



普通高等教育“十二五”规划教材

# 单片机原理

张志霞 张楠楠 王永刚 杨萍 主编



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

要 點 容 內



普通高等教育“十二五”规划教材

# 单片机原理

张志霞 张楠楠 王永刚 杨萍 主编

本书可作为高等院校计算机专业及相关专业教材，也可供从事单片机工作的工程技术人员参考。  
ISBN 978-7-8170-1475-1

I. ①单… II. ①张… III. ①单片机—教材 IV. D

中国版本图书馆

|                                                                                                                                                                                   |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 普通高等教育<br>单片机原理<br>张楠楠 张志霞<br>王永刚 杨萍<br>中国水利水电出版社                                                                                                                                 | 书 号<br>作 者<br>出 版 社 |
| （北京市西城区玉渊潭）<br>网址：www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话：(010) 68367858（发行部）<br>北京科水图书营销中心（零售）<br>电话：(010) 88283994, 88283993, 88283994<br>全国各新华书店均有代售或向各书店订购 | 重 量<br>定 价          |
| 北京科水图书营销中心<br>北京科水图书营销中心<br>184mm×260mm 32开本 14.25印张 328千字<br>2014年3月第1版 2014年3月第1次印刷                                                                                             | TP368.1<br>832      |
|  中国水利水电出版社<br>www.waterpub.com.cn                                                              |                     |

## 内 容 提 要

本书包括绪论、单片机系统结构、MCS-51 指令系统、单片机 C51 语言编程基础、单片机系统扩展技术、单片机的输入/输出设备接口、串行通信技术和单片机应用系统中的抗干扰设计等共八章内容。本书系统地介绍了 51 系列单片机的硬件结构、基本原理、指令系统和片外硬件资源，重点介绍了 51 单片机的编程技术。本书的特点是通过实例以及练习使读者掌握相应知识点，读者能够通过完整的实例，快速、有效地掌握用汇编语言和 C51 语言开发单片机系统的流程，并通过各章的习题掌握各章重点和难点，真正对相关知识做到融会贯通。

## 图书在版编目 (C I P) 数据

单片机原理 / 张志霞等主编. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2014. 3  
普通高等教育“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-5170-1475-1

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第049120号

|      |                                                                                                                                                                                                                       |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 普通高等教育“十二五”规划教材<br>单片机原理                                                                                                                                                                                              |
| 作 者  | 张志霞 张楠楠 王永刚 杨萍 主编                                                                                                                                                                                                     |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038)<br>网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a><br>E-mail: <a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a><br>电话: (010) 68367658 (发行部) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心 (零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                                                                                                         |
| 排 版  | 北京时代澄宇科技有限公司                                                                                                                                                                                                          |
| 印 刷  | 北京纪元彩艺印刷有限公司                                                                                                                                                                                                          |
| 规 格  | 184mm×260mm 16 开本 14.25 印张 338 千字                                                                                                                                                                                     |
| 版 次  | 2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷                                                                                                                                                                                     |
| 印 数  | 0001—3000 册                                                                                                                                                                                                           |
| 定 价  | 29.00 元                                                                                                                                                                                                               |

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 前言 /

---

本书根据 21 世纪高等院校单片机原理课程教学大纲的要求, 结合现代电子技术、计算机技术发展的最新趋势和对单片机技术开发人才的实际需求进行编写的。作者总结多年的教学和科研经验, 从实用角度出发, 系统、全面地介绍了单片机的原理, 本书是一本兼顾基本理论和实际应用的教程。

本书共包含八章, 分别是: 绪论、单片机系统结构、MCS-51 指令系统、单片机 C51 语言编程基础、单片机系统扩展技术、单片机的输入/输出设备接口、串行通信技术、单片机应用系统中的抗干扰设计。

本书适合作为高等院校电气信息类各专业单片机教学的教材, 也可作为中等职业学校电子信息专业单片机教学的教材, 还可供相关领域工程技术人员学习参考。

本书由张志霞、张楠楠、王永刚、杨萍任主编, 王俊、李征明、邹秋滢、姜凤利、郭丹、黄蕊、胡博参加了部分内容的编写。全稿由付立思主审。

由于撰写时间紧和作者水平有限, 书中难免存在缺点和错误, 敬请读者批评指正。

编者

2013 年 10 月 10 日



# 目录

## 前言

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第一章 绪论             | 1  |
| 第一节 单片机的发展历史       | 1  |
| 第二节 单片机的特点及应用领域    | 2  |
| 第三节 主流系列单片机的简介     | 3  |
| 习题                 | 6  |
| 第二章 单片机系统结构        | 7  |
| 第一节 总体结构           | 7  |
| 第二节 存储器结构          | 13 |
| 第三节 I/O 口          | 17 |
| 第四节 定时器/计数器        | 20 |
| 第五节 串行接口           | 25 |
| 第六节 中断系统           | 32 |
| 第七节 节电方式           | 37 |
| 习题                 | 38 |
| 第三章 MCS-51 指令系统    | 40 |
| 第一节 指令系统概述         | 40 |
| 第二节 寻址方式           | 42 |
| 第三节 数据传送指令         | 44 |
| 第四节 算术运算指令         | 46 |
| 第五节 逻辑运算指令         | 48 |
| 第六节 位操作指令          | 50 |
| 第七节 控制转移指令         | 51 |
| 第八节 汇编语言程序设计举例     | 55 |
| 习题                 | 62 |
| 第四章 单片机 C51 语言编程基础 | 63 |
| 第一节 C51 语言简介       | 63 |
| 第二节 C51 语言的基本知识    | 64 |
| 第三节 C51 对单片机的访问    | 73 |
| 第四节 C51 语言的函数      | 79 |
| 第五节 C51 结构化程序设计    | 83 |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 第六节 Keil C51 的开发工具 .....             | 86         |
| 第七节 C51 程序设计举例 .....                 | 87         |
| 习题 .....                             | 90         |
| <b>第五章 单片机系统扩展技术 .....</b>           | <b>91</b>  |
| 第一节 系统扩展概述 .....                     | 91         |
| 第二节 存储器的扩展 .....                     | 92         |
| 第三节 I/O 接口的扩展 .....                  | 96         |
| 第四节 D/A、A/D 接口的扩展 .....              | 103        |
| 第五节 V/F、F/V 接口的扩展 .....              | 113        |
| 习题 .....                             | 118        |
| <b>第六章 单片机的输入/输出设备接口 .....</b>       | <b>119</b> |
| 第一节 键盘接口 .....                       | 119        |
| 第二节 LED 显示器接口 .....                  | 124        |
| 第三节 LCD 显示器接口 .....                  | 129        |
| 第四节 打印机接口 .....                      | 144        |
| 习题 .....                             | 151        |
| <b>第七章 串行通信技术 .....</b>              | <b>153</b> |
| 第一节 串行通信的接口标准 .....                  | 153        |
| 第二节 单片机多机串行通信技术 .....                | 160        |
| 第三节 PC 机与单片机的通信技术 .....              | 168        |
| 第四节 SPI 总线扩展接口及应用 .....              | 180        |
| 第五节 I <sup>2</sup> C 总线扩展接口及应用 ..... | 185        |
| 习题 .....                             | 199        |
| <b>第八章 单片机应用系统中的抗干扰设计 .....</b>      | <b>200</b> |
| 第一节 干扰的来源及造成的后果 .....                | 200        |
| 第二节 硬件抗干扰措施 .....                    | 201        |
| 第三节 软件抗干扰设计 .....                    | 206        |
| 第四节 程序监视定时器 .....                    | 213        |
| 习题 .....                             | 215        |
| <b>附录 MCS-51 单片机指令表 .....</b>        | <b>216</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                    | <b>221</b> |
| 33 .....                             | 221        |
| 34 .....                             | 221        |
| 35 .....                             | 221        |
| 36 .....                             | 221        |
| 37 .....                             | 221        |
| 38 .....                             | 221        |

# 第一章 绪论

## 第一节 单片机的发展历史

现代计算机都是大规模集成电路计算机，具有功能强、结构紧凑、系统可靠等特征。随着半导体技术的发展，已经能够在一个硅片上制造出上百万个晶体管，于是出现了以一个大规模集成电路为主要组成的中央处理器——微处理器（ $\mu\text{P}$ ），以及大容量的集成电路半导体存储器，通用和专用的输入/输出接口电路，由这些大规模集成电路组成各种类型的微型计算机。

单片机至今在业界还没有一个统一的定义，但是一般认为单片机是在一块硅片上集成了中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM、EPROM）和各种输入/输出接口（定时器、计数器、并行 I/O 口、串行口、A/D 转换器、脉冲调制器 PWM 等），它具有一台计算机的功能，故而称为单片微型计算机。由于单片机的硬件结构与指令系统的功能都是根据工业控制的要求而设计的，主要应用在工业现场的检测、控制装置中，所以又称为微控制器（Micro-Controller）或嵌入式控制器（Embedded-Controller）。

从美国仙童（Fairchild）公司 1974 年生产出第一块单片机（F8）开始，在短短的几十年的时间里，单片机如同雨后春笋一般，大量涌现出来。GI 公司、Rockwell 公司、Intel 公司、Zilog 公司、Motorola 公司、NEC 公司等世界上几大计算机公司都纷纷推出自己的单片机系列。根据单片机发展过程中各个阶段的特点，其发展历史大概可划分为以下四个阶段。

第一阶段（1974~1976 年）：单片机的初级阶段。因工艺限制，单片机采用双片的形式，而且功能简单。例如仙童公司生产的 F8 单片机，实际上只包括了 8 位 CPU、64 个字节 RAM 和两个并行口。因此，还需要一块 3851（由 1KROM，定时器/计数器和 2 个并行 I/O 构成）才能组成一台完整的计算机。

第二阶段（1976~1978 年）：低性能单片机阶段。单片机由一块芯片构成，但性能低、品种少。以 Intel 公司制造的 MCS-48 系列单片机为代表，这种单片机片内有 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器、RAM 和 ROM 等，但是不足之处就是没有串行通讯口，中断处理比较简单，片内的 RAM 和 ROM 的容量比较小而且其寻址范围不大于 4K。

第三阶段（1978 年~）：高性能单片机阶段。这个阶段推出的单片机普遍带有串行 I/O 口，多级中断处理系统，16 位定时器/计数器，片内 ROM、RAM 容量加大，且寻址范围可达 64K 字节，有的还内置有 A/D 转换器。这类单片机的代表是 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 6810 和 Zilog 公司的 Z8 等。由于这类单片机的性能价格比高，所以至今仍被广泛应用于各个领域，是目前应用量较多的单片机。

第四阶段(1982年~ ): 8位单片机的巩固发展以及16位单片机、32位单片机推出阶段。此阶段的主要特征是一方面发展16位单片机、32位单片机及专用型单片机;另一方面不断完善高档8位单片机,改善其结构,以适应各种不同领域的应用需要。

自从20世纪70年代单片机诞生以来,随着制造工艺的不断提高,发展十分迅速,目前单片机型号有上千个。从各种新型单片机的性能上看,单片机正朝着面向多层次用户的多品种、多规格的方向发展,各个公司根据自身特点和市场需要开发出各种类型的单片机。

## 第二节 单片机的特点及应用领域

### 一、单片机的特点

#### 1. 体积小

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。

#### 2. 可靠性高

单片机内CPU访问存储器、I/O接口的信息传输线(即总线——地址总线、数据总线和控制总线)大多数在芯片内部,因此不易受外界的干扰;另一方面,由于单片微机体积小,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. 控制功能强

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),运算速度高,时钟达16MHz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,又因为市场上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,其应用系统的印版小、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,使科研成果迅速转化成生产力。

### 二、单片机的应用领域

- (1) 工业方面: 各种测控系统、数据采集系统、工业机器人控制、机电一体化产品等。
- (2) 智能仪器仪表方面: 单片机应用在智能仪器、仪表方面,不仅使传统的仪器仪表发生根本的变革,也给传统的仪器、仪表行业改造带来了曙光。
- (3) 通信方面: 调制解调器、程控交换技术。



- (4) 民用方面：电子玩具、录像机、VCD、洗衣机等。
- (5) 军工领域：导弹控制、鱼雷制导控制、智能武器装备、飞机导航系统等。
- (6) 计算机外部设备方面：打印机、硬盘驱动器、彩色与黑白复印机、磁带机等。
- (7) 多机分布式系统：可用单片机构成分布式测控系统，它使单片机应用进入了一个全新的阶段。

实际上，单片机几乎在人类生活的各个领域都表现出强大的生命力，使计算机的应用范围达到了前所未有的广度和深度。单片机的出现尤其对电路工作者产生了观念上的冲击。过去经常采用模拟电路、数字电路实现的电路系统，现在相当大一部分可以用单片机予以实现，传统的电路设计方法已演变成软件和硬件相结合的设计方法，而且许多电路设计问题将可以转化为纯粹的程序设计问题。

### 第三节 主流系列单片机的简介

#### 一、几个主流系列单片机

现在已有许多半导体公司生产了多种单片微机系列，下面列出国际上较有名、影响较大的公司的产品：

- (1) 仙童 (Fairchild) 公司和 Mostek 公司的 F8、3870 系列产品。
- (2) NEC 公司的  $\mu$ C MOS-87 系列产品。
- (3) Zilog 公司的 Z8、Super8 系列产品。
- (4) Rockwell 公司的 6500、6501 系列产品。
- (5) Motorola 公司的 6801、6802、6803、6805、68HC11 系列产品。
- (6) Intel 公司的 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列产品。

在我国虽然上述产品均有引进，但由于各种原因，至今在我国所应用的单片机仍然以 MCS-48、MCS-51、MCS-96 为主流系列。随着这一系列的深入开发以及市场的不断推广，其主导地位将得到不断巩固。

#### 二、Intel 公司系列单片机简介

##### 1. MCS-48 系列单片机

MCS-48 系列单片机是 Intel 公司于 1976 年推出的 8 位单片机，其典型产品为 8048，它在一个 40 引脚的大规模集成电路内包含有 8 位 CPU、1KBROM 程序存储器、64BRAM 数据存储器、一个 8 位的定时器/计数器、27 根输入/输出线。MCS-48 的主要单片机及其性能如表 1-1 所示。

表 1-1 MCS-48 单片机特性

| 型号   | 片内存储器 (B) |        | I/O 线 | 定时器/计数器 | 片外寻址空间 (B) |         |
|------|-----------|--------|-------|---------|------------|---------|
|      | 程序        | 数据     |       |         | 程序         | 数据      |
| 8048 | 1KBROM    | 64BRAM | 27    | 1 个 8 位 | 4KBEPROM   | 256BRAM |
| 8748 | 1KBEPROM  | 64BRAM | 27    | 1 个 8 位 | 4KBEPROM   | 256BRAM |

(续表)

| 型号   | 片内存储器 (B) |         | I/O 线 | 定时器/计数器 | 片外寻址空间 (B) |         |
|------|-----------|---------|-------|---------|------------|---------|
|      | 程序        | 数据      |       |         | 程序         | 数据      |
| 8035 | 无         | 64BRAM  | 27    | 1 个 8 位 | 4KBEPROM   | 256BRAM |
| 8049 | 2KBROM    | 128BRAM | 27    | 1 个 8 位 | 4KBEPROM   | 256BRAM |
| 8749 | 2KBEPROM  | 128BRAM | 27    | 1 个 8 位 | 4KBEPROM   | 256BRAM |

## 2. MCS-51 系列单片机

Intel 公司于 1980 年推出了 MCS-51 系列单片机, 这是一个高性能的 8 位单片机。和 MCS-48 相比, MCS-51 系列单片机无论在片内 RAM、ROM 容量、I/O 的功能、种类和数量还是在系统扩展能力、指令系统功能等方面都有很大加强。MCS-51 的典型产品为 8051, 其内部资源有:

8 位 CPU;

4KBROM 程序存储器;

128BRAM 数据存储器;

32 根 I/O 线;

2 个 16 位的定时器/计数器;

1 个全双工异步串行口;

5 个中断源, 2 个中断优先级;

64KB 程序存储器空间;

64KB 外部数据存储器空间。

MCS-51 系列的单片机一般采用 HMOS (如 8051AH) 和 CHMOS (如 80C51BH) 这两种工艺制造。这两种单片机完全兼容, CHMOS 工艺比较先进, 它具有 HMOS 的高速度和 CMOS 的低功耗特点。

MCS-51 系列单片机采用模块式结构, MCS-51 系列中各种加强型单片机都是以 8051 为核心加上一定的新的功能部件后组成的, 从而它们完全兼容。表 1-2 为 MCS-51 系列单片机常用产品特性。

表 1-2 MCS-51 单片机特性

| 型号    | 片内存储器 (B) |     | I/O 线 | 定时器/计数器  | 片外寻址空间 (B) |     |
|-------|-----------|-----|-------|----------|------------|-----|
|       | 程序        | 数据  |       |          | 程序         | 数据  |
| 8051  | 4KROM     | 128 | 32    | 2 个 16 位 | 64K        | 64K |
| 8751  | 4KEEPROM  | 128 | 32    | 2 个 16 位 | 64K        | 64K |
| 8031  | 无         | 128 | 32    | 2 个 16 位 | 64K        | 64K |
| 80C51 | 4KROM     | 128 | 32    | 2 个 16 位 | 64K        | 64K |
| 87C51 | 4KEEPROM  | 128 | 32    | 2 个 16 位 | 64K        | 64K |
| 80C31 | 无         | 128 | 32    | 2 个 16 位 | 64K        | 64K |

续表

| 型号   | 片内存储器 (B) |     | I/O 线 | 定时器/计数器  | 片外寻址空间 (B) |     |
|------|-----------|-----|-------|----------|------------|-----|
|      | 程序        | 数据  |       |          | 程序         | 数据  |
| 8052 | 4KROM     | 256 | 32    | 3 个 16 位 | 64K        | 64K |
| 8752 | 4KEPROM   | 256 | 32    | 3 个 16 位 | 64K        | 64K |
| 8032 | 无         | 256 | 32    | 3 个 16 位 | 64K        | 64K |

### 3. MCS-96 系列单片机

Intel 公司于 1983 年推出了 16 位高性能的第三代产品——MCS-96 系列单片机。该单片机采用多累加器和“流水线作业”的系统结构，其最显著特点是运算精度高、速度快。它的典型产品是 8397，其芯片内集成有：

- 16 位 CPU；
- 8KB 程序存储器；
- 232B 寄存器文件；
- 具有 8 路采样保持的 10 位 A/D 转换器；
- 40 根输入/输出线；
- 20 个中断源；
- 专用的串行口波特率发生器；
- 全双工串行口；
- 2 个 16 位定时器/计数器；
- 4 个 16 位软件定时器；
- 高速输入/输出子系统；
- 16 位监视定时器。

表 1-3 列出了 MCS-96 系列单片机的主要特性。

表 1-3 MCS-96 单片机特性

| 型号   | 片内存储器 |      | I/O 线 | 定时器/计数器  | 片外寻址空间 | A/D 转换   | 封装 DIP |
|------|-------|------|-------|----------|--------|----------|--------|
|      | ROM   | RAM  |       |          |        |          |        |
| 8094 | 无     | 232B | 32    | 2 个 16 位 | 64KB   | 无        | 48     |
| 8095 | 无     | 232B | 32    | 2 个 16 位 | 64KB   | 4 路 10 位 | 48     |
| 8096 | 无     | 232B | 48    | 2 个 16 位 | 64KB   | 无        | 68     |
| 8097 | 无     | 232B | 48    | 2 个 16 位 | 64KB   | 4 路 10 位 | 68     |
| 8394 | 8KB   | 232B | 32    | 2 个 16 位 | 64KB   | 无        | 48     |
| 8395 | 8KB   | 232B | 32    | 2 个 16 位 | 64KB   | 4 路 10 位 | 48     |
| 8396 | 8KB   | 232B | 48    | 2 个 16 位 | 64KB   | 无        | 68     |
| 8397 | 8KB   | 232B | 48    | 2 个 16 位 | 64KB   | 8 路 10 位 | 68     |

| 型号   | 片内存储器 (B) |     | I/O 数 | 定时器/计数器 | 串行通信接口 (B) |
|------|-----------|-----|-------|---------|------------|
|      | ROM       | RAM |       |         |            |
| 8031 | 无         | 256 | 32    | 2个16位   | 无          |
| 8255 | 16KB ROM  | 512 | 32    | 2个16位   | 1个16位      |
| 8032 | 无         | 512 | 32    | 2个16位   | 无          |

3-MCS-96 系列单片机

Intel 公司于 1983 年推出了 16 位高性能的第三代产品——MCS-96 系列单片机。该单片机采用多累加器和“流水结构”，运算速度快，其最显著特点是运算精度高，速度快。它的典型产品是 8307，其芯片内集成有：

- 16 位 CPU；
- 8KB 程序存储器；
- 32KB 寄存器文件；
- 具有 8 路采样保持的 10 位 A/D 转换器；
- 40 路输入/输出线；
- 50 个中断源；
- 专用的串行口波特率发生器；
- 全双工串行口；
- 3 个 16 位定时器/计数器；
- 4 个 16 位软件定时器；
- 高速输入/输出子系统；
- 16 位跟踪定时器。

表 1-3 列出了 MCS-96 系列单片机的主要特性。

表 1-3 MCS-96 系列单片机特性

| 型号   | 片内存储器 |      | I/O 数 | 定时器/计数器  | 串行通信接口 | A/D 转换   | 特殊 DIB |
|------|-------|------|-------|----------|--------|----------|--------|
|      | ROM   | RAM  |       |          |        |          |        |
| 8031 | 无     | 256B | 32    | 2 个 16 位 | 无      | 无        | 无      |
| 8032 | 无     | 256B | 32    | 2 个 16 位 | 无      | 1 路 10 位 | 无      |
| 8033 | 无     | 256B | 48    | 2 个 16 位 | 无      | 无        | 无      |
| 8037 | 无     | 256B | 48    | 2 个 16 位 | 无      | 4 路 10 位 | 无      |
| 8201 | 8KB   | 256B | 32    | 2 个 16 位 | 无      | 无        | 无      |
| 8202 | 8KB   | 256B | 32    | 2 个 16 位 | 无      | 1 路 10 位 | 无      |
| 8206 | 8KB   | 256B | 48    | 2 个 16 位 | 无      | 无        | 无      |
| 8307 | 8KB   | 256B | 48    | 2 个 16 位 | 无      | 8 路 10 位 | 无      |



如腰中暗器器脯望，U3A 器真至由景也，U9C 价8个一

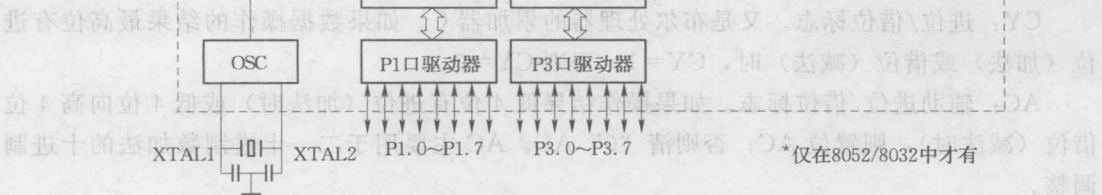


图 2-1 MCS-51 结构框图

8051 是 ROM 型单片机, 内部有 4KB 工厂掩膜编程的 ROM 程序存储器; 8751 是 EPROM 型单片机, 内部有 4KB 用户可编程的 EPROM 程序存储器; 8031 是无 ROM 程序存储器的单片机, 它必须外接 EPROM 程序存储器。除此以外, 8051、8751 和 8031 的内部结构是完全相同的, 都具有下列硬件资源:

- 8 位中央处理器 CPU;
- 128B 内部数据存储器 RAM;
- 4 个 8 位双向输入/输出线;
- 1 个全双工的异步串行口;
- 2 个 16 位定时器/计数器;
- 5 个中断源, 2 个中断优先级;
- 1 个片内振荡器和时钟电路;

可寻址 64KB 的外部程序存储器空间和 64KB 的外部数据存储器空间。

## 二、中央处理器 CPU

CPU 是单片机的核心, 由它读入用户程序并加以执行。MCS-51 系列单片机内部有一个 8 位 CPU, 它是由运算器 ALU、控制器等部件组成的。

### 1. 运算器

运算器主要包括算术逻辑运算部件 (ALU): 累加器 ACC、B 寄存器、暂存器、程序状态字寄存器 PSW、十进制调整电路以及布尔处理器等。运算器主要用来实现数据的传送、数据的算术逻辑运算和位变量处理。

(1) 累加器 ACC。累加器 ACC 是算术逻辑单元 ALU 中操作最频繁的一个 8 位寄存器, 它是算术运算中存放操作数和运算结果的地方; 在逻辑运算和数据转移指令中, 存放源操作数和目的操作数; 而执行循环、测试零等指令就是在累加器中进行操作。指令系统中常用 A 表示累加器。

(2) B 寄存器。B 寄存器常用于乘除操作。乘法指令的两个操作数分别取自 A 和 B, 其乘积结果的高低 8 位分别存放在 B 和 A 两个 8 位寄存器中; 除法指令中, 被除数取自 A, 除数取自 B, 商数存放于 A, 余数存放于 B。在其他指令中, B 寄存器可作为通用寄存器或 RAM 的一个单元使用。

(3) 程序状态字寄存器 PSW。程序状态字寄存器是一个 8 位的特殊功能寄存器, 它的各位包含了程序执行后的状态信息。其格式和各位的含义如下所示:

| D7 | D6 | D5 | D4  | D3  | D2 | D1 | D0 |
|----|----|----|-----|-----|----|----|----|
| CY | AC | F0 | RS1 | RS0 | OV | —  | P  |

CY: 进位/借位标志。又是布尔处理器的累加器 C。如果数据操作的结果最高位有进位 (加法) 或借位 (减法) 时, CY=1, 否则 CY=0。

AC: 辅助进位/借位标志。如果操作结果低 4 位有进位 (加法时) 或低 4 位向高 4 位借位 (减法时), 则置位 AC; 否则清“0”AC。AC 主要用于二—十进制数加法的十进制调整。

F0: 用户定义标志位。供用户使用的软件标志, 其功能和内部 RAM 中位寻址区的各位相似。

RS1、RS0：寄存器区选择控制位。可以用软件来置位或清零以确定工作寄存器区。RS1、RS0 与寄存器区的对应关系参见表 2-3。

OV：溢出标志位。当执行算术指令时，由硬件置位或清零，以指示溢出状态。

当带符号数作加法或减法运算，结果超出  $-128 \sim +127$  范围时， $OV=1$ ；否则  $OV=0$ 。溢出产生的逻辑条件是： $OV=C6 \oplus C7$ ，其中 C6 表示 D6 位向 D7 位的进位（或借位），C7 表示 D7 位向 CY 位的进位（或借位）。

当无符号数作乘法运算时，其结果也会影响溢出标志 OV。当置于累加器 A 和寄存器 B 中的两个数的乘积超过 255 时， $OV=1$ ，此乘积的高 8 位放在 B 寄存器内，低 8 位则放在累加器 A 中，否则  $OV=0$ ，意味着只要从 A 中取得乘积即可。除法指令 DIV 也会影响溢出标志。当除数为 0 时，为无意义， $OV=1$ ，否则  $OV=0$ 。

P：奇偶标志位。表示累加器 A 的 8 位中值为 1 的个数的奇偶性。若 1 的个数为奇数，则  $P=1$ ；否则  $P=0$ 。此标志在串行通信中常被用来检验数据传输的可靠性。

## 2. 控制器

控制器是控制计算机系统各种操作的部件，它包括时钟发生器、定时控制逻辑、复位电路、指令寄存器 IR、指令译码器、程序计数器 PC、程序地址寄存器、数据指针 DPTR、堆栈指针 SP 等。

(1) 时钟电路。在 MCS-51 芯片内部有一个高增益反相放大器，其输入端为芯片引脚 XTAL1，输出端为引脚 XTAL2。在芯片的外部，XTAL1 和 XTAL2 之间跨接晶体振荡器和微调电容，从而构成一个稳定的自激振荡器，即单片机的时钟电路，如图 2-2 (a) 所示。一般地，电容 C1 和 C2 取 30pF 左右，晶体的振荡频率范围是 2M~12MHz。

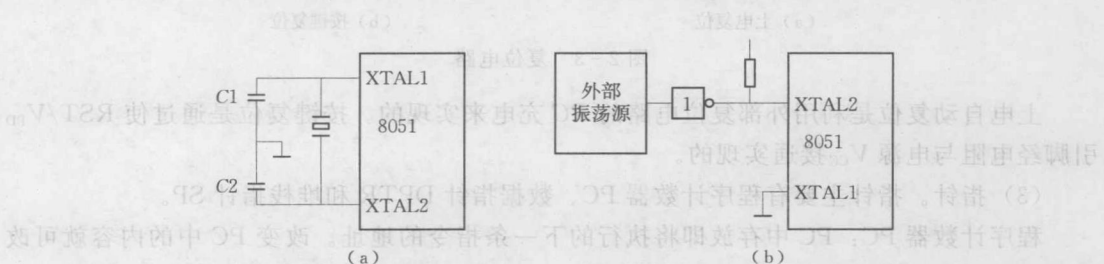


图 2-2 单片机的时钟电路

在由多片单片机组成的系统中，为了各单片机之间时钟信号的同步，应当引入唯一的公用外部脉冲信号作为单片机的振荡脉冲。这时，外部的脉冲信号经 XTAL2 引脚注入，其连接如图 2-2 (b) 所示。

(2) 复位电路。计算机在启动运行时都需要复位，使中央处理器 CPU 和系统中的其他部件都处于一个确定的初始状态，并从这个状态开始工作。要实现单片机可靠复位，必须使 RST/ $V_{PD}$  引脚保持两个机器周期以上的高电平，只要 RST 保持高电平，MCS-51 保持复位状态。此时 ALE、 $\overline{PSEN}$ 、P0、P1、P2、P3 口都输出高电平（即为输入状态）。RST 变为低电平后，退出复位，CPU 从初始状态开始工作。复位以后内部寄存器的初始状态如表 2-1 所示。

表 2-1 复位后的内部寄存器状态

| 特殊功能寄存器 | 初始状态      | 特殊功能寄存器 | 初始状态 |
|---------|-----------|---------|------|
| ACC     | 00H       | TMOD    | 00H  |
| PC      | 0000H     | TCON    | 00H  |
| PSW     | 00H       | TL0     | 00H  |
| SP      | 07H       | TH0     | 00H  |
| DPTR    | 0000      | TL1     | 00H  |
| P0~P3   | 0FFH      | TH1     | 00H  |
| IP      | XX000000B | SCON    | 00H  |
| IE      | 0X000000B | SBUF    | 不定   |
| PCON    | 0XXX0000B |         |      |

RST/V<sub>PD</sub>引脚的复位操作有上电自动复位和按键手动复位两种工作方式，如图 2-3 所示。

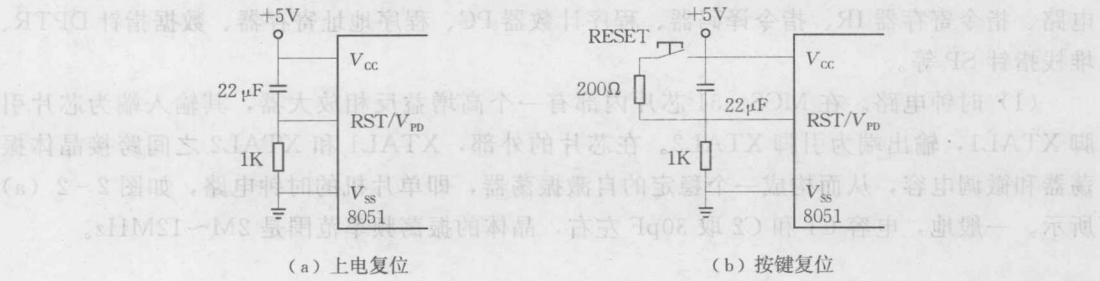


图 2-3 复位电路

上电自动复位是利用外部复位电路的 RC 充电来实现的。按键复位是通过使 RST/V<sub>PD</sub> 引脚经电阻与电源 V<sub>CC</sub> 接通实现的。

(3) 指针。指针主要有程序计数器 PC、数据指针 DPTR 和堆栈指针 SP。

程序计数器 PC：PC 中存放即将执行的下一条指令的地址。改变 PC 中的内容就可改变程序执行的方向。它是一个 16 位寄存器，可对 64KB 程序寄存器直接寻址。PC 是一个独立的寄存器，随时指向将要执行的指令的地址，并有内容自动加 1 的功能。

数据指针 DPTR：16 位数据指针，它由两个 8 位的寄存器 DPH 与 DPL 组成，一般作为访问外部数据存储器的地址指针使用，保存一个 16 位的地址，CPU 也可以对高位字节 DPH、低位字节 DPL 单独进行操作。

堆栈指针 SP：是一个 8 位的专用寄存器，它用于指明堆栈顶部在内部 RAM 中的位置，可由软件设置初始值。系统复位后，SP 初始化为 07H，使得堆栈实际上由 08H 单元开始，但在实际应用中，SP 指针一般被设置在 30H~0FFH 的范围内。在存取数据时遵循“先进后出，后进先出”的原则，数据进入堆栈前 SP 加 1，数据退出堆栈后 SP 减 1。

(4) CPU 时序。CPU 时序通常是指 CPU 在执行各类指令时所需的控制信号在时间上的先后次序。CPU 取出一条指令至该指令执行完所需的时间称为指令周期，它以机器周期为单位。一个机器周期是指 CPU 完成一个基本操作所需要的时间，一个机器周期包含 6



个状态周期：S1，S2，…，S6，每个状态周期又分为两拍，称为 P1 和 P2。CPU 就以 P1 和 P2 为基本节拍指挥单片机各个部件协调地工作。振荡周期指的是振荡信号源为单片机提供的定时信号的周期，为振荡频率的倒数，一个机器周期包括 12 个振荡周期，分别编号为 S1P1，S1P2，S2P1，…，S6P2。

MCS-51 单片机典型的指令周期一般为一个或两个机器周期。只有 MUL 和 DIV 指令占用 4 个机器周期。

每一条指令的执行都包括读取和执行两个阶段。图 2-4 所示的是几种典型指令的读取和执行时序。由于无法观察到内部时钟信号, 只能用 XTAL2 端的振荡信号和地址锁存允许信号 ALE 供参考。图 2-4 (a) 和 (b) 分别表示了单字节单周期和双字节单周期指令的时序; 而图 2-4 (c) 和 (d) 则分别表示了单字节双周期和 MOVX 指令的时序。

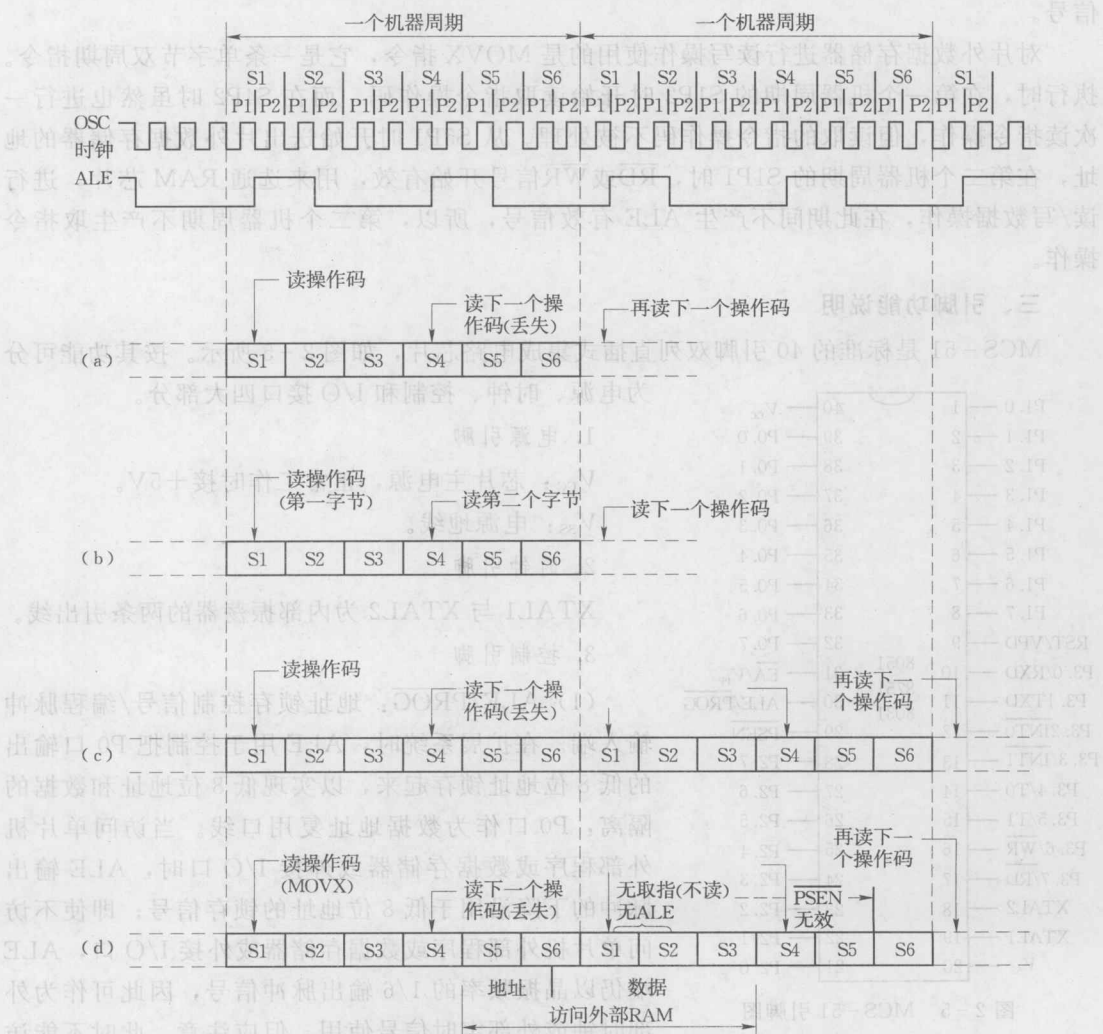


图 2-4 MCS-51 指令执行时序

(a) 单字节单周期指令, 例如: INC A; (b) 双字节单周期指令, 例如: ADD A, #data; (c) 单字节双周期指令, 例如: INC DPTR; (d) 访问外部 RAM 指令 MOVX (单字节双周期)