

通向金牌之路

国际信息学奥赛**金牌教练**精心打造

高中学生竞赛培训必备教材 也适合初中学生阅读使用

# 全国青少年信息学竞赛 培训教材

# 初赛

胡旭红 编著

# 全国青少年信息学竞赛培训教材

## ——初赛

胡旭红 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

全国青少年信息学竞赛培训教材. 初赛/胡旭红编著. —杭州: 浙江大学出版社, 2011. 6

ISBN 978-7-308-08675-2

I. ①全… II. ①胡… III. ①计算机课—中小学—教学参考资料 IV. ①G634. 673

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 081845 号

## 全国青少年信息学竞赛培训教材——初赛

胡旭红 编著

---

责任编辑 王元新  
封面设计 刘依群  
出版发行 浙江大学出版社  
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)  
(网址: <http://www.zjupress.com>)  
排 版 杭州大漠照排印刷有限公司  
印 刷 浙江良渚印刷厂  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 18.25  
字 数 422 千  
版 印 次 2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-308-08675-2  
定 价 39.00 元

---

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571) 88925591

# 丛书编委会

(按姓氏拼音排列)

**陈颖** 福州第一中学教师,国际信息学奥林匹克竞赛金牌教练,全国青少年信息学奥林匹克竞赛十大杰出指导教师

**陈合力** 绍兴市第一中学教师,国际信息学奥林匹克竞赛金牌教练,全国青少年信息学奥林匹克竞赛十大杰出指导教师

**胡旭红** 杭州第二中学教师,国际信息学奥林匹克竞赛金牌教练,全国青少年信息学奥林匹克竞赛优秀指导教师

**邱桂香** 东北育才学校教师,国际信息学奥林匹克竞赛金牌教练,全国青少年信息学奥林匹克竞赛十大杰出指导教师

**杨慧蓉** 乌鲁木齐市第一中学教师,国际信息学奥林匹克竞赛金牌教练

**游光辉** 绍兴市第一中学教师,国际信息学奥林匹克竞赛金牌教练,全国青少年信息学奥林匹克竞赛优秀指导教师

## 丛书主编

**朱全民** 长沙市雅礼中学教师,国际信息学奥林匹克竞赛金牌教练,全国青少年信息学奥林匹克竞赛十大杰出指导教师

# 前 言

青少年信息学奥林匹克竞赛旨在向那些在中学阶段学习的青少年普及计算机科学知识,给学校的信息技术教育课程提供动力和新的思路,给那些有才华的学生提供相互交流和学习的机会,同时通过竞赛和相关的活动培养和选拔优秀计算机人才。此项活动从1984年开始,参加人数从最初的8000多人,发展到2010年的8.8万余人和2011年的7.7万余人,越来越受到各大高校及中学生的喜爱和关注。

自1989年开始,我国在NOI(网上同步赛1999年开始)、NOIP、冬令营、选拔赛的基础上,组织参加国际信息学奥林匹克(IOI)竞赛。十几年中选拔75人次参加了IOI,累计获金牌46块、银牌17块,铜牌12块。中国已成为世界公认的信息学奥林匹克竞赛强国,参赛选手、领队、教练曾受到江泽民、李鹏、李岚清等党和国家领导人及著名科学家的亲切接见和赞扬。十几年来,通过竞赛活动培养和发现了大批计算机爱好者,选拔出了许多优秀的计算机后备人才,当年的许多选手已成为计算机硕士、博士,有的已经走上计算机科研岗位。因此,组织编写一套指导信息学奥林匹克活动的教材,对于鼓励青少年接触信息学发展前沿,了解算法对人们学习、生活、社会发展的意义,推动信息学奥林匹克竞赛发展,将是十分有益的,本书的编写缘于此。

本书是参照现行的“全国青少年信息学奥林匹克竞赛普及组初、复赛命题大纲(试行稿)”编写,从“计算机的基本常识”、“网络基本知识”、“学科知识”、“数据结构”、“算法”、“阅读分析程序”等六方面详细介绍,将学生在准备信息技术初赛时遇到的感觉大纲知识点跳跃,无从下手复习的问题迎刃而解,既补充了所需要的有关文化和常识,补充的内容力求做到与学生的学习、生活息息相关,尽可能是中学信息学内容的自然增长点,又将解题的方法和技巧贯穿其中,使学生举一反三,轻松学习。为了便于学生复习,本书将近三年的联赛试题附于最后。

本书可以是信息学夏令营的教学用书,也是信息学联赛(省级赛区)初赛的辅导用书,亦可以是信息学教师教学研究时的参考读物。本书在编写的过程中得到清华大学刘雨辰、俞华程、李宇骞,复旦大学的孙征,北京大学赖陆航等同学的大力支持,得到了许多中学老师的鼓励和关心,浙江大学出版社的编辑为本书的出版做了大量细致的工作,在此谨向他们深致谢忱。

由于时间较为紧迫和业务水平的限制,本书定有疏漏之处,谨请读者批评指正。

编 者

2012年3月

# 目 录

第 1 章 计算机的基本常识 .....	1
1.1 计算机的发展史 .....	1
1.1.1 手动计算器 .....	1
1.1.2 机械式计算器 .....	2
1.1.3 电子管计算机 .....	3
1.1.4 晶体管计算机的发展 .....	4
1.1.5 集成电路为现代计算机发展铺平道路 .....	5
1.1.6 当代计算机技术渐入辉煌 .....	6
1.2 计算机硬件基础 .....	7
1.2.1 运算器 .....	7
1.2.2 控制器 .....	9
1.2.3 存储器 .....	11
1.2.4 输入、输出设备 .....	13
1.3 计算机软件基础 .....	22
1.3.1 操作系统 .....	23
1.3.2 应用软件 .....	24
1.4 计算机内部信息的管理 .....	26
1.4.1 信息的表示 .....	27
1.4.2 信息的存储、组织与管理 .....	28
第 2 章 网络基本知识 .....	31
2.1 网络的基本常识 .....	31
2.1.1 网络的物理组成 .....	33
2.1.2 网络传输介质 .....	36
2.1.3 网络的拓扑结构 .....	43
2.1.4 网络的体系结构 .....	46
2.1.5 网络通信 .....	54
2.2 互联网常用工具软件的使用 .....	58
2.2.1 文件传输 .....	58

2.2.2	远程登录	59
2.2.3	网络交流平台	61
2.2.4	网络数据库	65
2.2.5	计算机网络安全	68
<b>第3章</b>	<b>学科知识</b>	<b>74</b>
3.1	排列与组合	74
3.1.1	排列基础知识	74
3.1.2	基本原理	75
3.1.3	组合基础知识	76
3.1.4	例题	77
3.1.5	几种特殊的排列与组合	78
3.1.6	组合意义	80
3.1.7	二项式定理	82
3.1.8	排列生成算法与例程	83
3.2	高精度运算	90
3.2.1	高精度数的初始化	91
3.2.2	高精度加法	92
3.2.3	高精度减法	94
3.2.4	高精度乘法	96
3.2.5	高精度除法	98
3.2.6	拓展到有符号数	101
3.3	字符串处理	102
3.3.1	自己实现字符串	102
3.3.2	KMP 算法	104
3.3.3	最长公共子串	106
3.3.4	编辑距离	107
3.3.5	字符串的哈希函数	108
3.3.6	字符串近似匹配	112
<b>第4章</b>	<b>数据结构</b>	<b>117</b>
4.1	数据结构概述	117
4.1.1	为什么需要学习数据结构?	117
4.1.2	一类数据结构的确定	118
4.1.3	数据结构的选择	119
4.2	基本数据结构	119
4.2.1	栈	119
4.2.2	队列	120

4.2.3	小 结 .....	121
4.3	优先队列 .....	121
4.3.1	二叉堆的结构 .....	121
4.3.2	二叉堆的维护 .....	122
4.3.3	二叉堆的应用 .....	123
4.3.4	小 结 .....	123
4.4	图论中的数据结构 .....	123
4.4.1	一般图的存储 .....	123
4.4.2	树的存储 .....	125
4.4.3	小 结 .....	126
4.5	并查集 .....	126
4.5.1	用链表实现不相交的集合 .....	126
4.5.2	并查集的调整 .....	128
4.5.3	并查集的应用 .....	130
4.5.4	小 结 .....	130
4.6	二叉搜索树和平衡树 .....	130
4.6.1	二叉搜索树的结构 .....	130
4.6.2	二叉搜索树的操作 .....	131
4.6.3	平衡树 .....	132
4.6.4	跳 表 .....	135
4.6.5	小 结 .....	137
4.7	哈 希 .....	137
4.7.1	散列函数 .....	137
4.7.2	哈希表的结构 .....	138
4.7.3	小 结 .....	140
<b>第5章</b>	<b>算 法 .....</b>	<b>141</b>
5.1	动态规划 .....	141
5.1.1	动态规划概述 .....	141
5.1.2	动态规划的经典问题 .....	142
5.1.3	集合动态规划 .....	144
5.1.4	树形动态规划 .....	146
5.1.5	动态规划的优化 .....	147
5.1.6	小 结 .....	148
5.2	贪心算法 .....	148
5.2.1	贪心算法概述 .....	148
5.2.2	哈夫曼编码 .....	149
5.2.3	贪心算法辅助其他算法的例子 .....	151



5.2.4	小 结 .....	152
5.3	分 治 .....	153
5.3.1	分治算法概述 .....	153
5.3.2	归并排序 .....	154
5.3.3	九连环 .....	155
5.3.4	大整数乘法 .....	156
5.3.5	小 结 .....	157
5.4	最短路径 .....	157
5.4.1	基本概念 .....	158
5.4.2	单源最短路径 .....	158
5.4.3	所有点对间的最短路径 .....	164
5.4.4	小 结 .....	165
<b>第 6 章</b>	<b>阅读分析程序 .....</b>	<b>166</b>
6.1	程序设计方法 .....	166
6.1.1	各种程序语言 .....	167
6.1.2	各种新方法 .....	174
6.1.3	方法论的对立 .....	175
6.2	阅读和分析程序 .....	177
6.3	完善程序 .....	206
第十四届全国青少年信息学奥林匹克联赛初赛试题 .....		250
第十五届全国青少年信息学奥林匹克联赛初赛试题 .....		259
第十六届全国青少年信息学奥林匹克联赛初赛试题 NOIP2010(Pascal 提高组) .....		269

## 第 1 章

# 计算机的基本常识

## 1.1 计算机的发展史

从第一台电子计算机问世到“微处理器改变全球”的近 70 年间,计算机技术已历经几代,发展速度之快令许多电脑界泰斗人物的预言都成为笑柄。1943 年,美国 IBM 公司总裁 Tomas J. Watson 预言:“也许 5 台计算机就能满足全世界的需要。”然而,2011 年全球个人电脑出货量就达到了 3.878 亿台。

下面我们就从计算机的发展史来感受科技发展的艰辛和科学技术的巨大推动力。

### 1.1.1 手动计算器

最早的时候,人类用石头、有刻痕的小木棍等来记录数量。但是有很多交易需要计算,计算是基于算法的,所谓算法,就是问题的具体解决方法和步骤。

中国早在大约公元 1200 年,就发明了算盘(见图 1-1)。这种辅助数字计算过程的设备,就称为手动计算器。

后来,苏格兰数学家 John Napier 发明了对数和一种能进行乘法和除法运算的仪器,这种仪器由很多长小棒组成,每个小棒又被分为 10 个小方块,每个小方块用 2 个数字来标定,称为纳帕尔计算器(见图 1-2)。

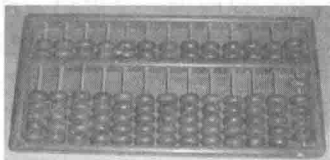


图 1-1 算盘

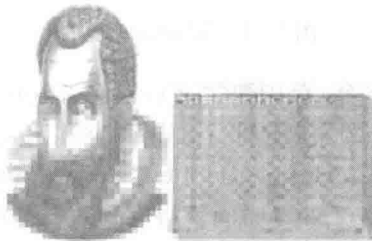


图 1-2 John 和纳帕尔计算器

1621年,英国数学家 William Oughtred 利用 Napier 的对数,制作了最初的计算尺。从 20 世纪 60 年代起,计算尺(见图 1-3)就一直作为一项基本工具被广泛使用。

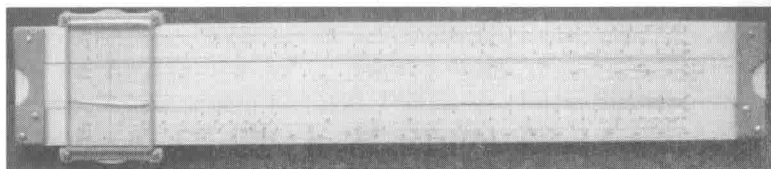


图 1-3 对数计算尺

### 1.1.2 机械式计算器

算盘、计算尺这样的手动计算器需要人们应用算法来执行计算,与之不同的是,机械式计算器可以自动实现算法。使用时,人们只需要输入需要计算的数字,然后运行计算器会直接运算出结果,运算过程中不需要人为的再操作。

1623年,德国科学家威廉·席卡尔德(Wilhelm Schickard)用一系列互相咬合的齿轮制造了第一台机械器 Schickard 器(见图 1-4)。齿轮上有 10 根辐条,每根代表一个数字,齿轮转一周,会将它左边的齿轮活动一格,并作个记号表示进一位,这台机器能够进行六位数的加减乘除运算。

1822年,英国科学家 Charles Babbage 发明了差分机(见图 1-5),差分机的设计理论非常超前,可以由蒸汽作动力来进行操作。差分机用于快速精确地计算天文学和工程应用中的大型数据处理。1934年,Babbage 开始设计分析机,包含了内存、可编程的处理器、输入输出设备和用户可自定义程序的概念,都与现代计算机非常吻合,特别是穿孔卡片的设计被应用在第一代计算机上。

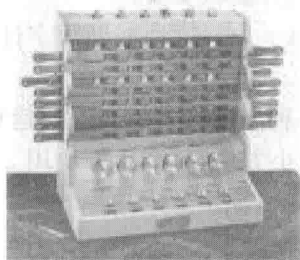


图 1-4 Schickard 器

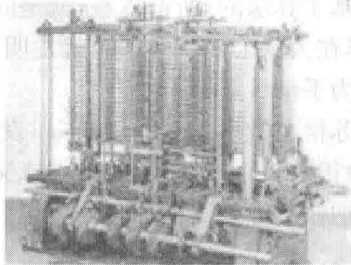


图 1-5 差分机

1848年,英国数学家 George Boole 创立二进制代数学,提前近一个世纪为现代二进制计算机的发展铺平了道路。1890年,美国人口普查部门希望能得到一台机器帮助提高普查效率。Herman Hollerith 借鉴 Babbage 的发明,用穿孔卡片存储数据,并设计了机器,结果仅用 2 年时间就将所有数据统计、计算完成。Herman Hollerith 于 1896 年成立了制表机器公司(The Tabulating Machine Company),1924 年更名为国际商用机器公司(International Business Machines),也就是著名的 IBM 公司。

### 1.1.3 电子管计算机

在以机械方式运行的计算器诞生百年之后,随着电子技术的突飞猛进,计算机开始了真正意义上的由机械向电子时代的过渡,电子器件逐渐演变成为计算机的主体,而机械部件则渐渐处于从属位置。两者地位发生转化的时候,计算机也正式开始了由量到质的转变,由此导致电子计算机正式问世。

1939年,IBM公司赞助了一位名叫Howard Aiken的工程师的一个大胆想法:把73台IBM自动会计机整合成一个统一的计算单元,生产的机械计算器被称为IBM自动序列控制的计算器(Automatic Sequence Controlled Calculation,ASCC)。Aiken是一个十分优秀的工程师,但是没有很好地掌握计算机的长远发展趋势,1947年,他预言只需要6台电子数字计算机就可以满足整个美国的计算需要,这和前面提到过的IBM公司总裁Tomas J. Watson的话一样,被历史证明是多么的可笑。

1942年,美国衣阿华州立大学教授John V. Atanasoff设计出了阿塔纳索夫·贝瑞计算机(Atanasoff-Berry Calculation,简称ABC),它是首次采用电子管来代替机械式开关的计算机。通常被认为是最早的电子计算机。

1943年,Williams和Stibitz完成了叫做“Relay Interpolator”的计算机,后来命名为“Model II Relay Calculator”。这是一台可编程计算机,同样使用纸带输入程序和数据。它运行更可靠,每个数用7个继电器表示,可进行浮点运算。

1946年,ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer)诞生。图1-7所示是第一台真正意义上的数字电子计算机。它是以John W. Mauchly和J. Presper Eckert为首的研制小组,从1943年开始开发的,长超过30米,高超过3米,重30吨,用了18000个电子管,功率25千瓦,每秒可以进行5000次加法运算,通过手动将电缆连接起来,并设置了6000个开关进行编程。ENIAC于1946年2月被捐赠给了宾夕法尼亚大学莫尔电机工程学院,主要用于计算弹道和氢弹的研制。

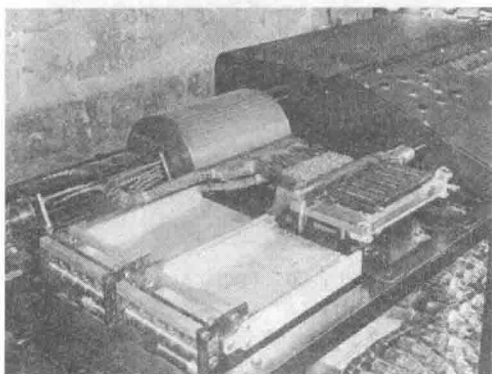


图 1-6 差分机



图 1-7 ENIAC

电子管计算机的特征是使用电子管存储数据。电子管是能够在真空中控制电子流动的一种电子设备。每个电子管都可以设置成两种状态之一,一个被赋值为0,另一个被赋值为1。电子管比机械式继电器反应更快,当然计算速度也更快。但它也有缺点:消

耗大量能量,并且大部分以热能的形式散发,所以很容易被烧坏。ENIAC 包含的 18000 只电子管,在工作的第一年里每个电子管都更换过至少 1 次。

电子管计算机不具有操作系统,每个应用软件都包含计算工作所必需的各种指令,包括输入、输出和处理,效率极低。

#### 1.1.4 晶体管计算机的发展

电子管时代的计算机尽管已经步入了现代计算机的范畴,但因其体积大、能耗高、故障多、价格贵,制约了它的普及和应用。直到晶体管被发明出来,电子计算机才找到了腾飞的起点。

1947 年,AT&T 贝尔实验室第一次证明晶体管可以控制电流和电压,并且可以作为电信号的开关。William B. Shockley、John Bardeen 和 Walter H. Brattain 发明了晶体管,开辟了电子时代新纪元。晶体管的功能和电子管相似,但它更小更便宜,而且耗电更低更可靠。

1949 年,EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer,电子离散变量自动计算机)——第一台使用磁带的计算机,如图 1-8 所示。这是一个突破,可以多次在磁带上存储程序。

1950 年,日本东京帝国大学的 Yoshiro Nakamats 发明了软磁盘,其销售权由 IBM 公司获得。由此开创了存储时代的新纪元。

1951 年,以 J. Presper Eckert 和 John Mauchly 为首研制的第一台商用计算机系统 UNIVAC-1 诞生(见图 1-9),被美国人口普查部门用于人口普查,标志着计算机进入了商业应用时代。

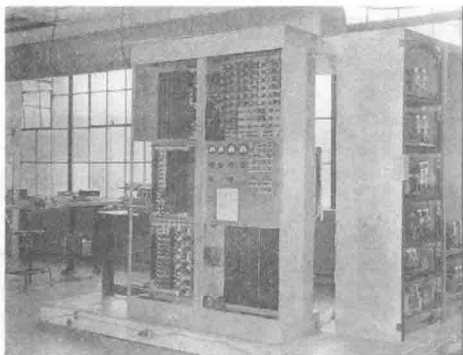


图 1-8 EDVAC

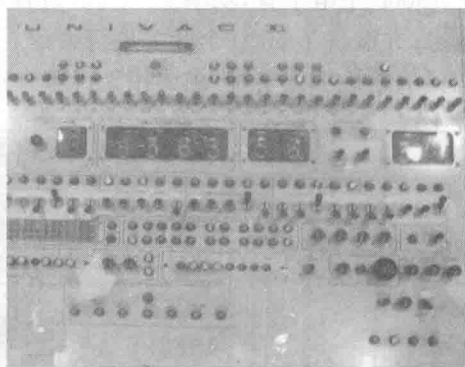


图 1-9 UNIVAC-1

与电子管计算机相比,晶体管计算机包含了操作系统,它能够为输入输出、内存管理、存储和其他的资源管理活动提供标准化的程序。开发应用程序不再需要写资源管理程序了,这些操作系统允许程序员可以调用操作系统程序的应用软件。但是,IBM 公司和其他计算机生产商早期开发的专用操作系统只能在特定的计算机上运行,它们各自有自己唯一的命令集来调用它们的程序。这意味着程序员每学一种操作系统就要重新学习一种编程,这也在一定程度上限制了它们的发展。

### 1.1.5 集成电路为现代计算机发展铺平道路

尽管晶体管的采用大大缩小了计算机的体积、降低了价格、减少了故障,但离用户的实际要求仍相距甚远,而且各行业对计算机也产生了较大的需求,生产性能更强、重量更轻、价格更低的机器成了当务之急。集成电路的发明解决了这个问题。高集成度不仅使计算机的体积得以减小,也使速度加快、故障减少。从此,人们开始制造革命性的微处理器。

1965年,数字设备公司(Digital Equipment, DEC)推出第一台小型计算机 DEC PDP-8(见图1-10)。其体积较小,虽然功能没有大型计算机那么强大,但是保持了为多数用户同时运行多个程序的功能,所以迅速占领了市场。DEC公司1998年被Compaq公司收购。

1965年,摩尔定律发表,预言处理器的晶体管数量每18个月增加一倍,价格下降一半。

1971年, Ted Hoff在Intel公司开发成功第一块微处理器4004,在单个芯片上包含了2300个晶体管,字长为4位,时钟频率为108kHz,每秒执行6万条指令。4004的处理器比人的巴掌大不了多少,却拥有与ENIAC一样的计算能力。1972年, Intel公司又推出了8008(见图1-11),其是第一个字长为8位的商业微处理器。

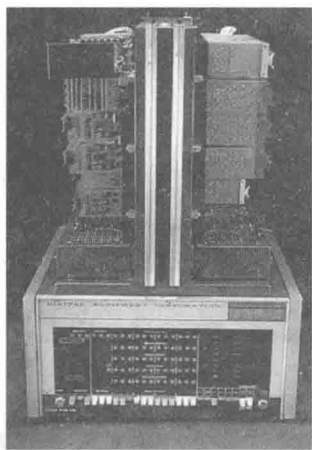


图1-10 DEC PDP-8

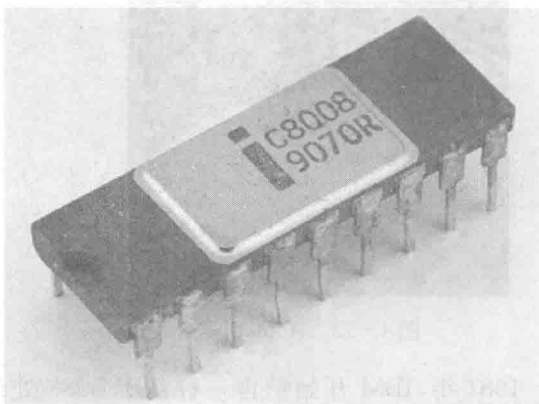


图1-11 8008处理器

1972年,C语言开发完成。其主要设计者是UNIX系统的开发者之一Dennis Ritchie。这是一种非常强大的语言,特别受人喜爱。

1976年,Zilog公司推出了Z80微处理器,这是一个用于多种早期的计算机系统升级的8080微处理器,同年,Intel公司发布了8085处理器(见图1-12),这是对8080的进一步升级。

当时,Intel公司和Motorola公司都在开发高级的微处理器,Intel系列产品还包括8086、8088、80386、80486、Pentium和Itanium等,主要使用在与Windows操作系统兼容的计算机上。Motorola公司的微处理器系列逐渐发展到包括用在Apple Macintosh计

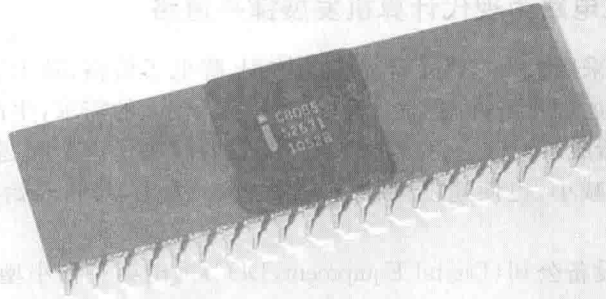


图 1-12 8085 处理器

计算机上的 68000 系列微处理器以及 20 世纪 90 年代初研制的用在 Macintosh 计算机系统  
中的 Power PC 处理器。

### 1.1.6 当代计算机技术渐入辉煌

1977 年, Steve Jobs 和 Steve Wozniak 创建了苹果计算机公司, 推出了 Apple I (见  
图 1-13), 它包含一块系统板和 4KB 的 RAM。第二年, 苹果公司继续推出 Apple II (见  
图 1-14), 它具有彩色的图形界面、扩展槽、硬盘驱动器、1.07MHz 的 6502 处理器以及  
16KB 的 RAM。

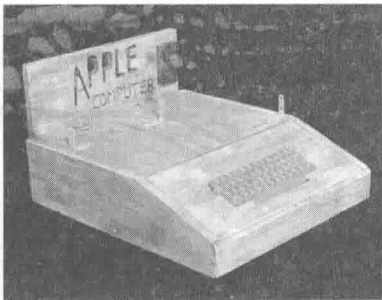


图 1-13 Apple I



图 1-14 Apple II

1981 年, IBM 开始销售一种基于 8088 处理器的  
叫做“个人计算机”或“PC”的计算机, 当 PC 版的  
VisiCalc 被广泛应用后, IBM PC 机迅速成为个人计  
算机里销售最多的产品。

当时, IBM PC 机使用 Pc-Dos 做操作系统, Bill  
Gates 开始了 MS-dos 的研制, 至今他对整个计算机  
产业的发展还起着举足轻重的作用。在此时段, 互  
联网技术和多媒体技术也得到了空前的应用与发  
展, 计算机真正开始改变我们的生活。



图 1-15 IBM PC 机



## 1.2 计算机硬件基础

冯·诺依曼是美籍匈牙利人,1903年12月28日生于匈牙利的布达佩斯,父亲是一个银行家,家境富裕,十分注意对孩子的教育。冯·诺依曼从小聪颖过人,兴趣广泛,读书过目不忘,据说他6岁时就能用古希腊语同父亲闲谈,一生掌握了七种语言。他年仅22岁就获得了布达佩斯大学数学博士学位,是普林斯顿大学、宾夕法尼亚大学、哈佛大学、伊斯坦堡大学、马里兰大学、哥伦比亚大学和慕尼黑高等技术学院等校的荣誉博士,还是美国国家科学院、秘鲁国立自然科学院和意大利国立林且学院等院的院士,1951至1953年任美国数学会主席,1954年任美国原子能委员会委员。1954年夏,冯·诺依曼被查出患有癌症,1957年2月8日,在华盛顿去世,终年54岁。

冯·诺依曼是个数学奇才,他在数学的诸多领域都进行了开创性工作,并作出了重大贡献。在第二次世界大战前,他主要从事算子理论、量子理论、集合论等方面的研究。1923年关于集合论中超限序数的论文,显示了他处理集合论问题所特有的方式和风格——把集合论加以公理化。他的公理化体系奠定了公理集合论的基础。他从公理出发,用代数方法导出了集合论中许多重要概念、基本运算、重要定理等。

但冯·诺依曼对人类的最大贡献是对计算机科学、计算机技术和数值分析的开拓性工作。1944年,冯·诺依曼提出计算机基本结构和工作方式的设想,为计算机的诞生和发展提供了理论基础。时至今日,尽管计算机软硬件技术飞速发展,但计算机本身的体系结构并没有明显的突破,当今的计算机仍属于冯·诺依曼架构。

其理论要点如下:

- (1) 计算机硬件设备由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五部分组成。
- (2) 存储程序思想——把计算过程描述为由许多命令按一定顺序组成的程序,然后把程序和数据一起输入计算机,计算机对已存入的程序和数据处理后,输出结果。

### 1.2.1 运算器

运算器是计算机中执行各种算术和逻辑运算操作的部件。运算器的基本操作包括加、减、乘、除四则运算,与、或、非、异或等逻辑操作,以及移位、比较和传送等操作,亦称算术逻辑部件(ALU)。计算机运行时,运算器的操作和操作种类由控制器决定。运算器处理的数据来自存储器;处理后的结果数据通常送回存储器,或暂时寄存在运算器中。运算器进行各种算术运算和逻辑运算。

#### 1. 运算器的功能和分类

运算器的基本功能是完成对各种数据的加工处理,例如算术四则运算,与、或、求反等逻辑运算,算术和逻辑移位操作,比较数值,变更符号,计算主存地址等。运算器中的寄存器用于临时保存参加运算的数据和运算的中间结果等。运算器中还要设置相应的部件,用来记录一次运算结果的特征情况,如结果是否溢出、结果的符号位、结果是否为零等。

计算机所采用的运算器类型很多,从不同的角度分析,就有不同的分类方法。从小



数点的表示形式可分为定点运算器和浮点运算器。定点运算器只能做定点数运算,特点是机器数所表示的范围较小,但结构较简单。浮点运算器功能较强,既能对浮点数又能对定点数进行运算,其数的表示范围很大,但结构相当复杂。从进位制方面可分为二进制运算器和十进制运算器。一般计算机都采用二进制运算器,随着计算机广泛应用于商业和数据处理,越来越多的机器加入了十进制运算的功能,使运算器既能完成二进制运算,也能完成十进制运算。

### 2. 运算器的组成

计算机中运算器需要具有完成多种运算操作的功能,因而必须将各种算法综合起来设计一个完整的运算部件。运算器主要由算术逻辑部件、通用寄存器组和状态寄存器组成。

#### (1) 算术逻辑部件 ALU

ALU 主要完成对二进制信息的定点算术运算、逻辑运算和各种移位操作。算术运算主要包括定点加、减、乘和除运算。逻辑运算主要有逻辑与、逻辑或、逻辑异或和逻辑非操作。移位操作主要完成逻辑左移和右移、算术左移和右移及其他一些移位操作。某些机器中,ALU 还要完成数值比较、变更数值符号、计算操作数在存储器中的地址等。可见,ALU 是一种功能较强的组合逻辑电路,也是运算器组成中的核心部件。ALU 能处理的数据位数(即字长)与机器有关。如 Z80 单板机中,ALU 是 8 位;IBM PC/XT 和 AT 机中,ALU 为 16 位;386 和 486 微机中,ALU 是 32 位。ALU 有两个数据输入端和一个数据输出端,输入输出的数据宽度(即位宽)与 ALU 处理的数据宽度相同。

#### (2) 通用寄存器组

通用寄存器组主要用来保存参加运算的操作数和结果。早期的机器只设计一个寄存器,用来存放操作数、操作结果和执行移位操作,由于可用于存放重复累加的数据,所以常称为累加器。通用寄存器均可以作为累加器使用。通用寄存器的数据存取速度是非常快的,目前一般是十几毫微秒(1 毫微秒=10<sup>-9</sup>秒)。如果 ALU 的两个操作数都来自寄存器,就可以极大地提高运算速度。

#### (3) 状态寄存器

状态寄存器也称条件码寄存器,用来存放两类信息:一类是体现当前指令执行结果的各种状态信息(条件码),如有无进位(CY 位)、有无溢出(OV 位)、结果正负(SF 位)、结果是否为零(ZF 位)、奇偶标志位(P 位)等;另一类是存放控制信息(PSW: 程序状态字寄存器),如允许中断(IF 位)、跟踪标志(TF 位)等。有些机器中将 PSW 称为标志寄存器 FR(Flag Register)。

### 3. 与运算器有关的计算机性能指标

#### (1) 机器字长

机器字长是指参与运算的数据的基本位数。它决定了寄存器、运算器和数据总线的位数,因而直接影响到硬件的价格。字长标志着计算精度。为协调精度与造价,并满足多方面的要求,许多计算机允许变字长计算,如半字长、全字长和双倍字长等。由于数和指令代码都放在主存中,因而字长与指令码长度往往有一个对应关系,字长也就影响到指令系统功能的强弱。计算机字长从 4 位、8 位、16 位、32 位到 64 位不等。机器字长可