

TEC-8L 组成原理实验

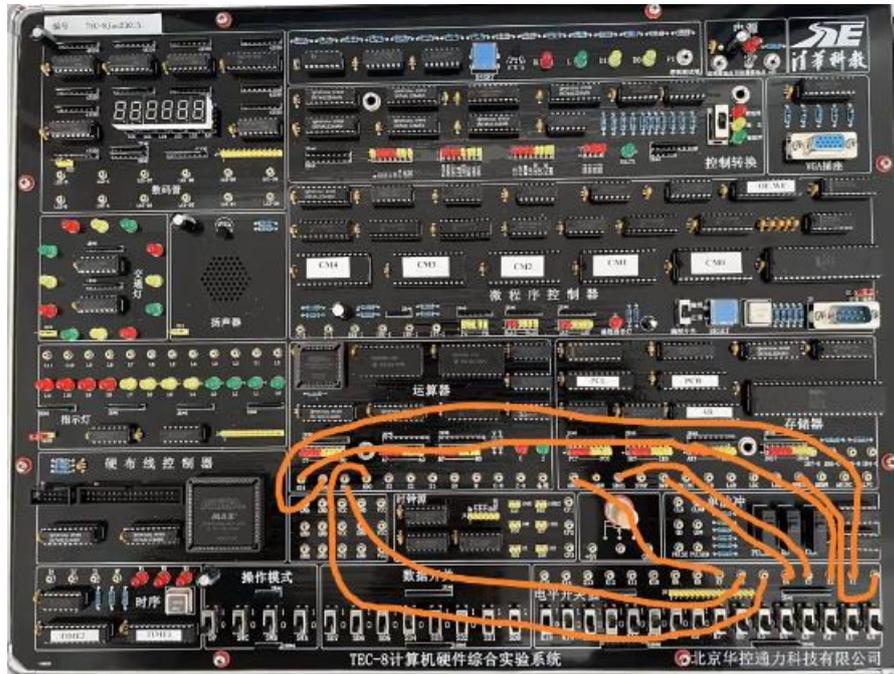
邓立国

广东工业大学先进制造学院

实验箱实物图：



实验 1: 寄存器实验



(1)按表所示, 正确连接运算器、存储器部件与实验平台上的电平开关 K7-K0。

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	备注
信号名称	ABUS	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS	

写寄存器

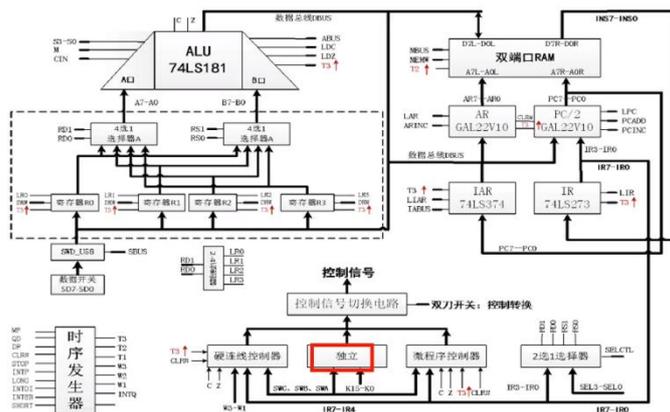


图 1.2 TEC-8 模型计算机框图

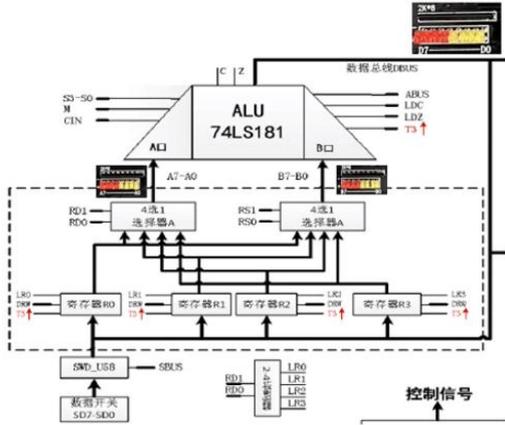
【14】操作模式开关 SWC、SWB、SWA
操作模式 SWC、SWB、SWA 确定的 TEC-8 模型计算机操作模式如下:

操作模式 SWC-SWA	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	

- 置“控制转换”开关拨到最中间位置, 独立指示灯亮, DP=X, SWC=1, SWB=0, SWA=0, 复位按键 CLR



第 1 组：置寄存器 R0=0FH、寄存器 R1=F0H、寄存器 R2=55H、寄存器 R3=AAH。



【14】操作模式开关 SWC、SWB、SWA

操作模式 SWC、SWB、SWA 确定的 TEC-8 模型计算机操作模式如下：

操作模式 SWC-SWA	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	

ABUS=0?

[1]写寄存器 R0=0FH

- 写寄存器堆 RF，置寄存器 R0=0FH、R1=F0H、R2=55H、R3=AAH。置“控制转换”开关拨到最中间位置既“独立”指示灯亮、DP=X、SWC=1、SWB=0、SWA=0。按复位按钮 CLR，使 TEC-8 实验系统处于初始状态。

【1】写寄存器 R0=0FH

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	SD7-SD0	备注
信号名称	ABUS	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS		
		0	0	1	1				0FH	

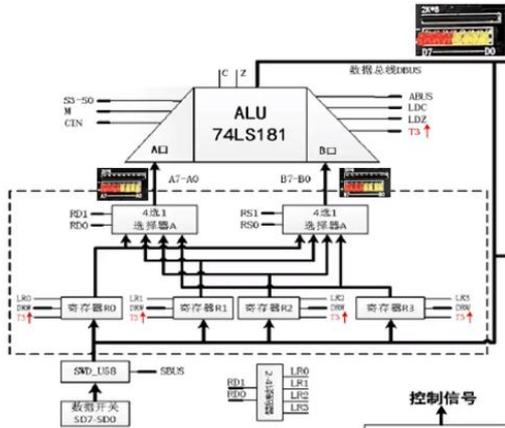
- 在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入寄存器 R0 中的数据 0FH，按一次 QD 按钮，将数据 0FH 写入寄存器 R0。

通过 A、B 端口和 A7-A0 查看寄存器的值

• [1]读寄存器 R0...R3

读寄存器堆 RF，验证写入寄存器 R0、R1、R2、R3 中的值，是否与写入的数值相同。首先将“控制转换”开关拨到最中间位置既“独立”指示灯亮，然后把操作模式设置为 DP=X、SWC=0、SWB=1、SWA=1。

A: 通过 A 端口既 A7-A0 查看寄存器中的数据



【14】操作模式开关 SWC、SWB、SWA

操作模式 SWC、SWB、SWA 确定的 TEC-8 模型计算机操作模式如下：

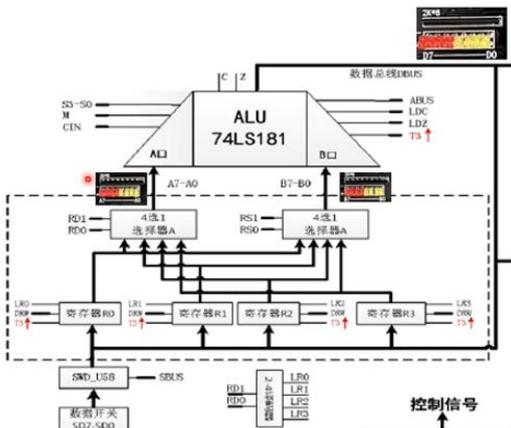
操作模式 SWC-SWA	实验功能	备注
000	启动程序运行	
001	写存储器	
010	读存储器	
011	读寄存器	
100	写寄存器	
101	运算器组成实验	
110	双端口存储器实验	
111	数据通路实验	

通过 A、B 端口和 A7-A0 查看寄存器的值

• [1]读寄存器 R0...R3

读寄存器堆 RF，验证写入寄存器 R0、R1、R2、R3 中的值，是否与写入的数值相同。首先将“控制转换”开关拨到最中间位置既“独立”指示灯亮，然后把操作模式设置为 DP=X、SWC=0、SWB=1、SWA=1。

A: 通过 A 端口既 A7-A0 查看寄存器中的数据



A: 通过 A 端口既 A7-A0 查看寄存器中的数据

【1】读寄存器 R0

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	A7-A0	备注
信号名称	ABUS	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS		
		0	0	X	1				0FH	

指示灯 A7-A0 显示的是寄存器 R0 的数据

B: 通过 B 端口既 B7-B0 查看寄存器中的数据

【1】读寄存器 R0

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	B7-B0	备注
信号名称	ABUS	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS		
				X	1	0	0		01H	

指示灯 B7-B0 显示的是寄存器 R0 的数据

实验 2：运算器实验

运算器的结构和原理

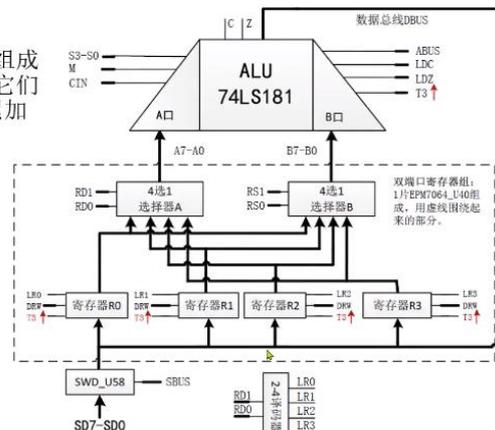
运算器是数据的加工处理部件，是中央处理器的重要组成部分。尽管各种计算机的运算器结构可能有所不同，但是它们的最基本的结构中必须有算术/逻辑单元、通用寄存器、累加器、数据总线等逻辑构件。

M=L: 算术运算 M=H: 逻辑运算

S3-0:

方式	M=H 逻辑	M=L 算术
S3-S0	逻辑运算	CN=1 无进位 CN=0 有进位
0000	F=A	F=A 加 1
0001	F=(A+B)	F=(A+B) 加 1
0010	F=A/B	F=(A/B) 加 1
0011	F=0	F=1 (补码形式)
0100	F=A/B	F=A 加 A/B
0101	F=(A+B)	F=(A+B) 加 A/B
0110	F=A ⊕ B	F=A 减 B 减 1
0111	F=A/B	F=A 减 B
1000	F=A+B	F=(A/B)
1001	F=A+B	F=A 加 AB
1010	F=A ⊕ B	F=A 加 AB 加 1
1011	F=A ⊕ B	F=A 加 AB
1100	F=B	F=A 加 B 加 1
1101	F=AB	F=(A+B) 加 AB
1110	F=AB	F=(A+B) 加 AB 加 1
1111	F=1	F=AB
	F=A 加 A	F=A 加 A 加 1
	F=(A+B) 加 A	F=(A+B) 加 A 加 1
	F=(A+B) 加 A	F=(A+B) 加 A 加 1
	F=A 减 1	F=A

进位信号 C 是运算器 ALU 最高进 Cn+1 的反，既有进位为 1，无进位为 0。



2.1 脱机运算器实验

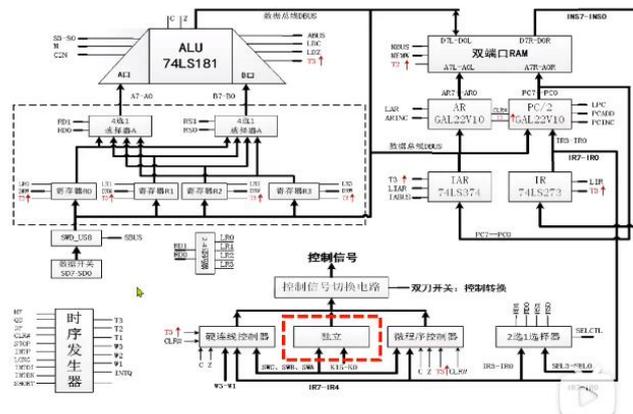
1. 脱机运算器实验

一、实验目的

- (1) 熟悉逻辑测试笔的使用方法；
- ① 熟悉运算器的数据传送通路；
- ② 掌握算术逻辑运算器加、减、与等运算的工作原理功能；
- ③ 完成几种指定的算术逻辑运算。

二、实验设备

TEC-8实验系统



1. 接线

电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	备注
信号名称	M	S0	S1	S2	S3	CIN	ABUS	LDC	

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	备注
信号名称	LDZ	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS	

2. 对下述 7 组数据进行加、减、与、或运算。

	1 组	2 组	3 组	4 组	5 组	6 组	7 组	备注
数据 A	0FH	10H	03H	0AH	0FFH	55H	0C5H	
数据 B	01H	0F0H	05H	0AH	0AAH	0AAH	61H	

3. 写寄存器 R0=0FH

序号	电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8		
	信号名称	M	S3	S2	S1	S0	CIN	ABUS	LDC	SD7-SD0	D7-D0
1										0FH	0FH

序号	电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0		
	信号名称	LDZ	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS	A7-A0	B7-B0
1					1	1					

4. 写寄存器 R1=01H

序号	电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8		
	信号名称	M	S3	S2	S1	S0	CIN	ABUS	LDC	SD7-SD0	D7-D0
2										01H	01H

序号	电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0		
	信号名称	LDZ	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS	A7-A0	B7-B0
2				1	1	1				0FH	0FH

5. 加法运算: 0FH+01=10H

序号	电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8		
	信号名称	M	S3	S2	S1	S0	CIN	ABUS	LDC	SD7-SD0	D7-D0
3			1			1	1	1	1		10H

序号	电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0		
	信号名称	LDZ	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS	A7-A0	B7-B0
3		1	0	0			0	1		0FH	01H
			寄存器 R0				寄存器 R1				

6. 减法运算 $0FH - 01H = 0EH$

序号	电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8		
	信号名称	M	S3	S2	S1	S0	CIN	ABUS	LDC	SD7-SD0	D7-D0
4			1	1			0	1	1		0EH

序号	电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0		
	信号名称	LDZ	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS	A7-A0	B7-B0
4		1	0	0			0	1		0FH	01H
			寄存器 R0				寄存器 R1				

注意：请分别测试 CIN=0 和 CIN=1 不同情况的减法运算情况。

7. 与运算 $0FH \text{ and } 01H = 01H$

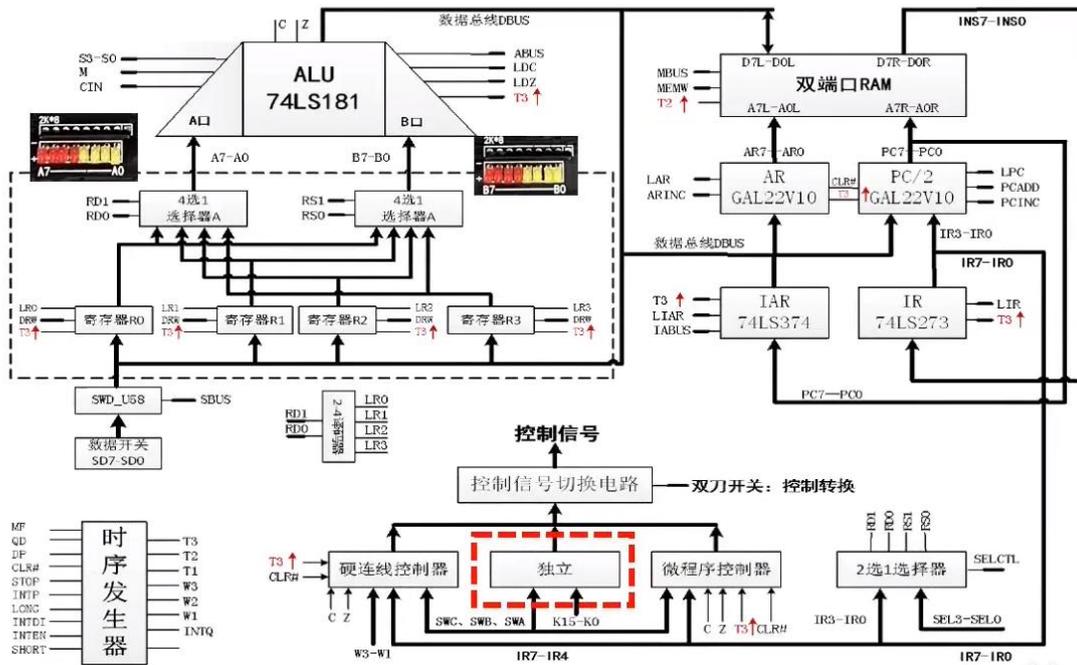
序号	电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8		
	信号名称	M	S3	S2	S1	S0	CIN	ABUS	LDC	SD7-SD0	D7-D0
5			1		1	1	1	1	1		1EH

序号	电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0		
	信号名称	LDZ	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS	A7-A0	B7-B0
5		1	0	0			0	1		0FH	01H
			寄存器 R0				寄存器 R1				

8. 或运算: $0FH \text{ or } 01 = 0FH$

序号	电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8		
	信号名称	M	S3	S2	S1	S0	CIN	ABUS	LDC	SD7-SD0	D7-D0
6						1	1	1	1		0F

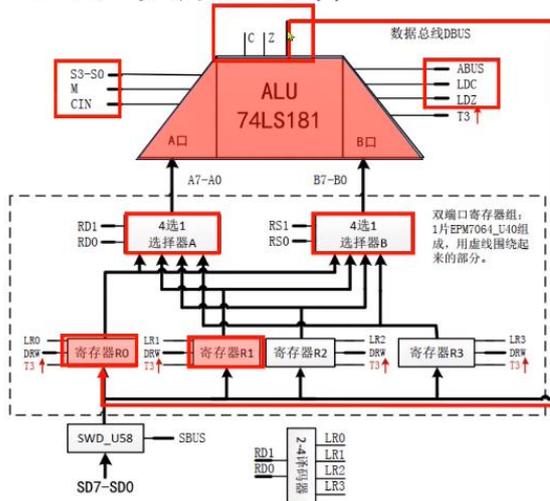
序号	电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0		
	信号名称	LDZ	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS	A7-A0	B7-B0
6		1	0	0			0	1		0FH	01H
			寄存器 R0				寄存器 R1				



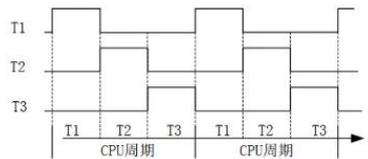
2.2 模型机运算器实验

脱机运算器实验 VS 模型机运算器实验
 控制信号是电平开关 控制信号是微程序产生

四、实验电路



执行一条指令需要3个节拍 (或3个机器周期)
 T1, T2, T3



Ex. ADD R0,R1; R0+R1->R0

T1-T3:

数据A,B,
 M, S3,S2,S1,S0,Cin,
 LDZ, LDC, ABUS

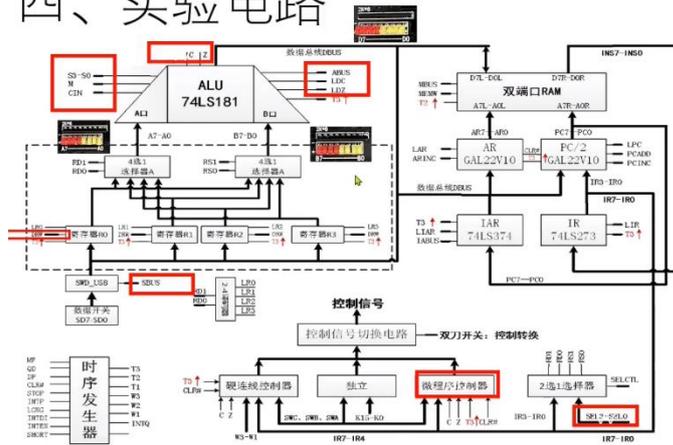
T2: 完成运算

T3: 运算结果保存到寄存器、保存C和Z标志



四、实验电路

• 用到的信号



序号	信号名	功能说明
1	S3-S0	控制 74LS181 的运算类型
2	CIN	低位 74LS181 的进位输入
3	SEL3、SEL2	选择送 ALU 的 A 端口的寄存器 (RD1、RD0)
4	SEL1、SEL0	选择送 ALU 的 B 端口的寄存器 (RS1、RS0)
5	DRW	=1 时, 在 T3 上升沿对 RD1、RD0 选中的寄存器进行写操作。将数据总线 DBUS 上的数 D7-D0 写入选定的寄存器
6	SBUS	=1 时, 将运算结果送数据总线 DBUS
7	ABUS	=0 时, 禁止运算结果送数据总线 DBUS
8	M	运算模式; M=0 为算术运算; M=1 逻辑运算;
9	LDZ	=1 时, 如果运算结果为 0, 在 T3 的上升沿, 将 1 写入到 Z 标志寄存器; 如果运算结果不为 0, 将 0 保存到 Z 标志寄存器。
10	LDC	=1 时, 在 T3 的上升沿将运算得到的进位保存到 C 标志寄存器。
11	A7-A0	送往 ALU 的 A 端口的数
12	B7-B0	送往 ALU 的 B 端口的数
13	D7-D0	数据总线 DBUS 上的 8 位数
14	C	进位标志
15	Z	结果为 0 标志

五、实验任务

	1 组	2 组	3 组	4 组	5 组	6 组	7 组	备注
数据 A	0FH	10H	03H	0AH	0FFH	55H	0C5H	
数据 B	01H	0F0H	05H	0AH	0AAH	0AAH	61H	

- 第 1 组: R0=0FH、R1=01H、加、减、与、或四种运算
- 第 6 组: R0=55H、R1=0AAH、加、减、与、或四种运算

第 1 组: R0=0FH、R1=01H、加、减、与、或四种运算

[1] 设置操作模式

[2] 写寄存器 R0=0FH

[3] 写寄存器 R1=01H

[4] 进行加法运算

[5] 进行减法运算

[6] 进行与运算

[7] 进行或运算

[8] 结束运算

序号	μA5-μA0	SWC	SWB	SWA	状态	备注
01	00H	1	0	1	TEC-8 实验系统处于初始状态	
序号	μA5-μA0	NμA5-NμA0	SD7-SD0	D7-D0	状态	备注
02	0BH	15H	0FH	0FH	写寄存器 R0	
序号	μA5-μA0	NμA5-NμA0	SD7-SD0	D7-D0	状态	备注
03	15H	16H	01H	01H	写寄存器 R1	
序号	μA5-μA0	NμA5-NμA0	D7-D0	A7-A0	B7-B0	C Z
04	16H	17H	10H	0FH	01H	0 0
序号	μA5-μA0	NμA5-NμA0	D7-D0	A7-A0	B7-B0	C Z
05	17H	18H	0EH	0FH	01H	0 0
序号	μA5-μA0	NμA5-NμA0	D7-D0	A7-A0	B7-B0	C Z
06	18H	19H	01H	0FH	01H	1 0
序号	μA5-μA0	NμA5-NμA0	D7-D0	A7-A0	B7-B0	C Z
07	19H	00H	0FH	0FH	01H	1 0
序号	μA5-μA0	NμA5-NμA0	D7-D0	A7-A0	B7-B0	C Z
08	00H	01H		0FH	0FH	1 0

六、实验步骤

第1组: R0=0FH、R1=01H、加、减、与、或四种运算

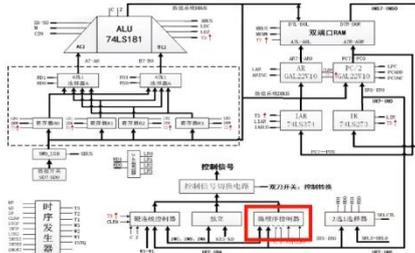
【1】设置操作模式

置“控制转换”开关拨到微程序位置即“微程序”指示灯绿亮、DP=1、SWC=1、SWB=0、SWA=1。按复位按钮 CLR，指示灯 $\mu A5-\mu A0$ 显示 00H，使 TEC-8 实验系统处于初始状态。写寄存器堆 RF，使寄存器 R0=0FH、寄存器 R1=01H。

序号	$\mu A5-\mu A0$	SWC	SWB	SWA	状态	备注
01	00H	1	0	1	TEC-8 实验系统处于初始状态	

按一次 QD 按钮，产生一组节拍脉冲信号 T1、T2、T3，进入运算器实验。

- [1] 设置操作模式
- [2] 写寄存器 R0=0FH
- [3] 写寄存器 R1=01H
- [4] 进行加法运算
- [5] 进行减法运算
- [6] 进行与运算
- [7] 进行或运算
- [8] 结束运算



操作模式 SWC, SWB, SWA	实验功能
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

【2】写寄存器 R0=0FH

指示灯 $\mu A5-\mu A0$ 显示 0BH。在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入寄存器 R0 中的数据 0FH。在数据总线 DBUS 指示灯 D7-D0 上可以看到数据设置的正确不正确，发现错误需及时改正。

序号	$\mu A5-\mu A0$	N $\mu A5$ -N $\mu A0$	SD7-SD0	D7-D0	状态	备注
02	0BH	15H	0FH	0FH	写寄存器 R0	

按一次 QD 按钮，将数据开关 SD7-SD0 上设置数据 0FH 写入寄存器 R0，通过

【3】写寄存器 R1=01H

指示灯 $\mu A5-\mu A0$ 显示 15H。这时 R0 已经写入，在指示灯 B7-B0 上可以观察到 R0 的值。在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入寄存器 R1 中的数据 01H。

序号	$\mu A5-\mu A0$	N $\mu A5$ -N $\mu A0$	SD7-SD0	D7-D0	状态	备注
03	15H	16H	01H	01H	写寄存器 R1	

按一次 QD 按钮，将数据开关 SD7-SD0 上设置的数据 01H 写入 R1，进入下一步加法运算。

【4】进行加法运算

指示灯 $\mu A5-\mu A0$ 显示 16H。指示灯 A7-A0 显示寄存器 R0，指示灯 B7-B0 显示寄存器 R1，D7-D0 指示灯显示运算结果。

序号	$\mu A5-\mu A0$	N $\mu A5$ -N $\mu A0$	D7-D0	A7-A0	B7-B0	C	Z
04	16H	17H	10H	0FH	01H	0	0

按一次 QD 按钮，进入下一步减法运算。

【5】进行减法运算

指示灯 $\mu A5-\mu A0$ 显示 17H。指示灯 C (红色) 显示加法运算得到的进位，指示灯 Z (绿色) 显示加法运算得到的结果为 0 信号。指示灯 A7-A0 显示被减数 A (寄存器 R0)，指示灯 B7-B0 显示减数 B (寄存器 R1)，指示灯 D7-D0 显示运算结果 A-B。

序号	$\mu A5-\mu A0$	N $\mu A5$ -N $\mu A0$	D7-D0	A7-A0	B7-B0	C	Z
05	17H	18H	0EH	0FH	01H	0	0

按一次 QD 按钮，进入下一步与运算。

【6】进行与运算

指示灯 $\mu A5-\mu A0$ 显示 18H。这时指示灯 C (红色) 显示减法运算得到的进位 C，指示灯 Z (绿色) 显示减法运算得到的结果为 0 信号。指示灯 A7-A0 显示数 A (R0)，指示灯 B7-B0 显示数 B (R1)，指示灯 D7-D0 显示运算结果 A and B。

序号	$\mu A5-\mu A0$	N $\mu A5$ -N $\mu A0$	D7-D0	A7-A0	B7-B0	C	Z
06	18H	19H	01H	0FH	01H	1	0

按一次 QD 按钮，进入下一步或运算。

【7】进行或运算

指示灯 $\mu A5-\mu A0$ 显示 19H。这时指示灯 Z (绿色) 显示与运算得到的结果为 0 信号。指示灯 C 保持不变。指示灯 A7-A0 显示数 A (寄存器 R0)，指示灯 B7-B0 显示数 B (寄存器 R1)，指示灯 D7-D0 显示运算结果 A or B。

序号	$\mu A5-\mu A0$	N $\mu A5$ -N $\mu A0$	D7-D0	A7-A0	B7-B0	C	Z
07	19H	00H	0FH	0FH	01H	1	0

按一次 QD 按钮，进入下一步结束运算。

【8】结束运算

指示灯 $\mu A5-\mu A0$ 显示 00H。这时指示灯 Z (绿色) 显示或运算得到的结果为 0 信号。指示灯 C 保持不变。

序号	$\mu A5-\mu A0$	N $\mu A5$ -N $\mu A0$	D7-D0	A7-A0	B7-B0	C	Z
08	00H	01H		0FH	0FH	1	0

第1组数据的四种运算完成

- [1] 设置操作模式
- [2] 写寄存器 R0=0FH
- [3] 写寄存器 R1=01H
- [4] 进行加法运算
- [5] 进行减法运算
- [6] 进行与运算
- [7] 进行或运算
- [8] 结束运算

五、实验任务

	1 组	2 组	3 组	4 组	5 组	6 组	7 组	备注
数据 A	0FH	10H	03H	0AH	0FFH	55H	0C5H	
数据 B	01H	0F0H	05H	0AH	0AAH	0AAH	61H	

- 第 6 组：R0=55H、R1=0AAH、加、减、与、或四种运算

七、实验要求

1. 做好实验预习，掌握运算器的数据传输通路及其功能特性。

2. 写出实验报告，包括但不限于：

1) 填写实验数据表格

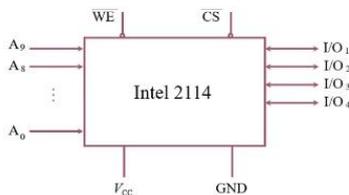
2) 结合实验现象，每一实验步骤中，对下述信号在所起的作用进行解释：M、S0、S1、S2、S3、CIN、ABUS、LDC、LDZ、SEL3、SEL2、SEL1、SELO、DRW、SBUS。并说明在该步骤中，哪些信号是必需的，哪些信号不是必需的，哪些信号必需采用实验中使用的值，哪些信号可以不采用实验中使用的值。

实验数据		实验结果									
数 A	数 B	加			减			与		或	
		数据结果	C	Z	数据结果	C	Z	数据结果	Z	数据结果	Z

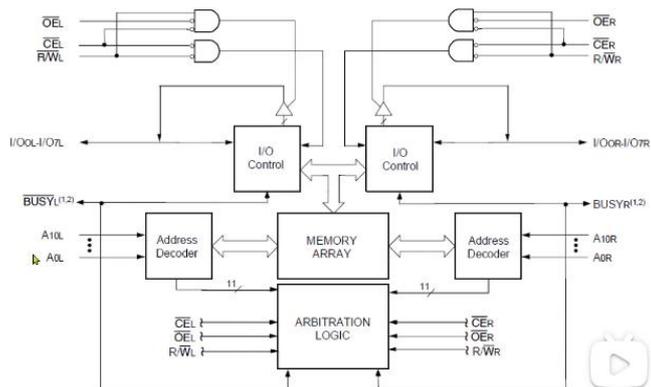
实验 3：存储器实验

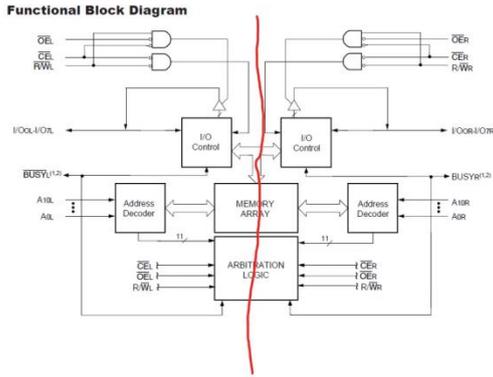
3.1 脱机存储器实验

- 存储器概述
- 双端口存储器
- IDT7132, 2k*8



Functional Block Diagram





- 1.逻辑结构
- 2.无冲突读写控制
- 3.有冲突读写控制

当两个端口同时取存储器同一存储单元时，便发生读写冲突。为解决此问题，特设置了/BUSY标志。在这种情况下，片上的判断逻辑可以决定对哪个端口优先进行读写操作，而对另一个被延迟的端口置/BUSY标志(/BUSY变为低电平)，即暂时关闭此端口。换句话说，读/写操作对/BUSY变为低电平的端口是不起作用的。一旦优先端口完成写操作，才将被延迟端口的/BUSY标志复位(/BUSY变为高电平)，开放此端口，允许延迟端口进行存取。

当两个端口均为开放状态(/BUSY为高电平)且存取地址相同时，发生读写冲突。此时判断逻辑可使地址匹配或片使能匹配下降至5nS，并决定对哪个端口进行存取。判断方式有以下两种：

(1) 如果地址匹配且在/CE之前有效，片上的控制逻辑在/CEL和/CER之间进行判断来选择端口(/CE判断)。

(2) 如果/CE在地址匹配之前变低，片上的控制逻辑在左、右地址间进行判断来选择端口(地址有效判断)。

无论采用哪种判断方式，延迟端口/BUSY标志都将设置而关闭此端口，而当允许存取的端口完成操作时，延迟端口/BUSY标志才进行复位而打开此端口。下表列出了左、右端口进行读写操作时的功能判断。

一、实验类型

原理性+分析性+设计性

二、实验目的

- 【1】了解双端口静态存储器IDT7132的工作特性及其使用方法；
- 【2】了解半导体存储器怎样存储和读取数据；
- 【3】了解双端口存储器怎样并行读写，并分析冲突产生的情况；
- 【4】熟悉存储器部分的数据通路。

三、实验设备

四、实验电路

- 左端口
 - 读写
- AR, CLR=0, AR=0
- 右端口
 - 只读
- PC
 - CLR=0, PC=0
 - LPC=1: 置PC
 - PCINC: PC+1
- IR: LIR=1, 指令写入IR

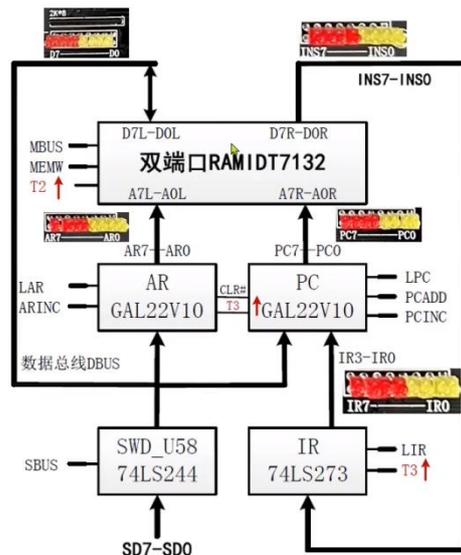


图 2.9 双端口存储器实验电路图

五、实验任务

1. 从存储器地址10H开始，通过左端口连续向双端口RAM中写入3个数：85H, 60H, 38H。在写的过程中，在右端口检测写的数据是否正确。
2. 从存储器地址10H开始，连续从双端口RAM的左端口和右端口同时读出存储器的内容。

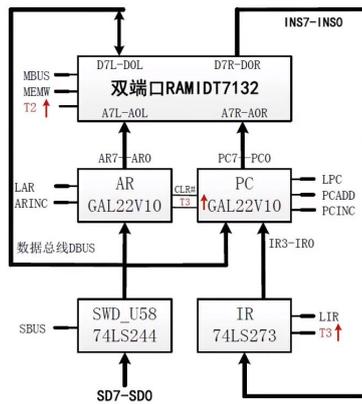


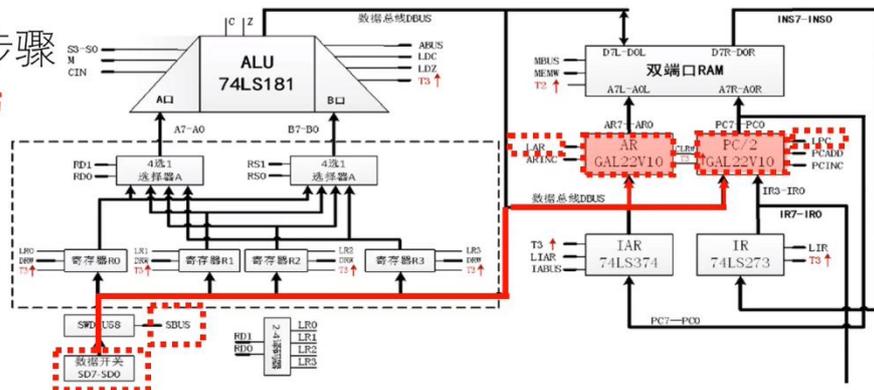
图 2.9 双端口存储器实验电路图

写：

六、实验步骤

第一组 左端口读 写

步骤：



【1】设置存储器地址 AR=10H

序号	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	SD7-SD0	D7-D0
序号	SBUS	ARINC	LAR	MEMW	MBUS	PCINC	LPC	ABUS		
1	1		1				1		10H	10

【2】写第1个数 85H

【2】写第1个数 85H

序号	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	AR7-ARO	SD7-SD0	D7-D0
序号	SBUS	ARINC	LAR	MEMW	MBUS	PCINC	LPC	ABUS			
2	1		1						10H	85H	85H

【3】写第2个数 60H

序号	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	AR7-ARO	SD7-SD0	D7-D0
序号	SBUS	ARINC	LAR	MEMW	MBUS	PCINC	LPC	ABUS			
3	1		1						11H	60H	60H

【4】写第3个数 38H

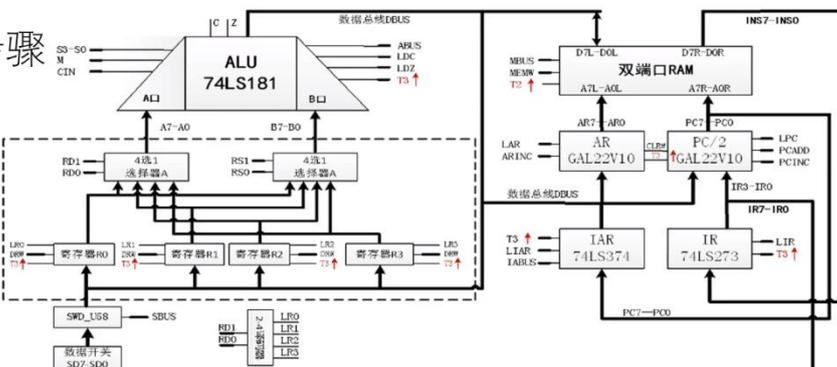
序号	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	AR7-ARO	SD7-SD0	D7-D0
序号	SBUS	ARINC	LAR	MEMW	MBUS	PCINC	LPC	ABUS			
4	1		1						12H	38H	38H

读：

六、实验步骤

第二组 左端口读 写

右端口读



【5】重新设置存储器地址 AR=10H、PC=30H

序号	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	SD7-SD0	D
序号	SBUS	ARINC	LAR	MEMW	MBUS	PCINC	LPC	ABUS		
5	1		0		1	0	0	0	10H	10H

【7】查看内容 AR、PC、INS

序号	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	PC	AR	INS
序号	SBUS	ARINC	LAR	MEMW	MBUS	PCINC	LPC	ABUS			
6	0		1		0	1	1	0	0	11H	11H

【6】查看 AR、PC、INS 中的内容

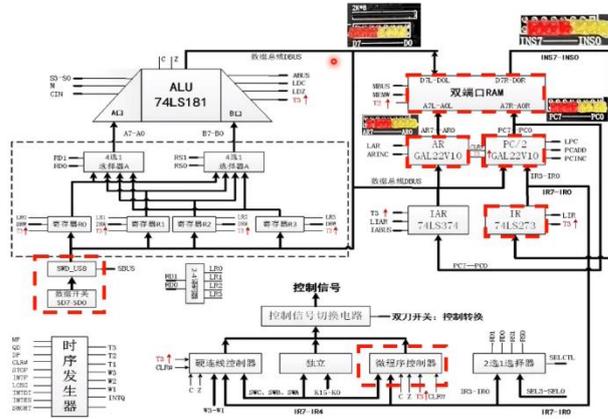
序号	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	PC	AR	INS
序号	SBUS	ARINC	LAR	MEMW	MBUS	PCINC	LPC	ABUS			
6	0		1		0	1	1	0	0	10H	10H

【8】查看内容 AR、PC、INS

序号	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	PC	AR	INS
序号	SBUS	ARINC	LAR	MEMW	MBUS	PCINC	LPC	ABUS			
6	0		1		0	1	1	0	0	12H	12H

3.2 模型机存储器实验

四、实验电路



名称	功能说明
LAR	=1, 在 T3 的上升沿, 将数据总线上的数据写入地址寄存器 AR。
ARINC	=1, 在 T3 的上升沿, 地址寄存器 AR 自动加 1。
AR7-AR0	双端口 RAM 左端口存储器地址。
D7-D0	数据总线 DBUS 上的数据。
LPC	=1 时, 在 T3 的上升沿, 将数据总线上的数据写入程序计数器 PC。
PCINC	=1 时, 在 T3 的上升沿程序计数器 PC 自动加 1。
PC7-PC0	双端口 RAM 右端口存储器地址。
INS7-INS0	从双端口 RAM 右端口读出的指令, 本实验中作为数据使用。
MBUS	=1 时, 将双端口 RAM 的左端口数据送到数据总线 DBUS。
MEMW	=1 时, 在 T2 为 1 期间将数据总线 DBUS 上的 D7-D0 写入双端口 RAM 写入的存储器单元由 AR7-AR0 指定。
LIR	=1 时, 在 T3 的上升沿将从双端口 RAM 的右端口读出的指令 INS7-INS0 写入指令寄存器 IR, 读出的存储器单元由 PC7-PC0 指定。
SBUS	=1 时, 数据开关 SD7-SD0 的数据数据总线 DBUS。

五、实验任务

- 从存储器地址10H开始, 通过左端口连续向双端口RAM中写入3个数: 85H, 60H, 38H。在写的过程中, 在右端口检测写的数据是否正确。
- 从存储器地址10H开始, 连续从双端口RAM的左端口和右端口同时读出存储器的内容。

地址	内容
...	...
10	85H
11	60H
12	38H
...	...

【1】设置操作模式

将“控制转换”开关拨到“微程序”位置, 指示灯“微程序”绿灯亮, 将“编程开关”设置为正常, 红色指示灯灭, 打开电源, 电源红色指示灯亮。DP=1、SWC=1、SWB=1、SWA=0, 按复位按钮 CLR, 使实验系统复位, 指示灯 uA5-uA0 显示00H, 准备进入双端口存储器实验

序号	uA5-uA0	DP	SWC	SWB	SWA	状态
01	00H	1	1	1	0	TEC-8 实验系统处于初始状态

按一次 QD 按钮, 进入双端口存储器实验。

操作模式	SWC, SWB, SWA	实验功能
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

【2】存储器读写

序号	uA5-uA0	uA5-uA0	SD7-SD0	D7-D0	AR7-AR0	PC7-PC0	INS7-INS0	操作说明
02	0DH	1AH	10H	10H				设置存储器地址
03	1AH	1BH	85H	85H	10H	10H		写第一个数
04	1BH	1CH	60H	60H	11H	11H	85H	写第二个数
05	1CH	1DH	38H	38H	12H	12H	60H	写第三个数
06	1DH	1FH	10H	10H	13H	12H	38H	重新设置存储器地址
07	1FH	30H		85H	10H	10H	85H	左右分别显示同一存储单元内容
08	30H	31H		60H	11H	11H	60H	
09	31H	00H		38H	12H	12H	38H	

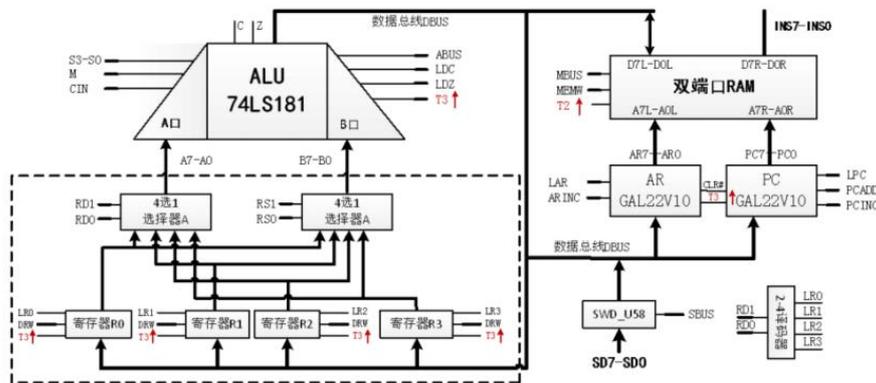
实验 4：数据通路实验

4.1 脱机数据通路实验

一、实验类别和实验目的

- 【1】类别：原理性+分析性+设计性
- 【2】将寄存器堆和双端口存储器模块连接，构成新的数据通路模型。
- 【3】熟悉 TEC-8 模型机的数据通路的特点；
- 【4】掌握数据通路中各个控制信号的作用和用法；
- 【5】掌握数据通路中数据流动的路径。
- 【6】掌握数字逻辑电路中故障的一般规律及相关故障排除的原则和方法、锻炼分析问题、解决问题的能力。

二、实验电路



数据通路实验中涉及到的信号汇总如下：

S3、S2、S1、S0	74LS181 的运算功能的选择
M	算术逻辑功能选择：逻辑运算 M=1、算术运算 M=0。
CIN	低位 74LS181 的进位输入。
RD1 (SEL3)	选择送 ALU 的 A 端口的寄存器和被写入的寄存器。
RDO (SEL2)	
RS1 (SEL1)	选择送往 ALU 的 B 端口的寄存器。
RS0 (SEL0)	
DRW	=1 时，在 T3 上升沿对 RD1、RDO 选中的寄存器进行写操作，将数据总线 DBUS 上的数 D7-D0 写入选定的寄存器。
ABUS	=1 时，将运算结果送数据总线 DBUS，=0 时，禁止运算结果送数据总线 DBUS。
SBUS	=1 时，将 SD7-SD0 送数据总线 DBUS，=0 时，禁止 SD7-SD0 送数据总线 DBUS。
A7-A0	送往 ALU 的 A 端口的数。
B7-B0	送往 ALU 的 B 端口的数。
D7-D0	数据总线 DBUS 上的 8 位数。
MBUS	=1 时，将双端口 RAM 的左端口数据送到数据总线 DBUS。
MEMW	=1 时，在 T2 为 1 期间将数据总线 DBUS 上的 D7-D0 写入双端口 RAM，写入的存储器单元由 AR7-AR0 指定。
LPC	=1 时，在 T3 的上升沿，将数据总线 DBUS 上的 D7-D0 写入程序计数器 PC。
PCINC	=1 时，在 T3 的上升沿 PC 加 1。
LAR	=1 时，在 T3 的上升沿，将数据总线 DBUS 上的 D7-D0 写入地址寄存器 AR。
ARINC	=1 时，在 T3 的上升沿，AR 加 1。
SBUS	=1 时，数据开关 SD7-SD0 的数送数据总线 DBUS。
AR7-AR0	双端口 RAM 左端口存储器地址。
PC7-PC0	双端口 RAM 右端口存储器地址。
INS7-INS0	从双端口 RAM 右端口读出的指令，本实验中作为数据使用。

四、实验任务

- (1)将实验电路与电平开关的有关信号进行连接。
- (2)通过 8 位的数据开关分别向寄存器堆中的四个通用寄存器分别置入数据: 寄存器 R0=75H、寄存器 R1=28H、寄存器 R2=89H、寄存器 R3=32H。
- (3)将寄存器 R0 中的数写入存储器 20H 单元, 将寄存器 R1 中的数写入存储器 21H 单元, 将寄存器 R2 中的数写入存储器 22H 单元, 将寄存器 R3 中的数写入存储器 23H 单元。
- (4)从存储器 20H 单元读出数到存储器 R3, 从存储器 21H 单元读出数到存储器 R2, 从存储器 21H 单元读出数到存储器 R1, 从存储器 23H 单元读出数到存储器 R0。
- (5)显示 4 个寄存器 R0、寄存器 R1、寄存器 R2、寄存器 R3 的值, 检查数据传送是否正确, 并记录数据。

五、实验步骤和实验结果

1、接线:

(1)按如下表所示, 正确连接信号实验平台上的电平开关 K15-K0。

信号开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RD0	RS1	RS0	MBUS	M

信号开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0
信号名称	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC

S0、S2 接 GND。

(2)实验步骤

写寄存器堆 RF, 使寄存器 R0=75H、寄存器 R1=28H、寄存器 R2=89H、寄存器 R3=32H。置“控制转换”开关拨到最中间位置既“独立”指示黄灯亮、DP=1、SWB=1、SWA=1。按复位按键 CLR, 使 TEC-8 实验系统处于初始状态。按一次 QD 按钮进入数据通路实验:

【1】写寄存器 R0=75H

电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	备注
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RD0	RS1	RS0	MBUS	M	
01	1	1	0	0	0	0	0	0	

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	SD7-SD0
信号名称	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC	
01	0	1	0	0	0	0	0	0	75H

在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入寄存器 R0 中的数据 75H, 按一次 QD 按钮,

将数据 75H 写入寄存器 R0，指示灯 B7-B0 显示寄存器 R0 中存入的数据。

【2】写寄存器 R1=28H

电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	备注
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RSO	MBUS	M	
02	1	1	0	1	0	0	0	0	

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	SD7-SD0
信号名称	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC	
02	0	1	0	0	0	0	0	0	28H

在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入寄存器 R1 中的数据 28H。按一次 QD 按钮，将数据 28H 写入寄存器 R1，指示灯 A7-A0 显示寄存器 R1 中存入的数据，指示灯 A7-A0 显示寄存器 R0 中的数据。

【3】写寄存器 R2=89H

电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	备注
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RSO	MBUS	M	
03	1	1	1	0	0	0	0	0	

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	SD7-SD0
信号名称	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC	
03	0	1	0	0	0	0	0	0	89H

在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入寄存器 R2 中的数据 89H，按一次 QD 按钮，将 89H 写入寄存器 R2，指示灯 A7-A0 显示寄存器 R2 中存入的数据，指示灯 A7-A0 显示寄存器 R0 中的数据。

【4】写寄存器 R3=32H

名称	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	备注
信号名	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RSO	MBUS	M	
04	1	1	1	1	0	0	0	0	

名称	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	SD7-SD0
信号名	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC	
04	0	1	0	0	0	0	0	0	32H

在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入寄存器 R3 中的数据 32H，按一次 QD 按钮，将 32H 写入寄存器 R3，指示灯 A7-A0 显示寄存器 R3 中存入的数据 32H。截止到这里，寄存器中都已经存入了需要存入的数据，分别是：R0=75H、R1=28H、R2=89H、R3=32H。此刻可以通过 K13、K12 与 K11、K10 分别通过 A7-A0 与 B7-B0 指示灯端口查看写入寄存器中的数据是否正确。

【5】设置存储器地址 AR 和程序计数器 PC

电平信号	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	备注
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----

信号名称	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RSO	MBUS	M	
05	1	0	0	0	0	0	0	0	

电平信号	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	SD7-SD0
信号名称	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC	
05	0	1	0	0	1	0	1	0	20

在数据开关 SD7-SD0 上设置地址 20H, 按一次 QD 按钮, 将 SD 上设置的地址写入地址寄存器 AR 和程序计数器 PC 中, 指示灯 AR7-AR0 显示 20H, 程序计数器 PC7-PC0 显示 20H。

【6】 将寄存器 R0 中的数据 75H 写入 20H 单元。

电平信号	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RSO	MBUS	M
06					0	0		1

电平信号	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	D7-D0	AR7-AR0
信号名称	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC		
06	1	1	1	1	0	1	0	0	75H	20H

按一次 QD 按钮, 将 R0 的数据 75H 写入到存储器 20H 单元, 指示灯 B7-B0 显示的是寄存器 R0 中的数据。S3-S0=1010, M=1, 则 F=B。

【7】 将寄存器 R1 中的数据 28H 写入 21H 单元。

电平信号	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RSO	MBUS	M
07					0	1		1

名称	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	D7-D0	AR7-AR0
信号名	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC		
07	1	1	1	1		1			28H	21H

指示灯 A7-A0 显示的是寄存器 R1 中的数据 28H, 指示灯 B7-B0 显示的是寄存器 R0 中的数据 75H, 按一次 QD 按钮, 将寄存器 R1 的数据 28H 写入到存储器 21H 单元。

【8】 将寄存器 R2 中的数据 89H 写入 22H 单元。

名称	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8
信号名	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RSO	MBUS	M
08					1	0		1

名称	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	D7-D0	AR7-AR0
信号名	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC		
08	1	1	1	1		1			89H	22H

指示灯 A7-A0 显示的是寄存器 R2 中的数据 89H, 指示灯 B7-B0 显示的是寄存器 R0 中的数据 75H, 按一次 QD 按钮, 将寄存器 R2 的数据 89H 写入到存储器 22H 单元。

【9】将寄存器 R3 中的数据 32H 写入 23H 单元。

名称	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8
信号名	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RS0	MBUS	M
09					1	1		1

名称	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	D7-D0	AR7-AR0
信号名	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC		
09	1	1	1	1		1			32H	23H

指示灯 A7-A0 显示的是寄存器 R3 中的数据 32H, 指示灯 B7-B0 显示的是寄存器 R0 中的数据 75H, 按一次 QD 按钮, 将 R3 的数据 32H 写入到存储器 23H 单元。截止到这一步, 存储器中从 20H 开始的连续 4 个地址单元存储的数据分别是: 75、28、89、32。

【10】重新设置存储器地址 AR 和程序计数器 PC。

电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	备注
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RS0	MBUS	M	
10	1								

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	SD	INS
信号名称	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC		
10		1			1		1		20H	75H

按一次 QD 按钮, 重新置 AR 和 PC 成功, 同时读出 AR7-AR0=20 的地址单元的内容, 数据 75H 在 INS7-INS0 上显示。

【11】通过右端口查看写入存储器中的数据是否正确。既连续的读 PC=20 到 PC=23 情况下的存储器。此步骤只做为测试。

名称	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	备注
信号名	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RS0	MBUS	M	
11	1						0		

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	SD	INS
信号名称	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC		
11		1			1		1	1	20H	28H

按一次 QD 按钮, AR=20 和 PC 会自动加 1, INS 端口连续的读出从 20-23 地址单元的数据: 75-28-89-32。查看完毕后需要重新设置地址寄存器 AR 和程序计数器 PC。

【11】将存储器 20H 单元的数据 75H 写入寄存器 R3 中。【R3=32/R3=75】

电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	A7-A0	
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RS0	MBUS	M		
11		1	1	1			1		32H	

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	AR	D7-D0
信号名称	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC		
11		1				1			20H	75H

原寄存器 R3 中的数据 32H 通过 A7-A0 显示，时序脉冲后会被更改为 75H。按一次 Q0 按钮，将存储器 20H 单元的数据 75H 写入寄存器 R3 中，置 K11=1、K10=1，B7-B0 显示写入寄存器 R3 的数据 75H。

【12】 将存储器 21H 单元的数据 28H 写入寄存器 R2 中。【R2=89/R2=28】

电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	A7-A0	
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RS0	MBUS	M		
12		1	1	0			1		89H	

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	AR	D7-D0
信号名称	S3/S1	STOP	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC		
12		1				1			21H	28H

按一次 Q0 按钮，将存储器 21H 单元的数据 38H 写入寄存器 R2 中。

【13】 将存储器 22H 单元的数据 89H 写入寄存器 R1 中。【R1=28/R1=89】

电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	A7-A0	
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RS0	MBUS	M		
13		1	0	1			1		28H	

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	AR7	D7-D0
信号名称	S3	S1	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC		
13						1			22H	89H

按一次 Q0 按钮，将存储器 22H 单元的数据 89H 写入寄存器 R2 中。

【14】 将存储器 23H 单元的数据 32H 写入寄存器 R0 中。【R0=75/R0=32】

电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	A7-A0	
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RS0	MBUS	M		
14		1	0	0			1		75H	

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	AR	D7-D0
信号名称	S3	S1	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC		
14						1			23H	89H

按一次 Q0 按钮，将存储器 23H 单元的数据 32H 写入寄存器 R3 中。

【15】 查看寄存器 R0-R3 中的数据。

电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8	备注	
信号名称	SBUS	DRW	RD1	RDO	RS1	RS0	MBUS	M		
15	1	1				1				

电平开关	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0	SD7-SD0	备注
信号名称	S3	S1	ABUS	MEMW	LAR	ARINC	LPC	PCINC		
15										

通过开关 K13、K12 选择寄存器 R0、寄存器 R1、寄存器 R2、寄存器 R3 中的数据，经 A7-A0 显示。通过开关 K11、K10 选择寄存器 R0、寄存器 R1、寄存器 R2、寄存器 R3 中的数据，经 B7-B0 显示。R0=32、R1=89、R2=28、R0=75。

4.2 模型计算机数据通路实验

五、实验任务

【1】 将数 75H 写到寄存器 R0，数 28H 写道寄存器 R1，数 89H 写到寄存器 R2，数 32H 写到寄存器 R3。

【2】 将寄存器 R0 中的数写入存储器 20H 单元，将寄存器 R1 中的数写入存储器 21H 单

元，将寄存器 R2 中的数写入存储器 22H 单元，将寄存器 R3 中的数写入存储器 23H 单元。

【3】从存储器 20H 单元读出数到寄存器 R3，从存储器 21H 单元读出数到寄存器 R2，从存储器 21H 单元读出数到寄存器 R1，从存储器 23H 单元读出数到寄存器 R0。

【4】显示 4 个寄存器 R0、寄存器 R1、寄存器 R2、寄存器 R3 的值，检查数据传 78 送是否正确。

第 1 组：R0=75H、R1=28H、R2=89H、R3=32H。AR=20H

六、实验步骤

设置操作模式：将“控制转换”开关拨到最下方位置既“微程序”绿灯亮。按复位按钮 CLR，使 TEC-8 实验系统复位。指示灯 $\mu A5-\mu A0$ 显示 00H。将操作模式开关设置为 DP=1、SWC=1、SWB=1、SWA=1，准备进入数据通路实验，按一次 QD 按钮，进入数据通路实验。

【1】置寄存器 R0=75H

序号	操作模式	$\mu A5-\mu A0$	NuA5-NuA0	SD7-SD0	D7-D0	B7-B0
1	1111	09H	32H	75H	75H	

在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入寄存器 R0 中的数据 75H。在数据总线 DBUS 指示灯 D7-D0 上可以到看设置的是否正确，地址设置正确后，按一次 QD 按钮，将数据开关 SD7-SD0 上设置的数据 75H 写入寄存器 R0，并通过指示灯 B7-B0 显示。

【2】置寄存器 R1=28H

序号	操作模式	$\mu A5-\mu A0$	NuA5-NuA0	SD7-SD0	D7-D0	B7-B0
2	1111	32H	33H	28H	28H	75H

在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入寄存器 R1 中的数据 28H。按一次 QD 按钮，将数据 28H 写入寄存器 R1，并通过指示灯 B7-B0 显示。

【3】置寄存器 R2=89H

序号	操作模式	$\mu A5-\mu A0$	NuA5-NuA0	SD7-SD0	D7-D0	B7-B0
3	1111	33H	34H	89H	89H	28H

在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入寄存器 R2 中的数据 89H。按一次 QD 按钮，将数据 89H 写入寄存器 R2，并通过指示灯 B7-B0 显示。

【4】置寄存器 R3=32H

序号	操作模式	$\mu A5-\mu A0$	NuA5-NuA0	SD7-SD0	D7-D0	B7-B0
4	1111	34H	35H	32H	32H	89H
SBUS、DRW、SEL3、SEL2、STOP						

在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入寄存器 R3 中的数据 32H。按一次 QD 按钮，将数据 32H 写入寄存器 R3，并通过指示灯 B7-B0 显示，指示灯 A7-A0 显示寄存器 R0 中存入的数据 75H。

【5】置存储器地址 AR 和程序计数器 PC

序号	操作模式	$\mu A5-\mu A0$	NuA5-NuA0	SD7-SD0	D7-D0	B7-B0
5	1111	35H	36H	20H	20H	32H

在数据开关 SD7-SD0 上设置地址 20H。按一次 QD 按钮，将数据 20H 写入存储器地址 AR 和程序计数器 PC，通过 A7-A0 显示寄存器 R0 中存入的数据 75H，PC7-PC0 显示程序计数器 PC 中的地址、AR7-AR0 显示存储器地址 AR 中的地址，按一次 QD

【6】将寄存器 R0 中的数据 75H 写入存储器 20H 单元

序号	操作模式	uA5-uA0	NuA5-NuA0	D7-D0	A7-A0	B7-B0	AR7-AR7	PC7-PC0
6	1111	36H	37H	75H	75H	75H	20H	20H

指示灯 AR7-AR0 和 PC7-PC0 分别显示出存储器左、右两个端口的存储器地址。指示灯 D7-D0、A7-A0 和 B7-B0 都显示寄存器 R0 的值。按一次 QD 按钮，将寄存器 R0 中的数 75H 写入存储器 20H 单元。

【7】将寄存器 R1 中的数据 28H 写入存储器 21H 单元

序号	操作模式	uA5-uA0	NuA5-NuA0	AR7-AR0	D7-D0	PC7-PC0	INS7-INS0
7	1111	37H	38H	21H	28H	20H	75H

指示灯 INS7-INS0 上显示存储器 20H 单元的数据 75H，按一次 QD 按钮，将寄存器 R1 中的数据 28H 写入存储器 21H 地址单元。

【8】将寄存器 R2 中的数据 89H 写入存储器 22H 单元

序号	操作模式	uA5-uA0	NuA5-NuA0	AR7-AR7	D7-D0	PC7-PC0	INS7-INS0
8	1111	38H	39H	22H	89H	21H	28H

指示灯 INS7-INS0 上显示存储器 21H 单元的数据 28H，按一次 QD 按钮，将 R2 中的数据写入存储器 22H 地址单元。

【9】将寄存器 R3 中的数据 32H 写入存储器 23H 单元

序号	操作模式	uA5-uA0	NuA5-NuA0	AR7-AR7	D7-D0	PC7-PC0	INS7-INS0
9	1111	39H	3AH	23H	32H	22H	89H

指示灯 INS7-INS0 上显示存储器 22H 单元的数据 89H，按一次 QD 按钮，将 R3 中的数据写入存储器 23H 地址单元。

【10】重新设置存储器地址 AR

序号	操作模式	uA5-uA0	NuA5-NuA0	SD7-SD0	D7-D0	PC7-PC0	INS7-INS0
10	1111	3AH	3BH	20H	20H	23H	32H

此时指示灯 INS7-INS0 上显示存储器 23H 单元中的数据 32H。在数据开关 SD7-SD0 上设置地址 20H。按一次 QD 按钮，将地址 20H 写入地址寄存器 AR 和程序计数器 PC。

【11】将存储器 20H 单元中的数据 75H 写入寄存器 R3，既 R3=75H

序	操作模式	uA5-uA0	NuA5-NuA0	AR7-AR7	D7-D0	PC7-PC0	INS7-INS0
11	1111	3BH	3CH	20H	75H	23H	32H

指示灯 AR7-AR0 显示 20H、指示灯 D7-D0 显示 75H、PC7-PC0 显示 23H，INS7-INS0 显示 32H。按一次 QD 按钮。

【12】将存储器 21H 单元中的数据 28H 写入寄存器 R2，既 R2=28H/R3=75H

序	操作模式	uA5-uA0	NuA5-NuA0	AR7-AR7	D7-D0	PC7-PC0	INS7-INS0
12	1111	3CH	3DH	21H	28H	23H	89H

将存储器 21H 单元中的数写入寄存器 R2。按一次 QD 按钮。

【13】将存储器 22H 单元中的数据 89H 写入寄存器 R1，既 R1=89H/R2=28H

序	操作模式	uA5-uA0	NuA5-NuA0	AR7-AR0	D7-D0	PC7-PC0	INS7-INS0
13	1111	3DH	3EH	22H	89H	23H	32H

INS7-INS0 显示 32H, 指示灯 B7-B0 上观测 R2 的值, 将存储器 22H 单元中的数写入寄存器 R1。按一次 QD 按钮。

【14】将存储器 23H 单元中的数据 32H 写入寄存器 R0, 既 R0=32H/R1=89H

序	操作模式	uA5-uA0	NuA5-NuA0	AR7-AR0	D7-D0	PC7-PC0	INS7-INS0
14	1111	3EH	00H	23H	32H	23H	32H

INS7-INS0 显示 32H, 指示灯 B7-B0 上观测 R1 的值, 将存储器 23H 单元中的数据 32H 写入寄存器 R0。按一次 QD 按钮。

【15】观测 R0 的数值: 既 R0=32H

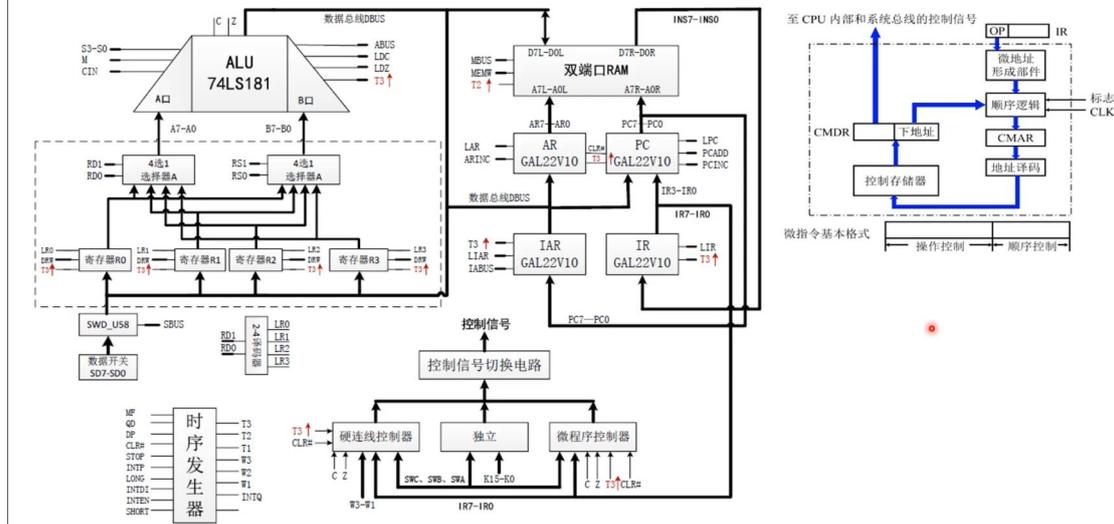
序号	操作模式	uA5-uA0	INS7-INS0	A7-A0	B7-B0	AR7-AR7	PC7-PC0
15	1111	00H	32H	32H	32H	24H	23H

指示灯 A7-A0 显示 R0 的值。

实验 5：微程序控制器实验

一、电路

模型机微程序控制器框架结构

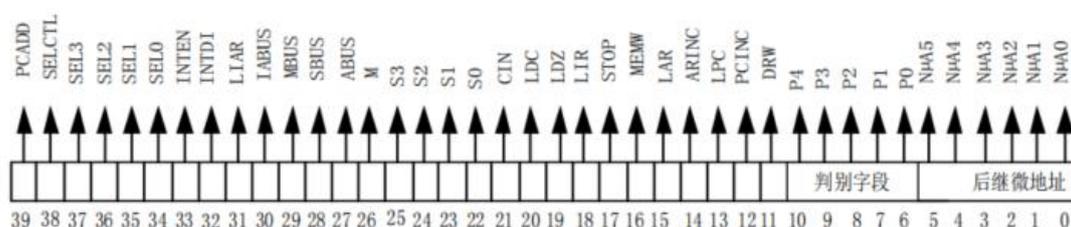


二、实验目的

- (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。
- (4) 掌握时序产生器的组成原理。

三、微指令格式

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 μ A5-N μ A0)，控制字段 29 位，微命令直接控制。



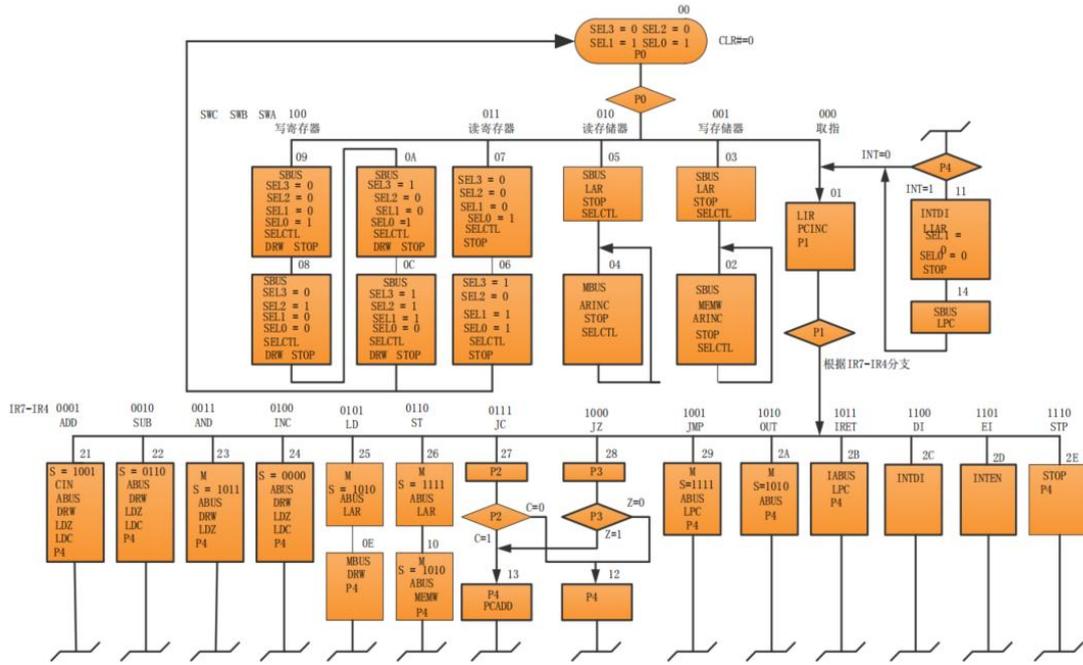
前面的 4 个实验已经介绍了主要的微命令(控制信号)，介绍过的微命令不再重述，这里介绍后继微地址、判别字段和其它的微命令。

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。见图 2.6 微程序流程图
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。见图 2.6 微程序流程图。
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。见图 2.6 微程序流程图。
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。见图 2.6 微程序流程图。
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。
SETCTL	=1 时，实验系统处于实验台状态。 =0 时，实验系统处于运行程序状态。

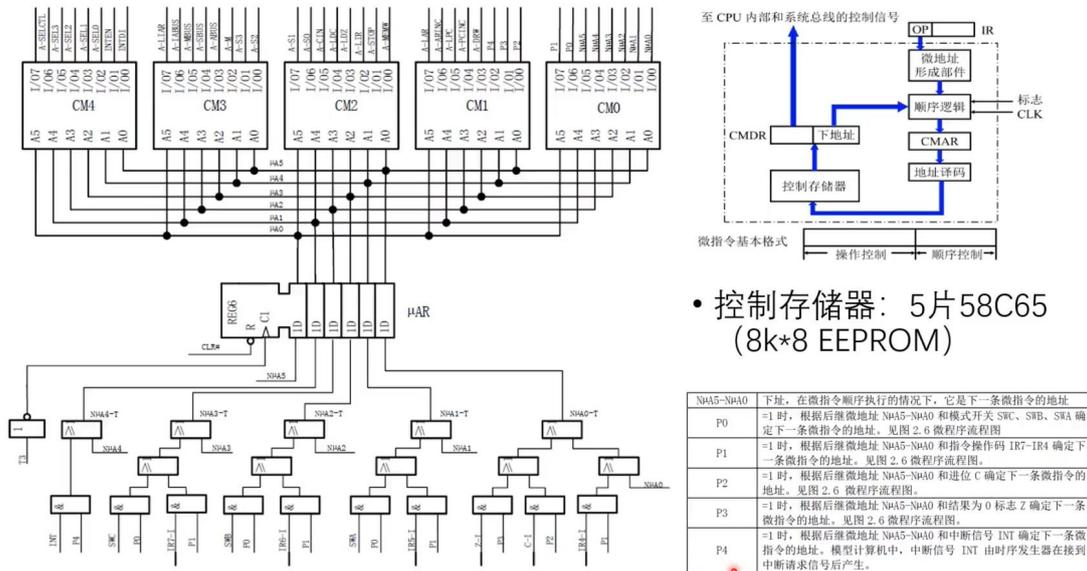
由于 TEC-8 模型计算机有微程序控制器和硬连线控制器 2 个控制器，因此微程序控制器产生的控制信号以前缀“A-”标示，以便和硬连线控制器产生的控制信号区分。硬连线控制器产生的控制信号以前缀“B-”标示。

四、微程序流程图

根据指令系统和控制台功能和数据通路，TEC-8 模型计算机的微程序流程图如图所示。图中，为了简洁，将许多以“A-”为前缀的信号，省略了前缀。



五、微程序控制器电路



图中, 以短粗线标志的信号都有接线孔。信号 IR4-I、IR5-I、IR6-I、IR7-I、C-I 和 Z-I 的实际意义分别等同于 IR4、IR5、IR6、IR7、C 和 Z。INT 信号是时序发生器接收到中断请求脉冲 PULSE(高电平有效)后产生的中断信号。

(1) 控制存储器

控制存储器由 5 片 58C65 组成, 在图 2.6 中表示为 CM4-CM0。其中 CM0 存储微指令最低的 8 位微代码, CM4 存储微指令最高的 8 位微代码。控制存储器的微代码必须与微指令格式一致。58C65 是一种 $8K \times 8$ 位的 EPROM 器件, 地址位为 A12-A0。由于 TEC-8 模型计算机只使用其中 64 个字节作为控制存储器, 因此将 A12-A6 接地, A5-A0 接微地址

$\mu A5-\mu A0$ 。在正常工作方式下，5 片 E 2 PROM 处于只读状态；在修改控制存储器内容时，5 片 E 2 PROM 处于读、写状态。

(2)微地址寄存器

微地址寄存器 μAR 由 1 片 74LS174 组成，74LS174 是一个 6D 触发器。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， $\mu A5-\mu A0$ 为 00H，供读出第一条微指令使用。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 $N\mu A5$ 、 $N\mu A4-T$ 、 $N\mu A0-T$ 写入微地址寄存器。

(3)微地址转移逻辑

微地址转移逻辑由若干与门和或门组成，实现“与-或”逻辑。深入理解微地址转移逻辑，对于理解计算机的本质有很重要的作用。计算机现在的功能很强大，但是它是建立在两个很重要的基础之上，一个是最基本的加法和减法功能，一个是条件转移功能。设想一下，如果没有条件转移指令，实现 10000 个数相加，至少需要 20000 条指令，还不如用算盘计算速度快。可是有了条件转移指令后，一万个数相加，不超过 20 条指令就能实现。因此可以说，最基本的加法和减法功能和条件转移功能给计算机后来的强大功能打下了基础。本实验中微地址转移逻辑的实现方法是一个很简单的例子，但对于理解条件转移的实现方法大有益处。

下面分析根据后继微地址 $N\mu A5-N\mu A0$ 、判别位 P1 和指令操作码如何实现微程序分枝的。

微地址 $N\mu A5-N\mu A0$ 中的微指令是一条功能为取指令的微指令，在 T3 的上升沿，从双端口存储器中取出的指令写入指令寄存器 IR。在这条微指令中，后继微地址为 20H，判别位 P1 为 1、其他判别位均为 0。因此根据微地址转移逻辑，很容易就知道，下一条微指令的微地址是：

$$N\mu A5-T = N\mu A5$$

$$N\mu A4-T = N\mu A4$$

$$N\mu A3-T = N\mu A3 \text{ or } P1 \text{ and } IR7-I$$

$$N\mu A2-T = N\mu A2 \text{ or } P1 \text{ and } IR6-I$$

$$N\mu A1-T = N\mu A1 \text{ or } P1 \text{ and } IR5-I$$

$$N\mu A0-T = N\mu A0 \text{ or } P1 \text{ and } IR4-I$$

新产生的微地址 $N\mu A5-T-N\mu A0-T$ 在 T3 的下降沿写入微地址寄存器 μAR ，实现了微程序流程图所要求的根据指令操作码进行微程序分枝。

六、实验步骤

1、操作模式的设置

将控制器转换开关拨到微程序位置，微程序指示灯绿灯亮，将编程开关设置为正常位置，编程指示灯红灯灭，将单拍开关设置为 1(朝上)。在单拍开关 DP 为 1 时，每按一次 QD 按钮，只执行一条微指令、即 DP=1，产生一组 T1、T2、T3 信号。

将信号 IR7-I、IR6-I、IR5-I、IR4-I、C-I、Z-I 依次通过接线孔与电平开关 K5-K0 连接。通过拨动电平开关 K5-K0，可以对上述信号设置需要的数值。打开实验设备电源，设备右上方的电源指示红灯被点亮。

2、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

按复位按钮 CLR 后，拨动操作模式开关 SWC、SWB、SWA 到希望的位置，按一次 QD 按钮，则进入希望的控制台操作模式。控制台模式开关和控制台操作的对应关系如下：

操作模式	功能选择	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	

控制台的作用和使用方法。

模式一：写存储器模式：

【1】设置存储器的操作模式

置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=1，按 CLR 按键进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	AR7-AR0	SBUS	STOP	MEMW	ARINC
01	00H	01H	00H						

按 QD 按键进入写存储器模式

【2】设置存储器的地址

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	D7-D0	SBUS	STOP	LAR
02	03H	02H	00H	20H	20H	1	1	1

在数据开关 SD7-SD0 上设置存储器数据写入的起始地址 20H。按一次 QD 按钮将 20H 写入地址寄存器 AR。

【3】写第一个数据 01H

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	AR7-AR0	SBUS	STOP	MEMW	ARINC
03	02H	02H	00H	01H	20H	1	1	1	1

在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入存储器中的数据 01H，按一次 QD 按钮将数据 01H 写入存储器的 20H 地址，地址自动加 1，下一个数据写入到 20H+1 的地址单元。

【4】写第二个数据 03H

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	AR7-AR0	SBUS	STOP	MEMW	ARINC
04	02H	02H	00H	03H	20H	1	1	1	1

在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入存储器中的数据 03H，按一次 QD 按钮将数据 03H 写入存储器的 21H 地址，地址自动加 1，下一个数据写入到 21H+1 的地址单元。

【5】写第二个数据 07H

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	AR7-AR0	SBUS	STOP	MEMW	ARINC
05	02H	02H	00H	07H	20H	1	1	1	1

在数据开关 SD7-SD0 上设置需要写入存储器中的数据 07H，按一次 QD 按钮将数据 07H 写入存储器的 22H 地址，地址自动加 1，下一个数据写入到 22H+1 的地址单元。

模式二：读存储器模式：

【1】设置存储器的操作模式

置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=1、SWA=0，按 CLR 按键进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	AR7-AR0	SBUS	STOP	MEMW	ARINC
01	00H	01H	01H						

按 QD 按键进入读存储器模式

【2】设置存储器的地址

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	D7-D0	SBUS	STOP	LAR
02	05H	04H	00H	20H	20H	1	1	1

在数据开关 SD7-SD0 上设置存储器数据读出的起始地址 20H。按一次 QD 按钮将 20H 写入地址寄存器 AR。

【3】读出第一个数据 01H

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	AR7-AR0	SBUS	STOP	MEMW	ARINC
03	04H	04H	00H	20H	1	1	1	1

按一次 QD 按钮将存储器的 20H 地址的数据显示在指示灯 SD7-SD0 上，AR 自动加 1。

【4】读出第二个数据 03H

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	AR7-AR0	SBUS	STOP	MEMW	ARINC
04	04H	04H	00H	21H	1	1	1	1

按一次 QD 按钮将存储器的 21H 地址的数据显示在指示灯 SD7-SD0 上，AR 自动加 1。

【5】读出第二个数据 07H

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	AR7-AR0	SBUS	STOP	MEMW	ARINC
05	04H	04H	00H	22H	1	1	1	1

按一次 QD 按钮将存储器的 22H 地址的数据显示在指示灯 SD7-SD0 上，AR 自动加 1。

模式三：写寄存器模式：

【1】设置寄存器的操作模式

置操作模式：DP=1、SWC=1、SWB=0、SWA=0，按 CLR 按键进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	AR7-AR0	SBUS	STOP	MEMW	ARINC
---	-----------------	-------------------	-------	---------	---------	------	------	------	-------

01	00H	01H	01H						
----	-----	-----	-----	--	--	--	--	--	--

按 QD 按键进入写寄存器模式

【2】写寄存器 R0

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	SBUS	STOP	DRW
02	09H	08H	00H	03H	1	1	1

按一次 QD 按键将数据 03H 写入寄存器 R0。

【3】写寄存器 R1

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	SBUS	STOP	DRW	SEL2
03	09H	0AH	00H	0FH	1	1	1	1

按一次 QD 按键将数据 0FH 写入寄存器 R1。

【4】写寄存器 R2

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	SBUS	STOP	DRW	SEL3
04	0AH	0CH	00H	3FH	1	1	1	1

按一次 QD 按键将数据 3FH 写入寄存器 R2。

【5】写寄存器 R3

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SD7-SD0	SBUS	STOP	DRW	SEL3	SEL2
05	0CH	00H	00H	FFH	1	1	1	1	1

按一次 QD 按键将数据 FFH 写入寄存器 R3。截止到这一步，寄存器 R0=03H、寄存器 R1=0FH、寄存器 R2=3FH、寄存器 R3=FFH。

模式四：读寄存器模式：

【1】设置寄存器的操作模式

置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=1、SWA=1，按 CLR 按键进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	SEL3-SEL0
01	00H	01H	01H	

按 QD 按键进入读寄存器模式

【2】读寄存器 R0、寄存器 R1

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	A7-A0	B7-B0	SEL3-SEL0	STOP
02	07H	06H	03H	0FH	0001	1

按一次 QD 按键，读寄存器 R2、寄存器 R3。

【3】读寄存器 R2、寄存器 R3

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	A7-A0	B7-B0	SEL3-SEL0	STOP
03	06H	00H	30H	F0H	1011	1

模式五：跟踪指令的执行：单纯的指令执行与相对应的控制信号，与数据无关。

按表所示正确连接控制器部件如下信号与实验平台上的电平开关 K15-K10。

电平开关	K15	K14	K13	K12	K11	K10	备注
信号名称	IR7-I	IR6-I	IR5-I	IR4-I	C-I	Z-I	

具体指令如下：

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
停机	STP	暂停运行	1110	XX	XX
空操作	NOP	空操作	0000	00	00

【01】NOP 指令

第 1 步：设置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0，按复位按钮 CLR 进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	0000	0	0

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作，按 QD 按钮进行取指操作。

第 2 步：取指操作

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	功能	LIR	PCINC	P1
02	01H	20H	01H	取指令	1	1	1

指令系统中，指令操作码 000B 没有对应的指令，实际上指令操作码 000B 对应着一条 NOP 指令，既什么也不做的指令。当复位信号为零时，对指令寄存器 IR 复位，使 IR 的值 0000000B，对应一条 NOP 指令，这样设计的目的是适应指令流水的初始状态要求，按 QD 按钮执行 NOP 指令。按 QD 按钮完成取指操作。

第 3 步：执行指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	功能
03	20H	00H	00H	执行 NOP

按 QD 按钮返回微址 00H。NOP 指令执行完成，微地址：00→01→20→01 循环。

【02】ADD 加法指令

第 1 步设置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0，按复位按钮 CLR 进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	00001	10H	0	0

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作，按 QD 按钮进行取指操作。

第 2 步：取指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P1	K15-K12	LIR	PCINC	备注
02	01H	20H	1	0001	1	1	

按 QD 按钮完成取指操作。

第 3 步：执行 ADD 加法指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4	S3-S0	CIN	LDC	LDZ	ABUS	DRW
03	21H	01H	1	1001	1	1	1	1	1

指令系统中，指令操作码 0001 对应着 ADD 加法指令，按 QD 按钮返回微址 01H，循环执行。加法指令执行完成。微地址：**00→01→21→01** 循环。

【03】SUB 减法指令

第 1 步设置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0，按复位按钮 CLR 进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	0010	0	0

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作，按 QD 按钮进行取指操作。

第 2 步：取指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P1	K15-K12	LIR	PCINC	备注
02	01H	20H	1	0010	1	1	

按 QD 按钮完成取指操作。

第 3 步：执行 SUB 减法指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4	S3-S0	LDC	LDZ	ABUS	DRW	备注
03	22H	01H	1	0110	1	1	1	1	

指令系统中，指令操作码 0001 对应着 SUB 减法指令，按 QD 按钮返回微址 01H，循环执行。加法指令执行完成。微地址：**00→01→22→01** 循环。

【04】AND 逻辑与指令

第 1 步设置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0，按复位按钮 CLR 进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	0011	0	0

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作，按 QD 按钮进行取指操作。

第 2 步：取指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P1	K15-K12	LIR	PCINC	备注
02	01H	20H	1	0011	1	1	

按 QD 按钮完成取指操作。

第 3 步：执行 AND 逻辑与指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4	S3-S0	M	LDZ	ABUS	DRW	备注
03	23H	01H	1	1011	1	1	1	1	

指令系统中，指令操作码 0011 对应着 AND 逻辑与指令，按 QD 按钮执行微址 01H。AND 逻辑与指令执行完成。微地址：**00→01→23→01** 循环。

【05】INC 加 1 指令

第 1 步设置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0，按复位按钮 CLR 进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	0100	0	0

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作, 按 QD 按钮进行取指操作。

第 2 步: 取指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P1	K15-K12	LIR	PCINC	备注
02	01H	24H	1	0100	1	1	

按 QD 按钮完成取指操作。

第 3 步: 执行 INC 加 1 指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4	LDC	LDZ	ABUS	DRW	备注
03	23H	01H	1	1	1	1	1	

指令系统中, 指令操作码 0100 对应着 INC 加 1 指令, 按 QD 按钮执行微址 01H。INC 加 1 指令执行完成。微地址: 00→01→24→01 循环。

【06】LD 取数指令

第 1 步设置操作模式: DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0, 按复位按钮 CLR 进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	0101	0	0

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作, 按 QD 按钮进行取指操作。

第 2 步: 取指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P1	K15-K12	LIR	PCINC	备注
02	01H	20H	1	0101	1	1	

按 QD 按钮完成取指操作。

第 3 步: 执行 LD 取数指令 1

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	S3-S0	ABUS	LAR	M	备注
03	25H	0EH	1010	1	1	1	

指令系统中, 指令操作码 0101 对应着 LD 取数指令, 按 QD 按钮执行微址 0EH。

第 4 步: 执行 LD 取数指令 2

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4	MBUS	DRW	备注
03	0EH	01H	1	1	1	

按 QD 按钮进行下一步。LD 取数指令执行完成。微地址: 00→01→25→0E→01 循环。

【07】ST 存数指令

第 1 步设置操作模式: DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0, 按复位按钮 CLR 进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	0110	0	0

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作, 按 QD 按钮进行取指操作。

第 2 步: 取指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P1	K15-K12	LIR	PCINC	备注
02	01H	20H	1	0110	1	1	

按 QD 按钮执行微址 20H。

第 3 步: 执行 ST 存数指令 1

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	M	S3-S0	ABUS	LAR	备注
03	26H	10H	1	1111	1	1	

按 QD 按钮执行微址 10H。

第4步:执行LD取数指令2

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4	S3-S0	M	ABUS	MEMW	备注
03	10H	01H	1	1010	1	1	1	

ST存数指令执行完成。微地址:00→01→25→10→01循环。

【08】JC跳转指令

第一部分: C=1

第1步设置操作模式: DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0, CIN=GND, 按复位按钮CLR进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	K15-K12	K11	K10
01	00H	01H	00001	0111	1	0

根据IR7-IR4分支进行指令的执行操作, 按QD按钮准备进行取指操作。

第2步: 取指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P1	LDC	C	备注
02	01H	20H	1	1	1	

按QD按钮进行取指操作。

第3步:

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P2	LDC	C
03	27H	12H	1	1	1

此处下地址有错误, 在ROM中无法判断C的数值, 所以机械性的下地址认为是12, 只能在按QD按钮进行下一步之后转去相应的微地址, 执行相应的操作。按QD按钮进行下一步。

第4步:

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4	LDC	C
04	13H	01H	1	1	1

按QD按钮进行下一步, JCC=1指令执行完成。微地址: 00→01→27→13→00循环。

第二部分: C=0

第1步设置操作模式: DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0, 按复位按钮CLR进入复位模式

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	0111	1	0

根据IR7-IR4分支进行指令的执行操作, 按QD按钮准备进行取指操作。

第2步: 取指令

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P1	PCINC	LIR	备注
02	01H	27H	1	1	1	

按QD按钮进行取指操作。

第3步:

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P2	K11	备注
03	27H	12H	1	1	

按QD按钮进行下一步。

第4步:

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4	PCADD	备注
04	12H	01H	1	1	

按QD按钮进行下一步, JCC=1指令执行完成。微地址: 00→01→27→12→00循环。

【09】JZ 跳转指令

第一部分：Z=1

第1步设置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0，LDZ 接电平信号 K10。按复位按钮 CLR 进入复位模。

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	1000	0	1

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作，按 QD 按钮进行取指操作。信号 Z 被置为 1，绿灯 Z 被点亮。

第 2 步：这一步为取指令步骤，但是指令还没有被取出来，下址机械性的转到 20H 这个地址单元。

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P1	LDZ	备注
02	01H	20H	1	1	

按 QD 按钮进行取指操作

第 3 步：

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P3	LDZ	备注
03	28H	13H	1	1	

按 QD 按钮进行下一步。

第 4 步：

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4	LDZ	备注
03	13H	01H	1	1	

按 QD 按钮进行下一步。JZ Z=1 指令执行完成。微地址：00→01→28→13→01 循环。

第二部分：Z=0

第1步设置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0，LDZ 接电平信号 K10。按复位按钮 CLR 进入复位模。

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	1000	0	0

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作，按 QD 按钮进行取指操作。

第 2 步：这一步为取指令步骤，但是指令还没有被取出来，下址机械性的转到 20H 这个地址单元。

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P1	LDZ	备注
02	01H	20H	1	0	

按 QD 按钮进行下一步。

第 3 步：

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P3	LDZ	备注
03	28H	12H	1	0	

按 QD 按钮进行下一步。

第 4 步：

序	$\mu A5-\mu A0$	$N\mu A5-N\mu A0$	P4	LDZ	备注
04	13H	01H	1	0	

按 QD 按钮进行下一步。JZ Z=0 指令执行完成。微地址：00→01→28→12→01 循环。

【10】JMP 无条件转移指令

第1步设置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0，按复位按钮 CLR 进入复位模式

序	μA5-μA0	NμA5-NμA0	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	1001	0	0

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作，按 QD 按钮进行取指操作。

第2步：取指令

序	μA5-μA0	NμA5-NμA0	LIR	PCINC	P1	备注
02	01H	20H	1	1	1	

按 QD 按钮执行微址 29H。

第3步：

序	μA5-μA0	NμA5-NμA0	P4	M	S3-S0	ABUS	LPC
03	29H	01H	1	1	1111	1	1

指令系统中，指令操作码 1010 对应着无条件转移指令，按 QD 按钮执行微址 01H。

JMP 无条件转移指令执行完成。微地址：00→01→29→01 循环。

【11】OUT 输出指令

第1步设置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0，按复位按钮 CLR 进入复位模式

序	μA5-μA0	NμA5-NμA0	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	1010	0	0

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作，按 QD 按钮进行取指操作。

第2步：取指令

序	μA5-μA0	NμA5-NμA0	LIR	PCINC	P1	备注
02	01H	2AH	1	1	1	

按 QD 按钮执行微址 2AH。

第3步：

序	μA5-μA0	NμA5-NμA0	S3-S0	M	ABUS	P4	备注
03	2AH	01H	1010	1	1	1	

指令系统中，指令操作码 1010 对应着 OUT 输出指令，按 QD 按钮顺序执行微址 00H。

OUT 输出指令执行完成。微地址：00→01→2A→00 循环。

【12】STP 停机指令

第1步设置操作模式：DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0，按复位按钮 CLR 进入复位模式

序	μA5-μA0	NμA5-NμA0	P4-P0	K15-K12	SK11	SK10
01	00H	01H	01H	1110	0	0

根据 IR7-IR4 分支进行指令的执行操作，按 QD 按钮进行取指操作。

第2步：取指令

序	μA5-μA0	NμA5-NμA0	LIR	PCINC	P1	备注
02	01H	20H	1	1	1	

按 QD 按钮执行微址 2EH。

第3步：

序	μA5-μA0	NμA5-NμA0	STOP	P4	备注
03	2EH	01H	1	1	

指令系统中，指令操作码 1110 对应着 STP 停机指令，按 QD 按钮返回微址 01H。
STP 停机指令执行完成。微地址：00→01→2E→01 循环。

实验 6: CPU 组成与机器指令的执行

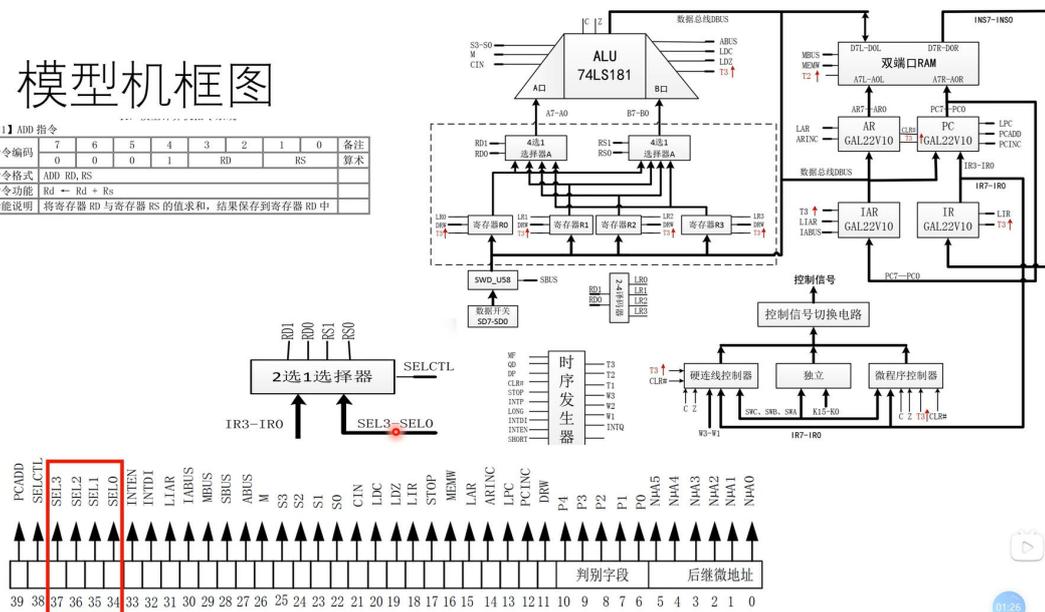
一、模型计算机的指令系统

计算机的程序是由一系列的机器指令组成的，指令就是要计算机执行某种操作的命令。从计算机组成的层次结构来说，计算机的指令有微指令，机器指令和宏指令之分。微指令是微程序级的命令，它属于硬件；宏指令是由若干条机器指令组成的软件指令，它属于软件；而机器指令则是介于微指令与宏指令之间，通常简称为指令，每一条指令可完成一个独立的算术运算或者逻辑运算操作。这一节所讨论的指令是机器指令。一台计算机中所有机器指令的集合，称为这台计算机的指令系统。

模型机框图

【1】ADD 指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
	0	0	0	1					算术
指令格式	ADD RD, RS								
指令功能	RD ← RD + RS								
功能说明	将寄存器 RD 与寄存器 RS 的值求和，结果保存到寄存器 RD 中								



指令系统

- | | | |
|------|----------|-------------------|
| ADD | RD,RS; | RD+RS->RD |
| SUB | RD,RS; | RD-RS->RD |
| AND | RD,RS; | RD and RS->RD |
| INC | RD; | RD+1->RD |
| LD | RD,[RS]; | [RS]->RD |
| ST | RS,[RD]; | RS->[RD] |
| JC | addr; | C=1;则@+offset->PC |
| JZ | addr; | Z=1;则@+offset->PC |
| JMP | RD; | RD->PC |
| OUT | RS; | RD->DBUS |
| STP; | | 停止运行 |

表：模型计算机指令系统

【1】ADD 指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
	0	0	0	1	RD		RS		
指令格式	ADD RD, RS								
指令功能	$Rd \leftarrow Rd + Rs$								
功能说明	将寄存器 RD 与寄存器 RS 的值求和，结果保存到寄存器 RD 中								

【2】SUB 指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
	0	0	1	0	RD		RS		
指令格式	SUB RD, RS								
指令功能	$Rd \leftarrow Rd - Rs$								
功能说明	将寄存器 RD 与寄存器 RS 的值求差，结果保存到寄存器 RD 中								

【3】AND 指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
	0	0	1	1	RD		RS		
指令格式	AND RD, RS								
指令功能	$Rd \leftarrow Rd \text{ and } Rs$								
功能说明	将寄存器 RD 与寄存器 RS 的值进行逻辑与，结果保存到寄存器 RD 中								

【4】INC 指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
	0	1	0	0	RD		XX		
指令格式	INC RD								
指令功能	$Rd \leftarrow Rd + 1$								
功能说明	将寄存器 RD 与 1 进行和运算，结果保存到寄存器 RD 中								

【5】取数指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
	0	1	0	1	RD		RS		
指令格式	LD RD, [RS]								
指令功能	$Rd \leftarrow [Rs]$								
功能说明									

【6】存数指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
	0	1	1	0	RD		RS		
指令格式	ST RS, [RD]								
指令功能	Rs→[Rd]								
功能说明									

【7】JC 条件转移指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
	0	1	1	1	OFFSET				
指令格式	JC addr								
指令功能	C=1, 则 $PC \leftarrow @ + \text{offset}$								
功能说明	若标志寄存器 C 的值为 1, 则跳转到 @+offset 地址								

在条件转移指令中, @代表当前 PC 的值, offset 是一个 4 位的有符号数, 第 3 位是符号位, 0 代表正数, 1 代表负数。主要: @不是当前指令的 PC 值, 是当前指令的 PC 值 +1。此处特别注意相对地址的编码的计算。

【8】JZ 条件转移指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
	1	0	0	0	OFFSET				
指令格式	JZ addr								
指令功能	Z=1, 则 $PC \leftarrow @ + \text{offset}$								
功能说明	若标志寄存器 Z 的值为 1, 则跳转到 @+offset 地址								

在条件转移指令中, @代表当前 PC 的值, offset 是一个 4 位的有符号数, 第 3 位是符号位, 0 代表正数, 1 代表负数。主要: @不是当前指令的 PC 值, 是当前指令的 PC 值 +1。

【9】JMP 无条件转移指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
	1	0	0	1	RD				
指令格式	JMP [RD]								
指令功能	$PC \leftarrow Rd$								
功能说明	程序无条件跳转到 RD 地址单元执行, 用于短地址跳转。								

【10】OUT 输出指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
------	---	---	---	---	---	---	---	---	----

	1	0	1	0	XX	RS	
指令格式	OUT RS						
指令功能	DBUS←Rs						
功能说明	将寄存器 RS 中的数据直接送往数据总线						

【11】STP 暂停指令

指令编码	7	6	5	4	3	2	1	0	备注
	1	1	1	0	XX		XX		
指令格式	STP								
指令功能	停止运行								
功能说明	停止运行或者空操作								

二、实验任务

将下面的程序手工汇编成二进制机器代码并装入存储器。表 2.4 在预习时完成。表中地址 0FH、10H、11H 中存放的不是指令，而是数。此程序运行前要 R2 的值为 12H，R3 的值为 0FH。

表 2.4A 预习时要求完成的手工汇编【第 1 组】

测试运算指令 1		
地址	助记符	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】

特别说明：

【1】JZ 0BH 编码的计算：指令格式 JZ addr、addr=pc+1+offset、0B=4+1+offset,计算得：offset=06H,则 JZ 0BH 的机器编码为 1000 0110=86H。

【2】JC 0CH 编码的计算：指令格式 JC addr、addr=pc+1+offset、0C=9+1+offset,计算得：offset=02H,则 JC 0CH 的机器编码为 0111 0010=72H。

表 2. 4B 预习时要求完成的手工汇编【第 2 组】

测试存储器读写指令 2			
地址	指令代码	助记符	备注
00H	0101 0000 【50】	LD R0, 95H	R0=95
01H	1001 0101 【95】		
02H	0101 0100 【54】	LD R1, 34H	R1=34
03H	0011 0100 【34】		
04H	0101 1000 【58】	LD R2, 22H	R2=22
05H	0010 0010 【22】		
06H	0101 1100 【5C】	LD R3, 23H	R3=23
07H	0010 0011 【23】		
08H	0110 0000 【60】	ST R0, 14H	14=95
09H	0001 0100 【14】		
0AH	1010 0001 【A1】	MOVE R0, R1	R0=R1=34
0BH	0110 0000 【60】	ST R0, 15	15=34
0CH	0001 0101 【15】		
0DH	1010 0010 【A2】	MOVE R0, R2	R0=22, R1=34, R2=22, R3=23
0EH	0110 0000 【60】	ST R0, 16	16=22
0FH	0001 0110 【16】		
10H	1010 0011 【A3】	MOVE R0, R3	R0=23
11H	0110 0000 【60】	ST R0, 17	17=23
12H	0001 0111 【17】		
13H	1001 0000 【90】	HALT	

最后结果:

寄存器: R0=23, R1=34, R2=22, R3=23

存储器: ABUS14=95, ABUS15=34, ABUS16=22, ABUS17=23。

表 2. 4C 预习时要求完成的手工汇编【第 3 组】

测试转移指令 3			
地址	指令代码	助记符	备注
00H	0101 0000 【50】	LD R0, 95H	R0=95
01H	1001 0101 【95】		
02H	0101 0100 【54】	LD R1, A4H	A1=A4
03H	1010 0100 【A4】		
04H	0000 0001 【01】	ADD R0, R1	R0=39, R1=A4, C=1
05H	0111 0000 【70】	JC 0EH	转 0E
06H	0000 1110 【0E】		
07H	0101 0000 【50】	LD R0, AAH	R0=AA
08H	1010 1010 【AA】		
09H	0101 1000 【58】	LD R2, 55H	R2=55
0AH	0101 0101 【55】		

0BH	0010 0010 【22】	AND R0, R2	R0=0
0CH	1000 0000 【80】	JZ 12H	转 12
0DH	0001 0010 【12】		
0EH	0111 0000 【70】	JC 07H	转 07
0FH	0000 0111 【07】		
10H	0100 1100 【4C】	MOVE R3, R0	
11H	0100 0100 【44】	MOVE R1, R0	
12H	1001 0000 【90】	HALT	停机
13H			

最后结果：C=1、Z=1、R0=0、R1=A4、R2=55

备注：第 1 组用作学习，第 2 组、第 3 组用于学生提高，学生可以自行完成。

三、实验

1、准备

将控制器转换开关拨到微程序位置，微程序绿灯亮，将编程开关设置为正常位置。按照下表用 1 号线连接如下信号。

输入	IR7-I	IR6-I	IR5-I	IR4-I	C-I	Z-I
输出	IR7-O	IR6-I	IR5-O	IR4-O	C-O	Z-O

使 TEC-8 模型计算机能够运行在微程序方式下运行。

2. 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：操作模式设置为：1001

序	动作	微址	AR	SD7-SD0	D7-D0	备注
1	按 CLR	00				初始化
2	按 QD	03		00	00	进入写存储器，SD 设置存储器地址
3	按 QD	02	00	53	53	设置被写的指令，按 QD，写入
4	按 QD	02	01	4C	4C	
5	按 QD	02	02	57	57	
6	按 QD	02	03	21	21	
7	按 QD	02	04	86	86	
8	按 QD	02	05	68	68	
9	按 QD	02	06	4C	4C	
10	按 QD	02	07	53	53	
11	按 QD	02	08	11	11	
12	按 QD	02	09	72	72	
13	按 QD	02	0A	48	48	

14	按 QD	02	0B	6A	6A	
15	按 QD	02	0C	31	31	
16	按 QD	02	0D	A2	A2	
17	按 QD	02	0E	E0	E0	
18	按 QD	02	0F	85	85	
19	按 QD	02	10	23	23	
20	按 QD	02	11	EF	EF	
21	按 QD	02	12			

(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。设置操作模式为 1010。

序号	动作	微址	AR7-AR0	SD7-SD0	D7-D0	备注
1	按 CLR	00				初始化
2	按 QD	05		00H		进入读存储器，SD 设置存储器地址
3	按 QD	04	00		53	
4	按 QD	04	01		4C	
5	按 QD	04	02		57	
6	按 QD	04	03		21	
7	按 QD	04	04		86	
8	按 QD	04	05		68	
9	按 QD	04	06		86	
10	按 QD	04	07		53	
11	按 QD	04	08		11	
12	按 QD	04	09		72	
13	按 QD	04	0A		48	
14	按 QD	04	0B		6A	
15	按 QD	04	0C		31	
16	按 QD	04	0D		A2	
17	按 QD	04	0E		E0	
18	按 QD	04	0F		85	
19	按 QD	04	10		23	
20	按 QD	04	11		EF	
21	按 QD	04	12		00	

(3)通过写寄存器操作设置寄存器 R2 为 12H、R3 为 0FH。

序号	操作模式	动作	微址	SD7-SD0	D7-D0	B7-B0	备注
1	1100	按次 CLR	00				
2	1100	按次 QD	09	00			
3	1100	按次 QD	08	00			
4	1100	按次 QD	0A	12	12		
5	1100	按次 QD	0C	0F	0F	12	
6	1100	按次 QD	00	00	00	00	

(4)通过读寄存器操作检查设置是否正确。

序号	操作模式	动作	微址	A7-A0	B7-B0	备注
1	1011	按次 CLR	00			
2	1011	按次 QD	07	00 (R0)	00 (R1)	
3	1011	按次 QD	06	12 (R2)	0F (R3)	
4	1011	按次 QD	00	00	00	

(5)将模式开关设置为 DP=1、SWC=0、SWB=0、SWA=0，准备进入程序运行模式，程序在单微指令下运行。按复位按钮 CLR，复位程序计数器 PC 为 00H，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。

序	动作	微址	D	A	B	PC	IR	AR	INS	备注
1	按 CLR	00								
2	按 QD	01								从 00H 执行
3	按 QD	25	0F	00	0F	01	53	00	4C	R0 ← 85H
4	按 QD	0E	85	00	0F	01	53	0F	4C	
5	按 QD	01	00	85	0F	01	53	0F	4C	
6	按 QD	24	10	0F	85	02	4C	0F	57	R3 ← 10H
7	按 QD	01	00	10	85	02	4C	0F	57	
8	按 QD	25	10	00	10	03	57	0F	21	R1 ← 23H
9	按 QD	0E	23	00	10	03	57	10	21	
10	按 QD	01	00	23	10	03	57	10	21	
11	按 QD	22	62	85	23	04	21	10	86	R0 ← 62H,
12	按 QD	01	00	62	23	04	21	10	86	Z ← 0, C ← 1
13	按 QD	28	00	23	12	05	86	10	68	不跳
14	按 QD	12	00	23	12	05	86	10	68	
15	按 QD	01	00	23	12	05	86	10	68	
16	按 QD	26	12	12	62	06	68	10	86	[12H] ← 62H
17	按 QD	10	62	12	62	06	68	12	4C	
18	按 QD	01	00	12	62	06	68	12	4C	
19	按 QD	24	11	10	62	07	4C	12	53	R3 ← 11H
21	按 QD	01	00	11	62	07	4C	12	53	
22	按 QD	25	11	62	11	08	53	12	11	R0 ← EFH
23	按 QD	0E	EF	62	11	08	53	11	11	
24	按 QD	01	00	EF	11	08	53	11	11	
25	按 QD	21	12	EF	23	09	11	11	72	R0 ← 12H, C ← 1, Z ← 0
26	按 QD	01	00	12	23	11	11	11	72	
27	按 QD	27	00	12	12	0A	72	11	48	跳到 0CH
28	按 QD	13	00	12	12	0A	72	11	48	
29	按 QD	01	00	12	12	0C	72	11	31	
30	按 QD	23	02	12	23	0D	31	11	A2	R0 ← 02H, Z ← 0, C 不变
31	按 QD	01	00	02	23	0D	31	11	A2	
32	按 QD	2A	12	02	12	0E	A2	11	E0	D 总线上显示 12H
33	按 QD	10	00	02	12	0E	A2	11	E0	
34	按 QD	2E	00	02	02	0F	E0	11	85	
36	按 QD	01	00	02	02	0F	E0	11	85	
37	按 QD	28	00	23	23	10	85	11	43	
38	按 QD	22/12?	00	23	23	10	85	11	23	
39	按 QD	01	00	23	23	10	85	11	23	
40	按 QD	22	F1	01	11	11	23	11	EF	
41	按 QD	01	00	F1	11	11	23	11	EF	
42	按 QD	2E	00	11	11	12	EF	11	62	
43	按 QD	01	00	11	11	12	EF	11	62	
44	按 QD	26	E1	E1	12	13	62	11	D4	
45	按 QD	10	12	E1	12	13	62	F1	D4	

(6)通过读寄存器操作检查 4 个寄存器的值并记录

【功能开关设置为：1011，查看寄存器结果】

(7)通过读存储器操作检查存储单元 12H、13H 的值并记录。

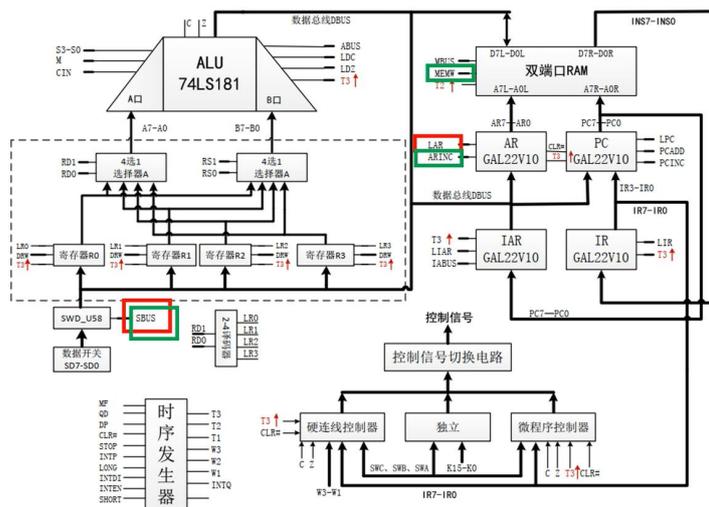
【检查结果时需要检查存储器 12 单元的内容（62H）；各寄存器的值：R0=02H，R1=23H，R2=12H，R3=11H。】

3、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。

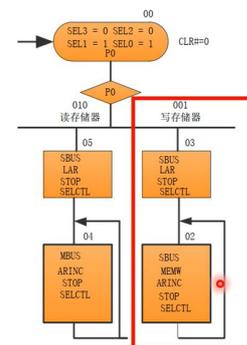
四、操作微程序

四、实验电路

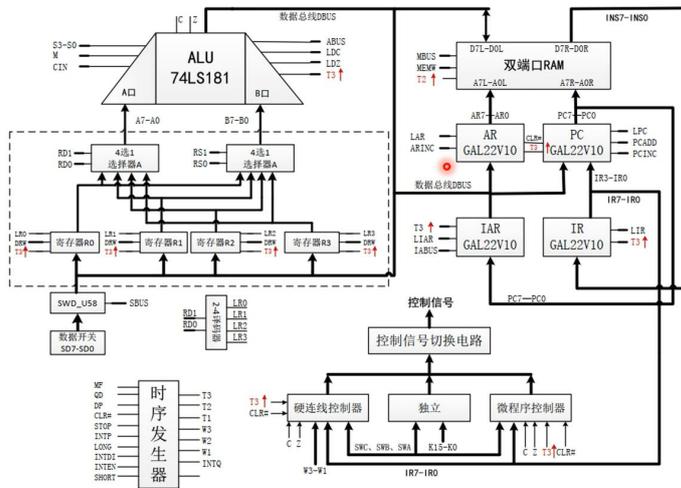


操作：(1)写存储器

写存储器操作作用于向存储器中写测试程序和数据。

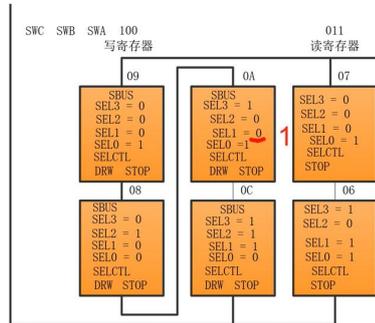


四、实验电路



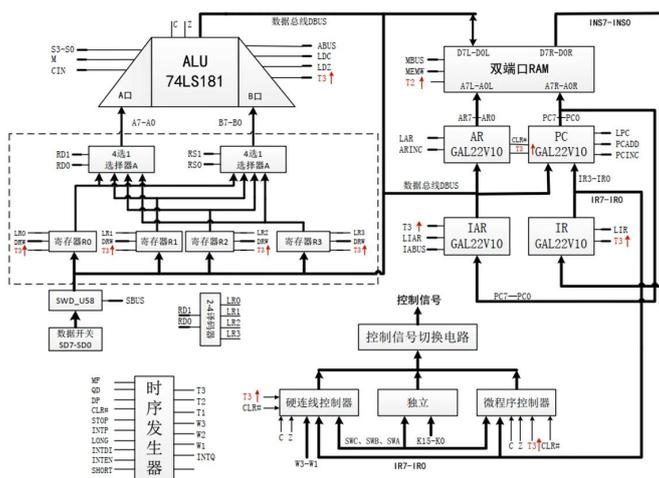
操作：(3)写寄存器

写寄存器操作用于给各通用寄存器置初值。



09: 写R0, SEL3..0: 00x
 08: 写R1, SEL3..0: 01xx
 0A: 写R2, SEL3..0: 10xx
 0C: 写R3, SEL3..0: 11xx

四、实验电路



操作：(5)启动程序运行

当程序已经写入存储器后，按复位按钮 CLR，使 TEC-8 模型计算机复位，设置

SWC=0、SWB=0、SWA=0，按一次启动按钮 QD，则启动测试程序从地址 00H 运行。

- 如果单拍开关 DP=1，那么每按一次 QD 按钮，执行一条微指令；连续按 QD 按钮，直到测试程序结束。
- 如果单拍开关 DP=0，那么按一次 QD 按钮后，程序一直运行到停机指令 STP 为止。如果程序不以停机指令 STP 结束，则程序将无限运行下去，结果不可预知。