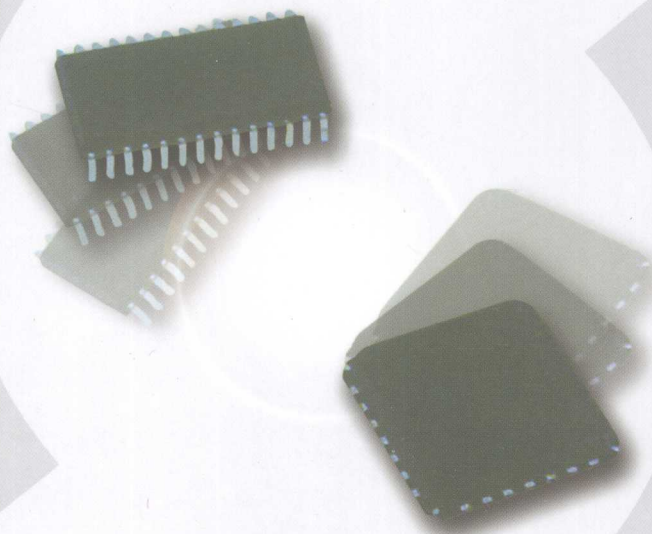


高职高专规划教材

51单片机基础教程

宁凡 王宇 编著



北京航空航天大学出版社

高职高专规划教材

51 单片机基础教程

宁 凡 王 宇 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是专门为高等职业技术学校教学或相应层次的教学而编写的教材。在内容编排上针对“高职高专”教学及自学者学习的特点,从基础着手,深入浅出,循序渐进;结构紧凑,知识面广;举例丰富,实用性强。在叙述上重点突出,条理清晰,语言精练流畅,通俗易懂,便于知识点的理解和进一步掌握。

全书共 11 章,第 1、2 章是理论基础,讲解单片机芯片的基本硬件,为后面章节的应用打基础;第 3、4 章系统叙述指令系统和程序设计的基础;第 5~7 章讲述单片机的中断系统、定时/计数器和串行口的组成及应用;第 8、9 章通过各种应用实例阐述单片机的系统扩展和应用系统的接口技术;第 10 章介绍应用系统的研制过程、应用系统的开发及常用的抗干扰技术;第 11 章介绍 Keil C51 的用法,目的是让读者从基础知识到实际应用有个完整的掌握。

本书可作为应用电子专业、信息电子专业及相关专业的教材,不同专业在学习过程中可根据具体情况进行合理取舍。同时,也可供对单片机有兴趣的学生和其他非专业技术人员学习。

图书在版编目(CIP)数据

51 单片机基础教程/宁凡,王宇编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2008.3

ISBN 978-7-81124-209-6

I. 5… II. ①宁…②王… III. 单片微型计算机—教材
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 018493 号

©2008,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。侵权必究。

51 单片机基础教程

宁 凡 王 宇 编著

责任编辑 赵 静

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

http: www.buaapress.com.cn E-mail: bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:16.5 字数:370 千字

2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81124-209-6 定价:24.00 元

前言

随着电子技术和自动控制技术的飞速发展,单片机的应用已经渗透到国民经济的各个行业。各个院校都在开设《单片机原理和接口技术》等相关课程,这门课程已经成为现代工科院校的必修课程之一;另外很多电子爱好者在学习电子技术等学科的过程中,也特别青睐单片机方面的内容。鉴于这个原因,我们从初学者的角度出发,编写了《51 单片机基础教程》这本书。希望这本书的出版可以给广大单片机的爱好者带来帮助。

本书在编写的过程中有以下几个特点:

一、根据教学中遇到的难点,对学习者难理解的部分进行了注解,使本书具有广泛性和易懂性。

二、本书在编写的过程中理论联系实际,把单片机的硬件和软件结合起来。硬件以单片机为主要器件,其他元件作为辅助器件形成一个完整的硬件系统。学习者在学习的过程中要具备模拟电子技术和数字电子技术等方面的知识。单片机的软件由一系列的指令构成,采用一定的算法,解决实际问题。

三、在本书的编写过程中,征询了很多教该门课程的教师的意见,以实践来带动理论的学习,列举大量的例题,初学者可以通过例题的学习来理解比较难理解的指令。

目前,市场上单片机的型号很多,开发工具也是琳琅满目,学习者在学习的过程中很难选择。本书在编写的过程中以 51 系列的单片机为教学芯片,可以选择市场上普遍的开发工具,如达爱思等。书中涉及的程序都可以在实验系统上完成。

本书由杭州职业技术学院宁凡担任主编,编写了第 1~4 章,第 5~11 章由金华交通职业技术学院的王宇老师编写。郭志红、施慧莉、朱光灿、朱万里等老师在本书编写的过程中提出了许多意见和建议,在此表示感谢。

由于作者的水平有限,本教材在编写的过程中还存在不足之处,希望读者批评指正。

2007 年 6 月杭州

目 录

第 1 章 微型计算机系统的基本知识

1.1 概 述	1
1.1.1 微型计算机	1
1.1.2 单片机的发展概述	2
1.2 单片机系统的组成	3
1.2.1 微处理器(CPU)	3
1.2.2 总 线	4
1.2.3 存储器	4
1.3 单片机的应用	5
思考与练习	6

第 2 章 51 单片机的硬件结构

2.1 51 单片机的内部结构	7
2.1.1 内部结构框图	7
2.1.2 引脚功能	7
2.1.3 时钟电路和时序	10
2.2 51 单片机的内部存储器分配	11
2.2.1 51 单片机的内部存储器结构以及地址空间	11
2.2.2 51 单片机的内部数据存储器	12
2.2.3 51 单片机的内部程序存储器	14
2.2.4 特殊功能寄存器 SFR	15
2.2.5 堆栈指针 SP	17
2.3 51 单片机的并行输入/输出	18

目 录

2.3.1 端口的功能·····	18
2.3.2 端口的结构和应用·····	19
2.4 51 单片机复位电路 ·····	22
思考与练习 ·····	23

第 3 章 51 单片机的指令系统

3.1 指令的格式及常用符号·····	24
3.1.1 指令的基本格式·····	24
3.1.2 指令分类·····	25
3.1.3 指令中常用符号·····	26
3.1.4 寻址方式·····	26
3.2 单片机的指令系统·····	29
3.2.1 数据传送类指令·····	29
3.2.2 算术运算类指令·····	34
3.2.3 逻辑运算与移位类指令·····	39
3.2.4 控制转移类指令·····	41
3.2.5 位操作类指令·····	47
思考与练习 ·····	52

第 4 章 51 单片机的汇编语言程序设计

4.1 程序设计的基本方法·····	54
4.1.1 汇编语言基本结构·····	54
4.1.2 伪指令·····	55
4.1.3 汇 编·····	58
4.1.4 程序设计的基本步骤·····	58
4.2 汇编语言程序设计举例·····	59
4.2.1 顺序程序·····	59
4.2.2 分支程序·····	62
4.2.3 循环程序·····	65
4.2.4 子程序·····	69
4.2.5 其他常见程序·····	72
思考与练习 ·····	80

第 5 章 51 单片机的中断系统

5.1 中断的定义	82
5.2 中断机构	84
5.2.1 中断源	84
5.2.2 中断开放禁止寄存器	86
5.2.3 中断优先级寄存器	87
5.2.4 中断系统内部结构	88
5.2.5 中断的入口地址	88
5.3 中断的处理过程	89
5.3.1 中断响应条件	89
5.3.2 中断响应过程	89
5.3.3 中断处理	89
5.4 中断程序编程要点及举例	90
5.4.1 设置中断的初始化工作	90
5.4.2 中断服务程序	90
5.4.3 中断编程示例	91
思考与练习	95

第 6 章 51 单片机的定时器/计数器

6.1 定时器/计数器的结构	96
6.1.1 计数功能	97
6.1.2 定时功能	97
6.1.3 计数器溢出及定时/计数实现	97
6.2 定时器/计数器的初始化	99
6.2.1 定时方式寄存器(TMOD)	99
6.2.2 定时控制寄存器(TCON)	99
6.2.3 中断允许寄存器(IE)	100
6.2.4 定时器/计数器初值计算	100
6.2.5 定时器/计数器初始化步骤	101
6.3 定时器/计数器的工作方式	101
6.3.1 方式 0	101
6.3.2 方式 1	102
6.3.3 方式 2	102

目 录

6.3.4 方式 3	103
6.4 定时器/计数器程序举例.....	104
思考与练习.....	110

第 7 章 51 单片机串行口

7.1 串行口的基本概念	112
7.1.1 同步串行通信	112
7.1.2 异步串行通信	113
7.1.3 I ² C 总线数据传送	114
7.1.4 USB 总线传送	115
7.2 异步串行口的结构和工作原理	116
7.2.1 异步串行通信的两项规定	116
7.2.2 串行通信中数据的传送方向	117
7.2.3 通用异步接收/发送器 UART	117
7.2.4 信号的调制与解调	120
7.3 串行口控制寄存器	120
7.3.1 SCON 控制寄存器	121
7.3.2 电源控制寄存器 PCON(字节地址为 87H)	122
7.4 串行口的控制方式	123
7.4.1 工作方式 0——移位寄存器方式	123
7.4.2 工作方式 1——8 位数据位方式.....	124
7.4.3 工作方式 2 和 3——9 位数据位方式.....	124
7.4.4 方式 0、1、2、3 之间的区别	125
7.4.5 波特率的设定	125
7.4.6 多机通信	127
7.5 串行口的应用	128
思考与练习.....	139

第 8 章 单片机的系统扩展

8.1 程序存储器的扩展	140
8.1.1 常用程序存储器芯片介绍	140
8.1.2 程序存储器扩展方法	141
8.2 数据存储器的扩展	144
8.2.1 静态存储器介绍	145

8.2.2 数据存储器扩展方法	145
8.2.3 CPU 对数据存储器访问方法	147
8.3 并行 I/O 口的扩展	148
8.3.1 简单的并行口 I/O 扩展	148
8.3.2 8255A 可编程并行 I/O 扩展接口	156
8.4 SPI 串行接口的软件实现	166
8.4.1 SPI 总线介绍	166
8.4.2 SPI 在 51 系列单片机中的软件实现方法	168
思考与练习	177

第 9 章 接口技术

9.1 LED 显示接口	179
9.1.1 LED 显示结构	179
9.1.2 LED 显示方式	180
9.2 键盘接口	185
9.2.1 键盘输入要解决的问题	185
9.2.2 键盘接法的选择及编程方法	187
9.3 A/D 转换器接口	197
9.3.1 A/D 转换器原理	197
9.3.2 A/D 转换器应用实例	199
9.4 D/A 转换器接口	203
9.4.1 D/A 转换器原理	203
9.4.2 DAC0832 与 8031 的接口设计及编程	206
思考与练习	208

第 10 章 单片机应用系统的开发

10.1 开发工具	210
10.1.1 单片机集成开发环境	211
10.1.2 烧写工具	216
10.2 常用软件子程序设计实例	218
10.3 单片机应用实例	225
思考与练习	235

第 11 章 Keil C51 编译器及其应用

11.1 概 述·····	236
11.2 51 型单片机的映射 ·····	237
11.2.1 Keil C51 的数据类型·····	237
11.2.2 Keil C51 存储类型及存储模式·····	238
11.2.3 Keil C51 中的变量定义·····	239
11.3 Keil C51 编译器的使用·····	243
11.3.1 Keil C51 的组成及各部分的功能·····	243
11.3.2 Keil C51 集成开发环境的使用·····	244
思考与练习·····	252
参考文献·····	253

第 1 章

微型计算机系统的基本知识

本章要点：

- 微型计算机和单片机的发展概况
- 单片机系统的组成
- 单片机的应用

1.1 概 述

电子计算机是 20 世纪人类最伟大的发明之一。自从 1946 年第一台电子计算机诞生以来,计算机得到了飞速的发展和广泛的应用,对人类社会的发展起到了极大的推动作用。然而,真正使计算机的应用能够深入到社会生活的各个方面,导致人类社会大步跨入电脑时代的一个重要原因,则是由于微型计算机的产生和发展。

1.1.1 微型计算机

在微型计算机出现之前,计算机已经有了很大的发展。但是这时的计算机主要是大、中型机,体积大、价格昂贵,只用于大学、科研部门以及一些公司企业,应用范围有限,个人不可能拥有。

微型计算机的中央处理器 CPU(Central Processing Unit)是集中在一小片硅片上,也称为微处理器 MPU(Micro Processing Unit)。

微型计算机具有体积小、功耗低、重量轻、价格低、可靠性高、开发使用简便等一系列优点,自问世以来,得到了非常广泛的应用。随着半导体技术的发展,集成电路的集成度越来越高。1971 年 11 月,Intel 公司成功地将运算部件和逻辑部件功能部件集成在一起,制成了世界上第一片中央处理芯片——微处理器 Intel 4004。由此揭开了微型计算机发展的序幕。

微处理器(Microprocessor)是一种大规模集成电路器件,其中包含了计算机的控制部件和运算部件,具有控制和运算功能。

微处理器加上同样大规模集成电路制成的存储程序 and 数据的存储器,以及与输入/输出设备相衔接的输入/输出电路构成微型计算机。如果将微处理器、存储器和输入/输出接口电路

第1章 微型计算机系统的基本知识

集成在一块集成电路芯片上,称为单片微型计算机,简称单片机。

1.1.2 单片机的发展概述

单片机就是在一片硅片上集成了中央处理器、随机存储器、只读存储器、中断系统、定时/计数器和多种 I/O 口的微型计算机系统,该系统不带外部设备。从组成和功能上来看,它已经具备了计算机系统的基本属性,所以也可以称其为单片微型计算机,简称单片机。

单片机常用于控制系统,和其他的设备构成智能检测系统,应用时作为核心被嵌入到被控系统中,从这个意义上讲,单片机也称为嵌入式微控制器。

单片机从通用和专用角度来讲可以分为通用型和专用型两大类。一般所说和本书介绍的单片机都是通用型单片机。通用型单片机是一种基本芯片,它的资源比较丰富,如随机存储器、只读存储器、中断系统、定时/计数器等,性能较全面,适用性强,在生产、科研等方面得到广泛的应用,不同的用户可以根据内部资源设计不同的控制系统。

专用型单片机也叫微控制器,是专门针对某个特定产品而设计的,如手机、数码照相机、空调控制器、银行点钞机中所采用的单片机。专用单片机是针对某一个方面而设计的,所以各方面均经过最优化的考虑,具有十分明显的综合优势。在大批量产品的生产中,各种专用单片机芯片的开发将会越来越多。

通用型单片机和专用型单片机虽然品种多样,但是它们的结构和原理均建立在同一个基础之上,所以我们选定一种通用型单片机学习,将会给其他各种各样单片机的学习奠定较强的理论基础。

单片机有体积小、功能强、功耗低、可靠性高和性价比高的特点,在过程控制、机电一体化产品、智能仪器、家用电器、计算机网络及通信等方面得到了广泛应用。

单片机经历了 1 位、4 位、8 位、16 位及 32 位的发展阶段。世界上一些著名的半导体器件厂家都开发了单片机,如 Intel、Motorola、Zilog、Philips 等。

单片机的品种日益增加,在众多的通用型单片机里,以 Intel 公司的 MCS 系列单片机最为著名。

51 系列单片机市场占有率最高,在世界上很多知名的 IC 生产厂家都生产与之兼容的芯片,如 Philips 公司的 8051 及其派生的产品在中国大部分地区都受到普遍欢迎,ATMEL 公司的闪存存储器 AT89C51 更是后来居上,大有取代 51 系列中 EPROM 型产品之势。到目前为止,51 单片机已有数百个产品,而且还在不断地推出功能更强的新产品。51 单片机也因此成为教学的首选和单片机爱好者的新宠。

由单片机组成的控制应用系统较一般计算机来说不仅简单、方便,而且价格低廉。单片机以其自身的魅力赢得了市场,成为嵌入式计算机系统的核心控制部件。

1.2 单片机系统的组成

单片机系统可以分为硬件系统和软件系统。硬件系统是指以单片机为核心、扩展外围电路和芯片、连接输入和输出设备等而组成的能够完成特定功能的正整体。该系统可以在我们设置的程序下完成预定的任务,如图1-1所示。

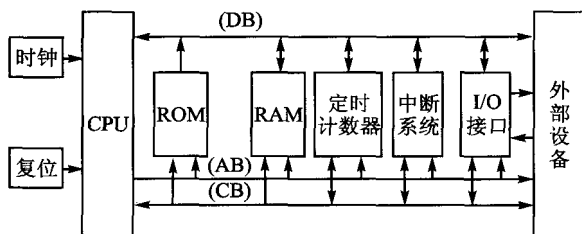


图 1-1 硬件系统的组成

1.2.1 微处理器(CPU)

微处理器是单片机的核心。它主要由三部分组成：寄存器阵列、运算器和控制器。

1. 寄存器阵列

寄存器阵列是微处理器内部的临时存储单元,包括通用寄存器组和专用寄存器。通用寄存器组用来存放数据和地址,减少CPU访问存储器的次数,从而提高运行的速度。

专用寄存器用来存放特定的数据或地址。例如程序计数器PC、堆栈指针SP、地址锁存器、地址缓冲器等。其中程序计数器PC,专门用于存放现行指令的16位地址。CPU就是根据PC中的地址到ROM中读取程序指令。每当取出现行指令一个字节后,PC就自动加1, $PC+1 \rightarrow PC$,当遇到转移指令或子程序时,PC内容会被指定的地址取代,实现程序转移。

2. 运算器

运算器用来完成算术运算和逻辑运算操作,是处理信息的主要部件。运算器主要由累加器A、状态字寄存器PSW、算术运算单元ALU组成。

- ① 累加器A,用来存放参与算术运算和逻辑运算的一个操作数和运算结果。
- ② 状态字寄存器,用来保存ALU操作运算的条件标志,如进位标志、奇偶标志等。
- ③ 算术运算单元ALU,由加法器和其他逻辑电路组成,其基本功能是进行加法和移位运算,由此实现其他各种算术和逻辑运算。

第1章 微型计算机系统的基本知识

3. 控制器

控制器是分析和执行指令的部件,是统一指挥单片机按一定时序协调工作的核心。控制器主要由程序计数器 PC、指令寄存器和指令译码器组成。

1.2.2 总线

总线是用于传送信息的公共途径。总线可以分为数据总线、地址总线、控制总线,如图 1-2 所示。

采用总线结构,可以减少信息传输线的根数,提高系统的可靠性,增加系统的灵活性。

1. 数据总线 DB(Data Bus)

数据线 D0~D7 共 8 位,由 P0 口提供,分时输送低 8 位地址(通过地址锁存器锁存)和 8 位数据信息。数据总线是双向的,可以从 CPU 输出,也可以从外部输入到 CPU。

2. 地址总线 AB(Address Bus)

地址线 A0~A15 共 16 位,P2 口提供高 8 位地址 A8~A15,P0 口经地址锁存器提供低 8 位地址 A0~A7。片外存储器可寻址范围达 64 KB(即 65 536 字节)。

3. 控制总线 CB(Control Bus)

控制总线由 P3 口的第二功能 P3.6、P3.7 和 3 根独立的控制线 ALE、 $\overline{EA}$ 和 $\overline{PSEN}$ 组成。

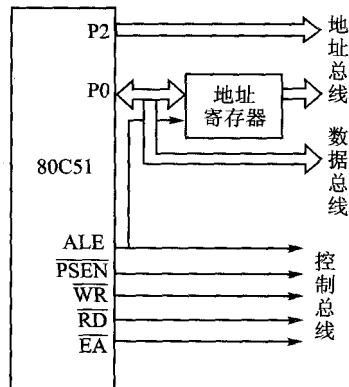


图 1-2 单片机的三总线结构

1.2.3 存储器

存储器是用来存储数据和程序的部件。按其功能来分,存储器可以分为随机存储器(Random Access Memory 缩写 RAM)和只读存储器(Read Only Memory 缩写 ROM)两大类。

1. RAM

可以随机写入读出,读写速度快,读写方便。缺点是电源断电后,被存储的信息会丢失。RAM 主要用于存放各种数据。

2. ROM

一般用来存放固定的数据和程序。其特点是信息写入后,能长期保存,不会因断电而丢失。所谓“只读”指不能写入。按照写入方式的不同,ROM 可分为以下几种形式。

① MaskROM(掩膜 ROM)。MaskROM 是由厂家用最后一道掩膜工艺来写入信息的,用户不能擦除更改。因此,用户无法自行写入,必须由生产厂商在制造芯片时一次性写入。显然,MaskROM 不能作为小批量生产,只能用于大批量成熟产品。

② OTPROM(One Time Programmable ROM)。OTPRM 在芯片出厂时未写入信息,可以由用户自行用专门的编程器一次性写入。写入后,不能进行修改。

③ EPROM(Erasable Programmable ROM)。EPROM 可由用户用专门的编程器自行写入。需要修改时,可先用紫外线照射,擦除原有信息,再次写入新的信息,能反复多次使用。在单片机系统运行时,不能随便地写入,只能读出。

④ E²PROM(Electrically EPROM)。电可擦除只读存储器,该类存储器的编程和存储可以在普通电压下进行,无须外加编程电压和写入脉冲,它实行在线操作,在写入一个字节之前,自动对单元进行擦除,不需要专门的擦除设备和单独的擦除操作过程。

⑤ Flash ROM。Flash ROM 是一种新型的电可擦除、非易失性存储器,使用方便,价格低廉,可多次擦写,兼有 EPROM 和 E²PROM 的优点,近年来使用广泛。

单片机的软件系统是相对硬件系统而言的,是指有硬件执行、用来完成一定任务的所有数据,即为运行、管理和维护计算机所编制的程序的总和。单片机的软件系统比较简单,是指用于管理单片机正常工作的管理程序和用于完成实际具体任务的应用程序。

单片机程序设计语言可分为三类:机器语言、汇编语言和高级语言。

① 机器语言。机器语言是计算机可以识别和直接执行的语言,它由一组二进制代码组成,不同的微处理器机器语言也不同。用机器语言写程序,直观性差,可读性差,容易出错,实际上不可行。

② 汇编语言。用助记符替代机器语言中的操作码,用十六进制数代替二进制数。这种语言比较直观,可读性好。但是计算执行时,必须将汇编语言翻译成机器语言。翻译有两种方法,一种是手工汇编,即由编程者查阅指令表来完成这一工作。另一种是机器汇编,即应用专门的汇编软件自动将汇编语言转化成机器语言。一般来说,机器汇编方便快捷,已经很少采用手工汇编了。汇编语言和机器语言一样,微处理器不同,汇编语言也不同,即不同的微处理器采用不同的汇编语言。

③ 高级语言。支持单片机编程的高级语言有 BASIC 语言和 C 语言,C 语言编程有明显的优势,成为单片机开发、应用的重要趋势之一。目前,流行的编译软件有 Frenklin C51 和 Keil 51 等,均采用 C 语言编程。C 语言使用方便,便于记忆和理解,操作简单,运行能力较强。

1.3 单片机的应用

单片机应用广泛,一般来讲,具有以下的应用特点:

① 具有较高的性能价格比;

第1章 微型计算机系统的基本知识

- ② 体积小,可靠性高;
- ③ 控制功能强;
- ④ 使用方便、容易产品化。

从单片机的应用场合上来看,已经渗透到各行各业,它在工业自动化、工业控制、工业测控、智能仪器、家用电器、信息通信、军事装备等方面都得到广泛的应用和推广。图1-3为单片机的应用系统结构框图。

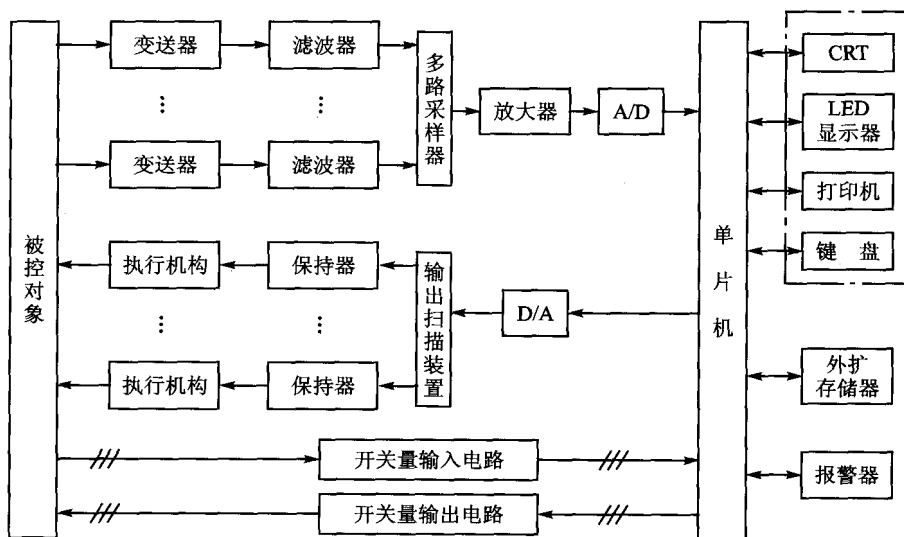


图1-3 单片机应用系统结构框图

思考与练习

- 1.1 什么是单片机?
- 1.2 单片机的基本组成有哪些?
- 1.3 单片机的应用特点是什么?

第 2 章

51 单片机的硬件结构

本章要点：

- 单片机的内部结构、引脚功能
- 存储空间分配和功能
- 片内 RAM 的结构
- 堆栈的概念和特性
- 单片机的 4 个并行输入/输出口
- 时序电路和时钟
- 单片机的复位电路

80C51 单片机包括许多种类,但其内部结构基本相同。本章主要介绍 80C51 单片机的内部结构,特别是面向用户的部分,重点讨论其应用特性和外部特性,也就是站在用户的角度分析 80C51 单片机提供了哪些资源、如何去利用它们,使读者对 80C51 单片机的内部结构和工作原理有较为详细的了解。

2.1 51 单片机的内部结构

2.1.1 内部结构框图

51 单片机的内部结构框图如图 2-1 所示。从图中可以看出它主要由 8 个部件通过内部总线连接而成。这 8 个部件有中央处理器 CPU、数据存储器 RAM、只读存储器 ROM、并行输入输出口 P1~P3 口、串行口、并行口、定时/计数器、中断系统及特殊功能寄存器。这些部件将在后续章节中介绍。

2.1.2 引脚功能

51 单片机的封装有两种形式:一种是双列直插式 PDIP(Plastic DIP)封装的形式,另一种是方形封装形式 PLCC(Plastic Leaded Chip Carried)。方形封装有 44 引脚,其中 4 个 NC 为