

主编 贺哲荣 黄金波

AT89S51

单片机硬件设计 与编程实例



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

AT89S51

单片机硬件设计与编程实例

主 编:

贺哲荣 (湖南有色金属职业技术学院)
黄金波 (湖南有色金属职业技术学院)

副主编:

陆柏林 (湖南有色金属职业技术学院)
闫军礼 (湖南有色金属职业技术学院)
刘志勇 (湖南有色金属职业技术学院)
丁贵娥 (湖南有色金属职业技术学院)
马 婷 (湖南有色金属职业技术学院)

参 编:

肖 峰	贺文娟	吴春燕	贺 娜	段俊宇	刘海光
陈伟梅	苏 林	骆 涛	姜东平	姜美辉	康次华
段国光	刘 胜	刘凯振	曾振华	伍金骠	潘 凯
刘三洪	张 霖	段吉鸿	康 林	粟 刚	陈益华
杨 为	邹 斌	姜新辉	黄秋平	梁建宏	罗富军
甄 旭	刘拥华	罗俊平			



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以目前应用最为普遍的 MCS-51 系列单片机的最新芯片 AT89S51 芯片为例,介绍了其硬件设计和编程实例。全书所有的程序设计采用中文字符串编程,这样便于中文读者对程序的理解,对每一个控制程序均提供了相应的硬件电路和印制电路板的设计,有利于读者边学习边实践。

本书共分为 6 章,第 1 章简要介绍了单片机的结构及较为详细地介绍了单片机的存储器及引脚功能;第 2 章详尽地剖析和解释了 MCS-51 系列单片机的汇编指令;第 3~5 章主要讲述了 AT89S51 单片机实例硬件电路的设计和印制电路板的设计及中文程序的编程设计;第 6 章简要介绍了单片机常用应用软件 Keil 的使用及运用举例。

本书通俗易懂,实用性强,讲述由浅入深,特别是对单片机的汇编指令解释透彻,书中所有的程序可直接用于实际工作中。通过认真学习此书,读者能够轻松地进入单片机的精彩世界。

本书对从事单片机工作的技术人员有很高的参考价值,也可供电工、电子、机械、自动控制、机电一体化、计算机专业的大、中专院校师生学习和参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

AT89S51 单片机硬件设计与编程实例 / 贺哲荣, 黄金波主编.
北京: 中国电力出版社, 2012.4
ISBN 978-7-5123-2974-4

I. ①A… II. ①贺… ②黄… III. ①单片微型计算机—
硬件—设计 ②单片微型计算机—程序设计 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 079560 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 7 月第一版 2012 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 408 千字

印数 0001—3000 册 定价 32.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

目前, 单片机技术已经广泛应用于工业控制、智能化仪表、机电一体化产品、家用电器及科研等领域。在高等院校或高级技工院校理工科类专业中, 单片机作为课程设计和毕业设计项目也有大量的应用。

单片机设计开发人员技术含量高, 且年收入可观。目前我国, 单片机行业存在大量的人才缺口, 相比于迅猛发展的单片机行业, 国内的单片机设计开发从业人员在今后相当长一段时间内都将供不应求。据统计, 到 2015 年, 我国单片机开发从业人员将达 350 万人, 而目前的从业者却不到 150 万人, 200 万的人才缺口以及可观的经济收入正驱动大量人员加入这个极具发展潜力的行业。基于以上原因, 特编写此书。

本书的硬件设计采用了目前应用最为普遍的 MCS-51 系列单片机的最新芯片 AT89S51 芯片, 该芯片价格便宜 (一般只需 5 元钱左右), 使用更方便, 工作更可靠, 速度更快。本书所有的程序设计均采用中文字符串编程, 用中文字符串替代了传统的英文字符串编程。这样有利于中文读者对程序的理解, 增加其可读性。为了使读者能学以致用, 本书对每一个控制程序均提供了相应的硬件电路, 同时提供印制电路板的设计, 这样有利于读者边学习边实践, 为读者无师自通奠定了基础。

本书共分为 6 章, 第 1 章简要介绍了单片机的结构及较为详细地介绍了单片机的存储器及引脚功能; 第 2 章详尽地剖析和解释了 MCS-51 系列单片机的汇编指令; 第 3~5 章主要讲述了 AT89S51 单片机实例硬件电路的设计和印制电路板的设计及中文程序的编程设计; 第 6 章简要介绍了单片机常用应用软件 Keil 的使用及运用举例。

本书对从事单片机工作的技术人员有很高的参考价值, 也可供电工、电子、机械、自动控制、机电一体化、计算机专业的大、中专院校理工科类师生学习和参考使用。

本书由贺哲荣、黄金波主编, 陆柏林、闫军礼、刘志勇、丁贵娥、马婷任副主编, 肖峰、贺文娟、吴春燕、贺娜、段俊宇、刘海光、陈伟梅、苏林、骆涛、姜东平、姜美辉、康次华、段国光、刘胜、刘凯振、曾振华、伍金骠、潘凯、刘三洪、张霖、段吉鸿、康林、栗刚、陈益华、杨为、邹斌、姜新辉、黄秋平、梁建宏、罗富军、甄旭、刘拥华、罗俊平参与了本书的编写工作。

由于作者水平有限, 书中疏漏之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

书中的中文编程均可在 KEIL C51 V8.08A 完全版或更高版本下运行。需要 Keil C51 V8.09A 软件的读者可以留言至 hezherong@126.com 邮箱索取学习版本。

编 者



目 录



前言

第1章 AT89S51 单片机基本结构	1
1.1 AT89S51 单片机的基本组成	2
1.2 AT89S51 单片机的内部结构	3
1.3 AT89S51 单片机的引脚及其功能	11
1.4 MCS-51 单片机的工作方式	13
1.5 MCS-51 系列单片机的时序	15
第2章 单片机汇编指令详解	19
2.1 概述	19
2.2 寻址方式	21
2.3 指令系统	23
2.3.1 概述	23
2.3.2 数据传送类指令详解	24
2.3.3 算术运算类指令详解	28
2.3.4 逻辑运算类指令详解	34
2.3.5 控制转移指令详解	37
2.3.6 布尔变量操作指令详解	41
2.3.7 汇编语言伪指令	44
第3章 AT89S51 单片机控制发光二极管实用程序设计	50
3.1 单个二极管闪烁控制程序	50
3.1.1 单个二极管闪烁控制硬件电路	50
3.1.2 单个二极管闪烁控制程序设计	51
3.2 8 位流水灯控制程序	52
3.2.1 8 位流水灯控制硬件电路	52
3.2.2 8 位流水灯控制程序设计	54
3.3 由按钮控制灯亮程序	55
3.3.1 由按钮控制灯亮硬件电路	55
3.3.2 由按钮控制灯亮程序设计	56
3.4 花样彩灯控制程序	57
3.4.1 花样彩灯控制硬件电路	58
3.4.2 花样彩灯控制程序设计	59
3.5 中断响应流水灯控制程序	60

3.5.1	中断响应流水灯控制硬件电路	61
3.5.2	中断响应流水灯控制程序设计	62
3.6	由按钮控制流水灯程序	63
3.6.1	由按钮控制流水灯硬件电路	64
3.6.2	由按钮控制流水灯程序设计	65
3.7	定时器中断彩灯控制程序	67
3.7.1	定时器中断彩灯控制硬件电路	67
3.7.2	定时器中断彩灯控制程序设计	69
3.8	一键多灯控制程序	70
3.8.1	一键多灯硬件电路	71
3.8.2	一键多灯控制程序设计	72
3.9	键盘花样彩灯控制程序	74
3.9.1	键盘花样彩灯硬件电路	74
3.9.2	键盘花样彩灯控制程序设计	76
第4章	AT89S51单片机控制数码管显示实用程序及设计	82
4.1	数码管静态显示字符“5”控制程序	82
4.1.1	数码管静态显示字符“5”控制硬件电路	82
4.1.2	数码管静态显示字符“5”控制程序设计	83
4.2	4位数码管静态显示字符“5555”控制程序	84
4.2.1	4位数码管静态显示字符“5555”控制硬件电路	84
4.2.2	4位数码管静态显示字符“5555”控制程序设计	87
4.3	4位数码管动态显示控制程序	88
4.3.1	4位数码管动态显示控制硬件电路	88
4.3.2	4位数码管动态显示控制程序设计	90
4.4	8位数码管依次动态显示字符“0~7”控制程序	92
4.4.1	8位数码管依次动态显示字符“0~7”控制硬件电路	92
4.4.2	8位数码管依次动态显示控制程序设计	94
4.5	8位数码管依次动态显示字符“0~F”控制程序	96
4.5.1	8位数码管依次动态显示字符“0~F”控制硬件电路	96
4.5.2	8位数码管依次动态显示字符“0~F”控制程序设计	96
4.6	数码显示抢答器控制程序	98
4.6.1	数码管显示抢答器控制硬件电路	98
4.6.2	数码管显示抢答器控制程序设计	100
4.7	篮球比赛计分器控制程序	102
4.7.1	篮球比赛计分器控制硬件电路	103
4.7.2	篮球比赛计分器控制程序设计	105
第5章	AT89S51单片机其他控制实用程序及设计	108
5.1	多功能灯光控制器控制程序	108
5.1.1	多功能灯光控制器控制硬件电路	108

5.1.2	多功能灯光控制器控制程序设计	110
5.2	密码锁控制程序	115
5.2.1	密码锁控制硬件电路	116
5.2.2	密码锁控制程序设计	118
5.3	温度控制程序	121
5.3.1	温度控制硬件电路	121
5.3.2	温度控制程序设计	124
5.4	交通信号灯控制程序	128
5.4.1	交通信号灯控制硬件电路	129
5.4.2	交通信号灯控制程序设计	131
5.5	步进电机控制程序	133
5.5.1	步进电机控制硬件电路	134
5.5.2	步进电机控制程序设计	135
5.6	时间顺序系统控制程序	138
5.6.1	时间顺序系统控制硬件电路	138
5.6.2	时间顺序系统控制程序设计	142
5.7	全自动洗衣机控制程序	145
5.7.1	全自动洗衣机控制硬件电路	145
5.7.2	全自动洗衣机控制程序设计	147
5.8	商场照明控制程序	150
5.8.1	商场照明控制硬件电路	151
5.8.2	商场照明控制程序设计	153
5.9	居室安全控制器程序	160
5.9.1	居室安全控制器硬件电路	160
5.9.2	居室安全控制器控制程序设计	163
5.10	交流电动机正、反转控制程序	170
5.10.1	交流电动机正、反转控制硬件电路	170
5.10.2	交流电动机正、反转控制程序设计	172
5.11	CA6140 型车床控制程序	173
5.11.1	CA6140 型车床控制硬件电路	174
5.11.2	CA6140 型车床控制程序设计	175
5.12	M7120 型平面磨床控制程序	178
5.12.1	M7120 型平面磨床控制硬件电路	180
5.12.2	M7120 型平面磨床控制程序设计	183
5.13	T68 型镗床控制程序	187
5.13.1	T68 型镗床控制硬件电路	189
5.13.2	T68 型镗床控制程序设计	191
5.14	X62W 型万能铣床控制程序	198
5.14.1	X62W 型万能铣床控制硬件电路	202

5.14.2 X62W 型万能铣床控制程序设计	204
第 6 章 Keil 软件在单片机中的应用	210
6.1 Keil 软件基本操作	210
6.1.1 Keil 软件简介	210
6.1.2 Keil 软件安装、注册	211
6.1.3 Keil 软件基本操作	222
6.2 Keil 软件应用举例	232

AT89S51 单片机基本结构

MCS-51 单片机是美国 Intel 公司于 1980 年推出的产品, 典型产品有 8031 (内部没有程序存储器, 实际使用方面已经被市场淘汰)、80C51 (芯片采用 HMOS, 功耗为 630mW, 是 89C51 的 5 倍, 实际使用方面已经被市场淘汰) 和 8751 等通用产品, 一直到现在, MCS-51 内核系列兼容的单片机仍是应用的主流产品 (比如目前流行的 AT89S51、已经停产的 AT89C51 等)。

由于 MCS-51 单片机影响极其深远, 许多公司都推出了兼容系列单片机, 也就是说 MCS-51 内核实际上已经成为一个 8 位单片机的标准。同样的一段程序, 在各个单片机厂家的硬件上运行的结果都是一样的, 比如 Atmel 的 AT89C51 (已经停产)、AT89S51, PHILIPS (飞利浦) 和 WINBOND (华邦公司) 等。人们常说的已经停产的 AT89C51 是指 Atmel 公司的 AT89C51 单片机, 它在原基础上增强了许多特性, 如时钟, 尤其是用 Flash (程序存储器的内容至少可以改写 1000 次) 存储器取代了原来的 ROM (一次性写入), AT89C51 的性能相对于 80C51 已经算是非常优越的了。

但 89C51 最致命的缺陷在于不支持 ISP (在线更新程序) 功能, 必须加上 ISP 等新功能才能更好地延续 MCS-51 的传奇。AT89S51 就是在这样的背景下取代 AT89C51 的, 现在, AT89S51 已经成为实际应用市场的新宠儿, 作为市场占有率第一的 Atmel 公司目前已经停止生产 AT89C51, 将用 AT89S51 代替 AT89C51。AT89S51 在工艺上进行了改进, 它采用 0.35 新工艺, 成本降低, 而且将功能提升, 增加了竞争力。AT89S $\times\times$ 可以向下兼容 AT89C $\times\times$ 等 51 系列芯片。

AT89S51 是一个低功耗、高性能 CMOS 8 位单片机, 片内含 8KB ISP (In-System Programmable) 的可反复擦写 1000 次的 Flash 只读程序存储器, 器件采用 Atmel 公司的高密度、非易失性存储技术制造, 兼容标准 MCS-51 指令系统及 80C51 引脚结构。功能强大的微型计算机 AT89S51 可为许多嵌入式控制应用系统提供高性价比的解决方案。

AT89S51 具有如下特点: 40 个引脚, 8KB Flash 片内程序存储器, 128B 的随机存取数据存储器 (RAM), 32 个外部双向输入/输出 (I/O) 口, 5 个中断优先级, 2 层中断嵌套中断, 2 个 16 位可编程定时计数器, 2 个全双工串行通信口, 看门狗 (WDT) 电路, 片内时钟振荡器。

此外, AT89S51 设计和配置了振荡频率可为 0Hz 并可通过软件设置的省电模式。在空闲模式下, CPU 暂停工作, 而 RAM 定时计数器、串行口、外中断系统可继续工作, 掉电模式冻结振荡器而保存 RAM 的数据, 停止芯片其他功能直至外中断激活或硬件复位。同时, 该芯片还具有 PDIP、TQFP 和 PLCC 三种封装形式, 以适应不同产品的需求。

AT89S51 与 80C51 相比, 外形管脚完全相同, AT89C51 的 HEX 程序无须任何转换即可直接在 AT89S51 上运行。AT89S51 比 80C51 新增了一些功能, 支持在线编程和看门狗是其中的主要特点。它们之间的主要区别在于以下几点。



(1) 引脚功能。管脚几乎相同, 发生变化的是: AT89S51 中的 P1.5、P1.6、P1.7 具有第二功能, 这 3 个引脚的第二功能组成了串行 ISP 编程的接口。

(2) 编程功能。80C51 仅支持并行编程, 而 AT89S51 不但支持并行编程, 还支持 ISP 在线编程。在编程电压方面, 80C51 的编程电压除正常工作的 5V 外, V_{pp} 需要 12V, 而 AT89S51 仅需要 4~5V 即可。

(3) 烧写次数更高。AT89S51 标称烧写次数是 1000 次, 实际上可为 1000~10000 次, 这样更有利于初学者反复烧写, 降低学习成本。

(4) 工作频率更高。80C51 的极限工作频率是 24MHz, 而 AT89S51 最高工作频率是 33MHz (AT89S51 芯片有两种型号, 支持的最高工作频率分别为 24MHz 和 33MHz), 从而具有更快的计算速度。

(5) 电源范围更宽。AT89S51 的工作电压范围达 4~5.5V, 而 80C51 在低于 4.8V 和高于 5.3V 时则无法正常工作。

(6) 抗干扰性更强。AT89S51 内部集成看门狗计时器 (Watchdog Timer), 而 80C51 需外接看门狗计时器电路, 或者用单片机内部定时器构成软件看门狗来实现软件抗干扰。

1.1 AT89S51 单片机的基本组成

AT89S51 单片机的基本组成如图 1-1 所示。从图 1-1 中可见, AT89S51 单片机内部包括了以下几个部分。

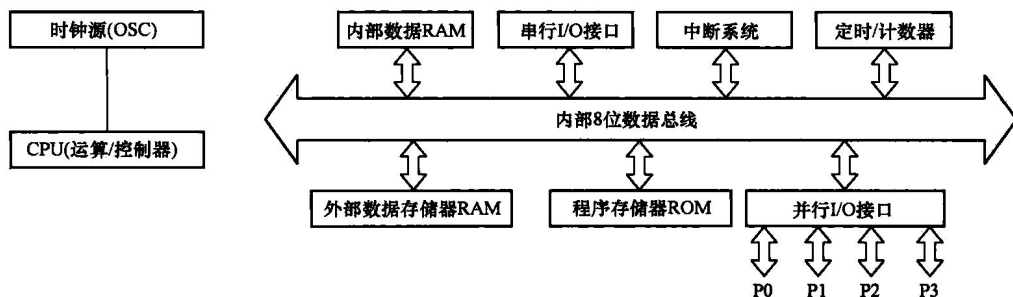


图 1-1 AT89S51 单片机的基本组成

(1) CPU 系统。它由一个 8 位的 CPU 组成, 是单片机的核心部件, 由运算器和控制器组成, 用来完成各种算术和逻辑运算。MCS-51 的 CPU 能处理 8 位二进制代码。

(2) 内部程序存储器。4KB 的片内程序存储器 ROM, 用以存放程序, 也可存放一些原始数据或表格。

(3) 内部数据存储器。256B 的片内数据存储器 RAM, 其中后 128 个单元作为专用寄存器, 所以, 实际作为数据存储器使用的只有 128B, 用以存放可读写的的数据及运算的中间结果和最终结果。

(4) 定时器/计数器。两个 16 位的定时器/计数器, 用于定时和对外部事件计数, 并可根据定时或计数结果对计算机进行控制。

(5) 输入/输出 (I/O) 接口。4 个 8 位可编程并行 I/O 接口, 每个口均可用做输入或输出, 用以实现 89S51 和其他设备之间的数据交换。

(6) 串行口。一个可编程的全双工串行口，用以实现单片机与其他设备之间一位一位地串行传送数据。

(7) 内部中断控制系统。MCS-51 单片机的中断功能较强，用以满足控制应用的需要。89S51 共有 5 个中断源，其中有两个外部中断，两个定时/计数中断，一个串行中断。

(8) 内部时钟产生电路。MCS-51 系列的单片机芯片内部均有时钟电路，用以产生单片机工作时所需要的时钟脉冲序列。但石英晶体振荡器和微调电容需外接，故系统允许最高晶振频率为 33MHz。

以上各部件通过内部数据总线相连接。

在许多情况下，单片机还要和外围设备或者外部存储器连接，这时的连接仍然采用总线方式。但在单片机中，一般都没有单独的总线，而是和并行 I/O 口共用：P0 口分时作为低 8 位地址线和 8 位数据线，P2 口作为高 8 位地址线。所以 89S51 的地址线是 16 条，数据线是 8 条。没有独立的总线，而是和并行 I/O 口共用，这是单片机的一个特点。单片机的另外一个特点是程序存储器和数据存储器分开，这样可扩大存储器的寻址空间。16 条地址线可分别寻址 64KB 的程序存储器空间和 64KB 的数据存储器空间，使实际的存储空间扩大一倍。

1.2 AT89S51 单片机的内部结构

AT89S51 内部划分为中央处理器 (CPU)、存储器、输入/输出 (I/O) 接口、定时与中断系统 4 部分，如图 1-2 所示。

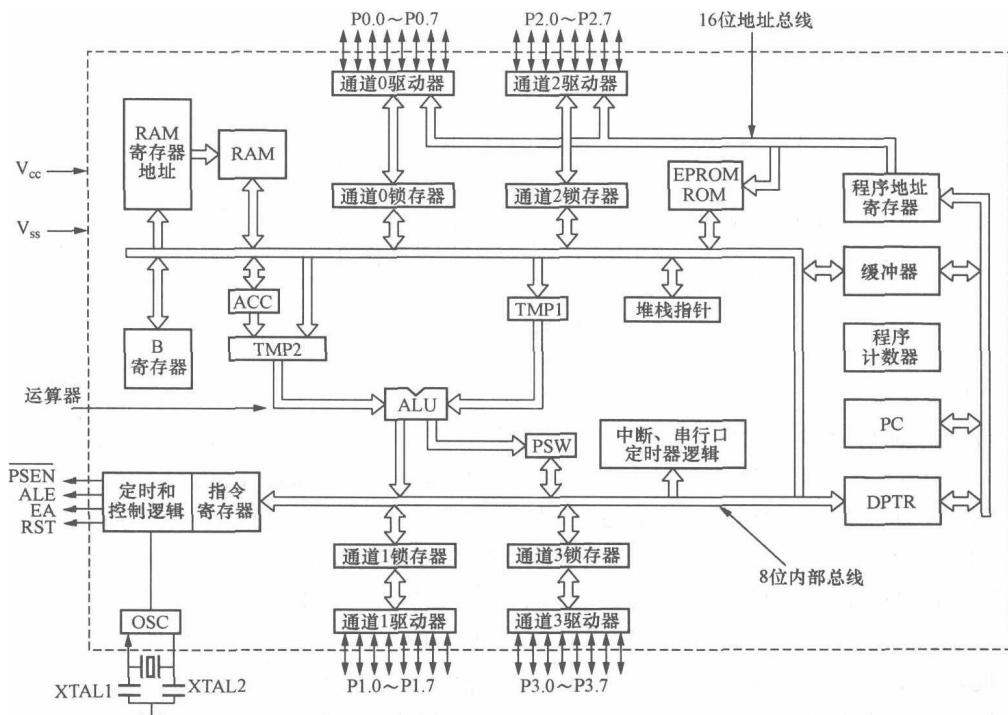


图 1-2 AT89S51 单片机的内部结构



一、中央处理器（CPU）

CPU 由运算器、控制器和具有若干特殊功能的寄存器组成。运算器可进行算术运算和逻辑运算，还可以直接完成乘除运算。AT89S51 的位操作功能很强，包括传送、运算以及转移等多项功能。

AT89S51 的控制器在单片机内部协调各功能部件之间的数据传送、数据运算等操作，并向单片机外部发出若干控制信息。这些控制信息有的通过专门的控制线传出，如 $\overline{\text{PSEN}}$ 、 $\overline{\text{ALE}}$ 、 $\overline{\text{EA}}$ 以及 RST ，也有一些和 P3 口的某些端合用，如 $\overline{\text{WR}}$ 、 $\overline{\text{RD}}$ 就是用 P3 口的第 6、7 位。

二、存储器

单片机存储空间的组织方式与一般微机不同。一般微机通常只有一个逻辑空间，根据需要将 ROM 和 RAM 安排在这个逻辑空间里不同的地址段。一个地址对应一个唯一的单元，用同样的指令访问，通过地址来区别 ROM 和 RAM。而 AT89S51 单片机的存储器组织则不同，它把程序存储器和数据存储器分开，各有自己的寻址系统、控制信号和功能，因此访问的时候，要用不同形式的指令。程序存储器用来存放程序和始终要保留的常数，数据存储器通常用来存放程序运行中所需要的常数或变量。从物理结构上看，它有 4 个存储空间，即片内程序存储器和片外程序存储器、片内数据存储器和片外数据存储器；从用户使用角度来看，它可以分为三个存储空间，即片内、片外统一连续编址的 0000H~0FFFFH 共 64KB 的程序存储器空间，地址 0000H~0FFFFH 的片外数据存储器空间，地址 00H~0FFH 共 256B 的片内数据存储器空间。AT89S51 单片机的存储器结构如图 1-3 所示。

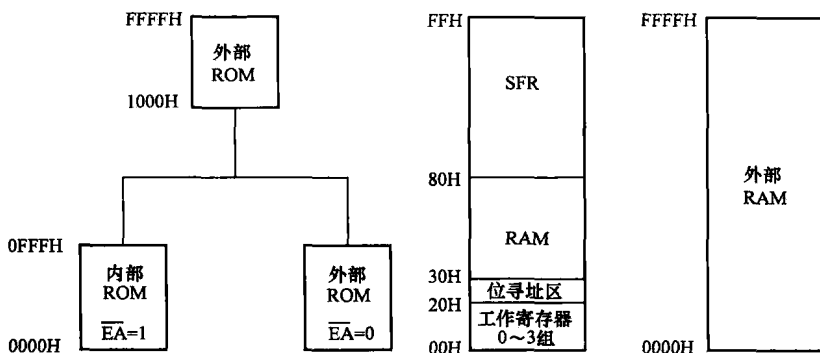


图 1-3 AT89S51 单片机的存储器结构

（一）程序存储器

程序存储器可寻址的空间有 64KB，其地址范围为 0000H~FFFFH。其中最低 4KB 地址空间中，从 0000H~0FFFH 为片内、片外 ROM 共用，而 1000H~FFFFH 地址为外部 ROM 专用。CPU 的控制器专门提供一个控制信号 $\overline{\text{EA}}$ ，来区分片内 PROM 和片外 ROM 的公用地址区。当 $\overline{\text{EA}}$ 接高电平时，单片机从片内 ROM 的 4KB 存储区取指令，而当指令地址超过 0FFFH 后，CPU 自动转向片外 ROM 取指令；当 $\overline{\text{EA}}$ 接低电平时，CPU 只能从片外 ROM 取指令。原来一些老的产品如 8031 单片机无片内 ROM，0000H~FFFFH 地址都是外部程序存储器空间。因此， $\overline{\text{EA}}$ 应始终接低电平，使系统只能从外部存储器取指令。

程序存储器的某些单元是保留给系统使用的。0000H~0002H 单元是系统执行程序的入口地址，单片机复位后，CPU 总是从 0000H 单元开始执行程序。通常在该单元放一条无条件

转移指令，用户程序从转移地址开始存放。0003H~002AH 单元被分成 5 段，每段为 8 个单元，用做 5 个中断服务程序的入口，用户程序不应进入上述区域。

(二) 数据存储器

数据存储器 RAM 的地址空间也为 64KB，而且在地址上完全与 ROM 重叠，为 0000H~FFFFH。AT89S51 通过不同的指令来选择访问程序存储器或数据存储器，当从程序存储器取数据时用 MOVC 指令，而从片外数据存储器读写数据时，则用 MOVX 指令，从片内 RAM 读取数据时用 MOV 指令，因此不会因地址重叠而出现混乱。此外，在电路连接上还提供了两个不同的选通信号， $\overline{\text{PSEN}}$ 为外部程序存储器的读选通信号， $\overline{\text{RD}}$ 和 $\overline{\text{WR}}$ 为外部数据存储器的读写选通信号。

64KB 的数据存储器又被分成 256B 的片内 RAM 和 64KB 的片外 RAM。片内 256B 的 RAM 与片外 RAM 的低 256B 地址重叠，

为 00H~FFH。片内 RAM 和片外 RAM 用不同的指令访问，因此不会因地址重叠而发生操作混乱。

(1) 内部数据存储器。AT89S51 的内部 RAM 共有 256 个字节单元。按功能又把这 256 个单元分成两部分：低 128 单元（地址 00H~7FH）作为真正的 RAM 区，可以读写各种数据；高 128 单元（地址 80H~FFH）作为专用寄存器区域，也称特殊功能寄存器 SFR，如图 1-4 所示。

低 128 个单元按其用途又被划分成三个区域。

1) 寄存器区。00H~1FH 分为 4 个通用工作寄存器区，每区有 8 个工作寄存器，记为 R0~R7。每一区中 R0~R7 的地址见表 1-1。

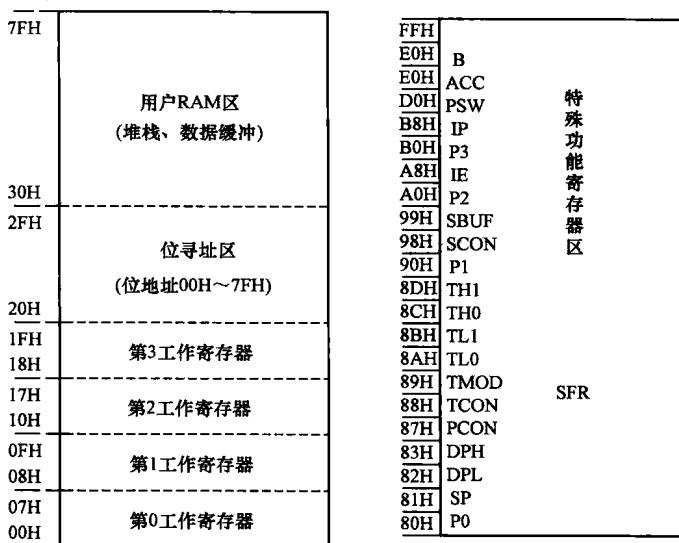


图 1-4 片内数据存储器的配置

表 1-1 寄存器和 RAM 地址对照表

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



当前使用的工作寄存器区是由程序状态字 PSW 中的 D4、D3 位 (RS1、RS0) 来设置的, RS1、RS0 的状态和工作寄存器区对应关系见表 1-2。

表 1-2 工作寄存器区选择

PSW.4 (RS1)	PSW.3 (RS0)	当前使用的工作寄存器 R0~R7
0	0	0 区 (00H~07H)
0	1	1 区 (08H~0FH)
1	0	2 区 (10H~17H)
1	1	3 区 (18H~1FH)

CPU 通过对 PSW D4、D3 位的修改, 可任选一个工作寄存器区作为当前寄存器区。如果不需要用到 4 个工作寄存器区, 则不用的工作寄存器区可作为一般的 RAM 单元使用复位后, 自动选中第 0 区的工作寄存器。

通用寄存器为 CPU 提供了就近存取数据的便利, 有利于提高单片机的运算速度。此外, 通用寄存器还能提高编程的灵活性, 因此在单片机的应用编程中应充分利用这些寄存器以简化程序设计, 提高程序运行速度。

2) 位寻址区。内部 RAM 的 20H~2FH 共 16 个地址, 既可当做一般的 16 个 RAM 单元使用, 也可对单元中的每一位进行操作, 因此把这个区域称为位寻址区。16 个单元中的每一位都有位地址, 共 128 个, 位地址范围为 00H~7FH, 见表 1-3。

需要进行位操作的数据可以存放到这个区域, 用位操作指令对其进行操作。

表 1-3 RAM 寻址区位地址表

单元 地址	位 地 址							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
2FH	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78
2EH	77	76	75	74	73	72	71	70
2DH	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68
2CH	67	66	65	64	63	62	61	60
2BH	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58
2AH	57	56	55	54	53	52	51	50
29H	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48
28H	47	46	45	44	43	42	41	40
27H	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38
26H	37	36	35	34	33	32	31	30
25H	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28
24H	27	26	25	24	23	22	21	20
23H	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18
22H	17	16	15	14	13	12	11	10
21H	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08
20H	07	06	05	04	03	02	01	00

3) 用户 RAM 区。30H~7FH 共 80 个单元为供用户使用的一般 RAM 区, 对这个区域的使用没有任何规定和限制。

在一个实际程序中, 往往需要一个以后进先出方式工作的存储区, 这个存储区称为堆栈。MCS-51 系列单片机的堆栈一般设置为 30H~7FH。

(2) 外部数据存储器。MCS-51 系列单片机有 64KB 的外部数据存储器空间, 通过扩展的方式与系统相连, 64KB 对许多应用领域来说已足够使用。对外部数据存储器的访问用

MOVX 指令，因此不会和访问外部程序存储器 ROM 混淆。

(三) 专用寄存器

内部 RAM 的高 128 B 地址范围为 80H~FFH。这 128 个单元是作为专用寄存器使用的，因此称为专用寄存器区，这些寄存器称为特殊功能寄存器（SFR）。

AT89S51 共有 22 个专用寄存器，其中 PC（程序计数器）不占 RAM 单元，在物理结构上是独立的，因此是不可寻址的，即不能用指令对其进行操作。其余 21 个专用寄存器分散地分布在内部 RAM 80H~FFH 地址范围内。这样，尽管在内部 RAM 的高 128 个单元中还有许多空闲地址，用户也不可使用。这 21 个寄存器的名称、符号及所占单元地址见表 1-4。对这些寄存器只能使用直接寻址方式，在书写指令时，既可使用寄存器符号，也可用寄存器单元地址。

表 1-4 专用寄存器一览表

寄存器符号	地 址	寄存器名称
ACC	E0H	累加器
B	F0H	B 寄存器
PSW	D0H	程序状态字寄存器
SP	81H	堆栈指示器
DPL	82H	数据指针低 8 位
DPH	83H	数据指针高 8 位
IE	A8H	中断允许控制寄存器
IP	B8H	中断优先级控制寄存器
P0	80H	I/O 口 0
P1	90H	I/O 口 1
P2	A0H	I/O 口 2
P3	B0H	I/O 口 3
PCON	87H	电源控制及波特选择寄存器
SCON	98H	串行口控制寄存器
SUBF	99H	串行数据缓冲寄存器
TCON	88H	定时器控制寄存器
TMOD	89H	定时器方式选择寄存器
TL0	8AH	定时器 0 低 8 位
TL1	8BH	定时器 1 低 8 位
TH0	8CH	定时器 0 高 8 位
TH1	8DH	定时器 1 高 8 位

下面介绍 6 个主要的专用寄存器。

(1) 程序计数器 PC。PC 是一个 16 位的专用寄存器，用来存放下一条要执行指令的地址，寻址范围达 64KB。PC 有自动加 1 功能，从而实现程序的顺序执行。当执行转移、子程序调用等指令时，由 CPU 把转移地址传送至 PC，以实现程序的转移。



(2) 累加器 ACC (8 位)。累加器是一个最常用的专用寄存器。大部分单操作数指令的操作数取自累加器, 很多双操作数指令的一个操作数也取自累加器, 许多指令的运算结果也存放到累加器中。在指令中, 累加器的助记符为 A。

(3) B 寄存器 (8 位)。B 寄存器主要用于乘除运算。进行乘法运算时, 两个乘数分别取自 A、B, 其结果中积的高位存于 B, 低位存于 A。进行除法运算时, A 存放被除数, B 存放除数, 商存放于 A, 余数存放于 B。在其他指令中, B 作为通用寄存器使用。

(4) 程序状态字寄存器 PSW (8 位)。用其不同位存放程序运行的各种状态信息。其中有些状态是根据程序执行结果, 由硬件自动设置的, 而有些状态是由指令设定的, PSW 的各位状态可用指令测试, 也可用指令读出。一些条件转移指令就是以某状态位做条件进行转移的, PSW 各位定义如下:

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

1) CY: 进位标志位。在进行算术运算时, 如果操作结果最高位 (D7) 向前有进位或借位, 则 CY=1; 否则 CY=0。在进行位操作时, CY 又是位操作累加器 C。

2) AC: 辅助进位标志位。进行算术运算时, 如果低 4 位向高 4 位 (D3 向 D4 位) 有进位或借位, 则 AC=1; 否则 AC=0。AC 主要作为 BCD 码运算的调整标志。

3) F0: 用户标志位。它是一个供用户定义的标志位, 由用户通过指令使其置位或复位。还可用指令测试其状态, 用以控制程序的转向。

4) RS1、RS0: 工作寄存器区选择位。用指令设置其状态, 以确定当前工作的寄存器区。RS1、RS0 与寄存器区的对应关系见表 1-2。

单片机复位时, RS1、RS0 为 00。CPU 自动选择 0 区寄存器组, 用户可用传送指令或位操作指令改变其状态。这在程序中断时为保护现场提供了方便。

5) OV: 溢出标志位。在进行带符号数加减运算时, 如果 OV=1, 表示运算结果超过了累加器 A 所能表示的范围 (-128~+127); 如果 OV=0, 表示无溢出。

在进行无符号数乘法运算时, OV=1 表示乘积超过 8 位, 如果无符号二进制数的最大值为 255, 此时积的高 8 位在 B 内, 低 8 位在 A 内; 否则 OV=0, 积只在 A 内。

在进行除法运算时, OV=1 表示除数为 0, 否则 OV=0。

6) P: 奇偶标志位。它反映运算结果累加器 A 中 1 的位数的奇偶性。若 1 的位数为奇数, 则 P=1; 否则 P=0。

(5) 数据指针 DPTR (16 位)。DPTR 是 MCS-51 系列单片机中唯一的 16 位寄存器, 由高位字节 DPH 和低位字节 DPL 组成。在编程时, 它既可以当成一个 16 位寄存器 DPTR 使用, 也可当成两个独立的 8 位寄存器 DPH、DPL 使用。DPTR 主要用来存放 16 位地址, 对外部 64KB 数据存储寻址。

(6) 堆栈指针 SP (8 位)。堆栈指针 SP 是 8 位寄存器, 用来指示栈顶单元地址。堆栈是在内存中专门开辟出来的按照“后进先出”或“先进后出”的原则进行数据存取的区域。SP 用来指示堆栈中被存取单元的地址。在使用堆栈之前, 先用指令给 SP 赋值, 以规定堆栈的起始位置, 称此为栈底。当数据存入堆栈时, SP 的值也发生变化。

堆栈有两种类型: 向上生长型和向下生长型, 如图 1-5 所示。

向上生长型堆栈，栈底在低地址单元，随着数据存入堆栈（压栈），地址递增，SP 的值越来越大；随着数据从堆栈中取出（出栈），地址递减，SP 的值越来越小。

向下生长型堆栈则相反，栈底在高地址单元，随着数据进栈，地址递减，SP 的值越来越小；随着数据出栈，地址递增，SP 的值变大。除了栈底，在堆栈操作中，一般将 SP 所指的单元称栈顶。

为了保证堆栈区域存取原则的执行，对堆栈的使用要用专门的堆栈操作指令，在硬件设计时，堆栈指令的执行过程要保证按“后进先出”的规律变化。

AT89S51 的堆栈设置在内部 RAM 区，并且是向上生长型。在系统复位后，SP 被初始化为 07H，使得堆栈事实上由 08H 单元开始使用。考虑到 08H~1FH 单元分属于工作寄存器区 1~3，若程序设计中要用到这些区，最好把 SP 的值改置为 1FH 或更大的值。SP 的初始值越小，堆栈的可用空间（称堆栈深度）就越大。SP 的值可由指令改变，因此堆栈在内部 RAM 中的位置比较灵活。

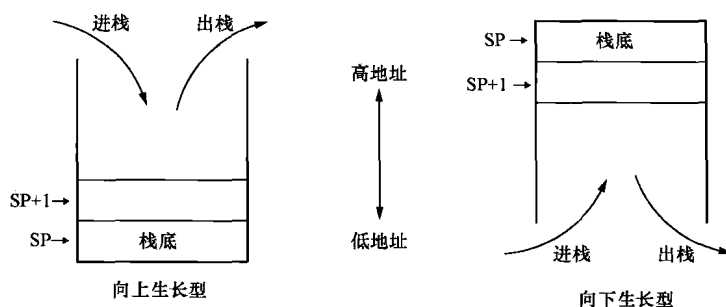


图 1-5 两种不同类型的堆栈

除用指令直接改变 SP 的值外，在执行堆栈操作指令、子程序调用及返回指令、中断调用及返回指令时都要使用堆栈，这些指令会自动改变 SP 的值。

在 21 个可寻址的专用寄存器中，有 11 个寄存器是可以位寻址的，即在指令中可以直接用位地址指明对某个寄存器的哪一位进行操作。表 1-5 给出各寄存器的字节地址及对应的各位地址。

表 1-5

专用寄存器地址表

寄存器符号	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	字节地址
B	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	F0H
ACC	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	E0H
PSW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	D0H
	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	/	P	
IP	BF	BE	BD	BC	BB	BA	B9	B8	B8H
	/	/	/	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	