

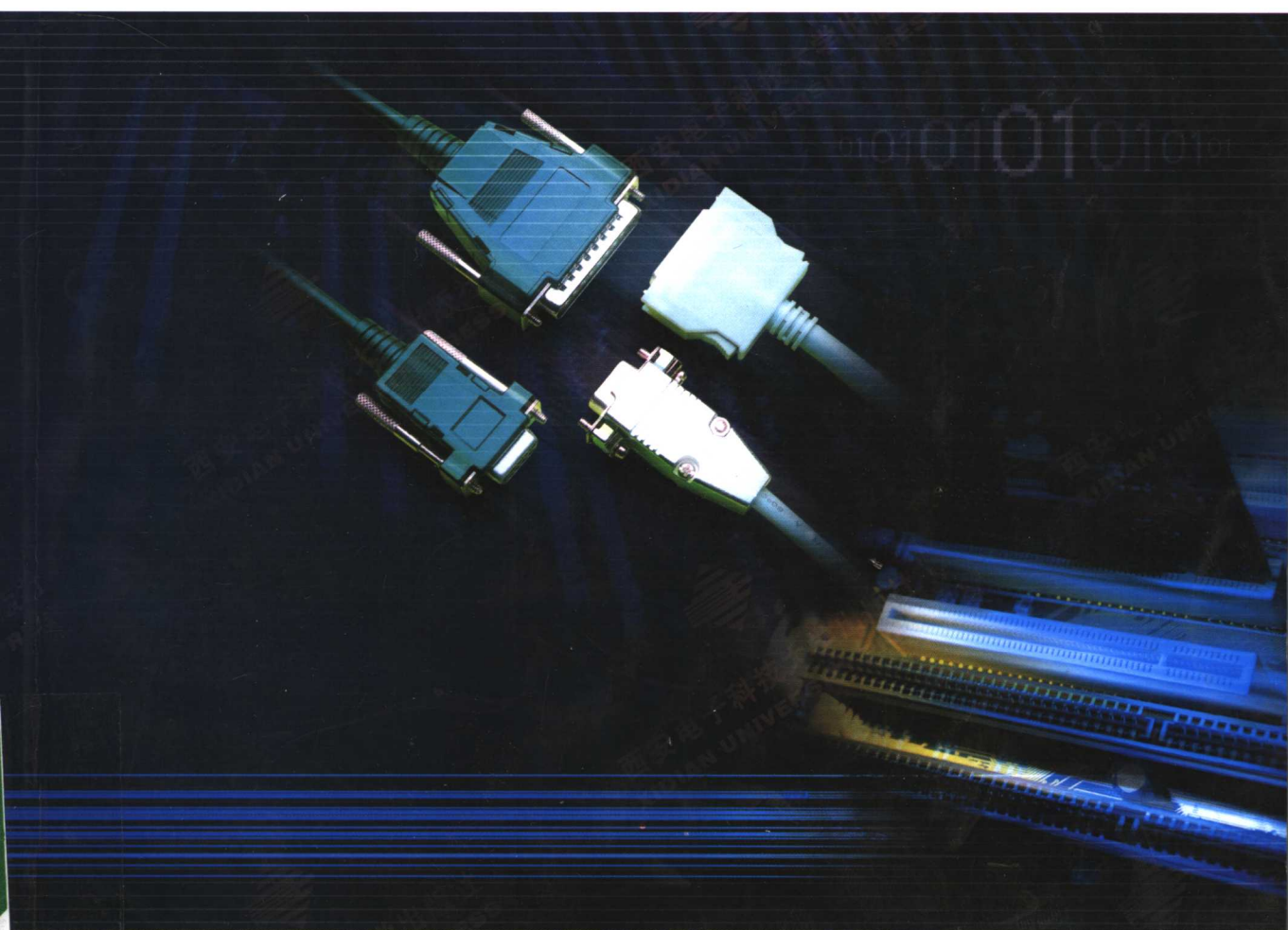
21世纪

高等学校电子信息类系列教材

80X86

微机原理与接口技术

喻宗泉 编著



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

21 世纪高等学校电子信息类系列教材

80X86 微机原理与接口技术

喻宗泉 编著

西安电子科技大学出版社

2005

内 容 简 介

本书重点讨论 80X86 微机系统各逻辑部件的运行机理、编程实例和实用接口, 主要内容包括微机的运算基础与结构基础、8086/8088 微机系统、80386/80486 和 Pentium 微机系统、微机的存储器和存储器管理技术、指令系统和汇编语言程序设计、中断管理和异常处理技术、I/O 接口技术和常用接口芯片编程技术。

本书可作为各类高等院校“微机原理与接口技术”课程的教学用书, 也可供有关工程技术人员、管理人员及自学者学习、参考。

未经许可, 不得以任何形式抄袭或复制本书之部分或全部内容。

图书在版编目 (CIP) 数据

80X86 微机原理与接口技术 / 喻宗泉编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2005.1

(21 世纪高等学校电子信息类系列教材)

ISBN 7-5606-1467-1

I. 8… II. 喻… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材 ②微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 115386 号

责任编辑 杨 璠 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社 (西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西画报社印刷厂

版 次 2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 24.75

字 数 589 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 26.00 元

ISBN 7-5606-1467-1 / TP·0781 (课)

XDUP 1738001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

国家教育部高教司在[1997] 155 号文件中, 规定了计算机硬件技术基础课程的基本要求。本书内容编排遵照教育部文件精神, 努力适应面向 21 世纪本科教学内容和课程体系改革的需要。近年来, “微机原理” 作为专业基础平台课的作用日渐突出, 尤其是微机教学要求已从 16 位提升到了 32 位, 把“微机原理” 列为报考硕士研究生专业课的高校、科研院所也越来越多, 一些高校已把 32 位微机纳入教学和考研范围, 本书的编写充分考虑到了这些新情况。

全书共分引论和 9 章。“引论” 以实事求是的科学态度介绍了人类不畏艰难险阻推动计算机发展的曲折过程。第 1 章介绍了微型计算机的运算基础和结构基础。第 2 章和第 3 章分别详细介绍了 8086/8088 微机系统和 80386/80486 微机系统, 包括当代微机新技术, 微处理器的寄存器结构, 存储器的组织方式、读/写操作、物理/虚拟存储器的寻址和管理, 特权保护和任务切换, 微机系统的其它功能芯片等。第 4 章为微机系统的存储器。第 5 章和第 6 章介绍了 80X86 寻址方式、指令系统和汇编语言程序设计, 对指令、汇编源程序给出了通俗的注释。第 7 章讨论了中断和异常处理技术, 重点介绍了中断门、陷阱门、任务门的转移功能以及可编程中断控制器 8259A。第 8 章和第 9 章叙述了接口技术和常用接口芯片, 包括 8255A、8251、8253/8254、8279、8237、D/A 和 A/D 转换芯片的端口地址、控制字、状态字、工作方式、初始化编程及应用编程。本书中用的一些素材以及列举的接口用例选自作者多年的科(教) 研实践和研究成果。

为了便于组织教学和自学, 本书在结构上特别注意既利于课堂教学, 又便于学生自学, 每一小节都安排有复习思考题。全书内容先进、结构新颖、实例丰富、突出应用。文字叙述上深入浅出、循序渐进, 避免了基础内容和较深内容之间跨度过大, 较好地解决了它们之间的衔接和过渡。每一章开头都有本章的主要内容及重点难点。对于容易出现差错的地方、难于理解的内容都以足够的篇幅详细叙述。每一章最后有小结, 用确切而不是模糊的语言小结本章的主要内容。习题与思考题经过精心筛选, 大多数参考了近年来国内一些重点院校考研试题题型, 颇具启发性。为方便阅读, 附录中还给出“中英名词对照”。

本书由喻宗泉教授编写, 在编写中得到了北京联合大学老师们的大力支持, 他们对大纲提出了中肯的宝贵意见。中国科学院武汉地球物理研究所博士生柯璇副教授参与了本书大纲的讨论并绘制了部分插图, 华中科技大学博士生漆燕精选并解答了部分习题, 江汉大学丁霄霞老师录入了全部书稿, 深圳市高科智能系统有限公司喻晗工程师审看了部分内容并提出了有益的建议。尤其值得一提的是本书的整个编写过程得到了西安电子科技大学出版社云立实同志和杨璠同志的热情支持和宝贵指导, 正是因为出版社编辑人员的大力支持, 才能使本书与读者见面。在此编者谨表示最衷心的感谢。

由于编者水平有限, 加之时间仓促, 各章节虽经反复推敲, 数易其稿, 但仍难免有错误及不妥之处, 敬请读者批评指正。征询读者意见 E-mail 地址: redleilei@sohu.com。

编 者

2004 年 9 月

目 录

引论 Von Neumann 计算机和智能计算机	1	2.1.5 段寄存器的初始化	45
第 1 章 微机基础知识	7	2.2 堆栈操作	45
1.1 二进制数和十六进制数	7	2.3 8086/8088 CPU	46
1.1.1 二进制有符号数的机器码表示	7	2.3.1 8086/8088 的功能结构	47
1.1.2 补码运算和溢出判断	12	2.3.2 8086/8088 寄存器的结构	48
1.1.3 定点、浮点表示	16	2.4 8086/8088 功能引线 and 引脚	50
1.2 十进制数	18	2.4.1 8086/8088 引脚名称和信号	51
1.2.1 十进制数的 BCD 码表示	18	2.4.2 8086/8088 引脚功能	52
1.2.2 十进制数在微机中的运算	19	2.4.3 8088 CPU 与 8086 CPU 的异同	58
1.3 字符	22	2.5 8086/8088 微机系统	58
1.3.1 字符的 ASCII 码表示	22	2.5.1 两种工作方式下的系统配置	58
1.3.2 字符运算	24	2.5.2 系统配置的集成芯片	60
1.4 微型计算机系统的基本组成	25	2.6 8086/8088 总线操作和工作时序	67
1.4.1 常用术语	26	2.6.1 指令周期、总线周期和时钟周期	68
1.4.2 微机的三总线结构	27	2.6.2 M/I/O 读周期	68
1.4.3 微处理器的基本结构	30	2.6.3 M/I/O 写周期	69
1.5 存储器的基本结构	31	2.6.4 中断响应周期	70
1.5.1 存储单元的地址和内容	32	2.6.5 复位时的总线信号和时序	71
1.5.2 程序和数据在存储器中存放的方式	32	2.7 小结	71
1.5.3 存储器主要性能指标	34	习题与思考题	72
1.6 微机工作原理	35	第 3 章 80386/80486 微机系统	74
1.7 小结	36	3.1 当代微机系统新技术	74
习题与思考题	37	3.1.1 流水线作业技术	74
第 2 章 8086/8088 微机系统	39	3.1.2 预测执行、乱序执行技术和精简指令集计算技术	78
2.1 8086/8088 存储器	39	3.1.3 主存和高速缓冲存储技术	79
2.1.1 规则存放和非规则存放	39	3.1.4 虚拟存储技术	83
2.1.2 1 MB 内存的分体结构和寻址	40	3.2 80386/80486 CPU	86
2.1.3 存储器分段组织	42	3.2.1 80386 CPU	86
2.1.4 物理地址和逻辑地址	43	3.2.2 80486 CPU	94
		3.3 80386/80486 存储器的结构	100
		3.3.1 物理存储器寻址	100

3.3.2 虚拟存储器寻址	101	4.8 存储器容量与地址编号之间的关系	181
3.4 80386/80486 CPU 对存储器的管理	102	4.9 小结	182
3.4.1 物理存储器管理	102	习题与思考题	183
3.4.2 虚拟存储器分段管理	108	第 5 章 80X86 寻址方式和指令系统	185
3.4.3 虚拟存储器分页管理	118	5.1 执行指令和非执行指令	185
3.4.4 实地址方式、保护虚拟地址方式 和虚拟 8086 方式	125	5.2 8086/8088 指令编码格式	186
3.5 特权保护和任务切换	127	5.2.1 1 字节指令	186
3.6 80386/80486 微机系统	136	5.2.2 2 字节指令	187
3.6.1 多功能 I/O 芯片 82380	137	5.2.3 3~7 字节指令	188
3.6.2 82350 芯片组	141	5.2.4 指令执行时间	190
3.7 Pentium 系列微处理器及微机系统 简介	142	5.3 8086/8088 寻址方式	193
3.7.1 Pentium 系列微处理器	143	5.4 8086/8088 指令系统	196
3.7.2 Pentium 微机简介	145	5.4.1 数据传送指令	196
3.8 小结	146	5.4.2 算术运算指令	204
习题与思考题	147	5.4.3 逻辑运算和移位循环指令	210
第 4 章 内部存储器	149	5.4.4 串操作指令	213
4.1 存储器的分类	149	5.4.5 控制转移指令	217
4.1.1 几种不同的分类方法	149	5.4.6 处理器控制指令	224
4.1.2 RAM 的操作特点	150	5.5 80X86 的寻址方式和新扩展指令	225
4.1.3 ROM 的操作特点	151	5.5.1 虚地址方式下的寻址	225
4.2 随机存取存储器 RAM	151	5.5.2 80X86 新扩展指令	227
4.2.1 SRAM	151	5.6 小结	233
4.2.2 DRAM	156	习题与思考题	234
4.3 只读存储器 ROM	160	第 6 章 汇编语言程序设计	237
4.3.1 掩膜 ROM	160	6.1 汇编语言源程序的分段结构	237
4.3.2 EPROM	160	6.2 语句行	239
4.3.3 E ² PROM	162	6.3 语句	246
4.3.4 Flash Memory	165	6.3.1 指令性语句	246
4.4 Cache 和 SB SRAM	166	6.3.2 指示性语句	248
4.5 内存条和 EDO DRAM、SDRAM、 RDRAM	167	6.3.3 宏指令语句	248
4.6 存储器与 8086/8088 CPU 之间的连接	169	6.4 伪指令	251
4.6.1 存储器与 8088 CPU 之间的连接	170	6.4.1 程序开始与结束伪指令	251
4.6.2 存储器与 8086 CPU 之间的连接	178	6.4.2 段定义伪指令	252
4.7 存储器与 80386/80486 和 Pentium CPU 之间的连接	179	6.4.3 变量定义伪指令	254
		6.4.4 符号定义伪指令	255
		6.4.5 过程定义伪指令	256
		6.4.6 条件汇编伪指令	257

6.4.7 宏处理伪指令	258	8.3.1 存储器统一编址寻址方式	310
6.5 汇编语言程序设计方法	263	8.3.2 独立 I/O 编址寻址方式	311
6.5.1 设计步骤	263	8.4 端口地址译码技术	311
6.5.2 程序流程图	263	8.4.1 端口地址的产生	311
6.5.3 字符 \$ 的用法	264	8.4.2 三态缓冲和锁存	313
6.5.4 用户程序返回 DOS 的方法	265	8.4.3 CPU 对外设的选择	316
6.6 三种基本程序结构的设计	266	8.4.4 I/O 定时与协调	317
6.6.1 顺序结构程序设计	266	8.5 CPU 与 I/O 设备间的数据传送	317
6.6.2 分支结构程序设计	268	8.5.1 程序传送方式	318
6.6.3 循环结构程序设计	269	8.5.2 中断传送方式	319
6.7 DEBUG 调试软件 and 上机过程	271	8.5.3 DMA 传送方式	320
6.8 小结	277	8.6 小结	322
习题与思考题	277	习题与思考题	323
第 7 章 中断技术	281	第 9 章 常用 I/O 接口芯片	324
7.1 中断技术概述	281	9.1 可编程并行接口芯片 8255A	325
7.1.1 中断的提出	281	9.1.1 内部结构和引脚功能	325
7.1.2 中断源和中断优先级	283	9.1.2 4 个端口和端口地址	326
7.1.3 中断分类	287	9.1.3 2 个控制字和 1 个状态字	327
7.2 80X86 CPU 的异常处理功能	287	9.1.4 工作方式 0 及应用	328
7.2.1 异常的 3 个层次	287	9.1.5 工作方式 1 及应用	329
7.2.2 80X86 CPU 的异常类型	288	9.1.6 工作方式 2 及应用	333
7.3 保护虚拟地址方式下的中断管理	289	9.2 可编程串行通信接口芯片 8251A	334
7.3.1 中断描述符表 IDT	290	9.2.1 串行通信特征和传输协议	335
7.3.2 中断门和陷阱门的转移功能	291	9.2.2 8251A 的内部结构和引脚功能	338
7.3.3 任务门的转移功能	292	9.2.3 2 个端口、2 个控制字和 1 个 状态字	339
7.4 可编程中断控制器 8259A	293	9.2.4 初始化编程举例	341
7.4.1 8259A 的内部结构和端口地址	293	9.3 可编程定时/计数器 8253/8254	343
7.4.2 8259A 对中断的管理	296	9.3.1 8253 的内部结构和引脚功能	343
7.4.3 8259A 的命令字和编程	299	9.3.2 4 个端口和 1 个控制字	345
7.5 小结	305	9.3.3 6 种工作方式	346
习题与思考题	306	9.4 键盘/显示控制器 8279	349
第 8 章 接口技术	308	9.4.1 8279 的内部结构和引脚	349
8.1 接口技术概述	308	9.4.2 8 种键盘工作方式和 4 种显示 方式	351
8.2 I/O 指令的两种寻址方式	309	9.4.3 2 个端口、8 个控制字和 1 个 状态字	351
8.2.1 直接端口寻址	309	9.4.4 连接键盘和数字显示	353
8.2.2 DX 间接端口寻址	310		
8.3 I/O 端口的两种寻址方式	310		

9.5 DMA 控制器 8237A	355	9.8 小结	367
9.5.1 8237A 内部寄存器寻址信号	355	习题与思考题	367
9.5.2 8237A 的 4 种工作方式和 2 种 工作时序	356	附录 A 8086/8088 指令系统	370
9.5.3 16 个端口和 22 个寄存器的 读/写操作	357	附录 B 80386/80486 指令格式	377
9.6 D/A 转换接口	362	部分习题答案	378
9.7 A/D 转换接口	363	中英名词对照	381
		参考文献	387

Von Neumann计算机和智能计算机

1. 计算机的发展历程

1946年2月14日,在美国 Pennsylvania 大学一间食堂大厅里,挤满了军政要员和工程技术人员,美国陆军的一位将军按下一个按钮,启动了世界上第一台电子数字积分式计算机 ENIAC。尽管今天风靡全世界的计算机在原理上是程序存储式的,但大多数人已经认同,把 ENIAC 的启动之时作为计算机的诞生日并载入史册。从那时到现在,计算机的发展历经六代。

第一代真空管式(1946年~1958年),逻辑元件为真空管(V),存储器为水银延迟线或静电屏。

第二代晶体管式(1959年~1964年),逻辑元件为晶体管(T),存储器为磁芯。

第三代集成电路式(1965年~1970年),逻辑元件为集成电路(IC),存储器为磁芯和镀线。

第四代大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)式(1971年至今),集成度从最初 2500 个/片元器件已发展到至今上百万个/片,存储器为 MOS 和双极型元件。

第五代具有知识库、问题求解和推理机的智能接口系统(1981年~1990年前后),是第四代计算机的智能扩展。

第六代智能计算机(20世纪80年代中期至今),现正在研制发展中,工作原理、结构至今尚未统一。

计算机按体系结构划分,可以划分成 Von Neumann(冯·诺依曼型)计算机和智能计算机两类。第一代至第五代计算机为 Von Neumann 计算机。它的工作原理源于 Alan Turing 算法求解思路:任何有效计算过程都可以使用有限步骤的符号串操作实现;它用 Von Neumann 命名,是 Von Neumann 在 1945 年主持设计的程序存储式“离散变量型电子计算机”(简称 EDVAC 机,于 1952 年制成),用存储器程序和加法器构造了实现体系,顺序执行事先存放在存储器中的程序,它的结构为联结五大逻辑部件(输入设备、输出设备、存储器、运算器、控制器)的三总线(数据总线、地址总线、控制总线)结构。

经过 60 多年的发展,今天已经成为名副其实的计算机时代。这一时代最显著的特征是:

(1) 世界各国相继步入“信息社会”,由信息的采集——传感器技术、信息的传输——通信技术、信息的处理——计算机技术为三大支撑的信息产业已经成为国民经济支柱产业;

(2) 发达国家从事软件产业和信息产业的极少数人迅速成为世界首富,财富积累过程已缩至几十年、十几年,乃至几年;

(3) 战争已日益演变成高科技对抗,表现在武器装备已历经大刀长矛—机枪坦克—飞机大炮—制导导弹,当西方国家的两弹(原子弹、氢弹)威胁着数十亿无辜平民百姓的安全时,令人不寒而栗的未来战争第三弹——计算机病毒武器已经进入人们的视野;

(4) 第一至第三代计算机已经淘汰,第四代计算机正以前所未有的速度逼近社会生产和生活的各个领域,且势不可挡地进入千家万户,现代化的工农业生产已经形成不同种类的计算机控制系统,计算机网络把世界连成一个整体,第五代计算机因知识获取举步维艰,第六代计算机的研制取得重大进展,人类研制的电脑在向人脑学习和逼近的征途中迈出了关键一步。

2. 从电脑向人脑发展

从第一代计算机的运算潜力开始,人们始终在考虑和研究电脑如何向人脑学习和逼近。

二战中,美国军方需要快速计算复杂的火炮弹道轨迹,用于击落高速飞行的新型敌机。1943年开始了ENIAC的研制。研究小组成员包括陆军数学家赫尔曼·戈德斯坦及妻子阿黛尔、物理学家约翰·莫奇利和工程师普罗斯珀·埃克特。研制工作持续了三年,除了戈德斯坦担任军方联络官外,莫奇利完成计算机的电子设计,埃克特解决了成千上万电子管性能不稳定的可靠性问题,阿黛尔编写了操作程序和手册。ENIAC使用了17468个真空管,占地面积160 m²,数字处理速度100 kHz,存储容量为20个10位数字,耗资45万美元。令研究小组的科学家们始料不及的是,今天,人们研制的能复现ENIAC任一种功能的计算机芯片,体积已不足指甲大小。现代个人计算机的数字处理速度已远远超过800 MHz,存储容量已超过40 G,而价格仅在1000美元左右。借助于微电子技术的迅猛发展,计算机在那些需要根据逻辑推理进行精确计算的地方,远远胜过人脑。第四代计算机高达数百亿次每秒的运算速度,以及小数点后上万位的运算精度,是人脑望尘莫及的。

ENIAC第一次启用虽然没能实现它的初衷——为第二次世界大战效力,但是,在一部分人认为只能把它用于数值运算的同时,另一部分人却从它的功能中得到一个重大的启示:把它用于非数值运算,模拟人类求解问题的推理过程。1956年,一些心理学家、计算机专家、控制论学者在美国Dartmouth大学召开了长达两个月的专题学术讨论会,探讨如何用计算机模拟和实现人脑的部分功能。在这次会议上,McCarthy建议设立一门名为“人工智能”的计算机学科新分支,它的内容是显示人类行为中与智能有关的一些特征。当时,人们认为人类的思维过程中,存在试探性搜索和启发式的、不精确的、模糊的甚至允许出错的推理方法,推理过程以概念为核心,用符号作为基本元素代表概念,通过形式化语言用符号串操作描述。因此,计算机求解步骤和人脑部分思维过程同属“物理符号系统”。但用ENIAC这个庞然大物来实现人脑的智能行为,显然是一件滑稽可笑的事情。很多学者都把将计算机向人脑逼进的人工智能发展方向,寄托在不断改进和提高计算机的性能上。具体来讲,在软件上,发展丰富的汇编语言和高级语言以及由这些语言构成的编译程序和应用程序;在硬件上,体积小微型化,运算快速化和存储容量扩大化。1958年,名为TRADIC的第一台晶体管计算机在Bell实验室制成,它配备有800只晶体管。次年,第一台大型通用晶体管计算机由菲克尔公司制成。第二代计算机明显优于第一代计算机,其优点如下:

(1) 运算速度达到几万次到几十万次每秒;

(2) 由于晶体管的平均寿命比真空管高出100~1000倍,与电阻、电容相同,因此整机

可靠性大为提高:

(3) 元器件装配密度提高一个数量级, 整机体积缩小一个数量级, 便于进入工业自动化现场;

(4) 晶体管有较高的机械强度, 便于自动化、机械化批量生产整机。

这些优点有力地促进了人工智能探索。如 1960 年 McCarthy 建立了人工智能程序设计语言 Lisp; 1963 年 Newell 提出了问题求解程序, 首次把求解方法和求解领域知识分开; 1965 年 Robison 发现归结原理, 反映在工业自动化领域, 工控机开始投入使用。20 世纪 50 年代末期, 由于空间技术的发展, 产生了描述多输入/多输出系统的状态空间法。以状态空间法、极大值原理和卡尔曼滤波支撑的现代控制理论诞生在用各种语言设计计算程序为主要设计手段的环境中, 它的递推算法和迭代算法成为一切计算机在线控制系统的基础。自动控制理论从经典控制阶段推进到现代控制阶段。随着工业生产的现代化进展, 智能推理实时控制迫切要求这些算法快速, 让计算机成为生产线的环节迫切要求其体积愈小, 更是直接促进了计算机的换代。1964 年 4 月 7 日, IBM 公司宣布生产由 IC 组成的 IBM-360 系列计算机, 第三代计算机的优点如下:

(1) 运算速度达到几十万次到几百万次每秒;

(2) 消除了分立元件之间连线焊接和插接不牢的隐患, 保证整机更加复杂、快速、可靠;

(3) 存储容量提高几个数量级。

从 1965 年开始, 随着第三代计算机的普遍推行, 人工智能的成果开始用于专家系统、归纳推理和自动证明、知识表达和搜索、模式识别、自然语言和口头语言理解、规划决策和组合优化、博弈和对抗等方面。其中最引人注目的有两个领域:

(1) 专家系统开始起步, Feigenbaum 等人于 1965 年推出第一个专家系统 DENDRAL; 1968 年 Quillian 提出了语义网络的知识表达方式。E. Feigenbaum 概括了“专家系统”的含义: “专家系统是一个计算机智能程序, 它利用知识和推理过程来解决那些只有专家才能解决的复杂问题。该系统所用到的知识和推理过程可以认为是该领域内最好专家的知识抽象和汇总。专家系统的知识库由两类知识构成: 一类是‘事实’, 为公开提供的该领域专家所共同认可的一组信息; 一类是‘启发性知识’, 为一系列具有良好判断能力的规则。专家系统的功能和质量与知识库的大小和质量有密切关系。”可见, 专家系统与以往的计算机程序有质的区别。

(2) 1965 年, F.W. Smith 提出采用性能模式识别学习的最优控制方法, 把人工智能技术引入到自动控制领域。两者结合使自动控制理论从现代控制理论推进到智能控制阶段, 形成了自动控制实践和理论发展史上第二次大飞跃。当时人们正在寻找不需要系统精确数学模型的控制方式和研制按照操作人员的经验智慧发布指令的控制器。

1971 年, 美国 Intel 公司研制成功第一片 4 位微处理器(CPU)4004; IBM 公司推出 IBM-370 系列微型计算机, 逻辑元件虽然继续用 IC, 存储器却用 VLSI。1973 年生产的 ILLIAC-IV 机已全部采用 LSI 和 VLSI, 预示着计算机进入第四代。由于集成度高, 有效减小了传输时间, 使得速度快、成本低、体积小、功耗省、重量轻成为可能, 例如速度已达几千万次甚至百亿次每秒, 体积已发展到可以搁置在办公台上。淘汰了第三代计算机的第四代计算机有如下特点:

(1) CPU 的速度几乎每两年翻一番, 性能提高一个数量级。集成度基本上按摩尔定律发

展, 每 18 个月微处理器芯片上的晶体管数量翻一番, 如 1971 年的 4004, 集成度 2500 个/片, 1976 年推出 8085, 集成度 9000 个/片, 1978 年的 8086, 集成度 29 000 个/片, 1985 年的 80386, 集成度 260 000 个/片, 90 年代推出的 586、Pentium 系列, 集成度已达上百万。新 CPU 出现, 便淘汰旧 CPU, 更新换代周期越来越短。

(2) 计算机向三个方向齐头并进:

① 用于计算中心的巨型机, 运算速度可达千亿次/秒。

② PC 机, IBM-PC 在 1981 年下半年推出, 具有进入办公室和家庭两个条件, 一是价格低廉, 工薪阶层也买得起, 二是软件丰富、兼容、标准化、系列化, 用起来得心应手。

③ 单片机, 是一种集 CPU 和其它接口电路于一体, 具备计算机基本功能的芯片。1976 年, 美国 Intel 公司研制成功第一代 8 位通用单片机 MCS-48 系列; 1980 年, 第二代 8 位增强型单片机 MCS-51 系列问世; 1983 年出现 16 位 MCS-96 系列机; 1993 年, Intel 公司和 Philips 公司相继推出能支持 C 语言的 16 位 8051 机——80C251 和 80C51XA。由于单片机体积小、功能强, 能直接进入工业生产环节, 成为工艺流程、智能仪表中的一份, 因此使得就地自动化、远程自动化、集散控制、智能检测等成为现实。

(3) 硬件上实现了从单机到系统、从单机到网络的突破, 引起各个科技领域、生活领域的深刻变革。软件业已成为三百六十行中效益最好的行业。

3. 第五代计算机引起的反思

人类并没有陶醉于第四代计算机的巨大成就。恰恰相反, 人们希望利用 VLSI 的最新技术优势, 通过网络互联、资源共享、推理和知识处理并进, 使刚刚诞生不久的第四代计算机进一步智能化, 成为名副其实的与人脑接近的电脑。这就是第五代计算机, 其中最具影响的就是 1981 年提出的研制方案。第五代计算机的硬件结构同于第四代计算机, 都由 VLSI 组成, 但原理设计指标包括如下一些内容:

(1) 用自然语言、图形或文字完成人机对话, 实现输入输出;

(2) 备有大容量的知识库和数据库供检索;

(3) 使用智能接口软件和推理软件实现自学习和推理。

一些人放弃第五代计算机研制的主要原因, 是对大容量知识规则库顺序检索时, 信息处理耗时存在呈指数性爆炸的危险, 这是由计算机对规则作推理解释的串行性和非确定本质决定的, 是串行信息处理特征使 Von Neumann 计算机难以实现上述智能目标。

使第五代计算机夭折的是实践的结果。20 世纪 80 年代初期, 人们反思出一些道理:

(1) 30 多年来, 借助微电子学的迅猛发展, 计算机沿着不断地缩小体积、不断地增大容量、不断地提高速度、不断地降低成本的发展道路取得了巨大成功, 成为 20 世纪最伟大的发明之一。但是, 在不断促使电脑向人脑学习和逼近的研究过程中, 人们终于明白了一个简单事实: 无限提高计算机的运算速度、尽量缩小计算机的体积不可能在模拟人脑智能行为上取得真正的成功。人脑的思维过程决不是单一形式的物理符号系统, 思维过程是多种思维形式和多种知识交织的辩证统一。

(2) 反思第五代计算机的原理构想, 并没有达到让人工智能技术摆脱困境的目的, 根本原因在于 Von Neumann 计算机和人脑信息处理的特征, 至少有五个重大差别。

电脑完成推理过程的五个特点为：

① 执行程序中的被动性。只能被动运行人们预先编制好的程序，缺乏主动学习能力、随机应变能力和对环境的自适应能力。例如，把大量棋谱输入计算机后，计算机完全有可能战胜世界一流顶尖棋手，但却会输给刚学会下棋的“臭棋篓子”。

② 处理信息的集中串行性。所有程序都必须事先存入存储器，在指令操作下依次调入中央处理单元，一条一条进行。一个指令周期分解成若干个机器周期，一个机器周期分解成若干 T 状态，每个 T 状态执行一个微操作。

③ 执行程序时的中断必然性。由于每一时刻只能执行一个微操作，因此中断不可避免，而且对多个中断申请源，须事先按优先权排队。

④ 信息存储的地址与内容不一致性。在调用操作指令和运算数据时，先查找存储单元的地址，再查找存储内容。如果地址丢失，信息内容也相应丢失。

⑤ 极差的容错能力且易受病毒入侵。程序中一条指令的地址被改写(例如被病毒程序改写)，则该程序这条指令以下全部不能执行。不允许一个二进制数字出错。

人脑完成推理过程的五个特点为：

① 编制程序的主动性和自学习、自适应能力。具有自组织、自学习功能，不断积累经验，适应外界环境，十分有效地处理各种模拟的、模糊的、随机的问題。

② 处理信息的巨量并行性。人的五官同时接收多种信息，大脑中积累和存储有丰富的知识经验，能在极短的时间内迅速地做出判断。

③ 处理信息的实时性和多功能性。输出信息不追求高精度，而是以满意为准则，且在输出的同时还能接收输入信息，无需中断。

④ 信息存储和信息处理的一致性。在进行回忆时，不存在先找地址再查内容的问题，甚至还可以做到在输入信息(例如他人提醒、触景生情等)作用下，恢复部分记忆或由部分内容恢复全部内容。

⑤ 极强的容错能力。脑细胞每天死亡成千上万，但并不影响记忆功能和处理功能。

由此而得出的结论是：

(1) 在将基本操作知识和概念化知识进行形象化表达时，电脑比人脑更有效，例如计算 π 的小数点后多少位。在将实际操作中无法驾驭的知识和规则不确定的知识(即无法形式化表达的知识)用于综合判断时，电脑十分愚笨和低能，例如识别母亲，当代最先进的计算机不如一个半岁小儿。

(2) Von Neumann 计算机只能是人脑计算和简单比较功能的延伸，制造模拟人脑模糊处理功能延伸的计算机(排为第六代)——智能计算机——势在必行。研究人脑神经网络结构特点和信息加工处理方式，仿制人工神经网络、神经计算机和生物计算机，绝不是取代第四代计算机。相反地，第六代计算机和第四代计算机应当共同成为人类的左右手。

(3) 根据逻辑推理实现精确快速运算，由第四代计算机完成。根据逻辑推理进行模糊判决，如图像识别、声音识别、生产过程中不完整信息(部分生产状态未知和环境不能预料的变化)的自动恢复，由第六代计算机完成。

(4) 由于社会生活和工业生产中需要处理的信息大部分是模拟的、模糊的、随机的，只有少部分是需要计算的，因此第六代计算机的应用范围远远大于第四代计算机。生产过程中智能控制的实现有赖于第四代计算机和第六代计算机的共同成功。

4. 神经网络和神经计算机并没有显示出它们不可替代的优越性

以神经计算机为代表的智能计算机从研制工作一开始，就遇到了重重困难。最主要困难是脑科学在现阶段的成果跟不上神经计算机的结构要求，以及本应作为先行的数理科学发展状态还不能提供人们所希望的神经计算基础。网络模型和训练算法多达五六十种，目前不知道哪一种能成为神经计算机的主流。近年来，相应有一些新的理念出现，如“神经计算”模型、“神经场”理论、“信息几何”的概念等，标志着人们正在加大力度研究脑科学基础和数理基础。为此，人们把现阶段运行智能软件的希望寄托在第四代计算机上。

使用全硬件实现是神经计算机实用化的希望，使用软件运行时的时间复杂性取代空间复杂性，必然出现学习新的样本时，冲掉已学好的记忆和样本。但目前受到多层布线技术仅只能做到六至七层的限制，难以达到单元电路的高度互联。

作为一种折衷，采用软硬结合虚拟实现的神经计算机是 21 世纪头 30 年较好的选择。从 1993 年开始，国内一些高校，如西安交通大学、国防科技大学、中国科技大学等，相继有样机问世。软件多用 C 语言编制程序，硬件开发使用通用微处理机芯片，或开发专用神经网络芯片。无论哪一种，设计指导思想都是企图用硬件空间复杂性尽可能降低程序串运行的时间复杂性。

需要指出的是，迄今为止还没有见到一例课题报道，证实只能用神经网络和神经计算机解决，而不能用现有其它方法完成。换句话说，神经网络和神经计算机并没有显示出它们不可替代的优越性。

5. 小结

一些有识之士称上世纪 90 年代为“脑的十年”，称本世纪为“脑的世纪”，提出生命科学是一切学科的基础，这些决不是偶然的。电脑要向人脑学习和靠近，人们必须首先探讨人脑神经系统的连接和运行机理，探讨人脑中信息输入、传送、加工、输出的处理全过程，探讨和分清人脑的一些基本功能和高级功能，搞清楚哪些功能可以或可能被模拟，哪些功能不可以或不可能被模拟。第一至第四代计算机是在一个统一的 Von Neumann 计算机五大部件组成结构的基础上实现的。神经计算机缺乏 Von Neumann 计算机五大部件组成结构的基础，主要原因是在人脑中隐含着人们迄今为止还不知道的信息处理方法，我们现在还不能充分了解人脑信息处理的过程，仅仅只能了解其中的一些肤浅特征。

上世纪 90 年代脑科学研究的最新进展表明，人类的大脑是在漫长而又激烈的自然选择和生死攸关的生存竞争中演化而来的，它是高度非线性的、远离平衡的、永远开放的自适应系统。我们不能不高兴而又遗憾地看到，对人脑的了解永远只可能是部分的或近似的；人脑独有的一些思维范畴，例如感情、伦理、洞察力、自我意识、宗教信仰等等，可能永远是一个有无穷探索魅力却又永远无法揭开的秘密。这就意味着，使用机器智能可以逼近人脑的某一简单功能，而完全模拟人脑只是一种永动机似的幻想。

从第一代计算机到第六代计算机是一个不断探索如何用计算机模拟和实现人脑智能行为的历史发展必然过程，反映了人们学习和逼近人脑智能行为的不断追寻。计算机的更新换代都是伴随着信息处理的要求出现的，为了不断地满足社会生活的需求，这个过程必将继续下去，即使第六代计算机研制成功以后，还会有新一代计算机应运而生。

本书向读者介绍的，正是第四代 Von Neumann 计算机的运行机理。

第 1 章

微机基础知识

微机是进行数学运算和非数值处理的一种数学工具。它的硬件电路是数字电路的一种；它的软件程序是人们发布的让硬件电路正确工作的命令集合。想要了解微机的工作原理，学习和掌握它的数学物理基础是必不可少的。

本章从微机的运算基础和结构基础两个方面给出微机的数理知识。在运算基础部分，介绍了各种进制数的表示方法和相互转换关系，重点突出了二进制数、十六进制数、十进制数以及字符在微机中的运算方法。在结构基础部分，从阐明微机系统基本组成出发，主要讨论了微机的三总线结构、微处理器结构和存储器的结构，通过实例说明微机的工作原理。

1.1 二进制数和十六进制数

微机中的数使用器件的两个不同物理状态表示。具有两个状态的双稳态触发器、可分别为高电平或低电平的信号线、极板上有无存储电荷的电容等等一些具有两种不同稳定状态且能相互转换的器件，都可以用于表示一位二进制数。微机只能识别二进制数。但是，由于书写、键入、读出二进制数极易出差错，而微机的字长又都是 4 的整数倍数，分别为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位等等，考虑到 $2^4=16$ ，因此在书写时使用十六进制数，既方便又不易出错。例如一个 8 位二进制数可以表示成 2 位十六进制数，一个 16 位二进制数可以表示成 4 位十六进制数。考虑到 $2^3=8$ ，在一些大型机、巨型机中还使用八进制数。此外，人们对十进制数最为熟悉，键入和输出微机的数，就经常使用十进制数表示。

二进制数、八进制数、十进制数和十六进制数之间的对应关系如表 1-1 所示。

表 1-1 各种进制数间的关系

二进制数	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
八进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	17
十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
十六进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

1.1.1 二进制有符号数的机器码表示

微机中区别不同的数制有 3 种方法。第一种方法是在数的后面加上英文单词的第一个字母。二进制数(Binary)用 B，如 101.1B；八进制数(Octal)用 Q，如 57.4Q(手写时 O 和 0 易

混淆,故用Q);十进制数(Decimal)用D或省略D,如134.3D或134.3;十六进制数(Hexadecimal)用H,如3AB.AH。第二种方法是在数的右下角写出基数。101.1B、57.4Q、134.3、3AB.AH可分别写成 $(101.1)_2$ 、 $(57.4)_8$ 、 $(134.3)_{10}$ 、 $(3AB.A)_{16}$ 。第三种方法是在二进制数和十六进制数的前面加上前缀。二进制数前用%,如%101.1;十六进制数前用\$,如\$21。本书使用第一种和第二种表示方法。

1. 二进制数和十六进制数各位的权

二进制数有两个不同的数码0和1,逢2进1。计数时每到2往左进一位,左边一位的权是右边一位权的两倍。同一个数码在不同数位上所代表的值是不同的,例如101.1B,小数点右边第一位的“1”位于 2^{-1} 位,代表的值为 1×2^{-1} ;小数点左边第一位的“1”位于 2^0 位,代表的值为 1×2^0 ;左边第2位的“0”位于 2^1 位,代表的值为 0×2^1 ;左边第三位的“1”位于 2^2 位,代表的值为 1×2^2 。各位的权从左到右依次为4、2、1、0.5。

其它进制数有相类似的表示方法。

一个十六进制数有16个不同的数码0~9和A~F,逢16进1。计数时每到16往左进一位,左边一位的权是右边一位权的16倍。例如3AB.AH各位的权从左至右依次为256、16、1、0.0625。为了区分数字和符号,以字母开头的十六进制数,前面应添加一个0,如A46.5H应写作0A46.5H。

一个八进制数有8个不同的数码0~7,逢8进1。例如八进制数57.4Q各位的权从左至右依次为64、8、0.125。

一个十进制数的基本特征为有10个不同的数码0~9,逢10进1。例如134.3D各位的权从左至右依次为100、10、1、0.1。

表1-2和表1-3分别列出了二进制数和十六进制数各位的权与对应十进制数之间的关系。 2^{10} 常用1K表示, $1K=2^{10}=1024$;同样有 $64K=2^{16}=65536$, $1M=2^{20}=1048576$; $1G=2^{30}=1073741824$; $1T=2^{40}=1099511627776$ 。这种表示方法更多地用于表示存储器的存储容量。

表 1-2 二进制数各位的权

位权	对应十进制数	位权	对应十进制数	位权	对应十进制数	位权	对应十进制数
2^{-4}	0.0625	2^2	4	2^8	256	2^{14}	16 384
2^{-3}	0.125	2^3	8	2^9	512	2^{15}	32 768
2^{-2}	0.25	2^4	16	2^{10}	1024	2^{16}	65 536
2^{-1}	0.5	2^5	32	2^{11}	2048	2^{20}	1 048 576
2^0	1	2^6	64	2^{12}	4096	2^{30}	1 073 741 824
2^1	2	2^7	128	2^{13}	8192	2^{40}	1 099 511 627 776

表 1-3 十六进制数各位的权

位权	对应十进制数	位权	对应十进制数	位权	对应十进制数	位权	对应十进制数
16^{-2}	0.003 906 25	16^0	1	16^3	4096	16^5	1 048 576
16^{-1}	0.0625	16^2	256	16^4	65 536	16^6	16 777 216

1) 各种进制数转换为十进制数

将各种进制数按权展开后相加可得相应的十进制数。例如:

$$(10.1)_2 = 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} = (2.5)_{10}$$

$$(10.1)_{16} = 1 \times 16^1 + 0 \times 16^0 + 1 \times 16^{-1} = (16.0625)_{10}$$

$$(10.1)_8 = 1 \times 8^1 + 0 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} = (8.125)_{10}$$

$$(10.1)_5 = 1 \times 5^1 + 0 \times 5^0 + 1 \times 5^{-1} = (5.2)_{10}$$

2) 二进制数、八进制数、十六进制数之间的相互转换

二进制数转换为十六进制数(或八进制数),只需从小数点开始分别向左及向右,每4(或3)位为一组,每组用1位十六进制数(或八进制数)代替。整数部分最高位不足4(或3)位的一组在前面补0;小数部分最低位不足4(或3)位的一组在后面补0。例如:

11101011010.10001B 可分组转换为 0111 0101 1010.1000 1000B=75A.88H;

11101011010.10001B 可分组转换为 011 101 011 010.100 010B=3 532.42Q。

十六进制数或八进制数转换为二进制数时,只需将每位的十六进制数或八进制数用相应二进制数代替即可。如 3AB.AH=0011 1010 1011.1010B; 57.4Q=101 111.100B。

十六进制数和八进制数之间进行转换,可通过先转换成二进制数进行。

3) 十进制数转换为二进制数、八进制数和十六进制数

十进制数转换为二进制数,要把十进制数的整数部分和小数部分分开处理。

整数部分使用“辗转相除法”。不断地用2去除,直至商等于0为止。每做一次除法,记下所得余数。以第一次用2除所得余数为最低位,最后一次所得余数为最高位,依次从最高位到最低位写出,就是整数部分的二进制数。

小数部分使用“乘2取整法”。不断地用2相乘,每次相乘后取出整数,剩下的小数再去用2乘。第一次用2乘了以后取出的整数为最高位,最后一次所取得的整数为最低位。依次从最高位到最低位写出,就是小数部分的二进制数。在绝大多数情况下,最后一次乘积的结果都不会为0。为此提出一定的精度要求,获得小数部分的二进制数近似表达式。

【例 1-1】 将 134.3D 转换为二进制数,要求其误差不大于 2^{-5} 。

整数部分		小数部分	
算式	余数	算式	整数
134/2=67	$b_0=0$ (最低位)	$0.3 \times 2=0.6$	$b_{-1}=0$ (权为 2^{-1} , 最高位)
67/2=33	$b_1=1$	$0.6 \times 2=1.2$	$b_{-2}=1$
33/2=16	$b_2=1$	$0.2 \times 2=0.4$	$b_{-3}=0$
16/2=8	$b_3=0$	$0.4 \times 2=0.8$	$b_{-4}=0$
8/2=4	$b_4=0$	$0.8 \times 2=1.6$	$b_{-5}=1$ (权为 2^{-5} , 最低位)
4/2=2	$b_5=0$		
2/2=1	$b_6=0$		
1/2=0	$b_7=1$ (最高位)		

所以 $134.3D=10000110.01001B$ 。

【例 1-2】 将 134.3D 转换为十六进制数,要求误差不大于 16^{-2} 。

整数部分		小数部分	
算式	余数	算式	整数
134/16=8	$H_0=6$ (最低位)	$0.3 \times 16=4.8$	$H_{-1}=4$ (最高位)
8/16=0	$H_1=8$ (最高位)	$0.8 \times 16=12.8$	$H_{-2}=12$ (权为 16^{-2} , 最低位)