

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



# 计算机组成原理 与系统结构

张燕平 主编  
赵姝 陈洁 副主编



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术

# 计算机组成原理 与系统结构

张燕平 主编  
赵姝 陈洁 副主编

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书系统全面地介绍了网络安全的基本概念、网络安全体系结构及网络信息安全的评价标准,在对计算机网络体系结构及协议进行简要介绍的基础上,对网络攻击和防御的理论和进行了较为详细、系统的介绍,对 Windows 和 Linux 操作系统平台的安全性设计和实现进行了分析。对信息加密理论与技术进行了介绍,给出了常用的网络安全设备防火墙、入侵检测/防御系统、蜜罐/蜜网的工作原理和应用领域。书中还给出了网络攻防的几个典型案例,介绍了网络安全的规划、设计和评估方法。

本书结构严谨、层次分明、概念清晰、叙述准确、实践性强,易于学习和理解,可作为高等院校计算机专业、电子信息以及通信专业高年级本科生和低年级硕士研究生教材,也可供网络安全管理人员以及开发人员作为技术参考书或工具书使用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

网络安全教程及实践/吴辰文等编著.--北京:清华大学出版社,2012.9

21世纪高等学校信息安全专业规划教材

ISBN 978-7-302-28725-4

I. ①网… II. ①吴… III. ①计算机网络—安全技术—高等学校—教材 IV. ①TP393.08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 088736 号

责任编辑:郑寅堃 薛 阳

封面设计:杨 兮

责任校对:时翠兰

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:25.5 字 数:618千字

版 次:2012年9月第1版 印 次:2012年9月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:44.50元

---

产品编号:045908-01

# 出版说明

由于网络应用越来越普及,信息化的社会已经呈现出越来越广阔的前景,可以肯定地说,在未来的社会中电子支付、电子银行、电子政务以及多方面的网络信息服务将深入到人类生活的方方面面。同时,随之面临的信息安全问题也日益突出,非法访问、信息窃取、甚至信息犯罪等恶意行为导致信息的严重不安全。信息安全问题已由原来的军事国防领域扩展到了整个社会,因此社会各界对信息安全人才有强烈的需求。

信息安全本科专业是2000年以来结合我国特色开设的新的本科专业,是计算机、通信、数学等领域的交叉学科,主要研究确保信息安全的科学和技术。自专业创办以来,各个高校在课程设置和教材研究上一直处于探索阶段。但各高校由于本身专业设置上来自于不同的学科,如计算机、通信和数学等,在课程设置上也没有统一的指导规范,在课程内容、深浅程度和课程衔接上,存在模糊不清、内容重叠、知识覆盖不全面等现象。因此,根据信息安全类专业知识体系所覆盖的知识点,系统地研究目前信息安全专业教学所涉及的核心技术的原理、实践及其应用,合理规划信息安全专业的核心课程,在此基础上提出适合我国信息安全专业教学和人才培养的核心课程的内容框架和知识体系,并在此基础上设计新的教学模式和教学方法,对进一步提高国内信息安全专业的教学水平和质量具有重要的意义。

为了进一步提高国内信息安全专业课程的教学水平和质量,培养适应社会经济发展需要的、兼具研究能力和工程能力的高质量专业技术人才。在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社与国内多所重点大学共同对我国信息安全人才培养的课程框架和知识体系,以及实践教学内容进行了深入的研究,并在该基础上形成了“信息安全人才需求与专业知识体系、课程体系的研究”等研究报告。

本系列教材是在课程体系的研究基础上总结、完善而成,力求充分体现科学性、先进性、工程性,突出专业核心课程的教材,兼顾具有专业教学特点的相关基础课程教材,探索具有发展潜力的选修课程教材,满足高校多层次教学的需要。

本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本组织原则和特点。

(1) 反映信息安全学科的发展和专业教育的改革,适应社会对信息安全人才的培养需求,教材内容坚持基本理论的扎实和清晰,反映基本理论和原理的综合应用,在此基础上强调工程实践环节,并及时反映教学体系的调整和教学内容的更新。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能

浙江大学	吴朝晖	教授
	李善平	教授
扬州大学	李 云	教授
南京大学	骆 斌	教授
	黄 强	副教授
南京航空航天大学	黄志球	教授
	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授
南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	王宜怀	教授
	陈建明	副教授
江苏大学	鲍可进	教授
中国矿业大学	张 艳	教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	叶俊民	教授
	郑世珏	教授
	陈 利	教授
江汉大学	颜 彬	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
	邹北骥	教授
中南大学	刘卫国	教授
湖南大学	林亚平	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
长安大学	巨永锋	教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
厦门大学	冯少荣	教授
厦门大学嘉庚学院	张思民	教授
云南大学	刘惟一	教授
电子科技大学	刘乃琦	教授
	罗 蕾	教授
成都理工大学	蔡 淮	教授
	于 春	副教授
西南交通大学	曾华荣	教授

# 出版说明

---

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材如下。

(1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail:weijj@tup.tsinghua.edu.cn



# 前言

本书是为工科计算机类本科生学习“计算机组成原理与系统结构”课程而编写的教材。

为适应本科教育培养方案的改革,在多年教授专业核心课程“计算机组成原理”与“计算机系统结构”的基础上,将两门课程合并。“计算机组成原理与系统结构”仍是计算机类专业的必修专业基础课程,其教学目的在于通过学习计算机系统中各个部件的原理以及相互联系与作用,帮助学生建立计算机系统的完整概念。本课程介绍了计算机各个组成部件的基本概念、基本结构以及工作原理,计算机体系结构的基本概念,指令集结构设计,流水线技术等,并从提高计算机性能的角度,分析和探讨了计算机系统结构的基本原理和设计方法。

本书共分7章,分别是计算机系统概论、运算方法与运算器、存储系统、指令系统、中央处理器、输入输出系统和计算机体系结构。书中各章节的内容紧扣计算机专业基础综合科目考研大纲要求,涵盖相应的考试知识点,且各章都配有小结和习题,帮助读者归纳掌握各章节的内容。本书可作为高等院校计算机等各专业的教材,也可作为有关的工程技术人员的参考用书。

在编写本书的过程中,编者参考了国内外大量的文献资料,汲取各家之长并结合多年来从事的教学经验,对书中内容做了精心组织,力求做到深入浅出、重点突出、便于理解。

本书由张燕平任主编,初稿由赵姝、陈洁起草,后由张燕平修订第1章,段震改写第2章和第5章,陈洁修订第3章和第4章,钱付兰修订第6章,周健修订第7章。在本书的编写过程中,团队的研究生参与了书中大量图示的绘制工作,在此表示感谢。本书的出版获得国家质量工程项目(TS11483)的资助。

虽然全书的内容都经过了认真编写,但由于作者水平有限,错误和不当之处敬请同行和广大读者批评指正。如有问题可直接与作者联系:zhangyp2@gmail.com。

作者

2012年5月



<b>第 1 章 计算机系统概论</b> .....	1
1.1 计算机的发展 .....	1
1.2 计算机的硬件组成 .....	2
1.2.1 计算机的硬件框图.....	2
1.2.2 计算机系统的主要技术指标.....	4
1.3 计算机系统的层次结构 .....	8
1.3.1 计算机硬件.....	8
1.3.2 计算机软件.....	8
1.3.3 计算机系统的层次结构简介.....	9
1.3.4 计算机工作过程 .....	10
1.3.5 计算机组成与计算机系统结构的关系 .....	12
1.4 系统结构的发展.....	12
本章小结 .....	13
习题 .....	15
<b>第 2 章 运算方法与运算器</b> .....	16
2.1 数据的表示方法.....	16
2.1 进位计数制及其相互转换.....	16
2.1.1 真值和机器数 .....	19
2.1.2 十进制数的二进制编码 .....	24
2.1.3 字符和字符串 .....	25
2.2 数的定点表示和浮点表示.....	28
2.2.1 定点数 .....	28
2.2.2 浮点数 .....	29
2.3 定点数的移位运算.....	31
2.4 定点数的加减运算.....	33
2.4.1 补码的加减运算及溢出判断 .....	33
2.4.2 移码的加减运算及溢出判断 .....	34
2.5 加法器和算术逻辑单元.....	35
2.5.1 加法器 .....	35
2.5.2 算术逻辑单元 .....	39
2.6 定点乘法运算.....	42

2.6.1	定点原码一位乘 .....	42
2.6.2	补码一位乘 .....	46
2.6.3	原码两位乘 .....	49
2.6.4	补码两位乘 .....	52
2.6.5	阵列乘法器 .....	54
2.7	定点除法运算 .....	56
2.7.1	原码一位除 .....	56
2.7.2	补码一位除 .....	58
2.8	浮点运算 .....	59
2.8.1	浮点数的加减法运算 .....	59
2.8.2	浮点数的乘除法运算 .....	62
2.9	运算器的基本结构 .....	63
2.9.1	定点运算部件 .....	63
2.9.2	浮点运算部件 .....	64
2.9.3	定点运算器的基本结构 .....	64
2.10	数据校验码 .....	65
2.10.1	基本概念 .....	66
2.10.2	奇偶校验码 .....	67
2.10.3	海明校验码 .....	68
2.10.4	循环冗余校验码 .....	70
本章小结	.....	73
习题	.....	78
<b>第3章</b>	<b>存储系统 .....</b>	<b>81</b>
3.1	存储系统概述 .....	81
3.1.1	存储器分类 .....	82
3.1.2	主存储器的主要性能指标 .....	83
3.1.3	存储系统的层次结构 .....	83
3.2	主存储器 .....	84
3.2.1	静态存储器 .....	85
3.2.2	动态存储器 .....	89
3.2.3	RAM 芯片实例 .....	91
3.2.4	存储控制 .....	93
3.2.5	DRAM 与 SRAM 的比较 .....	94
3.3	半导体存储器的容量扩展 .....	94
3.4	双端口存储器和多体交叉存储器 .....	99
3.4.1	双端口存储器 .....	99
3.4.2	多体交叉存储器 .....	100
3.5	高速缓冲存储器 .....	101

3.5.1	Cache 的基本工作原理	102
3.5.2	Cache 地址映像	103
3.5.3	Cache 替换算法	106
3.5.4	Cache 性能分析	107
3.6	虚拟存储器	110
3.6.1	虚拟存储器概述	110
3.6.2	页式虚拟存储器	112
3.6.3	段页式虚拟存储器	114
3.6.4	虚拟存储器工作的全过程	115
3.6.5	存储管理部件	116
3.7	三级存储系统	117
3.7.1	三级存储系统地址变换	117
3.7.2	全 Cache 技术	118
	本章小结	118
	习题	123
<b>第 4 章</b>	<b>指令系统</b>	<b>127</b>
4.1	指令的组成	127
4.2	寻址技术	127
4.2.1	立即数寻址方式	128
4.2.2	寄存器寻址方式	128
4.2.3	直接寻址方式	129
4.2.4	间接寻址方式	129
4.2.5	基址寻址方式	130
4.2.6	变址寻址方式	130
4.2.7	相对寻址方式	131
4.2.8	堆栈寻址方式	131
4.3	指令的格式设计	132
4.3.1	操作码的编码方式	132
4.3.2	地址码的编码设计	136
4.4	指令系统的功能	137
4.4.1	基本指令系统	137
4.4.2	复杂指令系统	138
4.4.3	精简指令系统	139
	本章小结	140
	习题	142
<b>第 5 章</b>	<b>中央处理器</b>	<b>145</b>
5.1	CPU 的功能和基本结构	145

5.1.1	CPU 的功能 .....	145
5.1.2	CPU 的组成 .....	145
5.1.3	CPU 中的主要寄存器 .....	146
5.1.4	CPU 的基本模型 .....	148
5.2	控制器的功能和组成 .....	148
5.2.1	指令的执行步骤 .....	148
5.2.2	控制器的功能 .....	149
5.2.3	控制器的组成 .....	150
5.2.4	控制器的硬件实现 .....	152
5.3	时序系统与控制方式 .....	152
5.3.1	指令周期和机器周期 .....	152
5.3.2	节拍和脉冲 .....	153
5.3.3	多级时序系统 .....	154
5.3.4	控制器的控制方式 .....	155
5.4	数据通路 .....	156
5.4.1	数据通路的概念 .....	156
5.4.2	数据通路的操作 .....	157
5.5	微程序控制器 .....	161
5.5.1	微程序控制器的基本概念 .....	161
5.5.2	实现微程序控制的基本原理 .....	162
5.5.3	微程序控制器 .....	165
5.6	微程序设计技术 .....	166
5.6.1	微命令的编码方式 .....	166
5.6.2	微地址的形成方式 .....	168
5.6.3	微指令格式设计 .....	171
5.6.4	动态微程序设计 .....	172
5.6.5	微指令的执行方式 .....	173
5.7	硬布线控制器 .....	174
	本章小结 .....	176
	习题 .....	180
<b>第 6 章</b>	<b>输入输出系统 .....</b>	<b>183</b>
6.1	I/O 接口 .....	183
6.1.1	I/O 接口的特点、分类、基本功能与结构 .....	183
6.1.2	I/O 端口及其编址 .....	185
6.1.3	I/O 设备数据传送控制方式 .....	186
6.2	程序直接控制方式 .....	186
6.3	程序中断方式 .....	187
6.3.1	中断的基本概念 .....	187

6.3.2	中断处理	189
6.3.3	中断判优	193
6.3.4	中断向量的形成	195
6.4	DMA 方式	196
6.4.1	DMA 的工作方式	196
6.4.2	DMA 控制器的功能与组成	199
6.4.3	DMA 数据传送过程	200
6.4.4	DMA 接口与系统的连接方式	202
6.4.5	DMA 小结	203
6.5	通道控制与外围处理机方式	204
6.5.1	通道的类型	204
6.5.2	通道型 I/O 处理机和外围处理机	205
6.6	总线	207
6.6.1	总线的基本概念	207
6.6.2	总线的分类	207
6.6.3	总线标准	208
6.6.4	总线仲裁	210
6.6.5	系统总线的信号组成	212
6.6.6	总线的性能指标	216
6.6.7	总线操作和定时	218
6.7	I/O 设备	220
6.7.1	概述	220
6.7.2	输入设备	221
6.7.3	输出设备	224
6.7.4	外存储器	237
	本章小结	246
	习题	251
<b>第 7 章</b>	<b>计算机系统结构</b>	<b>255</b>
7.1	计算机系统结构概论	255
7.1.1	计算机系统结构定义	255
7.1.2	计算机系统结构的 Flynn 分类	256
7.1.3	计算机系统结构的发展	257
7.2	计算机系统结构设计	259
7.2.1	计算机系统结构设计的主要任务	259
7.2.2	计算机系统结构设计的主要方法	260
7.2.3	计算机系统结构设计的定量原理	261
7.2.4	计算机系统结构设计的性能指标	262
7.2.5	计算机系统结构设计中的并行处理技术	263

7.3	标量处理机 .....	265
7.3.1	指令的重叠执行方式 .....	265
7.3.2	先行控制方式的原理和结构 .....	266
7.4	流水线处理机 .....	271
7.4.1	流水线工作原理 .....	271
7.4.2	流水线的分类 .....	273
7.4.3	线性流水线的性能分析 .....	276
7.5	超标量处理机和超流水线处理机 .....	279
7.5.1	超标量处理机 .....	279
7.5.2	超流水线处理机 .....	281
7.5.3	超标量超流水线处理机 .....	283
7.6	阵列处理机 .....	285
7.7	向量处理机 .....	286
7.7.1	向量的处理方式 .....	286
7.7.2	向量处理机的结构 .....	288
7.8	多处理机 .....	289
7.8.1	两种多处理机结构 .....	289
7.8.2	多处理机中的 Cache 一致性 .....	291
7.9	机群系统 .....	292
7.9.1	机群的基本结构和特点 .....	292
7.9.2	机群的分类 .....	293
	本章小结 .....	293
	习题 .....	294
	参考文献 .....	297

# 第 1 章

## 计算机系统概论

本章主要介绍计算机的发展、计算机的硬件组成、计算机系统的层次结构和系统结构的发展,目的是使读者对计算机组成和系统结构的基本概念有所了解,为后继的学习奠定基础。

### 1.1 计算机的发展

世界上第一台电子数字计算机“埃尼阿克”(ENIAC)是1946年在美国宾夕法尼亚大学研制成功的。这台计算机由1.8万多个电子管组成,重达30t,占地超过150m<sup>2</sup>,而运算速度每秒只有5000次。用今天的眼光来看,这台计算机耗费大且功能不完善,但是是科学史上一次划时代的创新,它奠定了电子计算机的基础。自这台计算机问世以来,从使用器件的角度来说,计算机的发展到目前为止大致经历了四代的变化。

第一代为1946年开始的电子管计算机。运算速度一般为每秒几千次至几万次,体积庞大,成本很高,可靠性较低。在此期间,形成了计算机的基本体系,确定了程序设计的基本方法,“数据处理机”开始得到应用。应用领域主要是军事和国防。销售量最大的是IBM公司的IBM 650小型机,性能最高的是最后一台电子管计算机——IBM 709大型机。

第二代为1958年开始的晶体管计算机。运算速度提高到每秒几万次至几十万次,可靠性提高,体积缩小,成本降低。在此期间,“工业控制机”开始得到应用。应用领域已扩大到工程设计和科学研究。影响较大的是CDC公司的CDC6600大型计算机,而性能最高的是CDC7600超大型计算机,速度达到每秒千万次浮点运算。

第三代为1964年开始的中小规模集成电路计算机。前期使用小规模或中规模半导体集成电路为基本器件,后期开始使用半导体存储器,可靠性进一步提高,体积进一步缩小,成本进一步降低,运算速度提高到每秒几十万次至几百万次。在此期间,形成机种多样化,生产系列化,使用系统化,“小型计算机”开始出现。应用领域进一步扩大,成本低而功能相对不是太强的小型计算机占领了数据处理的许多应用领域。代表性系统有IBM 360系列、CDC7600系列和DEC公司的PDP-8系列等。1964年推出的IBM 360系统是最早使用集成电路的通用计算机,也是影响最大的第三代计算机。

第三代计算机之后,对第四代计算机的定义人们还没有达成一致意见,多数学者认为第四代为1972年开始的大规模和超大规模集成电路计算机。第四代计算机的可靠性更进一步提高,体积更进一步缩小,成本更进一步降低。以IBM 370系列机为开端,运算速度可达

每秒几千万次至上亿次。之后,随着集成电路器件集成度的成倍提高,超大规模集成电路器件普遍应用于更加完善的高密度、高速度的处理器芯片和存储器芯片,由几片大规模集成电路组成的“微型计算机”开始出现。现代的电子计算机都是超大规模集成电路计算机。

英特尔(Intel)创始人之一戈登·摩尔(Gordon Moore)提出的摩尔定律揭示了信息技术进步的速度。其内容为:当价格不变时,集成电路上可容纳的晶体管数目,约每隔 18 个月便会增加 1 倍,性能也将提升 1 倍;换言之,1 美元所能买到的计算机性能,将每隔 18 个月翻 2 倍以上。这里需要特别指出的是摩尔定律并非数学、物理定律,而是对发展趋势的一种分析预测,因此,无论是它的文字表述还是定量计算都应当容许一定的宽裕度。从这个意义上看,摩尔的预言实在是相当准确而又难能可贵的了,所以才得到业界人士的公认,并产生巨大的反响。

第三代和第四代计算机的主要特点是通用化、系列化和标准化。通用化是指指令系统丰富,兼顾科学计算、数据处理、实时控制 3 个方面;系列化是指同一系列的各档机器采用相同的系统结构,即在指令系统、数据格式、字符编码、中断系统、控制方式、输入/输出操作方式等方面保持统一,从而保证了程序的兼容,当用户更新机器时,原来在低档机上编写的程序可以不做修改就能使用在高档机上;标准化是指采用标准的输入/输出接口,因而各个机型的外部设备是通用的,采用积木式结构设计,除了各个型号的 CPU 独立设计外,存储器、外部设备都采用标准部件组装。

随着大规模集成电路技术的迅速发展,计算机除了向巨型机方向发展外,还朝着超小型机和微型机方向飞速前进。除此以外,生物计算机和量子计算机也成为计算机的发展趋势。

1983 年,美国公布了研制生物计算机的设想之后,立即激起了发达国家的研制热潮。从 1984 年开始,日本每年用于研制生物计算机的科研投资为 86 亿日元。目前,美国、日本、德国和俄罗斯的科学家正在积极开展生物芯片的开发研究,生物芯片仍处于研制阶段,但在生物元件,特别是在生物传感器的研制方面已取得了不少实际成果,这将会促使计算机、电子工程和生物工程这 3 个学科的专家通力合作,加快研究开发生物芯片。

量子计算机是一类遵循量子力学规律进行高速数学和逻辑运算、存储及处理量子信息的物理装置。当某个装置处理和计算的是量子信息、运行的是量子算法时,它就是量子计算机。量子计算机的概念源于对可逆计算机的研究,研究可逆计算机的目的是为了解决计算机中的能耗问题。迄今为止,世界上还没有真正意义上的量子计算机;但是,世界各地的许多实验室正在以巨大的热情追寻着这个梦想。量子计算机使计算的概念焕然一新,这是量子计算机与其他计算机(如光计算机和生物计算机等)的不同之处。量子计算机的作用远不只是解决一些经典计算机无法解决的问题。

## 1.2 计算机的硬件组成

### 1.2.1 计算机的硬件框图

60 多年来,电子计算机的性能和器件技术的发展突飞猛进,但在结构上都可以认为是冯·诺依曼计算机结构的改进,典型的冯·诺依曼计算机以运算器为中心,如图 1.1 所示,输入设备、输出设备与存储器之间的数据传送都需通过运算器。图中实线为数据线,虚线为



控制线和反馈线。

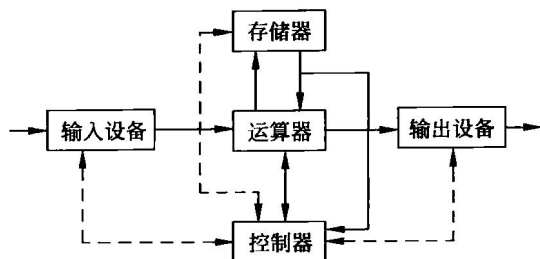


图 1.1 冯·诺依曼计算机硬件框图

冯·诺依曼计算机的特点是：程序以二进制代码的形式存放在存储器中；所有的指令都是由操作码和地址码组成；指令在其存储过程中按照执行的顺序；以运算器和控制器作为计算机结构的中心。

现代的计算机已转化为以存储器为中心，如图 1.2 所示。图中实线为控制线，虚线为反馈线，空心箭头线为数据线。

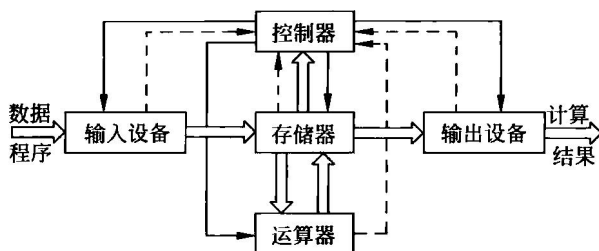


图 1.2 以存储器为中心的计算机硬件框图

图 1.2 中各部件的功能如下：

- (1) 运算器用来完成算术运算和逻辑运算，并将运算的中间结果暂存在运算器内。
- (2) 存储器用来存放数据和程序。
- (3) 控制器用来控制、指挥程序和数据的输入、运行以及处理运算结果。
- (4) 输入设备用来将人们熟悉的信息形式转换为计算机能识别的信息形式，常见的有键盘、鼠标等。
- (5) 输出设备可将计算机运算结果转换为人们熟悉的信息形式，如打印机、显示器等。

计算机的五大部件(又称五大子系统)在控制器的统一指挥下,实现有条不紊地自动工作。

由于运算器和控制器在逻辑关系和电路结构上联系十分紧密,尤其在大规模集成电路制作工艺出现以后,这两大部件往往制作在同一芯片上,因此通常将它们合起来统称为中央处理器(Central Processing Unit),简称 CPU。把输入设备与输出设备简称为 I/O(Input/Output)设备。这样现代计算机可认为由三大部分组成:CPU、I/O 设备及主存储器 MM(Main Memory)。CPU 与 MM 合起来又可称为主机,I/O 设备可称为外部设备,如图 1.3 所示。图中双向空心箭头线

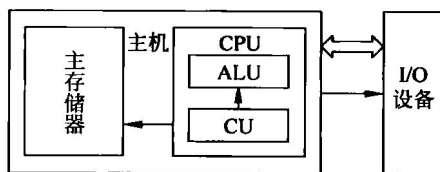


图 1.3 现代计算机的组成框图