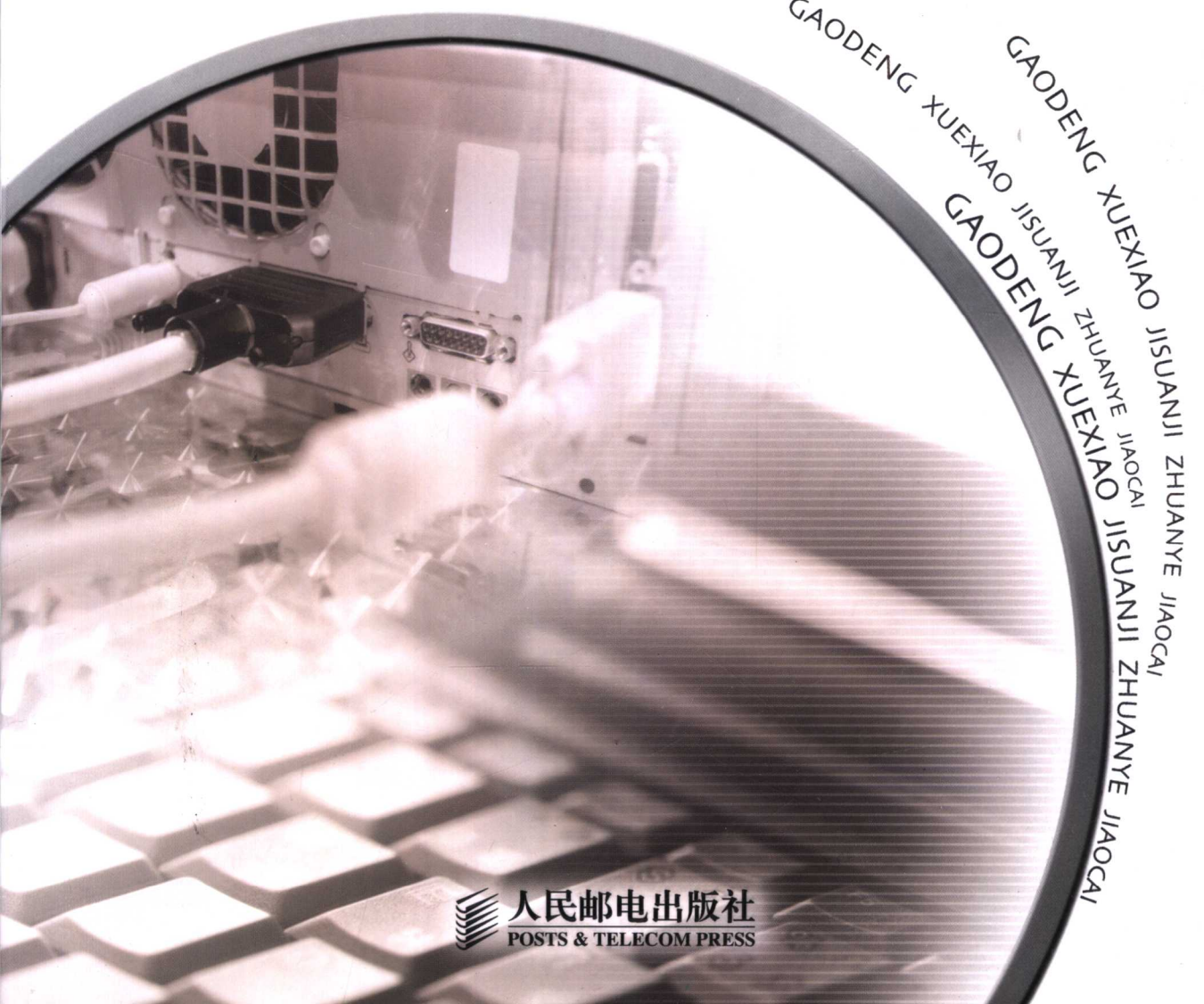


高等学校计算机专业教材

GAODENG XUEXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI

计算机 组成与结构

◎ 唐锐 华良杰 马玉良 编著



GAODENG XUEXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI
GAODENG XUEXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI
GAODENG XUEXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等学校计算机专业教材

计算机组成与结构

唐 锐 华良杰 马玉良 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成与结构 / 唐锐, 华良杰, 马玉良编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.10

高等学校计算机专业教材

ISBN 7-115-13941-5

I. 计... II. ①唐...②华...③马... III. 计算机体系结构—高等学校—教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 036000 号

内 容 提 要

本书以冯·诺依曼体系结构的基本概念和工作原理及设计方法为主要内容, 结合当前计算机发展的新技术, 对计算机的组成与结构做了全面、系统、深入的介绍, 使读者建立起计算机的整体概念。全书共分 7 章, 计算机系统概述、运算方法和运算器、存储系统、指令系统、中央处理器、总线与外围设备、输入/输出系统。

全书内容全面, 基本概念清楚, 语言通俗易懂, 注重深入浅出, 易于教学, 并配有习题。

本书既可作为计算机科学与工程技术的本科教材, 也可作为与计算机相关专业的教材; 还适合作为从事计算机工作的各类人员的参考书。

高等学校计算机专业教材

计算机组成与结构

◆ 编 著 唐 锐 华良杰 马玉良

责任编辑 张孟玮

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

河北三河市海波印务有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 19

字数: 454 千字

2006 年 10 月第 1 版

印数: 1—3 000 册

2006 年 10 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-115-13941-5/TP · 4928

定价: 25.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

编 者 的 话

“计算机组成与结构”是计算机科学与技术专业的一门核心课程，是计算机专业的主干必修课之一，也是一门承上启下的课程，是计算机硬件和软件专业的学生都必须掌握的专业知识。

本书以计算机系统层次结构的观点和信息的加工、处理为主线，结合当前计算机发展的新技术，对计算机的组成与结构做了全面、系统、深入的介绍，使读者掌握计算机硬件系统中各大部件的组成、工作原理以及各部件之间的关系，建立起计算机的整体概念。

本教材总学时数安排为 90 学时，其中理论教学 70 学时，实验教学 20 学时。在实验教学的配合下，加强学生动手能力的培养，培养学生在硬件系统方面的分析、设计、开发、使用和维护的能力。

全书共分 7 章。第 1 章对计算机系统结构概述，指出“计算机组成与结构”课程要讨论的范围和目的，概述计算机的基础知识以及计算机的发展情况，介绍计算机的组成、计算机的工作原理、计算机的系统结构，并且建立一个“整机”概念。第 2 章运算方法和运算器，从讨论运算方法入手，介绍运算器的组成和工作原理。第 3 章介绍存储系统，从存储器的组成到存储系统的构成，了解存储器的工作过程以及如何解决存储器的速度、容量、价格问题。第 4 章指令系统，介绍指令系统及其寻址方式，辅以指令系统举例，如：PDP-11、Pentium、Power PC 等指令系统。第 5 章中央处理器，主要讲述 CPU 的组成和功能，着重介绍微程序控制器，进一步掌握计算机能够自动工作的原理。特别是对微程序设计技术展开介绍，并举例讲解。第 6 章总线与外围设备，介绍系统总线的组成与结构、外围设备与主机的连接方式和 I/O 接口的基本功能，还讲述外围设备的功能以及常用的输入/输出设备的工作原理。第 7 章输入/输出系统，介绍 I/O 设备的寻址方式和 I/O 数据传送的 5 种控制方式。

本教材由唐锐担任主编。其中第 1 章由马玉良编写，第 2，5，7 章由唐锐编写，第 3，4，6 章由华良杰编写，唐锐负责统编全稿。南京大学宋方敏教授担任主审。

作者根据多年从事“计算机组成与结构”课程的教学经验，精心编写了本书。在教材中力求内容全面，基本概念清楚，语言通俗易懂，并且注重深入浅出，易于教学，章末配有习题。

本书具有配套实验设备（计算机组成原理示教板和计算机组成原理模型机），有需求者请与作者联系（chinwang@public1.ptt.js.cn 或 tangrui@njnu.edu.cn）。

由于编者水平有限，书中不当之处在所难免，殷切希望广大读者批评指正。

编著者

2006 年 1 月

目 录

第1章 计算机系统概述	1
1.1 计算机的产生和发展	1
1.1.1 计算机的产生	1
1.1.2 计算机的发展	2
1.2 计算机系统的组成	3
1.2.1 计算机硬件系统	3
1.2.2 计算机软件系统	6
1.2.3 计算机硬件与软件的关系	8
1.2.4 计算机系统层次结构	9
1.2.5 计算机系统结构的分类与发展	10
1.3 计算机的基本工作原理	12
1.3.1 冯·诺依曼的基本思想	12
1.3.2 计算机的工作过程	13
1.3.3 计算机的主要性能指标	14
1.4 计算机的分类与应用	15
1.4.1 计算机的分类	16
1.4.2 计算机的特点	17
1.4.3 计算机的应用	18
习题一	21
第2章 运算方法和运算器	22
2.1 数据的表示	22
2.1.1 数值型数据的表示	22
2.1.2 非数值型数据的表示	29
2.1.3 数据校验码	31
2.2 定点加、减法运算	33
2.2.1 补码运算基础	33
2.2.2 定点补码加法	35
2.2.3 定点补码减法	35
2.2.4 溢出处理	36
2.3 定点乘法运算	38
2.3.1 移位操作	38
2.3.2 原码一位乘法	39
2.3.3 补码二位乘法	41
2.4 定点除法运算	45
2.4.1 原码一位除法	45

2.4.2 补码一位除法	50
2.5 浮点四则运算	53
2.5.1 浮点加减法运算	53
2.5.2 浮点乘法运算	57
2.6 运算器的组成	58
2.6.1 加法器及其进位系统	58
2.6.2 算术逻辑运算单元	64
2.6.3 定点运算器的基本结构	68
2.6.4 定点运算器举例	71
2.6.5 浮点运算器	72
习题二	73
第3章 存储系统	75
3.1 存储器概述	75
3.1.1 存储器的分类	75
3.1.2 存储器的主要性能指标	76
3.1.3 主存储器的组成与工作原理	77
3.1.4 存储系统的层次结构	80
3.2 半导体随机存储器	81
3.2.1 半导体存储位元电路	81
3.2.2 半导体存储器芯片	83
3.2.3 半导体随机存储器的组成	89
3.3 半导体只读存储器	94
3.3.1 掩膜式只读存储器和可编程只读存储器	94
3.3.2 可擦除可编程只读存储器	94
3.3.3 电擦除可编程只读存储器	96
3.3.4 闪速存储器	99
3.4 并行存储器	102
3.4.1 相联存储器	102
3.4.2 多体交叉存储器	103
3.4.3 双端口存储器	105
3.5 高速缓冲存储器	107
3.5.1 Cache 工作原理	107
3.5.2 Cache 的命中率和写操作规则	108
3.5.3 映像函数	109
3.5.4 替换算法	111
3.5.5 Cache 存储器举例	112
3.6 DRAM 芯片技术和发展	113
3.7 虚拟存储器	115
3.7.1 虚拟存储器基本概念	115

3.7.2 虚拟存储器的基本管理办法	116
3.7.3 虚拟存储系统举例	121
3.8 辅助存储器	122
3.8.1 磁性材料存储原理	122
3.8.2 磁盘存储器	125
3.8.3 光盘存储器	130
3.8.4 移动存储器	134
习题三	134
第4章 指令系统	136
4.1 指令格式	136
4.1.1 指令字长度	136
4.1.2 操作码及其扩展技术	137
4.1.3 地址码	138
4.2 寻址方式	140
4.2.1 指令的寻址方式	140
4.2.2 操作数的寻址方式	141
4.2.3 寻址方式举例	147
4.3 指令系统	150
4.3.1 指令系统的要求	150
4.3.2 指令系统的发展	151
4.3.3 指令系统的分类及功能	152
4.3.4 CISC 和 RISC 指令系统	157
4.4 指令系统举例	159
4.4.1 PDP-11 指令系统	159
4.4.2 Pentium 指令系统	161
4.4.3 Power PC 指令系统	162
习题四	164
第5章 中央处理器	166
5.1 CPU 的功能与组成	166
5.1.1 CPU 的功能	166
5.1.2 CPU 的基本结构	167
5.1.3 CPU 内部数据通道	169
5.2 控制器的功能和组成	171
5.2.1 控制器的功能	171
5.2.2 控制器的组成	172
5.2.3 控制方式	173
5.3 单总线结构的操作过程	176
5.3.1 从主存中读出一个字	177
5.3.2 把一个字写入主存	177

5.3.3	寄存器间的数据传送	177
5.3.4	执行算术或逻辑操作	178
5.3.5	指令的执行过程	178
5.4	组合逻辑控制器	180
5.4.1	概述	181
5.4.2	设计举例	181
5.5	微程序控制器的原理及设计	188
5.5.1	微程序控制的基本概念	188
5.5.2	微程序控制器的组成	189
5.5.3	微指令的编码方法	190
5.5.4	微指令地址的形成	192
5.5.5	微程序设计	195
5.6	并行处理技术	204
5.6.1	并行性概念	204
5.6.2	指令流水线	205
5.7	精简指令系统计算机	208
5.7.1	RISC 的主要特点	209
5.7.2	RISC 的指令系统	209
5.7.3	RISC 硬件结构	210
	习题五	213
第 6 章	总线与外围设备	215
6.1	系统总线	215
6.1.1	总线的概念和分类	215
6.1.2	系统总线的组成和结构	216
6.1.3	总线的数据传输和定时方式	218
6.1.4	总线裁决	220
6.1.5	总线标准	222
6.2	I/O 接口	224
6.2.1	外围设备与主机的连接	224
6.2.2	I/O 接口的基本功能	225
6.2.3	I/O 接口的类型	225
6.2.4	I/O 接口举例	226
6.3	外围设备概述	231
6.3.1	外围设备的功能	231
6.3.2	外围设备的分类	232
6.3.3	外围设备的发展趋势	232
6.4	输入设备	233
6.4.1	键盘	233
6.4.2	鼠标器和轨迹球	235

6.4.3 触摸屏	236
6.4.4 图形图像输入设备	236
6.4.5 光学字符识别设备	238
6.4.6 语音识别	239
6.5 输出设备	240
6.5.1 打印设备	240
6.5.2 显示器	244
习题六	252
第7章 输入/输出系统	253
7.1 输入/输出系统概述	253
7.1.1 I/O 设备的寻址方式	253
7.1.2 I/O 数据传送控制方式	255
7.2 程序直接控制方式	257
7.2.1 无条件传送方式	257
7.2.2 条件传送方式	258
7.3 程序中断控制方式	259
7.3.1 中断的基本概念	259
7.3.2 中断的基本类型	261
7.3.3 中断系统的基本职能和结构	262
7.3.4 中断过程	267
7.3.5 外围接口中的中断控制逻辑	270
7.3.6 中断传送过程	272
7.4 直接存储器存取 (DMA) 方式	273
7.4.1 DMA 三种工作方式	274
7.4.2 DMA 接口的结构和功能	275
7.4.3 DMA 操作步骤	276
7.4.4 DMA 传送方式举例	277
7.5 通道控制方式	278
7.5.1 通道的基本概念	279
7.5.2 通道的类型和结构	280
7.5.3 通道程序	282
7.5.4 通道控制过程	285
7.6 输入/输出处理机方式	287
习题七	289
参考文献	291

第 1 章 计算机系统概述

本章首先概括地介绍电子数字计算机（以下简称计算机）的产生和发展历程。然后在介绍计算机系统组成的同时，引入计算机系统的“总线”概念，紧接着介绍计算机的工作过程，并且着重阐述“存储程序”的工作原理。最后叙述计算机的特点、性能及应用。通过本章的学习，读者能够从计算机的整体看到局部，再通过以后各章节的学习，将局部连接成整体，从而建立起一个“整机”概念。

1.1 计算机的产生和发展

计算机是一种能够自动高速地进行信息处理的现代化电子设备，它是人们采集、识别、转换、处理信息的工具。计算机的问世是人类长期努力奋斗的结果，经过几十年的不断发展，现已应用于人类生产和生活的各个方面，并且计算机科学已成为一门重要学科。

1.1.1 计算机的产生

由于科学技术的不断发展，人们迫切地需要计算速度快、精度高并且能够自动处理信息的新型电子设备。早期的计算工具有中国人独创的算盘，它采用十进制，灵活方便，至今仍在使用，但是它只能进行纯数字计算；在 16 世纪，欧洲人发明了对数计算尺，这是一种模拟式计算工具。

1642 年，法国科学家 B.Pascal 对计算工具的研究迈出了重要的一步，他基于齿轮技术制造出第一台机械计算器。该计算器能够进行加减法运算，其原理成为后来使用的手摇计算机的基本原理；今天有一种高级语言取名为 Pascal，就是为了纪念 B.Pascal。

1671 年，德国人 G.W.Leibniz 提出了乘法可以不用连续相加实现的思想，制造出了一台能够自动实现乘除法的机械计算器。他对计算科学的重要贡献是改进了计算机的设计思想，还建立了二进制的算术运算法则，为现代计算机的发展作出了部分理论准备。

1821 年，英国人 C.Babbage 成功制造了差分机，并且在此基础上提出了通用数字计算机的设计方案，方案中的计算机主要由齿轮式寄存器、运算装置和专门控制操作顺序的机构组成，但是因为得不到政府的经费支持，最后研制工作没有成功。为了纪念 C.Babbage 为计算机科学所作的贡献，1977 年在美国建立了 C.Babbage 研究所；他被公认为“计算机之父”。

20 世纪初，英国数学家 G.Boole 创立了“布尔代数”。他系统研究了逻辑思维的规律，成功地将形式逻辑归结为一种代数运算，为现代电子计算机的发展奠定了基础。而工程师 Eccles 和 Jordan 用电子管等元件构成了双稳态触发器，用来表示二进制数“1”和“0”，又

奠定了物质基础。

1936年,英国数学家 A.Turing 在发表的题为《论可计算数及其在判定问题中的应用》的论文中提出了一个计算机抽象模型,为计算机奠定了理论基础,这个模型称为“图灵机”。沿着 A.Turing 开辟的方向,计算科学理论得到迅速发展,今天的图灵奖被称为“计算机界的诺贝尔奖”。

1941年,德国工程师 K.Zuse 采用继电器制造了机电式程序控制计算机,这种计算机使用二进制数进行运算,是一台通用程序控制计算机。虽然其运算速度受到极大限制,但是机电式计算机的研制为后来计算机的诞生积累了主要的经验。

第二次世界大战期间,美国军方为了军事上的需要,急需高速、准确的计算工具来解决弹道计算问题,于是投入巨资研制新型计算工具。1946年,由宾西法尼亚大学 J.W. Mauchly 和 J.Peckert 领导的研制小组成功地研制了世界上第一台电子数字计算机(Electronic Numerical Integrator And Calculator, ENIAC)。它使用了 18 000 多个电子管,耗电 150kW,占地面积达 150m²,重约 30t,运算速度达到 5 000 次/s 加法运算。虽然 ENIAC 还存在缺陷,但还是具有划时代的意义。

1.1.2 计算机的发展

第一台计算机的诞生,为其今后的发展奠定了技术基础。计算机自诞生至今虽仅有 60 年的历史,但由于计算机卓越的功能,越来越多的人对计算机进行研究开发,使其正以惊人的速度飞速发展。

1. 计算机发展历史

60 年来,计算机的发展已经经历了四代,正在向新一代发展。在推动计算机发展的众多因素中,首先是电子器件的发展起着决定性的作用,可以说每当电子器件向前迈进一步,计算机技术亦随之发展一代;其次是计算机系统结构和计算机软件的发展也起着重要的作用。

第一代计算机(1946 年—1958 年)。其主要特点是:基本逻辑元件采用电子管,内存存储器开始采用的是延迟线,后来是磁鼓或磁芯,外存储器采用磁带,数据表示方式主要采用定点数,编制程序采用机器语言或汇编语言,运算速度一般为几千次每秒至几万次每秒,主要用途是科学计算。虽然这一代计算机的体积大、功耗高、价格昂贵而且可靠性差,但是它确立了计算机技术的发展基础。有代表性的计算机是 ENIAC、IBM650(小型机)、IBM709(大型机)。

第二代计算机(1958 年—1964 年)。其主要特点是:基本逻辑元件采用晶体管分立元件,内存存储器仍然采用磁芯,外存储器开始出现了磁盘,运算方式采用了浮点运算,其运算速度提高到十万次每秒至数百万次每秒。在这一时期,软件有了很大的发展,各种高级语言和编译程序的相继问世,使得数据处理变得相对方便。计算机的体积、功耗、价格都有所下降,其可靠性得以提高。这一时期代表性的计算机是 IBM7094、CDC7600。

第三代计算机(1964 年—1975 年)。其主要特点是:由中、小规模集成电路(IC)代替了晶体管分立元件作为基本逻辑元件,用半导体存储器代替了磁芯作为内存存储器,外存储器仍然用磁盘,采用了微程序设计技术,软件技术进一步成熟,出现了操作系统等系统软件;计算速度进一步提高,可以达到数百万次每秒至数千万次每秒。性能/价格比值上升,计算机

应用领域不断扩大,出现了系列化计算机。代表性的计算机有 IBM 360 系列以及 DEC 公司的 PDP-8 等。

第四代计算机(1975 年至今)。这一代计算机采用了大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI),内存储器普遍采用了半导体存储器,在计算机系统结构方面及软件系统方面都有了很大的发展,例如分布式计算机系统、数据库系统,平均运算速度达到 1 000 万次每秒以上,进一步提高了计算机的性能,代表性的计算机有 IBM4300 系列等。

第四代计算机的另一重要方面是微型计算机的出现。1971 年下半年,诞生了 Intel 4004 微处理器,由 Intel 公司成功地研制出第一台微型计算机 MCS-4。从这时起,微型计算机的发展非常迅速,它的体积小、功耗低、价格便宜,功能不断地得到完善。

在微型计算机发展过程中,个人计算机(Personal Computer, PC)的出现促进了计算机应用的普及。1975 年,美国 Apple 公司生产了世界第一台个人计算机 Apple II。20 世纪 80 年代初期 IBM 公司率先在 IBM PC 中使用了 Intel 8088 微处理器,并将其投放到市场。随后 Intel 公司又相继推出了 386、486、Pentium、PII、PIII、P4 微处理器,使之成为 PC 的主导产品。

2. 新一代计算机

第五代计算机是以人工智能为基础的智能型计算机。也就是说利用计算机来模拟人的某些思维过程和智能行为,如模式识别、自然语言理解、专家系统、绘画系统等。目前,美国、日本等国家都投入了大量的人力、物力和财力进行研制。第五代计算机是一个知识信息处理系统。

几十年来随着计算机的广泛应用,人们也看到了它存在的问题。例如计算机虽然有极高的运算速度和极大的存储容量,但是“感觉器官”很不发达,只能依靠几种输入设备去接收外部的信息,这就限制了计算机功能的进一步发挥;从计算机的“思维”来看,计算机采用的是事先编制好的程序,没有总结经验和自我完善的能力,同时,计算机只能按一种“不是即非”的逻辑工作,无法理解人类广泛使用的模糊概念。要使计算机能发挥出更大的作用,具有广泛的问题求解能力,我们必须为它配置高级人一机接口,还要求计算机具有解决问题的能力 and 高级的推理能力,使得计算机向着功能“巨型化”、体积“微型化”、网络化、智能化、多媒体化方向发展。

1.2 计算机系统的组成

一个完整的计算机系统由计算机硬件系统和计算机软件系统两部分组成。如果仅有硬件系统,计算机不能做任何有意义的工作,硬件仅仅是建立了计算机的物质基础;如果要计算机硬件发挥作用,必须配置软件系统,软件使计算机硬件具有了生命力。

1.2.1 计算机硬件系统

计算机硬件系统是指构成计算机的所有实体部件的集合,通常这些部件由电子元器件、导线、机械装置等物理部件组成,它们都是看得见摸得到的。计算机硬件主要由 5 大部件组成,即运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备,其中包含接口及其他外部设备。将

这些硬件按照某一种方式有机地连接起来就是硬件系统。通常将运算器和控制器称为中央处理器（Center Process Unit, CPU），CPU 和存储器一起称为主机，而输入设备和输出设备均称为外围设备。计算机基本组成框图如图 1.1 所示。

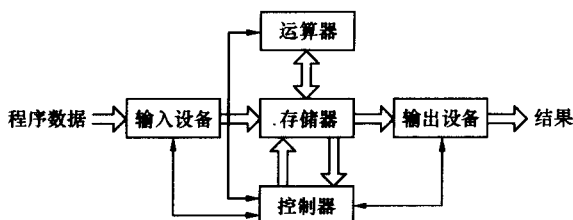


图 1.1 计算机基本组成框图

1. 计算机的主要部件

(1) 运算器

运算器是计算机的数据加工处理部件，它的主要功能是进行算术运算和逻辑运算。

运算器通常由算术逻辑运算部件（Arithmetic Logical Unit, ALU）、通用寄存器组或累加器、以及数据传送逻辑电路等组成，其结构示意图如图 1.2 所示。算术逻辑运算部件 ALU 可以完成算术运算和逻辑运算，其核心部分是加法器。寄存器组或累加器可以暂存数据，一个寄存器可以存放一个数据。

(2) 控制器

控制器是统一指挥和控制计算机各部件工作的中央机构，它的主要功能是按照人们预先确定的操作步骤，控制整个计算机的各部件协调地进行工作。

控制器主要由指令部件、时序部件、控制信号形成部件组成，其结构示意图如图 1.3 所示。控制器从内存储器中逐条地取出指令，并对该指令进行译码，产生相应的操作信号，控制计算机完成指令所规定的操作；时序部件用来产生各种时序信号，协调计算机的各部件有条不紊地工作；控制信号形成部件是控制器的核心，用来产生计算机工作时所需要的控制信号。可以用两种方式产生控制信号，一种是组合逻辑电路的方法，另一种是微程序技术。目前普遍采用第二种方式产生计算机的控制信号。

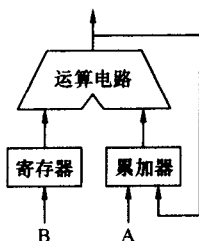


图 1.2 运算器结构示意图

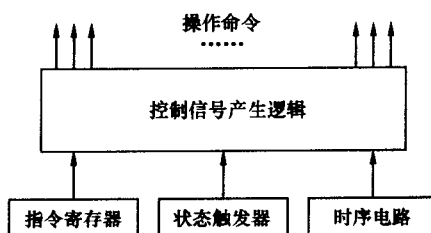


图 1.3 控制器结构示意图

(3) 存储器

存储器是计算机用来存放程序和数据部件，具有“记忆”功能。它的基本功能是按照指定的存储位置“读出”或“写入”信息。

存储器主要由地址寄存器、数据寄存器、存储体及读写控制电路等组成。其结构示意图如图 1.4 所示。地址寄存器中保存“读/写”数据的存储单元地址，数据寄存器中保存要进行“读/写”的数据。存储体中包含若干个存储单元，存储单元可以存放一个数据或一条指令。

存储器有读出和写入两个基本操作。不论进行哪一种操作，都应该事先知道存储单元的地址。为了区分存储体中的存储单元，要求为每个存储单元进行编号，这个编号就称为存储单元地址。在计算机中，表示信息的最小单位是位 (bit)，1 位可以表示二进制数“1”或“0”。我们将 8 位二进制数构成的单位称为 1 个字节 (Byte)，存储信息的最小单位是字节。将 1 个或 n 个字节构成的整体称为 1 个字 (Word)，1 个存储单元可以存放 1 个字。若存储单元的地址按照存储器中“字”的个数进行编址，称之为字地址；若存储单元的地址按照存储器中“字节”的个数进行编址，则称为字节地址。

存储器分为内存储器 (内存) 和外存储器 (外存)。内存由半导体器件 RAM 和 ROM 构成，用来存放 CPU 正在执行的指令和数据；外存由磁性材料等构成，用来存放暂时不执行的程序和数据，常用的外存有软盘、硬盘、光盘、优盘和磁带机等。

(4) 输入设备

输入设备的任务是将人们编制好的程序和原始数据送到计算机中。其功能就是将它们转换成计算机能够识别的电信号，并将这些电信号存放到计算机的存储器中。

常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、触摸屏、数码相机以及早期的纸带输入机和卡片输入机等。输入设备与主机之间通过设备接口连接，接口有数据缓冲的功能，用来解决输入设备与主机之间工作速度上的差异；接口也可以进行信息格式转换，即将字母、数字、声音、图像等信息转换成计算机能识别的代码；接口还是输入设备与主机之间的桥梁，可以向主机提供输入设备的状态，接受主机对输入设备的命令等。

(5) 输出设备

输出设备的任务是将计算机的处理结果进行输出。其功能是将计算机中用代码描述的处理结果转换成人类认识的符号进行输出。

常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪、刻录机等。输出设备与主机之间也需要通过设备接口进行连接。

外存也是外围设备，它既可以作为输入设备，又可以作为输出设备。

2. 计算机的总线结构

将计算机基本组成的 5 个部件，用一组导线按照某种方式连接起来，就构成了计算机的硬件系统，这一组导线称为总线 (Bus)，其中包括地址总线、数据总线和控制总线。

总线负责计算机中各部件之间公共信息的传递，它能分时地发送与接收各个部件的信息。在计算机中采用总线结构，可以减少信息传送线的数目，还可以提高计算机扩充内存和外设的灵活性。

计算机的组成结构形式取决于计算机各部件的功能和整机系统的性能要求，不同的计算

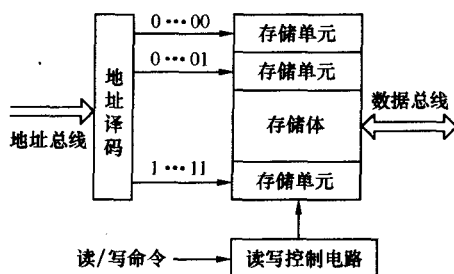


图 1.4 存储器结构示意图

机采用不同的结构形式。在此我们介绍 3 种常用的总线结构。

(1) 单总线结构

如图 1.5 所示, 用单一的一组总线将计算机的 5 大部件连接起来, 使每个部件都可以通过该总线与另一个部件通信, 这就是单总线结构。这种结构的优点是结构简单, 成本低, 便于扩充。缺点是负载大, 分时使用导致信息传输速率受到限制, 因此只用在小型计算机或微型计算机中。

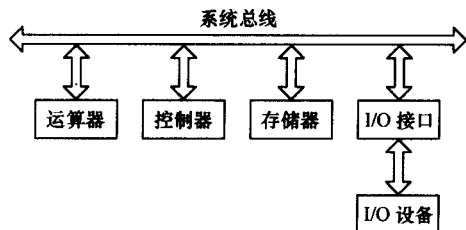


图 1.5 单总线结构

(2) 双总线结构

单总线的数据传输速度受到限制, 影响了整个计算机的工作效率。为了解决这一问题可以采用双总线结构, 这样在同一时刻, 可以使用两条总线并

行工作, 提高了计算机的工作速度。

(3) 多总线结构

为了计算机系统功能的扩大和工作效率的提高, 我们采用了多总线结构。虽然多总线结构可以提高主机和外设的并行工作能力, 但是在设计与实现上增加了难度和成本。

有关总线结构的详细介绍参看第 6 章第 6.1 节。

1.2.2 计算机软件系统

计算机软件是指程序、数据和文档, 其中文档包括程序的使用说明、程序开发过程中各阶段的文字记录等。性能优良的计算机硬件系统能否充分发挥其应有的功能, 在很大程度上取决于所配置软件的完善与丰富程度。

计算机软件系统主要包括系统软件、程序设计语言和应用软件。

1. 系统软件

系统软件是指为了方便用户使用计算机和充分发挥计算机的效率, 向用户提供的一系列软件, 其中包括操作系统、语言处理程序、支持软件等。系统软件的作用是对计算机系统进行管理、调度、监控和维护, 提供程序的运行和开发环境, 向用户提供各种服务。

(1) 操作系统

操作系统是计算机中最重要的一种系统软件, 它是一些程序模块的集合。操作系统用有效、合理的方式组织和管理计算机系统的软硬件资源, 合理地安排计算机的工作流程, 控制和支持应用程序的运行, 改善人机界面以及为应用软件提供支持, 并且向用户提供各种服务, 使得用户能方便、灵活、有效地使用计算机, 也使整个计算机系统高效率地运行。

计算机必须首先配置的软件是操作系统, 操作系统是最靠近硬件层的一种软件, 它把裸机改造成为功能更加完善的虚拟机, 使得对计算机系统的使用和管理更加方便。操作系统不仅提高了系统资源的利用率, 而且还是对计算机系统进行自动管理的控制中心。

操作系统按性能可以分为单用户操作系统、多用户操作系统、分时操作系统、实时操作系统、网络操作系统、分布式操作系统等多种。

(2) 语言处理程序

语言处理程序包括汇编程序、编译程序、解释程序, 这些语言处理程序之间的不同之处

主要体现在它们生成计算机可以执行的机器语言的过程中。

汇编程序是将用汇编语言书写的源程序翻译成用二进制代码“1”或“0”表示的机器语言，形成了计算机可以执行的机器指令代码。

编译程序是将用高级语言书写的源程序翻译成等价的机器语言程序，最终产生了一个可以在计算机上执行的目标程序。

解释程序是将用高级语言书写的源程序分段地转换为相同功能的指令序列，并且执行这段等价的指令序列，也即边解释边执行，没有产生目标程序。

(3) 支持软件

支持软件是支持其他软件的开发和维护的一种软件，也是系统软件中的一个重要组成部分。其中包括诊断程序、调试程序、链接程序、数据库管理系统等。

2. 程序设计语言

程序设计语言是人与计算机交互的工具，是用来编写程序的语言，包括机器语言、汇编语言 and 高级语言。

机器语言是用二进制代码“1”或“0”表示机器指令，计算机能够直接识别和执行的一种面向计算机硬件的程序设计语言。用机器语言编写的程序运行速度快，但是不具有通用性和可移植性。而且机器语言不便于记忆，程序编写难度大，不容易查错，属于低级语言。

汇编语言用助记符表示机器指令，这种符号化的语言称为汇编语言。汇编语言程序比机器语言程序易读、易查、易修改，还保留了机器语言执行速度快的优点，但也不具有通用性和可移植性。汇编语言也是一种面向计算机硬件的程序设计语言，属于低级语言。用汇编语言编写的程序，计算机不能直接识别，需要有一种翻译程序将其翻译成机器语言程序（二进制代码），然后计算机方可执行，这样的过程称为“汇编”。

高级语言是与人们自然习惯相近、与计算机硬件无关的一种程序设计语言。用高级语言编写程序方便，容易阅读和理解，可以提高编程效率，但是计算机不能直接执行用高级语言编写的源程序，必须经过编译程序或解释程序对高级语言源程序进行翻译，计算机才能识别并执行。由于用高级语言编写的源程序不依赖于具体的计算机硬件，因此具有较好的通用性和可移植性。

用汇编程序、编译程序或解释程序对源程序进行“翻译”的过程，如图 1.6 所示。

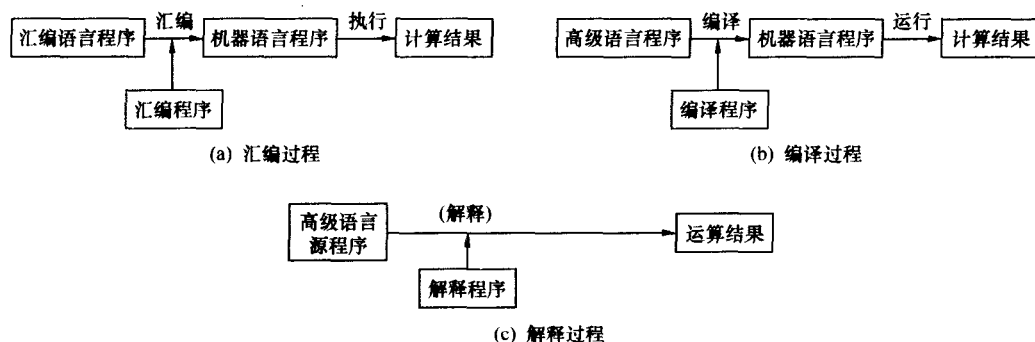


图 1.6 源程序执行过程

3. 应用软件

应用软件是指专门用于解决各种具体应用问题的应用程序。随着计算机的广泛应用，应用软件的种类有很多，例如文字处理软件 Word、电子表格软件 Excel、计算机辅助设计软件 AutoCAD、媒体播放软件 Media Player、网络通信软件 Outlook，学籍管理系统和人事管理系统等。

计算机系统的组成如图 1.7 所示。

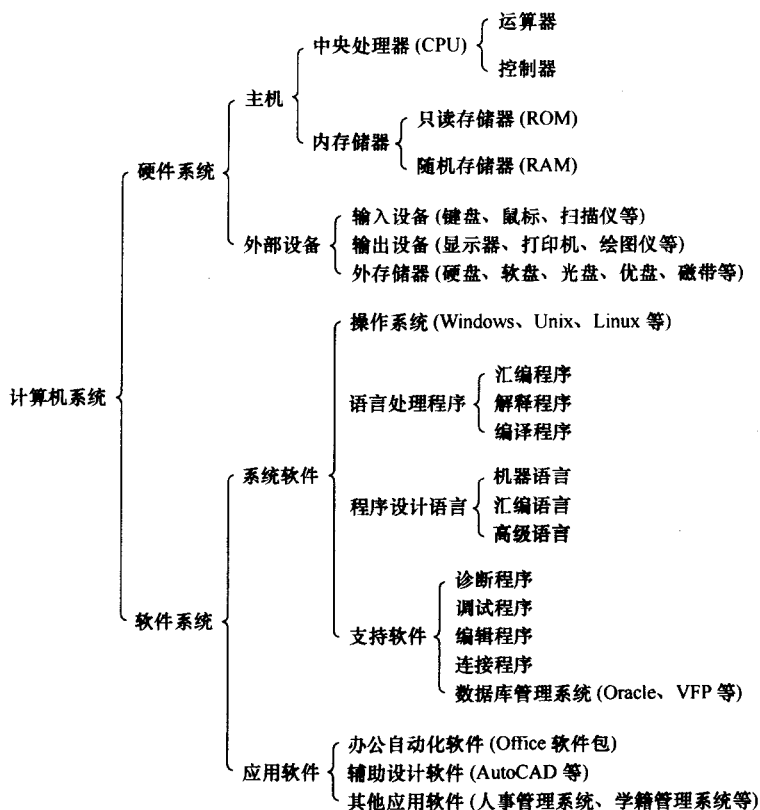


图 1.7 计算机系统的组成

1.2.3 计算机硬件与软件的关系

计算机硬件是计算机系统的物质基础，计算机软件是计算机系统的灵魂，两者是不可分割的一个整体。

在计算机系统中没有一条明确的硬件与软件的分界线，硬件与软件在逻辑功能上是等效的。也就是说，用软件实现的操作，在原理上可以用硬件来实现；同理，用硬件实现的许多操作也可以通过用软件模拟来实现。例如，乘法的运算可以有两种实现方法，一种方法是在计算机硬件中设置乘法器，用硬件来完成乘法运算，这样计算机的处理速度快，占用存储器的空间小，但是需要增加硬件，成本高；另一种是用软件（乘法子程序）的方法来完成乘法运算，这样计算机的处理速度慢，占用存储器空间大，但是不需要增加硬件，成本低。究竟采用哪种方法实现乘法运算，应该从计算机系统的速度、价格、效率和资源等方面综合考虑，