

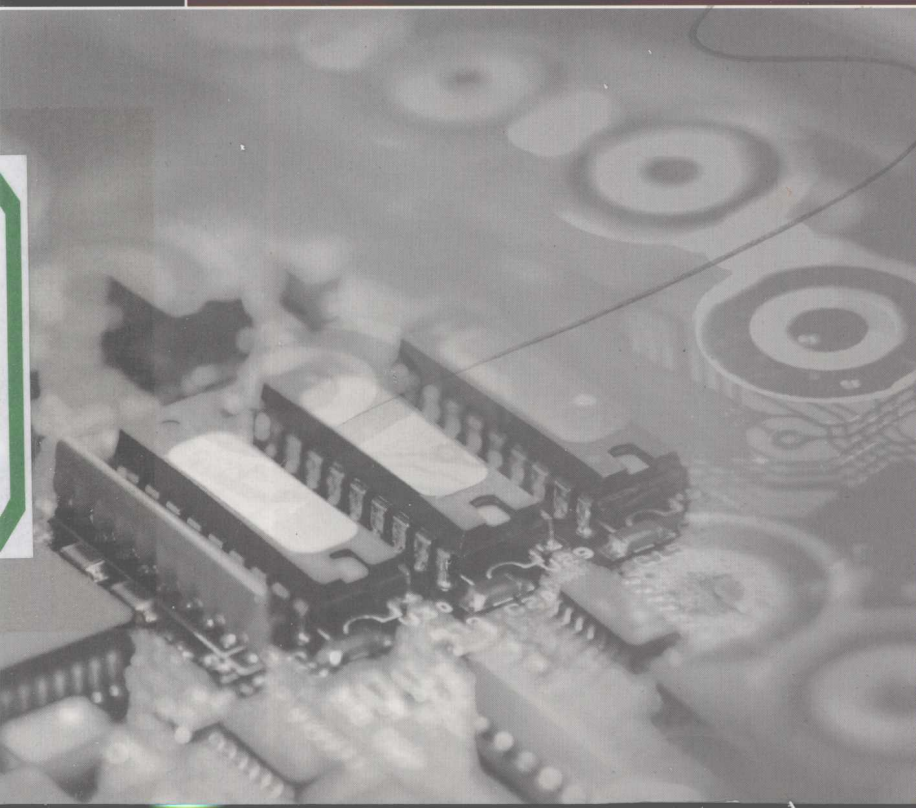
HZ BOOKS
华章教育

21
世纪

高等院校电子信息类本科规划教材

单片机 原理及应用

冯文旭 朱庆豪 程丽萍 王彩霞 编著



机械工业出版社
China Machine Press

21
世纪

高等院校电子信息类本科规划教材

TP368.1/442

2008

单片机 原理及应用

冯文旭 朱庆豪 程丽萍 王彩霞 编著



机械工业出版社
China Machine Press

本书是高等院校信息类学科应用型本科规划教材,共11章,以MCS-51单片机为代表机型,详细讲述了8位单片机的结构、工作原理、指令系统和简单程序设计、存储器扩展、并行输入/输出接口、定时器/计数器、串行输入/输出接口、显示器及键盘接口、模拟量输入/输出接口以及单片机应用系统的开发调试技术等。此外,还介绍了闪存型高性能单片机的结构特点与功能以及SPI、I²C接口技术等。本书以技术应用为主线,将同一技术范畴的单片机片内资源和片外扩展技术组织为一章,各知识点适当交叉、互相补充。每章均给出了较多的习题与思考题,为强化应用能力培养,在对应章后还配备适量的实验与实训课题。

本书可作为高等院校应用型本科教育的电子信息类、自动化类、仪器仪表类及机电类专业和计算机专业的教材,也可供其他有关工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用 / 冯文旭等编著. —北京:机械工业出版社, 2008.8

(21世纪高等院校电子信息类本科规划教材)

ISBN 978-7-111-24395-3

I. 单… II. 冯… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第090658号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:杨庆燕

三河市明辉印装有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2008年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18印张

标准书号:ISBN 978-7-111-24395-3

定价:32.00元

凡购本书,如有倒页、缺页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线:(010) 68326294

前 言

进入 21 世纪以来,我国高等教育得到了快速发展,特别是应用型本科教育,发展尤为迅速。为满足应用型本科对培养目标和教学体系与内容改革的需要,我们依据在南京召开的“高等院校信息学科应用型本科规划教材建设研讨会”的精神,组织编写了本书,作为信息类学科的规划教材。

《单片机原理及应用》是信息类学科一门重要的专业技术课,本书以 8 位 MCS-51 单片机为代表机型,全面介绍了单片机原理及其常用接口技术,并简要介绍了高性能新型单片机。在编写过程中,遵循讲清基本原理、重点突出技术应用和能力的培养的原则。全书的应用性特色主要体现在以下几个方面:其一,尽量压缩理论叙述,减少内部结构和工作过程的原理性分析,重点加大接口电路、系统扩展、应用技术的研究。其二,在编写体系上作了较大改进,以技术应用为线索,将相同范畴的单片机内部资源和外部扩展应用技术组织到同一章,以使知识传授与能力培养紧密结合。其三,尽力反映单片机新技术应用水平,压缩了存储器扩展的内容,增加了闪存(Flash Memory)型单片机简介,也介绍了 SPI、I²C 总线接口技术以及 ISP 和 IAP 的概念等。其四,不但每一章给出了较多的习题与思考题,而且在相应章中给出了较多的实验与实训课题。注重突出实用性、针对性、先进性和实践操作性,以期使读者获得较为全面、系统的训练,切实提高技术应用能力。

全书共分 11 章:第 1~3 章介绍单片机的基本知识和常用机型,讲述 MCS-51 系列单片机的结构、工作原理、指令系统和简单程序设计;第 4~9 章以单片机应用技术为核心,全面讲述 MCS-51 系列单片机的接口及其扩展技术,内容包括存储器、并行输入/输出接口、定时器/计数器、串行输入/输出接口、键盘及显示器接口、模拟量输入/输出接口等;第 10 章为单片机应用系统的开发,介绍软、硬件系统设计与调试技术和软、硬件抗干扰措施;第 11 章简单介绍了闪存型单片机。

本书第 1、4、5、11 章由冯文旭编写,第 2、3 章由程丽萍编写,第 6、7 章由王彩霞编写,第 8、9、10 章由朱庆豪编写,全书由冯文旭和朱庆豪负责统稿。

在本书编写过程中,参阅了有关专家、学者的著作,胡新彦为本书资料收集和插图绘制做了大量工作,张清菊提供了附录,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏或不妥之处,敬请各位读者批评赐教。

编者

2008 年 4 月

目 录

前言

第 1 章 单片机概述	1
1.1 单片机的发展概况	1
1.1.1 微型计算机与单片机	1
1.1.2 单片机的发展历史	2
1.2 单片机的特点和应用	3
1.2.1 单片机的特点	3
1.2.2 单片机的应用	4
1.3 常用单片机的类型	4
1.3.1 MCS-51 系列单片机	4
1.3.2 MCS-96 系列单片机	5
1.3.3 具有丰富外围功能的单片机	6
习题与思考题	8
第 2 章 MCS-51 单片机的基本结构	9
2.1 结构和引脚	9
2.1.1 结构框图与性能	9
2.1.2 微处理器	10
2.1.3 引脚及其功能	12
2.2 存储器组织结构	14
2.2.1 程序存储器	14
2.2.2 数据存储器	15
2.2.3 特殊功能寄存器	17
2.3 输入输出端口结构及工作原理	19
2.3.1 P0 口	19
2.3.2 P1 口	20
2.3.3 P2 口	21
2.3.4 P3 口	21
2.4 振荡器及 CPU 的工作时序	22
2.4.1 振荡器	22
2.4.2 时序定时单位	22
2.4.3 CPU 工作时序	23

2.5	中断系统	24
2.5.1	中断源和中断请求标志	25
2.5.2	中断允许控制	26
2.5.3	中断优先级	26
2.5.4	中断响应过程	27
2.5.5	外部中断	28
2.6	工作方式	29
2.6.1	程序执行工作方式	29
2.6.2	复位电路与复位状态	30
2.6.3	掉电和节电工作方式	31
	习题与思考题	32
第3章	MCS-51 单片机指令系统和程序设计举例	34
3.1	指令格式和寻址方式	34
3.1.1	指令格式	34
3.1.2	指令中常用符号	34
3.1.3	MCS-51 单片机寻址方式	35
3.2	MCS-51 单片机指令系统	38
3.2.1	数据传送类指令	38
3.2.2	算术运算指令	43
3.2.3	逻辑操作类指令	46
3.2.4	控制转移类指令	49
3.2.5	位操作指令	53
3.3	汇编语言及伪指令	55
3.3.1	汇编和汇编程序	55
3.3.2	伪指令	56
3.4	汇编语言源程序设计	57
3.4.1	汇编语言程序设计步骤	57
3.4.2	顺序程序设计	58
3.4.3	分支程序设计	59
3.4.4	循环程序设计	62
3.4.5	子程序设计	63
3.4.6	查表程序设计	65
	实验与实训	67
	实训 3-1 传送指令训练	67
	实训 3-2 拆字程序	68
	实训 3-3 数据排序	69
	实训 3-4 二进制数转换 BCD 码	70
	习题与思考题	70

第4章 存储器及其扩展技术	74
4.1 存储器分类与地址分配	74
4.1.1 只读存储器 ROM	74
4.1.2 随机存取存储器 RAM	75
4.1.3 存储器的片选与地址分配	76
4.2 程序存储器的扩展	78
4.2.1 常用程序存储器和地址锁存器简介	79
4.2.2 典型 EPROM 扩展电路	80
4.3 数据存储器的扩展	82
4.3.1 数据存储器的读写控制与时序	82
4.3.2 常用 SRAM 芯片简介	83
4.3.3 典型 SRAM 扩展电路	84
4.3.4 扩展串行 E ² PROM 作数据保存	86
4.4 RAM 的掉电保护	88
4.4.1 指定的 CMOS-RAM 芯片掉电保护电路	88
4.4.2 选用带掉电保护功能的 RAM 芯片	88
实验与实训	89
习题与思考题	91
第5章 并行输入/输出接口	92
5.1 MCS-51 单片机并行输入/输出接口应用	92
5.1.1 端口的输入/输出操作	92
5.1.2 端口的“读一改一写”操作	93
5.1.3 端口的位操作	93
5.2 简单输入/输出接口电路的扩展	94
5.2.1 用锁存器扩展输出口	95
5.2.2 用三态门扩展输入口	96
5.3 可编程并行输入/输出接口 8255A	97
5.3.1 8255A 的结构与引脚功能	97
5.3.2 8255A 与 MCS-51 单片机的连接	99
5.3.3 8255A 的控制字与初始化	100
5.3.4 8255A 的三种工作方式及应用	102
5.4 可编程多功能接口 8155 及应用	108
5.4.1 8155 的结构与引脚功能	108
5.4.2 8155 与 MCS-51 单片机的连接	110
5.4.3 8155 I/O 口工作方式及应用	111
5.4.4 8155 片内定时/计数器及应用	113
实验与实训	115
实训 5-1 简单 I/O 芯片的扩展	115
实训 5-2 可编程并行接口及应用	116

习题与思考题	118
第 6 章 定时器/计数器	120
6.1 MCS-51 片内定时器/计数器结构与工作方式	120
6.1.1 定时器/计数器的结构及原理	120
6.1.2 定时器/计数器的工作方式	122
6.1.3 定时器/计数器 2	124
6.2 MCS-51 片内定时器/计数器的应用	127
6.2.1 定时初值的计算方法	127
6.2.2 定时器/计数器应用举例	128
6.3 可编程定时器/计数器 8253 及扩展	130
6.3.1 8253 的结构与工作原理	130
6.3.2 8253 的工作方式	133
6.3.3 8253 与 MCS-51 单片机的连接与初始化	134
实验与实训	135
实训 6-1 定时器/计数器的定时功能应用	135
实训 6-2 定时器/计数器的计数功能应用	136
实训 6-3 8253 输出方波	137
习题与思考题	138
第 7 章 串行输入/输出接口电路	140
7.1 串行通信的基本知识	140
7.1.1 串行通信与并行通信	140
7.1.2 串行通信的基本方式	140
7.1.3 串行通信的几个问题	142
7.2 MCS-51 单片机片内串行接口	144
7.2.1 串行接口的内部结构	144
7.2.2 串行接口的专用寄存器	144
7.2.3 串行口的工作方式	146
7.3 MCS-51 单片机串行口应用	149
7.3.1 波特率设置	149
7.3.2 串行通信的硬件连接	150
7.3.3 用串行口扩展并行输入/输出	151
7.3.4 MCS-51 单片机的双机通信举例	153
7.3.5 单片机的多机通信	156
7.4 扩展 I ² C 串行接口	156
7.4.1 I ² C 串行总线的基本特征	157
7.4.2 I ² C 串行总线通信协议	157
7.4.3 I ² C 串行总线在单片机系统中的应用	160
实验与实训	162

实训 7-1 用串行口扩展并行 I/O 口	162
实训 7-2 双机串行通信	164
习题与思考题	165
第 8 章 显示器及键盘接口技术	167
8.1 LED 显示器接口技术	167
8.1.1 LED 数码显示器的结构与工作原理	167
8.1.2 LED 数码显示器与单片机的接口	169
8.1.3 LED 数码显示器的静态显示和动态显示	170
8.1.4 点阵式 LED 显示器与单片机接口技术	173
8.2 LCD 显示器及其接口技术	175
8.2.1 LCD 显示器的分类	175
8.2.2 LCD 显示器的结构与驱动方式	176
8.2.3 点阵式 LCD 显示器应用举例	177
8.3 按钮、键盘与单片机接口技术	179
8.3.1 按钮与单片机的接口	179
8.3.2 独立式键盘及其接口	180
8.3.3 矩阵式键盘及其接口	181
8.4 键盘、显示器接口芯片——8279	186
8.4.1 8279 的内部结构	186
8.4.2 8279 引脚与功能	187
8.4.3 8279 的命令字与状态字	189
8.4.4 8279 与单片机的连接及应用	192
实验与实训	194
实训 8-1 LED 数码显示器	194
实训 8-2 16×16 点阵显示	196
实训 8-3 键盘接口及应用	199
习题与思考题	203
第 9 章 模拟量输入、输出接口技术	205
9.1 模拟量输入通道和输出通道	205
9.1.1 模拟量输入通道的结构类型与特点	205
9.1.2 模拟量输出通道的结构类型与特点	207
9.2 A/D 转换器及其接口	208
9.2.1 A/D 转换器工作原理与技术指标	208
9.2.2 8 位 A/D 转换器 ADC0809 及其应用	210
9.2.3 12 位 A/D 转换器 AD1674 及其应用	213
9.3 D/A 转换器接口	217
9.3.1 D/A 转换器工作原理与技术指标	217
9.3.2 8 位 D/A 转换器 DAC0832 及其应用	219

9.3.3 12 位 D/A 转换器 DAC1210 及其应用	223
实验与实训	225
实训 9-1 A/D 转换器接口及其应用	225
实训 9-2 D/A 转换器接口及其应用	227
习题与思考题	229
第 10 章 单片机应用系统的开发	230
10.1 单片机应用系统设计	230
10.1.1 总体设计	230
10.1.2 硬件设计	231
10.1.3 软件设计	232
10.2 单片机应用系统开发	232
10.2.1 应用系统的开发方法	232
10.2.2 开发工具的组成和功能	234
10.2.3 具体开发系统简介	235
10.2.4 单片机应用系统的调试	237
10.3 单片机应用系统的抗干扰技术	238
10.3.1 干扰的种类及干扰源	239
10.3.2 硬件抗干扰技术	239
10.3.3 软件抗干扰技术	242
10.4 应用系统设计实例	243
10.4.1 系统分析和总体设计	243
10.4.2 系统的硬件电路设计	244
10.4.3 系统的软件设计	246
实验与实训	251
实训 10-1 简易数字频率计	251
实训 10-2 可视可听公交车自动报站器	252
习题与思考题	253
第 11 章 闪存型单片机简介	254
11.1 概述	254
11.1.1 闪速存储器	254
11.1.2 闪存型单片机	254
11.2 P89LPC900 的硬件结构	255
11.2.1 内部结构	255
11.2.2 引脚与相应的 I/O 口功能	257
11.2.3 特殊功能寄存器 SFR 组成	257
11.3 振荡器与复位	260
11.3.1 振荡器和时钟	260
11.3.2 复位功能	262

11.3.3 看门狗定时器与复位	264
11.4 闪速存储器编程与配置	265
11.4.1 擦除和编程方式	265
11.4.2 ISP 和 IAP 功能	265
11.4.3 用户配置	266
11.5 电源监控与节电模式	267
11.5.1 电源监控功能	267
11.5.2 节电模式	267
习题与思考题	268
附录 A ASCII 码表及符号说明	270
附录 B MCS-51 单片机指令表	272
参考文献	276

第 1 章 单片机概述

单片机具有体积小、功耗低、功能强、类型多、扩展简单、控制优势明显等特点，已成为计算机应用领域的一个独特分支。本章主要介绍单片机的发展概况，单片机的特点与应用领域以及常用类型等。通过对本章的学习，对单片机有一个初步的认识，对单片机的主要系列产品的功能有所了解。

1.1 单片机的发展概况

1976 年 9 月，Intel 公司 MCS-48 单片机的问世是单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)划时代的里程碑，它使得在一块微小的晶片上生成一台计算机成为可能。此后，单片机技术飞速发展，其功能越来越强，适用范围越来越广，特别是在工业控制、自动化仪器仪表和计算机智能终端等应用中扮演着重要的角色。

1.1.1 微型计算机与单片机

1. 微型计算机

一台数字计算机通常应包括运算器、控制器、存储器、输入/输出设备四大部分，通常把运算器与控制器集成在一微小单晶硅片上，该芯片被称为中央处理器（Central Processing Unit, CPU）或微处理器（MicroProcessing Unit, MPU）。把 CPU 与大规模集成电路制成的主存储器、输入输出接口电路等部件用总线结构连接起来，再配以键盘、显示器等输入输出设备就构成了一台典型的微型计算机。由此可见，一个只集成了中央处理器 CPU 的集成电路封装，只是微型计算机的一个重要组成部分。

微型计算机已被广泛地用于数据处理和工业控制中。用于数据处理时，需要配上相应的外围设备，如屏幕显示器（CRT）、键盘及打印机等，再与所配置的相应软件系统一起组成通用微型计算机系统（Microcomputer System）。用于工业控制时，由于控制对象各不相同，因而不可能设计一个通用的控制计算机。一般只提供由上述四部分组成的基本计算机系统以尽量缩小机器的体积，用户则可根据需要增加相应的过程通道（如模拟量输入输出通道、开关量输入输出通道等），组成各自的计算机控制系统。

2. 单片机

20 世纪 70 年代，随着大规模集成电路技术的飞速发展及实际应用的需要，一种集成度更高，性能价格比更为优越，体积、重量大为减小的计算机——单片微型计算机（简称单片机）应运而生。单片机结构上的设计是面向控制的需要，显著特点之一是具有非常灵活有效的控制功能。通常单片机除具有典型微机的各功能部件外，在片内还集成了 A/D、D/A 转换器、高速输入/输出部件、串行通信控制和定时器/计数器等部件，因而单片机更确切的应称为微控制器（Microcontroller）。由此可见，单片机实际上是在一个微小晶片上集成了一台微型计算机的运算器、控制器、存储器、输入/输出接口电路等四个基本部分，适合控制应用领域的单

片微控制器。

图 1-1 给出了单片机内部几大部分之间相互联系的结构框图,它包括了微型计算机应具有的全部基本要素: CPU、ROM (或 EPROM)、RAM 和 I/O 接口电路。单片机不但与一般的微处理器一样,是一个有效的数据处理器,而且更是一个功能很强的过程控制机。从某种意义上讲,一台单片机相当于一台单板多芯片微型计算机的功能,只要加上所需的输入/输出设备,就可以构成一个实用的控制系统,满足各种应用领域的需要。

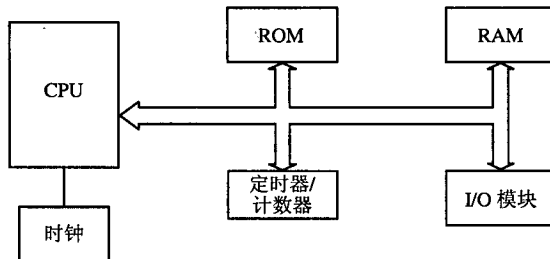


图 1-1 单片机内部结构框图

1.1.2 单片机的发展历史

单片机发展历史并不长,其发展速度确是十分迅猛。自 Intel 公司 1971 年率先推出 4004 单片机后,各种类型和型号的单片机犹如雨后春笋,相继问世。世界上一些著名的器件公司如 Motorola 公司、Zilog 公司、Philips 公司等也相继推出自己的系列产品。以 4 位单片机推出为起点,单片机的发展大致可以分为 5 个阶段:

第 1 阶段 1971~1976 年,为单片机发展的初级阶段或起步阶段。1971 年 11 月 Intel 公司首先研制出集成度为 2000 只晶体管/片的 4 位微处理器 4004,并集成有 RAM、ROM 和相应的寄存器,构成了第一台 MCS-4 处理器,此后推出了 8 位微处理器 Intel 8008,其他公司也先后推出了 8 位微处理器。多用于家用电器、计算器、高级玩具等。

第 2 阶段 1976~1980 年,为低性能单片机阶段。1976 年 9 月,Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机,这是第一个完全的 8 位单片机,受到了单片机用户的欢迎。1978 年 Motorola 公司推出了 6800 系列的单片机,Zilog 公司相继推出 Z8 系列单片机,1979 年 NEC 公司的 UPD78XX 系列。在 1980 年以前各厂家生产的 8 位单片机,从性能来看,均属于低档 8 位单片机,他们都具有片内 8 位微处理器、8 位并行 I/O 接口、8 位定时器/计数器,一般都没有串行 I/O,寻址范围小(不大于 4KB),RAM、ROM 容量小,中断系统也较简单。此阶段奠定了单片机独有的结构体系,其功能可满足一般工业控制和智能化仪器仪表的需要。

第 3 阶段 1980~1983 年,为高性能 8 位单片机阶段。以 1980 年 Intel 公司推出高性能的 MCS-51 系列单片机为代表。这类单片机都具有串行 I/O 接口和两个以上的 16 位定时器/计数器,具有较丰富的多级中断系统,片内存储器容量也相应增大,寻址空间达到 64KB,片内 ROM 容量达 4K~8K 字节、RAM 达 128~256 字节,甚至还有 A/D 转换功能。这类高性能的 8 位单片机进一步拓宽了其应用范围,使之能用于智能终端、局部网络接口、分布式控制系统等领域。

第 4 阶段 1983~1990 年,为 16 位单片机阶段。以 Intel 公司 1983 年推出 MCS-96 系列单片机为代表,NS 公司和 NEC 公司也分别推出 16 位的 HPC16040 和 MPD783XX 系列单片机,1987 年,Intel 公司宣布研制出比 8096 提高一档的 CHMOS 型 16 位单片机 80C196 单

片机。8096 具有高速输入/输出子系统 (HSIO)、脉冲宽度调制 PWM 输出等多种 I/O 功能和特殊用途的监视定时器等。CHMOS 型的 80C196 内部的寄存器为 16 位, 但外部数据总线仍为 8 位, 这样在保持内部 16 位高速运算的条件下, 可使用户系统更简单。16 位单片机的快速开发研制, 大大提升了单片机的运算速度和控制功能, 使其具有了较强的实时处理能力。这一阶段也是 8 位单片机发展和应用最活跃的阶段, 出现了 Intel 公司的 8X252、UPI-452、83C152; Zilog 公司的 Super8; Motorola 公司的 MC68HC11 等超强功能 8 位单片机。

第 5 阶段 1990 年以后, 为单片机性能进一步提高和应用领域全方位发展阶段。这一阶段不但 CPU 具有了 8 位、16 位、32 位, 也出现了双 CPU 的内部流水线结构, 时钟达到 20MHz, 更高集成度、高速度和低功耗, 具有 PWM 输出、监视定时器 WDT、DMA 传输控制器、CAN 现场总线控制器、双标准串口以及 SPI 与 I²C 串行总线等丰富的特殊功能部件纷纷被嵌入到片内。

目前, 单片机正朝着大容量片上存储器 (64KB)、多功能 I/O 接口及专用附加功能、宽范围工作电源和低功耗方向发展。近年来, 大量采用片内闪速存储器 (Flash Memory) 技术设计制造的电擦写单片机产品。如 Philips 公司推出的 LPC932 单片机设计了在系统串行编程 ISP 和在应用中编程 IAP 功能, 使其具备了远程编程、在电路板上的在线编程和程序运行过程中的随时编程功能, 以卓越的性能、完美的兼容性、便利快捷的电擦写操作、低廉的价格、超强的加密功能而倍受用户的欢迎。

1.2 单片机的特点和应用

1.2.1 单片机的特点

单片机在一块微小晶片上集成了具有一定规模的微型计算机的基本电路, 与通用微型计算机相比较, 它在硬件结构、指令设置上均有其独到之处, 主要特点如下:

1) 片内集成存储器, 但容量有限。单片机的存储器 ROM 和 RAM 是严格分工的, ROM 为程序存储器, 只存放程序、常数及固定的数据表格, 而 RAM 则为数据存储器, 用于工作区及存放变量及暂存数据。片内集成了少量 (不多于 512B) 的数据存储器 RAM 和程序存储器 ROM, 片内存储器的容量有限, 必要时可以在片外扩展。

2) 控制功能强, 运行速度快。采用面向控制的软、硬件设计, 具有丰富的条件分支转移和很强的位处理能力, I/O 口逻辑操作功能要优于同等级的 CPU, 单片机的运行速度也较高。

3) 引脚的功能复用较多。由于单片机上引脚数目有限, 为了解决实际引脚数和需要的信号线数的矛盾, 较多地采用了引脚功能复用的方法, 引脚处于何种功能, 可由指令设置或由机器状态来区分。

4) 产品类型多, 功能扩展灵活。目前单片机的型号达到一百多种, 可以选择到硬件电路有不同 I/O 接口、不同附加功能和性能指标各异的多家公司的产品, 对应用系统的设计和生产带来极大的方便。

5) 可靠性较高。单片机的全部电路集成到一块芯片上, 大大缩短了系统内信号传送距离, 从而提高了抗干扰能力, 应用于工业现场具有很好的可靠性。

6) 功耗较低。单片机大多使用 CHMOS 工艺, 且可以进入节电模式工作, 因而功耗较低, 特适合于电池供电的仪器仪表。

1.2.2 单片机的应用

单片机所具有的一系列特点, 决定了其应用的广泛性, 在国民经济、国防建设和家用电器等各个领域均得到了很好的应用。现举例如下:

1) 智能化的民用电器。如空调机、电冰箱、洗衣机等各种家用电器, 电子玩具、声像设备等众多产品中大量地使用了单片机, 在产品的功能增强和性能提高方面产生了很好的效果。

2) 工农业检测和控制系统。单片机可实现从简单到复杂的控制任务, 获得最佳的性能价格比, 在工农业测控系统发挥着重要作用。如数控机床、温度控制、可编程顺序控制、电机控制、现代农业生产检测和工业过程控制系统都有单片机的大量应用。

3) 智能化仪器仪表。应用于仪器仪表、智能传感器、智能仪器、医疗器械等各方面。能方便地实现机电仪一体化产品, 促进仪表向数字化、智能化、综合化方向发展。

4) 办公自动化和计算机外设。如图形终端机、图文传真机、复印机、打印机、绘图仪、数据采集卡等各种智能终端和接口设备。

5) 多机应用和局部网络系统。利用单片机的多机通信, 可以方便地实现分布式控制, 在计算机集散监控系统作为通信控制, 构成监控系统的子系统等。

总之, 单片机的用途已十分广泛, 在工业控制、仪器仪表、信号处理、机电一体化设备、军用装备、交通能源、医疗器械、家用电器等诸多领域都得到了很好的应用。随着集成电路新技术的采用, 单片机性能的不断提高和附加功能的不断增加, 它的应用必将越来越广泛。

1.3 常用单片机的类型

目前, 单片机的生产公司已几十个, 细化的具体型号可达数百种, 众多的产品型号为不同的应用领域和各种功能的灵活实现奠定了基础。Intel 公司在单片机的开发中, 一直处于领先地位。本节以 Intel 公司的产品为例, 介绍目前较流行的 MCS-51 和 MCS-96 系列单片机产品的概况, 并对具有特殊功能的个别型号予以简介。

1.3.1 MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列是 Intel 公司在 1980 年推出的高档 8 位单片机, 包括基本型、增强型、CHMOS 型 3 个子系列。

1. 基本型

基本型包括 8051/8751/8031 三种芯片, 常称为 8051 子系列。基本型采用 HMOS 工艺, 片内集成有 8 位 CPU; 片内驻留 4KB ROM (8751 片内 4KB EPROM, 8031 片内无 ROM) 和 128 字节 RAM 以及 21 个特殊功能寄存器; 片内包括两个 16 位定时器/计数器, 一个全双工串行 I/O 口 (UART), 4 个并行 I/O 口、2 级中断的 5 个中断源; 可寻址 64KB 程序存储器 ROM 和 64KB 数据存储器 RAM (需片外扩展), 主时钟频率达到 12MHz。其中 8031 价格低廉, 易于开发。

2. 增强型 (改进型)

增强型包括 8052/8752/8032 三种芯片, 常称为 8052 子系列。增强型的 8052 子系列与基本型不同的是片内 ROM 增加到 8KB, RAM 增加到 256 字节, 增加了一个 16 位定时器/计数器和一个中断源, 串行接口 (UART) 的通信速率提高 6 倍。

3. CHMOS 型

CHMOS 型主要包括 80C51/87C51/80C31 以及 80C252/87C252/80C232 等。这类产品采用 CHMOS 工艺制造, 功能分别与基本型和增强型兼容, CHMOS 型芯片的基本特点是集成度高和功耗低。目前许多新一代高性能兼容性的 80C51 系列单片机, 如提供 EPROM 或 E²PROM, 后者为 89CXX, 提高时钟频率到 16~24MHz, 工作电压降到 1.8V, 增加高速 I/O 口、A/D 转换器、PWM 等, 设置监视定时器 WDT 和电源检测等电路。实用中多选用 80C31、89CXX 低功耗芯片。

本书将以上芯片统称为 MCS-51 系列单片机, 表 1-1 列出了 MCS-51 系列芯片的主要型号和性能。

表 1-1 MCS-51 系列单片机

类别	特性	ROM 形式			片内 RAM /字节	程序和数 据寻址空 间/KB	16 位定 时器/计 数器	I/O 口 数目	串行通 信方式	中断 源数	其 他
		片内掩膜 ROM	片内 EPROM	片内无 ROM							
MCS-51 子系列		8051 4KB	8751 4KB	8031	128	2×64	2	4×8	同步/异步 位数可控	5	
		80C51 4KB	87C51 4KB	80C31	128	2×64	2	4×8	同步/异步 位数可控	5	87C51 两级 保密系统
MCS-52 子系列		8052 8KB	8752 8KB	8032	256	2×64	3	4×8	同步/异步 位数可控	6	
		80C252 8KB	87C252 8KB	80C232	256	2×64	3	4×8	同步/异步 位数可控	7	PWM、计数 器阵列

1.3.2 MCS-96 系列单片机

Intel 公司于 1983 年推出的 MCS-96 系列机是 16 位单片机, 8096 是整个 MCS-96 系列代表性的产品, 与 8 位机相比较, 其性能提高主要表现在以下方面:

- 1) CPU 为 16 位, 主频 12MHz, 采用寄存器堆/运算逻辑部件 (RALU) 提高运算速度。
- 2) 片内 ROM 增加到 8KB, RAM 增加到 232B (寄存器堆)。
- 3) 集成度高。片内有 5 个 8 位的并行 I/O 口, 4 个 16 位的定时器/计数器, 有的还具 4~8 个通道的 10 位 A/D 转换器或 PWM 及监视定时器 WDT。
- 4) 有 4 条高速触发输入线, 6 条高速脉冲输出线, 并具有定时功能。
- 5) 运算速度快。具有丰富的指令系统、先进的寻址方式和带符号运算等功能, 使运算速度大大提高。
- 6) 8 级中断处理系统。

MCS-96 系列单片机有 48 引脚的双列直插式和 68 引脚的扁平封装两种形式。分为 809X (外接 ROM)、839X (内驻掩膜 ROM) 和 879X (内驻 EPROM) 三种。表 1-2 列出了 MCS-96 系列芯片的主要型号和性能。

表中的 MCS-96 系列芯片可细分为六类:

第一类是 NHMOS 的 8X9X, 其中 8098 在我国应用最广。

第二类是以 CHMOS 的 80C196KB 为代表，可以工作于两种节电方式。

第三类是以 80C196KC 为代表，重要特征是增加了外设事物服务器（PTS），大大提高了中断事件的实时处理能力。

第四类是以 80C196KR 为代表，增添了同步串行口和适用于主从机通信的从口（Slave Port）功能，并以事件处理器阵列（EPA）代替原来的高速输入/输出部件（HIHO）。

第五类是以 80C196MC 为代表，其主要特征是增添了一个三相波形发生器，特别适应于电机控制系统。

第六类包括 80C196NC/NP，其寻址空间由 64KB 扩大到了 1MB。

表 1-2 MCS-96 系列单片机

型 号	ROM/ EPROM (KB)	寄存器 RAM (B)	定时 器	A/D (路)	串 行 口	型 号	ROM/ EPROM (KB)	寄存器 RAM (B)	定时 器	A/D (路)	串 行 口
8X98	8	232	2	4	1	8XC196MD	16	488	2	14	PTS
8X96BH	8	232	2	0	1	8XC196MH	32	744	2	8	2
8X97BH	8	232	2	8	1	8XC196JQ	12	360	2	6	2
8X95BH	8	232	2	4	1	8XC196JR	16	488	2	6	2
8X9XJF	16	232	2	8	1	8XC196KQ	12	360	2	8	2
8XC196KB	8	232	3	8	1	8XC196KR	16	488	2	8	2
8XC198	8	232	2	4	1	8XC196KT	32	1000	2	8	2
8XC194	8	232	2	0	1	8XC196NP	4	1000	2	0	1
8XC196KC	16	488	3	8	1	8XC196NT	32	1000	2	4	2
8XC196KD	32	1000	3	8	1	8XC196NQ	12	360	2	4	2
8XC196MC	16	488	3	13	PTS						

1.3.3 具有丰富外围功能的单片机

在 MCS-51 和 MCS-96 系列的基础上，各大公司纷纷推出了具有丰富功能，可满足不同应用需求的新型芯片，为简化用户系统设计带来了极大的方便。现从具有的外围功能角度介绍几种产品。

1. 具有 A/D 转换器或 PWM 输出的单片机

现在众多的单片机片内自带 A/D 或者 D/A 等部件。除了表 1-2 中的 MCS-96 以外，还有 8XC552、PIC16F74、ADUC824、EM78P25X、HT46R71D、AT89C2501 以及 P89LPC900 等一大批芯片都具有 8~10 位的 A/D 转换器。

为便于实现脉冲宽度调制控制，有的单片机设计了 PWM 输出，如 EM78P458、ATMEL 公司的 AVR 单片机（ATMEGA 16L）、凌阳 SPMC65 系列、Philips 公司的 P87LPC768、P89LPC932 等系列单片机。

2. 具有闪速存储器的单片机

闪速存储器（Flash Memory）是一种新型存储器件，内置闪速存储器的单片机在擦除、编程时全部采用电实现，具有可重复编程、使用寿命长（万次以上）、数据不宜挥发和集成度高