2600 系列 System SourceMeter[®]仪器 用户手册

保修条款

Keithley Instruments, Inc.保证该产品在出货日期后的一年内不受材料和工艺缺陷的影响。

Keithley Instruments, Inc.保证以下物品在出货日期后的 90 天内:探针,电缆,软件,可充电电池, 软盘和文档。

在保修期内, Keithley Instruments 将根据其选择, 维修或更换任何证明存在缺陷的产品。

要行使此保修权利,请写信或致电当地的 Keithley Instruments 代表,或联系位于俄亥俄州克利夫 兰的 Keithley Instruments 总部。您将获得迅速的帮助和返还说明。预付运输费用并将产品发送到 指定的服务设施。维修后,产品将预付运输费用退还。已修复或更换的产品在原始保修期的余额 或至少 90 天内保修。

保修限制

此保修不适用于未经 Keithley Instruments 明确书面同意的产品修改或任何产品或部件的不当使用。 此保修也不适用于保险丝、软件、非可充电电池、电池泄漏损坏或因未遵循说明而产生的问题。

本保修代替所有其他明示或暗示的保修,包括任何适销性或适用于特定用途的保修。提供的补救措施是买方的唯一和专属补救措施。

KEITHLEY INSTRUMENTS, INC.或其员工对因使用其仪器和软件而导致的任何直接、间接、特殊、 附带或后果性损害,即使 KEITHLEY INSTRUMENTS, INC.事先被告知可能发生这样的损害也不承担 任何责任。此类排除的损害包括但不限于:拆卸和安装费用、由于对任何人的伤害或财产损坏而 产生的损失。

1

2600 系列 System SourceMeter[®]仪器 用户手册

©2008, Keithley Instruments, Inc.。保留所有权利。

未经 Keithley Instruments, Inc.事先书面批准, 在整体或部分上未经授权的复制、影印或使用此处 信息是严格禁止的。

TSP、TSP-Link 和 TSP-Net 是 Keithley Instruments, Inc.的商标。

所有 Keithley Instruments 产品名称均为 Keithley Instruments, Inc.的商标或注册商标。

其他品牌名称均为其各自持有人的商标或注册商标。

美国俄亥俄州克利夫兰

文档编号: 2600S-900-01 Rev. C / 2008 年 1 月

	目录	
1.	前后面板操作	7
	1.1. 熟悉前后面板	7
	1.1.1. 前面板概述	7
	1.1.2. 后面板概述	7
	1.1.3. 安全符号和术语	7
	1.2. 仪器的源测量能力是什么?	17
	1.2.1. Model 2601 和 Model 2602	17
	1.2.2. Model 2611 和 Model 2612	17
	1.2.3. Model 2635 和 Model 2636	17
	1.3. 如何给仪器供电?	18
	步骤 1:连接供电电源	18
	步骤 2: 打开电源	18
	步骤 3:设置供电频率	18
	1.4. 如何进行测量?	20
	步骤 1:连接待测物	20
	按照第 1-14 页上的图 1-4(2601/2602/2611/2612 型号)或第 1-15 页上的图 1-5(2635/263 型号)所示的方式,将一个 10kΩ 的电阻器连接到 SourceMeter 通道 A 的 HI 和 LO 端子上。 关完整信息,请参见本系列 2600 参考手册第 3 部分。	36 有 21
	步骤 2:选择源和设置源电平	21
	步骤 3:设置钳位值	21
	步骤 4:选择测量功能和范围	21
	步骤 5: 打开输出	21
	步骤 6〕进行测量	22
	步骤 7:关闭输出	22
	1.5. 如何使用缓冲区?	25
	步骤 1:连接被测物	25
	步骤 2:设置源和测量功能	25
	步骤 3: 配置缓冲区	25
	步骤 4〕打开输出	26

	步骤 5:	存储读数	26
	步骤 6:	关闭输出	26
	步骤 7:	调用读数	26
2.	远程操作	乍	28
2	.1. 如何使	5.月远程接口?	. 28
	步骤 1:	连接接口	28
	步骤 2 :	选择接口	28
	步骤 3 :	配置接口	. 29
2	.2. 如何使	ē用 Test Script Builder(测试脚本构建器)?	29
	步骤 1:	运行 Test Script Builder	29
	步骤 2 :	打开和关闭仪器资源	33
	步骤 3 :	保存并清除控制台窗口	34
	步骤 4:	选择命令和语言参考视图	34
2	.3. 如何伎	€用 TSB 进行测量?	34
	步骤 1:	重置仪器	35
	步骤 3 :	设置限制值和测量范围	35
	步骤 4:	打开输出	35
	步骤 5:	进行测量	35
	步骤 6:	打印结果	35
	步骤 7 :	关闭输出	36
2	.4. 如何伎	使用其他程序?	36
	2.4.1. 使	用 LabVIEW	37
	2.4.2. 使	用 Visual Basic	. 39
3.	测试脚2	本处理器交互	42
3	.1. 什么是	是脚本?	42
	3.1.1. ⊥	厂脚本	42
	3.1.2. 用	户脚本	42
3	.2. 如何从	、前面板运行脚本?	42
З	.3. 如何创	ē用 Test Script Builder 与脚本交互?	43
	3.3.1.运	行工厂脚本	43
	3.3.2. 修	改工厂脚本	45

3	3.3.3. 运行用户脚本	50
	3.3.4. 删除用户脚本和用户测试	51
3	3.4. 如何使用其他程序?	51
	3.4.1. 使用 LabVIEW	51
	3.4.2. 使用 Visual Basic	53
4.	控制多个 2600 系列(TSP-Link)	60
Z	4.1. 如何设置 TSP-Link 系统?	60
	步骤 1:连接 TSP-Link 系统	60
	步骤 2: 分配节点编号	60
	步骤 3︰重置 TSP-Link	61
	步骤 4:检查 TSP-Link 系统的状态	61
Z	1.2. 如何使用扩展系统?	61
	4.2.1. 访问 TSP-Link 节点的资源	62
	4.2.2. 在 TSP-Link 系统中运行脚本	62
A.	常见问题解答	63
A	A.1. 如何优化性能?	63
	A.1.1. 设置速度	63
	A.1.2. 禁用自动校零以提高速度	63
A	A.2. 如何使用数字 I/O 端口?	63
	A.2.1. 数字 I/O 端口终端	63
	A.2.2. 控制数字 I/O 端口	64
A	A.3. 如何触发其他仪器?	64
	A.3.1. 触发扫描仪	64
	A.3.2. 编程触发	64
A	A.4. 如何生成服务请求?	65
	A.4.1. 设置服务请求	65
	A.4.2. 服务请求编程示例	65
	A.4.3. 轮询 SRQ	65
A	A.5. 如何在非易失性存储器中存储测量值?	65
	A.5.1. 前面板操作	66
	A.5.2. 远程编程	66

A.6. 如何将通道堆叠以输出更高的电压?	.67
A.7. 如何并联通道以输出更高的电流?	.68
A.8. 如何进行接触检查测量?	68
A.8.1. 接触检查连接	.68
A.8.2. 接触检查编程示例	.69
A.9. 如何进行小电流测量?	.70
A.9.1. 小电流连接	.70
A.9.2. 小电流测量编程示例	.70

1. 前后面板操作

1.1. 熟悉前后面板

1.1.1. 前面板概述

Keithley Instruments 系列 2600 System SourceMeter[®]的前面板如图 1-1 所示。前面板控件的 描述如下图 1-1 所示。

1.1.2. 后面板概述

Model 2601/2602 和 2611/2612 的后面板如图 1-2 所示,位于第 1-6 页。Model 2635 和 2636 的后面板如图 1-3 所示,位于第 1-8 页。后面板元件的描述如下图 1-2 和图 1-3 所示。

1.1.3. 安全符号和术语

以下符号和术语可能出现在仪器上或在本手册中使用:

仪器上的 ① 符号表示用户应参考手册中的操作说明。

仪器上的 A 符号表示端子上可能存在高电压。使用标准的安全措施以避免与这些电压接触。

本手册中使用的 WARNING 标题说明可能导致人身伤害或死亡的危险。在执行指定的程序 之前,请仔细阅读相关信息。

本手册中使用的 CAUTION 标题说明可能损坏仪器的危险。此类损坏可能使保修无效。

Figure 1-1 Models 2601, 2611, 2602, 2612, 2635, and 2636 front panels Model 2601, Model 2611, and Model 2635



Model 2602, Model 2612, and Model 2636



注意: 型号 2601、2611 和 2635 只有一个源表通道(通道 A), 型号 2602、2612 和 2636 则有两个源表通道(通道 A 和通道 B)。

1. 特殊键和电源开关:

DISPLAY: 用于在不同的源测量显示和用户信息模式之间切换。在切换 Model 2602/2612/2636 单通道或双通道显示时使用。

CONFIG: 用于配置功能或操作。

POWER: 电源开关 - 打开(SourceMeter on, I),关闭(SourceMeter off, O)。

Number keys: 数字键(0-9, +/-, 0000)在编辑模式下允许直接输入数字。

2. 源测量设置、性能控制和特殊操作:

顶部行 - 源测量设置

型号 2601/2611/2635 和 2602/2612/2636:

SRC Channel A - 选择源功能(V 或 A)并将光标置于源字段以进行编辑。

MEAS Channel A - 测量功能(V、A、Ω或 W)。

LIMIT Channel A - 将光标置于钳位字段以进行编辑。

MODE Channel A - 直接选择测量功能(V、A、Ω或 W)。

仅限于型号 2602/2612/2636:

- SRC Channel B 选择源功能(V 或 A)并将光标置于源字段。
- MEAS Channel B 测量功能(V、A、Ω或 W)。
- LIMIT Channel B 将光标置于钳位字段以进行编辑。
- MODE Channel B 直接选择测量功能(V、A、Ω或 W)。

中间行 - 源测量设置

型号 2601/2611/2635 和 2602/2612/2636:

DIGITS Channel A - 将显示分辨率更改为 4-1/2、5-1/2 或 6-1/2 位数。

SPEED Channel A - 通过控制 A/D 转换器的测量孔径来设置测量速度。

- REL Channel A 控制开启或关闭相对,可以从读数中减去基准值。
- FILTER Channel A 控制数字滤波器,可用于降低读数噪声。

仅限于型号 2602/2612/2636:

- DIGITS Channel B 将显示分辨率更改为 4-1/2、5-1/2 或 6-1/2 位数。
- SPEED Channel B 通过控制 A/D 转换器的测量孔径来设置测量速度。
- REL Channel B 控制开启或关闭相对,可以从读数中减去基准值。
- FILTER Channel B 控制数字滤波器,可用于降低读数噪声。

底部行 - 源测量设置

LOAD 载入工厂或用户定义的脚本以执行。

RUN 运行最后选择的工厂或用户定义的脚本。

STORE 将读数、源值和时间戳值存储在每个通道的两个内部缓冲区中的一个,以供以后检索。

RECALL 从任一缓冲区中检索存储的读数、源值和时间戳值。

TRIG 触发读数。

MENU 访问主菜单以保存和调用设置、选择远程接口、电源频率、自检、序列号和蜂鸣器控制。

EXIT 取消选择并退出菜单结构。用作本地键以将设备退出远程控制。

ENTER 确认选择,移动到下一个选择或退出菜单。

3. 档位键:

△和▽ 选择下一个更高或更低的源或测量范围。

AUTO 启用或禁用源或测量自动范围。

4. 输出控制和 LED 状态指示器:

OUTPUT ON/OFF 打开或关闭源输出。

LED indicator 在输出开启时亮起。

5. 导航轮和光标键:

在源编辑模式下,使用光标键进行光标控制,然后使用导航轮更改源或钳位值。也可以使 用导航轮启用或禁用源编辑模式。

在菜单中,使用光标键或导航轮来选择菜单项。当显示菜单值时,使用光标键进行光标控制,并使用导航轮更改值。按下打开菜单项。

6. 显示指示器(未显示):

- ERR 不确定的读数或无效的校准步骤。
- REM 设备处于远程模式。
- TALK 设备处于 Talk 模式。
- LSTN 设备处于 Listen 模式。

SRQ 服务请求。

REL 启用相对模式。

- FILT 启用模拟滤波器或平均滤波器。
- AUTO选择源或测量自动范围。
- ARM 设备已准备就绪并等待运行。
- TRIG 已选择外部触发。
- *(星号)读数正在存储在缓冲区中。

Figure 1-2 Model 2601/2602/2611/2612 rear panels



Model 2601/2602 和 Model 2611/2612 的后面板

1. CHANNEL A 和 CHANNEL B (仅 Model 2602/2612 上的 Channel B)

用于源、测量和保护的输入/输出连接。

2. 数字 I/O

母头 DB-25 连接器。14 个引脚用于数字输入或输出,一个引脚用于输出使能。使用带有公 头 DB-25 连接器的电缆(Keithley Instruments 型号 CA-126-1CA)。

3. IEEE-488

用于 IEEE-488(GPIB)操作的连接器。使用带屏蔽的电缆,例如 Model 7007-1 或 Model 7007-2。

4. 冷却排气口

用于内部冷却风扇的排气口。保持通风口畅通,以防止过热。

5. 机箱接地

用于连接机箱地的接地螺钉。

6. 低噪声机箱接地

用于将输出 HI 或 LO 连接到机箱的接地插孔。

7. RS-232

母头 DB-9 连接器。对于 RS-232 操作,请使用直通(非 null modem,交叉线缆) DB-9 屏蔽 电缆连接到 PC(Keithley Instruments 型号 7009-5)。

8. TSP-Link

扩展接口, 允许 Series 2600 和其他支持 TSP 的仪器相互触发和通信。使用超五类或更高级 别的 LAN 交叉网线(Keithley Instruments 型号 CA-180-3A)。

9. 电源模块

包含 AC 电源插座和电源线保险丝。该仪器可以在 100V 至 240VAC 的线电压下以 50Hz 或 60Hz 的电源频率运行。请参阅 Series 2600 参考手册第 17 节中的线保险丝更换说明。

Figure 1-3 Model 2635 and 2636 rear panels



Model 2635/2636 的后面板

1. CHANNEL A 和 CHANNEL B (Model 2636 仅有的 Channel B)

三同轴连接器,用于输入/输出、保护和测量连接。只能使用低噪声三同轴电缆,例如 Keithley Model 7078-TRX(有多种长度可选)。连接器端子和相应的三同轴电缆导体如下:

Table 1-1 Connectors and triax cable conductors

Connector	Center conductor	Inner ring	Outer ring			
LO	Sense LO	Input/Output LO	Chassis ground			
HI	Input/Output HI	Guard	Chassis ground			
SENSE HI	Sense HI	Guard	Chassis ground			
Triax cable	Center conductor	Inner shield	Outer shield			

2. 数字输入/输出

母头 DB-25 连接器。有 14 个引脚用于数字输入或输出,一个引脚用于安全互锁。使用配 备公头 DB-25 连接器的电缆(Keithley Instruments 零件号为 CA-126-1CA)。

3. IEEE-488

用于 IEEE-488(GPIB)操作的连接器。使用屏蔽电缆,例如 Model 7007-1 或 Model 7007-2。

4. 冷却排气孔

用于内部冷却风扇的排气孔。保持排气孔畅通,以防止过热。

5. 机箱地

用于连接到机箱地的接地螺丝。

6. RS-232

母头 DB-9 连接器。对于 RS-232 操作,请使用一根直通(非 null modem, 交叉线缆)DB-9 屏蔽电缆连接到 PC(Keithley Instruments Model 7009-5)。

7. TSP-Link

扩展接口, 允许 Series 2600 和其他启用了 TSP 的仪器相互触发和通信。使用超五类或更高 的 LAN 交叉网线(Keithley Instruments 零件号 CA-180-3A)。

8. 电源模块

包含 AC 线插座和电源线保险丝。仪器可以在 100V 至 240VAC 的线电压和 50Hz 或 60Hz 的 电源频率下运行。有关线路保险丝更换说明,请参见 Series 2600 参考手册第 17 节。

9. 接地/LO(三芯连接器)

Channel A 和 Channel B 低噪声机箱地三同轴连接器。只能使用低噪声三同轴电缆,例如 Keithley Model 7078-TRX。连接器端子和相应的三同轴电缆导体如下:

Table 1-2 Triax connector on ground module

Connector	Center conductor	Inner ring	Outer ring			
LO	Output Lo	Floating	Chassis Ground			
Triax cable	Center conductor	Inner shield	Outer shield			

10. 接地/LO(Phoenix 连接器)

通道 A 和通道 B 低噪声机壳接地 Phoenix 连接器。

1.2. 仪器的源测量能力是什么?

请参考本手册附录 A 和 Series 2600 参考手册的第 4 和第 8 部分, 以获取更为详细的信息。

1.2.1. Model 2601 和 Model 2602

Model 2601 和 2602 的基本 DC Source-Measure 能力列在表 1-3 中。

Table 1-3	
Model 2601 and 2602 source-measure	capabilities

Function	Capabilities
Source ±DC voltage	1µV to 40.4V
Source ±DC current	1pA to 3.03A1
Measure ±DC voltage	1µV to 40.8V
Measure ±DC current	1pA to 3.06A1

1. 10A maximum available in pulse mode only.

1.2.2. Model 2611 和 Model 2612

Model 2611 和 2612 的基本 DC Source-Measure 能力列在表 1-4 中。

Table 1-4 Model 2611 and 2612 source-measure capabilities

Function	Capabilities
Source ±DC voltage	1µV to 202V
Source ±DC current	1pA to 1.515A ¹
Measure ±DC voltage	1µV to 204V
Measure ±DC current	1pA to 1.53A ¹

1. 10A maximum available in pulse mode only.

1.2.3. Model 2635 和 Model 2636

Model 2635 和 2636 的基本 DC Source-Measure 能力列在表 1-5 中。

Table 1-5 Model 2635 and 2636 source-measure capabilities

Function	Capabilities				
Source ±DC voltage	1µV to 202V				
Source ±DC current	20fA to 1.515A				
Measure ±DC voltage	1µV to 204V				
Measure ±DC current	1fA to 1.53A				

1.3. 如何给仪器供电?

参考本系列 2600 参考手册中第1部分的"Power-up"章节, 了解更多关于供电电源的信息。

步骤 1: 连接供电电源

注意:如果在错误的电压下操作可能会损坏仪器,甚至使保修失效。

1. 插入电源线前,请先确保前面板输出开关处于关闭(O)位置。

2. 将供应电源线的母头插入仪器后面板上的 AC 插座。然后将电源线的另一端插入接地的 AC 插座。

警告:不使用接地插座可能会导致触电而导致个人受伤或死亡。

步骤 2: 打开电源

按下前面板电源开关将仪器开启。如果没有发生错误, Series 2600 将按照以下步骤启动:

- •几秒钟后,输出指示灯和显示像素亮起,仪器型号和固件版本等显示在屏幕上。
- 节点号和 GPIB 地址显示如下:

KEITHLEY MODEL 26xx¹

NODE = 1 GPIB = 26

•TSP-Link 节点和串口参数将被简要显示:

KEITHLEY MODEL 26xx²

NODE = 1 SERIAL = 9600,8,N,1,NONE

步骤 3: 设置供电频率

Series 2600 可以在 50Hz 或 60Hz 的线路频率下运行。为了获得最佳的测量噪声性能,应该 将仪器配置为与实际电源频率匹配,方法是通过选择 MENU > LINE-FREQ > 50Hz、60Hz 或 AUTO 来完成(当设置为 AUTO 时,SourceMeter 将在启动时自动检测电源频率)。 1. 仪器将显示实际型号: 2601、2602、2611、2612、2635 或 2636。

2. 仪器将显示实际型号: 2601、2602、2611、2612、2635 或 2636。

1.4. 如何进行测量?

更为详细的信息,请参考本系列2600参考手册第4部分中的以下内容:

- •"基本的 Source-Measure 测量程序"
- •"欧姆测量"
- •"功率测量"

下面的测量过程演示了如何设置 Series 2600 以输出 10V 并通过一个 10kΩ 的电阻器测量电流。

警告:输出和保护端子上可能存在危险电压。如果在输出通电时建立或断开连接,可能会导致电击并引起伤害或死亡。在接触在输出电缆之前,请从前面板关闭设备或从 SourceMeter 后面的主电源线断开电源线。将设备置于待机状态不能保证输出未通电,因为硬件或软件故障可能会发生。

步骤1:连接待测物

按照第 1-14 页上的图 1-4(2601/2602/2611/2612 型号)或第 1-15 页上的图 1-5(2635/2636 型号)所示的方式,将一个 10k Ω 的电阻器连接到 SourceMeter 通道 A 的 HI 和 LO 端子上。有 关完整信息,请参见本系列 2600 参考手册第 3 部分。

步骤 2: 选择源和设置源电平

执行以下步骤选择电压源并将源值设置为 10V:

1. 按下通道 A SRC 键,选择 V-Source,显示屏上的"V"单位指示这是电压源。闪烁的光标表示正在编辑的值。

2. 按下上方的 RANGE 键,选择 20V 源范围(2611/2612/2635/2636 型号)或 40V 源范围 (2601/2602 型号)。为获得最佳的准确性,使用可能的最低源范围。

3. 使用光标键将光标移动到十位数,然后按导航轮进入编辑模式(EDIT 指示器显示)。

4. 使用数字键或导航轮将源值设置为 10.0000V, 然后按 ENTER 或导航轮。

步骤 3: 设置钳位值

执行以下步骤将电流合规限制值设置为10mA:

1. 使用 DISPLAY 键将 Model 2602/2612/2636 设置为单通道显示模式。

2. 按 LIMIT 键, 然后按 ENTER 或导航轮。

3. 将光标移动到十位数, 然后按导航轮进入编辑模式。

4. 使用数字键或导航轮将钳位值设置为 10.000mA, 然后按 ENTER 或导航轮。

步骤 4: 选择测量功能和范围

1. 使用 DISPLAY 键将 Model 2602/2612/2636 设置为单通道显示模式,然后通过按下 MEAS 或 MODE 键选择电流测量功能。

2. 使用 RANGE 键选择测量范围。在本例中,按 AUTO RANGE 键,并注意 AUTO 指示器的显示。仪器将根据测量值自动选择最佳范围。您还可以使用手动调节范围,通过上下 RANGE 键进行操作,但是请务必使用可能的最低范围以获得最佳准确性。

步骤 5: 打开输出

按适当的 OUTPUT ON/OFF 键打开输出。当通道输出开启时,ON/OFF 指示 LED 将亮起。

注意: Model 2611、2612、2635 和 2636 配备有安全互锁电路,如果未短接安全互锁,则 无法在 200V 范围内操作。该电路在第 1-15 页的图 1-5 中说明。有关更多信息,请参见本 系列 2600 参考手册第 10 部分。

步骤 6: 进行测量

1. 观察显示屏上的读数。(如有必要,请按 TRIG 键触发读数过程。)对于单通道显示模式,读数将出现在顶部行,源和限制值将出现在底部行。对于待测的 **10**kΩ 电阻器,典型的显示值为:

1.00000mA

SrcA: +10.0000 VLimA:010.0000mA

2. 使用 DISPLAY 键循环浏览第 1-15 页上图 1-6 所示的各种显示模式。(用户状态显示消息 是使用特定的显示命令定义的;请参见本系列 2600 参考手册第 14 部分。)

3. 按 MEAS 键多次显示测量的电压、电阻和功率。对于 **10**kΩ 的电阻器,典型的值为: **10.0000V**、**10.0000k**Ω 和 **10.0000mW**。

步骤 7: 关闭输出

完成测量后,通过按 OUTPUT ON/OFF 键关闭输出。OUTPUT 指示灯将关闭。

Figure 1-4 Model 2602/2612 Low-Noise Chassis Ground Banana Jack and Chassis Screw



Model 2636





1.5. 如何使用缓冲区?

更为详细的信息,请参考本系列2600参考手册第7部分。

该仪器每个通道有两个缓冲区,可存储从1到超过100,000个读数。每个缓冲区读数都有编号, 还可以包括源值和时间戳。以下示例显示如何在通道A、缓冲区1中存储并从前面板中调用 100个读数、源值和时间戳。

步骤 1: 连接被测物

将一个 10kΩ电阻器连接到通道 A 的 HI 和 LO 端子上(请参见第 1-14 页上的图 1-4)。

步骤 2: 设置源和测量功能

使用"如何进行测量?"第1-12页中所述的步骤设置源和测量功能:

- 源功能: 电压
- •源范围: 20V (2611/2612/2635/2636 型号) 或 40V (2601/2602 型号)
- •源值: 10V
- •测量功能: 电流
- •测量范围:自动

步骤 3: 配置缓冲区

1. 从前面板上按下 STORE 键。

计数屏幕将显示。

2. 使用导航轮选择读数的数量,然后按 ENTER 键。

注意:最多可以存储100个读数。

3. 选择 CONFIG > STORE > CHANA_BUFF, 然后按导航轮选择通道 A。

4. 选择 DEST > CHANA_BUFFER1, 然后按 ENTER 键。

注意:如果仪器处于存储模式,那么在存储时显示"无法更改目标缓冲区"信息。

5. 选择 CHANA-BUFF1, 然后按导航轮设置缓冲区 1。

完成以下步骤以清除缓冲区 1:

1. 选择 BUFFER1 > CLEAR。

2. 选择 YES。

3. 选择 ELEMENTS。

- 4. 选择 SRC-VAL, 然后选择 ON 启用源值。
- 5. 选择 TSTAMP, 然后选择 ON 启用时间戳。
- 6. 按 EXIT 键返回到正常显示界面。
- 步骤 4: 打开输出

按 CHAN A(Model 2602/2612/2636)OUTPUT ON/OFF 键打开源输出。

步骤 5: 存储读数

- 1. 按 STORE 键启用存储。
 - 显示*(星号)指示器。
- 2. 按 EXIT 键停止数据存储。
- 步骤 6: 关闭输出
- •存储完成后,按 OUTPUT ON/OFF 键关闭输出。
- 步骤 7: 调用读数

1. 按 RECALL 键访问缓冲区读数。(重复按 RECALL 键将循环浏览通道 A 和通道 B 的缓冲区 1 和缓冲区 2)。如果缓冲区为空,将显示一条提示消息。

- 2. 注意缓冲区显示的数据(请参见图 1-7):
- •读数位于左上方的顶部显示器上。
- •缓冲区位置编号位于右侧。例如,位置 #000001 表示显示的读数存储在第一个存储位置。
- •源值位于显示屏左下角。
- •时间戳位于显示屏右下角。缓冲区中存储的第一个源测量读数(#000001)的时间戳为 00000000.001 秒。随后的读数相对于存储时间戳而言进行时间戳标记。读数之间的时间间 隔将取决于读数速率。
- 3. 要显示缓冲区中存储的其他读数,请选择所需的存储位置编号:
- 使用导航按键增加和减少所选位置的数字。
- 使用光标键设置光标位置。
- 4. 要退出数据存储调用模式, 请按 EXIT 键。



2. 远程操作

2.1. 如何使用远程接口?

请参见 Keithley Instruments Series 2600 系统系列参考手册第 11 章, 详细了解通信接口。=

步骤1:连接接口

请参见第 1-6 页上的图 1-2 以查看 GPIB(IEEE-488)和 RS-232 连接器的位置,并按照以下 方式进行连接:

- GPIB 使用类似于 Keithley Instruments Model 7007 的屏蔽 IEEE-488 电缆将 Series 2600 IEEE-488 连接器连接到计算机的 GPIB 连接器(参见图 2-1)。
- RS-232 使用类似于 Keithley Instruments Model 7009-5 的屏蔽 9 针 RS-232 电缆将 Series 2600 RS-232 连接器连接到计算机串行端口(参见图 2-2)。



- 步骤 2:选择接口
- 1. 按 MENU 按钮, 然后选择以下之一:
- GPIB
- RS-232

- AUTO

步骤 3: 配置接口

GPIB 接口配置

使用以下步骤设置主地址。2600 系列的主地址必须与程序中指定的地址相同, 否则两个 设备将无法通信。

- 1. 按 MENU > GPIB, 然后按 ENTER 键。
- 选择 ADDRESS 并按 ENTER 键。
 地址屏幕将显示。
- 3. 向左或向右旋转导航轮以选择所需数字。
- 4. 按下导航轮, 然后将其向左或向右旋转以选择地址。

注意:地址的范围是 1-30。

- 5. 按下导航轮以设置地址。
- 6. 按 EXIT 键, 直到主菜单显示。

RS-232 接口配置

按照以下方式设置 RS-232 参数。2600 系列的 RS-232 参数必须与计算机串行端口的参数一 致,否则两个设备将无法通信。

- 1. 按 MENU 按钮查看主菜单。
- 2. 选择 RS-232, 然后按 ENTER 键。
- 3. 选择以下选项:
 - -选择 BAUD, 然后选择所需选项。
 - 选择 BITS, 然后选择适当的选项。
 - 选择 PARITY, 然后选择所需选项。
 - 选择 FLOW-CTRL, 然后选择适当的选项。
- 4. 按 EXIT 键, 直到主菜单显示。

2.2. 如何使用 Test Script Builder (测试脚本构建器)?

请参见 Series 2600 参考手册第 2 章,详细了解使用 Test Script Builder 的完整信息。

步骤 1:运行 Test Script Builder

以通常的方式在 Keithley Instruments 文件夹中运行 Test Script Builder 程序。显示如第 2-5 页上图 2-3 所示的初始启动屏幕。屏幕的主要部分简要描述如下。

主菜单栏

菜单包含以下选项:

File _____ 使用此选项控制项目和文件。

Edit – 在脚本文件上执行多个编辑功能。

Navigate — 浏览项目。

Project – 打开、关闭和构建项目。

Run - 运行脚本。

Window - 选择要显示的窗口。

Help - 提供在线帮助文件的访问。

项目导航器窗格

左侧的窗格是项目导航器所在的位置。导航器包括创建的项目文件夹和为每个项目创建的 脚本文件(.tsp)。每个项目文件夹可以有一个或多个脚本文件。

脚本开发窗格

脚本块是在上方的窗格中编写的。在这个区域编写和/或修改脚本。请注意,为每个打开 的脚本文件都有一个选项卡可用。然后将脚本项目下载到 Series 2600 并运行。

Series 2600/脚本交互窗格

较低的窗格中有许多选项卡可在测试脚本构建器、Series 2600 和已打开的脚本之间提供额 外的交互(显示的选项卡取决于菜单中所选的选项)。

关键选项卡包括:

仪器控制台 - 仪器控制台用于向连接的

Series 2600 发送命令。从命令和脚本中检索到的数据(例如读数)会显示在控制台中。

问题 - 保存脚本时会执行错误检查。如果检测到脚本错误,则在损坏的代码行或附近会出现一个"X"。较低的窗格中的"问题"选项卡将自动打开并提供错误的描述。

任务 - 编写脚本时,双破折号 (--) 用于指示接下来的文本是注释而不是脚本代码。当在脚本中使用"--TODO"注释时,它也会出现在任务选项卡中,可以在其中添加其他信息。

命令帮助 - 提供仪器命令库 (ICL) 的在线帮助。

语言帮助-提供 TSL 编程语言的在线帮助。

控制图标

控制图标(如图 2-4 所示, 在第 2-6 页)包括:

- 打开/关闭仪器 ■- 如果关闭了,则打开仪器资源。如果打开了仪器资源,则关闭 仪器资源。
- 2. 清除控制台窗口 2- 清除仪器控制台窗口。
- 3. 终止执行 ^③ 停止执行命令或脚本。
- 4. 重置 9 中止单位正在执行的任何操作,并将所有内容重置为默认状态,关闭输出。

- 5. 发送软件触发器 🖾 发送软件触发器以进行读数。
- 6. 从 NVRAM 中删除脚本 弹出一个窗口,列出存储在单元的非易失性内存中的脚本,并允许您删除脚本。
- 7. 菜单▼-访问控制台菜单。
- 8. 最小化/最大化 - 最小化或最大化控制台窗口。

Figure 2-3 Test Script Builder initial startup screen



Figure 2-4 Instrument console control icons

			1	2	3	4	5	6	7	8
TSP - Welcome - Test Script Bu	uilder								-	
Ele Edit Navigate Project Run	<u>W</u> indow <u>H</u> elp Э • ∫ *	• - •		ļ	ļ	1	ļ	ļ	ļ	
EInstrument Console 🕄 🔪 Tasks	Command Help	Language Help		a	0	6	Þ		-	
GPIB0::26::INSTR [Simulated]										
TSP>										^
										-1
		210								-

步骤 2: 打开和关闭仪器资源

在发送命令或运行脚本以控制 2600 系列之前,您必须先打开仪器资源,如下所示:

- 1. 单击"打开仪器"图标(参见图 2-4)。
- 2. 从对话框中选择所需的仪器(参见图 2-5)下拉菜单以选择通信资源:
 - GPIB 在出厂时, 2600 系列的 GPIB 地址设置为 26。如果使用 GPIB 接口板 0 和地址 26,则资源设置应为 GPIB0 :: 26 :: INSTR。对于其他 GPIB 板号和主地址 的资源设置可从对话框中获得。
 - RS-232 通常, PC 的 COM1 串行端口用于 RS-232 通信。对于 COM1, 请使用 ASRL1 :: INSTR 资源设置。 其他 COM 端口的资源设置可从对话框中获取。
- 3. 如果选择模拟选项,则仪器控制台将变为活动状态,即使与 2600 系列没有实际通 信。您可以模拟运行脚本或发送命令,但 2600 系列将不会响应。
- 4. 要关闭资源,请再次单击仪器图标。资源将关闭,控制台窗口将变为非活动状态。

Figure 2-5 Select Instrument Resource dialog box

📆 Select Instrument Reso	urce	×
Select or enter new resource:	GPIB1::26::INSTR	_
	OK	Cancel

步骤 3: 保存并清除控制台窗口

您可以按如下方式保存和清除控制台窗口:

- 保存控制台 单击菜单箭头(图 2-3),选择"Save Console",然后选择所需的文件 夹和文件名。
- 清除控制台 单击"Clear Console"图标(图 2-3)以清除控制台窗口。

步骤 4: 选择命令和语言参考视图

您可以按以下方式访问 ICL(仪器控制库)和 TSL(测试脚本语言)的在线帮助文档:

- ICL: 单击顶部的"Command Help"选项卡, 然后单击最大化图标。然后您就可以 快速获取库中所有命令的信息。
- TSL: 单击顶部的"Language Help"选项卡, 然后单击最大化图标以快速访问有关 脚本语言的详细信息。

2.3. 如何使用 TSB 进行测量?

请参阅 Series 2600 参考手册第 4 节和第 12 节中的"Remote source-measure procedure"了解有关 仪器命令的详细信息。

以下过程使用 TSB 仪器控制台发送命令来源电压,并使用 10kΩ电阻作为 DUT 测量电流通道 A 的电流。完整的命令序列如图 2-6(见第 2-9 页)所示,包括仪器响应。

该过程假定 DUT(10kΩ电阻)已连接到 Series 2600 上(见第 1-14 页的图 1-4),并且仪器资 源已经打开(见第 2-6 页的"打开和关闭仪器资源")。

警告:输出端和保护终端上可能存在危险电压。为防止电击造成损伤或死亡,永远不要在输出开启时连接或断开与 Series 2600 的连接。在处理连接到输出的电缆之前,请从前面板关闭设备或从 Series 2600 的后部断开主电源线。如果发生硬件或软件故障,将设备置于待机状态并不能确保输出不受电源供应。

步骤1: 重置仪器

开展测试之前,最好将仪器重置为默认设置。要重置 Series 2600,请在控制台窗口中键入 以下命令,然后按回车键:

reset()

对于 Model 2602、2612 或 2636, 您可以分别恢复通道 A 或通道 B 的默认设置, 方法如下:

```
smua.reset()
smub.reset()
```

步骤 2: 选择源功能并设置输出值

输入以下命令来选择源电压功能,将源范围设置为 20V(Model 2611/2612/2635/2636)或 40V Model 2601/2602),并将源值设置为 10V:

```
smua.source.func = smua.OUTPUT_DCVOLTS
smua.source.rangev = 40 (Use for Model 2601/2602)
smua.source.rangev = 20 (Use for Model 2611/2612/2635/2636)
smua.source.levelv = 10
```

步骤 3: 设置限制值和测量范围 输入以下命令将限制值和测量范围设置为 10mA:

smua.source.limiti = 10e-3

```
smua.measure.rangei = 10e-3
```

```
步骤 4: 打开输出
```

发送以下命令以打开输出:

smua.source.output =smua.OUTPUT_ON

步骤 5:进行测量

输入以下命令以进行电流测量:

reading = smua.measure.i()

步骤 6: 打印结果

使用以下命令在控制台窗口中打印结果:

print(reading)

请注意, 读数响应将显示在控制台窗口中(图 2-6)。
另外,您也可以通过在打印命令中包含相应的测量命令作为参数来进行测量和打印读数。 例如,以下命令将分别进行欧姆和功率读数:

print(smua.measure.r())

print(smua.measure.p())

同样, 读数将显示在控制台窗口中。

步骤 7: 关闭输出

当测量完成时,请发送以下命令以关闭输出:

smua.source.output =smua.OUTPUT_OFF

Figure 2-6

Source-measure command sequence in console window (2601/2602 version shown)

TSP - Welcome - Test Script Builder		_ 🗆 ×
Ele Edit Navigate Project Run Window Help	p	
🔁 • 🗄 🛆 🖓 🗈 🙆] 🔾 •] 🗠 🤅		
EInstrument Console 🕄 Tasks Command Help	o Language Help 🔛 📿 🔕 🔞 🏧 🔳	
GPIB0::26::INSTR [Simulated]		
TSP >reset() TSP >smua.source.func = smua.OUTPUT_DCVOLTS TSP >smua.source.rangev = 40 TSP >smua.source.levelv = 10 TSP >smua.source.limiti = 10e-3 TSP >smua.measure.rangel = 10e-3 TSP >smua.source.output =smua.OUTPUT_ON TSP >reading = smua.measure.i() TSP >print(reading) 1.000000e-03 TSP >print(smua.measure.r()) 1.000000e+04 TSP >print(smua.measure.p()) 1.000000e-02 TSP >smua.source.output =smua.OUTPUT_OFF TSP >	Reset SourceMeter Select volts function Set source range to 40V Set source level to 10V Set current limit to 10mA Set measure range to 10mA Turn on output Take current reading Print current reading Instrument response Print power reading Instrument response Turn off output	*

2.4. 如何使用其他程序?

查看 LabVIEW 和 Visual Basic 文档以了解如何使用这些程序。

下面显示了使用 LabVIEW 和 Visual Basic 进行基本源测量示例。另请参见第 3 节,以了解如何 加载和运行脚本。

2.4.1. 使用 LabVIEW

使用 LabVIEW 进行源测量的示例如图 2-7 所示。测试步骤为:

- 1. 重置仪器。
- 2. 选择电压源功能。
- 3. 设置源输出电压。
- 4. 打开输出。
- 5. 进行电流测量。
- 6. 重置仪器。

此源测量示例的命令序列如下所示:

localnode.prompts = 0	 Disable prompts.
reset()	- Reset Series 2600.
<pre>smua.source.func = smua.OUTPUT_DCVOLTS</pre>	- Select voltage source function.
<pre>smua.source.levelv = volts</pre>	- Set voltage source level.
smua.source.output = smua.OUTPUT_ON	- - Turn on source output.
print(smua.measurei())	- Take and return current reading.
reset()	- Reset Series 2600.

Figure 2-7 LabVIEW source-measure example block diagram



2.4.2. 使用 Visual Basic

用户界面

图 2-8 所示的 GUI(图形用户界面)是为了演示如何使用 Visual Basic 6.0 控制 Keithley Instruments Series 2600 仪器的源表模块而创建的。此示例程序的源代码可以从 Keithley Instruments 的网站 www.keithley.com 下载。

F	iq	u	e	2-	8

Visual Basic example user interface

2602 User Manual Den	no Program		_10
KEITHL	EY	2602 User Manual Demo Program	
Run like traditional GPIB	instrument	GPIB Address 26	
Run with GPIB	Run with VISA	VISA Resource: GPIB1::28:INSTR	
Run using scripts			
Load Script (GPIB)	Load Script (MISA)	C Load "Non-Function" Script	
Run Script (GPIB)	Run Script (VISA)	C Load Punction Script Data:	
CallFunction (SP(8)	Cel Function (MSA)	P Display Prompts	
			-
italus Value:		Status Desc:	
			×
Script			
			+

将 Series 2600 用作传统的 GPIB 仪器

以下伪代码描述了如何配置和控制 Series 2600,以便在此示例中进行电压源和电流测量。 其中一些设置是通过重置仪器恢复的默认值,但它们包括在内是为了展示可能用于此类测 试的典型设置和测量顺序。

- 1. 将 Series 2600 重置为默认设置。
- 2. 设置显示以显示 SMU A 的源和限制设置。

- 3. 设置显示以显示电流测量值。
- 4. 将源函数设置为 DCV。
- 5. 启用源自动量程选择。
- 6. 将源电平设置为 5V。
- 7. 将电流规定值设置为 100mA。
- 8. 将电流测量范围设置为100mA。
- 9. 将积分时间设置为 1PLC。
- 10. 打开 SMU A 输出。
- 11. 测量电流并将读数放入仪器输出队列中。此步骤类似于使用 SCPI"READ?"查询进行单次读数。
- 12. 关闭 SMU A 输出。

命令序列

实现伪代码的命令如下所示。 "send"和"enter"命令的语法适用于 Keithley Instruments GPIB 卡。要在 Visual Basic 中使用 Keithley Instruments GPIB 卡,必须在项目中包含"ieeevb.bas" 模块。此模块包含在附带 GPIB 卡的光盘中。

当您单击 GUI 上的"Run with GPIB"按钮时, 命令将被发送到 Series 2600 并执行。这些命令 返回的单个读数将显示在数据文本框中, 如第 2-14 页上图 2-9 所示。

注意, Addr%是仪器的 GPIB 地址, 并被赋予值 26。

```
Call send(Addr%, "localnode.prompts = 0", intStatus)
Call send(Addr%, "reset()", intStatus)
Call send(Addr%, "display.screen = display.SMUA", intStatus)
Call send(Addr%, "display.smua.measure.func = display.MEASURE DCAMPS",
 intStatus)
Call send (Addr%, "smua.source.func = smua.OUTPUT DCVOLTS", intStatus)
Call send (Addr%, "smua.source.autorangev = smua.AUTORANGE ON", intStatus)
Call send(Addr%, "smua.source.levelv = 5", intStatus)
Call send(Addr%, "smua.source.limiti = 0.1", intStatus)
Call send(Addr%, "smua.measure.rangei = 0.1", intStatus)
Call send(Addr%, "smua.measure.nplc = 1", intStatus)
Call send (Addr%, "smua.source.output = smua.OUTPUT ON", intStatus)
Call send(Addr%, "print(smua.measure.i())", intStatus)
Call send(Addr%, "smua.source.output = smua.OUTPUT OFF", intStatus)
Call enter(strBuffer, 256, intNbytes, Addr%, intStatus)
txtData.Text = strBuffer
```

使用 VISA

单击"Run with VISA"按钮将使用 National Instruments[®](NI)VISA 将相同的命令发送到地址 为 26 的连接到 GPIB 接口#1 的仪器上。一次再次使用了 Keithley Instruments GPIB 卡进行 此示例。但是, VISA 允许使用其他制造商制造的 GPIB 卡或完全不同的接口(例如 RS-232 或以太网)使用相同的代码。

Figure 2-9

Example program test results

, 2602 User Manual Den	no Program		
KEITHL	EY.	2602 User's Manual Demo Program	
Run like traditional GPIB i	Run with VISA	GPIB Address: 26 VISA Resource: GPIB1-26-INSTR	
Run using scripts	[5.06175e-04	2
Run Script (GPIB)	Run Script (VISA)	C Load "Function" Script Data:	
Call Function (GPIB)	Call Function (VISA)	🗁 Display Prompts	-1
Status Vakae:		Status Desc:	
			2
Script			
			-1
			1

3. 测试脚本处理器交互

3.1. 什么是脚本?

请参阅 Keithley Instruments Series 2600 System Series 2600[®] Instruments 参考手册第 2 节"编程概述", 了解有关脚本基础知识的更多信息。

脚本是一组仪器控制命令和编程语句,用于执行一个或多个操作或任务。脚本存储在 Series 2600 中,并由其测试脚本处理器(TSP)运行。

3.1.1. 工厂脚本

Series 2600 出厂时至少有一个工厂脚本存储在其非易失性存储器中。每个工厂脚本由一系列函数组成,用于执行特定的测试。可以从前面板调用(运行)工厂脚本函数,也可以使用远程编程进行调用。无法从非易失性存储器中删除工厂脚本。

3.1.2. 用户脚本

用户脚本是由用户使用测试脚本构建器或外部程序创建的脚本。用户脚本加载到 Series 2600 中,并存储在易失性或非易失性存储器中。如果存储在非易失性存储器中,则在关闭仪器时不会丢失脚本。

3.2. 如何从前面板运行脚本?

请参阅 Series 2600 参考手册第 2 节"工厂脚本"和"用户脚本", 了解有关运行脚本的详细信息。 选择从以下选项运行脚本:

- 工厂
- 用户
- 脚本

如果从前面板访问所有工厂脚本函数,则这意味着您必须手动输入参数。

用户脚本可以是非交互式或交互式的。非交互式脚本不需要用户输入。

注意:如果 Series 2600 处于远程操作状态,请按 LOCAL 键将控制返回到前面板。

要从前面板运行脚本:

- 1. 按 LOAD 键显示 LOAD TEST 菜单。
- 2. 将闪烁的光标放在 FACTORY 或 USER 菜单项上,然后按 ENTER(或导航轮)。请记住, Series 2600 出厂时没有加载任何用户脚本。
- 3. 将闪烁的光标放在要运行的测试上,然后按 ENTER。
- 4. 按 RUN 键启动测试。
- 5. 使用前面板控件输入所需的测试参数。

读取缓冲区 - 测试数据存储在一个缓冲区中。有关召回测试数据的详细信息, 请参阅第 1-16 页上的"如何使用缓冲区?"。

3.3. 如何使用 Test Script Builder 与脚本交互?

参考请参阅 Series 2600 参考手册第 2 节"使用 Test Script Builder",了解有关 Test Script Builder 的详细信息。

工厂脚本"KIGeneral"中的以下函数存储在 Series 2600 的非易失性存储器中:

PulseVMeasureI(smu, bias, level, ton, toff, points)

以上函数执行指定数量的脉冲 V、测量 I 循环:

- 将 smu 设置为输出偏置电压,并保持 ton 秒。
- 将 smu 设置为输出电平电压,并保持 ton 秒。
- 在源电压为 level 伏时进行电流测量。
- 将 smu 设置为输出偏置电压,保持 toff 秒。
- 重复 points 次脉冲测量循环。

图 3-1 显示了该函数的一个脉冲测量周期。



3.3.1. 运行工厂脚本

参考请参阅 Series 2600 参考手册第 2 节"工厂脚本",了解有关运行工厂脚本的详细信息。

注意:所有运行工厂脚本的命令都必须从 Test Script Builder 的 Instrument Console 中执行。

以下步骤说明如何运行 PulseVMeasurel 函数并读取存储在缓冲区中的数据。

注意: "KIGeneral"工厂脚本是一个自动运行脚本。当 Series 2600 打开时,脚本会自动运行。 脚本的功能已准备好调用。

步骤1:调用函数

以下是 PulseVMeasurel 函数的示例参数, 该函数将执行三个脉冲电压, 测量电流循环:

smu SMU A

bias -1V

level 1V

ton 1ms

toff 2ms

points 3

以下命令将使用上述参数执行 PulseVMeasurel 函数:

PulseVMeasureI(smua, -1, 1, 1E-3, 2E-3, 3)

步骤 2: 读取缓冲区

参考请参阅 Series 2600 参考手册第 7 节"读取缓冲区", 了解有关读取缓冲区的详细信息。

以上函数将三个电流测量值存储在读取缓冲区(smua.nvbuffer1)中。还存储在缓冲区中 的是用于测量的电压源设置和时间戳。时间戳(以秒为单位)与测试开始时的参考时间相 对。时间戳的计时器在测试启动时从零秒开始计时。

printbuffer 函数用于打印(输出)存储在缓冲区中的测量读数、时间戳和/或源值。

打印读数-以下代码将返回存储在 nvbuffer1 中的三个测量电流读数:

rb1 = smua.nvbuffer1

printbuffer(1, rb1.n, rb1)

示例输出: 1.234567e-03, 2.362360e-03, 2.362368e-03

对于上述的 printbuffer 函数, 1 是要打印的值的起始索引, rb1.n 是结束索引(对于此函数, n=3), 而 rb1 是读取缓冲区(smua.nvbuffer1)。

打印时间戳-以下命令将打印三个测量电流读数的时间戳:

printbuffer(1, rb1.n, rb1.timestamps)

示例输出: 5.555555e-02, 8.888888e-02, 1.111111e-01

打印源值-以下命令将打印三个测量电流读数的电压源值:

printbuffer(1, rb1.n, rb1.sourcevalues)

输出: 1.000000e+00, 1.000000e+00, 1.000000e+00

打印读数、时间戳和源值-以下命令将在同一条消息中返回三组数据(九个值):

printbuffer(1, rb1.n, rb1, rb1.timestamps, rb1.sourcevalues)

示例输出:

1.234567e-03, 5.555555e-02, 1.000000e+00, 2.362360e-03, 8.888888e-02,

1.000000e+00, 2.362368e-03, 1.111111e-01, 1.000000e+00

44

以上输出按照以下顺序返回:

reading1, timestamp1, sourcevalue1, reading2, timestamp2, sourcevalue2, reading3, timestamp3, sourcevalue3

不带参数调用函数

当发送调用脚本函数的命令没有参数时,输入值字段和消息将出现在显示器上以提示操作 员使用前面板控件输入参数。

以下命令将调用 SourceVMeasurel 函数, 然后需要操作员交互:

PulseVMeasurel()

发送上述命令后, Series 2600 的显示器将提示操作员从前面板输入以下参数:

- 输入 BIAS 电压。
- 输入脉冲(电平)电压。
- 输入脉冲 ON 时间。
- 输入脉冲 OFF 时间。
- 输入脉冲数量(points)。

当操作员键入每个参数并按 ENTER 键(或导航轮)时,显示器将继续下一个输入提示。在 输入最后一个参数(脉冲数量)后,测试将继续进行。

当测试完成时,将显示以下消息:

PulseVMeasurel

测试完成。

3.3.2. 修改工厂脚本

请参阅 Series 2600 参考手册第 2 节"工厂脚本", 了解有关修改工厂脚本的更多信息。

可以将工厂脚本从 Series 2600 导入到 Test Script Builder 中进行修改。然后,修改后的脚本可以加载回 Series 2600,并保存为用户脚本。

以下过程将把 KIGeneral 工厂脚本导入到 Test Script Builder 中,修改 SourceVMeasurel 函数的代码,将脚本作为不同名称的用户脚本加载到 Series 2600 中,并配置测试以调用 SourceVMeasurel 函数。

步骤1: 导入工厂脚本项目

工厂脚本项目由许多可执行函数组成。SourceVMeasurel 函数是存储在 Series 2600 中的 KIGeneral 工厂脚本的一部分。

图 3-2 显示了如何从 Series 2600 将 KIGeneral 工厂脚本项目导入到 Test Script Builder 中。 导入脚本后,项目将作为一个文件夹出现在 Project Navigator 中,并带有一个名为 "main.tsp"的脚本文件(参见图 3-3)。

Figure 3-2 Importing a factory script project from the Series 2600

CONTRACTOR CONTRACTOR CONTRACTOR		
Eie Lat Navigate search Eroject Hun Window Help		
A) Click File to display the drop-down file menu and click Import to open the Import wizard.		
3) In the Import Select box, click Existing Project From Instrument and then click Next.	C) Import Open/Close instrument box – With communications to the Series 2600 open, clic Next.	k
Import	1 Import	
elect	Open/Close instrument	-
sports an existing project from instrument into the current workspace.	Accept the currently open instrument, or select a different one.	-
elect an inpot source	Select or other neuroscaner POPUL UNITE +	
Existing Project From Instrument	E Sensor	
Existing Project into Workspace	Com Close	
	If any multiplications are not area that	
The system	drop-down menu to select a resource and	1
D Zone	click Open	
Test Test Cancel	(Beck Next) Errift C	ancel
Cliefs Next Cancel	< Back Next> Struth C	ancel
Cited Cancel	Carek Next> Struck Co	ancel
Cancel	Careck News Struct	ancel
) In the Import Project From Instrument box, click the KiGeneral project, and then click Finish.	Carek Next> Struck Co	ancel
) In the Import Project From Instrument box, click the KIGeneral project, and then click Finish.	< Back Next> Smith C	ancel
In the Import Project From Instrument box, click the KIGeneral project, and then cllick Finish.	< Back Next> Cruth C	ancel
) In the Import Project From Instrument box, click the KIGeneral project, and then click Finish.	(Back Next) Cruth C	ancel
) In the Import Project From Instrument box, click the KIGeneral project, and then click Finish.	(Back Next) Cruth C	ancel
In the Import Project From Instrument box, click the KIGeneral project, and then click Finish. Income the from Instrument instrument instrument instrument instrument instrument instrument instrument.	(Back Next) Cruth C	ancel
In the Import Project From Instrument box, click the KIGeneral project, and then click Finish.	(Back Next) Critical Co	ancel
In the Import Project From Instrument box, click the KIGeneral project, and then click Finish. Income the from Instrument moot an existing project from the opened instrument NGGeneral	(Back Next) Critical Co	ancel
In the Import Project From Instrument box, click the KIGeneral project, and then click Finish.	(Back Next) Critical C	ancel
In the Import Project From Instrument box, click the KIGeneral project, and then click Finish. Incont Report Project From Instrument Report an existing project from the opened instrument NGGeneral	(Back Next) Critical C	ancel
Cancel C	(Back Next) Critical C	ancel
Cancel C	(Back Next) Critical C	ancel
Cancel Ca	(Back Next) Critical C	ancel
Cancel C	(Back Next) Critical C	ancel
Cancel C	(Back Next) Critical C	ancel
And Andrew States Andrew Stat	<u>(Back Next)</u> Critical C	ancel
And the second	<u>(Back Next)</u>	ancel
And the second	<u>(Back Next)</u>	ancel

步骤 2:修改 SourceVMeasurel 函数的测试代码

如图 3-3 所示, "main.tsp"脚本文件的选项卡包含了脚本函数的测试代码。KIGeneral 工厂脚本的所有函数的测试代码都在这个选项卡中。使用选项卡右侧的滚动按钮查看更多代码。

编辑示例

以下代码行适用于 SourceVMeasurel 函数:

92bias = display.prompt("+00.000", " Seconds", "Enter BIAS Voltage.", 0, -40, 40)

以上命令定义了一个显示输入字段和消息提示,用于输入偏置电压。-40 参数设置可以输入的最小电压,而 40 参数设置可以输入的最大电压。

现在假设您希望将偏置输入限制更改为±10V。将代码行编辑为以下内容:

92bias = display.prompt("+00.000", " Seconds", "Enter BIAS Voltage.", 0, -10, 10)

保存脚本-修改脚本文件后,必须通过单击 Test Script Builder 工具栏上的保存图标来保存脚本文件,如下所示:



Click to save the "main.tsp" script file

Figure 3-3 KIGeneral project imported into the Test Script Builder



第3步:将脚本存储到 Series 2600 的非易失性内存中

请参阅 Series 2600 参考手册第 2 节"用户脚本", 了解有关将用户脚本存储到非易失性内存 中的更多信息。 修改工厂脚本后,可以将其加载回 Series 2600,并将其作为用户脚本保存在非易失性内存中。

1. 运行配置框用于将用户脚本加载到 Series 2600 中并保存在非易失性内存中。如下所示, 打开运行框,然后在下拉菜单中单击"运行":



注:图 3-4 和图 3-5 显示配置启动后运行框的外观。

- 2. 在运行框的配置区域中,选择 KIGeneral 脚本。该脚本的启动配置选项卡将出现在运行 框中。
- 3. 目前,脚本的名称为 KIGeneral。您应该更改名称,以便该脚本不会与存储在 Series 2600 中同名的工厂脚本混淆。将脚本名称更改为 KIGeneralUser,并单击"应用"按钮。
- 4. 如图 3-4 所示, main.tsp 文件必须位于运行框的加载顺序区域中。如果它在"可用项目 文件"区域中,请双击 main.tsp 将文件移动过来。
- 5. 单击"脚本属性"选项卡以显示加载和存储选项,并选择如图 3-5 所示的仅加载运行操作 和非易失性存储选项。
- 6. 单击"应用"按钮以设置运行配置。
- 7. 单击"运行"按钮将用户脚本加载到 Series 2600 的非易失性内存中。
- 注: Test Script Builder 底部右侧有一个小条形图,在脚本加载时会出现。当脚本正在加载时,条形图将不断通过其段序列。

Figure 3-4 Run configuration example - Main tab shown

reste manage	and num	onfiguration				
Create a script fro The script assemble properties on the l	m files in ly order (i tabs belov	project. The e. Load Order)	script will be assembled from so along with storage attributes a	ript files contained in are controlled by sett	the associated p ing various script	roject.
onfigurations:		Name:	KIGeneralUser			
- TSP Script	ralUser	Ma	in 🗧 Script Attributes 🗌 🗔	Common		Brouse
		Floject	Available Project Files		Load	Order
				Add > r	nain.tsp	
				Up		
				Down		
New	Delete				Aopt	Revert
					Run	Close
		- Changir	ng the script Name from	KiGeneral to Ki	GeneralUse	r

Figure 3-5 Run configuration example - Script Attributes tab shown

Create, manage, and r Create a script from files The script assembly orde properties on the tabs b	un configurations i in a project. The script will be assembled from script files contained in the associated project. r (i.e. Load Order) along with storage attributes are controlled by setting various script elow.
Configurations:	Name: KIGeneralUser Main Script Attributes Run Action Common • Load Load and Execute Storage Volatile Volatile Auto Run Debug Generate Debug File
New Dele	te Apply Revert
Dele	Run Close

3.3.3. 运行用户脚本

请参阅《Series 2600 参考手册》第 2 节中的"用户脚本"一章, 以了解如何运行用户脚本。

远程编程

在运行脚本后,可以按照以下方式调用 KIGeneralUser 用户脚本中的函数:

KIGeneralUser()

执行上述命令后,可以以与调用工厂脚本函数相同的方式调用用户脚本中的任何函数(请参见第 3-3 页的"步骤 1:调用函数")。

前面板操作

要从前面板运行脚本,必须将测试名称添加到"LOAD TEST"菜单的"USER TESTS"子菜单中。 由于 KIGeneralUser 脚本由八个函数组成,因此前面板用户测试必须运行该脚本并调用一 个函数。以下命令将向菜单添加测试名称"PulseVMeasI"。它还会配置测试以运行 KIGeneralUser 脚本并调用 PulseVMeasurel 函数:

display.loadmenu.add("PulseVMeasI", "KIGeneralUser() PulseVMeasureI()", display.SAVE)

由于函数(PulseVMeasurel())中没有使用参数,因此测试将是交互式的,并要求操作员使用前面板控件输入测试参数。有关从前面板运行用户脚本的详细信息,请参见第 3-2 页的 "如何从前面板运行脚本?"。

命令 display.loadmenu.add 可用于配置脚本的其他函数的前面板用户测试。请确保为每个 函数使用不同的菜单名称。例如,以下命令将添加名称"PulselMeasV"以调用 PulselMeasureV 函数的测试。

display.loadmenu.add("PulseIMeasV", "KIGeneralUser() PulseIMeasureV()", display.SAVE)

请参阅《Series 2600 参考手册》第 14 节中的"加载测试菜单"一章,了解有关 display.loadmenu.add 函数的详细信息。

3.3.4. 删除用户脚本和用户测试

删除用户脚本

可以从 Series 2600 的非易失性存储器中删除用户脚本。以下命令将删除 KIGeneralUser 用 户脚本:

script.delete("KIGeneralUser")

删除用户测试

删除脚本后,应该从用户测试菜单中删除测试,因为它已经不存在了。以下命令从菜单中删除"PulseVMeasl"测试:

display.loadmenu.delete("PulseVMeasI")

请参阅"Series 2600 参考手册"第 2 节中的"用户脚本"以获取有关删除用户脚本的更多信息。 请参阅"Series 2600 参考手册"第 14 节以获取有关从前面板 USER TESTS 菜单中删除用户测 试的详细信息。

3.4. 如何使用其他程序?

请参阅 LabVIEW 和 Visual Basic 文档,以获取有关使用这些程序的详细信息。

3.4.1. 使用 LabVIEW

源步骤示例

源步骤示例如图 3-6 所示。该示例以 1V 步进方式从 1V 到 10V 步进源电压,测量每一步的 电流,并将结果存储在表格中。一旦完成所有步骤,存储的表格电流值将被打印出来。 The Series 2600 command sequence:

```
localnode.prompts = 0
data_table = {}
reset()
smua.source.output = 1
for i=1,10 do
  smua.source.levelv = i
  mi = smua.measure.i()
  table.insert(data_table,mi)
end
smua.source.output = 0
print(table.concat(data_table,','))
reset()
```

- -- Disable prompts.
- Clear table.
- -- Reset Series 2600.
- Turn on source output.
- Loop for 10 steps.
- Set source level.
- Take a current measurement.
- -- Store measurement in table.
- End of loop.
- Turn off output.
- Print table of current values.
- Reset instrument.

Figure 3-6 LabVIEW source step example



3.4.2. 使用 Visual Basic

注意,可以使用任何文本编辑器打开表单文件(UserManualExample.frm)以查看由各个命 令按钮执行的代码。

以下示例介绍如何使用 Visual Basic 下载和运行 Model 2600 系列脚本。这些示例创建了两个脚本。这两个脚本都基于在第 2 节中介绍的伪代码和仪器命令, 演示如何将 Series 2600 用作传统的 GPIB 仪器, 同时执行多个测量。此示例程序的源代码可从 Keithley Instruments 的网站 www.keithley.com 下载。

示例脚本 1-不使用函数的脚本

以下脚本在名为"MeasCurrScript.tsp"的文件中。请注意,实际脚本包含未在此处包含的其他注释。注释由双破折号(--)标识。

reset()

以下是读取文件并将脚本下载到 Series 2600 的主要代码。当您选择"加载"非功能"脚本选项, 然后单击加载脚本(GPIB)命令按钮时,将执行此代码。虽然不是必需的,但是在此示例 中启用了 TSP 提示,因为它们在加载和运行脚本时提供有用的测试脚本处理器状态信息。 有关使用提示的更多信息,请参见 Series 2600 仪器系列参考手册。当脚本正在下载时,它 会显示在 GUI(图形用户界面)的脚本文本框中,如图 3-7 所示。

```
Call send (Addr%, "localnode.showerrors = --Disable automatic display of errors - leave error
0", intStatus)
                                                 messages in gueue and enable Error Prompt. The
                                                 "localnode" is unit being communicated with via
                                                 GPIB or RS-232.
                                               --Turn on prompts; need to start handling the
Call send(Addr%, "localnode.prompts =
                                                 prompts as soon as this command is sent.
1", intStatus)
strReturnMessage = udfGetTspResponse()
Open App.Path & "\" &
                                               --Open the script file for sequential input.
"MeasCurrScript.tsp" For Input As #1
Call send(Addr%, "loadscript
                                               --"loadscript" identifies the beginning of the script.
MeasCurrScript", intStatus)
                                                 "MeasCurrScript" is the name assigned to the
strReturnMessage = udfGetTspResponse()
                                                 script.
                                               --Read the file.
                                               --Loop until the end of the script file.
Do While Not EOF(1)
                                               --Read a line from the script file.
Line Input #1, strScriptline
Call send (Addrs, strScriptline, intStatus) --Send script line to Series 2600.
strReturnMessage = udfGetTspResponse()
strReturnMessage = Left(strReturnMessage,
4)
Select Case strReturnMessage
                                               --Continuation prompt.
    Case ">>>>"
                                                 TSP received script line successfully; waiting for
                                                 next line.
    Case "TSP>"
                                                 --Ready prompt.
                                                 TSP received script successfully; ready for next
                                                 command.
Exit Do
Case "TSP?"
                                               --Error prompt.
                                                 Error occurred; handle as desired.
                                                 Use "errorqueue" commands to read and clear
                                                 errors.
                                               --No prompt received.
Case Else
                                                 Response other than shell prompt was received;
                                                 handle as desired.
End Select
                                               --Close the script file.
Loop
Close #1
Call send(Addr%, "endscript", intStatus) --Tell TSP complete script has been downloaded.
strReturnMessage = udfGetTspResponse()
Call send(Addr%, "localnode.prompts =
                                               --Disable prompts.
0", intStatus)
```

Figure 3-7 GUI after loading the non-function script (GPIB)

	anal GPIB instrument	GPI8 Address 26	
Run with G	PIB Run with VISA	VISA Resource: GPIB1::26:INSTR	
in using scrip	da		<u>×</u>
Load Script	(GPIB) Load Script (VISA)	Coad "Non-Function" Script	
Run Script	(GPIB) Run Script (VISA)	C Load "Function" Script Dete:	
Call Function	GGP301 GW Fundior (MGA1	Citplay Prompts	100
		J J	*
stus Value:		Status Desc. Script loaded	
	reset() display, screen – display SMUA display, smuas measure func – display MEA smua souce, hure – smua. OUTPUT_DCV smua souce, avery – 5 smua souce, levely – 5 smua souce, levely – 5 smua souce, levely – 5 mua measure, sargei = 0.1 smua measure, sargei = 0.1 smua souce, output = smua. OUTPUT_DN	Reset SourceMeter to default settings Stille_DCAMPS Set display to show smus source and limit settings SURE_DCAMPS Set source function to DCV ANGE_DN Enable source autorange Set source level to SV Set cuerent compliance to 100m4 Set cuerent compliance to 100m4 Set cuerent compliance to 110m4 Set cuerent to TPLC (default) Turn DN smue output	X
	ntimes = 10		
Script	A STATE AND A STAT	Destruction and the second sec	
Script	for i = 1 , ntimes do print(smua.messure.i()) end -for	 renorm loadowing commental; minies Measure current and put reading in instrument output queue 	

以下是运行脚本和检索测量结果的主要代码。当您单击"运行脚本(GPIB)"命令按钮时, 将执行此代码。运行此脚本将执行 10 次测量并将读数发送到 PC。结果显示在 GUI 的数据 文本框中,如图 3-8 所示。在运行脚本之前启用 TSP 提示。

```
Call send(Addr%, "MeasCurrScript.run()", intStatus) --The following command runs the
script; you can also use
MeasCurrScript() form of the
command.
Do
strReturnMessage = udfGetTspResponse()
txtData.Text = txtData.Text & strReturnMessage
Loop Until Left(strReturnMessage, 3) = "TSP"
If strReturnMessage = "TSP?" Then
txtStatusDesc.Text = "Error Occurred"
Call send(Addr%, "print(errorqueue.next()",
intStatus)
strReturnMessage = udfGetTspResponse()
txtStatusDesc.Text = txtStatusDesc.Text & strRe-
turnMessage & vbCrLf
```

```
End If
```

--Get output from script.

Figure 3-8 GUI after running the non-function script (GPIB)

	nal GPIB instrument		
Run with (PIB Run with VISA	VISA Resource: GPB1: 26: INSTR	
in using scrip	da .	5.06005e-04	-
Load Script	(GPIB) Load Script (MSA)	Load "Non-Function" Script Societ 04 Societ 0	
Run Script	(GPIB) Run Script (VISA)	C Load "Function" Solpt 5.06532e 04 5.06732e 04 5.0673e 04 Data 5.0673e 04 5.0673e 04 5.0673e 04 5.0673e 04 5.0673e 04	
Cel Function	(GF8) C#Fanter(/15/)	C Dipley Prompto	
atus Value:		Status Desc: Testing complete	
	recell) display, toneen = display, SMUA display, sinua measure hunc = display, MEASU imita ioutoce, soloengev = sinua AUTORIAN sinua ioutoce, linei = 0.1 sinua ioutoce, linei = 0.1 sinua measure rapis = 0.1 sinua measure rapis = 0.1 sinua measure rapis = 1 sinua measure rapis = 1 sinua measure rapis = 1 sinua measure rapis = 1	- Reset SourceMetter to default settings - Set displays to how saws source and limit settings EE_DCAMPS - Set displays to show current measurement SS - Set source function to DDV - Enable source autorange - Set source configure to 100mA - Set current measurement forange to 100mA - Set current measurement range to 100mA - Set current measurement range to 100mA - Set current measurement to 100mA	2
	ntimes = 10		
Script		- Partners Inflations concentrated) atimate	
Script	for i = 1 . ntimes do print(smue.treasure.()) and -for	Weasure current and put reading in instrument output queue	

示例脚本 2- 使用函数的脚本

此示例中使用的脚本位于名为"MeasCurrFunctionScript.tsp"的文件中。选择加载"Function" 脚本选项,然后单击加载脚本(GPIB)命令按钮即可将此脚本下载到 Series 2600。该脚本 与先前示例完全相同,只是"打开文件"和"loadscript"命令反映了不同的脚本名称,如下所 示。

Open App.Path & "\" & "MeasCurrFunctionScript.tsp" For Input As #1 Call send(Addr%, "loadscript MeasCurrFunctionScript", intStatus)

另一个区别在于脚本本身,如下所示。此脚本不执行多个电流测量,而是创建一个名为 "MeasCurr"的函数,当调用该函数时,它将执行一个或多个电流测量。测量次数取决于调 用函数时传递给函数的"ntimes"的值。图 3-9 显示了在加载和运行脚本之后 GUI(图形用户 界面)。请注意,数据文本框不包含任何读数,如先前的示例所示;它只是指示已创建 "MeasCurr (ntimes)"函数。

```
function MeasCurr(ntimes)
   local l_i -- Local counter variable
   reset()
   display.screen = display.SMUA
   display.smua.measure.func = display.MEASURE DCAMPS
   smua.source.func = smua.OUTPUT DCVOLTS
   smua.source.autorangev = smua.AUTORANGE ON
   smua.source.levelv = 5
   smua.source.limiti = 0.1
   smua.measure.rangei = 0.1
   smua.measure.nplc = 1
   smua.source.output = smua.OUTPUT ON
   for l i = 1, ntimes do
       print (smua.measure.i())
   end --for
   smua.source.output = smua.OUTPUT OFF
end --function
print("Function 'MeasCurr(ntimes)' created")
```

Figure 3-9 GUI after loading and running the function script (GPIB)

602 User M	anual Demo Program	02 Llear Manual Dam	- Drogram
VEI I	HLEY 20	02 User Manual Dem	o Program
Run like tradit	ional GPIB instrument	GPIB Address: 26	
Run with	GPIB Run with VISA	VISA Resource: GPIB1::26::INSTR	
fun using scr	ipis		Function MeasDur(ntimes)' created
Load Scrip	k (GPIB) Load Script (VISA)	C Load "Non-Function" Script	1382
Dura Caria	Due Court Add(a)	C Load "Function" Script	
Run schp	Hun scipt (visk)	Uda	
Call Functio	m (GPIB) Call Function (VISA)	T Display Prompts	
			-
itatus Value:	<u></u>	Status Desc: Testing complete	
	function MeasCutintimes)		
	local Li - Local counter variable		
Script	eseli) display screen = display SMUA display smua measure.htmc = display MEASU imua source.turc = imua.0UTPUT_DCVDL imua source.avtorarger = imua.AUTORANI imua source.levelv = 5 imua source.levelv = 5 imua measure.imgei = 0.1 imua measure.imgei = 0.1 imua measure.ingle = 1 imua source.output = imua.0UTPUT_DN	Reset SourceMeter to default setting: Set display to show smua source and limit setting: Set display to show current measuremet Set source function to DCV Set source function to DCV Set source level to 5V Set current compliance to 100mA Set current measurement range to 100mA Set current measurement range to 100mA Set integration time to TPLC (default) Turn DN smus output	e nt
	for L i = 1. ntimes do print(smua.measure.i()) end -for	Perform following command(s) ntimes Measure current and put reading in instrument output queue	
	smua source.ou/put = smua.OUTPUT_OFF	Turn OFF smus output	
	Joing Indication		

以下是调用函数并检索测量结果的主要代码。在调用函数之前启用 TSP 提示。单击"调用 函数(GPIB)"命令按钮时将执行此代码。在此示例中,由于在调用函数时将"ntimes"设置 为 10,因此该函数执行十次电流测量并将读数发送到 PC。结果显示在数据文本框中,如 图 3-10 所示。请注意,只需使用不同的"ntimes"值调用函数即可轻松进行一次或 100 次读 取,例如 MeasCurr(100)。您可以向函数传递参数,但无法向脚本传递参数。但是,必 须最初运行脚本才能创建函数。有关脚本和函数的更多信息,请参见 Series 2600 系列参考 手册。

```
--Call function with
Call send(Addr%, "MeasCurr(10)", intStatus)
                                                             ntimes=10 and then enter
                                                              data.
                                                            --Get output from function.
Do
  strReturnMessage = udfGetTspResponse()
  txtData.Text = txtData.Text & strReturnMessage &
  vbCrLf
Loop Until Left(strReturnMessage, 3) = "TSP"
If strReturnMessage = "TSP?" Then
  txtStatusDesc.Text = "Error Occurred"
  Call send(Addr%, "print(errorqueue.next()", intStatus)
  strReturnMessage = udfGetTspResponse()
  txtStatusDesc.Text = txtStatusDesc.Text &
  strReturnMessage & vbCrLf
End If
                                                             --Take appropriate action
```

```
based on error message.
```

Figure 3-10 GUI after calling the function (GPIB)

602 User M	anual Demo Program		_101
KEIT	HLEY 260	2 User Manual Demo Program	í.
Run ike tradit Run with	ional GPIB instrument GPIB Run with VISA	GPIB Address: 26	
		VISA Resource: GPIB1::26:INSTR	
Run using scr	pts	5.06091e-04	
Load Scrip	t (GPIB) Load Script (MSA)	C Load "Non-Function" Script 5.06306e-04 5.06318e-04 5.06473e-04 5.06377e-04	_
Run Script	(GPIB) Run Script (VISA)	5.06318e-04 Deta: 5.06324e-04 5.06377e-04	
Cal Functio	n (SPIB) Call Function (MSA)	T Display Prompts 5.06377e-04 TSP>	
Status Value:		Status Dass: Testing complete	
	function MeasCurr(ntimes) local Lj Local counter variable		-
Script	reset()) display.screen = display.SMUA display.smua.measure.func = display.MEASURE, smua.source.arbcr=smua.QUTPUT_DCVOLTS smua.source.arbcr=smua.QUTPUT_DCVOLTS smua.source.levelv = smua.AUTORANSE_ smua.source.levelv = smua.AUTORANSE_ smua.source.arbcr=smua.source.source. smua.source.source.co.source.source. smua.source.source.co.source.source. smua.source.source.co.source.source. smua.source.source.source.source.source.source. smua.source.	Reset SourceMeter to default settings Set display to show smue source and limit settings	
	for Li = 1, nimes do print(smua.measure.i()) end -for	 Perform following command(s) ntimes Measure current and put reading in instrument output queue 	
	smua.source.output = smua.OUTPUT_OFF end -function	Tum OFF smus output	

4. 控制多个 2600 系列(TSP-Link)

4.1. 如何设置 TSP-Link 系统?

最多可将 16 个启用了 TSP-Link 的仪器(例如 Series 2600 System Series 2600s[™])连接在一起形 成 TSP-Link 系统。

步骤 1: 连接 TSP-Link 系统

参考第9节"连接"中的"TSP-Link 连接"获取有关 TSP-Link 连接的更多信息。

扩展系统的连接示例如图 4-1 所示。系统中的所有启用了 TSP-Link 的仪器都使用 LAN 交叉 线缆串联在一起。在此示例中,连接到 PC 的单元是 Master,其他单元是其 Slaves。请注 意,Master 不必被分配为节点 1,也不必位于节点链的末端。

Figure 4-1 TSP-Link connections



步骤 2: 分配节点编号

参考第9节"初始化"中的"分配节点编号"以获取有关分配节点编号的更多信息。

TSP-Link 系统中的每个仪器都必须分配唯一的节点号。每个仪器的节点号存储在其非易失性存储器中,在仪器关闭时不会丢失。

完成以下步骤以分配节点编号。

- 1. 从前面板上,按 MENU> TSPLINK。
- 2. 选择 NODE, 然后使用导航轮分配节点号。

注意: 节点号可以从 1-64 范围内选择。

对于远程编程, tsplink.node 属性用于为仪器设置节点号:

tsplink.node = N

where: N = 1 to 16 The node number of an instrument can be determined by reading the tsplink.node attribute as follows:

nodenumber = tsplink.node

print (nodenumber)

The above print command will return the node number. For example, if the node number is 1, the value 1.000000000 will be returned.

上述打印命令将返回节点号。例如,如果节点号为1,则将返回值1.00000e00。

步骤 3∶重置 TSP-Link

参考第9节"初始化"中的"重置 TSP-Link"以获取有关重置 TSP-Link 的更多信息。

设置所有节点号后,必须重置(初始化)TSP-Link 接口系统。要使初始化成功,所有单元 在执行 TSP-Link 重置时必须处于开启状态。

完成以下步骤以重置 TSP-Link。

- 1. 从前面板上,按 MENU> TSPLINK。
- 2. 选择 Reset 复位。

对于远程编程,以下命令初始化 TSP-Link:

tsplink.reset()

步骤 4:检查 TSP-Link 系统的状态

参考第9节"初始化"中的"检查TSP-Link 状态"以获取有关检查TSP-Link 状态的更多信息。

tsplink.state 只读属性用于确定 TSP-Link 重置程序是否已成功完成。返回的 online 值表示重 置已成功完成系统中所有仪器(节点)。离线值 offline 表示重置失败。

重置失败的几个典型原因包括以下内容:

- 系统中有两个或多个仪器具有相同的节点号。
- 没有其他连接到执行复位的单元的仪器。
- 在正确连接的系统中,一个单元未开启电源。

编程示例 - 在为系统中的仪器分配节点号之后,以下命令将检查 TSP-Link 的状态:

print(tsplink.state)

如果重置成功,则将输出 online 表示已建立到所有节点的通信。

4.2. 如何使用扩展系统?

参考系列 2600 参考手册第 9 节的"使用扩展系统"以获取有关使用系统的更多信息。

4.2.1. 访问 TSP-Link 节点的资源

在成功进行 TSP-Link 重置后,可以使用 node 和 localnode 变量来访问系统中任何节点的资源。

使用 node [N]

node [N]变量(其中 N = 1 到 16)用于向系统中的任何节点发送命令。节点可以是主节点 或从节点。例如:

node[4].smua.reset()	Resets SMU A of Node 4.
node[1].smua.reset()	Resets SMU A of Node 1.

使用别名 (localnode)

变量 localnode 是 node[N]的别名,其中 N 是主节点的节点号。例如,假设节点 1 是 TSP-Link 系统中的主节点。要向节点 1 发送命令,可以使用 node [1]或 localnode,如下所示:

node[1].smua.reset()	Resets SMU A of the Master (Node 1).
localnode.smua.reset()	Resets SMU A of the Master (Node 1).

4.2.2. 在 TSP-Link 系统中运行脚本

对于远程编程,只能运行存储在主节点(Master)中的脚本,而无法访问从节点(Slaves)中的脚本。请参阅第 3-3 页上的"How do I interact with scripts using Test Script Builder?"了解更多信息。

对于前面板操作,可以从任何节点的前面板运行脚本。有关详细信息,请参阅第 3-2 页上的"How do I run a script from the front panel?"

A. 常见问题解答

A.1. 如何优化性能?

参考"操作注意事项"(第4节)和"速度"(第6节)以获取有关影响测量速度和精度的性能因素的详细信息。影响测量精度和速度的三个主要因素包括:

- 预热-为达到额定测量精度,请在使用前至少预热1小时。
- 速度设置-速度设置会影响速度和精度。
- 自动校零 可以禁用自动校零来提高速度, 但会牺牲精度。

A.1.1. 设置速度

按下 SPEED 键, 然后根据要求选择设置:

- 选择 FAST 设置以获取最快的测量速度, 但测量精度会降低。
- 为获得最佳精度,请使用 HI ACCURACY 设置,但速度会降低。
- 为在精度和速度之间取得平衡,请使用 MED 或 NORMAL 设置。

A.1.2. 禁用自动校零以提高速度

在某些测量情况下,禁用自动校零可以提高测量速度,但精度随时间会漂移。要禁用自动 校零,请选择 CONFIG> MEAS> AUTO-ZERO,然后设置为 OFF。为了最小化禁用自动校零时 的漂移,请在测量前选择 ONCE 选项。

A.2. 如何使用数字 I/O 端口?

参考 Series 2600 参考手册第 10 节以获取有关数字 I/O 端口完整详细信息。

A.2.1. 数字 I/O 端口终端

数字 I/O 端口位于后面板(第 1-6 页上的图 1-2)上,提供 14 个数字 I/O 线路(图 B-1)。 每个输出可设置高(+5V)或低(0V),读取高或低逻辑电平,并可设置触发。请使用带 有公头 DB-25 连接器的电缆进行连接(Keithley Instruments 零件号 CA-126-1)。



A.2.2. 控制数字 I/O 端口

从前面板中选择 MENU> GENERAL> DIGOUT> DIG_IO_OUTPUT, 然后输入十进制值以将 I/O 线路设置为高或低(最大 16383)。基本 I/O 的命令总结在表 B-1 中。例如,要将所有 14 条线路设置为高,请发送:

digio.write.port (16383) $_{\circ}$

Table B-1 Commands for basic I/O port

Command	Description
digio.readbit(bit)	Read one digital I/O input line.
digio.readport()	Read digital I/O port.
digio.writebit(bit, data)	Write data to one digital I/O output line.
digio.writeport(data)	Write data to digital I/O port.

A.3. 如何触发其他仪器?

请参考 Series 2600 参考手册第 4 节中的"触发"、"数字远程 I/O 命令"中的第 11 节以及第 12 节 中的触发和数字 I/O 端口命令详细信息。

A.3.1. 触发扫描仪

典型的测试场景可能需要使用 Series 2600 和扫描仪按顺序测试多个 DUT。 B-2 中显示了使用 Series 2600 数字 I/O 端口触发扫描仪的基本示例。在这种情况下, I/O 端口的 Line 1 用作触发输出并连接到扫描仪主机触发输入, 而I/O 端口的 Line 2 用作触发输入。

A.3.2. 编程触发

下面是一个设置触发的简单命令序列示例。前两个命令设置 I / O 端口上 Line 1 的输出脉冲 宽度,并将 Line 2 设置为负跳变沿输入触发。接下来的两个命令分别在 Line 1 和 Line 2 上 启用并等待触发。

digio.trigger[1].pulsewidth = 1e-5	 Set line 1 pulse width to 10µs.
digio.trigger[2].mode =	 Set line 2 mode to falling edge.
digio.TRIG_FALLING digio.trigger[1].assert()	- Assert trigger on line 1.
digio.trigger[2].wait(timeout)	- - Wait for trigger on line 2.

A.4. 如何生成服务请求?

请参考 Series 2600 参考手册附录 D 中的"状态字节和服务请求(SRQ)"和其他信息以获取有关 状态模型和服务请求详细信息。

A.4.1. 设置服务请求

生成 GPIB 服务请求(SRQ)所需的确切编程步骤将根据所需生成 SRQ 的事件而略有不同。 通常使用的步骤如下:

- 清除所有状态寄存器,以防止异常事件生成 SRQ。
- 在适当操作中设置位:可疑、测量使能或转换寄存器。
- 在服务请求使能寄存器中设置正确的摘要位。该寄存器中必须至少设置一个位,但要 设置的确切位取决于所需的 SRQ 事件。

A.4.2. 服务请求编程示例

以下示例显示了如何编程源表在超过通道 A 的电流限制时生成 SRQ。

status.reset()	 Clear all registers.
<pre>status.measurement.current_limit.enable =</pre>	- - Enable current limit bit in
<pre>status.measurement.current_limit.SMUA status.measurement.enable =</pre>	 current limit register. Enable status measure
<pre>status.measurement.ILMT status.request_enable = status.MSB</pre>	 current limit bit. Enable status SRQ MSB.

A.4.3. 轮询 SRQ

要确定源表是否是生成 SRQ 的 GPIB 设备,只需对该单元进行串行轮询以获取状态字节, 并测试相应的摘要位或位是否已设置。例如,以下命令请求状态字节并打印结果:

```
status_byte = status.condition
print(status byte)
```

A.5. 如何在非易失性存储器中存储测量值?

Series 2600 源表有两个非易失性缓冲区,用于存储测量读数、源值和时间戳:NV Buffer 1 (nvbuffer1)和 NV Buffer 2(nvbuffer2)。存储在这些缓冲区中的数据在 Series 2600 关闭时 不会丢失。

有关缓冲区(数据存储)的详细信息,请参见 Series 2600 参考手册第 7 节。

A.5.1. 前面板操作

有关从 Series 2600 前面板存储数据的详细信息,请参见本手册第 1-16 页上的"How do I use the buffer?"。

A.5.2. 远程编程

以下示例演示了使用读取缓冲区的典型方法。以下步骤中的命令将执行三个 SMU A 电压测量,将它们存储在 nvbuffer1 中,然后读取缓冲区:

步骤1:清除并配置缓冲区

以下命令序列将清除缓冲区中的所有读数,并配置缓冲区以存储时间戳和源值:

```
smua.nvbuffer1.clear()
smua.nvbuffer1.collecttimestamps = 1
smua.nvbuffer1.collectsourcevalues = 1
```

注意:将 collecttimestamps 设置为 0 并将 collectsourcevalues 设置为 0 将禁用时间戳和源 值的存储。

步骤 2: 执行测量

以下命令序列将测量计数设置为三,打开输出,执行三次测量,然后关闭输出:

```
smua.measure.count = 3
smua.source.output = smua.OUTPUT_ON
smua.measure.v(smua.nvbuffer1)
smua.source.output = smua.OUTPUT_OFF
```

三个测量读数、时间戳和源值将存储在缓冲区中。

步骤 3: 读取缓冲区

以下代码将以同一消息输出三组数据(九个值):

```
rbl = smua.nvbuffer1
printbuffer(1, rb1.n, rb1, rb1.timestamps, rb1.sourcevalues)
```

对于上面的 printbuffer 函数, 1 是要输出的值的起始索引, rb1.n 是结束索引(n =缓冲区中读数的数量, 在本例中为 3), rb1 包括测量读数, rb1.timestamps 包括时间戳, rb1.sourcevalues 包括源值。

示例输出:

1.234567e-03, 5.555555e-02, 1.000000e+00, 2.362360e-03, 8.888888e-02, 1.000000e+00, 2.362368e-03, 1.111111e-01, 1.000000e+00

上面的输出按以下顺序返回:

reading1, timestamp1, sourcevalue1, reading2, timestamp2, sourcevalue2, reading3, timestamp3, sourcevalue3

查看"运行工厂脚本"的第3步,第3页,了解更多有关读取缓冲区的示例。

A.6. 如何将通道堆叠以输出更高的电压?

Model 2601 或 Model 2602 通道的最大输出电压为 40.4V, 而 Model 2611/2612 或 2635/2636 通 道的最大输出电压为 202V。可以通过堆叠(串联连接)通道来输出更高的电压。

堆叠通道要求所有 SMU 通道(除一个之外)浮地。图 B-3 显示了两个 Model 2602 配置为将四 个通道连接成串,以输出高达 161.6V(每个通道 40.4V)。可以添加(堆叠)更多通道,但是 堆叠中任何 SMU 通道的 LO 端与地面的电压差不得超过 250V。

警告: SMU 的最大浮动(共模)电压为±250V。超过此级别可能会损坏仪器并造成触电危险。

每当将危险电压(>30Vrms, 42Vpeak)输出时,必须使用完全包围 DUT 测试电路的安全罩。 使用金属安全罩时,必须将其连接到已知的安全地和机箱地。

参考"参考手册"第 3 节中的"SMU 浮动"了解有关浮动 SMU 通道的详细信息。



注意:每个叠加的通道会增加大约 100µA 的共模电流,这个共模电流可以被下面的通道测量到。因此,在上面的示例中,型号 2602-1 Chan A 的测量值约高于型号 2602-2 Chan B 为

100μA x 3 = 300μA, 型号 2602-1 Chan B 的测量值将比型号 2602-2 Chan B 高出约 100μA x 2 = 200μA。通过型号 2602-2 Chan B 可以最精确地测量流经 DUT 的实际电流。

A.7. 如何并联通道以输出更高的电流?

请参阅 2600 系列参考手册第 3 节, 了解有关 SMU 连接的详细信息。

Model 2601 或 Model 2602 通道的最大直流输出电流如下:

- 1.01A@40.4V
- 3.03A@6.06V

Model 2611/2612 或 Model 2635/2636 通道的最大直流输出电流如下:

- 101mA@202V
- 1.515A @20.2V

通过并联连接通道可以输出更高的电流。图 B-4 显示了两个 Model 2602、2612 或 2636 的四个 通道并联连接的情况。两个 Model 2602 可以在 40.4V 时输出高达 4.04A, 在 6.06V 时可输出 12.12A; 而两个 Model 2612 和 Model 2636 可以在 202V 时输出高达 404mA, 在 20.2V 时可输 出 6.06A。传输到待测设备的电流是四个 SMU 通道输出电流之和。通过并联连接更多通道可 以输出更大电流。



Figure B-4 Connecting channels in parallel for higher current

A.8. 如何进行接触检查测量?

请参阅系列 2600 参考手册第 4 节的"接触检查测量"和第 12 节中的命令信息,了解接触检查的 详细信息。

A.8.1. 接触检查连接

接触检查功能可防止由于待测设备上的不良接触、开关卡上的失效继电器接触,或过长或 过细的导线引起的 Force/Sense 引线上的过大电阻而产生的测量误差。接触检查功能还可 以检测到四点探针不正确放置或错位时可能发生的断路。图 B-5 显示了 Model 2601/2602/2611/2612 的接触检查连接方式,图 B-6 显示了 Model 2635/2636 的接触检查连接方式。RC 是待测设备上机械接触的电阻,RS 是继电器和电缆的串联电阻。



A.8.2. 接触检查编程示例

下面是典型接触测量的命令序列。这些命令将接触检查速度设为快速,并将阈值设置为10 Ω。然后进行一次接触检查测量,如果失败,则进行更精确的接触检查测量,并中止测试。 否则,输出将被打开,测试将继续。

Figure B-6

Model 2635/2636 contact check connections	
smua.reset()	 Restore defaults.
smua.contact.speed = smua.CONTACT_FAST	 Set speed to fast.
smua.contact.threshold = 10	- Set threshold to 10Ω.
<pre>if (not smua.contact.check()) then One/both contact resistances are not below the programmed threshold.</pre>	- Check contacts against threshold.
smua.contact.speed = smua.CONTACT SLOW	 Set speed to slow.
rhi, rlo = smua.contact.r()	 Get resistance readings.
print(rhi, rlo)	- Return contact resistances to the host
exit()	 Terminate execution.
end	
smua.source.output = smua.OUTPUT_ON	- Turn on output and continue.

A.9. 如何进行小电流测量?

参考第3节以获取更多连接信息,参考第2600系列参考手册的第12节获取命令详细信息。

A.9.1. 小电流连接

小电流测量(<1µA)受信号路径中泄漏电流和泄漏电阻引起的误差的影响。出于这个原因, 2635 型和 2636 型源表配备了三同轴连接器来最小化这些问题。为了确保准确的低电平测 量,必须保持信号路径到 DUT 的完整性,包括使用低噪声三轴电缆和合适的测试夹具。

图 B-7 显示了低电流测量的典型连接方式。在这个例子中, DUT 可以是低电流半导体器件、 高兆欧电阻或任何需要低电流测量的无源或有源电子设备。请注意, 当使用危险电压时必 须将 DUT 封装在护罩和安全罩中, 这是必要的。 HI 三轴电缆的内屏蔽(guard)连接到测 试夹具的屏蔽护罩, 外部电缆屏蔽(机壳地)连接到安全罩。



A.9.2. 小电流测量编程示例

下面是典型小电流测量的命令序列。假设正在测试一个 **100**GΩ电阻器。这些命令将输出电 压设置为 **100V**,然后测量并显示通过器件的电流和电阻。 smua.reset()

smua.source.func = smua.OUTPUT_DCVOLTS - Set source to DCV.

smua.source.rangev = 200

smua.source.levelv = 100

smua.measure.rangei = 1e-9

smua.source.limiti = 1e-9

smua.source.output = smua.OUTPUT_ON

print(smua.measure.i())

print(smua.measure.r())

smua.source.output = smua.OUTPUT_OFF

- Restore defaults.

- Select 200V source range
- Output 100V DC.
- Select 1nA range.
- Set current limit to 1nA
- Turn on output.
- Display current reading.
- Display resistance reading.
- Turn off output.