

高职高专类教材

单片机基础

鲍小南 主编

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机基础 / 鲍小南主编. —杭州: 浙江大学出版社,
2002. 9

ISBN 7-308-02535-7

I. 单... II. 鲍... III. 单片微型计算机—基础理论—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP368.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 014451 号

责任编辑 张 真
出版发行 浙江大学出版社
(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)
排 版 浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷 浙江大学印刷厂
经 销 浙江省新华书店
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 12
字 数 307 千字
版 次 2002 年 9 月第 1 版
印 次 2006 年 3 月第 4 次印刷
印 数 8001—10000
书 号 ISBN 7-308-02535-7/TP·230
定 价 20.00 元

前 言

作者在多年从事单片微型计算机教学和技术开发工作,并吸收了近年来单片机技术发展的部分成果的基础上编写了本书,目的在于为高等职业技术教育提供一本深入浅出,推陈出新的单片微型计算机教材或教学参考书,同时也希望为单片机应用的有关人员提供一些单片机有关信息和资料。单片机技术发展到 21 世纪的今天,各生产厂家相继推出了各种类型的单片机。当前较为流行的 Atmel 公司的 AT89 系列单片机和 Microchip 公司的 PIC 系列单片机等许多新机种,在降低产品开发和更新换代成本、提高单片机性能价格比等方面均各具特色。尽管如此,MCS-51 系列单片机在我国普及多年,有相当多的读者对此较熟悉,应用软件技术资料比较丰富,开发手段也较为完善。同时 MCS-51 系列与 AT89 系列单片机的指令系统兼容,更重要的是许多公司,如 Philips、Dallas、Siemens、LG,以及华邦等均以 MCS-51 中的基础结构 8051 为基核推出了许多各具特色、性能优异的单片机,故本书仍然以介绍 MCS-51 系列单片机为主线,希望能抛砖引玉,举一反三,为高等职业技术教育的单片机教学及单片机技术应用做一点贡献。

在本书各章节的撰写过程中,作者力求做到深入浅出、图文并茂、表达清晰,力求按教学规律以及初学者的认识规律编写本书,为初学者架设一座学习单片机的“桥梁”,克服畏难情绪,为今后学习和工作应用打下一定基础。

在内容选择方面,作者力求突出重点,推陈出新;除了较为系统地介绍 MCS-51 系列单片机基本组成及工作原理以外,根据目前单片机应用领域的现状,介绍了算法和结构化程序设计方法在单片机领域的应用示例,力求将计算机软件开发中的规范化程序设计的初步方法应用到单片机开发领域中;针对单片机指令系统的特点,作者在指令书写,指令功能表达等方面作了一些探讨;根据单片机应用系统中字符型显示器应用极其广泛而有关教学资料相对缺乏的现状,作者撰写了相应章节;作者根据多年从事单片机教学和应用开发的心得体会,介绍了单片机三感觉机械手信号处理及控制算法、非线性处理、单片机多机通信等较为新颖的实用示例。

在本书的编写过程中,参考了一些目前国内外比较优秀的相关书籍资料,在此谨向有关作者表示感谢!

本书由浙江机电职业技术学院鲍小南主编并编写了第四章、第九章、第十章;浙江机电职业技术学院肖隽编写了第五章、第六章和第八章、附录二;杭州职业技术学院楼晓春编写了第三章以及附录一;浙江机电职业技术学院朱尚方编写了第七章;浙江水利水电专科学校徐伟杰编写了第一章和第二章;张耀副教授详细审阅了本书稿并提出了许多宝贵意见和建议,在此深表谢意。

限于作者水平,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正!

编 者
2002. 2 于杭州

目 录

第一章 51 系列单片机概述	1
第一节 概述	1
第二节 51 系列单片机分类	2
思考题与习题	5
第二章 MCS-51 系列单片机组成及工作原理	6
第一节 MCS-51 系列单片机的内部组成	6
第二节 8051 的内部数据存储器(内部 RAM)	8
第三节 8051 内部程序存储器(内部 ROM)	15
第四节 MCS-51 系列单片机典型芯片的外部引脚功能	16
第五节 并行输入/输出	19
第六节 CPU 的时钟电路和时序定时单位	21
第七节 单片机执行指令的过程	23
思考题与习题	24
第三章 指令系统	26
第一节 指令格式和寻址方式	26
第二节 指令系统	34
思考题与习题	58
第四章 算法与结构化程序设计	61
第一节 算法	61
第二节 程序基本结构	63
第三节 结构化程序设计	64
第四节 汇编程序设计举例	65
思考题与习题	72
第五章 中断	74
第一节 中断技术概述	74
第二节 8051 单片机中断系统	75
第三节 中断控制	75
第四节 中断响应	78
第五节 中断系统应用举例	78
思考题与习题	82
第六章 定时器/计数器	83
第一节 概述	83
第二节 定时器/计数器的基本结构、工作方式及应用	83

思考题与习题	91
第七章 8051 单片机系统扩展与接口技术	92
第一节 8051 单片机系统扩展概述	92
第二节 单片机外部存储器扩展	94
第三节 单片机输入输出 I/O 口扩展及应用	100
第四节 LED 显示器接口电路及显示程序	108
第五节 单片机键盘接口技术	111
第六节 单片机与数模(D/A)及模数(A/D)转换器的接口及应用	117
思考题与习题	124
第八章 8051 单片机的异步串行通信技术	125
第一节 概述	125
第二节 8051 串行口的基本结构	126
第三节 8051 单片机串行通信工作方式及应用	128
第四节 单片机多机通信原理	135
思考题与习题	139
第九章 单片机应用举例	141
第一节 单片机数据采集系统	141
第二节 电机转速测量	146
第三节 步进电机控制系统设计	150
第四节 机器人三觉机械手信号处理及控制算法	153
思考题与习题	160
第十章 单片机与字符式液晶显示模块连接技术	161
第一节 字符式液晶显示模块简介	161
第二节 模块指令系统	163
第三节 模块与 8051 单片机的连接	166
第四节 模块字符显示举例	167
第五节 自定义字符显示	169
思考题与习题	171
附录一 计算机数的运算基础	172
第一节 进位计数制及相互转换	172
第二节 计算机中数和字符的表示	175
附录二 MCS-51 指令表	179

第一章

51 系列单片机概述

第一节 概述

随着微电子技术的不断发展,计算机技术也得到迅速发展,并且由于芯片的集成度的提高而使计算机微型化,出现了单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称单片机,也可称为微控制器 MCU(Micro Controller Unit)。单片机集成了中央处理器 CPU(Central Processing Unit)、随机存储器 RAM(Random Access Memory)、只读存储器 ROM(Read Only Memory)、定时器/计数器以及 I/O 接口电路等主要计算机部件。

单片机具有功能强、体积小、成本低、功耗小、配置灵活等特点,使其在工业控制、智能仪表、通信系统、家用电器、高级玩具、办公自动化设备等方面均得到应用。

从 1976 年 9 月 Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机以来,世界上的一些著名的器件公司都纷纷推出各自系列的单片机产品。主要有 Intel 公司的 MCS-48,51,96 系列单片机;Motorola 公司的 MC6801,6805 系列单片机;Zilog 公司的 Z8 系列单片机;近年有 Atmel 公司的 AT89 系列单片机和 Microchip 公司的 PIC 系列单片机等。各种系列的单片机由于其内部功能、单元组成及指令系统的不尽相同,形成了各具特色的系列产品。其中 Intel 公司生产的 MCS-51 系列及其兼容的单片机目前仍占主导地位。

单片机作为微型计算机的一个分支,与一般的微型计算机没有本质上的区别,但单片机是集成在一块芯片上的微型计算机,它与一般的微型计算机相比,在硬件结构和指令设置上均有独到之处,主要特点有:

①体积小,重量轻;价格低,功能强;电源单一,功耗低;可靠性高,抗干扰能力强。这是单片机得到迅速普及和发展的主要原因。同时由于它的功耗低,使后期投入成本也大大降低。

②使用方便灵活、通用性强。由于单片机本身就构成一个最小系统,只要根据不同的控制对象作相应的改变即可,因而它具有很强的通用性。

③目前大多数单片机采用哈佛(Harvard)结构体系。单片机的数据存储器空间和程序存储器空间相互独立。单片机主要面向测控对象,通常有大量的控制程序和较少的随机数据,将程序和数据分开,使用较大容量的程序存储器来固化程序代码,使用少量的数据存储器来存取随机数据。程序在只读存储器 ROM 中运行,不易受外界侵害,可靠性高。

④突出控制功能的指令系统。单片机的指令系统中有大量的单字节指令,以提高指令运行

速度和操作效率;有丰富的位操作指令,满足了对开关量控制的要求;有丰富的转移指令,包括有无条件转移指令和条件转移指令。

⑤较低的处理速度和较小的存储容量。因为单片机是一种小而全的微型机系统,它是以牺牲运算速度和存储容量来换取其体积小、功耗低等特色。

第二节 51 系列单片机分类

单片机可分为通用型单片机和专用型单片机两大类。通用型单片机是把可开发资源全部提供给使用者的微控制器。专用型单片机则是为过程控制、参数检测、信号处理等方面的特殊需要而设计的单片机。我们通常所说的单片机即指通用型单片机。

51 系列单片机源于 Intel 公司的 MCS-51 系列,在 Intel 公司将 MCS-51 系列单片机实行技术开放政策之后,许多公司,如 Philips、Dallas、Siemens、Atmel、华邦、LG 等都以 MCS-51 中的基础结构 8051 为基核推出了许多各具特色、性能优异的单片机。这样,把这些厂家以 8051 为基核推出的各种型号的兼容型单片机统称为 51 系列单片机。Intel 公司 MCS-51 系列单片机中的 8051 是其中最基础的单片机型号。

一、MCS-51 系列单片机分类

尽管各类单片机很多,但目前在我国使用最为广泛的单片机系列是 Intel 公司生产的 MCS-51 系列单片机,同时该系列还在不断地完善和发展。随着各种新型号系列产品的推出,它越来越被广大用户所接受。

MCS-51 系列单片机共有 20 多种芯片,表 1-1 列出了 MCS-51 系列单片机的产品分类及特点。

表 1-1 MCS-51 系列单片机分类表

型 号	程序 存储器 R/E	数据 存储器	寻址 范围 (RAM)	寻址 范围 (ROM)	并行 口	串行 口	中断 源	定时 器计 数器	晶振 (MHz)	典型 指令 (us)	其 他
8051AH	4KR	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	HMOS— I 工艺
8751H	4KE	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	
8031AH		128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	
8052AH	8KR	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	HMOS— I 工艺
8752H	8KE	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	
8032AH		256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	
80C51BH	4KR	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	CHMOS 工艺
87C51H	4KE	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	
80C31BH		128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2~12	1	
83C451	4KR	128	64K	64K	7×8	UART	5	2×16	2~12	1	CHMOS 工艺 有选通方式 双向口
87C451	4KE	128	64K	64K	7×8	UART	5	2×16	2~12	1	
80C451		128	64K	64K	7×8	UART	5	2×16	2~12	1	

(续表)

型 号	程序存储器 R/E	数据存储器	寻址范围 (RAM)	寻址范围 (ROM)	并行口	串行口	中断源	定时器计数器	晶振 (MHz)	典型指令 (us)	其 他
83C51GA 87C51GA 80C51GA	4KR 4KE	128 128 128	64K 64K 64K	64K 64K 64K	4×8 4×8 4×8	UART UART UART	7 7 7	2×16 2×16 2×16	2~12 2~12 2~12	1 1 1	CHMOS 工艺 8×8 位 A/D 有 16 位监视定时器
83C152 80C152	8KR	256 256	64K 64K	64K 64K	5×8 5×8	GSC GSC	6 11	2×16 2×16	2~17 2~17	0.73 0.73	CHMOS 工艺 有 DMA 方式
83C251 87C251 80C251	8KR 8KE	256 256 256	64K 64K 64K	64K 64K 64K	4×8 4×8 4×8	UART UART UART	7 7 7	3×16 3×16 3×16	2~12 2~12 2~12	1 1 1	CHMOS 工艺 有高速输出、脉冲调制、16 位监视定时器
80C52	8KR	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	CHMOS 工艺
8052AH BASIC	8KR	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2~12	1	HMOS-1 工艺 片内固化 BASIC

注: UART:通用异步接收发送器; R/E: MaskROM/EPROM; GSC:全局串行通道。

表 1-1 中列出了 MCS-51 系列单片机的芯片型号以及它们的技术性能指标,下面在表 1-1 的基础上对 MCS-51 系列单片机作进一步的说明。

1. 按片内不同程序存储器的配置分类

MCS-51 系列单片机按片内不同程序存储器的配置分类,可以分为三种类型:

①片内带 MaskROM(掩膜 ROM)型:8051,80C51,8052,80C52。此类芯片是由半导体厂家在芯片生产过程中,将用户的应用程序代码通过掩膜工艺制作到 ROM 中。其应用程序只能委托半导体厂家“写入”,一旦写入后不能修改。此类单片机,适合大批量使用。

②片内带 EPROM 型:8751,87C51,8752。此类芯片带有透明窗口,可通过紫外线擦除存储器中的程序代码,应用程序可通过专门的编程器写入到单片机中,需要更改时可擦除重新写入。此类单片机,价格较贵,不宜于大批量使用。

③片内无 ROM(ROMLess)型:8031,80C31,8032。此类芯片的片内没有程序存储器,使用时必须在外部并行扩展程序存储器存储芯片。此类单片机由于必须在外部并行扩展程序存储器存储芯片,造成系统电路复杂,目前较少使用。

2. 按片内不同容量的存储器配置分类

按片内不同容量的存储器配置分类,可以分为两种类型:

①51 子系列型:芯片型号的最后位数字以 1 作为标志,51 子系列是基本型产品。片内带有 4K 字节 ROM/EPROM(8031,80C31 除外)、128 字节 RAM、2 个 16 位定时器/计数器、5 个中断源等。

②52 子系列型:芯片型号的最后位数字以 2 作为标志,52 子系列是增强型产品。片内带有 8K 字节 ROM/EPROM(8032,80C32 除外)、256 字节 RAM、3 个 16 位定时器/计数器、6 个中断源等。

3. 按芯片的半导体制造工艺上的不同分类

按芯片的半导体制造工艺不同分类,可以分为两种类型:

①HMOS 工艺型:8051,8751,8052,8032。HMOS 工艺,即高密度短沟道 MOS 工艺。

②CHMOS 工艺型:80C51,83C51,87C51,80C31,80C32,80C52。此类芯片型号中用字母“C”来标识。

此两类器件在功能上是完全兼容的,但采用 CHMOS 工艺的芯片具有低功耗的特点,它

所消耗的电流要比 HMOS 器件小得多。CHMOS 器件比 HMOS 器件多了两种节电的工作方式(掉电方式和待机方式),常用于构成低功耗的应用系统。

此外,关于单片机的温度特性,与其他芯片一样按其所能适应的环境温度范围,可划分为三个等级:

- 民用级: $0^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$
- 工业级: $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$
- 军用级: $-65^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$

因此在使用时应注意根据现场温度选择芯片。

二、AT89 系列单片机分类

在 MCS-51 系列单片机 8051 的基础上,Atmel 公司开发的 AT89 系列单片机问世以来,以其较低廉的价格和独特的程序存储器——快闪存储器(Flash Memory)为用户所青睐。表 1-2 列出了 AT89 系列单片机的几种主要型号。

表 1-2 AT89 系列单片机一览表

型号	快闪程序 存储器	数据 存储器	寻址范围 ROM	寻址范围 RAM	并行 I/O 口线	串行 UART	中断源	定时器/ 计数器	工作频率 (MHz)
AT89C51	4K	128	64K	64K	32	一个	5	2×16	0~24
AT89C52	8K	256	64K	64K	32	一个	6	3×16	0~24
AT89LV51	4K	128	64K	64K	32	一个	5	2×16	0~24
AT89LV52	8K	256	64K	64K	32	一个	6	3×16	0~24
AT89C1051	1K	64	4K	4K	15		3	1×16	0~24
AT89C1051U	1K	64	4K	4K	15	一个	5	2×16	0~24
AT89C2051	2K	128	4K	4K	15	一个	5	2×16	0~24
AT89C4051	4K	128	4K	4K	15	一个	5	2×16	0~24
AT89C55	20K	256	64K	64K	32	一个	6	3×16	0~33
AT89S53	12K	256	64K	64K	32	一个	7	3×16	0~33
AT89S8252	8K	256	64K	64K	32	一个	7	3×16	0~33
AT88SC54C	8K	128	64K	64K	32	一个	5	2×16	0~24

采用了快闪存储器(Flash Memory)的 AT89 系列单片机,不但具有一般 MCS-51 系列单片机的基本特性(如指令系统兼容,芯片引脚分布相同等),而且还具有一些独特的优点:

①片内程序存储器为电擦写型 ROM(可重复编程的快闪存储器)。整体擦除时间仅为 10ms 左右,可写入/擦除 1000 次以上,数据保存 10 年以上。

②两种可选编程模式,即可以用 12V 电压编程,也可以用 VCC 电压编程。

③宽工作电压范围, $V_{CC} = 2.7 \sim 6V$ 。

④全静态工作,工作频率范围: $0\text{Hz} \sim 24\text{MHz}$,频率范围宽,便于系统功耗控制。

⑤三层可编程的程序存储器上锁加密,使程序和系统更加难以仿制。

总之,AT89 系列单片机与 MCS-51 系列单片机相比,前者和后者有兼容性,但前者的性能价格比等指标更为优越。

三、其他与 MCS-51 系列兼容的单片机

① Philips 公司推出的含存储器的 80C51 系列和 80C52 系列单片机,此产品都为 CMOS 型工艺的单片机。Philips 公司推出的 51 系列单片机与 MCS-51 系列单片机相兼容,但增加了程序存储器 FlashROM、数据存储器 EEPROM、可编程计数器阵列 PCA、I/O 接口的高速输入输出、串行扩展总线 I²C BUS、ADC、PWM、I/O 口驱动器、程序监视定时器 WDT(Watch Dog Timer)等功能的扩展。

② 华邦公司推出的 W78C××和 W78E××系列单片机,此产品与 MCS-51 系列单片机相兼容,但增加了程序存储器 FlashROM、数据存储器 EEPROM、可编程计数器阵列 PCA、I/O 接口的高速输入输出、串行扩展总线 I²C BUS、ADC、PWM、I/O 口驱动器、程序监视定时器 WDT(Watch Dog Timer)等功能的扩展。华邦公司生产的单片机还具有价格低廉、工作频率高(40MHz)等特点。

③ Dallas 公司推出的 DallasHSM 系列单片机,产品主要有 DS80C×××、DS83C×××和 DS87C×××等。此产品除了与 MCS-51 系列单片机相兼容外,还具有高速结构(1 个机器周期只有 4 个时钟周期,工作频率范围为 0~33MHz)、更大容量的内部存储器(内部 ROM 有 16KB)、2 个 UART、13 个中断源、程序监视器 WDT 等功能。

④ LG 公司推出的 GMS90C××、GMS97C××和 GMS90L××、GMS97L××系列单片机。此产品与 MCS-51 系列单片机相兼容。

以上 Philips、Dallas、Atmel、华邦、LG 等大公司生产的系列单片机与 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机具有良好的兼容性,包括指令兼容、总线兼容和引脚兼容。但各个厂家的单片机各具特色,给用户提供了广泛的选择空间,其良好的兼容性保证了选择的灵活性。

思考题与习题

- 1-1 什么是单片机? 单片机有哪些优点?
- 1-2 请叙述 MCS-51 系列单片机的主要特点。
- 1-3 请叙述 8031、8051、8751 芯片的异同之处。
- 1-4 与 MCS-51 系列单片机相比,AT89 系列单片机有哪些特点?
- 1-5 51 系列兼容单片机主要有哪些厂家的产品?
- 1-6 请通过市场调查了解 8051、AT89C51、Philips 公司的 80C51、W78C51、DS87C520、GMS97C51 等芯片的市场价格,并说明上述芯片的主要特点。
- 1-7 请叙述具有低功耗特性的 CHMOS 型工艺类单片机芯片的优越之处。

第二章

MCS-51 系列单片机组成及工作原理

本章主要介绍 MCS-51 系列单片机的组成、典型芯片及管脚功能、部分专用寄存器功能、单片机工作原理等。尚不具备计算机基础知识的初学者在阅读本章第一节至第五节内容时,可先逐步熟悉而不必深究其中对管脚及专用寄存器功能等内容的说明,有关单片机的管脚及专用寄存器功能及其应用将在后续章节中逐步讨论。

第一节 MCS-51 系列单片机的内部组成

MCS-51 系列单片机的典型芯片是 8051,所以以 8051 为例来介绍 MCS-51 系列单片机。

一、8051 单片机的内部组成

图 2-1(a)为 8051 单片机的内部系统组成的基本框图,图 2-1(b)为 8051 单片机内部方框图。

由图 2-1(b)可以看出,MCS-51 系列单片机 8051 由中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、输入/输出(I/O)口电路、定时器/计数器等若干部件组成,再配置一定的外围电路,如时钟电路、复位电路等,即可构成一个基本的微型计算机系统。

下面简要介绍各个组成部件:

1. 中央处理器(CPU)

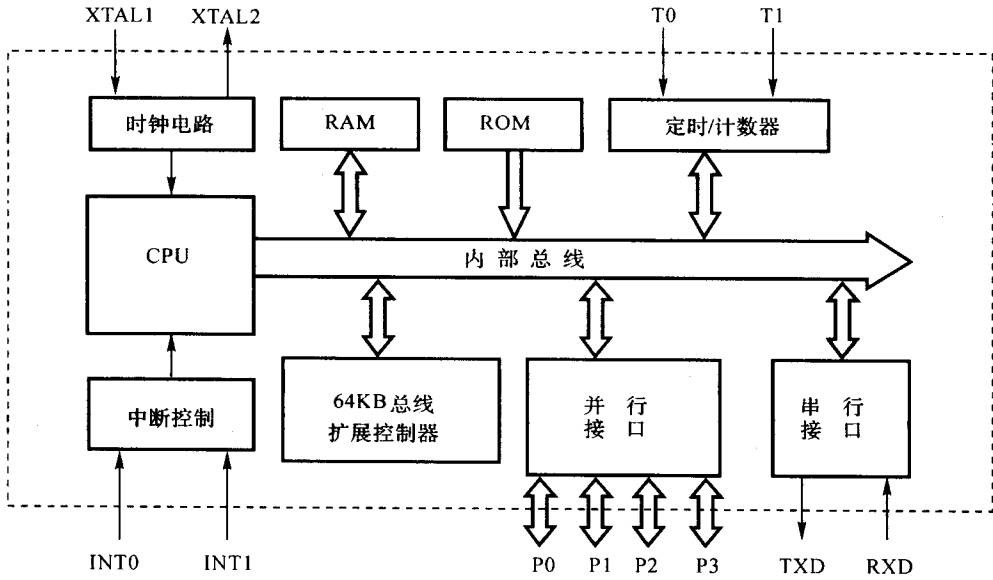
中央处理器(CPU)是单片机的核心,具有运算和控制功能,MCS-51 单片机的 CPU 能处理 8 位二进制数或代码,故称为 8 位机。

2. 内部数据存储器(内部 RAM)

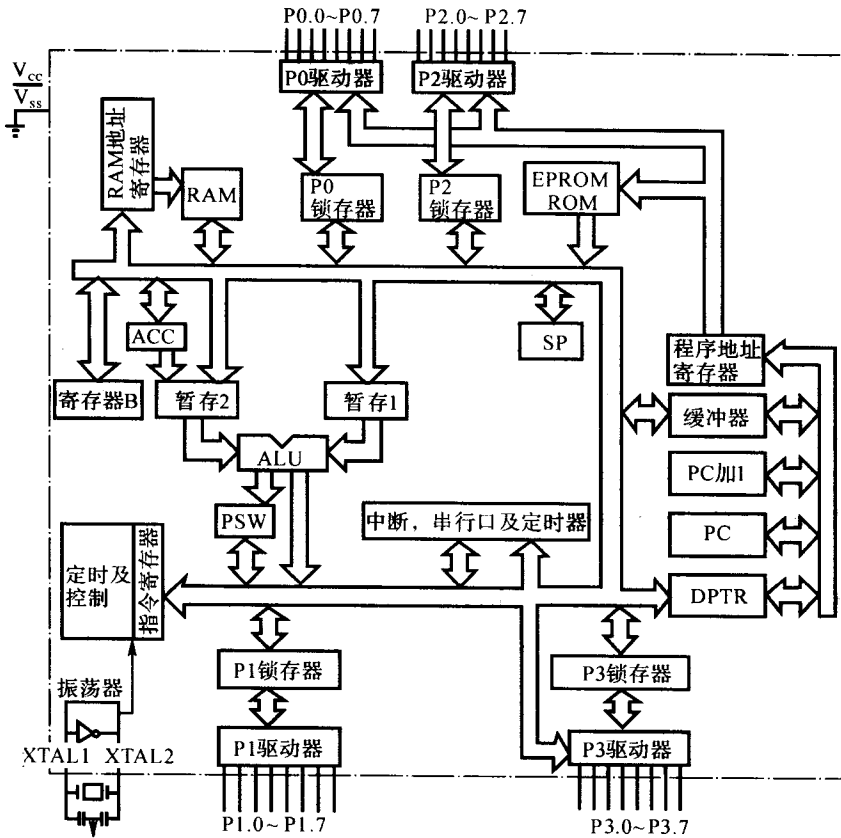
8051 芯片中共有 256 个内部 RAM 单元,但其中后 128 个单元被专用寄存器占用,能作为存储器供用户使用的只有前 128 个单元,用于存储可读写的数。因此通常所说的内部数据存储器就是指前 128 个单元,简称内部 RAM。

3. 内部程序存储器(内部 ROM)

8051 内共有 4K 字节掩膜 ROM。由于 ROM 通常用于存放程序、原始数据、表格等,所以称之为程序存储器,简称内部 ROM。



(a) 系统组成基本框图



(b) MCS-51 单片机内部方框图

图 2-1 系统组成框图

4. 并行 I/O 口

8051 中共有 4 个 8 位 I/O 口(P0、P1、P2、P3), 以实现数据的并行输出输入等。

5. 串行 I/O 口

MCS-51 单片机有一个全双工的串行口, 以实现单片机与其他设备之间的串行数据通信。该串行口功能较强, 既可作为全双工异步通信收发器使用, 也可作为同步移位器使用。

6. 定时器/计数器

8051 内共有 2 个 16 位的定时器/计数器, 以实现硬件定时或计数功能, 并可根据需要用定时或计数结果对计算机进行控制。

7. 中断控制系统

MCS-51 系列单片机的中断功能较强, 用以满足控制应用的需要。8051 共有 5 个中断源, 包括外部中断 2 个, 定时器/计数器溢出中断 2 个, 串行口中断 1 个。且分为高级和低级两个中断优先级。

8. 时钟电路

MCS-51 系列单片机的内部有时钟电路, 但晶振和微调电容需外接。系统允许最高频率为 12MHz。

第二节 8051 的内部数据存储器(内部 RAM)

一、存储器概述

存储器是储存二进制信息的数字电路器件。微型机的存储器包括主存储器和外存储器。外存储器(外存)主要指各种大容量的磁盘存储器、光盘存储器等。主存储器(内存)是指能与 CPU 直接进行数据交换的半导体存储器。存储器是计算机中不可缺少的重要部件。半导体存储器具有存取速度快、集成度高、体积小、可靠性高、成本低等优点。

单片机是微型机的一种, 它的主存储器也采用半导体存储器。

1. 半导体存储器的一些基本概念

(1) 位

二进制信息的基本单位是位(Bit 或 b), 用来表示一个二进制信息“1”或“0”。在存储器中, 位信息是由具有记忆功能的半导体电路实现的, 例如用触发器记忆一位信息。

(2) 字节

在微型机中信息大多是以字节(Byte 或 B)形式存放的, 一个字节由 8 个位信息组成(1 Byte=8 Bit), 通常称作一个存储单元。

(3) 存储容量

存储器芯片的存储容量是指一块芯片中所能存储的信息位数, 例如 8K×8 位的芯片, 其存储容量为 $8 \times 1024 \times 8$ 位=65536 位信息。存储体的存储容量则是指由多块存储器芯片组成的存储体所能存储的信息量, 一般以字节的数量表示。

(4) 存储单元地址

地址表示存储单元所处的物理空间的位置,用一组二进制代码表示。地址相当于存储单元的“单元编号”,CPU 可以通过地址码访问某一存储单元,一个存储单元对应一个地址码。例如 8051 单片机有 16 根地址线,能访问的外部存储器最大地址空间为 64K(65536)字节,对应的 16 位地址码为 0000H~FFFFH,第 0 个字节的地址为 0000H,第 1 个字节的地址为 0001H, ..., 第 65535 个字节的地址为 FFFFH。

(5) 存取周期

是指存储器存放或取出一次数据所需的时间。存储容量和存取周期是存储器的两项重要性能指标。

2. 半导体存储器的分类

半导体存储器按读、写功能可以分为随机读/写存储器 RAM(Random Access Memory)和只读存储器 ROM(Read Only Memory)。

随机读/写存储器 RAM 可以进行多次信息写入和读出,每次写入后,原来的信息将被新写入的信息所取代。另外,RAM 在断电后再通电时,原存的信息全部丢失。它主要用来存放临时的数据和程序。

RAM 按生产工艺分,又可以分为双极型 RAM 和 MOS RAM,而 MOS RAM 又分为静态 RAM(SRAM)和动态 RAM(DRAM)两种。

(1) 双极型 RAM

是以晶体管触发器作为基本存储电路,存取速度快,但结构复杂、集成度较低,比较适合用于小容量的高速暂存器。

(2) MOS RAM

是以 MOS 管作为基本集成元件,具有集成度高、功耗低、位价格便宜等优点,现在微型机一般都采用 MOS RAM。

只读存储器 ROM 的信息一旦写入后,便不能随机修改。在使用时,只能读出信息,而不能写入,且在掉电后 ROM 中的信息仍然保留。它主要用来存放固定不变的程序和数据。

ROM 按生产工艺分,又可以分为以下几种:

(1) 掩膜 ROM

其存储的信息在制造过程中采用一道掩膜工艺生成,一旦出厂,信息就不可改变。

(2) 可编程只读存储器 PROM

其存储的信息可由用户通过特殊手段一次性写入,但只能写入一次。

(3) 可擦除只读存储器

其存储的信息用户可以多次擦除,并可用专用的编程器重新写入新的信息。可擦除只读存储器又可分为紫外线擦除的 EPROM、电擦除的 EEPROM 和 Flash ROM。

二、8051 的内部数据存储器

8051 内部 RAM 有 256 个单元,每个单元均可存放 8 位二进制数,通常在空间上分为两个区;低 128 个单元(00H~7FH)的内部数据 RAM 区和高 128 个单元(80H~0FFH)的专用寄存器(SFR)区。

1. 内部 RAM 低 128 单元

低 128 个单元是真正的内部数据 RAM 区,是一个多功能复用性数据存储器,其按用途可

分为三个区域,如图 2-2 所示。

(1)工作寄存器区(00H~1FH)

也称为通用寄存器,该区域共有 4 组寄存器,每组由 8 个寄存单元组成,各组均以 R0~R7 作为寄存器编号,共 32 个单元,单元地址范围为 00H~1FH。

在某一时刻,CPU 只能使用其中一组通用寄存器,称为当前通用寄存器组,具体可由程序状态寄存器 PSW 中 RS1,RS0 位的状态组合来确定。通用寄存器为 CPU 提供了就近存取数据的便利,提高了工作速度,也为编程提供了方便。

7FH	用户 RAM 区 堆栈、数据缓冲 字节地址 30H~7FH
30H	
2FH	位寻址区 位地址 00H~7FH
20H	
1FH	第 3 组通用寄存器区
18H	
17H	第 2 组通用寄存器区
10H	
0FH	第 1 组通用寄存器区
08H	
07H	第 0 组通用寄存器区
00H	

图 2-2 8051 内部 RAM 低 128 单元配置

(2)位寻址区(20H~2FH)

内部 RAM 的 20H~2FH,共 16 个单元,计 $16 \times 8 = 128$ 位,位地址为 00H~7FH。位寻址区既可作为一般的 RAM 区进行字节操作,也可对单元的每一位进行位操作,因此称为位寻址区,是存储空间的一部分。表 2-1 列出了位寻址区的位地址。

表 2-1 位寻址区的位地址

单元地址	位 地 址							
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) 用户 RAM 区(30H~7FH)

所剩 80 个单元即为用户 RAM 区,单元地址为 30H~7FH,在一般应用中把堆栈设置在该区域中。

对内部 RAM 低 128 单元的使用作几点说明:

①8051 的内部 RAM 00H~7FH 单元可采用直接寻址或间接寻址方式实现数据传送。

②内部 RAM 20H~2FH 单元的位地址空间可实现位操作。

当前工作寄存器组可通过软件对 PSW 中的 RS1,RS0 位的状态设置来选择。

③8051 的堆栈是自由堆栈,单片机复位后,堆栈底为 07H,在程序运行中可任意设置堆栈。堆栈设置通过对 SP 的操作实现,例如用指令 MOV SP, #30H 将堆栈设置在内部 RAM 30H 以上单元。

2. 内部 RAM 高 128 单元

内部 RAM 高 128 单元是供给专用寄存器使用的,因此称之为专用寄存器区(也称为特殊功能寄存器区(SFR)区),单元地址为 80H~0FFH。8051 共有 22 个专用寄存器,其中程序计数器 PC 在物理上是独立的,没有地址,故不可寻址。它不属于内部 RAM 的 SFR 区。其余的 21 个专用寄存器都属于内部 RAM 的 SFR 区,是可寻址的,它们的单元地址离散地分布于 80H~0FFH。表 2-2 为 21 个专用寄存器一览表。

表 2-2 8051 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
SP	81H	堆栈指示器
DPL	82H	数据指针低八位
DPH	83H	数据指针高八位
• IE	A8H	中断允许控制寄存器
• IP	B8H	中断优先控制寄存器
• 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	电源控制及波特率选择寄存器
• SCON	98H	串行口控制寄存器
SBUF	99H	串行口数据缓冲寄存器
• 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

注:带“.”专用寄存器表示可以进行位操作,事实上,所有可以进行位操作(寻址)的专用寄存器的地址均可被 8 整除。

下面介绍有关专用寄存器功能。

(1)程序计数器 PC(Program Counter)

PC 是一个 16 位计数器,其存放的内容为单片机将要执行的指令机器码所在存储单元的地址。PC 具有自动加 1 的功能,从而实现程序的顺序执行。由于 PC 是不可寻址的,因此用户无法对它直接进行读写操作,但可以通过转移、调用、返回等指令改变其内容,以实现程序的转移。PC 的寻址范围为 64KB,即地址空间为 0000H~FFFFH。

(2)累加器 ACC 或 A

累加器 ACC 是 8 位寄存器,是最常用的专用寄存器,功能强,地位重要。它既可存放操作数,又可存放运算的中间结果。MCS-51 系列单片机中许多指令的操作数来自累加器 ACC。累加器非常繁忙,是单片机执行程序瓶颈,制约了单片机工作效率的提高,现在已经有一些单片机用寄存器阵列来代替累加器 ACC。

(3)寄存器 B

寄存器 B 是 8 位寄存器,主要用于乘、除运算。乘法运算时,B 中存放乘数,乘法操作后,高 8 位结果存于 B 寄存器中。除法运算时,B 中存放除数,除法操作后,余数存于寄存器 B 中。寄存器 B 也可作为一般的寄存器用。

(4)程序状态字 PSW(Program Status Word)寄存器

程序状态字寄存器是 8 位寄存器,用于指示程序运行状态信息。其中有些位是根据程序执行结果由硬件自动设置的,而有些位可由用户通过指令方法设定。PSW 中各标志位名称及定义如下:

位序	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
位标志	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV		P

①CY——进(借)位标志位,也是位处理器的位累加器 C。在加减运算中,若操作结果的最高位有进位或有借位时,CY 由硬件自动置 1,否则清 0。在位操作中,CY 作为位累加器 C 使用,参与进行位传送、位与、位或等位操作。另外某些控制转移类指令也会影响 CY 位状态(第三章讨论)。

②AC——辅助进(借)位标志位。在加减运算中,当操作结果的低四位向高四位进位或借位时此标志位由硬件自动置 1,否则清 0。

③F0——用户标志位,由用户通过软件设定,用以控制程序转向。

④RS1,RS0——寄存器组选择位。用于设定当前通用寄存器组的组号。通用寄存器组共有 4 组,其对应关系如下:

RS1	RS0	选中的寄存器组	R0~R7 地址
0	0	组 0	00~07H
0	1	组 1	08~0FH
1	0	组 2	10~17H
1	1	组 3	18~1FH

RS1,RS0 的状态由软件设置,被选中的寄存器组即为当前通用寄存器组。