

# 实验3 基本模型机系统设计实验 (第6次课)

2025. 10



哈尔滨工程大学计算机实验教学中心

# 微程序控制器组成实验

## 实验目的

- 1.掌握微程序控制器的组成原理
- 2.掌握微程序的编写、输入，观察微程序的运行

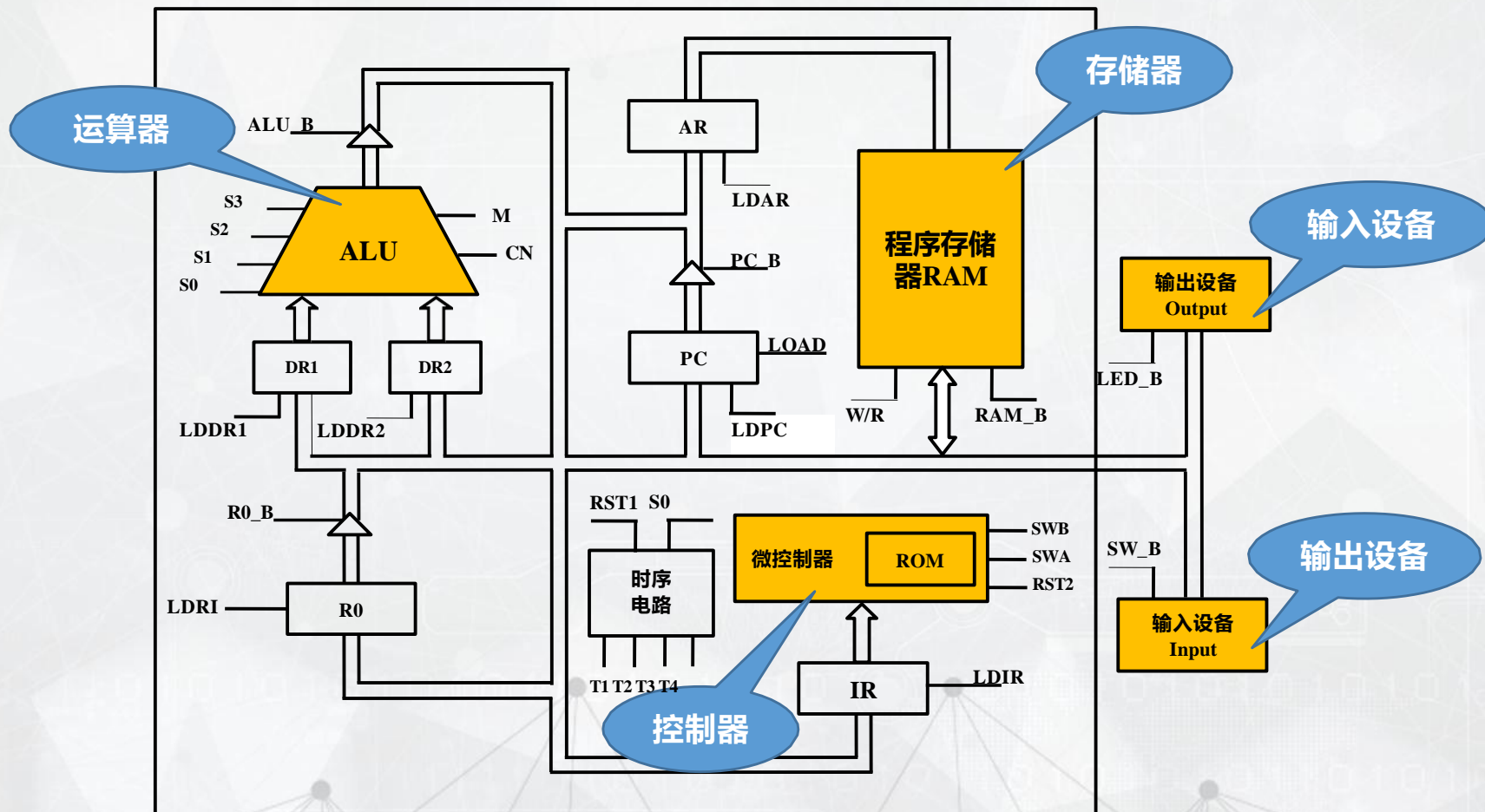
## 实验原理

在基本模型机中，CPU从存储器中取出一条机器指令到指令执行结束的一个指令周期，微控制器负责生成全部的控制信号。

## 实验内容

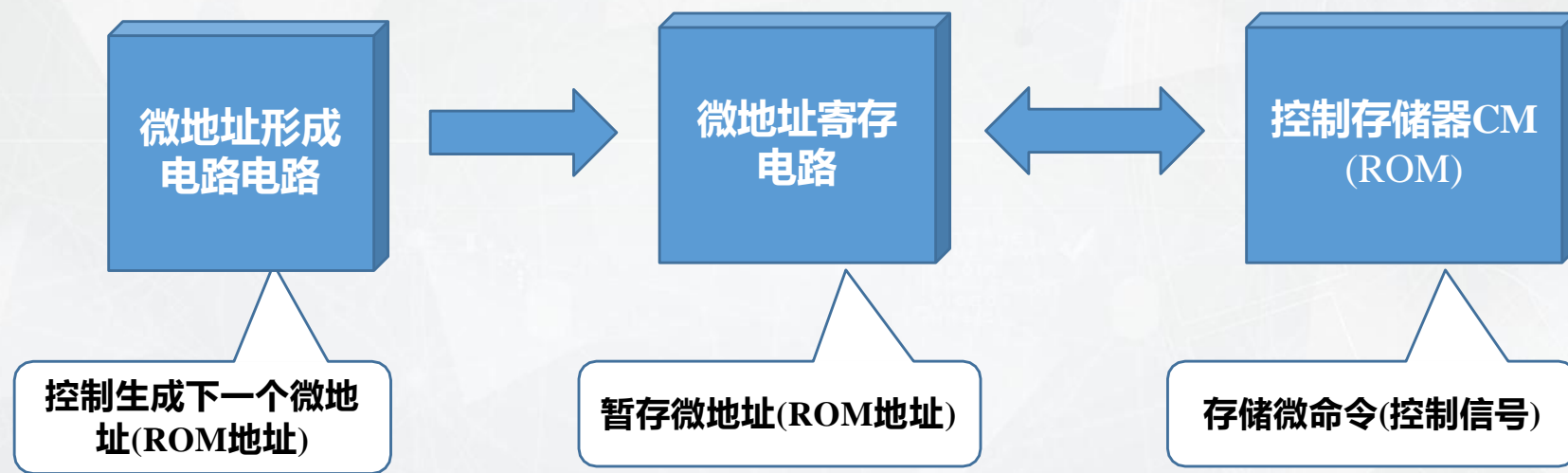
掌握基本模型机微控制器原理，利用VHDL或原理图完成微控制器电路设计，仿真微控制器工作过程，分析微控制器每个时刻产生的控制信号的作用及其如何控制模型机完成每条指令。

# 控制器在基本模型机中的位置





# 微程序控制器原理



一条**机器指令**往往分成几步执行，将每一步操作所需的若干微命令（控制信号）以代码形式编写在一条微指令中，若干条微指令组成一段微程序，对应一条机器指令。

# 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	

# 微程序控制器功能需求

- 1、存储24位控制信号，即微程序代码
- 2、能够按照微程序流程，根据当前执行的指令，产生正确的微地址，以便从控制器发出正确的控制信号。

重点解决的问题：下一个微地址的生成

# 基本模型机指令与控制台命令

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

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)



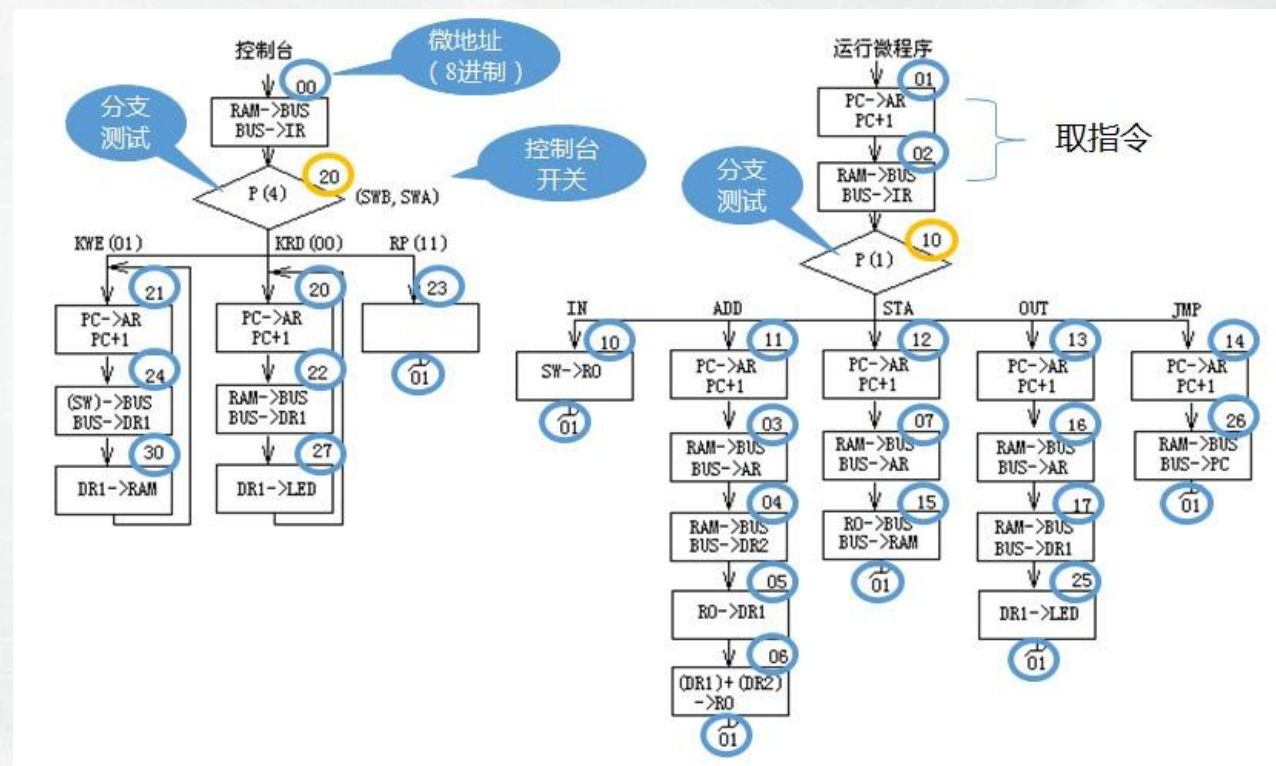
# 微地址生成要求

- 1、下一条微地址——由微指令低6位指定，微程序流程图顺序执行
- 2、下一条微地址——需要结合分支测试条件综合决定

分支测试条件：P[3..0]、SWB、SWA、I[7..2](指令的高6位)等。

第一个分支测试：生成写内存、读内存和执行程序命令的首个微地址：21、20、23

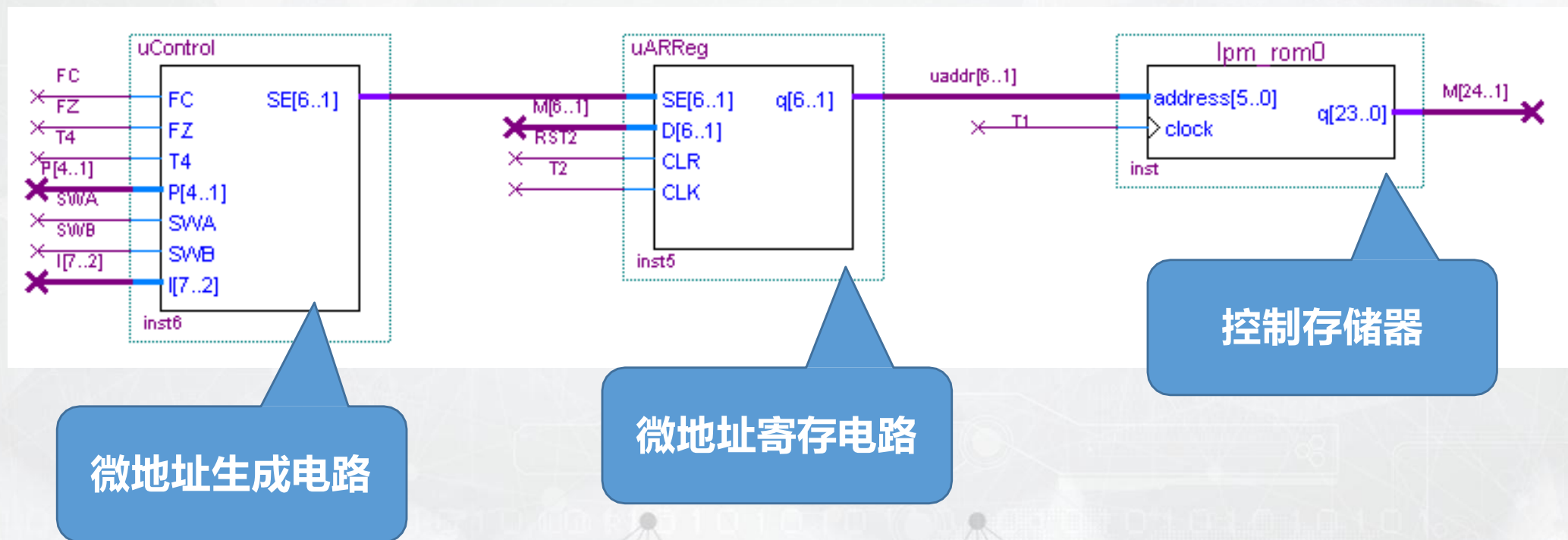
第二个分支测试：5条指令的首个微地址：10、11、12、13、14  
(前提是SWB=1, SWA=1)



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

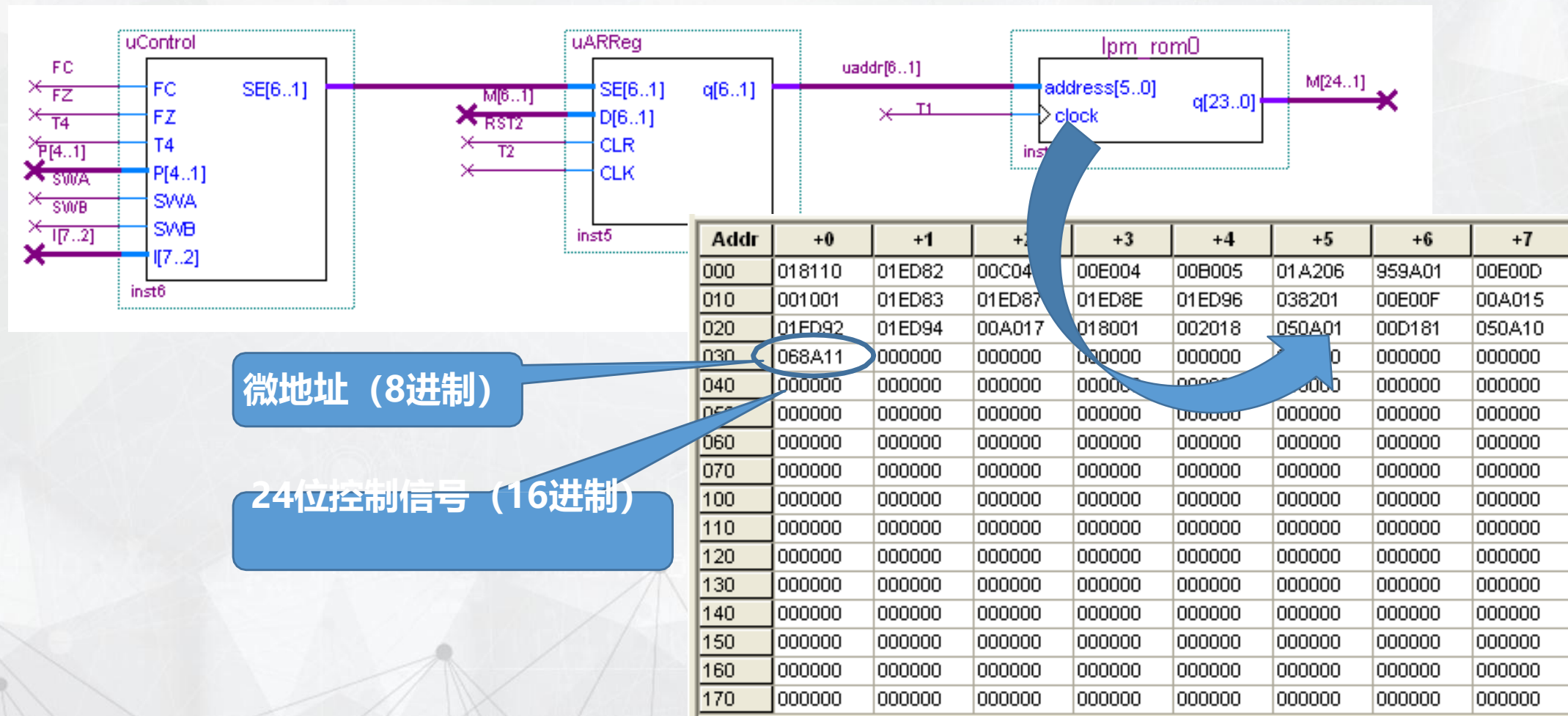


# 微程序控制器电路

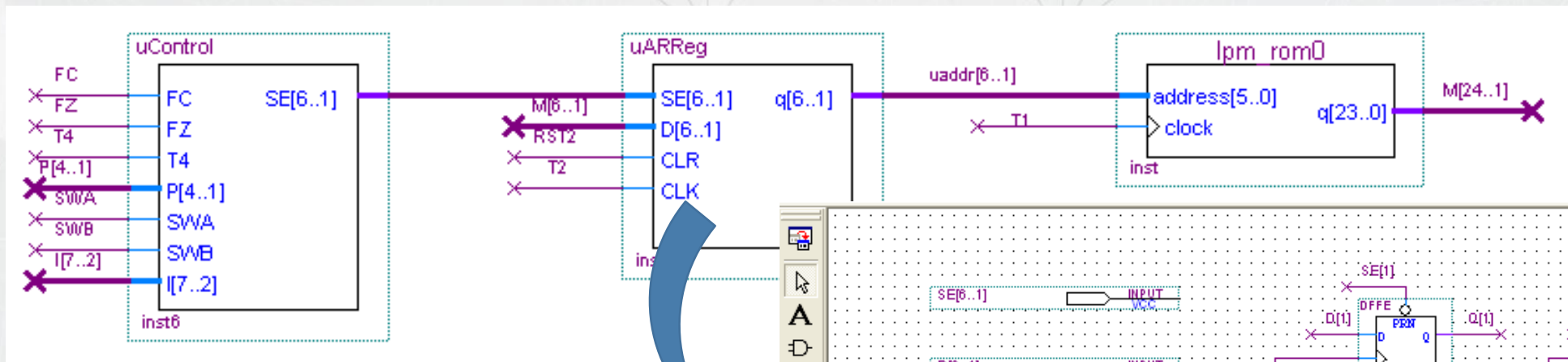


# 控制存储器ROM的初始化数据

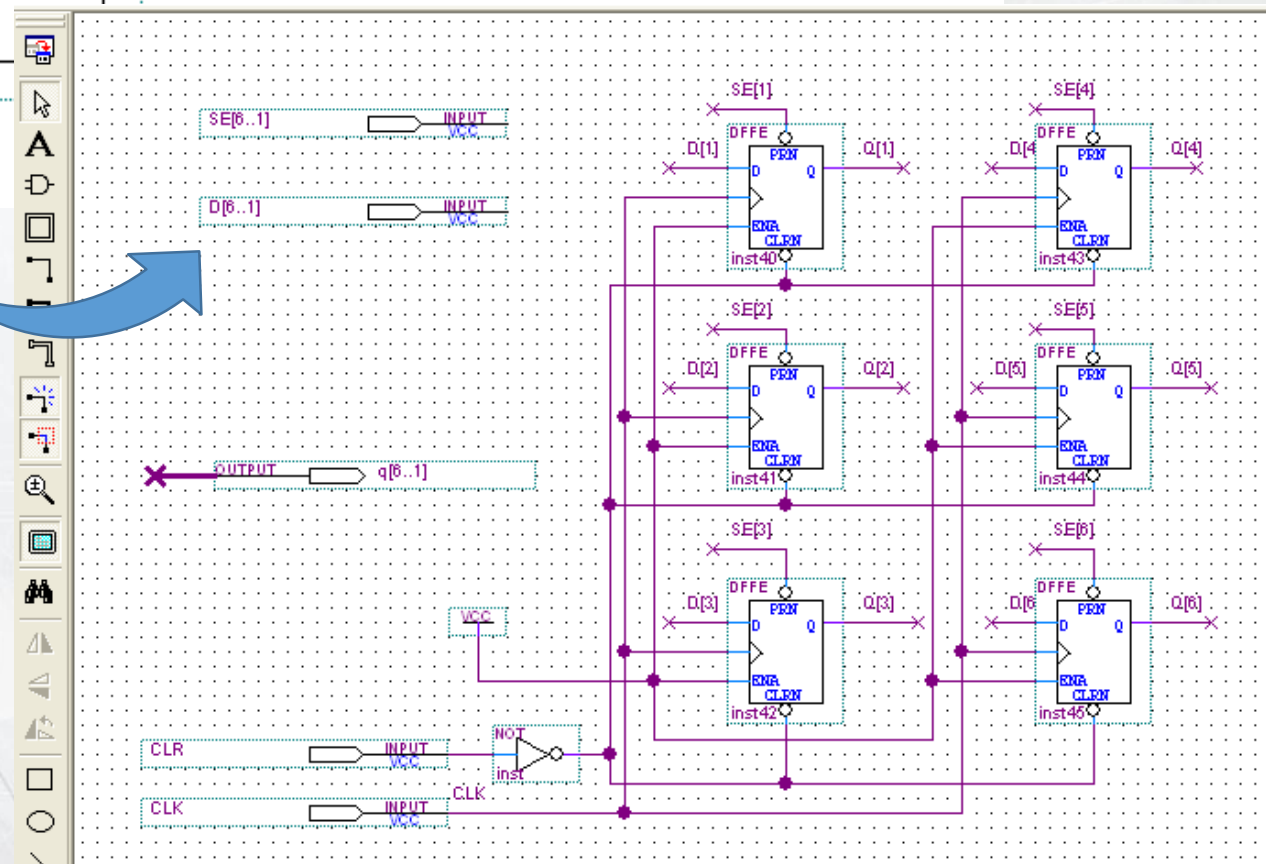
## ——微代码表ucode.hex



# 微地址寄存器电路uARReg

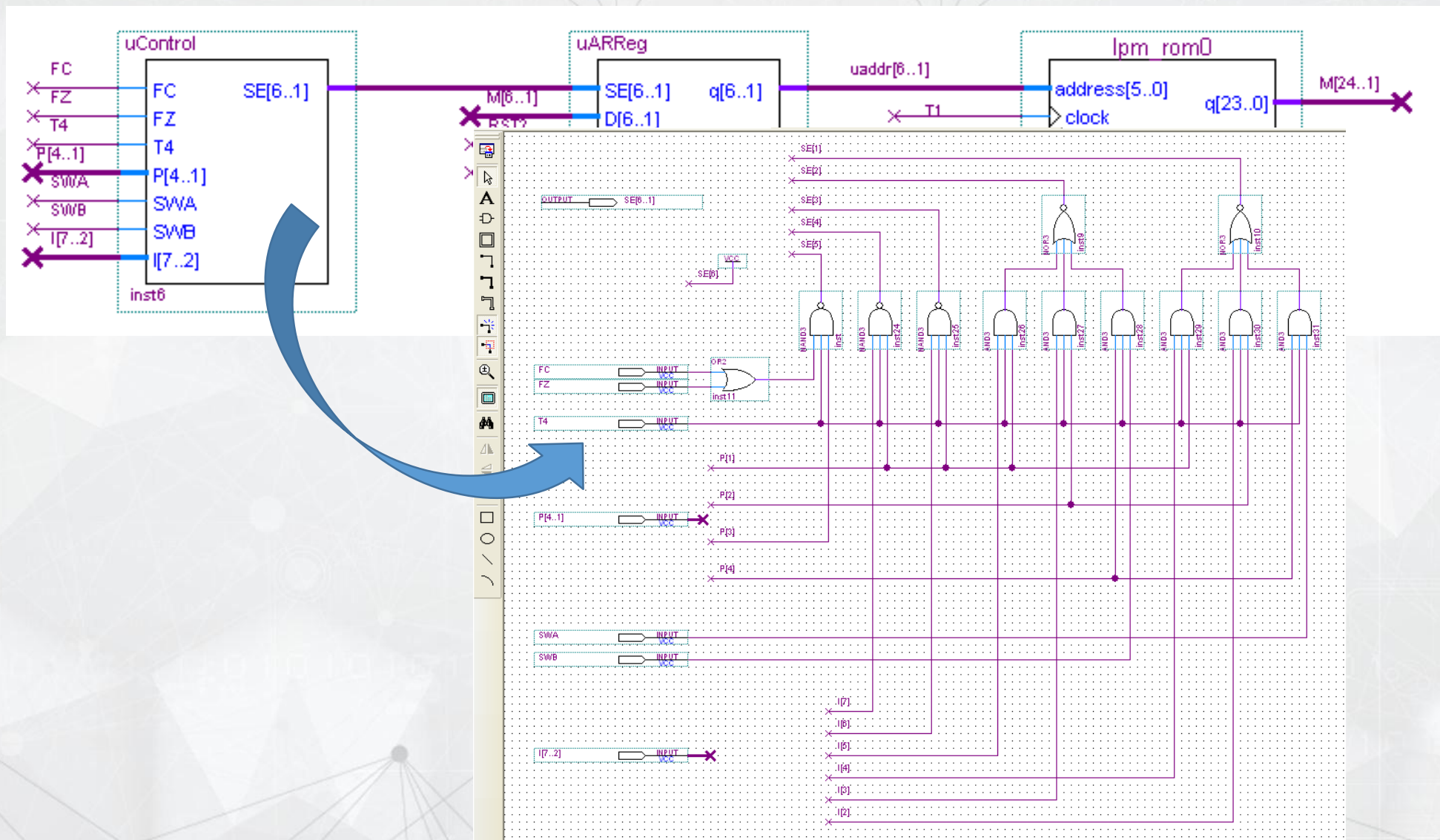


SE[6..1](低电平有效),  
强制将uARReg电路中的  
某一D触发器置为 "1"





# 微程序控制电路uControl



# 举例：ADD指令微地址生成——从02跳转到11

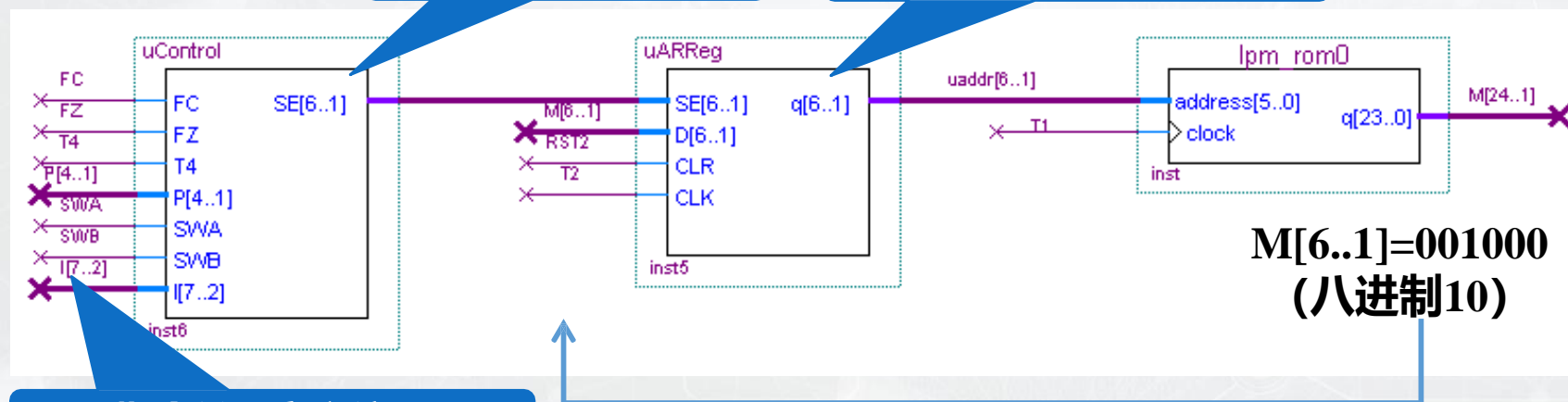
uControl输入							uControl输出
T4	SWB	SWA	P[4..1]	FC	FZ	I[7..2]	SE[6..1]
...	...	...	...	...	...	...	...
1	1	1	0001	X	X	000100	111110
1	1	1	0000	X	X	000100	111111
...	...	...	...	...	...	...	...

测试，修改微地址

执行，默认低六位微地址

SE[6..1]=111110

q[6..1]=001001(八进制11)

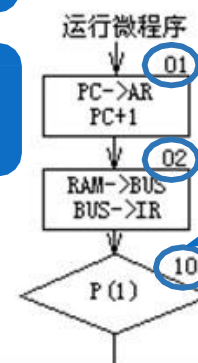


ADD指令代码高六位000100

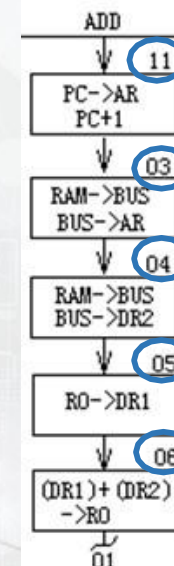
微地址 (8进制)	S3	S2	S1	S0	M	Cn	WE	A9	A8	A	B	C	UA5—UA0
02	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100	000	001	001000

C字段译码P=0001

默认低六位为10



默认低六位为10



# 实验任务与步骤

- 1、新建工程，新建框图文件 (\*.bdf) ，自定义生成微程序控制电路 uControl 元件、微地址寄存电路 uARReg 元件以及 4 个译码器元件。采用元器件库中宏模块 ROM 存储器 lpm\_rom。保存文件。

主菜单“File”→“New Project Wizard”，新建工程 uController（实体名）  
主菜单“File”→“New”项，选择 Block Diagram/Schematic File，新建框图文件，保存为 uController.bdf。

## 2、设置器件

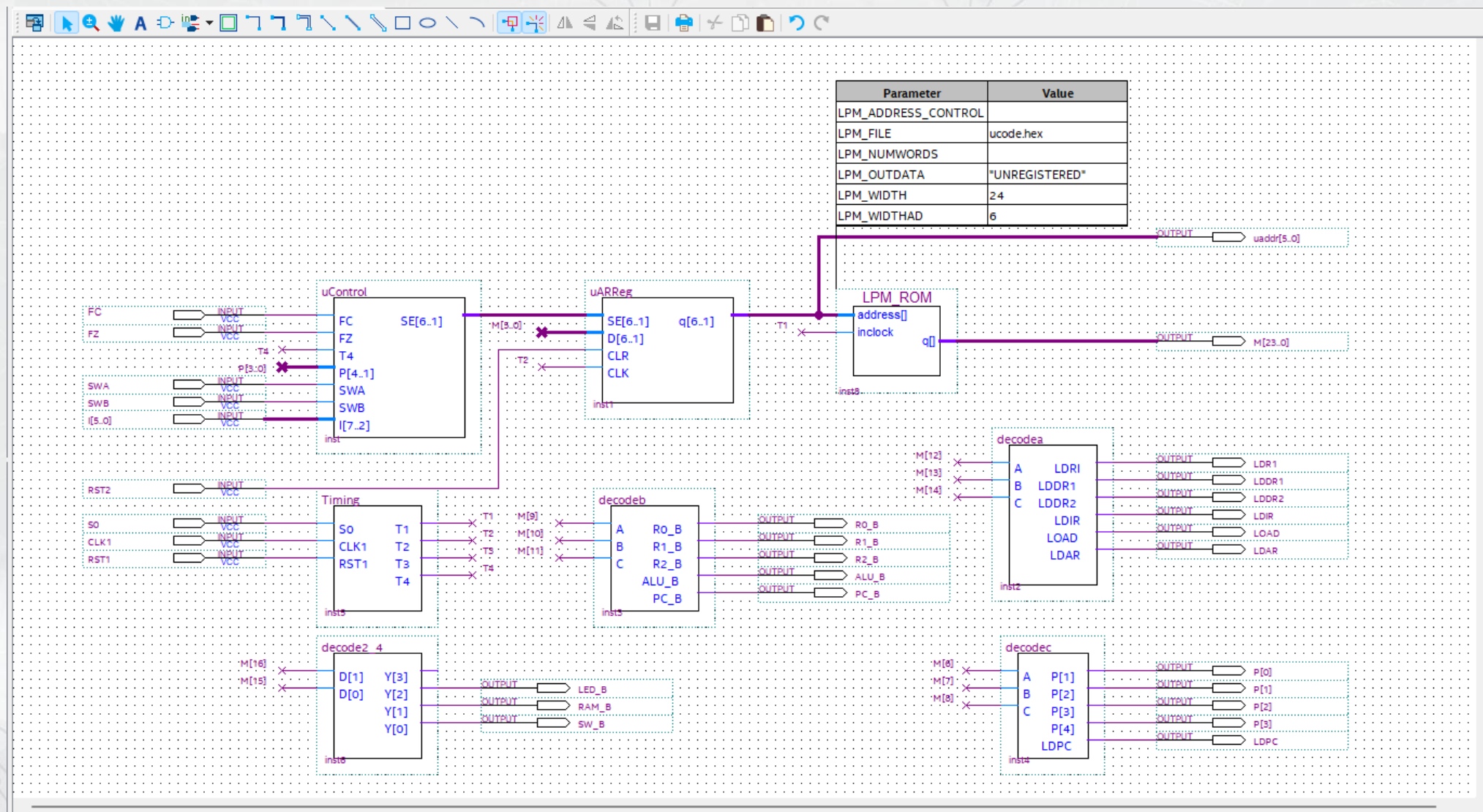
主菜单“Assignments”→“Device”项，选择 Cyclone IV E 系列 EP4CE55F23C8 芯片

## 3、编译电路

主菜单“Processing”→“Start Compilation”项，启动编译



# 微控制器实验电路图



# 实验任务与步骤

4、新建波形图文件 (\*.vwf),设置仿真时间, 添加输入输出端口, 设置输入信号值, 保存文件。运行仿真。

**建立仿真波形文件：**主菜单“File”→“New”项, 选择University Program VWF, 新建\*.vwf, 打开波形编辑器。

**设置仿真时间：**主菜单“Edit”→“Set End Time”项。

**添加输入输出端口：**波形编辑器窗口主菜单 “Edit” → “Insert”→“Insert Node or Bus”

**运行仿真：**波形编辑器窗口主菜单“Simulation”→“Run Functional Simulation”项。

# 微程序控制器组成实验仿真要求

**仿真要求：**微控制器能够按照微程序流程图，产生相应的控制信号，观察微地址变化是否与理论一致。微地址的变化如下：

写程序 00、21、24、30

读程序 00、20、22、27

执行程序 00、20、23

(IN) 01、02、10

(ADD) 01、02、11、03、04、05、06

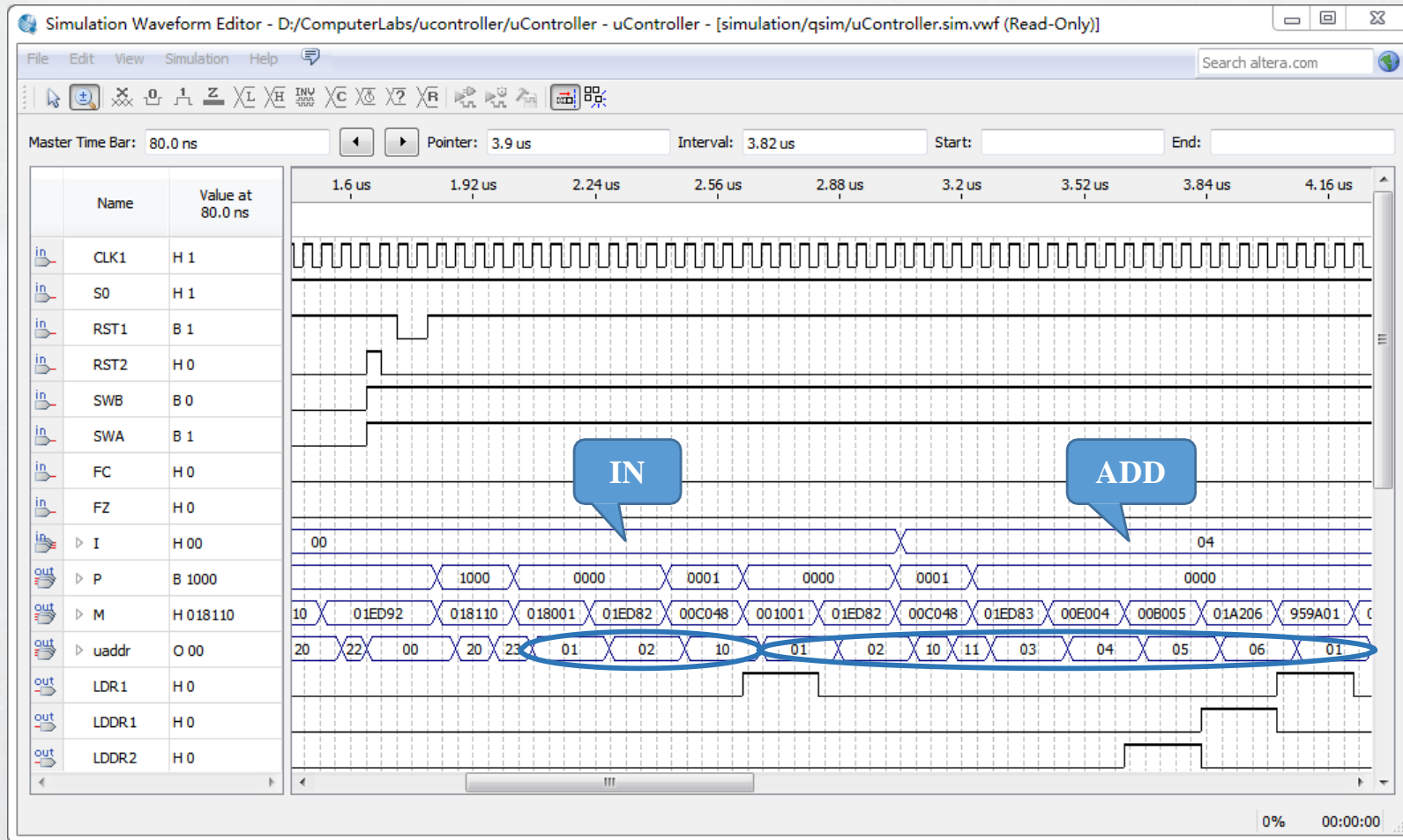
(STA) 01、02、12、07、15

(OUT) 01、02、13、16、17、25

(JMP) 01、02、14、26



# 举例：SWB=1,SWA=1时，执行程序仿真波形图分析



# 实验任务与步骤

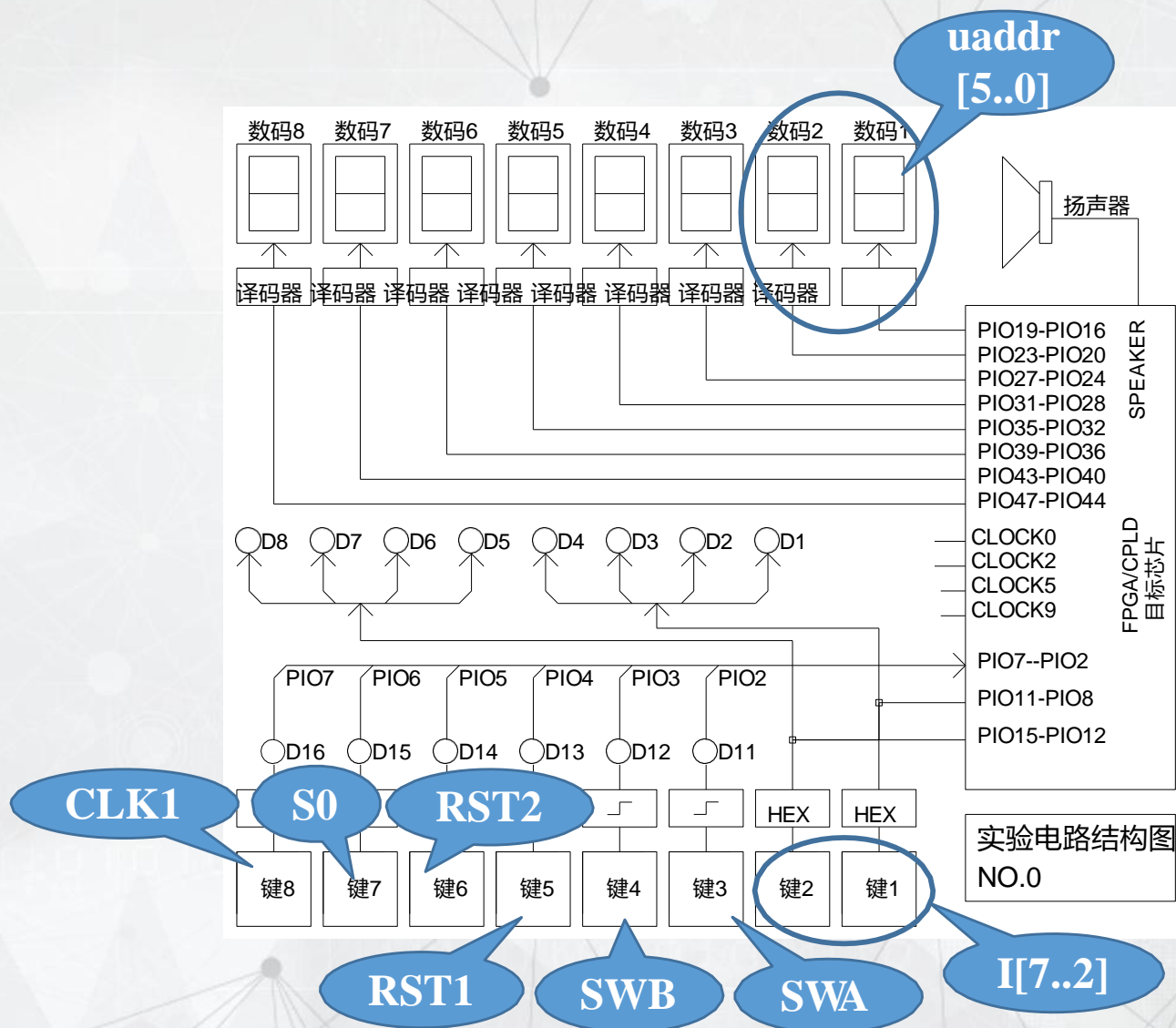
5、选择KX-CDS实验台，选择合适的电路模式结构，例如NO.0，对照电路模式图和引脚表，查找引脚号。打开编程器，输入引脚号，对电路进行引脚锁定，编译工程。

**主菜单“Assignments”→“Pin Planner”项**

6、下载sof文件到FPGA实验台，演示微程序控制器的功能。

**主菜单“Tools”→“Programmer”项，打开编程器，设置硬件，连接实验台。在Programmer窗口，点击Start按钮，Progress为100%时，下载完毕**

# 选择FPGA实验台电路结构No.0





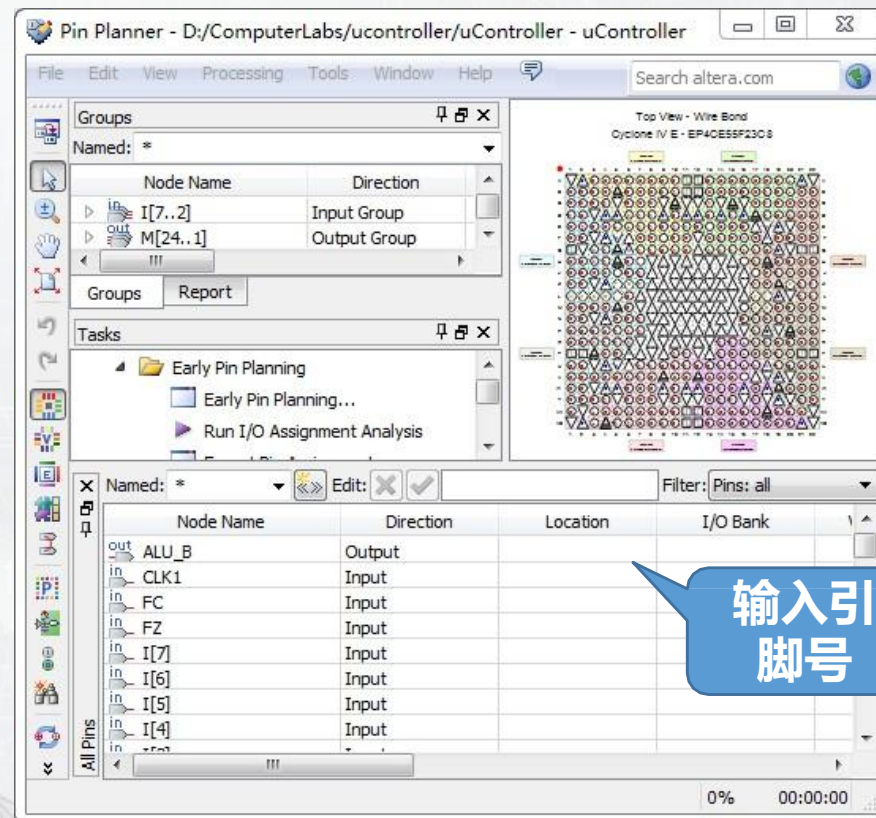
# FPGA实验台引脚锁定

参照电路模式图No.0，确定引脚名称，再查找引脚表，获得引脚号

引脚锁定方案(No.0)

输入/输出 端口	外设	引脚 名称	引脚 号
CLK1	按键8		
S0	按键7		
RST1	按键6		
RST2	按键5		
SWB	按键4		
SWA	按键3		
I[7..6]	按键2		
I[5..2]	按键1		
uaddr[5..4]	数码管2		
uaddr[3..0]	数码管1		

主菜单“Assignments”→“Pin”项，在  
Location栏中输入引脚号



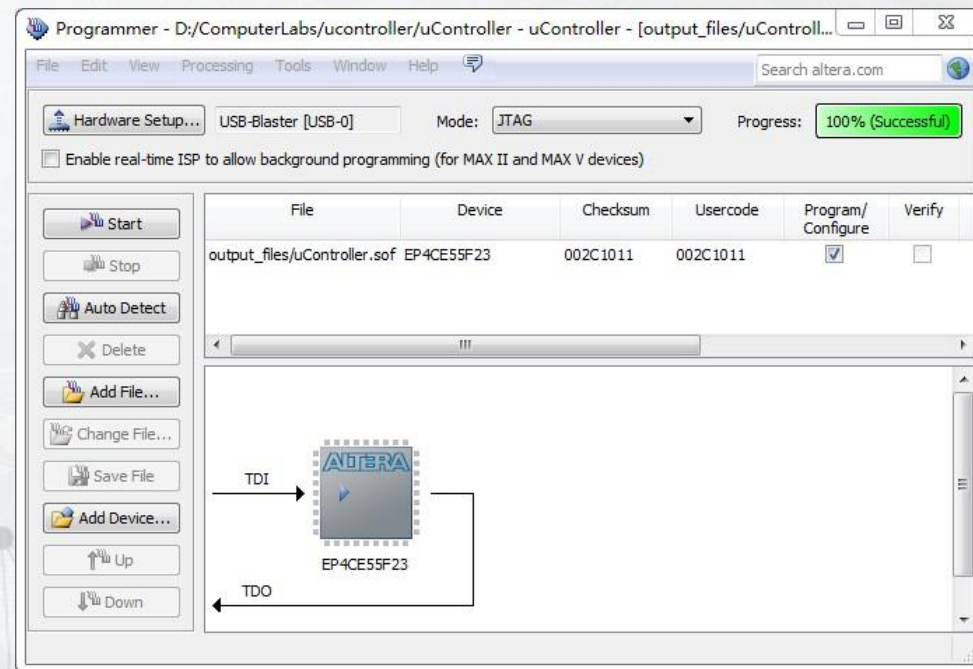
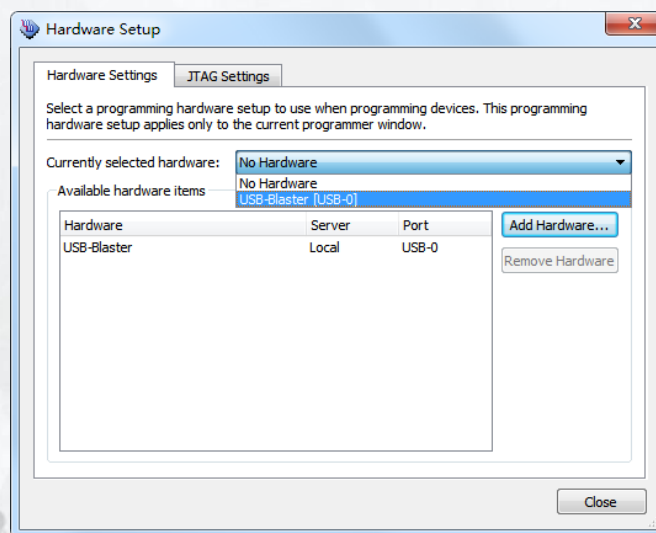
# 连接实验台下载电路

主菜单“Tools”→“Programmer”项，打开编程器，点击“Hardware Setup”按钮，选择USB-Blaster硬件。

在Programmer窗口，点击Start按钮，Progress为100%时，下载完毕。

**注意：**实验台需要打开电源，并且将其JTAG接口与计算机通过USB线连接。

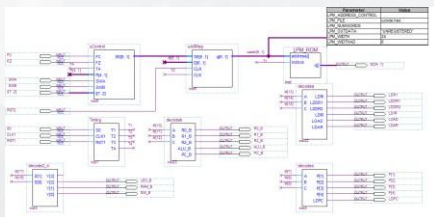
KX-CDS实验台



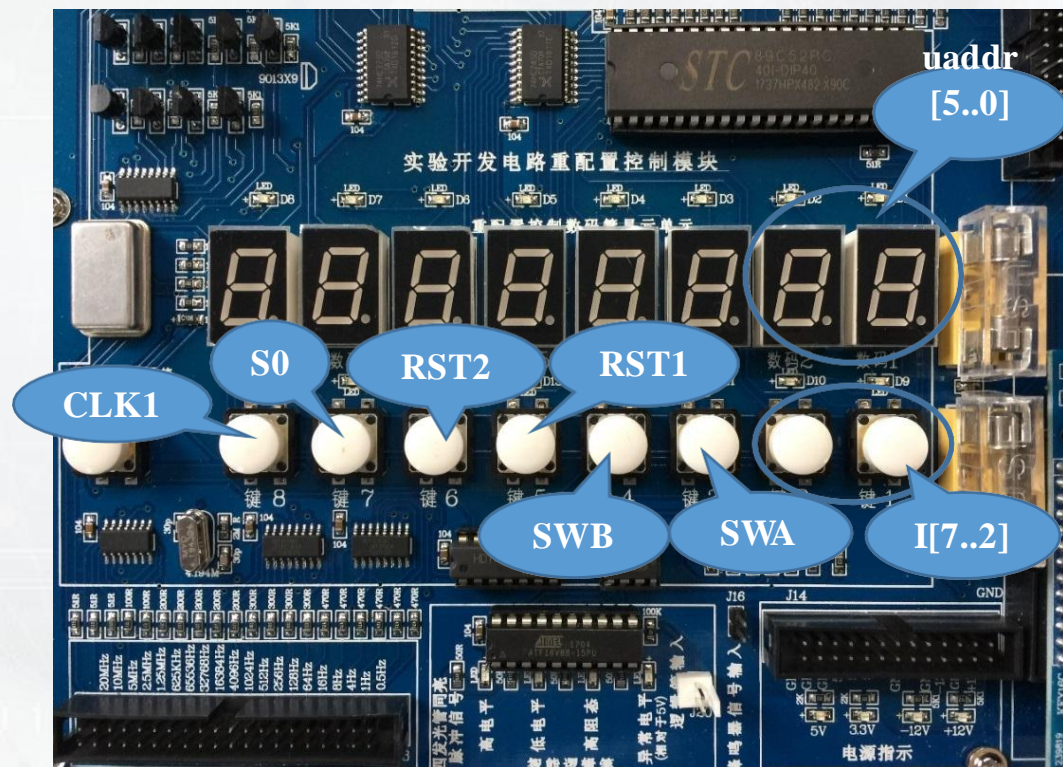
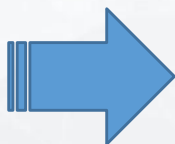


# 微程序控制器实验台演示

KX-CDS实验台



下载





现在开始实验！（第6次课）

## 实验3 基本模型机系统设计实验

1、微控制器组成实验：参考教材7.1.2

控制器、译码器电路文件：微控制器器部分电路.rar（QQ群）

2、完成电路设计、编译和仿真。**按照ppt中的实验仿真要求完成仿真波形图。**

3、选做内容：利用Verilog语言实现各个电路，完成编译与仿真。

4、2个人一组。实体名后面加2个学号的后两位，例如mux21a0709

5、答疑与验收方式：按组验收

6、下次课预习：

**基本模型机系统原理：参考教材7.1.1**

参考ppt：基本模型机指令系统与控制台命令设计

参考ppt：微指令格式与微程序存储

寄存器组电路文件：基本模型机部分电路文件.rar（QQ群）

**基本模型机实验：参考教材7.1.3**