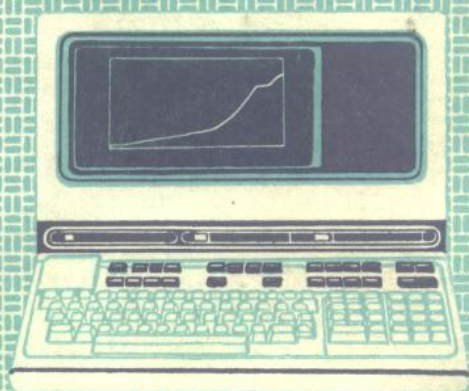


微型计算机 及其在测量中的应用

上册

谈根林 李慧文 汪庆宝 李礼贤 编著



计 量 出 版 社

微 型 计 算 机 及 其 在 测 量 中 的 应 用

(上 册)

谈根林 李慧文 汪庆宝 李礼贤 编著

计 量 出 版 社

1 9 8 3 · 北 京

内 容 提 要

本书以 Intel 8080 微型计算机为典型机, 采用硬件和软件并重、一般原理和实际应用并重的方法, 详细地介绍了微型计算机。全书共 9 章, 分上下册。上册 (1—4 章) 内容包括: 微型计算机的基本知识; 8080 微型计算机硬件、指令系统及程序设计初步; 微型计算机接口和系统连接; 微型计算机中断系统和 DMA 系统。下册 (5—9 章) 内容包括: 汇编语言和高级语言 (FORTRAN、PL/M、PASCAL) 程序设计; 微型计算机在电子测量和控制中的应用; Z-80 微型计算机系统。

本书可作为高等院校计算机、自动控制、无线电技术、测量等专业的教学参考书和有关专业研究生的教材, 可供计量测试、自动控制和其他科技工程人员参考。

JS452/24

微 型 计 算 机 及其在测量中的应用

(上 册)

谈根林 李慧文 汪庆宝 李礼贤 编著

责任编辑 陈聪尔

*

计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

煤炭工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16

印张 29

字数 702千字

印数 1—15,000

1983年9月第一版

1983年9月第一次印刷

统一书号 15210·252

定价 3.85 元

前 言

从七十年代起,随着大规模集成电路的工艺和技术的发展,现在只用几块甚至一块 LSI 芯片就可以组成一台微型计算机(简称微型机)。由于微型机价格低廉、可靠性高、系统灵活,从而使计算机的应用更加广泛。原来用小型机的相当一部分场合,现在可用价格低廉得多的微型机来取代;而原来不能想象可以用计算机的许多场合,现在却成了微型机大显身手的地方。微型机的应用已深入到各个生产部门和各个科学技术领域,如:通讯、导航、仪器、仪表、过程控制、交通管理、汽车控制、人工智能、机械手、机器人以至家用电器、游戏用具、儿童玩具,……。如果说十八世纪蒸汽机作为动力机引起了第一次工业革命,那么如今微型机作为智能机将会带来新的工业革命。因此,大力发展和普及微型机的应用对于促进我国实现四个现代化有着重要的意义。

本书是为各行各业中准备使用微型机的技术人员编写的一本微型机入门书,由浅入深地、较全面地介绍了微型机的原理及其应用,原无计算机知识的读者也可阅读。

本书有下列几个特点:

1. 以 Intel 8080 微型机为典型介绍微型机原理。这样做一方面在于 8080 微型机的原理与应用有普遍性,对于其它微型机如 8085、Z-80 乃至 M6800 等也都适用。我国 050 系列微型机也是以 8080 为参考的,因此,学习它有直接的实用价值。另一方面本书仅限于讨论一种微型机,可以节约篇幅,从而能对微型机的应用作较为深入的讨论。

2. 硬件与软件紧密结合。本书从头至尾都是采用微型机硬件与软件紧密结合的方法来阐述的。当然,为了应用微型机,我们必须将硬件(即大规模集成(LSI)电路)组装成整机,也就是必须懂得硬件原理。但是,这些 LSI 芯片都是基于系统软件原理而设计的,不懂得软件就不可能懂得这些芯片的互连及其工作原理。只是正确地将硬件互连起来而没有软件配合电路仍不能正确工作。由于大规模集成使微型机硬件的工作量越来越少,相对而言,微型机应用的大部分工作量将是应用软件的设计。因此,现在的电子学专家与过去不同,其工作更多地转向软件;其创造性,常常体现在一个新的算法的提出,一个新的数据结构的设计。这就是为什么在本书中如此强调硬件和软件相结合的原因。

3. 微型机化(或微处理器化)设计方法。鉴于微型机的成本低,目前一个新的趋势是在测量和控制设备中尽可能用软件来取代硬件。这样使设备成本降低,便于修改与维护,具有通用性,并提高可靠性。这样就更迫使我们面向软件。微处理器芯片的价格是低廉的,在仪器和控制装置中增加微处理器芯片就使这些设备具有“智能”,使这些设备的功能更强。但实际用户看不到微型机,它隐藏在仪器设备内部,这就是微处理器化。鉴于这一方向的重要性,本书始终贯彻这种微型机化设计思想。因此,本书决不是向读者介绍一台现成的微型机,而是重点介绍组成微型机的建筑模块(LSI 芯片),及其建筑技术(系统互连方法)。有了这个基础就可以在应用中随意剪裁,创造出各式各样的经济、灵活、可靠的系统。

4. 低级语言和高级语言相结合。在开始应用微型机时,由于缺少软件开发工具,同时程序也不大,多用汇编语言写程序。本书用相当大篇幅介绍汇编语言程序设计,目前这仍

要的。但随着开发工具的发展,今后微型机软件应尽可能用高级语言来写,以提高应用软件研究的速度。本书对常用微型机语言 BASIC、FORTRAN、PL/M、PASCAL 等作了介绍。我们特向读者推荐 PASCAL 语言,由于它逻辑结构严密,且具有丰富的数据结构,便于书写软件。可以预言,它将成为微型机今后的主要语言,应该加以推广。

现在我们简要地介绍一下本书各章的内容:

第一章是为各行各业准备使用微型机的非电子专业的技术人员介绍一些计算机的基本知识。有了这些知识,基本上就能够阅读后面的内容了。

第二章介绍8080微处理器芯片。

第三章介绍8080微处理器指令系统和程序举例。这一章的程序举例一方面使读者加深对8080的指令系统的理解,另一方面获得程序设计的初步概念。

第四章微型计算机的接口技术。这一章说明如何用微处理器(CPU), ROM, RAM 及 I/O接口芯片来组成微型机系统。对I/O接口芯片及接口技术将进行详细讨论。重点是8080的中断系统和 DMA 系统。此章虽然没有介绍任何一台现成的微型机,但它建立了组成任何微型机系统的基础。

第五章程序设计和软件。介绍了微型机的基本系统软件(汇编程序和监控程序)的设计原理和四种高级语言以及利用微型机开发系统开发软件的方法。

第六章是微处理机在电子测量和控制中的应用。这一章以三个简单的微处理机化系统为例介绍微处理机化设计方法,讨论几个微处理机化电子测量仪器例子以及几个常用算法。最后对微型机开发工具作一概括介绍。

第七章标准总线。将对微总线、S-100总线、多总线、IEEE-488标准接口总线以及 EIA-RS-232C串行总线标准作较详细的介绍。

第八章 Z-80微型计算机。将详细介绍 Z-80 CPU 的指令系统、CPU 硬件结构、四种接口芯片(PIO、SIO、CTC、DMA),并对 Z-80微型机系统进行较详细的介绍。

第九章微型机系统。这一章以三个例子来说明微型机系统的设计方法,其目的并不在于介绍这些具体系统,而在于说明微型机系统设计所要考虑的一些问题、硬件和软件设计的相互关系以及微型机化设计的一些特点和优点。

在附录 3 中给出了8085微型机与8080微型机的比较。因为8085是对8080向上兼容的,在对8080系统有了一定了解之后,可以通过阅读这个附录迅速熟悉它们。

此外,4-5-2节、4-6-4节、附录 2 是几个专用接口芯片。不使用这些芯片的读者可以不看这部分内容。

由于微型计算机这门新兴学科正在飞速发展,新东西层出不穷,如:最近产生的新16位微型机在原理上和系统结构上均有重大变化,但考虑到本书的基础性质,这些内容只好割爱,感兴趣的读者请参看有关文献。

参加本书编写工作的有四位同志。李慧文编写了第二章、第三章、第八章(其中8-4节为王开西同志编写)及附录 1, 3;谈根林编写了第四章、第九章及附录 2;汪庆宝编写了第五章;李礼贤编写了第一章、第六章、第七章及 4-9 节;最后由谈根林统稿,并聘请天津大学计算机系刘家松同志审阅。

本书是我们在1978年所编“INTEL 8080微型计算机及其在电子测量仪器中的应用”讲义的基础上编写的。该讲义是为1978年11月第四机械工业部在北京举办的微型计算机学习班而

编写的，后来曾在多个单位（如北方交通大学电信系研究生班、中国计量科学研究院、北京市纺织研究所等等）所举办的微型计算机学习班上用作教材。在教学过程中，同志们对讲义内容提出了很多宝贵意见，对于本书的编写有很大帮助，在此对这些同志表示衷心感谢。

在本书的编写过程中得到北京工业大学无线电电子学系系领导的大力支持，特别是系主任张德有同志对本书的编写工作给予了很多的鼓励和帮助；此外，本单位很多同事对本书初稿提出了宝贵意见，在此我们一并表示感谢。

由于我们在微型计算机这门新兴学科方面也是初学，在理论上和实践经验上都很欠缺，因此，书中免不了出现一些缺点和错误，恳切地希望专家和读者提出批评和意见，以便再版时进行修改。

编 者

1981.4.20 于北京

目 录

第一章 微型计算机的基本知识.....	(1)
1-1 概述.....	(1)
1-1-1 电子计算机发展简史.....	(1)
1-1-2 微处理机与微型计算机系统.....	(1)
1-2 逻辑电路.....	(5)
1-2-1 逻辑门.....	(5)
1-2-2 译码器.....	(8)
1-2-3 多路转接器.....	(8)
1-2-4 触发器.....	(9)
1-2-5 寄存器.....	(10)
1-2-6 计数器.....	(10)
1-2-7 存储器.....	(11)
1-3 微型计算机中的数制.....	(13)
1-3-1 数的进位制.....	(13)
1-3-2 数的表示方法.....	(15)
1-3-3 数的码制.....	(17)
1-3-4 二进制数的乘除运算.....	(18)
1-4 文字符号的表示方法.....	(19)
习题.....	(20)
参考文献.....	(21)
第二章 8080A微处理器.....	(22)
2-1 8080 A 微处理器的硬件结构.....	(22)
2-2 8080 A 微处理器主要部件的功能.....	(24)
2-3 8080 A 微处理器的控制信号.....	(35)
参考文献.....	(43)
第三章 8080A的指令系统及程序举例.....	(44)
3-1 8080A的指令系统.....	(44)
3-1-1 指令的结构和形式.....	(44)
3-1-2 8080A指令系统的概述.....	(46)
3-2 8080A指令介绍.....	(60)
3-2-1 传送指令.....	(60)
3-2-2 算术运算指令和逻辑运算指令.....	(69)
3-2-3 转移、调用和返回指令.....	(88)
3-2-4 堆栈、I/O 及控制指令.....	(96)
3-3 8080/8085汇编语言语句的说明.....	(102)
3-3-1 汇编语言语句的格式.....	(102)
3-3-2 汇编语句各段的说明.....	(102)
3-3-3 汇编程序命令 (伪指令).....	(107)
3-3-4 宏指令.....	(114)

3-4 程序举例	(119)
3-4-1 简单程序.....	(119)
3-4-2 分支程序.....	(120)
3-4-3 循环程序.....	(121)
3-4-4 实现程序分支的方法.....	(125)
3-4-5 算术运算.....	(128)
3-4-6 子程序.....	(139)
3-4-7 递归子程序.....	(155)
3-4-8 共例行程序.....	(158)
3-4-9 小结.....	(161)
习题.....	(164)
参考文献.....	(170)
第四章 微型计算机接口技术	(171)
4-1 CPU 模块	(172)
4-1-1 8224时钟发生器和驱动器.....	(174)
4-1-2 双向总线驱动器及系统控制逻辑.....	(176)
4-2 8080 CPU 对存储器及 I/O 设备的接口.....	(180)
4-2-1 对 ROM 的接口	(180)
4-2-2 对 RAM 的接口	(186)
4-2-3 对 I/O 的接口	(197)
4-3 8080 A 的中断系统	(202)
4-3-1 输入/输出的两种工作方式	(202)
4-3-2 中断概念.....	(203)
4-3-3 8 位输入/输出口——8212	(206)
4-3-4 系统控制器及总线驱动器...8228.....	(213)
4-3-5 优先权中断控制器(PICU)——8214	(214)
4-4 可编程程序通用接口	(222)
4-4-1 可编程程序输入/输出接口8255 A	(222)
4-4-2 可编程程序通讯接口8251 A	(251)
4-4-3 可编程程序中斷控制器8259.....	(263)
4-5 微型机外设及其与系统的接口	(290)
4-5-1 键盘.....	(290)
4-5-2 可编程程序键盘/显示器接口8279	(297)
4-5-3 发光二极管显示器.....	(308)
4-5-4 电传打字机.....	(312)
4-5-5 纸带阅读器.....	(316)
4-5-6 行式打印机.....	(317)
4-5-7 磁卡阅读器.....	(319)
4-5-8 盒式磁带机.....	(320)
4-6 直接存储器访问 DMA	(325)
4-6-1 引言.....	(325)
4-6-2 DMA 概念.....	(326)
4-6-3 可编程程序 DMA 控制器 8257	(331)
4-6-4 CRT 字符显示器.....	(345)
4-6-5 可编程程序 CRT 控制器8275	(350)

4-6-6 软磁盘	(366)
4-6-7 可编程序软磁盘控制器8271	(374)
4-7 可编程序间隔定时器及其在系统中的应用	(379)
4-7-1 可编程序定时器在输入输出实时控制中的应用	(379)
4-7-2 可编程序间隔定时器8253	(384)
4-8 智能通用外围接口	(393)
4-8-1 引言	(393)
4-8-2 UPI-41的结构	(393)
4-8-3 UPI-41的指令系统	(400)
4-8-4 UPI-41的系统操作	(400)
4-8-5 UPI-41的应用	(405)
4-8-6 单步、编程和掉电方式	(408)
4-9 A/D和D/A变换器	(411)
4-9-1 D/A 变换器	(411)
4-9-2 A/D 变换器	(412)
参考文献	(416)
附 录	(417)
附录 1 8080指令助记符及英文全名对照表	(417)
附录 2 可编程序软盘控制器8271	(420)

第一章 微型计算机的基本知识

1-1 概 述

1-1-1 电子计算机发展简史

电子计算机是二十世纪的重大发明之一，是一种能够自动地、高速地进行数值运算和信息处理的电子机器。它具有记忆、判断和运算的功能，所以它能仿效人类的思维，代替人类的部分脑力劳动，完成人们事先教给它做的工作。从计算机发展的过程来看，它大致可以分为四个阶段：从1946年世界上出现第一台数字电子计算机起到1956年，电子计算机是用电子管电路实现的。第一台电子计算机叫 ENIAC，用了大约一万八千个电子管，占地30平方米，重达30吨，而运算速度每秒只有五千次，这是第一代的电子计算机。第二代计算机是晶体管的。从1956年到1962年它把运算速度提高到每秒数十万次，而且开始应用程序设计语言。第三代计算机采用中小规模的数字集成电路。它把运算速度提高到每秒数百万次，而且大大地提高了软件功能。70年代初开始应用大规模集成电路，出现了微型计算机和巨型机，运算速度提高到每秒数千万次，系统结构由单一的处理机系统向多处理机系统发展。在软件方面高级语言的普遍使用、操作系统和数据库的应用使电子计算机已经成为国防、科学技术和工农业生产发展不可缺少的工具。回顾电子计算机发展的历史过程，可以看出大约每隔五至八年，计算机的运算速度就提高十倍，体积也相应地缩小十倍，成本也降低十倍。自从60年代小型机的出现把计算机应用到国民经济的各个部门，70年代的微型机的出现使计算机的应用进入到个人家庭和社会生活的各个领域。如今，计算机的科学技术水平、生产规模和应用的程度，已经成为衡量一个国家现代化水平的标志之一。70年代出现的微型计算机的发展尤其迅速，它正在冲击一切经济部门，引起大量的机器设备的更新，变成由微型机控制的智能机器。机器人的出现，标志着继蒸汽机引起的工业革命以来，又一次的工业革命的开始。这个第二次的工业革命的主要特征可能是赋予机器以人工智能。

1-1-2 微处理机与微型计算机系统

微处理机是一种具有处理机功能的大规模集成电路器件。世界上第一个微处理机是美国 Intel 公司1971年研制的4004。随后，在1972年 Intel 公司又把4位微处理机4004加以改进，研制成功8位微处理机8008。按照现在的标准来衡量，8008不仅速度低而且用起来有不少麻烦，但是在当时却引起了广泛的注意。1973年8080问世并很快成为标准的微处理机，但同时也招来了一些竞争者。1974年 MOTOROLA 公司生产了6800成为8080的主要竞争者，随后又有 Rockwell 公司的 PPS8、Signetics 公司的2650和 Zilog 公司的 Z-80。随着市场竞争的发展，又有不少新的微处理机投入市场，至今通用的微处理机已经多达30多个品种，不仅有4位机、8位机、12位机而且出现了16位机。目前通用的8位微处理机以 Z-80的功能最强，

但8080由于最早占领市场,所以仍然占据着领先的地位。6800虽然在硬件设计上比8080优越,但在竞争方面仍处于劣势。这是因为微处理机的推广应用不仅和微处理机本身的性能有关,而且和它的外围支援器件有关,因为组成一个微型计算机除了要有中央处理单元(简称CPU)之外,还需要许多能够使CPU便于与外围设备通讯的大规模接口芯片,例如与磁盘、CRT显示器、键盘、打印机等外围设备通讯都需要用大规模集成电路接口芯片。更重要的是需要较多的支援软件。没有支援软件的计算机是不会做任何事情的。支援软件的多少和它的功能如何是在市场竞争中取胜的决定因素。此外,由于各种微处理机的指令系统各不相同,技术人员在熟悉某一种微处理机之后,若非特别的原因往往不轻易更换机种,这也是8080早些占领市场取得优势的原因。当然,能否大批生产、降低产品价格也是竞争的重要因素。正因为是这样,目前的竞争局面已成定局。Z-80之所以能在8080之后站住脚,是因为它的指令系统比8080的功能强,而且和8080是兼容的。

除了通用的微处理机之外,在大量的家用电器产品中,譬如洗衣机、微波炉、缝纫机中,广泛采用单片机。这种单片机的特点是把CPU和只读存储器(简称ROM)、随机存储器(简称RAM)、输入/输出接口(简称I/O)以及定时器等做在一块芯片上。ROM的容量一般为1K—4K字节(1K代表1024),RAM为64—256字节。另一种位数较少的微处理机芯片称为位片机。位片机的特点是位数较少,一般至多为4位,通常用于组成8位、12位、16位、32位的高速微处理机。它采用双极型工艺,所以可以得到比通用的MOS型微处理机更高的速度,但功耗比较大。位片机常用于高速的数据处理、实时控制系统或小型机中。如上所述,我们把具有处理功能的大规模集成电路芯片称为微处理机,而微型计算机则是指包括CPU、ROM、RAM和I/O等部分,具有处理功能的机器。如果在它的外面再配上外围设备,使它便于与外界交换信息,连同它的软件在一起就可以称为微型计算机系统。

由于微处理机的广泛应用,根据有关资料的统计,它的主要用途并非做成计算机用于科学计算,而是作为电子设备中的控制元件来使用,例如在智能仪器和机器人当中就是这样。因此在最近的文献资料当中,又把应用于非数值计算为主要目的的带有微处理机的装置,称为微处理机化系统或微型计算机化系统。

下面举一个简单的例子来说明微型计算机结构上的特点。图1-1-1表示一个袖珍计算器的框图,它是由一个微型计算机、一个用于输入运算数据和运算操作命令的键盘、一个用数字显示运算结果的发光二极管显示器所组成的。键盘和显示器就是微型计算机与人通讯的外围设备,所以这也可以称为微型计算机化系统。微型计算机由CPU、ROM、RAM和I/O接口所组成,各个部分之间是通过三种总线互连的。这三种总线是地址总线,数据总线和控制总线。地址总线用于指定与CPU通讯的地址,它可以是存储器中某一存储单元的地址,也可以是输入/输出接口中的某一个寄存器的地址。标准的8位微处理机通常有16条地址线,可以选择 2^{16} 个地址。数据总线用于传送数据。8位的微处理机为了并行传送8位数据,需要有8条数据线。数据总线一般是双向的。譬如说,可以把存储器中某一指定地址的8位数据送给微处理机中的某一寄存器,也可以把微处理机中某一寄存器中的8位数据送入存储器中某一指定的存储单元。控制总线通常用于控制数据的传输方向和确定数据传送的时间,譬如说存储器中数据的读和写的操作,就是用读和写的控制信号进行控制的。除了管理读写操作的控制线之外,还有另外一些控制线用于管理CPU的状态,例如复位和中断管理。详细的情况将在第二章中加以介绍。

采用三种总线来连接微型计算机中所有的部件，可以保证各个部件和CPU之间有条不紊地相互交换信息。总线结构是微型计算机结构上的一个特点。有关微型计算机中总线的基本知识，将在总线标准一章中加以介绍。

关于微型计算机系统地简单操作过程，我们以图1-1-1的袖珍计算器为例，说明它执行加法运算的几个基本步骤：

(1) 在按下清除键之后，微处理机处于初始状态，并显示0值。

(2) 微处理机不断地扫视键盘，等待被加数的输入。每输入一位被加数，微处理机就把它保存起来，并把它显示出来。

(3) 当输入运算符时，微处理机就记住这个运算命令，等待加数的输入。

(4) 每输入一位加数，微处理机就把它保存起来，并加以显示。

(5) 当输入 '=' 键时，微处理机立即按照记住的运算命令，进行加法运算，并把运算的结果显示出来。

以上所述这些操作过程，无论是扫视键盘、识别键码、输出显示以及进行运算都是用ROM中的程序进行控制的。有些袖珍计算器能够计算对数和三角函数，而有的简单计算器却只能进行简单的算术四则运算，所不同的除了键盘的按键多少不同之外，主要是ROM中的程序的功能不同。这种能够指挥微处理机进行操作的程序就是一种软件。给计算机配上软件，使它具有某种功能正如同对人加以某种技术培训，使人具有某种技能一样。可见软件对于计算机功能的大小具有多么重要的意义。下面我们简单地介绍一下有关软件的基本概念，详细的内容将在程序设计一章中加以介绍。

计算机软件按照它和人类语言差别的程度，一般可分为三种级别：即机器语言、汇编语言和高级语言。机器语言是计算机能直接执行的语言，它是按照计算机的指令系统所规定的规则写成的二进制码，可用于直接输入计算机内，让它执行。不同的微型计算机的指令系统通常是不相同的，所以它们的机器语言也不相同。M6800和8080两种微处理机的指令系统是不相同的，所以用8080系统的机器语言送入M6800系统，它是不认识的，这如同英国人讲英语，法国人讲法语一样。采用机器语言编写程序虽然可以直接送入计算机，指挥计算机进行操作，但是这种用二进制码编程序的方法不仅费事、容易出错，而且不便于检查错误。所以，后来就发展了汇编语言。汇编语言又叫做符号语言，它是一种采用字符来帮助人们记忆的程序语言。例如用ADD来代表加法操作，SUB代表减法操作，因为ADD和SUB是英文加(Addition)和减(Subtraction)的字首，这就便于记忆，出了错误也比较容易检查。汇编语言虽然比机器语言方便得多，但是和人们日常使用的语言仍然相差很远。主要缺点是它没有通用性，譬如说8080系统的汇编语言程序不能在M6800系统的计算机上运行。于是，又发展了具有通用性的高级语言，例如BASIC语言，现在它已成为微型机系统的通用性语言之一。我们用BASIC语言编写的程序，可以在不同的机种上运行。表1-1-1表示出用

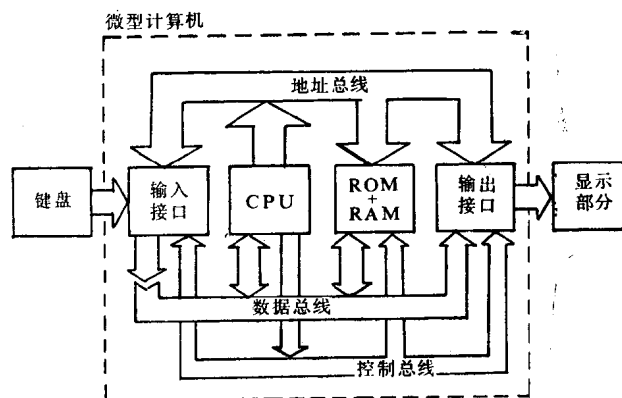


图 1-1-1 袖珍计算器框图

表 1-1-1 用三种不同级别的语言编写的 $x = 3 + 4$ 程序

8030 机 器 语 言	8030 汇 编 语 言	高 级 语 言	
		BASIC	FORTRAN
00111110 00000011 00000110 00000100 00110010 00001000 00000001 01110110	MVI A, 03H ADI 04H STA 108H HLT	$x = 3 + 4$	$x = 3 + 4$

机器语言、汇编语言和高级语言编写 $x = 3 + 4$ 的程序的区别。

由上表可以明显看出：采用高级语言编写程序不仅具有通用性而且最为简洁，可以一目了然。汇编程序实现 $x = 3 + 4$ 总共用了 4 条指令，首先是把数值 3 送入累加器 A，然后与数值 4 相加，结果再存入 108H 单元，最后一条指令是停机。至于用机器语言编写的程序，则除非熟记这些二进制编码的意义，否则是难于看懂它究竟是干什么的。虽然目前软件发展的趋势是尽可能地采用高级语言，但是汇编语言和机器语言仍然有它存在的价值，通过下面表 1-1-2，对这三种语言进行优缺点的对比，就可以说明这一点。

表 1-1-2 三种语言优缺点的比较

	优 点	缺 点
机器语言	不需要通过翻译就可以让机器执行，适用于目标代码的局部修改。	用来编写程序费时、费事并易出错，而且错误不易查出。
汇编语言	编写程序的质量比较高，节省内存。	必需用汇编程序把它汇编成目标代码才能被机器执行，而且编写程序比高级语言效率低很多。
高级语言	通用性强，编写程序的效率高，有较丰富的软件资源。	必需用编译程序编译成目标代码才能被机器执行，编译的结果占用内存比汇编的结果多。

微型计算机系统所配备的软件，按照它们的用途的不同可以分为下面三类：

(1) 编译程序和汇编程序

为了使机器能够适用于用高级语言和汇编语言程序，一般的微型计算机系统都配备一些常用的高级语言编译程序和汇编语言的汇编程序。这两种软件的用途是把用高级语言或汇编语言写成的软件翻译成为机器能够运行的目标程序（即机器语言程序）。它们除了起翻译的作用之外还兼有纠正语法错误的功能。如果你送入机器的源程序（即未经翻译的程序）语法上有错误的地方，它会把错处指出来。

(2) 操作系统

操作系统是计算机软件的重要组成部分，它能有效地管理计算机的各种资源（即处理机、存储器、外围设备和各种信息），合理地组织计算机的整个工作流程以提高各种资源的利用率，并为用户提供各种使用方便。

(3) 应用软件

微型计算机系统为了便于用户在机器上调试和修改程序，通常都提供了文本编辑程序、

调试程序和监控程序。为了机器各主要部件的自检，应当备有故障诊断程序。

此外，还有用户用于科技计算、生产过程的控制和管理、情报的收集和检索、数据处理以及计算机辅助设计等方面的专用软件。这是一些为计算机在各方面应用而专门设计的软件，它们的种类繁多，数以万计而且将与日俱增。

1-2 逻辑电路

微型计算机中主要的元器件是大规模集成电路。要掌握这些大规模集成电路的应用方法，一般只需要掌握它的功能，而不必深入到逻辑门的深度。换句话说，不必去研究它内部逻辑电路是如何实现的。但是，微型计算机和其它数字电子设备一样，也是以数字逻辑电路为基础的。在组建一个大规模集成电路的微型计算机系统时，仍然离不开一些小中规模逻辑电路的概念。对于没有接触过逻辑电路的读者来说，必需建立一些起码的逻辑电路的概念。逻辑电路中最基本的单元电路就是逻辑门，因此下面我们就从逻辑门讲起。在讲具体逻辑电路之前，先要说明的是以下关于逻辑电路的讨论都采用正逻辑。逻辑电路有两种状态，即高电平和低电平，这是和二进制的“0”和“1”相对应的。正逻辑是用高电平表示“1”，而低电平表示“0”的。如果反过来，用高电平表示“0”，而用低电平表示“1”就叫负逻辑。对于同一个逻辑电路，从正逻辑和负逻辑的角度去分析它，其逻辑关系是不相同的。

1-2-1 逻辑门

1. 与 门

图1-2-1表示一个有两输入端的与（AND）门。如果输入端A和B都是逻辑1，输出端也是逻辑1；如果A和B其中有一个是逻辑0或两个都是逻辑0，输出端x就是逻辑0。与门的这种逻辑功能可以用图1-2-2的

开关电路作比喻。在图中的开关A和B都接通时，电路接通，灯泡才能亮；如果开关A和B中有一个是未接通的，灯泡就不会亮。输入量A和B各有0和1两种状态，因此它们就有4种组合情况，而与这4种输入的组合情况相对应的输出情

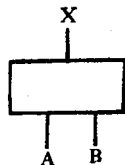


图 1-2-1 与门的符号

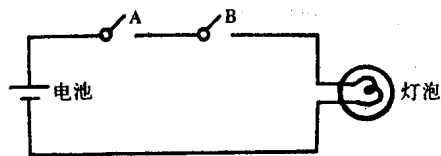


图 1-2-2 与门开关电路

况可以列成表格如图1-2-3所示。这种表示输入端和输出端逻辑关系的表格叫做真值表。

从与门的真值表中所列的几种可能的输入量和输出量的逻辑关系可以看出，它和下列的算式的关系是一致的：

$$A \cdot B = x \quad \text{或写成} \quad A \wedge B = x$$

所以我们将与门的逻辑功能称为逻辑乘。

可能见到的与门还有好些种，图1-2-4中列出了一些带非（NOT）端的与门。图中的小圆圈表示把逻辑量取反（即倒相），把0变成1，把1变成0。图中还列出了与每一种符号所对应的真值表。最后要说明的一点是与门并不只限于2个输入端，它可以有更多的输入端。

A	B	X
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

图 1-2-3 与门的真值表

2. 或 门

图1-2-5表示另一种门电路（或门OR）的符号。它有两个输入端和一个输出端，当两个输入量中有一个是逻辑1时，输出就是逻辑1。这种逻辑功能可以用图1-2-6的开关电路作比喻。当开关A或B接通时，电路接通，而灯泡就会发亮。这种或门的真值表如图1-2-7所示。我们把这个真值表中所列的几种可能的逻辑关系归结为下列的布尔代数式：

$$A + B = x \quad \text{或写成} \quad A \vee B = x$$

这个逻辑关系叫逻辑加或“或”。它与日常的加法运算不同，因为逻辑量不是0就是1，所以1加1还是1。

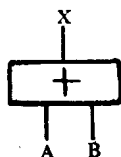


图 1-2-5 或门的符号

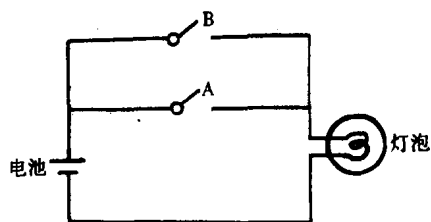


图 1-2-6 或门开关电路

图1-2-8列出了一些带非端的或门和它们对应的真值表。读者从比较图1-2-8中A、B和x都带有非端的或门与图1-2-3的与门可以知道，它们的真值表是一样的，也就是它们的逻辑功能是一样的。同样的，从图1-2-4中的A、B和x都带有非端的与门的真值表可以看出，它与图1-2-7的或门真值表也是一样的。所以一个逻辑电路，采用正逻辑时它的逻辑功能如果是与门的逻辑乘功能，当用负逻辑的观点去分析时，它就变成一个或门的逻辑加功能了。所以正逻辑和负逻辑千万不要搞乱了。

A	B	X
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

图 1-2-7 或门的真值表

3. 非 门

非（NOT）门也就是倒相器，它的功能是把逻辑电平反一下。设输入的逻辑电平为A，则输出的逻辑电平就与A相反，用布尔代数式表示时可以写为： $x = \bar{A}$

带非端的与门符号	真 值 表		
	A	B	X
	1	1	0
	1	0	1
	0	1	1
	0	0	1
	1	1	0
	1	0	0
	0	1	0
	0	0	1
	1	1	1
	1	0	1
	0	1	1
	0	0	0

图 1-2-4 带有非端的与门和真值表

图1-2-8列出了一些带非端的或门和它们对应的真值表。读者从比较图1-2-8中A、B和x都带有非端的或门与图1-2-3的与门可以知道，它们的真值表是一样的，也就是它们的逻辑功能是一样的。

同样的，从图1-2-4中的A、B和x

带非端的或门符号	真 值 表		
	A	B	X
	1	1	0
	1	0	0
	0	1	0
	0	0	1
	1	1	0
	1	0	1
	0	1	1
	0	0	1
	1	1	1
	1	0	0
	0	1	0
	0	0	0

图 1-2-8 带非端的或门和它们的真值表

常见的两种非门的符号和它们所对应的真值表如图1-2-9所示。

4. 异或门

异或门的符号如图1-2-10所示，从它对应的真值表可以看出它的逻辑功能是按位加。

$$0+0=0 \quad 1+0=1 \quad 0+1=1 \quad 1+1=0$$

它的这种功能使它在逻辑电路中可以作为半加器。半加器就是只管按位相加，不管进位。由于它与逻辑加的功能不同，所以它的布尔代数式写为：

$$x = A \times B \quad \text{或写成} \quad A \nabla B = x$$

异或门的这个逻辑功能可以用于逻辑比较器，由它的真值表可以看出，只有A和B相同时它的输出才是0，否则它的输出为1。所以可以根据输出是0或是1来判断A和B是否相同。图1-2-10中还列出了三种带非端的异或门和它们所对应的真值表。由真值表可以看出，它们都具备作为比较器的逻辑功能。

5. 三态门

三态门是一种带有控制端的逻辑门。它的输出端可能有三种状态，即高电平、低电平

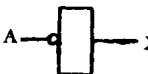
非门的符号	真 值 表	
	A	X
	0	1
	1	0
	0	1
	1	0

图 1-2-9 非门的符号和真值表

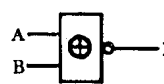
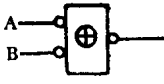
异或门和带非端的 的异或门的符号	真 值 表		
	A	B	X
	1	1	0
	1	0	1
	0	1	1
	0	0	0
	1	1	1
	1	0	0
	0	1	0
	0	0	1
	1	1	0
	1	0	1
	0	1	1
	0	0	0
	1	1	1
	1	0	0
	0	1	0
	0	0	1

图 1-2-10 异或门和带有非端的异或门
及其对应的真值表

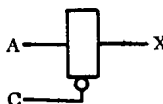
	C	A	X
	0	0	0
	0	1	1
	1	0	高阻
	1	1	高阻

图 1-2-11 三态门的符号和它的真值表

和高阻抗状态，所以称为三态门。图1-2-11表示出三态门的符号和它的真值表。当控制端为低电平时三态门被打开，输出端的输出逻辑电平将跟随输入逻辑电平而变化。如果控制端为高电平，三态门被封锁，输出端处于高阻抗状态，它的输出阻抗很大，如同与输出端连线断开，并且与输入端逻辑电平的变化无关。

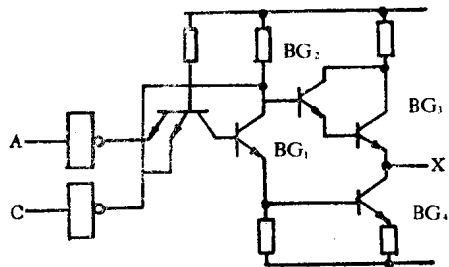


图 1-2-12 三态门电路

件互相连接在一起，当其中部件A要把信息送往部件B，只要打开部件A的输出三态门和部件B的输入三态门就可以了。其它不参加通信的部件的三态门都被控制端封锁住，它们如同与总线无关一样。

为了说明三态门的控制原理，我们画出图1-2-12。由图中可以看出，控制端C为高电平时，BG1处于截止状态，导致BG3和BG4也被截止，所以输出端处于高阻抗状态。

微型计算机系统上的总线上可以同时挂上许多部件，它们可以进行互相通信而不会发生冲突，原因就是利用了三态门的高阻抗状态。

图1-2-13中表示一条总线同时与许多逻辑部

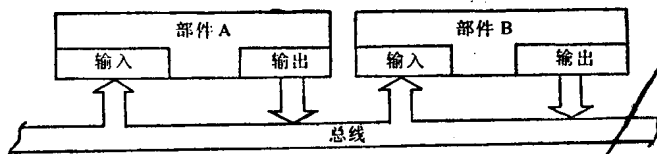


图 1-2-13 用三态门通过总线进行通讯

1-2-2 译 码 器

译码器是微型计算机系统中常用的器件。它常用于地址译码，即把地址总线上的地址码变为各个逻辑部件的选通信号。图1-2-14的二对四简单译码器电路可用来说明译码器的原理。由于有两个输入端，所以输入端的逻辑组合有4种方式。这4种逻辑组合方式通过图中与非门电路可以用于选择4个地址。读者不难根据上一小节所述的逻辑门原理推出对应于每一种输入的逻辑组合， x_1 、 x_2 、 x_3 和 x_4 四个输出端中只有一个输出端为逻辑0，（即被选中的地址）。

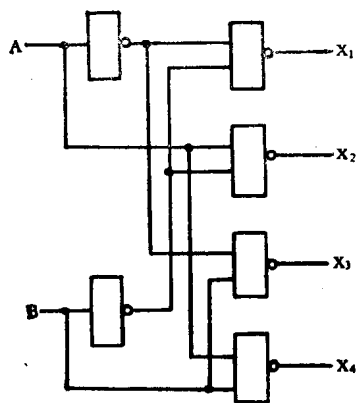


图 1-2-14 2-4线译码器电路

图1-2-15列出了对应于每一种输入逻辑组合所选中的地址。2条地址线可能有4种逻辑组合状态，所以可以选择4个地址。通用的8位微处理机有16条地址线就可以组合出 2^{16} 个状态，用于选择65536个地址。

A	B	选中地址
0	0	x_1
1	0	x_2
0	1	x_3
1	1	x_4

图 1-2-15 译码表

1-2-3 多路转接器

在微型计算机化系统中，多路转接器常用于挑选若干路信号中的一路。图1-2-16的简单与门和或门组成的电路，可以用来说明多路转接器的原理。它用4条控制线，控制