

高等教育国家级教学成果奖申请书附件

成果名称：面向计算机系统能力培养的课程体系改革

推荐序号：11064



附件目录：

1. 教学成果报告
2. 教学成果应用及效果证明材料
3. 教学成果支撑材料

改革课程体系，培养具备系统能力的计算机专业人才

(教学成果报告)

1. 成果背景

1.1 系统能力培养是新时代发展的需要

2006年，国务院发布《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》，将“核高基”与载人航天、探月工程等列入16个重大科技专项。“核高基”是核心电子器件、高端通用芯片及基础软件的简称，是计算机系统的核心和基础。发展核高基，关键在于人才。尽管我国在计算机领域人才培养取得了长足的进步，但主要体现是大规模应用型人才的养成，而在规模化培养出能够深入理解并掌握计算机系统核心、具备引导行业发展能力的人才方面，还存在较大缺口。因此，建设新的计算机专业课程体系，培养具备计算机系统能力的高素质人才是时代赋予我们的任务。

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的机制的能力。系统能力是计算机专业高层次人才必备的核心能力，具备计算机系统能力的人才，才能成为我国计算机产业发展的核心竞争力。

1.2 现有教学中计算机系统能力培养存在不足

系统能力培养是提高计算机专业本科教学质量和水平的一个重要方向，但在长期的计算机系统教学实践中，存在着各课程内容相互独立，教学方法强调“横向”分析而忽略“纵向”视角等问题。

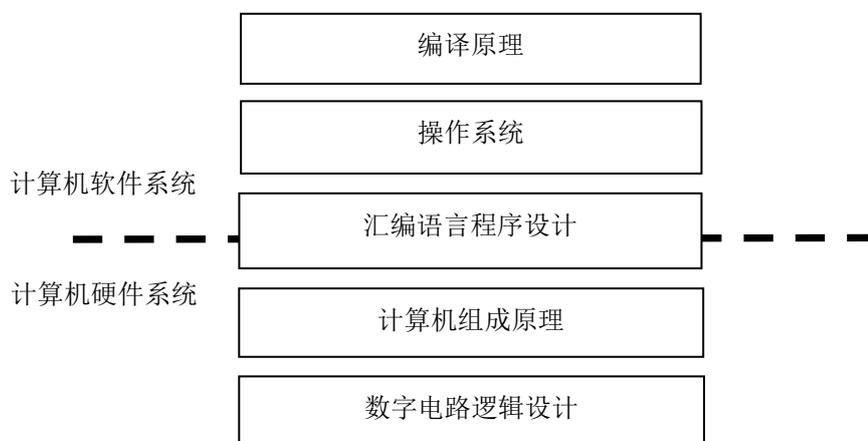


图 1、计算机专业系统课程间的层次关系

具体地，从教学内容上看，各门课程独立规划、独立教学，造成了知识体系

中知识点冗余和衔接关系脱节。如图 1 所示，计算机系统具备层次结构，如果在教学体系与内容上缺乏统一规划、各自为政，就会使得每门课程只强调自身知识体系的完整性和系统性，造成一些知识重复讲述；另一方面，各课程知识点缺乏前后衔接和有效整合，难以形成完整的计算机系统知识体系。

从教学方法上看，由于基本按照层次来组织课程教学，各课程采取“横向”分析式教学方法较多，即强调在本课程架内进行教学；但很少采用“纵向”视角，从各个课程的相互关系（实质上也是计算机系统各个层次的相互关系）入手，对完整计算机系统进行全面说明。这一问题造成的结果是学生掌握了各个层次的基本概念，但难以转化为设计完整计算机系统的基本能力，处于“只见树木，不见森林”的状态。

1.3 系统性实验手段缺乏

在教学实验手段上，侧重于对原理的简单验证，而缺乏对复杂系统的综合设计实践。虽然小规模实验可以达到让学生基本理解掌握系统运行原理和初步具备系统开发能力的目的，但由于缺乏足够的工程工作量，使得复杂系统中存在的较为深刻的问题难以暴露。而且，实验技术和手段离工业界实际情况相去甚远，也使得学生无法接触到当前计算机产业的主流设计技术。

2. 国内外系统能力培养现状

近年来，国际一流大学计算机专业教学中，十分重视计算机系统的教学。MIT 等学校专门开设计算机系统课程，从逻辑门电路开始，逐步完成整个计算机系统的构建，并在实验中要求学生关键子系统进行实现；CMU 等高校则是开设一门计算机系统导论课程，自顶向下描述计算机系统，使学生掌握计算机系统的基本概念后，再进一步针对不同的方向进行深入细致的学习。2018 年图灵奖得主 Hennessy 和 Paterson 认为：“在异构计算的时代程序员必须对于算法和硬件模型融会贯通，才能写出高质量的代码。因此，未来的程序员还必须懂硬件！”。两位体系结构方面的大师，在人工智能技术发展如日中天的今天获得图灵奖，恰好是系统能力重要性的一个证明。

课程建设方面，国外知名大学，包括 Berkley、MIT、CMU、Stanford 等也提供了一些实例。这些知名大学也是着重于计算机系统不同层次间的衔接，强调整体概念的教学。与我们的本科教学不同的是，国外名校在本科阶段就区分了不同

专业（如伯克利就区分了硬件、软件、理论、应用四个方向），因此其各课程教学内容相对专注。

国内高校在计算机类教指委的推动下，系统能力的培养已经成为计算机专业教学改革的重要方向。各高校根据自身特点，选择了各具特色的系统能力培养路线。清华大学强调本科培养“宽口径”，所有计算机系本科生只有一个专业，这就需要在保持教学内容体量的同时注重内容衔接，照顾到不同学习能力的学生需求，给整个计算机系统课程的内容设置、衔接增大了难度，无法直接照搬现成的方法。

3. 系统能力培养目标和方法

2009年起，清华大学计算机系就启动了计算机系统能力培养的课程体系改革工作。针对上述背景与现状，我们体会到，课程体系建设是系统能力培养的关键。课程内容如何裁剪、如何衔接，教学方法如何采用“纵向”视角，如何统一各课程体系，如何建设一套能满足系统能力培养要求的实验体系，都需要一一摸索。

在这一建设过程中，我们始终将“注重系统、强调实验、培养能力”这一理念贯彻始终。具体介绍如下：

3.1 明确系统培养概念，统一规划课程体系，强调跨课程的教学内容衔接

在长期的教学实践中，我们归纳总结了计算机系统能力的内涵，即能自觉运用系统观，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，理解并掌握计算机硬软件协同工作及相互作用的机制的能力。

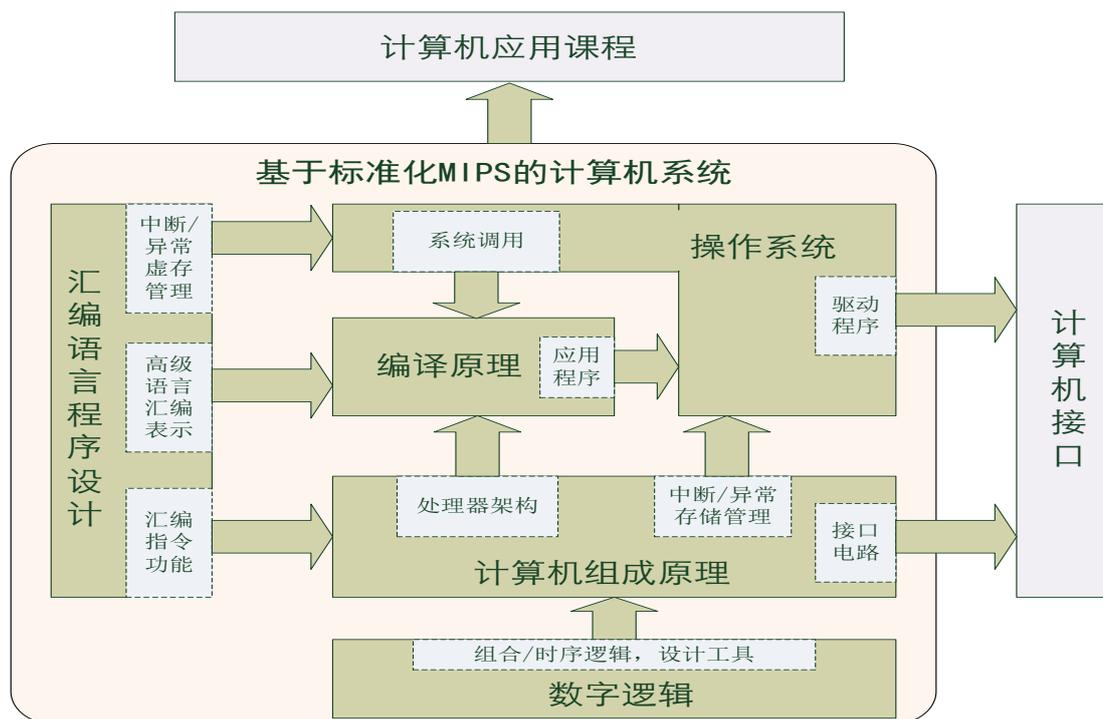


图 2 系统课程知识体系框图

基于此，我们以系统能力培养为核心，统一了课程的知识体系，如图 2 所示，使得每门课不再相互“隔离”，而是有一个一致的计算机系统整体培养目标，然后各课程在基本确保各自独立性的前提下，在这个“目标视图”中更为精确地为自己定位，从而消除各课程间内容的冗余或者缺失、增强衔接。

3.2 瞄准能力要求，改进教学方法，强调跨层次的“纵向”视角

在统一课程体系的基础上，各课程以完成基本计算机系统设计和实现（即基于一个指令集系统，自主设计一台功能计算机、一个操作系统核心、一个编译系统）为教学目标，协调教学内容，改进教学方法，以“纵向”视角，即从各个课程的相互关系（也是计算机系统各个层次的相互关系）入手，对完整计算机系统进行全面说明，从而培养学生对后续课程的兴趣以及加深对计算机系统的理解，并了解各类计算机专业知识的相互关系。

3.3 夯实实验基础，整合课程实验，强调建设标准化的统一平台

计算机产业的快速发展得益于整个产业建立在“标准化”之上，基于此，本课程体系所建设的统一实验平台（包括相关教学内容）均采用了标准化设计：即与工业标准相兼容，同时又进行简化以利于学生在有限时间内保质保量完成。我们采用 MIPS

指令集作为 CPU 指令集，选择 POSIX 标准作为系统调用。这些标准化设计已被教指委采纳，用于基于系统能力培养的计算机专业课程建设方案指导意见。

4. 主要建设内容

我们开展了面向系统能力培养的计算机专业课程体系建设：针对系统课组核心课程（包括数字逻辑电路、汇编语言程序设计、计算机组成原理、编译原理、操作系统等），统一贯彻了“注重系统、强调实验、培养能力”这一教学理念；从整体上统一规划了各课程的教学内容，构建了计算机系统领域的完整知识体系和知识结构；设计并采用了原理性与工程性结合、“横向”分析与“纵向”互动的教学方法；并建设了统一的教学实验支撑平台；最终实现了学生能够基于一个指令集系统，自主设计一台功能计算机、一个操作系统核心、一个编译系统的教学目标。

4.1 跨课程统一规划衔接顺畅的教学内容，跨层次贯彻“纵向”视角教学方法

我们选择了计算机系统课组中数字逻辑电路、汇编语言程序设计、计算机组成原理、操作系统、编译原理这 5 门核心课程，组建计算机系统类课程群。以 ACM 公布的 CE2016 为蓝本，查找各课程知识点和教学内容的不足，对各课程进行补充和完善，尤其注意各课程教学内容间的衔接。同时，注意在教学方法上体现跨层次内容的衔接。比如：在汇编语言程序设计教学中，除了讲解程序设计思路本身外，还从汇编语言是“高级语言与处理器硬件结构间的桥梁”这一角度入手，将高级语言、汇编语言、编译、处理器结构（计算机组成原理课程的内容）等相关内容串联起来，培养学生对后续课程的兴趣以及加深对计算机系统的理解，并了解各类计算机专业知识的相互关系。

4.2 整合设计面向全系统的递进式实验体系

围绕系统能力培养整体目标设置各课程的阶段子目标和相应的实验内容，完成模块设计和实现后，再通过综合实验来最终集成，形成一个完整的计算机系统设计和实现。各相关课程调整原有实验体系和实验内容，将课程实验作为最终综合实验的模块或基础，既能巩固课程中学习的原理性知识，又能作为整体综合实验的模块使用，实现实验体系的递进化。

4.3 自主建设统一的标准化实验支撑平台

为配合统一规划后的教学内容和相关教学实验教学，并为综合实验打好基础，统一各课程教学实验支撑平台十分重要。教学实验支撑平台应能完成各课程规划和调整

后的教学实验,至少应包括硬件系统平台及开发调试工具、汇编程序模拟器、汇编器、编译器、教学操作系统模拟器及调试工具等,还应包括上位机和实验开发板的通信程序等。所有平台应支持一个简单、规范、基本完整的统一指令系统。

我们开发完成了支持 47 条 MIPS 指令的硬件计算机系统 THINPAD,作为硬件开发平台。同时,为它配套开发了指令系统模拟器、汇编器、编译器、数据通信程序、终端程序等一系列软件系统和调试工具,并完成了教学操作系统 uCore 的移植,使其能在该硬件平台上运行。另外,开发了编译系统,使编译生成的代码能在操作系统调用下运行,基本完成了教学实验支撑平台的建设,并在实际教学中得到了检验。图 3 给出了硬件开发平台的结构图,考虑到硬件设计的主流技术和教学基本要求,系统设计主要采用可编程硬件实现技术。因此,整个硬件平台以大规模可编程逻辑器件(FPGA)为中心,通过总线连接 SRAM 存储器和 Flash 存储器,再配合以外围各种接口。

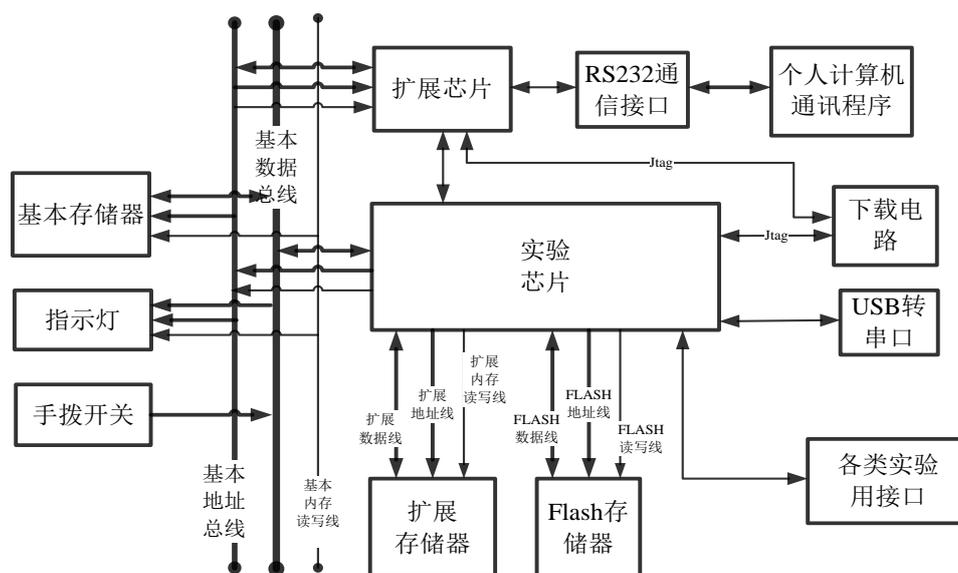


图 3 计算机系统综合设计硬件平台组成

4.4 建设计算机系统综合设计开放式课程

为检验课程体系改革的成效,我们建设了计算机系统综合设计开放式课程。该课

程在学生完成相关课程以学习后,综合利用所学习的知识,独立设计和完成一个完整、简单的计算机系统设计 and 实现,以检验学习的成果,培养学生综合运用课程知识解决问题的能力。我们对学生设计的计算机系统仅仅设定了最低的要求,更多的扩展工作和计算机性能指标由同学们自行制定,并在最后的课程报告中进行分小组的互评。这种不设定最高目标的开放式实验以及答辩式互评验收,极大地增强了课程的趣味性和竞赛性,提高了学生的学习动力。经过两年的试运行后,已经于 2014 年夏季学期正式向全系本科生开设,目前已经开设 4 年,取得较好的教学效果。

4.5 规划设计多层次系统能力培养实验案例

为帮助其他高校开展系统能力培养,规划了目标为运行无输入/输出的指令序列、简单监控程序、支持中断和虚存管理的监控程序、教学操作系统 4 类实验案例,供试点院校参考采用。

5. 实施效果

5.1 清华大学实施效果

清华大学计算机系于 2009 年起,开始进行面向系统能力培养的计算机专业课程体系建设,课程体系建设成果显著,出版了 7 本教材或实验指导书,获得校教学成果一等奖等多项校级奖励,获得专利 4 项、软件著作权 4 项,发表教学论文 22 篇。**2018 年,获得北京市教学成果一等奖。**

从 2010 年起,参加课程体系建设的课程陆续将课程教学内容调整到位,使得各门计算机专业核心课程的知识点衔接更为流畅,计算机软硬件系统配合关系清晰,教学效果有了显著提高。与课程内容调整配套,我们建设了面向系统能力培养的计算机系统综合实验平台,将全部课程实验以及最后的综合实验都统一到一个实验平台上,实现了教学实验的一体化和系列化。坚实的基础和不懈的努力成就了良好的教学效果,多数同学能达到设计一台自己的计算机的要求。**2017 年 9 月,在第一届全国大学生系统能力培养(龙芯杯)大赛上,我系代表队夺得唯一的一等奖。**

参与到课程改革实践的同学高度评价课程改革的效果。他们认为,通过课程内容的调整,各课程之间关系更为清晰,知识点衔接更为顺畅,真正了解了计算机系统内部运行机制和硬软件之间的协调关系,更为全面地掌握了计算机专业的

知识体系。同时，计算机综合实验的设置作为检验学习效果提供了一个良好的平台，本科阶段学习期间就能独立设计和实现一台完整的计算机系统，是计算机专业学生的梦想，而这次课程体系的改革实践，使他们的梦想得以成真。

5.2 国内辐射作用

课程体系改革工作得到了教指委的注意和重视，将我们的工作纳入到教指委的统一规划下，作为教指委遴选出的系统能力培养示范学校，承担关于系统能力培养实验设计和推广的工作。我们参加了教指委召开的一系列教学研讨会，并在会议上做专题报告或者主题报告，向全国的同行介绍我们的工作，得到广泛的好评。

我们的工作也得到国内同行的关注，复旦大学、华中科技大学等学校派老师到我系进行交流和研讨，首都师范大学派老师全程旁听了计算机组成原理课。自 2012 年开始，浙工大就引入了我们的 uCore 教学操作系统进行操作系统创新实践，认为我们的教学系统能够系统的将各个关键知识点关联起来，为学生动手与创新提供了便利的示范平台，具有推广意义。2014 年暑期，复旦、华中科大、首都师大、中国石油大学派老师或研究生到我校旁听了计算机系统综合实验的课程。华中科大决定全面将我们的成果引入到计算机专业的教学中，并为此重新设计了本科教学计划。首都师范大学也在学生创新实践中开展了相关的实验。天津大学派出本科生全过程参加了我们的综合实验课程，经过努力，完成了计算机系统的设计和实现，达到了课程要求。以上成绩得到了国内同行的认可，2016 年，教指委确认我校为系统能力培养示范高校。2017 年 11 月，我系被推举为信息技术新工科产学研联盟计算机系统能力推进工作委员会主任单位。

5.3 国际影响

受 ACM 邀请和 ACM（中国）的委派，刘卫东老师参加了 ACM/IEEE 计算机工程专业课程教学计划修订工作（CE2016）。CE2016 编写专家组对清华大学的系统能力教学改革给与高度评价，并在 CE2016 的课程体系示例中，以清华大学计算机系的培养方案为基础，给出了一个课程体系的样例，在国际上介绍了我国的教学成果。

教学成果应用及效果证明材料

教学成果支撑材料

材料目录

1、获奖情况	2
2、精品课建设	12
3、出版教材、实验指导书.....	17
4、教学改革项目	25
5、教学成果推广交流.....	26
5.1 课程体系制定	26
5.2 参与系统能力培养机构.....	28
5.3 教学会议报告	30
6、应用证明	31
7、发表论文	42
8、专利.....	44
9、软件著作权	49
10、自主研发的实验硬件设备.....	54
11、学生评价摘录	57
12、学生实验报告选	61

1、获奖情况

序号	名称	等级	时间
1	北京市教学成果奖（已公示结束）	一等奖	2018
2	清华大学优秀教学软件	二等奖	2012
3	清华大学学生实验室贡献优秀指导教师奖		2013
4	清华大学实验技术成果奖	一等奖	2014
5	高等学校自制实验教学仪器设备评选	一等奖	2014
6	清华大学教学成果奖	一等奖	2015
7	高等学校计算机优秀实验教学案例评选	一等奖	2016
8	全国大学生系统能力培养大赛	一等奖	2017

荣誉证书

陈渝、向勇：

“uCore 操作系统实践教学环境”荣获 2012 年

清华大学优秀教学软件二等奖。

清华大学

二〇一二年十二月

荣誉证书

计算机系 李山山 刘卫东 老师积极引导本科生参加
实验室工作，开展课外实验研究。所指导的本科生获得
2012年度清华大学学生实验室建设贡献奖三等奖一项。
特发此证，以资鼓励。

清华大学实验室与设备处

2013年3月6日

荣誉证书

计算机科学与技术系

THINPAD 教学计算机实验平台

项目，荣

获清华大学第十三届实验技术成果一等奖。

获奖人员（2人）：

李山山 刘卫东

清华大学

2014年5月15日

证书

CREDENTIAL

全成斌、李山山、陈永强、赵有健、杨士强同志：

您参评的作品“面向 MOOC 的计算机硬件实验远程统一平台”在第三届高等学校自制
实验教学仪器设备评选及优秀作品展示活动中荣获

一等奖



荣誉证书

刘卫东、向勇、李山山、张悠慧、王生原：

面向计算机系统能力培养的课程体系
建设荣获2014年清华大学教学成果一等奖。

清华大学
二零一五年二月



高等学校国家级实验教学示范中心
联席会
NATIONAL DEMONSTRATION CENTER FOR EXPERIMENTAL EDUCATION

证书

为表彰“计算机实验教学示范中心优秀实验教学案例评选”
活动中优秀案例获得者，特颁发此证书。

获奖者：清华大学（李山山）

奖励等级：一等奖

案例名称：计算机系统设计实验

证书编号：NDC16A110002094

高等学校国家级实验教学示范中心联席会



2016年11月



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

清华大学一队：

在首届全国大学生计算机系统能力培养大赛（龙芯杯）全国总决赛中，荣获一等奖。

特发此证。

参赛队员：张宇翔 王逸 刘家昌。

全国大学生计算机系统能力培养大赛组委会

二零一五年九月二十四日







荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

刘卫东

在第一届全国大学生计算机系统能力培养大赛（龙芯杯）全国
总决赛中，荣获优秀教师奖。

特发此证。

全国大学生计算机系统能力培养大赛组委会

二零一七年九月二十四日



2、精品课建设

序号	课程	级别
1	计算机组成原理	国家级精品课
2	汇编语言程序设计	国家级精品课
3	操作系统	国家精品在线开放课程
4	汇编语言程序设计	国家级精品资源共享课

荣誉证书

温冬婵 教授：

您主持的《汇编语言程序设计》课程，在 2009 年全国高等学校精品课程评选中被评为国家精品课程。

清华大学
二零一零年五月

荣誉证书

王诚教授：

您主持的《计算机组成原理》课程，
在2004年全国高等学校精品课程评选工作中
被评为国家精品课程。

清华大学
2005年4月

证书

Certificate

清华大学

你校《计算机组成原理》课程（课程负责人：王诚），
在2004年度北京高等学校精品课程评选中被评为北京市精
品课程。

特发此证。

证书编号：2004002

北京市教育委员会
Beijing Municipal Education Commission

国家精品在线开放课程

证书



课程名称：操作系统
课程团队负责人：向勇 陈渝

主要建设学校：清华大学

主要开课平台：学堂在线



证书编号：2017-1-0066

3、出版教材、实验指导书

序号	时间	作者	教材名称	出版单位	备注
1	2017年 10月	王诚, 宋佳 兴, 张改革, 李山山	计算机组成与体系 结构(第3版)实 验教程	清华大学出版社	国家十 一五规 划教材
2	2015年 5月	全成斌, 赵有 健, 李山山等	计算机组成与系统 结构实验教程	清华大学出版社	
3	2015年 6月	王生原等	编译原理(第三版)	清华大学出版社	国 家 十 一 五 规 划教材
4	2014年 12月	李山山等	数字逻辑实践教程	清华大学出版社	
5	2013年 10月	刘卫东, 李山 山等	计算机硬件系统实 验教程	清华大学出版社	
6	2013年 7月	陈渝、向勇	操作系统实验指导	清华大学出版社	
7	2010年	王生原等	编译原理	人民邮电出版社	



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



21世纪大学本科
计算机专业系列教材

王 诚 宋佳兴 编著
张改革 李山山

计算机组成与体系结构(第3版)实验教程

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

- 根据教育部“高等学校计算机科学与技术专业规范”组织编写
- 与美国 ACM 和 IEEE CS *Computing Curricula* 最新进展同步
- 国家精品课程教材

清华大学出版社

高等院校计算机实验与实践系列示范教材

计算机组成与系统结构 实验教程

全成斌 赵有健 李山山 陈永强 杨士强 编著

清华大学出版社





普通高等教育“十一五”国家级规划教材

清华大学名优教材立项资助

清华大学

计算机系列教材

王生原 董渊 张素琴 吕映芝 蒋维杜 编著

编译原理 (第3版)

清华大学出版社

清华大学 计算机系列教材

李山山 全成斌 田淑珍 刘敬晗 编著

数字逻辑实践教程



清华大学出版社

清华大学985名优教材立项资助

清华大学 计算机系列教材

刘卫东 李山山 宋佳兴 编著

计算机硬件系统 实验教程



清华大学出版社

清华大学 计算机系列教材

陈渝 向勇 编著

操作系统实验指导



清华大学出版社

21世纪高等学校计算机规划教材

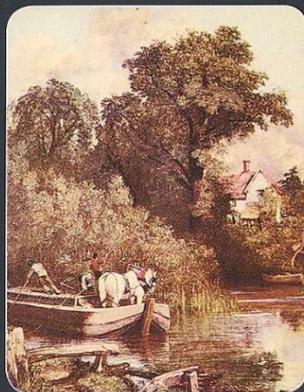
21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

编译原理

Principles for Compiler Construction

王生原 董渊 杨萍 张素琴 编著

- 没有深奥理论，但求论述严谨
- 没有面面俱到，但求自成体系
- 立足原理学习，兼顾实际应用



名家系列

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

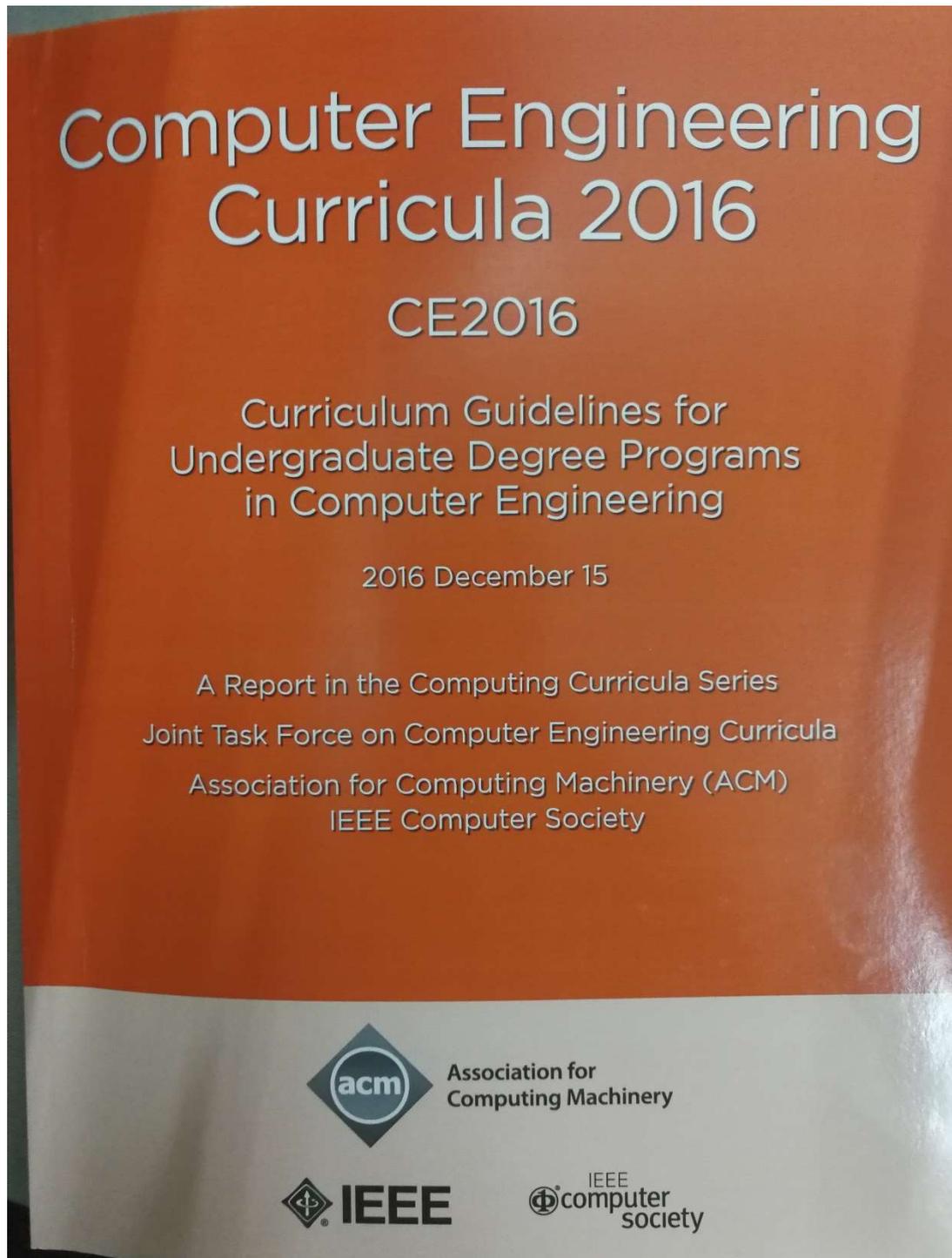
4、教学改革项目

序号	时间	项目名称	项目来源	负责人
1	2017	系统能力课程建设	教育部产学合作专业综合改革项目，教高司函（2017）37号	刘卫东
2	2016	面向计算机硬件课程的远程在线实验平台研究与实现	清华大学本科教学改革项目	刘卫东
3	2015	“计算机系统综合设计与实现”挑战性课程建设	清华大学本科教学改革项目	刘卫东
4	2012	计算机系统综合实验	教育部—IBM 专业综合改革项目，教高司函（2012）168号	刘卫东
5	2011	MOE&Intel Discipline Building Program: Operating Systems	教育部—INTEL 专业综合改革项目	向勇
6	2011	非计算机专业的计算机体系结构课程	教育部-Intel 学科建设项目	张悠慧

5、教学成果推广交流

5.1 课程体系制定

ACM/IEEE Computer Engineering Curricula 2016
计算机工程课程体系指南 CE2016



Computer Engineering Curricula 2016

计算机工程课程体系指南 CE2016

Association for Computing Machinery(ACM)

IEEE Computer Society(IEEE CS)

ACM 中国教育委员会

教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会

编制

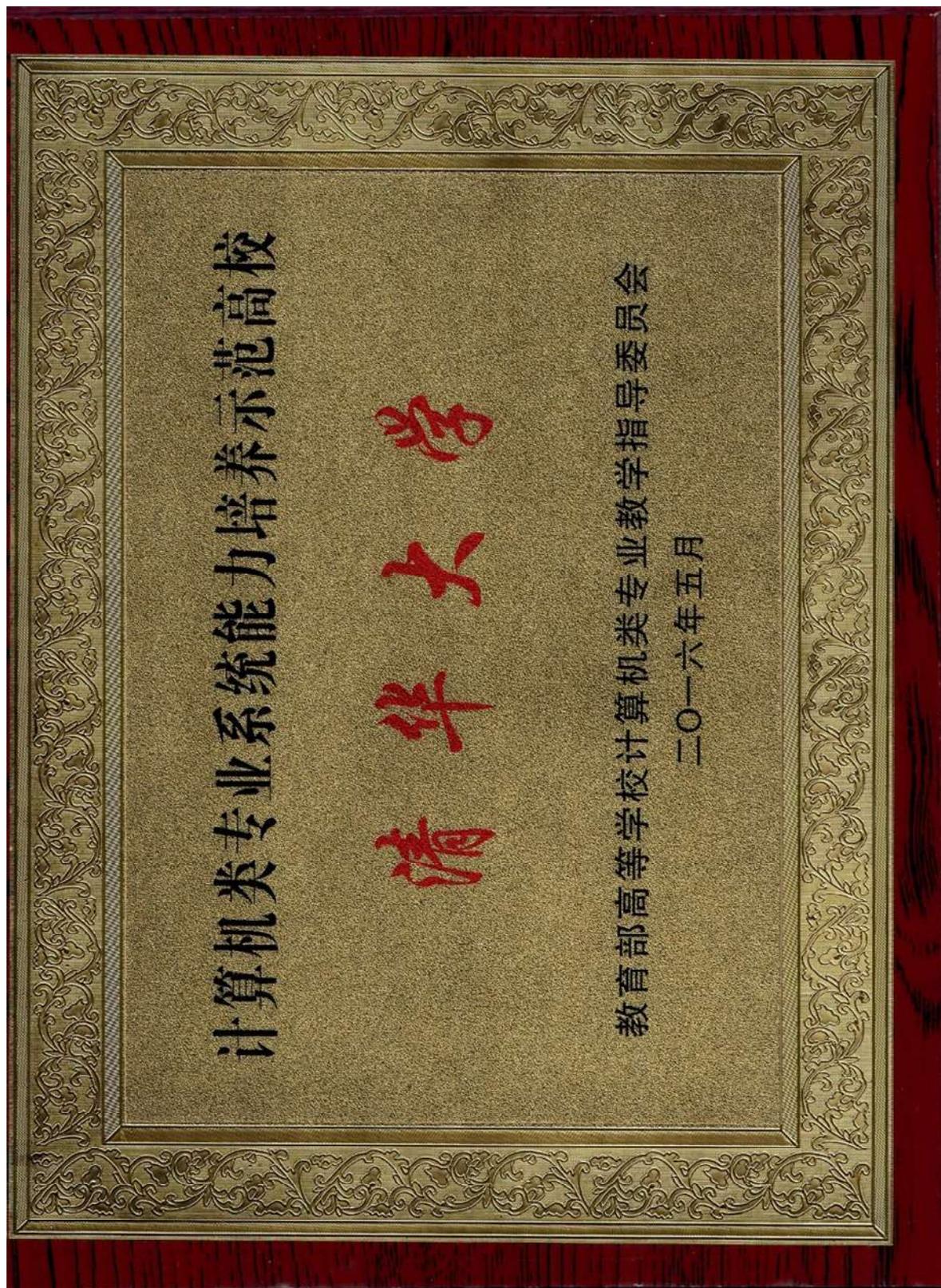
译

高等教育出版社

5.2 参与系统能力培养机构

计算机类专业系统能力培养示范高校

信息技术新工科产学研联盟系统能力推进工作委员会



编号：E02

信息科技产研联盟



系统能力推进工作委员会

5.3 教学会议报告

序号	时间	地点	会议名称	报告题目
1	2017年5月	天津	第三届计算机专业系统能力培养综合改革经验交流与报告会	面向计算机系统能力培养的计算机组成实验体系建设
2	2017年5月	上海	ACM Turing/C 大会	Remote FPGA lab platform for computer system curriculum
3	2016年5月	合肥	第二届计算机专业系统能力培养综合改革经验交流与报告会	计算机系统能力培养课程体系建设实践
4	2016年1月	哈尔滨	第四届高等学校计算机类专业人才培养高峰论坛	ACM/IEEE Computing Curriculum standards (CE 2016)
5	2015年8月	Atlanta	ACM/IEEE 计算机工程专业课程体系修订 (CE2016)	Introduction to the computer engineering education in China(II)
6	2015年7月	成都	计算机系统类课程研讨会	计算机系统综合实践尝试
7	2014年8月	Milwaukee	ACM/IEEE 计算机工程专业课程体系修订 (CE2016)	Introduction to the computer engineering education in China(I)
8	2014年8月	杭州	计算机系统能力培养高级研修班	计算机系统设计介绍
9	2013年10月	开封	编译原理课程教学研讨会	在系统课程中的编译原理教学
10	2013年8月	昌吉	操作系统与计算机组成与结构联合课程研讨会	计算机系统综合教学实践
11	2013年7月	烟台	计算机系统能力培养教学研讨	组成原理与操作系统课程结合实践

6、应用证明

序号	应用名称	出具单位	应用时间
1	THINPAD 教学计算机综合实验应用证明	首都师范大学 信息工程学院	2012
2	计算机系统课程综合实验应用证明	华中科技大学 计算机学院	2014
3	教学操作系统 ucore 推荐意见	浙江工业大学 计算机学院	2012
4	电子科技大学 2012-6 计算机操作系统 试卷分析报告	电子科技大学 计算机科学有 工程学院	2012
5	教学操作系统 ucore 推荐意见	北京理工大学 计算机学院	2016
6	THINPAD 教学计算机综合实验应用证明	北京石油化工 学院信息工程 学院	2017

THINPAD 教学计算机综合实验 应用证明

首都师范大学信息工程学院自 2012 年 10 月开始使用清华 THINPAD 教学计算机开展学生科研, 14 名学生参与其中: 其中 2 名为大三学生, 另 12 名为正在学习计算机组成原理的大二学生。

实施过程

- 功能部件运算器、寄存器堆、存储器、硬布线控制器以及微程序控制器模块的设计与验证
- 7 条典型指令的单周期 CPU 设计与实现
- 7 条典型指令的多周期 CPU 设计与实现
- 加入流水段寄存器、解决相关问题

2013 年参与学生科研的两名大三学生利用 THINPAD 教学计算机进行毕业设计, 完成了多周期 CPU 的设计与实现、支持中断的五级流水 CPU 设计与实现。同时, 又有 5 名同学参加学生科研, 利用 THINPAD 教学计算机进行五级流水 CPU 设计。

注: 指令系统实现了清华 THINPAD 教学计算机指令集的一个子集。

2014 年春开展了由 38 名同学参加的计算机组成原理教改班, 使用清华 THINPAD 教学计算机完成了 7 条典型指令的单周期 CPU 设计与实现。同时, 有两名学生参加学生科研、一名学生利用 THINPAD 教学计算机进行毕业设计, 要求完善支持中断的五级流水 CPU 设计与实现。

首都师范大学信息工程学院

2014 年 10 月 10 日



计算机系统课程综合实验 应用证明

计算机系统能力培养是当今国际计算机教育的新趋势，也是国内计算机教育改革的新方向。清华大学计算机系刘卫东教授率领的包含计算机组成原理、编译原理、操作系统等课程的教学团队在系统能力培养方面做了大量卓有成效的工作，自行设计了计算机系统课程综合实验平台，编写了计算机硬件系统实验教程、操作系统实验指导，在国内率先开设了“计算机系统综合课程实验”，实现了计算机组成原理、操作系统、编译原理三门计算机专业核心课程实验的综合，为同类高校的计算机系统能力培养提供了很好的范例。

2014年7月，华中科技大学计算机学院派出4名教师参加了清华大学刘卫东教授的计算机系统课程综合实验培训，并将该实验和软硬协同的计算机系统教学方法引入到华中科技大学计算机学院。我们已经在2014年秋季学期的计算机创新试验班（30名学生）开设了计算机系统课程综合实验，同时将于2016年面对我院计算机科学与技术专业所有学生开放计算机系统课程综合实验。

华中科技大学计算机学院

2014年10月8日



教学操作系统 ucore 推荐意见

浙江工业大学计算机学院从 2012 年开始在计算机实验班采用清华大学计算机系的教学操作系统 ucore 开展操作系统创新实践。ucore 系统的实验任务书描述细致和有针对性，并且在教学 wiki 平台上维护了丰富的实验帮助资料。这些材料很好地帮助了我们的教学过程实施。

学生在 ucore 上要完成涵盖操作系统教学主要内容的 8 个实验。实验是按操作系统开发的过程组织，让学生全面地了解了从系统启动到形成一个简单而功能完整的操作系统的过程。在独立完成所有实验时，学生感觉收获很大，对操作系统有了全面的理解，成就感很强。

我们认为，清华大学计算机系提供的教学操作系统 ucore 对我院开展操作系统创新实践有很好的借鉴和促进。清华的操作系统教学团队是一支教风优良的教学队伍，在教学内容组织、教学实验设计和教学资源积累等方面均把实验教学作为核心部分，并能对兄弟高校热情支持。教学操作系统 ucore 实验平台，系统地将操作系统教学内容关联起来，为学生动手和创新提供了便利的示范平台，具有推广意义。

浙江工业大学计算机科学与技术学院



电子科技大学 2012-6 计算机操作系统试卷分析报告

一、试题内容分析

此次试卷融合了调考卷(清华大学)和课程组自出卷,其中使用了调考卷(清华大学)原第 2、3、4、6、7、8 题,对第 8 题进行了小幅度修改,并对个别题目的分数进行了微调。调考卷题目占总卷面成绩的 77%。计算机学院 2009 级学生参加考试人数为 419 人,卷面及格率 40.1%。

本次试卷考察内容涉及到进程管理、存储管理、文件系统和 I/O 设备管理。就考察内容而言,与我院以往考察内容及历年考研试题并无本质区别。在考察形式与难度上,与我院往年试卷区别较大,但并未超出教学大纲。本次试卷特色概述如下:

1. 全部为主观题,难易结合程度较好

本次试卷包含简答题、程序分析题和综合分析三部分,均采用问答或分析的形式来考察学生对相关知识的掌握程度。与客观题考察方式相比,考察内容更为深入,并降低了学生瞎蒙乱猜的得分概率。

试卷难易结合程度较好,既包含对基本知识点的考察,也包含教学重点、难点的考察。如学生能够掌握页式存储管理中的地址转换、段式存储管理中的地址转换这两个基本知识点,即可完全正确回答试卷中的相关试题。然而,对于读者/写者考题,不仅要求学生能够正确信号量的基本概念、作用,还要求学生能够具备灵活使用信号量解决较为复杂的进程同步问题。

2. 首次引入工程实践考核

操作系统是一门工程实践性极强的课程,仅仅掌握理论知识难以真正理解操作系统的本质,国外知名大学操作系统课程均注重代码能力的培养与考核。然而,由于种种限制,我院以前并未将操作系统工程实践内容列入考核范围。

本次试卷从 ucore 实际操作系统源码中剥离出部分代码,并进行了适当删减,使之独立成文,并据此考察学生的代码阅读能力。若学生能够理解相关知识点,并具备一定的代码能力,便可正确回答试卷中的相关试题。反之,若相关知识点理解程度不够或代码能力太差,则无法得分。如在文件系统的考核中,若学生对文件系统的混合索引结构缺乏足够的认识,或不理解“nblks -= SFS_10_NBLKS”

语句的语法，则无法得分。

3. 强化知识灵活运用能力考核

知识的灵活运用能力是历年操作系统课程的考核重点，本次试卷也不例外，但分值更重，难度更大。

在死锁知识点的考核中，学生不仅要理解竞争资源是引起死锁的重要原因，而且还要理解在发生死锁时，进程数量与资源数量之间的定量关系。在进程同步知识点的考核中，不仅要求学生能够正确信号量的基本概念、作用，还要求学生能够具备灵活使用信号量解决较为复杂读者/写者问题。

二、失分现象分析

在基本知识点的掌握、代码阅读能力以及知识灵活运用能力的考核方面，均存在较为严重的失分现象。具体而言，每个学生的失分现象不一，存在较大差别，如有的学生在基本知识点的掌握考核方面失分较少，但可能在代码阅读能力考核方面失分较多；反之亦然，很难有学生做到在基本知识点的掌握、代码阅读能力以及知识灵活运用能力这三个考核方面均失分较少，故 90 分以上的试卷不多。

1. 基本知识点考核方面的失分现象分析

简答题（第一大题，4 个小题，共 27 分）可以全部归纳为基本知识点的考核，难度与我院期中考试、历年考验真题相当，甚至略低。然而，从试卷分数来看，该部分得分并不理想，有相当部分同学的得分比例甚至低于代码阅读部分（ucore 操作系统源码，文件系统和 I/O 子系统），甚至少数同学得分近似零分。

简答题涉及的具体知识点为死锁、页式存储管理的地址转换、段式存储管理的地址转换以及文件链接。除文件链接外，上述三个知识点是我院以往考试和历年考研真题的必考内容，也是操作系统课程的教学重点和难点。在教学过程中，我们均对这些知识点进行了细致讲解，并对典型例题进行了深入分析，其难度远远超过了本次试卷的难度。从课堂效果来看，大部分学生当时已完全掌握了这些知识点。

可以推测，大部分学生课下并没有认真复习，时间长了，连基本的知识点都忘了。在临近考试时，才突击复习。然而由于操作系统的知识点过多，短期突击效果并不理想。加之本次考试为调考，我们并没有为学生划重点，又下发了大量

的代码复习资料，从而进步弱化了突击效果。

2. 代码阅读能力考核方面的失分现象分析

程序分析题（第二大题，4 个小题，共 53 分）可以全部归纳为代码阅读能力的考核，除伪代码外，还引入了 `ucore` 操作系统源码，与以往考试方式存在重大区别。由于采用了新的考核方式，学生以前并未见过类似考试，故得分比例不是太高，但整体看来还不错（计算机学院），甚至略高于我们原先的估计。

程序分析题涉及的具体知识点为进程创建、进程同步、文件的物理结构和键盘输入时的屏幕回显过程。其中，进程同步和文件的物理结构是教学重点和难点，我们在课堂均进行了深入讲解，相对而言，这两个知识点的得分比例略高于另外两个知识点的得分比例。而进程创建则涉及具体操作系统的系统调用（`fork`），可能部分老师只是一带而过，并未有深入讲解，学生也没进行过相应的编程训练，从而导致该题失分现象严重（相当部分同学只写出了父进程或子进程的输出结果）。键盘输入时的屏幕回显过程也与之类似。

试卷的实际情况还反映了一个非常有趣的现象，在 `ucore` 操作系统源码的考核中，多同学将考核的代码换了一种方式表达，即解释代码表达式本身的作用（如 `--` 解释为自减）。这里有两种可能：一是同学们未能理解题目的要求，审题错误；二是的确不会解题，于是直接解释代码本身。总的来说，这两道题是最反映同学们的实际动手能力和代码阅读能力，是产生分差的主要部分之一。

可以推测，大部分学生具备一定的代码分析能力，靠前拿到复习资料后（文件的物理结构、键盘输入时的屏幕回显过程），进行了仔细阅读、分析，从而该部分得分较为理想。而进程同步考题则与传统考试类似，因此该部分得分比例也较为理想。

3. 知识灵活运用能力考核方面的失分现象分析

综合分析题（第三大题，1 个小题，共 20 分）可以归纳为知识灵活运用能力的考核。该部分难度较高，得分两极分化现象非常严重，要么就正确（接近 20 分），要么就完全错误。

综合分析题涉及的具体知识点为进程同步。读者写者问题是进程同步的经典问题，教材中讲解了读者优先和写者优先，此次考核的是公平的读写者问题，其难度介于读者优先和写者优先之间，而答案也是上述两种情况的一种变体，只要善于思考，能够对经典问题进行灵活的变通，此题得分不成问题。但从实际情况

看，此题的答案有以下几种典型错误：1) 直接使用读者优先或者写者优先；2) 直接使用生产者消费者模型；3) “新创造的”读写者同步；4) 完全无从下手。对于第一类答案，基本说明同学对问题有一定认识，但不知道如何变化；对第二类答案，说明审题错误，这根本不是生产者消费者问题，套用必然错误百出；第三类答案形式很多，但由于脱离了基本模型，很难做到正确，而且其中对信号量的操作（比如判断 `mutex` 大于 0 才 `wait(mutex)`）体现出同学们对 P/V 操作本质理解不清；第四类答案就是通过文字论述对题目的理解，而无法给出任何伪代码操作。所以这道题的两极分化非常严重，要么就正确（20 分），要么就完全错误。

可以推测，在知识的灵活运用能力方面，目前仅有少数学生的能力很强，大部分学生仍处于理解与模仿阶段。

三、目前学生存在的问题

根据本次调考结果，我们认为目前学生存在以下问题：

1. 基本概念掌握不扎实

在基本知识点的考核方面，学生普遍失分比例较高，这说明基本概念未能完全掌握。相当部分学生仍存在考前划重点、临时突击的侥幸心理。

2. 理论联系实际的能力不足

部分学生能够掌握相关知识点，但未能与实际操作系统实现结合起来。如大部分学生能够理解文件的混合索引结构原理，但难以与具体代码实现关联起来。

3. 知识灵活运用能力欠缺

在知识的灵活运用能力方面，大部分学生仍处于理解与模仿阶段。若将经典问题难度稍微加大，大部分学生就无从下手。

4. 两极分化现象严重

少数上课不认真，考前临时突出的同学本次试卷得分极低。

四、教学概念建议

根据本次调考结果，我们认为可以从以下几个方面改进今后教学：

1. 理论与实践并重

片面强调理论讲授或实践练习，难以收到良好的教学效果。如未能理解文件的混合索引结构原理，则很难读懂 ucore 操作系统中的文件系统部分考题；反之，若代码能力很差，则难以将理论知识落实到代码实处。

2. 小班教学效果较好

小班人数较少，便于师生交流，重点辅导，从而效果较好。

3. 强化教学理念，淡化考试意识

学生应以掌握知识为学习目的，不能依赖老师划重点、考前突击的方式应对考试。

电子科技大学

计算机科学与工程学院

2012 年 9 月

教学操作系统 ucore 推荐意见

ucore 是清华大学计算机系操作系统课的教学实验系统,它基于 MIT 的 XV6,把 XV6 的实验分成多个更小的实验,实验内容包括代码分析、算法实验和扩展实验。从而适应不同能力的同学都能基于这个系统来进行操作系统课程实验。ucore 教学操作系统实验分成 8 个,覆盖了本科操作系统课的核心算法,强调各实验的相互联系,前面的实验结果会在后续的实验用到,8 个实验形成一个具有一定依赖关系的整体。

北京理工大学计算机学院从 2015 年开始在《操作系统课程设计》这门课中引入清华大学计算机系的教学操作系统 ucore 开展操作系统创新实践。学生通过循序渐进的方式参与到操作系统的设计和实现,一方面降低了学生参与操作系统设计的壁垒,同时使得学有余力的同学能面对更多有挑战的问题,提高了整个教学活动的可实践性、灵活和丰富性。另外,其教学 wiki 平台上维护了丰富的实验帮助资料,很好地帮助到了我们的教学过程实施。

我们认为,ucore 系统不仅对操作系统的教学,同时对提高整个教学中的学生的系统能力培养都有很大的促进和帮助,值得推广!



THINPAD 教学计算机综合实验

应用证明

北京石油化工学院信息工程学院自 2017 年 3 月开始使用清华 THINPAD 教学计算机开展学生课程改革探索，共选派 12 名学生在清华进行实验学习一个学期，其中 3 名为大三学生，另 9 名为正在学习计算机组成原理的大二学生。

在一个学期的实验教学中，参考了清华的实验教学内容及过程，并结合学生自身的情况，目标是实现一个简单的多周期处理器，具体包含了以下几个实验内容：

- ALU 算数逻辑单元实验
- 内存访问实验
- 串口外设访问实验
- 多周期 CPU 设计与实现

实验教学中，学生 3-4 个人一组，参考清华的实施方式，从指令系统到处理器结构，通过老师讲授及学生课堂报告等方式，学生基本上能够掌握实验的关键内容，并能自行设计出一个可运行的处理器，并在 THINPAD 硬件上顺利运行，同时在课程结束的时候，进行了课程答辩，取得了一定的成果。后续有 1 名同学将此设定为自己的毕设题目。

此次实验教学的探索，旨在通过学生的学习过程，探索经验，以期在后续的教学逐步展开，形成符合自身的实验模式。



7、发表论文

序号	论文
1	刘卫东, 张悠慧, 向勇, 王生原, 李山山, 面向系统能力培养的计算机专业课程体系建设实践, 中国大学教学, 2014 (8) : p48-52
2	李山山等, 基于开放式 CPU 设计系统的双核 CPU 设计, 实验室科学, 2015, 18(5):p27-32
3	李山山等, MOOC 时代下的计算机实验教学探讨, 计算机教育, 2014(13): p103-106
4	李山山等, 利用 Tomasulo 算法处理数据相关的流水线 CPU 设计, 实验室研究与探索, 2014 (12) :p90-95
5	刘亚楠, 刘卫东, 张小平, 李山山, THINPAD 教学计算机实验平台设计, 实验技术与管理, 2012 (11) : p115-118
6	李山山等, 计算机组成原理课程实验教学的调查与研究, 计算机教育, 2012 (22) : p127-129
7	郑纬民、张悠慧, 面向“计算机使用者”的计算机体系结构教程, 计算机教育, 2012 (11) : p90-93
8	李山山等, 面向系统能力的计算机组成原理实验实施, 计算机教育, 2014 (15) :p107-110
9	李山山等, 美国计算机硬件系列课程与实验的调研报告, 计算机教育, 2010(15): p16-20
10	李山山等, uC/OS 内核在基于 FPGA 的 CPU 上的移植, 实验技术与管理, 2010 (4) : p87-90
11	全成斌, 李山山, 美国计算机专业课程体系的调研报告, 计算机教育, 2010 (15) : p7-15
12	全成斌、管晓培、李山山等, 计算机硬件实验统一平台设计, 计算机教育, 2008(18): p3-5
13	田淑珍, 全成斌, 李山山等, 数字逻辑电路实验课的教学改革探索, 实验技术与管理, 2010 (11): p169-171
14	李山山等, 计算机专业数字逻辑实验教学实施探索, 实验科学与技术, 2016 (4) :p115-118
15	董代洁, 田淑珍, 全成斌, 李山山, 基于 SOPC 的计算机系统接口综合设计实验, 实验科学与技术, 2013, 11 (5)
16	王生原, 董 渊, 张素琴, “编译原理”课程实验项目介绍, 计算机教育, 2009(23): p12-14
17	Li Shan-shan, etc, Research and Exploration in Computer Experimental Teaching for System Capacity Training, Proceedings of the International Conference on Management, Information and Educational Engineering, MIEE 2014, v1, p 381-386, 2015
18	Zhang, Yuxiang; Chen, Yu ; Ma, Xiaojian ; Tang, Yuhan ; Niu, Yilin ; Li, Shanshan ; Liu, Weidong, Remote FPGA lab platform for computer system curriculum, ACM International Conference Proceeding Series, v Part F127754, May 12,

	2017, Proceedings of the ACM Turing 50th Celebration Conference - China, ACM TUR-C 2017
19	Shanshan Li, etc. Cultivating Students' Innovative Practice Ability in Hardware Experiment. Third International Conference on Education (EDU 2016). August 27~28, 2016, Dubai, UAE.
20	Li Shan-shan, etc, the exploration for computer system capacity training in experimental teaching, 2015 IEEE Frontiers in Education Conference, FIE 2015, October 21, 2015 - October 24, 2015, El Paso, USA.
21	Shanshan Li etc, Auto-evaluating System of Computer Hardware Experiment Based on Remote Hardware Platform. 7th International Conference on Education Technology and Computer (ICETC 2015). August 14~15, 2015, Berlin, Germany.
22	Shanshan Li etc, Digital logic experiment teaching based on experimental platform. 12th International Conference on Computer Science and Education, ICCSE 2017. August 22 ~ 25, 2017, Houston, USA.

论文请详见光盘材料

8、专利

序号	专利名称	授权号	授权时间
1	一种计算机硬件系列课程的远程实验系统	ZL 2010 1 0143124.7	2011
2	一种计算机硬件系列课程的实验装置	ZL 2008 1 0114961.X	2010
3	基于远程计算硬件实验系统的 CPU 设计方法及系统	ZL 2013 1 0172477.3	2016
4	一种分析计算机硬件实验设计的系统及方法	ZL 2014 1 0356143.6	2017

证书号第2632920号



发明专利证书

发明名称：一种分析计算机硬件实验设计的系统及方法

发明人：李山山;全成斌;郑宁汉;陈永强

专利号：ZL 2014 1 0356143.6

专利申请日：2014年07月24日

专利权人：清华大学

授权公告日：2017年09月22日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年07月24日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况，专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第1页(共1页)

证书号第 646124 号



发明专利证书

发明名称：一种计算机硬件系列课程的实验装置

发明人：全成斌;李山山;管晓培;赵有健

专利号：ZL 2008 1 0114961.X

专利申请日：2008 年 06 月 13 日

专利权人：清华大学

授权公告日：2010 年 06 月 23 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 06 月 13 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长 田力普



第 1 页 (共 1 页)

证书号第 860559 号



发明专利证书

发明名称：一种计算机硬件系列课程的远程实验系统

发明人：李山山；全成斌；李耀锋；赵有健

专利号：ZL 2010 1 0143124.7

专利申请日：2010 年 04 月 07 日

专利权人：清华大学

授权公告日：2011 年 11 月 09 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记，专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 04 月 07 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况，专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长 田力普



第 1 页 (共 1 页)

证书号第1992019号



发明专利证书

发明名称：基于远程计算机硬件实验系统的CPU设计方法及系统

发明人：陈永强;全成斌;李山山;赵有健

专利号：ZL 2013 1 0172477.3

专利申请日：2013年05月10日

专利权人：清华大学

授权公告日：2016年03月23日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年05月10日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



9、软件著作权

序号	名称	登记号/受理号	登记/受理时间
1	THINPAD 实验系统存储控制软件	2014R11S138191	2014
2	THINPAD 实验系统模拟器软件	2014R11S139427	2014
3	在线电子技术实验软件	2014SR161530	2014
4	实验管理软件	2016SR331723	2016

中华人民共和国国家版权局
计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第0826609号

软件名称： THINPAD实验系统存储控制软件
[简称： THINPAD存储控制]
V1.0

著作权人： 清华大学

开发完成日期： 2014年06月09日

首次发表日期： 未发表

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2014SR157372

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。



No. 00560339



中华人民共和国国家版权局
计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第0827567号

软件名称： THINPAD实验系统模拟器软件
[简称： THINPAD模拟器]
V1.0

著作权人： 清华大学

开发完成日期： 2014年06月09日

首次发表日期： 未发表

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2014SR158330

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。



No. 00563615



中华人民共和国国家版权局
计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第0830767号

软件名称： 在线电子技术实验软件
[简称： 在线实验软件]
V1.0

著作权人： 清华大学

开发完成日期： 2014年06月09日

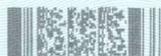
首次发表日期： 未发表

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2014SR161530

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。



No. 00566403



2014年10月28日

中华人民共和国国家版权局
计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第1510340号

软件名称： 实验管理软件
[简称： 喵喵打卡]
V1.0

著作权人： 清华大学

开发完成日期： 2016年06月08日

首次发表日期： 未发表

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2016SR331723

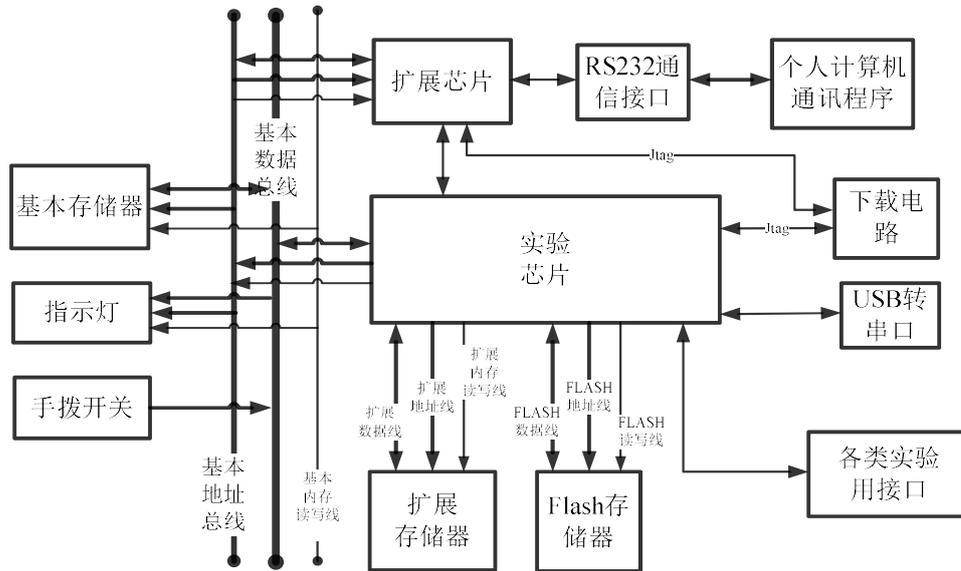
根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。



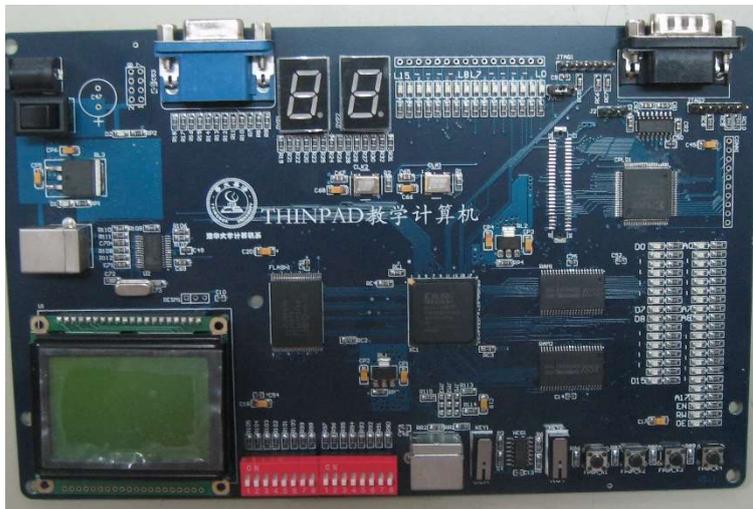
No. 01317161

2016年11月15日

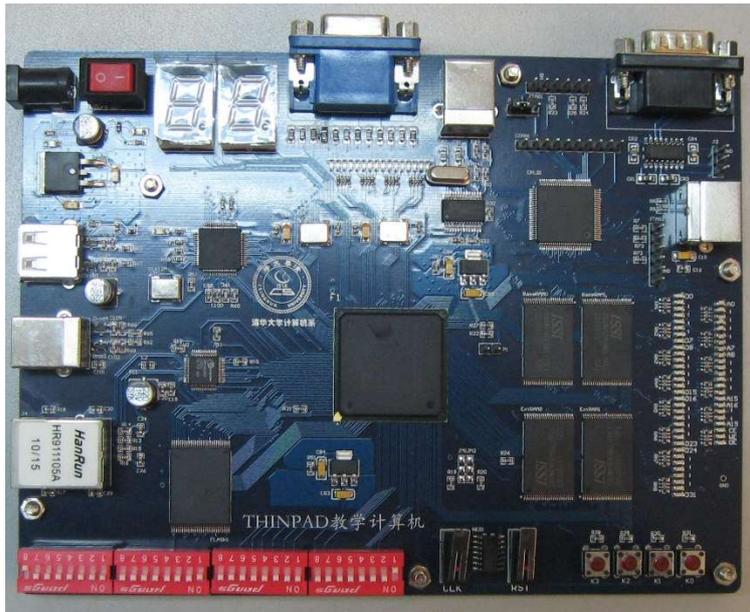
10、自主研发的实验硬件设备



硬件平台结构图



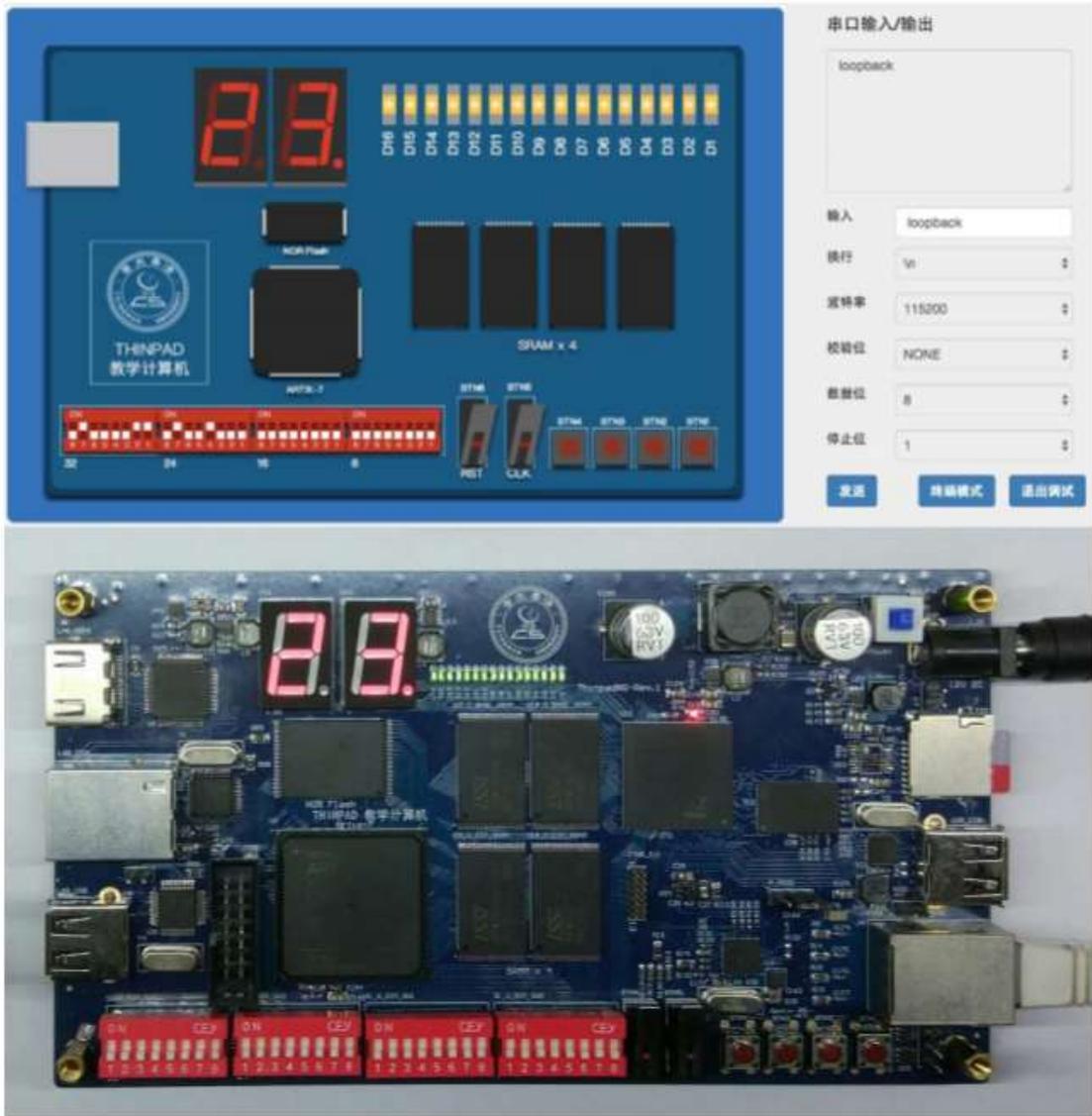
16位实验平台



32 位实验平台



学生实验中操作系统运行



新一代远程系统实验平台

11、学生评价摘录

历年学生实验报告中对实验评价摘录

2009010989 陈宇恒

通过这次大实验，我们对 CPU 的原理有了更深刻的认识。平时做作业题目是一回事，而真正要实现一个功能完整的 CPU 又是另一回事。将课上讲到的理论运用到解决实验问题中去，极大地提高了我们的实践能力。同时，这个实验也结合了很多数字逻辑的内容，让我们巩固了之前学习的重要知识。

2009011362 刘聪

我们组的 3 位同学在实验中工作量并不完全相同，但我们一起努力，每个人都付出了不少，一起争取把实验做到最好，每个人的收获都相当丰富。通过学习说明书实现了 FLASH 读写，实现了独立的 FLASH、内存读写工具，实现了 Win32 上的 FLASH、内存读写控制端，修改了 PCEC 代码使之适合新的内存分配方案，第一次在 CPLD 上编程实现了 Interconnect，修正了 CPLD UART 代码使之更有效地工作，第一组完成新板实验，为键盘和 VGA 实现了 CPU 接口，使用 THCO MIPS 指令系统实现了该指令系统的汇编与反汇编，实现了仅需 VGA/PS2 的监控程序……每一次成功都让我们兴奋、喜悦、进步，收获颇丰。

2009011377 刘列

在大学刚入学的时候，我就听学长说，“大三的计原大实验会让自己经历一次蜕变”。在结束了这 20 多天的努力后，我觉得自己确实收获了很多东西。首先，通过这次试验，自己对计算机系统的组织架构和实现原理有了一个清晰的认识。而在实验过程中，我对硬件语言编程也有了更深刻的理解。其次，和两位同学的合作让我真正体会到了团队合作的快乐，这个过程中，自己不仅收获了知识，也收获了真挚的友谊，真心感谢霸气的王兢喆同学和威武的王海权同学。最后，我想说，熬夜确实是一件很伤身体的事情，希望以后再做这个实验的同学能够早点动手，顺利完成，尽量少熬夜。

2009011394 王兢喆

计原实验，动手动脑。学以致用，感觉良好。
提前准备，基础打牢。团队合作，必不可少。
同学帮助，老师指导。最终成功，能算能跑。

2010011248 乔宇宸

➤ 乔宇宸

这次大作业，真正让我体会到了硬件作业的生猛之处。对于硬件实验，我们原有的软件思维是不适用的，很多想法在实际的硬件电路中根本无法实现。通过这样的一次实验，我对硬件描述语言，硬件电路实现的特性有了真真正正的了解。同时，通过这次实验，我对于整个计算机（CPU 及其其他外界设备）的时序和物理逻辑有了更深刻的认识。并在实际调试的过程中，体会到了硬件的物理实现要考虑很多实际的因素，比如是时延。同时在利用有限的显示设备输出最多的调试信息对我来说也是极大的挑战，但确实确实锻炼了我调试程序的能力。最重要的是，我在和同学的分工合作中，在一起刷夜的过程中，体会到了团队合作的重要性和宝贵的友情。计原大实验，确实是投入精力极大，但收获也极大的一次实验。

2010011264 金临霄

➤ 金临霄

“奋战二十天，做台计算机”的豪言还历历在目，转眼就到了（写）丰（报）收（告）的季节了。这中间付出了很多，也收获了很多。千言万语难细说。关于刷夜，由于大部分工作都尽量在下午和晚上完成了，真正熬夜的也就那次调键盘到 5 点以及大概 3 次熬到 3 点吧。不知道为什么又想起了刘老师在开学初说的大作业大概只需要通宵 1 个星期就能做出来了。比起其他组在水房里吹冷风，括弧笑，算是利用副主席的职务之便带着我们小组享受 308 的便利，在这期间和另外两位副主席（虽然他们做的是流水）和聪神刘聪助教（虽然他是 32 位的小助教）都结下了深厚的友谊。。。吐槽部分有点多了，另外在奋战的这二十多天里，还戒掉了 DOTA（暂时的），截止到现在已经有将近 3 个星期没有打天梯了。因为计原大实验使我的生活变充实了！

2011011215 贾思博

计原大实验确实是大学中难度很大的实验，除了在本部分需要花大量的时间设计架构、调试外，提高部分的可拓展性也让它难度可以变得很大。我们组很幸运能够在完成基本要求的情况下还完成了自启动，键盘以及 VGA 等部分的提高内容。这要感谢老师合理的课程安排以及小课堂时助教的及时督促。每次展示对于我们来说都是一个回顾总结反思提高的过程。

2010011320 吴佳俊

本学期我选修了《编译原理》课程，并完成了课程四个阶段的全部五次实验。通过这五次实验，我对于编译器从前端到中端的主要运行流程有了比较深入的了解，觉得收获很大。同时，这些实验本身也很有意思，激发了我进一步探索的兴趣。因此，我选择完成扩

2010011370 赵华凯

通过这次实验，锻炼了我们的团队合作能力。团队合作，不仅需要我们讨论解决问题，更重要的是遇到困难时不退缩、不推卸责任，相互鼓励，最终将任务完成。

本次实验，虽然最终没有完成，但是我们投入了巨大的时间和精力，克服了各种大作业和考试等困难，并将工作向前进行了有力的推进，总体来说我们的收获是很大的。

2011011261 陈天均

此次实验工程量很大，不仅编码量多，调试的任务也非常繁重。虽然最后没调试过除 `syscall` 以外的中断，且读串口不能正常工作，没能完全达到实验目标，但是我们在不断地发现问题和解决问题的过程中也有不少收获。

2011011262 赵一开

这个大三的小学期是我三年来最忙碌、最充实、也是自我认为收获最大的一个小学期。虽然与其他小学期不同，本次小学期中的所有知识点我们都在之前的课程中学习过了，但是亲手将他们实现一遍与学习知识点是两种完全不同的感受，完成了这样一个实验之后才真正感受到了自己对“计算机”的工作原理有了全面的了解。

2011 骆可强

“启发性很高，内容也非常实用…”

2012 龚杰

“学完后觉得收获很大，应该会对大三的课程产生很大的帮助”

2012011364 矣晓沅

8.3 收获与感想

整体下来，造计算机的过程真是让人又恨又爱，悲喜交加。怎么找也找不到的 `bug`，临近 `ddl` 发现数据通路的漏洞，刷夜的辛劳和凛冽寒风中从 `FIT` 到宿舍的归程... 我们在造机的过程中真是无时无刻不在承受着身体和心理的考验。但是同时！代码跑成功时的欢呼，每一个问题解决后的豁然开朗，每一个知识漏洞在调 `bug` 的过程中逐一补全，这些收获和快乐又是那么实实在在，让人觉得之前一切痛苦都得到了完美的诠释。

另外，我们的意志和团队精神也得到了很大的提升。我们组的 3 个成员平日关系极好，又因同在辩论队形成了高度的默契感。遇到问题的时候，我们整个团队都调动高度的乐观态度和积极性去面对，中间还喊出了“调不出来我们就把板子吃下去！”的口号，每个人都用自己的乐观感染着别人，慢慢长夜，因为有相互的鼓励而不觉得辛苦！

辛苦而充实，痛并快乐着，这就是我们对整个造机过程的总体感想吧！

2013 梁欢

“我觉得最快乐的时刻就是看到自己亲手写完并调试成功的程序通过编译的那一刻”

2013011425 蔡文静

十、实验心得

此前就听过学长对计原大实验的各种评价——工作量大，难度高，调试费时，需要熬很多夜，“灵魂升华”，等等。但当自己真正面对这一挑战时，其实并没有想那么多，只是想要尽快地上手。

一开始是难度重重的，真正自己需要设计 CPU 时才发现对之前的课程内容，包括五级流水的过程和细节、冲突的解决等，都理解不够透彻，我们只得再翻出课堂的 ppt 仔细研读。数据通路及阶段寄存器都设计完成后，代码的编写还是比较顺畅的。

但调试阶段又是一个极其考验细心和耐心的过程。由于硬件描述语言的特殊性，调试起来比较麻烦，而且耗费时间长，因此我们必须十分细心全面地编写代码、查找 bug，甚至到了检查的前一天，我们还查出 SLL 指令的一个 bug。而陈冲同学在检查前两天由于调试不断出错，一度要放弃实现中断功能，但最终耐心还是战胜了一切。

2014011292 李则言

六、实验总结

经过历届学长学姐的安利、学生节节目的渲染，“造计算机”早已成为贵系的一个标签，对于这样一个非常富有挑战性的工作，我们既感到很有压力，又充满了激动和期待。

虽然这个项目整体有难度，但是还是有很多可以选择和发挥的余地的。我们从一开始就决定要做流水线，虽然这可能比多周期要困难一些，当时也设想了一些扩展，比如 BTB 动态预测、VGA、Flash 自启动、中断等，但是最后只完成了 VGA 和 Flash 自启动，虽然有一些遗憾，但是这个过程中也收获了很多知识。在这个过程中可以体会到，大家都是愿意去接受挑战的，不管结果如何，相信这种勇气都是一种宝贵的财富。

2015011352 张蔚

“奋战三星期，造台计算机”的过程是困难的。不计注释和空行以及存储 ASCII 字符的位图文件，我们的最终实现包含 3000 行 VHDL 代码，300 行 Python 代码和 300 行汇编代码。如图 8，我们在 GitHub 上总共进行了 96 次提交，提交次数甚至超过了我们的软工项目（当然软工过程管理更加规范，并且存在 git squash 的情况）。

但这一过程也是十分有益的。通过大实验，我们深入了解了流水线的设计与其中各种冲突的解决方法，体会了硬件设计中各种取舍，并最终完成了大实验的任务。

有意思的是，上学期我和计 43 的雷凯翔同学在操作系统课程上一同完成了将 ucore 移植到 RISC-V 32bit 架构，并在 ThinPAD (spartan 6 版) 上成功运行 lab1-8 的任务。当时我对 RISC 架构的 CPU 知之甚少，主要工作集中在 ucore 的移植这个比较“软”的方向上，本学期的计算机组成原理让我对 RISC-V 有了更加深入的认识，也解答了我上学期的很多困惑和不解。

12、学生实验报告选

页数过大，请详见光盘材料