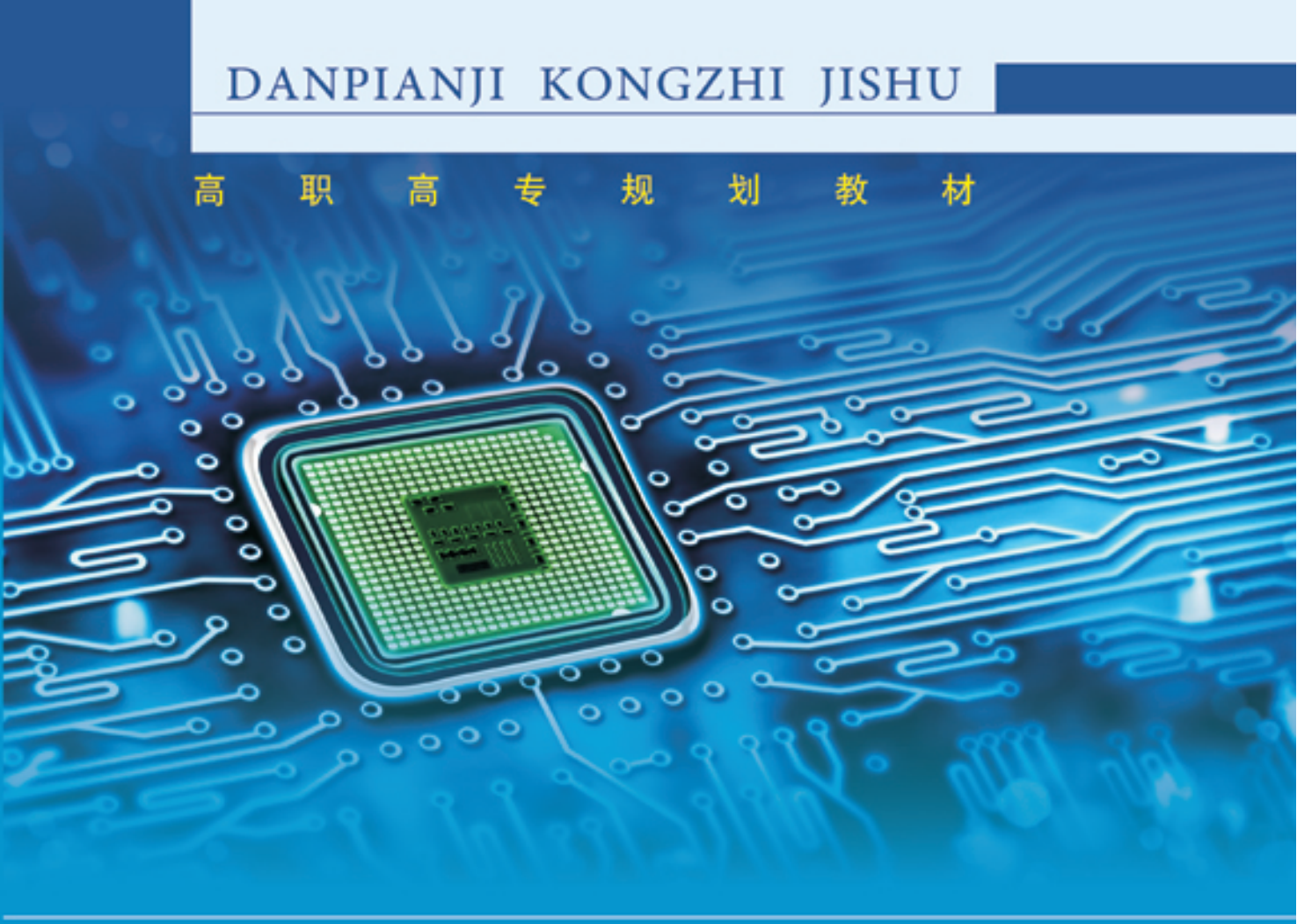
DANPIANJI KONGZHI JISHU

高 职 高 专 规 划 教 材



单片机控制技术

（C语言版）

李淑萍 王燕 朱宇 张筱云 编著

苏州大学出版社
Soochow University Press

高职高专规划素材

单片机控制技术

（C 语言版）

李淑萍　王　燕
朱　宇　张筱云　编著

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机控制技术：C 语言版 / 李淑萍等编著. —苏州：苏州大学出版社,2018.12
高职高专规划教材
ISBN 978-7-5672-2686-9

Ⅰ.①单… Ⅱ.①李… Ⅲ.①单片微型计算机－计算机控制－高等职业教育－教材 Ⅳ.①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 293879 号

单片机控制技术(C 语言版)

李淑萍 王 燕 朱 宇 张筱云 编著

责任编辑 周建兰

苏州大学出版社出版发行
(地址：苏州市十梓街 1 号 邮编:215006)
宜兴市盛世文化印刷有限公司印装
(地址：宜兴市万石镇南漕河滨路 58 号 邮编:214217)

开本 787 mm×1 092 mm 1/16 印张 15.5 字数 387 千
2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-5672-2686-9 定价：39.00 元

苏州大学版图书若有印装错误,本社负责调换
苏州大学出版社营销部 电话：0512－67481020
苏州大学出版社网址 http://www.sudapress.com
苏州大学出版社邮箱 sdcbs@suda.edu.cn



前 言

Preface

单片机课程是工科电类专业一门很重要的专业核心课，它把模数电知识、编程知识、微型计算机知识、通信技术知识等综合在一起，属于学术性、综合性、实践性、工程性很强的一门课程。

本书以“理论够用、突出实践”为原则，在内容组织、结构编排及表达方式等方面具有一定的特色。全书提供了较多的演练项目。演练项目有基本项目和综合演练项目两类，在难度上予以区分，知识点被均匀地分布到各项目之中。演练项目的选择具有代表性和典型性，既可独立演练，又可以组合应用。各项目在任务实施过程中先经过软件调试平台 Keil μVision3 调试，然后在硬件仿真平台 Proteus ISIS 上进行仿真，通过仿真结果验证该项目软硬件的正确性。这些项目均可以让学生在硬件电路上仿真或下载到硬件电路中调试验证。学生既可以自行搭建硬件电路，也可以采用已有的开发板。

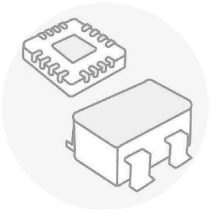
本书采用 C 语言编程，按单片机知识体系结构划分为 11 章，分别是初识 51 系列单片机、单片机开发工具及系统设计方法、单片机程序设计——C51 语言基础、单片机的 I/O 口——输出口的基础应用、单片机的 I/O 口——输入口的基础应用、单片机中断系统的应用、单片机定时/计数器的应用、单片机串行口的应用、单片机输入/输出口的高级应用、单片机 A/D 接口电路设计以及单片机 D/A 接口电路设计，涵盖的理论知识全面。

本书由李淑萍、王燕、朱宇、张筱云编著。李淑萍老师负责本书的统稿和总体规划，并编写了第 1 章、第 4 章至第 9 章，张筱云编写了第 2 章至第 3 章，王燕老师编写了第 10 章、第 11 章，并负责课程课件的制作和项目的仿真调试。朱宇老师负责资料的收集和部分用图的绘制。时文华老师负责部分项目素材的提供。本书可作为电子相关专业学生的单片机教学用书，也适合作为高校教师和从事单片机应用研究人员和工程技术人员的参考书。

本书是江苏省现代职业教育体系建设项目的成果之一，在编写过程中，参阅了许多同行专家们的论著文献，参考了部分网络资料，同时也得到了诸多合作企业的支持，在此一并真诚致谢！限于编者的学识水平和实践经验，书中存在疏漏和错误，敬请广大读者批评指正。

编 者

2018 年 10 月



目 录

Contents

第 1 章　初识 51 系列单片机 …… (001)

【学习目标】 …… (001)
1.1　单片机概述 …… (001)
1.1.1　单片机定义及其特点 …… (001)
1.1.2　单片机的发展历史 …… (002)
1.1.3　单片机的发展趋势 …… (002)
1.1.4　单片机的应用领域 …… (003)
1.1.5　单片机的主要厂商和机型 …… (004)
1.2　51 系列单片机的结构 …… (006)
1.2.1　单片机的功能特点 …… (006)
1.2.2　单片机的内部结构 …… (007)
1.2.3　单片机的引脚概述 …… (010)
1.2.4　单片机最小系统硬件组成 …… (011)
1.3　51 系列单片机的存储器配置 …… (014)
1.3.1　单片机存储器的组织形式 …… (014)
1.3.2　程序存储器(ROM) …… (015)
1.3.3　片内数据存储器(片内 RAM) …… (016)
1.3.4　片外数据存储器(片外 RAM) …… (021)
1.4　51 系列单片机的工作时序 …… (021)
【单元小结】 …… (022)
【习题】 …… (022)

第 2 章　单片机开发工具及系统设计方法 …… (024)

【学习目标】 …… (024)
2.1　单片机开发工具 …… (024)
2.1.1　软件开发工具 Keil μVision3 简介 …… (024)

2.1.2 Keil μVision3 的使用方法 …… (025)
2.1.3 仿真开发工具 Proteus ISIS 简介 …… (036)
2.1.4 Proteus ISIS 的使用方法 …… (038)
2.1.5 目标代码下载与调试方法 …… (040)
2.2 单片机应用系统设计 …… (042)
2.2.1 单片机应用系统的组成 …… (042)
2.2.2 单片机应用系统的设计原则 …… (042)
2.2.3 单片机应用系统的设计方法 …… (043)
2.2.4 单片机应用系统的调试方法 …… (045)
2.3 项目演练:信号灯控制器的设计 …… (047)
【单元小结】 …… (051)
【习题】 …… (051)

第 3 章 单片机程序设计——C51 语言基础 …… (052)

【学习目标】 …… (052)
3.1 C51 语言初步 …… (052)
3.1.1 程序设计的基本概念 …… (052)
3.1.2 C51 语言程序结构 …… (053)
3.2 标识符、关键字与数据类型 …… (054)
3.2.1 标识符与关键字 …… (054)
3.2.2 数据类型 …… (056)
3.3 常量、变量及其存储模式 …… (058)
3.3.1 常量 …… (058)
3.3.2 变量及其存储类型 …… (059)
3.3.3 系统默认的存储器模式 …… (060)
3.3.4 变量的作用范围及变量的存在时间 …… (061)
3.4 运算符与表达式 …… (062)
3.5 基本语句 …… (064)
3.5.1 条件判断语句(if … else …) …… (064)
3.5.2 开关语句(switch) …… (065)
3.5.3 循环语句 …… (065)
3.5.4 break、continue 和 goto 语句 …… (066)
3.6 数组 …… (067)
3.7 函数 …… (067)
3.7.1 函数的定义 …… (067)
3.7.2 函数的调用 …… (069)

3.7.3 对被调用函数的说明 …… (069)
3.8 指针 …… (070)
3.8.1 指针变量的定义 …… (070)
3.8.2 指针变量的引用 …… (071)
3.8.3 指针与数组 …… (072)
【单元小结】 …… (072)
【习题】 …… (073)

第 4 章 单片机的 I/O 口——输出口的基础应用 …… (075)

【学习目标】 …… (075)
4.1 并行 I/O 口结构及功能特点 …… (075)
4.2 单片机控制 LED …… (078)
4.2.1 发光二极管(LED)的基本知识 …… (078)
4.2.2 项目演练：闪烁信号灯控制器的设计 …… (079)
4.2.3 项目演练：跑马灯控制器的设计 …… (081)
4.3 LED 数码管显示器的设计 …… (085)
4.3.1 LED 数码管的结构与工作原理 …… (085)
4.3.2 项目演练:LED 数码管显示器的设计 …… (086)
4.4 单片机控制蜂鸣器 …… (089)
4.4.1 蜂鸣器及其驱动电路 …… (089)
4.4.2 项目演练：声音报警器的设计 …… (089)
【单元小结】 …… (092)
【习题】 …… (092)

第 5 章 单片机的 I/O 口——输入口的基础应用 …… (093)

【学习目标】 …… (093)
5.1 单片机的输入口的结构与功能特点 …… (093)
5.2 按键的输入电路设计 …… (094)
5.2.1 闸刀开关与按键开关 …… (094)
5.2.2 按键及输入电路设计 …… (094)
5.2.3 按键的消抖处理 …… (095)
5.2.4 项目演练:键控信号灯的设计(键控灯亮) …… (096)
5.2.5 项目演练:键控信号灯的设计(考虑对按键消抖和按键释放的判断) …… (097)
5.2.6 项目演练:键控信号灯的设计(一键多功能) …… (099)
5.3 综合项目演练:花样彩灯控制器的设计 …… (103)
【单元小结】 …… (107)

【习题】 …… (107)

第6章 单片机中断系统的应用 …… (108)

【学习目标】 …… (108)
6.1 单片机中断系统概述 …… (108)
6.1.1 中断的概念 …… (108)
6.1.2 中断源 …… (109)
6.1.3 中断的特点 …… (109)
6.1.4 中断优先权 …… (110)
6.1.5 中断嵌套 …… (110)
6.2 51系列单片机的中断系统 …… (110)
6.2.1 单片机的中断系统结构与控制 …… (110)
6.2.2 单片机的中断处理过程 …… (113)
6.2.3 单片机中断请求的撤除 …… (115)
6.3 51系列单片机中断系统软件设计方法 …… (116)
6.3.1 中断系统的初始化编程 …… (116)
6.3.2 中断服务程序的编写 …… (117)
6.4 综合项目演练:带应急信号处理的交通灯控制器的设计 …… (119)
【单元小结】 …… (127)
【习题】 …… (127)

第7章 单片机定时/计数器的应用 …… (129)

【学习目标】 …… (129)
7.1 51系列单片机定时/计数器的结构与工作原理 …… (129)
7.1.1 定时/计数器的结构 …… (129)
7.1.2 定时/计数器的工作原理 …… (130)
7.2 51系列单片机定时/计数器的控制 …… (131)
7.3 51系列单片机定时/计数器的工作方式 …… (132)
7.4 51系列单片机定时中断系统软件设计方法 …… (134)
7.4.1 定时/计数器的初始化 …… (135)
7.4.2 定时/计数器的应用 …… (136)
7.5 综合项目演练:电子秒表的设计 …… (137)
【单元小结】 …… (142)
【习题】 …… (143)

第8章 单片机串行口的应用 …… (145)

【学习目标】 …… (145)

8.1 串行通信的基本知识 …… (145)
8.1.1 串行通信的概念 …… (145)
8.1.2 串行通信的分类 …… (146)
8.1.3 串行通信的传输方式 …… (147)
8.1.4 串行通信接口标准 RS-232 接口 …… (148)
8.2 51 系列单片机的串行通信接口 …… (150)
8.2.1 单片机的串行口及控制寄存器 …… (150)
8.2.2 串行口的工作方式 …… (152)
8.2.3 串行通信的波特率 …… (153)
8.2.4 串行口的初始化 …… (154)
8.3 综合项目演练:单片机与 PC 的通信 …… (154)
【单元小结】 …… (159)
【习题】 …… (159)

第 9 章 单片机输入/输出口的高级应用 …… (161)

【学习目标】 …… (161)
9.1 LED 数码管显示方式 …… (161)
9.1.1 静态显示与动态显示 …… (161)
9.1.2 51 系列单片机与 LED 数码管静态显示接口 …… (162)
9.1.3 51 系列单片机与 LED 数码管动态显示接口 …… (163)
9.2 键盘扫描 …… (168)
9.2.1 键盘的结构与工作原理 …… (168)
9.2.2 51 系列单片机与独立按键键盘的接口 …… (169)
9.2.3 51 系列单片机与行列矩阵键盘的接口 …… (169)
9.3 综合项目演练:多功能数字电子钟的设计 …… (172)
9.4 单片机与字符型液晶显示器接口的设计 …… (184)
9.4.1 字符型液晶显示器概述 …… (184)
9.4.2 LCD1602 字符型液晶显示器的控制 …… (184)
9.5 时钟芯片 DS1302 …… (187)
9.5.1 DS1302 芯片简介 …… (187)
9.5.2 DS1302 的控制函数 …… (189)
9.6 综合项目演练:万年历的设计 …… (191)
【单元小结】 …… (199)
【习题】 …… (200)

第 10 章 单片机 A/D 接口电路设计 …… (202)

【学习目标】 …… (202)

10.1 A/D 转换芯片的结构与工作原理 …… (202)
10.1.1 A/D 转换器概述 …… (202)
10.1.2 典型 A/D 转换器芯片 ADC0809 …… (202)
10.2 51 系列单片机与 ADC0809 的接口 …… (204)
10.2.1 8 路模拟通道选择 …… (204)
10.2.2 转换数据的传送 …… (205)
10.3 综合项目演练:电压报警器的设计 …… (207)
【单元小结】 …… (213)
【习题】 …… (214)

第 11 章 单片机 D/A 接口电路设计 …… (215)

【学习目标】 …… (215)
11.1 D/A 转换芯片的结构与工作原理 …… (215)
11.1.1 D/A 转换器概述及主要技术指标 …… (215)
11.1.2 典型 D/A 转换器芯片 DAC0832 …… (216)
11.2 51 系列单片机与 DAC0832 的接口 …… (218)
11.2.1 单缓冲方式连接 …… (219)
11.2.2 双缓冲方式的接口与应用 …… (219)
11.3 综合项目演练:多功能波形发生器的设计 …… (220)
【单元小结】 …… (230)
【习题】 …… (230)

附录 A 51 系列单片机指令表 …… (231)

附录 B ASCII 码字符表 …… (237)

参考文献 …… (238)

第1章 初识51系列单片机



学习目标

● 了解单片机的基本定义、发展史、应用领域和发展趋势，了解51系列单片机的特点及分类。

● 掌握AT89S51单片机的内部结构、外部引脚及其功能特点，掌握单片机最小系统硬件构建方法。

● 掌握单片机的存储器资源及分配情况，掌握部分特殊功能寄存器的功能，了解单片机的时序概念和工作过程，能灵活运用单片机的内部存储器和部分特殊功能寄存器。



1.1 单片机概述

近几年单片机以其体积微小，价格低廉，可靠性高，广泛应用于工业控制系统、数据采集系统、智能化仪器仪表及通信设备、日常消费类产品等。单片机技术开发和应用水平已成为衡量一个国家工业化发展水平的标志之一。

1.1.1 单片机定义及其特点

单片机是单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)的简称，是指将中央处理器(CPU)、数据存储器(RAM)、程序存储器(ROM、EPROM、EEPROM或FLASH)、定时/计数器、并行/串行输入/输出口、中断部件等单元集成在一块半导体芯片上，构成一个完整的计算机系统。与通用的计算机不同，单片机的指令功能是按照工业控制的要求设计的，因此它又被称为微控制器(Micro Controller Unit)。单片机与通用微型计算机相比，在硬件结构、指令设置上均有其独到之处，主要特点如下：

(1) 单片机中的存储器ROM和RAM是严格分工的。ROM为程序存储器，只存放程序、常数及数据表格；而RAM为数据存储器，用作工作区及存放变量。

(2) 采用面向控制的指令系统。为满足控制的需要，单片机的逻辑控制能力要优于同等级的CPU，特别是单片机具有很强的位处理能力。单片机的运行速度也较高。

(3) 单片机的I/O引脚通常是多功能的。例如，通用I/O引脚可以复用作外部中断、PPG的输出口或A/D输入的输入口等。

(4) 系统齐全,功能扩展性强,与许多通用的微机接口芯片兼容,给应用系统的设计和生产带来了极大的方便。

(5) 单片机的应用是通用的。单片机主要作控制器使用,但功能上是通用的,可以像一般微处理器那样广泛地应用于各个领域。

1.1.2 单片机的发展历史

单片机作为微型计算机的一个重要分支,应用面很广,发展很快。自单片机诞生至今,已发展为上百种系列的近千个机种。它的产生与发展和微处理器的产生与发展大体同步,如果将 8 位单片机的推出作为起点,那么单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段:

1. 第一阶段(1976—1978)

初级 8 位单片机发展阶段。以 Intel 公司 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是在工控领域的探索,参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等,都取得了满意的效果。

2. 第二阶段(1979—1982)

单片机的普及阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机系列结构:

(1) 完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构,包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机控制通信功能的串行通信接口。

(2) CPU 外围功能单元的集中管理模式。

(3) 体现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。

3. 第三阶段(1983—1990)

8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段,也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机,将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器等纳入片中,体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列的广泛应用,许多电器厂商竞相使用 80C51 为内核,将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制器的特征。

4. 第四阶段(1991—)

微控制器的全面发展阶段。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、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。

1.1.3 单片机的发展趋势

目前,单片机正朝着高性能和多品种方向发展,今后单片机的发展趋势将进一步向 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展。下面是单片机的主要发展趋势。

1. CMOS 化

CMOS 电路的特点是低功耗、高密度、低速度、低价格,单片机芯片多数采用 CMOS(金属栅氧化物)半导体工艺生产。采用双极性半导体工艺的 TTL 电路速度快,但功耗和芯片面积较大。随着技术和工艺水平的提高,又出现了 HMOS(高密度、高速度 MOS)、CHMOS

工艺。CHMOS是CMOS和HMOS工艺的结合。因而,在单片机领域CMOS正在逐渐取代TTL电路。

2．低功耗化

单片机的功耗已从毫安级降到微安级以下,使用电压在3～6V之间,完全适应电池工作。低功耗化的效应不仅功耗低,而且带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力以及产品的便携化。

3．低电压化

几乎所有的单片机都有WAIT、STOP等省电运行方式。允许使用的电压范围越来越宽,一般在3～6V范围内工作。低电压供电的单片机电源下限已达1～2V。目前0.8V供电的单片机已经问世。

4．低噪声与高可靠性

为提高单片机的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片机厂家在单片机内部电路中都采取了新的技术措施。

5．大容量化

以往单片机内的ROM为1～4KB,RAM为64～128B。但在需要复杂控制的场合,该存储容量是不够的,必须进行外部扩充。为了适应这种领域的要求,须运用新的工艺,使片内存储器大容量化。目前,单片机内ROM最大可达64KB,RAM最大可达2KB。

6．高性能化

主要是指进一步改进CPU的性能,加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集(RISC)结构和流水线,可以大幅度提高运行速度。现指令速度最高已达100MIPS(Million Instruction Per Seconds,即兆指每秒),并加强了位处理功能、中断定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出10倍以上。

7．小容量、低价格化

与上述相反,以4位、8位机为中心的小容量、低价格化也是发展方向之一。这类单片机的用途是把以往用数字逻辑集成电路的控制电路单片机化,可广泛用于家电产品。

8．外围电路内装化

这也是单片机发展的主要方向。随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等以外,片内集成的部件还有模/数转换器、数/模转换器、DMA控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

9．串行扩展技术

在很长一段时间内,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位OTP(One Time Programmable)及各种类型片内程序存储器的发展,加之外围电路接口不断进入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是I^2C、SPI等串行总线的引入,可以使单片机的引脚设计更少,单片机系统结构更加简化及规范化。

1.1.4　单片机的应用领域

单片机按其应用领域划分主要有以下5个方面。

1. 智能化仪器仪表

智能化仪器仪表如智能电度表、智能流量计等。单片机用于仪器仪表中,使之走向了智能化和微型化,扩大了仪器仪表功能,提高了测量精度和测量的可靠性。

2. 实时工业控制

单片机可以构成各种工业测控系统、数据采集系统,如数控机床、汽车安全技术检测系统、工业机器人、过程控制等。

3. 网络与通信

利用单片机的通信接口,可方便地进行多机通信,也可组成网络系统,如单片机控制的无线遥控系统。

4. 家用电器

家用电器如全自动洗衣机、自动控温冰箱、空调机等。单片机用于家用电器,使其应用更简捷、方便,产品更能满足用户的高层次要求。

5. 计算机智能终端

计算机智能终端如计算机键盘、打印机等。单片机用于计算机智能终端,使之能够脱离主机而独立工作,尽量少占用主机时间,提高主机的计算速度和处理能力。

1.1.5 单片机的主要厂商和机型

单片机按 CPU 的处理能力分类,目前有 4 位、8 位、16 位、32 位,位数越高的单片机在数据处理能力和指令系统方面就越强,AVR、51、PIC 都属于 8 位机。8 位单片机由于内部构造简单、体积小、成本低廉,在一些较简单的控制器中应用很广。即便到了 21 世纪,它在单片机应用中仍占有相当的份额。8 位单片机也是目前应用最广泛的单片机,在各个领域都可以看到它的身影。

1. 51 系列单片机

51 系列单片机最早由 Intel 公司推出,主要有 8031 系列、8051 系列。后来 Atmel 公司以 8051 的内核为基础推出了 AT89 系列单片机。尽管各类单片机很多,但目前使用最为广泛的应属 MCS-51 系列单片机,比较适合初学者的需要。Atmel 公司的 AT89 系列单片机都和 MCS-51 有相同的指令系统,并在其他功能上与 MCS-51 完全兼容。本书将主要以 51 系列单片机为学习对象,除特别说明外,本教材中的 51 系列单片机均以 AT89S51 为代表产品。

(1) 51 子系列和 52 子系列。

51 系列单片机又分为 51 和 52 两个子系列,并以芯片型号的最末位作为标志。其中,51 子系列是基本型,52 子系列则属增强型。与 51 子系列相比,52 子系列增强的功能如下:

- 片内 ROM 从 4KB 增加到 8KB。
- 片内 RAM 从 128B 增加到 256B。
- 定时器从 2 个增加到 3 个。
- 中断源从 5 个增加到 6 个。

(2) AT89 系列单片机。

美国 Atmel 公司将闪速存储器与 MCS-51 控制器相结合,开发生产了新型的 8 位单片机——AT89 系列单片机。AT89 系列单片机不但具有一般 MCS-51 单片机的所有特性,而且拥有一些独特的优点,使 8 位单片机更具有生命力。

AT89 系列单片机是一种低功耗、高性能的 8 位 CMOS 微处理器芯片，片内带有闪速可编程可擦写只读存储器 FEPROM（Flash Erasable Programmable ROM）。FEPROM 既具有静态 RAM 的速度和可擦写性，又能像 EEPROM 那样掉电后保留所写数据，因此大大方便了用户。常用的 Atmel 51 单片机选型表如表 1-1 所示。

表 1-1　Atmel 51 单片机选型表

设备	Flash /KB	IAP	ISP	EEPROM /KB	RAM /B	f_{max} /MHz	Vcc /V	I/O 引脚	UART	16 位计时器	WDT	SPI
AT89C51	4	—	—	—	128	24	5 ±20%	32	1	2	—	—
AT89C52	8	—	—	—	256	24	5 ±20%	32	1	3	—	—
AT89C2051	2	—	—	—	128	24	2.7 ~ 6.0	15	1	2	—	—
AT89C4051	4	—	—	—	128	24	2.7 ~ 6.0	15	1	2	—	—
AT89S51	4	—	Yes	—	128	33	4.0 ~ 5.5	32	1	2	Yes	—
AT89S52	8	—	Yes	—	256	33	4.0 ~ 5.5	32	1	3	Yes	—
AT89S8253	12	—	Yes	2	256	24	2.7 ~ 5.5	32	1	3	Yes	Yes
AT89C51ED2	64	UART	API	2	2048	60	2.7 ~ 5.5	32	1	3	Yes	Yes
AT89C51RD2	64	UART	API	—	2048	60	2.7 ~ 5.5	32	1	3	Yes	Yes

2．AVR 系列单片机

AVR 系列单片机也是 Atmel 公司的产品，最早的为 AT90 系列单片机，现在很多 AT90 单片机都转型为 Atmega 系列和 Attiny 系列。AVR 单片机是精简指令型单片机，在相同的振荡频率下执行速度是 8 位 MCU 中最快的一种单片机。AVR 单片机其显著的特点为高性能、高速度、低功耗。AVR 与 51、PIC 单片机相比，具有一系列的优点，主要体现在以下几个方面：

（1）在相同的系统时钟下 AVR 运行速度最快。

（2）所有 AVR 单片机的 Flash、EEPROM 寄存器都可以反复烧写、支持 ISP 在线编程（烧写），入门费用非常少。

（3）片内集成多种频率的 RC 振荡器、上电自动复位、看门狗、启动延时等功能，使得电路设计变得非常简单。

（4）每个 I/O 口做输出口使用时都可以输出很强的高、低电平，做输入口使用时 I/O 口可以作为高阻抗或者带上拉电阻。

（5）片内具有丰富实用的资源，如 A/D 模数器、D/A 数模器、丰富的中断源、SPI、USART、TWI 通信口、PWM 等。

（6）片内采用了先进的数据加密技术，大大地提高了破解的难度。

（7）片内 Flash 空间大、品种多，引脚少的有 8 脚，多的有 64 脚等各种封装。

（8）部分芯片的引脚兼容 51 系列，代换容易，如 ATtiny2313 兼容 AT89C2051、ATmega8515/162 兼容 AT89S51 等。

3．PIC 系列单片机

PIC 系列单片机是 Microchip 公司的产品，它也是一种精简指令型单片机，它还具有工

作电压低、功耗低、驱动能力强等特点。从功能上来讲,PIC 单片机主要有以下三个主要特点:

(1) 总线结构。

MCS-51 单片机的总线结构是冯·诺依曼型,计算机在同一个存储空间取指令和数据,两者不能同时进行;而 PIC 单片机的总线结构是哈佛结构,指令和数据空间是完全分开的,一个用于指令,一个用于数据,由于可以对程序和数据同时进行访问,所以提高了数据吞吐率。正因为在 PIC 单片机中采用了哈佛双总线结构,所以与常见的微控制器不同的一点是:程序和数据总线可以采用不同的宽度。数据总线都是 8 位的,但指令总线位数可为 12、14、16 位。

(2) 流水线结构。

MCS-51 单片机的取指和执行采用单指令流水线结构,即取一条指令,执行完后再取下一条指令;而 PIC 的取指和执行采用双指令流水线结构,当一条指令被执行时,允许下一条指令同时被取出,这样就实现了单周期指令。

(3) 寄存器组。

PIC 单片机的所有寄存器,包括 I/O 口、定时器和程序计数器等都采用 RAM 结构形式,而且都只需要一个指令周期就可以完成访问和操作;而 MCS-51 单片机需要两个或两个以上的周期才能改变寄存器的内容。

1.2 51 系列单片机的结构

单片机种类繁多,目前主要有 51 系列、AVR 系列和 PIC 系列。在大部分的工控或测控设备中,8 位的 MCS-51 系列单片机能够满足大部分的控制要求。而 89S51 又是目前应用最为广泛的 51 系列兼容单片机中的代表产品。下面就以 Atmel 公司的 AT89S51 为例来介绍单片机的内部结构。

1.2.1 单片机的功能特点

AT89S51 单片机是美国 Atmel 公司生产的低功耗、高性能的 CMOS 结构的 8 位单片机,片内带有 4KB 的 Flash 只读存储器,该 Flash 存储器既可以在线编程(ISP),也适于常规编程器编程。该单片机芯片采用 Atmel 高密度非易失存储器制造技术制造,与工业标准的 MCS-51 系列单片机的指令系统和输出管脚相兼容,并且将多功能 8 位 CPU 和 Flash 存储器组合在单个芯片中。因而,AT89S51 作为一种高效的微控制器,为很多智能仪器和嵌入式控制系统提供了一种灵活性高且价廉的方案。

此外,AT89S51 单片机具有可降至 0Hz 的静态逻辑操作,并支持两种软件可选的节电工作模式——空闲模式和掉电模式。空闲模式下,停止 CPU 的工作,而 RAM、定时/计数器、串行口和中断系统等可继续工作。掉电模式下,RAM 内容被保存,振荡器停止工作并禁止其他所有部件工作直到下一个硬件复位。

AT89S51 具有以下主要功能特点:

- 与 MCS-51 指令兼容。
- 4KB 在线编程(ISP)的 Flash 存储器。
- 使用寿命达 1000 次写/擦循环。
- 工作电压范围为 4.0 ~ 5.5V。
- 全静态工作模式：0 ~ 33MHz。
- 三级持续加密锁。
- 128B 内部 RAM。
- 三级程序存储器锁定。
- 32 位可编程并行 I/O 线。
- 2 个 16 位定时/计数器。
- 5 个中断源、2 个中断优先级。
- 全双工的异步串行口，即 UART。
- 低功耗的闲置和掉电模式。
- 中断可从空闲模式唤醒系统。
- 看门狗 (WDT)及双数据指针。
- 片内振荡器和时钟电路。
- 掉电标志和快速编程特性。
- 灵活的 ISP 在线编程。

1.2.2　单片机的内部结构

AT89S51 单片机的组成如图 1-1 所示，内部结构如图 1-2 所示。

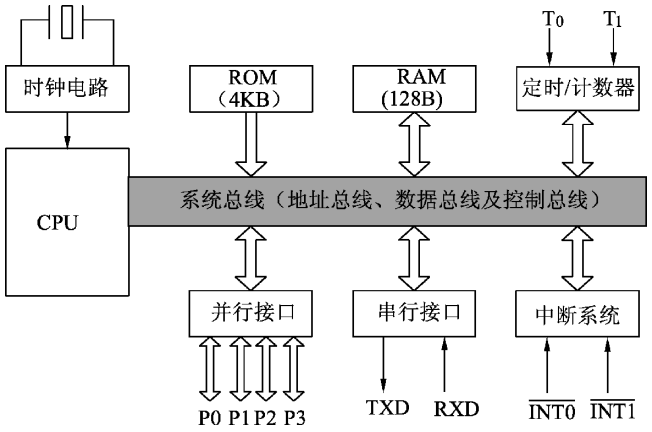


图 1-1　AT89S51 单片机组成框图

AT89S51 主要包含以下功能部件：

- 8 位 CPU。
- 128B 内部数据存储器 RAM、21 个特殊功能寄存器。
- 4KB(4096 个单元)的在线可编程 Flash 片内程序存储器 Flash ROM。
- 4 个 8 位并行输入/输出口(即 I/O 口)P0、P1、P2、P3 口。
- 1 个可编程全双工的异步串行口。