

# “计算机硬件技术基础”课程教学改革与实验改革的研究与实践\*

柳秀梅 薛丽芳 李凤云 张添淼

东北大学计算机科学与工程学院, 沈阳 110819

**摘要** 为适应学时变化及硬件技术的不断更新, 结合国家级线上一流本科课程的教学成果, 积极开展线下课程的教学改革探索与实践, 提出对“计算机硬件技术基础”线下课程内容按专题化形式进行组织, 并与线上内容相结合开展教学。针对各专题的教学内容, 设计配套的虚拟仿真实验, 引导学生自己动手实现 CPU 的设计过程, 从而了解程序的执行过程, 及计算机的工作原理等, 取得了良好的教学效果。

**关键字** 计算机硬件技术基础, 线上线下相结合, 专题化, 虚拟仿真实验

## Research and Practice on Teaching Reform and Experimental Reform of the Course "Fundamentals of Computer Hardware Technology"

Liu Xiumei Xue Lifang Li Fengyun Zhang Tianmiao

School of Computer Science of Northeastern University,  
Shenyang 110819, China;  
liuxm@mail.neu.edu.cn

**Abstract**—In order to adapt to changes in class hours and continuous updates in hardware technology, combined with the teaching achievements of national first-class online undergraduate courses, we actively explore and practice the teaching reform of offline courses. We propose to organize the offline course content of "Computer Hardware Technology Fundamentals" in a thematic form and combine it with online content for teaching. Based on the teaching content of each topic, virtual simulation experiments were designed to guide students to hands-on implement the CPU design process, thereby understanding the execution process of programs and the working principle of computers, this reform has achieved good teaching results.

**Keywords**—Computer hardware technology, combining online and offline, thematic, virtual simulation experiment

### 1 引言

《计算机硬件技术基础》是东北大学面向非计算机专业所开设的一门计算机基础类的通识选修课。课程主要讨论单机系统范围内计算机的组织结构、相互关系及其工作原理。课程的目标是使学生对计算机的内部结构、功能部件、工作原理以及交互方式有全面了解。通过本课程及配套实验的学习之后, 学生不当把计算机再看作是一个执行程序的黑匣子, 而是可以从计算机的组成原理和系统结构角度, 逐步了解计算机的工作过程, 并能根据计算机的特征编写出更加高效的程序, 为计算机系统分析、设计、开发和能力奠定一定的基础。对于非电专业的学生而言, 这种跨学科的学习经验还可以拓宽学生的知识面, 增强跨学科理解能力, 促进他们所学专业与计算机科学的

交叉融合。例如, 经济学专业的学生可以通过了解计算机硬件的工作原理来更好地应用数据分析工具; 管理学专业的学生则可以了解如何优化计算机系统的性能和效率以支持企业的运营和管理等等, 这对学生今后的专业学习和应用都有很大的帮助。

### 2 问题的提出

多年来, 课程组始终紧密围绕教育部所制定的教育方针和相关政策, 积极开展了一系列富有成效的教学与实验改革工作。2018年课程组在中国大学 MOOC 平台还部署了该课程配套的线上教学资源, 并于 2018 年及 2020 年先后获得了国家级精品在线开放课程、国家级线上一流本科课程、辽宁省及校级线上一流本科课程等成果。

根据教育部的指导方针, 2021 年学校对《计算机硬件技术基础》课程学时进行了缩减, 由原来的 48 学

\* 基金资助: 全国高等院校计算机基础教育研究会计算机基础教育教学研究项目 (2022-AFCEC-236)。

时(理论 28 学时+实验 20 学时)减少为 32 学时(理论 16 学时+实验 16 学时),需要调整课程学时及内容。另外,课程原有知识点内容相对分散且抽象,部分内容也过于陈旧,如何对课程理论知识点进行删减整合,不仅要保证理论与实践内容的相对均衡,且需要在有限的学时内,平衡知识点的深度和广度,从而能够有效帮助学生构建完整的知识体系,理解计算机的系统架构及工作原理,以适应新学时及新技术的变化,是课程组需要解决的一个重要问题。

另一个重要问题是配套实验项目的改革与设计。

《计算机硬件技术基础》课程主要面向的是非计算机专业学生,受学校经费影响,无法为学生提供大量的实验仪器和设备。2014 年之前,课程组只能为学生安排汇编语言程序设计实验,学生普遍反应实验对理解课程知识点内容的帮助小,实验难度较大。因为汇编语言程序设计涉及很多计算机底层硬件的相关知识概念,这些概念相对比较抽象,学生在理解和掌握上都有一定的难度。为了帮助学生理解这些抽象的概念,2014 年起,课程组引入了 Proteus 虚拟实验平台和 emu8086 汇编语言程序设计平台。Proteus 提供有常用处理器芯片及外围元器件的仿真测试环境,学生可以通过连接处理器和外围器件模拟出简易的计算机,并可以运行程序。但实验多数都是利用 Proteus 所提供的现成处理器芯片的仿真环境,对学生理解底层硬件工作原理仍然有限。期间就有同学在 MOOC 平台提出了建议,包括希望能够多布置实验并加重实验成绩比例,因为对非计算机专业的同学来说在仿真软件和编程软件的使用操作中会更容易掌握相关技能;另外,学生希望线下课堂上可以仅进行基础理论知识的讲解,如需深入了解可通过线上 MOOC 平台,以此来保证更多的实验学时。

为进一步帮助同学理解处理器芯片的内部结构及工作原理,2022 年起,课题组引入 Logisim 模拟数字逻辑电路实验平台,希望能够设计出与课程内容改革相匹配的实验项目,从而引导学生可以自己设计并测试运算器、控制器,以及 CPU 等关键的计算机硬件系统组件,进而能够深入理解处理器的内部结构及工作原理。

### 3 教学内容改革与实验项目设计

#### 3.1 教学内容改革

为适应学时的变化及新技术的变革,《计算机硬件技术基础》课程组对课程原知识点内容进行了删减、整理和更新。重新整理后的课程内容,以专题形式进行组织,意味着课程内容不以某个具体型号的计算机或 CPU 展开介绍,而是以通用计算机的结构特点为基础,更加关注计算机硬件结构的普适原理和基本概念

[1]。课程组以中央处理器为核心,根据计算机的物理组成部件在教学内容上共设计了 7 个专题,理论授课时长为 16 学时。以中央处理器为核心,能够帮助学生理解相对分散的知识点,构建相对完整的计算机硬件的知识体系。

(1) 计算机系统组成概述——物理组成与逻辑组成(2 学时),介绍不同体系结构计算机的特点及组成;

(2) 计算机系统的两大功能之一——运算(2 学时),介绍计算机底层数据和信息的二进制存储及运算规则;

(3) 运算与控制的核心硬件——中央处理器(4 学时),介绍包含运算功能和控制功能的中央处理器及其不同架构;

(4) 运算与控制的软件支持——处理器的指令系统与汇编程序设计(2 学时),介绍常用指令系统及简单程序设计;

(5) 计算机系统存储器的信息仓库(2 学时),介绍存储器的层次结构、分类、扩展,及应用;

(6) 计算机中的数据传送方式——计算机内部的物流系统(2 学时),介绍系统中数据的传送方式及中断系统;

(7) 计算机系统的外部接口——CPU 与外设之间的桥梁(2 学时),介绍外部接口的工作方式和常用外部接口。

这 7 个专题内容,不做大而全,只介绍各部分的基本结构、基本原理和最新技术。同时,为满足学生个性化、深入学习的需求,课程组在中国大学 MOOC 平台部署了《计算机硬件技术基础》课程的在线资源,包括从视频讲解、案例分析、知识讲义、知识点总结,到知识点习题一套完整的知识呈现。

线下专题化课程内容与线上开放平台相结合,为学生提供了课程内容相对完整、系统且灵活的呈现方式。这种结合不仅充分利用了线下课程的深入交流与互动优势,也充分发挥了线上平台的资源丰富性、学习自主性和实时更新性<sup>[2]</sup>的特征。课程组后续将继续完善 MOOC 平台中的课程资源,保证新技术的更新。

#### 3.2 配套实验项目设计

《计算机硬件技术基础》课程所涉及的内容较为抽象和复杂,课程组设计与专题内容相配套的虚拟仿真实验旨在帮助学生更好的理解和掌握这些内容,并构建完整的知识体系、理解计算机的系统结构及工作原理<sup>[3]</sup>。以中央处理器为核心,课程组设计了如下虚拟仿真实验项目。

(1) 实验项目一:加法器和运算器(4 学时),对应专题内容“运算”。实验内容:设计半加器、全加器、移位器和逻辑运算器等。实验目的:让学生掌握基本的逻辑门电路,掌握运算器的设计原理,并设计出有一定运算功能的组合逻辑电路;

(2) 实验项目二:寄存器组 and 控制器(4 学时),对应专题内容“中央处理器”。实验内容:构建寄存器

组、程序计数器、指令译码器、时钟等模块，并连接运算器构建单周期 CPU。实验目的：让学生了解控制器的功能和工作原理，能够设计并实现简单的控制器，并掌握 CPU 的设计原理和实现方法；

(3) 实验项目三：指令分析及程序设计(4 学时)，对应专题内容“处理器的指令系统”。实验内容：根据已经完成的处理器进行指令分析，分析及验证其所支持的指令，并利用指令完成简单的程序设计。实验目的：使学生理解指令系统，了解指令的执行过程，构建完整的知识体系；

(4) 实验项目四：存储器(2 学时)，对应专题内容“存储器”。实验内容：将所设计的程序保存在存储器中，查看运行时存储器的状态，对存储器的容量进行扩展。实验目的：理解存储器的功能及基本操作，了解存储器的扩展技术；

(5) 实验项目五：I/O 接口及设备测试(2 学时)，对应专题内容“外设接口”。实验内容：完成按键输入、LED 显示、奇偶校验、汉字输出等测试。实验目的：了解接口的作用，掌握 I/O 设备的基本操作，了解奇偶校验的作用，了解汉字编码、存储及处理过程。

整套实验项目的设计涵盖了计算机系统的核心组成部分，从 CPU 到存储器和外设接口。完成这些实验项目，对于非计算机专业的学生来说，不仅能够促进跨学科知识的融合，还能显著提升学生在信息技术领域的专业素养、动手能力和创新思维，增强他们对现代科技系统的整体理解，还可以为他们未来的专业发展奠定坚实的基础，为他们未来的职业发展铺设更宽广的道路。

## 4 课程考核方式

基于《计算机硬件技术基础》课程教学内容改革和实验项目的设计，课程组对课程考核方式也进行了相应的调整。2021 年及之前课程考核成绩由两部分构成，平时成绩和期末成绩，平时成绩包括期中理论测试 40 分，实验 10 分，MOOC 平台学习 10 分，满分 60 分；期末测试为理论测试满分 40 分。2021 年之前的考核方式侧重于对理论知识的考核，选修该课程的人数较少，学生学习兴趣也不高，学习后期放弃考试的比较多，学生对课程评价也不是很好。

2022 年进行课程教学内容和实验改革后，课程考核更侧重于对实验项目的考核，即对硬件系统架构的理解<sup>[4]</sup>，也增加了实验项目成绩的比例。课程考核成绩包含：

(1) 实验项目成绩 50 分，分值比例大概按实验学时分布比例测评，包括 CPU 实验 36 分，要求学生完成运算器、寄存器和控制器的设计与实现，并完成相

关程序的设计及运行。存储器实验 6 分，外设及接口实验 8 分；

(2) 硬件技术基础理论知识测试 20 分，主要考查学生对计算机硬件系统及其组成部件的基本理论知识的掌握程度，测试平台包括雨课堂、希冀平台或百科技园考试系统等；

(3) MOOC 平台学习成绩 20 分，包括视频学习、随堂练习、主题讨论、课后作业等，按自主学习最后获得的总分进行折算；

(4) 计算机硬件技术报告 10 分，课程组选取了一些与硬件有关的技术问题或难点问题，例如，提高指令的执行效率的方式、计算机的中断系统、IC 芯片制造过程及瓶颈、先行进位加法器的原理、CPU 的主流架构等，学生也可以自选题目，选择感兴趣的问题进行查询及课外扩展学习，并提交针对某一问题的研究报告。

## 5 教学效果

2021 年是《计算机硬件技术基础》课程改革的前一年，作为全校计算机基础类通识选修课，选修人数只有 22 人，学生成绩分布比例及教学反馈都不佳；2022 年是课程内容及实验改革后的第一年，选课人数达到 69 人，学生反馈教学效果良好；到 2023 年时，该课程的选课人数已经满员，达到 90 人，且学生普遍反映良好。表 1 和图 1 描述了 2021~2023 学年学生选课人数及各学年优良学生所占比例的变化。

表 1 各学年选课人数及优良比例

各学年	优	良	中	及格	不及格
2021 22人 百分比	5 22.7%	7 31.8%	9 40.9%	0 0.0%	1 4.5%
2022 67人 百分比	10 11.1%	20 22.2%	23 25.6%	7 7.8%	7 7.8%
2023 90人 百分比	20 22.2%	45 50.0%	19 21.1%	3 3.3%	3 3.3%

从图表中可以明显看出，教改之后的选课人数呈现出显著的上升趋势。这直接反映了教学与实验改革的有效性和吸引力，说明课程在教学内容、教学方法、实验项目及评估方式等方面的调整是积极有效的，更加符合学生的需求和兴趣，从而激发了他们的学习热情。

同时，表 1 和图 1 也反馈出优良学生比例也呈现出逐年上升的趋势。2021 年获得优良的学生人数为 12 人，分布比例为 54%，到 2023 年获得优良的学生人数为 65 人，分布比例已经达到了 72%，可以认为学生整体学习水平得到了大幅提升，这一显著变化是课程改

革成效的直接体现。它不仅表明有更多学生能够达到或超越课程设定的优良标准,也反映出学生整体学习能力的提升和课程目标的有效达成。这种提升可能源于课程内容与实验项目的优化、教学方法的改进以及线上学习平台的加强等多个方面。

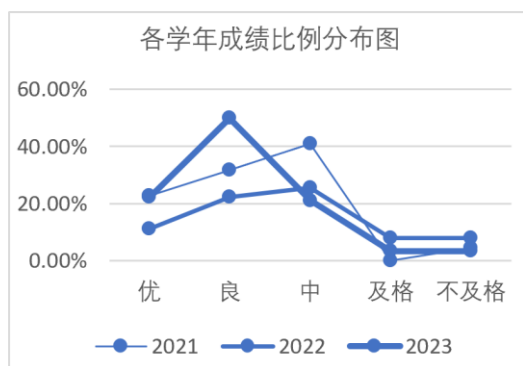


图 1 各学年成绩分布折线图

图 2-图 3 截取了期末测试时部分同学对课程的反馈意见。

4. 你对课程的理论部分和实践部分有何建议?你认为课程还需要做哪些改进?你还想了解哪些计算机组成方面的知识?

【评分报告,得分: 0.00 之 0.00】

学生答案:

理论部分我觉得可以讲解得更细节一些,因为我们大部分人也许并没有接触过计算机课程,对较为笼统的名词理解并不是很透彻。

实践部分非常有趣。

其他改进建议暂时没有。

还想了解各种外设的组成及功能。

图 2 学生反馈截图 1

4. 你对课程的理论部分和实践部分有何建议?你认为课程还需要做哪些改进?你还想了解哪些计算机组成方面的知识?

【评分报告,得分: 0.00 之 0.00】

学生答案:

实践的实验报告十分详细,即便是一窍不通的电脑小白(我)也可以很容易的看懂实验操作步骤,来达到学习计算机硬件基础的目的

运用logism的软件可以让新手上手更快,更便于理解硬件组成

需要改建的地方:

图 3 学生反馈截图 2

从图 2、图 3 反馈信息可以看出,课程改革不仅成功吸引了更多学生参与课程学习,还通过实验项目

改革,进一步提高了学生的满意度和学习动力。这种双重效益是课程改革成功的关键标志,也是推动教育持续发展的重要动力。

## 6 结束语

《计算机硬件技术基础》课程的教学改革与实验改革,旨在提高课程的教学质量和学生的学习效果。通过整合教学内容、线上线下相结合、改革实验教学,以及完善课程评价体系,可以帮助学生更好地理解 and 掌握计算机硬件技术的基础知识,让学生有机会深入了解计算机内部的工作原理,提升逻辑思维和问题解决能力,同时,培养学生实践动手能力,了解技术发展趋势,提高学生的实践能力和创新思维,更好的实现多学科的交叉融合,对非电专业的计算机基础教育是一种借鉴。

## 参考文献

- [1] 袁春风,余子濠,朱光辉,等.计算机系统导论课程教学思路及课程资源建设[J].计算机教育,2023,(11):12-17.
- [2] 侯申,李健.计算机基础课程混合教学模式研究[J].计算机教育,2016,2(2):30-33
- [3] 王心一,刘智.“计算机硬件技术基础”实验课程线上教学模式研究[J].工业和信息化教育,2023,(02):80-83.
- [4] 岳斌,于志云,张振宝,等.计算机组成原理与设计课程考核改革[J].计算机教育,2023,(07):98-101.
- [5] 韩万江,张笑燕,陈珑峥,韩卓言,韩韧.基于软件工程全流程的项目驱动式课程实验教学[J].计算机技术与教育学报,2023,11(5):61-68.
- [6] 李妮娅,张永刚,朱允刚.基于线下线上混合模式的算法设计与分析课程构建与实践[J].计算机技术与教育学报,2023,11(5):57-60.
- [7] 谢志英,王寅龙,赵德勇,等.基于翻转课堂的学生评价体系的研究——以《计算机硬件技术基础》课为例[J].当代教育实践与教学研究,2020,(02):36-37.
- [8] 谢方方,谢志英,陈静,等.《计算机硬件技术基础》实验教学改革探索与实践[J].现代计算机(专业版),2015,(28):12-16.
- [9] Spady W G. Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers[M]. Arlington: American Association of School Administrators,1994.
- [10] 江祥奎,宁玉文.计算机类MOOC质量评价指标体系的设计与实证研究[J].计算机技术与教育学报,2023,11(2):1-6.
- [11] 中国大学MOOC平台[EB/OL].  
<https://www.icourse163.org/>
- [12] 雨课堂官网[EB/OL]. <http://ykt.io/>