

21世纪应用型本科系列教材

MCS-51单片机原理及系统设计

申忠如 申 森 谭亚丽 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

TP368. 1/411

2008

21世纪应用型本科系列教材

MCS-51单片机原理及系统设计

申忠如 申 森 谭亚丽 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

· 西安 ·

内容简介

本书首先介绍了 MCS-51 系列单片机的基础内容及内部资源,在指令系统介绍中采用汇编语言编写程序。为了适应现代单片机系统设计的潮流,在第 4 章中专门讲述 C51 程序设计。在后续的四章中,分别介绍了单片机的系统扩展,包括总线扩展、人机对话接口、输入/输出扩展和应用系统设计等内容。书中所附程序以 C51 编写为主。

本书可作为大学本科相关专业的教学用书,也可作为在课程设计、电子设计训练、毕业设计和项目开发中的参考。

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51 单片机原理及系统设计/申忠如,申森,谭亚丽编著. —西安:
西安交通大学出版社,2008.3
(21 世纪应用型本科系列教材)
ISBN 978-7-5605-2699-7

I. M… II. ①申…②申…③谭… III. 单片微型计算机-高等学校-
教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 020853 号

书 名 MCS-51 单片机原理及系统设计
编 著 申忠如 申森 谭亚丽
责任编辑 任振国

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280
印 刷 陕西丰源印务有限公司

开 本 787mm×1 092mm 1/16 印张 16.75 字数 403 千字
版次印次 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-2699-7/TP·507
定 价 27.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdlgy31@126.com

版权所有 侵权必究

前 言

随着微电子技术的进步和工业实际应用的需要,单片微型计算机(以后简称单片机)便应运而生。从上世纪 MCS-51 系统到今天广泛使用的 32 位嵌入式系统,其应用已经渗透到我们生活的各个方面。一般而言 32 位嵌入式系统具有更为强大的 CPU 和很强的数据处理能力,能处理复杂的多任务操作。而 MCS-51 系列单片机是较早投入嵌入式应用的 8 位机。由于其功能齐全,物美价廉,至今在嵌入式应用中仍占有一席之地,况且学好 MCS-51 单片机,为后续 32 位嵌入式系统学习打下了坚实的基础,就可以使读者较快地进入和掌握嵌入式系统的设计。

另外,MCS-51 系列单片机也在不断地升级,如 SST89X564XX 单片机带有 72/40Kb 的内 FLASH EEPROM,8 个中断源,4 个优先级,3 个定时/计数器和测试接口。有的还集成有 A/D 和 D/A 等,使功能更加强大,所以在一般功能要求不复杂,特别是在智能化仪器仪表中,MCS-51 单片机应用仍很普遍。

基于上述两点,在大学本科教学中仍然把 MCS-51 单片机原理及应用作为一门大面积基础课程来讲授,可以收到使学生学习掌握微型计算机原理和初步具有设计嵌入式实用系统能力的双重功效。

有关 MCS-51 单片机的教材,从上世纪 80 年代至今已出版了很多,这些教材对我国推广普及单片机的应用起到了积极的作用。但随着器件的发展变化,有关单片机系统的设计要点也会有所改变。例如,在硬件接口设计中,如果要扩展 64K 字节的存储器,在上个世纪,由于常用芯片是 6264 和 8264 即 $8K \times 8$ 的容量,所以就必须用译码器产生片选,用 8 片才能实现 64K 字节的存储器。而现在由于 $64K \times 8$ 的新产品出现,就可以无需译码而直接与 51 单片机相连。再如,许多 IC 芯片如时间芯片、电源监控、 $\Sigma-\Delta$ 型 A/D 等均支持 IIC 总线接口和 SPI 总线接口,使得系统扩展更加方便。又如,上世纪开发单片机产品,用的软件主要是以汇编语言为主,而目前的开发更多地使用 C51 语言。所以编一本符合新形势要求的单片机教材仍然是必要的。

本书编写的主导思想有如下几点。

(1) 吸收近年来单片机教材的优点,注重基础,着眼应用,以典型范例教学。通过课程学习,使学生进一步掌握“整机”概念,提高其应用计算机特别是单片机的能力。

(2) 在内容选材上,简化了繁琐的内部结构原理的介绍,以器件外部接口性能为主。强调硬件接口应遵循电平、负载能力和速度匹配的三要素原则,注重新器件的使用,培养学生自行设计小型应用系统的能力。

(3) 在系统扩展中,以三总线 AB、CB、DB 为主线介绍了常用的接口设计,增加了 IIC 总线、SPI 总线接口方法和实例分析。

(4) 程序设计中,把汇编语言程序设计基础和 C51 语言程序设计放在同等重要的地位,对汇编语言的学习有利于对硬件的了解,而引入 C51 语言更符合当今开发产品的潮流。

(5) 书中收集了不少典型设计实例,其中大部分是作者多年从事教学和科研的积累。目的是引导和扩充学生的知识面,培养读者分析问题和解决问题的能力。

全书共分8章。第1章介绍了单片机的组成、结构分析和应用特点。第2章为单片机的指令系统及其汇编语言程序设计。第3章介绍了 MCS-51 的内部资源,分别是定时/计数器、串行通信、中断系统及其管理等。第4章介绍单片机 C51 程序设计基础。第5章介绍单片机系统的扩展,包括外部程序存储器、外部数据存储器及输入输出接口电路的扩展,增加了 IIC 总线、SPI 总线接口方法和实例分析。第6章介绍 MCS-51 的人机对话接口,包括键盘与显示、液晶显示器以及与微型打印机的接口技术。第7章介绍输入通道中 ADC 转换接口、输出通道 DAC 转换接口及开关量变换电路等相关内容。第8章介绍单片机应用系统设计,包括基本结构、弱信号调理、采样保持、量程的自动转换及数据采集系统等。附录1为 MCS-51 单片机的指令系统,附录2为 ASCII 码字符表,附录3为 Keil51 编译指南,附录4为 C 语言中的关键字,附录5为 C 语言中的运算符及其优先级,附录6为常用的库函数。书中打*号的章节可不作为本课程的教学基本内容,其目的是提供给读者在相关电子训练设计、课程设计、毕业设计和项目开发中参考。

本书由申忠如同志担任主编并编写了第1、2、3、8章,申森同志编写第5、6、7章并和曹恒同志共同编写了实验指导书,谭亚丽编写第4章和附录。在编写过程中张雷、赵文哲、曹恒、任伟等同志参加了全书程序的校验工作。由张雷、任伟和崔俊红开发了与本书配套的电子训练设计平台,在该平台上可进行相关电子训练设计、课程设计、毕业设计和项目开发,为该书提供了较好的实验平台。为了节省篇幅,方便教学,作者将与该书配套的实验内容、电子训练设计平台的测试程序以及 PPT 课件一并放在西安交通大学出版社网站(<http://ligong.xjtupress.com>)上,供不同类型的读者参考选用。

本书承蒙西安交通大学张彦斌教授审阅了全稿,提出了宝贵意见,在此表示衷心感谢。

作者在编写过程中,参阅了大量参考书籍和资料,学习和吸取了经验,同时得到了西安交通大学出版社的大力支持,在此一并表示衷心感谢。

限于水平和经验,本书难免存在不足和错误之处,敬请批评指正。

作 者

2007年12月西安交通大学

目 录

前言

第 1 章 MCS-51 单片机的组成及结构	(1)
1.1 微型计算机与单片机	(1)
1.1.1 单片机	(1)
1.1.2 单片机的开发与开发工具	(1)
1.1.3 MCS-51 的应用特性	(2)
1.2 MCS-51 单片机的组成和结构	(2)
1.2.1 MCS-51 单片机的内部结构框图	(2)
1.2.2 CPU 结构	(3)
1.2.3 存储器	(4)
1.2.4 I/O 及相应的特殊功能寄存器	(9)
1.2.5 MCS-51 引脚	(11)
1.2.6 MCS-51 的时序	(12)
1.2.7 单片机的低功耗操作方式	(14)
本章小结	(15)
习 题	(16)
第 2 章 MCS-51 单片机的指令系统	(18)
2.1 MCS-51 单片机的助记符语言	(18)
2.2 MCS-51 单片机的指令格式及寻址方式	(19)
2.2.1 指令一般格式	(19)
2.2.2 寻址方式	(19)
2.3 数据传送指令	(20)
2.3.1 通用传送指令: MOV	(20)
2.3.2 外部数据存储器(或 I/O 口)与累加器 A 传送指令——MOVX	(22)
2.3.3 程序存储器向累加器 A 传送指令——MOVC	(22)
2.3.4 数据交换指令	(23)
2.3.5 栈操作指令	(24)
2.3.6 位传送指令	(24)
2.4 控制转移类指令	(25)
2.4.1 无条件转移指令	(25)
2.4.2 条件转移指令	(26)
2.4.3 比较转移指令	(27)

2.4.4 循环转移指令	(27)
2.4.5 子程序调用和返回指令	(28)
2.5 算术运算指令	(29)
2.6 逻辑运算操作	(33)
2.7 伪指令	(34)
2.8 汇编语言程序设计	(36)
2.8.1 汇编语言源程序设计步骤	(36)
2.8.2 汇编语言程序的基本结构	(37)
2.8.3 汇编语言程序举例	(40)
本章小结	(46)
习 题	(47)
第 3 章 MCS-51 的内部资源	(50)
3.1 定时/计数器	(50)
3.1.1 定时/计数器的结构和工作原理	(50)
3.1.2 定时/计数器工作模式和状态控制寄存器	(50)
3.1.3 定时/计数器的工作模式	(52)
3.1.4 编程举例	(54)
3.2 串行通信及其接口	(56)
3.2.1 串行通信的工作方式	(56)
3.2.2 MCS-51 的串行通信接口	(58)
3.2.3 多处理机通信	(63)
3.2.4 串行口程序设计举例	(63)
3.3 中 断	(66)
3.3.1 中断的概念	(66)
3.3.2 MCS-51 单片机的中断系统及其管理	(66)
3.3.3 单片机响应中断的条件及响应过程	(69)
3.3.4 外部中断	(70)
3.3.5 中断编程举例	(71)
本章小结	(74)
习 题	(75)
* 第 4 章 单片机 C51 程序设计基础	(77)
4.1 C51 程序的结构	(77)
4.2 预处理命令	(79)
4.2.1 宏定义	(79)
4.2.2 文件包含	(81)
4.2.3 条件编译	(82)
4.3 数据类型、运算符与表达式	(83)
4.3.1 数据类型、常量与符号常量	(83)

4.3.2	变量及其存储空间	(86)
4.3.4	Keil51 能识别的存储器类型	(87)
4.3.5	8051 特殊功能寄存器及其 C51 定义	(88)
4.3.6	C51 中对中断服务函数与寄存器组的定义	(90)
4.3.7	运算符与表达式	(91)
4.4	函数	(95)
4.4.1	函数定义的一般形式	(95)
4.4.2	函数的调用与嵌套	(96)
4.4.3	数据输入输出函数	(98)
4.5	C 语句与程序设计	(100)
4.5.1	表达式语句	(100)
4.5.2	选择语句	(100)
4.5.3	switch 语句	(102)
4.5.4	循环语句	(103)
4.5.5	goto 语句、break 语句和 continue 语句	(106)
4.6	指针变量	(107)
4.6.1	指针变量定义和引用	(107)
4.6.2	指针变量作为函数参数	(108)
4.6.3	Keil51 的指针类型	(109)
4.7	数组	(110)
4.7.1	一维数组的定义和引用	(110)
4.7.2	二维数组的定义和引用	(112)
4.7.3	指向数组元素的指针	(113)
4.7.4	数组名作为函数的参数	(114)
4.7.5	字符数组与字符串	(115)
4.8	结构体和共用体	(117)
4.8.1	定义结构体类型的一般形式	(117)
4.8.2	定义结构体类型变量	(117)
4.8.3	结构体变量的初始化	(118)
4.8.4	结构体变量的引用	(119)
4.8.5	结构体数组	(119)
4.8.6	指向结构体类型的数据指针	(121)
4.8.7	用结构体变量和指向结构体的指针作为函数参数	(123)
4.8.8	用 typedef 定义类型	(124)
4.8.9	共用体	(125)
4.9	枚举	(127)
4.10	MCS-51 内部资源的 C51 编程举例	(128)
4.10.1	定时器/计数器的编程举例	(128)
4.10.2	串行口程序设计举例	(131)

4.10.3 中断编程举例	(135)
本章小结	(137)
第 5 章 单片机系统的扩展	(138)
5.1 基于三总线的系统扩展	(138)
5.1.1 外部总线的扩展	(138)
5.1.2 外部程序存储器的扩展	(139)
5.1.3 外部数据存储器的扩展	(140)
5.1.4 采用局部译码法产生 I/O 外设片选信号	(141)
5.1.5 输入输出接口电路的扩展	(142)
5.2 系统监控芯片的接口扩展	(143)
* 5.3 PC 机与 MCS-51 之间的串行通信	(144)
5.3.1 RS-232C 标准串行接口总线	(144)
5.3.2 RS-485/422 标准串行接口总线	(147)
5.3.3 基于 RS-485 串口主从式通信系统	(149)
* 5.4 IIC 总线标准与接口	(151)
5.4.1 IIC 总线原理	(151)
5.4.2 IIC 总线协议与基本时序	(152)
5.4.3 时钟芯片 PCF8563 简介	(153)
5.4.4 PCF8563 基本操作	(153)
5.4.5 时钟芯片 PCF8563 与单片机接口	(155)
5.4.6 PCF8563 时钟芯片实时读写程序举例	(156)
* 5.5 SPI 总线简介	(161)
5.5.1 SPI 总线概述及主要特点	(161)
5.5.2 12 位串行 A/D TLC2543 介绍	(161)
5.5.3 TLC2543 与单片机的接口设计	(163)
5.5.4 单片机控制 TLC2543 进行 A/D 采样的程序设计	(163)
* 5.6 CPLD 与单片机接口设计	(165)
5.6.1 CPLD 简介	(165)
5.6.2 Altera EPM7128 简介	(166)
5.6.3 EPM7128 与单片机的接口设计	(167)
5.6.4 对 EPM7128 的写入逻辑程序设计	(168)
5.6.5 对 EPM7128 的在线编程	(169)
本章小结	(169)
第 6 章 MCS-51 的人机对话接口	(171)
6.1 LED 显示器	(171)
6.1.1 LED 显示原理	(171)
6.1.2 LED 显示器与 MCS-51 的接口实例	(172)
6.1.3 独立式键盘控制电路及 C 语言编程	(176)

6.2 显示与键盘控制器 7289A 芯片介绍	(187)
6.2.1 7289A 芯片简介	(187)
6.2.2 7289A 与 AT89C52 接口电路	(190)
6.2.3 设计实例	(191)
* 6.3 液晶显示器与 89C52 的接口	(196)
6.3.1 液晶模块 LCM12864 简介	(196)
6.3.2 LCM12864 液晶模块指令集	(197)
6.3.3 液晶模块 LCM12864 与单片机接口	(198)
6.3.4 C 语言程序举例	(198)
* 6.4 89C52 与微型打印机的并行接口	(205)
6.4.1 迅普 SP 系列打印机	(206)
6.4.2 打印机控制字	(207)
6.4.3 接口电路	(208)
6.4.4 编程举例	(208)
本章小结	(210)
第 7 章 输入输出通道与接口	(211)
7.1 模拟输入量的转换与接口	(211)
7.1.1 ADC0809 的转换原理与 89C52 的接口	(211)
7.1.2 现场开关量的输入	(214)
7.2 模拟输出量通道的接口	(215)
7.2.1 DAC0832 的转换原理与 89C52 的接口设计	(215)
7.2.2 开关量输出接口	(219)
本章小结	(219)
* 第 8 章 单片机应用系统设计	(221)
8.1 基于单片机测控系统的基本结构	(221)
8.2 弱信号输入及调理电路	(221)
8.3 采样保持电路	(224)
8.3.1 采样保持电路原理	(224)
8.3.2 典型的采样保持器集成芯片	(225)
8.4 微型计算机的数据采集系统	(226)
8.4.1 单通道数据采集的结构形式	(226)
8.4.2 多通道数据采集的结构形式	(227)
8.4.3 输入通道与强电之间的隔离	(228)
8.4.4 量程的自动转换	(228)
8.5 12 位 A/D 数据采集电路设计	(230)
8.5.1 芯片简介	(230)
8.5.2 12 位 A/D 数据采集与单片机的接口	(232)
本章小结	(237)

附录 1	MCS-51 单片机的指令系统	(238)
附录 2	ASCII 码字符表	(243)
附录 3	Keil51 编译指南	(245)
附录 4	C 语言中的关键字	(253)
附录 5	C 语言中的运算符及其优先级	(254)
附录 6	常用的库函数	(256)

第 1 章 MCS-51 单片机的组成及结构

1.1 微型计算机与单片机

1.1.1 单片机

一个完整的计算机包括运算器、控制器、数据(程序)存储器和输入/输出接口四大部分。而微型计算机则是把运算器和控制器集成在一个芯片上,称之为 CPU(中央处理器或 MPU 处理器);将 CPU 集成在一个芯片上是“微型”与“大中型”计算机的结构区别。随着大规模集成电路制造工艺的完善,在一个晶体芯片上集成了计算机的四大基本单元使之变成为一个完整的计算机,称之为单片机。

MCS-51 系列单片机由于其功能较完善、价格低廉、应用软件齐全、开发工具成熟易学和机型不断升级,目前是简单系统设计中常使用的一种机型。

另外,一个简单的 8031 系统与复杂的 32 位嵌入式系统在本质上没有差别,在整体掌握 MCS-51 单片机的开发应用后,很容易扩展到其他系列的单片机的学习和使用。

1.1.2 单片机的开发与开发工具

只有在单片机上加上外设和软件配合,调试成为一个应用系统并形成产品才具有实际意义。

1. 开发的定义

从提出任务到定型生产、投入使用的过程称为开发。这包括对总体方案的论证、硬件系统设计与调试、软件系统的编程与调试,最后直到目标样机的调试成功和现场投入使用等。

2. 开发的特点

软件和硬件不可分割,即在应用系统的硬件设计时,同时生成软件设计框图和实现方法;或者考虑到编程的组态、易维护等原因反过来修改硬件设计。但总的原则是尽量多使用软件的功能,简化硬件系统的设计,提高系统的可靠性。外设系统采用可编程器件,尽量使用功能强的新器件,可使系统得到简化。

3. 开发手段

硬件调试比较容易,只需编制出简单的单元调试程序使系统运行,同时用示波器、万用表测试即可,当系统复杂时也可使用逻辑分析仪。

软件调试目前多用 KEIL 51 软件,它集编辑、编译、仿真为一体,支持汇编、PLM 语言和 C 语言的程序设计,界面友好,易学易用,是目前对单片机进行调试最好的软件之一。

4. 开发工具

设计一种通用的调试程序工具,把开发系统的 CPU 和 RAM 暂时出借给用户控制板(控制系统),利用开发系统进行调试,然后把调试好的程序固化到 EPROM 中。

① 把 8031 芯片和 EEPROM 拔掉,通过仿真头插上虚拟单片机(开发系统)。

② 开发系统的功能有:硬件电路的检查与诊断,用户程序的输入与修改,程序的运行调试(单步、断点和连续等),程序能固化到 EPROM 中,等等。

常用的开发系统(开发工具)如图 1-1 所示。将应用系统单片机 CPU 拔掉,插入仿真头,通过计算机仿真并编译,然后将目标代码固化到程序储存器中。

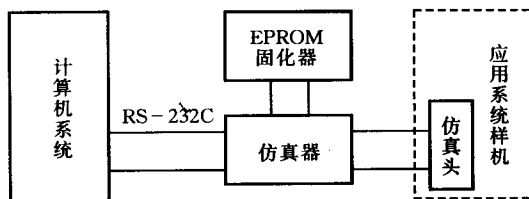


图 1-1 常用的开发工具

1.1.3 MCS-51 的应用特性

从应用的角度基本上应考虑两点:其一是可靠性,和其他集成芯片一样,可靠性主要体现在芯片的温度使用范围,一般民品温度范围是 $0\sim 70^{\circ}\text{C}$,工业级为 $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$,而军品级为 $-55\sim 125^{\circ}\text{C}$ 。其二是有多多种产品型号可供选择,MCS-51 的基本型产品是 8751、8051 和 8031,主要区别是,8751 片内有 4K 字节的 EPROM,8051 片内有 4K 字节的 ROM,而 8031 无 ROM 和 EPROM,程序存储器必须外接。其他功能完全相同,从学习 MCS-51 系列单片机来讲,初学者只需以 8031 为例,然后逐步深入。

目前 8031、8051、8751 在开发产品中很少使用,而是按照实际要求选用增强型如 80X52 系列的芯片。例如 89C52,属于 CMOS 工艺的芯片,它的功耗低,且片内有 8K 字节的 EEPROM;而 89C55 芯片中有 3 个 16 位定时计数器,片内有 20K 字节的 EEPROM 并具有两级程序保密系统。

SST89X564XX 器件带有 72/40KByte 的片内 FlashEEPROM 内存存储器、8 个中断源、4 个优先级和 3 个定时/计数器,功能更加强大。

随着超大规模集成电路的发展,根据系统性能的要求,以 CPU 为核心,将 A/D、D/A、前置电路和显示接口电路等全部进行嵌入设计后,烧写在一个芯片中,从而使系统简化,实现了真正的“系统单片机”的应用设计。

1.2 MCS-51 单片机的组成和结构

1.2.1 MCS-51 单片机的内部结构框图

MCS-51 单片机(8051)的内部结构框图如图 1-2 所示。内部集成有:

8 位 CPU,片内振荡器电路;
 4K 字节 ROM,128 字节 RAM;
 21 个特殊功能寄存器;
 32 根 I/O 线;
 可寻址各 64K 的外部数据、程序存储器空间;
 2 个 16 位的定时/计数器;
 中断结构:具有 2 个优先级,5 个中断源;
 1 个全双工串行口;
 有专用位处理机功能,适于布尔处理。

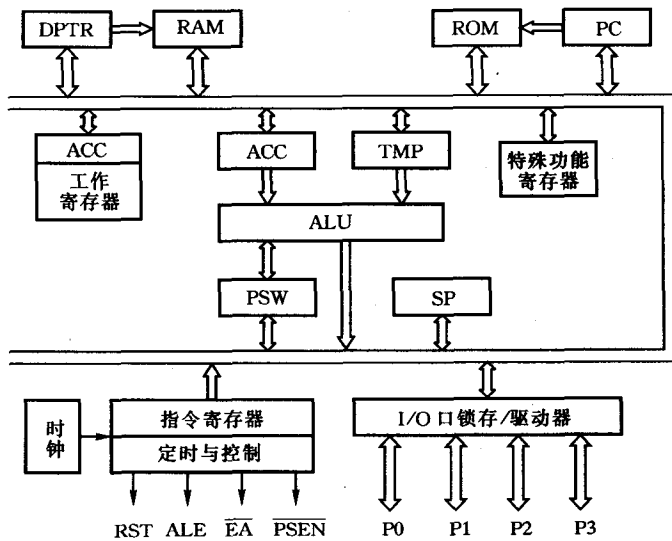


图 1-2 MCS-51 单片机的内部结构框图

把框图中 4K ROM 换为 EPROM,就是 8751 的结构框图,如去掉 ROM/EPROM 部分即为 8031 的框图。对于初学者而言,仅讲述 8031,但在实际应用时,多采用如 89C52(内有 8K 的 EEPROM)、89C55(内有 20K 的 EEPROM 和三个定时/计数器)。

1.2.2 CPU 结构

1. 运算器

运算器是以算术逻辑运算单元 ALU 为中心,可完成二进制数的四则运算 $+$ 、 $-$ 、 $\times$ 、 $\div$ 、加 1、减 1、BCD 修正和逻辑与、或、异或、求反、清 0、左右循环移位等。这里必须强调,在 MCS-51 中位处理有自己专门的累加器“C”和位地址空间(包含片内数据 RAM 的 128 位和某些特殊寄存器的地址空间)。所以它是一个独立的位处理器。

在运算器中,用户常访问的寄存器有累加器 A、寄存器 B 和状态标志寄存器 PSW,它们都是 8 位寄存器。通常累加器 A 在运算前暂存一个操作数,而运算后又保存其结果。B 寄存器用于乘法和除法操作,对其他指令只能做一个暂存器用。而标志寄存器 PSW 则是用于存放运算结果的一些特征,对于打“*”标志的必须熟记。其每位具体含义见表 1-1。

表 1-1 PSW 寄存器各位功能、标志符号、位地址

功能	标志	位地址
* 进位标志	CY=1 表示有进借位	PSW. 7
辅助进位标志	AC=1 表示有半进借位	PSW. 6
用户标识	F0	PSW. 5
* 寄存器组选择 MSb	RS1 工作寄存器组选择	PSW. 4
* 寄存器组选择 LSb	RS0 工作寄存器组选择	PSW. 3
* 溢出标志	OV=1 有溢出	PSW. 2
保留		PSW. 1
* 奇偶标志	P=1 表示累加器中 1 的个数为奇	PSW. 0

2. 控制器与时钟电路

控制器是 CPU 的神经中枢,它包括指令寄存器 IR、指令译码器 ID、16 位地址指针 DPTR、16 位程序计数器 PC 及堆栈指针 SP 等。

其工作过程是 CPU 从程序存储器中取出指令后送入指令寄存器 IR 中,经指令译码器译码产生一种或几种电平信号与系统时钟统一在 CPU 定时与控制电路中组合,形成按一定时间节拍变化的电平和脉冲控制信号,其作用是对内协调各部件的工作,例如数据传送、存储、运算、输出等;对外发出时序控制信号,例如地址锁存 ALE、外部程序存储器选通/PSEN(“/”表示低电平有效,以后类同)/RD 和 /WR 信号等。

时钟是时序的基础,MCS-51 的时钟电路由片内的反相放大器 and 外接的两个电容和晶体振荡器构成。时钟可以由两种方式产生,即内部方式和外部方式,分别如图 1-3(a)和(b)所示。

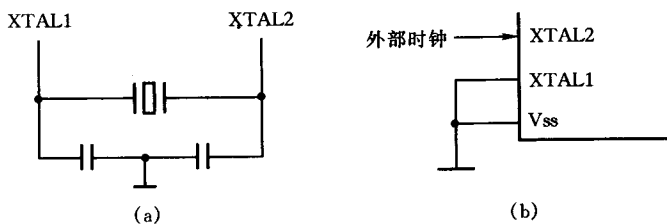


图 1-3 时钟产生电路

一般晶体振荡频率可在 1.2MHz—12MHz 之间选择,这时电容 C 可选对称的 10pF~30pF。当使用 89C55 时振荡频率可以提高到 24MHz。

1.2.3 存储器

1. MCS-51 的存储器结构特点

数据存储器和程序存储器的寻址空间互相独立,按物理结构有四个独立空间:内、外程序存储器、内部数据存储器 and 外部数据存储器。从逻辑空间上来看有三个独立空间,即:

内外程序存储器,处于一个逻辑空间,可寻址范围 0000H—FFFFH;

片内数据存储空间,可寻址范围 00H—FFH;

外部数据存储空间(包括 I/O 口),可寻址范围 0000H—FFFFH。

2. 程序存储器

用于存储指令、常数、表格等,从使用角度应掌握如下内容:

控制信号/ $EA=1$ 时程序先片内后片外自动连续运行;例如 89C52 内部有 8K 字的 EEPROM 就可使/ $EA=1$,先从内程序区开始执行程序,当 PC 值超过内部 8K(0000—1FFF)字节,才会转到从 2000H 开始的外程序区执行程序,当/ $EA=0$ 时程序直接从片外程序区开始执行程序。

程序计数器 PC 为 16 位,决定了可寻址范围内外程序存储器不超过 64K。当上电复位后,PC 初始化值为 0000H,所以程序必须在 0000H—0002H 中安排一个跳转指令,用户程序首址必须安排在跳转后的地址上。而在 0003H—0023H 间固定安排了“5 个”中断处理程序的入口地址,其中:0003H 为 /INT0 的中断指针入口地址;000BH 为 T0 的中断指针入口地址;0013H 为 /INT1 的中断指针入口地址;001BH 为 T1 的中断指针入口地址;0023H 为串口的中断指针入口地址。

每个入口地址占 8 个字长度,当中断服务程序长度不超过 8 个字时,直接可以将服务程序一起写入;当中断服务程序长度超过 8 个字时,应转到中断服务程序的首地址开始编写。

对外程序存储器访问,单片机提供地址信号,P2 口提供 AB(地址总线)高 8 位。在 ALE 控制下,先将 P0 口的地址信号锁存到 573 中提供可用的低 8 位地址,然后才能读程序。程序存储器的特点是只读。在 51 中,有一条专门指令 MOVC 和专用的控制引脚/PSEN 配合访问程序存储器。其访问条件是:在硬件连线中,将 PSEN 与程序存储器的允许输出端相连。

3. 外部数据存储器

外部数据存储器空间包括外部数据存储器 RAM 和输入输出 I/O 接口空间。访问路径是使用 16 位地址指针 DPTR 直接寄存器寻址,同样由 P2 口提供高 8 位地址,P0 口经 573 提供低 8 位地址,在时序上则产生相应读/RD 或写/WR 信号,完成对外部 RAM 或 I/O 的读写。

访问方式有专门的指令 MOVX,当外部 RAM 容量小于 256 字节时,也可以用 8 位地址访问。一般使用 R_0 、 R_1 为地址指针间接寄存器寻址。当寻址范围在 256 字节—64K 字节,则可设置低 8 位寻址空间 256 字节为一个页面, R_0 、 R_1 可寻址页面内任意一个存储器,P2 口的引脚设置为页面地址。

4. 内部数据存储器

从应用角度来说,搞清内部数据存储器的结构和地址分配十分重要,否则就无法学好指令系统和编程。

内部数据存储器地址空间为 00H—FFH。其中,内部数据 RAM 地址空间为 00H—7FH,特殊功能寄存器(SFR)的地址空间为 80H—FFH,只能用直接寻址方式(机型不断升级也有的单片机具有和地址 80H—FFH 重叠的数据存储器,不过在该地址范围内用间接寻址访问)。

(1) 内部数据 RAM 单元 内部 RAM 单元可作为工作寄存器区、数据缓冲区、栈区和可按位操作的位寻址区。

① 内部工作寄存器区

地址:00H—1FH 共 32 个寄存器;

组成:共分四个组,每组 8 个寄存器 $R_0—R_7$;

选择:由标志寄存器中 RS_1 (PSW. 4)、 RS_0 (PSW. 3) 选择决定组号。其关系见表 1-2。

表 1-2 RS_1 、 RS_0 与工作寄存器组的关系

RS_1	RS_0	组号	地址
0	0	0#	00H—07H
0	1	1#	08H—0FH
1	0	2#	10H—17H
1	1	3#	18H—1FH

其作用一是当需要快速保护现场只需改变 RS_1 、 RS_0 这两位,就可完成一组 8 个寄存器的切换,这对程序保护寄存器内容提供了方便;二是暂存运算的中间结果,提高运算速度。

其中 $R_0—R_7$ 可以用作加 1 减 1 计数器, R_0 、 R_1 也可以用间址作为 8 位地址指针。

工作寄存器区也可以作为 RAM 单元使用,以字节寻址。

② 位地址空间:20H—2FH,也可以以字节寻址。

③ 30H—7FH:为数据缓冲区、堆栈区、工作单元,只能字节寻址。

④ 堆栈寄存器 SP(8 位)所选择的栈区原则是可在片内 128 个单元中任意开辟;当复位时 (SP)=07H 指向工作寄存器的第 0 组尾。规定向上生成,具有压入步进增 1,先进后出的特点,所以用户堆栈恰好用至第 1 组工作寄存器。当系统复杂,用户只用一个工作寄存器组不够时,应将栈区安排在 (SP)=30H 以后,因为 20H—2FH 为位地址空间。这里应分清堆栈寄存器是 SFR 中的一个特殊寄存器,地址是 81H,而栈区是该堆栈指针即 81H 地址中的数据作为指向 RAM 区的地址单元。

例如:在 81H 中的数据为 40H,则表明栈顶为 RAM 区的 40H 单元。当 CPU 执行一条调用指令或响应中断时,程序计数器的内容会自动保护进入堆栈,PC 计数器的低字节保护到 RAM 区的 41H 单元中,PC 计数器的高字节保护到 RAM 区的 42H 单元中。此时 SP 的内容会自动修改为 42H。

(2) 特殊功能寄存器(SFR) 地址空间 80H—FFH, SFR 块反映了 8051 的状态和控制字。它可分为以下两类。

其一是对芯片内部功能的控制,例如:中断屏蔽 IP、优先级控制 IE 以及对 A、B、PSW、SP、DPTR、TMOD、TCON、T0、T1、SCON、SBUF 等控制。8031 中的一些中断屏蔽及优先级控制不是由硬件优先链完成,而是由程序设定的。

其二是对芯片引脚有关控制,例如对 P0 口—P3 口的功能控制。对定时/计数器、串行口的控制字等全部以特殊功能寄存器出现,这样就使得单片机能把 I/O 口与 CPU、M 集成在一起。

特殊功能寄存器如表 1-3 所示。可以看出它们都有固定字节地址,打 * 号的还可按位寻址,所以对特殊寄存器来说直接找到地址是唯一的访问方式。