

# 8位產業專家 探討儀器儀錶 在現代技術中的作用



主辦單位



# 目錄

|                    |    |
|--------------------|----|
| 專家介紹               | 3  |
| 簡介                 | 4  |
| 前言                 | 5  |
| 第1章：<br>電子測試與量測    | 6  |
| 第2章：<br>科學儀器       | 11 |
| 第3章：<br>從實驗室設備到測試點 | 16 |
| 瞭解相關專家的更多資訊        | 20 |



# 專家介紹

透過儀器儀錶、或測試與量測，我們可以觀察、量測並能更瞭解我們所身處的世界。因此，這也是推動技術進步的根本因素。為了追求技術精益求精，並推動社會朝向更美好的未來發展，我們首先需要改善儀器儀錶來發揮引領作用。關於儀器儀錶在現代技術中的作用，我們對8位專家進行了採訪。

希望大家喜歡他們的見解！



**David Rogelberg**

Mighty Guides Inc.

出版人員

david@mightyguides.com

(516) 234 2969



 **Mighty Guides**



**Daniel Braunworth**

ADI市場經理



**Alexander Chenakin**

Anritsu技術長



**Pranay Kinra**

Rohde & Schwarz  
專案主任工程師



**Armen Kirakosyan**

National Instruments  
首席系統設計工程師



**Mher Minasyan**

National Instruments  
資深應用工程部門經理



**Jason Muller**

Thermo Fisher Scientific  
資深儀器儀錶工程師



**Brian Pelletier**

ADI儀器儀錶市場  
業務開發總監



**David Rowe**

ADI儀器儀錶事業部  
行銷總監



# 簡介

現代技術的進步徹底改變了我們的生活方式和與全球互動的方式。串流影音改變了娛樂領域。社交媒體和視訊會議改變了我們溝通和分享的方式。自主機器人改變了製造業、電動車和自動駕駛顛覆了交通運輸產業，高性能運算也協助推動著人工智慧取得突破性進展。但是，在這些技術改變世界之前，我們如何知道這些技術能夠發揮作用呢？

每項偉大技術的背後都離不開測試與量測，而支援測試與量測的工具則被稱為儀器或儀器儀錶。儀器儀錶是指用於量測、監控和控制系統或過程內變數的工具、元件和設備的集合。

任何元件或系統在進入市場之前，都需要在開發的每個階段經過嚴格驗證，以確保其符合安全性和功能性

標準，以及最近增加的永續標準。物理領域的研究也是如此，實驗必須使用高度精準且可靠的設備來進行驗證。在此一方面，測試已經擴展至電子設備、科學發現及環境感測和量測等各個領域。

要完全相信產品可以投入現場使用，可靠精準的儀器儀錶必不可少。然而，隨著技術越來越先進和複雜，儀器儀錶也面臨一些嚴峻的挑戰。

在本電子書中，我們將探討一些重要的儀器儀錶領域，並介紹ADI的解決方案如何支援儀器儀錶，以因應技術進步的複雜性。

**Mighty Guide**助您增強實力。

來自頂尖專家的可靠建議協助您作出明智決策。明智的決策將使您進一步強化。

閱讀**Mighty Guide**，就像您擁有自己的專家團隊一樣。這些權威且多樣化的指南提供對相關主題的全面資訊。它們協助您探索、比較和對比各種觀點，以便您確立適合自己的觀點。



# 前言

作者：ADI儀器儀錶事業部企業副總裁**Karim Hamed**

儀器儀錶和測試市場引領創新。從電氣化到無處不在的连接，再到人工智慧和機器學習，所有主要的大趨勢在研發、製造和現場部署過程中都需要經過高效可靠的測試。在這個激勵人心的領域中，ADI作為領先的創新企業，致力於提供著能夠突破可能性邊界的關鍵技術。

本電子書深入研究高性能儀器儀錶領域，探索ADI的精密技術及其高速和射頻解決方案在推動測試與量測市場取得引領進展方面發揮的關鍵作用。本電子書將協助您更深入地瞭解：

- 對現代儀器與日俱增的精度、速度和效率要求。
- ADI的技術組合如何協助工程師克服這些挑戰，並開啟新的可能性。
- ADI解決方案能夠產生實質性影響的許多應用領域，範圍涵蓋各個產業和科學學科。

在您瀏覽本電子書中解決方案的同時，我們也邀請您探索高性能儀器儀錶的巨大潛力，並瞭解ADI的技術如何為這個充滿活力的市場形塑未來。



全球領先的半導體公司，致力於現實世界與數位世界間搭建橋樑，以實現智慧邊緣領域之突破性創新。ADI提供結合類比、數位和軟體技術之解決方案以推動數位化工廠、汽車和數位醫療等領域之持續發展，因應氣候變遷挑戰，同時建立人與世界萬物的可靠互聯。

更多資訊請瀏覽[www.analog.com](http://www.analog.com)。



Mouser Electronics為Berkshire Hathaway旗下公司，是一家授權半導體和電子元件代理商，專門致力於提供各領先製造商合作夥伴的新產品。作為一家全球代理商，Mouser以網站[www.mouser.com](http://www.mouser.com)服務全球電子設計工程師和採購人員，提供多語言和多貨幣交易支援，代理超過1,200家品牌製造商的680多萬種產品。Mouser透過遍佈全球的27個客戶支援中心，為客戶提供無時差的當地語系化貼心服務，並支援使用當地貨幣結算，並於德克薩斯州達拉斯都市區擁有占地100萬平方英尺的先進配送中心，從此處將產品運送至全球223個國家/地區、超過65萬個顧客手中。

如需瞭解更多資訊，請瀏覽：[www.mouser.com](http://www.mouser.com)。

# 第1章

## 電子測試與量測

電子測試與量測是儀器儀錶的重要領域之一。電子測試與量測涉及使用專業設備和技術來評估電子元件、元件和系統的性能、功能及可靠性。有鑑於電子領域的廣泛多樣性，電子測試與量測涵蓋各類測試內容，包括簡單的電壓和電流量測，以及複雜的訊號分析和系統診斷。同樣的，該測試幾乎可在任何地方進行——從達到工業級使用規模的實驗室設備，到個人化可攜式行動設備。

電子測試與量測的一個關鍵領域是通訊測試，其中涉及不同類型通訊系統的測試，包括實體層和更高級別的協議層。如果進一步細分，通訊測試可分為兩大類：有線和無線，而這兩個類別都面臨技術需求和複雜性不斷增加的挑戰。

為了跟上不斷發展的技術、介面和協定，測試設備製造商一直飽受困擾。如今，積體電路(IC)的速度更快，也更加智慧，被測元件(DUT)控制和先進的OTA(over-the-air)介面也需要具備低延遲數位通訊。」



**Armen Kirakosyan**

National Instruments首席系統設計工程師



「  
從研發階段一直到整個開發鏈、再到生產階段，現代電子設備離不開隨處可見的儀器儀錶基礎設施。儀器儀錶確實是所有電子設備的支柱。」

David Rowe

ADI儀器儀錶事業部行銷總監



對於無線通訊而言，在導入新技術和協定後，資料速率和頻寬隨即變得更高。例如，從4G到5G蜂巢式網路的演進便明顯提升了資料速率、降低了延遲，同時增加了頻寬和聯網裝置的容量。6G將在這些方面進一步提升，同時關注永續性和人工智慧。為了確保元件合規且符合認證標準，這些進步帶來了高度的測試挑戰，例如確保降低能耗、提高全球的元件互通性。

不同無線協議對測試的要求存在著很大的差異，這導致挑戰愈加複雜。協議範圍涵蓋藍牙等短距離窄頻通訊，以及5G/6G等寬頻/廣域多址系統。測試必須考慮到此種複雜性，評估協議遵從性、互通性和在各種條件下的性能。射頻(RF)測試也非常敏感，需要具備元件選擇、放置和互通性方面的專業知識才能獲得卓越的結果。設備的示例則包括了頻譜分析儀、向量訊號產生器、網路分析儀和專業通訊測試儀。



另一方面，有線通訊測試是指光纖互連、電氣板對板和晶片對晶片連接等技術。例如透過測試來評估資料中心和高速網路中使用的光纖電纜與系統的性能及可靠性。由於伺服器和資料中心不斷承擔更密集的運算任務，大量資料在硬體元件之間的傳輸速率呈指數級成長。在此種情況下進行測試需要誤碼率測試儀、碼型產生器、協定分析儀和寬頻示波器等儀器。

隨著電動車和自動駕駛的出現，汽車測試已成為電子測試與量測的另一個主要組成部分。現代車輛中的電氣元件數量明顯激增，包括感測器、處理器和電力電子

設備。若要想大幅增加行駛里程、延長壽命並提高安全性，便必須對這些系統進行適當的測試和量測。

例如，在電動車動力傳動系統中，主要子系統包括電池、逆變器和牽引馬達等，而每個子系統都是極其關鍵的高功率系統。這些高電壓、高電流系統由微控制器和感測器等隔離式低壓電子元件進一步控制。這些子系統的性能對汽車的行駛里程、可靠性和成本具有很大的影響，進而又影響消費者的購買決策。因此，從性能和經濟的角度來看，嚴格的系統測試必不可少。

測試在汽車應用領域也尤為重要，因為乘客的安全是重中之重。元件故障可能會帶來災難性後果，導致生死攸關的局面。因此，汽車產業有著極其嚴格的測試要求，必須在車輛生命週期的每個階段進行一絲不苟的測試——從研發(R&D)到驗證、生產，再到保養和維修。

在開發電信和汽車等工業設備時，關鍵挑戰包括確保與複雜系統的相容性、與新版本的符合性以及對雜訊和失真的抗擾性。」



**Pranay Kinra**

Rohde & Schwarz專案主任工程師





## 現代通訊系統對高性能的要求以及現代汽車對超高電流和電壓的要求，為測試和量測公司帶來了新的挑戰。」

**Mher Minasyan**

National Instruments資深應用工程部門經理



除了動力傳動系統之外，許多其他車輛系統也需要進行測試，包括先進駕駛輔助系統、資訊娛樂系統和車輛通訊系統，進而分別確保安全功能、用戶體驗和安全高效資料交換方面的可靠性。

ADI在電子測試與量測領域擁有獨特優勢，能夠為客戶提供

- 用於設計高性能測試設備的卓越元件和客戶支援
- 完整的射頻/毫米波訊號鏈解決方案，包括放大器、混頻器和調變器、開關、濾波器和衰減器、高速資料轉換器和超低雜訊電源管理
- 精密訊號鏈解決方案，例如放大器、資料轉換器、基準電壓和高性能電源管理

- 可精準測量和控制大功率系統的高電壓量測和控制解決方案，包括隔離閘極驅動器、數位隔離器、隔離放大器、電源控制器和感測器
- 專家在通訊、汽車和工業等終端應用領域的專業知識
- 嵌入式處理和客製化數位功能的擴展功能，以及用於異質整合的先進封裝





**ADL8112**

瞭解詳情



**ADL5960**

瞭解詳情

## 要點

- 在評估電子元件的性能和可靠性方面，電子測試與量測十分重要，範圍涵蓋簡單的量測和複雜的系統診斷等。
- 不斷演進的無線和有線協議的複雜性與技術需求為通訊測試帶來了挑戰。
- 汽車測試要求對電氣元件進行嚴格評估，以確保車輛的行駛里程、安全性和性能，並遵守嚴格的業界標準。
- **ADI**為電子測試與量測領域提供全面的產品組合，其中包括通訊測試儀、高品質元件，以及射頻訊號鏈和大功率汽車系統測試的解決方案。



## 第2章

# 科學儀器

儀器儀錶不再侷限於電子設備領域，而是延伸到了科學發現領域。科學儀器儀錶是指科學家在實驗和現場研究中使用的分析與量測工具，以及用於常規分析的工具，例如「協同實驗室」操作和產品開發、藥物等生產環境中的品質保證/品質控制。儀器類別和分析技術各式各樣，包含主要的實驗室儀器，例如用於實驗室分析的光譜儀和色譜分析儀，以及用於過程和環境監測的光譜儀和電化學儀器。儀器儀錶的性能可能會對所能進行的發現、決策信心和盈利能力帶來限制。

藥物發現和生命科學是科學儀器儀錶的一個主要應用領域。該領域高度關注細胞和分子水準，影響範圍可能涵蓋新藥研發到製造流程的品質保證。無論如何，新藥發現和生命科學的目的在於能更瞭解生物和分子結構的性質以及過程的副產物。

設計一個適合量測您所需解析度的儀器起初可能很困難。例如，在微觀尺度研究中，儀器應專門用於您的目標領域，同時忽略所有雜訊，這一點非常重要。」



**Jason Muller**

Thermo Fisher Scientific資深儀器儀錶工程師



如果受制於能力不足的測試儀器儀錶，  
科學突破就無法實現。這些工具必須不  
斷發展，以滿足科學家的需求，而不是  
強迫研究人員適應其儀器的侷限性。」

Daniel Braunworth

ADI市場經理

在這種情況下，儀器儀錶的一個重要特徵是實現盡可能快的樣本通量，且不影響精度和靈敏度。高樣本通量表示每小時開展更多次測試，進而縮短總實驗時間，或降低每次測試的有效成本，加快決策速度。另一方面，靈敏度是衡量儀器量測細微變化能力的指標，通常以十億分之一或兆分之一為單位。

例如高通量篩選(HTS)，製藥和生物技術公司利用該方法加速研發有潛力的新藥。HTS系統目的在測量物質與目標生物通路之間的相互作用，協助研究人員識別可能有助於新藥研發的活性化合物、抗體或基因。在技術方面，HTS系統利用自動化機器人、資料處理軟體、液體處理設備和靈敏的探測器在短時間內進行大量測試。透過利用HTS及其基礎技術，研究人員可以快速分析多種化合物對生物靶標的影響，進而明顯減少與傳統藥物研發方法相關的時間和成本。



要想獲得如此的性能，就需要更快的樣本吞吐率，於是，能夠進行多次量測而不失真的可靠精準系統不可或缺。基礎元件必須提供高精度和高可靠性，以使量測結果可重複並減小誤差幅度。為了在不失真的情況下識別微弱的量測訊號，系統需要將雜訊降至最低。

科學儀器儀錶的另一個重要類別是環境和過程監測，即對自然和工業環境中的條件進行系統觀察和量測，以便能更瞭解我們的環境，開展研究，確保遵守監管標準並優化營運效率。在此需要注意一些其他因素，包括環境健康以及過程監控，進而確保營運效率。

環境和過程監測中使用的儀器目的在捕獲各種資料，包括空氣品質和水質、排放，以及

生產過程中的關鍵品質參數。這些資訊有助於做出明智的決策，以保護環境健康並優化生產工作流程。為此，環境儀器儀錶的一個主要考慮因素即是空間解析度。

空間解析度用於衡量資料中取獲的細節程度。具體而言，這是指在儀器或感測器採集的資料中，可明確認定為獨立實體的兩個點之間的最小距離。



**社會需要生物技術和製藥等行業不斷取得進展，工程師因此面臨高度的挑戰。測試與量測對於確保這些新技術的有效性十分重要。」**



**Jason Muller**

Thermo Fisher Scientific資深儀器儀錶工程師



「  
**測試設備應始終領先於目前技術，並能夠滿足未來的需求。在各個領域，對提高產品品質的需求促使工程師設計更快速、更靈敏的測試與量測設備。」**

**Mher Minasyan**

National Instruments資深應用工程部門經理



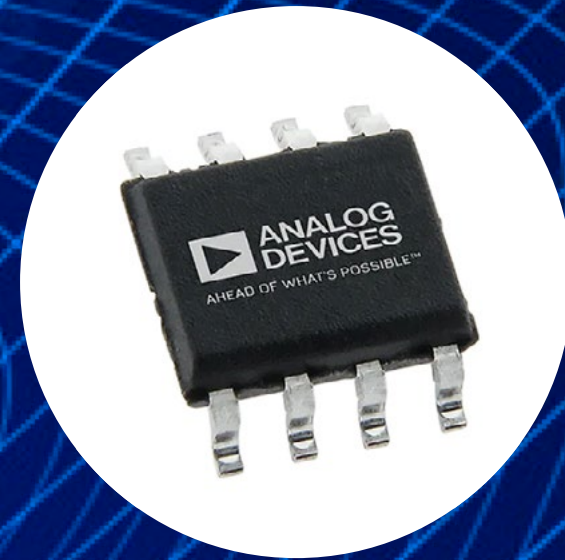
舉個例子，假設要監測某水處理廠的水質。為了全面瞭解所發生的情況，您需要對多少個量測點進行採樣？在空間上，這些點之間需要保持多近的距離？儀器的空間解析度越高，操作人員和科學家瞭解到的資訊就越全面。因此，除了具備低功耗和精巧尺寸，環境和過程監測儀器還需要高精度元件，以便以極低的誤差從多個感測位置捕獲多個數據點。

ADI透過提供以下產品來支援科學儀器儀錶

- 一系列精密技術，包括放大器、資料轉換器和基準電壓
- 整合了前端和感測器的解決方案，進而實現更簡單、更可攜式的設計

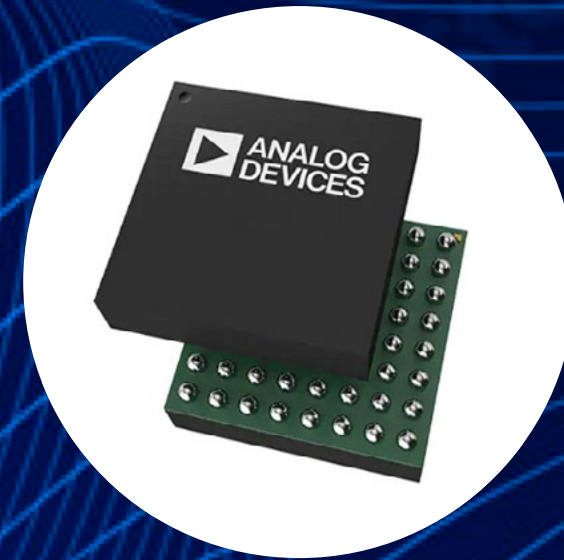
- 訊號鏈的支援電路，包括電源管理和通訊介面產品
- 以應用為導向的參考平台





**ADA4510-2**

瞭解詳情



**AD4630-24**

瞭解詳情



**ADR1001**

瞭解詳情

## 要點

- 科學儀器儀錶在新藥研發、生命科學、環境和過程監測等領域推動取得突破性發現。
- 在新藥研發和生命科學領域，儀器儀錶的高樣本通量和靈敏度可實現更快速、更具成本效益的測試和更詳細的分子檢測。
- 在用於環境和過程監測的儀器儀錶中，空間解析度是一項關鍵性能指標。
- ADI利用放大器和資料轉換器等精密技術、可簡化設計的整合解決方案以及以應用為導向的參考平台來增強科學儀器儀錶。



## 第3章

# 從實驗室設備到測試點

大多數情況下，一想到儀器儀錶，我們的腦海中就會浮現出實驗室中的大型設備。但是，現場使用的測試點設備或可攜式儀器同樣重要。

目前，對在目標環境中進行即時量測的需求不斷成長。如果能將儀器帶到量測點，便不必收集現場樣本再將其送回實驗室，也無需現場搭建實驗室設備。基於傳統實驗室的分析有許多侷限性，例如樣本採集和結果獲取之間的時間延遲、樣本在運輸過程

中可能發生降解或污染，以及與現場設定實驗室設備相關的物流挑戰和成本。正是這些侷限性促進了此一趨勢的發展。

以測試汽車牽引逆變器為例。該子系統是在實驗室環境中設計並完成初步測試的。在實驗室環境中，變數受到控制並且有實驗室設備可以使用。但最終，該系統需要經過實際試駕。若要量測系統的實際性能，便離不開能夠在車輛上使用的儀器儀錶。

另一個示例是可攜式光譜儀。基於實驗室的光譜儀只限於桌上型設備，在現場採集到樣本後運送回實驗室，但在運輸過程中和空間時，可能會出現很多問題。例如，暴露於不同的溫度和濕度水準會改變樣本的化學成分，導致降解或污染。此外，物理碰撞可能會導致混合物分離或發生反應，進而破壞樣本的原始狀態。這些變數為後續分析帶來了極大的不確定性和潛在不準確性，因此，使用可攜式光譜儀進行即時現場量測的優勢便得以突顯。

一般而言，研發測試設備需要具備高性能和多種功能，而此兩項要求都會導致成本提高。現場測試通常要求可攜性、電池供電、適中的成本和大量特定應用的軟體。」



Alexander Chenakin

Anritsu技術長



「  
可攜式即時儀器儀錶市場不斷發展。  
在現場部署儀器儀錶能夠獲得實際見解，  
進而提高透明度並加快決策速度。」

**Brian Pelletier**

ADI儀器儀錶市場業務開發總監

對於需要立即獲得結果的應用，例如檢測水中的污染物、滿足排放氣體和空氣品質法規，或在製造過程中識別材料並進行品質檢查，可攜式光譜儀十分重要。

雖然現場測試儀器儀錶的概念很棒，但開發適合現場使用的可靠且準確的測試設備存在高度挑戰。

測試設備小型化就是其中一個挑戰。要在精簡的外型尺寸中實現實驗室級性能，需要對微型元件進行先進的工程設計和整合，這項工作可能相當複雜且成本高昂。較小的系統更加緊密地包裝在一起，導致出現干擾和過熱的可能性增加——二者都會對量測結果產生不利影響，因此散熱和雜訊控制也引起人們的關注。



類似地，另一個挑戰是設計高能效系統。可攜式系統必須由電池供電，這表示延長系統的可用電池壽命需要設計耗電量極低的低功耗系統。低功耗系統減少了熱量對系統的影響，因而也有助於實現小型化。若要降低功耗，通常需要在性能和靈敏度之間保持平衡。以較低功率水準運行的電子設備通常更容易受到雜訊和量測不準確性的影響。

同樣的在可攜的外型尺寸中實現可接受的性能並不是一項簡單的設計任務。實際應用需要能夠捕獲所有資料的快速採樣儀器，確保不遺漏任何資料。實現更高的性能通常與實現低功耗相矛盾，因此，要同時實現二者，需要達到微妙的平衡。

最後，對成本的擔憂總是存在。高度複雜的儀器，尤其是那些為實現高性能、高能效和快速量測而採用先進技術的儀器，通常價格昂貴，這使得廣泛部署具有挑戰性。

ADI透過提供以下產品，協助客戶克服在現場採用儀器儀錶時遇到的挑戰

- 滿足任何儀器儀錶應用需求的大量產品
- 高度整合的模組和解決方案，相較於分開建置，可明顯縮小尺寸並降低功耗

- 以應用為導向的解決方案，經過全面優化可滿足特定儀器儀錶用例的需求

一個常見挑戰是將測試程式從研發/生產階段轉移到現場測試，在此過程中，量測可能需要保持不變，但是新環境中看重的性能可能有所不同。」



**Alexander Chenakin**

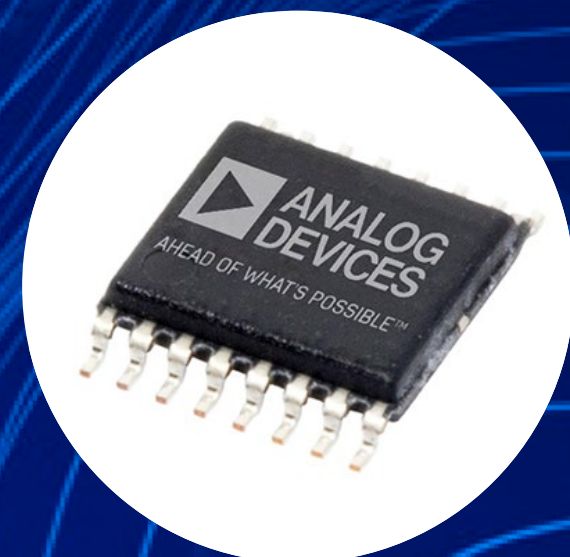
Anritsu技術長





LT7170

瞭解詳情



ADuM342E

瞭解詳情

## 要點

- 對在目標點執行即時量測的需求與日俱增，這不斷推動從基於實驗室的傳統儀器轉向可攜式現場使用設備。
- 開發可靠的可攜式測試設備所面臨的挑戰包括小型化、散熱和雜訊管理、能效以及平衡性能與靈敏度。
- **ADI**提供廣泛的產品、高度整合的模組，以及目的在大幅降低尺寸、功耗和成本的以應用為導向的解決方案，進而協助解決這些挑戰。



# 瞭解有關專家的 更多資訊



**Daniel Braunworth**

ADI 市場經理



Daniel Braunworth為ADI科學儀器部的市場經理。Daniel擁有俄勒岡州立大學電氣工程學位，在過去15年一直領導和開發半導體產業的行銷策略。



**Alexander Chenakin**

Anritsu 技術長



Alexander Chenakin博士是Anritsu的技術長，負責監管各種測試與量測儀器的開發。其領導著一支才能出眾的工程師團隊，在開發和建置卓有成效的解決方案方面的成就有目共睹。Chenakin博士撰寫了50多篇技術文章，獲得了七項美國專利，曾出版一本教科書，並於2023年憑藉傑出的研究成果當選為IEEE院士。



**Pranay Kinra**

Rohde & Schwarz  
專案主任工程師



Pranay Kinra是Rohde & Schwarz的專案主任工程師，擁有超過六年的業界經驗，頗具成就。Pranay擁有電氣、電子和通訊工程學士學位，專門研究射頻工程、電子戰、無線電通訊以及測試與量測。Pranay始終尋求拓展自身專業知識，最近亦獲得了工商管理（營運）研究生文憑，並繼續致力於從事領導力培訓和認證。



**Armen Kirakosyan**

National Instruments  
首席系統設計工程師



Armen Kirakosyan是National Instruments的首席系統設計工程師，工作地點位於德克薩斯州奧斯丁。他在該領域擁有超過十年的工作經驗，對儀器儀錶、測試和產業趨勢有著深刻的理解。Armen的專業知識，再加上其電子和無線電物理學碩士學位以及生物醫學/醫學工程學士學位，使其成為致力於技術創新的領導者。



# 瞭解有關專家的 更多資訊



**Mher Minasyan**  
National Instruments  
資深應用工程部門經理



Mher Minasyan是一位能力突出的資深經理，專門從事半導體測試與量測。在National Instruments，他與歐洲各大半導體製造公司合作並累積超過十年的經驗。在獲得電氣、電子和通訊工程碩士學位後，Mher發展其在團隊管理、射頻和混合訊號IC測試、無線通訊和射頻系統設計方面的技能，展現了其對卓越和創新的承諾。



**Jason Muller**  
Thermo Fisher Scientific  
資深儀器儀錶工程師



Jason Muller是Thermo Fisher Scientific的資深儀器儀錶工程師，其曾任職於歐洲多個知名機構，因此積累了豐富的電子、系統和製程工程工作經驗。Jason擁有恩荷芬理工大學製程工程碩士學位，在儀器儀錶和控制領域繼續發揮不可或缺的作用，為關鍵產業的發展作出重要貢獻。



**Brian Pelletier**  
ADI 儀器儀錶市場  
業務開發總監



Brian Pelletier負責領導業務開發和行銷團隊，致力於透過提供解決方案來加快客戶產品上市時間，並為其提供先進的技術能力。Brian曾在ADI擔任多個職位，涉及測試、產品和專案管理、行銷及工程管理等領域。其擁有麻州大學洛厄爾分校電氣工程學士學位（2003年）和工商管理碩士學位（2016年）。



**David Rowe**  
ADI 儀器儀錶事業部  
行銷總監



作為行銷總監，David與客戶和合作夥伴一起利用ADI的技術和領域專業知識開發高性能測試和量測解決方案。David在ADI工作已有24年並擔任過多個職位，包括涉及各種類比和混合訊號技術的產品/測試工程、應用和行銷職位。David擁有波士頓大學電氣工程學士學位和麻省理工學院電氣工程碩士學位。