

计算机组成原理 (2014级)

计算机组成原理课程组

(刘旭东、肖利民、牛建伟、栾钟治)

Tel : 82316285

Mail: liuxd@buaa.edu.cn

liuxd@act.buaa.edu.cn

课程介绍

❖ 课程名称

- 计算机组成原理（**Computer Organization**）

❖ 学时学分

- 课堂教学：**64学时/4学分**

❖ 课程目的

- 覆盖了传统的数字逻辑和计算机组成原理**2**门课程的知识。
- 从原理性的角度出发，以**MIPS系统**为主要研究对象，讲述计算机硬件系统的组成、各部件的结构及其底层硬件工作原理，使学生理解计算机的组织与结构和工作过程，掌握计算机硬件系统的基本设计方法，培养学生分析、设计和开发计算机硬件系统的基本能力，为后续课程打下坚实基础。

❖ 配套实验（单独开设）

- 配套实验课程要求学生自主开发一台以**MIPS**处理器为核心的功能型计算机。
- 有关设计软件、仿真工具的学习（自学）

课程介绍

❖ 主要目标：理解并掌握计算机的运行原理

- 学习计算机硬件的组成
- 掌握计算机硬件的设计
- 理解计算机硬件/软件的协同机制

❖ 核心任务：实现基于**MIPS**的功能型计算机

- 以数字电路为基础，设计**MIPS**的功能组件
- 以功能组件为基础，构造**MIPS CPU**
- 编写**MIPS**程序，验证系统功能

❖ 助教信息

- 段伟，15010792726，duanwei@act.buaa.edu.cn

第一讲：计算机组成概述（4学时）

❖ 目 标

- 了解计算机系统的基本功能、组成框架、典型结构及层次关系，掌握计算机中数的表示方法及常用编码。

❖ 主要内容

- 计算机系统的基本组成
- 计算机系统的典型架构与层次关系
- 计算机中数的表示
 - 定点数的表示（原码、反码、补码）
 - 浮点数的表示
 - 其他编码（格雷码、循环码、**ASCII**码、汉字编码）
- 计算机的程序执行原理简介
 - 指令的含义简介
 - 程序的执行过程简介

第二讲：组合逻辑设计（8学时）

❖ 目 标

- 了解门电路的基本结构，掌握布尔代数的理论及其门电路实现方法，进而掌握布尔方程表示、转换及化简等方法，以及运算单元、译码器等基本组合逻辑部件设计方法，学习并掌握**Verilog HDL**。

❖ 主要内容

- 布尔代数原理及其门电路实现（**2学时**）
 - 布尔代数基本原理
 - 布尔代数的门电路实现
- 逻辑门电路（**2学时**）
 - 非门、与门、或门、复合逻辑门电路及其性能指标
 - **TTL、MOS**集成门电路
- 基本组合逻辑部件设计（**4学时**）
 - 运算单元电路（加法器、比较器、函数发生器）
 - 多路选择器，译码器，编码器

第三讲：时序逻辑设计（8学时）

❖ 目 标

- 掌握触发器、寄存器的结构和工作原理，掌握有限状态机、同步时序逻辑电路的设计方法和分析方法，具备使用仿真工具开发时序逻辑电路的能力。

❖ 主要内容

- 锁存器和触发器（**2学时**）
 - SR锁存器、D锁存器
 - D触发器，JK触发器
 - 基于D触发器的寄存器构造
- 有限状态机（FSM）（**2学时**）
 - Moore型FSM
 - Mealy型FSM
- 时序逻辑电路设计分析（**4学时**）
 - 数据寄存器
 - 移位寄存器
 - 计数器

第四讲：主存储器（4学时）

❖ 目 标

- 了解存储单元电路的工作原理，掌握主存储器的结构特点、工作原理和构造方法。

❖ 主要内容

- 存储单元电路（1学时）
 - SRAM存储单元电路
 - DRAM存储单元电路
 - ROM存储单元电路
- 主存储器的结构（1学时）
 - SRAM芯片的内部结构
 - DRAM芯片的内部结构
- 存储器的扩展（2学时）
- DRAM的刷新

第五讲：指令系统与MIPS汇编语言（6学时）

❖ 目 标

- 以**X86**和**MIPS**两种指令系统为研究对象，学习并掌握计算机指令系统的格式、寻址方式和设计方法，理解**CISC**和**RISC**两种指令系统的特点；学习并掌握**MIPS**汇编语言编程。

❖ 主要内容

- 指令系统概述（**1学时**）
 - 指令系统的基本要素
 - 指令格式、寻址方式
- 典型指令系统简介（**1学时**）
 - **MIPS**指令系统介绍
 - **X86**指令系统介绍
 - **CISC**与**RISC**的特点
- **MIPS**汇编语言编程（**4学时**）

第六讲：MIPS处理器设计（14学时）

❖ 目 标

- 以小型**MIPS**处理器为研究对象，学习并掌握基于指令执行分析的数据通路构造方法、基于与或逻辑阵列为基础的**MIPS**控制器设计方法，进而掌握**MIPS**处理器设计方法。

❖ 主要内容

- 处理器的功能、组成、一般设计方法等（**1学时**）
- **MIPS**处理器设计概述（**1学时**）
 - 结构、指令集、数据通路的基本组件
- **MIPS**单周期处理器设计（**6学时**）
 - 单周期数据通路设计（工程方法），
 - 单周期控制器设计、性能分析
- **MIPS**多周期处理器设计（**2学时**）
 - 多周期数据通路设计（工程方法）
 - 多周期控制器设计、性能分析
- **MIPS**流水线处理器设计（**4学时**）

第七讲：高速缓存存储器（CACHE）（6学时）

❖ 目 标

- 掌握高速缓存存储器（**Cache**）的结构特点和工作原理，以及多级**Cache**层次关系，掌握**Cache**的映射机制、**Cache**的命中与缺失分析及其性能计算方法。

❖ 主要内容

- 程序执行局部性原理
- **Cache**的结构与工作原理
- **Cache**的映射机制
 - 直接映射
 - 全相联映射
 - 组相联映射
- **Cache**的替换策略
- **Cache**性能分析与其他
 - **Cache**数据一致性问题
 - 命中率与缺失分析
 - 性能计算

第八讲：虚拟存储系统（4学时）

❖ 目 标

- 掌握虚拟存储器工作原理、虚实地址转换与页表工作原理、**TLB**工作原理，具备进行虚拟存储器性能分析的能力。

❖ 主要内容

- 虚拟存储器工作原理
- 虚实地址转换
- 页表工作原理
- **TLB**工作原理
- 虚拟存储器性能分析

第九讲：外部存储与输入输出方式（6学时）

❖ 目 标

- 掌握程序查询I/O、中断I/O和DMA I/O等输入输出方式的工作原理。

❖ 主要内容

- 外部存储器（2学时）
- I/O方式（3学时）
 - 程序查询I/O方式
 - 中断与中断I/O方式
 - DMA I/O方式
 - I/O通道
- MIPS的I/O抽象（1学时）

学时分配：总学时64学时

序号	内容	学时数
第一讲	计算机组成概述	4
第二讲	组合逻辑设计	8
第三讲	时序逻辑设计	8
第四讲	主存储器	4
第五讲	指令系统	6
第六讲	MIPS 处理器设计	14
第七讲	高速缓存存储器	6
第八讲	虚拟存储系统	4
第九讲	输入输出方式	4
机动	习题课、总复习	6

实验体系——MIPS基础部件实验

❖ 目标：掌握数字电路设计方法，实现**MIPS**计算机基础部件

❖ 实验内容

➤ 第1层次：电路原理

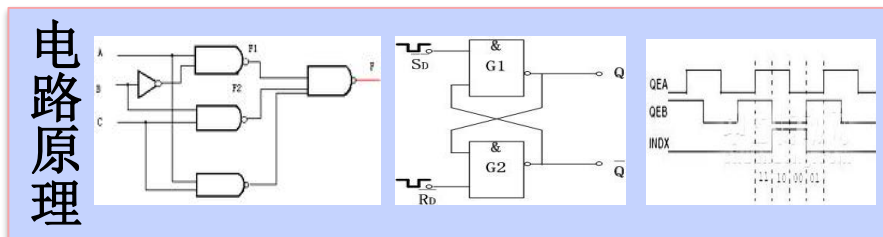
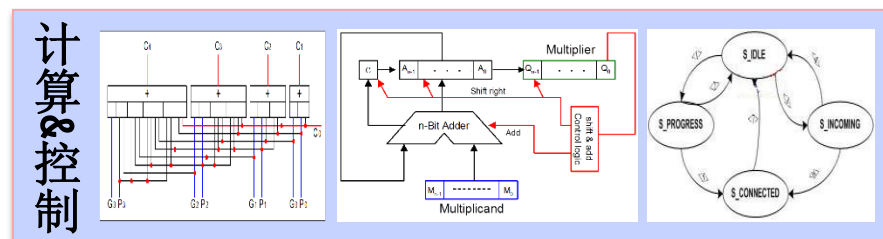
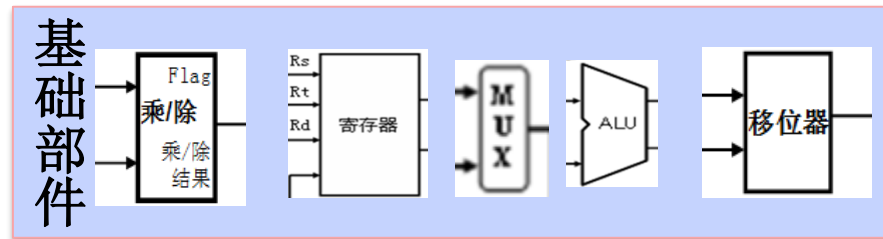
- 组合逻辑、时序逻辑
- 触发器/寄存器、电路特性

➤ 第2层次：计算与控制

- 加/减、乘/除、有限状态机

➤ 第3层次：基础部件

- 译码器、**ALU**、数据选择器、计数器、乘法单元、存储器

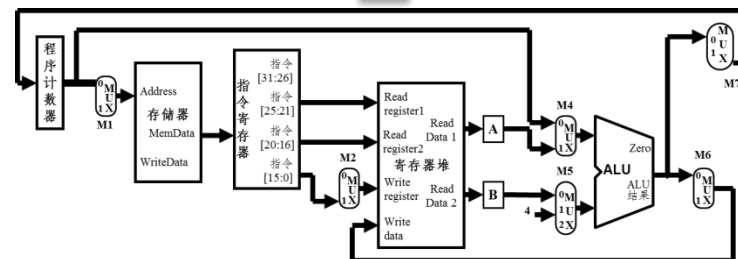
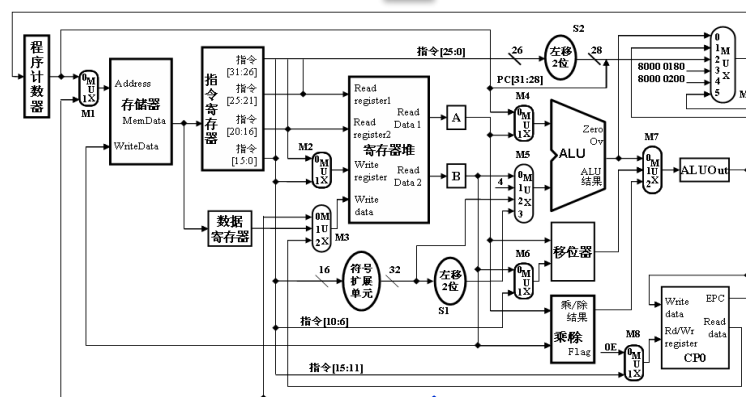
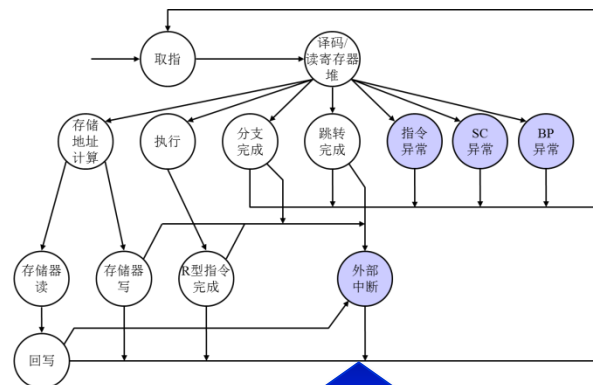
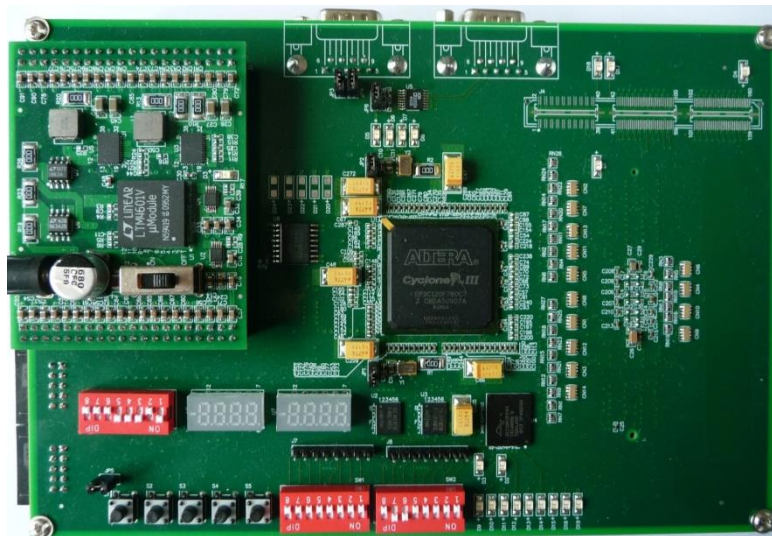


实验体系——MIPS CPU实验

❖ 目标：实现**MIPS**计算机**CPU**

❖ 实验内容

- MIPS各型指令数据通路实验
- MIPS多周期数据通路实验
- MIPS多周期控制单元实验



实验安排

序号	项目名称	内容描述	作业内容	考核方式
1	P0: 部件级实验	Verilog语言设计	课前作业: 8位数据比较器 4选1数据选择器 同步置数、清零的计数器 7段数码管显示译码器	课前作业: 提交代码和报告, 通过测试 课上: 现场命题上机测试
2	P1: 部件级实验	Verilog语言设计开发 ALU、寄存器堆	课前作业: 把译码器、编码器、加法器、ALU、计数器等通过MOOC平台进行下载和测试	课上: 现场命题上机测试
3	P2: 汇编程序	MARS开发汇编程序	课前作业: 用汇编语言实现斐波那契, 两数相加、求导数、字符串合并等	课上: 现场命题设计一个汇编程序上机测试
4	P3: 单周期CPU	Logisim完成单周期CPU设计7指令	课前作业: 用logisim设计开发加法器、ALU、寄存器堆等	添加自定义指令通过测试
5	P4-P6: CPU设计	Verilog完成CPU设计	课前设计实现	添加自定义的指令并通过测试
6	P7: MIPS微系统(1) 中断支持	Verilog完成微型MIPS系统设计, 开发简单I/O, 验证中断。	课前设计实现	课上通过测试
7	P8: MIPS微系统(2) 系统验证	集成串口控制器, 实现人机交互, 板级运行	课前设计实现	课上硬件编程实现

你需要学习的内容：基本原理

❖ 计算机的各组成要素

- 入门：一台计算机都有哪些基本部件
- 进阶：理解计算机各组成要素间的关联关系
- 高级：理解程序执行、硬件运行间的作用关系

❖ 突破点：CPU

- CPU的指令集为什么要这样设计？
- 如何从1条指令推导出数据通路（数据结构）？
- 如何把多个数据通路组合成完整数据通路？
- 如何设计控制指令执行的控制系统（算法）？

你需要学习的内容：硬件描述语言

❖ 硬件描述语言HDL（Hardware Description Language）

- 用于专门描述硬件工作原理的语言
- 与程序设计语言（C、JAVA）的主要区别
 - 语言内置的并行性/并发性
 - 不仅描述逻辑，而且描述时序
 - 软件：1 + 1的计算结果等于2
 - 硬件：1 + 1的计算结果等于2 & 什么时候完成这个计算

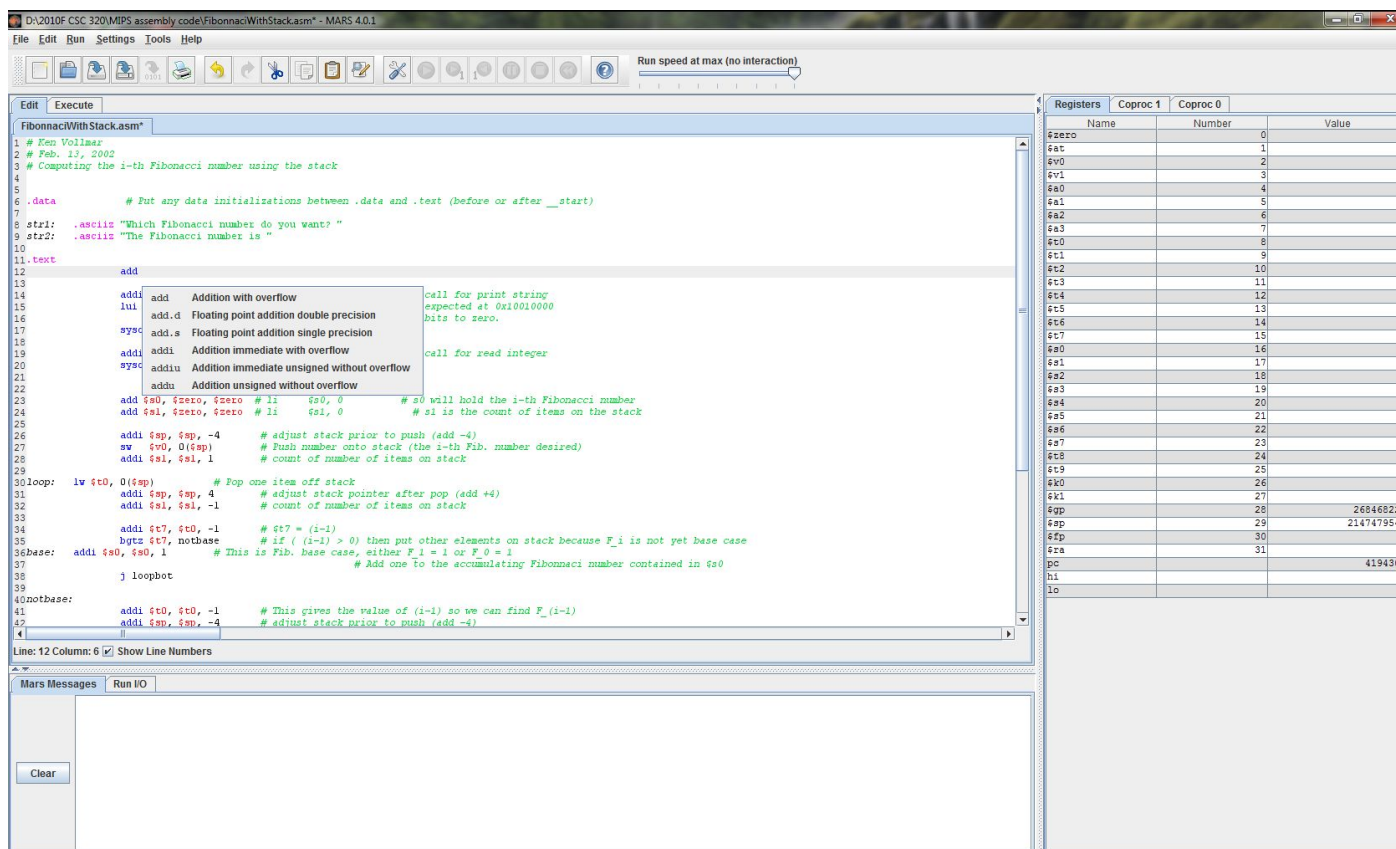
❖ 本课程：Verilog HDL，并实现

- 基本的数字电路：与非门、组合逻辑、时序逻辑
- 基本的数字部件：译码器、运算器、寄存器堆、多路选择器、状态机
- 完整的CPU：数据通路、控制器
- 完整的Computer：CPU、存储器接口、输入输出接口、桥接器

你需要学习的内容：各种软件工具

❖ MIPS模拟器：MARS

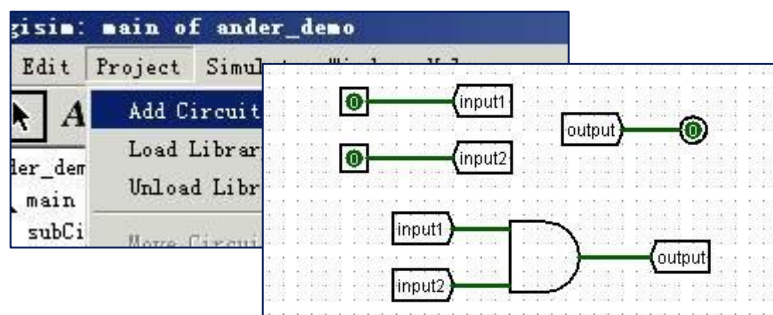
- MARS (MIPS Assembler and Runtime Simulator)
- 模拟一台MIPS计算机，可以编写、执行、调试MIPS汇编程序



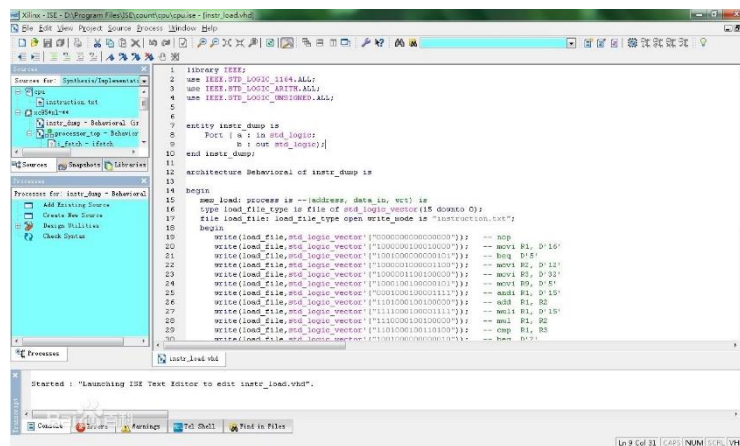
你需要学习的内容：各种软件工具

- ❖ **EDA (Electronic Design Automation) 工具链**
- ❖ 现代芯片设计都采用不同的工具组合

Logisim : 数字电路模拟工具

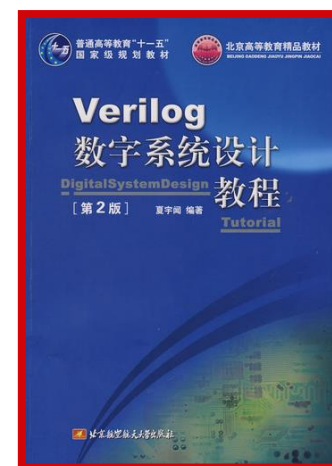
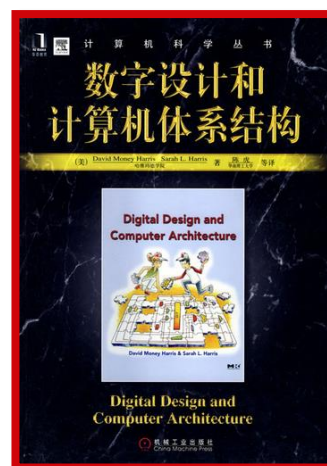
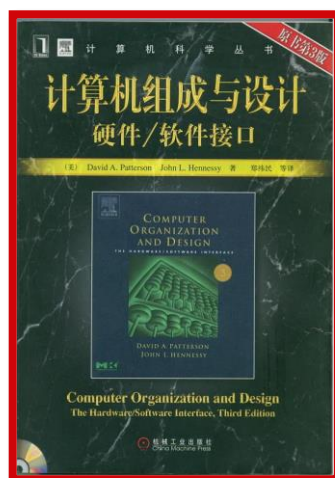


ISE: 集成软件环境 是Xilinx公司的硬件设计工具



参考书及参考资料

- ❖ Computer Organization & Design—The Hardware / Software Interface, 计算机组成与设计—硬件/软件接口（第3版），机械工业出版社，David A. Patterson & John L. Hennessy著
- ❖ Digital Design and Computer Architecture, 数字设计和计算机体系结构，机械工业出版社，David Money Harris & Sarah L. Harris著
- ❖ Verilog数字系统设计教程，北航出版社，夏宇闻著



课程学习资源

- 目前已经制作了较为完整的学习辅助材料，**尽早**学习
 - 在线测试系统
 - 工具集MOOC（Logisim、Mars、ISE）
 - 访问<http://mooc.buaa.edu.cn>，选择统一认证入口登录，注册课程《**M_G06B2830数字系统设计工具集**》访问相关页面中的工具学习
 - **EDA技术MOOC（Verilog语言的学习）10月份上线**
 - 其他相关教学文档和参考资料



数字系统设计工具集

REGISTER FOR M_G06B2830

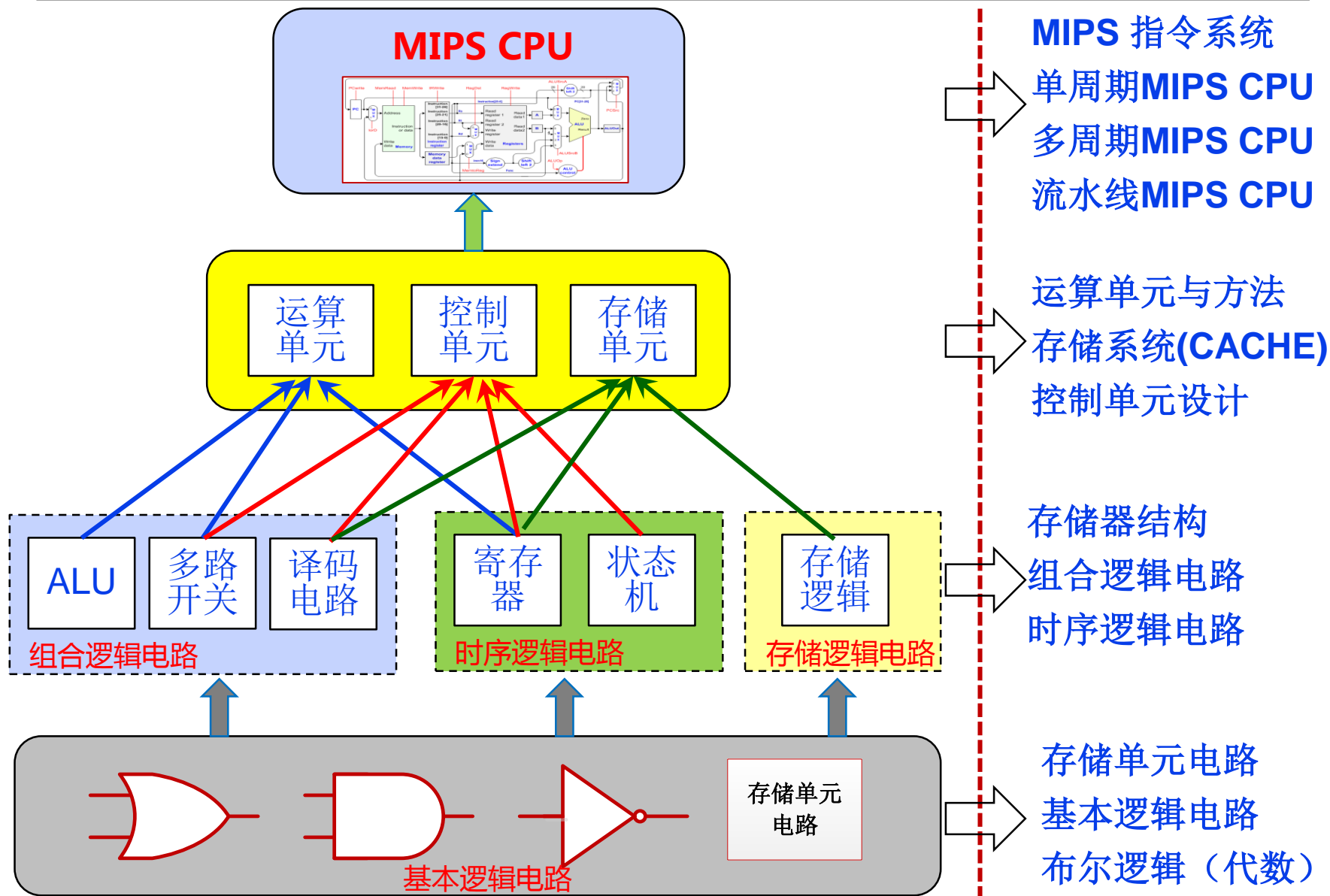
课程概况

课程简介

本课程是计算机专业的核心基础实验课之一，以数字系统设计为目标，讲授如何使用Logisim、Mars、ISE等数字系统设计工具，培养学生设计、开发和调试计算机系统的基本能力。本课程可辅助学生开发M_E06B2150计算机组成课程以MIPS处理器为核心的功能型计算机。

课程代码	M_G06B2830
课程开始	2015/09/08
课程结束	2016/02/29

课程教学内容视图



其他

❖ 成绩评定

- 平时成绩: **A**, 平时作业完成情况 (满分15分)
- 考试成绩: **B**, 课程期末考试卷面成绩 (满分100分)
- 实验成绩: **C**, 实验课程成绩 (满分100分)
- 总成绩 = $(B*85\%+A)*40\% + C*60\%$

❖ 课程站点: 2015年新的讲义

- 学校课程中心: <http://course.buaa.edu.cn/opencourse/>
- 站点名称: 计算机组成原理