

# 如何搭建 高性能开关应用指南 应用于自动化测试

# 引言

要设计一个满足您对准确度和精度要求的测试系统，您需要选择合适的仪器，不但要在设计测试方法上应用创意，并且要对规格和误差方面特别注意。大多数测试系统应用都非常复杂，以至于使得设计师最关注的点在于如何使不可控制的变量数目最小化。为了做到这一点，应当严格规范系统的开关性能。

应该特别考虑的是那些接近测量或采购仪器的精度、分辨率或灵敏度的规定极限的测试。这通常代表了“最关键的测试要求，”选择的开关应支持这些测试。针对这些“最关键的测试要求”而设计的应用通常同样会符合其他的测试要求。

在这个电子手册中列出的应用提供了您可能面临的多种类型的测试自动化的全面概括。

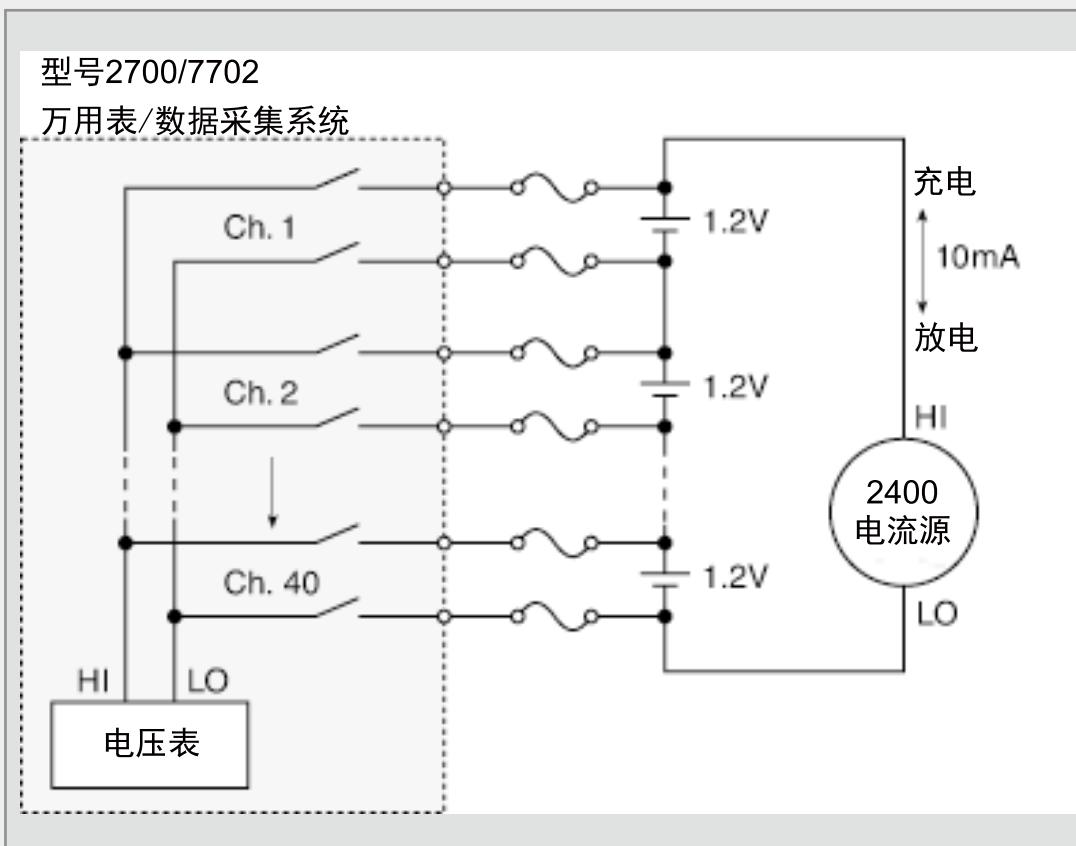


图1. 多个串联电池的充电/放电

## 电池测试

电池被用于增长迅速的各种消费和工业应用中。它们的测试要求通常取决于其化学性质、尺寸、特定用途以及电池是原电池还是二次电池。

二次（可充电）电池通常使用放电和充电循环来进行测试。二次电池的放电特性提供了关于电池的容量和寿命的重要信息。电池的充电/放电通常需要数小时，因此理想的是将多个电池串联以便它们同时进行充电和放电。可以使用两极扫描仪在充电和放电期间对每个电池的电压进行监控。

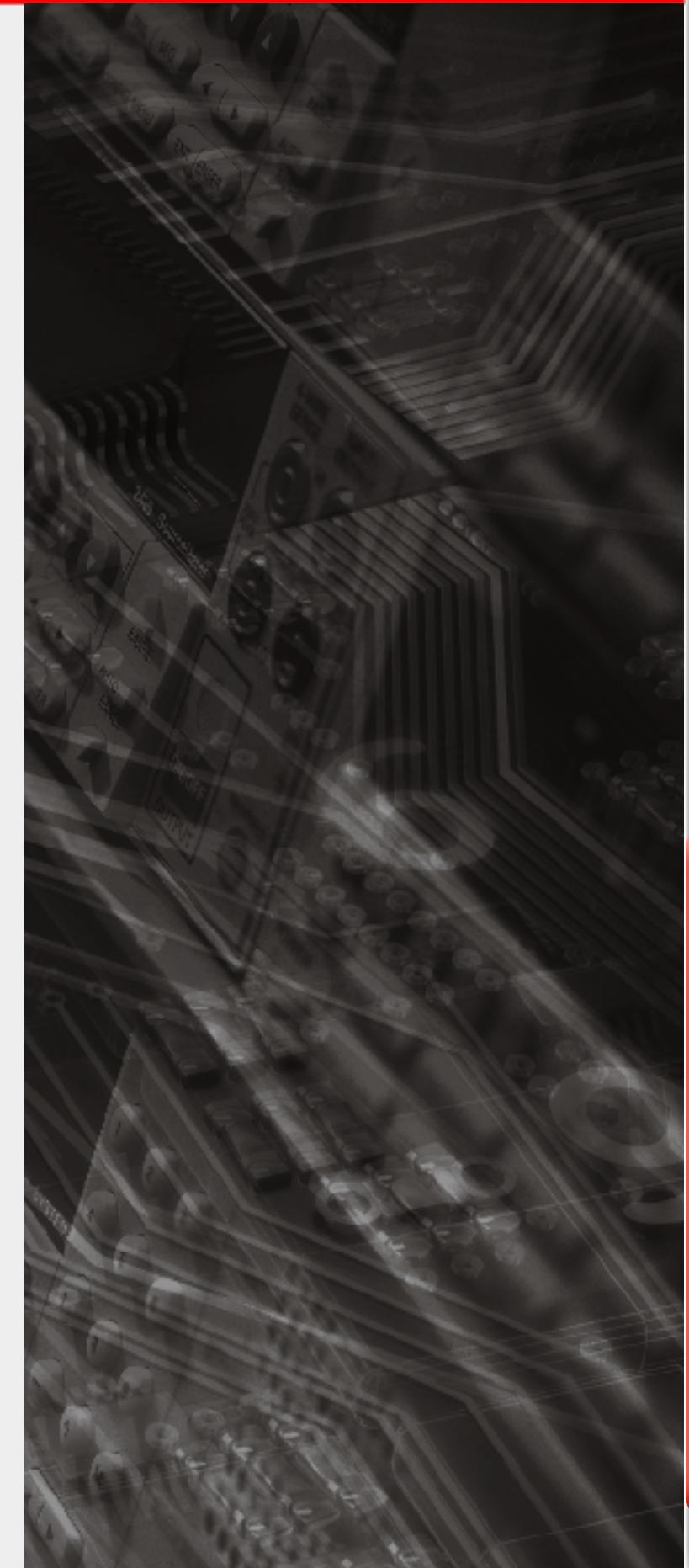
在一些应用中，可能需要测量每个电池有负载和无负载时的电压。监控电压随着时间的衰减情况将会得出电池品质的表示。虽然这种技术特别针对原电池有效，但是它也可用于二次电池。使用扫描仪使得能够一次监控多个电池的电压衰减情况。

以下段落描述了用于充电/放电循环测试和电压监控测试两者的开关配置方案。

## 开关配置

图1示出了对一串串联连接的电池进行充电/放电的开关配置。在此配置中，40个电池单元串联连接到给电池充电/放电的电流源（2400型数字源表®仪表）。一个单独的电压测试仪器通过开关监控各自的电池电压。（注：在此应用中，2400型不能同时用于电流源和电压测量，因为它限制于输入/输出HI和感测HI端子之间5V的差异。）

在这个特定的例子中，电流源为所有40个电池单元同时供给 $\pm 10\text{mA}$ ，所以所有的电池单元同时既可以充电也可以放电。配置了7702型40通道差分多路复用器模块的2700型万用表/数据采集系统，用于开关和测量每个电池单元的电压。每个电池单元具有1.2V的电压，因此整个电池单元串的总电压是48V。确保整个单元串的总电池电压不超过该共模电压的额定值和开关模块的最大电压电平是非常重要的。



为了避免损坏继电器，正确同步开关/测量序列是至关重要的。确保在闭合特定的通道之前其他所有的通路是打开的，这一点尤为重要的。无意地闭合多个通路将使两个或多个电池单元短路，并可能损坏继电器。为每个开关串联添加一个限流电阻或保险丝将有助于防止这种类型的损坏。

为了监视串联的电池单元串的电压衰减，负载电阻必须是对单个电池单元进行开关的。图2示出了用于测试80个原电池的开关系统。在这个例子中，有两组开关：一组二极开关（2个7702型模块）用于将电池单元连接到电压表，一组隔离开关（2个7705型40通道控制模块）用于连接负载电阻（ $R_L$ ）。

如果负载电阻和电压表的输入端直接连接，则流经继电器触点的电流会引起电压降，并且所测量的电池电压会有误差。如果使用隔离的继电器将负载电阻器切换到各个电池单元，则这一误差就会被消除。7705型模块具有40个隔离继电器。此外，这些额外的隔离继电器将允许负载电阻在测试周期期间内的任意时刻与每个电池单元连接或断开。

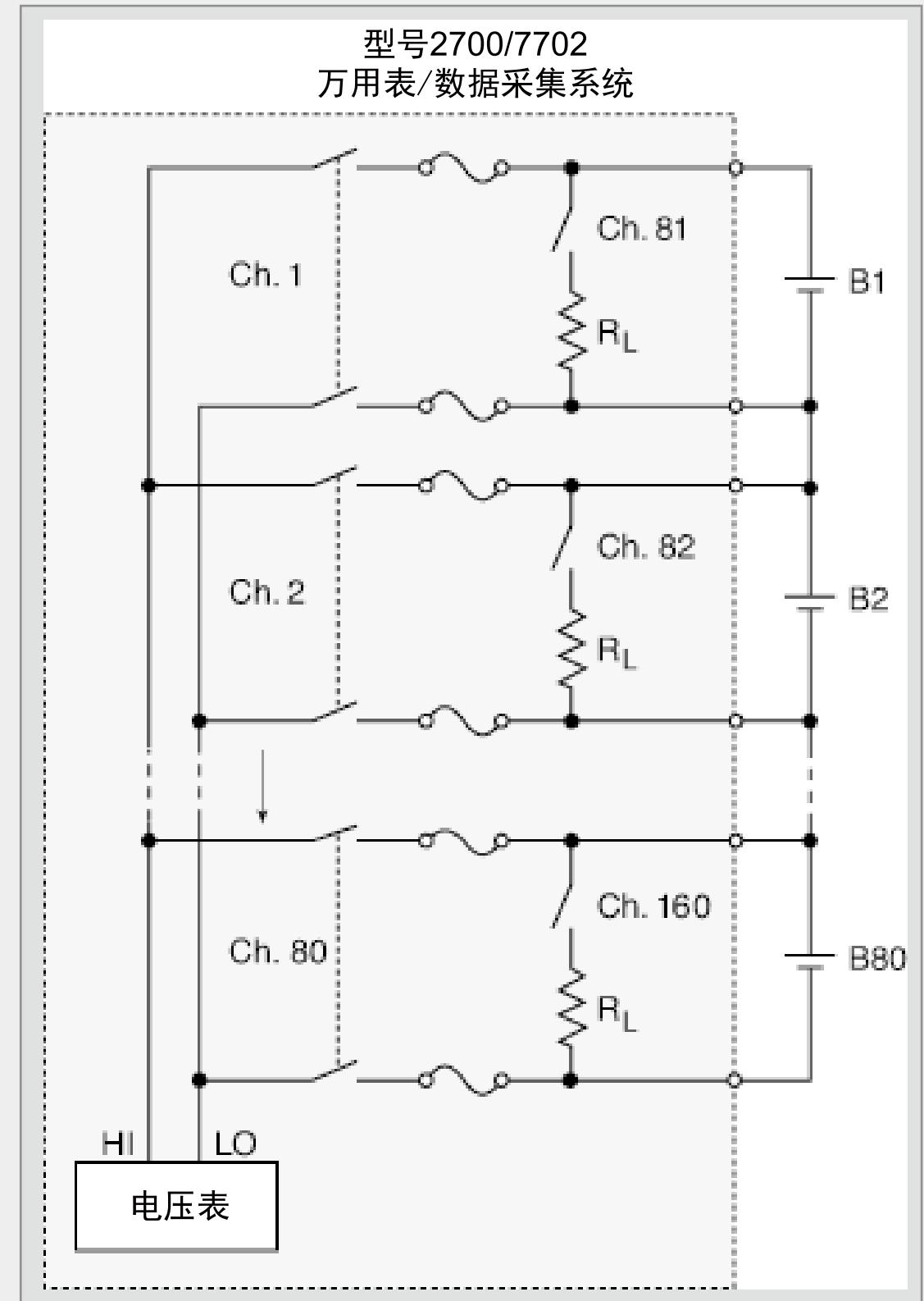


图2. 使用隔离继电器将负载电阻切换至电池

## 想进一步探索？

### 特色资源

- 针对混合信号测试优化开关系统
- 理解开关系统的基本知识
- 获取报价或更多信息



### 其他资源

- 2400型数字源表产品演示
- 2700型万用表/数据采集系统
- 7702型40通道差分多路复用器模块
- 7705型40通道单极控制模块

## 电容泄漏测量

电容是几乎所有类型的电子设备中都会使用的基本元件。泄漏电阻是电容测试的多种电气特征之一。泄漏电阻，经常被称为“IR”（绝缘电阻），以兆欧-微法表示。在其他情况下，泄漏可以被表示为给定电压下的漏电流，这里的电压通常是工作电压。

电容漏电流是通过施加一个固定的电压给所述电容并且测量所产生的电流来测量的。泄漏电流会随着时间的推移呈指数性衰减，所以有必要在测量电流之前施加一个已知时间周期（漏透时间）的电压。

处于统计的目的，必须测试一定数量的电容以产生有用的数据。因此就需要一种自动开关系统来使得这些测试是可执行的。

### 开关配置

图3示出了一个电容漏电流测试系统，采用了6517B型静电/源、7158型低电流扫描仪卡和一个C型开关卡，如7111-S型。这些卡安装在一个7002型开关主机中。

在这个测试系统中，一组开关（在7111-S型上）被用于将测试电压施加到各个电容。在常闭位置时，电容的一端连接到电路LO。当开关启动时，电容被连接到电压源。开关启动通常是交错的（例如，间隔两秒钟），这样在测量电容泄漏之前，每个电容可进行相同时段的充电。如果最大测试电压为110V或更小，可使用7111-S型卡。如果必须施加高于110V的电压，则可以使用合适的额定开关。

第二组开关（在7158型上）将每个电容在适当的漏透时间后连接到皮安表。应注意的是，在电容切换到皮安表之前，该电容已被连接到电路LO。这允许电容在充电时使得漏电流能持续地流动。

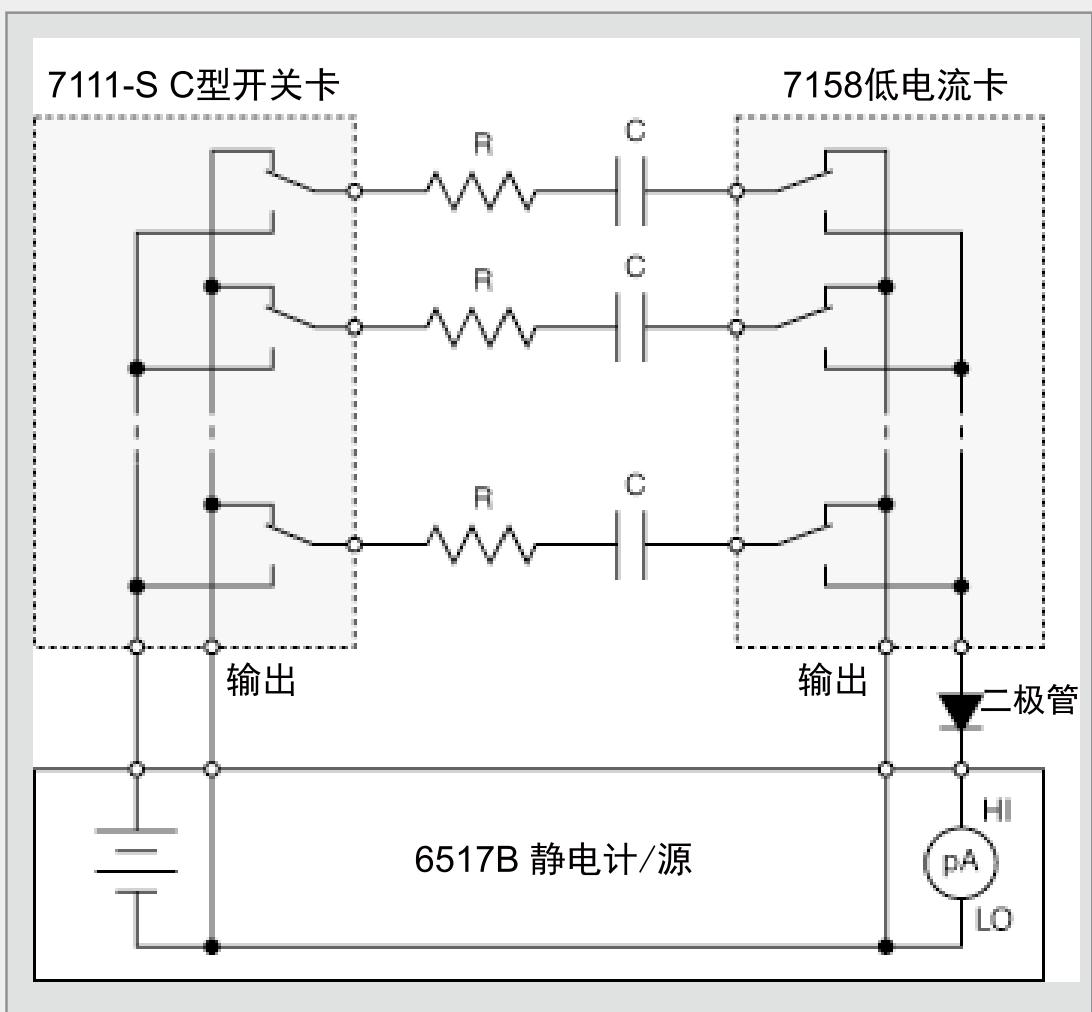
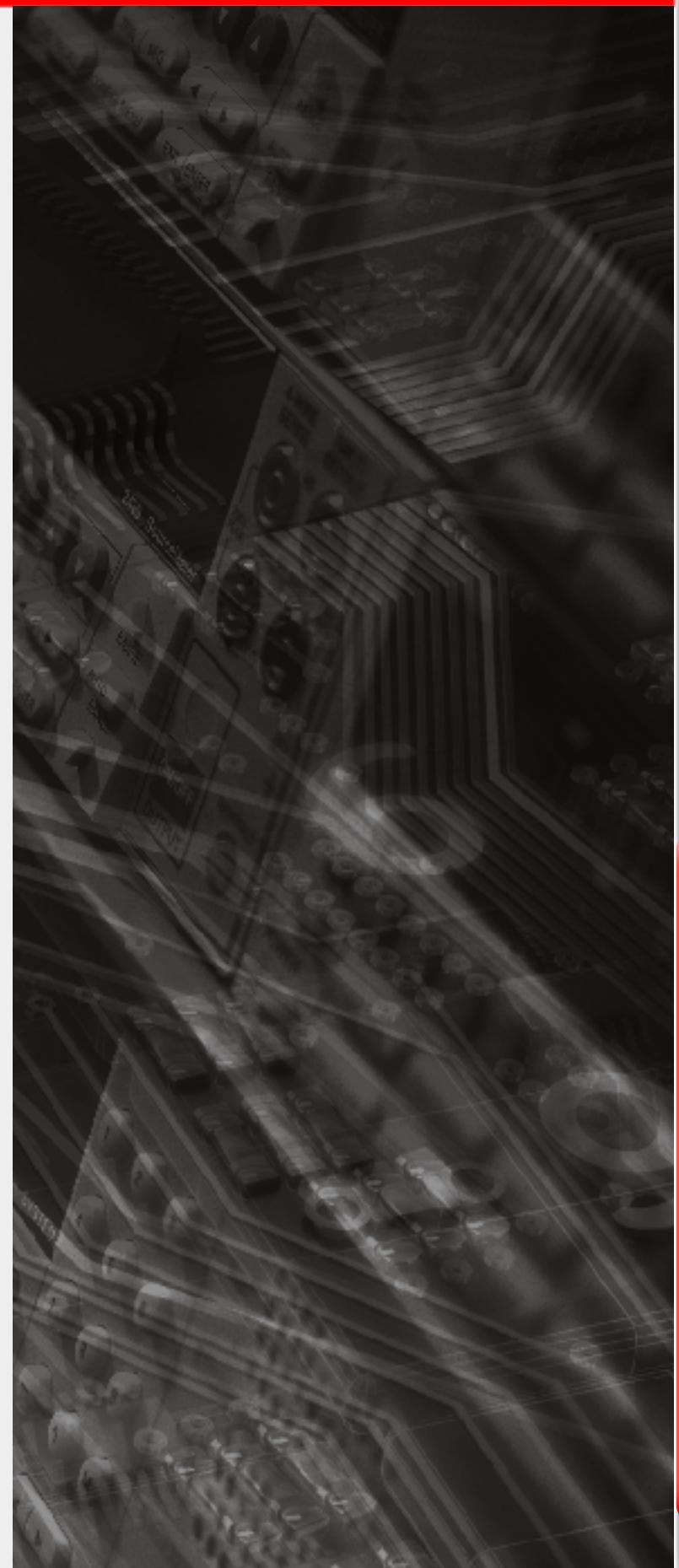


图3. 电容泄漏测试系统



对于这一应用，一台单独的仪器可以同时提供电压源和低电流测量功能。6517B型对于这种应用是特别有用的，因为它可以显示电阻或漏电流并提供高达100VDC的电源。

电容在测试后，应将电压源设置为零；在将电容从测试夹具取出来之前电压源必须允许电容进行放电。应注意的是，图3中的电容（C）具有一个经过继电器的常闭触点的放电通路。测试序列归纳为：

1. 静态 - 7111-S型继电器常闭且7158型继电器常闭。
2. 源电压（漏透时间） - 7111-S型继电器转到常开且7158型继电器保持常闭。
3. 测量电流 - 7111-S型继电器保持常开且7158型继电器转到常开。
4. 放电电容 - 7111-S型继电器转到常闭且7150型继电器转到常闭。

由于7111-S型C型开关卡的开关在电流测试过程中保持赋能，所以任何来自卡中的偏移电流对于测量来说都是无关的。

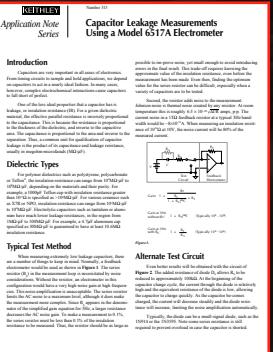
与每个电容串联的电阻（R）是该测试系统中的一个重要的组成部分。它限制了每个电容的充电电流，同样也在电容器短路的情况下保护继电器。此外，电阻限制了反馈电流表的AC增益。通常，由于源电容的增加，噪声增益也增加。电阻将该增益限制为有限值。一个合理的值是能产生从0.5到2秒钟的RC时间常数的值。与HI静电计（pA）端子串联的正向偏置二级管也可以用于限制AC增益。

三同轴至BNC的适配器（7078-TRX-BNC型）用于将6517B型连接到7158型卡。该电容使用低噪声同轴电缆连接到7158型卡。可以使用绝缘线将7111-S型卡连接到电容。

## 想进一步探索？

### 特色资源

- 使用6517A型静电计进行电容泄漏测量
- 利用6517A/B的测试点程序来测量电容泄漏
- 获取报价或更多信息



### 其他资源

- 6517B型静电计/高阻表
- 7002型400通道开关/控制主机

## 连续性测试

通常要对各种设备进行连续性检查，这些设备包括电缆组件、印刷电路板和连接器，以确保这些部件具有期望的连续路径。当设置连续性测试时，工程师必须规定该设备被认为是有效时的最大电阻。例如，任何在 $1\Omega$ 或以下的被测电阻将表明是良好的设备。连续性检查要求测量低电阻，因此通常使用一个四线欧姆表来消除测量时的引线和开关电阻。

除了连续性测试以外，通常还要执行隔离电阻或绝缘电阻测试。特别是，多导体电缆要求每个导体提供从一端到另一端的连续路径；它也要求每个导体和所有其他的导体隔离。

由于连续性测试往往涉及多导体器件，因此开关系统将欧姆表自动连接到每个导体是非常有用的。

### 开关配置

图4示出了一个典型的连续性测试电路。两组二极开关用来对20个导体进行四线电阻测量。为了在四线欧姆模式下使用2700型万用表/数据采集系统测量导体1的电阻，闭合通道1。在四线欧姆模式下，通道21也会自动关闭。对每个导体中重复进行这一过程。

为了测量20个导体，需要一个配有7702型40通道差分多路复用器模块的2700型。如果一次必须测试超过40个导体，则使用配有很多个7702型模块的2750型万用表/开关系统。

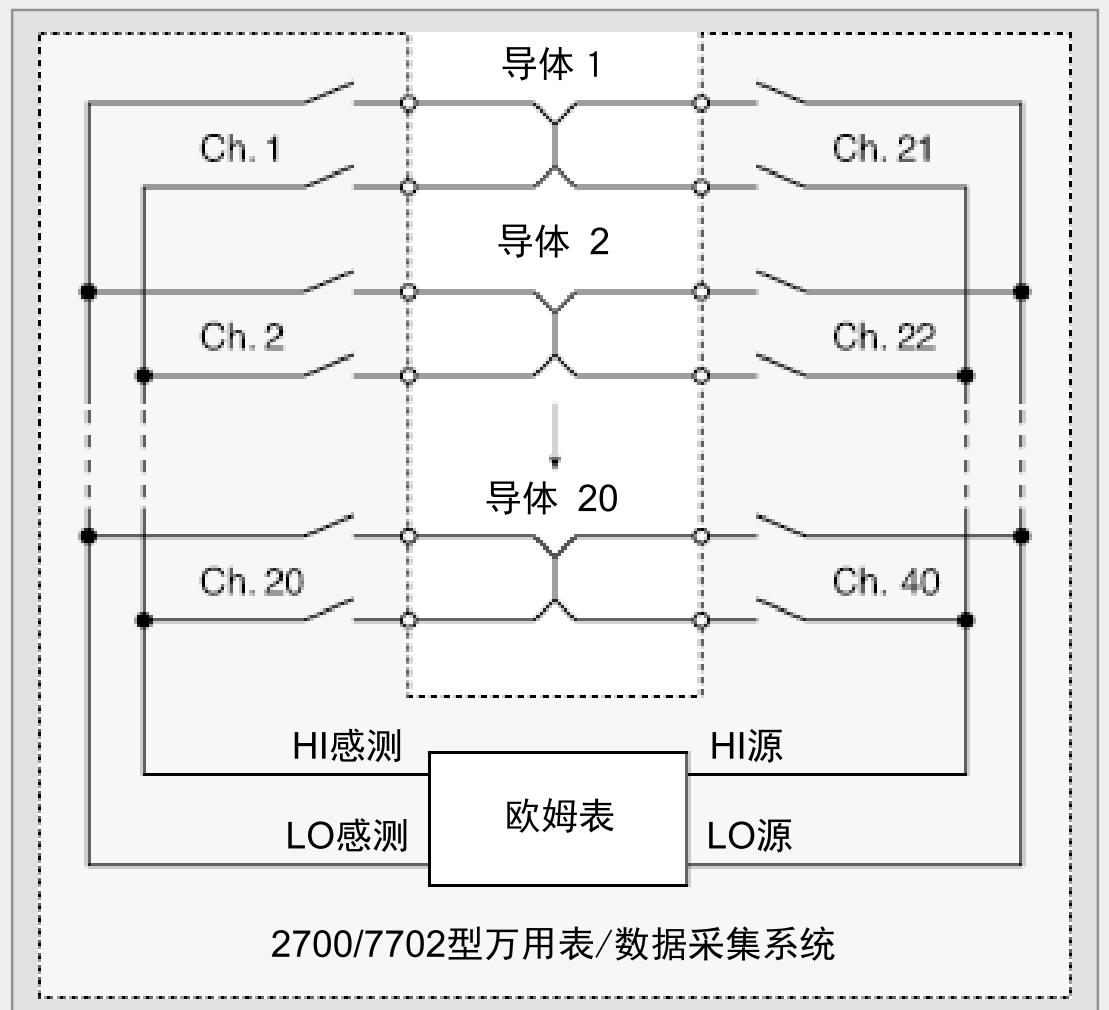
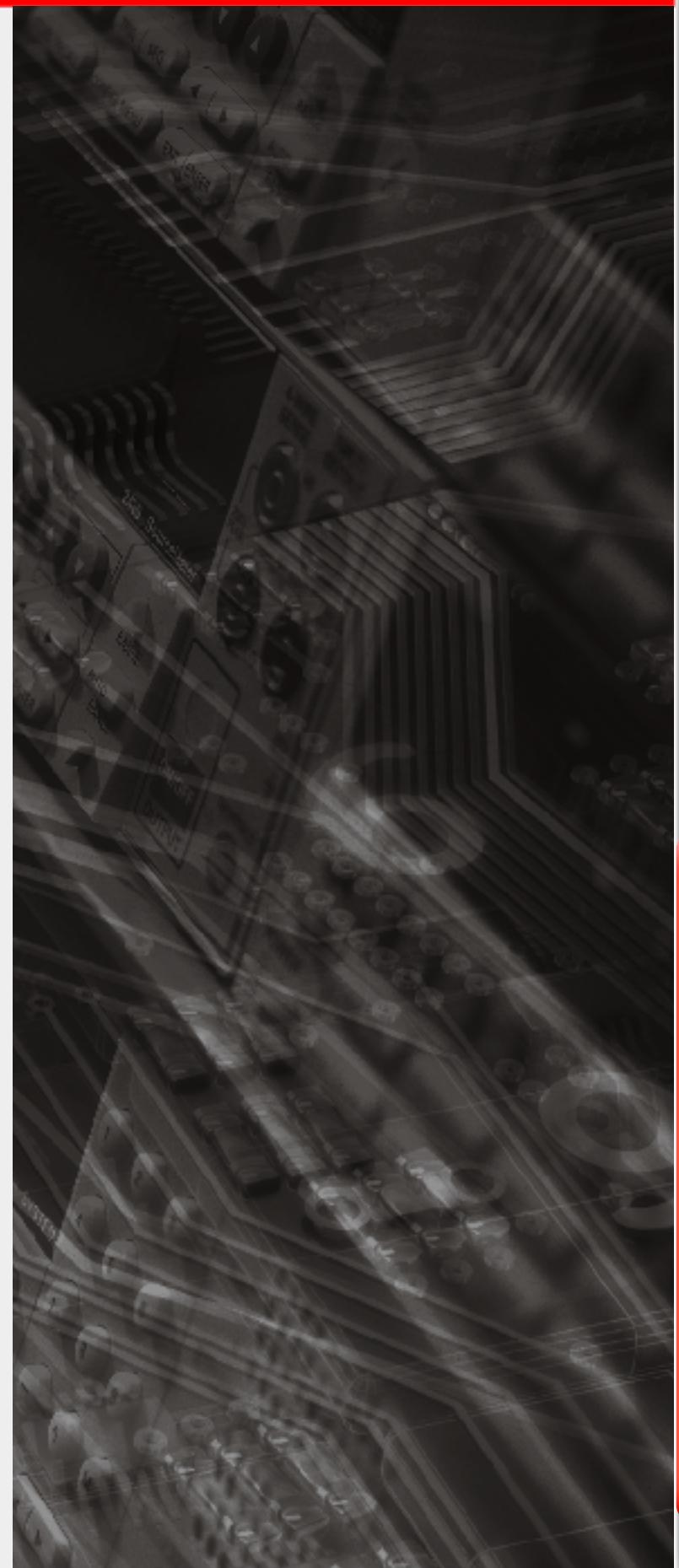


图4. 连续性测试系统



## 绝缘电阻测试

DC绝缘电阻(IRD)是由绝缘体隔开的两个导体之间施加的DC电压与这两个导体之间流经的总电流之比。在测量所产生的电流之前，施加指定时间周期的测试电压。所测量的电流通常是相当小的，所以通常需要皮安计或静电计来进行测量。

有时仅测量样品的绝缘电阻来确定它是否大于规定的最小值。例如，任何大于 $10M\Omega$ 的电阻值可以被认为是可接受的。测量的精度不是最关键的；唯一重要的是所测量的电阻大于规定的值即可。绝缘电阻的测量实例包括测量多导线电缆中的导体之间的电阻或印刷电路板迹线之间的路径。IRD测量通常涉及多个导体，所以开关系统通常要求将皮安表和源切换到测试电路中的所有导体。

在IRD测试系统中使用的开关卡的设计和类型取决于多种因素，包括测试电压、电阻的大小、精度、公共连接等。以下部分描述两个IRD测试系统。

适用于高阻抗电压切换的开关卡包括7158型和6522型。如果保护电压可以超过30VDC，则具有三同轴连接的卡是有必要的。为了确保安全，这种预防措施是有必要的。

### 开关配置

图5示出了一个在7001型开关主机中使用7111-S型40通道C型开关卡测量多针连接器中的任意一个端子到所有其他端子的IRD的测试系统。

在去激励状态下，电压源连接到被测的所有引脚。当选择任意给定的通道时，测量该引脚到所有其他引脚的漏电流。7111-S型卡

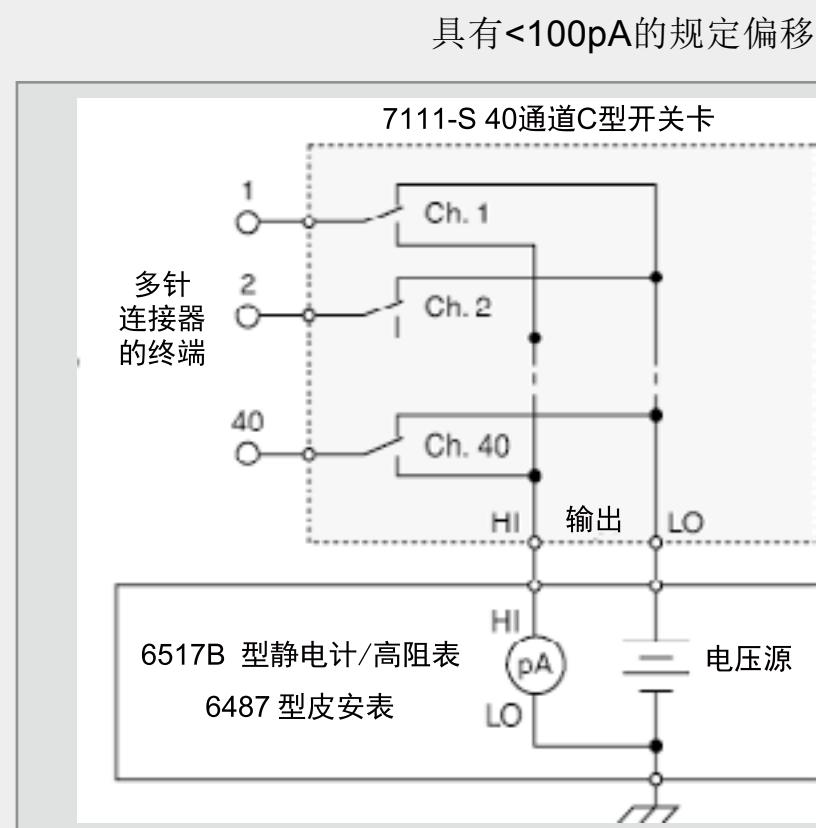


图5. 从多针连接器中测试任意一个端子的IR

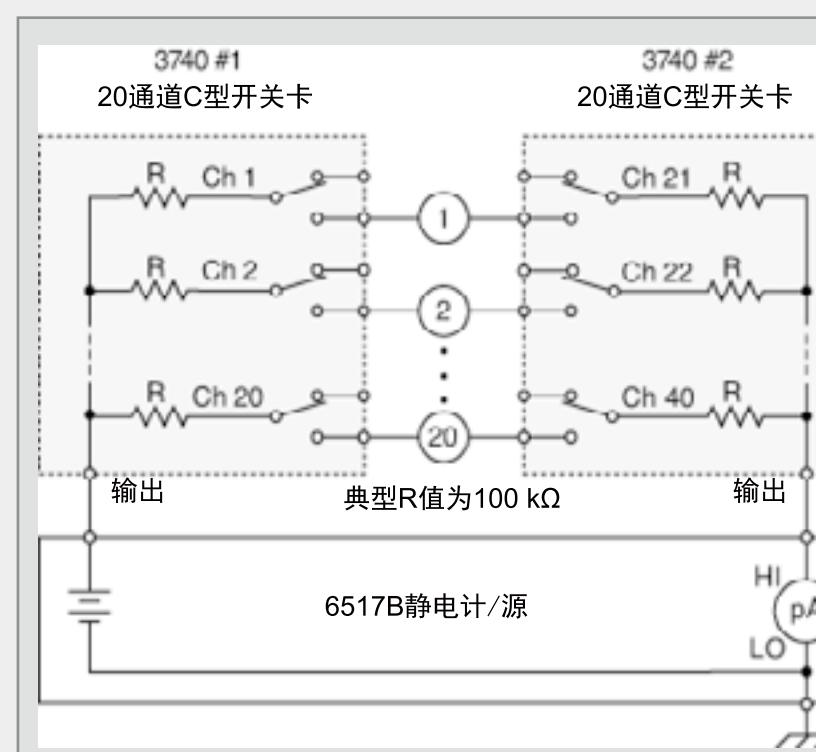


图6. 测试任意两个端子间的IR

具有 $<100pA$ 的规定偏移电流。利用100V的测试电压，这代表了 $1T\Omega$ 的泄漏电阻。该系统在实际电路中可以很容易检测出大于 $10G\Omega$ 的泄漏电阻。

图6示出了当测量来自一个或多个端子的电流时，允许施加测试电压到该一个或多个端子的系统。注意的是，这里有两组独立的开关连接到每个端子。一组将测试电压连接到该端子，而另一组测试泄漏电流。因此，可以测量从任意端子到任意其他或者所有端子的IRD。注意的是，所有的开关将在测试周期内的某些点暴露于测试电压。因此，两组开关必须都能够经受所需的测试电压，并应具有良好的通道与通道间的隔离，以防止被测信号的衰减。

在图6中，可以在相对高的电压（高达300V）下使用3740型28通道隔离C型开关卡来测量IRD。3740型用于3706A型主机。将COM端子跨接到所有C型继电器上，该继电器用于将配置从开关更改为多路复用。为了测量在引脚1和2之间的绝缘电阻，闭合通道1和22。

电阻(R)限制了流过继电器的充电电流。这些电阻代替了厂商安装在卡上的跨接器以使电缆电容的充电和放电电流达到最小。典型的R值为 $100k\Omega$ 。



## 合并连续性和绝缘电阻测试

一些多引脚设备需要测量通过每个导体的路径电阻或连续性（低电阻），并且测量导体之间的绝缘电阻（非常高的电阻）。该测试系统需要同时切换和测量低电阻（ $<1\Omega$ ）和非常高的电阻（ $>10^9\Omega$ ）。

该测试系统可用于各种设备，例如连接器、开关、多导体电缆、以及印刷电路板。

### 开关配置

图7示出了使用四线DMM或数字源表测试多个导体的合并连续性和IR的系统。电阻R1到R20表示导体电阻。为了测量导体电阻R1，闭合通道1和21。电阻Ra和Rb表示导体之间的泄漏电阻。可以在任意两个或多个导体之间测量泄漏电阻。为了测量泄漏电阻Ra，闭合通道1和22。假定Ra远大于R1，则这本质上是导体1和2之间的泄漏电阻。

可以使用单一一台具有7702型40通道差分多路复用器的2700型万用表/数据采集系统来测试多达20个导体。可以使用单一一台具有3722卡的3706A型来测试高达48个导体。一个满负荷的具有六个3722型卡的3706A型可以测试多达288个通道。当使用DMM测量泄漏电阻时，最大施加的电压通常小于15V。此外，最大测量电阻一般不大于 $100M\Omega$ 。为了测试在规定的测试电压下的IR，使用诸如在7001或7002型开关主机上具有7011型四路 $1\times 10$ 多路复用器卡的2400型数字源表这样的测试配置。

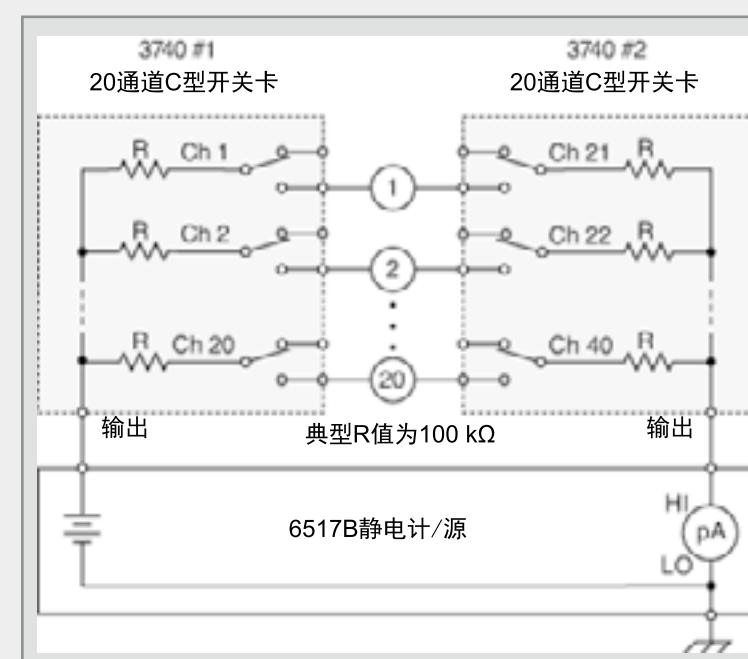


图7. 连续性和IR测试系统

如果需要一个较高的测试电压，或者如果必须测量一个较高的泄漏电阻，可以使用图8中的电路。在该图中，使用两个7154型高电压

扫描卡将2410型数字源表和2010型数字万用表切换到八个导体上。该系统可以利用高达1000V的测试电压来测量低至 $0.1M\Omega$ 的导体电阻和高达 $300G\Omega$ 的泄漏电阻。注意的是，2410型和2010型并未连接到该卡的输出，而是连接到扫描卡的专用通道。卡的输出仅用来将扩展系统以测量更多数量的导体。为了测量R1的电阻，闭合通道1、10、11和20。这将2010型连接到R1上。为了测量R1和R2之间的泄漏电阻Ra，闭合通道1、9、12和19。这将2410型连接到泄漏电阻（Ra）上。

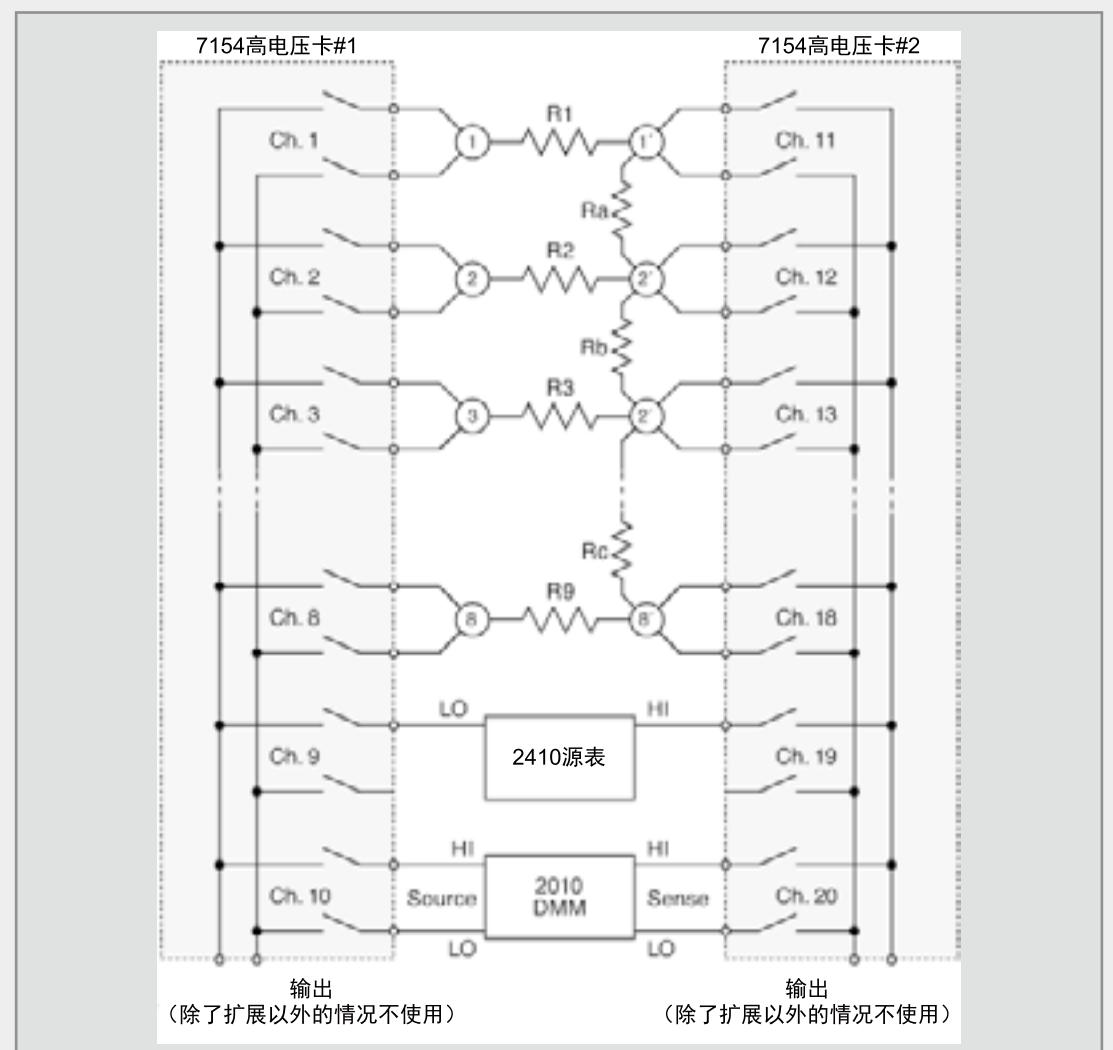


图8. 扩展范围的连续性/IR系统

## 想进一步探索？

### 特色资源

- 针对连接器生产测试的解决方案
- 利用2000系列DMM和7001/7002开关系统优化开关/读取速率
- 利用6517A/B测量电缆绝缘电阻的测试点实例
- 获取报价或更多信息

### 其他资源

- Integra系列集成万用表/数据采集系统
- 3700A系列系统开关/万用表快速入门指南
- 3700A系列系统开关/万用表和插入卡
- 2000系列高性能数字万用表
- 2400系列源表产品线

## 印刷版电路板的绝缘电阻测试

印刷电路板（PCB）被用在大量电子产品中。如果PCB具有低绝缘电阻（IR），它会显著降低电路板上的电路性能。影响电路板的表面电阻的因素包括电路板材质、存在如焊料掩模或保形涂层的涂层和电路板的清洁度。温度和相对湿度也可能影响表面电阻。

为了测试绝缘电阻，要在印刷电路板上创建称为挂片（coupons）的特殊测试图案。该电阻范围通常是从 $10^7\Omega$ 至 $10^{16}\Omega$ ，并且用皮安表和电压源进行测量。测试挂片通常有多个端子，所以测试系统包括将皮安表和电压源切换到端子的扫描仪。

### 开关配置

图9概述了测试单个5端子（“W”）测试图案的系统。在这个电路中，7011型四路1x10多路复用卡用于将电压源连接至端子1和5一起或连接至端子3。7158型低电流开关卡用于将静电计连接到端子2或4。

在测试开始的时候，闭合通道1。经过规定的“漏透”时间后，激励通道41并测量电流。所施加的电压与所测量的电流的比值是端子1和2之间的电阻。接下来，去激励通道41并激励通道42来测量端子5和4之间的绝缘电阻。需要注意的是，从5到4的路径已经被偏置。无需额外的漏透时间，所以可以立即进行测量。去激励通道42，然后打开通道1并且闭合通道2来施加测试电压到端子3。位于通道1的 $1M\Omega$ 电阻会在端子1和5上的电压进行放电，所以它不会干扰后续测量。经过特定的漏透时间后，再次激励通道41以测量端子3和2之间的电阻。去激励通道41并激励通道42来测量端子3和4之间的已被偏置的电阻。

需注意的是，当7158型上没有任一通道被激励时，将端子2和4连接到皮安计（pA）的LO，这是电气保护端子。此保护连接将防止来自

去激励通道的漏电流干扰测量。

可以如上所述使用一个7011型卡和一个7158型卡来测试五个“W”图案。7111型C型开关卡可以用来代替7011型卡。如果使用该卡，则一个去激励通道将连接该端子至电路LO而不是电压源。这将消除对 $1M\Omega$ 电阻的需要。无论是使用7011型还是7111型卡，测试电压均不能超过110V。

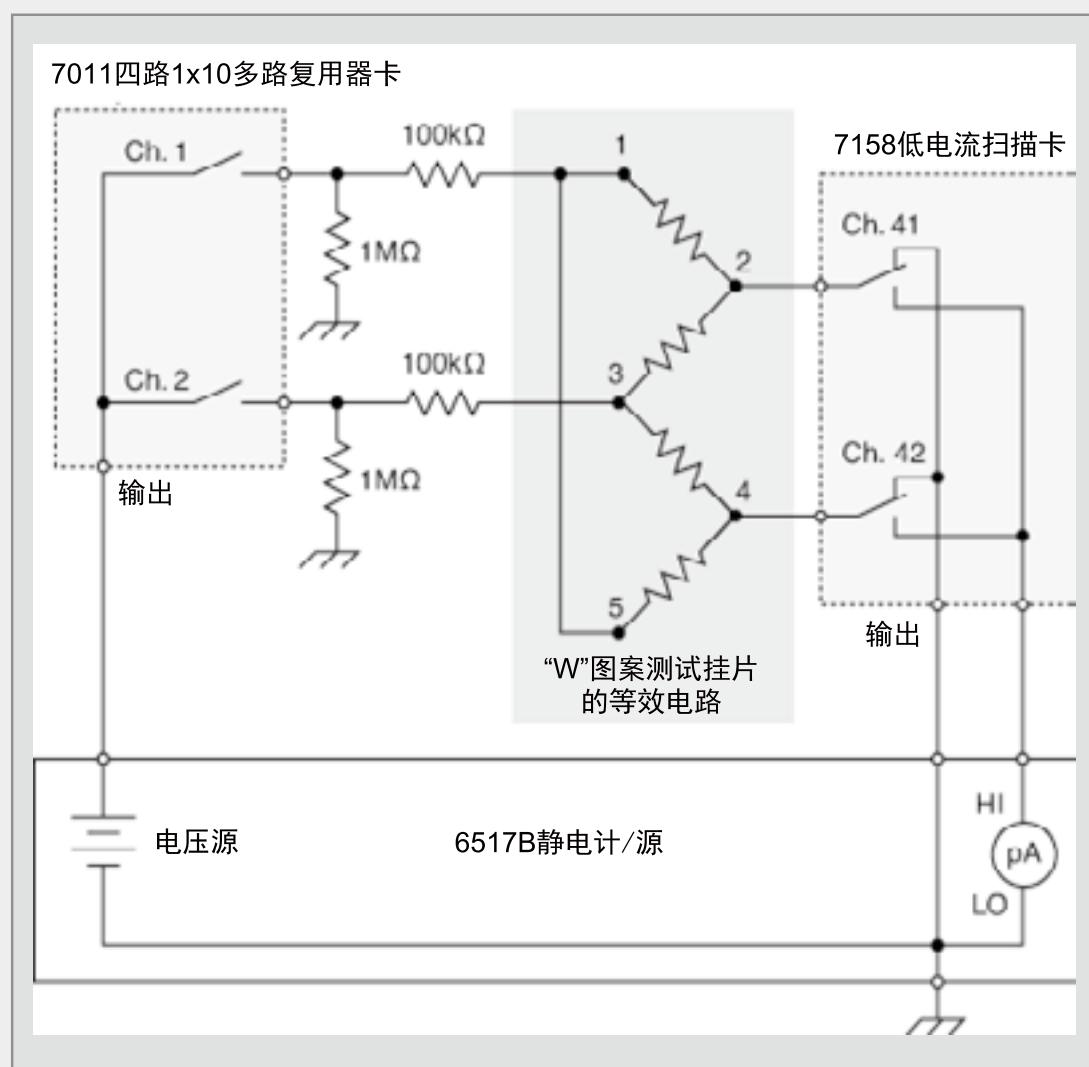


图9. 用于测试一个测试挂片的绝缘电阻的系统

使用 $100\text{k}\Omega$ 电阻来限制在短路测试挂片情况下的可用电流。选择不超过最低测量电阻10%的限流电阻。

图10示出了测试具有10个2端子泄漏路径的挂片的电路。每个挂片可以被认为是一组隔离电阻( $R_1, R_2, R_3, R_4$ 等等)。每个电阻要求一个电压通道和一个电流通道。7158型卡将静电计和皮安表连接至每个电阻的一端，而7111-S型40通道C型开关卡将电压源连接至每个电阻的另一端。

为了测试电阻 $R_1$ ，首先激励通道1以偏置该测试挂片。在经过规定的“透漏”时间段后，激励通道21以测量所产生的电流。对所有剩下的电阻继续这一过程。

**应注意当通道被去激励时，相应的电阻端子被连接到电路 $LO$ ，允许当不测量该电阻时将电阻上的任意电荷进行消散。**

限流电阻( $R$ )保护扫描卡以防在测试挂片发生短路时受损。

应当在测试挂片和7158型卡之间使用低噪声同轴电缆，以防止噪声电流。

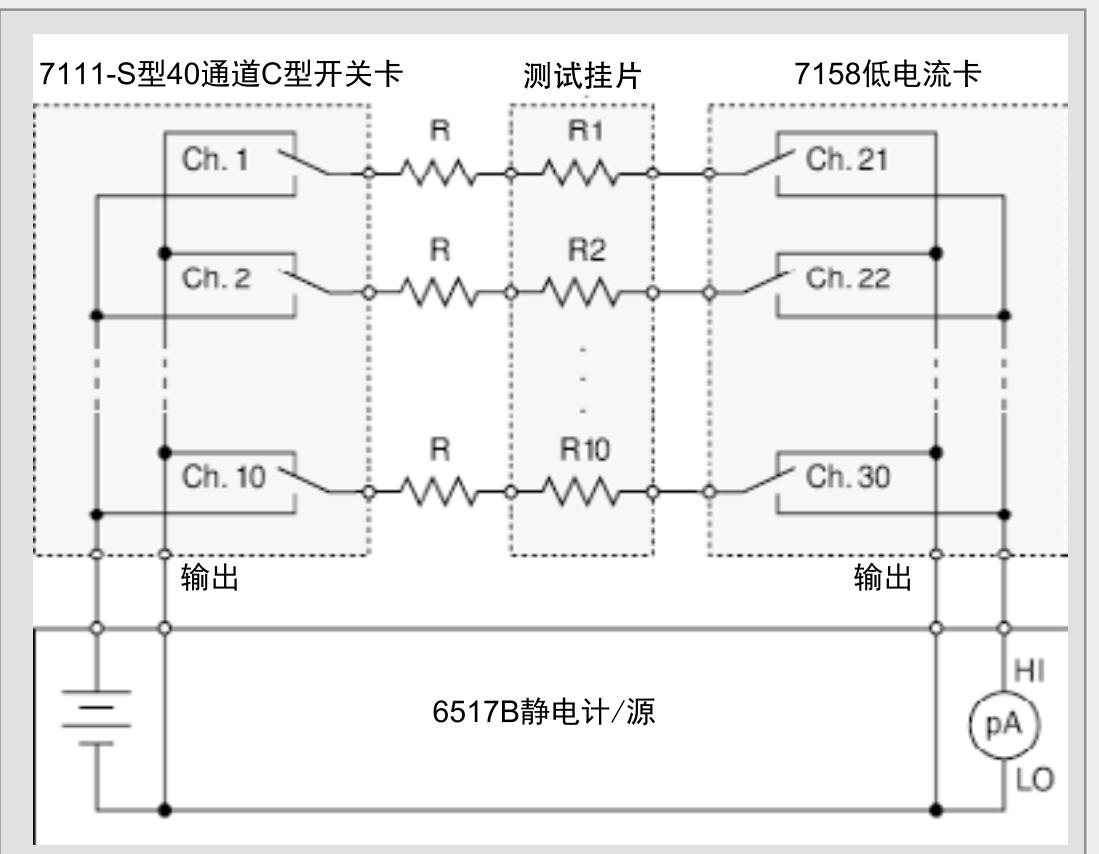
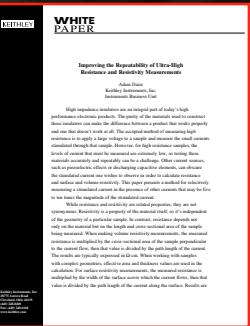


图10. 测试单一10电阻挂片的电路

## 想进一步探索？

### 特色资源

- 改进超高电阻和电阻测量的可重复性
- 利用6517A/B测量表面绝缘的测试点实例
- 获取报价或更多信息



### 其他资源

- 高阻测量

## 接触电阻

接触电阻就是电流流过闭合的触点对时的电阻。这类测量是在诸如连接器、继电器和开关等元件上进行的。接触电阻一般非常小，其范围在微欧姆到几个毫欧姆之间，所以采用四线测量法。可编程扫描仪通过一组测试仪器与多个触点的交换，大大缩短了测量时间，这种交换的实例包括在环境试验箱中针对多端子连接器或大量触点的自动测量。

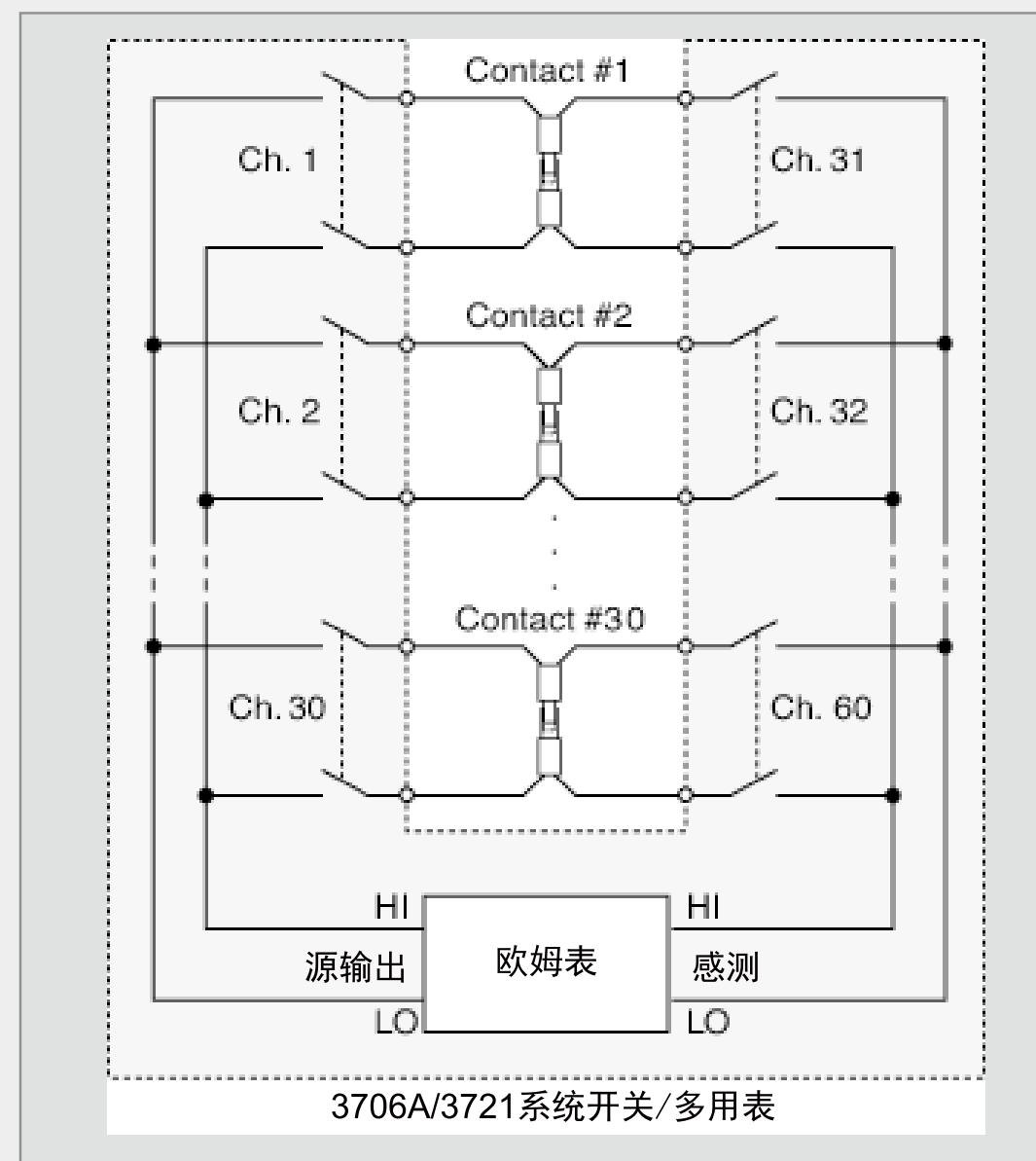


图11. 测量30个触点的电阻

## 开关配置

如图11所示，欧姆表的全部四个端子均进行切换，以避免在测量中计入测试线、路径和开关的接触电阻。注意HI和LO Source（源输出）端子连接到一组双刀开关，而HI和LO Sense（感测）端子连接到另一组双刀开关。为了测量触点1的电阻，闭合通道1和通道21，然后用欧姆表测量电阻。为了测量触点2，打开通道1和通道21，闭合通道2和通道22，然后再次测量电阻。

3706A型系统开关/多用表可用来测量接触电阻，因为它可以测量小于1mΩ的电阻，提供偏置补偿并具有干电路测试能力。

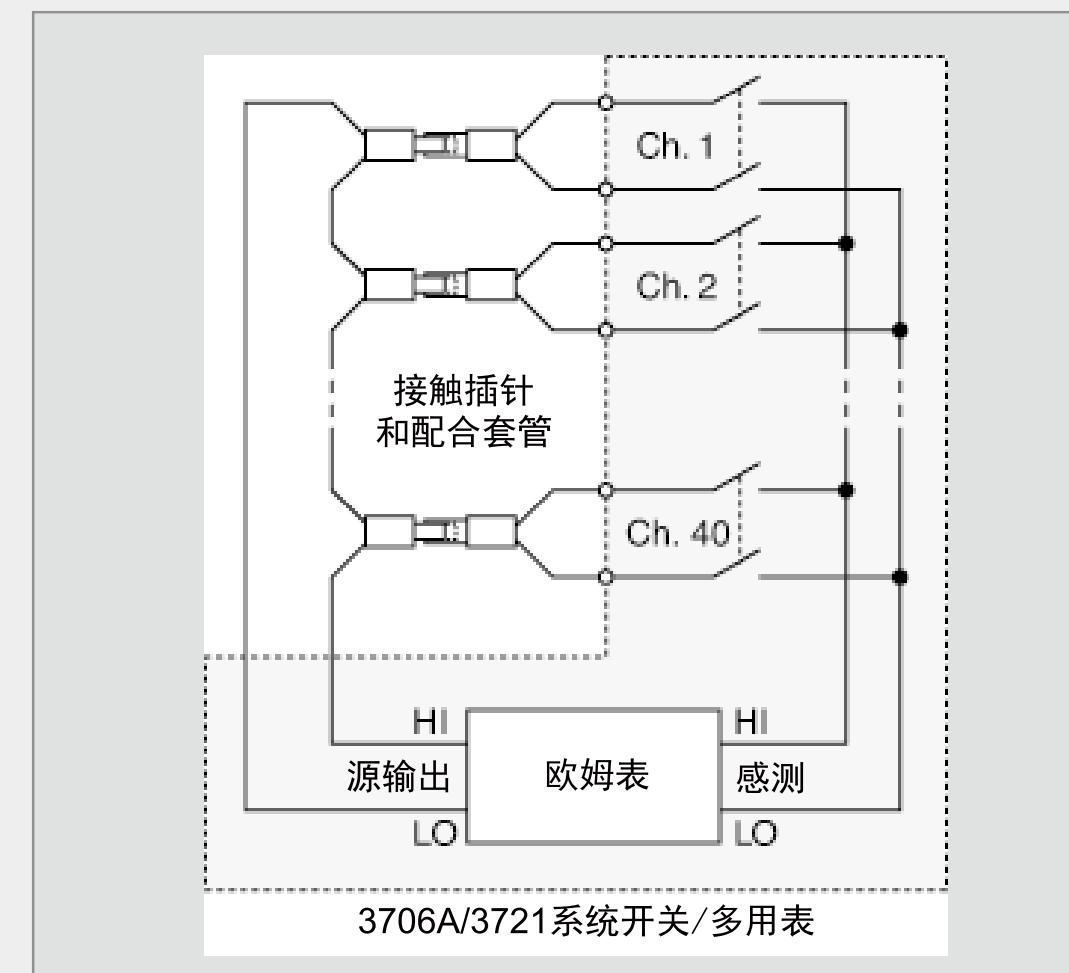
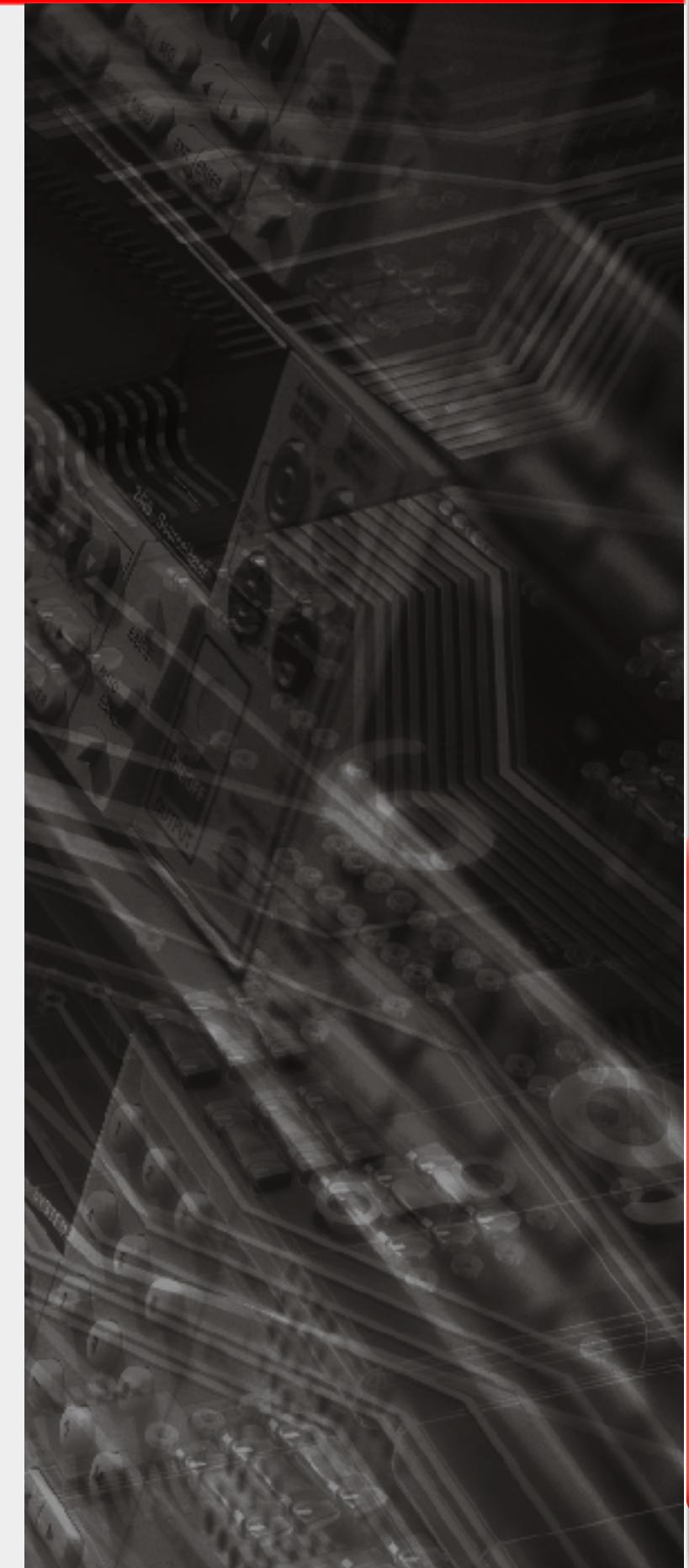


图12. 利用一个公共端子测量96个触点



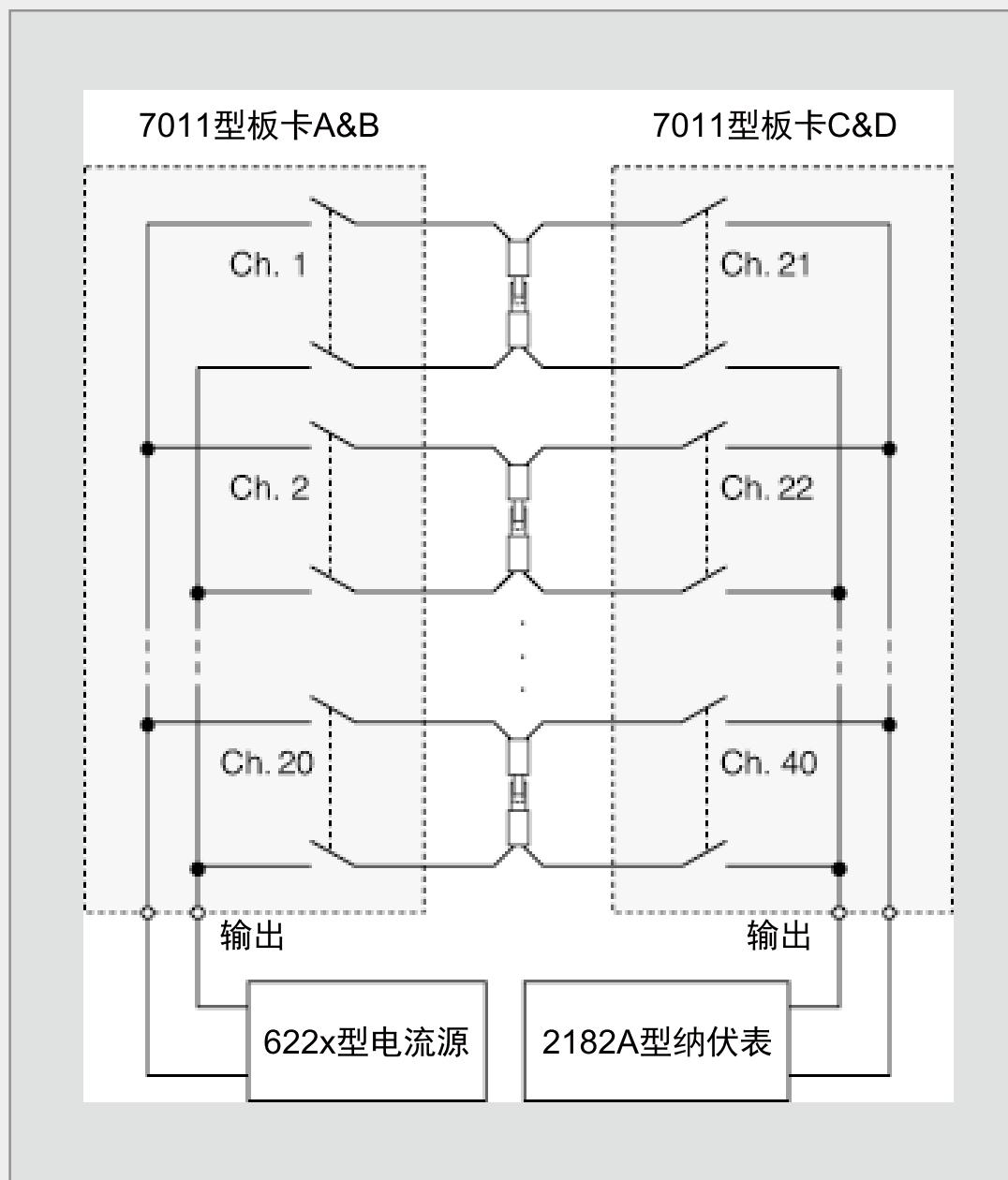


图13. 高性能的接触电阻测试系统

低电平应用中的触点通常在干电路条件下进行测试，即限制其电压和电流水平，保证接触结点不至于出现物理和电学状态的变化。一般情况下，干电路的开路电压很低，通常在20mV或更低，短路电流为100mA或更低。

在某些情况下，以独特的串联方式连接样品，所需开关的数量可以减少一半，如图12所示。在这个例子中，所有接触插针串联连接，而且每个配合套管都与一个双刀开关连接。在这种情况下，一台3706A型系统开关/多用表配置有一个3721型双1×20多路选通卡，最多可测试40个触点。一个3706A型主机里的6个3721型模块可以测试高达240个触点。

图13示出了一个高性能的接触电阻测试系统，用于在相对低的电流（小于100 $\mu$ A）下测量非常低的电阻（ $\mu\Omega$ ）。在该系统中，一台6220型或6221型电流源输出测试电流，一台2182A型纳伏表测量每个触点上的电压降。使用一个7011型40通道多路选通卡，将2182A型纳伏表和622X型电流源都切换到每个触点上。622X型电流源有一个可编程的电压兼容性极限，所以该系统可确保干电路测试条件。

采用一块7011型板卡和一台7001型开关主机，可以切换20个触点。7011型卡可配置为实现两个各20个通道构成的开关组。通过使用主机的四刀开关模式，两个继电器可以同时自动断开或关闭。

## 想进一步探索？

### 特色资源

- 开始识别源错误的精确低电阻测量
- 为降低电阻测量不确定性的技术：直流电流逆转与经典偏置补偿
- 获取报价或更多信息



### 其他资源

- 2182A型纳伏表
- 6220型直流电流源和6221型交流电流源

## 温度扫描

温度是最常见的待测物理参数之一。温度的监测通常需要在多个位置上进行，所以就需要借助一个扫描仪将测量仪器切换至多个传感器。所使用的测量仪器和开关卡的类型取决于所使用的温度传感器。三种常见的传感器类型分别是热电偶、铂电阻温度检测器（RTD）和热敏电阻。在选择使用的温度传感器时，要注意热电偶是最为通用的，4线RTD是最准确的，热敏电阻是最灵敏的。以下的内容将讨论这些传感器的使用。

## 开关配置

### 热电偶

热电偶是使用最为广泛的一种传感器，工作温度范围非常宽，而且坚固、可靠。测得的热电偶电压与未知温度和参考温度之差相关。该参考温度是由冷结参考（CJR）决定的。在切换热电偶时，可从位于开关卡上的内部参考结、模拟参考温度或外部参考结获得参考温度。参考结的选择受开关卡的选择及测量仪器采用的冷结补偿方法的限制。

**内置（内部）参考结。**如果开关卡包含温度参考，则是最方便的方法。该参考结被内置到开关模块中，使用一个热敏电阻、一个固态传感器或其它类型的温度传感器。内置有CJR的开关模块有可用于吉时利2700/2701/2750型多用表/数据采集/开关系统的7700型、7706型和7708型模块。内置有CJC的开关模块有可用于3706A型主机的3720型和3721型，其中CJC位于每个模块的螺钉端子附件上（分别是3720-ST和3721-ST）。可用于吉时利2000、2001、2002和2010数字多用表的2001-TSCSCAN型9通道热电偶扫描卡也有内置CJR。

图14所示的多个热电偶被连接到安装有3720型双 $1\times20$ 多路选通卡的3706A型系统上。3720型安装有几个处于关键位置上的冷结参考来监测螺栓端子处的结温。需要测量热电偶T1的温度时，仪器首先测量附近的CJR。当通道1被闭合时，则测量热电偶T1的电压，并计算热电偶的温度读数。带7700型卡的2700型也可用于这种应用。

作为使用多个CJR的一种替代方法，有些开关卡采用板载恒温模块将所有的连接端子保持为相同的温度。2001-TCS SCAN型热电偶扫描卡具有恒温模块。

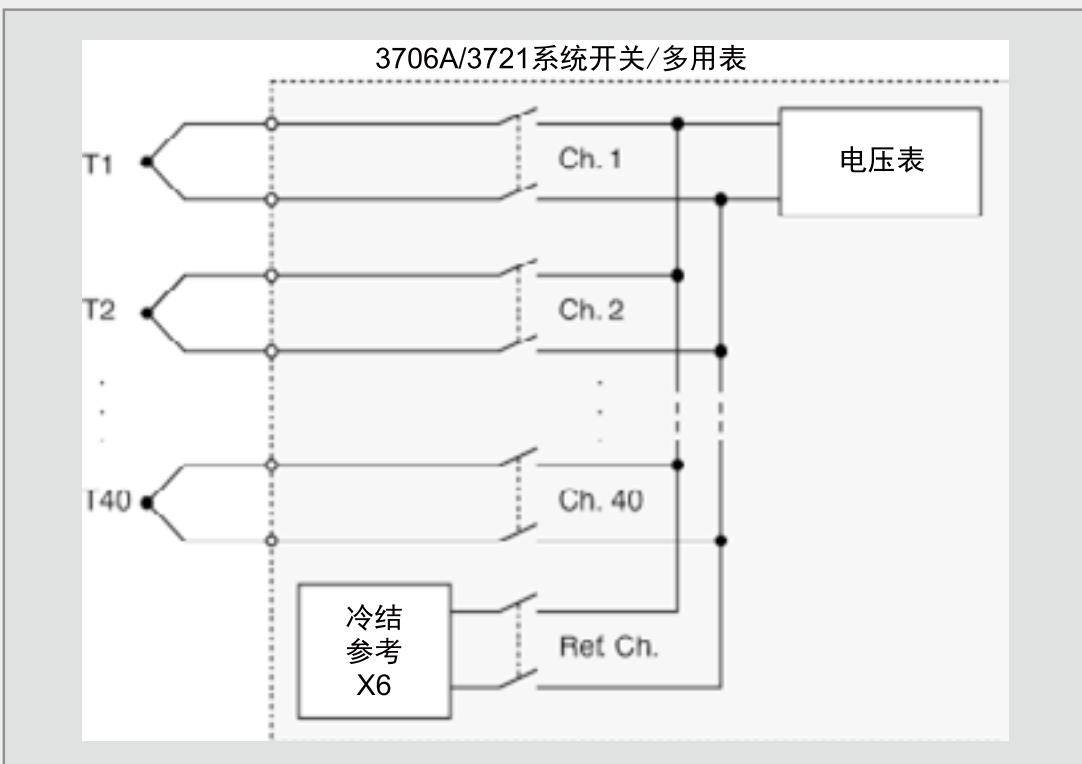
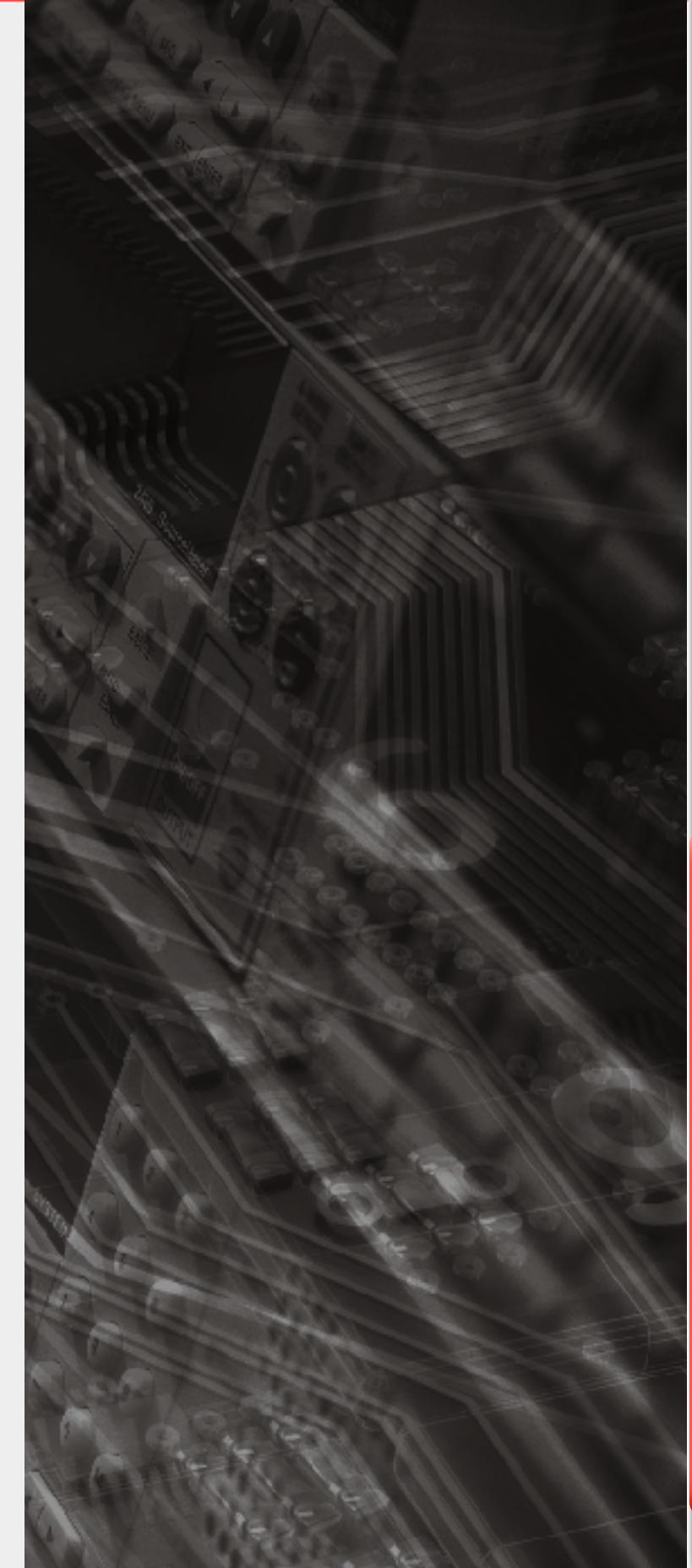


图14. 3706A/3721型内部参考结的使用方式。

**模拟参考温度。**在这种情况下，用户输入一个与DMM的输入端子温度大致相同的温度值。DMM利用该模拟参考温度计算热电偶处的温度。2000、2001、2002、2010、2700、2701、2750和3706A型均可采用模拟参考温度技术。测量的准确度取决于模拟温度的准确度。如果环境温度发生变化，那么热电偶测量的准确度将降低。

模拟参考温度的利用方法之一就是输入一个与热电偶与开关卡连接的位置上的温度相近的温度值。所采用的参考温度应该反映仪器的自加热效应，而不仅仅是房间的环境温度。图15中就采用了这种方法。在这种情况下，温度参考（基准）位于7702型40通道差分多路复用模块的输入端子，因此，用户必须输入开关模块的输入端子处的温度的最佳估算值。由于需要用户估算大致的参考温度，而且并未考虑环境温度的变化或开关卡上的热梯度，所以这种温度测量是精度最低的一种。它适用于只需要保证温度测量的相对精度，而非绝对精度的场合。然而，由于可以使用通用的开关卡或模块，所以该方法最为经济。



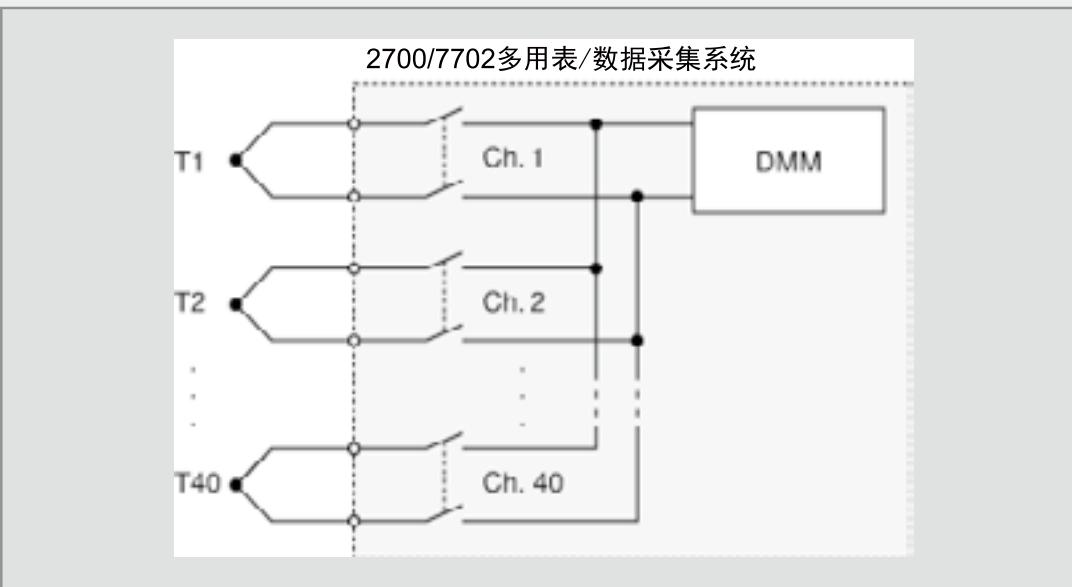


图15. 2700/7702型利用模拟参考温度的方式

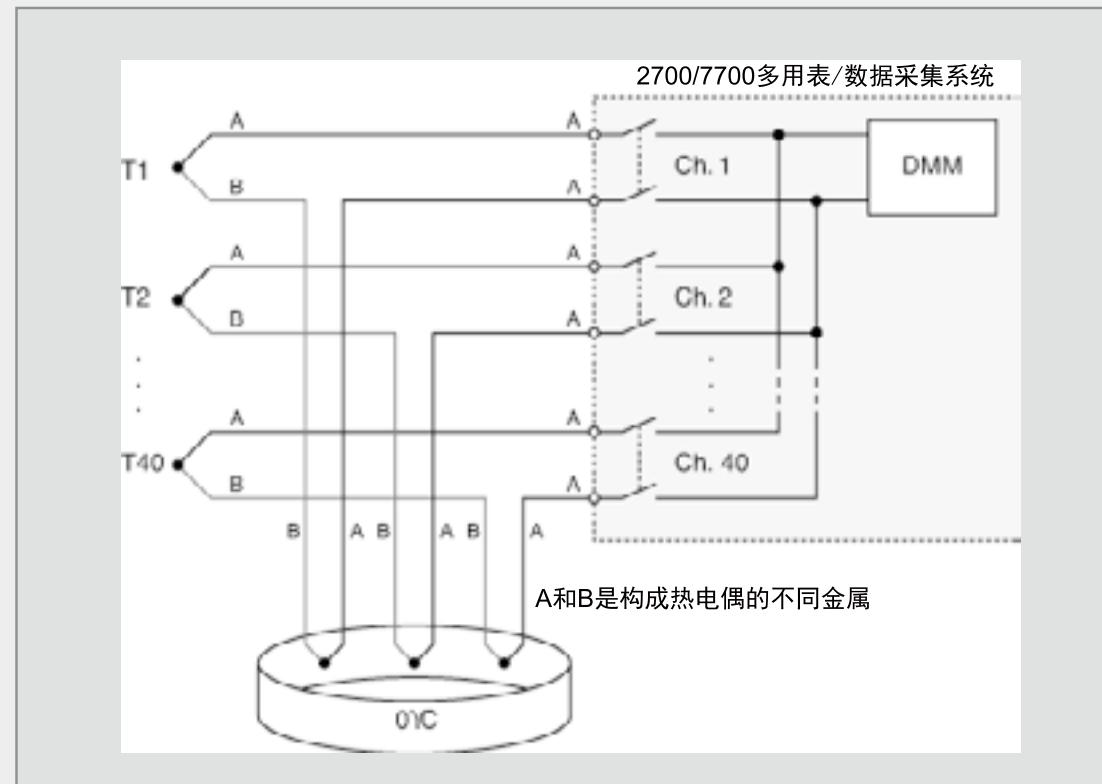


图16. 使用“背对背”热电偶和0°C参考温度进行测量

图16示出了将冰点作为参考温度的方法。在本例中，冰槽中的第二个热电偶被“背对背”与到每个测量热电偶串联起来。采用冰点参考通常是最为准确的温度测量方式。若要测量热电偶T1的电压，需闭合通道1。以0°C为参考，测得的电压与温度T1成比例。若使用2700/7702型仪表，仅需在仪表上输入0°C作为模拟参考温度。2700型即可根据测得的电压自动计算出温度T1。

**外部参考结。**对于没有内置参考结的开关模块，可使用一个热敏电阻或4线RTD来采集参考温度，例如使用2700、2701、2750或3706A型。在这种情况下，将一个热电偶连接到通道1，或将一个4线RTD连接到通道1，及与之成对的通道。图17所示为使用一个热敏电阻作为外部温度传感器的例子。若要测量冷结温度，需闭合通道1。2700、2701、2750或3706A自动测量热敏电阻并计算传感器的温度。仪器将该温度读数作为随后热电偶测量时的参考温度。

热敏电阻或RTD的位置应该靠近被用于热电偶温度测量的通道。该温度传感器的测量引线应该绝缘，以防止与模块上的其它导线接触。

该方法的准确度取决于温度传感器与热电偶端子的耦合程度。

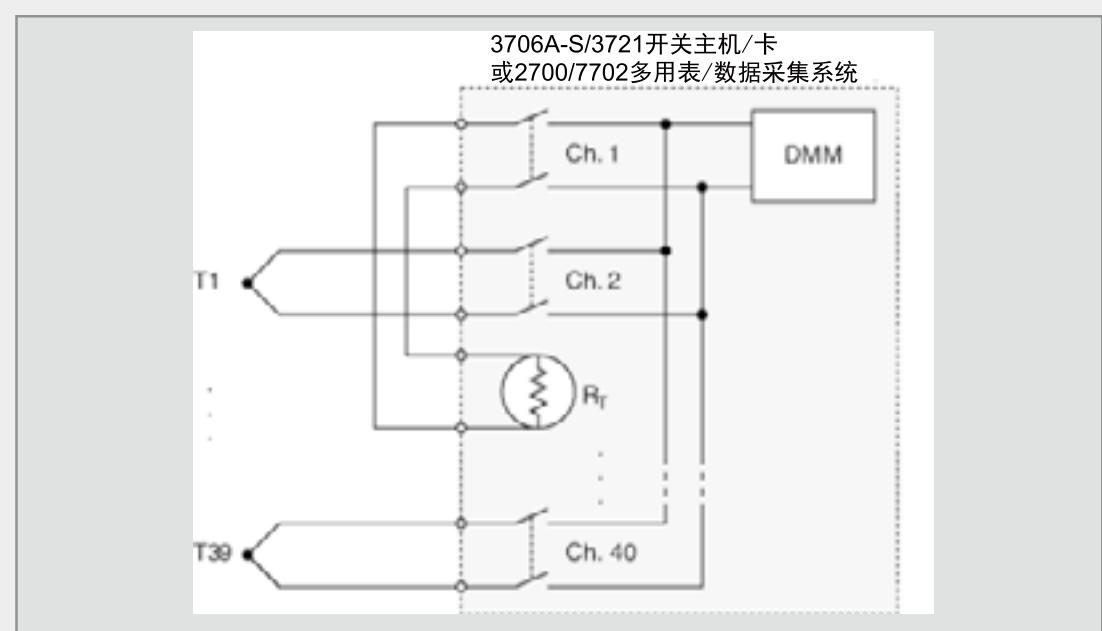


图17. 利用一个热敏电阻作为外部参考结



## 铂电阻温度检测器 (RTD)

铂电阻温度检测器 (PRTD) 可以采取绕线电阻或薄膜电阻形式，呈现正温度系数，大约为 $0.4\%/\text{°C}$ 。

PRTD具有卓越的长期稳定性、高准确度和良好的可复现性。和热电偶不同的是，RTD无需冷结补偿。然而，RTD的工作温度范围较窄，响应比较慢，并且往往比热电偶更贵、更脆弱。

图18所示为一套采用RTD测量温度的系统。20个RTD通过4刀开关连接到被配置成4线欧姆表的2700型。通过2700和一个7702型模块，即可连接20个RTD，仪表可自动将电阻测量值转换为温度值。通过3706A型和一个3721型卡，可连接和测量48个RTD。

## 热敏电阻

热敏电阻的阻值随温度的变化呈非线性变化。大多数热敏电阻具有负温度系数——也就是说，当温度升高时，电阻值下降。

热敏电阻是所有温度传感器中最为灵敏的，可快速检测很小的温度变化，是测量非常小的温度变化的良好选择。高灵敏度带来的缺点是非线性。高温时的非线性尤其明显，因此最好利用热敏电阻测量 $100\text{°C}$ 以下的温度。

图19所示为利用热敏电阻测量温度的系统简图。注意，由于热敏电阻阻值通常为千欧范围，因此采用2线电阻测量法就足够了。所以，开关、测试线电阻对总测量值的影响很小。为了将电阻测量值转换为温度，最好使用能够自动修正热敏电阻非线性的仪器，例如2700、2701、2750或3706A型。安装在2700型中的7702模块可连接最多40个热敏电阻。安装在3706A型主机中的单块3722型板卡可连接最多96个热敏电阻。

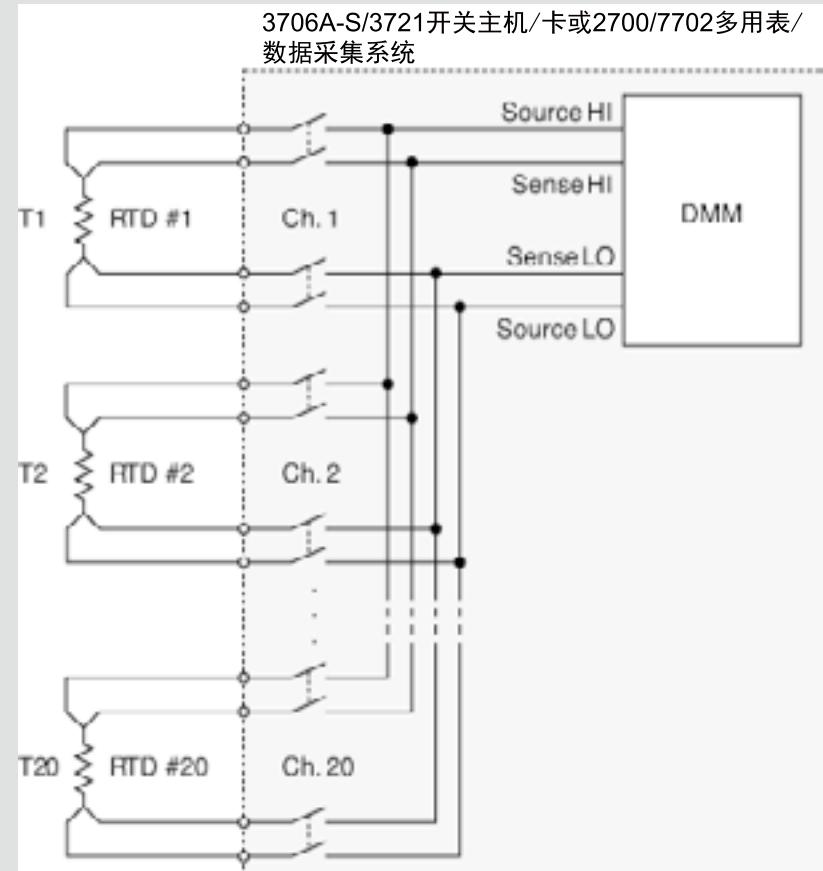


图18. 利用RTD测量温度

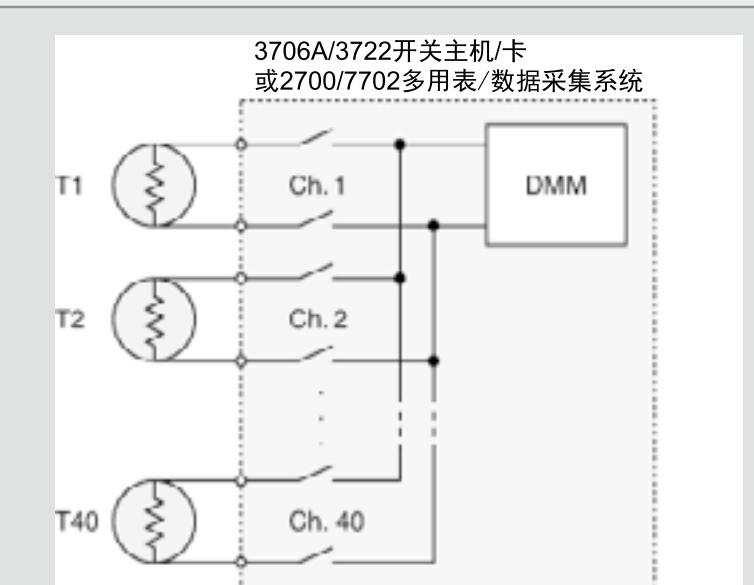


图19. 利用热敏电阻测量温度

## 想进一步探索？

### 特色资源

- 了解温度测量（在线研讨会）
- 用吉时利2700型设定温度参数
- 获取报价或更多信息



### 其他资源

- 如何选择合适的温度传感器
- 温度测量的基础：热电阻
- 温度测量的基础：热电偶
- 温度测量的基础：热敏电阻



## 二极管测试

二极管是得到广泛应用的非线性元件。测试二极管时，被测的电参数包括正向电压、反向击穿电压和漏电流。这些具体的测试可通过一个单一的源—测量仪器进行测量。当测试多个二极管器件时，如引脚栅格阵列 或DIP封装，需要通过开关将一个单台的源-测量仪器连接到每一个单独的二极管。

### 开关配置

图20所示为在开关系统中测试多二极管的一个例子。该配置可用于测量正向电压、反向击穿电压和漏电流。这种类型的系统常用于生产测试，该类测试对封装后的二极管进行单点合格/不合格直流测试，确保其符合规范并清理出有缺陷的部件。

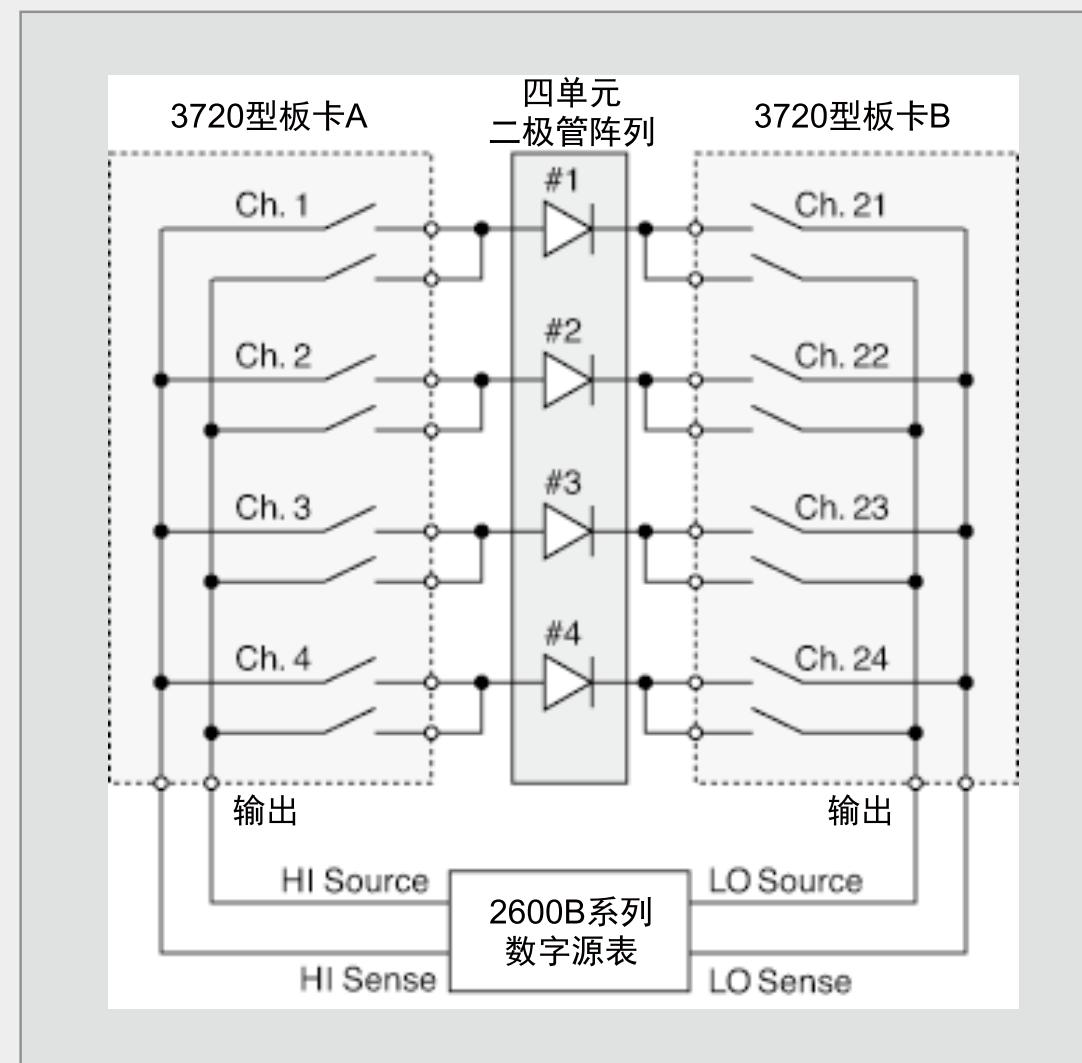


图20. 切换多二极管到2600B系列系统数字源表仪器

在该系统中，每个二极管通过两个双刀开关切换到2600B系列系统数字源表仪器。2600B系列仪器可以提供并测量电流和电压。

为了将系统数字源表仪器连接到二极管1，闭合通道1和21。为了测量正向电压，施加规定的电流，然后测量产生的电压降。通过提供一个特定的反向电流偏置来测量反向击穿电压，然后测量二极管两端的电压降。进行漏电流测试时，提供一个指定的反向电压，然后测量产生的漏电流。对所有二极管重复此过程。

注意，两个双刀继电器被用来将每个二极管连接到2600B系列。这样做是为了消除引线电阻的电压降带来的误差。（3720型开关的偏置电压可以通过2600B系列仪器的偏置补偿欧姆功能来解决）。测量正向电压时，这一点尤为重要，因为被测电压都比较小（几百毫伏），而电流源可能相对较高（100mA）。

对于图20中的例子，可以采用双刀通用板卡，例如3720型的双1×30多路选通卡。一个3720型卡支持高达30个二极管的测试。

欲测量较小的漏电流(<10nA)，则采用图21所示的结构。在这个例子中，使用7158型低电流扫描卡对共用一个阴极的10个二极管进行切换，使之分别连接到6517B型静电计/信号源。

图21. 测量10个二极管的漏电流

用这种设置测量漏电流时，电压偏置通过每个继电器的常闭触点同时施加到所有的二极管上。当某个特定通道通电时，测量该二极管的漏电流。为了防止测试时出现二极管短路造成的测试故障，需加入限流电阻(R)。

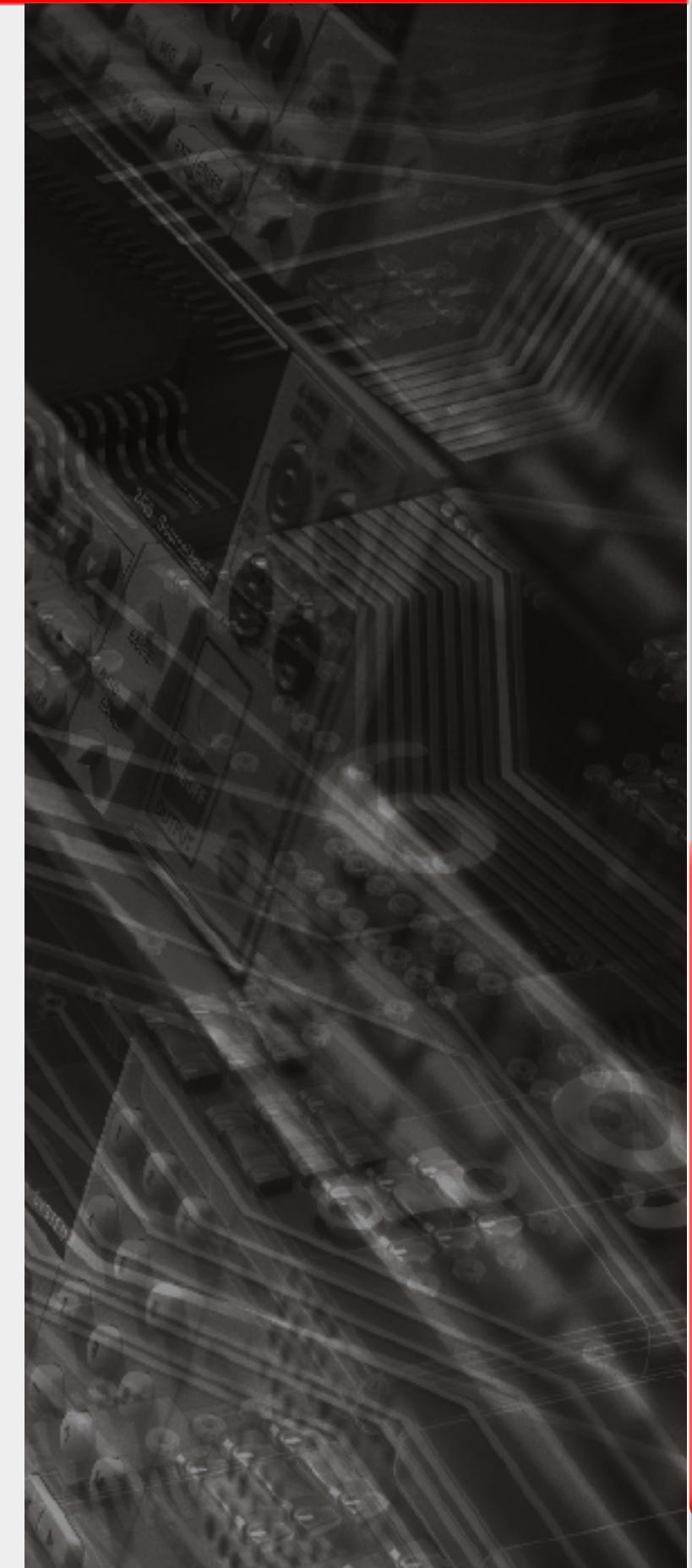
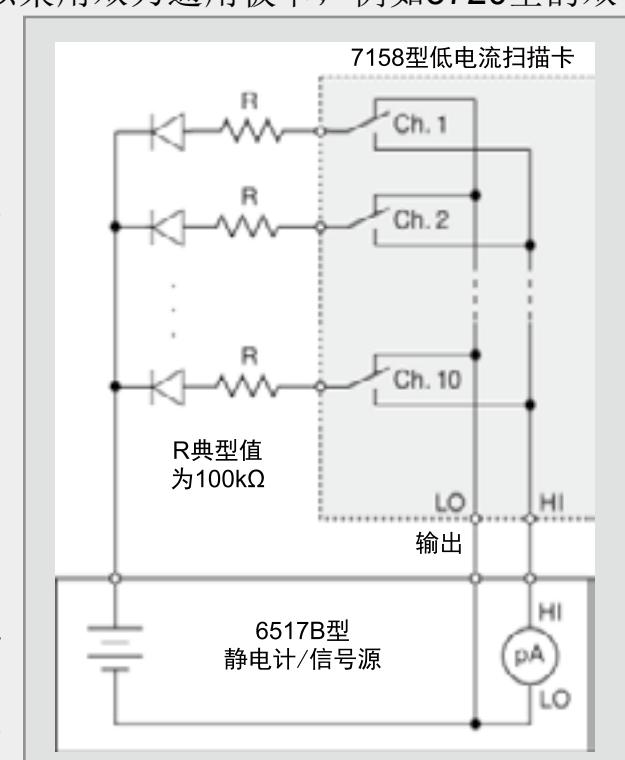


图22所示为使用源测量单元 (SMU) 或数字源表仪器测量二极管漏电流的结构。在这个例子中，SMU的输出HI端子连接到7111-S型40通道Form C型开关卡的常开输出端子。SMU的Guard (保护) 端子连接到开关卡的常闭输出端子。Guard (保护) 电压和输出HI端子具有相同的电势，所以测试电压通过Guard连接全时地施加到所有的二极管。如果SMU设置为正向输出电压，二极管将反向偏置。SMU的输出LO端子连接到二极管的公共阳极端子。

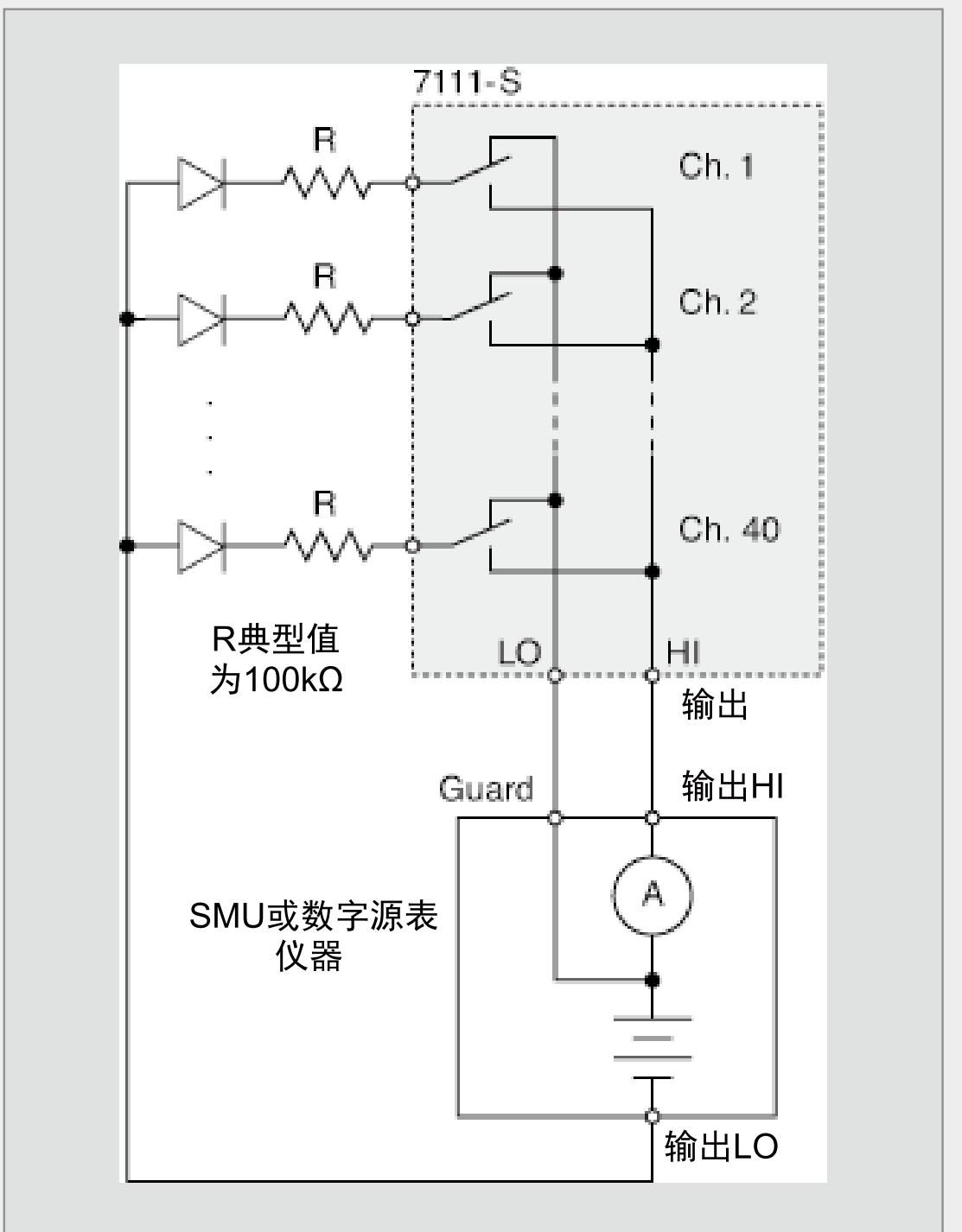
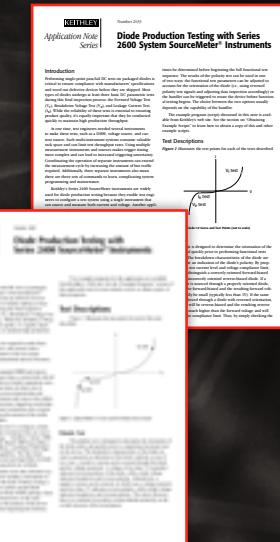


图22. 使用SMU或数字源表仪器测试二极管的漏电流

## 想进一步探索？

### 特色资源

- 用2600系列数字源表®仪器进行二极管生产测试
- 用2400系列数字源表®仪器进行二极管生产测试
- 获取报价或更多信息



### 其他资源

- 3720型双1X30多工器
- 7154型高电压扫描卡和7158型低电流扫描卡

## 电容测量

电容测量被用于检验电容器是否满足制造商的规格指标。为了达到质量控制的目的，可能会将一组电容器置于一个环境试验舱中，并测量每个电容器的电容值。多个开关将电容器连接至电容计。

在切换电容时，测试频率和寄生电容会造成各种限制。由于通常在高频（kHz~MHz范围）下测量电容，所以应该仔细选择开关卡来避免带宽限制引起的误差。必须通过开路和短路校准，由LCR测量仪来修正开关和电缆引入到系统中的电容；所以，了解具体的LCR测量仪能否进行必要的修正非常重要。

## 开关配置

在图23中，吉时利7011-S型4重（Quad） $1\times 10$ 路选通卡将LCR测量仪与数个未知电容器（C1~C8）连接。对于任意电容器的测量，必须闭合4个继电器（每组一个）。4组开关的输出被连接到LCR测量仪的4个输入端子。

7011-S型板卡能对多达10个电容器进行4线连接。然而，必须使用两组通道，以完成开路和短路校准，所以，系统最多仅能测试8个电容器。在进行开路校准时，HI CURR和HI POT导线必须通过每组中的通道9连接在一起；LO CURR和LO POT测试线也必须被连接在一起。在进行短路校准时，全部4根导线通过每组中的通道10连接在一起。

连接到未知电容器的4根同轴电缆的屏蔽被彼此连接在一起。为了获得最佳准确度，应该在靠近电容器处进行此种连接。为简单起见，在图23中未绘制屏蔽。由于7011-S型板卡上的空间有限，必须使用亚微型（sub-miniature）同轴电缆。所有通道的同轴电缆长度应该大致相同。

对于7011-S型卡，测试频率可高达100 kHz。该卡可切换的最小未知电容大约为10 pF。除受开关卡最大电流额定值的限制外，没有最大电容限制。

图中所示的系统可通过添加更多的7011-S开关卡方便地进行扩展。扫描仪主机的背板可连接每个板卡的恰当开关组。从所有卡上拆下“组到组”（bank-to-bank）跳线即可。当通过增加开关卡扩展系统时，最大允许测试频率将下降。

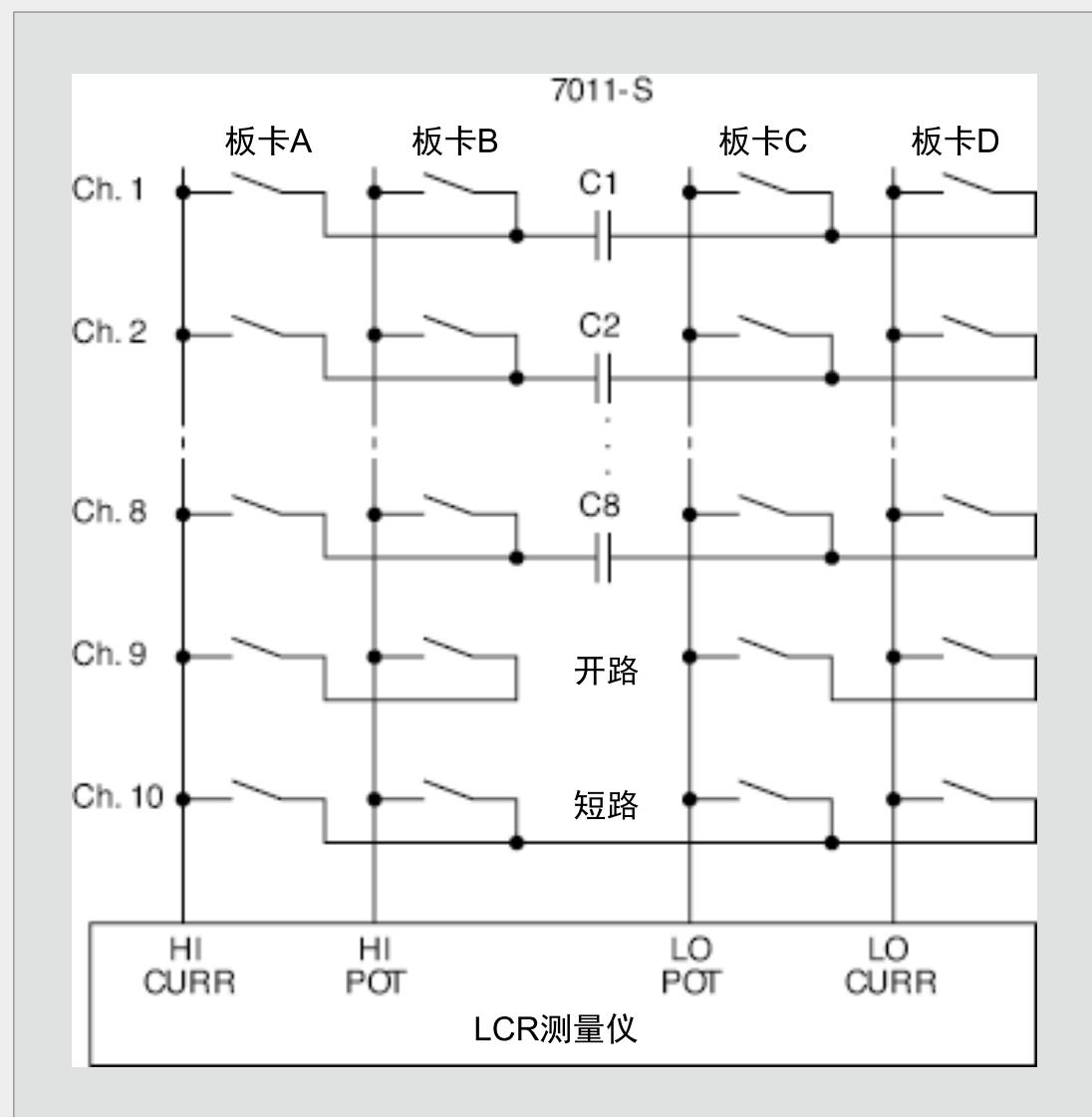


图23. 利用7011-S型卡测量电容

在这类应用中不建议使用7011-C型开关卡，因为其大量的接线头连接器引起的较高耦合会产生不可接受的误差。



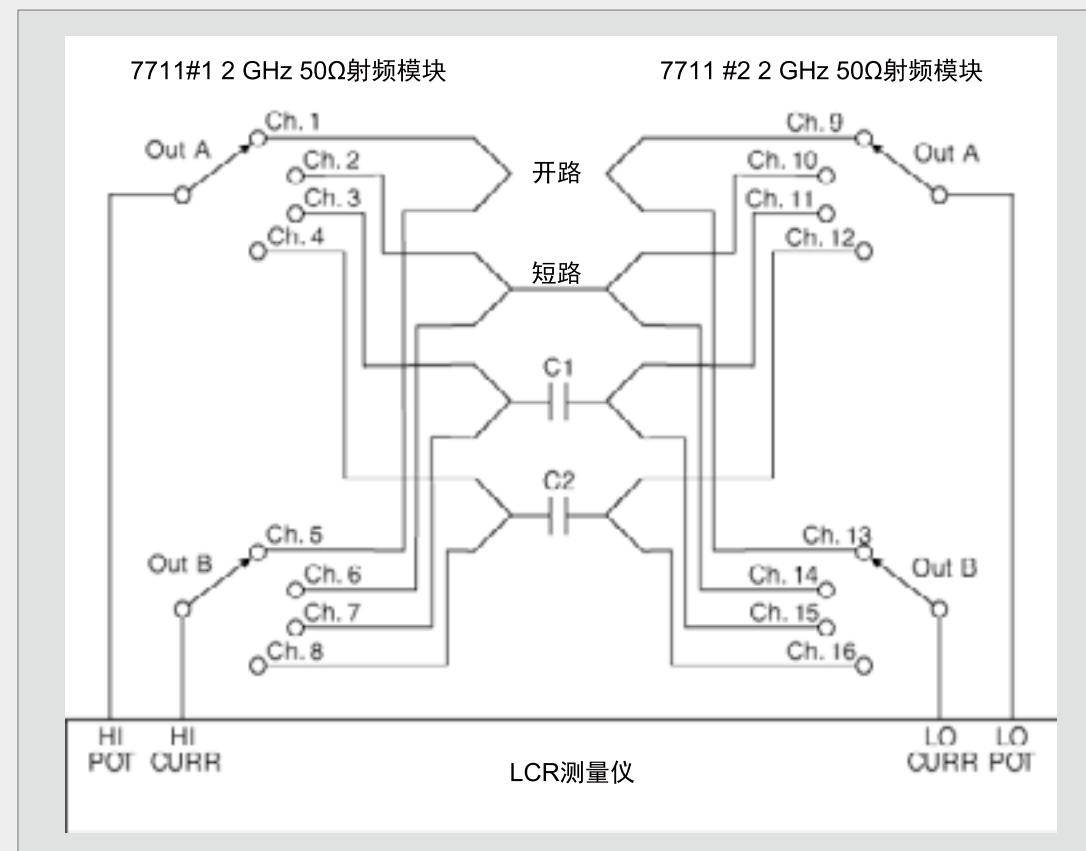


图24. 利用两块7711型模块进行高频电容测量。

若要在1 MHz或更高频率下测量电容器，使用RF开关卡就非常关键，例如7711型2 GHz 50Ω射频模块。7711型模块由两组 $1 \times 4$ 多路选通开关组成。如图24所示，两块7711型模块提供了4端连接，可连接一个4端电容桥，测试最多2个电容器。一个模块切换电容桥的HI端子，而第二个模块切换LO端子。

每组开关的第二个通道被连接到一根跳线，以便进行短路校准。当没有通道被选中时，每组开关的第一个通道（常闭）被连接到一个输出端口。如图所示，通过将同轴电缆连接到所有的4个输出端口，则可进行开路校准。此外，要注意这些电缆应该与其它通道的电缆长度相同。

为了扩展系统，使之可测试更多的电容器，就需要更多的开关模块。由于每组开关的两路输入需连接到另一个模块的输出，所以就可以用 $1 \times 8$ 多路选通开关代替 $1 \times 4$ 多路选通开关。该系统共有6块7711型模块，可测试最多6个电容器。相似地，通过将两个模块连接为 $1 \times 12$ 多路选通开关，用总共8个模块即可测试最多10个电容器。

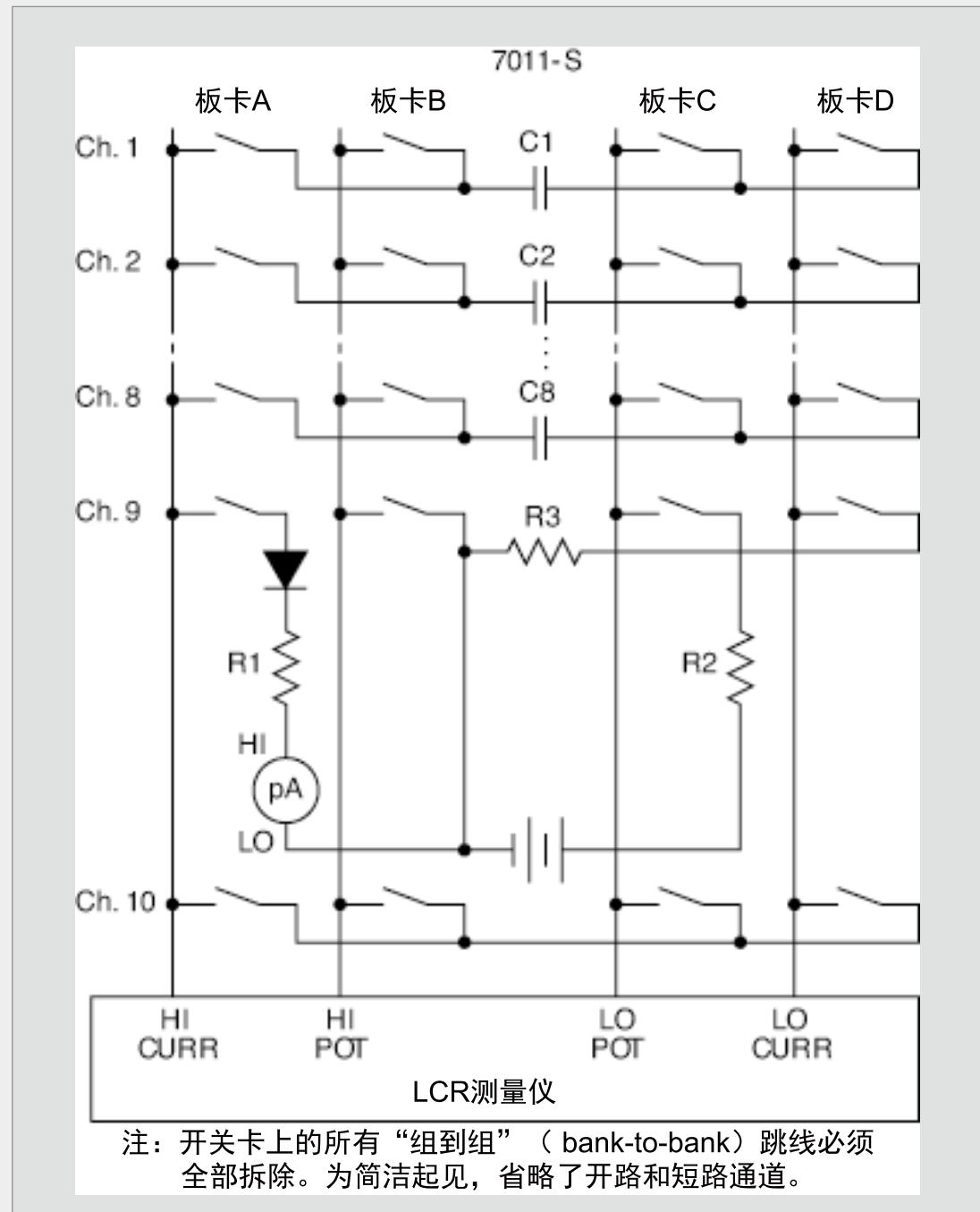


图25. 利用一块7011-S卡测量电容和漏电流。



图25所示的系统可测量电容器的电容和漏电流。在该图中，请留意皮安计（pA）和LCR测量仪分别通过通道9和通道10连接到被测电容器。7011-S开关卡上的输出端口没有连接。然而，输出端口可用于增加更多的开关卡，从而增大被测电容总数。

为了测量C1的漏电流，必须首先闭合B组和C组的通道1和通道9，极化电容器。这将使得电压源通过限流电阻R2连接到电容器。经过相应的“保压”时间后，闭合通道1/A组和通道9/A组，将皮安计连接到电容器，然后断开通道9/B组，以避免短路皮安计。一旦测得了漏电流，在对电容器放电时，应该首先断开通道9/A组和通道9/C组。然后闭合B组和D组上的通道9，这将在电容器C1两端跨接电阻器R3。

二极管和电阻器R1与皮安计的输入串联，其有两个功能：第一，电阻在电容发生短路时起到限流的作用；第二，在测量1nF或更大的电容器时，二极管将皮安计的噪声降至最低。该二极管是感光性的，因此应与R1一起被安装在一个不透光的静电屏蔽套内。

C1的电容值测量可首先让B和D组开关的通道9开路，然后让A~D组的通道10闭合。这样将把LCR桥连接至电容器C1。在连接LCR桥之前，请确保所有的电容器均被放电。

该系统的成本相对较低，然而，存在几项性能方面的限制：

- 最大测试电压为110 VDC。能够以相当高的准确度测量1 nA的漏电流，因此可验证100V/1nA或100 GΩ的电容漏电阻。
- LCR桥的测试频率不宜高于100 kHz。
- 被测最小电容大约为10pF。

## 想进一步探索？

### 特色资源

- 6485型皮安表
- 6487型皮安表/电压源
- 获取报价或更多信息



### 其他资源

- 低电平测量手册
- 电缆、测试引线和探头的选型指南和数据表

## 加速移动电话的寿命测试

寿命测试是移动电话经受的最常见生产测试之一。移动电话被放入一个环境舱，经受恶劣的温度和湿度条件以测试其可靠性。取决于制造商的测试指标，在测试过程中，移动电话可能开机或关机。从这些测试可估计移动电话的可靠性与寿命。

典型的寿命测试系统包括一个通信分析仪、电源、移动电话控制器、音频测试仪器以及DMM。一个开关系统实现各种测试仪器跟移动电话之间的必要连接。

### 开关配置

图26是基于吉时利的系统46微波/射频开关系统的移动电话寿命测试系统概观。由于这一系统必须切换射频信号、音频信号以及直流信号，因此需要多种切换卡。

在这个例子，需要高频开关来连接通信分析仪和移动电话。因此，射频载波信号通过系统46底架的同轴继电器发送。

型号7011 4-1×10多路复用器卡发送用于移动电话音频测试的20Hz到20kHz信号。型号2015或2016总谐波失真（THD）万用表允许快速测量多种参数，例如THD、THD加噪声，以及信号-噪声及失真比。

被测移动电话通过型号2306电池/充电模拟器供电；电能通过型号7053大电流切换卡发送到移动电话。这个切换卡具有10个通道，可以传送高达5A，能轻易处理移动电话从接收模式切换到发送模式时可能出现的大电流暂态。

型号7020数字I/O接口卡用来切换数字信号，在测试过程中配制移动电话到各种工作模式。这个卡提供40个独立的输入和输出，因而能够同时控制多个移动电话。隔离继电器，例如型号7013继电器切换卡里所用到的，可用来控制传送带等特定的测试系统条件。

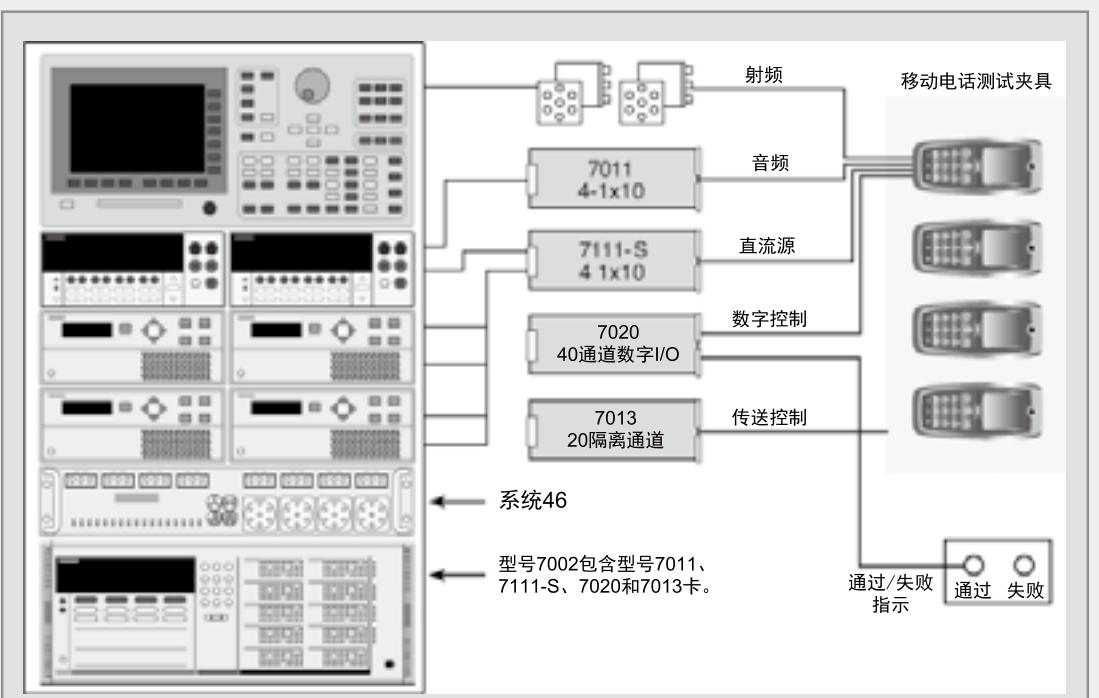


图26. 移动电话测试系统

## 想要浏览更多内容？

### 特色资源

- 通过空气的音频质量测试系统特征的基础
- 提升无线设备质量测试的DMM生产力
- 射频/微波切换系统的微妙之处：提升您需要的性能
- 获取报价或更多信息



### 附加资源

- 型号2015及2015-P 6.5位数字THD万用表和型号2016及2016-P 6.5位音频分析万用表
- 系统46射频/微波切换系统32通道，非端接

## 用同步触发的SMU设备测试VCSEL

垂直腔面发射激光器（VCSEL）正在逐渐替代传统的边发射激光器，尤其在窄带宽及短距离通信系统中，成本是一个驱动因素。边发射激光器必须从晶片切下来，经过抛光，然后才可能进行测试，但是VCSEL制造商能够在晶片阶段对设备进行测试。

光强度（L）电流（I）电压（V）扫描是在VCSEL上执行的一系列测量，以判断其工作特性。LIV测试包括逐步增大VCSEL的电流，用光电探测器测量得到的光输出。

图27例示了一个晶片阶段的简单测试系统。这一系统使用了两个型号2602B系统源表仪器。一个晶片探测器通过探针板实现各个设备之间的电学连接。探测台还将光辐射探测器直接安放在设备上。当VCSEL发出的光照射到反偏的PD时，泄漏电流增大。泄漏电流的幅度与照在作用区的光线强度相关。

### 开关配置

如果探测卡可以同时连接到许多设备，那么可以构造与图28类似的系统，每次探测卡接触到晶片时，就可以测试所有设备。

选择一个VCSEL来测试，用于这个VCSEL和PD的继电器闭合，以检验光线强度。源表仪器首先执行必须的DC测量，例如正向电压、反向击穿电压以及泄漏电流。然后施加足够的电流来点亮VCSEL，型号2602B的通道B测量PD增加的泄漏电流。一旦这个测量过程结束，就选择用于下一设备的开关通道。

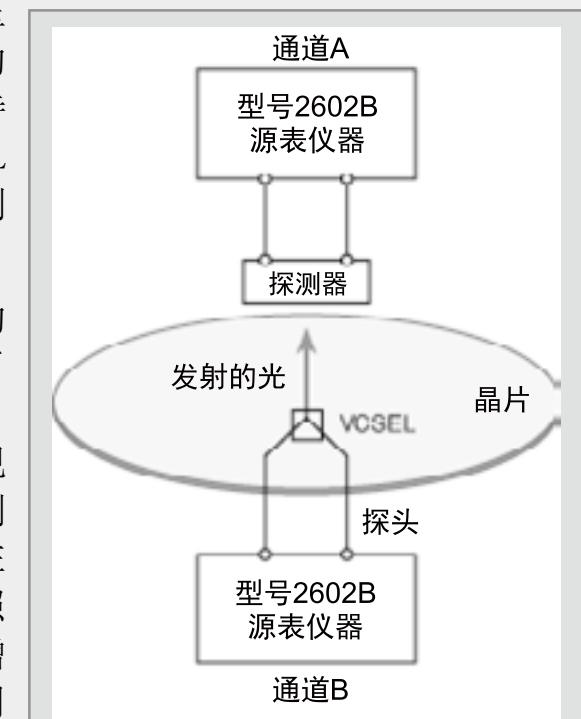


图27. 晶片层次的VCSEL测试

测量PD可以使用型号2602B或2636B来实现，取决于测试规范所需的电流灵敏度。对于100pA左右的电流测量来说，型号2602B比较有用，而型号2603B能可靠测量小于10fA的电流。

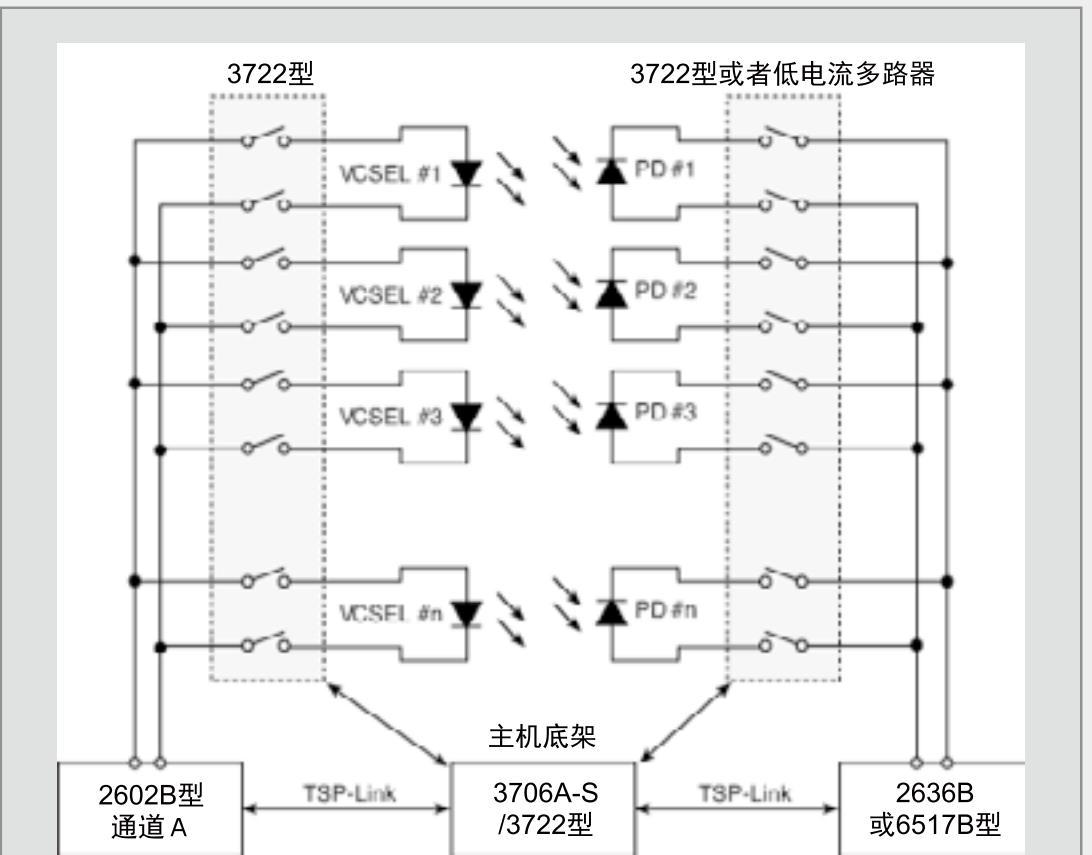


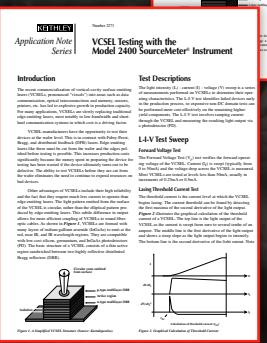
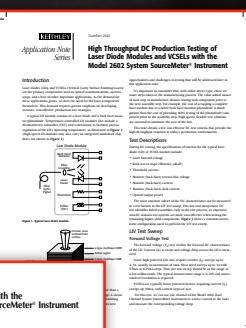
图28. 测试多个VCSEL

型号3722多路复用器卡的失调电流规格为<100pA，可能超出测试系统的误差范围。取而代之以型号7158低电流扫描卡将减小失调数值到<1pA。注意，使用低电流卡可能减小系统可用的通道数量，因为低电流卡只有十个扫描通道。

## 想要浏览更多内容？

### 特色资源

- 使用型号2602B系统源表仪器实现激光二极管模块与VCSEL的高吞吐量直流生产测试
- 使用型号2400源表仪器的VCSEL测量
- 获取报价或更多信息



### 附加资源

- 搭建DWDM激光二极管生产测试
- 激光二极管的脉冲测试

## 开关电源的老化测试

开关电源普遍应用于无线通信、桌面操作系统以及网络服务器硬件；尽管这些电源相对比较便宜，但是它们必须经过严格仔细的测试，以维持高水平的生产质量。

高加速应力筛选（HASS）或“老化”是开关电源的普通生产步骤。执行扩展的环境测试用于保证电源在其生命历程中能够持续正常运作。一般的，制造商同时老化并监测上千个电源。设计这种测试系统涉及到的最大挑战也许是系统必须同时监测大量通道。

作为电源测量的一部分，通常测量多个参数，特别是输出电压和温度。尽管开关电源的输出电压可能是3V到48V的任意值，最常见的输出电压是5V、12V和15V，输出通常是双极性的。单个开关电源可以具有多达六个输出。显然，同时测试多个开关电源可能涉及监测上百个通道。但是，用于老化的测量只监测一个输出来减少通道数量。

老化过程中的温度测量通常包括监测电源、电源内部及周围几个点的温度，以及一般环境温度。

型号3706A系统切换/万用表在单个开关矩阵集成了一个7½位万用表以及用于切换卡的六个后面板槽，提供一体化切换/读数系统。这一紧密的集成简化了开关、测量和编程。对于老化应用来说，型号3706A的DMM可用来测量电压和温度，而开关系统可与适当的切换卡配置起来提供成几百个通道。带有用于热电偶的自动CJC的型号3720双1×30多路器卡是电源老化应用所需电压和温度测量的理想之选。图29例示了一个基于型号3706A和多个型号3720卡的电源老化测试系统。

这一系统能为各个通道分配一个测量功能。如图29所示，通道1-60都是用于热电偶（TCs），通道61到300处理DC电压测量，而最后一个卡上的通道301到360也用于TC。型号3706A与型号3720切换卡配置起来时，允许每秒切换及测量多达120个通道。一个型号3706A和六个型号3720配置的系统可以每几秒监测多达360个通道。

对于遍布制造区域的几个测试系统/站设置来说，当两个或多个系统同时使用时，型号3706A的LXI B类规格提供多个优势。各个系统可以紧密同步操作，数据可以通过LAN、以太网接口上传到制造设备的中心计算机，用于分析和处理。其特征包括一个10/100M Base-T以太网连接、图形化的Web服务器、基于LAN的设备触发，以及IEEE-1588精密时间协议（PTP）同步。这一同步技术提供一个标准方法，

将以太网上的设备同步到毫秒精度，用于基于时间/事件的编程。

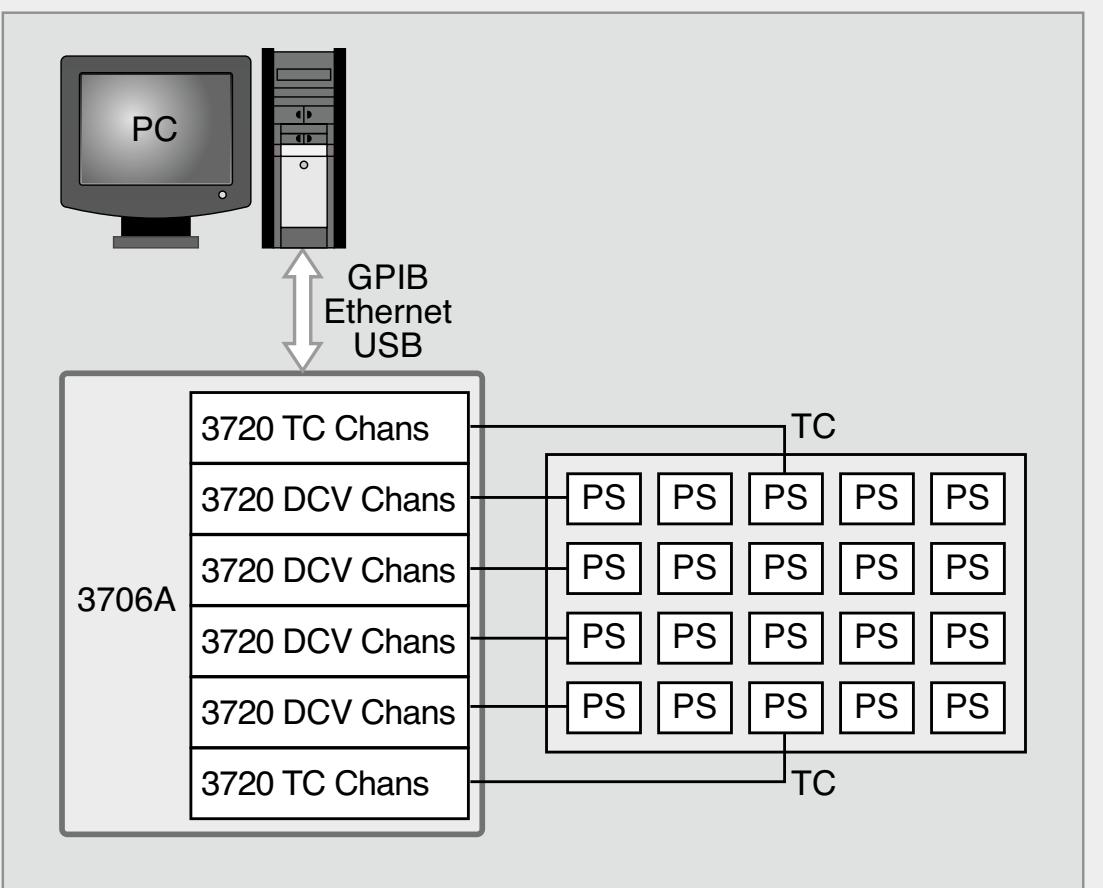
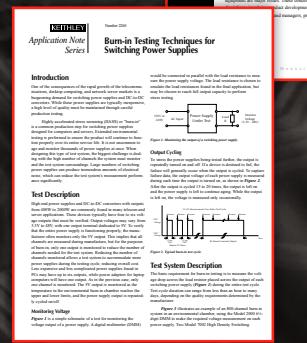


图29. 采用3706A系统切换/万用表的电源老化系统

## 想要浏览更多内容？

### 特色资源

- HALT/HASS测试的基本原理
- 开关电源的老化测试技术
- 获取报价或更多信息



### 附加资源

- 借助基于以太网的仪器提升AST/老化测试的生产能力
- 对于您的下一代T&M系统设计来说，IEEE 1588意味着什么

# 开关术语

定义下列术语，用来阐述或详述其与本手册中材料的特定关系。

**动作时间：**施加标称继电器线圈电压到继电器触点弹跳时间之后最终闭合之间的时间。

**自动CJC（冷端补偿）：**用于多通道热电偶测量的系统，其中对各个热电偶/切换卡连接的温度自动感应和补偿。

**带宽：**特定限制内可以切换、传导或者放大的频率范围。带宽定义为给定负载条件下的-3dB（一半功率）点。

**堆：**具有相同连接的一组继电器，用于扫描或多路传输应用。

**区：**继电器的矩阵排列多路器，其中任何时间只有一个信号通路是有效的。常见于RF/微波测试，用于维持测试系统的特征阻抗。

**先开后合：**连接新电路之前，先断开当前电路。也称作开/合。

**载荷电流：**闭合继电器接触的最大连续电流。大多数继电器额定的载荷电流大于开关电流。（对于载荷电流，热量是通过I<sup>2</sup>R损耗产生的，对于开关电流，则是通过I<sup>2</sup>R损耗加上电弧放电产生的。）

**通道：**切换卡中多个信号路径之一。对于扫描器（或多路器）卡，通道用作测量电路的开关输入或者源电路的开关输出。对于切换卡，各个通道的信号路径独立于其它通道。

**通道串扰：**由于寄生电容、电感耦合或者辐射，从一个通道到另一通道或者输出的信号耦合。串扰以特定频率特定负载阻抗下的分贝来表示。

**通道隔离：**在切换卡，从一个通道的信号HI和LO到任何其它通道（或者开关或扫描器卡的输出）的信号HI和LO之间的隔离。以电阻和电容表示，RF卡除外（分贝及频率范围）。

**同轴电缆：**具有一个被屏蔽导体包围的中心导体的双芯电缆，两者是同轴的，被绝缘体隔开。

**线圈电阻：**继电器线圈绕组的标称电阻值。

**冷接点：**处于未知温度的热电偶电路接点。也称参考接点。

**冷切换：**施加电压和电流之前闭合继电器接触以及打开接触之前移除电压和电流。（接触不产生或断开电流。）

**列：**如矩阵卡/模块电路图所示，通过继电器连接到水平行的垂直信号线。

**共模：**两条信号线跟第三条线的中点（例如，从信号HI和LO到底架或防护装置的地）。

**共模隔离：**在切换卡/模块上，对于3极电路来说，是从信号HI和LO到防护装置（或屏蔽）的隔离，对于2极电路来说，是从信号HI和LO到底架的地的隔离。以电阻和电容来表示。

**共模抑制比：**仪器对输入端相对于地的共模电压干扰的抑制能力。通常以某个频率的分贝表示。

**共模电压：**仪器输入低电平跟底架地之间的电压。

**触点弹跳：**继电器触点闭合过程中间歇的非理想的开启。

**触点寿命：**失效之前预期的最大闭合次数。寿命取决于开关电压、电流和功率。失效通常发生在触点电阻超出寿命末期时。

**接触电压：**由于继电器触点到簧片终端异金属结之间的温度梯度，触头之间产生的电压。（温度梯度通常由励磁继电器线圈所消耗的功率产生。）

**触点容量：**特定环境条件下，继电器触点的电压、电流及功率容量。请参考载荷电流及开关电流。

**接触电阻：**对于继电器来说，为闭合触点两端的欧姆电阻。对于吉利切换卡/模块来说，还包括带子电阻以及连接器终端电阻。

**触点：**电路打开或者闭合处载流元件的表面。

**交叉点：**继电器阵列中行跟列的交叉点。以（列，行）或者（行，列）来表示。

**串扰：**请参考通道串扰。

**电流浪涌限制：**保护继电器接触免于过量瞬态电流的必需电路。

**差分输入隔离：**在切换卡上，从信号HI到LO的隔离。用电阻和电容来表示。

**差分多路器：**一种切换卡/模块，其中一个输入连到几个输出（例如，源极）之一，或者几个输入之一连到一个输出（例如，测量），各个通道采用一个两极继电器结构（一极用作信号HI，一极用作信号LO）。

**数字I/O：**主机可编程的TTL输入/输出端口。

**小功率电路开关：**小于指定电压（例如20MV）及电流的开关，用于减小触点的物理和电学变化。

**干簧继电器：**一个玻璃包装的、密封的磁性触发接触。不使用水银或其它湿材料。

**DUT：**在测设备的缩写。

**电气化学效应：**由于卡表面污染，在电路板导体之间产生电流的特性。通过适当的处理和清洁来减小。

**电气化学继电器：**使用电磁石来移动电枢并产生或断开继电器接触的继电器。

**EMI：**电磁干扰的缩写。它定义一个设备有害的电磁辐射，它可能干扰所需信号，例如在测试或通信设备中。**RFI**（射频干扰）和**EMI**常可互换使用。

**浮空：**共模电压介于大地和所关注仪器或电路之间的情形。（电路的低电平不是地电势。）系统里信号LO与大地电学隔离的情形。

**形态A：**单极的常闭触点结构。也称作**SPST-NO**。一个两极结构称作2个形态A。

**形态B：**单极的常开触点结构。也称作**SPST-NC**。一个两极结构称作2个形态B。

**形态C：**单极的双掷接触结构。也称作转换开关。一个两极结构称作2个形态C或者**DPDT**。

**保护：**一项减小泄漏误差和响应时间的技术。包括一个由包围高阻信号导线的低阻电源驱动的保护导体。保护电压保持在信号电压或其附近。

**热切换：**施加了电压或电流时打开和闭合继电器接触。（接触产生或断开电流。）它会缩短接触寿命。通常用于数字信号切换以防止状态改变。

**阻抗匹配：**为优化RF/微波系统的功率传递以及减小测量不确定性，使得源、开关及测量元件的欧姆数值相等，通常为50W。阻抗差异导致信号的反射。

**独立切换卡/模块：**各个通道与其它所有通道电学隔离的一种卡。也称作隔离切换卡/模块。

**输入隔离：**在切换卡上，从信号HI到LO（或保护）的隔离，用于两极电路。以电阻和电容来表示。

**插入损失：**信号通过切换卡发送时的衰减。以一个频率范围内的分贝数值表示。在小信号电平或者大噪声电平中变得更加重要。

**绝缘电阻：**绝缘的欧姆数值。它随着湿度增加而快速减小。

**I/O：**输入/输出的缩写，指向外部器件（输出）发送信息，以及从外部器件（输入）接收信息。

**绝缘开关：**各个通道与其它所有通道电学隔离的一种卡。也称独立切换卡/模块。

**绝缘：**切换卡/模块上任意确定端之间的阻抗。以电阻和电容来表示。在RF/微波切换中，它指相邻通道之间的功率水平的比值，以一定频率范围内的分贝来表示。请参考输入隔离。

**等温区域：**温度等于所有热电偶连接的热导区域。

**磁保持继电器：**不需要给线圈供电，就能维持其接触在所设定的最后位置的一种继电器。

**泄漏电流：**施加电压后，流经绝缘电阻的误差电流。

**低噪声电缆：**在编织物跟内部绝缘体（同轴电缆和双重屏蔽导线）之间以及内部屏蔽以下（双重屏蔽导线）涂有一个导电层的电缆。它减小因振动、移动或者温度波动导致的摩擦电流。

**主机：**根据用户命令运作，连接激励和测量仪器与在测设备之间的信号的开关仪器。信号切换在插入到大型机机架的卡上操作。大型机也指扫描器、多路器、矩阵或者可编程开关。

**先合后开：**断开当前电路之前先连接新的电路。

**矩阵：**连接多个输入与多个输出。

**矩阵卡/模块：**具有继电器行与列交叉点的开关结构的一种卡。通过矩阵卡，由于任意点可以连接到其它任何点，您可以同时获取一个输入和多个输出、多个输入和一个输出，或者多个输入和多个输出。.

**汞浸继电器：**一种簧片继电器，其中的接触器被水银薄膜所湿润。通常具有正常操作的必须位置，而有些类型对位置不敏感。.

**模块：**请参考切换卡/模块。

**复用器：**连接一个仪器到在测的多个设备或者连接多个仪器到一个在测设备。请参考扫描。



# 开关术语

**复用器卡:** 请参考扫描器卡。

**噪声:** 外部源（例如AC电源线、发动机、发电机、变压器、荧光灯、CRT显示器、计算机、无线电发射器及其它）施加到所需信号上的有害电学信号。

**非阻塞:** 一个多路器或继电器的矩阵排列，其中可以在任何时间切换任意信号到任意DUT。它具有高的灵活性和高成本。

**非闭锁继电器:** 一种继电器，当线圈通电时维持其闭合接触位置，当线圈不通电时维持其打开接触位置。

**常闭触点:** 继电器未通电时闭合的一对触点。

**常开触点:** 继电器未通电时打开的一对触点。

**常模:** 两个信号线之间（例如，从信号HI到信号LO）。

**常模抑制比:** 仪器对其输入端的AC干涉（通常是行频）的抑制能力。通常以一个频率的分贝表示。

**常模电压:** 施加到仪器输入高终端跟输入低终端之间的电压。

**失调电流:** 未施加信号时，来自切换卡的电流。它通常来源于线圈到触点的有限阻抗。它还通过卡上的静电、压电以及电气化学效应产生。

**通路隔离:** 在矩阵切换卡上，从一条通路的信号HI和LO到其它任意通路的信号HI和LO之间的隔离。以电阻和电容表示。

**通路电阻:** 矩阵切换卡上闭合路径的导体电阻，包括接触电阻、配线电阻以及连接器端子电阻。

**相位失真:** 通过测试系统的不同长度以及不同传输延迟的信号路径所产生的射频/微波或者数字波形的移位。可能导致数字测试误差。

**压电电流:** 机械应力在特定绝缘材料上所产生的电流。为减小压电电流，应从绝缘体移除应力，以及采用低压电效应的材料。

**极:** 继电器或者开关里的一套配对触点：常开、常闭或者两者都有。

**传输延迟:** 信号发送通过预先闭合的通道或者切换卡的时间量。这一延迟必须考虑，例如，当所切换的信号用于同步其它信号时。

**簧片继电器:** 使用一个或多个玻璃包装的、密封的、磁性触发接触的继电器。有些类型是干的，以增加绝缘或者使得它们的位置不受约束。有些类型是水银浸湿的，以增大开关电流额定值以及使得接触电阻更加可预测。请参考电气化学继电器和固态继电器。

**参考通道:** 在热电偶扫描器卡上，测量等温区域温度的通道。

**参考输出:** 代表一些热电偶扫描器卡/模块上参考通道温度的输出信号，通常在等温区域。

**继电器:** 打开以及闭合电学接触的电子控制机械设备。继电器提供开关信号跟控制信号之间的隔离。

**继电器驱动:** 大型机电源可激活切换卡上继电器线圈的总电流。这一电流随着温度提升而减小。

**继电器驱动电流:** 激活继电器必需的电流量。通常按通道给出。

**继电器设置:** 打开及闭合的继电器配置。

**释放时间:** 移除线圈电压到接触稳定打开之间的时间。

**回波损耗:** 由于信号源、传输线以及负载之间的阻抗失配，反射回到信号源的功率的一种度量。用DB表示。

**行:** 如矩阵卡/模块电路图所示，通过继电器连接到垂直列的水平信号线。

**扫描:** 将一个仪器顺序连接（通常先开后合）到多个在测设备或者将多个仪器顺序连接到一个在测设备。请参考多路器。

**扫描器:** 请参考主机。

**扫描器卡:** 一种切换卡，其中一个输入发送到多个输出（例如，信号源）之一，或者多个输入之一发送到一个输出（例如，测量）。实际的切换可以是非顺序的（多路器）或者顺序的（扫描）。也称作多路器卡。

**稳定时间:** 建立继电器连接以及稳定用户电路所需要的时间。

**屏蔽:** 被测电路的金属包围或者围绕电线导体（同轴电缆或双重屏蔽导线）的金属套管，用于减少静电干扰。屏蔽通常连接到灵敏仪器的LO接线端。

**单端多路器:** 一种切换卡/模块，其中一个输入发送到多个输出（例如，信号源）之一，或者多个输入之一发送到一个输出（例如，测量）。各个通道为信号HI使用一个单极继电器，而一个公共端子连接到所有通道的信号LO。

**固态继电器:** 通过使用半导体元件来切换电子电路的继电器，不需移动零件或者常规触点。

**SMA:** 一种微型的同轴电缆插件，用于信号连接需要屏蔽线缆的情形。

**SMB:** 一种微型的同轴电缆插件，用于信号连接需要屏蔽线缆的情形。

**开关/测量系统:** 一种集成切换大型机与数字仪表到单个底架的仪器。信号切换在插入到底架的卡/模块上完成。

**开关电流:** 打开以及闭合触点时能可靠处理的最大电流。请参考载荷电流。

**切换卡/模块:** 继电器卡的一般分类。可分为：独立切换卡（1个输入到1个输出）、扫描器或者多路器卡（1:N、N:1）以及矩阵卡（M:N）。

**T/C冷接点:** 请参考冷接点。

**测试夹具:** 一种附件，有时是屏蔽了的，用于装备为了测试目的的单个或多个设备。

**热失调电压:** 请参考接触电势。

**双重屏蔽导线:** 一种三芯电缆，其中，中心导线被内层屏蔽导体包围，而后者又被外层屏蔽导体包围。

**摩擦电流:** 当电缆因为振动、移动或者温度波动而弯折时，导体跟绝缘体摩擦所产生的电流。请参考低噪声线缆。

**触发:** 发起一个或者多个仪器功能的外部激励。触发激励包括：前面板、外部触发脉冲，以及IEEE-488总线X、TALK和GET触发。

**TSP.测试脚本处理器:** 一个板载处理器，用在逐渐增多的吉时利仪器和开关大型机里，设计用于在仪器内部执行测试脚本。使用TSP测试脚本，而不是PC来控制仪器，避免PC控制器跟仪器之间的通信延迟，允许提高测试生产能力。测试脚本可包含数学和决策规则，进一步减少PC跟仪器之间的相互作用。

**TSP-LINK:** TSP-LINK主/从连接在吉时利3700A系列大型机之间提供容易的系统扩展。TSP-LINK还可用于连接到其它TSP-LINK使能的仪器，例如2600B系列系统源表仪器。所有通过TSP-LINK连接的仪器可以通过主单元控制，如同它们装在同一底架里一般。

**电压钳位:** 保护继电器连接的必需电路，用于防止切换电流到电感负载时产生过高的电压。

**VSWR:** 电压驻波比的缩写。是信号沿着传输线发射的度量。用信号路径里的最高电压跟最低电压的比值来表示。

更多的开关术语，请参考如下文献：

**ANSI/EIA RS-473-1981.** *Definitions and Terminology for Relays for Electronic Equipment.* American National Standards Institute, 1981.

**ANSI/IEEE Std. 100-1992.** *IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms. 5th edition.* Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1992.

**Engineers' Relay Handbook. 5th edition.** *Relay and Switch Industry Association (formerly National Association of Relay Manufacturers), 1996.*

## 切换卡及切换模块选择指南

### 用于3700A系列大型机的切换卡\*

\*3700A系列额外的卡目前处于开发阶段。请访问[www.keithley.com.cn](http://www.keithley.com.cn), 获取最新的卡及规格列表。

	<b>3720</b>	<b>3721</b>	<b>3722</b>	<b>3723</b>	<b>3724</b>	<b>3730</b>	<b>3731</b>	<b>3732</b>	<b>3740</b>	<b>3750</b>
通道个数	60 (双1×30)	40 (双1×20)	96 (双1×48)	60 (双1×30) 或120单极 (双1×60)	60 (双1×30)	6×16	6×16	448个交叉点 (四个4×28)	32	40个数字I/O, 4个计数器/计算器, 以及2个隔离的模拟输出
卡配置	多路器	多路器	多路器	多路器	多路器	矩阵	矩阵	矩阵	单独的	单独的
继电器种类	闭锁 电气化学	闭锁 电气化学	闭锁 电气化学	干簧片	FET 固态	闭锁 电气化学	干簧片	干簧片	闭锁 电气化学	N/A
接触配置	2个形态 A	2个形态 A	2个形态 A	1个形态 A	2个形态 A	2个形态 A	2个形态 A	1个形态 A	28个形态C, 4个形态A	N/A
最大电压	300 V	300 V (ch 1–40), 60 V (ch 41–42)	300 V	200 V	200 V	300 V	200 V	200 V	300 VDC/250 VAC (形态 A)	N/A
最大切换电流	1 A	2 A (ch 1–40), 3 A (ch 41–42)	1 A	1 A	0.1 A	1 A	1 A	0.75 A	2 A (形态 C), 7 A (形态 A)	N/A
注释	2个独立的1×30 多路器。与螺丝端子 附件(型号3720-ST) 一起使用时自动 温度参考	2个独立的1×20 多路器。与螺丝端子 附件(型号3720-ST) 一起使用时自动 温度参考	2个独立的 1×48	2个独立的 1×30 多路器。 与螺丝端子附件 (型号3724-ST) 一起使用时自动 温度参考	2个独立的 1×30多路器。 与螺丝端子附件 (型号3724-ST) 一起使用时自动 温度参考	列可以通 过底架扩 充或者通 过继电器隔 离	继电器激励时间 0.5ms。列可以通 过底架扩 充或者 通过继电器隔 离	通过堆配置继电 器将堆连接起来, 或者两个4×56 矩阵。还包括模 拟底架继电器, 用 于卡扩充。用3732- ST-R 附件扩 充行 来创建两个8×28 或者单个16×28 矩阵。	32普通的 独立通道	一体化卡设计。 40个双向I/O。 四个32位计数器/ 计算器。2个可编 程模拟(V或I) 输出。

### 插卡配件

	<b>3720</b>	<b>3721</b>	<b>3722</b>	<b>3723</b>	<b>3724</b>	<b>3730</b>	<b>3731</b>	<b>3732</b>	<b>3740</b>	<b>3750</b>
线缆	3720-MTC-1.5, 3720-MTC-3	3721-MTC-1.5, 3721-MTC-3	3722-MTC-1.5, 3722-MTC-1.5/MM, 3722-MTC-3, 3722-MTC-3/MM	3720-MTC-1.5, 3720-MTC-3	3720-MTC-1.5, 3720-MTC-3	3721-MTC-1.5, 3721-MTC-3	3721-MTC-1.5, 3721-MTC-3	3720-MTC-1.5, 3720-MTC-3	3721-MTC-1.5, 3721-MTC-3	3721-MTC-1.5, 3721-MTC-3
螺丝端子块	3720-ST	3721-ST		3723-ST, 3723- ST-1	3724-ST	3730-ST	3731-ST	3732-ST-C, 3732- ST-R	3740-ST	3750-ST
接头套件	3791-KIT78-R	3790-KIT50-R	3792-KIT104-R, 3792-KIT104-R/F	3791-KIT78-R	3791-KIT78-R	3790-KIT50-R	3790-KIT50-R	3791-KIT78-R	3790-KIT50-R	3790-KIT50-R
工具	3791-CIT		3791-CIT	3791-CIT	3791-CIT			3791-CIT		

为您的应用  
提供建议



参与应用论坛的讨论



## 切换卡及切换模块选择指南

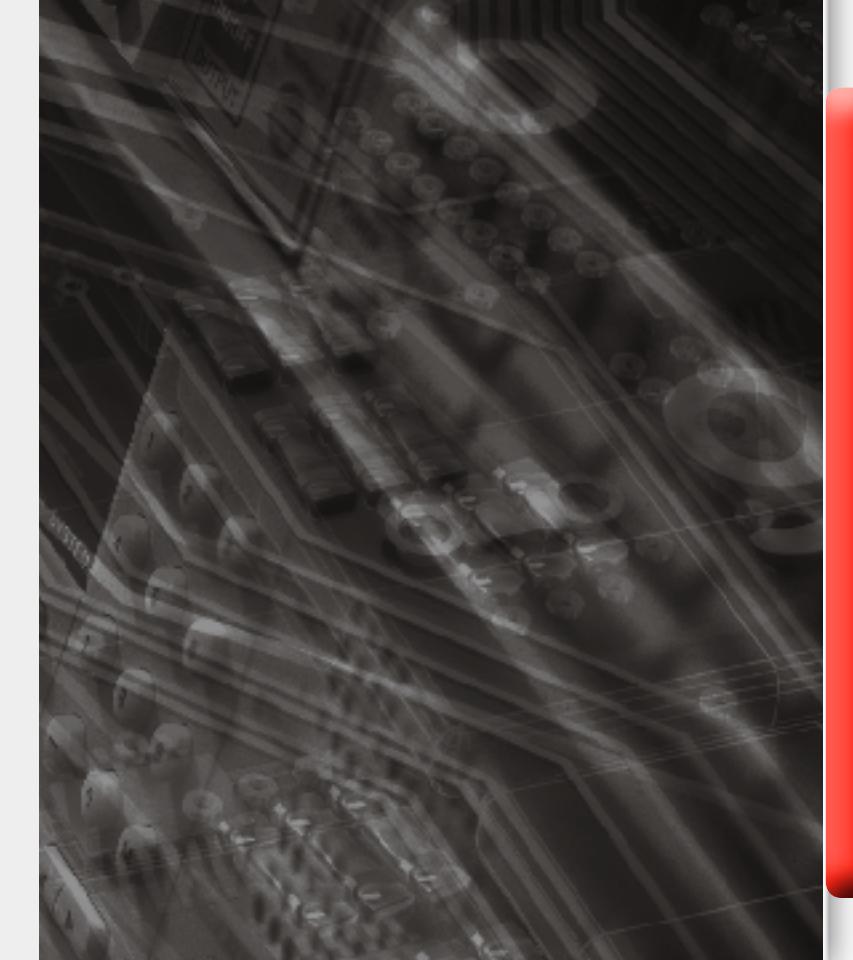
### 用于7001和7002主机的切换卡

卡	通道数量	卡配置	接触配置	最大电压	最大电流	最大功率	接触电势	失调电流	最大推荐频率	连接类型	CE	注释
<b>高密度</b>							<b>高密度</b>					
7011-C	40	多路器	<b>2个形态 A</b>	110 V	1 A	60 VA	<1 $\mu$ V	<100 pA	2 MHz	连接器	是	四个独立1×10多路器, 连接到底架
7011-S	40	多路器	<b>2个形态 A</b>	110 V	1 A	60 VA	<500 nV	<100 pA	2 MHz	螺丝端子	是	四个独立1×10多路器, 连接到底架
7012-C	4×10	矩阵	<b>2个形态 A</b>	110 V	1 A	60 VA	<1 $\mu$ V	<100 pA	2 MHz	连接器	是	连接到模拟底架的行
7012-S	4×10	矩阵	<b>2个形态 A</b>	110 V	1 A	60 VA	<500 nV	<100 pA	2 MHz	螺丝端子	是	连接到模拟底架的行
7013-C	20	隔离开关	<b>2个形态 A</b>	110 V	1 A	60 VA	<1 $\mu$ V	<100 pA	10 MHz	连接器	是	
7013-S	20	隔离开关	<b>2个形态 A</b>	110 V	1 A	60 VA	<500 nV	<100 pA	10 MHz	螺丝端子	是	
7015-C	40	多路器	<b>2个形态 A</b>	175 V	34 mA	0.3 VA	<5 $\mu$ V	<1nA	500 kHz	连接器	是	高可靠性的固态开关
7015-S	40	多路器	<b>2个形态 A</b>	175 V	34 mA	0.3 VA	<5 $\mu$ V	<1nA	500 kHz	螺丝端子	是	高可靠性的固态开关
7018-C	28	多路器	<b>3个形态 A</b>	110 V	1 A	60 VA	<5 $\mu$ V	<100 pA	2 MHz	连接器	是	3极切换
7018-S	28	多路器	<b>3个形态 A</b>	110 V	1 A	60 VA	<5 $\mu$ V	<100 pA	2 MHz	螺丝端子	是	3极切换
7035	36	多路器	<b>2个形态 A</b>	60 V	1 A	30 VA	<1 $\mu$ V	<100 pA	10 MHz	连接器	是	9个独立的1×4多路器
7036	40	隔离开关	<b>1个形态 A</b>	60 V	1 A	30 VA	<4 $\mu$ V	<100 pA	10 MHz	连接器	是	40个单极切换的独立通道
7111-S	40	多路器	<b>1个形态 C</b>	110 V	1 A	60 VA	<500 nV	<100 pA	2 MHz	螺丝端子	是	四个独立1×10多路器, 连接到底架
<b>低电压</b>							<b>低电压</b>					
7168	8	多路器	<b>2个形态 A</b>	10 V	50mA		<30 nV		1 kHz	螺丝端子	是	
<b>高电压</b>							<b>高电压</b>					
7154	10	多路器	<b>2个形态 A</b>	1100 V	500mA	10 VA	<35 $\mu$ V		1 MHz	螺丝端子	是	
<b>控制</b>							<b>控制</b>					
7020 7020-D*	80	数字I/O								连接器	是	<b>40个输入/40个输出</b>
7021	30/20	多路器/数字I/O	<b>2个形态 A</b>	110 V	1 A	30 VA	<3 $\mu$ V	<100 pA	10 MHz	连接器	是	两个多路器。多达 <b>30</b> 个通道、 10个数字输入、10个数字输出
7037-D*	30/20	隔离开关/数字I/O	<b>1个形态 A</b>	110 V	1 A	30 VA	<4 $\mu$ V	<100 pA	10 MHz	连接器	是	<b>30</b> 个单极切换的独立通道， 10个数字输入、10个数字输出
7065												霍尔效应测量缓冲器卡

为您的应用  
提供建议



参与应用论坛的讨论



## 切换卡及切换模块选择指南

### 用于7001和7002主机的切换卡(续)

卡	通道数量	卡配置	接触配置	最大电压	最大电流	最大功率	接触电势	失调电流	最大推荐频率	连接类型	CE	注释
<b>低电流</b>										<b>低电流</b>		
7152	4×5	矩阵	2个形态 A	200 V	500 mA	10 VA	<20 μV	<1 pA	60 MHz	连接器	是	
7153	4×5	矩阵	2个形态 A	1300 V	500 mA	10 VA	<50 μV	<1 pA	60 MHz	连接器	是	
7158	10	多路器	1个形态 C	30 V	100 mA		<200 μV	<1 pA	1 MHz	BNC	是	
<b>高电流</b>										<b>高电流</b>		
7053	10	多路器	2个形态 C	300 V	5 A	100 VA	<1 mV		1 MHz	螺丝端子		
<b>RF</b>										<b>RF</b>		
7016A	双1×4	2个隔离开关	单极, 4投	30 V	500 mA	10 VA	<6 μV		2 GHz	SMA	是	50Ω端接可选

\* Cards with a -D suffix feature D-sub connectors.

### 用于707B、707A、708B和708A主机的切换卡

卡	通道数量	卡配置	接触配置	最大电压	最大电流	最大功率	接触电势	失调电流	最大推荐频率	连接类型	CE	注释
<b>低电流</b>										<b>低电流</b>		
7072	8×12	矩阵	2个形态 A	200 V	1 A	10 VA	<20 μV	<1 pA	15 MHz	3接线柱 三同轴	是	为半导体应用所优化
7072-HV	8×12	矩阵	2个形态 A	1300 V	1 A	10 VA	<20 μV	<1 pA	4 MHz	3接线柱 三同轴		
7174A	8×12	矩阵	2个形态 A	200 V	2 A			<100 fA	30 MHz	3接线柱 三同轴	是	
<b>高频率</b>										<b>高频率</b>		
7073	8×12	矩阵	1个形态 A	200 V	1 A	30 VA	<2 μV	<200 pA	30 MHz	BNC	是	
7173-50	4×12	矩阵	2个形态 C	30 V	0.5 A	10 VA	<15 μV	<200 pA	200 MHz	BNC	是	

为您的应用  
提供建议



参与应用论坛的讨论



## 切换卡及切换模块选择指南

### 用于2000、2001、2002和2010万用表的切换卡

通道数量	卡配置	接触配置	最大电压	最大电流	最大功率	接触电势	连接类型	CE	注释
<b>通用</b>									
2000-SCAN	10	多路器	2个形态 A	110 V	1 A	30 VA	<1 μV	螺丝端子	是 可配成四极
2001-SCAN	10	多路器	2个形态 A	110V	1 A	30 VA	<1 μV	螺丝端子	是 仅2001、2002; 可配成四极; 两个高速通道
<b>热电偶</b>									
2001-TCS SCAN	9	多路器	2个形态 A	110 V	1 A	30 VA	<1 μV	螺丝端子	是 内置冷接点参考

### 用于2700、2701和2750万用表/数据采集/切换系统的切换/控制模块

型号	# 模拟输入	配置	差分*	四极	连接类型	最大电压	最大切换电流	电流测量通道	数字I/O	切换速度	其它
7700	20	多路器 w/CJC	1×20或双1×10	1×10	螺丝端子	300 V	1 A	2 通道 @ 3 A	N/A	3 ms	最大功率 = 125VA
7701	32	多路器	1×32或双1×16	1×16	D-sub	150 V	1 A	N/A	N/A	3 ms	最大功率 = 125VA
7702	40	多路器	1×40或双1×20	1×20	螺丝端子	300 V	1 A	2 通道 @ 3 A	N/A	3 ms	最大功率 = 125VA
7703	32	多路器	1×32或双1×16	1×16	D-sub	300 V	500 mA	N/A	N/A	1 ms	簧片继电器
7705	40	独立SPST	N/A	N/A	D-sub	300 V	2 A	N/A	N/A	3 ms	最大功率 = 125VA
7706	20	多路器 w/CJC	1×20或双1×10	1×10	螺丝端子	300 V	1 A	N/A	仅16位数字输出	3 ms	(2) ±12 V模拟通道&100kHz事件计数器/计算器。最大功率=125VA
7707	10	多路器/ 数字I/O	1×10或双1×5	1×5	D-sub	300 V	1 A	N/A	32位数字I/O	3 ms	最大功率 = 125VA. (4) 八位 I/O
7708	40	多路器 w/CJC	1×40或双1×20	1×20	螺丝端子	300 V	1 A	N/A	N/A	3 ms	最大功率=125VA
7709	48	6×8 矩阵	是	是	D-sub	300 V	1 A	N/A	N/A	3 ms	连接到内部DMM。菊花链卡构成大到6×40的矩阵 最大功率 = 125VA
7710	20	多路器 w/CJC	1×20或双1×10	1×10	螺丝端子	60 V	100 mA	N/A	N/A	0.5 ms	最大功率 = 4.2 VA
7711	8	多路器	双1×4	否	SMA	30 Vrms, 60 VDC	0.5 A	N/A	N/A	10 ms	2 GHz, 最大功率 = 20W每个模块
7712	8	多路器	双1×4	否	SMA	30 Vrms, 42 VDC	0.5 A	N/A	N/A	10 ms	3.5GHz, 最大功率 = 20W每个模块

\*可从内部DMM断开路由外部信号。

为您的应用  
提供建议



参与应用论坛的讨论

参  
与

## 切换卡及切换模块选择指南

### 用于2790源表的源/切换模块

### 安全气袋测试系统

型号	# 模拟输入	卡配置	电流源	电压源	I / V转换器	电流测量	接触电势	连接类型	切换速度
7751	12	四个形态A, 加上四个四极或八个两极	0–50 mA	50–500 V	是	0–50 μA	<3 μV	螺丝端子	3 ms
7752	12	一个形态A, 加上四个四极或八个两极	0–50 mA		否		<3 μV	螺丝端子	3 ms
7753	12	一个形态A, 加上四个四极或八个两极	0–50 mA	50–500 V	是	0–500 μA	<3 μV	螺丝端子	3 ms

## 切换系统主机

产品家族		Switch/Measure Systems	ATE切换/控制系统		
		型号3706A, 3706A-NFP	型号2700, 2701, 2750	型号7001	型号7002
	带可选高性能万用表及插件卡的系统开关				
	集成切换/测量/数据记录系统			80通道 - 2槽半机架开关主机	400通道 - 10槽全机架开关主机
最大通道数或交叉点数量	多达576个通道或者2688个交叉点	多达80个(2700, 2701), 多达200个(2750)		多达80个	多达400个
卡槽	6	2 (2700, 2701), 5 (2750)		2	10
自动CJC	是(可选)	是(可选)		—	—
产品家族		半导体系统开关			
		型号707B	型号708B	系统46, 46T	
	6-槽, 半导体开关矩阵 - 新特征, 提升性能				
	单-槽, 半导体开关矩阵 - 新特征, 提升性能			射频/微波开关系统、32个末端接&端接的通道	
最大通道数或交叉点数量	多达576个		多达96个	多达32个射频/微波通道	
卡槽	6		1	0	
自动CJC	—		—	—	

为您的应用  
提供建议



参与应用论坛的讨论



# 想学得更多吗？

通过电话、传真、信件、邮件联系我们：

吉时利仪器

邮箱: [china@keithley.com](mailto:china@keithley.com)

网址: [www.keithley.com.cn](http://www.keithley.com.cn)



马上加入由吉时利主办的应用论坛，与广大用户进行技术交流和讨论。现在加入讨论。

如需了解更多有关吉时利是如何提升您的测试测量应用，请联系当地吉时利代表或在线提问。

咨询吉时利应用工程师了解如何获得更多吉时利的产品信息。

说明书如有变动不另行通知。所有吉时利的注册商标或 商标名称都是吉时利仪器的财产。

所有其它注册商标或商标名称都是相应公司的财产。

此版本为中文译本，仅供参考。您购买或使用前请务必详细阅读本文件的英文原件。

## 更自信的测试

**KEITHLEY**  
A Tektronix Company

KEITHLEY INSTRUMENTS, INC. ■ 28775 AURORA RD. ■ CLEVELAND, OH 44139-1891 ■ 440-248-0400 ■ Fax: 440-248-6168 ■ 1-888-KEITHLEY ■ [www.keithley.com](http://www.keithley.com)

BRAZIL  
55-11-4058-0229  
[www.keithley.net.br](http://www.keithley.net.br)

CHINA  
86-10-8447-5556  
[www.keithley.com.cn](http://www.keithley.com.cn)

FRANCE  
01-69868360  
[www.keithley.fr](http://www.keithley.fr)

GERMANY  
49-89-84930740  
[www.keithley.de](http://www.keithley.de)

INDIA  
080-30792600  
[www.keithley.in](http://www.keithley.in)

ITALY  
02-5538421  
[www.keithley.it](http://www.keithley.it)

JAPAN  
Tokyo: 81-3-6714-30  
Osaka: 81-06-6396-1630  
[www.keithley.jp](http://www.keithley.jp)

KOREA  
82-2-6917-5000  
[www.keithley.co.kr](http://www.keithley.co.kr)

MALAYSIA  
60-4-643-9679  
[www.keithley.com](http://www.keithley.com)

MEXICO  
52-55-5424-7905  
[www.keithley.com](http://www.keithley.com)

SINGAPORE  
01-800-8255-2835  
[www.keithley.com.sg](http://www.keithley.com.sg)

SWITZERLAND  
41-56-460-78-90  
[www.keithley.ch](http://www.keithley.ch)

TAIWAN  
886-3-572-9077  
[www.keithley.com.tw](http://www.keithley.com.tw)

UNITED KINGDOM  
044-1344-392450  
[www.keithley.co.uk](http://www.keithley.co.uk)

更多关于如何购买或如何找到销售合作伙伴的信息，请访问[www.keithley.com.cn/company/quick\\_quote](http://www.keithley.com.cn/company/quick_quote)。