



基于故障电路的“逆向”思维实验教学模式

印月, 周群

(四川大学电气工程学院, 成都 610065)

摘要: 随着教学改革的深入和素质教育要求的不断提高, 为突出学生在实验教学中的主体地位, 提出了基于故障电路的“逆向”思维实验教学模式。通过故障电路诊断、分析、排除的方式, 培养学生自主解决实际问题的能力, 启发学生的思维开拓能力和创新能力。同时, 也增添了实验项目的趣味性和挑战性, 能更大程度激发学生的实验兴趣。根据试验班与非试验班的学生成绩分布对比, 试验班在整体理论及综合能力方面都有较大提高, 为培养高素质专业技术人才探索了一套可行且高效的培养模式。

关键词: 实验教学; 故障电路分析; 教学模式; 组合逻辑

中图分类号: TN79

文献标志码: A

DOI: [10.12179/1672-4550.20190019](https://doi.org/10.12179/1672-4550.20190019)

Experiment Teaching Mode of “Reverse” Thinking Based on Fault Circuit

YIN Yue, ZHOU Qun

(College of Electrical Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: With the deepening of teaching reform and the continuous improvement of quality education requirements, in order to highlight the main position of students in experimental teaching, a “reverse” thinking experimental teaching mode based on fault circuit is proposed. Through the diagnosis, analysis, and elimination of fault circuits, students can be trained to solve practical problems independently, and they can also inspire students’ ability to develop ideas and innovation. At the same time, it also adds interest and challenge to the experimental project, which can stimulate students’ experimental interest to a greater extent. According to the comparison of student performance distribution between the experimental class and the non-experimental class, the experimental class has greatly improved in terms of overall theory and comprehensive ability, and a set of feasible and efficient training mode is explored for cultivating high-quality professional and technical personnel.

Key words: experimental teaching; fault circuit analysis; teaching mode; combinational logic

随着国家“新工科”建设深入推进, 以新技术、新业态以及新产业为特点的新经济蓬勃发展^[1], 传统工科实验教学模式已经不能满足人才培养需求^[2]。相关学者在跨学科工程教育培养模式和不同专业课程内容交叉融合等方面进行了广泛的讨论和实践^[3-4], 提出了与工程实践相结合的多样化教学模式, 以及培养学生创新能力与创业能力的教学改革思路^[5-8]。同时, 在实践探索中, 也有学者运用线上与线下相结合、虚实相融合^[9]的课程教学方式, 取得了较好的教学改革成效。但是, 在

实际教学过程中, 引导学生自主创新、提高理论应用和实践能力, 仍需要进一步完善与成熟。

数字电子技术基础实验作为高校理工科基础课程的重要组成部分, 主要讨论数字逻辑电路的分析与设计的方法, 为进一步学习电子类、通信类、电气类、计算机类的其他课程打下坚实基础。数字电子技术实验要求学生通过实验操作和直观的实验现象, 加深对理论课程的理解, 在实验过程中培养学生的动手操作能力、实事求是的工作作风和开拓创新的工程设计思想。但是, 传

收稿日期: 2019-01-21; 修回日期: 2019-11-06

基金项目: 四川大学新世纪高等教育教学改革工程项目(SCU8213); 四川大学实验技术项目(20170083)。

作者简介: 印月(1984-), 女, 博士研究生, 工程师, 主要从事电子技术方面的研究。

通信作者: 周群(1966-), 女, 博士, 教授, 主要从事电工理论与新理论方面的研究。E-mail: zhouqunsc@163.com

统的教学模式已不能充分调动学生学习的积极性,学生在实验过程中处于被动、消极的学习状态,不利于培养学生的动手能力、创新思维和科学探究精神。

基于故障电路的“逆向”思维实验教学模式可提高学生分析问题、解决问题的能力,是培养创新型人才的有效途径。所谓“逆向”思维实验教学模式,是指在实验课堂中,学生根据给定的故障电路模块,通过测试与分析,排除故障、恢复电路功能。教师给予学生一定示例和要点提示,让学生通过分析、实验、思考、讨论和查阅文献等途径去独立探索,发现并掌握相应原理和结论的一种教学模式。

随着教学改革的深入和素质教育要求的不断提高,基于故障电路的“逆向”思维实验教学模式突出学生在实验教学中的主体地位,通过学生自主解决实际问题来培养学生的分析能力、判断能力、动手能力、思考能力和创新实践能力。该模式不仅能加深学生对理论知识的理解和深化,更重要的是培养了学生的独立意识、创新意识和实事求是的科学态度,将理论知识与实践工程相结合,利用“逆向”思维与“逻辑”思维相互叠加的教学模式,加强了数字电子实验教学的教学效果,其对于电子技术课程的教学成效有着极大影响和重要意义。

1 数字电子技术实验教学体系

数字电子技术实验不仅要求学生熟练地掌握基础操作,还要求学生以“思考+提问”的方式让学生更加牢固地掌握电路设计原理,并运用于综合性实验设计中^[10]。结合各专业特色,数字电子技术实验课程组针对不同专业要求,重新梳理各专业电子技术实验教学主要任务如下。

1) 强电和弱电专业,如电气、电子、计算机、空天等,强调对电子技术掌握的系统性和灵活性,要求学生通过电子技术实验的锻炼,能实现自行设计实验方案和电路,确定元件参数并接线(印制电路板的设计),调试电路及数据分析,归纳总结电路的特性。

2) 一类非电专业,如机械(部分专业)、物理等,根据题目设计要求,完成简单的电路设计,接线并完成简单故障排除,验证理论学习中所涉及的主要原理。

3) 二类非电专业,如环境工程、化学、机械(部分专业)等,按实验指导书给定电路接线并测量,验证基本原理,即以经典电路的验证实验为主。

2 实验教学模式改革

2.1 实验教学总体思路

传统实验教学基本上都是教师将详细的讲义发给学生。实验课上,教师对实验目的、原理及步骤进行讲解,学生按部就班地完成实验。这样的方式导致学生缺乏思考、机械操作、收获甚少,不利于学生各方面能力的提高。如何结合工程实际,充分发挥专业特色,打破传统的填鸭式实验教学体系^[11],改变学生以往的被动式学习,逐渐转变为突出学生的主体地位,引导学生自主学习,提高学生在实验中提出问题、分析问题和解决问题能力的主动式学习,这是本次实验教学改革的主导思想。

课程组采用了故障电路“逆向”思维实验教学方式,以提高学生独立思考能力,培养学生的主观能动性。其教学思路与电子技术实验传统教学方式有较大区别。电子技术实验传统教学方式要求学生根据设计要求,设计相应电路并测试相关数据进行功能验证。而故障电路“逆向”思维实验教学方式,则要求学生分析给定故障电路,通过数据测试与分析排除故障,恢复电路功能。在实验过程中,学生通过“逆向”思维与“逻辑”思维的双重训练,不仅能加深学生对电路知识的理解与掌握,而且能加强学生排查故障能力,这也是工程实践中学生应掌握的一项重要技能。

2.2 “逆向”思维实验教学模式案例分析

为更加深入地探讨“故障电路”实验教学方式的实施过程,本文以组合逻辑电路实验项目为例,介绍故障电路“逆向”思维实验教学方式在数字电子技术基础实验中的应用。传统逻辑电路设计教学要求学生根据题目要求,列写真值表,运用卡诺图或 De Morgan's Theorems 化简表达式,再根据表达式进行电路连线。而故障电路“逆向”思维实验教学模式采用逆向教学法,要求学生对给定的模块电路写出其逻辑表达式,学生通过故障诊断,判定该电路是否存在故障现象,对故障电路进行分析,排除故障,恢复电路功能并完成相关测试,如图 1 所示。在故障诊断、分析、排除的 3 个阶段中,均嵌套了传统逻

辑电路设计的过程。因此,通过故障电路的“逆向”思维实验教学,学生不仅能更加熟练地掌握逻辑电路的设计思路,同时学会了运用理论知识解决实际问题的方法与技巧。

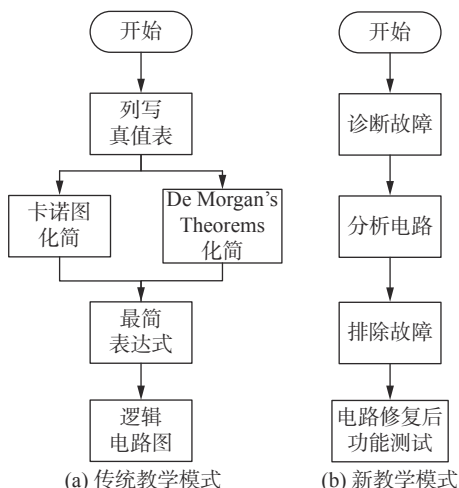


图1 传统教学模式与故障电路的“逆向”教学模式

2.2.1 电路故障诊断

在故障电路课堂中,每组学生随机领取一个故障电路模块,每个模块电路存在差异。电路故障以“竞争-冒险”为例,学生可以通过代数法^[12]、卡诺图法^[13-14]和波形观察法进行电路故障诊断。

1) 代数法

通过代数法分析模块电路是否存在逻辑冒险,即要求学生根据逻辑表达式来判断电路是否存在逻辑冒险,这种方法被称为代数法,其基本流程如图2所示。

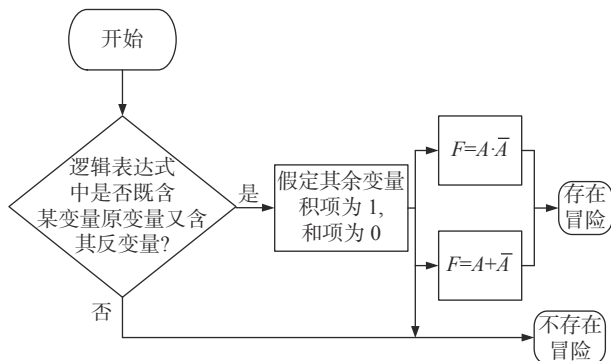


图2 代数法诊断基本流程图

2) 卡诺图法

利用卡诺图法判断电路是否存在逻辑冒险,要求学生根据逻辑表达式画出对应卡诺图。在卡诺图上画出卡诺圈,若卡诺圈之间存在相切,而相切处又未被其他卡诺圈包围,则判断该电路会

发生冒险现象,如图3所示。

图3中,若相切的合并圈内取值为1则是偏1型静态1逻辑冒险;若相切的合并圈内取值为0则是偏0型静态0逻辑冒险。

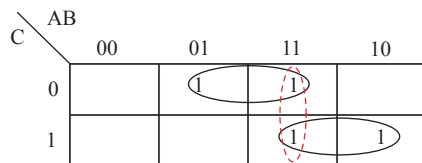


图3 卡诺图诊断法

3) 波形观察法

通过组合逻辑电路的输出波形是否会出现尖峰脉冲^[15]直观判断是否存在冒险现象。

如图4(a)所示,逻辑输出 U_o 稳态值为0,存在暂态为1的尖峰脉冲,则视为1型逻辑冒险;如图4(b)所示,逻辑输出 U_o 稳态值为1,存在暂态为0的尖峰脉冲,则视为0型逻辑冒险。

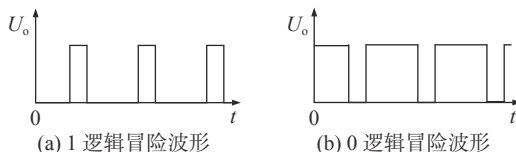


图4 波形诊断

2.2.2 电路故障消除

“竞争-冒险”的存在使输出信号的准确性得不到保障,同时负载又是对脉冲敏感的电路,故应及时有效地消除逻辑电路的竞争-冒险。通过上述方法,学生判断电路中存在“竞争-冒险”现象后,应思考如何排除故障。常用方法有:增加冗余项、接入滤波电容和引入封锁脉冲或选通脉冲^[16]等,各方法基本原理及特点如表1所示。

表1 常见消除方法及特点

消除方法	基本原理	特点
增加冗余项	表达式中“加”上多余的“与”项或“乘”上多余的“或”项	适用范围有限,需增加额外电路,电路可靠性强
并联电容器	在输出端利用电阻和电容器构成低通滤波电路	输出电压波形发生变化
附加脉冲	在电路输出端加入封锁脉冲或选通脉冲	必须找到适合的脉冲
代码转换	格雷码替代二进制代码	确保每一时刻只有一个代码变化

其中,附加脉冲消除法包括:封锁脉冲和选通脉冲两种。选通脉冲是当电路输出端达到新的稳定状态之后,引入选通脉冲,从而使输出信号

是正确的逻辑信号而不包含干扰脉冲。引入封锁脉冲或者选通脉冲的方法比较简单, 而且不增加器件数目。而封锁脉冲是在输入信号发生竞争的短时间内, 引入一个脉冲将可能产生尖峰干扰脉冲的门封锁住, 从而消除竞争冒险。封锁脉冲应在输入信号转换前到来, 转换结束后消失。

2.2.3 实验教学的延伸与拓展

在组合逻辑电路实验课程中, 实验指导老师可适当补充 D 触发器的逻辑功能, 引导学生基于 D 触发器设计自适应附加脉冲消除电路模块。因此, 通过故障电路的实验教学, 在组合逻辑电路实验课程中引入了维持-阻塞边沿 D 触发器的同步功能介绍, 将数字电子技术中各理论知识穿插起来, 让学生系统掌握各知识点, 能够触类旁通地解决数字电路中遇到的各种故障。

以表达式 $F = \overline{A} \bullet \overline{A}$ 为例, 通过分析输出端口 a 、 b 、 c 的波形判定逻辑电路是否存在“冒险”现象, 逻辑电路如图 5 所示。逻辑电路各端口波形如图 6 所示。其中, 端口 a 表示 $\overline{A}$ 的波形, 端口 b 表示 $\overline{A}$ 的波形, 端口 c 表示 $\overline{A} \bullet \overline{A}$ 的波形。由于门电路的传输延迟, b 波形的下降沿会滞后于 a 波形的上升沿, 从而会导致端口 c 的波形出现一个尖峰为 0 的负脉冲。

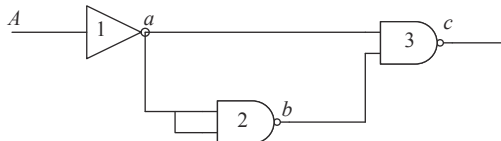


图 5 逻辑电路图

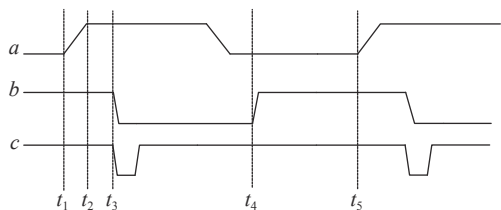


图 6 电路各端口波形

电路分析后, 学生利用 Multisim 仿真平台搭建 D 触发器自适应附加脉冲消除电路如图 7 所示。仿真运行后, 各通道信号波形如图 8 所示。

图 8 中, 信号 c 为故障电路输出波形, 信号 Q 表示经 D 触发器后的输出波形。不难发现, 信号 c 中的偏 0 型尖峰脉冲在信号 Q 中没有出现, 逻辑电路中的“竞争-冒险”通过 D 触发器在 $CP=1$ 期间电路的维持阻塞作用被有效消除。

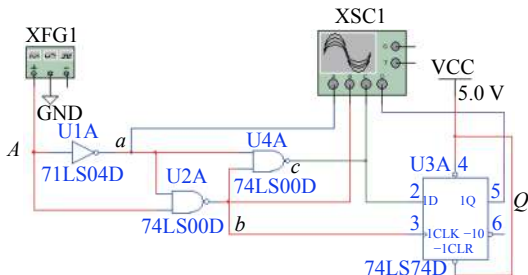


图 7 逻辑电路仿真图



图 8 D 触发器自适应附加脉冲消除电路仿真波形

3 “逆向”思维实验教学实施效果

利用故障电路的“逆向”思维实验教学模式建立了新的实验教学体系, 这种体系能够更好地适应学生的认知规律。学生通过故障电路的实验, 为之后的综合实验打下了良好的基础。从照搬照抄、机械性的操作到现在的独立自主解决问题, 真正参与实验电路设计的各个环节, 加深了对实验理论知识的理解, 强化了实验的操作技能, 激发了学生的挑战意识。

学期末, 对故障电路的“逆向”思维实验教学模式试验班的学生和非试验班的学生进行综合测试评比。作为同专业的试验班和非试验班学生, 试验班的学生在面对电路故障时, 表现更加自信, 能够从理论层面分析问题, 并主动查阅相关文献资料, 积极采取措施解决问题。尤其是在解决问题的过程中表现得沉稳熟练, 可以提出不同的解决思路和解决方案。试验班与非试验班的学生成绩分布如图 9 所示。

由图 9 可以看出, 试验班与非试验班的验证实验成绩分布基本一致。从试验班成绩分布来看, 综合设计实验成绩主要集中在 80 分以上, 90 分以上学生人数比验证实验提高了 6%, 而 80 分以下学生人数减少了 13%; 与非试验班的综

合实验成绩分布相比,试验班90分以上学生人数比其高14%,而70~79分段试验班学生人数比其低13%。

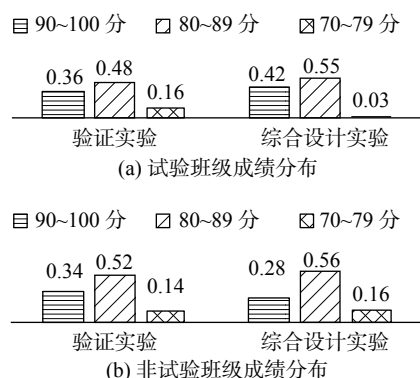


图9 试验班与非试验班的学生成绩分布

4 结束语

开展“故障电路”实验教学,从多方位培养了学生的科研能力和创新能力,既拓宽了学生的视野,又启发了学生的创新思维。故障电路的“逆向”思维实验教学模式不仅适用于数字电子技术基础实验,在模拟电子技术实验课程中也可采取类似的实验教学方式,如单管放大、有源滤波器、三角波产生电路实验等,以此来弥补现行实验教学中的不足。同时,也增添了实验项目的趣味性和挑战性,能更大程度激发学生的实验兴趣。

参考文献

- [1] 林健. 新工科建设: 强势打造“卓越计划”升级版[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 7-14.
- [2] 陆国栋, 李拓宇. 新工科建设与发展的路径思考[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 20-26.
- [3] 赵广辉. 面向新工科的Python程序设计交叉融合案例教学[J]. 计算机教育, 2017(8): 23-27.
- [4] 许涛, 严骊, 殷俊峰, 等. 创新创业教育视角下的“人工智能+新工科”发展模式和路径研究[J]. 远程教育杂志, 2018(1): 80-88.
- [5] 李正良, 廖瑞金, 董凌燕. 新工科专业建设: 内涵、路径与培养模式[J]. 高等工程教育研究, 2018(2): 20-24.
- [6] 刘名卓, 祝智庭. MOOCs教学设计样式研究[J]. 中国电化教育, 2014(7): 19-24.
- [7] 曹剑辉. 实验教学与大学生文化素质教育刍论[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(2): 116-118.
- [8] 李培根. 未来工程教育中的实践意识[J]. 高等工程教育研究, 2010(6): 6-8.
- [9] 陈黎, 饶坚, 孙界平, 等. 双创教育模式下计算机网络综合性实验教学探讨[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(12): 195-198.
- [10] 吴海萍. 促进“深度学习”的教学实践与思考[J]. 化学教育, 2018, 39(19): 23-27.
- [11] 杨健, 蔡述庭, 谷爱昱, 等. “挑战杯”竞赛与实验教学融合的研究型教学模式探索[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(7): 243-245.
- [12] 朱幼娟, 王露. 组合逻辑电路竞争冒险现象和消除方法仿真研究[J]. 常州信息职业技术学院学报, 2010, 9(6): 24-26.
- [13] 董金明, 黄福. 基于竞争-冒险的卡诺图在组合逻辑电路中的应用[J]. 安徽电子信息职业技术学院学报, 2013, 12(3): 18-20.
- [14] 刘玲. 数字电路中卡诺图的灵活应用[J]. 数字技术与应用, 2016, 52(2): 51-52.
- [15] 刘培植, 黄小军, 胡春静, 等. 数字电路设计与数字系统[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2005.
- [16] 李烨. 组合逻辑电路竞争冒险现象消除方法仿真分析[J]. 镇江高专学报, 2015, 28(3): 57-60.

编辑 张莉