。通过抽取删除额外的波形点。

DATA:CATalog?

列出当前所有可用于选择的波形名称。返回 5 个内置波形的名称（非易失性）、“VOLATILE”（假设波形当前下载到易失性存储器中），以及所有下载到非易失性存储器中的用户定义波形。

- 如下例所示，返回一连串的带引号的字符串，以逗号分隔。

```
"VOLATILE", "EXP_RISE", "EXP_FALL", "NEG_RAMP",  
"SINC", "CARDIAC", "TEST1_ARB", "TEST2_ARB"
```

- 使用 DATA:DEL 命令删除易失性存储器中的波形，或者任一个非易失性存储器中用户定义的波形。

DATA:NVOLatile:CATalog?

列出下载到非易失性存储器中、所有用户定义的任意波形名称。最多可返回 4 个波形的名称。

- 如下例所示，返回一连串的带引号的字符串，以逗号分隔。如果当前没有下载用户定义的波形，则该命令将返回空字符串（""）。

```
"TEST1_ARB", "TEST2_ARB", "TEST3_ARB", "TEST4_ARB"
```

- 使用 DATA:DEL 命令可删除非易失性存储器中任一个用户定义的波形。

DATA:NVOLatile:FREE?

查询可用于存储用户定义波形的非易失性存储器插槽的数目。返回可用于存储用户定义波形的存储器插槽的数目。返回“0”（存储器已满）、“1”、“2”、“3”或“4”。

DATA:DELeTe < 任意波形名称 >

从存储器中删除指定的任意波形。可以删除易失性存储器中的波形，或者非易失性存储器中 4 个用户定义波形中的任一个。

- 您不能删除当前正在输出的任意波形。如果试图删除该波形，则将产生 “Not able to delete the currently selected active arb waveform” 错误。
- 您不能删除 5 个内置任意波形中的任何一个。如果试图删除这些错误，则将产生 “Not able to delete a built-in arb waveform” 错误。
- 使用 **DATA:DEL:ALL** 命令 *同时全部* 删除易失性存储器中的波形和所有用户定义的非易失性波形。如果当前正在输出其中一个波形，则将产生 “Not able to delete the currently selected active arb waveform”（不能删除当前选定的活动任意波形）错误。

DATA:DELeTe:ALL

从存储器中删除所有用户定义的任意波形。该命令删除易失性存储器中的波形和非易失性存储器中所有用户定义的波形。不删除非易失性存储器中 5 个内置的波形。

- 在参数 **ALL** 之前需要加冒号 (**DATA:DELeTe:ALL**)。如果插入了空格而不是冒号，则函数发生器将试图删除名为 “ALL” 的任意波形。如果在存储器中没有存储该波形，则将产生 “Specified arb waveform does not exist”（指定的任意波形不存在）的错误。
- 使用 **DATA:DEL < 任意波形名称 >** 命令 *一次删除* 一个存储的波形。
- 您不能删除当前正在输出的任意波形。如果试图删除该波形，则将产生 “Not able to delete the currently selected active arb waveform” 错误。
- 您不能删除 5 个内置任意波形中的任何一个。如果试图删除这些错误，则将产生 “Not able to delete a built-in arb waveform” 错误。

DATA:ATTRibute:AVERage? [< 任意波形名称 >]

查询指定任意波形的所有数据点的 *算术平均数* ($-1 \leq \text{平均数} \leq +1$)。默认的任意波形名称是当前活动的 *任意波形* (使用 **FUNC:USER** 命令选择) 的名称。

- 如果查询一个当前未存储在存储器中的波形，则将产生 “Specified arb waveform does not exist” (指定的任意波形不存在) 错误。

DATA:ATTRibute:CFActor? [< 任意波形名称 >]

查询指定任意波形的所有数据点的 *波峰因数*。波峰因数是峰值与波形 RMS 值的比率。默认的任意波形名称是当前活动的 *任意波形* (使用 **FUNC:USER** 命令选择) 的名称。

- 如果查询一个当前未存储在存储器中的波形，则将产生 “Specified arb waveform does not exist” (指定的任意波形不存在) 错误。

DATA:ATTRibute:POINts? [< 任意波形名称 >]

查询指定任意波形的 *点数*。返回值的范围为 1 到 8,192 个点。默认的任意波形名称是当前活动的 *任意波形* (使用 **FUNC:USER** 命令选择) 的名称。

- 如果查询一个当前未存储在存储器中的波形，则将产生 “Specified arb waveform does not exist” (指定的任意波形不存在) 错误。

DATA:ATTRibute:PTPeak? [< 任意波形名称 >]

查询指定任意波形的所有数据点的 *峰峰值*。默认的任意波形名称是当前活动的 *任意波形* (使用 **FUNC:USER** 命令选择) 的名称。

- 该命令返回的值从 “0” 到 “+1.0”，“+1.0” 表示全部振幅都可用。
- 如果波形数据点没有横跨输出 DAC (数模转换器) 的全部标度范围，则最大振幅将是受限制的。例如，内置的 “正弦” 波形不能使用 ± 1 间整个范围的值，因此其最大振幅限制为 6.087 Vpp (以 50 欧姆端接)。
- 如果查询一个当前未存储在存储器中的波形，则将产生 “Specified arb waveform does not exist” (指定的任意波形不存在) 错误。

状态保存命令

本函数发生器的非易失性存储器具有五个存储位置，可以保存仪器状态。位置编号从 0 到 4。在断电时，函数发生器自动使用位置“0”来保持仪器的状态。您也可以从前面板中为每个要使用的位置（1 到 4）指定一个用户定义的名称。

***SAV {0|1|2|3|4}**

在指定的非易失性存储位置中存储（保存）当前的仪器状态。任何以前存储在同一位置的状态都将被覆盖（不产生错误）。

- 您可以在这 5 个存储位置中的任一个位置上存储仪器状态。但是，只能从包含先前已保存状态的存储位置中调用状态。
- 您仅可以从*远程接口*中使用存储位置“0”，来存储第五个仪器状态（您不能从前面板中对该位置进行存储）。然而请注意，在开关电源时，位置“0”被自动覆盖（先前存储的仪器状态将被覆盖）。
- 状态存储特性将“记住”已选定的函数（包括任意波形）、频率、振幅、DC 偏移、占空比、对称性，以及其他使用的任何调制参数。
- 如果在存储仪器状态之后，从非易失性存储器中删除一个任意波形，则将丢失波形数据，并且在调用状态时，函数发生器将不输出该波形。而输出内置的“指数上升”波形，代替被删除的波形。

- 在关闭电源时，函数发生器自动将其状态存储在位置“0”。您可以对函数发生器进行配置，以便电源恢复时自动调用此断电状态。*有关详细信息，请参见第254页的MEM:STAT:REC:AUTO命令。*
- 在存储仪器状态时，也保存前面板显示状态（DISP命令）。在调用仪器状态时，前面板显示屏将返回到以前的状态。
- 仪器复位（*RST命令）不会影响保存在存储器内的配置。一旦保存了一个状态，则在该状态被覆盖或彻底删除之前都一直保存。

***RCL {0|1|2|3|4}**

调用存储在指定的非易失性存储器位置的仪器状态。您不能从空的存储器位置中调用仪器状态。

- 在出厂时，存储位置“1”到“4”是空的（位置“0”为通电状态）。
- 您仅可以从*远程接口*中使用存储位置“0”，来存储第五个仪器状态（您不能从前面板中对该位置进行存储）。然而，要切记在开关电源时，位置“0”被自动覆盖（先前存储的仪器状态将被覆盖）。

MEMory:STATe:NAME {0|1|2|3|4} [, <名称>]

MEMory:STATe:NAME? {0|1|2|3|4}

为指定的存储位置指定一个自定义名称。可以从前面板或通过远程接口命名存储位置，但只能从前面板中按名称来调用状态（*RCL 命令需要数字参数）。

:NAME? 查询返回一个带引号的字符串，它包含当前为指定的存储位置分配的名称。如果没有为指定的位置分配一个用户定义的名称，则将返回默认名称（“AUTO_RECALL”、“STATE_1”、“STATE_2”、“STATE_3”或“STATE_4”）。

- 名称最多可包含 12 个字符。第一个字符必须是字母（A-Z），其他的字符可以是字母、数字（0-9）或下划线字符（“_”）。不允许使用空格。如果指定的名称超出 12 个字符，会出现错误。示例如下所示。

MEM:STATE:NAME 1,TEST_WFORM_1

- 从前面板中，不能指定一个自定义名称来存储位置“0”。
- 如果不指定名称（请注意名称参数是可选的），就给该位置指定默认名称。这提供了清除名称的方法（但是，不删除存储状态）。
- 本函数发生器将不阻止给不同的存储位置指定相同的名称。例如，您可以给位置“1”和位置“2”指定相同的名称。

MEMory:STATe:DELeTe {0|1|2|3|4}

删除指定存储位置的内容。如果已经给位置指定了一个用户定义的名称（使用

MEM:STAT:NAME 命令），则该命令也将删除指定的名称，并恢复默认名称

（“AUTO_RECALL”、“STATE_1”、“STATE_2”等）。请注意，您不能从空的存储器位置中调用仪器状态。如果试图调用已删除的状态，则将产生错误。

MEMory:STATe:RECall:AUTO {OFF|ON}**MEMory:STATe:RECall:AUTO?**

在接通电源时，从存储位置“0”中禁用或启用断电状态的自动调用。在接通电源时，选择“ON”自动调用断电状态。在接通电源时（未自动调用状态“0”），选择“OFF”（默认情况下）会进行复位（*RST 命令）。:AUTO? 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

MEMory:STATe:VALid? {0|1|2|3|4}

查询指定的存储位置，以确定是否该位置当前已存储有效的状态。在发出 *RCL 命令之前可以使用该命令，来确定是否此位置中以前存储了状态。如果未存储状态，或者已被删除，则返回“0”。如果在指定的位置中已存储有效的位置，则返回“1”。

MEMory:STATe:CATalog?

将所分配的名称返回到存储位置 0–4。如果未分配任何用户定义的名称，则查询将返回出厂默认值：“AUTO_RECALL”、“STATE_1”、“STATE_2”、“STATE_3”、“STATE_4”。

除非已定义新名称，否则此命令将返回位置 0 的出厂默认名称（“AUTO_RECALL”）。尽管可以为位置 0 定义一个名称，但当关闭并重新打开电源时会改写此名称，并在此位置存储新的断电状态。

MEMory:NStates?

查询可用于状态存储的存储器位置的总数。总是返回“5”（包括存储器位置“0”）。

与系统相关的命令

另见第 3 章中起始于第 134 页的“系统相关操作”。

SYSTem:ERRor?

从函数发生器的*错误队列*中读取并清除一个错误。在错误队列中最多可以记录 20 个命令语法错误或硬件错误。*有关错误的完整列表，请参见第 5 章。*

- 以先进先出（FIFO）的顺序检索错误。返回的第一个错误即是存储的第一个错误。读取错误时，错误即被清除。每次产生一个错误，函数发生器就会发出蜂鸣声（除非已使用 SYST:BEEP:STAT 命令禁用该功能）。
- 如果产生的错误超过 20 个，存储在队列中的最后一个错误（最新错误）会被替换为“Queue overflow”。除非删除队列中的错误，否则不再存储其他错误。如果在读取错误队列时没有出现错误，则函数发生器将响应“No error”。
- 可以使用 *CLS（清除状态）命令或在打开然后关闭电源后清除错误队列。当您读取队列时，错误也被清除。复位（*RST 命令）时不会清除错误队列。
- 错误消息的格式如下（错误字符串最多可包含 255 个字符）。

```
-113,"Undefined header"
```

***IDN?**

读取函数发生器的标识字符串，它包含 4 个由逗号分隔的字段。第一个字段是制造商的名称，第二个字段是型号，第三个字段是序列号，第四个字段是由破折号分隔的四个数字组成的修订版代码。

该命令返回具有下列格式的字符串（确保字符串变量的大小至少为 50 个字符）：


Keysight Technologies,33210A,< 序列号 >,f.ff-b.bb-aa-p

f.ff = 固件修订版号
b.bb = 引导内核修订版号
aa = ASIC 修订版号
p = 印刷电路板修订版号

DISPlay {OFF|ON}

DISPlay?

禁用或启用函数发生器前面板显示屏。在禁用时，前面板显示屏上不显示任何内容（但是，用于显示屏背光照明的灯泡还在启用）。**DISP?** 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

- 由于禁用了前面板显示屏，从远程接口中执行命令的速度就会有一些提高。
- 从远程接口中发送到前面板显示屏的消息将（使用 **DISP:TEXT** 命令）使显示屏状态设置无效。这意味着即使禁用显示屏，您也可以显示消息（即使禁用显示屏，也总是会显示远程接口错误）。
- 在开关电源时、仪器复位后（使用 **(*RST)** 命令），或者返回本地操作（前面板）时，自动启用显示屏。按  键，或从远程接口中执行 IEEE-488 GTL (*Go To Local*) 命令，返回本地状态。
- 在使用 ***SAV** 命令存储仪器状态时，也将保存显示屏状态。在使用 ***RCL** 命令调用该仪器状态时，前面板显示屏将返回以前的状态。

DISPlay:TEXT < 带引号的字符串 >**DISPlay:TEXT?**

在函数发生器的前面板显示屏上显示文本消息。发送到显示屏的文本消息将使由 **DISP** 命令设置的显示屏状态无效。 **:TEXT?** 查询读取发送到前面板显示器的消息，并返回带有引号的字符串。

- 您可以使用大写或小写字母（A-Z）、数字（0-9），以及标准计算机键盘上的其他字符。取决于在字符串中指定的字符个数，函数发生器将选择两种字体大小中的一种，来显示此消息。使用大字体可以显示大约 12 个字符，使用小字体可以显示大约 40 个字符。示例如下所示。

DISP:TEXT 'Test in Progress...'

- 在显示消息的同时，与输出波形相关的信息（例如频率和振幅）不被发送到前面板显示屏上。

DISPlay:TEXT:CLEAr

清除当前在函数发生器的前面板显示屏上显示的文本消息。

- 如果当前启用显示屏（使用 **DISP ON** 命令），则 **DISP:TEXT:CLEAR** 命令将返回常规的前面板显示屏模式。
- 如果当前禁用显示屏（使用 **DISP OFF** 命令），则 **DISP:TEXT:CLEAR** 命令将清除消息，但仍禁用显示屏。要启用显示屏，则发送 **DISP ON** 命令，按 **Local** 键，或者对于 GPIB 或 USB 发出 **GTL (Go To Local)** 命令。（对于 LAN，可以发出 **SYST:COMM:RLST LOC** 命令。）

***RST**

将函数发生器复位到其出厂默认状态，而不管 **MEM:STAT:REC:AUTO** 命令的设置如何。然而，***RST** 不会影响在 *非易失性* 存储器中存储的仪器状态、任意波形或 I/O 设置。该命令将异常中断正在进行的扫描或脉冲串，并且如果先前禁用了前面板的显示屏（使用 **DISP OFF** 命令），该命令将重新启用。

***TST?**

执行函数发生器的全面自检。返回“+0”（PASS）或“+1”（FAIL）。如果测试失败，将产生一条或多条错误消息，以说明测试失败的具体原因。使用 **SYST:ERR?** 命令来读取错误队列（请参见第 255 页）。

SYSTem:VERSion?

查询函数发生器，以确定当前的 SCPI 版本。返回的字符串格式为“YYYY.V”，其中“YYYY”表示版本的发行年份，而“V”表示该年份的版本号（例如，1999.0）。

SYSTem:BEEPer

立刻发出蜂鸣声。

SYSTem:BEEPer:STATe {OFF|ON}**SYSTem:BEEPer:STATe?**

禁用或启用在从前面板或远程接口上产生错误时发出声音。当前选项保存在 *非易失性* 存储器中。:STAT? 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

SYSTem:KLOCK[:STATe] {OFF|ON}

将前面板键盘锁定设置为 OFF（默认）或 ON。使用 :KLOC ON 时，前面板键盘被锁定，其中包括 键，除非该键被排除在锁定范围以外。要锁定键盘但不锁定 键，请在发送 SYST:KLOC ON 之前 *首先* 发送 SYST:KLOC:EXCL LOC。

SYSTem:KLOCK:EXCLude {NONE|LOCa1}**SYSTem:KLOCK:EXCLude?**

- :EXCL NONE 设置（默认）不会排除任何键，SYST:KLOC ON 将锁定 *整个* 键盘，包括 键在内。
- :EXCL LOC 将排除 键，SYST:KLOC ON 将锁定键盘，但 *不包括* 键在内。

SYSTem:SECurity:IMMediate

清除除引导参数和校准常数以外的所有仪器存储器内容。初始化所有仪器设置至其 *RST 值。**破坏所有用户定义的状态信息、用户定义的任意波形和用户定义的 I/O 设置（如 IP 地址）。**该命令通常用于将仪器从一个安全区域移开之前清除所有存储器内容。**建议不要将该命令用于例行应用程序，因为可能会发生数据的意外丢失。**

*LRN?

查询函数发生器并返回一个包含当前设置的 SCPI 命令的字符串（了解字符串）。然后将字符串返回仪器，以便稍后恢复该状态。为获得正确操作，在将返回的字符串发送到函数发生器之前，不对其进行修改。返回的字符串大约包含 1,500 个字符。为避免仪器错误，在向仪器发送学习字符串之前请先执行 *RST 命令。

*OPC

在执行完前面所有命令之后，在标准事件寄存器中设置“操作已完成”位（位 0）。在设置位之前，可以执行其他命令。在已触发的扫描或已触发的脉冲串模式中使用该命令，以便提供一种在完成 *TRG 命令之后轮询或中断计算机的方法。

*OPC?

在执行完前面的命令之后，将“1”返回到输出缓冲器。在此命令完成之前，无法执行其他命令。

*OPT?

查询当前是否启用了可选任意波形。如果启用了任意波形，则返回“002”。如果没有启用任意波形，则返回“0”。

注意

要将 33210A 升级为包含任意波形功能（选件 002），请转到 www.keysight.com/find/33210U。

*WAI

等待所有未决操作完成之后，再通过接口执行任何其他命令。

接口配置命令

另请参见第 3 章中第 143 页的“远程接口配置”。

远程 / 本地仪器状态命令：

以下命令在 Telnet 或套接字会话中通过 LAN 接口设置函数发生器的远程 / 本地状态。这些命令通过 GPIB 和 USB 接口提供类似于 GTL（Go To Local）等 IEEE-488.2 命令的控制。

SYSTem:LOCa1

将仪器状态设置为本地（普通上电默认状态）。删除任何指示符，并解除对前面板键盘的锁定。

SYSTem:REMOte

将仪器状态设置为远程。显示远程指示符并锁定键盘（**Local** 键除外）。

SYSTem:RWLOCK

将仪器状态设置为远程带锁定。显示 rwl 指示符并锁定键盘（包括 **Local** 键）。

SYSTem:COMMunicate:RLState {LOCa1|REMOte|RWLOCK}

此命令执行与前面三个命令相同的功能。

- **LOCa1** —（默认）。将仪器状态设置为本地。删除任何指示符，并解除对前面板键盘的锁定。
- **REMOte** — 将仪器状态设置为远程。显示远程指示符并锁定键盘（**Local** 键除外）。
- **RWLOCK** — 将仪器状态设置为远程带锁定。显示 rwl 指示符并锁定键盘（包括 **Local** 键）。

GPIB 接口命令:**SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRESS < 地址 >****SYSTem:COMMunicate:GPIB:ADDRESS?**

为 33210A 设置 GPIB (IEEE-488) 地址。GPIB 地址可以取 0 和 30 之间的任意值。出厂默认值为 10。

 LAN 接口命令:**SYSTem:COMMunicate:LAN:AUTOip[:STATE] {OFF|0|ON|1}****SYSTem:COMMunicate:LAN:AUTOip[:STATE]?**

禁用或启用以 Auto-IP 标准向 33210A 自动分配 IP 地址。出厂设置为启用 (ON)。查询返回 “0” (OFF) 或 “1” (ON)。

- 如果更改了 Auto-IP 设置，则必须关闭并重新打开仪器电源才能激活新设置。
- Auto-IP 分配 link-local 地址范围 (169.254.xxx.xxx) 内的 IP 地址。
- 自动 IP 设置存储于非易失存储器中，即使关闭电源时或仪器复位 (*RST) 后该设置也不会更改。

SYSTem:COMMunicate:LAN:IPADDRESS < 地址 >**SYSTem:COMMunicate:LAN:IPADDRESS?**

为 33210A 分配静态 Internet Protocol (IP) 地址，如果 DHCP 或 Auto-IP 无法分配 IP 地址，将使用这种方法。出厂设置是 “169.254.2.20”。要使用有效的 IP 地址，请联系网络管理员。查询返回当前的静态 IP 地址。

- 如果更改了 IP 地址设置，则必须关闭并重新打开仪器电源才能激活新设置。
- IP 地址存储于非易失存储器中，即使关闭电源时或仪器复位 (*RST) 后该设置也不会更改。

注意

有关点分地址的详细信息：必须谨慎表达点分地址（“nnn.nnn.nnn.nnn”，其中“nnn”是字节值），因为 PC 上的大多数网络软件将带有前置零的字节值解释为八进制数。例如，“255.255.020.011”实际上等于十进制“255.255.16.9”，而非“255.255.20.11”，因为以八进制表示的“.020”被解释为“16”，“.011”被解释为“9”。为避免混淆，请只使用十进制来表示字节值（0 到 255），不要带有前置零。

例如，33210A 假定所有点分地址都表示为十进制字节值，并从这些字节值中去掉所有前置零。因此，如果尝试将 IP 地址设置为“255.255.020.011”，则会变为“255.255.20.11”（纯十进制表示法）。确保在 PC 网络软件中输入准确的表示法“255.255.20.11”，这样才能确定仪器的地址。请勿使用“255.255.020.011”——由于存在前置零，PC 会对此地址做出不同解释。

SYSTEM:COMMunicate:LAN:LIPaddress?

返回点分形式的“上次使用的有效 Auto IP 地址”（例如：“169.254.20.11”）。

SYSTEM:COMMunicate:LAN:MAC?

返回 33210A 的介质访问控制（MAC）地址。这是制造商向每个唯一的 Internet 设备所分配的不可更改的 48 位地址。MAC 地址表示为 12 个十六进制字符，形式为“XX-XX-XX-XX-XX-XX”（例如，“00-30-D3-00-10-41”）。

SYSTEM:COMMunicate:LAN:MEDIasense {OFF|0|ON|1}**SYSTEM:COMMunicate:LAN:MEDIasense?**

禁用或启用 MEDIasense 功能。启用时，此功能检测丢失超过 20 秒的 LAN 连接，然后检测到重新连接时就重新启动 LAN。出厂设置为启用（ON）。查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

- 如果更改了 MEDIasense 设置，则必须关闭并重新打开仪器电源才能激活新设置。
- MEDIasense 设置存储于非易失存储器中，即使关闭电源时或仪器复位（*RST）后该设置也不会更改。

SYSTem:COMMunicate:LAN:NETBios {OFF|0|ON|1}**SYSTem:COMMunicate:LAN:NETBios?**

- 禁用或启用以 NETBios 向 33210A 自动分配 IP 地址，以便在使用 NETBios 命名服务的专用网络上进行点对点命名。出厂设置为启用（ON）。查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。
- 如果更改了 NETBios 设置，则必须关闭并重新打开仪器电源才能激活新设置。
- NETBios 设置存储于非易失存储器中，即使关闭电源时或仪器复位（*RST）后该设置也不会更改。

SYSTem:COMMunicate:LAN:TELNet:PROMpt < 字符串 >**SYSTem:COMMunicate:LAN:TELNet:PROMpt?**

设置在使用 Telnet 会话与 33210A 进行通信时显示的命令提示符。默认提示符是“33210A>”。

- 33210A 使用 LAN 端口 5024 进行 Telnet 会话。
- Telnet 会话通常可以从主机计算机 shell 按照以下方式启动：
telnet <IP 地址> < 端口 >
- 例如：
telnet 169.254.2.20 5024
- 要退出 Telnet 会话，请按 <Cntr-D>。
- 提示符是用引号括起来的不超过 15 个字符的字符串。
- 命令提示符存储于非易失存储器中，即使关闭电源时或仪器复位（*RST）后也不会更改。

SYSTem:COMMunicate:LAN:TELNet:WMEssage < 字符串 >
SYSTem:COMMunicate:LAN:TELNet:WMEssage?

设置使用 Telnet 会话与 33210A 进行通信时显示的欢迎消息。默认欢迎消息是“Welcome to Keysight's 33210A Waveform Generator”（欢迎使用 Keysight 33210A 波形发生器）。

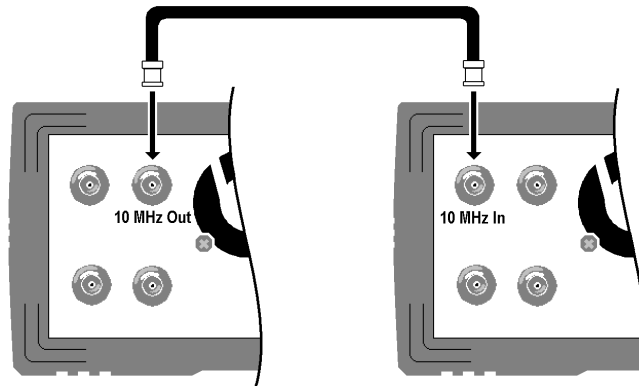
- 33210A 使用 LAN 端口 5024 进行 Telnet 会话。
- 消息是用引号括起来的不超过 63 个字符的字符串。
- 欢迎消息存储于非易失存储器中，即使关闭电源时或仪器复位（*RST）后也不会更改。

LAN 端口用途

Keysight 33210A 使用 LAN 端口 5024 进行 Telnet 会话，但使用 LAN 端口 5025 进行套接字会话。有关套接字会话的进一步信息，请参见 *Keysight 33210A Product Reference CD* 上提供的白皮书“Socket Connections for LAN-enabled Instruments”。

锁相命令（仅限于选件 001）

后面板 *10 MHz In* 和 *10 MHz Out* 连接器（只有当安装了选件 001 时才存在）允许多个 Keysight 33210A 函数发生器间的同步（请见下面的线路图）或者与一个外部 10 MHz 时钟信号同步。您也可以从前面板或通过远程接口来控制相位偏移。



注意

只有当**所有**这些仪器均安装了选件 001 “外部时基参考”时，您才可以使用下面介绍的相位锁定命令来同步多个 33210A 仪器。该选件提供了 “10 MHz Out” 和 “10 MHz In” 后面板连接器和同步仪器所需的电路。

有关使用这些功能的其他信息，请参见第 153 页上的“外部时基参考（选件 001）”。

PHASe {<angle>|MINimum|MAXimum}

PHASe? [MINimum|MAXimum]

将输出波形的相位偏移调整为上次 **UNIT:ANGL** 命令指定的度数或弧度（不适用于脉冲和噪声）。可选择范围是 -360 度到 $+360$ 度或 -2π 到 $+2\pi$ 弧度。默认值为 0 度（ 0 弧度）。MIN = -360 度（ -2π 弧度）。MAX = $+360$ 度（ $+2\pi$ 弧度）。

PHAS? 查询返回相位偏移，以度数或弧度表示。

- 为了改变与当前锁定的外部信号的相位关系，指定的相位调整将在输出波形中产生“撞击”或“跳跃”。
- 用于锁相应用的相位调整与由 **BURS:PHAS** 命令设置的脉冲串相位无关（请参见第 233 页）。

UNIT:ANGLe {DEGree|RADian}

UNIT:ANGLe?

使用 **PHAS** 命令选择是用度数还是弧度来设置相位偏移（仅用于远程接口）。默认情况下是 DEG。**:ANGL?** 查询返回“DEG”或“RAD”。

- 在前面板中，相位偏移总是显示为度数（不可使用弧度）。如果在远程接口中将起始相位设置为弧度，然后返回前面板操作，您将发现函数发生器将相位转换为度数。

PHASe:REFerence

立即设置新的零相位参考点，但不更改函数发生器的输出。也就是说，此命令重置由 **PHAS?** 命令返回的相位值，但不影响输出波形。它等同于前面板“Utility”菜单中的 **Set 0 Phase** 软键。有关详细信息，请参阅第 153 页上的“外部时基参考（选件 001）”。此命令没有查询形式。

PHASe:UNLock:ERRor:STATe {OFF|ON}

PHASe:UNLock:ERRor:STATe?

如果锁相丢失，则禁用或启用函数发生器生成错误。默认情况下为 OFF。如果锁相丢失并且启用了该命令，则生成“Reference phase-locked loop is unlocked”（参考相位锁定环已解锁）错误消息。解锁错误设置并不存储在非易失性存储器中。即，该设置将在重新加电时丢失。**:STAT?** 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

SCPI 状态系统

本部份说明函数发生器使用的 SCPI 状态系统结构。如下页所示，状态系统在不同的寄存器组中记录仪器的不同条件和状态。每个寄存器组由一些低级寄存器组成（称为条件寄存器、时间寄存器和允许寄存器），这些低级寄存器控制寄存器组中特定位的操作。

什么是条件寄存器？

条件寄存器 可不间断地监控仪器的状态。条件寄存器中的位被实时更新，并且这些位不被闩锁或者置于缓冲器中。它是一种只读寄存器，并且在您读取寄存器时不会清除这些位。查询条件寄存器会返回一个十进制值，该值等于寄存器中设置的所有位的二进制加权值总和。

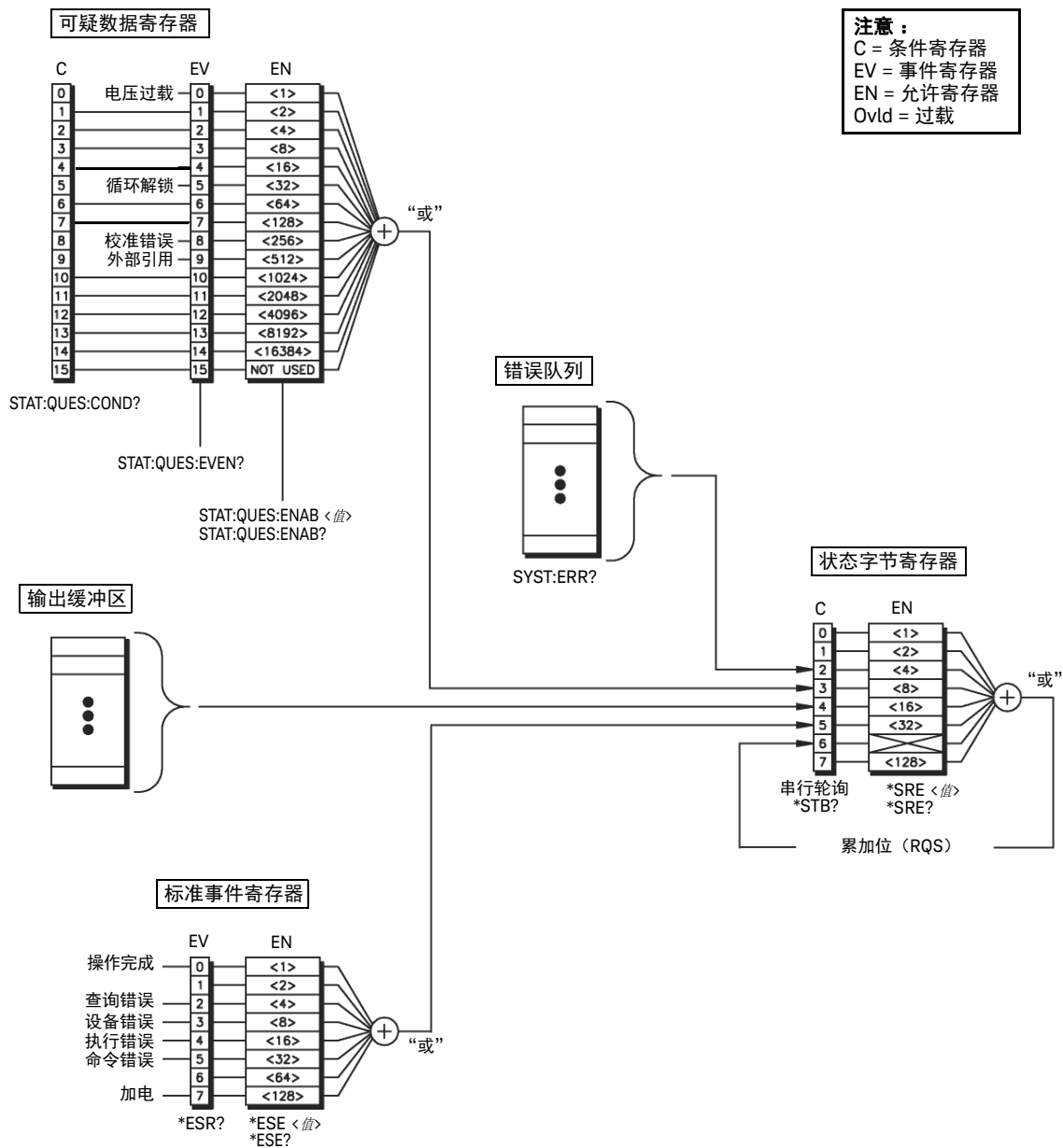
什么是事件寄存器？

事件寄存器 可对条件寄存器中改变的不同事件进行闩锁。在该寄存器中没有缓冲器；在设置事件位时，将忽略该位所对应的随后发生的事件。它是一个只读寄存器。一旦设置了某一位，它将保留设置，直到被查询命令（例如 **STAT:QUES:EVENT?**）或 ***CLS**（清除状态）命令清除位置为止。查询该寄存器会返回一个十进制值，该值等于寄存器中设置的所有位的二进制加权值总和。

什么是允许寄存器？

允许寄存器 可定义事件寄存器中的哪些位将被报告给“状态字节”寄存器组。允许寄存器是可读写的。***CLS**（清除状态）命令将不清除允许寄存器，但它会清除事件寄存器中的所有位。**STAT:PRES** 命令清除允许寄存器中的所有位。要启用允许寄存器中被报告给“状态字节”寄存器的位，必须写入一个十进制值，该值等于相应位的二进制加权值总和。

Keysight 33210A 状态系统



状态字节寄存器

状态字节累加寄存器报告其他状态寄存器的状态。可通过“信息可用”位（第4位）立即报告函数发生器输出缓冲区中待发的数据。从其他一个寄存器组中清除一个事件寄存器，将会清除状态字节条件寄存器中相应的位。读取输出缓冲区中的所有信息，包括任何未决的查询，将清除“信息可用”位。要设置允许寄存器掩码并生成一个SRQ（服务请求），必须使用*SRE命令将一个十进制值写入寄存器。

位定义—状态字节寄存器

位编号	十进制值	定义
0 未使用	1	未使用。返回“0”。
1 未使用	2	未使用。返回“0”。
2 错误队列	4	存储在“错误队列”中的一个或多个错误。
3 可疑数据	8	在可疑数据寄存器中设置一个或多个位（这位必须已启用）。
4 信息可用	16	仪器输出缓冲区中可用的数据。
5 标准事件	32	在标准事件寄存器中设置一个或多个位（这些位必须已启用）。
6 主累加	64	在状态字节寄存器中设置一个或多个位（这些位必须已启用）。
7 未使用	128	未使用。返回“0”。

出现下列情况时，会清除可疑数据 *允许寄存器*：

- 执行 `*CLS`（清除状态）命令。
- 从其他一个寄存器组中读取事件寄存器（只清除条件寄存器中相应的位）。

出现下列情况时，会清除可疑数据 *条件寄存器*：

- 执行 `*SRE 0` 命令。
- 接通电源并已使用 `*PSC 1` 命令配置了函数发生器时，将会清除允许寄存器。请注意，如果先前已使用 `*PSC 0` 命令配置了函数发生器，则接通电源时 *将不会* 清除允许寄存器。

使用服务请求（SRQ）和串行轮询

必须将计算机配置为可响应 IEEE-488 服务请求（SRQ）中断，才能使用该功能。使用状态字节允许寄存器（*SRE 命令）选择哪些条件位作为 IEEE-488 SRQ 线使用。如果第 6 位（RQS）从“0”转换到“1”，那么 IEEE-488 服务请求消息就被发送到计算机上。然后计算机可能通过接口总线对仪器进行轮询，以确定哪一条为服务请求线（即，在串行轮询响应中设置该仪器的第 6 位）。

注意

在发出串行轮询时，在串行轮询响应中清除第 6 位（RQS）而不影响其他位，并且清除服务请求线。不清除 *STB? 响应中的“主累加位”。

要获得串行轮询响应，则发送一条 IEEE-488 串行轮询消息。该仪器发送一个二进制字节的响应。通过 IEEE-488 总线接口硬件，自动处理串行轮询。

注意

与 ASCII 命令和一些其他 GPIB 不同的是，“串行轮询”被立即执行，并且不涉及仪器的主处理器。因此，由串行轮询指明的状态可能不需要表明最近一个命令的影响。使用 *OPC? 命令来确保在执行串行轮询之前，先前发送到仪器的命令已经完成。

使用 *STB? 读取状态字节

*STB? 命令与串行轮询相似，但是它的执行方式与任何其他 ASCII 仪器命令一样。*STB? 命令返回的结果与串行轮询相同，但只要允许的条件仍然保留，就不会清除第 6 位。

只有完成先前的命令后才会通过 IEEE-488 总线接口硬件自动处理 *STB? 命令。不能使用 *STB? 命令清除一个 SRQ。

使用信息可用位（MAV）

可以使用状态字节的“信息可用”位（第4位），来确定何时可将数据读入计算机中。只有在读取了输出缓冲区中的所有信息后，该仪器才清除第4位。

使用 SRQ 中断计算机

- 1 发出“设备清除”消息将函数发生器返回到响应状态，并清除其输出缓冲区（例如，**CLEAR 710**）。
- 2 使用 ***CLS** 命令清除事件寄存器和错误队列。
- 3 设置允许寄存器掩码。使用 ***ESE** 命令配置标准事件允许寄存器，用 ***SRE** 命令配置状态字节允许寄存器。
- 4 发出 ***OPC?** 命令并读取结果以确保同步。
- 5 启用计算机的 **IEEE-488 SRQ** 中断。

确定命令序列何时完成

- 1 发出“设备清除”消息将函数发生器返回到响应状态，并清除其输出缓冲区（例如，**CLEAR 710**）。
- 2 使用 ***CLS** 命令清除事件寄存器和错误队列。
- 3 通过执行 ***ESE 1** 命令，启用标准事件寄存器中的“操作完成”位（位0）。
- 4 发出 ***OPC?** 命令并读取结果以确保同步。
- 5 执行命令串以设定所需的配置，然后将 ***OPC** 命令（操作完成）作为最后一个命令执行。命令序列已完成时，在标准事件寄存器中设置“操作完成”位（位0）。
- 6 使用串行查询查看何时在状态字节条件寄存器中设置了第5位（从标准事件寄存器中发送）。通过发送 ***SRE 32**（状态字节允许寄存器，第5位），还可以为函数发生器配置 **SRQ** 中断。

可疑数据寄存器

可疑数据寄存器组提供有关函数发生器质量或完整性的信息。任一状态或全部状态都可以通过 *允许寄存器* 报告给可疑数据累加位。要设置允许寄存器掩码，必须使用 `STAT:QUES:ENABLe` 命令向寄存器中写入一个十进制的值。

位定义—可疑数据寄存器

位编号	十进制值	定义
0	1	OUTPUT 连接器上的电压过载。 已禁用输出。
1	2	未使用。返回“0”。
2	4	未使用。返回“0”。
3	8	未使用。返回“0”。
4	16	未使用。返回“0”。
5	32	函数发生器丢失锁相。 将影响频率准确度。
6	64	未使用。返回“0”。
7	128	未使用。返回“0”。
8	256	在校准过程中出现错误，或者校准存储器丢失， 或者校准已解密。
9	512	使用外部时基。
10	1024	未使用。返回“0”。
11	2048	未使用。返回“0”。
12	4096	未使用。返回“0”。
13	8192	未使用。返回“0”。
14	16384	未使用。返回“0”。
15	32768	未使用。返回“0”。

出现下列情况时，会清除可疑数据 *事件寄存器*：

- 执行 `*CLS`（清除状态）命令。
- 可以使用 `STAT:QUES:EVEN?` 命令查询事件寄存器。

出现下列情况时，会清除可疑数据 *允许寄存器*：

- 接通电源时（不使用 `*PSC` 命令）。
- 执行 `STAT:PRES` 命令。
- 执行 `STAT:QUES:ENAB 0` 命令。

标准事件寄存器

标准事件寄存器组报告下列类型的事件：加电检测、命令语法错误、命令执行错误、自检或校准错误、查询错误或者已执行的 *OPC 命令。任一状态或全部状态都可以通过 *允许寄存器* 报告给标准事件累加位。要设置允许寄存器掩码，必须使用 *ESE 命令向寄存器中写入一个十进制的值。

位定义—标准事件寄存器

位编号	十进制值	定义
0 操作完成	1	所有 *OPC 之前的命令（包括 *OPC）都已完成， <u>并且重叠的命令</u> （例如，用于脉冲串的 *TRG）也已经完成。
1 <i>未使用</i>	2	未使用。返回“0”。
2 查询错误	4	该仪器试图读取输出缓冲器，但它是空的。或者，在读取上一次查询之前接收到一个新的命令行。或者，输入和输出缓冲区都已满。
3 设备错误	8	出现自检、校准或其他设备特定的错误（请参见第 5 章）。
4 执行错误	16	出现执行错误（请参见第 5 章）。
5 命令错误	32	出现命令语法错误（请参见第 5 章）。
6 <i>未使用</i>	64	未使用。返回“0”。
7 加电	128	自上次读取或清除事件寄存器后，已关闭并打开电源。

出现下列情况时，会清除标准 *事件寄存器*：

- 执行 **CLS* 命令。
- 可以使用 **ESR?* 命令查询事件寄存器。

出现下列情况时，会清除标准事件 *允许寄存器*：

- 执行 **ESE 0* 命令。
- 接通电源并已使用 **PSC 1* 命令配置了函数发生器时，将会清除允许寄存器。请注意，如果先前已使用 **PSC 0* 命令配置了函数发生器，则接通电源时 *将不会* 清除允许寄存器。

状态报告命令

在第 6 章中包含的应用程序说明了状态系统寄存器的使用。

状态字节寄存器命令

请参见第 269 页，以获得有关寄存器位定义的详细内容。

***STB?**

查询该寄存器组中的累加（状态）寄存器。该命令与串行轮询相似，但是它的执行方式与任何其他仪器命令一样。该命令返回的结果与串行轮询的相同，但“主累加”位（第 6 位）不会被 *STB? 命令清除。

***SRE < 允许值 >**

***SRE?**

使状态字节中的位能够生成服务请求。要启用特定位，必须写入一个十进制值，该值等于该寄存器中这些位的二进制加权值总和。在状态字节寄存器的“主累加”位（第 6 位）上对选定的位进行累加。如果有任一个选定的位从“0”变到“1”，则都将产生服务请求信号。*SRE? 查询返回一个十进制值，该值等于由 *SRE? 命令许可的所有位的二进制加权值总和。

- *CLS（清除状态）命令不会清除允许寄存器，但它会清除事件寄存器中的所有位。
- STATus:PRESet 不会清除状态字节允许寄存器中的位。
- *PSC 0 通过开关电源来保存允许寄存器中的内容。

可疑数据寄存器命令

请参见第 273 页，以获得有关寄存器位定义的详细内容。

STATus:QUESTionable:CONDition?

查询该寄存器组中的状态寄存器。它是一种只读寄存器，并且在您读取寄存器时不会清除这些位。查询该寄存器会返回一个十进制值，该值等于寄存器中设置的所有位的二进制加权值总和。

STATus:QUESTionable[:EVENT]?

查询该寄存器组中的事件寄存器。它是一个只读寄存器。一旦设置了某一位，在该命令或 *CLS（清除状态）命令清除之前，都将保持该设置。查询该寄存器会返回一个十进制值，该值等于寄存器中设置的所有位的二进制加权值总和。

STATus:QUESTionable:ENABle < 允许值 >

STATus:QUESTionable:ENABle?

启用该寄存器组中允许寄存器的位。随后将所选位报告给状态字节。*CLS（清除状态）将不清除允许寄存器，但它会清除事件寄存器中的所有位。

STATus:PRESet 命令清除允许寄存器中的所有位。要启用允许寄存器中的位，必须写入一个十进制值，该值等于要在寄存器中启用位的二进制加权值总和。

:ENAB? 查询返回一个十进制值，该值等于由 STAT:QUES:ENAB 命令许可的所有位的二进制加权值总和。

标准事件寄存器命令

请参见第 275 页，以获得有关寄存器位定义的详细内容。

***ESR?**

查询标准事件状态寄存器。一旦设置了某一位，在 *CLS（清除状态）命令清除或该命令查询之前，都将保持其设置。查询该寄存器会返回一个十进制值，该值等于寄存器中设置的所有位的二进制加权值总和。

***ESE < 允许值 >**

***ESE?**

启用要在状态字节中报告的标准事件状态寄存器中的位。在状态字节寄存器的“标准事件”位（第 5 位）上对选定的位进行累加。*ESE? 查询返回一个十进制值，该值等于由 *ESE 命令许可的所有位的二进制加权值总和。

- *CLS（清除状态）命令不会清除允许寄存器，但它会清除事件寄存器中的所有位。
- STATus:PRESet 不会清除状态字节允许寄存器中的位。
- *PSC 0 通过开关电源来保存允许寄存器中的内容。

其他状态寄存器命令

***CLS**

清除所有寄存器组中的事件寄存器。该命令同时清除错误队列，并取消 *OPC 操作。

STATus:PRESet

清除可疑数据允许寄存器和标准操作许可寄存器中的所有位。

***PSC {0|1}**

***PSC?**

*通电状态清除。*在接通电源（*PSC 1）时，清除标准事件允许寄存器和状态字节条件寄存器。在 *PSC 0 起作用时，在接通电源时不会清除这两种寄存器。默认值为 *PSC 1。*PSC? 查询返回通电状态清除设置。返回“0”（在接通电源时不清除）或“1”（在接通电源时清除）。

***OPC**

在执行完前一个命令之后，在标准事件寄存器中设置“操作完成”位（位0）。使用总线触发扫描或脉冲串时，在 *OPC 命令之后和在该寄存器中设置“操作完成”位之前，可以执行命令。

校准命令

有关函数发生器校准功能的概述，请参见第 3 章中起始于第 155 页的“校准概述”。有关函数发生器校准过程的详细讨论，请参见《Keysight 33210A Service Guide》的第 4 章。

CAL:SECure:STATE {OFF|ON}, < 密码 >

CAL:SECure:STATE?

为校准对仪器进行解密或加密。校准密码最多可包含 12 个字符。:STAT? 查询返回“0”（OFF）或“1”（ON）。

CAL:SETup <0|1|2|3| . . . |75>

CAL:SETup?

配置函数发生器的内部状态，以适用于要执行的每个校准步骤。:SET? 查询读取校准设置号，然后返回一个范围在“0”到“75”之间的值。

CAL:VALue < 值 >

CAL:VALue?

指定已知校准信号的值（在《Keysight 33210A Service Guide》的校准过程中简要说明过）。使用 CAL:SET 命令配置函数发生器的内部状态，以适用于要执行的每个校准步骤。:VAL? 查询返回一个数值，格式为“+1.0000000000000E+01”。

CAL?

使用指定的校准值（CAL:VAL 命令）执行仪器的校准。在可以校准函数发生器之前，必须输入正确的密码对其进行解密。返回“0”（PASS）或“1”（FAIL）。

CAL:SECure:CODE < 新密码 >

输入新密码。要更改密码，必须首先用旧密码对函数发生器解密，然后输入一个新密码。密码保存在 *非易失性* 存储器中。

- 校准密码最多可包含 12 个字符。第一个字符 *必须是* 字母 (A-Z)，其他的字符可以是字母、数字 (0-9) 或下划线字符 (“_”)。您不必一定使用全部的 12 个字符，但是第一个字符 *必须总是* 字母。

CAL:COUNT?

查询仪器的校准次数。请注意，在仪器出厂前已被校准。在收到出厂的仪器时，一定要读取该计数以确定它的初始值。

- 校准计数存储在 *非易失性* 存储器中。校准计数递增最多可达到 “65,535”，然后归 “0”。由于每个校准点的值都会增加 1，因此全面校准可能会使值增加多个计数。

CAL:STRing < 带引号的字符串 >

CAL:STRing?

将消息存储在 *非易失性* 校准存储器中。保存校准信息会覆盖先前保存在存储器中的任何信息。:STR? 查询读取校准消息并返回一个用引号引起来的字符串。

- 一条校准信息最多可包含 40 个字符 (其余字符则被截去)。示例如下所示。

```
CAL:STR 'Cal Due: 01 June 2009'
```

- *只能* 从远程接口并且 *仅在* 仪器解密时，记录校准信息。可以从前面板或通过远程接口读取信息。无论仪器加密或者解密，均可 *读取* 校准信息。

SCPI 语言简介

SCPI（*可编程仪器的标准命令*）是一种基于 ASCII 的仪器命令语言，供测试和测量仪器使用。有关通过远程接口对函数发生器编程时所使用的基本技术的介绍，请参见起始于第 178 页的“[简要的编程概述](#)”。

SCPI 命令以分层结构（也称为*树系统*）为基础。本系统中，相关命令归组于共用结点或根，这样就形成了*子系统*。下面列出了 **SOURce** 子系统的一部分，用以说明树系统。

SOURce:

FREQuency

```
:START {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
:START? [MINimum|MAXimum]
```

FREQuency

```
:STOP {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
:STOP? [MINimum|MAXimum]
```

SWEEp

```
:SPACing {LINear|LOGarithmic}
:SPACing?
```

SWEEp

```
:TIME {< 秒 >|MINimum|MAXimum}
:TIME? [MINimum|MAXimum]
```

SWEEp

```
:STATE {OFF|ON}
:STATE?
```

SOURce 是该命令的根级关键字，**FREQuency** 和 **SWEEp** 是第二级关键字，而 **START** 和 **STOP** 是第三级关键字。冒号 (:) 可将命令关键字与下一级的关键字分隔开。

本手册使用的命令格式

本手册中使用的命令格式如下所示：

FREQuency {< 频率 > | MINimum | MAXimum}

按照命令语法，大多数命令（和某些参数）以大小写字母混合的方式表示。大写字母表示命令的缩写。对于较短的程序行，可以发送缩写格式的命令。如果要获得较好的程序可读性，可以发送长格式的命令。

例如，在上述的语法语句中，**FREQ** 和 **FREQUENCY** 都是可接受的格式。可以使用大写或小写字母。因此，**FREQUENCY**、**freq** 和 **Freq** 也都是可接受的格式。其他格式，如 **FRE** 和 **FREQUEN** 将会产生错误。

- *花括号* ({}) 内包含给定命令串的参数选项。花括号不随命令串一起发送。
- *垂直线* (|) 可将给定命令串的多个参数选项分隔开。
- *尖括号* (< >) 表示必须为括号内的参数指定一个值。例如，上述的语法语句中，尖括号内的参数是 *频率*。尖括号不随命令串一起发送。必须为该参数指定一个值（如 "**FREQ 5000**"）。
- 有些参数包含在 *方括号* ([]) 内。方括号表示参数是可选的并且可以省略。尖括号不随命令串一起发送。如果没有为可选参数指定一个值，函数发生器将选择默认值。

命令分隔符

冒号 (:) 可将命令关键字与下一级的关键字分隔开。必须插入空格将参数与命令关键字分开。如果命令需要多个参数，则必须用逗号分隔相邻的参数，如下所示：

```
"APPL:SIN 5 KHZ, 3.0 VPP, -2.5 V"
```

分号 (;) 可用于分隔同一子系统中的一个命令，并可最大限度地减少键入。例如，发送下列命令串：

```
"FREQ:START 10; STOP 1000"
```

... 与发送下列两个命令的作用相同：

```
"FREQ:START 10"  
"FREQ:STOP 1000"
```

使用冒号 和 分号 来连接不同子系统的命令。例如，下列命令串中，如果不使用冒号 和 分号，将会产生错误：

```
"SWE:STAT ON;:TRIG:SOUR EXT"
```

使用 MIN 和 MAX 参数

可以用“MINimum”或“MAXimum”代替很多命令的参数。例如，参考下列命令：

```
FREQuency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
```

不用选择特定的频率，可以用 MIN 参数将频率设置为最小值，或用 MAX 参数将频率设置为最大值。

查询参数设置

可以通过给命令添加 *问号* (“?”) 来查询大多数参数的当前值。例如，下列命令将输出频率设置为 5 kHz:

```
"FREQ 5000"
```

然后，通过执行下列命令可以查询频率值:

```
"FREQ?"
```

也可以查询当前函数所允许的频率最小值或最大值，如下所示:

```
"FREQ? MIN"  
"FREQ? MAX"
```

SCPI 命令终止符

发送到函数发生器的命令串 *必须* 以一个 < 换行 > 字符结尾。可以将 IEEE-488 EOI (结束或标识) 信息当作 < 换行 > 字符，并用来代替 < 换行 > 字符终止命令串。 < 回车 > 后跟一个 < 换行 > 符也是可行的。命令串终止 *总是* 将当前的 SCPI 命令路径复位到根级。

IEEE-488.2 通用命令

IEEE-488.2 标准定义了一组 *常用命令*，可执行复位、自检以及状态操作等功能。通用命令总是以星号 (*) 开始，3 个字符长度，并可以包括一个或多个参数。命令关键字与第一个参数之间由 *空格* 分开。使用分号 (;) 可分隔多个命令，如下所示:

```
"*RST; *CLS; *ESE 32; *OPC?"
```

SCPI 参数类型

SCPI 语言定义了程序信息和响应信息使用的几种不同数据格式。

数值参数

要求使用数值参数的命令，支持所有常用的十进制数字表示法，包括可选符号、小数点和科学记数法等。还可以接受数值参数的特殊值，如 **MINimum**、**MAXimum** 和 **DEFault**。此外，还可以在数值参数后面添加单位（例如，**Mhz** 或 **Khz**）。如果只有特定数值是可接受的，函数发生器自动将输入的数值参数四舍五入。下面这条命令使用了数值参数：

```
FREquency {< 频率 >|MINimum|MAXimum}
```

离散参数

离散参数用于设置有限个参数值（例如，**BUS** 或 **IMMediate**）。就象命令关键字一样，它们也可以有短格式和长格式。可以混合使用大写和小写字母。查询响应始终返回全部是大写字母的短格式。下列命令用到了离散参数：

```
SWEep:SPACing {LINear|LOGarithmic}
```

布尔参数

布尔参数代表一个真或假的二进制条件。对于假条件，函数发生器将接受“OFF”或“0”。对于真条件，函数发生器将接受“ON”或“1”。当查询布尔设置时，仪器始终返回“0”或“1”。下列命令使用了布尔参数：

```
AM:STATe {OFF|ON}
```

字符串参数

字符串参数实际上可包含所有 ASCII 字符集。字符串必须以配对的引号开始和结尾；可以用单引号或双引号。引号分隔符也可以作为字符串的一部分，只需键入两次并且不在中间添加任何字符。下面这个命令使用了字符串参数：

```
DISPlay:TEXT < 带引号的字符串 >
```

使用设备清除

设备清除是一个 IEEE-488 低级的总线消息，可用于将函数发生器返回到响应状态。不同的编程语言和 IEEE-488 接口卡通过其特有的命令来提供对该功能的使用。当收到设备清除信息时，状态寄存器、错误队列以及所有配置状态都保持不变。设备清除执行以下操作：

- 清除函数发生器的输入和输出缓冲区。
- 函数发生器准备好接受新的命令串。
- 重复的命令（即便需要）将被终止而无需“操作完成”指示（适用于 *TRG 命令）。正在进行的任何扫描或脉冲串都将立即被异常中断。

5 错误消息

错误消息	290
命令错误	292
执行错误	296
设备相关错误	316
错误消息	290
查询错误	317
仪器错误	318
自检错误	319
校准错误	322
任意波形错误	324

错误消息

- 以先进先出（FIFO）的顺序检索错误。返回的第一个错误即是存储的第一个错误。读取错误时，错误即被清除。每当产生一个错误，函数发生器就会发出蜂鸣声（除非禁用了蜂鸣器）。
- 如果产生的错误超过 20 个，存储在队列中的最后一个错误（最新错误）会被替换为“*Queue overflow*”。除非删除队列中的错误，否则不再存储其他错误。如果在读取错误队列时没有出现错误，则函数发生器将响应“*No error*”。
- 可以使用 ***CLS**（清除状态）命令或在打开然后关闭电源后清除错误队列。当您读取错误队列时，错误也被清除。当仪器复位（使用 ***RST** 命令）时，不会清除错误队列。
- *前面板操作*：按 **Help**，选择标题为“查看远程命令错误队列”的主题（主题编号为 2）。然后按 **SELECT** 软键查看错误队列中的错误。如下所示，列表中的第一个错误（即，在列表顶部的错误）是第一个产生的错误。

```
Remote Interface Command Errors.  
-113 Undefined header  
-151 Invalid string data  
  
DONE
```

- 远程接口操作:
 - SYSTEM:ERRor? 从错误队列中读取一个错误
- 错误具有如下格式（错误字符串最多可包含 255 个字符）。
 - 113,"Undefined header"

注意

有的错误编号可具有几个原因。说明性字符串以对于具有相同编号的所有错误都从相同的固定部分开始。在许多情况下，在一个分号（“;”）后面会跟有附加的、视情况而不同的信息。例如，错误 -221 即有几个不同的原因。这里是一个示例：

-221,"Settings conflict; burst count reduced"

命令错误

-101

Invalid character (无效字符)

在命令字符串中发现无效字符。可能在命令头或参数中使用了无效字符，如 #、\$ 或 %。示例: TRIG:SOUR BUS#

-102

Syntax error (语法错误)

在命令字符串中发现无效语法。可能在命令头中冒号的前面或后面，或者逗号的前面，插入了空格。示例: APPL:SIN ,1

-103

Invalid separator (无效分隔符)

在命令字符串中发现无效分隔符。可能用逗号代替了冒号、分号或空格，或者用空格代替了逗号。示例: TRIG:SOUR,BUS 或 APPL:SIN 1 1000

-105

GET not allowed (不允许 GET)

在命令字符串中不允许成组执行触发 (GET)。

-108

Parameter not allowed (不允许参数)

收到的参数比命令需要的参数多。可能输入了多余的参数，或者为不需要参数的命令添加了参数。示例: APPL? 10

-109

Missing parameter (丢失参数)

收到的参数比命令要求的参数少。遗漏了此命令要求的一个或多个参数。

示例: `OUTP:LOAD`

-112

Program mnemonic too long (命令助记符过长)

收到的命令头包含的字符数超过所允许的最大字符数 12。当字符型参数过长时，也报告此错误。示例: `OUTP:SYNCHRONIZATION ON`

-113

Undefined header (未定义报头)

收到的命令对此仪器无效。命令可能有拼写错误，或者该命令是无效命令。如果要使用短格式命令，请确保其被正确缩写。示例: `TRIGG:SOUR BUS`

-123

Exponent too large (指数过大)

数值参数的指数大于 32,759。示例: `BURS:NCYCL 1E34000`

-124

Too many digits (数位过多)

数值参数的尾数所包含的数位超过 255 (不包括前置零)。

-128

Numeric data not allowed (不允许数值数据)

要求字符串参数，却收到数值参数。示例: `DISP:TEXT 123`

-131

Invalid suffix (无效后缀)

为数值参数指定的后缀不正确。您可能拼错了后缀。示例: SWE:TIME 0.5 SECS

-138

Suffix not allowed (不允许后缀)

此命令不支持后缀。示例: BURS:NCYC 12 CYC

-148

Character data not allowed (不允许字符数据)

要求字符串或数值参数, 却收到离散参数。检查参数表以确保使用了有效的参数类型。示例: DISP:TEXT ON

-151

Invalid string data (无效字符串数据)

收到无效字符串。检查是否用引号括住字符串, 以及字符串是否包含有效的 ASCII 字符。

示例: DISP:TEXT 'TESTING (丢失右引号)

-158

String data not allowed (不允许字符串数据)

接收到字符串, 但此命令不允许使用字符串数据。检查参数表以确保使用了有效的参数类型。示例: BURS:NCYC 'TEN'

-161

Invalid block data (无效块数据)

仅用于 DATA:DAC VOLATILE 命令。

对于指定长度的数据块, 所发送数据的字节数不符合在数据块报头中指定的字节数。对于不定长度的数据块, 收到的 EOI (结束或识别线) 后面没有跟着 <换行> 符。

-168

Block data not allowed (不允许块数据)

发送到函数发生器的数据采用任意数据块格式，但此命令不接受该格式。检查所发送数据的类型对于该命令是否正确。示例: BURS:NCYC #10

-170 至 -178

Expression errors (表达式错误)

函数发生器不接受数学表达式。

执行错误

-211

Trigger ignored (忽略触发)

收到成组执行触发 (GET) 或 *TRG, 但触发被忽略。确保选择了正确的触发源并检查是否已启用扫描或脉冲串模式。

-221

Settings conflict;

Option 002 (arbs) is not installed

(设置冲突; 选件 002 (任意波形) 未安装)

任意波形可有选择性地用于 33210A (选件 002)。要升级 33210A 以包含任意波形功能, 请转至 www.keysight.com/find/33210U。

-221

Settings conflict;

turned off infinite burst to allow immediate trigger source

(设置冲突; 关闭无限脉冲串, 以使用立即触发源)

仅当选择了外部或总线 (软件) 触发源后, 才允许无限计数脉冲串。脉冲串计数被设置为最大 N 循环值 (50,000 个循环)。

-221

Settings conflict;

infinite burst changed trigger source to BUS

(设置冲突; 无限脉冲串将触发源改为 BUS)

仅当选择了外部或总线 (软件) 触发源后, 才允许无限计数脉冲串。发送 BURS:NCYC INF 命令后自动将触发源从立即改为总线。

-221

**Settings conflict;
burst period increased to fit entire burst**

（设置冲突；增加脉冲串周期以容纳整个脉冲串）

BURS:NCYC 命令指定的循环数的优先级高于脉冲串周期（只要脉冲串周期没有到达其最大值）。函数发生器增加脉冲串周期以满足指定脉冲串计数或波形频率的要求。

-221

**Settings conflict;
burst count reduced to fit entire burst**

（设置冲突；脉冲串计数减小以满足整个脉冲串）

由于脉冲串周期目前已达到最大值，因此函数发生器减小脉冲串计数以满足指定波形频率的要求。

-221

**Settings conflict;
triggered burst not available for noise**

（设置冲突；触发脉冲串不适用于噪声）

不能在 *触发* 脉冲串模式中使用噪声函数。

-221

**Settings conflict;
amplitude units changed to Vpp due to high-Z load**

（设置冲突；因使用 high-Z 负载，振幅单位改为 Vpp）

如果当前将输出终端设置为“高阻抗”（使用 OUTP:LOAD 命令），则输出单位（使用 VOLT:UNIT 命令）不能设置为 dBm。函数发生器将单位转换为 Vpp。

-221

**Settings conflict;
trigger output connector disabled by trigger external**

（设置冲突；外部触发将触发输出连接器禁用）

当选择 *外部* 触发源时（使用 TRIG:SOUR EXT 命令），函数发生器自动禁用“触发输出”信号。后面板 Trig 连接器不能同时用于两个操作。

-221

**Settings conflict;
trigger output connector used by burst gate**

（设置冲突；脉冲串门使用了触发输出连接器）

如果选择了门控脉冲串模式（使用 `BURS:MODE GAT` 命令）并启用了脉冲串，则不能启用“触发输出”信号（使用 `OUTP:TRIG ON` 命令）。后面板 *Trig* 连接器不能同时用于两个操作。

-221

**Settings conflict;
trigger output connector used by trigger external**

（设置冲突；外部触发使用了触发输出连接器）

在选择了外部触发源时（使用 `TRIG:SOUR EXT` 命令），函数发生器自动禁用“触发输出”信号。后面板 *Trig* 连接器不能同时用于两个操作。

-221

**Settings conflict;
frequency reduced for user function**

（设置冲突；用户定义函数的频率减小）

对于任意波形，输出频率限制为 3 MHz。当从允许使用较高频率的函数改为任意波形函数（用 `APPL:USER` 或 `FUNC:USER` 命令）时，函数发生器自动将频率调整为 3 MHz。

-221

**Settings conflict;
frequency changed for pulse function**

（设置冲突；脉冲函数的频率减小）

对于脉冲波形，输出频率限制为 5 MHz。当从允许使用较高频率的函数改为脉冲函数（使用 `APPL:PULS` 或 `FUNC:PULS` 命令）时，函数发生器自动将频率调整为 5 MHz。

-221

**Settings conflict;
frequency reduced for ramp function**

（设置冲突；锯齿函数的频率减小）

对于锯齿波形，输出频率限制为 100 kHz。当从允许使用较高频率的函数改为锯齿波函数（使用 `APPL:RAMP` 或 `FUNC:RAMP` 命令）时，函数发生器自动将频率调整为 100 kHz。

-221

**Settings conflict;
frequency made compatible with burst mode**

（设置冲突；将频率设置为与脉冲串模式兼容）

对于内部触发脉冲串，输出频率限制为最小值 2.001 mHz。函数发生器将频率调整为与当前设置兼容。

-221

**Settings conflict;
burst turned off by selection of other mode or modulation**

（设置冲突；因选择其他模式或调制，而关闭脉冲串）

函数发生器只允许同时启用一个调制、扫描或脉冲串。启用了调制、扫描或脉冲串模式，所有其他模式就被关闭。

-221

**Settings conflict;
FM turned off by selection of other mode or modulation**

（设置冲突；因选择其他模式或调制而将 FM 关闭）

函数发生器只允许同时启用一个调制、扫描或脉冲串模式。启用了调制、扫描或脉冲串模式，所有其他模式就被关闭。

-221

**Settings conflict;
AM turned off by selection of other mode or modulation**

（设置冲突；因选择其他模式或调制而将 AM 关闭）

函数发生器只允许同时启用一个调制、扫描或脉冲串模式。启用了调制、扫描或脉冲串模式，所有其他模式就被关闭。

-221

Settings conflict;

PWM turned off by selection of other mode or modulation

（设置冲突；因选择其他模式或调制而将 PWM 关闭）

函数发生器只允许同时启用一个调制、扫描或脉冲串模式。启用了调制、扫描或脉冲串模式，所有其他模式就被关闭。

-221

Settings conflict;

sweep turned off by selection of other mode or modulation

（设置冲突；因选择其他模式或调制，而关闭扫描）

函数发生器只允许同时启用一个调制、扫描或脉冲串模式。启用了调制、扫描或脉冲串模式，所有其他模式就被关闭。

-221

Settings conflict;

not able to modulate this function （设置冲突；不能调制此函数）

函数发生器不能使用锯齿波、脉冲、噪声、DC 电压或任意波形函数产生 AM 或 FM 调制的波形。

-221

Settings conflict;

PWM available in only pulse function

（设置冲突；PWM 只在脉冲函数中可用）

使用脉冲以外的任何函数，函数发生器都不能生成 PWM 调制波形。

-221

Settings conflict;

not able to sweep this function （设置冲突；不能扫描此函数）

函数发生器不能使用脉冲、噪声、DC 电压或任意波形函数产生扫描。

-221

Settings conflict;

not able to burst this function (设置冲突; 不能用此函数产生脉冲串)

函数发生器不能使用脉冲、噪声、DC 电压或任意波形函数产生脉冲串。

-221

Settings conflict;

not able to modulate noise, modulation turned off

(设置冲突; 不能调制噪声, 调制关闭)

函数发生器不能使用噪声函数产生已调制的波形。所选调制模式已被关闭。

-221

Settings conflict;

not able to modulate arb waveforms, modulation turned off

(设置冲突; 不能调制任意波形, 调制关闭)

函数发生器不能使用任意波形函数产生已调制的波形。所选调制模式已被关闭。

-221

Settings conflict;

not able to modulate ramp waveforms, modulation turned off

(设置冲突; 不能调制锯齿波形, 调制关闭)

函数发生器不能使用锯齿波形函数产生已调制的波形。所选调制模式已被关闭。

-221

Settings conflict;

not able to sweep pulse, sweep turned off

(设置冲突; 不能扫描脉冲, 扫描关闭)

函数发生器不能使用脉冲函数产生扫描。扫描模式被关闭。

-221

Settings conflict;

not able to modulate dc, modulation turned off

(设置冲突; 不能调制 DC, 调制关闭)

函数发生器不能使用 DC 电压函数产生已调制的波形。所选调制模式已被关闭。

-221

Settings conflict;

not able to sweep dc, sweep turned off

(设置冲突; 不能扫描 DC, 扫描关闭)

函数发生器不能使用 DC 电压函数产生扫描。扫描模式被关闭。

-221

Settings conflict;

not able to burst dc, burst turned off

(设置冲突; 不能使用 DC 电压函数产生脉冲串, 脉冲串关闭)

函数发生器不能使用 DC 电压函数产生脉冲串。脉冲串模式被关闭。

-221

Settings conflict;

not able to burst pulse, burst turned off

(设置冲突; 不能使用脉冲函数产生脉冲串, 脉冲串关闭)

函数发生器不能使用脉冲函数产生脉冲串。脉冲串模式被关闭。

-221

Settings conflict;

not able to burst arb waveforms, burst turned off

(设置冲突; 不能使用任意波形函数产生脉冲串, 脉冲串关闭)

函数发生器不能使用任意波形函数产生脉冲串。脉冲串模式被关闭。

-221

Settings conflict;

not able to burst noise, burst turned off

(设置冲突; 不能使用噪声函数产生脉冲串, 脉冲串关闭)

函数发生器不能使用噪声函数产生脉冲串。脉冲串模式被关闭。

-221

Settings conflict;

not able to sweep noise, sweep turned off

(设置冲突; 不能扫描噪声, 扫描关闭)

函数发生器不能使用噪声函数产生扫描。扫描模式被关闭。

-221

**Settings conflict;
not able to sweep arb waveforms, sweep turned off**

（设置冲突；不能扫描任意波形，扫描关闭）
函数发生器不能使用任意波形函数产生扫描。扫描模式被关闭。

-221

**Settings conflict;
pulse width decreased due to period**

（设置冲突；由于周期设置而减小脉冲宽度）
对于脉冲波形，函数发生器将根据需要自动按以下顺序调整波形参数，以产生有效脉冲：（1）边沿时间（2）脉冲宽度或占空比（3）周期。

在此情况下，函数发生器减小脉冲宽度以满足所指定周期的要求（边沿时间已设置为其最小值）。

-221

**Settings conflict;
pulse duty cycle decreased due to period**

（设置冲突；由于周期设置而减小脉冲占空比）
对脉冲波形，函数发生器将根据需要以下面的顺序自动调整波形参数以产生一个有效脉冲：（1）边沿时间（2）脉冲宽度或占空比和（3）周期。

在本例中，函数发生器已减小了脉冲占空比以满足指定周期（边沿时间已经处于其最小设置）。

-221

**Settings conflict;
edge time decreased due to period**

（设置冲突；由于周期设置而减小边沿时间）
对脉冲波形，函数发生器将根据需要以下面的顺序自动调整波形参数以产生一个有效脉冲：（1）边沿时间（2）脉冲宽度或占空比和（3）周期。

在此情况下，函数发生器减小边沿时间以满足所指定周期的要求并保持脉冲宽度设置。

-221

Settings conflict;

pulse width increased due to large period

(设置冲突；由于大周期设置而增加脉冲宽度)

对于脉冲波形，最小脉冲宽度对于长达 10 s 的周期为 40 ns。对于 10 s 以上的周期，最小脉冲宽度会更大。函数发生器已经将脉冲宽度调整到由当前周期决定的新的最小值。有关详细信息，请参见第 4 章中的“脉冲配置命令”。

-221

Settings conflict;

edge time decreased due to pulse width

(设置冲突；由于脉冲宽度设置而减小边沿时间)

对于脉冲波形，函数发生器将根据需要自动按以下顺序调整波形参数，以产生有效脉冲：(1) 边沿时间 (2) 脉冲宽度或占空比 (3) 周期。

在此情况下，函数发生器减小边沿时间以满足所指定脉冲宽度的要求。

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

-221

Settings conflict;

edge time decreased due to pulse duty cycle

(设置冲突；由于脉冲占空比设置而减小边沿时间)

对脉冲波形，函数发生器将根据需要以下面的顺序自动调整波形参数以产生一个有效脉冲：(1) 边沿时间 (2) 脉冲宽度或占空比和 (3) 周期。

在本例中，函数发生器已经将边沿时间减小以满足指定的脉冲占空比。

$$\text{边沿时间} \leq 0.625 \times \text{周期} \times \text{占空比} \div 100$$

-221

**Settings conflict;
amplitude changed due to function**

（设置冲突；由于函数选择而改变振幅）

在某些情况下，由当前所选输出单位决定振幅限制。由于不同输出函数的波峰因数的不同，在单位选择为 *Vrms* 或 *dBm* 时可能出现这种情况。例如，如果输出一个 5 *Vrms* 的方波（以 50 欧姆端接），然后将当前函数改为正弦波函数，则函数发生器自动将输出振幅调整至 3.536 *Vrms*（以 *Vrms* 为单位的正弦波的上限）。

-221

**Settings conflict;
offset changed on exit from dc function**

（设置冲突；从 DC 函数退出时改变偏移）

在 DC 电压函数中，通过调整偏移电压控制电压电平（当前的振幅被忽略）。当选择其他函数时，函数发生器将按需要调整偏移电压，以与当前振幅设置兼容。

-221

**Settings conflict;
FM deviation cannot exceed carrier**

（设置冲突；FM 偏差不能超过载波）

载波频率总是应大于或等于频率偏差。如果将载波设置为一个小于偏差频率的值（在启用 FM 的情况下），则函数发生器会自动将偏差调整到当前载波频率所允许的最大值。

-221

**Settings conflict;
FM deviation exceeds max frequency**

（设置冲突；FM 偏差超过最大频率）

载波频率与偏差之和必须小于或等于所选函数的最大频率 *加上* 100 kHz（对于正弦波或方波为 10.1 MHz）。如果将偏差设置为一个无效的值，则函数发生器会自动将偏差调整为当前载波频率所允许的最大值。

-221

**Settings conflict;
PWM deviation decreased due to pulse parameters**

（设置冲突；由于脉冲参数设置而减小 PWM 偏差）

PWM 偏差受脉冲宽度或占空比、边沿时间和周期的限制。PWM 偏差（宽度或占空比偏差）被调整以满足这些限制条件。有关详细信息，请参见第 4 章中的“脉冲宽度调制（PWM）命令”。

-221

**Settings conflict;
frequency forced duty cycle change**

（设置冲突；频率强制占空比改变）

如果选择了方波函数，并且将频率改为不能产生当前占空比的频率，则占空比将自动调整为新频率所允许的最大值。例如，如果当前占空比设置为 70%，然后将频率改为 6 MHz，则函数发生器自动将占空比调整为 60%（此频率的上限）。

占空比 :20% 至 80%（最大为 5 MHz）
40% 至 60%（最大为 10 MHz）

-221

**Settings conflict;
marker forced into sweep span**

（设置冲突；标志被强迫进入扫描跨距）

标志必须位于扫描跨距内的开始和停止频率之间。标志频率被强迫进入该跨距。

-221

**Settings conflict;
selected arb is missing, changing selection to default**

（设置冲突；所选任意波形丢失，将选择改为默认值）

如果在存储仪器状态后从非易失性存储器中删除了任意波形，则波形数据丢失，并且函数发生器在调用状态时将不能输出波形。将输出内置的“指数上升”波形来代替删除的波形。

-221

**Settings conflict;
offset changed due to amplitude****(设置冲突；由于振幅设置而改变偏移)**

偏移电压与输出振幅的关系如下所示。V_{max} 是已选定输出终端的峰值电压（对于 50 Ω 的负载为 5 V，对于高阻抗负载为 10 V）。如果现有的偏移电压是无效的，则函数发生器会将其自动调整为指定振幅所允许的最大 DC 电压。

$$|V_{\text{offset}}| \leq V_{\text{max}} - \frac{V_{\text{pp}}}{2}$$

-221

**Settings conflict;
amplitude changed due to offset****(设置冲突；由于偏移设置而改变振幅)**

输出振幅与偏移电压的关系如下所示。V_{max} 是已选定输出终端的峰值电压（对于 50 Ω 的负载为 5 V，对于高阻抗负载为 10 V）。如果现有的振幅无效，则函数发生器自动将其调整为所指定偏移电压允许的最大值。

$$V_{\text{pp}} \leq 2 \times (V_{\text{max}} - |V_{\text{offset}}|)$$

-221

**Settings conflict;
low level changed due to high level****(设置冲突；由于高电平设置而改变低电平设置)**

可以将电平设置为正值或负值，但应注意高电平必须总是大于低电平。如果将高电平设置为小于现有低电平，则函数发生器会自动将低电平设置为低于高电平 1 mV。

-221

**Settings conflict;
high level changed due to low level****(设置冲突；由于低电平设置而改变高电平设置)**

可以将电平设置为正值或负值，但应注意高电平 *必须* 总是大于低电平。如果将低电平设置为大于现有高电平，则函数发生器会自动将高电平设置为大于低电平 1 mV。

-222

**Data out of range;
value clipped to upper limit (数据超出范围；将值限制为上限)**

所指定的参数超出函数发生器的能力。函数发生器将参数调整为所允许的最大值。*示例*: PHAS 1000

-222

**Data out of range;
value clipped to lower limit (数据超出范围；将值限制为下限)**

所指定的参数超出函数发生器的能力。函数发生器将参数调整为所允许的最小值。*示例*: PHAS -1000

-222

**Data out of range;
pulse edge time limited by period; value clipped to upper limit
(数据超出范围；脉冲边沿时间受到周期的限制；将值限制为上限)**

所指定的边沿时间必须在现有周期和宽度的范围内。函数发生器根据需要调整边沿时间以满足现有周期的要求。

-222

**Data out of range;
pulse width limited by period; value clipped to ...****(数据超出范围；脉冲宽度受到周期的限制；将值限制为 ...)**

如下所示，所指定的脉冲宽度必须小于 *周期* 与 *边沿时间* 的差。函数发生器将根据需要调整脉冲宽度，以满足指定周期的要求。

$$\text{脉冲宽度} \leq \text{周期} - (1.6 \times \text{边沿时间})$$

-222

**Data out of range;
pulse duty cycle limited by period; value clipped to ...**

（数据超出范围；脉冲占空比受到周期的限制；将值限制为 ...）

指定的脉冲占空比必须符合以下的周期和边沿时间限制。函数发生器将根据需要调整脉冲占空比以满足指定的周期。

$$\text{占空比} \leq 100 \times (\text{周期} - (1.6 \times \text{边沿时间})) \div \text{周期}$$

-222

**Data out of range;
large period limits minimum pulse width**

（数据超出范围；大周期限制最小脉冲宽度）

对于脉冲波形，最小脉冲宽度对于长达 10 秒的周期为 40 ns。对于 10 s 以上的周期，最小脉冲宽度会更大。有关详细信息，请参见第 4 章中的“脉冲配置命令”。

-222

**Data out of range;
pulse edge time limited by width; value clipped to ...**

（数据超出范围；脉冲边沿时间受到宽度的限制；将值限制为 ...）

如下所示，指定的边沿时间必须在所指定的脉冲宽度的范围内。函数发生器将根据需要调整边沿时间，以满足指定脉冲宽度的要求。

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

-222

**Data out of range;
pulse edge time limited by duty cycle; value clipped to ...**

（数据超出范围；脉冲边沿时间受到占空比的限制；将值限制为 ...）

如下所示，指定的边沿时间必须在所指定的脉冲占空比的范围内。函数发生器将根据需要调整边沿时间，以满足指定脉冲占空比的要求。

$$\text{边沿时间} \leq 0.625 \times \text{周期} \times \text{占空比} \div 100$$

-222

Data out of range;
period; value clipped to ... (数据超出范围; 周期; 将值限制为 ...)
这条一般性消息表明脉冲周期被限制为上限或下限。

-222

Data out of range;
frequency; value clipped to ... (数据超出范围; 频率; 将值限制为 ...)
这条一般性消息表明波形频率被限制为上限或下限。

-222

Data out of range;
user frequency; value clipped to upper limit
(数据超出范围; 用户定义的频率; 将值限制为上限)
这条一般性消息表明由于选择了任意波形函数 (使用 `APPL:USER` 或 `FUNC:USER` 命令), 波形频率被限制为上限。

-222

Data out of range;
ramp frequency; value clipped to upper limit
(数据超出范围; 锯齿波频率; 将值限制为上限)
这条一般性消息表明由于选择了锯齿波函数 (使用 `APPL:RAMP` 或 `FUNC:RAMP` 命令), 波形频率被限制为上限。

-222

Data out of range;
pulse frequency; value clipped to upper limit
(数据超出范围; 脉冲频率; 将值限制为上限)
这条一般性消息表明由于选择了脉冲波形函数 (使用 `APPL:PULS` 或 `FUNC:PULS` 命令), 波形频率被限制为上限。

-222

**Data out of range;
burst period; value clipped to ...**

(数据超出范围; 脉冲串周期; 将值限制为 ...)

这条一般性消息表明脉冲串周期被限制为上限或下限。

-222

**Data out of range;
burst count; value clipped to ...**

(数据超出范围; 脉冲串计数; 将值限制为 ...)

这条一般性消息表明脉冲串计数被限制为上限或下限。

-222

**Data out of range;
burst period limited by length of burst; value clipped to lower limit**

(数据超出范围; 脉冲串周期受到脉冲串长度的限制; 将值限制为下限)

不能指定过短的脉冲串周期, 以至于函数发生器不能以指定的脉冲串计数和频率输出 (参见下式)。如果脉冲串周期过短, 函数发生器会自动将其调整为重新连续触发脉冲串所需要的值。

$$\text{脉冲串周期} > \frac{\text{Burst Count}}{\text{Waveform Frequency}} + 200 \text{ ns}$$

-222

**Data out of range;
burst count limited by length of burst; value clipped to upper limit**

(数据超出范围; 脉冲串计数受到脉冲串长度的限制; 将值限制为上限)

如果选择了立即触发源 (使用 TRIG:SOUR IMM 命令), 则脉冲串计数必须小于脉冲串周期与波形频率的乘积, 如下所示。

$$\text{脉冲串计数} < \text{脉冲串周期} \times \text{波形频率}$$

-222

Data out of range;
amplitude; value clipped to ... (数据超出范围; 振幅; 将值限制为 ...)
这条一般性消息表明波形振幅被限制为上限或下限。

-222

Data out of range;
offset; value clipped to ... (数据超出范围; 偏移; 将值限制为 ...)
这条一般性消息表明偏移电压被限制为上限或下限。

-222

Data out of range;
frequency in burst mode; value clipped to ...
(数据超出范围; 脉冲串模式中的频率; 将值限制为 ...)
这条一般性消息表明频率已按照脉冲串周期的要求, 限制为上限或下限。

-222

Data out of range;
frequency in FM; value clipped to ...
(数据超出范围; FM 中的频率; 将值限制为 ...)
这条一般性消息表明载波频率已按照 FM:DEV 命令的要求, 限制为下限。载波频率必须一直大于或等于频率偏移。

-222

Data out of range;
marker confined to sweep span; value clipped to ...
(数据超出范围; 标志被限制为扫描跨距; 将值限制为 ...)
这条一般性消息表明所指定的标志频率超出起始频率和停止频率的范围。标志频率 *必须* 在指定的起始频率和停止频率之间。如果您试图设置一个频率不在此范围的标志频率, 则函数发生器会自动将标志频率设置为与起始频率或停止频率相等 (为更接近的那个频率)。仅当扫描模式和标志频率都启用时, 才会产生此错误。

-222

**Data out of range;
pulse width; value clipped to ...**

(数据超出范围; 脉冲宽度; 将值限制为 ...)

这条一般性消息表明所需脉冲宽度被限制为由仪器硬件决定的上限或下限。

-222

**Data out of range;
pulse edge time; value clipped to ...**

(数据超出范围; 脉冲边沿时间; 将值限制为 ...)

这条一般性消息表明所需边沿时间被限制为由仪器硬件决定的上限或下限。

-222

**Data out of range;
FM deviation; value clipped to ...**

(数据超出范围; FM 偏差; 将值限制为 ...)

这条一般性消息表明所需的 FM 偏差按照当前函数频率的要求, 被限制为下限或上限。

-222

**Data out of range;
FM deviation limited by minimum frequency**

(数据超出范围; FM 偏差受最小频率限制)

频率偏差被限制到低限制值 (1 mHz)。

-222

**Data out of range;
FM deviation limited by maximum frequency; value clipped to upper limit**

(数据超出范围; FM 偏差受最大频率限制; 将值限制为上限)

频率偏差不能超过载波频率, 并受到下面的限制: 对于正弦波或方波载波为 5 MHz。

-222

Data out of range;

PWM deviation (数据超出范围; PWM 偏差)

PWM 偏差受到限制。宽度偏差可以为 0 至基本脉冲波形的宽度。占空比偏差可以为 0 至基本脉冲波形的占空比。二者进一步受到最小脉冲宽度和边沿时间参数的限制。

-222

Data out of range;

PWM deviation limited by pulse parameters

(数据超出范围; PWM 偏差受脉冲参数限制)

PWM 偏差受到当前脉冲参数的限制。设置 PWM 偏差 (宽度或占空比) 以满足当前的脉冲宽度或占空比、边沿时间和周期。

-222

Data out of range;

duty cycle; value clipped to ... (数据超出范围; 占空比; 将值限制为 ...)

方波占空比被仪器硬件限制为 20% 与 80% 间的值。

-222

Data out of range;

duty cycle limited by frequency; value clipped to upper limit

(数据超出范围; 占空比受到频率的限制; 将值限制为上限)

当频率大于 5 MHz 时, 将方波占空比限制为 40% 与 60% 间的值。

占空比 :20% 至 80% (最大为 5 MHz)

40% 至 60% (最大为 10 MHz)

-223

Too much data (数据太多)

所指定的任意波形包含的波形点数多于 8,192。检查在 DATA VOLATILE 或 DATA:DAC VOLATILE 命令中指定的点数。

-224

Illegal parameter value; (非法参数值;)

曾希望从一些可能数值的列表中获得一个准确的参数值。

设备相关错误

-313

**Calibration memory lost;
memory corruption detected**（校准存储器丢失；检测到存储器崩溃）

在用于存储函数发生器的校准常数的非易失性存储器中检测到校验和错误。错误可能是由设备故障或极端情况（例如，闪电或强磁场）导致。

-314

**Save/recall memory lost;
memory corruption detected**（保存 / 调用存储器丢失；检测到存储器崩溃）

在用于存储仪器状态的非易失性存储器中检测到校验和错误。错误可能是由设备故障或极端情况（例如，闪电或强磁场）导致。

-315

**Configuration memory lost;
memory corruption detected**（配置存储器丢失；检测到存储崩溃）

在用于存储函数发生器配置设置（即，远程接口设置）的非易失性存储器中检测到校验和错误。错误可能是由设备故障或极端情况（例如，闪电或强磁场）导致。

-350

Queue overflow（队列溢出）

发生的错误超过 20 个，错误队列已满。除非删除队列中的错误，否则不再存储其他错误。可以使用 *CLS（清除状态）命令或在打开然后关闭电源后清除错误队列。当您读取队列时，错误也被清除。当仪器复位（使用 *RST 命令）时，不会清除错误队列。

查询错误

-410

Query INTERRUPTED (查询中断)

接收到命令，但输出缓冲区中包含上一个命令的数据（以前的数据将丢失）。

-420

Query UNTERMINATED (查询未结束)

将函数发生器设置为通话（即通过接口发送数据），但是未接收到向输出缓冲区发送数据的命令。例如，执行了 **APPLY** 命令（该命令不产生数据），然后试图使用“Enter”语句从接口读取数据。

-430

Query DEADLOCKED (查询死锁)

收到一条命令，其产生的数据过多，以至于输出缓冲区容纳不下，并且输入缓冲区也满了。命令将继续执行，但所有数据都会丢失。

-440

Query UNTERMINATED after indefinite response

(在不确定的响应后查询未结束)

***IDN?** 命令必须是命令串中的最后一个查询命令。示例: ***IDN?;:SYST:VERS?**

仪器错误

501 至 502

501: Cross-isolation UART framing error

（交叉隔离 UART 帧结构错误）

502: Cross-isolation UART overrun error

（交叉隔离 UART 超限错误）

这些错误表明内部硬件存在故障。机箱接地电路与浮置电路间的隔离由光隔离阻挡层和串行链路控制。

580

Reference phase-locked loop is unlocked（参考锁相回路未锁定）

启用了 PHAS:UNL:ERR:STAT（“on”），并且控制频率的内部锁相回路当前未锁定。当外部参考超出锁定范围时，最有可能发生此错误。

自检错误

下列错误指出自检时可能发生的故障。有关详细信息，请参见《Keysight 33210A Service Guide》。

601

Self-test failed; system logic（自检失败；系统逻辑）

此错误表明主处理器、系统 RAM 或系统 ROM 有故障。

603

Self-test failed; waveform logic（自检失败；波形逻辑）

此错误表明合成 IC 中的波形逻辑有故障。

604

Self-test failed; waveform memory bank（自检失败；波形存储体）

此错误表明波形 RAM 或合成 IC 有故障。

605

Self-test failed; modulation memory bank（自检失败；调制存储体）

此错误表明合成 IC 中的调制存储体有故障。

606

Self-test failed; cross-isolation interface（自检失败；交叉隔离接口）

此错误表明主处理器与合成 IC 之间的交叉隔离接口发生故障，或者合成 IC 本身有故障。

616

Self-test failed; pulse phase locked loop（自检失败；脉冲锁相回路）

此错误表明脉冲波形合成器中的锁相回路没有正确锁定，脉冲波形的频率可能（仅）不正确。表明合成 IC 或相关电路有故障。

619 至 621

623 至 625

619: Self-test failed; leading edge DAC (自检失败; 前沿 DAC)

620: Self-test failed; trailing edge DAC (自检失败; 后沿 DAC)

621: Self-test failed; square-wave threshold DAC (自检失败; 方波阈值 DAC)

623: Self-test failed; dc offset DAC (自检失败; DC 偏移 DAC)

624: Self-test failed; null DAC (自检失败; 无效 DAC)

625: Self-test failed; amplitude DAC (自检失败; 振幅 DAC)

这些错误表明系统 DAC、DAC 复用器通道或相关电路有故障。

622

Self-test failed; time base calibration DAC

(自检失败; 时基校准 DAC)

此错误表明合成 IC 中的时基校准 DAC 或电压控制振荡器有故障。

626 至 629

626: Self-test failed; waveform filter path select relay

(自检失败; 波形滤波器通路选择继电器)

627: Self-test failed; -10 dB attenuator path

(自检失败; -10 dB 衰减器通路)

628: Self-test failed; -20 dB attenuator path

(自检失败; -20 dB 衰减器通路)

629: Self-test failed; +20 dB amplifier path

(自检失败; +20 放大器通路)

这些错误表明指定的继电器不能正确开关, 或者衰减器 / 放大器没有提供预期的衰减或增益。这些自检使用内部 ADC 以检查输出通路继电器、输出放大器 (+20 dB) 和输出衰减器是否正常工作。

630

Self-test failed; internal ADC over-range condition

(自检失败; 内部 ADC 过量程状况)

此错误表明 ADC 可能有故障。可能是系统 ADC 故障、ADC 输入复用器故障或 ADC 输入缓冲放大器故障。

631

Self-test failed; internal ADC measurement error

（自检故障；内部 ADC 测量错误）

此错误表明 ADC 可能有故障。可能是系统 ADC 故障、ADC 输入复用器故障或 ADC 输入缓冲放大器故障。

632

Self-test failed; square/pulse DAC test failure

（自检失败；方波 / 脉冲 DAC 测试失败）

此错误表明方波 / 脉冲 DAC 可能有故障。

校准错误

以下错误指出了在校准过程中可能会发生的故障（请参见《Keysight 33210A Service Guide》中的第 4 章）。

701

Calibration error; security defeated by hardware jumper（校准错误；硬件跳线使加密失效）

函数发生器的校准加密由于在内部电路板上的两个“CAL ENABLE”接线片被临时短接而已被禁用，请参见《Keysight 33210A Service Guide》中的说明。

702

Calibration error; calibration memory is secured
（校准错误；校准存储器被加密）

校准存储器被加密时，不能执行校准。要对仪器解密，请以正确的密码使用 CAL:SEC:STAT ON 命令解密。

703

Calibration error; secure code provided was invalid
（校准错误；所提供的密码无效）

使用 CAL:SEC:STAT ON 命令指定的密码无效。

706

Calibration error; provided value is out of range
（校准错误；所提供的值超出范围）

使用 CAL:VAL 命令指定的校准值超出范围。

707

Calibration error; signal input is out of range
（校准错误；信号输入超出范围）

内部模数转换器（ADC）判定加到后面板 *Modulation In* 连接器的信号已超出范围。

707

707: Calibration error; cal edge time: rise time cal error

（校准错误；校准边沿时间：上升时间校准错误）

707: Calibration error; cal edge time: fall time cal error

（校准错误；校准边沿时间：下降时间校准错误）

707: Calibration error; cal edge time: default values loaded

（校准错误；校准边沿时间：已装入默认值）

表明上升时间或下降时间电路中的某个故障已阻止校准的进行。边沿时间已使用默认值被校准，从而限制了准确度。有关维修信息，请参见《*Keysight 33210A Service Guide*》。

850

Calibration error; setup is invalid （校准错误；设置无效）

您使用 **CAL:SET** 命令指定的校准设置编号无效。有关校准步骤的详细信息，请参见《*Keysight 33210A Service Guide*》。

851

Calibration error; setup is out of order （校准错误；设置顺序错误）

某些校准设置必须按照一定的顺序执行才能有效。有关校准步骤的详细信息，请参见《*Keysight 33210A Service Guide*》。

任意波形错误

下列错误指出可能在任意波形操作中发生的故障。详细内容参见第 240 页的“任意波形命令 (选件002)”。

770

Nonvolatile arb waveform memory corruption detected

(检测到非易失性任意波形存储器崩溃)

在用于存储任意波形的非易失性存储器中检测到校验和错误。无法从存储器中检索任意波形。

781

Not enough memory to store new arb waveform; use DATA:DELETE (没有足够的存储器存储新的任意波形; 使用 DATA:DELETE 命令)

四个非易失性存储器位置上都已存储了任意波形。要存储另一个波形, 必须首先使用 DATA:DELeTe 命令删除一个已存储的波形。

781

Not enough memory to store new arb waveform; bad sectors

(没有足够的存储器存储新的任意波形; 坏扇区)

由于硬件错误造成没有存储器位置可用来存储任意波形。此错误可能是由故障的闪存设备造成。

782

Cannot overwrite a built-in waveform (不能覆盖内置波形)

下列内置波形名称为保留名称, 不能用于 DATA:COPY 命令: “EXP_RISE”、“EXP_FALL”、“NEG_RAMP”、“SINC” 和 “CARDIAC”。

784

Name of source arb waveform for copy must be VOLATILE

(用于复制的源任意波形的名称必须为易失性的)

当使用 DATA:COPY 命令时, 不能从任何非 “易失性” 源进行复制。

785

Specified arb waveform does not exist（指定的任意波形不存在）

DATA:COPY 命令从易失性存储器中将波形复制到非易失性存储器中的指定名称。在执行 DATA:COPY 命令前，必须使用 DATA VOLATILE 或 DATA:DAC VOLATILE 命令下载波形。

786

Not able to delete a built-in arb waveform（不能删除内置任意波形）

不能删除五个内置波形中的任何一个：“EXP_RISE”、“EXP_FALL”、“NEG_RAMP”、“SINC”和“CARDIAC”。

787

Not able to delete the currently selected active arb waveform

（不能删除当前选择的~~活动~~任意波形）

不能删除当前正在输出的（使用 FUNC:USER 命令）任意波形。

788

Cannot copy to VOLATILE arb waveform

（不能复制到易失性的任意波形）

DATA:COPY 命令将波形从易失性存储器复制到非易失性存储器中的指定名称。复制的来源总是“易失性”的。您不能从任何其他源中复制，并且不能复制~~到~~“易失性”的源。

800

Block length must be even（块长度应为偶数）

函数发生器以 16 位整数代表二进制数据，用两个字节发送该数据（使用 DATA:DAC VOLATILE 命令）。

810

State has not been stored (未存储状态)

在 *RCL 命令中指定的存储器位置未在以前的 *SAV 命令中使用过。不能从空的存储器位置中调用仪器状态。

6 应用程序

概述	328
程序列表	330

本章包含几个远程接口示例程序，它们有助于您开发自己的应用程序。第 4 章，“[远程接口参考资料](#)”起始于第 161 页，列出了可用于对该函数发生器进行编程的 SCPI（[可编程仪器标准命令](#)）命令的语法。

概述

本章包括六个示例程序，展示使用 SCPI 命令控制 Keysight 33210A。所有这些程序均以 Microsoft® Visual BASIC® 6.0 编写，并使用了 Keysight VISA-COM。



本章中的 BASIC 程序，以及用于说明若干驱动程序和环境使用的其他示例程序，均包括在随函数发生器提供的“Keysight 33210A Product Reference CD-ROM”上。有关这些程序的详细描述，请参考“Examples”目录下的“readme”文件。本章中的程序位于“Examples\chapter6”子目录下。

如果要修改示例程序，或自行编写程序并编译，则需要安装 Keysight IO Libraries Suite 软件。可以从随 33210A 提供的“Keysight E2094 Automation-Ready CD-ROM”中安装此软件。

您以前可能安装过随其他 Keysight 产品（例如 Keysight GPIB 卡）提供的 IO Libraries Suite 软件。但是，必须安装 Keysight IO Libraries Suite 14.0 或更高版本才支持 Product Reference CDROM 上提供的示例。

注意

有关获得 Keysight IO Libraries Suite 软件的信息，请访问：

www.keysight.com/find/iolib

Microsoft® 和 Visual BASIC® 是 Microsoft Corporation 在美国的注册商标。

在安装好合适的软件组件之后，有关配置接口的信息，可以参见第 3 章中的[远程接口配置](#)。

注意

本章中列示的程序受到版权的保护。

Copyright © 2003 - 2017 Keysight Technologies

如果您同意 Keysight 对任何示例应用程序文件不提供担保并且对其没有任何责任和义务，则您可以任何方式使用、修改、复制或分配这些示例应用程序文件（和 / 或任何经过修改的版本）而不用缴纳特许费用。

Keysight Technologies 公司提供的编程示例程序只用于说明的用途。所有示例程序均假设您已熟悉所展示的编程语言以及用于创建和调试进程的工具。Keysight 的支持工程师可以帮助解释 Keysight 软件组件和相关命令的功能，但他们不会修改这些示例以提供附加的功能，或者建立满足您特定需要的进程。

本章中的所有示例应用程序都旨在用于 Microsoft Visual Basic 6.0 和 Keysight VISA-COM。

在 Visual Basic 中使用 IO 对象：

- 1 设置引用以将库包括在 Project/References 菜单中。VISA COM 要求使用对 VISA COM 3.0 Type library 的 COM 引用。可以使用以下菜单建立引用：

Project > References ...

- 2 使用语句（如 “Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488”）来创建格式化的 IO 引用，然后使用 “Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488” 来创建实际对象。

程序列表

示例：简单正弦波形

本程序（可在 CD-ROM 上的“Examples\chapter6\SimpleSine”子目录中找到）选择“正弦”函数，然后设置波形的频率、振幅和偏移。

```
Private Sub cmdSimpleSine_Click()

    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    On Error GoTo MyError

    ' This program sets up a waveform by selecting the waveshape
    ' and adjusting the frequency, amplitude, and offset.

    With Fgen

        .WriteString "*RST"           ' Reset the function generator
        .IO.Clear                     ' Clear errors and status registers

        .WriteString "FUNCTION SINusoid" ' Select waveshape
        ' Other options are SQUARE, RAMP, PULSE, NOISE, DC, and USER

        .WriteString "OUTPUT:LOAD 50" ' Set the load impedance in Ohms
        ' (50 Ohms default)
        ' May also be INFINITY, as when using oscilloscope or DMM

        .WriteString "FREQUENCY 2500" ' Set the frequency.
        .WriteString "VOLTage 1.2"     ' Set the amplitude in Vpp.
        ' Also see VOLTage:UNIT

        .WriteString "VOLTage:OFFSet 0.4" ' Set the offset in Volts
        ' Voltage may also be set as VOLTage:HIGH and VOLTage:LOW for low level
        ' and high level

        .WriteString "OUTPut ON"      ' Turn on the instrument output

    End With

    Exit Sub

MyError:

    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next

End Sub
```

示例：振幅调制

本程序（可在 CD-ROM 上的“Examples\chapter6\AMLowLevel”子目录中找到）使用低级 SCPI 命令来配置振幅调制波形。它还说明了如何使用 *SAV 命令将仪器配置存储到函数发生器的内部存储器中。

```
Private Sub cmdAMLowLevels_Click()

    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    On Error GoTo MyError

    ' This program uses low-level SCPI commands to configure
    ' the function generator to output an AM waveform.
    ' This program also shows how to use "state storage" to
    ' store the instrument configuration in memory.

    With Fgen

        .WriteString "*RST"           ' Reset the function generator
        .IO.Clear                     ' Clear errors and status registers

        .WriteString "OUTPut:LOAD 50" ' Output termination is 50 Ohms
        .WriteString "FUNction:SHAPE SINusoid" ' Carrier shape is sine
        .WriteString "FREQuency 5000;VOLTage 5" ' Carrier freq is 5 kHz @ 5 Vpp
        .WriteString "AM:INTernal:FUNction SINusoid" ' Modulating shape is sine
        .WriteString "AM:INTernal:FREQuency 200" ' Modulation freq = 200 Hz
        .WriteString "AM:DEPTH 80" ' Modulation depth = 80%
        .WriteString "AM:STATE ON" ' Turn AM modulation on

        .WriteString "OUTPut ON" ' Turn on the instrument output
        .WriteString "*SAV 1" ' Store state in memory location 1

        ' Use the "*RCL 1" command to recall the stored state

    End With

    Exit Sub

MyError:

    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next

End Sub
```

示例：线性扫描

本程序（可在 CD-ROM 上的“Examples\chapter6\LinearSweep”子目录中找到）创建正弦波的线性扫描。它将设置开始和停止频率以及扫描时间。

```
Private Sub cmdLinearSweep_Click()

    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    On Error GoTo MyError

    ' This program sets up a linear sweep using a sinusoid
    ' waveform. It sets the start and stop frequency and sweep
    ' time.

    With Fgen

        .WriteString "*RST"           ' Reset the function generator
        .IO.Clear                     ' Clear errors and status registers

        .WriteString "FUNCTION SINusoid" ' Select waveshape

        .WriteString "OUTPUT:LOAD 50"  ' Set the load impedance to
        ' 50 Ohms (default)
        .WriteString "VOLTage 1"       ' Set the amplitude to 1 Vpp.

        .WriteString "SWEEP:SPACING LINear" ' Set Linear or LOG spacing
        .WriteString "SWEEP:TIME 1"      ' Sweep time is 1 second
        .WriteString "FREQUENCY:START 100" ' Start frequency is 100 Hz
        .WriteString "FREQUENCY:STOP 20e3" ' Stop frequency is 20 kHz

        ' Frequency sweep limits may also be set as FREQUENCY:CENTER and
        ' 332x0A 上的 FREQUENCY:SPAN
        ' 有关 332x0A, 请参见 MARKer:FREQUENCY

        .WriteString "OUTPUT ON" ' Turn on the instrument output
        .WriteString "SWEEP:STATE ON" ' Turn sweep on

    End With

    Exit Sub

MyError:

    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next

End Sub
```

示例：脉冲波形

本程序（可在 CD-ROM 上的“Examples\chapter6\Pulse”子目录中找到）通过设置脉冲宽度、周期和高 / 低电平来配置一个脉冲波形。边沿时间随后被递增。

```
Private Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)
Private Sub cmdPulse_Click()
    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    Dim I As Integer

    On Error GoTo MyError

    ' This program sets up a pulse waveshape and adjusts the edge
    ' time. It also shows the use of high and low voltage levels
    ' and period. The edge time is adjusted by 5 nsec increments.

    With Fgen
        .WriteString "*RST" ' Reset the function generator
        .IO.Clear ' Clear errors and status registers
        .WriteString "FUNCTION PULSE" ' Select pulse waveshape

        .WriteString "OUTPUT:LOAD 50" ' Set the load impedance to 50
Ohms ' (default)
        .WriteString "VOLTAGE:LOW 0" ' Low level = 0 V
        .WriteString "VOLTAGE:HIGH 0.75" ' High level = .75 V

        .WriteString "PULSE:PERIOD 1e-3" ' 1 ms intervals
        .WriteString "PULSE:WIDTH 100e-6" ' Pulse width is 100 us
        .WriteString "PULSE:TRANSITION 20e-9" ' Edge time is 20 ns
        ' (rise time = fall time)
        .WriteString "OUTPUT ON" ' Turn on the instrument output

    For I = 0 To 18
        ' Vary edge by 5 nsec steps
        .WriteString "PULSE:TRANSITION " & (0.00000001 + I * 0.00000005)
        Sleep 300 ' Wait 300 msec
    Next I

    End With

    Exit Sub
MyError:

```

```
MyError:
    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next
End Sub
```

示例：脉冲宽度调制（PWM）

本程序（可在 CD-ROM 上的“Examples\chapter6\PulseWidthMod”子目录中找到）配置具有占空比的脉冲波形，该波形随后被一个三角波形缓慢调制。

```
Private Sub cmdPWM_Click()
    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    On Error GoTo MyError

    ' This program uses low-level SCPI commands to configure
    ' the function generator to output an PWM waveform.
    ' The pulse is set up with a duty cycle of 35% and a depth
    ' of 15%, and will vary in width from 20% to 50% with the
    ' modulation. The pulse may also be configured in time
    ' units (pulse width and deviation) rather than duty cycle
    ' if preferred.

    With Fgen
        .WriteString "*RST" ' Reset the function generator
        .IO.Clear ' Clear errors & status registers

        .WriteString "OUTPut:LOAD 50" ' Output termination is 50 Ohms
        .WriteString "FUNCTION:SHAPE PULSe" ' Carrier waveshape is pulse
        .WriteString "FREQUENCY 5000" ' Carrier frequency is 5 kHz
        .WriteString "VOLTage:LOW 0" ' Set parameters to 5 V TTL
        .WriteString "VOLTage:HIGh 5"
        .WriteString "FUNCTION:PULSe:DCYCLE 35" ' Begin with 35% duty cycle
        .WriteString "PWM:INTernal:FUNCTION TRIangle" ' Modulating waveshape
        ' is triangle
        .WriteString "PWM:INTernal:FREQUENCY 2" ' Modulation frequency is 2 Hz
        .WriteString "PWM:DEVIation:DCYCLE 15" ' Modulation depth is 15%
        .WriteString "PWM:SOURce INTernal" ' Use internal signal for
        ' modulation
        ' If using an external signal for PWM, connect the signal to the
        ' rear-panel BNC and use the command PWM:SOURce EXTernal
        .WriteString "PWM:STATe ON" ' Turn PWM modulation on

        .WriteString "OUTPut ON" ' Turn on the instrument output
    End With
```

```

Exit Sub

MyError:
    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next

End Sub

```

示例：下载任意波形（ASCII）

本程序（可在 CD-ROM 上的“Examples\chapter6\ASCIIarb”子目录中找到）将一个任意波形作为 ASCII 数据下载到函数发生器。数据值的范围为 -1 到 +1。

```

Private Sub cmdASCIIArb_Click()

    Dim io_mgr As VisaComLib.ResourceManager
    Dim Fgen As VisaComLib.FormattedIO488

    Set io_mgr = New VisaComLib.ResourceManager
    Set Fgen = New VisaComLib.FormattedIO488
    Set Fgen.IO = io_mgr.Open(txtIO.Text)

    Dim Waveform() As String
    Dim I As Integer
    Dim DataStr As String
    ReDim Waveform(1 To 4000)

    On Error GoTo MyError

    ' This program uses the arbitrary waveform function to
    ' download and output a square wave pulse with a calculated
    ' rise time and fall time. The waveform consists of 4000
    ' points downloaded to the function generator as ASCII data.

    With Fgen
        .WriteString "*RST"           ' Reset the function generator
        .IO.Clear                     ' Clear errors and status registers
        .IO.Timeout = 40000           ' Set timeout to 40 seconds for long
                                     ' download strings
    End With

    ' Compute waveform

    txtError.Text = ""
    txtError.SelText = "Computing Waveform..." & vbCrLf

    For I = 1 To 5
        Waveform(I) = Str$((I - 1) / 5) ' Set rise time (5 points)
    Next I

    For I = 6 To 205
        Waveform(I) = "1"             ' Set pulse width (200 points)
    Next I

    For I = 206 To 210

```

```

        Waveform(I) = Str$((210 - I) / 5) ' Set fall time (5 points)
    Next I
    For I = 211 To 4000
        Waveform(I) = "0" ' Set remaining points to zero
    Next I
    DataStr = Join(Waveform, ",") ' Create string from data array
' Download data points to volatile memory
    txtError SelText = "Downloading Arb..." & vbCrLf
    With Fgen
        .WriteString "DATA VOLATILE, " & DataStr
    End With
    txtError SelText = "Download Complete" & vbCrLf
' Set up arbitrary waveform and output
    With Fgen
        .WriteString "DATA:COPY PULSE, VOLATILE" ' Copy arb to non-volatile
        ' memory
        .WriteString "FUNCTION:USER PULSE" ' Select the active arb waveform
        .WriteString "FUNCTION:SHAPE USER" ' Output the selected arb waveform

        .WriteString "OUTPut:LOAD 50" ' Output termination is 50 Ohms
        .WriteString "FREQuency 5000;VOLTage 5" ' Output frequency is 5 kHz
        ' @ 5 Vpp
        .WriteString "OUTPut ON" ' Enable Output
    End With
    Exit Sub
MyError:
    txtError = Err.Description & vbCrLf
    Resume Next
End Sub

```


7

教程

教程	338
直接数字合成	339
创建任意波形 (选件 002)	342
生成方波波形	345
生成脉冲波形	346
非理想信号	348
输出振幅控制	350
接地回路	352
AC 信号的属性	354
调制	356
频率扫描	359
脉冲串	361

教程

通过阅读本章内容，您可以更好地理解仪器的内部操作，从而获得 Keysight 33210A 的最佳性能。本章说明了信号生成的基本概念，并提供了有关函数发生器内部操作的详细信息。

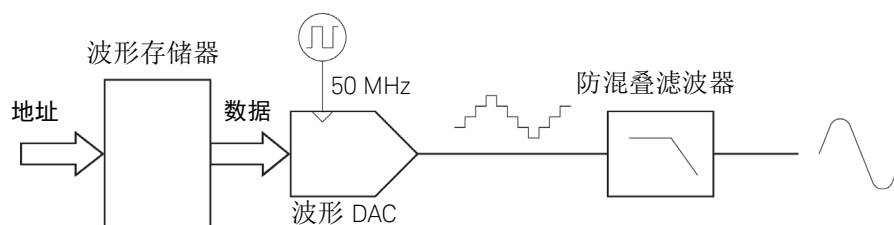
- [直接数字合成](#)，第 339 页
- [创建任意波形（选件 002）](#)，第 342 页
- [生成方波波形](#)，第 345 页
- [生成脉冲波形](#)，第 346 页
- [非理想信号](#)，第 348 页
- [输出振幅控制](#)，第 350 页
- [接地回路](#)，第 352 页
- [AC 信号的属性](#)，第 354 页
- [调制](#)，第 356 页
- [频率扫描](#)，第 359 页
- [脉冲串](#)，第 361 页

您能够在可能比较困难或者不能生成复杂输出波形的各种应用环境中使用任意波形发生器。使用任意波形发生器，能够非常容易地在可控制的情况下模拟一些非理想的信号，例如上升时间、振铃、毛刺、噪声和随机时变。

物理、化学、生物医学、电子、机械以及其他领域都可以从任意波形发生器的多功能性中获益。无论是振动、抽运、脉冲、起泡、脉冲串或以任何方式相对于时间的变化，您都可以使用任意波形发生器 – 只受您指定波形数据的能力的限制。

直接数字合成

对于除脉冲之外的所有波形函数，33210A 都使用一种称为“直接数字合成”（DDS）的信号生成技术。如下所示，表示所需波形的数字数据流是从波形存储器中按顺序读取的，并作为数模转换器（DAC）的输入使用。DAC 的时钟频率设定为函数发生器的取样频率 50 MHz，并输出一系列近似于所需波形的电压阶梯波。然后，使用低通“防混叠”滤波器使电压阶梯波变得更加平滑，以生成最终的波形。

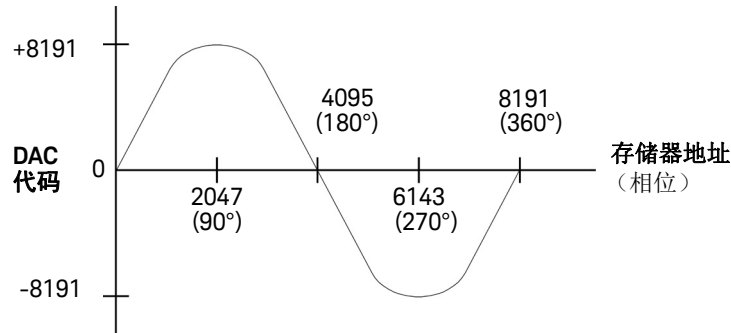


直接数字合成电路

33210A 使用两个防混叠滤波器。由于椭圆滤波器几乎平坦的通带和 10 MHz 以上的锐截止，所以连续的正弦波使用椭圆滤波器。由于椭圆滤波器对除连续正弦波外的其他波形会产生剧烈的振铃，因此对于所有其他函数使用线性相位滤波器。

对于标准波形，函数发生器将使用等效于 16,384（16K）个字深度的波形存储器。对于可选任意波形，函数发生器将使用等效于 8,192（8K）个字深度的波形存储器。

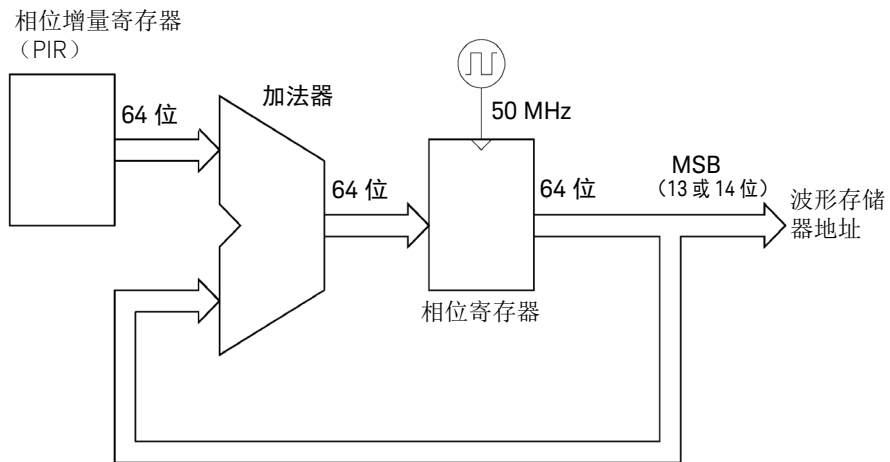
33210A 借助 16,384 个离散电压电平（或 14 位垂直分辨率）表示振幅值。指定的波形数据被分为几个样本，以便一个波形循环正好填满波形存储器（请参见下面的正弦波示意图）。如果创建的任意波形不是正好包含 8K 点，则仪器将根据需要重复点或者在现有点之间内插点，以填满波形存储器，从而自动将波形“伸展”。由于所有波形存储器都填满了一个波形循环，因此每个存储器位置对应一个 $2\pi/8,192$ 弧度的相角。



波形存储器中的正弦波表示

直接数字合成（DDS）发生器使用 *相位累加* 技术来控制波形存储器寻址。不是使用计数器来生成连续的存储器地址，而是使用“加法器”（请参见下一页）。在每个时钟循环中，将相位增量寄存器（PIR）中加载的常数加到相位累加器的当前结果上。相位累加器输出的最高有效位用于向波形存储器寻址。通过更改 PIR 常量，在整个波形存储器中步进所需的时钟循环数改变了，从而改变了输出频率。

PIR 决定相位值相对于时间的变化速度，并最终控制了合成的频率。相位累加器中的位数越多，频率分辨率就越高。由于 PIR 只影响相位值改变的速度（而不影响相位本身），因此波形频率的改变是相位连续的。



相位累加器电路

33210A 使用一个 64 位相位累加器，它在内部产生 $2^{-64} \times 50 \text{ MHz}$ 或 2.7 pHz 的频率分辨率。请注意，只使用相位寄存器的 13 或 14 最高有效位来对波形存储器寻址。因此，在合成低频时（对于典型、16K 点标准波形为少于 3.05 kHz），在每个时钟循环期间将不改变地址。然而，合成高频时（大于 3.05 kHz），在每个时钟循环期地址都被多个位置所改变，而且会跳过某些点。如果跳过的点过多，就将出现“混叠”现象，并且波形输出或多或少会有一些失真。

注意

Nyquist 采样定理 说明，为防止发生混叠，所需输出波形的最高频分量必须小于采样频率的一半。Keysight 33210A 按 50 MHz 进行采样，因此 Nyquist 会将最高频率分量限制为 25 MHz，而防混叠滤波功能将最高频率分量限制为小于此值。

创建任意波形（选件 002）

注意

任意波形还可用于 **33210A**（选件 002）。要升级 **33210A** 以包含任意波形功能，请转至 www.keysight.com/find/33210U。

Keysight 33210A 可以创建多达 8 K（8,192）个点的自定义任意波形，并提供 5 个内置的任意波形示例。您可以从前面板创建一个任意波形，或者使用 Keysight 33210A 随附的 CD-ROM 上的 Keysight IntuiLink 软件。Keysight IntuiLink 软件可让您使用 PC 上的图形用户界面来创建任意波形，然后将这些波形下载到 Keysight 33210A 上。您也可以从 Keysight 示波器捕获波形并将其导入 IntuiLink。有关详细信息，请参见 Keysight IntuiLink 软件的联机帮助。

对于大多数应用来讲，由于函数发生器将根据需要重复（或内插）一些点以填满波形存储器，因此不需要创建具有特定点数的任意波形。例如，如果您指定 100 点，则每个波形点将平均被重复 $8,192/100$ 或 81.92 次。对于 33210A，您不必非要更改波形长度来改变其输出频率。您只需创建一个任意长度的波形，然后调整函数发生器的输出频率。但是，为了获得最好的效果（以及将电压量化误差减少到最小），建议您使用波形 DAC 的整个范围。

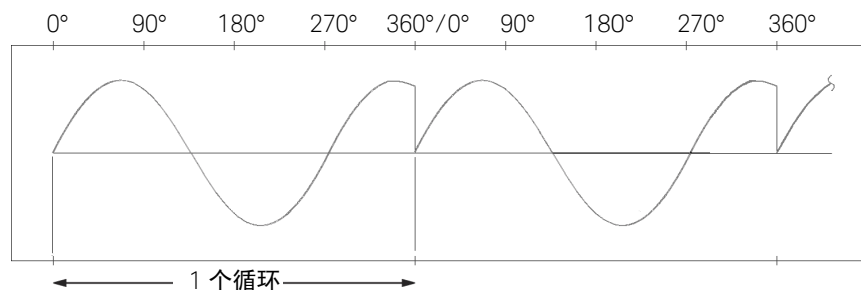
在从函数发生器的前面板中输入波形点时，您不需要按平均的时间间隔来输入点。您可以在较复杂的波形处添加所需要的点。只有在前面板中，您还可以使用线性内插来平滑两波形点间的过渡。这些特性使您利用相对少的点数来创建有用的任意波形成为可能。

使用 33210A，可以将任意波形输出到频率的上限 – 3 MHz。但是，请注意由于函数发生器的带宽限制和混叠，有用的上限通常要小一些。超出函数发生器带宽的波形频率分量将被衰减。

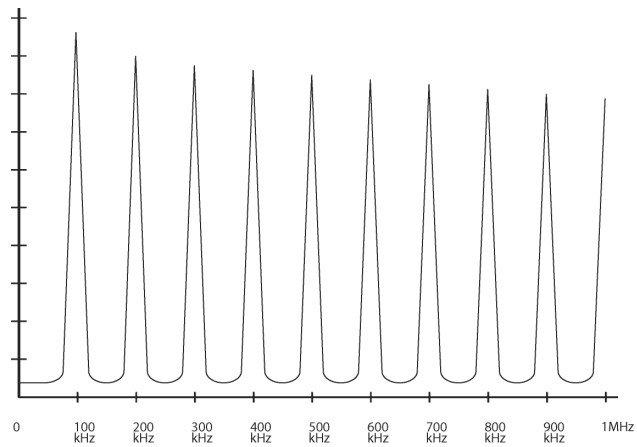
例如，假设有一个由 10 个循环的正弦波组成的自定义波形。在将函数发生器的频率设置为 1 MHz 时，实际输出频率将是 10 MHz，而振幅将被衰减。在将频率增加到 1 MHz 以上时，将出现更多的衰减。

在创建任意波形时，函数发生器将总是试图复制有限长度的时间记录，以便在波形存储器中产生周期性的数据。但是，如下所示，信号的形状和相位可能在终点被切断。在全部时间过程中重复波形时，由于需要许多谱项来描述这种不连续性，因此这种终点不连续性将在频域中导致**泄漏误差**。

在波形记录不是基频循环的整数倍时，将产生泄漏误差。基频的功率及其谐波将被传递到矩形取样函数的频谱分量。通过调整窗口长度以包含整数倍的循环，或者通过在窗口中包含更多的循环数以降低终点不连续性的程度，您可以减少泄漏误差。某些信号由离散的、非谐波相关的频率组成。由于这些信号是不重复的，因此所有频率分量都不能与窗口长度谐波相关。您应对这些情况加以注意，以便最大程度地减少终点不连续性和频谱泄漏。



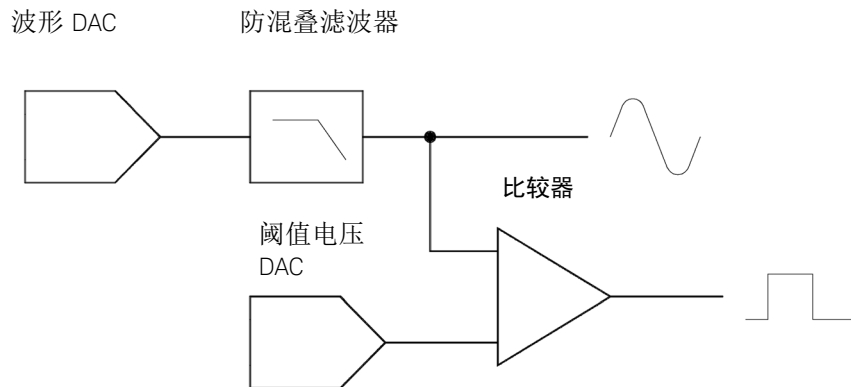
中断的任意波形



上面的波形在 100 kHz 时的频谱

生成方波波形

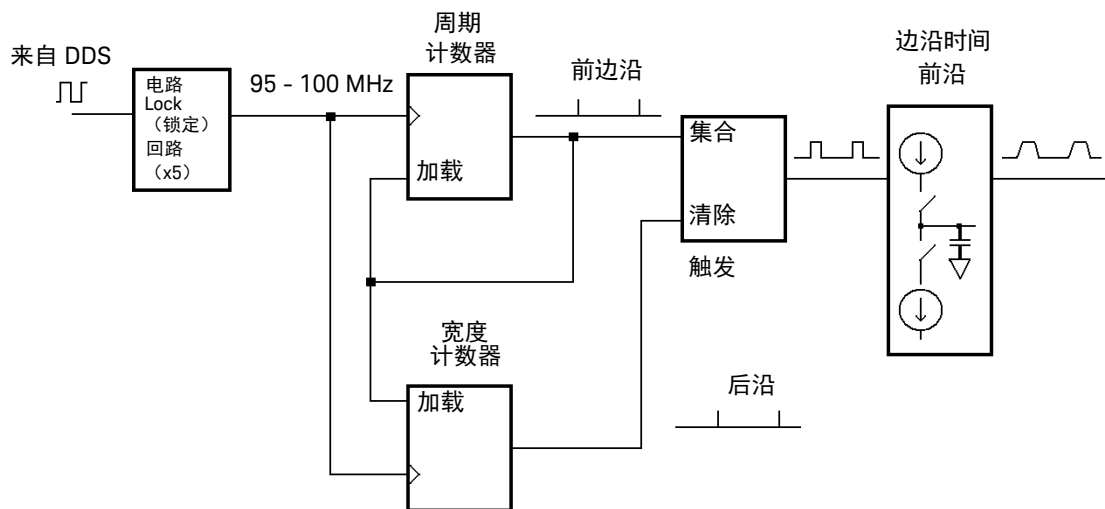
为消除高频时由于混叠产生的失真，33210A 使用不同的波形发生技术来创建方波。通过将 DDS 生成的正弦波发送到比较器中创建方波波形。然后使用比较器的数字输出作为方波输出的基础。通过改变比较器的阈值，可以改变波形的占空比。



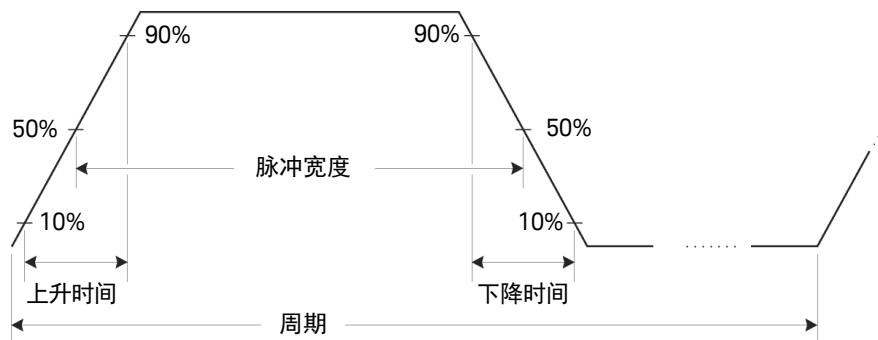
方波发生电路

生成脉冲波形

为消除高频时由于混叠产生的失真，33210A 使用不同的波形发生技术来创建脉冲波。对于生成脉冲波形，对时钟循环计数来衍生出周期和脉冲宽度。为获得较好的周期分辨率，时钟频率通过锁相循环（PLL）电路（该电路还将来自 DDS 的输入频率乘以 5）从 95 MHz 变化到 100 MHz 之间发生变化。上升和下降边沿时间由一个可改变电容器中的充电电流的电路来控制。周期、脉冲宽度和边沿时间被单独控制在一定的限制值内。该脉冲波形生成电路通过下面的框图来表示。



脉冲波形发生电路



脉冲波形参数

非理想信号

对于正弦波形，使用频谱分析仪可以非常容易地在频域中描绘和观察非理想信号。输出信号中所有频率与基频（或“载波”）不同的分量，被认为是寄生信号。可将非理想信号分为*谐波*、*非谐波*或*相位噪声*，并以“相对于载波电平的分贝”或“dBc”来指定。

谐波造成的非理想信号

谐波分量总是出现在多个基频处，并且是由波形 DAC 和信号通路中其他元件的非线性造成的。在小振幅的情况下，谐波失真的另一个来源是在连接到函数发生器 Sync 输出连接器的电缆中流动的电流。这种电流可能导致在电缆屏蔽层的电阻上产生小的方波电压降，而其中一部分电压被施加到主信号上。如果这正是您应用时所关注的问题，就应移除电缆或禁用 Sync 输出连接器。如果在应用中需要使用 Sync 输出连接器，可以通过以高阻抗（不是以 50 W 负载端接）端接该电缆，来最大程度地减少这种影响。

非谐波造成的非理想信号

非谐波寄生分量（称作“寄生信号”）的主要来源是波形 DAC。DAC 的非线性导致谐波被混叠或“折回”到函数发生器的通带中。在信号频率和函数发生器的取样频率（50 MHz）是简分数关系时，这些寄生信号最显著。

非谐波寄生信号的另一个来源是非相关信号源（例如微处理器时钟）耦合到输出信号中。不管信号的振幅如何，这些寄生信号通常具有恒定的振幅（ ϵ -75 dBm 或 112 mVpp），而在信号振幅低于 100 mVpp 时，这些寄生信号将产生较大影响。要获得较低振幅的信号并使其中所包含的寄生信号尽量少，则应保持函数发生器的输出电平相对较高，并且使用外部的衰减器（如果可能）。

相位噪声

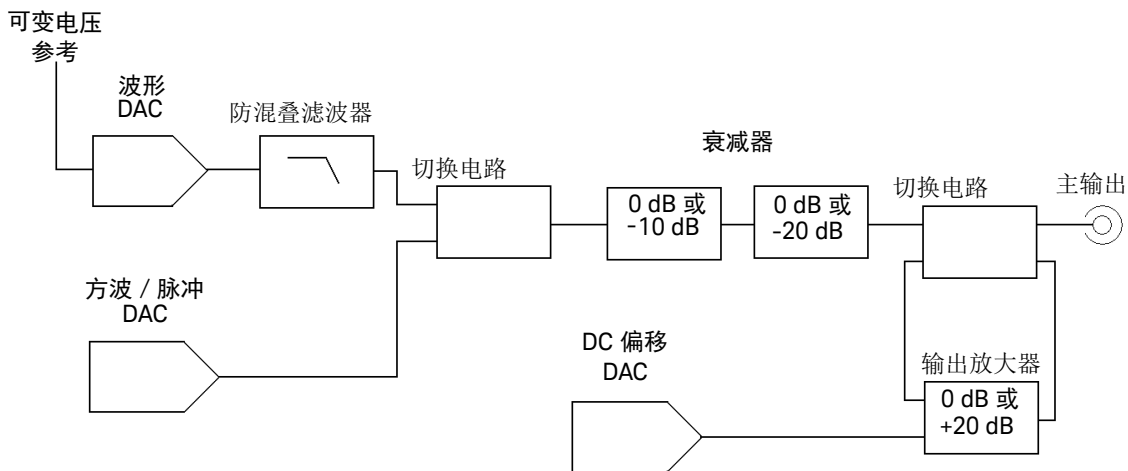
输出频率中较小的瞬时变化（“抖动”）导致相位噪声。它被视为基频附近的明显固有噪声电平的高度，随载波频率按照 6 dBc/倍频程增加。33210A 的相位噪声技术指标是在距 10 MHz 载波 10 kHz 处 1 Hz 带宽中的噪声的振幅。

量化误差

有限的 DAC 分辨率（14 位）将导致电压量化误差。假设误差均匀分布在 ± 0.5 最低有效位（LSB）的范围内，对于使用整个 DAC 范围（16,384 个电平）的正弦波来讲，相应的噪声电平是 -86 dBc。类似地，有限长度的波形存储器将导致相位量化误差。将这些错误作为低电平相位调制，并假设在范围 ± 0.5 LSB 上均匀分布，则对于 16K 次采样长度的正弦波，等效噪声电平为 -76 dBc。所有的 33210A 标准波形都使用整个 DAC 范围，并且长度为 16K 次采样。使用小于整个 DAC 范围的任何任意波形将会按比例显示出更高的相对量化误差。

输出振幅控制

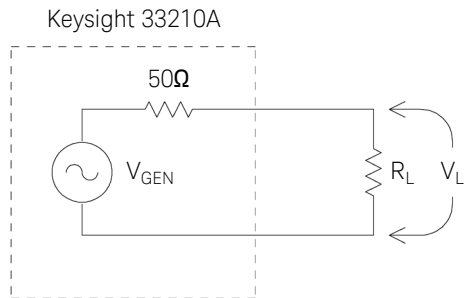
Keysight 33210A 使用一个可变参考电压在 10 dB 范围内控制信号振幅。如下面的简化框图所示，波形 DAC 的输出通过一个抗混叠滤波器。开关电路可选择波形输出或单独方波 / 脉冲 DAC 的输出。在各种组合方式下使用两个衰减器（-10 dB 和 -20 dB），以 10 dB 的步进在较大范围的振幅值（10 mVpp 到 10 Vpp）中控制输出振幅。



请注意，DC 偏移使用输出放大器中的 DC 信号被累加在一起。这就允许相对小的 AC 信号被相对大的 DC 电压所偏移。例如，您可以将一个 100 mVpp 信号偏移接近 5 Vdc（以 50 ω 负载端接）。

在改变范围时，33210A 切换衰减器以便输出电压决不超过当前的振幅设置。但是，由于切换造成的瞬时破坏或“毛刺”可能给某些应用带来问题。为此，33210A 增加了范围保持特性，以便将衰减器和放大器开关“冻结”在其当前的状态下。然而，在将振幅减少到所期望的范围更改以下时，振幅和偏移准确度、分辨率（以及波形保真度）可能会受到负面的影响。

如下所示，33210A 具有一个 50 Ω 的固定串联输出阻抗，它与负载电阻构成了一个分压器。

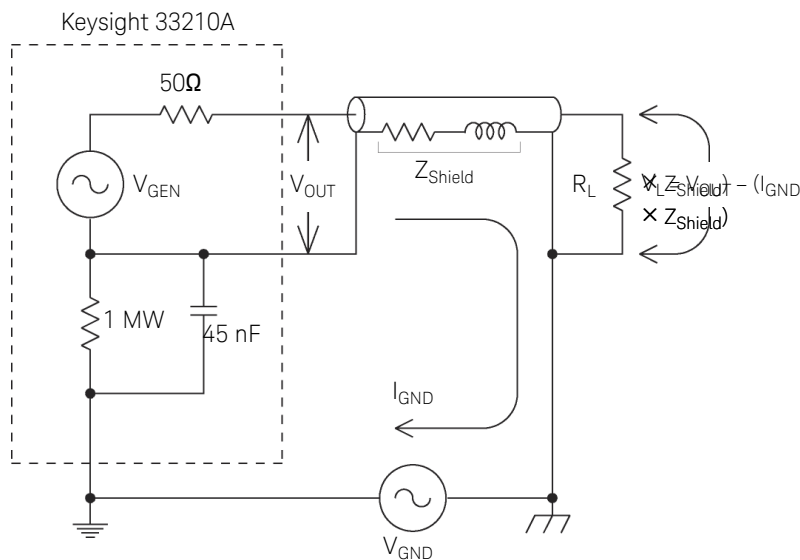


作为一种快捷方法，您可以指定函数发生器检测到的负载阻抗，从而显示正确的负载电压。如果实际负载阻抗与指定的值不同，则显示的振幅、偏移和高 / 低电平将是不正确的。在仪器校准过程中可以测量到源电阻的变化，并将其计算在内。因此，负载电压的准确度主要取决于负载电阻的准确度，如下所示。

$$D V_L(\%) @ \frac{50}{R_L + 50} \times D R_L(\%)$$

接地回路

Keysight 33210A 的信号发生部分与机壳（大地）接地相隔离。这种隔离有助于消除系统中的接地回路，并允许您以地电压以外的电压作为输出信号的参考。以下示意图说明了函数发生器通过同轴电缆连接到负载的情形。地电位（ V_{GND} ）中的任何差异都会导致电缆屏蔽中的电流 I_{GND} 流动，从而会由于屏蔽的阻抗（ Z_{Shield} ）而造成电压降。产生的电压降（ $I_{GND} \times Z_{Shield}$ ）会以负载电压的误差的形式表现出来。但是，由于仪器是隔离的，在通路上会有一个阻止 I_{GND} 流动的高串联阻抗（一般情况下是 1 MW 与 45 nF 并联），因此会最大程度地减少这种影响。



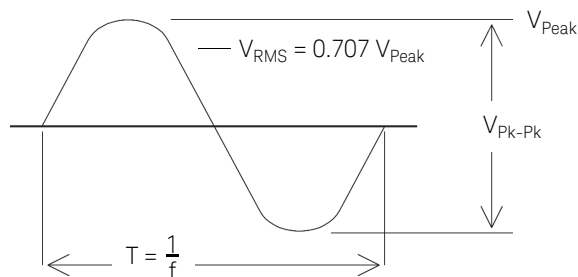
接地回路效应

在频率超过几千赫兹时，同轴电缆的屏蔽将变为电感性的而不是电阻性的。此时，电缆将会产生变压器的作用。出现这种情况时，电缆将强制屏蔽和中心导体的电流相等，但是方向相反。由 I_{GND} 在屏蔽中造成的任何电压降，在中心导体中也会有相似的电压降。这种现象被认为是“平衡效应”，并且在高频时减少接地回路。请注意：在低频时较低的屏蔽电阻会导致平衡效应成为一个主要的因素。因此，具有两个或三个编织屏蔽层的同轴电缆比具有一个编织或锡箔屏蔽层的电缆效果更好。



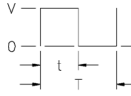
要减少接地回路造成的误差，应使用高质量的同轴电缆将函数发生器与负载相连，并且在负载处通过电缆的屏蔽将函数发生器接地。如果可能，确保将函数发生器和负载连接到同一个电源插座上，以便将地电位的差值减少到最小。

AC 信号的属性

最常用的 AC 信号是正弦波。实际上，任何周期性的信号都可以表示为不同正弦波之和。正弦波的振幅通常由其峰值、峰峰值或均方根（RMS）值来指定。所有这些测量都假定波形的偏移电压为零。



波形的**峰值电压**是波形中所有点的最大绝对值。**峰峰值电压**是最大值和最小值之差。**RMS 电压**是通过以下计算方式得到的：将波形中每个点的电压平方相加，然后用总和除以点数，再求出商的平方根。波形的 RMS 值也可表示信号一个循环的平均功率：功率 = V_{RMS}^2 / R_L 。**波峰因数**是信号峰值与其 RMS 值之比，由于波形的不同，波峰因数会有所不同。下表列出了几个常用的波形，以及其各自的波峰因数和 RMS 值。

Waveform Shape	Crest Factor (C.F.)	AC RMS	AC+DC RMS
	1.414	$\frac{V}{1.414}$	$\frac{V}{1.414}$
	1.732	$\frac{V}{1.732}$	$\frac{V}{1.732}$
	$\sqrt{\frac{T}{t}}$	$\frac{V}{C.F.} \times \sqrt{1 - \left(\frac{1}{C.F.}\right)^2}$	$\frac{V}{C.F.}$

注意

如果平均读数电压计用于测量波形的“DC 电压”，则读数可能不会符合函数发生器的 DC 偏移设置。这是因为波形中可能会具有非零平均值被加到 DC 偏移中。

有时候，您可能会看到以“相对于 1 毫瓦的分贝”（dBm）指定的 AC 电平。由于 dBm 表示功率电平，您就需要知道信号的 RMS 电压和负载电阻，以便进行计算。

$$\text{dBm} = 10 \times \log_{10}(P/0.001) \quad \text{其中, } P = V_{\text{RMS}}^2 / R_L$$

对于以 50 w 负载端接的正弦波，下表列出了与 dBm 对应的电压。

dBm	RMS 电压	峰峰值电压
+23.98 dBm	3.54 Vrms	10.00 Vpp
+13.01 dBm	1.00 Vrms	2.828 Vpp
+10.00 dBm	707 mVrms	2.000 Vpp
+6.99 dBm	500 mVrms	1.414 Vpp
0.00 dBm	224 mVrms	632 mVpp
-6.99 dBm	100 mVrms	283 mVpp
-10.00 dBm	70.7 mVrms	200 mVpp
-36.02 dBm	3.54 mVrms	10.0 mVpp

对于 75 w 或 600 w 的负载，使用下列公式进行换算。

$$\begin{aligned} \text{dBm (75 w)} &= \text{dBm (50 w)} - 1.76 \\ \text{dBm (600 w)} &= \text{dBm (50 w)} - 10.79 \end{aligned}$$

调制

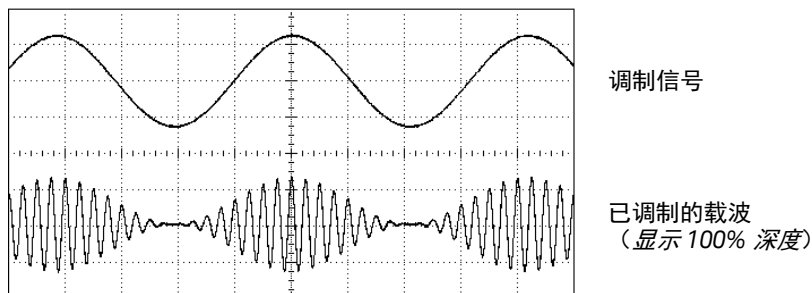
调制是用低频信息（称为“*调制信号*”）调整高频信号（称为“*载波信号*”）的过程。载波信号和调制信号可以具有任何波形，但是载波通常是正弦波。

两个常用的调制类型是*调幅*（AM）和*调频*（FM）。这两种调制形式根据调制信号的瞬时值，分别调整载波的振幅或频率。脉冲宽度调制（PWM）只用于脉冲波形。在 PWM 中，脉冲波形的脉冲宽度或占空比根据调制信号而变化。

函数发生器将接受*内部*或*外部*调制源。如果选择了*内部*源，将由次 DDS 合成器生成已调制的波形。如果选择*外部*源，则已调制的波形受函数发生器后面板 *Modulation In* 连接器上出现的信号电平控制。外部信号被模数转换器（ADC）取样并数字化。使用任何一种调制源，其结果都是表示调制波形的数字样本流。

振幅调制（AM）

函数发生器执行一种被称作“*双边带传输载波*”的振幅调制，是大多数 AM 无线电台使用的一种调制类型。



调幅

调幅量称为调制深度，是指调制将使用的部分振幅范围。例如，无论是使用内部信号还是整个范围的 ($\pm 5\text{ V}$) 外部调制信号，80% 的深度设置将导致振幅从其设置的 10% 变化到 90% ($90\% - 10\% = 80\%$)。

调频 (FM)

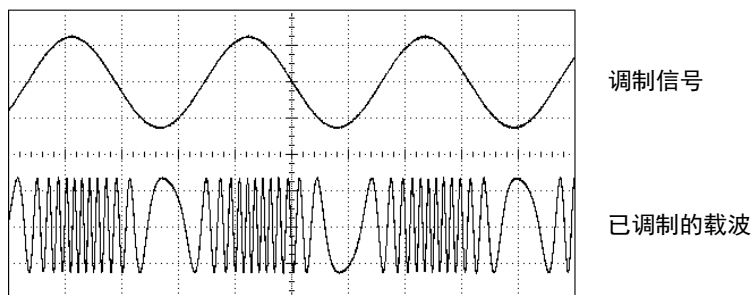
对于 FM，通过更改 PIR 的内容，函数发生器使用调制取样来调整仪器的输出频率（请参见第 339 页的“直接数字合成”）。请注意，由于后面板的 Modulation In 连接器是 DC 耦合的，因此您可以使用 33210A 来模拟压控振荡器 (VCO)。

经过调制的波形的频率与载波频率之间的差异称作频率偏差。频率偏差小于调制信号带宽的 1% 的波形称为“窄带 FM”。具有较大偏差的波形被称为“宽带 FM”。已调制信号的带宽可由下列等式进行近似计算。

$BW @ 2 \times (\text{调制信号带宽})$ 对于窄带 FM

$BW @ 2 \times (\text{偏差} + \text{调制信号带宽})$ 对于宽带 FM

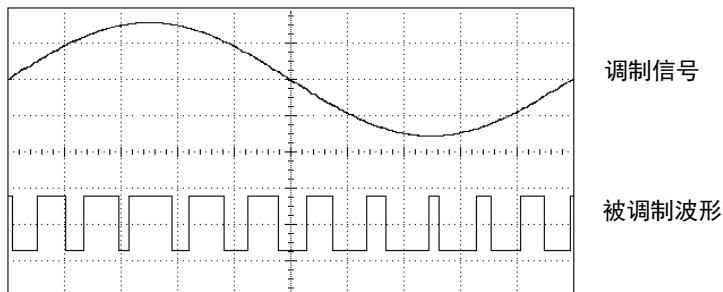
在美国，商业 FM 电台通常具有 15 kHz 的调制带宽，75 kHz 的偏差，也就是“宽带”。因此，调制带宽是： $2 \times (75\text{ kHz} + 15\text{ kHz}) = 180\text{ kHz}$ 。频道间隔为 200 kHz。



调频

脉冲宽度调制 (PWM)

PWM 用于数字音频应用、电动机控制电路、开关电源以及其他控制应用中。Keysight 33210A 可为脉冲波形提供 PWM，PWM 是受脉冲波形支持的唯一一种调制类型。对于 PWM 来说，调制波形的振幅被数字化采样，并用于控制脉冲波形的脉冲宽度或占空比。



脉冲宽度调制

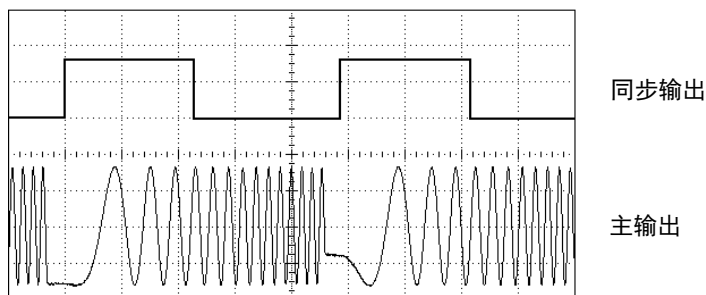
被调制波形相对于脉冲波形的脉冲宽度的变化称为**宽度偏差**。该偏差也可以占空比表示（相对于脉冲波形周期的一个百分比），称为**占空比偏差**。在 PWM 中，宽度或占空比偏差在原始脉冲波形的脉冲宽度或占空比周围是对称的。例如，如果您指定一个具有 10% 占空比的脉冲波形，然后指定占空比偏差为 5% 的 PWM，则被调制波形将在调制波形的控制下具有一个占空比在 5% 至 15% 之间变化的脉冲。

频率扫描

频率扫描与 FM 相类似，但不使用调制波形，而是由函数发生器在线性或对数函数的基础上设置输出频率。在*线性*扫描中，输出频率以恒定的“每秒若干赫兹”的方式改变。在*对数*扫描中，输出频率以恒定的“每秒倍频程”或“每秒十倍”的方式变化。对覆盖较宽的频率范围对数扫描非常有用，因为如果使用线性扫描，低频的分辨率很可能丢失。

可以使用*内部*触发源或*外部*硬件触发源生成扫描。在选择此源时，函数发生器输出一个连续的扫描，其速率由指定的*扫描时间*决定。在选择外部源时，函数发生器将接受一个适用于后面板 *Trig In* 连接器的硬件触发。每次 *Trig In* 接收一个 TTL 脉冲时，函数发生器就启动一个扫描。

扫描是由有限的小频率步进组成的。由于每个步进占用相同的时间，因此较长的扫描时间将导致较小的步进和较高的分辨率。函数发生器根据所选择的*扫描时间*，自动计算扫描中离散频率点的数目。



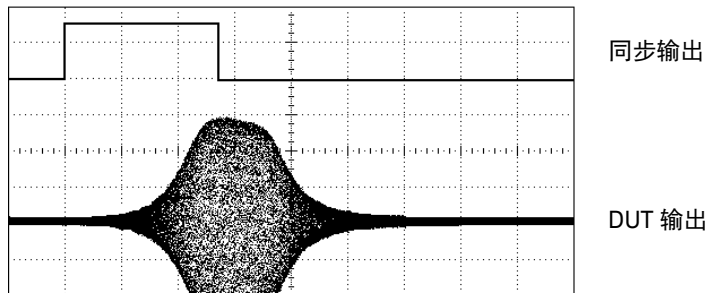
频率扫描

对于触发扫描，触发源可以是外部信号、**Trigger** 键或者从远程接口中接收的命令。外部触发信号的输入是后面板 *Trig In* 连接器。该连接器接受 TTL 兼容的电平，并以机箱接地（不是浮置地）为参考。在 *Trig In* 连接器不作为输入使用时，可以将其配置为输出，以使 33210A 在其发生内部触发的同时，能够触发其他仪器。

同步信号和标志信号

前面板 *Sync* 连接器中的输出在每次扫描的开始时都变“高”。如果您禁用了“标志”函数，则在扫描的中点同步信号会变为“低”。然而，如果您已经启用了“标志”函数，则在输出频率达到指定的标志频率时，同步信号变为“低”。标志频率必须在指定的起始频率和停止频率之间。

可以使用“标志”函数来识别待测设备（DUT）响应中值得注意的频率 — 例如，您可能要标识谐振。要实现这一点，将同步输出连接到示波器的一个通道，然后将 DUT 输出连接到另一个通道上。然后，用同步信号的上升沿触发示波器，以将起始频率定位在屏幕的左侧。调整标志频率，直到同步信号的下降沿与设备响应中您感兴趣的特征点对齐。然后可以从 33210A 前面板显示屏中读出频率。



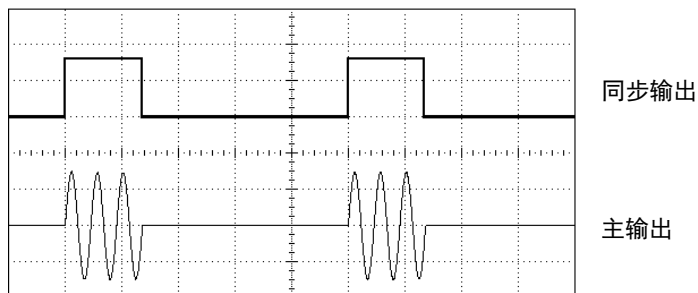
标志位于 DUT 谐振处的扫描

脉冲串

您可以配置函数发生器以输出具有指定循环数的波形，称为“脉冲串”。可以按两种模式中的一种使用脉冲串：*触发脉冲串*（也称作 N 循环脉冲串）或*门控脉冲串*。

触发脉冲串模式

触发脉冲串由特定数目的波形循环（1 到 50,000）组成并且总是由触发事件启动的。也可以将脉冲串计数设置为“无限”，这样一旦触发函数发生器，就会产生连续波形。



三循环的脉冲串波形

对于脉冲串，触发源可以是外部信号、内部定时器、**Trigger** 键或者从远程接口中接收的命令。外部触发信号的输入是后面板 *Trig In* 连接器。该连接器接受 TTL 兼容的电平，并以机壳接地（不是浮置地）为参考。在 *Trig In* 连接器不作为输入使用时，可以将其配置为输出，以使 33210A 在其发生内部触发的同时，能够触发其他仪器。

触发脉冲串是在波形的同一点开始和结束，称为“起始相位”。 0° 的起始相位对应于波形记录的开始，而 360° 对应于波形记录的结束。

门控脉冲串模式

在门控脉冲串模式中，输出波形根据加到后面板 *Trig In* 连接器上的外部信号电平，“开启”或“关闭”。在门控信号为真时，函数发生器输出一个连续波形。在门控信号为假时，首先完成当前的波形周期，然后函数发生器停止，同时保持在所选波形的起始脉冲串相位对应的电压电平上。

8 技术参数

有关 33210A 10 MHz 函数 / 任意波形发生器的特征和规格，请参考位于以下网站的数据表：<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-8926EN.pdf>。

本页特意留为空白。



本信息如有更改，恕不另行通知。请参考 Keysight 网站中的英文版本以获得最新的修订版。

© 是德科技 2009 - 2021

第 4 版，2021 年 6 月 1 日

马来西亚印刷



33210-90418

www.keysight.com