

微型机原理实验教程
武自芳 张仁强

西安电子科技大学

036
ZF/1

高等学校教材

微型机原理 实验教程

武自芳 张仁强

西安电子科技大学出版社

TP36
WZF/1

高等学校教材

微型机原理实验教程

武自芳 张仁强

西安电子科技大学出版社

1991

内 容 简 介

本书是一本配合微型计算机原理教学而编写的实验教程。基本内容包括 Z80 指令系统、汇编语言、中断系统、I/O 接口、存储器扩展以及 A/D 和 D/A 转换器, 还有教学模型机整机原理、单片机及 CAI 教学软件包等可供教学中选用。书中既有一般的实验内容, 也有难度较高的实验和讨论, 涉及的内容较广泛, 且有一定的深度, 对课堂教学是很好的补充。

本书除供本科生作实践教学外, 也可作为工程技术人员学习使用微机时的入门指导。

JS304/35
13

高等学校教材
微型机原理实验教程

武自芳 张仁强

责任编辑 谭玉瓦

西安电子科技大学出版社出版

西安市雁塔区第二印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 13 4/16 字数 306 千字

1989 年 12 月第 1 版 1991 年 10 月第 2 次印刷 印数 3 001—6 000

ISBN7-5606-0096-4 / TP · 0033 (课) 定价: 3.50 元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定,我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力,有关出版社的紧密配合,从1978年至1985年,已编审、出版了两轮教材,正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要,贯彻“努力提高教材质量,逐步实现教材多样化,增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神,我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会,在总结前两轮教材工作的基础上,结合教育形势的发展和教学改革的需要,制订了1986~1990年的“七五”(第三轮)教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿,是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐,由编审委员会(小组)评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量,作出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处,希望使用教材的单位,广大教师和同学积极提出批评建议,共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教程系按电子工业部的工科电子类专业教材 1986—1990 年编审出版规划, 由自动控制教材编审委员会征稿, 推荐出版, 责任编委张钟俊。

本教材由西安交通大学担任主编, 上海交通大学谢剑英担任主审。

随着微型计算机的应用日益广泛, 越来越多的人对微型计算机这一学科产生浓厚兴趣, 希望掌握和应用微型计算机。但是, 微型计算机是一门实践性很强的学科, 仅有理论上的学习是不够完善的, 必须与实践练习密切结合, 学以致用。本书编写的目的正是配合微型计算机原理的理论学习, 通过各种不同类型的实验加强实践训练, 从而大大提高学习效果。

本书是本轮教材规划中的《微型计算机原理》的配套教材。全书共分八章, 参考学时数为 40 学时, 其中, 第二、三、四、五、六章为基本实验, 约 25 学时。这五章的内容包括: Z80 微型机指令系统及汇编语言实验; 中断、输入输出接口实验; 存储器连接及扩充实验; A/D、D/A 转换器及其应用实验。目的在于训练学生对软件和分析、设计与上机调试的能力。第一、七、八章为选做实验, 约 15 学时。第一章是教学模型机实验, 目的在于使学生对组合逻辑型微处理器的内部结构及工作原理建立一个整体的概念, 从而掌握微型计算机的整机工作原理。第七章是单片机实验, 目的在于使学生熟悉和掌握单片机的内部结构及工作原理, 并学会使用单片机开发系统。第八章是计算机辅助教学实验, 这一章的内容与前面几章不同, 是一种辅助教学手段, 对传统的教学方法是有力的补充和改进。因此这部分实验在时间安排上, 必须与教学内容紧密配合, 与前面几章的内容紧紧相连系, 才能取得应有的效果。如果单独放在最后再去完成实验, 就失去它本来的意义。

另带有“*”号的章节, 难度较大, 为选做实验。

本书除帮助学生完成实验之外, 还提供了大量的应用程序, 因此, 不失为工程技术人员应用微型计算机的实用参考书。

本书由张仁强同志编写一、二、四、八章, 武自芳同志编写三、五、六、七章并统编全稿。本书在编写过程中力求实用, 尽量做到概念清楚、通俗、易于掌握, 所列程序绝大部分都经过调试运行, 反复应用。

本书全稿承蒙上海交通大学谢剑英副教授审阅, 提出了许多宝贵意见, 在此表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中, 得到了西安交通大学胡保生教授、薛均义、姚燕南副教授的关心和支持以及张良祖、王康盛同志的帮助, 在此, 也向以上同志表示衷心的感谢!

由于时间仓促, 加之编者水平有限, 书中难免有错误和不妥之处, 敬请广大读者批评指正。

编者 于西安交通大学

1989.1

目 录

第一章 教学模型机实验

§ 1-1 教学模型机简介	1
1.1.1 MCT-II 教学模型机的基本结构	1
1.1.2 MCT-II 教学模型机的指令系统	3
1.1.3 MCT-II 教学模型机的使用说明	5
§ 1-2 教学模型机实验	6
1.2.1 整机工作原理实验	6
1.2.2 简单编程实验	7

第二章 Z80 指令系统实验

§ 2-1 TP801A 单板机简介	9
2.1.1 TP801A 单板机的基本结构	9
2.1.2 存储器、I/O 设备及接口配置	10
2.1.3 TPBUG-A 监控程序	13
§ 2-2 TP801A 单板机使用说明	18
2.2.1 键盘操作说明	18
2.2.2 键盘操作练习实验	24
§ 2-3 Z80 指令系统实验	28
2.3.1 算术、逻辑和 BCD 码运算类指令实验	28
2.3.2 转移类及通用运算类指令实验	29
2.3.3 移位和位操作类指令实验	30
2.3.4 调用返回类和数据块处理类指令实验	32

第三章 Z80 汇编语言程序设计实验

§ 3-1 Z80 交叉汇编软件	37
3.1.1 XZ80·EXE 交叉汇编文件	37
3.1.2 连接与转换文件	40
§ 3-2 MDS-55 开发系统的行编辑程序	43
§ 3-3 MDS-55 微处理器开发系统及操作说明	46
3.3.1 MDS-55 开发系统	46
3.3.2 ADOS 的功能选择	47
3.3.3 ADOS 功能操作使用说明	48
3.3.4 利用 MDS-55 开发系统仿真器进行程序调试的步骤	60
§ 3-4 汇编语言程序设计	61
3.4.1 编辑及交叉汇编上机练习	61
3.4.2 ADOS 及 MDS-55 仿真器的调试功能练习	62
3.4.3 多重循环程序的上机调试	65

3.4.4 浮点加法运算程序的调试	66
第四章 中断功能及存储器实验	
§ 4-1 TP80TS 实验板简介	70
§ 4-2 中断功能实验	71
4.2.1 Z80 中断方式 1 实验	71
4.2.2 Z80 中断方式 0 实验	73
4.2.3 Z80 中断方式 2 实验	76
§ 4-3 存储器实验	77
4.3.1 存储器扩充实验(一)	77
4.3.2 存储器扩充实验(二)	80
第五章 微型机接口实验	
§ 5-1 Z80-CTC 性能实验	82
5.1.1 Z80-CTC 定时 / 计数性能实验	83
* 5.1.2 Z80-CTC 作为电子秒表的实验	85
§ 5-2 Z80-PIO 可编程并行接口实验	87
5.2.1 PIO 的输入 / 输出工作方式的实验	89
5.2.2 PIO 的位控工作方式实验	94
* 5.2.3 PIO 的双向工作方式	99
§ 5-3 Intel 8255A 可编程并行接口实验	103
5.3.1 Intel 8255A 性能简介	103
5.3.2 Intel 8255A 方式 0 的应用	106
5.3.3 Intel 8255A 方式 1 的应用	111
§ 5.4 Intel 8251A 串行接口实验	115
5.4.1 Intel 8251A 串行接口简介	115
5.4.2 Intel 8251A 串行接口异步通讯实验	118
第六章 数 / 模和模 / 数转换器实验	
§ 6-1 数 / 模转换器实验	123
6.1.1 D / A 转换器的基本性能及其应用	123
* 6.1.2 D / A 转换器的极性实验	127
§ 6-2 模 / 数转换器实验	130
6.2.1 A / D 转换器的基本性能	130
* 6.2.2 A / D 转换器和 D / A 转换器的互联	134
第七章 MCS-51 单片机的认识	
§ 7-1 DVCC-51 开发型单片单板机的结构	138
7.1.1 中央处理单元 Intel 8031	138
7.1.2 存储器	140
7.1.3 I / O 接口电路及外部设备	141
§ 7-2 DVCC-51 单片机的键盘操作	144
7.2.1 DVCC-51 的键盘	144

7.2.2	基本的键盘操作	145
7.2.3	显示器的功能	150
§ 7-3	DVCC-51 单片机键盘操作练习	151
§ 7-4	运算类指令实验	155
§ 7-5	位操作、逻辑操作及转移类指令的功能	159
第八章 计算机辅助教学实验		
§ 8-1	CAI 软件包简介	164
8.1.1	CAI 软件的基本结构	164
8.1.2	CAI 软件使用说明	164
§ 8-2	辅助教学实验	169
8.2.1	MCT-II 教学模型机的工作原理	169
8.2.2	Z80 指令系统的寻址方式	170
8.2.3	Z80-CPU 的基本时序	171
8.2.4	Z80-CPU 的中断处理过程	171
8.2.5	PIO 及 CTC 的内部结构及工作原理	172
8.2.6	A/D、D/A 转换器的工作原理	172
8.2.7	数据采集系统	173
参考文献		174
附录		
附录一	实验参考程序	175
附录二	实验用元器件引脚图	195
附录三	汇编错误信息一览表	199
附录四	7 位 ASCII 码表	201

第一章 教学模型机实验

MCT-II 教学模型机是专门为微型计算机原理课程教学而研制的一种计算机，它不仅结构简单而且功能齐全，因此通过教学模型机实验，可以很快地掌握微型计算机的内部结构及其工作原理。

§ 1-1 教学模型机简介

1.1.1 MCT-II 教学模型机的基本结构

MCT-II 教学模型机是一种典型的采用组合逻辑设计的计算机，其结构如图 1.1 所示。它由运算器、存贮器、控制器、输入/输出设备及 I/O 接口和系统总线 5 部分组成。

一、运算器

教学模型机的运算器由累加器 A、加法器 Σ 、操作数寄存器 B 和状态标志寄存器 F 组成，用于完成各种操作和运算。

累加器 A 和操作数寄存器 B 分别用于寄存参加运算的两个操作数，加法器 Σ 由 8 位全加器组成，接受来自累加器 A 和寄存器 B 的操作数，完成加法或减法运算，并将运算结果送累加器 A，运算后的状态信息送状态标志寄存器 F，F 标志寄存器只有符号标志 S (SIGN) 和进位标志 C (CARRY) 两位，符号标志 S 反映两个带符号数运算时，运算结果的正负情况，即加法器最高位的运算结果 Σ_7 ，逻辑关系如下：

$$S = \Sigma_7$$

$S=0$ 表示结果为正， $S=1$ 表示结果为负。进位标志 C 反映加法运算的进位情况或减法运算的借位情况，其逻辑关系如下：

$$C = \bar{N} \cdot C_7 + N \cdot \bar{C}_7$$

其中，N 为减法信号， C_7 为加法器最高位的进位。作加法时 ($N=0$)，有进位 $C=1$ ，无进位 $C=0$ ；作减法时 ($N=1$)，有借位 $C=1$ ，无借位 $C=0$ 。

二、存贮器

教学模型机的存贮器是采用分立元件的插拔式二极管矩阵存贮器——PROM。只能用于寄存程序和原始数据，不能保存中间结果和最后结果，它的容量为 16 个字节。

三、控制器

控制器由指令寄存器 IR、操作码译码器 OD、程序计数器 PC、内存地址寄存器 MAR、返回地址寄存器 RAR、脉冲分配器 PD 和操作控制部件 CU 组成。它是教学模型机中最复杂的一部分，用于管理模型机的各种操作。

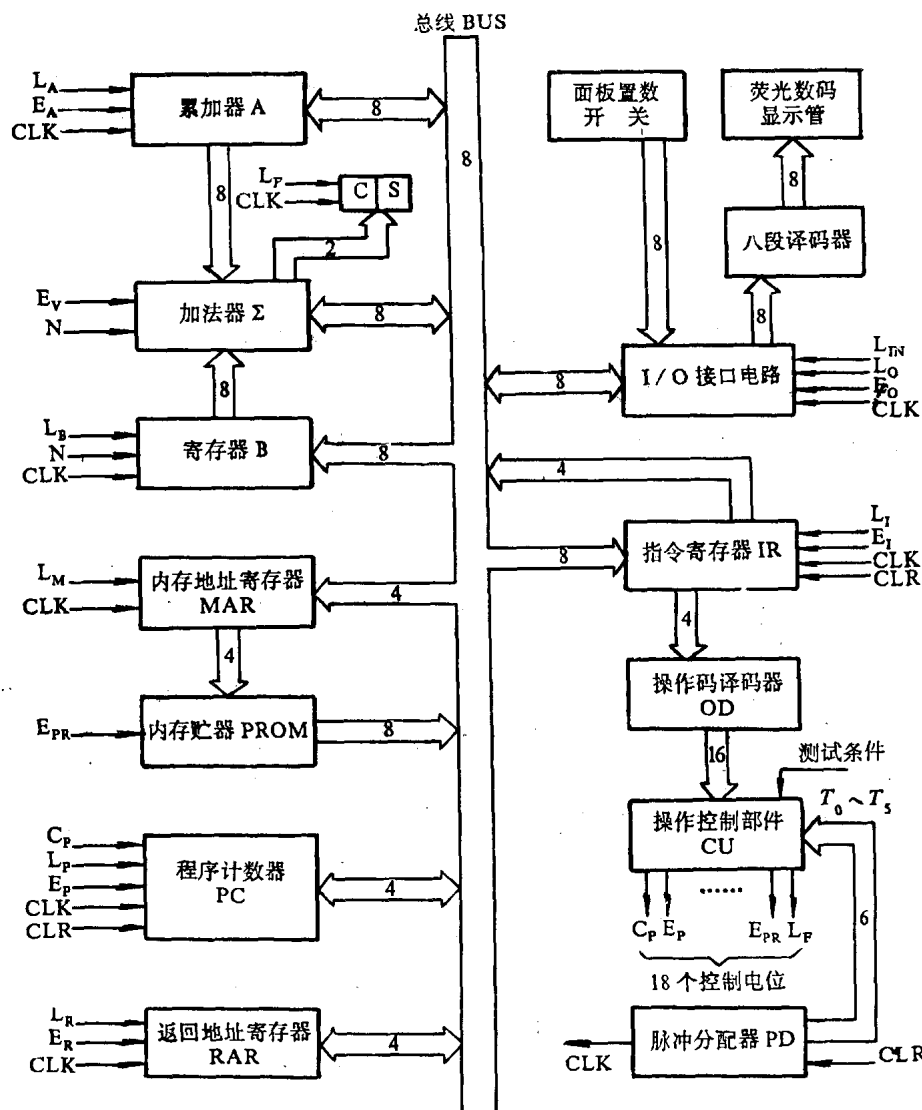


图 1.1 MCT-II 教学模型机的结构框图

四、输入/输出设备及其接口电路

教学模型机的输入设备是 8 个面板置数开关，用于从面板上置入操作数；输出设备是两位数码显示管，将输出数据以十六进制形式显示出来。

输入/输出设备与模型机的接口电路由 I/O 缓冲寄存器和八段译码器组成。当执行输入指令时，I/O 缓冲寄存器接收来自面板置数开关的数据，然后送入 B 寄存器；当执行输出指令时，I/O 缓冲寄存器接收来自累加器 A 的数据，然后经八段译码器译码后送数码显示管显示。

五、系统总线

教学模型机采用单总线结构，各部件之间的信息传递都是通过一条 8 位总线实现的。模型机中的数据字长是 8 位，地址是 4 位。

1.1.2 MCT-II 教学模型机的指令系统

教学模型机指令系统共有 16 条基本指令，分为七类(见表 1.1)，采用了直接寻址、隐含寻址、立即寻址和相对寻址四种寻址方式。

表 1.1 教学模型机指令系统

类 别	助 记 符	指 令 码	操 作 内 容	影响标志	
				C	S
传送类	LD A, Rx	0000 Rx	(Rx)→A	.	.
	LD B, O	0001 ××××	I/O→B	.	.
	LD B, A	0010 ××××	A→B	.	.
算 术 运算类	ADD A, Rx	0011 Rx	A+(Rx)→A		
	SUB Rx	0100 Rx	A-(Rx)→A		
	ADD A, B	0101 ××××	A+B→A		
	SUB B	0110 ××××	A-B→A		
比较类	CP Dx	0111 ××××	A-Dx		
		Dx			
转移类	JP Rx	1000 Rx	IR 低 4 位→PC	.	.
	JP P, Rx	1001 Rx	若 S=0, 则 IR 低 4 位→PC	.	.
	JR C, c ₁	1010 ××××	若 C=1, 则 PC+2→PC	.	.
调用与 返回类	CALL Rx	1011 Rx	PC+1→RAR, IR 低 4 位→PC	.	.
	RET	1100 ××××	RAR→PC	.	.
输入/ 输出类	INB	1101 ××××	面板数→B	.	.
	OUT	1110 ××××	A→I/O 并显示	.	.
CPU 控制类	HALT	1111 ××××	停机	.	.

注：符号“.”表示对状态标志无影响，符号“|”表示对状态标志有影响。

一、传送类指令

数据传送类指令共有三条，分别为：

LD A, Rx 操作内容是将内存单元 Rx 中的内容送至累加器 A，采用直接寻址方式。

LD B, O 操作内容是将 I/O 缓冲寄存器的内容送入寄存器 B，采用隐含寻址方式。

LD B, A 操作内容是将累加器 A 的内容送入寄存器 B，采用隐含寻址方式。

二、算术运算类指令

算术运算类指令共有四条，分别为：

ADD A, Rx $A + (Rx) \rightarrow A$

SUB Rx $A - (Rx) \rightarrow A$

ADD A, B $A + B \rightarrow A$

SUB B $A - B \rightarrow A$

前两条指令是采用直接寻址方式的加、减法指令，操作内容是将内存单元 Rx 的内容与累加器 A 的内容相加或相减，结果送累加器 A 保存，并将状态信息送入状态标志寄存器 F。

后两条指令是采用隐含寻址方式的加、减法指令，操作内容是将累加器 A 与寄存器 B 的内容相加或相减，结果送累加器 A 保存，并将状态信息送入标志寄存器 F。

三、比较类指令

比较类指令仅有一条：

CP Dx $A - Dx$

这是一条双字节指令，采用立即寻址方式，操作内容是将累加器 A 的内容与立即数 Dx 相减，但结果不送累加器 A 保存，只把状态信息送入状态标志寄存器 F。

四、转移类指令

1. 无条件转移指令

JP Rx $Rx \rightarrow PC$

操作内容是无条件地将程序转移到指令字低 4 位所指出的地址 Rx，开始执行新的程序，采用直接寻址方式。

2. 有条件转移指令

JP P, Rx 若 $S=0$ ，则 $Rx \rightarrow PC$ ，否则 $PC+1 \rightarrow PC$

JR C, e_2 若 $C=1$ ，则 $PC+2 \rightarrow PC$ ，否则 $PC+1 \rightarrow PC$

这两条指令都是有条件转移指令，前者采用直接寻址方式，当前面的运算结果为正 ($S=0$) 时，程序转移到 Rx 执行新的程序，否则程序顺序向下执行。后者采用相对寻址方式，当前面的运算结果有进位或借位 ($C=1$) 时，程序跳过下一条指令再向下执行，否则顺序向下执行。

五、调用及返回类

1. 调用指令

CALL Rx $PC+1 \rightarrow RAR, Rx \rightarrow PC$

操作内容是将该指令之后紧接着的一条指令地址保存入返回地址寄存器中，然后把指令码低 4 位 (即 Rx) 送入程序计数器 PC，使程序从主程序转入首址为 Rx 的子程序中去，采用直接寻址方式。

2. 返回指令

RET RAR→PC

操作内容是把调用指令执行时保存在返回地址寄存器中的内容送回程序计数器 PC，使程序从子程序返回到主程序中去，采用隐含寻址方式。

六、输入/输出类指令

1. 面板数输入指令

INB 面板数→B

操作内容是把来自面板开关的 8 位二进制数先送入 I/O 缓冲器，然后再由缓冲器送入 B 寄存器，采用隐含寻址方式。

2. 输出指令

OUT A→I/O 缓冲器并显示

操作内容是把累加器 A 的内容送到 I/O 缓冲器，并由 I/O 缓冲器经八段译码器译码后送数码管显示，采用隐含寻址方式。

七、CPU 控制类指令

仅有一条停机指令 HALT，机器执行该指令后，自动暂停时序脉冲和时序电位的产生，从而使整机处于暂停工作状态。

1.1.3 MCT-II 教学模型机的使用说明

MCT-II 教学模型机的面板布置图如图 1.2 所示。

一、工作方式选择开关与启动按钮

工作方式选择开关与启动按钮配合使用，可使模型机处于四 4 种不同工作方式，分别为：清零、单脉冲、单周和连续四种工作方式。

1. 工作方式选择开关置清零时，按一下启动按钮，便使模型机清零，这时程序计数器 PC 和指令寄存器 IR 被清零，对应的各位指示灯均暗，指令译码器 OD 中对应于 LDA 的指示灯亮，节拍发生器的节拍信号停在 T_0 状态，即 T_0 对应的指示灯亮， $T_1 \sim T_7$ 对应的指示灯暗。

2. 工作方式选择开关置单脉冲时，这时每按一次启动按钮，节拍电位发生一次变化，模型机相应完成一拍操作，连续按动启动按钮，可以看到六个节拍电位呈周期性循环变化状态，并且每循环一个周期，模型机就执行完一条指令的操作。

3. 工作方式选择开关置单周时，这时每按一次启动按钮，模型机就完成一条指令的操作。

4. 工作方式选择开关置连续时，这时按一下启动按钮，模型机就开始连续执行

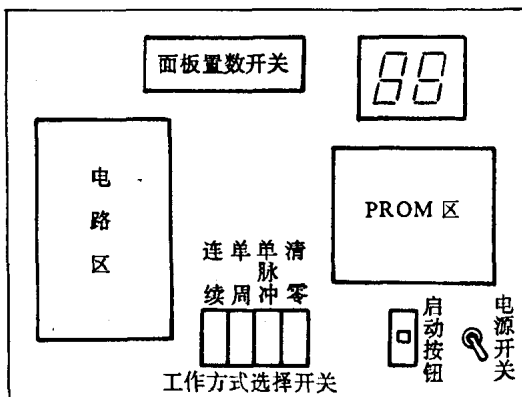


图 1.2 MCT-II 教学模型机的面板布置图

PEOM 区中的程序,直到执行了 HALT 指令为止。

二、面板置数开关

模型机面板上有 8 个乒乓开关,用于从面板上输入数据,当开关打在下面时表示“1”,打在上面时表示“0”,对 8 个开关选择不同的状态,就可输入不同的八位二进制数。

三、PROM 区

模型机的 PROM 区是由 16 排插孔组成的,每排有 8 个插孔,分别对应于 8 位二进制数。当在某一个插孔插入一个带有二极管的插头时,就相当于在此位置存入二进制数“1”,否则就是存“0”。因此要存贮程序或原始数据时,必须先转换为二进制数,然后将对应于二进制数“1”的位置插入二极管,这样即可完成存贮工作。

§ 1-2 教学模型机实验

1.2.1 整机工作原理实验

一、实验目的

通过教学模型机了解组合逻辑型计算机的结构及一般计算机中信息流通过程和整机工作原理。

二、实验器材

MCT-II 教学模型机	一台
直流稳压电源	一台
带有二极管的插头	若干个

三、实验内容

利用教学模型机实现下列运算:

(1) $128+64-192=?$

(2) $48+(-16)-(-8)=?$

(3) 已知 $-128 \leq x < 0$, 求 x 的补码。

通过实验掌握模型机内部各部分的作用及整机工作原理。实验步骤如下:

1. 按教学模型机面板的标示接好电源,并调节稳定电源的输出电压,达到要求值后再合上教学模型机的电源开关。
2. 置教学模型机为清零工作方式,观察模型机清零后各部件的状态。
3. 置教学模型机为单脉冲工作方式,观察脉冲分配器的工作过程,记录节拍信号变化情况。
4. 熟悉教学模型机的工作过程。
 - (1) 把已编好的实验程序和数据存入模型机的 PROM 区。然后选择单脉冲工作方

式, 观察模型机指令各个节拍所产生的控制电位及信息流通情况。

(2) 置模型机为单周工作方式, 观察每执行一条指令的信息流通情况, 结合单脉冲方式下的观察结果, 弄清模型机的整机工作原理。

(3) 选择连续工作方式, 对整个程序进行调试, 直到获得正确结果为止。

(4) 对其余程序重复上述过程。

四、报告要求

1. 列出已调试通过的程序清单和执行结果。

2. 写出模型机清零后各部件的状态和脉冲分配器节拍信号变化情况。

3. 以某一程序为例, 写出实验步骤 4 所观察到的现象, 并进行必要的分析。

1.2.2 简单编程实验

一、实验目的

1. 初步掌握计算机中寻址方式的概念。

2. 掌握计算机的判断功能和基本编程方法。

二、实验器材

MCT-II 教学模型机	一台
直流稳压电源	一台
带有二极管的插头	若干个

三、实验内容

完成下列程序设计:

1. 编出如下算式的求解程序。

(1) 当 $a+b > c$ 时, 按 $a+b-5$ 计算。

当 $a+b < c$ 时, 按 $a+b+5$ 计算。

(2) $3 \times (a+b) = ?$

以上各式中 a 、 b 、 c 三数均为带符号数, 数值任选, 以计算结果不溢出为准。

2. 试编出一个初值为 c_1 , 步长为 2, 终值为 c_2 的踏步程序。其中 c_1 、 c_2 为整数, 且 $c_1 > c_2 > 0$ 。

3. 编出下面算式的计算程序, 其中 $4 \times a$ 要求用乘 2 子程序来实现。

$4 \times a + \text{面板数} = ?$

按如下步骤对以上所编程序在教学模型机上进行调试:

1. 打开教学模型机的电源, 并进行清零操作, 观察教学模型机工作是否正常, 若不正常, 则立即断开电源, 查找故障原因, 直到正常工作为止。

2. 输入已编好的实验程序, 然后选择连续工作方式执行程序, 观察结果是否正确, 如果不正确, 则选择单周工作方式对程序进行调试修改。

3. 在调试程序过程中, 注意观察算术运算及比较指令执行后对状态标志的影响, 并

观察 4 种寻址方式的地址形成过程。

4. 对于程序中的跳转、比较、调用和返回指令，采用单脉冲工作方式，逐拍观察这类指令执行时，控制器各部件(尤其是 PC、IR、MAR、RAR)的信息变化情况。

四、报告要求

1. 列出已调试通过的程序清单及运行结果。
2. 简述 4 种寻址方式的地址形成过程。
3. 状态标志在程序中如何设置和使用？作用如何？
4. 讨论跳转、比较、调用及返回指令执行时，控制器各部件的信息变化情况。

