

高职高专电气自动化技术专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN DIANQI ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



单片机原理 及应用

燕居怀 张明海 主 编

许学江 吴庆海 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

高职高专电气自动化技术专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN DIANQI ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



单片机原理 及应用

主 编 燕居怀 张明海
副主编 许学江 吴庆海
编 写 李晓燕 刘红星
主 审 凌艺春



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为高职高专电气自动化技术专业规划教材。全书共有十章，主要内容包括：单片机基础知识、单片机指令系统、汇编语言程序设计、定时与中断系统、单片机的系统扩展、单片机接口技术、串行口通信技术、D/A 和 A/D 转换技术、单片机应用系统开发、实训基础部分等。

本书以培养学生的基本素质及综合应用能力为目标，充分体现内容的实用性、适用性和先进性，突出高等职业教育的特点。

本书可作为高职高专电气自动化技术专业、计算机相关各专业的教材，也可作为自动控制、电气电子类及机械类等专业的教材，同时还可作为相关专业人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用 / 燕居怀, 张明海主编. —北京: 中国电力出版社, 2010.2

高职高专电气自动化技术专业规划教材

ISBN 978-7-5123-0001-9

I. ①单… II. ①燕… ②张… III. ①单片微型计算机—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 007776 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 6 月第一版 2010 年 6 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 302 千字
定价 20.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
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

高职高专电气自动化技术专业规划教材

编 委 会

主 任 吕景泉

副主任 狄建雄 凌艺春 谭有广 周乐挺 郝汉琪

秘书长 李兆春

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁学恭 马伯华 王 燕 王 薇 王永红

刘玉娟 刘玉梅 刘保录 孙成普 孙忠献

何 颖 何首贤 张 池 张永飞 张学亮

张跃东 李方园 陆锦军 陈 赵 姚永刚

姚庆文 郭 健 钱金法 常文平 韩 莉

前 言

本书打破了传统的本科压缩型教材的体系结构，以培养学生操作技能为核心，以章、节、应用设计为框架，以项目驱动为线索进行相关知识点和技能点的讲解，能使学生系统地掌握单片机原理及接口技术，熟悉单片机应用系统的开发技术。本书以培养学生的基本素质及综合应用能力为目标，充分体现内容的实用性、适用性和先进性，突出高等职业教育的特点。

本书以介绍 MCS-51 系列单片机为主，贯穿让学生亲自动手进行单片机电路设计、制作和程序设计的思想，要求学生掌握书中的电路和程序，达到举一反三的学习目的，使学生能进行一些简单的应用电路和程序的开发设计。全书共 10 章，主要内容有单片机基本知识；单片机指令系统；汇编语言程序设计；定时与中断系统；单片机的系统扩展；单片机接口技术；串行口通信技术；D/A 和 A/D 转换技术；单片机应用系统开发；实训基础部分。

本书可作为高职高专电气自动化技术、计算机相关等专业的教材，也可作为自动控制、电气电子类及机械类专业教材，同时还可以作为相关专业人员的参考用书。

本书由山东大王职业学院的燕居怀、张明海主编，由广西工业职业技术学院凌艺春主审，同时本书在编写的过程中，得到了许多同仁的帮助，在这里一并向他们表示衷心的感谢。同时，由于编者水平有限，不当之处在所难免，恳请广大专家和读者不吝赐教，以利修订。

编 者

2009 年 4 月

目 录

前言

第一章 单片机基本知识	1
第一节 单片机的发展与应用	1
第二节 单片机结构	4
第三节 单片机开发系统	14
第二章 单片机指令系统	20
第一节 指令简介	20
第二节 寻址方式	21
第三节 指令系统	24
本章小结	37
第三章 汇编语言程序设计	38
第一节 汇编语言伪指令	38
第二节 汇编语言程序设计过程	39
第三节 应用程序举例	51
本章小结	53
第四章 定时与中断系统	55
第一节 中断概述	55
第二节 单片机的中断系统	57
第三节 定时器/计数器	66
第四节 应用程序举例	74
第五章 单片机的系统扩展	78
第一节 系统扩展概述	78
第二节 存储器的扩展	80
第三节 I/O 口扩展概述	84
第四节 8255 可编程通用并行接口芯片	86
第五节 8155 可编程通用并行接口芯片	91
第六章 单片机接口技术	97
第一节 单片机与键盘接口	97
第二节 单片机与 LED 显示器接口	103
第三节 单片机与 LCD 显示器接口	112
本章小结	117
第七章 串行口通信技术	118
第一节 串行通信概述	118
第二节 MCS-51 的串行接口	121
第三节 单片机之间的通信	126

第四节 PC机和单片机之间的通信	130
第八章 D/A和A/D转换技术	134
第一节 D/A转换与D/A转换接口	134
第二节 A/D转换与A/D转换接口	140
第九章 单片机应用系统开发	147
第一节 单片机应用系统开发的一般方法	147
第二节 单片机应用系统实用技术	149
第十章 实训基础部分	157
项目一 单片机自主开发系统散件的识别与焊接	157
项目二 单片机集成环境 Medwin 及 Topwin	166
项目三 常用程序	170
项目四 利用所设计单片机系统实现电脑时钟的设计与开发	171
项目五 根据所设计单片机系统,编写键盘扫描程序	179
项目六 根据所设计单片机系统,编写显示器显示程序,并进行测试	181
项目七 利用温度传感器开发单片机控制系统	183
项目八 单片机系统的其他综合开发利用	189
参考文献	192

单片机基本知识

主要内容

- MCS-51 单片机的发展与应用
- MCS-51 单片机的内部结构及引脚定义和功能
- MCS-51 单片机存储结构及分配形式
- MCS-51 单片机开发系统的组成与功能

核心知识点

- MCS-51 单片机 CPU 的结构
- MCS-51 单片机存储器的结构
- MCS-51 单片机的引脚与功能

重点难点

- MCS-51 单片机的内部结构及引脚定义和功能
- MCS-51 单片机存储器的结构
- MCS-51 单片机开发系统的组成与功能
- MCS-51 单片机片内数据存储器的结构特性及分配形式

学习目标

- 熟练掌握 MCS-51 单片机构成的基本知识
- 熟练掌握 MCS-51 单片机存储器构成的知识
- 掌握 MCS-51 单片机应用系统构成的知识

第一节 单片机的发展与应用

一、什么是单片机

所谓的单片机是将计算机的基本部件微型化并集成到一块芯片上,使得一块集成电路芯片就具备独特的微型计算机功能,通常片内都含有 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,如图 1-1 所示。单片机全称为单片微型计算机(Single Chip Micro-Computer),又称微控制器或嵌入式控制器。在单片机的结构设计上,它的硬、软件系统及 I/O 接口控制能力等方面有独到之处,具有较强而有效的功能,从其组成、逻辑上来看,单片机都具备了微机系统的基本部件。但要指出的是,单片机毕竟还只是一个芯片,只有在配置了应用系统所需的接口芯片、输入/输出设备后,才能构成实用的单片机应用系统。

二、单片机的发展

自从 1975 年美国德克萨斯仪器公司的第一个单片机 TMS-1000 问世至今,仅 30 多年的历史,单片机技术已经发展成为计算机技术的一个独特分支,在众多领域得到了广泛的应用。

单片机作为微型计算机的一个分支,它的产生和发展主要经历了以下五个阶段:

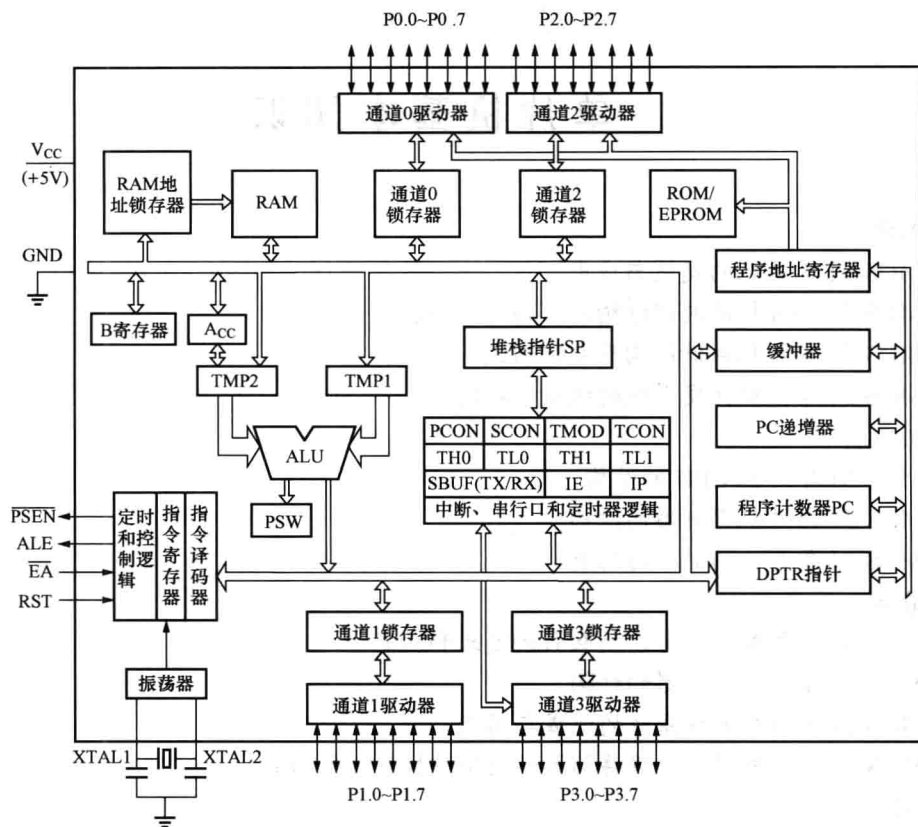


图 1-1 8051 单片机内部结构图

第一阶段（1974~1976 年）——初始阶段。以 4 位单片机为主，功能比较简单。如 1974 年美国 Fairchild 公司生产的第一台单片机 F8，采用双片形式，功能简单。

第二阶段（1976~1978 年）——探索阶段。单芯片形式，低档 8 位单片机。如 1976 年美国 Intel 公司生产的 MCS-48 系列单片机，这是第一台完全的 8 位单片机。MCS-48 的推出是在工控领域的探索，此后，各种 8 位单片机纷纷应运而生。

第三阶段（1978~1982 年）——完善阶段。提高电路的集成度，增加 8 位单片机的功能。如 Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的高档 8 位单片机系列 MCS-51。

第四阶段（1982~1990）——巩固和发展阶段。巩固发展 8 位单片机、推出 16 位单片机、向微控制器发展，强化了智能控制器的特征。如将 ADC、DAC、PWM、WDT、DMA 集成到单片机。

第五阶段（1990 至今）——全面发展阶段。适合不同领域要求的单片机，如各种高速、大存储容量、强运算能力的 8/16/32 位通用型单片机，还有用于单一领域的廉价的专用型单片机。

目前单片机正朝着低功耗 CMOS 化，内部资源丰富、外围电路内装化，整体微型化，大容量、高性能等三个方向发展。

三、单片机的应用

单片机与通用微机相比，具有：①控制功能强；②抗干扰性强，可靠性高，工作温度范

围宽；③开发周期短，性价比高，易于产品化等优点。因此，单片机已经深入到国民经济的各个领域，对各行业的技术改造和产品的更新换代起着积极的推动作用。

单片机的应用领域主要有以下几个方面：

1. 智能仪器的应用

单片机用于各种仪器仪表，使仪器仪表智能化，可以提高测量的自动化程度和精度；简化仪器仪表的硬件结构，减小体积，提高其性价比。例如，温度智能控制仪表、医用仪表、汽车电子设备、数字示波器等。在普通模拟示波器的基础上用单片机进行改造而成的数字存储示波器，克服了普通模拟示波器的缺点，增加了许多功能，如可以显示大量的预触发信息，可以长期储存波形，可以在打印机或绘图仪上制作硬拷贝以供编制文件使用，可以将采集的波形和操作人员手工或示波器全自动采集的参考波形进行比较，波形信息可用数学方法进行处理。

2. 通信设备的应用

单片机与通信技术相结合促使通信设备的智能控制水平大大提高，广泛应用于通信的各个领域。例如，调制解调器、传真机、复印机、打印机、移动电话机、固定电话机等。传统的电话机只能实现简单的拨号、响铃、通话等功能，使用单片机后，可以开发出来电显示、存储电话号码、时钟显示、免提、重拨、声控等功能。功能更多的无绳电话机、录音电话机、可视电话机等多功能电话机也已走进人们的生活。

3. 家用电器的应用

传统的家电配上单片机以后，提高了智能化程度，增加了功能。单片机使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。例如，洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机、微波炉、电视机、录像机、音响设备、程控玩具、游戏机等。单片机控制的全自动洗衣机集洗涤、脱水于一体，能自动完成洗衣全过程，并有多种洗涤程序供用户自由选择，能任意调节工作时间，显示工作状态、洗涤时间和脱水时间，能自动处理脱水不平衡，具有各种故障和高低电压自动保护功能，工作结束或电源故障会自动断电以确保安全等。目前，有的全自动洗衣机还采用了模糊技术，即洗衣机能对传感器提供的信息进行逻辑推理，自动判断衣服质地、重量、脏污程度，从而自动选择最佳的洗涤时间、进水量、漂洗次数、脱水时间，并显示洗涤剂的用量，达到整个洗涤过程自动化，使用方便，节能节水。

4. 工业控制的应用

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、计算机技术于一体，具有智能化特征的机电产品，例如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器，能充分发挥其体积小、可靠性高、功能强等优点，可大大提高机器的自动化、智能化程度。单片机还广泛用于导弹的导航装置、飞机的各种仪表的控制、计算机的网络通信与数据传输、机器人、工业自动化过程的实时控制和数据处理等。在这些实时控制系统中，都可以用单片机作为控制器，单片机的实时数据处理能力和控制功能，可使系统保持在最佳工作状态，提高系统的工作效率和产品质量。在比较复杂的系统中，常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成，各自完成特定的任务，它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个终端机，安装在系统的某些节点上，对现场信息进行实时测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力，使它可以置于恶劣环境的前端工作。

第二节 单片机结构

单片机自问世以来,虽然曾出现了多种字长的单片机,但目前使用较多的仍是8位单片机。其中 Interl 公司的 MCS-51 系列 8 位单片机仍能满足大多数应用领域的需求。所以,以 MCS-51 系列为主的 8 位单片机将在相当一段时期内仍将占据单片机应用的主导地位。因此,本书内容介绍将以 MCS-51 系列单片机为核心。

一、单片机内部结构

通常一个最基本的单片机由以下几部分组成,典型的单片机组成框图,如图 1-1 所示。

- (1) 中央处理器 (CPU), 包括运算器、控制器和寄存器组;
- (2) 存储器, 包括 ROM 和 RAM;
- (3) 输入输出 (I/O) 接口, 它与外部输入输出设备连接。

二、CPU 结构

CPU 是单片机的核心, 包括运算器和控制器两部分。

1. 运算器

运算器是单片机的运算部件, 用于实现算术和逻辑运算。运算器的各功能部件介绍如下:

(1) 算术逻辑单元 ALU

算术逻辑单元 ALU 不仅能完成 8 位二进制数的加 (带进位加)、减 (带借位减)、乘、除、加 1、减 1 及 BCD 加法的十进制调整等算术运算, 还能对 8 位变量进行逻辑“与”、“或”、“异或”、求补、清零等逻辑运算, 并具有数据传送、程序转移等功能。

(2) 累加器 ACC

累加器 ACC 简称累加器 A, 是一个 8 位寄存器, 它是 CPU 中使用最频繁的寄存器。它通过暂存寄存器与 ALU 相连, 用来存放参与算术运算和逻辑运算的一个操作数或运算结果。

(3) 寄存器 B

寄存器 B 是为 ALU 进行乘除法运算设置的。

(4) 暂存寄存器 TMP1、TMP2

用来存放参与算术运算和逻辑运算的另一个操作数, 对用户不开放。

(5) 程序状态字寄存器 PSW

程序状态字寄存器 PSW (8 位) 是一个标志寄存器, 它保存指令执行结果的特征信息, 以供程序查询和判别, 比如作为程序转移的条件, 其中有些位是在指令执行中由硬件自动设置的, 而有些位则由用户设定。其程序状态字格式及含义见表 1-1。

表 1-1 PSW 的程序状态字格式及含义

编号	PSW.7	PSW.6	PSW.5	PSW.4	PSW.3	PSW.2	PSW.1	PSW.0
定义	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P
地址	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

CY (PSW.7) ——进位标志位。

AC (PSW.6) ——辅助进位 (或称半进位) 标志位。

F0 (PSW.5) ——由用户定义的标志位。

RS1 (PSW.4)、RS0 (PSW.3) ——工作寄存器组选择位。RS1、RS0 状态与工作寄存器 R0~R7 的物理地址关系见表 1-2。

表 1-2 工作寄存器选择

RS1	RS0	工作寄存器组号	R0~R7 的物理地址
0	0	0	00H~07H
0	1	1	08H~0FH
1	0	2	10H~17H
1	1	3	18H~1FH

OV (PSW.2) ——溢出标志位。

PSW.1 ——未定义位。

P (PSW.0) ——奇偶标志位。

(6) 布尔处理器

单片机主要用于各种控制，MCS-51 系列单片机既是 8 位机，同时也是一个功能完善的 1 位机。作为 1 位机时，它有自己的 CPU、位存储区（位于内部 RAM 的 20H~2FH 单元）、位寄存器，如将进位标志 Cy 作为“位累加器”，以及具有完整的位操作指令，包括置 1、清零、非（取反）、与、或、异或、传送、测试转移等。

2. 控制器

控制器是单片机内部按一定时序协调工作的控制核心，是分析和执行指令的部件。控制器的各功能部件介绍如下：

(1) 程序计数器 PC (Program Counter)

程序计数器 PC 是一个 16 位专用计数器，其作用十分重要，用于存放 CPU 下一条要执行的指令的地址，即程序存储器地址。CPU 根据 PC 中的地址到 ROM 中去读取程序指令码和数据，并送给指令寄存器 IR 进行分析。每取出现行指令的一个字节后，PC 就自动加 1，即 $(PC) + 1 \rightarrow PC$ ，指向下一个要读取字节的地址。

PC 本身是没有地址的，是不可以寻址的，用户不能对它进行读写操作，但可以通过分支/跳转/调用/中断/复位等操作指令改变 PC 值，实现程序的转移。

(2) 指令寄存器 IR、指令译码器 ID

指令寄存器 IR 用于存放 CPU 根据 PC 地址从 ROM 中读出的指令操作码。

指令译码器 ID 是用于分析指令操作的部件，指令操作码经译码后产生相应于某一特定操作的信号。

(3) 时钟电路

1) 振荡源 (Oscillation)。MCS-51 的 HMOS 芯片内部时钟电路的振荡源有两种方式提供，即内部自激振荡方式和外部振荡脉冲源方式。

内部方式：在 XTAL1、XTAL2 跨接定时元件和两个电容就构成了自激振荡器，如图 1-2 (a) 所示。C₁、C₂ 取 5~30pF，起微调和稳定作用。晶振频率 $f_{osc} = 1.2 \sim 12\text{MHz}$ ，常用频率为 6MHz、12MHz。

外部方式：外部振荡脉冲信号直接由 XTAL2 端输入，此时，XTAL1 应接地，而片内振荡电路不起作用，如图 1-2 (b) 所示。常用于多块 8051 同时工作，以便同步，要求信号频率低于 12MHz。

若外接晶振为 6MHz，振荡周期=1/6us，状态周期=1/3us，机器周期=2us，指令周期=2~8us。

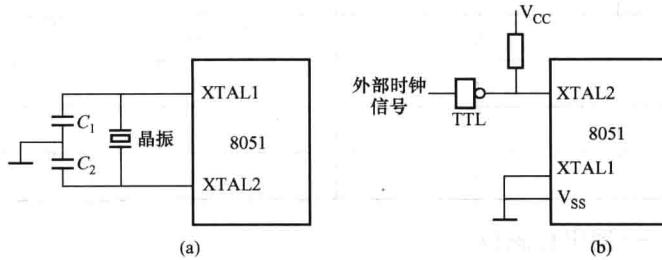


图 1-2 MCS-51 时钟电路

(a) 内部方式时钟电路；(b) 外部方式时钟电路

2) 时序。CPU 时序就是 CPU 在执行指令时所需控制信号的时间顺序。单片机的时序定时单位从小到大依次为：时钟周期、状态周期、机器周期和指令周期。MCS-51 单片机共有 111 条指令，按照指令字节数和机器周期数可分为六类，即单字节单周期指令、单字节双周期指令、单字节四周期指令、双字节单周期指令、双字节双周期指令和三字节双周期指令。

时钟周期为单片机提供定时信号的振荡源的周期或外部输入时钟信号的周期，也称为振荡周期。

状态周期（或状态 S）是振荡周期的两倍，它分为 P1 节拍和 P2 节拍，如图 1-3 所示。

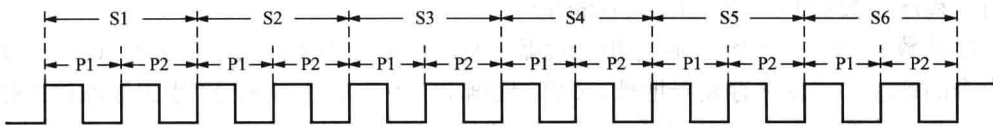


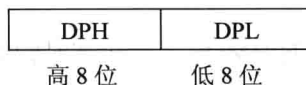
图 1-3 时钟周期与状态周期

一条指令的执行过程分为几个基本操作，完成一个基本操作所需的时间称为机器周期。执行一条指令所需的时间称为指令周期。通常，一条指令周期由 1~4 个机器周期组成。

(4) 数据指针 DPTR

数据指针 DPTR 是一个 16 位的专用寄存器，由 DPH（数据指针高 8 位）和 DPL（数据指针低 8 位）组成。它可作为两个独立的 8 位寄存器 DPH 和 DPL 使用，DPTR 通常用于存放外部数据存储器的存储单元地址。其组成如下：

DPTR (16 位)



(5) 堆栈指针 SP

堆栈指针 SP 是一个 8 位的特殊功能寄存器，用于指出堆栈栈顶的地址。数据被压入堆栈，SP 自动加 1；数据从堆栈中弹出，SP 自动减 1。

(6) 中断控制、串行口控制及定时电路

与中断相关的寄存器（2个）：中断允许控制寄存器 IE，中断优先级控制寄存器 IP。

与串行口相关的寄存器（3个）：串行口数据缓冲器 SBUF，串行口控制寄存器 SCON，串行通信波特率倍增寄存器 PCON。

与定时器/计数器相关的寄存器（6个）：定时器/计数器 T0 的两个 8 位计数初值寄存器 TH0、TL0，它们可以构成 16 位的计数器，TH0 存放高 8 位，TL0 存放低 8 位；定时器/计数器 T1 的两个 8 位计数初值寄存器 TH1、TL1，它们可以构成 16 位的计数器，TH1 存放高 8 位，TL1 存放低 8 位；定时器/计数器的工作方式寄存器 TMOD；定时器/计数器的控制寄存器 TCON。

三、单片机存储器

1. MCS-51 存储器特点

单片机的存储器通常分为数据存储器 and 程序存储器。例如 8051 单片机内部提供了 256B 的 RAM 和 4KB 的 ROM 分别作为数据存储器 and 程序存储器，当单片机的内部存储空间不足时，可在单片机外部进行扩充。因此，8051 单片机的存储器从物理上可分为 4 个存储空间：片内程序存储器、片外程序存储器、片内数据存储器 and 片外数据存储器。

从用户的角度考虑，8051 单片机的存储器又可分三个逻辑空间，如图 1-4 所示。

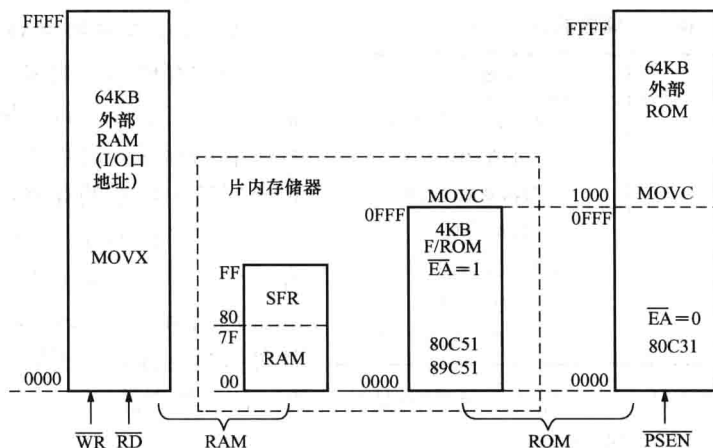


图 1-4 8051 存储器地址空间

(1) 片内、片外统一编址的 64KB (0000H~FFFFH) 程序存储器地址空间（使用 16 位地址线）。

(2) 256B 的片内数据存储器地址空间 (00H~FFH，其中 80H~FFH 内有 21 个字节单元供特殊功能寄存器专用)。

(3) 片外扩展的 64KB (0000H~FFFFH) 数据存储器地址空间（使用 16 位地址线）。

2. 程序存储器 ROM

(1) 片内 ROM 的配置形式

无 ROM 型：应用时要在片外扩展程序存储器。

掩膜 ROM 型：用户程序由芯片生产厂写入。

EPROM 型：用户程序通过写入装置写入，通过紫外线照射擦除。

FlashROM 型：用户程序可以电写入或擦除。

OTEPROM 型：具有较高的环境适应性和可靠性。

(2) 程序存储器的编址

计算机的工作是按照事先编制好的程序命令一条一条循序执行的，程序存储器是用来存放这些已编好的程序和表格常数，它由只读存储器 ROM 或 EPROM 组成。

8051 共有 64KB 程序存储器空间，片内 ROM 的容量为 4KB，地址为 0000H~0FFFH；片外最多可扩展至 64KB，地址为 1000H~FFFFH，片内外是统一编址的。当引脚 EA 接高电平时，8051 的 PC 在 0000H~0FFFH 范围内执行片内 ROM 中的程序；当指令超过 0FFFH 时，就自动转向片外 ROM 取指令。当 EA 接低电平时，8051 片内 ROM 不起作用，CPU 只能从片外 ROM 中取指令。

对于 8031 芯片，因其片内无 ROM，故应使 \overline{EA} 接低电平，这样才能直接从外部扩展的 EPROM 中取指令。

(3) 程序运行的入口地址

实际应用时，程序存储器的容量由用户根据需要扩展，而程序地址空间原则上也可由用户任意安排，但程序最初运行的入口地址是固定的，用户不能更改。程序存储器中有 7 个固定的入口地址，见表 1-3。

表 1-3 程序存储器的入口地址

存储单元	保留目的
0000H-0002H	复位后引导程序地址
0003H-000AH	外部中断 0
000BH-0012H	定时器 0 溢出中断
0013H-001AH	外部中断 1
001BH-0022H	定时器 1 溢出中断
0023H-002AH	串行口中断
002BH	定时器 2 中断 (8052 才有)

3. 数据存储器 RAM

数据存储器一般采用随机存取存储器 RAM。这种存储器是一种在使用过程中利用程序随时可以写入信息，又可以随时读出信息的存储器。

MCS-51 单片机数据存储器有片内和片外之分。片内 RAM 有 256 个字节，地址范围为 00H~FFH，如图 1-4 所示。片外数据存储器可扩展至 64KB，地址

范围为 0000H~FFFFH，但两者的地址空间是分开的，各自独立的。

(1) 片内 RAM 低 128 单元

1) 通用寄存器区。内部 RAM 的 00H~1FH 单元作为寄存器使用，共分为 4 组，每组有 8 个工作寄存器 R0~R7，共 32 个单元，如图 1-5 所示。

2) 位寻址区。内部 RAM 的 20H~2FH 单元，既可作为一般 RAM 单元使用，进行字节操作，也可对单元中的每一位进行操作，因此，把该区称为位寻址区。这 16 个单元（共计 128 位）的每 1 位都有一个对应的位地址，位地址范围为 00H~7FH。

3) 用户 RAM 区。内部 RAM 的 30H~7FH 单元是数据缓冲区，也是用户 RAM 区，共 80 个单元。

4) 堆栈区。在片内 RAM 中，常常要指定一个专门的区域来存放某些特别的数据，它遵循后进先出或先进后出的原则按顺序存取，这个 RAM 区叫堆栈。堆栈通常开辟在用户 RAM 区。

堆栈的功用如下：

① 子程序调用和中断服务时，CPU 自动将当前 PC 值入栈保存，返回时自动将 PC 值出栈；

② 保护/恢复现场;

③ 数据传输。

(2) 片内 RAM 高 128 单元——特殊功能寄存器

MCS-51 单片机内高 128B 的 RAM 中,集合了一些特殊用途的寄存器 SFR,专用于控制、选择、管理、存放单片机内部各部分的工作方式、条件、状态、结果。不同的 SFR 管理不同的硬件模块,负责不同的功能。它们包括程序状态字寄存器、累加器、I/O 口锁存器、定时器/计数器、串口数据缓冲器、数据指针等,其地址分散在 80H~FFH 之间,如图 1-5 所示。

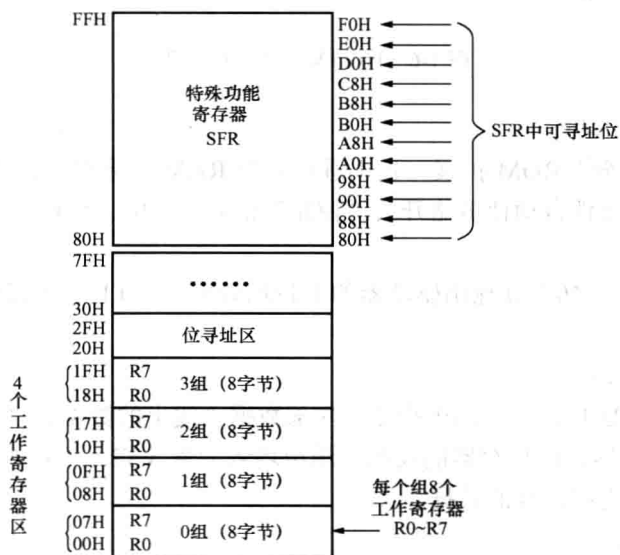


图 1-5 内部 RAM 地址空间

(3) 外部数据存储器

外部数据存储器一般由静态 RAM 芯片组成。扩展存储器容量的大小,由用户根据需要而定,但 MCS-51 单片机访问外部数据存储器可用 1 个特殊功能寄存器——数据指针寄存器 DPTR 进行寻址。由于 DPTR 为 16 位,寻址的范围可达 64KB,所以扩展外部数据存储器的最大容量是 64KB。

四、输入/输出接口

在 MCS-51 单片机中有 4 个双向并行 I/O 端口 P0~P3,每个端口都有 8 条端口线,共 32 条线,并都配有端口锁存器、输出驱动器和输入缓冲器,用于 CPU 与外部设备之间交换信息。这 4 个 I/O 口在电路结构上不完全相同,因此在功能和使用上有各自的特点。

1. P0 端口

(1) 端口结构

P0 口是一个三态双向口,其某位的结构原理如图 1-6 所示。

P0 口由 8 个这样的电路组成。锁存器起输出锁存作用,8 个锁存器构成了特殊功能寄存器 P0;场效应管 VT1、VT2 组成输出驱动器,以增大带负载能力;三态门 1 是引脚输入缓冲器;三态门 2 是用于读锁存器端口;与门 3、反相器 4 及模拟转换开关 MUX 构成输出控制电路。

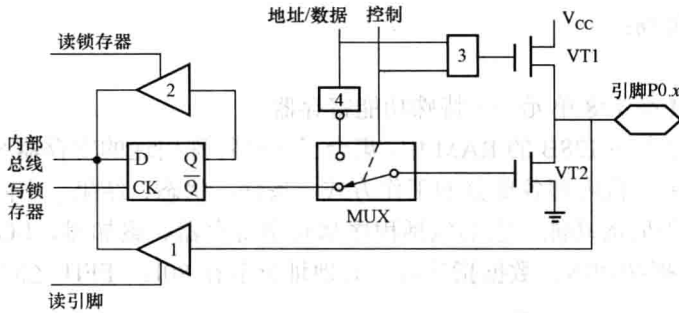


图 1-6 P0 口某位的结构原理

(2) 通用 I/O 接口功能

当系统不进行片外的 ROM 扩展，也不进行片外 RAM 扩展时，P0 用作通用 I/O 口。在这种情况下，单片机硬件自动使多路开关“控制”信号为“0”（低电平），MUX 开关接锁存器的 Q 输出端。

另外，与门输出的“0”使输出驱动器的上拉场效应管 VT1 处于截止状态。此时，输出级是漏极开路。

(3) P0 作为输出口

作输出口时，CPU 执行口的输出指令，内部数据总线上的数据在“写锁存器”信号的作用下由 D 端进入锁存器，经锁存器的反相端送至场效应管 VT2，再经 VT2 反相，在 P0.x 引脚出现的数据正好是内部总线的的数据。

(4) P0 作为输入口

作输入口时，数据可以读自口的锁存器，也可以读自口的引脚。这要根据输入操作采用的是“读锁存器”指令还是“读引脚”指令来决定。

(5) 地址/数据分时复用功能

当系统进行片外的 ROM 扩展或进行片外 RAM 扩展时，P0 用作地址/数据总线。在这种情况下，单片机内硬件自动使多路开关“控制”信号为“1”（高电平），MUX 开关接反相器的输出端，这时与门的输出由地址/数据线的状态决定。

(6) 端口操作

在 MCS-51 单片机中，没有专门的输入输出指令，而是将 I/O 接口与存储器一样看待，使用和读写 RAM 一样的指令实现输入输出功能。

当向 I/O 端口写入数据时，即通过相应引脚向外输出；

当从 I/O 读入数据时，则将通过引脚将外设状态信号输入到单片机内。

1) 使用数据传送类 MOV 指令输入/输出字节数据，例如：

```
MOV A, P0
MOV P0, A
```

2) 使用位操作指令输出各位数据，例如：

```
SETB P0.0
MOV C, P0.0
```

3) 使用读—修改—写指令改变输出数据，例如：