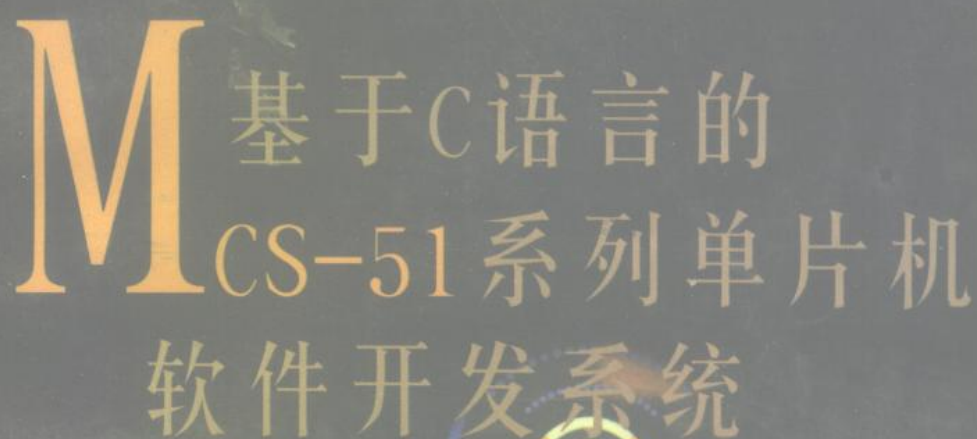




郭观七

.52

77311.52

690

基于 C 语言的 MCS-51 系列 单片机软件开发系统

华中理工大学出版社

(鄂)新登字第10号

图书在版编目(CIP)数据

基于C语言的MCS-51系列单片机软件开发系统/郭观七
武汉:华中理工大学出版社,1997.2
ISBN 7-5609-1458-6

- I. 基...
- II. 郭...
- III. 电子计算机-单片机-软件开发系统
- IV. TP311

基于C语言的MCS-51系列单片机软件开发系统

郭观七

责任编辑 沈旭日

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山 邮编:430074)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社照排室排版

湖北省丹江口市印刷一厂印刷

•

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:400 000

1997年2月第1版 1997年2月第1次印刷

印数:1—4 000

ISBN 7-5609-1458-6/TP·205

定价:18.00元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书扼要介绍了 MCS-51 系列单片机的硬件结构;系统、全面、详细地阐述了由 Franklin 软件公司推出的基于 C 语言的高性能、高效率的 MCS-51 全系列单片机软件开发系统。该开发系统包括 C51 编译器、A51 汇编器、L51 连接器、DS51 源代码仿真调试器、OHS51 目标代码转换器和其它实用工具程序。应用该开发系统不仅可高效地开发 MCS-51 系列单片机的高性能的 C 语言、汇编语言应用软件,还可在 IBM PC 及其兼容机上用软件模拟的方法实现 C 语言或汇编语言程序的源代码实时仿真调试。

本书取材新颖实用、内容丰富、叙述准确。书中列举了大量的例子说明开发系统中各模块的功能、特点及其使用方法。并结合作者从事单片机教学和应用开发的经验体会,专门安排了一章介绍 C51 程序设计实例。

本书可作为从事单片机应用开发的工程技术人员的参考书,也可作大专院校相关专业师生的教学参考书。

JS199/16

前 言

以 Intel 公司的 8051 为典型代表的 MCS-51 系列单片机,是在工业测控系统、智能机电产品、仪器仪表和外设接口等领域应用最广泛的微控制器。在单片机应用系统的开发过程中,硬件设计相对简单,易于实现,且系统扩展已达到了一定的标准化、规范化程度,已有大量的实用设计方案和线路可供参考或直接采用。而应用系统的软件开发却是困扰广大工程技术人员的难题。以往的单片机软件开发都是采用汇编语言编程,在某种型号的硬件仿真器上进行仿真调试。这不但要求软件开发者十分熟悉单片机的硬件结构及其指令系统,还要求熟悉硬件仿真器的特性及其操作方法,从而增加了软件开发的难度和周期。尤其是,采用汇编语言编程,程序的可读性、可维护性差,软件开发效率十分低下。因此,在通用微型计算机上应用通用程序设计语言进行单片机软件的交叉仿真开发是提高单片机软件开发效率和软件水平的关键所在。

C 语言是通用的程序设计语言,其可移植性,代码的高效率、经济性,良好的程序结构以及应用软件的易维护性已是众所周知,C 语言的强大功能及众多其它优点几乎使其可用于任何程序设计,它已被移植到包括 MCS-51 在内的多种机器上,在软件工程中得到了最为广泛的应用。

由美国 Franklin 软件公司推出的 MCS-51 全系列单片机软件开发系统,是一个基于 C 语言的,集编译器、汇编器、连接器、软件交叉仿真调试器、库管理及目标代码转换程序于一体的集成软件包。该软件包运行于流行的 IBM PC 及兼容机上,是迄今为止性能最高、功能最强、配置最全、版本最新、使用最方便的 MCS-51 系列单片机软件开发系统。

本书作者根据多年从事 MCS-51 应用开发及 C 语言程序设计的实践经验体会,详细阐述了 Franklin MCS-51 全系列单片机软件开发系统的功能、特点及其应用。全书共分为 7 章。

第一章扼要介绍了 MCS-51 的硬件结构,侧重于硬件的应用特性,这是理解和应用 C51 编程的必备知识。关于硬件的详细结构及其工作原理可参考有关的硬件手册。对于已有 MCS-51 应用开发经验的读者,可以跳过本章内容。

第二章介绍 Franklin MCS-51 全系列单片机软件开发系统的运行环境、安装及主要功能模块的启动方法。

第三章详细叙述了 Franklin C51 编译器对 ANSI C 的特殊扩充及使用方法,并通过例子说明了 C51 与 A51 汇编语言混合编程的接口方法。这些内容适用于已有 C 语言基础的读者。对于尚无 C 语言基础的读者可参考其它的 C 语言基础著作或笔者所编、由华中理工大学出版社出版的《C 语言快速入门与应用基础》一书,该书以全新的适用于初学者学习的层次化方法,精炼、系统地阐述了 C 语言基础知识及其程序设计应用知识。

第四章详细介绍 Franklin A51 宏汇编语言。其内容适用于需要应用汇编语言编程或混合编程的读者。

第五章阐述了 Franklin 软件开发系统中的实用工具程序。内容包括连接器(L51)、代码组连接器(BL51)、库管理器(LIB51)、目标代码转换器(OHS51)和分组的目标代码转换器(OC51)的功能、特点及其使用方法。本章还介绍了 Intel 十六进制文件格式。

第六章详细叙述 Franklin 软件开发系统中的源代码(C51、PL/M51 或 A51 源程序)交叉

调试工具 DS51 及其使用方法。

第七章详细介绍了 MCS-51 的片内集成外围设备(定时器/计数器、串行口)的工作原理与应用,并通过一个用 8051 实现的实用电子日历时钟系统的硬件及其软件实例,演示了 8051 应用软件的 C 语言程序设计方法。

附录部分给出了 Franklin 软件开发系统的 IOF 驱动软件及 8051 单片机指令集。

需要补充说明的是, Franklin MCS-51 全系列单片机软件开发系统除了以上有关章节中介绍的主要功能模块外,还包括诸如编辑器、RTX-51 Tiny 多任务实时操作系统等功能模块,鉴于它们的实用性和本书篇幅有限,本书未作介绍。有兴趣的读者可参考相关的手册。

由于笔者水平有限,书中若有错误或不妥之处,敬请读者和行家们批评指正,以待改进。

在本书的写作过程中,曾得到过湖南大学计算机系陆应平老师、国防科技大学计算机系唐新春老师、岳阳大学机电系和计算中心有关老师多方面的指点和帮助,尤其是周北岳老师对本书的写作提出了许多宝贵的意见,在此一并表示衷心感谢。

最后特别感谢华中理工大学出版社的大力支持,使本书得以快速与读者见面。

作 者

1996 年 11 月

目 录

第一章 MCS-51 单片机概述	(1)
1.1 主要性能指标	(1)
1.2 引脚描述及片外总线结构	(2)
1.2.1 引脚描述	(2)
1.2.2 片外总线结构	(5)
1.3 存储器组织	(6)
1.3.1 程序存储器地址空间	(8)
1.3.2 外部数据存储器地址空间	(8)
1.3.3 内部数据存储器地址空间	(8)
1.3.4 寻址方式	(13)
1.4 I/O 口及其读—修改—写特性	(14)
1.5 中断系统	(14)
1.5.1 中断源	(14)
1.5.2 中断控制	(16)
1.6 复位状态	(17)
1.7 CHMOS 型的低功耗方式	(18)
1.8 开发系统	(19)
1.8.1 基本功能	(19)
1.8.2 分类	(20)
1.8.3 Franklin MCS-51 软件开发系统	(21)
第二章 开发系统的安装与启动	(22)
2.1 运行环境	(22)
2.2 安装	(22)
2.3 启动	(23)
2.4 错误号	(25)
第三章 C51 编译器	(26)
3.1 概述	(26)
3.2 编译控制指令	(33)
3.2.1 源控制	(34)
3.2.2 列表控制	(35)
3.2.3 目标控制	(40)
3.3 特殊扩充	(45)
3.3.1 与 PL/M51 语言兼容的声明	(45)
3.3.2 存储器模式与存储器类型	(46)
3.3.3 指针	(47)

3.3.4	特殊功能寄存器的声明	(51)
3.3.5	特殊功能位的声明	(52)
3.3.6	可位寻址对象的声明	(53)
3.3.7	位标量的声明	(54)
3.3.8	寄存器组定义	(55)
3.3.9	函数的中断属性	(56)
3.3.10	函数的再入属性	(58)
3.3.11	函数的存储器模式属性	(59)
3.3.12	优化程序	(59)
3.4	与 A51 汇编语言的相互调用协议	(60)
3.4.1	C51 的数据格式	(60)
3.4.2	目标代码的段组织	(63)
3.4.3	A51 汇编语言接口	(66)
3.4.4	模拟栈	(72)
3.4.5	配置文件	(73)
3.5	预处理器	(75)
3.6	对源程序文件的限制	(75)
3.7	库函数	(76)
3.7.1	CTYPE.H	(76)
3.7.2	STDIO.H	(78)
3.7.3	STRING.H	(81)
3.7.4	STDLIB.H	(83)
3.7.5	MATH.H	(85)
3.7.6	ABSACC.H	(86)
3.7.7	INTRINS.H	(87)
3.7.8	STDARG.H	(88)
3.7.9	SETJMP.H	(90)
3.7.10	REG???.H	(91)
3.8	MCS-51 系列的特殊扩充	(91)
3.8.1	80C517/537	(91)
3.8.2	AMD 器件	(92)
3.8.3	8xC751	(92)
第四章	A51 汇编器	(94)
4.1	概述	(94)
4.2	A51 宏汇编语言	(96)
4.2.1	操作数、地址和表达式	(96)
4.2.2	伪指令	(105)
4.2.3	宏指令	(111)
4.3	汇编控制指令	(118)
4.3.1	首要控制	(118)

4.3.2	次要控制	(122)
4.3.3	条件汇编	(123)
第五章	实用工具集	(125)
5.1	L51 连接/定位器	(125)
5.1.1	功能	(125)
5.1.2	引用	(127)
5.1.3	连接控制指令	(127)
5.1.4	连接实例	(136)
5.2	LIB51 库管理器	(143)
5.3	OHS51 代码转换器	(145)
5.4	BL51 代码组连接器	(146)
5.4.1	概述	(146)
5.4.2	引用	(147)
5.4.3	存储器分组配置文件	(149)
5.4.4	应用举例	(151)
5.5	分组的目标文件转换器 OC51	(160)
5.6	Intel 十六进制格式文件	(160)
第六章	DS51 调试/仿真器	(162)
6.1	概述	(162)
6.1.1	功能	(162)
6.1.2	引用	(164)
6.1.3	屏幕分布	(164)
6.1.4	调试过程举例	(164)
6.2	窗口及其命令输入	(171)
6.2.1	窗口	(171)
6.2.2	命令解释软件	(175)
6.2.3	使用鼠标器	(177)
6.3	下拉菜单	(178)
6.4	EXE 窗口命令	(181)
6.4.1	显示和更新存储器内容	(182)
6.4.2	程序执行控制	(187)
6.4.3	断点管理	(187)
6.4.4	其它	(190)
6.5	表达式	(197)
6.5.1	组成	(197)
6.5.2	与 C 语言表达式的差异	(203)
6.5.3	应用举例	(203)
6.6	函数	(206)
6.6.1	用户函数	(206)
6.6.2	内部函数	(208)

6.6.3 信号函数.....	(210)
6.6.4 与C语言函数的差异	(212)
第七章 C51 程序设计实例	(213)
7.1 定时器/计数器应用程序设计.....	(213)
7.1.1 定时器/计数器工作原理	(213)
7.1.2 定时器/计数器编程实例	(216)
7.2 串行口应用程序设计	(217)
7.2.1 串行通信接口.....	(217)
7.2.2 串行口应用编程.....	(221)
7.3 矩阵键盘与LED 驱动编程技术	(226)
附录 A IOF 驱动软件	(241)
附录 B 8051 单片机指令集	(246)
参考文献	(253)

第一章 MCS-51 单片机概述

1.1 主要性能指标

MCS-51 是由 Intel 公司推出的高档 8 位单片机系列产品。该产品系列包括 8031/8051/8751 和 8032/8052 以及相应的 CMOS 工艺芯片,还包括以 80C51 为代表的新一代单片机和 Philips、AMD、Siemens、ATMEL 等公司的多种兼容产品。下面列出几种最常用的 MCS-51 的主要性能指标。

1. 内部程序存储器和内部数据存储器容量

表 1-1-1 列出了 MCS-51 的数据存储器(RAM)和程序存储器(ROM)容量。

表 1-1-1 MCS-51 可寻址的存储器空间

单片机	内部程序存储器	内部数据存储器	外部程序存储器	外部数据存储器
8031	无	128B	最大 64KB	最大 64KB
8051	4KB(ROM)	128B	最大 60KB	最大 64KB
8751	4KB(EPROM)	128B	最大 60KB	最大 64KB
8032	无	256B	最大 64KB	最大 64KB
8052	8KB(ROM)	256B	最大 56KB	最大 64KB

注: ① 1B=1 字节,1KB=1024B。

② 表中的数据是指芯片的 $\overline{EA}$ 引脚接高电平时的数据,当 $\overline{EA}$ 引脚接低电平时,所有的内部程序存储器都不可访问,此时,最大可寻址的外部程序存储器都为 64KB。

③ 内部数据存储器不包括特殊功能寄存器单元。

2. 输入/输出(I/O)端口

在 MCS-51 内部,都有 4 个 8 位的并行 I/O 端口和一个可全双工通信的串行 I/O 端口。并行 I/O 端口既可按字节访问,也可按位访问。串行 I/O 端口可通过软件编程设定 4 种工作方式。

3. 外部程序存储器与外部数据存储器空间

MCS-51 的程序存储器空间与数据存储器空间相互独立,均可寻址 64KB 外部数据存储器空间。对于程序存储器,不同芯片的内部存储器容量不同,可寻址的外部程序存储器也就不同,如表 1-1-1 所示,但最大可寻址的内、外总空间仍为 64KB。进行外部存储器扩展时,采取分组技术,可使外部程序存储器和数据存储器的容量都超过 64KB。

4. 定时器/计数器

MCS-51 有两个 16 位的片内可编程的定时器/计数器, 可对它们编程设定 4 种工作方式。8032/8052 还有附加的第三个 16 位片内定时器/计数器, 该部件可设定 3 种工作方式。

5. 中断

MCS-51 有 5 个中断源(8032/8052 有 6 个), 分为两个优先级, 每个中断源的优先级可编程设定。

6. 堆栈

MCS-51 的堆栈位于内部 RAM 中, 栈底(或栈顶)的位置可编程设定, 堆栈最大深度可达 128B, 可用于子程序调用或中断服务时的现场保护。

7. 寄存器区

在 MCS-51 的内部 RAM 中可开辟 32B 的寄存器区。寄存器区又可划分成 4 个不同的寄存器组, 每组有 8 个寄存器。通过编程可选择不同的工作寄存器组, 以适应多级中断服务或子程序嵌套调用的要求。

8. 布尔处理机

与一般微控制器不同, MCS-51 片内除了有一个 8 位的微处理器外, 还有一个 1 位的布尔处理机, 指令系统中提供了相应的位处理指令子集, 专用于各种各样的位处理操作, 为测控、开关逻辑方面的应用提供了高效的手段。

9. 指令系统

MCS-51 指令系统提供了丰富的指令, 可用于各种各样的算术、逻辑运算和控制操作。当时钟频率为 12MHz 时, 大多数指令的执行可在 $1\mu\text{s}$ 内完成, 执行时间最长的乘除法指令也只需要 $4\mu\text{s}$ 。

1.2 引脚描述及片外总线结构

1.2.1 引脚描述

HMOS 工艺的 MCS-51 都采用 40 引脚的 DIP(双列直插式封装)形式。80C31/80C51 除采用 DIP 封装形式外, 还有方形封装形式。方形封装的芯片有 44 个引脚, 标有 NC 的 4 个引脚不连线。图 1-2-1 是几种最常用的芯片引脚配置图。MCS-51 的逻辑符号如图 1-2-2 所示。下面按引脚功能分类分别叙述这 40 个引脚的功能。

1. 主电源引脚

V_{cc} (40 脚) 接 +5V 电源

V_{ss}(20 脚)

接电源地

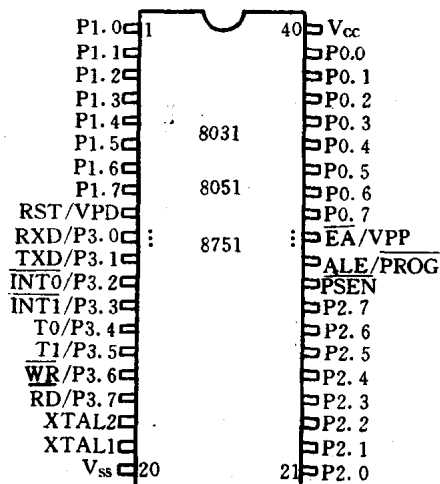
2. 外接晶体引脚

XTAL1(19 脚)

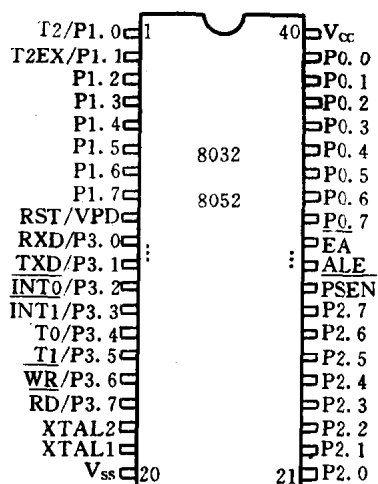
当采用片内振荡器时,接外接晶体的一个引脚。当采用外部时钟脉冲时,对 HMOS 芯片,该脚应接地;对 CHMOS 芯片,该引脚作外部时钟脉冲的输入端。

XTAL2(18 脚)

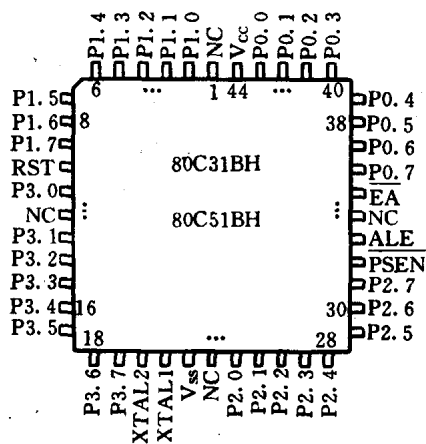
当采用片内振荡器时,接外接晶体的另一个引脚。当采用外部时钟脉冲时,对 HMOS 芯片该引脚作外部时钟脉冲的输入端;对 CHMOS 芯片该引脚悬空。



(a)



(b)



(c)

图 1-2-1 MCS-51 的引脚配置图

(a) HMOS 型 51 子系列引脚配置图

(b) HMOS 型 52 子系列引脚配置图

(c) CHMOS 型 51 子系列引脚配置图

3. 控制或与其它电源复用的引脚

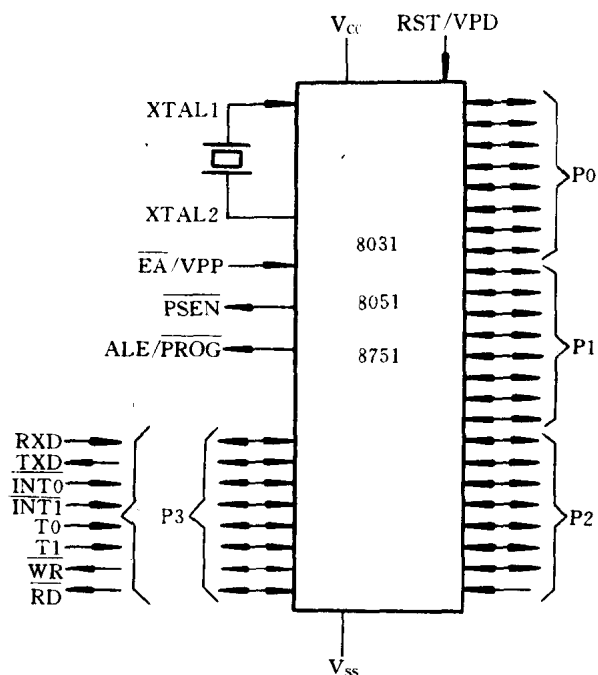


图 1-2-2 MCS-51 的逻辑符号图

RST/VPD(9 脚)

单片机正常运行期间,在此引脚上引入至少两个机器周期宽度的高电平时,将使单片机复位,维持高电平时,使单片机循环复位。在 V_{cc} 掉电期间,此引脚可接上备用电源,以保护内部 RAM 中的数据。为使用该特性,通过电源监视电路检测将要出现的电源故障,在 V_{cc} 下降到极限工作电压之前,以某种方式中断处理器,把有用的数据转储到内部 RAM 中,开放备用电源向 RST/VPD 引脚供电,当电源恢复时,备用电源维持一段足够长的时间以完成复位,然后再撤去备用电源,恢复 V_{cc} 供电的正常工作。

ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ (30 脚)

当单片机访问外部存储器时,该引脚输出用于锁存低 8 位地址信号的锁存允许信号,在对 8751 EPROM 编程期间,该引脚用于输入编程脉冲。

$\overline{\text{PSEN}}$ (29 脚)

从外部程序存储器取指令时,该引脚输出外部程序存储器的读选通信号。

$\overline{\text{EA}}$ /VPP(31 脚)

当 EA 引脚接低电平时, MCS-51 只访问外部程序存储器,可寻址最大 64KB 的外部程序存储器空间,当 $\overline{\text{EA}}$ 引脚接高电平时,单片机既访问内部程序存储器,也访问外部程序存储器(当存在时),并能根据指令的地址自动在片内或片外程序存储器中执行程序,此时最大可寻址的外部程序存储器容量随内部程序存储器容量不同而不同。在对 8751 EPROM 编程期间,该引脚用于外接 21V 的编程电压。

4. 输入/输出引脚

- P0.0~P0.7 (39~32脚) 功能复用引脚,在访问外部存储器时,这8个引脚构成一个真正的双向数据总线口,并分时送出地址信号的低8位。它们也可作为一般的I/O引脚,此时是准双向引脚,引脚的输出是任意的,但在输入时,需先向引脚写1。
- P1.0~P1.7 (1~8脚) 这8个引脚构成一准双向的8位I/O端口,可任意输出,但在输入时应先向口写1。在8032/8052中,P1.0引脚的第二功能为定时器/计数器2的外部计数脉冲输入端,P1.1引脚的第二功能为定时器/计数器2的俘获、重装触发控制端。
- P2.0~P2.7 (21~28脚) 8个双功能引脚,在访问外部存储器时,构成一个单向地址总线口,输出地址信号的高8位,P2口的各引脚也可作为准双向的I/O引脚。
- P3.0~P3.7 (10~17脚) 8个双功能复用引脚,其第一功能构成一个8位的准双向I/O口,其功能与操作方法同P1口。这8个引脚还有第二功能,各引脚的第二功能定义见表1-2-1。各引脚可独立地定义成第一功能(I/O功能)或第二功能(控制功能)。

表 1-2-1 P3口各引脚的第二功能定义

引脚号	口 号	第二功能描述
10	P3.0	RXD(串行口接收)
11	P3.1	TXD(串行口发送)
12	P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (外部中断0)
13	P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (外部中断1)
14	P3.4	T0(定时器/计数器0外部输入)
15	P3.5	T1(定时器/计数器1外部输入)
16	P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (外部数据存储器写选通)
17	P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (外部数据存储器读选通)

1.2.2 片外总线结构

MCS-51 是通过片外引脚进行系统扩展的。在进行系统扩展时,不能将I/O线全部用作用户I/O线,可将片外引脚构成如图1-2-3所示的三总线结构,即地址总线(AB)、数据总线(DB)和控制总线(CB),所有的外部芯片都通过这三组总线进行扩展。

1. 地址总线(AB)

宽度16位,可寻址64KB的外部存储器空间。16位地址总线由P2口直接提供高8位地址信号(A8~A15),因P0口还用作数据总线口,故只能分时用作地址线,由P0口输出的低8位地址信号(A0~A7)必须用片外锁存器锁存,锁存控制信号由ALE引脚输出,在ALE的下降沿将P0口输出的低8位地址信号锁存。

2. 数据总线(DB)

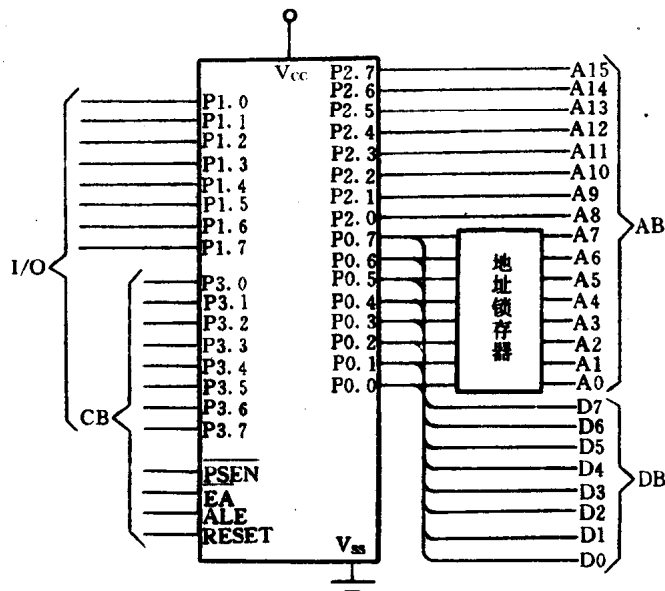


图 1-2-3 MCS-51 的片外总线结构

宽度为 8 位,由 P0 口提供,数据总线往往要连接到多个外围芯片上,但在同一时刻,往往只能有一个有效的数据传送通道,由地址线控制外围芯片的片选线来选择。

3. 控制总线(CB)

由 P3 口提供的第二功能各信号线和 4 根独立控制信号线 RST、 $\overline{EA}$ 、ALE 和 $\overline{PSEN}$ 组成, P3 口第二功能各信号线的意义见表 1-2-1。对于 8032/8052, P1.0 和 P1.1 的第二功能也用来提供控制信号。

1.3 存储器组织

MCS-51 不仅提供了片内存储器,还提供了片外存储器的扩充能力。指令系统为存储器的访问提供了几种寻址方式,可以灵活、方便、高效地实现存储器的访问操作。

MCS-51 有三种存储器地址空间:

- ① 64KB 的程序存储器;
- ② 64KB 的外部数据存储器;
- ③ 256B(8032/8052 为 384B)内部数据存储器。

存储器空间的分配如图 1-3-1 所示。

1.3.1 程序存储器地址空间

64KB 的程序存储器由片内存储器和外部存储器两部分组成,用 16 位的程序计数器 PC 作为其地址指针。

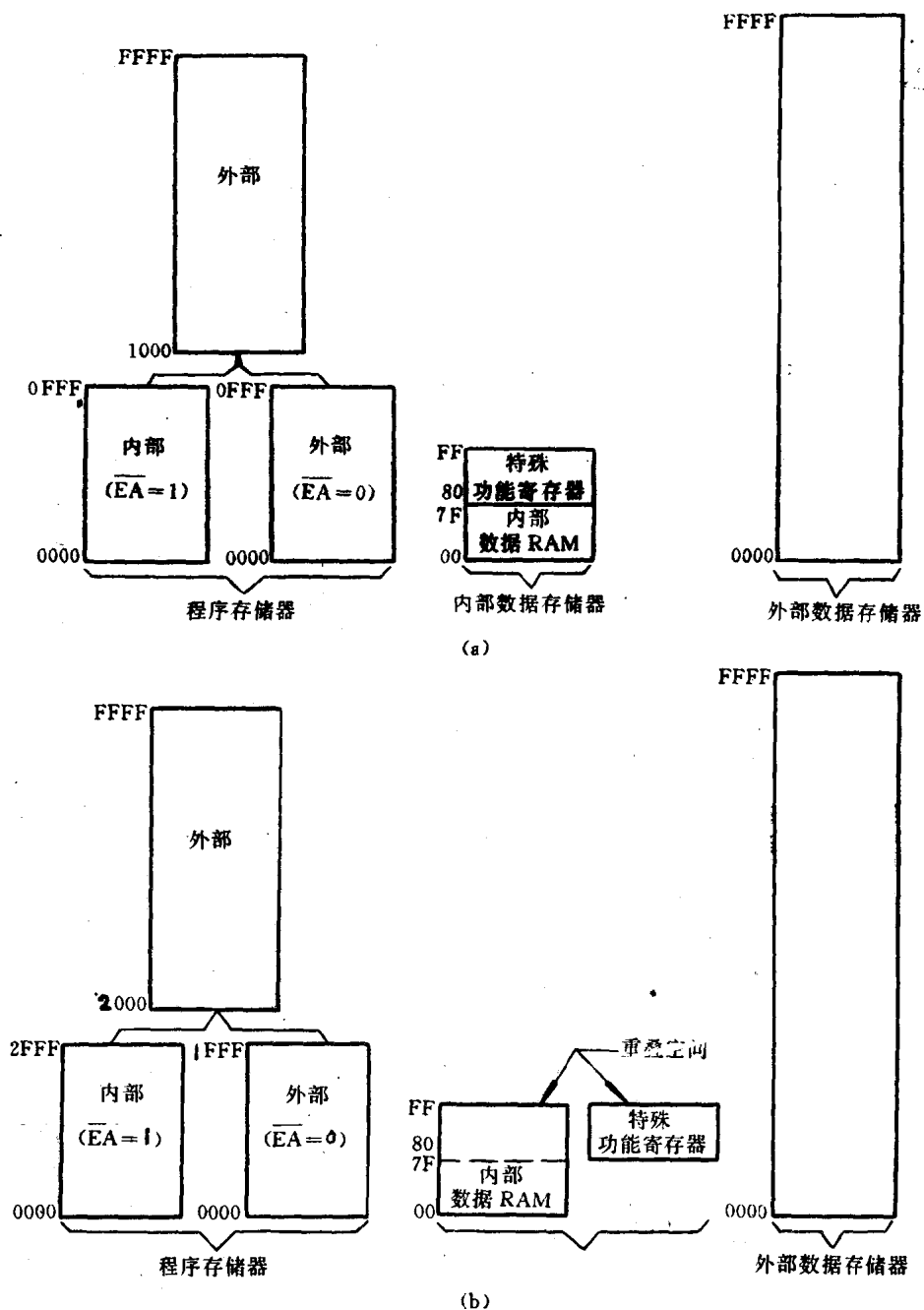


图 1-3-1 MCS-51 的存储器空间的分配

(a) 除 8032/8052 外的存储器空间的分配 (b) 8032/8052 的存储器空间的分配

8051/8751 内部有 4KB 的 ROM/EPROM, 8052 内部有 8KB 的 ROM, 再加上扩展的外部程序存储器, 其最大容量可达 64KB。若 $\overline{EA}$ 引脚接高电平, 则取决于 PC 中的地址值, 单片机会自动执行内部程序存储器 (PC 值为 0000H~0FFFH, 8052 为 0000H~1FFFH) 或外部程序存储器 (PC 值大于 0FFFH 或 1FFFH) 中的程序, 当 $\overline{EA}$ 接低电平时 (8031, 8032 只能如此), 单片机只能执行外部程序存储器中的程序。

原则上, 编制好的程序或表格常数可放置在程序存储器中的任何地方, 但地址为 0000H~0023H (8032/8052 为 0000H~002BH) 等的单元有特殊安排。

0000H 是系统复位后的程序入口地址, 常常在从该地址开始的 3 个单元中存放一条绝对