



智能电子技术实验平台的建设和教学实践

钱敏¹, 陆元成^{1*}, 高阳², 谢海芬¹, 罗锻斌¹

(1. 华东理工大学物理学院, 上海 200237; 2. 华东理工大学机械与动力工程学院, 上海 200237)

摘要: 为了实现虚实结合、自主学习的信息化课程教学, 设计开发了智能操作的电子技术实验平台, 涵盖模拟和数字电子线路的实验操作内容。实验平台焊接的电路, 通过对关键节点电压的智能检测校验和错误提示, 记录实验完成计时、错误次数计数、电子实验报告提交时间, 保证了教学质量, 实现了客观评价和数字化教学。在教学中, 预习采用仿真软件, 操作采用电子技术实验平台, 实现了虚实结合。通过实验平台培训, 学生可自主选择上机操作, 实现了自主学习。

关键词: 智能电子技术实验平台; 智能操作; 自主学习; 虚实结合

中图分类号: G482

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20220460

Construction of Intelligent Electronic Technology Experiment Platform and Curriculum Practice

QIAN Min¹, LU Yuancheng^{1*}, GAO Yang², XIE Haifen¹, LUO Duanbin¹

(1. School of Physics, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China;

2. School of Mechanical and Power Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: In order to realize the combination of virtual and real learning and independent learning of the information course teaching, the intelligent operation electronic technology experimental platform is designed and developed, covering the experimental operation content of analog and digital electronic circuit. For the circuit welded on the experiment platform, the intelligent detection and verification and the error prompt, the experiment completion time record, the counts of error times, and electronic experiment report submission time record ensures the teaching quality, realizes the objective evaluation and digitalized teaching. In the teaching, the preparation before class adopts Multisim software, and the welding operation adopts this electronic technology experiment platform, and realize the virtual and real combination. Through the experimental platform training, students can choose the time to operate independently, and realize independent learning.

Key words: intelligent electronic technology experimental platform; intelligence operation; independent learning; virtual and real combination

信息化教学是现代教育技术的重要发展方向, 在实现数字化教学的同时要求保证教学质量和提高教学效率。传统的电子技术实验教学基于面包板焊接或者直插元器件, 需要配备信号发生器和示波器, 实验教学涉及的设备较多, 在教学过程中, 由于电路复杂, 学生在调试过程中遇到的问题较多, 教师难做到客观评价, 教学质

量难得到保证。因此, 在电子技术实验课程的信息化教学建设中, 需要应用先进的信息技术和教学工具来解决上述问题。为实现电子技术实验课程的信息化教学, 华东理工大学物理学院电子技术实验室自主研发了智能电子技术实验平台, 自 2016 年正式使用, 减少了设备投入, 保证了教学质量, 实现了客观评价和信息化教学, 在教育教

收稿日期: 2022-07-25; 修回日期: 2022-10-25

基金项目: 2022 年华东理工大学本科重点课程项目(校教[2022]16号); 2019 年上海市重点课程建设项目(YK0126154); 2019 年华东理工大学本科教育教学方法改革项目(80222301901001); 2020 年度上海高等学校一流本科课程项目(沪教委高[2021]5号)。

作者简介: 钱敏(1985-), 女, 博士, 副教授, 主要从事电子技术的教学和研究工作。

*通信作者: 陆元成(1960-), 男, 硕士, 副教授, 主要从事电子技术的教学和研究工作。E-mail: yclu@ecust.edu.cn

学领域具有积极意义。

1 智能电子技术实验平台的建设

1.1 电子技术实验平台的组成

电子技术实验平台如图 1 所示, 包括平台软件、硬件电路板核心部分, 以及元器件、摄像头、万用表、电烙铁、焊锡、松香、导线等配套部分。

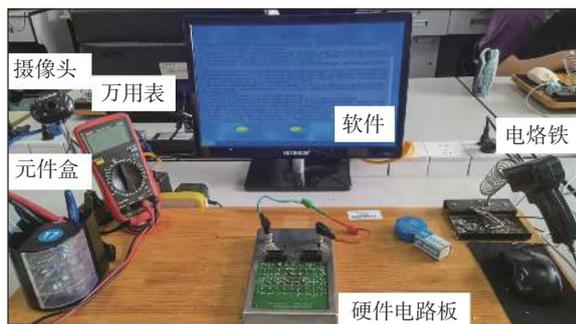


图 1 电子技术实验平台

电子技术实验平台硬件电路板如图 2 所示。

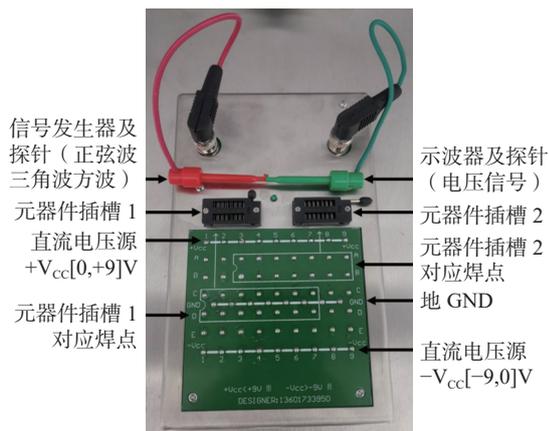


图 2 平台硬件电路板

图中左上方为信号发生器输出端及输出探针, 右上方为示波器输入端及输入探针。直流电压源 $+V_{CC}$ 电压范围 $[0,+9]V$, 地 GND, 直流电压源 $-V_{CC}$ 电压范围 $[-9,0]V$, 每行 9 个焊点均短路。独立焊点有 A、B、C、D、E 共 5 行, 每行 9 个, 共 45 个。其中, A、B 两行方框内所包含的 14 个焊点分别对应右上方元器件插槽的 14 个脚位, C、D 两行方框内所包含的 14 个焊点分别对应左上方元器件插槽的 14 个脚位。实验平台硬件通过软件控制供电, 包括信号发生器、示波器、直流电压源 $+V_{CC}[0,+9]V$ 和 $-V_{CC}[-9,0]V$ 、地 GND。电

子技术实验平台核心部分为硬件电路板和软件, 信号发生器和示波器都由软件控制输出, 减少了实验教学系统的设备投入。元件盒位于实验平台左方, 包括护目镜、导线钳、平头螺丝刀, 从上到下 4 层盒子依次放置电阻、电容、二极管和三极管、集成电路和可变电阻。

平台提供 10 个实验, 其中 8 个为常规实验, 2 个为设计实验, 如表 1 所示。

表 1 电子技术实验课程内容

序号	实验	步骤
1	线性电路原理	线性电路的叠加原理; 有源线性电路的等效原理
2	信号放大电路	单偏置三极管共发射极放大电路; 分压偏置三极管共发射极放大电路
3	功率放大电路	由三极管组成的模拟功率放大电路; 正负电源供电的模拟功率放大电路
4	正弦波发生器	RC 正弦波振荡电路
5	三角波发生器	三角波发生器电路
6	精密整流电路	经典精密整流电路; 高输入阻抗型精密整流电路
7	模拟稳压电源	模拟变压器输出; 整流滤波; 线性稳压
8	555 定时器	单稳态定时器电路; 双稳态多谐振荡器电路; 升压和负电压产生电路
9	设计实验a	基于 358 运算电路设计
10	设计实验b	基于三极管放大电路的 RC 正弦波发生电路设计

1.2 电子技术实验平台的操作

1) 双击电脑桌面上“学生端应用程序”图标, 进入平台软件首页。实验操作, 请先选择“清空实验板”, 确认实验板上没有元器件和连线, 再选择“实验登录”, 进入登录界面。学号和密码输入正确, 进入平台自查硬件电路板清空界面。电路板清空检查大约需要 1 min, 若未清空电路板, 程序会提示, 且会退出程序。

2) 平台自查硬件电路板清空通过, 进入实验选择界面。

3) 结合实验 4 正弦波发生器来说明智能电子技术实验平台的操作步骤。实验 4 的软件操作界面如图 3 所示。

①按照图 3 中左上方电路图, 从元件盒中选出电路图中所需元器件, 确认元器件正常工作。

②在平台硬件电路板上, 如图 4 所示, 排布、焊接元器件。按照电路图, 逐个节点依次检查, 逐个回路依次检查, 确认硬件电路板上电路连接正确。

③根据软件界面中实验要求的步骤, 依次操作。在实验 4 实验要求的文字指引下, 为硬件电

路板上电路加工作电压。通过软件操作界面为硬件电路板+V_{cc}[0,+9]V, -V_{cc}[-9,0]V 加直流电压, 如图 3 所示。点击软件界面上“设备开启”按钮开启直流电源、信号发生器、示波器; 点击“停止”断电。可用万用表直流电压挡检查+V_{cc}[0,+9]V 与 GND, -V_{cc}[-9,0]V 与 GND 之间的直流电压。如果万用表检测到的直流电压值达不到软件设置

的电压值, 说明电路中存在短路。值得说明的是, 实验 4 不需要为硬件电路板加交流电压。在其他实验中, 如果需要为电路板加交流电压, 可通过软件界面为硬件电路板上信号发生器加交流电压, 并设置交流电压的有效值和频率。可用示波器输入探头与信号发生器输出探头相接, 示波器显示出信号发生器信号的波形和参数。

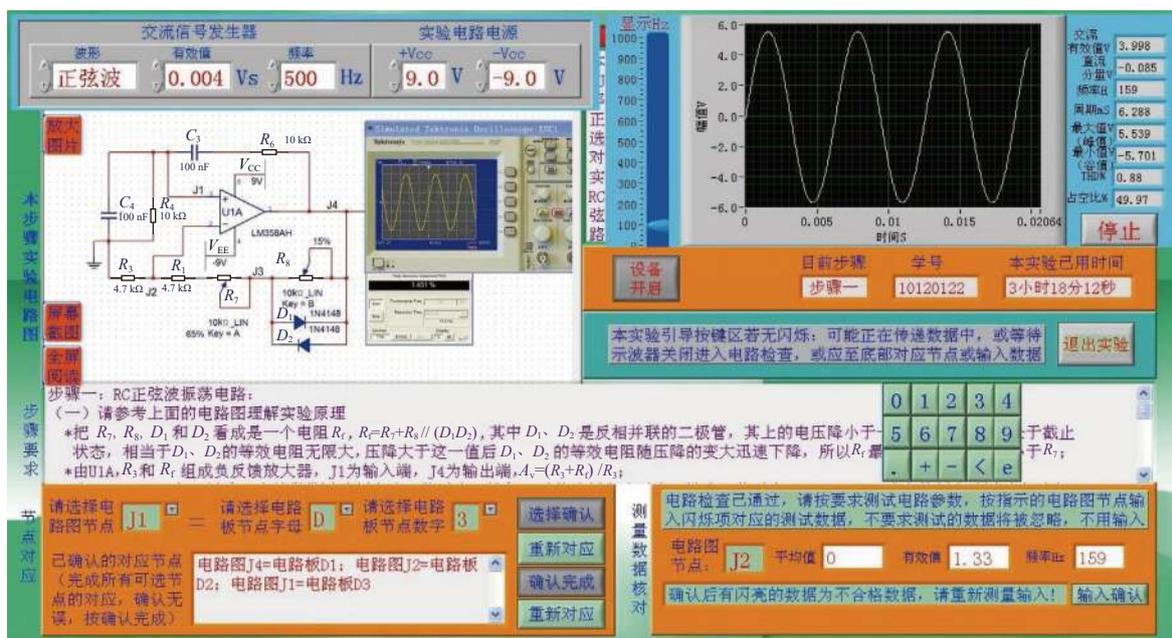


图 3 实验 4 电路图节点与焊点坐标关系及电压波形值



图 4 实验 4 实验板焊接图

在实验要求的文字指引下, 对电路进行初步调试, 用数字万用表或者示波器观察电路关键节点处的电压和波形是否正确。如果电路关键节点处的电压和波形满足要求, 说明电路的焊接基本正确。在此基础上, 在软件界面左下方正确选择电路图节点和实际焊点坐标的对应关系, 然后按键确认, 开启电路的节点处电压自动检测, 如图 3 所示。实验 4 电路中的关键节点有 3 个, 分别为集成运算放大器的 1、2、3 端口, 对应电路图节点编号为 J4、J2、J1, 对应图 4 中焊点坐标为 D1、D2、D3。当实验者在图 3 左下方输入电路图节点和电路板焊点对应关系并点击确认开启电路检查后, 智能实验平台将焊点处的电压读取并与软件中提前设置的电压上下限值相比较。如果在范围内, 则电路检查通过; 如果超出范围, 则电路检查不通过, 并在软件界面显示哪个节点的电压值是超出了上限或者下限, 提示实验者检查电

路,直到电路调试正确,电路检查方能通过,由此确保了实验课程的教学质量。电路检查通过后,在实验 4 实验要求的文字指引下,在图 3 右下方填入关键节点处电压的平均值、有效值和频率,用示波器检测节点处电压波形并按照文字提示截图。如图 3 所示,示波器的波形截图下方有操作者的学号,同时,图 1 中的摄像头随机抓拍实验者的面部照片,确保了实验者身份的真实性。继续在实验要求的文字指引下,完成实验内容,并在电子实验报告中做好记录,最后点击“确认实验内容已完成”退出。退出实验后,系统会自动回到实验选择界面,并显示已完成实验的完成时间和未完成的实验。

2 虚实结合、自主学习的课程实践

华东理工大学物理学院的电子技术实验课程面向学院物理和光电专业的本科生。学生在大二下学期学习了电子技术理论课程,电子技术实验课程作为理论课程的拓展,在大三上学期开展。实验课程的内容与理论课程的教学内容相一致,有利于学生从实践中加深对模拟电子线路和数字电子线路知识点的理解和掌握^[1-10]。

华东理工大学物理学院电子技术实验室目前拥有 36 套智能电子技术实验平台、1 个实验报告上传和截图下载端、1 个服务器。在智能电子技术实验平台设备的支持下,实现了自主操作、自主学习。电子技术实验教学时间为 1 个学期,每周 1 次,每次 4 学时,完成 1 个实验的焊接操作。在课堂时间,教师现场指导。每周课外工作时间实验室也开放,学生可以自行去实验室进行焊接操作,遇到问题及时在课程教学群中线上向教师反馈解决。第一个 4 学时课堂内容为平台培训、元件认知、实验安排介绍。从第二个 4 学时开始,每次课堂内容均为 1 个焊接实验。在焊接实验之前,需要对实验进行课前预习。以实验 4 为例(如表 2 所示),课前用 Multisim 仿真软件把实验 4 的电路图和报告内容仿真一遍,把节点的仿真电压和仿真波形贴入预习报告,并在焊接实验前上传,服务器将记录预习报告的上传时间,如果未上传预习报告就开始焊接实验,系统会自动扣分。在焊接实验中,服务器将记录操作者的实验完成个数、完成步骤、完成时间、错误次数,并转换成操作分数。在焊接实验完成后通过截图下

载端登录下载实验 4 的截图,并在实验完成的一周内上传实验 4 的实验报告,服务器将记录操作者的实验报告上传时间,超过一周上传会自动扣分。预习报告和实验报告分别有预习仿真示波器截图和焊接实验示波器截图,体现了虚实结合的课程教学^[11-14]。学期结束时,教师从实验报告下载端下载学生的总报告,包括预习和实验部分,得到实验报告分数。最后,通过成绩生成软件,设置预习分数、操作分数、报告分数的比例得到课程总分,实现了客观评价和信息化教学。综上,华东理工大学物理学院电子技术实验中心应用自主研发的智能电子技术实验平台,实现了虚实结合、自主学习的信息化课程建设和教学实践。

表 2 实验课程安排

步骤	内容	工具	评价
预习	实验仿真; 仿真波形截图贴入预习报告	Multisim	
预习报告		报告上传下载端	预习报告上传时间; 预习报告质量
实验	实验焊接; 示波器波形截图贴入实验报告	智能化电子技术实验平台; 示波器截图下载端	完成个数; 完成步骤; 完成时间; 错误次数
实验报告		报告上传下载端	实验报告上传时间; 实验报告质量
成绩生成		成绩生成软件	

3 教学效果

华东理工大学物理学院的本科生在学习了电子技术理论课程的基础上,进一步学习电子技术实验课程。电子技术实验课程的内容设置紧密结合理论课程内容,如实验 4 的正弦波发生器电路在理论课程中也学习过。学生在实验课程中,再次学习这个电路,先通过仿真软件预习一遍,回顾了电路原理,并仿真了实验结果。在此基础上,进行焊接实验,用实践更深入地掌握这个电路。一个知识点通过理论学习、仿真预习、焊接实验 3 方面教学,得到了层层递进的教学效果。

华东理工大学物理学院 2019 级本科生电子技术实验课程成绩分布如图 5 所示,包括 3 个教学班级,总人数 93 人。采用智能电子技术实验平台进行教学实践,实现了不及格率为零,大部分学生成绩优良,不同的班级教学效果较为一致。在

操作培训和元器件认知课堂教学后,教师确保学生对平台系统的使用和元器件好坏的辨别。第一次课堂焊接实验内容为线性电路原理,元器件较少,主要为了让学生熟悉平台的使用。采用智能电子技术实验平台,有利于实现较为公平客观的评价体系,自主学习的课程教学方式有利于激发学生的积极性。学生根据自己的时间安排去实验室进行焊接实验,并就遇到的问题及时在课程教

学群中互动讨论,实现了学生为主、教师为辅的教学方式。预习报告和实验报告均通过上传下载端在线提交,实现了数字化教学。课程教学实践的结果显示,学生在培训熟悉平台的使用后,掌握了电子技术实验的操作要点,包括选择辨别元器件、合理布局、正确焊接、回路检查、根据实验内容指引调试操作,很多学生提前完成了实验内容,取得了较好的教学效果。

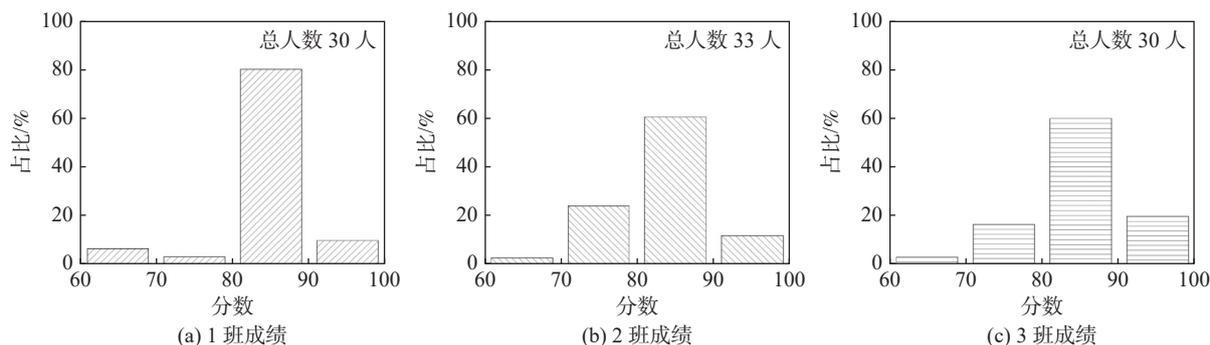


图5 华东理工大学物理学院2019级本科生电子技术实验课程成绩分布

4 结束语

焊接实验采用创新的智能电子技术实验平台,减少了教学设备投入,确保了教学质量,实现了客观评价和信息化教学。课堂实验和课外实验相结合,自主操作学习为主,课堂和远程指导为辅,很多学生提前完成了实验内容。预习报告和实验报告的提交通过网络上传,实现了数字化教学。实验内容分为常规实验和设计实验,体现了教学的广度和深度。综上,基于智能电子技术实验平台的虚实结合、自主学习的信息化课程建设和实践支撑了理工科人才的培养。

参考文献

- [1] 邓红雷,张仙玲,汪娟娟. 电工与电子技术实验课程线上教学的研究与实践[J]. *实验室研究与探索*, 2021, 40(7): 167-171.
- [2] 任君玉. 基于Multisim的模拟电子技术实验教学改革[J]. *实验科学与技术*, 2022, 20(3): 57-63.
- [3] 谢洪途,邹鹏,谢恺,等. 基于新工科电子技术实验课程的学生能力培养研究[J]. *高教学刊*, 2022, 8(6): 76-79.
- [4] 陈晔,金志刚,翟亚飞,等. 基于成果导向理念的电子技术课程设计教学探索[J]. *实验室科学*, 2020, 23(6): 149-152.
- [5] 郝彦爽,林颖,韩守梅. 基于FPGA的数字电子技术实验案例设计[J]. *实验室科学*, 2021, 24(3): 101-104.
- [6] 蒋锦健. 现代电子技术实验网络教学平台的跨区域设计与实现[J]. *现代电子技术*, 2017, 40(10): 39-42.
- [7] 闫晓梅,王志社,高文华. “数字电子技术实验”的“线上-线下混合”教学改革[J]. *电气电子教学学报*, 2021, 43(3): 155-157.
- [8] 魏永涛,赵勇. 模拟电子技术基础课程思政实施原则与实例分析[J]. *高教学刊*, 2022, 8(1): 176-179.
- [9] 梁丽勤,张宝健,王岩. 基于双PBL模式的数字电子技术实验设计案例——简易洗衣机控制电路[J]. *物理实验*, 2022, 42(1): 35-38.
- [10] 黎想,雷霞,李宏. 基于云实验室的数字电子技术实验课程教学改革[J]. *实验室研究与探索*, 2020, 39(4): 208-212.
- [11] 张继,储开斌,张小芳. 基于Multisim的电子技术课程设计[J]. *实验室科学*, 2018, 21(1): 60-63.
- [12] 陈锦儒,郑春龙. 基于虚拟仿真的电子技术课程设计教学改革[J]. *实验科学与技术*, 2020, 18(6): 100-106.
- [13] 袁小平,陈焯,陈世海,等. 基于“虚实结合”的电子技术实验课程群体系建设与实践[J]. *实验技术与管理*, 2018, 35(8): 216-220.
- [14] 李亮,徐垚,张秀鸯. 基于虚实融合的模拟电子线路实验设计与实践[J]. *实验科学与技术*, 2021, 19(3): 117-121.

编辑 张莉