



普通高等教育 $\frac{\text{电气工程}}{\text{自动化}}$ 系列规划教材



单片机嵌入式系统原理及应用 学习指导 习题详解与实验指导

◎ 主编 武兴华 张 灵



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育 **电气工程
自动化** 系列规划教材

单片机嵌入式系统原理 及应用 学习指导、习题 详解与实验指导

主 编 武兴华 张 灵
副主编 王爱乐 武培雄 耿素军
参 编 米娟芳 李春叶 王轩力



机械工业出版社

《单片机嵌入式系统原理及应用 学习指导、习题详解与实验指导》是为本课程教材《单片机嵌入式系统原理及应用》配套的教学辅导书。

全书包括学习指导、习题解答、增补习题与解答、模拟试题与参考答案、实验指导、课程设计、全国大学生电子设计竞赛简介共7部分内容。

学习指导部分对《单片机嵌入式系统原理及应用》的每一章进行了归纳总结,并对难以掌握、易犯错误的重要概念进行了进一步的解释;习题解答部分详细分析了主教材中的习题和思考题,给出了具体的解题思路和较详细的解题过程;增补习题与解答部分增加了综合性强、难度较大的习题,以适应不同读者的需要;模拟试题与参考答案部分重点突出,难易适中,便于读者自行测试对所学内容的理解和掌握程度;实验指导部分包括单项实验和综合实验,既有实验硬件原理图,又有软件流程、源代码;课程设计部分给出了10个既实用又有趣的综合设计题目及其主要设计内容;最后,介绍了全国大学生电子设计竞赛命题规则,以及2013年竞赛题目,供学员和相关教师参考。

本书适合高等学校相关专业的单片机课程学习与参考,也可供从事单片机开发的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机嵌入式系统原理及应用 学习指导、习题详解与实验指导/武兴华,张灵主编. —北京:机械工业出版社,2015.6

普通高等教育电气工程 自动化系列规划教材

ISBN 978-7-111-50307-1

I. ①单… II. ①武… ②张… III. ①单片微型计算机—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第106159号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于苏华 责任编辑:于苏华 路乙达

版式设计:赵颖喆 责任校对:刘怡丹

封面设计:张静 责任印制:李洋

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2015年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·17.75印张·437千字

标准书号:ISBN 978-7-111-50307-1

定价:39.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

由贾好来主编的《单片机嵌入式系统原理及应用》以 8051 单片机为主线，辅以 ARM 32 位单片机，详细介绍了单片机嵌入式系统的原理和应用，结构新颖，内容详实，案例丰富，通俗易懂，自出版以来得到业界好评。

为进一步方便读者学习研究《单片机嵌入式系统原理及应用》，武兴华、张灵等编写了与其配套使用的教学参考书《单片机嵌入式系统原理及应用学习指导、习题详解与实验指导》，可作为各高校“单片机原理”“单片机原理与接口技术”“单片机与嵌入式系统”“微处理器原理及应用”等课程的教学辅导书。

全书包括学习指导、习题解答、增补习题与解答、模拟试题与参考答案、实验指导、课程设计、全国大学生电子设计竞赛简介共 7 部分内容。

学习指导部分对《单片机嵌入式系统原理及应用》的每一章进行了归纳总结，并对难以掌握、易犯错误的重要概念进行了进一步的解释；习题解答部分详细分析了主教材中的习题和思考题，给出了具体的解题思路和较详细的解题过程；增补习题与解答部分增加了综合性强、难度较大的习题，以适应不同读者的需要；模拟试题与参考答案部分重点突出，难易适中，便于读者自行测试对所学内容的理解和掌握程度；实验指导部分包括单项实验和综合实验，既有实验硬件原理图，又有软件流程、源代码；课程设计部分给出了 10 个既实用又有趣的综合设计题目及其主要设计内容；最后，介绍了全国大学生电子设计竞赛命题规则，以及 2013 年竞赛题目，供学员和相关教师参考。

本书由武兴华和张灵任主编，负责全书的组织、修改和定稿，王爱乐、武培雄和耿素军任副主编，米娟芳、王轩力、李莉、李春叶、胡晚芝参编。其中，武兴华编写第 15 章，张灵编写第 1、5 章，王爱乐编写第 8 章，武培雄编写第 14 章，耿素军编写第 2、3、7 章。米娟芳编写第 4、6、9 章，王轩力编写第 10、11、12 章，李莉编写第 13 章，李春叶编写第 16 章，胡晚芝编写第 17 章。

本书由《单片机嵌入式系统原理及应用》的主编贾好来担任主审。贾好来参与了本书的选题和策划，提供了丰富的资料，并仔细审阅了全书，提出了宝贵意见，谨致衷心谢意！

本书编写过程中还得到相关教授、专家的指导和帮助，尤其是太原理工大学宋建成教授、金燕教授、王淑红教授、马春燕教授、张军朝博士、郑丽君博士，山西工程技术学院（太原理工大学阳泉学院）史宝忠教授，以及太原理工大学电气与动力工程学院实验中心的同事，对本书的编写工作给予了真诚无私的帮助，特致衷心谢意！

由于编者水平有限，书中有欠妥之处在所难免，敬请读者批评指正，来函敬请至：
wxh7666@sina.com。

编 者

目 录

前言	8051 单片机系统扩展与接口
第 1 章 单片机嵌入式系统简介	技术
1.1 基本要求和学习指导	9.1 基本要求和学习指导
1.2 习题与思考题参考解答	9.2 习题与思考题参考解答
1.3 增选习题与参考解答	9.3 增选习题与参考解答
第 2 章 8051 单片机的结构体系	第 10 章 实时操作系统 RTX51
2.1 基本要求和学习指导	10.1 基本要求和学习指导
2.2 习题与思考题参考解答	10.2 习题与思考题参考解答
2.3 增选习题与参考解答	10.3 增选习题与参考解答
第 3 章 8051 指令系统	第 11 章 单片机应用系统开发及实例
3.1 基本要求和学习指导	11.1 基本要求和学习指导
3.2 习题与思考题参考解答	11.2 习题与思考题参考解答
3.3 增选习题与参考解答	11.3 增选习题与参考解答
第 4 章 8051 单片机程序设计基础	第 12 章 ARM32 位单片机的结构、编程及开发工具
4.1 基本要求和学习指导	12.1 基本要求和学习指导
4.2 习题与思考题参考解答	12.2 习题与思考题参考解答
4.3 增选习题与参考解答	12.3 增选习题与参考解答
第 5 章 8051 单片机嵌入式系统开发和仿真	第 13 章 模拟试卷及参考答案
5.1 基本要求和学习指导	13.1 模拟试卷 1 及参考答案
5.2 习题与思考题参考解答	13.2 模拟试卷 2 及参考答案
5.3 增选习题与参考解答	第 14 章 基础实验指导
第 6 章 8051 单片机的中断系统	14.1 I/O 口控制实验
6.1 基本要求和学习指导	14.2 定时器/计数器实验
6.2 习题与思考题参考解答	14.3 外部中断实验
6.3 增选习题与参考解答	14.4 串行接口通信实验
第 7 章 8051 单片机的定时器/计数器	14.5 8155 扩展实验
7.1 基本要求和学习指导	14.6 查询式键盘实验
7.2 习题与思考题参考解答	14.7 动态扫描数码管显示实验
7.3 增选习题与参考解答	14.8 7279 阵列式键盘实验
第 8 章 8051 单片机的串行接口及串行总线	14.9 128 × 64 点阵型液晶显示器显示实验
8.1 基本要求和学习指导	14.10 ADC0809 并行 A - D 转换实验
8.2 习题与思考题参考解答	14.11 DAC0832 并行 D - A 转换实验
8.3 增选习题与参考解答	14.12 TLC549 串行 A - D 转换实验

第 15 章 综合设计性实验指导	200	第 17 章 全国大学生电子设计竞赛	
15.1 红外发射接收实验	200	简介	252
15.2 DS18B20 温度测量与控制实验	206	17.1 概述	252
15.3 直流电动机转速测量与控制实验	213	17.2 全国大学生电子设计竞赛赛题	
15.4 步进电动机控制实验	218	分析	254
15.5 ZY1420 语音控制实验	221	17.3 第 11 届 (2013) 全国大学生电子	
第 16 章 单片机课程设计	227	设计竞赛试题	257
16.1 Proteus 系统仿真开发软件概述	227	参考文献	277
16.2 单片机课程设计项目	240		

第 1 章 单片机嵌入式系统简介

1.1 基本要求和学习指导

1.1.1 基本要求

- (1) 学习单片机的概念和嵌入式系统的定义。
- (2) 了解嵌入式微处理器和嵌入式系统的分类。
- (3) 了解单片机的品牌和产品类型。
- (4) 激发读者对单片机的学习兴趣。

1.1.2 学习指导

嵌入式系统的定义：以应用为中心，以计算机技术为基础，软件、硬件可裁剪，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。

计算机系统可分为通用计算机系统和嵌入式计算机系统。嵌入式计算机系统包括嵌入式处理器、单片机、DSP、专用系统处理器。单片机的类型主要有 8 位、16 位、32 位单片机，CISC 和 RISC 单片机，单核、双核、多核单片机，JTAG 接口在线调试单片机，总线型单片机和非总线型单片机，专用型单片机。

AT89 系列单片机的内部功能、引脚数量和排列方式、指令系统与 MCS-51 系列单片机完全兼容，因此，对于以 MCS-51 系列产品为基础的应用系统而言，十分容易进行替换。AT89 系列有庞大的家族系列，每一系列下都有多个型号。总的来说，AT89 系列单片机可分为低档型、标准型、高档型 3 个系列。

1. 低档型 AT89 系列单片机的基本特性

低档型 AT89 系列单片机主要有 AT89S2051、AT89S4051 2 个型号。下面给出 AT89S2051 的主要特性：与 MCS-51 兼容；2KB 的 ISP 程序存储器——串行接口下载，运行电压为 2.7~5.5V，全静态操作模式（0~24MHz），两级程序存储器锁，256×8 内部 RAM，15 条可编程 I/O 线，2 个 16 位定时器/计数器，6 个中断源，可编程串行 UART，直接驱动 LED，可选择中断的在片模拟比较器，8 位 PWM，低功耗空闲模式和掉电模式，掉电复位，具有帧错误检测和自动寻址识别的增强型 UART，内部上电复位，从掉电模式中中断可恢复，可选的×2 时钟选项，4 级增强型中断控制器，掉电标志，灵活的编程方式，用户签名标志页（32B）。

如图 1-1 所示为 AT89S2051 单片机的引脚排列，AT89S4051 单片机和 AT89S2051 单片机的引脚完全相同，只是内部的 ISP Flash 由 2KB 变为 4KB。

2. 标准型 AT89 系列单片机的基本特性

标准型 AT89 系列单片机包括 AT89S51、AT89S52、AT89S8253 以及低电压型号

AT89LS51、AT89LS52。由于标准型 AT89 系列单片机与 MCS-51 完全兼容，又有着优良特性以及较高的性价比，因此，成为 AT89 系列单片机家族的主流机型。

AT89S51 的主要工作特性如下：与 MCS-51 兼容，4KB 的 ISP 程序存储器——串行接口下载，运行电压 4.0~5.5V，全静态操作模式 (0~33MHz)，3 级程序存储器锁，128×8 内部 RAM，32 条可编程 I/O 线，2 个 16 位定时器/计数器，6 个中断源，全双工串行 UART，低功耗空闲模式和掉电模式，从掉电模式中断可恢复，看门狗定时器，双数据指针，掉电标志，灵活的编程方式。

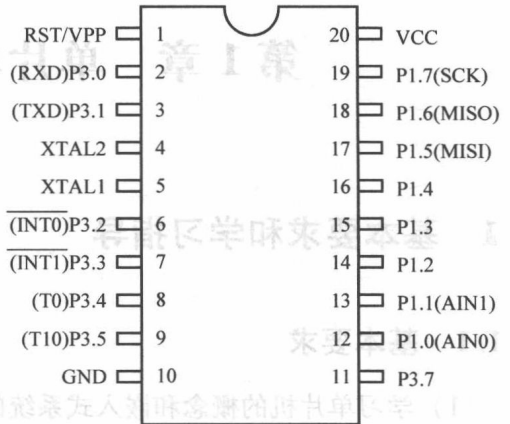


图 1-1 AT89S2051 单片机的引脚排列

AT89S52 除程序存储器为 8KB、内部 RAM 为 256B、定时器由 2 个增加到 3 个、中断源由 6 个增加到 8 个、中断向量由 5 个增加到 6 个之外，其他和 AT89S51 基本相同。而 AT89S8253 的程序存储器有 12KB。AT89LS51、AT89LS52 除工作电压为 2.7~4.0V 之外，其他特性与 AT89S51、AT89S52 类似。

3. 高档型 AT89 系列单片机的基本特性

高档型 AT89 系列单片机约有 10 个型号，主要包括 AT89C51RE2、AT89C51RD2、AT89C51RC2、AT89C51RB2、AT89C51ID2、AT89C51IC2、AT89C51ED2、AT89C51AC3、AT89C51AC2、AT89C5115。限于篇幅，只给出 AT89C51RD2 的主要特性，读者不难从中体会到其功能的强大。

- 1) 与 80C52 兼容，6 个 8 位 I/O 端口 (64 引脚和 68 引脚)，4 个 8 位 I/O 端口 (44 引脚)；256B RAM，4 个优先级 9 个中断源，电源内部监控。
- 2) 2048B Boot ROM，包含低级别的 Flash 编程例程和默认的串行装载器。
- 3) 高速架构。
- 4) 64KB 在片 Flash 程序/数据存储。
- 5) 在片 1792 B 扩展 RAM。
- 6) 双数据指针。
- 7) 对于慢速 RAM 或外设的可变长度 MOVX 指令。
- 8) 键盘中断接口。
- 9) SPI 接口。
- 10) 8 位时钟预标定器。
- 11) 16 位可编程计数器阵列，高速输出，比较/捕获，脉冲宽度调制，看门狗定时器。
- 12) 异步端口复位。
- 13) 全双工增强型 UART。
- 14) 低 EMI (禁止 ALE)。
- 15) 硬件 Watchdog Timer。
- 16) 空闲模式和节电模式。
- 17) 电压为 2.7~5.5V。

1.2 习题与思考题参考解答

1. 说明 Atmel8/16/32 位单片机有哪些典型产品，它们有何区别？

答：(1) 低档型 AT89 系列单片机主要有 2 个型号：AT89S2051、AT89S4051。(2) 标准型 AT89 系列单片机包括 AT89S51、AT89S52、AT89S8253 以及低电压型号 AT89LS51、AT89LS52。(3) 高档型 AT89 系列单片机约有 10 个型号，主要包括 AT89C51RE2、AT89C51RD2、AT89C51RC2、AT89C51RB2、AT89C51ID2、AT89C51IC2、AT89C51ED2、AT89C51AC3、AT89C51AC2、AT89C5115 等型号。

2. 登陆飞思卡尔、恩智浦、德州仪器等公司网站，了解相应的产品及其特性。

答：飞思卡尔公司开发了只有 6 引脚的 MC9RS08KA1 单片机，RS08 内核，使应用系统体积、功耗大大降低，特别适合于玩具、家电等低端低功耗场合的应用；ENECA 公司开发的 OSE 分布式系统，内核只有 5KB，而 Windows CE 的内核则要大得多。

3. 举出你用过的嵌入式系统和单片机产品，说明其工作原理。

答：嵌入式处理器的生产厂家众多，如飞思卡尔 Freescale，恩智浦 NXP，德州仪器公司 TI，意法半导体公司 ST，也包括很多中小型厂家，如台湾华邦公司，深圳宏晶科技等，产品从单片机、DSP 到 FPGA，品种很多，速度越来越快，性能越来越强，价格也越来越低。

4. 简述嵌入式操作系统和普通操作系统的区别。

答：通用计算机系统主要包括台式计算机、笔记本计算机和其他大型计算机，其硬件基本类似，配置的软件不同，通用计算机完成的任务不同，它主要适合于办公和一些计算工作量特别大的场合，市场份额约为 1%；嵌入式计算机系统，主要指嵌入了单片机硬件和应用系统，广泛应用于家用电器、航天、工业、机器人控制、医疗、汽车、通信、信息技术等领域，是计算机应用的主战场。

5. 了解嵌入式操作系统塞班、安卓的主要特性和使用要求。

答：塞班 (Symbian) 是一个实时性、多任务的纯 32 位操作系统，具有功耗低、内存占用少等特点，塞班系统在有限的内存和运行内存情况下，非常适合手机等移动设备使用，经过不断完善，可以支持 GPRS、蓝牙、SyncML 以及 3G 技术。

安卓 (Android) 是 Google 于 2007 年 11 月宣布的基于 Linux 平台的开源手机操作系统的名称，该平台由操作系统、中间件、用户界面和应用软件组成。它采用软件堆层 (Software Stack，又名软件叠层) 的架构，主要分为三部分：底层以 Linux 内核工作为基础，由 C 语言开发，只提供基本功能；中间层包括函数库 Library 和虚拟机 Virtual Machine，由 C++ 开发。最上层是各种应用软件，包括通话程序，短信程序等，应用软件则由各公司自行开发，以 Java 作为编写程序的一部分，不存在任何阻碍移动产业创新的专有权障碍，号称是首个为移动终端打造的真正开放和完整的移动软件。

6. 上网查找有关 I²C、SPI、UART、JTAG 的资料，说明其使用场合与优点。

答：I²C 是一种同步两线式串行数据总线，由 PHILIPS 公司于 1992 年开发。I²C 串行总线一般有 2 根信号线，一根是双向的数据线 SDA，另一根是时钟线 SCL。所有接到 I²C 总线设备上的串行数据 SDA 都接到总线的 SDA 上，各设备的时钟线 SCL 接到总线的 SCL 上，用于连接微控制器及其外围设备，一般在对芯片进行扩展中使用，通用 I/O 端口也可以作为

I²C 总线接口。

SPI 是同步串行全双工总线，高速同步串行口，它是一种标准的四线同步双向串行总线，一种四线同步总线系统，也是一种同步串行外设接口，为全双工通信，是 Motorola 公司推出的一种同步串行通信方式。它可以使 MCU 与各种外围设备以串行方式进行通信以交换信息，在主器件的移位脉冲下，数据按位传输，高位在前，低位在后。该接口一般使用 4 条线：①MOSI——主器件数据输出，从器件数据输入；②MISO——主器件数据输入，从器件数据输出；③SCLK——时钟信号，由主器件产生；④SS——从器件使能信号，由主器件控制（有的 SPI 接口芯片带有中断信号线 INT，有的 SPI 接口芯片没有主器件输出/从器件输入数据线 MOSI）。

UART 是一种通用异步串行数据总线，该总线双向通信，可以实现全双工传输和接收。因为计算机内部采用并行数据，不能直接把数据发到 Modem，必须经过 UART 整理才能进行异步传输。串行的 2 条线：TXD——UART 数据发送，RXD——UART 数据接收。UART 通用异步接收/发送装置，是一个并行输入成为串行输出的芯片，它是用于控制计算机与串行设备的芯片，通常集成在主板上，多数是 16550AFN 芯片。有一点要注意的是，它提供了 RS-232C 数据终端设备接口，这样计算机就可以和调制解调器或其他使用 RS-232C 接口的串行设备通信，所以说 UART 是一种异步串行全双工总线，硬件映射为一个芯片，可以与使用 RS-232C 接口的设备直接通信。

JTAG 常用作在线仿真、在线调试、在系统编程以及使用边界扫描测试（BSL）系统等，标准的 JTAG 接口为 4 线（5 线），是一种国际标准测试协议，主要用于芯片内部测试。基本原理是在器件内部定义一个 TAP（Test Access Port，测试访问口）通过专用的 JTAG 测试工具对内部节点进行测试。JTAG 具体接口有 10 针的，14 针的，也有 20 针的；具有 JTAG 口的芯片都有如下 JTAG 引脚定义：

TMS：测试模式选择。此引脚用来实现 TAP 控制器各个状态之间的切换。

TCK：测试时钟。JTAG 操作是与 TCK 同步的。

TDI：测试数据输入——需要移位到指令寄存器或数据寄存器（扫描链）的串行输入数据。

TDO：测试数据输出——自指令寄存器或数据寄存器串行移出的数据。

TRST：可选引脚——测试复位，输入引脚，低电平有效。

7. 解释 ROM、OTPROM、EPROM、EEPROM、Flash、RAM 的意义。

答：ROM 为只读存储器，一般由厂家编程烧录；OTPROM 是一次性可编程只读存储器，用户可以自己编程烧录；EPROM 是紫外线可擦可编程只读存储器，用户可以自己编程烧录；EEPROM 是电可擦可编程存储器，用户可以自己编程烧录；Flash 是采样 FLASH 技术的存储器，是可高速读写烧录的存储器；RAM 是读写存储器，与 Flash 的区别是掉电后信息丢失。

8. 查找资料，说明嵌入式系统和单片机的历史、现状和发展趋势。

答：嵌入式系统的发展趋势：①单片机的 SOC 化；②多处理器内核；③功耗更低；④工作电压范围更宽；⑤超小型化；⑥存储器容量的进一步增加和存储器本身技术水平的提高；⑦微巨机的单片化。

随着超大规模集成电路制造水平和工艺的不断发展和提高，今天的高级台式计算机和笔记本电脑会在不久的将来被单片化的计算机取代。

1.3 增选习题与参考解答

1. 微处理器、CPU、单片机、嵌入式处理器之间有什么区别？

答：微处理器和CPU都是中央处理器的别名。微处理器芯片本身不是计算机，而微型计算机和单片机都是一个完整的计算机系统，单片机是集成在一个芯片上的用于测控目的的单片微型计算机。

嵌入式处理器一般意义上讲，是指嵌入系统的单片机、DSP和嵌入式微处理器。嵌入式处理器多指嵌入式微处理器，例如ARM7、ARM9等。嵌入式微处理器相当于通用计算机中的CPU。与嵌入式处理器相比，单片机本身（或稍加扩展）就是一个小的计算机系统，可独立运行，具有完整的功能，而嵌入式微处理器仅仅相当于单片机中的中央处理器。为了满足嵌入式应用的特殊要求，嵌入式微处理器虽然在功能上基本和标准微处理器一样，但一般在工作温度、抗电磁干扰、可靠性等方面都做了各种增强。

2. 什么是“嵌入式系统”？

答：目前，“嵌入式系统”还没有一个严格和权威的定义。国内普遍认同的定义是：以应用为中心、以计算机技术为基础、软件硬件可裁剪、适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。

3. 简述AT89S51和AT89C51的区别？

答：AT89S51与AT89C51相比，外形和引脚完全相同，但AT89S51比AT89C51新增了在线编程和看门狗等功能。其区别主要有：①编程更灵活：AT89C51仅支持并行编程，而AT89S51不但支持并行编程还支持ISP在线编程；②工作频率更高：AT89C51的极限工作频率是24MHz，而AT89S51最高工作频率可达33MHz，从而具有更快的计算速度；③电源范围更宽：AT89S51工作电压范围为4~5.5V，而AT89C51在低于4.8V和高于5.3V的时候则无法正常工作；④抗干扰性更强：AT89S51内部集成看门狗定时器（Watchdog Timer），而AT89C51需外接看门狗定时器电路，或者用单片机内部定时器构成软件看门狗来实现软件抗干扰。

第2章 8051单片机的结构体系

2.1 基本要求和学习指导

2.1.1 基本要求

- (1) 掌握 8051 单片机的结构和主要特性。
- (2) 熟悉 8051 单片机的引脚功能。
- (3) 了解 8051 单片机的存储器结构。
- (4) 了解 8051 单片机的时序和复位电路。
- (5) 理解 8051 单片机最小控制系统。

2.1.2 学习指导

1. 8051 单片机芯片的主要特征

针对控制应用而优化的 8 位 CPU；128B 的片上数据 RAM；64KB 的数据存储器寻址空间；64KB 的程序存储器寻址空间；4KB 的片上程序存储器（8031 无）；2 个 16 位定时器/计数器；32 根双向和单独可寻址的 I/O 线；1 个全双工的 UART；2 个优先级的 5 向量中断结构；211 位可寻址空间；4 μ s 乘法/除法指令；片上时钟振荡器；工作电压为 4.0~5.5V。

2. 8051 单片机内部结构

- (1) CPU 8051 单片机中有一个 8 位 CPU，是单片机的核心，由运算器和控制器构成。
- (2) 内部数据存储器（RAM）8051 单片机内部有 128B（8052 子系列有 256B）RAM，用来存放程序在运行期间的工作变量、运算的中间结果、数据暂存和缓冲、标志位等。
- (3) 内部 ROM/EPROM/Flash/ISP Flash 8031 单片机无此部件；8051 系列单片机片内有 4KB 的掩膜 ROM；8751 则为 4KB 的 EPROM；89S52 为 ISP（In System Program）的免拔插电气可编程 8KB Flash 存储器，用来存放程序、原始数据或表格。
- (4) 定时器/计数器 8051 系列单片机内部有 2 个 16 位定时器/计数器 T0、T1，有 4 种工作方式。89S52 不仅有定时器 T0 和 T1，还有定时器 T2、看门狗定时器。通过编程，T0、T1 还可用作 13 位或 8 位定时器。
- (5) 并行口 8051 单片机内部共有 4 个输入输出口，一般称为并行 I/O 口，即 P0、P1、P2、P3 口，每个口都是 8 位。
- (6) 串行口 8051 单片机有一个全双工的串行 I/O 口，以完成单片机和其他计算机或通信设备之间的串行数据通信，单片机只用 P3 口的 RXD 和 TXD 2 个引脚进行串行通信。
- (7) 中断系统 8051 单片机内部有很强的中断功能，以满足控制应用的需要。它共有

5 个中断源, 即外部中断源 2 个, 定时器/计数器中断源 2 个, 串行中断源 1 个。

(8) CPU 内部总线和外部总线 CPU 通过内部的 8 位总线与各个部件连接, 并通过 P0 口和 P2 口形成内部 16 位地址总线连接到内部 ROM 区。

(9) 布尔处理器 由片内 RAM 的 20H ~ 2FH 共 16 个单元的 128 位, 11 个 SFR 中的 83 位组成的 211 位布尔处理器, 可完成位运算等任务。8052 增加可寻址位 SFR 1 个, 可寻址位增加 8 位。

3. 8051 单片机的引脚

8051/8052/8952 单片机的引脚完全兼容。

8051PDIP 封装有 40 条引脚, 2 个专用于主电源的引脚, 2 条外接晶体的引脚, 4 条控制或与其他信号复用的引脚, 32 条 I/O 引脚。

4. 8051 单片机的微处理器

(1) 运算器 运算器用来对操作数进行算术、逻辑运算和位操作。主要包括算术逻辑运算单元 ALU、累加器 A、寄存器 B、位处理器、程序状态字寄存器 PSW 以及 BCD 码修正电路等。

(2) 控制器 控制器主要包括程序计数器、程序地址寄存器、指令寄存器 IR、指令译码器、条件转移逻辑电路及时序控制逻辑电路。

5. 8051 单片机的存储器结构

(1) 程序存储器 8051 单片机的程序存储器用于存放应用程序和表格之类的固定常数。整个程序存储器空间可以分为片内和片外两部分, CPU 访问片内和片外程序存储器。

在 8051 单片机的指令系统中, 同程序存储器打交道的指令仅有 2 条: MOVCA, @A + DPTR 和 MOVC A, @A + PC。

(2) 内部数据存储器 8051 单片机的片内数据存储器 (RAM) 单元共有 128B, 字节地址为 00H ~ 7FH。地址为 00H ~ 1FH 的 32 个单元是 4 组通用工作寄存器区, 每个区含 8 个 8 位寄存器, 编号为 R7 ~ R0。地址为 20H ~ 2FH 的 16 个单元可进行共 128 位的位寻址, 这些单元构成了 1 位处理机的存储器空间。单元中的每一位都有自己的位地址, 这 16 个单元也可以进行字节寻址。地址为 30H ~ 7FH 的单元为用户 RAM 区, 只能进行字节寻址。

(3) 外部数据存储器 8051 单片机内部有 128B 的 RAM 作为数据存储器, 当需要外扩时, 最多可外扩 64KB 的 RAM 或 I/O。

6. 8051 单片机的并行 I/O 口

8051 单片机的 4 个端口均是双向的, 每个端口由一个锁存器 (特殊功能寄存器 P0 ~ P3)、一个输出驱动器和一个输入缓冲器组成。

7. 8051 单片机的时钟电路与时序

(1) 时钟电路 如图 2-1 所示。

(2) 时序 8051 单片机的时序定时单位有 4 个: 节拍、状态、机器周期和指令周期。

如果将一条指令的执行划分为几个基本操作, 则完成一个基本操作所需要的时间即机器周期。规定 6 个状态为 1 个机器周期, 依次表示为 S1 ~ S6。由于一个状态包含 2 个节拍, 因此 1 个机器周期包含 12 个节拍, 表示为: S1P1、S1P2、...、S6P1、S6P2。

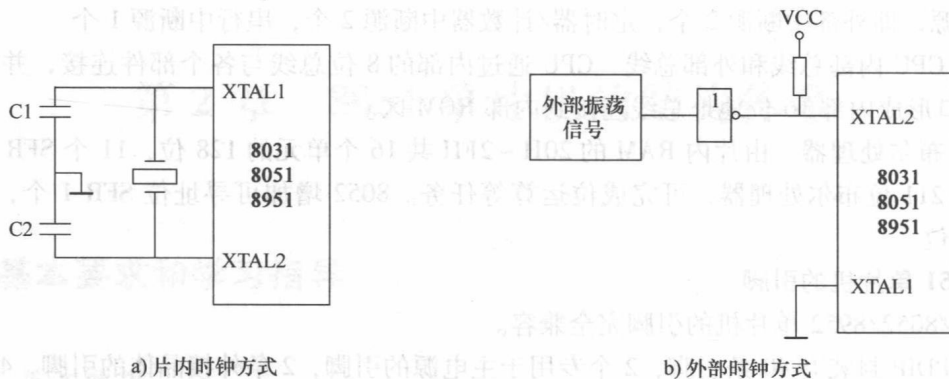


图 2-1 8051 的时钟电路

8. 8051 单片机的复位和复位电路

复位是单片机的初始化操作。上电时，单片机需要复位操作；运行过程中，单片机受到干扰后程序“跑飞”，进入死循环，需要复位，以重新启动运行。

(1) 复位和复位电路 如图 2-2 所示。

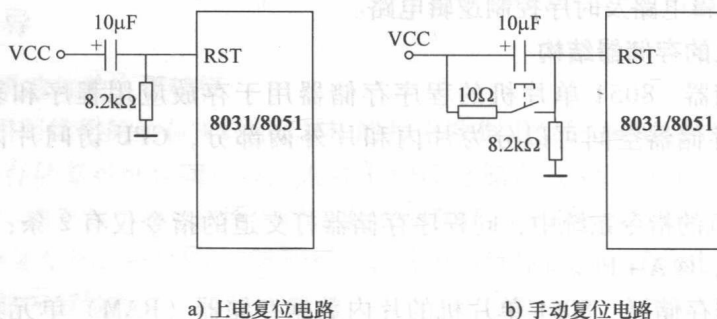


图 2-2 8051 单片机的复位电路

(2) 看门狗复位 单片机应用系统一般应用于工业现场，虽然单片机本身具有很强的抗干扰能力，但仍然存在系统由于受到外界干扰使所运行的程序失控引起程序“跑飞”的可能性，从而使程序陷入“死循环”，这时系统将完全瘫痪。如果操作者在场，可以通过人工复位的方式强制系统复位，但操作者不可能一直监视着系统，即使监视着系统，也往往是在引起不良后果之后才进行人工复位。为此常采用程序监视技术，就是俗称的“看门狗”(Watch Dog) 技术。

9. 8051 单片机的低功耗模式

8051 单片机的 2 种低功耗工作方式需要通过软件设置才能实现，设置 SFR 中电源控制寄存器 PCON 的 PD 和 IDL 位。电源控制器寄存器 PCON 的格式如图 2-3 所示。

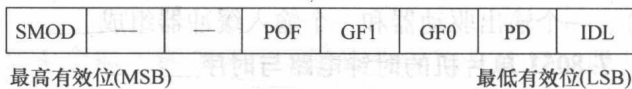


图 2-3 电源控制寄存器 PCON 的格式

10. AT89S52 的片内 Flash 串行编程操作

片内 Flash 操作包括对 Flash 标志字节的读出、并行编程、串行编程、程序加密等。可

以利用计算机、单片机等设备实现对 Flash 存储器的操作。

11. AT89S52 单片机最小系统设计

AT89S52 内部有 8KB 闪存, 芯片本身就是一个最小系统。在能满足系统性能要求的情况下, 可优先考虑采用此种方案。用这种芯片构成的最小系统简单、可靠。用 AT89S52 单片机构成最小应用系统时, 只要将单片机接上时钟电路和复位电路即可, ISP 下载电路只在下载程序时使用, 如图 2-4 所示。由于集成度的限制, AT89S52 最小应用系统只能用于一些小型的测控单元。

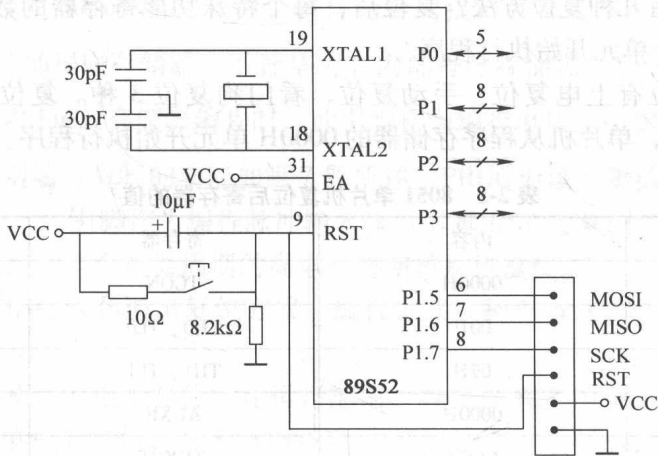


图 2-4 AT89S52 单片机最小系统

2.2 习题与思考题参考解答

1. 程序状态字寄存器 PSW 各位的定义是什么?

答: 程序状态字寄存器 PSW 是一个 8 位可位寻址的特殊功能寄存器, 其格式如下所示。

CY	AC	FO	RS1	RS0	OV	—	P
----	----	----	-----	-----	----	---	---

其字节地址为 0D0H, 各位定义如下:

CY——进位标志位 AC——辅助进位标志位 FO——供用户使用状态标志位

RS1、RS0——4 组工作寄存器区选择控制位 OV——溢出标志位 P——奇偶标志位

2. 8051 单片机存储器结构的主要特点是什么? 程序存储器和数据存储器各有何不同?

答: 8051 单片机存储器采用的是程序存储器和数据存储器独立的哈佛结构, 2 种存储器各有自己的寻址方式和寻址空间。

程序存储器存放的是应用程序和固定表格常数, 最大可扩展到 64KB。数据存储器 (RAM) 为用户数据寄存器, 8051 片内数据存储器单元共有 128B, 字节地址为 00H ~ 7FH, 当片内 RAM 不够用时, 可扩展为 64KB。

3. 8051 单片机内部 RAM 可分为几个区? 各区的主要作用是什么?

答: 8051 单片机内部 RAM 可分为 3 个区, 其中字节地址为 00H ~ 1FH 的 32 个单元是 4

组通用工作寄存器区，字节地址为 20H ~ 2FH 的 16 个单元为位寻址区，字节地址为 30H ~ 7FH 的单元为用户 RAM 区。

4. 在访问外部 ROM 或 RAM 时，P0 口和 P2 口各用来传送什么信号？P0 口为什么要采用片外地址锁存器？

答：在访问外部 ROM 或 RAM 时，P0 口用于传送低 8 位地址信号，P2 口用于传送高 8 位信号。由于 P0 口是地址、数据复用口，P0 口除传送地址外，还要传送数据，为避免传送数据错误，P0 口在传送低 8 位地址信号时，要采用片外地址锁存器进行地址的锁存。

5. 8051 单片机有几种复位方法？复位后，每个特殊功能寄存器的数值是多少？CPU 从程序存储器的哪一个单元开始执行程序？

答：单片机复位有上电复位、手动复位、看门狗复位 3 种。复位后特殊寄存器值如表 2-1 所示。复位后，单片机从程序存储器的 0000H 单元开始执行程序。

表 2-1 8051 单片机复位后寄存器的值

寄存器	内容	寄存器	内容
PC	0000H	TCON	00H
ACC、B、PSW	00H	TH0、TL0	00H
SP	07H	TH1、TL1	00H
DPTR	0000H	AUXR	×××00××0B
P0 ~ P3	0FFH	AUXR1	×××××××0B
IP (8051)	×××00000B	TH2 ⁺⁺ 、TL2 ⁺⁺	00H
IP (8052)	××000000B	T2MOD ⁺⁺	××××××00B
IE (8051)	0××00000B	T2CON ⁺⁺	00H
IE (8052)	0×000000B	RCAP2H ⁺⁺	00H
TMOD	00H	RCAP2L ⁺⁺	00H
PCON (HMOS)	0×××××××B	SCON	00H
PCON (CHMOS)	0×××0000B	SBUF	不定
DPH0 ⁺⁺ 、DPL0 ⁺⁺	00H	DPH1 ⁺⁺ 、DPL1 ⁺⁺	00H

注：⁺⁺ 仅 8052 有，× 表示不确定。

6. 什么是时钟周期？什么是机器周期？什么是指令周期？当振荡频率为 12MHz 时，一个机器周期为多少微秒？

答：时钟周期即晶振的振荡周期；机器周期指完成一个基本操作所需的时间；指令周期指完成一条指令所需时间。当振荡频率为 12MHz 时，一个机器周期为 1 μ s。

7. 8051 单片机引脚 ALE 的作用是什么？当 8051 不外接 RAM 和 ROM 时，ALE 上输出的脉冲频率是多少？其作用是什么？

答：当 CPU 访问外部程序存储器或外部数据存储器时，ALE 的输出用于锁存地址的低 8 位信号。当不访问外部存储器时，ALE 仍以 1/6 的晶振频率输出脉冲信号，该振荡信号可作外部定时或触发信号使用。

8. 说明 8051 单片机的引脚，描述不同情况下的不同含义。

答：常用的 PDIP 封装的 8051 有 40 个引脚，按其功能可分为如下 3 类：

①电源及时钟引脚：2个专用于主电源的引脚，2条外接晶体的引脚；②控制引脚： \overline{EA}/VPP 、 \overline{PSEN} 、 $\overline{ALE}/\overline{PROG}$ 、RST；③I/O引脚：P0、P1、P2、P3为4个8位I/O口的外部引脚。

主电源引脚为40(VCC)脚和20(VSS)脚，18、19脚为外接晶体引脚XTAL1和XTAL2，当采用内部振荡器时，XTAL1、XTAL2和VSS之间需分别接一只20~30pF的电容。当 $\overline{EA}=1$ 时，访问内部程序存储器，但在PC(程序计数器)值超过OFFFH(对8051/8751/89S51)或1FFFH(对8052/89S52)时，将自动转向执行外部程序存储器内的程序；当 $\overline{EA}=0$ 时，则只访问外部程序存储器，不管是否有内部程序存储器。VPP为 \overline{EA}/VPP 引脚的第二功能，即在对片内Flash存储器编程时，此引脚作为编程电压。引脚 \overline{PSEN} 为外部程序存储器的读选通信号控制端。ALE的功能如第7题所述， \overline{PROG} 为该引脚的第二功能，即对片内Flash存储器编程时，此引脚作为编程脉冲输入端。引脚RST为复位信号输入端，高电平有效。在RST引脚上出现2个机器周期的高电平将使单片机复位。

9. 说明单片机的进入和退出复位方式、编程方式、掉电方式、空闲方式、运行方式的条件。

答：8051单片机是高电平复位，在运行期间，只要在RST引脚上出现2个机器周期的高电平，就可以使单片机复位；对于AT89S52单片机，超时运行后，看门狗定时器使单片机复位。复位后，RST引脚变为低电平，单片机退出复位方式，开始正常的工作方式。掉电方式、空闲方式是8051单片机2种低功耗工作方式。8051单片机除了正常的程序工作方式外，还可以用低功耗工作方式，可以通过设置SFR中电源控制寄存器PCON的PD和IDL位来实现低功耗工作方式的切换。8051单片机退出低功耗工作方式有硬件复位和任何一种有效的外部中断2种方法。对于AT89C51、AT89C52等单片机来说，可以用专用编程器对单片机进行编程，常用的编程器有TOP851等。对于AT89S52等具有在线编程的单片机来说，除可用专用编译器编程外，在RST为高电平情况下，还可使用P1.5/P1.6/P1.7对单片机实现在系统编程(ISP)。

2.3 增选习题与参考解答

1. 单片机扩展I/O接口芯片的端口地址如何确定？

答：8051单片机采用的是RAM存储单元和外部扩展的I/O端口统一编址的方式。8051单片机与外部扩展的I/O端口进行数据传送时，使用与访问外部数据存储器相同的传送指令。

2. I/O口读端口与读引脚区别是什么？

答：读端口就是将端口锁存器的内容读到内部总线，将读到内容做处理后，再回写到端口锁存器。例如将端口内容取反操作，就是对读端口的操作。读引脚就是将引脚的电平读到内部总线。读引脚时首先向引脚锁存器写“1”，使输出场效应管夹断，不影响输入电平的时候才能将引脚电平读入内部总线。特别强调的是由于端口的输出电阻很大，当输出高电平时，由于流出的电流大，可能引脚的电压很低，甚至达到低电平，如读引脚，因此未必读到