

LabVIEW 在测控电路实践教学中的应用研究

王斌虎 任亚婧 柳雅琪 刘岩

新疆工程学院

DOI:10.12238/er.v8i7.6240

[摘要] 传统测控电路实践教学面临工程实践性不足的挑战, 基于 LabVIEW 技术框架, 研究其在电路特性测试与闭环控制系统中的教学适配路径。构建图形化编程与硬件兼容性方法, 分析数据采集、动态特性分析及联合仿真的技术实现逻辑, 设计滤波器特性测试和温度 PID 控制实验案例, 验证 LabVIEW 对复杂系统建模与实时分析能力的提升。研究成果为测控电路教学提供虚实结合的工程训练模式, 解决了传统实验设备拓展性不足的痛点, 推动工程实践教学向系统化、智能化方向演进。

[关键词] LabVIEW; 测控电路; 图形化编程; 硬件集成; 闭环控制

中图分类号: G642.4 **文献标识码:** A

Research on the Application of LabVIEW in the Practical Teaching of Measurement and Control Circuit

Binghu Wang, Yajing Ren, Yaqi Liu, Yan Liu

Xinjiang Institute of Engineering

Abstract: The traditional measurement and control circuit practice teaching faces the challenge of insufficient engineering practice. Based on the LabVIEW technical framework, this paper studies its teaching adaptation path in the circuit characteristic test and closed-loop control system. This paper constructs graphical programming and hardware compatibility methods, analyzes the technical implementation logic of data acquisition, dynamic characteristic analysis and joint simulation, designs filter characteristic test and temperature PID control experiment cases, and verifies the improvement of LabVIEW 's ability to model and analyze complex systems in real time. The research results provide an engineering training mode combining virtuality and reality for the teaching of measurement and control circuit, solve the pain points of insufficient expansion of traditional experimental equipment, and promote the evolution of engineering practice teaching to a systematic and intelligent direction.

Keywords: LabVIEW; measurement and control circuit; graphical programming; hardware integration; closed-loop control

1 引言

高校测控电路实践教学长期依赖固定式实验箱与分立仪器, 硬件迭代滞后, 导致实验项目与工业现场脱节, 学生难以掌握现代测控系统的数据流协同机制。当前教学体系在实时信号处理、多设备联动控制等环节存在技术断层, 传统文本编程语言开发周期长、调试效率低的问题制约了复杂系统设计能力的培养。LabVIEW 凭借其图形化数据流编程范式, 借助模块化函数库与可视化人机交互界面, 为电路参数标定和动态响应分析提供高效开发平台。针对 NI ELVIS III、Arduino 等硬件生态的深度兼容特性, 该工具链可快速构建虚实结合的测控系统原型, 支持从传感器信号调理到闭环控制算法的全流程仿真验证。本研究聚焦 LabVIEW 在滤波器幅频特性测试、多变量温度控制等典型教学场景中的工程化应用, 旨在重构实验环节的软硬件交互逻辑, 突破传统实验

装置功能固化的瓶颈, 为工程教育数字化转型提供可复用的技术路径。

2 LabVIEW 技术优势与教学适配性

2.1 图形化编程对实践教学的效率提升

LabVIEW 的图形化编程语言 (G 语言) 基于数据流驱动逻辑, 将复杂测控系统的开发流程转化为功能模块的可视化组合, 显著降低了工程实践教学的技术门槛。相较于传统文本编程语言 (如 C 或 Python) 对语法规则、多线程管理及底层硬件操作的严苛要求, G 语言借助模块拖拽与数据流连线的交互方式, 直观呈现系统信号传递路径, 使学生能够快速构建测控系统原型^[1]。以二阶有源滤波器幅频特性测试实验为例, 传统开发模式下, 学生需独立完成信号生成、数据采集与频谱分析三大功能的代码编写, 其中仅正弦波扫频信号的生成便需调用外部函数库, 代码结构复杂且易因数据类

型冲突或内存管理不当引发程序异常。反观 LabVIEW 方案，学生可直接从函数面板调用“Simulate Signal”模块生成扫频信号，用了“DAQ Assistant”配置数据采集卡参数，借助“Spectral Measurements”控件自动完成频谱计算，三步操作即可实现从信号激励到特性分析的全流程覆盖。教学实践表明，用了图形化编程的实验组在代码开发阶段的调试频率显著低于传统文本编程组，实验报告内容更注重系统功能设计与信号链路优化，而非纠错性语法修改^[2]。G 语言借助封装底层代码逻辑，引导学生将核心精力聚焦于测控系统的架构设计与参数调优，而非编程语言特性本身，从根本上提升了实验教学效率与工程思维训练深度。

2.2 硬件兼容性与模块化设计

LabVIEW 的硬件驱动库与模块化架构打破传统测控实验平台的封闭性约束，支持多类型工业级设备的无缝协同，为复杂系统原型设计提供高灵活性的技术支撑。以 NI ELVIS III 教学平台与 Arduino Uno 构建的滤波器测试系统为例，LabVIEW 借助 DAQmx 驱动，直接调用 ELVIS III 的模拟输入输出通道，同步集成 LINX 工具包解析 Arduino 的 PWM 信号，实现跨异构硬件的数据交互与同步控制^[3]。学生在实验中借助 ELVIS III 的 BNC 接口接入待测滤波器电路，用了 Arduino 生成可调占空比的方波激励信号，LabVIEW 前面板实时显示输入输出波形及频谱分析结果，形成“激励—采集—分析”闭环链路。传统实验模式下，学生需独立操作信号发生器、示波器与频谱分析仪等多台设备，手动切换仪器旋钮并逐点记录数据，单次实验耗时长达 3 小时，且人为操作误差难以避免。LabVIEW 方案依托硬件驱动自动配置、数据流动态同步与分析算法一键生成技术，将实验平台搭建时间压缩至 40 分钟内，同时支持滤波器拓扑结构的动态重构。模块化设计赋予系统高度可扩展性，学生可替换不同阶数的 RC 滤波网络或调整运放增益参数，直接在前端面板修改参数配置，无需重构底层代码即可验证多场景下的电路响应特性^[4]。这种“硬件即插即用、功能即调即验”的模式，不仅提升实验效率，更强化学生对系统级工程设计的理解能力，为复杂测控场景的教学实践提供标准化技术路径。

3 测控电路教学中的应用案例

3.1 电路特性测试实验设计

LabVIEW 在电路特性测试中的核心价值在于其数据采集与动态分析功能的深度集成，解决了传统分立仪器操作繁琐、数据孤岛化的问题^[5]。以二阶有源低通滤波器幅频特性测试为例，实验系统由 NI ELVIS III 教学平台和待测滤波器电路及 LabVIEW 软件构成。NI ELVIS III 的模拟输出通道生成 10Hz 至 10kHz 线性扫频信号，信号经滤波器衰减后由模拟输入通道采集，LabVIEW 调用快速傅里叶变换（Fast

Fourier Transform, FFT）算法实时计算幅频响应曲线，并在前面板同步显示时域波形与频谱特性。传统实验依赖学生手动调节信号发生器频率、示波器读取幅值并逐点记录数据，单次实验耗时长达 3 小时，且人为读数误差导致-3dB 截止频率测量偏差超过 5%。LabVIEW 方案中，扫频信号以 0.1Hz 步进精度自动生成，系统同步采集 1000 个频点数据并拟合幅频曲线，误差率稳定在±1.5%以内如表 1 所示。

表 1 二阶有源低通滤波器幅频特性测试数据对比

频率点 (Hz)	理论增益 (dB)	传统方法实测 增益 (dB)	LabVIEW 实测 增益 (dB)
100	-0.2	-0.5	-0.3
500	-1.8	-2.3	-1.9
1000	-3	-3.6	-3.1
2000	-12.5	-13.8	-12.7
5000	-30.1	-32.4	-30.3

表 1 对比了传统示波器测量与 LabVIEW 自动化测试的增益数据。LabVIEW 方案在截止频率（1000Hz）附近的测量误差仅为 0.1dB，显著优于传统方法的 0.6dB 偏差。误差降低源于 LabVIEW 的同步触发采集机制消除信号抖动，FFT 算法的频谱泄露抑制技术则提升频域分辨率。学生借助动态调整滤波器电阻与电容值，可实时观测幅频曲线的形态变化，直观理解电路参数对频响特性的影响规律。

3.2 闭环控制系统综合实验

LabVIEW 与 Simulink 的联合仿真架构为复杂控制系统建模提供虚实融合的技术路径。以基于 Arduino Uno 的热电制冷片（TEC）温度 PID 控制实验为例，系统由 DS18B20 温度传感器、TEC 模块及 LabVIEW 控制界面构成^[6]。Simulink 搭建 PID 算法模型，LabVIEW 借助“MathScript”节点调用模型参数，实时调节 Arduino 输出的 PWM 占空比以控制 TEC 功率。传统教学中，学生需在 Matlab 中离线仿真 PID 参数，再手动移植代码至 Arduino 验证效果，单次参数迭代耗时超过 20 分钟。LabVIEW 方案中，学生在前端面板直接设定目标温度与 PID 系数，系统自动完成模型编译、参数加载与实时控制，响应时间缩短至 0.8 秒如表 2 所示。

表 2 温度 PID 控制系统性能对比

控制方法	超调量(℃)	稳态误差 (℃)	响应时间 (s)
传统比例控制	8.2	±1.5	3.2
LabVIEW PID 控制	3.1	±0.3	0.8

表 2 显示，LabVIEW 方案将超调量从传统比例控制的 8.2℃降至 3.1℃，稳态误差由±1.5℃优化至±0.3℃。性能提升源于 Simulink 模型的高精度离散化算法与 LabVIEW 的实

时数据交互能力。学生借助“Gain Schedule”功能动态调整PID参数，观测温度曲线的上升时间与稳定裕度变化，从而掌握控制参数整定的工程化方法。教学反馈表明，用了LabVIEW的实验组在项目验收评分中系统性设计能力得分提升了，证明虚实融合的闭环控制实验有效强化了学生的工程实践素养。

4 总结

LabVIEW 凭借其图形化编程范式与硬件兼容性架构，为测控电路实践教学构建了高效的技术支撑体系。该平台借助数据流可视化编程简化系统开发流程，使学生摆脱底层代码调试的束缚，转而聚焦于功能设计与信号链路的全局优化。硬件驱动库与模块化设计支持多类型设备快速集成，打破传统实验平台的封闭性限制，实现从电路特性分析到闭环控制的全流程贯通。在滤波器特性测试中，LabVIEW 的自动化采集与动态分析功能显著提升测量精度；温度控制实验则依托虚实融合架构验证了复杂系统的建模与实时控制能力。研究成果推动实验教学模式从分立仪器操作向系统级工程训练转型，解决了传统教学中设备迭代滞后、理论与实践脱节的痛点，为工程教育数字化转型提供了可复用的技术范式。

[参考文献]

[1] 赵洁. 开放教育质量管理的闭环控制研究[J]. 贵州

开放大学学报, 2024, 32(4): 1-5.

[2] 郭绍娜. 图形化编程软件赋能中职数学的拓展应用研究[J]. 教育传播与技术, 2024(S1): 141-147.

[3] 杨瀚, 曹雪婷, 时岩. 基于STM32和LabVIEW的蔬菜农场智能控制系统设计[J]. 南京工程学院学报(自然科学版), 2024, 22(4): 42-47.

[4] 何斯琪, 穆琛, 陈迟晓. 基于存算一体集成芯片的大语言模型专用硬件架构[J]. 中兴通讯技术, 2024, 30(2): 37-42.

[5] 陈晓辉, 王生怀. “新工科”与“OBE”融合的“测控电路”课程教学探析[J]. 秦智, 2023(9): 100-102.

[6] 褚昆, 席善斌, 杨振宝, 等. 基于LabVIEW的元器件粒子碰撞噪声自动检测系统设计[J]. 环境技术, 2024, 42(12): 237-243.

作者简介:

王斌虎(1991.04-), 男, 汉族, 陕西咸阳人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向为测控系统及仿真系统开发。

基金项目:

新疆工程学院校级课题: 基于虚拟仪器的测控类课程仿真实验教学平台建设(XJGCJGB202414); 运动控制系统课程群建设与优化(XJGCJGB202429)。