AI辅助便携式数字电路实验平台的构建与实验教学改革

陈景华 丁凡 杨森泉
韶关学院智能工程学院，中国·广东 韶关 512005

摘要：为了改善高校现有成品实验箱存在的课时少、台套数少、接线错误需要老师逐个检查、过程性评价没有依据等缺点，设计出用面包板和 74LS 系列器件组成的便携式实验平台，并且开发出可以进行浏览器访问的 AI 辅助系统。平台由电源、逻辑输入、芯片插座、电平显示这四个部分组成，实验项目包括基本门电路、组合逻辑、时序逻辑等内容，该平台具有接线图校验、真值表检验、仿真电路叙述以及实验记载整理的功能，对图像核查处理的是芯片的方向、引脚漏接等可以看见的错误，而虚接和短路还要靠学生自己再做一遍，教师来复查。此次改革把平台同 AI 系统融入到课前预习、课中搭建和排错、课后报告这四个阶段之中，把接线规范以及排错记录当作过程性考核的一部分。经过一轮教学试点的课堂记录可以看出，虽然学生自己会接线错误的情况越来越多，但是可以有效地减轻教师的课堂指导压力，提高学生的硬件接线和工程故障排查的能力，达到知识传授、能力培养、价值塑造三者相结合的育人目的。

关键词：数字电子技术；实验教学；便携式实验平台；接线诊断；过程性考核

Construction of an AI–assisted portable digital circuit experimental platform and reform of experimental teaching

Chen Jinghua, Ding Fan, Yang Senquan
School of Intelligent Engineering, Shaoguan University, China Guangdong Shaoguan 512005

Abstract: To address the shortcomings of the existing finished experimental cabinets in universities, such as insufficient class hours, limited number of setups, the need for teachers to check connections one by one, and the lack of basis for process evaluation, a portable experimental platform using breadboards and 74LS series components was designed, and an AI-assisted system accessible via the browser was developed. The platform consists of four parts: power supply, logic input, chip sockets, and level display. The experimental projects include basic gate circuits, combinational logic, and sequential logic. The platform has functions such as connection diagram verification, truth table inspection, simulation circuit description, and experiment record organization. It can detect visible errors such as the direction of chips and pin misconnections through image verification, while false connections and short circuits require students to redo the experiment and have teachers review. This reform integrates the platform and AI system into the four stages of pre-class preview, in-class setup and troubleshooting, post-class report, and regards the connection norms and troubleshooting records as part of the process assessment. Through the classroom records of a round of teaching pilot, it can be seen that although the situation of students making connection errors on their own is increasing, it can effectively alleviate the pressure on teachers' classroom guidance and improve students' skills in hardware connection and engineering fault troubleshooting, achieving the goal of combining knowledge imparting, ability cultivation, and value shaping.

Keywords: Digital electronic technology; Experimental teaching; Portable experimental platform; Wiring diagnosis; Process-based assessment

0 引言

数字电子技术实验属于电子信息类专业的一门基础课，它的主要任务就是对门电路、组合逻辑、时序逻辑进行验证，并且进行一些基本的实验操作，比如电路搭建、仪器使用、故障诊断等等[1]。目前大多数学校教学采用成品实验箱做实验，学生看到的是面板上的开关和指示灯，看不到芯片引脚的连接情况，台套数按照班级来分配，一般两个人或者三个人一组，实验项目主要是对固定的接线进行验证。由此便产生了两种情况，一种是接线错误率高并且发现晚，学生没有进行过自行排查的训练；另一种是

实验过程中没有留下可以核查的记录，成绩主要依靠实验报告来评定，不能很好地体现学生实际的操作能力和排错能力[2-3]。

目前所采取的教学改革途径有两条，一是对实验载体进行改造，用经济型便携式的实验装置或者面包板代替成品实验箱，使得器件和连线对外[4-5]；或者将线上实验环境，将预习、仿真、过程记录等全部纳入到一个系统当中[6]。二是用智能工具来使用大语言模型做虚拟仿真的节点电压检测以及智能测评等实验指导。这些工作可以缓解设备和资源的不足，但是对于接线这样的高频、容易出错的部分，还主要是由老师进行巡查，而不是通过及时的反馈来解决。

本文是以一门数字电子技术实验课为研究对象，创建起一个低成本、便携式的实验平台，设计出相应的 AI 辅助系统，然后以此为基础对实验项目、教学流程以及考核方式等进行相应的调整。

1 教学现状与改革着力点

1.1 主要问题

把常见问题归纳为四类，如表 1 所示。

表 1 数字电子技术实验的主要问题

问题	具体表现	对教学的影响
接线过程不可见	实验箱学生只操作面板开关与指示灯	出错后难以自行定位
设备台套数不足	通常 2~3 人一组，课后不便借用	单人实操时间少
指导负荷集中	教师逐组巡查排错	课堂时间被基础问题占用
过程评价缺依据	操作与排错无记录	评分区分度低

1.2 着力点选择

表 1 中，由于设备的连线无法被看见，错误也出现在上电之后，所以排错主要依靠教师。因此教学改革要将这两者结合起来，使用开放式的平台使接线的过程可以被看见并且可以进行修改，利用辅助系统把错误发现的过程提前到上电之前。过程性评价是以系统中保存下来的接线照片、真值表录入以及错误提示记录为基础来开展，本文的设计平台将采集点设置为接线和数据记录两个地方，从而减轻学生填报的负担。

2 教学改革方案总体设计

改革方案由硬件平台、AI 辅助系统、教学活动、考核评价四个部分组成，如图 1 所示。硬件层给人们提供可以自由接线的载体，系统层对图像核对、数据校验以及记录保存进行处理，教学层按照课前、课中、课后的顺序安排活动，评价层从系统的记录和现场观察中得到证据。操作的主要目的是使接线错误能够在上电之前被学生自己发现。



图 1 改革总体框架

3 便携式实验平台与实验项目

3.1 硬件总体设计

平台用面包板作为载体，所有器件都是常用的通用教学元件，按照功能分成四个部分：电源模块可以提供 5V 的适配器和锂电池两种电源，输入端设有防反接保护，另外还有总开关和电源指示灯；逻辑输入采用的是 DIP 拨码开关，上面的是高电平，下面的是低电平，所有的引脚都连接到面包板上；核心逻辑模块使用的是芯片底座，74LS 系列的器件可以断电插拔更换；电平显示使用的是 LED 串接 220Ω 限流电阻。

3.2 实验项目构架

实验项目按照从浅到深分为基础门电路、组合逻辑、时序逻辑三个层次，每个层次都配有接线图、器件引脚表以及实验记录表。接线图用字符和方框来表示，学生在预习的时候根据接线图来标注引脚号，在上课的时候按照接线图来进行连接。

4 AI 辅助系统

4.1 架构与部署

系统使用的是 B/S 结构，前端是 HTML 页面，后端使用的是 Python Flask，课程数据存储在 SQLite 中，部署在实验室局域网的服务器上，手机以及电脑上的浏览器都可以访问到。利用轻量级的 YOLO 模型进行图像识别，用大语言模型接口来解答原理问题以及对文本进行整理。

4.2 功能模块

系统设五个模块，输入、输出与使用环节如表 2 所示。

表 2 AI 辅助系统功能模块

模块	输入	输出	使用环节
课程知识库	项目选择	引脚表、接线示意图、预习思考题	课前
接线图像核查	面包板俯视照片	待核查项标注（漏接、方向、电源 / 地）	课中、上电前
真值表校验	输入组合与 LED 观测结果	不一致项及常见原因提示	课中、通电后
仿真电路描述生成	项目与器件清单	Multisim 可导入的电路描述文件	课中、课后
记录整理	照片、数据表、核查记录	报告初稿（不含分析与结论）	课后

4.3 接线图像核查的能力边界

学生接好线之后拍下俯视照片上传，然后用模型识别芯片、芯片缺口方向、导线端点、拨码开关和 LED 来识别，再按照面包板孔位网格把端点映射到引脚编号上，同该项目标准接线表进行比较，给出某脚未见连线、芯片方向与引脚表不符、VCC/GND 未接等提示。

4.4 真值表校验与仿真对照

学生将 DIP 输入组合和 LED 观测结果输入到系统中，系统会显示出来该课题的理论真值表每一行进行比较，指出不一致的输入组合，并且给出引脚悬空、输入电平取反、LED 支路接触不良等常见的故障原因供查找。

5 教学实施

5.1 三阶段流程

如图 2 所示，教学流程如下。课前，学生在系统中查看引脚表和接线示意图，给每个引脚编号，并完成预习思考题。在课中进行断电搭建电路、拍照上传之后按照系统的提示自行修改；教师确认通电之后，学生拨动 DIP 开关来记录输入以及 LED 的输出情况，并将这些信息输入到系统中去进行校验真值表的工作，然后生成出仿真电路描述，最后和实物以及仿真现象进行比较。课后把整理好的照片和数据表记录下来，学生再做现象分析、偏差讨论。教师的工作由原来的逐组排错变成了安全确认和重难点的讲解。

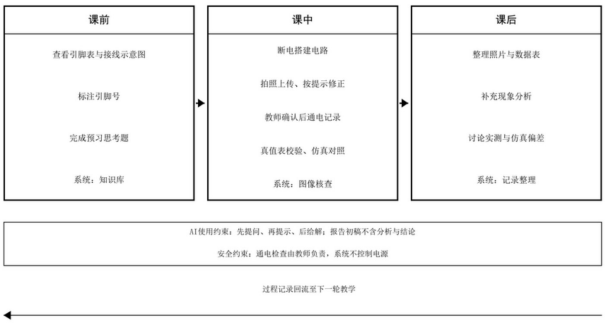

图 2 三阶段教学流程与系统介入点

5.2 课程思政的融入方式

实验接线环节使学生体会到电子工程严谨规范的工匠精神，在讲授 TTL 芯片原理的时候介绍我国半导体产业的发展历史，认识到了“卡脖子”的问题，从而产生科技报国的思想。在故障排查环节中培养学生的严谨求实、不怕失败的态度。

6 教学实践与讨论

6.1 试点情况

改革在本校电子信息科学与技术专业教学班的数字电子技术实验上进行，实验设备按照一人一套的标准配备，系统设置在实验室局域网之中，学生使用个人终端来访问。

6.2 课堂观察

表 3 列出教学实践可以被核查的几种变化以及相应的依据。

表 3 课堂观察点

观察点	改革前常见情形	试点中的情形	依据
接线错误发现时点	上电测试失败后开始排查	拍照核查后、通电前自行修正	系统日志、接线照片
教师答疑内容	以引脚接错、漏接等基础问题为主	转向时序分析与仿真对照的讲解	课堂记录
实验记录完整性	报告多为结果抄录	含偏差来源与实测 / 仿真差异讨论	实验报告
课外实操	受台套数与开放时间限制	平台可借用，完成拓展接线练习	借用登记

6.3 教学实践效果与存在不足

接线图检查的稳定性由拍摄条件决定，导线密集的时候端点定位不准。AI 提示可能会让学生省去自主分析的过程，尽管已经设置了限制条件，但是长期的影响还需要更多的观察来得出结论。真值表目前是由学生手工输入的，输入占用课时。

7 结语

本文就数字电子技术实验中接线指导以及过程记录这两个方面展开论述，创建起一个开放式的便携式实验平台以及相应的 AI 辅助系统，进而对实验项目、教学环节以及考核方式做出相应的调整。该系统适合于一般的实验室环境，可以提高学生的电路搭建、故障诊断等工程实践能力。

参考文献：

[1] 寇志伟，刘利强，崔啸鸣. 新工科背景下“电子技术”课程实验设计与实践[J]. 实验科学与技术，2022,20(6):71-75.

[2] 钱敏，陆元成，高阳等. 智能电子技术实验平台的建设和教学实践[J]. 实验科学与技术，2023,21(1):135-139.

[3] 张敏，井岩，戴伏生. 贯穿式层次化数字电子技术实验教学模式建设[J]. 实验室科学，2023,26(4):108-111.

[4] 金建辉，邵永成，李盛洪等. 经济型便携式电子技术综合实验室的构建[J]. 实验科学与技术，2021,19(3):136-141.

[5] 蒋铁珍，许耀华，黎轩. 基于面包板的“数字电路”实验教学内容设计[J]. 科技风，2024(5):103-105.

[6] 荣海林，陈腾，朱文兴. 新时代教育形势下数智化电类实践教学平台研究与建设[J/OL]. 实验科学与技术[2026-11-09]. DOI:10.12179/1672-4550.20250341.

基金项目：韶关学院教育教学改革研究项目（SYJY 20251059）。

作者简介：陈景华（1976.11.13），男，汉族，广东兴宁，本科，讲师，研究方向：嵌入式开发。