



高职高专计算机技能型紧缺人才培养规划教材

计算机网络技术专业

计算机组成 与服务器技术

· 蒋亚军 钟伟成 徐凌宇 编

免费提供

教学相关资料



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高职高专计算机技能型紧缺人才培养规划教材
计算机网络技术专业

计算机组成与服务器技术

蒋亚军 钟伟成 徐凌宇 编 ←

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成与服务器技术 / 蒋亚军, 钟伟成, 徐凌宇编. —北京: 人民邮电出版社, 2005.9
ISBN 7-115-13332-8

I. 计... II. ①蒋... ②钟... ③徐... III. ①计算机体系结构 ②网络服务器
IV. ①TP303②TP368.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 098593 号

内 容 提 要

本书针对教学体制的改革, 结合计算机网络及相关专业学生的实际需要, 将计算机组成与服务器应用技术的相关知识融合为一本书, 系统地介绍计算机的工作原理和基于硬件的服务器知识。本书分两篇, 第一篇为计算机组成, 共分 6 章, 主要内容包括计算机系统概论、存储系统、总线结构、指令系统、中央处理器以及输入输出系统; 第二篇为服务器技术及应用, 共分 6 章, 内容为服务器概述、服务器的体系结构、服务器的子系统、服务器技术、服务器最新存储技术和服务器应用等。

本书可作为高职高专院校计算机网络技术专业及相关专业的教材, 也可作为从事计算机网络技术、计算机应用技术的人员自学参考书, 还可作为服务器供应商和经销商的相关技术的培训教材。

高职高专计算机技能型紧缺人才培养规划教材

计算机网络技术专业

计算机组成与服务器技术

-
- ◆ 编 蒋亚军 钟伟成 徐凌宇
责任编辑 赵慧君
 - ◆ 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>
北京密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20
字数: 474 千字
印数: 1—3 000 册
 - 2005 年 9 月第 1 版
2005 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13332-8/TP · 4629

定价: 26.00 元

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

高职高专计算机技能型紧缺人才培养 规划教材编委会

主 任 武马群

副 主 任 王泰峰 徐民鹰 王晓丹

编 委 (以姓氏笔画为序)

马 伟	安志远	向 伟	刘 兵	吴卫祖	吴宏雷
余明辉	张晓蕾	张基宏	贺 平	柳 青	赵英杰
施晓秋	姜 锐	耿 壮	郭 勇	曹 炜	蒋方纯
潘春燕					

丛书出版前言

目前,人才问题是制约我国软件产业发展的关键。为加大软件人才培养力度和提高软件人才培养质量,教育部继在2003年确定北京信息职业技术学院等35所高职院校试办示范性软件职业技术学院后,又同时根据《教育部等六部门关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》(教职成[2003]5号)的要求,组织制定了《两年制高等职业教育计算机应用与软件技术专业领域技能型紧缺人才培养指导方案》。示范性软件职业技术学院与计算机应用与软件技术专业领域技能型紧缺人才培养工作,均要求在较短的时间内培养出符合企业需要、具有核心技能的软件技术人才,因此,对目前高等职业教育的办学模式和人才培养方案等做较大的改进和全新的探索已经成为学校的当务之急。

据此,我们认为做一套符合上述一系列要求的切合学校实际的教学方案尤为重要。遵照教育部提出的以就业为导向,高等职业教育从专业本位向职业岗位和就业为本转变的指导思想,根据目前高等职业教育院校日益重视学生将来的就业岗位,注重培养毕业生的职业能力的现状,我们联合北京信息职业技术学院等几十所高职院校和普拉内特计算机技术(北京)有限公司、福建星网锐捷网络有限公司、北京索浪计算机有限公司等软件企业共同组建了计算机应用与软件技术专业领域技能型紧缺人才培养教学方案研究小组(以下简称研究小组)。研究小组对承担计算机应用与软件技术专业领域技能型紧缺人才培养培训工作的79所院校的专业设置情况做了细致的调研,并调查了几十所高职院校计算机相关专业的学生就业情况以及目前软件企业的人才市场需求状况,确定首批开发目前在高职院校开设比较普遍的计算机软件技术、计算机网络技术、计算机多媒体技术和计算机应用技术4个专业方向的教学方案。

同时,为贯彻教育部提出的要与软件企业合作开展计算机应用与软件技术专业领域技能型紧缺人才培养培训工作的精神,使高等职业教育培养出的软件技术人才符合企业的需求,研究小组与许多软件企业的专家们进行了反复研讨,了解到目前高职院校的毕业生的实际动手能力和综合应用知识方面较弱,他们和企业需求的软件人才有着较大的差距,到企业后不能很快独当一面,企业需要投入一定的成本和时间进行项目培训。针对这种情况,研究小组在教学方案中增加了“综合项目实训”模块,以求强化学生的实际动手能力和综合应用前期所学知识的能力,探索将企业的岗前培训内容前移到学校的教学中的实验之路,以此增强毕业生的就业竞争力。

在上述工作的基础上,研究小组于2004年多次组织召开了包括企业专家、教育专家、学校任课教师在内的各种研讨会和方案论证会,对各个专业按照“岗位群→核心技能→知识点→课程设置→各课程应掌握的技能→各教材的内容”一步步进行了认真的分析和研讨:

- 列出各专业的岗位群及核心技能。针对教育部提出的以就业为导向,根据目前高职高专院校日益关心学生将来的就业岗位的现状,在前期大量调研的基础上,首先提炼各个专业的岗位群。如对某专业的岗位群进行研究时,首先罗列此专业的各个岗位,以便能正确了解

每个岗位的职业能力，再根据职业能力进行有意义的合并，形成各个专业的岗位群，再对每个岗位群总结和归纳出其核心技能。

- 根据岗位群及核心技能做出教学方案。在岗位群及核心技能明确的前提下，列出此岗位应该掌握的知识点，再依据这些知识点推出应该学习的课程、学时数、课程之间的联系、开课顺序并进行必要的整合，最终形成一套科学完整的教学方案。

为配合学校对技能型紧缺人才的培养工作，在研究小组开发上述4个专业的教学方案的基础上，我们组织编写了这套包含计算机软件技术、计算机网络技术、计算机多媒体技术及计算机应用技术4个专业的教材。本套教材具有以下特点：

- 注重专业整体策划的内涵。对各专业系列教材按照“岗位群→核心技能→知识点→课程设置→各课程应掌握的技能→各教材的内容”的思路组织开发教材。

- 按照“理论够用为度”的原则，对各个专业的基础课进行了按需重新整合。

- 各专业教材突出了实训的比例，注重案例教学。每本教材都配备了实验、实训的内容，部分专业的教材配备了综合项目实训，使学生通过模拟具体的软件开发项目了解软件企业的运行环境，体验软件的规范化、标准化、专业化和规模化的开发流程。

为了方便教学，我们免费为选用本套教材的老师提供部分专业的整体教学方案及教学相关资料。

- 所有教材的电子教案。

- 部分教材的习题答案。

- 部分教材中实例制作过程中用到的素材。

- 部分教材中实例的制作效果以及一些源程序代码。

本套教材以各个专业的岗位群为出发点，注重专业整体策划，试图通过对系列教材的整体构架，探索一条培养技能型紧缺人才的有效途径。

经过近两年的艰苦探索和工作，本套教材终于正式出版了，我们衷心希望，各位关心高等职业教育的读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正，提出修改意见，也热切盼望从事高等职业教育的教师以及软件企业的技术专家和我们联系，共同探讨计算机应用与软件技术专业的教学方案和教材编写等相关问题。来信请发至 panchunyan@ptpress.com.cn。

编者的话

目前,介绍服务器配置的书不少,但一般只介绍服务器软件配置、服务器的架设和使用,介绍服务器内部技术以及如何选择服务器等内容的书籍不多。现阶段网络专业的系列教材中,对服务器这一设备也缺乏较全面的介绍。对服务器的了解无论是相关领域的专业人士还是非专业人士都有很强的要求。

服务器这几年发展很快,实际上其内容已非常丰富,且自成体系。本书主要介绍有关服务器的新技术、服务器的现状、服务器的发展趋势以及如何选用服务器的知识,以服务器的工作原理为视角,以服务器的选型、性能测试和安装维护为目的来组织编写。在编写过程中尽量避免太深的理论知识的论述,力求用浅显的语言介绍相关的内容。

在两年制高职高专计算机网络技术专业培养方案中,没有计算机原理相关的课程,而要学习基于硬件的服务器技术及应用则需要有“计算机组成原理”的相关知识,因此,我们编写了本书。

全书重点对 PC 服务器技术进行介绍,对非 PC 类服务器有所涉及。通过本书的学习,读者能够了解现阶段服务器的技术,知道如何选择 PC 服务器;知道如何测试网路服务器,判断服务器的使用效果。

本书由番禺职业技术学院软件学院蒋亚军、钟伟成及上海大学计算机学院的徐凌宇共同编写。在本书的编写过程中,番禺职业技术学院软件学院的贺平副教授和余明辉副教授对本书的大纲编写和章节中的具体内容提出了许多宝贵的意见;浪潮集团广东区技术推进部及 IBM 钻石代理广州天朝达电脑有限公司提供了大量的帮助,在此表示衷心感谢。

限于编者的经验和水平,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2005 年 7 月

目 录

第一篇 计算机组成

第 1 章	计算机系统概论	1
1.1	计算机的发展及应用	1
1.1.1	计算机发展史	1
1.1.2	计算机的应用	6
1.2	计算机的基本结构	7
1.2.1	冯·诺依曼计算机结构	8
1.2.2	非冯·诺依曼计算机结构	9
1.3	计算机的层次结构	9
1.4	计算机的分类和性能指标	10
1.4.1	计算机的分类及发展状况	10
1.4.2	计算机的性能指标	13
	练习题	15
第 2 章	存储系统	17
2.1	存储器概述	17
2.1.1	存储器的分类	17
2.1.2	存储器的技术指标	19
2.2	存储器的层次结构	21
2.3	主存储器	22
2.3.1	随机存储器	22
2.3.2	只读存储器	26
2.3.3	存储器芯片与 CPU 的连接	28
2.4	高速存储	30
2.4.1	双端口存储器	30
2.4.2	多体存储	30
2.4.3	Cache 存储	33
	练习题	37
第 3 章	系统总线	39
3.1	总线的概述	39

3.1.1	总线的分类	39
3.1.2	总线的主要技术参数	39
3.1.3	总线标准	40
3.2	总线结构	40
3.2.1	单总线结构	41
3.2.2	双总线结构	41
3.2.3	三总线结构	42
3.2.4	四总线结构	43
3.3	总线的控制	44
3.3.1	串联式控制方式	45
3.3.2	并联式控制方式	46
3.3.3	计数定时控制方式	46
3.4	总线的通信	47
3.4.1	总线通信方式	47
3.4.2	总线同步方式	49
	练习题	52

第4章 指令系统

4.1	指令系统的基本概念	53
4.2	指令格式	53
4.2.1	指令格式	54
4.2.2	操作码	54
4.2.3	地址码	56
4.2.4	指令字长	57
4.3	寻址技术	58
4.3.1	指令寻址	58
4.3.2	操作数寻址	59
4.4	指令类型	66
4.4.1	数据传送类指令	67
4.4.2	运算指令	67
4.4.3	逻辑运算指令	69
4.4.4	移位指令	70
4.4.5	控制转移指令	71
	练习题	73

第5章 中央处理器

5.1	CPU 的功能和组成	74
-----	------------------	----

5.1.1 CPU 的功能	74
5.1.2 CPU 的组成	74
5.2 处理器的工作过程	80
5.2.1 指令周期的基本概念	80
5.2.2 典型指令的工作过程	81
5.3 流水结构	83
5.3.1 并行性概念	84
5.3.2 指令流水的原理	85
5.3.3 影响流水线性性能的因素	86
5.3.4 流水线的分类	88
5.4 流水线的加速技术	90
5.4.1 超流水线 (Super pipe linig) 技术	90
5.4.2 超标量 (Super scalar) 技术	90
5.4.3 超长指令字技术	91
5.5 处理器的指令执行方式	92
练习题	95

第 6 章 输入输出系统 96

6.1 输入输出系统概述	96
6.1.1 I/O 系统与总线结构的关系及发展	96
6.1.2 输入输出系统的组成	97
6.1.3 输入输出设备的编址	98
6.1.4 输入输出设备的控制	100
6.2 程序中断方式	103
6.2.1 中断的基本概念	103
6.2.2 中断的类型和作用	103
6.2.3 中断过程	104
6.2.4 中断的优先级与中断判优	105
6.3 DMA 方式	107
6.3.1 DMA 的基本概念	107
6.3.2 DMA 接口的组成	108
6.3.3 DMA 的传送过程	109
6.3.4 DMA 的传送方式	110
6.4 通道方式	112
6.4.1 通道的作用和功能	112
6.4.2 通道的种类	113
6.4.3 通道的工作过程	113
练习题	114

第二篇 服务器技术及应用

第 7 章	服务器概述	115
7.1	服务器的基本概念	115
7.1.1	服务器与 PC 的区别	115
7.1.2	服务器的概念	116
7.2	服务器的分类	119
7.2.1	按照体系架构分类	119
7.2.2	按规模分类	122
7.2.3	按服务器的外形与结构分类	124
7.2.4	按最新的 Internet 计算模式分类	125
7.2.5	按服务器的功能分类	126
7.2.6	其他分类方法	127
7.3	服务器的性能指标	128
	练习题	130
第 8 章	服务器的体系结构	131
8.1	高性能计算机的分类法	131
8.1.1	Flynn 分类法	131
8.1.2	按照内存共享模式来分类	132
8.2	服务器的体系结构	132
8.2.1	SMP	133
8.2.2	MPP	134
8.2.3	NUMA	134
8.2.4	SMP、MPP 与 NUMA 体系结构的比较	135
8.2.5	总结	137
8.3	服务器系统的层次结构	137
8.3.1	服务器系统层次结构的模型	137
8.3.2	服务器的硬件构成	139
	练习题	140
第 9 章	服务器的子系统	142
9.1	处理子系统——处理器	142
9.1.1	CPU 中使用的新技术	142
9.1.2	CISC 型服务器 CPU	146
9.1.3	RISC 型服务器 CPU	158
9.2	芯片组	161

9.2.1 芯片组的概念	161
9.2.2 常见的服务器芯片组	163
9.3 内存子系统	167
9.3.1 基本概念	167
9.3.2 内存的类型	170
9.3.3 双通道内存技术	173
9.3.4 服务器内存技术	174
9.3.5 内存的技术参数	177
9.4 I/O 子系统 (I/O 总线)	178
9.4.1 总线的概念	178
9.4.2 I/O 总线	178
9.4.3 服务器中使用的总线技术	183
9.5 存储子系统和接口	187
9.5.1 USB 接口	188
9.5.2 IEEE1394 接口	190
9.5.3 SATA 硬盘接口技术	193
9.5.4 串行连接 SCSI (SAS) 技术	194
9.6 网络子系统	195
9.6.1 吉比特网卡	195
9.6.2 服务器中的网络高级技术	196
练习题	197

第 10 章 服务器技术

10.1 小型计算机系统接口 (SCSI)	199
10.1.1 SCSI 的含义和功能	199
10.1.2 SCSI 的系统结构	199
10.1.3 SCSI 卡	201
10.1.4 单边 (Single-Ended) 与差分 (Differential) SCSI	203
10.1.5 共享 SCSI	203
10.1.6 SCSI 设备接口的物理标准	204
10.1.7 SCSI 规范	204
10.1.8 SCSI 相对于 IDE 优势	206
10.1.9 SCSI 硬盘术语	206
10.2 RAID 技术	208
10.2.1 RAID 基本原理	209
10.2.2 RAID 级别	211
10.2.3 热插拔	217
10.2.4 磁盘阵列技术术语	218

10.2.5	RAID 的实现	219
10.2.6	内部/外部磁盘阵列	220
10.2.7	RAID 级别的选择	220
10.2.8	RAID 卡	221
10.3	双机容错简介	223
10.3.1	服务器中的冗余技术	223
10.3.2	双机互备援 (Dual Active) 简介	224
10.3.3	双机热备份 (Hot Standby) 简介	224
10.4	光纤通道 FC	225
10.4.1	硬件和拓扑结构	225
10.4.2	光纤通道的服务	226
10.4.3	光纤通道的优势	227
10.4.4	应用范围	227
10.4.5	小结	227
10.5	磁带机和磁带库	227
10.5.1	磁带机	227
10.5.2	磁带机术语	229
10.5.3	磁带存储应用中的注意事项	235
10.5.4	磁带库	236
10.5.5	磁带库术语	236
10.5.6	磁带存储系统	237
10.6	服务器集群	239
10.6.1	集群的基本概念	239
10.6.2	集群的级别	240
10.6.3	错误接管工作	240
10.6.4	集群的可扩展性	241
10.6.5	小结	241
10.7	刀片式服务器	242
10.7.1	刀片服务器的定义与特点	242
10.7.2	刀片服务器结构	243
10.7.3	刀片服务器应用模式	245
10.7.4	市场上的刀片式服务器	247
	练习题	247

第 11 章 最新存储技术

11.1	DAS	249
11.1.1	基本概念	249
11.1.2	DAS 存储方案	250

11.2 NAS	252
11.2.1 基本概念	252
11.2.2 NAS 的结构	253
11.2.3 NAS 存储方案	254
11.2.4 典型结构	254
11.2.5 优点与缺点	255
11.2.6 产品简介	256
11.3 SAN	256
11.3.1 基本概念	256
11.3.2 SAN 的基本结构	257
11.3.3 SAN 存储方案	257
11.3.4 SAN 的优点与缺点	258
11.3.5 应用环境	259
11.3.6 典型产品简介	260
11.4 DAS、NAS 和 SAN 存储方案的比较	260
11.4.1 DAS 与 NAS 存储方案的比较	261
11.4.2 NAS 与 SAN 存储方案的比较	262
11.4.3 三种存储方案的比较和选用	264
11.5 统一网络存储 FAS	264
11.5.1 融合 NAS 和 SAN 存储的统一网络存储 FAS	265
11.5.2 NAS 与 SAN 融合的产品	267
11.5.3 SAN 与 NAS 融合的方向	269
11.6 网络存储方案介绍	270
11.6.1 光纤存储备份方案在高校中的应用	270
11.6.2 浪潮 NAS 与 SAN 网络存储方案	275
11.7 iSCSI	277
练习题	278

第 12 章 服务器应用 279

12.1 服务器的特性	279
12.1.1 可靠性	279
12.1.2 可用性	280
12.1.3 可扩展性	281
12.1.4 易用性	283
12.1.5 可管理性	284
12.2 服务器的选型	285
12.2.1 影响服务器选型的内部和外部因素	285
12.2.2 区分五种不同的应用对服务器选型的影响	288

12.2.3 典型服务器应用的选型	293
12.3 服务器基准测试	296
练习题	299
第 13 章 实训	300
实训 1——Windows 2000 中软件 RAID 的实现	300
实训 2——硬件 RAID 的实现	301
实训 3——双网卡负载均衡服务器的实现	301
实训 4——用 Windows 2000 实现双机热备	302
实训 5——服务器压力/负载测试	303
参考文献	304

第一篇 计算机组成

第 1 章

计算机系统概论

1.1 计算机的发展及应用

1.1.1 计算机发展史

1. 电子计算机的第一代

如果从 1614 年苏格兰人 John Napier (1550-1617) 发明的一种机械式可以计算四则运算和方根运算的精巧装置(机械式计算机)开始计算, 计算机至今已有四百多年历史。电子计算机发展史要比机械式计算机发展历史短得多。

电子计算机通常分为模拟电子计算机和数字电子计算机。模拟电子计算机所处理的电信号是在时间上具有连续性的模拟信号, 数值大小用电信号的幅度表示。如 1931 年美国麻省理工学院教授万·布什(V·Bush)发明的“微分分析仪”就是一台模拟电子计算机。这台计算机重约百吨, 是用电机驱动且根据齿轮转动角度来模拟计算结果的一台典型的模拟电子计算机。

数字电子计算机则采用不连续的电信号来表示数值大小。人们公认的第一台用电子管做的计算机是由宾夕法尼亚大学莫尔学院的约翰·克利(John W. Mauchly)和布莱斯特·埃克特(J. Presper Eckert)负责, 于 1943 年开始研制, 完成于 1946 年的爱尼亚克(ENIAC)。这是一台用十进制运算的电子计算机, 电路结构非常复杂, 用了 18 000 多只电子管, 重 30 吨, 体积庞大, 耗电 174 千瓦/小时, 每秒能做 5 000 次加法运算。图 1-1 所示为 ENIAC 照片。

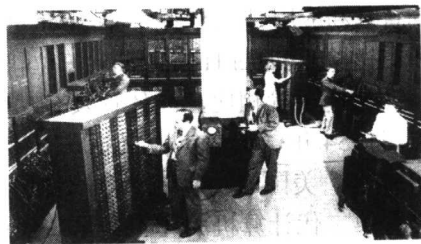


图 1-1 爱尼亚克(ENIAC)

ENIAC 有很多缺陷, 稳定性差就是其中一项。电子管太多, 平均每七分钟就要烧坏一只, 因此, 机器的大部份时间都处在维修中。当然, ENIAC 也还没有太明显的 CPU 概念, 内存也小, 但其每秒 5 000 次的运算速度, 还是比人的运算速度要快很多。

ENIAC 出现的意义, 从历史来看不仅是解决一些当时计算导弹弹道和氢弹研制的问题, 实际上它标志着当时的计算工具已进入了一个崭新时代。

提到 ENIAC, 人们就会记起数学家冯·诺依曼(Von Neumann), 作为 ENIAC 项目的顾问, 他在 1945 年的新建电子计算机 EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer, 电子离散变量计算机)的报告中, 明确提出计算机由五大部分组成, 以及后来通用的由二进制代替

十进制运算的计算机原型结构。

习惯上,人们将 1946~1957 年定为第一代电子计算机时代——电子管电子计算机时代。此时的电子计算机有如下特点。

- (1) 采用电子管作为主要部件。
- (2) 运行速度大约在 5 000 次/秒。
- (3) 此阶段的计算机体积庞大、成本高、可靠性低、功耗大。
- (4) 电子计算机的基本体系在逐步形成。

此阶段具有代表性的电子计算机产品有以下几种。

1949 年的 EDSAC: 剑桥大学的 Wilkes 教授和他的小组建成了第一台可操作的可存储程序计算机。输入输出设备采用纸带,其基于累加器的构成和指令系统的设计对后一段时期的机器设计具有很大的影响。

同年的 EDVAC (electronic discrete variable computer): 为第一台使用磁带的计算机。特点是具有多次程序存储功能,由 John von Neumann 提议建造的,名为“电子离散变量计算机”。

1951 年的 UNIVAC-1: 第一台商用计算机系统。设计者为 J. Presper Eckert 和 John Mauchly。被美国人口普查部门用于人口普查,标志着计算机的应用进入了商业应用时代。

1953 年,IBM 公司推出了它的第一台重点面向科学应用的电子管计算机的标志产品——IBM701。该产品获得成功后,于 1954 年,又推出了价格便宜的中型计算机 IBM650,产品销量过千台,当时美国的一些大学就用了这种计算机。到 1958 年,大型计算机 IBM709 是 IBM 公司推出的最后一款电子管的电子计算机产品。

这段时期,在美国生产电子计算机的公司主要有 Sperry 和 IBM 两大计算机制造公司。后来,Sperry 又分离出 UNIVAC 子公司,一段时间内三家公司控制着全世界的计算机市场。

2. 电子计算机的第二代

人们将 1958~1964 年定为计算机的第二代——晶体管电子计算机时代。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,从而制约了它的普及和应用。直到 1947 年,Bell 实验室的肖利克(William B Shockley)、巴丁(John B. ardeen)和布拉顿(Walter H. Brattain)三位科学家发明了晶体管,电子计算机才找到了腾飞的起点。

与电子管相比,晶体管具有功耗少、体积小、质量轻、工作电压低、工作可靠性高等优点。1954 年,贝尔实验室制成了第一台晶体管计算机——TRADIC,使计算机体积大大缩小。

1957 年,美国成功研制出全部使用晶体管的计算机,标志着第二代计算机的诞生。第二代计算机的运算速度比第一代提高了近百倍,其主要逻辑部件采用晶体管,内存存储器主要采用磁芯,外存储器主要采用磁盘,输入和输出方面有了很大的改进,价格大幅度下降。在程序设计方面,研制出了一些通用的算法和语言,其中影响最大的是 FORTRAN 语言,随后也相继出现了 ALGOL 语言和 COBO 语言,操作系统的雏形也开始形成。

贝尔实验室研制出的世界上第一台全晶体管计算机——TRADIC,如图 1-2 所示。该计算机装有 800 只晶体管,功耗为 100 瓦,占地为 3 立方英尺。

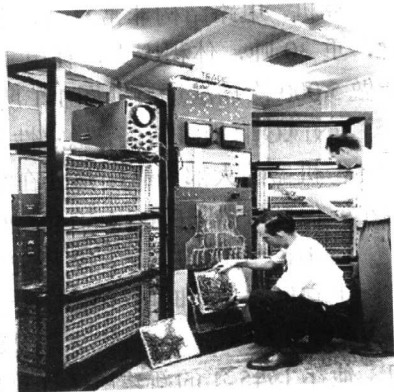


图 1-2 TRADIC