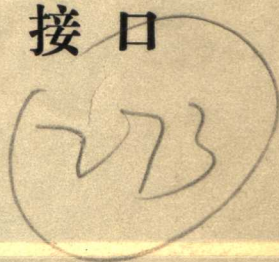


微处理机

编程与接口



浙江省科技情报研究所
浙江省计算技术研究所

Z—80

微处理机程序设计和外围接口

第 一 册

美国布拉克斯堡、连续教育丛书

前 言

微型计算机具有体积小, 功耗低, 可靠性高, 价格低廉的显著特点。它的出现极大程度地推动了计算机在各行各业中的应用, 促进了劳动生产力的迅速发展, 前途未可估量。

本书是美国1979年出版的连续教育丛书之一。这是国内目前有关Z—80微处理机程序设计和接口电路设计方面较完整的一本书。全书分上、下两册。上册详细介绍了Z—80微处理机指令系统和汇编语言的设计。下册重点介绍了Z—80配套芯片(CPU, PIO, CTC, SIO等)和各种接口电路的设计, 内容深入浅出, 偏重于基本概念及实际应用。书中每章均有以单板机为核心的实验与习题, 便于读者通过实验和练习来加深理解。

本书可供微处理机系统设计和应用技术人员参考, 也可供高等院校有关专业学生自学参考。

参加本书编译的人员有顾鸿贞(中科院高能物理所), 刘惠民、余弗度、王常先(七机部七〇八所)、张厥标、王复元(浙江省计算所)和汪涤等同志。

导 言

当前,微型电子技术革命正在蓬勃发展,它是在三十年前随着晶体管的发展而全面开始的。体积小低功耗的晶体管取代了第一代电子计算机中体积大功耗高的真空管。由于晶体管和数字逻辑有着天然的协同性,而且尺寸小成本低,所以它已经成为电子计算机线路的基本元件。晶体管组成门电路,门电路再组成触发器、计数器、加法器及其他逻辑功能电路,这些电路再组成记忆、控制、算术运算和逻辑运算单元,最后便由这些单元组成电子计算机的中央处理机(CPU),于是,逻辑线路中晶体管的数目就成为衡量其复杂程度的合理尺度。1959年,用硅(或锗)片和一组晶体管制成第一个集成电路,这就开始了一个小规模集成电路的新时代,即能把12个或少于12个门(SSI)合并成单块集成电路(IC)。自1959年以来,在不断改进的单块集成电路中的晶体管数量至少每年增加一倍。目前,包括262,144个元件集成电路已投入使用,但工艺还远未达到理论上的极限。1976年译洛格公司(Zilog)所采用的Z-80中央处理机(CPU)和芯片代表了8位微处理机的技术发展水平。当前Zilog公司正在发展Z-80的后继产品Z-8000系列。不过,Z-8000将是16位中央处理机,其计算容量能与中型小计算机相比,计算能力显著提高。但这仅仅是开始,真正的革命将表现在产品以及依赖微型计算机的业务工作都在成指数地增加。

《Z-80微处理机的程序设计和接口》共两册,本书为第一册,是关于Z-80的软件——汇编语言和机器语言的程序设计。第二册则包括与Z-80中央处理机、并行输入输出、计数计时电

路芯片结合的数字线路设计。这两本书是针对实验室编写的教材，打算对微型计算机的程序设计和接口提供综合性的方法。书中特别强调通过实际实验进行学习，所介绍的每一课程都用实验室的工作来加深理解。不仅阐明预想是怎样取得成功的，而且也表明预想的失败之处以及还存在什么缺陷。

学习第一册并不要求在计算机理论、程序设计或数字电子学方面具备基础知识，但学习第二册则要求熟记第一册中的各章内容。两册书中的课程，是按作者认为对自学最著成效的顺序安排的。书中所有习题均给出答案，并尽最大努力预测学习者会遇到的问题，和对实验结果作逻辑延伸。

本书为强调是针对实验室编的教材，采用了SGS-ATES公司制造的单板微型计算机进行实验，此机又称毫微计算机。毫微计算机是一种优秀的教学用计算机，初学者用起来很简便，而且又具有足够的任选性、灵活性和扩展能力，以及使最有经验的用户也饶有兴致的先进性。

伊丽莎白、尼科尔斯

约瑟夫·尼科尔斯

彼得·罗尼

目 录

第 一 章	数 码	(1)
第 二 章	微型计算机程序设计入门	(14)
第 三 章	微处理机中央处理机 (CPU) 的某些指令.....	(29)
第 四 章	毫微计算机 (NBZ80) 和超毫微计算机 (NBZ805)	(45)
第 五 章	Z—80微计算机的一些简单程序	(78)
第 六 章	寄存器、存储器和数据传送	(99)
第 七 章	Z—80寻址方式	(144)
第 八 章	转移调用和返回指令	(185)
第 九 章	逻辑指令	(221)
第 十 章	位处理、旋转和移位指令	(243)
第十一章	算术运算和成组检索指令	(266)
附录 A		
Z—80的操作码和执行时间一览表		(294)
附录 B		
按记忆码分类的 Z-80 CPU 指令		(306)
附录 C		
按操作码分类的 Z-80 CPU 指令		(310)
附录 D		
执行时间的计算		(314)
附录 E		
有关 MOS 器件的注意事项		(316)

第一章 数 码

引言

在开始对微型计算机进行程序设计之前，读者必须学习如何将 8 位二进制数，变换成 16 进制数，及其相反过程；同样还必须学习关于数码的基本知识。

目的

学完本章后，读者应能做如下事情：

- 讲出通讯一词的含义。
- 讲出位 (bit) 的定义。
- 讲出二进制码的定义。
- 讲出数码的定义。
- 讲出十六进制码的定义。
- 把 8 位二进制数变换为两位数字的十六进制数。
- 把两位数字的十六进制数变换为二进制数。
- 区别二进制、十六进制和十进制的计数系统。
- 列出几个不同的数码。
- 列出几个不同的二态装置。
- 举出一例，说明位/秒这个量是衡量信息流的尺度。

语言、通讯和信息

生物，特别是较高等动物所具有的一个最重要的特点，就是同种间能够进行通讯。从达尔文的观点看，这种有助于生物进行生存竞争的通讯能力，为从昆虫到人类的所有多细胞生物所具有。对昆虫来说，存在有几种通讯方式，包括蜜蜂舞蹈和各种化

学通讯，而人则可以用他的五种感官进行通讯，即使有人有一种或数种感官缺陷，也仍能用其余感管进行通讯。

假定一个人要和另一个人用听觉和语言通讯，那末很明显，就必须要有约定俗成的语言表达方法。许多世纪前，世界各个地区都发展了各自特殊的但地区性一致的语音及其书写形式。我们就把这种一致的语音表达方法称为语言或独立语言。世界上有上千种语言，其中只有少数几种广泛流行使用。一种语言的通用性在几百年里可能有盛衰，如拉丁语曾经是欧洲的一种支配性语言，它对欧洲其它各种语言都产生过明显而深刻的影响，但是今天却被认为是“死”语言了。

通讯可以定义为思想、知识和信息等（不论用语言、文字或是用符号）的通报、转达或交流。它是人类最重要最特殊的一种活动。如詹姆斯、马丁在他的优秀著作《电讯和计算机》^①一书中所指出，以每秒传递的位数来衡量的电讯通道能力，在过去一百年里随着人类文明的进步而提高，在1840年为1位/秒，而在1970年为50,000,000位/秒，也就是说，每5.08年增加一倍。同时，马丁还指出，人类知识总量的变化在相当新近的科学思想发端之前是很慢的。1800年以前，估计每50年增加一倍；在1950年以前，每10年增加一倍；而截至1970年则每五年增加一倍。

语言不过是一种通讯形式，它可定义为是一个国家、民族或种族所用的词汇和语法的总体。埃及的象形字，短线刻号、数学符号及方程式。美国印地安人的烟火信号，聋人符号语、摩尔斯电报码是人们采用的另一些通讯方式。

二 进 制 码

倘若不用二态编码表示各种信息；诸如从0到9的十进制数，从A到Z的二十六个英文字母，运算，符号，移位之类，那末至少在一些比较发达国家里，所谓情报爆炸就会把人淹没。我

们把这种只有开关两态的编码称作二态编码或二进制编码。二进制编码可用任何具有两种状态的装置来表示，例如，灯的开——关，开关的断开——闭合，计算机纸带打孔——不打孔，磁芯、磁带和磁盘的北极——南极，电流、电压的两种不同的电平，两种不同的频率，两个字：是——否，两个抽象符号：0（关）——1（开）。二进制的重要性反映在这样一个事实中，就是能制造出非常迅速改变状态的器件，快达5毫微秒（0.000000005秒）。原则上说，这类器件处理、接收和发射信息的速率可达 2×10^8 位/秒。32个这样的器件同时工作，每秒就能处理6.4千兆位信息。这就是使人类社会能存储、处理、传递大量信息的基本能力。

位 (bit)

信息的基本单位称为位 (bit)，它是英文字 Binary digit 的缩写。读者可以把一位设想为一个随时可以点亮（通电）或熄灭（断电）的灯泡。于是，一位就可以用点燃的或熄灭的灯泡来表示。通常是把每个点燃的灯泡用符号1表示，每个熄灭的灯泡用符号0表示。

这样，一位就等于一次二元判断，或指明出现概率值相同的两次可能状态（如0或1）的一种。

信息一般用一个位串来表示，于是1000就是用二进制码表示的十进制数8。位串11000001就是用8位ASCII代码表示的字母A，我们将简短地讨论这两种代码。

数 码

数码可定义为一种代表数据值、并构成计算机或数字电路能懂的和使用的专用语言的符号系统。数码可以理解为信息储存加工和传递的数字“语言”。恰如存在着多种会话语言一样，也存

在着多种不同的数据，这类数码又可细分成几个重要类别：

第一类，用于电子线路中进行各种数字运算的数码。例如：二进制码。

第二类，用来把从 0 到 9 的十进制数变为数字形式的数码，如二进制码，二—十进制码 (bcd) 和葛莱码。

第三类，用来把十进制数，二十六个英文字母、符号、操作码变为数字形式的数码。如 ASCII 代码，EBCDIC 代码和 Baudot 代码。

第四类，大、小微型计算机使用的，使计算机按预定操作顺序工作的指令码。如 IBM370 指令码，PDP8/E 指令码、Z—80 指令码。

在这一系列代码中，我们将特别注意以下四种代码：二进制码，二——十进制码 (bcd)，ASCII 码，Z—80 微处理机芯片用的指令码。

二 进 制 码

最简单的数码便是二进制码，它由 0（关）和 1（开）两种状态构成，我们分别称这两种状态为逻辑 0 和逻辑 1。在二进制码中，十进制数 0 用逻辑 0 表示。十进制数 1 用逻辑 1 表示。这应该是不言而喻的。但另一方面，更大的十进制数，如 3，17，568 等，怎样用二进制码来表示呢？答案是，我们用位串构成一个以 2 为基数的二进制计数系统。例如，二进制数 11101 (2)，（其中注脚 2，指二进制计数系统）相当于：

$$11101(2) = (1 \times 2^{★★4}) + (1 \times 2^{★★3}) + (1 \times 2^{★★2}) + (0 \times 2^{★★1}) + (1 \times 2^{★★0}) = 29(10)$$

其中 $A^{★★B}$ 相当于 A^B 。

$$2^{★★4} = 16(\text{十进制}) = 16_{10}$$

$$2^{★★3} = 8(\text{十进制}) = 8_{10}$$

$$2 \star \star 2 = 4 \text{ (十进制)} = 4_{10}$$

$$2 \star \star 1 = 2 \text{ (十进制)} = 2_{10}$$

$$2 \star \star 0 = 1 \text{ (十进制)} = 1_{10}$$

所以, $11101_{(2)} = 16_{(10)} + 8_{(10)} + 4_{(10)} + 2_{(10)} + 1_{(10)} = 29_{(10)}$

式中下标(10)表示十进制,即以10为基数的计数制。下面的简表能有助于读者把简单的十进制数变换成二进制数。

十进制数	二进制数	十进制数	二进制数
0	0000	6	0110
1	0001	7	0111
2	0010	8	1000
3	0011	9	1001
十进制数	二进制数	十进制数	二进制数
4	0100	10	1010
5	0101	11	1011
		12	1100
		13	1101
		14	1110
		15	1111
		16	10000

如此,四个数字或四位一串的二进制数能够表示从0到15的十六个十进制数中的任何一个数。大于15的十进制数则要增加位数,如下表所表示:

十进制数	二进制数	十进制数	二进制数
0	0	511	111111111
1	1	512	1000000000
2	10	1023	1111111111
3	11	1024	10000000000
4	100	2047	111111111111

7	111	2048	100000000000
8	1000	4095	111111111111
15	1111	4096	1000000000000
16	10000	8191	1111111111111
31	11111	8192	10000000000000
32	100000	16383	11111111111111
63	111111	16384	100000000000000
64	1000000	32767	111111111111111
127	1111111	32768	1000000000000000
128	10000000	65535	1111111111111111
255	11111111		
256	100000000		

所以，8 位二进制数能表示从 0 到 $255_{(10)}$ 的 256 个十进制数，或者 256 个不同的“事项”，不管它们是什么事项（指令、器件脉冲等）。Z-80 是一个微处理机芯片，它的存储器地址为 16 位，I/O 设备字为 8 位。亦即它能直接给出 65,536 个不同的存储单元，发出至少 256 个不同的 I/O 脉冲或设备地址。

十六进制 (HEX) 码

多位数的二进制码是很难记忆的。例如，8 位二进制数 10011101，你只看它一秒钟，然后立即把它盖位或眼看别处，你能记得住它吗？同时也考虑下列的 8 位数表的记忆问题：

11011010

11100101

01101001

10101011

你可能要得出结论：必然有一种记住 8 位二进制数的较好方法。我们在这里之所以用 8 位数，是因为当你开始学习 8 位 Z--

80微处理机的程序时，会经常碰到8位二进制数。

记住多位二进制数的一种方法，就是用十六进制(hex)码。hex就是英文“十六进制”的缩写符号。十六进制就是指十六位计数制。就是以16为基数的计数制。它采用十六个不同的符号：0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E和F。如同对十进制数一样，我们可以把十六进制数变换成二进制数。

十进制数	十六进制数	二进制数
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111
16	10	0001 0000
17	11	0001 0001
18	12	0001 0010
19	13	0001 0011
20	14	0001 0100

21	15	0001	0101
22	16	0001	0110
23	17	0001	0111
24	18	0001	1000
32	20	0010	0000
40	28	0010	1000
48	30	0011	0000
56	38	0011	1000
63	3F	0011	1111

为了帮助你理解十六进制数是怎样变换成二进制数的，我们把 8 位二进制数分成两组 4 位二进制数。每组的两个 4 位数之间的间隔大小不影响数值，这样可以简化二进制数的读法，而成为一种标准格式了。

我们现在说明一下怎样把 8 位二进制变换成十六进制码。完成这种变换的方法分三步：

1. 写下 8 位二进制数，
2. 把 8 位二进制数分成两组，每组 4 位；
3. 用相应的十六进制数字 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E 和 F，分别代换每组 4 位二进制数。

完成了这三步，就把 8 位二进制数变成了二位十六进制码。变换时，每组 4 位二进制数独立变换，与另一组无关。

作为实例，变换 1 0 0 1 1 1 0 1 这个 8 位二进制数。首先将它分成两组，每组 4 位二进制数；1 0 0 1, 1 1 0 1，然后用相应的 16 进制数分别取代这两组二进制数，于是得到 9D，这就是正确答案 9D₍₁₆₎ 这里下标₍₁₆₎系指其相对于十六进制计数制。

现将某些十六进制数及其相对应的 8 位二进制数，补充列表于下：

十进制数	二进制数	十六进制数
64	0100 0000	40
72	0100 1000	48
73	0100 1001	49
74	0100 1010	4 A
96	0110 0000	60
120	0111 1000	78
127	0111 1111	7 F
128	1000 0000	80
160	1010 0000	A0
184	1011 1000	B 8
191	1011 1111	BF
248	1111 1000	F 8
255	1111 1111	FF

代 码 的 标 注

当你同数的各种不同的表示方法——二进制，十进制，十六进制——打交道时，可能产生混淆。例如，10这个数，可能是十进制的，二进制的，或十六进制的。当遇到这种含混不清的情况时，所采用的补救方法就是附加标注。在所有的十六进制数后面附加一个H字母，例如10H，在所有十进制数的后面附加一个圆点或小数点，例如10·，而所有二进制数后面什么符号也不加，例如10或0110。

演 示

在前三章里，我们附入了一些各为“演示”的练习。这些演示的目的是鼓励你直接操作毫微计算机，虽然此时读者可能还不完全了解毫微计算机是怎么回事，尽管你不时会感到只是按了一

下电钮，并不知道发生什么事情。但完成这些演示仍然是很重要的。

演 示 1

步骤 1

参照毫微计算机指令手册，对毫微计算机供电。按下置“0”键，7段显示器上几个数字将明亮，要是不亮，就再按一下置“0”开关。如果重复按完置“0”开关还不能使你的毫微计算机起动，那便是有问题。

步骤 2

注意，键盘上有两个带箭头的键，把其中一个反复按几次，同时观察发生了什么情况。我们观察到三件事。首先，红色选择指示灯在11个不同的可能位置循环跳动。然后，我们观察到当很快按键又立即松开时，红灯就只移动一步。相反，若把该键按下不放，红灯便自动循环跳动，等它转到我们所希望位置时，便把键松开。最后，我们观察到红色数字显示器上的数字，随红色选择指示灯的位置改变而改变。

步骤 3

按另一个标有箭头的键，观察会发生什么情况。我们看到红色选择指示灯沿与步骤1中看到过的相反方向在十一个不同的可能位置间循环跳动。

步骤 4

让选择指示灯停在标有 MEM 的位置，注意最左边四个红色数字显示位上出现了什么情况。

我们看到 0 0 0 0。

步骤 5

把标有 1NC 的键反复按几次，看发生了什么情况，我们看到在最左边的红色数字显示器上的数字按如下顺序显示：0000，

0001, 0002, 0003, 0004, 0005, 0006, 0007, 0008, 0009, 000A, 000b, 000C, 000d, 000E, 000F, 0010, 0011, 0012, 0013; 如此等等。

注意每四位数字组中, 都显示出十六进制的数字顺序 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, b, C, d, E, F, 而且都是右边对齐。还应注意十六进制数字的 A, C, E 和 F 是大印刷体, 而 b 和 d 则以小印刷体出现。这只不过是设计 7 段数字显示器时就选用了这样的字体罢了, 今后将相应地用 B 和 b 来表示。四位十六进制数 0 0 0 0 到 0 0 0 F 代表从 0 到 15 的十进制数。而 0 0 1 0 (H) 代表十进制数 16, 而 0 0 1 1 (H) 代表 17, 如此等等, 因而我们就有了十六进制数字显示器。结论就是, 毫微计算机将用十六进制数同我们对话, 因此我们也要用同样的十六进制码同毫微计算机对话才行。

步骤 6

按标有 RESET (置“0”) 的按钮, 注意选择指示灯已在运动, 使它返回到 MEM 位置, 我们重新得到 0 0 0 0 显示, 这样再顺序按 INC 键, 将使毫微计算机开始逐个地显示十六进制数字。只用四位十六进制数字, 毫微计算机能够显示出的最大十六进制数是什么呢? 和它相当的十进制数是多大呢? 答案: 毫微计算机能显示的最大十六进制数是 FFFF, 相当的十进制数为 65.535

复 习

以下问题有助于你复习数字代码:

1. 什么是数字代码?
2. 列举一些不同类别的数字代码。
3. 下面二进制数各有几位?

a, 11010011 b, 1000000000000011 c, 1001

4. 以下二进制数对应于什么十进制数?