

中天传播

世纪英才

高等职业教育 **课改** 系列规划教材

(电子信息类)

32· Electronic

Electronic V1

8-bit

微控制器及其应用

林 契 主编

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

世纪英才高等职业教育课改系列规划教材（电子信息类）

微控制器及其应用

林 契 主 编

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

微控制器及其应用 / 林契主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2010. 6

(世纪英才高等职业教育课改系列规划教材. 电子信息类)

ISBN 978-7-115-22505-4

I. ①微… II. ①林… III. ①微控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TP332. 3

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第037386号

内 容 提 要

本书从微控制器应用开发职业岗位的任职要求出发,以3个应用项目为载体,介绍了微控制器控制系统总体控制方案的设计、常用的微控制器机型和系统设计常用器件型号、微控制器接口电路设计、控制程序设计与系统联机调试等内容。本书以自主开发的51系列单片机实验平台为基础,辅以各种调试工具,从简单的I/O接口应用实例开始,由浅入深,循序渐进,全面而翔实地介绍了微控制器应用的相关知识,包括指示灯控制器系统设计与调试、超速报警系统设计与调试、电动自行车调速系统设计与调试的相关知识和操作训练内容。本书力求做到对51系列单片机应用知识和微控制器控制系统开发过程介绍的全面性,并将理论知识与操作练习融为一体,使学生逐渐提高举一反三的能力,全面掌握微控制器控制系统的设计与调试技术。

本书可作为高职高专院校应用电子技术、电气自动化、机电一体化专业的教材,也可作为相关专业师生和工程技术人员的参考用书。

世纪英才高等职业教育课改系列规划教材(电子信息类)

微控制器及其应用

-
- ◆ 主 编 林 契
责任编辑 丁金炎
执行编辑 郑奎国
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16.5
字数: 381千字 2010年6月第1版
印数: 1-3000册 2010年6月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-22505-4

定价: 31.00元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

Foreword

本书是金华职业技术学院国家示范性高职院校建设项目成果之一，是由多年从事微控制器应用项目开发及课程教学的老师和紧密合作企业的工程师一起编写的。本书从高职学生的学习能力、微控制器应用技能的实用性和课程教学的可操作性出发，选择了当前国内流行的 51 系列单片机为主要教学对象，介绍微控制器控制系统的开发方法。

本书的内容选取参照了工作过程系统化的要求，主要面向助理电子设计工程师所从事的分析系统总体设计方案、单片机和电子元器件选型、设计单片机的外部接口电路、编写控制程序与系统联机调试、编写简单技术文件等典型工作任务，针对区域电子行业的主流技术，结合学生的认知规律，并融入了由工业和信息化部委托中国电子行业协会组织的全国单片机应用设计师资格考试的要求，最后综合分析并归纳确定了书中内容。

本书力求做到对微控制器应用知识与微控制器控制系统开发过程介绍的全面性，以便使学生掌握关键技术，达到举一反三的目的。按照项目描述、项目学习引导、工作页、练习页的次序，书中完整地介绍了微控制器应用项目的开发过程。

本书共设计了 3 个教学项目，参考学时数为 120 学时，可以采用项目引领、任务驱动、学做结合的理论实践一体化和工作过程系统化的教学方式进行学习。通过指示灯控制系统设计与调试、超速报警系统设计及调试和电动自行车调速系统设计及调试 3 个项目的详细介绍与教学，学生即可以掌握微控制器控制系统开发的一般方法。

本书开篇导读、项目二由林契老师和尹华军老师共同编写、项目一和附录由林契老师编写，项目三由廖任秀老师和尹华军老师共同编写。

在本书的编写过程中，先后得到金华南天邮电设备制造有限公司的工程技术人员、武汉铁路技师学院的李忠国老师和金华职业技术学院领导的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中难免会有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

开篇导读	1
导读一 认识微控制器	1
附录 1 数制与编码	31
导读二 单片机开发工具	37
项目一 指示灯控制系统的设计与调试	65
任务一 指示灯亮灭控制模块	66
第一部分 任务学习引导	66
第二部分 工作页	74
第三部分 练习页	77
附录 2 AT89C51 的 I/O 口	78
任务二 指示灯开关控制模块	81
第一部分 任务学习引导	82
第二部分 工作页	90
第三部分 练习页	95
附录 3 程序设计的基本结构	97
任务三 装饰灯控制模块	99
第一部分 任务学习引导	100
第二部分 工作页	111
第三部分 练习页	114
附录 4 AT89C51 的中断系统	116
项目二 超速报警系统的设计与调试	124
任务一 速度显示模块	125
第一部分 任务学习引导	126
第二部分 工作页	140
第三部分 练习页	142
任务二 转速测量模块	144
第一部分 任务学习引导	145
第二部分 工作页	160
第三部分 练习页	165
附录 5 AT89C51 的定时器/计数器脉冲宽度测量应用	166

任务三 超限报警模块	167
第一部分 任务学习引导	168
第二部分 工作页	170
第三部分 练习页	178
附录 6 液晶显示接口设计	179
项目三 电动自行车调速系统的设计与调试	191
任务一 调速信号采集模块	191
第一部分 任务学习引导	192
第二部分 工作页	200
第三部分 练习页	207
任务二 直流电动机驱动模块	209
第一部分 任务学习引导	209
第二部分 工作页	216
第三部分 练习页	225
任务三 电动机过电流保护模块	226
第一部分 任务学习引导	227
第二部分 工作页	228
第三部分 练习页	231
附录 7 AT89C51 串行接口	233
附录 8 补充知识	244
附录 9 MC5-51 指令系统汇总	249
附录 10 主要知识点索引表	254
参考文献	256

开篇导读

导读一 认识微控制器

单片机全称为单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer), 又称微控制器 (Microcontroller Unit) 或嵌入式控制器 (Embedded Controller), 是微型计算机的一个很重要的分支。将计算机的中央处理器 (CPU)、存储器 (ROM, RAM)、各种输入/输出接口 (并行 I/O、串行 I/O、定时器/计数器、中断控制以及 A/D 转换器等)、系统时钟及系统总线等基本部件微型化并集成到一块硅片上, 这样一块芯片具有微型计算机的功能, 因此称为单片微型计算机。

单片机被称为微控制器, 是因为它最早应用在工业控制领域。单片机由芯片内仅有 CPU 的专用处理器发展而来。最早的设计理念是通过将大量外围设备和 CPU 集成在一个芯片中, 使计算机系统更小, 更容易集成到复杂的且对要求严格的控制设备当中。Intel 的 Z80 是最早按照这种思想设计的处理器, 从此以后, 单片机和专用处理器的发展便分道扬镳了。

一、微控制器的发展及应用

单片机自 1976 年诞生以来, 世界各大半导体公司推出的单片机已有数十个系列几百种产品。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大的好评。此后 MCS-51 单片机系列得到了进一步的发展和补充。基于这一系列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的提高。随着 Intel i960 系列特别是后来的 ARM 系列的广泛应用, 32 位单片机迅速取代了 16 位单片机的高端地位, 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 20 世纪 80 年代提高了数百倍。目前, 高端的 32 位单片机主频已经超过 300MHz, 性能直追 20 世纪 90 年代中期的专用处理器, 而普通型号的出厂价格跌落至 1 美元, 最高端的型号也只有 10 美元。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已被广泛应用在全系列的单片机上。而在作为掌上计算机和手机核心处理的高端单片机甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。

MCS-51 具有以下特征: 典型的结构, 完善的总线专用寄存器的集中管理, 众多的逻辑位操作功能及面向控制的丰富的指令系统, 堪称为一代“名机”, 并为以后的其他单片机的发展奠定了基础。正因为其优越的性能和完善的结构, 导致后来的许多厂商多沿用或参考了其体系结构, 有许多世界大的电气商丰富和发展了 MCS-51 单片机, 像 PHILIPS、Dallas、ATMEL 等著名的半导体公司都推出了兼容 MCS-51 的单片机产品, 就连我国台湾地区的

WINBOND 公司也发展了兼容 C51（人们习惯将 MCS-51 简称 C51，如果没有特别声明，二者同指 MCS-51 系列单片机）的单片机品种。单片机经过 30 多年的迅猛发展，其产品已经形成了多公司、多系列、多型号的局面。当前影响较大的公司及其 8 位机型主要产品如表 0-1 所示。

表 0-1 目前较著名的 8 位单片机的生产厂家和主要机型

公 司	典型产品系列
Intel (美国英特尔) 公司	MCS-51 及其增强型系列
ATMEL (爱特梅尔) 公司	与 MCS 系列兼容的 MCS-51 系列
Motorola (摩托罗拉) 公司	6801 系列和 6805 系列
PHILIPS (荷兰飞利浦) 公司	8 × C552 及 89C66X 系列
Microchip (美国微芯科技) 公司	PIC16 5X 系列
Infineon (原 Siemens 半导体) 公司	C500 系列
Zilog (美国齐洛格) 公司	Z8 系列及 SUPER8
Fairchild (美国仙童) 公司	F8 系统和 3870 系统
Rockwell (美国洛克威尔) 公司	6500/1 系列
TI (美国得克萨斯仪器仪表) 公司	TMS7000 系列
NS (美国国家半导体) 公司	NS8070 系列
RCA (美国无线电) 公司	CDP180 系列
NEC (日本电气) 公司	uCOM87 (uPD7800) 系列
HITACHI (日本日立) 公司	HD6301、HD63L05、HD6305

随着超大规模集成电路技术的发展，单片机集成的功能越来越强大，并朝着系统的单片化 (SOC) 方向发展。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。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。

单片机广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域，大致可分如下几个范畴。

1. 在智能仪器仪表上的应用

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、元素以及压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化，且功能比采用电子或数字电路的更加强大，例如精密的测量设备（功率计，示波器，各种分析仪）。

2. 在工业控制中的应用

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、各种报警系统, 与计算机联网构成二级控制系统等。

3. 在家用电器中的应用

可以这样说, 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、音响视频器材, 再到各种电子称量设备, 五花八门, 无所不在。

4. 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, 为在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, 从手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信、再到日常工作中随处可见的移动电话, 集群移动通信, 无线电对讲机等。

5. 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、各种分析仪, 监护仪, 超声诊断设备及病床呼叫系统等。

6. 在各种大型电器中的模块化应用

某些专用单片机设计用于实现特定功能; 从而在各种电路中进行模块化应用, 且不要求使用人员了解其内部结构。如音乐集成单片机, 看似简单的功能, 微缩在纯电子芯片中(有别于磁带机的原理), 就需要复杂的类似于计算机的原理。如音乐信号以数字的形式存于存储器中(类似于ROM), 由微控制器读出, 转化为模拟音乐电信号(类似于声卡)。

在大型电路中, 这种模块化应用极大地缩小了体积, 简化了电路, 降低了损坏、错误率, 也方便更换。

此外, 单片机在工商、金融、科研、教育、国防航空航天等领域都有着十分广泛的用途。



二、常用的单片机

下面介绍几种常用的 8 位单片机芯片, 这些芯片是其所属系列比较有代表性的, 其余的芯片请读者参阅相关的技术资料自行查阅。通过对这些芯片的了解, 读者可以在实际应用中更加灵活地选型, 从而在开发过程中节省实际的成本。

1. ATMEL 公司 AT89C51 单片机

AT89C51 是美国 ATMEL 公司生产的低电压、高性能 CMOS 8 位单片机, 片内含 4KB 可反复擦写的 Flash 只读程序存储器和 128B 的随机存取数据存储器 (RAM), 器件采用高密度非易失存储器制造技术, 与工业标准的 MCS-51 指令集和输出引脚完全兼容。其方便易用、性价比高的显著特点, 可适用许多高性价比的应用场合, 可灵活应用于各种控制领域。其简化版 AT89C2051 也因价廉物美、体积小、功能强而受到用户的特别青睐。

本节主要以 AT89C51 为例, 讲解 C51 系列单片机的硬件结构。

AT89C51 内置中央处理单元、128B 内部数据存储器 RAM、4KB Flash 程序存储器、32 个双向输入/输出 (I/O) 口、21 个特殊功能寄存器, 可寻址各 64KB 的外部程序存储器和数据存储器, 其他各部件的功能和使用方法将在后续章节陆续介绍。

此外，AT89C51 有位寻址功能及较强的布尔数据处理能力，还可工作于低功耗模式，可通过两种软件选择空闲和掉电模式。在空闲模式下冻结 CPU 而 RAM 定时器、串行口和中断系统维持其功能。掉电模式下，保存 RAM 数据，时钟振荡停止，同时停止芯片内其他功能。因此掉电模式可以用在如软关机等场合。

(1) AT89C51 单片机的封装和引脚

AT89C51 有 PDIP (40pin)、TQFQ 和 PLCC (44pin) 三种封装形式，图 0-1 所示为 AT89C51PDIP 封装的引脚图，其功能特性如表 0-2 所示。

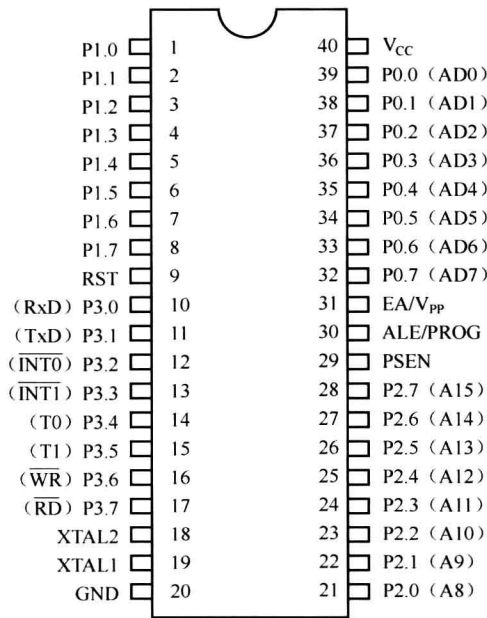


图 0-1 AT89C51 的引脚图

表 0-2

AT89C51 的主要功能特性

标准 MCS-51 内核和指令系统	4KB 内部 ROM (外部可扩展至 64KB)
32 个可编程双向 I/O 口	128x8bit 内部 RAM (可扩充 64KB 外部存储器)
2 个 16 位可编程定时/计数器	时钟频率 0~16MHz
5 个中断源	5.0V 工作电压
可编程全双工串行通信口	布尔处理器
2 层优先级中断结构	电源空闲和掉电模式
快速脉冲编程	2 层程序加密位
PDIP 和 PLCC 封装形式	兼容 TTL 和 CMOS 逻辑电平

① 电源引脚 V_{CC} 和 V_{SS}。

- V_{CC}: 电源端。正常工作和编程校验 (8051/8751) 时均为+5V。
- V_{SS}: 接地端。

② 时钟电路引脚 XTAL1 和 XTAL2: XTAL1 和 XTAL2 分别为内部振荡电路反相放大器的输入端和输出端。这两个引脚外接石英晶体和微调电容即可为内部时钟电路提供振荡脉冲信号,以产生单片机有序工作所必需的时钟节拍。

③ 控制信号引脚 RST/VPD、 $\overline{\text{ALE/PROG}}$ 、 $\overline{\text{PSEN}}$ 和 $\overline{\text{EA/VPP}}$ 。

- RST/VPD: RST 是复位信号输入端,高电平有效。当此输入端保持两个机器周期(24 个时钟振荡周期)的高电平时,就可以完成复位操作。RST 引脚的第 2 功能是 VPD,即备用电源输入端。当主电源 V_{CC} 发生断电或电压降到一定值时,备用电源通过 VPD 给内部 RAM 供电,以保证信息不丢失。

- $\overline{\text{ALE/PROG}}$: ALE 为地址锁存允许信号端。当访问外部存储器时,ALE 用来锁存由 P0 口送出的低 8 位地址信号。正常工作过程中,ALE 引脚以 $f_{osc}/6$ 的频率(f_{osc} 为晶振频率)不断向外输出正脉冲信号,因而又可用作外部定时。但要注意,每当访问外部存储器时,将跳过一个 ALE 脉冲。此引脚的第 2 功能 $\overline{\text{PROG}}$ 是对片内带有可编程 ROM 的单片机(例如 8751 等)编程写入时,作为编程脉冲的输入端。

- $\overline{\text{PSEN}}$: 外部程序存储器允许输出信号端,低电平有效。在访问外部 ROM 时,此端定时输出负脉冲作为读外部 ROM 的选通信号。在取指令期间,每当 $\overline{\text{PSEN}}$ 信号有效时,外部 ROM 的内容被送至数据总线(P0 口)。

- $\overline{\text{EA/VPP}}$: $\overline{\text{EA}}$ 为外部程序存储器访问允许信号端。当 $\overline{\text{EA}}$ 引脚接高电平时,CPU 先访问片内 ROM 并执行片内 ROM 中的指令,一旦地址超出片内 ROM 范围,再访问片外 ROM 的内容。当 $\overline{\text{EA}}$ 引脚接低电平时,CPU 只访问外部 ROM 并执行外部 ROM 中的指令。对于 8031,由于内部没有 ROM,因此 $\overline{\text{EA}}$ 引脚必须接地。该引脚的第 2 功能 VPP 是 8751EPROM 的 21V 编程电源输入端。

④ I/O 端口 P0、P1、P2 和 P3。

- P0 口: 8 位漏极开路的双向 I/O 口,即地址/数据总线复用口。作为输出口用时,每位的吸收电流的方式驱动 8 个 TTL 逻辑门电路。对端口写“1”可作为高阻抗输入端用。如需增加负载能力,可在 P0 总线上增加总线驱动器。

在访问外部数据存储器或程序存储器时,这组口线分时转换地址(低 8 位)和数据,实现总线复用。

在 Flash 编程时,P0 口接收指令字节,而在程序校验时,输出指令字节,校验时,要求外接上拉电阻。

- P1 口: 带内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口,P1 的输出缓冲级可驱动(吸收或输出电流)4 个 TTL 逻辑门电路。对端口写“1”,通过内部的上拉电阻把端口拉到高电平,此时可作输入口。做输入口使用时,因为内部存在上拉电阻,某个引脚被外部信号拉低时会输出一个电流(I_{IL})。

Flash 编程和程序校验期间,P1 接收低 8 位地址。

- P2 口: 带内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口,P2 的输出缓冲级可驱动(吸收或输出电流)4 个 TTL 逻辑门电路。对端口写“1”,通过内部的上拉电阻把端口拉到高电平,此时可作输入口。做输入口使用时,因为内部存在上拉电阻,某个引脚被外部信号拉低时会

输出一个电流 (I_{IL})。

在访问外部程序存储器或 16 位地址的外部数据存储器 (例如执行 MOVX @DPTR 指令) 时, P2 口送出高 8 位地址数据, 在访问 8 位地址的外部数据存储器 (如执行 MOVX @Ri 指令) 时, P2 口线上的内容 (即特殊功能寄存器 (SFR) 区中 P2 寄存器的内容) 在整个访问期间不改变。

Flash 编程或校验时, P2 亦接收高位地址和其他控制信号。

- P3 口: 带内部上拉电阻、引脚有复用功能的 8 位双向 I/O 口, 如表 0-3 所示。P3 的输出缓冲级可驱动 (吸收或输出电流) 4 个 TTL 逻辑门电路。对端口写 “1”, 通过内部的上拉电阻把端口拉到高电平, 此时可作输入口。做输入口使用时, 因为内部存在上拉电阻, 某个引脚被外部信号拉低时会输出一个电流 (I_{IL})。

表 0-3 P3 口各引脚第二功能

P3 口引脚	第二功能
P3.0	RXD (串行口输入)
P3.1	TXD (串行口输出)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (外部中断 0 输入)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (外部中断 1 输入)
P3.4	T0 (定时器 0 外部输入)
P3.5	T1 (定时器 1 外部输入)
P3.6	WR (外部 RAM 写信号)
P3.7	RD (外部 RAM 读信号)

P3 口还接收一些用于 Flash 存储器编程和程序校验的控制信号。

注意: AT89C51 直接驱动负载时每个端口可驱动的最大灌电流负载 (I_{OL}) 为 10mA; 每组端口 8 个引脚的总灌电流负载驱动能力 P0 口为 26 mA, P1~P3 为 15mA; 4 组 (P0,P1,P2,P3) 端口 32 个引脚的总灌电流负载驱动能力为 71 mA。驱动 TTL 负载时扇出系数为 8, 驱动其他负载时, 只能使用灌电流方式, 其电流大小如前所述。

(2) AT89C51 单片机的内部结构

AT89C51 虽然仅是一块芯片, 但包括了构成计算机的基本部件, 因此可以说它是一台简单的计算机。

图 0-2 所示为 AT89C51 单片机的内部结构框图。如图 0-2 所示, 单片机内部各个部分 (CPU、RAM、ROM、I/O 接口等) 由总线 (共分为地址总线 AB、数据总线 DB、控制总线 CB 三大类) 紧密地联系在一起。这就像人体的各个部位都通过神经受大脑的控制, 心脏通过周身的血管将新鲜的血液送到身体的各个部位一样。

(3) AT89C51 单片机的存储器

存储器是单片机内用于存储数据的地方。为了便于理解, 可以把一个存储器看作是一个大柜子, 这个大柜子里有许多小抽屉, 每一个小抽屉都可以用来存放一个数据。而 51 系

列单片机处理的数据都是以字节（B）为单位的，每一字节包含 8 位二进制数字（0 或 1），所以，每一个小抽屉里又分成了 8 格。如果要在单片机内存储一个数据“6”，也就是“0000110”，只要在“抽屉”格子里对应地存入“1”或“0”就可以了（“1”或“0”依靠电平的高或低来实现）。

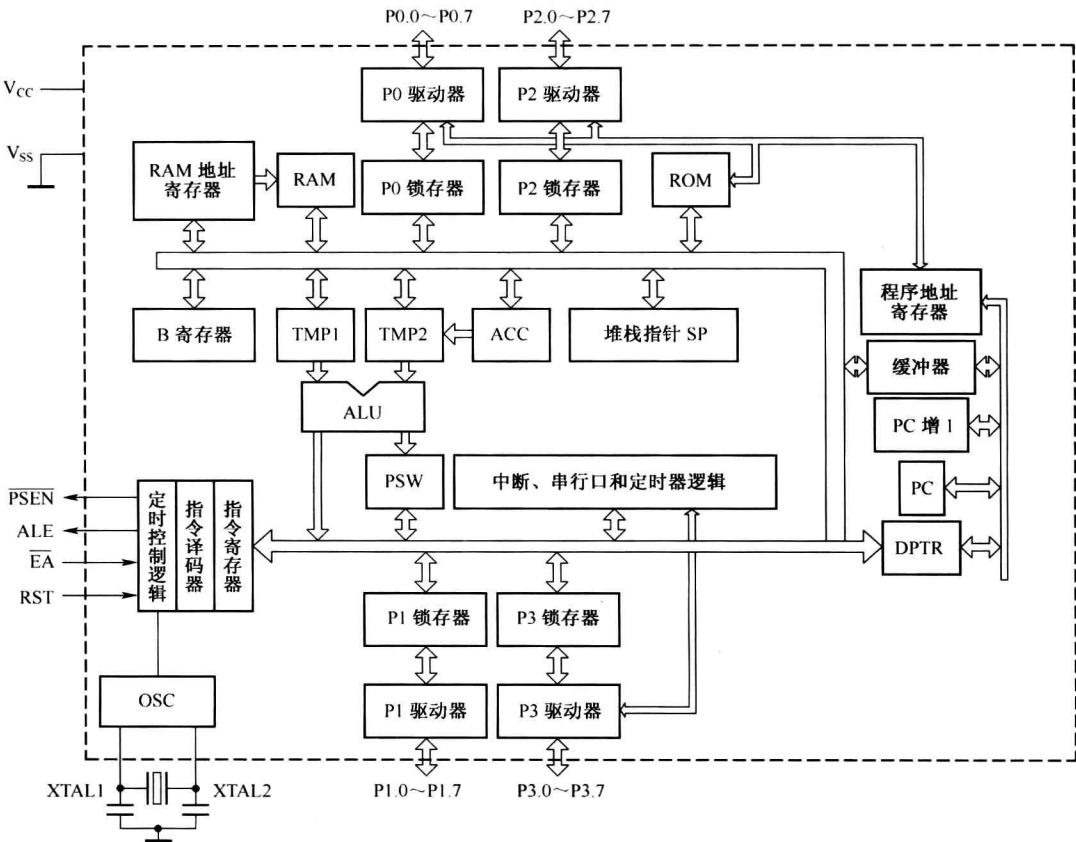


图 0-2 MCS-51 单片机的内部结构框图

AT89C51 单片机的存储器结构如图 0-3 所示，可分成 3 个部分，即程序存储器、内部数据存储器和外部数据存储器。

① 程序存储器。

程序存储器主要是用于存放程序代码和一些固定的表格数据，单片机工作过程中其内容始终保持不变。由图 0-3 可知，MCS-51 单片机的程序存储器可以分为片内和片外两部分。片内有程序存储空间，相当于有 4KB 用来存放数据。那么，如何对这 4KB 进行区分？如前面举例，存储器就像一个大柜子，里面有 4KB 个小抽屉，我们对这这些小抽屉进行地址分配，为 0000H~0FFFH，刚好 4KB 个不同的地址代码，一一对应，可以通过地址总线来进行寻址。同理，片外有 64KB 程序存储空间，每一个字节也对应一个地址代码，从 0000H 开始编址，到 FFFFH 为止。在地址 0000H~0FFFH 内，片内、片外地址有重叠，由 EA 引脚信号来控制内、外程序存储器的选择。

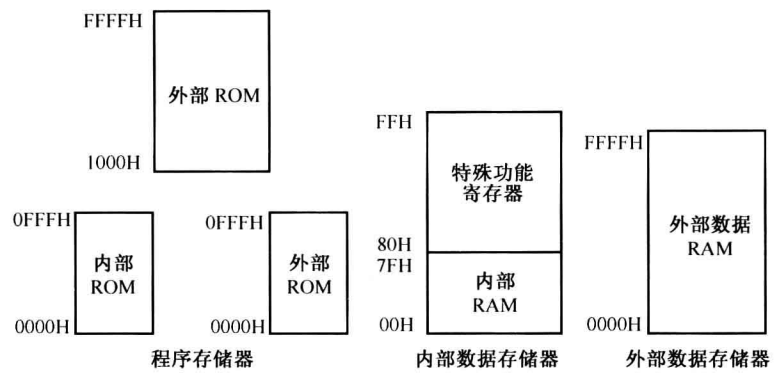


图 0-3 AT89C51 单片机的存储器结构

系统复位后，CPU 自动从 0000H 处开始一条一条地执行指令。因此 0000H 处必须放置程序的第一条指令。

② 数据存储器。

数据存储器也称随机存取存储器（RAM），用户既可以从里面读数据，也可以往里面写数据，因此通常用于存放运算的中间结果、数据缓冲以及设置特征标志等。AT89C51 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，一个是内部数据存储器，另一个是外部数据存储器。

内部数据存储器共有 256B 存储空间，但只有低 128B（地址为 00H~7FH）是真正的数据存储空间，可供用户进行读或写操作，高 128B（地址为 80H~FFH）是作为单片机的特殊功能寄存器区。

注意：AT89C52 有 256B 的内部 RAM，80H~FFH 高 128B 与特殊功能寄存器（SFR）地址是重叠的，也就是高 128B 的 RAM 和特殊功能寄存器的地址是相同的，但物理上是分开的。当访问 7FH 以上的内部地址单元时，指令不同访问的位置也不同，这一点在后面的指令中介绍。

- 内部数据存储器区：内部 RAM 的 128B 地址空间分成不同的区域：工作寄存器区（00H~1FH）、位寻址区（20H~2FH）、堆栈和缓冲区（30H~7FH），如图 0-4 所示。

- 特殊功能寄存器区：AT89C51 单片机共有 21 个特殊功能寄存器，简称 SFR（Special Function Registers）。它们离散地分布在 80H~FFH 的地址空间内。这些特殊功能寄存器包括累加器 A、寄存器 B、程序状态字寄存器 PSW、定时器/计数器、I/O 口锁存器以及各种控制寄存器等，其地址分配如表 0-4 所示。

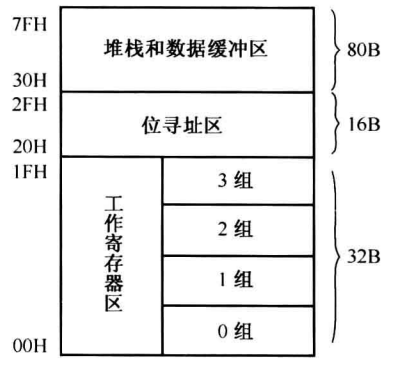


图 0-4 内部数据存储器区

表 0-4 特殊功能寄存器地址分配表

寄存器符号	寄存器名称	字节地址	说明
B	B 寄存器	F0H	可位寻址 (F7H~F0H)
ACC	累加器	E0H	可位寻址 (E7H~E0H)
PSW	程序状态字寄存器	D0H	可位寻址 (D7H~D0H)
IP	中断优先级控制寄存器	B8H	可位寻址 (BFH~B8H)
P3	P3 口	B0H	可位寻址 (B7H~B0H)
IE	中断允许控制寄存器	A8H	可位寻址 (AFH~A8H)
P2	P2 口	A0H	可位寻址 (A7H~A0H)
SBUF	串行口数据缓冲器	99H	仅字节寻址
SCON	串行口控制寄存器	98H	可位寻址 (9FH~98H)
P1	P1 口	90H	可位寻址 (97H~90H)
TH1	定时器/计数器 1 (高字节)	8DH	仅字节寻址
TH0	定时器/计数器 0 (高字节)	8CH	仅字节寻址
TL1	定时器/计数器 1 (低字节)	8BH	仅字节寻址
TL0	定时器/计数器 0 (低字节)	8AH	仅字节寻址
TMOD	定时器/计数器方式控制寄存器	89H	仅字节寻址
TCON	定时器/计数器控制寄存器	88H	可位寻址 (8FH~88H)
PCON	电源控制寄存器	87H	仅字节寻址
DPH	数据地址指针 (高字节)	83	仅字节寻址
DPL	数据地址指针 (低字节)	82H	仅字节寻址
SP	堆栈指针	81H	仅字节寻址
P0	P0 口	80H	可位寻址 (87H~80H)

从表 0-4 可知,有些特殊功能寄存器不仅可以按字节寻址,还可按位寻址(其字节地址均可以被 8 整除),位地址是 80H~F7H。这些位可用多种形式表示,例如,程序状态字寄存器中的进位标志位可以用下列几种不同的形式表示。

一般采用“位助记符”和“寄存器.位”这两种形式表示。

CY (位助记符)
D7H (直接位地址)
PSW.7 (寄存器.位)
D0H.7 (字节地址.位)

尽管表达方式不同,但它们都表示同一个单元。

注意:位寻址的具体内容在后面的 AT89C51 单片机的指令系统部分有详细介绍。

程序状态字寄存器 PSW (Program Status Word) 共 8 位,主要用于存放程序运行过程中的有关状态信息。寄存器的各位定义如下,其中 PSW.1 是保留位,未使用。

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

CY (PSW.7) ——进位标志 (助记符为 C)。此位有两个功能, 一是当累加器 A 的最高位有进位或借位时, 硬件自动将该位置位 (CY = 1), 否则该位自动清零; 二是在位操作中作为“位累加器”使用。

AC (PSW.6) ——辅助进位标志。进行加、减运算时, 当累加器 A 的低 4 位数向高 4 位数有进位或借位时, AC 自动置位, 否则自动清零。

F0 (PSW.5) ——用户自定义标志。供用户自行定义, 用做标记, 可用软件使其置位或清零。

RS1、RS0 (PSW.4、PSW.3) ——寄存器组选择控制位。MCS-51 单片机片内 RAM 的 00H~1FH 共 32B 被均匀地分为 4 组, 每组 8 个 8 位寄存器, 均以 R0~R7 来命名。CPU 只要根据用户定义的 RS1 和 RS0, 即可选中其中一组寄存器, 对应的编码关系如表 0-5 所示。

表 0-5 程序状态字与工作寄存器组对应关系

RS1	RS0	寄存器组	地 址							
			R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
0	0	0 组	00H	01H	02H	03H	04H	05H	06H	07H
0	1	1 组	08H	09H	0AH	0BH	0CH	0DH	0EH	0FH
1	0	2 组	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H
1	1	3 组	18H	19H	1AH	1BH	1CH	1DH	1EH	1FH

OV (PSW.2) ——溢出标志。带符号数进行加减运算时, 若结果超出了累加器 A 所能表示的符号数有效范围 (-128~+127), 则产生溢出, OV 自动置 1, 表明运算结果错误。如果 OV 自动清零, 表明没有产生溢出, 运算结果正确。

进行乘法运算时, 若乘积超过 255, 则 OV 自动置 1, 表明乘积存放在 A 和 B 两个寄存器中。若 OV 为 0, 则说明乘积没有超过 255, 乘积只存放在累加器 A 中。

进行除法运算时, 若除数为 0, 则 OV 自动置 1, 运算不被执行, 否则 OV 清零。

P (PSW.0) ——奇偶校验位。每个指令周期都由硬件来置位或清零, 以表示累加器 A 中“1”的位数的奇偶性。若“1”的位数为奇数, 则 P 自动置位, 否则清零。该标志位常用于检验数据传输的正确性。

- 外部数据存储器: AT89C51 单片机具有扩展 64KB 外部数据存储器的能力。外部数据存储器编址为 0000H~FFFFH, 有一部分地址与内部数据存储器重叠 (0000H~0FFFH), 由指令形式的不同来区分。

(4) AT89C51 单片机定时/计数器

AT89C51 单片机内部设置了两个 16 位可编程的定时器/计数器 T0 和 T1, 顾名思义, 它们可以用来设计处理有关定时和计数方面的问题, 精度非常高。它们具有定时和计数两种工作模式以及 0~3 四种工作方式, 用户可通过软件对相应的控制寄存器 TCON 和 TMOD

编程，来合适的工作模式和工作方式。定时器/计数器 T0 由 TL0、TH0 构成，定时器/计数器 T1 由 TL1、TH1 构成。TCON 和 TMOD 都是特殊功能寄存器，系统复位时，寄存器的所有位都被清零。

AT89C51 单片机定时器/计数器的结构框图如图 0-5 所示。

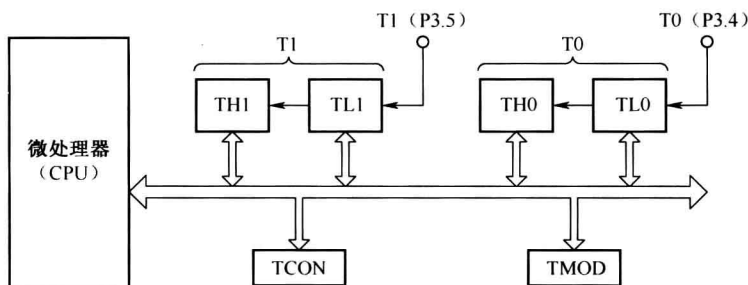


图 0-5 定时器/计数器结构框图

(5) AT89C51 单片机串行接口

AT89C51 单片机有一个全双工的串行数据接口，可以将单字节的 8 位数据，逐位地串行发送或接收。该接口由两个物理上独立的串行数据发送/接收缓冲器 SBUF (占用同一地址，99H)、发送控制器、接收控制器、输入移位寄存器、输出控制门和波特率发生器 T1 组成，如图 0-6 所示。

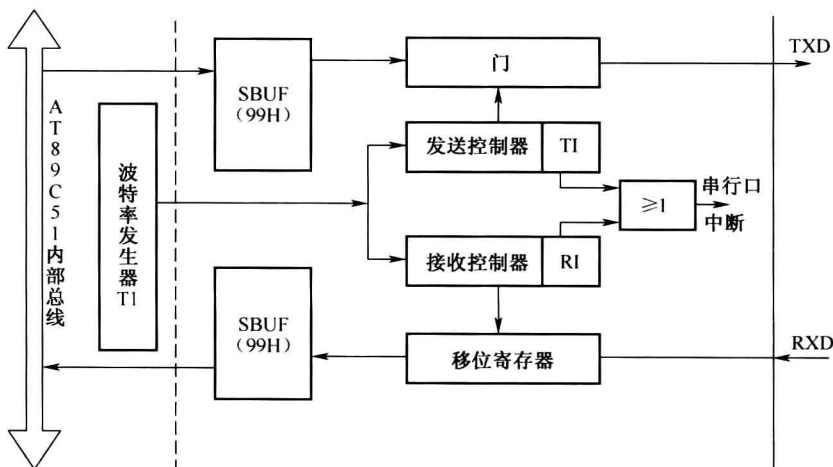


图 0-6 串行接口内部结构示意图

(6) AT89C51 单片机中断系统

中断即由于某个事件的发生，CPU 暂停当前正在执行的程序，转而执行处理突发事件的一个程序。该程序执行完成后，CPU 接着执行被暂停的程序。例如读者正在看书时突然电话铃声响了，他把书扣在桌上，然后去接电话，接完电话后回来继续看书。

AT89C51 的中断系统中一共有 5 个中断源，两个外部中断源 (IE0 和 IE1)，两个定时