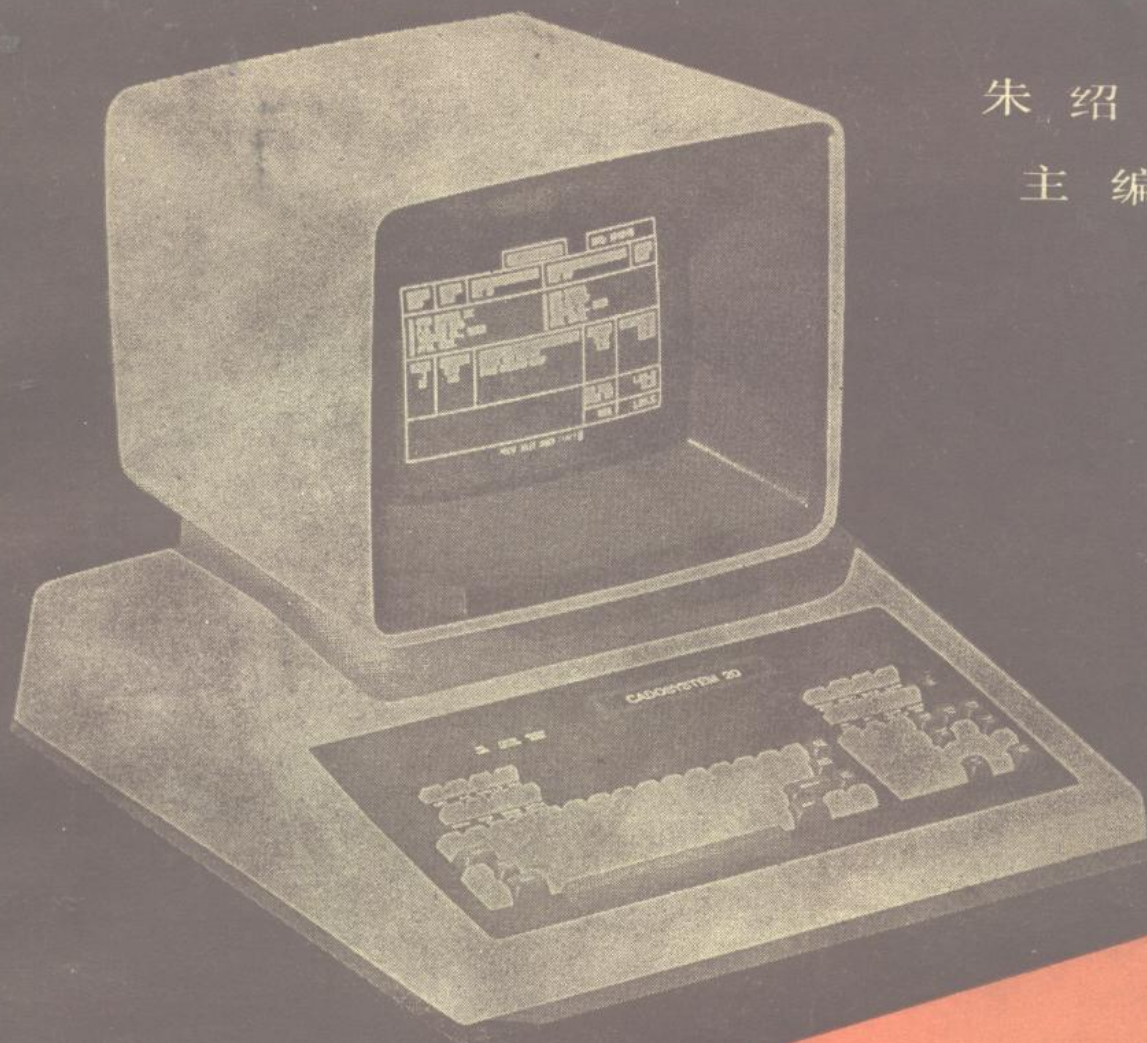


朱 绍 庐

主 编



微 型 计 算 机

人 民 交 通 出 版 社

微 型 计 算 机

朱 绍 庐 主 编

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书共十四章。前六章主要介绍学习和使用微型计算机所必须掌握的基础知识,以及微型计算机的工作原理、指令系统和微处理器。第七到第九章主要叙述微型计算机的汇编语言和 BASIC 语言的程序设计方法。第十到第十四章具体介绍磁带机、键盘、图符显示器、数—模转换器、模—数转换器和常用的接口技术,以及微型计算机的使用方法和实际应用。本书以介绍Z-80微型计算机为主,并着重介绍了TRS-80微型计算机。

本书由浅入深,便于自学,可供学习和使用微型计算机以及对微型计算机原理及其应用感兴趣的广大读者参考,也可作为大专院校有关专业的教学参考书。

本书由朱绍庐主编。参加本书编写的有朱绍庐、孙占山、傅光永、黄读业、王立安;参加描图和誊写的有杨兰江、周加宁、邵冰心等。

IS44 / 43 / 01

微 型 计 算 机

朱绍庐 主编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

河北省宣化印刷厂印

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 29.5 字数: 731千

1982年8月 第1版

1983年5月 第1版 第2次印刷

印数: 14,401—35,600册 定价: 4.55元

目 录

第一章 概论	1
第一节 电子计算机的发展概况	1
第二节 微型计算机的基本原理及其特性	4
第二章 数制和码制	14
第一节 二进制 (Binary number system)	14
第二节 八进制 (Octal number system)	17
第三节 十六进制 (Hexadecimal number system 或 Sexadecimal number system)	19
第四节 原码、反码和补码	20
第五节 二—十进制	28
第六节 美国信息交换标准代码 ASCII (American Standard Code for Information Interchange)	33
第三章 数字逻辑	34
第一节 与门 (AND Gate)、或门 (OR Gate)、非门 (NOT Gate)	34
第二节 数字集成电路	38
第三节 触发器 (Flip—Flops)	42
第四节 基本逻辑部件	50
第四章 微型计算机结构	54
第一节 存储器	54
第二节 中央处理器	64
第三节 Intel 8080A各片脚的功能	69
第四节 时钟发生器 8224 和系统控制器 8228	73
第五节 指令的执行	75
第五章 Intel 8080A 的指令系统	80
第一节 指令的格式	80
第二节 寻址方式	82
第三节 Intel 8080A 的指令系统	88
第四节 中断系统	99
第五节 直接存储器传送简介	107
第六章 Z-80 微处理器	109
第一节 Z-80 CPU 结构	109
第二节 Z-80 CPU 片脚的功能	111
第三节 Z-80 的寻址方式	114
第四节 Z-80 的指令系统	117

第七章 微型计算机的汇编语言	155
第一节 机器语言与汇编语言.....	155
第二节 微处理机汇编语言的结构.....	159
第三节 TRS-80微型计算机的汇编语言.....	170
第四节 高级语言.....	173
第八章 汇编语言程序设计方法	176
第一节 算法与框图的概念.....	176
第二节 简单程序.....	178
第三节 分支程序.....	182
第四节 循环和数组.....	184
第五节 算术运算.....	190
第六节 堆栈与子程序.....	198
第九章 BASIC II 程序设计	209
第一节 BASIC 语言的特点.....	209
第二节 BASIC 程序的结构.....	216
第三节 简单程序.....	222
第四节 分支程序.....	231
第五节 循环程序.....	242
第六节 子程序.....	248
第七节 数组.....	251
第八节 字符串.....	255
第九节 特殊功能和逻辑运算.....	263
第十节 扩展接口.....	271
第十一节 程序举例.....	275
第十章 微型计算机与存储器的连接及输入/输出接口	283
第一节 存储器简单的连接方法.....	283
第二节 计算机的总线.....	287
第三节 存储器和总线之间的连接.....	290
第四节 微型计算机的三种输入输出方式.....	293
第五节 单个输入输出.....	296
第六节 多个输入输出.....	299
第七节 常用接口元件.....	302
第十一章 可编程序接口	309
第一节 可编程序并行接口8255 A.....	309
第二节 可编程序串行接口8251.....	311
第三节 Z-80 并行入/出接口电路.....	317
第四节 Z-80和Z-80A 计数器定时器电路.....	340
第十二章 微型计算机的输入输出设备	350
第一节 数—模转换器 (D/A).....	350
第二节 模—数转换器 (A/D).....	353

第三节	键盘	357
第四节	盒式磁带机	363
第五节	CRT显示器	369
第六节	软磁盘	381
第十三章	TRS-80 微型计算机	386
第一节	TRS-80 系统结构	386
第二节	LEVEL II BASIC	389
第三节	编辑/汇编	391
第四节	监视、纠错和调试程序 (TBUG)	393
第十四章	应用于船舶的微型计算机系统	396
第一节	微型计算机在船舶上的应用概况	396
第二节	检测船用柴油机燃烧和喷油过程的微型计算机系统	400
第三节	天文导航微型计算机系统	409
第四节	船舶机舱集中监测系统	415
附录一	INTEL 8080 的指令系统	434
附录二	Z-80 指令系统	438
附录三	INTEL 8080 和 Z-80 指令转换表	448
附录四	TRS-80 汇编语言程序的编辑/汇编命令	449
附录五	TRS-80 编辑/汇编命令 E 的编辑子命令	449
附录六	LEVEL II BASIC	450
附录七	控制, 图示和 ASCII 代码	463

第一章 概 论

第一节 电子计算机的发展概况

电子计算机可分为两大类型：一种是电子模拟计算机，它能够直接对模拟量信息进行加工处理，主要是由模拟电路组成的；还有一种是由电子数字计算机，它能够直接对数字量信息进行加工处理，主要由脉冲数字电路组成。六十年代后期，又出现了一种混合式电子计算机，它基本上是上述两种电子计算机的有机结合。

一、电子数字计算机的发展

1946年，美国研制成功第一台电子计算机，共用了18,000个电子管，耗电100千瓦，机房长达30余米。直到1958年，电子计算机的主要逻辑元件，仍然采用电子管。通常称它们为第一代电子计算机。1958年后，晶体管取代了电子管，第二代电子计算机诞生。它与第一代相比，速度提高了近百倍，体积仅是前者的几十分之一。1965年之后，中、小规模集成电路逐渐取代晶体管，又出现了以小规模集成电路为逻辑元件的第三代电子计算机。1970年以后，大规模集成电路发展很快，对电子计算机发展起到了巨大的促进作用。此后，相继出现了以大规模集成电路为主要器件的第四代电子计算机和别具一格的微处理器、微型计算机。表1-1列出了各代电子数字计算机的主要特点。

二、微型计算机的发展

1971年，美国 INTEL 公司研制成功 INTEL 4004 微处理器，它是一种 4 位并行中央处理单元 (CPU)。如果再配上相应的读/写存贮器 (RAM)、只读存贮器 (ROM) 和输入输出接口 (I/O 接口) 等芯片，就能做成型号为 MCS-4 微型计算机。同年，该公司还研制出 INTEL 8008，它是 8 位并行微处理器

微型计算机从1971到1980年共经历了三代，预计1985年即可进入第四代，平均三年左右换代一次，其发展速度是前所未有的（详见表1-2）。据统计在1975~1980年期间，其产量平均每年递增55%，价格/性能比急骤下降，如图1-1所示。

微型计算机的发展与普及应用的情况关系很大，两者往往是相辅相成的。由图1-2可以看出，微型计算机的应用范围正在不断

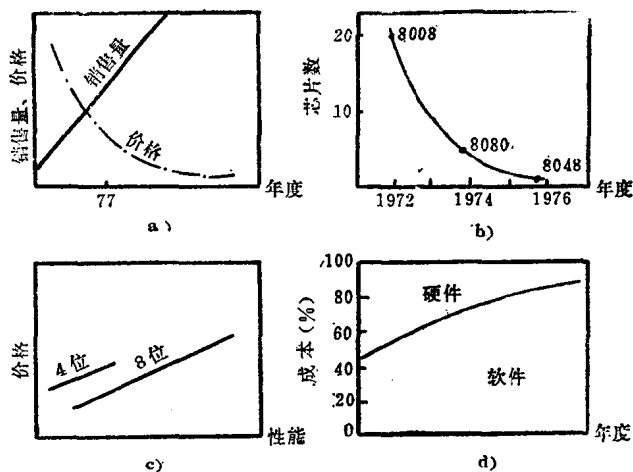


图1-1 微型计算机发展概况

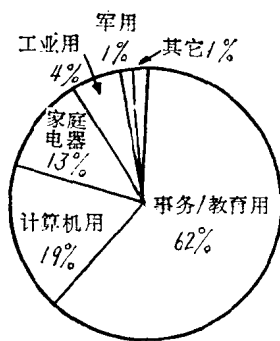
a)销售量、价格与年度的关系；b)每台所需的芯片数量与年度的关系；
c)价格与性能的关系；d)软件硬件的成本与年度的关系

各代电子数字计算机主要特点

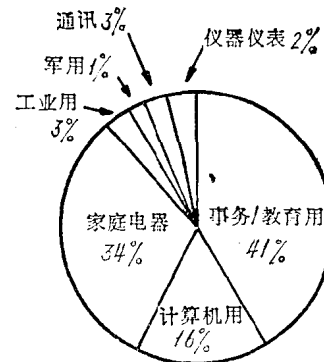
表1-1

代	年 限	逻辑元件	存 贮 器	外 部 设 备	软 件	应用范围场合
1	1946 ~ 1957	电子管	延迟线、磁鼓	打印机、磁带机、光电机	汇编语言	科学计算
2	1958 ~ 1964	晶体管	磁 芯	控制台打字机、磁鼓、磁带机、磁盘、光电机、凿孔输出机	管理程序、汇编语言、高级语言、(ALGOL-60、FORTRAN、COBOL)	科学计算、数据处理, 并开始应用于过程控制
3	1965 ~ 1970	小、中规模集成电路	磁 芯	除上述外设外, 尚有终端和通讯设备	除上述软件外, 增加了操作系统及会话语言	各方面均可应用, 范围迅速扩大
4	1971 ~	大规模集成电路	半导体集成电路	基本上同上	除上述软件外, 尚有虚拟磁盘操作系统	除上述场合外, 尚可用于综合信息, 如非数据信息

代	使用方式	字 长	指令格式	I/O控制方式	多通程序	系 列 化
1	成批处理	定字长	2 地址 3 地址 4 地址	采用程序控制, 即CPU等待方式	无	无
2	联机处理	定字长、可变字长	单地址 2 地址	采用中断方式, CPU与外设并行操作, 从而大大提高了CPU的工作效率	采用硬件扫描方式实现多道操作	分为两个系列: 1. 数学计算系列; 2. 数据处理系列
3	多用户分时使用, 共享软、硬件资源	根据用户需要, 既可定字长, 也可变字长	上述两种方式 的有机结合	在硬件上增加了通道控制器(CH), 即采用通道控制方式	由软件控制, 即由操作系统进行管理	通用系列
4	除上述外, 出现了计算机网络	根据用户需要, 既可定字长, 也可变字长	上述两种方式 的有机结合	采用智能终端, 即用一个小型或微型计算机作为外围处理机	由软件控制, 即由操作系统进行管理	通用系列



a)



b)

图1-2 微型计算机应用的分布情况

a)1974年; b)1978年

扩大, 应用于日常生活的比例迅速增加。许多国家涌现出一大批微型计算机业余爱好者, 为微型计算机的发展、应用和普及起到很大的促进作用, 例如目前深受重视的 S-100 总线, 首先是由业余爱好者提出来的。

各代微处理器主要特点

表1-2

代	年 限	主 要 特 点	典 型 产 品	备 注
1	1971 } 1972	1. 采用 PMOS 大规模集成电路 2. 采用 4~8 位并行微处理器 3. 引脚为 16~24 个 4. 指令少, 周期为 4~10 μ s 5. 没有中断, 基本属于台式计算机结构 6. 多相时钟 7. 多种电源 8. 没有软件或者只有交叉汇编程序	INTEL 4004 8008	集成度较低, 一般不超过 75 个门, 因此若构成最小系统, 所需的芯片数在 5 片以上
2	1973 } 1975	1. 采用 NMOS 或者其它工艺的大规模集成电路 2. 采用 8~16 位并行微处理器 3. 引脚 40~42 个 4. 基本指令一般为 70~80 条, 指令周期为 2 μ s 左右 5. 有一定的中断功能, 在结构上吸取了 PDP-11 的特点, 并采用了堆栈、微程序控制等新技术 6. 多相或单相时钟 7. 多种或单一电源 8. 软件有交叉、驻留汇编程序, 并配有高级算法语言, 如 BASIC、FORTRAN 和 PL/M 等非驻留解释或编译程序, 但一般不配操作系统, 仅有极少数厂家配有简单的操作系统	INTEL 8080 MOTOROLA M 6800 ROCKWELL PP-8 NATIONAL PACE 上海长江电子计算机厂 DJS-051A, 其微处理器为上海无线电十四厂生产	集成度为 1500 个门, 8~5 个芯片即可组成最小系统 较好的微型计算机, 其功能与低档小型计算机不相上下
3	1976 } 1984	1. 软件均为驻留汇编、解释、编译程序配操作系统 2. 具有丰富的可扩充的指令系统 3. 配有廉价存储器 4. 指令周期在 200ns 以下, 存取周期为 100ns 以下 5. 提供许多简单、便于使用并且可编程的各种接口 6. 多数为单相时钟、单电源	INTEL 8086 8048 8078 MOTOROLA M68000 M6801 ZILOG Z-80 Z-8000 TI TMS 9900 FBI F 9440 等	集成度为 8000 个门 最小系统可用单片计算机 其功能一般可达高档小型计算机水平
4	1985 }	1. 采用超大规模集成电路 (VLSI) 2. 采用多处理机结构, 并配有专用微处理机 (TPU), 有的可在同一芯片上装有一定容量的 EPROM	不 详	EPROM, 可以抹掉的可编程只读存储器

三、微型计算机发展趋势

近几年微型计算机的发展趋势大致概括为以下四点:

(1) 为了满足应用的需要, 一方面尽力提高微型计算机的技术指标, 在速度与功能上赶超小型电子计算机的水平, 在价格/性能比上同小型电子计算机进行竞争; 另一方面在结构上力求完整配套, 尽量满足各种不同用途的需要, 研制一些价格更便宜的普及型单片微计算机。

(2) 当前微型计算机的输入/输出设备比较落后, 软件落后于硬件。为了同小型电子计算机竞争, 必须致力于微型计算机的软件和外部设备的研制。

(3) 为了进一步发挥微型计算机的特点, 必须进一步提高集成电路的密度。未来的超大规模集成电路, 每个芯片上的晶体管数目将超过 10 万只, 比现在的 Z-8000 微处理机芯片的

集成度高3倍以上。

(4)为了提高微型计算机的速度与功能,进一步提高其可靠性,必须进一步改进微型计算机的结构,如研制多微处理机系统等。

第二节 微型计算机的基本原理及其特性

微型计算机是在小型电子计算机的基础上,吸取中、大型电子计算机某些新技术、借助于集成技术而发展起来的一种新型电子数字计算机。它在原理结构上同一般电子计算机有许多共性,但并非简单的“压缩”,它有许多特点。

一、微型计算机的组成

微型计算机系统是由硬件和软件两个大部分组成的。

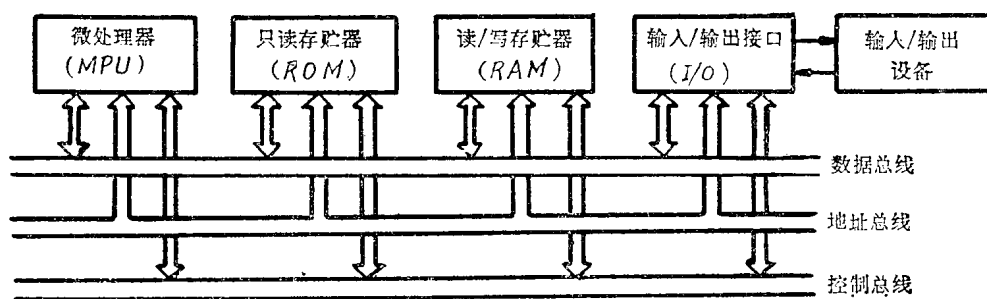


图1-3 微型计算机硬件方块图

微型计算机硬件部份如图1-3所示,主要有:

1. 数据总线

数据总线主要用于传送数据和指令,有的微型计算机还能用它传送低8位地址码。数据总线由几根导线组成,线数与位数是一一对应的,例如8位微型计算机,数据由 $D_0 \sim D_7$ 组成,数据总线也应有8根导线。

2. 地址总线

地址总线用于传送地址码。地址码类似于自动电话的号码,微型计算机总线上各器件之间的通讯,主要依靠地址码准确地沟通两者之间的联系。例如需要对内存某个单元进行存贮或读出数据,必须首先将该单元的地址码送到地址总线上,然后发出写或读的命令才能完成上述操作。

地址总线的线数不仅与地址码的位数有关,而且同地址码的传输方式有关。例如大多数的8位微型计算机,地址码是采用二进制16位($A_0 \sim A_{15}$)一次传送方式,这样就需要16根地址线。但是也有有的8位微型计算机采用分时传送方式,地址线只有 $A_8 \sim A_{15}$ 8根, $A_0 \sim A_7$ 是由数据总线进行传送的,INTEL 8085微处理器就是采用这种方式。

3. 控制总线

由图1-3可见,微处理器从与总线连接上看,似乎同总线上的其它器件并无多大区别,但是实际上它总是处于“指挥”地位,微处理器通过控制总线随时掌握各器件的状态,并可根据需要随时向有关器件发出控制命令。

4. 微型计算机芯片

连接在系统总线上的器件，诸如微处理器（MPU）、内存贮器（ROM、RAM）和输入/输出接口（I/O 接口）等，通常均采用大规模集成电路芯片，每一种型号的微处理器都有与之配套的芯片系列。例如 INTEL 8085 微处理器，同它配套的 ROM 有 8355/8755，RAM 有 8155/8156 等。这些芯片有塑料、陶瓷两种封装，均为双列直插式，如图 1-4 所示。

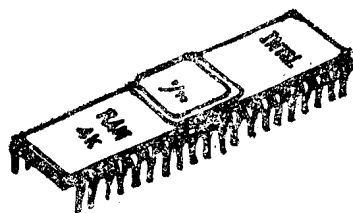


图 1-4 微型计算机芯片外型

此外，为了勾通计算机与使用者以及应用对象的联系，还必须通过 I/O 接口连接必要的外部设备（磁带机、打字机等）和外围设备（如模-数、数-模转换等）。

二、微型计算机的解题过程

电子计算机是一种能够自动高速进行运算的机器，在结构和原理上虽然比较复杂，但是在许多功能上模拟了人们的运算方法。

如果让电子计算机进行解题，通常按以下步骤进行。

1. 编写程序

图 1-3 所示的微型计算机，其中的微处理器在整个解题过程中，始终按照使用者的意图对总线上其它的器件进行操作。例如，我们需要它将存贮器地址为 4001 单元中的数（设此数为 5）和地址为 4002 单元中的数（设此数为 3）相加，并将结果（此数为 8）用打印机打出来。微处理器就会按照我们的要求，先从 4001 单元将 5 取出来，然后再从 4002 单元取出 3 来进行加法运算，最后把结果 8 送到打印机。怎样使计算机能够“领会”我们的意图？这里主要是依靠指令实现的。每一种微处理器都具有识别指令的能力，这是电子数字计算机同其它数字逻辑装置的根本差别。每一条指令都代表一定的操作内容，譬如：ADD 代表加法指令，LD 代表取数指令，OUT 代表输出指令……，这些指令都有自己的二进制代码。这样，我们想使微处理器进行什么操作，只要给它送去相应的指令就可以自动完成指定的操作。上述例子只需要三条指令就能完成，即取数指令、加法指令和输出指令。这种用指令写成的解题步骤，通常称为程序。因此，若用电子计算机进行解题，首先必须用它的指令编写程序。

2. 贮存程序

微处理器在进行解题时，它必须从存贮器中逐条读出程序中的指令，所以还需将已经编好的程序，通过输入设备（如磁带输入机等）送进存贮器（RAM）中。这些指令是按顺序连续存放在某些单元中的。上述例子如果编写成程序，它的格式应该是：

指令序号	单元地址	指令名称	操作内容说明
1	3001	取数	将 4001 单元中的数(5) 送到微处理器的累加器 A。采用立即寻址方式，取数指令是 3 个字节，则占用内存三个单元，即 3001~3003。
2	3004	加法	将 4002 单元中的数(3) 与累加器 A 中的数(5)

相加,其结果仍保留在 A 中,加法指令如果采用变址寻址,是三字节指令,则占用 3004 ~ 3006 单元。

输出指令若为双字节指令,则占用 3007 ~ 3008 单元。

这条指令告诉微处理器将 A 的内容送到打印机

这个程序共有 3 条指令,程序本身共占用存储器的 8 个单元,参加运算的操作数共占用了 2 个单元。

3. 执行程序

程序输入到存储器以后,只要告诉微处理器程序的起始地址(如上例中的 3001),然后给它送一个启动命令,微处理器就能按顺序从存储器取一条指令,执行一条指令,直到程序的全部指令执行完为止。显然,电子计算机的解题过程,完全是在程序的控制下进行的,而程序必须事先存放在存储器的连续单元中,所以又称它为程序式或者存储程序式电子计算机。

现在,我们将图 1-3 略加展开,初步介绍一下总线上主要器件的基本工作原理,并画出图 1-5。

三、存 贮 器

存储器是电子计算机存放信息的地方,这些信息在存储器单元中是用二进制表示的。存储器的主要技术指标有两个:一个是写或者读(即存或者取)一条信息所需要的时间,它反映了存储器的工作速度,是影响计算机速度的主要因素之一;另一个是存储器的容量,即最多能够存储多少个单位信息。二进制信息的单位可以用位(Bit)或者字节(Byte,八位二进制数为一个字节)来表示。通常称 1024 位为 1K Bit,1024 个字节称为 1K Byte。

1. 内存、外存

从存储器同微处理器的关系上来划分,通常将直接同微处理器进行信息交换的称为主存储器或者内存(简称内存)。它的特点是存取速度快,但容量较小。例如 16 根地址线的微型计算机,内存的最大容量不会超过 65K。其余的大容量的存储器(如磁带、磁盘等)统称为外存储器(简称为外存)。它的特点是容量大,速度较慢。例如一个双密度双面磁盘其容量可达 100 万字节。从用途上来区分,内存通常用于贮存一些经常使用的和当前要用的程序的数据,其余的放在外存,根据需要可以随时调到内存。因内存可以直接与 CPU 打交道,存放的都是计算机当前运行的数据和程序,所以有时又称它为主存,将外存称为辅助存储器,简称为付存。

2. RAM、ROM

有一种内存既可存入(写)又可取出(读)信息,称它为随机存储器或读/写存储器,简称 RAM。所谓信息由外存调至内存,实际上就是调到 RAM 中。还有一种内存需要事先把信息用专门的设备一次写好,连到总线上后,CPU 只能读不能写,称它为只读存储器,简称

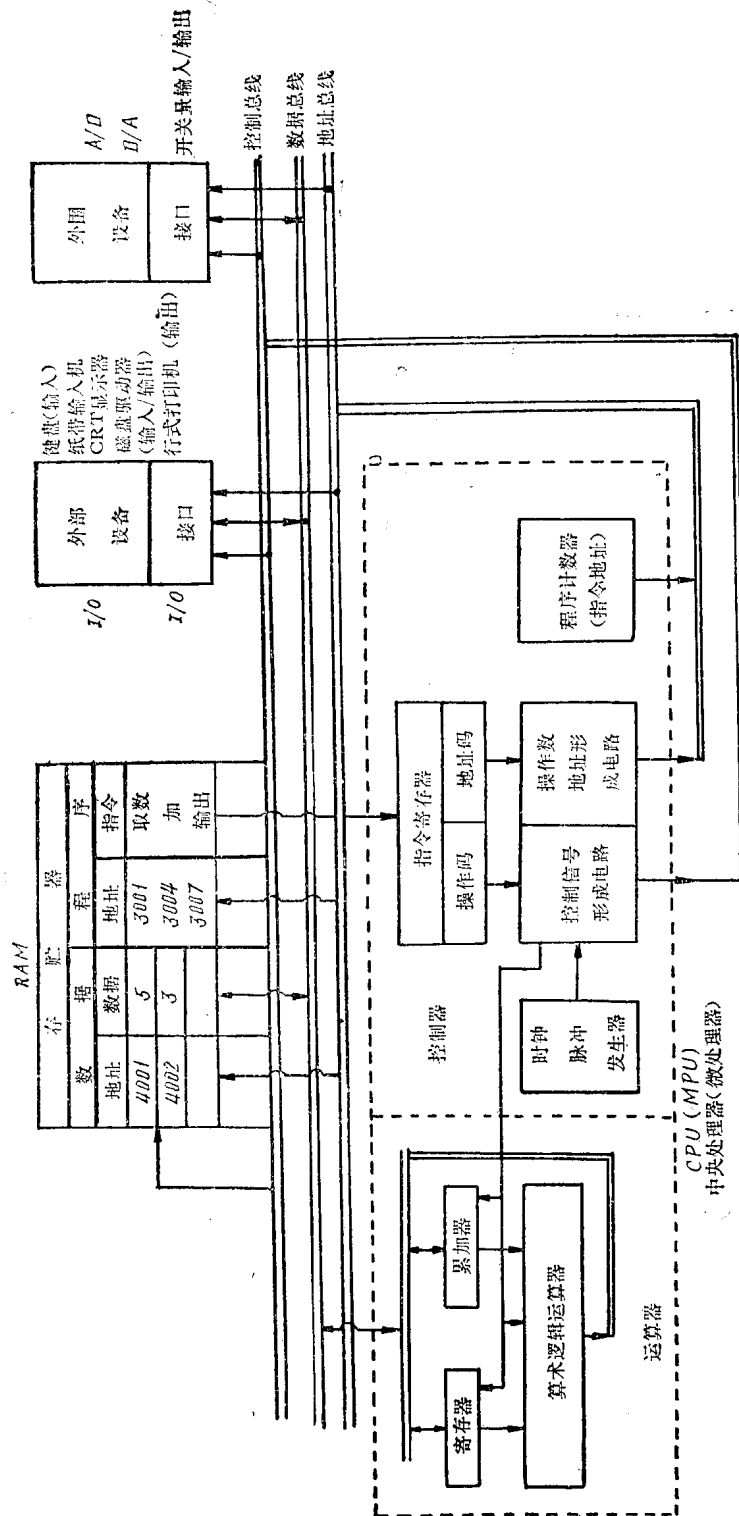


图1-5 微型计算机的基本工作原理

ROM。这种存储器通常用于存放一些机器本身最常用的程序和不变的数据。

RAM 的基本组成与工作原理可用图 1-6 略加说明。

假如微处理器要从 RAM 某个单元读信息，首先要把该单元的地址码送到地址总线，并经地址总线进入 RAM 的地址寄存器和译码器。此时地址译码器对地址码进行译码，找到这个地址的单元。CPU 还向控制总线发出“读”命令，打开控制门 M_r ，于是该单元的信息进入数据总线，微处理机可以从数据总线上读取这个信息。向 RAM 存信息的过程与上述情况类似。

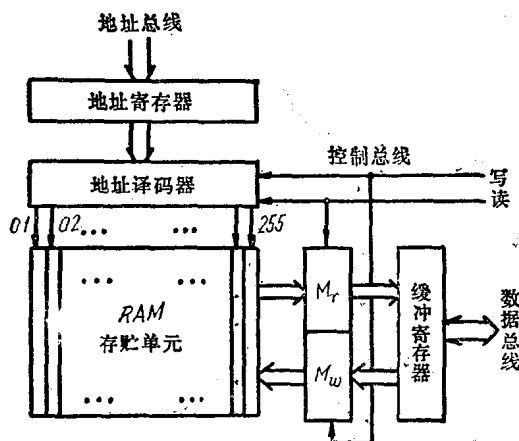


图1-6 RAM的基本组成

四、中央处理器

微处理器在系统中处于主导地位，它的结构与工作原理和小型计算机的中央处理器相似，所以也称它为中央处理器（CPU）。它包括：

1. 程序计数器（PC）

程序计数器的主要用途是自动地给出程序中的每条指令的地址，所以有时也称为指令计数器。微处理器在执行程序时，需要将该程序的起始地址送给程序计数器，并通过它把这个地址码送到地址总线。当这条指令取来之后，它能自动使其中的值增加为下一条指令的地址码。

2. 指令寄存器、译码器

各种电子数字计算机都有自己的指令系统，或者说都有自己一套指令，譬如加法、减法、比较、移位……等指令，少则几十条指令，多则几百条指令。指令和通讯中的电报码类似，只有计算机才能翻译识别自己的指令。指令也是由代码表示的，其格式为

操作码	地址码
-----	-----

。例如某 8 位微处理器的加法指令操作码为 5 位，剩下的 3 位是操作数的地址码。例如若把累加器中的数与寄存器 C 中的数相加，则这条指令的代码可写为

10000	001
-------	-----

，其中 10000 是这种加法指令的操作码，001 是 C 寄存器编号，也是操作数所在的地址。指令的操作码是标明进行何种操作，地址码是指明需要操作的数存在什么地方。

CPU 在执行程序时，必须先把指令从内存单元取到指令寄存器，再由指令译码器对指令进行译码，将操作码转变成控制信号送控制总线；将地址码部份转变为操作数的真正地址。如果该地址属于总线上的器件，则该地址码送到地址总线。这样，CPU 就能指挥总线上的有关器件，完成指令规定的操作内容。

3. 时钟脉冲发生器

CPU 在执行程序时，要同许多部分配合起来按顺序进行操作，因此仅有 CPU 发出的控制信号还不能满足要求，还必须有一个统一的“指挥节拍”。无论何种电子数字计算机，都要配备一个时钟脉冲发生器，又称为主时钟。由它产生固定频率的节拍脉冲，各部分都按照统一的节拍操作，这样才能保证在同一个时间完成一定的操作。

通常，将上述的 1、2 部分统称为控制器。它是 CPU 的主要部分之一。CPU 的另一个

重要组成部分是运算器。由图 1-5 可知，它主要由累加器、寄存器和算术逻辑运算器(ALU)组成。运算器的主要作用是：在程序的控制下进行加、减、与、或、比较和移位等操作。

4. 累加器

累加器用于存放算术和逻辑运算的结果。例如有 A、B 两个数需要加算，可先将 A 放在累加器中，再将 B 取来在 ALU 中相加，并把结果存放在累加器中。为了判别运算结果是否有进位（或借位）、是否为零等，在 ALU 中还设置了标志寄存器，如有上述情况，可使相应的标志位变为“1”。

5. 寄存器

在微处理器中，有许多寄存器。这些寄存器与存储器不同，它的存取速度较快，而且不需要通过外部总线。它的容量很少，只有几至十几个字节。根据它的用途，通常可分为两种。一种是通用寄存器，一般用于存放参加运算的数据或者运算的中间结果。有的微处理器，通用寄存器兼有其它功能。还有一种专用寄存器，它不能用于寄存数据，只具有某些特殊功能。这种寄存器有专门用于堆栈寻址的堆栈指示器（SP），有的专门用于间接寻址的间址寄存器，有些人把上述的程序计数器（PC）也算作专用寄存器。

6. 算术逻辑运算器（ALU）

ALU 的主要用途是实现算术逻辑运算。通常，ALU 的主要组成部分是加法器和控制门。

五、输入输出设备

输入输出设备可分为两类。

1. 外部设备

外部设备简称为外设，它是构成使用者与计算机之间联系的输入输出设备。微型计算机常用的外设：

（1）纸带输入机和磁带机

使用者可以将需要送进计算机的信息码在纸带上进行穿孔，有孔表示“1”，无孔表示“0”。当纸带挂到纸带输入机时，启动后纸带由它的检测元件（光电管或者电容器）来鉴别孔的有无，经放大整形送进计算机。纸带有两种规格：一种每排最多可穿 8 个孔，称为八单元纸带；另一种最多只穿 5 个孔，称为五单元纸带，如图 1-7 所示。

现在常用磁带机（即录音机）把事先录在磁带上的信息送入计算机，或把计算机中的信息存入磁带上。

（2）电传打字机

电传打字机既可以作为输入设备也可以作为输出设备。比如，使用者的程序可以用打字机送进计算机，计算机也可以把使用者所要求的信息打印出来。

（3）行式打印机

行式打印机是电子计算机的输出设备，计算机根据使用者的要求，随时输出打印。打印机同打字机在结构上有很大差

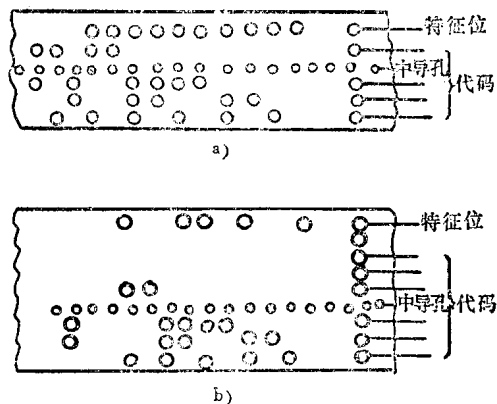


图1-7 纸带

a)五单元纸带；b)八单元纸带

别。前者是几个字符在一行上同时打印，所以打印速度较快。后者只能一次打一个字，每行按顺序逐字打印，所以打印速度较慢。

(4) 阴极射线管显示装置 (CRT)

CRT 是一种比较先进的输入/输出设备。它的特点是速度快、显示的信息量大、直观性强和使用方便等。近年来，在大中小型计算机中使用很多，成为微型计算机的主要外部设备。许多微型计算机配备专用接口和程序，可用一般民用电视机构成 CRT。有的 CRT 可利用光笔在屏幕上修改数据或图形，使用更加便利。

2. 外围设备

外围设备是沟通应用对象与计算机之间联系的输入/输出设备。常见的外围设备有：

(1) 模-数转换器 (A/D)

来自应用对象的信息多数为模拟量，例如温度、压力等，经测量仪表转换成相应的电压或电流，通常它是变化缓慢的连续信号。这些信号必须事先转换为数字量才能由计算机处理，如图 1-8 所示。这是一个 4 位 A/D 转换器工作过程的示意图。当输入端的模拟量为 0~15 伏电压时，经变换后的数字量为二进制数 0000~1111。例如，当输入端为 5 伏时，经过 A/D 转换后，输出端 D_2 、 D_0 为高电位（代表二进制数 1）， D_3 、 D_1 应为低电位（低电位代表二进制数 0），由此得到 (0101) 二进制 = (5) 十进制，这样把模拟量 5 伏变成了数字量 0101，完成了模-数转换。

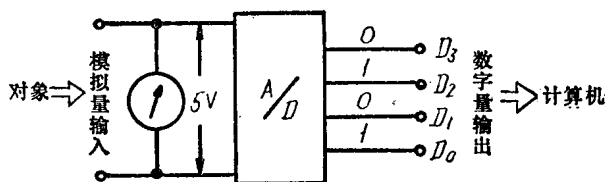


图1-8 A/D转换工作过程示意

入端的模拟量为 0~15 伏电压时，经变换后的数字量为二进制数 0000~1111。例如，当输入端为 5 伏时，经过 A/D 转换后，输出端 D_2 、 D_0 为高电位（代表二进制数 1）， D_3 、 D_1 应为低电位（低电位代表二进制数 0），由此得到 (0101) 二进制 = (5) 十进制，这样把模拟量 5 伏变成了数字量 0101，完成了模-数转换。

(2) 数-模转换器 (D/A)

数-模转换是 A/D 的反变换，它用于将数字量转换为模拟量。电子计算机用于生产过程控制，经常需要控制电动执行器进行连续调节，如利用电动调节阀去控制锅炉的水位等。由于计算机输出的是数字量，必须通过数-模转换器变成相应的模拟量，才能达到连续调节的目的。

3. 输入输出接口 (I/O 接口)

输入输出设备一般都要有 I/O 接口才能连接到计算机上，这是因为：

(1) 工作速度不一致

输入输出设备工作速度较电子计算机慢得多，如果计算机直接控制它，只能采取“等待”方式，这样降低了计算机的工作效率。解决上述问题的方法，是在两者之间加上具有缓冲寄存器的接口。例如电传打字机如果有了输出接口，计算机可在做其它工作的同时，抽空把要输出的信息和控制信息送到接口的缓冲寄存器，打字机在打印时，计算机可以继续做其它工作。当打字机将缓冲寄存器的信息打印完时，可向计算机发一个信号，通知计算机再向缓冲寄存器送下一个信息……，直到打印出全部输出信息。可见，I/O 接口应具备数据缓冲功能，并能为计算机与设备提供必要的通讯手段。

(2) 信号电平不一致

计算机的信号电平和输入输出设备的信号电平往往不一致，例如计算机输出的信号幅值不符合控制外设的要求，同时不足以驱动这些设备，这样要求接口必须解决电平转换和增加驱动能力的问题。

(3) 信号时序不一致

电子计算机送出的许多信号在时序上不可能完全满足输入输出设备的要求, 比如控制信号的宽度。由于有的输入输出设备工作速度很低, 一般要求控制信号应有一定的宽度。计算机输出的信号多数是脉冲信号, 没有接口电路无法满足要求。除控制信号之外, 某些输入信号也存在上述问题。这些问题将在以后各章详细讨论。

(4) 多台设备的识别问题

如果计算机连接的外设和外围很多, 必须设法使它能够准确地识别每台设备。解决的方法是, 将每台设备规定一个设备地址, 当计算机要同这台设备交换信息时, 可先将该设备的地址码送到地址总线, 然后通过控制总线发出读(输入)或写(输出)命令, 信息就能送到数据总线。显然, 计算机直接与服务连接无法做到这一点, 因此在两者之间必须增加一个具有译码功能的接口电路。

综上所述, I/O 接口是计算机与设备连接不可缺少的部分。它的主要功能有数据缓冲、电平时序匹配和设备地址译码等。

六、微型计算机系统

关于微型计算机方面的定义, 目前中外各种书刊的提法不一, 但多数按照图 1-9 的定义方法。该图是以 INTEL 8080 为例, 给微处理器、微处理机、微型计算机和微型计算机系统的定义, 做了较为严格的区分。当然这样定义也是相对的。随着集成规模的不断扩大, 不仅芯片品种正在减少, 而且功能划分的界限也在不断变化。

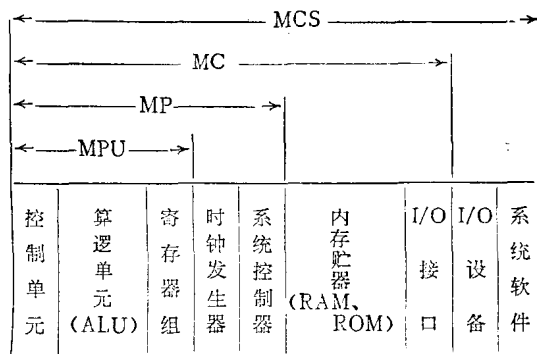


图1-9 微型计算机的定义

MPU-微处理单元或微处理器; MP-微处理机;
MC-微型计算机; MCS-微型计算机系统

七、微型计算机的硬件、软件

微型计算机系统由硬件(又称硬设备)和软件(又称软设备)两个部分组成。

1. 硬件

由图 1-9 可知, 微型计算机的硬件主要包括微处理机、存贮器及 I/O 接口与设备等。硬件为用户提供具有基本功能的逻辑单元、指令系统和信息的载体。如果仅有硬件, 人们用计算机解题只能利用机器语言编写程序。这种手编程序不仅速度很慢, 而且非常容易出错。计算机的效率不能充分发挥。自从有了软件, 许多问题得到了妥善的解决。

2. 软件

软件的产生正是为了解决手编程序、人工硬件排故、人工程序查错、人工调度管理软硬件等所带来的问题。其基本观点是, 尽量发挥计算机速度快、功能强和存贮容量大的特点, 凡是计算机能够做的事情, 一定不要由人来做, 从而减少差错, 提高效率。

微型计算机软件主要有以下几部分:

(1) 汇编程序

最初手编程序所用的机器语言, 实际上就是把指令、地址和操作数都用二进制代码和数来表示, 以便于计算机识别。因二进制数往往位数太多, 编写程序时很麻烦, 而且容易弄错,