

基于 ADDIE 模型的单片机课程中断实验教学设计

曹丽娟, 周杨景

东莞城市学院, 广东 东莞 523419

DOI: 10.61369/VDE.2026080042

摘 要 : 单片机是电类工科专业开设的一门常见的专业课程, 因其具有很强的实践应用性, 除了传统的理论原理讲解学时以外, 还有与理论原理相对应的动手实验学时要求。本文针对学生普遍反映的中断优先级原则不易理解和硬件实验箱无法进行某些中断场景验证的痛点问题, 采用 ADDIE 教学过程设计模型, 依托 Proteus 仿真软件, 设计单片机多个中断控制的虚拟仿真实验, 帮助学生从中断嵌套和同时中断多个角度, 以理论为引领、以问题为导向、以学习为基础、以实践为检验、以总结为落点, 全面验证优先级原则, 实现理论与实践的有机融合, 学以致用、以学促用, 提高学生在实践中解决问题的能力。ADDIE 的 5 个阶段互相协同, 形成闭环, 促使教学不断优化, 为传统工科实验教学提供了一个新的思路, 有助于提高实验教学效果以及培养学生的学以致用、探究意识、合作精神、创新思维等综合能力。

关 键 词 : Proteus; 单片机; 外部中断; 中断优先级; ADDIE

Instructional Design of Interrupt Experiment in Single-Chip Microcomputer Course Based on ADDIE Model

Cao Lijuan, Zhou Yangjing

Dongguan City College, Dongguan, Guangdong 523419

Abstract : The single-chip microcomputer (SCM) is a common professional course offered for electrical engineering majors. Due to its strong practical applicability, in addition to the traditional theoretical lecture hours, it also requires hands-on experiment hours corresponding to theoretical principles. Aiming at the pain points commonly reflected by students—such as the difficulty in understanding the interrupt priority principle and the inability of hardware experiment boxes to verify certain interrupt scenarios—this paper adopts the ADDIE instructional design model and relies on Proteus simulation software to design virtual simulation experiments for multiple interrupt control of SCM. Guided by theory, oriented by problems, based on learning, verified by practice, and focused on summary, the experiments help students comprehensively verify the priority principle from the perspectives of interrupt nesting and simultaneous interrupts, realizing the organic integration of theory and practice, combining learning with application, and promoting application through learning. This improves students' ability to solve problems in practice. The five stages of ADDIE collaborate with each other to form a closed loop, promoting continuous optimization of teaching. It provides a new idea for traditional engineering experiment teaching, helping to improve the effect of experiment teaching and cultivate students' comprehensive abilities such as applying what they have learned, inquiry awareness, cooperative spirit, and innovative thinking.

Keywords : proteus; single-chip microcomputer (SCM); external interrupt; interrupt priority; ADDIE

引言

单片机技术是现代电子工程领域中迅速发展的技术之一, 广泛应用于工业自动化、智能仪器仪表、通信工程、武器装备制造、家用电器、机电一体化、电力电子、汽车电子等方面^[1]。《单片机原理及应用》课程通常是高等院校中应用电子技术专业、电子信息工程、电气自动化技术专业以及其他电类相关专业的核心课程。该课程的专业性和实践性较强^[2], 是一门综合性、面向应用的课程^[3]。

中断机制是单片机核心硬件资源, 直接决定系统实时任务处理能力, 中断源数量越多, 设备实时响应性能越强。教学常用 80C51 单片机搭载 5 路标准中断源: INT0、INT1 两路外部中断, T0、T1 两路定时器中断, 一路串口中断; 32 位高性能单片机则配置数量更多的中断通道。多路中断同时发起请求时, CPU 的响应顺序由中断优先级配置决定, 是课程重难点内容。

课堂理论教学中发现, 多数学生仅能字面识记优先级条文, 面对多中断并发、中断嵌套场景无法准确预判 CPU 运行逻辑。常规配套实体实验受硬件实验箱结构限制, 仅能开展局部优先级验证, 关键试验场景无法落地。基于上述教学痛点, 本文依托 Proteus 仿真软件, 按照 ADDIE 五阶段教学设计思路搭建多路中断仿真实验, 完整验证全部优先级理论, 补齐实体实验短板, 实现理实一体化教学。

项目信息: 东莞城市学院高等教育教学改革项目《基于应用型本科的单片机课程混合式教学研究与实践》(2023yjg039)。

作者简介: 曹丽娟 (1984—) 女, 湖北黄石人, 硕士, 副教授, 主要从事智能控制与单片机应用、图像处理和模式识别的教学与科研工作。在单片机课程的教学上, 先后获广东省第四届高校青年教师教学大赛工科组三等奖; 广东省在线教学优秀案例二等奖; 第三届广东省高校教师教学创新大赛工科组三等奖。

一、ADDIE 简介

ADDIE 是 5 个英文单词 (Analyze, Design, Develop, Implement, 和 Evaluate) 的首字母缩略词。ADDIE 教学模式包含分析、设计、开发、实施和评价 5 个阶段,它起源于美国佛罗里达州立大学教育技术研究中心为美国陆军设计和开发的培训模型,是一种经典的教学设计模型,以教学目标和教学问题为首位,强调各个阶段之间的联系和交互作用,注重学生的学习过程和体验,便于教师对教学过程中遇到的问题进行总结和反思,及时调整和改进教学策略,助力教学质量的有效提升^[4]。

二、基于 ADDIE 的中断实验教学设计

(一) 分析阶段

本阶段立足学生前置知识储备与现存学习问题,为后续实验方案设计提供依据。从授课进度来看,开设多路中断实验前,学生已经完成单路外部中断实操训练,掌握 TCON、IE 中断使能寄存器配置方法,粗浅了解 IP 中断优先级寄存器基础定义。

IP 寄存器低五位分别对应 51 单片机五大中断源优先级, PX0、PX1 依次管控 INT0、INT1 优先级位,寄存器对应位置 1 代表高优先级,置 0 为低优先级;单片机上电复位后 IP 全部清零,所有中断默认归属低优先级。51 单片机中断运行遵循四条固定准则:

低优先级中断服务程序可被高优先级中断打断,形成中断嵌套;

高优先级中断运行期间,无法被任意低优先级中断请求打断;

同优先级中断运行过程中,新的同级中断无法打断当前程序;

多个同级中断同时触发时,CPU 按照硬件默认自然优先级依次响应。

硬件自然优先级从高至低排序: $INT0 > T0 > INT1 > T1 >$ 串口中断。结合课堂随堂测试、课后作业、课后问卷调查数据统计,学生普遍存在条文看得懂、实际场景不会用的问题,无法准确描述不同优先级配置下多中断并发的程序运行流程,根源是缺少完整的实操验证环节。因此亟需开发一套可全覆盖四种优先级规则的综合性中断仿真实验[5-6]。

(二) 设计阶段

结合学情分析结果,从三维教学目标、课堂授课方法、分层实验内容三个维度完成整体方案设计。

1. 教学目标

(1) 知识目标: 熟练掌握 IP、IE、TCON 三类中断寄存器参数配置,深度理解四项中断优先级判定准则;

(2) 能力目标: 独立完成多路中断 C 语言程序编写,能够使用 Proteus 搭建仿真电路、调试仿真现象;

(3) 素质目标: 依托分层任务驱动实验,培育自主探究习惯,锻炼综合运用理论解决工程问题的能力,拓展创新设计

思维。

2. 教学方法

综合采用案例演示、问题启发、分组研讨、任务驱动多种教学手段,以问题引导思考、以实操内化知识,改变单向灌输式授课模式,让学生在调试仿真的过程中自主验证理论,激发探究兴趣与创新意识。

3. 实验内容

选取学生已熟练学习的 INT0、INT1 两路外部中断作为实验对象,划分四组差异化优先级配置方案;每组实验均设置中断嵌套触发、同步中断触发两类试验场景,搭配三种按键触发操作顺序。学生分组完成程序编写、寄存器优先级配置、仿真电路搭建,实时观测并记录不同条件下的硬件运行现象,逐条验证优先级理论。

(三) 开发阶段

基于以上实验内容安排,提前在超星学习通平台上设置好教学活动,并上传开展实验所用到的案例素材。

教学活动包括课前的前测、课中的讨论与投票、课后的问卷填写。前测是教师开展实验教学设计的指挥棒;课中的讨论与投票可以提高课堂上学生的积极性和参与度,在学生“激活旧知、感知新知”的过程中,助力学生探究意识和创新思维的培养。课后的问卷填写,便于教师及时了解学生的目标达成度及课堂教学评价,根据学生的反馈,持续优化教学设计。

本次实验的案例素材是由单个外部中断实验的心形流水灯和叮咚门铃两个案例予以综合得到的。电路原理图如图 1 所示:单片机的 P0 口接一个共阳数码管;P2 口接 8 个发光二极管构成的心形流水灯电路;P3 口的 P3.7 引脚接一个扬声电路,P3.2 和 P3.3 引脚分别接两个按键 K0 和 K1。当设置 TCON 寄存器的触发方式选择位 IT0 和 IT1 为脉冲触发方式时,一旦按键 K0 或 K1 被按下,将会产生对应的外部中断 INT0 或 INT1 的中断请求。

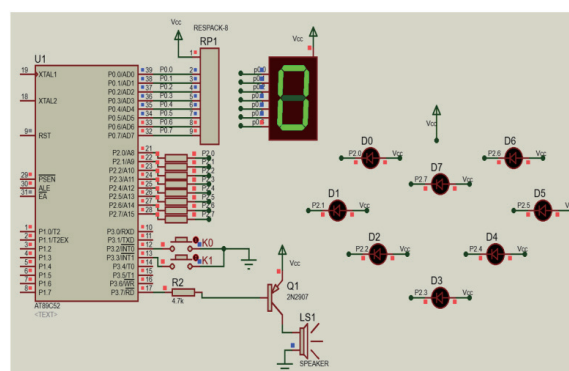


图 1 多个中断控制实验原理图

(四) 实施阶段

实施阶段是整个实验教学过程的核心,主要分为触类旁通、灵活变通、拓展提升和归纳总结四个环节。

1. 触类旁通

学生通过超星学习通平台下载教师提前准备好的实验素材,在所给的参考代码的基础上进行增删改的操作,并在所给的电路原理图上予以运行,要求出现以下现象:主函数实现控制数码管 0

到9的循环显示；当按键 K0按下时，产生外部中断 INT0 的中断请求，控制心形灯流水显示一次；当按键 K1按下时，产生外部中断 INT1 的中断请求，控制扬声器产生“叮咚”3声响^[7]。

这个触类旁通环节主要是引导学生由单个中断的控制升级到多个中断的控制，帮助学生加深掌握对中断控制相关的两个寄存器的配置。

2. 灵活变通

基础功能调试完成后，教师在学习通发布两道探究讨论题：
① INT1 叮咚发声未结束时按下 K0 触发 INT0，硬件运行现象；
② INT0 流水灯未点亮完毕时按下 K1 触发 INT1，运行现象。
课堂答题统计显示学生整体正确率偏低，教师结合仿真演示公布实验结果，引出关键知识点：多中断场景必须配置 IP 优先级寄存器，未配置时所有中断默认低优先级。

将班级划分为甲、乙、丙、丁四大组，每组下设 A、B、C 三个小组（3-4 人一组），四大组分别对应四种 PX0、PX1 优先级配置方案；各组内 A、B、C 小组依次负责三种中断触发操作，填写实验记录表。

3. 拓展提升

A、B 小组可依托原始原理图分步按接触发中断，C 小组需要实现两路中断同步触发，原版电路无法满足试验条件。教师启发学生小组研讨、优化硬件电路，经过组内头脑风暴，确定新增总控开关的改造方案，实现一键同步拉低两路触发引脚，同步生成 INT0、INT1 中断请求。各组完成硬件改版与程序调试后，课堂发起方案投票，教师仿真验证改造电路可行性，统一确定最终硬件设计方案^[8]。

4. 归纳总结

各组选派代表投屏展示仿真运行效果，现场讲解现象对应的中断原理，师生互相提问点评。依托实测数据共同完善表 1 内容，完整验证四条优先级规则。通过仿真改造补充理论盲区：教材第四条仅说明同级中断同步申请遵循自然优先级，本次实验补充同级中断先后触发的运行逻辑，完善理论边界。整个实验过程中学生自主发现硬件局限、研讨整改方案、落地电路优化，全方

位锻炼协作能力与创新思维。

表 1 单片机多个中断控制实验记录表

优先级设置	动作类型	操作顺序	现象记录	优先级验证
第一组 INT0 高、INT1 低	(1) 中断嵌套	① 正在响应 INT0 时，INT1 产生请求 ② 正在响应 INT1 时，INT0 产生请求	INT0 不被打断，继续执行，等 INT0 执行完后，再开始执行 INT1 INT1 被打断，转去执行 INT0，等 INT0 执行完后，再继续执行 INT1	第二条
	(2) 同时中断	③ 同时产生 INT0 和 INT1 产生请求	先执行 INT0，等 INT0 执行完后，再开始执行 INT1	*
	(1) 中断嵌套	① 正在响应 INT0 时，INT1 产生请求 ② 正在响应 INT1 时，INT0 产生请求	INT0 被打断，转去执行 INT1，等 INT1 执行完后，再继续执行 INT0	第一条
第二组 INT0 低、INT1 高	(2) 同时中断	③ 同时产生 INT0 和 INT1 产生请求	INT1 不被打断，继续执行，等 INT1 执行完后，再开始执行 INT0	第二条
	(1) 中断嵌套	① 正在响应 INT0 时，INT1 产生请求 ② 正在响应 INT1 时，INT0 产生请求	先执行 INT1，等 INT1 执行完后，再开始执行 INT0	*
	(2) 同时中断	③ 同时产生 INT0 和 INT1 产生请求	先执行 INT0，等 INT0 执行完后，再开始执行 INT1	第三条
第三组 INT0、INT1 全高	(1) 中断嵌套	① 正在响应 INT0 时，INT1 产生请求 ② 正在响应 INT1 时，INT0 产生请求	INT1 不被打断，继续执行，等 INT1 执行完后，再开始执行 INT0	第三条
	(2) 同时中断	③ 同时产生 INT0 和 INT1 产生请求	先执行 INT0，等 INT0 执行完后，再开始执行 INT1	第四条
	(1) 中断嵌套	① 正在响应 INT0 时，INT1 产生请求 ② 正在响应 INT1 时，INT0 产生请求	INT0 不被打断，继续执行，等 INT0 执行完后，再开始执行 INT1	第三条
第四组 INT0、INT1 全低	(2) 同时中断	③ 同时产生 INT0 和 INT1 产生请求	先执行 INT0，等 INT0 执行完后，再开始执行 INT1	第三条
	(1) 中断嵌套	① 正在响应 INT0 时，INT1 产生请求 ② 正在响应 INT1 时，INT0 产生请求	INT1 不被打断，继续执行，等 INT1 执行完后，再开始执行 INT0	第三条
	(2) 同时中断	③ 同时产生 INT0 和 INT1 产生请求	先执行 INT0，等 INT0 执行完后，再开始执行 INT1	第四条

（五）评估阶段

该阶段是整个实验教学活动的最后一个环节，需要给出学生本次实验的成绩，并统计本次课的目标达成情况以及学生的教学反馈。

其中，学生的实验成绩一部分来自超星学习通上的统计数据得分（如课堂考勤签到、课中互动参与、课后问卷填写）；另一部分来自投屏分享汇报环节的表现得分，此得分由学生互评和教师评分两部分构成；还有就是最后撰写的实验报告得分。而对于本次课的目标达成情况以及学生的教学反馈，则通过发布超星学习通的填写问卷获得。

三、总结

单片机课程内容抽象、实践性强，单片机实验课的有效开展有利于学生更好地理解理论知识，并予以应用。本文针对学生普遍反映的中断优先级原则不易理解和硬件实验箱无法验证的痛点问题，采用 ADDIE 教学过程设计模型，依托 Proteus 仿真软件，设计单片机多个中断控制的虚拟仿真实验。通过触类旁通、灵活变通、拓展提升、归纳总结等教学活动的开展以及实操演示、启发引导，小组讨论等互动环节的设计，层层递进，变教为诱、变学为思、以诱达思，在学生“激活旧知、感知新知”的过程中，实现学以致用、探究意识、合作精神、创新思维等分析和解决问题的能力培养。

参考文献

[1] 王淑娇, 王子龙. 基于虚拟仿真技术和翻转课堂的《单片机原理及应用》课程教学研究 [J]. 农家参谋, 2020, (24): 166.
[2] 曹丽娟, 周杨景, 胥建鹏. "单片机"实验课的线上教学实践与思考 [J]. 新课程研究, 2020, (36).
[3] 曹丽娟, 周杨景, 连元宏, 胥建鹏. 应用型本科单片机一流课程建设改革与实践 [J]. 大学教育, 2022.
[4] 朱文莉, 王彦锋, 陈昊. 基于 ADDIE 模型的大学生先修课课程开发模式构建 [J]. 大学, 2020, No.492(46).
[5] 易伟阳, 刘惠君, 秦晓群, 刘持. ADDIE 教学模式在基础医学课程思政中的应用 [J]. 高教学刊, 2022.
[6] 魏子秋, 付鹏. 基于 ADDIE 模型的管理类学科课程思政实施路径研究 [J]. 黑龙江教育 (高教研究与评估), 2022, (04).
[7] 李明宸, 莫永华. 基于 ADDIE 模型的混合式"金课"教学设计方法研究——以多媒体课件设计与开发为例 [J]. 大学教育, 2022, (05).
[8] 尹苗, 史洁, 李逢庆, 刁艳芳. 基于 ADDIE 教学设计模型的智慧课堂教学——以"真菌"一节的教学设计为例 [J]. 现代教育技术, 2020, 30(11).