

# 单片机与嵌入式系统 原理及应用

DANPIANJI YU QIANRUSHI XITONG  
YUANLI JI YINGYONG

杨代华 陈分雄 张莉君 付先成 编著



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

# 单片机与嵌入式 系统原理及应用

杨代华 陈分雄 张莉君 付先成 编 著



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

单片机与嵌入式系统原理及应用/杨代华等编著. —武汉:中国地质大学出版社,2010.2  
ISBN 978-7-5625-2439-7

I. 单…

II. ①杨…

III. 单片微型计算机-系统设计

IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 018450 号

单片机与嵌入式系统原理及应用      杨代华   陈分雄   张莉君   付先成   编著

责任编辑: 谌福兴

策划组稿: 方 菊   张晓红

责任校对: 戴 莹

出版发行: 中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码: 430074

电话: (027)67883511

传真: 67883580

E-mail: cbb@cug.edu.cn

经 销: 全国新华书店

http://www.cugp.cn

开本: 787mm×1092mm 1/16

字数: 350 千字   印张: 13.75

版次: 2010 年 2 月第 1 版

印次: 2010 年 2 月第 1 次印刷

印刷: 湖北睿智印务有限公司

印数: 1-3 000 册

ISBN 978-7-5625-2439-7

定价: 30.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 目 录

<b>第一章 概 述</b> .....	(1)
第一节 单片微型计算机简介 .....	(1)
第二节 单片机的特点 .....	(1)
第三节 单片机的应用领域 .....	(2)
<b>第二章 AT89C51 单片机的硬件结构和工作原理</b> .....	(4)
第一节 AT89C51 单片机的基本结构及外部引脚 .....	(5)
第二节 存储器组织的特点 .....	(8)
第三节 输入/输出接口 .....	(14)
第四节 定时器/计数器 .....	(16)
第五节 中断系统 .....	(21)
<b>第三章 单片机的指令系统</b> .....	(29)
第一节 指令系统概述 .....	(29)
第二节 寻址方式 .....	(30)
第三节 AT89C51 单片机指令系统 .....	(32)
第四节 单片机 C 语言 .....	(50)
<b>第四章 单片机程序设计基础</b> .....	(82)
第一节 程序设计的步骤与方法 .....	(82)
第二节 直接程序与查表程序 .....	(86)
第三节 分支程序及散转程序 .....	(91)
第四节 循环程序 .....	(97)
第五节 子程序及其调用 .....	(100)
第六节 应用程序举例 .....	(101)
<b>第五章 单片机系统的扩展技术</b> .....	(111)
第一节 89C51 单片机最小应用系统 .....	(111)
第二节 89C51 单片机的外部并行扩展性能 .....	(112)
第三节 程序存储器的扩展 .....	(115)
第四节 数据存储器的扩展 .....	(117)
第五节 并行 I/O 口的扩展 .....	(121)
第六节 A/D 转换电路接口技术 .....	(129)
第七节 D/A 转换电路接口技术 .....	(132)

第八节	串行通讯接口设计·····	(136)
第九节	单片机的键盘与显示接口技术·····	(145)
<b>第六章</b>	<b>嵌入式系统微处理器 S3C2410A 内部结构</b> ·····	<b>(157)</b>
第一节	S3C2410A 的内部结构简介·····	(157)
第二节	S3C2410A 的存储器映射·····	(164)
第三节	复位、时钟和电源管理·····	(165)
第四节	S3C2410A 的 I/O 口·····	(165)
第五节	S3C2410A 的中断控制·····	(171)
第六节	S3C2410A 的 DMA 控制器·····	(174)
第七节	NAND Flash 接口电路·····	(174)
第八节	S3C2410A 的 A/D 转换器·····	(175)
<b>第七章</b>	<b>嵌入式系统程序设计及操作系统基础</b> ·····	<b>(179)</b>
第一节	ARM9 微处理器指令系统·····	(179)
第二节	嵌入式操作系统基础·····	(191)
第三节	常见的嵌入式操作系统简介·····	(193)
第四节	嵌入式系统的进程管理·····	(195)
第五节	嵌入式系统的存储管理·····	(196)
第六节	输入/输出(I/O)设备管理·····	(199)
<b>第八章</b>	<b>单片机及嵌入式系统应用</b> ·····	<b>(201)</b>
第一节	单片机控制步进电机·····	(201)
第二节	嵌入式系统在数控机床中的应用·····	(205)
<b>参考文献</b>	·····	<b>(216)</b>

# 第一章 概 述

## 第一节 单片微型计算机简介

单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)简称单片机,又称微控制器(Microcontroller Unit)。它不同于通常所说的中央处理单元 CPU(Center Processing Unit),CPU 包括计算机的运算器、控制器部分。单片机是将计算机的基本部件微型化,使之集成在一块芯片上的微机。片内含有 CPU、ROM、RAM、并行 I/O、串行 I/O、定时器/计数器、中断控制、系统时钟及系统总线,等等。

自 1974 年美国德克萨斯仪器公司推出第一片单片机以来,单片机得到了迅猛的发展。目前的发展趋向包括以下几个方面:

第一,由 8 位、16 位、32 位向 64 位发展,处理速度不断加快;

第二,从单 CPU 向多 CPU 发展,使单片机具有并行处理能力,功能得到极大的增强;

第三,使用的语言升级,有的单片机片内已固化有高级语言的解释程序,可直接用简单高级语言编程,有的单片机片可移植操作系统;

第四,I/O 端口多功能化,如 A/D、D/A、LED/LCD 荧光管显示驱动、特殊串行 I/O 口、DMA 控制、FIFO 缓冲器、PWM(脉宽调制)输出、PLL(锁相环控制),等等;

第五,低功耗、高速度、高集成度、多级流水线作业,适应电压范围加宽。

本书重点介绍 AT89 系列和 ARM 系列单片机,基于以下几个原因:

(1)AT89 系列单片机以 MCS-51 系列单片机为内核,是应用最广泛的 8 位单片机之一,ARM 单片机功能非常强大。

(2)介绍这两个系列单片机应用的资料丰富。

(3)这两个单片机的配套件多。

(4)这两个系列的单片机性价比高,市场来源广。

(5)这两个系列单片机的开发装置品种多。

## 第二节 单片机的特点

由于单片机具有许多特点,因而使得单片机的应用模式多,应用范围广。本节简单介绍单片机的特点及应用。

### 1. 体积小,功率损耗低

由于单片机内部包含了计算机的基本功能部件,能满足很多应用领域对硬件的功能要求,因此由单片机组成的应用系统结构简单,体积特别小,功率损耗低,而且只需单一的 +5V 电

源。

#### 2. 可靠性高,抗干扰能力强

单片机内 CPU 访问存贮器、I/O 接口的信息传输线大多数在芯片内部,因此不易受外界的干扰,另一方面,由于单片机体积小,在应用环境比较差的情况下,容易采取对系统进行电磁屏蔽等措施。所以单片机应用系统的可靠性比一般的微机系统高得多。

#### 3. 功能强

单片机面向控制,它的实时控制功能特别强,CPU 可以直接对 I/O 口进行各种操作(输入输出、位操作以及算术逻辑操作等),运算速度快,时钟达 20MHz 以上。对实时事件的响应和处理速度快。

#### 4. 使用方便

由于单片机内部功能强,系统扩展方便,因此应用系统的硬件设计非常简单,又因为国内外提供多种多样的单片机开发工具,它们具有很强的软硬件调试功能和辅助设计的手段。这样使单片机的应用极为方便,大大地缩短了系统研制的周期。

#### 5. 性能价格比高

由于单片机功能强、价格便宜,其应用系统的印刷板小、接插件少、安装调试简单等一系列原因,使单片机应用系统的性能价格比高于一般的微机系统。

#### 6. 容易产品化

单片机以上的特性,缩短了单片机应用系统样机至正式产品的过渡过程,使科研成果能够迅速转化成生产力。

### 第三节 单片机的应用领域

单片机的应用具有面广量大的特点。国际上从 20 世纪 70 年代开始,国内自 20 世纪 80 年代以来,单片机已广泛应用于国民经济的各个领域,对各个行业的技术改造和产品的更新换代起着重要的推动作用。

#### 1. 单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛地用于各种仪器仪表,使仪器仪表智能化,提高它们的测量速度和测量精度,加强控制功能,简化仪器仪表的硬件结构,便于使用、维修和改进。

#### 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机械技术、微电子技术、液压技术、自动化技术和计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品。例如微机控制的铣床、车床、钻床、磨床,等等。单片微机的出现促进了机电一体化,它作为机电产品的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强、安装方便等优点,大大强化了机器的功能,提高了机器的自动化、智能化程度。

#### 3. 单片机在实时控制中的应用

单片机也广泛地用于各种实时控制系统中,例如对工业上各种窑炉的温度、酸度、化学成分的控制。将测量技术、自动控制技术和单片机技术相结合,充分发挥数据处理和实时控制功能,使系统工作处于最佳状态,提高系统的生产效率和产品的质量。

#### 4. 单片机在分布式多机系统中的应用

分布式多机系统具有功能强、可靠性高的特点,在比较复杂的系统中,都采用分布式多机系统。系统中有若干单片机作底层控制,再全部联网到中心控制室的主控机,实现集中分散式控制。高档的单片机多机通讯(并行或串行)功能很强,它们在分布式多机系统中将发挥很大作用。

#### 5. 单片机在家用电器中的应用

家用电器涉及到千家万户,生产规模大。家用电器如电脑控制洗衣机、空调控制、音响设备、高级玩具等,一旦家电产品配上微电脑后其身价倍增,深受用户的欢迎。廉价的单片微机在家用电器中应用前途十分广阔。

#### 6. 单片机在通信、信息领域中的应用

当今社会已进入信息时代,单片机作为信息技术的硬件基础,大量用于电子交换系统、通信设备以及手机之中。

#### 7. 单片机在国防、航天领域中的应用

在导弹发射系统,火炮角度调整,航空、航天、遥控、遥测等各种实时控制系统中都用单片机作为控制器。

#### 8. 在广告业中的应用

由于广告业的快速发展,对动态显示要求越来越高,大型电子显示牌以及广场显示屏,也给单片机应用提供了用武之地。



## 第二章 AT89C51 单片机的硬件结构和工作原理

AT89 系列单片机是 ATMEEL 公司生产的目前市场上最流行的单片机系列之一。本章主要介绍 ATMEEL 公司的 AT89 系列单片机的系统结构,分析芯片内部各个组成部件及其功能。AT89 系列单片机有许多产品系列,但是在总体上具有相同的硬件结构,并且许多功能模块是一致的,只是在某些特定的功能模块上有所增删或变化。AT89 系列单片机目前流行有 S 和 C 两个系列,其中 S 系列比 C 系列的单片机更高端,但在芯片内部两个系列的内核基本一致,只是在一些硬件模块上有所区别,在这里我们主要以 C 系列来进行说明。

AT89C51 单片机是美国 ATMEEL 公司生产的低电压、高性能 CMOS 8 位单片机。片内含 4K bytes 的 Flash 程序存储器。器件采用 ATMEEL 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。

AT89C51 单片机结构原理示意图如图 2-1 所示。由图可见,该单片机内部除集成 CPU、存储器和输入/输出电路外,还包含了定时器/计数器、中断控制和时钟振荡电路等,由此构成了一个完整的微机电路。

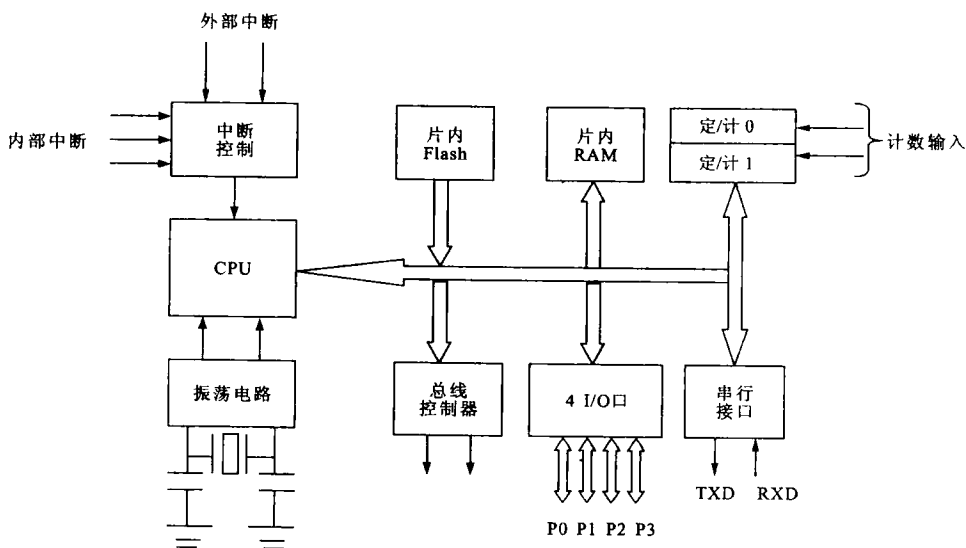


图 2-1 单片机结构原理示意图

## 第一节 AT89C51 单片机的基本结构及外部引脚

### 一、AT89C51 单片机的结构特点

AT89C51 单片机的主要结构特点为:

- 单+5V 供电,总线型 40 引脚封装,非总线型 20 引脚封装;
- 8 位微处理器 CPU;
- 片内有振荡电路和时钟电路;
- 全静态操作:0~24MHz;
- 4K 字节可重擦写 Flash 闪速程序存储器(1 000 次擦写周期);
- 128 字节内部数据存储器 RAM;
- 32 根可编程 I/O 口线;
- 64KB 的片外程序存储器地址空间;
- 64KB 的片外数据存储器地址空间;
- 两个 16 位定时/计数器;
- 5 个中断源,可编程为两个优先级;
- 1 个可编程串行 UART 通道;
- 布尔处理器;
- 低功耗空闲和掉电模式。

### 二、AT89C51 单片机的外部引脚

AT89 系列单片机有双列直插式(DIP)、方形扁平式(QFP)等多种封装形式。常用的总线型 DIP40 封装和非总线型 DIP20 封装的引脚排列如图 2-2 所示。下面以最常见的总线型 DIP40 封装为例介绍 AT89C51 单片机的外部引脚。

从引脚功能的角度来看,可将引脚分为如下 3 个部分。

#### 1. I/O 口线

具有 4 个并行 8 位 I/O 端口,分别为 P0 口、P1 口、P2 口及 P3 口,但这些 I/O 口线一般不能都作为用户的 I/O 口线使用。它们结构上有区别,使用上也不一样。

#### 2. 控制口线

控制口线有 4 条,分别是:

●RST/VPD:复位输入信号端,高电平有效。当振荡器工作时,如果 RST 引脚持续出现两个机器周期以上高电平就会使单片机复位。复位后单片机将从程序计数器 PC=0000H 地址开始执行程序。同时该引脚还具有备用电源功能。当电源降低到低电平时,RST/VPD 线上的备用电源自动投入,以保证片内 RAM 中的信息不丢失。

●ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ :ALE 是地址锁存允许信号,当访问外部程序存储器或数据存储器时,输出脉冲用于锁存地址的低 8 位字节。即使不访问外部存储器,ALE 仍以时钟振荡频率的 1/6 输出固定正脉冲信号,因此它可对外输出时钟或用于定时目的。该引脚的第二功能( $\overline{\text{PROG}}$ )用于在 FLASH 存储器编程期间,输入编程脉冲。

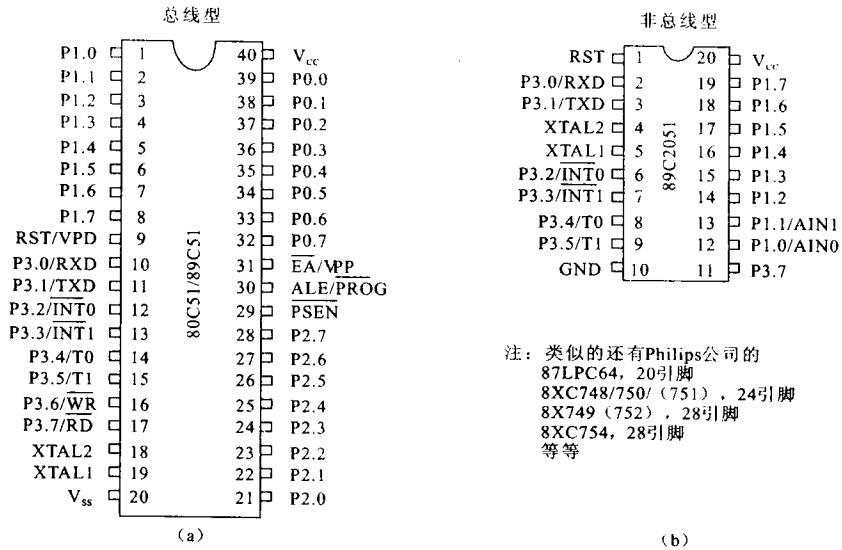


图 2-2 AT89 系列单片机引脚图

●  $\overline{\text{PSEN}}$ :外部程序存储器选通信号,低电平有效。当从外部程序存储器读取指令或数据期间,该信号自动产生,每个机器周期该信号两次有效。

●  $\overline{\text{EA/VPP}}$ :外部程序存储器访问允许。欲使 CPU 仅访问外部程序存储器(地址为 0000H~FFFFH), $\overline{\text{EA}}$ 端保持低电平(接地)。如 $\overline{\text{EA}}$ 端为高电平(接  $V_{cc}$  端),CPU 则执行内部程序存储器中的指令。第二功能  $V_{pp}$  是使用 Flash 存储器编程时,编程电压输入端。

### 3. 电源及时钟

●  $V_{cc}$ :电源正端,通常接 +5V。

● GND:电源负端,接地。

● XTAL1:接外部晶体振荡器的一个引脚。采用外部振荡器时,此引脚接地。

● XTAL2:接外部晶体振荡器的另一个引脚。采用外部振荡器时,此引脚作为外部振荡信号的输入端。

AT89C51 单片机中有一个用于构成内部振荡器的高增益反相放大器,引脚 XTAL1 和 XTAL2 分别是该放大器的输入端和输出端。这个放大器与作为反馈元件的片外石英晶体或陶瓷谐振器一起构成自激振荡器,外接石英晶体及电容  $C_1$ 、 $C_2$  接在放大器的反馈回路中构成并联振荡电路,对外接电容虽没有十分严格的要求,但电容容量的大小会影响振荡频率的高低及振荡器工作的稳定性,晶体振荡器(简称晶振)的振荡频率范围是 1.2~12MHz,典型值为 12MHz 和 6MHz。电容在 5~30pF 之间选取,振荡电路如图 2-3(a)。当采用外部时钟时,外部时钟脉冲接到 XTAL2 端,XTAL1 接地,如图 2-3(b)。

## 三、基本时序单位

描述 AT89C51 单片机的时序单位有振荡周期、状态周期、机器周期和指令周期。

(1)振荡周期  $P$ 。也称时钟周期,是指为单片机提供时钟脉冲信号的振荡源的周期。当单

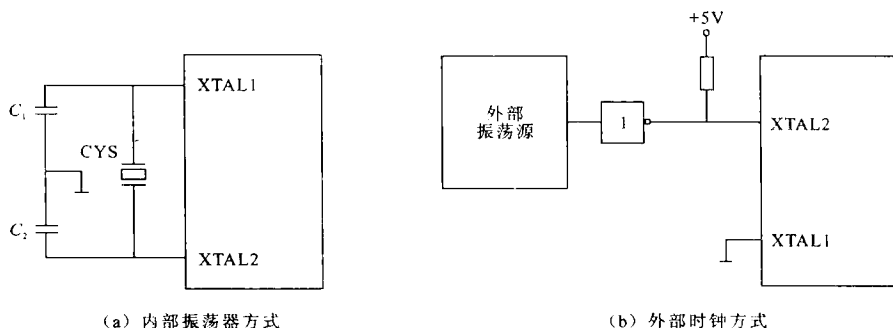


图 2-3 AT89C51 单片机时钟产生方式

单片机的时钟采用内部振荡器方式时,外接的石英晶体振荡器的周期即为单片机的振荡周期。

(2)状态周期  $S$ 。对时钟信号二分频后所形成的脉冲信号周期称为状态周期,每个状态周期  $S$  包括两个振荡周期,分别记作  $P1$ 、 $P2$ ,所以  $1S=2P$ 。

(3)机器周期。一个机器周期包含 6 个状态周期  $S1\sim S6$ ,也就是 12 个时钟周期。在一个机器周期内,CPU 可以完成一个独立的操作。

(4)指令周期。它是指 CPU 完成一条指令所需的全部时间。每条指令执行时间都是由一个或几个机器周期组成。一个指令周期通常含有 1~4 个机器周期。AT89C51 单片机系统中,有单机器周期指令、双机器周期指令和四机器周期指令。

上述 4 种时序单位中,振荡周期和机器周期是单片机内计算其他时间(例如,波特率、定时器的定时时间等)的基本时序单位。下面是单片机外接晶振频率分别为 12MHz 和 6MHz 时的各种时序单位的大小:

12MHz	6MHz
振荡周期 = $1/f_{osc} = 1/12\text{MHz} = 0.0833\mu\text{s}$	$1/6\text{MHz} = 0.167\mu\text{s}$
状态周期 = $2/f_{osc} = 2/12\text{MHz} = 0.167\mu\text{s}$	$2/6\text{MHz} = 0.334\mu\text{s}$
机器周期 = $1/f_{osc} = 12/12\text{MHz} = 1\mu\text{s}$	$12/6\text{MHz} = 2\mu\text{s}$
指令周期 = (1~4) 机器周期 = 1~4 $\mu\text{s}$	2~8 $\mu\text{s}$

#### 四、片外三总线结构

单片机的管脚除了电源、复位、时钟输入以及用户 I/O 口外,其余的管脚都是为了实现系统扩展而设置的。这些管脚构成了三总线形式,如图 2-4 所示。

##### 1. 地址总线(AB)

地址总线宽度为 16 位,因此,外部存储器直接寻址范围为 64KB。由 P0 口经地址锁存器提供 16 位地址总线的低 8 位地址( $A0\sim A7$ ),而由 P2 口提供高 8 位地址( $A8\sim A15$ )。

##### 2. 数据总线(DB)

数据总线宽度为 8 位,由 P0 口提供。

##### 3. 控制总线(CB)

控制总线由第二功能状态下的 P3 口和 4 根独立控制端口  $\overline{\text{RST}}$ 、 $\overline{\text{EA}}$ 、 $\overline{\text{ALE}}$  和  $\overline{\text{PSEN}}$  组成。

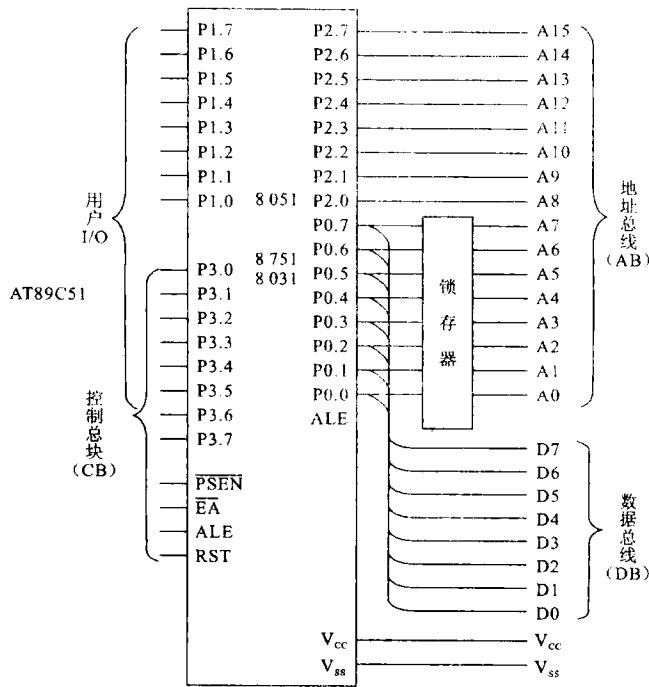


图 2-4 AT89C51 单片机的总线结构

## 第二节 存储器组织的特点

单片机内部存储器的功能是存储信息(程序和数据)。存储器按其存取方式可以分成两大类:一类是随机存取存储器(RAM);另一类是只读存储器(ROM)。单片机存储器结构采用哈佛型结构,即将程序存储器(ROM)和数据存储器(RAM)分开,它们有各自独立的存储空间、寻址机构和寻址方式。

对于 RAM, CPU 在运行过程中能随时进行数据的写入和读出,但在关闭电源时,其所存储的信息将丢失。所以,它只能用来存放暂时性的输入输出数据、运算的中间结果或用作堆栈。因此, RAM 常被称作数据存储器。

ROM 是一种写入信息后不能改写、只能读出的存储器。断电后, ROM 中的信息保留不变,所以, ROM 用来存放固定的程序或数据,如系统监控程序、常数表格等。ROM 常被称作程序存储器。

对 AT89C51 单片机的存储器组织结构来说,程序存储器和数据存储器严格分开,各有自己的寻址系统、控制信号和功能,具体特点如下。

### 一、有 4 种物理存储空间

从实际的存储介质上看, AT89C51 单片机有 4 种物理存储空间。它们是片内程序存储

器、片外程序存储器、片内数据存储器以及片外数据存储器。如图 2-5 所示。

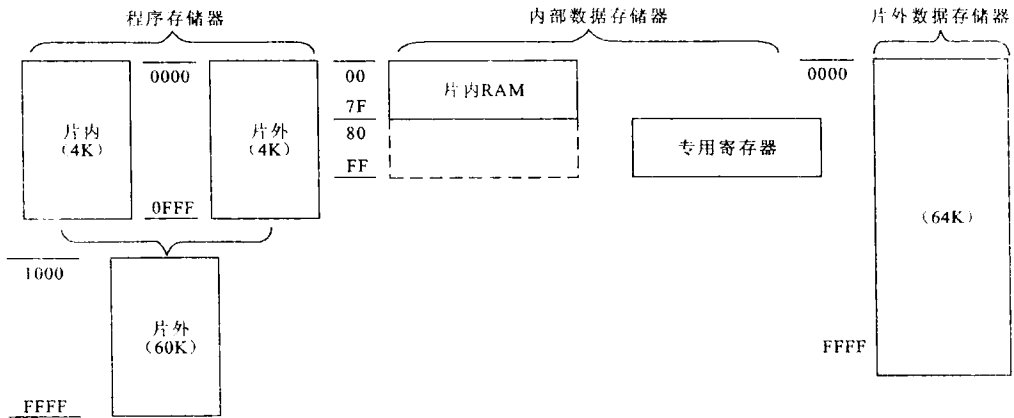


图 2-5 AT89C51 单片机存储空间分配

51 系列单片机的程序存储器有片内和片外之分,这种存储器是 ROM 型的存储器,专门用来存放程序和写在程序中的固定常数,一旦写入就不能轻易改变或不能改变。不同芯片所用的 ROM 类型也不一致。8051 单片机片内具有 4K 字节的 ROM,8751 单片机片内具有 4K 字节的 EPROM,而 8031 单片机不具有片内程序存储器。AT89C51 单片机片内则具有 4KB 字节的 Flash 型程序存储器。

数据存储器可以随机读写数据,AT89C51 单片机片内有 128 字节的数据存储器。另外,AT89C51 单片机的专用寄存器被当作“数据存储器”进行统一编址,占另外的 128 字节,因此,AT89C51 单片机内部数据存储器容量为 256 字节。

对于许多应用系统,单靠片内存储器的容量是不够的,往往在片外还要增加 RAM 和 ROM 的容量。

## 二、地址空间划分成 3 种

AT89C51 单片机的 4 种物理存储空间被划分成如下 3 种基本的存储器地址空间:

- 64KB 的程序存储器地址空间(包括片内和片外);
- 64KB 的外部数据存储器地址空间;
- 256B 的内部数据存储器空间,其中包括专用寄存器。

### (一) 程序存储器地址空间

虽然程序存储器在物理空间上分为片内程序存储器和片外程序存储器两种,但其地址空间则是片内和片外程序存储器按统一地址编址,最大容量 64K 个字节。片内和片外程序存储器在低 4K 字节出现地址重叠,这种重叠由管脚  $\overline{EA}$  进行控制。当  $\overline{EA}$  外接高电平时,内部 4K ROM 有效,外部从 1000H 开始编址,当 PC 计数大于 0FFFH 时,由芯片控制自动转向外部 ROM,无须用户干预。若  $\overline{EA}$  外接低电平时,内部低 4K ROM 失去作用,外接的低 4K ROM 有效,所有指令都从外部取得。外部程序存储器用  $\overline{PSEN}$  信号选通。

AT89C51 单片机片内有 4KB 字节的 Flash 型程序存储器,地址范围为 0000H~0FFFH。

当不够使用时,可以扩展片外程序存储器。因为单片机的程序计数器 PC 是 16 位的计数器,所以片外程序存储器扩展的最大空间是 64 KB,地址范围为 0000H~FFFFH。其典型结构如图 2-5 所示。

对于扩展了外部程序存储器的 AT89C51 系列单片机来说,片内程序存储器和外部程序存储器在 0000H~0FFFH(4KB)地址空间重叠。如果  $\overline{EA}$  引脚接高电平,CPU 将首先访问片内存储器,当指令地址超过 0FFFH 时,自动转向片外 ROM 1000H 处读取指令。当  $\overline{EA}$  引脚接低电平时,CPU 只能从外部程序存储器取指令,内部低 4K ROM 失去作用。因此对于内部不带 ROM 或 EPROM 的 80C31、80C32 单片机来说, $\overline{EA}$  引脚一律接地。

需要注意的是:程序存储器低端的一些地址通常被固定地用作特定程序的入口地址,即复位后程序入口地址及各中断入口地址:

- (1)0000H——单片机复位后的程序入口地址。
- (2)0003H——外部中断 0 的中断服务子程序入口地址。
- (3)000BH——定时/计数器 0 的中断服务子程序入口地址。
- (4)0013H——外部中断 1 的中断服务子程序入口地址。
- (5)001BH——定时/计数器 1 的中断服务子程序入口地址。
- (6)0023H——串行口的中断服务子程序入口地址。
- (7)002BH——定时器 2 的中断服务子程序入口地址。

编程时,通常在这些入口地址开始的两三个单元中,放入一条转移指令,使相应的服务与实际分配的程序存储器区域中的程序段相对应(仅在中断服务子程序较短时,才可以将中断服务子程序直接放在相应的入口地址开始的几个单元中)。

复位后,程序计数器 PC 为 0000H,即从程序存储器的 0000H 单元读出第一条指令,因此可在 0000H 单元内放置一条跳转指令,如 LJMP 2000H(主程序入口地址)。由于系统给每一个中断服务子程序预留了 8 个字节,因此,用户主程序一般存放在 0033H 单元以后。

单片机程序的典型结构如下:

```

ORG    0000H    ;用伪指令 ORG 指示随后的指令码从 0000H 单元开始存放
LJMP   MAIN    ;在 0000H 单元放一条长跳转指令,共 3 个字节
ORG    0003H
LJMP   INT0    ;跳到外部中断 0 服务子程序的入口地址
ORG    000BH
LJMP   T0      ;跳到定时/计数器 0 中断服务子程序入口地址
ORG    0013H
LJMP   INT1    ;跳到外部中断 1 服务子程序的入口地址
ORG    001BH
LJMP   T1      ;跳到定时/计数器 1 中断服务子程序入口地址
ORG    0023H
LJMP   SIO     ;跳到串行口中断服务子程序入口地址

```

```

ORG    002BH
LJMP   T2           ;跳到定时/计数器 2 中断服务子程序入口地址
ORG    0033H       ;主程序代码从 0033H 单元开始存放
MAIN:...          ;MAIN 是主程序入口地址标号

```

### (二) 片外数据 RAM 地址空间

AT89C51 单片机的数据存储器,分为片内数据存储器 and 片外数据存储器,且片内数据存储器与片外数据存储器是分开编址的,分别对应 00H~FFH(256 字节)和 0000H~FFFFH(64K 字节)。

片外数据存储器一般由静态 RAM 构成,其容量大小由用户根据需要而定。通过 P0、P2 口,AT89C51 单片机最大可扩展片外 64 KB 空间的数据存储器,地址范围为 0000H~FFFFH。

虽然它与程序存储器的地址空间是重合的,但两者的寻址指令和控制线不同。CPU 通过 MOVX 指令访问片外数据存储器,用间接寻址方式,R0、R1 和 DPTR 都可作间接寄存器。程序存储器只存放程序与常数或表格,所以,无论用什么芯片,都是“只读”的存储器。从控制信号上讲,访问外部程序存储器时  $\overline{\text{PSEN}}$  信号有效,访问外部数据存储器时  $\overline{\text{WR}}$  或  $\overline{\text{RD}}$  信号有效,从而保证这两类存储器严格分开。

注意,外部 RAM 和扩展的 I/O 口是统一编址的,所有的外扩 I/O 口都要占用 64KB 中的地址单元。有关片外数据存储器的连接及读写方式参阅后续相关章节。

### (三) 片内数据 RAM 地址空间

片内 RAM 地址空间为 128 个字节,地址范围是 00H~7FH,与片内专用寄存器 SFR 统一编址,专用寄存器 SFR 在后面单独介绍。

在 AT89C51 单片机中,尽管片内 RAM 的容量不大,但它的功能多,使用灵活。片内 RAM 共有 128 个字节,分成工作寄存器区、位地址区、通用 RAM 区 3 部分,片内 RAM 结构如图 2-6 所示。

#### 1. 工作寄存器区

AT89C51 单片机片内 RAM 的低 32 个字节(00H~1FH)分成 4 个工作寄存器组(也称区),每组(区)占 8 个字节。即:

寄存器 0 组:地址 00H~07H;

寄存器 1 组:地址 08H~0FH;

寄存器 2 组:地址 10H~17H;

寄存器 3 组:地址 18H~1FH。

每个工作寄存器组都有 8 个寄存器,分别称为 R0,R1,……,R7。程序运行时,只能有一个工作寄存器组作为当前工作寄存器组。当前工作寄存器组的选择是由专用寄存器中的程序状态字寄存器 PSW 的 RS1、RS0 两位决定的。可以对这两位进行编程,以选择不同的工作寄存器组。工作寄存器组与 RS1、RS0 的关系及地址见表 2-1。单片机上电复位后,工作寄存器缺省为 0 组。



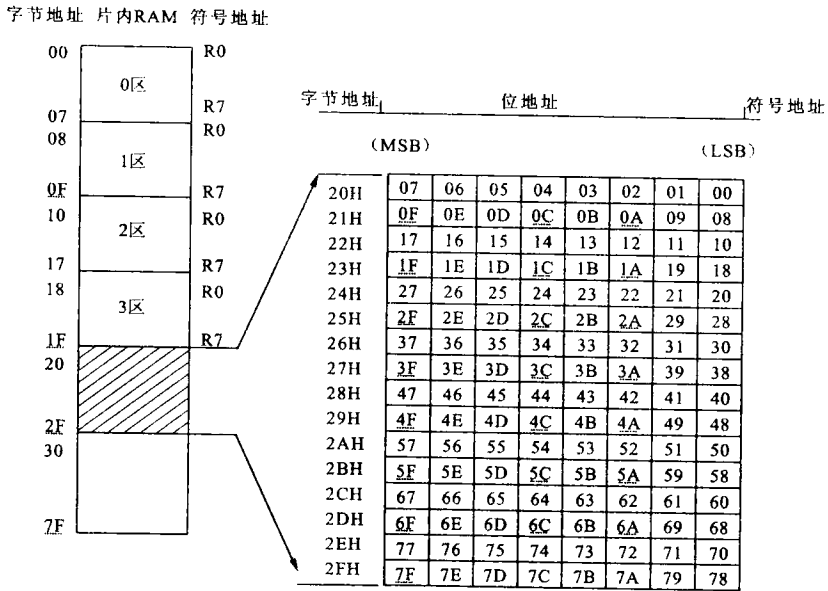


图 2-6 AT89C51 单片机的片内 RAM 地址空间分布图

表 2-1 工作寄存器组选择

RS1	RS0	工作寄存器组	RS1	RS0	工作寄存器组
0	0	0 组(00H~07H)	0	1	1 组(08H~0FH)
1	0	2 组(10H~17H)	1	1	3 组(18H~1FH)

2. 位地址区

从 20H~2FH 的 16 个字节的 RAM 为位地址区,有双重寻址功能,既可以进行位寻址操作,也可以同普通 RAM 单元一样按字节寻址操作,共有 128 位,每一位都有相对应的位地址,位地址范围是 00H~7FH。16 个字节的 RAM 对应的位地址表见图 2-6。

3. 通用 RAM 区(数据缓冲器区)

从 30H~7FH 共 80 个字节为数据缓冲器区。用于存放用户数据,只能按字节存取。通常这些单元可用于中间数据的保存,也用作堆栈的数据单元。前面所说的工作寄存器区、位寻址区的字节单元也可用作一般的数据缓冲器。

4. 专用寄存器

256B 的内部数据存储区空间中低 128 个地址单元为片内数据 RAM,高 128 个地址单元为专用寄存器区,其地址范围是 80H~FFH。这高 128 个单元实际上只有 21 个单元有用。

AT89C51 单片机内部设置了 21 个专用寄存器(SFR),离散地分布在 80H~FFH 的地址空间中,如图 2-7 所示。其中,字节地址能被 8 整除(即 16 进制地址码尾数为 0 或 8)的单元具有位寻址的能力。

在 21 个专用寄存器中,一部分是属于 CPU 范围的,例如累加器 ACC、B 寄存器、程序状