

逻辑与计算机系统设计基础



秦磊华 计算机学院

联系方式:

Lhqin@hust.edu.cn

a_119@126.com

147634948 (qq)

----->

----->

----->

证明身份

简单

方便

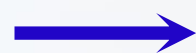
高
可
用

简约是复杂的最终形式。列奥纳多·达·芬奇

课程导学： 课程的性质

问题提出： 1.逻辑与计算机设计基础讲什么？ (What)
2.为什么要学习这么课程？ (Why)
3.如何学好这门课程？ (How)

逻辑与计算机设计基础

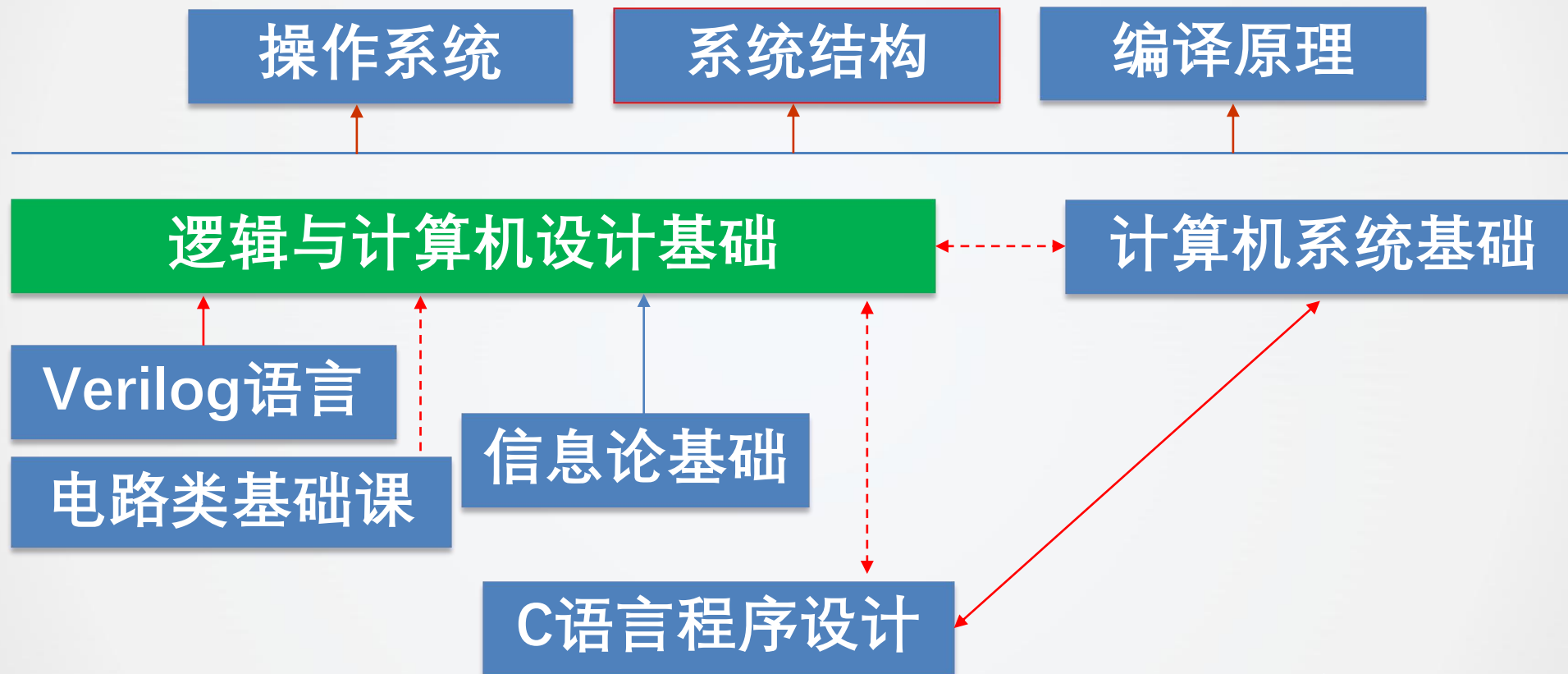


课程名解读

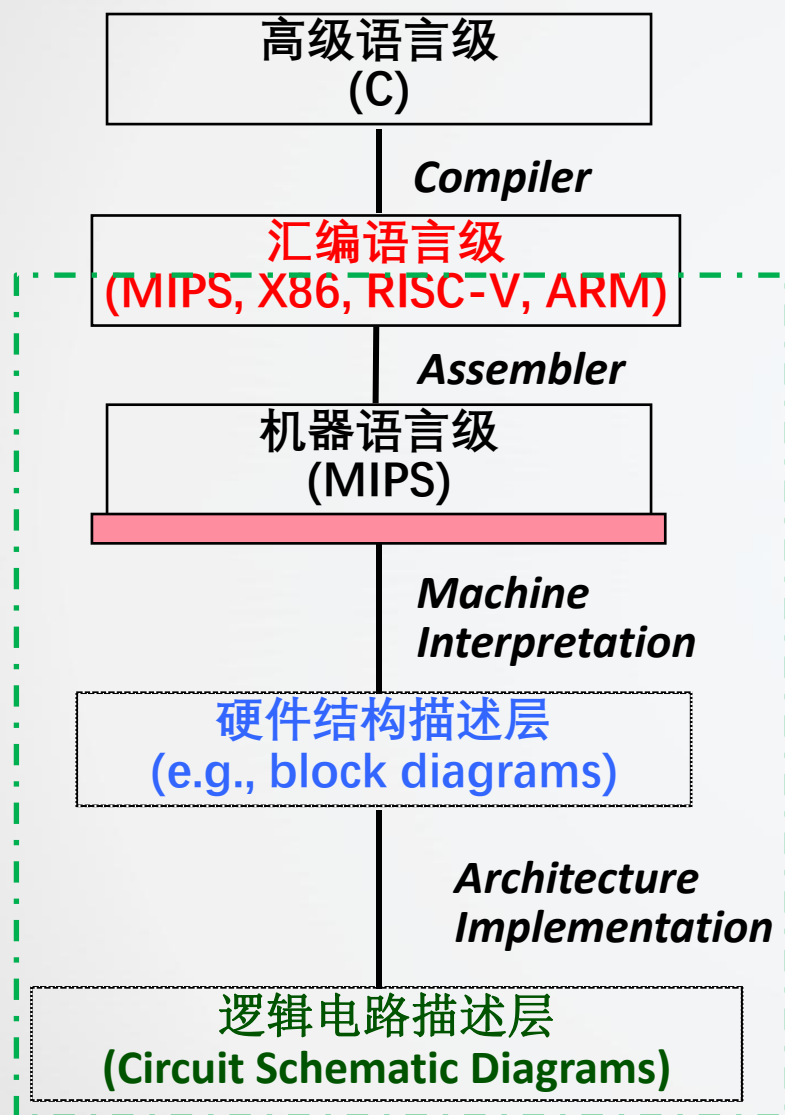
- ◆课程来源: 数字电路与逻辑设计(逻辑) + 计算机组成原理(系统);
- ◆课程类型: 硬件类课程;
- ◆课程核心: 现实问题 → 逻辑问题 → 设计数字系统来解决现实问题 ;



课程导学：课程间的关系



课程导学：从计算机系统层次结构

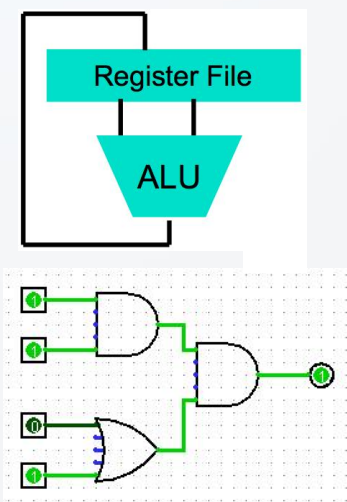


```
temp = v[k];  
v[k] = v[k+1];  
v[k+1] = temp;
```

```
lw    $t0, 0($2)  
lw    $t1, 4($2)  
sw    $t1, 0($2)  
sw    $t0, 4($2)
```

Anything can be represented
as a *number*,
i.e., data or instructions

```
0000 1001 1100 0110 1010 1111 0101 1000  
1010 1111 0101 1000 0000 1001 1100 0110  
1100 0110 1010 1111 0101 1000 0000 1001  
0101 1000 0000 1001 1100 0110 1010 1111
```



课程导学： 课程目标(理论)

目标1： 掌握数字逻辑的基本概念、基本原理和数字逻辑电路的基本工程知识，能用逻辑语言和工具表达逻辑电路；(1.1 工程知识– 表达)

目标2： 掌握逻辑电路的建模方法，具备一般数字逻辑电路的建模与分析求解能力；
(1.1 工程知识– 建模)

目标3： 深刻理解数据表示、寻址方式、指令格式设计、高速缓冲存储器工作原理，能利用上述知识和相关模型对计算机功能部件和计算机系统设计方案进行对比并选择合适的方案； (1.4 工程知识- 方案比较与分析)

目标4： 对影响硬件功能部件及硬件系统的关键影响因素进行分析，具备验证解决方案的合理性和对方案优化的能力；(2.1问题分析能力)

目标5： 掌握满足特定功能要求的逻辑电路、运算器、控制器、存储器等硬件功能件及计算机硬件系统的设计流程和设计方法，具备硬件系统的开发能力。(3.1设计开发解决方案)



课程导学： 课程目标(实践)

目标1 根据设计要求，设计满足特定要求的可行性方案，在设计中体现创新意识；(3.2)

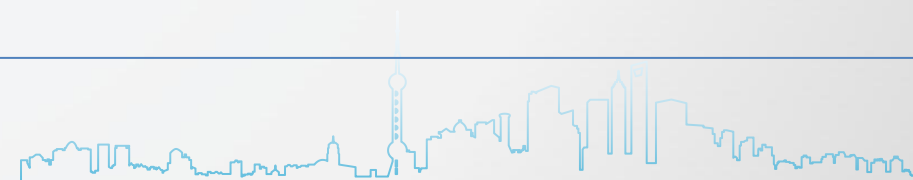
目标2 根据设计方案研究技术路线、制定实验方案、搭建硬件和仿真平台，正确实施实验、采集实验数据；(4.2)

目标3 分析实验数据、解释实验中出现的特殊现象，并通过数据分析和现象解释定位并解决实践过程中遇到的问题或对系统设计进行优化；(4.3)

目标4 熟悉硬件设计主流工具(Logisim、EDA软件、FPGA开发平台等)的功能、特点及使用方法，掌握基于主流设计工具设计控制器和简单计算机系统的流程和方法，能分析不同工具的局限性；(5.2)

目标5 根据设计任务组建团队，成员分工明确、合理。能理解多学科背景下的团队中各角色的定位与责任，能够胜任个人承担的角色任务，并能与团队其他成员有效沟通，保持团队的高效运行；(9.2)

目标6 通过实验检查和验收过程中的问答、撰写实验报告等活动，培养学生与专业有关的沟通与表达能力。(10.1)



课程导学：为什么要学

1. 生活中数字系统无处不在！



2. 我将来只从事软件设计，还需要学习硬件吗？

■ 计算机硬件是载体，软件是灵魂

- **互相依存**：计算机系统必须配备完善的软件系统，软件应充分发挥硬件的功能
- **逻辑等效性**：某些功能既可由硬件实现，也可由软件来实现
- **协同发展**：软件随硬件技术迅速发展而发展，软件不断发展又促进硬件更新

培养懂硬件的软件工程师和懂软件的硬件工程师

系统工程师



课程导学：为什么要学

软硬协同，提供解决问题的新途径

- ◆ 硬件解决方案性能通常更优，未来应用将非常广泛；



(1)数据库硬件加速引擎技术研究_陈渭杰

(2)深度学习算法的FPGA硬件加速研究与实现_黄圳

(3)基于硬件加速算法的人脸识别系统软硬件协同设计与实现_张博维

课程导学：为什么要学

3.国家信息产业自主可控的需求- 国家安全！（本专业的使命！）



鲲鹏处理器



昇腾AI处理器



其他CPU和智能硬件

1.构造观+系统观+工程观+安全观的学习视角和学习方法

- ◆**构造观**: 如何设计功能部件？ 如何设计系统？ 如何设计CPU？
- ◆**系统观**: 强调硬件结构对软件执行正确性及性能的影响.
- ◆**工程观**: 训练考虑工程制约因素,选择恰当技术、优化工程意识.
- ◆**安全观**: 强调评估和改系统的安全性.



系统观应用示例

```
#include "stdio.h"
#include "conio.h"

main()
{
    int z=-1;
    int x = 65534 ;
    int y = 60000;
    printf("\n");
    printf(" z = %x" ,z);
    printf("\n");
    z = x + y;
    printf(" x + y = %d" ,z);
    getch();
}
```



```
z = ffff
x + y = -5538
```

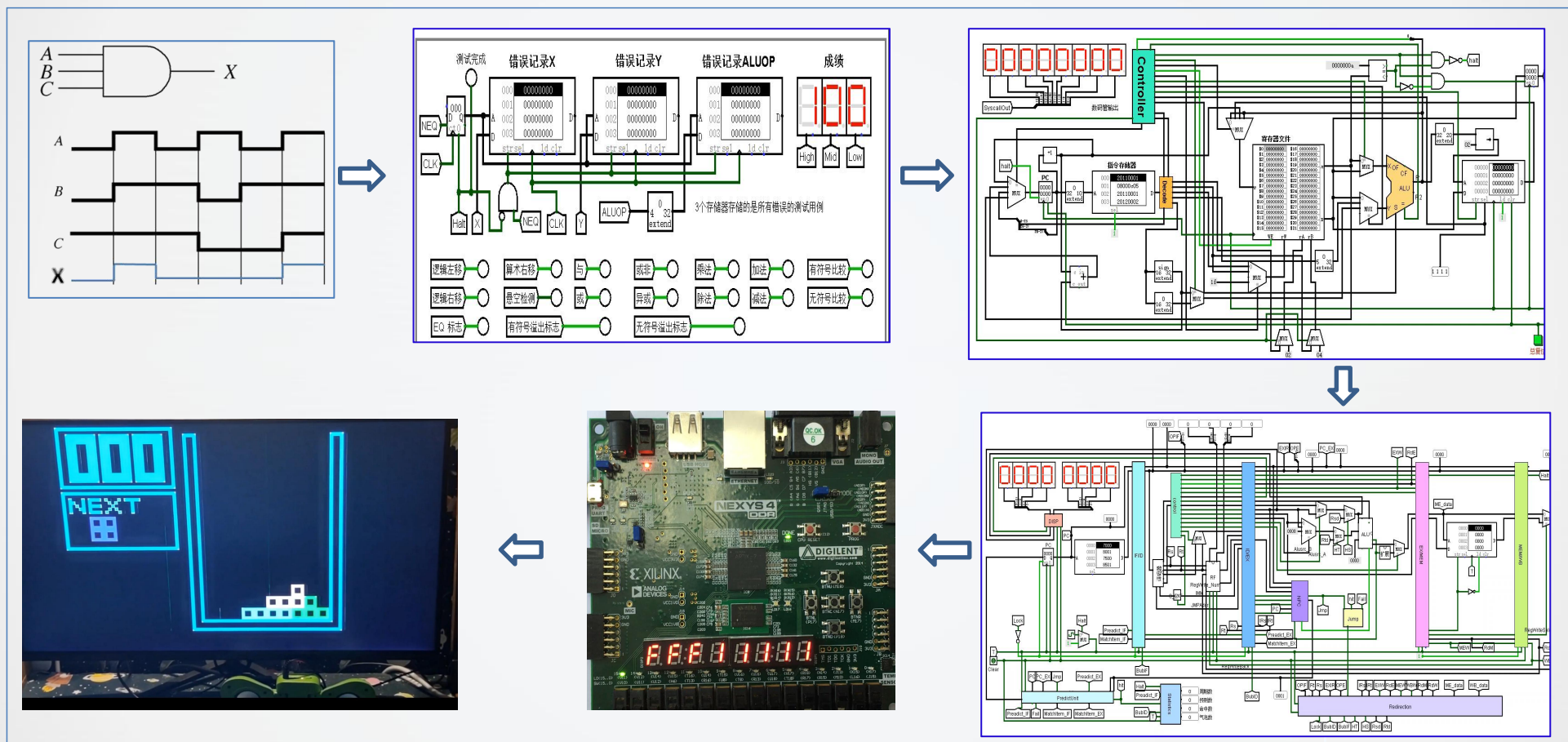


2.勤动手(做中学)： 构造观+系统观+工程观层面的做

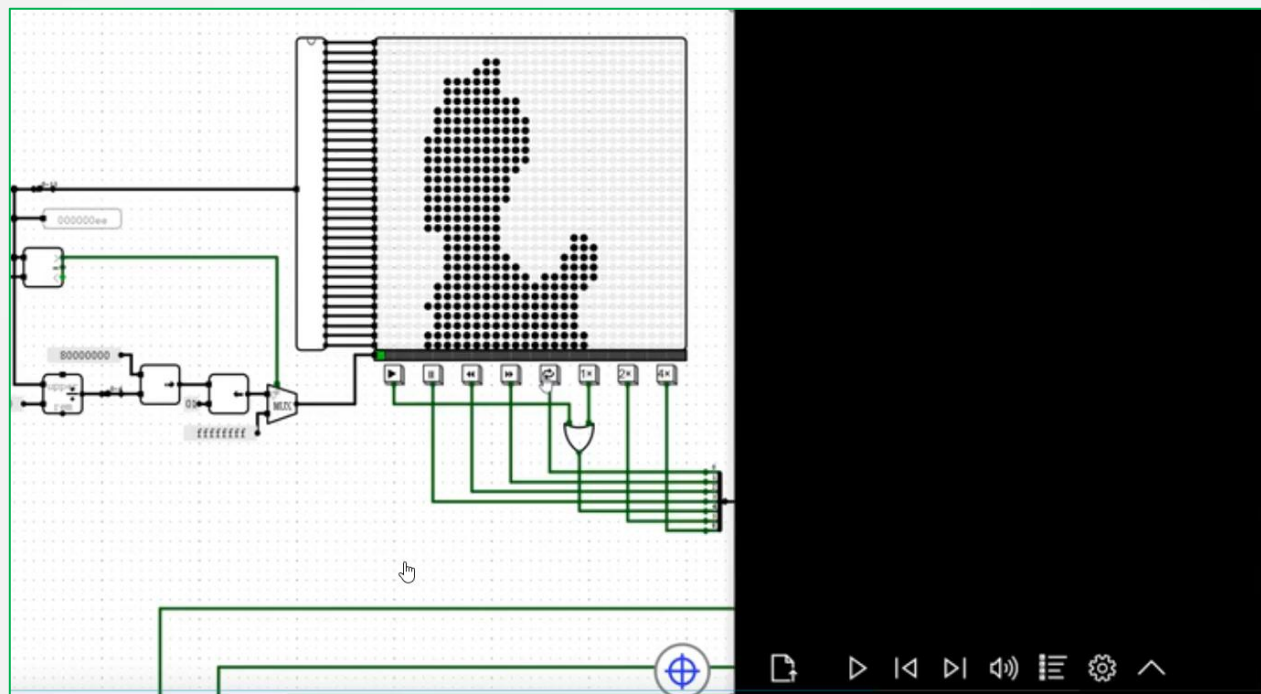
- ◆ Vivado + FPGA 开发版； 或者 Logisim
- ◆ **构造观**: 实现组合逻辑、时序电路、校验电路、运算器、控制器等；
- ◆ **系统观**: 重点研究硬件体系结构对程序设计的影响(包括性能调优、正确性保证)等； 研究硬件功能如何实现系统安全？
- ◆ **工程观**: 目前条件下能否实现？ 消耗多少资源？ 怎么简单实现？



课程导学：学得如何？



课程导学：学得如何？



课程导学：教材 + 教学安排

教学时数：授课64学时+8(线上)，实验32学时

教材：逻辑与计算机设计基础

加州大学洛杉矶分校 威斯康星大学麦迪逊分校

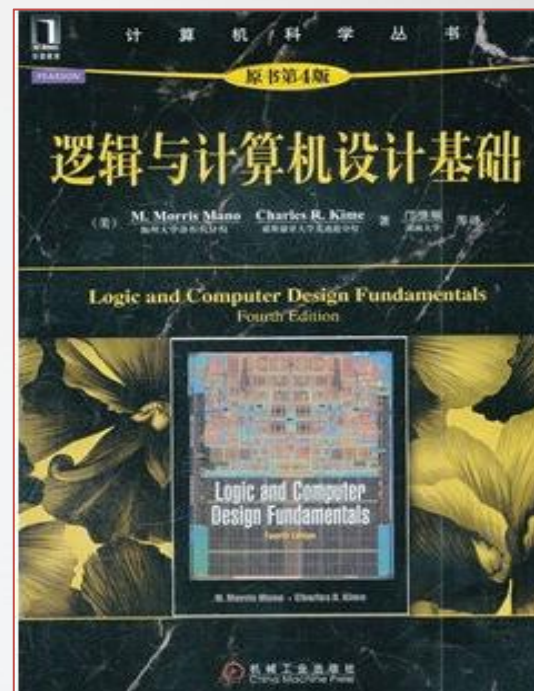
参考书：数字逻辑

计算机组成原理

http://www.icourses.cn/coursestatic/course_5831.html (数字逻辑 MOOC)

<https://www.icourse163.org/course/HUST-1003159001> (组成原理 mooc)

<https://www.icourse163.org/course/HUST-1205809816> (计算机硬件系统设计)



课程考试：70%

课后作业：20%

课堂作业：10% (微助教+现场完成)

对分课堂：讲 + 随堂练习和研讨

课程导学：教材 + 教学安排

- 第一章：数字系统与信息（4学时）
- 第二章：组合逻辑电路（6学时）
- 第三章：组合逻辑电路设计（6学时）
- 第四章：算术功能模块（4学时）
- 第五章：时序电路（8学时）
- 第六章：选择的设计主题（2学时）
- 第七章：寄存器与寄存器传输（8学时）
- 第八章：存储器基础（2学时）
- 第九章：计算机设计基础（10学时）
- 第十章：指令集结构（5学时）
- 第十一章：RISC与CISC（1学时）
- 第十二章：输入/输出与通信（3学时）
- 第十三章：存储系统（5学时）

第一章 数字系统与信息

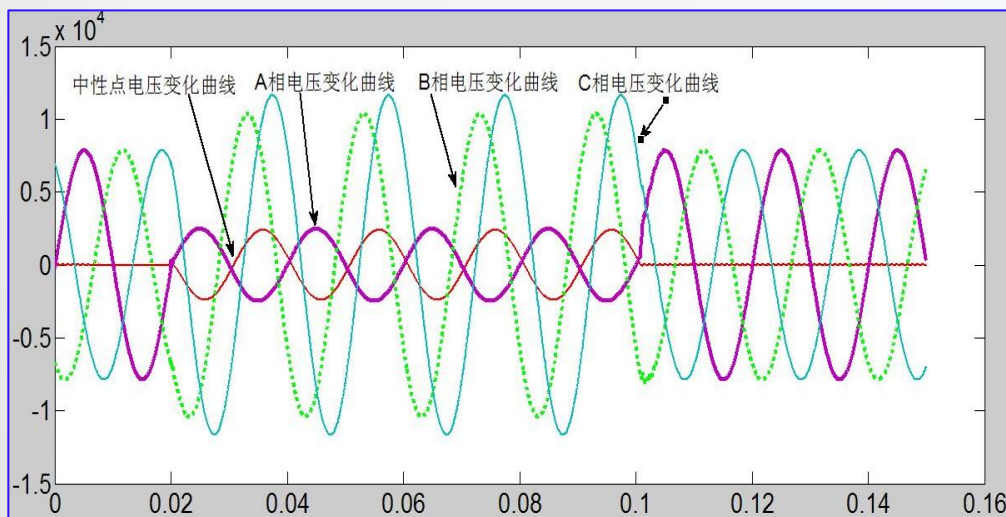
1.1 信息表示

问题提出：

- 1.自然界中的信息有何特点？
- 2.数字计算机有何特点？
- 3.自然界的信息与计算机中的信息如何转换？



1.1 信息表示



模拟计算机

用电流、电压等连续变化的物理量
进行处理、传输、存储

Analog/Digital

A/D

数字计算机

用bit直接进行运算?

1.2 数制及其转换(站在计算机设计的角度思考)

问题提出：

1. 计算机中为什么采用二进制？
2. 为什么还同时采用其它进制？
3. 不同进制间如何转换？如何优化转换？

1.2 数制及其转换(站在计算机实现的角度思考)

1. 十进制及其特点

- ◆ 0、1、…、9 共十个基本数字符号;
- ◆ 进位规律: “逢十进一”;
- ◆ 基(数): 10 (计数制中所用到的数字符号的个数);
- ◆ (位)权: 不同数位上的数值大小, 表示为 10^i ($-m \leq i \leq n-1$)

$$\begin{array}{ccc} & 606 & \\ & \swarrow \quad \downarrow \quad \searrow & \\ 6 \times 10^2 & 0 \times 10^1 & 6 \times 10^0 \end{array}$$



思考: 表示简单吗? 识别简单吗? 运算简单吗?

1.2 数制及其转换(站在计算机设计的角度思考)

2. 二进制及其特点



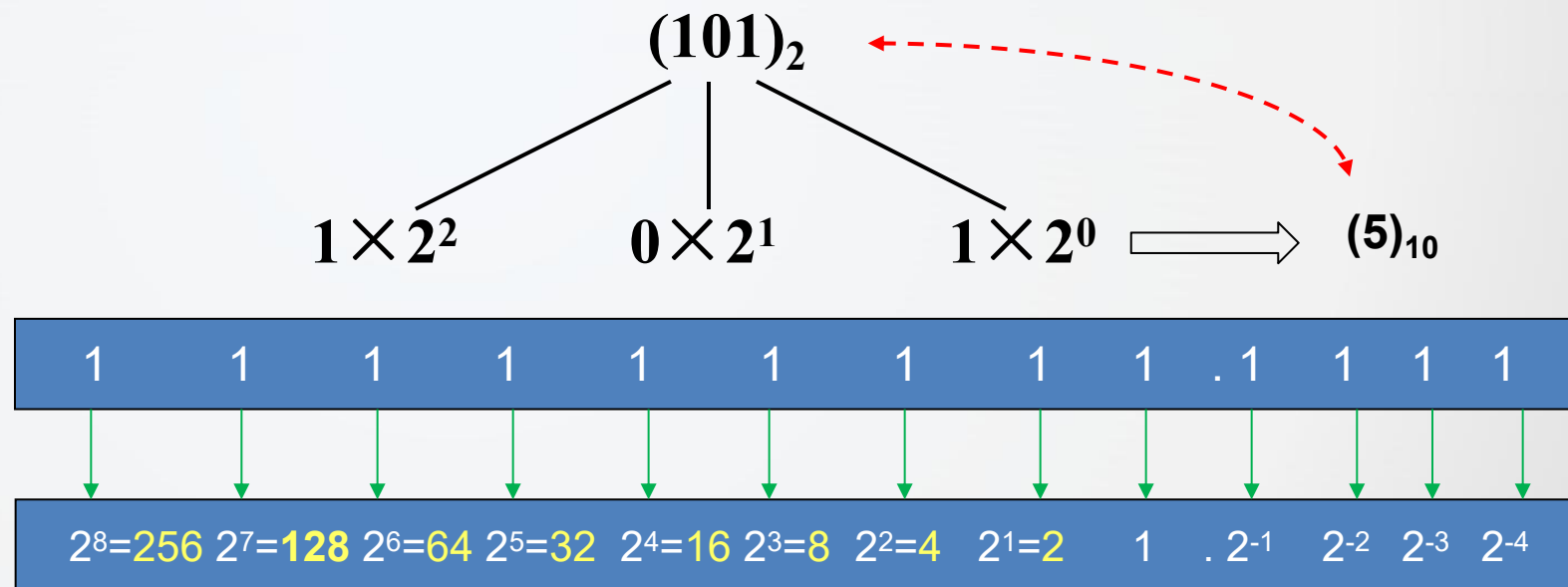
思考:

表示简单吗?

识别简单吗?

运算简单吗?

- 0、1二个基本数字符号;
- 进位规律: “逢二进一”;
- 基(数): 2 ;
- (位)权: 2^i ($-m \leq i \leq n-1$)



1.2 数制及其转换(站在计算机设计的角度思考)

二进制

数集: 0 1

运算: $0+0=0$ $0+1=1$
 $1+0=1$ $1+1=0$ (加法)
 $0-0=0$ $1-0=1$
 $1-1=0$ $0-1=1$ (减法)
 $0\times 0=0$ $0\times 1=0$
 $1\times 0=0$ $1\times 1=1$ (乘法)
 $0\div 1=0$ $1\div 1=1$ (除法)

二进制的优点(相对十进制) ✦

- 表示简单、物理实现容易;
- 运算规则简单(运算实现简单吗?);
- 存储容易;

十进制

数集: 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9

$1\times 1=1$
 $1\times 2=2$ $2\times 2=4$
 $1\times 3=3$ $2\times 3=6$ $3\times 3=9$
 $1\times 4=4$ $2\times 4=8$ $3\times 4=12$ $4\times 4=16$
 $1\times 5=5$ $2\times 5=10$ $3\times 5=15$ $4\times 5=20$ $5\times 5=25$
 $1\times 6=6$ $2\times 6=12$ $3\times 6=18$ $4\times 6=24$ $5\times 6=30$ $6\times 6=36$
 $1\times 7=7$ $2\times 7=14$ $3\times 7=21$ $4\times 7=28$ $5\times 7=35$ $6\times 7=42$ $7\times 7=49$
 $1\times 8=8$ $2\times 8=16$ $3\times 8=24$ $4\times 8=32$ $5\times 8=40$ $6\times 8=48$ $7\times 8=56$ $8\times 8=64$
 $1\times 9=9$ $2\times 9=18$ $3\times 9=27$ $4\times 9=36$ $5\times 9=45$ $6\times 9=54$ $7\times 9=63$ $8\times 9=72$ $9\times 9=81$

$1\div 1=1$ $2\div 2=1$ $3\div 3=1$ $4\div 4=1$ $5\div 5=1$ $6\div 6=1$ $7\div 7=1$ $8\div 8=1$ $9\div 9=1$
 $2\div 1=2$ $4\div 2=2$ $6\div 3=2$ $8\div 4=2$
 $3\div 1=3$ $6\div 2=3$ $9\div 3=3$
 $4\div 1=4$ $8\div 2=4$
 $5\div 1=5$
 $6\div 1=6$
 $7\div 1=7$
 $8\div 1=8$
 $9\div 1=9$

十进制数加法与减法
运算方法略!

1.2 数制及其转换(站在计算机设计的角度思考)

3. 二进制与十进制数之间的转换

问题:为什么要实现二进制与十进制之间的转换? 人文情怀

1) 二进制数转十进制数: 多项式表达法 (按权展开法)

将二进制数按权展开并按十进制运算法则计算

$$\begin{aligned}(10110.101)_2 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 16 + 4 + 2 + 0.5 + 0.125 \\ &= (22.625)_{10}\end{aligned}$$

1.2 数制及其转换(站在计算机设计的角度思考)

2) 十进制数转二进制数

整数转换——采用“除2取余”方法

小数转换——采用“乘2取整”方法

$$(35)_{10} = (?)_2$$

2	3	5		余数	
2	1	7	.....	1	(K ₀)
2		8	.....	1	(K ₁)
2		4	.....	0	(K ₂)
2		2	.....	0	(K ₃)
2	1		.....	0	(K ₄)
	0		.....	1	(K ₅)

低位 ↑ 高位

$$\text{即 } (35)_{10} = (100011)_2$$

$$(35)_{10} = 32 + 2 + 1 = (100011)_2$$

1.2 数制及其转换(站在计算机设计的角度思考)

小数转换—— 采用“乘2取整”的方法。

$$(0.6875)_{10} = (?)_2$$

	整数部分	×	0.6 8 7 5 2
高位	1(K ₋₁)	×	1.3 7 5 0
		×	2
	0(K ₋₂)	×	0.7 5 0 0
		×	2
	1(K ₋₃)	×	1.5 0 0 0
		×	2
低位	1(K ₋₄)……		1.0 0 0 0

即: $(0.6875)_{10} = (0.1011)_2$

■ $(0.6877)_{10} = (?)_2$

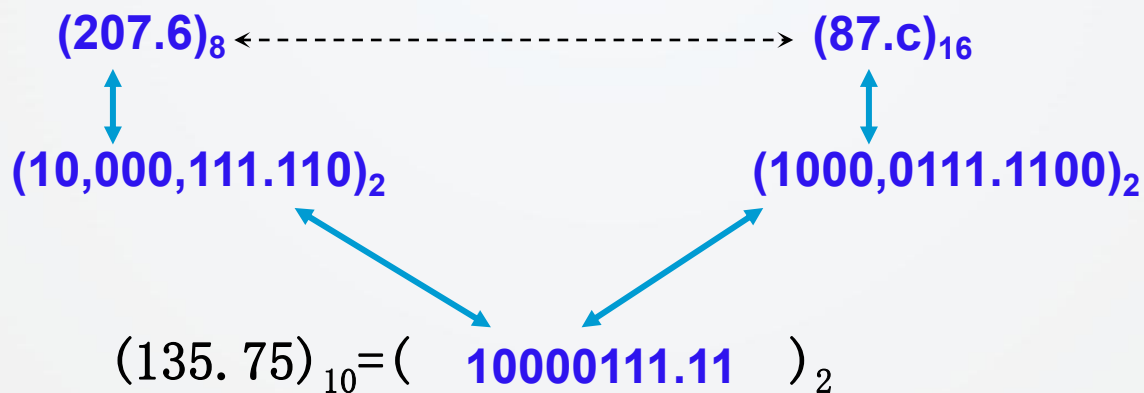
■ 会出现什么问题?

1.2 数制及其转换(站在计算机设计的角度思考)

4. 八进制、十六进制及与二进制的转换

- 0、1、…、7共8个基本数字符号;
- 进位规律: “逢八进一”;
- 基(数): 8 ;
- (位)权: 8^i ($-m \leq i \leq n-1$)
- 用三位二进制表示一位8进制

- 0、1、…、9、A、B、C、D、E、F共16个基本数字符号;
- 进位规律: “逢十六进一”;
- 基(数): 16 ;
- (位)权: 16^i ($-m \leq i \leq n-1$)
- 用四位二进制表示一位十六进制



1.2 数制及其转换(站在计算机设计的角度思考)

5. 十六进制与十进制的转换

1.方法一: 十六进制 \longleftrightarrow 二进制 \longleftrightarrow 十进制

$$(35.9)_{16} = (110101.1001)_2 = 2^5 + 2^4 + 2^2 + 2^0 + 0.5 + 0.0625 \\ = (53.5625)_{10}$$

2.方法二:

1)十六进制转十进制:多项式替代法 --- 按权展开;

$$(35.9)_{16} = 3 \times 16^1 + 5 \times 16^0 + 9 \times 16^{-1} = (53.5625)_{10}$$

2)十进制转十六进制:

- 整数转换——采用“除16取余”的方法;
- 小数转换——采用“乘16取整”的方法。

第一部分 完