

单片机原理与应用

DANPIANJI YUANLI YU YINGYONG

主 编 杨敏 周书成 何奕 王博



四川大学出版社

单片机原理与应用

DANPIANJI YUANLI YU YINGYONG

主 编 杨敏 周书成 何奕 王博



四川大学出版社

责任编辑:梁 平
责任校对:赵志伟
封面设计:米迦设计工作室
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用 / 杨敏等主编. —成都: 四川大学出版社, 2015. 7
ISBN 978-7-5614-8811-9
I. ①单… II. ①杨… III. ①单片微型计算机—中等专业学校—教材 IV. ①TP368. 1
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 175289 号

书名 单片机原理与应用

主 编 杨 敏 周书成 何 奕 王 博
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行 四川大学出版社
书 号 ISBN 978-7-5614-8811-9
印 刷 四川永先数码印刷有限公司
成品尺寸 185 mm×260 mm
印 张 13
字 数 315 千字
版 次 2015 年 8 月第 1 版
印 次 2015 年 8 月第 1 次印刷
定 价 36.00 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。
电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。
◆网址:<http://www.scup.cn>

目 录

项目一 认识单片机	(1)
任务一 什么是单片机.....	(2)
任务二 MCS-51 单片机内部结构及引脚功能	(5)
任务三 MCS-51 单片机的存储器结构	(9)
任务四 搭接单片机最小应用系统.....	(15)
任务五 学习计算机基础知识.....	(20)
项目二 制作简易交通灯	(29)
任务一 学习单片机常用开发工具.....	(30)
任务二 指令格式及寻址方式.....	(44)
任务三 单片机控制一只发光二极管闪烁.....	(47)
任务四 完成简易交通灯的制作与调试.....	(67)
项目三 制作简易抢答器	(85)
任务一 数码管学习.....	(86)
任务二 运算指令.....	(91)
任务三 键盘接口电路及编程.....	(97)
任务四 完成简易抢答器的制作与调试.....	(106)
项目四 制作简易水位报警器	(114)
任务一 学习中断系统.....	(115)
任务二 中断的应用.....	(122)
任务三 完成水位报警器的制作与调试.....	(129)
项目五 简易数字时钟制作	(135)
任务一 定时/计数器学习	(136)
任务二 定时/计数器的应用	(142)
任务三 完成简易数字时钟的制作与调试.....	(147)
项目六 玩转点阵显示	(158)
任务一 串行口的基础知识.....	(159)
任务二 串行口的应用.....	(165)

任务三 玩转点阵显示.....	(167)
项目七 制作简易温度检测与报警器.....	(177)
任务一 A/D 转换器 ADC0809	(178)
任务二 电动机正反转控制.....	(182)
任务三 制作简易温度检测与报警器.....	(185)
附录.....	(193)
附录一 MCS-51 单片机指令表	(193)
附录二 教材部分项目拓展程序.....	(198)

项目一 认识单片机

○ 项目引入

在生活中，我们随处可见单片机的应用产品。工业自动化：数据采集、测控技术、手持粮库温度寻检设备。智能仪器仪表：数字示波器、数字信号源、数字万用表、感应电流表等。消费类电子产品：洗衣机、电冰箱、空调机、电视机、微波炉、手机、IC卡、汽车电子设备等。通讯方面：调制解调器、程控交换技术、手机等。武器装备：飞机、军舰、坦克、导弹、航天飞机、鱼雷制导、智能武器等。凡是与控制或简单计算有关的电子设备都可以用单片机来实现，再根据具体实际情况选择不同性能的单片机，如：Atmel、Motorola、NEC、AVR、凌阳、80C51、ARM等。单片机功能强大，应用广泛。它是什么呢？如何选择呢？本项目共分5个任务来完成单片机的认识，我们来认识一下吧！

任务一 什么是单片机

任务二 MCS-51 单片机的内部结构及引脚功能

任务三 MCS-51 单片机的存储器结构

任务四 搭接单片机最小应用系统

任务五 学习计算机基础知识

○ 学习目标

知识目标

1. 了解什么是单片机及其应用领域。
2. 熟悉单片机的外部特征及引脚功能。
3. 掌握MCS-51单片机的总体结构。
4. 理解CPU、振荡器、程序存储器、数据存储器的作用。
5. 掌握单片机的数制及数的表示方法。

能力目标

能搭建单片机最小应用系统的电路。

情感目标

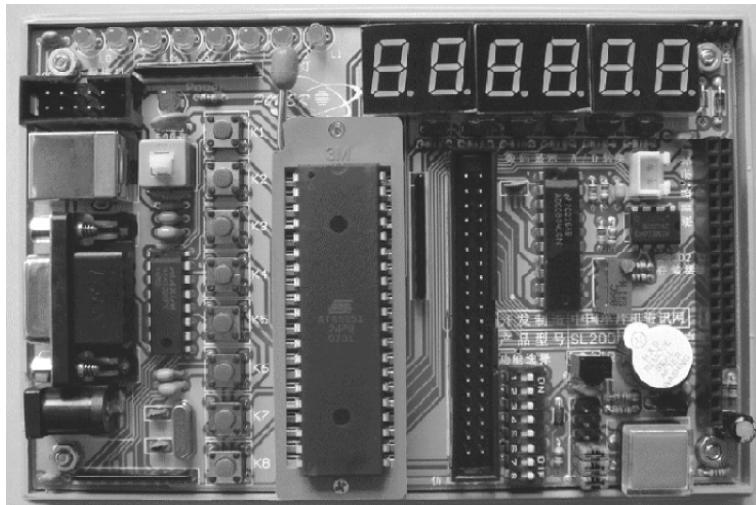
1. 培养学生独立钻研学习和创新的能力。
2. 培养小组的团队合作意识及热爱专业的精神。

任务一 什么是单片机

在开始学习单片机之前，让我们先认识一下单片机，了解单片机的基本结构、引脚及功能，并搭建单片机最小应用系统。

○ 基础知识

观看下面的单片机学习板，认识什么是单片机。



一、什么是单片机

单片机可以认为是一种计算机集成芯片，采用超大规模集成技术，将中央处理器(CPU)、存储器(ROM、RAM)、输入、输出接口集成在一块芯片上，构成的计算机硬件系统。

Intel公司推出了MCS-51系列单片机：集成8位CPU、4K字节ROM、128字节RAM、4个8位并口、1个全双工串行口、2个16位定时/计数器。寻址范围64K，并

有控制功能较强的布尔处理器。

二、单片机的发展

第一阶段（1976~1978年）：低性能单片机的探索阶段。以Intel公司的MCS-48为代表，采用了单片结构，即在一块芯片内含有8位CPU、定时/计数器、并行I/O口、RAM和ROM等。主要用于工业领域。

第二阶段（1978~1982年）：高性能单片机阶段，这一类单片机带有串行I/O口、8位数据线、16位地址线、控制总线、较丰富的指令系统等，可以寻址的范围达到64K字节。这类单片机的应用范围较广，并在不断地改进和发展。

第三阶段（1982~1990年）：16位单片机阶段。16位单片机除CPU为16位外，片内RAM和ROM容量进一步增大，实时处理能力更强，体现了微控制器的特征。例如Intel公司的MCS-96主振频率为12M，片内RAM为232字节，ROM为8K字节，中断处理能力为8级，片内带有10位A/D转换器和高速输入/输出部件等。

第四阶段（1990年至今）：微控制器的全面发展阶段，各公司的产品在尽量兼容的同时，向高速、强运算能力，寻址范围大以及小型廉价方面发展。

三、典型单片机概览

(1) Intel公司的MCS-51系列：

表1-1 Intel公司的MCS-51系列一览表

子系列	芯片	片内ROM容量及类型	片内RAM容量	中断源
51	8031 80C31	无	128B	5
	8051 80C51	4KB ROM	128B	5
	8751 87C51	4KB EPROM	128B	5
52	8032 80C32	无	256B	6
	8052 80C52	8KB 掩膜ROM	256B	6
	8752 87C52	8KB EPROM	256B	6

(2) Atmel公司：AT89系列（因为闪存而受青睐）。

(3) 飞利浦等其他公司。

四、单片机的分类

(1) 根据通道宽度分为：4位、8位、16位及32位。

(2) 根据存储类型分为：

①MASKROM（掩膜ROM）：8051、80C51、8052、80C52（工厂把程序直接做到芯片上了，用户不能更改）。

②EPROM：8751、87C51、8752（可紫外线擦除的只读存储器）。

③OTPROM：用户只能一次编程。

④FLASHROM：电信号擦除可编程ROM（可擦除1000多次）。

⑤片内无 ROM (ROM Less) 型: 8031、80C31、80C32。

(3) 根据片内不同容量分为:

①51 子系列: 芯片末位为 1 作为标志, 片内带 4KB 的 ROM/EPROM (8031、80C31 除外)。

②52 子系列: 芯片末位为 2 作为标志, 片内带 8KB 的 ROM/EPROM (8032、80C32 除外)。

(4) 根据芯片半导体制造工艺的不同分为:

①HMOS 工艺型: 8051、8052 等。

②CHMOS 工艺型: 80C51、80C52 等。

(5) 根据应用领域分为: 家电类、工控类、通信类、个人信息终端类等。

(6) 根据通用型分为: 通用型和专用型。

五、常用芯片识别方法

各式各样单片机可以通过单片机外部的一些标识进行简单识别:

Atmel	“9”:	芯片内部含有 Flash ROM
	C:	芯片是 CHMOS 工艺
	LV:	表示芯片是低电压控制
	S:	串行下载 Flash 存储器
8XC51/8X51	X=0	表示内部是掩膜 ROM
	X=7	表示芯片内部含有 EPROM/OTPROM
	X=9	表示内部含有 Flash ROM

六、单片机特点

较高的性能价格比。目前国内市场上, 一些单片机的芯片价格只有十几元人民币, 加上少量的外围器件, 就可以构成功能丰富的各种功能仪器仪表及控制装置。

集成度高, 体积小, 可靠性好。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, 提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。

控制功能强。单片机指令系统、硬件资源丰富, 能充分满足工业控制的各种要求。

低电压, 低功耗, 便于生产便捷式产品。

开发周期短、易于产品化。可根据需要构成各种规模的应用系统。

七、单片机的应用领域

工业自动化: 数据采集、测控技术。

智能仪器仪表: 数字示波器、数字信号源、数字万用表、感应电流表等。

消费类电子产品: 洗衣机、电冰箱、空调、电视机、微波炉、手机、IC 卡、汽车电子设备等。

通讯方面: 调制解调器、程控交换技术、手机等。

武器装备: 飞机、军舰、坦克、导弹、航天飞机、鱼雷制导、智能武器等。

八、本课程任务和学习

1. 学习条件和环境

硬件环境：个人计算机（PC）1台，常用工具1套（含万用表），单片机仿真器或实验开发板1台。

软件环境：用于编辑、编译、调试源程序的工具软件1套（如“伟福”模拟调试软件或者Keil软件），用于下载目标代码的ISP（在系统编程）下载软件1套。

2. 学习任务及方法

- (1) 熟悉单片机的内部资源。
- (2) 熟悉单片机的指令系统。
- (3) 理论与实践相结合。
- (4) 软件设计与硬件电路设计相结合。
- (5) 实践第一，多看、多练、多操作。

议一议

1. 学到这里你对单片机有多少了解？
2. 你身边的单片机有哪些？
3. 单片机和计算机有什么异同点？

任务二 MCS-51 单片机内部结构及引脚功能

80C51是MCS-51系列中的一个典型品种；其他厂商以80C51为基核开发出的CMOS工艺单片机产品统称为80C51系列。当前常用的80C51系列单片机主要产品有：

Intel的：80C31、80C51、87C51、80C32、80C52、87C52等；

Atmel的：89C51、89C52、89C2051等；

Philips、华邦、Dallas、STC、Siemens（Infineon）等公司的许多产品。

基础知识

一、MCS-51 单片机的基本结构

MCS-51单片机的基本结构如图1-1所示。单片机内部逻辑功能部件有中央处理器、振荡/分频器、程序存储器、数据存储器、定时器/计数器、中断控制系统、扩展功能控制电路、并行接口电路和串行接口电路，它们通过内部总线有机地连接起来。

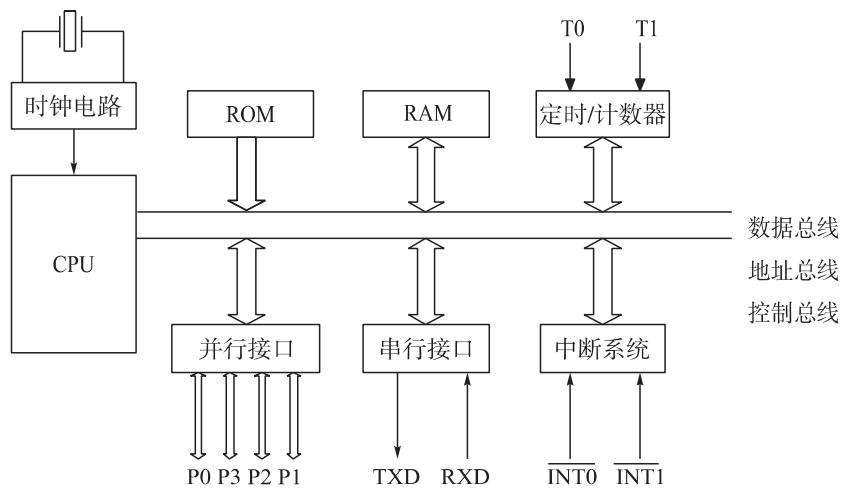


图 1-1 MCS-51 单片机的基本结构

1. 中央处理器 (CPU)

CPU 是单片机分析和运算的核心部件，是单片机的指挥中心，它的作用是读入和分析每条指令，根据每条指令的功能要求，控制各个功能部件执行相应的操作。

2. 振荡/分频器

振荡器的作用是构成时钟振荡电路，产生时钟脉冲；分频器的作用是对时钟脉冲分频产生单片机所需的时基脉冲信号，它为单片机各种功能部件提供统一而精确的执行信号，是单片机执行各种动作和指令的时间基准。MCS-51 单片机的时钟电路有两种形式：内部时钟方式和外部时钟方式，如图 1-3 所示。

单片机的其他功能部件的结构、作用以及应用将在后续相关内容中进行介绍。

二、单片机的引脚功能

各类型 MCS-51 系列单片机的端子相互兼容，用 HMOS 工艺制造的单片机大多采用 40 端子双列直插式 (DIP) 封装，当然不同芯片之间的端子功能会略有差异，用户在用的时候需要注意。

AT89S51 单片机是高档 8 位单片机，但由于受到集成电路芯片引脚数目的限制，所以有许多引脚具有第二功能，AT89S51 的引脚和实物如图 1-2 所示。

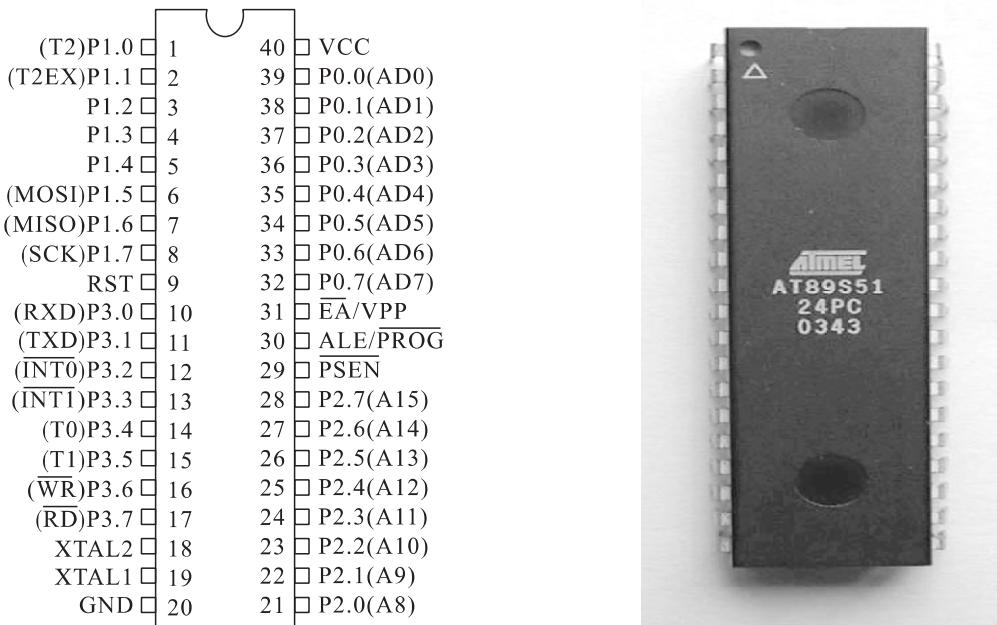


图 1-2 AT89S51 的引脚和实物图

AT89S51 的 40 个引脚大致分为电源、时钟、I/O 口、控制总线几部分，各引脚功能如下：

1. 电源引脚 (VCC 和 GND)

VCC：+5 V 电源。电源输入端，作为工作电源和编程校验。

GND：接公共地端。

2. 时钟振荡电路引脚 (XTAL1 和 XTAL2)

XTAL1 和 XTAL2：外接晶体引线端。当使用芯片内部时钟时，此二引线端用于外接石英晶体和负载电容；当使用外部时钟时，用于接外部时钟脉冲信号。如图 1-3 所示。

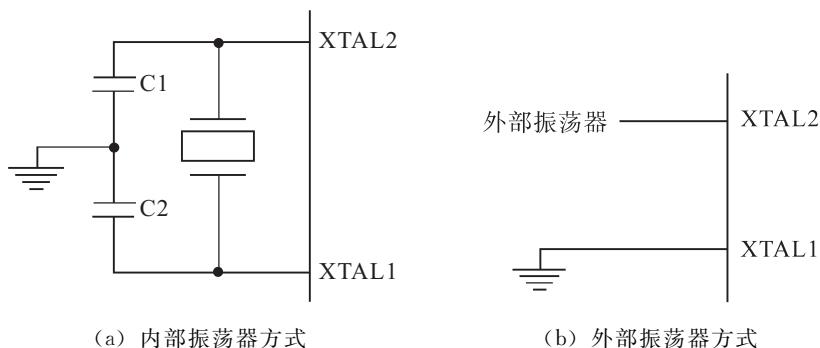


图 1-3 8051 单片机的振荡器方式

按照不同的工艺制造的单片机芯片外接振荡器时的接法如表 1-2：

表 1-2 单片机外接振荡器时的接法

芯片类型	接法	
	XTAL1	XTAL2
CHMOS	接外部振器脉冲输入端（上接电阻）	悬浮
HMOS	接地	接外部振荡器脉冲输入端（带上拉电阻）

3. 控制信号引脚 (RST/VPD、ALE、 \overline{PSEN} 、 \overline{EA} /VPP)

(1) RST: 复位信号。当输入的复位信号延续两个机器周期 (24 个时钟周期) 以上的高电平时即为有效, 用以完成单片机的复位初始化操作。

AT89S51 系列单片机的复位方式有上电自动复位和按键复位两种, 选择合适的 C、R 值, 就能使 RST 上的高电平维持两个机器周期以上, 在实现上电的同时完成复位。如图 1-4 所示。

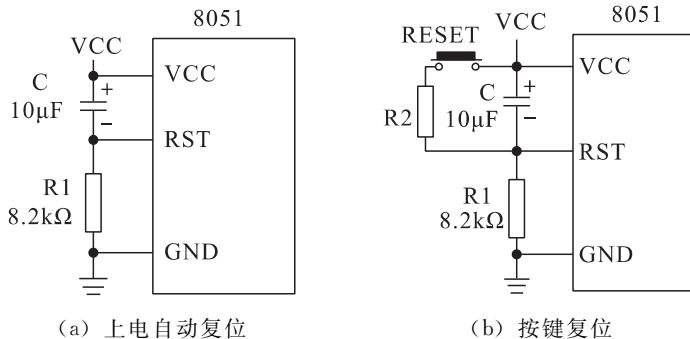


图 1-4 复位电路

(2) ALE: 地址锁存控制信号。在系统扩展时, ALE 用于控制把 P0 口输出的低 8 位地址锁存起来, 以实现低位地址和数据的隔离。此外, 由于 ALE 是以晶振 1/6 的固定频率输出的正脉冲, 因此, 可作为外部时钟或外部定时脉冲使用。

(3) \overline{PSEN} : 外部程序存储器读选通信号。在读外部 ROM 时, \overline{PSEN} 有效 (低电平), 以实现外部 ROM 单元的读操作。

(4) \overline{EA} /VPP: 访问程序存储器控制信号。当信号为低电平时, 对 ROM 的读操作限定在外部程序存储器; 当信号为高电平时, 对 ROM 的读操作是从内部程序存储器开始, 并可延至外部程序存储器。

4. I/O 引脚 (P0、P1、P2 和 P3)

P0.0~P0.7: 第一功能为: 通道 0 是一个 8 位漏极开路的双向输入输出通道, 在不扩展存储器或者 I/O 接口时, 作为准双向输入输出接口。第二功能是: 在外接存储器或者扩展 I/O 接口时, P0 口作为复用的低 8 位地址总线和双向数据总线。

P1.0~P1.7: 只有一种功能, 即准双向 I/O 口。

P2.0~P2.7: 第一功能可作为准双向 I/O 口使用; 但在接有片外存储器或扩展 I/O 接口范围超过 256B 时, 则该口可以启动第二功能, 一般只能作为高 8 位地址总线使

用。

P3.0~P3.7：该口除了作为准双向口外，还具有第二功能如表1-3。

表1-3 P3口各引脚第二功能

P3.0	RXD串行口输入	P3.1	TXD串行口输出
P3.2	INT0外部中断0输入	P3.3	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外部写控制	P3.7	RD外部读控制

以上是MCS-51单片机芯片40条引脚的定义及简单功能说明，P0~P3口都是双向I/O口，同时又是双功能口。在输入引脚信息前，必须向对应的锁存器写1，就驱动能力来说，P0口的驱动能力最强，为8个TTL门，其余3个口驱动能力为4个TTL门，在接口使用时应注意其负载能力。

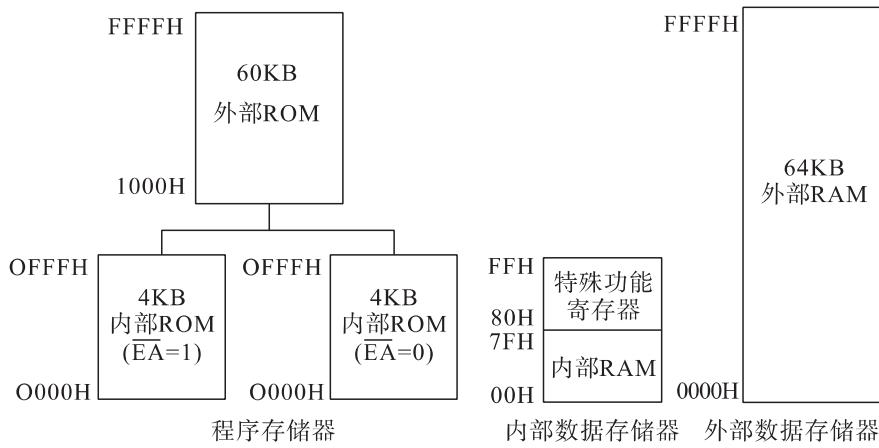
议一议

1. 查阅各种单片机使用说明手册，比较不同单片机之间的结构、引脚及功能有何不同之处？
2. 查阅单片机使用说明手册，想想不同类型的单片机在使用上有什么差别？

任务三 MCS-51单片机的存储器结构

基础知识

MCS-51系列单片机系统中存储器按安装的位置分，可分为内存和外存两类，外存又称为辅存。两者比较，内存具有存取速度快的优点，而外存具有容量大的优点，按照结构和使用功能分，又分为随机存储RAM和只读存储ROM两类。RAM的存取速度快，既可读取，也可写入，适用于存放系统运行过程中的各种临时数据，有时也称为数据存储器，缺点在于断电时信息会丢失。ROM在运行时只能执行读操作，断电后ROM中存放的信息不会丢失，因此适用于存放程序、常数、表格等，有时也称为程序存储器。因此单片机内部存储器一般分为5部分，它们分别是片内RAM、片外RAM、片内ROM、片外ROM和片内特殊功能寄存器(SFR)。将这5种存储器编排在3个地址空间，即程序存储器空间、片内数据存储器空间、片外数据存储器空间。存储器空间分配情况如图1-5所示。



一、程序存储器空间

程序存储器用来存放已经编制好的固定程序和表、常数等。对于 MCS-51 系列单片机可寻址的地址空间为 64K 字节，它包括片内 ROM 和片外 ROM。MCS-51 系列单片机中，有的芯片有片内程序存储器（如 AT89S51），有的芯片内没有程序存储器（如 8031）。下面以 AT89S51 为例讲述地址空间的分配。

AT89S51 片内有 4 KB ROM，片外还可以扩展 64 KB ROM。片内 4 KB ROM 和片外低 4 KB ROM 地址重复，分配的地址空间为 0000H~0FFFH。EA 引脚输入高电平的时候使用的是内部 ROM，输入低电平的时候使用的是外部 ROM，因此单片机使用由 EA 引脚输入的信号决定是使用片内 ROM 还是片外 ROM。

二、数据存储器空间

1. 内部 RAM

AT89S51 芯片内部共 256B，其中含有高 128B 和低 128B 的 RAM，低 128B 其地址为 00H~7FH。按用途可分为三个部分：工作寄存器区、位寻址区和一般 RAM 区。如图 1-6 所示。

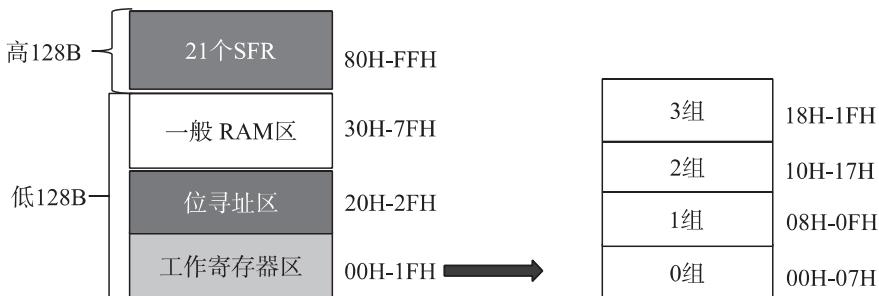


图 1-6 内部 RAM 结构

(1) 工作寄存器区。

共含有 32 个单元 (00H~1FH)，平均分成四组，每一组含有 8 个单元，记作 R0~R7。其作用是用于存放操作数以及指令执行的中间结果。寄存器到底选择哪一组，用 PSW 的 RS1 和 PS0 来决定，默认情况下单片机工作在第 0 组。

(2) 位寻址区。

共有 16 个单元 (20H~2FH)。这 16 个单元中的每一个位都有一个位地址，它们的位地址范围是 00H~7FH。这个区域既可以进行位操作，又可以进行字节操作。如表1-4所示。

表 1-4 片内 RAM 的位寻址

字节地址	位地址映像							
2FH	7FH	7EH	7DH	7CH	7BH	7AH	79H	78H
2EH	77H	76H	75H	74H	73H	72H	71H	70H
2DH	6FH	6EH	6DH	6CH	6BH	6AH	69H	68H
2CH	67H	66H	65H	64H	63H	62H	61H	60H
2BH	5FH	5EH	5DH	5CH	5BH	5AH	59H	58H
2AH	57H	56H	55H	54H	53H	52H	51H	50H
29H	4FH	4EH	4DH	4CH	4BH	4AH	49H	48H
28H	47H	46H	45H	44H	43H	42H	41H	40H
27H	3FH	3EH	3DH	3CH	3BH	3AH	39H	38H
26H	37H	36H	35H	34H	33H	32H	31H	30H
25H	2FH	2EH	2DH	2CH	2BH	2AH	29H	28H
24H	27H	26H	25H	24H	23H	22H	21H	20H
23H	1FH	1EH	1DH	1CH	1BH	1AH	19H	18H
22H	17H	16H	15H	14H	13H	12H	11H	10H
21H	0FH	0EH	0DH	0CH	0BH	0AH	09H	08H
20H	07H	06H	05H	04H	03H	02H	01H	00H

(3) 一般 RAM 区。

共有 80 个单元 (30H~7FH)，一般把堆栈设置在此区域中。

2. 特殊功能寄存器 (SFR)

典型的 MCS-51 单片机共有 21 个特殊功能寄存器 (SFR)，分散地分布在 80H~0FFH 地址空间内。如表 1-5 所示。

表 1-5 特殊功能寄存器分布表

SPR 名称	符号	D7 位地址/位定义								D0	字节地址
B 寄存器	B	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0		(F0H)
累加器 A	ACC	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0		(E0H)
程序状态字	PSW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		(D0)
		CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	---	P		
中断优先级控制	IP	BF	BE	BD	BC	BB	BA	B9	B8		(B8H)
		---	---	---	PS	PT1	PX1	PT0	PX0		
I/O 端口 3	P3	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0		(B0H)
		P3.7	P3.6	P3.5	P3.4	P3.3	P3.2	P3.1	P3.0		
中断允许控制	IE	AF	AE	AD	AC	AB	AA	A9	A8		(A8H)
		EA	---	---	EA	ET1	EX0	ET0	EX0		
I/O 端口 2	P2	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0		(A0H)
		P2.7	P2.6	P2.5	P2.4	P2.3	P2.2	P2.1	P2.0		
串行数据缓冲	SBUF										(99H)
串行控制	SCON	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98		(98H)
		SW0	SW1	SW2	REN	TB8	RB8	TI	RI		
I/O 端口 1	P1	97	96	95	94	93	92	91	90		(90H)
		P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0		
定时/计数器 1 (高字节)	TH1										(8DH)
定时/计数器 0 (高字节)	TH0										(8CH)
定时/计数器 1 (低字节)	TL1										(8BH)
定时/计数器 0 (低字节)	TL0										(8A)
定时/计数器方式选择	TWOD	GATE	C/T	W1	W0	GATE	C/T	W1	W0		(89H)
定时/计数器控制	TCON	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88		(88H)
		TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0		
电源控制与波特率选择	PCON										(87H)
数据指针高字节	DPH										(83H)
数据指针低字节	DPL										(82H)
堆栈指针	SP										(81H)
I/O 端口 0	P0	87	86	85	84	83	82	81	80		(80H)
		P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0		

对特殊功能寄存器的字节寻址问题作如下几点说明：

21 个可字节寻址的专用寄存器是不连续地分散在内部 RAM 高 128 个单元之中，尽管还余有许多空闲地址，这些地址是为以后扩展设备留用的，用户并不能使用。