

是德科技

用新的 34410A 和
34411A 高性能数字万用表
代替测试系统中的 34401A

应用指南



引言

Keysight 34410A和34411A代表着是德科技最新一代6½位数字万用表技术。这两种新数字万用表将延续工业标准Keysight 34401A的成功，为工作台和系统使用者提供增强的功能。它们有更宽的量程范围、更高的精度、更快的测量速度和系统速度，并且增加了电容和温度测量功能以及峰值检测功能，因此能够测量更为复杂的信号。

本应用指南为您介绍如何从Keysight 34401A过渡到新的Keysight 34410A和34411A数字万用表。您可能会有这样一些疑问："这些新数字万用表适合我的应用吗？是否存在兼容性问题？哪些功能是相同的？哪些是不同的？这两种新数字万用表的哪些性能超过34401A？"。讨论的主题包括功能特性的比较、34401A仿真模式、测量速度比较、编程/接口差别，以及电气/机械特性差别。为更全面了解是德科技新型数字万用表的性能，请参见应用指南5989-4039CHCN《Keysight 34410A/34411A 6 1/2位高性能数字万用表》。

综述——数字万用表比较

认识 Keysight 34401A 与 34410A/34411A 差别的最容易方法是逐项比较它们的性能。由于 34411A 是 34410A 的增强型，所以下表中将单独列出 34411A 另增的功能。表格中列出它们的各项主要特性，红色字体表示其差异。



表 1 数字万用表的比较

	34401A 主要特性		34410A 主要特性	
直流测量功能和量程	直流电压	100 mV 至 1000 V	直流电压	100 mV 至 1000 V
	直流精度	35 ppm	直流精度	30 ppm
	直流电流	10 mA 至 3 A	直流电流	100 μ A 至 3 A
	2 W/4 W 电阻	100 Ω 至 100 M Ω	2 W/4 W 电阻	100 Ω 至 1 G Ω
	导通	1000 Ω 1 mA	导通	1000 Ω 1 mA
	二极管测试	1 V 1 mA	二极管测试	1 V 1 mA
	直流比	100 mV 至 1000 V	不支持	
			电容	1 nF 至 10 μ F
交流测量功能和量程			温度	2/4 线 RTD 和热敏电阻
			实时峰值测量	
			偏置补偿电阻	
	真有效值交流电压	100 mV 至 750 V 3 Hz 至 300 kHz	真有效值交流电压	100 mV 至 750 V 3 Hz 至 300 kHz
	真有效值交流电流	1 A 至 3 A 3 Hz 至 5 kHz	真有效值交流电流	100 μ A 至 3 A 3 Hz 至 10 kHz
	频率和周期	100 mV 至 750 V 3 Hz 至 300 kHz	频率和周期	100 mV 至 750 V 3 Hz 至 300 kHz
	直流系统吞吐量	6.5 位 5.5 位 4.5 位	6.5 位 5.5 位 4.5 位 (34411A)	1,000 读数/秒 10,000 读数/秒 50,000 读数/秒
	交流系统吞吐量	6.5 位	6.5 位	500 读数/秒
触发和读数存储	外部触发时延	<1 ms	外部触发时延	<1 μ s
	外部触发抖动	<500 μ s	外部触发抖动	<1 μ s
	计数 + 时延步		计数 + 时延步	
			精密采样计时器	
			模拟电平触发 (34411A)	
			预触发 - 后触发 (34411A)	
	易失读数存储器	512	易失读数存储器 (34411A)	50,000 1,000,000
			非易失读数存储器	50,000
I/O 和连通性	GPIB、RS232		GPIB、LAN、USB 2.0	
	ASCII 格式读数		ASCII 或二进制格式读数	
			内置网络服务器	
			数据记录到非易失存储器	
	LabVIEW、IVI 驱动程序和 IntuiLink 数字万用表		LabVIEWTM、IVI 驱动程序 和 IntuiLink 数字万用表	
	主要测量结果的前面板显示		双显示，支持在副显示上显 示同时测量的结果	

从这张表中，您可看到与 Keysight 34401A 相比，Keysight 34410A/34411A 6½ 位数字万用表在许多领域都有重大改进：

- 更快的测量速度
- 更高的系统吞吐量
- 增加的测量功能和量程
- 扩展的读数存储和触发功能
- 采用双显示的同时测量
- 标准的计算机 I/O 接口和网络浏览器

从具有前后相关设置的易用前面板、非易失数据记录和双显示的高可视性，到能快速和容易编程的系统就绪仪表，这些新数字万用表既适合工作台操作，也适合系统应用。

34401A 兼容模式

Keysight 34410A 和 34411A 万用表提供增强的 SCPI 命令集，该命令集与 Keysight 34401A 万用表向后兼容。下面简要说明 34401A 兼容模式。

由于 Keysight 34410A/11A 有增加的功能特性和提高的性能指标，因此在使用 34410A/11A 的常规 SCPI 模式时，可能存在某些问题妨碍 34401A 程序的运行。其中包括不同的量程选择、分辨率选择、命令执行速度、交叠命令执行以及其他差异。本文将在后面详细讨论这些问题。

即使您现有的 Keysight 34401A 运行速度一下子提升 10 倍，但是您仍需对测试程序作某些改变。当编程工程师把测试程序放在一起运行时就会发生这种情况，他们会根据经验确定如何执行正常的测试。例如，假定您的测试程序中有如下命令序列：

- 设置数字万用表以执行特定测量
- 关闭开关单元上的通道
- 启动数字万用表上的测量

由于数字万用表执行命令的速度比过去快 10 倍，因此测量可能在开关闭合前或在输入达到其稳定电平前就已开始。解决这一问题的方法有几种：

- 增加通道关闭后的时延时间
- 在通道关闭后设置数字万用表(如同时延)
- 在最后一个通道关闭后利用通道查询命令"ROUTE: CLOSE?"保证开关确已关闭
- 把数字万用表设置为由来自开关单元的通道关闭信号触发

如您所看到的，单是计时问题就会让您重写测试程序。上面的这些建议有其自身的复杂性。例如，如果数字万用表的命令执行比开关关闭快，那么在通道关闭后设置数字万用表的时延可能是不够的。

保证您在 34410A/11A 上仍能运行现有 34401A 程序的最好方法是使用 34401A 兼容模式。在此模式中，SCPI 语法遵循《Keysight 34401A 用户指南》中的描述，而非 34410A 或 34411A 的 SCPI 语法执行。您可使用如下命令选择兼容模式：

```
SYSTem: LANGuage "34401A"
```

注: Keysight 34401A 兼容工作模式仅适用于程序操作。由于新 34410A/11A 的功能相比 34401A 有了进一步增强, 此时前面板将保持"锁定", 您只能从前面板通过选择终止兼容模式来恢复对前面板的控制。与其类似, 网络服务器被限制于只有观察模式, 因此您只能查看当前的数字万用表配置和读数存储器。您必须从前面板, 或使用如下命令通过一个 I/O 接口终止兼容模式:

```
SYSTem:LANGuage "34410A"
```

在选择了 34401A 兼容模式后, SCPI 命令将按《Keysight 34401A 用户指南》中描述的 SCPI 命令语法运行。事实上当您执行 "*IDN?" 时, 仪表即已返回 34401A 认同的字符串。因此在多数情况下, 您只需关心与 34401A 相比, 34410A/11A 数字万用表执行命令和测量的速度有多快, 但也应注意下面叙及的一些其他不同:

1. 在 34401A 兼容模式中发布 34410A/11A 的特殊命令。例如命令 "VOLT:NPLC? MIN" 在 34401A 兼容模式中返回 "0.02", 而在 34410A 模式中则返回 "0.006"。在 34401A 兼容模式中发送 "VOLT:NPLC 0.006" 是一个错误。而在 34401A 兼容模式中发送 "VOLT:APER100e-6" 则能工作。这就为您提供了一个提高 "34401A" 采样率而不改变测试程序中任何其他部分的聪明方法。
2. 专门为实现向后兼容性增加了几条命令。在使用兼容模式时, 这些命令由各功能命令代替, 并被映射到它们先前的功能。详细信息请参见下一节 "3440A/34411A 与 34401A 的不同之处"。CALCulate:NULL:OFFSet INPut:IMPedance:AUTO [SENSe:] DETector:BANDwidth [SENSe:]ZERO:AUTO。
3. 34410A/11A 硬件不能实施直流比 (DC:DC Ratio) 功能。因此, 以下命令无法执行:
 CONFigure:VOLTage:DC:RATio
 MEASure:VOLTage:DC:RATio?
 [SENSe:]FUNCTion "VOLTage:DC:RATio"。
4. 34410A/11A 数字万用表不允许您更改导通测量的阈值设置。它现在是固定的 10 Ω 。
5. 34410A/11A 数字万用表不允许您更改按键按住功能的灵敏度设置。它现在是固定的 0.1% 当前量程。
6. 34410A/11A 硬件不提供 RS-232 串行接口。
7. 由于时钟源的差异, 孔径分辨率可能略有不同。
8. 某些错误消息可能不同, 程序参数的舍入和分辨率可能略有差异。此外, 某些查询响应也许有不同的位数。
9. 仅提供 SCPI 命令的 34401A 兼容性。不提供其他代用语言, 如 Keysight 3478A 或 Fluke 8840A/8842A 仪表的编程语言的兼容性。

34410A/11A 与 34401A 的不同之处

这一章将帮助您了解这些新数字万用表与 34401A 的差别，以及如何充分利用其新功能。虽然在许多情况下您只需用 34410A 或 34411A 代替 34401A，而不必使用兼容模式，但您应知道它们彼此间的差异。在应用指南 5989-4039CHCN 《Keysight 34410A/34411A 6 1/2 位高性能数字万用表》中详细介绍了这些万用表的新特性。这里是它们不同之处的汇总表，后面会对每一项内容作详细说明：

- 增加的功能和量程
- 重叠处理和实时测量
- NPLC 分辨率和孔径解耦
- 不同的测量和测量技术
- 测量和系统性能
- 双触发系统
- 连通性
- 数学运算

增加的功能和量程

本应用指南中的表 1 是量程比较。例如增加了更低的电流量程，从而允许信号有更宽的动态范围。34410/11A 数字万用表还增加了对电容和温度测量的支持。温度测量包括使用 2 线和 4 线欧姆的 2.2k、5k、10k 热敏电阻测量和 385 RTD 测量。

重叠处理和实时测量

34401A 可以看作是单任务仪表。虽然它是非常好的测量仪表，但在任一时刻只能做一项工作。34401A 和 34410A/11A 数字万用表都使用 INIT 命令使测量引擎做好触发和测量准备。但 34410A/11A 数字万用表还允许：

- 命令分析器处于空闲状态，准备接受新命令
- 可以进行同时测量

在向 34401A 发送 INIT 命令时，只有前一条命令结束，才能接受后一条命令。使用 34410A/11A 数字万用表，用户可以查询进行中的运算结果，或其他同时测量的数据。

34410A/11A 提供实时的副测量和操作：

- 统计运算：平均值、标准偏差、最小值、最大值、计数
- 极限检查
- 在测量直流的同时执行实时直流峰值测量
- 测量频率时的 ACV
- 显示温度时的温度传感器电阻

在进行测量的同时，可从 GPIB、LAN、USB 中的任意一个 I/O 接口查询读数或副测量结果。

NPLC 分辨率和孔径解耦

您不能访问 34401A 的模数转换器积分时间孔径设置，除非通过 NPLC 下的离散选择：0.02、0.2、1、10、100。1 PLC 设置表示 0.0166 秒的孔径时间设置 (60 Hz 工频)。

34410A 另增 0.006 和 0.06 两种 NPLC 设置。34411A 则另增 0.001 和 0.002 设置。对于这两种数字万用表，您既可使用 NPLC 模式，也可用孔径模式工作，两者的设置是不同的。您现在对实际孔径设置有了多得多的控制，虽然 NPLC 的设置数是有限的。例如，孔径设置可以有 20 μ s 的分辨率。您最后规定的命令是数字万用表要服从的命令。您也可对数字万用表进行查询，了解其工作是处于 NPLC 模式，还是孔径模式。

不同的测量和测量技术

34410A/11A 数字万用表把高速模数转换采样技术与孔径积分时间相结合，用以进行直流和交流测量。34401A 使用精密模拟交流有效值转换器，而 34410A/11A 则直接采样交流信号和计算它的真有效值。这一高速模数转换采样系统能够：

- 在孔径积分周期期间进行实时的峰值测量
- 具有更高分辨率的更快直流测量 (6.5 位, 1000 读数/秒)
- 快 4 到 10 倍的交流测量
- 更精确地测量低于 10% 满度的小交流信号
- 抑制达 10:1 波峰因数的影响

实时峰值测量对测量直流信号上的噪声尖峰是非常有用的。把孔径设置为所要求的分辨率，在孔径时间内每 20 μ s 作一次 4.5 位测量，以评测峰值电平内容。比如在测量电源输出时，您可把 NPLC 设置为 1，以抑制交流电源的工频噪声，并开启峰值测量功能，这样就能测量电源纹波的峰峰电平，也不再需要专门进行交流电压测量。

测量和系统性能

34410A/11A 数字万用表结合使用了高速处理器和新的高速模数转换技术。测量采集有几种方式，定义如下：

1. 请求测量和把结果保存到读数存储器中的时间 (A)
2. 请求和从读数存储器中读出结果的时间 (B)
3. 请求进行一次测量和得到结果的时间 (C)
4. 请求连续测量和读出结果的时间 (C)

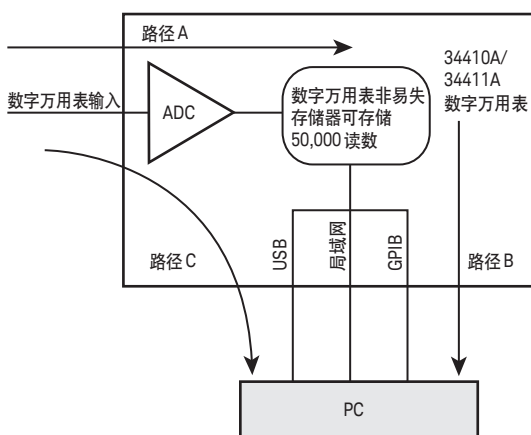


图 1. 测量采集路径

34401A 在通过 GPIB 进行 4.5 位分辨率测量时，最快为 1000 读数/秒。这是因为：

- 读数存储限制为 512 读数
- 处理器速度较慢
- 从 I/O 接口接受命令的开销较高
- 只有 ASCII 输出格式

34410A 和 34411A 数字万用表在所有这些方面都有改进。这里是它们的一些性能例子：

1. 请求测量和把结果保存到读数存储器中的时间 (A)
 - a. 命令分析速度比 34401A 快 10 倍以上
 - b. 每秒能把多达 50,000 读数保存到存储器中 (34411A)
 - c. 34410A 可以保存 50,000 读数, 34411A 可以保持 1,000,000 读数
2. 请求和从读数存储器中读出结果的时间 (B)
 - a. 能够以 ASCII 或二进制格式从读数存储器中读出数据
 - b. 在 LAN 上的 ASCII 速率超过 4000 读数/秒
 - c. 在 LAN 或 USB 上的二进制速率超过 200,000 读数/秒
3. 请求进行一次测量和得到结果的时间 (C)
 - a. 某些测量功能可以加快 3 到 10 倍
4. 请求连续测量和读出结果的时间 (C)
 - a. 连续直流测量的速度达 10,000 读数/秒 (34410A)
 - b. 连续直流测量的速度达 50,000 读数/秒 (34411A)

配置、功能和量程改变要比 34401A 快 2 至 5 倍，详细信息参见 34410A/11A 技术资料。

双触发系统

34401A 所使用的触发系统不允许精密测量采样。触发时延和采样间时延是同一值。如图 2 所示。触发时延总在无论需要多长时间的上一次测量后开始。34410A/11A 数字万用表保留了这种触发方法以实现兼容性。

现在您能通过 34410A/11A 数字万用表另增的触发模式实现精密采样。触发时延规定在触发事件发生后的等待时间。现在由内部计时器 (采样计时器) 确定读数间的时间步调。

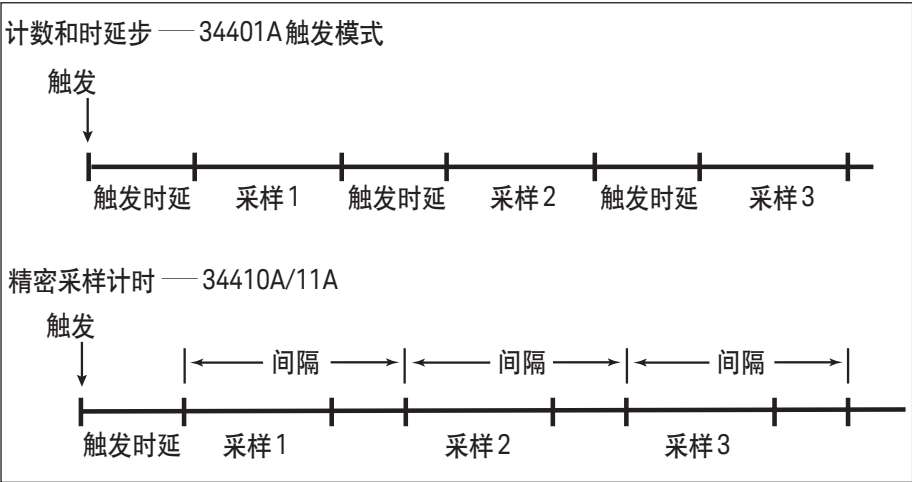


图 2

每个样本都可以变化，只要这些样本都不超过图 2 所示的间隔。通常各特定功能可使用最高速度设置，因此采样时间是相对固定的。但这种模式也可用于自动量程开启和自动归零开启的情况，此时获取多个读数——只要在间隔设置中考虑了最坏情况下的采样时间。

采样计时允许捕获机械-电气波形，高达 50,000 读数/秒 (34411A) 和直流前端电路输入带宽的组合允许对高达 8 kHz 的频率成分执行 6X 过采样。

连通性

34401A 提供 GPIB 和 RS-232 接口。34410A/11A 数字万用表提供 GPIB、USB 和 LAN 接口。增加的 LAN 接口还提供下面这些新功能:

- LAN VXI-11 协议 (在 LAN 上仿真 GPIB)
- LAN 套接字 (最快的通信方法)
- 用于远程访问数字万用表的网络服务器
 - 在测试系统中监视测量结果
 - 对仪表所有功能的完全控制
 - 可同时连接 3 个网络浏览器
 - 您能把读数剪切和粘贴到应用程序中
 - 不需要为 PC 和内部网络服务器的连接安装软件或驱动程序。您只要能访问互联网，也就能连接到该仪表。

USB 2.0 提供至个人计算机 (PC) 的快速接口，使数据记录操作简单，功能强大。您只需用 34410A/11A 数字万用表前面板上的 Data Logging 按钮设置测量，而不需要使用 PC。在测量进行中，测量结果即保存至非易失存储器。以后再把该数字万用表通过 USB 接口接到 PC，取出测量结果。

数学运算

34401A 规定自动归零和调零操作在各种功能路径的外面。如果自动归零开启，它就对所有功能开启。如果数学调零开启，它就用于当前所有被激活的功能。在您每次改变功能时，都必须重新调零。如我们在兼容模式中所指出，34401A 的这些功能命令和输入阻抗命令仍保持后向兼容性。

新的数字万用表把自动归零、数学调零和输入阻抗放在特定测量功能下。当您按前面板上的 Null 按钮时，调零即与该功能相关联。在转到其他功能再返回该功能时，调零继续有效。同样，自动归零对某些功能有效，而对另一些功能无效。

如前指出，您也可在获取测量结果时查询运算统计功能。而 34401A 不能作这类查询。



图 3



电气和机械兼容性

34410A 和 34411A 在机械结构上与 34401A 非常相似。前/后面板端子、电源输入模块和电流熔丝的位置也都相同。Voltmeter Complete 和外部触发改为垂直方向，以放置增加的 I/O 接口和冷却风扇。LAN 和 USB 连接器代替了 34401A 的 RS-232 连接器。34410A/11A 数字万用表的上架方式与 34401A 相同，只是短了 3 英寸 (~76 mm)。是德科技的许多新产品已换用这种较短的新机箱。您可用相同长度的上架互锁套件保证上架时不同深度机箱后面板对齐。

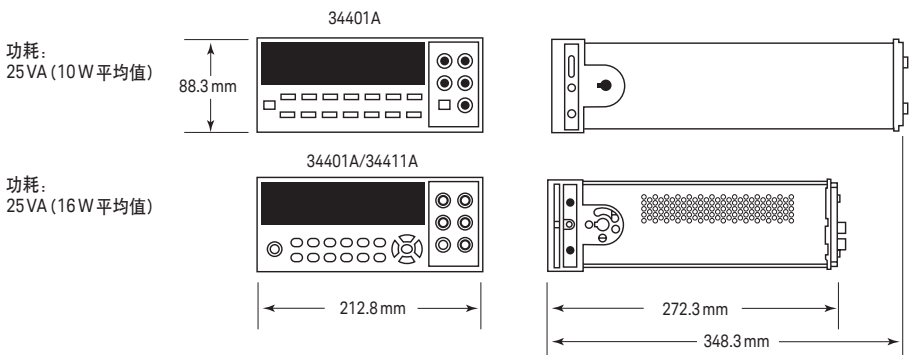


图 4. 功耗和体积规格比较

结论

我们已向您介绍了把 Keysight 34401A 应用过渡到新 34410A 和 34411A 数字万用表的重要概念。现在让我们回顾本应用指南的一些主要内容：

- Keysight 34410A/11A 提供许多新的特性和功能，如扩展的量程、电容和温度测量、更大容量的读数存储器，以及高得多的性能。
- 34401A 兼容模式能非常容易地过渡到 34410A/11A 数字万用表。
- 另增 LAN 和 USB 2.0 接口，用标准 PC I/O 扩展系统性能。
- 34410A/11A 数字万用表具有内置的网络服务器和系统就绪操作，从而能够极大增强您的系统。
- 34410A/11A 数字万用表在机械和电气特性上均与 34401A 兼容。

要了解有关 34410A 和 34411A 数字万用表的更多应用信息，请参见应用指南 5989-4039CHCN 《Keysight 34410A/34411A 61/2 位高性能数字万用表》。

术语

SCPI

可编程仪器标准命令。这是英语风格的程序语言，在仪表中已使用多年。

相关是德科技资料

技术资料

Keysight 34410A/34411A 61/2 数字万用表: 5989-3788CHCN

应用指南

AN 1389

数字万用表测量误差

AN 1389-1

数字万用表中的系统接线误差和直流电压测量误差

AN 1389-2

电阻、直流电流、交流电流、频率和周期测量

AN 1389-3

数字万用表中的交流测量误差

AN 1479

使用数字万用表和开关时缩短总测试时间的技术

AN 1392

进行更好的有效值测量