

文章编号: 2096-1472(2017)-07-25-03

面向能力培养的计算机专业课程体系建设与实践

陈 田, 路 强, 安 鑫, 丁贤庆, 李宏芒

(合肥工业大学计算机与信息学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要: 目前, 教育模式正在从传统的以知识传授为中心的模式向以能力为导向的教育转变。课程体系建设是教学体系改革的重要环节。本文针对传统课程体系中存在的一些问题, 探讨了以能力培养为目标的课程体系建设方法, 介绍了合肥工业大学计算机专业以能力为导向的课程体系建设的整体过程, 重点介绍了面向系统能力培养的课程设置方法。

关键词: 能力导向; 课程体系; 系统能力; 教育模式

中图分类号: TP3-05 **文献标识码:** A

Construction and Practice of the Competence-Oriented Computer Specialty Curriculum System

CHEN Tian, LU Qiang, AN Xin, DING Xianqing, LI Hongmang

(School of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: At present, education is shifting from the traditional knowledge-oriented model to the competence-oriented model. The construction of curriculum system is an important part in the reform of teaching system. In order to address the problems existing in the traditional curriculum system, the paper discusses the construction method of the competence-oriented curriculum system. The paper introduces the overall construction process of the competence-oriented computer specialty curriculum system in Hefei University of Technology, focusing on the methods of the systemic competence-oriented curriculum setting.

Keywords: competence-oriented; curriculum system; computer systematic competence; education model

1 引言(Introduction)

十三五期间, 随着大数据、互联网+、智能硬件、量子计算、三维集成电路技术的蓬勃发展, 以及智能手机等移动终端设备的普及, 不仅使计算机科学与技术的发展进入了一个新的黄金时期, 也给计算机专业的教学提出了新的任务与要求。如何改革现有的专业的教学体系, 怎样建设新的课程体系, 以适应新形势下对高质量计算机工程人才大量的需求, 是我们计算机专业教育工作者面临的重要挑战。

计算机科学与技术是一个变化非常快的学科, 技术的快速进步要求计算机专业培养方案必须每三到五年更新一次。在培养方案修订时, 不仅要考虑对学生多种能力与素质的培养, 也要使课程体系的设置符合科技的发展变化, 能激发学生们对新技术的好奇心与热情, 鼓励和引导学生养成终身学习的习惯。

目前, 计算机专业的教育模式正在由传统的知识性教育向以能力为导向的教育模式转变^[1,2]。能力导向的教育^[2]强调以知识为载体、以能力培养为目标的教学观念。计算机专业的毕业生应当具备四项基本能力^[3], 即计算思维能力、算法设计与分析能力、程序设计与实现能力以及计算机系统能力。研究表明^[4], 计算机系统能力是其中最主要的一种能力, 因此是计算机专业教育中的关键。近几年, 在教育部计算机专业教学指导委员会的倡导和帮助下, 全国多数院校已经认识到系统能力培养的重要性, 并已开展了许多卓有成效的教学改

革。一些院校从几门主干课程的教学内容改革做起, 一些院校重点改善实验平台和实践教学内容。如何从整个教学体系入手, 自顶向下, 全面完成面向系统能力培养的教学改革仍然是一个正在探索和研究的问题。

教学体系是高等院校“实现培养目标和促进教学相长”的重要基础和保障。教学体系包括了教学过程的知识基本结构、框架、教学内容设计、教学方法设计、教学过程设计和教学结果评价。全面实现对能力的培养, 需要对教学过程各个要素以及所组成的统一整体进行全面改革。课程体系建设是教学体系建设中非常重要的一个环节, 本文将主要探讨如何以能力为导向, 尤其是以系统能力培养为主要目标, 建设计算机专业的课程体系的方法。

2 传统的课程体系存在的问题(Problems of the traditional curriculum system)

传统课程体系主要存在四个方面的问题。

(1) 传统的教育主要以知识传授为中心, 而不是以能力培养为目标。主要体现在教学中以每门课程为中心形成自己的知识体系。在教学内容规划上, 各门课程独立规划、独立教学, 实验内容的设计围绕课堂内容, 以促进对课堂教学中理论知识的理解为目标。因此, 各门课在教学内容上很少体现本层次的知识与其他层次关联的部分, 有时也会造成一些知识重复讲述。由于知识体系的重叠或脱节, 学生在课程学习时容易形成知识结构的“孤岛”, 难以建立完整而系统的专

业知识体系。

(2)部分专业基础课的教学内容没有做到及时更新。各所高校在课程设置中对于专业基础课程在学分和课时上基本都给予了足够的保证,但是由于课程名称长期不变,部分专业课程的任课教师对教学内容许多年不做更新和调整,没有将计算机科学与技术最新的变化和研究成果融入相关课程的教学。这不仅表现在课堂讲授的内容多年不变,而且也表现在实验内容和实验方法不变,实验手段与实际工程应用相脱节等。

(3)课程体系中设置的选修课数量虽然不断增加,但难以保证学生选修的课程既具有知识的广度也具有一定的深度和系统性。计算机科学的发展以及新技术的不断涌现,使得计算机相关学科一直处于快速变化之中。在培养方案修订中调整和增设新的选修课程是应对变化的关键。虽然增加了可选课程的规模,但是学生在选课之前对大多数选修课的内容以及相互之间的关联性并不清楚。如果在课程设置中不对学生选课作限制或引导,可能导致选修的课程不成体系。虽然学生有可能会选择实际处于多个方向领域的课程,从知识点的广泛性来看有一定的好处,但是对于学生在某个方向领域能力的提高比较不利。相反,如果将所有的选修课按领域分类,要求学生只能选择其中一类学习,那么,学生虽然会对一个领域的学习达到一定的深度,但是在知识的广度上可能会有欠缺。因此怎样在课程体系中设置合适的选修课是一个需要考虑的问题。

(4)课程设计的设置一般面向单门课程,涉及到多门相关课程的综合性课程设计很少,课程设计的复杂程度与规模达不到系统级的要求。学生在完成课程设计时仅根据某一门课程知识点来分析、理解和设计,而不能跨越相关的多门课程去深入理解某一问题或者某一现象的深层内涵,考虑最有效的解决办法。所使用的知识结构狭窄,难以形成一个完整的系统观。虽然小规模实践也可以让学生基本理解掌握一个系统运行原理,培养学生初步具备系统开发能力,但是如果如果没有足够的工作量,学生们将难以应对现代大型复杂系统中普遍存在的开发与设计中的约束、权衡、优化(例如成本、时间、功耗、可靠性、安全性)等问题。

传统课程体系中存在的问题主要源于教学是面向科学知识和技术原理的传授,而不是面向将科学、技术、非技术融为一体,强调工程实践性、综合性与创造性的综合能力的培养。

3 以能力为导向的课程体系建设(Construction of the competence-oriented curriculum system)

3.1 工程能力的基本概念

根据美国国家工程院(NAE)有关2020年工程教育的报告,工程师应当具备的品质包括分析能力、创造力、实践能力、沟通能力、商务与管理能力、伦理道德及终身学习能力。而CDIO工程教育模式将能力分为四个层面,分别是技术知识和推理;个人能力、职业能力和职业道德;人际团队能力;企业和社会背景下对系统的构思、设计、实现及运作。具体到计算机专业,还应当具备四大基本能力:计算思维能力、算法设计与分析能力、程序设计与实现能力和计算机系统能力。其中,计算思维^[5]是指运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计,以及人类行为理解等涵盖计算机科学广度的一系列思维活动。计算机系统能力是指能自觉运用系统观,理解计算机系统的整体性、关联性、层次性、动态性和开放性,并用系统化方法,掌握计算机硬软件协同工作

及相互作用机制的能力,并能全面考虑系统各部分及其与外界的逻辑与联系,完成一定规模的系统设计的能力。包括系统分析能力、系统设计能力和系统验证能力三个方面,三个方面相辅相成,共同构成计算机专业本科毕业生的基本能力和专业素养。

3.2 以能力为导向的课程体系建设流程

合肥工业大学根据国际通行做法,在参考卓越工程师计划、工程学科认证和CDIO体系等基础上,结合我校目前的教学实际情况,提出“能力导向的一体化教学体系建设”。能力导向一体化教学^[6]就是一种旨在培养学生综合能力的教学体系,将教学从“知识的传递”向“知识的处理与转换”转变,学生从“被动接受的模仿型”向“主动实践、手脑并用的创新型”转变。激发学生潜在的能力,引导学生加强自身各方面的发展。为了实现“能力导向的一体化教学”,我校计算机科学与技术专业自顶向下完成了培养方案制定和相应的课程体系建设工作。

在课程体系建设中,我们首先结合我校的专业特色,提出了“1-2-3-4原则”,即一个统一的标准、两个特色能力、三个课程层次、四个专业方向。一个统一的标准是指我们在制定专业培养标准时参考教育部《计算机类专业教学质量国家标准》(2014年讨论稿)的相关要求来设计本专业培养标准。两个特色能力是指根据我校的特点,培养学生具有两方面特色能力,即对工业装备与机器人控制核心技术理解、开发和应用的能力,对网络工程和数据工程的理解、开发和应用能力。三个课程层次是体现基础能力和素养的通识教育课程层次、以核心课程为中心的专业基础课程层次、以互联网时代为特点的专业方向应用课程层次。四个专业方向是指我们的专业课程按四个方向设置。在这个总体原则基础上,我们按图1的流程完成教学计划制定与课程体系建设。

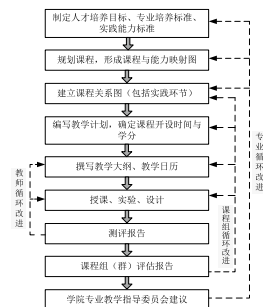


图1 课程体系建设流程

Fig.1 Construction process of the curriculum system

(1)在培养目标中明确我们需要培养什么样的人才,在专业培养标准和实践能力标准中需要指明毕业生应当具备什么样的能力与素质。

(2)根据培养目标、能力和素质的要求规划课程,画出每门课程与培养目标和标准中“能力要求”之间的映射矩阵图。通过这张图,能够保证所规划的课程始终围绕专业培养目标,同时,该图也能使授课教师明确为什么要开设这些课程,学生明确为什么要学这些课程,这些课程到底有什么用。在实际的课程规划中,我们要求所开设的每一门专业课程至少能体现对两种能力或者素养的培养。

(3)在课程能力映射图的基础上,根据各门课程之间的逻辑关系画出所有课程之间的关系图,包括课程、课程设计、综合实践环节、实习和设计等内容。

(4)依据课程关系图设定教学计划,具体确定每一门课程

开设的时间、学分。

(5)撰写课程教学大纲,对开设的课程内容和实施过程作总体描述。教学大纲应由课程组和课程群成员共同讨论完成。教学大纲中需要明确指出课程目标、该课程面向哪些能力的培养以及将采用哪几种教学方式。教学大纲中还可以包含课程的教学日历。

(6)通过多种评测方法衡量学生学习效果也是突出能力培养的关键环节。为了综合考核学生课程学习后对能力提高的程度,我校要求课程学完后的笔试成绩在课程总成绩中不得超过40%,评测方法不少于四种。这就要求各个课程组针对每一项课程目标提出行之有效的评测方法。

(7)对整个课程体系建设是一个需要不断改进和完善的过程,因此,我们的教学体系采取了一种“可控可检测可修复”的闭环体系。教师可以通过不断地总结,改善教学大纲、教学和评测方法;课程组和课程群可以对课程关系、课程间的联系与分工、教学大纲提出意见;而本专业的教学指导委员会需要定期对整个专业的培养目标、课程规划、能力培养要求进行修订并给出指导意见。

3.3 以能力培养为目标的层次化专业课程设置方法

在三个课程层次中,通识教育课程层次为学生提供了数学和工程学科的基础知识,培养了成为计算机工程师的基础能力和职业素养。专业基础课程层次是整个课程学习的核心,不仅包括了所有的必修课程,也包括与之关联的实践环节。该层次培养了学生的专业基础能力。专业方向应用课程层次体现科技的发展,主要包括选修课、方向领域综合设计、应用系统工程训练等,培养了学生专业知识的广度和应用能力。

对于专业基础课程,在一段时间内课程名称变化不大,开课时间、学时和学分可以根据情况做出调整,教学内容应当不断更新。在课程体系建设中,我们强调专业基础课程必须注重对计算机专业四种基本能力的培养。为了打破传统的课程之间的壁垒,我们要求课程设计必须综合化、多元化,具有灵活性、复杂性。为此,我们将传统的针对单门课程的课程设计进行了整合,设置了多门综合课程设计和综合训练。每一门综合课程设计对应多门课程,其知识领域不仅包括两门以上的必修课,也涉及到部分选修课程。综合课程设计的基本时间一般是两星期(停课),扩展时间为一个学期甚至一个学年。通过这种方法,使学生能够完成复杂性高和规模大的设计任务,不仅培养计算机专业学生的系统能力,也培养了程序设计、算法和计算思维的能力。

专业方向应用课程层次覆盖了所有的选修课程及相关实践环节。我们按计算机技术最新的发展方向设置了四个方向的选修课,分别是“软件和网络工程方向”“嵌入式系统与物联网方向”“数字媒体与可视化计算方向”和“数据与智能工程方向”,每个方向内包含五门课,共10个学分,另有一些选修课在方向课程之外。在新版的课程体系中我们新增设了计算机系统、云计算技术、移动计算及应用开发、并行计算、大数据处理技术、应用数学分析等课程。为了保证学生选修的课程既具有知识的广度也具有一定的深度和系统性,要求每位学生必须完整地选择一组方向课程学习,并完成与之对应的实践环节——方向领域综合设计。在此基础上,学生们还可以选修方向外的课程或者其他方向内的课程。

3.4 面向系统能力培养的专业课程设置情况

下面以面向系统能力培养为例,具体说明我校相关的课

程设置与实践环节安排情况。系统能力是计算机专业学生应当培养的主要能力之一,目前主要指系统硬件能力和系统软件能力。近几年,在教指委的指导下,结合其他一流院校的经验和我校前期工作的积累,相关课程群、课程组将开发“1个CPU、1个操作系统、1个编译器”作为系统能力培养的主要教学目标。为了实现这些目标,对于专业基础课程,主要任务是调整和修改教学内容和实践的内容;部分选修课程也作相应调整,同时增设了相关的选修课程。例如,围绕CPU设计这一目标,首先,在数字逻辑课程阶段,加强了数字系统设计的内容,在课程实验部分要求学生必须掌握基于FPGA的开发方法;在计算机组成原理课程中强调对整机概念的理解,在指令部分,增加了MIPS指令的内容,强调对硬布线控制器设计方法的掌握,减少了微程序控制方法在课程中的比重;在计算机体系结构课程中,要求理解性能优化的方法,掌握多周期、流水线的设计。新增设的计算机系统是一门纵向贯穿系统硬件和系统软件的课程,我校以选修课的方式开设,以帮助学生建立完整的系统观。

实践环节是最终是否能够达到教学目标的关键。在实践环节,上述课程要求采用统一的实验平台,统一规划实验体系,形成跨课程、递进式、累积式的实践教学模式。在课程实验阶段要求使用统一的FPGA开发板和PC机。各门课程的独立完成自己的实验,但实验内容要求具有一定的逻辑关系,这样,有可能将多个学期不同课程中完成的实验集成起来,在综合课程设计阶段进一步开发,实现最终的复杂系统。在课程建设期间,我校通过教育部修购项目购置了大量的实验设备,因此,我们从计算机组成原理开课起,就将FPGA开发板发给每一位学生,要求一年后归还。由于在数字逻辑课程中学生已经打下了一定的FPGA开发基础,在组成原理上课期间,学生们可以根据自己的学习情况,利用FPGA开发板完成存储器、中断系统以及单周期CPU等内容的设计。在后续的计算机体系结构以及计算机系统课程完成之后,开设关联上述几门课程的综合课程设计——系统硬件综合设计,要求设计一个完整的基于MIPS指令的流水线CPU。虽然最终的课程设计时间只安排了两周,但是从数字逻辑课程开始,任课老师就将最终的目标告诉学生,要求学生为之开始学习知识和打基础,而在后续的两个学期,不同课程的任课教师都在强调这一目标,因此,学生们为实现这一目标已经在三个学期的时间内做了充分的知识储备和思想准备,而随时可以使用的开发工具也为实现目标提供了便利。很多学生在课程设计阶段开始时就已经基本完成了设计任务,课程设计期间主要是对所完成的系统做进一步优化。目前,我校在课程设计环节开展基于MIPS的CPU设计已经四年了,完成的效果比较好。

对于在实践环节具有统一的目标的紧耦合课程,我们根据逻辑关系划分为课程群,以便于教学内容的组织与评估。我校计算机专业所有课程根据逻辑关系形成了十个课程群。

4 结论(Conclusion)

教学体系中包含了教学顺序、过程、方式、方法、形式、内容、反馈、评估、总结、比较等一系列教学要素。以能力为导向的教学中不是一个简单的任务,要实现面向能力的人才培养目标也不是改进某几门课程的教学就可以完成,而必须是从自顶向下对整个教学体系做出全面的改革才能取得良好的效果。课程体系建设是教学体系改革中非常重要的一

(下转第8页)