

## 为旋翼式无人飞行器 开发硬件在环仿真器



"CompactRIO 和HIL仿真器可以快速而便捷的进行编程。它们还可以加速 软硬件的开发和整合。"

– G. M. Saggiani, [University of Bologna, School of Engineering Forlì](#)

### 挑战:

为博洛尼亚大学 (UNIBO)的旋翼式无人飞行器 (RUAV)平台开发硬件在环测试台，它能够对实际的 UAV系统进行模拟，用于进行安全无风险的飞行前测试。

### 解决方案:

使用NI CompactRIO 和LabVIEW FPGA 模块开发 集成的模块化HIL仿真系统。

### 作者:

G. M. Saggiani - [University of Bologna, School of Engineering Forlì](#)  
R. Pretolani - [University of Bologna, School of Engineering Forlì](#)  
B. Teodorani - [University of Bologna, School of Engineering Forlì](#)  
F. Zanetti - [University of Bologna, School of Engineering Forlì](#)

无人驾驶飞行器在民用和军用的许多领域中，是一个很有前景的低成本选择。相比传统的飞行器，无人飞行器可以提供更低的运行成本和显著的人员安全优势（特别是枯燥、肮脏和危险的任务）。近几年来，我们开展了若干个民用的固定机翼或旋翼式UAV平台的研究项目。

为了开发出这种类型的平台，我们需要新的航空电子系统，能够使直升机保持在稳定的高度并按照需要的轨迹飞行。该航空电子设备系统包含传感器、计算机和数据通信硬件，以及对飞行器进行导航和控制的软件。RUAV航空电子系统的开发，需要涉及到微电子、数据通信、电子集成、安装和编程、滤波器设计、信号调理及振动隔离等广泛领域。传统的RUAV项目使用机载电子设备，需要雇佣大量的专业技术人员进行系统的装配和测试，这增加开发的时间成本。

在我们开发的 RUAV航空电子系统组件中，使用 CompactRIO作为飞行计算机，因为它有着可靠且可重新配置的构架，可以快速而便捷地集成不同的I/O硬件和传感器。

与直升机平台建造及航空电子系统开发同时进行的是，在LabVIEW环境中开发模块化半实物测试平台，用于安全无风险的飞行前测试。CompactRIO 和HIL仿真器可以快速而便捷的进行编程。它们还可以加速软硬件的开发和整合。

### 硬件和系统构架

RUAV系统的开发通常使用下面的方法：

- 硬件选型和系统建立
- 设计传感器采集软件 和控制系统
- 开发半实物测试台，对机载硬软件进行无风险的地面测试
- 最终的自主飞行实验 测试

我们的RUAV平台由Hirobo60 业余直升机组成，我们对直升机进行了改装来装载航空电子硬件。为了提高直升机的载重能力，我们还安装了更为强大的引擎、更长的玻璃纤维桨叶、更长的尾桁和尾桨。

同时，我们使用 CompactRIO 硬件作为飞行计算机，用于采集传感器信息，并且根据 CompactRIO 上的控制算法生成PWM执行器信号。此系统利用数字输入模块NI 9411管理RS232协议，从 Crossbow NAV420 AHRS (航姿系统) 接收飞行数据信息；分别利用数字输入模块NI 9411和数字输出模块NI 9474，接收和发送PWM 执行器信号；利用数字输入模块NI 9411和数字输出模块NI 9474 管理I<sup>2</sup>C协议，采集声纳传感器的高度信息；从现场可编程门阵列（FPGA）接收传感器信息并记录所有的飞行数据，同时管理与地面控制台的无线以太网通信。

我们开发的HIL测试台在测试环中包含了尽可能多的飞行器硬件：

- 运行机载软件的飞行计算机等效硬件。我们使用了NI PXI-7831R与计算机的通信。利用FPGA接口卡模拟 CompactRIO 实时计算机。
- 模拟直升机单元和机载传感器输出的计算机。
- 包含了真正的GCS 源代码，并使用 TCP/IP协议与模拟计算机进行通信的地面控制台 (GCS)计算机。

还可以选择性地添加 OpenGL视觉系 统计算机，用于重现 直升机飞行时的虚拟 景色。视觉系统可以 通过TCP/IP协 议从GCS计算机接 收输入。

HIL仿真器软件

LabVIEW代码 管理整个RUAV系 统和HIL仿真器。这两段软件有着典型 的 CompactRIO 应用设计构架。

在实际的RUAV系 统中，FPGA代码 使用四个不同的传感 器读写循环和1个比 例-积分-微分（PID）控制循环 用于直升机的控制。PID循环是 50Hz的闭环。写 循环将PWM命令发 送到直升机的主旋 翼、尾旋翼和伺服执 行器，完成预定义的 飞行动作。第一个读 取循环使用 RS232协议，从 Crossbow NAV 420处获 得直升机的高度、角 速度、速度和GPS 位置，我们使用 FPGA数字输入管 理RS232协议， 确保确定性数据采 集。第二个读取循环 管理PWM命令数据 采集。另一个读写循 环用于采集声纳传感 器数据并管理I<sup>2</sup> C协议。

我们使用 CompactRIO 实时软件进行 FPGA数据采集、 机载飞行数据记录及 与地面控制站的无线 以太网通信。为了管 理地面控制台的通 信，我们使用了 LabVIEW Real- Time Communication Wizard。同 时，在 Windows OS中使用 LabVIEW开发 了地面控制台软件。

远程图形化用户界面 包含两个窗口：虚拟 驾驶舱和用于实时显 示飞行数据信息的遥 感勘测窗口。我们使 用ActiveX控 件开发了虚拟驾驶 舱，就像 Global Majic软件公司 的飞行器仪器那样。 我们还可以使用额外 的信息，如GPS和 惯性测量单元的状态 和系统警告等。

HIL仿真器中的等 效代码包含了运行在 NI PXI- 7831R上的 FPGA代码，它与 实际RUAV系统运 行的FPGA代码是 相同的。在模拟计算 机上运行的代码包含 三个主要部分：仿真 循环，它包含了使用LabVIEW Control Design and Simulation Module开发的直升机仿真模 型；串口写循环，用 于根据直升机仿真循 环的状态信息，模拟 Crossbow NAV 420的 RS232输出；运 行LabVIEW实 时软件的 CompactRIO 系统，它与实际运行 在GCS计算机的软 件是相同的。

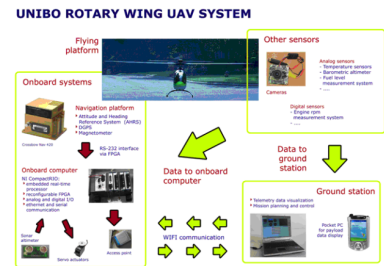
直升机仿真器和实时 代码运行在相同的机 器上，这是因为所有 的源代码都使用了独 立的循环。这种设定 的结果就是机载计算 机“认为”正在控制 飞行器，所有的配置 数据流与自动飞行 的设定都是相同的。在 这种情况下，经过大 量的地面安全仿真， 我们在进行飞行测试 前就可以了解机载软 件的性能和可能的缺 陷。

成功开发硬件在环仿 真器

我们进行了HIL仿 真和试飞，来测试使 用选定的硬件和开发 的软件用于直升机控 制的可行性。仿真和 试飞结果的比较表 明，使用开发的 HIL模拟器作为 RUAV系统的地面 安全测试台是十分可 行的。

在将来，我们将对仿 真平台做进一步的改 进。我们将在HIL 仿真器上实现更为复 杂的动力学模型，包 含更精确的飞行传感 器模型。与RUAV 平台一起，这些仿真 环境提供了有效的测 试平台，用于安全地 面飞行前测试或研究 不同的控制和导航策 略。

作者信息:  
G. M. Saggiani  
University of Bologna, School of Engineering Forlì  
Via Fontanelle, 40  
Forlì  
意大利  
Tel: 0543 374422  
gianmarco.saggiani@unibo.it



在我们开发的 RUAV航空电子系 统组件中，使用 CompactRIO 作为飞行计算机，因 为它有着可靠且可重 新配置的构架。

下一步



法律条款

本教程由 National Instruments 公司（简称“NI”）开发。尽管 National Instruments 可为该程序提供技术 支持，但是该指南的 内容并非完全通过测 试和验证，NI不以 任何方式保证其质 量，也不保证相关产 品或驱动程序的新版 本出现时继续为其提 供技术支持。本教程 仅以其“现状”向用 户提供，教程没有任 何担保。教程使用受 ni.com网站上 《使用条款》的约 束。（<http://ni.com/legal/termsofuse/unitedstates/us/>）