

单片机应用技术

刘小平 冉涌 钟其明主编



重庆大学出版社



内容提要

本书主要介绍 C51 单片机硬件系统、单片机开发系统、单片机并行端口应用、定时与中断系统、显示与键盘接口技术、A/D 与 D/A 转换接口、串行接口通信技术以及单片机应用系统设计方法等内容。13 个项目由易到难、由简单到复杂,遵循学生的认知规律和学习规律逐层递进。项目设计具有开放性、实用性,每个项目依托一个载体,按照单片机应用产品设计开发过程来组织展开。每个项目分为项目设计要求、项目分析、知识平台、项目实施等部分,将必要的单片机知识和技能训练融入相应的工作任务中,帮助学生实现知识的掌握和能力的提升。

本书可作为高职高专院校计算机应用技术、应用电子、电子信息工程、智能控制技术、机电、工业机器人、嵌入式应用技术、物联网应用等电子信息类或自动化类专业单片机应用技术课程教材,也可作为广大电子制作爱好者的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术 / 刘小平,冉涌,钟其明主编. —重庆:重庆大学出版社,2018.8

ISBN 978-7-5689-1296-9

I. ①单… II. ①刘…②冉…③钟… III. ①单片微型计算机—高等职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 178154 号

单片机应用技术

主 编 刘小平 冉 涌 钟其明

副主编 张南宾 谭 燕 秦风元

策划编辑:曾显跃

责任编辑:文 鹏 版式设计:曾显跃

责任校对:万清菊 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆俊蒲印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:21.25 字数:506 千

2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5689-1296-9 定价:48.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

本书采用项目导向、任务驱动的方式,按产品设计和生产过程安排内容,设置了项目设计要求、项目分析、知识平台、项目实施等环节,突出技能培养在课程中的主体地位。本书内容与职业岗位标准接轨,贴近职业岗位实际需求,采用真实任务,涉及单片机产品设计、制作与调试过程中必须掌握的关键知识点、基本技能。本书以产品开发流程为基础,引入 Proteus 仿真软件和 Keil C 集成开发环境,采用 C 语言编程,真正实现了从概念到产品的完整设计,使学生理解和掌握单片机应用产品制造的完整过程。本书侧重于对高职院校学生技能和动手能力的锻炼,教学资源丰富,提供电子教案、实训项目、源代码、仿真电路、技能大赛作品、学生作品、课程设计、校企合作资源及其他相关素材等。

本书项目 1 至项目 5 由刘小平、张南宾编写,项目 6 和项目 7 由钟其明编写,项目 8 由秦风元编写,项目 9、项目 12 和项目 13 由冉涌编写,项目 10 由谭燕编写,项目 11 由刘小平、谭燕编写,附录 A、附录 B 由何林编写,附录 C 由黄滔编写。全书由刘小平负责统稿。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请各位专家和读者不吝赐教。

编 者
2018 年 4 月

目 录

项目 1	LED 信号指示灯	(1)
1.1	项目设计要求	(2)
1.2	项目分析	(2)
1.3	知识平台	(2)
1.4	项目实施	(28)
	关键知识点小结	(42)
	问题与讨论	(43)
	知识与技能拓展	(44)
	习题	(44)
项目 2	闪烁灯	(49)
2.1	项目设计要求	(50)
2.2	项目分析	(50)
2.3	知识平台	(51)
2.4	项目实施	(58)
	关键知识点小结	(65)
	问题与讨论	(66)
	知识与技能拓展	(66)
	习题	(66)
项目 3	霓虹灯	(69)
3.1	项目设计要求	(70)
3.2	项目分析	(70)
3.3	知识平台	(71)
3.4	项目实施	(84)
	关键知识点小结	(92)
	问题与讨论	(92)
	知识与技能拓展	(92)
	习题	(93)



项目 4 简易计数器	(95)
4.1 项目设计要求	(96)
4.2 项目分析	(96)
4.3 知识平台	(96)
4.4 项目实施	(101)
关键知识点小结	(107)
问题与讨论	(107)
知识与技能拓展	(108)
习题	(108)
项目 5 数字显示器	(110)
5.1 项目设计要求	(111)
5.2 项目分析	(111)
5.3 知识平台	(112)
5.4 项目实施	(125)
关键知识点小结	(133)
问题与讨论	(134)
知识与技能拓展	(134)
习题	(134)
项目 6 汽车转向灯	(138)
6.1 项目设计要求	(139)
6.2 项目分析	(139)
6.3 知识平台	(140)
6.4 项目实施	(147)
关键知识点小结	(153)
问题与讨论	(154)
知识与技能拓展	(154)
习题	(154)
项目 7 呼叫器	(156)
7.1 项目设计要求	(157)
7.2 项目分析	(157)
7.3 知识平台	(158)
7.4 项目实施	(162)

关键知识点小结	(172)
问题与讨论	(173)
知识与技能拓展	(173)
习题	(173)
项目 8 报警器	(175)
8.1 项目设计要求	(176)
8.2 项目分析	(176)
8.3 知识平台	(176)
8.4 项目实施	(186)
关键知识点小结	(191)
问题与讨论	(191)
知识与技能拓展	(192)
习题	(192)
项目 9 测速表	(194)
9.1 项目设计要求	(195)
9.2 项目分析	(195)
9.3 知识平台	(196)
9.4 项目实施	(204)
关键知识点小结	(210)
问题与讨论	(210)
知识与技能拓展	(211)
习题	(211)
项目 10 烟雾检测报警器	(214)
10.1 项目设计要求	(215)
10.2 项目分析	(215)
10.3 项目知识平台	(216)
10.4 项目实施	(222)
关键知识点小结	(231)
问题与讨论	(231)
知识与技能拓展	(231)
习题	(232)



项目 11 调速水泵	(233)
11.1 项目设计要求	(234)
11.2 项目分析	(234)
11.3 项目知识平台	(235)
11.4 项目实施	(245)
关键知识点小结	(250)
问题与讨论	(250)
知识与技能拓展	(251)
习题	(251)
项目 12 远程通信控制器	(252)
12.1 项目设计要求	(253)
12.2 项目分析	(253)
12.3 知识平台	(254)
12.4 项目实施	(263)
关键知识点小结	(277)
问题与讨论	(277)
知识与技能拓展	(277)
习题	(278)
项目 13 智能巡线机器人	(280)
13.1 项目设计要求	(281)
13.2 项目分析	(281)
13.3 知识平台	(282)
13.4 项目实施	(288)
关键知识点小结	(305)
知识与技能拓展	(306)
附录	(307)
附录 A Proteus ISIS 的使用	(307)
附录 B Keil μ Vision4 的使用	(318)
附录 C STC-ISP 下载软件的使用	(325)
参考文献	(329)

项目 1

LED 信号指示灯



● 项目任务

制作控制 LED 信号指示灯的单片机应用系统。



● 知识目标

- (1) 了解单片机的内部结构与主要型号；
- (2) 掌握典型 51 单片机的内部逻辑结构、引脚功能；
- (3) 重点掌握 51 单片机最小系统电路设计；
- (4) 建立单片机应用系统的概念；
- (5) 掌握 C51 文件结构的组成；
- (6) 了解 C51 源程序的基本框架。



● 技能训练目标

- (1) 学会 LED 电路设计和单片机最小系统设计；
- (2) 熟悉 C 语言源程序文件的编写方法；
- (3) 熟悉 Proteus 单片机仿真软件和 Keil C 集成开发软件的使用方法；
- (4) 了解单片机应用系统的一般开发流程。



1.1 项目设计要求

设计一个控制 LED 点亮的单片机应用系统,即单片机的 I/O 口作输出口,接 1 个 LED 发光二极管,通过编程实现发光二极管的点亮效果。

1.2 项目分析

本系统功能由硬件和软件两大部分协调完成,硬件部分主要完成信息显示的功能;软件部分主要完成信号处理及控制功能等。

本系统的硬件采用模块化设计,以 AT89C52 单片机为核心,与 LED 电路组成控制系统。该系统硬件主要包括以下几个模块:AT89C52 主控模块、LED 模块等。其中,AT89C52 主要完成外围硬件的控制以及一些运算功能,LED 电路完成灯光控制功能。系统组成方框图如图 1.1 所示。

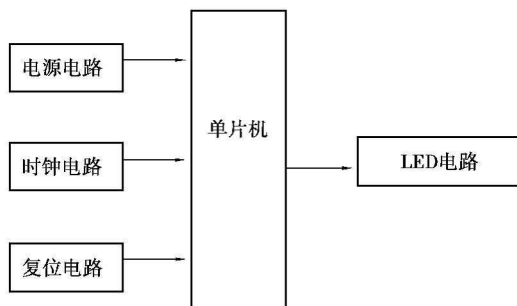


图 1.1 LED 信号指示系统组成方框图

1.3 知识平台

1.3.1 单片机概述

(1) 什么是单片机

单片机(Single Chip Microcomputer)是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力



的中央处理器 CPU (Central Processing Unit)、存储器 (Memory)、基本输入/输出 (Input/Output, 简称 I/O) 接口电路和中断系统、定时器/计时器等功能模块集成在一块芯片上的微型计算机, 全称单片微型计算机。单片机的外形如图 1.2 所示。

单片机实质是一个芯片。它具有结构简单、控制功能强、可靠性高、体积小、价格低等优点, 因此广泛应用于工业控制、智能仪器仪表、家用电器、电子玩具等各个领域。

(2) 单片机的特点

1) 集成度高, 体积小, 可靠性高

单片机将各功能部件集成在一块晶体芯片上, 集成度很高, 体积也很小。芯片本身是按工业测控环境要求设计的, 内部布线很短, 其抗噪性能优于一般通用的 CPU。单片机程序指令、常数及表格等固化在 ROM 中不易破坏, 许多信号通道均在一个芯片内, 故可靠性高。

2) 控制功能强

为了满足对对象的控制要求, 单片机的指令系统均有极丰富的功能: 分支转移能力, I/O 口的逻辑操作及位处理能力, 非常适用于专门的控制功能。

3) 低电压, 低功耗, 便于生产便携式产品

为了广泛应用于便携式系统, 许多单片机内的工作电压仅为 1.8 ~ 3.6 V, 而工作电流仅为数百微安。

4) 易扩展

单片机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三总线及并行、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。

5) 优异的性能价格比

单片机的性能极高。为了提高速度和运行效率, 单片机已开始使用 RISC 流水线和 DSP 等技术。单片机的寻址能力也已突破 64 KB 的限制, 有的已达到 16 MB, 片内的 ROM 容量可达 62 MB, RAM 容量则可达 2 MB。由于单片机的广泛使用, 因而销量极大, 各大公司的商业竞争更使其价格十分低廉, 其性能价格比极高。

(3) 单片机的应用领域

1) 单片机在智能仪器仪表中的应用

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点, 广泛应用于仪器仪表中。结合不同类型的传感器, 可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表实现数字化、智能化、微型化, 且功能比采用电子或数字电路更加强大, 例如精密的测量设备 (功率计、示波器、各种分析仪) 等。



图 1.2 单片机



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,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。

3) 单片机在日常生活及家用电器领域的应用

单片机自从诞生以后,它就融入了人类生活。现在的家用电器基本上都采用了单片机控制,从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电、其他音响视频器材到电子测量设备,五花八门,无所不在。单片机使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

4) 单片机在实时过程控制中的应用

用单片机实时进行数据处理和控制,使系统保持最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品的质量。用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统,例如工厂流水线的智能化管理、电梯智能化控制以及各种报警系统,与计算机联网构成二级控制系统等。

5) 单片机在办公自动化设备中的应用

现代办公室使用的通信和办公设备多数嵌入了单片机,如打印机、复印机、传真机、绘图机、考勤机、电话以及通用计算机中的键盘译码、磁盘驱动等。

6) 单片机在商业营销设备中的应用

商业营销系统中已广泛使用的电子秤、收款机、条形码阅读器、IC 卡刷卡机、出租车计价器以及仓储安全监测系统、商场保安系统、空气调节系统、冷冻保鲜系统等都采用了单片机控制。

7) 单片机在计算机网络和通信领域中的应用

现代的单片机普遍具备通信接口,可以很方便地与计算机进行数据通信,为计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件。现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制,如手机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信等。

8) 单片机在医用设备领域中的应用

单片机在医用设备中的用途亦相当广泛,例如医用呼吸机、分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

9) 单片机在汽车电子产品及其他领域中的应用

单片机在汽车电子中的应用非常广泛,例如:汽车中的发动机控制器、基于 CAN 总线的汽车发动机智能电子控制器、GPS 导航系统、ABS 防抱死系统、制动系统、汽车的集中显示系统、动力监测控制系统、自动驾驶系统、通信系统和运行监视器(黑匣子)等都离不开单片机。

综上所述,单片机实质是一个芯片。它具有结构简单、控制功能强、可靠性高、体积小、价格低等优点。目前,单片机渗透到人们生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。导弹的导航装置,飞机上各种仪表的控制,计算机的网络通信与数据传输,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,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,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、医疗器械以及各种智能机械了。因此,单片机的学习、开发与应用将造就一批计算机应用与智能化控制的科学家、工程师。

(4) 单片机的发展简史

早期的单片机都是 8 位或 4 位的。其中最成功的是 INTEL 的 8031,因为简单可靠而性能不错获得了很多好评。此后在 8031 上发展出了 MCS-51 系列单片机系统,基于这一系统的单片机系统直到现在还在广泛使用。随着工业控制领域要求的提高,开始出现了 16 位单片机,但因为性价比不理想并未得到很广泛的应用。20 世纪 90 年代后随着消费电子产品大发展,单片机技术得到了巨大提高。随着 INTEL i960 系列特别是后来的 ARM 系列的广泛应用,32 位单片机迅速取代 16 位单片机的地位,并且进入主流市场。而传统的 8 位单片机的性能也得到了飞速提高,处理能力比起 80 年代提高了数百倍。

从 8 位单片机来看,单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段:

1) 第一阶段(1976—1982)

20 世纪 80 年代初,Intel 公司在 MCS-48 系列单片机的基础上推出了 MCS-51 系列 8 位高档单片机。MCS-51 系列单片机无论是片内 RAM 容量、I/O 口功能,还是系统扩展方面都有了很大的提高。

2) 第二阶段(1982—1990)

此阶段是 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。随着 MCS-51 系列的广泛应用,许多电气厂商竞相使用 80C51 为内核,将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。

3) 第三阶段(1990 至今)

此阶段是微控制器的全面发展阶段。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 8 位、16 位、32 位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。

当代单片机系统已经不再只在裸机环境下开发和使用,大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用于全系列单片机。而掌上电脑和手机核心处理器使用的高端单片机甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。

从单片机的发展历程看,未来单片机技术将向多功能、高性能、高速度、低电压、低功耗、外围电路内装化及片内存储器容量增加的方向发展。

(5) 单片机选型

目前单片机产品有 60 多个系列,1 000 多种型号,流行体系结构有 30 多个系列,门类齐全,能满足各种应用需求。MCS-51 单片机以其典型的结构、完善的总线、丰富的指令系统及众多的位操作功能,为以后其他单片机的发展奠定了基础。

由于其优越的性能和完善的结构,以致后来许多厂商都沿用或参考了其体系结构,而且



有许多大的电气厂商丰富并发展了 MCS-51 单片机,像 INTEL、PHILIPS、ATMEL 等著名的半导体公司都推出了兼容 MCS-51 的单片机产品,我国台湾的 WINBOND 公司也发展了兼容 MCS-51 的单片机品种。

MCS-51 系列又分为 51 和 52 两个子系列,并以芯片型号的最末位数字作为标志。其中,51 子系列是基本型,52 子系列是增强型,如表 1.1 所示。

表 1.1 MCS-51 系列单片机参数表

系列	片内存储器(字节)				定时器/ 计数器	并行 I/O	串行 I/O	中断源
	片内 ROM			片内 RAM				
	无	ROM	EPROM					
Intel MCS-51 系列	8031 80C31	8051 80C51 (4 K 字节)	8751 87C51 (4 K 字节)	128 字节	2 × 16	4 × 8 位	1	5
Intel MCS-52 系列	8032 80C32	8052 80C52 (8 K 字节)	8752 87C52 (4 K 字节)	256 字节	3 × 16	4 × 8 位	1	6
ATMEL89C 系列 (常用型)	1051(1 K)2051(2 K)4051(4 K) E ² PROM(20 个引脚 DIP 封装)			128	2	15 位	1	5
	89C51(4 K)89C52(8 K) E ² PROM(40 个引脚 DIP 封装)			128/256	2	32 位	1	5/6

MCS-51 单片机片内程序存储器有 3 种配置形式,即无 ROM、掩膜 ROM 和 EPROM。51 子系列主要有 8031、MCS-51、8751 这 3 种机型及现在常用的 89C 系列,它们的指令系统与芯片引脚完全兼容。从表 1.1 中可以看出,它们的差别仅在于片内有无 ROM、EPROM 及 E²PROM。

MCS-51 单片机采用两种半导体工艺生产:一种是 HMOS 工艺,即高速度、高密度、短沟道 MOS 工艺;另一种是 CHMOS 工艺,即互补金属氧化物的 HMOS 工艺。在表 1.1 中,芯片型号中带有字母 C 的为 CHMOS 芯片,其余均为一般的 HMOS 芯片。CHMOS 是 CMOS 和 HMOS 的结合,除保持了 HMOS 高速度和高密度的特点之外,还具有 CMOS 低功耗的特点。在便携式、手提式或野外作业仪器设备上,低功耗是非常有意义的,因此,在这些产品中必须使用 CHMOS 的单片机芯片。

在众多的 51 系列单片机中,美国 ATMEL 公司的 AT89C5X/AT89SSX 系列和 8051 指令、管脚完全兼容,而且其片内具有大容量程序存储器且采用 FLASH 工艺,用户可以用电的方式瞬间擦除、改写程序。AT89C5X/AT89S5X 单片机是目前 MCS-51 系列单片机的主流芯片之一。

AT89C52 是一个低电压、高性能的 CMOS 8 位单片机,片内含 8K bytes 的可反复擦写的

Flash 只读程序存储器和 256 bytes 的随机存取数据存储器(RAM)。器件采用 ATMELE 公司的高密度、非易失性存储技术生产,兼容标准 MCS-51 指令系统,片内置通用 8 位中央处理器和 Flash 存储单元,在电子行业中有着广泛的应用。本书所有项目对应的单片机应用系统都采用 AT89C52 单片机为主控芯片。

1.3.2 MCS-51 单片机结构

(1) MCS-51 单片机的内部结构

MCS-51 单片机包含中央处理器、程序存储器(ROM)、数据存储器(RAM)、定时/计数器、并行接口、串行接口和中断系统等单元,以及数据总线、地址总线和控制总线等三大总线,其内部框图如图 1.3 所示。

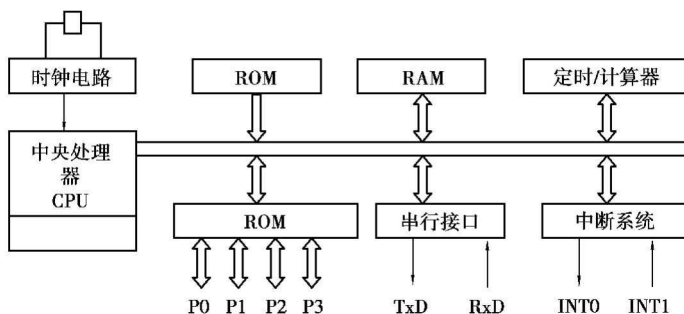


图 1.3 MCS-51 单片机结构框图

1) 中央处理器

中央处理器(CPU)是整个单片机的核心部件,是 8 位数据宽度的处理器,能处理 8 位二进制数据或代码。CPU 负责控制、指挥和调度整个单元系统协调地工作,完成运算和控制输入输出功能等操作。其内部结构如图 1.4 所示。

从图中可以看到,虚线框内的就是 CPU 的内部结构,8 位的 MCS-51 单片机的 CPU 内部有算术逻辑单元 ALU(Arithmetic Logic Unit)、累加器 A(8 位)、寄存器 B(8 位)、程序状态字 PSW(8 位)、程序计数器 PC(有时也称为指令指针,即 IP,16 位)、地址寄存器 AR(16 位)、数据寄存器 DR(8 位)、指令寄存器 IR(8 位)、指令译码器 ID、控制器等部件组成。

① 运算器(ALU)的主要功能:

a. 算术和逻辑运算,可对半字节(一个字节是 8 位,半个字节就是 4 位)和单字节数据进行操作。

b. 加、减、乘、除、加 1、减 1、比较等算术运算。

c. 与、或、异或、求补、循环等逻辑运算。

d. 位处理功能(即布尔处理器)。

由于 ALU 内部没有寄存器,参加运算的操作数必须放在累加器 A 中。累加器 A 也用于存放运算结果。

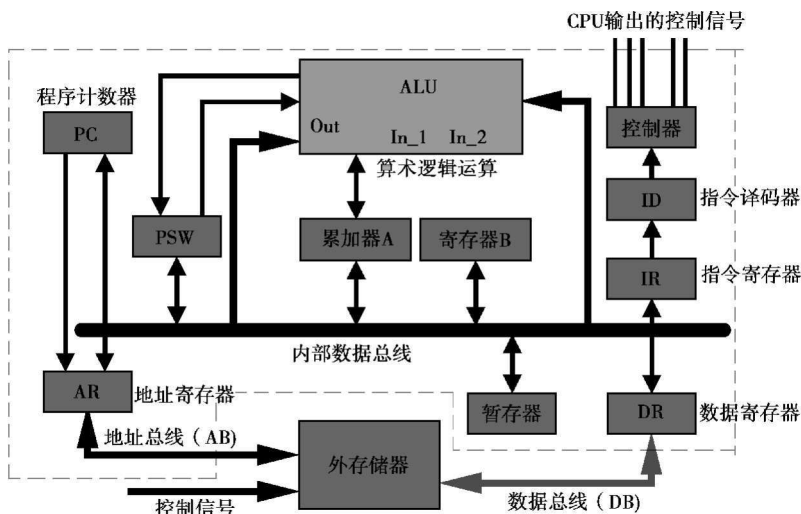


图 1.4 CPU 内部结构

②程序计数器 PC:用来存放将要执行的指令的地址,共 16 位,可对 64 KB ROM 直接寻址,PC 低 8 位经 P0 口输出,高 8 位经 P2 口输出。也就是说,程序执行到什么地方,程序计数器 PC 就指到哪里,它始终控制着程序的执行顺序。我们知道,用户程序是存放在内部的 ROM 中的,要执行程序就要从 ROM 中一个个字节地读出来,然后到 CPU 中去执行,那么 ROM 具体执行到哪一条呢?这就需要程序计数器 PC 来指示。

程序计数器 PC 具有自动加 1 的功能,即从存储器中读出一个字节的指令码后,PC 自动加 1,指向下一条将要执行的指令。

③指令寄存器 IR:存放即将执行的指令代码。

CPU 执行指令的过程:首先由程序存储器 (ROM) 中读取指令代码送入指令寄存器,经译码器译码后再由定时与控制电路发出相应的控制信号,从而完成指令的功能。

④指令译码器 ID:对送入指令寄存器中的指令进行译码。所谓译码,就是把指令转变成执行此指令所需要的电信号。当指令送入译码器后,由译码器对该指令进行译码,根据译码器输出的信号,CPU 控制电路定时地产生执行该指令所需的各种控制信号,使单片机正确执行程序所需要的各种操作。

⑤地址寄存器 AR(16 位):存放将要寻址的外部存储器单元的地址信息,指令码所在存储单元的地址编码由程序计数器 PC 产生,而指令中操作数所在的存储单元地址码由指令的操作数给定。从图 1.4 可以看到,地址寄存器 AR 通过地址总线 AB 与外部存储器相连。

⑥数据寄存器 DR:存放写入外部存储器或 I/O 端口的数据信息。可见,数据寄存器对输出数据具有锁存功能。数据寄存器与外部数据总线 DB 直接相连。

⑦程序状态字 PSW:记录运算过程中的状态,如是否溢出、进位等。

例如,累加器 A 的内容 83H,执行:

ADD A,#8AH;累加器 A 与立即数 8AH 相加,并把结果存放在 A 中。

指令后,将产生和的结果为 0DH,而累加器 A 只有 8 位,只能存放低 8 位,即 0DH,无法存放结果中的最高位,故在 CPU 内设置一个进位标志位 C,当执行加法运算出现进位时,进位标志位 C 为 1。

⑧时序部件:由时钟电路和脉冲分配器组成,用于产生微操作控制部件所需的定时脉冲信号。

单片机的存储器包括两大类:程序存储器(ROM)和数据存储器(RAM)。MCS-51 单片机在物理结构上有 4 个存储空间:即片内数据存储器(IDATA 区)、片外数据存储器(XDATA 区)、片内程序存储器和片外程序存储器(程序存储器合称为 CODE 区);但在逻辑上,即从用户的角度上,MCS-51 单片机有 3 个存储空间:片内外统一编址的 64 KB 的程序存储器地址空间、256 B 的片内数据存储器的地址空间,以及 64 KB 片外数据存储器的地址空间。在访问 3 个不同的逻辑空间时,应采用不同形式的指令,以产生不同存储器空间的选通信号。

2) 程序存储器(ROM)

MCS-51 具有 64 KB 程序存储器寻址空间,用于存放用户程序、数据和表格等信息,如图 1.5 所示。对于内部无 ROM 的 8031 单片机,它的程序存储器必须外接,空间地址为 64 KB,此时单片机的 $\overline{EA}$ 端必须接地,强制 CPU 从外部程序存储器读取程序。对于内部有 ROM 的 MCS-51 等单片机,正常运行时 $\overline{EA}$ 则需接高电平,使 CPU 先从内部的程序存储中读取程序,当 PC 值超过内部 ROM 的容量时,才会转向外部的程序存储器读取程序。

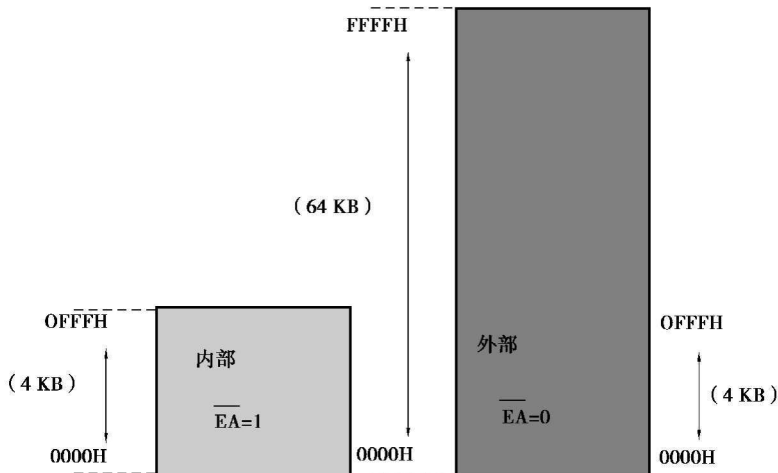


图 1.5 程序存储器

MCS-51 片内有 4 KB 的程序存储单元,其地址为 0000H—0FFFH,单片机启动复位后,程序计数器的内容为 0000H,所以系统将从 0000H 单元开始执行程序。但在程序存储中有些特殊的单元,这在使用中应加以注意。

其中一组特殊单元是 0000H—0002H,系统复位后,PC 为 0000H,单片机从 0000H 单元开始执行程序。

另一组特殊单元是 0003H—002AH,这 40 个单元各有用途,它们被均匀地分为 5 段,它



们的定义如下:

- ①0003H—000AH:外部中断 0 中断地址区。
- ②000BH—0012H:定时/计数器 0 中断地址区。
- ③0013H—001AH:外部中断 1 中断地址区。
- ④001BH—0022H:定时/计数器 1 中断地址区。
- ⑤0023H—002AH:串行中断地址区。

可见以上 40 个单元是专门用于存放中断处理程序的地址单元,中断响应后,按中断的类型自动转到各自的中断区去执行程序。因此,以上地址单元不能用于存放程序的其他内容,只能存放中断服务程序。但是通常情况下,每段只有 8 个地址单元是不能存下完整的中断服务程序的,因此一般也在中断响应的地址区放一条无条件转移指令,指向程序存储器的其他真正存放中断服务程序的空间去执行。这样,中断响应后,CPU 读到这条转移指令,便转向其他地方去继续执行中断服务程序。

3) 数据存储器(RAM)

数据存储器也称为随机存取数据存储器。MCS-51 单片机的数据存储器在物理上和逻辑上都分为两个地址空间:内部数据存储区和外部数据存储区。如图 1.6 所示,MCS-51 内部 RAM 有 128 或 256 个字节的用户数据存储区(不同的型号有分别),它们是用于存放执行的中间结果和过程数据的。

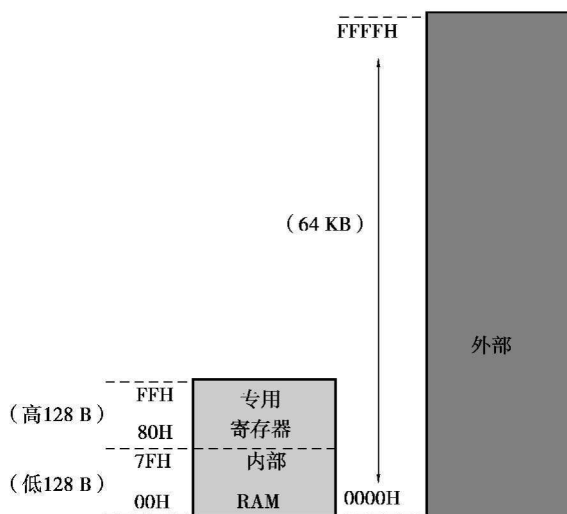


图 1.6 数据存储器

MCS-51 内部 RAM 共有 256 个单元,它们是统一编址的。这 256 个单元共分为两部分。一是 00H—7FH 地址单元(共 128 个字节),为用户数据 RAM;二是 80H—FFH 地址单元(也是 128 个字节),为特殊寄存器(SFR)单元。用户能使用的 RAM 只有 128 个,可存放读写的数据、运算的中间结果或用户定义的字型表。专用寄存器只能用于存放控制指令数据,用户只能访问,而不能用于存放用户数据。MCS-51 的数据存储器均可读写,部分单元还可以位寻址。从表 1.2 中可清楚地看出它们的结构分布。