

# 射频微波教学解决方案

射频电路设计，采用 5G 新空口 n3 频段组件



是德科技的射频微波教学解决方案专注于端到端射频电路设计流程，并综合了面向行业的实用示例，可以让学生做好充分准备适应新兴的技术趋势。这个实验课件配备了一个模块化的原型套件，其中包括 1.8 GHz 接收机模块（5G 新空口 n3 频段）以及实验单和作业，重点讲授从技术指标和仿真到原型制造和验证的整个物理设计流程。

射频微波实验课件是是德科技射频微波教学解决方案的核心组成部分。除了实验课件之外，这款综合解决方案还包括 Keysight PathWave 先进设计系统（ADS）和 SystemVue 软件，以及网络分析仪、射频信号发生器和射频频谱分析仪等硬件仪器。

# 目录

综合教学解决方案让您能够轻松驾驭新技术潮流.....	3
学习成果：行业经验 .....	5
U3851A 射频微波电路设计、仿真与测量课件， 5G NR n3 .....	6
推荐的仪器和软件.....	8
培训套件特征 .....	9
预览实验课件内容.....	10
订货信息 .....	11

## 综合教学解决方案让您能够轻松驾驭新技术潮流

射频微波实验课件	推荐的是德科技仪器	需要的设计和自动化软件
U3851A 射频微波电路设计、仿真与测量课件, 5G NR n3  	<ul style="list-style-type: none"><li>信号发生器</li><li>频谱分析仪</li><li>网络分析仪</li><li>噪声源</li><li>电源</li><li>示波器</li><li>校准套件</li></ul> <p>可选:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>信号发生器: N9310A BSA——选件 001</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>PathWave ADS</li><li>PathWave Genesys</li><li>PathWave EMPro</li><li>PathWave SystemVue</li><li>FieldFox 数据链路软件</li></ul> <p>可选软件:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>PathWave BenchVue 软件</li></ul>

射频和微波工程设计涵盖了无线通信的物理层，目前几乎已融入到无线电波发送或接收的方方面面，例如手机、无线电和 WLAN。5G 和微波传感成像等新兴技术趋势正在推动技术领域的快速创新，但这也对射频元器件提出了新的要求，从而带来了集成度提高、性能要求急剧增长等一系列挑战。伴随这些趋势而来的是技术复杂程度大幅增加，很多公司在设计器件时需要掌握更多专业知识，以便正确应用新兴技术。

为了帮助学生做好就业准备，是德科技的射频微波教学解决方案专注于为使用 5G 新空口 n3 下行链路频段的射频电路提供完整的设计流程，全面涵盖从设计技术指标和仿真到原型制造和验证的整个过程。这将为学生掌握射频微波基础知识打下坚实的基础，并为他们专注于从事 5G 和物联网等更先进无线应用的研究铺平道路。

射频微波教学解决方案可以与行业标准的测试测量仪器以及电子设计自动化 (EDA) 软件配合使用，指导学生学习基本的工程设计知识、实用技能以及实际应用知识，使他们能够赢得业界的更多青睐。

目标高校科目	目标学年	前提条件
射频与微波设计	模块 1: 大三和大四的本科生	电路、信号与系统、模拟电子和电磁学基础

通过在课程教学中引入射频微波教学解决方案，教育工作者可以：

- **讲授涵盖整个射频电路设计生命周期的内容，丰富学生的知识库**
  - 该教学解决方案经过量身定制，使学生不仅可以学习射频和微波设计概念，还能学习如何使用 EDA 软件设计和仿真关键的射频元器件、制造原型，以及使用行业标准的测试测量仪器来测量、表征和验证射频元器件和系统。
- **通过使用与行业中一模一样的仪器和设计软件加速学生的学习，并提供各种活动来加强射频和微波概念的学习。**
  - Keysight PathWave ADS 和 SystemVue 软件被许多公司视为射频和微波设计的行业标准工具。这个射频微波教学解决方案介绍了使用这些软件进行设计和仿真的方法（如谐波平衡方法和阻抗匹配），使学生能够提前学习和练习他们在就业后将会用到的实用设计技能。
  - 使用射频微波实验课件的模块化原型套件能够让学生接触真实条件下的射频测试，并向他们讲授射频通信系统中每个元器件的各种测试参数以及推荐的测试系统。在此过程中，学生将会学习如何配置和使用射频仪器、连接器和其他附件，以及如何根据测试目标设置这些仪器。这种可重新配置的模块化硬件套件还能帮助学生快速进行原型设计，让他们能够轻松体验真实条件下的测量效果。
  - 在这个实验课程中，学生不仅可以比较各种元器件技术指标的性能，以及它们对整体设计结果的影响，还可以将测得的原型套件性能与软件仿真结果相关联。
- **提高学生的就业能力。**
  - 是德科技是一家享誉全球的科技公司，在电子设计、测试、制造和优化等方面提供了创新的解决方案和值得信赖的洞察力。通过与是德科技合作，教育工作者可以确保其课程包含与行业联系紧密的新鲜内容，为学生们教授更契合职场需求的工程知识和技能。
- **节省时间和资源，使教学工作者能够集中精力处理其他教学工作。**
  - 一个高校教师想要开设一门新课程，可能需要花费长达六个月的时间来准备内容（而这些内容还可能还不是面向具体行业的），此外还要费尽心思设计准备在实验课使用的培训套件。是德科技的射频微波实验课件配有专用的模块化原型套件，并提供了专门针对整个行业设计流程的实验单和作业，其中包含一些真实应用（例如设计 5G 新空口频段的接收机系统）的实验。

- 高校教师可以轻松地将实验课件整合到他们的当前课程中。

- 无论高校当前的射频与微波工程课程是如何设置的，是德科技的射频微波教学解决方案都能满足教育工作者的需求。这款完整的教学解决方案附带实验课件、硬件仪器以及是德科技设计与自动化软件，是教学机构开设新射频课程和实验课程的理想助手。对于希望革新现有射频和微波课程的高校而言，是德科技的射频微波实验课件可以与他们当前的课程相结合，提供内容紧贴现实应用的实践学习体验。

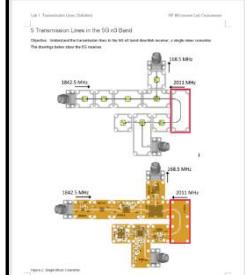
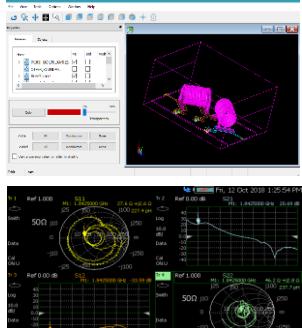
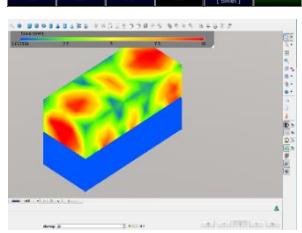
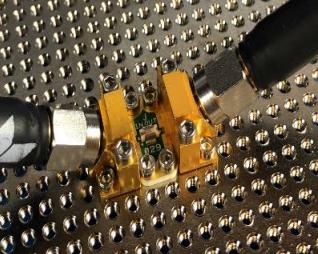
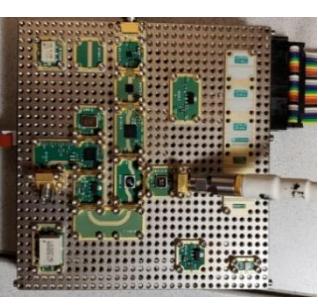
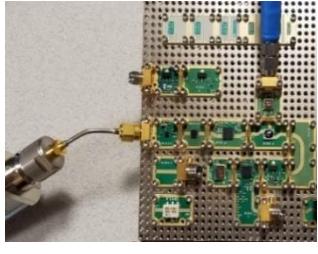
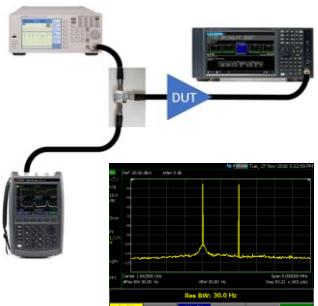
## 学习成果：行业经验

设计规范

设计和仿真

原型构建

设计验证

 	 	 	 
<p>学习和理解传输规范的基础知识，为学习元器件设计奠定坚实基础</p>	<p>使用行业中的设计与自动化软件进行设计与仿真，这些软件包括 PathWave ADS、PathWave Genesys、PathWave EMPro、PathWave SystemVue 和 FieldFox 数据链路软件等等</p>	<p>练习设计 5G 新空口频段的射频接收机系统原型</p>	<p>使用是德科技仪器对系统设计进行评测并验证 5G 接收机设计模块</p>

# U3851A 射频微波电路设计、仿真与测量课件, 5G NR n3

## 微波概念与元器件

- 射频基础知识与概念
- 无源和有源器件设计原理
- 滤波器、放大器、混频器、振荡器等
- 测量和射频参数
- 在 ADS 软件中使用软件进行设计和仿真

## 课件内容

- 培训套件
  - 射频教育硬件套件
  - 套件控制器
  - 射频适配器和分离器
  - 电缆 (射频、电源、LAN、BNC)
  - 电源适配器 (并非适用于所有国家/地区, 请参阅培训套件部分了解更多信息)
  - 便携包
- 可编辑的实验单和标准答案
  - 基于问题的作业
  - 包括 50 小时的实验课

## 培训套件



图 1: 射频微波实验室套件

## 培训套件包括：

- 配有附件的原型板
- 使用 Raspberry Pi 3 B 型和 Schroff 外罩的控制器
- 用于 Raspberry Pi 3 的 13 W 电源适配器和电缆\*
- 用于存放 U3851A 培训套件和附件的手提箱。

\*重要提示：受地区监管限制，运往墨西哥、阿根廷、俄罗斯、中国台湾和新加坡的货物不包括 13W Raspberry Pi 3 电源。配有 USB micro-B 接口的 5.1V 2.5A 电源必须单独购买。请访问 <https://www.raspberrypi.org/documentation/faqs/> 了解更多信息。

建议客户从以下供应商处购买适配器：

- RS 库存编号 103-4302 <https://my.rs-online.com/web/p/ac-dc-adapters/1034302/>
- Digi key 部件号：1690-1022-ND <https://www.digikey.com/product-detail/en/raspberry-pi/T5989DV/1690-1022-ND/6674285>

## 实验单

实验单	主题	描述
1	传输线	设计、仿真和测量微带线和共面波导传输线
2	滤波器	设计用于 5G 频段 3 下行链路的射频和中频滤波器； 测量性能并与技术资料或设计中的数据进行对比。
3	低噪声放大器 (LNA)	仿真和评测两个 LNA，并选择其中一个用于前端
4	激励放大器 (DA) 和 功率放大器 (PA)	包含外部调谐电路的 5G PA (或宽带 DA/PA) MMIC。
5	振荡器和合成器	合成器设计权衡
6	混频器	单二极管、单平衡、双平衡和三平衡混频器
7	5G 接收机设计、仿真与测量	简化的 5G 接收机模型

## 推荐的仪器和软件

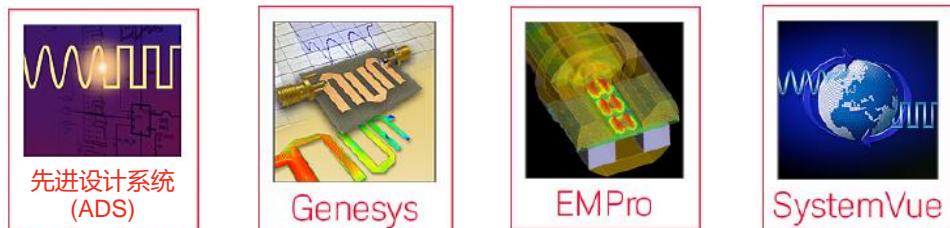


图 2：参考实验室解决方案图片

### 需要的是德科技仪器

- 信号发生器: N9310A
- 频谱分析仪: N9000B CXA 分析仪
- 网络分析仪: N9917A FieldFox VNA
- 噪声源: 346B 噪声源
- 电源: E36312A
- 示波器: DSOX1102G
- 85521A 四合一校准套件

### 需要的是德科技设计与自动化软件以及是德科技仪器



### 需要的许可证及其下载地址:

- PathWave ADS [www.keysight.com/find/PathWave-ads](http://www.keysight.com/find/PathWave-ads)
- PathWave Genesys <http://www.keysight.com/find/PathWave-genesys>
- PathWave EMPro <http://www.keysight.com/find/PathWave-empro>
- PathWave SystemVue <http://www.keysight.com/find/PathWave-systemvue>

从是德科技网站免费下载:

- FieldFox 数据链路软件 <http://www.keysight.com/find/fieldfoxdatalink>

## 培训套件特征



图 3：控制器——Raspberry Pi 3

控制器——Raspberry Pi 3	
尺寸	89.5 mm (宽) x 65.5 mm (深) x 32 mm (高)
计算机模块	<ul style="list-style-type: none"><li>Raspberry Pi 3B</li><li>处理器: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64 位 SoC @ 1.2GHz</li></ul>
内存和闪存	1GB LPDDR2 SDRAM, 16 GB microSD 卡
连通性	<ul style="list-style-type: none"><li>LAN</li><li>USB 2.0 千兆以太网 (最大吞吐量 300Mbps)</li><li>4 个 USB 2.0 端口</li><li>扩展的 40 针 GPIO 接口 (40 至 28 针带状电缆)</li><li>1 个全尺寸 HDMI</li></ul>
电源	Micro USB 端口 < 2.5A
计算机操作系统	Windows 7 和 Windows 10
保修	1 年

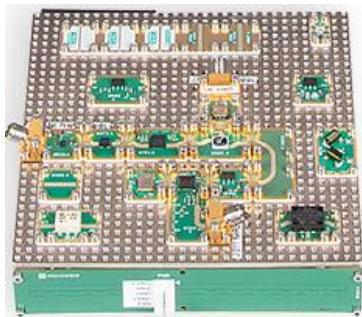


图 4：原型板

原型板	
尺寸	115 mm (宽) x 131 mm (深) x 35 mm (高)
接口	28 针 Raspberry Pi 带状电缆
电源电压	2 个单独的 6.0 V 电源, 每个电源的电流小于 1 A (5 针用于连接香蕉电缆)
保修	三个月, 包括附件

## 预览实验课件内容

请访问 [www.keysight.com/find/rfuv](http://www.keysight.com/find/rfuv), 详细了解是德科技射频微波实验课件的内容并查看实验单样板。

Figure 34 Insert New Cascaded Gain Graph

Figure 35 Add Simulated Cascaded Gain to Measured Data Graph

Keysight RF Microwave Lab Courseware 38

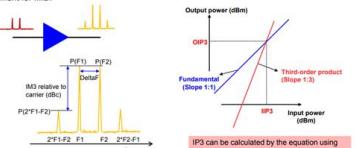
Lab 7: 5G Band n3 Single Conversion Receiver Schematic Measured Data

Lab 7: 5G Receivers DRAFT INDICATOR Microwave Circuits & System Design

7. Configure the Spectrum Analyzer to show the two tones and third order IM. Verify the linearity of the SA range by manually changing its input attenuator 2 or 10 dB and checking that that signal-to-intermod ratio remains constant — if it does not increase the attenuation until it does.

8. You will use the high side third-order IM. The formula to extrapolate OIP3 is provided:

- The third-order intercept point (IP3) or the third-order intercept (TOI) are often used as figures of merit for IMD.



IP3 can be calculated by the equation using low side IMD:  
$$IP3 (\text{dBm}) = P1(F1) + (P1(F2) - P1(F1) \cdot F2) / 2$$
  
When high side IMD is used, the equation is:  
$$IP3 (\text{dBm}) = P1(F2) + (P1(F1) - P1(F2) \cdot F1) / 2$$

9. You may find that the sources are not at the same level due to their individual accuracies. If the N9310A output is too high, lower it. Increase the N9310A power if the FieldFox output power is too high. Power adjustments should always be made at the N9310A to maintain the highest possible output power at the FieldFox output.

10. Make output power measurements P1(F1), P1(F2) and P1(F2-F1) necessary to complete the table below at the points shown on the graph from the data sheet. You should select the Positive Peak Detector (under Trace). You will likely need to reduce Resolution BW to 300 Hz and manually set the Ref Level to 10 dBm to lower the Displayed Average Noise level (DANL) sufficiently for the measurement.

11. You may enter the points into the spreadsheet below which will plot OIP3 for you.

Keysight RF Microwave Lab Courseware 52

图 5：实验单样板

## 订货信息

产品型号	描述
U3851A	<p>射频微波电路设计、仿真与测量课件, 5G NR n3</p> <p>包括: -</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 培训套件和附件</li><li>○ 可编辑的实验单和标准答案</li><li>○ 基于问题的作业</li></ul>
推荐的仪器	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 信号发生器: N9310A BSA 信号发生器</li><li>○ 频谱分析仪: N9000B CXA 分析仪——507, N9068EM0E, P03</li><li>○ 网络分析仪: N9917A FieldFox VNA——210、211、010 选件</li><li>○ 噪声源: 346B 噪声源——100</li><li>○ 电源: E36312A——标配选件</li><li>○ 示波器: DSOX1102G——DSOX1B7T102</li><li>○ 85521A 校准套件, 四合一, 开路、短路、负载和直通, 直流至 26.5 GHz, 3.5 mm (阴头) ——标配选件</li></ul> <p>注:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) N9915A 网络分析仪可用于实验课件, 执行最高 4 次谐波和 有限滤波器的响应分析</li><li>2) N9000B CXA 分析仪及选件 P03 可由 N9917A FieldFox VNA 选件 233 和 235 替换</li></ol>
软件许可证	<p>请访问 <a href="https://www.keysight.com/us/en/contact.html">https://www.keysight.com/us/en/contact.html</a> 了解更多信息, 并获取以下许可证:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ PathWave ADS <a href="http://www.keysight.com/find/PathWave-ads">www.keysight.com/find/PathWave-ads</a></li><li>○ Genesys <a href="http://www.keysight.com/find/PathWave-genesys">www.keysight.com/find/PathWave-genesys</a></li><li>○ EMPro <a href="http://www.keysight.com/find/PathWave-empro">www.keysight.com/find/PathWave-empro</a></li><li>○ SystemVue <a href="http://www.keysight.com/find/PathWave-systemvue">www.keysight.com/find/PathWave-systemvue</a></li></ul>

如欲了解更多信息, 请访问: [www.keysight.com](http://www.keysight.com)

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息, 请与是德科技联系。

如需完整的联系方式, 请访问: [www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

联系我们: [www.keysight.com](http://www.keysight.com)