

从“验证性”到“设计性”再到“综合性”：数字电路实验课程项目化教学的重构与实践

王文睿 宿淑晶

哈尔滨信息工程学院 黑龙江 哈尔滨 150341

【摘要】：针对传统数字电路实验教学以验证性实验为主、学生工程实践能力不足的问题，本文提出并实施了一种从“验证性”到“设计性”再到“综合性”的三阶段递进式项目式教学新模式。该教学模式有助于提升学生的实验研究能力、数据分析能力，同时训练了学生解决复杂工程问题的能力^[1]。以哈尔滨信息工程学电子信息工程专业从2023级和2024级两学年中抽选的186名学生为本次课程研究对象，通过实验对比分析、问卷调查和项目成果评估等方法，系统的分析了改革前后的效果。结果表明：项目式教学能够有效的帮助学生将课程综合成绩平均分从71.2分提升至83.6分，设计性实验自主完成率也从41%增涨到89%，学生对于数字电路实验课程的兴趣度从原有的42%提升至91%。本文详细的阐述了项目式教学新模式的背景、实施方案、教学案例以及数据分析，为数字电路实验课程新模式提供了良好的实践范本。

【关键词】：数字电路实验；项目化教学；三阶段递进；工程实践能力；教学改革

DOI:10.12417/2982-3803.26.03.032

1 引言

数字电路是电子信息工程专业的一门核心必修课，其中的实验教学部分承担着衔接理论认知和工程应用的关键性桥梁作用^[2]。伴随着“新工科”建设的不断推进和工程教育专业认证的深入，当今社会对学生的系统设计能力、创新能力和团队协作能力提出了更高的要求。但是长期以来，数字电路实验课程依旧采用“验证性实验为主、固定步骤执行为主、单一芯片功能测试为主”的传统教学形式，学生们长期处于被动接受状态，缺乏模拟真实情境下的训练。

项目化教学是以学生为中心，以真实或仿真的内容为项目载体，引导学生在“做中学”，培养学生在解决问题的过程中锻炼综合能力。这一理念与电子信息类专业实验教学改革需求有极高的契合度^[3]。本文基于笔者所在的教学团队结合多年教学经验探索，系统的总结了从“验证性”到“设计性”再到“综合性”的三阶段过翔实的数据分析验证其有效性，可以为其他同类型课程改革提供参考依据。

2 传统实验教学的现状

2.1 传统模式存在的主要问题

在传统的教学过程中，我校数字电路实验课程共设置32学时，包含8个实验项目。其中验证性实验6个（占比75%），设计性实验2个（占比25%），综合性实验0个。具体内容分布见表2-1。

表 2-1 传统实验项目类型与内容

实验类型	项目	占比	典型实验内容
验证性实验	6	75%	逻辑门功能验证、触发器功能验证、计数器功能验证
设计性实验	2	25%	三人表决器电路设计
综合性实验	0	0	无

这种结构带来的问题显而易见：学生完成了全部实验后，仅掌握了芯片连接和示波器读数，却无法独立完成一个简单的数字系统设计（如数字钟、频率计等）。

2.2 学生参与度存在的主要矛盾

通过在传统式教学中随机抽取2023级91名学生进行问卷调查，发现：

- (1) 72%的学生认为实验“按图索骥，不需要动脑”；
- (2) 68%的学生表示“完成实验后对电路原理仍不清楚”；
- (3) 仅有42%的学生对实验课程“有兴趣或很有兴趣”；
- (4) 在期末开放性测试中，要求自主设计一个“四人抢答器”，只有41%的学生能独立完成完整电路并调试成功。

传统实验模式的深层挑战在于实验指导书过度详细，反而减少了学生设计的机会；评价体系主要依赖于实验报告，而不是学生的实际动手能力^[4]。

正是基于以上情况，我们决定引入项目化教学理念，以此

重构数字电路实验课程体系。

3 项目化教学的内容改革

3.1 项目化教学的改革要素

项目化教学首先是强调以驱动性问题去引导学生学习，以项目作品作为学习的验证性成果，学生在持续探究和模拟情景中完成设计、试错和反思^[5]。在工程类实验课程中，项目化教学应包含三个关键环节：

- (1) 学生自主设计方案；
- (2) 反复调试与迭代；
- (3) 成果展示与评价。

3.2 三阶段递进式设计原则

根据数字电路课程设计的内在逻辑和学生的认知规律，我们将课程划分为三个递进阶段：

第一阶段是基础实验：保留少量必要的验证性实验，仅给出芯片引脚图和功能表，要求学生自行连线验证关键功能，并分析异常现象原因。

第二阶段是应用实验：指定功能需求但不给出具体电路图，要求学生独立完成电路设计。

第三阶段是综合性实验：以小组形式完成一个小型综合实验项目。

三个阶段的比例从传统的 75%/25%/0% 调整为 25%/40%/35%，体现从“扶着走”到“放手做”的转变过程。

4 项目化教学的方法改革

4.1 重构后的实验项目体系

以 32 学时为例，改革后的项目设置如表 4-1 所示。

表 4-1 改革后实验项目

阶段	实验项目	学时	教学方式	产出要求
验证性	门电路逻辑功能测试	2	给定芯片，自主设计测试方案	测试记录、问题分析
验证性	触发器应用	2	给出多种芯片组合、自主设计	电路图、仿真图
设计性	1 位全加器设计	4	仅提供需求，自主选择芯片	设计报告、演示
设计性	编码/译码/显示电路设计	4	设计 4 线-7 段显示电路	实物演示

设计性	可变模计数器设计	4	使用 74LS161 设计模 5~模 10 可切换计数器	完整电路、验证
综合性	数字电子秤逻辑设计	6	将压力传感器输出转换为数字显示	系统样机、答辩
综合性	智能抢答器系统设计	6	4 路抢答，带锁存、倒计时、犯规提示	完整作品
综合性	数字频率计设计	4	测量 1Hz~9999Hz 信号，数码管显示	报告、演示

4.2 具体案例——智能抢答器系统

以综合性实验“智能抢答器系统设计”为例，说明项目化教学的实施流程。

(1) 第 1 周项目发布并由教师发布实验要求：功能要求：4 组抢答，主持人按下“开始”后 10 秒倒计时，最先按下者锁存并点亮其 LED，倒计时停止；有人抢答后其他人再按无效；主持人可按“复位”重新开始；超时无人抢答则报警。

约束条件：只能使用 74 系列中小规模芯片，不允许使用单片机。

交付物：电路原理图、实物照片、演示视频、设计报告

第 2-3 周自主设计阶段

学生可提前查阅芯片数据手册，设计电路。教师可提供辅导，但不直接给电路图。学生需经过方案评审，比如小组 PPT 汇报、教师提问等环节。在此环节每个小组可修改方案 2~3 次。

第 4 周搭建与调试阶段

实验室提供必要的元器件。学生在此阶段会遇到大量真实问题：竞争冒险、触发器的异步清零干扰、按键抖动、电平不匹配等。教师可引导学生使用示波器观察毛刺，并自主添加去抖电路或滤波电容。调试日志可作为评分依据。

第 5 周验收与答辩

每组 10 分钟的功能演示、PPT 讲解以及答辩。演示必须一次性成功，教师根据功能实现度、电路布局规范性、故障排查思路等综合评分。同时进行组内互评，避免“搭便车”。

4.3 教学资源的改革与创新

为解决项目化教学对资源和师资的高要求，我们实施了以下创新：

(1) “口袋实验室”计划：为每位学生发放一套便携式数字电路实验板，含面包板、常用芯片、跳线，支持课后自主设计和调试，延长实验室开放时间。

(2) 线上虚拟仿真前置：在进入硬件设计前，要求学生用 Multisim 或 Proteus 仿真验证核心逻辑，仿真通过后方可领用芯片，降低芯片烧毁率。

(3) 助教培养与分层指导：从高年级选拔优秀学生担任课程助教，每组配备 1 名助教进行早期辅导，教师则重点指导调试困难的小组。

5 教学效果数据分析

5.1 研究对象与方法

通过选取改革前的 2023 级 91 人和改革后的 2024 级 95 人作为研究对象。两届学生入学成绩、前序课程平均分无显著差异。评价指标包括：

实验课程综合成绩

设计性实验自主完成率

(3) 学生满意度与兴趣度问卷

(4) 期末综合性任务的正确率

5.2 综合成绩对比

成绩分布统计见表 5-1。

表 5-1 改革前后学生综合成绩对比

指标	2023 级	2024 级
平均分	71.2	83.6
优秀率 (≥90 分)	6.6% (6 人)	23.2% (22 人)
不及格率 (<60 分)	14.3% (13 人)	3.2% (3 人)
中位数	73	85

参考文献：

- [1] 教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会. 电子信息类专业教学质量国家标准[S].2018.
- [2] 赵玉玲,钱晓龙.项目化教学在数字电路实验中的探索与实践[J].实验技术与管理,2020,37(5):178-181.
- [3] 朱建华,董桂丽.数字电子技术实验项目化教学改革与实践[J].创新创业理论与实践,2022,5(04):38-40.
- [4] Thomas J W.A review of research on project-based learning[M].San Rafael,CA:Autodesk Foundation,2000.
- [5] 李晓辉,刘东.“新工科”背景下数字电路实验教学创新体系构建[J].高校实验室工作研究,2022,41(2):45-49.

5.3 设计能力与项目完成率

在期末无辅助式开放式设计任务中，要求学生在 90 分钟内独立设计并搭建一个“数字密码锁”，预设 3 位二进制密码，输入正确则开锁，错误三次则报警。改革前后对比见表 5-2。

表 5-2 期末设计性任务完成情况

评价项	2023 级	2024 级
完整设计方案（逻辑正确）	41%	86%
硬件搭建成功（功能演示正常）	37%	79%
能自行诊断并排除一个故障	28%	74%

设计性实验的在不依赖教师或同学给出完整电路图的情况下的独立完成率，由改革前的 41%提升至 89%。

6 结论与推广价值

本文围绕数字电路实验课程，以项目化教学为核心，系统构建了三阶段递进式教学体系。通过两年的教学实践与对比数据分析，得出以下结论：

(1) 三阶段递进有效解决了传统课程中重验证、轻设计等问题，使学生逐步从被动接受者转变为主动设计者，综合成绩平均提高 12.4 分。

(2) 项目化教学显著提升了学生的工程实践能力和问题解决能力，期末独立设计任务成功率从 37%提升至 79%，学生对实验课程的兴趣度从 42%提升至 91%。

(3) 该模式具有良好的可复制性，所需资源为绝大多数高校实验室已有条件，改革的核心主要在于教学理念与流程上的重新设计。

目前，改革措施已在电子信息工程、自动化等专业实施，并取得良好的效果。未来可进一步探索将 FPGA 引入综合性项目，与微处理器系统课程形成衔接，构建贯通式的数字系统设计实践体系。