

北京邮电大学

# 实验报告

课程名称 计算机组成原理

实验名称 CPU组成与机器指令的执行

计算机系301班 姓名 [REDACTED]

教师 [REDACTED] 成绩 [REDACTED]

2024年5月30日

## 一、实验类型

本次实验类型为原理型+分析型+设计型。

## 二、实验目的

(1) 用微程序控制器控制数据通路，将相应的信号线连接，构成一台能运行测试程序的CPU。

(2) 执行一个简单的程序，掌握机器指令与微指令的关系。

(3) 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，牢固建立计算机整机概念。

## 三、实验设备

TEC-8 实验系统一台、双踪示波器一台、直流万用表一个、逻辑笔一支

## 四、实验电路

本实验将前面几个实验中的所有电路，包括时序发生器、通用寄存器组、算术逻辑运算部件、存储器、微处理器等模块组合在一起，构成一台能够运行程序的简单处理机。数据通路的控制通过微程序控制器完成，由微程序解释指令的执行过程，从存储器取出一条指令到执行指令结束的一个指令周期，是由微程序完成的，即一条机器指令对应一个微程序序列。

在本实验中，程序装入到存储器中和给寄存器置初值是在控制台方式下手工完成的，程序执行的结果也需要用控制台操作来检查。

## 五、实验步骤

1. 按表1接线，此前需确保实验箱已断电。
2. 将编程开关拨到“正常”位置。将控制信号切换器的开关拨到下方位置（“微程序”）
3. 启动电源，将DP开关拨到高电平，即启用单拍模式。

### 4. 写存储器：

- 1° 按下 CLR（无意义操作），将 SWC ~ SWA 拨为 001，按下 QD，将数据开关拨为 0DH，按下 QD，将地址打入地址寄存器 AR。
- 2° 依据表2，按顺序将数据开关拨为相应二进制机器码，并按下 QD 写入存储器。

### 5. 写寄存器：

- 1° 按下 CLR，使控制器回到初态，将 SWC ~ SWA 拨为 100。  
按下 QD，将数据开关分别拨为 任意、任意、12H、0FH。  
每次拨完后按下 QD，将值依次打入寄存器 R<sub>0</sub>, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>。

### 6. 启动程序

- 1° 按下 CLR（无意义操作），将 SWC ~ SWA 拨为 000，将数据开关拨为 00H。
- 2° 按下多次 QD，依次记录程序执行过程中 R<sub>0</sub> 的状态值，直至执行结束。

### 7. 读存储器

- 1° 按下 CLR，将 SWC ~ SWA 拨为 010，将数据开关拨为 12H。  
按下 QD，将地址打入地址寄存器 AR。
- 2° 读出 12H 单元的值，按下 QD，  
读出 13H 单元的值。

### 8. 读寄存器

- 1° 按下 CLR，将 SWC ~ SWA 拨为 011，按下两次 QD，读出寄存器 R<sub>0</sub> ~ R<sub>3</sub> 的值。

表1. 参考接线

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

表2. 实验程序汇编

地址	指令	二进制机器码
00H	LD R0, [R3]	0101 0011
01H	INC R3	0100 1100
02H	LD R1, [R3]	0101 0111
03H	SUB R0, R1	0010 0001
04H	JZ 0BH	1000 0110
05H	ST R0, [R2]	0110 1000
06H	INC R3	0100 1100
07H	LD R0, [R3]	0101 0011
08H	ADD R0, R1	0001 0001
09H	JC 0CH	0111 0010
0AH	INC R2	0100 1000
0BH	ST R2, [R2]	0110 1010
0CH	AND R0, R1	0011 0001
0DH	OUT R2	1110 0000
0EH	STP	1110 0000
0FH	85H	1000 0101
10H	23H	0010 0011
11H	EFH	1110 1111
12H	00H	0000 0000

9. 实验结束，关闭电源，拆去接线，整理实验器材后离开。

## 六、实验结果与分析。

实验数据见表3。

表3. 实验数据记录

指令	$\mu A5-\mu A0$	PC7-0	AR7-0	IR7-0	A7-0	B7-0	D7-0
LD R0, [R3]	01H	00H	00H	00H	00H	00H	00H
	25H	01H	00H	53H	00H	0FH	0FH
	0EH	01H	0FH	53H	00H	0FH	85H
INC R3	01H	01H	0FH	53H	85H	0FH	F0H
	24H	02H	0FH	4CH	0FH	85H	10H
LD R1, [R3]	01H	02H	0FH	4CH	10H	85H	F0H
	25H	03H	0FH	57H	00H	10H	10H
	0EH	03H	10H	57H	00H	10H	23H
SUB R0, R1	01H	03H	10H	57H	23H	10H	F0H
	22H	04H	10H	21H	85H	23H	62H
JZ 0BH	01H	04H	10H	21H	62H	23H	F0H
	28H	05H	10H	86H	23H	12H	F0H
	12H	05H	10H	86H	23H	12H	F0H
ST R0, [R2]	01H	05H	10H	86H	23H	12H	F0H
	26H	06H	10H	60H	12H	62H	12H
	10H	06H	12H	68H	12H	62H	62H
INC R3	01H	06H	12H	68H	12H	62H	F0H
	24H	07H	12H	4CH	10H	62H	11H
LD R0, [R3]	01H	07H	12H	4CH	11H	62H	F0H
	25H	08H	12H	53H	60H	11H	11H
	0EH	08H	11H	53H	62H	11H	EFH
ADD R0, R1	01H	08H	11H	53H	EFH	11H	F0H
	21H	09H	11H	11H	EFH	23H	12H
JC 0CH	01H	09H	11H	11H	12H	23H	F0H
	27H	0AH	11H	72H	12H	12H	F0H
	13H	0AH	11H	72H	12H	12H	F0H
AND R0, R1	01H	0CH	11H	72H	12H	12H	F0H
	23H	0DH	11H	31H	12H	13H	02H
OUT R2	01H	0DH	11H	31H	02H	12H	F0H
	2AH	0EH	11H	A2H	02H	12H	12H
STP	01H	0EH	11H	A2H	02H	12H	F0H
	2EH	0FH	11H	E0H	02H	02H	F0H

运行结束后  $R_0 \sim R_3$  值为 02H, 23H, 12H, 11H, 存储器 11H 处值为 62H。

## 1. 各组件关系

根据实验数据，我们可以清晰看出 CPU 周期与微指令周期的关系和机器指令与微指令的关系。

在串行方式的微程序控制器中，微指令周期等于读出微指令时间加上执行该条微指令的时间。

一条机器指令对应一个微程序，这个微程序是由若干条微指令序列组成的。因此，一条机器指令的功能是由若干条微指令的序列来实现的。简言之，一条指令所完成的操作划分为若干条微指令来完成，由微指令负责解释和执行。

从指令与微指令，程序与微程序，地址与微地址的一一对应关系来看，前者与内存器有关，后者与控制存储器有关。

## 2. 条件转移原理

原理为：

1° 指令解码：译码，确定为条件转移指令。

2° 条件评估：据 PSW（程序状态字）中的标志位进行评估。

3° 分支决策：若条件评估结果为真，则微程序控制器将修改 PC 的值，使其指向转移目标地址，实现条件分支跳转。

4° 微操作执行：根据更新后的 PC，继续执行相应指令。

## 七、可供研究和探索的问题

在 TEC-8 模型机中，ALU 并未实现乘法运算，此时则可以通过编写相应的宏指令，实现乘法功能。

表 4 所示程序实现了将 [R<sub>0</sub>] 和 [R<sub>1</sub>] 相乘并放入 [R<sub>2</sub>] 的功能，R<sub>3</sub> 约定为调用者保存寄存器。

表4. 乘法宏指令实现

地址	指令	释义	二进制机器码
00H	LD R0, [R0]	将 A 放入 R0	0101 0000
01H	LD R3, [R1]		0101 1101
02H	SUB R1, R1	将 -B 放入 R1	0010 0101
03H	SUB R1, R3		0010 0111
04H	SUB R3, R3		0010 1111
05H	JZ 07H	将 R3 清空并进入循环	1000 0001
06H	LD R3, [R2]	重新载入和	0101 1110
07H	ADD R3, R0		0001 1100
08H	INC R1	累计加	0100 0100
09H	JZ 11H	若完成，循环退出	1000 0111, 0111
0AH	ST R3, [R2]		0110 1110
0BH	SUB R3, R3		0010 1111
0CH	INC R3	临时保存	0100 1100
0DH	ADD R3, R3	将 R3 置为 06H	0001 1111
0EH	INC R3	以继续循环	0100 1100
0FH	ADD R3, R3		0001 1111
10H	JMP R3		1001 1100
11H	ST R3, [R2]	保存计算结果，停机	0110 1110
12H	STOP		1110 0000

运行结果见验收记录。

## 八、实验总结和收获

通过本次实验，我了解了如何用微程序控制器控制数据通路构成一台能运行调试的CPU。我执行了一个简单的程序，掌握了机器指令与微指令关系，牢固树立了整机的概念。此外，我还自主设计了乘法宏程序，这进一步加深了我对所学知识的理解。可以说，我较好地达成了本次实验的目的。

蘇州府志卷之八