



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



高等院校自动化新编系列教材

单片机原理 与接口技术

DANPIANJI
YUANLI YU JIEKOU JISHU

马淑华 王凤文 张美金 编著

崔光照 主审

(第2版)



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

“十三五”普通高等教育规划教材

第2版 教育部高等学校计算机专业类教学指导委员会推荐教材

单片机原理 与接口技术

第2版

傅志义 傅志坚 傅志超 傅志华 傅志勇 傅志超

清华大学出版社

北京 100084

第2版

清华大学出版社

TP368.1/199=2

2007



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等院校自动化新编系列教材

单片机原理与接口技术

(第2版)

编著 马淑华 王凤文 张美金
主审 崔光照

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书以 ATME189S52 单片机为主体,在系统、全面地介绍单片机的工作原理和应用技术(内容包括单片机结构、指令系统、程序设计与调试、I/O 口、中断、定时器、串行通信及系统扩展和系统设计等)的基础上,从工程设计应用角度出发,介绍了显示、键盘、通信、A/D、D/A 等具体硬件电路设计及软件程序实例,以使读者在系统掌握本书内容的基础上,初步具备独立设计满足工程要求、符合实际环境、稳定可靠的应用系统的能力。

本书的作者集多年的教学经验和科研实践,在编写过程中力求内容上的典型性、先进性和实用性,将 C 语言编程、程序仿真和调试、程序下载等内容列入书中,并给出了具有指导性的实践训练内容。

本书可作为高等院校自动化及相关专业本科生的教材和研究生的教学参考书,也可供从事单片机应用开发的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与接口技术/马淑华,王凤文,张美金编著. —2 版. —北京:北京邮电大学出版社,2007
ISBN 978-7-5635-1127-3

I. 单… II. ①马…②王…③张… III. ①单片微型计算机—基础理论—高等学校—教材②单片微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 099489 号

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

北方营销中心:电话 010-62282185 传真 010-62283578

南方营销中心:电话 010-62282902 传真 010-62282735

E-mail: publish@bupt. edu. cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京源海印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:20.5

字 数:484 千字

印 数:1—5 000 册

版 次:2005 年 10 月第 1 版 2007 年 8 月第 2 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1127-3/TP·211

定价:29.00 元

如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社营销中心部联系

高等院校自动化新编系列教材

编委会

主 任 汪晋宽

副主任 金海明 罗云林 张美金 崔光照

委 员 (排名不分先后)

于丁文 王凤文 王建国 马淑华 石云霞

齐世清 任彦硕 张家生 张 健 杨建忠

柳明丽 罗长杰 金 伟 赵宏才 赵一丁

顾德英 舒冬梅 藏小杰 郑安平

秘 书 顾德英(兼) 马淑华(兼)

编写说明

一本好的教材和一本好的书不同,一本好的书在于其内容的吸引力和情节的魅力,而一本好的教材不仅要对所介绍的科学知识表达清楚、准确,更重要的是在写作手法上能站在读者的立场上,帮助读者对教材的理解,形成知识链条,进而学会举一反三。基于这种考虑,在充分理解自动化专业培养目标和人才需求的前提下,我们规划了这套《高等院校自动化新编系列教材》。

本套系列教材共包括 21 册,在内容取舍划分上,认真分析了各门课程内容的相互关系和衔接,避免了不必要的重复,增加了一些新的内容。在知识结构设计上,保证专业知识完整性的同时,考虑了学生综合能力的培养,并为学生继续学习留有空间。在课程体系规划上,注意了前后知识的贯通,尽可能做到先开的课程为后续的课程提供基础和帮助,后续的课程为先开的课程提供应用的案例,以便于学生对自动化专业的理解。

《高等院校自动化新编系列教材》编委会

2005 年 8 月

再版前言

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)简称单片机,是将 CPU、存储器、总线、I/O 接口电路集成在一片超大规模集成电路芯片上,是典型的嵌入式微控制器。单片机的诞生是计算机发展史上的一个新的里程碑。

由于单片机具有体积小、功能全、可靠性好、价格低廉的突出优点,因而问世后广泛应用于工业控制、仪器仪表、交通运输、通信设备、办公设备、家用电器等众多领域,使得许多领域的自动化水平和自动化程度得以大幅度提高,成为现代电子系统中最重要的智能化器件之一。单片机的广泛推广和应用,反过来也进一步使单片机本身得到了迅速的发展,不断地更新换代并逐渐改进和完善各方面的功能。

单片机的典型代表是 Intel 公司在 20 世纪 80 年代初研制出来的 MCS-51 系列单片机,并很快在我国得到广泛的推广和应用。虽然在 90 年代后期美国 Intel 公司把主要精力集中在了 CPU 的研发和生产上,并逐步退出了单片机的市场,但 MCS-51 的核心技术仍然是多家单片机研发和生产公司竞相采用的内核技术。如 ATMEL 公司将其优势的 Flash 技术与 Intel 公司的 80C51 核心技术相结合,生产了 AT89 系列单片机,在继承 MCS-51 单片机的基础上,增加了 Flash 存储器,省去了外部扩展的烦琐,进一步推动了单片机市场的发展。ATMEL 公司的单片机经历了几个发展阶段,从 AT89 系列发展到 AT89C 系列,现在已发展到 AT89S 系列。AT89 系列和 AT89C 系列已渐渐退出市场,被新型的 AT89S 系列单片机所取代。AT89S 系列单片机增加了看门狗(WDT)、SPI、ISP 等技术,性能价格比进一步提高,应用更加方便、可靠。

由于单片机技术的广泛应用性,在我国高等工科院校中,普遍开设了单片机及其相关课程。因此,掌握单片机、应用单片机已成为科研人员必备的技能之一。为了使学校教学与科学技术的飞速发展紧密地联系起来,本书以 AT89S52 单片机为基础,全面介绍了 AT89S52 单片机的基本结构、存储器结构、指令系统、程序设计与调试、I/O 接口、中断、定时器、串行通信以及 AT89S52 单片机的扩展和系统的总体设计。

本书的特点是紧跟单片机技术的发展,注重单片机的实际应用。首先,书中利用一定篇幅对单片机系统的仿真和程序下载进行了介绍,目的是让读者了解单片机开发系统的使用方法,并能够借助于开发系统进行系统的开发。其次是介绍了流行的 C 语言编程方法,并在第 11 章给出了利用 C 语言实现的液氧温度控制系统的编程实例,以期读者在学习汇编语言的时候对单片机的 C 语言编程有一定的了解,为具体的设计和应用打下一定的基础。最后是在相关章节后面附加了实践训练题目,读者可根据书中提供的题目进行相关的实践训练。

本书配套实验板,通过 USB 接口供电,利用串口下载程序,可以完成书中所有的例题

及实践训练项目。

本书是在编委会组织编写人员进行广泛的调研及科学合理的策划,对教材内容及体系结构进行细致认真的审定和推敲,确定编写大纲的基础上,由马淑华、王凤文、张美金具体组织编写工作并担任主编,陈海宴、王军伟、高军参加了部分编写工作。全书由崔光照教授主审,由马淑华统稿。

本书第一版 2005 年正式出版,在我校及其他院校应用,效果较好,并入选教育部组织的“十一五”规划教材。

在本书的编写过程中,还得到了东北大学秦皇岛分校自动化工程系、郑州轻工学院电气信息工程学院、辽宁工程技术大学电气工程系领导的关怀和支持,在此表示感谢。

本书力求与作者的科研经历相结合,但限于编者水平,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 单片机概述

1.1 单片机的发展历史	1
1.2 AT89 系列单片机及主要特性	4
1.2.1 低档型 AT89 系列单片机的基本特性	4
1.2.2 标准型 AT89 系列单片机的基本特性	5
1.2.3 高档型 AT89 系列单片机的基本特性	7
1.2.4 AT89 系列单片机型号的编码说明及封装形式	9
1.2.5 部分 ATMEL 单片机的升级替代及推荐产品	11
1.3 单片机的应用	12
1.4 单片机的发展趋势	14

第 2 章 AT89S52 单片机的基本结构

2.1 AT89S52 单片机的主要特性	16
2.2 AT89S52 单片机的 CPU	17
2.2.1 运算器	17
2.2.2 控制器	19
2.3 存储器和 I/O 接口电路	20
2.4 AT89S52 单片机的封装及引脚功能	20
2.4.1 PDIP 封装的 AT89S52 单片机引脚及功能	21
2.4.2 PLCC 和 TQFP 封装的 AT89S52 单片机引脚及功能	23
2.5 复位操作和复位电路	24
2.6 振荡器、时钟电路及时序	26
2.6.1 振荡器	26
2.6.2 AT89S52 的时序	27
2.7 AT89S52 的低功耗工作方式	29
习题	31

第 3 章 AT89S52 存储器结构

3.1 存储器概述	33
3.2 AT89S52 单片机的存储器结构	34

3.2.1 程序存储器·····	34
3.2.2 数据存储器·····	35
3.2.3 特殊功能寄存器 SFR ·····	37
3.3 外部存储器及其访问·····	40
3.3.1 外部程序存储器及访问·····	40
3.3.2 外部数据存储器及访问·····	43
3.4 片内 Flash 存储器操作 ·····	45
3.4.1 标志字节·····	45
3.4.2 程序存储器的加密·····	45
3.4.3 Flash 存储器的并行编程 ·····	46
3.4.4 Flash 存储器的串行编程 ·····	48
习题 ·····	51

第4章 AT89S52 指令系统

4.1 汇编语言指令格式·····	54
4.1.1 汇编语言执行指令格式·····	54
4.1.2 汇编伪指令·····	54
4.2 寻址方式·····	57
4.3 指令系统·····	62
4.3.1 数据传送指令·····	62
4.3.2 算术运算指令·····	67
4.3.3 逻辑运算指令·····	72
4.3.4 位(布尔)操作类指令·····	74
4.3.5 控制转移类指令·····	77
习题 ·····	84

第5章 AT89S52 程序设计与调试

5.1 程序设计步骤·····	87
5.2 源程序的基本格式及编辑环境·····	89
5.2.1 源程序的基本格式·····	89
5.2.2 源程序的编辑环境·····	91
5.3 程序设计方法·····	91
5.3.1 顺序结构程序·····	91
5.3.2 分支结构程序·····	92
5.3.3 循环结构程序·····	94
5.3.4 子程序结构程序·····	97
5.3.5 中断服务程序 ·····	102
5.4 C51 基础 ·····	103

5.4.1 C51 的程序结构及编译环境	103
5.4.2 C51 的数据类型与存储类型	105
5.4.3 AT89S52 结构的 C51 定义	108
5.4.4 C51 和汇编语言的混合编程	111
5.4.5 C51 程序设计举例	117
5.5 程序调试与下载运行	119
5.5.1 单片机开发系统	120
5.5.2 源程序调试	121
5.5.3 程序下载运行	122
习题	123
实践训练	123

第 6 章 AT89S52 单片机并行 I/O 接口

6.1 I/O 接口概述	125
6.1.1 I/O 接口的功能	125
6.1.2 接口与端口	126
6.1.3 I/O 接口编址技术	127
6.1.4 I/O 数据传送的控制方式	127
6.2 AT89S52 并行 I/O 接口的内部结构	130
6.2.1 I/O 接口的结构特点	130
6.2.2 AT89S52 的并行 I/O 接口	131
6.3 并行 I/O 接口操作	136
6.4 I/O 接口应用	137
6.4.1 I/O 接口应用特性	137
6.4.2 I/O 接口的应用	138
习题	144
实践训练	145

第 7 章 AT89S52 单片机中断系统

7.1 中断概述	146
7.2 中断系统结构与中断控制	148
7.2.1 AT89S52 的中断源	148
7.2.2 中断标志与控制	151
7.3 中断响应	154
7.3.1 中断响应条件	154
7.3.2 中断响应过程	155
7.3.3 中断响应时间	156
7.4 中断请求的撤除	157

7.5 外部中断源的扩展	158
7.5.1 采用“OC 门”经“线或”扩展中断源	158
7.5.2 通过片内定时/计数器扩展中断源	160
7.6 中断程序设计	160
习题	165
实践训练	165

第 8 章 AT89S52 定时/计数器

8.1 定时/计数器 0/1 的结构	167
8.2 定时/计数器 0/1 的控制	168
8.2.1 定时/计数器 0/1 工作模式寄存器 TMOD	168
8.2.2 定时/计数器 0/1 控制寄存器 TCON	169
8.3 定时/计数器 0/1 的 4 种模式及应用	169
8.3.1 模式 0 及应用	170
8.3.2 模式 1 及应用	172
8.3.3 模式 2 及应用	173
8.3.4 模式 3 及应用	175
8.3.5 定时/计数器的其他应用	176
8.4 定时/计数器 T2	177
8.4.1 T2 控制寄存器	177
8.4.2 T2 模式寄存器	178
8.4.3 T2 的工作模式	178
8.5 定时监视器	182
8.5.1 AT89S52 的定时监视器	182
8.5.2 辅助功能寄存器 AUXR	183
习题	184
实践训练	184

第 9 章 AT89S52 单片机串行通信

9.1 串行通信概述	185
9.1.1 串行通信的实现	185
9.1.2 串行通信的通信方式	186
9.1.3 串行通信的传输方式	188
9.2 RS232C 标准总线及通信设计	189
9.2.1 RS232C 接口的引脚描述	189
9.2.2 RS232C 接口的具体规定	190
9.2.3 RS232C 接口的典型应用	191
9.3 AT89S52 串行通信接口	193

9.3.1 串行口的控制	193
9.3.2 串行口的工作模式	195
9.3.3 多机通信	200
9.3.4 波特率的确定	201
9.4 串行通信应用举例	203
9.4.1 串行口模式 0 的应用	203
9.4.2 串行口模式 1 的应用	204
9.4.3 串行口模式 2 和模式 3 的应用	206
习题	209
实践训练	209

第 10 章 单片机应用系统扩展技术

10.1 总线扩展及地址分配	211
10.1.1 总线扩展	211
10.1.2 地址分配	213
10.2 外部程序存储器扩展	215
10.2.1 常用 EPROM 芯片	215
10.2.2 典型 EPROM 扩展电路实现	217
10.3 外部数据存储器的扩展	218
10.3.1 RAM(SRAM)的扩展	218
10.3.2 并行 EEPROM 的扩展	220
10.3.3 串行 EEPROM 的扩展	222
10.4 并行 I/O 接口的扩展	227
10.4.1 简单 I/O 接口的扩展	227
10.4.2 可编程 8155 的并行 I/O 扩展	228
10.4.3 8255A 可编程并行 I/O 接口扩展	239
10.5 A/D 和 D/A 转换接口的扩展	246
10.5.1 8 位并行 A/D 转换器 ADC0809 的扩展	247
10.5.2 12 位并行 A/D 转换器 AD574 的扩展	250
10.5.3 12 位串行 A/D 转换器 TLC2543 的扩展	252
10.5.4 8 位并行 D/A 转换器 DAC0832 的扩展	255
10.5.5 12 位串行 D/A 转换器 TLV5616 的扩展	259
10.6 实时时钟电路 DS1302 的扩展	263
习题	268
实践训练	268

第 11 章 单片机应用系统设计及举例

11.1 单片机应用系统的开发过程	270
-------------------------	-----

11.2 液氧容器温度控制系统设计·····	273
11.2.1 系统的目标任务·····	273
11.2.2 系统的总体设计·····	273
11.2.3 系统的结构框图及工作原理·····	274
11.2.4 硬件设计·····	275
11.2.5 软件设计·····	277
11.3 基于 GSM/CDMA 的防盗报警系统 ·····	282
11.3.1 系统的目标任务·····	282
11.3.2 系统的总体设计·····	282
11.3.3 系统的结构框图及工作原理·····	283
11.3.4 程序流程及软件设计 ·····	283
习题·····	289
实践训练·····	290

第 12 章 其他系列单片机介绍

12.1 HOLTEK 公司的 HT48××系列单片机概述 ·····	291
12.1.1 HT48××系列单片机的主要性能 ·····	291
12.1.2 HT48××系列单片机的引脚描述 ·····	292
12.1.3 HT48××系列单片机的内部结构框图 ·····	292
12.1.4 HT48××系列单片机的指令集 ·····	293
12.2 PIC16C5×系列单片机概述 ·····	296
12.2.1 PIC16C5×系列单片机的主要性能 ·····	296
12.2.2 PIC16C5×系列单片机的引脚描述 ·····	297
12.2.3 PIC16C5×系列单片机的内部结构框图 ·····	298
12.2.4 PIC16C5×系列单片机的指令集 ·····	299
12.3 其他型号单片机及其生产厂商简介·····	300

附录 AT89S52 单片机实验系统 ·····	303
--------------------------	-----

参考文献·····	314
-----------	-----

第 1 章 单片机概述

进入 20 世纪 60 年代,世界在大规模和超大规模集成电路的制造水平和工艺上取得了飞速的进步。1971 年,美国的 Intel 公司研究并制造了 140004 微处理器芯片。该微处理器是将以往分立的运算器、控制器和寄存器集成在一块芯片上,因此又称为中央处理单元(CPU)。140004 微处理器芯片是世界上第一个微处理器芯片,以它为核心组成的 MCS-48 计算机是世界上第一台微型计算机。微型计算机就是以微处理器为核心,采用系统总线技术,配以采用了大规模或超大规模集成电路的存储器、I/O 接口电路、I/O 设备所组成的计算机。

单片机(Single Chip Microcomputer 或 One Chip Microcomputer)的全称为单片微型计算机,是微型计算机家族中的一个分类,是将 CPU、存储器、总线、I/O 接口电路集成在一片超大规模集成电路芯片上。单片机具有体积小、功能全、价格低廉的突出优点,同时其软件也非常丰富,并可将这些软件嵌入到其他产品中,使其他产品具有丰富的智能。单片机所具有的这些优点使之问世后得到了迅速的发展,广泛应用在工业控制、仪器仪表、交通运输、通信设备、办公设备、家用电器等众多领域,成为现代电子系统中最重要的智能化器件。

1.1 单片机的发展历史

单片机的发展经历了 4 个阶段:初级阶段、技术成熟阶段、发展和推广阶段及 16 位单片机阶段。

1. 第一阶段

1974—1976 年,是单片机的初级阶段。

这一阶段单片机的主要特点是功能和结构都比较简单,芯片内只包含了 8 位的 CPU、64 B 的随机读写数据存储器(RAM)和 2 个并行输入/输出(I/O)接口。并且由于受制造水平和工艺的限制,芯片采用了双片结构,还需要外接一个内含 ROM、定时/计数器和并行 I/O 接口电路的芯片才能构成一台完整的单片微型计算机,还没有形成真正意义上的单片机。

2. 第二阶段

1976—1980 年,是单片机技术走向成熟的阶段。

这一阶段的单片机在性能和结构上有所提高和改进,但其性能仍然比较低,因此也将这一阶段的单片机称为低性能单片机阶段。

虽然这一阶段单片机的性能仍然比较低,但随着超大规模集成电路制造水平和工艺的进步,形成了真正的单片结构。这一阶段的典型代表是美国 Intel 公司于 1976 年推出

的 MCS-48 系列单片机,这是第一代通用的单片机。这一通用系列单片机的推出,开辟了单片机的市场,促进了单片机技术的迅猛发展和进步。这一系列单片机的基本型产品为 8048,其内含 8 位的 CPU、64 B 的 RAM 数据存储器、1 KB 的 ROM 程序存储器、一个 8 位的定时/计数器和 27 根 I/O 口线,表 1.1.1 列出了 MCS-48 系列单片机的型号和性能。从表中可以看到,其 P8748H 和 P8749H 是片内 ROM 采用了 EPROM 形式的 8048AH 和 8049AH,从这一阶段开始可以方便地改写控制程序。

表 1.1.1 MCS-48 系列单片机的型号和性能

型 号	CPU	ROM	RAM	定时/计数器	I/O 口线
8035AHL	8 位	无	64 B	1×8 位	15
8039AHL	8 位	无	128 B	1×8 位	15
8040AHL	8 位	无	256 B	1×8 位	15
8048AH	8 位	1 KB	64 B	1×8 位	27
8049AH	8 位	2 KB	128 B	1×8 位	27
8050AH	8 位	4 KB	256 B	1×8 位	27
P8748H	8 位	1 KB EPROM	64 B	1×8 位	27
P8749H	8 位	2 KB EPROM	128 B	1×8 位	27

3. 第三阶段

1980—1983 年,是单片机技术的发展和推广阶段。

进入 20 世纪 70 年代末 80 年代初,在超大规模集成电路制造水平和工艺得到迅猛发展的同时,微处理器技术也得以迅速发展,在这一阶段单片机技术更加成熟。

这一阶段单片机性能有了很大的提高,虽然 CPU 仍然是 8 位,但频率已经提高到了 12 MHz。芯片内 ROM 最多达到 8 KB,并开始普遍应用 EPROM,寻址范围达到了 64 KB,芯片内 RAM 的数量最少也达到了 128 B,I/O 口线的数量也达到了 32 位,因此又将这一阶段称为高性能单片机阶段。

进入 70 年代后期,许多半导体公司看到了单片机巨大的市场前景,纷纷加入到这一领域的开发研制之中,推出了多个品种的系列机。这一阶段的典型代表是 Intel 公司于 1980 年推出的 MCS-51 系列单片机,表 1.1.2 给出了 MCS-51 系列单片机部分产品的型号和性能。

表 1.1.2 MCS-51 系列单片机的型号和性能

型 号		CPU	ROM	RAM	定时/计数器	I/O 口线
8051	8031AH	8 位	无	128 B	2×16 位	32
	8051AH	8 位	4 KB	128 B	2×16 位	32
	8051BH	8 位	4 KB	128 B	2×16 位	32
	8751AH	8 位	4 KB EPROM	128 B	2×16 位	32
	8751BH	8 位	4 KB EPROM	128 B	2×16 位	32

续表

型 号		CPU	ROM	RAM	定时/计数器	I/O 口线
8052	8032BH	8 位	无	256 B	3×16 位	32
	8052BH	8 位	8 KB ROM	256 B	3×16 位	32
	8752BH	8 位	8 KB EPROM	256 B	3×16 位	32
80C51	80C31BH	8 位	无	128 B	2×16 位	32
	80C51BH	8 位	4 KB ROM	128 B	2×16 位	32
	80C51BHP	8 位	4 KB ROM	128 B	2×16 位	32
	87C51	8 位	4 KB EPROM	128 B	2×16 位	32
	83C51FA	8 位	8 KB ROM	256 B	3×16 位	32
	87C51FA	8 位	8 KB EPROM	256 B	3×16 位	32

从表中可以看到,8031 芯片内没有 ROM,使用时需要外接 EPROM 芯片,其他与 8051 完全相同,8051AH 和 8051BH 的区别是可以对 8051BH 芯片中 ROM 内的程序进行加密,防止被他人改写或抄袭。8751 是芯片内采用了 EPROM 的 8051。8751AH 和 8751BH 的区别是 8751BH 芯片中设有二级保密位,而 8751AH 芯片中只设有一级保密位。8051 和 80C51 的区别是 8051 采用 HMOS 工艺制造,而 80C51 采用 CHMOS 工艺制造,CHMOS 工艺技术先进,它同时具有 HMOS 的高速度和 CMOS 的低功耗的优点,除制造工艺的区别外,其他均兼容。

8052 是 8051 的增强型,除与 8051 完全兼容外,还增加了 128 B 的片内 RAM、4 KB 的 ROM 或 EPROM、1 个定时/计数器、1 个中断源。

对比表 1.1.1 和表 1.1.2 不难看出,代表着单片机两个发展阶段的典型产品在性能方面都有了哪些提高。

虽然在 20 世纪 90 年代后期,美国 Intel 公司出于公司发展战略的考虑将主要精力集中在了 CPU 的研发和生产上,并逐步退出了单片机的市场,但 MCS-51 的核心技术仍然是多家单片机研发和生产公司竞相采用的内核技术。

4. 第四阶段

1983 年到现在,这一阶段单片机技术的发展主要体现在内部资源的增加和实时处理功能的加强方面,增加了多通道 10 位的 A/D 转换器、高速输入/输出部件(HSIO)、脉宽调制输出装置(PWM)、外围传送服务功能等,CPU 的位数达到了 16 位、32 位,因此又称这一阶段为 16 位单片机阶段。这一阶段的典型代表是 Intel 公司于 1983 年推出的 MCS-96 系列单片机,表 1.1.3 为 MCS-96 系列单片机的部分产品的型号和主要性能。