



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

计算机组成原理

--课程信息

卢建良

lujl@ustc.edu.cn

2024年春季学期

教辅团队

■ 理论课

■ 教师：1人

卢建良

lujl@ustc.edu.cn 电三楼411室

■ 助教：5人

吴骏东

wintermelon@mail.ustc.edu.cn

唐灏

TH20030818@mail.ustc.edu.cn

刘睿博

liuruibo21@mail.ustc.edu.cn

常文正

amberzheng@mail.ustc.edu.cn

马子睿

madrid@mail.ustc.edu.cn

沈周毅

squirrel@mail.ustc.edu.cn

郑滕飞

richardzheng@mail.ustc.edu.cn

■ 实验课(两个班一起) (暂定周一、周三晚上任选其一)

■ 教师：4人

■ 助教：8人

课程资源

■ 上课时间地点

■ 1~15周, 周一 (6,7) 下午14:00~15:35, 3C102

■ 1~15周, 周三 (6,7) 下午14:00~15:35, 3C102

■ 课程QQ群:

■ 830983923

■ 信息发布及讨论的主要途径

■ 课程主页:

■ BB系统

■ 网站: soc.ustc.edu.cn

■ 其它资源:

■ VLAB平台: vlab.ustc.edu.cn

■ 网络资源: bilibili、网易公开课、慕课等

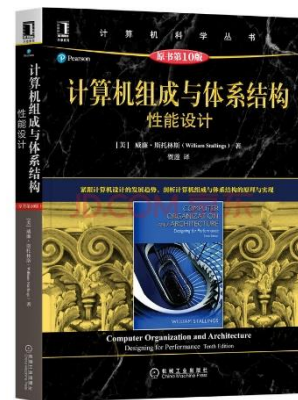
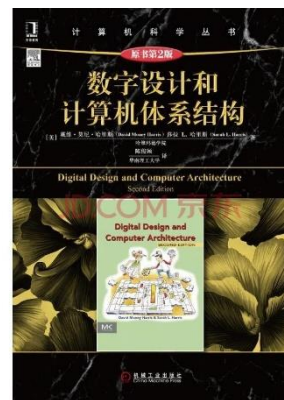
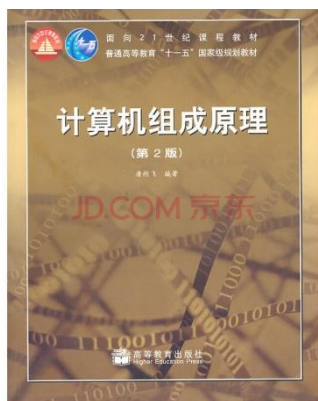
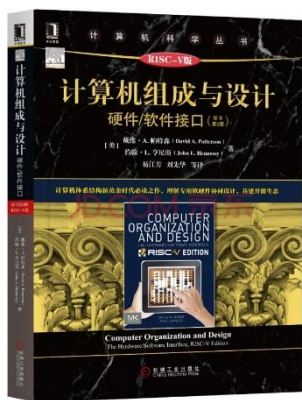
■ 李曦、王超老师的历年课程资源是本课程的重要参考



教材及参考书

■ 主要教材

- 《Computer Organization and Design: The HW-SW I/F》 RISC-V EDITION, 简称COD: RISC-V版



■ 辅助教材

- 《计算机组成原理》，第2版（第3版），唐朔飞，2008

■ 参考材料

- 数字设计和计算机体系结构，第2版
- 计算机组成与体系结构：性能设计，简称COA，最新第10版
- 龙芯架构32位精简版参考手册

教材主要内容比较

COD: RISC-V

1. 计算机概念与工艺
 2. 指令
 3. 算逻运算
 4. RISC处理器
 - 单周期、多周期 (COD3) 、流水线
 - 异常: CP0
 - 微程序: COD5 (C.9) \COD3
 5. 存储器层次结构
 - SRAM、DRAM、FLASH、DISK
 - Cache、Cache控制器
 - 可靠性问题 (海明码)
 - 虚存
 6. 并行处理器
 - 硬件多线程
 - 多核
- COD5: “I/O不单独成章” !
 - 总线?

• COA9, 10: 以CISC为主

- 第一部分 概论
 - 性能
- 第二部分 计算机系统
 - 总线, 内存, Cache, 外存, I/O
 - OS (虚存) (唐本无)
- 第三部分 CPU
 - 算逻运算、ISA, CPU结构
 - 介绍RISC、流水线概念
- 第四部分 CU
 - A模型处理器
 - 多周期: 硬连线实现, 微程序实现
- 第五部分 并行 (唐本无)

• 强调系统完整性: 总线/内存/IO

• 考研: 唐朔飞or白中英

COD5 (CPU、存储器、Cache、异常、MMU) +唐 (总线、I/O、中断、DMA)

教学安排

■ 基本遵从教材（COD: RISC-V）的内容及顺序

- ch0 课程介绍及背景知识介绍 (教材 附录A)
- ch1 计算机抽象及相关技术 (教材 第一章)
- ch2 指令：计算机的语言 (教材 第二章)
- ch3 计算机的算数运算 (教材 第三章)
- ch4 处理器 (教材 第四章)
- ch5 大而快：层次化存储 (教材 第五章)
- ch6 中断与异常 (RISC-V手册)
- ch7 总线及外设 (唐本 第三、五章)
- ch8 并行处理器：从客户端到云 (教材 第六章)

成绩考核

- 理论课：60%（发现抄袭，取消双方当次成绩）
 - 期末考试：60%（闭卷）
 - 课后作业：30%（补交扣分）
 - 其它：10%
- 实验课：40%（完成简单单片机系统设计）
 - 基于**LA32R**或RV32I指令集架构
 - 五级流水线处理器
 - 有Cache
 - 有总线
 - 有简单外设（如开关、按键、串口等）
 - 支持中断
- 考勤分：10分（通过课堂签到获取，仅当不及格时可用）

学习建议

■ 建立信心——基础

- 大学所学都是非常成熟的课程，已有大量学生顺利完成了相关课程的学习
- 相信自己的智商

■ 端正态度——方向

- 世上无难事只怕有心人
- 在学习上多花时间、多花精力

■ 掌握方法——效率

- 主动学习与被动学习的重要区别：课前预习！！！！
- 积极创造良好的学习环境，远离诱惑比遏制诱惑更容易
- 充分利用网络资源：B站上面什么都有



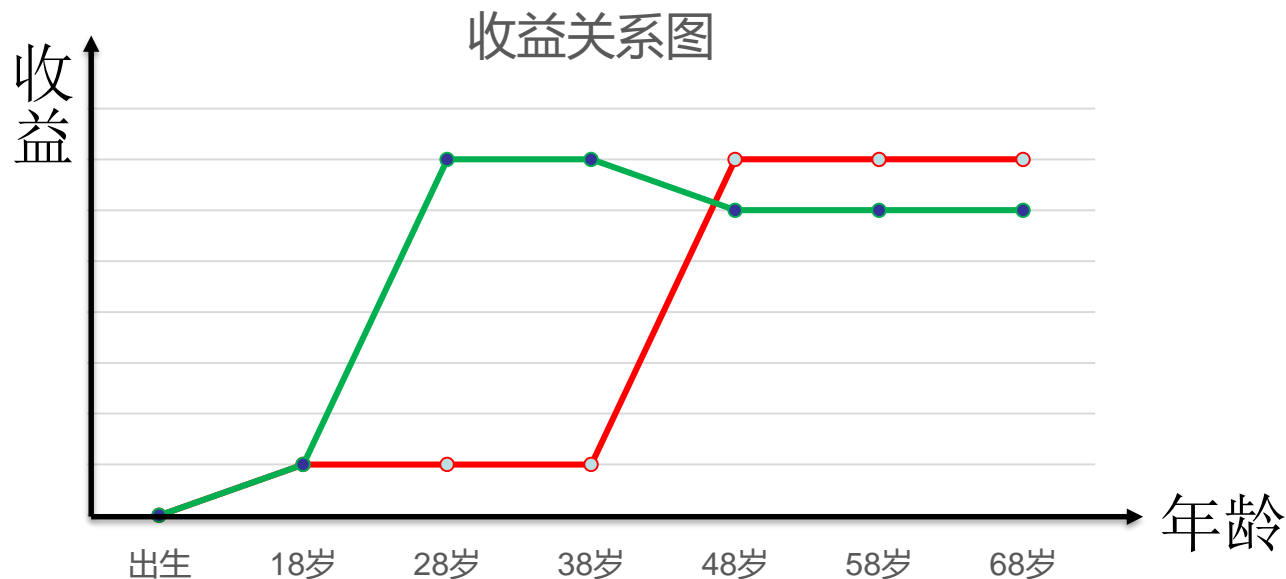
学习建议-续

■ “朝三暮四”

- 狙公赋茅，曰：“朝三而暮四。”众狙皆怒。曰：“然则朝四而暮三。”众狙皆悦。名实未亏而喜怒为用，亦因是也。 —《庄子·齐物论》
- 【翻译】养猴人给猴子分橡子，说：“早上分给三升，晚上分给四升”。猴子们听了非常愤怒。养猴人便改口说：“那么就早上四升晚上三升吧。”猴子们听了都高兴起来。名义和实际都没有亏损，喜与怒却各为所用而有了变化，也就是因为这样的道理。

■ 年薪百万

- 早收益与晚收益有巨大差别





中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

计算机组成原理 --导论

卢建良

lujl@ustc.edu.cn

2024年春季学期

什么是计算机组成原理

■ 基本定义

计算机组成 + 组成原理

计算机组成：一个计算机包含的部分——强调**硬件**组成

组成原理：

计算机是如何工作的？

各个部件的功能如何协调？

当前的结构如何更好实现功能？

拆机实验



拆机实验



拆机实验



拆机实验

■ <https://www.bilibili.com/video/BV1EX4y1F7nM>

- 输入、输出设备
- 存储器：硬盘、内存、缓存
- 处理器：运算器、控制器
- 互联设备
- 电源
- 其它

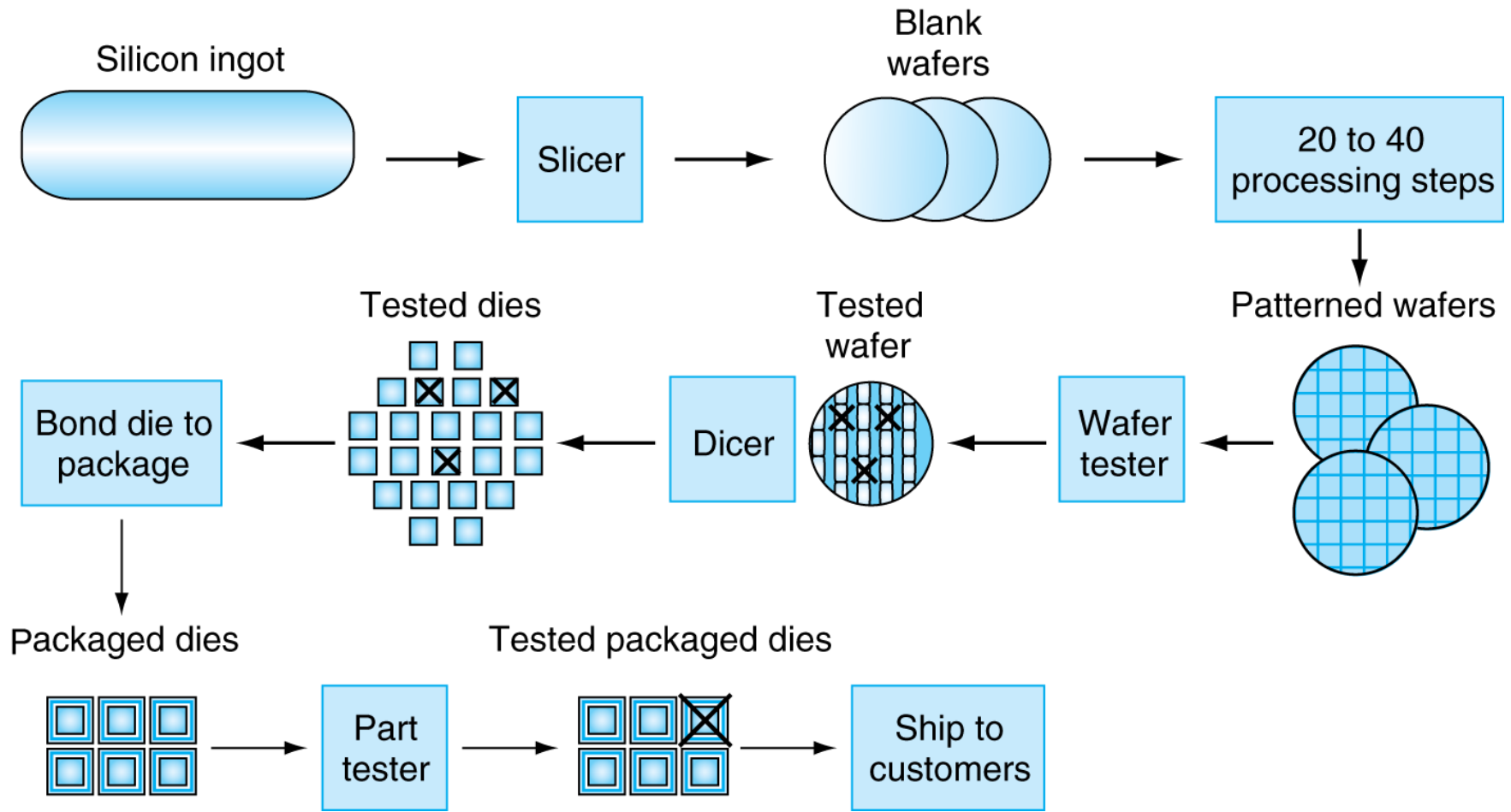


PCB + 芯片 + 其它

PCB制作

- 确定设计方案
- 绘制原理图
- 绘制PCB
- 加工PCB, 采购元器件
- 焊接PCB
- 调试
- <https://www.bilibili.com/video/BV1AA411P7oS>
- 演示: <https://lceda.cn/>

芯片制作



从沙子到芯片

- Intel

- <https://www.bilibili.com/video/BV1Rt411A7bV>

- 中芯国际

- <https://www.bilibili.com/video/BV1bE411C76e>

- 详细介绍

- <https://www.bilibili.com/video/BV1hL411473Y>

组成原理——前瞻

- 计算机硬件是如何**执行指令**的？
 - 指令以什么形式出现？——程序语言
 - 计算机执行的指令是什么？——机器语言
 - 因此，在这之前的问题是，程序语言如何转化为机器语言，这就是**编译原理**等课程的内容了。这门课程中只考虑与机器语言有直接映射关系的汇编语言。
 - 执行指令需要的结构是什么？
- 硬件设计者如何提高计算机**性能**？
 - 计算机性能怎样刻画？
 - 提高性能一定要从硬件实现吗，硬件角度的提升有何好处？
 - 什么是流水化技术？
 - 什么是缓存技术？
 - 什么是并行技术？

组成原理——前瞻

- 计算机**软件与硬件**的接口是什么？
 - 软件可以控制硬件吗？
 - 硬件可以调用软件吗？
 - 二者之前怎样进行通信？
- 计算机如何做到连接**外设**？
 - 键盘输入是如何实现的？
 - 屏幕输出是如何实现的？
 - 上述实现方式是最好的选择吗？
 - 如何**权衡**出一个较好的方式？
-

为什么学习计算机组成原理

- 计算机专业核心基础课，在课程体系中起到承上启下的作用
 - 介绍运算器、控制器、存储器的结构、工作原理、设计方法及互连构成整机的有关技术

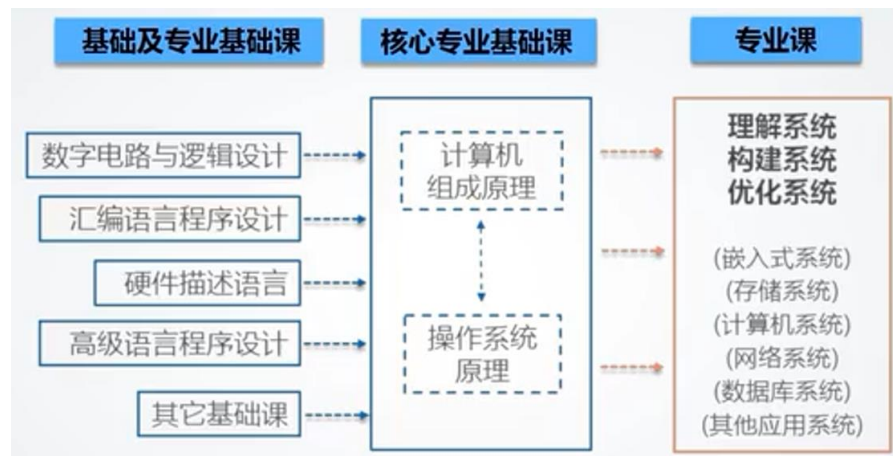
- 后PC时代技术发展的迫切需求

- 专业地位更加凸显
- 懂软件的硬件工程师
- 懂硬件的软件工程师
- 精通软硬件的系统架构师

- 信息产业发展的迫切需求

- 服务于国家战略的迫切需求

- ——除此以外呢？



移动计算对信息智能终端在无线环境下的数据传输、数据处理及资源共享等应用提出了高效(资源占用少)、准确(可靠)、及时(执行速度快)等要求。

多核技术对计算系统微体系结构、系统软件与编程环境均有很大影响(并行程序设计)--提出了软、硬件深度协同的要求。

为什么学习计算机组成原理

- 计算机**不是**黑箱！
- 计算机的硬件基础构成（这门课的主题）与软件基础构成（操作系统课程将学到）都是**自然、清晰、优雅**的。
- 希望大家通过这门课重建对计算机的了解，认识到这份优雅。
- 课程实验中，我们也将重走前辈们的路，重新设计出自己的CPU——或许更多？

课程目标

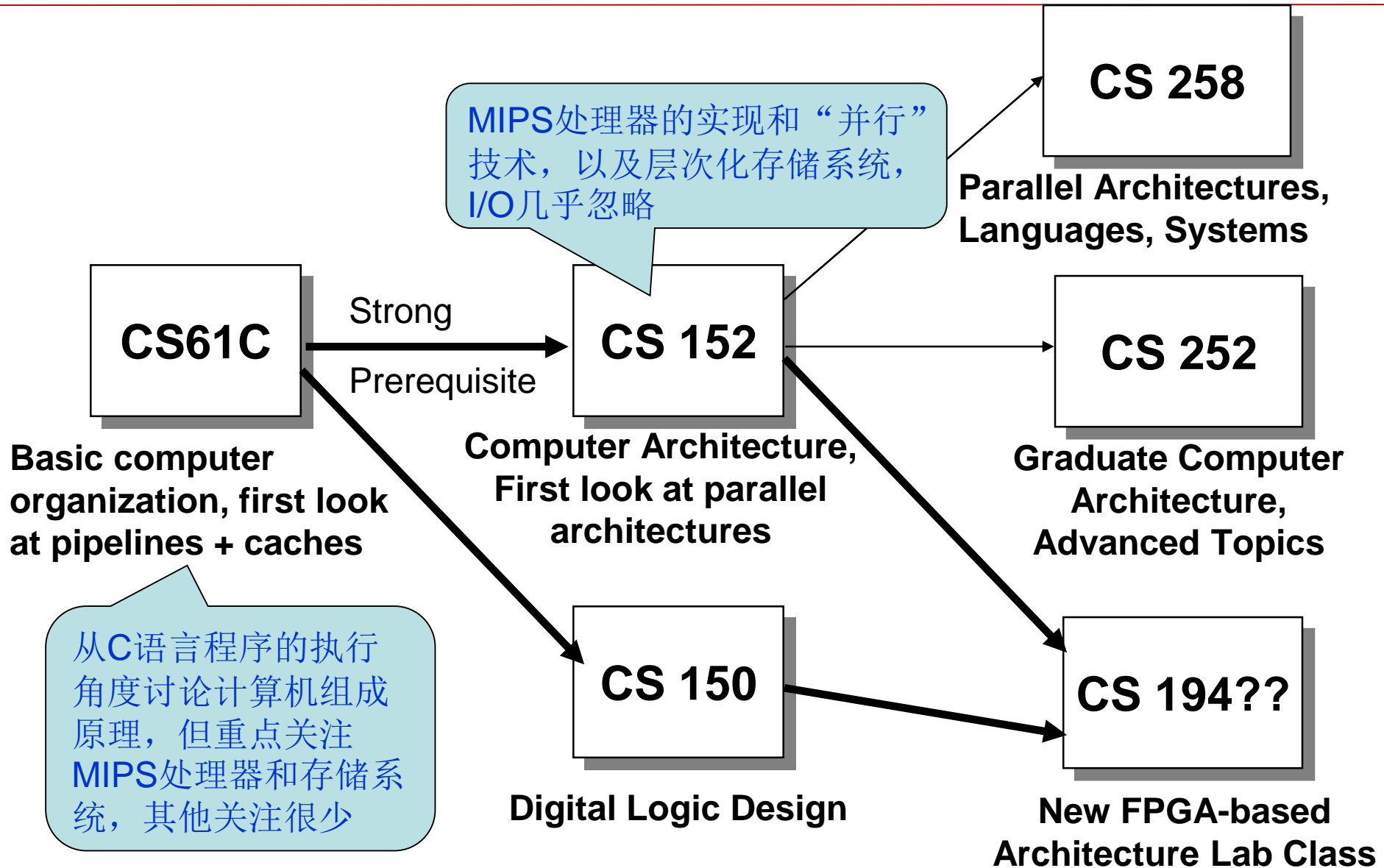
- 深刻理解现代数字计算机系统的工作**原理**，及软硬件设计折中
- 引导学生经历完整的设计过程，解决**工程设计**面临的实际问题
- 讨论计算机体系结构的变化**历史**，预测计算机设计的**发展趋势**

掌握原理 → 自行设计

如何学好计算机组成原理

- 构造观、系统观、工程观的学习视角和学习方法
 - 构造观
 - 系统观
 - 工程观
- 多实践（实验课）——理论与实践必须结合
 - 利用仿真软件（Logisim、RARS等）进行设计或仿真
 - 在FPGA平台上完成部件及系统的设计、仿真及验证
- 多练习、多交流、多思考
 - 完成课上、课下练习
 - 完成实验课程内容
 - 多与老师、助教、同学进行交流
 - 多思考软硬件协同设计等相关问题

UC伯克利相关课程



USTC相关课程

- 模拟与数字电路：大二上
- 数字电路实验（VerilogHDL）：大二上
- 计算机组成原理（本课程）：大二下
 - 对计算机系统的基本组成结构和工作机制有比较透彻的理解
 - 重点讨论“单处理器”计算机系统
 - CPU：侧重COD的RISC-V模型（RISC）
 - 一般不涉及具体机型
- 计算系统综合实验：大三上
- 计算机体系结构：大三下
 - 计算机系统的设计优化技术和性能定量分析方法
 - 多处理器/多核，并行
- 嵌入式系统设计方法：大四上
- 本课程的目标
 - 深入理解计算机系统的硬件组成、工作原理和软硬件I/F
 - 深入理解处理器的内部结构和工作原理
 - 深入理解各个功能部件的系统级和RTL（寄存器传输级）设计过程

相关课程资源

- 美国UC Berkeley大学 “Machine Structure”2012年课程网站:
<http://inst.eecs.berkeley.edu/~cs61c/sp12/>
- 美国UC Berkeley大学 “Components and Design Techniques for Digital System”2012年课程网站: <http://inst.eecs.berkeley.edu/~cs150/sp12/>
- 美国UC Berkeley大学 “Computer Architecture and Engineering”2012课程网站:
<http://inst.eecs.berkeley.edu/~cs152/sp12/>
- 美国Stanford大学 “Computer Organization and Systems” 2012年课程网站:
<https://courseware.stanford.edu/pg/courses/281000/cs107-spring-2012>
- 美国Stanford大学 “Digital Systems II”课程网站:
<http://www.stanford.edu/class/ee108b/>
- 美国Stanford大学 “Digital Systems II”课程网站:
<http://www.stanford.edu/class/cs110/>
- 美国Carnegie Mellon 大学 “Introduction to Computer Architecture”课程网站:
<http://www.cs.cmu.edu/~213/>
- 美国Carnegie Mellon 大学 “Introduction to Computer Architecture”课程网站:
<http://www.ece.cmu.edu/~ece447/>
- 美国Univ. Illinois at Urbana-Champaign “Computer Architecture II”课程网站:
<http://www.cs.uiuc.edu/class/sp11/cs232/>
- 美国麻省理工学院(MIT)“Computation Structures”课程网站:
<http://6004.csail.mit.edu>