将 DAQ 用作数据记录仪时需要考虑的四件事



KEYSIGHT TECHNOLOGIES

引言

各行各业都存在一个日渐增长的趋势，即设计功能丰富的产品。产品中加入的功能越多，测试开发就越复杂。

那么，您是如何缩短测试开发周期，选择正确的元器件和设置来优化测试时间，以及提高测试系统精度的?

您需要在满足市场需求和项目截止日期的同时实现所有这些目标。数据采集系统可以帮助您实现所有这些目标。

在本电子书中，您将了解以下内容：

- 构成数据采集系统的部件
- 市面上可将物理参数转换为电信号的传感器或变送器的类型
- 可提高测量精度的电缆及连接类型
- 后端模数转换（ADC）的配置和权衡选择
- 如何最大限度地控制整个温度测量路径上的误差示例



图 1. DAQ970A 主机数据采集系统及其输入/输出模块

在开发测试系统时，可以使用此电子书作为指导。下文中有很多链接可以帮助您更深入地了解数据采集系统。

目录

将 DAQ 用作数据记录仪时需要考虑的四件事



第 1 章

数据采集系统概述

组成典型数据采集系统（DAQ）的元器件概述以及不同元器件类型和配置的优缺点

转到第 1 章 >



第 2 章

物理到电参数

检查将物理参数转换为模拟电信号的传感器类型和信号调理元器件。

转到第 2 章 >



第 3 章

电缆和输入连接

将电信号从传感器传递到测量系统的介质的关键考虑因素

转到第 3 章 >



第 4 章

将模拟转换为数字

精度、速度和分辨率之间的关系及其相互作用对测量保真度的影响

转到第 4 章 >



第 5 章

总结

最大限度地控制整个测量路径上的误差。关键知识点

转到第 5 章 >



第 1 章
数据采集系统概述

第 1 章

数据采集系统概述

DAQ 的需求

数据采集系统旨在收集有用的测量数据来进行表征、监测或控制。

对**产品进行表征时**，您可能需要：

- 测量多个输入，如十个温度点
- 测量多种输入（如电压、电流、温度）
- 优化测试精度和测量速度

在**监控产品或流程时**，您可能需要：

- 定期记录读数，如每分钟一次，记录 36 小时
- 在将数据记录到文件进行后处理分析的同时对数据进行预处理或计算
- 触发外部警报灯、警报器或控制系统以采取纠正措施

如需对**测试过程加以控制时**，您需要：

- 提供控制执行器、电机的模拟输出信号
- 提供控制器件的数字输出信号
- 使用切换卡路由信号，以便为测试信号供电或将其连接到器件

在从物理到电气部分会更对变送器进行更深入的探讨。

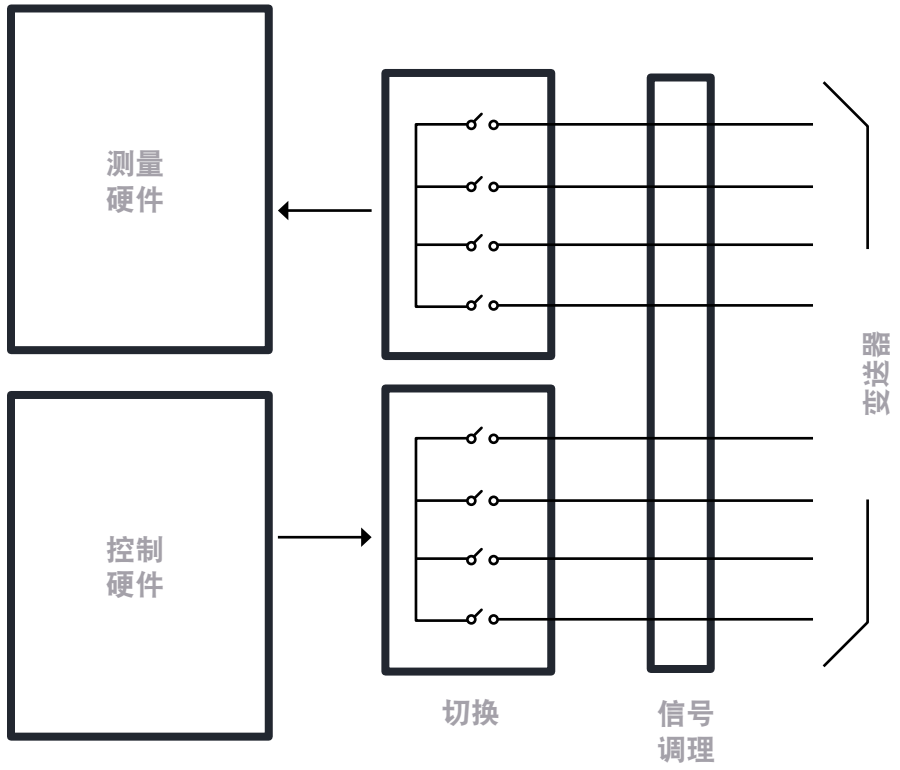


图 2. 典型 DAQ 系统的组成部分

DAQ 系统的测量硬件

测量硬件是 DAQ 系统的输入部分。它由模拟输入、数字输入和计数器输入组成。

模拟输入

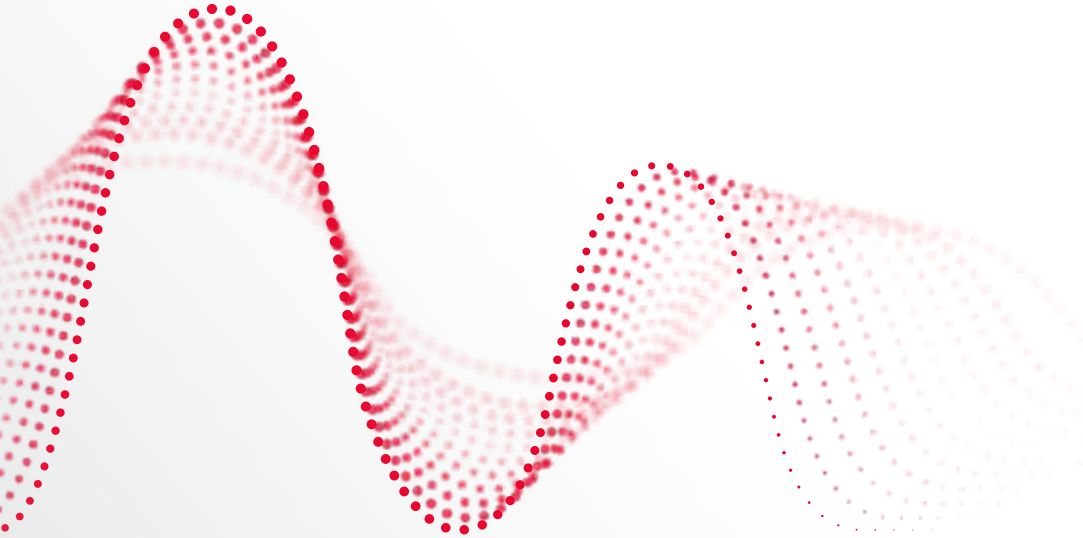
模拟输入通常是从变送器获取的直流电压。测得的电压可能与特定的温度、压力、流量或速度对应。模拟直流电压由 DAQ 系统的模数转换器（ADC）转换为数字数据。ADC 转换技术有很多种，通常分为两类：积分和非积分。积分技术测量指定时间间隔内的平均输入值，从而抑制许多噪声源。非积分技术在非常短的时间间隔内对输入（加上噪声）的瞬时值进行采样。

数字输入

某些数据采集系统包含数字输入卡，该卡通过检测数字位模式判定外部器件是否开启。数字输入卡通常包含 8 个、16 个或 32 个通道，可用于监控多个外部器件。例如，数字输入卡可以连接操作面板，以确定面板上各种开关的位置。

计数器输入

某些数据采集系统包含一个计数器卡，可用于对来自外部器件的事件进行计数。例如，计数器卡可用于数字脉冲的计数（总计），或是计算数字脉冲的持续时间（脉冲宽度）或数字脉冲的速率（频率）。



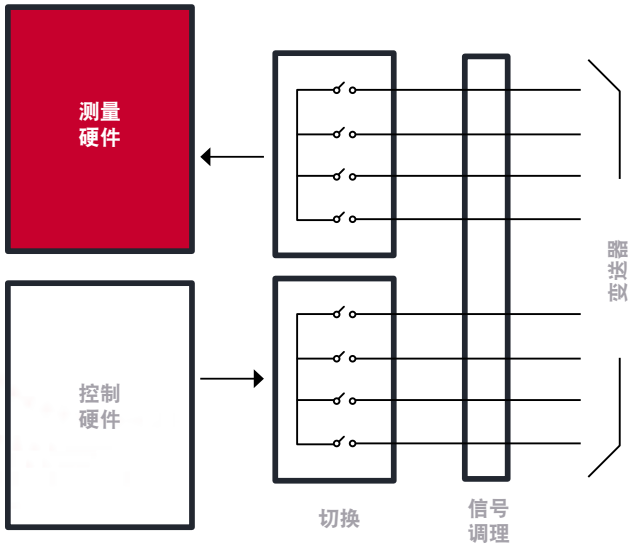


图 2a：典型的 DAQ 系统。测量硬件模块（突出显示）

DAQ 系统的控制硬件

控制硬件是 DAQ 系统的输出部分。它主要由模拟输出、数字输出和控制开关输出组成。

模拟输出

某些数据采集系统包含数模转换器（DAC），它的功能与模数转换器（ADC）相反。DAC 解析来自控制硬件的命令并输出相应的数字电压或电流。输出保持在此水平，直到控制硬件指示 DAC 输出新值。来自 DAC 的电压或电流可用于控制风扇的速度、阀门位置或泵流速。DAC 通常用于需要精确控制外部器件的应用。

数字输出

某些数据采集系统包含数字输出卡，该卡解析来自控制硬件的命令并输出相应的数字位模式。数字输出卡通常用于控制灯光，或将数字控制信号发送到外部器件。

控制切换输出

对于控制应用，可以使用切换卡形成完整电路，从而为外部风扇、泵或阀门供电。切换卡（通常称为执行器）的操作非常类似于向外部器件供电的灯开关。在需要切换高压和高功率的应用中，通常用切换卡来代替数字输出卡。

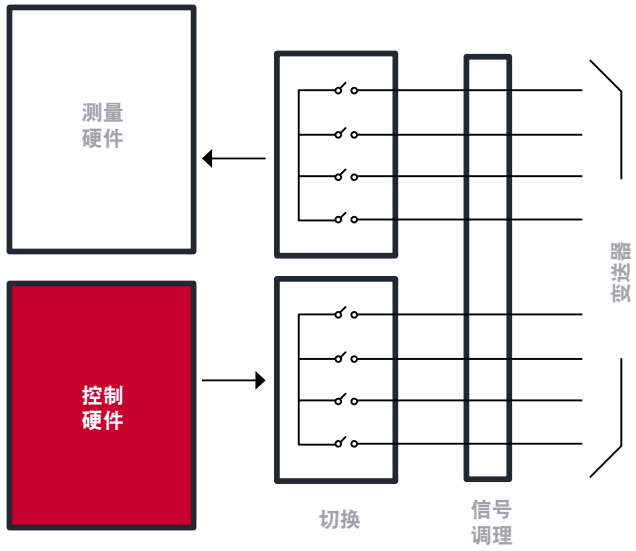


图 2b：典型的 DAQ 系统。控制硬件模块（突出显示）

DAQ 系统的切换和信号调理

切换硬件

簧片和电枢继电器这样的机电开关在低速应用中很常见。一个关键的优点是它们能够切换高电压和电流电平，但它们的切换速率仅限于每秒几百个通道。而且，由于它们是机械装置，因此最终会磨损。场效应晶体管（FET）和固态继电器这样的电子开关通常用于高速应用。除了具有快速切换功能之外，它们不包含任何活动部件，因此不会磨损。电子开关的缺点是它们通常不能处理高电压或高电流，并且必须具有高阻抗才能保护自身免受输入尖峰和瞬变的影响。

信号调理硬件

在将信号发送到测量硬件之前，信号调理可对信号进行放大、衰减、线性化处理或隔离来自变送器的信号。信号调理将信号转换为系统更好测量的形式，在某些情况下，能使信号可以被测量。

信号调理的示例（图 3）包括：

- 放大小信号
- 衰减大信号
- 用于温度测量的热电偶补偿
- 滤波以消除系统噪声

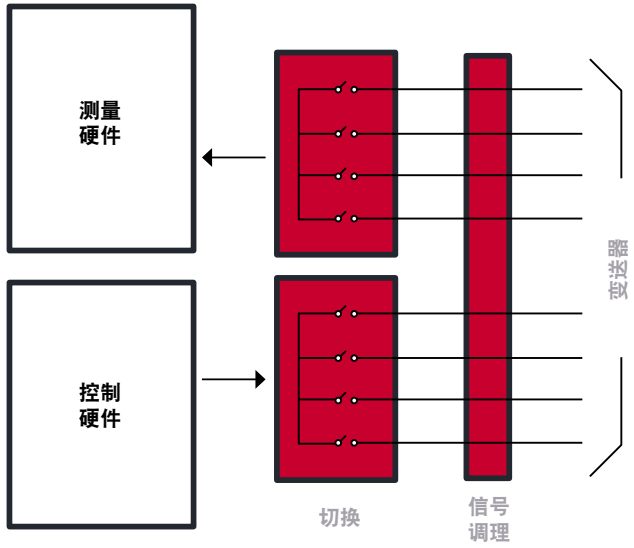


图 2c：典型的 DAQ 系统。切换和信号调理模块（突出显示）

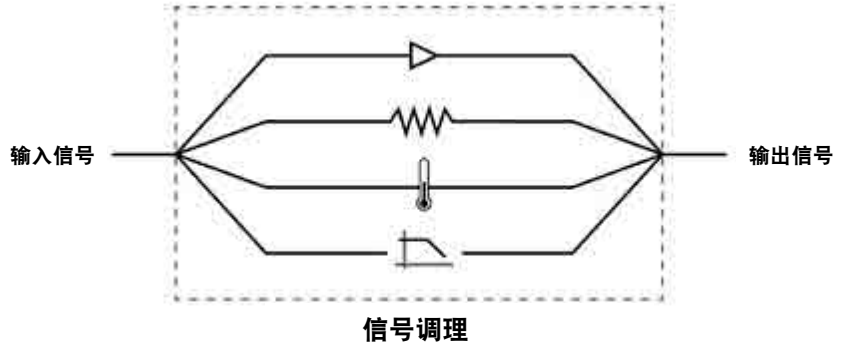


图 3：信号调理操作简化模块

可能的应用

DAQ 用在哪些地方?

- **化学反应器的温度曲线**
- **下雨时卫星通信信号的衰减**
- **食品储存的湿度测量**
- **智能建筑中的 HVAC 应用**
- **电动汽车性能监测**
- **冰箱的冷却效率**
- **热电实验室热传导**
- **潮汐现象**
- **太阳能研究**
- **风向和风速**
- **电池和燃料电池测试**









这些应用有什么
共同之处?

› **不同时间的数据记录** ‹

› **温度曲线** ‹

› **耐久性和可靠性测试** ‹

数据采集系统系列

DAQ 分为几种不同类型。它们各自的基础架构大体相同，如最后几页所述，但外形有不同之处。

1. 基于 PXIe 的 DAQ 具有：

- 高速测量、多个并行同步测量功能，可选择多路复用多达四倍的通道
- 高分辨率
- 大输入范围
- 常用于：航空航天与国防、汽车行业

2. 高性能多功能切换/测量单元具有：

- 高扫描速率，最高 1000 通道/秒
- 在一个主机中提供多达 560 个双线通道或 4096 个矩阵交点
- 常用于：不同行业的大规模测试系统

3. 通用 DAQ 和开关单元具有：

- 高达 450 通道/秒的扫描速率，满足许多一般应用的要求
- 最多 120 个 2 线通道
- 常用于：不同行业的中小型测试系统

4. USB DAQ 具有：

- 性能较低的低成本解决方案
- 常用于：教育，小规模项目测试系统

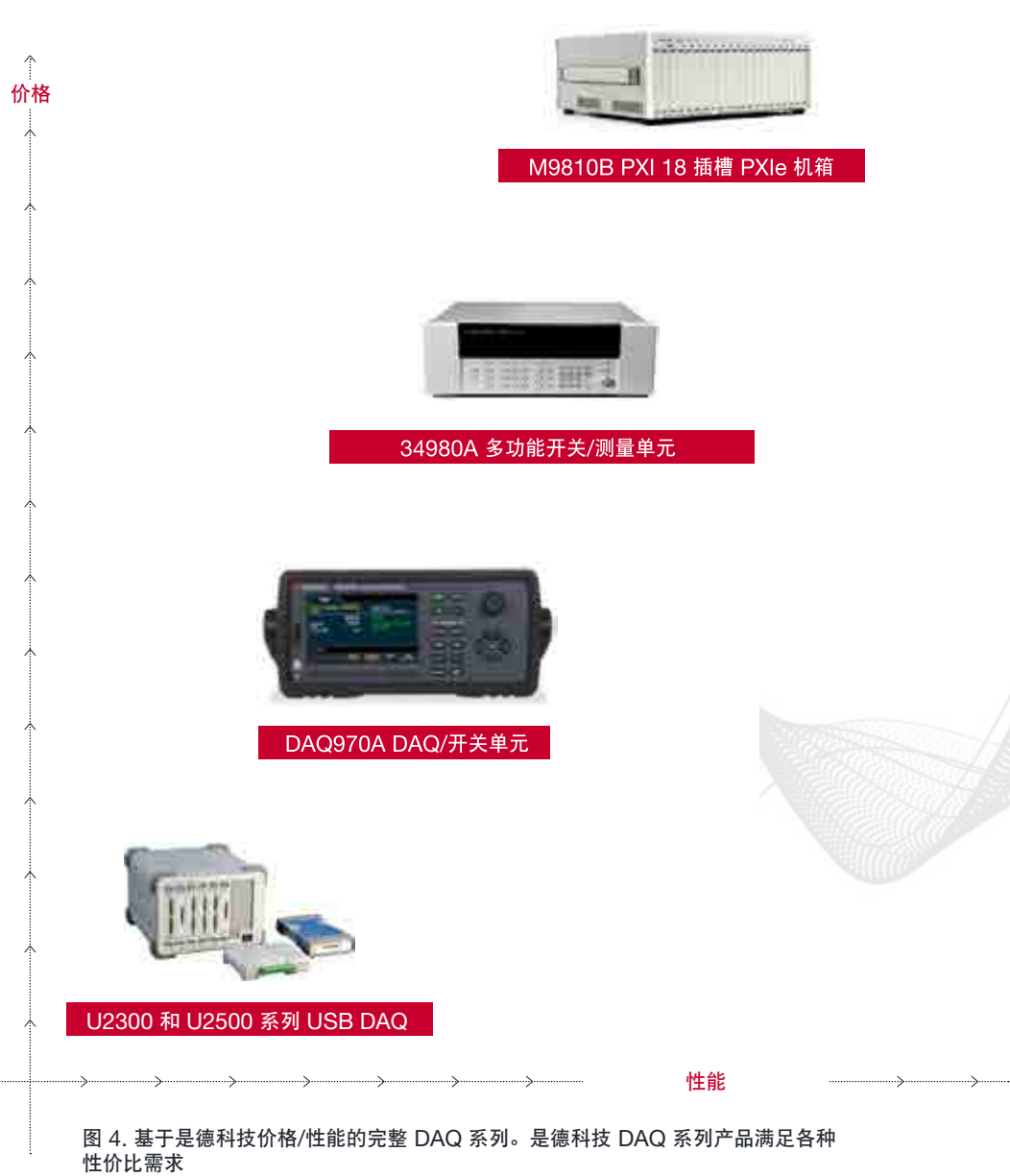


图 4. 基于是德科技价格/性能的完整 DAQ 系列。是德科技 DAQ 系列产品满足各种性价比需求



第 2 章

从物理到电气

第 2 章

将物理参数转换为电信号

变送器（或传感器）是将物理参数（如温度、流量、压力、应力等）转换为电参数（如电压、电流、电阻等）的器件，参见图 5。电气参数由测量硬件测得，结果转换为工程单位。例如，在测量热电偶时，测量硬件实际读取直流电压，然后使用数学算法将其转换为对应的温度。图 6 所示为几种类型的变送器及其对应的输出。



图 5. 转换为各种电信号的物理参数

测量	典型变送器类型	典型变送器输出
温度	热电偶	0 mV 至 80 mV
	RTD	2 线或 4 线电阻，5 Ω 至 500 Ω
	热敏电阻	2 线电阻，10 Ω 至 1 MΩ
压力	固态开关	±10 Vdc
流量	旋转类型 热类型	4 mA 至 20 mA
应力	电阻要素	4 线电阻，10 Ω 至 10 kΩ
活动	限位开关	0 V 或 5 V 脉冲序列
	光学计数器	
	旋转编码器	
数字	系统	TTL 电平

图 6. 变送器类型及其对应的输出一览表

传感器、执行器和变送器

传感器是将物理参数转换为电信号的一种*变送器*。在前文中我们讨论了许多类型的传感器，如热电偶、热敏电阻、旋转编码器等。

传感器可进一步分类为无源传感器或有源传感器。

当相应的物理参数发生变化时，*无源传感器*的电阻、电容或电感特性也会发生变化。它们需要外部电源来产生电输出。举例来说，热敏电阻不产生电信号，而是会对应温度变化改变电阻值。如果在其电阻上引入电流，就可以测量输出电压来检测温度变化。

当外部物理环境发生变化时，*有源传感器*会产生电流。这种传感器包括热电偶、压电传感器和光电二极管。



压电传感器



热电偶

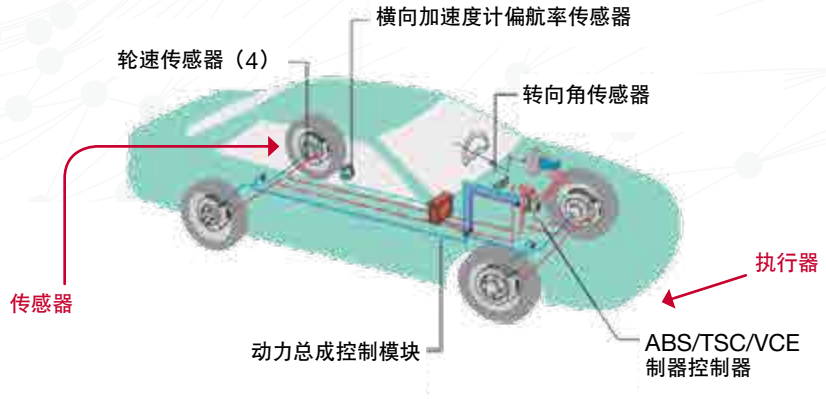


光电二极管传感器

执行器与传感器正好相反。它将电信号转换成物理参数，即物理运动或声音。数据采集系统可配备模拟或数字输出信号，以控制执行器来控制温度、控制流体流量、施加压力或是用电机驱动运动。

传感器和执行器通常一起工作。汽车就是一个很好的例子。

在汽车上，传感器测量油的流量、水温等。这些数据传送到汽车的计算机，计算机对数据进行分析并激活某些执行器。对于配备了防撞系统的汽车，速度传感器和雷达将数据反馈至汽车的计算机。如果计算机检测到即将发生碰撞，它会激活执行器（在这种情况下是制动器）来使汽车减速。



图片来自美国国家公路交通安全管理局 NHTSA

温度传感器类型的比较

温度传感器有几种类型可供选择。
热电偶、电阻温度检测器（RTD）和热敏电阻是目前使用的三种最常见的传感器。

最常用的温度传感器是热电偶，因为它具有多功能性。热电偶由两根不同的金属丝制成，它们焊接在一起形成小珠。热电偶成本低廉、坚固耐用，可长距离运行，能自行供电，有多种类型覆盖各种温度范围。

RTD 在技术层面包括热敏电阻器件，然而，“RTD”这一术语已经用于表示专门的纯金属探测器而不是更为普通的半导体电阻元件。RTD 可在很长一段时间内保持精度和稳定性。

热敏电阻是一种能随温度改变其电阻值的器件。它们与温度成反比，即随着温度升高，元素的电阻降低。

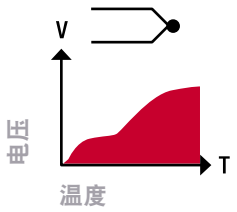
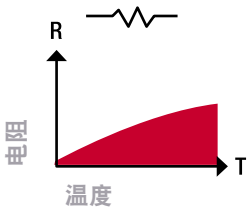
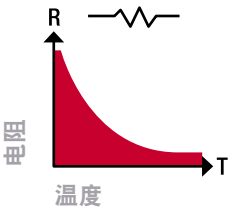
	热电偶	RTD	热敏电阻
			
优点	• 自供电 • 简单 • 价格低 • 坚固耐用 • 外形多变 • 宽广的温度范围	• 最稳定 • 最准确 • 线性度比热电偶高	• 高输出 • 双线电阻测量
缺点	• 非线性 • 低电压 • 需要参考 • 最不稳定 • 灵敏度最低	• 价格高 • 需要电流源 • 阻值变化小 • 4 线测量 • 自热	• 非线性 • 有限的温度范围 • 易碎 • 需要电流源 • 自热

图 7. 温度传感器类型比较 — 优缺点

第 3 章

电缆和输入连接

第 3 章

屏蔽双绞线需求

一旦我们使用传感器将物理现象转换为电信号，我们就想要将其发送给仪器。这样做可能会遇到很多问题，特别是当我们使用错误的电缆或连接不正确时。大多数人遇到的主要问题是噪声。

一种降低系统噪声的方法是**始终使用屏蔽双绞线电缆**。线束中的每对导线绞合在一起，这样可以减少来自其他导线对的串扰干扰。

屏蔽电线可减少电磁和射频干扰。

智能电话、笔记本电脑或其他电子设备之类的个人设备都是电磁波的源头，会将噪声引入我们想要在仪器中测量的电信号。

试想一下：

家里的音频设备总是使用屏蔽电缆来获得纯净的声音，那在工作测量中我们为何不同样这么做呢？

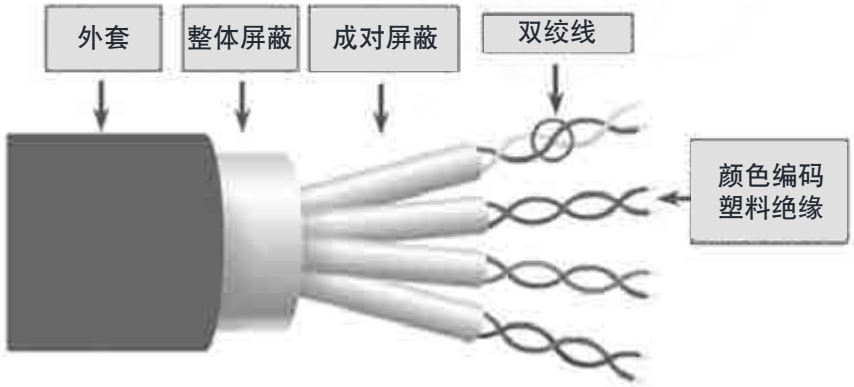


图 8. 屏蔽双绞线电缆示意图

差分输入需求

DAQ 的电缆和信号输入既可以是单端输入，也可以是差分输入。选择任何一种类型的电缆都有明显的优缺点，但差分输入的优点比单端电缆更多一些。差分信号通常与紧密双绞线结合使用，以减少或抵消电磁噪声的产生。因此，它具有出色的信噪比和较少的定时误差。

选择差分而不是单端有如下几个原因：

1. 减少 EMI 或电磁干扰。
2. 减少来自附近电缆的串扰或干扰。
3. 传输极低电压信号，特别是毫伏范围的信号。低压信号易受噪声干扰。
4. 传输低压数字信号以节省功率。
5. 实现数字信号交叉或数字切换的精确定时。

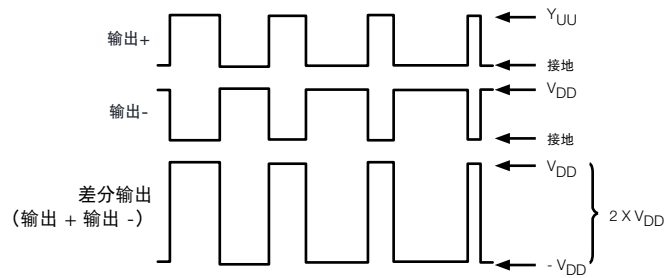


图 9. 差分输出来自两个互补信号（输出+/输出-）

差分信号
具有出色的信噪比。它通常
与双绞线一起使用。

隔离输入需求

某些数据采集系统具有内置的隔离输入。隔离输入有什么好处?

1. 作为用户，隔离可为您带来安全保护，通过施加屏障将您与高压隔离。

2. 隔离会断开接地回路，从而提供更好的测量精度。

关于隔离您还应该知道什么?

1. 隔离可以是数字隔离，也可以是模拟隔离。数字信号往往具有可能对小模拟信号有害的谐波，并且在放大时可能会变得更糟。在两侧进行隔离有助于更准确的测量。

2. 某些 DAQ 系统会指示仪器内置隔离的类型和程度。某些隔离可以是通道到通道隔离或通道到地隔离。

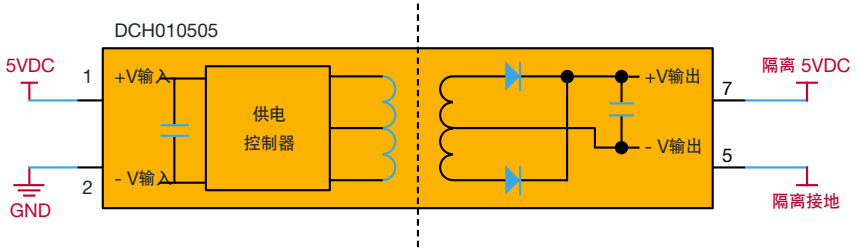


图 10. 隔离输入电路图

隔离输入提供安全屏障，
断开接地回路，防止通道之间
产生串扰

噪声抑制需求 — 电源线

电缆上的主要噪声源之一为电源线（图 11）。我们讨论过几种消除或降低噪声的方法，例如差分信令、使用屏蔽双绞线电缆和隔离输入。下面我们来讨论抑制电源线噪声的另一种方法。

某些 DAQ 系统具有内置的积分模数转换器。这类模数转换器可以抑制电源线噪声，称为串模抑制（NMR）。它通过测量平均直流输入（在固定周期内积分）来实现抑制。这一周期通常大于电源线周期（PLC）。

如果将积分时间周期设置为杂散输入的电源线周期的整数值，那么这些误差（及其谐波）的平均值约为零。

PLC 的数量和测量速度之间存在折衷。增加 PLC 的数量意味着模数积分时间更长。基本上，您会牺牲测量速度来获得更好的 NMR。

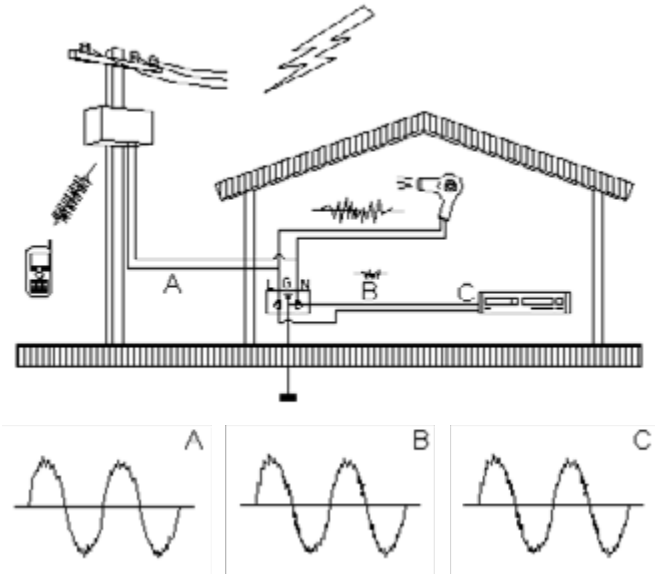


图 11. 电源线噪声来自各种源

位数	NPLCs	积分时间 60 Hz (50Hz)	NMR
4½ 快	0.02	400.7 µs (400 µs)	-
4½ 慢	1	16.7 ms (20 ms)	60 dB
5½ 快	0.2	3 ms (3 ms)	-
5½ 慢	10	167 ms (200 ms)	60 dB
6½ 快	10	167 ms (200 ms)	60 dB
6½ 慢	100	1.67 s（2 s）	70 dB

图 12. DAQ 系统上的 PLC 设置测量表示例

噪声抑制需求 — 接地环路

噪声抑制很重要，特别是要尽量控制接地环路的影响。

如果被测器件（DUT）、DAQ 和万用表以公共接地为参考，则会产生接地回路。如果两个接地参考点之间产生电压，那么该电压会表现为测量中的误差。图 13 中的电路显示 DMM 和 DUT 接地参考之间出现了电压。该接地电压造成电流流过两根接地引线之间的 LO 测量引线，带来偏置电压和噪声。这样会造成误差电压（VL），从而导致万用表测量不准确。

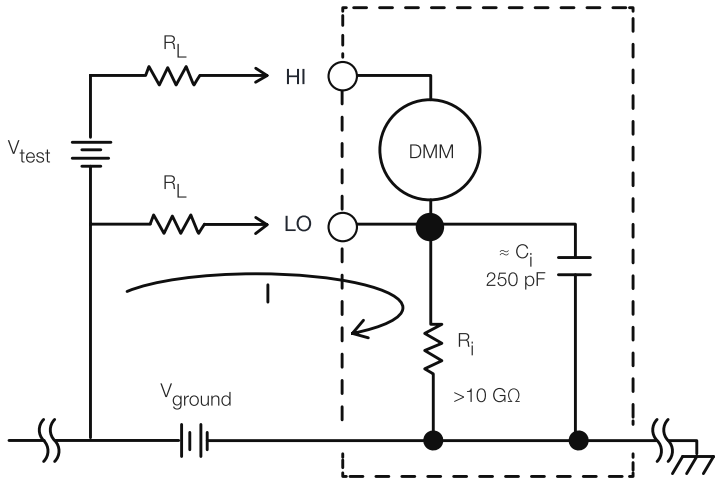
那么，如何将 Vground 或接地噪声电压控制到最低?

1. 可以使用大 DMM 隔离电阻。对于直流接地回路，只要 DMM 隔离电阻（Ri）的值（意味着两个电位之间的空气）较大，在测量 mV 及以上电压时，误差会相当微不足道。

2. 保持低电平信号的接地路径尽可能短。这适用于直流接地回路。

3. 来自接地回路的更大噪声和误差源是交流分量。在大多数低频应用中，接地回路噪声来自 50 或 60 Hz 电源线。使用 DMM 的模数积分器来消除串模噪声。

4. 如果您的测试环境包含高频信号、高速数字信号或是中继或电机等噪声分量，最好将敏感电压测量值放到单独的接地电位上。



R_L = 引线电阻

R_i = DMM 隔离电阻

C_i = DMM 隔离电容

V_{ground} = 接地噪声电压

I = 导致的电流流动

$Z \approx Z_{Ci} = \frac{1}{2\pi fC} \approx 10M\Omega$ 50 或 60Hz

$V_L = I \times R_L$

$$V_{ground} = \frac{V_{ground}}{R_L + Z}$$

图 13. 测量期间如何出现接地回路的描述

第 4 章

将模拟转换为数字

第 4 章

影响测量保真度的因素

进行测量设置时，您始终希望确保测量结果具有高保真度。这意味着您的仪器和测量具有高度精度和分辨率。

调整测量设置时的另一个重要考虑因素是测量速度。但是，仪器上没有按钮或旋钮可以向上或向下调节速度。测量速度通常受其他测量设置的影响。这些设置包括分辨率、平均值的使用、校准、降噪程度等。

因此，精度、速度和分辨率会相互作用并对测量保真度产生影响。

> 测量保真度指测量精度和分辨率的程度。



精度和分辨率

这是 DAQ 系统进行的电压测量，向我们展示了精度与分辨率之间的关系。参见图 14 中的插图。

- 分辨率指可以测量的详细程度，或有效位数。
- 精度衡量这些数字的好坏程度，或者您可以信任它们的程度。

我们来看一下示例（图 15）中的最后一位数字 — 数字“7”。由于我们在 100 mV 范围内，数字“7”代表 700 nV。因此，在 100 mV 范围内，我们的分辨率是 100 nV。

但是，实际值真的是 700 nV 吗？也许如此。与实际值相差 700 nV 就是我们所说的精度。

因此，具有更高的分辨率并不一定意味着您具有更高的精度。

精度较低的 6.5 位电压表并不比精度高的 5.5 位电压表好。

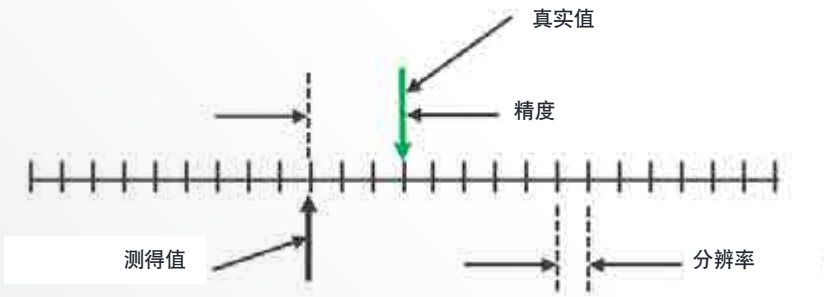


图 14. 显示与真实值相比测得值的分辨率比例和精度。



图 15. 该 DAQ 系统测得的最低电压分辨率

速度对分辨率有何影响?

那么速度呢？它与分辨率有何关系?

速度是 ADC 捕获数据样本的迅捷程度，或者是样本之间所用时间的度量。图 16 为是德科技万用表与其他品牌万用表之间的比较，可以解释速度对分辨率的影响。

在图表中，Keysight DAQ970A（集成了 6.5 位 DMM）用蓝线表示，是德科技的 34470A（7.5 位万用表）用红线表示。“其他”线是一台具有 7.5 位万用表的 DAQ，用绿线表示。当采样速度增加时，您可以看到绿色的分辨率迅速下降。当速度超过 300 个样本/秒时，竞品“其他”的 7.5 位万用表的分辨率为三者中最低。

由此可知，当 ADC 采样速度增加时，分辨率会降低。检查技术参数以确定不同速度下 DAQ 的分辨率，确认 DAQ 的最高要求速度实际上能满足您的分辨率要求。

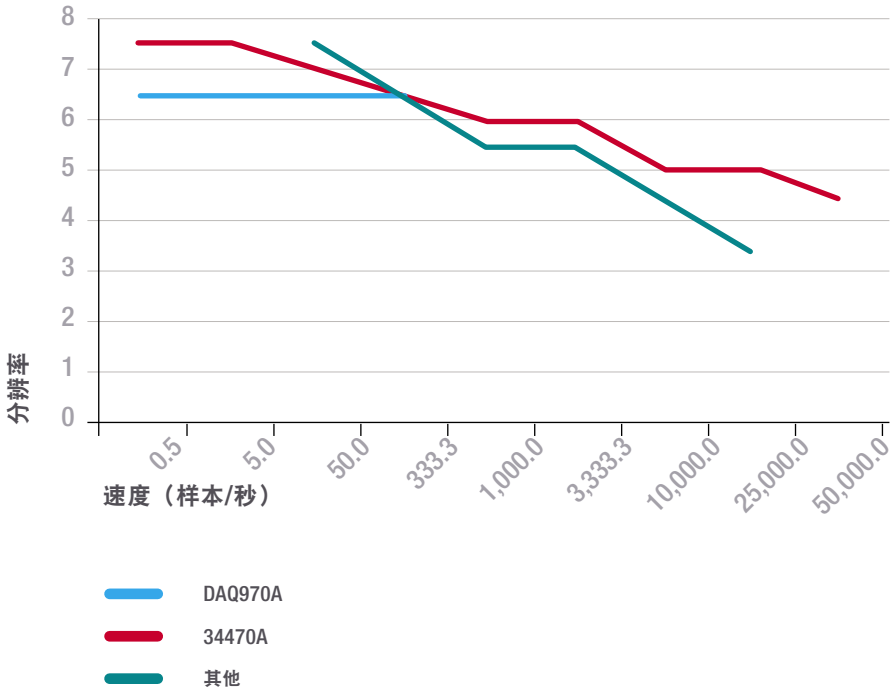


图 16. 该 DAQ 系统的电压表测得的最低电压分辨率

灵敏度对分辨率的影响

灵敏度指的是可以检测到的测量信号的最小变化。它取决于仪器的分辨率和最低测量范围。使用正确的范围对于测量信号的最小变化非常重要。范围越小，我们可以检测到的变化就越小。

例如，在图 17a 中，DAQ 万用表在 10 V 范围的灵敏度为 10 µV。（最后一位为 10-微伏位）。

但是，在图 17b 中，同一 DAQ 万用表在 300 V 范围的灵敏度为 1000 µV 或 1 mV。（基于最后一位）。

因此，您可以将范围降到最低，而不会出现“过载”错误（测量值超出范围），从而最大限度地提高测量灵敏度。

使用正确的范围可确保您能够测得测量信号的最小变化。

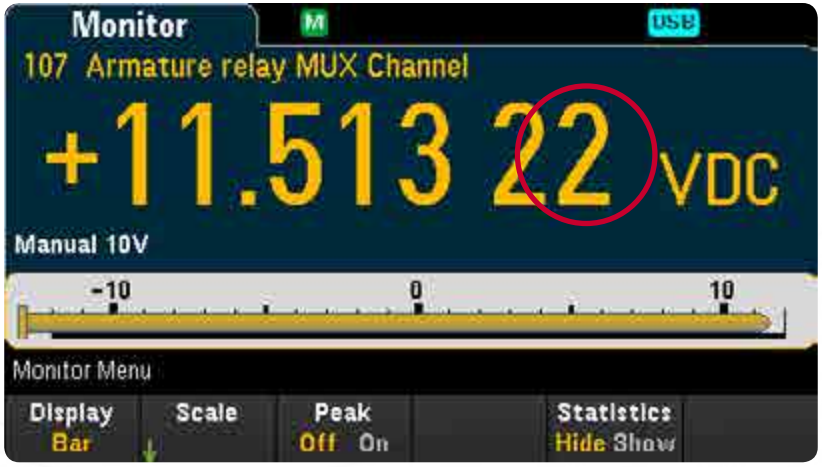


图 17a. 10 V 范围的最低电压分辨率（灵敏度）

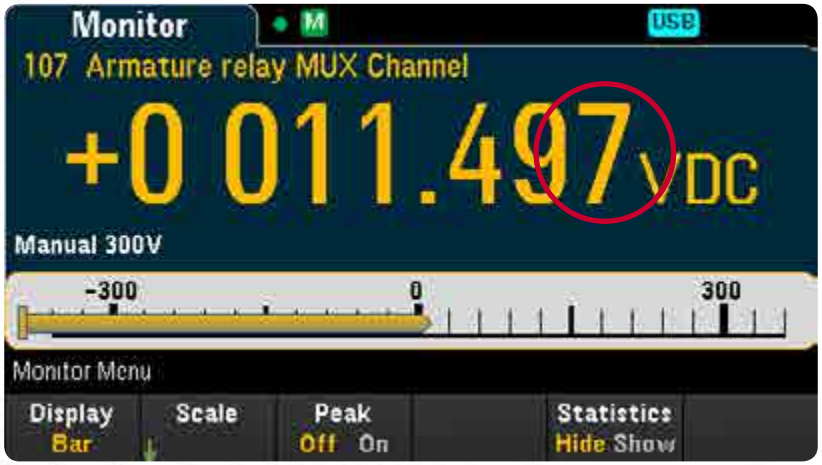


图 17b. 300 V 范围的最低电压分辨率（灵敏度）

第 5 章
总结

第 5 章
总结

总而言之，我们以热电偶的温度精度为例来说明为什么沿测量路径进行观察非常重要。

虽然热电偶看起来像一个一端连接两根导线用于测量的简单传感器。但是，为了准确测量热电偶接点的电压，有几个方面需要考虑。

1. 我们需要确保热电偶的结构合理，并且具有正确的工作精度。
2. 我们需要一个冷接点参考来消除 DAQ 端子连接点的热电偶效应。
3. 我们需要将热电偶的非线性电压测量值转换为温度读数。数学函数必须内置到 DAQ 中，以便将非线性电压读数转换为温度。

为了提高精度，我们需要考虑 DAQ 系统的每个元器件，包括传感器、电缆、信号调理和 ADC。这些阶段的任何误差或错误都会导致结果不准确。

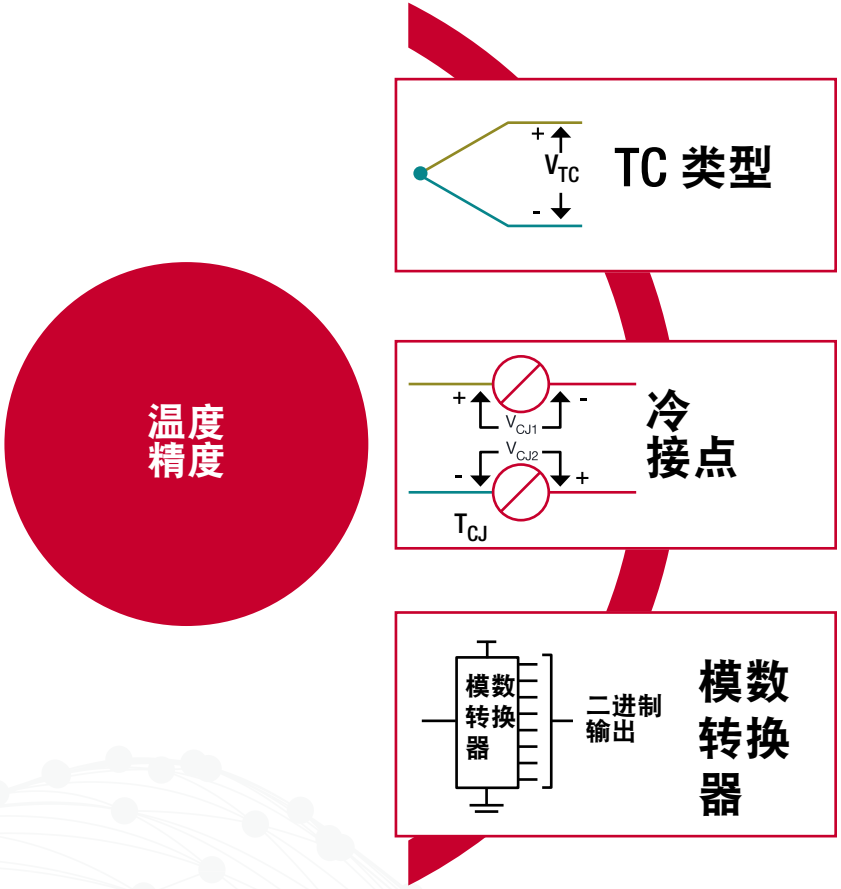
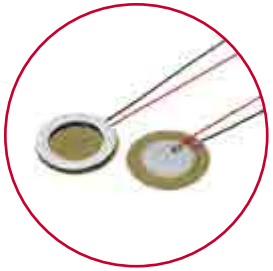


图 18. 减少温度测量路径上的误差

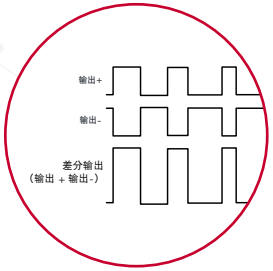
关键知识点



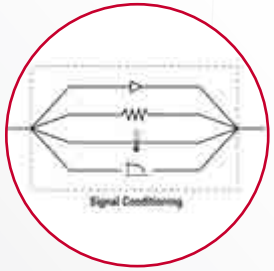
选择振幅范围和频率带宽匹配物理现象的测量器件



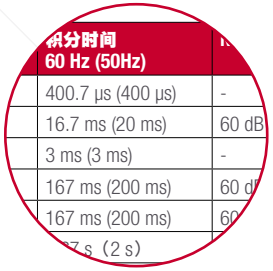
选择匹配物理现象特性的传感器



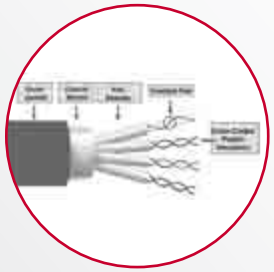
使用具有差差分输入的测量器件



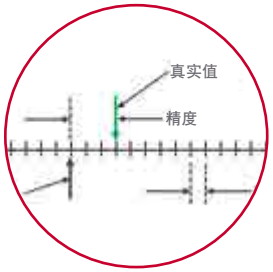
如有必要，进行适当的信号调理



使用具有噪声抑制功能的测量器件



使用屏蔽双绞线电缆，尤其在有噪声之处



使用能优化其分辨率的测量器件

DAQ970A 数据采集系统介绍

- 内置 6.5 位数字万用表让您能测量非常低的电流范围（1 µA 直流和 100 µA 直流）和较高的电阻范围（1000 MΩ）。
- 快速了解多种信号类型和传感器的信息。数据采集易于配置和运行，无需编程。
- 一种新型固态多路复用器，具有更快的切换速度（在 7 个现有模块之上）。
- BenchVue DAQ 应用软件。无需编程即可轻松配置测量和测试自动化。
- 内置内部模块校准可降低热电压偏置误差。
- 更高的性能和灵活性，同时保持与 34970A/72A 的兼容性。



有关 DAQ970A 的更多信息，请访问：
www.keysight.com/find/daq

如欲了解最新的教程、技术和最佳实践，请访问 Keysight Bench Facebook 页面，收看是德科技实验室 YouTube 频道，以及在 Twitter 上关注是德科技示波器专家的动态。



本文中的信息可不经通知而更改。| 5992-3179CHCN © Keysight Technologies, 2018 Published in USA, October 5, 2018 | keysight.com
蓝牙® 和蓝牙® 标识是美国 Bluetooth SIG 公司拥有的注册商标，并已经由该公司许可是德科技公司使用。