

高等学校“十一五”规划教材

单片机 原理与接口技术

喻 萍 郭文川 主编



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校“十一五”规划教材

单片机原理与接口技术

喻 萍 郭文川 主 编
周芝田 许焕明 副主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

前 言

单片机又称单片微型计算机,也称为微控制器,是微型计算机的一个重要分支,单片机是 20 世纪 70 年代中期发展起来的一种大规模集成电路芯片,是集 CPU、RAM、ROM、I/O 接口和中断系统于同一硅片上的器件。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个分支。

目前单片机已渗透到我们生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。计算机的网络通讯与数据传输,工业自动化过程的实时控制和数据处理,广泛使用的各种智能 IC 卡,导弹的导航装置,飞机上各种仪表的控制,民用豪华轿车的安全保障系统,录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制,以及程控玩具、电子宠物等,这些都离不开单片机。更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械了。因此,单片机技术已成为电类工作者必须掌握的专业技术之一。

我国开发和应用单片机是从 20 世纪 80 年代起步的,以 Intel 公司的 MCS-48 系列的低档 8 位单片机为主导品种,率先进入到微机控制中的各个领域,取得了一定的应用成果。20 世纪 80 年代中后期,随着性能更强、速度更快的 MCS-51 系列的加入,单片机得到了更为广泛的应用。目前,尽管 16 位单片机早已出现,32 位单片机也已问世,但由于 8 位单片机功能强、品种多、性价比高,估计在我国目前和今后几年内,8 位单片机仍然是实际应用中的主导品种,而且大多数单片机的应用仍然会以 MCS-51 单片机为主。近年来,随着美国 ATMEL 公司的 AT89 系列单片机的推出和单片机 C 语言 C51 的广泛应用,MCS-51 单片机有了进一步的活力。

本书就是以 MCS-51 系列单片机为主线,全面而翔实地讲述了单片机应用系统的结构、原理和应用。书中还以一章的内容介绍了 MCS-96 系列的 8098 单片机。本书从基础入手,深入浅出,循序渐进;结构紧凑,编排合理;举例丰富,实用性强。本书在叙述上重点突出,条理清晰,便于知识点的理解和掌握。本书共 12 章,第 1、2 章以应用为原则讲解单片机芯片的基本硬件结构;第 3、4 章系统地叙述指令系统和程序设计的基础;第 5~7 章为单片机中断系统、定时器/计数器和串行口的组成及应用;第 8、9 章通过各种应用实例阐述单片机的系统扩展和应用系统的接口技术;第 10 章介绍 MCS-96 系列的 8098 单片机;第 11 章讲述单片机的 C 语言编程;第 12 章介绍应用系统的设计和开发过程。

本书内容已制作成用于多媒体教学的电子课件,并将免费提供给采用本书作为教材的大专院校使用。如有需要可联系:txh@cip.com.cn。

本书由喻萍、郭文川任主编,第 1、2 章由李春茂编写,第 3、4 章由喻萍编写,第 5、6 章由周芝田编写,第 7、8 章由莫文贞编写,第 9、10 章由郭文川编写,第 11、12 章由许焕明编写。全书由喻萍、莫文贞负责统稿,李春茂负责统一协调工作。

由于水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2005 年 11 月

内 容 提 要

本书是根据高等教育《单片机原理与接口技术》课程教学基本要求而编写的。本书全面介绍了目前使用最广泛的 MCS-51 系列单片机的工作原理、指令系统、汇编语言程序设计、输入输出和中断、定时器/计数器、串行通信接口、应用编程及系统扩展技术、接口技术、单片机应用系统设计与开发,以及 8098 单片机、单片机的 C 语言编程等内容。本书是作者在总结多年的科研经验和长期单片机教学经验的基础上编写的,内容由浅入深、条理清晰;每章均有应用实例,并附有习题。

本书可作为高等院校信息工程、自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、机电一体化等专业的单片机课程教材,也可作为工程技术人员的单片机应用技术参考书和自学爱好者的读物。

目 录

1 单片机概述	1
1.1 单片机的发展概况	1
1.2 单片机的特点及应用	2
1.2.1 单片机特点	2
1.2.2 单片机应用	2
1.3 单片机的常用系列	3
1.3.1 单片机主要厂商	3
1.3.2 单片机主要产品	3
2 MCS-51 系列单片机的结构和原理	6
2.1 MCS-51 系列单片机的内部组成及信号引脚	6
2.1.1 8051 单片机的基本组成	6
2.1.2 MCS-51 单片机引脚及其功能	7
2.2 MCS-51 的存储器	9
2.2.1 程序存储器	9
2.2.2 数据存储器	10
2.2.3 专用寄存器	12
2.3 并行输入/输出端口结构	16
2.3.1 P0~P1 口的功能	16
2.3.2 P0~P3 口的结构与操作	16
2.4 时钟电路与 CPU 时序	19
2.4.1 时钟电路	19
2.4.2 CPU 的时序	20
2.4.3 MCS-51 指令时序	20
2.5 复位电路	22
2.5.1 复位信号的产生	22
2.5.2 复位方式	22
2.5.3 复位后状态	23
本章小结	23
思考题与习题	24
3 MCS-51 单片机的寻址方式和指令系统	25
3.1 MCS-51 指令概述	25
3.1.1 指令格式	25
3.1.2 指令代码格式	25
3.1.3 指令分类	26
3.1.4 符号约定	26

3.2 寻址方式·····	27
3.2.1 立即寻址方式·····	27
3.2.2 寄存器寻址方式·····	28
3.2.3 直接寻址方式·····	28
3.2.4 寄存器间接寻址方式·····	28
3.2.5 基址加变址寻址方式·····	29
3.2.6 相对寻址方式·····	30
3.2.7 位寻址方式·····	30
3.3 指令系统·····	31
3.3.1 数据传送类指令(29条)·····	31
3.3.2 算术运算类指令(24条)·····	38
3.3.3 逻辑运算及移位类指令(24条)·····	43
3.3.4 控制转移类指令(17条)·····	45
3.3.5 位操作类指令(17条)·····	52
本章小结·····	55
思考题与习题·····	55
4 汇编语言程序设计 ·····	57
4.1 概述·····	57
4.1.1 计算机常用的编程语言·····	57
4.1.2 MCS-51单片机汇编语言源程序的格式·····	58
4.1.3 伪指令·····	59
4.2 程序的设计步骤与方法·····	62
4.2.1 程序设计的一般步骤·····	62
4.2.2 顺序程序·····	64
4.2.3 分支程序·····	64
4.2.4 查表程序·····	67
4.2.5 循环程序·····	68
4.2.6 逻辑操作程序·····	72
4.2.7 子程序设计·····	73
4.2.8 实用程序设计举例·····	75
4.3 源程序汇编及模拟运行·····	76
4.3.1 源程序汇编·····	76
4.3.2 源程序的模拟运行·····	78
本章小结·····	79
思考题与习题·····	80
5 MCS-51 中断系统 ·····	83
5.1 中断的基本概念·····	83
5.1.1 中断的定义和作用·····	83
5.1.2 中断源·····	83
5.1.3 中断系统的功能·····	84

5.2 MCS-51 的中断源及中断优先级	84
5.2.1 外部中断源	85
5.2.2 定时器溢出中断源	85
5.2.3 串行口中断源	85
5.3 中断控制及响应过程	85
5.3.1 中断控制	85
5.3.2 中断响应条件及响应过程	88
5.4 中断技术的应用举例	89
本章小结	91
思考题与习题	92
6 MCS-51 的定时器/计数器	93
6.1 定时器/计数器的结构	93
6.1.1 内部结构	93
6.1.2 两种工作方式	94
6.2 工作模式寄存器和控制寄存器	94
6.2.1 工作模式寄存器 TMOD	94
6.2.2 控制寄存器 TCON	95
6.3 定时器的四种工作模式	96
6.3.1 模式 0	96
6.3.2 模式 1	97
6.3.3 模式 2	97
6.3.4 模式 3	98
6.4 定时器/计数器的应用举例	98
6.4.1 定时器/计数器的初始化	98
6.4.2 模式 0 的应用	99
6.4.3 模式 1 的应用	100
6.4.4 模式 2 的应用	101
6.4.5 模式 3 的应用	102
6.4.6 综合应用举例	103
本章小结	106
思考题与习题	106
7 MCS-51 的串行通信接口	107
7.1 串行通信概述	107
7.1.1 数据通信的两种基本方式	107
7.1.2 串行通信的两种基本方式	107
7.1.3 串行通信中数据传送方向	109
7.2 串行口结构及控制寄存器	109
7.2.1 串行通信接口结构	109
7.2.2 串行通信接口控制寄存器	109
7.3 串行口的工作方式	111

7.3.1 方式0	111
7.3.2 方式1	112
7.3.3 方式2和方式3	113
7.3.4 方式1、2、3的区别	115
7.4 串行口的应用设计举例	116
7.4.1 波特率的设定	116
7.4.2 串行口在方式0下的应用	117
7.4.3 串行口在方式1下的应用	118
7.4.4 串行口在方式2、3下的应用	119
本章小结	121
思考题与习题	121
8 MCS-51 单片机的系统扩展	123
8.1 概述	123
8.1.1 片外总线结构	123
8.1.2 MCS-51 系列单片机的系统扩展能力	124
8.1.3 地址的译码	124
8.2 程序存储器的扩展	127
8.2.1 常用程序存储器扩展芯片	127
8.2.2 扩展程序存储器实例	127
8.3 片外数据存储器的扩展	130
8.3.1 数据存储器常用扩展芯片	130
8.3.2 扩展数据存储器实例	131
8.4 I/O 口的扩展	134
8.4.1 I/O 口扩展的方法和常用芯片	134
8.4.2 简单的 I/O 口扩展方法	134
8.4.3 利用串行口扩展的方法	135
8.5 综合功能扩展	137
8.5.1 8155 扩展	137
8.5.2 多芯片综合扩展	143
本章小结	144
思考题与习题	144
9 MCS-51 的接口技术	146
9.1 概述	146
9.1.1 MCS-51 单片机的接口信号和编址方法	146
9.1.2 单片机与外设的数据交换方式	146
9.1.3 I/O 指令与编程方法	147
9.2 键盘接口	148
9.2.1 键盘识别过程	148
9.2.2 键盘接口及键盘扫描子程序设计	150
9.3 单片机与 LED 显示器接口技术	152

9.3.1	LED 显示器原理	152
9.3.2	LED 显示器接口及显示程序	153
9.4	单片机与 LCD 液晶显示器接口技术	156
9.4.1	LCD 显示模块 HD44780 结构	156
9.4.2	LCD 显示模块 HD44780 与单片机接口	159
9.5	单片机与 A/D、D/A 转换器接口	161
9.5.1	单片机与数/模转换器接口	161
9.5.2	A/D 转换接口技术	164
9.6	单片机的功率开关接口电路	167
9.6.1	光电耦合电路	167
9.6.2	单片机与光电耦合器的接口	167
9.7	步进电机接口电路	168
9.7.1	步进电机的控制原理	168
9.7.2	步进电机的控制程序	169
	本章小结	171
	思考题与习题	171
10	8098 单片机	173
10.1	8098 单片机的应用领域	173
10.2	8098 单片机硬件结构	173
10.3	8098 单片机的引脚功能	175
10.4	8098 单片机的中央处理单元	176
10.5	8098 单片机的指令系统	180
	本章小结	184
	思考题与习题	184
11	单片机的 C 语言编程	185
11.1	C 语言编程和汇编语言编程优缺点比较	185
11.2	C51 数据的定义与操作	186
11.3	Keil uVision2 开发工具的使用	187
11.4	C51 应用程序设计	193
	本章小结	194
	思考题与习题	194
12	单片机应用系统设计和开发	195
12.1	单片机应用系统设计	195
12.1.1	总体设计	195
12.1.2	硬件设计	195
12.1.3	软件设计	196
12.1.4	单片机系统的可靠性设计	196
12.1.5	单片机应用系统的抗干扰设计	197
12.2	单片机开发装置的使用与系统调试	199
12.2.1	单片机开发装置	199

12.2.2 系统的调试.....	199
12.3 单片机控制系统应用实例.....	200
12.3.1 变频调速恒压供水系统的构成.....	200
12.3.2 变频调速恒压供水系统的单片机控制器设计.....	200
本章小结.....	204
思考题与习题.....	204
附录 MCS-51 系列单片机指令系统	205
参考文献.....	211

1 单片机概述

单片微型计算机 (Single-Chip Microcomputer) 简称单片机, 又称单片微型控制器 (Single-Chip Microcontroller), 就是将 CPU、RAM、ROM、定时器/计数器和多种接口电路集成到一块电路芯片上构成的微型计算机。单片机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, 按内部数据宽度, 又分为 4 位、8 位、16 位及 32 位单片机。

1.1 单片机的发展概况

单片机的发展历史并不长。1970 年微型计算机研制成功后, 随后就出现了单片机。美国 Intel 公司 1971 年生产的 4 位单片机 4004 和 1972 年生产的雏形 8 位单片机 8008 问世以来, 短短的几十年, 经历了几次更新换代的发展, 大致可以分为三个阶段。

第一阶段 (1975~1977 年) 4 位和低性能 8 位单片机发展阶段。以 Intel 公司推出 MCS-48 单片机为代表, 片内集成有 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器和容量有限的 RAM、ROM 存储器, 并具有简单的中断功能, 但无串行口。随后其他公司争相推出各自的单片机, 如 GI 公司推出 PIC1650 系列单片机, Rokwell 公司推出了与 6502 微处理器兼容的 RG500 系列单片机。

第二阶段 (1978~1981 年) 为高性能 8 位单片机发展阶段。1978 年, Motorola 公司推出 M6800 系列单片机, Zilog 公司则推出 Z8 系列单片机。1980 年, Intel 公司在 MCS-48 系列单片机基础上又推出了高性能的 MCS-51 系列单片机。这类单片机均带有串行 I/O 口, 其定时器/计数器为 16 位, 片内存储器容量都相应增大, 并有中断优先级处理功能。

第三阶段 (1982 年至今) 为 16 位单片机的推出以及 8 位单片机继续提高阶段。1982 年, Mostek 公司和 Intel 公司先后推出了比 8 位单片机性能更高的 16 位单片机 MK68200 和 MCS-96 系列, NS 公司和 NEC 公司也分别推出了 16 位单片机 HPC16040 和 MPD783XX 系列。1987 年, Intel 公司宣布研制出比 8096 高一档的 CHMOS 型 16 位单片机 80C196。1988 年, 该公司推出 8098 单片机, 它类似于 8088 微处理器, CPU 内部数据总线为 16 位, 外部数据总线为 8 位, 便于推广使用。

与此同时, 各计算机公司对 8 位单片机不断提高性能并开发新的产品, 如: 扩大片内存储器容量, 增加定时器, 加强中断功能, 采用 CHMOS 工艺设计出低功耗 8 位高档单片机, 将 16 位单片机的某些功能——高速输出、脉宽调制等植入 8 位单片机中。除了通用单片机以外, 还有专用单片机产品, 如专门用于数据处理 (图像和语言处理等) 的单片机。

综观 30 多年的发展状况, 单片机正朝着多功能、多选择、高速度、低功耗、低价格、扩大存储器容量和加强 I/O 功能及结构兼容方向发展。

目前, 8 位高档单片机和 16 位单片机在单片机中占主导地位, 已有几十个系列、几百个型号, 此外, 32 位单片机也已面世。尽管目前单片机的品种很多, 但其中最具典型性的当属 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。MCS-51 是在 MCS-48 的基础上于 20 世纪 80 年代初发展起来的, 由于具有品种全、兼容性强、软硬件资料丰富、高性能价格比的特点而应用最

广。本书主要以此为代表讲述单片机的原理及应用。

1.2 单片机的特点及应用

1.2.1 单片机特点

单片机具有以下特点。

① 受集成度的限制，片内存储容量较小，ROM 一般小于 8KB，RAM 小于 256B；可在外部扩展，通常 ROM、RAM 可分别扩展至 64KB。

② 可靠性高。芯片是按照工业测控环境要求设计的，其抗工业噪声干扰能力优于一般通用的 CPU；程序指令、常数、表格固化在 ROM 中不易被破坏；许多信号通道均在一个芯片内，可靠性高。

③ 易扩展。片内具有计算机正常运行所必需的部件。芯片外部有许多供扩展用的总线及并行、串行输入输出管脚，很容易构成各种规模的计算机应用系统。

④ 控制功能强。为了满足工业控制的要求，一般单片机的指令系统中均有极其丰富的条件分支转移指令、I/O 口的逻辑操作及位处理指令。一般说来，单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微处理器。

⑤ 体积小、功耗低、价格便宜、易于产品化。

1.2.2 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，它的应用首先是控制功能，其实现手段是采用嵌入方式，既嵌入到对象环境中作为一个智能化控制单元。由于被控对象种类繁多，应用也非常广泛，下面只介绍一些典型的应用领域。

(1) 家用电器领域

目前国内外各种家用电器已普遍采用单片机取代传统的电路控制，如洗衣机、电冰箱、空调、微波炉、电视机、录像机、视频音像等设备，甚至很多高级玩具也使用了单片机。

(2) 办公自动化领域

办公自动化的大量通信、信息产品大多采用了单片机，如通用的计算机系统键盘译码、磁盘驱动、打印机、绘图仪、复印机、电话、传真机、考勤机等。

(3) 智能仪表

用单片机改造原有的测量、控制仪表，能促使仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化及柔性化的方向发展，并使长期以来测量仪表中的误差修正和线性化处理等难题迎刃而解。由单片机构成的智能仪表，集测量、处理、控制功能于一体，不仅提高了自动化程度和精度，而且具有各种智能化的功能，如存储、数据处理、判断、语音、联网等。

(4) 工业自动化

工业过程测控系统、自适应控制系统以及数据采集系统、机电一体化控制系统等，许多都是以单片机为核心的单机或多机网络系统。单片机与传统的机械产品相结合，使传统的机械产品结构简化、控制智能化，构成了新一代的机电一体化产品。

(5) 智能接口

在计算机系统，特别是在较大型的工业测控系统中，有许多外部通信、采集、多路分配管理以及驱动控制等接口。这些外部设备与接口，如果完全由主机进行管理，势必造成主机

负担过重,降低系统的运行速度及接口的管理水平。如果用单片机进行接口的控制与管理,单片机与主机并行工作,使系统的运行速度大大提高。另一方面,由于单片机可对接口信息进行加工处理,也就可以大量减少接口界面的通信密度。例如,在大型数据采集系统中,用单片机对模/数转换接口控制,不仅可以提高采集速度,而且还可以对数据进行预处理,如数字滤波、线性化处理及误差修正等。在通信接口中采用单片机,可以对数据进行编码、解码、分配以及接收/发送等工作。

(6) 其他应用领域

单片机除了上述应用外还广泛应用于商业流通领域、医疗设备领域、汽车电子及航空航天电子领域等。单片机的应用从根本上改变了传统控制系统设计思想和设计方法,以前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能现在已能使用单片机通过软件方法实现。这种以软件取代硬件,并能提高系统性能的控制技术,称之为微控制技术。随着单片机应用技术的推广普及,微控制技术必将不断的发展完善。

1.3 单片机的常用系列

1.3.1 单片机主要厂商

自单片机诞生以来,其产品在 20 多年里得到了迅猛的发展,形成了多公司、多系列、多型号的局面。在国际上影响较大的公司及其产品如表 1-1 所示。

表 1-1 单片机的主要厂商及产品

公 司	典型产品系列	公 司	典型产品系列
Intel	MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列	ATMEL	与 MCS 系列兼容的 51 系列
Philips	与 MCS 系列兼容的 51 系列	Microchip	PIC16C 5X 系列
Motorola	MC68 系列	Zilog	Z8 系列

除上述公司及其产品外,还有一些其他公司也生产各种类型的单片机,如 Siemens、OKI、Fairchild Mostek 公司等。

1.3.2 单片机主要产品

(1) Intel 公司系列单片机

Intel 公司的系列单片机可分为 MCS-48、MCS-51、MCS-96 三个系列。Intel 的单片机每一类芯片的 ROM 根据型号一般有片内掩膜 ROM、片内 EPROM 和外接 EPROM 三种方式,这是 Intel 公司的首创,现已成为单片机的统一规范。最近 Intel 公司又推出了片内带 E²PROM 型的单片机。片内掩膜 ROM 型单片机适合于已定型的产品,可以大批量生产;片内带 EPROM 型、外接 EPROM 型及片内带 E²PROM 型单片机适合于研制新产品和生产产品样机。

MCS-48 系列单片机是 1976 年推出的 8 位单片机,典型产品为 8048。MCS-51 系列单片机是 Intel 公司 1980 年推出的高性能的 8 位单片机,MCS-51 的典型产品为 8051。与 8048 系列相比,MCS-51 系列单片机无论是在片内 RAM/ROM 容量、I/O 功能、种类和数量,还是在系统扩展能力方面均有很大加强,其主要产品性能如表 1-2 所示。MCS-96 系列单片机是 Intel 公司 1983 年推出的 16 位单片机,典型产品为 8098。其功能更加强大,运算速

度、能力大大提高，有的片内带 A/D 转换器。MCS-51 系列单片机的性能见表 1-2。

表 1-2 MCS-51 系列单片机性能

型 号	程序存储器	RAM/B	I/O	定时器	中断源	晶振/MHz
8051AH/BH 8751AH/BH 8031AH	4KB ROM 4KB EPROM 无	128	32	2×16	5	2~12
8052AH 8752AH 8032AH	8KB ROM 8KB EPROM 无	256	32	3×16	6	2~12
80C51BH 87C51BH 80C31BH	8KB ROM 8KB EPROM 无	128	32	2×16	5	2~12
80C52 80C32	8KB ROM 无	256	32	3×16	6	2~12
87C54 80C54	16KB ROM 16KB ROM	256	32	3×16	6	2~20
87C58	32KB ROM	256	32	3×16	6	2~20

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（基本型）的基础上通过增、减部件的方式获得的。8051 是片内 ROM 型单片机，内部具有 4KB 掩膜 ROM。在此基础上将掩膜 ROM 模块换成 EPROM 模块衍生出了 8751（EPROM 型），去除掩膜 ROM 模块衍生出了 8031（无 ROM 型）。上面三种类型称为 MCS-51 系列中的 51 子系列。在 8051、8751、8031 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的 8052、8752、8032，称为 52 子系列。MCS-51 系列单片机有以下两种类型。

① 基本型 主要有 8051、8031、8031AH、8051AH、8751AH、8751BH、80C31BH、80C51BH。87C51BH（H 级程序存储器保密位，可防止非法拷贝程序）等。后缀有 AH 或 BH 型单片机采用 HMOS 工艺制造，中间有一个“C”字母的单片机是采用 CMOS 工艺制造的，具有低功耗的特点，支持节能模式。

② 增强型 增大内部存储器型，该型产品将内部的程序存储器 ROM 和数据存储器 RAM 增加一倍。如 8032AH、8052AH、8752BH 等，内部拥有 8KB ROM 和 256B RAM，属于 52 子系列。可编程计数阵列（PCA）型，型号中含有字母“F”的系列产品，如 80C51FA、83C51FA、87C51FA、83C51FB、87C51FB、83C51FC、87C51FC 等，均是采用 CHMOS 工艺制造，具有比较/捕捉模块及增强的多机通信接口。A/D 型，该型产品如 80C51GB、83C51GB、87C51GB 等具有下列新功能：8 路 8 位 A/D 转换模块，256B 内部 RAM、2 个 PCA 监视定时器，增加了 A/D 和串行口中断，中断源达 7 个，具有振荡器失效检测功能。

（2）Philips 公司单片机

Philips 公司生产与 MCS-51 兼容的 80C51 系列单片机，片内具有 I²C 总线、A/D 转换器、定时监视器、CRT 控制器（OSD）等丰富的外围部件。其主要产品有 80C51、80C52、80C31、80C32、80C528、80C552、80C562、80C571 等，其中 80C552 功能最强，80C571 体积最小。

Philips 单片机独特的创造是具有 I²C 总线，这是一种集成电路和集成电路之间的串行通信总线。可以通过总线对系统进行扩展，使单片机系统结构更简单，体积更小。I²C 总线

也可以用于多机通信。

(3) Motorola 公司单片机

Motorola 公司的单片机从应用角度可以分成两类：高性能的通用型单片机和面向家用消费领域的专用型单片机。

通用型单片机具有代表性的是 MC68HC11 系列，有几十种型号。其典型产品为 MC68HC11A8，具有准 16 位的 CPU、8KB ROM、256B RAM、512B E²PROM、16 位功能定时器、38 位 I/O 口线、2 个串行口、8 位脉冲累加器、8 路 8 位 A/D 转换器、Watch-dog、17 个中断向量等功能，可单片工作，也可以扩展方式工作。

专用型单片机性能价格比高，应用时一般采用“单片”形式，原则上一块单片机就是整个控制系统。这类单片机无法外接存储器，如 MC68HC05/MC68HC04 系列。

(4) ATMEL51 系列单片机

ATMEL 公司生产的 CMOS 型 51 系列单片机，具有 MCS-51 内核，用 Flash ROM 代替 ROM 作为程序存储器，具有价格低、编程方便等优点。例如 89C51 就是拥有 4KB Flash ROM 的单片机。

ATMEL 公司生产的单片机主要有 89C51、89F51、89C52、89LV52、89C55 等。

(5) Microchip 公司的单片机

Microchip 公司推出了 PIC16C5X 系列的单片机，它的典型产品 PIC16C57 具有 8 位 CPU、2KB×12 位 E²PROM 程序存储器、80B×8 RAM、1 个 8 位定时器/计数器、21 根 I/O 口线等硬件资源。指令系统采用 RISC 指令，拥有 33 条基本指令，指令长度为 12 位，工作速度较高。主要产品有 PIC16C54、PIC16C55、PIC16C56 等。

(6) Zilog 公司的单片机

Zilog 公司推出的 Z8 系列单片机是一种中档 8 位单片机。它的典型产品为 Z8601，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、1 个异步串行通信口、6 个中断向量等。主要产品型号有 Z8600/10、Z8601/11、Z86C06、Z86C21、Z86C40、Z86C93 等。

2 MCS-51 系列单片机的结构和原理

尽管单片机比较简单，但要按五个基本组成部件来讲述单片机的硬件结构和原理，也将是一件十分复杂的事。而事实上，在讲述单片机结构原理时，总是从实际需要出发，只介绍与程序设计和系统扩展及应用有关的内容。

本章将以 MCS-51 系列的 8051 为典型例子，详细介绍单片机的结构、工作原理、存储器结构、时序及复位电路等内容。

2.1 MCS-51 系列单片机的内部组成及信号引脚

MCS-51 系列单片机是美国 Intel 公司 1980 年推出的高性能 8 位单片微机，较其早期的产品 MCS-48 系列单片机功能更加丰富，使用更为方便。MCS-51 单片机分为 51 和 52 两个子系列。在 51 子系列中，主要产品有 8031、8051、8751 和 89C51 等；相应的，在 52 子系列中，主要产品有 8032、8052、8752 和 89C52 等。两个子系列的全部产品的引脚功能、引脚数及其排列封装完全一样，而区别在于：51 子系列片内 RAM 有 128 字节，52 子系列则有 256 字节；51 子系列有 2 个 16 位的定时器/计数器，52 子系列则有 3 个；51 子系列的片内 ROM 有 4K 字节，52 子系列则有 8K 字节。另外，803X 和 805X 之间的差别是：前者无片内 ROM，而后者有片内 ROM。805X 和 875X 的区别是：前者有片内掩模 ROM，而后者则有 EPROM。875X 与 89C5X 的区别是：前者的片内 ROM 是 EPROM，而后者的片内 ROM 是 EEPROM。8051 是 MCS-51 系列单片机的典型芯片，因此下面以 8051 为例，说明本系列单片机的内部组成及信号引脚。

2.1.1 8051 单片机的基本组成

8051 单片机的基本组成参见图 2-1。

各部分情况介绍如下。

① 中央处理器 (CPU) 中央处理器是单片机的核心，主要完成运算和控制功能。

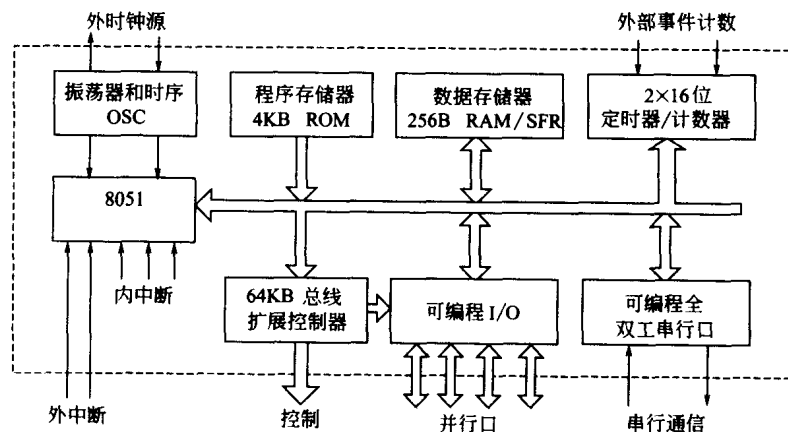


图 2-1 8051 单片机内部结构方框图

MCS-51 的 CPU 能处理 8 位二进制数或代码。

② 内部数据存储器 (内部 RAM) 8051 芯片中共有 256 个 RAM 单元, 但其中后 128 单元被专用寄存器占用, 能作为寄存器供用户使用的只是前 128 单元, 用于存放可读写的数。因此通常所说的内部数据存储器就是指前 128 单元, 简称内部 RAM。

③ 内部程序存储器 (内部 ROM) 8051 共有 4KB 掩膜 ROM, 用于存放程序、原始数据或表格。因此称之为程序存储器, 简称内部 ROM。而 8031、8032、80C31 等单片机的内部不带 ROM/EPROM。

④ 定时器/计数器 8051 共有 2 个 16 位的定时器/计数器, 以实现定时或计数功能, 并以其定时或计数结果对计算机进行控制。

⑤ 并行 I/O 口 MCS-51 共有四个 8 位的 I/O 口 (P0、P1、P2、P3), 以实现数据的并行输入输出。

⑥ 串行口 MCS-51 单片机有一个全双工的串行口, 以实现单片机和其他设备之间的串行数据传送。该串行口功能较强, 既可作为全双工异步通信收发器使用, 也可作为同步移位器使用。

⑦ 中断控制系统 MCS-51 单片机的中断功能较强, 以满足控制应用的需要。8051 共有 5 个中断源, 即外中断 2 个, 定时/计数中断 2 个, 串行中断 1 个。全部中断分为高级和低级两个优先级别。

⑧ 时钟电路 8051 芯片的内部有时钟电路, 但石英晶体和微调电容需外接。时钟电路为单片机产生时钟脉冲序列。系统允许的最高晶振频率为 12MHz。

此外, MCS-51 单片机有 111 条指令 (含乘法、除法指令), 有较强的位寻址和位处理能力, 4 个并行口都具有“一口多用”的功能, 供电电源是单一 +5V 电源。程序存储器的寻址能力为 64K 字节。片外数据存储器的寻址能力为 64K 字节。

从上述内容可以看出, MCS-51 虽然是一个单片机芯片, 但作为计算机应该具有的基本部件它都包括, 因此实际上它已是一个简单的微型计算机系统了。

本章重点介绍 MCS-51 单片机的 CPU 部分、并行 I/O 口、存储器、时钟电路等, 硬件结构的其他部分将在以后章节介绍。

2.1.2 MCS-51 单片机引脚及其功能

MCS-51 单片机芯片有 40 个引脚, 采用 HMOS 工艺、标准的双列直插封装 (DIP) 形式, 如图 2-2 所示。80C31、80C51、87C51、89C51 等型号是低功耗品种, 采用 CHMOS 工艺, 也有采用扁平式封装结构的。下面说明 MCS-51 各引脚功能。

(1) 主电源引脚 V_{SS} 和 V_{CC}

V_{SS} (20 脚): 接地。

V_{CC} (40 脚): 主电源 +5V。

(2) 时钟电路引脚 XTAL1 和 XTAL2

XTAL1 (19 脚): 接外部晶体和微调电容的另一端。在片内它是振荡电路反相放大器的输入端, 在采用外部时钟时, 该引脚必须接地。

XTAL2 (18 脚): 接外部晶体和微调电容的一端。在 8051 片内它是振荡电路反相放大器的输出端, 振荡电路的频率就是晶体的固有频率。若需采用外部时钟电路时, 该引脚输入外时钟脉冲。