

高等学校计算机课程群研究报告汇编

计算机课程群研究项目组 著



清华大学出版社



计算机课程群研究项目组 著

高等学校计算机课程群 研究报告汇编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

由教育部高等院校计算机教学指导委员会与清华大学出版社共同发起成立了“计算机课程群研究项目组”。本书是研究组的课题报告汇编，对计算机专业核心课程进行了系统的研究，是指导计算机专业教学的重要文件。

本书包含了 14 篇研究报告。2 篇研究计算机系统结构课程内容体系及实践课程；2 篇研究计算机硬件课程体系；2 篇研究嵌入式系统课程；其余研究报告包含课程有微机原理、软件工程、计算机网络、网络工程、程序设计语言、信息安全、数字媒体，最后 1 篇是独立学院本科计算机专业教改和教材建设的研究报告。

本书可以用于高等院校计算机专业制定教学计划时的参考，也可以供计算机专业教育的教师，以及研究和关心计算机专业教育的人士进行教学组织的参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目（CIP）数据

高等学校计算机课程群研究报告汇编 / 计算机课程群研究项目组著. —北京：清华大学出版社，2012.1
ISBN 978-7-302-27769-9

I. ①高… II. ①计… III. ①高等学校—电子计算机—教学研究—研究报告—汇编—中国 IV. ①TP3-42

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 275055 号

责任编辑：魏江江 刘向威

责任校对：焦丽丽

责任印制：王秀菊

出版发行：清华大学出版社

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编：100084

社 总 机：010-62770175

邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：三河市李旗庄少明印装厂

经 销：全国新华书店

开 本：210×297 印 张：27.5 字 数：945 千字

版 次：2012 年 1 月第 1 版 印 次：2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数：1~2000

定 价：49.00 元

前 言

随着我国改革开放的进一步深化，高等教育得到了快速发展，高等学校紧密结合地方经济建设发展需要，科学运用市场调节机制，加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度，通过教育改革合理调整和配置了教育资源，优化了传统学科专业，积极为地方经济建设输送人才，为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是，高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要，不少高校的专业设置和结构不尽合理，教师队伍整体素质亟待提高，人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变，学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007 年 1 月，教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》，计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程（简称‘质量工程’）”，通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容，进一步深化高等学校教学改革，提高人才培养的能力和水平，更好地满足经济社会发展对高素质人才的需求。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中，各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势，对其特色专业及特色课程（群）加以规划、整理和总结，更新教学内容、改革课程体系，建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作，提高教学质量的若干意见》精神，紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”，清华大学出版社就计算机与电子信息类专业与全国重点高校在课程研究进行系统而深入的合作。这些课程的研究都是建立在优秀教学成果基础上的。这些课程具有以下优势：（1）有一支优秀的教学团队，多年从事与课程相关的教学和科研工作，有着丰富的教学和实践经验。这些是课程研究的人才优势。（2）有较先进的教学理念和教学内容，经过多年教学的优化，并且不忽视理论与技术的最新发展；同时课程配套有完整的教学大纲、授课教案、习题、实验指导、参考资料；有课程的资源网站，甚至开发了习题库、考试系统等。这些是课程研究的内容基础。（3）注意对课堂教学本身的研究，以相关的论文和教学成果奖为工作基础，注重教学方法的改进和教学效果的提升。这些是课程研究的质量保障。

课程研究的主要内容包括课程内容、教学方法、实践教学、与关联课程之间的关系、辅助教学资源建设等。在对这些内容研究的过程中，还特别考虑了以下几个方面的内容：（1）参考国内外学科课程体系研究成果，研究该课程在课程体系中的位置，形成课程的教学目标；并且考虑将研究对象扩大到与该课程有紧密关系的课程群。（2）根据教学目标，确定先修课程、后续课程之间的知识关系和内容衔接，精确描述课程（群）在整个知识体系中所需要涵盖的知识点。（3）以知识点为基础，形成课程的教学大纲，内容包括课程介绍、学习目标、先修课程、课程提纲、教学说明、建议学时、各知识点的教学顺序及学时分配、实验与作业示例、实践环节的组织等。（4）研究本课程在不同培养模式下的多种教学实践，如针对研究型大学、教学研究型大学 and 教学应用型大学，在多学时和少学时的情况下，分别提出课堂教学、实验及实践环节的安排建议。

本书是在课程研究成果的基础上，通过课程研究团队的进一步总结、整合和研究，将围绕课程教学过程和教学内容展开的所有研究成果全部固化成课程的理论体系和实施细则，一方面为课程建设开拓思路，保持优秀（精品）课程的延续和传承；另一方面研究成果自然而然成为优秀教材建设的奠基石。

本书能够反映各高校教学改革与课程建设的需要，具有创新性（新体系、新内容、新手段、新思想）、先进性（对原有的课程体系有实质性的改革和发展，顺应并符合 21 世纪教学发展的规律，代表并引领课程发展的趋势和方向）、示范性（课程体系具有较广泛的辐射性和示范性）和一定的前瞻性。

本书涉及的课程群研究的内容是许多专家和广大教师经验和智慧的结晶，希望能够抛砖引玉，引导全国教师对教学改革和课程建设进行深入思考和进一步实践。

计算机课程群研究项目组

目 录

计算机系统结构课程内容体系及实践课程研究报告	张晨曦 刘依 (1)
计算与软件工程课程教改研究报告	骆斌 郑滔 等 (16)
计算机硬件课程体系研究报告	王换招 (71)
计算机系统结构课程群课程规划与教材研究告	毛国君 方娟 等 (97)
微型计算机原理与应用技术课程群的研究报告	徐安 陈耀 等 (116)
嵌入式 Linux 课程群建设研究报告	张惠娟 王冬青 (126)
计算机网络课程群建设及课程与专业关系研究报告	曾华燊 潘启敬 等 (135)
嵌入式系统教学现状分析及核心课程体系研究报告	陈丽蓉 罗蕾 等 (163)
计算机硬件及应用技术课程群建设研究报告	雷向东 (186)
程序设计语言的原理与应用课程群建设研究报告	黄志球 (213)
网络工程专业知识体系及课程群研究报告	兰少华 等 (235)
信息安全人才需求与专业知识体系、课程体系的研究报告	王伟平 段桂华 等 (313)
数字媒体本科专业核心课程体系的研究报告	左明章 (369)
普通高校应用型本科计算机专业教学改革与教材建设研究报告	王慧芳 (413)

计算机系统结构课程内容体系及实践课程研究报告

张晨曦 刘 依

同济大学软件学院

1 引言

计算机系统结构是高等院校计算机专业的一门专业主干课程。本课程的目标是提高学生从系统和总体结构的层次来理解和研究计算机系统的能力，帮助学生建立整机系统的概念；使学生掌握计算机系统结构的基本知识，掌握基本的性能分析方法，并对计算机系统结构的发展现状有所了解。

我们认为，在计算机专业人才培养中，有两类能力非常重要。一类是基本的设计和开发能力，特别是具体的开发技术和技能等；另一类是从总体、系统的角度来分析和解决问题的能力以及自主创新能力。前者直接关系到学生毕业后的就业问题，而后者则对毕业生的发展和未来有很大的影响。本课程特别强调培养学生的后面这一种能力，是一门非常重要的课程。全国重点院校的计算机学院（系）都开设了这门课程，很多普通高校也逐渐开设了该课程。

长期以来，国内这门课程一直是比较难讲的课程，很多教师反映这门课程比较难讲，而且学生也不爱听。其原因之一是课程的内容体系和教材有些陈旧，往往是用大量篇幅去论述抽象的概念、方法和原则，强调的是定性分析，内容比较空泛、较难理解。对有些非重点或非主流的结构和方法进行了过细的介绍，而对实际系统和现已广泛应用的方法的定量分析却比较少。国内许多已有的教材都存在这样的问题。另外，在本课程的内容体系方面，国内 20 多年来都变化不大。我们 77 级本科生在 1981 年上系统结构课时的内容体系跟现在有些教材的内容体系相差不是很大，在不少现在的教材中都能找到自己的影子。

在另一方面，在这 20 多年中，计算机系统结构技术已经有了很大的发展。美国斯坦福大学的著名教授 John L. Hennessy 和加州大学伯克利分校的著名教授 David A. Patterson 联手于 20 世纪 90 年代初出版的 *Computer Architecture: A Quantitative Approach* 一书在这个领域激起了一阵改革的浪花，它从全新的角度讲述系统结构，受到了同行的高度赞赏。虽然从 1996 年开始，我们就在国内（国防科技大学）率先在该课程中采用该书中的内容，但到目前为止，国内尚未看到关于如何调整计算机系统结构课程的内容体系的报告。本项目就是要在对国外教材和国内教材进行深入研究的基础上，面向重点大学的计算机专业，确定出既采用国外教材的优点又继承国内现有教材特色的系统结构课程的内容体系，并对其实践课程进行研究。

2 对国外系统结构教材内容的研究

计算机系统结构的英文是 computer architecture，用这个词作为关键词，在国外著名的网上书店 amazon.com、国外著名的出版社 Morgan Kaufmann 和 Prentice Hall 的网站以及其他一些网站上进行检索，查到以下 8 本主要的系统结构方面的书（近 5 年）：

- (1) 书名: *Computer Architecture: A Quantitative Approach* (3rd Edition)

作者: John L. Hennessy, David A. Patterson

出版时间: 2002 年 5 月

出版商: Morgan Kaufmann

国内出版社引进情况: 电子工业出版社（中），机械工业出版社（英）

页数: 1136

简称（为了本文的论述方便而采用的简称，下同）: 【Henn3】或【H3】

- (2) 书名: *Computer Architecture: A Quantitative Approach* (4th Edition)

作者: John L. Hennessy, David A. Patterson

出版时间: 2006 年 9 月

出版商: Morgan Kaufmann

国内出版社引进情况: 电子工业出版社(中), 机械工业出版社(英)

页数: 704

简称: 【Henn4】

- (3) 书名: *Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach*

作者: David Culler 等

出版商: Morgan Kaufmann

出版时间: 1998 年 8 月

国内出版社引进情况: 机械工业出版社(中)

页数: 1100

简称: 【Culler】

- (4) 书名: *Essentials of Computer Architecture*

作者: Douglas E. Comer

出版商: Prentice Hall

出版时间: 2004 年 8 月

国内出版社引进情况: 清华大学出版社(中), 高等教育出版社(英)

页数: 400

简称: 【Comer】

- (5) 书名: *Principles of Computer Architecture*

作者: M. Murdocca, V. P. Heuring

出版商: Prentice Hall

出版时间: 2000 年

页数: 640

简称: 【Murd】

- (6) 书名: *Computer Architecture: From Microprocessors to Supercomputers*

作者: Behrooz Parhami

出版商: Oxford University Press

出版时间: 2005 年 2 月

页数: 575

简称: 【Parha】

- (7) 书名: *Computer System Arcitecture: A Networking Approach (2nd Edition)*

作者: Rob Williams

出版商: Prentice Hall

出版时间: 2006 年 11 月

国内出版社引进情况: 机械工业出版社(英)

页数: 752

简称: 【Willi】

- (8) 书名: *Advanced Computer Architecture and Parallel Processing*

作者: Hesham El-Rewini, Mostafa Abd-El-Barr

出版商: Wiley-Interscience

出版时间: 2005 年 1 月

国内出版社引进情况: 电子工业出版社(中)

页数: 288

简称: 【Rewini】

在这些书中,【Culler】和【Rewini】主要是论述高级体系结构和并行处理体系结构,这部分内容一般是在研究生阶段才学习的,所以它们不适合作为本科生的教材,但可以作为研究生的教材或参考书。

【Comer】是由美国普渡大学资深教授 Douglas E. Comer 编写的。该书中共有 20 章,内容包括:数字逻辑基础,数据和程序的表示,各种处理器和计算引擎,处理器类型和指令系统,操作数寻址和指令表示,CPU:微代码、保护及处理器模式,汇编语言和程序设计范例,存储器,物理存储器和物理寻址,虚拟存储器技术和虚拟寻址,高速缓存和高速缓存技术,输入输出概念和术语,总线和总线体系结构,程序控制 I/O 和中断驱动 I/O,程序员眼中的设备、I/O 和缓冲,并行性,流水线技术,性能评估,体系结构的层次和例子。可以看出,这些内容的一半以上与我们国内的计算机组成原理课程的内容重叠,而对系统结构的论述又深度不够。

【Murd】共有 10 章,包括数据表示,算术运算,指令集结构,语言和机器,数据通路和控制,存储器,输入输出,通信,系统结构的发展趋势等。【Parha】分成 7 部分,共 28 章。这 7 部分是:背景和动机,指令集结构,算术/逻辑部件,存储系统设计,输入/输出和接口,高级系统结构。这两本书存在与【Comer】类似的问题,相当一部分内容属于计算机组成原理的内容。

【Willi】共有 23 章,篇幅达 752 页。主要内容有: von Neumann 结构,功能部件及取指-执行周期,控制部件,ALU,存储器,Pentium CPU,子程序,简单输入/输出,串行连接,并行连接,存储层次,编程者的观点,局域网,广域网,其他网络,操作系统简介,Windows XP,文件系统,可视输出,RISC 处理器:ARM 和 SPARC, VLIW 处理器:EPIC Itanium,并行处理。这本书不仅包含组成原理的内容,而且还包含了操作系统、网络方面的内容。可谓包罗万象。

内容涉及面太广、与计算机组成原理课程重复、系统结构内容深度不够等缺点是国外大多数系统结构教材的通病。也许其目的是为了不需要计算机组成原理的铺垫就可以学习系统结构。但国内一般都是先学计算机组成原理、后学系统结构的,所以这些教材不太适合“中国国情”。

John L. Hennessy 和 David A. Patterson 编写的 *Computer Architecture: A Quantitative Approach* 彻底改变了这种状况。这两个人是享誉全球计算机界的著名教授,他们在 RISC 研究方面取得了卓越的成绩,其研究结果分别形成了 MIPS 和 SPARC 系统结构的基础。十多年前,该书第 1 版一出现,就好评如潮。到去年为止,已经出了 4 个版本。这是一本在全世界有很大影响的教材,被称为是系统结构学科的“圣经”,在国外已经被许多大学选用。在国外同类教材中,它是最权威、最有影响的一本。它对系统结构进行了深入、全面的阐述,并且在讲述中采用了国际上流行的研究计算机系统结构的方法——量化方法。该书的内容充分反映了当前系统结构的主流发展,而且结构合理、内容新颖、可读性好。我们多年的教学研究和实践表明,采用量化方法的教学效果很好。

这本教材的第 3 版【Henn3】有 1100 多页,虽然内容丰富,但也太多、太全,难度偏大,我们认为直接作为本科生的教材是不合适的。而且该教材不足之处还有工程性太强、对有些经典的计算机系统结构内容没有论述(如向量处理机、阵列处理机、数据流计算机等)。这本书的第 4 版【Henn4】虽然是最新版,但在编排上更像是研究生教材。所以后面我们将主要以【Henn3】作为参考书,与国内的系统结构教材内容相结合,取长补短,研究并确定出计算机系统结构课程的内容体系。

3 对国内系统结构教材内容的研究

在计算机专业教材方面,国内最有影响的出版社有:清华大学出版社,高等教育出版社,电子工业出版社,机械工业出版社,科学出版社,人民邮电出版社等。在这些出版社的网站以及在中国互动出版网 china-pub.com 上,我们用“系统结构”和“体系结构”作为关键词查询,查出了这些出版社在近 5 年来出版的所有系统结构教材情况如下:

- 清华大学出版社:4 本。作者分别是郑纬民、李学干、尹朝庆、周立等。

虽然郑纬民的那本是 1998 年出的,但因为它是国内比较经典的一本系统结构教材,所以把它也列为研究的对象。李学干的那本也是比较经典的,是“十一五”国家级规划教材。其前身是苏东庄编写的系统结构教材。25 年前我们上大学时就使用过。

- 高等教育出版社：1 本，作者是张晨曦等。这本书是“十五”国家级规划教材。
- 电子工业出版社：2 本，作者分别是陈建铎和徐炜民等。徐炜民那本是“十五”国家级规划教材。
- 机械工业出版社：1 本，作者是田俊峰等。
- 科学出版社：1 本，作者是白中英等。
- 人民邮电出版社：1 本，作者是张先俊等。

这 10 本系统结构教材的详细信息如下。

- (1) 书名：计算机系统结构（第 2 版）
作者：郑伟民等
出版社：清华大学出版社
出版时间：1998 年 9 月
页数：731
简称：【郑】
- (2) 书名：计算机系统的体系结构（“十一五”国家级规划教材）
作者：李学干
出版社：清华大学出版社
出版时间：2006 年 1 月
页数：333
简称：【李】
- (3) 书名：计算机系统结构教程
作者：尹朝庆
出版社：清华大学出版社
出版时间：2005 年 4 月
页数：292
简称：【尹】
- (4) 书名：计算机系统结构
作者：周立等
出版社：清华大学出版社
出版时间：2006 年 12 月
页数：259
简称：【周】
- (5) 书名：计算机体系结构（第 2 版）（“十五”国家级规划教材）
作者：张晨曦等
出版社：高等教育出版社
出版时间：2005 年 6 月
页数：328
简称：【张】
- (6) 书名：计算机系统结构（第 2 版）（“十五”国家级规划教材）
作者：徐炜民等
出版社：电子工业出版社
出版时间：2003 年 7 月
页数：274
简称：【徐】
- (7) 书名：计算机系统结构教程
作者：陈建铎
出版社：电子工业出版社

出版时间：2006 年 2 月

页数：249

简称：【陈】

(8) 书名：计算机系统结构

作者：田俊峰等

出版社：机械工业出版社

出版时间：2005 年 10 月

页数：274

简称：【田】

(9) 书名：并行机体系结构（第二版）

作者：白中英等

出版社：科学出版社

出版时间：2006 年 1 月

页数：200

简称：【白】

(10) 书名：计算机系统结构

作者：张先俊等

出版社：人民邮电出版社

出版时间：2006 年 2 月

页数：292

简称：【张 2】

我们购买了所有这些教材以及【Henn3】（简称为【H3】）和【Henn4】原版教材，对其内容进行了研究和比较，并做出了我们的选择。

(1) 第 1 章

第 1 章一般都是引言、导论、基本概念或基础知识等，上述教材中，这一章的内容比较接近，主要有：

- 计算机系统结构的基本概念（包括计算机系统的层次结构、系统结构的定义以及计算机组成和计算机实现的概念等）；
- 计算机系统结构的分类；
- 计算机系统的性能评测（包括定量设计原理、性能评测指标、基准测试程序等）；
- 计算机系统结构的发展（包括冯·诺依曼结构以及软件、应用、器件对系统结构的影响等）；
- 并行性的概念及并行性的发展。

【Henn3】和【张】都有一节论述计算机成本和价格方面的内容。根据我们以前的教学经验，这一节几乎都是不讲讲的，所以在新的内容体系中，屏弃该内容。

(2) 指令系统的设计

在下面以及后面的表格中，√表示有相应的内容，而空栏则表示没有。

从表 1 可以看出，绝大多数教材都有这部分内容。

表 1

编号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	浮点数据表示和自定义数据表示	√	√	无此 内容	√	√
2	指令系统的分类					
3	寻址技术	√	√		√	√
4	指令格式的优化设计	√	√		√	√
5	指令系统的功能设计	√	√			√
6	RISC	√	√		√	√
7	指令系统举例					

表 1（续）

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否？	说明
1	注 1-1	√		√			×	注 1-2
2			√		√	√	√	注 1-3
3		√	√	√	√	√	√	
4		√	√	√	√	√	√	
5		√	√	√	√	√	√	
6		√	√	√	√	√	√	
7		PDP-11, RISC-II	IBM 370		DLX	MIPS	MIPS	注 1-4

注 1-1：【徐】与其他教材不同，设置了名为“计算机系统结构”的一章，论述的内容包括：CPU 组成、数据表示、寻址方式、指令优化、总线结构、存储系统概述、输入输出等内容。相当于给系统结构的方方面面来个概述。这些内容中有相当一部分是与计算机组成原理重复的。我们不采用这种写法。

注 1-2：浮点数据表示应该在其他课程（如原理）中讲过，没必要在这里重复论述。自定义数据表示虽然是新内容，但由于这种技术在一般的计算机中很少采用，所以不讲也可以。

注 1-3：指令系统的分类对于进一步加深对不同指令系统的理解有较大的作用。

注 1-4：【陈】中介绍的 PDP-11 和 RISC-II 以及【田】中介绍的 IBM 370 已比较陈旧。【张】中介绍的是抽象指令系统 DLX，它只是在前几年比较流行。在本报告的方案中，我们将和【H3】一样，采用 MIPS 作为例子。MIPS 与 DLX 都是 RISC 结构，而且有很多相似的地方。两者的关键区别是：DLX 是假想的，MIPS 是真实的。MIPS 是一种很有影响的 RISC 处理器结构，也比较简单，用它做例子是一个很好的选择。这里介绍 MIPS 指令系统是必需的，因为后面各章中的例子以及本课程的实践环节都是建立在 MIPS 指令系统之上的。

（3）流水线技术

流水线技术几乎是所有系统结构教材都讲的内容。它是系统结构课程最经典的内容，也是重点之一。要系统地展开论述。

表 2

编 号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	重叠执行和先行控制	√	注 2-1	注 2-1	√	√
2	流水线的概念与分类	√	√	√	√	√
3	流水线的时空图与性能分析	√	√	√	√	√
4	非线性流水线的调度	√	√		√	√
5	流水线的相关与冲突	√	√	√	√	√
6	指令流水线的实现实例					

表 2（续）

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否？	说明
1	√	√	√	√			√	注 2-3
2	√	√	√	√	√		√	
3	√	√	√	√	√	√	√	
4		√	√	√			√	注 2-4
5	注 2-2	√	√	√	√	√	√	
6					√	√	√	

注 2-1：【李】和【白】只讲了重叠执行，没有介绍先行控制。

注 2-2：【徐】对于相关只做了简单的介绍。

注 2-3：重叠执行和先行控制是使用比较多的技术，所以把该内容选入本方案。

注 2-4：这 10 本教材中，有 7 本是包含了“非线性流水线的调度”，而且这部分内容也是比较重要的。故将其选入本方案。

（4）指令级并行性及其开发

指令级并行性开发是提高计算机系统性能的重要技术。有必要系统地讲述这部分内容。相对于系统结构的经典内容来说，这部分内容是比较新的。国内的教材除了【郑】、【周】、【张】以外，这部分内容比较少。在本方案中，我们选入所有表 3 中列出的内容。

表 3

编号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	指令动态调度的基本思想	√		√		√
2	记分牌算法					√
3	Tomasulo 算法	√	√			√
4	动态分支预测技术	√		√		
5	基于硬件的前瞻执行					
6	超标量技术	√	√	√	√	√
7	超长指令字技术	√	√	√	√	√
8	超流水技术	√	√	√	√	√

表 3（续）

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否？	说明
1	无此 内容			√	√	√	√	
2					√	√	√	
3					√	√	√	
4				√	√	√	√	
5					√	√	√	
6		√	√	√	√	√	√	
7		√		√	√	√	√	
8		√	√	√	√	√	√	

（5）用软件方法开发指令级并行

这部分内容是【H3】所独有的，是开发指令级并行的一些高级技术。考虑到本方案是面向重点大学的计算机专业，我们将选用这些内容。

（6）向量处理机

关于这部分内容，有的教材是单独设置一章，而有的则是把它合并到流水线技术一章中。【郑】、【白】、【陈】是单独设置一章，其他的都是与流水线技术合并。本方案的选择是单独设置一章。

表 4

编号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	向量处理机的基本概念	√	√	√	√	√
2	向量处理方式	√	√	√	√	√
3	向量处理机的结构	√	√	√	√	√
4	提高向量处理机性能的方法	√	√	√		
5	向量处理机的性能评价	√		√	√	√
6	向量处理机实例	Cray-1, Cray Y-MP, C90, Fujitsu VP2000, VPP500	Cray-1	Cray-1, Cray Y-MP, C90, NEC SX-X	Cray-1, FPS-164	Cray-1

表 4（续）

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否？	说明
1	√	√	√	√	√	附录光盘 中有相关 的内容	√	
2	√	√	√	√	√		√	
3		√	√	√	√		√	
4		√		√	√		√	
5		√			√		√	
6		Cray-1, Cray Y-MP, C90	Cray Y-MP	Cray-1, Cray Y-MP, C90	Cray-1		Cray-1, Cray Y-MP, C90	注 4-1

注 4-1：使用最多的实例是 Cray-1，Cray Y-MP 和 C90。

（7）存储系统

存储系统也是系统结构课程的最经典、最重点的内容之一。要系统地展开论述。

表 5

编号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	存储系统的概念和参数	√	√	无此 内容	√	√
2	存储层次	√	√		√	√
3	并行存储器	√	√		√	√
4	Cache 的地址映像与地址变换	√	√		√	√
5	Cache 替换算法的实现	√	√		√	√
6	Cache 性能分析	√	√		√	√
7	降低 Cache 失效率的方法					
8	减少 Cache 失效开销的方法					
9	减少命中时间的方法					
10	虚地址 Cache	√				
11	虚拟存储器	√	√		√	√
12	页面替换算法的模拟过程	√	√		√	√
13	存储层次举例					
14	主存保护		√			

表 5（续）

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否？	说明
1	√	√	√	√	√	√	√	
2	√	√	√	√	√	√	√	
3	√	√	√	√	√	√	√	
4	√	√	√	√	√	简单	√	
5	√	√	√	√			×	注 5-1
6	√	√	√	√	√	√	√	
7					√	√	√	
8					√	√	√	
9					√	√	√	
10				√	√	√	√	
11	√	√	√	√	简单	简单	简单	注 5-2
12	√	√	√	√			×	注 5-3
13	√				√	√	√	
14	√	√		√	√	√	×	

注 5-1：这部分内容主要是讲 LRU 替换算法的硬件实现。由于随机算法实现简单，因而被广泛采用，而且在容量较大时，采用 LRU 替换算法和采用随机算法时的失效率差别不大。所以本方案放弃这部分内容。

注 5-2：虚拟存储器在操作系统课程中是重点内容之一，读者应该还是比较熟悉了。所以这里不必再去重复讲述相同的内容，而只要简单地讲述在系统结构级对虚拟存储器所提供的支持。

注 5-3：页面替换算法的模拟过程是国内系统结构教材中比较典型的内容，占的篇幅还不少。这部分内容对于加深理解替换算法虽然有些作用，但由于替换算法本身就比较简单，我们认为可以不要这部分内容。

（8）输入输出系统

虽然在我们研究的国内教材中，有一半的教材没有这部分内容，但我们认为：作为计算机系统的一个重要组成部分，还是应该将之纳入我们的内容体系中。只是要避免与计算机组成原理课程重复相同的内容。

表 6

编 号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	基本概念	√	√	无此 内容	无此 内容	无此 内容
2	输入输出方式	√				
3	总线		√			
4	中断	√	√			

续表

编 号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
5	RAID					
6	通道处理机	√	√			
7	I/O 与操作系统					

表 6（续）

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否？	说明
1	无此 内容	无此 内容	√	√	√	√	√	
2				√			×	计算机组成原理 教材中一般都已 有这些内容
3			√	√	√	√	×	
4			√	√			×	
5			√		√	√	√	
6			√	√	√		√	
7					√	√	√	

（9）互连网络

表 7

编号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	基本概念	√	√	√	√	√
2	互连函数	√	√	√	√	√
3	互连网络的特性参数	√	√	√	√	√
4	静态互连网络	√		√	√	√
5	动态互连网络（含多级互连网络）	√	√	√	√	√
6	消息传递机制	√		√	√	
7	互连网络举例	√	√	√	√	√

表 7（续）

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否？	说明
1	注 7-1	√	有“互连网络”一 节。内容比较简单	√	√	注 7-2	√	
2		√		√	√		√	
3		√			√		√	
4		√		√	√		√	
5		√		√	√		√	
6		√					√	
7		√		√	√		√	

注 7-1：【徐】中的内容比较少，只简单地介绍了单级互连网络和多级互连网络，并且是放在并行处理机这一节中。

注 7-2：与国内教材不同，【H3】从网络的角度来论述互连网络，介绍了互连网络的媒介、网络拓扑结构、互连网络举例等。内容多而杂。我们认为不如国内的教材写得好。在其最新版【Henn4】中，他们也取消了这部分内容。

（10）阵列处理机

关于这部分内容，大多数国内教材都单独列一章。只是有的书是把这一章称为阵列处理机（如【李】），有的是把它称为 SIMD 计算机（如【郑】，【尹】），有的将之称为并行处理机（如【周】，【徐】）。我们认为采用阵列处理机这个名称更合适。

表 8

编号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	阵列处理机的操作模型	√		√		
2	阵列处理机的结构和特点	√	√	√	√	√
3	阵列处理机的并行算法	√	√	√	√	√
4	阵列处理机实例	ILLIAC-IV, BSP, CM-2, MP-1	ILLIAC-IV	ILLIAC-IV, MP-1	ILLIAC-IV, BSP	ILLIAC- IV, BSP, MP-1

表 8 (续)

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否?	说明
1			无此 内容	√	无此 内容	无此 内容	√	
2	√	√		√			√	
3	√	√		√			√	
4	ILLIAC-IV	ILLIAC-IV, BSP		ILLIAC-IV, BSP			ILLIAC-IV, BSP	注 8-1

注 8-1: 可以看出, ILLIAC-IV 和 BSP 是被采用最多的阵列处理机实例。

(11) 多处理机

大部分国内教材的这一部分内容显得比较陈旧, 所以我们将主要参照【H3】的框架来组织内容。多处理机 Cache 一致性、同步、同时多线程等将是主要的内容。

表 9

编号	内 容		【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	对称式共享存储器系统结构		√	注 9-1	√	√	√
2	分布式共享存储器系统结构		√		√	√	√
3	多处理机 Cache 一致性: 监听协议		√		√	√	√
4	多处理机 Cache 一致性: 目录协议		√		√	√	√
5	同步		√				
6	同时多线程						
7	多处理机实例		CM-5, Origin 2000		CrayT3D, Origin 2000	SGI Challenge, Origin 2000	

表 9 (续)

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否?	说明
1	注 9-2	注 9-3	√	注 9-4	√	√	√	
2			√		√	√	√	
3			√		√	√	√	
4			√		√	√	√	
5					√	√	√	
6					√	√	√	
7	Cm*, Cmpmp	CM-5, T3E, Origin 2000	Origin 2000		Origin 2000	Wildfire, Origin 2000	Origin 2000, Sun T1	注 9-5

注 9-1: 【李】中只介绍了多处理器的硬件结构(包括机间互连、存储器的组织)、并行算法、程序并行性分析、并行语言、多处理机的操作系统等, 对表 9 中所列的比较重要的内容没有介绍。对多 Cache 一致性的介绍也很简单, 篇幅只有两页。这一章的内容框架显得比较陈旧。

注 9-2: 【徐】中的内容与【李】中的内容相近。

注 9-3: 【陈】中的内容也与【李】中的内容相近。不过, 【陈】对于 MPP 进行了比较详细的介绍。

注 9-4: 【张 2】论述了多处理机的系统结构模型、互连结构、存储器组成等。对多 Cache 一致性有一定的介绍, 但深度不够。【张 2】还介绍了并行算法、并行程序设计语言等, 这与【李】中相应的部分内容接近。

注 9-5: Cm*, Cmpmp 是比较早的实例了。Origin 2000 是被采用最多的实例, 而 Sun T1 则是 2005 年由 Sun 公司作为服务器引入市场的新的多处理机, 【H4】选用了 Sun T1 作为其实例。我们选用 Origin 2000 和 Sun T1 作为实例。

(12) 机群计算机

这部分内容相对较新, 因为机群系统是 20 世纪 90 年代才出现的。在过去的 10 年中, 全球高性能计算机 500 强 (Top500) 排名中机群系统的数量逐年攀升, 从 1997 年的 1 台增加至 2006 年的 364 台, 占据 500 强中的 72.8%。由此可见这部分内容的重要性。

表 10

编号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	基本概念	√	无此 内容	√	√	只有两页 的篇幅
2	机群的特点	√		√	√	
3	机群的分类			√	√	

续表						
编号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
4	机群的通信技术	√				
5	并行程序设计环境	√				
6	机群的负载平衡技术	√				
7	机群系统实例	注 10-1		IBM SP2		

表 10 (续)

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否?	说明
1	√	√	√	√	无此 内容	√	√	
2	√		√	√		√	√	
3				√		√	√	
4	√	√	√				√	
5	√	√	√	√			√	
6			√				√	
7	自强 2000					4 个例子	Berkeley NOW, IBM SP2	

注 10-1: 【郑】有提到几个系统, 包括 Berkeley Now, 但没有进一步的介绍。

(13) 数据流计算机

虽然数据流计算机的思想是早在 1972 年就提出的, 到现在也没有被广泛采用, 但由于它采用的数据驱动与传统的冯·诺依曼计算机(控制驱动)根本不同, 所以一直被认为是非冯·诺依曼计算机的经典结构。我们认为, 这部分内容也是系统结构的经典内容, 应该纳入到本方案中。

表 11

编 号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	基本概念和基本原理	√	√	无此 内容	无此 内容	无此 内容
2	数据流计算机模型	√				
3	数据流程图和数据流语言	√	√			
4	静态数据流计算机结构	√	√			
5	动态数据流计算机结构	√	√			
6	其他类型的数据流计算机	√				

表 11 (续)

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否?	说明
1	√	√	无此 内容	√	无此 内容	无此 内容	√	
2	√	√					√	
3	√	√		√			√	
4	√	√		√			√	
5	√	√		√			√	
6							×	

(14) 数据库机、知识库机、归约机等

从表 12 可以看出, 大部分教材都没有这方面的内容。

智能机、知识库机、归约机等是面向人工智能应用的专用计算机。它们是在 20 世纪 80 年代日本狂热地鼓吹第五代计算机开始流行的。随着那阵狂潮的退去, 它们已经逐渐淡化, 几乎从人们的视线中消失。

数据库机、脉动阵列机、相联处理机也属于专用计算机, 使用得很少。

按照本方案重点讲述最有用、使用最广泛的结构和原理的原则, 我们决定放弃这部分内容。

表 12

编 号	内 容	【郑】	【李】	【白】	【尹】	【周】
1	数据库机	√		无此 内容	无此 内容	无此 内容
2	知识库机	√				
3	智能机		√			
4	归约机	√	√			
5	脉动阵列机		√			
6	相联处理机		√			

表 12（续）

编号	【徐】	【陈】	【田】	【张 2】	【张】	【H3】	要否？	说明
1	无此 内容	√	无此 内容		无此 内容	无此 内容	×	
2		√					×	
3		√					×	
4		√					×	
5		√		√			×	
6							×	

（15）部分教材的特色（内容）

【郑】共有 731 页，内容丰富，是一本大而全的书。该书是国内比较经典的一本系统结构教材。但对于本科生来说，内容太多，书太厚。作为系统结构参考书倒是非常好。该书第 2 版是 1998 年出的，部分内容显得有些过时。

【李】也是国内比较经典的一本系统结构教材。之所以称它为经典，主要是因为其前身是苏东庄编写的系统结构教材。25 年前我们上大学时就使用过。

【白】是网络版，只有 200 页。但该教材框架清晰，重点突出，语言简练。

【张】借鉴了【H3】的讲法和内容，内容比较新。但缺少数据流计算机等一些经典内容和机群计算机的内容。

【徐】中有这样一章：“分布计算环境结构”，这是所有上述教材中所没有的。另外，该书的第二章为“计算机系统结构”，讲述的内容包括：CPU 组成、数据表示、寻址方式、指令优化、总线结构、存储系统概述、输入输出等内容。相当于给系统结构的方方面面来个概述。这也是所有其他教材中所没有的。我们不采用这种写法。

4 课程内容体系

在上述对国内外系统结构教材分析和研究的基础上，我们确定了系统结构课程的内容体系，如下所示。

第 1 章 绪论

- 1.1 引言
- 1.2 计算机系统结构的概念
- 1.3 计算机系统的性能评测
- 1.4 计算机系统结构的发展
- 1.5 并行性的发展

第 2 章 计算机指令系统的设计

- 2.1 指令系统的分类
- 2.2 寻址方式
- 2.3 指令系统的功能设计（包括 RISC 和 CISC）
- 2.4 指令格式的优化设计
- 2.5 MIPS 指令系统