

# 模型机设计概述

2023. 3



哈尔滨工程大学计算机实验教学中心

# 模型机设计课程简介

课程名称：模型机设计

大纲版本：2019版

课程性质：专业选修课程

课程类别：实践教学环节

课内学时：32,实验32学时

课外学时：32学时

面向专业：计算机，软件工程，信息安全

开设学期：6

先修课程：计算机组成原理、计算机硬件综合课程设计

# 我国CPU发展历程

——课程思政的基本要素或案例

- 2002年，中国科学院计算所研发龙芯1号处理器芯片
- 2015年，中国发射首枚使用龙芯北斗卫星，国产化率95%
- 2019年，龙芯芯片出货量达到50万颗以上





# 实验目的和任务

## 基础理论

- 数字逻辑原理
- 计算机组成原理

## 实践训练

- 数字电路设计
- 模型机设计

## 培养能力

- 掌握计算机组成基础理论
- 掌握基本的硬件设计方法

- 掌握FPGA设计开发方法
- 掌握FPGA实验台使用方法

- 完成复杂模型机指令集设计
- 完成复杂模型机微程序设计
- 完成复杂模型机仿真与测试

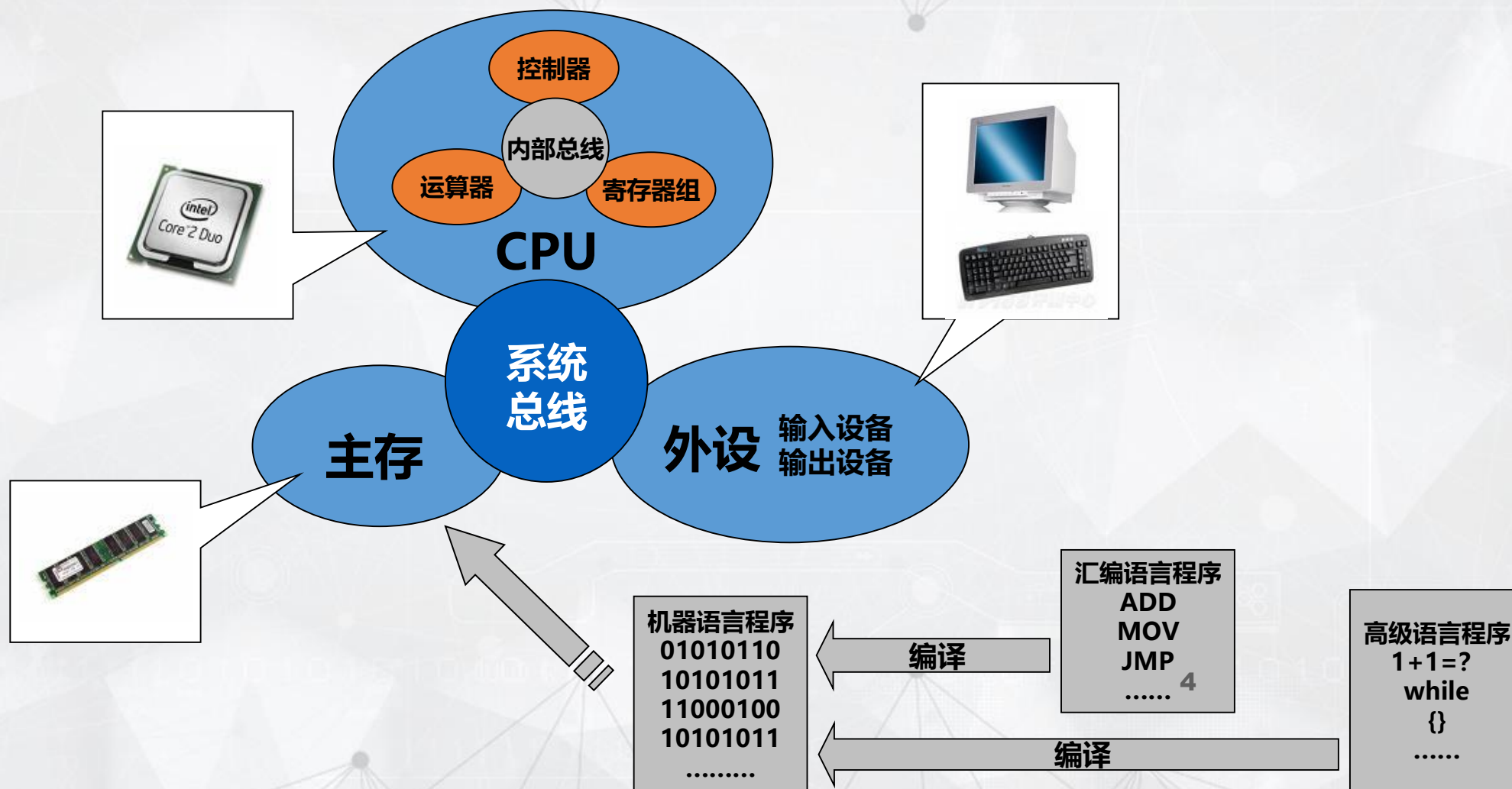
- 提高计算机硬件系统设计分析能力和FPGA开发技能
- 掌握模型机基本工作原理和模型机扩展设计方法

# 模型机设计——实验内容

做什么？



# 模型机设计内容



# 模型机设计实验内容安排

	实验内容	要求	学时
1	带移位功能模型机电路设计	双向移位寄存器 9条指令	4
2	带移位功能模型机波形仿真 与实验台测试	自主编写测试程序 9条指令	8
3	16条指令复杂模型机电路设计 与仿真	16条指令 自定义指令 自主编写测试程序	20

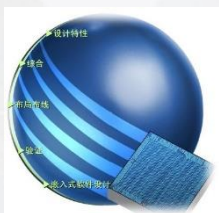
# 模型机设计——实验手段



用什么做?



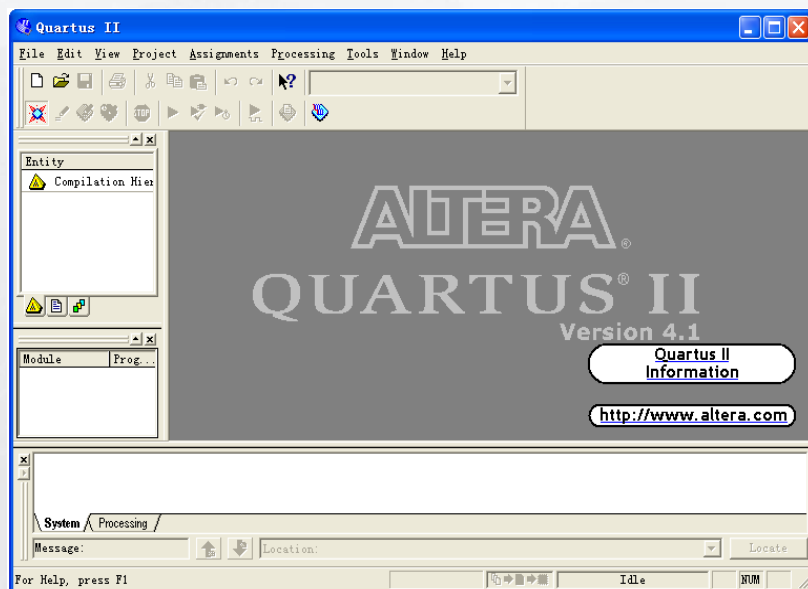
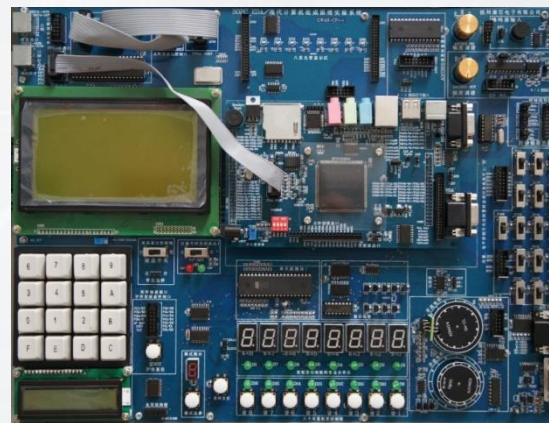
# QuartusII软件+FPGA实验台



VHDL编程  
原理图



FPGA实验台

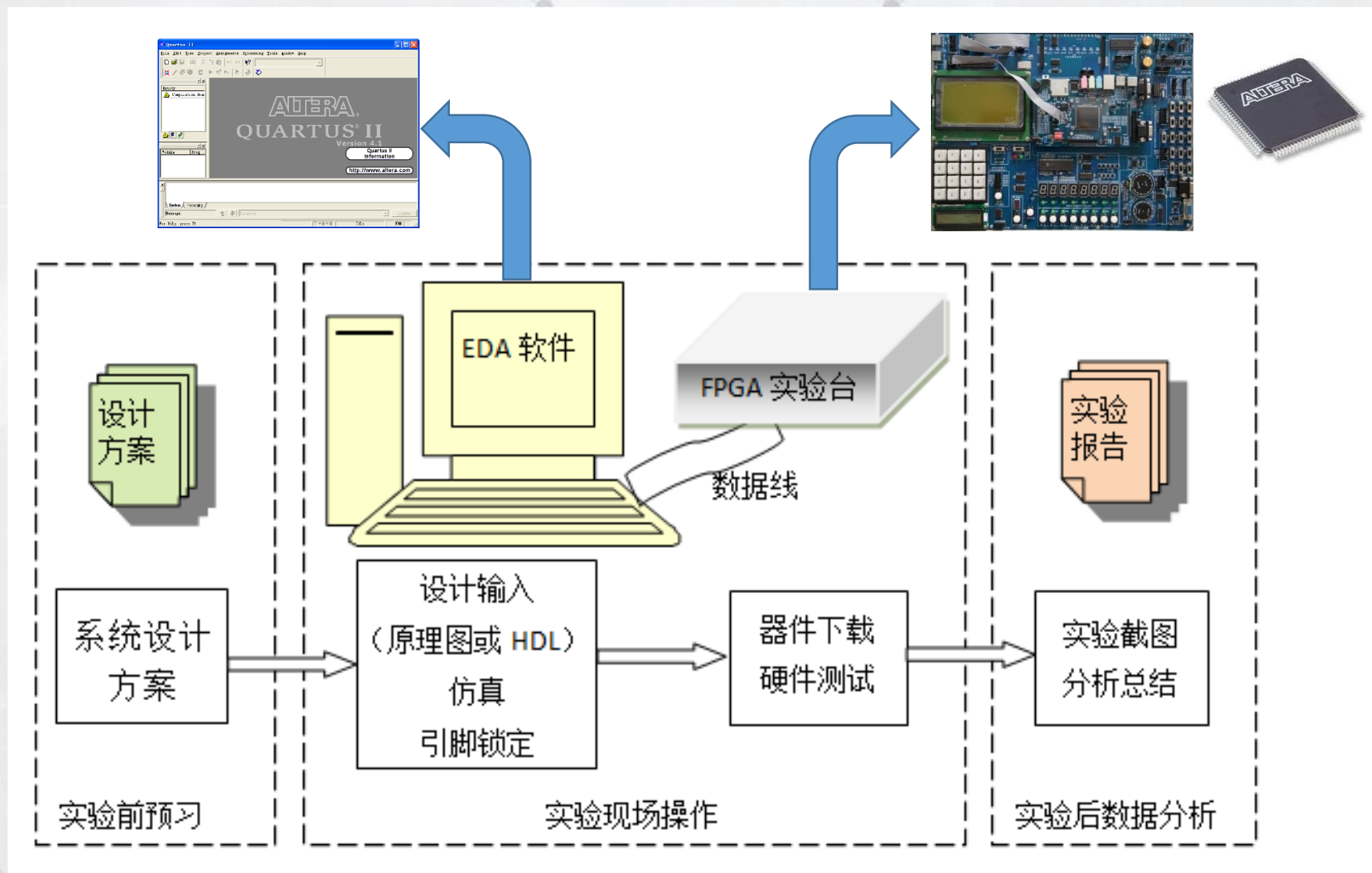


FPGA芯片  
可编程技术

# 实验教材+网络教学资源



# 基于FPGA的实验流程



# 模型机设计——实验原理与步骤

怎样做？





# 实验内容一：带移位功能模型机电路设计

- 1.熟悉FPGA的基本原理、开发环境、设计流程及FPGA实验台的使用方法；
- 2.使用原理图设计输入方法与硬件描述语言设计输入方法设计实现双向移位寄存器电路。
- 3.掌握带移位功能模型机9条指令功能、数据通路、微程序流程和微代码表。
- 4.在基本模型机电路基础上，增加双向移位寄存器，扩展微控制器编码/译码电路，实现双向移位寄存器读总线和写总线控制。完成电路设计和编译。

完成电路：双向移位寄存器、控制器电路编码器和译码器、总线多路选择开关、带移位模型机电路（9条指令）。

## 实验内容二：带移位功能模型机波形仿真与实验台测试

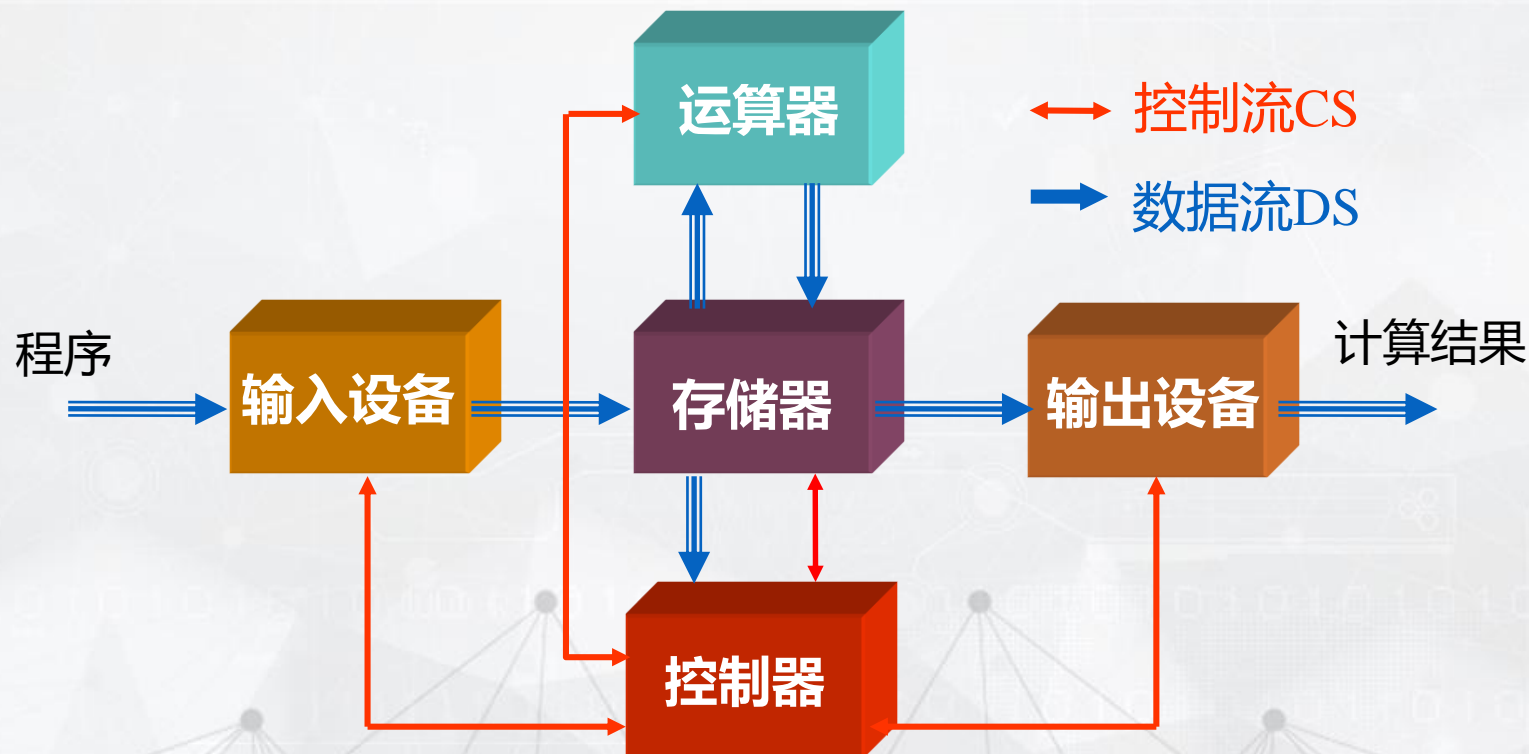
- 1.编写9条指令的微程序，将微代码表作为控制存储器初始化数据。完成电路编译。
- 2.利用模型机的指令集（9条），编写具有运算、控制等功能的应用程序，在模型机系统上运行和调试。
- 3.完成EDA软件仿真、实验台下载测试与演示。

# 实验内容三：16条指令复杂模型机电路设计与仿真

- 1.对模型机系统功能进行扩展，丰富指令集，优化完善硬件电路和仿真方案。
- 2.设计16条指令模型机指令集，支持多种寻址方式。设计数据通路、微程序流程、编写微代码表。
- 3.编写测试程序，在复杂模型机系统上运行和调试。完成EDA软件仿真和实验台测试。

# 基本模型机体系结构

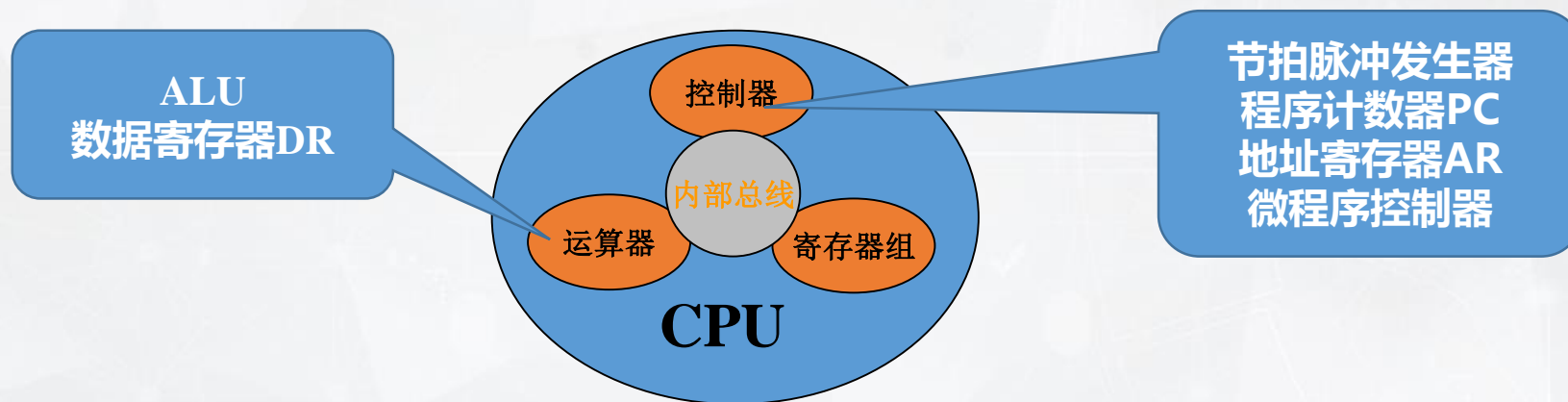
基本模型机采用冯诺依曼体系结构，可划分为5个主要模块：运算器，控制器，存储器，输入设备和输出设备。



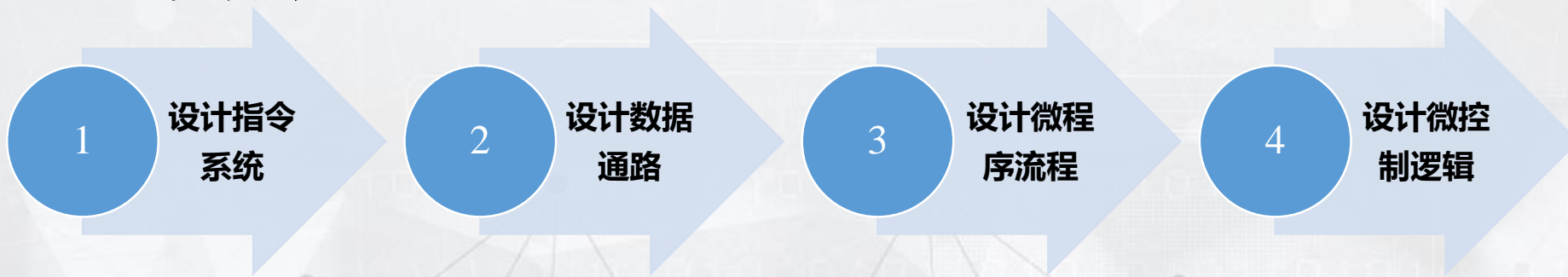


# 基本模型机CPU构成与设计流程

## CPU构成



## CPU设计流程



# 基本模型机机器指令设计

采用五条机器指令：IN（输入）、ADD（二进制加法）、STA（存数）、OUT（输出）、JMP（无条件转移），其中IN指令为单字长（8位）指令，其余为双字长指令，XXXX XXXX 为addr对应的二进制地址码。

助记符	机器指令	说明
IN	00000000	“Input Device” →R0
ADD Addr	00010000 XXXXXXXXX	R0+[Addr]→R0
STA Addr	00100000 XXXXXXXXX	R0→[Addr]
OUT Addr	00110000 XXXXXXXXX	[Addr]→ “Output Device”
JMP Addr	01000000 XXXXXXXXX	Addr→PC

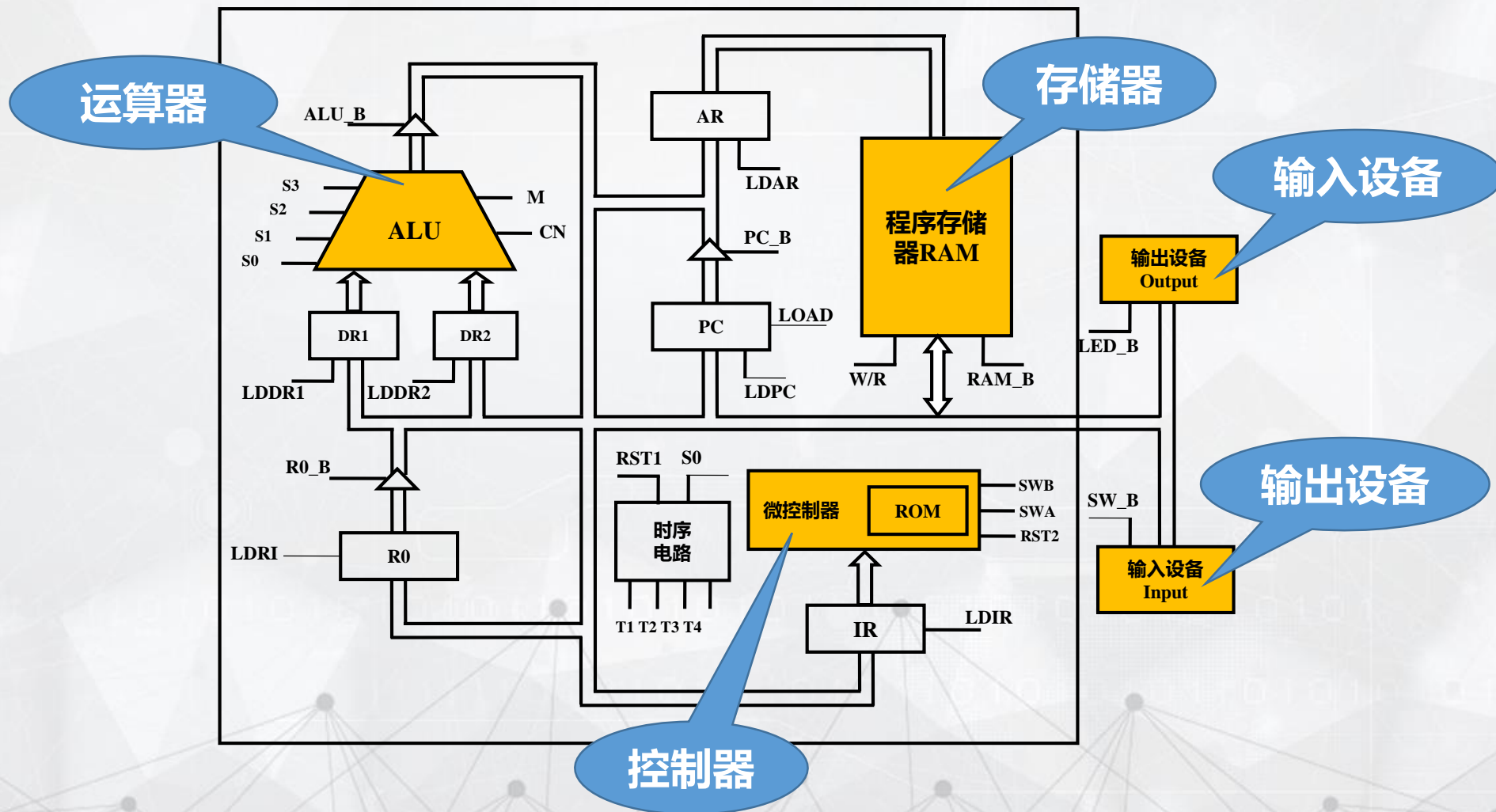
# 基本模型机控制台命令设计

为了向主存中装入程序和数据，检查写入是否正确，并能启动程序执行，还必须设计三个控制台命令。

- (1) 存储器读操作 (KRD)
- (2) 存储器写操作 (KWE)
- (3) 启动程序 (RP)

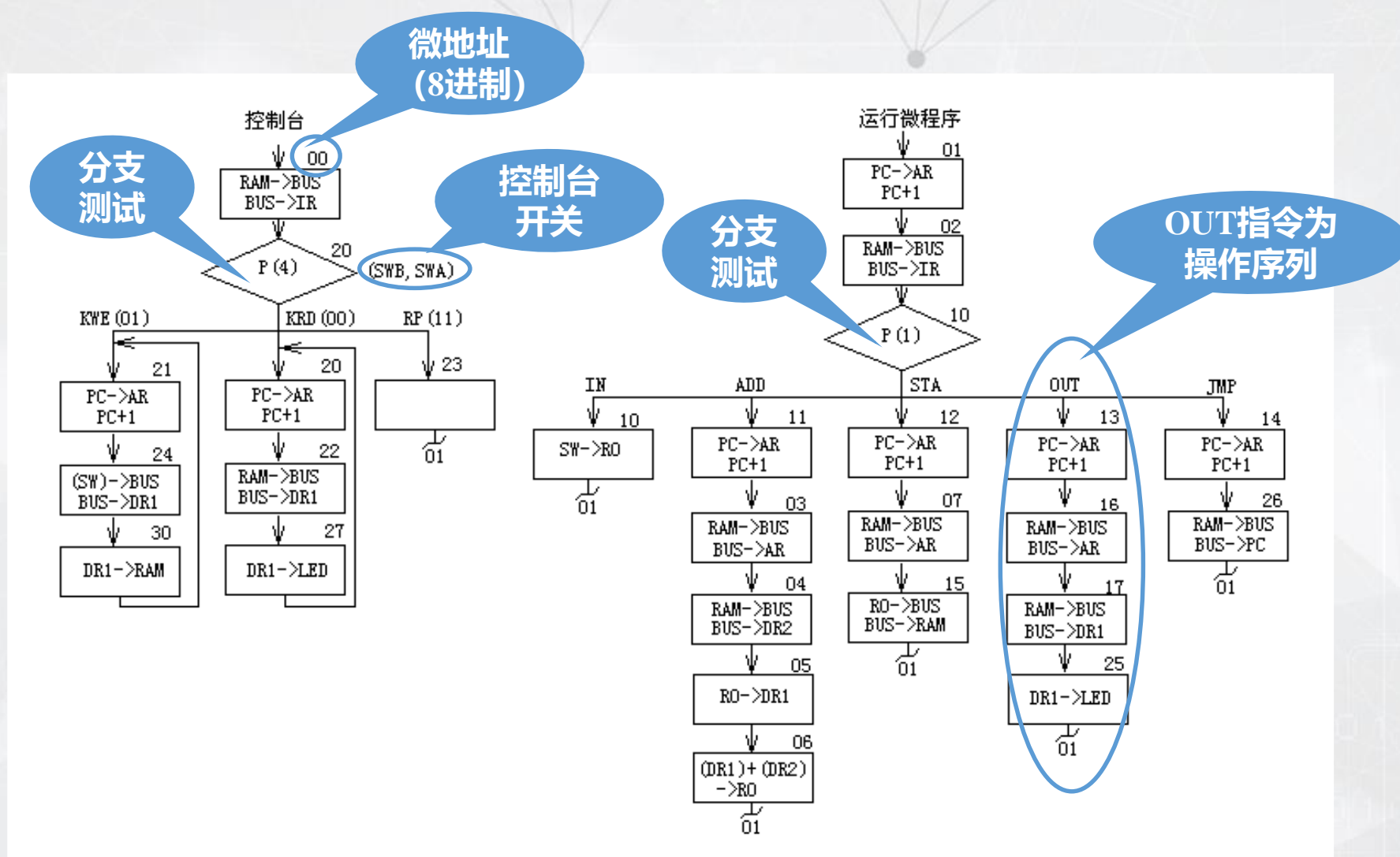
SWB	SWA	控制台命令
0	0	读内存 (KRD)
0	1	写内存 (KWE)
1	1	启动程序 (RP)

# 基本模型机数据通路





# 基本模型微程序流程



# 基本模型机微代码定义

## 微命令编码格式定义

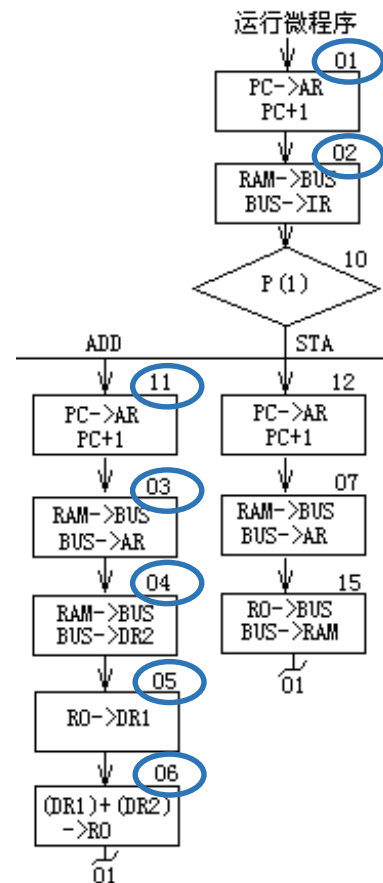
24	23	22	21	20	19	18	17	16	15 14 13	12 11 10	9 8 7	6	5	4	3	2	1
S3	S2	S1	S0	M	Cn	WE	A9	A8	A	B	C	UA5	UA4	UA3	UA2	UA1	UA0

## 微命令控制信号的功能

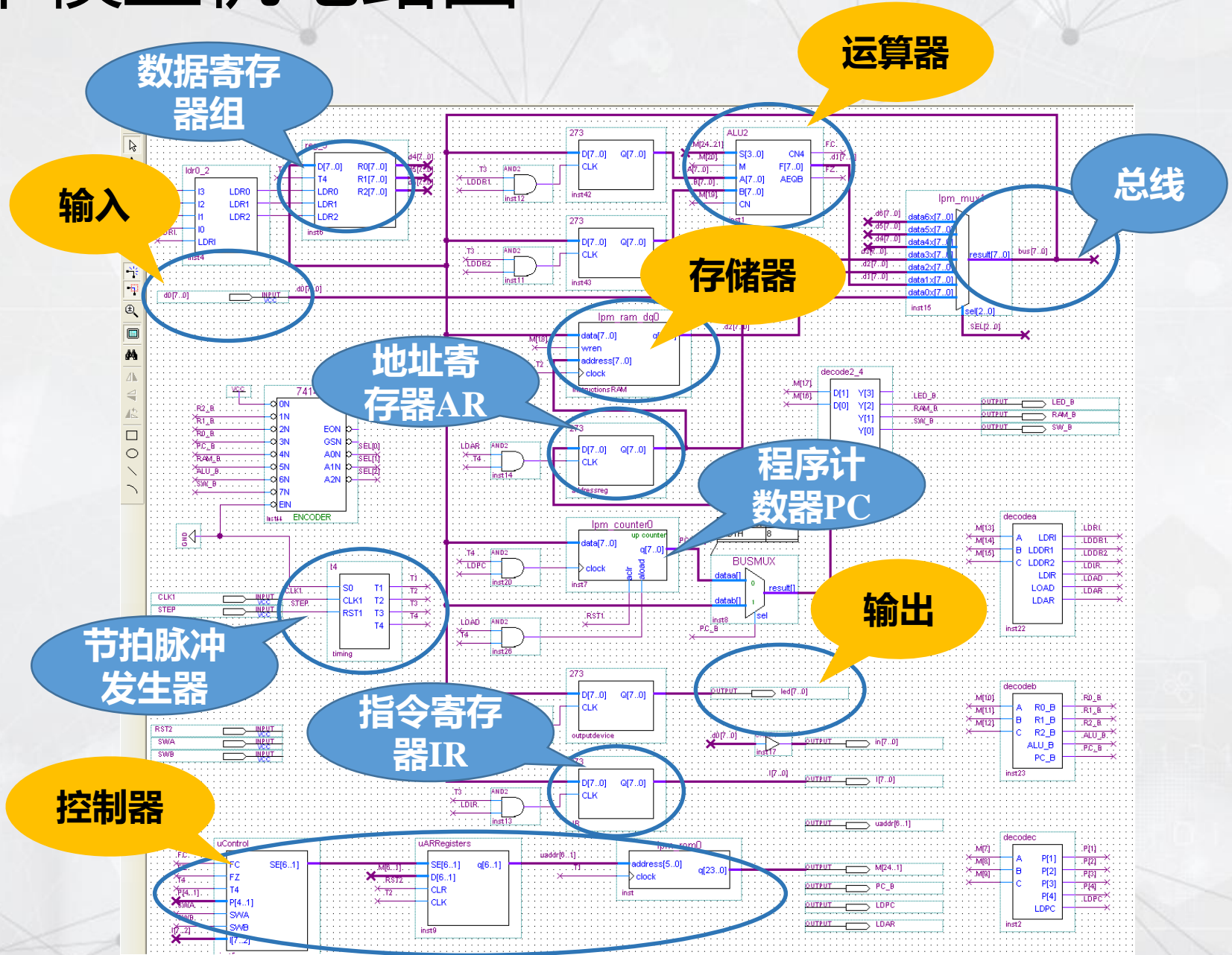
A9、A8字段			A字段				B字段				C字段			
17	16	选择	15	14	13	选择	12	11	10	选择	9	8	7	选择
0	0	SW_B	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
0	1	RAM_B	0	0	1	LDRI	0	0	1	R0_B	0	0	1	P (1)
1	0	LED_B	0	1	0	LDDR1	0	1	0	R1_B	0	1	0	P (2)
1	1		0	1	1	LDDR2	0	1	1	R2_B	0	1	1	P (3)
			1	0	0	LDIR	1	0	0		1	0	0	P (4)
			1	0	1	LOAD	1	0	1	ALU_B	1	0	1	
			1	1	0	LDAR	1	1	0	PC_B	1	1	0	LDPC
			1	1	1		1	1	1		1	1	1	

# 基本模型机微代码表

微地址 (8 进制)	S3 S2 S1 S0	M Cn WE A9 A8	A	B	C	UA5—UA0
0 0	0 0 0 0	0 0 0 1 1	000	000	100	0 1 0 0 0 0
0 1	0 0 0 0	0 0 0 1 1	110	110	110	0 0 0 0 1 0
0 2	0 0 0 0	0 0 0 0 1	100	000	001	0 0 1 0 0 0
0 3	0 0 0 0	0 0 0 0 1	110	000	000	0 0 0 1 0 0
0 4	0 0 0 0	0 0 0 0 1	011	000	000	0 0 0 1 0 1
0 5	0 0 0 0	0 0 0 1 1	010	001	000	0 0 0 1 1 0
0 6	1 0 0 1	0 1 0 1 1	001	101	000	0 0 0 0 0 1
0 7	0 0 0 0	0 0 0 0 1	110	000	000	0 0 1 1 0 1
1 0	0 0 0 0	0 0 0 0 0	001	000	000	0 0 0 0 0 1
1 1	0 0 0 0	0 0 0 1 1	110	110	110	0 0 0 0 1 1
1 2	0 0 0 0	0 0 0 1 1	110	110	110	0 0 0 1 1 1
1 3	0 0 0 0	0 0 0 1 1	110	110	110	0 0 1 1 1 0
1 4	0 0 0 0	0 0 0 1 1	110	110	110	0 1 0 1 1 0
1 5	0 0 0 0	0 0 1 1 1	000	001	000	0 0 0 0 0 1
1 6	0 0 0 0	0 0 0 0 1	110	000	000	0 0 1 1 1 1



# 基本模型机电电路图



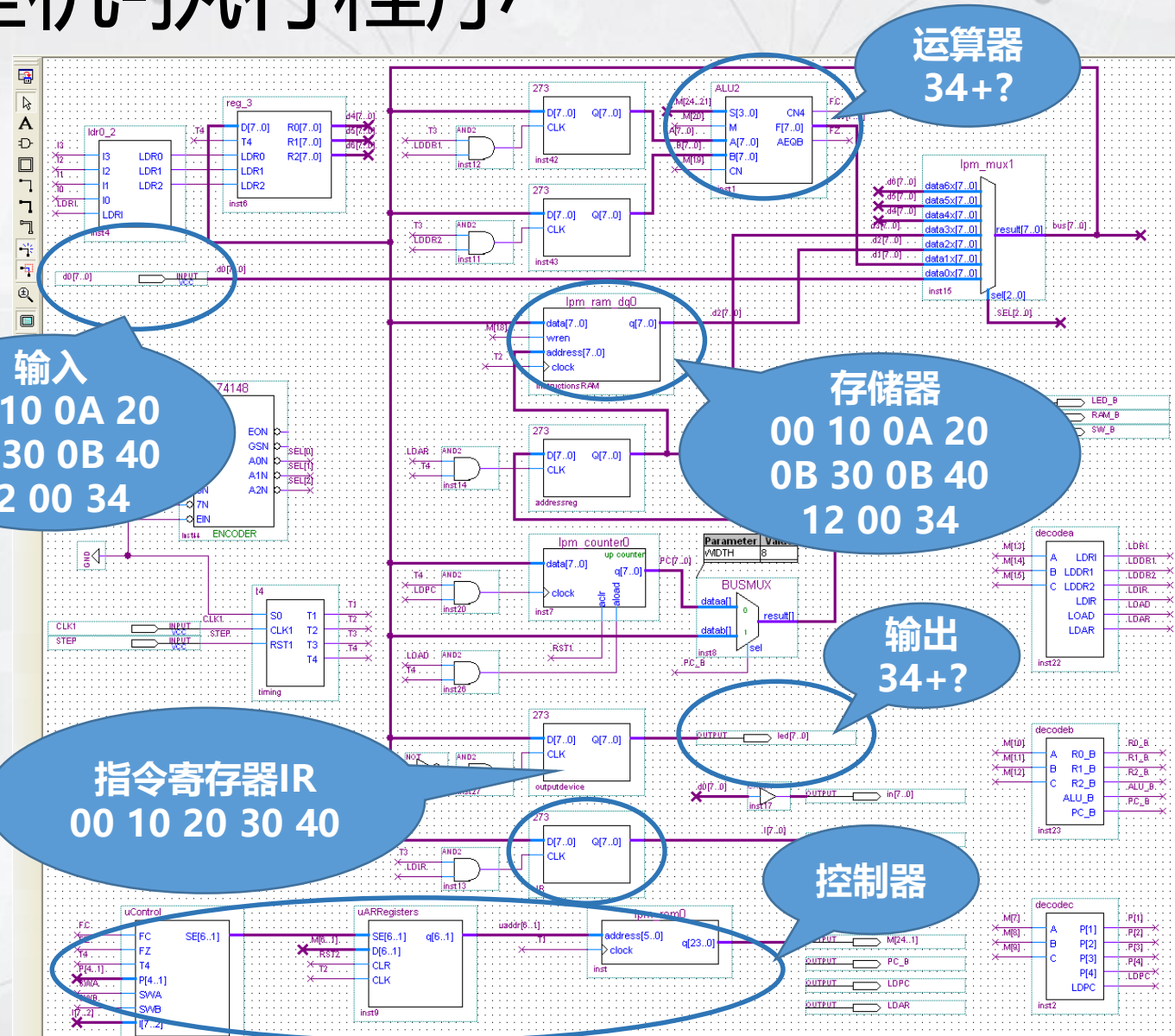


# 基本模型机程序设计

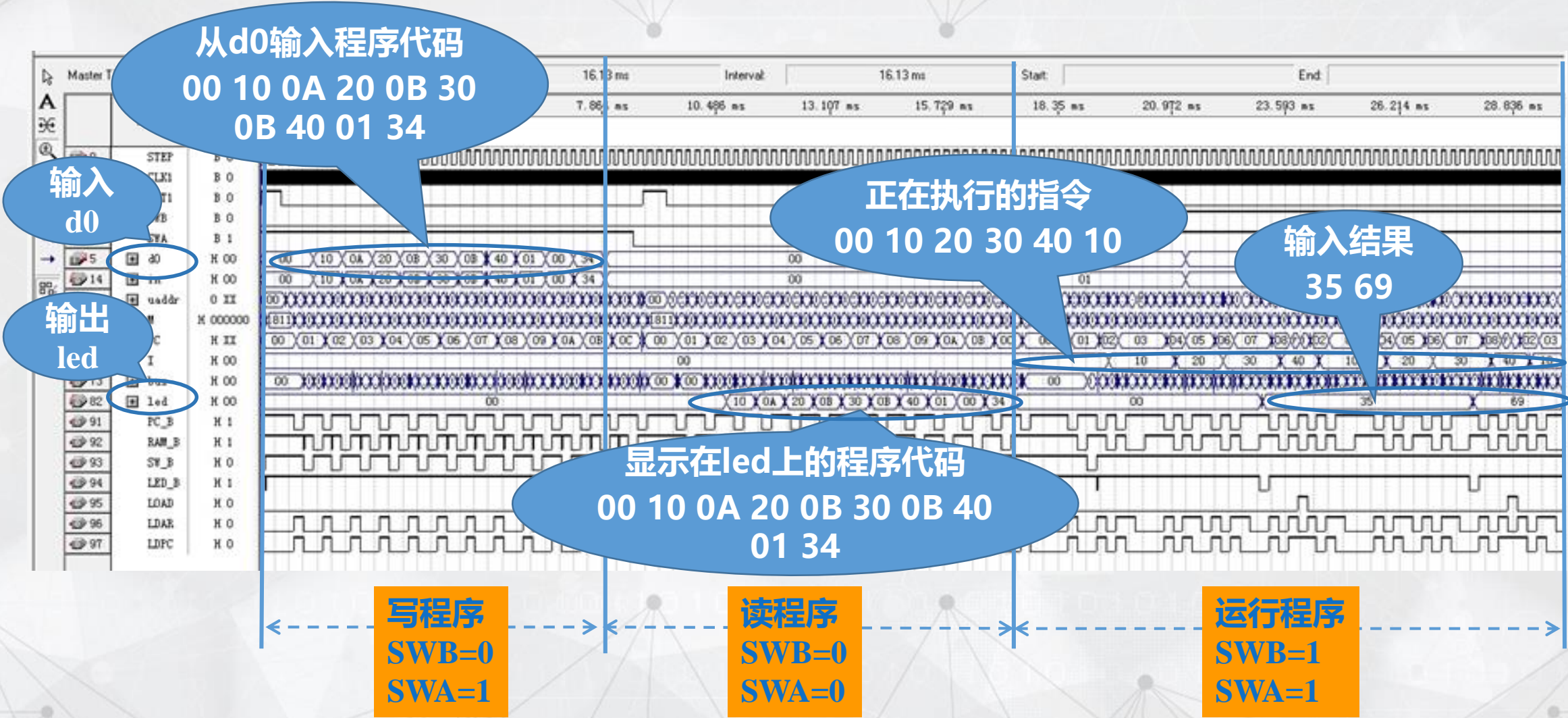
程序代码 00 10 0A 20 0B 30 0B 40 01 34

RAM地址	RAM数据 (程序代码)	助记符	说明
00	00	IN	“Input Device”→R0
01	10	ADD[0AH]	R0+[0AH]→R0
02	0A		地址0A
03	20	STA[0BH]	R0→[0BH]
04	0B		地址0B
05	30	OUT[0BH]	[0BH]→OUT输出口
06	0B		地址0B
07	40	JMP[01H]	01H→PC
08	01		
09			
0A	34		自定义加数34，所在RAM地址为0A
0B			求和结果，所在RAM地址为0B

# 基本模型机-执行程序

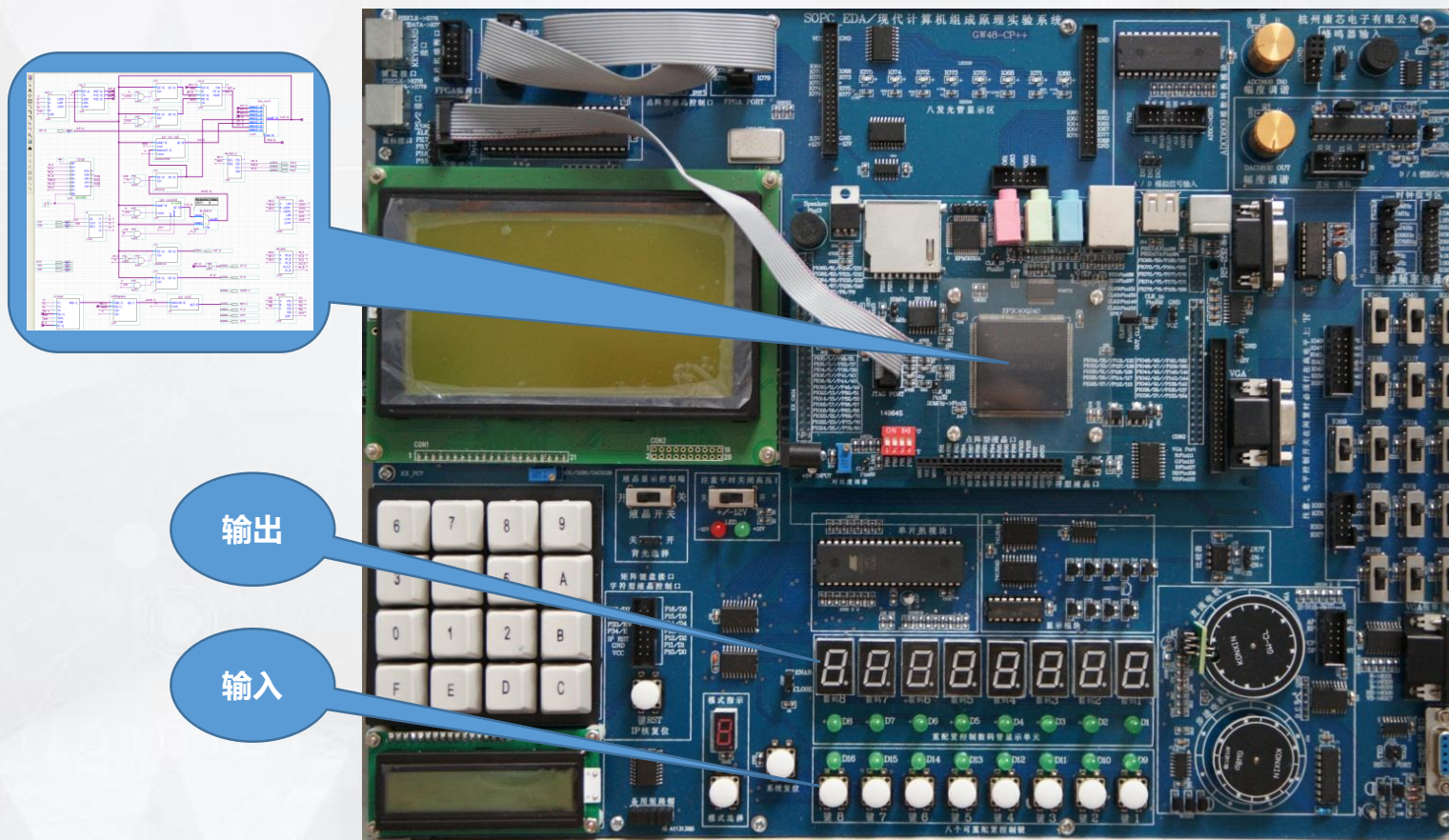


# 基本模型机仿真波形图（总体）





# FPGA实验台演示





# 模型机设计——考核方法

什么标准?



# 实验考核指标

3个实验，每个实验单独考核，汇总成绩，每个实验考核要点如下：

1

实验原理掌握

2

实验熟练程度

3

功能仿真全面性

4

实验台演示效果

# 实验要求

- 1、2人一组，自由组合，第一次课确定后不再更改。  
按组验收，每个人独立完成报告。
- 2、模型机工程命名要求：computer+两个同学学号的后两位。例如：  
computer0304
- 3、一人一份报告，同组学生可以共用一份工程，模型机测试程序和仿真波形图不同，但报告需要独立撰写，发现抄袭和报告雷同则实验成绩为不及格。
- 4、最后一次课进行实验验收考核。
- 5、实验过程可能有抽查、提问。
- 6、每人独立完成实验报告1份，结课后提交电子版和纸质版。报告提交截止日期：最后一次课通知。
- 7、按照要求完成实验系统签到。
- 8、完成课外的慕课、答题等形式的学习任务。

# 实验报告具体要求

## 1、报告重点内容：

电路源代码截图，实验电路图截图，实验设计思想（电路组成、各部分功能）

波形图截图（所有信号名称显示完整，横轴时间显示完整）

波形图分析（从整体上说明仿真方案的设计，指出当输入信号为\*\*\*时，输出信号为\*\*\*值）

排错过程分析（没有错误可不写，或者写一些需要注意的事项，经验技巧等）

引脚锁定表截图、实验台演示方案（不下载实验台可不写）

2、每个同学独立截图，同一组的学生也要分别截图。波形图可以截取多个图，以便全面的分析。

3、报告必须独立组织语言。同组同学也不能互相抄袭，要独立撰写，分析实验过程和结果。

4、按照模型机设计实验报告模板撰写实验报告。



# 教学资源附件说明

- COMPUTER ——基本模型机工程
- SHEFT ——双向移位寄存器工程
- Intel X86 CPU 汇编指令集.docx