

电 脑 与 医 疗 仪 器

汪臻 主编

编者：〈按章节顺序排列〉

孙卓惠 姚宝善 张 晴

汪 臻 顾 英 刘政清

陈更意 王家骊 吴葆桓

赵心常 杜望基 刘 强

中国医药科技出版社

内 容 简 介

本书较全面地介绍电子计算机应用于医疗仪器方面的原理、方法和价值。第一章介绍微型计算机的基本概况和选型原则。第二章介绍计算机对生理信号的处理及在生理监护、心电和脉象等方面的应用。第三章介绍带有电子计算机的各种医学成像方法及对医学图象的处理方法；重点介绍超声、核医学、X线电子计算机断层摄影(CT)、磁共振断层摄影(MR)以及数字减影等医学成像的最新技术的原理、方法、临床价值及一些实例。第四章介绍放射治疗计划系统。第五章介绍计算机辅助的生化仪器，并以尿分析仪和离心式生化分析仪为例，详细叙述了计算机的作用。第六章介绍计算机辅助的人工肾、人工胰等人工脏器。第七章介绍计算机的中医和西医的辅助诊断的原理与算法。第八章通过图片和有关技术参数介绍国内外一些带计算机的医疗仪器。第九章介绍一些微型计算机产品及厂家以供参考。

本书可作为从事医疗仪器设计制造工作的科技工作者及医院中有关医学工程技术人员的参考书，并可作为高等院校医学系和生物医学工程系有关专业师生的参考书。

电脑与医疗仪器

汪臻 主编

※

中国医药科技出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省沧州地区印刷厂印刷

※

开本：787×1092 1/16 印张：11¹/₂ 字数：276千字

印数：1—6000

1987年4月第一版 1987年4月第一次印刷

书号：14485·014 定价：2.40元

前 言

科学技术的发展，特别是电子计算机技术的兴起，促进了医疗事业的进步。

许多医疗仪器配上电子计算机（俗称电脑），不仅提高了效率，而且扩大了功能。许多新的诊断方法、治疗措施都是因为有了电子计算机才形成了实用的仪器装置。例如：七十年代初出现的电子计算机断层摄影（CT），八十年代初出现的磁共振成像装置（MR-CT）以及按程序注射胰岛素的药泵，根据监护患者心脏情况而自动起搏的起搏器等。

今天，在医学研究、开发工作以及先进的医疗仪器中，没有先进的电子计算机是不可想象的。我国目前已有电子计算机五千余台，微型计算机十三万台。但使用率仅有15%左右，而发达国家却高达85%。在医疗卫生事业中，电子计算机的应用虽然取得了可喜成果，但与发达国家相比仍有很大差距，还处于初期阶段。医疗仪器的设计与研究的技术人员、医务工作者、医学院校有关专业的师生等要想在我国早日实现医药卫生事业的现代化，并为人类健康事业做出更大的贡献，就必然要了解、掌握与应用带电子计算机的医疗仪器。

但由于种种原因，我国介绍医疗仪器方面的专著极少，而系统地介绍电脑与医疗仪器方面的专著还未见到。为了填补这方面的空白，我们用了几年时间，在原北京医疗器械研究所情报室编的“国内外电子计算机在医学中的应用概述”以及参考了国内外大量文献、著作的基础上编写了这本书。由于计算机科学的发展较其它科学技术的发展更为迅速，年年都出现应用计算机的新型医疗仪器，有关资料也极为丰富，使人有一种跟不上形势之感。因此我们收集的资料不可能全面，何况在编辑出版过程中又有新的发展。但是，我们仍希望本书能为广大读者了解与掌握电子计算机在医疗仪器中的应用起个桥梁作用。

书中主要向广大医务工作者、有关的工程技术人员以及医学院校的师生介绍微型机的基本概况；医疗仪器中计算机对生理信号、医学图象的处理；以及电子计算机辅助的诊断系统、放疗计划系统、人工脏器、生化仪器等，并力图通过一些实例的分析使读者对计算机在医疗仪器中的作用有一个比较具体地了解和认识。最后通过图文并茂的形式介绍了一批典型的国内外带计算机的医疗仪器，并对国内外有代表性的微型计算机产品和生产计算机的厂家简明扼要地作了介绍以供参考。

由于计算机在医学中应用涉及的领域很宽，而且发展又非常迅速，许多方面尚未成熟和定型；加上我们自己水平有限，实践经验还少，尚有不少新的材料未收集在本书中，因此在本书的内容选择和编写中，难免有所遗漏和差错，谨请读者不吝指正和提出宝贵意见。

在编写本书的过程中，得到了所领导和参予此项工作的有关同志的大力支持，在此仅向辛勤工作过的情报室全体同志以及计算机室、生化室的有关同志表示感谢。

汪 臻

1986年7月于

北京医疗器械研究所

目 录

第一章 微型计算机概述	孙卓惠 姚宝善 (1)
1.1 微型计算机的发展历史	(1)
1.2 微型计算机的特点	(2)
1.3 微型计算机的硬件	(5)
1.4 微型计算机的软件	(8)
1.5 中断与堆栈	(10)
1.6 微型计算机的普及	(13)
参考文献	(13)
第二章 生理信号的电子计算机处理	孙卓惠 张晴 (14)
2.1 电子计算机在生理监护系统中的应用	(14)
2.2 一个快速心律分析程序	(23)
2.3 一种便携式心率直方图记录仪	(32)
2.4 脉搏信号的计算机分析	(35)
参考文献	(40)
第三章 医学图象的计算机处理	汪 臻 顾英 (41)
3.1 概述	(41)
3.2 电子计算机断层摄影 (CT)	(41)
3.3 磁共振计算机断层摄影 (MR-CT)	(68)
3.4 超声成象中的电子计算机应用	(86)
3.5 电子计算机辅助的核医学图象处理	(93)
3.6 细胞图象的电子计算机处理	(97)
3.7 电子显微镜图象的计算机处理	(98)
3.8 X线照片的计算机处理	(98)
3.9 红外图象的电子计算机处理	(103)
3.10 计算机化的医学图象减影技术	(104)
参考文献	(109)
第四章 电子计算机辅助放疗计划系统	刘政清 陈更意 (112)
4.1 基本概念	(112)
4.2 国外生产的部分放疗计划系统简介	(115)
4.3 放疗计划系统的一些临床应用	(117)
4.4 展望	(118)

参考文献	(119)
第五章 生化仪器的电子计算机应用	王家骊 吴葆桓 (120)
5.1 引言	(120)
5.2 计算机在自动生化分析仪中的应用	(121)
5.3 计算机在离心式分析仪中的应用	(125)
5.4 临床检验仪器的自动化	(130)
参考文献	(137)
第六章 人工脏器中的电子计算机应用	赵心常 (138)
6.1 微处理器控制的人工胰脏	(138)
6.2 微处理器控制的人工肾	(143)
6.3 人工眼和人工耳	(144)
参考文献	(145)
第七章 电子计算机辅助诊断	杜望基 (146)
7.1 概况	(146)
7.2 辅助诊断的数学模型简介	(148)
第八章 带有计算机的医疗设备图介	刘 强 陈更意 (152)
第九章 国内外计算机生产情况简介	陈更意 刘 强 (168)
9.1 概述	(168)
9.2 国外计算机生产简况	(169)
9.3 国内计算机生产简况	(175)

第一章 微型计算机概述

孙卓惠 姚宝善

1.1 微型计算机的发展历史

自从1946年世界上第一台电子计算机(ENIAC)问世以来,电子计算机的发展十分迅速,至今已经历了电子管、晶体管、集成电路和大规模集成电路(LSI-Large Scale Integration)四代的演变。计算机发展的一个明显趋势是体积越来越小,价格越来越便宜,功能越来越强。随着大规模集成电路技术的迅速发展,1971年以LSI为特征的微型计算机诞生了,并以远比以前更快的速度迅猛发展,成为现在计算机发展的一个重要方向。

仅仅十几年的时间,微型计算机又经历了四代的变化。在七十年代初,当时小型计算机早已问世,美国的一家半导体公司(Intel公司),它的产品主要是向小型计算机制造厂家提供各种芯片。所谓芯片,就是把数百、数千、以致数万个电子元件(晶体管、电阻、电容等),用一种光刻加工等方法做在一块仅几平方毫米大的硅片上,这种电路叫做集成电路。当时,已经能在一块硅片上做成上万个电子元件了,这就是所谓的大规模集成电路(LSI)。Intel公司的技术人员深刻分析了DEC公司(美国以生产小型计算机著称的公司)的小型计算机之后,为了缩小体积,降低成本,他们压缩了原机的指令系统,而用储存一个大的程序来支援它。复杂的逻辑硬件制造是困难的,但存储器已形成正式商品。另一方面只要改变存储器中的程序,计算机即可适应新的要求,从而提高了灵活性。1971年11月微型机的主体——微处理器首次研制成功,Intel公司就推出第一台微处理器Intel4004。它原为袖珍计算器设计的,生产后取得意外的巨大成功,对它加以改进又生产出4位的4040微处理器;接着于1972年又生产出8位的Intel8008。以上这些就是所谓的第一代微处理器。

一个新的发明开始时往往由少数人进行,一旦有所突破,用途增多,其他公司接踵而来,对设计做进一步改进。此后,生产微处理器的厂家剧增。这样一来,仅在1973—1974年就生产出多种型号的8位微处理器,如Intel8080、Motorola6800等,人们把这些微处理器称为第二代微处理器。此时微处理器的技术已相当成熟,并且配成微型机系统的其他部件也越来越齐全。此后,微处理器向着提高集成度、提高速度、增强功能等方面发展。于是在1975—1976年期间又出现了集成度更高和性能更强的Z-80、Intel8085等以及一系列单片微型机,人们把它称为第三代微处理器。1977年左右,由于超大规模集成电路(VLSI)制造工艺的成功,使得在一片硅片上可容纳一万个以上的晶体管,在此基础上1978年便生产出可与中档小型机相比拟的16位微处理器,如Intel8086、Z-8000、M68000。这三种微处理器是目前世界上影

响较大的三家公司（Intel公司、Zilog公司、Motorola公司）的优良产品，由这些微处理器组成的微型机被人们称为第四代微型机。目前又出现了速度更快、性能更强的32位微型机。

可以这么说，至今还没有一种科学技术能在这么短的时间里取得如此惊人的进步，无怪有人把它的出现和应用称为“电子工业的一场革命”。可以毫不夸张地说，现在几乎每个人都在直接或间接地使用着计算机，预见不要很久，它会象各种电器那样出现在各种场合以致家庭中。那时，人们最终从许多繁杂简单的工作（包括家务劳动）中解放出来，从事更高级的劳动，信息革命时代也就到来了。

在信息社会里，信息成了资源，知识成了资本，这一点在医院信息系统中已充分体现出来。我们以美国加州硅谷地区的Ratel公司为例，说明一下1983年推出的一种新系统。这个系统可使医院放射科实现全盘计算机化：它将X光片都变成数字信息储存起来，医生在终端即可调出这一X光片，医生还可以通过电话传送与其他地方的专家或有关人员会诊，会诊的人各自看到的是由计算机传送的X光片。数字化的计算机图象远比X光片使用方便。肉眼只能分辨16—19个等级的灰度，而X光片有300个等级的灰度，其中包含丰富的有用信息，无法为人直接利用。但是计算机可以利用这些看不见的灰度，通过改变图象对比度来增强某一部分，以供医生诊断。这样的系统不仅减少了管理X光片的人员，而且数字化X光片的价格远比现在的软片便宜，因为它不需要银。所以Ratel公司甚至提出愿意以计算机系统换取大医院的旧X光底片，因为他们从底片中回收的银足以支付计算机系统。

1.2 微型计算机的特点

1.2.1 什么叫微型计算机

根据电子计算机的功能和规模，它可分为巨型、大型、中型、小型和微型计算机。我国1983年12月研制成功的“银河”计算机，就是一种每秒一亿次运算的巨型机。然而，微型机速度一般为每秒几十万次左右。

电子计算机是由五个基本部分组成（图1-1），它就是运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。计算机中运算器、控制器、存储器是计算机的主要组成部分，我们称它为主机（Main Frame），其中运算器、控制器又称为中央处理器（CPU——Central Processing Unit）。

从图1-1可看出计算机工作步骤是：原始数据和程序通过输入设备送入主机的存储器，然后进入运算器进行算术、逻辑运算或其他处理；随后将处理结果送回存储器，再根据需要送到输出设备输出。上述过程都是在控制器统一指挥下发出各种命令（控制信号）来完成的，这些命令叫指令。指令的集合称为程序。

利用大规模集成电路技术把CPU集成在一片芯片上，我们通常把一片芯片上具有CPU功

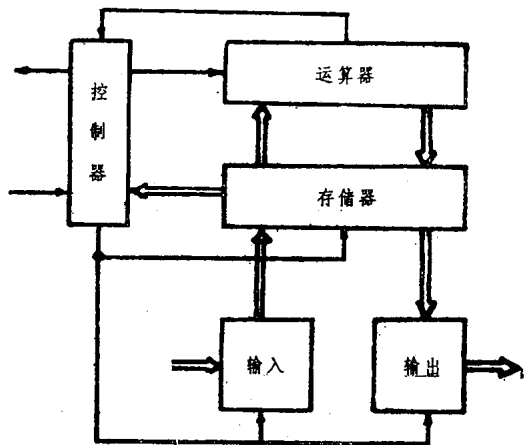


图1-1 计算机组成框图

能的大规模集成电路叫做微处理器。

然而，把以微处理器为核心再加上存储器、输入／输出接口等所组成的计算机称为微型计算机（Micro Computer）（图1-2）。

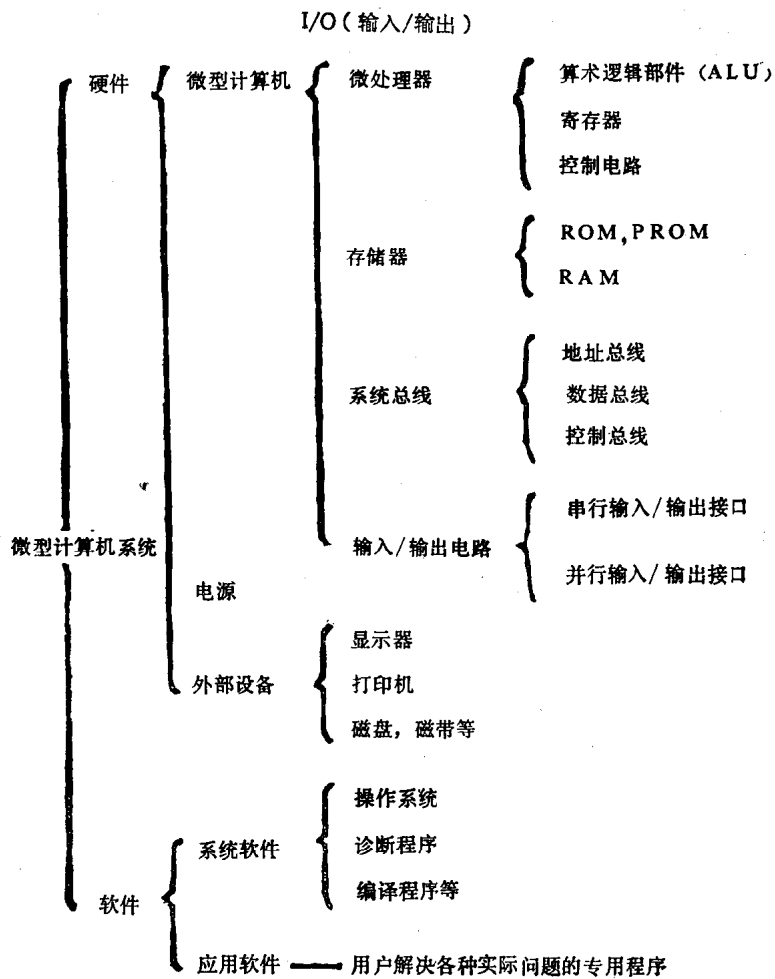


图1-2 微型计算机系统

注意微处理器与微型机是两个不同的概念：微处理器本身不能叫计算机，它只是具有处理控制功能的一个核心部分，好比人的大脑。微型机好比人整体，它是有完整运行功能的计算机。微处理器与微型机的关系犹如大脑与人整体的关系。

有的微型机把CPU、存储器和输入／输出电路都做在一片芯片上，这叫单片微型机；也有的把三者放在一块印刷电路板上，这叫单板机。这两种类型的微型机可用作实时控制。

微型机再配上打印机、显示器（CRT）、磁盘机等外部设备（简称外设），电源，系统软件，这就构成了供一般用户用的一个微型机系统（图1—2）。

人们常把微型机称为“微电脑”（日本人称“人工头脑式”或“人工知脑”）。“微”字显然是表明微型机的体积非常小，因为它是以大规模集成电路为特征；“脑”字表明计算机类似人脑，也具有人脑的一些基本功能，如控制功能、记忆功能、数值计算和逻辑判断功

能、与外界交换信息的功能等，所以人们形象化地称它为“微电脑”。

1.2.2 微型计算机的特点

微型机的特点就是体积小，重量轻。世界上第一台电子计算机ENIAC占地170米²，重30吨。现在由于大规模集成电路的发展，集成度几乎每两年翻一翻，至使体积小至微型机已经可放在办公桌上了。还有的便携式微型机（重12磅约5.5公斤）象公文包那么大，甚至还有象小钮扣那么大的微型机。

微型机价格便宜，一台微型机仅需几十美元到几百美元。

微型机的可靠性高，功耗小，环境要求低，一般的办公室条件就可以了。

微型机功能较强，简单易学，使用方便还容易维修。

另外微型机品种繁多，按位数分有1位、4位、8位、16位、32位机、位片机。位片机有很大的灵活性，几位分成一组，做成一个片子，用多块位片可构成不同位数的微型机，如用4片4位的位片可搭成一个16位的微型机；按结构分有单片机、多片机、单板机、多板机、微型机系统、微型机局部网络。

微型机正是由于具备这些突出的优点，使它广泛使用于社会各个方面，几乎有信息的地方都可以使用微型机，因而使得微型机已越出研究所、高等学校的大门进入到一切工业产品的初始设备中；进入商业、交通、医疗卫生、教育、服务行业等各个领域和家庭生活中。它不再被看作是专家的“珍品”了，已经变为或正在变为人们使用得心应手的工具了。

1.2.3 微型计算机的选型原则

微型机发展日新月异，产品层出不穷。用户应根据什么原则来选购微型机呢？主要应从以下三个原则来考虑：

1. 按适用性原则选机型

选购微型机要从实用角度选机型，不能盲目追求高性能，高指标。象有的单位从国外购进最先进高档微型机，但是由于软件不配套，无汉字系统，自己单位又无开发能力，结果过了近两年，软件还没有完全配套，而价格已降到原价的一半了。这样既耽误工作又浪费资金，所以用户一定要量“用”选型，做到既“适用”（即满足要求）又“有效”（即充分发挥微型机的功能）。用途功能一般占70%为宜，以便将来有扩充的余地。作数据处理，要选内存容量大、外设齐备的微型机系统；作控制用，由于过程控制实时性强，可靠性要求高，要选用具有多级中断处理能力的微型机，可选某种类型的单板机来实现；而作为仪器仪表智能化的产品的微型机可选用单片机。

2. 贯彻选优原则

选购微型机要选国家优选系列的微型机，这些系列与国际上广泛应用的优选系列微型机兼容，技术先进，可靠性高，系统软件丰富，买后能继续得到软件支持，维修有后援件。我国目前微型机优选系列如0500系列，相当于美国Intel公司8080—8086系统；0600系列相当于Motorola公司的M6800—M68000系统。根据计算机命名规定：最左边的“0”表示微型机系列；左边第二位“5”代表芯片为8080—8088，“6”则表示芯片为M6800—M68000；左边第三位“0”表示单板机，“1”表示8位机，“2”表示为准16位机；左边最末位的“0”代表非总线结构，“1”表示S-100总线结构。其中0520系列、IBM-PC或IBM PC/XT及其兼容机都符合上述要求。不能买那些软件不配套，买后又不能继续得到软硬件支持的产品。同

一型号的产品，质量也有很大差异，要选技术力量雄厚，工艺性好的厂家的产品。通过调查用户，了解各厂家产品质量，择优选取。

3. 按照可扩充原则选型

微型机的应用可能不断变化，为适应新的变化要求，选机型尽可能便于扩充，即既符合当前要求又要适当兼顾长远发展的需要。如要考虑微型机在总体设计功能上和机箱、机架结构上便于扩充，不但在结构上留有扩充余地，而且也要考虑选向上兼容的机型。不要买了低档产品，不久又去买高档产品。上述的0520系列机、IBM-PCXT机内存容量可扩充到600K，可配10M字节的硬盘，使该机在性能上是优越的，在世界上处于主流地位，产品形成系列化，便于扩充。

此外，选型也要考虑价格。但切记，对那些“皮包公司”经销的“高性能”、“廉价”产品，谨防上当。

总之，选型要多做调查研究，不宜仓促行事。特别是对微型机还不够熟悉的用户，可请有实践经验的专家当顾问，并吸取已有的经验教训，参照上述三项原则，就能买到比较满意的微型机。

1.3 微型计算机的硬件

从图1-2我们可看出，一个微型机系统是由硬件和软件两大部分构成的。计算机的硬件就是指构成计算机物质设备的本身（机械设备、电子设备等）；而软件是指为了使用计算机和支持它运行所编写的各种程序及其说明这些程序的资料的总称。

软件和硬件是相辅相成的，缺一不可。如果没有软件支持，犹如一个四肢发达、头脑简单的傻子，什么工作都干不成。它们之间的关系好象钢琴和乐谱之间的关系，要让听众欣赏到一部悦耳的乐曲，钢琴和乐谱缺一不可。所不同的是，钢琴是需要由人来按照乐谱内容演奏；而计算机则是靠已编好的程序（软件）自动、迅速、准确地完成“演奏”任务，无需人的干予。

在8位微型机中，Intel公司的8080微处理器芯片在同类产品中是最早的产品，它的支援芯片种类齐全，软件丰富。尽管它的性能并不是最好的，但仍是广泛应用的一种芯片。这里我们就以它为例，对微型机的硬件作简单的介绍（图1-3）。

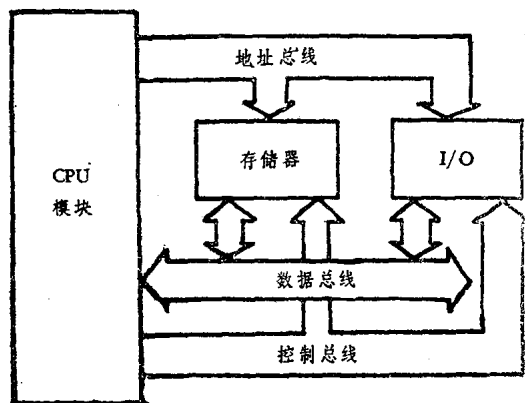


图1-3 微型机结构框图

1.3.1 CPU模块

CPU模块并不就是CPU，它包括CPU、系统定时电路、接向存储器和I/O（输入/输出）设备的接口电路（图1-4）。

图中三个方框代表三个芯片，它们的代号分别为8080A、8228、8224。这些芯片经过封装，象一块橡皮那么大，引线端伸出封装以供插接用。8080微型机的地址是16位，占

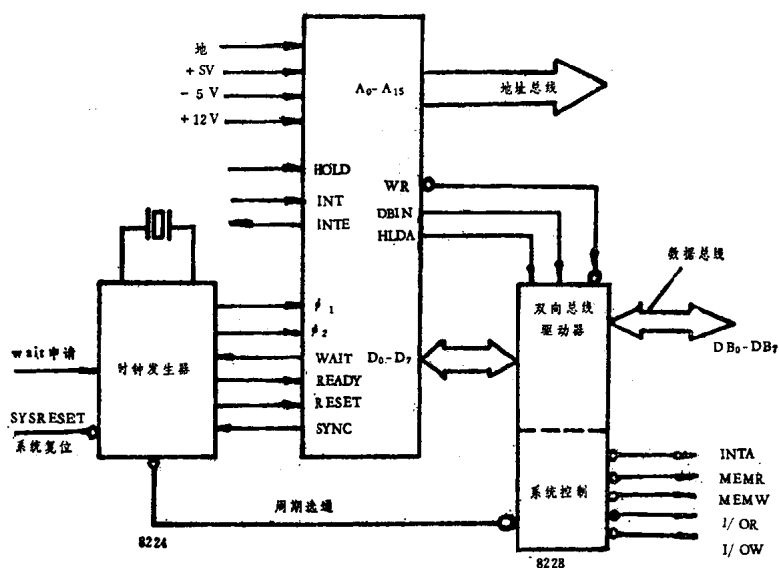


图1-4 CPU模块

A_0-A_{15} ；数据是8位，占 D_0-D_7 。此外，除地线、 $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$ 电源线外，其余均为控制线，箭头表示信息的传送方向。从图中可看出，计算机所要求的控制信号相当多。如前所述，一个8080A的引线端不能满足要求，于是又加了其他芯片。

8224是时钟发生器。它是为8080A提供定时信号的，其时钟频率为2MHz。整个机器以此为定时单位，从而协调各部分的操作。在时钟脉冲的控制下，机器有条不紊的一拍一拍地工作着。8228芯片一部分是双向总线驱动器，其作用有两个：一是提高总线的驱动能力（即可以带更多的负载）；二是使数据总线与系统隔离。另一部分“系统控制”则是增加输出信号的数目，以弥补8080A的不足。

控制线所控制的动作类型大致如下：

1. 读存储器 ($\overline{MEMR}$)

当发出低电平时，触发有关元件，把地址线上所表示的存储单元的内容送入8080A。

2. 写存储器 ($\overline{MEMW}$)

当发出低电平时，触发有关元件，把8080A中的内容按照地址总线上所表示的地址送入存储器中。

3. I/O (读 $\overline{I/O}$)

与1同理，不过是把某个外部设备的数据送入8080A中。

4. I/O 写 ($\overline{I/O}$)

低电平时，把8080A的数据送入某外部设备中。

5. 中断响应 ($\overline{INTA}$)

用于中断的控制信号，后面在“中断”一节中将介绍中断的功能。8080A的方框图如图1-5所示。

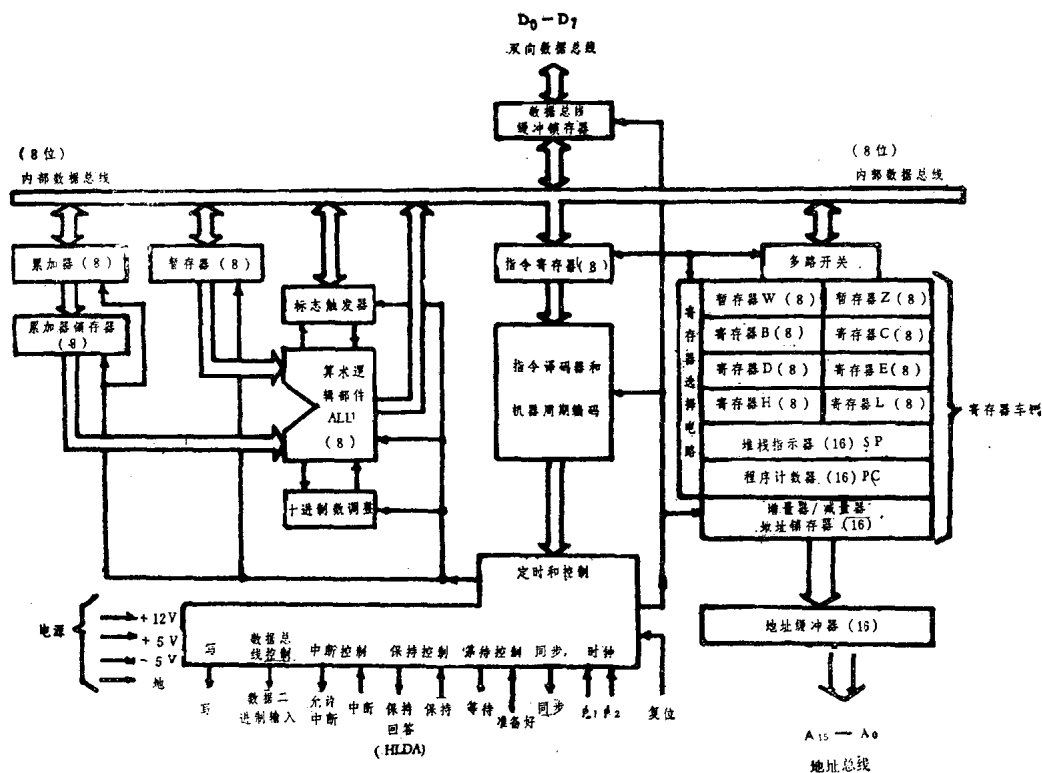


图1-5 8080A的方框图

图中右侧的寄存器阵列中，上部有八个寄存器，编号分别为B、C、D、E、H、L、W、Z。其中W、Z是8080A中内部使用的，对于用户来说，编程序时感觉不到它们的存在。另外的六个寄存器都有地址，由程序读出或写入数据。它们既可以分别存入六个8位数，也可以作为16位的寄存器对（B-C，D-E，H-L）存放三个16位的数据或地址。这些寄存器又叫通用寄存器。这是一种先进技术，一般访问通用寄存器的时间比访问存储器的时间小一个数量级，这样就提高了速度。另一方面通用寄存器可由程序调用，这样就增加了编写程序的灵活性。至于其他指令译码器、标志触发器、累加器等限于篇幅就不一一作介绍了。

1.3.2 总线

总线（BUS）的应用也是微型机的一大特点。它是计算机传送信息的公共通道（图1-3），既然是公共通道，就要有一些管理措施。例如：每个芯片的出入口必须有可控制的“门”，由控制信号启闭，以使信息准确及时地到达预定的地点，这样的门叫做三态门。有时为了提高驱动能力，还要使用一些缓冲器，这些门和缓冲器也属于总线范围。

总线可分单向总线、双向总线。双向总线可向两个方向传送数据，既可接受数据，也可发送数据；单向总线只能朝一个方向传送。因为数据的传送有时是送入（CPU），有时从CPU输出，所以数据总线是双向总线。地址的传送总是由CPU送到存储器或某一外设，因此地址总线是单向总线。此外还有控制总线，它是传送各种控制信号的，如定时脉冲、读写操作控制、中断请求等。

总线构成的系统逻辑简单，结构灵活，扩展时无需对整个系统在逻辑上或电路上作任何

修改。总线的另一个优点是：为直接数据传送（DMA——Direct Memory Access）提供了条件，有时为了满足不同的要求，需要频繁而大量地交换数据，如果单靠CPU的中断传送方式，要花费比较多的时间。因为程序中断传送方式，每次都要保护断点，保护现场需要很多指令。这对一些高速外设及大量交换数据的情况如磁盘与内存的信息交换，就显得速度太慢了。DMA方式传送就不需要通过CPU而是直接在外设与存储器之间进行，这种传送方式速度快、效率高。

1.3.3 存储器

在介绍存储器之前，首先要说明一点：我们通常所说的CPU的存储能力，并不是实际上带了多少个存储单元，而是指能带多少个存储器单元。在8080A中地址总线有16条，这16条线可输出 2^{16} 组16位数（二进制），也就是说它的存储能力为 $2^{16} = 64K$ （ $1K = 2^{10} = 1024$ ）。至于是否把64K地址全用满及如何安排这些存储单元，则视应用的需要而定。由此可见地址线条数愈多，则存储能力越强。存储器的寻址方式是各种各样的，有的是为了提高速度，有的是为了节约芯片，简化结构。

现在我们来介绍一下存储器。存储器是计算机的重要组成部分，有了它，计算机才具有记忆的功能。存储器的容量越大，计算机的功能就越强。它是衡量计算机性能的主要指标之一。

微型机的存储器，一般采用半导体存储器作为主存储器（内存），而用户在微机系统上使用的软磁盘、硬盘叫做微型机的外存储器（外存）。这里主要介绍半导体存储器。

半导体存储器按使用功能可分为读写存储器（RAM—Random Access Memory）和只读存储器（ROM—Read Only Memory）两类。

1. 读写存储器（RAM）

RAM也叫随机存储器。它随时可以读出，也可以随时写入。它是用于存放数据和程序的中间结果以及同外设交换信息，作堆栈用。RAM保存的信息，在电源断掉时信息随之消失。它是一种易失性存储器，所以常用于存放一些经常变化的程序和数据。

2. 只读存储器（ROM）

ROM是一种只能读出已写好的内容而不能再写入内容的存储器。各种存储器已写入的内容在电源断掉后内容仍能保留。它是一种非易失性的存储器，常用来存放一些固定的程序、常数、各种表格等，如机器的监控程序、诊断程序可放在ROM中。有时这种已写入程序的ROM称为固件，它兼有软件和硬件的特征。

ROM中有一种叫可编程序的只读存储器（PROM）。它便于用户按需要自己来写ROM内容，但只能写一次。还有一种叫做可擦可编程序的只读存储器（EPROM），其内容可用紫外线光擦去，再用电脉冲重新写入内容。它写的速度较慢，其优点是可以改写多次，这样给用户带来了更大的灵活性。

1.4 微型计算机软件

当前世界上，计算机行业正处在由硬件生产为主向以信息处理和软件开发为主的转变时期。随着微型机应用的深入发展，人们越来越认识到软件的重要性和它的突出地位。如果我

们把硬件比作是计算机的躯体，那么软件则是计算机之“灵魂”。硬件仅给用户提供了使用计算机的物质基础，软件才为用户提供较好的工作环境，以利于更好地发挥计算机的工作效能。

1.4.1 系统软件与应用软件

计算机软件按用途可分为系统软件和应用软件两大类。

系统软件是指机器设计者提供用户使用和管理计算机的软件。它主要包括：

①操作系统（OS——Operating System）系统软件中最重要的莫过于操作系统了。用户是通过操作系统使用机器，操作系统在用户与机器之间起着接口的作用。

②各种语言的汇编程序、编译程序。

③机器的监控管理程序、调试程序、诊断程序等。

④为方便用户而提供的各种标准子程序。以上这些程序的总和就形成了一个程序库。上述这些软件都是购买微型机时所必须具备的，否则就会影响发挥机器效能。

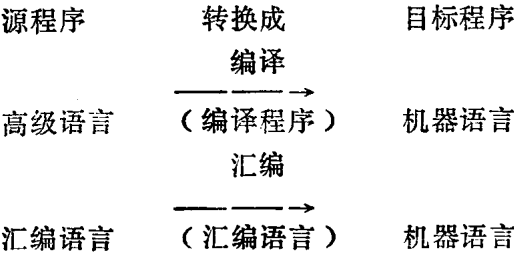
应用软件就是用户利用机器的系统软件为解决各种实际问题所编制的各种实用程序。

1.4.2 计算机语言和程序

人们日常用于交流思想的语言称为自然语言，如汉语、英语、俄语等。计算机也有它本身所独有的语言，它是用0与1所组成的二进制代码，这种机器代码称为机器语言。它是机器唯一能直接识别的语言，用机器语言编写的程序叫做目标程序。不过机器语言不直观，难于记忆和阅读，也不便检查和修改。为了便于用户的使用又发展了高级语言，如适用于科学计算的FORTRAN语言；适用于初学者及数据处理等的BASIC语言；适用于教学和软件移植的PASCAL语言等。这些语言比较接近于英语和数学公式，容易理解和掌握，通用性强，便于交流和推广。而且用高级语言编写程序，无需对机器作深刻地了解，用这些语言编制的程序叫做源程序。机器不能直接识别源程序，需要找一个“翻译”来帮忙，把源程序“翻译”成目标程序，完成这项工作的程序叫做编译程序。

介于高级语言和机器语言之间还有一种所谓汇编语言。它是用便于记忆的字母符号代替机器指令码，这些符号叫做助记符，用以反映指令的功能和特征。用汇编语言编制的程序也叫做源程序，但这种程序的指令与机器语言是一一对应的。把这种源程序变成目标程序的过程叫做汇编，而完成这项工作的程序叫做汇编程序。

上述各种语言及程序归纳如下：



汇编语言与机器语言比较，它解决了易读性，并没有解决复杂性。但是它有突出的优点：执行速度快，效率高，在实时控制中通常用汇编语言来编制程序。汇编语言是学习掌握微型机的一个重要工具。下面简单地介绍8080的汇编语言及指令。

1.4.3 8080汇编语言的指令结构

我们知道，机器语言表示的每一条指令都是由一串二进制数组成的。一条指令执行的动

作总是极简单的,例如:把95这个数送入寄存器D,这条指令用机器语言表示为0001011001011111共16位。这16位的前8位数表示送数到寄存器D这一操作,后8位数代表95这个数的二进制表示。前一半叫操作码,它规定机器应进行什么操作;后一半则为参加操作的数,也叫做操作数(或操作数地址)。这种操作码与操作数联合起来组成指令的结构叫做冯·诺依曼结构,它被各类计算机广为采用。8080中每一存储单元为8位,因此为了存储这一指令就得给出两个存储单元,我们就把这一指令称为双字节(一个字节等于8位)长的指令。8080有单字节指令、双字节指令及三字节指令。执行一条指令是相当快的,8080A执行一条指令只需要几微秒。这就是说一秒钟的时间内,机器可以执行类似的指令约几十万条,可见计算机是以快取胜的。

为便于记忆和阅读这一指令,我们改用汇编语言来写即为MVID 05FH。MVI为助记符,是MoveInstant(传送立即数)的缩写。立即数表示这一指令后8位是一个数而不是某一存储单元的地址;D代表寄存器D;而05FH中的H表示此数为16进制的数;05F代表95的16进制表示。

1.4.4 8080指令系统简介

指令系统就是指机器所具有的各种指令的集合。8080的指令可分为以下几类:

1. 数据传送类

数据传送指令是数据从一个寄存器传送到另一个寄存器,或者是寄存器与存储器之间进行传送,也可以是把一个数据直接传送到寄存器中。例如:MOV M, r表示将寄存器r(指寄存器B, C, D, E, F中的某一个,见图1-5中的数传送到其地址在寄存器H和L中的存储单元中去。因为8080的地址为16位,占两个字节,所以地址在H、L两个寄存器中。

2. 算术运算类

这类指令包括累加器的数和寄存器的数或存储器的数或立即数进行加、减,寄存器内容加1减1等。例如:ADI 05H表示把16进制表示的05这个数与累加器的内容相加再放入累加器。

3. 逻辑类

它包括各寄存器或存储器中数进行各种逻辑操作的指令,如OR A,B表示寄存器B的内容和累加器中的内容进行“或”运算,其结果放入累加器中,同时进位位置“零”。

4. 转移类

包括条件和无条件的转移、程序的调用及返回指令,如JMP 05FAH表示把程序转移到去执行地址为FA 05H的那条指令,这是无条件的转移。

这类指令不论在一些仪器控制上,还是数据处理上(如心电图识别)甚至医疗辅助诊断中都经常用到。

5. 控制类

包括输入与输出指令、堆栈的推入与弹出指令及其他指令,这一类指令涉及到中断和堆栈的概念。

1.5 中断与堆栈

中断是微型机的一个重要功能。所谓中断就是根据计算机一定的控制信号,暂时中止现

行程序的正常运行，去处理一些服务请求或意外事件，然后恢复原来程序的正常运行，这个过程叫做中断。图 1-6 是一个中断流程图。微处理器CPU在执行每一条指令的最后都发出一个中断询问信号，即问一问是否有中断申请，因为无论多么紧急的事件也得等到现有一条指令结束才能响应中断。中断申请的信号是随机的（图1-4中的INT）。只有中断询问信号发出后（图1-4中的INTE）中断程序才开始，所以INT与INTE两个信号合在一起叫中断控制。如果没有中断请求时，机器按原程序执行，一旦有中断申请，则首先关中断，也就是暂时不接受外来的中断申请，保留断点把PC推入堆栈保留起来以备中断处理完后能返回原程序。保护现场就是把断点处有关的各个寄存器的内容和标志位的状态推入堆栈保护起来，然后转入中断服务程序；在中断服务程序完成后恢复现场，即把保存的内容从堆栈推出送回CPU中的原来位置。最后开中断，用一条返回指令将堆栈中的PC值推出，送回至PC，返回到原先被中断的程序继续执行。

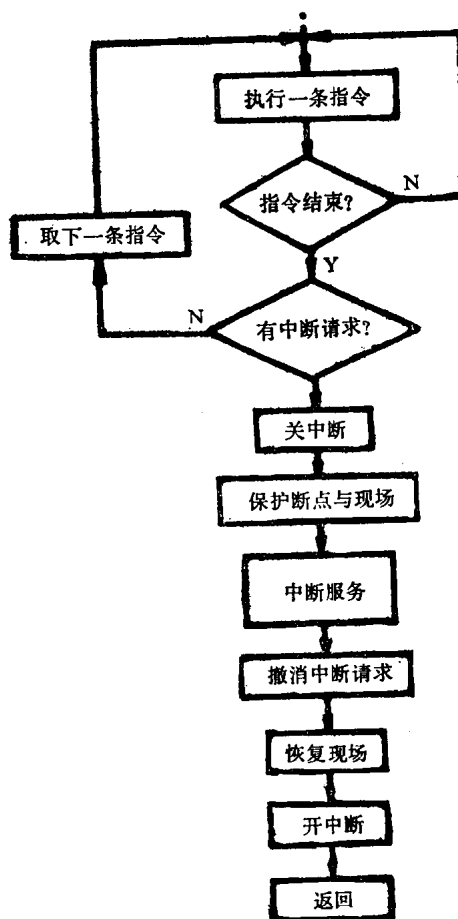


图1-6 中断流程图

不同的处理器中断具体步骤不尽相同，但一般都要经过中断请求、中断响应、现场保护、中断服务、现场恢复、返回原程序等过程。通常8080有8级中断能力，由程序来规定8个中断等级。中断级别高的可以中断级别低的，至于谁高谁低，则完全由编程者确定。这就是中断的嵌套。在适当的时刻开、关中断，就是为了保证嵌套的顺利进行。这种工作逻辑与人的思维何等相似。的确，计算机就象一个精明强干的行家，工作起来井井有条。从中断过程我们可以看出，程序或者说软件的作用多么大。

中断的应用是计算机的一大改进，它极大地提高了计算机的效率。大家知道，数据传送往往与数据处理速度不同，一些外部设备的数据传送速度往往比处理速度慢一千倍。如果机器消极等待送数上门，效率自然太低，不过是应发挥效率的千分之一。有了中断功能之后，一旦外部设备的准备工作就绪，在需要计算机处理时才发生中断申请。此时微型机放下“手头”工作处理，同时外部设备准备下一数据。有了中断就解决了快速的CPU与慢速的外设的矛盾。事实上，CPU可命令多个外设同时工作，因而效率大为提高。

上面介绍的中断概念是非常粗浅的，它的功能决不仅是数据传送，就连机器故障（如电源突跳、存储出错、运算溢出），人机联系，主机与外设并行操作等都要用到中断功能。中断在实时处理方面用途很多，读者可以从第二章有关新型Holter监护仪的介绍中体会到这一点。

多级中断就需要多级的现场保护。为了提高效率，计算机就用到了堆栈。微型机把内存的若干个连续存储单元作为堆栈，堆栈就是一个按照“后进先出”的原则组织的一段内存区域。所谓“后进先出”的原则是指暂存数据时新数据依次堆放在旧数据之上，这样最先存入（也称推入）的数据在堆栈的底部而最后存入数据在栈的顶部；当取数据（也称弹出）时先从堆栈顶部取起，因此第一个取出的数据就是最后一个存进来的数据。栈栈所占存储单元的数目称为堆栈的深度，所以一旦新的数据入栈，则其它早已在堆栈里的数据就“下移”。当数据从堆栈弹出时，数据就按照相反的方向“上移”。

专为堆栈服务的堆栈指示器（图1-5）就存着作为“栈顶”的存储单元的地址。图1-7给出入栈、出栈的操作。

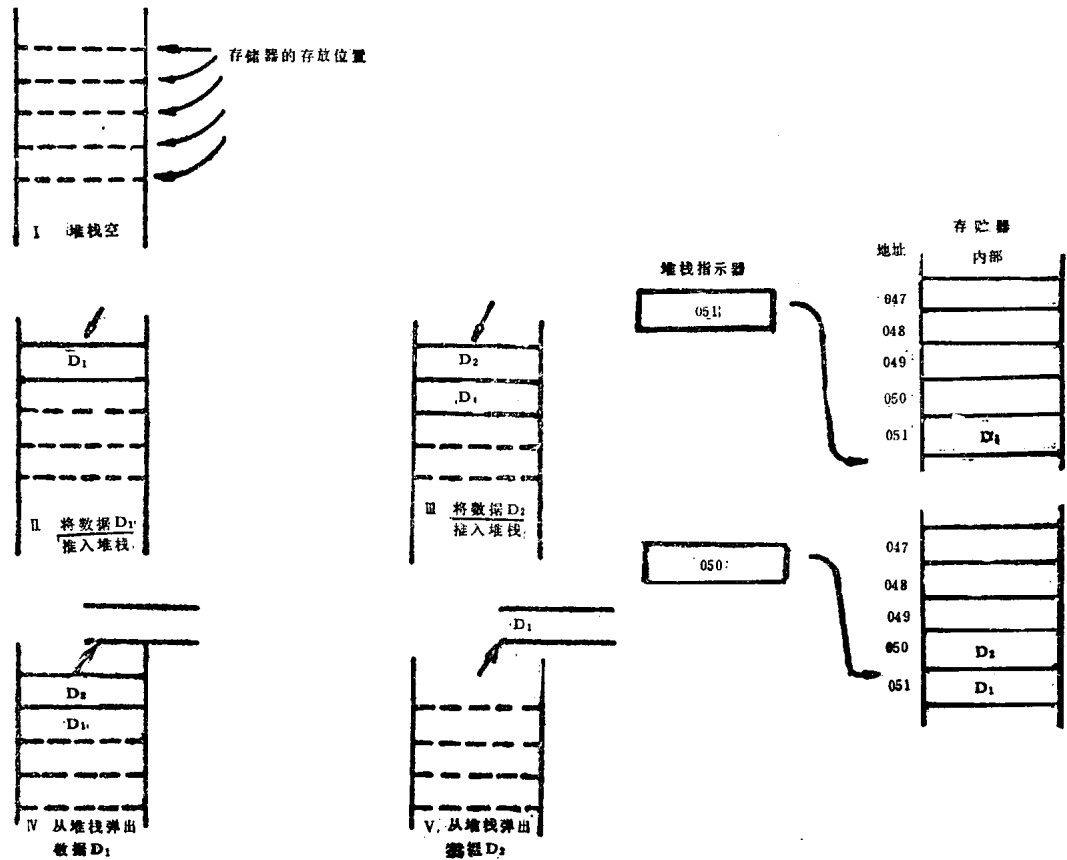


图1-7 堆栈的推入、弹出操作

图1-7中右图表示堆栈指示器已存入的栈顶地址为051，051存储单元的内容为 D_1 。当数据 D_2 推入堆栈时，被放入050单元。同时堆栈指示器减1，表示新栈顶地址为050。上述过程是入栈过程。出栈时，数据由堆栈指示器所指示的存储单元弹出，同时堆栈指示器加1。

下面让我们看看中断时堆栈的作用：假定正在执行正常程序时，来了第二级中断申请，则正在执行那一条指令结束后开始中断保护，把中断点的“现场”推入堆栈；如果在执行第二级中断插进来的程序当中又来了第三级中断，则新中断点现场又被推入堆栈，占据栈顶，