

COMMUNICATION & CONTROL
通信与控制系列教程

SINGLE CHIP THEORY & APPLICATION

单片机原理及应用技术

罗耀华 孟繁荣 姚绪梁 张爱筠 叶瑰昀 编著

哈尔滨工程大学出版社

单片机原理及应用技术

罗耀华 孟繁荣 姚绪梁 编著
张爱筠 叶瑰昀

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用技术/罗耀华等编著. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2005
ISBN 7-81073-629-9

I. 单… II. 罗… III. 单片微型计算机, MCS-51
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 111209 号

内 容 简 介

本书系统地介绍了 MCS-51 单片机的组成、指令系统、汇编语言程序设计、中断系统、定时器/计数器、串行通信技术、系统的扩展技术和应用系统的接口技术、应用系统的开发设计和应用实例及常用的总线等内容。在应用系统的接口技术部分详细阐述了图形液晶显示器、串行接口 A/D、串行接口 D/A 的接口技术及具体编程,所介绍的芯片都是目前最新的,可以直接将其应用到实际的应用系统中。

本书是为高等院校本科生编写的教材,内容系统、具有较强的针对性,每章后均配有习题,便于自学。本书也可供科技人员自学参考。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈尔滨工程大学11号楼
发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001
新华书店经销
黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 21 字数 509 千字

2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 次印刷

印数:1—1 000 册

定价:26.00 元

前 言

目前,计算机技术飞速发展,其应用深入到各个领域。单片机是计算机大家族的一个分支,它的应用领域主要是工业测控、智能仪器、家用电器、玩具等。由于单片机应用的广泛性,单片机技术已经成为工程技术人员,尤其是自动控制专业、仪器仪表专业和电子工程及相关专业的技术人员必须掌握的技术。编写此书的目的是为了普及单片机技术和大专院校教学的需要。

Intel 公司的 MCS-51 单片机是最有代表性的主流机型,它的结构最为典型,易于理解和学习,拥有众多的用户。另外,许多其它系列的单片机也采用了 MCS-51 的内核,指令系统也与 MCS-51 完全兼容。例如飞利浦公司 805XX 系列、美国 AD 公司的 ADuCXXX 系列等。因此,本书以 MCS-51 单片机为例进行讲述。

本书的第 1 章至第 7 章为单片机的基础知识,主要讲述单片机的硬件结构、工作原理、指令系统和软件编程。第 8 章至第 10 章讲述单片机系统扩展和应用。这部分内容在介绍了常用的并行接口器件的系统扩展技术后,还介绍了一些较新的串行接口模/数和数/模转换器件的特性、接口技术和具体应用、图形显示液晶屏的接口技术及其应用的编程技术。上述内容都是作者在经过实际应用后总结的,读者在理解这些内容后可以直接将其应用到自己的设计中。第 10 章详细阐述单片机应用系统设计的原则,具体的工程实现方法。对于采用单片机的装置或系统来说,其工作的可靠性是非常重要的,本书较详细地说明了与可靠性有关的因素及其具体的解决方法。在此基础上,介绍了几个具体的单片机应用的实例,包括硬件电路、工作原理和软件的流程。

本书的第 1 章、第 2 章、第 7 章至第 9 章由罗耀华编写,第 3 章和第 4 章由孟繁荣编写,第 5 章和第 6 章由叶瑰昀编写,第 10 章由张爱筠编写,第 11 章由姚绪梁编写。

由于单片机技术发展迅速,它的应用领域不断拓展,新的单片机和相关的器件不断推出,限于作者的学识水平和知识范围,书中肯定存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

作者

2005 年 5 月

目 录

1 绪 论	1
1.1 单片机的发展概况	1
1.2 世界其它系列的知名单片机简介	2
1.3 单片机的发展趋势	3
1.4 单片机的应用领域	4
2 MCS-51 系列单片机的内部结构及其工作原理	6
2.1 MCS-51 单片机的内部结构	6
2.2 中央处理器(CPU)	8
2.3 MCS-51 单片机的存储器结构	10
2.4 MCS-51 单片机的引脚定义及功能	16
2.5 MCS-51 单片机的端口结构	18
2.6 MCS-51 单片机时序	21
2.7 复位电路	24
2.8 80C51 的掉电处理和低功耗工作方式	25
2.9 MCS-51 单片机的工作过程	26
习 题	28
3 MCS-51 指令系统	29
3.1 指令系统简介	29
3.2 MCS-51 单片机的寻址方式	31
3.3 数据传送指令	34
3.4 算术运算指令	39
3.5 逻辑操作指令	43
3.6 控制转移类指令	46
3.7 位操作指令	50
习 题	52
4 汇编语言程序设计	55
4.1 汇编语言程序设计概述	55
4.2 子程序与主程序设计	60
4.3 顺序程序设计	61
4.4 分支程序设计	62
4.5 循环程序设计	64
4.6 查表程序设计	65
4.7 编程实例	67
习 题	70
5 MCS-51 单片机的中断系统	72

5.1	概 述	72
5.2	8051 的中断系统结构及控制	74
5.3	中断的响应及处理	77
5.4	外部中断源的扩展	80
5.5	中断的初始化	82
5.6	中断应用实例	82
	习 题	84
6	定时器/计数器	86
6.1	定时器/计数器的结构与工作原理	86
6.2	定时器/计数器的控制	87
6.3	定时器/计数器的 4 种工作方式	89
6.4	定时器/计数器的初始化及应用	92
	习 题	100
7	MCS-51 单片机串行接口及其应用	101
7.1	概 述	101
7.2	MCS-51 单片机串行口的结构	103
7.3	MCS-51 单片机串行口的工作方式	106
7.4	MCS-51 单片机串行通信波特率计算	110
7.5	MCS-51 单片机串行通信应用实例	112
	习 题	124
8	单片机系统扩展及接口技术	125
8.1	MCS-51 单片机的三总线	125
8.2	地址空间译码技术	127
8.3	程序存储器的扩展	130
8.4	数据存储器的扩展	135
8.5	I/O 接口的扩展	141
	习 题	153
9	单片机应用系统接口技术	154
9.1	键盘接口	154
9.2	显示器接口	162
9.3	扩展 8279 键盘、显示器接口芯片	186
9.4	微型打印机接口	197
9.5	模拟量输出接口	200
9.6	模拟量输入接口	209
	习 题	220
10	单片机应用系统的开发	221
10.1	单片机系统的分类	221
10.2	单片机应用系统的设计	223
10.3	应用系统可靠性设计和故障诊断	226
10.4	应用实例	235

习 题.....	261
11 常用总线介绍	262
11.1 I ² C 串行扩展总线	262
11.2 控制器局部网(CAN)	286
习 题.....	326

1 绪 论

1.1 单片机的发展概况

单片机(Single Chip Microcomputer),又称微控制器(MCU—Micro Controller Unit),是微型计算机的一个重要分支,具有广泛的应用领域,其中最主要的领域是工业测控、智能化仪器仪表等。自单片机诞生至今,已发展为上百种系列近千个品种。

单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段:

第一阶段(1976~1978年):单片机的初级阶段,以 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机为典型代表,这个系列的单片机在内部集成了 8 位的 CPU、并行的 I/O 接口、1 个 8 位的定时器、片内 64 或 128 字节 RAM,程序存储空间最大 4 KB,无串行接口,不宜多机应用。中断功能弱。

在这个时期内, Motorola、Zilog 等公司也都研制出了自己的单片机。

第二阶段(1979~1982年):单片机的提高阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机 MCS-51 系列。

该系列单片机具有完善的外部总线。该总线包含 8 位数据总线、16 位数据总线、控制总线和串行通信总线。这种总线结构已经成为经典的单片机总线结构。

片内的各单元的功能加强,片内的 RAM、ROM 的容量增大,增加了定时器/计数器的个数,中断系统的功能得到加强。增加了位地址空间和位操作指令,该指令对于编制控制软件非常有用。

指令系统继续丰富和完善,增加了许多突出控制功能的指令。

在这个阶段, Motorola 和 Zilog 公司分别推出了 6801 和 Z8 单片机,其性能与 MCS-51 单片机相当。

第三阶段(1983年至今):8 位单片机继续发展,同时推出了 16 位单片机。在这个时期内, Intel 公司推出了 MCS-96 系列 16 位单片机,将用于测控系统的模数器、脉宽调制电路、看门狗-程序运行监视器等都集成在了单片机的内部,从而大大增强了单片机测控功能。同时 MCS-51 系列单片机继续发展, Intel 公司将其 MCS-51 系列中的 80C51 内核使用权以专利互换或出售形式转让给世界许多著名 IC 制造厂商,如 Philips、NEC、Atmel、AMD、华邦等。这些公司都在保持与 80C51 单片机兼容的基础上改善了 8051 的许多特性。这样,8051 就变成有众多制造厂商支持的、发展出上百个品种的大家族,现统称为 8051 系列。8051 单片机已成为单片机发展的主流。专家认为,虽然世界上的单片机品种繁多,功能各异,开发装置也互不兼容,但是客观发展表明,80C51 可能最终形成事实上的标准单片机。因此,本书主要介绍 MCS-51 系列单片机原理及应用技术,掌握了该系列单片机后,再学其它系列的单片机将比较容易。

1.2 世界其它系列的知名单片机简介

1.2.1 Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机制造商,所生产的单片机品种多、选择余地大,新产品多。8 位机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08 等三十多个系列,二百多个品种。Motorola 单片机的特点是在同样的速度下所使用的时钟速度较 Intel 单片机低,因此高频噪声低,抗干扰能力强。更适合于工业控制场合计恶劣的环境。

1.2.2 Microchip 单片机

Microchip 单片机是市场增长较快的单片机。它的主要产品是 16C 系列的 8 位单片机,CPU 采用 RISC 结构,仅 33 条指令,运行速度快,价格低。

1.2.3 NEC 单片机

NEC 单片机自成体系,有 8 位的,也有 16 位和 32 位的。16 位单片机采用内部倍频技术,以降低外部时钟的频率。有的单片机采用内置操作系统。NEC 的销售策略主要是大客户,并投入相当大的技术力量帮助大客户开发产品。

1.2.4 东芝单片机

东芝单片机的特点是从 4 位到 64 位机门类齐全。4 位单片机在家电有很大的市场。8 位单片机主要有 870 系列、90 系列等,该类单片机允许使用慢时钟模式,采用 32 K 时钟时功耗降低到 10 μ A 数量级。CPU 内部采用多寄存器组,使得中断响应加快。东芝的 32 位单片机采用 MIPS 3000A RISC 的 CPU 结构,面向 VCD、数字相机、图像处理等领域。

1.2.5 富士通单片机

富士通单片机也有 8 位、16 位和 32 位的单片机,但 8 位单片机使用的是 16 位单片机的内核。也就是说 8 位机与 16 位的指令相同,使用开发容易。8 位单片机有著名的 MB8900 系列,16 位机有 MB90 系列。

1.2.6 Epson 单片机

Epson 公司以擅长制造液晶显示器著称,故 Epson 单片机主要为该公司的生产的 LCD 配套。其单片机的特点 LCD 的驱动部分特别好。在低电压、低功耗方面性能好。

1.2.7 Zilog 单片机

Z8 单片机是 Zilog 公司的产品,采用多累加器结构,有较强的中断处理能力。产品为 OTP 型,该单片机以低价位的优势面向低端应用,以 18 引脚封装为主,ROM 为 0.5~2 KB。

1.2.8 NS 单片机

COP8 单片机是 NS(美国国家半导体公司)的产品,该单片机内部集成了 16 位的 A/D,这

是单片机中不多见的。该单片机在看门狗电路以及 STOP 下的唤醒方式上都有独到之处。此外, COP8 的加密技术也比较好。

上述的单片机在国内都有应用,但是所占的比例不大。国内应用的主流系列是 INTEL 系列的单片机,中档的有 MCS-51 系列,高档的是 MCS-196 系列的 16 位单片机。

1.3 单片机的发展趋势

目前,单片机正朝着高性能和多品种方向发展,今后单片机的发展趋势将是进一步向着 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展。下面是单片机的主要发展趋势。

1.3.1 单片机的制造工艺 CMOS 化

由于 CMOS 集成电路制造技术的进步,大大地促进了单片机的 CMOS 化。CMOS 芯片除了低功耗特性之外,还具有功耗的可控性,使单片机可以工作在功耗精细管理状态。这也是今后以 80C51 取代 8051 为标准单片机芯片的原因。CMOS 电路的特点是低功耗、高密度、低速度、低价格。采用双极型半导体工艺的 TTL 电路速度快,但功耗和芯片面积较大。随着技术和工艺水平的提高,又出现了 HMOS(高密度、高速度 MOS)和 CHMOS 工艺。CHMOS 是 CMOS 和 HMOS 工艺的结合。目前生产的 CHMOS 电路已达到 LS TTL 的速度,传输延迟时间小于 2ns,它的综合优势已大于 TTL 电路。因而,在单片机领域 CMOS 正在逐渐取代 TTL 电路。

1.3.2 功率消耗低功耗化

单片机的功耗已从毫安级降到微安级,甚至 1 μ A 以下;使用电压在 3~6 V 之间,完全适应电池工作。低功耗化的效应不仅是功耗低,而且带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力以及产品的便携化。

1.3.3 供电电压低电压化

几乎所有的单片机都有 WAIT、STOP 等省电运行方式。允许使用的电压范围越来越宽,一般在 3~6 V 范围内工作。低电压供电的单片机电源下限已可达 1~2 V。目前 0.8 V 供电的单片机已经问世。

1.3.4 低噪声与高可靠性

为提高单片机的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片机厂家在单片机内部电路中都采取了新的技术措施。

1.3.5 存储器大容量化

以往单片机内的 ROM 为 1 KB~4 KB, RAM 为 64~128 B。但在需要复杂控制的场合,该存储容量是不够的,必须进行外接扩充。为了适应这种领域的要求,需采用新的工艺,使片内存储器大容量化。目前,单片机内 ROM 最大可达 64 KB, RAM 最大为 2 KB。

1.3.6 单片机的性能继续提高

主要是指进一步改进 CPU 的性能,加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术,可以大幅度提高运行速度。现指令速度最高已达 100 MIPS(Million Instruction Per Seconds,即兆指令每秒),并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。因为这类单片机有极高的指令速度,所以可以用软件模拟其 I/O 功能,由此引入了虚拟外设的新概念。

1.3.7 存储器容量减小、价格降低

与上述相反,以 4 位、8 位单片机的存储器小容量、低价格化也是发展动向之一。这类单片机的用途是把以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片机化,可广泛用于家电产品,简单的控制场合,由于单片机的低价格从而降低了采用该单片机的产品的价格。

1.3.8 外围接口电路内装化

随着集成度的不断提高,为把众多的各种外围功能器件集成在片内提供了可能性。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等单片机的基本功能部件以外,片内还集成有模/数转换器、数/模转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器等部件、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

1.3.9 串行扩展技术

在很长一段时间里,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位 OTP(One Time Programmable)及各种类型片内程序存储器的发展,加之外围接口不断进入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是 I²C、SPI 等串行总线的引入,可以使单片机的引脚设计得更少,单片机系统结构更加简化及规范化。

1.4 单片机的应用领域

由于单片机的优异性能,使得单片机的应用遍及各个领域,主要表现在以下几个方面。

1.4.1 单片机在智能仪器、仪表中的应用

单片机广泛地用于各种仪器仪表,使仪器仪表具有判断、分析及处理功能,也就是具有智能化,并可以提高测量精度和自动化程度,使得仪器仪表的硬件结构简化,其性能价格比提高。

1.4.2 单片机在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,例如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。

1.4.3 单片机在实时控制中的应用

单片机广泛地用于各种实时控制系统中。例如,在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等各种实时控制系统中,它所完成的功能就是控制器。由于单片机具有实时数据处理能力和控制功能,采用相应的算法,可使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

1.4.4 单片机在分布式多机系统中的应用

在比较复杂的系统中,常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成,各自完成特定的任务。它们通过串行通信相互联系、协调工作。通过串行口可与上位计算机连成网络,接收上位机的指令和控制参数,同时将单片机系统的参数和状态传送给上位机。单片机在这种系统中往往作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。这种系统就是典型的集散控制系统。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以在恶劣的环境下工作。

1.4.5 单片机在家用电器中的应用

单片机应用在洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器上,提高了这些产品的智能化程度,增加了功能,使用变得简单。

综上所述,单片机的应用是非常广泛的,已经深入到各个应用领域。单片机应用从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能,现在已能用单片机通过软件方法来实现了。使控制系统的硬件简化,成本降低,可靠性进一步提高。因此,掌握单片机应用技术是现代工程技术人员所必需的。

2 MCS-51 系列单片机的内部结构及工作原理

单片机的品种虽然很多,但应用最广泛、硬件和软件结构最典型、易于理解的还是 Intel 公司的 MCS-51 系列的单片机。本章就以 MCS-51 系列的 8051 单片机为例,介绍它的内部硬件结构、性能、存储器的配置、端口的结构、引脚的功能、时序及各部分的工作原理。

2.1 MCS-51 单片机的内部结构

MCS-51 系列的单片机的典型产品有 8031、8051、8751。它们的区别仅在于程序存储器的配置不同,8031 内部无 ROM,8051 内部有 4 KB ROM,8751 内部有 4 KB EPROM,其余的配置都完全相同,指令系统也完全一样。

8051 单片机的组成框图如图 2-1 所示。

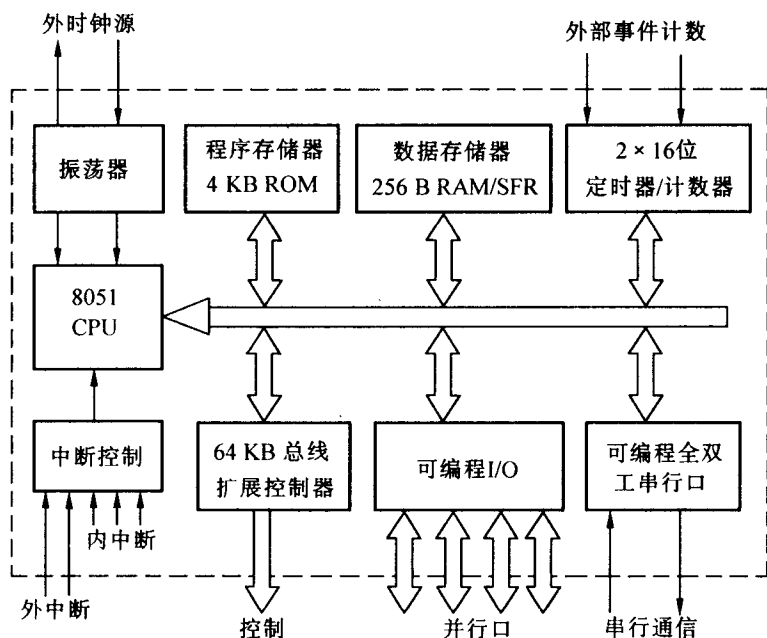


图 2-1 MCS-51 的结构框图

由图 2-1 可以看出,8051 单片机就是在一片硅片上集成了一台计算机的基本部件,这些部件包括:

- (1) 1 个字长为 8 位的 CPU;
- (2) 1 个片内振荡器和时钟电路;
- (3) 1 个全双工的串行口;

(4)2 个 16 位的定时器/计数器;

(5)1 个具有 5 个中断源的中断系统;

(6)4 个 8 位并行 I/O 口 P0~P3,每个口既可以作为输入,也可以作为输出;

(7)4 KB 的程序存储器,用于永久的存储用户的程序;

(8)数据存储器/特殊功能寄存器,数据存储器用于存放计算结果、临时的数据等。特殊功能寄存器用于完成特定的操作(以后的章节详细介绍)和有关的设置。

MCS-51 系列的单片机是一个系列,有许多型号。还有许多与 MCS-51 系列的单片机兼容的单片机,功能比 MCS-51 系列的单片机更强。表 2-1 列出一些我国常用的单片机。

表 2-1 常用的单片机对比表

型号	内部程序存储器	内部数据存储器	定时器/计数器	并行 I/O 口	串行口	中断源	A/D	D/A
8031	无	128 B	2	4×8B	1	5	无	无
8051	4KB ROM	128 B	2	4×8 B	1		无	无
8751	4 KB EPROM	128 B	2	4×8B	1		无	无
89C51	4 K Flash	128 B	2	4×8 B	1		无	无
89C52	8 K Flash	256 B	3	4×8 B	1		无	无
80C552	无	256 B	3	4×8 B	1		10 位、8 路	8 位、2 路
ADuC812	8 K Flash	256 B	3	4×8 B	1		12 位、8 路	12 位、2 路

由表 2-1 可以看出,不同型号的单片机的内部的硬件资源配置不同。8031 是 MCS-51 系列单片机的一个基本的型号,在该系列单片机刚推出时由于价格较低,使用最为广泛,目前已经很少使用。现在选择单片机型号时,应该首选内部有程序存储器的。其好处是可以减少印刷电路板的面积,降低成本,提高可靠性。例如 89C51 与 8031 的内部结构的差异仅在于程序存储器,8031 的内部无程序存储器,89C51 的内部有 4 KB 的 Flash 程序存储器,价格与 8031 相差很小,所以 89C51 获得了广泛的应用。

对于有模拟量输入输出的系统,应考虑选择内部具有 A/D 和 D/A 转换器的单片机,选择内部具有 A/D 和 D/A 转换器的单片机的方案通常比选择内部无 A/D 和 D/A 转换器的单片机外扩展 A/D、D/A 的技术方案优越,主要表现整体性能和总价格两个方面。

在表 2-1 中,单片机型号中带有“C”的含义是该单片机采用 CMOS 工艺制造的。采用这种工艺的单片机具有抗干扰性高、功耗低等优点。例如,8031 的功率消耗为 630 mW,而 80C31 的功率消耗仅 120 mW。在选择单片机的型号时,应该优先选 CMOS 工艺的单片机。

把框图 2-1 展开,就得到了 MCS-51 系列的单片机 8051 的内部结构图 2-2。

下面几节的内容将按功能分别介绍输入输出端口的结构及其操作、特殊功能寄存器、CPU 的结构、存储器的结构、振荡器和引脚。定时器/计数器、中断系统、串行口等在以后的章节中介绍,因为这些内容必须配合指令系统和编程,才能够完全理解,因此,这些内容在讲完指令和编程的内容后再介绍。

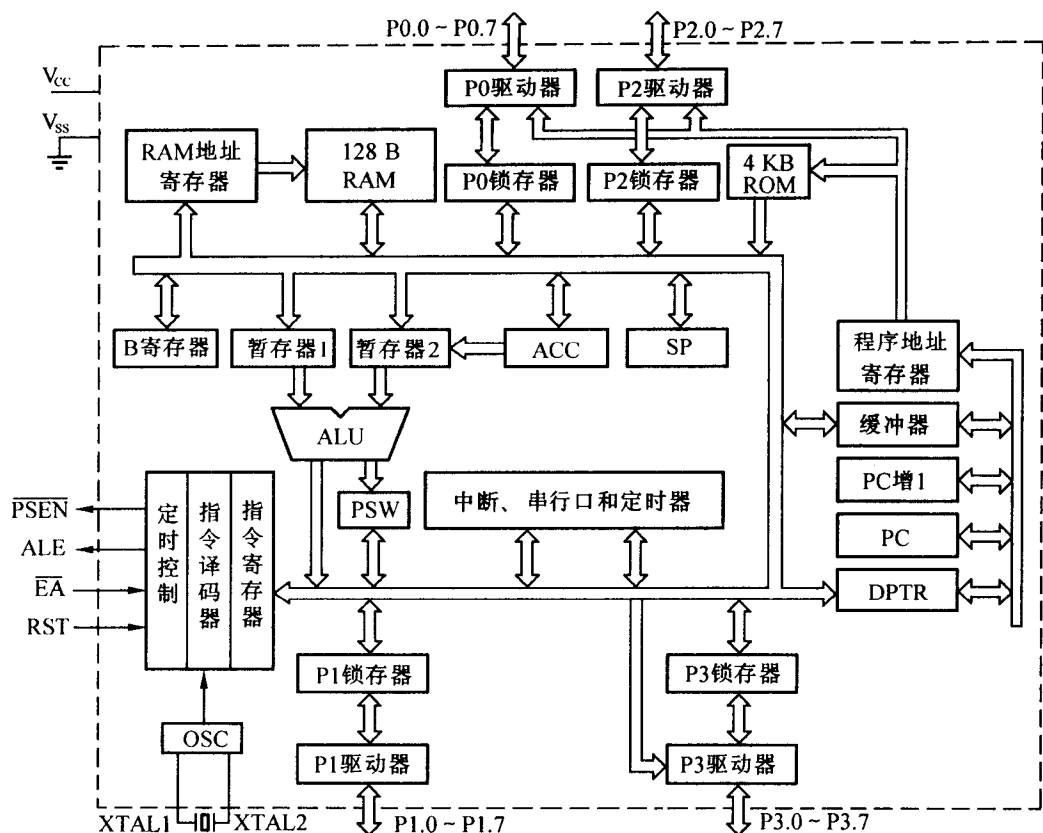


图 2-2 8051 单片机的内部结构图

2.2 中央处理器(CPU)

CPU 是单片机的核心部件,它从功能上可以分为控制器和运算器两部分。

2.2.1 控制器

控制器的功能是统一指挥和控制单片机工作的部件。它由程序计数器 PC(Program Counter)、指令寄存器 IR(Instruction Register)、指令译码器 ID(Instruction Decoder)、振荡和定时电路等组成,下面分别介绍。

1. 程序计数器 PC

程序计数器的作用是存放下一条要执行的指令的地址,它具有自动加 1 的功能。每取出 1 条指令后,它都自动加 1,所以它始终指向下一条要执行的程序的地址。它是 16 位的寄存器,可以对 64 K 的程序存储器空间直接寻址。

2. 指令寄存器 IR

指令寄存器是 1 个 8 位的寄存器,用于暂时存放指令,等待译码器的译码。

3. 指令译码器

指令译码器的功能是对送入的指令进行译码。译码也就是把指令转换成执行指令所需要的信号,CPU 的定时控制电路根据这些信号产生执行指令所需要的各种控制信号,使计算机完成程序的执行。

4. 数据指针 DPTR

8051 的外部数据空间(或者 I/O 空间)为 64 K 字节,为了对该空间寻址,设置 16 位的数据指针。它的主要功能是存放 16 位的地址,作为间接寻址的寄存器使用,它可以对外部数据存储空间进行寻址。它由 2 个 8 位寄存器 DPH(高字节)和 DPL(低字节)组成。

5. 定时和控制部件

8051 单片机的内部集成了振荡电路,只要外接石英晶体(1~12 MHz)和微调电容(20 pF 左右)就可以产生时钟信号。在时钟信号的统一协调作用下,控制部件根据指令译码器输出的信号,产生控制信号。

2.2.2 运算器

运算器的功能是进行算术和逻辑运算。它包括算术逻辑部件 ALU(Arithmetic Logic Unit)、累加器 ACC(Accumulator)、程序状态字寄存器 PSW(Program Status Word)、BCD 码的调整电路等。为了提高运算速度和位处理功能,在片内增加了通用寄存器 B。为了进行位操作,增加位处理逻辑部件,用于进行位操作。进行位操作时,进位位 CY 作为位操作的累加器,整个位操作系统构成一台布尔处理机。

1. 累加器 ACC

累加器 ACC 是 1 个 8 位寄存器,通过暂存器与 ALU 相连接。在进行算术和逻辑运算时,运算器的一个操作数在大多数情况下为累加器的内容,运算的结果又要送到累加器中。所以累加器是最繁忙的寄存器。在以后的叙述中,累加器用 A 表示。

2. 算术逻辑部件 ALU

ALU 由加法器和一些逻辑电路组成,它可进行加、减、乘、除四则运算,也可以进行“与”、“或”、“非”、“异或”逻辑运算,还具有数据的传送、移位等功能。同时,通过对运算结果的判断,产生程序状态字的有关位。

3. 程序状态字 PSW

程序状态字是 1 个 8 位的寄存器,用来存放指令执行后的有关状态。PSW 中的各位的状态一般是程序执行的过程中自动形成的,它也可以根据用户程序的需要加以改变。PSW 的格式如表 2-2 所示。

表 2-2 PSW 的位地址及位定义

PSW 位	PSW.7	PSW.6	PSW.5	PSW.4	PSW.3	PSW.2	PSW.1	PSW.0
位地址	D7H	D6H	D5H	D4H	D3H	D2H	D1H	D0H
位内容	CY	AC	FO	RS1	RS0	OV	-	P

各位的定义如下。

P:奇偶标志。该位的内容始终反映累加器 A 中“1”的个数的奇偶性。如果有奇数个“1”,则置 P = 1,否则 P = 0。

OV:溢出标志(Overflow)。指示运算过程中是否产生了溢出,该位由机器在执行指令时自动形成。若在执行运算指令的过程中,累加器 A 中的结果超出了 8 位数的表示范围(- 128 ~ + 127)时,则该标志自动置 1;否则置 0。因此,根据指令执行后 OV 的状态,就可以判断出累加器 A 中结果是否正确。

例如下例中,有符号数用最高位表示符号,0 代表正数,1 代表负数。两个正数相加,结果超过 + 127 时,结果的符号由正变负,这是由于溢出所导致,结果是错误的,此时 OV = 1,表示产生了溢出。同样,两个负数相加,结果的范围超出 - 128 时,也产生溢出。

例:

$$\begin{array}{rcl}
 & 01010100 & (+84) \\
+) & 01101001 & (+105) \\
\hline
CY=0 & 10111101 & (\text{结果为负数})
\end{array}
\qquad
\begin{array}{rcl}
& 10001000 & (-120) \\
+) & 10010111 & (-105) \\
\hline
CY=1 & 00011111 & (\text{结果为正数})
\end{array}$$

RS1、RS0:这两位是工作寄存器组的选择位,可以用软件改变其状态。具体的组合见表 2-3。MCS-51 单片机有 4 个工作寄存器组,用这两位选择其中的某 1 组(关于工作寄存器组详见存储器配置部分的内容)。8051 上电时,(RS0) = (RS1) = 0,CPU 自动选择第 0 组。如果需要,用软件改变 RS0 和 RS1 选择不同的组,通常在运行几个程序模块时,不同的程序模块使用不同的工作寄存器组,彼此间互相调用时,不用保护工作寄存器组而互相不影响。

表 2-3 RS0、RS1 的组合关系

RS1	RS0	寄存器组	片内 RAM 地址
0	0	第 0 组	00H ~ 07H
0	1	第 1 组	08H ~ 0FH
1	0	第 2 组	10H ~ 17H
1	1	第 3 组	18H ~ 1FH

FO:用户标志,该位实际是供用户使用的一个位,由用户用软件置位或者复位。

AC:辅助进位位(Auxiliary Carry),用于表示在加减运算时低 4 位(即 A3)有无向高 4 位(即 A4)进位或者借位。若有进位(借位),则 AC 被置 1,否则清 0。

CY:进位标志位。在进行加(或减法)法运算时,如果结果的最高位有进位(或借位),则 CY 置 1,否则清 0。在进行位操作时,CY 又是位操作的累加器 C。CY 也可以用软件进行置 1 或者清 0。

2.3 MCS-51 单片机的存储器结构

8051 单片机存储器的配置与一般微机的不相同。一般微机的存储器的地址空间只有一个。在这个地址空间内,可以任意的安排 ROM 或者是 RAM,同一个地址对应惟一的一个存储单元。一般微机的 I/O 地址空间是一个独立的空间。8051 单片机的存储器在物理结构