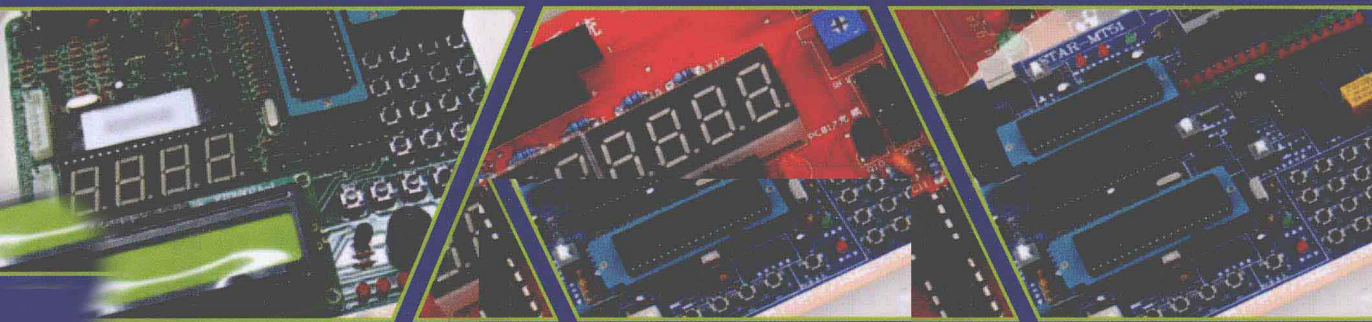


程 琤 主 编

温欣玲 张 臻 华红艳 王春彦 张松炜 赵 成 副主编

单片机原理 与应用系统开发

DANPIANJI YUANLI
YU YINGYONG XITONG KAIFA



国防工业出版社

National Defense Industry Press

单片机原理与应用系统开发

程 琤 主编

温欣玲 张 臻 华红艳 副主编
王春彦 张松炜 赵 成

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要包括 MCS-51 单片机的基本结构,单片机的指令系统与程序设计,单片机的中断系统,单片机的定时器及串行通信接口的原理与应用,单片机系统的扩展,单片机的人机接口技术,单片机的 C 语言程序设计,单片机应用系统的设计方法与应用实例等。

全书内容深入浅出、通俗易懂、注重工程应用。

本书可作为电子信息、自动化、通信工程、机电一体化、计算机等专业本科生的教材,也可供从事单片机应用开发的工程技术人员和单片机爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用系统开发/程琤主编. —北京:
国防工业出版社,2010. 11
ISBN 978-7-118-07125-2

I. ①单... II. ①程... III. ③单片微型计算机
IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 197171 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
腾飞印务有限公司印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 字数 366 千字
2010 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

前 言

单片机具有体积小、功能多、价格低廉、使用方便、系统设计灵活等优点,广泛应用于工业控制、通信、智能化仪器仪表、家用电器等领域。单片机技术越来越受到工程技术人员的重视,目前国内高等院校中电子信息、自动化、通信工程、机电一体化、计算机等专业均开设了“单片机原理与应用”课程。

本书以单片机在电子技术中的应用为主线,以需要掌握和使用单片机技术的高等学校相关专业学生、工程技术人员作为主要的服务对象。从实用角度出发,由浅入深,系统、详细地介绍了 MCS-51 系列单片机的基本原理和应用系统开发方法,最后结合典型应用实例介绍了单片机应用系统的开发过程。

全书共 11 章。第 1 章介绍单片机的基础知识;第 2 章介绍 MCS-51 单片机的基本结构;第 3、4 章介绍单片机的指令系统和汇编语言程序设计方法;第 5 章介绍单片机的中断系统;第 6 章介绍单片机的定时器/计数器和串行通信技术;第 7 章介绍单片机的外部存储器扩展技术,以及并行接口、A/D、D/A 接口的扩展;第 8 章介绍单片机的键盘、显示器和打印机等人机接口;第 9 章介绍单片机的 C 语言编程方法;第 10 章介绍单片机应用系统的设计方法和设计过程;第 11 章通过两个实例来具体阐述单片机应用系统开发过程。本书每章均配有习题,便于读者掌握和巩固知识,书后附有附录供读者查阅。使用本教材的参考学时为 40~50 学时。

本书由程琤主编。第 1、2 章由温欣玲编写;第 3、8 章由张臻编写;第 4 章由华红艳和程琤共同编写;第 5、6 章由王春彦编写;第 7 章由程琤编写;第 9 章由张松炜编写;第 10、11 章由赵成编写。全书由程琤统稿。

在本书的撰写过程中,参考了大量的文献资料,在此谨向其作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不妥和错误之处,恳请读者批评和指正。

编 者
2010 年 9 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 单片机简介	1
1.1.1 单片机发展概况	2
1.1.2 单片机的发展趋势	3
1.1.3 单片机厂商及机型	3
1.2 常用8位单片机	4
1.3 MCS-51 系列单片机	5
1.4 单片机应用	7
习题	8
第2章 MCS-51 单片机基本结构	9
2.1 MCS-51 单片机内部结构	9
2.1.1 CPU	10
2.1.2 存储器	12
2.1.3 I/O 端口	16
2.1.4 中断系统	19
2.1.5 定时/计数器	19
2.2 MCS-51 单片机引脚功能	19
2.3 MCS-51 单片机时序	21
2.3.1 机器周期和指令周期	21
2.3.2 取指/执行时序	23
2.3.3 访问片外 ROM/RAM 指令时序	24
2.4 单片机复位与复位电路	25
2.4.1 复位状态	25
2.4.2 复位电路	26
2.5 单片机最小应用系统	27
2.6 单片机低功耗运行	28
习题	29
第3章 MCS-51 单片机指令系统	31
3.1 指令格式与分类	31
3.1.1 指令格式	31
3.1.2 指令分类	32

3.2 寻址方式	34
3.2.1 立即寻址	34
3.2.2 直接寻址	35
3.2.3 寄存器寻址	35
3.2.4 寄存器间接寻址	35
3.2.5 基址加变址寻址	36
3.2.6 相对寻址	36
3.3 数据传送类指令	37
3.3.1 内部数据存储器传送指令	37
3.3.2 外部数据存储器传送指令	38
3.3.3 程序存储器数据传送指令	38
3.3.4 数据交换指令	38
3.3.5 堆栈操作指令	39
3.4 算术运算类指令	39
3.4.1 加法运算指令	39
3.4.2 减法运算指令	40
3.4.3 乘除法运算指令	41
3.4.4 十进制调整指令	41
3.5 逻辑运算类指令	42
3.5.1 单操作数逻辑运算指令	42
3.5.2 双操作数逻辑运算指令	43
3.6 控制程序转移类指令	44
3.6.1 无条件转移指令	44
3.6.2 条件转移指令	47
3.6.3 子程序调用与返回指令	49
3.6.4 空操作指令	51
3.7 位操作类指令	51
3.7.1 位寻址方式	51
3.7.2 位操作指令	52
习题	53
第4章 单片机汇编语言程序设计	55
4.1 汇编语言程序设计的基础知识	55
4.1.1 汇编语言的语句格式	55
4.1.2 伪指令	56
4.1.3 汇编语言程序的基本框架	57
4.1.4 汇编过程	58
4.2 汇编程序设计方法	59
4.2.1 程序设计步骤	59
4.2.2 顺序程序	60

4.2.3 分支程序.....	61
4.2.4 循环程序.....	62
4.2.5 子程序设计.....	64
4.3 综合编程举例.....	66
4.3.1 算术运算程序.....	66
4.3.2 查表程序.....	68
4.3.3 数据排序程序.....	69
4.3.4 位操作程序.....	71
习题	72
第5章 MCS-51 单片机的中断系统	73
5.1 中断的概念.....	73
5.2 中断系统结构.....	74
5.2.1 中断源.....	74
5.2.2 中断系统的特殊功能寄存器.....	75
5.3 中断处理过程.....	78
5.3.1 中断响应.....	78
5.3.2 中断处理.....	79
5.3.3 中断返回.....	80
5.4 中断系统应用举例.....	80
5.5 外部中断源的扩展.....	82
习题	84
第6章 定时器/计数器和串行通信.....	85
6.1 定时器/计数器的结构及工作原理	85
6.1.1 定时器/计数器的结构	85
6.1.2 工作方式和控制寄存器.....	86
6.1.3 定时器/计数器的工作方式	87
6.2 定时器/计数器的应用	90
6.3 串行口的结构及工作方式.....	95
6.3.1 串行通信的概念.....	96
6.3.2 串行口基本组成.....	97
6.3.3 串行口的寄存器.....	97
6.3.4 串行口的工作方式.....	99
6.3.5 串行通信波特率设置	100
6.3.6 串行口的多机通信	102
6.4 串行口的应用	102
6.5 RS-232C 串行通信接口	106
习题.....	108

第7章 单片机的系统扩展	110
7.1 程序存储器的扩展	110
7.1.1 程序存储器的分类	110
7.1.2 典型程序存储芯片介绍	111
7.1.3 程序存储器的扩展方法	113
7.2 数据存储器的扩展	116
7.2.1 常用静态 RAM 芯片介绍	116
7.2.2 数据存储器的扩展方法	117
7.2.3 存储器的综合扩展	117
7.3 并行输入/输出接口的扩展	119
7.3.1 并行接口 8255A 的扩展	119
7.3.2 并行接口 8155 的扩展	125
7.4 A/D 和 D/A 接口功能的扩展	130
7.4.1 A/D 转换接口	130
7.4.2 D/A 转换接口	134
习题	137
第8章 单片机的人机接口技术	138
8.1 LED 显示器及其接口	138
8.1.1 LED 的结构与原理	138
8.1.2 静态与动态显示	139
8.2 键盘及其接口	141
8.2.1 键盘的结构与原理	141
8.2.2 键盘接口电路	143
8.3 可编程键盘/显示器接口——Intel 8279	145
8.3.1 8279 的结构与原理	145
8.3.2 8279 的引脚与功能	146
8.3.3 8279 的控制字	147
8.3.4 8279 接口编程方法	151
8.4 打印机及其接口	153
8.4.1 PP40 打印机的接口信号与操作方式	153
8.4.2 PP40 打印机的接口方法与打印程序	155
习题	159
第9章 单片机的 C 语言编程	160
9.1 C51 编程语言简介	160
9.1.1 C51 编程语言	160
9.1.2 C51 的程序结构	161
9.2 C51 的数据类型	162

9.2.1	C51 常量的类型	162
9.2.2	C51 变量的类型	163
9.3	数据的存储器类型和存储器模式	166
9.3.1	数据的存储器类型	166
9.3.2	存储器模式	169
9.4	SFR、位变量、存储器和 I/O 接口的定义	169
9.4.1	特殊功能寄存器(SFR)的定义	169
9.4.2	位变量的定义	171
9.4.3	存储器和 I/O 接口的访问	171
9.5	C51 的函数和运算符	172
9.5.1	函数	172
9.5.2	运算符	173
9.6	汇编语言与 C51 的混合编程	173
9.7	C 语言单片机程序编写举例	176
	习题	178
第 10 章	单片机应用系统设计方法	180
10.1	单片机应用方案设计基础	180
10.1.1	单片机应用方案的设计原则	180
10.1.2	以 MCU 为核心的系统硬件结构	181
10.1.3	应用系统软件结构的设计	182
10.1.4	开发工具的选择	183
10.1.5	应用系统的抗干扰设计	184
10.1.6	单片机应用系统的低功耗设计	187
10.2	单片机应用系统开发过程	188
10.2.1	单片机应用系统开发步骤	188
10.2.2	单片机硬件系统设计	188
10.2.3	系统软件设计	188
10.2.4	单片机开发软件 KEIL 介绍	195
	习题	202
第 11 章	单片机应用系统实例	203
11.1	DS1302 芯片构成的实时时钟系统	203
11.1.1	DS1302 芯片简介	203
11.1.2	实时时钟系统电路设计	206
11.1.3	实时时钟系统软件设计	207
11.1.4	实时时钟系统的 C 语言源程序	208
11.2	DS18B20 芯片构成的数字温度采集系统	214
11.2.1	DS18B20 芯片简介	215
11.2.2	数字温度采集系统电路设计	216

11.2.3 数字温度采集系统软件设计	217
11.2.4 数字温度采集系统的汇编语言源程序	218
习题	223
附录 A MCS-51 单片机指令表	224
附录 B ASCII 码表	228
参考文献	229

第1章 绪 论

单片机是微型计算机的一种,自问世以来,人们对它进行了不断的升级和完善,由最初的4位机发展到如今的32位机,呈现出以8位单片机为主流,16位、32位单片机共同发展的欣欣向荣的景象。本章主要对单片机的发展、分类等内容进行概括性叙述。

1.1 单片机简介

单片机是单片微型计算机的简称。它是微型计算机发展中的一个重要分支,也是一种非常富有生命力的机种。单片机性能经过不断的提高和完善,具备了集成度高、功能强、速度快、体积小、功耗低、使用方便、性能可靠、价格低廉等特点,在工业控制、智能仪器仪表、数据采集与处理、通信网络系统、汽车工业、国防工业、家用电器等领域应用越来越广泛。

通常,单片机是由单块的集成电路芯片构成,内部包含有计算机的基本功能部件,如:中央处理部件 CPU(实现运算、控制功能),存储器 RAM/ROM(实现数据存储、程序存储功能),定时器/计数器(实现时间设定和事件记录功能),各种输入/输出接口(实现串行、并行输入/输出功能),以及 A/D 转换器、D/A 转换器(实现模数、数模转换功能)等。单片机硬件结构简图如图 1-1 所示。

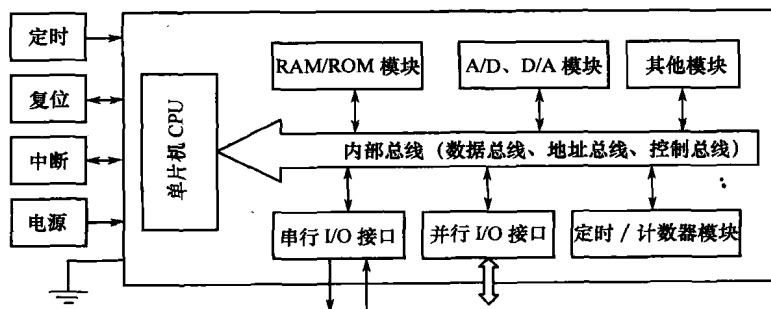


图 1-1 单片机硬件结构简图

由于单片机通常是面向控制应用而设计制造的微处理器件,因此,又称为微控制器(Micro Controller Unit, MCU);另外,由于单片机的体积、结构和功能特点,在实际应用中可以完全融入应用系统中,故又称为嵌入式微控制器(Embedded Micro Controller, EMC)。

单片机系统由单片机硬件和软件共同组建而成,是用户为了实现控制功能而设计的。在单片机系统中,单片机内部的 CPU 处于核心地位,通过执行软件,调动硬件电路完成相应的控制功能。单片机系统的运行还需要进行软件设计,其复杂程度相对较低。

根据单片机软件所要实现的功能,可以将软件划分为两类:管理程序和应用程序。管理程序是单片机系统的监控程序,主要用于控制过程复杂、控制量较大的装置;应用程序是针对具

体的控制动作而编写的程序,是实现具体功能的基础,通常以子程序模块的形式出现,便于执行控制动作时调用。

1.1.1 单片机发展概况

单片机按内部数据通道的宽度,可以分为4位、8位、16位以及32位单片机。因此,单片机的发展也经历了4位、8位、16位和32位等阶段。但是,从实际使用情况看,由于4位、8位、16位和32位单片机各有应用领域,因此,并没有出现推陈出新的局面。8位单片机由于其功能强,仍被广泛应用于工业控制、智能接口、仪器仪表等各个领域。8位单片机在中、小规模应用场合仍占主流地位,因此,8位单片机仍然代表了单片机的发展方向,在单片机应用领域发挥着越来越大的作用。

单片机的发展历史具体可划分为以下四个阶段。

第一阶段(1974年—1976年)

这是单片机发展的初级阶段。因工艺限制,单片机采用双片形式结构,功能比较简单,如美国 Fairchild 公司生产的 F8 单片机。

第二阶段(1976年—1978年)

这是低性能单片机发展阶段。以1976年9月 Intel 公司推出 MCS-48 单片机为代表。这种单片机片内集成8位 CPU、并行 I/O 口、8位定时器/计数器和容量有限的存储器(RAM、ROM)以及简单的中断功能。另外,世界各国许多公司厂家也都在这一阶段推出了相应的单片机,如 GI 公司推出 PIC1650 系列单片机。

第三阶段(1978年至今)

这是高性能单片机发展阶段。以1978年下半年 Motorola 公司推出 M6800 系列单片机, Zilog 公司推出的 Z8 系列单片机,1980年 Intel 公司在 MCS-48 系列基础上又推出的高性能 MCS-51 系列单片机为代表。这类单片机均带有串行 I/O 口,定时器/计数器为16位,片内存储容量(RAM,ROM)都进行了扩展,并且具有优先级中断处理功能,此外,单片机的功能、寻址范围都较早期有所扩大。其中,MCS-51 单片机进入中国市场最早,过渡到 CMOS 工艺的 80C51 单片机要迟一些。此后,世界各国单片机生产厂商不断涌现,多系列、多型号、各种性能组合的单片机层出不穷。

第四阶段(1982年至今)

这是8位单片机巩固发展及16位单片机、32位单片机推出阶段。1983年 Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机是其中典型代表之一。32位单片机字长为32位,是单片机的顶级产品,具有极高的运算速度。这类单片机代表产品还有:Motorola 公司推出的 M683XX 系列单片机,TI(Texas Instruments)公司推出的以低功耗为主要特色的16位单片机 MSP430 系列等。虽然单片机种类繁多,但是仍以80C51 为核心的单片机占据市场主流,到目前为止,MCS-51 单片机已有数百个品种,世界上知名 IC 生产厂家都生产与 MCS-51 兼容的新品,如 Philips 公司 P80C、P87C、P89C 等系列单片机,Atmel 公司 AT89 系列单片机等。

另外,由于16位及32位单片机推出的时间较晚、价格昂贵、开发设备有限等多种原因,至今还未得到广泛应用。而8位单片机能满足大部分应用的需要,因此,在推出16位单片机的同时,高性能的新型8位单片机也不断问世。如:Motorola 公司推出了带 A/D 和多功能 I/O 的 68MC11 系列,Zilog 公司推出了带有 DMA 功能的 Suqer8, Intel 公司在1987年也推出了带 DMA 和 FIFO 的 UPI-452 等。

1.1.2 单片机的发展趋势

目前,单片机技术正以惊人的速度向前发展,世界上各大芯片制造厂商都推出了自己的单片机,从8位、16位到32位,数不胜数,各具特色,为单片机应用提供了广阔的天地。纵观单片机的发展过程,可以预示单片机的发展趋势,大致包括以下几个方面。

1. 微型化

芯片集成度的提高为微型化创造了条件。早期单片机大量采用双列直插式封装类型,随着贴片工艺的出现,单片机开始大量采用贴片式封装,芯片体积大大减小,为嵌入式系统的应用提供了条件。

2. 低电压和低功耗

采用CHMOS工艺,使单片机功耗越来越小,特别是很多单片机都设置了多种工作方式,包括等待、暂停、睡眠、空闲、节电等工作方式。扩大电源电压范围以及在较低电压下工作是当今单片机发展趋势之一。

3. 高速化

单片机运行速度高速化是单片机发展的另一个趋势。早期MCS-51典型时钟为12MHz,目前西门子公式C500系列时钟频率为36MHz,现在已有更快的32位单片机,时钟频率可达100MHz。

4. 外围电路内装

单片机内部器件的集成化不断提高,把众多的外围功能部件集成在片内实现系统的单片化。包括一些常用电路,如定时器、比较器、A/D转换器、D/A转换器、串行通信接口、看门狗电路以及DMA通道和总线接口等。有些厂家还把晶振和LCD驱动电路也集成到芯片之中。

5. 性能更加优异

现有单片机采用所谓的三核结构,三个核分别为:微控制器和DSP核、数据和程序存储器核、外围专用集成电路ASIC。这是一种建立在系统级芯片概念之上的结构。采用该结构的特点在于把DSP和微控制器同时做在一个片上。

6. 通信及网络功能加强

某些单片机内部还含有网络控制模块,因此这类单片机极易构成网络,目前,将单片机系统和Internet连接起来已经是一种趋势。

7. 专用型单片机

专用型单片机具有最大程度的简化结构,资源利用率大大提高,可简化设计过程及节省不必要的开支。

1.1.3 单片机厂商及机型

单片机制造商很多,主要有美国的Intel、Motorola、Atmel、Microchip、Zilog、NS、TI公司,日本的NEC、Toshiba、Fujitsu、Hitachi,英国的Inmos,德国的Siemens,以及荷兰的Philips公司,等等。在国际上影响较大的公司及其产品是Intel公司生产的MCS-51、151、251系列;Zilog公司的Z8系列;Philips公司生产的与MCS-51系列兼容的51系列(80C51和51XA系列);Motorola的68HC05/08系列;Microchip公司的PIC16CXX系列单片机;Atmel生产的与MCS系列兼容的51系列(89C51系列);Winbond的78E51系列等。常见的单片机厂商及产品系列如表1-1所示。

表 1-1 常见单片机厂商及产品系列

公司厂商	产 品
Intel	MCS-51、MCS-96
Philips	80C51、51XA
Motorola	68HC05/08 系列
Atmel	89C51
Microchip	PIC16C5X 系列
Zilog	Z8 系列
Winbond	78E51 系列

单片机发展到今天已经日趋成熟,种类繁多,按用途可分为通用型和专用型两大类。通常所说的和本书所介绍的单片机是指通用型单片机。另外,按内部数据通道的宽度,又可分为 4 位、8 位、16 位及 32 位单片机。不论是哪家单片机生产厂家,都会配套提供编程器、硬件仿真器、指令系统,芯片使用说明书等,否则将很难进行二次开发。

目前,由于 8 位单片机在性能价格比上占有绝对优势,因此仍是主流机型。MCS-51 系列及其兼容产品是目前最常用的一种单片机类型,其引进历史较长,学习资料齐全,影响面较广、应用成熟,已被单片机控制装置的开发设计人员广泛接受。

1.2 常用 8 位单片机

8 位单片机生产厂家较多,品种十分齐全,这里主要介绍经常试用的 Intel、Philips、Motorola、Microchip 和 Atmel 公司的 8 位单片机。

1. Intel 公司

Intel 公司系列单片机主要包括 MCS-48 和 MCS-51 两个系列。Intel 公司生产的单片机芯片的 ROM 根据型号有片内掩膜 ROM、片内 EPROM 和外接 EPROM 三种方式,目前已成为单片机的统一规范。并且,又推出了片内带 E²PROM 的单片机。MCS-51 系列是 Intel 公司 1980 年推出的一个高性能 8 位单片机,与 48 系列单片机相比,MCS-51 系列单片机无论在片内 RAM/ROM、I/O 功能、种类和数量上,还是在系统扩展能力等方面均有很大加强。其主要产品包括 8051、8052、80C51、80C52、80C54、80C58 等。

2. Philips 公司

因为与 Intel 公司之间有特殊的技术互换协议,Philips 公司生产的与 MCS-51 兼容的 80C51 系列单片机性能卓越,产品最齐全。典型产品包括:80C51、80C52、80C31、80C32、80C528、80C552、80C562、80C751 等。Philips 单片机具有 I²C 总线,可以通过总线进行系统扩展以及多级通信。

3. Microchip 公司

美国 Microchip 公司生产的 PIC 系列单片机具有价格低、速度高、功耗低和体积小等特点,率先采用精简指令系统计算机(Reduced Instruction Set Computer, RISC)技术,拥有 33 条基本指令,指令长度为 12 位。主要产品包括 PIC16C54、PIC16C55、PIC16C56、PIC16C57 等。

4. Atmel 公司

美国 Atmel 公司生产的 CMOS 型 51 系列单片机,具有 MCS-51 内核,该公司把 E²PROM

和 Flash ROM 代替 ROM 作为程序控制器,具有价格低、编程方便等优点。Atmel 单片机可分为:AT89、AT90、AT91 和智能 IC 卡四个系列,其中,AT89 系列单片机可分为标准型、低档型和高档型三类,均属于 8 位机。标准型单片机主要产品包括 AT89C51、AT89C52、AT89LV52、AT89C55 和 AT89S8252 等。

5. Motorola 公司

Motorola 公司单片机可分为通用型和专用型单片机两类。M6805、M68HC05 和 M68HC11 系列单片机是国际应用最广泛的 8 位主流机型。具有代表性的是 MC68HC11 系列,有几十种型号,即可单片工作,也可以扩展方式工作。专业型单片机一般采用单片形式,这类单片机不能外接存储器,如 MC68HC05 系列。

6. Zilog 公司

Z8 系列单片机是 Zilog 公司生产的中档 8 位单片机,其典型产品是 Z8601,Z8601 内部具有 8 位 CPU、2KB ROM、124B RAM、2 个 8 位定时器/计数器、32 位 I/O 口线等资源。Zilog 公司主要产品包括 Z8600、Z8601 和 Z86C06 等。

单片机型号成百上千,但是其基本结构与功能原理基本相同,所以,掌握了一种单片机的硬件结构、指令系统和系统设计,就为进一步学习和掌握其他各种单片机奠定了一定基础。本书以应用最为广泛的 MCS-51 系列 8 位单片机 8051 为研究对象,介绍 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机的硬件结构、工作原理、指令系统及应用系统的设计。

1.3 MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机采用模块化设计,各种型号的单片机都是在 8051 的基础上通过增减集成内部部件的方式得到。8051 是片内 ROM 型单片机,内部具有 4KB 容量大小的掩膜 ROM。在此基础上将掩膜 ROM 模块换成 EPROM 模块,便得到了 8751 单片机,它属于 EPROM 型芯片,8051 去除掩膜 ROM 模块便得到了 8031 单片机,它属于无 ROM 型芯片。上述三种类型称为 MCS-51 系列中的 51 子系列。MCS-51 系列机引脚和指令完全兼容,核心是一个 8 位的中央处理器(CPU),但内部功能不完全相同。典型产品为 8051,它具有 8 位 CPU,4KB 的 ROM 和 128 B 的 RAM,4 个 8 位 I/O 接口电路,一个串行全双工异步接口,5 个中断源和两个中断优先级,寻址能力可达 $2 \times 64\text{KB}$ 。

MCS-51 系列单片机品种很多,按片内程序存储器(RAM)配置类型可分为片内无 ROM 型,片内有 ROM 型,片内有 EPROM 型,片内有 FLASH E²PROM 型四类。

(1)片内无 ROM 型,包括 80(C)3X 系列,典型产品为 8031。

(2)片内有 ROM 型,包括 80(C)5X 系列,典型产品为 8051。

(3)片内有 EPROM 型,包括 87(C)5X 系列,典型产品为 8751。

(4)片内有 FLASH E²PROM 型,包括 89C5X 系列,典型产品为 89C51。

另外,按照制造工艺分为 HMOS 型和 CHMOS 型两类。

(1)HMOS 型。HMOS 型单片机采用为高密度短沟道 MOS 工艺,与 TTL 电平兼容;产品型号中没有“C”的即为 HMOS 芯片。

(2)CHMOS 型。CHMOS 为互补金属氧化物的 HMOS 工艺,与 TTL 电平、CMOS 电平兼容。CHMOS 型单片机采用 CMOS 和 HMOS 相结合工艺,既具有 CMOS 低功耗的特点,又保持了 HMOS 的高速度和高密度的特点。产品型号中带有“C”的即为 CHMOS 芯片。

此外, MCS-51 系列单片机按照功能可分为基本型和增强型两种类型, 分别介绍如下:

1. 基本型

MCS-51 单片机基本型芯片主要包括 8051、8031、8031AH、8051AH、8751AH、8751BH、80C31BH、80C51BH 等。后缀有 AH 和 BH 的单片机采用 HMOS 工艺制造, 中间有字母 C 的单片机是采用 CMOS 工艺制造, 具有低功耗特点。

基本型 MCS-51 系列单片机主要具有以下功能特性: (1) 8 位 CPU; (2) 128B 的数据存储器; (3) 32 根 I/O 线; (4) 64KB 的片外程序存储器寻址能力; (5) 64KB 的片外数据存储器寻址能力; (6) 1 个全双工的异步串行口; (7) 2 个 16 位定时/计数器; (8) 5 个中断源, 2 个优先级; (9) 4KB 的程序存储器; (10) 21 个特殊功能寄存器; (11) 1 个片内时钟振荡器和时钟电路。

2. 增强型

1) 增大内部存储器型

该类型产品将内部的 ROM 和 RAM 增加 1 倍, 如 8032AH、8052AH、8752BH 等, 内部拥有 8KB 的 ROM 和 256 B 的 RAM, 属于 52 系列。

2) 可编程计数阵列型

单片机型号中含有字母 F 的系列产品, 如 80C51F、83C51FA、87C51FA、83C51FB、87C51FB、83C51FC、87C51FC 等, 均是采用了 CHMOS 工艺制造, 具有比较/捕捉功能模块和多机通信接口模块。

3) A/D 转换型

该类产品如 80C51GB、83C51GB、87C51GB 等。它们具有如下新功能: (1) 8 路 8 位 A/D 转换模块; (2) 256B 的内部 RAM; (3) 2 个 PCA 监视定时器; (4) 增加了 A/D 和串行口中断; (5) 7 个中断源; (6) 具有振荡器失效检测功能。

4) 多并行口型

此类单片机在 80C51 基础上, 新增了与 P1 口相同的 8 位准双向口 P4、P5 和一个特殊的内部具有上拉电阻的 8 位双向口 P6, 既可作为标准的双向输入/输出口, 又可进行选通方式操作, 如 83C451、80C451。

在 8051/8751/8031 单片机的基础上, 增加 128B RAM 和一个定时器/计数器及其引出的中断源衍生出 8052/8752/8032, 内部 RAM 增加到 256 B; 8752/8052 片内 ROM 容量增加到 8KB, 定时器/计数器增至 3 个 16 位计数器, 有 6 个中断源。另外, 还有低功耗运行的 CHMOS 工艺芯片 80C31/87C51/80C51, 有两种低功耗运行方式。这些将在第 2 章中具体介绍。

常见的 MCS-51 系列单片机特性表如表 1-2 所示。

表 1-2 常见 MCS-51 单片机特性表

类别	型号	片内 ROM /KB	片内 RAM /B	定时/计数器 (个×位)	并行 I/O	串行 I/O	中断源
无 ROM 型	8031/8031AH	无(需要外部扩展)	128	2×16	4×8	1	6
	80C31BH		128	2×16	4×8	1	6
	80C51GA		128	2×16	4×8	1	8
	80C451		128	2×16	7×8	1	6
	8032/8032AH		256	3×16	4×8	1	8
	80C51FA		256	3×16	4×8	1	14
	80C152JA		256	2×16	5×8	1	9
	80C452		256	2×16	5×8	1	9

(续)

类别	型号	片内 ROM /KB	片内 RAM /B	定时/计数器 (个×位)	并行 I/O	串行 I/O	中断源
ROM 型	8051/80C51AH	4	128	2×16	4×8	1	6
	80C51BH	4	128	2×16	4×8	1	6
	83C51GA	4	128	2×16	4×8	1	8
	80C451	4	128	2×16	7×8	1	6
	8052AH	8	256	3×16	4×8	1	8
	83C51FA	8	256	3×16	4×8	1	14
	83C152JA	8	256	2×16	5×8	1	19
	83C152JC	8	256	2×16	5×8	1	19
	83C452	8	256	2×16	5×8	1	9
EPROM 型	8751/8751BH	4	128	2×16	4×8	1	5
	87C51	4	128	2×16	4×8	1	6
	87C51GA	4	128	2×16	4×8	1	8
	8752BH	8	256	3×16	4×8	1	8
	87C51FA	8	256	3×16	4×8	1	14
	87C452P	8	256	2×16	5×8	1	9

1.4 单片机应用

单片机是为了实现控制功能而设计的一种微型计算机。由于单片机是在一块芯片上集成了一台微型计算机所需的 CPU、存储器、输入/输出部件和时钟电路等,因此,它具有体积小、使用灵活、成本低、易于产品化、抗干扰能力强,可在恶劣环境下可靠工作等特点。单片机系统的被控对象种类繁多,其应用也非常广泛,下面介绍一些典型的应用领域和应用特点。

1. 工业控制领域

在过程控制、机电一体化等工业控制中可用单片机构成形式多样的控制系统、数据采集系统。例如,智能传感器、数控机床、热处理炉温控制、生产线自动控制等。

2. 智能仪表与智能传感器

智能仪表与智能传感器是单片机应用最广泛、形态最多的领域,用单片机设计的控制仪表可实现如电压、功率、温湿度、流量、重量、速度、压力、厚度等物理量的测量,采用单片机控制能使仪表向数字化、智能化、微型化发展,并使监测、处理与控制等功能更强,使仪表重量大大减轻,便于携带和使用。例如,功率计、数字式温湿度检测仪、智能转速表等。

3. 家用电器领域

现在的家用电器基本上都采用了单片机控制,将单片机与传统的机械装置结合,使传统机械产品结构简化、控制智能化,构成了新型的机电一体化产品。例如,洗衣机、电冰箱、空调、电视机、DVD 等各种家用电器以及高级电动玩具等。

4. 办公自动化领域

现代办公室中,办公自动化设备多数采用单片机实现智能控制。例如,考勤机、传真机、绘图仪、打印机等。

5. 计算机网络和通信领域

单片机普遍具备通信接口,方便与计算机通信,现有的通信设备也都实现了单片机智能控