



Z-80 微型计算机手册

Z-80 WEIXINGJISUANJI SHOUC

天津科学技术出版社

Z-80微型计算机手册

〔美〕小威廉·巴登 著

刘诚方 译

刘维馨 校

天津科学技术出版社

责任编辑：刘万年

Z-80微型计算机手册

〔美〕小威廉·巴登 著

刘诚方 译

刘维馨 校

•

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津市晒图厂附属印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

•

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 13 字数 305,700

一九八五年二月第一版

一九八五年二月第一次印刷

印数：1—56,500

书号：15212·140 定价：2.20 元

译 者 序

小威廉·巴登先生所著《The Z-80 Microcomputer Handbook》一书是大家比较熟悉的。全书分为三大部分，第一部分为Z-80微型计算机硬件，第二部分为Z-80微型计算机软件，第三部分则介绍了有关的Z-80系统产品。该书虽然称为“手册”，但实际上是一本学习研究Z-80微型计算机的入门指导书。尤其是软件分析及简明的图表给人以深刻的印象。为此，我国已出版的有关Z-80微型计算机的书籍，大多引用了该书的内容和图表。

在我国大力推广应用微型计算机的形势下，译者希望通过该书全译本的出版有助于期待学会应用Z-80微型计算机的广大读者。

为了便于阅读，凡原著中的明显错误之处，译文中均已改正，书中不再逐页加注说明。

本书译稿由刘维馨等同志校阅，并帮助译者进行核对原著程序及改正错误。在译稿整理出版过程中，曾昭荣、何家祥、郭新德和李宝琦同志做了大量工作，译者谨致谢意。

译稿于1982年9月结合教学工作译出，并于1984年重新修改整理。由于译者水平所限，译文中难免有错误和不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

译 者

1984年春于天津大学

Z-80 微型计算机手册

作 者 序

微处理器的发展开始于具有可编程指令系统、能处理四位数据的单芯片器件。设计的目的是为了与小型计算机在结构和软件指令系统方面进行竞争。从硬件与软件两方面来看，Zilog公司的Z-80是先进的微处理器的代表。

Z-80微处理器实际上是一个单片计算机，只需要很少的外部组件——一个5V电源、一个简单的振荡器及只读存储器就可以组成一个完整的微型计算机系统。Z-80的指令系统包括了8080A的指令系统，比8080A更为理想。Z-80有许多新的指令和寻址方式来补充8080A的指令。例如在初始化以后，一个字符串的检索只需要一条指令即可完成，相当于其他微处理器的四条指令。

除Z-80微处理器本身以外，Zilog公司还有其他一些器件产品来加强Z-80的功能。一个PIO器件提供了两个并行的8位输入输出接口，具有软件结构的输入输出、向量中断及自动优先中断编码的能力。CTC器件（计数器-定时器电路）为实时控制提供了可编程的计数和定时功能。其他的器件也是极为有用的。在Z-80系列器件基础上，Zilog和其他工厂发展了微型计算机系统，日益接近小型计算机水平。

这本书有三个目的：使读者对硬件有所了解；对Z-80的软件问题（全部指令）进行全面讨论；对由Z-80组成的微型计算机系统介绍。

第一部分讨论Z-80的硬件。在前两章讨论结构、接口信号及时钟周期。接着两章是寻址方式及指令，虽然粗看起来它们是极容易混淆的，但实际上寻址方式和指令系统是很容易分组和解释的。第六章简述算术操作和其他操作对微处理器状态标志位的影响。第七章讨论Z-80功能很强的中断序列。第八章介绍输入输出和存储器器件的接口。

第二部分介绍Z-80的软件。第九章是典型的Z-80汇编程序。对于具有如此丰富的指令系统的微处理器来讲，汇编语言几乎是必需的，同时也保留了机器语言的使用。第十章至十五章列举了数据传送、算术操作、移位和位操作、列表、子程序应用及输入输出功能等与指令系统有关的通用程序操作，对每种操作均举出一些例子。最后一章详细地叙述了一些用Z-80汇编语言所写的通用子程序。

第三部分讨论用Z-80系列器件组成的微型计算机系统。第十七章涉及的Z-80产品包括了Z-80系列芯片组成的微型计算机插件板及开发系统。最后一章介绍了其他四家Z-80微型计算机生产厂“Technical Design Labs”公司，“Cromemco”公司，“The Digital Group”公司及“Radio Shack”公司。对所有五家生产厂的硬件和软件均进行了介绍。

Z-80不仅会象8080A那样取得成功，而且将作为功能更强的计算机而吸引着许多用户。在微型计算机发展迅速的今天，Z-80也将会有后继产品，但它终究代表着当代微型计算机的优秀者。

作者希望读者能够在这本书中获得很大的收获，以及解决一些Z-80硬件和软件方面的问题。

本书的完成要归功于我的妻子珍妮特，她解决了作者手稿中重要的软件方面的问题。

小威廉·巴登

目 录

第一部分 Z-80的硬件	(1)
第一章 概述	(1)
第二章 Z-80的结构体系	(3)
一、通用寄存器 (3) 二、标志寄存器 (5) 三、专用寄存器 (5) 四、微型计算机的各部分组成(6)	
第三章 接口信号和时序	(8)
一、地址总线 and 数据总线 (8) 二、总线控制信号 (8) 三、存储器信号 (8) 四、输入输出信号(9) 五、其他CPU信号 (9) 六、与中断有关的信号 (9) 七、CPU的电气特性 (11) 八、CPU的时序 (11) 九、M1机器周期 (11) 十、存储器数据“读”和“写”周期 (12) 十一、输入输出的“读”和“写”周期 (13) 十二、总线请求和响应周期 (14) 十三、中断请求和响应周期 (15) 十四、不可屏蔽中断的请求周期 (15) 十五、从暂停HALT指令退出 (16) 十六、存储器或输入输出的等待周期 (16)	
第四章 寻址方式	(17)
一、隐含寻址 (17) 二、立即寻址 (18) 三、立即扩充寻址 (18) 四、寄存器寻址 (18) 五、寄存器间接寻址 (19) 六、扩充寻址 (21) 七、修改零页面寻址 (21) 八、相对寻址 (22) 九、变址寻址 (22) 十、位寻址 (23)	
第五章 指令系统	(28)
一、8位数据传送指令组 (28) 二、16位数据传送指令组 (30) 三、数据交换、数据块传送和搜索指令组 (32) 四、8位算术和逻辑运算指令组 (36) 五、通用算术和CPU控制指令组 (37) 六、16位数据算术运算指令组 (39) 七、循环和移位指令组 (40) 八、位置位、位置复位和位测试指令组 (42) 九、转移指令组 (44) 十、输入和输出指令组 (46)	
第六章 标志和算术操作	(48)
一、零标志 (48) 二、符号标志 (48) 三、进位标志 (49) 四、奇偶校验/溢出标志 (52) 五、半进位标志和减标志 (53)	
第七章 中断序列	(58)
一、Z-80的中断输入 (59) 二、不可屏蔽中断 (59) 三、可屏蔽中断方式0 (60) 四、可屏蔽中断方式1 (62) 五、可屏蔽中断方式2 (62)	
第八章 Z-80的存储器接口和输入输出器件	(65)
一、Z-80的最小系统 (65) 二、ROM和RAM接口 (66) 三、动态存储器接口 (68) 四、Z-80的PIO接口 (68) 五、PIO工作方式0 (69) 六、PIO工作方式1 (70) 七、PIO工作方式2 (70) 八、PIO工作方式3 (70) 九、PIO的中断序列 (70) 十、PIO的初始化条件 (71) 十一、Z-80PIO的联接 (70)	
第二部分 Z-80的软件	(74)
第九章 Z-80汇编程序	(74)
一、机器语言 (74) 二、汇编过程 (76) 三、汇编语言格式 (76) 四、符号表示法 (78) 五、基本数的表示法 (79) 六、求表达式的值 (79) 七、伪操作 (79) 八、汇编技术 (81)	
第十章 数据的传送	(82)

- 一、8位数据传送 (82) 二、用HL寄存器对的8位数据传送 (82) 三、用变址寻址方式的8位数据传送 (84)
- 四、用A寄存器和扩充地址寻址方式进行8位数据传送 (85) 五、用A寄存器和BC或DE寄存器间接寻址的8位数据传送 (86)
- 六、16位数据传送 (86) 七、16位的立即数传送 (87) 八、对存储器的16位数据传送 (87)
- 九、对堆栈指示器的16位数据传送 (88) 十、16位堆栈操作 (88) 十一、数据块传送指令 (90) 十二、数据交换指令组 (92)

第十一章 算术和逻辑运算..... (94)

- 一、8位数据算术运算操作 (94) 二、8位数据逻辑运算 (97) 三、8位数据比较操作 (98)
- 四、8位数据增量和减量 (100) 五、16位数据的算术运算操作 (100) 六、通用算术指令 (102)
- 七、十进制数据算术运算 (102)

第十二章 移位和位操作..... (104)

- 一、逻辑移位 (104) 二、通过移位进行乘除运算 (104) 三、循环移位 (106) 四、算术移位 (108)
- 五、四位BCD数移位 (109) 六、位置位、位复位及位测试指令的应用 (111)
- 七、软件实现的乘除法 (115)

第十三章 表格和表的操作..... (118)

- 一、字符串 (118) 二、表操作 (121) 三、表格操作 (127)

第十四章 子程序操作..... (130)

- 一、转移指令 (130) 二、子程序的应用 (132) 三、程序的再进入问题 (137)

第十五章 输入输出和中断操作..... (139)

- 一、用A寄存器的输入输出指令 (139) 二、使用C寄存器的输入输出指令 (141) 三、数据块的输入输出指令 (141)
- 四、软件输入输出的磁盘驱动程序 (143) 五、直接存储器存取操作 (145)
- 六、中断操作 (146)

第十六章 Z-80程序设计的通用子程序..... (148)

- 一、比较子程序 (148) 二、定时循环子程序 (149) 三、乘法和除法子程序 (149)
- 四、多倍精度算术运算子程序 (151) 五、ASCII码转换成X为基数的数 (152) 六、基数为X的数转换成ASCII码 (154)
- 七、装入数据子程序 (157) 八、数据串比较子程序 (158) 九、表检索子程序 (158)

第三部分 Z-80微型计算机..... (160)

第十七章 Zilog公司的产品..... (160)

- 一、Z-80MCB微型计算机插件板 (160) 二、MCB存储器 (160) 三、MCB的输入输出接口 (161)
- 四、MCB的并行输入输出接口 (161) 五、MCB的串行输入输出接口 (161)
- 六、MCB的中断 (161) 七、系统结构 (161) 八、MCB的监控程序 (162)
- 九、Z-80的开发系统 (164) 十、Z-80开发系统的硬件 (164) 十一、Z-80开发系统的软件 (165)
- 十二、Zilog公司的其他产品 (166)

第十八章 其他的Z-80微型计算机系统..... (167)

- 一、TECHNICAL DESIGN LABS 公司 (167) 二、TDL的ZPU插件板 (168) 三、TDL的Z16插件板 (168)
- 四、TDL系统监控程序插件板 (168) 五、TDL的XITAN微型计算机 (169) 六、TDL软件 (169)
- 七、CROMEMCO公司 (169) 八、CROMEMCO的CPU插件板 (170) 九、CROMEMCO的存储器 (171)
- 十、其他的CROMEMCO插件板 (171) 十一、CROMEMCO Z-1和Z-2微型计算机系统 (171) 十二、CROMEMCO软件 (172)
- 十三、DIGITAL GROUP公司 (172) 十四、DIGITAL GROUP的Z-80CPU插件板 (172) 十五、DIGITAL GROUP的存储器插件板 (172)
- 十六、DIGITAL GROUP的输入输出接口和输出输入设备 (172) 十七、DIGITAL GROUP的微型计

计算机系统 (173)	十八、DIGITALGROUP的软件 (173)	十九、RADIO SHACK公司 (174)	二十、RADIO SHACK的硬件 (174)	二十一、RADIO SHACK的软件 (174)
附录A	Z-80的电气特性.....	(176)		
附录B	8080与Z-80指令的比较.....	(181)		
附录C	Z-80的指令系统.....	(182)		
附录D	二进制数和十六进制数表示法.....	(192)		
附录E	ASCII码字符编码表.....	(195)		
附录F	Z-80微型计算机的制造厂.....	(195)		

第一部分 Z-80 的硬件

第一章 概 述

1971年Intel公司生产了第一种单片的微处理器Intel4004。虽然在大规模集成电路单片上的4004还不能算是一台完备的计算机，但它包含了作为计算机中央处理单元的大量逻辑电路。一块大规模集成电路芯片代替了构成当前常规小型计算机的几千个电路。4004的46条指令系统虽然不大，但作为控制方面应用还是合宜的。当时在控制方面不容易使用可编程逻辑矩阵来实现，而且并不需要太多的算术处理指令。4004同时处理4位数据，并能每秒钟进行10万次两个4位操作数的加法操作。

Intel公司下一代微处理器8008保留了4004的PMOS（P沟道金属氧化物半导体）生产技术，但是提供了8位宽度的数据总线和—个由48条指令组成的较大的指令系统。在指令执行和译码时，8008比起4004有较快的指令周期，并允许8位的操作数。此外8008能寻址16384个存储器单元，每单元8位数据。包含七个寄存器以及具有存储器堆栈和单级中断的功能。8008能够每秒钟进行8万次两个8位操作数的加法运算操作。8008的指令系统与4004不能兼容。8008和4004在生产后的很短期间内，通过电子工厂获得了广泛的应用。从此微处理器开拓了其他应用的途径。

1973年后生产的Intel8080达到了与8008指令系统的兼容。包括了8008指令系统，并补充了30多条指令。8008的用户现在可以更换较快的，较万能的微处理器，而不必放弃8008的软件程序。所有8008软件差不多都能在8080上执行。8080是一个NMOS（N沟道金属氧化物半导体）微处理器，允许较快的时钟速率。两个8位操作数的加法速度超过了每秒50万次。8080的其他指令周期都比8008短得多，因为8080作成40引脚芯片后，在数据传送和实现指令之间CPU占用数据总线的时间大大缩短。

8080微处理器补充了8008的硬件特性，例如8008存储器寻址16384个单元（16K），而8080能够寻址65536个单元（64K）。8080在外部存储器本身内设置了存储器堆栈，用以取代在CPU内部有限的7级堆栈。CPU的算术逻辑单元具有处理BCD数的能力，可以实现两个BCD操作数的相加。8080还提供了允许对外部存储器直接寻址的扩充寻址方式。8080的78条指令对于许多编程者来讲尚不熟悉，但指令系统明显地从一般控制应用转向其他更广泛的用途。

1976年Intel公司在8080基础上又推出了几个改进产品。Intel8085在微处理器单片上包含了一系列输入输出功能，8085只需要一个单相时钟（8008及8080均需要双相时钟）及单一的5V电源（8008及8080分别需要两个和三个电源）。此外有几个插件如可编程外围接口、中断控制器、CRT控制器等都给人以深刻的印象。Intel公司提供的产品具有强有力的计算能力和越来越快的速度（8位数加法约每秒77万次），即使应用原有的8008和8080软件也能保持这种能力。虽然8085在许多特性上改进了8080，但指令系统与8080非常相似，仅加入了两条新的指令。其一是“读”串行及中断数据指令，另一条是“写”串行和中断数据指令。那

些8008和8080微处理器固有的缺点在8085上依旧存在。

在广泛应用8008和8080基础上，Zilog公司提供了Z-80微处理器单片，在性能的完善方面达到了新的水平。如同8080增强8008功能那样，Z-80增强了8080的指令系统和功能，因为今天担当主角的计算机明天就会过时。此外Zilog公司为补充Z-80而生产了一系列支援器件。

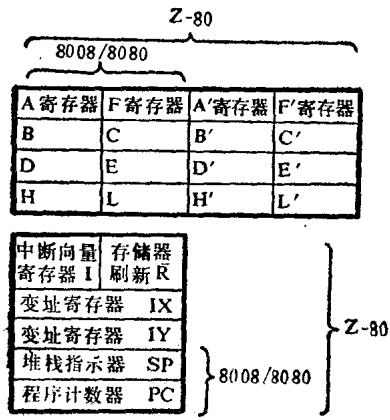


图1-1 Z-80与8008、8080寄存器比较示意图

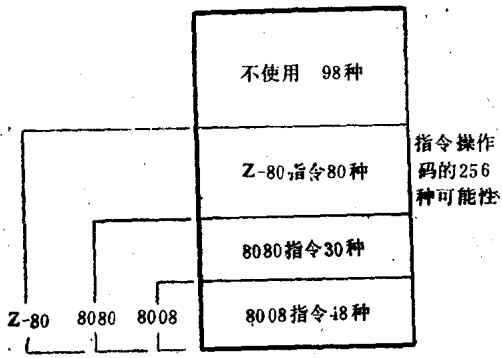


图1-2 Z-80与8008、8080指令的比较

Z-80的软件与8080兼容，现有8008和8080软件都可以在Z-80上执行。Z-80保留了8008和8080有限的指令系统和必需的结构，并提供了比以往产品更强、功能更多的新指令组、新的寻址方式和硬件特性。除此之外8080有八个8位的寄存器。Z-80增加了一倍，有十六个寄存器。两个变址寄存器提供了8080所没有的变址寻址能力。一个中断向量寄存器和存储器刷新寄存器提供了专门的中断能力和动态存储器的刷新功能。8008、8080和Z-80的寄存器排列如图1-1所示。

Z-80采用了8080的78条指令，指令总数达158条。其中有不少是8080指令的逻辑延伸，许多是增强和完善8080指令的功能。图1-2表示了Z-80与8008、8080指令之间的不同。Z-80保留了8080的全部输入输出和中断功能，并扩充了输入输出能力。无论是对CPU寄存器操作、数据块操作、还是从编程的通道一次转移许多字节操作（非存储器直接传送）都变得相当容易。Z-80的中断包含了8080的标准外部中断能力，并补充了与Motorola公司的MC6800和MOS Technology公司的MCS6502微处理器相似的可屏蔽中断能力。比起零页面寻址八个单元来，Z-80的中断能力允许用中断向量指向任何存储器单元，并有多达128个中断级别。

Z-80微型计算机手册分为三个部分。第一部分为Z-80的硬件，讨论了结构、接口信号、时序、寻址方式、指令系统及状态标志。讨论了中断功能、存储器、输入输出接口器件及DMA存储器直接存取操作。第二部分讨论了按Zilog公司Z-80文本中的分组方式的Z-80软件，也列举了用Z-80汇编语言所编的程序例子。在每组指令范围内对常用程序段作了非常详细的讨论。第三部分介绍了以Z-80微处理器单片为主的五个微型计算机制造厂及其产品。

附录A为Z-80的通用电气性能。附录B对比了8080和Z-80的指令系统。附录C简明描述了每条Z-80指令。附录D介绍了二进制数的和十六进制数的转换。附录E是一个ASCII码表格。最后附录F列出了Z-80微型计算机的制造厂家。

第二章 Z-80的结构体系

Z-80的结构如图2-1所示。微处理器有13个CPU控制和系统控制信号，用于指令译码和接口控制。Z-80的数据总线为8位，外部存储器、输入输出设备与CPU的寄存器之间的数据传送都通过数据总线来进行。地址总线为16位，它指定了0~65535个外部存储器地址（共64K）。由于采用与存储器不同的寻址方式，Z-80补充了一个完整的输入输出指令组，以避免输入输出设备占用部分存储器地址。

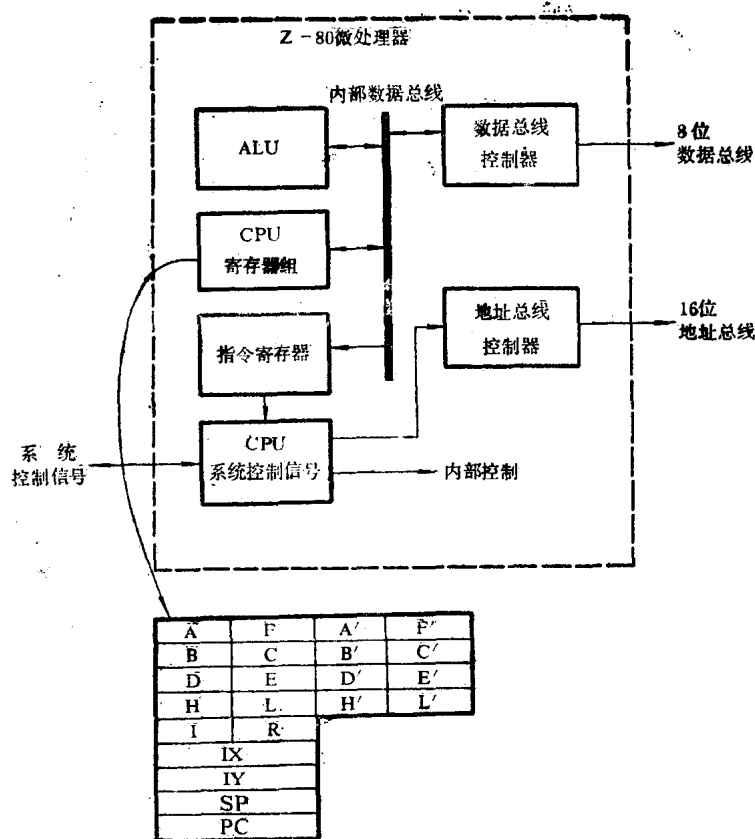


图2-1 Z-80微处理器的结构

CPU内部数据的流通途径是内部数据总线，它起着联接CPU寄存器、算术逻辑单元、数据总线控制器及指令寄存器的作用。算术逻辑单元能完成加法、减法、逻辑“与”、“或”及“异或”操作和8位数据移位操作。此外，在累加器十进制调整指令控制下，可以完成BCD操作数的运算。

一、通用寄存器

Z-80的寄存器组由标为A, B, C, D, E, H, L及A', B', C', D', E', H', L', 的十四个通用8位寄存器组成。一般情况下七个寄存器组成一组，与对应的标志寄存器一起即可进行工作。寄存器A、F及其它六个通用寄存器工作时的几种组合方案如图2-2所示。

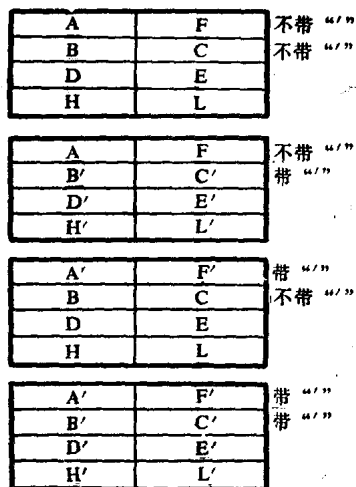


图2-2 寄存器的组合方案

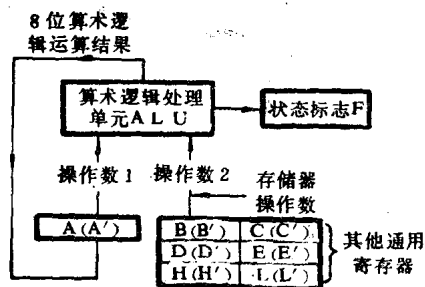


图2-3 算术和逻辑操作

数据算术运算包括16位数据的加法、减法、增量（加1）及减量（减1）。Z-80中一般算术逻辑操作是针对8位数据的，但允许寄存器对、堆栈指示器（SP）、IX及IY变址寄存器之间的16位数据的操作运算。在一些场合对存储器地址指针的操作提供了方便。因为存储器地址为16位数据，如果没有16位运算能力，就需要做两次8位操作。寄存器对的双精度运算操作如图2-5所示。

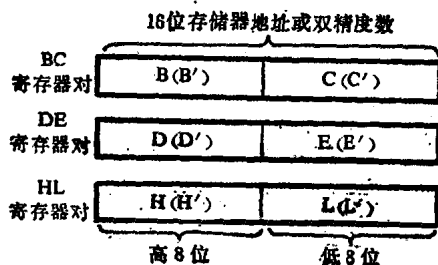


图2-4 寄存器对的功能

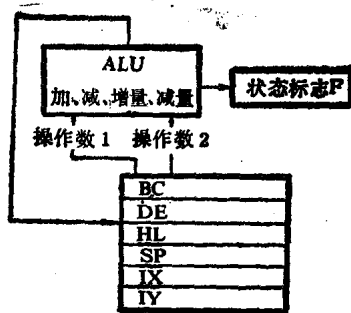


图2-5 寄存器对双精度运算操作

有两组通用寄存器的优点是编程者可以快速地把一组寄存器与另一组进行交换。这样就扩充了CPU寄存器的存储能力。CPU寄存器的存储功能比存储器强，因为在程序进行中CPU寄存器中数据的存取要比外部存储器快得多。寄存器组交换能力的用法是比较特殊的，当接受一个中断时，那组不用的寄存器即可用来保存“现场”，有关内容将在本章末尾讨论。

与8080相似，Z-80的通用寄存器组各有专门的功能，8位数据可以在寄存器与存储器之间传送，也可以在寄存器之间传送。而算术和逻辑操作，诸如两个操作数相加及两个操作数的“异或”操作仅能在寄存器A与另一个寄存器或存储器单元之间进行。运算结果总是存回寄存器A。一般来讲，在算术和逻辑操作中总是选用寄存器A作为主寄存器。操作中的数据流动见图2-3所示。

余下的六个寄存器可以组成BC、DE及HL寄存器对。在8008、8080和Z-80的许多操作中，装在三个寄存器对中的16位数据往往是一个存储器地址。如HL寄存器分别指定了存储器地址的高8位和低8位（见图2-4）。BC和DE寄存器作用也相同，在8080中也允许BC和DE寄存器作指定存储器的地址指针。图2-4中三个寄存器对保存了存储器的地址。寄存器对的另一个用途是进行双精度数据的运算。双精度

二、标志寄存器

标志寄存器F总是与A寄存器联用的，如AF或A'F'寄存器对。虽然标志寄存器是与其他七个CPU寄存器相似的8位寄存器，但比起通用寄存器来在一个寄存器中，集中了8个位信息。标志寄存器中的各位指示了CPU在各种算术逻辑操作或其他操作后产生的状态标志。例如，若两个操作数相加所得的结果为零、正或负值时，则标志寄存器中的零（Z）标志位和符号（S）标志位能在加法后通过程序测试来表示运算结果的性质。另一个标志是进位（C）标志位，它是累加器最高位的进位。

奇偶校验/溢出（P/V）标志位指示了偶校验或溢出的条件。半进位（H）标志位是BCD数据由低位向高位的进位或借位。减（N）标志位指示了BCD数据的减操作。标志寄存器的格式如图2-6所示。CPU操作指令和状态标志的关系将在后面章节讨论，标志寄存器及状态标志变化的分析将贯穿本书的始终。

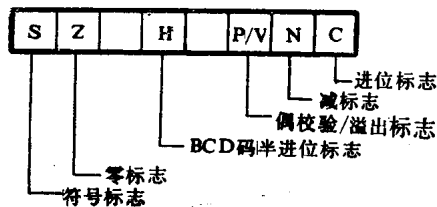


图2-6 标志寄存器格式

三、专用寄存器

Z-80微处理器的专用寄存器有I、R、IX、IY、SP和PC寄存器，它们对编程者非常有用。其中的堆栈指示器SP和程序计数器PC与8080相同。PC为16位寄存器，它保存着从存储器取出指令的单元地址。Z-80具有单字节、双字节及三、四字节的指令，由八条指令组成的程序开始执行时的情况和PC所保存的地址指针如图2-7所示。可以看出，PC总是指向下一条指令的首字节，且CPU能根据被执行的指令字节长度自动使PC增1、2、3或4。编程者只能对PC寄存器内容进行“存”和“取”的操作，但不允许算术和逻辑操作。

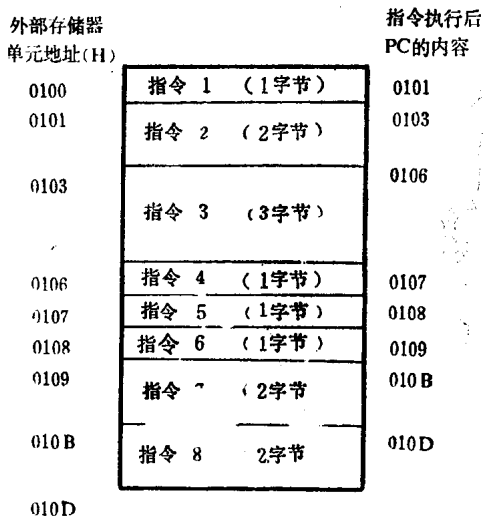


图2-7 程序计数器操作

鉴于PC的内容总是指向下一条要执行指令的外部存储器地址，那末SP的内容却是指向一个外部存储器堆栈。虽然存储器堆栈对于微处理器不是非要不可的，但实际上所有微处理器都具有堆栈的能力。外部存储器堆栈是一组存储器单元，是除CPU寄存器、标志寄存器及程序计数器以外的暂存单元。当有原因使程序跳转或转移时，PC的内容（指向转移指令后面一个单元）立即自动地保存在堆栈区域中。在程序转移后的一段时间，需要返回时能返回到原转移指令的下面一条指令所在单元。

假若数据存入或“压入”堆栈区域，堆栈指示器的内容将减量；相反当数据从堆栈区中取出或“弹出”时，堆栈指示器将增量。玩扑克牌是堆栈操作的一个很好的比喻，当牌手按次序将红心K，黑桃J和方块A一叠牌放在桌上，K在最底下。当取牌时首先取出的是最后放下的方块A，随后是黑桃J及红心K。这就是“后进先出”LIFO的堆栈操作方式。典型的指令操作过程中SP的内容如图2-8所示。

其他的Z-80 16位寄存器是8080所没有的。变址寄存器IX、IY是两个16位寄存器，允许Z-80程序使用变址寻址方式。8080虽有类似变址的指令，但不能实现真正的变址寻址。当执行一条变址寻址指令时，变址寄存器中的一个被用来计算操作数的存储器实际地址。此时操作数的存储器实际地址由变址寄存器内容和一个相对位移量相加来获得。这种形式的变址寻址操作对于提高编程效率是非常有用的，后面章节还要讨论。

中断向量寄存器I是一个8位寄存器，能够放入一个指示存储器地址的8位数据。它与请求中断的设备提供的低8位地址一起组成一个地址，指向该设备的软件中断处理程序。例如Z-80有一个纸带读入机请求中断，Z-80识别中断后即向纸带读入机控制器发出一个送出低8位地址的信号。于是纸带读入机控制器发出一个低8位地址与CPU的I寄存器中的高8位地址组合。假如纸带读入机提供的数据是14H（右边符号H表示为16进制数，下同），I寄存器内容为FFH，则组合成FF14H地址。当指向外部存储器FF14H单元时，Z-80的控制逻辑即取出该单元的内容来确定控制转移的指针，此处为E000H。I寄存器的作用如图9-2所示。这种中断向量确定方法可为128个中断外设提供中断向量。

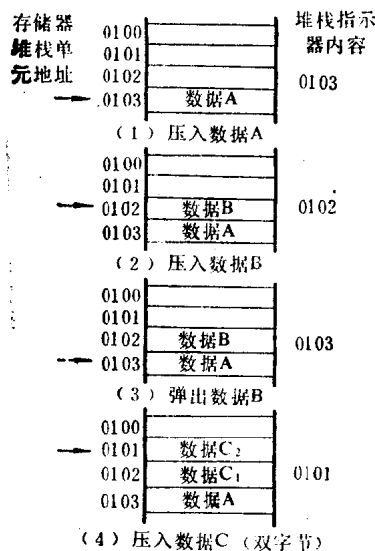


图2-8 堆栈指示器操作

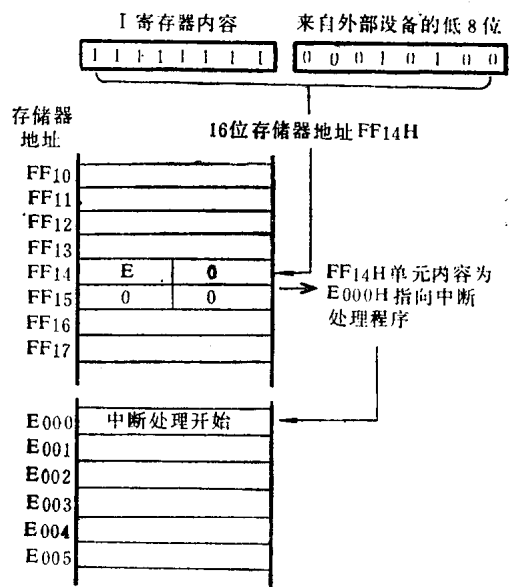


图2-9 寄存器的作用

Z-80在程序控制下具有三种中断方式，中断方式2使用I寄存器，其他两种中断方式中的方式0与8080中断方式相同，允许有八个向量中断。方式1允许一个转向0038H的专门中断。除上述三种外部中断方式外，另有不可屏蔽外部中断，具有比上述中断较高的优先级别，在本章还要讨论。

最后一个专用寄存器是7位的动态存储器刷新寄存器R。当外部存储器采用动态存储器时，为了保持每个存储单元的内容，利用R寄存器能够以2毫秒的循环周期，自动刷新这种类型的半导体存储器。在每个取指令周期后，R寄存器的内容不断增1，并送向地址总线的低七位（此时CPU对存储器不进行存取）。由于外部动态存储器各单元地址有分行排列的特殊结构，在CPU的控制下，当某行地址等于R寄存器内容时，该行即被刷新。但不影响其他行的单元内容。R寄存器对于编程者几乎没有用处。

四、微型计算机的各部分组成

就微型计算机整体来讲, 微处理器芯片并不能算是一个完整的微型计算机系统, 一个典型的Z-80系统各部分组成如图2-10所示。微处理器总是与外部存储器和接口器件芯片一起联用的。CPU通过控制总线将控制信号接通到存储器, 通过16位地址总线来确定外部存储器单元的地址, 8位数据总线传送数据。目前外部存储器可以有各种各样的类型。随机存取存储器RAM是允许“读出”和“写入”的半导体存储器。只读存储器ROM是生产定型的存储器, 存储器中的程序和数据均只能读出而不能修改。可编程只读存储器PROM可用开发设备编程, 但一次编程后不能再作修改。可改编只读存储器EPROM可以编程, 内容可以用紫外线多次擦除改写。还有人建议使用另一种存储器WOM(只写存储器), 但大多数场合使用上述几种存储器。

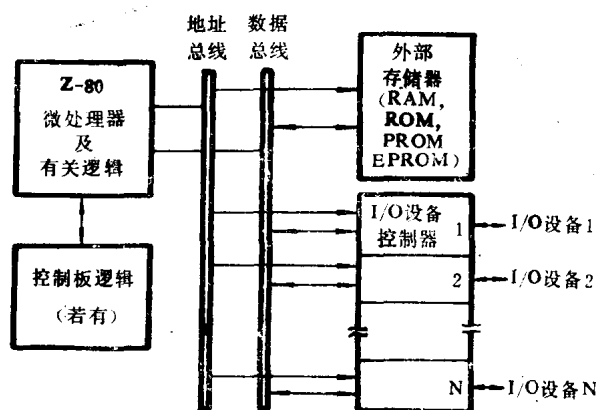


图2-10 Z-80微型计算机系统组成部分示意图

Z-80微处理器与有关的输入输出设备控制器接口的联接与存储器相似。输入输出设备控制器具有很多功能, 首先能缓冲CPU寄存器或外部存储器与输入输出设备之间的数据交换, 并能缓冲高速数据传送的CPU与低速的输入输出设备的联接。重要的是, 此时CPU不需要等待输入输出设备接受数据, 而等待时间往往是Z-80指令周期的数万倍。如电传打字机ASR-33接受数据的速率为每秒10个数据字节, 在等待电传打字机接收一个数据字节期间约相当于Z-80微处理器执行三万条指令。电传打字机控制接口允许Z-80在几个微秒内传送一个字节, 而电传打字机可以只处理来自接口控制器的数据。

输入输出设备控制器的另一个功能是使数据格式化。软磁盘发送的数据是一位一位的串行数据流, 而软磁盘控制器能使串行数据变换为8位的并行数据, 以规定的格式通过数据总线传送给CPU。输入输出设备控制器的第三个功能是电平转换。从CPU输出的数据为TTL电平, 规定为0~5V, 而一个输入输出打印机需要24~48V电压来驱动电传打印线圈, 同时其它电压也有要求。输入输出设备控制器的另一个功能是确定时序、同步、控制信号交换及设备状态信号的传送。通过外围设备各自的控制器与Z-80连接的输入输出接口有很宽的频带, 从每秒传送5个字符的电传打字机, 音频盒式磁带机, 模数转换器直到每秒100000字节的图形显示器等设备均可进行联接。

图2-10中最后一个功能块为控制板。在许多流行的微型计算机中, 除了必须配置的电源开关和复位开关(Reset Switch)外, 控制板往往是可以省略的。压下复位开关就会产生一个不可屏蔽中断, 使程序转向ROM或PROM中的监控程序。这个监控程序具有查询和修改存储器单元内容、修改寄存器内容, 从外部输入输出设备装入和保存程序以及其它功能。如果有一块控制板, 则它可具有监视程序的作用。允许用户指定地址, 检查修改CPU寄存器和存储器。无论如何一个可行的微型计算机系统需要有各种输入输出设备, 这里控制板比监控程序有优越性, 但在多数情况下它增加了系统的复杂性。

本书的第三部分集中讨论Z-80微型计算机系统, 将在系统体系范围内给读者在选择Z-80微型计算机方面有个概念。

第三章 接口信号和时序

Z-80的CPU芯片有40条引脚,按引脚的功能可分为几个逻辑组别,如图3-1所示。

一、地址总线和数据总线

Z-80的地址总线共十六根,由A15~A0表示。其中A15为地址总线最高有效位,A0为最低有效位。A15~A0均高电平有效,三状态单向工作,当地址总线无效时总线呈高阻状态。地址总线的16位并行信息表示存储器和外部设备的地址,16位可以包含 2^{16} 个地址,

所以Z-80的CPU可以直接寻址65536个外部存储器单元(或称为64K)。

对于外部输入输出设备的寻址,使用地址总线的低8位A7~A0,能够包含256个外部设备地址。此外每条指令执行期间的一段时间中,地址总线的最低七位还包含了动态存储器刷新寄存器R的内容。

八根数据总线用D7~D0表示,三状态且高电平有效。D7为最高有效位,D0为最低有效位。数据总线是双向的,允许数据从外部存储器或外部设备传送到CPU寄存器,也允许CPU寄存器把数据传送到外部存储器或外部设备。

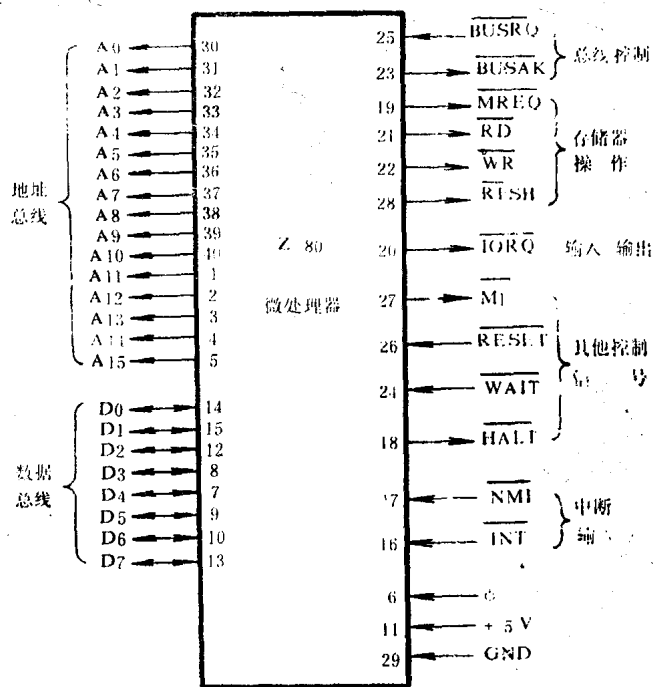


图3-1 Z-80的接口信号

二、总线控制信号

与地址总线、数据总线有关的两个CPU总线控制信号是输入信号BUSRQ及输出信号BUSAk。BUSRQ是低电平有效信号,在外部设备请求总线控制权时起作用,称为总线请求信号。该信号用于实现直接存储器存取(DMA)操作,此时允许外部设备直接与存储器交换数据。DMA操作期间为了避免在外部设备使用存储器时CPU也向存储器提出请求,在此期间CPU必须是“封锁”的。当外部设备送入一个低电平(逻辑0)总线请求信号给BUSRQ,CPU即以总线允许信号BUSAk来响应。BUSAk是一个低电平有效的输出信号,标志着地址总线、数据总线及CPU的控制信号输出线均已呈高阻状态,使外部设备能对直接存储器存取(DMA)操作进行控制。

三、存储器信号

与存储器操作有关的信号有四个,即MREQ、RD、WR及RFSH。存储器请求信号MREQ是一个三状态低电平有效信号。信号表明地址总线上已有一个有效的存储器地址,它是允许“读”或“写”外部存储器必不可少的控制信号。RD和WR是三态低电平有效的输