

邮电高等
学校教材

计算机 组成原理

江又鹏 编

文瑜 审

人民邮电出版社

邮电高等学校教材

计算机组成原理

江又鹏 编
文 瑜 审

人民邮电出版社

内 容 简 介

本书比较全面、系统地介绍计算机的组成原理。全书共分九章。第一章简述计算机硬件和软件组成。第二、三章介绍计算机中的数制和码制、数据的变换方法和表达格式、实用的各种运算方法以及相应的实现电路。第四章介绍半导体RAM、ROM存储器的结构、工作原理、以及存储器的组成。第五、六章介绍计算机的指令系统、指令的执行过程、控制器的组成原理以及控制器电路的两种设计方法(常规逻辑设计法和PLA法)。第七章介绍微程序设计的基本原理和微程序控制器的设计方法。第八、九章介绍外围设备的结构和工作原理、输入输出系统的控制方法、以及典型外围接口电路的工作原理。

本书经邮电高等院校教材编审委员会审定为计算机专业的教科书,也可以作为从事计算机工作的科技人员的参考书。

JS465/12

邮电高等学校教材

计算机组成原理

江又鹏 编

文 瑜 审

责任编辑:刘惠云

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京朝阳展望印刷厂印刷

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

1989年8月 第一版

印张: 24^{12/16}页数: 198

1989年8月北京第1次印刷

字数: 622千字

印数: 1—5 500册

ISBN7-115-03943-7/TP·035

定价: 4.90元

前 言

《计算机组成原理》是为计算机专业而编写的教材。由邮电高等院校教材编审委员会审定，并推荐出版。

按计算机专业的课程安排，计算机组成原理先行课是数字逻辑，与其直接相关的后继课程有计算机体系结构及微型计算机系统等。本书是以中、小型计算机为背景讨论计算机的硬件组成，着重于基本原理的阐述。

教材的取材范围较广，它不是以某种类型计算机作为典型来组织内容的，而是联系了较多的国内外计算机类型，如DJS—100系列机、PDP—11系列机、VAX—11系列机、ACOS系列机、IBM370系列机以及某些微型机等。力求内容新颖，对中、大规模集成电路给予了相当的重视，取消了象磁芯存储器等一些陈旧内容。

在内容安排方面，按数制、运算方法和运算器、存储器、控制器、输入输出系统的顺序作了有系统的编排，在逻辑上与计算机组成情况相符，思路比较清晰，有循序渐进的特点。

本教材初稿写于1985年，曾在三届学生的教学实践中使用，也在某些兄弟院校的同类专业的教学中使用过。在此基础上，根据多方面的意见和建议进行了修改和增删，力求深入浅出地阐述计算机各组成部件的基本原理，又注意从当前较为先进的技术中吸取有关内容。

本课程的参考教学时数为70~90学时。有些内容可以采用灵活多样的教学方法，例如，对第三章中的“迭代除法”可以只讲授其基本概念，而把有关的运算方法留给有兴趣的学生去自学阅读，即采用因材施教以满足不同层次学生的要求。对第五章§5.7中的“本机方式的指令系统简介”，可以只启发性地提示一下，具体内容让学生去自学。另外，第八章外围设备内容较多，各院校可以根据自己的实际条件和学时多少，选用部分或全部内容。外围设备中的有些内容也可以采取结合观察实物进行讲解的实验室教学方法，这样可以压缩学时，并获得较好的教学效果。

本书在编写过程中，得到北京邮电学院计算机系文瑜教授、徐星宁教授的帮助和支持。文瑜教授提供了不少参考资料，并对全书稿进行了详细的审阅，提出了不少宝贵的修改意见和建议。计算机系纪增良同志为购买和索取资料作出了很大的努力。北京邮电学院计算中心许义祯同志和王敬玲同志提供了资料和实践条件。另外也得到北京邮电学院其他相关同志的帮助和支持，在此一并表示感谢！

由于作者水平有限，谬误之处在所难免，敬请读者指正。

编 者

1988年8月11日

目 录

第一章 绪 论

§ 1.1 计算机的发展概况	1
§ 1.2 存储程序的概念	2
§ 1.3 计算机的硬件组成	3
§ 1.4 计算机的软件组成	8
§ 1.5 计算机的应用	10
§ 1.6 计算机中的信息单位	12

第二章 数码系统.....14

§ 2.1 进位计数制	14
§ 2.2 各种进位制之间的相互转换	16
§ 2.3 定点数的表示方法	22
§ 2.4 浮点数的表示方法	30
§ 2.5 其他几种编码方式	37
§ 2.6 计算机中数据表示的实例	41

附表2-1 七位ASCII码表.....	44
----------------------	----

附表2-2 EBCDIC代码字符表.....	45
------------------------	----

附表2-3 八进制加法表	45
--------------------	----

附表2-4 八进制乘法表	46
--------------------	----

附表2-5 十六进制加法表	46
---------------------	----

附表2-6 十六进制乘法表	46
---------------------	----

习 题.....	47
----------	----

第三章 运算方法和运算器.....51

§ 3.1 定点加减法运算	51
---------------------	----

§ 3.2 加法器和进位的传播	56
-----------------------	----

§ 3.3 算术逻辑部件(ALU)	66
-------------------------	----

§ 3.4 定点乘法运算	74
--------------------	----

§ 3.5 高速乘法运算	83
--------------------	----

§ 3.6 定点除法运算	90
--------------------	----

§ 3.7 高速除法运算	97
--------------------	----

§ 3.8 十进制数的运算.....	104
--------------------	-----

§ 3.9 浮点数的运算.....	111
-------------------	-----

§ 3.10 微处理器算术运算功能的硬件支持.....	116
-----------------------------	-----

习 题	118
-----------	-----

第四章 半导体存储器 121 |

§ 4.1 概 述.....	121
----------------	-----

§ 4.2 随机存储器的基本存储电路.....	126
-------------------------	-----

§ 4.3 静态MOS RAM 芯片的电路分析	127
-------------------------------	-----

§ 4.4	动态MOS RAM 芯片和刷新	137
§ 4.5	只读存储器 (ROM)	142
§ 4.6	PLA和PAL器件	147
§ 4.7	存储器的组成	154
	习 题	162
第五章	指令系统	164
§ 5.1	指令按功能的分类	164
§ 5.2	指令格式	165
§ 5.3	寻址方式	168
§ 5.4	操作码的编码	178
§ 5.5	指令格式的优化	185
§ 5.6	机器语言和汇编语言	186
§ 5.7	指令系统实例—VAX—11系列机的指令系统	187
§ 5.8	RISC技术简介	207
	习 题	210
第六章	控制器	215
§ 6.1	控制器的基本硬件结构	215
§ 6.2	控制器的控制方式和时序信号	219
§ 6.3	总线	222
§ 6.4	中断系统	229
§ 6.5	指令执行流程	242
§ 6.6	控制器的常规逻辑设计法	246
§ 6.7	控制器的PLA设计法	257
	习 题	260
第七章	微程序设计	261
§ 7.1	微程序控制的基本原理	261
§ 7.2	微指令的格式	263
§ 7.3	微指令控制字段的编码	267
§ 7.4	微程序的顺序控制	268
§ 7.5	微操作的定时控制	273
§ 7.6	控存的操作方法	275
§ 7.7	微程序控制器的设计	276
§ 7.8	微程序仿真	283
§ 7.9	微程序技术的展望	285
附录	微程序控制的计算机实例	288
	习 题	293
第八章	外围设备	294
§ 8.1	磁表面存储原理	295
§ 8.2	磁记录方式及其实现电路	299
§ 8.3	磁盘存储器	307

§ 8.4	磁带存储器	313
§ 8.5	键盘输入设备	316
§ 8.6	打印设备	320
§ 8.7	显示设备	325
§ 8.8	光学字符识别设备	352
§ 8.9	穿孔信息输入设备简介	333
§ 8.10	电传打字机	335
§ 8.11	汉字处理设备	336
	习 题	344
第九章	输入输出控制	345
§ 9.1	主机与外围设备交换数据的控制方式	345
§ 9.2	中断方式实例	348
§ 9.3	直接存储器存取 (DMA) 方式	350
§ 9.4	I/O通道控制方式	352
§ 9.5	总线通信的控制	362
§ 9.6	外围接口	365
§ 9.7	外围处理机 (IOP)	372
§ 9.8	计算机外围配置实例	380
	习 题	386
	参考文献	387

第一章 绪论

本章首先简要地介绍电子数字计算机(以下简称计算机)的发展概况。然后阐明存储程序的概念,并从这个概念入手,说明计算机的硬件组成以及各大功能部件的作用。接着介绍计算机的软件组成,并说明软硬件之间相互依赖的关系。同时进一步引入总线概念,给出大中型、小型和微型计算机的结构框图。

最后叙述计算机在各个领域中的广泛应用。

§ 1.1 计算机的发展概况

自从1946年发明第一台计算机ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator)以来,至今仅四十多年的历史。然而,它发展之迅速,普及之广泛,对整个社会和科学技术的影响之深远,是任何其他学科所不及的。四十多年间,计算机已经发展了四代。在推动计算机发展的诸因素中,电子器件的发展起着决定性的作用;其次,计算机系统结构和计算机软件的发展也起着重大的作用。

从1946年至1958年,为计算机发展的第一代。这时,构成计算机的基本逻辑电路为电子管电路,计算机的体积庞大,耗电量很大,机器的可靠性很差,计算能力集中于庞大笨重中央处理机,输入/输出设备很有限,主存容量只有数百字至数千字,主要是以单机方式用于科学计算,计算机程序编制使用机器语言和汇编语言。

从1959年到1964年,为计算机发展的第二代。计算机由晶体管分立电路构成,体积和功耗都比电子管计算机小得多,运算速度提高,主存容量扩大。计算机不仅用于科学计算和过程控制,而且也用于数据处理。在软件方面引进了FORTRAN、COBOL、ALGOL等高级语言程序,设计快捷方便。

随着集成电路工艺技术的发展,在一个芯片上可以实现好多个逻辑功能,这就导致了计算机技术第三代的到来。这一时代从1965年延续到七十年代中期。第三代计算机由小规模集成电路构成,其体积进一步缩小,成本降低,性能提高。在软件方面,操作系统的成熟及其功能的日益强化大大提高了计算机的工作效率,也方便了使用。这时,小型系列机出现,人们开始考虑大、中、小型机配套使用,出现了计算机网络和数据库,微程序技术也得到了广泛的采用。

计算机发展的第四代是从七十年代中期开始。这时,计算机由大规模集成电路构成。大规模集成电路是在一块几平方毫米的半导体芯片上可以集成上千个到十几万个逻辑门,使得计算机体积更小,耗电更少,运算速度提高到每秒几百万次。计算机可靠性也进一步提高。

七十年代初,出现了微处理器,它是把计算机的运算器、控制器制作在一片大规模集成电路芯片上。把微处理器和半导体存储器芯片以及外围接口芯片等组装在一起构成了微型计算机。微型机发展极快,仅仅十几年时间,它已经历了4位机、8位机、16位机和32位机几个发展阶段。微型机体积小,价格便宜,耗电量少,灵活性大,而功能逐步增强,目前已进

入普及化阶段，广泛应用于国民经济和生活的各个领域。

当前，大规模集成电路正向超大规模集成电路发展。在超大规模集成电路中，每个芯片上集成了更多的元件，研制目标是实现每个芯片集成一亿至十亿多个逻辑门。

计算机技术正在继续向巨型机、微型机、计算机网和人工智能等几个方向发展。

为满足尖端科学研究的需要，必须发展高速、大存储容量和强功能的巨型机。目前日本富士通公司研制的超高速电子计算机每秒运算速度已达五亿次。美国正在着手研制每秒百亿次以上的超高速计算机。

美国、日本等国正在投入大量人力、财力研制第五代计算机，这是计算机科学的重大目标。第五代计算机是对下一代计算机的一个笼统称呼，目的在于说明未来计算机的能力要大大超过目前的计算机系统。但是，到目前为止，第五代计算机还没有任何确切的定义。有人认为第五代计算机应当拥有很复杂的人工智能，它不是注重数学运算，而是注重于逻辑推理。但在巨型机是否属于第五代计算机的问题上，各国的科学家存在着分歧。一部分科学家的看法是：新的巨型机不属于第五代计算机的范畴，虽然更新的巨型机会采用很不相同的工艺技术，但其工作原理并没有根本的改变。另一部分科学家则持相反的意见。尽管如此，发展方向还是明确的，目前的研究工作主要集中在如下三个方面：

(1) 人工智能处理机：例如，专家系统、自然语言处理系统、图象与声音识别系统等。

(2) 巨型机：速度将比目前的巨型机快一千倍。

(3) 多处理机：这种系统将包括成千上万台处理机。

分析家认为：在八十年代，计算机将不仅是一种经济力量，一种单纯的科学技术，而且将变成一种政治力量。各国的科学家正在全力以赴地进行工作，他们的目标是揭开物理学和电子学的奥秘，研制出新一代的计算机系统。

我国计算机工业目前已有相当大的发展，现在已制造出每秒数亿次的巨型机，也制造出采用大规模集成电路的微型机。计算机已经成为实现我国四个现代化的战略工具。

§1.2 存储程序的概念

1946年美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(John Von Neumann)等人署名的一篇题为“关于电子计算仪器逻辑设计的初步探讨”的报告中，提出了计算机组成和工作方式的基本思想，根据这篇报告提出的原则，制成了一批真空管计算机。

冯·诺依曼等人的报告内容可以简要地概括为以下四点：

一、计算机应包括运算器、存储器、控制器和输入输出设备五大基本部件。

二、各基本部件的功能是：

1. 存储器不仅能存放数据，而且也能存放指令。计算机应能区分出是数据还是指令。
2. 控制器应能自动执行指令。
3. 运算器应能进行加、减、乘、除等基本运算及附加操作。
4. 操作人员可以通过输入输出设备和主机进行互相通讯。

三、计算机内部采用二进制来表示指令和数据。每条指令一般具有一个操作码和一个地址码，其中操作码表达运算性质，地址码指出操作数在存储器中的位置。由一串指令组成程序。

四、将编好的程序和原始数据送入主存储器中，然后启动计算机工作。计算机应在不需

操作人员干预的情况下，自动完成逐条取出指令和执行指令的任务。这就是存储程序概念的基本含义。

由上看出，这篇文章介绍了一台计算机的完整的组成方式，称为冯·诺依曼计算机。到目前为止，大多数计算机仍属于这种计算机。这篇文章的重要性在于它提出了用电子技术实现存储程序的概念。也就是说，它提出的计算机组成方式，是把存储程序的概念具体化了。

§ 1.3 计算机的硬件组成

当前，任何一个计算机系统都是由系统硬件和系统软件按一定方式组成。从硬件组成的基本原理来看，一般通用计算机都具有共同的基本组成方式，即上面提到的冯·诺依曼方式，如图1-1所示。

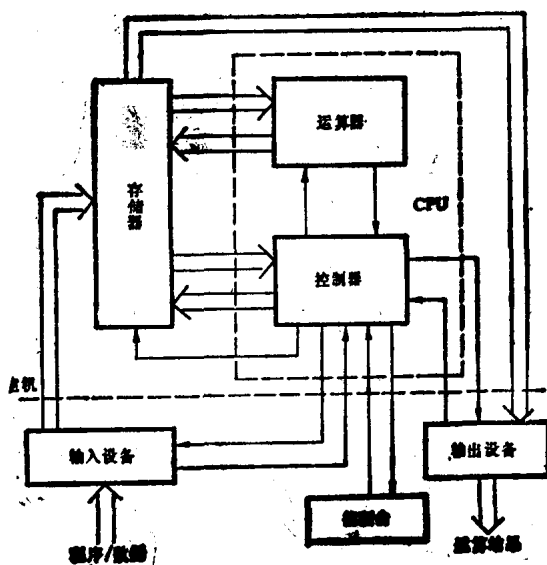


图1-1 一般数字计算机结构框图

图中示出，整个计算机由控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备五个部分组成。运算器和控制器通常合在一起称为中央处理机，简称CPU (Central Processing Unit)，如图1-1中虚线框中部分，对微型机而言，它们就做一个芯片上，称为微处理器。中央处理机和主存储器构成计算机的主体，称为主机，如图1-1中虚线上面部分就是主机部分。计算机五大部件的基本功能如下：

一、存储器 (Memory; Storage)

存储器是计算机用来存储信息的重要部件，它不仅能保存大量二进制信息，而且能读出信息由处理机进行处理，或者把新的信息写入存储器。计算机需要的存储容量是相当大的，除了用户的程序和数据外，还有大量的计算机系统软件如操作系统、高级语言的编译程序和应用软件程序包等。

一般来说，存储系统可粗分为两级：一级为内存储器（主存储器），由半导体或磁芯存

存储器组成，它的存储速度较快，但容量较小，由CPU直接访问。另一级为外存储器（辅助存储器），如磁盘存储器、磁带存储器等，它的存储速度慢，但容量可以很大，必须将它的信息传送到主存后才能由CPU进行处理。

内存储器由许多存储单元组成，每个存储单元可以存放若干位二进制代码，该代码可以是指令，也可以是数据。为区分不同的存储单元，通常把内存中全部存储单元进行统一编号，这个号码称为存储单元的地址码。当计算机要把一个代码存入某存储单元中或从某存储单元中取出时，首先要将该存储单元的地址码通知存储器，然后由存储器“查找”该地址码对应的存储单元，查到后，才能进行信息的存取。这种情形和我们在旅馆里找人，要按照他的住址（也即房间号）寻找他的过程类似。

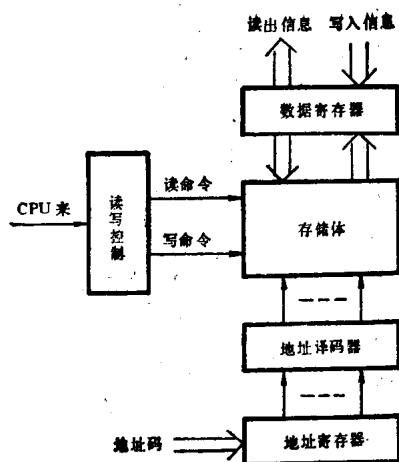


图1-2 内存储器原理框图

图1-2给出了内存储器原理框图。其中存储体是所有存储单元的集合，它是内存器的核心部件。地址寄存器MAR (Memory Address Register) 用来存放地址码，这个地址码经地址译码器译码后去选定存储单元。数据寄存器MDR (Memory Data Register) 用来存放读出的数据或准备写入的数据。由于CPU操作与存储器内部操作并不是同步的，这就需要数据寄存器在读写操作时作数据缓冲用，因此数据寄存器也称为缓冲寄存器 MBR (Memory Buffer Register)。

内存储器的工作过程可分为读出过程与写入过程。说明如下。

1. 读出过程

- (1) CPU把要读出的存储单元的地址传送到MAR，经译码后选中存储单元。
- (2) 在CPU的控制下，读写控制电路发出“读命令”。
- (3) 被选中存储单元的内容读至MDR。

2. 写入过程

- (1) CPU把要写入的数据送至MDR。
- (2) CPU把要写入的存储单元的地址传送到MAR，
- (3) 在CPU的控制下，读写控制电路发出“写令”。

(4) MDR中的数据写入被选中的存储单元。

二、运算器 (Arithmetical Unit)

运算器是执行算术运算和逻辑运算的部件。它的任务是对信息进行加工处理。在近代计算机系统中，它是由中、大规模集成电路构成。一般来说，小型机的运算器内部包括：加法器、寄存器、移位器、输入选择门等部分，如图1-3所示。

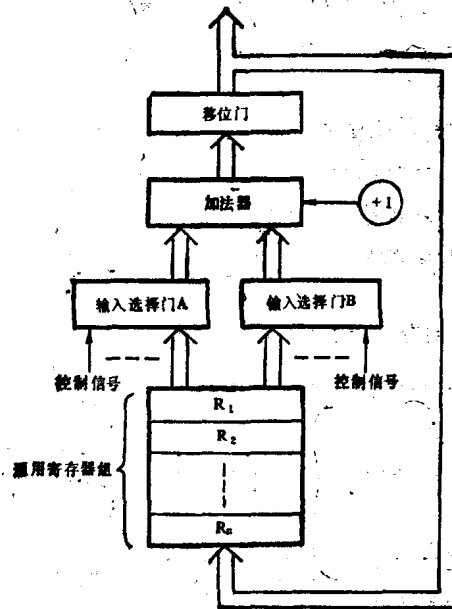


图1-3 运算器框图

运算器的核心是加法器，它负责进行各种运算操作。通用寄存器可提供参与运算的操作数，并存放运算结果。哪些数参与运算以及进行何种运算操作，通常由输入选择门的控制条件决定，移位器可实现移位传送。

运算器的操作完全由控制器进行控制。例如，要进行两个操作数相加运算 $x + y = ?$ ，假定被加数 x 已放在寄存器 R_1 中，加数 y 已放在寄存器 R_2 中，在控制器送来的控制信号的作用下，分别打开输入选择门A和输入选择门B，把 R_1 中的数 x 和 R_2 中的数 y 同时送入加法器，进行相加运算，运算结果可以存入 R_1 或 R_2 中。

功能较强的计算机具有专门的乘除部件与浮点运算部件。而大、中型计算机则具有多个包括加法器、乘法器、浮点运算器在内的运算部件以完成复杂的信息加工任务。

三、控制器 (Control Unit)

控制器是计算机的“指挥中心”，它的主要功能是按照人们预先确定的操作步骤，控制整机各部件步调一致地自动工作。

控制器要从内存中按顺序取出各条指令，每取出一条指令，就分析这条指令，然后根据指令的功能向各部件发出控制命令，控制它们执行这条指令中规定的任务。当控制器得知一条指令执行完毕后，它会自动顺序地去取下一条要执行的指令，重复上面的工作过程，只不过对不同的指令，发出不同的控制命令而已。

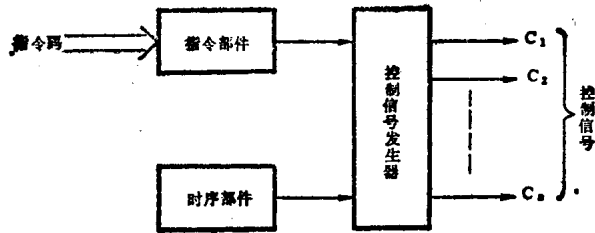


图1-4 控制器简化框图

图1-4是控制器的简化框图，图中示出，由内存储器取出的指令码送往控制器中的指令部件进行译码分析，将分析结果送至控制信号发生器；同时时序电路发出一定的时序信号也送往控制信号发生器。这样，控制信号发生器就根据指令所规定的任务，按照一定的先后顺序自动地发出各种控制信号，控制整个计算机各部件协调一致地进行操作。

四、输入/输出设备 (Input/output equipment)

输入设备的任务是把参加运算的数据和程序送入主机。常用的输入设备有：光电输入机、卡片输入机、控制台打字机、电传打字机等。

输出设备的任务是把计算机的运算结果送出。常用的输出设备有：打印机、显示器、绘图仪等。

另外，磁盘、磁带等设备是做为外存储器来使用的，它们把暂时不用的信息储存起来，以弥补主存储器容量的不足。

五、总线结构

将上述计算机硬件的五个组成部分，按某种方式用一组导线连接起来，组成一个可用的计算机硬件系统。这一组导线，通常称为“总线”，它负责各大部件之间的数据信息的传送以及控制信号的传送。

在计算机中，基本上有两股信息在流动，一种是数据和程序，即各种原始数据、中间结果和最后结果、以及程序中的指令流。另外一种一种是控制器向各部件发出的各种控制命令、各部件向控制器回送的“反馈信号”等。

采用总线结构后，计算机的系统连接就显得十分清晰，下面分别给出一种小型机的系统连接框图（图1-5）和一种微型机的典型系统连接框图（图1-6）。

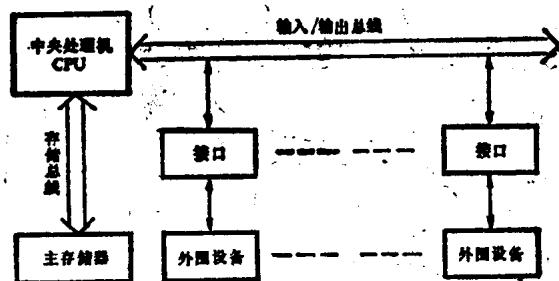


图1-5 小型机的一种系统结构框图

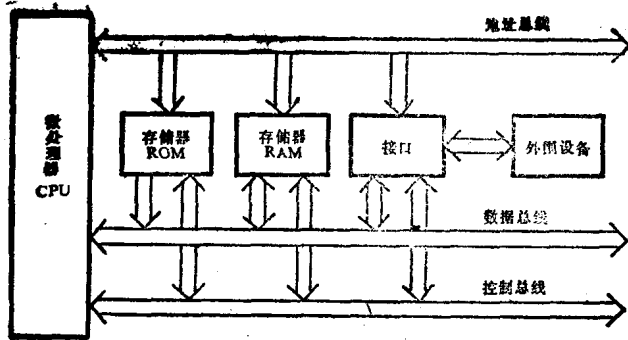


图1-6 微型机的一种系统结构框图

图1-5所示的系统结构特点是采用了两组总线。一组总线是CPU与主存储器之间的信息交换通路，称为存储总线。CPU通过这组总线从主存中取出指令，加以分析并执行；从主存中取出数据进行加工处理，并将处理结果通过该总线送回主存。另一组总线是CPU与I/O设备之间的信息交换通路，称为I/O总线。各外围设备通过接口电路悬挂于总线之上。接口是泛指主机与外围设备之间的交接部分，它通常含有暂存信息的缓冲寄存器和一些控制逻辑。

图1-6是微型计算机的典型系统连接，它的总线按所传送的信息类型分为三组，即地址总线、数据总线和控制总线，实际上这三组总线可以看成一组，是一种单总线结构。

微型计算机的主存储器采用两类芯片，常驻的一些系统程序通常固定地写入只读存储器片（ROM）中，用户程序与需要调入调出的系统程序则可使用随机存储器（RAM）。系统可配置若干块接口芯片，通过接口芯片与外围设备连接。

六、大、中型计算机的系统组成

图1-7给出了大、中型计算机的一种典型结构。在系统连接上可分为四级：主机—通道—I/O控制器—I/O设备。

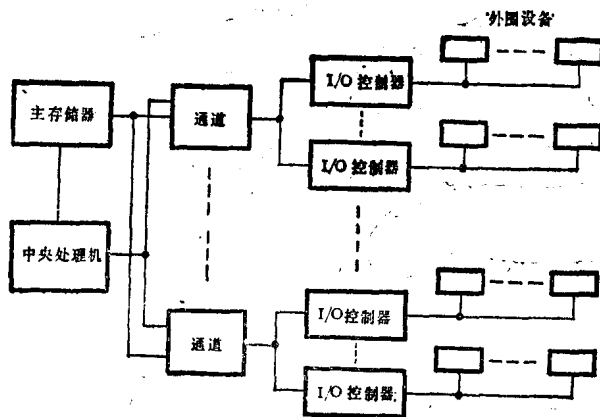


图1-7 大、中型计算机的系统结构

和图1-1所示的早期计算机结构相比，在系统连接结构上有了重要的改变，CPU不再作为整个系统的中心。这是因为，在控制器控制机器程序执行的同时，其通道可以控制通道程

序完成输入输出操作，这时，主存储器按照优先权级别分时地与各个通道和CPU交换信息。通道作为一种输入输出处理机与CPU一样连接在主存储器上。因此，在这个结构里，主存储器可以看成整个系统的中心。

这种系统结构具有较大的扩展变化余地。对较小的系统来说，可将I/O控制器与I/O设备合并在一起，将通道与CPU合并为一级。对较大的系统则单独设置通道部件。对更大的系统，通道可发展为具有更强处理功能的外围处理机，甚至演变为多处理机系统。

计算机系统组成的进一步发展是形成多处理机系统、计算机网和分布式计算机系统等。多处理机系统是由多个处理机组成，具有公用的主存储器和外部设备，由操作系统统一控制。计算机网是由多台计算机组成，各台计算机之间采用通讯线路互连，它们可以直接交换信息，共用资源，相互协调工作以形成一个整体。分布式计算机系统是在计算机网基础上发展起来的，系统中各计算机之间能并行合作，并具有高度的可靠性。

§ 1.4 计算机的软件组成

上节概述了计算机最基本的硬件组成，为了计算机的实际应用，还必需配置软件。

软件通常泛指各类程序和文件。实际上包括各种程序设计语言、系统软件、应用软件和数据库等。现简要介绍如下：

一、程序设计语言

程序设计语言是指用来编写程序的语言。通常分为机器语言、汇编语言和高级语言三类。

1. 机器语言 (Machine Language)

机器语言是一种用二进制“0”或“1”形式来表示的、能够被计算机识别和执行的语言。这种机器语言对各种不同的计算机来说一般是不相同的。用这种语言来编写程序，直观性差，容易出错，而且烦琐费时。

2. 汇编语言 (Assembly Language)

汇编语言是一种用助记符来表示的面向机器的程序设计语言。这种语言比较直观，而且容易记忆和检查。但是，计算机还不能直接识别用汇编语言编写的程序——源程序 (Source Program)。源程序要经过汇编程序 (Assembler) 的加工和翻译，才能变成机器语言表示的目标程序 (Object Program)。

由于汇编语言的语句与机器指令一一对应，不同计算机具有各不相同的汇编语言。

3. 高级语言 (High Level Language)

由于机器语言和汇编语言是面向机器的语言，对计算机的型号依赖性很大，在一种计算机上调试好的用机器语言或汇编语言编写的程序，送到另一种计算机上便不能运行。为了从根本上解决这些问题，要求创造出一种与具体的计算机无关的，表达方式接近于被描述问题且易被人们掌握的语言，这就是高级语言。

目前，世界上已有几百种不同类型的高级语言，其中得到广泛使用的只有十几种。比

如, FORTRAN 语言, 适用于大型科学计算和大型工程计算; COBOL 语言, 广泛用于商业、银行、交通等行业; PASCAL 语言, 在各领域的科研中被广泛采用; BASIC 语言是一种小型通用的交互式会话语言。它的特点是简单易学, 功能较强, 在小型机、微型机上易于实现, 因此得到了广泛应用。另外, 如 APL 语言, 适用于各种数学应用中算法描述, 能方便地进行矩阵运算; LISP 语言是编写人工智能程序的有力工具。

任何用高级语言编写的程序, 它最终要通过编译程序或解释程序翻译成机器语言后, 才能被计算机执行。由机器翻译后的目标程序与有经验的程序员用汇编语言编写的程序相比, 程序要长 15~200%, 执行时间要长 15~300%。运行高级语言程序, 要求内存容量大, 且运行时间长, 这是目前高级语言的不足之处。

二、系统软件 (System Software)

系统软件是指为了方便用户和充分发挥计算机的效能, 向用户提供的一系列软件。包括操作系统、汇编程序、解释程序、编译程序、诊断程序及程序库等。

1. 操作系统 (Operating System)

操作系统是对计算机系统资源 (包括硬件和软件等) 进行管理和控制的程序, 是用户和计算机的接口。任何一个用户都是通过操作系统来使用计算机的。

操作系统的主要功能有: 组织整个计算机的工作流程; 管理和调度各种软硬件资源; 检查程序和机器的故障; 实现计算机资源供多个用户共享等等。分时系统是操作系统的一种类型, 它能使一台计算机以分时使用的方式为许多终端用户服务。由于对每个用户都保证有足够快的响应时间, 因而可以实现多用户并行工作。

2. 汇编程序

汇编程序能把用汇编语言写成的源程序翻译成机器语言的目标程序。

3. 解释程序

解释程序能把某种高级语言编写的源程序 (如 BASIC), 翻译成机器语言的目标程序。并且每翻译一句, 就立即执行一句, 翻译完毕, 程序也执行完毕。

4. 编译程序

编译程序能把用高级语言编写的源程序, 编译成某种中间语言 (如汇编语言) 或者机器语言的目标程序。

5. 诊断程序

诊断程序的功能是检查程序的错误和计算机的故障, 并指示出错点等。

三、应用程序

应用程序是专门为解决某个应用领域里的具体任务而编制的程序, 如各种科学计算程序、数据统计与处理程序、情报检索程序、企业管理程序、生产过程自动控制程序等。由于计算机已应用到几乎所有领域, 因而应用程序将是多种多样的。

以上分别介绍了计算机的硬件和软件组成，硬件与软件的组合构成了实用的计算机系统。显然二者是相互依存的，硬件是物质基础，没有硬件或者没有良好的硬件支持就谈不上软件的执行或高效率软件的编制。反之，没有软件或没有完善的软件，计算机就无法工作或不能高效率地工作。

§ 1.5 计算机的应用

电子计算机是二十世纪最杰出的科学技术成就之一。它从诞生以来，四十多年间，已经经历了四代，目前第五代的新型计算机正在加紧研制中。计算机的高速发展大大推动了计算机技术的广泛应用。今天，计算机应用的发展速度以及其深度、广度，也远远超过了历史上任何一种技术手段和装备。不论是科研、军事、经济，还是行政、文化、教育，以至家庭生活、文体娱乐，没有哪一个领域是计算机还没有进占的。在它所到之处，不仅引起了其应用领域内的巨大变革，而且在应用实践中，对计算机本身性能的各种改进要求也纷纷提出来了。也就是说，计算机的应用也是计算机技术发展的动力。

实践表明，计算机应用技术的改进和推广，正在急剧地改变着现有社会生产方式和生活方式，已经成为社会进步的强大推动力量。

下面我们就科学计算、数据处理、计算机辅助设计、过程控制、企业管理、人工智能、通信技术等七个应用领域概括地介绍电子计算机的应用。

一、科学计算

在科学技术和工程设计中，存在大量的各类数学计算问题。它的特点是数据量不很大，但计算工作量很大、很复杂。例如解上千阶的微分方程组、几百个线性联立方程组、大型矩阵运算等，没有计算机的快速性和精确性，其他计算工具是难以解决的。

目前，在基础学科以及与经济、军事等方面密切相关的科学研究和工程项目中，存在大量这类求取数值解的复杂计算课题，使电子计算机充分显示其优势。计算机在科学计算中的应用很广。例如：在宇宙空间探索方面的人造卫星轨道计算、宇宙飞船的研制和制导；天文学中星体的演化形态学研究、编制天文年历；高能物理方面的分子、原子结构分析、可控热核反应的研究、反应堆研究、控制；生物学方面的分子结构分析；水利农业方面的水利设施的设计、水文计算；以及气象预报、水文预报、大气污染研究等等。

用计算机进行科学计算大大促进了科学研究和国民经济的发展。

二、数据处理

随着社会文明的高度发展，人类正在进入信息社会，大量的各种各样的信息不断涌现。为了更全面、深入、精确地认识和掌握这些信息所反映的问题，需要对大量信息进行分析加工，这就是数据处理的课题。

数据处理的主要功能，就是对数据信息进行收集、分类、排序、计算、传送、存储以及打印输出各种报表或各种所需的图形等。

数据处理问题的特点是要处理的原始数据量很大，而算术运算比较简单，有大量逻辑运算与判断。因此，数据处理用计算机，要求有足够大的存储容量、较强的逻辑处理功能和较丰富的输入输出外设。