



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

王洪君 主编

单片机原理及应用

Danpianji yuanli ji yingyong



山东大学出版社



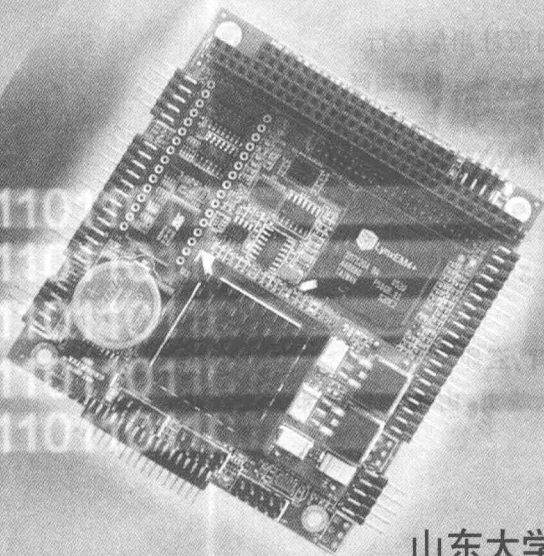
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

712368-1
212

王洪君 主编

单片机原理及应用

副主编 栗 华 应朝龙
赵子婴 王晓东



山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/王洪君主编. —2版. —济南:山东大学出版社, 2009. 2
ISBN 978-7-5607-2666-3

I. 单…

II. 王…

III. 单片微型计算机

IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 078071 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)

山东省新华书店经销

日照阳光广告彩印包装有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 23.5 印张 543 千字

2009 年 2 月第 2 版 2009 年 2 月第 2 次印刷

定价: 35.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

前 言

单片机这种 20 世纪 70 年代诞生的专用于小型智能控制领域的计算机是嵌入式计算机的一种,也是到目前为止应用最广泛的一种专用计算机。MCS-51 单片机以其集成度高、体积小、可靠性高、抗干扰性强、控制功能强、可扩展性好、性价比高等特点,使得它不仅成为嵌入式计算机发展历史上的里程碑,而且直到现在仍然是嵌入式计算机的典型代表。学习单片机是电气、电子、自动化领域的学生学习智能控制、智能仪器仪表设计的入门基础。很多高水平的电子设计工程师都是从学习单片机,尤其是 MCS-51 开始的。

目前,各种以 MCS-51 为原型的单片机书籍已经非常多。大多数书籍基本上分成两类:第一类主要侧重 MCS-51 单片机原理,把主要精力都放在了单片机芯片内部的介绍,而对于片外扩展的介绍不够详细,对于现在工程设计中常用的一些集成度更高、采用串行总线接口的接口芯片几乎很少介绍。第二类则主要侧重 MCS-51 单片机的接口技术,把主要精力都放在了单片机的外部接口上,对于单片机内部的知识一带而过,接口芯片介绍的比较多,种类也比较丰富。对于第一类书籍,比较适合单片机的初学者学习,但是,所学的知识又很难应用到工程实践中。大多数的单片机的应用工程师最初从课本上所获得的知识非常有限,很多知识都是靠自己多年的工程实践慢慢积累的,而在此过程中也难免走了很多弯路。对于第二类书籍,它要求读者要具有单片机的基本知识,甚至有了一定的应用经验,书中的知识只是工程应用中的一种参考资料,因此,不太适合于初学者学习。

本书正是为了解决这一困境,将单片机的原理知识和接口知识以及工程应用知识很好地结合在了一起。在原理部分,把概念阐述清楚,把知识体系提取出来,使读者在最短的时间内掌握最核心、最主要的系统理论。在接口部分,密切结合实际,介绍了工程实践中常用的接口芯片以及在单片机应用系统中的应用方法,给出了连接示意电路图和主要接口程序。在系统设计部分,立足工程实践,把常遇到的各种因素详细地介绍给读者。精简而系统的理论知识、实用的接口技术和工程中常用的实战经验是本书相辅相成、缺一不可的三个组成部分。

根据掌握知识的渐进性和独立性原则,本书一共分成了 8 章。第 1 章单片机简介,主要介绍了什么是单片机,单片机的发展历史、发展趋势及应用领域等基础知识。第 2 章 MCS-51 单片机硬件结构,介绍了 MCS-51 单片机的内部结构组成、CPU、存储结构、I/O 接口等内部构件的基本工作原理,以及 MCS-51 单片机的时序结构、复位要求与复位电路等,是学习后面章节的基础。第 3 章 MCS-51 的软件系统设计,首先介绍了 MCS-51 的程序设计语言,然后分别介绍了汇编语言程序设计与 C 语言程序设计。在介绍汇编语言程序设计之前,概括性地介绍了 MCS-51 单片机的指令系统。在介绍指令系统时既不是简单地把指令列个表一带而过,也不是把指令系统逐条详细介绍,而是分类进行列表,总结了每类指令的特点和规律,然后按类给出示例,既做到了详略得当,又使得知识比较系统。

在介绍汇编语言程序设计时,给出了必要的汇编伪指令,然后给出了汇编语言程序基本结构和较综合的汇编语言程序设计示例。在介绍 C 语言程序设计之前,首先介绍了开发系统软件 uVersion2 IDE 的应用方法,这对于汇编语言程序设计也是必要的,放在这里有承前启后的作用,然后介绍了 C51 的语法,和 C 语言程序与汇编语言的混合编程。第 4 章定时器、串行口及中断系统,介绍了单片机内部的定时器、串行口和中断系统的工作原理、应用方法和相应的示例程序。第 5 章系统扩展,给出了最小系统的概念,介绍了要进行系统扩展所必需的外部总线结构及其驱动技术和外部地址分配方法,接着介绍了片外程序存储器(EPROM)扩展、数据存储器扩展(包括 RAM、并行 EEPROM 和串行 EEPROM)、I/O 扩展(包括并行口方式、串行口方式和 I²C 方式)和其他扩展(包括并行实时时钟 DS12887、串行实时时钟 DS1302 和语音录放芯片 ISD2560)。每一部分除了接口介绍以外,也都有相应的接口程序。第 6 章人机交互接口,介绍了 MCS-51 单片机应用系统常用的人机交互输入设备键盘、触摸屏的接口技术及接口程序,人机交互输出设备 LED、LCD 显示技术,同时还介绍了 8155、7279 等接口芯片的应用技术、点阵式 LCD 的汉字显示技术及相应的示例程序。第 7 章信号的输入输出技术,给出了单片机应用系统的结构,介绍了模拟信号的输入技术(包括常用传感器介绍和 A/D 转换技术及有关的并行和串行的接口芯片的应用)、模拟信号的输出技术(D/A 转换技术及有关的并行和串行的接口芯片的应用)、开关量的输入输出技术(包括开关量的隔离技术、开关量的输入技术和开关量的输出与驱动技术)。第 8 章 MCS-51 单片机应用系统设计与实现,介绍了 MCS-51 单片机应用系统的设计过程、单片机应用系统的抗干扰设计,并用两个设计实例“简易电子秤的设计”和“智能电子钟的设计”以及两个 2007 年全国大学生电子设计竞赛获奖范例向读者展示了单片机应用系统设计的具体步骤和方法。

为配合本书的实验教学而开发的“MCS-51 单片机模块化实验箱”于 2008 年 11 月获得首届高等学校自制教学仪器设备优秀成果奖。该实验箱可用于完成 MCS-51 单片机实验教学的基本内容,也可用于大学生电子设计创新竞赛活动。

本书由王洪君、栗华、应朝龙、赵子婴和王晓东共同编写。其中,本书第 1~4 章由王洪君编写,第 5~7 章由栗华编写,第 8 章由海军航空工程学院应朝龙编写,习题由王晓东编写,实验由赵子婴编写,全书由王洪君统稿和定稿。研究生郑玉山、赵立岐、夏威、樊姗同学参与了本书的部分资料收集、整理和程序设计调试工作,张海东、商振、张鹏、刘其鹏、姜爱萍、赵明英参与了电路图整理工作。2007 年全国大学生电子设计竞赛全国范例由获奖学生郑玉山、刘清菊、仝红红、赵立岐、周勇、宁金龙提供。由韩民和杨旭东老师编写电子课件及校稿,山东电力专科学校的张羽老师为本书提出了许多宝贵的意见。山东省经济管理干部学院的聂晓晶老师参加了本书实验部分的资料整理和电路调试工作。本书在编写过程中得到山东大学信息科学与工程学院的领导和各位同仁的热情帮助和鼓励,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中所存在的错误和不完善的地方,恳请读者批评指正。

编 者
2008 年 12 月

目 录

第 1 章 单片机简介	(1)
1.1 什么是单片机	(1)
1.2 单片机的历史	(2)
1.3 单片机的发展趋势	(2)
1.4 单片机的应用	(3)
1.5 单片机的主要厂商及产品系列	(4)
1.6 学习单片机的方法	(6)
思考与习题	(6)
第 2 章 MCS-51 单片机硬件结构	(7)
2.1 MCS-51 的内部结构	(7)
2.2 MCS-51 的内部工作原理	(8)
2.3 MCS-51 的外部引脚分布	(20)
2.4 MCS-51 的工作时序	(22)
2.5 MCS-51 的复位电路	(24)
思考与习题	(27)
第 3 章 MCS-51 的软件系统设计	(29)
3.1 单片机程序设计语言分类	(29)
3.2 MCS-51 汇编指令系统	(29)
3.3 MCS-51 汇编语言程序设计	(53)
3.4 MCS-51 的 C 语言程序设计	(63)
3.5 KEIL C51 与汇编语言的混合编程	(84)
3.6 基本实验	(87)
思考与习题	(90)
第 4 章 定时器、串行口及中断系统	(92)
4.1 MCS-51 单片机的中断系统	(92)
4.2 MCS-51 单片机片内定时/计数器	(100)
4.3 MCS-51 单片机片内串行口	(110)
4.4 定时器、串行通信实验	(130)
思考与习题	(135)

第 5 章 系统扩展	(137)
5.1 MCS-51 的最小系统及系统扩展	(137)
5.2 MCS-51 系统总线扩展技术	(138)
5.3 存储器扩展	(146)
5.4 并行 I/O 扩展	(158)
5.5 其他扩展	(172)
5.6 I/O 接口实验	(187)
思考与习题	(189)
第 6 章 人机交互接口	(191)
6.1 人机交互输入设备——键盘	(191)
6.2 人机交互输入设备——触摸屏	(199)
6.3 人机交互输出设备——LED	(210)
6.4 键盘、LED 显示接口电路	(215)
6.5 人机交互输出设备——LCD	(235)
6.6 键盘显示实验	(253)
思考与习题	(256)
第 7 章 信号的输入输出技术	(257)
7.1 单片机应用系统的结构	(257)
7.2 模拟信号的输入——传感器技术	(258)
7.3 模拟信号的输入——A/D 转换	(265)
7.4 模拟信号的输出——D/A 转换	(283)
7.5 开关量的输入输出	(296)
7.6 信号输入输出实验	(302)
思考与习题	(309)
第 8 章 MCS-51 单片机应用系统设计与实现	(311)
8.1 MCS-51 单片机应用系统的开发过程	(311)
8.2 单片机应用系统的抗干扰设计	(315)
8.3 单片机应用系统设计实例 1——简易电子秤的设计	(323)
8.4 单片机应用系统设计实例 2——智能电子钟的设计与制作	(332)
8.5 系统与创新实验	(340)
思考与习题	(341)
附录 1 全国大学生电子设计竞赛 2007 年(全国二等奖范例)	
数字示波器 C 题	(342)
附录 2 全国大学生电子设计竞赛 2007 年(全国一等奖范例)	
开关稳压电源 E 题	(359)
参考文献	(370)

第 1 章 单片机简介

1.1 什么是单片机

单片机亦称“单片微型计算机”(single-chip microcomputer)。它是将微处理器(CPU)、存储器(只读存储器 ROM 和随机存储器 RAM)、总线、定时/计数器、输入/输出接口(I/O)和其他多种功能器件集成在一块芯片上构成的微型计算机。

计算机的产生加快了人类改造世界的步伐,但是它毕竟体积太大(尤其是早期的计算机),应用于各种现场控制和嵌入式应用场合不太方便,这时单片机便应运而生了。单片机产生于 20 世纪 70 年代,具有体积小、价格低、可靠性高等优势,虽然只是一块芯片,但是有计算机所必备的基本部件,也能完成计算机的各种基本功能,在工业检测与控制、仪器仪表、家用电器等领域得到了飞速的发展和应用。

由于单片机的这种结构形式及它所采取的半导体工艺,使其具有很多显著的特点,因而在各个领域都得到了迅猛的发展,与普通计算机相比其主要特点如下:

(1)集成度高,体积小:单片机将 CPU、存储器、I/O 接口等各种功能部件集成在一块晶体芯片上,体积很小,节省了占用空间。能灵活、方便地应用于各种智能化的控制设备和仪器,实现机电一体化。

(2)可靠性高,抗干扰性强:由于单片机把各种功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合在恶劣环境下工作,所以单片机的可靠性很高。

(3)控制功能强:其 CPU 可以对 I/O 端口直接进行操作,可以进行位操作、分支转移操作,还能方便地实现多机控制,使整个系统的控制效率大为提高,适用于专门的控制领域。

(4)低功耗:许多单片机的工作电压只有 2~4V,电流几百微安,功耗很低,适用于便携式系统。

(5)可扩展性好:单片机具有灵活方便的外部扩展总线接口,使得当片内资源不够使用时可以非常方便地进行片外扩展。另外,现在单片机具有越来越丰富的通信接口,如异步串行口 SCI、同步串行口 SPI、I²C(Inter-Integrated Circuit)、CAN 总线,甚至有的单片机还集成了 USB 接口或以太网接口。这些丰富的通信接口使得单片机系统与外部计算机系统的通信变得非常容易。

(6)性价比高:单片机应用广泛,生产批量大,产品供应商的商业竞争使得单片机产品的性能越来越强而价格低廉,有优异的性能价格比。

1.2 单片机的历史

单片机的发展历史大约分为以下几个阶段:

(1)第一阶段(1976~1978):单片机发展的初级阶段。这个阶段的单片机受集成电路技术的限制,制造工艺落后(使用 NMOS 工艺),速度低,功耗大,集成度低,片内资源较少。典型的代表产品有 Intel 公司的 MCS-48 系列。其特点是:片内集成有 8 位的 CPU (有的还是 4 位的 CPU),只有并行接口,无串行接口,有 1 个 8 位的定时/计数器,最多只有 2 个中断源,1KB 或 2KB 的 ROM,64B 或 128B 的 RAM,寻址范围不大于 4KB。

(2)第二阶段(1978~1982):单片机发展和完善阶段。单片机开始采用 CMOS 工艺,并逐渐被高速低功耗的 HMOS 工艺代替。代表产品有 Intel 公司的 MCS-51 系列, Motorola 公司的 MC6805 系列, TI 公司的 TMS7000 系列等。这个阶段的单片机在以下几个方面奠定了典型的单片机通用体系结构。

①完善的外部总线:MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构,包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有很多机通信功能的串行通信接口。

② CPU 外围功能单元的集中管理模式。

③体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

④指令系统趋于丰富和完善,并且增加了许多突出控制功能的指令。

(3)第三阶段(1982~1990):这是 8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段,也是单片机向微控制器(Microcontrol unit-MCU)发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机,将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中,体现了单片机的微控制器特征。

(4)第四阶段(1990~):这是微控制器的全面发展阶段。不但 16 位单片机和 8 位高性能单片机并行发展,还出现了 32 位和更高位的单片机。随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。单片机的性能不断完善提高,种类和型号大量增加,正朝着面向多用户、多层次和多规格方向发展。

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,趋势将是进一步向着低功耗、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)高性能

高性能化,主要是指进一步改进 CPU 的性能,提高指令运算速度,增加字长,采用 RISC(reduced instruction set computer)技术,简化体系结构,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。现在 CPU 的处理速度最高者已达 100MIPS(million instruction per second,即兆条指令每秒),进一步增

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。

(2) 大容量化

以往单片机内的ROM为1~4KB, RAM为64~128B。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, 一些单片机便采用了大容量片内存储器。目前, 单片机内ROM最大可达64KB, RAM最大可达2KB以上。有的单片机内部还配备了大容量Flash存储器作为程序存储器使用, 可以实现电擦除、电改写。程序存储空间的扩大, 还使得单片机可以嵌入实时操作系统如RTOS等, 提高了系统的开发效率和处理能力, 简化了复杂系统的开发难度。

另外, 目前单片机的内部所提供的中断源、定时器和通讯口也越来越多。单片机中断源和定时器的增多, 可以提供更强大的控制能力, 通讯口的增加方便了单片机系统与外部设备的数据通信, 便于形成更大规模的应用系统。

(3) 多功能化

在新型单片机中不仅增加了各种总线接口, 如I²C总线、USB总线、SPI总线以及支持TCP/IP协议的以太网接口, 而且有的新型单片机还集成了A/D转换器, PWM生成器, 使得利用这些单片机所设计出来的控制系统集成度更高, 性价比更好。

(4) 在线调试

现在有些新型单片机已经具备使用JTAG接口的在线调试功能, 开发工具更加智能化, 方便了用户的开发。

(5) 低功耗化

许多领域, 特别是微型控制领域要求单片机的功耗尽可能低。现在的各个单片机制造商基本都采用了CMOS(互补金属氧化物半导体)工艺或更高的技术来降低功耗。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和HMOS工艺还可以结合。目前生产的CHMOS电路已达到LSTTL的速度, 传输延迟时间小于2ns。

目前, 单片机的静态功耗电流已降至mA级, 甚至 μ A级; 使用电压一般为3~6V, 低电压供电的单片机电压下限已可达1~2V, 甚至0.8V供电的单片机也已经问世。这种低功耗、低电压使得单片机系统完全适应于采用电池供电, 便于产品的便携化。

随着半导体集成工艺的不断发展和完善, 单片机的集成度将更高、体积将更小、功能将更强。

1.4 单片机的应用

由于单片机具有显著的优点, 它已成为自动化领域的有力工具, 人类生活的得力助手。它的应用遍及各个领域, 主要表现在以下几个方面:

(1) 单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛地用于各种仪器仪表, 使仪器仪表智能化, 并可以提高测量的自动化程度和精度, 简化仪器仪表的硬件结构, 提高其性能价格比。

(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成机械技术、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,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。

(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,都可以用单片机作为控制器。单片机的实时数据处理能力和控制功能,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。

(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。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。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以置于恶劣环境的前端工作。

(5) 单片机在人类生活中的应用

自从单片机诞生以后,就步入了人类生活,如洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器配上单片机后,提高了智能化程度,增加了功能,备受人们喜爱。单片机将使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

1.5 单片机的主要厂商及产品系列

单片机自从诞生以来,经过长足的发展,目前世界上单片机市场形成了很多生产厂商,如 Intel、Motorola、Microchip、Philips、Siemens、ATMEL、Epson、NEC、Zilog 等公司,其主流产品有几十个系列,几百个型号。尽管其各具特色,名称各异,但作为集 CPU、RAM、ROM(或 EPROM)、I/O 接口、定时/计数器、中断系统为一体的单片机,其原理大同小异。

单片机的主要厂家和代表产品如下:

(1) Intel(英特尔公司—美国)

1976 年,Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机,后来于 20 世纪 80 年代推出高档 8 位单片机 MCS-51 系列。该系列是世界上使用量最大、应用最广泛的几种单片机之一。MCS-51 系列单片机又可分为基本型的 51 子系列和增强型的 52 子系列两大类。

51 子系列主要有 8031、8051、8751 等机型。它们的指令系统与芯片引脚完全兼容,差别仅在于片内有无 ROM 或 EPROM。

52 子系列主要有 8032、8052、8752 等机型。52 子系列与 51 子系列的主要不同之处在于:片内数据存储器增至 256 字节;片内程序存储器增至 8 KB(8032 无片内程序);有 3 个 16 位定时/计数器,6 个中断源。其他性能均与 51 子系列相同。

在单片机家族中,80C51 系列是其中的佼佼者,加之 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全世界许多著名 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 80C51 的许多特性。这样,80C51 就变成有众多制造厂商支持的、发展出上百品种的大家族,现统称为 80C51 系列。80C51 单片机已成为单片机发展的主流。事实上,80C51 已经成为事实上的标准 MCU 芯片。MCS-51 系列单片机的型号及配置如表 1-1 所示:

表 1-1 MCS-51 单片机系列及配置一览表

系列	片内存储器				定时/ 计数器	并行 I/O	串行 I/O	中断源
	无 ROM	ROM	EPROM	RAM				
51 子系列	8031	8051 (4KB)	8751 (4KB)	128B	2 * 16 位	4 * 8 位	1	5
52 子系列	8032	8052(8KB)	8752(8KB)	256B	3 * 16 位	4 * 8 位	1	6
ATEML 89C 系列	1051(1K)/ 2051(2K)/ 4051(4K) (20 条引脚 DIP 封装)			128B	2 * 16 位	4 * 8 位	1	5
	89C51(4K)(40 条引脚 DIP 封装)			128B	2 * 16 位	4 * 8 位	1	5
	89C52(8K) (40 条引脚 DIP 封装)			256B	3 * 16 位	4 * 8 位	1	6

(2) Atmel(爱特梅尔)

Atmel 公司是世界上高级半导体产品设计、制造和行销的领先者,产品包括了微处理器、可编程逻辑器件、非易失性存储器、安全芯片、混合信号及 RF 射频集成电路。其生产的 CMOS 型 51 单片机具有 MCS-51 内核,ATMAL 生产的 51 系列单片机如 AT89C51、AT89S51 等单片机目前在市场上仍然十分流行。ATEML 生产的单片机除了有与 MCS-51 兼容的 AT8951 系列,还有与 MCS-51 不兼容的 AVR 系列 RISC 结构单片机,AVR 单片机是一种高速、低功耗的单片机产品,端口有较强的驱动负载能力。

(3) Motorola(摩托罗拉)

Motorola 是世界上最大的单片机生产厂家之一,品种全、选择余地大、新产品多。其主要特点是在同样的速度下所用的时钟较 Intel 类单片机低得多,因而高频噪声低,抗干扰能力强,比较适合于工控领域及恶劣的环境。在 8 位机方面的典型产品有 68HC05 和升级产品 68HC08,其中 68HC05 有 30 多个系列 200 多个品种,产量超过 20 亿片。32 位单片机方面有 683XX 系列。Motorola 单片机特点之一是噪声低,抗干扰能力强,更适合用于工控领域以及恶劣环境。

(4) Microship(微芯科技)

Microship 公司是全球领先的单片机和模拟半导体供应商,为全球数以千计的消费类产品提供低风险的产品开发、更低的系统总成本和更快的上市时间。Microship 公司单片机是市场份额增长较快的单片机。它的主要产品是 PIC 系列 8 位单片机,指令系统采用 RISC 指令,运行速度快,价格低,适于用量大、档次低、价格敏感的产品。

(5) Zilog

Zilog 公司 1974 年成立于美国加州,曾经是单片机领域的领军者。但是在无限风光之后,由于各种原因以及公司策略的改变,Zilog 公司在商业市场遭受了很大挫折,逐渐退

出了单片机市场。直到长达 10 多年的沉寂之后的 2000 年,Zilog 终于决定重新回到 8 位单片机市场。公司以其老一代的 Z8 系列单片机为基础,陆续推出了两个全新的内核:eZ80 和 eZ8,达到了很高的处理速度,受到市场的欢迎。

(6) Winbond(华邦)

华邦公司的单片机主要有 W77 系列、W78 系列等,属于 80C51-based 单片机。Winbond 对 8051 的时序做了改进,提高了同样时钟频率下的处理速度。此外,Winbond 还生产 32 位单片机,属于 ARM-based 类。

(7) TI(Texas Instruments 德州仪器)

TI 公司是全球领先的半导体公司。TI 最著名的是它的 DSP 技术,在单片机方面则生产有 MSP430 系列单片机。MSP430 系列是 TI 公司开发的 16 位单片机,突出特点是超低功耗,适合于各种功率要求低的场合。

1.6 学习单片机的方法

学习单片机是否很困难呢?应当说,对于已经具有电子电路,尤其是数字电路基本知识的读者来说,不会有太大困难,如果你对 PC 机有一定基础,学习单片机就更容易。为使绝大多数读者能用上单片机,在本书中,我们将尽量按深入浅出、删繁就简、理论联系实际的原则把单片机的基本工作原理、使用方法教给读者,以达到把大家领进单片机之“门”的目的。

不过,单片机和 PC 机一样,是实践性很强的一门技术,有人说“计算机是玩出来的”,单片机亦一样,只有多“玩”,也就是多练习、多实际操作,才能真正掌握它。另外,单片机的应用具有一定的系统设计思想,不仅仅是能够熟练使用编程语言,熟悉单片机的内部工作原理和配置,还应该了解单片机系统设计中经常用到的一些外围器件和外围电路设计方法。只有多参加一些系统设计训练,多接触一些设计实例,多参与,多实践,才能够通过日积月累逐渐掌握这些知识,成为一个单片机应用高手。同时,通过这个锻炼过程,你将获得终生受益的电子设计能力。

思考与习题

1. 单片机的特点有哪些?
2. 单片机的发展趋势有哪些?
3. MCS-51 单片机有哪些型号?它们有哪些区别?
4. 目前有哪些单片机厂商,他们的典型代表产品是哪些?
5. 和同学们交流一下学习单片机的意义,如何学好这门课?

第 2 章 MCS-51 单片机硬件结构

2.1 MCS-51 的内部结构

MCS-51 单片机的内部除了包含 CPU 以外,还包含了一些程序存储器、数据存储器、定时/计数器、并行 I/O 接口、串行 I/O 接口、总线控制逻辑和中断控制逻辑,其结构框图如图 2-1 所示。

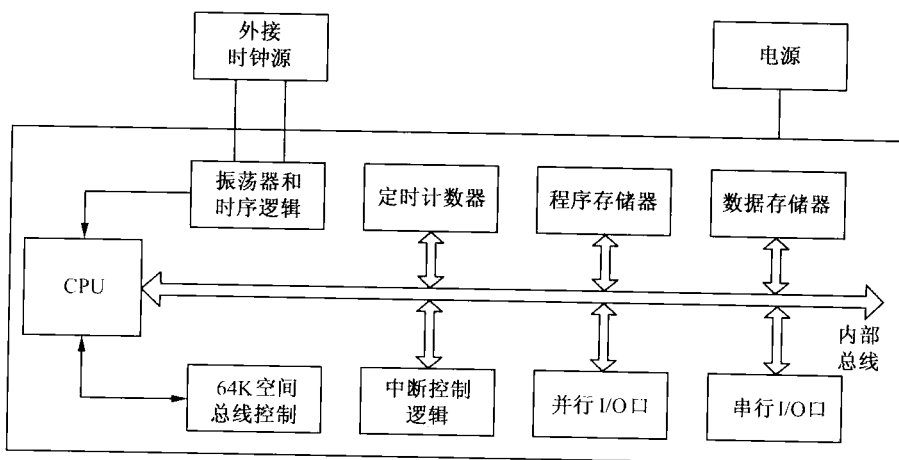


图 2-1 MCS-51 单片机内部结构框图

其中,CPU 是单片机的最核心部分,是整个单片机的控制和指挥中心,相当于单片机的“大脑”,完成所有的计算和控制任务。振荡器和时序逻辑,产生 CPU 工作所需要的内部时钟,是单片机的“心脏”。中断控制逻辑用来应付一些临时到达的突发事件(即中断),并能保证当有多个突发事件发生时,CPU 能够有序地为这些事件进行服务,所有突发事件服务完成后 CPU 还能继续以前的工作。并行 I/O 接口和串行 I/O 接口都是一些数据传输通道,方便 CPU 从芯片外部取得待处理的对象(输入数据)和将处理的结果(输出数据)送到芯片外部。程序存储器用于存放单片机的程序,是单片机命令的“指挥所”。数据存储器用于存放内部待处理的数据和处理后的结果,相当于单片机的“数据仓库”。而定时/计数器主要是完成对外部输入脉冲的计数或者根据内部的时钟及定时设置,周期性的产生定时信号。该定时信号可以作为 CPU 内部周期性处理一些事件(如 A/D 采样)的时间基准,也可以将这个周期性的时间信号输出出来,供外部其他电路使用。64K 总线控制逻辑,用于产生外部 64KB 存储空间的有关读写控制信号。

内部 CPU 与程序存储器、数据存储器、并行 I/O 接口、串行 I/O 接口和定时/计数器

之间都是通过内部总线联系在一起, CPU 对它们的读写采用 8 位并行方式(内部 16 位的定时计数器是分成高低两个 8 位字节的)。

MCS-51 单片机的内部详细结构如图 2-2 所示。

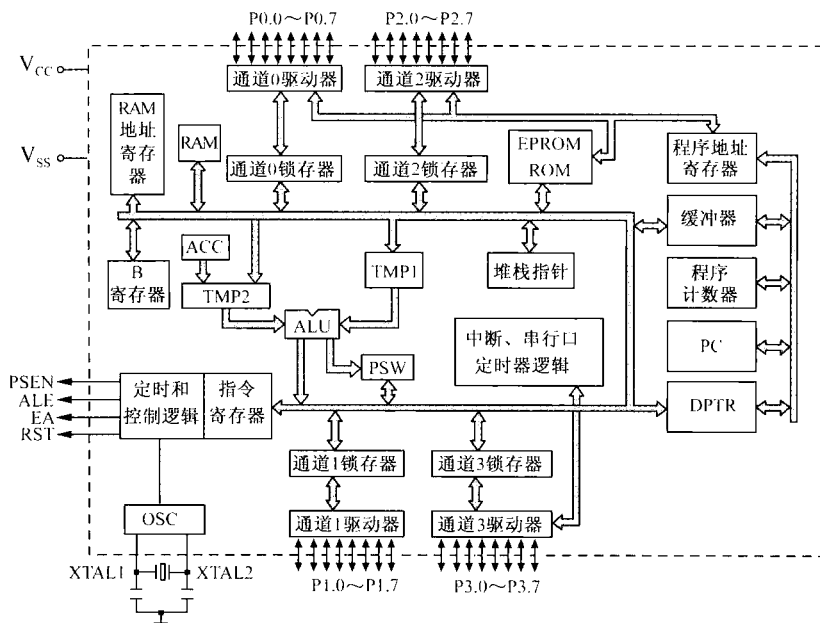


图 2-2 MCS-51 单片机内部详细结构图

2.2 MCS-51 的内部工作原理

结合图 2-1 和 2-2, 我们再详细了解一下 MCS-51 内部的工作原理。

2.2.1 MCS-51 的 CPU 结构及工作原理

CPU 是单片机的核心, 由运算器和控制器等部件组成。其中, 运算器包括一个可进行 8 位算术和逻辑运算的单元 ALU, 8 位的暂存器 1(TMP1)、暂存器 2(TMP2), 8 位的累加器 ACC, 寄存器 B 和程序状态字寄存器 PSW 等。

(1) 算术和逻辑单元 ALU

ALU 是 CPU 运算器的核心, 可以完成对 4 位(半字节)、8 位(一字节)和 16 位(双字节)数据进行加、减、乘、除、加 1、减 1、BCD 数十进制调整及比较等算术运算和“与”、“或”、“非”、“异或”及“循环移位”等逻辑运算操作。ALU 是整个单片机的计算中心, 是单片机“智慧”的源泉。

(2) 累加器 ACC

8 位寄存器, ALU 运算的结果一般都进入累加器 ACC, 当然运算的对象也可以来自于 ACC。除此之外, ACC 在 MCS-51 内部还经常作为数据传送的中转站。同一般微处理器一样, 它是最忙碌的一个寄存器, 在指令中用助记符 A 来表示。

(3)寄存器 B

8 位寄存器,在乘、除运算时,B 寄存器用来存放一个操作数,也用来存放运算后的一部分结果。若不做乘、除运算,则可作为通用寄存器使用。

(4)程序状态字寄存器 PSW

8 位寄存器,PSW 寄存器用于指示指令执行后的状态信息,相当于一般微处理器的标志寄存器。PSW 的位结构如表 2-1 所示。

表 2-1 PSW 位结构

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Cy	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P

其中,各位的含义如下:

Cy:高位进位标志位,当 ALU 的算术运算过程中有进位或借位时,Cy=1;否则,Cy=0。同时,该位还可以用作位累加器,这时一般只用“C”表示。

AC:辅助进位标志,当 ALU 的算术运算过程中低 4 位向高 4 位有进位或借位时,AC=1;否则,AC=0。该位常用于 BCD 码的调整。

F0:用户标志位。

RS1、RS0:选择工作寄存器组位,用于选择内部数据存储器区内 4 组工作寄存器中的某一组。具体选择情况见寄存器介绍部分。

OV:溢出标志位,当 ALU 的算术运算过程中有溢出时,OV=1;否则,OV=0。

P:奇偶校验标志位,根据累加器 ACC 中 1 的个数由硬件置位或清除,当累加器 ACC 中有奇数个 1 时 P=1;否则,P=0。

PSW.1:保留位,无定义。

【例 2-1】 分析执行下列指令序列后,A、C、AC、OV、P 的内容是什么?

MOV A,#79H

ADD A,#58H

该指令功能是将 79H+58H→A。计算过程如下:

$$\begin{array}{r} (79H) \quad 01111001 \\ + (58H) \quad 01011000 \\ \hline (D1H) \quad 11010001 \end{array}$$

A=D1H 最高位无进位,C=0;低半字节有进位,AC=1;OV=1,发生溢出;A 中 1 的个数为偶数,P=0。

(5)临时寄存器 TMP1 和 TMP2

这两个寄存器专门供 ALU 存放临时数据,用户不可以直接访问。

(6)程序控制逻辑

CPU 内部除了计算功能,还有一部分用于整个程序的控制,这就是程序控制逻辑,也叫程序控制器。程序控制器包括程序计数器 PC、指令寄存器 IR、指令译码器 ID、振荡器

及定时电路等。

程序计数器 PC 是一个 16 位字节地址计数器,PC 中的内容是将要执行的下一条指令的地址。改变 PC 的内容就可改变程序执行的方向。

指令寄存器 IR 及指令译码器 ID,CPU 把由 PC 中的内容决定的 Flash 或 ROM 地址中的指令代码取出后,经指令寄存器 IR 送至指令译码器 ID 进行译码,译码后产生一定序列的控制信号,以执行指令所规定的操作(例如,把片内工作寄存器中的数据传送到外部 I/O 口)。

2.2.2 MCS-51 的存储空间及应用配置

MCS-51 系列单片机的存储器在物理结构上分为程序存储器空间和数据存储器空间。程序存储器空间采用片内、片外统一编址的方式,共有 64KB,地址范围为 0000H~FFFFH (用 16 位地址表示)。片内有 256 字节数据存储器地址空间,地址范围为 00H~FFH (用 8 位地址表示)。除了片内数据存储器空间,MCS-51 还有 64KB 的片外数据存储器空间,其地址范围也是 0000H~FFFFH (用 16 位地址表示)。片内、片外数据存储器空间的访问通过不同的数据访问指令来区分开来(片内采用 MOV 指令,片外采用 MOVB 指令,详细情况见第 3 章)。片外数据存储器空间和片外程序存储器空间,采用的外部地址总线 and 数据总线是相同的,不同的是控制总线不一样(程序存储空间的读信号 $\overline{\text{PSEN}}$,而数据存储空间的读信号为 $\overline{\text{RD}}$)。MCS-51 系列单片机的存储器分配如图 2-3 所示。

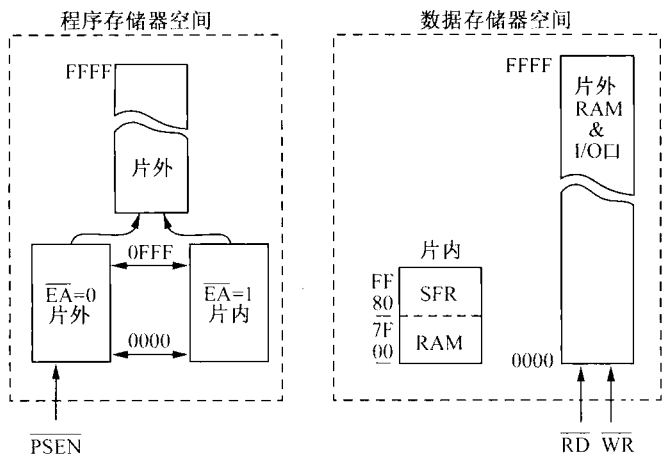


图 2-3 MCS-51 单片机存储器空间

2.2.2.1 程序存储器空间配置

程序存储器空间的片内、片外选择通过单片机的引脚 $\overline{\text{EA}}$ 来实现,当 $\overline{\text{EA}}$ 接低电平时 ($\overline{\text{EA}}=0$),程序存储器空间的前 4KB(MCS-52 是 8KB)由片外实现;当 $\overline{\text{EA}}$ 接高电平时 ($\overline{\text{EA}}=1$),程序存储器空间的前 4KB(MCS-52 是 8KB)由片内实现。读者可以想象得到,对于 8031/80C31/8032/80C32 这些片内没有 ROM 的单片机, $\overline{\text{EA}}$ 引脚必须接低电平。同样,对于具有片内 FLASH 或者 ROM 的这些单片机,如果想使用这些片内存储器的话,