

仪器的未来：软件设计的仪器正在掀起RF仪器、测试和设计的革命

Mike Santori
NI商业和技术总监

摘要：过去几十年来，软件在测试和测量系统中的作用发生了巨大变化。如今，软件已经成为现代高性能测量系统最核心的核心技术，因为软件是能够简化这些系统日益增长的复杂性的唯一方式。然而，仅仅在计算机处理器上运行软件是不够的。如果工程师无法使用软件来定义和设计仪器，是无法实现最具挑战性应用的。这种开发软件设计仪器的能力正是RF仪器行业，更广义来说是测试测量行业革命的核心所在。

1 开端：自动化测量

19世纪70年代，当IEEE-488（也称为GPIB）实现了可编程仪器接口的标准化之后，软件在测试和测量系统中的重要性日益增加。当时的测量大部分是使用台式仪器、一支铅笔和一个笔记本电脑来完成的。那时使用的是各种不同的专用仪器控制器和接口，但它们的功能通常不齐全，而且通常只能由高级用户使用。

到了20世纪80年代，随着第一台IBM个人计算机和第一款NI GPIB接口板卡的出现，软件对于测试测量的作用产生了巨大的飞跃。借助PC软件，工程师可以使用通用PC来创建自动化测试系统，进而可靠、重复地采集测量数据、分析这些测量数据，并以可广泛共享的方式显示结果。

2 从仪器控制到测量平台

80年代末和90年代初，一个全新的概念——“虚拟仪器”开始盛行于测试和测量领域。这个概念彻底改变了计算机（尤其是软件）在测试和测量系统中的作用。虚拟仪器并不仅仅将PC作为一个简单的自动化测量计算机，而是将计算机用作为一个测量平台。摩尔定律确保了PC处理能力的提升速度能够迅速超越单机仪器采用的技术。此外，其计算机内存、存储容量和显卡显示能力也远远超过了传统的仪器。因此，通用个人计算机迅速变成了性能比传统仪器更出色的计算平台。

虚拟仪器系统能够满足并最终超越传统仪器的两个关键要素是模块化测量硬件和软件。在硬件方面，相比台式仪器采用专用数模/模数

转换器而言，计算机插入式板卡提供了非常低的测量质量。消费类音频和无线基础设施等各个市场的需求推动了现成转换器的发展，这些转换器与计算机插入式板卡相结合，可以提供高质量的测量。随着测量专用计算平台的发展，尤其是20世纪90年代PXI（面向仪器的PCI扩展）的出现使得基于计算机的测量向前迈了一大步。PXI结合了PCI计算机技术和仪器仪表专用的定时和同步功能。不久，PXI虚拟仪器便可解决一些最具挑战性的测量挑战——包括高性能RF测量。

然而，真正让虚拟仪器成为可能的要素是软件。软件不仅仅需要在PC环境中采集、分析和显示测量数据，而且需要以高度抽象的方式完成这些任务。从本质上说，只有软件抽象才能帮助工程师和科学家有效地解

决他们面临的测试和测量挑战，而且无需成为计算机科学和架构专家。首次发布于19世纪80年代中期的NI LabVIEW软件为虚拟仪器软件奠定了标准，并推动了软件在现代测试测量系统中发挥核心作用的趋势。

3 通过FPGA实现软件设计的仪器

测量领域的另一个重要突破是基于FPGA的测量硬件的出现。未来，传统意义上的“仪器”将不再是功能单一的测量设备，而是演变成测量系统，认识到这一点是非常重要的。此外，工程师们正在寻求的不仅是设备测试仪器，而且还包括用于设计和原型更大型系统的仪器。

FPGA这一重要技术将下一代仪器的性能推向一个新的高度。FPGA提供了出色的处理能力，如图1所示。由于FPGA的出现，现在硬件可实现基于软件的测量功能。

目前许多射频仪器采用功能固定的FPGA来执行平整度校正、ADC线性化、IQ校准和数字下变频等任务。NI PXIe-5644R矢量信号收发仪（如图2所示）等软件设计的仪器以一种全新的方式受益于FPGA技术，因为FPGA可帮助用户实现定制化。例如，将仪器控制和决策任务从PC转交给FPGA可以大大减少复杂测量系统的测量时间。此外，该功能与先进的基于FPGA的信号处理相结合，可使仪器应用于更广泛的嵌入式应用。

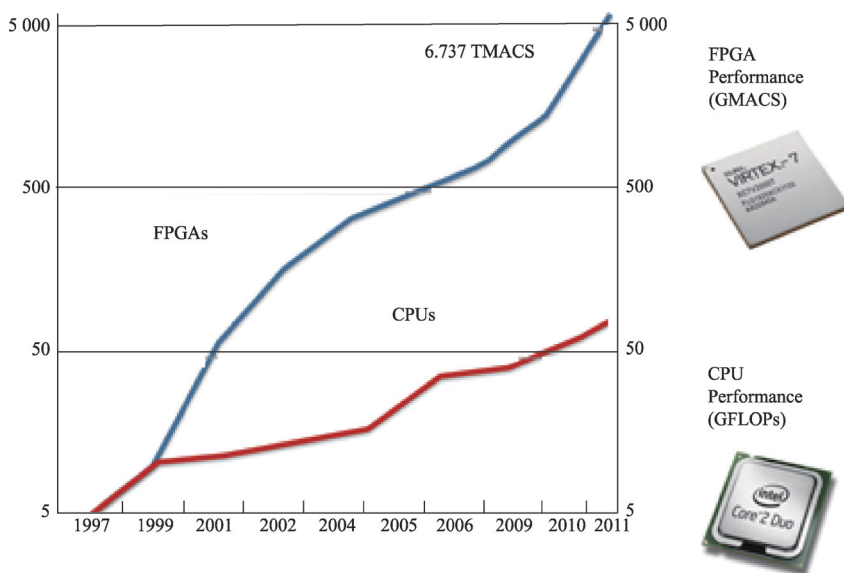


图1 FPGA的发展速度甚至超过了CPU

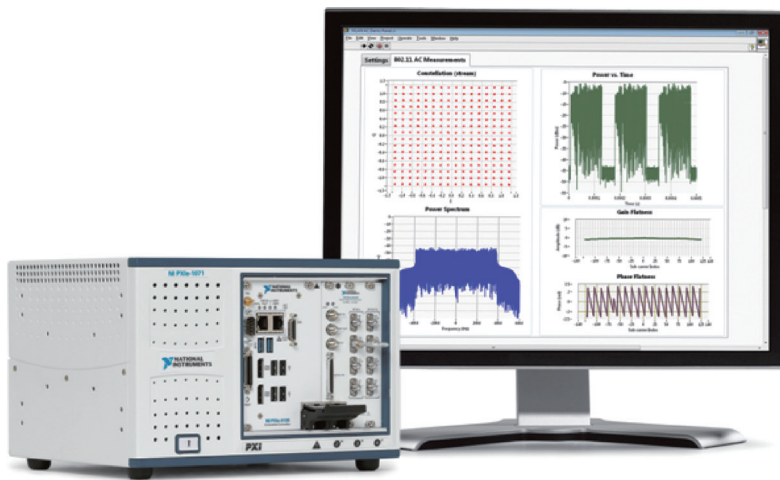


图2 全新的PXIe-5644R矢量信号收发仪在一个3槽PXI模块中集成了矢量信号分析仪、矢量信号发生器、高速数字I/O和一个用户可定义的FPGA

4 系统设计软件：软件设计仪器的核心

如果要将计算和测量技术集成到当今的模块化硬件中，正确的系统设计软件工具是不可或缺的。LabVIEW已经从仪器控制软件演变成一个全面的系统设计平台，使工程师能够创建复杂的高性能测量系统。工程师可以

在处理器和FPGA上使用一套通用的工具和语言开发应用，从而无需掌握不同的语言和工具。LabVIEW提供了更高层次的系统级抽象，这也使工程师能够实现更底层的优化来满足非常高的性能需求或其他复杂需求。

5 多模式RF设备特性化

美国高通创锐讯公司在测试新的

802.11ac产品时,需要在比以往更多的操作条件下测试其设备,从而导致测量复杂度大幅增加。使用基于FPGA的NI矢量信号收发仪和LabVIEW后,他们设计的测试系统可实现数字DUT控制与RF测量的同步。该测试系统大大降低了整体测试时间,使得工程师能够在多种工作模式下观察设备的行为。

从图3可以看出,传统的测试仪器(左)仅可获得一组迭代测量数据。由于测量非常耗时,测试工程师不得不选择部分工作点来进行特性研究,从而导致实际上只能大致猜测设备的工作特性。

但是,通过采用基于FPGA的仪器方法,他们将测量性能提高了200倍,能够在单次测试扫描中采集所有模式下的30万个点数据。图3中的右图显示了所得到的特性曲线图,提供了更多有关该设备的信息。

6 嵌入式应用的仪器

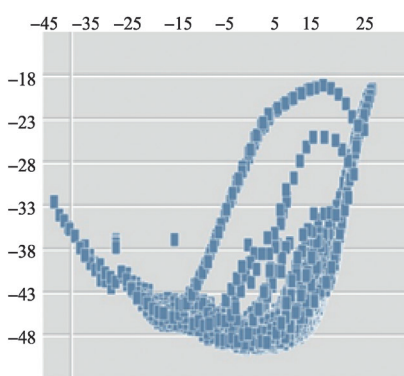
软件设计仪器的第二类应用是嵌入式通信和信号处理。过去我们通常认为仪器就是测量设备,但是模块化软件设计的仪器却可让工程师将射频仪器应用于嵌入式领域中。今天,越来越多的工程师正在使用模块化PXI仪器进行嵌入式应用开发,比如频谱监测、被动雷达系统(类似于图4中的系统),甚至是通信系统的原型设计和软件无线电。这些应用需要仪器更加小型化、模块化,并且能够更好地访问确定性信号处理终端。通

信系统设计软件必须能够抽象日益复杂的系统,使工程师能够发现新的通



传统仪器

信算法并在处理器和FPGA上部署算法。



矢量信号收发仪

图3 使用传统仪器,每次迭代只能大约采集到40个有意义的WLAN收发仪数据点。NI PXI 矢量信号收发仪的高速度则通过全增益表扫描可采集全部30万个数据点



图4 通过将NI LabVIEW软件和NI PXI硬件嵌入到最终系统来设计和部署被动RADAR系统等复杂系统

7 RF设计和测试的未来展望

软件设计的仪器以前所未有的程度模糊了设计和测试之间的界限。其中一个更可行的方式是在设计和测试之间共享IP——无论该IP是在处理器还是在嵌入式FPGA上运行。借助LabVIEW等系统设计软件,工程师将能够使用统一的工具来创建新的通信协议,并将协议部署到基于FPGA的硬件上进行原型开发。今天,由于开发算法所使用的数学软件和设计工具种类繁多,实现这一目标变得非常具有挑战性。如果要使工程师完全实现

设计、实现与测试之间的无缝过渡,则多个计算设计模型之间的更高层次综合和集成是必须的。

最后我们注意到在测试和测量领域,软件已经不再是最初用于实现各种独立式仪器自动化的简单工具。相反,软件已经成为仪器本身的核心——使得仪器能够解决测量和系统设计中更高难度的挑战。实际上,自动化已经成为工程师应对复杂测量需求时一项必不可少的功能。当前的软件设计测量系统仅仅是一个开端,未来它们将彻底改变RF设计和测量。