

# 为无线通信实验室设计动手实践课程

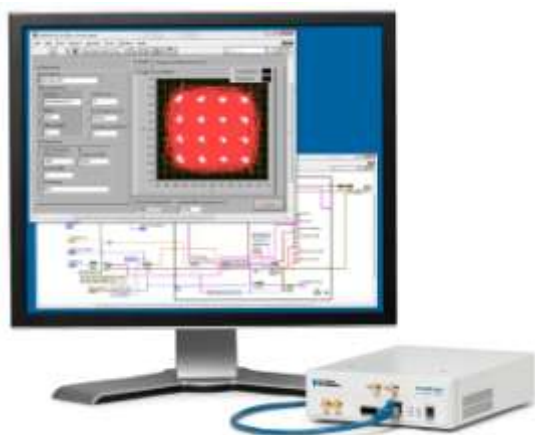


图 1: NI USRP

"结合 LabVIEW 和 NI USRP 的软硬件优势，学生可以创建整个通信系统信号链路中的各个功能模块，并观察各点的信号特征。"

– Dr. Sachin Katti, Stanford University

## 挑战:

除了理论授课和软件仿真之外，在尽可能低的年级就引入动手实践教学环节，在通信理论的入门课程中就为学生提供与真实射频信号的交互实验机会，激发学生的学习兴趣。

## 解决方案:

使用 NI USRP 和 LabVIEW 软件无线电教学平台，使学生有机会在实验室运用学习到的无线通信理论构建“真实”的通信系统，并作为斯坦福大学电子工程系二年级本科生课程 EE 49 搭建联网通信系统的重要内容。

## 作者:

Dr. Sachin Katti – Stanford University

射频和通信课程的传统教学方法通常是理论学习和数学公式的推导。学生着重推导公式和软件仿真。越来越多的讲师已经意识到，如果能够提供一种实验设备，学生就可以应用学到的理论知识基于各种真实信号试验，加深对理论的理解。但是，价格合理、操作简便并且针对教学的实验设备实在少而又少。

斯坦福大学联网系统组(SNSG)Sachin Katti 教授使用 [LabVIEW](#) 和 [NI USRP](#)，在创建联网通信系统 EE 49 课程中试验了全新的动手实践教学方法。Katti 教授使用该教学方法向大学二年级学生介绍真实的通信信号。

## 创建完整的通信系统

Katti 教授首先在 2011 春季学期的 EE 49 课程中试验了动手实践的教学方法。通过 LabVIEW 和 NI USRP 的软硬件结合，学生可以创建整个通信系统信号链路中的各个功能模块，并观察各点的信号特征。通过该方法，学生亲身体验并构建了信道编码、调制、定时恢复、随机数生成等现代数字通信系统中常见的功能模块。最后，作为结课项目，学生在 USRP 射频发射机和射频接收机之间创建完成了一个无线通信链接。学生们仅在学习了射频和通信入门级课程之后，就能够独立地完成构建通信系统的项目，实属不易。

动手实验使学生能够亲手操作 NI USRP 射频收发机，频率范围从 50 MHz 到 2.2 GHz，实时带宽达 20 MHz。借助 NI USRP 和 LabVIEW，学生可实时看到标准汽车安全钥匙发送的简单射频 开关信号，以及 850 MHz 的 GSM 移动手机信号。学生们还可通过实时分析频谱找到 FM 发射站，甚至实现一个 FM 解调器来收听 FM 广播。在结课项目中，每个学生都设计了一个数据包收发机。收发机能够成功接收并解码一个数据包，并通过 ACK 信号完成通信握手。

每个实验都鼓励学生们动手实现通信系统的一个功能模块。例如，在第四个试验中，学生学习了解调理论，并在两个 USRP 构建的空中无线链接上实现了基于 BPSK（二进移相键控）调制方式的射频接收机。射频收发机重复发送 BPSK 信息包，由学生负责解码。每位学生在自己的计算机和 NI USRP 上开发接收机解调信号。在两个星期的实验室课程中，学生共接受到信道校正、BPSK 符号解映射、报头检测方法、包解码、CRC 检测、错误排除等动手实践训练。实验室课程的安排使学生最终还可以将之前课程中开发的代码整合起来用于创建一个实际的无线链接，作为课程的结课项目。

该试验课程得到了学生的一致认可，学生 Michael Duarte 对课程的反馈如下：

“把课堂上学到的知识应用到实验中真是太不可思议了，” Duarte 说。“学习之前我对 USRP 硬件并不熟悉，但是通过 LabVIEW，我对仪器编程了如指掌。LabVIEW 本身很好用。使用 LabVIEW 编程和调试程序都非常简单。总的来说，我在斯坦福两年，这是我最喜欢的一门课程。”

LabVIEW 和 NI USRP 使斯坦福学生学得更容易，更有兴趣。LabVIEW 软件是信号处理以及和 NI USRP 硬件无缝交互的理想之选。学生可使用 LabVIEW 和 NI USRP 开发生成和处理射频信号的通信算法。

## 教学和学习的新选择

“我们的试验课程是改革通信理论教学方法的一次全新尝试，” Katti 说。“全美学校的电子工程和计算机系的招生都生源不足。这个现象的原因之一就是我们没能为学生提供相关的动手实践体验，激发学生的学习兴趣。NI 的解决方案恰好是对症的一剂。”

课程评价系统收到的学生反馈证明了学生在 EE 49 课程上都充分的投入，收获很多。“这次课程收到的评价太棒了，” Katti 说。“学生们给出的分数是 4.94/5.0，这大概是斯坦福大学工程学院最受欢迎的一门课了。”

学生们对该课程的反响很好，评价摘选如下：

“这是我上过最好的电子工程课。”

“很好的新课程……实验室动手课程有助于理解理论和增强动手能力。我会向我所有的电子工程系的朋友推荐这门课。”

“太棒了！我很喜欢这门课，而且还可以使用实验室超酷的硬件设备。”

因为课程试验取得了成功，Katti 教授计划在秋季学期将 NI USRP 和 LabVIEW 平台的使用扩展到 40 名学生，20 个实验台的规模。Katti 认为这类课程为学生以后学习信号处理和通信理论课程打下一个良好的基础。该教学方案也适用于其他入门类信号处理课程，例如，信息理论、信号和系统。另外，该平台可根据学生的学习进度和关心的研究方向进行调节和扩展。

LabVIEW 和 NI USRP 为通信实验教学提供了理想的软件无线电教学平台，可有效地提高学生在通信职业领域的竞争力。Katti 博士愿意将课件和其他大学分享，帮助更多的学生通过动手实验学习无线通信的理论知识，激发学习兴趣。