

面向 BME 专业的“数字逻辑”课程仿真驱动式教学改革

杜晓霞 李华 梁桂英

桂林电子科技大学生命与环境科学学院 广西桂林 541004

摘要: 针对传统数字逻辑课程在生物医学工程专业教学中存在的理论抽象、与专业背景脱节、学生工程实践能力培养不足等问题,本研究旨在探索一种以专业应用为导向、以仿真软件为桥梁的教学改革新模式。改革将仿真软件深度融入数字逻辑课程的教学环节,设计并实施了一系列与生物医学领域紧密相关的综合性仿真项目。通过“仿真驱动、专业融合”的教学方法,将抽象的数字逻辑理论知识转化为解决生物医学实际问题的工具。该改革方案使学生不仅掌握了数字系统的设计与仿真技能,更重要的是建立了数字逻辑技术与生物医学仪器之间的联系,工程思维和解决复杂工程问题的能力得到了实质性提升。

关键词: 数字逻辑;生物医学工程;仿真;专业融合项目

引言

随着生物医学工程(Biomedical Engineering, BME)的迅猛发展,现代医疗设备日益呈现出高度集成化、智能化和数字化的特征。从数字心电图机、多功能监护仪到先进的医学成像系统,其核心处理与控制单元无不构建在复杂的数字逻辑电路与嵌入式系统之上。因此,《数字逻辑》作为电子信息类专业的核心基础课程,在 BME 专业人才培养体系中扮演着至关重要的基石角色,是学生后续深入学习《医学电子仪器设计》等专业课程的先修基础。

然而,在当前众多高校的 BME 专业《数字逻辑》课程教学中,普遍存在一些亟待解决的矛盾[1-4]。首先,是课程内容的高度抽象性与学生认知惯性之间的矛盾。课程中的逻辑代数、门电路、触发器等内容理论性强、概念抽象,传统的“粉笔+黑板”或“PPT 宣讲”模式难以使学生建立直观的物理概念和系统观念。其次,是传统实践教学的限制性与工程能力培养需求之间的矛盾。多数实验环节局限于基于现成实验箱的验证性操作,学生按图索骥完成连线,对于电路的整体设计、信号流、时序分析以及故障排查缺乏系统性训练,导致“知其然不知其所以然”,难以将离散的知识点融会贯通为解决实际问题的工程能力。最关键的是,是课程通用性与专业特殊性之间的矛盾。现有教材与案例多源于通用计算机或电子系统,与生物医学领域的关联性较弱,致使普遍感到“学无所用”,无法清晰地认识到该基础课程与本专业的内在联系,从而学习

目标模糊、内生动力不足。

为了破解上述困境,国内外的教育工作者已进行了诸多探索,其中,引入 Multisim、Proteus 等电路仿真软件辅助教学被证明是提升教学效果的有效手段之一[5-10]。这类软件能够将抽象的电路原理和行为以可视化的方式动态呈现,极大地降低了学生的认知负荷。然而,现有的应用大多仍停留在对通用数字电路(如计数器、移位寄存器)的验证与演示层面,未能与 BME 的专业背景进行深度、系统的融合。仿真项目与学生未来的职业领域关联度不高,使得这一先进工具的潜力未能得到充分发挥。

因此,本研究立足于 BME 专业的特殊需求,提出并实践一种“仿真驱动、专业融合”的《数字逻辑》课程教学改革方案。该方案的核心在于,将仿真软件不仅作为理论教学的演示工具,更作为连接基础理论与专业应用的战略桥梁。通过精心设计一系列源于生物医学场景的综合性、设计性仿真项目,引导学生在解决本领域实际问题的过程中,主动建构数字逻辑知识体系,锤炼工程设计能力,并同步强化其专业认同感。

1 实施方案

为了将改革理念落到实处,我们构建了一个系统化的“四阶一体化”实施方案,从教学理念、平台工具、内容设计到具体执行与考核,进行了全方位的重构。其整体实施架构如下图所示:



图 1 实施方案

1.1 第一阶段：教学理念与模式的重构

首先，我们实现了两大教学转变：

从“理论先行”到“项目引导”：摒弃“先讲透理论，再进行实验”的传统线性模式，采用基于项目的学习模式。在教学伊始便呈现一个具体的、简化的生物医学问题，以问题激发兴趣，引导学生在解决问题的内在驱动下，主动学习和建构相关的数字逻辑理论知识。

从“验证性实验”到“设计性仿真”：将教学重心从“验证定理、测试芯片功能”转向“自主设计、仿真调试并优化一个完整的数字系统”。学生不再是简单的“连线工”，而是需要从需求分析、方案设计、器件选型到仿真实现的“设计工程师”。

1.2 第二阶段：仿真平台的引入与基础训练

在进行“组合逻辑”和“时序逻辑”基础理论教学之前，安排 2-4 个学时的专项训练，集中讲解仿真软件的基本操作、仿真流程、常用数字集成电路的查找与使用，以及虚拟仪器的应用。在后续逻辑电路的教学中借助仿真软件进行原理讲解及功能验证。

1.3 第三阶段：与 BME 专业深度融合的项目设计

这是改革的核心内容。我们设计了覆盖核心知识点的 4 个项目库，所有项目均源自生物医学应用场景。

项目一：病房呼叫系统

专业背景：模拟医院病房的紧急呼叫需求。

设计任务：（1）共有 7 路病房输入；

（2）具有优先级，即 1 号病房优先级最高，1 号-7 号病房优先级依次降低，该设计对应患者疾病严重程度；

（3）数码管显示优先级最高的病房号，若护士到达该病房并将呼叫铃复位，数码管

继续显示次高级病房号，依此类推；

（4）LED 显示所有按铃病房；

（5）只要有病房呼叫铃按下，蜂鸣器响。

核心知识点：编码器、译码器、触发器、基本门电路。

项目二：双音报警器

专业背景：模拟救护车。

设计任务：模拟救护车输出两种频率的声音

核心知识点：555 定时器构成多谐振荡器。

项目三：药片生产计数自动控制系统

专业背景：该项目模拟制药工业中，对药瓶内药片数量进行自动计数与装瓶控制这一关键生产环节，确保药品生产的准确性与效率。

设计任务：（1）通过按键设置每瓶将装入的药片数（1-9）；

（2）每瓶药片装满时，停止装药且 1 位数码管显示当前已装药瓶数（最大值为 9）；

（3）2 位数码管显示当前已装的总药片数（最大值为 81）

核心知识点：8421BCD 编码器、比较器、计数器、显示译码、单稳态触发器、基本门电路。

项目四：人体心率脉搏测量

专业背景：心率是核心生理参数，此项目直接关联脉搏光电传感器后的数字处理部分。

设计任务：给定一个由信号发生器模拟的、带有噪声的模拟脉搏波信号。学生需设计一个电路，首先对信号进行整形得到规整的方波，然后生成一个精确的 10 秒时间闸门，在此闸门内对脉搏方波进行计数，最后通过运算（如乘以 6）得到每分钟的心率值，并在数码管上稳定显示。

核心知识点：施密特触发器、单稳态触发器、计数器、寄存器、时序控制。

1.4 第四阶段：教学实施流程与考核评价

教学实施流程：

课前：教师发布项目任务书，明确设计指标和要求。学生预习相关理论，查阅资料，初步构思设计方案。

课中：教师精讲项目背景、关键设计思路和难点，随后学生以小组形式在计算机上利用仿真软件进行电路设计与调试。教师巡回指导，引导学生解决遇到的问题。

课后：学生提交完整的仿真电路文件以及一份详细的设计报告。报告需包含设计思路、原理分析、遇到的问题

及解决方案、仿真结果分析等内容。

多元化考核评价体系:

过程性评价 (占总成绩 40%): 主要考察各个仿真项目的完成情况, 包括电路设计的正确性、创新性、仿真报告的质量。

终结性评价 (占总成绩 60%): 期末笔试考试中, 减少单纯记忆性题目, 增加与仿真项目相关的电路设计题、系统分析题, 考查学生对知识的迁移和应用能力。

2 教学案例 (以病房呼叫系统为例)

2.1 项目背景与教学目标

专业背景: 病房呼叫系统是医院中最常见、最基本的护理单元设备, 其核心功能是通过电路逻辑实现病人与护士站之间的高效、可靠通信。此案例将抽象的编码/译码知识与具体的医疗场景相结合, 点燃学生的专业学习兴趣。

知识目标: 掌握编码器、触发器、数码管显示驱动电路等的工作原理与设计方法。

能力目标: 培养学生将实际需求转化为技术指标, 并利用数字集成电路构建小型应用系统的能力。

素养目标: 引导学生建立医疗电子设备的可靠性、安全性和人机交互友好性等工程伦理意识。

2.2 项目任务与核心要求

设计任务: 使用 Multisim 仿真软件, 设计一个 7 床位病房呼叫系统。要求每个床位设有呼叫按钮, 护士站有对应的指示灯、数码管床位号显示及声音报警。护士可通过“响应”键取消当前报警。

核心指标:

- (1) 共有 7 路病房输入;
- (2) 具有优先级, 即 1 号病房优先级最高, 1 号-7 号病房优先级依次降低, 该设计对应患者疾病严重等级;
- (3) 数码管显示优先级最高的病房号, 若护士到达该病房并将呼叫铃复位, 数码管继续显示次高级病房号, 依此类推;
- (4) LED 显示所有按铃病房;
- (5) 只要有病房呼叫铃按下, 蜂鸣器响。

2.3 教学实施过程

2.3.1 课前准备

教师发布项目任务书, 学生复习优先编码器 (如 74LS148)、译码器 (如 74LS48)、锁存器 (如 74LS273)

及数码管的数据手册。

2.3.2 课中实施 (90 分钟)

需求分析 (15 分钟): 教师引导学生将“呼叫”这一行为, 分解为几个逻辑环节, 共同绘制系统框图。系统框图如图 2 所示:



图 2 病房呼叫系统框图

电路设计与仿真 (60 分钟): 学生分组, 在 Multisim 中搭建电路。参考电路如图 3 所示:

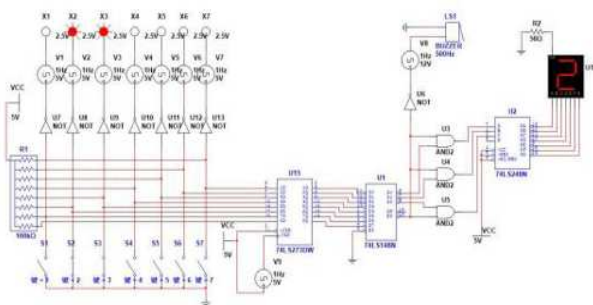


图 3 病房呼叫系统电路 (2 号、3 号病房同时呼叫)

对电路进行分析:

当 2 号和 3 号病房同时呼叫, D 触发器 74LS273 的 5D 引脚和 6D 引脚接地, 使得 5Q 和 6Q 输出为 0, 进一步使得 74LS148 优先编码器的 D4, D5 选通, 由于 D5 优先级较高, 只对其进行编码, 故 A2A1A0 输出为 010, 且 EO 输出为 1, 其接至 74LS248 显示译码的 C, B, A 引脚, 使译码管显示数字 2, 蜂鸣器响, 且 2 号和 3 号的 LED 均闪烁。

当护士将 2 号按键复位, 此时编码器对 D4 引脚编码, A2A1A0 输出为 011, 译码管显示数字 3, 且蜂鸣器响, 3 号 LED 闪烁, 其仿真图如图 4 所示。

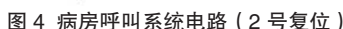


图 5 病房呼叫系统电路 (3 号复位)

2.3.3 课后延伸

撰写设计报告，内容包括：设计方案、核心器件选型依据、电路原理分析、仿真结果截图，并回答思考题：“如何改进电路，以实现护士站能区分普通呼叫与紧急呼叫？”

2.4 教学成效与反思

2.4.1 成效

知识内化: 学生普遍反馈, 通过此项目, 对编码器的“优先权”概念和译码器的“驱动”作用有了刻骨铭心的理解, 远胜于单纯的理论学习。

能力提升：学生成功实现了从“读懂电路”到“设计系统”的跨越，系统级设计思维和利用仿真工具解决问题的能力得到显著锻炼。

专业认同：项目将枯燥的数字芯片与救死扶伤的医疗

2.4.2 反思

部分学生在处理“响应后保持显示直至现场复位”这一异步时序逻辑时遇到困难。这表明学生对时序逻辑和组合逻辑的差异掌握不牢,需要在后续教学中加强此类综合性控制逻辑的训练。

3 结论

本文针对生物医学工程专业《数字逻辑》传统教学中存在的“理论抽象、实践脱节、学不知用”等核心问题，系统地提出并实践了一套以“专业应用为导向，仿真项目为驱动”的教学改革方案。

首先，我们成功实现了教学理念从“知识灌输”到“能力建构”的转变。通过引入 Multisim/ Proteus 仿真平台，构建了涵盖“病房呼叫系统”、“双音报警器”、“药片生产计数系统”等一系列与生物医学领域紧密相关的项目库。这些项目将编码器、计数器、时序逻辑等抽象知识点，具象化为解决医疗实际问题的工具，有效激发了学生的专业认同感和学习内驱力。在实施过程中，我们采用了“仿真驱动、专业融合”的教学模式，强调学生从需求分析、电路设计到仿真调试的全过程参与，显著提升了其系统级工程思维、创新实践能力以及利用先进工具解决复杂工程问题的能力。

改革成效表明，这种深度融合专业特色的仿真教学，不仅使学生对数字逻辑基础理论的掌握更加牢固，更重要的是在他们职业生涯的早期，就成功地架起了一座从电子技术基础通往生物医学工程应用的桥梁，培养了初具规模的“医工结合”素养。

下一步，我们计划将仿真环节与 FPGA 硬件平台相结合，实现“软硬一体”的验证，让学生看到设计在真实硬件上的运行效果；同时，我们将致力于建设一个更丰富、开放的“BME 数字系统仿真案例库”，并探索与医疗器械企业合作，引入更贴近产业前沿的真实项目案例，从而将课程改革推向更深层次，为培养新时代高素质、创新型的生物医学工程人才奠定更为坚实的基础。

参考文献:

[1] 黄凤英. 高校“数字逻辑”课程教学模式改革——基于新工科建设理念[J]. 厦门城市职业学院学报, 2024, 26(04): 48-53.

- [2] 郭文俊, 杨泽民, 张盛天, 等. 基于 OBE 理念的数字逻辑课程混合式教学改革 [J]. 计算机教育, 2024, (08): 114-119.
- [3] 鲁鹏程, 张丽艳, 邵温, 等. 面向工程实践能力培养的数字逻辑实验教学改革 [J]. 计算机教育, 2023, (10): 87-91.
- [4] 孙玲姣, 黄欣, 龙洋, 等. 数字逻辑的教学改革探讨 [J]. 电子世界, 2020, (06): 15-16.
- [5] 朱贵宪. 计算机硬件基础课程中常用仿真软件的比较分析与教学应用研究——以数字逻辑课程为例 [J]. 电脑知识与技术, 2025, 21(25): 174-176+180.
- [6] 刘丽娟, 任会峰, 李富. 基于 Multisim 的数字逻辑电路课堂教学改革浅析 [J]. 中国教育技术装备, 2024, (02): 46-49.
- [7] 夏志祥. 基于 Multisim 的 555 定时器仿真设计 [J]. 信息记录材料, 2021, 22(06): 237-239.
- [8] 吴锦华, 伍祥, 霍清华, 等. Mutisim12.0 在应用型本科数字逻辑实验教学中的应用研究 [J]. 电脑知识与技术, 2018, 14(11): 147-148.
- [9] 王华本, 朱良月, 鹿建银. Proteus 在《数字逻辑电路》课程教学中的应用 [J]. 科技视界, 2020, (04): 46-48.
- [10] 余红珍, 于斌. Proteus 仿真软件在数字逻辑实验中的应用 [J]. 软件导刊, 2015, 14(07): 52-53.
- 通讯作者:** 杜晓霞 (1996_), 女、1996.07、汉、硕士研究生、医学电子仪器.