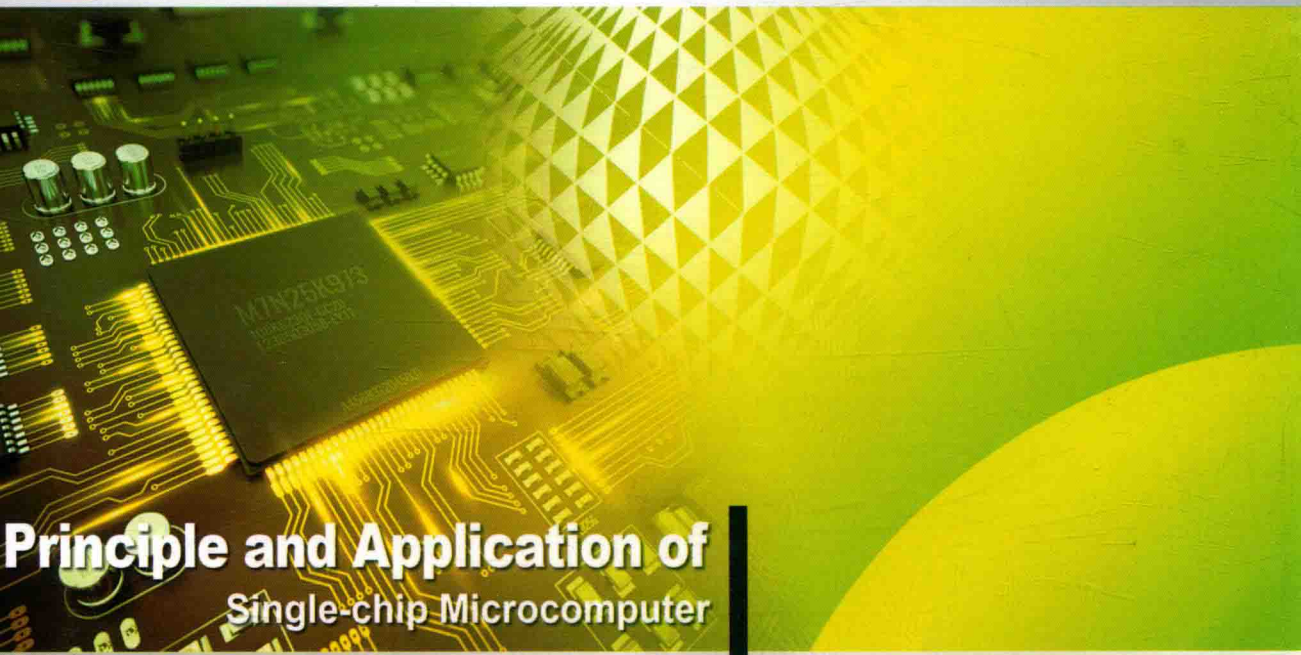




“十二五”江苏省高等学校重点教材



普通高等教育电气工程与自动化(应用型)“十三五”规划教材



Principle and Application of
Single-chip Microcomputer

单片机 原理及应用

第2版

3
◎ 主 编 张兰红 邹 华
◎ 副主编 刘纯利



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

“十二五”江苏
普通高等教育电气



编号: 2015-1-082)
“十三五”规划教材

单片机原理及应用

第2版

主 编 张兰红 邹 华
副主编 刘纯利
参 编 陆广平

机械工业出版社

本书系统地介绍了 80C51 系列单片机的结构原理和应用技术, 内容包括单片机基础知识、单片机应用系统的开发环境、80C51 系列单片机的硬件与软件基础知识、并行口及应用、中断系统及应用、定时器/计数器及应用、串行口及应用、80C51 单片机系统扩展技术、80C51 单片机的测控接口、单片机应用系统的开发与设计等。

书中列举了大量的实例, 均采用 C51 编程, 实用性强。实例全部在 Keil μ Vision3 集成开发环境与 Proteus 仿真软件中调试通过, 可以在课堂教学中进行现场演示, 还提供了实验板电路, 读者可以据此方便地自行制作实验板, 进行书中绝大部分实例的实验, 做到单片机学习的理论、仿真与实践同步进行。本书具有较强的“理论紧密结合实践”的特色, 可使读者在实践中掌握单片机的硬件结构、设计语言与控制系统开发方法。本书提供免费电子课件、实例仿真模型、实验板电路图与习题解答。

本书可作为应用型工科院校本、专科学生单片机课程的教材, 也可作为从事单片机项目开发与应用的技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/张兰红, 邹华主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2017. 6

普通高等教育电气工程与自动化 (应用型) “十三五” 规划教材
“十二五” 江苏省高等学校重点教材

ISBN 978-7-111-57379-1

I. ①单… II. ①张… ②邹… 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 (2017) 第 148720 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: 王雅新 责任编辑: 王雅新 于苏华

责任校对: 刘雅娜 封面设计: 张 静

责任印制: 孙 炜

北京玥实印刷有限公司印刷

2017 年 9 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·23.5 印张·573 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-57379-1

定价: 49.80 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

服务咨询热线: 010-88379833

读者购书热线: 010-88379649

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育电气工程与自动化（应用型）“十三五”规划教材

编审委员会委员名单

主任委员：刘国荣

副主任委员：

张德江 梁景凯 张元 袁德成 焦斌

吕进 胡国文 刘启中 汤天浩 黄家善

钱平 王保家

委员（按姓氏拼音排序）：

蔡子亮 陈志新 丁元明 范立南 樊立萍

高亮 郭伟 韩成浩 李海富 李先允

李秀娟 娄国焕 罗兵 罗文广 罗印升

马修水 穆向阳 尚丽萍 王军 王再英

项新建 徐建英 杨宁 叶树江 张立臣

张晓云 赵巧娥 周渊深 朱一纶

前 言

本书第1版自2012年出版以来,得到了广大读者的支持与肯定,被多所院校选为教材,已经多次重印。许多教师和其他读者以各种方式对本书提出了宝贵意见,作者在任课过程中更是发现许多同学为了学好单片机或参加各类竞赛而将本书读旧、读破、读烂的现象,为此作者深感责任重大,决心认真做好本书的再版修订工作。

本书再版,沿用第1版的体系结构,保持了以实例教学贯穿全书的特点,改进之处有二:一是对各章内容进行了增减,使内容更加合理完善,读者学习与理解更加容易,掌握的技术更全、更新;二是提供了配套实验板电路,读者可据此电路方便地做出实验板,在实验板上完成书中大部分实例的实验,实现单片机学习的理论、仿真和实践相结合,达到提高学习效果的目的。

再版修订的主要内容如下:

第1章1.1节单片机概述中先用图片展示了单片机的外形和内部结构,再用列表表示了单片机的常用型号,接着通过一个简单的单片机控制系统实例,使读者完整地了解到单片机开发的全过程,消除对单片机的神秘感和畏惧感。接着介绍了单片机实验板,便于读者在后续学习中边理论、边实践。

第2章增加了2.4节在系统编程软件ISP,方便读者用该软件在单片机实验板或自制的单片机控制系统中下载程序。

第3章3.2节、3.3节、3.4节内容进行了较大的调整。单片机学习的一大难关是读者难以掌握抽象繁杂的硬件编程结构,从而失去继续学习的热情。本章修订目的是充分剖析单片机,揭开单片机“神秘”的面纱,使读者能够对封装在黑色塑料壳中的起主要作用的单片机内部资源了然于胸,扫除单片机学习的入门障碍,为学习单片机控制系统的设计打好硬件基础。增加了3.2.2节单片机外部引脚与内部功能模块之间的关系,初步揭示单片机外在表现的内部根源;增加了3.3.2节在Keil μ Vision中观察寄存器,使CPU内部寄存器形象地呈现在读者面前;在3.4.1节增加了对单片机常用的随机存取存储器和只读存储器存储单元结构的讲解内容,以使读者理解单片机存储器的组织结构,在程序设计中能够正确选择数据的存储类型;增加了3.4.2节存储器的管理,为读者进行存储器及其他接口扩展奠定基础;在3.4.5节增加了内部资源特殊功能寄存器的应用实例,使特殊功能寄存器变得形象鲜活,便于掌握。

第4章4.1节减少了实用性不强的汇编语言篇幅,删除4.1.3节指令系统绝大部分内容,将指令系统作为附录。

第5、6、7、9、10章所有实例均可采用Proteus仿真和实验板实验两种方式进行验证,附录B中实验板端口地址已设计成和仿真实例端口一致,读者可以充分体会仿真与实践之间的异同,提高进行单片机控制系统设计的实践能力。

第8章8.3节增加了单片机通过串行口与PC进行数据接收与发送的实例。

第9章修订的目的是使学生较全面地掌握单片机最新对外扩展技术。9.5.3节增加了高性价比的点阵图形液晶显示器 LCD12864；增加了9.6节并行接口日历时钟芯片 DS12C887 与 80C51 的接口；增加了9.7节 I²C 总线接口的 E²PROM 芯片 AT24C02 与 80C51 的接口。

第10章增加了10.3节串行 A/D 转换器 TLC2543 与单片机的接口，以便采用 A/D 转换时节省单片机的 I/O 接口资源。

本书再版工作由盐城工学院张兰红、陆广平，潍坊学院邹华，安徽科技学院刘纯利完成。张兰红完成第1~3章、5~7章及11章内容的修改与编写；邹华完成第4章内容的修改与编写；刘纯利完成第8章内容的修改与编写；陆广平完成第9、10章内容的修改与编写；张兰红负责全书的统稿工作。

本书于2015年9月被评为江苏省高等学校重点教材立项建设（修订）教材，成书过程中，受江苏省教育厅的委托，南京航空航天大学自动化学院的黄文新教授、王友仁教授，江苏科技大学电子信息学院的陈红卫教授、李彦教授，盐城工学院的何坚强教授对本书进行了审定，提出了许多中肯的建议。盐城工学院教务处、电气工程学院的领导一如既往地给予了大力支持并提供了资助；冯宝刚、孙国峻、顾伟伟、甄玄玄、仓思雨等同学在资料搜集、绘图方面做了大量的工作，在此一并表示衷心感谢。

本书再版过程中，参阅了大量的书籍和文献，另有一些资料来源于互联网和非正式出版物，未在参考文献处列出，在此对有关作者表示衷心的感谢！

为方便教师备课和读者学习，本书提供了配套的教辅资料，内容包括教学课件，习题解答，各章基于 Proteus 软件的仿真模型、相应源程序和工程文件，实验板电路原理图与 PCB 图。有需要的老师可登录机械工业出版社教材服务网（www.cmpedu.com）注册下载。

本书一定还有许多不完善之处，误漏在所难免，恳请各位读者批评指正（请发邮件至 zlhycit@126.com）。

张兰红

目 录

前言

第1章 单片机基础知识 1

1.1 单片机概述 1

1.1.1 什么是单片机 1

1.1.2 单片机与微型计算机的关系 1

1.1.3 常用的单片机系列 2

1.1.4 单片机的应用 5

1.1.5 初识单片机控制系统 6

1.1.6 单片机实验板 9

1.2 微型计算机系统组成 10

1.2.1 计算机的基本结构 10

1.2.2 微型计算机的结构 10

1.2.3 微型计算机系统 13

1.2.4 微型计算机软件 13

1.3 微型计算机的运算基础知识 15

1.3.1 数制的概念 15

1.3.2 与计算机有关的数制 15

1.3.3 数制之间的相互转换 17

1.3.4 码制的概念 18

本章小结 22

习题1 23

第2章 单片机应用系统的开发环境 24

2.1 单片机应用系统的开发工具 24

2.2 Keil C51 高级语言集成开发环境——

μ Vision3 IDE 25

2.2.1 Keil μ Vision3 IDE 的主要特性 25

2.2.2 μ Vision3 IDE 集成开发环境简介 26

2.2.3 μ Vision3 IDE 的使用 27

2.3 基于 Proteus 的单片机系统仿真 39

2.3.1 Proteus 7 Professional 界面介绍 40

2.3.2 电路原理图的绘制 42

2.3.3 Proteus VSM 与 Keil μ Vision3 的联调 49

2.4 在系统编程软件 ISP 50

本章小结 52

习题2 53

第3章 80C51 系列单片机的硬件

基础 54

3.1 8051 系列单片机概述 54

3.1.1 8051 系列单片机硬件资源 54

3.1.2 80C51 系列单片机的选择依据 55

3.2 80C51 系列单片机引脚功能 57

3.2.1 引脚功能概述 57

3.2.2 引脚与内部功能模块的关系 61

3.2.3 单片机对外扩展时三总线的构成 62

3.3 80C51 系列单片机的编程结构 62

3.3.1 编程结构的组成 62

3.3.2 在 Keil μ Vision 中观察寄存器 64

3.4 80C51 系列单片机的存储器 66

3.4.1 半导体存储器类型与结构 66

3.4.2 存储器的管理 73

3.4.3 80C51 单片机的存储器 76

3.5 80C51 单片机的工作方式 89

3.5.1 复位方式 89

3.5.2 程序执行方式 90

3.5.3 低功耗方式 90

3.6 80C51 系列单片机的时序 92

3.6.1 时钟电路 92

3.6.2 时序的基本单位 93

3.6.3 80C51 系列单片机的典型时序分析 94

3.7 80C51 单片机最小应用系统 95

本章小结 96

习题3 97

第4章 80C51 单片机的软件基础 98

4.1 80C51 单片机的指令系统简介 98

4.1.1 指令格式	98	5.2 80C51 系列单片机并行口的应用	157
4.1.2 指令系统的寻址方式	99	5.3 七段数码管显示器接口	160
4.1.3 指令系统概述	102	5.3.1 七段数码管简介	160
4.1.4 汇编语言编程举例	102	5.3.2 LED 显示器工作原理	161
4.2 C51 程序设计基础	104	本章小结	166
4.2.1 C51 和标准 ANSI C 的区别	104	习题 5	166
4.2.2 C51 程序结构分析	105	第 6 章 中断系统及应用	168
4.2.3 C51 的标识符和关键字	109	6.1 中断概述	168
4.2.4 C51 的数据结构	111	6.1.1 中断的有关概念	168
4.2.5 变量的存储种类和存储器类型	116	6.1.2 中断技术的应用	169
4.2.6 绝对地址的访问	121	6.1.3 中断系统的功能	169
4.2.7 C51 的预处理	124	6.2 80C51 单片机中断系统	170
4.2.8 C51 的运算符与表达式	125	6.2.1 中断系统的结构	170
4.3 C51 语言的语句	131	6.2.2 中断响应	175
4.3.1 表达式语句	131	6.2.3 中断请求的撤销	175
4.3.2 复合语句	131	6.3 中断服务程序的设计	176
4.3.3 空语句	132	6.4 中断系统的应用	177
4.3.4 函数调用语句	132	本章小结	181
4.3.5 控制语句	132	习题 6	181
4.4 C51 的函数	141	第 7 章 定时器/计数器及应用	183
4.4.1 函数的一般格式	141	7.1 定时/计数技术概述	183
4.4.2 中断函数	142	7.1.1 软件定时/计数	183
4.4.3 C51 的库函数	143	7.1.2 数字电路定时/计数	183
4.4.4 本征库函数和非本征库函数	144	7.1.3 可编程定时/计数	183
4.4.5 几类重要的库函数	145	7.2 80C51 单片机的定时器/计数器	184
4.5 C51 的程序结构	148	7.2.1 定时器/计数器的结构	184
4.5.1 顺序结构	148	7.2.2 定时器/计数器的工作原理	185
4.5.2 分支结构	148	7.2.3 定时器/计数器的工作方式	187
4.5.3 循环结构	148	7.2.4 定时器/计数器对输入信号的要求	191
4.5.4 综合举例	149	7.3 定时器/计数器的应用	191
本章小结	150	本章小结	198
习题 4	151	习题 7	198
第 5 章 并行口及应用	153	第 8 章 串行口及应用	199
5.1 80C51 系列单片机内部并行口的结构	153	8.1 串行通信基础知识	199
5.1.1 P0 口	153	8.1.1 计算机对外通信方式	199
5.1.2 P1 口	154	8.1.2 串行通信的基本概念	200
5.1.3 P2 口	155	8.1.3 串行通信接口标准	203
5.1.4 P3 口	156	8.2 80C51 单片机的串行口	208
5.1.5 P0~P3 端口功能总结	156	8.2.1 串行口的结构	208

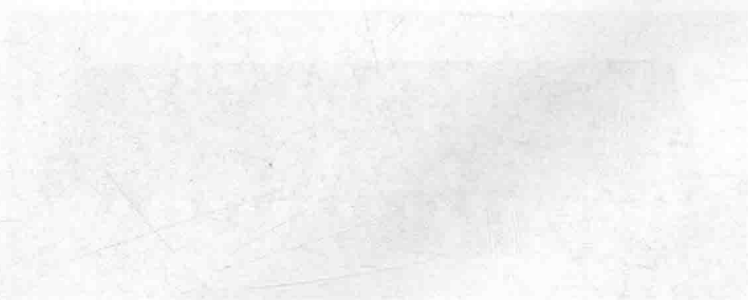
8.2.2 串行口的工作方式	210	9.7.2 AT24C02 芯片的操作	285
8.3 串行口的应用	220	9.7.3 AT24C02 芯片与 80C51 单片机的 接口设计	291
本章小结	228	本章小结	296
习题 8	229	习题 9	298
第 9 章 80C51 单片机系统扩展技术 ...	230	第 10 章 80C51 单片机的测控接口	299
9.1 单片机系统扩展概述	230	10.1 D/A 转换接口技术	299
9.1.1 单片机系统扩展资源分类	230	10.1.1 D/A 转换器的基本原理与主要技术 指标	299
9.1.2 单片机系统扩展结构	231	10.1.2 DAC0832 芯片及其与单片机的 接口	301
9.2 数据存储器的扩展	232	10.2 A/D 转换接口技术	308
9.2.1 数据存储器芯片	232	10.2.1 A/D 转换器原理与技术指标 ...	309
9.2.2 地址锁存器芯片	233	10.2.2 ADC0809 芯片及其与单片机的 接口	310
9.2.3 数据存储器扩展电路	235	10.3 串行 A/D 转换器 TLC2543 与 80C51 单片机的接口	315
9.2.4 存储器的编址	236	10.3.1 TLC2543 的性能及引脚说明 ...	315
9.3 并行 I/O 接口的扩展	239	10.3.2 TLC2543 的工作过程	316
9.3.1 并行 I/O 口扩展概述	239	10.3.3 TLC2543 与 80C51 单片机的 接口设计	317
9.3.2 简单并行 I/O 口的扩展	240	10.4 开关量的接口技术	322
9.3.3 可编程并行 I/O 口的扩展	242	10.4.1 开关量输入接口	323
9.4 键盘接口技术	251	10.4.2 开关量输出接口	323
9.4.1 按键开关	252	本章小结	326
9.4.2 键盘工作原理	252	习题 10	327
9.4.3 独立式键盘	253	第 11 章 单片机应用系统的开发与 设计	329
9.4.4 矩阵式键盘	256	11.1 单片机应用系统的开发过程	329
9.5 LCD 液晶显示器与单片机的接口	260	11.1.1 总体设计	329
9.5.1 点阵字符型液晶显示模块的组成 和基本特点	261	11.1.2 硬件设计	330
9.5.2 点阵字符型液晶显示器 LCD1602	261	11.1.3 软件设计	331
9.5.3 点阵图形液晶显示器 LCD12864	267	11.2 LED 点阵显示屏设计	332
9.6 并行接口日历时钟芯片 DS12C887 与 80C51 的接口	275	11.2.1 项目任务	332
9.6.1 DS12C887 主要功能特性	275	11.2.2 项目分析	332
9.6.2 DS12C887 日历时钟芯片的引脚 说明	275	11.2.3 项目硬件设计	333
9.6.3 DS12C887 内部 RAM 和 寄存器	276	11.2.4 项目程序设计	334
9.6.4 DS12C887 与 80C51 单片机的 接口设计	280	11.2.5 仿真与实验结果	337
9.7 I ² C 总线接口的 E ² PROM 芯片 AT24C02 与 80C51 的接口	284	11.3 使用 DS18B20 温度传感器设计的 温控系统	338
9.7.1 串行 E ² PROM 芯片 AT24C02 概述	284	11.3.1 项目任务	338

11.3.2 项目分析	339	11.4.4 项目程序设计	353
11.3.3 DS18B20 简介	339	11.4.5 仿真与实验结果	355
11.3.4 项目硬件设计	343	本章小结	356
11.3.5 项目程序设计	344	习题 11	356
11.3.6 仿真与实验结果	350	附录	357
11.4 步进电动机控制系统设计	351	附录 A 80C51 单片机指令集	357
11.4.1 项目任务	351	附录 B 实验板资料	361
11.4.2 项目分析	351	参考文献	365
11.4.3 项目硬件设计	351		

1.1 单片机概述

1.1.1 什么是单片机

单片机是指单片微型计算机,它是在一块单晶硅芯片上,集成了中央处理器、存储器、定时器和并行、串行通信接口以及一系列外设功能,组成一台完整的微型计算机。它体积小、功耗低且具一块集成电路芯片,如图 1-1 所示是两种不同封装类型的单片机,它们封装形式各异,引脚数也有差异。单片机的封装形式有双列直插封装、四列直插封装、新封装的贴片封装等。



单片机是一种集成电路芯片,它具有数字逻辑运算和数据处理的功能,控制程序将存储在只读存储器(ROM)中,从而控制单片机各个部件完成预定电路的功能,所以它又称为嵌入式控制器。单片机之所以能完成程序控制,是因为除了内部丰富的电路设计外,每单片机内部都包含一个具有如图 1-2 所示的内部结构。这些结构或单元包含:中央处理器、定时器和并行/串行通信接口等。单片机由主要部件的集成,部分单片机还集成了片内和片外存储器等元件。

1.1.2 单片机与微型计算机的关系

计算机的发展经历了从电子管、晶体管、集成电路到大规模集成电路的发展,美国贝尔实验室发明的晶体管技术是里程碑,它属于第一代电子计算机。

第 1 章 单片机基础知识

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来,以其极高的性能价格比受到人们的重视和关注,应用很广,发展很快。单片机体积小,重量轻,抗干扰能力强,环境要求不高,价格低廉,可靠性高,灵活性好,开发较为容易。由于具有上述优点,单片机已广泛应用于工业自动化控制、自动检测、智能仪器仪表、家用电器、电力电子控制和机电一体化设备等各个方面。

1.1 单片机概述

1.1.1 什么是单片机

单片机全称是单片微型计算机,它是指在一块半导体芯片上,集成了微处理器、存储器、输入/输出接口、定时器/计数器以及中断系统等功能部件,构成一台完整的微型计算机。通俗地讲,单片机就是一块集成电路芯片,图 1-1 所示是两种不同封装类型的单片机,它们均呈现出集成电路特有的外观,黑色的硬塑料或其他材料制成的外壳,两侧或四周有整齐排列的金属引脚。

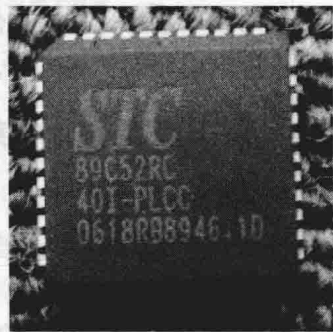
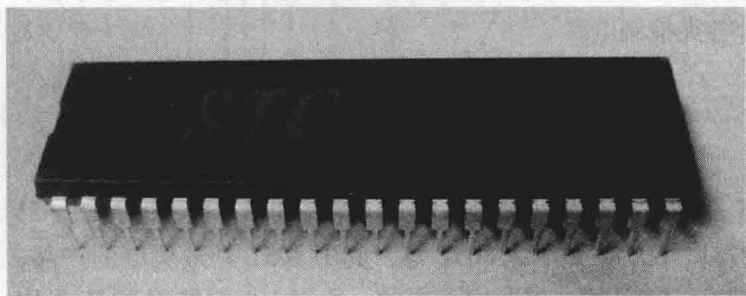


图 1-1 单片机实物

单片机这种集成电路芯片具有特殊功能,即可通过执行使用者编写的程序,控制芯片的各个引脚在不同的时间输出不同的电平,从而控制与单片机各个引脚相连的外围电路的电气状态,所以它又被称为微控制器。单片机之所以可以根据程序实现灵活的运算及控制,全依赖于内部精妙的电路结构设计。将单片机的外壳撬开,可以看到图 1-2 所示的内部结构。在塑料基底的中央有一个微型的芯片,还有连接芯片和单片机引脚的细导线。单片机起主要作用的是芯片部分,细导线只是起到了在芯片和引脚之间传递信号的作用。

1.1.2 单片机与微型计算机的关系

计算机的发展经历了从电子管、晶体管、集成电路到大规模集成电路四代的演变。微型计算机是大规模集成电路技术发展的产物,它属于第四代电子计算机。

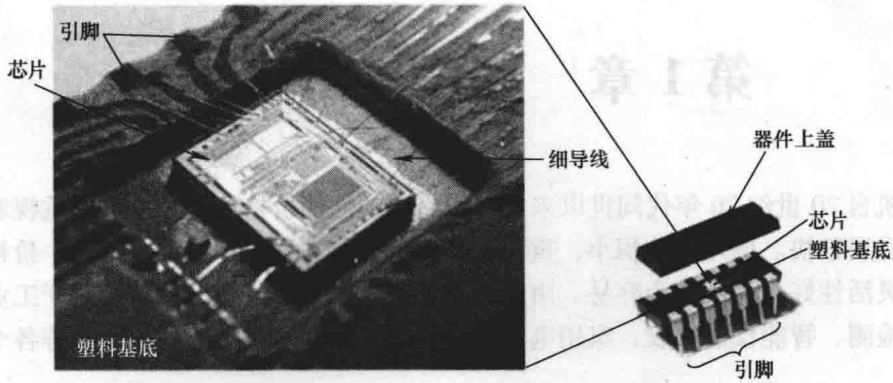


图 1-2 单片机的内部结构

微型计算机的发展以微处理器的发展为特征，主要表现在芯片集成度的提高（从最初的约 2000 个晶体管/片发展到目前的几百万个晶体管/片），处理器位数的增加（从 4 位增加到 64 位），时钟频率的加快（从 1MHz 到约几个 GHz），以及价格的逐渐降低等方面。

随着大规模集成电路技术的进一步发展，微型计算机向两个主要方向发展：一是向高速度、高性能、大容量的高档微型计算机及其系列化的方向发展；二是向稳定可靠、小而廉、能适应各种控制领域需要的单片机方向发展，因此单片机是微型计算机发展的一个重要分支。单片机在一片集成芯片上除了包含具有数据处理能力的 CPU 外，还包含存储器与多种功能的接口芯片，目的是使单个芯片实现更多的功能，应用更方便、体积更小巧，尽可能不用或者少用外部扩展电路，以适合各类控制电路。

1.1.3 常用的单片机系列

1. 8051 单片机

8051 单片机最早是由美国 Intel 公司在 1980 年生产的，它是一个系列单片机，即 MCS-51 系列，包括许多型号，如 8051、8751、8031、8032、8052 等，其中 8051 是最典型的产品，其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减改变而来的，所以人们习惯用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机。

20 世纪 80 年代中期 Intel 公司对 8051 内核采取了扩散政策，将 MCS-51 的内部核心技术以专利转让或互换的形式逐步授权给了很多其他厂商，使得 8051 单片机发展为数十种系列，上百种产品。各种具有 8051 内核的单片机与 MCS-51 系列单片机的指令系统完全兼容，内部核心结构也相同，都采用了低功耗的 CHMOS 工艺，统称为 80C51 单片机，内部程序存储器大多为 OTP ROM 和 FLASH ROM，功能或强或弱，使其更有特点、市场竞争力更强。

不同制造厂商的 80C51 单片机型号列表如表 1-1 所示，由于厂商及芯片型号太多，此处不能一一列举。表 1-1 中都是 8051 内核扩展出来的单片机，也就是只要学会一种 8051 单片机的操作，这些单片机便全都会操作了。会操作 8051 单片机，其他内核的单片机，可以触类旁通，很快上手。

表 1-1 不同制造厂商的 80C51 单片机型号列表

制造厂商	单片机型号
AT (Atmel)	AT89C51, AT89C52, AT89C53, AT89C55, AT89LV52, AT89S51, AT89S52, AT89LS53 等
Philips (飞利浦)	P80C54, P80C58, P87C54, P87C58, P87C524, P87C528 等
STC	STC89C51RC, STC89C52RC, STC89C53RC, STC89LE51RC, STC89LE52RC, STC12C5412AD 等
Winbond (华邦)	W78C54, W78C58, W78E54, W78C58 等
Intel (英特尔)	i87C54, i87C58, i87L54, i87C51FB, i87C51FC
Siemens (西门子)	C501-1R, C501-1E, C513A-H, C503-1R, C504-2R

下面以图 1-1 中左边的双列直插式 STC 单片机为例来说明单片机芯片的命名规则, 各部分含义如图 1-3 所示。其他厂家的产品大同小异。

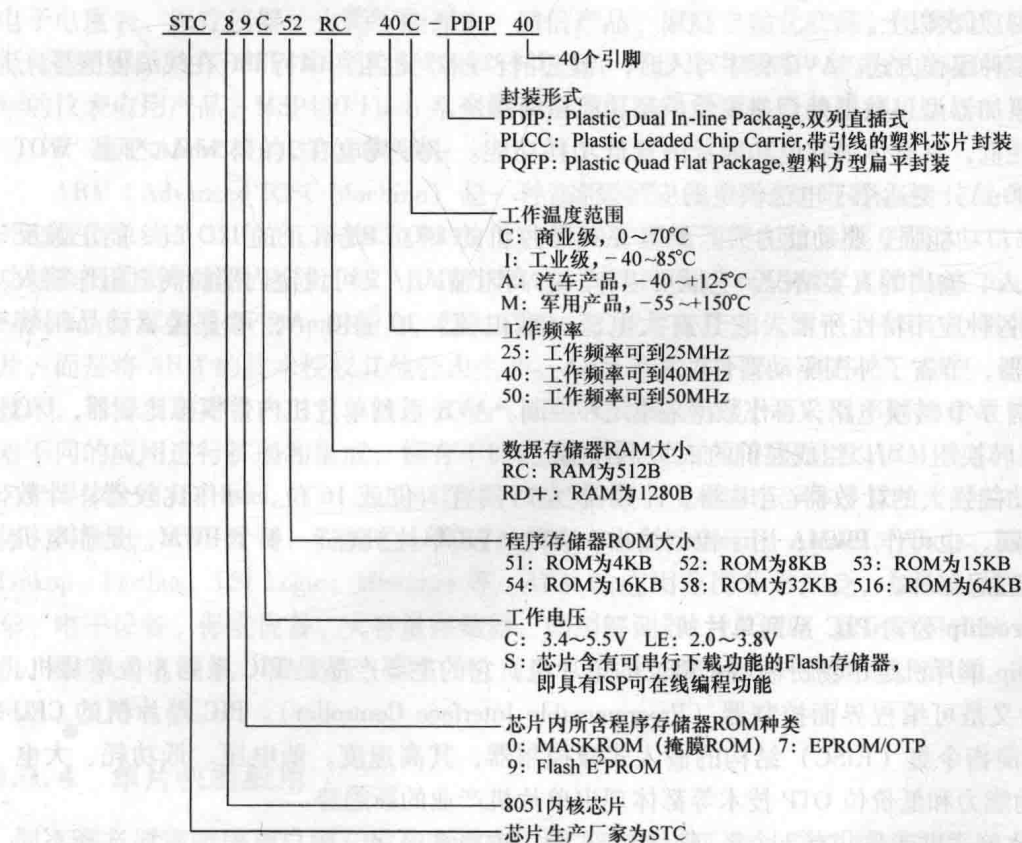


图 1-3 STC 公司 80C51 内核单片机命名规则

Intel 公司的 MCS-51 及与之兼容的 80C51 系列单片机 (以下统称为 80C51 系列单片机) 是目前国内应用最为广泛的单片机, 也是最多地被电子设计工程师掌握的单片机。市

场上关于单片机的书籍资料有很大一部分是基于 80C51 系列的, 各种 80C51 系列单片机的开发工具如编译器、仿真器和编程器等也很容易找到。大量熟练的用户群、充足的支持工具与充沛的货源, 是 80C51 兼容系列单片机的市场优势; 80C51 单片机厂商众多, 由于激烈的竞争关系, 各兼容生产厂家不断推出性价比更高的产品, 选用该系列的用户可获得更大的价值。因此自从 80C51 系列单片机推出以来, 虽然其他的公司也推出许多新的单片机系列, 但是 80C51 系列单片机及其兼容产品仍然占据了国内市场的很大份额。因此本书重点将讲解 80C51 系列单片机及其应用, 对其他公司的单片机仅在本节做简单介绍。

2. Atmel 公司 AVR 系列单片机

AVR 系列单片机是 1997 年 Atmel 公司为了充分发挥其 Flash 的技术优势, 而推出的全新配置的精简指令集 (Reduced Instruction Set Computer, RISC) 单片机。该系列单片机一进入市场, 就以其卓越的性能而大受欢迎。通过这几年的发展, AVR 单片机已形成系列产品, 其 Attiny 系列、AT90S 系列与 Atmega 系列分别对应为低、中、高档产品 (高档产品含 JTAG ICE 仿真功能)。

AVR 系列单片机的主要优点如下:

- 1) 程序存储器采用 Flash 结构, 可擦写 1000 次以上。新工艺的 AVR 器件, 其程序存储器擦写可达 1 万次以上。
- 2) 有多种编程方式。AVR 程序写入时, 可以并行写入, 也可用串行 ISP 在线编程擦写。
- 3) 多累加器型、数据处理速度快, 超功能精简指令。
- 4) 功耗低, 具有休眠省电功能及闲置低功耗功能。一般耗电在 1 ~ 2.5mA 之间, WDT 关闭时为 100nA, 更适用于电池供电的应用设备。
- 5) I/O 口功能强、驱动能力大。AVR 系列单片机的 I/O 口是真正的 I/O 口, 能正确反映 I/O 口输入、输出的真实情况。它既可以作三态高阻输入, 又可设定内部拉高电阻作输入端, 便于为各种应用特性所需。它具有大电流 (灌电流) 10 ~ 40mA, 可直接驱动晶闸管 SSR 或继电器, 节省了外围驱动器件。
- 6) 具有 A/D 转换电路, 可作数据采集闭环控制。AVR 系列单片机内带模拟比较器, I/O 口可作 A/D 转换用, 可以组成廉价的 A/D 转换器。
- 7) 有功能强大的计数器/定时器。计数器/定时器有 8 位或 16 位, 可作比较器、计数器、外部中断, 也可作 PWM, 用于控制输出。有的 AVR 单片机有 3 ~ 4 个 PWM, 是作电机无级调速的理想器件。

3. Microchip 公司 PIC 系列单片机

Microchip 单片机是市场份额增长最快的单片机, 它的主要产品是 PIC 系列 8 位单片机。“PIC” 的含义是可编程界面控制器 (Programmable Interface Controller)。PIC 单片机的 CPU 是采用了精简指令集 (RISC) 结构的嵌入式微控制器, 其高速度、低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力和低价位 OTP 技术等都体现出单片机产业的新趋势。

PIC 8 位单片机产品共有 3 个系列, 即基本级、中级和高级。用户可根据需要选择不同档次和不同功能的芯片。

基本级系列产品的特点是低价位, 如 PIC16C5X, 适用于各种对成本要求严格的家电产品。又如 PIC12C5XX 是世界上第一个 8 脚的低价位单片机, 因其体积很小, 完全可以应用在以前不能使用单片机的家电产品中。

中级系列产品是 PIC 最丰富的品种系列。它是在基本级产品上进行了改进,并保持了很高的兼容性。外部结构也有很多种,有从 8 引脚到 68 引脚的各种封装,如 PIC12C6XX。该级产品的性能很高,如内部带有 A/D 变换器、E²PROM 数据存储器和比较器输出、PWM 输出、I²C 和 SPI 等接口。PIC 中级系列产品适用于各种高、中和低档的电子产品的的设计。

高级系列产品如 PIC17CXX 单片机的特点是速度快,所以适用于高速数字运算的应用场合,加之它具备一个指令周期内(160ns)可以完成 8×8(位)二进制乘法运算能力,所以可取代某些 DSP 产品。再有 PIC17CXX 单片机具有丰富的 I/O 控制功能,并可外接扩展 EPROM 和 RAM,使它成为目前 8 位单片机中性能最高的机种之一,所以适合于高、中档的电子设备中使用。

4. TI 公司 MSP430 系列单片机

TI 公司 MSP430 系列单片机是超低功耗 Flash 型单片机,有“绿色微控制器(Green MCUs)”称号,是目前单片机业界所有内部集成闪速存储器(Flash ROM)产品中功耗最低的,消耗功率仅为其他闪速微控制器(Flash MCUs)的 1/5。在 3V 工作电压下其耗电电流低于 350 μ A/MHz,待机模式仅为 1 μ A/MHz,具有 5 种节能模式。该产品的工作温度范围为 -40~85 $^{\circ}$ C,可满足工业应用要求。MSP430 微控制器可广泛地应用于煤气表、水表、电子电表、医疗仪器、火警智能探头、通信产品、家庭自动化产品、便携式监视器及其他低耗能产品。由于 MSP430 微控制器的功耗极低,可设计出只需一块电池就可以使用长达 10 年的仪表应用产品。MSP430 Flash 系列的确是不可多得的高性价比单片机。

5. 基于 ARM 核的 32 位单片机

ARM (Advanced RISC Machine) 是一种通用的 32 位 RISC 处理器。32 位是指处理器的外部数据总线是 32 位的,与 8 位和 16 位的相同主频处理器相比性能更强大。ARM 是一种功耗很低的高性能处理器,如 ARM7 TDMI 具有每瓦生产 690MIPS (Millions Instruction Per Second, 百万条指令/秒)的能力,已被证明在工业界处于领先水平。ARM 公司并不生产芯片,而是将 ARM 的技术授权其他公司生产。ARM 本质并不是一种芯片,而是一种芯片结构技术,不涉及芯片生产工艺。被授权生产 ARM 结构芯片的公司采用不同的半导体技术,面对不同的应用进行扩展和集成,标有不同的系列号。目前可以提供含 ARM 核 CPU 芯片的著名半导体公司有: Intel、TI、三星半导体、摩托罗拉、飞利浦半导体、意法半导体、亿恒半导体、科胜讯、ADI 公司、安捷伦、高通公司、Atmel、Intersil、Alcatel、Altera、Cirrus Logic、Linkup、Parthus、LSI Logic、Micronas 等。ARM 的应用范围非常广泛,如嵌入式控制——汽车、电子设备、保安设备、大容量存储器、调制解调器、打印机,数字消费产品——数码相机、数字式电视机、游戏机、GPS、机顶盒,便携式产品——手提式计算机、移动电话、PDA、灵巧电话。

1.1.4 单片机的应用

目前,个人计算机、笔记本电脑的使用已非常普遍,连小学生都懂得如何上网、发邮件、打游戏等,还学习单片机干什么?而且与计算机相比,单片机的功能少得多,那学它究竟有什么用呢?

在计算机出现以前,有不少能工巧匠做出了不少精巧的机械。进入电气时代后,人们借助于电气技术实现了自动控制机械、自动生产线甚至自动工厂,并且大大地发展了控制理

论。然而, 在一些大中型系统中自动化结果并不理想。只有在计算机出现后, 人们才见到了希望的曙光, 如今借助计算机逐渐实现了人类的梦想。但是, 在之后相当长的时间里, 计算机作为科学武器, 在科学的神圣殿堂里默默地工作, 但在工业现场的测控领域并没有得到真正的应用。实际上, 随着自动化程度的提高, 工业和现实生活中许多需要计算机控制的场合并不要求计算机有很高的性能, 因为这些应用场合对数据量和处理速度要求不高, 如果使用计算机将增加成本。单片机凭借体积小、重量轻、价格便宜等优势, 成为计算机的替代品。如空调温度的控制, 冰箱温度的控制等都不需要很复杂、很高级的计算机。应用的关键在于是否满足需求, 是否有很好的性能价格比, 在这方面单片机就充分显示出其优越性。单片机出现后, 计算机才真正地从科学的神圣殿堂走入寻常百姓家, 成为广大工程技术人员现代化技术革新, 技术革命的有利武器。

单片机属于控制类数字芯片, 目前其应用领域已非常广泛, 典型应用如下:

- 1) 工业自动化。如数据采集、测控技术。
- 2) 智能仪器仪表。如数字示波器、数字信号源、数字万用表、感应电流表等。
- 3) 消费类电子产品。如洗衣机、电冰箱、空调机、电视机、微波炉、IC卡、汽车电子设备等。
- 4) 通信方面。如调制解调器、程控交换技术、手机、小灵通等。
- 5) 武器装备。如飞机、军舰、坦克、导弹、航天飞机、鱼雷制导、智能武器等。

这些电子器件内部无一不用到单片机, 而且大多数电器内部的主控芯片就是由一块单片机来控制的。可以说, 凡是与控制或简单计算有关的电子设备都可以用单片机来实现。当然需要根据实际情况选择不同性能的单片机。

1.1.5 初识单片机控制系统

下面通过一个单片机应用最简单的项目——使一个发光二极管闪烁的控制系统的设计与制作, 引导大家认识单片机控制系统, 初步了解单片机控制系统的设计流程。

1. 项目分析

项目分析是分析项目功能、确定参数要求的过程。无论现在学习单片机系统设计或是将来设计一些解决实际问题的项目, 明确最终要达到的功能非常重要。

本项目使单片机控制一个发光二极管点亮 500ms, 熄灭 500ms, 再点亮 500ms, 再熄灭 500ms, ……如此循环, 如图 1-4 所示。根据项目分析, 可以设计系统框图, 如图 1-5 所示。

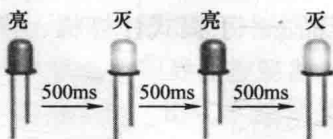


图 1-4 单片机控制一个发光二极管闪烁的项目分析 图 1-5 单片机控制一个发光二极管闪烁的系统框图

2. 硬件电路设计

使一个发光二极管闪烁的单片机控制系统的硬件电路原理图如图 1-6 所示, 其组成主要有: ①单片机——STC89C52 (80C51 中的一种); ②+5V 电源电路; ③晶振电路; ④复位电路; ⑤1 个发光二极管 D1; ⑥330Ω 与 2kΩ 电阻各一个。发光二极管 D1 的阳极直接接

+5V 电源, 阴极通过 330Ω 限流电阻连接在单片机的 P1.0 引脚上, 如果 P1.0 引脚输出低电平, 发光二极管 D1 就被点亮, 如果 P1.0 引脚输出高电平, 发光二极管 D1 就被熄灭。

单片机将计算机的主要功能部件都集成到一块芯片上, 理应独立作为计算机使用, 更好地发挥其体积小、重量轻、耗电少、价格低的优点, 但有些功能电路是无法集成到芯片内部的, 例如要使单片机系统工作, 必须有电源电路为单片机提供电能, 必须有晶振电路为单片机提供其工作所需要的脉冲信号 (单片机是时序电路, 必须要有脉冲信号才能正常工作), 还必须有复位电路使单片机内部部件都处于一个确定的初始状态, 并从这个状态开始工作。

电源电路、晶振电路和复位电路必须在单片机的外面单独设计, 由单片机、电源、晶振与复位电路就构成了真正可使用的单片机最小应用系统。

使用单片机的目的是控制外部设备, LED 发光二极管是一种最常用的外设。图 1-6 中 330Ω 限流电阻的作用是防止流过发光二极管的电流过大而将其烧毁。限流电阻阻值的计算方法为 $R = (5 - 1.75) / I_d$, 式中 I_d 为流过发光二极管的电流, 一般从 2mA 到 20mA, 由设计者根据所希望的发光亮度选择电流的大小, 电流值越大, 发光二极管越亮, 但不能太大, 当流过二极管的电流超过 20mA 时, 容易将其烧坏。

3. 软件程序设计

图 1-6 所示的电路搭建出来之后, 即硬件全部连接好之后, 二极管 D1 并不能亮灭闪烁, 就像一台没有软件的计算机, 接通电源后各个元器件正常工作, 但是对外并不表现任何功能。要让二极管 D1 实现亮灭闪烁, 还要让单片机运行程序, 使单片机 P1.0 引脚先输出低电平 500ms, 再输出高电平 500ms, 再输出低电平 500ms, 再输出高电平 500ms, 不断循环, 从而使 D1 以 500ms 的时间间隔不断地亮灭闪烁。

程序设计如下:

```
#include <reg52.h> //52 系列单片机头文件
sbit D1 = P1^0; //声明单片机 P1 口的第一位
unsigned int i, j; //声明无符号整型变量 i, j
void main() //主函数
{
    while(1) //大循环
    {
        D1 = 0; //点亮发光二极管 D1
```

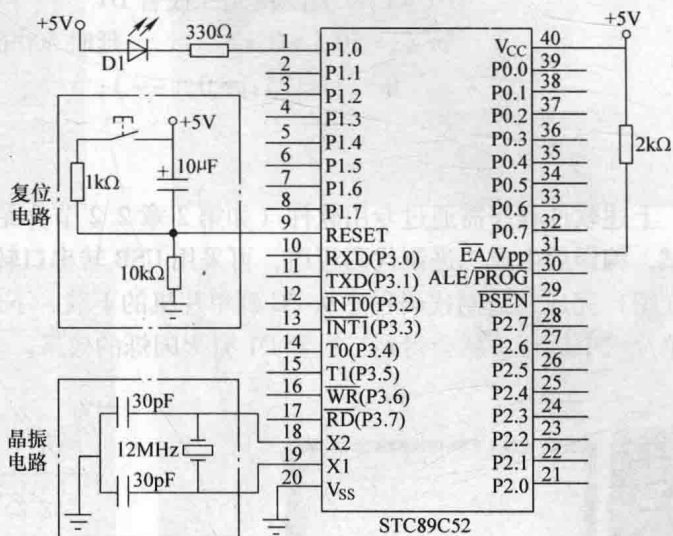


图 1-6 使一个发光二极管闪烁的单片机控制系统硬件电路原理图