
53220A/53230A

350 MHz 通用频率计数器 / 定时器

声明

版权声明

© 是德科技 2011-2023

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。

商标

Microsoft 和 Windows 是 Microsoft Corporation 在美国的注册商标。

手册产品编号

53220-90417

版本

2023 年 4 月，第 4 版

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) 让与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。

软件更新 / 许可

Keysight 定期发行软件更新，以修复已知缺陷并整合产品增强功能。要搜索产品的软件更新和最新文档，请转到以下网址的产品页：

www.keysight.com/find/53220A

www.keysight.com/find/53230A

此产品中的部分软件依据《通用公用许可证版本 2》（“GPLv2”）条款许可。您可在以下网址中找到许可文本和源代码：

www.keysight.com/find/GPLV2

此产品使用 Microsoft Windows CE。Keysight 强烈建议所有基于 Windows 的、与 Windows CE 仪器相连的计算机均使用最新防病毒软件。有关详细信息，请转到以下网址的产品页：

www.keysight.com/find/53220A

www.keysight.com/find/53230A

服务支持

本产品提供标准的产品保修服务。此外还可选择保修方案、扩展支持合同、产品维修协议和客户支持协议。欲了解有关 Keysight Technologies 的完整支持计划方案，请就近联系 Keysight Technologies 销售和服务办事处。

认证

Keysight Technologies 保证本产品出厂时符合其发布的规格。Keysight Technologies 进一步保证其校准测量遵循美国国家标准和技术研究院的规定，并符合该研究院及其他国际标准组织成员制定的校准设备规范。

专属保修

此处提供的保修仅限于客户本人，即为专属保修。对于任意直接、间接、特殊、意外或连带的伤害，不论基于合同法、侵权法或其他任何法理，Keysight Technologies 概不承担任何责任。

锂电池的回收利用

53220A/53230A 计数器采用 3V “纽扣型” 锂电池。Keysight 建议，按仪器一年一度的校准时间间隔，每年均应更换此电池。《53220A/53230A 维修指南》中提供了更换步骤。

选件 300 针对使用 12V 锂电池的 53220A/53230A 提供了电池操作。此电池的性能作为充电 / 放电周期数的函数，将随着时间的推移而逐渐下降。

处理或回收利用电池时，请遵循当地法规、省 / 市 / 自治区法规或联邦法规。

安全符号

	待机电源。当电源开关处于待机位置时，设备未与交流电源完全断开连接。		机箱接地
	请参见手册的其他安全信息。	CAT I	IEC 测量类别 I。请勿将输入连接到交流电源干线或从交流电源干线中导出的电路。

安全信息

在操作本仪器的所有阶段，必须遵守下列一般性安全预防措施。不遵守这些预防措施或产品手册中的特定警告或操作说明，将违反该仪器的设计、制造和使用的安全标准。安捷伦科技公司对客户不遵守这些规定而导致的故障不承担任何责任。

一般原则

不要违反制造商的规定使用本产品。如不按照操作手册使用本产品，其保护功能可能会失效。

接通电源前

确认已采取了所有的安全措施。请留意在“安全符号”下面介绍的仪器外部标识。

将仪器接地

Keysight 53220A/53230A 随附提供了一个接地电源插头。要将电击危险减到最低程度，必须将仪器机箱和外壳接地。接地针脚必须牢固地连接到电源插座的接地（安全接地）端。中断保护（接地）导线或接地保护端子的连接，将导致潜在电击危险，从而造成人身伤害。

熔断器

Keysight 53220A/53230A 随附提供了一根内部线路保险丝，适用于仪器中列出的线路电压。用户无法接触到此保险丝。

请勿在易爆或潮湿的环境中进行操作

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。

不要在靠近可燃性液体的环境下操作仪器

不要在存在可燃性液体或靠近这类液体容器的环境下操作仪器。

不要卸下仪器外壳

只能由合格的、经过维修培训且了解潜在危险的专业人员打开仪器外壳。在卸下仪器外壳之前，要断开电源电缆和外部电路的连接。

不要调整仪器

不要在本产品上安装替代零部件或执行未经授权的任何改装。请将产品返回安捷伦销售和服务部接受服务和维修以确保保持其安全特性。

出现损坏时

仪器一旦出现损坏或故障迹象，应立即停止操作并防止误操作。请等待合格人员进行修理。

清洁仪器

请使用柔软的无尘布稍稍沾湿后清洁仪器的外部。切勿使用清洁剂或化学溶剂。

警告

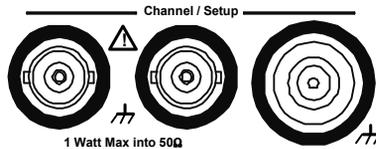
请勿将 53220A/53230A 的输入通道连接到交流线电压电源或从交流电源中导出的电路。仪器仅可在 CAT I（与主电源隔离）的应用场合中使用。请勿在其他 IEC 测量类别（CAT II、CAT III 或 CAT IV）应用场合中使用。不遵循上述预防措施，可能会导致电击和严重的人身伤害。

警告

输入端子的 BNC 外壳与仪器机箱相连。在对输入端子进行任何连接之前，请验证信号极性。

保护限值

在不超过保护限值且仪器正常接地的情况下，Keysight 53220A/53230A 350 MHz RF 计数器提供的保护电路可防止仪器损坏和电击危险。为确保安全操作仪器，请勿超过前面板上标示的保护限值：



警告

在电池操作期间，用户提供的最大测量信号为 $\pm 42V$ 。

警告

产品选件 201/202 在仪器后面板上添加一个并行的通道 1 和通道 2 输入。任一面板通道 BNC 的中心导体内的信号也存在于另一面板 BNC 的对应中心导体内。

安装仪器

Keysight 53220A/53230A 在以下线路电压范围中工作：

100 V to 240 V, 50 Hz to 60 Hz

100 V to 127 V, 440 Hz

最大 90 VA

仪器通过两侧和后面通风。请勿挡住两侧和后面的通风孔。

电池操作

以电池为电源（选件 300）操作 53220A 或 53230A 时，如果不遵守以下警告，可能会导致仪器损坏、电击和严重人身伤害：

警告

要将电击危险减到最低程度，必须在电池操作期间将仪器机箱接地。中断或断开保护接地端子的连接，将导致潜在电击危险，从而造成人身伤害。

警告

以电池为电源时，仪器机箱可能会浮动至用户提供的测量信号的电位。

产品法规和合规性

此 53220A/53230A 计数器符合安全和 EMC 要求。

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

废弃电气和电子设备 (WEEE) 指令 2002/96/EC

此仪器符合 WEEE 指令 (2002/96/EC) 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/53220A
www.keysight.com/find/53230A
(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

软件更新 / 许可	3
服务支持	4
认证	4
专属保修	4
锂电池的回收利用	5
安全符号	5
安全信息	6
一般原则	6
接通电源前	6
将仪器接地	6
熔断器	6
不要在易爆环境中操作	6
不要在靠近可燃性液体的环境下操作仪器	6
不要卸下仪器外壳	7
不要调整仪器	7
出现损坏时	7
清洁仪器	7
保护限值	8
安装仪器	9
电池操作	9
废弃电气和电子设备 (WEEE) 指令 2002/96/EC	10
产品类别:	10
销售与技术支持	10
1 准备使用	
前面板和后面板概述	25
前面板	25
后面板	26
显示屏	27
关于本仪器	28
随附的材料	28

操作和存储环境	30
电气要求	31
接通电源	32
LED 的加电状态	32
待机电源	33
电池操作	34
电池保护	36
使用内置帮助	37
实用程序功能	38
显示配置	38
用户交互	42
参考设置	44
本用户指南的结构	48

2 53220A/53230A 软件安装和接口配置

软件要求	52
使用计数器支持 Web 的接口	53
连接计数器并查看其主页	53
Web 接口概述	55
安装 Keysight IO Libraries	57
安装仪器驱动程序	59
向 PC 接口添加仪器	59
配置 LAN 接口	60
配置 USB 接口	65
配置 GPIB 接口	68
使用 Interactive IO	71
固件和驱动程序更新	73
禁用校准安全	73
SCPI 语言仿真模式	74
下载和安装更新实用程序	74
下载固件更新	75
安装固件更新	75
下载 IVI-COM 驱动程序更新	78

3 53220A/53230A 测量

计数器测量概述	80
参考振荡器配置	82
参考振荡器源	83
参考振荡器（选件 010）的待机电源	86
设置测量模式	87
设置测量超时	90
SCPI 语法惯例	91
MEASure 和 CONFigure 命令	93
使用 MEASure	95
使用 CONFigure	95
频率和周期的测量	97
频率	97
频率比	99
周期	101
时间戳	103
时间间隔测量	106
时间间隔	106
上升时间和下降时间	110
脉冲宽度	113
占空比	116
相位	120
单个周期	122
积算测量	124
门控	124
连续	127
瞬时脉冲测量	130
载波频率	132
脉冲 PRI 和 PRF	133
正负宽度	135
4 53220A/53230A 输入信号调节	
通道特性	138
信号调节路径	139

输入阻抗	140
输入范围	142
输入耦合	144
带宽限制（低通）滤波器	146
阈值级别和灵敏度	147
瞬时脉冲测量检测器阈值	153
噪声抑制（滞后）	155
阈值斜率	156
测量输入信号电平和信号强度	158
5 触发和门控	
设置概述	162
触发和门控时间线	163
触发和门控周期	164
系统触发	167
等待触发和已触发状态	174
测量门控	177
门控设置	177
频率测量	179
积算	186
时间间隔测量	192
在“门控输入 / 输出” BNC 中启用门控信号	195
瞬间脉冲载波的频率测量	196
高级门控控制 - 门控启动	201
高级门控控制 - 门控停止延迟和门控停止	208
自动门控扩展	215
6 53220A/53230A 数学、图形和数据记录	
数学函数	218
启用 CALCulate1 子系统	219
对数据执行平滑处理	220
标定函数	222
统计信息	229
限制检查	234
柱状图	238

查看柱状图	239
柱状图配置	241
趋势图	251
查看趋势图	252
数据记录	258
图形函数和读数存储器	263
7 格式和数据流	
读数格式和数据流	266
指定格式	267
设置数据块的传输字节顺序	267
数据流	268
计数器文件系统	276
在闪存和 USB 驱动器中创建文件夹和文件	277
用户定义的加电状态	285
管理文件夹和文件	288
8 仪器状态	
Keysight 53220A/53230A 状态系统	297
可疑数据寄存器组	297
标准操作寄存器组	298
标准事件寄存器	299
状态字节寄存器	300
A 53220A/53230A 错误消息	

本页特意留为空白。

图列表

图 1-1	53220A/53230A 通用频率计数器 / 定时器。	24
图 1-2	53220A/53230A 显示屏。	27
图 1-3	53220A/53230A 用户指南结构图。	49
图 2-1	53230A 的支持 Web 的接口 “欢迎页面”。	54
图 2-2	Web UI SCPI 命令界面。	56
图 2-3	启动 Keysight Connection Expert。	61
图 2-4	Keysight Connection Expert 接口窗口。	62
图 2-5	添加套接字连接。	63
图 2-6	为 USB 地址字符串设置 VISA 别名。	67
图 2-7	选择 GPIB 地址。	69
图 2-8	为所选的接口启动 Interactive IO。	72
图 2-9	固件更新实用程序的文件选择窗口。	75
图 2-10	选择更新文件路径。	76
图 2-11	指定地址或主机名。	77
图 3-1	53230A 连续无间隙的测量序列。	88
图 3-2	标准的频率测量。	97
图 3-3	两个输入信号测量之比。	99
图 3-4	标准的周期测量。	101
图 3-5	计数器通道中的时间戳事件。	103
图 3-6	双通道时间间隔测量。	107
图 3-7	单通道时间间隔测量。	109
图 3-8	上升时间和下降时间测量。	110
图 3-9	正负脉冲宽度测量。	114
图 3-10	正负占空比测量。	117
图 3-11	两个通道之间的相位测量。	120
图 3-12	门控和连续积算。	125
图 3-13	53230A 微波脉冲测量。	131
图 4-1	53220A/53230A 输入信号调节。	139
图 4-2	使用 AC 耦合达到触发点。	145
图 4-3	启用带宽滤波器之后的可测量频率范围。	146
图 4-4	输入信号的阈值级别和灵敏度。	147
图 4-5	输入耦合和相对阈值级别。	151
图 4-6	-6 dB 和 /-12 dB 检测器阈值。	154
图 5-1	触发和门控时间线。	163

图 5-2	触发和门控周期 - 触发。	165
图 5-2	(续) 触发和门控周期 - 门控。	166
图 5-3	系统触发器序列	168
图 5-4	计数器的“等待触发”状态。	174
图 5-5	门控源序列	178
图 5-6	瞬时脉冲载波频率 (-6 dB 阈值)。	196
图 5-7	载波频率测量的门控控制。	198
图 5-8	门控启动序列。	202
图 5-9	门控停止延迟和门控停止序列。	208
图 6-1	启用数学运算。	219
图 6-2	启用标定函数的 53220A/53230A 显示屏。	222
图 6-3	已启用限制检查和统计的计数器显示屏。	229
图 6-4	53220A/53230A 限制检查。	234
图 6-5	53220A/53230A 柱状图结构。	238
图 6-6	柱状图的显示形式。	240
图 6-7	15 个柱表 (点) 的柱状图。	241
图 6-8	趋势图的显示形式 (没有经过抽取)。	251
图 6-9	趋势图的配置和控制。	253
图 6-10	趋势图的显示形式 (已经过抽取)。	256
图 6-11	启动计数器的数据记录仪。	258
图 6-12	数据记录过程中趋势图的显示形式。	262
图 6-13	读数存储器和重置 / 清除图形。	263
图 7-1	53220A/53230A 计数器内的数据流。	268
图 7-2	内部存储器和 USB 存储设备中的文件夹和文件。	276
图 8-1	53220A/53230A 状态系统。	296

表列表

表 1-1	53220A/53230A 产品选件。	28
表 1-2	LED 的加电状态和颜色。	32
表 2-1	53220A/53230A 开发环境和驱动程序。	52
表 2-2	Keysight IO Libraries Suite 的系统要求。	58
表 3-1	Keysight 53220A/53230A 测量概述	80
表 3-2	使用 CONFigure 和 MEASure 的计数器配置	93
表 4-1	输入通道的重置 / 预设设置摘要。	140
表 5-1	触发和门控概述。	162
表 5-2	分辨率和门控时间。	180
表 7-1	计数器数据格式	266
表 7-2	影响数据流的命令	269
表 A-1	53220A/53230A 错误消息说明。	304

本页特意留为空白。

1 准备使用

前面板和后面板概述	25
关于本仪器	28
接通电源	32
实用程序功能	38
本用户指南的结构	48

欢迎使用本仪器。本用户指南包含有关 Keysight 53220A/53230A 350 MHz 通用计数器 / 定时器的配置和操作信息。

53220A/53230A 是一个 2U 高、1/2 模块宽的 LXI C 类仪器。2U 高、1/2 模块宽是指 53220A/53230A 相对于 EIA 标准机柜尺寸的物理大小。LXI 是 LAN eXtensions for Instrumentation 的缩写，是指使用 Ethernet (LAN) 作为主要远程通信接口的设备的仪器标准。

1 准备使用

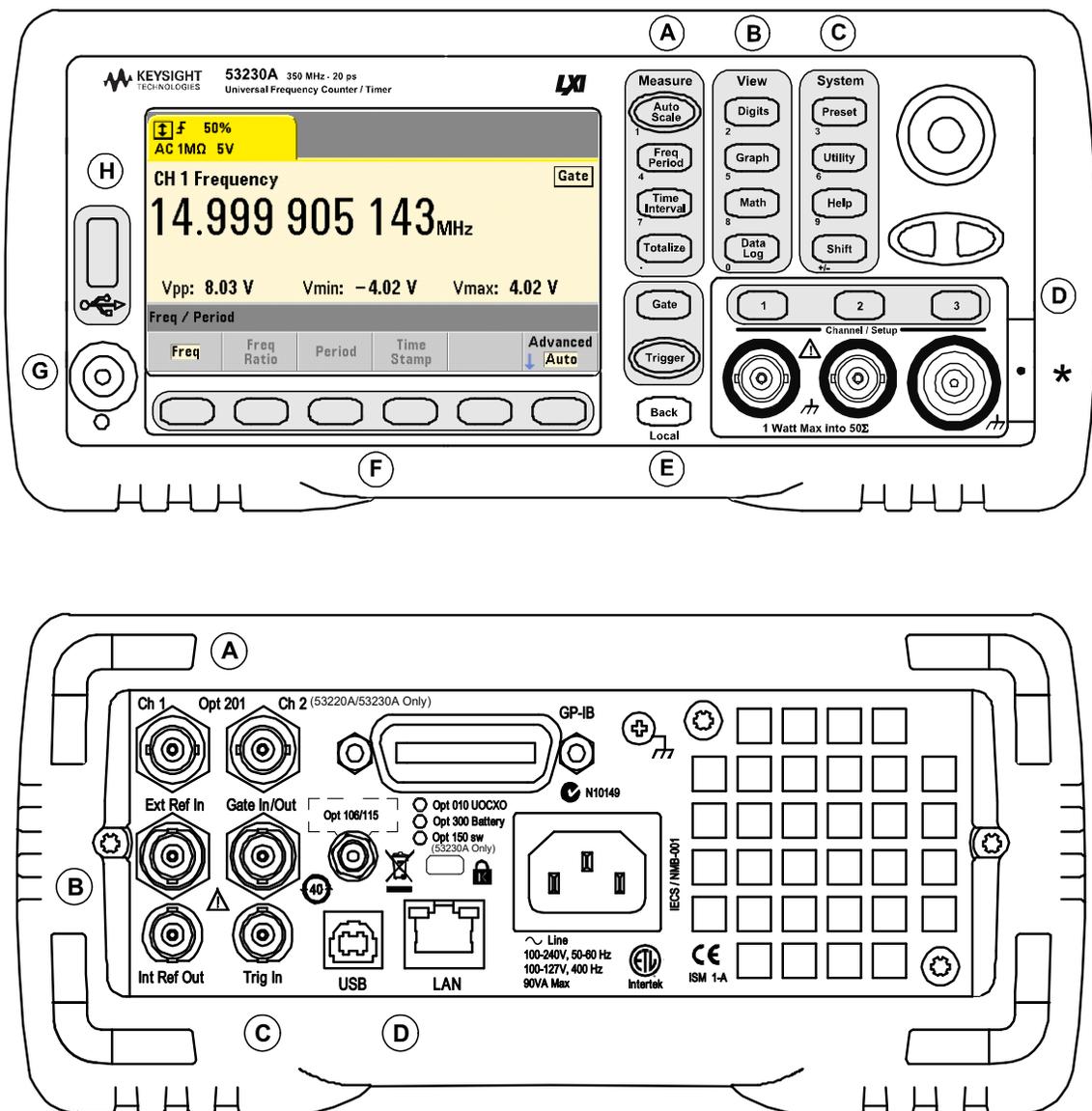


图 1-1 53220A/53230A 通用频率计数器 / 定时器。

前面板和后面板概述

图 1-1 显示了 Keysight 53230A 350 MHz 通用频率计数器 / 定时器的前面板和后面板。53220A 和 53230A 尺寸相同，并可用于相同的产品选件，但脉冲测量固件选件 150 仅可用于 53230A。

前面板

前面板的阴影区域表示执行类似功能的键。下面是对这些区域的简要介绍。

A.Measure 键 - 显示可从中选择测量功能的软键菜单。 **Auto Scale** 可感测输入通道 1、2、3 中大于 100 Hz 的输入信号，并自动设置进行所选测量所需的范围和输入阈值。计数器测量将在第 3 章介绍。

B.View 键 - 选择前面板中显示测量数据的方式。显示配置将在本章稍后介绍。图形、数学和数据记录将在第 6 章介绍。

C.System 键 - 提供整个仪器范围内的配置，其中包括设置计数器的预置状态、对实用程序功能的访问权限，以及对该计数器内置帮助系统的访问权限。对于涉及到数字输入的测量配置，**Shift** 可将键定义更改为键左下角的数字。

D.Channel 键 - 选择输入通道，并显示用来配置输入信号路径的软键菜单。请注意，图 1-1 中显示了通道 3 选件 106/115。信号路径配置将在第 4 章介绍。

E.Gate 和 Trigger 键 - 选择用来控制测量的门控和触发软键菜单。门控和触发将在第 5 章介绍。

F. 软键 - 是指可从中配置计数器的菜单。菜单和软键本身由上述“功能”键定义。

G. 电源 / 待机按钮 - 在“打开”和“关闭”，或者“打开”和“待机”之间切换仪器状态。

待机电源（如已启用）是由线路电压或电池选件 300 提供的，可用来保持恒温晶体振荡器 (OCXO)（选件 010）的温度。有关详细信息，请参见本章中的“接通电源”。

H.USB “主机” 端口 - 可用来在计数器和 USB 存储设备之间传输测量数据和仪器配置。前面板端口仅可用于传输信息。后面板的 USB 端口可用于仪器 (I/O) 控制。数据流将在第 7 章介绍。

后面板

图 1-1 中显示的 53,230A 后面板包括产品选件 201（并行的后面板输入）和 GPIB 接口选件 400。后面板端子将在下文简单介绍。

A. 并行的后面板输入 - 产品选件 201 和 202 在后面板中添加了并行输入。请注意，这些输入并非独立输入。任一面板通道 BNC 的中心导体内的信号也存在于另一面板的中心导体内。信号路径配置将在第 4 章介绍。

B.Ext Ref In - 指提供外部参考振荡器信号的连接器。有效的外部参考振荡器（时基）频率为 1、5 和 10 MHz。

Int Ref Out - 指用来访问计数器内部 10 MHz 参考振荡器的连接器。振荡器信号为 0.5 V_{rms}（进入 50Ω）的正弦波。

参考振荡器的使用和配置将在第 3 章介绍。

C.Gate In/Out - 指外部门控信号的输入，以及用来将计数器内部门控发送至其他设备的输出。此连接器的其他信息将在第 5 章的“在‘门控输入 / 输出’ BNC 中启用门控信号”一节中介绍。

Trig In - 是用来向计数器提供外部触发信号的连接器。触发将在第 5 章介绍。

D.USB 和 LAN - 是标准的输入 / 输出 (I/O) 端口。这些端口以及可选 GPIB 接口的配置将在第 2 章介绍。

显示屏

53220A/53230A 的显示屏布局如图 1-2 所示。

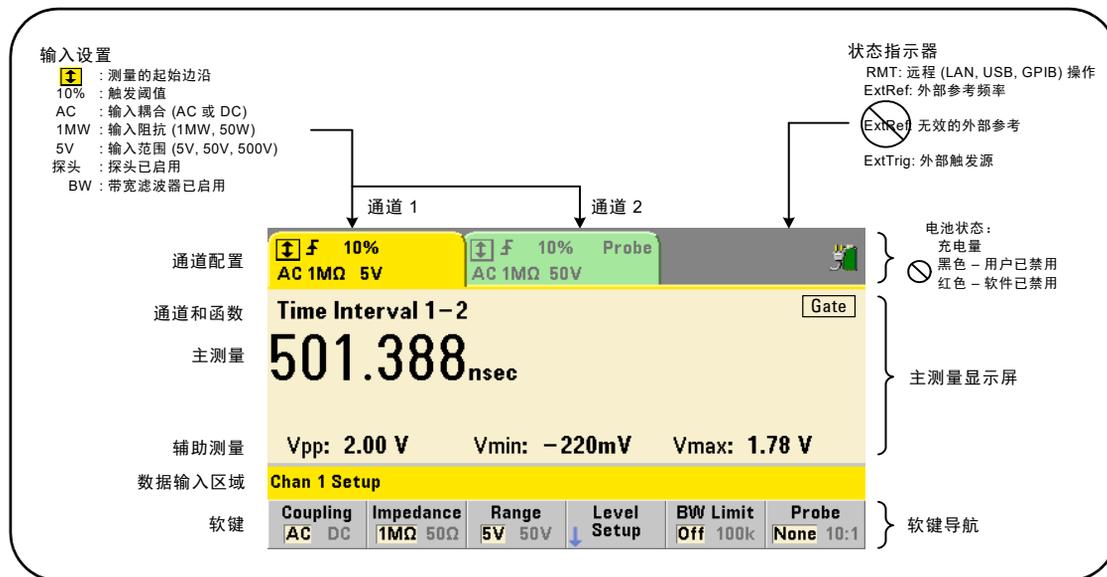


图 1-2 53220A/53230A 显示屏。

关于本仪器

本节列出 53220A/53230A 随附的附件，并提供有关指定操作和存储环境以及电气要求的信息。

随附的材料

53220A/53230A 计数器的标准配置随附提供以下附件：

- 1 电源线
- 2 USB 电缆

此外，仪器可能已随附提供以下一个或多个已安装的选件。

表 1-1 53220A/53230A 产品选件。

53220A	选件 010: 超高稳定性 OCXO 时基 选件 106: 6 GHz 微波输入（通道 3） 选件 115: 15 GHz 微波输入（通道 3） 选件 201: 在后面板中添加并行的通道 1 和通道 2 输入 选件 202: 在前面板中安装选件 106/115 选件 203: 在后面板中安装选件 106/115 选件 300: 内部锂离子智能电池和充电器 选件 400: GPIB 接口
53230A	选件 010: 超高稳定性 OCXO 时基 选件 106: 6 GHz 微波输入（通道 3） 选件 115: 15 GHz 微波输入（通道 3） 选件 150: 脉冲微波测量（仅限 53230A） 选件 201: 在后面板中添加并行的通道 1 和通道 2 输入 选件 202: 在前面板中安装选件 106/115 选件 203: 在后面板中安装选件 106/115 选件 300: 内部锂离子智能电池和充电器 选件 400: GPIB 接口

注意

最初购买仪器之后，表 1-1 中列出的每个产品选件均会提供。有关其中每个选件的安装说明，请参考《53210A/53220A/53230A 维修指南》（部件号：53220-90010）。

53220A 和 53230A

除非另有注明，否则本用户指南所介绍的信息均适用于 53220A 和 53230A。

操作和存储环境

操作 53220A/53230A 计数器时，请注意以下环境规范：

环境： EN61010，污染度 2，室内位置

温度： 0 °C 至 +55 °C

湿度： 5% 至 80% RH（无冷凝）

海拔高度： 最大海拔高度为 3000 米或 10,000 英尺

存储 53220A/53230A 计数器时，请注意以下存储规范：

温度： -30 °C 至 +70 °C

将计数器从较冷的条件转移到温暖的条件时，由于可能会发生冷凝，因此请多加小心。在打开仪器前，请确保冷凝的任何水汽均已蒸发，且仪器已达到热稳定状态。

电气要求

下面总结了 53220A/53230A 的电气（电源）要求。

电源： CAT I（未连接到交流电流）

频率为 50/60 Hz（-5% 至 +10%）时，电压为 100 至 240V

频率为 400 Hz（± 10%）时，电压为 100 至 120V

功耗： 当接通电源或电池选件正在充电时，

最大功耗为 90 VA。电源关闭或处于待机状态时，

最大功耗为 6 VA。

线路电压和频率是在接通电源时感测的，无需调整输入功率（例如：更改保险丝或选择线路电压）。

注意

有关其他信息，请参考本指南开头的“**安全信息**”页面。有关 53220A/53230A 产品技术指标的完整列表，请参考 Web 上的数据表，网址为：

www.keysight.com/find/53220A

www.keysight.com/find/53230A

接通电源

连接电源线，并按前面板中的“电源 / 待机”按钮 (⏻)。在加电期间，计数器将执行自动校准和自测试，其中包括：

- 电源验证
- FPGA 测试
- 前面板验证
- 测量板验证
- 通道 3 测试（如有）
- 选件 300 电池测试（如有 300）

注意

如果按“电源 / 待机”按钮后，53220A/53230A 并未打开，请验证仪器是否已接通交流电源，且电源线连接是否牢固。如果仪器仍未打开，且冷却风扇未运转，或者在接通电源时前面板显示屏关闭，请将该设备返回安捷伦进行维修。

LED 的加电状态

位于“电源 / 待机”按钮下方的 LED 将指示仪器的打开 / 关闭 / 待机状态。下表中汇总了不同的状态。“关闭”状态由是否存在 OXCO 选件 010 确定。

表 1-2 LED 的加电状态和颜色。

电源	仪器 “打开”	仪器“关闭”		
		OXCO 且已启用待机	OXCO 且已禁用待机	无 OXCO
交流线路	绿色	橙色	关闭	关闭
选件 300 电池（已启用）	绿色	橙色 （闪烁）	关闭	关闭
选件 300 电池 （已禁用）	关闭	关闭	关闭	关闭

待机电源

53220A/53230A 计数器的电源模式为“打开”、“关闭”和“待机”。在待机模式下，如果仪器与线路电压相连，则待机电源可用于保持超高稳定性恒温晶体振荡器 (OCXO) (选件 010) 内部的温度。

如果 53220A/53230A 未与线路电压相连，则电池选件 300 本身将为 OCXO 提供待机电源。

有关启用 / 禁用待机电源的信息，请参见**第 3 章**中的“参考振荡器的待机电源”。

重新开机和计数器精度

启用待机电源之后，重复重新开机（线路或电池）并不会影响标准或超高稳定性 OCXO。

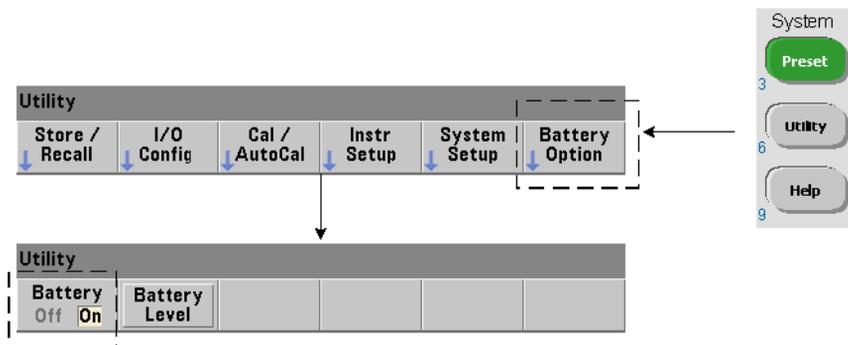
电池操作

警告

在电池操作期间，用户提供的最大测量信号为 + 42V。

此外，要将电击危险减到最低程度，必须在电池操作期间将仪器机箱接地。中断或断开保护接地端子的连接，将导致潜在电击危险，从而造成人身伤害。

以电池为电源时，仪器机箱可能会浮动至用户提供的测量信号的电位。



安装并启用电池选件 300 之后，53220A/53230A 计数器使用电池电源最多可以工作三个小时。

启用电池之后，如果拔下交流电源，则计数器将自动切换至以电池为电源，且不会中断操作。同样，禁用电池之前，如果连接电源线，则不会中断返回至电源线的转换过程。

启用和禁用电池

购买后第一次将该仪器与电池选件 300 结合使用时，或者如果仪器长时间未使用，则电池在使用之前**必须充电**。在连接电源线的情况下，无论是打开还是关闭仪器，电池均需**四个小时**才能达到满电状态。

仪器出厂时已**禁用**电池选件 300。通过上一页中显示的前面板键或者通过使用以下命令，可以进行电池控制（启用 / 禁用）：

```
SYSTem:BATTery:ENABle {OFF|ON}
```

```
SYSTem:BATTery:ENABle? (查询表)
```

- **ON** 表示启用电池。**Off** 表示禁用电池。电池状态存储在非易失性存储器中，且在重新开机或执行重置 (*RST) 或仪器预设 (SYSTem:PREset 或 **Preset** 键) 时不会更改。

当计数器使用交流电源时，电池应始终保持启用状态。仅当仪器长时间不用存放起来时，才应**禁用**电池。这将尽可能减少电池漏电量。

读取电池电量 按 **Battery Level** 软键或发送以下命令：

```
SYSTem:BATTery:LEVel?
```

读取电池电量相对于充满电 (100%) 的电池电量的百分比。

电池正在使用 电池的存在和状态（启用或禁用）是由显示屏右上角的电池图标（[图 1-2](#)）指示的。无论仪器当前是在使用交流电源，还是在使用电池电源，均可远程使用以下命令查询仪器：

```
SYSTem:BATTery:STATus?
```

如果仪器使用线路电源，则该命令将返回 **AC**；如果使用内部电池，则将返回 **BATT**。

下表汇总了电池操作：

操作时间 (类型)：	3 小时（低于 +35 °C）
待机时间 (类型)：	24 小时（低于 +35 °C，OCXO 已通电）
充电时间 (类型)：	4 小时（达到 100% 电量）或 2 小时（达到 90% 电量）
温度范围：	0 °C 至 +55 °C（操作时），电池充电低于 +35 °C -10 °C 至 +60 °C（存储时）

注意

如果电池操作在使用时超出指定的最大操作温度，则电池将关闭该仪器，禁止使用。对于因这种状况而导致的关闭现象，必须使用交流电源进行恢复。

注意

有关电池和所有 53220A/53230A 产品技术指标的完整列表，请参考 Web 上的数据表，网址为：

www.keysight.com/find/53220A

www.keysight.com/find/53230A

电池保护

如果电池已**启用**且仪器**未**与交流电源相连，则电池**每天**的放电量为全部电量的**30%**。如果电池已**禁用**且仪器**未**与交流电源相连，则电池**每月**的放电量为全部电量的**10%**。

存放仪器时，如果未接通交流电源，则电池放电不会低于**10%**。使用以下等式，可以确定仪器在不使用交流电源的情况下仍然可以保持满电状态的存放时间：

电池禁用的月数 * 10% + 电池启用的天数 * 30% = 90%

完全放电的电池在 6 至 18 个月内如果没有充电，则可能需要更换。

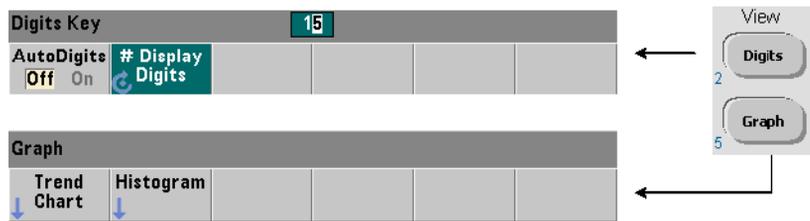
实用程序功能

使用实用程序功能，您可以配置与测量选择和配置间接相关的仪器功能。这些功能包括：

- **显示配置** - 显示控制和数字数据格式化
- **用户交互** - 本地化语言选择和可见的指示灯
- **参考设置** - 时间 / 日期、测量超时、时基、自动级别、53100 系列仿真、NISPOM 安全性

显示配置

使用以下键，能够以数字或图形形式显示测量结果。

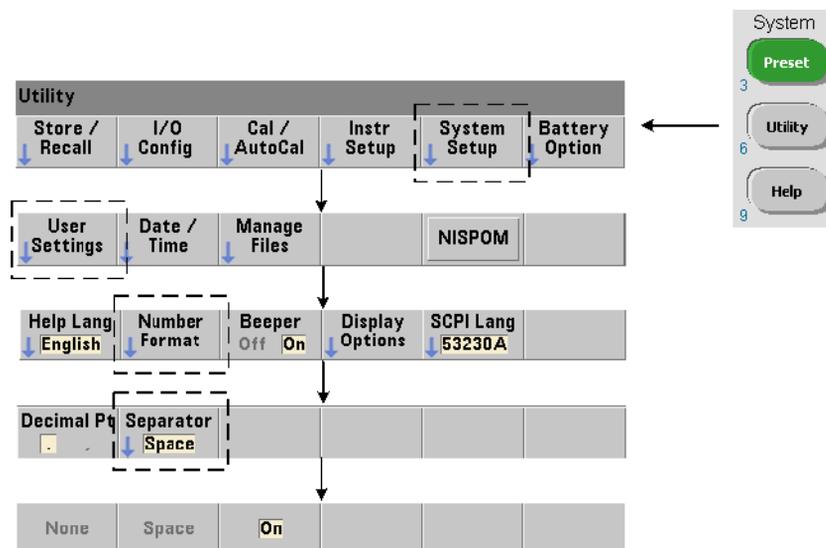


选中 **AutoDigits On**，仪器将根据门控时间、测量模式（**AUTO**、**CONTInuous**、**RECiprocal** - 第 3 章）和分辨率增强自动设置显示的数位。选中 **Off** 时，可以使用旋钮或数字键（同时按下 **[Shift]** 键）来设置数位。有关设置 **AutoDigits On** 时的详细信息，请参见第 5 章的“分辨率和门控时间”。

选中 **Graph** 之后，数据将以趋势图或柱状图的形式显示。趋势图和柱状图将在第 6 章介绍。

数字格式

使用以下键，可以设置主测量显示屏（图 1-2）中出现的数字数据的格式（基数和小数分组分隔符）。



此格式还适用于趋势图、柱状图、限值测试等内的数字读数。

基数 读数的整数部分和小数部分之间的小数分隔符（基数点）可以为小数点 (.) 或逗号 (,)。

数字分组分隔符 在小数分隔符（基数）的两侧，每三个数字采用一个数字分组分隔符，这样更易于查看显示的读数。分隔符可以为以下选项之一：

None - 数字之间没有空格（如 **10.967342515 MHz**）

Space - 每三个数字之间插入一个空间（如 **10.967 342 515 MHz**）

On - 根据选定的小数分隔符（基数），每三个数字之间插入一个逗号 (,) 或小数点 (.)。

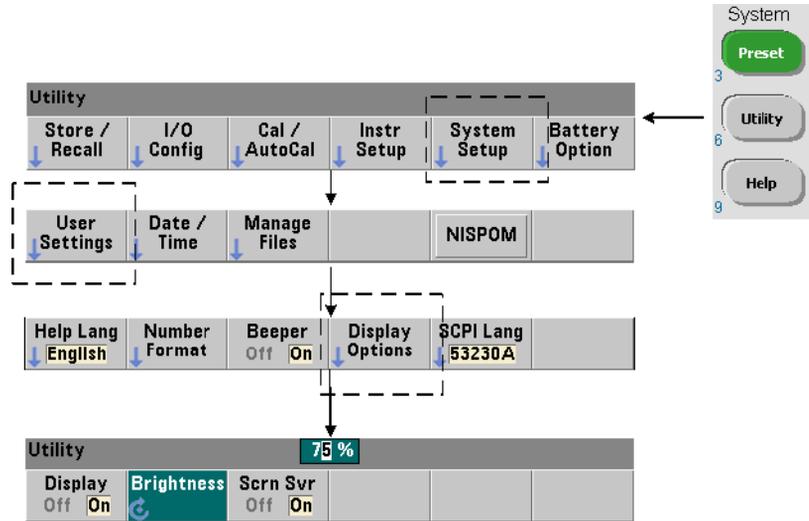
小数点基数: **10.967,342,515 MHz**

逗号基数: **10,967.342.515 MHz**

屏幕控制

通过下面显示的键，可以进行屏幕控制。

显示屏屏幕可以关闭，以增加读数输出。其屏幕保护模式可用于节省电能。屏幕亮度可以调整，以便在不同的环境中以最佳方式查看。

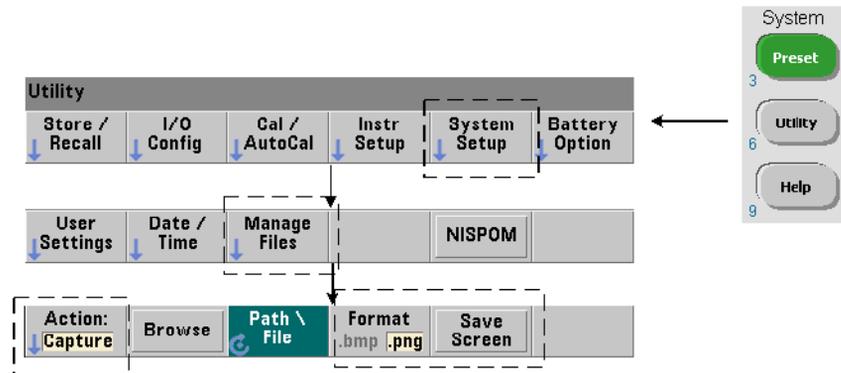


请注意，显示屏关闭的情况下，按任何键时均可重新打开该显示屏。

屏幕捕获

若要记录产品测试，或者作为收集数据的一种便利方式，可捕获并保存计数器显示屏的内容。

下面显示了与此功能相关的键。



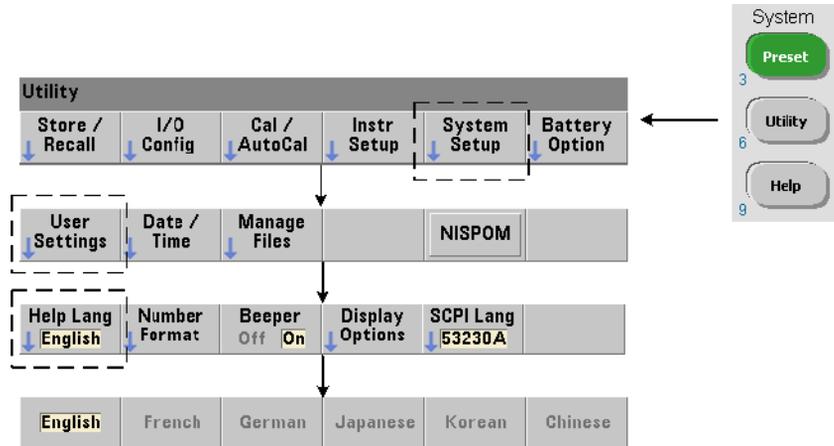
所捕获的内容为按下 [Utility] 键时的显示状态。文件格式可以选择为 **bmp**（位图文件格式）或 **png**（便携网络图形（位图）格式）。文件可以存储在内部闪存或外部 USB 设备中。

有关选择路径和创建文件名的信息，请参见第 7 章。

用户交互

本节中所述的功能与用户和仪器的实际交互相关。

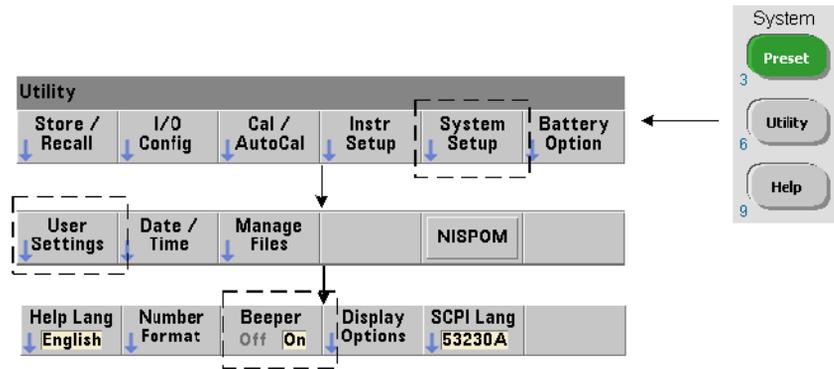
选择仪器的“帮助”语言



编程消息、上下文相关帮助以及其他帮助主题均可使用六种语言查看。除非使用显示的键序列加以更改，否则所选语言将始终为“激活”状态。

请注意，菜单软键标签仅以英语显示。

蜂鸣器设置



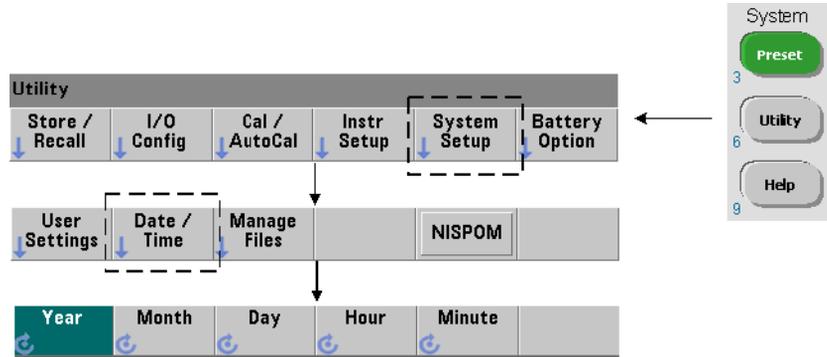
计数器的**蜂鸣器**表示前面板或远程接口中产生编程错误。关闭蜂鸣器将禁用该音频指示。

请注意，蜂鸣器设置不会应用于按下前面板按键时发出的声音。

参考设置

参考设置是指应用于所有计数器测量的计数器设置。

日期和时间



计数器实时时钟的日期和时间设置是使用以下命令设置的：

SYSTem:DATE <year>,<month>,<day>

SYSTem:DATE?

(查询表)

SYSTem:TIME <hour>,<minute>,<second>

SYSTem:TIME?

(查询表)

日期和时间范围值为：

年：2000-2099 时：0-23

月：1-12 分：0-59

天：1-31 秒：0-59.999

实时时钟由电池供电，并保留关闭电源时的日期和时间。没有对当前日期和时间的自动设置，也不会自动返回到当前日期和时间。

测量超时

测量超时是完成**每个**测量所允许的时间。如果在超时期满之前**未**完成测量，则将返回 **9.91E37**（不是数字），且显示指示为：-----。该序列将继续显示样本计数的下一个读数。

如果测量因某种原因无法完成，则指定超时可防止仪器无限制地中断。

默认的出厂设置超时为 **1 秒**。有关详细信息，请参考第 3 章中的“设置测量超时”。

时基

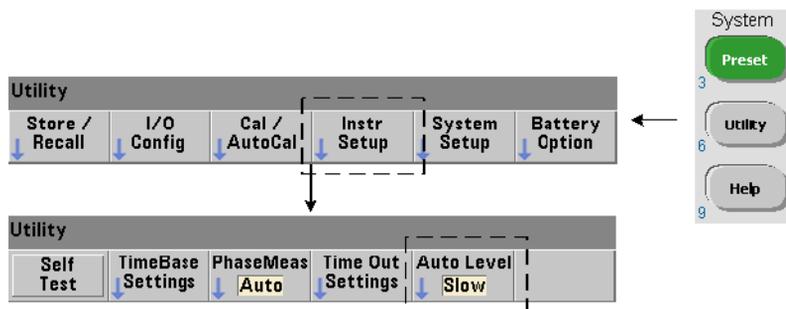
53220A 和 53230A 测量结果以参考振荡器（也称为内 / 外部时钟或**时基**）为基础。必须存在有效的参考振荡器信号才能进行测量。

有关选择和配置参考振荡器源的详细信息，请参考第 3 章中的“参考振荡器配置”。

自动级别

阈值级别是计数器开始测量的触发（输入）级别。自动级别是指根据输入信号的正负峰值自动设置此阈值的过程。

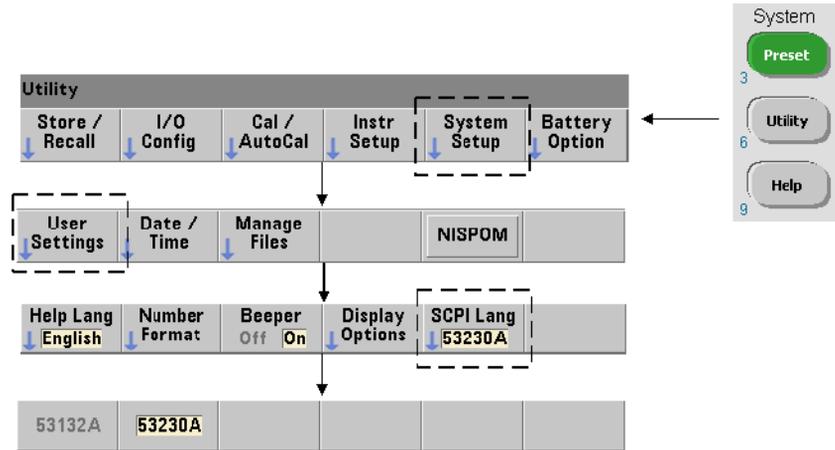
自动级别的最低频率可按如图所示方式进行设置。



Slow 会将自动级别的最低频率设置为 50 Hz。**Fast** 会将自动级别的最低频率设置为 10 kHz。

有关使用自动级别的其他信息，请参考第 4 章中的“阈值级别和灵敏度”。

Keysight 53100 系列计数器的仿真模式



53220A/53230A 的仿真模式支持 Keysight 53181A SCPI 命令集与计数器结合使用。

仿真模式还可以通过以下命令启用：

```
SYSTem:LANGuage "<language>"
```

```
SYSTem:LANGuage?
```

(查询表)

- `language` 选择使用的 SCPI 命令集。指定 53132A 时将启用仿真模式。指定任一 53220A 或 53230A 将禁用该模式。

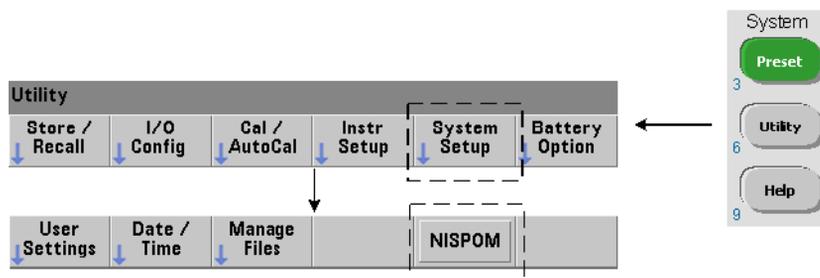
选择 53100 系列兼容性模式后，所有编程都通过计数器的远程接口（LAN、USB、GPIB）来完成。计数器显示屏根据收到的远程命令进行响应。

在 53100 兼容性模式下，根据提示，按任意前面板键可将计数器返回至 53200 系列模式。设置或更改为任一模式都需要重新启动仪器。**更新仪器固件时，必须设置“53220A 或 53230A 模式”。**

53132A 命令集的说明未随本仪器 (53220A/53230A) 附带提供。建议不要在新命令集中使用此旧 SCPI 命令集，但对于那些需要使用旧命令集的客户来说，仍可使用。

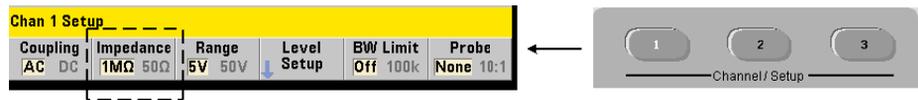
将仪器加密

53220A/53230A 计数器可以按照如下所示进行加密，以符合《国家工业安全程序操作手册》(NISPOM) 标准。



本用户指南的结构

本用户指南专门为从前面板中使用仪器的操作员以及从远程（LAN、USB、GPIB）接口控制计数器的程序员而撰写。同样，大部分主题均包含前面板键序列，随后紧跟着对应的 SCPI 命令。例如：



53220A/53230A 计数器的输入阻抗均可使用以下命令设置为 Ω 或 $1\text{ M}\Omega$ ：

```
INPut[{1|2}]:IMPedance {<impedance>|MINimum|MAXimum| DEFault}
```

```
INPut[{1|2}]:IMPedance?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

（查询表）

随后的操作说明通常既适用于前面板，又适用于远程使用。

对于一般参考，本手册中的信息结构如图 1-3 所示。

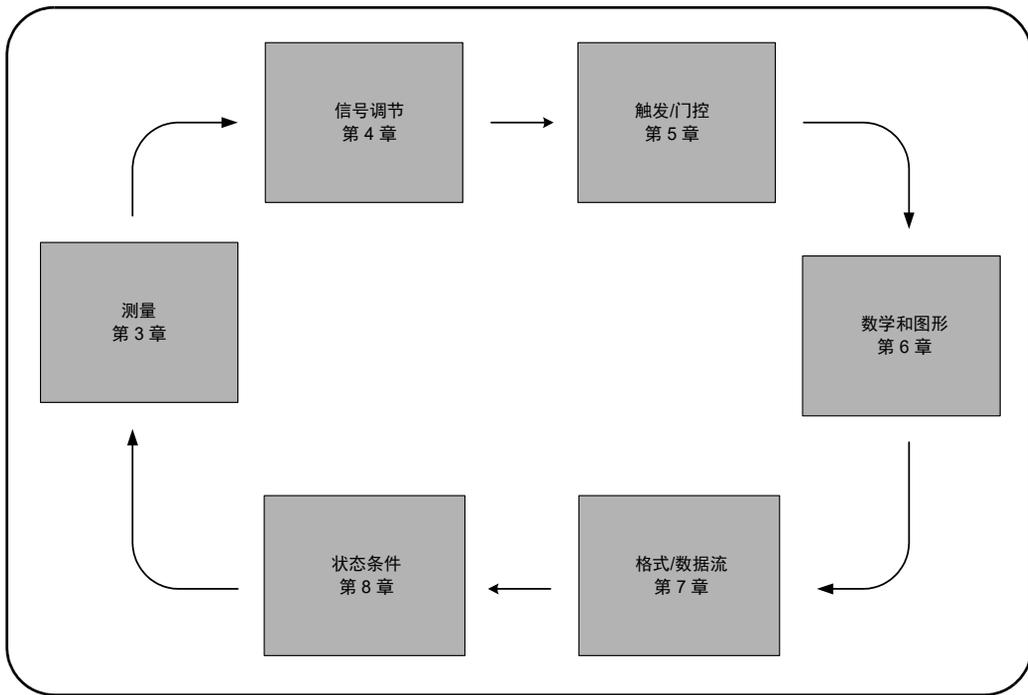


图 1-3 53220A/53230A 用户指南结构图。

本页特意留为空白。

2 53220A/53230A 软件安装 和接口配置

软件要求	52
使用计数器支持 Web 的接口	53
安装 Keysight IO Libraries	57
固件和驱动程序更新	73

本章包含从所选开发环境中对 53220A/53230A 编程时所使用的 IO 程序库、驱动程序和接口的信息。本章还介绍了如何使用计数器的支持 Web 的接口以及如何更新仪器固件。

软件要求

可用来对 53220A/53230A 编程的环境取决于已安装的 IO 程序库和驱动程序。从 www.keysight.com/find/iosuite 下载并安装 IO Libraries 软件。

该仪器的 IVI-C 和 IVI-COM 驱动程序可在以下网址中找到：

www.keysight.com/find/53220A 或 www.keysight.com/find/53230A

表 2-1 概述了可在其中找到特定驱动程序和程序库的环境、IO 驱动程序建议和位置（介质）。

表 2-1 53220A/53230A 开发环境和驱动程序。

接口	开发环境	IO 驱动程序建议
LAN	支持 Web 的仪器接口 > SCPI Command Interface 窗口	固件版本 3.0 或更高版本
LAN、GPIB、USB	Keysight Connection Expert > Interactive IO 窗口	Keysight IO Libraries*
LAN、GPIB、USB	Microsoft® Visual Studio® > Visual C++	VISA - Keysight IO Libraries* IVI-C - Web
LAN、GPIB、USB	Microsoft® Visual Studio® > Visual Basic	VISA-COM - Keysight IO Libraries* IVI-COM -Web
LAN、GPIB、USB	Microsoft® Visual Studio® .NET > C#、C++、Visual Basic	IVI-COM - Web
LAN、GPIB、USB	Keysight VEE	IVI-COM - Web
LAN、GPIB、USB	National Instruments LabVIEW™	53220A/53230A 本机模式驱动程序 IVI-C - Web
LAN、GPIB、USB	National Instruments LabWindows/CVI	IVI-C - Web

* 要获取 Keysight IO Libraries Suite 的最新版本，请访问 www.keysight.com。

使用计数器支持 Web 的接口

从 53220A/53230A 计数器的 Web 接口中操作该计数器时，需要用到支持 Java™ 的 Web 浏览器，**但无需额外安装**（即用户安装）程序库或驱动程序。Web 接口提供对计数器的 SCPI 命令集的访问权限。

注意

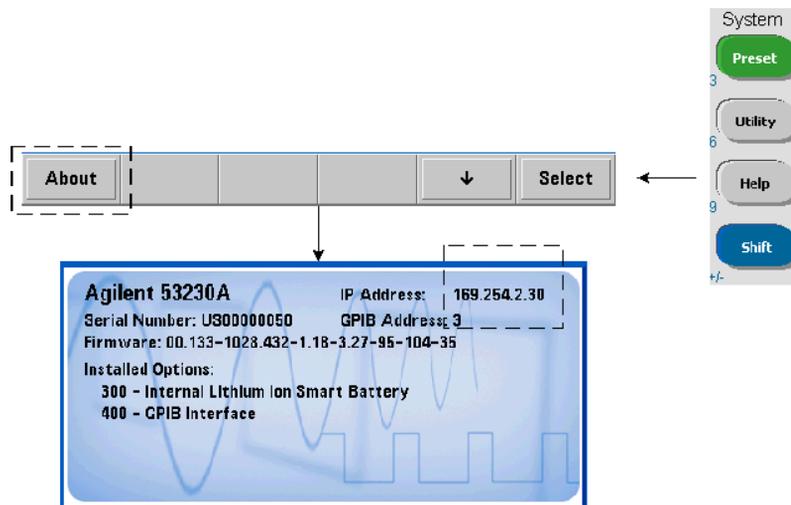
本节介绍对 53220A/53230A 编程时使用的主要网页和窗口。有关本手册未涉及的功能或页面的其他信息，请参见与每个网页相关的“Help with this Page”。

连接计数器并查看其主页

使用标准 LAN 电缆将计数器**直接**连接至 PC，或者通过**网络**交换机连接至 PC。

获取 IP 地址

打开计数器，并打开 Web 浏览器。耐心等待几分钟，让系统分配计数器的 IP 地址（通过 DHCP 或 AUTO IP）。IP 地址可从计数器的前面板中读取，如图所示。



在浏览器的地址窗口中输入 IP 地址。选择“Advanced information ...”之后，计数器的 Web 主页外观应如图 2-1 所示。

浏览器配置

在某些网络配置中，输入 IP 地址之后，代理服务器可能会阻止访问该仪器（即“page cannot be displayed”）。在这种情况下，必须从浏览器中对代理进行配置，以便不会将代理用于那些可分配给 53220A/53230A 地址范围内的 (IP) 地址。

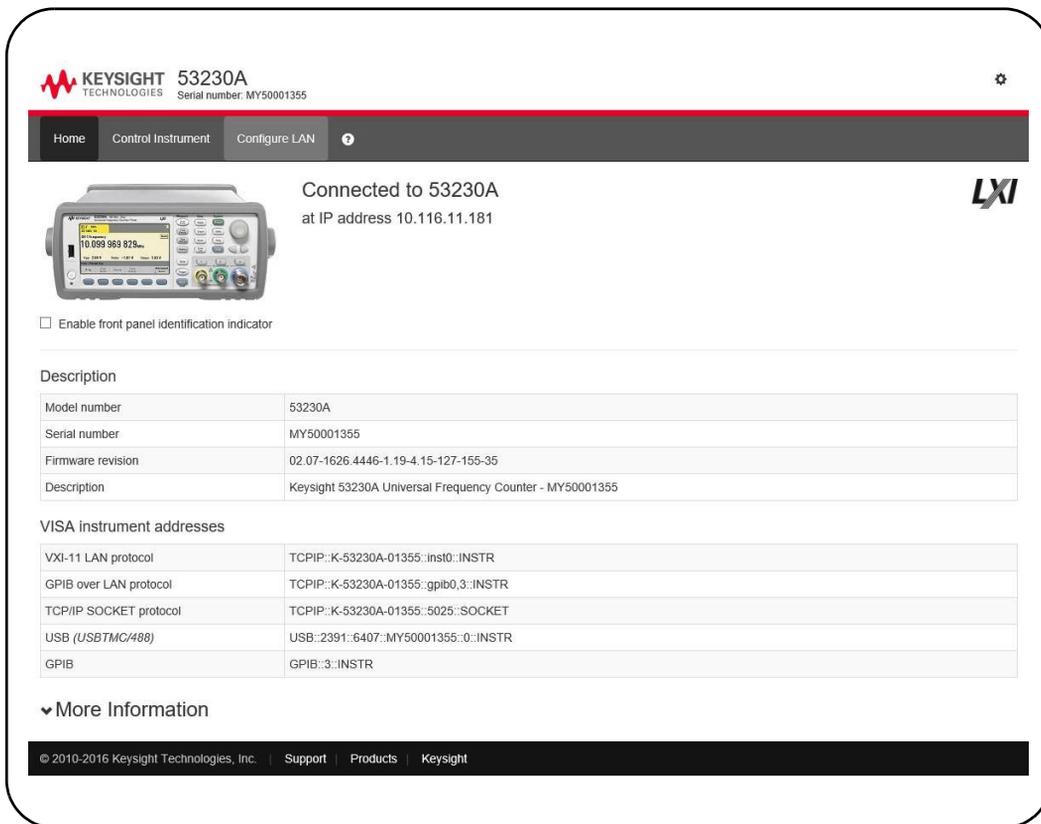


图 2-1 53230A 的支持 Web 的接口“欢迎页面”。

注意

控制多个仪器时，若要在 (Internet) 浏览器中轻松导航，请为每个支持 Web 的仪器打开一个单独的浏览器会话。

注意

尽管无需其他程序库或驱动程序即可使用 **Web** 接口，但是该接口也可从 **Keysight Connection Expert (KCE)** 中访问。有关详细信息，请参见“从 **Keysight Connection Expert** 中打开 **Web** 接口”。

Web 接口概述

以下信息简要介绍了计数器的 **Web** 接口。

计数器的欢迎页面（[图 2-1](#)）显示了 **IO** 信息，可用于识别已连接的仪器，且包含用于访问其他计数器功能的菜单选项卡。

要在其他仪器中轻松识别该计数器，请访问其 **Web** 接口主页，并单击：

Turn On Front Panel Identification Indicator

可将计数器显示更改为“**LXI Web Identify**”，直到通过单击以下选项关闭指示灯为止：

Turn Off Front Panel Identification Indicator

对计数器进行编程

在欢迎页面中选择“**Remote Control**”图标（从上数第二个），可以打开如[图 2-2](#)所示的 **Interactive IO** 窗口。从此窗口中，可将 **SCPI** 命令发送至仪器。

注意

除“**Welcome Page**”以外的 **Web** 接口页面可能受密码保护。出厂时未设置密码，但可能会显示“**Enter Password**”对话框。单击该对话框可继续操作。

如果页面受密码保护，并且密码未知，可按前面板中的 **[Utility]**、**(I/O Config)** 和 **(LAN Reset)** 来清除密码。

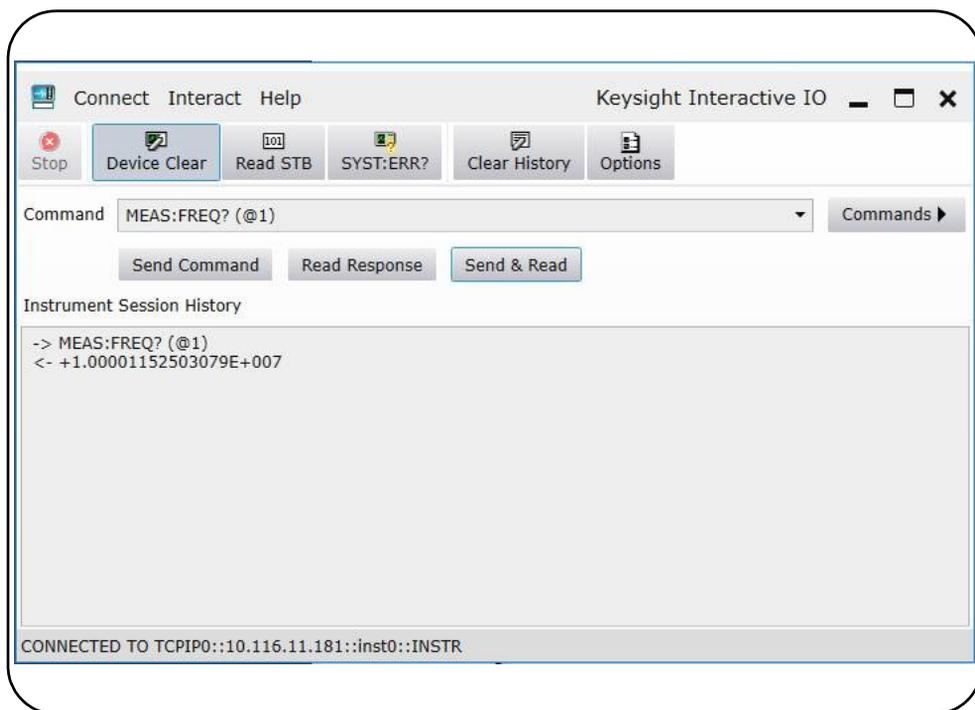


图 2-2 Web UI SCPI 命令界面。

计数器 SCPI 命令集中的任何命令均可发送至仪器。语法中含有“?”的查询命令将返回数据，并且可在命令输入之后通过选择 **Send & Read** 来发送。不返回数据的命令是使用 **Send Command** 来发送的。

更改 LAN 设置并使用密码保护

Network Configuration Page 图标支持访问计数器的 LAN 设置，并支持您设置密码，以防止对 Web 仪器接口进行未经授权的访问。选择 **Modify Configuration** 以更改并保存设置。

安装 Keysight IO Libraries

Keysight IO Libraries 包括用于在 Microsoft® 开发环境中对 53220A/53230A 编程的 VISA 和 VISA-COM Libraries（表 2-1）。使用 VISA 和 VISA-COM Libraries，您可以将命令从 53220A/53230A SCPI 命令集发送至仪器。IO Libraries 还包括本章稍后要介绍和使用的 **Keysight Connection Expert**。

注意

Keysight IO Libraries（VISA 和 VISA-COM）必须在安装任何其他 I/O 驱动程序（例如，IVI-C 和 IVI-COM）**之前**安装。

注意

Keysight IO Libraries 和实用程序经常会更新，以添加其他功能并提高可用性。本章中使用的图代表本手册印刷时可获得的最新 IO Libraries 版本。尽管您的版本可能不同，但仪器配置及其添加至接口的过程基本相同。

IO Libraries 可以从电子测试和测量软件页面下载：

<http://www.keysight.com>

在安装 IO Libraries 之前，请查看表 2-2，验证计算机是否符合该软件最新版本所需的技术参数。

表 2-2 Keysight IO Libraries Suite 的系统要求。

操作系统	Windows XP (SP 3 或更高版本)	Windows Vista /Windows 7 32/64 位版本
处理器	需要 600 MHz 或速度更快的处理器 建议使用 800 MHz	1 GHz 32 位 (x86) 1 GHz 64 位 (x64)
可用内存	至少为 256 MB 建议使用 1 GB 或更大的内存	至少为 1 GB
可用磁盘空间	1.5 GB * 对于 Microsoft .NET Framework 2.0 SP2, 建议使用 1 GB 的 磁盘空间 * Keysight IO Libraries Suite 需要 65 MB	1.5 GB * 对于 Microsoft .NET Framework 2.0 SP1, 建议使用 1 GB 的磁盘空间 * Keysight IO Libraries Suite 需要 65 MB
视频	Super VGA (800x600) (支持 256 色或以上)	支持 DirectX 9 图形, 建议使用 128 MB 图形内存 (支持 Super VGA 图形。)
Web 浏览器	Microsoft Internet Explorer 6.0 或更高版本	Microsoft Internet Explorer 7 或更高版本

注意: 由于安装过程的原因, 因此操作所需的内存可能会小于安装所需的内存。

装入软件

关闭计算机上所有应用程序。从 www.keysight.com/find/iosuite 下载并安装 IO Libraries 软件。按照提示的说明执行操作, 完成**典型安装**。如果出现提示, 请接受指定的所有默认目录。

注意

如果其他供应商的 VISA (虚拟仪器软件结构) 实施程序当前已安装在计算机中, 则通过在**并行**模式下安装 Keysight VISA, 可以继续安装 Keysight IO Libraries。有关**并行**操作的详细信息, 可在“Using Keysight’s and Other Vendors’ Products Together”下的“IO Libraries Suite Help”(可在安装完成之后获得)中找到。

安装 IO libraries 之后, 请关闭安装向导。如果适用, 请按下面所述方法继续安装仪器驱动程序。否则, 请继续学习本章的“向 PC 接口添加仪器”一节。

安装仪器驱动程序

Interchangeable Virtual Instrument (IVI) 驱动程序（如果可用）可与 Keysight VEE 和 National Instruments® LabVIEW™ 结合起来或在 Microsoft® 开发环境中用于对 53220A/53230A 进行编程。

请根据您使用的开发环境，安装适当的驱动程序（表 2-1）。如果出现提示，请接受安装过程中指定的所有默认目录。“Typical”安装类型适合于大多数用户。

注意

安装 Keysight IO Libraries 时，将安装 Interchangeable Virtual Instrument (IVI) Shared Components。在安装 IVI 驱动程序（例如，IVI-COM 和 IVI-C）之前，必须先安装 IVI Shared Components。

向 PC 接口添加仪器

在安装 Keysight IO Libraries 的过程中，已配置在 PC 中检测的 IO 接口（LAN、USB 和 GPIB）。本节介绍如何使用 Keysight IO Libraries “Connection Expert” 实用程序以编程方式将 53220A/53230A 添加到这些接口。

允许同时将多个 LAN/USB/GPIB 连接至仪器。

注意

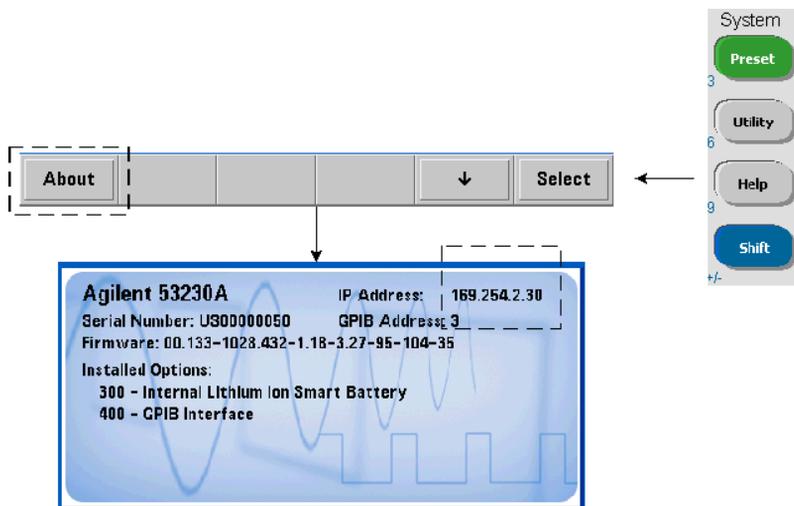
本章中使用的图代表本手册印刷时可获得的最新 IO Libraries 版本。尽管您的版本可能不同，但配置和添加仪器的过程基本相同。

远程接口配置

以下各节将介绍 LAN、USB 和 GPIB 接口的前面板配置。这些接口还可使用 SCPI SYSTEM 子系统内的 “Remote Interface Configuration” 命令以编程方式来配置。该子系统以及所有 SCPI 命令的描述均位于 *编程人员参考* 中。

配置 LAN 接口

将计数器连接到 LAN 接口之后，可按以下方法从前面板中读取 IP 地址。



获悉 IP 地址之后，通过单击“Keysight IO Control”图标，并从如图 2-3 所示的弹出菜单中选择“Keysight Connection Expert”，启动 Connection Expert 实用程序。

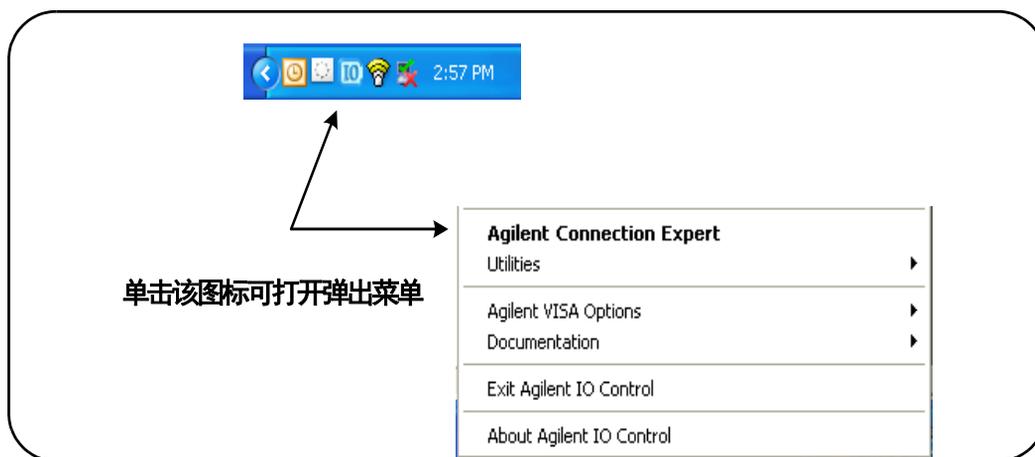


图 2-3 启动 Keysight Connection Expert。

查找仪器

Keysight Connection Expert 将打开如图 2-4 所示的类似欢迎屏幕和窗口。安装期间配置的计算机接口将显示在左列（**Explorer** 窗格），已配置接口的属性将显示在右列（**Properties** 窗格）。

要搜索网络中是否存在计数器，单击 **+ Add** 并选择位于 Connection Expert 工具栏中的 **LAN Instrument**。选择 **LAN Instrument** 后，Connection Expert 将在计算机所在的同一子网中对所有仪器执行自动查找 (Auto Find)。

从列表中选择计数器，然后单击“OK”。现在，仪器的通信路径已经过验证，且仪器已添加到配置的接口中。以此方式添加到 LAN 的仪器随后可使用 **VXI-11** 协议进行编程。

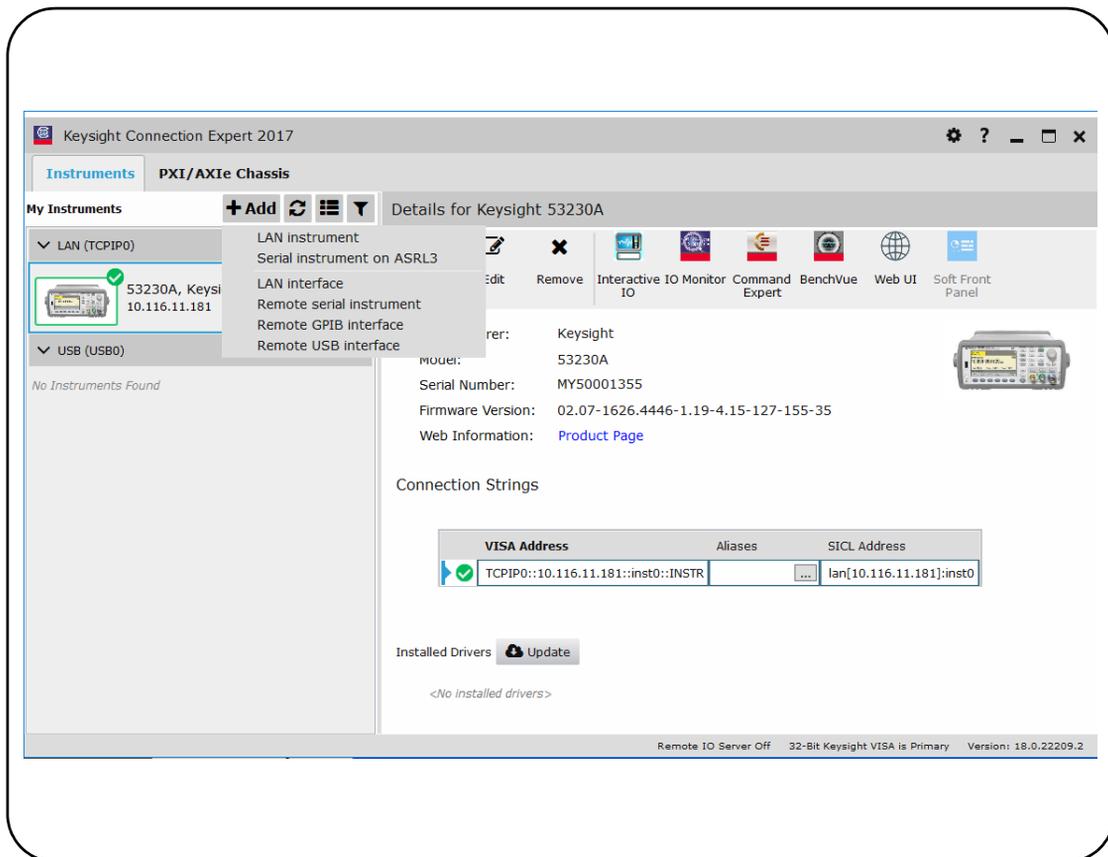


图 2-4 Keysight Connection Expert 接口窗口。

使用套接字协议 要获得更高的性能，添加到 LAN 配置的仪器还可以使用套接字协议。要使用此连接，从 **+Add** (图 2-4) 选择 **LAN instrument**。接下来，选择 **Enter Address**。在此窗口中，输入仪器的主机名或 IP 地址，并且在 **Set Protocol** 下选择 **Socket** (图 2-5)。请注意，仪器在配置中可同时拥有 VXI-11 和套接字连接。

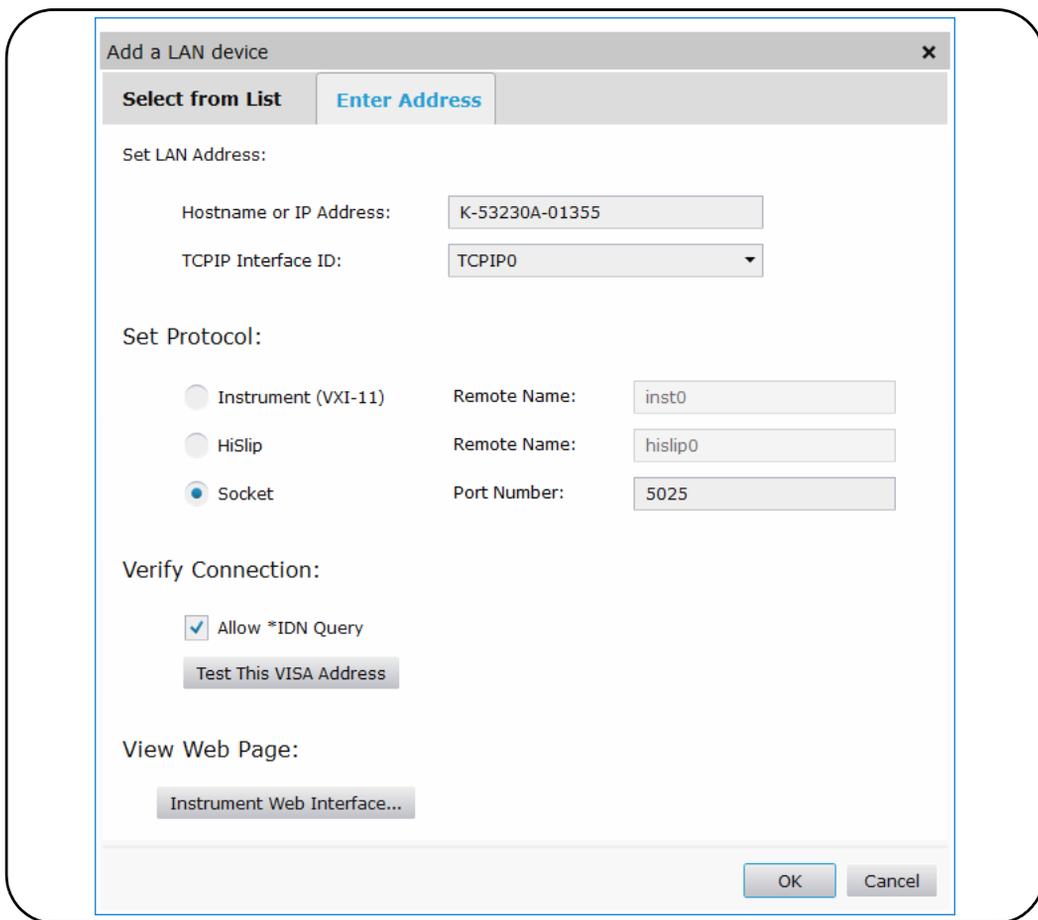


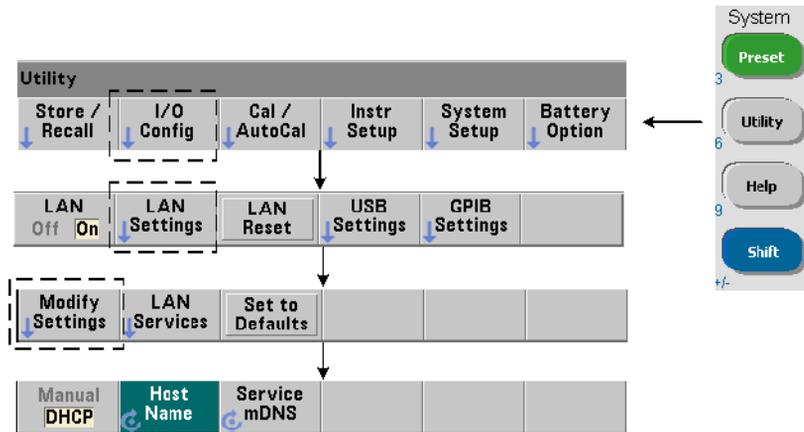
图 2-5 添加套接字连接。

关于 IP 地址和主机名

53220A/53230A 从安捷伦出厂时，已启用动态主机配置协议 (DHCP) 和自动 IP。这样，该仪器可自动获取网络中的地址。如果网络中有一台 DHCP 服务器，则服务器会将地址分配给该仪器。

如果网络中没有 DHCP 服务器，则 53220A/53230A 将自动确定要使用的地址。该地址范围介于 169.254.1.1 至 169.254.255.255 之间。

主机名



53220A/53230A 具有默认主机名。主机名的格式如下所示：

A-53220A-nnnnn (Keysight 53220A)
 A-53230A-nnnnn (Keysight 53230A)

其中，“nnnnn”是仪器序列号的后五位。

仪器主机名由支持动态域名服务 (DNS) 的网络服务器的 Connection Expert 报告。对于不支持动态 DNS 的网络服务器，仅报告 IP 地址。

仪器寻址 在编程期间，53220A/53230A 是通过其由 IP 地址组成的地址字符串来访问的：

TCPIP0::169.254.2.30::inst0::INSTR (VXI-11)

TCPIP0::169.254.2.30::5025::SOCKET (套接字)

或主机名：

TCPIP0::A-53,230A-00050.keysight.com::inst0::INSTR

禁用 LAN 接口

依次选择 **I/O Config** 和 **LAN Off**，并将仪器重新开机后，可从前面板中禁用 LAN 接口。当接口禁用时，将无法通过 Connection Expert 实用程序对其进行配置。

从 Keysight Connection Expert 中打开 Web 接口

LAN 接口是唯一可从中访问计数器支持 Web 用户界面的 IO 接口。要打开 Web UI，在屏幕顶部的图标组中单击 。网页将在浏览器中打开。

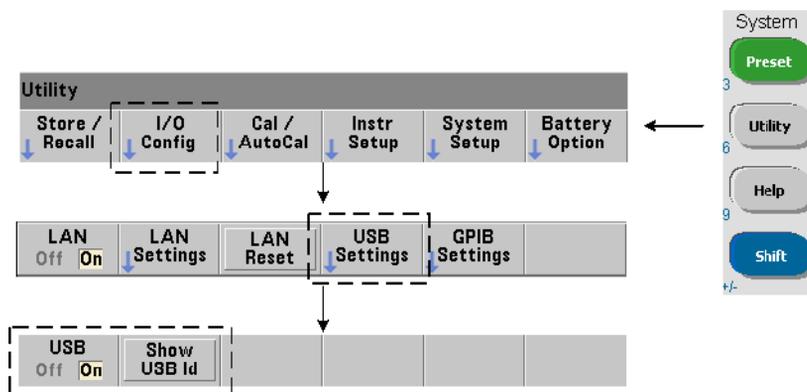
配置 USB 接口

53220A/53230A 是一款高速 USB 2.0 设备。仪器的连接是通过其后面板中的 B 型 USB 连接器来实现的。

向 USB 配置添加仪器

通过 USB 电缆连接 53220A/53230A 和 PC 后，启动 Keysight Connection Expert（[图 2-4](#)）（如果尚未打开）。PC 应检测是否存在 USB 设备。如有必要，请**右键单击** USB 接口 (USB0)，然后选择 **Rescan this Interface**。

Connection Expert 将尝试建立与仪器的通信路径。如果成功，则仪器将被添加到配置了 USB 的仪器的列表（[图 2-4](#)）。USB 地址可从前面板中读取，如下所示。



USB 地址字符串

通过 USB 对 53220A/53230A 编程时，仪器的 USB 地址将包括在如下所示的地址字符串中：

USB0::2391::1287::0123456789::0::INSTR

要在编程期间简化寻址，则可以分配并使用 VISA 别名，以此代替完整的地址。要从 Connection Expert 分配别名，单击省略号 **...** 按钮。这将打开 **Edit Alias** 对话框。单击 **+Add**。输入别名，然后选择 **“OK”**（图 2-6）。

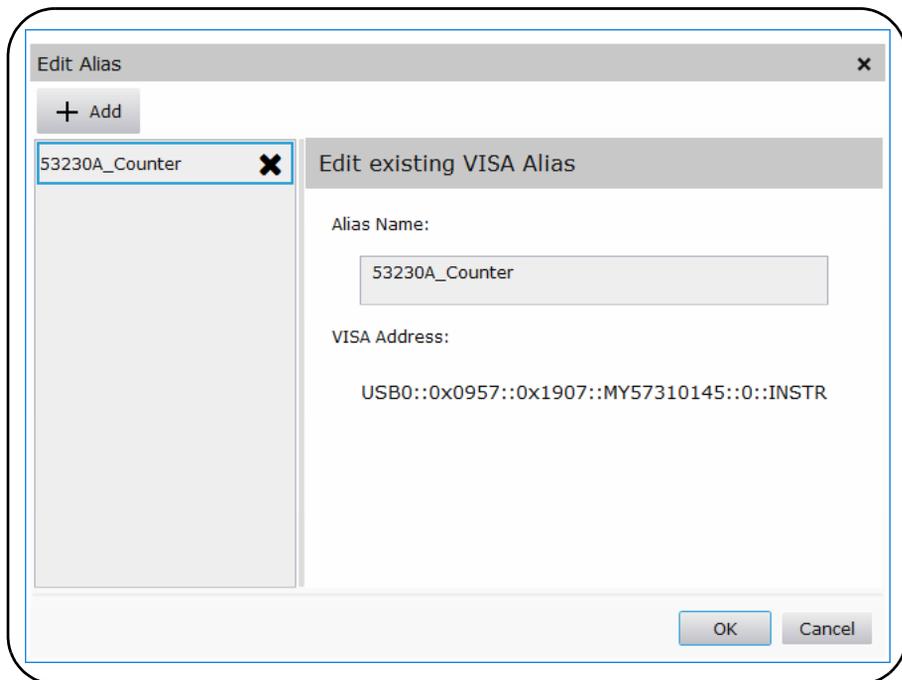


图 2-6 为 USB 地址字符串设置 VISA 别名。

禁用 USB 接口

依次选择 **I/O Config**、**USB Settings** 和 **USB Off**，可从前面板中禁用 USB 接口。禁用或启用 USB 接口后，必须将仪器重新开机，以使更改生效。当接口禁用时，将无法通过 Connection Expert 实用程序对其进行配置。

通过 Interactive IO 使用 USB 接口

支持 Web 的仪器接口不可在 USB 接口中使用。备用的编程方法是使用 Connection Expert “Interactive IO” 实用程序（请参见“使用 Interactive IO”）。

配置 GPIB 接口

注意

以下信息假定计算机中存在 GPIB 卡或 USB/GPIB 接口。

对 53220A/53230A 的编程访问也可通过 GPIB 接口（选件 400）来实现。GPIB 电缆可以采用“星形”（所有电缆直接与计算机相连）或“线性”（仪器与仪器相连）配置与 PC 相连。

向 GPIB 配置添加仪器

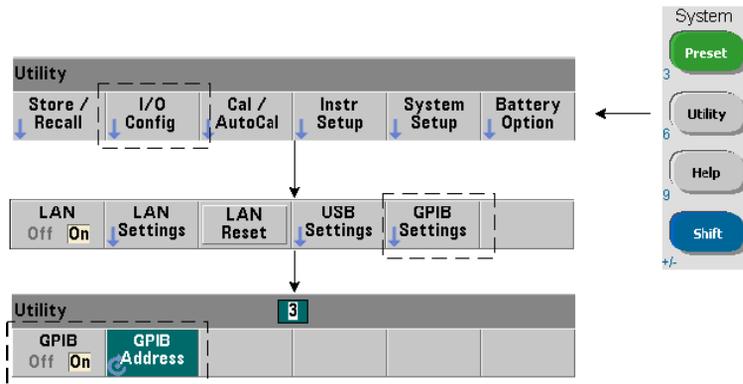
要将仪器添加到 GPIB 接口，请单击 **+Add** 并选择 Connection Expert 工具栏（图 2-4）中的 **GPIB Instrument**。在出现的 **Add a GPIB Instrument** 窗口（图 2-7）中，选择计数器的 GPIB 地址（**note: factory-set address = 3**）并选择 **OK**。

Connection Expert 将尝试建立与仪器的通信路径。如果计数器位于指定的地址，则仪器将添加到配置了 GPIB 的仪器的列表。



图 2-7 选择 GPIB 地址。

计数器的 GPIB 地址可从前面板中读取，如下所示。



GPIB 地址字符串

通过 GPIB 对计数器编程时，仪器的 GPIB 地址将包括在如下所示的地址字符串中：

GPIB0::3::INSTR

更改 GPIB 地址

要更改 GPIB 地址，请选择 **GPIB Address**，并使用旋钮或数字键（同时按下 **Shift** 键）设置所需的地址。更改地址后，您必须将仪器重新开机，才能使更改生效。

如果 GPIB 地址已更改，则新地址将不会在 Connection Expert 接口窗口（图 2-4）中更新。

从 (Connection Expert) 窗口中，选择 GPIB 仪器，然后单击  Edit 按钮。在可配置的属性窗口（图 2-7）中，将地址更改为新地址设置，并选择“OK”。

禁用 GPIB 接口

依次选择 **I/O Config**、**GPIB Settings** 和 **GPIB Off**，可从前面板中禁用 GPIB 接口。禁用或启用该接口后，必须将仪器重新开机，以使更改生效。当接口禁用时，将无法通过 Connection Expert 实用程序对其进行配置。

通过 Interactive IO 使用 GPIB 接口

支持 Web 的仪器接口不可在 GPIB 接口中使用。备用的编程方法是使用 Connection Expert “Interactive IO” 实用程序（请参见“使用 Interactive IO”）。

使用 Interactive IO

Connection Expert “Interactive IO” 实用程序支持使用另一种方法将命令发送至 53220A/53230A（表 2-1）。Interactive IO 可从**任何** PC 的 IO 接口中访问，并支持您将 53220A/53230A SCPI 命令集中的任何命令发送至该仪器。您也可以从 IEEE-488 通用命令（例如，*IDN?、*RST 和 *TST?）菜单中进行选择。

Interactive IO 可用于执行以下操作：

- 排除通信问题产生的故障
- 发出“设备清除”指令
- 感知仪器的命令集

图 2-8 显示如何为所选的接口启动 Interactive IO。

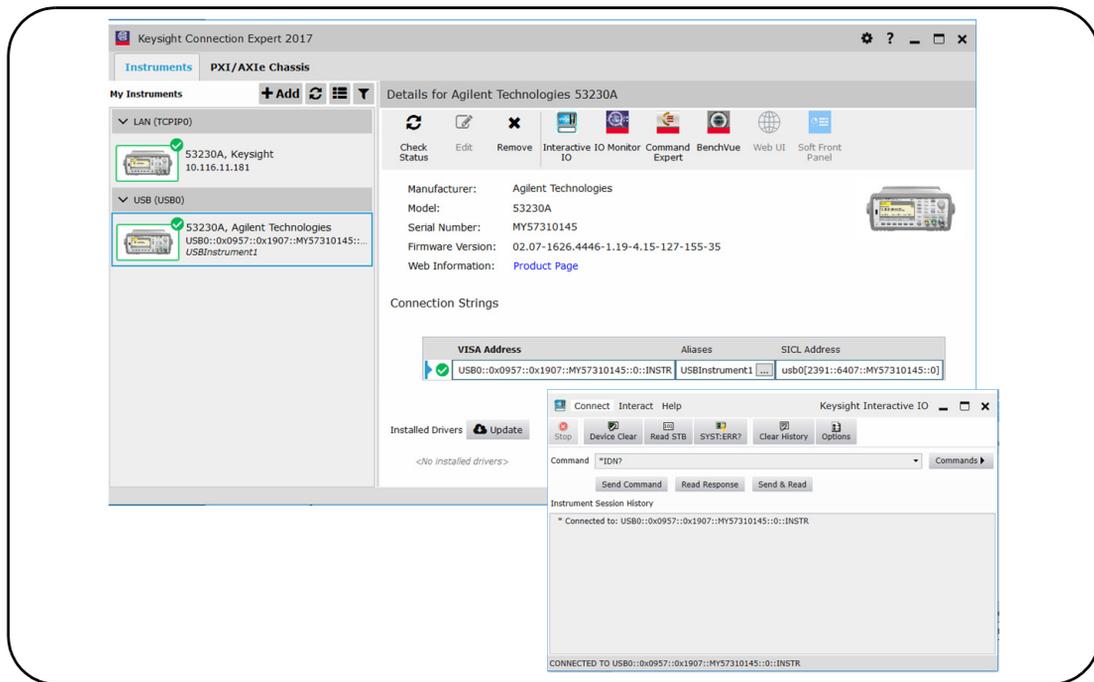


图 2-8 为所选的接口启动 Interactive IO。

注意

如果使用 Interactive IO 窗口将自测试 (*TST?) 命令发送至 53220A/53230A，则“超时”期间可能必须增加，以支持返回结果。为此，可使用 Interactive IO 窗口中的“Options”选项卡。53220A/53230A 自测试大约需要七秒钟便可完成。

固件和驱动程序更新

53220A/53230A 的固件和驱动程序更新（如可用）可通过 Web 获得。本节介绍如何查找更新并将更新下载至计算机，以及如何在仪器中安装更新。

禁用校准安全

在安装固件更新之前，计数器的校准安全功能必须 *已禁用*。这是通过使用以下命令来执行的：

```
CALibration:SECurity:STATe {OFF|ON}, <code>
```

```
CALibration:SECurity:STATe? (查询表)
```

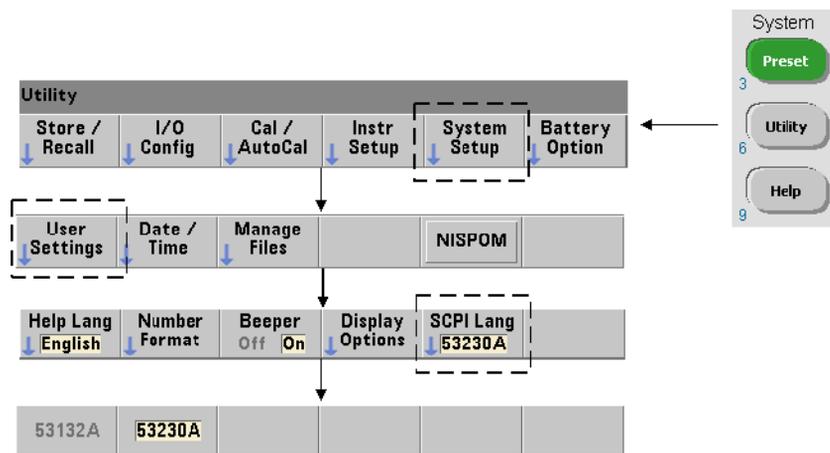
要对仪器进行解密，除了将仪器状态设置为 **OFF** 之外，还必须提供安全代码。仪器刚出厂时，安全代码设置为 **AT53220A** (Keysight 53220A) 或 **AT53230A** (Keysight 53230A)。但请注意，计数器一旦投入使用，安全代码可能会立即更改。

固件更新完成之后，通过将状态设置为 **ON** 并提供安全代码，可将计数器重新加密。更改安全状态或者通过固件更新之后，校准计数将 **不受影响**。

校准计数可使用以下命令来读取：

```
CALibration:COUNT?
```

SCPI 语言仿真模式



如果 53220A/53230A 有时在 53181A SCPI 语言（仿真）模式中使用，则在固件更新之前，该仪器必须返回到其原始 (53220A/53230A) 模式。

下载和安装更新实用程序

53220A/53230A 固件更新使用 Keysight 更新实用程序安装在仪器中。实用程序和固件更新可在以下网址中找到：

www.keysight.com/find/53220A

www.keysight.com/find/53230A

显示此页面之后，请选择 **“Technical Support”** 选项卡，然后选择 **“Drivers and Software”**。单击 **“532x0A Firmware Update”**，并在 **“Documents & Downloads”** 下选择以下实用程序：

53210A/53220A/53230A 固件更新实用程序

出现提示后，请选择 **“Run”** 来安装该实用程序。默认安装目录为 C:\Program Files\Keysight\Firmware Update Utility Type 2。该实用程序还会添加到 **“Keysight”** 下的 **“Start”** 菜单中。

下载固件更新

返回到相应网页，并在“Documents & Downloads”下选择：

532x0A Firmware Update Revision <revision number>

出现提示后，请选择“Run”将文件下载（保存）至 PC。**请记录此目录位置，因为当您运行更新实用程序时，您需要指定固件文件的路径。**

注意

固件更新仅可从 LAN 接口中使用。在启动实用程序之前，请记录 IP 地址。

安装固件更新

从网站中下载更新文件之后，可以安装更新文件。

- 1 从安装目录或“start”菜单中，启动该实用程序。
- 2 按 **Next** 并使用 **Browse** 按钮，指定固件文件的路径（图 2-9）。指定之后，仪器型号、版本和仪器说明将显示在“Applicable Models”窗口中。选择 **Next**。

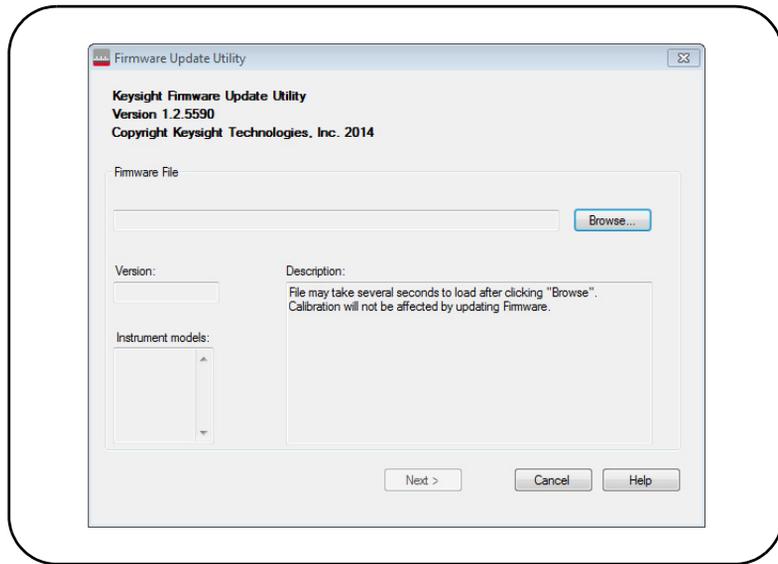


图 2-9 选择更新文件路径。

- 3 输入计数器的 IP 地址或主机名（图 2-10）。选择“Update”启动更新过程。

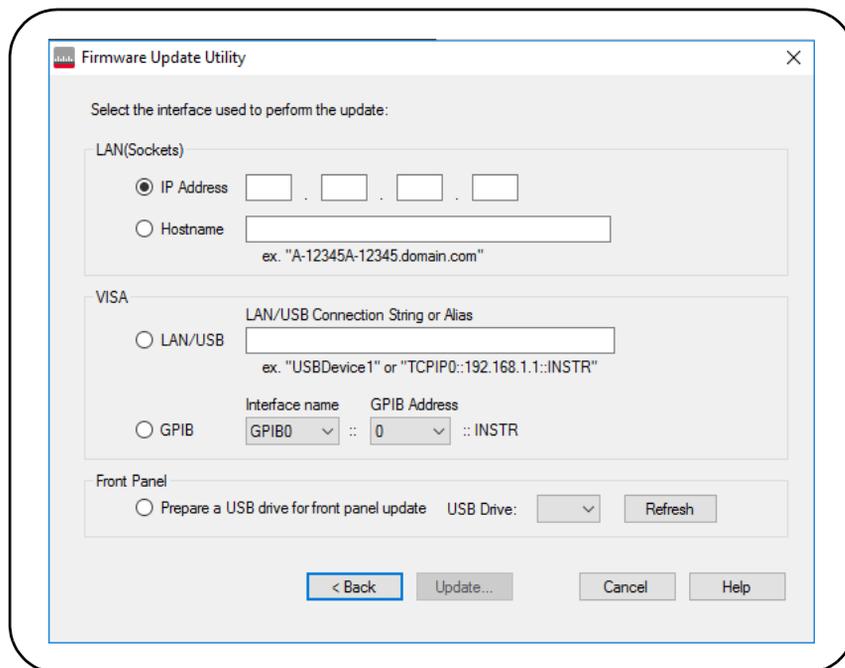


图 2-10 指定地址或主机名。

固件更新需要几分钟才能完成。53220A/53230A 将在更新完成之后立即重启。

注意

在固件更新之后，Keysight Connection Expert（如果在运行）可能会报告：53220A/53230A 配置已更改。此信息以已更新仪器的旁边的黄三角和感叹号 (!) 表示。选中该仪器名称，依次选择“Change Properties”、“Test Connection”或“Identify Instrument”，以更新 Connection Expert。

下载 IVI-COM 驱动程序更新

53220A/53230A 的 IVI-COM 和 LabVIEW 驱动程序（如可用）可通过以下任一网址获得：

www.keysight.com/find/53220A

www.keysight.com/find/53230A

显示此页面之后，请选择“**Technical Support**”选项卡，然后选择“Drivers and Software”。驱动程序及其相关的“readme”文件位于此列表中。

3 53220A/53230A 测量

计数器测量概述	80
参考振荡器配置	82
设置测量模式	87
设置测量超时	90
SCPI 语法惯例	91
MEASure 和 CONFigure 命令	93
频率和周期的测量	97
时间间隔测量	106
积算测量	124
瞬时脉冲测量	130

本章介绍使用 53220A 和 53230A 计数器编程的常规信息及其执行测量的示例。

计数器测量概述

表 3-1 概述了 Keysight 53220A 和 53230A 计数器的测量。该表列出了通过软键选中特定测量后出现的前面板键。此外，它还列出了等效的 SCPI 命令以及通道限制。

表 3-1 Keysight 53220A/53230A 测量概述

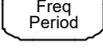
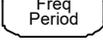
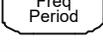
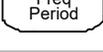
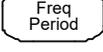
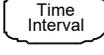
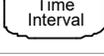
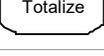
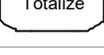
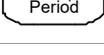
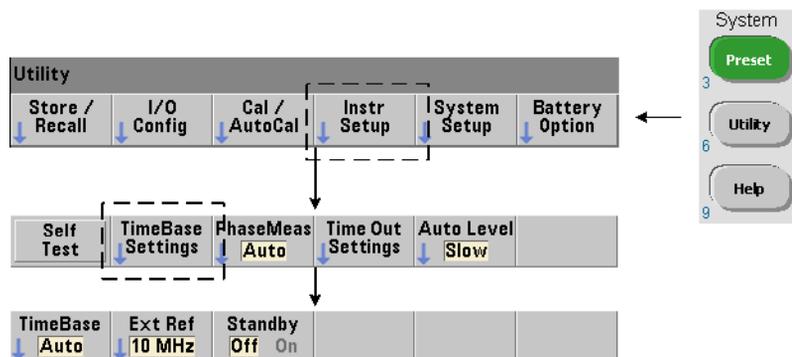
测量	键	命令	仪器	通道
频率		CONFigure:FREQuency MEASure:FREQuency?	53220A/53230A	1,2,3
频率比		CONFigure:FREQuency:RATio MEASure:FREQuency:RATio?	53220A/53230A	1,2,3
周期		CONFigure:PERiod MEASure:PERiod?	53220A/53230A	1,2,3
SPeriod		CONFigure:SPERiod MEASure:SPERiod?	53220A/53230A	1,2
瞬时脉冲载波频率		CONFigure:FREQuency:BURSt MEASure:FREQuency:BURSt?	53230A	3 (选项 150)
脉冲重复频率		CONFigure:FREQuency:PRF MEASure:FREQuency:PRF?	53230A	3 (选项 150)
脉冲重复间隔		CONFigure:FREQuency:PRI MEASure:FREQuency:PRI?	53230A	3 (选项 150)
瞬时脉冲正宽度 （“打开时”）		CONFigure:PWIDth:BURSt MEASure:PWIDth:BURSt?	53230A	3 (选项 150)
瞬时脉冲负宽度 （“关闭时”）		CONFigure:NWIDth:BURSt MEASure:NWIDth:BURSt?	53230A	3 (选项 150)
时间间隔		CONFigure:TINTerval MEASure:TINTerval?	53220A/53230A	1,2
上升时间		CONFigure:RTIME MEASure:RTIME?	53220A/53230A	1,2

表 3-1 Keysight 53220A/53230A 测量概述 (续)

测量	键	命令	仪器	通道
下降时间		CONFigure:FTIME MEASure:FTIME?	53220A/53230A	1,2
负占空比		CONFigure:NDUTYcycle MEASure:NDUTYcycle?	53220A/53230A	1,2
正占空比		CONFigure:PDUTYcycle MEASure:PDUTYcycle?	53220A/53230A	1,2
负脉冲宽度		CONFigure:NWIDTH MEASure:NWIDTH?	53220A/53230A	1,2
正脉冲宽度		CONFigure:PWIDTh MEASure:PWIDTh?	53220A/53230A	1,2
相位		CONFigure:PHASe MEASure:PHASe?	53220A/53230A	1,2
积算 (连续)		CONFigure:TOTAlize:CONTInuous	53220A/53230A	1,2
积算 (定时)		CONFigure:TOTAlize:TIMed MEASure:TOTAlize:TIMed?	53220A/53230A	1,2
时间戳		CONFigure:ARRAy:TSTamp MEASure:ARRAy:TSTamp?	53230A	1,2,3
最小输入电压	显示屏	INPut[{1 2}]:LEVel:MINimum?	53220A/53230A	1,2
最大输入电压	显示屏	INPut[{1 2}]:LEVel:MAXimum?	53220A/53230A	1,2
峰峰值输入电压	显示屏	INPut[{1 2}]:LEVel:PTPeak?	53220A/53230A	1,2
RF 信号强度	显示屏	INPut3:STRength?	53220A/53230A	3

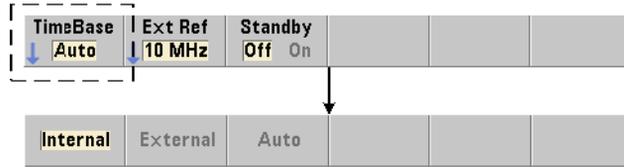
参考振荡器配置



53220A 和 53230A 测量结果以参考振荡器（也称为内 / 外部时钟或时基）为基础。必须存在有效的参考振荡器信号才能进行测量。

以下信息可用作计数器标准温度补偿晶体振荡器 (TCXO) 和选件 010 超高稳定性恒温晶体振荡器 (OCXO) 的参考资料。

参考振荡器源



参考振荡器（时基）既可以是计数器的内部振荡器，也可以是调节为外部参考的内部振荡器。源命令为：

[SENSe:]ROSCillator:SOURce {INTernal|EXTernal}

[SENSe:]ROSCillator:SOURce? (查询表)

[SENSe:]ROSCillator:SOURce:AUTO {OFF|ON}

[SENSe:]ROSCillator:SOURce:AUTO? (查询表)

- **INTernal** 选择计数器的内部 10 MHz 振荡器。信号是一个 0.5 Vrms（进入 50Ω）的正弦波。内部振荡器信号也有可能出现在计数器后面板的 **Int Ref Out** 连接器中。
- **EXTernal** 选择应用于后面板 **Ext Ref In** 连接器的外部参考信号。信号必须为：
 - 1 MHz、5 MHz 或 10 MHz
 - 100 mVrms 到 2.5 Vrms
 - 正弦波

且频率必须由 `SENSe:ROSCillator:EXTernal:FREQUENCY` 命令指定。

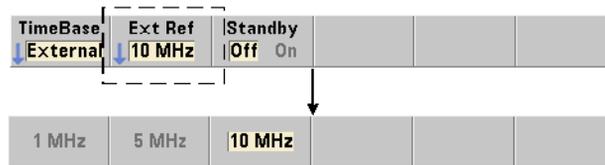
- **:AUTO ON** 支持自动选择参考振荡器源。如果计数器的 **Ext Ref In** 连接器中存在 1、5 或 10 MHz 的信号，请选中源 **EXTernal**。如果有效信号不存在或已丢失，则该源将自动切换为 **INTernal**。

请注意：使用 `[SENSe:]ROSCillator:SOURce` 指定振荡器源（**INTernal** 或 **EXTernal**）时，将禁用自动选择。

- :AUTO Off 禁用自动选择振荡器源。源稍后将由 [SENSe:]ROSCillator: SOURce 命令设置。

计数器出厂时，或在您使用 SYSTem:SECure:IMMediate 命令之后，如果已启用自动选择 (On)，则参考振荡器源将设置为 INTernal。设置将存储在非易失性存储器中，并在重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PREset 或 Preset 键) 之后不会更改。

指定外部参考频率



如果参考振荡器源为 EXTernal (由 SENSe:ROSCillator:SOURce 或 SENSe:ROSCillator:SOURce:AUTO 设置)，则外部信号 (内部振荡器将调节为的外部信号) 的锁定频率**必须**使用以下命令指出：

```
[SENSe:]ROSCillator:EXTernal:FREQuency {1E6|5E6|10E6|
MINimum|MAXimum|DEFault}
```

```
[SENSe:]ROSCillator:EXTernal:FREQuency?[{MINimum|MAXimum|
DEFault}]
```

(查询表)

计数器出厂时，或者在您使用以下 SYSTem:SECure:IMMediate 命令之后，外部参考频率将设置为 10 MHz。该设置存储在非易失性存储器中，且在重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PREset 或 Preset 键) 之后不会更改。

外部参考示例

以下示例将对计数器进行配置，使其调节为外部参考 (如有)，且预期的外部频率为 10 MHz。

```
SENS:ROSC:SOUR:AUTO ON // 调谐到外部参考 (如有)
```

```
SENS:ROSC:EXT:FREQ 10E6 // 信号将为 10 MHz
```

检测有效的外部参考信号

如果存在有效的（外部）参考，则显示屏的右上角将显示 **ExtRef**。如果有效频率不存在或者未指定，则将显示消息 “**No valid external timebase**”。该错误还会记录在错误队列中。

是否存在有效的外部参考，这可以使用下列命令以编程方式来确定：

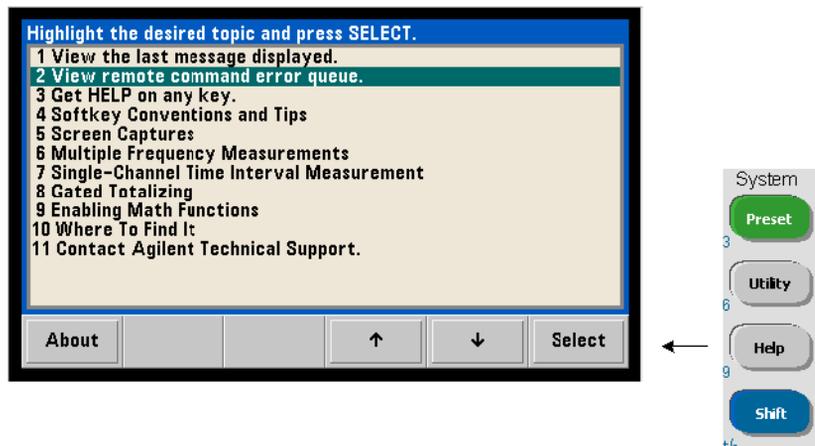
```
[SENSe:]ROSCillator:EXTernal:CHECK ONCE
```

在发送命令之前，必须设置 `SENSe:ROSCillator:SOURce EXTernal` 和 `SENSe:ROSCillator:SOURce:AUTO OFF`。

以下示例将检查应用至 **Ext Ref In** 连接器的外部参考信号。

```
SENS:ROSC:SOUR EXT           // 设置源，同时还禁用
                               // 自动源选择
SENS:ROSC:EXT:CHEC ONCE     // 检查有效信号
SYST:ERR?                   // 读取错误队列
```

错误队列可按以下方法从前面板中读取：

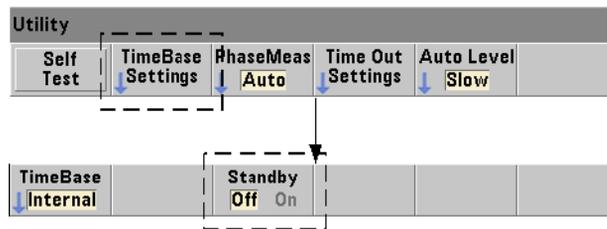


外部参考（时基）的状态还由计数器的可疑数据寄存器进行监控。该寄存器可使用以下命令查询：

STATus:QUESTionable:EVENT?

值 **+1024**（10 位）表示频率（时基）无效错误。读取寄存器时，将**清除寄存器中的所有位**。有关计数器状态系统的信息，请参见第 8 章。

参考振荡器（选件 010）的待机电源



用来保持计数器内部 OCXO 参考振荡器（选件 010）的操作温度的待机电源是由线路电压提供的，也可以由电池选件 300 提供。待机电源使用以下命令启用或禁用：

[SENSe:]ROScillator:INTernal:POWer:STANdby {OFF|ON}

[SENSe:]ROScillator:INTernal:POWer:STANdby? (查询表)

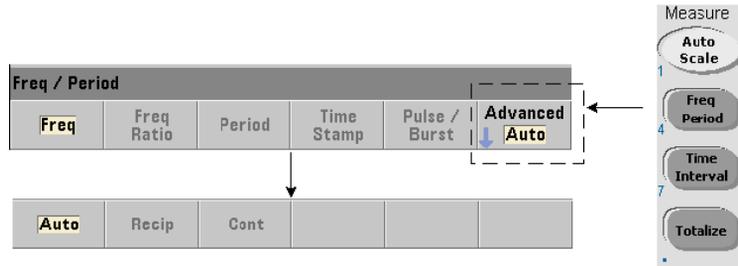
- **On** 启用待机电源，这可在当前面板电源按钮“关闭”（待机）时保持 OCXO 的温度。如果从仪器上断开线路电源，并且已安装和启用电池选件 300，则待机电源由电池提供。电池提供的待机电源可持续使用 24 小时。
- **Off** 当前面板电源按钮“关闭”时，禁用从线路电压或电池向内部振荡器提供待机电源。

待机电源关闭之后，对仪器重新开机时，还会将振荡器重新开机。这可能会影响振荡器的校准精度，它只有在达到指定的预热时间（45 分钟）后才会稳定。

请注意，在安装电池选件 300 并断开线路电压之后，如果禁用待机电源，则会延长电池保持电量的时间。

计数器出厂时，或者在您使用以下 **SYSTEM:SECure:IMMediate** 命令之后，待机电源将禁用 (Off)。当前设置存储在非易失性存储器中，且在重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PREset 或 Preset 键) 之后不会更改。

设置测量模式



有三种测量模式可用于**频率**、**频率比**和**平均周期**测量。测量模式使用以下命令来设置：

```
[SENSe:]FREQuency:MODE {AUTO|RECiprocal|CONTInuous}
[SENSe:]FREQuency:MODE? (查询表)
```

AUTO - 配置计数器，以在可能时进行增强分辨率的测量，或者根据输入信号情况进行倒数测量。通道 3 宽度模式的瞬时脉冲频率测量 (PRF/PRI) 仅使用增强分辨率 (AUTO) 模式来执行。

RECiprocal - 配置计数器以进行仅倒数测量。在倒数模式下，测量的是输入信号的周期，所有频率读数都是从此周期测量中得出（它们互为倒数）。

RECiprocal 模式在可选通道 3 中不可用。

CONTInuous - 配置计数器，以进行连续、增强分辨率和无间隙测量。估算稳定性时，这些测量由计数器的艾伦偏差功能使用。

在 **CONTInuous** 模式中，触发计数“1”是唯一允许的值，且将在**单个**（硬件）门控打开 / 门控关闭序列和已计算的后端到后端中获取每个触发的所有样本（读数）。以其他方式随附 **AUTO** 和 **RECiprocal** 模式的每个样本门控打开 / 门控关闭序列出现的读数之间不存在任何延迟（停滞时间）。

图 3-1 和以下部分以一秒的门控时间为例，介绍连续的无间隙测量。

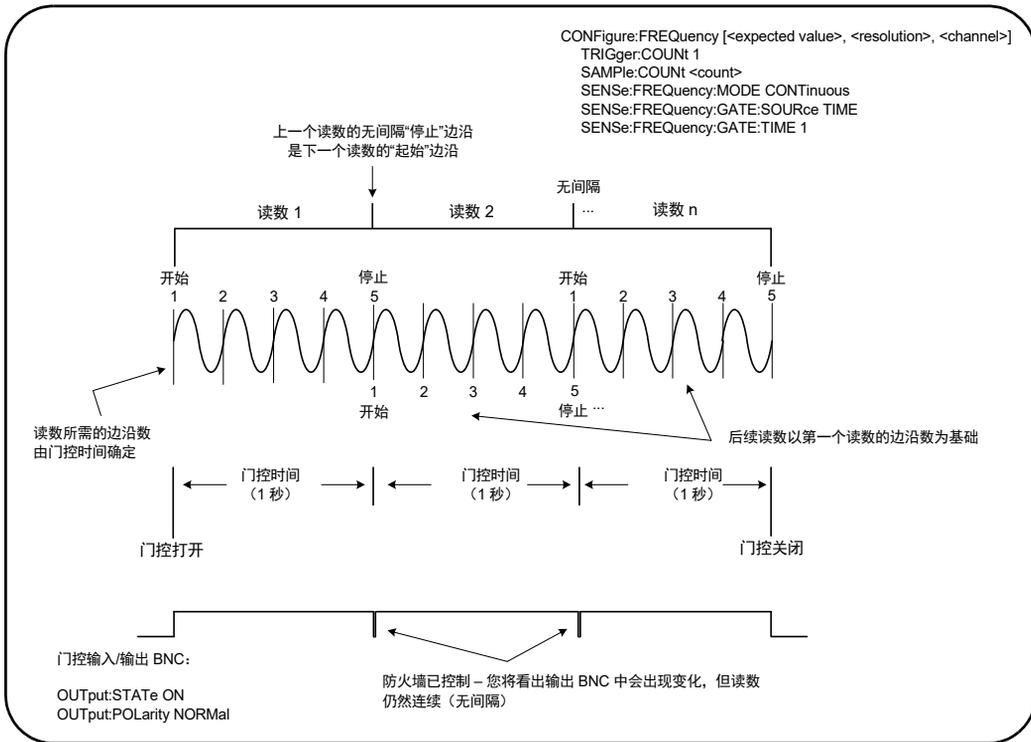


图 3-1 53230A 连续无间隔的测量序列。

门控时间 / 边沿计数 指定的（或默认的）门控时间和输入信号频率将确定在样本计数中产生第一个读数所需的边沿数。计数中的所有序列读数均以第一个读数使用的相同边沿数为基准。门控时间根据读数确定。

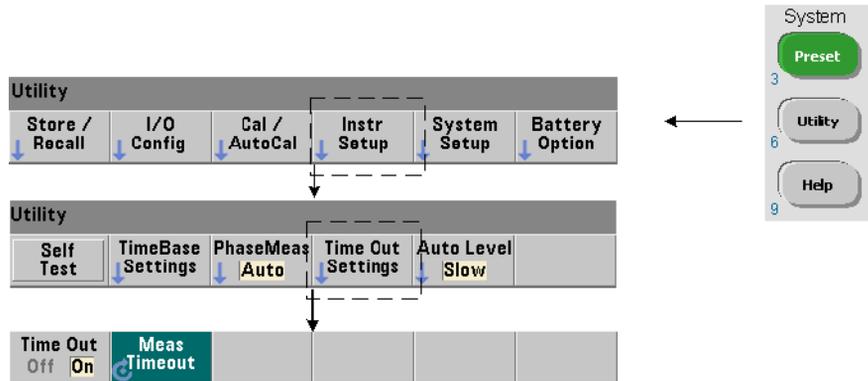
开始 / 停止边沿 结束上一个读数门控时间的边沿是启动下一个读数门控时间（边沿计数）的同一边沿。由于同一边沿用作开始 / 停止沿，因此 **CONTInous** 模式中的读数之间没有间隔 / 延迟 / 停滞时间。

输入信号的稳定性 输入信号频率在测量期间的稳定性将明显影响计数器的连续性（无间隙）特性。如先前所述，当前读数计数中的所有读数均以完成第一个读数所需的边沿数为基础，反过来，边沿数以指定或默认的门控时间为基础。在测量期间，如果输入频率在达到样本计数之前更改，则计数器将根据频率来调制序列读数的门控时间。原来确定的每个读数的边沿计数将保持不变，且读数无间隙。

CONTinuous 模式仅适用于 **53230A** 的通道 1 和 2 和可选通道 3，并且仅适用于 **频率和平均周期** 测量。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PREset 或 **Preset** 键) 之后，测量模式将设置为 **AUTO**。CONFigure 和 MEASure 不会更改该模式。

设置测量超时



测量超时是完成**每个**测量所允许的时间。如果在超时期满之前**未**完成测量，则将返回 9.91E37（不是数字），且显示指示为：-----。该序列将继续显示样本计数的下一个读数。

如果测量因某种原因无法完成，则指定超时可防止仪器无限制地中断。

测量超时是通过以下命令设置的：

```
SYSTem:TIMEout {<time>|MINimum|MAXimum|INFINITY|DEFault}
SYSTem:TIMEout?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

（查询表）

- **time** 是指分辨率为 1 ms 时指定的超时，其范围为 10 ms 到 2,000s。在触发周期期间提取多个读数时，超时设置将影响读数输出。设置最佳超时值时，应考虑触发延迟、门控时间和门控延迟（第 5 章）。

超时设置存储在非易失性存储器中，且在重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PREset 或 **Preset** 键) 之后**不会**更改。

出厂时，测量超时设置为 1 秒。指定时间为 9.9E+37 或者发送 SYSTem:SECurity:IMMediate 命令时，将禁用超时。如果**禁用**超时，此仪器将**无限期**等待测量完成。

SCPI 语法惯例

通过 LAN、USB 和 GPIB 接口对计数器进行编程，这一点是通过使用可编程仪器的标准命令 (SCPI) 控制语言来实现的。SCPI 语言语法的典型示例如下 MEASure 命令所示：

```
MEASure:FREQuency? [{<expected>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFault}]] [, <channel>]]
```

编程惯例如下所示。

命令关键字和缩写命令

命令关键字（例如，MEASure 和 FREQuency?）以冒号 (:) 分隔。大写字母表示关键字或参数的缩写。必须使用缩写格式或整个命令 / 参数。

可选关键字和参数

可选（默示）关键字和参数由方括号来表示（例如，[, <channel>]），且发送命令时不会包括方括号。如果未指定可选参数，则将使用默认值。

分隔命令和参数并链接 SCPI 命令

必须使用空格分隔最后一个关键字和第一个参数。使用逗号 (,) 分隔多个参数。必须在每个计数器通道号前使用“@”符号，并使用圆括号将每个通道括起来：

```
MEAS:FREQ:RAT?5E6, (@2), (@1)
```

多个子系统 要在单个字符串中发送多个 SCPI 命令，则不同子系统（根节点）内的命令必须由分号 (;) 和冒号 (:) 分隔。例如，字符串：

```
INP:COUP AC;:TRIG:SOUR EXT
```

需要使用分号和冒号，原因在于子系统 / 根节点 (INPut 和 TRIGger) 不同。

相同的子系统 对于共享相同子系统的命令，也可以在单个字符串中发送多个命令。第一个命令将参考根节点，分号分隔的后续命令参与上一命令相同的级别。例如，以下是表示 CALCulate2 子系统的命令序列：

```
CALC2:TRAN:HIST:STAT ON  
CALC2:TRAN:HIST:POIN 15  
CALC2:TRAN:HIST:RANG:AUTO ON  
CALC2:TRAN:HIST:RANGe:AUTO:COUNT 300
```

它可采用字符串形式发送为：

```
CALC2:TRAN:HIST:STAT ON;POIN 15;RANG:AUTO ON;AUTO:COUN 300
```

单独的命令行或字符串？ 使用单独的字符串、而不是单独的命令行发送命令时，可以消除“设置冲突”错误。使用单独行发送时，计数器将在解析每个命令（行）时检查是否存在错误。作为字符串发送时，将在检查错误条件之前解析整个字符串。

链接 IEEE 488-2 通用命令和 SCPI 命令

在同时含有 IEEE 488.2 通用命令（例如，*RST、*WAI 和 *OPC?）的命令和 SCPI 仪器命令的字符串中，通用命令与 SCPI 命令通常使用分号 (;) 分隔。如以下字符串所示：

```
CALC:STAT ON;AVER:STAT ON;:INIT;*WAI;CALC:AVER:AVER?
```

MEASure 和 CONFigure 命令

计数器每次进行测量时，是根据多个参数从配置中执行的。以编程方式设置这些参数的最简便、最常用的方法是使用 CONFigure 和 MEASure 子系统内的命令。这些命令视为“高级”命令，因为它们可从单个命令中设置或默认多个计数器参数。“低级”命令是指其他子系统（即 INPut、TRIGger 和 SENSE）内的命令，支持您使用 CONFigure 或 MEASure 更改已设置或默认的参数值。

从 CONFigure 和 MEASure 子系统中执行命令，相当于使用命令 / 子系统分别设置参数，如表 3-2 所示。

表 3-2 使用 CONFigure 和 MEASure 的计数器配置

参数	CONFigure/MEASure 设置	低级命令 / 子系统
输入	来自上一个设置或其加电设置的范围、低通过滤、耦合、阻抗和噪声抑制不会更改。	INPut{1 2}:RANGe INPut{1 2}:FILTer INPut{1 2}:COUPling INPut{1 2}:IMPedance INPut{1 2}:NREJect
测量模式	AUTO 适用于频率、频率比、平均周期、PRF 或 PRI 测量。对于所有其他测量而言，不会更改。	SENSe:FREQuency:MODE
触发源	IMMediate	TRIGger:SOURce
触发斜率	NEGative	TRIGger:SLOPe
触发延迟	0.0 秒	TRIGger:DELay
触发计数	1 个触发	TRIGger:COUNT
样本计数	1 个样本	SAMPle:COUNT
门控源	基于 CONFigure 或 MEASure 命令所指定的测量函数。	SENSe:FREQuency:GATE:SOURce SENSe:TINterval:GATE:SOURce SENSe:TOTALize:GATE:SOURce
门控启动源	IMMediate	SENSe:GATE:STARt:SOURce
门控启动斜率	NEGative	SENSe:GATE:STARt:SLOPe
门控启动延迟	TIME 0.0 秒	SENSe:GATE:STARt:DELay:SOURce SENSe:GATE:STARt:DELay:TIME

表 3-2 使用 CONFigure 和 MEASure 的计数器配置 (续)

参数	CONFigure/MEASure 设置	低级命令 / 子系统
门控停止源	IMMediate	SENSe:GATE:STOP:SOURce
门控停止延迟	TIME 0.0 秒	SENSe:GATE:STOP:HOLDoff:SOURce SENSe:GATE:STOP:HOLDoff:TIME
门控停止斜率	NEGative	SENSe:GATE:STOP:SLOPe
外部门控源	门控输入 / 输出 BNC	OUTPut:STATe
瞬时脉冲门控自动	打开 (已启用)	SENSe:FREQuency:BURSt:GATE:AUTO
瞬时脉冲门控延迟	0.0 秒	SENSe:FREQuency:BURSt:GATE:DELay
瞬时脉冲门控时间	1.0 纳秒	SENSe:FREQuency:BURSt:GATE:TIME
窄脉冲模式	关闭 (已禁用)	SENSe:FREQuency:BURSt:GATE:NARRow
数学 图形	已禁用, 包括单独的计算函数。其他参数未更改。	CALCulate1 子系统 CALCulate2 子系统
自动级别频率	不会更改	SYSTem:ALEVel:FREQuency
测量超时	不会更改	SYSTem:TIMEout
参考振荡器	来自上一个设置, 不会更改。	SENSe:ROSCillator:SOURce SENSe:ROSCillator:SOURce:AUTO SENSe:ROSCillator:EXTernal:FREQuency
读数格式数据存储 仪器状态	来自上一个设置, 不会更改。 来自上一个设置, 不会更改。 来自上一个设置, 不会更改。	FORMat 子系统 DATA 子系统 STATus 子系统

使用 MEASure

使用 **MEASure** 子系统中的命令进行测量，这是在该命令执行时同步发生的，并且根据语法内指定的参数来进行。执行结果将发送至仪器的输出缓冲区。

例如，**MEASure** 命令：

```
MEAS:FREQ?60.0, 1e-3, (@1)
```

以通道 1 中预计信号为 60 Hz 的五位 (1 mHz) 分辨率进行单个测量。所有其他计数器参数（输入配置和触发源等）将设置成为指定 **MEASure** 命令预定义的值，或者保留先前编程的值，而不会更改。

由于测量将立即执行，因此对计数器配置的更改仅限于命令内的参数。

使用 CONFigure

通过使用 **CONFigure** 子系统中的命令进行测量时，您可以在测量之前使用低级命令更改计数器参数。例如，假定需要以下配置：

- 频率测量
- 外部触发 - 正斜率
- 触发计数 = 2
- 样本计数（每个触发的读数）= 5
- 门控时间 = 5 ms

将触发源、触发计数和样本计数分别设置为“内部”、“1”和“1”之后，由于 **MEASure:FREQuency?** 命令将立即触发测量，因此无法使用该命令。门控时间设置为 0.1 秒。

使用 **CONFigure** 和适当的低级命令，可以在启动测量之前更改配置（SCPI 命令的缩写格式如下所示）：

```
// 针对频率测量配置计数器
// 根据 CONFigure 设置的值更改参数值
CONF:FREQ 1.0E6, (@2)

TRIG:SOUR EXT

TRIG:SLOP POS
TRIG:COUN 2

SAMP:COUN 5

SENS:FREQ:GATE:TIME 0.005

SENS:FREQ:GATE:SOUR TIME
```

INIT

使用 CONFigure?

以下命令:

CONFigure?

将返回由最后一个发送至仪器的 CONFigure 或 MEASure? 命令所配置的测量函数。如果在重新开机之后发送 CONFigure?, 除非发送 CONFigure 或 MEASure?, 否则将始终生成设置冲突错误。

例如:

```
CONF:FREQ 1.0E6, (@2)
```

```
CONF?
```

将返回 (包括引号):

```
"FREQ +1.00000000000000E+006,+1.00000000000000E-004,(@2)"
```

其中包括函数、期望值、(计算得出的)分辨率和通道。如果在 CONFigure 或 MEASure 命令中未指定通道号, 则返回字符串中将不包括任何通道。

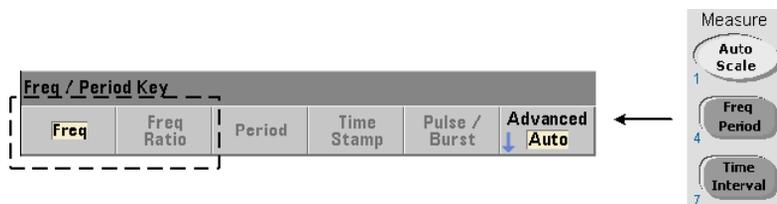
频率和周期的测量

本节中介绍的 53220A/53230A 测量包括频率、频率比和周期。

注意

以下示例中列出的 SCPI 命令将为您展示如何测量频率。即使这些命令指定了默认值，但在根据实际使用情况对示例进行修改时，也应考虑如何灵活使用命令。有关其他信息，请参考 *编程人员参考*。

频率



标准的频率测量如图 3-2 所示。

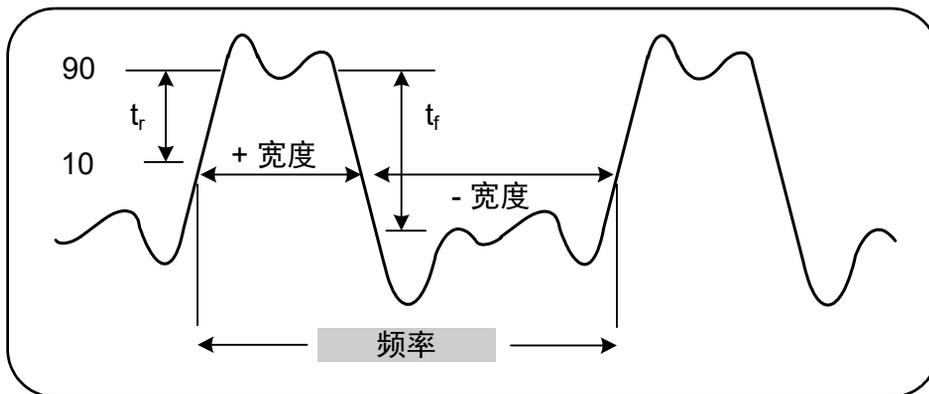


图 3-2 标准的频率测量。

可用来测量频率的命令如下所示：

```
MEASure:FREQUency? [{<expected>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}]] [, <channel>]
CONFigure:FREQUency [{<expected>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}]] [, <channel>]
```

- **expected** 是预期的输入信号频率。**resolution** 是所需的测量分辨率（以赫兹为计量单位）。该参数的范围为：

expected（通道 1 和 2）：0.1 Hz - 350 MHz（默认值 = 10 MHz）

expected（通道 3 选件 106）：100 MHz - 6.0 GHz（默认值 = 500 MHz）

expected（通道 3 选件 115）：300 MHz - 15 GHz（默认值 = 500 MHz）

resolution（所有通道）： $1.0E-15 * \text{expected}$ 到 $1.0E-5 * \text{expected}$ （默认分辨率对应于 0.1 秒的门控时间）

- **channel** 是指定为 (@1)、(@2) 或 (@3) 的计数器通道 1、2 或 3。

频率测量示例

```
// 是否使用 MEASure? - 以 0.1 Hz 的分辨率测量 20 MHz
```

```
// 分辨率
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
MEAS:FREQ? 20E6, 0.1, (@1)
```

```
-----
// 使用 CONFigure - 以 0.1 Hz 的分辨率测量 20 MHz 信号，
```

```
// 获取 10 个读数
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
CONF:FREQ 20E6, 0.1, (@1)
```

```
SAMP:COUN 10 // 获取 10 个读数
```

```
READ?
```

备注

1 有关触发和每个触发的读数数量（样本计数）的信息，请参见第 5 章。

频率比

频率比测量是对两个信号的测量，其中一个信号通常用作参考信号（图 3-3）。信号可以是不同的波形，并且可应用至计数器中的任一两个通道的组合。

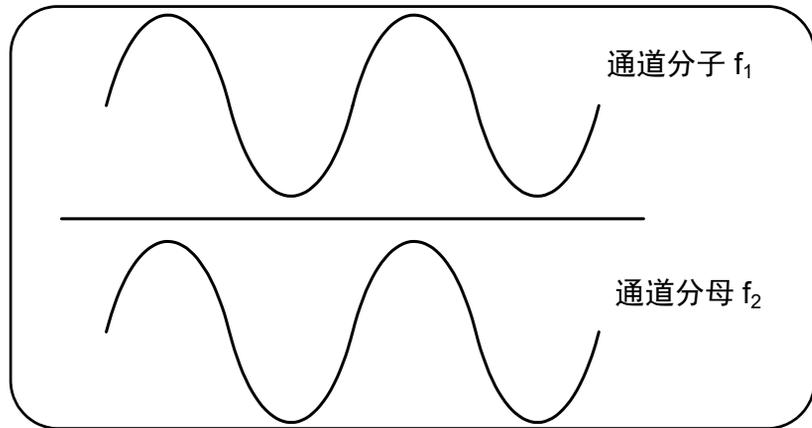


图 3-3 两个输入信号测量之比。

可用来测量频率比的命令如下所示：

```
MEASure:FREQuency:RATio? [{<expected>|MINimum|MAXimum| DEFault}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFault}]] [, <channel_pair>]
```

```
CONFigure:FREQuency:RATio [{<expected>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFault}]] [, <channel_pair>]
```

– **expected** 是两个输入信号的预期比率。**resolution** 是所需的比率测量分辨率。该参数的范围为：

expected (Ch1/Ch2, Ch2/Ch1)：2.8E-10 到 3.5E+9

expected (Ch1/Ch3, Ch2/Ch3 - 选项 106)：1.6E-11 到 3.5

expected (Ch1/Ch3, Ch2/Ch3 - 选项 115)：6.6E-12 到 1.2

expected (Ch3/Ch1, Ch3/Ch2 - 选项 106)：0.28 到 6.0E10

expected (Ch3/Ch1, Ch3/Ch2 - 选项 115)：0.85 到 15.0E10

resolution (所有通道)：1.0E-15 * **expected** 到 1.0E-5 * **expected** (默认分辨率对应于 0.1 秒的门控时间)

- `channel_pair` 设置为 `(@1),(@2)|(@2),(@1)|(@1),(@3)|(@3),(@1)|(@2),(@3)|(@3),(@2)`。在该对之内，第一个通道表示比率的分子，第二个通道表示比率的分子。默认值 `channel_pair` 为 `(@1),(@2)`。

频率比示例

// 是否使用 `MEASure?` - 比例测量预计结果为 `1:1`,

// 设置 6 位比例测量分辨率

*RST // 重置为从已知状态启动

MEAS:FREQ:RAT?1, 1.0E-6, (@1),(@2)

// 使用 `CONFigure` - 比例测量预计结果为 `1:1`

// 设置 9 位比例分辨率

*RST // 重置为从已知状态启动

CONF:FREQ:RAT 1, 1.0E-9, (@1),(@2)

INP:LEV 1.5 // 设置 1.5V 阈值级别 (通道 1)

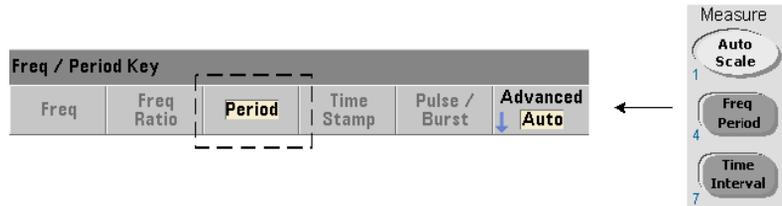
INP2:LEV 1.5 // 设置 1.5V 阈值级别 (通道 2)

READ?

备注

- 1 在上述比率测量中，分辨率的位数是由分辨率参数 (`1.0E-6` 和 `1.0E-9`) 设置的。结果，该指数与位数相对应。有关门控时间和读数分辨率之间的关系的信息，请参见第 5 章中的“频率测量”。
- 2 有关计数器阈值级别和配置输入信号路径的其他信息，请参见第 4 章。

周期



标准的周期测量如图 3-4 所示。

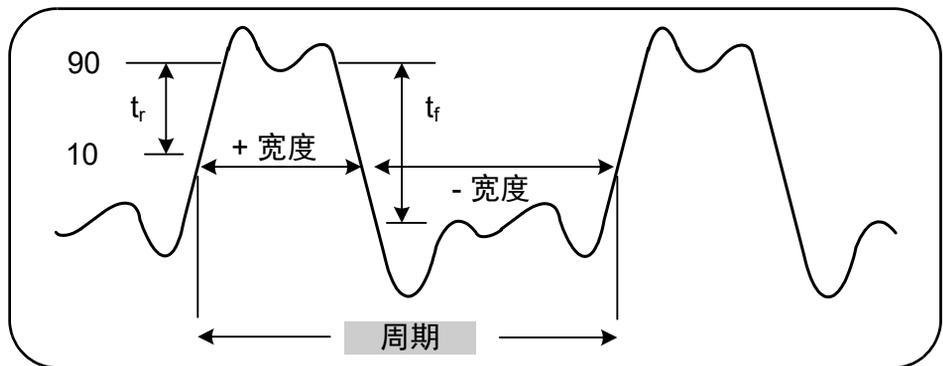


图 3-4 标准的周期测量。

可用来测量周期的命令如下所示：

```
MEASure:PERiod? [{<expected>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFault}]] [, <channel>]
CONFigure:PERiod [ {<expected>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFault}]] [, <channel>]
```

- **expected** 是预期的输入信号周期。**resolution** 是所需的测量分辨率（以秒为计量单位）。该参数的范围为：
 - expected**（通道 1 和 2）：2.8 纳秒到 10 秒（默认值 = 100 纳秒）
 - expected**（通道 3 选件 106）：160 皮秒到 10 纳秒（默认值 = 2 纳秒）
 - expected**（通道 3 选件 115）：66 皮秒到 3.33 纳秒（默认值 = 2 psec）
 - resolution**（所有通道）： $1.0E-15 * \text{expected}$ 到 $1.0E-5 * \text{expected}$ （默认分辨率对应于 0.1 秒的门控时间）
- **channel** 是指定为 (@1)、(@2) 或 (@3) 的计数器通道 1、2 或 3。

周期测量示例

```
// 是否使用 MEASure? - 以 12 位分辨率测量 100 纳秒 (10 MHz) 信号
// 的周期
```

```
*RST           // 重置为从已知状态启动
MEAS:PER?100E-9, 1E-12, (@1)
```

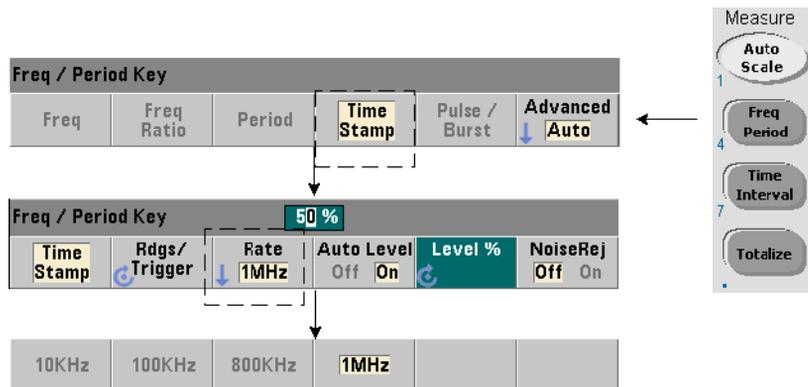
```
-----
// 使用 CONFigure - 以 12 位分辨率测量 100 纳秒 (10 MHz) 信号
// 的周期
```

```
*RST           // 重置为从已知状态启动
SYST:TIM 1.0   // 1s 测量超时（周期测量）
CONF:FREQ 100E-9, 1E-12, (@1)
    SAMP:COUN 10 // 获取 10 个读数
READ?
```

备注

- 1 有关触发和每个触发的读数数量（样本计数）的信息，请参见第 5 章。
- 2 有关计数器阈值级别和配置输入信号路径的其他信息，请参见第 4 章。

时间戳



时间戳测量将会在计数器的输入通道上发生事件（边沿）时记录这些事件。输入波形边沿之间的时间戳测量示例如图 3-5 所示。（只有 53230A 提供时间戳测量。）

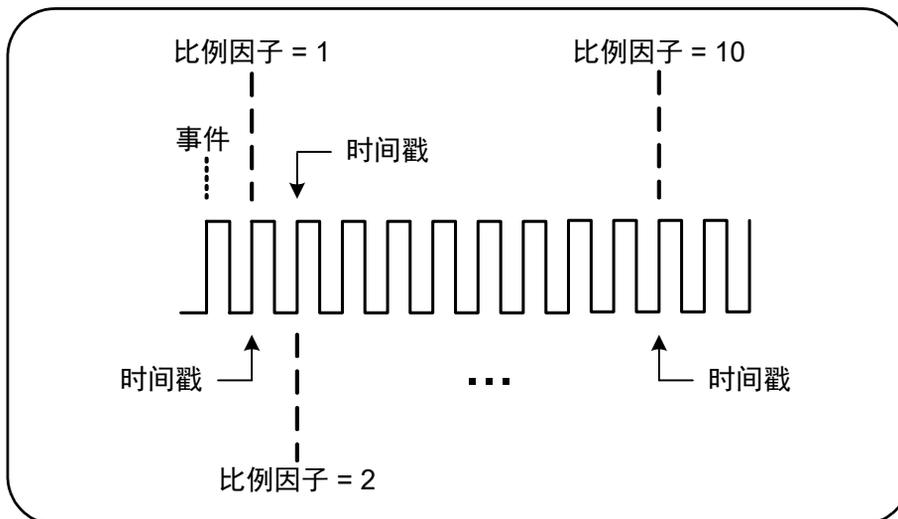


图 3-5 计数器通道中的时间戳事件。

可用来测量时间戳的命令如下所示：

```
MEASure:ARRay:TSTamp?[(<count>) [,<channel>]]
CONFigure:ARRay:TSTamp [(<count>) [,<channel>]]
[SENSe:]TSTamp:RATE {<rate>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[SENSe:]TSTamp:RATE?[{MINimum| MAXimum|DEFault}]      (查询表)
```

- (count) 是返回的时间戳测量数（读数 / 触发）。该读数必须使用圆括号括起来。由于该数据附带比例因子，因此实际上将返回 count+1 个元素。请注意，对于发出的每个 READ? 或 INITiate 命令而言，TRIGger:COUNT 将始终为“1”。
- channel 是指定为 (@1)、(@2) 或 (@3) 的计数器通道 1、2 或 3。
- rate 是生成时间戳读数时的速率。rate 值为 10.0E3、100E3、800E3 和 1.0E6。实际速率取决于输入信号的频率。重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PREset 或 Preset 键) 之后，该速率将设置为 1.0E6。

时间戳测量示例

```
// 为 200 个时间戳测量配置计数器
*RST                // 重置为从已知状态启动
SYST:TIM 1.0       // 1s 测量超时
CONF:ARR:TST (200), (@1)
    INP:COUP DC     // 设置 DC 耦合
    INP:IMP 50      // 将阻抗设置为 50 ohm
    INP:LEV 1       // 设置 1V 阈值级别
    INP:SLOP POS    // 时间戳正向沿
    SENS:TST:RATE 1E6 // 1 MHz 时间戳速率
INIT                // 启动并获取读数
*WAI                // 等待读数完成
// 将读数从读数存储器传输至
// USB 存储设备的根文件夹中的文件
MMEM:STOR:DATA RDG_STORE, "USB:\ts_data.csv"
```

备注

- 1 1. 在该示例中，200 个时间戳读数将以 1 MHz 的速率读取，并存储在计数器的读数存储器中。然后，读数将作为逗号分隔值 (CSV) 存储在与计数器前面板“主机”端口相连的 USB 驱动器中，其中每行 ASCII 对应一个测量值。
- 2 使用时间戳测量返回的数据包括**比例因子**及其时间戳值（以秒为计量单位）。比例因子是每个时间戳的输入周期数，当输入信号的频率**大于**指定的时间戳速率时，该比例因子将会增加。**时间戳值**将等于信号周期本身（输入频率 \leq 时间戳速率时，比例因子 = 1），或者等于信号周期与比例因子的乘积。

例如，假设输入信号为 10 MHz，时间戳速率为 1 MHz 的时间，且比例因子为 11。此测量的数据可以表示为：

1.10000000E+01 （比例因子：每个时间戳 11 个循环）
 1.10077637E-06 （第一个时间戳 = 信号周期 x 比例因子）
 1.09963867E-06 （第二个时间戳 = 信号周期 x 比例因子）
 1.10005859E-06 .
 1.09999023E-06 .
 1.09988770E-06 .
 1.10017578E-06 .

时间戳值除以比例因子等于**输入信号周期**（例如， $1.10077637E-06 / 11 = 1.00070579E-7$ ）。

- 3 有关计数器阈值级别和配置输入信号路径的其他信息，请参见第 4 章。
- 4 有关数据流、读数存储器和创建数据文件的信息，请参见第 7 章。

时间间隔测量

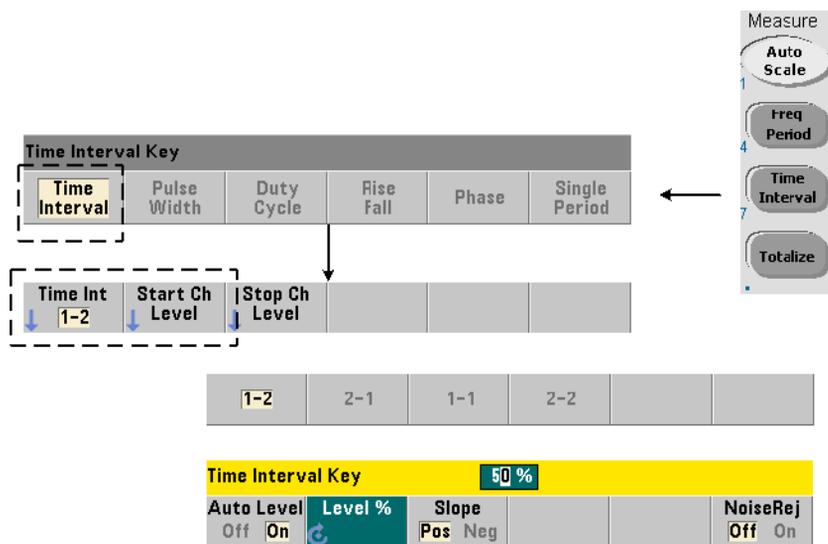
本节中介绍的 53220A/53230A 时间间隔测量包括一个和两个通道的时间间隔、上升 / 下降时间、脉冲宽度、占空比、相位和单个周期。

注意

以下示例中列出的 SCPI 命令将为您展示如何测量时间间隔。即使这些命令指定了默认值，但在根据实际使用情况对示例进行修改时，也应考虑如何灵活使用命令。有关其他信息，请参考 *编程人员参考*。

有关时间间隔测量的详细信息，请参阅应用注释 200-3 “时间间隔测量的基本知识”。

时间间隔



时间间隔测量是对不同波形或相同波形上两个事件（或边沿）之间的时间差的测量。典型的双通道时间间隔测量如图 3-6 所示。

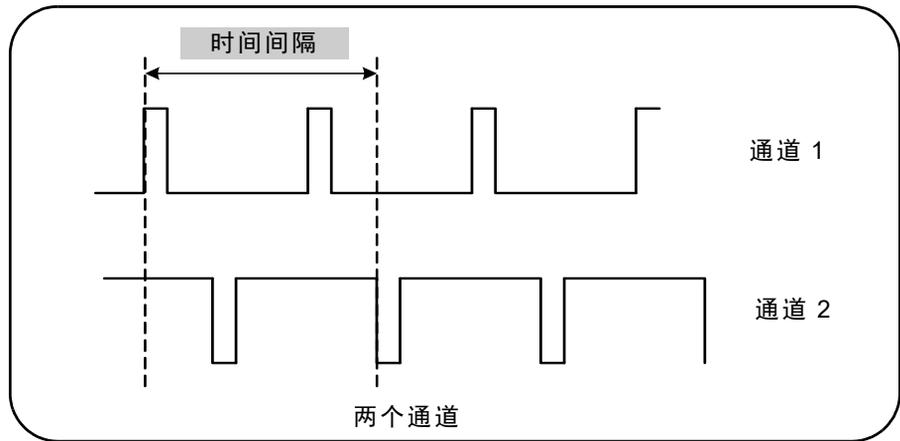


图 3-6 双通道时间间隔测量。

可用来测量时间间隔的命令如下所示：

```
MEASure:TINterval? [<channel_pair>]
```

```
CONFigure:TINterval [<channel(s)>]
```

– channel_pair 是采用以下格式的通道：(@1),(@2)|(@2),(@1)

– channel(s) 可以是采用以下格式的通道对或单个通道：

```
(@1),(@2) | (@2),(@1) | (@1)|(@2)
```

输入通道已使用正斜率 50%（默认）配置为自动级别。

配置时间间隔测量时，请考虑以下开始或停止输入阈值、输入斜率或门控停止延迟设置：

```
INPut{1|2}:LEVel{1|2} 或 INPut{1|2}:LEVel{1|2}:RELative
```

```
INPut{1|2}:SLOPe{1|2}
```

```
SENSe:GATE:STOP:HOLDOff:SOURce
```

如果在不更改上述任一设置的情况下进行测量，则由于测量大约在同一时间在相同边沿（斜率）中开始和停止，因此会导致时间间隔值大约为 0 秒。

双通道时间间隔测量示例

```
// 使用 CONFigure 设置双通道时间间隔
// 测量 - 在通道 1 中开始，在通道 2 中停止
*RST // 重置为从已知状态启动
SYST:TIM 5.0 // 设置 5s 测量超时
CONF:TINT (@1), (@2) // 配置双通道测量
    INP1:LEV:AUTO ON // 在通道 1 中启用自动级别
    INP2:LEV:AUTO ON // 在通道 2 中启用自动级别
    INP1:LEV1:REL 10 // 将通道 1 的阈值级别设置为 10%
    INP2:LEV1:REL 10 // 将通道 2 的阈值级别设置为 10%
    INP1:SLOP POS // 在通道 1 的上升沿开始测量
    INP2:SLOP POS // 在通道 2 的上升沿停止测量
        SENS:GATE:STOP:HOLD:SOUR TIME // 延迟门控关闭
        SENS:GATE:STOP:HOLD:TIME 200E-9 // 延迟 200 ns
        SENS:GATE:STAR:SOUR IMM // 在识别门控时开始测量
        SENS:GATE:STOP:SOUR IMM // 在延迟完成时停止测量
    SENS:TINT:GATE:SOUR ADV // 启用门控设置
READ?
```

备注

- 1 两个通道中均已启用自动级别，以便将峰峰值信号级别的相对阈值级别指定为 10%。测量将在通道 1 中的正向（上升）沿中启动，并在通道 2 的正向沿中停止。
- 2 已指定门控停止延迟，以便在通道 2 中选择所需的上升沿和要测量的时间间隔。
- 3 有关输入阈值级别和斜率的信息以及高级门控信息，请分别参见第 4 章和第 5 章。

单通道时间间隔测量

以下示例显示了具有如图 3-7 所示特性的信号中的单通道时间间隔测量。

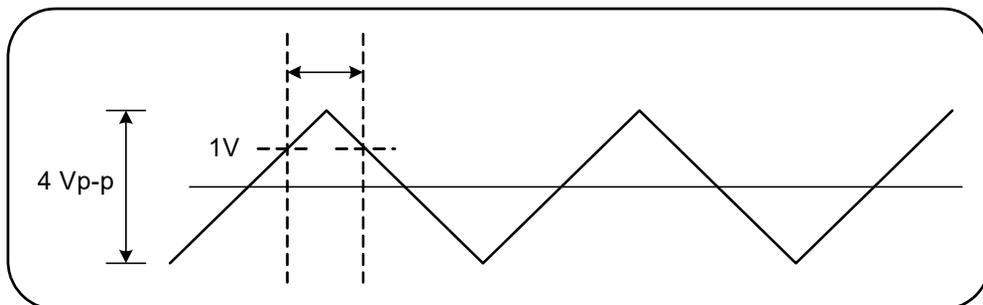


图 3-7 单通道时间间隔测量。

```
// 在通道 1 中配置时间间隔测量。
```

```
// 使用 CONFigure 设置的默认值，
```

```
// 但已显示的设置除外
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
CONF:TINT (@1)
```

```
INP:COUP AC // 设置 AC 耦合
```

```
INP:IMP 50 // 将输入阻抗设置为 50 ohm
```

```
INP:LEV1 1.0 // 将起始阈值设置为 1V
```

```
INP:LEV2 1.0 // 将停止阈值设置为 1V
```

```
INP:SLOP1 POS // 将启动斜率设置为正向（上升）
```

```
INP:SLOP2 NEG // 将停止斜率设置为负向（下降）
```

```
READ? // 启动计数器并提取读取
```

备注

- 1 输入耦合和阻抗已设置，确保需要作为阈值的起始和停止触发阈值指定为绝对值。测量在通道 1 中的正向（上升）沿中开始，并在负向（下降）沿中停止。

上升时间和下降时间

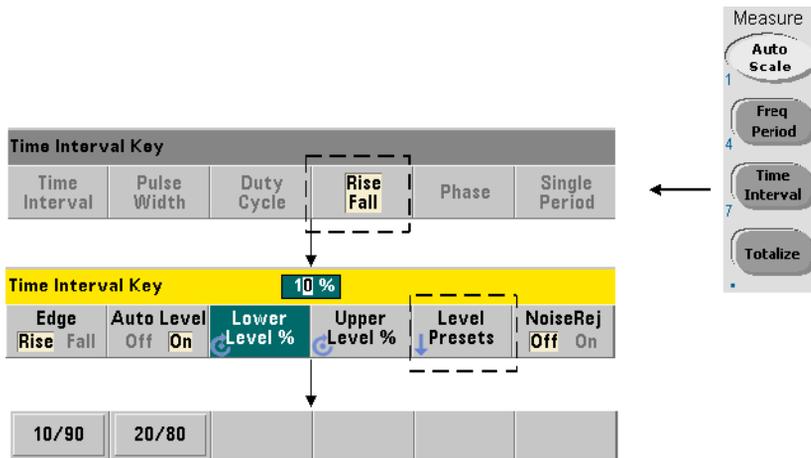


图 3-8 显示了输入信号中的上升和下降时间示例。

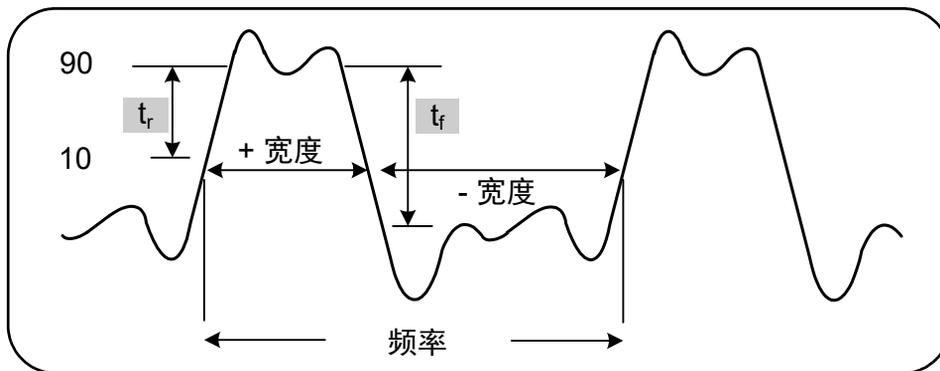


图 3-8 上升时间和下降时间测量。

可用来测量上升和下降时间的命令如下所示：

```
MEASure:RTIME?[{<lower_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[,<upper_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault]] [,<channel>]
CONFigure:RTIME [{<lower_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[,<upper_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault]] [,<channel>]
MEASure:FTIME?[{<lower_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[,<upper_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault]] [,<channel>]
CONFigure:FTIME [{<lower_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[,<upper_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault]] [,<channel>]
```

- `lower_ref` 和 `upper_ref` 以**峰峰值电压的百分比**或**绝对电压**的形式指定输入信号的参考电平。要将上升或下降时间百分比级别指定为 10% 到 90%，请使用**不含** / 或含后缀 PCT 的数值（例如，30 或 30 PCT）。

要在以下范围内指定绝对电压的上升或下降时间级别，请执行以下操作：

5.125V 范围：-5.125V 到 +5.125V

51.25V 范围：-51.25V 到 +51.25V

请使用含 V 或 MV（毫伏）后缀的数值：100 MV 或 .1V（允许使用空格）。

如果 `lower_ref` 或 `upper_ref` 已忽略或者以百分比形式指定，则将启用自动级别。如果已绝对电压形式指定，则将禁用自动级别

- `channel` 是指定为 (**@1**) 或 (**@2**) 的计数器通道 1 或 2。

上升和下降时间测量示例

```

// 是否使用 MEASure? - 使用 20% 和 80% 作为参考测量上升时间
//
*RST      // 重置为从已知状态启动
MEAS:RTIM?20, 80, (@2)
// 使用 CONFigure - 测量 -1.75V 到 +750 mV 波段中的上升时间
//
*RST      // 重置为从已知状态启动
CONF:RTIM -1.75 V, 750 MV, (@1)
    INP:COUP DC // 设置 DC 耦合
    INP:IMP 50  // 将输入阻抗设置为 50 ohm
READ?
-----

// 是否使用 MEASure? - 使用 15% 和 65% 作为参考测量下降时间
//
*RST      // 重置为从已知状态启动
MEAS:FTIM?15PCT, 65PCT, (@2)
-----

// 使用 CONFigure - 测量 +1.25V 到 -1.4V 波段中的下降时间
//
*RST      // 重置为从已知状态启动
CONF:FTIM -1.4V, 1.25V, (@1)
    INP:COUP DC // 设置 DC 耦合
    INP:IMP 50  // 将输入阻抗设置为 50 ohm
READ?

```

备注

- 1 下限和上限参考可以在 **CONFigure** 或 **MEASure?** 命令中指定为百分比或绝对级别。对于上升时间或下降时间测量，将先指定下限参考。
- 2 绝对参考是信号幅度的相对数，必须考虑计数器的输入耦合和阻抗设置。
- 3 有关配置输入信号路径（包括耦合和阻抗）的信息，请参见第 4 章。

脉冲宽度

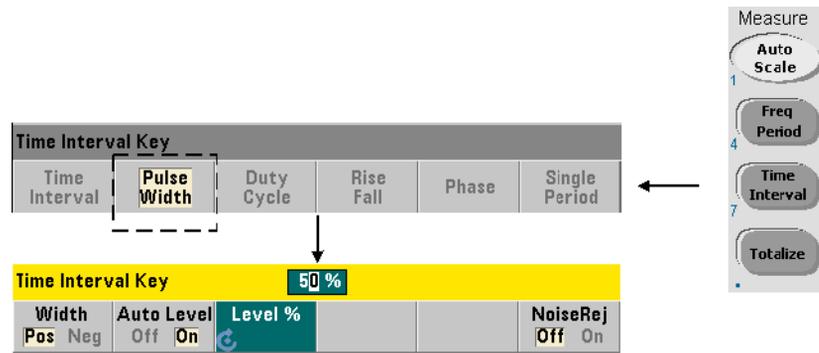


图 3-9 显示了正负脉冲宽度示例。

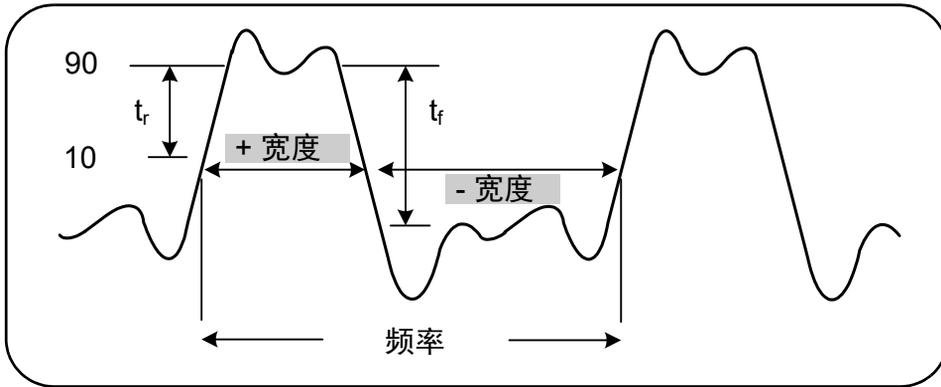


图 3-9 正负脉冲宽度测量。

用来测量正负脉冲宽度的命令如下所示：

```
MEASure:PWIDth?[{<reference>|MINimum|MAXimum|DEFault}]
[,<channel>]
```

```
CONFigure:PWIDth [{<reference>|MINimum|MAXimum|DEFault}]
[,<channel>]
```

```
MEASure:NWIDth?[{<reference>|MINimum|MAXimum|DEFault}]
[,<channel>]
```

```
CONFigure:NWIDth [{<reference>|MINimum|MAXimum|DEFault}]
[,<channel>]
```

- **reference** 指定宽度测量开始时的阈值级别。对于正宽度测量，信号沿正（上升）方向并再沿负（下降）方向通过阈值时的级别将定义正宽度。同样，信号沿负（下降）方向并再沿正（上升）方向通过阈值时的级别将定义负宽度。

要将**峰峰值输入电压**的阈值级别指定为 10% 到 90%，请使用**不含或含后缀 PCT** 的数值（例如，30 或 30 PCT）。

要在以下范围内指定**绝对电压**的阈值级别，请执行以下操作：

5.125V 范围：-5.125V 到 +5.125V

51.25V 范围：-51.25V 到 +51.25V

请使用含 V 或 MV（毫伏）后缀的数值：100 MV 或 .1V（允许使用空格）。

如果 **reference** 已忽略或者以百分比形式指定，则将启用自动级别。如果已绝对电压形式指定，则将禁用自动级别

- **channel** 是指定为 (@1) 或 (@2) 的计数器通道 1 或 2。

正负脉冲宽度测量示例

```
// 是否使用 MEASure? - 以 50% (0V) 作为参考测量正宽度
```

```
//
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
MEAS:PWID?50, (@1)
```

```
// 使用 CONFigure - 以 1.0V 作为参考测量正宽度
```

```
//
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
CONF:PWID 1.0V, (@1)
```

```
INP:COUP DC // 设置 DC 耦合
```

```
INP:IMP 50 // 将输入阻抗设置为 50 ohm
```

```
READ?
```

```
-----  
// 使用 CONFigure - 以 -500 mV 作为参考测量负宽度
```

```
//
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
CONF:NWID -500 MV, (@1)
```

```
INP:COUP DC // 设置 DC 耦合
```

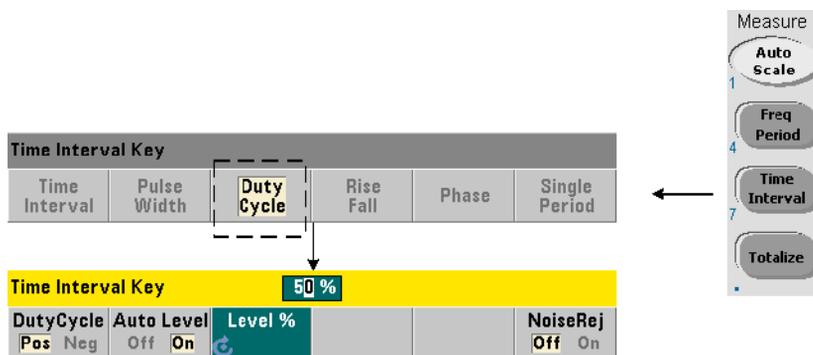
```
INP:IMP 50 // 将输入阻抗设置为 50 ohm
```

```
READ?
```

备注

- 1 参考（阈值）可以指定为峰 - 峰幅度的百分比，也可以使用 **CONFigure** 或 **MEASure?** 命令指定为绝对级别。
- 2 绝对参考是信号幅度的相对数，必须考虑计数器的输入耦合和阻抗设置。
- 3 有关配置输入信号路径（包括耦合和阻抗）的信息，请参见第 4 章。

占空比



正负占空比测量是队信号正负宽度与周期的比值的测量（图 3-10）。

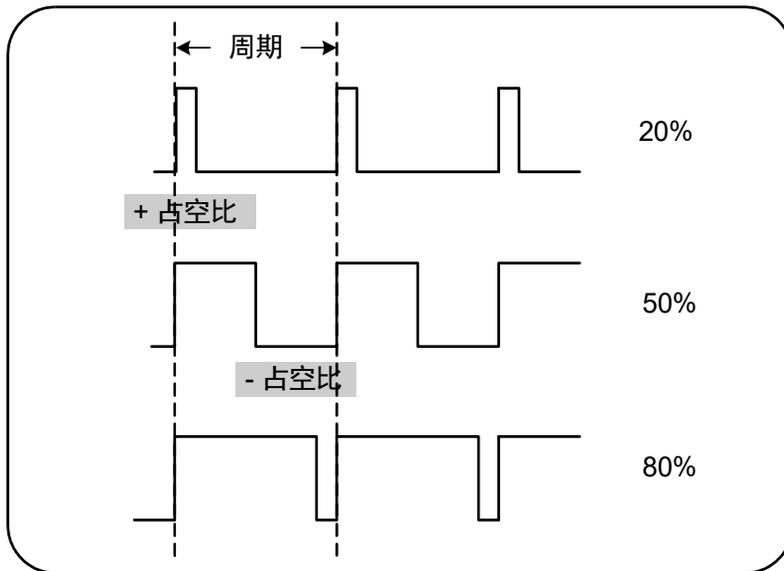


图 3-10 正负占空比测量。

用来测量正负占空比的命令如下所示：

```
MEASure:PDUTyCycle?[{<reference>|MINimum|MAXimum|  
DEFault}] [,<channel>]
```

```
CONFigure:PDUTyCycle [{<reference>|MINimum|MAXimum| DEFault}]  
[,<channel>]
```

```
MEASure:NDUTyCycle?[{<reference>|MINimum|MAXimum|  
DEFault}] [,<channel>]
```

```
CONFigure:NDUTyCycle [{<reference>|MINimum|MAXimum| DEFault}]  
[,<channel>]
```

- **reference** 指定占空比测量开始时的阈值级别。对于正占空比测量，信号沿正（上升）方向并再沿负（下降）方向通过阈值时的级别将定义正占空比。同样，信号沿负（下降）方向并再沿正（上升）方向通过阈值时的级别将定义负占空比。

要将**峰峰值输入电压**的阈值级别指定为 10% **到** 90%，请使用**不含**或**含**后缀 PCT 的数值（如 30 或 30 PCT）。

要在以下范围内指定**绝对电压**的阈值级别，请执行以下操作：

5.125V 范围：-5.125V 到 +5.125V

51.25V 范围：-51.25V 到 +51.25V

请使用含 V 或 MV（毫伏）后缀的数值：100 MV 或 .1V（允许使用空格）。

如果 **reference** 已忽略或者以百分比形式指定，则将启用自动级别。如果已绝对电压形式指定，则将禁用自动级别

- **channel** 是指定为 (**@1**) 或 (**@2**) 的计数器通道 1 或 2。

正负占空比测量示例

```
// 是否使用 MEASure? - 以 50% (0V) 为参考测量正占空比
```

```
//
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
MEAS:PDUT?50, (@1)
```

```
// 使用 CONFigure - 以 -1.0V 为参考测量正占空比
```

```
//
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
CONF:PDUT -1.0V, (@1)
```

```
INP:COUP DC // 设置 DC 耦合
```

```
INP:IMP 50 // 将输入阻抗设置为 50 ohm
```

```
READ?
```

```
-----
```

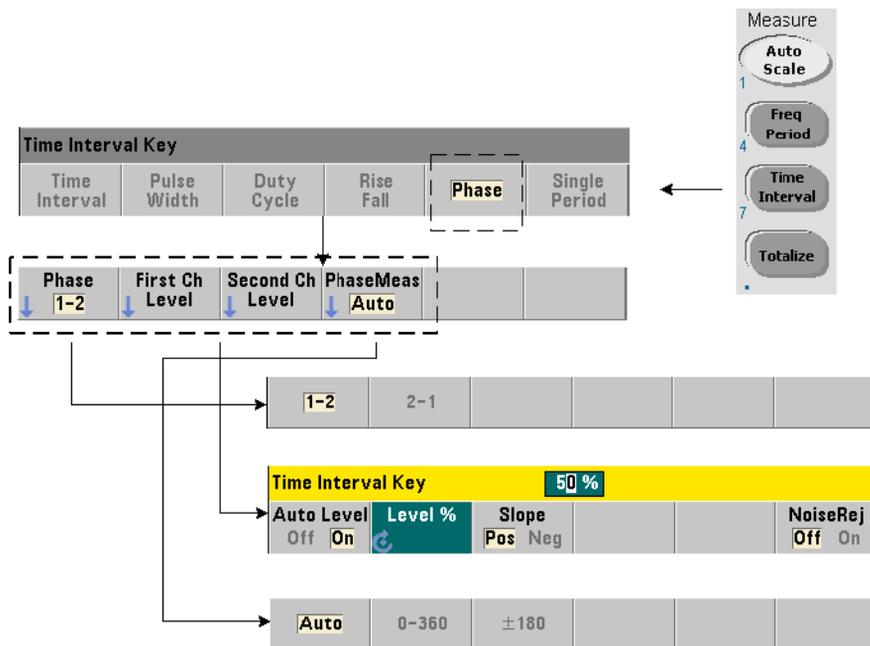
```
// 使用 CONFigure - 以 50% (0V) 为参考
// 测量负占空比

*RST // 重置为从已知状态启动
CONF:NDUT 50 PCT, (@1)
    TRIG:SOUR EXT // 设置外部触发源
INIT
```

备注

- 1 参考（阈值）可以指定为峰 - 峰幅度的百分比，也可以使用 CONFigure 或 MEASure? 命令指定为绝对级别。
- 2 绝对参考是信号幅度的相对数，必须考虑计数器的输入耦合和阻抗设置。
- 3 测量的占空比是比值的十进制表示法。例如，5% 的占空比读数可能会在计数器输出缓冲区中显示为：
+5.105095730909666E-002
 同一读数将在显示屏中显示为：**5.1 Pct**。
- 4 有关配置输入信号路径和触发的信息，请分别参见第 4 章和第 5 章。

相位



相位测量将指出计数器通道 1 和 2 中信号之间的相位差或移位（图 3-11）。

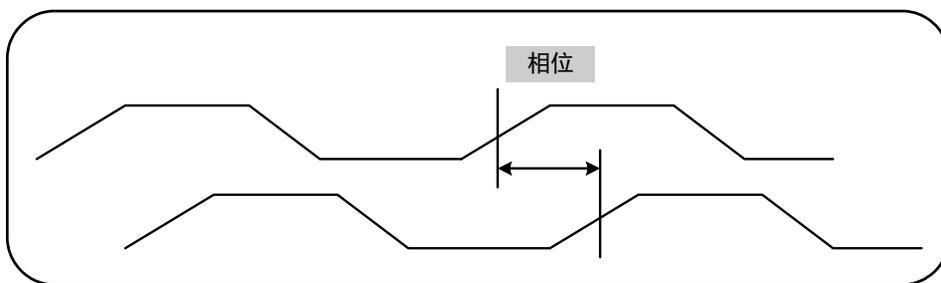


图 3-11 两个通道之间的相位测量。

可用来测量相位的命令如下所示：

```
MEASure:PHASe? [<channel_pair>]
```

```
CONFigure:PHASe [<channel_pair>]
```

```
FORMat:PHASe {AUTO|POSitive|CENTerEd}
```

```
FORMat:PHASe? (查询表)
```

- `channel_pair` 设置为 `(@1), (@2)` 和 `(@2), (@1)`。通道对的第一个通道与第二个通道相关。
- `AUTO` 将自动选择相位差是返回 0° 和 360° 之间的正值，还是返回 $\pm 180^\circ$ 之间的正值或负值。
- `POSitive` 将测量的相位差返回为 0° 和 360° 之间的正值。
- `CENTerEd` 将测量的相位差返回为 $\pm 180^\circ$ 之间的正值或负值。

相位测量示例

```
// 是否使用 MEASure? - 测量
```

```
// 通道 1 和通道 2 之间的相位差
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
FORM:PHAS CENT // 将结果显示为正值或负值
```

```
MEAS:PHAS?(@1), (@2)
```

```
-----
```

```
// 使用 CONFigure - 测量
```

```
// 通道 1 和通道 2 之间的相位差，将结果显示为 0 和
```

```
// 360 度之间的值
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
CONF:PHAS (@1), (@2)
```

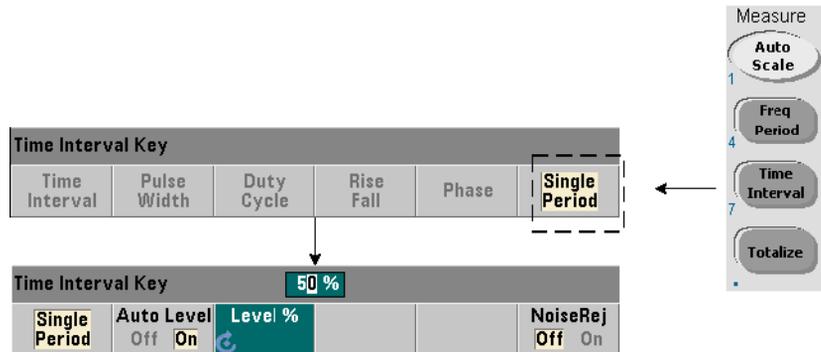
```
FORM:PHAS POS // 将结果显示为正值
```

```
READ?
```

备注

- 1 如果相位格式为 **CENTERed**，则超出相位的信号 270° 的典型相位测量可能为 $-9.10799485574691E+001$ 。如果格式为 **POSitive**，则测量的相位差可能通常为 $+2.68904450044343E+002$ 。
- 2 相位测量表示**通道对**中第一个通道相对于第二个通道的信号相位。例如，如果相位格式为 **CENTERed**，且通道 2 中的信号已延迟相当于 90° 的周期，则对于通道对 (**@1**), (**@2**) 而言，测量将为 90° 。如果在相同的信号情况下，将通道对指定为 (**@2**), (**@1**)，则该测量将为 -90 度。

单个周期



时间间隔测量（单个周期测量）的格式以**单个波形周期**为基础。单个周期测量提供“单冲”或一个周期事件的测量，并支持分析使用标准（平均）期间测量加以平均的信号特性（如抖动）。

可用来测量单个周期的命令如下所示：

```
MEASure:SPERiod? [<channel>]
```

```
CONFigure:SPERiod [<channel>]
```

- channel 是指定为 (**@1**) 或 (**@2**) 的计数器通道 1 或 2。

单个周期测量示例

```
// 是否使用 MEASure? - 在通道 1 中
// 进行单个周期测量
*RST                // 重置为从已知状态启动
MEAS:SPER?(@1)
-----

// 使用 CONFigure - 在通道 1 中
// 进行单个周期测量；在信号达到 1.5V 时开始测量
// 阈值
*RST                // 重置为从已知状态启动
CONF:SPER (@1)
    INP:LEV 1.5     // 设置 1.5V 阈值级别
READ?
```

备注

- 1 对于平均周期测量、而不是单个周期测量，请使用 MEASure:PERiod? 或 CONFigure:PERiod 命令。
- 2 设置绝对阈值级别将禁用计数器的自动级别功能。CONFigure 和 MEASure 在 50% (0V) 时将启用自动级别。
- 3 有关输入信号调节（其中包括阈值级别和灵敏度）的信息，请参见第 4 章。

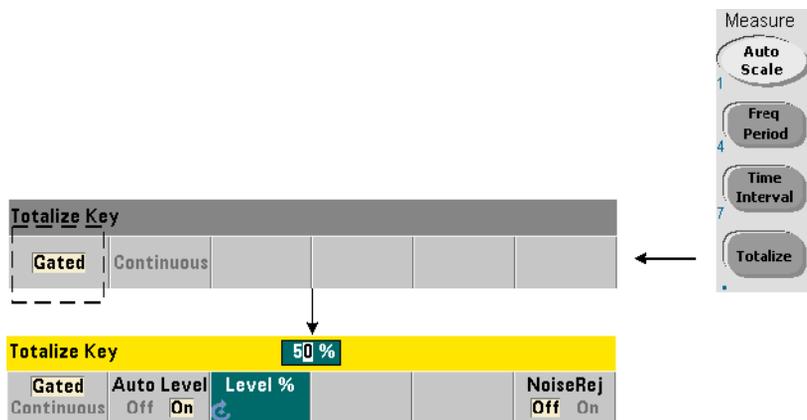
积算测量

本节中介绍的 53220A/53230A 测量包括门控和连续积算测量。

注意

以下示例中列出的 SCPI 命令将为您展示如何测量积算。即使这些命令指定了默认值，但在根据实际使用情况对示例进行修改时，也应考虑如何灵活使用命令。有关其他信息，请参考 [编程人员参考](#)。

门控



门控（定时）积算测量将对指定的周期内出现在通道中的事件（边沿）进行计数。

门控和周期输入事件关系的积算如图 3-12 所示。

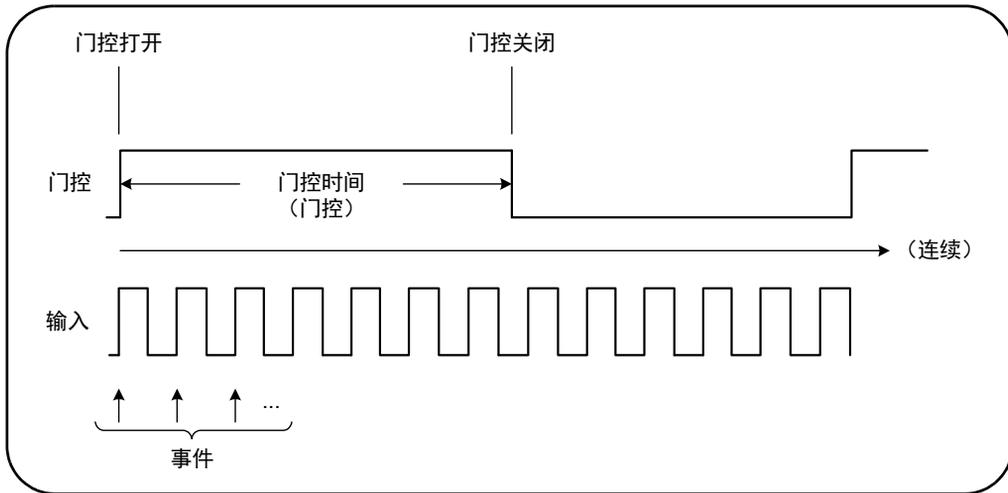


图 3-12 门控和连续积算。

可用于测量门控（定时）积算的命令如下所示：

```
MEASure:TOTalize:TIMed?[{<gate_time>|MINimum|MAXimum| DEFault}]
[,<channel>]
```

```
CONFigure:TOTalize:TIMed [{<gate_time>|MINimum|MAXimum|
DEFault}] [,<channel>]
```

- `gate_time` 指定积算计数器通道中输入事件的时间。`gate_time` 的范围为：
53220A: 100ms 到 1000s（10 ms 分辨率）或者 +9.9E+37 (INFINITY)
53230A: 1m 到 1000s（1 ms 分辨率）或者 +9.9E+37 (INFINITY)
两个仪器的默认 `gate_time` 均为 0.100s。
- `channel` 是指定为 (@1) 或 (@2) 的计数器通道 1 或 2。

门控积算测量示例

```

// 是否使用 MEASure? - 积算通道 1 中 10 纳秒内的输入
*RST                // 重置为从已知状态启动
MEAS:TOT:TIM?10e-6, (@1)
-----
// 使用 CONFigure - 积算通道 1 中 1 秒内的输入;
// 使用与门控信号相同的信号 (应用至通道 2)
*RST // 将计数器重置为从已知状态启动
SYST:TIM 3          // 3 秒测量超时
CONF:TOT:TIM (@1)
  INP1:LEV 0.0      // 将计数阈值设置为 0V
  INP1:SLOP POS    // 计数正向沿
  INP2:LEV 0.0      // 将门控阈值设置为 0V
  SENS:GATE:STAR:SOUR EXT // 使用外部门控信号
  SENS:GATE:EXT:SOUR INP2 // 门控为通道 2 中的外部信号
  SENS:GATE:STAR:SLOP POS // 在上升沿启动门控
  SENS:GATE:STOP:HOLD:SOUR TIME // 延迟门控关闭
  SENS:GATE:STOP:HOLD:TIME 1.0 // 延迟关闭 1 秒
  SENS:TOT:GATE:SOUR ADV // 启用门控设置
INIT?

```

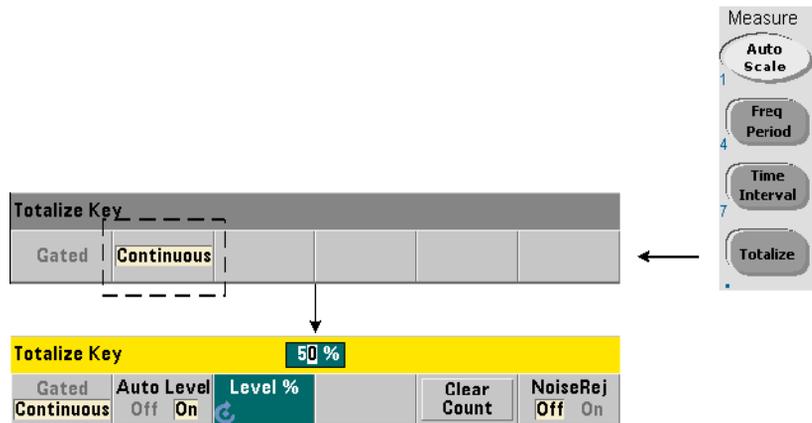
备注

- 1 在以上程序（使用 **CONFigure**）中，已积算事件（边沿）的通道 1 中的输入信号还可以作为门控信号应用至通道 2。

积算正向沿将在打开门控的同一边沿开始。门控停止延迟将设置，以延长门控。对于积算测量，延迟将在门控打开时启动。设置 1 秒的延迟生效之后，将设置 1 秒的门控时间。如果门控停止未延迟，则门控将在 1 事件之后关闭。

- 2 有关触发和门控的其他信息，请参见第 5 章。

连续



连续积算测量会对输入通道上出现的事件（边沿）进行计数。

与门控（定时）积算测量类似，连续测量将在测量门控打开时开始（图 3-12）。连续积算不是在指定的门控时间内积算，而是无限制地继续进行，直到从前面板中终止、清除和重新启动该测量为止。

可用来测量连续积算的命令如下所示：

```
CONFigure:TOTalize:CONTInuous [<channel>]
```

- **channel** 是指定为 (**@1**) 或 (**@2**) 的计数器通道 1 或 2。（对于连续积算测量，没有任何等效的 **MEASure?** 命令。）

命令:

[SENSe:]TOTAlize:DATA?

可在连续积算期间使用，也可与较长的门控时间一起使用，以读取当前计数。

发送以下命令:

ABORt

时将终止该测量。

连续积算测量

// 设置连续积算，在 10 秒之后

// 查询计数，在另一 10 秒之后

// 终止测量

***RST** // 将计数器重置为从已知状态启动

CONF:TOT:CONT (@1)

INP1:LEV 1.0 // 将级别阈值设置为 1V

INP1:SLOP NEG // 积算负向沿

INIT // 开始测量

(等待 10 秒)

SENS:TOT:DATA? // 在 10 秒之后查询计数

(等待 10 秒)

SENS:TOT:DATA? // 在 20 秒之后查询计数

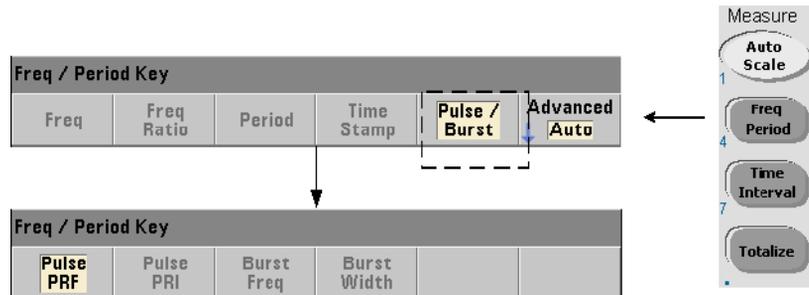
ABOR // 停止测量

FETC? // 检索最终计数

备注

- 1 按前面板中的 **Clear Count** 时，不会清除或终止从 LAN、USB 或 GPIB 接口中开始的连续测量。但是，如果按 **Back/Local 键**，则会在仪器从远程传输至本地模式时清除计数。
- 2 在可以使用 **FETCh?**、**DATA:LAST?**、**DATA:REMOve?** 或 **R?** 命令（第 7 章）从输出缓冲区中检索计数之前，必须终止（停止）连续积算。
- 3 从远程接口中发送 **ABORt** 命令时，或者从前面板中更改计数器功能时，将停止连续积算。

瞬时脉冲测量



在通道 3 **选件 106**（6 GHz 微波输入）中，或者在与脉冲测量**选件 150** 结合使用的**选件 115**（15 GHz 微波输入）中，均支持微波（瞬时）脉冲测量。

本节介绍的脉冲测量包括：瞬时脉冲的载波频率、脉冲重复间隔 (PRI)、脉冲重复频率 (PRF)、正（打开）宽度和负（关闭）宽度。图 3-13 显示了瞬时脉冲信号内的这些测量。

注意

以下示例中列出的 SCPI 命令将为您展示如何进行含微波脉冲的测量。即使这些命令指定了默认值，但在根据实际使用情况对示例进行修改时，也应考虑如何灵活使用命令。有关其他信息，请参考**编程人员参考**。

有关微波测量的详细信息，请参阅应用注释 200-1 “微波频率计数器的基本知识”。

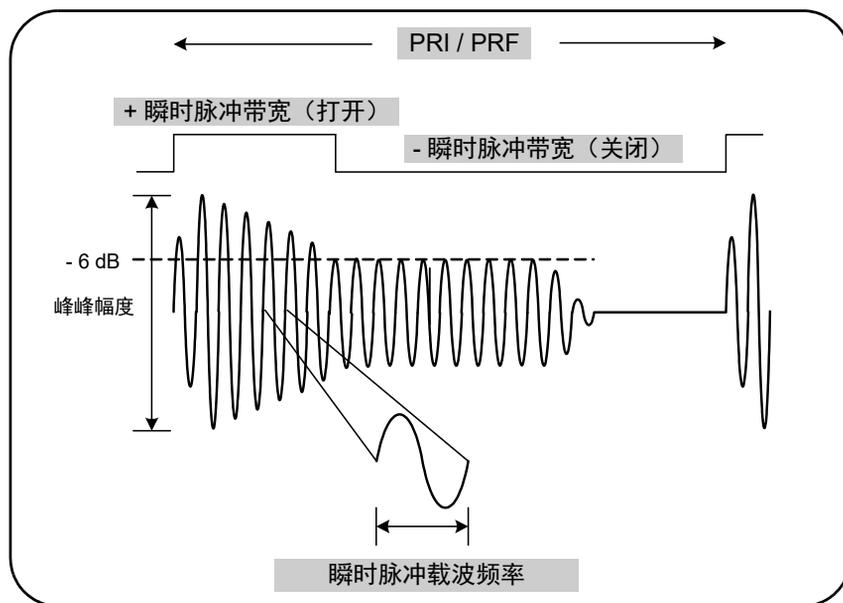
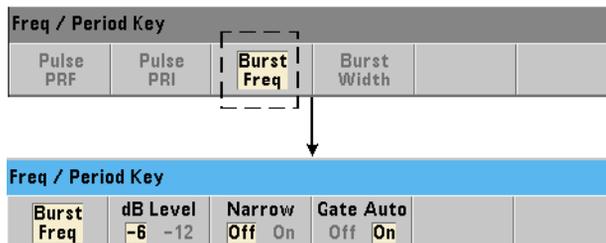


图 3-13 53230A 微波脉冲测量。

载波频率



可用来测量瞬时脉冲载波频率的命令如下所示：

```
MEASure:FREQuency:BURSt? [<channel>]
```

```
CONFigure:FREQuency:BURSt [<channel>]
```

– channel 是指定为 (@3) 的可选通道 3。

载波频率测量示例

```
// 使用 MEASure? 及其默认设置
```

```
// 测量载波频率
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
MEAS:FREQ:BURSt(@3)
```

```
-----
```

```
// 使用 CONFigure 测量载波频率，设置
```

```
// 自动门控配置
```

```
*RST // 重置为从已知状态启动
```

```
CONF:FREQ:BURSt (@3)
```

```
INP3:BURSt:LEV -6 // 将检测器阈值设置为 -6 dB
```

```
SENS:FREQ:BURSt:GATE:NARR OFF // 窄脉冲模式已关闭
```

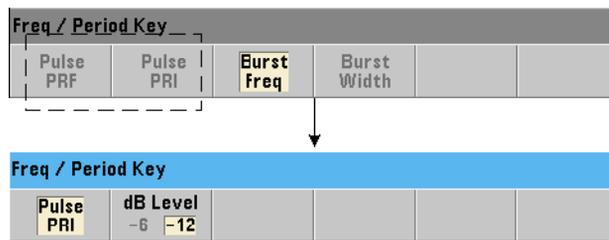
```
SENS:FREQ:BURSt:GATE:AUTO ON // 自动门控设置
```

```
READ?
```

备注

- 1 有关设置脉冲测量阈值的信息，请参见第 4 章中的“瞬时脉冲测量检测器阈值”。
- 2 有关窄脉冲模式和载波测量的自动与手动门控的信息，请参见第 5 章中的“瞬时脉冲载波频率测量”。

脉冲 PRI 和 PRF



可用于测量瞬时脉冲信号的脉冲重复时间间隔 (PRI) 和脉冲重复频率 (PRF) (图 3-13) 的命令如下所示:

```
MEASure:FREQuency:PRI?[{<expected> | MINimum | MAXimum |
DEFault} [, {<resolution> | MINimum | MAXimum | DEFault}]]
[, <channel>]
```

```
CONFigure:FREQuency:PRI [{<expected> | MINimum | MAXimum |
DEFault} [, {<resolution> | MINimum | MAXimum | DEFault}]]
[, <channel>]
```

- **expected** 是预期的时间间隔。**resolution** 是所需的测量分辨率 (以秒为计量单位)。该参数的范围为:
 - expected:** 100 ns 到 1.0s (默认值 = 0.001s)
 - resolution:** $1.0E-15 * \text{expected}$ 到 $1.0E-5 * \text{expected}$
(默认分辨率对应于 0.1 秒的门控时间)

- channel 是指定为 (@3) 的计数器通道 3。

```
MEASure:FREQuency:PRF?[{<expected> | MINimum | MAXimum |
DEFault} [, {<resolution> | MINimum | MAXimum | DEFault}]]
[, <channel>]
```

```
CONFIgure:FREQuency:PRF [{<expected> | MINimum | MAXimum |
DEFault} [, {<resolution> | MINimum | MAXimum | DEFault}]]
[, <channel>]
```
- expected 是预期的重复频率。resolution 是所需的测量分辨率（以赫兹为计量单位）。该参数的范围为：

```
expected: 1 Hz - 10 MHz (默认值 = 1 kHz)
```

```
resolution: 1.0E-15 * expected 到 1.0E-5 * expected
```

（默认分辨率对应于 0.1 秒的门控时间）
- channel 是指定为 (@3) 的计数器通道 3。

PRI 和 PRF 示例

```
// 测量预期 1 ms 的脉冲重复时间间隔
// 使用 6 位 (μs) 分辨率
*RST // 重置为从已知状态启动
MEAS:FREQ:PRI?1E-3, .001, (@3)
-----
// 使用 CONFIgure 测量脉冲重复时间间隔,
// 将检测器阈值设置为 -6 dB
*RST // 重置为从已知状态启动
CONF:FREQ:PRI 1E-3, .001, (@3)
    INP3:BURS:LEV -6 // 将检测器阈值设置为 -6 dB
READ?
// 测量预期的 1 kHz 脉冲重复频率
// 使用 6 位 (mHz) 分辨率
*RST // 重置为从已知状态启动
MEAS:FREQ:PRF?1E3, .001, (@3)
```

```

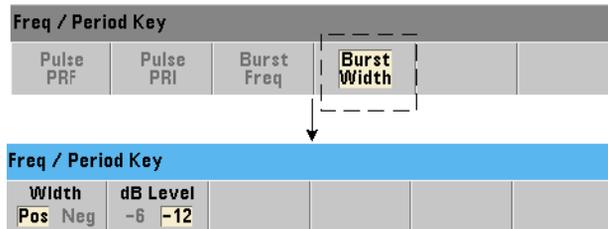
-----
// 使用 CONFigure 测量脉冲重复频率，
// 将检测器阈值设置为 -6 dB
*RST // 重置为从已知状态启动
CONF:FREQ:PRI 1E3, .001, (@3)
    INP3:BURS:LEV -6 // 将检测器阈值设置为 -6 dB
READ?

```

备注

- 1 有关基于预期值和分辨率参数设置的分辨率位数的信息，请参见第 5 章中的“测量门控”。
- 2 有关设置脉冲测量阈值的信息，请参见第 4 章中的“瞬时脉冲测量检测器阈值”。

正负宽度



可用于测量瞬时脉冲的正（打开）宽度和负（关闭）宽度（图 3-13）的命令如下所示：

```

MEASure:PWIDth:BURSt? [<channel>]
CONFigure:PWIDth:BURSt [<channel>]
MEASure:NWIDth:BURSt? [<channel>]
CONFigure:NWIDth:BURSt [<channel>]

```

- channel 是指定为 (@3) 的计数器通道 3。

正宽度和负宽度示例

```
// 测量瞬时脉冲信号的正（打开）宽度
*RST // 重置为从已知状态启动
MEAS:PWID:BURSP?(@3)
// 使用 CONFigure 测量正（打开）宽度，将检测器阈值设置为
// -12 dB
*RST // 重置为从已知状态启动
CONF:PWID:BURS (@3)
    INP3:BURS:LEV -12 // 将检测器阈值设置为 -12 dB
READ?
-----
// 测量瞬时脉冲信号的负（关闭）宽度
*RST // 重置为从已知状态 MEAS:NWID:BURSP? 中启动
(@3)
// 使用 CONFigure 测量负（关闭）宽度，将检测器阈值设置为
// -12 dB
*RST // 重置为从已知状态启动
CONF:NWID:BURS (@3)
    INP3:BURS:LEV -12 // 将检测器阈值设置为 -12 dB
READ?
```

备注

- 1 有关阈值设置及其与正负宽度测量的关系的信息，请参见第 4 章中的“瞬时脉冲测量检测器阈值”。

4 53220A/53230A 输入信号 调节

通道特性	138
信号调节路径	139
测量输入信号电平和信号强度	158

本章介绍有关配置与预期输入信号特性相对的输入通道的信息。配置包括通道的阻抗、范围 / 探头因子、耦合、过滤和阈值级别 / 灵敏度设置。

通道特性

53220A/53230A 计数器中有两个输入通道，还有另一可选的输入通道。产品**选件 201** 向通道 1 和 2 添加了并行（另一）后面板访问。而产品**选件 106** 和 **115** 则添加了另一 6 GHz 或 15 GHz 的通道。**选件 202** 将第三个通道（选件 106/115）放在前面板中，而**选件 203** 则将第三个通道选件放在后面板中。

注意

如果后面板（**选件 201**）中存在并行通道 1 和通道 2 输入，则所有输入技术参数仅适用于后端子，并且对应于 50Ω 的输入阻抗。在此实例中，未指定前面板输入的性能。此外，校准仪器时，需使用后面板输入端子。

从 I/O 接口中对计数器进行编程时，配置将由 SCPI **INPut** 子系统内的命令提供。在 SCPI 命令内，语法中的 **INPut**[{1|2}] 是指通道 1 和 2。因此，这些命令不适用于第三个通道（选件 106 或选件 115）。

除了频率比和所选的时间间隔测量之外，计数器的其余通道均是独立的，并且可以单独配置。但是，通道中的测量不会同时发生。通道之间的切换将保留通道配置，但会结束当前测量。新选定的通道将重新启动，并在满足编程触发条件时开始测量。

信号调节路径

图 4-1 显示了计数器的信号调节路径。

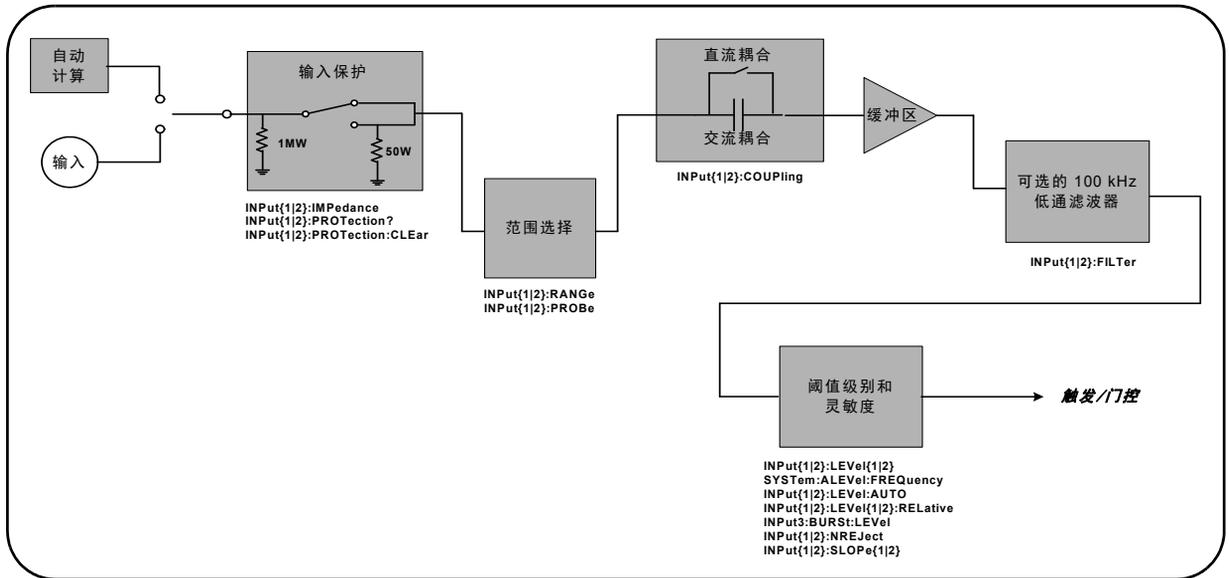


图 4-1 53220A/53230A 输入信号调节。

表 4-1 概述了信号调节的加电 / 重置值参数。

表 4-1 输入通道的重置 / 预设设置摘要。

参数	设置
阻抗	1 M Ω
范围 (1:1 探头)	5V
范围 (10:1) 探头	50V
探头因子	1:1
耦合	AC
低通滤波器	关闭
自动级别	启用
级别 (绝对)	0.0V
级别 (相对)	50%
脉冲包络 (通道 3)	-6 dB
噪声抑制	禁用
斜率	正

输入阻抗



53220A/53230A 计数器的输入阻抗均可使用以下命令设置为 Ω 或 1 M Ω ：

```
INPut[{1|2}]:IMPedance {<impedance>|MINimum|MAXimum| DEFault}
```

```
INPut[{1|2}]:IMPedance?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

(查询表)

50 Ω 和 1 M Ω 的阻抗分别支持阻抗匹配 (终端) 和桥接应用。

使用探头 在使用 1:1 或 10:1 探头时，应将计数器的输入阻抗设置为与探头的兼容性 (例如，50 Ω 、1 M Ω 、high Z) 相匹配。有关详细信息，请参见“设置探头因子”。

重置 (*RST) 或预设前面板 (Preset) 之后，该阻抗将设置为 1 M Ω 。CONFigure 和 MEASure 不会更改输入阻抗设置。

阻抗示例

```
// 预期 10 MHz 信号的周期测量，  
// 最大分辨率，使用通道 1  
CONF:FREQ 0.1E6,MAX,(@1)  
INP:IMP 1.0E6 // 将阻抗设置为 1 Mohm
```

输入保护

对于 50 Ω 这一最大输入电压（其中包括任何 DC 偏移），输入阻抗为 ± 5.125 Vp。如果输入电压超过 ± 10.0 Vp，则输入保护继电器将**打开**，并将输入阻抗更改为 1 M Ω 。（但是，显示屏和 **Impedance** 软键仍指出电压设置为 50 Ω 。）

继电器打开后，除非**输入电压切断或降低至低于损坏阈值**，并且已**按该键**，否则对应的通道键将一直闪烁。这会阻抗设置回 50 Ω 。

要以编程方式确定保护继电器是否已**打开**，请使用以下命令：

```
INPut[{1|2}]:PROTection?
```

查询继电器状态（0 = 继电器已关闭，1 = 继电器已**打开**）。如果**输入电压切断或降低至低于损坏阈值**，则可使用以下命令将保护继电器重置（关闭）：

```
INPut[{1|2}]:PROTection:CLEar
```

将输入阻抗设置回 50 Ω 。

电压过载位 输入保护继电器的开口对应于在计数器的可疑条件和可疑事件寄存器中设置的“电压过载”位（位 0）。条件寄存器中的位通过

INPut:PROTection:CLEar 命令来清除，或者通过将输入阻抗更改为 1 M Ω 来清除。事件寄存器中的位通过读取寄存器来清除。有关详细信息，请参见第 8 章“状态条件”。

输入范围



53220A/53230A 计数器的信号操作范围（输入范围）为 $\pm 5.0V$ 、 $\pm 50V$ 和 $\pm 500V$ ，具体取决于探头因子。该范围使用以下命令来设置：

```
INPut[{1|2}]:RANge {<range>|MINimum|MAXimum|DEFault}
INPut[{1|2}]:RANge?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]      (查询表)
```

如果选择 1:1 探头因子（请参见“设置探头因子”），则可用范围为 5.0V 和 50.0V。如果选择 10:1 探头因子，则可用范围为 50.0V 和 500.0V。

CONFigure 和 MEASure 不会更改输入范围设置。重置 (*RST) 或预设前面板 (Preset) 之后，该范围将设置为 5.0V。

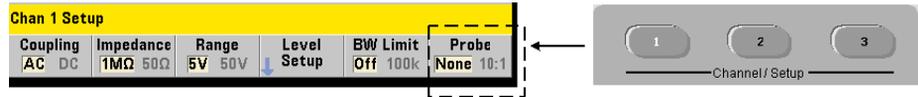
使用 Auto Scale

对于大于 100 Hz 的输入信号，**Auto Scale** 将检测输入通道中的信号，并将范围设置为 5V 或 50V，具体取决于幅度。**Auto Scale** 与设置为 5V 的默认范围的仪器预设不同。

范围示例

```
// 预期 10 MHz 信号的周期测量，
// 最大分辨率，使用通道 1
CONF:PER 0.1E-6,MAX,(@1)
INP:IMP 1E6 // 将阻抗设置为 1 Mohm
INP:RANG 50 // 设置 50V 范围
```

设置探头因子



为了更好地访问待测设备 (DUT) 中的测试点，安捷伦建议将其 **N2870A**、**N2873A** 和 **N2874A** 无源探头与 53220A/ 53230A 计数器配合使用。35 MHz (BW) N2870A 1:1 探头和 500 MHz N2873A 和 1.5 GHz N2874A 10:1 探头是与安捷伦示波器配合使用的常见附件。

探头与计数器配合使用时，如果指定探头因子，则将相对于 DUT 中的实际级别、而不是通道输入中的级别来参考和显示**阈值级别**和 **p-p 级别**。探头因子可使用以下命令设置：

```
INPut[{1|2}]:PROBe {<factor>|MINimum|MAXimum|DEFault}
```

```
INPut[{1|2}]:PROBe?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

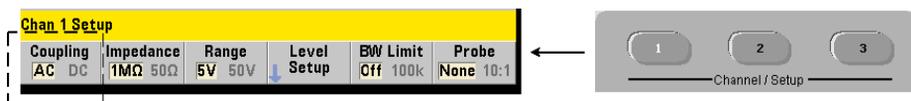
(查询表)

对于 1:1 探头 (N2870A) 和 10:1 探头 (N2873A 或 N2874A)，探头因子设置分别为 **1** 和 **10**。如果设置为 1，则计数器范围为 5V 和 50V。如果设置为 10，则计数器范围为 50V 和 500V。

探头输入的兼容性 N2870A 和 N2873A 探头输入的兼容性分别为 1 MΩ。N2874A 的兼容性为 50Ω。它们均与计数器的 20 pF 输入电容兼容。使用探头时，应相应地设置计数器输入阻抗 (1MΩ 和 50Ω)。

CONFigure 和 **MEASure** 不会更改探头因子设置。重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet 或 **Preset** 键) 之后，探头因子将设置为 1。

输入耦合



53220A/53230A 计数器的输入可以是 DC（直接）耦合或 AC（电容）耦合，它可使用以下命令来设置：

INPut[{1|2}]:**COUPling** {AC|DC}

INPut[{1|2}]:**COUPling**?

（查询表）

AC 耦合删除信号的直流分量并使信号集中位于 0V 处。使用 AC 耦合时可测量的频率范围（通道 1 和 2）是：

- AC = 10 Hz - 350 MHz
- DC = 1 mHz - 350 MHz

DC 耦合在仪器的整个带宽范围内扩展频率范围 (1 mHz - 350 MHz)。CONFigure 和 MEASure 不会更改耦合设置。重置 (*RST) 或预设前面板 (Preset) 之后，该耦合将设置为 AC。

在选择 AC 或 DC 耦合时，还必须考虑输入信号的振幅。DC 耦合适用于大多数测量，特别是需要特定触发级别的测量。不是通过更改计数器范围来减小信号幅度，而是使用 AC 耦合使信号与触发电平定义的滞后窗口相联系。图 4-2 中展示了这一点（另请参见“阈值级别和灵敏度”）。

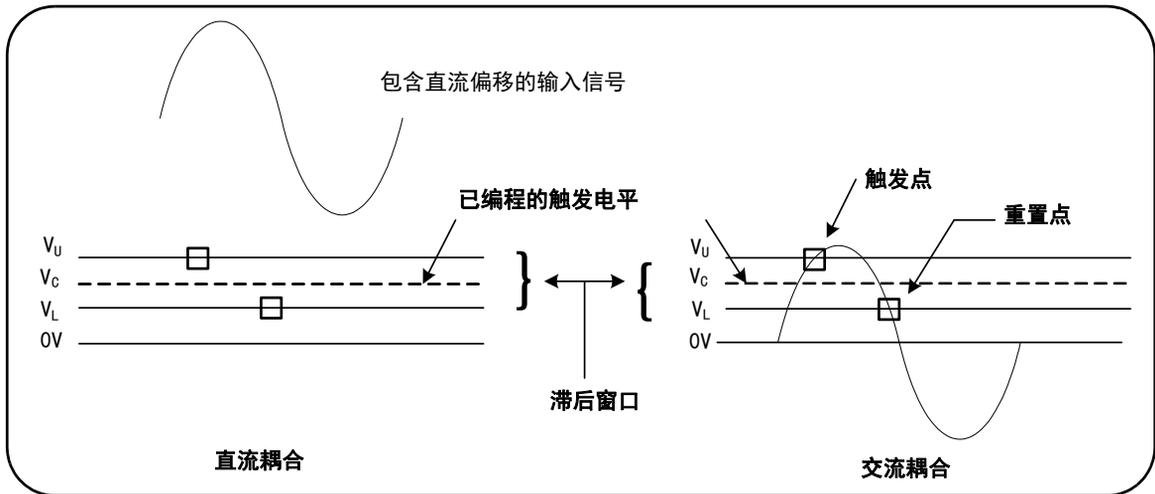


图 4-2 使用 AC 耦合达到触发点。

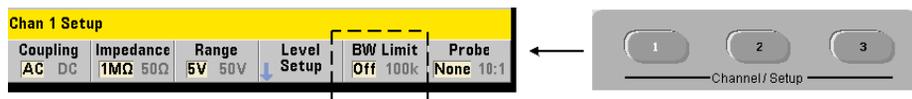
DC 和 AC 耦合之间的稳定时间

从 DC 更改为 AC 耦合时，存在固有稳定时间。作为此时的测量，分量为 5V DC 的信号（DC 耦合）在一秒内通常将集中于 0V（AC 耦合）处。

耦合示例

```
// 预期 10 MHz 信号的周期测量，
// 最大分辨率，使用通道 1
CONF:PER 0.1E-6,MAX,@1
INP:COUP AC // 设置 AC 耦合
```

带宽限制（低通）滤波器



对于 100 kHz 或频率更低的测量应用，可在信号路径内启用 100 kHz 低通滤波器，以消除由输入信号的高频率分量引入的噪声。

带宽滤波器将使用以下命令切换为信号路径：

```
INPut[{1|2}]:FILTer[:LPASs][:STATe] {OFF|ON}
```

```
INPut[{1|2}]:FILTer[:LPASs][:STATe]? (查询表)
```

On - 启用滤波器。OFF - 禁用滤波器。

图 4-3 显示了启用滤波器之后对仪器的可测量频率范围的影响。

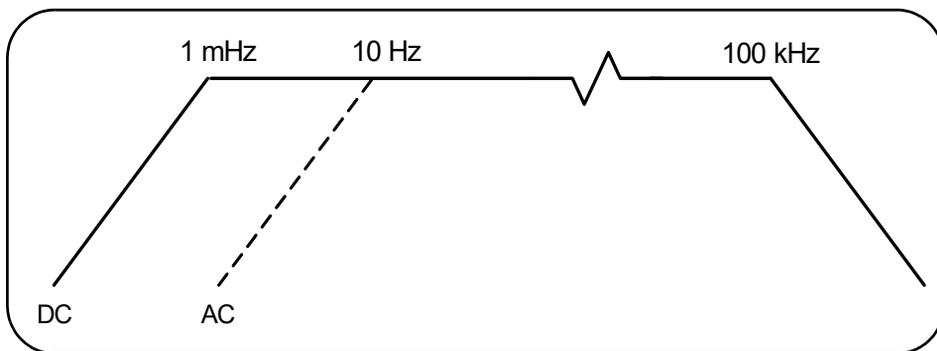


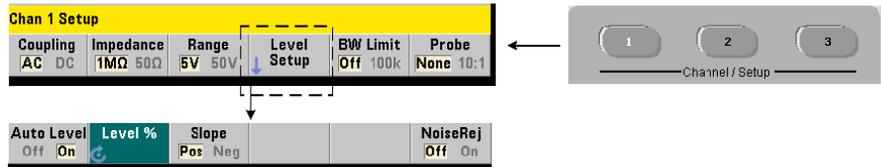
图 4-3 启用带宽滤波器之后的可测量频率范围。

从上图中，我们可以看出：

- DC 耦合 = 1 mHz - 100 kHz
- AC 耦合 = 10 Hz - 100 kHz

CONFigure 和 MEASure 不会更改滤波器设置。重置 (*RST) 或预设前面板 (Preset) 之后，低通滤波器将禁用（关闭）。

阈值级别和灵敏度



阈值级别是计数器开始信号计数（即测量）的触发（输入）级别。此级别位于表示计数器灵敏度的滞后范围的中心。若要开始计数，信号必须以相反方向（极性）跨越该范围的上限和下限。图 4-4 显示了输入信号的这些特性和条件。输入信号的动态范围将显示在前面板上。

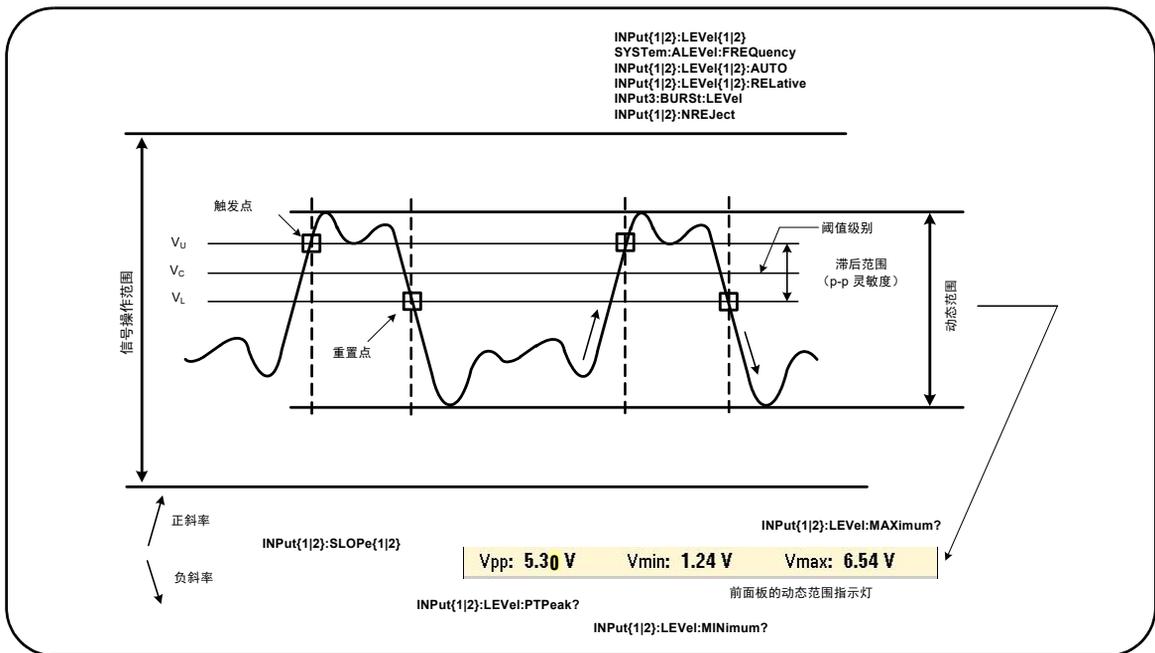


图 4-4 输入信号的阈值级别和灵敏度。

指定绝对阈值级别



输入阈值级别可指定为**绝对值**。绝对级别可使用以下命令来设置：

```
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}][:ABSolute] {<volts>|MINimum|MAXimum|DEFault}
```

```
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}][:ABSolute]? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (查询表)
```

输入范围的 **Absolute** 阈值级别如下所示：

- 5V 范围：± 5.125V（2.5 mV 分辨率）
- 50V 范围：± 51.25V（25 mV 分辨率）
- 500V 范围（w/10:1 探头）：± 512.5V（250 mV 分辨率）

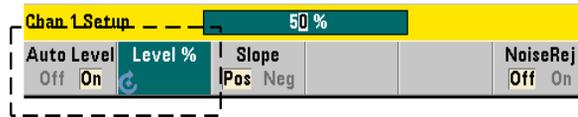
除了上升 / 下降时间和单通道时间间隔以外，LEVel/LEVel1 将为所有其他测量设置绝对阈值。对于上升 / 下降时间测量，LEVel/LEVel1 将设置**下限**参考，LEVel2 将设置**上限**参考。对于单通道时间间隔，LEVel/LEVel1 将设置**开始**事件的绝对阈值，LEVel2 将设置**停止**事件的阈值。

设置绝对级别将**禁用**计数器的自动级别功能。CONFigure 和 MEASure 将启用自动级别，并将阈值设置为 50%。重置 (*RST) 或预设前面板 (Preset) 之后，也可启用自动级别，并将阈值设置为 50%。

注意

如果已启用自动级别，则查询当前测量通道中的绝对级别时，将返回对应的阈值电压。如果该通道不是测量通道，则将返回 9.91E+37（不是数字）。只有对于上升 / 下降时间和单通道时间间隔测量，才可以查询 Level2。在其他测量功能期间，查询 Level2 时将返回 9.91E+37（不是数字）。

使用自动级别



输入阈值级别的自动设置以输入信号的正负峰值为基础。自动级别可使用以下命令启用：

```
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}]:AUTO {OFF|ON|ONCE}
```

```
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}]:AUTO?
```

(查询表)

OFF 将禁用自动级别； **ON** 将启用自动级别。自动级别 **ONCE** 将立即设置自动级别，然后禁用自动级别。

如果已启用自动级别，则阈值级别将指定为峰 - 峰输入电压的百分比 (%)（请参见“设置相对阈值级别”）。

CONFigure 和 **MEASure** 命令将启用自动级别，并将阈值级别设置为 50%。重置 (***RST**) 或前面板预设 (**Preset**) 功能还可以在阈值级别为 50% 时启用自动级别。

设置相对阈值级别

相对阈值级别是峰 - 峰值输入信号幅度的百分比。相对阈值可使用以下命令来设置：

```
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}]:RELative {<percent>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
```

```
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}]:RELative?[{MINimum|MAXimum| DEFAULT}]
```

(查询表)

当分辨率为 5% 时，阈值为 10% 至 90%。**要指定相对阈值级别，则必须启用自动级别。**

除了上升 / 下降时间和单通道时间间隔以外， **LEVel/LEVel1** 将为所有测量设置相对阈值。对于上升 / 下降时间测量， **LEVel/LEVel1** 将设置**下限**参考， **LEVel2** 将设置**上限**参考。对于单通道时间间隔， **LEVel/LEVel1** 将设置**开始**事件的相对阈值， **LEVel2** 将设置**停止**事件的阈值。

CONFigure 和 **MEASure** 将阈值设置为 50%，并**启用自动级别**。重置 (***RST**) 或预设前面板 (**Preset**) 之后，也可将阈值设置为 50%，并启用自动级别。

相对阈值示例

// 设置相对触发阈值

```
CONF:FREQ 1E6, 0.1, (@1) // 测量 1 MHz 信号
    INP:IMP 50           // 将阻抗设置为 50 ohm
    INP:RANG 5           // 将范围设置为 5V
    INP:COUP AC         // 设置 AC 耦合
    INP:LEV:REL 30      // 30% 的阈值级别
```

测量低频信号

对于所有计数器功能，频率为 50 Hz 时**不得**使用 < 自动级别。阈值级别应使用绝对值来设置（请参见“指定绝对阈值级别”）。

由于 MEASure 命令将配置计数器（其中包括启用自动级别），并执行立即测量，因此该命令不得与小于 50 Hz 的频率一起使用。

对于小于 50 Hz 这一范围的频率，请使用 CONFigure 命令，并通过指定绝对阈值级别关闭自动级别。例如：

// 测量 10 Hz 信号

```
CONF:FREQ 10, (@1) // 测量 10 Hz 信号
    INP:IMP 50       // 将阻抗设置为 50 ohm
    INP:RANG 5       // 将范围设置为 5V
    INP:COUP AC     // 设置 AC 耦合
    INP:LEV 1        // 1V 阈值，关闭自动级别
INIT                // 获取读数
```

输入耦合和阈值级别

图 4-5 显示如何将相对阈值应用至输入信号的刻度。如果信号包括 DC 偏移，则相对阈值的绝对值是输入耦合（AC 或 DC）的函数。

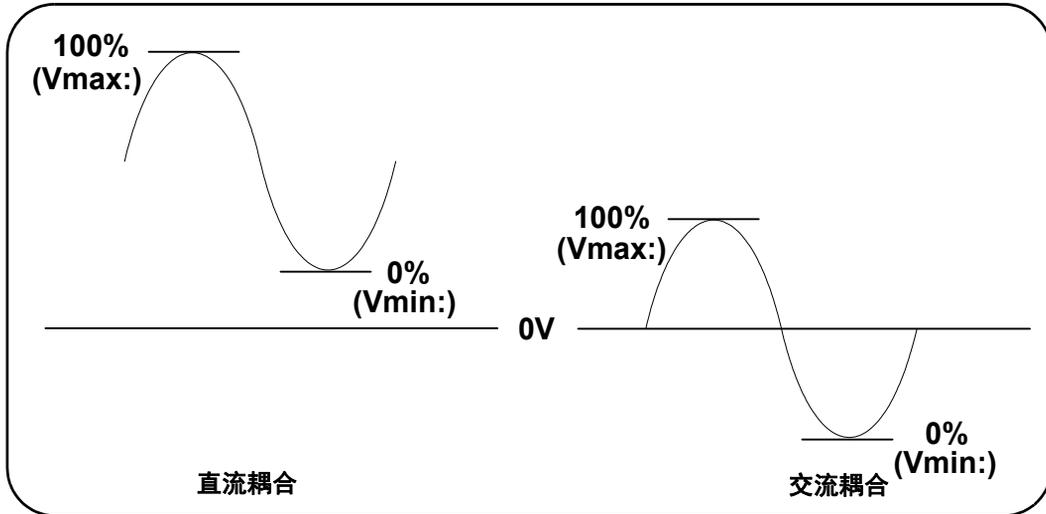


图 4-5 输入耦合和相对阈值级别。

例如，对于 2 VDC 偏移和 DC 耦合的 3 Vpp 输入信号来说，其 Vmax 值为：3.5V，且 Vmin 值为 0.5V（Vmax、Vmin 和 Vpp 可在前面板中看到）。如果为 AC 耦合，则 Vmax 和 Vmin 分别为 ±1.5V。

如果已为上述 DC 耦合信号指定 30% 作为相对阈值，则相应的（绝对）值为 1.4V。AC 耦合信号的同一相对阈值的绝对值为 -0.6V。

任何相对阈值级别的绝对值均可使用以下命令来查询：

```
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}][:ABSolute]?
```

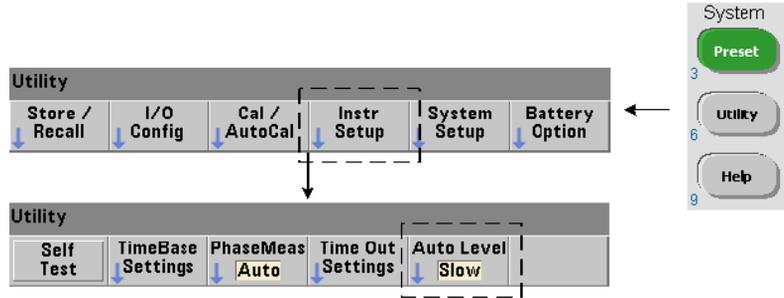
或者，也可以计算为：

$$V_{min} + (\% \text{ threshold} \times V_{pp})$$

```
level w/DC coupling: .5 + (0.30 x 3) = 1.4V
```

```
level w/AC coupling: -1.5 + (0.30 x 3) = -0.6V
```

系统自动级别范围



自动级别适用于以下两种输入频率范围：50 Hz 到 < 10 kHz， ≥ 10 kHz。如果从前面板中设置或者通过命令指定 \geq （自动级别）频率范围，则频率为 10 kHz 的自动级别周期将会缩短：

```

SYSTEM:ALEVel:FREQUENCY {<frequency>|MINimum|MAXimum| DEFault}
SYSTEM:ALEVel:FREQUENCY?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]
    
```

（查询表）

frequency 参数值为：

接口	频率 ≥ 10 kHz	频率 50 Hz 到 < 10 kHz
前面板	快	慢
SCPI	10.0E3 最大值	50.0 最小值

frequency 设置为 10 kHz 时，将缩短所有 ≥ 10 kHz 的频率的自动级别周期。
frequency 设置为 50 Hz 时，系统将为下降至 50 Hz 的频率提供自动级别。所选的 frequency 应根据测量中的**最低**预期频率而定。

自动级别频率是应用于所有计数器通道的**系统**设置，应在进行双通道测量时加以记录。

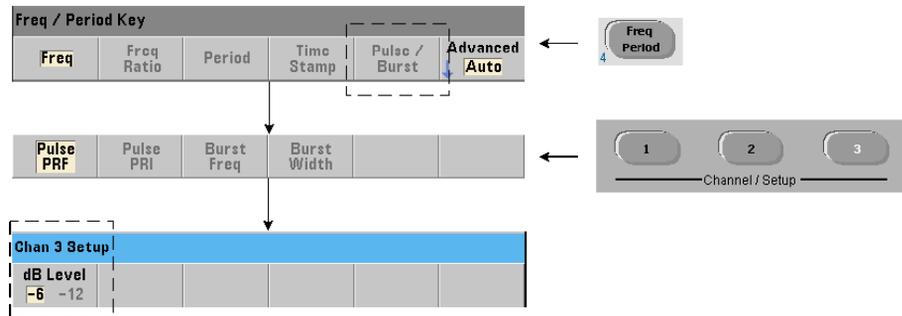
默认设置为 50 Hz。该值存储在非易失性存储器中，且在重新开机或重置 (*RST) 或预设前面板 (**Preset**) 时不会更改。**CONF**igure 和 **MEAS**ure 将启用自动级别，并将相对阈值设置为 50%，但不会更改自动级别频率。

系统自动级别范围的示例

```

CONF:FREQ 100E6, (@1) // 测量 100 MHz 信号
      SYST:ALEV:FREQ 10.0E3 // 设置自动级别频率
      INP:IMP 50 // 将阻抗设置为 50 ohm
      INP:RANG 5 // 将范围设置为 5V
      INP:COUP AC // 设置 AC 耦合
      INP:LEV:REL 65 // 设置 65% 的相对阈值
  
```

瞬时脉冲测量检测器阈值



所有 53230A 瞬时脉冲测量均与脉冲宽度相关。脉冲宽度的“打开”部分由 -6 dB 和 -12 dB 检测器阈值确定。图 4-6 是与瞬时脉冲信号的峰值幅度相关的阈值示例。

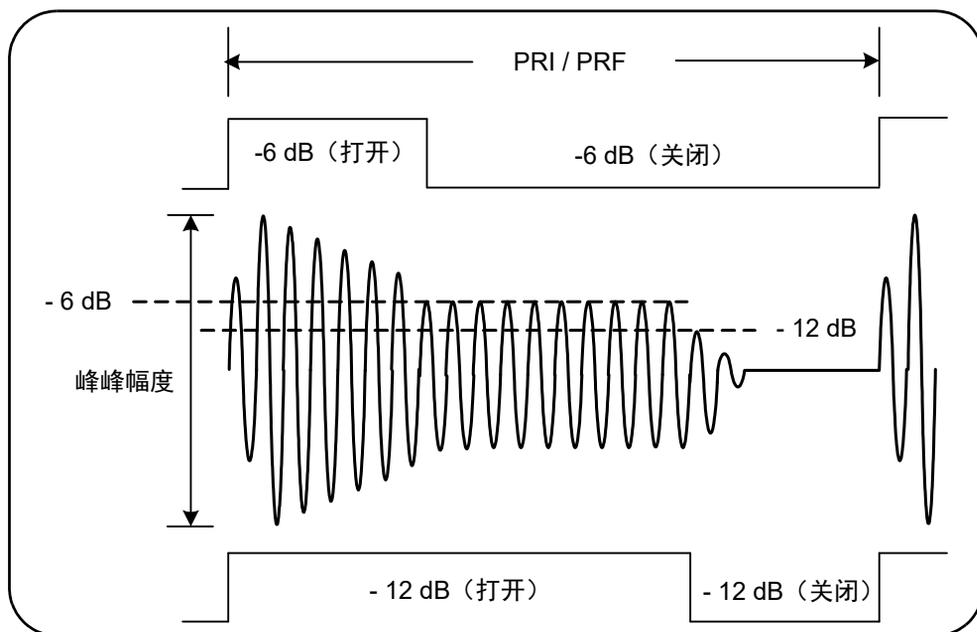


图 4-6 -6 dB 和 -12 dB 检测器阈值。

因此，进行瞬时脉冲测量（例如，正（打开）宽度和负（关闭）宽度）时，必须考虑检测器阈值和脉冲的“打开”部分。此阈值可使用以下命令来设置：

```
INPut3:BURSt:LEVel {<dB>|MINimum|MAXimum|DEFault}
```

```
INPut3:BURSt:LEVel?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

（查询表）

dB 级别为 -6 和 -12，并且是额定（即非指定值）值。

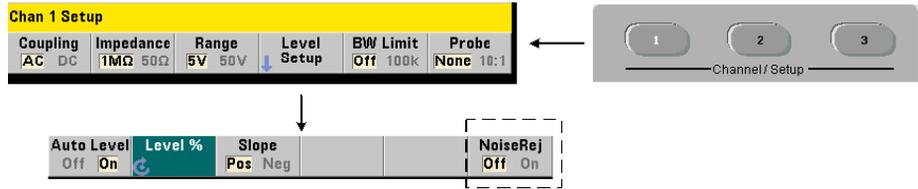
CONFigure 和 MEASure 不会更改检测器的阈值设置。重置 (*RST) 或预设前面板 (Preset) 之后，该阈值将设置为 **-6 dB**。

只有使用**通道 3 选件 106 或 115**（6 GHz 或 15 GHz 微波输入）和脉冲微波测量**选件 150**的 **53230A** 计数器，才支持此命令和瞬时脉冲测量功能。

检测器阈值示例

```
// 在通道 3 中配置正（打开）宽度测量 CONFigure:PWIDth:BURSt (@3)
INP3:BURS:LEV -12 // 设置 -12 dB 检测器阈值
```

噪声抑制（滞后）



输入信号的阈值灵敏度（图 4-4）是噪声抑制或滞后量的函数。计数器输入中的噪声抑制（滞后范围）可以通过以下命令增加或减少：

```
INPut[{1|2}]:NREJection {OFF|ON}
INPut[{1|2}]:NREJection?
```

（查询表）

ON 将启用噪声抑制，因此可**增加**滞后，并将灵敏度**降低** 50%。当信号环境中存在噪音时，应使用此设置。但是，如果阈值级别接近峰值幅度（正峰值或负峰值），且如果因滞后范围增加而导致信号未穿过两种滞后级别，则不会计数。

OFF 禁用可**减小**滞后和**增大**灵敏度的噪声抑制。

CONFigure 和 **MEASure** 不会更改噪声抑制设置。重置 (***RST**) 或预设仪器 (**Preset**) 之后，噪声抑制将禁用（关闭）。

带宽限制中的噪声抑制 对于频率低于 100 kHz 的输入信号，将计数器带宽由 350 MHz 减小到 100 kHz（请参见“带宽限制滤波器”）也可抑制噪声。然后，通过 **INPut:NREJection ON**，还可在此频率范围内进一步抑制噪声。

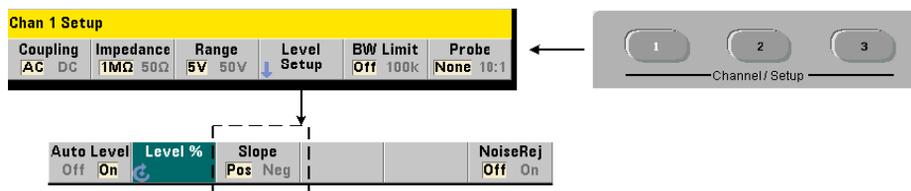
时间间隔错误 结合使用噪声抑制和时间间隔测量时，将导致出现时间间隔错误，这是因为设置阈值级别时出错，且将对触发器和重置点产生滞后影响（图 4-4）。

这些错误取决于每个触发点中的输入信号变化率。

噪声抑制示例

```
// 预期 10 MHz 信号的周期测量，
// 使用通道 1
CONF:PER 0.1E-6, .001, (@1)
INP:IMP 1.0E6 // 将阻抗设置为 1 Mohm
INP:RANG 50 // 将范围设置为 50
INP:COUP AC // 设置 AC 耦合
INP:LEV 3 // 设置 3V 阈值级别（绝对）
INP:NREJ ON // 启用噪声抑制
```

阈值斜率



阈值级别所在输入信号的斜率（沿）可使用以下命令指定：

```
INPut[{1|2}]:SLOPe[{1|2}] {POSitive|NEGative}
INPut[{1|2}]:SLOPe{1|2}]? (查询表)
```

POSitive - 触发点出现在正向（上升沿）。重置点出现在负向（下降沿）（图 4-4）。

NEGative - 触发点出现在负沿，重置点出现在正沿。

斜率设置不适用于脉冲宽度、占空比、上升 / 下降测量（即：具有预定义斜率的测量）。

对于单通道时间间隔测量，SLOPe/SLOPe1 将设置**开始**事件的边沿，SLOPe2 将设置**停止**事件的边沿。

CONFigure 和 MEASure 不会更改斜率设置。重置 (*RST) 或预设仪器 (Preset) 之后，将选中正向（上升）斜率。

输入斜率示例

// 设置阈值斜率

```
CONF:FREQ 1E6, 0.1, (@1) // 测量 1 MHz 信号
    SYST:ALEV:FREQ 10E3 // 设置最小自动级别频率
    INP:IMP 50 // 将阻抗设置为 50 ohm
    INP:RANG 5 // 将范围设置为 5V
    INP:COUP AC // 设置 AC 耦合
    INP:LEV:REL 70 // 70% 阈值级别
    INP:SLOP POS // 以正斜率触发
```

测量输入信号电平和信号强度

输入信号的最小值、最大值和峰 - 峰值级别显示在计数器的主测量显示区域的底部，且图 4-4 中显示了一个示例。这些峰 - 峰值信号的特性还可使用以下命令来测量：

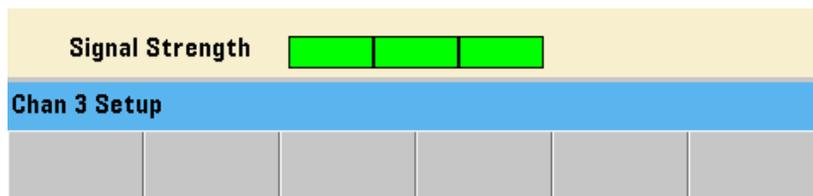
`INPut[{1|2}]:LEVel:MINimum?` （峰 - 峰信号的最小值）

`INPut[{1|2}]:LEVel:MAXimum?` （峰 - 峰信号的最大值）

`INPut[{1|2}]:LEVel:PTPeak?` （峰 - 峰幅度）

最小值和最大值包括信号中存在的任何 DC 级别（偏移）。计数器的输入阻抗还可在输入时影响幅度。

通道 3 的信号强度



通道 3 的选项 106 或 115（6 GHz 或 15 GHz 微波输入）的相对信号强度显示在计数器中，并且还可以使用以下命令来测量：

`INPut3:STrength?`

该命令返回的颜色和相对强度提供以下信息：

颜色	强度	说明
无	0	信号强度过低。可能无法进行测量。对于连续波 (CW) 测量，信号功率必须 ≥ -27 dBm。对于脉冲测量，信号功率必须为 ≥ -13 dBm。
黄色	1	信号强度弱，但可接受。
绿色	2,3	信号强度良好。
红色	4	信号可能已超过可进行精确测量的级别 ($> +19$ dBm CW, $> +13$ dBm 脉冲)。信号电平 $\geq +27$ dBm 时，可能会损坏仪器。

本页特意留为空白。

5 触发和门控

设置概述	162
触发和门控周期	164
测量门控	177

53220A/53230A 计数器测量是通过触发仪器和门控输入信号来执行的，以此选择测量输入信号的部分期间或持续时间。

本章介绍与计数器测量相关的计数器触发和门控周期。

设置概述

表 5-1 汇总列出了本节介绍的触发和门控参数的加电 / 重置设置。

表 5-1 触发和门控概述。

参数	设置	参数	设置
触发		门控	
触发源	Immediate	门控启动源	外部
触发斜率	Negative	外部门控源	外部
触发延迟	0.0s	门控启动斜率	负
触发计数	1	门控启动延迟源	立即
样本计数	1	门控启动延迟事件	1
		门控启动延迟时间	0.0s
		门控停止源	外部
		门控停止斜率	正
		门控停止延迟源	立即
		门控停止延迟事件	1
		门控停止延迟时间	0.0s
频率			
频率门控源	时间		
频率门控时间	0.1s		
频率门控极性	负		
频率模式	自动		
自动门控的频率瞬间脉冲	开启		
门控延迟的频率瞬间脉冲	0.0s		
窄门控的频率瞬间脉冲	关闭		
频率瞬间脉冲门控时间	1 us		
时间间隔			
时间间隔门控源	立即		
时间间隔门控极性	负		
积算			
积算门控源	时间		
积算门控时间	0.1s		
积算门控极性	负		

触发和门控时间线

触发和门控是每个计数器测量的一部分。图 5-1 的时间线中显示了与测量相关操作之间的关系。

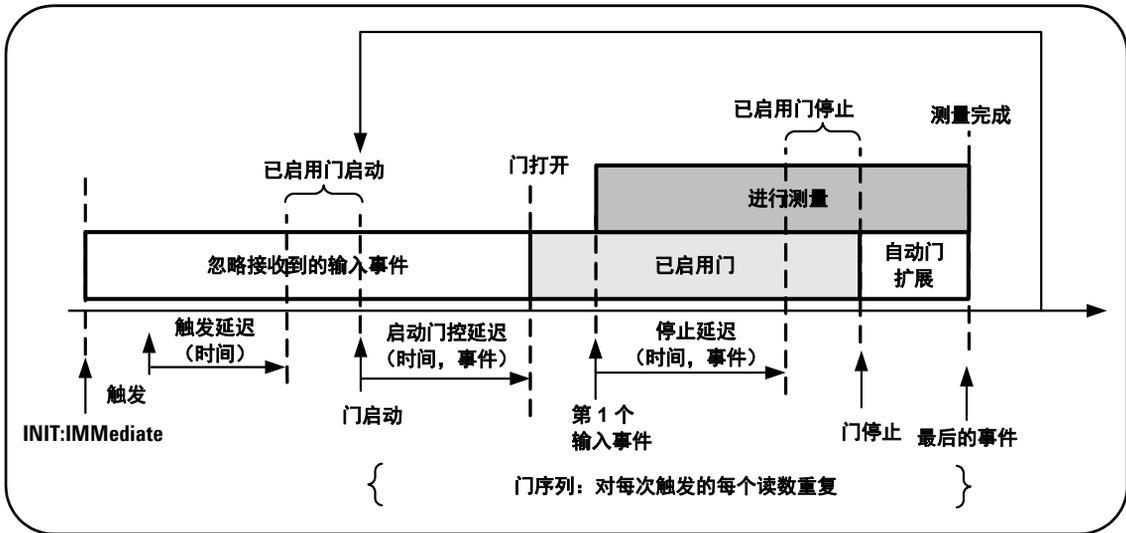


图 5-1 触发和门控时间线。

触发和门控周期

图 5-2 的编程周期中详细介绍了图 5-1 中**汇总的**触发和门控元素。以下各节将分别介绍周期中每个步骤的说明和示例。

注意

本章中列出的 SCPI 命令和参数可用作如何以编程方式操作计数器的指南。这些命令在 *编程人员参考* 中有详细描述。

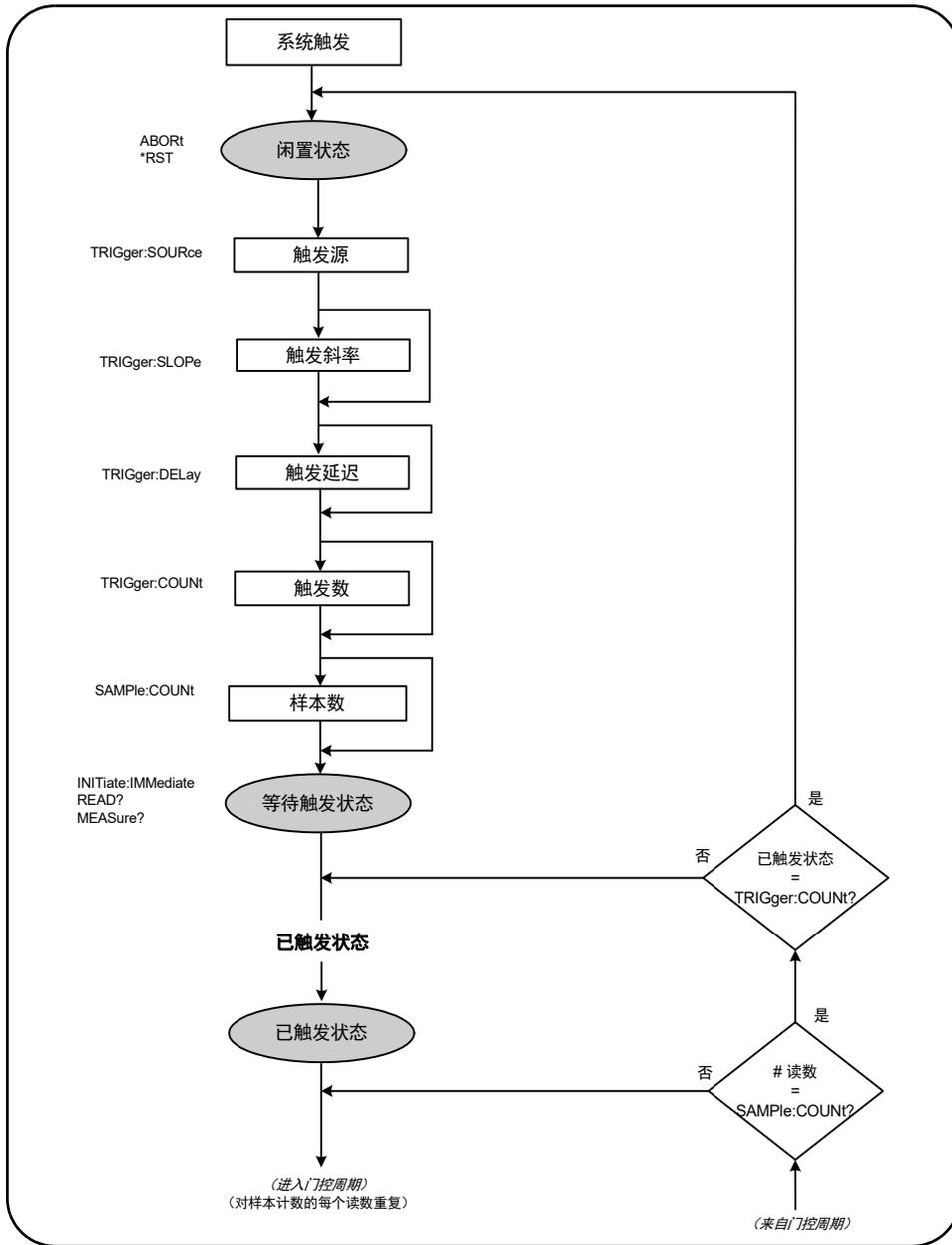


图 5-2 触发和门控周期 - 触发。

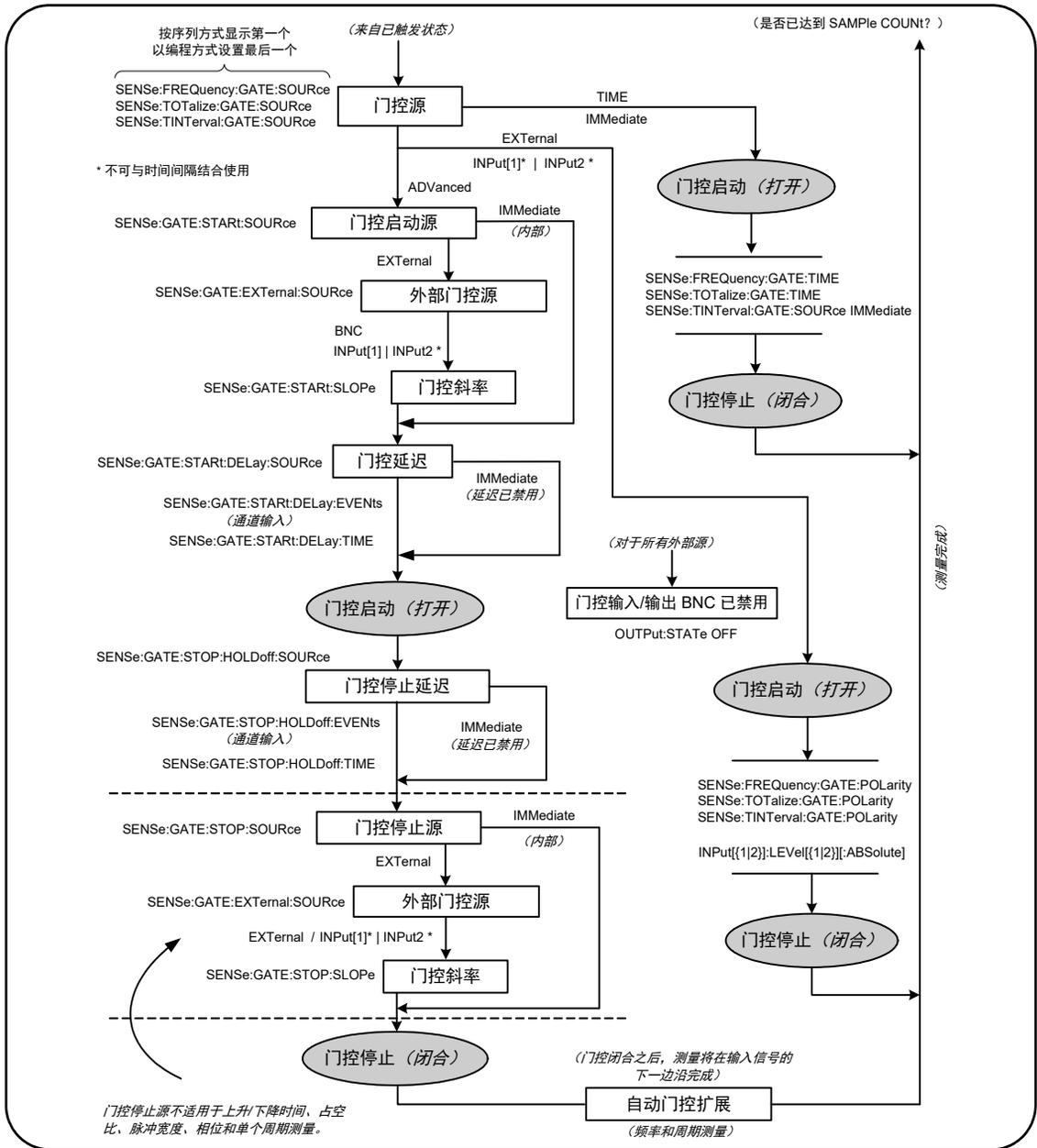


图 5-2 (续) 触发和门控周期 - 门控。

系统触发

计数器可在以下三种状态中运行，具体状态取决于系统触发的状态：*闲置*、*等待触发*和*已触发*。

闲置状态

当仪器处于*闲置*状态（图 5-3）时，通常会发生计数器配置。其中包括**系统触发配置**。

如下所示，计数器可由以下两种命令之一指定为*闲置*状态：

ABORt - 终止进行中的测量。

***RST** - 将计数器重置到出厂默认值。

当由 **TRIGger:COUNT** 和 **SAMPle:COUNT** 确定的测量总数设置完成之后（即测量总数 = **TRIGger:COUNT** × **SAMPle:COUNT**），计数器**也会**返回*闲置*状态。

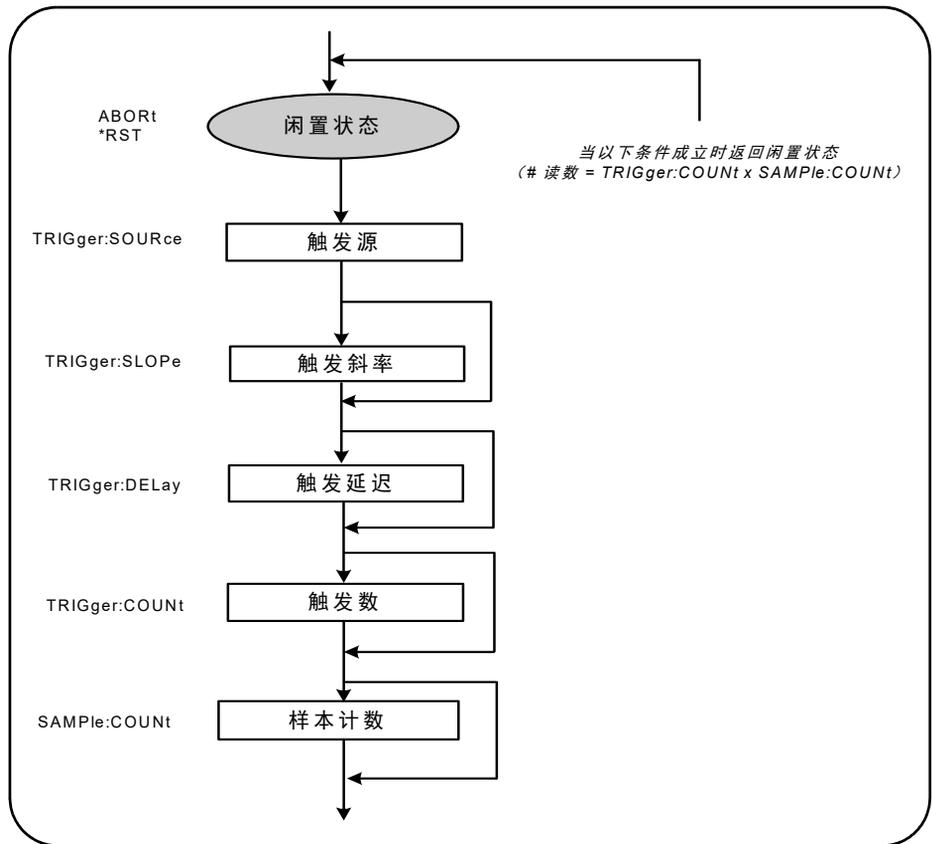
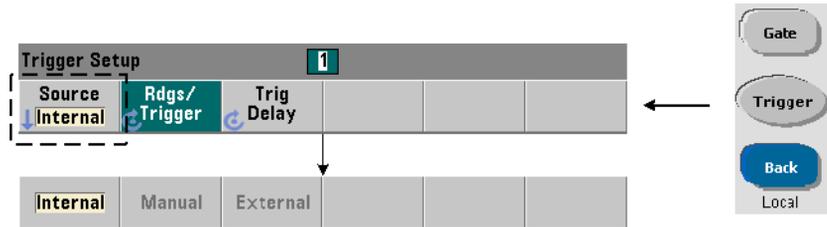


图 5-3 系统触发器序列

系统触发源



系统触发器是通过使用 TRIGger 和 SAMPlE 子系统内的命令进行配置的。图 5-3 显示了命令通常使用的顺序。

用来启动触发 / 门控周期的系统触发源可使用以下命令进行设置：

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

```
TRIGger:SOURce? (查询表)
```

- 触发源 IMMediate 设置一个连续的触发信号。默认情况下，CONFIgure 将触发源设置为 IMMediate。
- 触发源 EXTErnal 将触发源设置为应用于后面板上的 “Trig In” BNC 连接器的外部触发。
- 触发源 BUS 使仪器由通过 IO 接口收到的 *TRG 命令加以触发。

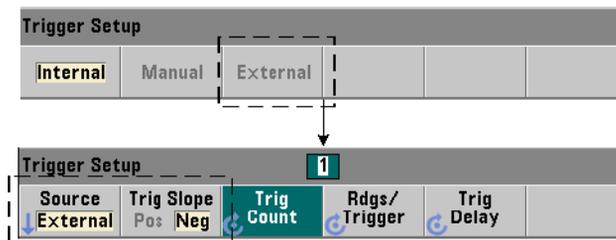
触发源示例

```
// 针对频率配置，设置系统触发参数
```

```
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
```

```
TRIG:SOUR EXT // 触发外部源
```

系统触发斜率



当系统触发源设置为 **EXTernal** 时，可使用如下命令设置信号触发斜率（边沿）：

TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}

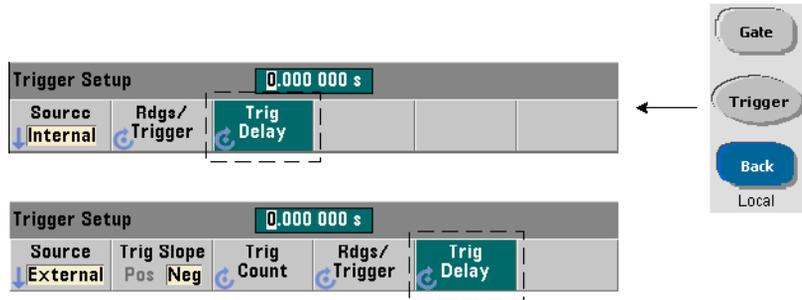
TRIGger:SLOPe? (查询表)

- 触发斜率 **POSitive** 选择信号上升沿，触发斜率 **NEGative** 选择信号下降沿。该信号将应用于 ‘Trig In’ BNC。默认情况下，**CONFIGure** 将触发斜率设置为 **NEGative**。

触发斜率示例

```
// 针对频率配置，设置系统触发参数
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
  TRIG:SOUR EXT // 触发外部源
  TRIG:SLOP POS // 触发斜率 - 正
```

系统触发延迟



接收内部或外部系统触发信号与启动**第一次**测量（图 5-1）之间的延迟可使用以下命令进行设置：

`TRIGger:DElay {<time>|MINimum|MAXimum|DEFault}`

`TRIGger:DElay?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]` (查询表)

- 以秒为单位指定延迟时间。后续测量（即每个计数器的多个读数 - 请参见 `SAMPle:COUNT`）之间的延迟可使用 `SENSe:GATE:STARt:DElay` 命令进行设置。 `CONFigure` 和 `MEASure` 将默认延迟设置为 0.0 秒。

触发延迟示例

// 针对频率配置，设置系统触发参数

`CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)`

`TRIG:SOUR EXT` // 触发外部源

`TRIG:SLOP POS` // 外部触发斜率 - 正

`TRIG:DEL 1` // 收到触发信号之后延迟 1 秒

系统触发计数



计数器从等待触发状态返回到闲置状态之前收到的系统触发数可使用以下命令进行设置：

```
TRIGger:COUNT {<count>|MINimum|MAXimum|DEFault}
```

```
TRIGger:COUNT? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (查询表)
```

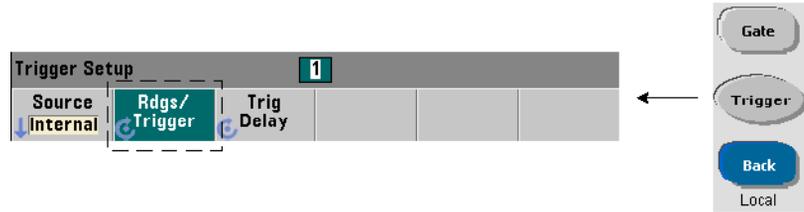
触发器 count 的范围为 1 到 1,000,000。CONFigure 和 MEASure 将默认触发计数设置为“1”。

触发计数示例

// 针对频率配置，设置系统触发参数

```
CONF:FREQ 5E6,0.1,@2
TRIG:SOUR EXT // 触发外部源
TRIG:SLOP POS // 外部触发斜率 - 正
TRIG:DEL 1 // 收到触发信号之后延迟 1 秒
TRIG:COUN 2 // 接受 2 个系统触发
```

样本计数



触发计数乘以样本计数 ($\text{TRIG:COUN} \times \text{SAMP:COUN}$) 的结果将确定计数器返回到闲置状态之前已提取的读数数量。样本计数可使用以下命令设置：

SAMPle:COUNT {<count>| MINimum|MAXimum|DEFault}

SAMPle:COUNT? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (查询表)

count 的范围为 1 到 1,000,000。CONFigure 和 MEASure 将默认样本计数设置为“1”。

读数存储器可存储多达 1,000,000 个读数。如果触发计数和样本计数的乘积超过 1,000,000 个读数，则数据必须以足够快的方式从读数存储器中，防止存储器溢出。如果存储器溢出，则新读数将会覆盖存储的第一个（即最旧的）读数，始终会保留最新获取的读数。有关监控读数存储器计数的信息，请参见第八章 - “状态条件”。

样本计数示例

// 针对频率配置，设置系统触发和采样

// 计数参数，获取 2 组读数（每组 100 个）

CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)

TRIG:SOUR EXT // 触发外部源

TRIG:SLOP POS // 外部触发斜率 - 正

TRIG:DEL 1 // 收到触发信号之后延迟 1 秒

TRIG:COUN 2 // 接受 2 个系统触发

SAMP:COUN 100 // 针对每个触发获取 100 个读数

注意

进行连续的积分测量时，触发计数和样本计数将会忽略。进行连续无间隙的频率或周期测量时，触发计数也会忽略。使用这些函数时，仅接受一个触发。有关详细信息，请参阅 *编程人员参考*。

等待触发和已触发状态

若要让计数器**接受**启动触发和门控周期的触发器，则必须**启动**该计数器。启动计数器时，会将仪器置于等待触发状态（图 5-4）。

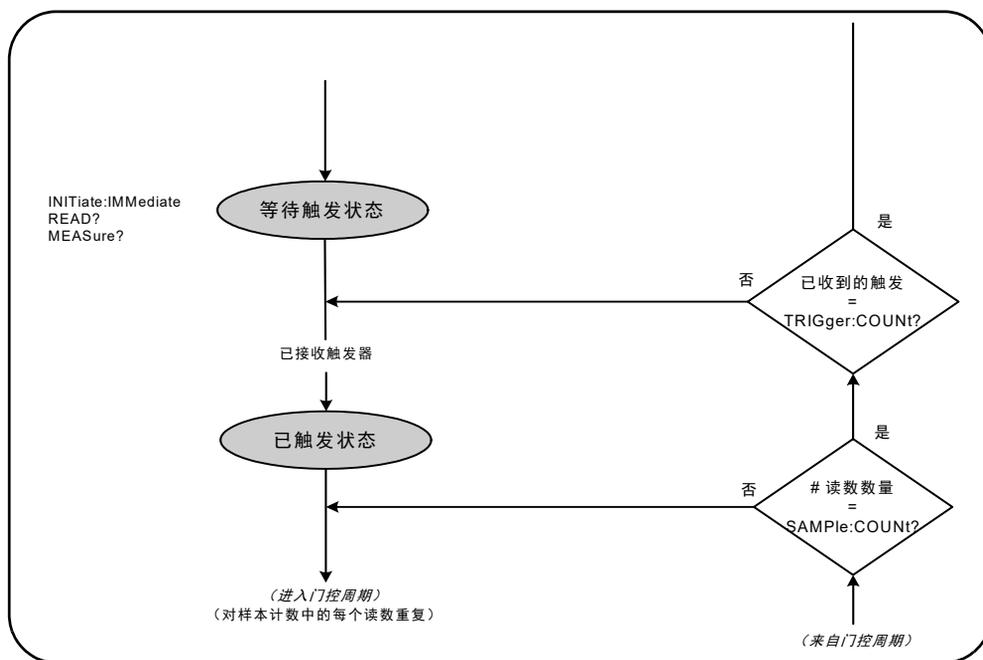


图 5-4 计数器的“等待触发”状态。

计数器可使用以下命令来启动：

INITiate[:IMMediate]

- 将计数器置于等待触发状态。在此状态下，计数器将识别并接受触发信号。计数器由 **INITiate[:IMMediate]** 启动之后所提取的读数均会显示并存储在计数器的读数存储器中（有关详细信息，请参见第 7 章“格式和数据流”）。

启动示例

// 针对频率配置，设置系统触发参数

CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)

TRIG:SOUR EXT // 触发外部源

TRIG:SLOP POS // 外部触发斜率 - 正

TRIG:DEL 1 // 收到触发信号之后延迟 1 秒

TRIG:COUN 2 // 接受 2 个系统触发

SAMP:COUN 100 // 针对每个系统触发获取 100 个读数

INIT // 启动计数器 - 等待触发状态

FETc? // 从读数存储器中检索测量结果

READ?

- 相当于在执行 **INITiate:IMMediate** 之后直接执行 **FETCh?**。使用 **READ?** 之后，读数将显示、存储在读数存储器中，并即时读入到输出缓冲区中（有关详细信息，请参见第 7 章“格式和数据流”）。

READ? 示例

// 针对频率配置，设置系统触发参数

CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)

TRIG:SOUR EXT // 触发外部源

TRIG:SLOP POS // 外部触发斜率 - 正

TRIG:DEL 1 // 收到触发信号之后延迟 1 秒

TRIG:COUN 2 // 接受 2 个系统触发

SAMP:COUN 100 // 针对每个系统触发获取 100 个读数

READ?// 启动计数器 - 从存储器中获取读数

5 触发和门控

启动之后，有效的触发信号和满足的延迟区间（如已指定）会将计数器移到 *已触发* 状态以及门控周期的开头。计数器将始终保持 *已触发* 状态，直到达到样本计数（每次触发的读数）为止。达到之后，计数器返回到 *等待触发* 状态，直到收到下一个系统触发为止。达到触发计数乘以样本计数的乘积值之后，计数器将返回 *闲置* 状态。

测量门控

通过控制测量门控，您可以选择测量的持续时间。触发 / 门控周期的门控序列在收到系统触发信号之后开始，并对样本计数中指定的**每次**测量重复该序列。

注意

当计数器处于**已触发**状态（图 5-2）时，通常会发生门控序列。尽管大部分情况如图中所示，但在计数器启动之后，当计数器处于**闲置**状态之时，通常会发生类似于系统触发**配置**等门控配置。

注意

计数器测量以由多个参数组成的配置为基础。以编程方式设置这些参数的最简便、最常见的方法是使用 **CONFigure** 和 **MEASure** 子系统内的命令（第 3 章）。这些子系统命令视为“高级”命令，因为它们可从单个命令中设置或默认多个计数器参数。“低级”命令（例如：此处所述的门控命令）可支持您更改选定的门控参数，而不更改计数器配置的其他区域。

门控设置

计数器的**门控源**确定从门控周期到必须考虑在内的相关参数的路径。所有频率、积算和时间间隔测量都需要门控源。

图 5-5 尽管门控源的选择在周期开始时（图 5-2 和 图 5-5）便已显示，但它应在其他门控参数设置完成之后以编程方式进行。这样，可以防止 **SENSe** 子系统命令之间出现“设置冲突”错误。有关这一点，我们将在使用这些命令的示例和程序段中加以说明。

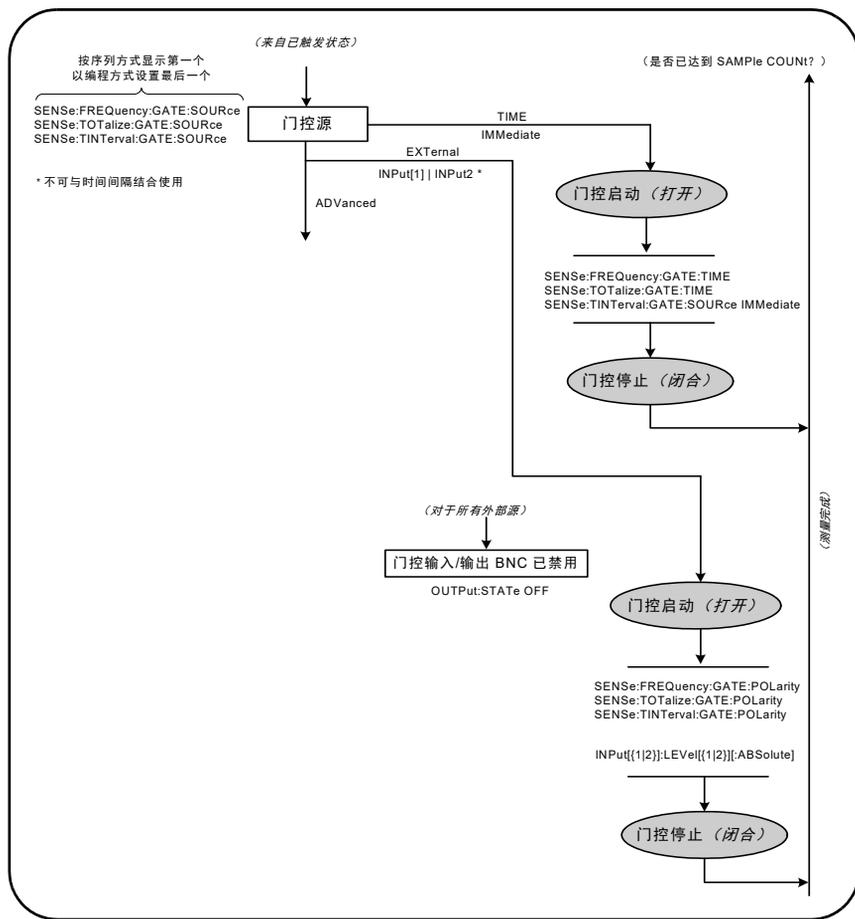
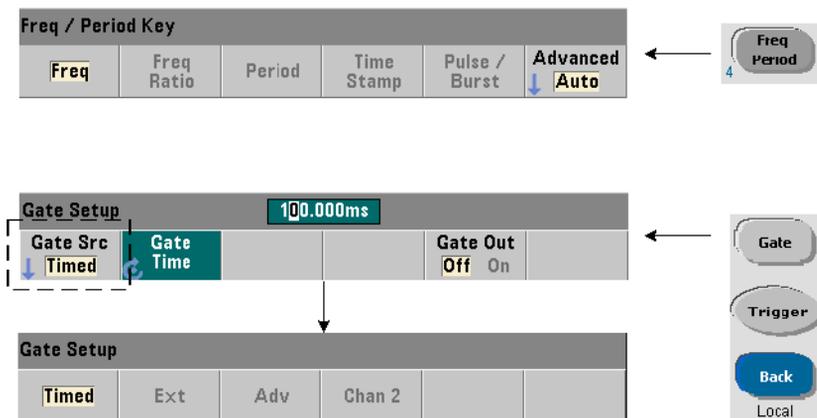


图 5-6 门控源序列

典型的计数器测量和大多数应用程序均使用内部信号作为门控源，以此控制指定（或默认）时间段的门控。如果某些应用场合需要将外部事件同步，或者需要更精确的门控，请使用外部门控或高级门控。外部门控信号应用于计数器的后面板“门控输入 / 输出” BNC，或者应用于通道 1 或通道 2 的输入。

频率测量



对于频率和周期测量，用来设置 / 更改门控源的命令是：

```
[SENSe:]FREQUENCY:GATE:SOURce {TIME|EXtErnal|INPut[1]|INPut2|ADVanced}
```

```
[SENSe:]FREQUENCY:GATE:SOURce? (查询表)
```

- 门控源 **TIME** 可以**位数**形式获得所需的分辨率。它将使用内部门控信号。它是默认门控源。使用它之后，测量输入信号时，门控可在指定的期间内始终保持打开状态。门控时间越长，分辨率越大。

分辨率和门控时间

读数的分辨率（以位数表示）是计数器门控时间、测量模式（**AUTO**、**CONTInuous**、**RECiprocal** - 第 3 章）和分辨率增强算法的函数。53220A/53230A 数据表中定义的分辨率增强 (R_E) 可进一步扩展分辨率，使其超过使用基本倒数测量技术时所达到的分辨率。分辨率增强适用于计数器的 **AUTO** 或 **CONTInuous** 模式，且门控时间需 ≥ 10 毫秒。

表 5-2 显示了 53230A 和 53220A 在指定门控时间内达到的分辨率位数。该表还显示了以门控时间或期望值函数形式估算位数的公式，以及以位数函数形式估算门控时间的公式。

表 5-2 分辨率和门控时间。

门控时间 (53230A) ($T_{ss} = 20$ ps)	分辨率 (位数) 自动 / 连续	分辨率 (位数) 倒数	计算位数和门控时间 (倒数模式)
1 微秒	4.7	4.7	
10 微秒	5.7	5.7	
100 微秒	6.7	6.7	作为门控时间函数的位数:
1 毫秒	7.7	7.7	
10 毫秒	不超过 10*	8.7	位数 = Log_{10} (门控时间 / T_{ss})
100 毫秒	不超过 11*	9.7	
1 秒	不超过 12*	10.7	
10 秒	不超过 13*	11.7	
100 秒	不超过 14*	12.7	作为期望值函数的位数 (CONFigure, MEASure)
1000 秒	不超过 15*	13.7 微秒	
门控时间 (53220A) ($T_{ss} = 100$ ps)	分辨率 (位数) 自动	分辨率 (位数) 倒数	位数 = Log_{10} (期望值) - Log_{10} (分辨率)
100 微秒	6	6	
1 毫秒	7	7	
10 毫秒	不超过 10*	8	
100 毫秒	不超过 11*	9	作为位数函数的门控时间:
1 秒	不超过 12*	10	门控时间 = $(10^{\text{位数}}) * T_{ss}$
10 秒	不超过 13*	11	
100 秒	不超过 14*	12	
1000 秒	不超过 15*	13	

* 分辨率已增强

设置门控时间



测量的门控时间可直接使用以下命令加以指定：

```
[SENSe:]FREQuency:GATE:TIME {<time>|MINimum|MAXimum|
DEFault}
```

```
[SENSe:]FREQuency:GATE:TIME?{MINimum|MAXimum|DEFault}
```

（查询表）

CONFigure 和 MEASure 将门控源自动设置为 TIME，并根据可选的期望值和分辨率参数设置门控时间。指定这些参数或者使用这些命令的默认值时，可以显著简化计数器的编程过程。但是，设置 / 更改门控时间与 CONFigure/MEASure 命令不同，它仅支持您更改门控时间，并会保留其他配置设置。

查询门控时间 在执行以下命令之后，可以确定由期望值和分辨率参数设置的门控时间：CONFigure 或 MEASure 命令。

例如，假定某测量要求使用信号为 5 MHz 的 10 位 (mHz) 分辨率。由于分辨率的位数约等于 $\text{Log}_{10}(\text{期望值}) - \text{Log}_{10}(\text{分辨率})$ ，因此，此测量可以配置为：

```
MEAS:FREQ?5e6, 5E-4, (@1) // 预期频率，分辨率
```

使用此配置的典型测量可能会返回：

```
+4.99998458333282E+006
```

使用计数器显示寄存时，将返回：

```
4.999 984 583 3MHz (11 位 - 分辨率已增强)
```

发送此命令之后、查询门控时间时将返回：

```
SENS:FREQ:GATE:TIME?
```

```
+1.00000000000000E-001 (100 ms)
```

假定使用 53230A 计数器且测量模式为 **Auto**。从表 5-2 中，我们可以看出，它对应于 11 位分辨率。从门控时间方面来说，若要达到所需的分辨率（位数），请在表 5-2 中找到相应位数，并选择对应的门控时间：

```
SENS:FREQ:GATE:TIME 100e-3 // 设置门控时间 = 100 ms
```

```
SENS:FREQ:GATE:SOUR TIME // 设置门控源
```

我们再举一个示例。假定某测量要求使用信号为 5 ns (200 MHz) 的 6 位分辨率。刚才，我们已提到 $\text{Log}_{10}(\text{期望值}) - \text{Log}_{10}(\text{分辨率})$ 约等于分辨率的位数。因此，该测量可以配置为：

```
MEAS:PER?5E-9, 5E-15, (@1) // 200 MHz 信号的预定义测量
```

使用此配置的典型测量可能会返回：

```
+5.00010899135045E-009
```

使用计数器显示寄存时，将返回：

```
5.000 10nsec (6 位)
```

发送此命令之后、查询门控时间时将返回：

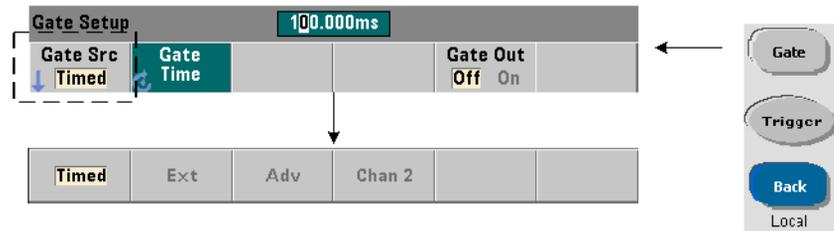
```
SENS:FREQ:GATE:TIME?
```

```
+1.00000000000000E-005 (10 us - 分辨率未增强)
```

我们再查一下表 5-2。如果要求分辨率为 6 位数，则可以找到对应的门控时间，并将其直接发送为：

```
SENS:FREQ:GATE:TIME 10e-6 // 设置门控时间 = 10 us
```

外部门控源

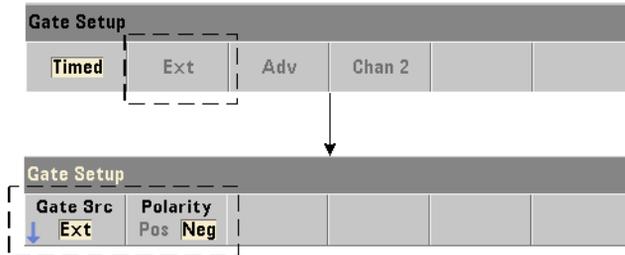


门控源 **EXTernal**, **INPut[1]** 和 **INPut2** 是外部门控源。**EXTernal** 是计数器后面板的“门控输入 / 输出” BNC，**INPut[1]/INPut2**（以软键 **Chan 1** 和 **Chan 2** 表示）是计数器通道 1 和通道 2 的输入。

注意

OUTput:STATE OFF 在使用门控源 **EXTernal** 时必须选中。有关详细信息以及使用门控信号与其他仪器同步的信息，请参见“在‘门控输入 / 输出’ BNC 中启用门控信号”。

外部门控信号的极性



使用任何外部门控源时，门控信号的极性以及门控的持续时间均可使用以下命令设置或更改：

```
[SENSe:]FREQuency:GATE:POLarity {POSitive|NEGative}
```

```
[SENSe:]FREQuency:GATE:POLarity? (查询表)
```

POSitive 在门控输入 / 输出 BNC 或通道 1 / 通道 2 输入的正向沿处启动测量，在下一个负向沿处停止测量。**NEGative** 在门控输入 / 输出 BNC 或通道 1 / 通道 2 输入的负向沿处启动测量，在下一个正向沿处停止测量。

CONFigure 和 **MEASure** 不会更改极性设置。重置 (*RST) 或预设仪器 (**SYSTEM:PRESet** 或 **Preset** 键) 之后，将选定负向沿。

要设置外部门控信号的极性，请执行以下操作：

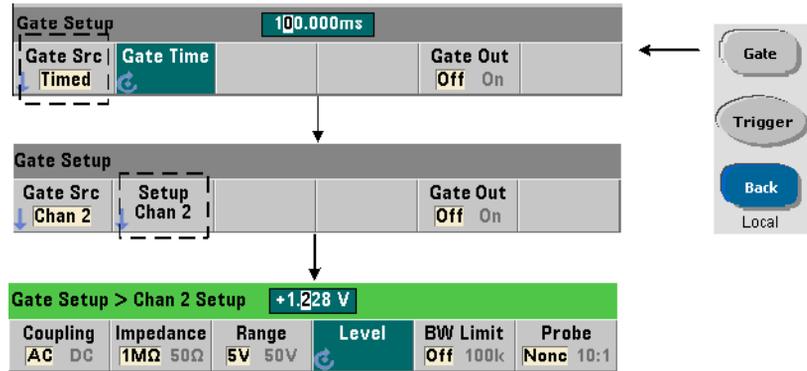
```
// 选择门控极性和源
```

```
CONF:PER
```

```
SENS:FREQ:GATE:POL POS // 设置极性
```

```
SENS:FREQ:GATE:SOUR EXT // 设置源
```

外部门控信号的阈值



对于外部源 INPut[1] 和 INPut2（Chan 1 和 Chan 2 软键），除了指定门控信号极性，还必须指定**固定**的输入阈值电压。这是通过使用以下命令来执行的：

```
INPut[{1|2}]:LEVe1[{1|2}][:ABSolute]{<volts>|MINimum|
MAXimum|DEFault}
INPut[{1|2}]:LEVe1[{1|2}][:ABSolute]?[{:MINimum|MAXimum|
DEFault}] (查询表)
```

与阈值交叉的门控信号的指定边沿（极性）将打开门控。与阈值交叉的门控信号的反边沿（极性）将关闭门控。（有关 INPut 子系统的详细信息，请参见第 4 章 - “53220A/53230A 输入信号调节”。）

使用外部源 INPut[1] 和 INPut2 时，选择作为门控源的通道不能是应用**测量**信号的另一通道。即：门控源通道不得用于测量。

要设置外部门控源的极性和级别，请执行以下操作：

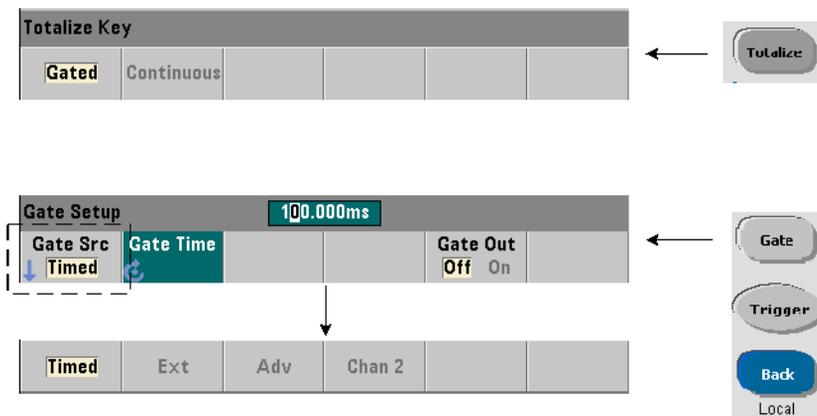
// 选择门控极性、源和阈值级别

```
CONF:FREQ
SENS:FREQ:GATE:POL POS // 设置极性
SENS:FREQ:GATE:SOUR INP // 设置源 - 通道 1
INP:LEV 4 // 设置阈值 - 4V
```

门控源 ADVanced

通过使用计数器的 `SENSe:GATE` 命令，门控源 **ADVanced** 可对门控信号启用延长控制（请参见本章稍后介绍的“高级门控控制”）。

积算



设置门控源

对于输入通道中的事件（边沿）的门控计数，可使用以下命令配置：
`CONFigure:TOTAlize:TIMed`

用来设置或更改门控源的命令是：

```
[SENSe:]TOTAlize:GATE:SOURce {TIME|EXTErnal|INPut[1]|  
INPut2|ADVanced}
```

[SENSe:]TOTAlize:GATE:SOURce? (查询表)

- 门控源 **TIME** 启用指定周期内输入通道的积算。

设置门控时间

门控时间可使用以下命令设置：

```
[SENSe:]TOTAlize:GATE:TIME {<time>|MINimum|MAXimum|
INFinity|DEFault}
[SENSe:]TOTAlize:GATE:TIME?{MINimum|MAXimum|DEFault}
```

(查询表)

CONFigure 和 **MEASure** 将门控源自动设置为 **TIME**，并将门控时间设置为其 *gate_time* 参数值。

要直接指定积算的门控时间和门控源，请执行以下操作：

// 设置门控时间和源

```
SENS:TOT:GATE:TIME 10 // 设置门控时间 = 10 s
```

```
SENS:TOT:GATE:SOUR TIME // 设置门控源
```

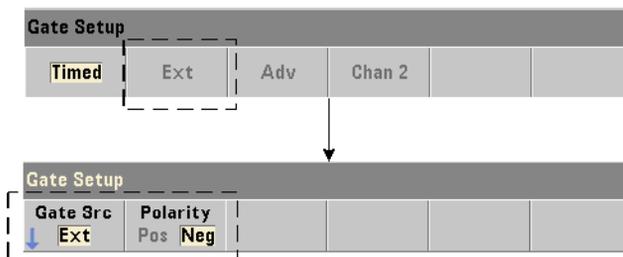
外部门控源

门控源 **EXTernal**，**INPut[1]** 和 **INPut2** 是外部门控源。**EXTernal** 是计数器后面板的“门控输入 / 输出” BNC，**INPut[1]/INPut2**（以软键 **Chan 1** 和 **Chan 2** 表示）是计数器通道 1 和通道 2 的输入。

注意

OUTput:STATe OFF 在使用门控源 **EXTernal** 时必须选中。有关详细信息以及使用门控信号与其他仪器同步的信息，请参见“在‘门控输入 / 输出’ BNC 中启用门控信号”。

外部门控信号的极性



使用任何外部门控源时，门控信号的极性以及门控的持续时间均可使用以下命令设置或更改：

```
[SENSe:]TOTAlize:GATE:POLArity {POSitive|NEGative}
```

```
[SENSe:]TOTAlize:GATE:POLArity? (查询表)
```

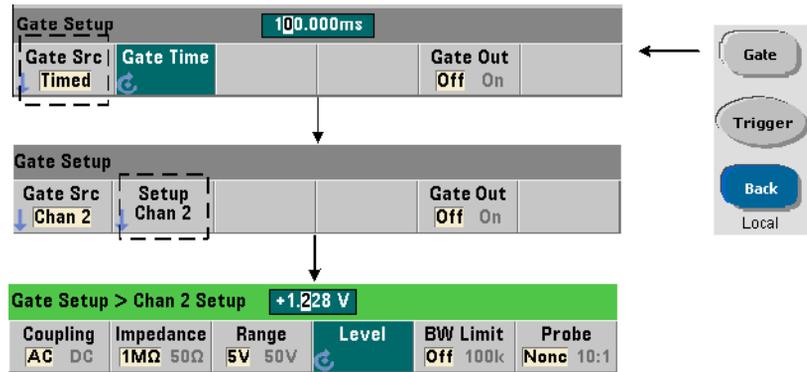
POSitive 在“门控输入 / 输出” BNC 或通道 1 / 通道 2 输入的正向沿处开始积算，在下一负向沿处停止积算。**NEGative** 在“门控输入 / 输出” BNC 或通道 1 / 通道 2 输入的负向沿处开始积算，在下一正向沿处停止积算。

CONFigure 和 **MEASure** 不会更改极性设置。重置 (***RST**) 或预设仪器 (**SYSTem:PRESet** 或 **Preset** 键) 之后，将选定负向沿。

要设置外部门控信号的极性，请执行以下操作：

```
// 选择门控极性和源
CONF:TOT:TIM
SENS:TOT:GATE:POL POS // 设置极性
SENS:TOT:GATE:SOUR EXT // 设置源
```

外部门控信号的阈值



对于外部源 INPut[1] 和 INPut2（Chan 1 和 Chan 2 软键），除了指定门控信号极性，还必须指定固定的输入阈值电压。这些参数可使用以下命令来设置：

```
INPut[{1|2}]:LEVe1[{1|2}][:ABSolute]{<volts>|MINimum|
MAXimum|DEFault}
INPut[{1|2}]:LEVe1[{1|2}][:ABSolute]?[{:MINimum|MAXimum|
DEFault}] (查询表)
```

与阈值交叉的门控信号的指定边沿（极性）将打开门控。与阈值交叉的门控信号的反边沿（极性）将关闭门控。

使用外部源 INPut[1] 和 INPut2 时，选择作为门控源的通道不能是积累输入事件的同一通道。即：门控源通道不得用于测量。

使用输入通道作为门控源时，若要设置极性和级别，请执行以下操作：

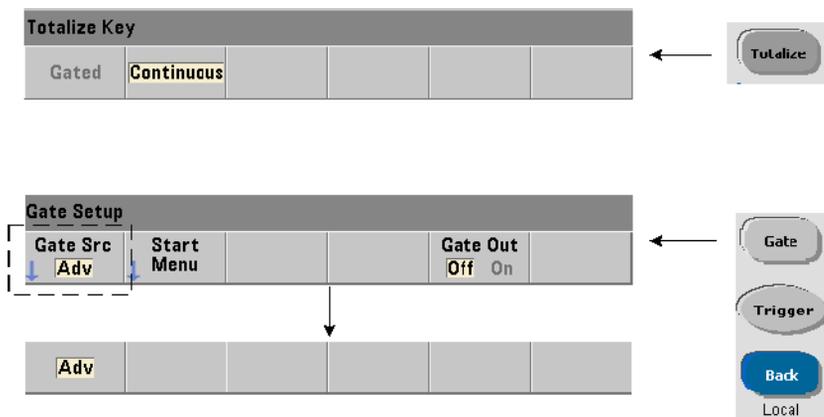
// 选择门控极性、源和阈值级别

```
CONF:TOT:TIM
SENS:TOT:GATE:POL POS // 设置极性
SENS:TOT:GATE:SOUR INP1 // 设置源 - 通道 1
INP1:LEV 4 // 设置阈值 - 4V
```

门控源 ADVanced

通过使用计数器的 `SENSe:GATE` 命令，门控源 **ADVanced** 可对门控信号启用延长控制（请参见“高级门控控制”）。

连续积算



命令

CONFigure:TOTAlize:CONTInuous

配置连续积算会将门控源设置为 **TIME**，将门控时间设置为 **INFinity**。此命令还会将输入阈值设置为 **0.0V**，并将边沿（已积算的事件）设置为正向。有关 **INPUt** 子系统内用于更改这些参数的命令的信息，请参考第 4 章 - “53220A/53230A 输入信号调节”。

读取当前计数 在门控时间较长的连续积算或定时积算过程中，当前计数可使用以下命令读取：

```
[SENSe:]TOTAlize:DATA?
```

例如：

```
CONF:TOT:CONT // 配置连续积算
```

```
INIT // 启动测量
```

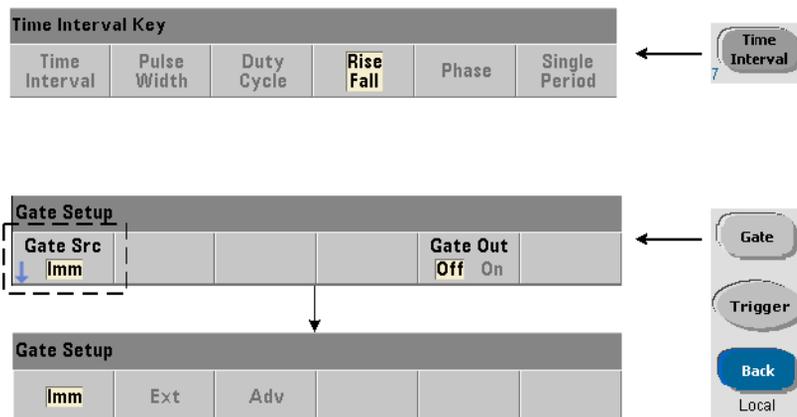
.

```
SENS:TOT:DATA? // 查询当前计数
```

.

```
ABOR // 终止测量
```

时间间隔测量



对于时间间隔测量，用来设置 / 更改门控源的命令是：

```
[SENSe:]TINteRval:GATE:SOURce {IMMEDIATE|EXTernal| ADVanced}
```

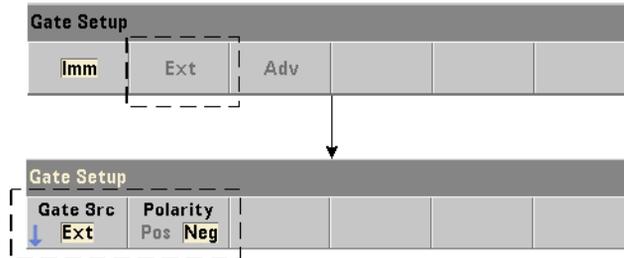
```
[SENSe:]TINteRval:GATE:SOURce? (查询表)
```

- 门控源 **IMMEDIATE** 将使用外部门控信号，此信号在 **INPut** 子系统定义的第一个事件（边沿 / 级别）中启动测量，并在定义的下一个（停止）事件中结束测量。**CONFigure** 命令将时间间隔的门控源设置为 **IMMEDIATE**。
- 门控源 **EXTernal** 是计数器的后面板“门控输入 / 输出”BNC。使用外部门控时，仪器将在收到外部门控之后从第一个开始事件处开始测量。测量将在停止事件之后结束。开始事件和停止事件（边沿 / 级别）由 **INPut** 子系统定义。

注意

OUTput:STATE OFF 在使用门控源 **EXTernal** 时必须选中。有关详细信息以及使用门控信号与其他仪器同步的信息，请参见“在‘门控输入 / 输出’BNC 中启用门控信号”。

外部门控信号的极性



使用外部门控源时，门控信号的极性可使用以下命令更改：

```
[SENSe:]TINteRval:GATE:POLarity {POSitive|NEGative}
```

```
[SENSe:]TINteRval:GATE:POLarity? (查询表)
```

POSitive 在“门控输入 / 输出” BNC 的正向沿后启用时间间隔测量。

NEGative 在“门控输入 / 输出” BNC 的负向沿后启用时间间隔测量。对于任何一种边沿，均在收到边沿后的第一个开始事件处开始测量。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PRESet 或 **Preset** 键) 之后，将选定负向沿 (极性)。

门控源 ADVanced

通过使用计数器的 **SENSe:GATE** 命令，门控源 **ADVanced** 可对门控信号启用延长控制（请参见本章稍后介绍的“高级门控控制”）。

以下示例显示了一个时间间隔测量的配置，它从设置计数器的高级配置开始，然后设置开始事件和停止事件，并更改极性和门控信号。

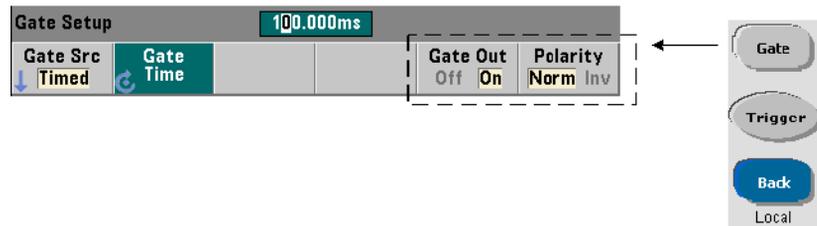
```
// 为时间间隔测量配置计数器
// 使用外部门控启动测量

CONF:TINT (@1),(@2) // 通道 1 和通道 2 之间的时间间隔
  INP1:LEV1 2      // 设置开始级别（事件）
  INP1:SLOP1 POS  // 设置开始事件的极性

  INP2:LEV1 2      // 设置停止级别（事件）
  INP2:SLOP1 NEG  // 设置停止事件的极性

  SENS:TINT:GATE:POL POS // 设置门控信号极性
  SENS:TINT:GATE:SOUR EXT // 外部门控源
```

在“门控输入 / 输出” BNC 中启用门控信号



若要定时并与其他仪器同步，则可使用以下命令将源 **Time**（内部），**IMMEDIATE**（内部），和 **INPut[1]/INPut2**

(Chan 1 和 Chan 2 软键) 中的门控信号发送到后面板的“门控输入 / 输出”连接器，并分配极性：

OUTPut[:STATE] {OFF|ON}

OUTPut[:STATE]? (查询表)

OUTPut:POLarity {NORMAL | INVERTED}

OUTPut:POLarity? (查询表)

ON 启用“门控输出”，即：门控信号将发送到后面板 BNC。**OFF** 禁用“门控输出”，即：BNC 是外部（“门控输入”）源。因此，**OUTput:STATE OFF** 在使用门控源 **EXTernal** 时必须选中。

NORMAL - “门控输出” BNC 中的门控信号输出的极性是上升（正向）沿。

INVERTED - 门控信号的极性为下降（负）沿。

瞬间脉冲载波的频率测量

53230A 计数器在含有**通道 3 选项 106 或 115**（6 GHz 或 15 GHz 微波输入）和**瞬时脉冲微波测量选项 150**时，可启用瞬时脉冲载波的频率测量。载波频率如图 5-6 所示。

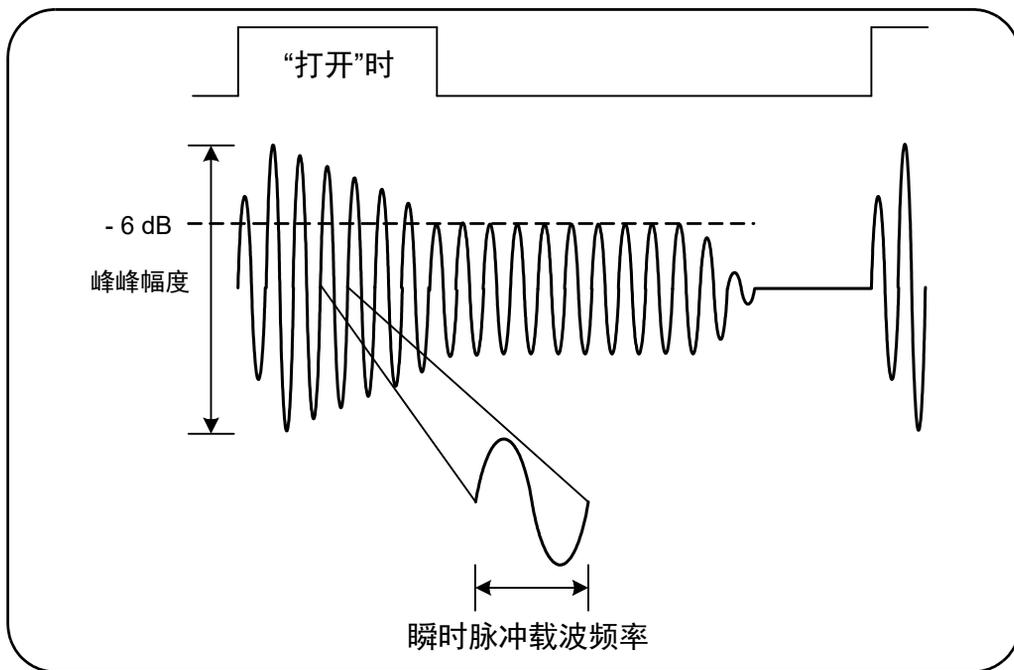
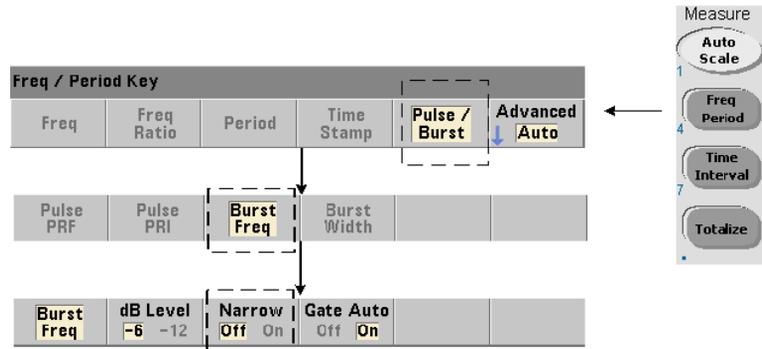


图 5-7 瞬时脉冲载波频率（-6 dB 阈值）。

注意

有关瞬时脉冲特性的详细信息，请参见第四章“瞬时脉冲测量检测器阈值”。

设置窄脉冲模式



对于“持续时间”（图 5-6）少于 10 μs 的载波频率测量，必须使用以下命令设置窄脉冲模式：

[SENSe:]FREQUENCY:BURSt:GATE:NARRow {OFF|ON}

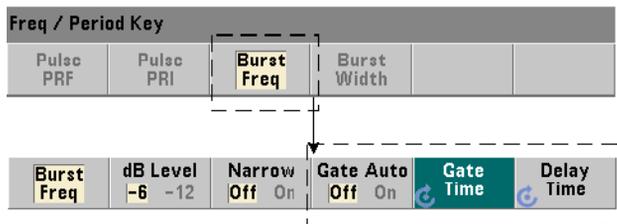
[SENSe:]FREQUENCY:BURSt:GATE:NARRow? (查询表)

ON - 为“持续时间”少于 10 μs 的测量启用窄脉冲模式。窄脉冲模式启用后，将始终使用自动门控设置 (SENSe:FREQUENCY:BURSt:GATE:AUTO ON)。

OFF - 禁用窄脉冲模式。如果“持续时间”大于 20 μs ，则必须禁用窄脉冲模式。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet 或 Preset 键) 之后，将禁用窄脉冲模式。

载波频率的门控控制



在测量过程中，测量载波频率的门控控制可以自动进行，也可以手动进行，如图 5-7 所示。

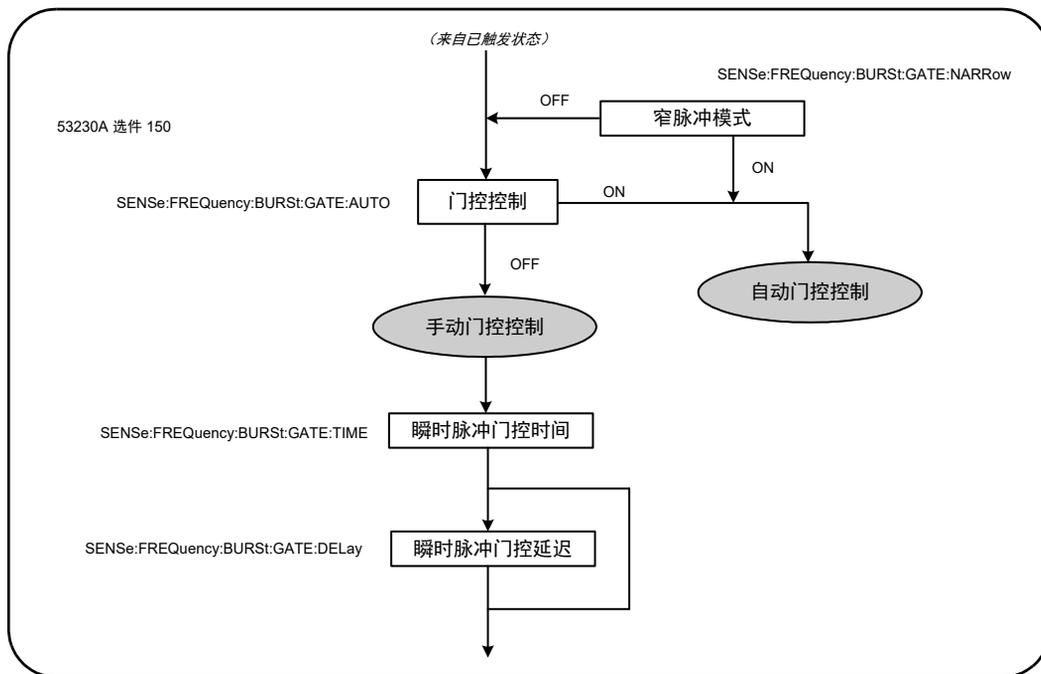


图 5-8 载波频率测量的门控控制。

门控控制方法可使用以下命令设置：

```
[SENSe:]FREQUency:BURSt:GATE:AUTO {OFF|ON}
```

```
[SENSe:]FREQUency:BURSt:GATE:AUTO? (查询表)
```

如果使用 **ON**，则门控时间和延迟是根据脉冲信号的特性自动配置的。重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet 或 **Preset** 键) 之后，将启用自动门控控制 (**ON**)。

如果使用 **OFF**，则门控时间和延迟可使用以下命令手动设置：

```
[SENSe:]FREQUency:BURSt:GATE:TIME {<time>|MINimum|
MAXimum|DEFault}
```

```
[SENSe:]FREQUency:BURSt:GATE:TIME?[{MINimum|MAXimum|
DEFault}] (查询表)
```

```
[SENSe:]FREQUency:BURSt:GATE:DELAy {<delay>|MINimum|
MAXimum DEFault}
```

```
[SENSe:]FREQUency:BURSt:GATE:DELAy?[{MINimum|MAXimum|
DEFault}] (查询表)
```

- **time** 将设置用于测量瞬时脉冲载波频率的门控时间。为获得准确结果，门控窗口（开 / 关）必须介于阈值检测器的 (-6 dB, -12 dB) 灵敏度范围中。对于 10 ns 的分辨率，**time** 的范围为 1 μ s 至 100s。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet 或 **Preset** 键) 之后，门控时间将设置为 1 μ s。

- **delay** 设置测量开始时的门控延迟。当输入电平达到 **INPut3:BURSt:LEVel** 命令设置的检测器阈值 (-6 dB, -12 dB) 时，延迟将会启动。对于 10 ns 的分辨率，**delay** 的范围为 0s 至 10s。

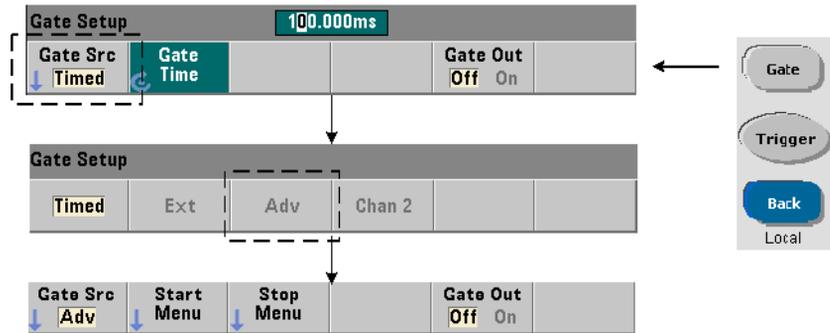
重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet 或 **Preset** 键) 之后，延迟将设置为 0.0s。

载波频率配置示例

以下示例显示了瞬时脉冲载波频率测量的典型配置。在此示例中，门控延迟和门控时间是以手动方式设置的。如果该脉冲的特性未知，则可单独测量“打开时间”，确保延迟和时间均位于阈值探测器的灵敏度范围之内（有关脉冲测量的详细示例，请参见第3章）。

```
// 测量要确定的瞬时脉冲的打开时间
// 相应的延迟和门控时间
CONF:PWID:BURS (@3)
    INP3:BURS:LEV -6
READ?
.
.
// 测量瞬时脉冲的载波频率
CONF:FREQ:BURS (@3)
    INP3:BURS:LEV -6 // 设置检测器阈值级别
    SENS:FREQ:BURS:GATE:NARR OFF // 关闭窄模式
    SENS:FREQ:BURS:GATE:AUTO OFF // 手动设置延迟 / 时间
    SENS:FREQ:BURS:GATE:DEL 5E-6 // 设置门控延迟
    SENS:FREQ:BURS:GATE:TIME 10E-6 // 设置门控时间
READ?
```

高级门控控制 - 门控启动



在频率、积算和时间间隔测量的配置过程中，如果将门控源设置为 **ADVanced**，则会启用测量门控的**其他**（开始 / 停止）控制。图 5-8 重复显示了图 5-2 中显示的完整触发 / 门控周期的门控启动源部分。

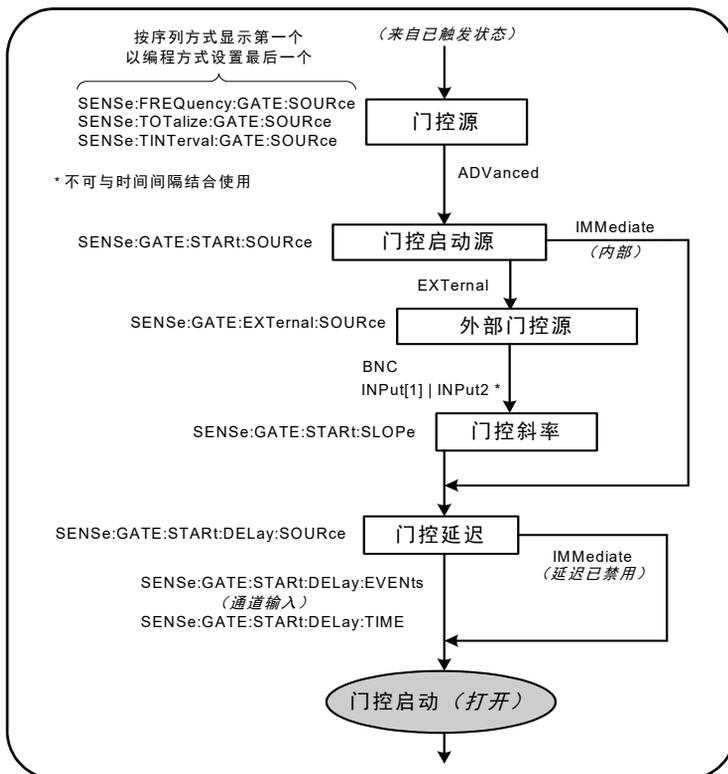
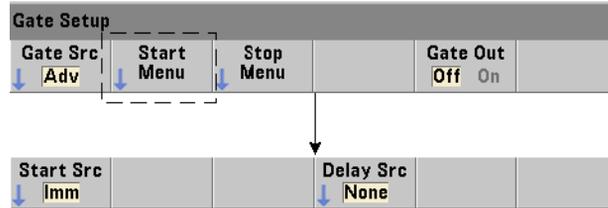


图 5-9 门控启动序列。

门控启动源



设置门控启动（打开）源的特定命令是：

```
[SENSe:]GATE:STARt:SOURce {IMMEDIATE|EXTernal}
```

```
[SENSe:]GATE:STARt:SOURce? (查询表)
```

- 收到系统触发并经过任何编程的系统触发延迟和门控启动延迟后，门控源 **IMMEDIATE** 立即启动（打开）测量门控。
- 门控源 **EXTernal** 将设置以下命令指定的门控源：

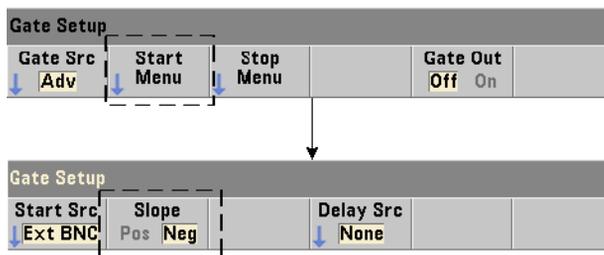

```
[SENSe:]GATE:EXTernal:SOURce {BNC|INPut[1]|INPut2}
```

```
[SENSe:]GATE:EXTernal:SOURce? (查询表)
```
- 门控源 **BNC** 是计数器的后面板“门控输入 / 输出” BNC。
- 门控源 **INPut[1]** 和 **INPut2**（以 **Chan 1** 和 **Chan 2** 软键表示）是计数器的通道 1 和通道 2 输入。这些源不能用于时间间隔、脉冲宽度、占空比、上升 / 下降时间或相位测量。

注意

OUTput:STATe OFF 在使用门控源 **BNC** 时必须选中。有关详细信息以及使用门控信号与其他仪器同步的信息，请参见“在‘门控输入 / 输出’ BNC 中启用门控信号”。

外部门控启动信号的极性



使用列出的外部门控源时，启动门控信号的极性可使用以下命令设置（更改）：

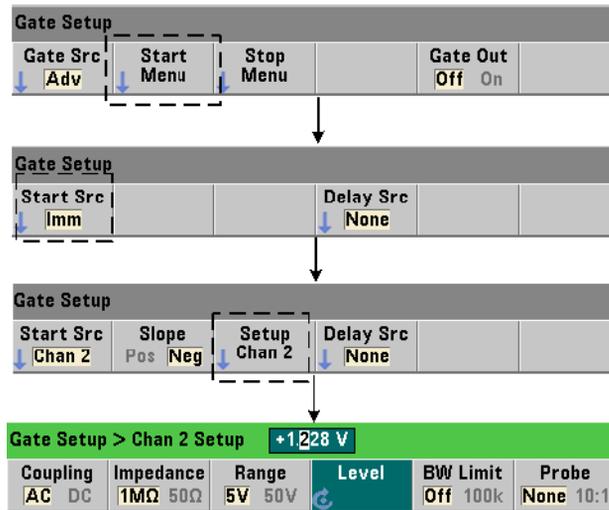
```
[SENSe:]GATE:START:SLOPe {POSitive|NEGative}
```

```
[SENSe:]GATE:START:SLOPe? (查询表)
```

POSitive 在门控输入 / 输出 BNC 或通道 1 / 通道 2 输入的正向沿启动（打开）门控。**NEGative** 在门控输入 / 输出 BNC 或通道 1 / 通道 2 输入的负向沿启动测量。门控将根据对应的停止门控设置停止（关闭）。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PRESet 或 **Preset** 键) 之后，将选定负向斜率。

外部门控启动信号的阈值



对于外部源 INPut[1] 和 INPut2（Chan 1 和 Chan 2 软键），除了指定门控信号斜率，还必须指定**固定**的输入阈值电压。这是通过使用以下命令来执行的：

```
INPut[{1|2}]:LEVe1[{1|2}][:ABSolute]{<volts>|MINimum|
MAXimum|DEFault}
```

```
INPut[{1|2}]:LEVe1[{1|2}][:ABSolute]?[{:MINimum|MAXimum|
DEFault}] (查询表)
```

与阈值交叉的门控信号的指定边沿（斜率）将启动门控。（有关 INPut 子系统的详细信息，请参见第 4 章 - “53220A/53230A 输入信号调节”。）

使用外部源 INPut[1] 和 INPut2 时，选择作为门控源的通道不能是应用**测量**信号的同—通道。即：门控启动源通道不得用于测量。

门控启动配置示例

以下示例显示低级用户如何通过设置多个参数来控制启动门控。

// 为外部门控频率测量

// 配置计数器。门控启动信号应用于后

// 面板的“门控输入” BNC

```
CONF:FREQ (@2) // 通道 2 中的频率测量
```

```
TRIG:SOUR INT // 使用内部触发源
```

```
SAMP:COUN 3 // 设置三个读数（门控周期）
```

```
SENS:GATE:STAR:SOUR EXT // 设置外部门控源
```

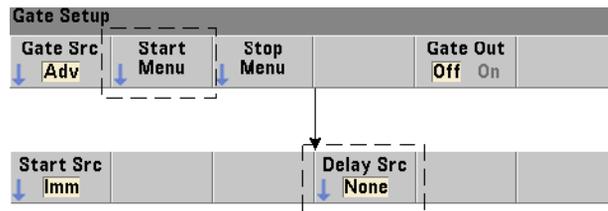
```
SENS:GATE:EXT:SOUR EXT // 选择后面板“门控输入” BNC
```

```
OUTP:STAT OFF // 禁用 BNC 作为输出
```

```
SENS:GATE:STAR:SLOP POS // 设置正向沿启动门控斜率
```

```
SENS:FREQ:GATE SOUR ADV // 低级门控控制
```

设置门控启动延迟



使用内部（立即）信号或外部信号启动（打开）门控时，可以指定在启动（打开）门控的情况下收到信号时的延迟。延迟源及其参数使用以下命令设置：

```
[SENSe:]GATE:START:DElay:SOURce {IMMediate|EVENTs|TIME}
```

```
[SENSe:]GATE:START:DElay:SOURce? (查询表)
```

- 延迟源 **IMMediate** 将禁用延迟设置，且不会出现门控延迟现象。**CONFIGure** 和 **MEASure** 不会更改延迟源设置。重置 (*RST) 或预设仪器 (**SYSTEM:PRESet** 或 **Preset** 键) 之后，将选定延迟源 **IMMediate**。
- 延迟源 **EVENTs** 将延迟门控启动（打开），直到**输入通道**中出现 **INPut** 子系统配置的指定数量事件（边沿）为止。对于双通道时间间隔测量，在“开始”通道中对延迟事件计数。对于频率比测量，在“分母”通道中对延迟事件计数。

事件数可使用以下命令指定：

```
[SENSe:]GATE:START:DElay:EVENTs {<count>|MINimum|
MAXimum|DEFault}
```

```
[SENSe:]GATE:START:DElay:EVENTs? (查询表)
```

- 延迟源 **TIME** 可将门控启动（打开）延迟以下命令所设置的一段时间：

```
[SENSe:]GATE:START:DElay:TIME {<time>|MINimum|MAXimum|
DEFault}
```

```
[SENSe:]GATE:START:DElay:TIME? (查询表)
```

高级门控控制 - 门控停止延迟和门控停止

高级门控控制还包括启用门控停止延迟和设置门控停止（关闭）参数。图 5-9 重复显示了图 5-2 中显示的完整触发 / 门控周期的门控停止延迟和门控停止部分。

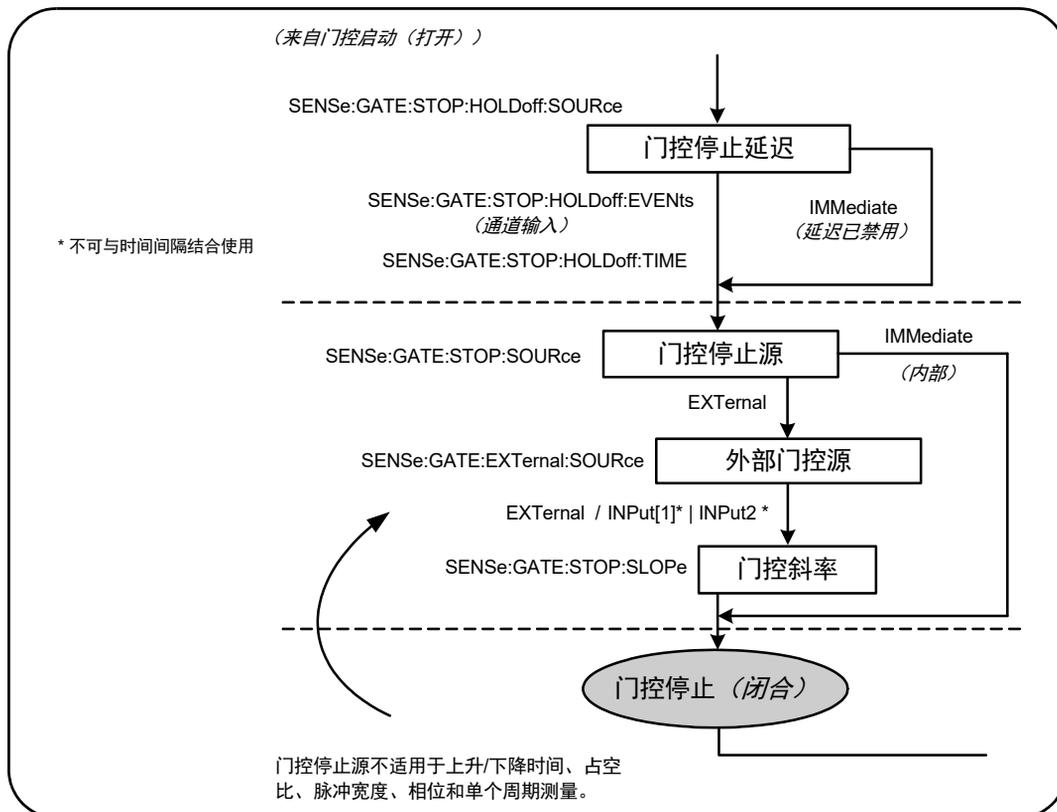


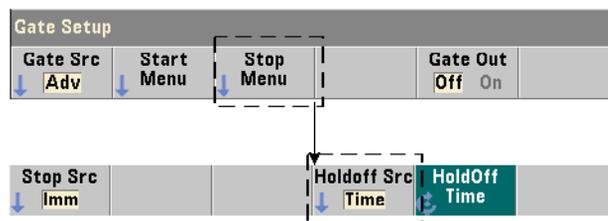
图 5-10 门控停止延迟和门控停止序列。

门控停止延迟

门控停止延迟可延迟门控，直到指定时间段内停止（关闭），或直到**输入通道**中已发生指定数量的事件（边沿）为止。

对于积算测量，或者从时间角度指定延迟，延迟将在门控**打开**时开始。对于所有其他测量，或为大量输入事件指定延迟，则延迟将在门控**打开**之后、**第一次事件**时开始（图 5-1）。

门控停止延迟源



门控停止延迟源及其参数可使用以下命令设置：

```
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDoff:SOURce {IMMEDIATE|EVENTS|TIME}
```

```
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDoff:SOURce? (查询表)
```

- 延迟源 **IMMEDIATE** 将禁用延迟设置，且不会出现**门控延迟**现象。门控将在满足门控停止参数之后立即关闭。

CONFigure 和 **MEASure** 不会更改延迟源设置。重置 (***RST**) 或预设仪器 (**SYSTEM:PRESet** 或 **Preset** 键) 之后，将选定（禁用）延迟源 **IMMEDIATE**。

- 延迟源 **EVENTS** 将延迟门控停止（关闭），直到**输入通道**中出现 **INPut** 子系统配置的指定数量事件（边沿）为止。对于双通道时间间隔测量，在“停止”通道中对延迟事件计数。对于频率比测量，在“分母”通道中对延迟事件计数。

事件数可使用以下命令指定：

```
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDoff:EVENTs {<count>|MINimum|
MAXimum|DEFault}
```

```
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDoff:EVENTs? (查询表)
```

- 延迟源 **TIME** 可将门控停止（关闭）延迟由以下命令设置的一段时间：

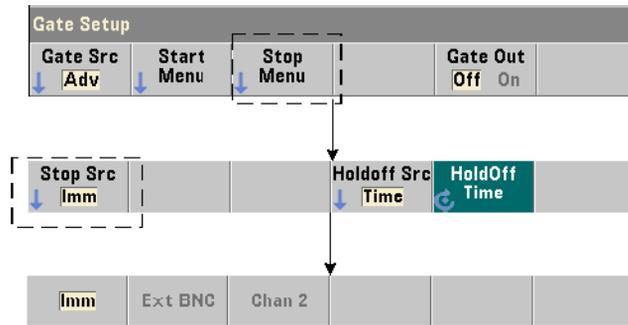
```
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDOff:TIME {<time>|MINimum|MAXimum|
INFinity|DEFault}
```

```
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDOff:TIME? (查询表)
```

请注意：对于频率、频率比、平均周期、PRF 和 PRI 测量，53220A 的最短门控停止（关闭）延迟时间为 100 微秒，53230A 的最短门控停止（关闭）延迟时间为 1 微秒。

只有积算测量功能才会接受 **INFinity** 或 **+9.9E+37**。选中该功能之后，门控将始终打开，直至收到 **ABORT** 或 ***RST** 命令或设备清除指令为止。

门控停止源



门控停止源确定停止延迟之后何时关闭测量门控。

注意

设置门控停止源不适用于上升 / 下降时间、占空比、脉冲宽度、相位和单个周期测量。这些测量将在输入通道的下一个相应边沿自动完成。

设置门控停止源的特定命令是：

```
[SENSe:]GATE:STOP:SOURce {IMMEDIATE|EXTernal}
```

```
[SENSe:]GATE:STOP:SOURce? (查询表)
```

- 门控源 **IMMEDIATE** 在任何门控停止延迟后立即停止（关闭）测量门控。
- 门控源 **EXTernal** 将设置以下命令指定的门控停止源：

[SENSe:]GATE:EXTErnal:SOURce {EXTErnal|INPut[1]|INPut2}

[SENSe:]GATE:EXTErnal:SOURce? (查询表)

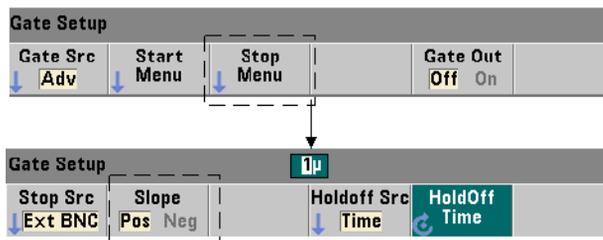
- 门控源 EXTErnal 是计数器的后面板“门控输入/输出”BNC。
- 门控源 INPut[1] 和 INPut2（时间间隔测量不可用）是计数器的通道 1 和通道 2 输入（前面板或后面板 - 选项 201）。

注意

OUTput:STATe OFF 在使用门控源 EXTErnal 时必须选中。有关详细信息以及使用门控信号与其他仪器同步的信息，请参见“在‘门控输入/输出’BNC 中启用门控信号”。

CONFigure 和 MEASure 不会更改门控停止源设置。重置(*RST)或预设仪器 (SYSTem:PRESet 或 Preset 键)之后，将选定门控停止源 EXTErnal。

外部门控停止信号的极性



使用以上列出的外部门控源时，停止门控信号的极性可使用以下命令设置（更改）：

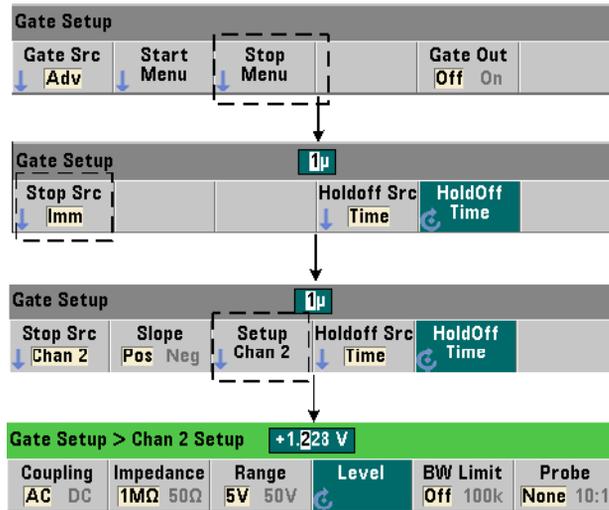
```
[SENSe:]GATE:STOP:SLOPe {POSitive|NEGative}
```

```
[SENSe:]GATE:STOP:SLOPe? (查询表)
```

POSitive 在门控输入 / 输出 BNC 或通道 1 / 通道 2 输入的正向沿停止（关闭）门控。**NEGative** 在门控输入 / 输出 BNC 或通道 1 / 通道 2 输入的负向沿停止测量。

CONFigure 和 **MEASure** 不会更改斜率设置。重置 (***RST**) 或预设仪器 (**SYSTem:PRESet** 或 **Preset** 键) 之后，将选定正向斜率。

外部门控停止信号的阈值



对于外部源 INPut[1] 和 INPut2（Chan 1 和 Chan 2 软键），除了指定门控信号斜率，还必须指定**固定**的输入阈值电压。这是通过使用以下命令来执行的：

```
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}][:ABSolute]{<volts>|MINimum|
MAXimum|DEFault}
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}][:ABSolute]?[ {MINimum|MAXimum|
DEFault} ]
```

（查询表）

与阈值交叉的门控信号的指定边沿（斜率）将停止门控。（有关 INPut 子系统的详细信息，请参见第 4 章 - “53220A/53230A 输入信号条件”。）

使用外部源 INPut[1] 和 INPut2 时，选择作为门控源的通道不能是应用**测量**信号的同—通道。即：门控启动源通道不得用于测量。

门控延迟和停止配置示例

以下示例显示了使用低级命令配置停止门控延迟和停止门控时常用的序列。

```
// 为外部门控时间间隔测量
// 配置计数器。门控启动信号和停止信号
// 应用于后面板的“门控输入” BNC 中。门控关闭是指
// 收到停止门控信号之后延迟
// 1 秒。
//
CONF:TINT (@1),(@2) // 通道 1 和通道 2 的时间间隔平均值
TRIG:SOUR INT // 使用内部触发源
TRIG:COUN 1 // 指定一个触发

SAMP:COUN 2 // 设置两个读数（门控周期）
SENS:GATE:STAR:SOUR EXT // 设置外部门控源

SENS:GATE:EXT:SOUR EXT // 选择后面板“门控输入” BNC
SENS:GATE:STAR:SLOP POS // 设置正向沿启动门控斜率
OUTP:STAT OFF // 禁用 BNC 作为输出
//
// 配置延迟和停止门控
//
SENS:GATE:STOP:HOLD:SOUR TIME // 延迟源
SENS:GATE:STOP:HOLD:TIME 1 // 延迟门控关闭 1s
SENS:GATE:STOP:SOUR EXT // 外部停止门控源
SENS:GATE:EXT:SOUR EXT // 选择后面板“门控输入” BNC
SENS:GATE:STOP:SLOP POS // 选择正向沿停止门控源
SENS:FREQ:GATE SOUR ADV // 低级门控控制
READ? // 启动计数器并提取读取
```

自动门控扩展

53220A/53230A 固有的**频率**和**周期**测量是自动门控的扩展测量。该测量将在门控关闭（停止）之后结束输入信号的一个边沿（事件）。因此，样本计数 (SAMPle:COUnT) 不会增加并导致触发 / 门控周期（图 5-2）中的潜在状态更改，直到该门控扩展完成为止。

本页特意留为空白。

6 53220A/53230A 数学、图形和数据记录

数学函数	218
柱状图	238
趋势图	251
数据记录	258
图形函数和读数存储器	263

Keysight 53220A/53230A 计数器提供了许多数学运算函数，支持您标定读数、测试限制并以统计方式分析数据。其图形函数可以计算并显示实时测量数据的柱状图和趋势图。

本章介绍如何通过 SCPI CALCulate 子系统以及前面板的 **Math**、**Graph** 和 **Data Log** 键使用这些功能。

数学函数

53220A/53230A 计数器的数学函数包括平滑处理、无效 / 标定、统计、限制检查。图 6-1 说明了如何启用这些函数。

数学函数的启用分为两个级别：1) 作为整体启用 `CALCulate[1]` 子系统；2) 分别启用单个数学运算。一旦通过 `INITiate:IMMediate` 或 `READ?` 启动测量，或者从前面板中选择数学运算（使用内部触发）后，数学运算便开始执行。读数将会实时处理并显示，存储在读数存储器中，并发送至输出缓冲区（它们不会从读数存储器中进行后处理）。

对于指定的触发周期（第 5 章“触发和门控”）来说，处理的读数数量由触发计数 (`TRIGger:COUNT`) 以及每个触发器的读数数量 (`SAMPlE:COUNT`) 确定。**每个命令设置的默认触发计数和样本计数均为“1”**。每次启动计数器时，都会清除读数存储器，并生成一组已进行数学处理的新数据。如果触发源始终采用默认的 `INTernal` 设置，则读数可持续从前面板中处理。

本章介绍的数学和图形函数是分别启用的（图 6-1）。但是，可以同时启用多个运算，也可以对同一组读数执行多个运算。

注意

本章中列出的 SCPI 命令和参数可用作如何以编程方式操作计数器的指南。这些命令在 *编程人员参考* 中有详细描述。

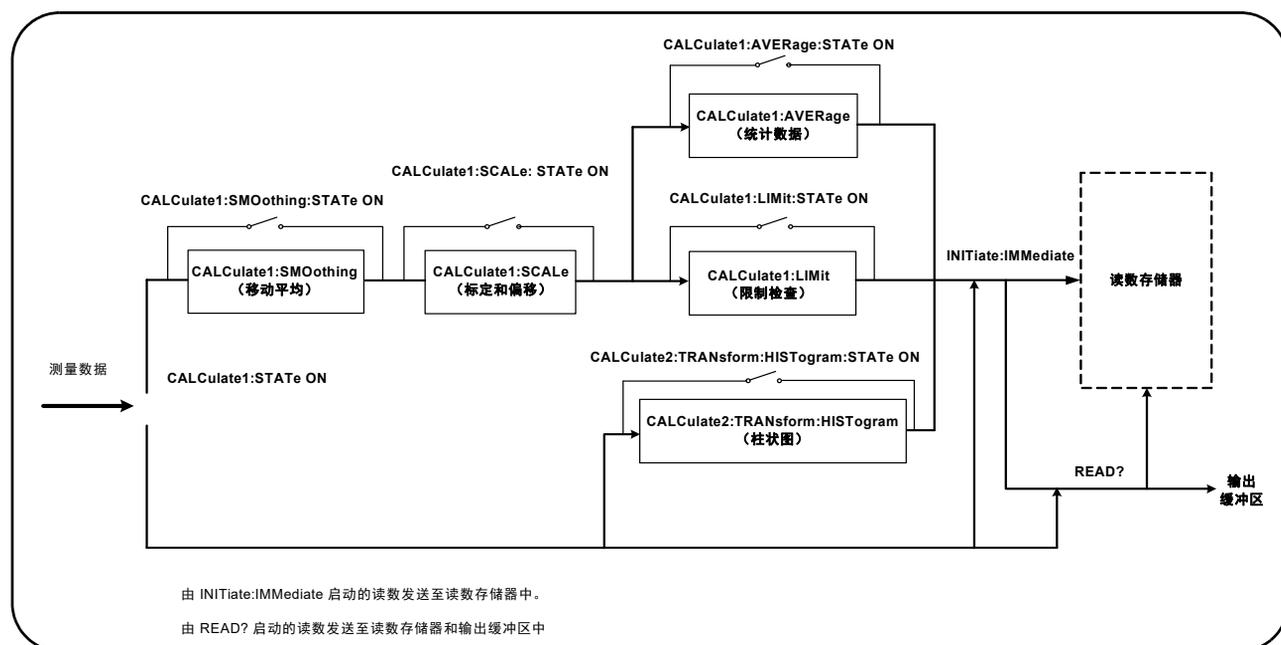


图 6-1 启用数学运算。

启用 CALCulate1 子系统

在执行单个数学运算之前，必须启用 **CALCulate1** 子系统和特定的数学运算。
用来启用 **CALCulate1** 子系统的命令是：

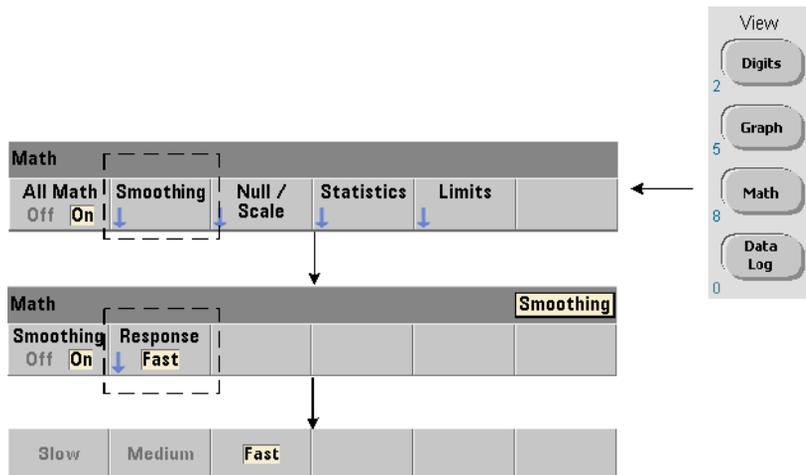
CALCulate[1][:STATe] {OFF|ON}

CALCulate[1][:STATe]? (查询表)

ON 启用子系统，**OFF** 禁用子系统。禁用子系统后，无论是否已启用任何数据运算，测量数据均会在不执行数学运算的情况下直接发送到输出缓冲区和 / 或读数存储器。

重置 (*RST)、仪器预设 (SYSTEM:PRESet) 或更改测量功能均会禁用 **CALCulate1** 子系统。

对数据执行平滑处理



在对传入数据执行数学运算之前，可以对测量结果“执行平滑处理”并进行标定。

要**减少随机噪声**，则可在数据路径中插入移动平均（箱式）滤波器（图 6-1）。要启用滤波器并指定要平均的读数（子集）数量，请使用以下命令：

```
CALCulate[1]:SMOothing[:STATe] {OFF|ON}
```

```
CALCulate[1]:SMOothing[:STATe]? (查询表)
```

```
CALCulate[1]:SMOothing:RESPonse {SLOW|MEDIUm|FAST}
```

```
CALCulate[1]:SMOothing:RESPonse? (查询表)
```

ON 表示启用移动平均滤波器，即：将它放置在数据路径中。OFF 表示禁用滤波器。重置(*RST)或预设仪器(SYSTEM:PRESet)均会禁用该滤波器。

要平均的读数数量可指定为：

SLOW - 100 个读数：重置滤波器需要进行 ± 100 ppm 的更改

MEDIUm - 50 个读数：重置滤波器需要进行 ± 300 ppm 的更改

FAST - 10 个读数：重置滤波器需要进行 ± 1000 ppm 的更改

如果测量功能或通道已更改、如果启动另一组读数，或者如果测量结果不在与指定读数数量对应的范围（**SLOW**、**MEDium**、**FAST**）之内，则会重置滤波器。

滤波器重置之后，其读数将为小于指定响应（10、50、100 个）的所有读数的平均值。此时，读数为最后 10 个、50 个或 100 个测量结果的移动平均值。对于求平均的所有测量值应用相等加权。

重置 (***RST**) 或预设仪器 (**SYSTem:PRESet**) 会将响应设置为 **FAST**。

平滑处理示例

```
// 预期 1 kHz 信号的频率测量 - 通道 1
// 降低 5,000 读数的噪声
CONF:FREQ 1E3,(@1)
  SAMP:COUN 5000 // 获取 5000 个读数
  CALC:STAT ON // 启用 CALCulate1 子系统
  CALC:SMO:STAT ON // 启用移动平均滤波器
  CALC:SMO:RESP SLOW // 对 100 个读数求平均值
INIT
```

标定函数

启用标定时，统计分析、限制检查、柱状图和趋势图会使用**标定的数据**。图 6-2 展示了启用标定函数的显示屏。

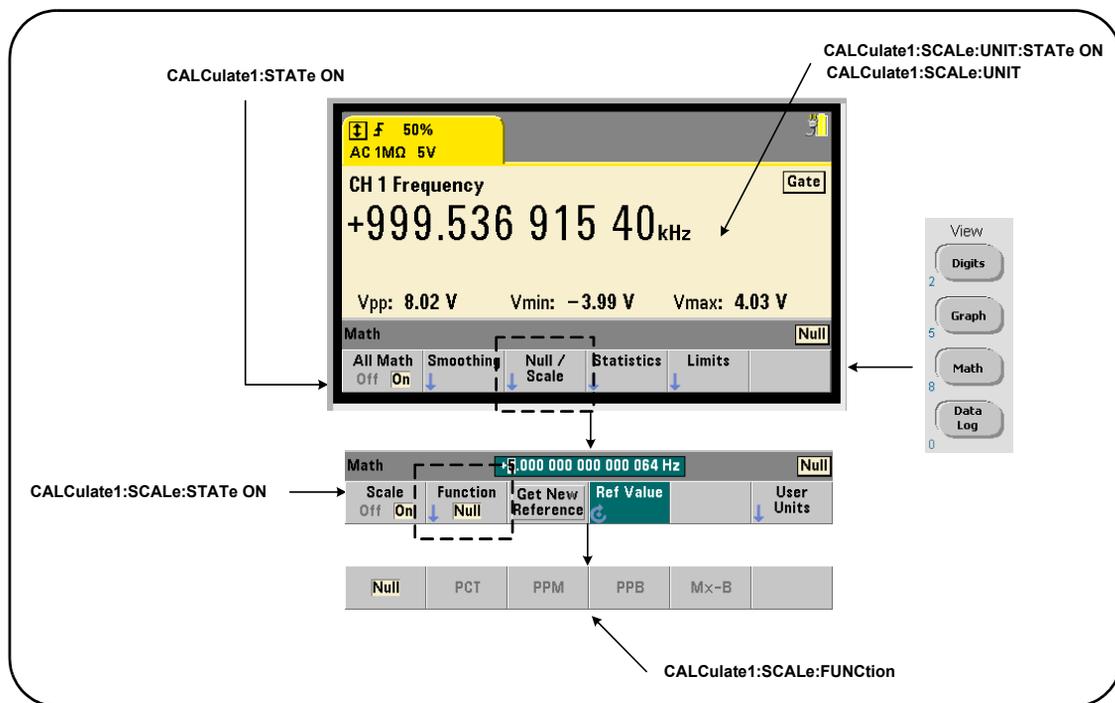


图 6-2 启用标定函数的 53220A/53230A 显示屏。

启用标定函数

所有 53220A/53230A 标定函数均可使用以下命令启用：

`CALCulate[1]:SCALE[:STATe] {OFF|ON}`

`CALCulate[1]:SCALE[:STATe]?` (查询表)

ON 表示启用标定。OFF 表示禁用标定。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet) 之后，均会禁用标定。

使用标定函数

计数器标定函数包括 NULL、百分比更改 (PCT)、百万分之一更改 (PPM)、十亿分之一更改 (PPB) 和标定 (Mx-B)。这些函数可通过以下命令选中：

CALCulate[1]:SCALE:FUNCTION {NULL|PCT|PPM|PPB|SCALE}

CALCulate[1]:SCALE:FUNCTION? (查询表)

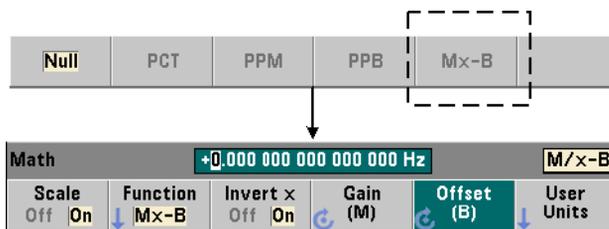
NULL - 执行空运算。结果是测量值减去参考值。(有关设置参考的信息，请参见“标定参考值”)。

PCT - 执行百分比更改运算。结果是以百分比的形式表示测量值与参考值之间的差别。

PPM - 执行百万分之一更改运算。结果是以百万分之一的形式表示测量值与参考值之间的差别。

PPB - 执行十亿分之一更改运算。结果是以十亿分之一的形式表示测量值与参考值之间的差别。

SCALE - 执行 Mx-B 运算。结果是测量值 (x) 乘以增益值 M (CALCulate1:SCALE:GAIN 命令)，再减去偏移值 B (CALCulate1:SCALE:OFFSet)。如果 CALCulate1:SCALE:INVert 已启用 (On)，则测量会先反转 (1/x)，导致 M/x-B 运算。



标定函数的结果必须位于 $-1.0\text{E}+24$ 至 $-1.0\text{E}-24$ 、 0.0 或 $+1.0\text{E}-24$ 至 $1.0\text{E}+24$ 范围之内。任何超出这些限制的结果均会替换为 $-9.9\text{E}+37$ (负无穷大)、 0 或 $+9.9\text{E}+37$ (正无穷大)。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PRESet) 之后，标定函数将设置为 NULL。

标定参考值



NULL、PCT、PPM 和 PPB 标定函数要求提供参考值。对于 PCT、PPM 和 PPB，该值不可为“0”。参考值可以自动获得，也可以通过以下命令直接指定：

```
CALCulate[1]:SCALE:REFerence:AUTO {OFF|ON}
```

CALCulate[1]:SCALE:REFerence:AUTO? (查询表)

```
CALCulate[1]:SCALE:REFerence {<reference>|MINimum|MAXimum|DEFault}
```

```
CALCulate[1]:SCALE:REFerence?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

(查询表)

ON - 自动选择第一个测量值作为读数计数（触发计数 x 样本计数）中所有后续读数的参考。OFF 禁用自动选择，并要求直接指定参考值。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PRESet) 之后，均会启用自动选择参考值 (ON)。

<reference> - 直接指定参考值。该参考值用于读数计数中的所有读数。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PRESet) 之后，参考值将设置为 0.0，且启用自动参考。

从前面板中按 **Get New Reference** 时，参考测量将在按下该键后收到第一个触发时进行。通过选择 **Ref Value** 并使用旋钮或数字键（同时按下 **Shift** 键），可以手动输入参考值。

参考示例

```
// 确定 100 个频率测量值与参考值 50000.000 之间的
// 的百分比差别
CONF:FREQ 50E3,(@1)
    SAMP:COUN 100           // 获取 100 个读数
    CALC:STAT ON           // 启用 CALCulate1 子系统
    CALC:SCAL:STAT ON      // 启用标定
    CALC:SCAL:FUNC PCT     // 选择标定函数 (PCT)
    CALC:SCAL:REF 50.000E3 // 设置参考值
```

INIT

标定增益和偏移

函数 CALCulate[1]:SCALE:FUNCTION SCALE 对每个读数执行 $Mx-B$ 运算，其中 M 是增益值， x 是读数， B 是偏移值。等式中使用的增益值是通过以下命令设置的：

```
CALCulate[1]:SCALE:GAIN {<gain>|MINimum|MAXimum|DEFault}
CALCulate[1]:SCALE:GAIN?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

(查询表)

gain 值的范围为：

-1.0E+15 到 -1.0E-15、0.0、 +1.0E-15 到 +1.0E+15

gain 的默认值为 1.0，是在重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PRESet) 之后设置的值。

偏移值 (B) 是使用以下命令设置的：

```
CALCulate[1]:SCALE:OFFSet {<offset>|MINimum|MAXimum|
DEFault}
CALCulate[1]:SCALE:OFFSet?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

(查询表)

offset 值的范围为:

-1.0E+15 到 -1.0E-15、 0.0、 +1.0E-15 到 +1.0E+15

offset 的默认值为 0.0，是在重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet) 之后设置的值。

反转读数 (1/x) 每个读数在提取之后、在 Mx-B 等式中使用之前均可反转，因此将变为 **M/x-B** 的形式。反转可使用以下命令启用：

CALCulate[1]:SCALE:INVert {OFF|ON}

CALCulate[1]:SCALE:INVert? (查询表)

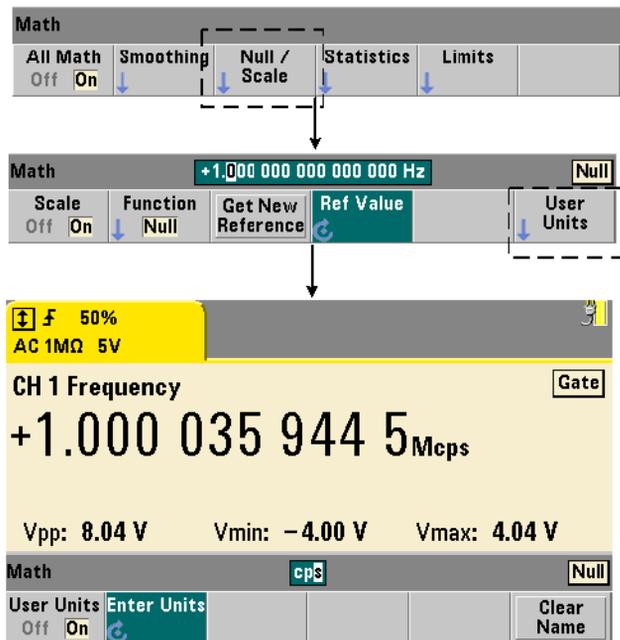
ON - 反转读数。OFF 禁用读数反转。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet) 之后，均会禁用读数反转。

注意

启用 (On) **Invert x** 之后，前面板的读数单位（Hz、秒）将会关闭。如果需要保留显示的单位，请参见“分配读数单位”。

分配读数单位



为了便于从前面板中识别读数，可以将用户定义的“单位字符串”分配给任何标定函数。用户字符串将替换仪器分配的测量单位（Hz、pct、ppm...）。单位前缀

（ μ 、m、k、M）仍会保留。

单位字符串将显示在计数器中，并可使用以下命令加以定义：

```
CALCulate[1]:SCALE:UNIT:STATE {OFF|ON}
```

```
CALCulate[1]:SCALE:UNIT:STATE? (查询表)
```

```
CALCulate[1]:SCALE:UNIT "<units>"
```

```
CALCulate[1]:SCALE:UNIT? (查询表)
```

ON - 在前面板中显示用户定义的单位。 **OFF** - 关闭用户定义的单位。

units 是指一至四个字符。在此命令中，双引号括住了该字符串。分配的单位仅出现在计数器的显示屏中。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet) 之后，均会禁用用户定义的单位。

从前面板中，通过按 **User Units** 软键、启用单位 (**On**)、使用旋钮和箭头输入并选择字符位置，可以输入单位。

标定示例

以下示例是 SCPI **CALCulate[1]** 子系统中标定命令的典型序列。

// 标定 500 个读数 (M/x-B) 并分配读数单位

```
CONF:FREQ (@1)           // 频率测量
    SAMP:COUN 500         // 500 个读数 / 触发
    SENS:FREQ:GATE:TIME .010 // 设置最小门控时间
    CALC:STAT ON          // 启用 CALCulate1 子系统
    CALC:SCAL:STAT ON     // 启用标定操作
    CALC:SCAL:FUNC SCAL   // 设置标定函数 = Mx-B
    CALC:SCAL:INV ON      // 反转读数 (M/x-B)
    CALC:SCAL:GAIN 100    // 设置增益 (M)
    CALC:SCAL:OFFS 0      // 设置偏移 (B)
    CALC:SCAL:UNIT:STAT ON // 启用用户定义的单位
    CALC:SCAL:UNIT "sec"  // 为读数分配单位
INIT                       // 启动读数
```

如果输入频率为 1 MHz，则计数器应显示约为 **+100.00... usec** 的读数。

统计信息

提取读数时，或者在达到 (TRIGGER:COUNT x SAMPLE:COUNT) 读数总计数时，系统将持续对读数执行统计计算。在本节中，我们将介绍用来生成统计数据的命令。

顺便提醒一下，您可同时启用多个操作。图 6-3 是一个已启用统计和限制检查的示例。

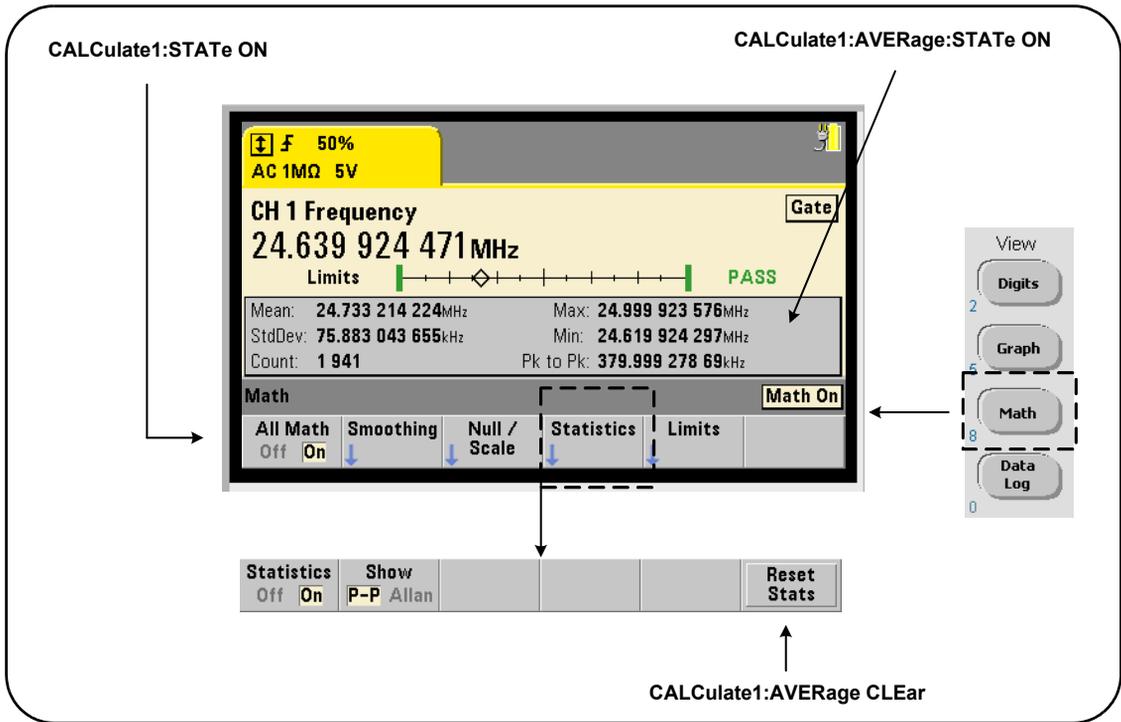


图 6-3 已启用限制检查和统计的计数器显示屏。

启用统计

在执行统计计算之前，必须使用以下命令加以启用：

CALCulate[1]:AVERAge:STATe {OFF|ON}

CALCulate[1]:AVERAge[:STATe]? (查询表)

ON - 在进行读数时对读数启用统计计算。统计数据包括：平均值、标准偏差、艾伦偏差、最大值、最小值、峰 - 峰平均值。

OFF - 禁用统计计算。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PRESet) 之后，均会禁用统计计算。

读数计数

启用 **Math** 和 **Statistics** 函数时，将启动统计计算。以指定的统计集合为基础得出的读数数量显示为 **Count** 值 (图 6-3)。此计数也可以使用以下命令查询：

CALCulate[1]:AVERAge:COUNt:CURRent?

启动测量 (即 INITiate:IMMediate、READ?、MEASure?) 之后，可以随时读取计数。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PRESet) 之后，该计数将设置为 “1”。

平均值、标准偏差、最大值、最小值

当前读数计数的平均值、标准偏差、最小值和最大值可以使用以下命令确定：

CALCulate[1]:AVERAge:ALL?

如果读数已标定 (请参见 “标定函数”，则统计数据将以标定读数为基础。

例如：启用和计算统计数据

以下示例将为 500 个读数返回平均值、标准偏差、最小值和最大值。尽管触发计数的默认值设置为“1”，但触发计数的设置仍会显示为完整。其中的“wait”语句将延迟分析，直到**所有**读数均完成为止。

```
CONF:FREQ (@1)           // 通道 1 上的频率测量
    TRIG:COUN 1           // 触发计数为 1
    SAMP:COUN 500        // 500 个读数 / 触发
    SENS:FREQ:GATE:TIME 10e-3 // 10 ms 门控时间
    CALC:STAT ON         // 启用 CALCulate1 子系统
    CALC:AVER:STAT ON    // 启用统计数据
INIT                       // 已启动测量
*WAI                       // 等待所有读数完成
CALC:AVER:ALL?           // 计算统计数据
```

此命令返回的常见数据是：

```
平均值 标准偏差
+5.50020355962701E+006  +2.59738014535884E+006
      最小值                最大值
+1.04179550991303E+006,  +9.94903904473447E+006
```

平均值、最小值、最大值、峰 - 峰平均值

使用以下命令，可以确定一组指定读数的单个特性。在使用任何命令之前，必须先使用 `CALCulate[1]:AVERage:STATe ON` 启用统计。

`CALCulate[1]:AVERage:AVERage?`

- 返回读数计数中所有读数的平均值。

`CALCulate[1]:AVERage:MINimum?`

- 返回当前读数计数中所有读数的最小值。

`CALCulate[1]:AVERage:MAXimum?`

- 返回当前读数计数中所有读数的最大值。

CALCulate[1]:AVERage:PTPeak?

- 返回读数计数中所有读数的峰 - 峰平均值（平均最大值 - 平均最小值）。

例如：计算单个统计数据

以下示例显示如何分别查询这些读数参数。

```

CONF:PER (@1)           // 配置周期测量
TRIG:COUN 2             // 触发计数 = 2
SAMP:COUN 100          // 100 个读数 / 触发
    SENS:FREQ:GATE:TIME 10e-3 // 10 ms 门控时间
    CALC:STAT ON        // 启用 CALCulate1 子系统
    CALC:AVER:STAT ON   // 启用统计数据
INIT                    // 启动测量
*WAI                    // 等待所有读数完成
CALC:AVER:MIN?         // 查询各个参数
CALC:AVER:MAX?
CALC:AVER:AVER?
CALC:AVER:PTP?

```

艾伦偏差

艾伦偏差用来估计稳定性，可从前面板中选择（图 6-3），也可使用以下命令启用：

CALCulate[1]:AVERage:ADEViation?

艾伦偏差仅用于 **frequency** 和 **period** 测量，且要求持续（无间隙）测量 (SENSe:

FREQuency:MODE CONTinuous)，才能实现最准确的测量结果。只有 53230A 支持持续模式。

53220A 也附带提供艾伦偏差，但 53220A 不支持持续（无间隙）测量。

例如：设置艾伦偏差测量 (53230A)

```
CONF:FREQ (@1)           // 通道 1 上的频率测量
  TRIG:COUN 1             // 设置触发计数
  SAMP:COUN 300           // 获取 300 个读数
  SENS:FREQ:MODE CONT     // 设置持续（无间隙）模式
  SENS:FREQ:GATE:TIME 1e3 // 1 ms 门控时间
  CALC:STAT ON            // 启用 CALCulate1 子系统
  CALC:AVER:STAT ON      // 启用统计数据
INIT                       // 已启动测量
*WAI                       // 等待所有读数完成
CALC:AVER:ADEV?           // 艾伦偏差
```

标准偏差

计数器的标准偏差可通过使用以下命令获得：

```
CALCulate[1]:AVERage:SDEviation?
```

CALCulate1 子系统和统计数据也必须先启用，才能确定标准偏差。

清除 / 重置统计数据

当前这一组读数统计数据可以使用以下任一方式清除：

- 启用统计函数 - CALCulate[1]:AVERage[:STATe] ON
- 新的测量周期 - INITiate:IMMediate、READ?、MEASure?
- 发送新的 SCPI 命令或更改当前的 SCPI 参数
- 重置或预设仪器 - *RST、SYSTem:PRESet

这些步骤也会清除读数存储器中的**所有读数**。要在不清除读取存储器情况下清除统计数据，请使用以下命令：

```
CALCulate[1]:AVERage:CLEar[:IMMediate]
```

限制检查

通过限制检查，可以在逐个读数的基础之上将计数器测量结果与上限和下限进行比较。

计数器的可疑数据寄存器（11 位和 12 位）中将报告已超出的限制。寄存器的定义将在第 8 章介绍。

启用之后，限制检查将出现在计数器显示屏中，如图 6-4 所示。

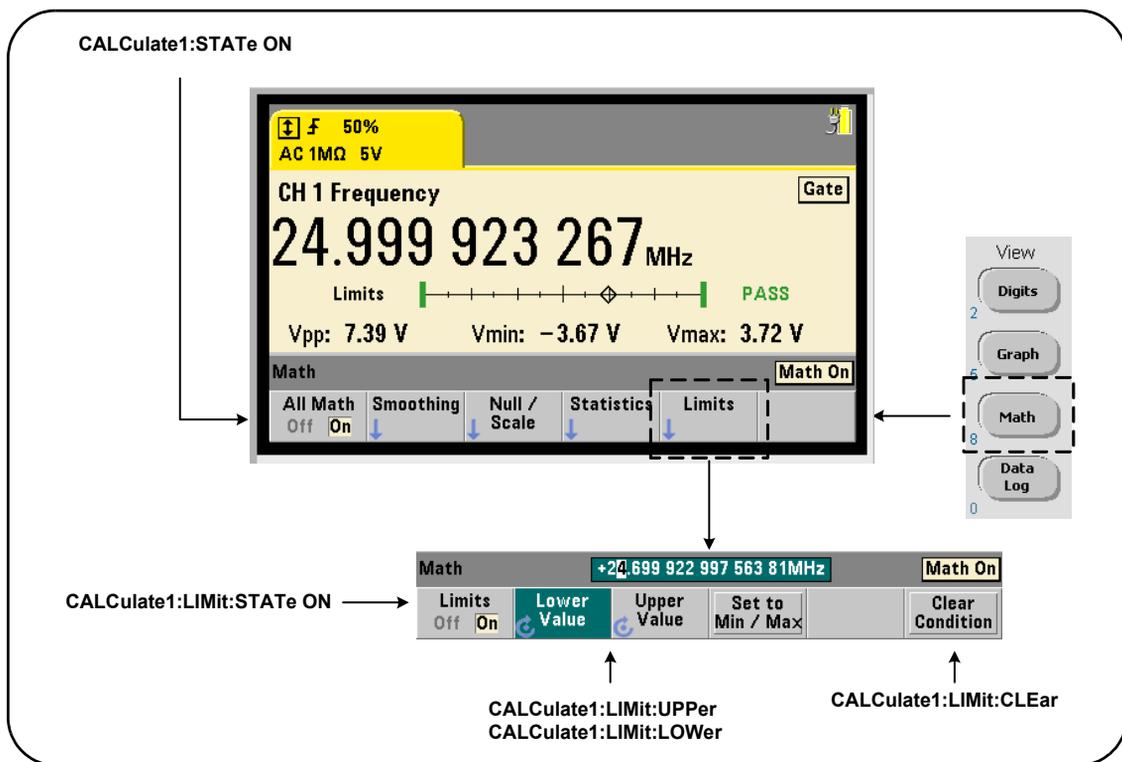


图 6-4 53220A/53230A 限制检查。

启用限制检查

限制检查可使用以下命令启用：

```
CALCulate[1]:LIMit[:STATe] {OFF|ON}
```

```
CALCulate[1]:LIMit[:STATe]? (查询表)
```

ON - 启用限制检查。

OFF 禁用（旁路）限制检查。启用限制检查之后，将**同时**启用下限和上限。

设置下限和上限

下限和上限可使用以下命令设置：

```
CALCulate[1]:LIMit:LOWer[:DATA] {<value>}|MINimum|MAXimum|
DEFault}
```

```
CALCulate[1]:LIMit:LOWer[:DATA]?|MINimum|MAXimum| DEFault}
(查询表)
```

```
CALCulate[1]:LIMit:UPPer[:DATA] {<value>}|MINimum|MAXimum|
DEFault}
```

```
CALCulate[1]:LIMit:UPPer[:DATA]?|MINimum|MAXimum| DEFault}
(查询表)
```

下限和上限值的范围为：

-1.0E+15 到 -1.0E-15、 0.0、 1.0E-15 到 1.0E+15

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PRESet) 之后，默认限制和限制集均为 0.0。

使用限制之后，必须指定下限和上限。以下**任**一步骤均会防止出现因限制设置顺序而产生的“设置冲突”错误（例如：下限大于上限）：

- 先设置上限
- 以编程方式在同一行中设置限制
- 在设置限制之后，再启用限制测试

要以编程方式确定读数是否已超过限制界限，请使用以下命令：

STATus:QUESTionable:EVENT?

它可用于读取可疑数据寄存器。值 **+2048**（11 位）表示读数小于下限。值 **+4096**（12 位）表示读数大于上限。读取寄存器时，还会**清除寄存器中的所有位**（请参见“清除限制条件”）。

例如：限制检查

以下是启用并使用限制检查的示例。

```
CONF:FREQ (@1)           // 配置测量
SAMP:COUN 500            // 检查 500 读数的限制
    CALC:STAT ON         // 启用数学运算
    CALC:LIM:STAT ON     // 启用限制检查
    CALC:LIM:LOW 99.9E3;UPP 100.1E3 // 设置限制
INIT                     // 启动测量
*WAI                     // 等待读数完成
STAT:QUES:EVENT?       // 查询可疑数据寄存器
```

请注意：需在同一行中设置限制，以免出现设置冲突。要避免出现此错误，还可以在设置限制之后启用限制检查。

清除限制条件

通过以下任一方式，可以关闭“Limit”指示符，并清除可疑数据寄存器中的 11 位和 12 位（仅限）：

- 启用限制检查 - `CALCulate[1]:LIMit[:STATe] ON`
- 新的测量周期 - `INITiate:IMMediate`、`READ?`、`MEASure?`
- 发送新的 SCPI 命令或更改当前的 SCPI 参数
- 重置或预设仪器 - `*RST`、`SYSTem:PRESet`

这些步骤也会清除读数存储器中的**所有读数**。（`*RST` 和 `SYSTem:PRESet` 也会将下限和上限重置为 0.0。）

要关闭“Limit”指示符，并仅清除限制感测位（即：条件寄存器中的 11/12 位）、**而不清除**读数存储器，请使用以下命令：

`CALCulate[1]:LIMit:CLEar[:IMMediate]`

柱状图

使用 53220A/53230A 的柱状图功能，能够以图形方式显示一组指定计数器测量（除了连续积算和时间戳测量以外）的分布情况。以下示例（图 6-5）显示了计数器柱状图的基本形式。

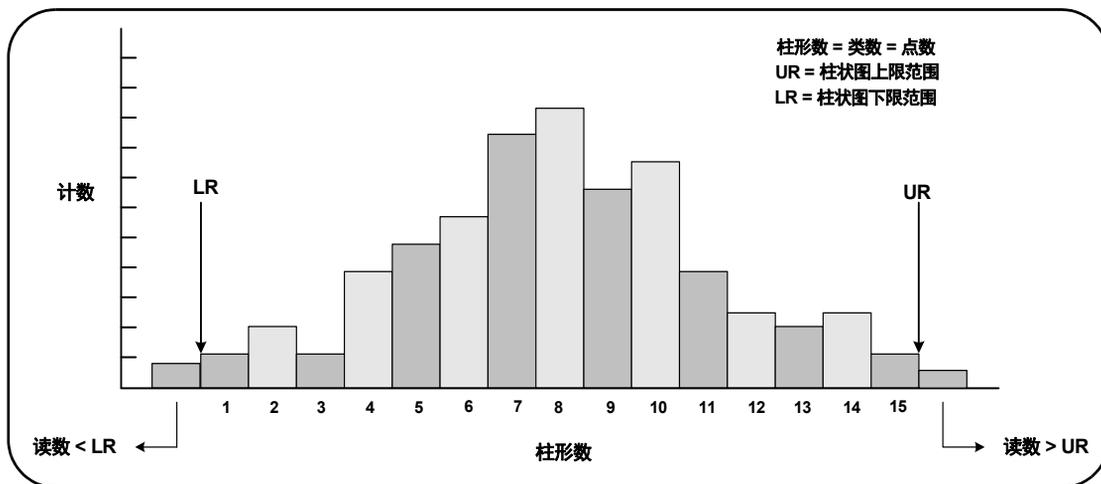
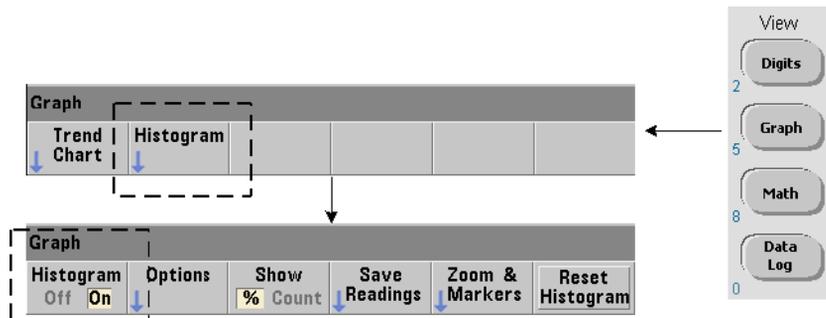


图 6-5 53220A/53230A 柱状图结构。

请注意：柱状图和数学函数（例如：统计、标定和限制等）均可与相同的测量数据同时使用。

查看柱状图



加电或按前面板的 **Preset** 键时，将显示数字数据。通过远程使用以下命令，可以在更改显示模式的同时显示柱状图：

```
DISPlay[:WINDow]:MODE {NUMeric|HISTogram|TChart}
```

```
DISPlay[:WINDow]:MODE? (查询表)
```

Graph 键（后面紧跟着 **Histogram** 软键）可以从前面板中启用并自动启动柱状图。柱状图也可以从软键菜单中关闭。

远程重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet) 均不会更改显示模式。

柱状图与读取存储器中的读数对应，即：从启用柱状图开始，并在达到产品的触发计数 (TRIGger:COUNT) 和样本计数 (SAMPle:COUNT) 时结束。如果触发连续进行（即：内部进行），则柱状图将从启用时起持续更新。

图 6-6 显示了典型的柱状图窗口中提供的信息。

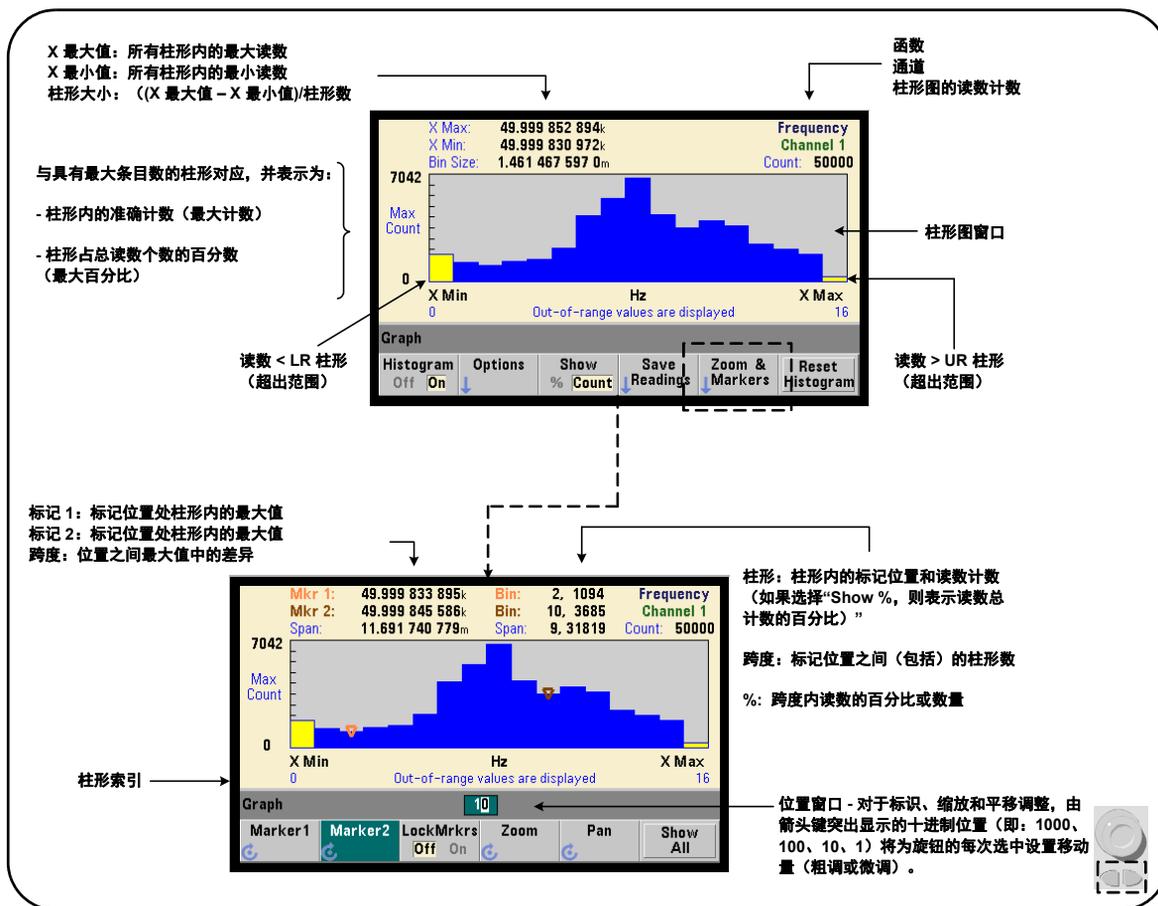


图 6-6 柱状图的显示形式。

柱状图配置

柱状图可使用图 6-7 中所示的软键和命令进行配置。

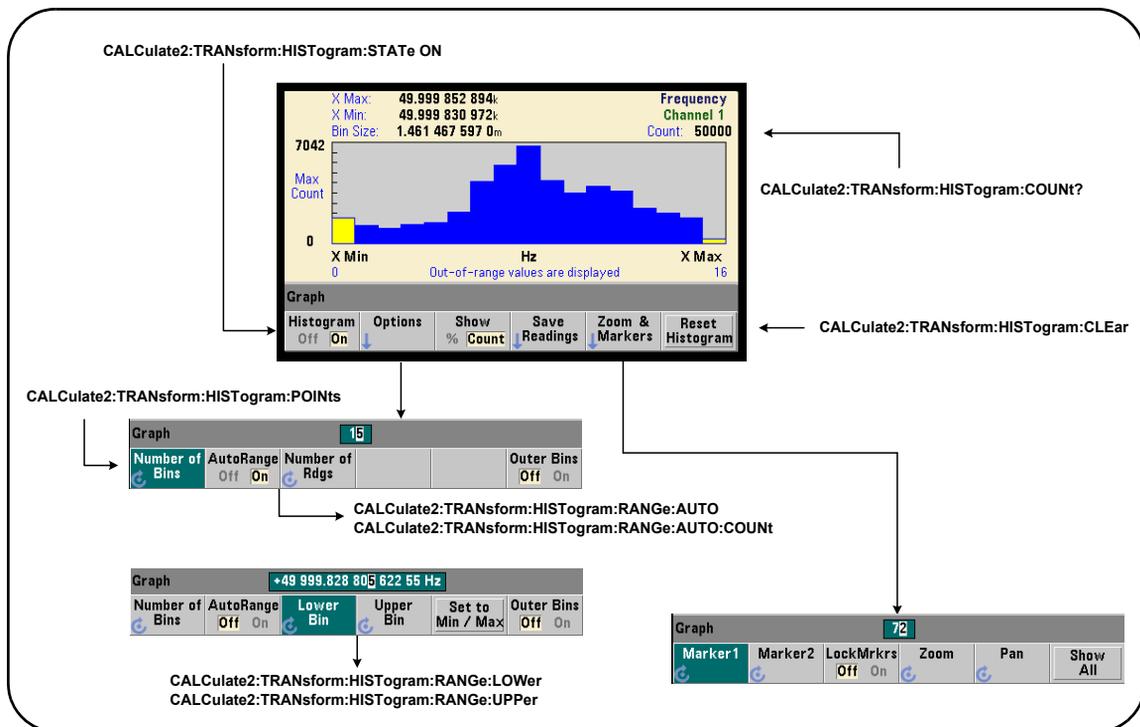


图 6-7 15 个柱表（点）的柱状图。

柱状图计算可使用以下命令启用：

`CALCulate2:TRANSform:HISTogram[:STATe] {OFF|ON}`

`CALCulate2:TRANSform:HISTogram[:STATe]?` (查询表)

ON – 启用柱状图计算。

OFF - 禁用柱状图计算。重置 (*RST)、预设仪器 (SYSTEM:PRESet) 或使用前面板 (Preset) 之后，均会禁用柱状图。

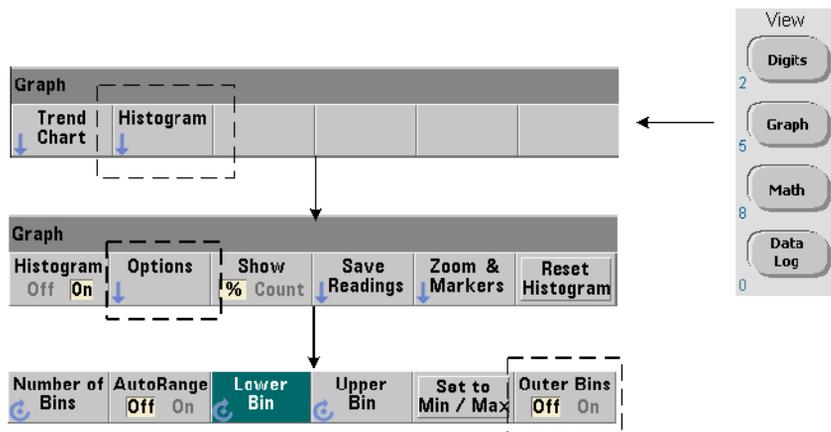
柱状图（图 6-7）表示的读数数量均可使用以下命令查询：

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:COUNT?

设置柱状图

计数器根据柱形数（点数）、下限和上限制作柱状图。

柱形数



柱形数可使用以下命令指定：

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:POINTs {<value>|MINimum|
MAXimum|DEFault}

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:POINTs?[{MINimum|

MAXimum|DEFault}] (查询表)

value - 指定下限和上限范围值之间的柱形数（点数）。**value** 范围为 10 到 1,000。重置 (*RST) 或预设仪器 (SYST:PRESet) 之后，柱形数将设置为 100。

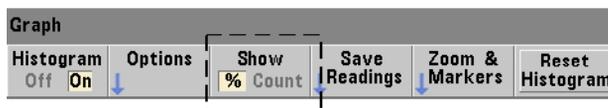
显示外侧柱形

该柱状图**始终**会额外提供两个与指定数量无关的柱形。这些柱形包含小于下限范围值的读数，以及大于上限范围值的读数（图 6-5 和 图 6-6）。如果读数数量超出任一柱形中的预计数量，则可能意味着测量数量中会出现漂移。

柱形可使用 **Outer Bins** 软键查看，且柱形索引（图 6-6）无论是否显示，均视为柱形。

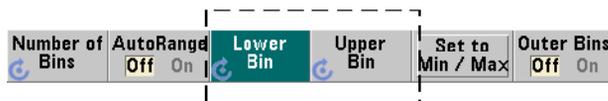
柱形表示

软键：



与具有最大条目数的柱形对应，并表示为准确计数 (**Count**) 或读数总计数的柱形百分比 (%)。此设置仅在前面板上可用。

下限和上限范围



柱状图的下限和上限范围可使用以下命令直接指定：

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGE:LOWER {<value>
|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
```

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGE:LOWER?[{MINimum|
MAXimum|DEFAULT}] (查询表)
```

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGE:UPPER {<value>
|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
```

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGE:UPPER?[{MINimum
|MAXimum|DEFAULT}] (查询表)
```

value - 直接指定柱状图的上限和下限范围值。该值的范围为：

-1.0E+15 到 -1.0E-15、0.0、 1.0E-15 到 1.0E+15

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PRESet) 之后，默认的下限和上限范围以及范围集均为 0.0。

设置范围之后，必须指定下限范围**和**上限范围。以下**任**一步骤均会防止出现因范围设置顺序而产生的“设置冲突”错误（例如：下限范围大于上限范围）：

- 先设置上限范围
- 以编程方式在同一行中设置范围
- 在设置范围**之后**，再启用柱状图
- 自动设置范围

将柱形范围设置为最小值和最大值



使用 **AutoRange Off** 时，**Set to Min/Max** 软键是另一种设置柱状图柱形范围（下限和上限）的方法。根据仪器状态，**Set to Min/Max** 将按如下方式设置范围：

- 启用“Statistics”（在 Math 键）时，仪器将使用读数统计中的最小值和最大值。
- 如果读数正在进行且“Statistics”已关闭，则仪器将从上次提取的（最多）10,000 个读数中选择最小值和最大值。
- 如果上次没有读数，则最小柱形范围将设置为 0，且最大柱形范围将设置为 1 000 000 000.0。

自动设置范围



此外，也可以根据从已提取的前“n”个读数中所获得的最小值和最大值来自动设置下限范围值和上限范围值。

自动选择范围可通过以下命令启用：

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:AUTO {OFF|ON}
```

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:AUTO? (查询表)
```

ON - 允许自动选择柱状图的下限和上限范围值。

OFF - 禁用自动选择。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet) 之后，均会启用自动选择范围。

从中选择最小和最大值范围 (ON) 的读数数量可使用以下命令加以设置：

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:AUTO:COUNT {<value>
|MINimum|MAXimum|DEFault}
```

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:AUTO:COUNT?
```

```
[{MINimum|MAXimum|DEFault}] (查询表)
```

value - 指定从中获得上限和上限范围值的前“n”个读数的数量。可以指定 10 到 1,000 个读数。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTem:PRESet) 之后，默认的数量和数量集均为 100。

例如：设置柱状图

以下示例将创建 15 个柱形、含有 3,000 计数器测量的柱状图。上限范围和上限范围是自动从提取的前 300 个读数中确定的。

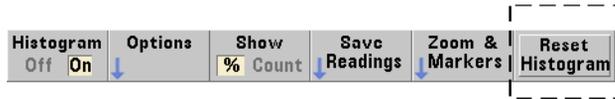
```

CONF:FREQ 50E3, (@1)      // 配置频率测量
    SYST:TIM .1           // 100 ms 测量超时
    TRIG:SOUR BUS        // 将软件触发设置为源
    TRIG:COUN 1          // 触发计数 = 1
    SAMP:COUN 3000       // 3000 个读数 / 触发
    SENS:FREQ:GATE:SOUR TIME // 设置门控源
    SENS:FREQ:GATE:TIME 1E3 // 设置 1 ms 门控时间
    DISP:MODE HIST      // 柱状图显示模式
    CALC2:TRAN:HIST:POIN 15 // 指定 15 个柱形
    CALC2:TRAN:HIST:RANG:AUTO ON // 自动选择范围
    CALC2:TRAN:HIST:RANG:AUTO:COUN 300 // 使用前 300 个读数
    CALC2:TRAN:HIST:STAT ON // 启用柱状图

INIT                       // 启动计数器
*TRG                       // 发送软件触发

```

重置柱状图



使用以下任一方式之一，可以清除从中创建当前柱状图所使用的数据：

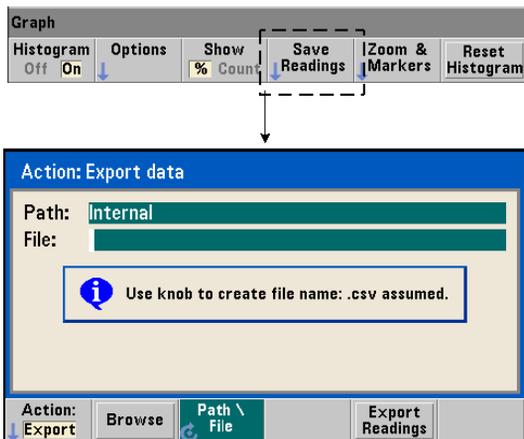
- 按 **Reset Histogram** 软键
- 启用 / 禁用或更改柱状图的任何部分 - 柱形的数量，下限或上限范围
- 新的测量周期 - **INITiate:IMMediate**、**READ?**、**MEASure**
- 发送新的 SCPI 命令或更改当前的 SCPI 参数
- 仪器重置或存在 - ***RST**、**SYSTem:PRESet**

这些操作还会清除读数存储器和输出缓冲区中的**所有**读数。

要在**不**清除读取存储器中读数的情况下清除柱状图数据，请使用以下命令：

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:CLEar[:IMMediate]

保存读数

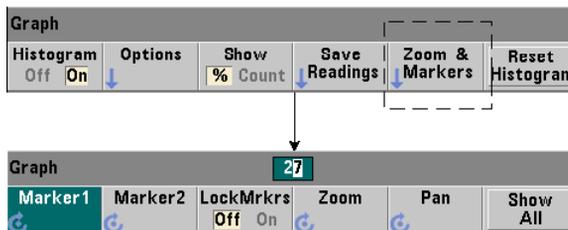


用于创建柱状图的数据可保存到内部闪存和外部 USB 存储器中，采用文件的格式为逗号分隔值 (CSV) 格式，其中每行 ASCII 对应一个测量值。

选择 **Save Readings** 时，将打开 **Export** 操作窗口。在此窗口中，可以选择或创建路径和文件名。导出的读数数量是按 **Export Readings** 时读数存储器中的总数，它可能不是读数总计数 (TRIGger:COUNT × SAMPlE:COUNT)。

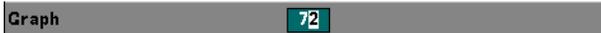
导出读数时，**将清除读数存储器**，并在下次收到触发器时重新启动柱状图。

缩放和标识视图



注意

对于标识、缩放和平移调整，由箭头键突出显示的十进制位置（即：100、10、1）将为旋钮的每次选中设置移动量（粗调或微调）。



Marker 软键允许您将标识放置在柱状图内的单个柱形上，如果需要，还可 *锁定* 这些标识之间的相对距离。锁定之后，无论是使用前面板旋钮移动 **Marker1** 或 **Marker2**，还是在柱形编号之后按 **[Shift]** 键，均会在保持两个标识之间的距离的同时移动其他标识。与标识位置对应的数据将显示在柱状图窗口上方。

Zoom 确定通过增加柱状图中心区域的分辨率显示的柱形个数。每次调整缩放时，

X Min 和 **X Max** 索引（图 6-6）将会更改，以显示当前的柱形范围。

Pan 可在设置缩放百分比之后扫描柱形图（左侧或右侧）。通过移动 **Pan** 窗口，可以将所需区域纳入视图中，且可再次使用 **Zoom** 以扩大该区域。**Pan** 采用这种方式与 **Zoom** 交替使用时，将始终保持一定的缩放百分比。

Show All 可将柱状图窗口恢复为指定的柱形总数（其中包括外侧柱形），并重置缩放和平移。

以数字形式表示的柱形图数据

使用以下两个命令之一，可以数字形式获得描述柱状图的数据。

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:ALL?

返回以逗号分隔、描述当前柱状图的序列：

下限范围值

上限范围值

获取的读数数量

柱形数据

柱形数据包括：

小于下限范围值的测量结果数、

每个柱形中的读数数量、

大于上限范围值的读数数量

例如，以下便是一个根据 3,000 个输入信号为 50 kHz 的读数生成 15 个柱形柱状图的数据字符串：

```
+4.998912590059145E+004,+5.001118414176608E+004,+3000,+0,  
+4,+8,+27,+71,+221,+422,+612,+695,+504,+254,+113,+41,+20,  
+4,+4,+0
```

请注意，在此示例中，不存在小于下限范围值或大于上限范围值的读数。

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:DATA?

仅返回该序列中当前柱形图的**柱形数据**：

小于下限范围值的测量结果数、

每个柱形中的读数数量、

大于上限范围值的读数数量

趋势图

对于指定数量的计数器测量（除了连续积算以外）或时间戳，其读数趋势可以在 53220A/53230A 趋势图（也称为运行图）内表示出来。

图 6-8 显示了典型计数器趋势图的主要内容。

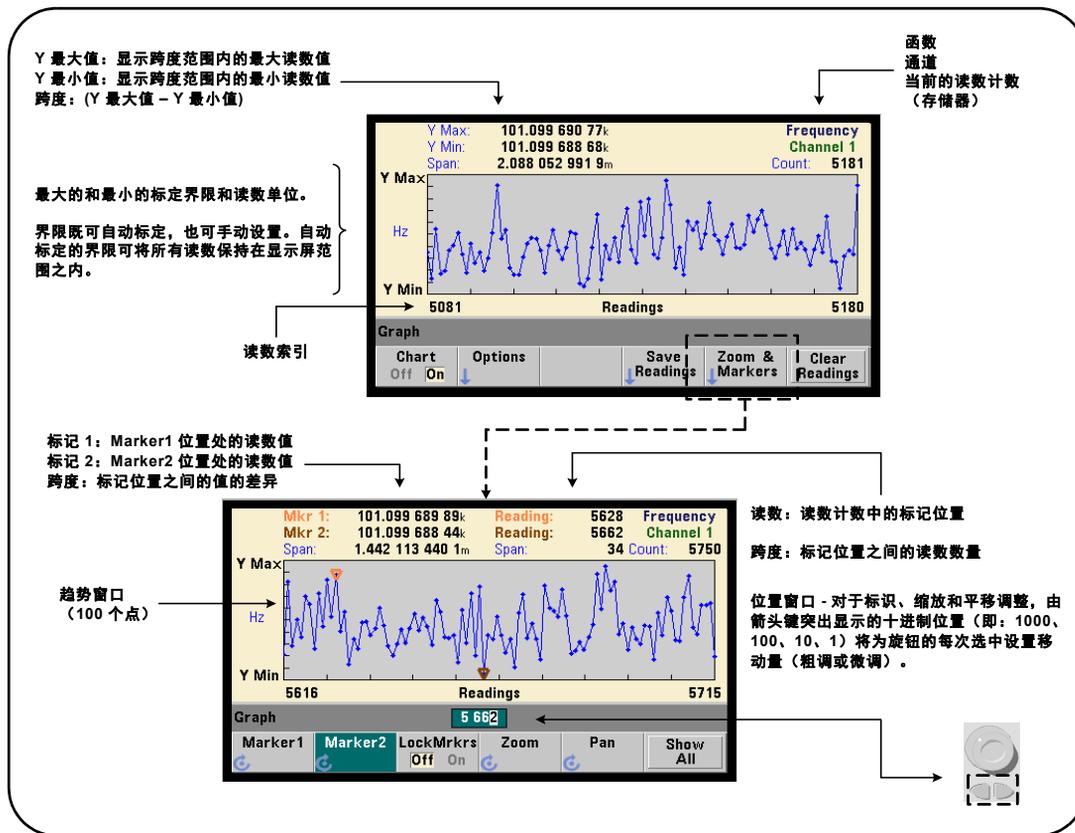
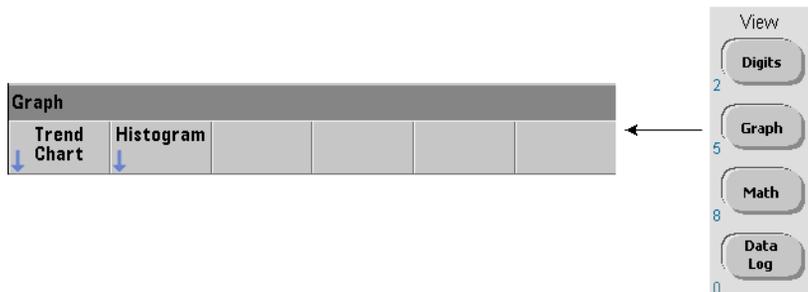


图 6-8 趋势图的显示形式（没有经过抽取）。

查看趋势图



加电、重置 (*RST) 或预设仪器 (Preset) 之后，将显示数字数据。通过使用以下命令更改显示模式，可以将上述显示方式更改为趋势图：

```
DISPlay[:WINDow]:MODE {NUMeric|HISTogram|TCHart}
```

```
DISPlay[:WINDow]:MODE? (查询表)
```

显示模式 (TCHart) 是**唯一**可用编程方式（即：使用 SCPI 命令）进行设置的趋势图参数。所有其他趋势图参数均使用**前面板**进行设置。

依次按 **Graph** 键和 **Trend Chart** 软键，可从前面板中启动趋势图。

对于指定的触发计数 (TRIGger:COUNT) 和样本计数 (SAMPle:COUNT)，趋势图与读数存储器中的所有**读数**对应。如果触发持续进行（即：内部），则趋势图将不断更新。

趋势图的配置

图 6-9 显示了与趋势图配置和趋势窗口控制相关的软键菜单。

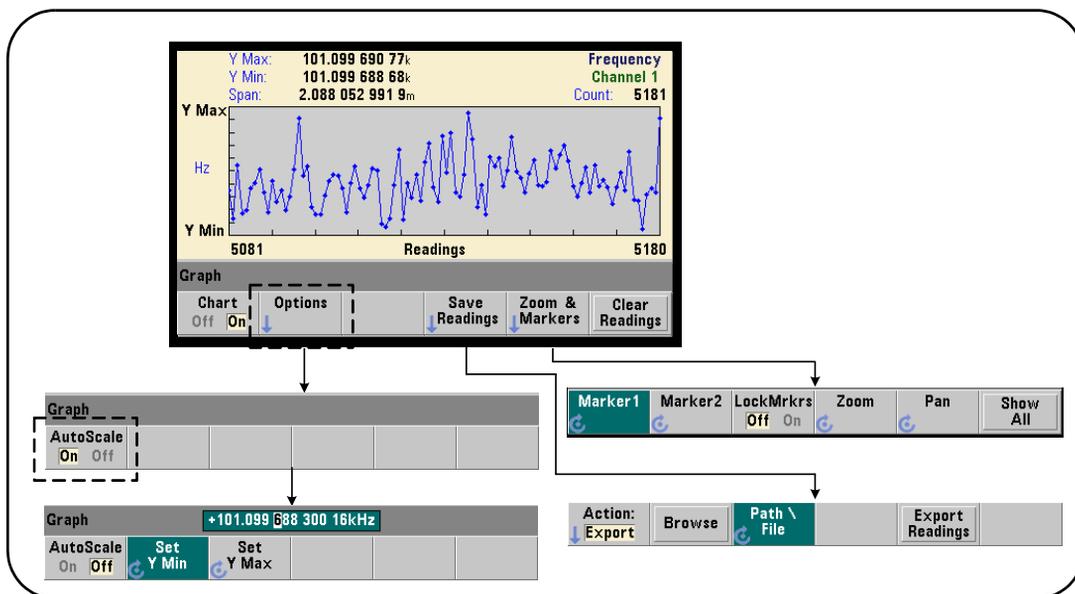


图 6-9 趋势图的配置和控制。

趋势图的界限

趋势图的界限（Y Max 和 Y Min）可以自动设置（AutoScale On），也可以使用 Options 软键下的菜单（图 6-9）手动设置（AutoScale Off）。自动标定的（打开）界限可将所有读数保持在趋势窗口之内。手动设置（关闭）的界限则会导致读数位于窗口之外。使用前面板旋钮或数字键（同时按下 [Shift] 键），可以手动设置界限。

如果读数限制是使用 Math 函数设置的，则选中 YMax 和 YMin 会将限制标定（但不会更改）在 YMax 和 YMin 界限之内。YMax 和 YMin 无法指定小于 Math 读数限制的界限。

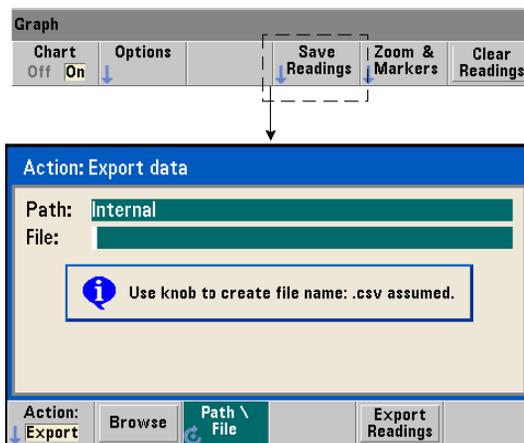
趋势窗口中最多可以显示 100 个读数或抽取点。

清除趋势图



清除趋势图时，将清除读数存储器，并在下次收到触发器时重新启动读数计数。

保存读数

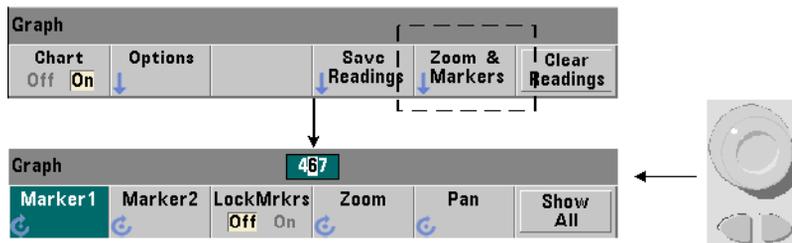


趋势图所表示的数据可保存到内部闪存和外部 USB 存储器中，采用文件的格式为逗号分隔值 (CSV) 格式，其中每行 ASCII 对应一个测量值。

选择 **Save Readings** 时，将打开 **Export** 操作窗口。在此窗口中，可以选择或创建路径和文件名。导出的读数数量是按 **Export Readings** 时存储器中的读数数量 (图 6-8)，它可能不是读数总计数 (TRIGger:COUNT x SAMPlE:COUNT)。

导出读数时，**将清除读数存储器**，并在下次收到触发器时重新启动趋势图。

缩放和标识窗口



注意

对于标识、缩放和平移调整，由箭头键突出显示的十进制位置（即：100、10、1）将为旋钮的每次选中设置移动量（粗调或微调）。



Marker 软键允许您将标识放置在**趋势图**内的单个柱形或抽取点上，如果需要，还可**锁定**这些标识之间的相对距离。锁定之后，无论是使用前面板旋钮移动 **Marker1** 或 **Marker2**，还是在读数数量之后按 **[Shift]** 键，均会在保持两个标识之间的距离的同时移动这两个标识。与标识位置对应的数据将显示在趋势图窗口上方。

Zoom 确定增加趋势图中心区域的分辨率时显示的读数数量。每次调整缩放时，读数索引（[图 6-8](#)）也会改变，以显示当前的读数范围。

Pan 可在设置缩放百分比之后扫描趋势图（左侧或右侧）。通过移动 **Pan** 窗口，可以将所需区域纳入视图中，且可再次使用 **Zoom** 以扩大该区域。**Pan** 采用这种方式与 **Zoom** 交替使用时，将始终保持一定的缩放百分比。

使用 **Pan**，还可以查看每个读数或抽取点，一次最多可以查看 100 个读数 / 点的窗口。

Show All 将更新趋势窗口，以显示当前的读数计数。读数索引为 0 和 Count 值，且缩放和平移也会重置。

读数抽取

趋势窗口最多可以显示 100 个读数。如果显示的读数**超过** 100 个，则将抽取读数，即：对读数进行分组，并由抽取点表示。抽取组中的读数数量等于读数计数 / 100。

图 6-10 是 100,000 个读数（已经过抽取）的趋势图。

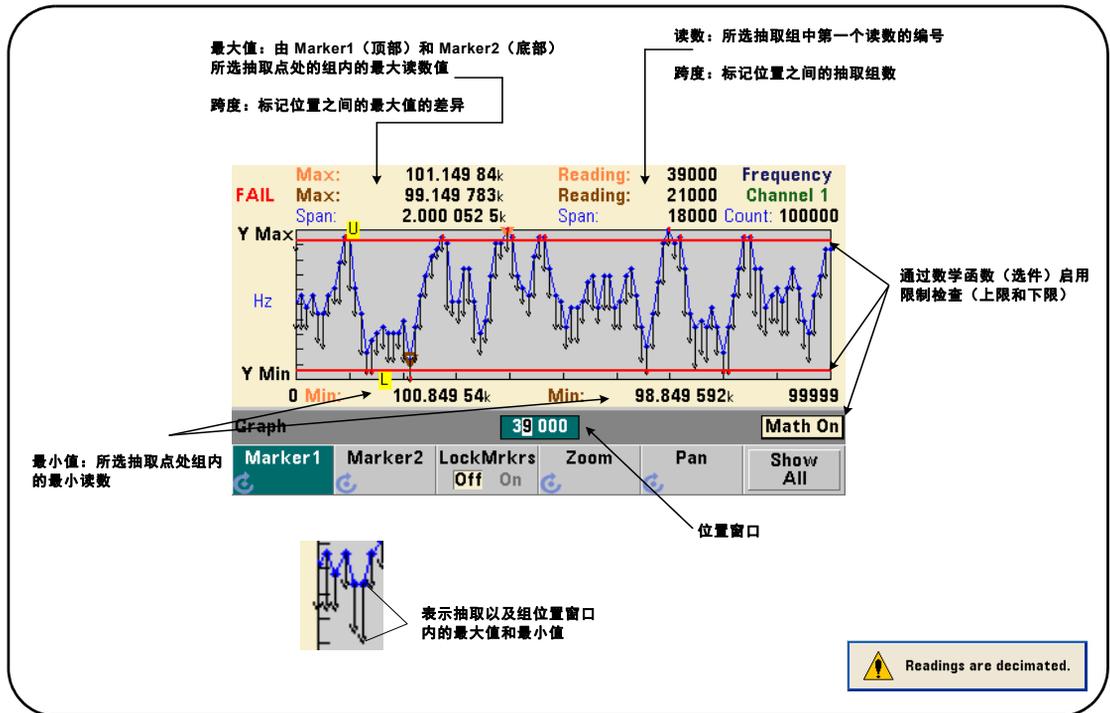


图 6-10 趋势图的显示形式（已经过抽取）。

图 6-10 中的每个抽取组有 1,000 个读数（已显示 100,000 个读数 / 100 个点）。如果按 **Show All**，则每组中的读数数量将会更改，且计数将会继续提取。

将标识移到抽取点时，将显示对应组中**第一个**读数的编号。如有必要查看某一组内的单个读数，则应记录此编号。

查看抽取组内的读数 使用标识和趋势图的 **Pan** 控件，可以分别查看已分组、且已由单个抽取点表示的抽取读数值。

- 1 选择一个标识，并使用旋钮将该标识移到所需读数级别的抽取点。该读数编号将与组中**第一个**读数的标识位置相对应。它可能不是该组内的最大值或最小值。
- 2 选择 **“Pan”** 并使用数字键（同时按下 **[Shift]** 键），输入第一个读数的编号。读数索引将从该组中的第一个读数开始，一共显示 **100 个读数**。
- 3 选择 **Marker1** 或 **Marker2** 并使用箭头键，突出显示位置窗口最右边 (1) 的位置。旋转旋钮，一次将标识移动一个读数。随着标识的推进，将显示读数值和编号。

对于超过 100 个读数的抽取组，请选择 **“Pan”**，并在上方的读取索引之后输入下一个读数编号（[图 6-8](#)），以查看下一 100 个读数。

数据记录

使用 53220A/53230A 计数器的数据记录功能，您可以记录并分析多达 1,000,000 个读数。数据记录**只能**从前面板上进行启用和配置，可用于除连续积算之外的所有计数器测量。

注意

只有在记录持续时间完成之后，记录的读数才会保存到内部闪存或外部 USB 存储器中。如果已断电或未启用电池选项 300，或者在记录完成之前便已断电，则所有数据均会丢失。

图 6-11 显示了与数据记录仪应用相关的键和窗口。

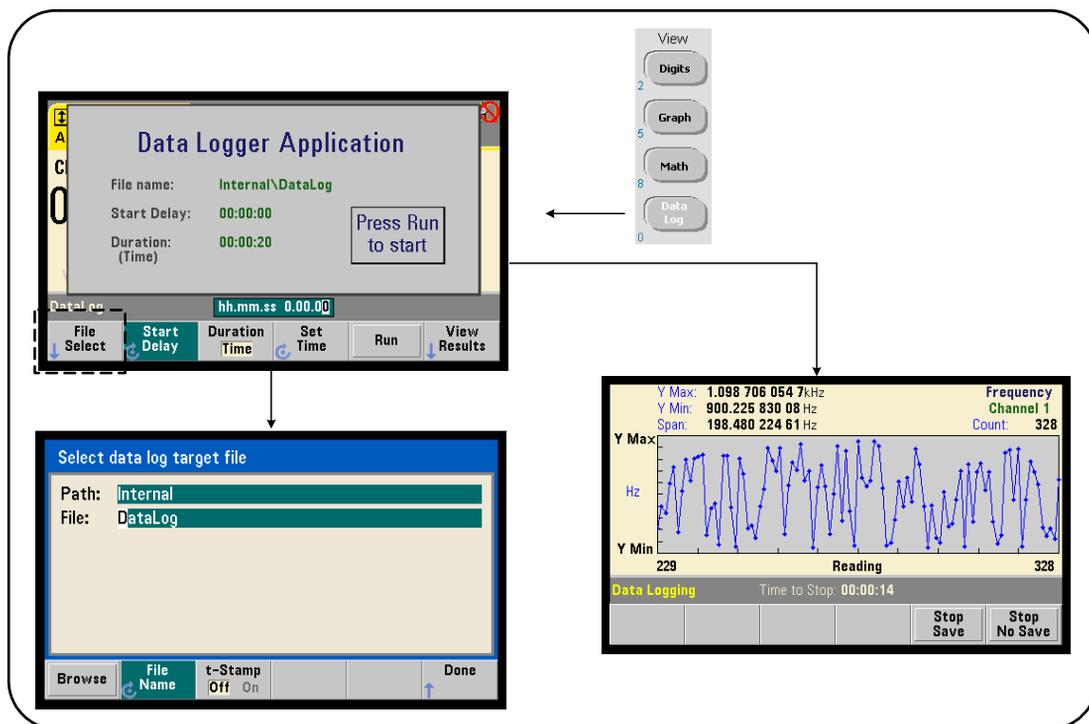


图 6-11 启动计数器的数据记录仪。

配置数据记录仪

在记录完成之后，所有记录的读数均会保存在计数器的内部闪存或外部 USB 存储设备中。无论记录正在进行，还是已完成，均可以趋势（运行）图的形式查看读数。

无论是针对某时间段、还是针对读数数量指定持续时间，均会出现数据记录。启用之后，数据记录的启动可能会延迟一段时间。

指定数据记录文件



记录的读数将保存到内部闪存或外部 USB 存储器内，采用文件的格式为逗号分隔值 (CSV) 格式，其中每行 ASCII 对应一个测量值。如果未指定路径和文件名，则将使用默认的路径和文件名 (**Internal\DataLog**)。

驱动器（**内部**或**外部**）可使用浏览功能进行选择，文件名可通过使用旋钮和箭头键来选择或更改字符的方式来指定。

按 [**Done**] 之后，会保存路径和文件名，并返回至应用程序菜单。如果指定的路径 / 文件无效，则数据记录将无法启动。

向数据日志文件添加时间戳

时间戳 (**t-Stamp**) 采用以下格式：

yyymmdd_hhmmss 例如：DataLog_20100925_105535.csv

当数据记录完成后，或者按 (**Stop Save**) 软键时，系统便会向文件名附加采用这种格式的时间戳 (**On**)。打开数据日志 (.csv) 文件时，该时间戳也会出现在电子表格的选项卡中。

设置持续时间



就 **Time** 而言，数据记录的持续时间需以 `hh.mm.ss` 格式指定。可使用旋钮和箭头键、或者使用数字键（同时按下 **[Shift]** 键）设置该值。通过突出显示时间窗口中的特定数字，可以为记录时间指定更大的分辨率（即：分和秒）。

最大数据记录期间为 99.00.00。但是，读数限制为 1,000,000 个读数。很有可能是在达到指定的持续时间之前，便已出现限制。

就 **Readings** 而言，数据记录一直进行，直到指定的读数个数完成。可使用旋钮和箭头键或使用数字键（同时按下 **[Shift]** 键）设置该读数计数。最多可指定 1,000,000 个读数。

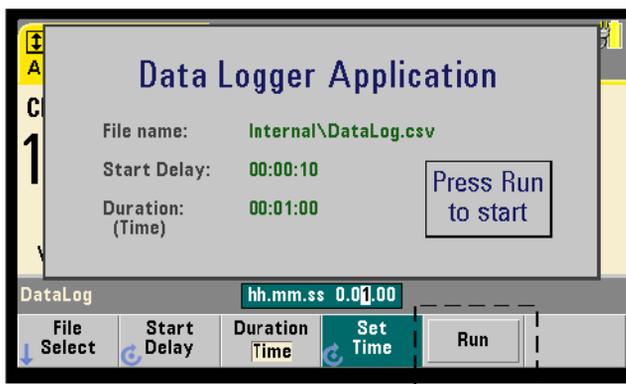
对于 **Time Stamp** 测量函数，只有 **reading** 持续时间可用。

设置启动延迟



如果需要，可以在按 **Run** 键与启动数据记录之间设置时间延迟。启动延迟需采用 `hh.mm.ss` 格式指定，并使用旋钮和箭头键、或使用数字键（同时按下 **[Shift]**）来设置。通过突出显示延迟窗口中的特定数字，可以为延迟时间指定更大的分辨率（即：分和秒）。最大延迟设置为 99:00:00。

启动数据记录仪。



按 **Run** 软件可启用数据记录。存在有效的路径 / 文件时，在指定的启动延迟之后开始数据记录。数据记录仪应用程序启动时，将使用默认的路径和文件名：

Internal\DataLog

选择 **Yes** 可覆盖该文件，并开始记录。

查看读数



记录读数时，系统将开始填充趋势图。数据记录完成之后，读数将存储在指定的文件中。记录停止且读数保存之后，或者在记录完成之后，如果按 **View Results**，则会显示已保存读数的趋势图。

记录时间戳测量之后，按 **View Results** 时将显示“Graphics not supported for this function”。

图 6-12 是记录读数时生成的趋势图示例。（图 6-8 和 图 6-10 列出了有关趋势图窗口的详细信息。）

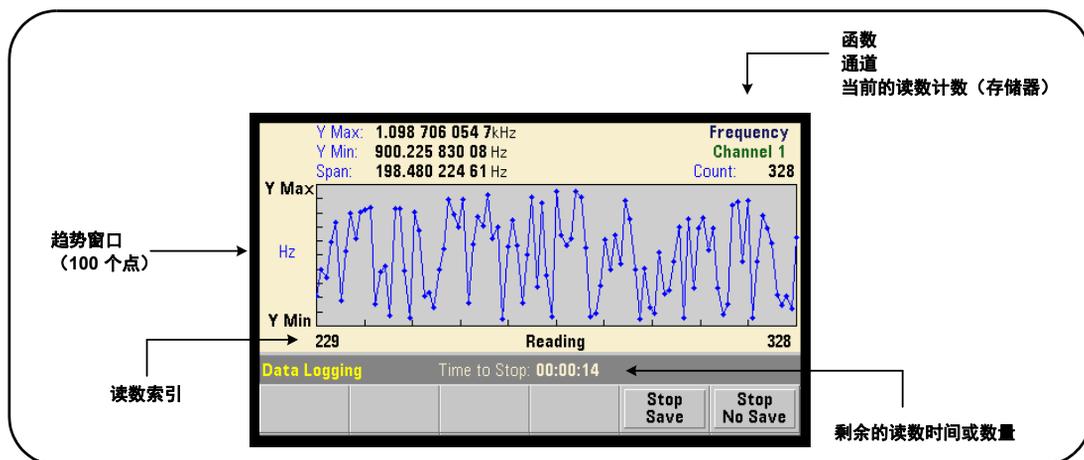


图 6-12 数据记录过程中趋势图的显示形式。

记录完成后，可以使用 **Marker**、**Pan** 和 **Zoom** 软键来查看数据。请注意：依次按 **Graph** 键和 **Trend Chart** 软键并不会将数据保留在该显示屏中。

如果记录的读数超过 100 个，则将抽取读取，即：对读数进行分组，并由抽取点表示（请参见“趋势图”和“读数抽取”）。

停止应用程序

在达到持续时间（读数的时间或数量）之前，按 **Stop Save** 或 **Stop No Save** 将停止数据记录。到该点之前记录的所有读数均会保存或弃用，具体取决于所按的键。

图形函数和读数存储器

图 6-13 汇总了重置统计数据 and 柱状图、以及清除趋势图时对读数存储器的影响。

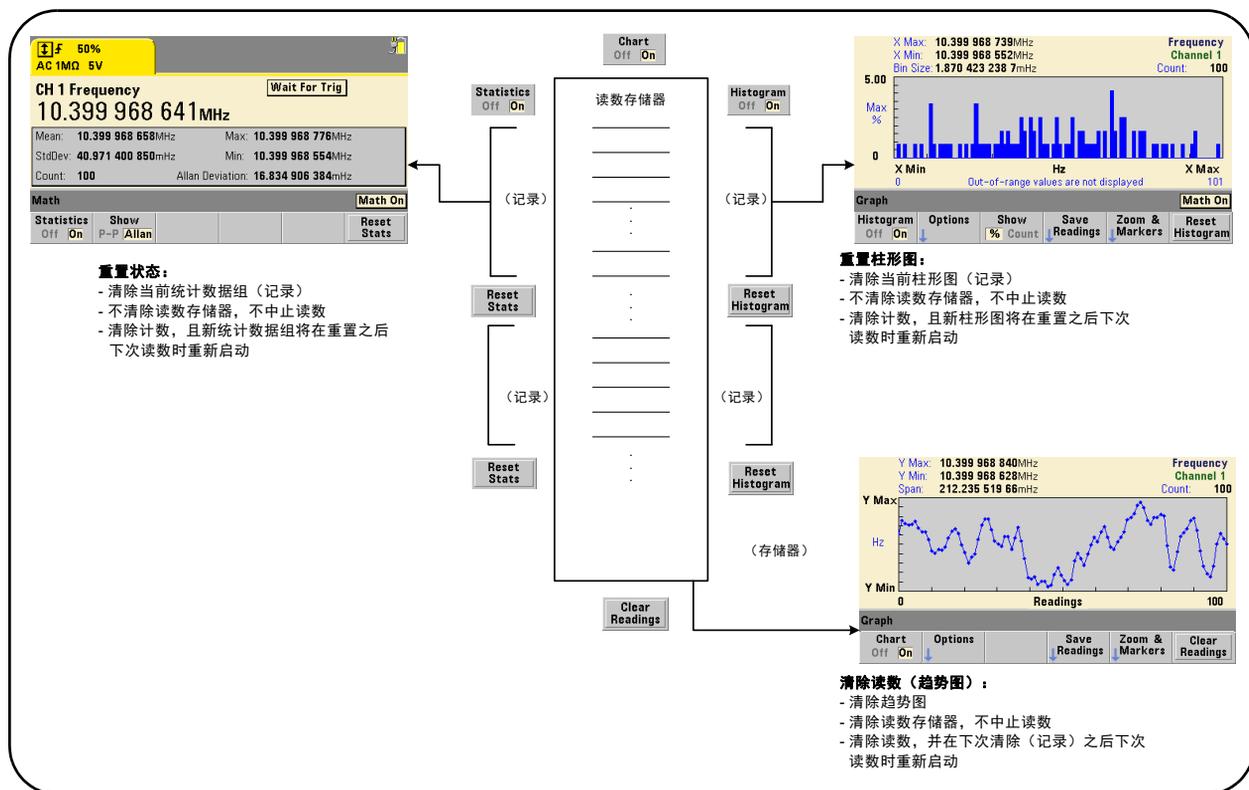


图 6-13 读数存储器和重置 / 清除图形。

本页特意留为空白。

7 格式和数据流

读数格式和数据流	266
计数器文件系统	276

Keysight 53220A/53230A 计数器支持您指定测量（读数）格式和存储位置，这两者均可影响输出速度。

本章介绍了如何设置数据格式，如何移动和存储测量以及仪器内的其他信息。

读数格式和数据流

如果需要特定格式（ASCII 和 REAL 格式），请指定（计数器）数据格式。当数据直接发送至输出缓冲区，或者从读数存储器中传输时，将转换为上述格式。

用来设置数据格式的命令为：

FORMat[:DATA] {ASCII|REAL}[,<length>]

FORMat[:DATA]? (查询表)

格式（及其长度）如表 7-1 中所述。

表 7-1 计数器数据格式

类型	表现形式	长度
ASCII	+4.57538162393720E+006	15（数字）
REAL	有限长度或不定长度的任意数据块格式	64（位）

格式 ASCII 为 ASCII 字符。每个读数均使用逗号分隔。该仪器将始终返回 **15 个有效数字**。

格式 REAL 为 IEEE 754 二进制数据（64 位）。该数据可以 IEEE 488.2 不定长度或有限长度数据块格式传输。字节顺序由 FORMat:BORDER 命令控制。

不定长度的数据块： # 0 <8 位数据字节> NL^END（使用 MEASure?、READ? 和 FETCh?）

有限长度的数据块： # <非零数字> <数据块长度> <8 位数据字节>（使用 R? 和 DATA:REMove?）

<非零数字> 指出表示 <数据块长度> 的位数。<数据块长度> 指出随后的 8 位数据字节数。

格式 ASCII 是在仪器重置 (*RST) 或前面板预设 (PRESet) 之后设置的。在这两种格式中，换行符 (LF) 和结束或标识 (EOI) 均位于最后一个读数之后。

指定格式

在计数器配置期间，可以按下段中所示的方法指定数据格式：

```
CONF:FREQ 1.0E6
      FORM REAL, 64
      SAMP:COUN 5

INIT
FETC?
```

在这一段中，测量由读数存储器中存储的 **INIT** 启动。如果数据从存储器 **FETC?** 至输出缓冲区，则读数将转换为 REAL 格式。

设置数据块的传输字节顺序

不定长度和有限长度 REAL（二进制）数据传输（表 7-1）与默认字节顺序为 **NORMal**（其中首先发送最高有效字节 (MSB)（Big-Endian 字节顺序））的 **READ?**、**FETCh?**、**R?** 和 **DATA:REMOve?** 命令相关。用来指定或更改字节顺序的命令为：

```
FORMat:BORDER {NORMal | SWAPped}
```

```
FORMat:BORDER? (查询表)
```

使用 **SWAPped** 字节顺序时，将首先发送每个数据点（读数）的最低有效字节（Little-Endian 字节顺序）。大多数 PC 使用 swapped (Little-Endian) 字节顺序。

重置 (***RST**) 或预设前面板 (**Preset**) 之后，该字节顺序将设置为 **NORMal**。

读数传输大小

采用 ASCII 格式从输出缓冲区中读取的每个读数为 23 个字节。采用 REAL 格式的每个读数为八个字节。

数据流

图 7-1 中概述了计数器内的测量数据流。

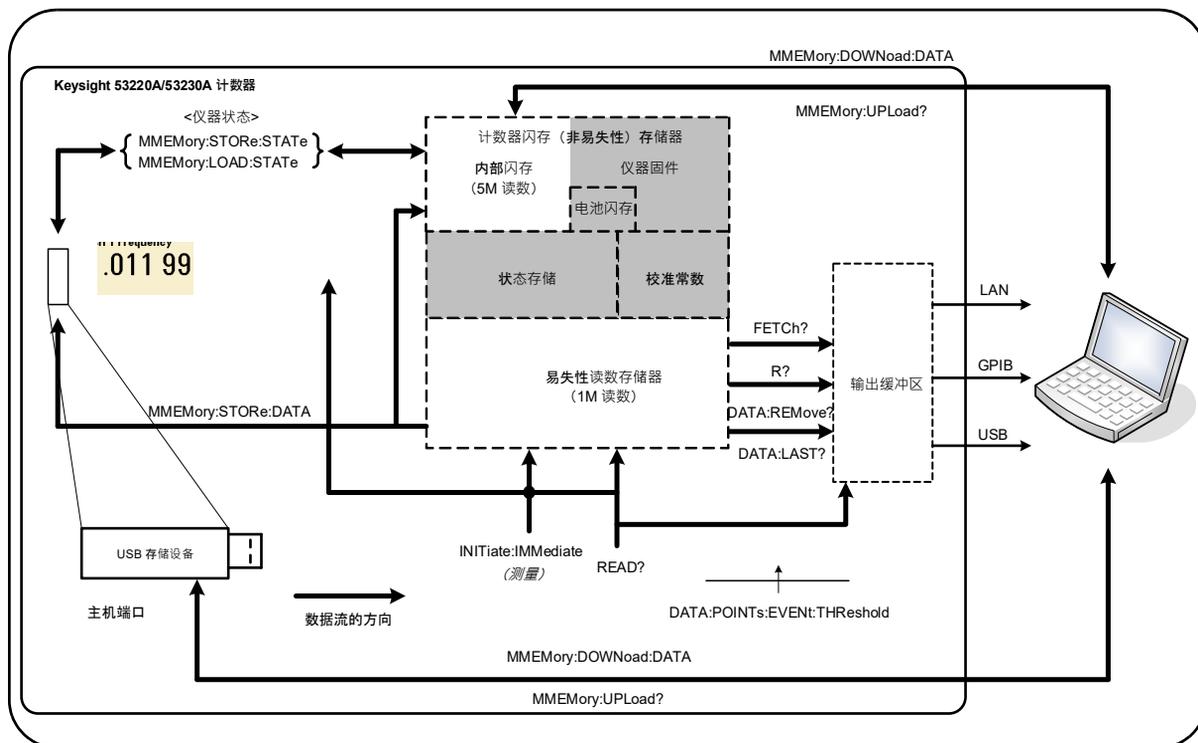


图 7-1 53220A/53230A 计数器内的数据流。

读数位置包括前面板、读数存储器（易失性）、输出缓冲区、内部闪存（非易失性）和外部 USB 存储器。

表 7-2 中列出了确定数据流的命令。我们将在下面的段落中介绍这些命令。

表 7-2 影响数据流的命令

命令	访问位置	传输的读数	是否清除读数存储器	在测量期间是否受支持
Read?	前面板 读数存储器 输出缓冲区	所有	否	否
INITiate:IMMEDIATE	前面板 读数存储器	无	否	否
FETCH?	读数存储器 输出缓冲区	所有	否	否
R?	读数存储器 输出缓冲区	所有或者 指定的计数	是	是
DATA:REMOve?	读数存储器 输出缓冲区	指定的计数	是	是
DATA:LAST?	读数存储器 输出缓冲区	1	否	是
MMEMORY:STORe:DATA	读数存储器 内部闪存和外部 USB	所有	否	否

前面板显示屏

从**前面板**或从 IO 接口中进行的计数器测量将显示在显示屏中，如图 7-1 所示。有关显示屏功能的概述，请参见第 1 章。

读数存储器

除了显示之外，所有计数器读数还会存储在计数器的**易失性读数存储器**中（[图 7-1](#)）。存储器的容量为 1,000,000 个读数。读数存储器具有以下属性：

- 1 在执行 `READ?`、`INITiate:IMMediate` 或 `MEASure?` 命令期间，重新开机或重置仪器 (`*RST`) 或预设 (`SYSTem:PRESet`) 之后，读数存储器将在函数更改之后清除。
- 2 所有读数均以内部计数器格式**存储**，即：读数传输至输出缓冲区时，将设置编程格式 (`FORMat` 子系统)。
- 3 如果**读数存储器**溢出，则第一个（即最旧的）读数将会覆盖，且选中可疑数据寄存器中的“Reading Mem Ovfl”位 (14)。最近的测量结果将会保留。

输出缓冲区

数据位于输出缓冲区之后，可通过 LAN、USB 和 GPIB 接口用于 PC（[图 7-1](#)）。下一节将介绍如何将读数从存储器传输至缓冲区。如果在传输期间填充**输出缓冲区**，除非读数已由 PC 删除（在缓冲区中创建空间），否则命令执行将暂停。不会丢失任何读数。

将读数从存储器传输至输出缓冲区

以下命令将读数从易失性读数存储器传输至缓冲区。

`READ?` - 相当于在 `FETCh?` 之后直接执行 `INITiate:IMMediate`。使用 `READ?` 时，当 `TRIGger:COUNT` 和 `SAMPlE:COUNT` 指定的**所有**读数完成并传输至存储器中之后，这些数据可以立即读取至**输出缓冲区**（[图 7-1](#)）。

如果数据格式为 REAL (`FORMat` 子系统)，则由 `READ?` 生成的每个读数块前面是一个 IEEE 488.2 不定长度的数据块报头（[表 7-1](#)）。因此，如果使用单个命令字符串发送多个命令，则 `READ?` 应始终为该字符串中的最后一个命令。

READ? 示例

```
// 采用 uHz 分辨率测量 500 kHz 信号的频率
CONF:FREQ 500E3, 1E-6, (@1) // 配置计数器
    TRIG:COUN 1           // 设置触发计数
    SAMP:COUN 10          // 获取 10 个读数
READ?                       // 完成后读取读数
```

FETCh? - 在 INITiate:IMMediate 之后使用。在 TRIGger:COUNT 和 SAMPlE:COUNT 指定的**所有**测量完成之后，FETCh? 会将读数从读数存储器传输至输出缓冲区。由于此操作**不会删除读数存储器**，因此可以多次从存储器中“提取”读数。执行“提取”时，如果没有任何读数可用，或者没有进行任何测量，则将产生错误 -230 “数据损坏或过时”。

如果数据格式为 REAL (FORMat 子系统)，则由 FETCh? 提取的每个读数块前面是一个 IEEE 488.2 不定长度的数据块报头。如果使用单个命令字符串发送多个命令，则 FETCh? 应始终为该字符串中的最后一个命令。

FETCh? 示例

```
// 采用 uHz 分辨率测量 500 kHz 信号的频率
CONF:FREQ 500E3, 1E-6, (@1) // 配置计数器
    TRIG:COUN 1           // 设置触发计数
    SAMP:COUN 10          // 获取 10 个读数
INIT:IMM                   // 启动计数器以开始获取读数
FETC?                       // 完成后从存储器中获取读数
```

R? [<max_count>] - 在 INITiate:IMMediate 之后使用。将所有或者**最多**达到指定 max_count 的读数传输至输出缓冲区，并在读数存储器中**删除**这些读数（首先删除最旧的读数）。

与 FETCh? 不同，R? 可用来在达到读数总计数 (TRIGger:COUNT x SAMPlE:COUNT) 之前传输读数，以防止存储器溢出。发送“R?”时，如果没有任何读数可用，或者没有进行任何测量，则将产生错误 -230 “数据损坏或过时”。

无论是采用 ASCII 格式，还是采用 REAL（二进制）格式（FORMat 子系统），读数均以有限长度的数据块格式（表 7-1）传输。首先传输“最旧的”读数（先进先出）。

R? 示例

```
// 采用 uHz 分辨率测量 500 kHz 信号的频率
CONF:FREQ 500E3, 1E-6, (@1) // 配置计数器
      TRIG:COUN 2           // 设置触发计数
      SAMP:COUN 2500        // 设置读数 / 触发
INIT:IMM                               // 启动计数器以开始获取读数
等待 2500 秒
R? 2500           // 读取并删除前 2500 个读数
等待 2500 秒
R?                // 读取并删除所有剩余读数
```

DATA:REMOve? <count>[,WAIT] - 在 INITiate:IMMediate 之后使用。将 count 个读数传输至输出缓冲区，并删除读数存储器中的读数。与 FETCh? 不同，DATA:REMOve? 可用来在达到读数总计数 (TRIGger:COUNT x SAMPlE:COUNT) 之前传输读数，以防止存储器溢出。但 count 是必选参数，因此，读数的 count 数在删除之前必须提供。如果包括 WAIT，则除非提供 count 个读数，否则该命令一直会在等待。这会有助于防止在未提供指定的计数时产生错误 - 222 “数据超出范围”。

如果数据格式为 REAL（FORMat 子系统），则读数将以有限长度的数据块格式传输（表 7-1）。首先传输“最旧的”读数（先进先出）。

DATA:REMove? 示例

```
// 采用 uHz 分辨率测量 500 kHz 信号的频率
CONF:FREQ 500E3, 1E-6, (@1) // 配置计数器
    TRIG:COUN 2 // 设置触发计数
    SAMP:COUN 2500 // 设置读数 / 触发
INIT:IMM // 启动计数器以开始获取读数
DATA:REM?2500, WAIT // 等待读取前 2500 个读数
DATA:REM?2500, WAIT // 等待读取后 2500 个读数
```

DATA:LAST? - 返回提取的最后一个读数**以及读数单位** (Hz 和 s)。该读数不会从存储器中删除读数, 且在达到读数总计数 (**TRIGger:COUNT** x **SAMPle:COUNT**) 之前, 命令仍可发送。

DATA:LAST? 示例

```
// 采用 uHz 分辨率测量 500 kHz 信号的频率
CONF:FREQ 500E3, 1E-6, (@1) // 配置计数器
    TRIG:COUN 1 // 设置触发计数
    SAMP:COUN 100 // 获取 100 个读数
INIT:IMM // 启动计数器以开始获取读数
等待 20 秒
DATA:LAST? // 启动后 20s 检索读数 (含单位)
FETC? // 完成后从存储器中获取所有读数
```

显示数据子集的典型响应为:

```
+4.999962418998650E+005 HZ
...+4.999962370997962E+005, +4.999962418998650E+005, +4.9999
62407190446E+005, +4.999962443559675E+005, ...
```

查询读数计数

在任何指定时间，存储器中的读数总数均可使用以下命令确定：

DATA:POINts?

在达到读数总计数 (TRIGger:COUNT x SAMPlE:COUNT) 之前，读数计数均可读取。

在存储器中设置读数阈值

以下命令支持您在计数器的易失性存储器中设置读数阈值：

DATA:POINts:EVENT:THReshold <count>

DATA:POINts:EVENT:THReshold? (查询表)

- 如果已在读数存储器中输入 **count** 个读数，则标准操作寄存器中的第 12 位（读数存储器阈值）将设置为“1”。通过监控此位，并在达到给定的测量次数之后，读数可以从存储器传输至输出缓冲区。

达到阈值之后，存储器中的读数数量必须低于阈值级别，才能在再次达到阈值时进行检测。

存储器阈值示例

此程序将计数器设置为提取 1,250,000 个读数。由于易失性读数存储器的容量为 1,000,000 个读数，因此如果在存储器溢出之前未检索数据，则读数将会覆盖（存储器溢出）。要防止存储器溢出，请设置并监控读数阈值。当存储器中的读数数量达到阈值时，此时将检索存储器中的所有读数。

```
*RST;*CLS           // 重置，从已知状态启动
SYST:TIM .001       // 设置 1 ms 测量超时
CONF:FREQ 1E6, 0.1, (@1) // 配置测量
    TRIG:COUN 5       // 发送 5 个系统触发
    SAMP:COUN 250E3   // 获取 25 万个读数 / 触发
    FORM:DATA REAL, 64 // 将数据格式设置为二进制
    DATA:POIN:EVEN:THR 10E3 // 将存储器阈值设置为 10k
INIT                // 启动读数
// 循环直到所有读数都完成
For (cnt=0;cnt<1.25E6;cnt +=10000)
    Do
        {spoll=STAT:OPER:COND?; // 串行轮询条件寄存器
        sleep (100) // 等待 100 ms
        }while !(spoll&4096) // 重复直到达到阈值
R?10E3 // 一次从存储器检索 1 万个读数
```

计数器文件系统

易失性读数存储器中的测量和计数器配置状态均可存储在计数器的**内部**（非易失性）闪存中，或者存储在与前面板“主机”端口相连的**外部** USB 存储设备中（图 7-1）。

文件在根目录中的文件夹中创建，或者在相对于根目录的子文件夹中创建。内部闪存和 USB 驱动器中文件夹和文件的关系如图 7-2 所示。

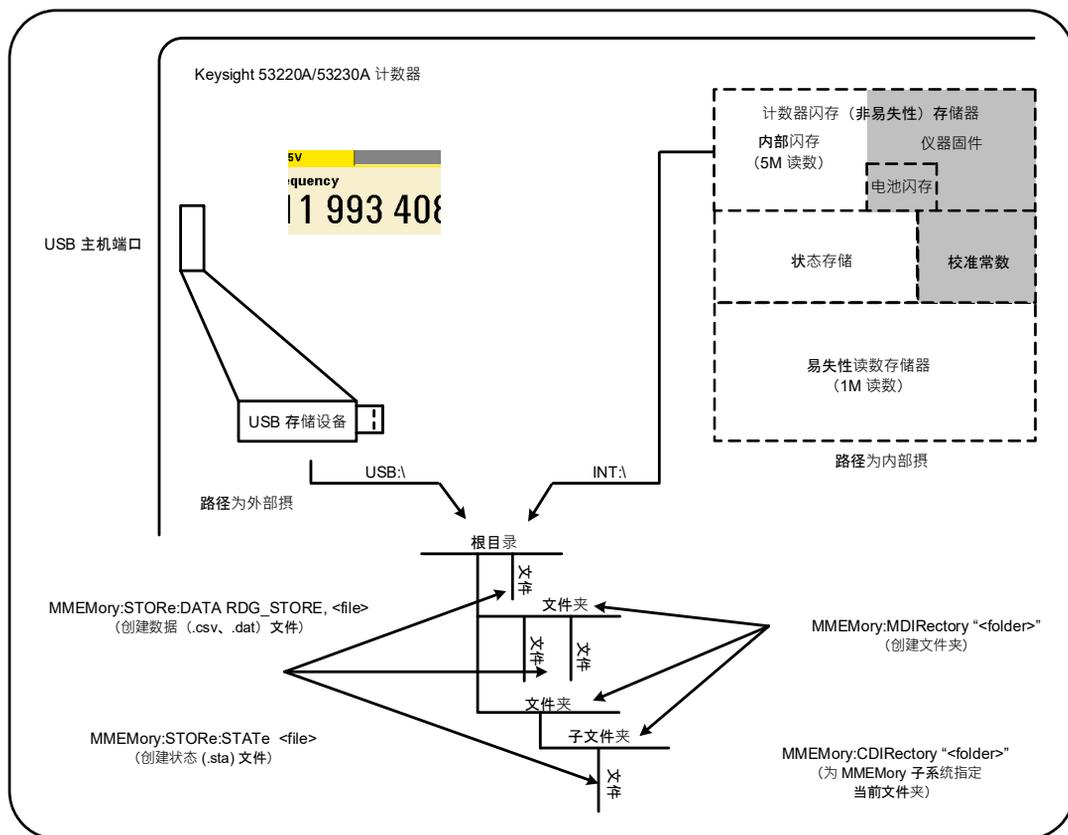
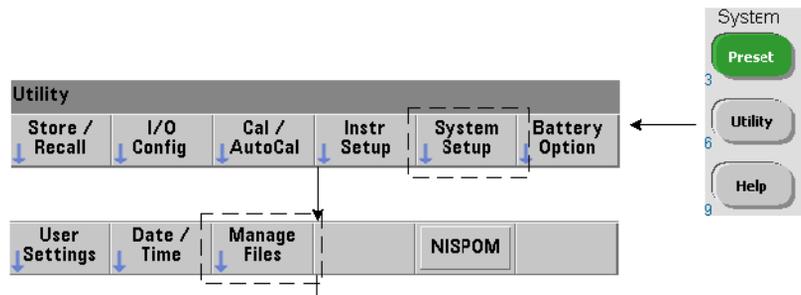


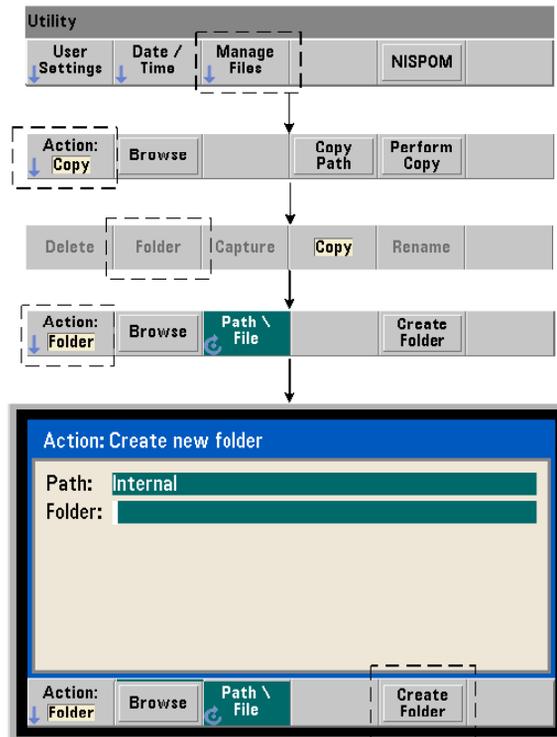
图 7-2 内部存储器和 USB 存储设备中的文件夹和文件。

在闪存和 USB 驱动器中创建文件夹和文件



文件夹和文件是在仪器存储器和 USB 驱动器中创建的，如以下各节所述。

创建文件夹



文件夹和子文件夹可使用以下命令进行创建：

MMEMemory:MDIRectory “<folder>”

- **folder** 的格式为 **drive:path**。**drive** 可以是 **INT**（内部闪存）或 **USB**（外部存储设备）。**path** 是以 \ 或 / 开头的绝对路径和文件夹名称。**INT:** 是默认的 **drive:path**。

folder 参数不得超过 240 个字符，且文件夹名称内不得包含字符 \ / : * ? “ < > |。要创建文件夹，请执行以下操作：

// 在内部闪存的根目录

// 下创建文件夹 “**dut_1**”（包含子文件夹 “**data1**”）

MMEMEM:MDIR “**INT:\dut_1**”

MMEMEM:MDIR “**INT:\dut_1\data1**”

请注意，不能在同一命令内创建文件夹和子文件夹。

从前面板中输入文件夹名称

显示上一页中所示的 “**Create new folder**” 窗口时，请按如下所示输入文件夹名称（或者任何文件名）：

- 1 按 “**Browse**” 软键，并使用前面板旋钮突出显示计数器的内部闪存（内部），或者突出显示与前面板主机端口相连的 USB 驱动器（外部）（如有）。按 “**Select**” 软键选择驱动器。
- 2 要创建文件夹名称，请旋转旋钮以选择字符。旋钮可以选择 A-Z（大写）、a-z（小写）、数字 0-9、所选的键盘字符、小数点 (.)、下划线 (_) 和空格。选中所需字符之后，按旋钮下的向右箭头 (>) 键可移到下一个位置。
- 3 重复执行操作，直到完成文件夹名称为止。使用向左箭头键 (<) 退格并更改字符。将字符更改为空格时，会删除该字符。按 “**Create Folder**” 可创建文件夹。

指定默认文件夹

通过将文件夹指定为默认（当前）文件夹，您无需在每次创建或引用子文件夹或文件时指定绝对路径。命令：

```
MMEemory:CDIRectory "<folder>"
```

```
MMEemory:CDIRectory? (查询表)
```

会将 **folder** 选择作为后续的 MMEemory 子系统命令使用的 **current folder**。**folder** 的格式为 **drive:path**（有关 **drive:path** 的详细信息，请参见 MMEemory:DIRectory ）。

例如，创建文件夹 **dut_1** 和 **data1** 的备选方法为：

```
// 创建文件夹 “dut_1” 并选择它作为当前文件夹
// 创建子文件夹 “data1”
```

```
MMEM:MDIR "INT:\dut_1"
```

```
MMEM:CDIR "INT:\dut_1"
```

```
MMEM:MDIR "data1"
```

指定文件夹名称时，将引用 **current** 文件夹。如果**尚未**指定当前文件夹 (MMEM:CDIR)，且未包括驱动器名称（INT 或 USB），则将引用默认驱动器“INT:”。例如：

```
MMEM:MDIR "dut_2"
```

在根驱动器 INT 中创建文件夹 “dut_2”。

重置 (*RST) 或预设仪器 (SYSTEM:PRESet) 之后，计数器会将当前文件夹重置为内部闪存文件系统（“INT:\”）中的根目录。

创建数据文件

有关从前面板中存储测量数据的信息，请参见第6章中的“柱状图”或“趋势图和数据记录”。

用来将数据从读数存储器传输至内部闪存或 USB 设备中的文件的命令（图 7-1 和图 7-2）为：

```
MMEMory:STORe:DATA RDG_STORE, "<file>"
```

<file> 是在执行命令期间创建的，且文件参数格式为 “[drive:path] <file_name>”。drive 可以是 INT（内部闪存）或 USB（外部存储设备）。path 是绝对路径和文件夹名称。如果指定文件夹，则该文件夹必须已事先创建。

文件夹和文件名的组合不得超过 240 个字符，且不可包含字符 \ / : * ? “ < > | .

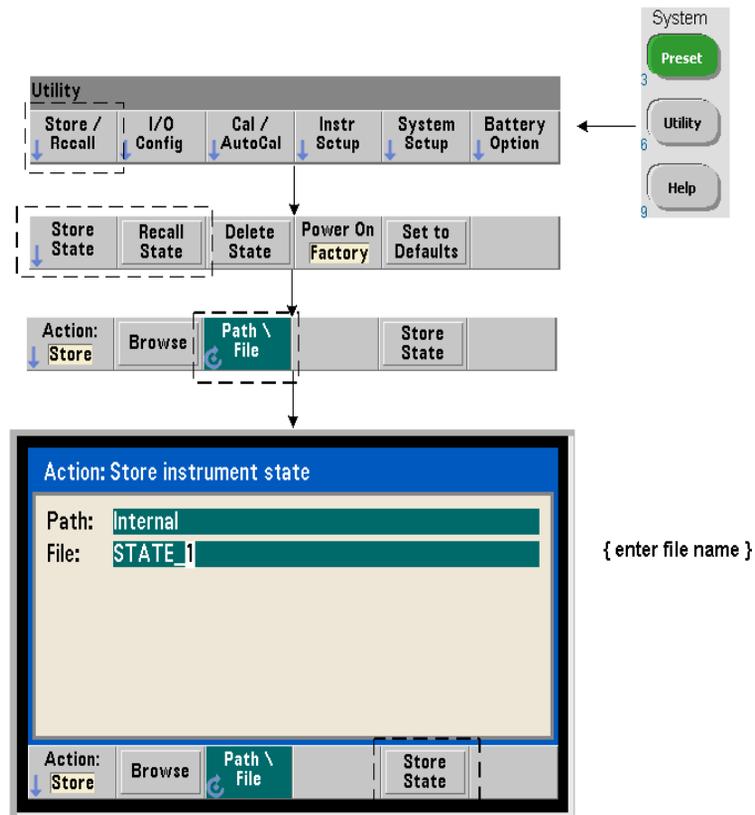
已传输读数的格式由 file_name 扩展名指定。如果指定 .csv，则数据将存储为逗号分隔值 (CSV)，其中每行 ASCII 对应一个测量值。如果指定 .dat，则数据将存储为 REAL 值，并使用 Little-Endian 字节顺序。

以下命令序列将在 USB 存储设备中创建文件夹，进行一系列频率测量，然后创建文件，并将测量结果从（易失性）读数存储器中复制到文件夹。

创建数据文件示例

```
MMEM:MDIR "USB:\dut_1" // 在 USB 存储器中创建文件夹
MMEM:CDIR "USB:\dut_1" // 指定当前文件夹
CONF:FREQ 100E3,(@1) // 配置测量
    SAMP:COUN 50 // 设置 50 个测量结果
INIT // 启动测量
*WAI // 等待读数完成
MMEM:STOR:DATA RDG_STORE, "data1.csv" // 创建文件，复制
```

创建状态文件



仪器状态可以存储在仪器的内部闪存或 USB 存储设备中，并稍后调用以恢复特定配置（图 7-2）。

用来存储和装入计数器状态的命令为：

```
MMEemory:STORe:STATe < "file" >
```

```
MMEemory:LOAD:STATe < "file" >
```

<file> 是在执行 STORe 命令期间创建的。参数格式为 “[drive:path] <file_name>”。drive 可以是 INT（内部闪存）或 USB（外部存储设备）。path 是绝对路径和文件夹名称。如果指定文件夹，则该文件夹必须已事先创建（请参见 MMEemory:MDIRectory）。

文件夹和文件名的组合不得超过 240 个字符，且不可包含字符 \ / : * ? “ < > |。状态文件的扩展名为 .sta。

状态文件示例

以下示例显示了从前面板中创建的文件夹和以编程方式创建 / 存储的状态文件之间的交互情况。对于此序列，文件夹 **SETUP_1** 是从**前面板**中的内部闪存驱动器中创建的。该文件夹稍后将指定（以编程方式）为当前文件夹，状态文件在该文件夹中存储并调用。

```
MMEM:CDIR "INT:\SETUP_1" // 指定为当前文件夹
```

以编程方式或从前面板配置仪器

```
MMEM:STOR:STAT "test1.sta" // 存储配置
```

以后调用配置（状态）（即使重新通电也是如此）...

```
MMEM:LOAD:STAT "INT:\SETUP_1\test1.sta" // 加载状态
```

从前面板中保存状态

将仪器**配置为必选项**之后，可以按如下所示方法从前面板中存储状态：

- 1 使用 **Utility** 键和上一页中指出的软键，将文件操作设置为 **“Store”**。
- 2 按 **“Browse”** 软键将显示 **“File System”** 窗口。使用前面板旋钮，突出显示计数器的内部闪存（内部）或 USB 驱动器（外部）中的根目录或文件夹。如果文件夹不可见，请再次按 **“Browse”** 查看目录结构。
按 **“Select”** 软键选择目录或文件夹。
- 3 输入文件名。旋钮可以选择 A-Z（大写）、a-z（小写）、数字 0-9、所选的键盘字符、小数点 (.)、下划线 (_) 和空格。选中所需字符之后，按旋钮下的向右箭头 (>) 键可移到下一个位置。
- 4 重复执行操作，直到完成文件名为止。使用向左箭头键 (<) 退格并更改字符。将字符更改为空格时，会删除该字符。
- 5 按 **“STORE STATE”**，将状态存储在已定义的文件名下。系统会将扩展名 .sta 添加到该文件名。
- 6 按 **“RECALL STATE”** 软键，突出显示文件名，并按 **“Select”**，可以调用状态（状态文件）。该状态将立即调用。

存储用户首选项

非易失性 I/O 设置和用户首选项可使用以下命令来存储和调用：

MMEMory:STORe:PREFerences <file>

MMEMory:LOAD:PREFerences <file>

<file> 是在执行 STORe 命令期间创建的。参数格式为 “[drive:path] <file_name>”。drive 可以是 INT（内部闪存）或 USB（外部存储设备）。path 是绝对路径和文件夹名称。如果指定文件夹，则该文件夹必须已事先创建（请参见 MMEMory:MDIRectory）。

文件夹和文件名的组合不得超过 240 个字符，且不可包含字符 \/:*? “<>|”。首选项文件的扩展名为 .prf。

用户首选项包括以下设置：

- 显示屏亮度、基数、分隔符和屏幕保护程序状态
- 所选的帮助语言
- 状态调用和选择设置
- 参考振荡器源、外部参考频率和待机设置
- 自动级别最小频率
- 电池状态（启用或禁用）
- 蜂鸣器设置
- 测量超时
- 531xx SCPI 兼容性语言设置

装入为 LAN 指定静态 IP 地址的首选项文件时，请务必小心，它将导致两个仪器不会在 LAN 中使用同一 IP 地址。这可能会导致两个仪器中出现 LAN 配置错误。

使用前面板**无法**存储或装入（检索）用户首选项。

使用 *SAV 和 *RCL

此外，还有一些命令可用来保存和调用仪器状态，如：IEEE-488.2 通用命令 *SAV 和 *RCL。使用这些命令，通过计数器的内部闪存中的**位置编号**，可以保存和调用多达五种状态。使用此方法保存的状态还可指定为在加电时调用。

***SAV {0|1|2|3|4}**

将当前仪器状态保存在五个 {0|1|2|3|4} 闪存状态位置之一中。状态位置 “0” 是有效位置；但是，**断电**时的仪器状态将自动保存在位置 “0” 中，并且覆盖已存储在该处的任何状态。除了 “用户首选项” 参数（例如，配置前面板显示屏的参数）之外，计数器状态的所有参数均会保留。

以下是有关该命令的示例：

```
*SAV 1 // 在状态位置 1 保存当前状态
```

状态位置 0-4 由内部闪存的根目录中的以下文件名表示：

```
STATE_0.sta
```

```
STATE_1.sta
```

```
STATE_2.sta
```

```
STATE_3.sta
```

```
STATE_4.sta
```

已保存的计数器状态可使用以下命令进行调用：

```
*RCL {0|1|2|3|4}
```

{0|1|2|3|4} 是五个状态位置。以下是有关该命令的示例：

```
*RCL 1 // 从状态位置 1 调用配置
```

如果使用 *RCL 调用状态，则仅指定**位置编号**。从**前面板**中调用已编号的状态位置时，将使用位置文件名（例如，STATE_1.sta）。

有关详细信息，请参见 “用户定义的加电状态”。

验证已调用的状态 在状态调用之前，可以查询其存储位置，以确定位置为空是否存在有效的状态。

```
MEMory:STATE:VALid?{0|1|2|3|4}
```

查询指定的状态位置。如果返回 “0”，则位置为空。如果返回 “1”，则存在有效的状态。例如：

```
// 验证位置 3 中是否存储了有效状态； 0 = 无状态
```

```
// 已保存， 1 = 位置 3 中的有效状态
```

```
MEM:STAT:VAL?3
```

用户定义的加电状态

53220A/53230A 计数器可以设置为从五个已保存的状态位置之一或状态文件中通电（图 7-2）。为此，必须满足以下条件：

1. 当前必须**已保存**该状态
2. 必须**已启用**调用
3. 必须**已选择**状态位置或文件名

此序列由以下命令提供：

```
// 在仪器状态位置 0-4 中保存状态
```

```
*SAV {0|1|2|3|4}
```

或

```
// 在状态文件 (.sta) 中存储状态 - 内部或 USB
```

```
MMEmory:STORe:STATe < "file" >
```

```
// 在通电时启用自动调用
```

```
MEMory:STATe:RECall:AUTO {ON|OFF}
```

```
MEMory:STATe:RECall:AUTO? (查询表)
```

```
// 选择通电时调用的状态位置或文件
```

```
MEMory:STATe:RECall:SElect {0|1|2|3|4|<file>}
```

```
MEMory:STATe:RECall:SElect? (查询表)
```

如果**已启用**自动调用，并且**未选择**状态位置或文件名，则计数器将在上次关闭（位置 0）时所处的状态中加电。

以下示例展示了从已编号的状态位置和内部闪存的状态文件中调用的状态。

```
// 配置计数器
```

```
*SAV 2 // 在位置 2 中保存状态
```

```
MEM:STAT:REC:AUTO ON // 在通电时启用状态调用
```

```
MEM:STAT:REC:SEL 2 // 在通电时调用位置 2 中的状态
```

```
// 重新打开电源时，调用位置 2 中的状态
```

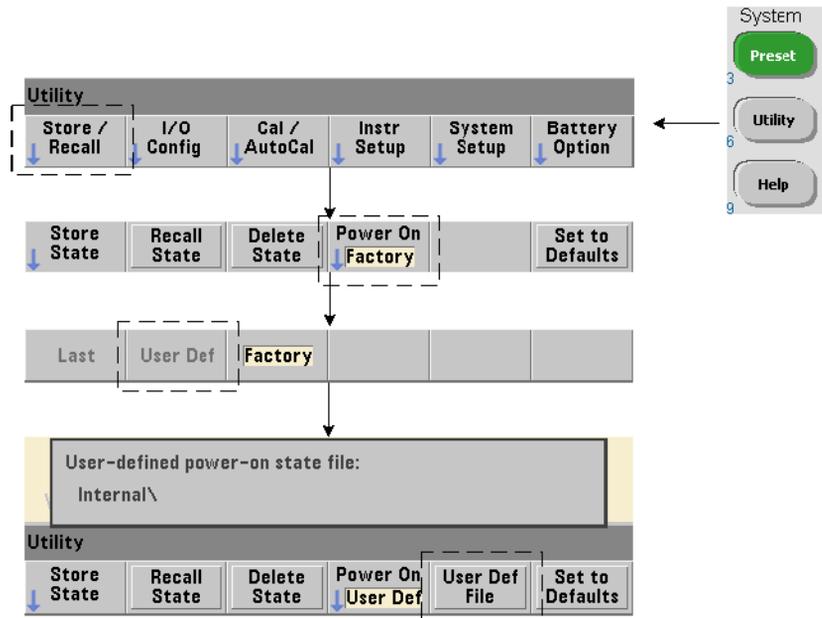
和

```
MMEM:MDIR "INT:\SETUP_A" // 在 INT 存储器中创建文件夹
// 配置计数器
// 在文件中存储状态
MMEM:STOR:STAT "INT:\SETUP_A\test_A.sta"
MEM:STAT:REC:AUTO ON // 在通电时启用状态调用
MEM:STAT:REC:SEL "test_A.sta" // 在通电时调用文件
// 重新打开电源时，调用状态 test_A.sta
```

注意

出厂时，自动状态调用**已禁用** (MEM:STAT:REC:AUTO OFF)。状态调用禁用时，出厂默认值 (*RST) 将在加电时选中。

从前面板中指定加电状态



可以按以下所示方法从前面板中选择特定的加电状态：

- 1 从 **Store/Recall** 菜单中，使用 “**Power On**” 软键选择 **User Def**。
- 2 按 **User Def File** 查看文件系统。选择所需的文件夹和文件名，以此选择加电时要选中的所需状态。请记住，仪器状态位置 0-4 由文件名（例如，**STATE_3.sta**）来标识。对于保存在其他文件（位置）中的状态，请使用 **.sta** 扩展名指定适当的文件。

如果使用 “**Power On**” 软键选择 **Last**，则系统将在计数器上次关闭（状态位置 0）的时间调用仪器状态。如果选择 **Factory**，则计数器将在其出厂设置状态中通电。

管理文件夹和文件

在内部闪存和 USB 存储设备中创建的文件夹、数据文件和状态文件均从前面板中管理（即：删除、复制、移动和编录），也可使用 **MMEemory** 和 **MEMory** 子系统内的其他命令来管理。

删除文件夹

文件夹可使用以下命令进行删除：

```
MMEemory:RDIrectory "<folder>"
```

如果从 **I/O 接口** 中删除文件夹，则该文件夹必须为空（不包含任何子文件夹或文件）。指定为当前文件夹 (**MMEemory:CDIrectory**) 的文件夹无法删除。从**前面板**中，可以像删除当前文件夹（SCPI 指定的文件夹）一样删除（按照提示）非空文件夹。

删除文件夹示例

以下示例将删除子文件夹（空文件夹），然后删除其根文件夹。

```
// 创建 USB 文件夹 "dut_2" 和子文件夹 "data2"
```

```
MMEM:MDIR "USB:\dut_2"
```

```
MMEM:MDIR "USB:\dut_2\data2"
```

```
// 删除子文件夹 "data2"，然后删除文件夹 "dut_2"
```

```
MMEM:RDIR "USB:\dut2\data2"
```

```
MMEM:RDIR "USB:\dut_2"
```

删除文件

位于仪器内部闪存驱动器或 USB 存储设备（[图 7-2](#)）中的数据和状态文件均可使用以下命令进行删除：

```
MMEemory:DElete < "file" >
```

文件格式为 "[drive:path]<file_name>"。drive 可以是 INT（内部闪存）或 USB（外部存储设备）。如果删除的文件不在指定的当前目录中，则 path 是以 "\ " 开头并从根文件夹开始的绝对文件夹路径。文件名必须包括文件扩展名。例如：

```
\\ delete data file data1.csv in USB folder dut_1
```

```
MME:DEL "USB:\dut_1\data1.csv"
```

保存在**状态位置 0 - 4**中的**状态文件**还可使用以下命令进行删除:

```
MEMory:STATe:DELeTe {0|1|2|3|4}
```

```
MEMory:STATe:DELeTe:ALL
```

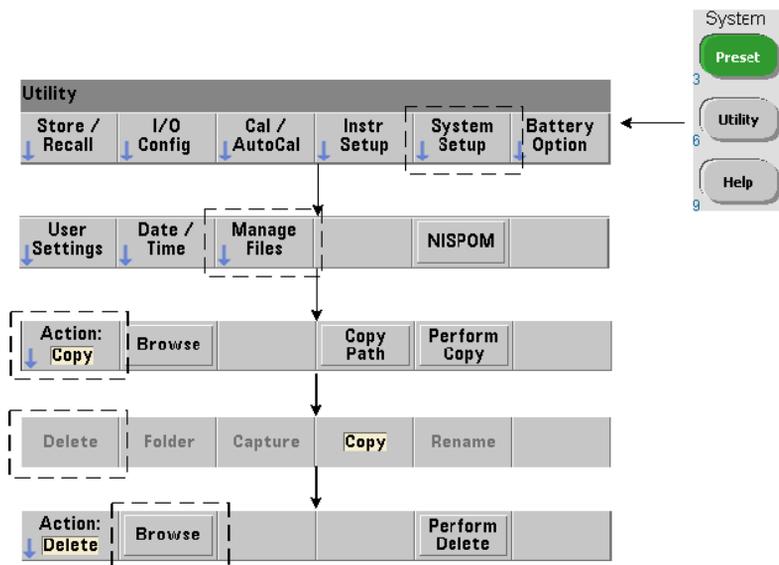
```
// 删除状态位置 2 的内容
```

```
MEM:STAT:DEL 2
```

```
// 删除所有数字状态位置的内容
```

```
MEM:STAT:DEL:ALL
```

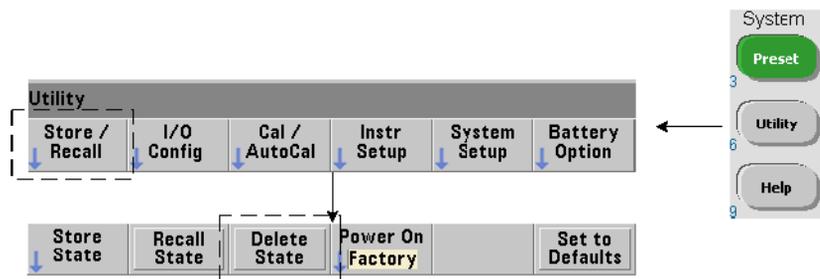
从前面板中删除文件夹和文件



文件夹和文件可通过使用前面板按如下所示方法删除：

- 1 按 “**Manage Files**” 软键之后，按 “**Action**” 软键并选择 “**Delete**”。（应先选择该操作。）
- 2 按 “**Browse**” 软键，并使用前面板旋钮突出显示驱动器、文件夹或文件，然后按 “**Select**”。再次按 “**Browse**” 查看（并选择）文件夹中的内容。
- 3 文件夹或文件显示在 **Path:** 或 **File:** 窗口中时，按 “**Perform Delete**”。

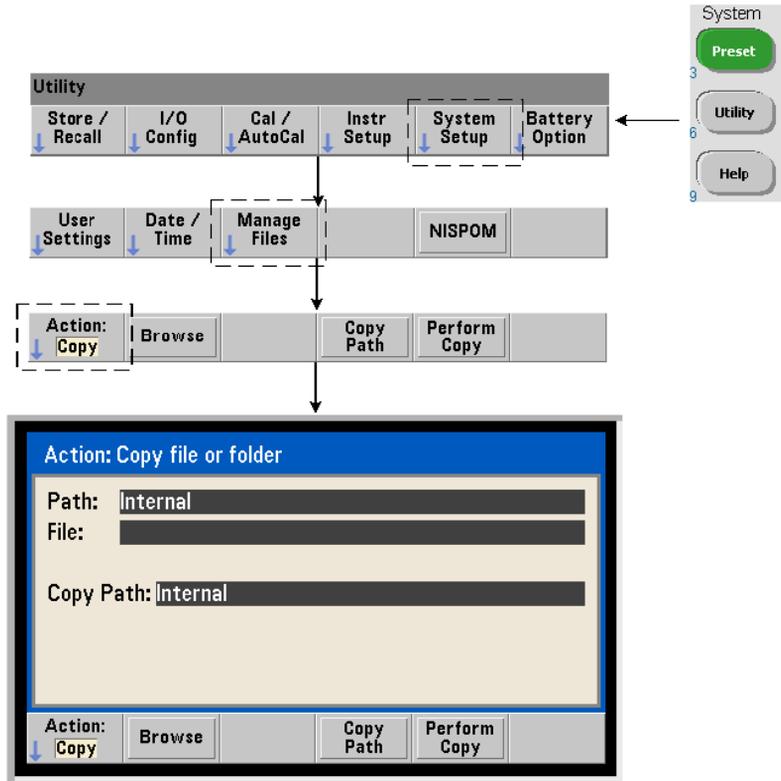
删除状态文件



此外，还可以使用以下方法删除状态文件：

- 1 按 “Store/Recall” 软键显示状态菜单。
- 2 按 “Delete State” 打开 File System 窗口。随即将列出根驱动器和目录中的所有状态文件（.sta 扩展名）。使用前面板旋钮突出显示所需的文件。
- 3 按 “Select” 删除文件。请注意，按 “Select” 将立即删除状态文件。

复制和移动文件



文件可以在驱动器内或不同驱动器之间复制或移动。

MMEMory:COPY < “file1” >, < “file2” >

MMEMory:MOVE < “file1” >, < “file2” >

将（源）file1复制或移到（目标）file2。文件格式为 “[drive:path] <file_name>”。drive 可以是 INT（内部闪存）或 USB（外部存储设备）。如果复制或移动的文件不在指定的当前文件夹 (MMEMory:CDIRectory) 中，则源驱动器和目标驱动器中的 path 必须为以 “\” 开头的绝对文件夹路径。文件名必须包括扩展名。

复制或移动命令中的目标**文件夹**当前必须存在。该文件夹在复制或移动期间不会创建。

以下示例显示文件可以复制到的不同位置：

// 将文件从文件夹复制到 USB 驱动器的根目录

```
MMEM:COPY "INT:\dut_1\state1.sta" , "USB:\"
```

// 将文件从文件夹移动到 USB 驱动器的根目录

```
MMEM:MOVE "INT:\dut_1\state1.sta" , "USB:\"
```

// 将文件从 INT 文件夹复制到现有 USB 文件夹

```
MMEM:COPY "INT:\dut_1\state1.sta" , "USB:\duts"
```

// 将文件从文件夹复制到现有文件夹 - 新文件名

```
MMEM:COPY "INT:\dut_1\state1.sta" , "USB:\duts\s1.sta"
```

// 将文件从 state1.sta 重命名为 state2.sta

```
MMEM:MOVE "INT:\dut_1\state1.sta" , "INT:\dut_1\state2.sta"
```

从前面板中复制文件和文件夹

选择上一页中所示的文件操作 **Copy** 之后，可以按以下所示的方法复制文件夹和文件：

- 1 按 **“Browse”** 软键，并使用前面板旋钮突出显示源文件夹或文件，然后按 **“Select”**。（再次按 **“Browse”** 查看文件夹中的内容。）
- 2 按 **“Copy Path”**，突出显示目标驱动器或文件夹，然后按 **“Select”**。按 **“Perform Copy”** 复制文件夹或文件。

文件夹目录

使用以下命令，可以获取**所有**子文件夹和文件的目录、或者每个文件夹的**数据**（.csv 和 .dat）和**状态** (.sta) 文件的**单独**目录。

除了文件列表之外，这些命令还可提供有关指定驱动器已使用的内存总量和可用的内存总量。

```
MMEMory:CATalog[:ALL]?[< “folder” >]
```

```
MMEMory:CATalog:DATA?[< “folder” >]
```

```
MMEMory:CATalog:STATE?[< “folder” >]
```

folder 参数格式为 **drive:path**。drive 可以是 INT（内部闪存）或 USB（外部存储设备）。path 是绝对路径，且文件名以 \ 开头。如果未指定文件夹，则将返回指定的当前文件夹 (**MMEMory:CDIRectory**) 的内容，或者返回驱动器根目录的内容。

返回的数据格式如下所示：

```
<total memory used>, <total memory free>, < "file listing" >
```

"file listing" with quotes (" ") included is further separated into:

```
"<file name>, <file type>, <file size>"
```

已使用的内存、可用的内存和文件大小以字节为计量单位来表示。对于外部 USB 存储设备中的文件夹，如果这些文件夹包含子文件夹以及 .csv 数据文件、.dat 数据文件和状态文件，则单独的 **CATalog** 命令可能会返回如下所示内容：

```
MMEMory:CATalog[:ALL]?
```

```
253657088,519798784,"data1.csv,ASC,12500","state1.sta,STAT,860"  
, "data2.dat,BIN,1600", "dut_a,FOLD,0"
```

```
MMEMory:CATalog:DATA?
```

```
253657088,519798784,"data1.csv,ASC,12500", "data2.dat,BIN,1600"
```

```
MMEMory:CATalog:STATe?
```

```
253657088,519798784,"state1.sta,STAT,860"
```

8 仪器状态

Keysight 53220A/53230A 状态系统 [297](#)

本章介绍用于监控 53220A/53230A 计数器状况的寄存器状态。

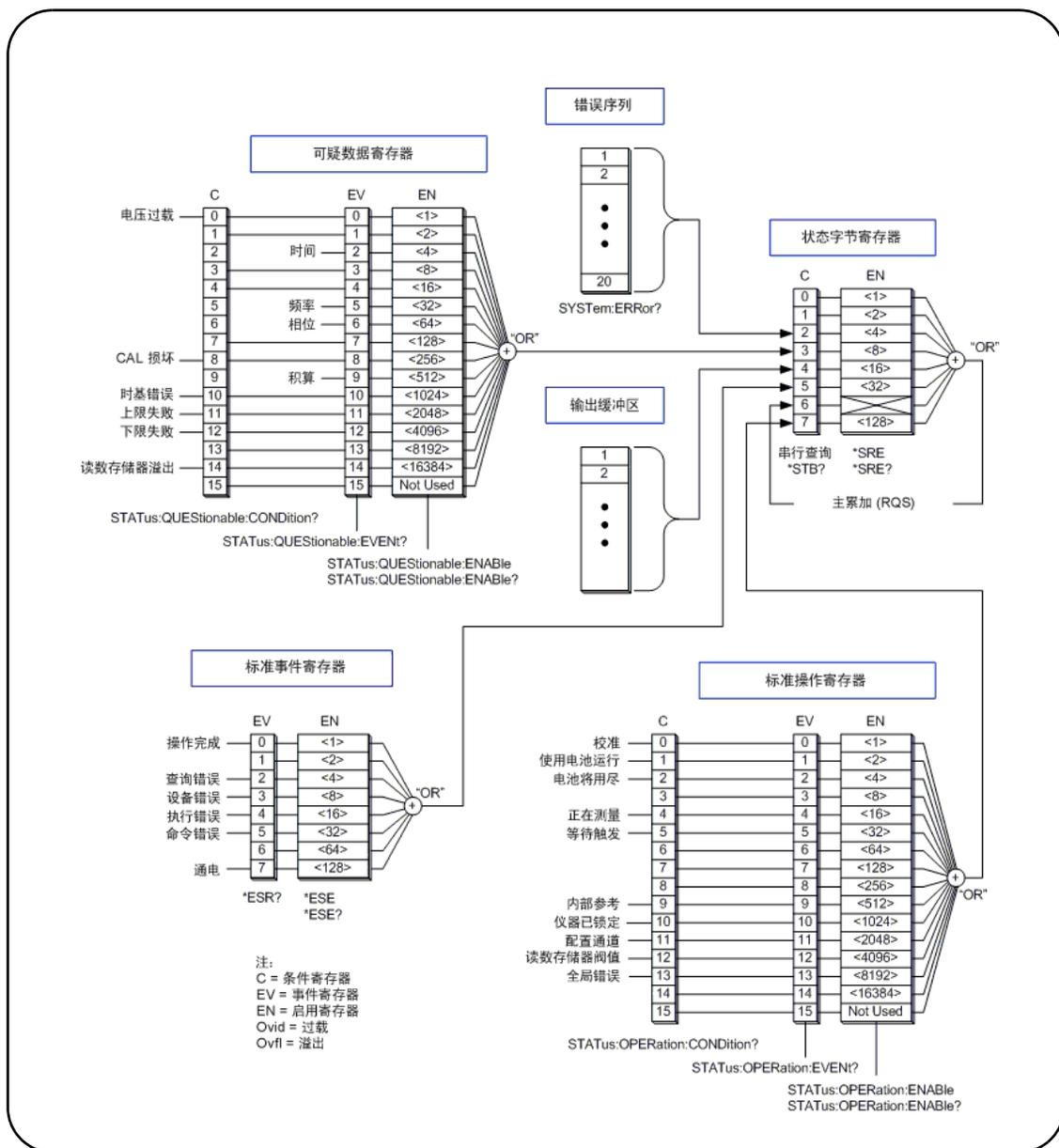


图 8-1 53220A/53230A 状态系统。

Keysight 53220A/53230A 状态系统

本章概述了 53220A/53230A 状态系统。有关位定义和其他信息，请参见“程序员参考”内的 **STATus** 子系统和 IEEE-488 命令。

可疑数据寄存器组

计数器的可疑数据寄存器组将监控计数器的以下条件和事件：

- 输入电压过载
- 时间间隔、频率、相位、积算测量硬件超时
- 校准数据
- 时基错误
- 超过下限
- 超过上限
- 读数寄存器溢出

条件寄存器

可疑数据寄存器组内的条件寄存器将监控当前可能影响计数器测量完整性的条件。条件寄存器可使用以下命令读取：

STATus:QUEStionable:CONDition?

读取寄存器不会清除寄存器中的位。只有在删除条件时，位才会清除。

事件寄存器

可疑数据寄存器组内的事件寄存器也会监控可能影响计数器测量完整性的条件。

事件寄存器可使用以下命令读取：

STATus:QUEStionable[:EVENT]?

与条件寄存器不同，当条件发生之后，事件寄存器中的位保持原设置。位通过读取寄存器来清除。

启用寄存器

启用寄存器指定事件寄存器中的哪些位可以生成累加位。随后，系统将使用这些位来生成服务请求。

事件寄存器中的位可使用以下命令来启用：

STATus:QUEStionable:ENABle <enable>

STATus:QUEStionable:ENABle? (查询表)

- **enable**: 十进制值等于寄存器中所有位的二进制加权值总和。例如，以下命令可启用监控可能的时基错误的位：**STAT:QUES:ENAB 1024**。

标准操作寄存器组

计数器的标准操作寄存器组可监控计数器中的操作条件：其中包括：

- 校准正在进行
- 电池操作
- 电池充电状态
- 测量正在进行
- 等待触发
- 内部参考振荡器正在使用
- 远程接口锁定和远程接口错误
- 配置更改
- 已达到读数存储器阈值

条件寄存器

标准操作寄存器组中的条件寄存器可监控仪器操作状态的当前条件。条件寄存器可使用以下命令读取：

STATus:OPERation:CONDition?

读取寄存器不会清除寄存器中的位。只有在删除条件时，位才会清除。

事件寄存器

标准操作寄存器组内的事件寄存器也可监控仪器状态。事件寄存器可使用以下命令读取：

STATus:OPERation[:EVENT]?

与条件寄存器不同，当状态出现之后，事件寄存器中的位保持原设置。位通过读取寄存器来清除。

启用寄存器

标准操作寄存器启用寄存器指定事件寄存器中的哪些位可以生成累加位。随后，系统将使用这些位来生成服务请求。

（操作）事件寄存器中的位可使用以下命令来启用：

STATus:OPERation:ENABle <enable>

STATus:OPERation:ENABle?

（查询表）

- **enable**: 十进制值等于寄存器中所有位的二进制加权值总和。例如，以下命令可启用监控低（关键）电池充电的位：**STAT:OPER:ENAB 4**。

标准事件寄存器

标准事件寄存器可监控编程条件，其中包括：

- 操作完成
- 查询错误
- 设备错误
- 执行错误
- 命令执行错误
- 加电状态

读取标准事件寄存器

标准事件寄存器可使用以下命令读取：

***ESR?**

读取寄存器时，不会清除位。位通过发送 ***CLS** 来清除。

启用标准事件寄存器

标准事件启用寄存器指定标准事件状态寄存器中的哪些位可以生成累加位。随后，系统将使用这些位来生成服务请求。

标准事件寄存器中的位可使用以下命令来启用：

***ESE <enable>**

***ESE?** (查询表)

– **enable**: 十进制值等于寄存器中所有位的二进制加权值总和。例如，以下命令可启用监控命令语法错误的位：***ESE 32**。

***ESE?** 将返回所有启用位的加权值总和。

状态字节寄存器

状态字节寄存器包含可疑数据寄存器组、标准操作寄存器组、标准事件寄存器、计数器错误队列和输出缓冲区中的累加位 (图 8-1)。

在设置状态字节寄存器中的任何其他位时，请将主累加 RQS 位 (第 6 位) 设置为 (1)。

读取状态字节寄存器

状态字节寄存器可使用以下两个命令之一读取：

***STB?**

SPOLL

两个命令均返回寄存器中所有设置位的十进制加权值总和。其不同之处在于：

***STB?** 不会清除第 6 位 (RQS)。串行轮询 (SPOLL) 则会清除第 6 位。

状态字节寄存器 (第 4 位除外) 中的所有位可使用以下命令清除：

***CLS**

第 4 位是在从输出缓冲区读取数据时清除的。

服务请求启用寄存器

服务请求启用寄存器可指定哪些（状态组）累加位会将服务请求信息发送到计算机。

这些位可使用以下命令加以指定：

***SRE <enable>**

***SRE?** (查询表)

- **enable:** 十进制值等于寄存器中所有位的二进制加权值总和。例如，以下命令可启用表示可疑数据寄存器组的位：***SRE 8**。

第 7 章和编程人员参考包包含使用 **STATus** 子系统的示例。

本页特意留为空白。

A 53220A/53230A 错误消息

附录 A 描述了与 53220A/53230A 计数器相关的错误消息。

表 A-1 53220A/53230A 错误消息说明。

代码	消息	说明
命令错误		
-100	命令错误	一般语法错误 - 当它出现时，表示已出现命令错误。
-101	无效字符	命令头或参数中存在无效字符。
-102	语法错误	收到未知（拼写错误）命令，或者参数之间的分隔符丢失。
-103	无效分隔符	收到无效分隔符（例如，除逗号、空格或分号以外的分隔符）。
-104	数据类型错误	指定参数时已使用错误的数据类型（数字、字符、字符串和表达式）。
-108	不允许参数	收到的参数比命令头要求的参数多。
-109	丢失参数	命令需要一个或多个参数。
-110	命令头错误	在命令头中检测到错误，但无法获取更具体的信息。
-111	命令头分隔符错误	命令头后存在无效的分隔符。有效分隔符通常为空格。
-112	命令助记符过长	命令头包含的字符超过 12 个。
-113	未定义报头	命令头的语法构成正确，但尚未为该仪器定义该命令头。
-114	命令头后缀超出范围	作为命令头组成部分的数字后缀已超出范围（例如，仅当“1”或“2”有效时，出现了“3”）。
-120	数字数据错误	已检测到数字数据元素，但无法获取更具体的信息。
-121	数字中存在无效字符	指定的数字中已嵌入除数字、逗号或小数点以外的字符。
-123	指数过大	指数的数量级大于 32,000。
-124	数位过多	尾数（数字的正小数部分）的位数超过 255。
-128	不允许数值数据	在不允许数值数据的命令头或参数中指定了数字。
-130	后缀错误	在数字参数的后缀（单位）中检测到错误，但无法获取更具体的信息。

表 A-1 53220A/53230A 错误消息说明。（续）

代码	消息	说明
-131	无效后缀	指定的参数后缀不正确 (例如, 指定了 10 MZ, 而不是 10 MHZ)。
-134	后缀过长	后缀包含的字符超过 12 个。
-138	不允许后缀	已为不允许后缀的数字参数指定后缀。
-140	字符数据错误	在命令头或参数中检测到字符错误, 但无法获取更具体的信息。
-141	无效字符数据	收到无效字符, 或者该字符对于命令头而言无效。
-144	字符数据过长	字符数据包含的字符超过 12 个。
-148	不允许字符数据	需要其他数据类型 (数字或布尔) 时指定了有效字符。
-150	字符串数据错误	指定的字符串中出错, 但无法获取更具体的信息。
-151	无效字符串数据	已收到所需的字符串参数, 但它无效。
-158	不允许字符串数据	需要其他数据类型 (数字或布尔) 时指定了有效字符串。
-160	数据块错误	数据块中出错, 但无法获取更具体的信息。
-161	无效数据块	有限长度数据块中的字节数与数据块报头指出的字节数不匹配。
-168	不允许数据块	在仪器不允许出现数据块元素的实例中, 出现了数据块元素。
-170	表达式错误	参数表达式中出错, 但无法获取更具体的信息。
-171	无效表达式	用来计算参数值的表达式无效。
-178	不允许表达式数据	在仪器不允许出现表达式的实例中, 出现了表达式。

表 A-1 53220A/53230A 错误消息说明。（续）

代码	消息	说明
执行错误		
-203	命令受保护	由于受密码保护的命令已禁用，因此无法执行该命令或查询。
-213	忽略 INIT	在计数器当前已启动时收到 INITiate:IMMediate。
-221	设置冲突	附加到“设置冲突”消息的语句指出存在冲突，并说明了如何解决该冲突。
-222	数据超出范围	收到的参数值已超出给定命令的范围。
-223	数据太多	收到的数据块、元素或字符串参数有效，但存储器限制阻止命令执行。
-224	非法参数值	需要提供选择列表中的准确值。
-225	超出内存： 测量数据超限	由于提取数据的速度超过处理速度，因此导致内部缓冲区已满。降低读数速率（门控时间）可以防止出现此错误。
-230	数据损坏或过时	尝试在重置或更改计数器配置之后检索数据。
-240	硬件错误	在仪器加电时检测到大多数硬件错误。如果出现硬件错误，则再次关闭并重新打开电源。如果该错误仍然存在，请与安捷伦联系。
-241	缺少硬件	指定的函数需要可选通道 3。该通道可能缺少或安装错误。
-250	海量存储错误： 文件读取 / 写入错误	从内部闪存或 USB 存储设备的文件中读取或写入该文件时出错。在操作完成之前，可能已超出文件空间，或者 USB 设备可能已删除。
-252	介质丢失	在文件操作期间未找到内部闪存或 USB 设备。
-254	介质已满	内部闪存或 USB 设备没有可用来创建文件夹或文件的内存空间，或者没有可用来执行文件操作的内存空间。
-256	未找到文件或文件夹名称	命令中指定的文件夹名称或文件名不存在。
-257	文件名错误： 名称中的字符无效	文件名或文件夹名称包含无效字符 (\/:*? “ < >).
-257	文件名错误： 路径过长	目录路径和文件名的组合超过 239 个字符。

表 A-1 53220A/53230A 错误消息说明。（续）

代码	消息	说明
-257	文件名错误； 不是文件夹名称	存储器操作中指定的文件夹名称是现有文件的名称。
-257	文件名错误； 路径为文件夹名称	存储器操作中指定的文件名是现有文件夹的名称。
-257	文件名错误； 文件或文件夹已存在	创建文件或文件夹时指定的名称已存在于内部闪存或 USB 设备中。
-257	文件名错误； 不允许使用相对路径	“..” 惯例不能用来表示父文件夹。
-257	文件名错误； 文件夹为默认文件夹	当前指定为默认 / 当前文件夹 (MMEMory: CDIRectory) 的文件夹无法删除。
-257	文件名错误； 路径名称丢失	指定的文件夹或文件操作不包括有效的路径名称。
-257	文件名错误； 驱动器名称丢失或者 无法识别	驱动器名称丢失或者在指定的路径中无效。有效的驱动器名称为 INT（内部闪存）和 USB（外部 USB 存储设备）。
-257	文件名错误； 访问已被拒绝	无法对受保护的系统文件执行请求的文件夹或文件操作。
-257	文件名错误； 文件过大	上载至计数器的文件大于 1 GB。
-257	文件名错误； 文件夹不为空	从 I/O（远程）接口中删除文件夹时，该文件夹必须为空（即：不包含子文件夹或文件）。可以从前面板中删除非空文件夹。
-257	文件名错误； 未知文件扩展名	根据存储器操作和文件类型，有效的文件扩展名为 .csv、.dat、.sta 和 .prf。

表 A-1 53220A/53230A 错误消息说明。（续）

代码	消息	说明
设备特定的错误		
-310	系统错误； 内部软件错误	接通电源时，固件无法获取仪器的非易失性存储器中的信息来完成初始化。请重新开机。如果该错误仍然存在，请与安捷伦联系。
-310	系统错误； 未能删除 PIC EEPROM 中的校准数据	对于与删除、读取或写入校准数据相关的系统错误，请验证该仪器是否已安装最新的固件版本。固件更新可在以下网址的“Technical Support”选项卡的开头找到： www.keysight.com/find/53220A 或 www.keysight.com/find/53230A 。如果该错误条件仍然存在，请与安捷伦联系。
-310	系统错误； 未能删除 PIC EEPROM 中的系统信息	对于与删除、读取或写入系统信息相关的系统错误，请验证该仪器是否已安装最新的固件版本。固件更新可在以下网址的“Technical Support”选项卡的开头找到： www.keysight.com/find/53220A 或 www.keysight.com/find/53230A 。如果该错误条件仍然存在，请与安捷伦联系。
-310	系统错误； I2C Comms 故障	如果出现与 I2C 相关的错误，则通常将在重新开机时在启动期间出现。如果出现此类型的错误，则再次关闭并重新打开电源。如果该错误仍然存在，请与安捷伦联系，并提供错误消息的完整说明。
-313	校准存储器丢失； 检测到存储器崩溃	该仪器无法引用非易失性存储器中的校准数据。请执行重新校准。
-313	校准存储器丢失； 因固件版本更改导致	仪器的校准数据在仪器固件更新之后已删除。需要重新校准仪器。
-314	保存 / 调用存储器丢失； 检测到存储器崩溃	由 *SAV? 命令保存至非易失性（闪存）存储器中的仪器状态已丢失。
-314	保存 / 调用存储器丢失； 因固件版本更改导致	由 *SAV? 命令保存至非易失性（闪存）存储器中的仪器状态因固件更新已丢失。
-315	配置存储器丢失； 检测到存储器崩溃	用户首选项设置（例如，I/O 设置、参考振荡器设置、测量超时设置 ...）已丢失。

表 A-1 53220A/53230A 错误消息说明。（续）

代码	消息	说明
-315	配置存储器丢失； 因固件版本更改导致	用户首选项设置（例如，I/O 设置、参考振荡器设置、测量超时设置...）因固件更新已丢失。
-330	自测试失败	有关详细信息，请参见附加的消息。
-350	错误队列溢出	出现错误；但仪器错误队列已满，且系统未记录该错误。
查询错误		
-410	查询已中断	计数器在对上一查询做出响应之前收到命令。
-420	查询未中止	计算机尝试在发出不完整的查询命令之后从计数器中读取查询响应。
-430	查询死锁	计数器的输入和输出缓冲区已满，且仪器无法继续。
-440	在无确定响应后查询未中止	请求不定长度响应的查询（例如，*IDN?）之后，在同一字符串中收到查询命令。
仪器错误		
+100	网络错误	已出现 LAN 网络错误，或者可能出现硬件故障。运行仪器自测试，以确定是否存在硬件故障。如果存在，请与安捷伦联系。
+110	LXI mDNS 错误	
+263	仪器正在测量时无法执行	正在测量时收到命令
+291	无法调用状态：状态为空	*RCL 命令指定的状态存储位置 (0-4) 为空
+292	状态文件大小错误	尝试装入的 .sta（状态）文件太大。
+293	状态文件损坏	指定的 .sta（状态）文件不包含有效的仪器状态信息。
+294	首选项文件大小错误	尝试装入的 .prf（首选项）文件太大。
+295	首选项文件损坏	指定的 .prf（首选项）文件不包含有效的用户首选项设置信息。
+301	输入端子保护继电器已打开	通道中存在大于或等于 +10Vp 的输入信号。输入阻抗设置为 1 M Ω 。将信号删除或降低至低于损坏电平，并按闪烁（通道）键或发送 INPut:PROtection:CLEar 后，可重置保护继电器。

表 A-1 53220A/53230A 错误消息说明。(续)

代码	消息	说明
+302	无法重置输入保护；存在高电压	尝试重置继电器（按相应的键或使用 INPut: PROTection:CLear）时，通道中存在的输入信号大于或等于 +10Vp。
+310	通道 3 脉冲宽度太短	无法进行载波频率测量。如果脉冲宽度为 < 13 us，则必须使用 SENSE:FREQuency:BURSt:GATE: NARRow ON 设置窄脉冲模式。如果已设置窄脉冲模式，则脉冲宽度必须为 > 200 ns。
+311	通道 3 脉冲宽度太长	无法进行载波频率测量。如果已设置窄脉冲模式，则脉冲宽度必须为 < 17 us。如果脉冲宽度为 > 17 us，则需使用 SENSE:FREQuency:BURSt:GATE: NARRow ON 来禁用窄脉冲模式。
+312	无法测量通道 3 的宽度	由于没有出现信号、信号的功率电平过高或过低、或者信号不是脉冲信号，因此无法测量脉冲宽度。
+313	无法测量通道 3 的脉冲频率	可能是由于输入信号频移，因此无法测量载波频率。请参见本消息列出的其他错误。
+314	门控关闭之前，通道 3 的脉冲已结束	输入信号可能包含宽度不断变化的脉冲。如果使用自动门控控制 (SENSe:FREQuency:BURSt:GATE: AUTO ON)，请使用 SENSE:FREQuency:BURSt: GATE:TIME 关闭自动控制并手动减少门控时间，直到获得读数为止。
+315	通道 3 的功率过高，无法操作	对于连续波 (CW) 测量，信号功率必须 \leq +19 dBm。对于脉冲测量，信号功率必须为 \leq +13 dBm。
+316	通道 3 的功率过低，无法操作	对于连续波 (CW) 测量，信号功率必须 \geq -27 dBm。对于脉冲测量，信号功率必须为 \geq -13 dBm。
+317	通道 3 的功率已在测量期间更改	该测量因输入信号功率发生更改（过低或过高）而无法完成。
+318	通道 3 的输入不是脉冲信号	所选的测量函数要求 / 预期输入脉冲信号。
+319	在测量期间检测到通道 3 频移	在当前测量门控期间，输入信号频率的 FM 容差超过 \pm 50%。

表 A-1 53220A/53230A 错误消息说明。（续）

代码	消息	说明
+320	输入信号频移导致计数器溢出	在当前测量门控期间，输入信号频率的 FM 容差超过 $\pm 50\%$ 。
+321	出现测量超时	已超过为要完成的单个测量所分配的时间。默认超时为 1 秒。超时可从前面板中的“Utility” -> “Instr Setup” 下设置，或者通过使用 SYSTem:TIMEout 命令进行设置。
+322	已出现测量溢出	积算计数（持续或门控）已超过 10^{15} 个事件这一上限范围。
+514	不允许该操作；仪器已被另一 I/O 会话锁定	已从另一 I/O 接口中请求锁定 (SYSTem:LOCK:REQuest?)。
+540	不能使用过载作为数学计算参考	不能使用过载值 (9.91E+37) 作为 NULL、PCT、PPM 和 PPB 标定函数的参考。
+541	不能使用零作为 PCT、PPM 或 PPB 标定函数的数学计算参考。	不能使用零 (0) 值作为 PCT、PPM 和 PPB 标定函数的参考。
+580	没有有效的外部时基	除 1、5 或 10 MHz 以外的外部时基频率已应用至计数器，或者 SENSE:ROSCillator:EXTernal:FREQuency 命令指定的外部时基频率不正确。
+600	内部错误	安装选件 150（脉冲微波测量）许可证过程中出现错误。许可证未安装。请与安捷伦联系。
+601	许可证文件已损坏或者为空	指定的安装 .lic 文件包含损坏的数据或者为空。请将选件 150 许可证文件重新复制到 USB 驱动器中，并重复安装过程。
+602	未找到此仪器的有效许可证	在 USB 驱动器上的其他 .lic 文件中无法找到选件 150 .lic（许可证）文件。
+603	有些许可证无法安装	由于型号或序列号不兼容，或者未找到适用于此仪器的许可证，因此无法安装 .lic（许可证）文件。
+604	找不到文件	从仪器的前面板中启动以安装选件 150 的许可证时，未找到 .lic 文件。
+800	非易失性存储器写故障	用户首选项 (.prf) 文件无效，无法存储在内部闪存或 USB 存储设备中。

表 A-1 53220A/53230A 错误消息说明。(续)

代码	消息	说明
+810	状态尚未存储	由 <code>MMEMory:LOAD:STATe < "file" ></code> 指定的仪器状态文件包含无效的仪器状态，并且无法装入。
+820	型号和序列号未恢复	更换 P500 处理器（控制器）板或主测量板之后，型号和 / 或序列号不匹配，或者尚未恢复。请按照提示从前面板中恢复型号和序列号。有关其他信息，请参见维修指南。
+821	控制器和测量板型号不匹配	
+822	控制器和测量板序列号不匹配	
校准错误		
+701	校准错误； 加密失效	打开仪器时缩短校准加密跳线 (CAL ENABLE) 将导致产生此错误，指出安全密码已覆盖。有关详细信息，请参见维修指南中的“将安全代码重置为 Null”。
+702	校准错误； 校准存储器已加密	校准存储器被加密时，不能执行校准。有关详细信息，请参见该维修指南第 2 章中的“将计数器解锁以便校准”和“锁定计数器”。借助远程接口，使用 <code>CAL:SEC:STAT ON</code> 命令输入安全代码。
+703	校准错误； 提供的安全代码无效	指定的安全代码无效。
+704	校准错误； 安全代码过长	指定的安全代码超过 12 个字符。
+705	校准错误； 校准异常终止	用户已终止（停止）正在进行的校准。
+706	校准错误； 提供的值超出范围	输入的校准值超出有效输入的预期范围。
+707	校准错误； 计算出的校正因数超出范围	如果出现此错误，请关闭并重新打开电源，并运行仪器自测试。验证校准设置（仪器设置和连接），并重新校准计数器。如果出现自测试故障，或者如果该设备无法校准，请与安捷伦联系。
+711	校准错误； 校准字符串过长	要存储在校准存储器中的消息超过 40 个字符。
+712	校准失败	出现硬件故障。请与安捷伦联系。
+713	未检测到通道 3 校准信号	校准源信号未连接到通道 3。

表 A-1 53220A/53230A 错误消息说明。（续）

代码	消息	说明
+714	通道 3 校准信号的功率电平错误	校准信号的功率电平超出指定电平的预期范围。
+715	通道 3 校准信号频率错误	校准信号的频率超出指定值的预期范围。
+716	通道 3 校准信号不是 CW	通道 3 校准信号必须是连续波 (CW)，而不是脉冲信号。
+717	通道 3 校准出现超时	在指定功率电平时进行的校准在允许的 ~1.2 秒内未完成。执行自测试，以验证通道 3 板的操作，并重新检查输入信号的参数。
+720	自动校准失败；已检测到输入信号	在自动校准期间，输入通道中不得存在任何信号。
+742	校准数据丢失：校正	由于固件更新（可能导致当前的校准数据无效），或者由于出现硬件故障，导致仪器的校准数据丢失。请重新校准仪器。
+748	校准存储器写故障	将校准数据写入计数器的内部闪存时出错。运行自测试以验证计数器操作，并重复校准过程。
+750	校准数据未恢复	修复之后，未按照提示从前面板中恢复校准数据。

表 A-1 53220A/53230A 错误消息说明。(续)

代码	消息	说明
自测试错误		
+901	自测试失败: 自动校准故障	执行自测试的自动校准部分期间出现故障。请重复进行自测试。如果自动校准故障仍然存在, 则仪器硬件中存在问题。请与安捷伦联系。
+903	自测试失败: 实时时钟设置丢失	使用“Utility”->“System Setup”->“Date/Time”键, 或者使用 SYSTem:TIME 或 SYSTem:DATE 命令重置仪器时钟。重新运行自测试。
+904	自测试失败: 访问启动环境时出现严重的 CPU 错误	
+905	自测试失败: 无法读取 FPGA 版本	请验证, 并根据需要安装最新的固件更新, 重新运行自测试。如果安装最新的固件版本时出现故障, 请与安捷伦联系。
+906	自测试失败: FPGA 版本低于预期值	
+907	自测试失败: PIC 通信故障	
+908	自测试失败: 电池测试失败	这些自测试执行通信测试, 以检测是否存在电池、 GPIB 和通道 3 选件。请验证, 并根据需要安装最新的固件更新, 重新运行自测试。如果安装最新的固件版本时出现故障, 请与安捷伦联系。
+909	自测试失败: GPIB 测试失败	
+910	自测试失败: 通道 3 测试失败	
+911	自测试失败: 前面板版本检查失败	请验证, 并根据需要安装最新的固件更新, 重新运行自测试。如果安装最新的固件版本时出现故障, 请与安捷伦联系。
+912	自测试失败: 测量板测试失败	

本信息如有更改，恕不另行通知。请参考是德科技网站中的英文版本以获得最新的修订版。

© 是德科技 2011-2023
2023 年 4 月，第 4 版

马来西亚印刷



53220-90417

www.keysight.com

