

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用



微机原理与接口技术

朱红 刘景萍 编著

清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

微机原理与接口技术

朱红 刘景萍 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

微机原理与接口技术是电子与计算机及其相关专业学生必须掌握的专业基础课程,该门课程是一切可编程逻辑器件应用的基础,在集成电路技术和计算机技术高速发展的今天,各种微机和可编程逻辑器件在不同的领域得到广泛的使用,成为技术设计人员最常用的“武器”,因此,如何高质量地完成这门课程的学习就显得尤为重要。本书是作者在总结多年教学实践经验的基础上编写的,通过对 Intel 8086/8088 微处理器的深入分析,用通俗易懂的语言较为系统地介绍了微机原理与接口技术的各种概念和软硬件结合的分析、解决问题的主要方法。针对初学者在学习过程中遇到的困难和容易出现的问题,结合大量的例题进行了详细论述,内容全面,例题丰富,概念清晰,针对性强。

全书共分两个部分。第一部分为微机原理,共有 4 章,主要讲述 Intel 8086/8088 微处理器的结构及汇编语言程序基础;第二部分为接口技术,共有 8 章,主要讲述存储器系统、中断系统、接口电路及常用的可编程芯片的设计与应用。

本书面向电子与计算机及其相关专业的本、专科学生,是计算机应用类的基础教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

微机原理与接口技术/朱红,刘景萍编著. —北京:清华大学出版社,2011.3

(21 世纪高等学校规划教材·计算机应用)

ISBN 978-7-302-24540-7

I. ①微… II. ①朱… ②刘… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材 ②微型计算机—接口设备—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 009222 号

责任编辑:闫红梅 薛 阳

责任校对:焦丽丽

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:三河市君旺印装厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:20.5 字 数:498 千字

版 次:2011 年 3 月第 1 版 印 次:2011 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00 元

产品编号:036166-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱	教授
	覃征	教授
	王建民	教授
	冯建华	教授
	刘强	副教授
北京大学	杨冬青	教授
	陈钟	教授
	陈立军	副教授
北京航空航天大学	马殿富	教授
	吴超英	副教授
	姚淑珍	教授
中国人民大学	王珊	教授
	孟小峰	教授
	陈红	教授
北京师范大学	周明全	教授
北京交通大学	阮秋琦	教授
	赵宏	教授
北京信息工程学院	孟庆昌	教授
北京科技大学	杨炳儒	教授
石油大学	陈明	教授
天津大学	艾德才	教授
复旦大学	吴立德	教授
	吴百锋	教授
	杨卫东	副教授
同济大学	苗夺谦	教授
	徐安	教授
华东理工大学	邵志清	教授
华东师范大学	杨宗源	教授
	应吉康	教授
东华大学	乐嘉锦	教授
	孙莉	副教授

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	副教授
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
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
仰恩大学	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	讲师
西南交通大学	曾华桑	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包括:

- (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·财经管理与计算机应用。
- (7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

清华大学出版社经过二十多年的努力,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

微机原理与接口技术课程是电子与计算机专业的一门重要的专业基础课,通过该课程的学习,可使学生掌握微型计算机的基本组成原理、汇编程序设计和接口技术知识,掌握常用可编程芯片的使用,并具备微机应用系统软硬件的开发与设计能力。

本书主要介绍以 8086/8088 CPU 为核心的 16 位微型计算机系统及其接口技术。8086 CPU 作为目前主流微型计算机的基础,能够系统、全面地反映微型计算机系统最本质的工作原理。本书同时还结合实例详细介绍了常规接口器件的原理和编程方法,满足读者设计小型控制系统的需要,也提供了进行大规模工业控制设计的基础知识。

本书的主要特色如下:

(1) 遵循微型计算机硬件系统的特点,注重基本知识 with 典型应用的介绍。

8086/8088 CPU 是经典的微机类型,虽然纯粹用 8086 CPU 制作的 PC 已经淘汰,但其基本原理一直是目前主流微机的基础,同时也是目前广泛用于工业控制领域的单片机、单板机的理论基础,因此,本书对 8086/8088 CPU 的讲解注重其内部结构的组成和各个引脚的时序配合,重点讲述单片 CPU 的应用功能,而忽略其在已淘汰的 PC/XT 中的各种配置与应用。所列举的例子也是在控制系统中对单片 8086/8088 CPU 的独立使用。

(2) 注重介绍指令的功能和汇编程序的结构特点。

汇编语言的最大特点就是可以直观地观察内存程序机器码的执行,进而了解 CPU 的执行步骤、执行结果,熟悉 CPU 的控制过程,实现“软件”控制“硬件”。本书采用了大量的图示说明,详细讲解了各个指令的执行过程,同时尽量列举具体的应用实例,以期读者对各种指令的流程及应用有形象深入的了解。在编程方面,由于目前大规模的汇编程序逐渐被 C 语言取代,所以本书着重讲述了汇编程序的结构及在计算机中的执行过程,并没有过多地涉及编程技巧和繁琐的应用程序。

(3) 强调不同类型接口器件的结构特点和实际应用。

我们讲授器件并不只是单纯地为了了解它,主要的目的是培养学生对这一类器件的应用能力,也就是通过对个别器件的讲授而了解这类器件的本质特性以及组成系统时应注意的各类问题。本书通过对不同类型接口器件的结构分析,结合大量实例,重点突出了接口器件与 CPU 的硬件连接和软件“连接”,达到举一反三的目的。

全书共分两个部分。第一部分为微机原理,共有 4 章:第 1 章微型计算机概述,主要讲述微型计算机的数据信息基础和微机的基本结构与发展趋势;第 2 章 8086/8088 微处理器,主要讲述 8086/8088 CPU 的具体结构、引脚功能和工作时序;第 3 章 8086/8088 的指令系统,主要讲述 8086/8088 CPU 的各种指令的格式和功能;第 4 章汇编语言程序设计,主要讲述汇编语言的结构和汇编语言的执行过程,同时也介绍汇编语言与 C 语言联合调试的步骤和注意事项。第二部分为接口技术,共有 8 章:第 5 章存储器系统,主要讲述存储器的种类、结构、原理及在计算机系统中的应用;第 6 章输入输出接口,主要介绍微机接口的基

本概念、基本结构,端口的编址方式、地址分配和数据传送方式等;第7章中断控制接口,主要介绍中断控制数据传送方式的原理和过程,以及中断控制接口芯片8259A的原理、结构、编程和应用;第8章定时与计数器,主要介绍定时方法及可编程定时计数器8253的结构、工作原理和编程应用;第9章并行接口电路,主要介绍可编程的并行I/O芯片8255A的原理和应用;第10章串行通信和DMA控制接口,主要介绍串行通信标准,串行通信接口芯片8251A的原理和应用,同时也介绍了直接存储器存取方式(DMA)的概念及接口芯片8237的原理及应用;第11章总线技术,主要介绍总线的概念和ISA工业标准总线以及PCI局部总线的标准和引脚信号;第12章A/D和D/A转换接口电路,主要介绍了A/D和D/A的工作原理,A/D转换芯片ADC0809和D/A转换芯片DAC0832的原理和应用。

本书每章后面附有大量的习题,涵盖各个知识点,供读者练习。

在本书的编写过程中,编者参阅了许多C++的参考书和有关资料,谨向这些书的作者表示衷心的感谢!

本书由朱红、刘景萍编著,在本书的编写过程中,马玲、刘明、王芳等老师对本书的内容及修订提出了很多宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免有错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010年10月

目 录

第 1 章 微型计算机概述	1
1.1 微机概述	1
1.1.1 计算机的发展.....	1
1.1.2 微型机的发展.....	2
1.2 信息在计算机中的表示	3
1.2.1 进位计数制.....	3
1.2.2 带符号数在计算机中的表示.....	7
1.2.3 字符在计算机中的表示	10
1.3 微机的工作过程.....	12
1.3.1 微机的基本结构	12
1.3.2 微机的工作过程	15
1.4 微机系统的应用.....	19
1.4.1 主要性能指标	19
1.4.2 应用	19
习题 1	21
第 2 章 8086/8088 微处理器	23
2.1 8086 CPU 的内部组成结构	23
2.1.1 总线接口单元	23
2.1.2 执行单元	25
2.2 存储器组织结构.....	28
2.2.1 存储器的分段结构	28
2.2.2 物理地址和逻辑地址	29
2.3 8086/8088 CPU 的引脚信号及其功能	30
2.3.1 地址/数据复用线与地址/状态复用线	31
2.3.2 8086/8088 CPU 最大及最小工作模式	32
2.3.3 8086/8088 CPU 的控制总线引脚信号	32
2.4 典型时序分析.....	43
2.4.1 基本概念	43
2.4.2 读总线周期操作时序	44
2.4.3 写总线周期操作时序	47
习题 2	49

第 3 章 8086/8088 的指令系统	53
3.1 8086/8088 的指令格式和寻址方式	53
3.1.1 指令格式	53
3.1.2 寻址方式	54
3.2 数据传送指令	59
3.2.1 通用数据传送 MOV 指令	59
3.2.2 堆栈操作指令	60
3.2.3 交换指令	62
3.2.4 地址传送指令	63
3.2.5 查表指令	65
3.3 输入输出指令	66
3.3.1 输入指令	66
3.3.2 输出指令	67
3.4 算术运算指令	69
3.4.1 概述	69
3.4.2 加法指令	70
3.4.3 减法指令	72
3.4.4 十进制加减运算调整指令	74
3.4.5 乘法指令	77
3.4.6 除法指令	78
3.4.7 十进制乘除运算调整指令	80
3.5 逻辑运算和移位循环指令	81
3.5.1 逻辑运算指令	81
3.5.2 移位指令	83
3.5.3 循环移位指令	85
3.6 串操作指令	87
3.6.1 概述	87
3.6.2 数据串传送指令	87
3.6.3 数据串比较指令	89
3.6.4 读数据串指令	90
3.6.5 写数据串指令	91
3.6.6 数据串检索指令	91
3.7 控制转移指令	92
3.7.1 概述	92
3.7.2 无条件转移指令	93
3.7.3 过程调用和返回指令	95
3.7.4 条件转移指令	98
3.7.5 循环控制指令	99

3.8 处理器控制类指令	100
习题 3	102
第 4 章 汇编语言程序设计	109
4.1 汇编语言程序设计概述	109
4.1.1 汇编语言的特点	109
4.1.2 汇编语言的编译过程	109
4.1.3 汇编语言语句分类	110
4.2 汇编语言程序的结构	110
4.2.1 汇编语言程序生成的可执行文件的结构	110
4.2.2 汇编语言源程序的结构	111
4.3 汇编语言程序格式	115
4.3.1 汇编语言数据的定义	115
4.3.2 汇编语言的标号	118
4.3.3 汇编语言的运算符和表达式	118
4.3.4 汇编语言的其他常用伪指令	124
4.4 汇编语言程序设计基本方法	126
4.4.1 顺序结构程序设计	126
4.4.2 分支结构程序设计	127
4.4.3 循环结构程序设计	128
4.4.4 子程序设计方法	129
4.5 宏指令	132
4.5.1 宏定义语句 MACRO/ENDM	132
4.5.2 宏标号定义语句 LOCAL	135
4.6 DOS 系统功能调用	136
4.6.1 DOS 系统功能调用概述	136
4.6.2 常用 DOS 系统功能调用	137
4.7 汇编语言的编译与调试	140
4.7.1 汇编语言的上机过程	140
4.7.2 汇编程序的调试	142
4.7.3 汇编语言与高级语言的接口	144
习题 4	146
第 5 章 存储器系统	154
5.1 概述	154
5.1.1 存储器的分类	154
5.1.2 存储器性能指标	156
5.1.3 存储器系统的层次结构	156
5.1.4 半导体存储器的基本组成	157

5.2	半导体随机存储器	158
5.2.1	静态随机存储器	158
5.2.2	动态随机存储器	160
5.3	半导体只读存储器	162
5.3.1	掩膜只读存储器	162
5.3.2	可编程只读存储器 PROM	163
5.3.3	光擦除可编程存储器 EPROM	163
5.3.4	快擦除存储器(Flash Memory)	165
5.3.5	电擦除可编程存储器 EEPROM	168
5.4	存储器系统的设计	169
5.4.1	存储器接口中应考虑的问题	169
5.4.2	存储器芯片的片选控制方法	170
5.4.3	存储器容量扩展	174
	习题 5	178
第 6 章	输入输出接口	182
6.1	微机接口技术	182
6.1.1	采用 I/O 接口的必要性	183
6.1.2	I/O 接口的功能	183
6.1.3	I/O 接口的基本结构	184
6.1.4	简单的 I/O 接口芯片	185
6.2	I/O 端口的编址方式及端口地址译码	186
6.2.1	I/O 端口的编址方式	187
6.2.2	I/O 端口地址分配	188
6.2.3	I/O 端口地址译码	188
6.3	CPU 与外设之间的数据传送方式	189
6.3.1	程序控制方式	190
6.3.2	中断传送方式	193
6.3.3	直接存储器存取(DMA)方式	193
	习题 6	193
第 7 章	中断控制接口	195
7.1	中断概述	195
7.1.1	中断概念	195
7.1.2	中断处理过程	196
7.2	8086/8088 CPU 的中断	198
7.2.1	外部中断	198
7.2.2	内部中断	199
7.3	中断向量表	200

7.3.1	中断向量表的概念	200
7.3.2	中断向量的存入	200
7.4	8086/8088 CPU 中断服务子程序	202
7.4.1	中断的响应过程	202
7.4.2	中断服务子程序	203
7.5	中断控制器 8259A	204
7.5.1	8259A 的内部结构和引脚	204
7.5.2	8259A 的工作方式	207
7.5.3	8259A 的编程	209
7.5.4	8259A 的中断级联	216
7.5.5	8259A 的应用举例	217
	习题 7	220
第 8 章	定时与计数器	223
8.1	8253 的工作原理	223
8.1.1	8253 的内部结构	223
8.1.2	8253 的引脚	225
8.1.3	8253 的初始化编程	226
8.1.4	8253 的工作方式	229
8.2	8253 的应用	236
8.2.1	8253 的应用举例	236
8.2.2	8253 在 PC 中的应用	238
	习题 8	239
第 9 章	并行接口电路	242
9.1	8255A 的工作原理	242
9.1.1	8255A 的引脚	242
9.1.2	8255A 的内部结构和功能	243
9.1.3	8255A 的控制字	244
9.1.4	8255A 的工作方式 0	246
9.1.5	8255A 的工作方式 1	248
9.1.6	8255A 的工作方式 2	251
9.1.7	8255A 的状态字	252
9.2	8255A 的应用举例	253
9.2.1	基本输入输出控制	253
9.2.2	并行打印机接口控制	254
	习题 9	256

第 10 章 串行通信和 DMA 控制接口	259
10.1 串行通信的基本概念	259
10.1.1 数据传送的方式	259
10.1.2 串行传送的基本工作方式	260
10.1.3 串行传送速率	261
10.2 串行通信接口芯片 8251A	261
10.2.1 8251A 的内部结构和引脚	261
10.2.2 8251A 的编程	264
10.2.3 8251A 的应用举例	267
10.3 DMA 控制接口 8237A 的工作原理	269
10.3.1 8237A 的主要功能	269
10.3.2 8237A 的内部结构	269
10.3.3 8237A 的引脚及其功能	270
10.4 8237A 的编程	272
10.4.1 8237A 的控制字	272
10.4.2 8237A 的编程举例	277
习题 10	278
第 11 章 总线技术	281
11.1 概述	281
11.1.1 总线的功能	281
11.1.2 总线的分类	281
11.1.3 总线的组成	282
11.1.4 总线的操作过程	283
11.1.5 总线的性能参数	283
11.1.6 总线的层次结构	284
11.2 ISA 工业标准总线	285
11.2.1 ISA 总线的主要特点	285
11.2.2 ISA 总线信号	286
11.3 PCI 局部总线	289
11.3.1 PCI 总线的特点	289
11.3.2 PCI 总线信号	290
习题 11	295
第 12 章 A/D 和 D/A 转换接口电路	297
12.1 模拟/数字(A/D)转换接口电路	297
12.1.1 A/D 转换的基本原理	297
12.1.2 A/D 转换的主要性能指标	298

12.1.3	A/D 转换芯片 ADC0809 的组成与工作原理	299
12.1.4	ADC0809 的应用	301
12.2	数字/模拟(D/A)转换接口电路	303
12.2.1	D/A 转换的基本原理	303
12.2.2	D/A 转换芯片 DAC0832 的组成与工作原理	304
12.2.3	DAC0832 的应用	306
习题 12	307
附录	DEBUG 常用命令	308
参考文献	310

微型计算机概述

1.1 微机概述

1.1.1 计算机的发展

世界公认的第一台通用数字电子计算机是 ENIAC, 即电子数值积分计算机 (Electronic Numerical Integrator and Computer), 它是在第二次世界大战中由美国宾夕法尼亚大学莫尔学院电工系在 1946 年研制成功的。ENIAC 是一个庞然大物, 由 18 000 个电子管和 1500 个继电器构成, 重 30t, 占地 170m², 功率为 140kW。ENIAC 的运算操作采用了电子管以电子的速度运行, 这标志着人类计算工具历史性的变革。

从第一台电子计算机诞生到现在六十多年的时间里, 计算机得到了飞速的发展, 成为人们不可缺少的现代化工具, 极大地推动了世界经济的发展和人类文明的进步。计算机的发展与电子技术的发展密切相关, 每当电子技术有突破性的进展, 就会导致计算机的重大变革。因此, 按照组成计算机的基本元器件的制作材料和制作工艺水平, 可将计算机的发展史分成四个阶段(四代)。

1. 第一代计算机(1946—1958 年)

这个阶段电子计算机的主要特点是使用电子管作为基本的逻辑元件, 计算机主要用来进行科学计算, 用机器语言或汇编语言编写程序, 没有操作系统, 每秒运算速度仅为几千次, 体积庞大, 造价很高。

2. 第二代计算机(1959—1964 年)

第二代计算机是晶体管电路电子计算机。其主要特征是采用了晶体管作为基本逻辑元件, 内存开始使用磁芯存储器, 外存储器有了磁盘、磁带, 外设种类也有所增加。内存容量为几十 KB, 运算速度达到每秒几十万次。与此同时, 计算机软件也有了较大的发展, 出现了 FORTRAN、COBOL 等高级语言, 配有简单的磁盘操作系统。计算机的应用领域也不断扩大, 不仅用于科学计算, 还用于经济信息的处理、实时控制等领域, 如宇宙航行和生产控制等。1964 年, 我国研制成功了第一台全晶体管电子计算机 441-B 型。