

安徽省高等学校“十一五”省级规划教材

单片机原理及应用

DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG

第二版

王 琼◎编著



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

教育部“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
教育部“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

单片机原理及应用

（第2版）

第二版

王忠军 主编



清华大学出版社

安徽省高等学校“十一五”省级规划教材

单片机原理及应用

(第二版)

王 琼 编著

合肥工业大学出版社

内 容 简 介

本教材结合工程应用学科本科教育的特点,以经典的 MCS-51 系列单片机为主线,从应用角度出发,全面、系统地介绍了单片机基本原理、应用技术和当代单片机技术发展的趋势,较好地体现了应用型人才培养的要求。

本书在内容的安排上力求突出实用性、兼顾基础性,采用循序渐进、由浅入深的方式,介绍了 MCS-51 系列单片机内部各功能部件的基本结构与原理、指令系统与程序设计方法,重点介绍了系统扩展及接口应用技术,并通过完整的实例,详细介绍了单片机应用系统的设计方法和步骤。全书理论体系完整,内容丰富,语言通俗易懂,注重应用实例的典型性。为便于读者理解、掌握本书的内容,每章均配有大量的例题与习题,供读者练习。

本书可作为高等学校通信工程、电子信息工程、电气工程、自动化、计算机应用以及机电一体化等专业“单片机原理及应用”课程的教学用书,并适合作为高职高专及成人教育相关专业和各类单片机技术培训班的教材,同时也可供自学人员和从事单片机应用技术的工程技术人员阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用(第二版)/王琼编著. —2版. —合肥:合肥工业大学出版社,2013.6
ISBN 978-7-5650-1358-4

I. 单... II. 王... III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 118834 号

单 片 机 原 理 及 应 用 (第 二 版)

王 琼 编 著

责任编辑 权 怡

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2008 年 4 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号		2013 年 6 月第 2 版
邮 编	230009	印 次	2013 年 6 月第 3 次印刷
电 话	总 编 室:0551-62903038	开 本	787×1092 1/16
	市场营销部:0551-62903198	印 张	23.5 字 数 572 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	合肥现代印务有限公司
E-mail	hfutpress@163.com	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-1358-4

定价: 45.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。



再版前言

本书是安徽省高等学校“十一五”省级规划教材,与作者已出版的安徽省高等学校“十一五”省级规划教材《单片机原理及应用实验教程》形成了单片机课程教学的系列规划教材。本书自2008年4月出版以来,被多所高校选用,受到了广大读者的欢迎,并提出了许多宝贵意见和建议。为此,作者对原书进行了修订。

为了配合“单片机”课程教学改革,本书将“微型计算机原理”及“单片机技术和接口应用”课程内容整合,力图使本书成为一本包含“微型计算机基础及单片机技术应用”课程内容并具有教学方法改革特色的教材。

全书共分10章。第1章概述了微型计算机基础知识;第2章简述了单片机发展概况,并详细叙述了MCS-51系列单片机的硬件结构及工作原理;第3章、第4章讨论了MCS-51单片机指令系统和汇编语言程序设计方法;第5章介绍MCS-51单片机内部中断系统与定时器/计数器及其应用;第6章讲述了串行通信技术的一般概念及MCS-51单片机串行口的工作原理及应用,并介绍几种常用串口总线标准;第7章主要讨论了半导体存储器工作原理以及MCS-51单片机系统存储器接口扩展技术;第8章主要讨论了MCS-51单片机系统并口扩展技术和键盘、显示器与单片机的接口及应用;第9章介绍MCS-51单片机与A/D和D/A模拟电路接口技术及应用;第10章叙述单片机应用系统设计过程和方法并介绍了设计应用实例。书中列有大量例题,各章末附有大量的习题以强化读者学习、巩固和掌握课本内容。

本书可作为工院校的本科生、研究生、专科生学习微型计算机原理和单片机技术课程的教材,也可供从事自动控制、智能仪器仪表、测试、机电一体化以及各类从事单片机应用的工程技术人员参考。

新华学院的陈业慧编写了本书的第10章单片机应用系统设计及应用实例,并对书中的内容提出了不少有益的建议,在此表示感谢!

此外,为了使本书的内容更加丰富和完整,在编写过程中,借鉴了许多同类



书籍的宝贵经验,主要来源见参考文献。在此,谨向有关作者表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不足之处,恳请广大读者、同行批评、指正。

最后,要特别感谢本书的责任编辑权怡,她丰富的编辑经验和文字功底为本书添色不少,相信她的努力最终会惠及每一位读者。同时还要感谢封面设计、书稿录入等为本书出版作出努力的每一个人。

编 者

2013年5月于合肥



前 言

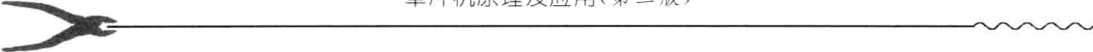
为贯彻落实教育部“面向 21 世纪教学内容改革”精神,适应单片机技术快速发展的需要,作者在总结多年单片机课程教学实践经验、尝试课程教学改革的基础上编写了此书。本书为安徽省高等学校“十一五”省级规划教材,与作者已出版的安徽省高等学校“十一五”省级规划教材《单片机原理及应用实验教程》形成了单片机课程教学的系列规划教材。

本书以目前应用最广泛的 MCS-51 系列单片机为背景,结合高等教育的特点,从应用角度出发,全面、系统地介绍了单片机系统的内部资源、指令系统、程序设计方法、接口扩展等方面的基本知识,并结合典型应用实例,介绍了单片机应用系统的组成、设计方法和相关应用技术。

全书共分 9 章。第 1 章叙述了单片机发展概况;第 2 章详细叙述了 MCS-51 系列单片机的硬件结构及工作原理;第 3 章、第 4 章讨论了 MCS-51 单片机指令系统和汇编程序设计方法;第 5 章介绍 MCS-51 内部中断系统与定时器/计数器及其应用;第 6 章讲述了串行通信技术的一般概念及 MCS-51 串行口的工作原理及应用,并介绍几种常用串口总线标准;第 7 章主要讨论了 MCS-51 系统存储器、并口扩展技术和键盘、显示器与单片机的接口及应用;第 8 章介绍 MCS-51 系列单片机与 A/D 和 D/A 模拟电路接口技术及应用;第 9 章叙述单片机应用系统设计过程和方法,并介绍了设计应用实例。书中列有大量例题,各章末均附有大量的习题以强化读者学习、巩固和掌握课本内容。

本书的编写力求循序渐进、清晰易懂。各章、节内容融会贯通,便于读者学习和掌握基本概念、基本理论及应用技术。全书结构合理、内容充实、重点突出,始终贯穿“应用”的观点。在系统介绍单片机理论知识的基础上,结合各章的具体内容,通过大量由浅入深的单片机应用实例,引导读者逐步认识、熟悉和掌握单片机技术及其应用,以便为单片机的开发和深入应用打下坚实的基础。书中最后一章“单片机应用系统设计及应用实例”可使读者紧密结合单片机的软、硬件特点,迅速掌握带趋势性的单片机应用系统开发设计方法。

单片机是一门实践性很强的课程,在学习过程中,读者应该将学习重点放在对单片机系统资源应用方法的掌握上,放在训练开发单片机系统的应用能力



上。为帮助读者获得在检测和控制方面开发单片机系统的应用能力,书中提供了实用的电路和程序,以便读者举一反三、融会贯通;同时,为了便于教学和自学,本书在编写时注意基础理论和实际应用相结合,力求做到既能掌握一定的先进技术,又着眼于为当前的应用服务。

本书可作为工科院校的本科生、研究生、专科生学习单片机课程的教材,也可供从事自动控制、智能仪器仪表、测试、机电一体化以及各类从事单片机应用的工程技术人员参考。

在本书的编写过程中,得到了韩江洪教授和鲁昌华教授的大力支持,韩江洪、鲁昌华两位教授在百忙之中对书稿作了认真的审阅和推荐,并提出了许多宝贵建议。鲁昌华教授还编写了本书的第1章和第2章。在此,谨向两位教授表示感谢。

本书是编者多年教学和实践的积累,为了使本书的内容更加丰富和完整,在编写过程中,借鉴了许多同类书籍的宝贵经验,主要来源见参考文献。在此,谨向有关作者表示诚挚的感谢。

编者力图使本书成为一本包含“单片机原理及应用”课程教学内容、并具有教学方法改革特色的教材。由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不足之处,恳请广大读者、同行批评、指正。

最后,要特别感谢本书的责任编辑权怡,她丰富的编辑经验和文字功底为本书添色不少,相信她的努力最终会惠及每一位读者。同时还要感谢封面设计、书稿录入等为本书出版作出努力的每一个人。

编 者

2008年4月于合肥



目 录

再版说明	(1)
前 言	(1)
第 1 章 微型计算机基础	(1)
1.1 微型计算机发展概况	(1)
1.2 微型计算机组成原理	(4)
1.2.1 冯·诺依曼计算机结构	(4)
1.2.2 微型计算机基本结构	(5)
1.2.3 微型计算机系统	(10)
1.3 微型计算机工作过程	(11)
1.4 微型计算机运算基础	(13)
1.4.1 进位计数制	(14)
1.4.2 带符号的二进制数表示法	(18)
1.4.3 补码的加、减法运算	(21)
1.4.4 微型计算机常用的二进制编码	(28)
1.5 单片机概述	(31)
1.5.1 嵌入式系统与单片机	(31)
1.5.2 单片机技术的发展	(31)
1.5.3 单片机的特点及应用	(32)
1.5.4 常用单片机系列产品综述	(33)
1.5.5 单片机的发展趋势	(35)
习 题	(37)
第 2 章 MCS-51 系列单片机系统结构	(38)
2.1 MCS-51 系列单片机内部结构	(38)
2.1.1 MCS-51 系列单片机性能	(38)
2.1.2 MCS-51 单片机内部结构	(39)



2.1.3	存储器结构	(40)
2.1.4	CPU	(47)
2.1.5	并行 I/O 端口	(48)
2.1.6	定时器/计数器	(51)
2.1.7	中断系统	(51)
2.1.8	串行口	(52)
2.2	MCS-51 系列单片机引脚说明	(52)
2.3	MCS-51 单片机的时序	(54)
2.3.1	时钟电路	(54)
2.3.2	CPU 时序	(54)
2.3.3	复位	(56)
2.4	AT89 系列单片机简介	(57)
2.4.1	低档 AT89 系列单片机的基本特性	(58)
2.4.2	标准型 AT89 系列单片机的基本特性	(58)
2.4.3	高档型 AT89 系列单片机的基本特性	(59)
	习 题	(60)
第 3 章	MCS-51 单片机指令系统	(62)
3.1	概 述	(62)
3.1.1	汇编语言指令	(62)
3.1.2	8051 指令格式	(63)
3.1.3	常用的指令描述符号	(64)
3.2	寻址方式	(65)
3.3	指令系统	(69)
3.3.1	数据传送类指令	(70)
3.3.2	算术运算指令	(78)
3.3.3	逻辑运算及移位指令	(85)
3.3.4	控制转移类指令	(90)
3.3.5	位操作类指令	(102)
3.4	伪指令	(106)
3.4.1	ORG(Origin)汇编起始指令	(106)
3.4.2	END(End)汇编结束指令	(107)
3.4.3	EQU(Equate)赋值指令	(107)



3.4.4	DATA(Data)数据地址赋值指令	(107)
3.4.5	XDATA 数据地址赋值指令	(107)
3.4.6	DB(Define Byte)定义字节指令	(108)
3.4.7	DW(Define Word)定义字指令	(108)
3.4.8	DS(Define Space)定义存储空间指令	(109)
3.4.9	BIT(Bit)位地址赋值指令	(109)
	习 题	(109)
第 4 章	MCS-51 程序设计	(113)
4.1	概 述	(113)
4.1.1	程序设计步骤	(113)
4.1.2	程序设计的一般原则	(114)
4.2	顺序结构程序设计	(114)
4.3	分支程序设计	(117)
4.4	循环程序设计	(120)
4.5	散转程序设计	(125)
4.6	查表程序设计	(127)
4.7	子程序设计	(129)
	习 题	(133)
第 5 章	中断系统与定时器/计数器	(135)
5.1	中断概述	(135)
5.1.1	中断概念	(135)
5.1.2	中断处理过程	(136)
5.2	MCS-51 中断系统	(138)
5.2.1	MCS-51 中断系统结构	(138)
5.2.2	MCS-51 中断响应	(143)
5.2.3	MCS-51 的单步操作	(147)
5.2.4	中断系统应用实例	(148)
5.2.5	MCS-51 外部中断源的扩展	(152)
5.3	MCS-51 单片机内部定时器/计数器	(153)
5.3.1	定时器/计数器的结构与原理	(153)
5.3.2	定时器/计数器的控制	(155)



5.3.3	定时器/计数器的工作方式	(156)
5.3.4	定时器/计数器的应用	(158)
习 题		(165)
第 6 章	MCS-51 串行接口及通用串口总线标准	(166)
6.1	串行通信的基本知识	(166)
6.1.1	串行通信的工作方式	(166)
6.1.2	串行通信的数据传送方向	(168)
6.2	MCS-51 的串行口	(169)
6.2.1	MCS-51 串行口结构	(169)
6.2.2	MCS-51 串行口的控制	(170)
6.2.3	MCS-51 串行口的工作方式	(171)
6.2.4	MCS-51 串行口波特率	(175)
6.3	MCS-51 串口应用实例	(178)
6.3.1	串行口方式 0 应用	(178)
6.3.2	串行口其他方式应用	(180)
6.3.3	双机通信	(181)
6.3.4	多机通信	(184)
6.4	通用串口总线标准	(190)
6.4.1	EIA RS-232C 串口标准	(190)
6.4.2	RS-485 总线	(194)
6.4.3	通用串行总线 USB	(197)
习 题		(200)
第 7 章	存储器	(201)
7.1	存储器概述	(201)
7.1.1	存储器分类	(201)
7.1.2	存储器主要性能指标	(203)
7.1.3	存储器分级结构	(205)
7.2	随机存取存储器 RAM	(206)
7.2.1	静态 RAM(SRAM)	(206)
7.2.2	动态 RAM(DRAM)	(210)
7.3	只读存储器 ROM	(214)



7.3.1	掩膜型 ROM(MRAM)	(214)
7.3.2	可编程 ROM(PRAM)	(215)
7.3.3	可擦除可编程 ROM(EPRAM)	(215)
7.3.4	电可擦除可编程 ROM(E ² PROM)	(218)
7.3.5	闪速存储器(FLASH Memory)	(219)
7.4	存储器的组成及单片机系统存储器接口	(225)
7.4.1	存储器芯片组的连接	(225)
7.4.2	单片机系统存储器接口及扩展	(230)
	习 题	(235)
第 8 章	MCS-51 单片机系统扩展技术	(236)
8.1	I/O 接口概述	(236)
8.1.1	I/O 接口的作用	(236)
8.1.2	I/O 端口及其寻址方式	(237)
8.1.3	I/O 数据传送方式	(238)
8.2	MCS-51 单片机最小系统和系统总线	(241)
8.2.1	8051/8751 最小应用系统	(241)
8.2.2	MCS-51 单片机系统总线	(242)
8.3	MCS-51 单片机内部并行 I/O 口	(243)
8.3.1	MCS-51 单片机内部并行 I/O 口	(243)
8.3.2	MCS-51 单片机内部并行 I/O 口应用	(244)
8.4	并行 I/O 端口扩展	(247)
8.4.1	简单的 I/O 口扩展	(247)
8.4.2	可编程并行接口芯片 8255A	(251)
8.4.3	Intel 8155	(260)
8.5	单片机显示器/键盘接口	(267)
8.5.1	显示器接口	(267)
8.5.2	键盘接口	(275)
8.5.3	可编程键盘/显示器接口芯片 8279 及其应用	(281)
	习 题	(291)
第 9 章	模拟电路接口技术	(292)
9.1	D/A 转换器与 MCS-51 单片机的接口设计	(292)



9.1.1	D/A 转换器的基本原理	(292)
9.1.2	D/A 转换器主要性能指标	(294)
9.1.3	集成 D/A 转换器——DAC 0832	(295)
9.1.4	0832 工作方式及与 MCS-51 的接口	(297)
9.1.5	DAC 0832 应用举例	(299)
9.2	A/D 转换器与 MCS-51 单片机的接口设计	(304)
9.2.1	A/D 转换基本原理	(305)
9.2.2	集成 A/D 转换器——ADC 0809	(309)
9.2.3	AD574——12 位 A/D 转换器及接口	(314)
9.2.4	双积分 A/D 转换器及接口技术	(317)
	习 题	(323)
第 10 章	单片机应用系统设计及应用实例	(324)
10.1	单片机应用系统的设计方法和开发过程	(324)
10.1.1	单片机应用系统组成	(324)
10.1.2	单片机应用系统设计	(325)
10.1.3	单片机应用系统的开发工具	(334)
10.2	可靠性设计和抗干扰技术	(336)
10.2.1	单片机应用系统可靠性设计	(336)
10.2.2	单片机应用系统抗干扰技术	(338)
10.3	单片机应用系统实例	(348)
10.3.1	智能式水塔水位控制系统	(348)
10.3.2	交通信号灯控制系统	(351)
	习 题	(355)
附录 A	MCS-51 指令一览表	(356)
附录 B	ASCII 码编码表	(362)
附录 C	主要单片机生产厂商及相关信息网址	(363)
	参考文献	(364)



第1章 微型计算机基础

本章将概述微型计算机的发展及主要性能指标;介绍微型计算机结构、微处理器、微型计算机、微型计算机系统功能,并通过具体示例描述微型计算机工作过程;讲授计算机中常用数制的表示方法和数制间的转换,带符号数的表示方法及二进制补码的加、减法运算及运算溢出时的判断方法,字符编码(ASC II 码)及十进制数的二进制编码(BCD 码)表示等微型计算机运算基础知识;最后,讨论了嵌入式系统与单片微型计算机的发展概况,简要介绍了单片微型计算机的特点和应用领域、常用的单片微型计算机系列产品,以及单片微型计算机的发展趋势。本章内容是全书的基础。

1.1 微型计算机发展概况

1946年2月15日,世界上第一台电子数字计算机 ENIAC(Electronic Numegrical Intergrator And Calculator)在美国宾西法尼亚大学研制成功,它的诞生使人类社会发生了翻天覆地的变化。经过半个多世纪发展,计算机经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模集成电路(LSI)计算机四代产品。

微型计算机属于第四代计算机产品。1971年,美国旧金山南部森特克拉郡(硅谷)的 Integrated Electron 公司(即 Intel 公司)首先研制成第一片微处理器芯片 4004,这种将计算机的运算器和控制器等部件集成在一片大规模集成电路芯片的中央处理部件 CPU(Central Processing Unit),简称为微处理器(Microprocessor)。Intel 公司随即研制出由它组成的第一台微型计算机。

微型计算机是由中央处理部件 CPU、半导体存储器、常用基本接口电路等芯片组成的。由于微型计算机采用 LSI 器件,具有集成度高、体积小、重量轻、功耗低、可靠性高、结构配置灵活和价格低廉等优点。

微处理器是微型计算机的核心芯片,它体现了微型计算机的主要性能。微型计算机的发展是以微处理器的发展为特征的,根据摩尔定理,集成电路芯片内的晶体管数目每隔 18~24 个月,其集成度就要翻一番。微处理器自 1971 年问世以来发展迅猛,几乎每隔二、三年就推出新一代产品,至今微型计算机的发展经历了 5 个阶段。

1. 第一代——4 位或低档 8 位微处理器(1971 年开始)

第一代微处理器的发展年代为 1971~1973 年,其典型产品是 Intel 公司的 Intel 4004 CPU 和 Intel 8008 CPU。它们均采用 PMOS 工艺,集成度为 0.12 万~0.2 万只晶体管/片,时钟频率小于 1MHz,字长分别为 4 位和 8 位,运算速度较慢,平均指令执行时间为 10~20 μ s,寻址空间只有 640B,采用机器语言编程。

2. 第二代——中高档 8 位微处理器(1974 年开始)

第二代微处理器的发展年代为 1974~1977 年,其典型产品是 Intel 公司的 Intel 8080 CPU、Zilog 公司的 Z80 CPU、Motorola 公司的 MC6800 CPU 和 Intel 公司的 Intel



8085 CPU。

第二代微处理器采用 NMOS 工艺,集成度为 0.5 万~0.9 万只晶体管/片,时钟频率达 2MHz,字长 8 位,平均指令执行时间为 1~1.3 μ s,寻址空间 4kB。第二代微处理器构成的微机在结构上已具有计算机的体系结构,有中断和 DMA 功能,指令系统较完善,系统软件已经配有单用户操作系统,可以使用汇编语言、BASIC 和 FORTRAN 等高级语言编程。

3. 第三代——16 位微处理器(1978 年开始)

第三代微处理器的发展年代为 1978~1983 年,其典型产品是 Intel 公司的 Intel 8086 CPU、Zilog 公司的 Z8000 CPU、Motorola 公司的 MC68000 CPU 和 Intel 公司的 Intel 80286 CPU。

16 位微处理器采用 HMOS 工艺,集成度为 2 万~6.8 万只晶体管/片,时钟频率 4~25MHz,字长 16 位,平均指令执行时间只有 0.5 μ s。第三代微处理器构成的微型计算机都具有丰富的指令系统、多种寻址方式、多级中断系统、多处理机系统、分段式存储管理及乘除运算硬件结构。系统软件配有磁盘操作系统、数据库管理系统和多种高级语言。Intel 公司的 8088 CPU 时钟频率达 5MHz,外部数据总线是 16 位,有 20 根地址线,寻址空间达到 1MB。为方便原 8 位机用户,Intel 公司在 8086 CPU 推出不久便推出了准 16 位 8088 CPU,其指令系统与 8086 CPU 完全兼容,8088 CPU 内部结构仍是 16 位,但外部数据总线是 8 位的。同时,IBM 公司研制出以 8088 CPU 组成的 IBM PC、PC/XT 等准 16 位微型计算机,由于其性价比高,很快占领了微型计算机市场。

由于 Intel 8086 缺乏存储器管理功能,1983 年,Intel 公司推出了性能更优越的 16 位微处理器芯片 80286 CPU。80286 与 8086 向上兼容,时钟频率达 25MHz,有 24 根地址线,寻址空间达到 16MB。80286 的运算速度比 8086 快 12 倍,支持虚拟存储体系,具有存储器管理和保护方式功能。IBM 公司还研制出以 80286 CPU 为主核的 IBM PC/AT 高档 16 位微型计算机。

4. 第四代——32 位微处理器(1983 年开始)

第四代微处理器的发展年代为 1983~1992 年,其典型产品是 Intel 公司的 Intel 80386 CPU、Zilog 公司的 Z80000 CPU、Motorola 公司的 MC68040 CPU 和 Intel 公司的 Intel 80486 CPU。

Intel 80386 微处理器采用 CHMOS 工艺,集成度高达 15 万~50 万只晶体管/片,字长 32 位,时钟频率为 16MHz~40MHz,平均指令执行时间小于 125ns(运算速度达到 300 万~400 万条指令/秒),地址总线也是 32 位,寻址空间 4GB。Intel 80386 CPU 采用段页式存储器管理机制,提供带有存储器保护的虚拟存储管理,虚存管理空间可达 64TB。

1990 年,Intel 公司将浮点运算部件协处理器和高速缓存(Cache)集成进 80386 芯片内,推出了新一代 32 位微处理器 80486 CPU。80486 的集成度高达 120 万只晶体管/片,时钟频率为 25MHz~100MHz,地址线仍然是 32 位,但内部数据线宽度为 64 位。80486 借用了 80386 中指令流水线和 RISC(精简指令系统)的设计思想,减少了大部分指令的时钟周期。80486 与 80386 完全兼容,但速度比 80386 提高了 4 倍。

5. 第五代——64 位微处理器(1993 年开始)

第五代微处理器的发展年代为 1993 年至今,其典型产品是 Intel 公司的 Pentium、Pentium Pro、Pentium MMX、Pentium II、Pentium III、Pentium IV 等。



1993年3月, Intel公司推出 Pentium(奔腾, 又称 P5)系列微处理器, P5 利用亚微米的 CMOS 技术设计, 集成度高达 310 万只晶体管/片, 主频 60~166MHz, 平均指令执行时间小于 10ns。Pentium 与 386 或 486 完全兼容, 仍然是 32 位微处理器, 但外部数据总线为 64 位, 这样大大提高了 CPU 读写主存的速度。P5 采用了全新的体系结构, 片内集成了存放控制 Pentium 结构的微程序 ROM; P5 还将片内 L1 Cache 分成 2 个独立的 8kB 数据 Cache 和 8kB 指令 Cache, 节省了 CPU 的读写时间; P5 内部有浮点运算和 U、V 流水线型整数运算共 3 个执行单元, P5 对浮点运算单元进行重新设计, 采用 8 级流水线和部分固化指令, 提高了浮点运算速度; 采用全新动态预测概念, 预测分支程序的指令流向, 节省了 CPU 判断分支指令的时间。

1995 年, Intel 公司推出 Pentium Pro(高能奔腾, 又称 P6)微处理器。Pentium Pro 主频为 150~200MHz, 集成度达 550 万只晶体管/片。Pentium Pro 片内集成了 2 级高速缓存 L1(16kB)和 L2(256kB), 内部数据总线和地址总线均是 64 位, 采用 3 路超标量体系结构, 14 级超级流水线, 非顺序执行指令, 进行分支指令预测和数据流分析, 然后以优化顺序预测执行, 从而将 CPU 停滞时间减到最小。

Pentium MMX(多能奔腾)是 Intel 公司 1996 年底发布的。MMX 微处理器内部集成了 450 万只晶体管, 支持工作频率为 150~300MHz, 芯片内增加了 16kB 数据缓存和 16kB 指令缓存区, 并支持 4 路写缓存以及分支预测单元和返回堆栈技术。Pentium MMX 指令系统新增了 57 条用于处理音、视频数据的 MMX(MultiMedia Extentions 多媒体扩展)指令, 提高了 CPU 的数据处理能力。Pentium MMX 还采用了双电压设计, 其内核电压为 2.8V, 系统 I/O 电压为 3.3V。

1997 年 5 月, Intel 公司发布了 Pentium II(P II)微处理器。P II 的主频为 233~450MHz, 采用 0.35 μm 工艺制造, 集成度达 750 万只晶体管/片, 其工作电压为 2.8V。P II 的主要特性是: 双重独立总线结构; 内置 MMX 技术; 片内 2 级高速缓存 L1(32kB)和 L2(512kB); 采用单边接触插盒 SECC(Single Edge Contact)和 Slot1 接口标准。

1999 年 2 月, Intel 公司发布了 Pentium III 微处理器。Pentium III 采用 0.25 μm 工艺制造, 集成度达 950 万只晶体管/片, 工作电压 1.6V。Pentium III 主频为 450MHz, 双重独立总线结构, 片内一级高速缓存 L1 为 32kB, 分别是 16kB 数据 Cache 和 16kB 指令 Cache, 二级高速缓存 L2(512kB); 采用 SECC2 封装和 Slot2 接口标准。Pentium III 针对网络功能进行了优化, 指令系统新增 70 条扩展指令, 分别是处理音、视频数据 MMX 指令集和处理 3D 图形效果 SSE(Streaming SIMD Extensions, 数据流单数据多指令扩展)指令集, 提高了 CPU 处理连续数据流的效率和浮点运算速度, 并加强了多媒体功能和三维图形处理能力。

2000 年, Intel 公司发布了 Pentium IV 微处理器。Pentium IV 采用 Intel 公司的 Netburst 技术, 超级流水线达 20 级。片内集成了 1.5 亿只晶体管, 主频为 3.4GHz, 2 级高速缓存 L2 达 1MB。Pentium 4 指令系统新增 76 条 SSE2 指令集和 13 条 SSE3 指令, 提供了 128 位 SIMD 整数算法操作和 128 位 SIMD 双精度浮点操作。

除了 Pentium IV, Intel 公司、AMD 公司以及其他一些公司也积极研制和开发新一代 64 位微处理器产品。2003 年 9 月, AMD 公司率先推出 Athlon 64 微处理器; 2004 年, Intel 公司推出了扩展存储器 64 位技术(EM64T), 随着 EM64T 技术的出现, IA-32 指令系统也扩展为 64 位, 称为 Intel 64 结构。