



 电子信息与电气学科规划教材

单片机原理与应用

朱兆优 陈 坚 王海涛 邓文娟 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>

电子信息与电气学科规划教材

单片机原理与应用

朱兆优 陈 坚 邓文娟 王海涛 编著

周航慈 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书系统、全面地介绍了 80C51 单片机的基本原理、硬件结构、指令系统, 并从应用的角度介绍了汇编语言程序设计、单片机外部电路的扩展, 以及与键盘、LED 显示、LCD 显示、打印机等多种硬件接口的设计方法, 详细介绍了串行、并行接口的 A/D、D/A 转换器功能特点和典型应用, 增加了单片机应用系统设计、Proteus 仿真、实验和课程设计等内容。书中应用实例翔实、实验内容丰富, 具有参考价值。本书配有电子课件、例程源代码等教学资源。

本书从现实教学和工程实际应用出发, 对传统单片机教材内容进行了改良, 力求做到与市场接轨, 与现实同步。在并行总线扩展问题上, 着重介绍了扩展方法和典型应用, 对并行器件、并行总线扩展及 8255、8155、8279 等已基本淘汰的器件进行了精简或摒弃, 补充了串行总线技术、串行总线器件接口应用和 STC 系列单片机内部新增功能部件的使用, 以及 C51 编程规范等内容。

本书可作为高等院校相关专业师生及自学人员的教科书, 也可供电子技术、计算机应用方面的工程技术人员阅读、参考。

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

单片机原理与应用 / 朱兆优等编著. —北京: 电子工业出版社, 2010.9

电子信息与电气学科规划教材

ISBN 978-7-121-11660-5

I. ①单… II. ①朱… 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 (2010) 第 162930 号

策划编辑: 史鹏举

责任编辑: 史鹏举 特约编辑: 张 健

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

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: 787×1092 1/16 印张: 26.75 字数: 770 千字

印 次: 2010 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 39.80 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。

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

服务热线: (010) 88258888。

前 言

自从 1972 年 Intel 公司推出第一颗微处理器以来, 计算机技术遵循着摩尔先生提出的摩尔定律, 以每 18 个月为一个周期微处理器性能提高一倍、价格降低一半的速度快步向前发展。以微处理器为核心的微型计算机在最近 20 年中发生了巨大的变化, 闪电般地经历了从 8088/8086 到 286、386、486、586、P-II、P-III 等奔腾(Pentium)系列众多 CPU 的飞跃。计算机对整个社会进步的影响有目共睹, 其应用面的迅速拓宽, 对个人与社会等多方面的渗透表明, 计算机技术已不再是深居于高层次科技领域里的宠儿, 它已经深入到社会活动的一切领域之中, 闯进了平常百姓的生活里, 使人们跨入了信息时代、数字时代。

随着电子技术的发展和近代超大规模集成电路的出现, 通过对计算机的功能部件进行剪裁及优化, 将 CPU、程序存储器(ROM)、数据存储器(RAM)、并行 I/O 口(PIO)、串行 I/O 口(SIO)、定时/计数器(CTC)及中断控制器(ICU)等基本部件集成在一块芯片中, 制成了单芯片微型计算机(Single Chip Microcomputer), 简称单片机, 又叫微控制器(Micro Controller Unit, 简称 MCU)。由于它能嵌入到某个电路或电子产品设备中, 故被称为嵌入式控制器(Embedded Controller)。要把前面提到的众多功能集合在一起, 在过去需要具备专门的知识, 采用许多电路组建成一个电子系统来实现。而今却简化成只需选择一片合适的单片机, 并对其已有的功能、指标、参数及引脚进行合理的使用即可完成。单片机与可编程逻辑器件相结合, 构成了新一代电子工程应用技术。

20 世纪 90 年代, 单片机在我国迅速普及。在电子技术日新月异的今天, 在人们的生活里, 到处都可以看到单片机的具体应用。单片机可以嵌入到各种电子产品之中, 成为机电产品的核心部件, 控制着各种产品的工作。随着大规模集成电路的发展, 单片机已从过去的单一品种, 发展成为多品种、多系列机型, 内部结构从过去的基本部件发展到集成有 A/D、D/A、监控定时器(WDT)、通信控制器(CCU)、脉宽调制器(PWM)、浮点运算器(FPU)、模糊控制器(FCU)、数字信号处理器(DSP), 以及具有 I²C、SPI、ISP 等众多特殊功能部件, 成为功能越来越强的增强型、高档型单片机。由于单片机具有功能强、体积小、功耗低、成本低、裸机编程、软件代码少、工作可靠、自动化程度高、实时响应速度快以及使用方便等特点, 因此被广泛应用于工业制造、过程控制、数据采集、通信、智能化仪器仪表、汽车、船舶、航空航天、军工及消费类电子产品中。

如今, 由单片机作为主控制器的全自动洗衣机、高档电风扇、电子厨具、变频空调、遥控彩电、摄像机、VCD/DVD 机、组合音响、电子琴等产品早已悄悄地包围了人们的生活。从家用消费类电器到复印机、打印机、扫描仪、传真机等办公自动化产品; 从智能仪表、工业测控装置到 CT、MRI、 γ 刀等医疗设备; 从数码相机、摄录一体机到航天技术、导航设备、现代军事装备; 从形形色色的电子货币(如电话卡、水电气卡)到身份识别卡、门禁控制卡、档案管理卡以及相关读/写卡终端机等, 都有单片机在里面扮演重要角色。因此有人说单片机“无处不在, 无所不能”。

现今, 炙手可热的“三网”(即电信网、有线电视网、国际互联网)融合产品、物联科技已开始兴起; 在汽车中普遍都需要有 30 多个单片机被用于其中的空调、音响、仪表盘、自动窗、遥控门、自控前后盖、空气质量监测、反射镜角度调整、自动灭火、防盗报警等的控制, 协调控制着发动机、传动器、制动器、安全气囊、车载全球定位系统(GPS)等多方面有条不紊地工作; 此外, 还有工业自动化控制和军事科技等。这些领域的应用开发都还存在许多技术问题尚要解决, 这正是电子技术人员可以大展拳脚的领域。

从学习的角度看,单片机作为一个完整的数字处理系统,具备了构成计算机的主要单元部件,在这个意义上称为单片微机并不过分。通过学习和应用单片机进入计算机硬件设计之门,可达到事半功倍的效果。

从应用的角度看,单片机是一片大规模集成电路,可自成一体,对于其他微处理器所需的大量外部器件的连接都在单片机内部完成,各种信息传递的时序关系变得非常简单,易于理解和接受。用单片机实现某个特定的控制功能十分方便。

从设计思想看,单片机的应用意味着“从以硬件电路设计为主的传统设计方法向以软件设计为主的、对单片机内部资源及外部引脚功能加以利用的设计方法的转变”,从而使硬件成本大大降低,设计工作灵活多样。往往只需改动部分程序,就可以增加产品的功能,提高产品的性能。

单片机技术的功效神奇,有时也给人一种神秘莫测,难于驾驭之感。究其原因,很多初学者不太重视实践,缺乏行之有效的经验总结,缺乏将离散的实践经验上升到知识的理解层面。其实,如果从应用的角度来看,单片机既不神秘,也不难驾驭。单片机课程是一门实践性、综合性、应用性很强的课程,初学者应树立在学中“做”,在做中“学”的思想。先学习单片机硬件结构、存储结构、指令系统及中断系统,然后不断地进行编程练习,通过实验提升技能,加深理解,结合最小系统板等实物进行硬件编程控制,提高动手能力。如此循序渐进、举一反三,才会有“登堂入室”之感,才能逐步将单片机应用于各种场合之中解决实际问题。

总之,单片机不同于通用微型计算机,它能够灵活嵌入到各类电子产品中,使电子产品具备智能化和“傻瓜”化操作,已经成为电子自动化技术的核心基础。因此,学习单片机非常有必要。

由于目前的单片机教材大多是沿用20世纪80年代的内容,使用的芯片(如8031)过于陈旧,很多学生学完单片机课程后,到工作单位从事实际的单片机系统设计时总感觉学无所用,而且脱离实际。现在,单片机的应用已真正步入了“单片”的时代。单片机内部集成的功能部件越来越多,功能越来越强,对单片机应用系统的设计已很少采用外部的并行总线扩展RAM和ROM,而是采用选择包含不同存储容量的单片机。即使是需要扩展外部RAM存储器,也往往会选用串行I²C、SPI总线扩展技术。对I/O口的扩展也不再使用8255或8155这样的芯片,而是选择具有不同引脚封装的单片机。当需要的I/O口少时,可以选择封装引脚多的单片机(最少的只有8个引脚,含6个I/O口引脚);若需要的I/O口较多时,可以选择引脚封装多的单片机(最多的有上百个引脚)。很多单片机内部都集成有8位或10位的中、低精度的A/D、D/A转换器。因此,在精度要求不高的场合,完全可以选用片内带有A/D、D/A转换器的单片机。只有在要求高精度(12位以上)、高速采样的场合,才需要选用扩展外部串行或并行接口的A/D、D/A转换器,这样可以大大降低成本,减小产品的体积。基于上述原因,本书在编写过程中,对原有的单片机教材做了比较大的改良,尽量将那些在实际应用中很少见的,或已经淘汰的芯片不写入教材,而将实际应用中比较流行的技术吸收进来,形成具有时代特色的新型教材,力求做到与市场接轨,与现实同步。为了帮助读者更快地进入单片机应用领域,本书最后补充了实验和课程设计实例。

全书共分16章。第1章是单片机概述,介绍了单片机的发展历程、应用领域和各种常用的低功耗单片机、增强型单片机的性能特点,介绍了国产STC系列单片机的选型;第2章介绍了8051单片机的体系结构、内部主要部件的功能,以及存储器结构与编址范围;第3章介绍了8051单片机指令系统和指令的使用方法;第4章介绍了8051单片机程序结构和设计方法;第5~7章介绍了8051单片机中断系统结构、中断控制、编程和串行口使用方法;第8章以国产STC系列单片机为例介绍了增强型单片机新增功能部件的使用方法;第9章介绍了单片机系统的扩展,重点介绍了串行总线扩展技术,精简了并行总线扩展内容;第10章介绍了单片机与键盘、数码显示、液晶显示、打印机的接口形式和编程方法;第11章介绍了A/D、D/A转换器性能指标、芯片选型,着重介绍了串行A/D、

D/A 转换器的接口使用方法；第 12 章介绍了 C51 在单片机中的编程方法，以及混合编程的具体运用；第 13 章介绍了如何根据需求进行系统设计；第 14~16 章以单片机应用实验为主，介绍了使用 Proteus 进行单片机仿真、精选了十个单片机编程实验项目和四个课程设计应用实例。

全书内容丰富，结构完整，其中第 1~4 章、第 8~16 章由朱兆优编写；第 5~7 章由陈坚编写；邓文娟参与了第 4、15 章的编写，王海涛参与了第 12、16 章的编写。参加本书编写工作的还有赵永科、胡文龙，研究生洪俊雄、洪恩华、周更新、王娟、范淑娜和涂晓红老师等对书稿的录入、插图、校对和程序调试做了许多工作。朱兆优负责全书的策划、内容安排、文稿编写修改和审定。

本书在编写过程中得到了家人的全力支持和帮助；还得到了周航慈教授的大力支持，周航慈教授对本书的初稿进行了审阅，并提出了宝贵意见，在此对他们付出的辛勤工作表示衷心感谢！

全书参考教学 40~60 学时，实验 20 学时。教学时可以根据实际情况，对各章讲授的内容进行适当取舍。为配合教学，每章都配有适量的练习与思考题。

由于本书涉及的知识点较多，尽管在编写中做了许多努力，但由于时间仓促，难免有不足和疏漏之处，欢迎广大读者提出宝贵意见和建议，以便进一步改进和提高，使之满足实际教学的需要。

编 著 者
2010 年 9 月

目 录

第 1 章 单片机概述	(1)
1.1 什么叫单片机	(1)
1.2 单片机的特点	(2)
1.3 单片机的发展概况	(2)
1.4 单片机主要制造厂家和机型	(3)
1.5 8 位单片机系列介绍	(4)
1.5.1 8051 内核的单片机	(4)
1.5.2 Motorola 内核的单片机	(8)
1.5.3 PIC 内核的单片机	(8)
1.5.4 其他公司 8 位单片机	(9)
1.6 16 位和 32 位单片机系列介绍	(10)
1.6.1 16 位单片机	(10)
1.6.2 32 位单片机	(10)
1.7 单片机的发展趋势	(11)
1.8 单片机的应用领域	(13)
1.9 单片机技术主要网站介绍	(14)
本章小结	(15)
练习与思考题	(15)
第 2 章 8051 单片机体系结构	(17)
2.1 8051 单片机内部结构	(17)
2.2 8051 单片机芯片引脚功能	(19)
2.3 8051 中央处理器	(21)
2.3.1 运算器	(21)
2.3.2 控制器	(23)
2.3.3 程序执行过程	(24)
2.4 8051 单片机的存储结构	(25)
2.4.1 8051 单片机的存储器结构	(25)
2.4.2 程序存储器	(25)
2.4.3 内部数据存储器	(26)
2.4.4 特殊功能寄存器	(29)
2.4.5 外部数据存储器	(31)
2.5 并行输入/输出端口	(32)
2.5.1 P0 口结构	(32)
2.5.2 P1 口结构	(34)
2.5.3 P2 口结构	(34)

2.5.4 P3 口结构	(35)
2.6 单片机的时序与复位操作	(36)
2.6.1 时钟电路	(36)
2.6.2 CPU 的时序	(37)
2.6.3 复位电路	(39)
2.6.4 复位和复位状态	(41)
2.7 单片机的省电工作模式	(42)
本章小结	(43)
练习与思考题	(43)
第 3 章 8051 单片机指令系统	(45)
3.1 指令系统概述	(45)
3.2 指令格式	(45)
3.2.1 指令的构成	(46)
3.2.2 指令格式	(46)
3.2.3 指令中常用的符号	(46)
3.3 指令系统的寻址方式	(47)
3.4 8051 单片机指令系统	(51)
3.4.1 数据传送类指令	(52)
3.4.2 算术操作类指令	(57)
3.4.3 逻辑运算与移位指令	(63)
3.4.4 控制转移类指令	(66)
3.4.5 位操作指令	(72)
本章小结	(74)
练习与思考题	(74)
第 4 章 单片机汇编语言程序设计	(77)
4.1 汇编语言程序设计概述	(77)
4.1.1 计算机编程语言	(77)
4.1.2 单片机源程序的汇编	(78)
4.1.3 伪指令	(78)
4.1.4 汇编程序分段格式	(81)
4.2 汇编语言程序设计方法	(82)
4.2.1 基本结构	(82)
4.2.2 汇编语言程序设计步骤	(85)
4.2.3 程序流程图	(86)
4.3 汇编语言程序设计实例	(86)
4.3.1 分支转移程序	(86)
4.3.2 循环程序	(89)
4.3.3 子程序	(90)
4.3.4 算术运算程序	(91)
4.3.5 逻辑运算程序	(93)

4.3.6	数制转换程序	(94)
4.3.7	查表程序	(97)
4.3.8	关键字查找程序	(100)
4.3.9	数据极值查找程序	(101)
4.3.10	数据排序程序	(101)
本章小结		(103)
练习与思考题		(103)
第 5 章	8051 单片机的中断系统	(106)
5.1	中断的概念	(106)
5.2	8051 单片机中断系统结构	(107)
5.2.1	中断系统结构	(107)
5.2.2	中断源	(107)
5.2.3	中断的控制 (IE、IP)	(109)
5.3	中断响应处理过程	(111)
5.3.1	中断响应条件	(111)
5.3.2	外部中断响应时间	(112)
5.3.3	中断请求的撤销	(113)
5.3.4	中断返回	(113)
5.4	外部中断扩充方法	(114)
5.4.1	中断和查询结合法	(114)
5.4.2	矢量中断扩充法	(115)
5.5	中断系统软件设计	(116)
5.6	中断系统应用实例	(118)
本章小结		(119)
练习与思考题		(119)
第 6 章	8051 单片机定时器/计数器及应用	(121)
6.1	8051 单片机定时器/计数器的结构	(121)
6.1.1	工作方式控制寄存器 TMOD	(121)
6.1.2	定时器/计数器控制寄存器 TCON	(122)
6.2	定时器/计数器的工作方式	(122)
6.2.1	方式 0	(122)
6.2.2	方式 1	(123)
6.2.3	方式 2	(123)
6.2.4	方式 3	(124)
6.3	定时器/计数器的编程	(125)
6.3.1	定时器/计数器的初始化	(125)
6.3.2	定时器/计数器的编程示例	(126)
6.4	定时器/计数器的应用实例	(127)
6.4.1	门控位 GATE 的应用	(127)
6.4.2	简易实时时钟设计	(128)

6.4.3 读定时器/计数器	(129)
6.4.4 用定时器/计数器作外部中断	(130)
本章小结	(130)
练习与思考题	(131)
第7章 8051 单片机串行口及应用	(132)
7.1 单片机串行口结构	(132)
7.1.1 串行口的结构	(132)
7.1.2 串行口控制寄存器 SCON	(133)
7.1.3 特殊功能寄存器 PCON	(134)
7.2 串行口的工作方式	(134)
7.2.1 方式0	(134)
7.2.2 方式1	(135)
7.2.3 方式2和方式3	(136)
7.3 单片机串行通信波特率	(136)
7.3.1 波特率的定义	(137)
7.3.2 波特率的计算	(137)
7.4 串行口的编程应用	(138)
7.4.1 串行口作串/并转换	(138)
7.4.2 串行口双机通信接口	(139)
7.4.3 串行口多机通信接口	(141)
本章小结	(142)
练习与思考题	(142)
第8章 STC 系列单片机片上功能部件及使用	(143)
8.1 STC 单片机性能特点	(143)
8.2 STC 单片机 I/O 口的使用	(145)
8.3 STC 单片机片内存储器的使用	(146)
8.3.1 STC 系列单片机片内 RAM 的使用	(146)
8.3.2 单片机 IAP 技术	(147)
8.4 STC 系列单片机片上 A/D 转换器的使用	(150)
8.4.1 片上 A/D 转换器工作原理	(151)
8.4.2 片上 A/D 转换器的使用	(152)
8.5 STC 系列单片机片上 PCA/PWM 部件的使用	(153)
8.5.1 PCA/PWM 功能部件工作原理	(153)
8.5.2 PCA/PWM 的工作模式	(157)
8.5.3 PCA/PWM 编程使用	(160)
8.6 STC 单片机看门狗部件与节电模式	(163)
8.6.1 看门狗工作原理及应用	(164)
8.6.2 STC 单片机掉电模式与节电模式	(165)
8.7 STC 单片机 ISP 编程	(167)
8.7.1 ISP 典型编程电路	(167)

8.7.2	ISP 编程下载软件	(167)
	本章小结	(168)
	练习与思考题	(169)
第 9 章	单片机系统的扩展	(170)
9.1	单片机系统扩展概述	(170)
9.2	单片机系统总线的构造	(171)
9.2.1	单片机系统总线	(171)
9.2.2	单片机系统三总线的构造	(172)
9.3	单片机系统的三总线接口应用	(172)
9.3.1	外部并行器件的扩展	(172)
9.3.2	地址空间分配与编址	(173)
9.3.3	单片机扩展存储器的接口设计	(174)
9.4	I/O 端口扩展与设计	(177)
9.4.1	I/O 接口概述	(177)
9.4.2	TTL 电路扩展并行 I/O 口	(178)
9.5	串行总线的扩展应用	(181)
9.5.1	I ² C 总线结构与工作原理	(181)
9.5.2	I ² C 总线的时序	(183)
9.5.3	I ² C 总线上的数据传输格式	(184)
9.5.4	I ² C 总线的信号模拟与编程技术	(186)
9.6	I ² C 总线器件的接口应用	(188)
9.6.1	串行 E ² PROM 存储器接口应用	(188)
9.6.2	串行日历时钟芯片的接口应用	(194)
9.7	1/2/3Wire 总线器件的接口应用	(200)
9.7.1	单线制串行总线器件	(200)
9.7.2	双线制、三线制串行总线器件	(205)
9.8	SPI 总线器件的接口应用	(208)
9.8.1	ISD4004 语音录/放电路	(208)
9.8.2	ISD4004 的工作时序	(209)
9.8.3	ISD4004 接口电路与编程应用	(210)
	本章小结	(213)
	练习与思考题	(213)
第 10 章	单片机与键盘、显示器、打印机的接口设计	(215)
10.1	单片机与键盘的接口	(215)
10.1.1	键盘的工作原理	(215)
10.1.2	键盘的接口方式	(216)
10.1.3	键盘扫描工作方式	(222)
10.1.4	键盘接口及应用	(223)
10.2	单片机与显示器接口设计	(225)
10.2.1	显示器结构与工作原理	(225)

10.2.2	LED 数码显示方式与接口电路设计	(227)
10.2.3	专用显示驱动芯片接口设计	(230)
10.3	单片机与键盘/显示器接口设计	(234)
10.3.1	用串行接口设计键盘/显示电路	(234)
10.3.2	ZLG7290 键盘/显示器接口设计	(236)
10.4	单片机与液晶显示器的接口设计	(242)
10.4.1	液晶显示器类型与工作原理	(243)
10.4.2	字符型液晶显示器接口设计	(243)
10.4.3	点阵图形液晶显示器接口设计	(248)
10.5	单片机与微型打印机的接口设计	(250)
10.5.1	MP-D16 微型打印机的接口电路设计	(250)
10.5.2	MP-D16 微型打印机的使用	(251)
	本章小结	(253)
	练习与思考题	(253)
第 11 章	单片机与 A/D、D/A 转换器的接口设计	(255)
11.1	A/D 转换器的接口设计	(255)
11.1.1	A/D 转换器概述	(255)
11.1.2	单片机与 AD574 的并行接口设计	(258)
11.1.3	单片机与串行 A/D 转换器 MCP3202 的接口设计	(262)
11.1.4	单片机与 AD7705/6 串行 A/D 转换器接口设计	(266)
11.1.5	单片机与 MC14433 的接口设计	(275)
11.2	D/A 转换器接口设计	(278)
11.2.1	D/A 转换器概述	(278)
11.2.2	DAC0832 的功能特性	(281)
11.2.3	DAC0832 与单片机并行接口设计	(283)
11.2.4	单片机与串行 D/A 转换器接口设计	(286)
11.3	单片机与 V/F 转换器的接口设计	(290)
11.3.1	V/F 转换器实现 A/D 转换的原理	(290)
11.3.2	V/F 转换器的接口方法	(291)
11.3.3	V/F 转换器与单片机的接口应用	(292)
	本章小结	(294)
	练习与思考题	(295)
第 12 章	单片机 C51 程序设计	(296)
12.1	C51 概述	(296)
12.2	C51 数据结构和语法	(296)
12.2.1	常量与变量	(296)
12.2.2	整型变量与字符型变量	(298)
12.2.3	关系运算符和关系表达式	(299)
12.2.4	逻辑运算符和逻辑表达式	(299)
12.3	C51 流程控制语句	(300)

12.3.1	if 选择语句	(300)
12.3.2	switch 语句	(301)
12.3.3	for 语句	(301)
12.3.4	while 语句	(302)
12.3.5	do-while 语句	(302)
12.3.6	其他语句	(302)
12.4	C51 构造数据类型	(303)
12.4.1	结构体	(303)
12.4.2	共用体	(304)
12.4.3	指针	(305)
12.4.4	typedef 类型定义	(306)
12.5	C51 和标准 C 语言的异同	(306)
12.5.1	Keil C51 数据类型	(306)
12.5.2	8051 的特殊功能寄存器	(307)
12.5.3	8051 的存储类型	(307)
12.5.4	Keil C51 的指针	(309)
12.5.5	Keil C51 的使用	(309)
12.5.6	C51 关键字	(311)
12.6	C51 硬件编程	(312)
12.6.1	8051 的 I/O 接口编程	(312)
12.6.2	8051 的定时器编程	(313)
12.6.3	8051 的中断服务	(313)
12.6.4	8051 的串行口编程	(315)
12.7	C51 与汇编语言的混合编程	(316)
12.8	C51 程序设计实例	(321)
	本章小结	(323)
	练习与思考题	(323)
第 13 章	单片机应用系统设计	(324)
13.1	单片机应用系统设计的基本原则	(324)
13.2	单片机应用系统设计及开发过程	(324)
13.3	单片机应用系统设计的基本结构	(326)
13.4	单片机实验系统设计	(327)
13.4.1	单片机最小实验系统	(327)
13.4.2	单片机实验系统电路设计	(328)
13.5	单片机应用系统设计实例	(330)
13.5.1	系统任务设计	(330)
13.5.2	系统电路设计方案	(331)
13.5.3	系统整体电路设计	(332)
13.5.4	系统软件设计	(332)
	本章小结	(338)

练习与思考题	(339)
第 14 章 Proteus 电路设计与仿真技术	(340)
14.1 Proteus 快速入门	(340)
14.1.1 Proteus 工作界面	(340)
14.1.2 Proteus ISIS 软件基本操作	(343)
14.2 Proteus 电路原理图设计	(345)
14.2.1 元器件选取与放置	(345)
14.2.2 电路连线设计	(346)
14.3 Proteus 电路仿真	(347)
14.3.1 单片机源代码生成与编译	(347)
14.3.2 目标文件装载与仿真	(347)
14.4 Keil 与 Proteus 的协同仿真	(348)
本章小结	(348)
练习与思考题	(349)
第 15 章 单片机实验与指导	(350)
15.1 实验一 选择排序法编程实验	(350)
15.2 实验二 多字节数的除法编程实验	(352)
15.3 实验三 定时器/计数器的使用	(354)
15.4 实验四 外部中断的使用	(357)
15.5 实验五 可控交通灯实现	(360)
15.6 实验六 键盘与数码显示	(364)
15.7 实验七 A/D 转换	(366)
15.8 实验八 D/A 转换实验	(370)
15.9 实验九 单片机与 PC 串行通信	(372)
15.10 实验十 OCM12864 图形液晶显示器使用	(376)
第 16 章 单片机课程设计	(379)
16.1 带温度计的电子钟设计	(379)
16.2 可控波形发生器设计	(388)
16.3 LED 点阵显示设计	(396)
16.4 可控流动灯设计	(400)
附录 A 8051 单片机指令表	(406)
附录 B ASC II 码与控制字符功能	(409)
参考文献	(411)

第1章 单片机概述

本章学习要点:

- (1) 单片机和嵌入式系统的概念, 单片机与 PC 的区别和联系。
- (2) 单片机的发展历程、趋势和应用领域。
- (3) 单片机的分类、主要特性、主要生产厂家、常用系列和主要芯片型号。

单片机自 20 世纪 70 年代产生以来, 凭借其极高的性能价格比, 受到人们的重视和关注, 应用广泛, 发展迅猛。单片机体积小, 质量小, 抗干扰能力强, 对运行环境要求不高, 价格低廉, 可靠性高, 灵活性好, 开发比较容易, 已广泛应用于工业自动化控制、通信、自动检测、智能仪器仪表、信息家电、汽车电子、电力电子、医疗仪器、航空航天、机电一体化设备等各个方面, 成为了现代生产和生活中不可缺少的元素。

1.1 什么叫单片机

一台能够工作的 PC(个人计算机)至少需要这样几个部件: CPU(中央处理器, 负责运算与控制)、RAM(随机存储器用于数据存储)、ROM(只读存储器, 用于程序存储)、输入/输出设备(如键盘、鼠标、显示器、打印机等)。这些部件被分成若干块芯片, 安装在一块印制线路板上, 便组成了个人计算机。而在单片机中, 是将计算机主板的一部分功能部件进行剪裁后, 把余下的功能部件集成到一块芯片上, 因此这个芯片具有 PC 的属性, 被称为单片微型计算机或单芯片计算机, 简称为单片机。

单片机是在一块半导体硅片上集成了控制器、运算器、存储器和各种输入/输出接口的集成芯片(如图 1-1 所示)。而在一些增强型高性能单片机中除了上述部件外, 还集成了其他部件, 如 A/D、D/A、PWM 等部件。

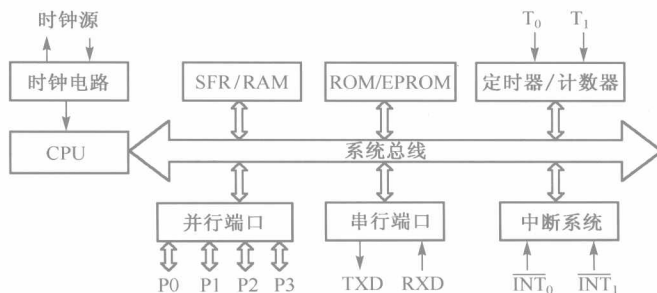


图 1-1 8051 单片机结构框图

单片机主要应用于测控领域, 用于实现各种测量与控制。为了突出其控制特性, 在国内外, 大多数人把单片机称为微控制器(Micro Controller Unit, 简称 MCU)。由于单片机在各系统应用中处于系统核心, 并嵌入其中, 因此, 通常又把单片机称为嵌入式控制器(Embedded Micro Controller Unit, EMCU)。而国内的大多数工程技术人员则比较习惯地采用“单片机”这个名称。

单片机价格不高, 体积也不大, 一般有封装 40 个引脚。功能多的引脚也比较多, 有的多达上百个引脚; 功能少的只有十几个引脚, 最少的只有 8 个引脚。这对面向实际应用的单片机非常有利, 使

得不同性能的产品可以根据需要选择不同的单片机。比如,在实际应用中,人们都喜欢使用高性能的计算机,但如果只要控制一个电冰箱温度时就没必要用高性能的计算机,用一个 8 引脚的单片机就足够了。所以,实际应用的关键要视功能是否够用,是否有很好的性价比。这就是 8051 单片机推出 30 多年来依然没有被淘汰,而且还在不断发展的重要原因。

1.2 单片机的特点

单片机以其卓越的性能得到了广泛的应用,已深入到了检测、控制等各个领域,并表现出如下显著的特点:

(1) 小巧灵活、成本低,易于产品化。可以方便地嵌入到各种测控设备、仪器仪表,使仪器设备智能化。

(2) 可靠性好,抗干扰能力强,适应温度范围宽,在各种恶劣环境下都能可靠地工作。单片机是按工业测控环境设计的,分为民品($0\sim+70^{\circ}\text{C}$)、工业用品($-40\sim+85^{\circ}\text{C}$)、军品($-65\sim+125^{\circ}\text{C}$)三类。其中工业用品和军品具有较强的抗恶劣环境适应能力,这是其他机型无法比拟的。

(3) 实时控制功能强。单片机面向控制,可以直接通过 I/O 口进行各种操作,运行速度快,对实时事件的响应和处理速度快,能针对性地解决从简单到复杂的各类控制任务,因而可获得最佳性能价格比。

(4) 易扩展,很容易、也很灵活构成各种智能型应用系统。

(5) 具有通信接口,可很方便构成多机和分布式控制系统,使整个系统的效率和可靠性大为提高。

1.3 单片机的发展概况

单片机出现的历史并不长,它的产生与发展和 PC 的微处理器的产生与发展大体同步,自 1971 年美国 Intel 公司首先研制出 4 位微处理器以来,就出现了单片机。单片机的发展历程大致可分为五个阶段。

第一阶段(1971~1976 年):单片机发展的初级阶段。

1971 年底 Intel 公司首先研制出集成 2000 只晶体管的 4 位微处理器 Intel 4004,并配有 RAM、ROM 和移位寄存器,构成了世界上第一款微处理器。此后,又推出了 8 位微处理器 Intel 8008。受生产工艺限制,当时的微处理器采用双片结构,功能简单,还不是“单片机”,但从此拉开了研制单片机的序幕。

第二阶段(1976~1980 年):低性能单片机发展阶段。

以 1976 年 Intel 公司研制出以 8048 为代表的 MCS-48 系列单片机(如表 1-1 所示),在一小块半导体芯片内集成了 8 位微处理器、8 位并行 I/O 口、8 位定时器/计数器、RAM、ROM 等部件。在这个芯片中无串行接口,中断处理比较简单,RAM 和 ROM 容量很小,寻址范围小于 4KB,但在功能上可满足一般工业控制和智能化仪器仪表的需要。这种将微处理器和计算机外围设备集成在一个芯片上的技术,标志着真正的单片机的开始研制。由于单片机在构建新型工业控制系统方面取得了成功,为今后单片机的发展开辟了成功之路。

第三阶段(1980~1983 年):高性能单片机发展阶段。

以 1980 年 Intel 公司推出以 8031 为代表的 MCS-51 系列基本型单片机(如表 1-1 所示),形成了 8051 经典内核。至今,该内核还是国内外单片机产品的主流,众多芯片制造商还在不断地改进和发展它。这个阶段推出的 8 位单片机带有串行接口,有多级中断处理系统,含有多个 16 位定时器/计数器,片内 RAM、ROM 容量增大,寻址范围可达 64KB,个别片内带有 A/D 转换接口。其他 8 位单片机的代表产品有 Motorola 公司的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。

表 1-1 Intel 公司单片机系列配置一览表

系 列	片内存储器(B)				定时器/计数器	并行 I/O 口	UART	中断源	制造工艺
	ROM	ROM	EPROM	RAM					
MCS-48	8035 无	8048 1 K	8748 1 K	64	1×8 位	27 位	无	2	HMOS
MCS-51	8031 无	8051 4 K	8751 4 K	128	2×16 位	32 位	1	5	HMOS
	80C31 无	80C51 4 K	87C51 4 K	128	2×16 位	32 位	1	5	CMOS
MCS-52	8032 无	8052 8 K	8752 8 K	256	3×16 位	32 位	1	6	HMOS
	80C232 无	80C252 8 K	87C252 8 K	256	3×16 位	32 位	1	7	CMOS
MCS-96	8096BH 无	8396BH 8 K	8796BH 8 K	232	2×16 位	40 位	1	20	HMOS
	8098 无	8398 8 K	8798 8 K	232	2×16 位	24 位	1	20	HMOS
	80C196KA 无	83C196KB 8 K	87C196KB 8 K	232	4×16 位 软件 Timer	40 位	1	28	CMOS

在 8 位单片机中, MCS-51 系列历史最长, 长盛不衰, 不断更新, 形成了既具有经典性, 又不乏生命力的系列单片机。它在以下几个方面奠定了单片机的经典体系结构: ① 完善的外部总线, MCS-51 设置了经典的 8 位单片机总线结构, 包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口; ② 开创了 CPU 外围功能单元的集中管理模式; ③ 开发出了具有工控特性的位地址空间及位操作方式; ④ 指令系统趋于丰富和完善, 并且增加了许多突出控制功能的指令。

第四阶段(1983~1990 年): 8 位单片机的巩固发展和 16 位单片机推出阶段。

1983 年 Intel 公司又研制了 MCS-96 系列 16 位单片机(如表 1-1 所示)。它支持 16 位算术逻辑运算, 具有 32 位除以 16 位的除法功能; 片内 256B RAM、8KB ROM 容量进一步增大, 除 2 个 16 位定时器、计数器外, 还可设置 4 个软件定时器; 具有 8 个中断源, 中断系统更加完善; 片内带有 8 通道高精度 10 位 A/D 和高速输入/输出部件(HSIO), 以及 Watch Dog、PWM 等部件。

MCS-96 系列 16 位单片机片内 CPU 为 16 位, 运算速度和控制功能大幅提高, 具有很强的实时处理能力。采用 HMOS 或 CMOS 制造工艺, 芯片集成度达 12 万个晶体管, 使单片机的发展进入到了一个新阶段。

第五阶段(1990 年至今): 单片机全面发展阶段。

随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用, 出现了高速、寻址范围大、运算能力强的通用型单片机, 以及小型廉价的专用型单片机。单片机在集成度、功能、速度、可靠性、应用领域等方面向更高水平发展。CPU 的位数达到了 8 位、16 位、32 位。在结构上, 更进一步采用了双 CPU 结构或内部流水线结构, 提高了处理能力和运算速度; 时钟频率高达 20 MHz, 提供了新型串行总线结构, 增加了 PWM 输出、WDT 监视定时器、PCA 可编程计数器阵列、DMA 传输、调制解调器、通信控制器、浮点运算单元等新的特殊功能部件。随着半导体制造工艺的不断改进, 促使芯片向高集成化、低功耗方向发展。基于这些优势, 单片机在大量数据实时处理、高性能通信、数字信号处理、复杂工业过程控制、机器人以及局域网络等方面扮演着越来越重要的角色。

1.4 单片机主要制造厂家和机型

单片机系列是指同一芯片厂家生产的具有相同体系结构的微处理器。目前, 一些世界著名的芯片制造厂商已推出很多单片机产品, 如 Intel、STC、Atmel、Philips、Motorola、TI、NEC、SAMSUNG、