

# 新工科背景下计算机组成原理课程OBE教学研究

汪丽华,王泽梁

(黄山学院信息工程学院,安徽 黄山 245041)

**摘要:**介绍新工科背景下高校计算机专业所面临的机遇与挑战,分析作为专业基础核心课之一的计算机组成原理课程教学现状与不足,提出基于OBE(Outcomes-Based Education)教学理念的课程改革方案。教学内容进行纵向延伸和横向定位,引入树莓派实现软硬件协同教学,以提高学生工程应用能力;教学方法侧重教师角色转变,着力培养学生的创新思维、自主学习与终身学习意识;构建多维度覆盖、全要素参与和全生命周期的长效性迭代式教学反馈机制,以支撑和保障教学成果的达成。

**关键词:**新工科;OBE;计算机组成原理;树莓派;教学改革

**中图分类号:**TP301-4;G642.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2020)02-0108-04

## Research on Teaching Computer Organization Principles Based on OBE in the New Engineering Education Movement

WANG Lihua, WANG Zeliang

(School of Information Engineering, Huangshan University, Huangshan, Anhui 245041, China)

**Abstract:** In this paper, we first introduce the opportunities and challenges faced by computer majors in universities against the background of new engineering education movement. Then, we analyze the status and shortcomings of current teaching of Computer Organization Principles, one of the core courses for computer majors. Third, we propose a reform plan for this course based on OBE(Outcomes-Based Education) teaching concepts: course materials are vertically extended and horizontally positioned; Raspberry Pi is introduced to implement software and hardware collaborative teaching to improve students' practical engineering abilities; with teaching methods, the role change of teachers is emphasized to develop students creative thinking, self-learning and lifelong learning abilities; a long-term iterative teaching feedback mechanism is created, with multi-dimensional coverage, full factor participation, and full life cycle to support and guarantee satisfactory teaching results.

**Keywords:** new engineering education; OBE; Computer Organization Principles; Raspberry Pi; teaching reform

## 0 引言

当前,我国已经建成了世界上最大规模的高等教育体系,为现代化建设做出了巨大贡献。但人才供需关系仍不匹配,高等教育结构性矛盾仍然存在,表现在:同质化倾向严重,毕业生就业数量与质量问题仍未有效缓解,生产服务一线紧缺的应用型、复合型、创新型人才培养机制尚未完全建立。这些问题极大地影响了目前的经济结构调整和产业升级。为应对上述问题,体现高校地方应用型特点,主动服务区域经济社会发展,2017年2月以来,教育部积极推进新工科建设<sup>[1]</sup>。在“复旦共识”<sup>[2]</sup>“天

大行动”<sup>[3]</sup>“北京指南”<sup>[4]</sup>等会议的基础上,形成了《新工科研究与实践项目指南》(教高厅函〔2017〕33号),提出新工科建设指导意见,出台了《教育部工业和信息化部 中国工程院关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划2.0的意见》(教高〔2018〕3号),进一步推动新工科建设,探索形成中国特色、世界水平的工程教育体系,促进我国从工程教育大国走向工程教育强国。在此基础上,安徽省也出台了《安徽省教育厅、安徽省经济和信息化委员会关于加强高校新工科建设的若干意见》(皖教秘高〔2018〕16号),其中重点指出:“重点培育发展新一代电子信息、高端装备、智能家电等7个高端产

收稿日期:2020-03-12

基金项目:黄山学院校级质量工程项目(2018JXYJ10);安徽省旅游人才培养示范基地开放研究项目(YYRCYB1703);安徽省教育厅高等学校省级质量工程项目(2017jyxm0447)。

作者简介:汪丽华(1983—),女,安徽枞阳人,副教授,博士生,研究方向:机器学习。

业相关的新工科专业,……,融合云计算、大数据、互联网等新技术推进传统工科专业改造……”,这些都凸显了计算机专业在新工科建设中的重要意义。正如上海交通大学校长、中国工程院院士林忠钦所说,当前产业技术提升快,产业应用技术发展快,教材落后于技术,学校培养的知识落后于产业发展,因此,有必要通过新工科教育构建工科创新人才培养平台,加强校企紧密联系<sup>[5]</sup>。教育部高教司理工处处长吴爱华说:“随着第四次工业革命推进,产业变革速度非常快,大学尤为需要在一些与产业紧密结合的专业课程上加强与企业合作”<sup>[5]</sup>。

基于成果导向的教育模式(Outcome-Based Education, OBE)是一种将教育系统中的一切活动都集中围绕着学生学习应取得的成果进行组织、实施和评价的教育模式<sup>[6]</sup>。OBE模式目前是《华盛顿协议》教育改革的主流理念,并贯穿于工程教育认证标准。2013年6月,我国工程教育国际化迈出重要步伐,被接纳为《华盛顿协议》签约成员,工程教育质量得到国际认可。以OBE理念推动工程教育改革,提高工程人才培养质量成为国内工科院校广泛关注的焦点<sup>[7]</sup>。基于OBE工程教育理念的课程体系、教学设计是实现OBE工程教育的关键要素。与传统教学模式不同,在OBE理念下教师更关注学生的学习成效,由“内容导向”转为“成果导向”<sup>[8-9]</sup>,主要强调4个方面:学习成果、学习动因、学习方法和效果确认。基于此,我国工程教育专业认证协会颁布了《工程教育认证标准(2017)》<sup>[10]</sup>,强调工程教育专业要实施成果导向教育,要求接受认证的专业必须明确学习成果,按毕业要求安排教学活动,对毕业要求的达成情况进行评价。这是实施成果导向教育的关键。前两项取决于教学设计,后一方面有赖于教学评价。

作为当之无愧的工科专业,《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》明确指出,计算机类专业人才的培养质量直接影响着国家的经济建设与社会发展,建议计算机类专业的学科基础知识教学内容覆盖程序设计、数据结构、计算机组成、操作系统、计算机网络、信息管理等知识领域的核心内容;提出了计算机类专业人才教育应重视学生理论结合实际能力以及学习能力的培养,使学生具备软、硬件基础和系统观。计算机组成原理是计算机类专业的一门核心课程,这门课程是学生理解计算机组成的基础,是形成计算机系统观及认识内部器件构成及实现的重要途径。计算机组成原理作为核心专业课程,应当仁不让充当好新工科建设中的

急先锋,开展好教学改革。

## 1 教学现状

为努力达成工程认证水平,培养出社会和企业急需的计算机专业人才,我校(黄山学院)计算机科学与技术专业已采用3+1教学模式,此方式相对改善了学生学校所学与工作所需的衔接,但也造成学校授课时长的压缩。

计算机组成原理作为本专业基础核心课程之一,在专业的课程体系中位于第4学期。其先修的硬件课程有电路与模电和数字逻辑,分别在第2和第3学期开设,后续有在第5学期的单片机原理及应用和微机原理与汇编语言课程,计算机组成原理课程在课程体系中起到了承上启下的重要作用。受限于总课时,专业培养计划中删除了计算机体系结构课程,将计算机组成原理课程的课堂教学课时从64学时调整至48学时,实验课时从24学时压缩至12学时。本课程选取的教材为唐朔飞编著的国家级规范教材《计算机组成原理(第2版)》<sup>[11]</sup>,是计算机专业研究生入学考试大纲推荐参考书。该书以William Stallings所著《计算机组织与结构:性能设计(第7版)》<sup>[12]</sup>教材为框架,其最大特色在于自顶向下,由组成计算机硬件系统的5大部件,深入到其中的中央处理器(CPU),再到CPU中的控制单元(CU)的层次结构,如图1所示。课程实践教学采用分组教学,设置有验证型、设计型和综合型实验,包括寄存器实验、存储器实验、运算器实验和微控制器实验。

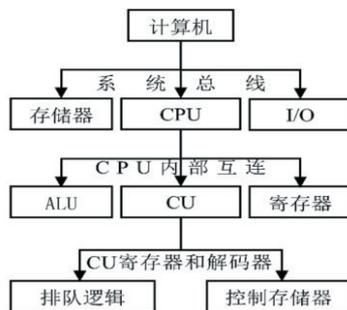


图1 教学内容层次结构图

综上,该课程框架结构已较清晰,实践教学也一定程度上体现了设计和综合能力的培养。不足之处在于现有教学偏理论,导致短期内无法生成实际硬件产品。在实验教学中,由于硬件电路集成度较高,学生仅需少量连线即可完成实验,加之自认硬件知识不足,不愿深究其原理。上述原因导致在实际教学中出现了教学内容理论艰深,曲高和寡的

情况。教师教学局限于完成本课程在课程体系中的承接作用,学生则普遍认为学的没什么用,不知道怎么用,有用的没怎么学,导致学习积极性不高。其学习也多采用机械记忆知识点,满足于通过考试。究其原因,可归结为课程教学停留在纸上谈兵,缺乏OBE导向,未与企业和应用接轨,从而无法锻炼学生真正的动手能力。

## 2 教学改革

鉴于导致上述现状的主要原因在于学生看不到所学内容对解决综合工程应用问题的重要性和必要性,因此课程教学改革应以OBE为导向,教学中贯彻OBE理念,以学生为中心,为工程应用服务。从课程教学内容、教学方法、课程评价机制等方面进行改革,以学生评学和学习产出效果反馈来循环改进教学工作。

### 2.1 教学内容

随着物联网、大数据和人工智能技术的蓬勃发展,计算机已广泛应用于智能家居、人脸识别、无人驾驶、生物信息学等各个领域。所使用的新技术有云计算、嵌入式系统、并行计算等。各种软硬件集成应用的出现使得对掌握计算机硬件知识的人才需求也不断增大。软硬件协同应用能力已成为衡量本专业学生知识结构和就业优势的重要因素。因此,教学内容在横向上应从本课程在课程体系中的定位出发,在重视前后衔接与系统性的基础上,以提高工程应用能力为目标;在纵向上由计算机硬件系统发展的进程中,兼顾其历史以阐述原理并融合学科新知识和新方向。因此,课程教学需基于软硬件协同应用能力培养为目标,对现有教学内容进行适当增减、整合与革新。

基于便携性、软硬件资源丰富、创意空间大等特点,在教学中引入树莓派作为软硬件协同应用的开发平台<sup>[13]</sup>。其拥有嵌入式架构、多核CPU、丰富的扩展模块,支持无线连接,极大丰富了抽象教学内容的课堂展示方式,同时实现了与高级语言编程、Linux原理及应用、物联网技术等课程的有机结合。

树莓派的引入让学生明白工程应用需要哪些新知识,从而显著提高学习兴趣。为系统化引入新知识体系,选取国外原版教材作为辅助教学资料,其框架与授课内容一致,最新版包含云计算、多核处理器和GPU等新内容<sup>[14]</sup>。在教学中引入该教材的部分内容围绕树莓派展开,同时调整部分现有内容为课外选读,如计算机发展史、磁盘和磁带等存储器、I/O设备等,从而达到授课总课时不变;对实

践教学,可充分发挥树莓派的优势,引入兼具趣味和实用的设计类实验(图2)。

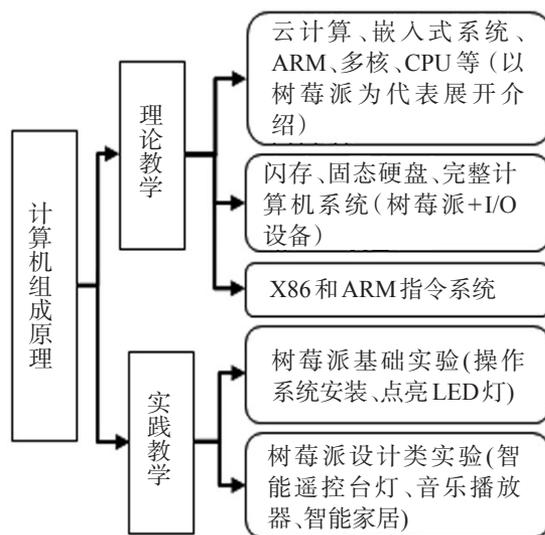


图2 教学新增内容

### 2.2 教学方法

为达到更好的教学产出效果,教学方法也相应调整。教学中从教师主导转换为以学生为中心,以提高解决工程应用问题能力为培养目标,鼓励学生进行课下自主学习,培养学生团队合作意识。针对计算机知识更新快的特点,树立学生终身学习的理念,不断进行自身知识体系的迭代更新。

在具体教学中,采用体系化方法,引导学生梳理组成原理内容与前导、后继课程内容的知识脉络,构建知识树。以C语言程序设计课程中数存储和表示为例,对有符号数和无符号数、数的定点表示和浮点表示等问题,可构建C语言程序如图3所示,让学生分析并解释其运行结果。面对看似莫名其妙的输出结果,只有组成原理中的补码知识才能让学生恍然大悟,教师在其中穿针引线,使学生达到真正的理解和应用,进而水到渠成地促进2门课程的学习。可借助超星泛雅等网络教学平台来搭建课程立体化教学资源,既可传课堂内容相关视频作为辅助补充,供学生差异化选用;也可在课程教学内容之外提供文献检索阅读、网络资料搜索等方面的方法与建议,引导学生进行自主学习。

实践教学运用实际工程项目管理的办法,采用分组角色扮演的方式,仿照真实项目团队开发模式开展。可以选用教师提供的参考项目,也可由学生在老师指导下自行拟定。项目团队由3~4人构成,队员分担项目经理、软件开发和硬件系统设计角色。以树莓派实现智能家居为例,其丰富发展的智能需求内涵为学生提供了发挥创新思维的充分舞

台,借助这一平台,可以把学生的奇思妙想演变为新颖实用的产品。项目成果采用产品展示和答辩的方式,由教师和各组项目经理扮演评审专家和消费者给予评价。可以设置开放实验室,为学生进一步探

```

1 #include <stdio.h>
2
3 int main()
4 {
5     char mychar = 300;
6     short int i = 32767;
7     int j = -1;
8     printf("mychar=%c\n", mychar);
9     printf("i=%d,i+1=%d\n", i, i + 1);
10    printf("j=%u, j=%d\n", j, j);
11    printf("%.0f\n", 5 * 3);
12    return 0;
13 }

```

图3 数在计算机中的存储

### 2.3 教学评价

在课程教学内容、教学方式改革的同时,教学产出成果应基于OBE理念利用多维度、多尺度的反馈来综合评价,进而促进教学内容和方式的螺旋式迭代更新。现有反馈模式多为基于短时的、单一课程时间内的各构成要素的反馈,没有形成长时的、从学到用的、更大范围的、多构成要素的反馈。然而,实践中往往经历时间检验的反馈更为全面与有效。因此,构建综合长短时的立体教学反馈机制,由纵横维度形成多角度覆盖、全要素参与、全生命周期长效性和迭代递进式的反馈模式(图4)。横向上的反馈信息分别来自平行班级教师、企业需求和学生,以学生的评学和分阶段考核成绩数据为主。纵向上为长时反馈信息,包括横向反馈、毕业生、后继课程师生和用人单位对本课程产出成果的评价。

### 参考文献:

- [1] 吴爱华,侯永峰,杨秋波,等.加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济[J].高等工程教育研究,2017,35(1):1-9.
- [2] “新工科”建设复旦共识[J].高等工程教育研究,2017,35(1):10-11.
- [3] “新工科”建设行动路线(“天大行动”)[J].高等工程教育研究,2017,35(2):24-25.
- [4] 新工科建设指南(“北京指南”)[J].高等工程教育研究,2017,35(4):20-21.
- [5] 中国教育新闻网.新工科,打造培养“大国工匠”摇篮[EB/OL]. (2018-03-21)[2020-01-05].[https://www.sohu.com/a/225989876\\_243614?\\_f=index\\_chan25news\\_394&qq-pf-to=pcqq.c2c](https://www.sohu.com/a/225989876_243614?_f=index_chan25news_394&qq-pf-to=pcqq.c2c).
- [6] 李志义,朱泓,刘志军,等.用成果导向教育理念引导高等工程教育教学改革[J].高等工程教育研究,2014,32(2):33-38+74.
- [7] 王显清.基于OBE的地方工科院校人才培养模式研究[D].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2019.
- [8] 施晓秋.遵循专业认证OBE理念的课程教学设计与实施[J].高等工程教育研究,2018,36(5):154-160.
- [9] 雷艳静,钱丽萍,秦斌,等.OBE理念下计算机硬件课程群建设研究与实践[J].计算机教育,2016,14(4): 92-94.
- [10] 中国工程教育专业认证协会.工程教育认证标准(2017版)[EB/OL]. (2020-02-17)[2020-03-01].<http://www.cceaa.org.cn/gcyjzrzh/rzcxjzbz/gcyjzrbz/tybz/599711/index.html>.
- [11] 唐朔飞.计算机组成原理[M].2版.北京:高等教育出版社,2008.
- [12] STALLINGS W.Computer organization and architecture:Designing for performance[M].7th ed.New York:Prentice Hall,2005.
- [13] 王江伟,刘青.玩转树莓派 Raspberry Pi[M].北京:北京航空航天大学出版社,2013.
- [14] STALLINGS W.Computer organization and architecture [M].10th ed. Hoboken:Pearson Education,2015.

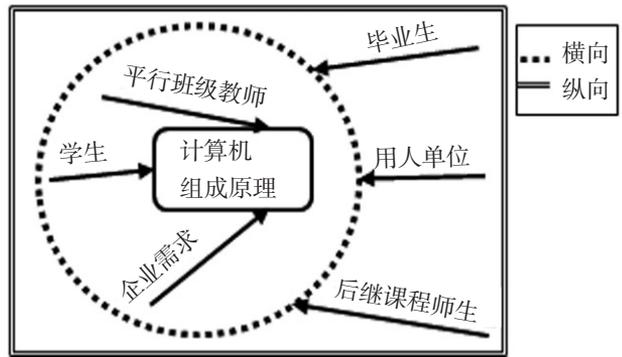


图4 立体教学反馈机制

### 3 结语

计算机组成原理课程在专业硬件课程体系中专担当承上启下的角色,为实现新工科背景下应用人才培养目标,基于OBE对整个教学模式进行了改进。教学内容进行了与时俱进的调整,引入树莓派,增加了教学内容的新颖性和实用性。实践教学表明,树莓派平台的引入,极大地降低了该课程的应用门槛,学生学习兴趣大为提高。教学方法进行工程化的调整,采用项目制角色扮演方式,完整模拟工程实践的产品开发流程,学无所用的纸上谈兵的状况得以普遍改观。同时引入多维度、全周期和多要素参与的教学反馈机制,实现教与学的动态修正。目前的行业标准与认证较多,反馈评价来源多,且会随时间而变化,如何科学地评估,进而做出有效选择,提高教学产出,值得进一步研究。