

通信和雷达技术

尖端技术培训



高科技通信技术课堂培训

通信在当下的互连世界地位举足轻重。不断进化的技术会直接影响这一高科技行业，系统会变得更复杂，但是会拓宽其在不同行业的应用范围。

这导致对可承担此类系统设计、开发和维护作业的专业工人的需求激增，因此需要集中的适当培训。要想培训取得成功，动手实践是关键。因此，Festo Didactic 开发了价格实惠的安全学习解决方案，将雷达和通信技术搬入课堂。

高度逼真且教育价值高

专为教育目的打造的逼真学习系统，具备的优势很清晰，它们与真实的工业设备、测量功能和行为（频率、比特率、接头、协议...）相似，因此学员可以将实验与现实世界的情况相关联。了解测试点、故障植入能力以及其他设置和通常在工业设备中不可用的信号，可确保学习效果更好且速度更快。

创新型功能

- 可借助基于 FPGA 的雷达处理教授脉冲压缩，而这是通过传统方法无法实现的。
- 单一可配置培训模块 (RTM) 可以满足各种技术需求，无需更换设备。
- 单一电源允许在电源上叠加模块，从而优化空间。

全承包式课件

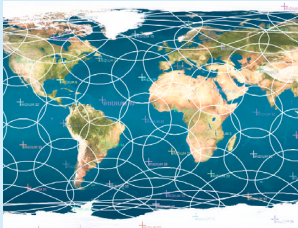
Festo Didactic 首先制定了学习目标和内容，然后开发了支持硬件。对教学资源关注使得我们能够提供高质量、结构合理且适用于多种教学环境的解决方案。每个学习系统均随附了大量的学员手册（包含理论、详细的实验室实验和复习题）和讲师指南。



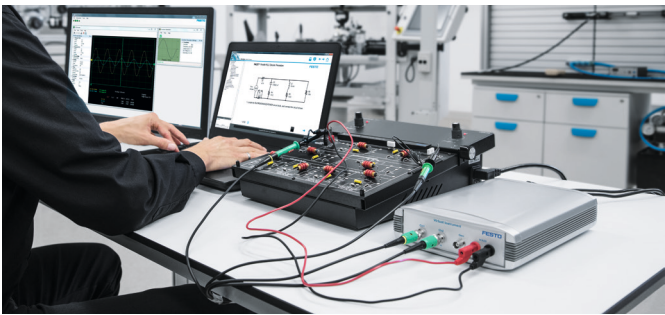
Festo Didactic 推出的通信和雷达学习系统包含电子通信和雷达系统的实践经验以及工作原理和操作系统。

学员可通过计算机辅助课程或仿真软件，将在以下通信相关技术的学习水平从中级不断提升到高级：

- 雷达
- 天线
- 微波



计算机辅助工具
虚拟工具与课件互补，用于激发学员学习兴趣并为学习过程提供支持。计算机仪器设备可降低总成本并优化在实验室花费的时间。软件程序可提高系统的模块化和灵活性，从而实现多种配置。



学习电子技术知识
电子和通信技术紧密相连。可借助完整集成的电子技术学习系统 FA-CET 透彻地理解通信电子技术。整个学习解决方案采用以独特方式组合的硬件（基本单元和电路板）和软件（电子学习课程和虚拟仪器设备）。

适用于通信技术的电路板：

- 数字通信
- QPSK/OQPSK/DPSK
- 模拟通信
- 光纤通信
- 通信传输线
- 数字信号处理器
- 等

雷达学习系统

唯一能在教室或实验室内安全运行的
真实雷达训练器



LabVolt 8097 系列

雷达学习系统为学生提供真实而非仿真的实践体验，使用雷达在存在噪声和杂波的环境中检测和跟踪极短范围内的被动目标。

问世超过 25 年，仍然是可在教室或实验室内安全运行的唯一真实雷达训练器。该系统所达到的技术先进水平自那时起一直无人能及。价格实惠，只是真实设备的一小部分。

通过添加雷达处理和显示功能的计算机控制进行升级，保证其多年来一直稳居教学产品领先地位。

具备较高的教学价值和互动性

雷达学习系统独一无二，因为它逼真地呈现了真实的系统，同时借助现代计算机技术的力量。这样逼真的系统大大调动了学员的使用积极性，激励其使用系统进行实验。

该系统不是仿真器：它以完全真实的方式运行。进入系统的所有外界信号可以使用内置虚拟仪器进行监测和测量。相反，由系统生成并在雷达学习系统的接头和外部测试点提供的诸多信号可以使用通用示波器等硬件仪器进行测量。这可确保学员认为该系统是真实的。

亮点

- 采用创新型设计，兼具真实的雷达和现代监测技术功能
- 雷达处理和显示功能的计算机控制
- 综合性课件以及通过实验室练习进行系统级别培训
- 故障植入能力，用于教授故障排除
- 全承包式、经济实惠的培训解决方案，包括仪器设备
- 功能强大的 DSP、FPGA 和数据采集系统，可用于进行数字分析
- 逼真的高增益抛物面天线，适用于高方位角（角度）分辨率
- 可利用诸多子系统，深入探究具体的主题，以拓展知识和技能
- 可以扩展和完善现有电信程序（天线、微波等）

培训内容

- 雷达系统的原则
- 模拟 MTI 处理
- 数字 MTD 处理
- 追踪雷达
- 主动目标环境中的雷达
- 相控阵天线
- RCS、SAR 和 ISAR 测量
- 雷达脉冲压缩

请注意，一些雷达设备需遵守出口管制政策。有关详细信息，请联系您的当地代表。

借助子系统实现模块化

学员可利用子系统 8097-1 和 8097-2 进行模拟和数字雷达工作原理和操作方面的实践培训。子系统 8097-3 和 8097-4 为系统增加了追踪和有源干扰方案，以培训学员电子战 (EW) 的工作原理和场景方面的知识。学员可借助子系统 8097-6 进行电子扫描天线工作原理方面的培训。子系统 8097-A 可实现使用不同目标的雷达散射截面 (RCS) 测量值以及逆合成孔径雷达 (ISAR) 影像。子系统 8096-B 用于向学员介绍合成孔径雷达 (SAR) 的基本工作原理和操作。最后，子系统 8097-C 用于简化雷达相位编码脉冲压缩的工作原理。

基于通用模块

雷达学习系统基于可配置的培训模块 (RTM)，包括功能强大的 DSP 和较大的 FPGA。RTM 支持在诸多不同的模式下使用雷达学习系统，需要极少甚至不需要更换硬件。此“可编程硬件”方法使用由 DSP 和 FPGA 芯片上传和执行的固件实现。系统通过插入 RTM 的一系列小型低成本快插模块与外界进行交互。RTM 连同系统的模块化均有助于扩展系统，无需更换系统。

全面的课件

手册包含分步的实践练习过程，用于指导学员完成与大量雷达主题相关的实验。所有实验全部高度可重复，这得益于数字处理技术的稳定性。这可调动学员的积极性并提高系统可信度。

故障植入

可通过 LVRTS 软件中的故障控制窗口轻松植入真实的系统和电子故障。系统内置诸多功能，用于提高其教学实用性。这些功能通常不会包含在真实的雷达中。

安全性

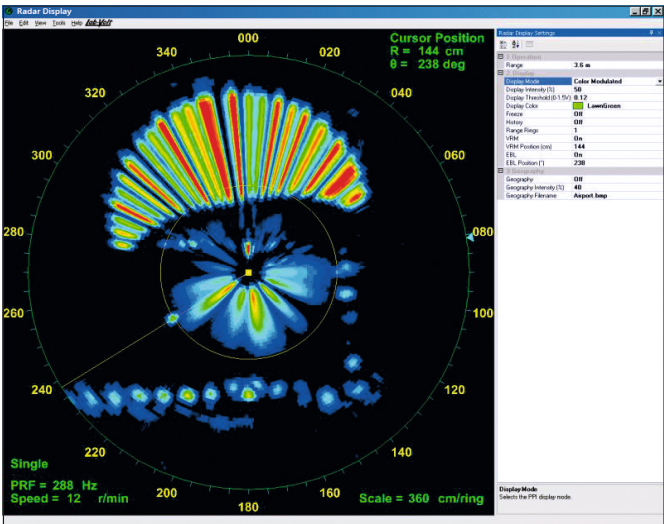
雷达学习系统非常安全，可在教室或实验室使用，这与工业用雷达不同。所有电压和微波功率电平均低于公认安全标准。低射频功率可防止野生动物暴露在有害的微波电平下。

LVRTS 软件

LVRTS 软件是基于 Windows® 的应用，用于将程序下载到 RTM 的 DSP 和 FPGA 存储器，以选择要实施的雷达类型。它还有一个直观的用户界面，用于：

- 选择雷达处理功能并调整雷达的其他参数，例如视频增益、监测阈值等。
- 控制雷达显示器功能，例如 PPI 显示器模式选择、可变范围标记 (VRM)、电子方位线 (EBL) 等。
- 显示诸多电路图以指明设备的连接方式。
- 显示整个雷达和雷达处理器/显示器子系统的功能块图。
- 将虚拟探针连接到功能块图中的测试点，以使用内置示波器观察真实的信号。

- 使用数据监视器观察和分析移动目标检测中涉及的信号处理序列。
- 将故障植入系统（密码保护功能），以进行故障排除。
- 设置用于控制杂波和干扰生成的参数。
- 获取在线帮助屏幕。



基础雷达学习系统

LabVolt 8097-1 系列

基础雷达学习系统是一整套硬件、课件和所有必要的附件，例如目标和互连电缆，可用于研究脉冲、连续波多普勒和 FM-CW 雷达系统的原理。基础雷达学习系统由发射器、接收器、三个仪器设备模块、带底座的天线、目标定位系统和附件套件组成。

同时提供全面的学员手册和讲师指南，可以单独订购。需要示波器才能在 A 型显示器上进行目标回波可视化以及对输出和测试点的信号进行时域观察。

	en	es	fr
订货号	8112495	8112497	8112496

重要元件一览：

- 1x 喇叭天线
- 1x 电源/天线电机驱动器
- 1x 雷达同步器/天线控制器
- 1x 旋转天线底座
- 1x 雷达天线
- 1x 双通道采样器
- 1x 目标定位系统
- 1x 雷达发射器
- 1x 雷达接收器
- 1x 附件（适用于 8097-1）

含手册：

雷达系统工作原理	en	es	fr
学员手册	580402	580404	580403
讲师指南	580405	580407	580406

注意：也可提供 PDF 版本。

其他必需设备

- 1x 双踪示波器（或类似的示波器）

雷达处理器/显示器附加组件

LabVolt 8097-2 系列

雷达处理器/显示器与基础雷达学习系统共同组成了一个完整的现代化脉冲雷达系统。雷达处理器/显示器在基础雷达学习系统中增添了以下元件：雷达回波信号处理功能、PPI 显示器功能、整个雷达和雷达处理器/显示器子系统的屏幕块图以及基于计算机的仪器（示波器和数据监测系统）。提供了两种主要类型的雷达回波信号处理功能：移动目标指示 (MTI) 和移动目标检测 (MTD)。雷达处理器/显示器还提供计算机控制生成杂波和干扰的功能，以支持研究 MTI 处理功能。可以生成以下类型的杂波和干扰：海杂波、雨杂波、二次扫描回波、噪音和脉冲干扰。

RTM 采用最新的数字信号处理器 (DSP) 技术，可以编程为充当模拟脉冲雷达（即带 MTI 处理的脉冲类型）或数字脉冲雷达（即使用 MTD、相关和插值以及监测处理的脉冲雷达）。

	en	es	fr
订货号	8112498	8112500	8112499

重要元件一览：

- 1x 电源
- 1x 可配置培训模块 (RTM)
- 1x 模拟/数字信号组合器
- 1x 数据采集接口
- 1x 雷达模拟量/数字量输出接口
- 1x 附件（适用于 8097-2）

手册包括：

模拟 MTI 处理	en	es	fr
学员手册	580412	588936	580413
数字 MTD 处理			
学员手册	580418	580420	580419
用户指南			
订货号	580414	580416	580415

注意：也可提供 PDF 版本。

其他必需设备

- 1x 双踪示波器（或类似的示波器）
- 1x 雷达主机（或同等基于 Windows® 的主机）
- 1x 基础雷达学习系统 (8097-1)
- 1x 双通道函数发生器（或类似的函数发生器）
- 1x 频率计数器（或类似的频率计数器）

雷达跟踪学习系统附加组件

LabVolt 8097-3 系列

雷达跟踪学习系统是对使用基础雷达学习系统和雷达处理器/显示器实施的脉冲雷达的补充，以形成连续跟踪雷达。该雷达可以跟踪在教学实验室中移动的被动目标。

跟踪雷达可在三种不同模式（扫描、手动和锁定）下工作，可通过手动控制器按钮选择模式。在扫描模式下，天线以恒定速度旋转，从而在 PPI 显示器上观察目标。在手动模式下，操作员可以隔离所选的固定或移动目标，使用手动控制器控制天线方位角并在目标回波信号上定位电子标记（距离门）。基于计算机的 O 型显示器用于监测与要跟踪目标的回波信号有关的距离门位置。当距离门包含目标回波信号时，可以激活锁定模式，系统会在范围和方位角范围内自动跟踪目标。

	en	es	fr
订货号	8112501	8112503	8112502

- 重要元件一览：
- 1x 双馈抛物面天线
 - 1x 雷达目标跟踪接口
 - 1x 附件（适用于 8097-3）
 - 1x 雷达跟踪器手动控制器 (USB)

含手册：

跟踪雷达	en	es	fr
学员手册	580422		580423

注意：也可提供 PDF 版本。

- 其他必需设备
- 1x 基础雷达学习系统 (8097-1)
 - 1x 雷达处理器/显示器 (8097-2)

雷达主动目标学习系统附加组件

LabVolt 8097-4 系列

雷达主动目标 (RAT) 学习系统与之前的三个子系统结合使用，可以对学生进行电子战的原理和场景进行培训。这是一个真正独特的系统，可将实时、安全且未分类的 EW 演示呈现给学生。RAT 学习系统由有源干扰吊舱培训器、一套精心设计的附件和全面的学员手册组成。

干扰吊舱培训器是一个自我筛选干扰器 (SSJ) 目标，可以执行直接或调制噪声干扰以及中继干扰。它随附一个远程控制器，用于选择干扰类型并设置干扰参数。干扰吊舱培训器和随附的附件专门与雷达一起用于实施真实的电子战场景。这样可以有效地向学员介绍需要响应的实时干扰场景，即使用适当的 ECCM 防止跟丢目标。

	en	es	fr
订货号	8112504	8112506	8112505

- 重要元件一览：
- 1x 喇叭天线
 - 1x 雷达干扰吊舱训练器支架
 - 1x 雷达干扰吊舱训练器
 - 1x 电源（雷达电子战）
 - 1x 附件（适用于 8097-4）

手册包括：

电子战	en	es	fr
参考书	580343		580346
主动目标环境中的雷达			
学员手册	580425		580426

注意：也可提供 PDF 版本。

- 其他必需设备
- 1x 基础雷达学习系统 (8097-1)
 - 1x 雷达处理器/显示器 (8097-2)
 - 1x 雷达跟踪学习系统 (8097-3)

雷达相控阵天线学习系统 附加组件

LabVolt 8097-6 系列

雷达相控阵天线学习系统是专门为与完整的脉冲雷达系统一起使用而设计的，可以与基础雷达学习系统 (8097-1) 和雷达处理器/显示器 (8097-2) 一起使用。

雷达相控阵天线学习系统中的光束转向使用耦合到罗特曼镜头的微波开关和微带锥形狭缝阵列天线实现。可以手动控制、连续控制或根据脉冲重复频率 (PRF) 同步控制光束转向。扫描速度可以高达 1080 次/分钟，从而以远远高于传统机械旋转抛物面天线的速率刷新雷达系统的 PPI 显示器（扇形扫描）。因此可以近乎实时的方式跟踪目标。

	en	es	fr
订货号	8112507	8112509	8112508
重要元件一览：			
– 1x 相控阵天线			
– 1x 相控阵天线控制器			
– 1x 附件（适用于 8097-6）			
含手册：			
相控阵天线	en	es	fr
学员手册	580428		580429
注意：也可提供 PDF 版本。			

- 其他必需设备
- 1x 基础雷达学习系统 (8097-1)
 - 1x 雷达处理器/显示器 (8097-2)

RCS 和 ISAR 测量 学习系统附加组件

LabVolt 8097-A 系列

RCS 和 ISAR 测量学习系统附加到雷达处理器/显示器 (8097-2) 上，形成基于计算机的脉冲模式系统，该系统可以测量目标的雷达散射截面 (RCS) 并产生目标的反合成孔径雷达 (ISAR) 图像。

如果使用了最长的脉冲宽度，则该系统可以生成长达 75 cm (30 英寸) 的目标 RCS 模式。如果使用了最短的脉冲宽度，该系统还可以生成更大目标的高分辨率 ISAR 图像。由于该系统基于脉冲式操作，因此不需要在消声室或室外测试场地进行操作。在测量过程中，会使用时间门和减法技术剔除背景杂波。

RCS 和 ISAR 测量学习系统包含低 RCS 目标支持，用于实现精确 RCS 测量；RCS/ISAR 数据采集接口；RCS 测量/ISAR 影像软件，随附在 LVRTS 软件中；RCS/ISAR 测量连接件模块；一套附件，包括波音 777 飞机的反射比例模型；以及系统用户指南。请注意，需要雷达处理器/显示器附加组件中的 RTM 9431-2（及更新版本）才能使用此附加组件。

	en	es	fr
订货号	8122693		
重要元件一览：			
– 1x RCS/ISAR 测量接口			
– 1x RCS/ISAR 数据采集接口			
– 1x 附件（适用于 8097-A）			
其他必需设备			
– 1x 基础雷达学习系统 (8097-1)			
– 1x 雷达处理器/显示器 (8097-2)			
选配备件			
– 1x B2 RCS 比例模型			
– 1x F-117A RCS 比例模型			

合成孔径雷达 (SAR) 学习系统附加组件

LabVolt 8097-B 系列

合成孔径雷达 (SAR) 学习系统附加至 RCS 和 ISAR 测量学习系统 (8097-A)，形成可以生成高分辨率图像的合成孔径雷达。此系统用于向学员介绍合成孔径雷达 (SAR) 的基本工作原理和操作。

SAR 学习系统通过小孔径（指向性低）喇叭天线的运动合成大孔径天线。喇叭天线的运动通过目标定位系统、LabVolt 9607-1 系列（随附在基础雷达学习系统中）、LabVolt 8069-1 系列和天线运动控制模块（SAR 控制器）实现。将在一次完整的天线扫描期间生成的目标雷达回波进行采样并存储在 SAR 处理器中，然后使用距离多普勒算法进行处理，以获取高分辨率 SAR 图像。

SAR 学习系统由随附在 LVRTS 软件中的 SAR 处理和影像软件、SAR 控制器模块、必需的电缆和附件以及系统用户指南组成。请注意，需要雷达处理器/显示器附加组件中的 RTM 9431-2（或更新版本）才能使用此附加组件。可选配在 SAR 学习系统中使用的飞机的反射性比例模型。

	en	es	fr
订货号	8163409		

重要元件一览：

- 1x SAR 控制器
- 1x 附件（适用于 8097-B）

其他必需设备

- 1x 基础雷达学习系统 (8097-1)
- 1x 雷达处理器/显示器 (8097-2)
- 1x RCS 和 ISAR 测量学习系统 (8097-A)

选配设备

- 1x B2 RCS 比例模型
- 1x F-117A RCS 比例模型

雷达相位编码脉冲压缩学习系统

LabVolt 8097-C 系列

雷达脉冲压缩是一种信号处理技术，用于提高任何脉冲雷达的距离分辨率和信噪比。在雷达的设计过程中通常需要进行妥协。在许多情况下，必须在所需的诸多特性之间进行权衡。仅在成本和复杂性略有增加的情况下，脉冲压缩即可提高距离分辨率，而不会牺牲信噪比。

相编码脉冲压缩系统是基本雷达和雷达处理器/显示学习系统的附加组件。该系统包含相位编码脉冲压缩处理器，用于在发射前对雷达脉冲进行编码并压缩接收的脉冲。它还包含脉冲压缩抛物面天线，专门用于防止内部反射干扰雷达信号，以及两个衰减器（4 dB 和 10 dB），用于协助测量。相位编码脉冲压缩应用已随附在 LVRTS 软件中。

	en	es	fr
订货号	8121494		8112510

重要元件一览：

- 1x 脉冲压缩雷达天线
- 1x 相位编码脉冲压缩处理器
- 1x 电源线

含手册：

相位编码脉冲压缩	en	es	fr
学员手册	593926		8111158
讲师指南	593927		8111156

注意：也可提供 PDF 版本。