

37

7P36E.1
Z36E.1

单片机系列教程

主编 何立民

单片机初级教程

—单片机基础—

张迎新 杜小平 樊桂花 雷道振 编著



A0964217

北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.cn.net>

内 容 简 介

本书首先简明扼要地介绍了计算机的基础知识,然后详尽地介绍了 80C51 单片机的硬件结构、工作原理、指令系统、汇编语言程序设计、接口技术、中断系统及单片机应用等内容。在各章中对关键性内容都结合实例予以说明,同时还安排了大量思考题和习题,以利于读者对所述内容的理解、掌握、巩固和应用。

本书的特点是深入浅出、阐述清晰、编排合理、系统性强、例题丰富,既可作为大专院校非计算机专业单片机课程教材,也可作为单片机培训班教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机初级教程. 单片机基础/张迎新等编著. —北京:
北京航空航天大学出版社, 2000. 6

ISBN 7-81012-949-X

I. 单... II. 张... III. 单片微型计算机-基本知识
-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 55545 号

单片机初级教程

—单片机基础—

张迎新 杜小平 樊桂花 雷道振 编著

责任编辑 王海虹

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路 37 号(100083) 发行部电话 010-82317024

<http://www.buaapress.cn.net>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

北京宏文印刷厂印装 各地书店经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 16.5 字数: 422 千字

2000 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 3 次印刷 印数: 10001—20000 册

ISBN 7-81012-949-X/TP·380 定价: 24.00 元

序

在我国,单片机已不是一个陌生的名词,它的出现是近代计算机技术的里程碑事件,因为单片机的诞生标志着计算机正式形成了通用计算机系统和嵌入式计算机系统两大分支。在单片机诞生之前,为了满足工控对象的嵌入式应用要求,只能将通用计算机进行机械加固、电气加固后嵌入到对象体系(如舰船)中构成诸如自动驾驶仪、轮机监控系统等。由于通用计算机的巨大体积和高成本,无法嵌入到大多数对象体系(如家用电器、汽车、机器人、仪器仪表等)中。单片机则应嵌入式应用而生。单片机的单芯片的微小体积和极低的成本,可广泛地嵌入到如玩具、家用电器、机器人、仪器仪表、汽车电子系统、工业控制单元、办公自动化设备、金融电子系统、舰船、个人信息终端及通信产品中,成为现代电子系统中最重要的智能化工具。

计算机两大分支的产生,大大促进了现代计算机技术的飞速发展。通用计算机系统以发展海量、高速数值计算为己任,不必兼顾控制功能,其数据总线宽度不断更新,迅速从8位、16位过渡到32位、64位,不断完善其通用操作系统,突出发展海量、高速数值计算能力,并在数据处理、模拟仿真、人工智能、图像处理、多媒体、网络通信中得到了广泛的应用;单片机则以面向对象图像控制为己任,不断增强控制能力,降低成本,减小体积,改善开发环境,以空前的速度迅速而广泛地取代经典电子系统。

单片机作为最典型的嵌入式系统,它的成功应用推动了嵌入式系统的发展。近年来,除了各种类型的工控机,各种以通用微处理器构成的计算机主板模块、以通用微处理器为核片内扩展一些外围控制功能电路单元构成的嵌入式微处理器,甚至单片形态的PC机等,都实现了嵌入式应用,成为嵌入式系统的庞大家族。

作为典型嵌入式系统的单片机,在我国大规模应用已有十余年历史。在全国高等工科学校中,已普遍开设单片机及其相关课程。单片机已成为电子系统中最普遍的应用手段。除了单独设课程外,在涉及的许多实践环节,如课程设计、毕业设计、研究生论文课题中,单片机系统都是最广泛的应用手段。近年来,在高校中大力推行的各种电子设计竞赛中,采用单片机系统来解决各类电子技术问题已成趋势。因此,解决好高等工科学校单片机及其相关课程的教材具有十分重要的意义。

目前,许多单片机类课程教材都是以80C51系列为基础来讲授单片机原理及其应用的。这是因为MCS-51系列单片机奠定了8位单片机的基础,形成了单片机的经典体系结构。MCS-51系列中的8051成为许多半导体厂家、电气公司竞相选用的对象,并以此为基核,推出了许多兼容性的CHMOS单片机。这些单片机都

具有极好的兼容性,并有很强的生命力,统称为 80C51 系列。本系列教程以 80C51 系列为基础即缘于此。

单片机是现代计算机、电子技术的新兴领域,无论是单片机本身还是单片机应用系统设计方法都会随时代不断发生变化,作为单片机类课程的教材则要突出单片机技术的典型性和教学化特点。因此,单片机教程只提供单片机典型结构体系的基本原理与应用设计的基本方法。教程中的所有应用实例只是为了加深理解单片机基本原理及应用系统设计方法的需要而设置的,并不提供、也不可能提供单片机应用系统设计的最新、最优电路。通过本教程的学习,掌握基本原理和方法后,在未来的工作实践中,要通过各种渠道,如公司产品技术手册和网上查询,以获得最新器件、最佳技术来设计自己的产品系统。

目前,以及未来相当长的一段时间内,单片机相关的系统技术为:

(1) 全盘 CMOS 化。CMOS 电路具有众多的优点,如极宽的工作电压范围、极佳的本质低功耗及功耗管理特性,已成为目前单片机及其外围器件流行的半导体工艺。

(2) 单片机在片 ROM 应用。目前单片机已广泛使用在片程序存储器技术,最广泛的应用状态是 OTP ROM、Flash ROM、Mask ROM。本系列教程中虽然也介绍了外部程序存储器的扩展方法,但实际应用中已很少见。

(3) 以串行方式为主的外围扩展。目前单片机外围器件普遍提供了串行扩展方式。串行扩展具有简单、灵活、电路系统简单、占用 I/O 口资源少等优点,是一种流行的扩展方式。

(4) 8 位机的主流地位。这是由面向对象、大多数嵌入应用对象有限响应时间要求所决定的。从 8 位机诞生至今,乃至今后相当长的时期内,单片机应用领域中 8 位机的主流地位不会改变。

因此,在学好单片机基本原理和应用方法时,不要忘记单片机在当前实际应用中的这些技术特征,正确处理教学典型性、教学示范内容与实际产品系统设计的差异。

参考上述技术趋势,以及 80C51 系列本身的新发展,选择 80C51 系列为基础的单片机体系结构,既符合教学特点的典型性,又不失内容的先进性。内容的典型性有利于触类旁通,迅速掌握与应用其他的单片机系列;内容的先进性则指 80C51 系列中仍有许多先进的产品型号可供选择。

本系列教程的筹划过程中,充分考虑到单片机的教学特点及先修课基础,根据不同对象、不同使用要求,组织了高校中多年从事单片机教学的老师,编写出这样一套适合于各类、各层次学习与应用的教程。

本系列教程包括“单片机初、中、高级教程”及“单片机实验与实践教程(一)、(二)”共 5 本,先修课基础为数字电路与计算机原理。该系列教程可提供高等工科

院校从大专、本科到研究生的讲课用书或综合实践教学用书。

《单片机初级教程——单片机基础》补充了一些数字电路及单片机入门基础,有助于单片机先修课程基础较差的学生掌握单片机原理与基本应用技术。该书适用于大专及非电专业本科单片机基础教学用书。

《单片机中级教程——原理与应用》深入介绍了单片机的基本原理、体系结构、典型功能单元以及系统扩展与配置方法,使学生在深入理解单片机基本原理的基础上,学会怎样构成一个单片机示范应用系统。该书适用于电专业本科作单片机原理及应用教学用书。

《单片机高级教程——应用与设计》在介绍单片机原理、典型结构、基本功能单元的基础上,着重介绍单片机应用系统设计的软、硬件技术。该书适用于电专业本科及研究生作单片机应用系统设计用书。

《单片机实验与实践教程(一)》、《单片机实验与实践教程(二)》总结了单片机实验教学与电专业本科、研究生教学成果,可选作单片机课程教学实验用书,也可单独选作单片机相关实践环节和毕业设计、研究生综合实践的参考资料。

“单片机初、中、高级教程”不是三个台阶体系,而是针对不同基础的学生的三种教材选择。在教程内容的编写上,除了注意教学内容的典型性外,还注意了它的实践性与实用性。因此,本教程还可作各类单片机技术培训或各类技术人员自学用书。

由于考虑到教学的典型性,教程中有不少教学实例沿用了一些较陈旧的资料。这些实例有利于阐明单片机的基本应用原理,也可充分利用原有单片机的实验器材,但这些软、硬件技术不具有先进性。

“单片机实验与实践教程(一)、(二)”是颇具特色的实验教程。在编写时,并不强调与“单片机初、中、高级教程”的从属性,而是要求尽可能保持多年来单片机实验及综合实践的教学成果。在组织教学时,可根据具体情况选用。这套实验与实践教程也可作为学生课外科技活动、电子技术竞赛、课程设计、毕业设计 & 研究生综合实践的参考用书。

北京航空航天大学出版社在我国单片机界享有崇高的威望,有素质较高的单片机专业编辑队伍,与许多单片机学术团体、单片机专业人士有着密切的联系。使用本系列教程还可以得到从师资培训、实验设备建设到应用设计的咨询服务。

热切希望本系列教程对推动我国单片机技术教育作出有益的成绩。

《单片机系列教程》主编



1999年12月

前 言

单片微型计算机的诞生是计算机发展史上一个新的里程碑。近年来,随着单片机技术的不断提高,功能的不断完善,使其应用日趋成熟,应用领域日趋扩大。特别是工业测控、尖端武器、电子仪器、日用家电领域,更是因为有了单片机而生辉增色。

为适应“微型机原理及应用”课程教学内容变化,为尽可能跟上飞速发展的单片机技术,在北京航空航天大学出版社的建议和帮助下编写了本教材。

本书融进了编者 20 多年教学、科研实践所获取的经验及实例。通过对本教材的学习,力求使读者能够掌握单片机的原理和应用,具有单片机应用系统开发的初步能力。

在本教材的编写过程中,参照了国家教育部制定的对高等学校本科非计算机专业“微机原理及应用”课程教学的基本要求,同时参考了大量单片机方面的专业书籍和教材,博采众长,力求吸取各书精华,并注意到选材的科学性、先进性和实用性。

在内容的取舍方面,着重从非计算机专业的特点出发,适当增加常用计算机基础知识。内容力求深入浅出,循序渐进,尽量结合实例说明问题,并通过大量习题巩固每章节的内容。

在编排顺序上,与以往多数单片机教材不同之处在于:在介绍指令系统之后,接着安排“汇编语言程序设计”。这样,对指令系统的学习可以起到趁热打铁的作用,同时又为后面章节的学习打下坚实的程序设计基础。例如,对定时器、串行口等内容的学习,在介绍了其结构和原理之后,安排了用汇编语言编写的有一定难度的应用实例,这样更有利于读者对所学内容的理解和应用。

以 80C51 为内核的单片机系列目前在世界上生产量最大,派生产品最多,基本可以满足大多数用户的需要。而且,有些 16 位机,如 80C251 和 80C51XA 等系列,也是以 80C51 向上兼容的。另外,随着硬件技术的发展,80C51 软件工具也取得了很大的发展。目前已形成从低到高的各个档次的 80C51 系列开发装置。因而,80C51 系列单片机便成为单片机教学的首选机型。基于这种情况,本书在介绍单片机时是以 80C51 系列为例进行讲述的。

本书在介绍指令系统时,为符合目前多数机型指令系统指令符号的注释习惯,为便于读者今后对其他指令系统的学习,在原指令注释的基础上,适当作了一些修改,请读者注意符号的说明。

本书由北京航空航天大学何立民教授担任主审,张迎新担任主编,杜小平编

写了第二、九章,樊桂花编写了第十一章,雷道振编写了第一章,其余部分由张迎新编写。对于本书的编写,唐光荣、袁涛、沈德金、雷文、李华东、张延培提出了很好的修改意见,廖红玉为录入做了大量工作,周兴汉、陈胜画了部分插图,在此一并表示诚挚的谢意。

由于编者学识水平有限,加上时间仓促,书中的错误与不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

1999年12月于北京

单片机系列教程

编委会

主 编:何立民

编 委:(按姓氏笔划排列)

王小青 王海虹 何立民 沈德金

杨昌竹 张迎新 张俊谟 满庆丰

目 录

第一章 概 述

1.1 计算机的发展·····	(1)
1.2 单片机的发展·····	(2)
1.2.1 单片机的发展历史·····	(2)
1.2.2 单片机的发展趋势·····	(3)
1.3 单片机的特点及应用·····	(4)
1.3.1 单片机的组成及特点·····	(4)
1.3.2 单片机的分类·····	(5)
1.3.3 单片机的应用·····	(6)

第二章 计算机基础知识

2.1 数制与编码·····	(7)
2.1.1 数 制·····	(7)
2.1.2 计算机中的编码·····	(9)
2.2 计算机的基本组成电路·····	(11)
2.2.1 常用逻辑电路·····	(11)
2.2.2 触发器·····	(13)
2.2.3 寄存器·····	(14)
2.2.4 常用数据锁存器/缓冲器/驱动器·····	(15)
2.3 存储器·····	(19)
2.3.1 名词介绍·····	(19)
2.3.2 存储器的分类·····	(21)
2.3.3 存储器的寻址原理·····	(22)
思考与练习·····	(23)

第三章 单片机的结构及原理

3.1 80C51 单片机的结构·····	(25)
3.1.1 80C51 单片机的组成及结构·····	(25)
3.1.2 80C51 单片机的引脚定义及功能·····	(27)
3.2 单片机的工作原理·····	(29)
3.2.1 指令与程序概述·····	(29)
3.2.2 CPU 的工作原理·····	(29)

3.2.3 单片机执行程序的过程	(30)
3.3 80C51 的存储器	(32)
3.3.1 程序存储器	(32)
3.3.2 数据存储器	(33)
3.3.3 专用寄存器 SFR	(34)
3.4 输入/输出端口结构	(38)
3.4.1 P0 口	(39)
3.4.2 P1 口	(40)
3.4.3 P2 口	(40)
3.4.4 P3 口	(41)
3.4.5 端口负载能力和接口要求	(41)
3.5 CPU 时序及时钟电路	(42)
3.5.1 CPU 时序及有关概念	(42)
3.5.2 80C51 的指令时序	(43)
3.5.3 振荡器和时钟电路	(44)
3.6 复位电路	(45)
3.6.1 复位信号的产生	(45)
3.6.2 复位状态	(46)
3.6.3 外部复位电路设计	(46)
3.7 80C51 低功耗方式	(47)
3.7.1 电源控制寄存器 PCON	(47)
3.7.2 待机方式	(48)
3.7.3 掉电方式	(48)
思考与练习	(49)

第四章 80C51 的指令系统

4.1 指令系统简介	(50)
4.2 寻址方式	(51)
4.2.1 符号注释	(51)
4.2.2 寻址方式	(52)
4.3 数据传送类指令	(57)
4.3.1 内部 RAM 数据传送指令	(57)
4.3.2 外部数据传送指令	(59)
4.3.3 查表指令	(59)
4.3.4 堆栈操作指令	(60)
4.3.5 交换指令	(61)
4.3.6 传送指令举例	(62)
4.4 算术运算类指令	(62)
4.4.1 加法指令	(63)

4.4.2	带进位加法指令	(64)
4.4.3	带借位减法指令	(64)
4.4.4	乘法指令	(65)
4.4.5	除法指令	(65)
4.4.6	加1指令	(65)
4.4.7	减1指令	(66)
4.4.8	十进制调整指令	(66)
4.4.9	算术运算指令举例	(67)
4.5	逻辑操作类指令	(68)
4.5.1	逻辑“与”指令	(68)
4.5.2	逻辑“或”指令	(69)
4.5.3	逻辑“异或”指令	(69)
4.5.4	循环移位指令	(70)
4.5.5	取反指令	(70)
4.5.6	清“0”指令	(70)
4.5.7	逻辑运算指令举例	(70)
4.6	控制转移类指令	(71)
4.6.1	无条件转移指令	(71)
4.6.2	条件转移指令	(72)
4.6.3	间接转移指令	(73)
4.6.4	调用子程序及返回指令	(73)
4.6.5	空操作指令	(74)
4.6.6	程序控制类指令举例	(74)
4.7	位操作类指令	(75)
4.7.1	位数据传送指令	(75)
4.7.2	位修正指令	(76)
4.7.3	位逻辑运算指令	(76)
4.7.4	判位转移指令	(76)
4.7.5	位操作类指令举例	(77)
思考与练习		(77)

第五章 汇编语言程序设计

5.1	概 述	(81)
5.1.1	程序设计语言	(81)
5.1.2	汇编语言的规范	(82)
5.1.3	汇编语言程序设计步骤	(84)
5.2	顺序与循环程序设计	(85)
5.2.1	顺序程序设计	(85)
5.2.2	循环程序设计	(87)

5.3	分支程序设计	(91)
5.3.1	分支程序设计综述	(91)
5.3.2	无条件/条件转移程序	(92)
5.3.3	散转程序设计	(93)
5.4	查表程序设计	(96)
5.4.1	查表程序综述	(96)
5.4.2	规则变量的查表程序设计	(97)
5.4.3	非规则变量的查表程序设计	(98)
5.5	子程序设计	(100)
5.5.1	子程序结构与设计注意事项	(100)
5.5.2	子程序的调用与返回	(100)
5.5.3	子程序嵌套	(101)
5.5.4	子程序设计	(102)
5.6	综合编程举例	(104)
5.6.1	代码转换类程序	(105)
5.6.2	运算类程序	(106)
5.6.3	常用 I/O 端口程序	(111)
	思考与练习	(112)

第六章 定时器/计数器

6.1	定时器/计数器概述	(114)
6.1.1	定时器/计数器的结构与原理	(114)
6.1.2	定时器/计数器方式寄存器 TMOD	(115)
6.1.3	定时器/计数器控制寄存器 TCON	(116)
6.1.4	定时器/计数器的初始化	(117)
6.2	定时器/计数器的 4 种工作方式	(117)
6.2.1	方式 0	(117)
6.2.2	方式 1	(118)
6.2.3	方式 2	(118)
6.2.4	方式 3	(119)
6.3	定时器应用举例	(120)
6.3.1	方式 0、方式 1 的应用	(120)
6.3.2	方式 2 的应用	(122)
6.3.3	门控位的应用	(123)
	思考与练习	(124)

第七章 串行接口

7.1	串行通信概述	(126)
7.1.1	同步通信和异步通信方式	(126)

7.1.2	串行通信的数据传送速率	(127)
7.1.3	串行通信的制式	(127)
7.1.4	信号的调制与解调	(128)
7.1.5	通信协议	(128)
7.2	80C51 串行口简介	(128)
7.2.1	串行口结构与工作原理	(128)
7.2.2	80C51 的帧格式	(129)
7.2.3	串行口控制寄存器 SCON	(130)
7.2.4	专用寄存器 PCON	(131)
7.3	波特率的设计	(131)
7.3.1	方式 0 和方式 2 的波特率	(131)
7.3.2	方式 1 和方式 3 的波特率	(131)
7.4	串行通信工作方式	(132)
7.4.1	方式 0	(133)
7.4.2	方式 1	(133)
7.4.3	方式 2	(134)
7.4.4	方式 3	(134)
7.4.5	多机通信	(134)
7.5	串行口应用举例	(136)
7.5.1	用串行口扩展 I/O 口	(136)
7.5.2	用串行口进行异步通信	(137)
	思考与练习	(141)

第八章 中断系统

8.1	概 述	(142)
8.1.1	中断的概念	(142)
8.1.2	引进中断技术的优点	(142)
8.1.3	中断源	(143)
8.1.4	中断系统的功能	(143)
8.2	80C51 的中断系统	(144)
8.2.1	中断源及中断入口	(145)
8.2.2	中断请求标志	(146)
8.2.3	中断允许控制	(147)
8.2.4	中断优先级设定	(147)
8.3	中断处理过程	(148)
8.3.1	中断响应	(149)
8.3.2	中断处理	(149)
8.3.3	中断返回	(150)
8.3.4	中断请求的撤除	(150)

8.3.5 中断响应时间	(151)
8.4 扩充外部中断源	(152)
8.4.1 利用定时器扩充法	(152)
8.4.2 中断和查询结合法	(152)
8.5 中断系统的应用	(153)
思考与练习	(165)

第九章 单片机系统扩展

9.1 存储器的扩展	(167)
9.1.1 存储器寻址	(167)
9.1.2 程序存储器扩展概述	(169)
9.1.3 程序存储器的扩展	(169)
9.1.4 数据存储器的扩展	(171)
9.1.5 程序存储空间和数据存储空间的混合	(173)
9.2 并行 I/O 接口的扩展	(173)
9.2.1 简单的 I/O 扩展	(174)
9.2.2 可编程接口电路的扩展	(175)
9.3 串行总线接口扩展	(185)
9.3.1 I ² C 总线	(185)
9.3.2 SPI 串行总线	(187)
思考与练习	(189)

第十章 接口技术

10.1 键盘接口	(190)
10.1.1 键盘工作原理	(190)
10.1.2 独立式按键	(191)
10.1.3 行列式键盘	(193)
10.2 显示器接口	(197)
10.2.1 LED 显示器的结构与原理	(197)
10.2.2 静态显示接口	(198)
10.2.3 LED 动态显示接口	(200)
10.3 单片机应用系统中的键盘、显示接口电路	(202)
10.3.1 并行口扩展的键盘、显示接口电路	(202)
10.3.2 串行口扩展的键盘、显示接口电路	(202)
10.4 数/模转换接口	(206)
10.4.1 DAC 电路原理	(206)
10.4.2 D/A 转换器的主要技术指标	(207)
10.4.3 典型 D/A 转换器及接口	(208)
10.5 模/数转换接口	(212)

10.5.1 模/数转换的主要技术指标	(213)
10.5.2 逐次逼近式 A/D 转换器	(214)
思考与练习	(217)

第十一章 单片机应用系统的设计与开发

11.1 应用系统研制过程	(219)
11.1.1 总体设计	(219)
11.1.2 硬件设计	(220)
11.1.3 软件设计	(222)
11.2 开发工具和开发方法	(223)
11.2.1 单片机开发系统的功能	(224)
11.2.2 单片机应用系统的调试	(226)
11.3 应用系统实例	(228)
思考与练习	(240)

附 录

附录一 80C51 指令表	(241)
附录二 二进制逻辑单元图形符号对照表	(246)

参考文献

第一章 概 述

1.1 计算机的发展

近年来,计算机技术的迅猛发展,使得计算机在工业、农业、国防科研及日常生活的各个领域均显示了日益旺盛的生命力。它已成为各国工业发展水平的主要标志之一,是发展新技术、改造老技术的强有力的武器。计算机使人类面临着一个新的科学技术和工业革命,它的作用远远超过了因蒸汽机和电的出现而产生的工业革命。

世界上公认的第一台电子计算机是1946年由美国宾夕法尼亚大学研制出来的。这台计算机字长为12位,运算速度为5 000次/s,使用18 800个电子管、1 500个继电器,占地面积为150 m²,质量达30 000 kg,耗电为140 kW,其造价为100多万美元。在今天看来,这台计算机既昂贵又笨重,功能也不强,但它却是20世纪工业革命的先驱。此后的50多年期间,计算机的发展日新月异,至今已经历了四代。

第一代是电子管计算机,其发展年代大约在1946—1958年。此时计算机的逻辑元件采用电子管;主存储器采用磁鼓、磁芯;外存储器已开始采用磁带;软件主要用机器语言编制程序,后期逐步发展为汇编语言。当时计算机主要用于科学计算。

第二代是晶体管计算机,其发展年代大约在1958—1964年。计算机的逻辑元件为晶体管;主存储器仍用磁芯;外存储器已开始使用磁盘;软件有了很大发展,出现了各种高级语言及编译程序。此时,计算机的应用已发展至各种事务的数据处理,并开始用于工业控制。

第三代是集成电路计算机,其发展年代大约在1964—1971年。此时的计算机逻辑元件已开始采用小规模和中规模的集成电路(即所谓的SSI和MSI);主存储器仍以磁芯为主;软件方面已出现了分时操作系统,会话式的高级语言也有相当的发展。计算机的应用范围也日益扩大,小型计算机已开始用于企事业管理与工业控制。

第四代是大规模集成电路计算机,是从1971年后发展起来的。所谓大规模集成电路LSI(Large Scale Integration)是指在单片硅片上可以集成1 000个以上晶体管的集成电路。目前一般可集成10万个左右,最多可集成1亿个。此时开始采用半导体存储器。由于LSI的体积小、耗能少、可靠性高,因而促使计算机以更快的速度发展。

从计算机的发展历史可以看出,每一次逻辑元件的变更都使计算机的性能得到一次飞跃的发展,再加上硬件结构和软件技术的不断改进,使得50年来计算机的性能价格比提高了千万倍。这主要体现在速度提高了千万倍,存储容量提高了千万倍,体积缩小了千万倍,软件性能提高了百万倍而价格降为万分之几。目前,在世界各行业中,发展速度最快的要首推计算机行业,这和社会对它的需求是分不开的。

正是由于社会的需求和发展,计算机也在不断革新和发展着,它促使每一代又派生出大小不一、花样繁多的各种类型的计算机。如果按计算机的规模、性能、用途和价格来分类,可分为巨、大、中、小、微型计算机。近年来,计算机的发展趋势是:一方面向着高速、智能化的超级巨型