

职业教育课程改革创新规划教材

单片机技术及应用

——基于Proteus仿真的C语言程序设计

(第2版)

主编 / 杨 墩 副主编 / 张 伟



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

职业教育课程改革创新规划教材

单片机技术及应用

——基于 Proteus 仿真的 C 语言程序设计

(第 2 版)

杨 瞰 主 编

张 伟 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

贵州师范学院内部使用

内 容 简 介

本书是职业教育电子与信息技术专业课程改革创新规划教材。本书以 MCS-51 系列单片机为主体,运用 Proteus 软件仿真和 C 语言程序设计,通过大量典型的多任务项目实训详细介绍了单片机开发必备的基础知识和软/硬件条件,系统介绍了单片机的基本结构、定时/计数器、中断系统、串行通信、常用接口技术、信息显示技术、DS18B20 温度检测、DS1302 日历时钟、AD/DA 转换等技术内容,以及相应的 C 语言程序设计基本方法。本书所有实例均采用仿真软件 Proteus 进行仿真和实验板进行实验,使读者在实践中逐步掌握单片机的硬件结构和 C 语言程序设计开发方法。

本书在编写时力求通俗易懂,知识讲解以“必须、够用”为原则,技能培养以“紧密结合实践”为特色,项目任务设计知识覆盖面广,技能要求全面,因此本书特别适合单片机和 C 语言程序设计零起点的初学者作为单片机技术快速入门使用。

本书是职业教育电子与信息技术专业的专业技能课程教材用书,也可作为其他电类、控制类专业或高职高专院校的选修用书,或作为电子爱好者及各类工程技术人员的参考用书。

为方便教师教学与学生自学,本书还配有教学电子资料包可供免费下载。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

单片机技术及应用:基于 Proteus 仿真的 C 语言程序设计/杨墩主编.—2 版.—北京:电子工业出版社,2018.4
职业教育课程改革创新规划教材

ISBN 978-7-121-33338-5

I. ①单… II. ①杨… III. ①单片微型计算机—C 语言—程序设计—职业教育—教材 IV. ①TP368.1
②TP312.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 318063 号

策划编辑:蒲 玥

责任编辑:蒲 玥

印 刷:北京七彩京通数码快印有限公司

装 订:北京七彩京通数码快印有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:16.75 字数:428.8 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版

2018 年 4 月第 2 版

印 次:2019 年 8 月第 4 次印刷

定 价:36.50 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254485, puyue@phei.com.cn。

前言

PREFACE

本书第 1 版为职业教育课程改革创新规划教材，于 2012 年 3 月出版。经过 5 年的使用，得到了职业院校电子与信息技术专业教师、企业电子专业技术人员、电子技术爱好者和广大读者的认可。

随着职业教育教学改革不断深化，职业教育单片机课程的教育教学水平不断得到提升，地区间也表现出不同的特色与差异。另外，由于技能大赛方面的原因，对单片机课程在知识与技能衔接方面也提出了进一步的要求。为适应这些变化，有必要在第 1 版的基础上对教材进行相应的扩充调整，补充完善相应的内容，以满足广大读者新的需求。

本书在修订中体现了现代职业教育的要求，以能力培养为主线，关注学习者单片机技术知识与技能的可持续性增长。本书仍然保持了第 1 版特色，运用英国 Labcenter 公司的仿真软件 Proteus ISIS 作为单片机电路仿真的得力工具，采用易于快速掌握的 C 语言进行单片机应用程序设计，以配套的单片机实验板检验程序设计效果，以循序渐进、科学合理的知识与技能学习进程安排，在“做中学”的系列项目任务实践活动中伴随学习者顺利前行，用科学的学习方式轻松引领学习者入门单片机应用技术。修订后本书在原有的 7 个模块的基础上增加了第 8 个拓展技术模块，在原有 16 个项目 44 个项目工作任务的基础上，增添了 5 个项目 8 个项目工作任务，在第 1 版涵盖单片机基础知识、单片机开发工具、单片机基本结构、定时/计数器、中断系统、串口通信、基本的接口技术等内容的基础上，补充了字符型 LCD 显示和 8×8 LED 点阵屏显示控制技术，丰富了单片机控制系统的信息显示方式；新增 DS18B20 温度检测、DS1302 日历时钟、AD/DA 转换等拓展性的技术内容，以适应单片机技术进阶与提升的需要。

本书的体例打破了传统教材的章节划分学科体系结构，采用了有利于学习者动手实践的项目模块结构。在项目工作任务中，按照“项目工作目标→项目工作知识链接→硬件电路设计→软件程序设计→项目验证实践→项目工作拓展→思考与练习”的项目任务实践环节展开项目工作任务，理实一体，层层深入，不断落实项目学习目标。

本书由杨曦任主编，张伟任副主编。其中，杨曦对本书的编写思路与项目设计进行了总体策划，编写了第 1、3~8 模块，并对本书进行了统稿与定稿。张伟编写了本书的第 2 模块，并为本书设计了配套实验板。由于编者水平有限，书中难免有不足与疏漏之处，敬请广大读者指正。

为便于读者学习，本书专门配备了自行设计的单片机实验板供学习者选用。单片机实验

板设计的与众不同之处在于充分考虑到了硬件设计的需要，在电路布线时尽可能留下硬件设备的接口而不是将硬件与单片机的连接固定，以提高软件设计的灵活性与多样性，使得实验板增添了难得的硬件设计功能。单片机实验板能进行流水灯控制、数码管显示、键盘控制、音乐播放、定时计数控制、中断控制、串口通信、液晶显示、模/数转换、数/模转换、红外控制、温度控制、功率器件控制等常规的单片机实验项目，具有良好的实用性。为方便教师教学与学生自学，本书还配有教学电子资料包可供免费下载。

最后，作者竭诚希望本书能为读者学习单片机应用技术提供帮助，愿为读者的学习提供热忱服务，并希望与广大读者多进行沟通与交流。联系电话：13770727672（手机）；E-mail：yangtun68@163.com。

编者

2017年10月

目 录

CONTENTS

第 1 模块 了解单片机	1
项目 1 了解单片机的基本结构与应用	2
任务 1-1-1 了解单片机的发展知识	2
任务 1-1-2 了解单片机的常用类型	3
任务 1-1-3 了解单片机基本结构与应用	5
项目 2 了解单片机的数学与逻辑工具	9
任务 1-2-1 了解数制基本知识	9
任务 1-2-2 理解数制间的转换方法	10
任务 1-2-3 理解单片机中数的表示方法	10
任务 1-2-4 理解逻辑数据及其基本运算	11
项目 3 了解单片机学习的软/硬件条件	12
任务 1-3-1 了解单片机学习的软件条件	12
任务 1-3-2 了解单片机学习的硬件条件	14
第 2 模块 单片机开发软件与开发过程	17
项目 4 仿真软件 Proteus 的使用	18
任务 2-4-1 感受 Proteus 软件的强大功能	18
任务 2-4-2 掌握 Proteus 软件的使用方法	18
任务 2-4-3 Proteus 仿真设计快速入门	20
项目 5 Keil C51 的使用	27
任务 2-5-1 理解单片机最小系统	27
任务 2-5-2 Keil μ Vision2 使用快速入门	28
项目 6 程序烧录软件及单片机实验板的使用	37
任务 2-6-1 掌握 ZW&YT 单片机实验板的使用方法	37
任务 2-6-2 掌握 STC_ISP_V488 程序烧录软件的使用方法	37
第 3 模块 单片机基本结构项目实训	40
项目 7 LED 发光管控制	41

任务 3-7-1	使用 P1 口控制 LED 灯闪烁	41
任务 3-7-2	使用 P3 口流水点亮 8 位 LED	45
任务 3-7-3	使用数组控制 P0 口流水灯	50
任务 3-7-4	使用运算符控制 P2 口流水灯	55
任务 3-7-5	使用 switch 语句控制 P2 口 LED 流水灯	59
任务 3-7-6	使用 if 语句控制 P2 口 LED 流水灯	65
任务 3-7-7	使用数组的指针控制 P2 口流水灯	74
任务 3-7-8	用指针作函数参数控制 P2 口流水灯	79
任务 3-7-9	用函数库文件控制 P2 口 LED 流水灯	83
项目 8	LED 数码管显示控制	87
任务 3-8-1	用 LED 数码管静态显示数字	87
任务 3-8-2	用数码管动态扫描显示数码	91
任务 3-8-3	用数码管仿跑马灯	96
任务 3-8-4	用数码管显示倒计时过程	99
第 4 模块	单片机定时/计数器项目实训	104
项目 9	定时/计数器查询方式的应用	105
任务 4-9-1	用定时器 T0 查询方式控制 P2 口流水灯	105
任务 4-9-2	用定时器 T1 查询方式控制单片机发出 1kHz 音频	112
任务 4-9-3	将计数器 T0 计数的结果送 LED 数码管显示	115
第 5 模块	单片机中断系统项目实训	119
项目 10	定时/计数器中断控制	120
任务 5-10-1	简易数码秒表设计	120
任务 5-10-2	使用定时器 T0 的中断控制数码管倒计时显示	127
任务 5-10-3	使用计数器 T1 的中断控制数码管显示按键计数	131
项目 11	音乐播放控制	135
任务 5-11	使用定时器 T0 的中断实现乐曲的播放	135
项目 12	外部中断源中断控制	141
任务 5-12-1	使用外中断 $\overline{\text{INT0}}$ 对脉冲信号计数, 结果送 LED 数码管显示	141
任务 5-12-2	使用外中断 $\overline{\text{INT1}}$ 控制数码管显示按键计数	144
任务 5-12-3	使用数码管显示倒计时过程穿插中断控制	149
第 6 模块	单片机串行通信技术项目实训	155
项目 13	串并转换控制	156
任务 6-13	使用串行口方式 0 串并转换控制流水灯	156
项目 14	单片机控制单片机	162
任务 6-14-1	使用串口方式 1 进行单工通信	162
任务 6-14-2	使用串口方式 3 进行单工通信	167

第 7 模块 单片机综合应用项目实训	172
项目 15 数码电子钟设计	173
任务 7-15 设计独立式键盘调时的数码电子钟	173
项目 16 简易电子琴设计	180
任务 7-16 设计简易电子琴	180
第 8 模块 单片机应用拓展项目实训	189
项目 17 DS18B20 测温控制	190
任务 8-17 设计数码管显示的 DS18B20 温度检测器	190
项目 18 1602 字符型 LCD 显示控制	204
任务 8-18-1 使用 1602 字符型 LCD 显示字符	205
任务 8-18-2 使用 1602 字符型 LCD 显示字符串	213
项目 19 DS1302 适时时钟控制	222
任务 8-19 设计 1602 字符型 LCD 显示的 DS1302 日历时钟	222
项目 20 8×8LED 点阵屏显示控制	234
任务 8-20-1 LED 点阵屏的点亮与闪烁程序设计	234
任务 8-20-2 LED 点阵屏的动态显示程序设计	242
任务 8-20-3 LED 点阵屏模拟电梯上升楼层数字显示	245
项目 21 AD/DA 转换控制	248
任务 8-21 使用 ADC0832 设计 5V 直流数字电压表	249
附录 项目工作知识链接列表	259
参考文献	260

第1模块

了解单片机

- ▶项目1 了解单片机的基本结构与应用
 - 任务 1-1-1 了解单片机的发展知识
 - 任务 1-1-2 了解单片机的常用类型
 - 任务 1-1-3 了解单片机基本结构与应用
- ▶项目2 了解单片机的数学与逻辑工具
 - 任务 1-2-1 了解数制基本知识
 - 任务 1-2-2 理解数制间的转换方法
 - 任务 1-2-3 理解单片机中数的表示方法
 - 任务 1-2-4 理解逻辑数据及其基本运算
- ▶项目3 了解单片机学习的软/硬件条件
 - 任务 1-3-1 了解单片机学习的软件条件
 - 任务 1-3-2 了解单片机学习的硬件条件

贵州师范学院内部使用

项目 1 了解单片机的基本结构与应用

单片机全称为单片微型计算机 (Single Chip Micro Computer, SCM), 又称微控制处理器 (Micro Controller Unit, MCU)。单片机是一种采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 口和中断系统、定时/计时器等功能 (可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路) 集成到一块硅片上构成的一个小而完善的计算机系统。它作为微型计算机的一个重要分支, 以其独特的结构和性能, 在国民经济各个领域日益发挥着越来越重要的作用, 得到越来越广泛的应用。

任务 1-1-1 了解单片机的发展知识

1971 年, Intel 公司研制出世界上第一个 4 位的微处理器; Intel 公司的霍夫研制成功世界上第一块 4 位微处理器芯片 Intel4004, 标志着第一代微处理器问世, 微处理器和微机时代从此开始。

1972 年 4 月, 霍夫等人开发出第一个 8 位微处理器 Intel8008。由于 8008 采用的是 P 沟道 MOS 微处理器, 因此仍属第一代微处理器。1973 年, Intel 公司的霍夫等人研制出 8 位微处理器 Intel8080, 以 N 沟道 MOS 电路取代了 P 沟道, 第二代微处理器就此诞生。

1976 年, Intel 公司研制出 MCS-48 系列 8 位的单片机, 这也是单片机的问世。

20 世纪 80 年代初, Intel 公司在 MCS-48 系列单片机的基础上, 推出了 MCS-51 系列 8 位高档单片机。MCS-51 系列单片机无论是片内 RAM 容量、I/O 口功能, 还是系统扩展方面都有了很大的提高。

早期的单片机都是 8 位或 4 位的。其中最成功的是 Intel 8031, 因为简单可靠且性能良好获得了很大的好评。此后在 8031 上发展出了 MCS-51 系列单片机系统。基于这一系统的单片机系统直到现在还在广泛使用。随着工业控制领域要求的提高, 开始出现了 16 位单片机, 但因为性价比不理想并未得到广泛应用。20 世纪 90 年代后随着消费电子产品大发展, 单片机技术得到了巨大提高。随着 Intel i960 系列特别是后来的 ARM 系列的广泛应用, 32 位单片机迅速取代 16 位单片机的高端地位, 并且进入主流市场。而传统的 8 位单片机的性能也得到了飞速提高, 处理能力比起 80 年代提高了数百倍。目前, 高端的 32 位单片机主频已经超过 300MHz, 性能直追 90 年代中期的专用处理器。当代单片机系统已经不再只在裸机环境下开发和使用的, 大量专用的嵌入式操作系统被广泛应用在全系列的单片机上。而在作为掌上电脑和手机核心处理的高端单片机甚至可以直接使用专用的 Windows 和 Linux 操作系统。

单片机比专用处理器更适合应用于嵌入式系统, 因此它得到了最多的应用。事实上单片机是世界上数量最多的计算机。现代人类生活中所用的几乎每件电子和机械产品中都会集成有单片机。手机、电话、计算器、家用电器、电子玩具、掌上电脑及鼠标等计算机配件中都配有 1~2 台单片机。而个人计算机中也会有为数不少的单片机在工作。汽车上一般配备 40 多台单片机, 复杂的工业控制系统上甚至可能有数百台单片机在同时工作。单片机的数量不仅远超过 PC 和其他计算机的总和, 甚至比人类的数量还要多。

任务 1-1-2 了解单片机的常用类型

在单片机领域,随着日益广泛的应用需求不断扩大,涌现出许多不同的产品品牌与产品系列。许多厂家生产的单片机都与 Intel 公司的 MCS-51 兼容。不同的单片机内部资源配置不同,随着技术的不断发展其性能也在不断完善,使用时应根据需要加以选择。表 1-1-1 中所列单片机产品型号是现今应用领域中的几种典型的单片机产品型号。

表 1-1-1 几种典型的单片机产品型号

厂家	型 号	简 介
Intel	8031	NMOS 型, 32 根 I/O 口线, 2 个定时/计数器, 5 个中断源/2 级优先中断级, 无 ROM, 128B RAM
	8051	NMOS 型, 32 根 I/O 口线, 2 个定时/计数器, 5 个中断源/2 级优先中断级, 4KB 掩膜 ROM, 128B RAM
	8751	NMOS 型, 32 根 I/O 口线, 2 个定时/计数器, 5 个中断源/2 级优先中断级, 4KB EPROM, 128B RAM
	80C31BH	CMOS 型, 32 根 I/O 口线, 2 个定时/计数器, 5 个中断源/2 级优先中断级, 无 ROM, 128B RAM
	80C51BH	CMOS 型, 32 根 I/O 口线, 2 个定时/计数器, 5 个中断源/2 级优先中断级, 4KB 掩膜 ROM, 128B RAM
	87C51BH	CMOS 型, 32 根 I/O 口线, 2 个定时/计数器, 5 个中断源/2 级优先中断级, 4KB EPROM, 128B RAM
Atmel	AT89C51	CMOS 型, 32 根 I/O 口线, 2 个定时/计数器, 6 个中断源, 4KB Flash ROM, 128B RAM
	AT89C52	CMOS 型, 32 根 I/O 口线, 3 个定时/计数器, 8 个中断源, 8KB Flash ROM, 256B RAM
	AT89C2051	CMOS 型, 15 根 I/O 口线, 2 个定时/计数器, 6 个中断源, 2KB Flash ROM, 128B RAM, 片上模拟比较器
	AT89S51	AT89C51 的替代品, 带 ISP 功能 (在系统可编程)
	AT89S52	AT89C52 的替代品, 带 ISP 功能 (在系统可编程)
宏晶科技	STC89C51RC	CMOS 型, 35 根 I/O 口线, 3 个定时/计数器, 8 个中断源/4 级优先中断级, 4KB Flash ROM, 512B SRAM
	STC89C51RD+	CMOS 型, 35 根 I/O 口线, 3 个定时/计数器, 8 个中断源/4 级优先中断级, 4KB Flash ROM, 1280B SRAM
	STC89C52RC	CMOS 型, 35 根 I/O 口线, 3 个定时/计数器, 8 个中断源/4 级优先中断级, 8KB Flash ROM, 512B SRAM
	STC89C52RD+	CMOS 型, 35 根 I/O 口线, 3 个定时/计数器, 8 个中断源/4 级优先中断级, 8KB Flash ROM, 1280B SRAM

1. Intel 公司的 8051 系列单片机

8051 单片机最早由 Intel 公司推出,以 8051 为内核的系列单片机以其优越的性能、成熟的技术及高可靠性和高性能价格比,迅速占领了工业测控和自动化工程应用的主要市场,成为国内单片机应用领域中的主流。

由于 8051 单片机应用得早,影响很大,已成为事实上的工业标准。世界各大单片机厂商都在 8051 单片机上投入了大量的资金和人力,围绕 51 内核,衍生出许多品种,增强 51 单片机的各种功能。不同厂商的单片机版本虽然各不相同,都在不断地改变制造工艺,但内核却一样,也就是说,这类单片机指令系统完全兼容,绝大多数引脚也兼容,在使用上基本可以直接互换。人们统称这些与 8051 内核相同的单片机为“51 系列单片机”。

2. Atmel 单片机

Atmel 公司是世界上著名的高性能低功耗非易失性存储器和数字集成电路的一流半导体制造公司。Atmel 公司的单片机是目前世界上一种独具特色而性能卓越的单片机, AT89C51、AT89S51 是 Atmel 公司的典型产品。它不但和 8051 指令、引脚完全兼容, 而且其片内的 4KB 程序存储器是 Flash 工艺的, 这种工艺的存储器用户可以用电的方式瞬间擦除、改写, 一般专为 Atmel 公司 AT89 系列单片机做的编程器均带有这些功能。这种单片机对开发设备的要求很低, 开发时间也大大缩短, 写入单片机内的程序还可以进行加密。

AT89S51 相对于 AT89C51 新增加很多功能, 如增加 ISP 在线编程功能; 最高工作频率提高至 33MHz; 具有双工 UART 串行通道; 内部集成看门狗计时器, 不再需要像 89C51 那样外接看门狗计时器单元电路; 采用全新的加密算法, 程序的保密性大大加强等, 性能有了较大提升。

ISP 在线编程功能的优势在于改写单片机存储器内的程序不需要把芯片从工作环境中剥离, 是一个强大易用的功能。

3. STC 单片机

STC 单片机是深圳宏晶科技公司的产品。STC 单片机完全兼容 51 单片机, 并有其独到之处, 其抗干扰性强, 加密性强, 超低功耗, 可以远程升级, 内部有 MAX810 专用复位电路, 价格也较便宜, 由于这些特点使得 STC 系列单片机的应用日趋广泛。

STC 系列单片机传承于 Intel8051 单片机, 但在传统 8051 单片机框架基础上, STC 宏晶科技对 8051 单片机进行了全面的技术升级与创新: 全部采用 Flash 技术 (可反复编程 10 万次以上) 和 ISP/IAP (在系统可编程/在应用可编程) 技术; 针对抗干扰进行了专门设计, 超强抗干扰; 进行了特别加密设计, 如宏晶 STC15 系列单片机现无法解密; 对传统 8051 进行了全面提速, 相同时钟频率指令平均快 7 倍, 最快指令速度提高了 24 倍, 时钟从传统的 12MHz 提高到最快可达 30MHz; 大幅提高了集成度, 如集成了 A/D、CCP/PCA/PWM (PWM 还可当 D/A 使用)、高速同步串行通信端口 SPI、高速异步串行通信端口 UART (如宏晶 STC15W4K58S4 系列集成了 4 个串行口)、定时器 (STC15W4K58S4 系列最多可实现 7 个定时器)、看门狗、内部高精度时钟 ($\pm 1\%$ 温漂, $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$, 可彻底省掉外部昂贵的晶振)、内部高可靠复位电路 (可彻底省掉外部复位电路)、大容量 SRAM (如 STC15W4K58S4 系列集成了 4K 字节的 SRAM)、大容量 EEPROM、大容量 Flash 程序存储器等。STC 单片机的在线下载编程和在线仿真功能以及分系列的资源配置, 增加了单片机型号的选择性, 可根据单片机应用系统的功能要求选择合适的单片机, 从而降低单片机应用系统的开发难度与开发成本, 使得单片机应用系统更加简单、高效, 提高了单片机应用产品的性能价格比。STC 作为中国本土 MCU 的领航者, 从 2006 年诞生起, 现已发展了 STC89/90 系列、STC10/11 系列、STC12 系列、STC15 系列, 累计发布上百种产品。2014 年 4 月, 宏晶科技重磅推出了 STC15W4K32S4 系列单片机, 宽电源电压范围, 能在 2.4~5.5V 电压范围内工作; 无须转换芯片, STC15W4K32S4 单片机可直接与 PC 机的 USB 接口相连进行通信; 集成了更多的数据存储器、定时/计数器以及串行口; 集成了更多的高功能部件 (如比较器、专用 PWM 模块); 开发了功能强大的 STC-ISP 在线编程软件工具, 除可进行在线编程以外, 还包括在线仿真器制作、脱机编程工具的制作、加密传输、项目发布、各系列单片机头文件的生成、串行口波特率的计算、定时器定时程序的设计、软件延时程序的设计等工具, 给学习者或单片机应用的生产者带来了极大的便捷与高效。

STC89 系列单片机是深圳宏晶科技公司的典型产品, 是 MCS-51 系列单片机的派生产品。它们在指令系统、硬件结构和片内资源上与标准 8051 单片机完全兼容, DIP40 封装系列与 8051 为 pin-to-pin 兼容。STC89 系列单片机高速, 低功耗, 在系统/在应用可编程 (ISP、IAP), 不

占用户资源。通过 IAP 功能不需要编程器就可以将程序载入单片机,很方便在实验板上做各种单片机实验。这对初学单片机的人们,尤其对学校单片机的教学带来极大方便,是一种最低成本的单片机学习与开发手段。

为方便使用,本书在软件编程与仿真时,选用的单片机型号为 AT89C51,在实验板上选用的单片机型号为 STC89C52RC,以利于简化程序的烧录。由于单片机的兼容性,在单片机的基础应用层面上,STC89C52RC 全面兼容 AT89C51 的性能。

任务 1-1-3 了解单片机基本结构与应用

1. MCS-51 单片机的内部结构

8051 是 MCS-51 系列单片机的典型产品。8051 单片机包含中央处理器、程序存储器 (ROM)、数据存储器 (RAM)、定时/计数器、并行接口、串行接口和中断系统等几大单元及数据总线、地址总线和控制总线等三大总线。如图 1-1-1 所示的是 MCS-51 系列单片机的内部结构示意图。

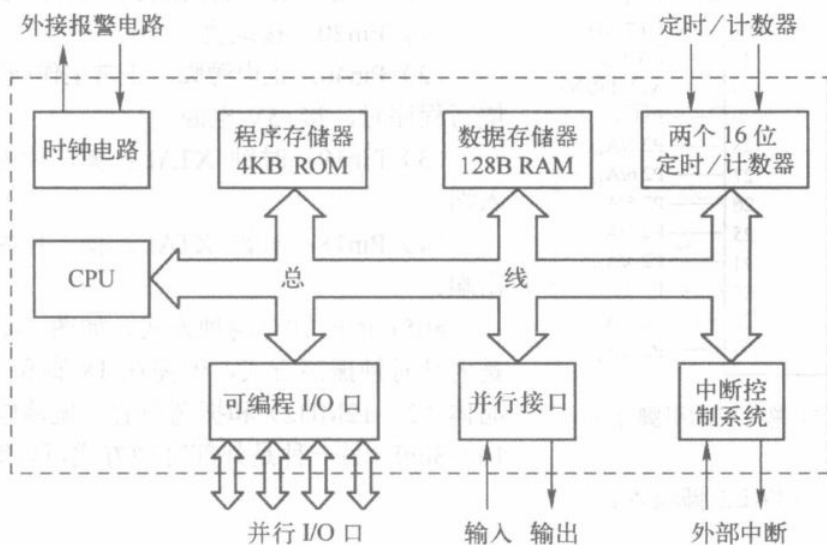


图 1-1-1 MCS-51 系列单片机的内部结构示意图

(1) 中央处理器。中央处理器 (CPU) 是整个 MCS-51 单片机的核心部件,是 8 位数据宽度的处理器,能处理 8 位二进制数据或代码。CPU 负责控制、指挥和调度整个单元系统协调的工作,完成运算和控制输入/输出功能等操作。

(2) 数据存储器 (RAM)。8051 内部有 128B 8 位用户数据存储单元和 128B 专用寄存器单元,它们是统一编址的,专用寄存器只能用于存放控制指令数据,用户只能访问,而不能用于存放用户数据,所以,用户能使用的 RAM 只有 128B,可存放读写的数据、运算的中间结果或用户定义的字型表。

(3) 程序存储器 (ROM)。8051 共有 4KB 的 8 位掩膜 ROM,用于存放用户程序、原始数据或表格。

(4) 定时/计数器。8051 有两个 16 位的可编程定时/计数器,以实现定时或计数产生中断用于控制程序转向。

(5) 并行输入/输出 (I/O) 口。8051 共有 4 个 8 位 I/O 口 (P0、P1、P2 或 P3)，用于对外部数据的传输。

(6) 全双工串行口。8051 内置一个全双工串行通信口，用于与其他设备间的串行数据传送。该串行口既可以用作异步通信收发器，也可以当作同步移位器使用。

(7) 中断系统。8051 具备较完善的中断功能，有两个外中断、两个定时/计数器中断和一个串行中断，可满足不同的控制要求，并具有 2 级的优先级别选择。

(8) 时钟电路。8051 内置最高频率达 12MHz 的时钟电路，用于产生整个单片机运行的脉冲时序，但 8051 单片机需外置振荡电容。

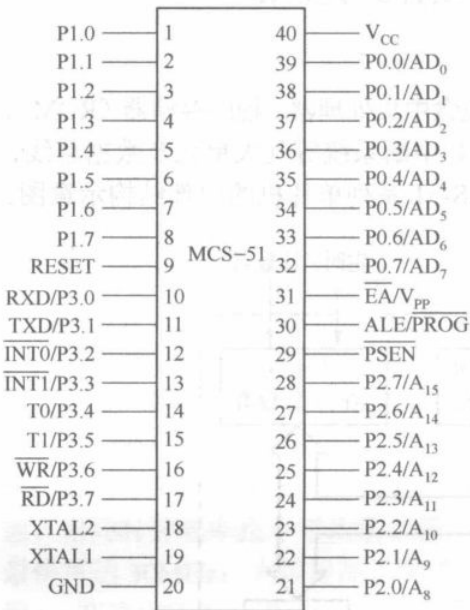


图 1-1-2 MCS-51 单片机的引脚分布

2. MCS-51 单片机的引脚说明

MCS-51 系列单片机采用 40Pin 封装的双列直插 DIP 结构，如图 1-1-2 所示是它们的引脚分布。40 个引脚中，正电源和地线两根，外置石英振荡器的时钟线两根，4 组 8 位共 32 个 I/O 口，中断口线与 P3 口线复用。下面对这些引脚的功能加以简单说明。

(1) Pin20: 接地脚。

(2) Pin40: 正电源脚，正常工作或对片内 EPROM 烧写程序时，接+5V 电源。

(3) Pin19: 时钟 XTAL1 脚，片内振荡电路的输入端。

(4) Pin18: 时钟 XTAL2 脚，片内振荡电路的输出端。

8051 的时钟有两种方式，如图 1-1-3 所示。一种是内部时钟振荡方式，但需在 18 脚和 19 脚外接石英晶体 (2~12MHz) 和振荡电容，振荡电容的值一般取 10~30pF。另一种是外部时钟方式，即将 XTAL1 接地，

外部时钟信号从 XTAL2 脚输入。

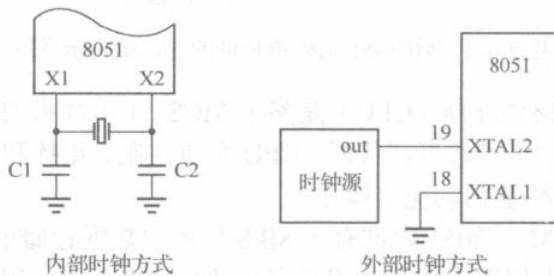


图 1-1-3 8051 单片机的时钟电路

(5) 输入/输出 (I/O) 引脚: Pin39~Pin32 为 P0.0~P0.7 输入/输出脚; Pin1~Pin8 为 P1.0~P1.7 输入/输出脚, Pin21~Pin28 为 P2.0~P2.7 输入/输出脚, Pin10~Pin17 为 P3.0~P3.7 输入/输出脚。

(6) Pin9: RESET 复位信号复用脚。当 8051 通电，时钟电路开始工作，在 RESET 引脚上出现 24 个时钟周期以上的高电平，系统即初始复位。初始化后，程序计数器 PC 指向 0000H，P0~P3 输出口全部为高电平，堆栈指针写入 07H，其他专用寄存器被清“0”。RESET 由高电

平下降为低电平后，系统即从 0000H 地址开始执行程序。然而，初始复位不改变 RAM（包括工作寄存器 R0~R7）的状态，8051 的初始状态如表 1-1-2 所示。

8051 的复位方式可以是自动复位，也可以是手动复位，如图 1-1-4 所示。此外，RESET/V_{pp} 还是一复用脚，V_{CC} 掉电期间，此脚可接上备用电源，以保证单片机内部 RAM 的数据不丢失。

表 1-1-2 8051 单片机特殊功能寄存器的初始状态

特殊功能寄存器	初始态	特殊功能寄存器	初始态
ACC	00H	B	00H
PSW	00H	SP	07H
DPH	00H	TH0	00H
DPL	00H	TL0	00H
IP	xxx00000B	TH1	00H
IE	0xx00000B	TL1	00H
TMOD	00H	TCON	00H
SCON	xxxxxxxB	SBUF	00H
P0~P3	1111111B	PCON	0xxxxxxxB

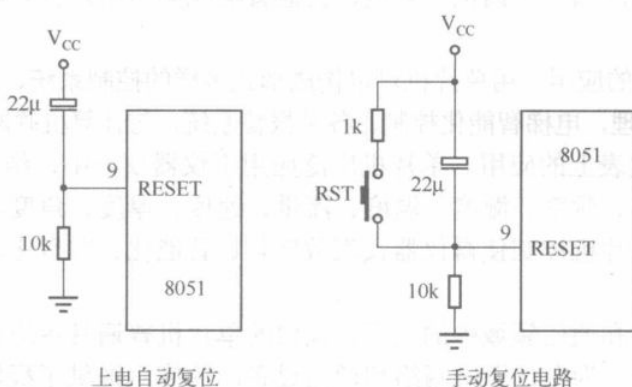


图 1-1-4 MCS-51 单片机的复位电路

(7) Pin30: ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ 脚。当访问外部程序器时，ALE（地址锁存）的输出用于锁存地址的低位字节。而访问内部程序存储器时，ALE 端将有一个 1/6 时钟频率的正脉冲信号，这个信号可以用于识别单片机是否工作，也可以当作一个时钟向外输出。更有一个特点，当访问外部程序存储器的，ALE 会跳过一个脉冲。

如果单片机是 EPROM，在编程其间， $\overline{\text{PROG}}$ 将用于输入编程脉冲。

(8) Pin29: $\overline{\text{PSEN}}$ 脚。当访问外部程序存储器时，此脚输出负脉冲选通信号，PC 的 16 位地址数据将出现在 P0 和 P2 口上，外部程序存储器则把指令数据放到 P0 口上，由 CPU 读入并执行。

(9) Pin31: $\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{pp}}$ 脚，程序存储器的内外部选通脚。8051 和 8751 单片机，内置有 4KB 的程序存储器，当 $\overline{\text{EA}}$ 为高电平且程序地址小于 4KB 时，读取内部程序存储器指令数据，而超过 4KB 地址则读取外部指令数据。如 $\overline{\text{EA}}$ 为低电平，则不管地址大小，一律读取外部程序存储器指令。在大多数情况下，单片机从内置的程序存储器开始执行程序， $\overline{\text{EA}}$ 应为高电平，通常接电源 V_{CC}。但对于内部无程序存储器的 8031， $\overline{\text{EA}}$ 端必须接地。

3. 单片机的应用

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点,广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域,大致可分如下几个范畴,如图 1-1-5 所示。



图 1-1-5 单片机的应用

(1) 在家用电器中的应用。可以这样说,现在的智能家电基本上都是采用了单片机控制,从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电、其他音响视频器材,再到电子秤,五花八门,无所不在。

(2) 在工业控制中的应用。用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统。例如,工厂流水线的智能化管理,电梯智能化控制、各种报警系统,与计算机联网构成二级控制系统等。

(3) 在智能仪器仪表上的应用。单片机广泛应用于仪器仪表中,结合不同类型的传感器,可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能比起采用电子或数字电路更加强大。

(4) 在计算机网络和通信领域中的应用。现代的单片机普遍具备通信接口,可以很方便地与计算机进行数据通信,为在计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件。现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制,从小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信,到日常生活中随处可见的电话机、手机、集群移动通信、无线电对讲机等,都离不开单片机的应用。

(5) 在医用设备领域中的应用。单片机在医用设备中的用途也相当广泛,如医用呼吸机,各种分析仪、监护仪,超声诊断设备及病床呼叫系统等。

(6) 在各种大型电器中的模块化应用。某些专用单片机设计用于实现特定功能,从而在各种电路中进行模块化应用,而不要求使用人员了解其内部结构。如音乐集成单片机,看似简单的功能,微缩在纯电子芯片中(有别于磁带机的原理),就需要复杂的类似于计算机的原理。音乐信号以数字的形式存于存储器中(类似于 ROM),由微控制器读出,转化为模拟音乐电信号(类似于声卡)。在大型电路中,这种模块化应用极大地缩小了体积,简化了电路,降低了损坏、错误率,也便于更换。

(7) 在汽车设备领域中的应用。单片机在汽车电子中的应用非常广泛,如汽车中的发动机控制器、基于 CAN 总线的汽车发动机智能电子控制器、GPS 导航系统、ABS 防抱死系统、制动系统等。

此外,单片机在工商、金融、科研、教育、国防航空航天等领域都有着十分广泛的应用。目前,单片机已渗透到人们生产生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。



思考与练习

- (1) 简述 8051 单片机的主要性能指标。
- (2) 简述 MCS-51 单片机的内部组成。
- (3) 试述 MCS-51 单片机的引脚分布。
- (4) 单片机主要应用于哪些领域？

项目2 了解单片机的数学与逻辑工具

单片机只能识别二进制数，二进制是单片机中数制的基础。除了二进制以外，八进制、十六进制也是单片机常用的数制。

任务 1-2-1 了解数制基本知识

数制是计数的方法，通常采用进位计数制。

在单片机应用领域中常用的数制有十进制 (Decimal)、二进制 (Binary)、八进制 (Octal) 和十六进制 (Hex-decimal)。

1. 十进制

十进制数码：十进制数由 0~9 共 10 个数码组成。

进位规则：“逢十进一”（基数为 10）。

记数形式：

$$(D_3D_2D_1D_0)_{10} = D_3 \times 10^3 + D_2 \times 10^2 + D_1 \times 10^1 + D_0 \times 10^0$$

式中， D_3 、 D_2 、 D_1 、 D_0 称为数码，10 为基数， 10^3 、 10^2 、 10^1 、 10^0 是各数码的位权。该式称为按位权展开式。

例如： $(6527)_{10} = 6 \times 10^3 + 5 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 7 \times 10^0$ 。

2. 二进制

二进制数码：二进制数由 0、1 两个数码组成。

进位规则：“逢二进一”（基数为 2）。

记数形式：

$$B_3B_2B_1B_0 = B_3 \times 2^3 + B_2 \times 2^2 + B_1 \times 2^1 + B_0 \times 2^0$$

式中， B_3 、 B_2 、 B_1 、 B_0 称为数码，2 为基数， 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 是各数码的位权。

例如： $(1011)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$ 。

3. 十六进制

十六进制数码：十六进制数由 0~9、A、B、C、D、E、F 十六个数码组成，其中 A、B、C、D、E、F 所代表的数分别相当于十进制的 10、11、12、13、14、15。

进位规则：“逢十六进一”（基数为 16）。

记数形式：

$$H_3H_2H_1H_0 = H_3 \times 16^3 + H_2 \times 16^2 + H_1 \times 16^1 + H_0 \times 16^0$$

式中， H_3 、 H_2 、 H_1 、 H_0 称为数码，16 为基数， 16^3 、 16^2 、 16^1 、 16^0 是各数码的位权。

