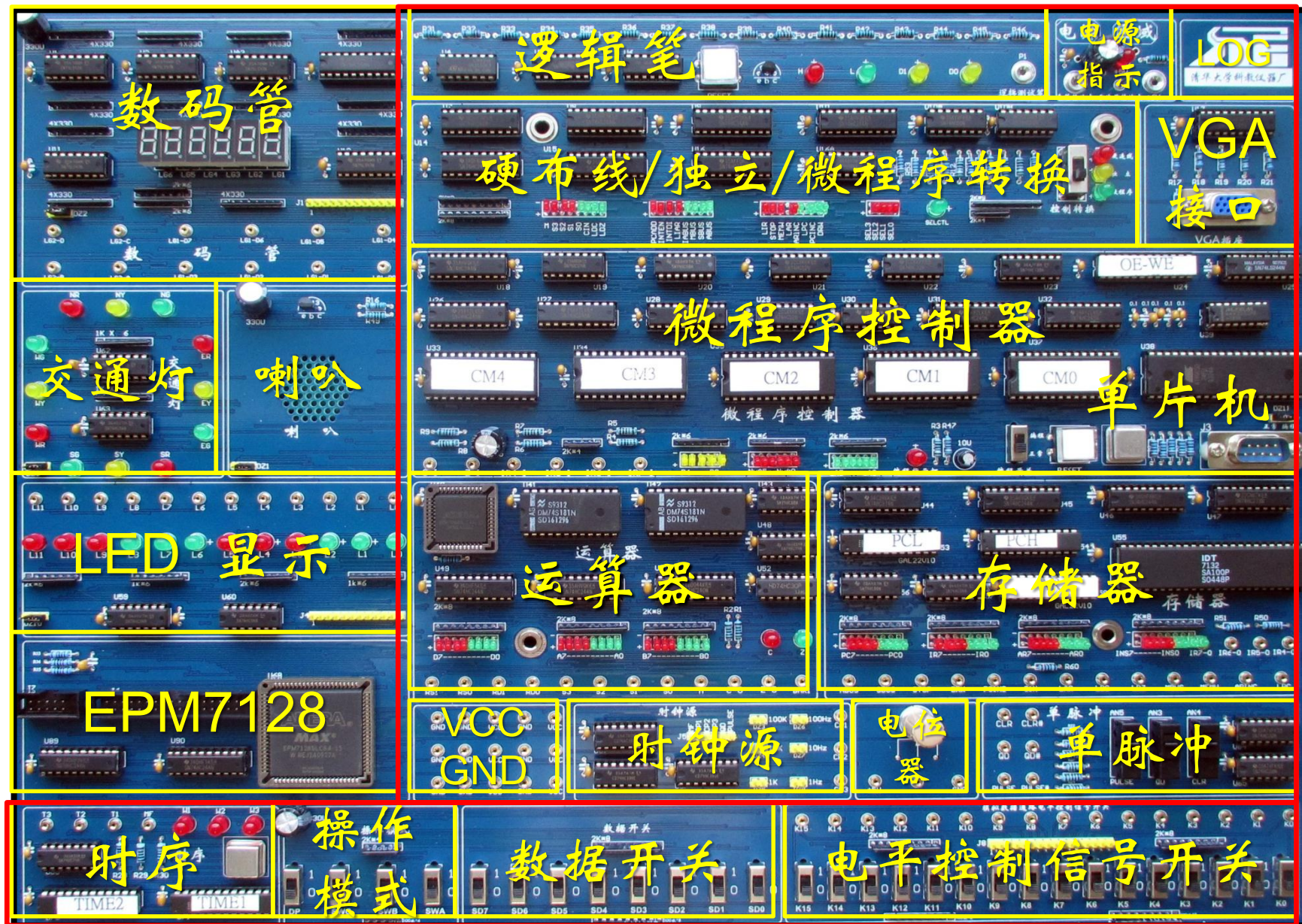
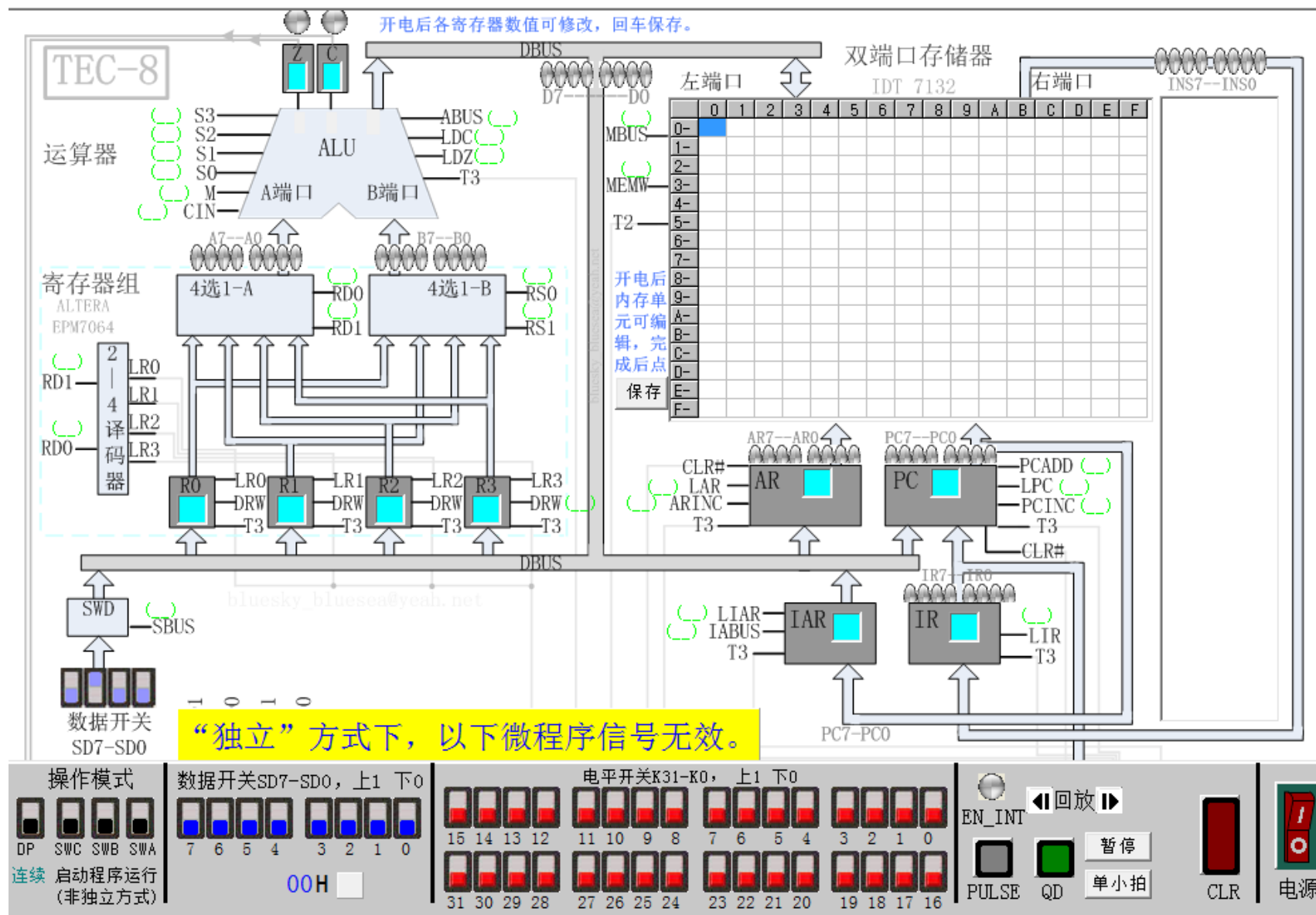


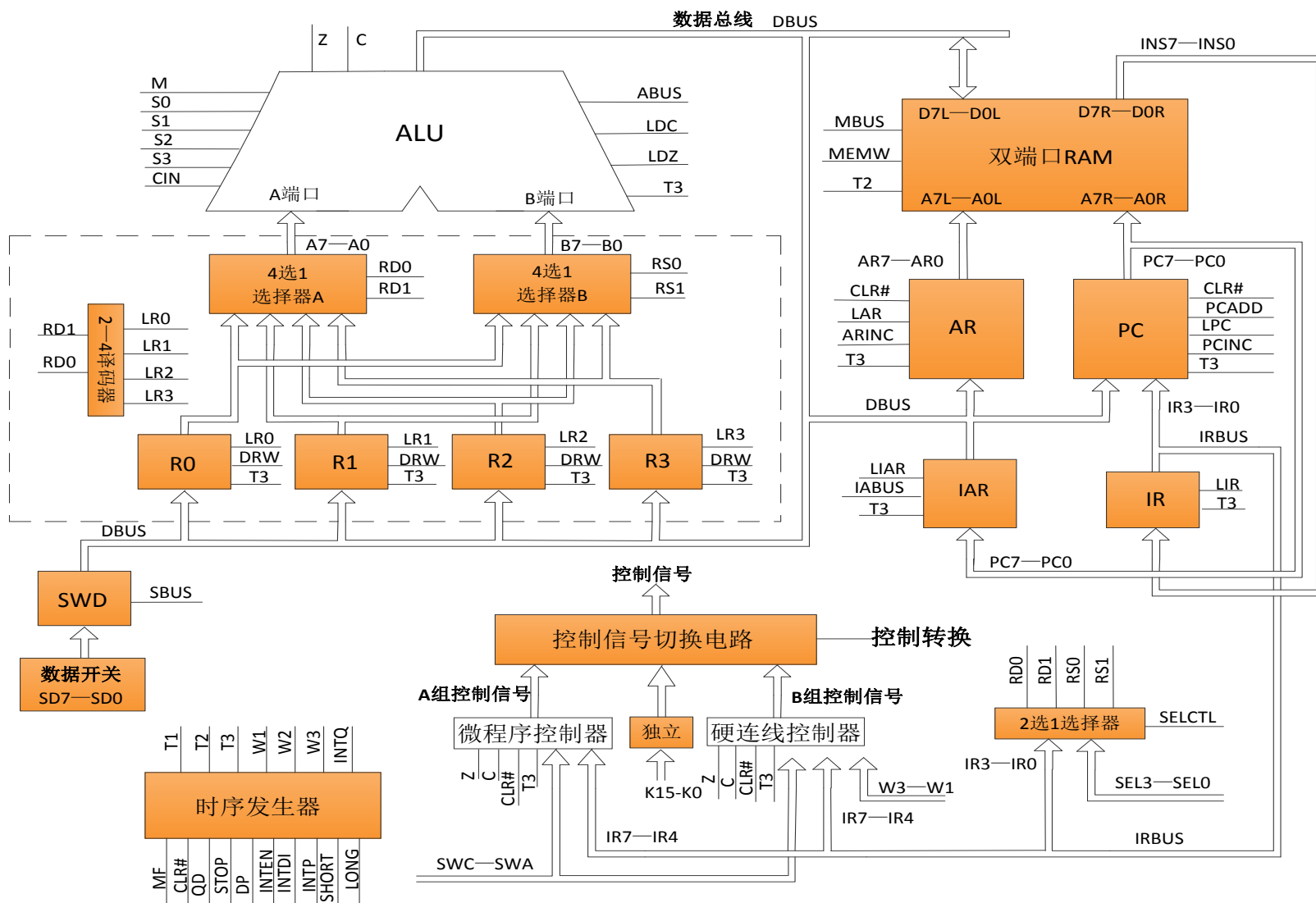
TEC-8实验系统平台



TEC-8实验仿真系统平台

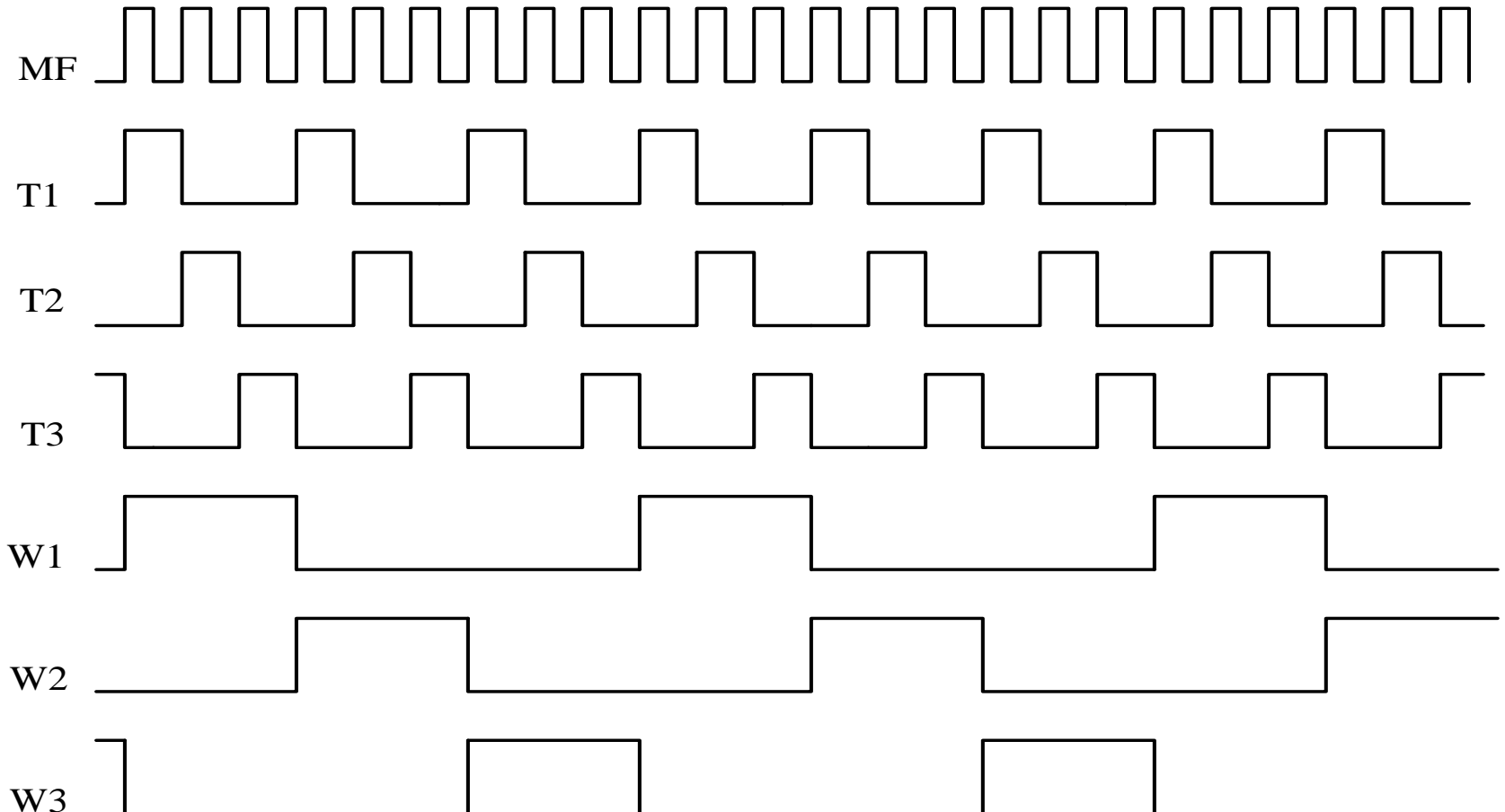


TEC-8 模型计算机框图



基本时序波形

基本时序波形 MF周期 $1\mu\text{s}$ ，占空比50%，T1~T3的脉宽 $1\mu\text{s}$ 。微指令周期 $3\mu\text{s}$ 。



计算机组成原理实验

四、微程序控制器组成实验

一、实验类型 原理性+设计性+分析性

二、实验目的

- (1)掌握微程序控制器的原理
- (2)掌握TEC-8模型计算机中微程序控制器的实现方法，尤其是微地址转移逻辑的实现方法。
- (3)理解条件转移对计算机的重要性。

计算机组成原理实验

TEC-8模型计算机指令系统

名称	助记符	功能	指令格式						
			IR7	IR6	IR5	IR4	IR3	IR2	IR1
加法	ADD Rd, Rs	$Rd \leftarrow Rd + Rs$	0001				Rd		Rs
减法	SUB Rd, Rs	$Rd \leftarrow Rd - Rs$	0010				Rd		Rs
逻辑与	AND Rd, Rs	$Rd \leftarrow Rd \text{ and } Rs$	0011				Rd		Rs
加 1	INC Rd	$Rd \leftarrow Rd + 1$	0100				Rd		XX
取数	LD Rd, [Rs]	$Rd \leftarrow [Rs]$	0101				Rd		Rs
存数	ST Rs, [Rd]	$Rs \rightarrow [Rd]$	0110				Rd		Rs
C 条件转移	JC addr	如果 C=1, 则 $PC \leftarrow @ + offset$	0111				offset		
Z 条件转移	JZ addr	如果 Z=1, 则 $PC \leftarrow @ + offset$	1000				offset		
无 条 件 转 移	JMP [Rd]	$PC \leftarrow Rd$	1001				Rd		XX
输出	OUT Rs	$DBUS \leftarrow Rs$	1010				XX		Rs
中断返回	IRET	返回断点	1011				XX		XX
关中断	DI	禁止中断	1100				XX		XX
开中断	EI	允许中断	1101				XX		XX
停机	STP	暂停运行	1110				XX		XX

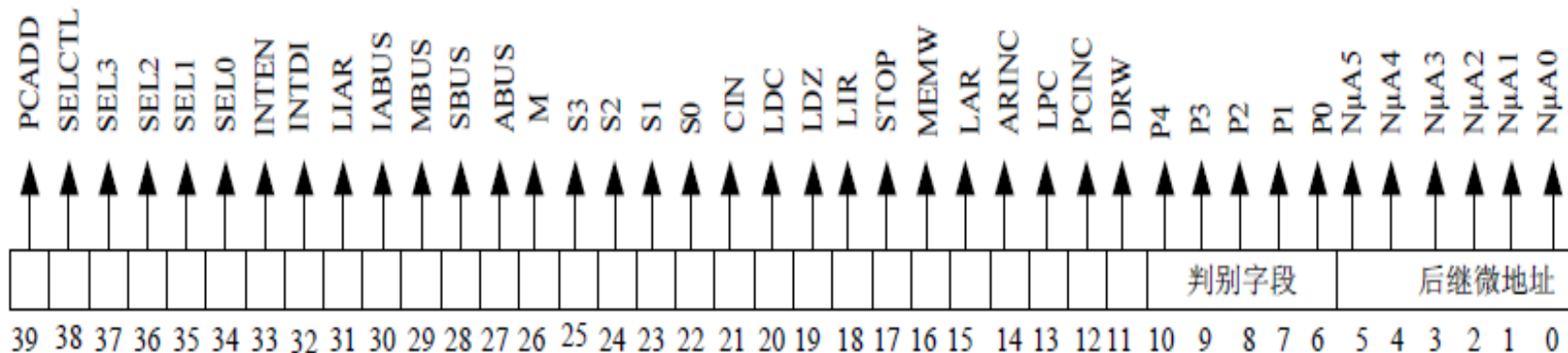
计算机组成原理实验

名称	助记符	功 能	指令格式		
			IR(7-4)	IR(3-2)	IR(1-0)
加法	ADD Rd, Rs	$Rd \leftarrow Rd + Rs$	0001	Rd	Rs
减法	SUB Rd, Rs	$Rd \leftarrow Rd - Rs$	0010	Rd	Rs
逻辑与	AND Rd, Rs	$Rd \leftarrow Rd \text{ and } Rs$	0011	Rd	Rs
加1	INC Rd	$Rd \leftarrow Rd + 1$	0100	Rd	XX
取数	LD Rd, [Rs]	$Rd \leftarrow [Rs]$	0101	Rd	Rs
存数	ST Rs, [Rd]	$Rs \rightarrow [Rd]$	0110	Rd	Rs
C条件转移	JC addr	C=1 , 则 $PC \leftarrow @ + \text{offset}$	0111	offset	
Z条件转移	JZ addr	Z=1 , 则 $PC \leftarrow @ + \text{offset}$	1000	offset	
无条件转移	JMP [Rd]	$PC \leftarrow Rd$	1001	Rd	XX
输出	OUT Rs	$DBUS \leftarrow Rs$	1010	XX	Rs
中断返回	IRET	返回断点	1011	XX	XX
关中断	DI	禁止中断	1100	XX	XX
开中断	EI	允许中断	1101	XX	XX
停机	STP	暂停运行	1110	XX	XX

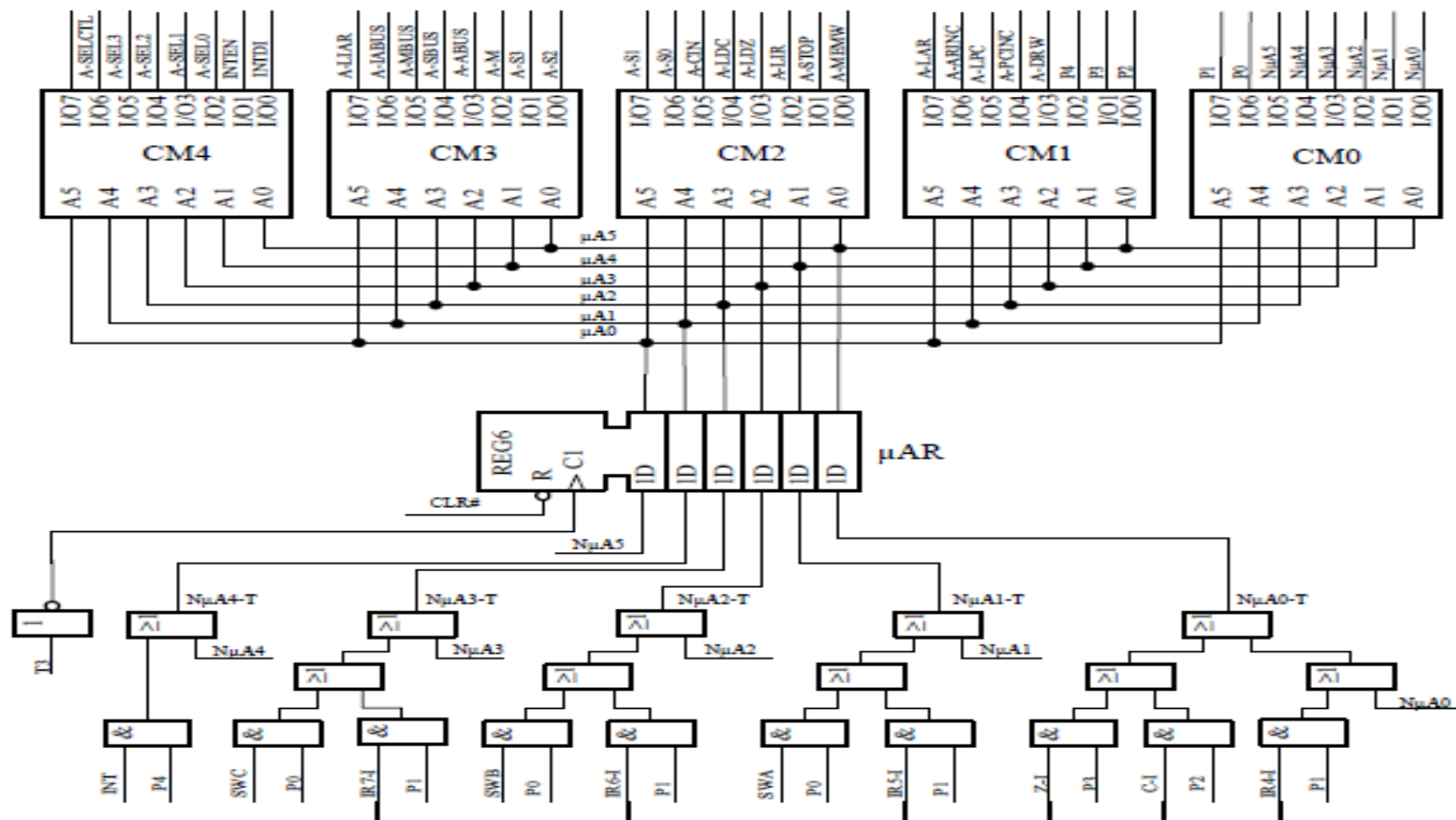
计算机组成原理实验

微程序控制器组成实验

- ◆ 根据机器指令功能、格式和数据通路所需的控制信号，TEC-8 采用如图所示的微指令格式。微指令字长40 位，顺序字段11 位（判别字段P4~P0，后继微地址 $N_{\mu}A5 \sim N_{\mu}A0$ ），控制字段29 位，微命令直接控制。



计算机组成原理实验



计算机组成原理实验

控制器组成实验电路分析

- ◆ 控制存储器由5片58C65组成。58C65是一种8K×8位的E2PROM器件，TEC-8使用其中64个字节作为控制存储器，微地址 A5~ A0。
- ◆ 微地址寄存器 AR由D触发器74LS174LS组成。当按下复位按钮CLR时，产生的信号CLR#(负脉冲)使微地址寄存器复位， A5~ A0为00H，在一条微指令结束时，用T3的下降沿将微地址转移逻辑产生的下条微指令地址N A5、N A4-T~N A0-T写入微地址寄存器。
- ◆ 微地址转移逻辑由若干与门和或门组成，实现“与~或”逻辑。

计算机组成原理实验

微程序控制器的组成

- ❖ 控制器的组成
- ❖ 控制器的功能
- ❖ 操作控制器：在各寄存器间建立数据通路的任务，其作用是根据指令操作码和时序信号产生各种操作信号，进行选择数据通路，把有关的数据打入到一个寄存器，完成取指和执行指令的控制。

计算机组成原理实验

微程序控制器的组成

- ❖ 产生数据通路操作所需控制信号。
- ❖ 根据设计方法不同分为：存储逻辑型的微程序控制器；时序逻辑型的硬布线控制器。
- ❖ 控制部件通过控制线向执行部件发出的各种控制命令：微命令；
- ❖ 执行部件接受微命令所进行的操作：微操作；
- ❖ 在一个CPU周期中，一组实现一定操作功能的微命令的组合，构成一条：微指令。
- ❖ 一条机器指令由许多条微指令组成的序列来实现的，这个微指令序列通常叫做微程序。

计算机组成原理实验

微程序控制器的组成

- ❖ 执行当前的微指令时，必须指出后继微地址，以便当前微指令执行完毕后，取出下一条微指令
- ❖ 一条机器指令是由若干条微指令组成的序列来实现的，一条机器指令对应着一个微程序，这个微程序是由若干条微指令序列组成的，微程序的总和实现整个的指令系统。
- ❖ 从指令与微指令，程序与微程序，地址与微地址对应关系看，前者与内存存储器有关，后者与控制器有关。

计算机组成原理实验

N μ A5~N μ A0	下址，在微指令顺序执行的情况下，它是下一条微指令的地址
P0	=1时，根据后继微地址N μ A5~N μ A0和模式开关SWC、SWB、SWA确定下一条微指令的地址。
P1	=1时，根据后继微地址N μ A5~N μ A0和指令操作码IR7~IR4确定下一条微指令的地址。
P2	=1时，根据后继微地址N μ A5~N μ A0和进位C确定下一条微指令的地址。
P3	=1时，根据后继微地址N μ A5~N μ A0和结果为0标志Z确定下一条微指令的地址。
P4	=1时，根据后继微地址N μ A5~N μ A0和中断信号INT确定下一条微指令的地址。模型计算机中，中断信号INT由时序发生器在接到中断请求信号后产生。
STOP	=1时，在T3结束后时序发生器停止输出节拍脉冲T1、T2、T3。
LIAR	=1时，在T3的上升沿，将PC7~PC0写入中断地址寄存器IAR。
INTDI	=1时，置允许中断标志(在时序发生器中)为0，禁止TEC-8模型计算机响应中断请求
INTEN	=1时，置允许中断标志(在时序发生器中)为1，允许TEC-8模型计算机响应中断请求
IABUS	=1时，将中断地址寄存器中的地址送数据总线DBUS。
PCADD	=1时，将当前的PC值加上相对转移量，生成新的PC。

计算机组成原理实验

控制台工作方式

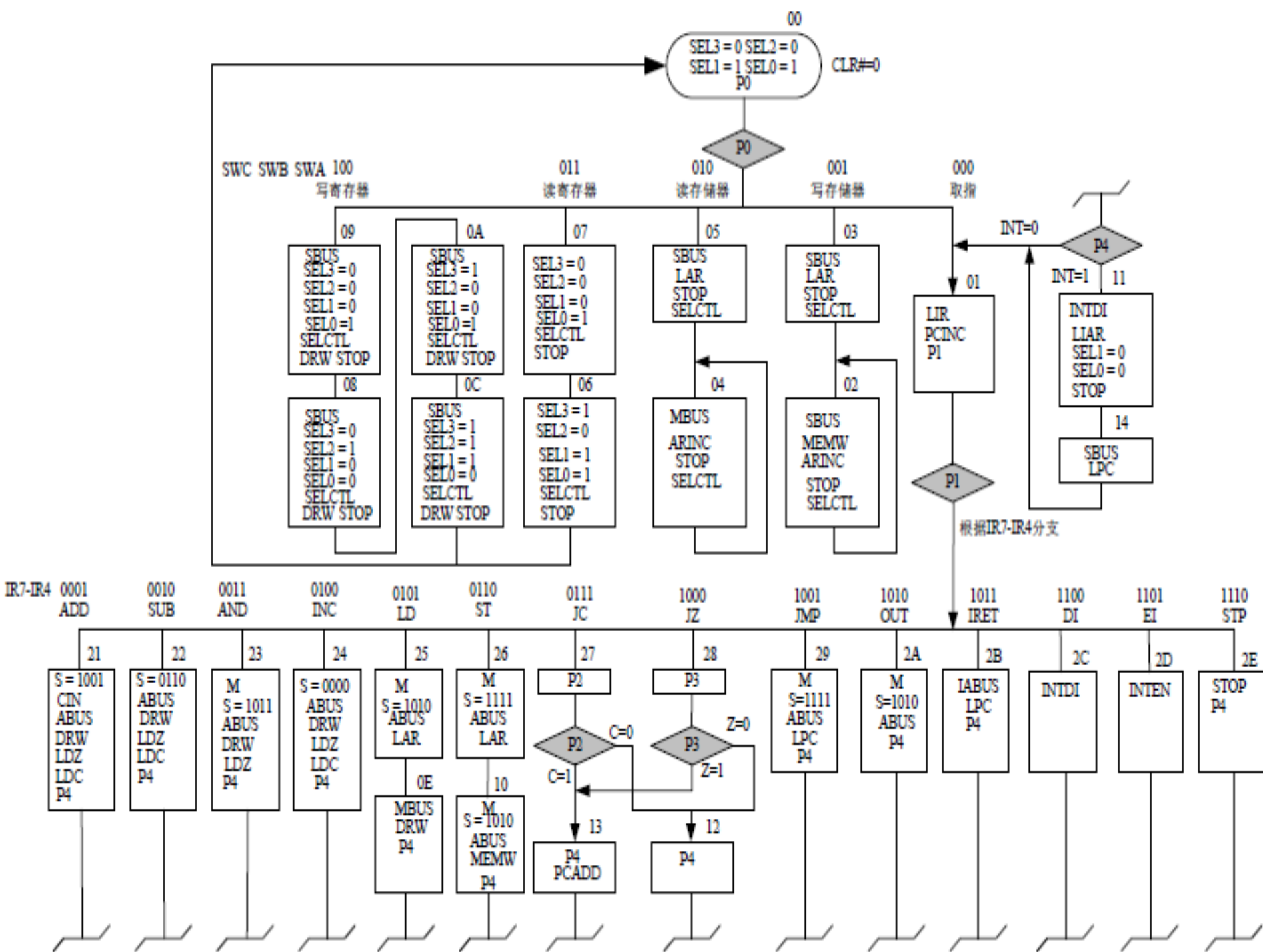
(SWC、SWB、SWA为控制台指令的定义开关)

SWC	SWB	SWA	操作
0	0	0	取指
0	0	1	写存储器
0	1	0	读存储器
0	1	1	写寄存器
1	0	0	读寄存器

计算机组成原理实验

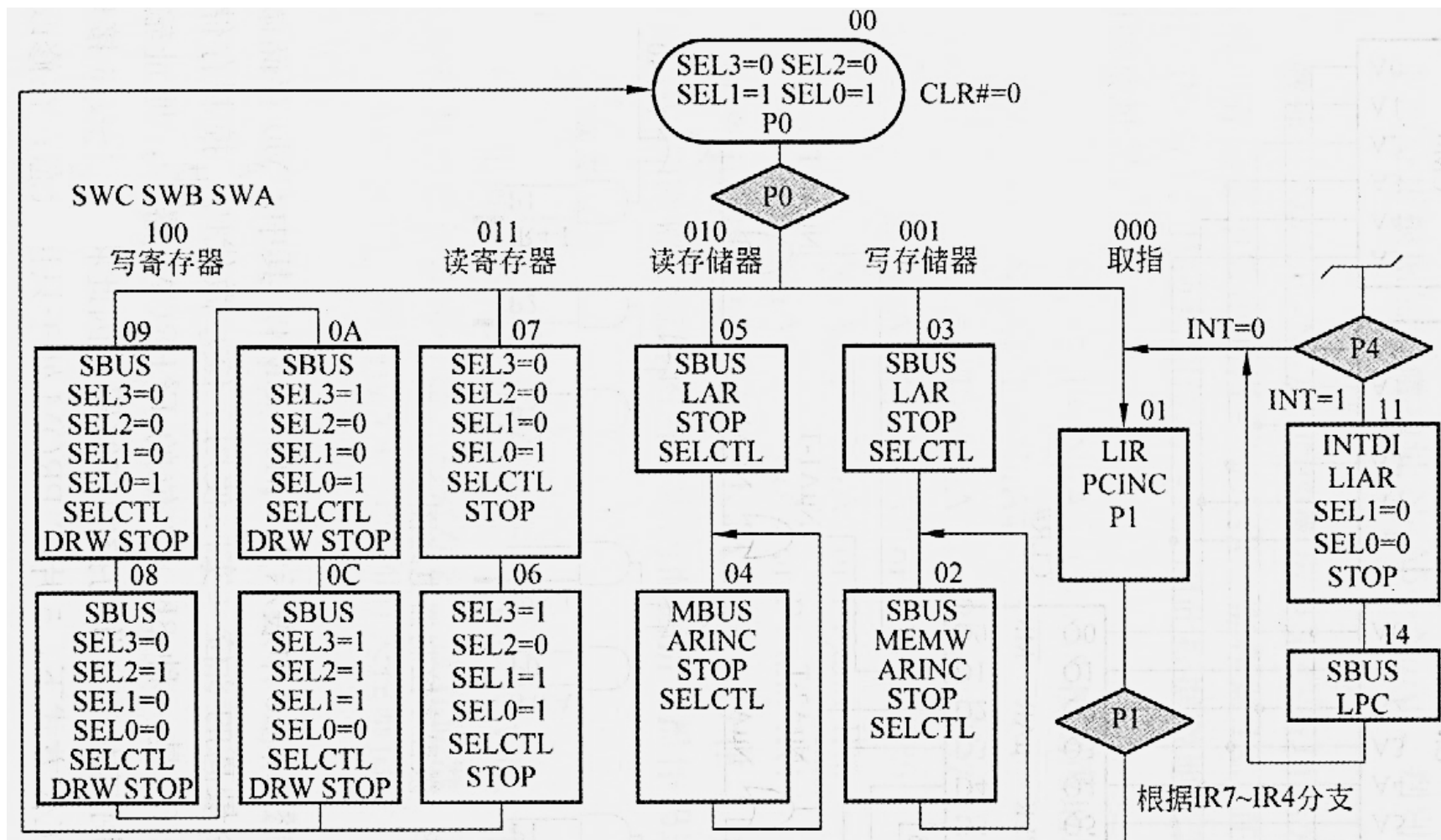
微程序控制器实验

操作模式	实验功能	备注
000	启动程序运行	
001	写存储器	
010	读存储器	
011	读寄存器	
100	写寄存器	
101	运算器组成实验	
110	双端口存储器实验	
111	数据通路实验	



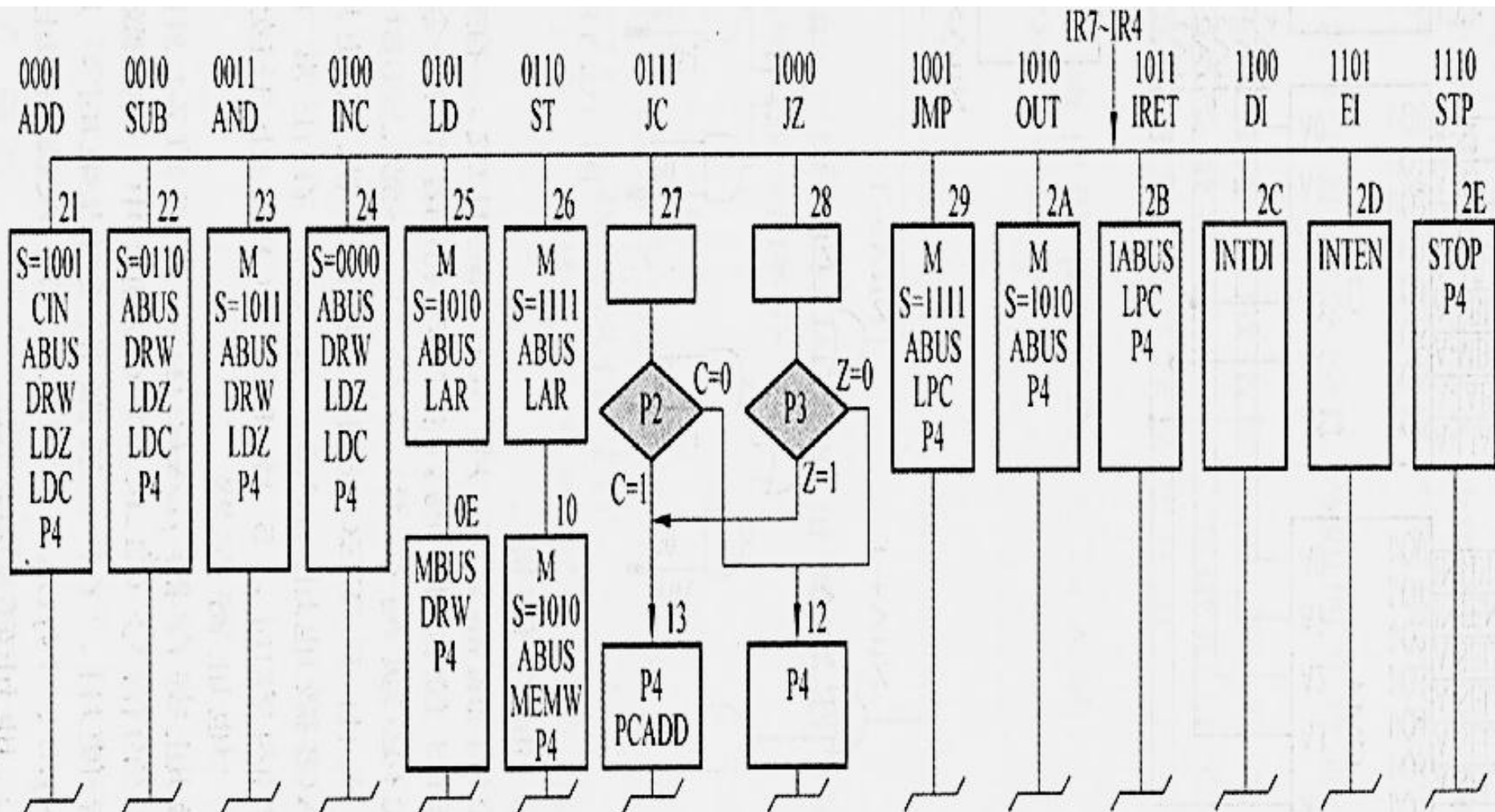
计算机组成原理实验

微程序控制器实验



计算机组成原理实验

微程序控制器实验



计算机组成原理实验

实验任务

- ❖ 熟悉微程序流程图和微程序代码表。
- ❖ 正确设置模式开关SWC、SWB、SWC，用单微指令方式(单拍开关DP设置为1)跟踪控制台操作读寄存器、写寄存器、读存储器、写存储器的执行过程，记录下每一步的微地址 $\mu A5 \sim \mu A0$ 、判别位P4~P0和有关控制信号的值，写出这4种控制台操作的作用和使用方法。
- ❖ 正确设置指令操作码IR7~IR4，用单微指令方式跟踪除停机指令STP之外的所有指令的执行过程。记录下每一步的微地址 $\mu A5 \sim \mu A0$ 、判别位P4~P0和有关控制信号的值。对于JZ指令，跟踪Z=1、Z=0两种情况；对于JZ指令，跟踪C=1、C=0两种情况。

计算机组成原理实验

控制台操作微程序流程举例

❖ 写存储器(WRM): 按下复位按钮**CRL#**,
置**SWC=0**, **SWB=0**, **SWA=1**。

①在**SW₇~SW₀**中设置存储器地址, 按**QD**按钮将此地址打入**AR**。

②在**SW₇~SW₀**置好数据, 按**QD**按钮, 将数据写入**AR**指定的存储器单元, 这时**AR**加1。

③返回②。依次进行下去, 直到按复位按钮**CRL#**为止。实现对**RAM**的手动写入（主要是自己编写的程序和数据）。

计算机组成原理实验

控制台操作微程序流程举例

- ❖ 启动程序(PR): 按下复位按钮CRL#后, 微地址寄存器清零。
置SWC=0, SWB=0, SWA=0,
用数据开关SW₇~SW₀设置RAM中的程序首地址,
按QD按钮后, 启动程序执行。观察不同机器指令
对应微程序的执行。

计算机组成原理实验

实验要求

- 一、做好实验预习，掌握微程序控制器和时序发生器的工作原理。
- 二、根据实验任务所提要求，在预习时完成表格填写、数据和理论分析。
- 三、完成实验报告内容：控制台每步的跟踪过程，指令的跟踪过程
- 四、写出控制台四种操作的作用及使用方法。

计算机组成原理实验

五、可研究和探索的问题*

试根据运算器组成实验、双端口存储器实验、数据通路实验的实验过程，画出相关实验的微程序流程图。

计算机组成原理实验

五、CPU组成与机器指令执行实验

- ❖ 将微程序控制器同执行部件（整个数据通路）联机，组成一台模型计算机；
- ❖ 用微程序控制器控制模型机数据通路，将相应的信号线连接，构成一台能运行测试程序的**CPU**
- ❖ **CPU也称为中央处理器**
- ❖ **CPU的组成**
- ❖ **CPU的功能**

计算机组成原理实验

- ❖ 通过**TEC-8**执行由机器指令组成的简单程序
理解计算机如何取出指令、如何执行指令
如何在一条指令执行结束后自动取出下一条指令并执行，牢固建立的**计算机整机概念**

计算机组成原理实验

实验要求

- ❖ 将简单程序进行译码，按指令格式汇编成二进制机器代码。
- ❖ 完成控制台、时序部件、数据通路和微程序控制器之间的连线。
- ❖ 将程序机器代码利用控制台指令写入内存。根据程序的需要设置通用寄存器堆中相关寄存器的数据。
- ❖ 单拍方式执行一遍程序，记录相关寄存器和存储器存储单元数据，与理论值比较分析。
- ❖ 连续方式再次执行一遍程序，记录相关寄存器和存储器存储单元数据，与理论值比较分析。

计算机组成原理实验

TEC-8模型计算机指令系统

名称	助记符	功能	指令格式					
			IR7	IR6	IR5	IR4	IR3 IR2	IR1 IR0
加法	ADD Rd, Rs	$Rd \leftarrow Rd + Rs$	0001				Rd	Rs
减法	SUB Rd, Rs	$Rd \leftarrow Rd - Rs$	0010				Rd	Rs
逻辑与	AND Rd, Rs	$Rd \leftarrow Rd \text{ and } Rs$	0011				Rd	Rs
加 1	INC Rd	$Rd \leftarrow Rd + 1$	0100				Rd	XX
取数	LD Rd, [Rs]	$Rd \leftarrow [Rs]$	0101				Rd	Rs
存数	ST Rs, [Rd]	$Rs \rightarrow [Rd]$	0110				Rd	Rs
C 条件转移	JC addr	如果 C=1, 则 $PC \leftarrow @ + offset$	0111				offset	
Z 条件转移	JZ addr	如果 Z=1, 则 $PC \leftarrow @ + offset$	1000				offset	
无条件转移	JMP [Rd]	$PC \leftarrow Rd$	1001				Rd	XX
输出	OUT Rs	$DBUS \leftarrow Rs$	1010				XX	Rs
中断返回	IRET	返回断点	1011				XX	XX
关中断	DI	禁止中断	1100				XX	XX
开中断	EI	允许中断	1101				XX	XX
停机	STP	暂停运行	1110				XX	XX

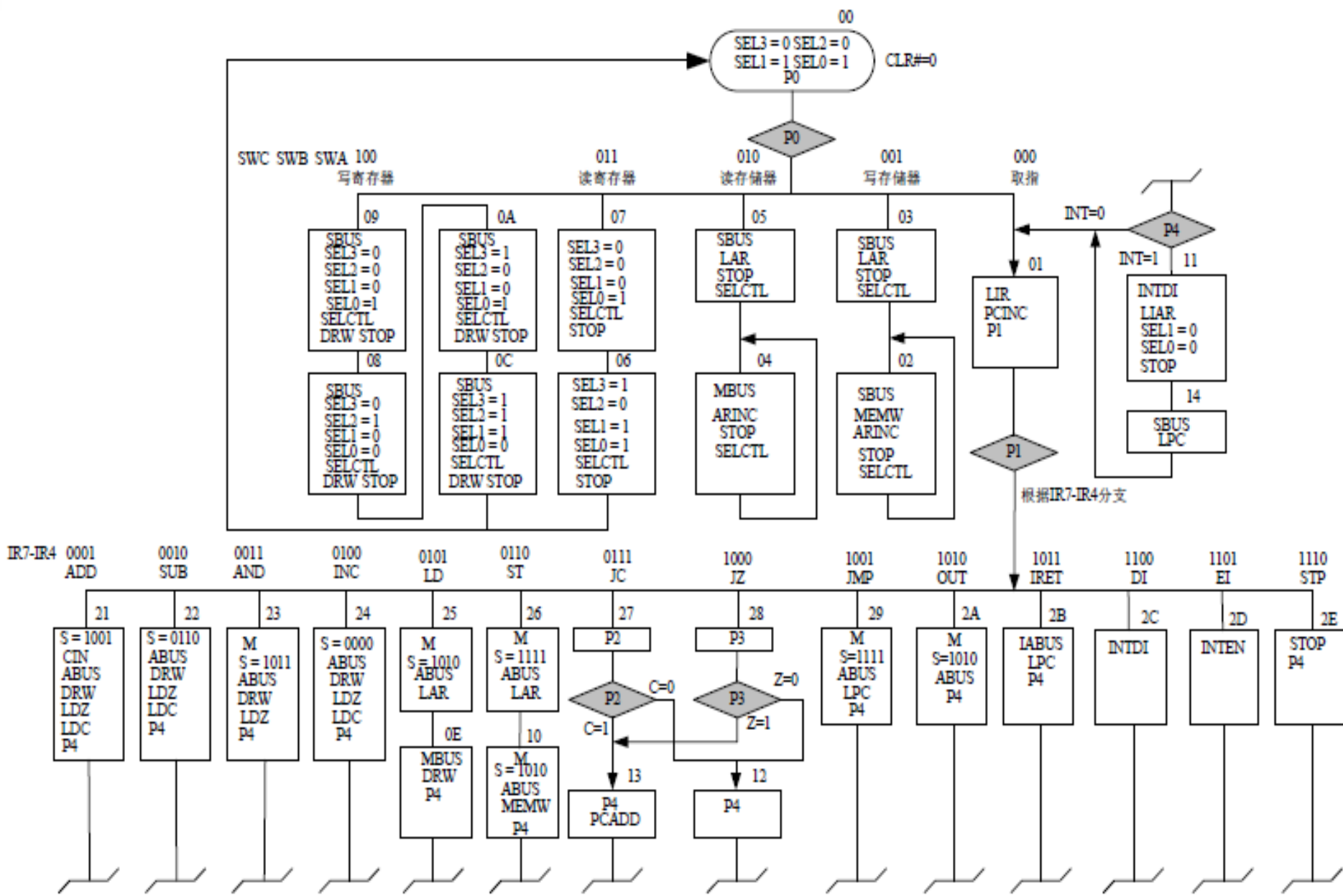
计算机组成原理实验

控制台工作方式

(SWC、SWB、SWA为控制台指令的定义开关)

SWC	SWB	SWA	操作
0	0	0	取指
0	0	1	写存储器
0	1	0	读存储器
0	1	1	写寄存器
1	0	0	读寄存器

计算机组成原理实验



计算机组成原理实验

控制台操作微程序流程举例

❖ **写存储器(WRM):** 按下复位按钮CRL#, 置SWC=0, SWB=0, SWA=1。①在SW₇~SW₀中设置存储器地址, 采用单拍或连续方式, 按QD按钮将此地址打入AR, 注意观察AR指示灯。②在SW₇~SW₀置好数据, 按QD按钮, 将数据写入AR指定的存储器单元, 这时AR加1。③返回②。依次进行下去, 直到按复位按钮CRL#为止。实现对RAM的手动写入。每一控制台指令操作完毕应使系统复位, 然后转换控制台指令。

计算机组成原理实验

控制台操作微程序流程举例

- ❖ **启动程序(PR)**: 按下复位按钮CRL#后, 微地址寄存器清零。置SWC=0, SWB=0, SWA=0, 用数据开关SW₇~SW₀设置RAM中的程序首地址, 采用单拍或连续方式, 按QD按钮后, 启动程序执行。
- ❖ **对照微程序流程图**, 监测微地址指示灯和判别字段指示灯, 以判别正在进行的微操作。
- ❖ 注意观察PC和IR指示灯, 以判断程序的执行情况, 直至程序执行完毕。

计算机组成原理实验

地址	指令	机器16进制代码
00H	LD R0, [R3]	0101 0011 (53)
01H	INC R3	0100 1100 (4C)
02H	LD R1,[R3]	0101 0111 (57)
03H	SUB R0,R1	0010 0001 (21)
04H	JZ 0BH	1000 0110 (86)
05H	ST R0,[R2]	0110 1000 (68)
06H	INC R3	0100 1100 (4C)
07H	LD R0, [R3]	0101 0011 (53)
08H	ADD R0, R1	0001 0001 (11)
09H	JC 0CH	0111 0010 (72)
0AH	INC R2	0100 1000 (48)
0BH	ST R2,[R2]	0110 1010 (6A)
0CH	AND R0,R1	0011 0001 (31)
0DH	OUT R2	1010 0010 (A2)
0EH	STP	1110 0000 (E0)
0FH	85H	1000 0101 (85)
10H	23H	0010 0011 (23)
11H	0EFH	1110 1111 (EF)
12H	00H	0000 0000 (00)

计算机组成原理实验

实验程序的执行

❖ 在单拍方式下跟踪程序的执行

- ❖ (1)通过写存储器操作将程序写入存储器。
- ❖ (2)通过读操作将程序逐条读出，检查程序是否正确写入了存储器。
- ❖ (3)通过写寄存器操作设置寄存器R2为12H、R3为0FH。
- ❖ (4)通过读寄存器操作检查设置是否正确。
- ❖ (5)将单拍开关DP设置为1，使程序在单微指令下运行。
- ❖ (6)按复位按钮CLR，复位程序计数器PC为00H。将模式开关设置为SWC=0、SWB=0、SWA=0，准备进入程序运行模式。
- ❖ (7)按一次QD按钮，进入程序运行。每按一次QD按钮，执行一条微指令，直到程序结束。在程序执行过程中，记录下列信号的值：PC7~PC0、AR7~AR0、 μ A5~ μ A0、IR7~IR0、A7~A0、B7~B0和D7~D0。
- ❖ (8)通过读寄存器操作检查4个寄存器的值并记录。
- ❖ (9)通过读存储器操作检查存储单元12H、13H的值并记录。

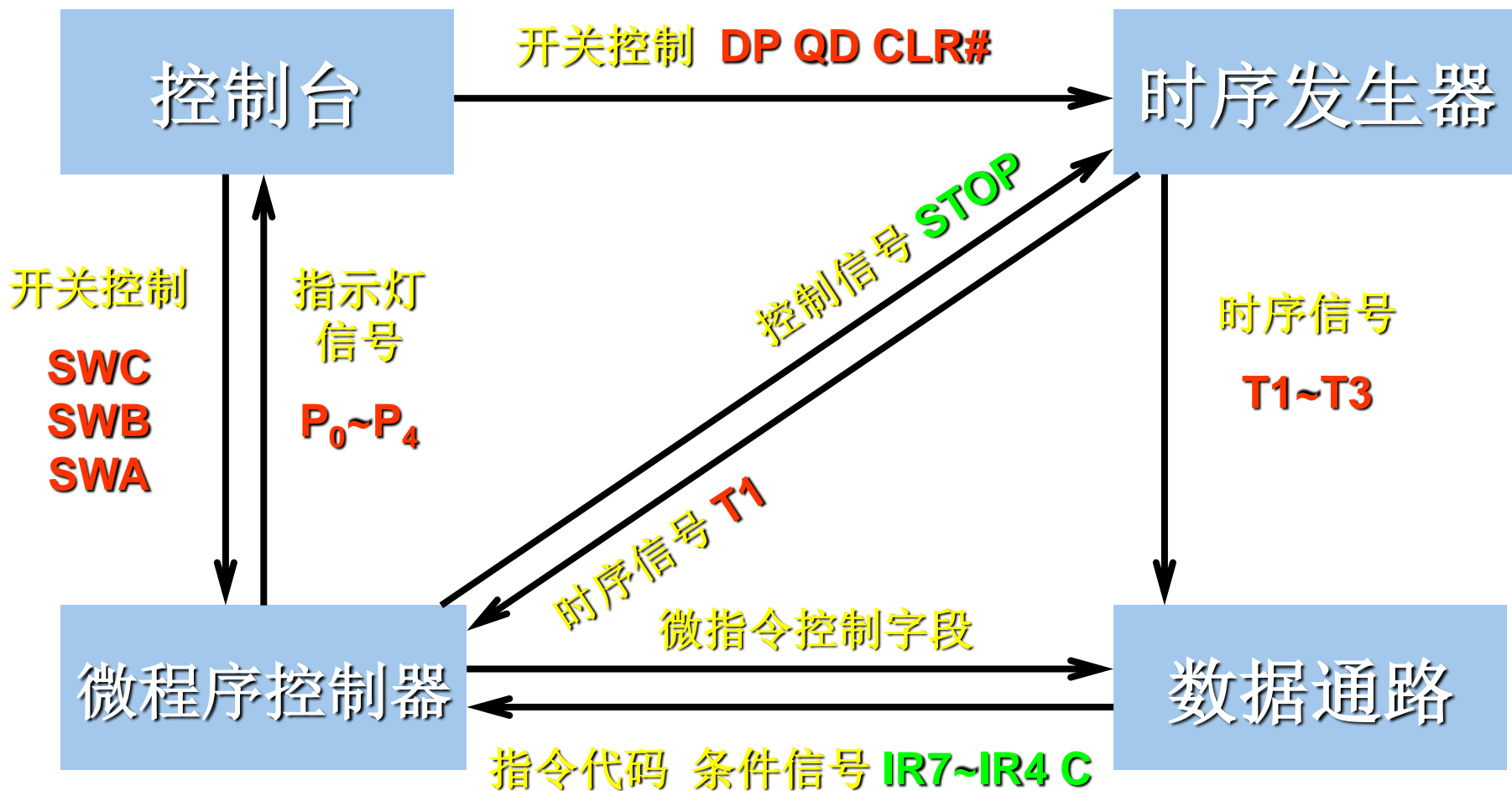
计算机组成原理实验

实验程序的执行

- ❖ 在连续方式下运行程序
- ❖ 由于单拍方式下运行程序并没有改变存储器中的程序。因此只要重新设置R2为12H、R3为0FH。然后将单拍开关DP设置为0，按复位按钮CLR后，将模式开关设置为SWC=0、SWB=0、SWA=0，准备进入程序运行模式。按一次QD按钮，程序自动运行到STP指令。通过读寄存器操作检查4个寄存器的值并记录。通过读存储器操作检查存储单元12H、13H的值并记录

计算机组成原理实验

模型机连线示意图



计算机组成原理实验

接线参考

控制器	IR7-I	IR6-I	IR5-I	IR4-I
数据通路	IR7-O	IR6-O	IR5-O	IR4-O

控制器	Z-I	C-I
数据通路	Z-O	C-O

- ❖ 接好线后,将编程开关拨到“正常”位置,控制转换开关拨到“微程序”位置,合上电源,按CLR#按钮,使TEC-8实验系统处于初始状态。

计算机组成原理实验

记录实验数据（教材P347页-表）

指令	$\mu A5-$ $\mu A0$	PC7- PC0	AR7- AR0	IR7- IR0	A7-A0	B7-B0	D7-D0
LD R0 [R3]							
INC R3							
.....							

计算机组成原理实验

实验要求

- ❖ 做好实验预习。
- ❖ 根据实验任务所提要求，在预习时完成相关表格填写、数据和理论分析。以便与实验值对照。
- ❖ 接线较多，务必仔细。
- ❖ 写出实验报告，内容：
 - ❖ 实验目的
 - ❖ 记录程序数据表格。
 - ❖ 分析程序执行过程中出现的异常情况和值得讨论的其它问题。
- ❖ 课程实验总结。
- ❖ 实验四实验报告，学委收齐后5月28日给我，本次6月4日晚9:00

计算机组成原理实验

实验总结

- ❖ **CPU的基本功能**：程序的顺序执行、管理控制操作、操作和执行定时、数据加工等。
- ❖ **控制器**：程序计数器，指令寄存器，指令译码器，时序发生器，操作控制器等，取指、译码产生控制信号，控制**CPU**、内存，输入/输出之间的数据传输。
- ❖ **运算器**：算数逻辑单元**ALU**，累加器**AC**，数据缓冲寄存器**DR**，状态条件寄存器**PSW**等，数据加工，算数逻辑运算，产生运算结果或逻辑判断。
- ❖ 从内存取指到执行指令结束，一条机器指令对应一个微程序。一个机器指令周期由几个微指令周期组成。
- ❖ 控制部件和执行部件构成计算机的两大部分。



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

谢谢大家！

北京邮电大学