

重点大学计算机教材

HZ BOOKS
华章教育

计算机系统原理

刘真 侯方勇 周丽涛 等编著
国防科学技术大学



为教师配有电子教案



机械工业出版社
China Machine Press

重点大学计算机教材

计算机系统原理

刘真 侯方勇 周丽涛 等编著

国防科学技术大学



机械工业出版社
China Machine Press

重点大学计算机系教材

本书从硬件和软件两个方面阐述计算机系统的工作原理，内容包括：计算机系统概述、数字电路分析与设计、运算方法与运算器、指令系统与汇编语言程序设计、存储器、控制器、输入输出系统、总线、操作系统。其中，控制器部分通过一个实例，在整合前面各章所学知识的基础上，从整体上阐述计算机的工作原理；输入输出部分偏向于从微机接口与应用的角度来介绍；操作系统则从资源管理的角度进行阐述。

本书可作为高等院校非计算机专业学生的教材，也适合计算机专业非硬件类学生学习。

版权所有，侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

计算机系教材
重点大学计算机系教材

图书在版编目(CIP)数据

计算机系统原理/刘真, 侯方勇, 周丽涛等编著. —北京: 机械工业出版社, 2008. 8
(重点大学计算机教材)

ISBN 978-7-111-24781-4

I. 计… II. ①刘… ②侯… ③周… 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(2008)第 113241 号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 杨庆燕

三河市明辉印装有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·20.25 印张

标准书号: ISBN 978-7-111-24781-4

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有倒页、脱页、缺页, 由本社发行部调换

本社购书热线: (010)68326294

机械工业出版社
China Machine Press

前 言

随着计算机技术的发展,计算机已普及到社会的各个层面,它作为一种大众化的工具被各行各业的人士采用。正是在这样的大背景下,计算机组成及其工作原理已不仅仅是高等院校计算机专业的核心课程,而逐渐成为一门各专业学生都必须学习的公共必修课。

为了适应这一重大的转变,我们学校从2006年开始,在全校信息技术类专业开设了“计算机系统原理”公共专业基础课。我们对这门课的定位是介绍计算机系统的工作原理和设计理念,而不是像计算机专业那样从体系结构或设计的角度来介绍计算机的组成原理与最新技术进展。由于各专业的知识结构与基础课程不同,我们在本书中除了介绍传统的运算器、存储器、控制器、输入输出与总线外,还汇集了数字电路分析与设计、汇编语言程序设计以及操作系统等内容,其中输入输出部分偏向于从微机接口与应用的角度来介绍。通过两年的教学实践与研讨,在所有授课老师的共同努力下,逐渐形成了本书的内容与组织结构形式。

教学建议

本书以讲授为主,实验和习题课为辅。第1章重点讲解计算机层次结构与组成、存储程序原理和计算机性能评价,建议4课时。第2章重点讲解布尔函数的“标准与或”式形式与卡诺图的化简,要求掌握时序电路中状态的概念,以及利用布尔代数进行组合电路和同步时序电路的分析与设计的过程,建议8课时。第3章重点讲解定点和浮点数的表示形式,数的机器码表示特别是补码表示,计算机内原码与补码的加、减、乘法运算,以及定点运算器的组成,建议6课时。第4章重点讲解指令系统与指令格式的作用与地位,以8086 CPU为例,着重介绍标志寄存器的作用、数据的存放形式、寻址方式、指令类型与指令格式,最后介绍汇编语言程序设计方法,建议16课时。第5章重点讲解存储器的层次结构,主存储器和高速缓存的工作原理,以及半导体存储器的连接,建议8课时。第6章以一个简单计算机控制器的设计为目标,综合运用前面各章的知识;通过构建指令系统、确定指令格式、分解指令成为微操作序列、明确控制信号;通过节拍的控制完成控制器的组合电路实现;最后介绍微程序控制器的设计,建议6课时。第7章,建议结合输入输出设备的工作特点,介绍输入输出接口的作用、结构、工作方式、编址等基本知识,重点讲解中断和DMA两种输入输出工作方式;通过典型的接口芯片实例,讲解中断控制器8259A的使用以及微机系统的中断编程,运用定时/计数器8253和异步串行通信接口控制器8250编写实际的接口控制程序,建议课时为8学时。第8章重点讲解总线的概念、作用、组成结构、工作原理和设计指标,并介绍计算机系统中常用的若干种总线类型,建议2课时。第9章在讲解操作系统的发展历史与作用基础上,以资源管理为主线,着重讲解处理机管理、存储管理、文件(信息)管理、设备管理和作业管理,建议8课时。实验安排为:汇编语言实验6课时,中断实验2课时,定时器电子琴2课时,串行通信2课时。

对于非计算机专业的学生,可根据各专业的情况决定是否讲授第2章,其余章节除有星号(*)标记的小节外全部讲授;对于计算机非硬件专业的学生,第9章不讲,可根据各学校的情况,选讲第4章中的汇编语言程序设计部分。

本书共有9章。刘真编写了第2、第4章及附录,并进行了统稿。侯方勇编写了第7、第8章,周丽涛编写了第5章,姜晶菲编写了第6章,刘芳编写了第3章,任江春编写了第1章和第9章。另外,与本书相关的资料请登录华章网站(www.hzbook.com)查阅。在全书

的编写过程中，唐玉华作为系列课程负责人，对本书的编写进行了全程指导，肖依和沈立参与了所有的讨论，并提出了很多有建设性的意见。

编者结合多年的教学经验以及兄弟院校的反馈，对计算机软件、计算机应用以及网络专业的需求进行了有意识的整合，将硬件方面的知识汇集在一起，使得本书不但适合高等院校非计算机专业的学生，也适合计算机专业非硬件类学生学习。本书语言力求通俗易懂，便于自学。个别较深入的内容，都标注了星号，以供不同层次的读者选用。由于编写时间紧以及编者水平的局限，错误与不足之处在所难免，敬请读者和专家批评指正。

本书在编写过程中，得到了许多领导和同事的大力支持，特别是国防科学技术大学计算机学院领导的大力支持，使得本书得以顺利出版。本书的编写得到了许多领导和同事的大力支持，特别是国防科学技术大学计算机学院领导的大力支持，使得本书得以顺利出版。本书的编写得到了许多领导和同事的大力支持，特别是国防科学技术大学计算机学院领导的大力支持，使得本书得以顺利出版。

本书共分10章，第1章介绍计算机系统的组成及各部分的功能；第2章介绍计算机系统的层次结构；第3章介绍计算机系统的性能指标；第4章介绍计算机系统的可靠性；第5章介绍计算机系统的维护；第6章介绍计算机系统的测试；第7章介绍计算机系统的故障诊断；第8章介绍计算机系统的故障排除；第9章介绍计算机系统的故障预防；第10章介绍计算机系统的故障处理。本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材，也可供从事计算机工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中，得到了许多领导和同事的大力支持，特别是国防科学技术大学计算机学院领导的大力支持，使得本书得以顺利出版。本书的编写得到了许多领导和同事的大力支持，特别是国防科学技术大学计算机学院领导的大力支持，使得本书得以顺利出版。本书的编写得到了许多领导和同事的大力支持，特别是国防科学技术大学计算机学院领导的大力支持，使得本书得以顺利出版。

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 计算机的发展历史	1
1.1.1 计算机的产生与发展	1
1.1.2 微型计算机的出现与发展	4
1.1.3 软件技术的兴起与发展	7
1.2 计算机系统结构组成	8
1.2.1 存储程序原理	8
1.2.2 计算机硬件组成	9
1.2.3 计算机软件组成	10
1.2.4 计算机系统层次结构	12
1.3 程序在计算机中的执行过程	13
1.3.1 计算机执行的简单实例	13
1.3.2 从高级语言到机器语言	14
1.3.3 硬件执行机器语言	14
1.3.4 操作系统和服务程序的作用	16
1.4 计算机性能评价	17
1.4.1 计算机硬件技术指标	17
1.4.2 计算机性能评价准则	18
1.5 计算机的应用与发展	20
1.5.1 计算机的应用	20
1.5.2 计算机的发展	23
习题	24
第 2 章 数字电路分析与设计	26
2.1 布尔代数	26
2.1.1 布尔代数及其基本运算	26
2.1.2 布尔代数的基本公式	26
2.1.3 布尔函数及其表示方法	27
2.1.4 布尔函数的化简与实现	31
2.2 组合逻辑电路分析与设计	37
2.2.1 组合逻辑电路的分析	37
2.2.2 组合逻辑电路的设计	38
2.3 同步时序逻辑电路分析与设计	41
2.3.1 引言	41
2.3.2 触发器	43
2.3.3 同步时序逻辑电路的分析	44
2.3.4 同步时序逻辑电路的设计	46
习题	48
第 3 章 运算方法和运算器	51
3.1 数据表示方法	51
3.1.1 数据格式	51

3.1.2 数的机器码表示	53
3.1.3 字符与字符串的表示方法	59
3.1.4 可靠性编码	60
3.2 基本运算	61
3.2.1 逻辑运算	62
3.2.2 算术运算	62
3.2.3 移位运算	62
3.3 定点运算	64
3.3.1 加减法运算	64
3.3.2 定点乘法运算	66
*3.3.3 定点除法运算	72
3.4 定点运算器的组成	74
3.4.1 多功能算术逻辑运算单元	74
3.4.2 内部总线	78
3.4.3 定点运算器的基本结构	78
3.5 浮点运算方法和浮点运算器	79
3.5.1 浮点加(减)法运算	80
3.5.2 浮点乘(除)法运算	82
*3.5.3 浮点运算器	83
习题	84
第 4 章 指令系统与汇编语言程序设计	86
4.1 指令系统概述	86
4.2 8086 微机硬件结构简介	87
4.2.1 8086 CPU 及其寄存器	87
4.2.2 8086 微机系统的主存储器与堆栈	92
4.2.3 8086 CPU 能直接处理的数据及其存放形式	93
4.3 指令格式	94
4.3.1 指令长度	94
4.3.2 操作码结构	94
4.3.3 地址码结构	96
4.3.4 8086 CPU 指令格式	96
4.4 寻址方式	98
4.4.1 概述	98
4.4.2 8086 汇编语言与寻址方式有关的一些定义和约定	98
4.4.3 立即(数)寻址	99
4.4.4 直接寻址	99
4.4.5 寄存器寻址	100

4.4.6	寄存器间接寻址	100	6.1.3	指令格式	180
4.4.7	基址寻址	101	6.1.4	计算机执行过程	182
4.4.8	变址寻址	101	6.2	控制器基本设计方法	182
4.4.9	相对寻址	102	6.2.1	指令周期	182
4.4.10	基址变址寻址	102	6.2.2	控制器基本组织	183
4.5	指令与指令类型	103	6.2.3	微操作	184
4.5.1	传送类指令	104	6.2.4	控制器设计方法	185
4.5.2	算术运算类指令	108	6.3	微操作技术	188
4.5.3	位操作类指令	112	6.3.1	微操作安排	188
*4.5.4	串操作类指令	116	6.3.2	微操作控制信号设计	193
4.5.5	程序控制类指令	119	6.3.3	微操作组合电路实现	200
*4.5.6	处理器控制类指令	124	6.4	微程序技术	201
4.6	8086 汇编语言	125	6.4.1	基本原理	201
4.6.1	概述	125	6.4.2	微程序控制器构成	202
4.6.2	汇编语言源程序的结构	126	6.4.3	微程序控制器设计	202
4.6.3	伪指令	126	习题		204
4.7	子程序设计	130	第7章	输入输出系统	205
4.8	系统功能调用	134	7.1	输入输出设备	205
习题		137	7.1.1	I/O 设备概述	205
第5章	存储器	140	7.1.2	I/O 设备的工作特点	207
5.1	存储器概述	140	7.2	输入输出接口	208
5.1.1	存储器的基本概念	140	7.2.1	I/O 接口的基本作用	208
5.1.2	存储器的分类	140	7.2.2	I/O 接口的基本组成	209
5.1.3	存储器的层次结构	142	7.2.3	I/O 接口的输入输出控制方法	211
5.2	主存储器	144	7.2.4	I/O 接口的编址	215
5.2.1	概述	144	7.3	中断方式的输入输出	216
5.2.2	随机存储器	148	7.3.1	中断的基本问题	216
5.2.3	只读存储器	153	7.3.2	中断控制器	219
5.2.4	半导体存储器的连接	155	7.3.3	中断系统	224
5.3	高速缓存	162	7.4	DMA 方式的输入输出	227
5.3.1	高速缓存的工作原理	162	7.4.1	DMA 的基本问题	227
5.3.2	高速缓存-主存地址映射	163	7.4.2	DMA 控制器	230
5.3.3	高速缓存的分类	166	7.5	使用输入输出接口与设备	232
5.3.4	高速缓存的替换策略	167	7.5.1	定时/计数器 8253	232
5.4	辅助存储器	167	7.5.2	异步串行通信接口 8250	239
5.4.1	概述	167	7.5.3	并行接口芯片 8255A 简介	248
5.4.2	硬磁盘存储器	168	习题		250
5.4.3	光盘存储器	174	第8章	总线	251
5.4.4	闪存	175	8.1	总线概述	251
习题		176	8.1.1	总线的概念	251
第6章	控制器	178	8.1.2	总线的分类	251
6.1	构造一个计算机	178	8.2	总线的基本问题	252
6.1.1	实例计算机结构	178	8.2.1	总线的性能参数	252
6.1.2	指令系统	179			

8.2.2 总线设备	252	9.4.4 进程间通信	281
8.2.3 总线控制器	253	9.4.5 进程间同步与互斥	281
8.2.4 总线连接方式	253	9.4.6 进程与线程	282
8.2.5 总线复用	254	9.5 存储管理	283
8.2.6 总线定时	254	9.5.1 存储管理的概念	283
8.2.7 总线仲裁	255	9.5.2 连续存储管理方法	285
8.2.8 总线数据传送方式	255	9.5.3 非连续存储管理方法	286
8.3 常用的 I/O 总线	256	9.5.4 虚拟存储器	288
8.3.1 I/O 总线标准	256	9.6 设备管理	288
8.3.2 常用的 I/O 总线简介	257	9.6.1 设备管理的概念	289
习题	260	9.6.2 设备管理的方法	290
第 9 章 操作系统	262	9.6.3 Windows 设备管理	290
9.1 操作系统概述	262	9.7 文件管理	291
9.1.1 什么是操作系统	262	9.7.1 文件系统的概念	291
9.1.2 操作系统的发展史	263	9.7.2 文件系统的组织	292
9.1.3 操作系统的分类	266	9.7.3 文件系统的使用	293
9.1.4 常见操作系统介绍	267	9.8 作业管理	293
9.2 操作系统的功能与结构	269	9.8.1 用户使用界面	294
9.2.1 操作系统的功能	270	9.8.2 资源管理接口	295
9.2.2 操作系统的结构	271	9.9 操作系统的安全	295
9.2.3 Windows 操作系统结构剖析	273	9.9.1 操作系统的安全设计目标	295
9.3 操作系统运行机制	276	9.9.2 操作系统的安全设计原则	296
9.3.1 中断与异常	276	9.9.3 Windows 操作系统的安全 设计	297
9.3.2 核心态与用户态	277	习题	298
9.3.3 实例程序的执行	277	附录 A 汇编语言程序的上机实习 指导	299
9.4 处理机管理	278	附录 B ASCII 字符编码表	313
9.4.1 进程的概念	278	参考文献	314
9.4.2 进程的表示	279		
9.4.3 进程的控制	280		

第1章 概 述

当今世界,电脑随处可见,电脑在信息处理、辅助计算、过程模拟等领域已经成为人们的有力助手。那么,什么是电脑?电脑就是电子计算机。计算机是人类创造的加工和处理信息的工具,它具有运算速度快、运算精度高、记忆功能强、通用性广等特点,能够自动地完成各种复杂的计算。如果说人类制造的机械工具扩展了四肢的功能,制造的测试工具扩展了五官的功能,那么计算机则可以说是延伸和扩展了的大脑功能。因此,人们习惯称计算机为电脑,确也恰如其分。

那么计算机究竟是如何构成和怎样工作的呢?本书将系统地探讨计算机的基本结构、工作原理和设计方法。作为开篇,本章将首先介绍计算机及其发展历史,计算机软硬件组成概况及其层次结构,计算机的性能指标、分类,计算机的应用与发展等,使读者对计算机有一个大体了解,并为后续章节的学习奠定基础。

1.1 计算机的发展历史

计算机是20世纪人类最伟大的发明之一。它是人类文明发展的结晶,是科学技术发展的产物,是实现数字化、信息化的工具。本节我们将一同追溯计算机的诞生过程,并探寻计算机的发展历程。

1.1.1 计算机的产生与发展

计算机的发明是建立在人类对计算认识不断发展的基础上的。在漫长的历史过程中,人类对计算的认识经历了手工计算阶段、机械计算阶段和电子计算阶段。

1. 手工计算阶段

远古时代,人类只能通过穴石、结绳和刻木等简单方法记载发生过的事件。当它们所代表的具体时间无法分辨时,留下的只能是事件多少的记录。因此,穴石、绳结、刻痕只能用于记数,它们是记数工具。在与自然界的斗争中,人们逐渐不能满足于对数的简单记录,迫切需要对数进行比较,即进行计算,人们发现十指是最方便、最简单的计算工具。用十指对数进行度量,从而产生了十进制计数法,这是一大飞跃。它扩展了大脑的计算功能,以至于现今还被不少人用作计算的工具,而十进制计数法更是今天数学体系的计数制基础。

据史料记载,中国在公元前五六世纪就出现了算盘。这是人类应用时间最长、功能最完善的非自然化计算工具。人们不但制作了各种各样精巧美观的算盘,还形成了一整套运算口诀和操作方法。口诀是针对算盘的结构特点设计的基本操作命令。对不同的计算操作,可使用该命令系统的不同序列。算盘的发明是人类计算工具史上的一次大飞跃,是中华民族对人类文明的重大贡献之一。算盘如图1-1所示。

1621年,计算尺问世。这种可滑动的尺子是20世纪五、六十年代的工科大学生必备的计算工具。它用长度来模拟数值的大小,因此是一种模拟计算工具。它除了可以进行一般的四则运算外,还可进行一些复杂的非四则运算。计算尺如图1-2所示。

从穴石、绳结、刻痕、十指到算盘及计算尺,都是人工计算。由于人的技能水平、精力、智力直接影响计算的速度和正确性,因此人工计算对许多大型复杂问题的计算显得无能为力。

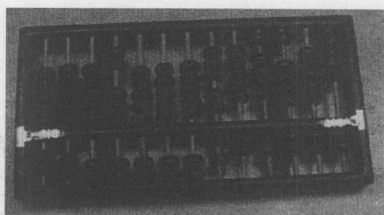


图 1-1 算盘

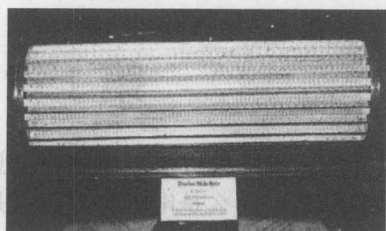


图 1-2 计算尺

2. 机械计算阶段

1642年,法国人Pascal发明了可做加减法的机械计算器,如图1-3所示。1673年,德国人Leibnitz改进了Pascal的设计,增加了乘除运算。由于生产技术的限制,直到19世纪,手摇计算机才得以商品化生产。

1812年,英国人Babbage首先提出了整个计算过程自动化的概念,并设计了第一台通用自动时序控制机械式计算机。Babbage在他的后半生花费了大部分精力和财力来制造这台计算机,可惜的是,由于当时技术水平的限制,这台计算机未能制造出来。Babbage认为自动计算机必须具有输入、输出、处理、存储、控制五大功能。另外,他还提出计算机只有具备记忆功能,能记住数据和要进行的操作步骤,并按这些步骤规定对机器进行自动控制,才能实现自动计算。这些思想的确是对现代电子数字计算机的伟大贡献。因此,人们称Babbage为“计算机之父”。

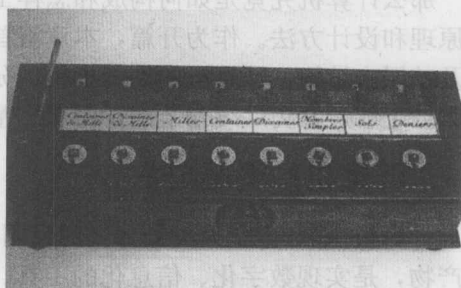


图 1-3 机械计算器

机械式计算工具虽然在这一时期取得了较大的成功,但仍要由人按照一定的步骤进行操作。从提供操作数到选择操作、得到计算结果,整个过程中频繁的人工干预限制了计算速度的提高。

3. 电子计算阶段

电子计算的理论基础是二进制,中国是发明二进制理论最早的国家。古人使用的符号为“爻(yáo)”,爻分阳爻和阴爻,可以说阳爻对应二进制中的1,阴爻对应二进制中的0。著名的《易经》将八卦和六十四卦分别用3个爻和6个爻的组合表示。Leibnitz曾致信清朝康熙皇帝说“伏羲在其推演的八卦中使用了二进制算术”。遗憾的是,这种二进制算术在中国未得到重视与发展,更谈不上应用到计算工具中去了。

1854年,英国数学家George Boole发表了《逻辑的数学分析》和《思维规律的研究》两部著作,两部著作的核心就是现代布尔代数的精髓。布尔代数把运算和逻辑理论建立在“0”和“1”两种数值以及“与”、“或”、“非”三种基本逻辑运算的基础上。布尔代数为二进制的数字计算机奠定了理论基础,也是现代所有数字式设备的理论基础。

20世纪电子技术和电子器件的不断发展为电子计算机的诞生与发展铺平了道路。1939年,美国依阿华大学教授V. Atanasoff首次试用电子元件按二进制原理制造了一台电子管计算机。1942年,他在研究生Clifford Berry的协助下制造出了一台电子管计算机ABC(Atanasoff Berry Computer),如图1-4所示。

1943年,美军缴获了德军著名的 Leopold 重炮。为研究这种重炮,美军军械部每天要向阿伯丁试验场提供 6 张火力表。一张火力表约需 3000 个不同的弹道参数,每一个弹道参数都需用几个不同的微分方程来计算。就单个参数而言,飞行时间为 60s 的弹道,用台式计算器计算需要 20 小时;即使采用当时新式的微分分析仪计算,也需要 20 分钟。为了提高计算速度,减少计算时间,美军军械部求助于宾夕法尼亚大学的摩尔电机学院,希望由他们研制新的计算机。1945 年春天,世界上第一台电子数字计算机 (Electronic Numerical Integrator and Computer, ENIAC) 开始试运行。用这台机器计算弹道参数,60s 射程的弹道计算时间由原来的 20 分钟缩短为 30 秒!

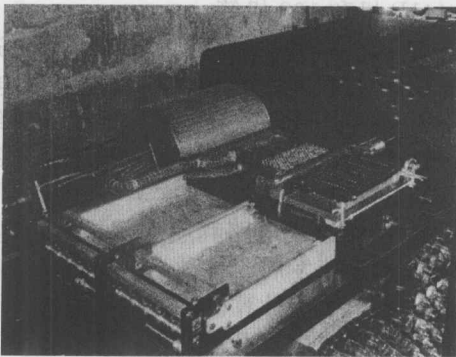


图 1-4 电子管计算机 ABC

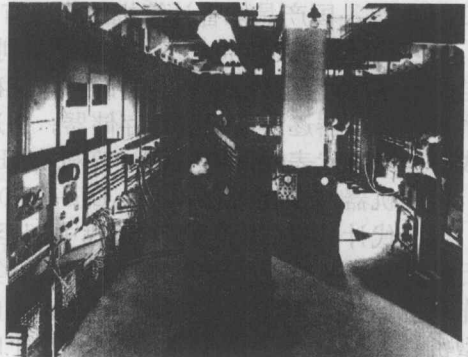


图 1-5 ENIAC

ENIAC 是一个庞然大物,它高 8 英尺、宽 3 英尺、长 100 英尺,装有 18000 个真空管、1500 个电子继电器、70000 个电阻、18000 个电容,总重 30 吨。它的性能也不高,每秒可完成 5000 次加法运算或 50 次乘法运算,可进行平方、立方、 \sin 和 \cos 函数数值运算等。

除了常规的弹道计算外,ENIAC 的工作还涉及天气预报、原子核能、风洞实验等诸多领域。著名数学家冯·诺依曼 (Von Neumann) 邀请了研制原子弹的学者在这台机器上进行了有关原子裂变的能量计算,可以说 ENIAC 为世界上第一颗原子弹的早日问世立下了汗马功劳。1949 年,ENIAC 经过 70 小时的计算,将圆周率计算到小数点后 2037 位,这是人类第一次用机器计算出来的最精确的圆周率数值。ENIAC 于 1955 年退休,10 年间它运行了 8023 小时,其算术运算量比有史以来人类大脑进行的所有运算的总和还要大得多。更重要的是,ENIAC 是一个划时代的创举,因而成为现代电子数字计算机的始祖。

1949 年,英国剑桥大学开发的 EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Computer) 成为世界上第一台通用电子数字计算机,如图 1-6 所示。从此,人类进入了电子计算的电子数字计算机时代。

从 ENIAC 算起,计算机发展至今不过半个多世纪。然而,计算机发展之迅猛,普及之广泛,对人类社会的影响之深远,是历史上任何学科所无法比拟的。迄今为止,国际公认的计算机发展经历了四个时代。在推动计算机发展的诸多因素中,电子元器件是划分各个时代最重要的标志。

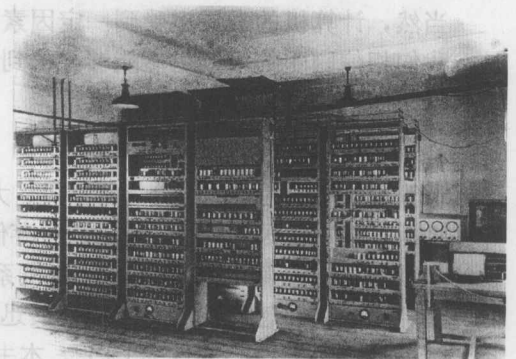


图 1-6 EDSAC

第一代计算机(20世纪40年代中期到50年代末期):以电子管作为逻辑元件,用阴极射线管、声汞延迟线、磁带和磁鼓等作为主存储器,数据主要采用定点表示,用机器语言或汇编语言编写程序。除了前述的ENIAC和EDSAC外,具有代表性的第一代计算机还有以冯·诺依曼为首研制的存储程序计算机IAS、UNIVAC-1和IBM 704,以及我国自己研制的第一代计算机,主要有104机、103机和119机等。

第二代计算机(20世纪50年代末期到60年代中期):以晶体管作为逻辑元件,磁芯作为主存储器元件,引入浮点运算硬件;建立了子程序库和批处理的管理程序;配备了FORTRAN、COBOL和ALGOL等高级语言,从而大大简化了程序设计。晶体管计算机体积小,功耗低,速度快,可靠性高。具有代表性的第二代计算机有IBM 7040、7070、7090、CDC1604等。国产晶体管计算机的代表有109机、441B机和108机等。

第三代计算机(20世纪60年代中期到70年代中期):以集成电路作为基础器件,这是微电子技术计算机技术相结合的一大突破。主要采用小规模集成电路和中规模集成电路,用半导体存储器逐渐取代磁芯存储器;引进了多道程序和并行处理等新的技术,操作系统日趋成熟。具有代表性的第三代计算机有IBM360系列、CDC6600/7600系列和CYBER系列等。国产机器代表有150、151、DJS-2000系列和DJS-1000系列等。

第四代计算机(20世纪70年代中期至今):采用大规模集成电路和超大规模集成电路,并行处理、多机系统、分布式计算机、计算机网络等技术迅速发展,各种高级语言、分布式操作系统、数据库技术竞相争艳。更重要的是,微处理器、微型计算机得到迅速发展,各种小型机、大型机、巨型机不断问世。这个时期的机器类型和代表真可谓是百花齐放,异彩纷呈。计算机进入了空前繁荣的时代。

计算机的四个时代归纳在表1-1中。

表 1-1 计算机发展的四个时代

年 代	基本器件	应用范围
1946~1958	电子管	科研院校进行科学运算
1958~1964	晶体管	工矿企业、机关事务进行数据处理工业控制
1964~1971	集成电路	出现了小型机
1971~今	LSI、VLSI	深入到社会的各个领域,出现了微机

集成电路和计算机的迅猛发展,引起了广大研究人员的高度注意。人们试图探寻其固有的发展规律。Intel公司的缔造者之一Gordon Moore在1965年提出了著名的摩尔定律,即在每18个月内集成电路的性能翻一番,集成晶体管的数量翻一番,集成电路的价格下降一半。图1-7给出了芯片近几十年的发展水平,也证明了摩尔定律的正确性。

当然,计算机的发展也受到一定因素的制约,包括芯片的功耗、工艺水平和热噪等。但是,我们相信聪明的人们仍然能够寻求到新的办法来解决这些问题,我们更相信计算机在未来可以帮助我们做更多更复杂的事情。

1.1.2 微型计算机的出现与发展

计算机按规模的不同可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型计算机。其中,微型计算机是以微处理器为基础,配以读写存储器(RAM)、只读存储器(ROM)及输入输出(I/O)设备和其他相应配套电路构成的计算机系统。微型计算机因具有体积小,可靠性高、价格低、功耗小、更新速度快等特点而发展迅速。

微型计算机的核心部件为CPU,本书主要以CPU的发展、演变过程为线索来介绍微型计算机的发展过程。

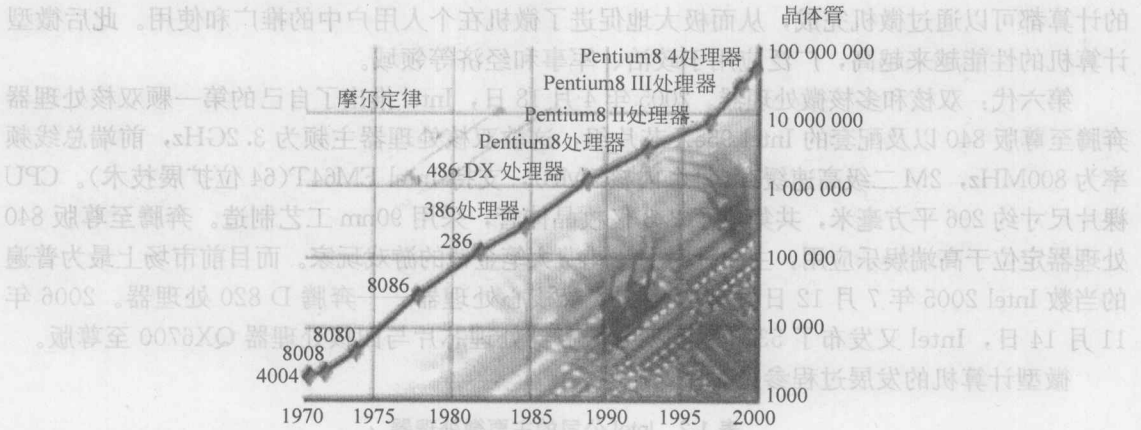


图 1-7 摩尔定律

第一代：4 位及低档 8 位微处理器。1971 年，Intel 公司推出第一片 4 位微处理器 Intel 4004，以其为核心组成了一台高级袖珍计算机。随后出现的 Intel 4040 是第一片通用的 4 位微处理器。1972 年推出的 Intel 8008 是 8 位微处理器，集成度约 2000 管/片，时钟频率 1MHz。

第二代：中、低档 8 位微处理器。1973~1974 年出现了 M6800、Rockwell 6502，它们是 8 位微处理器，集成度 5000 管/片，时钟频率 2~4MHz。这一时期，微处理器的设计和生产技术已经相当成熟，组成微机系统的其他部件也越来越齐全，系统朝着提高集成度、提高功能与速度，减少组成系统所需的芯片数量的方向发展。

第三代：高、中档 8 位微处理器。1975~1976 年出现了 Z-80、Intel 8085，它们也是 8 位微处理器，时钟频率 2~4MHz，集成度约 10000 管/片，还出现了一系列单片机。

第四代：16 位及低档 32 位微处理器。1978 年，Intel 首次推出 16 位处理器 8086(时钟频率达到 4~8MHz)，8086 的内部和外部数据总线都是 16 位，地址总线为 20 位，可直接访问 1MB 内存单元。1979 年，Intel 又推出 8086 的姊妹芯片 8088(时钟频率达到 48MHz)，集成度达到 2 万~6 万管/片。它与 8086 不同的是外部数据总线为 8 位(地址线为 20 位)。1982 年，Intel 推出了 80286(时钟频率为 10MHz)，该芯片仍然为 16 位结构，但地址总线扩展到 24 位，可访问 16MB 内存，其工作频率也较 8086 提高了许多。80286 向后兼容 8086 的指令集和工作模式(实模式)，并增加了部分新指令和一种新的工作模式——保护模式。1985 年，Intel 又推出了 32 位处理器 80386(时钟频率为 20MHz)，该芯片的内外部数据线及地址总线都是 32 位，可访问 4GB 内存，并支持分页机制。除了实模式和保护模式外，80386 还增加了一种“虚拟 8086”的工作模式，可以在操作系统控制下模拟多个 8086 同时工作。1989 年推出了 80486(时钟频率为 30~40MHz)，集成度达到 15~50 万管/片(168 个脚)，甚至上百万管/片，因此被称为超级微型机。早期的 80486 相当于把 80386 和完成浮点运算的数学协处理器 80387 以及 8KB 的高速缓存集成到一起，这种片内高速缓存称为一级(L1)缓存，80486 还支持主板上的二级(L2)缓存。后期推出的 80486 DX2 首次引入了倍频的概念，有效缓解了外部设备的制造工艺跟不上 CPU 主频发展速度的矛盾。

第五代：高档 32 位微处理器。1993 年，Intel 公司推出了新一代高性能处理器 Pentium (奔腾)，Pentium 最大的改进是它拥有超标量结构(支持在一个时钟周期内执行一至多条指令)，且一级缓存的容量增加到了 16KB，这些改进大大提升了 CPU 的性能，使得许多复杂

的计算都可以通过微机完成,从而极大地促进了微机在个人用户中的推广和使用。此后微型计算机的性能越来越高,广泛应用于政治、军事和经济等领域。

第六代:双核和多核微处理器。2005年4月18日,Intel推出了自己的第一颗双核处理器奔腾至尊版840以及配套的Intel 955X芯片组,这款双核处理器主频为3.2GHz,前端总线频率为800MHz,2M二级高速缓存(每个内核1MB),支持Intel EM64T(64位扩展技术)。CPU裸片尺寸约206平方毫米,共集成了2.3亿枚晶体管,采用90nm工艺制造。奔腾至尊版840处理器定位于高端娱乐应用,主要针对愿意花费大笔金钱的游戏玩家。而目前市场上最为普遍的当数Intel 2005年7月12日发布的第二款双核心处理器——奔腾D 820处理器。2006年11月14日,Intel又发布了5300系列四核服务器处理芯片与四核处理器QX6700至尊版。

微型计算机的发展过程参见表1-2。

表 1-2 Intel 公司的主要微处理器

产品型号	推出年份	主频	晶体管(万个)	最大主存	数据总线宽度	地址总线宽度	性能特点
4004	1971	740K	0.23	2048B	4	12	45种指令,速度50~60KIPS(每秒千条指令)
8008	1972	800K	0.33	16KB	8	14	48种指令,速度8KIPS
8086	1978	4.77~10M	2.9	1MB	16	20	2万种指令,速度2.5MIPS
80186	1982	8~16M	4	1MB	16	20	在8086基础上增加DMA和三级中断
80286	1982	8~12.5M	13.4	16MB	16	24	在80186基础上增加23种指令,速度4MIPS
80386DX	1985	16~33M	27.5	4GB	32	32	增加虚拟86模式,速度6~12MIPS
80486DX	1989	25~50M	120	4GB	32	32	增加高速缓存和80387,速度可达50MIPS
Pentium	1993	60~233M	320	4GB	32/64	32	增加片内1级高速缓存,速度达200MIPS
Pentium II	1997	233~450M	750	64GB	32/64	36	增加专用MMX的寄存器,采用双总线结构
Pentium III	1999	400M~1.4G	950	64GB	32/64	36	增加实现SSE的新指令集硬件
Pentium IV	2000	1.5~3.66G	4200	64GB	32/64	36	增加实现SSE2新指令集硬件;采用NetBurst微结构
Intel Pentium D	2005	1.6~2.4G	23000	64GB	64	36	双核设计
QX6700	2006	2.66G	58200	64GB	64	36	四核设计

微型计算机可进一步分为单片机、单板机、PC机、工作站、笔记本电脑等。其中,PC机和笔记本电脑普及和推广的速度最快。

PC机是由IBM公司于1981年首先推出,供个人使用的微型计算机,也是目前应用最为广泛的一种计算机。PC机组成模块包括主机、显示器、键盘鼠标、外部存储器及其他外部设备,其性能随着微处理器的不断发展而逐年提高。

伴随着PC机的发展,方便随时携带和使用的笔记本电脑也应运而生,并越来越受到广大用户的欢迎。1982年11月,Compaq推出第一台IBM兼容手提计算机,重28磅(约合14公斤),采用4.77MHz的Intel 8088处理器,128KB RAM,一个320KB的软盘驱动器,一个9英寸的黑白显示器。而世界上第一台真正意义上的笔记本电脑是由日本的东芝(TOSHIBA)公司于1985年推出的一款名为T1100的产品,如图1-8所示。



图 1-8 第一台笔记本 T1100

示。T1100 采用 Intel 8086 CPU, 主频不到 1MHz, 512K RAM 并带有 9 英寸的单色显示屏, 没有硬盘, 可以运行 MS-DOS 操作系统。

T1100 推出后, 立刻引起业界人士的广泛关注, 从此, 笔记本电脑迅速发展, 各种各样的新技术、新产品纷纷出现, 市场得到了全面快速的发展。1990 年, 第一台彩色显示屏笔记本电脑问世, 产品型号为东芝 T5200C, CPU 为 Intel 80386(20MHz), 内存为 2MB, 硬盘为 200MB, 显示屏为彩色 10.5 英寸 STN, 分辨率为 640×480 (VGA)。1991 年, 第一台商业上可用的、配置彩色 TFT 显示屏的笔记本电脑问世, 产品型号为 T3200SXC, CPU 为 Intel 386 SX(20MHz), 内存 1MB, 硬盘 120MB, 显示屏彩色 9.5 英寸 Active Matrix TFT, 分辨率为 640×480 (VGA)。

为了解决日益严重的笔记本电脑散热和体积大的问题, Intel 公司开始划分产品线, 于 1989 年推出了 386SL 低功耗 CPU, 起始主频为 16MHz, 这是历史上第一款笔记本电脑专用的 CPU(但并不是专门为笔记本设计的)。同当时的台式机 CPU 386DX 相比, 它仅仅是通过降低主频, 在功耗方面有所降低而已, 可以把它看作降频使用的台式机 CPU。此后, 随着技术的进步, 台式机 CPU 和笔记本电脑 CPU 的区别开始逐渐增大, 从 1994~1997 年间, Intel 先后为笔记本开发了 Voltage Reduction(1994 年出现, 可以根据情况自动调节电压, 控制功耗)、Clock Gating(1996 年出现, 作用是自动调节 CPU 主频以控制发热量)、Quick Start(1997 年开发, 在 CPU 空闲时使它进入休眠状态, 类似于 CPU 降温软件的作用)等笔记本电脑 CPU 专用技术, 并且在 1999 年开发了集以上三种技术之大成的 Speed Step 技术。至此台式机 CPU 和 mobile CPU(即笔记本专用 CPU)完全分开, 形成了两条阵线分明的产品线。

目前, 微处理器和微型计算机的还在不断发展。随着芯片集成规模的不断增强, 许多大型机甚至是巨型机中的技术不断下移到微处理器的设计当中, 微型计算机的性能不断提高, 因此微型计算机的市场仍然非常巨大。

1.1.3 软件技术的兴起与发展

伴随着计算机硬件特别是微型计算机的发展, 计算机软件也在高速发展中。在计算机刚刚问世时, “软件”的概念还未建立, 但随着计算机的发展及应用范围的扩大, 逐渐形成了软件系统。

在早期的计算机中, 使用者必须根据机器语言(即机器指令), 按解题要求编写出机器可直接运行的程序。由于机器不同, 机器语言也不同, 因此人们在不同机器上编程, 就需要熟悉不同机器的机器指令, 使用极不方便, 写出的程序也很难读懂。20 世纪 50 年代后, 逐渐形成了符号语言和汇编语言, 这种语言可以不用 0/1 编程, 改善了程序的可读性, 但它们仍是面向机器的, 即不同的机器各自有不同的汇编语言。为了使这种符号语言转变成机器能识别的语言, 人们又创造了汇编程序, 它能把汇编语言翻译成机器语言。

为了进一步摆脱对具体机器的依赖, 在汇编语言之后又出现了面向问题的高级语言, 使用高级语言编程可以不必了解机器的结构。高级语言的指令通常是一个英语单词, 词义本身反映出命令的功能。它比较接近人们习惯用的自然语言和数学语言, 使程序具有很强的可读性。

高级语言的发展同样经历了几个阶段。初级阶段的代表语言是 1954 年问世的 FORTRAN 语言, 它主要面向科学计算和工程计算。第二阶段可视为结构化程序设计阶段, 其代表是 1968 年问世的 PASCAL 语言, 它定义了一个真正的标准语言, 按严谨的结构化程序编程, 具有丰富的数据类型, 写出的程序容易读懂。第三阶段是面向对象程序设计阶段, 其代表语言是 C++。近年来, 随着网络技术的不断发展, 又出现了更适应网络环境的面向对象的 Java 语

言,而且随着 Internet 技术的发展和应用,Java 语言越来越受到人们的欢迎。

为了使高级语言描述的算法能够在机器上执行,还需要一个翻译系统。于是产生了编译程序和解释程序,它们负责把高级语言翻译成机器语言。

随着各种高级语言的出现,汇编程序、编译程序、解释程序,以及为了支持更加方便使用和开发各种应用程序而设计的其他程序一起,构成了计算机的软件系统。时至今日,人们不再关注如何将高级语言程序翻译成机器指令,而是着重考虑如何通过高级语言和各种软件工程化方法实现更多更复杂的软件系统,以便充分利用计算机的各种硬件资源,尽可能满足生活和生产的需要。

尽管软件技术兴起和发展比硬件晚,而且软件依赖于硬件功能的支持,但我们仍然应该承认,如果没有当今软件的丰富和发展,计算机系统和应用的发展也不会有这样巨大的成就,客观地说,软件的发展不断激励着微处理器和存储器性能的增长。也正因为如此,世界各国都非常重视软件人才的培养和软件产业的形成。但反过来,一个好的软件开发人员,特别是一个好的系统软件开发人员,必定要对计算机的整体有深入的了解。

1.2 计算机系统结构组成

虽然计算机类型多样,功能差别也很大,但它们的基本结构却是类似的,而且现代计算机的组成原理都相同,即都遵循美籍匈牙利数学家冯·诺伊曼(Von Neumann)于 1946 年 6 月提出“存储程序原理”。

1.2.1 存储程序原理

存储程序原理的基本思想是:计算机要自动完成解题任务,必须将事先设计好的、用以描述计算机解题过程的程序(程序即指令的有序集合)和数据一样,采用二进制形式存储在机器内部,计算机在工作时自动高速地从机器中逐条取出指令并加以执行。存储程序是计算机能自动工作的关键所在。计算机不同于计算器之处在于:计算器的解题步骤(即程序)是在执行过程中由人工临时编制和控制执行的。

近年来,尽管计算机发展迅速,结构有很大变化,性能有很大提高,但基本原理仍然采用冯·诺伊曼体系结构“存储程序原理”。冯·诺伊曼也因此被誉为“现代电子计算机之父”。按照存储程序原理,计算机必须具有五大功能:

(1) 数据传送功能

计算机必须有能力将原始数据和解题程序输入到机器中,而计算的结果和计算过程中出现的情况也能随时输出给用户。也就是说,计算机必须具有输入和输出功能。

(2) 数据存储功能

计算机应能“记住”人所提供的原始数据和解题步骤(即程序),以及解题过程中的一些中间结果,即具备数据存储功能,这是计算机能实现自动运算的关键。

(3) 数据处理功能

计算机应能进行一些最基本的算术运算和逻辑运算,从而组合成人类所需要的一切复杂的运算和处理。这是计算机进行运算、处理和控制的基础。

(4) 操作控制功能

计算机应能保证程序执行的正确性,应能对组成计算机的各部件进行协调和控制。

(5) 操作判断功能

在完成一步操作后,计算机应能从预先无法确定的几种方案中选择一种方案,从而保证

解题操作正确完成。

1.2.2 计算机硬件组成

硬件(hardware)是组成计算机的所有电子器件和机电装置的总称。硬件是构成计算机的物质基础,是计算机系统的核心。对应存储程序计算机的五大功能,计算机硬件系统由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备以及将它们联结为有机整体的总线构成,如图 1-9 所示。

1. 运算器

运算器(arithmetic unit)是进行数据处理,即执行算术运算和逻辑运算的部件。算术运算是按照算术规则进行的运算,如加、减、乘、除以及它们的复合运算。逻辑运算指非算术性运算,如比较、移位、逻辑加、逻辑减、逻辑乘、逻辑非及异或操作等。

运算器通常由算术逻辑单元(ALU)和一系列寄存器组成。ALU是具有完成算术逻辑运算的单元,由加法器及其他逻辑运算单元组成,它是运算器的核心。寄存器用于存放参与运算的操作数,运算器进行运算时,参加运算的操作数必须从主存调入寄存器。其中,有一个特殊的寄存器被称为累加器。累加器除存放操作数外,在连续运算中,还用于存放中间结果,因具有累加的功能,故称为累加器。寄存器和累加器的数据均从存储器中取得,累加器的最后结果也存储到存储器中。

2. 存储器

存储器的主要功能是存放数据和程序。程序是计算机操作的依据,数据是计算机操作的对象。它们均以二进制的形式表示。为了实现自动计算,数据和程序必须存放在存储器中。存储器就像一个庞大的仓库,它被分成一个一个的单元,每个单元存放一个数据或一条指令,存储单元的集合称为存储体。存储器可分为两类:一类称为内存储器,又称为主存储器,它的存取速度快,存储容量较小;另一类为外存储器,亦称辅助存储器,如磁盘、磁带和光盘等,它的存取速度慢,存储容量较大。

3. 输入设备

输入设备的作用是将数据、程序送入计算机。常见的输入设备有键盘、鼠标、数字化仪、扫描仪、摄像机等。它们多是电子和机电混合的装置,与运算器、存储器等纯电子部件相比速度较慢。

4. 输出设备

与输入设备相反,输出设备是将计算机处理的结果转化为人或者其他设备所能识别或接收的信息形式的装置。例如,显示器能将信息转化为字符、汉字、图形、图像;打印机能将结果打印成文件的形式;绘图机可将结果绘成图形等。输出设备也多为机电装置。

5. 控制器

控制器是计算机的管理机构和指挥中心,它协调计算机的各部件自动地工作。控制器的实质就是解释程序,它每次从存储器中读取一条指令,经过分析译码,产生一系列的控制信号,发向各个部件以控制它们的操作。

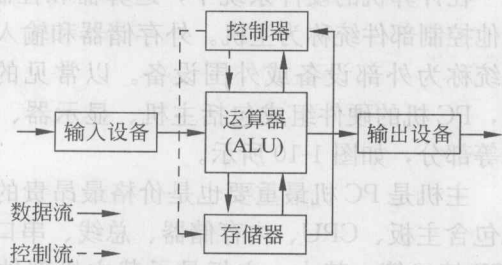


图 1-9 计算机硬件组成