



普通高等教育电气工程与自动化(应用型)“十二五”规划教材

Principle and Application
of Single-chip Microcomputer

单片机 原理及应用

◎ 张兰红 邹 华 主 编
◎ 刘纯利 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育电气工程与自动化（应用型）“十二五”规划教材

单片机原理及应用

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,内容包括单片机的基础知识、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 集成开发环境或 Proteus 仿真软件中调试通过,可以直接在课堂教学中进行现场演示。许多实例本身就是一个生动、实用的单片机应用系统,可大大激发学生的学习积极性。

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,也可以作为从事单片机项目开发与应用的工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/张兰红等主编. —北京:机械工业出版社,2012.7
普通高等教育电气工程与自动化(应用型)“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-38483-0

I. ①单… II. ①张… 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 (2012) 第 106430 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 任正一

版式设计:霍永明 责任校对:张 薇

封面设计:张 静 责任印制:杨 曦

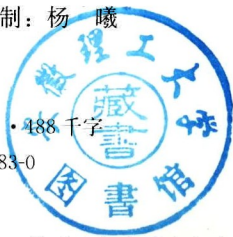
北京中兴印刷有限公司印刷

2012 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 19.75 印张 · 488 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-38483-0

定价:38.00 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 网络服务

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.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）“十二五”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（按姓氏笔画排序）：

丁元明 马修水 王再英 王 军 叶树江
孙晓云 朱一纶 张立臣 李先允 李秀娟
李海富 杨 宁 陈志新 周渊深 尚丽萍
罗文广 罗印升 罗 兵 范立南 娄国焕
赵巧娥 项新建 徐建英 郭 伟 高 亮
韩成浩 蔡子亮 樊立萍 穆向阳

前 言

随着电子技术和计算机技术的飞速发展,单片机技术已渗透到社会生产、生活的各个领域,单片机技术大大加快了自动化、智能化的进程。对单片机技术的应用是电专业学生及相关领域工程技术人员必备的一项能力。

单片机是一门涉及计算机硬件与软件技术的综合性课程,内容抽象繁杂、知识点多且分散。编者在多年的教学实践中发现,学生在学习单片机课程时总是感觉很困难,对知识点难以理解与掌握,许多学生在努力一个学期后收获甚微,有的甚至连基本概念都建立不起来。究其原因,最重要的一点是因为单片机是一门实践性极强的课程,枯燥、复杂且分散的理论知识必须及时获得验证,以帮助学生理解。尽管该课程都有实验,但传统的实验教学受时间与场地等条件的限制,一般不能及时进行。

为解决上述问题,本书在介绍完单片机的基础知识后,就将单片机的开发环境——Keil C51 集成开发环境和支持微处理器芯片仿真的 Proteus VSM 软件介绍给读者。在后续内容的讲解中,列举了大量生动、实用的单片机应用系统实例,只要有计算机,这些实例可以随时随地进行仿真验证,有助于学生及时理解抽象、复杂的概念和知识点,激发学习热情,提高学习兴趣。

本书共 11 章,第 1 章对单片机进行了概述,介绍了单片机的基础知识;第 2 章介绍了单片机应用系统的开发环境;第 3~4 章介绍了 80C51 系列单片机的硬件与软件基础;第 5~8 章介绍了单片机片内功能部件:并行口、中断系统、定时器/计数器、串行口及其应用;第 9 章介绍了 80C51 单片机系统扩展技术;第 10 章介绍了 80C51 单片机的测控接口;第 11 章介绍了单片机应用系统的开发过程及几个典型的设计实例。

本书特点:

(1) 所有例题均可在 Keil C 或 Proteus 软件(或两者联调)中仿真,使单片机课堂教学可以现场演示,学生课后可以及时验证。

(2) 尽可能用图片、实物照片将相关知识点与实例进行展示。

(3) 大量的实例取材于生产、生活实际,是完整的单片机应用系统,给出了其仿真结果。部分实例还给出了制作过程与实验结果图片,读者可以仿制,以此来深刻体会单片机应用系统硬件与软件的设计方法,锻炼开发单片机应用系统的能力。

(4) 采用实用性强的 C51 作为单片机的编程语言,使程序设计具有模块化的特点,便于阅读与编写。

本书第 1~3 章、第 9~11 章由盐城工学院张兰红编写,第 4 章由潍坊学院邹华编写,第 8 章由安徽科技学院刘纯利编写,第 5~7 章由盐城工学院陆广平编写,张兰红担任总体策划与全书统稿工作。

在本书的编写过程中周云龙、张美琪等老师,顾善忠、袁卫卫、朱青、王晴、唐利刚、叶相如、刘振宇、陆雅玲等同学在资料收集、绘图等方面做了大量的工作,在此向

他们表示衷心的感谢！盐城工学院教务处、电气工程学院的领导给予了大力支持，提供了项目资助，在此一并表示衷心的感谢！

本书由南京航空航天大学自动化学院的王友仁教授与陈鸿茂教授担任主审，两位老师审稿非常认真，从篇章结构到文字细节都进行了严格细致的把关，提出了很多非常中肯的建议，在此向两位老师表示衷心的感谢！

在本书的编写过程中，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，还包括各章基于 Proteus 仿真平台的单片机仿真电路、相应源程序和工程文件。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免会有错误和不足之处，恳请各位读者批评指正。

编者 E_mail: zlhycit@126.com。

编 者

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 4

1.1.5 单片机控制系统实例——点亮 一个发光二极管的控制系统 5

1.2 微型计算机系统组成 7

1.2.1 计算机的基本结构 7

1.2.2 微型计算机的结构 7

1.2.3 微型计算机系统 10

1.2.4 微型计算机软件 10

1.3 微型计算机的运算基础知识 12

1.3.1 数制的概念 12

1.3.2 与计算机有关的数制 12

1.3.3 数制之间的相互转换 14

1.3.4 码制的概念 15

本章小结 19

习题 1 20

第 2 章 单片机应用系统的开发

环境 21

2.1 单片机应用系统的开发工具 21

2.2 Keil C51 高级语言集成

开发环境—— μ Vision3 IDE 22

2.2.1 Keil μ Vision3 IDE 的主要 特性 22

2.2.2 μ Vision3 IDE 集成开发环境 简介 23

2.2.3 μ Vision3 IDE 的使用 24

2.3 基于 Proteus 的单片机系统仿真 36

2.3.1 Proteus 7 Professional 界面 介绍 37

2.3.2 电路原理图的绘制 39

2.3.3 Proteus VSM 与 Keil μ Vision3 的联调 46

本章小结 47

习题 2 48

第 3 章 80C51 系列单片机的

硬件基础 49

3.1 8051 系列单片机概述 49

3.1.1 MCS-51 系列单片机 49

3.1.2 8051 内核单片机简介 50

3.1.3 80C51 系列单片机的选择依据 51

3.2 80C51 系列单片机引脚功能 52

3.3 80C51 系列单片机的编程结构 56

3.4 80C51 系列单片机的存储器 58

3.4.1 半导体存储器 58

3.4.2 存储器的主要指标 60

3.4.3 80C51 单片机的存储器 60

3.5 80C51 单片机的工作方式 67

3.5.1 复位方式 67

3.5.2 程序执行方式 68

3.5.3 低功耗方式 68

3.6 80C51 系列单片机的时序 70

3.6.1 时钟电路 70

3.6.2 时序的基本单位 71

3.6.3 80C51 系列单片机的典型 时序分析 72

3.7 80C51 单片机最小应用系统 73

本章小结 74

习题 3 75

第 4 章 80C51 单片机的软件基础 76

4.1 80C51 单片机的指令系统 76

4.1.1 指令格式 76

4.1.2 指令系统的寻址方式 77

4.1.3 指令系统 80

4.1.4 汇编语言编程举例 94

4.2 C51 程序设计基础 97

4.2.1 C51 和标准 ANSI C 的区别 97

4.2.2 C51 程序结构分析 97

4.2.3 C51 的标识符和关键字 101

4.2.4 C51 的数据结构 103

4.2.5 变量的存储种类和存储器类型	108	6.2.1 中断系统的结构	161
4.2.6 绝对地址的访问	113	6.2.2 中断响应	166
4.2.7 C51的预处理	116	6.2.3 中断请求的撤销	166
4.2.8 C51的运算符与表达式	117	6.3 中断服务程序的设计	167
4.3 C51语言的语句	123	6.4 中断系统的应用	168
4.3.1 表达式语句	123	本章小结	172
4.3.2 复合语句	123	习题6	172
4.3.3 空语句	123	第7章 定时器/计数器及应用	174
4.3.4 函数调用语句	123	7.1 定时/计数技术概述	174
4.3.5 控制语句	124	7.1.1 软件定时/计数	174
4.4 C51的函数	132	7.1.2 数字电路定时/计数	174
4.4.1 函数的一般格式	132	7.1.3 可编程定时/计数	174
4.4.2 中断函数	134	7.2 80C51单片机的定时器/计数器	175
4.4.3 C51的库函数	134	7.2.1 定时器/计数器的结构	175
4.4.4 本征库函数和非本征库函数	136	7.2.2 定时器/计数器的工作原理	176
4.4.5 几类重要的库函数	136	7.2.3 定时器/计数器的工作方式	178
4.5 C51的程序结构	138	7.2.4 定时器/计数器对输入信号的要求	182
4.5.1 顺序结构	138	7.3 定时器/计数器的应用	182
4.5.2 分支结构	139	本章小结	188
4.5.3 循环结构	139	习题7	189
4.5.4 综合举例	139	第8章 串行口及应用	190
本章小结	140	8.1 串行通信基础知识	190
习题4	141	8.1.1 计算机对外通信方式	190
第5章 并行口及应用	144	8.1.2 串行通信的基本概念	191
5.1 80C51系列单片机内部并行口的结构	144	8.1.3 串行通信接口标准	194
5.1.1 P0口	144	8.2 80C51单片机的串行口	199
5.1.2 P1口	145	8.2.1 串行口的结构	199
5.1.3 P2口	146	8.2.2 串行口的工作方式	201
5.1.4 P3口	147	8.3 串行口的应用	211
5.1.5 P0~P3端口功能总结	147	本章小结	216
5.2 80C51系列单片机并行口的应用	148	习题8	216
5.3 七段数码管显示器接口	152	第9章 80C51单片机系统扩展技术	218
5.3.1 七段数码管简介	152	9.1 单片机系统扩展概述	218
5.3.2 LED显示器工作原理	153	9.1.1 单片机系统扩展资源分类	218
本章小结	157	9.1.2 单片机系统扩展结构	219
习题5	158	9.2 数据存储器的扩展	220
第6章 中断系统及应用	159	9.2.1 数据存储器芯片	220
6.1 中断概述	159	9.2.2 地址锁存器芯片	221
6.1.1 中断的有关概念	159	9.2.3 数据存储器扩展电路	223
6.1.2 中断技术的应用	160	9.2.4 存储器的编址	224
6.1.3 中断系统的功能	160	9.3 并行I/O接口的扩展	227
6.2 80C51单片机中断系统	161		

9.3.1 并行 I/O 口扩展概述	227	习题 10	277
9.3.2 简单并行 I/O 口的扩展	228	第 11 章 单片机应用系统的开发与	
9.3.3 可编程并行 I/O 口的扩展	230	与设计	279
9.4 键盘接口技术	239	11.1 单片机应用系统的开发过程	279
9.4.1 按键开关	240	11.1.1 总体设计	279
9.4.2 键盘工作原理	240	11.1.2 硬件设计	280
9.4.3 独立式键盘	241	11.1.3 软件设计	281
9.4.4 矩阵式键盘	244	11.2 LED 点阵显示屏设计	282
9.5 LCD 液晶显示器与单片机的接口	248	11.2.1 项目任务	282
9.5.1 点阵字符型液晶显示模块的 组成和基本特点	249	11.2.2 项目分析	282
9.5.2 LCD1602 模块接口引脚功能	249	11.2.3 项目硬件设计	283
9.5.3 LCD1602 模块的操作	250	11.2.4 项目程序设计	284
9.5.4 LCD1602 与 AT89C52 单片机 的接口与编程	253	11.2.5 仿真与实验结果	287
本章小结	255	11.3 使用 DS18B20 温度传感器设计 的温控系统	288
习题 9	256	11.3.1 项目任务	288
第 10 章 80C51 单片机的测控接口	257	11.3.2 项目分析	289
10.1 D/A 转换接口技术	257	11.3.3 DS18B20 简介	289
10.1.1 D/A 转换器的基本原理与 主要技术指标	257	11.3.4 项目硬件设计	293
10.1.2 DAC0832 芯片及其与单片 机的接口	259	11.3.5 项目程序设计	294
10.2 A/D 转换接口技术	266	11.3.6 仿真与实验结果	300
10.2.1 A/D 转换器原理与技术指标	267	11.4 步进电动机控制系统设计	301
10.2.2 ADC0809 芯片及其与单片机 的接口	268	11.4.1 项目任务	301
10.3 开关量的接口技术	273	11.4.2 项目分析	301
10.3.1 开关量输入接口	273	11.4.3 项目硬件设计	301
10.3.2 开关量输出接口	274	11.4.4 项目程序设计	303
本章小结	277	11.4.5 仿真与实验结果	305
		本章小结	306
		习题 11	306
		参考文献	307

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、灵活性好且开发较为容易。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芯片，但该集成芯片具有特殊功能，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，故又称它为微控制器。单片机编程可以选择汇编语言或 C 语言。图 1-1 所示为两种不同封装类型的单片机。

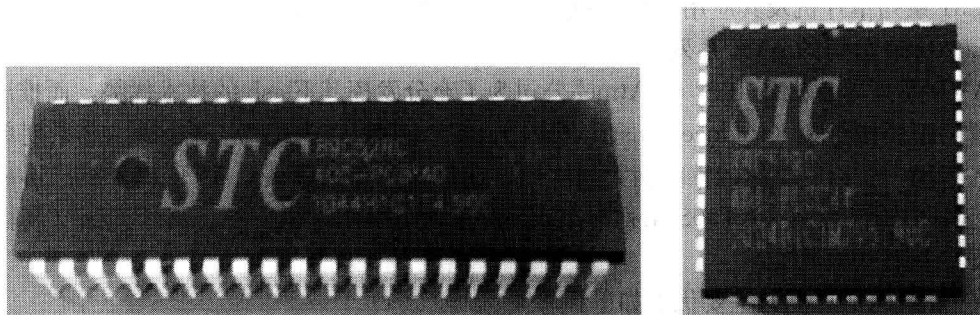


图 1-1 单片机实物

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。

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 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、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。

1.1.3 常用的单片机系列

1. MCS-51 系列及与之兼容的 80C51 系列单片机

MCS-51 系列单片机是美国 Intel 公司在 1980 年推出的高性能单片机。这一系列单片机包括了许多型号,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,所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机。

20 世纪 80 年代中期 Intel 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了很多其他公司,如:Atmel、Philips、STC、Siemens、Winbond 等,这些厂商生产的芯片是 MCS-51 系列的兼容产品,准确地说是与 MCS-51 指令系统兼容的单片机,这些单片机的系统结构与 8051 相同,并且都采用 CHMOS 工艺,因而常用 80C51 系列来称呼它们。

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汇编器、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、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。因此本书重点将介绍 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 公司的 AVR 系列

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, 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。它既可以用做三态高阻输入,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,可用做数据采集闭环控制。AVR 系列单片机内带模拟比较器,

I/O口可用做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,可用做比较器、计数器、外部中断,也可用做PWM,用于控制输出。有的AVR单片机有3~4个PWM,是用做电机无级调速的理想器件。

3. Microchip 公司的 PIC 系列

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,它的 CPU 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 引脚的低价位单片机,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的空间。

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。外部结构也是多种的,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、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,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。所以很适用于高、中档的电子设备中使用。

4. Motorola 公司的单片机

Motorola 公司是世界上最大的单片机厂商,该公司的产品特点品种全、选择余地大、新产品多,在 8 位机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08。68HC05 有 30 多个系列,200 多个品种,产量已超过 20 亿片。8 位增强型单片机 68HC11 也有 30 多个品种,年产量在 1 亿片以上。升级产品有 68HC12。16 位机 68HC16 也有 10 多个品种。32 位单片机的 683XX 系列也有几十个品种。

Motorola 单片机特点之一是在同样速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低很多,因而高频噪声低,抗干扰能力强,更适合用于工控领域及恶劣的环境。Motorola 8 位单片机过去的策略是以掩膜为主,最近推出了 OTP 计划以适应单片机发展新趋势。在 32 位机上,M. CORE 在性能和功耗方面都胜过 ARM7。

由于 Motorola 单片机产品以前主要是以掩膜为主,不太适合于教学,所以没有被选做教学用机型。

5. 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,是目前单片机中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 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，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。

6. 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 具有每瓦产生 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。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

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，计算机出现后相当长的时间里，计算机作为科学武器，在科学的神圣殿堂里默默地工作，而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 and 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。

1.1.5 单片机控制系统实例——点亮一个发光二极管的控制系统

下面通过一个简单的单片机应用实例——点亮一个发光二极管的控制系统的设计与制作,引导大家认识单片机控制系统。

1. 系统硬件设计

点亮一个二极管的单片机控制系统的硬件原理图如图 1-2 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。

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、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 1-2 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。

2. 系统软件设计

硬件全部连接好之后,发光二极管 D1 并不能点亮,要点亮它,还要让单片机运行程序,使单片机 P1.0 引脚输出低电平,从而使 D1 点亮。

程序设计如下:

```
/* 点亮一个发光二极管的程序 */
#include <reg52.h> //包含 52 系列单片机头文件
```

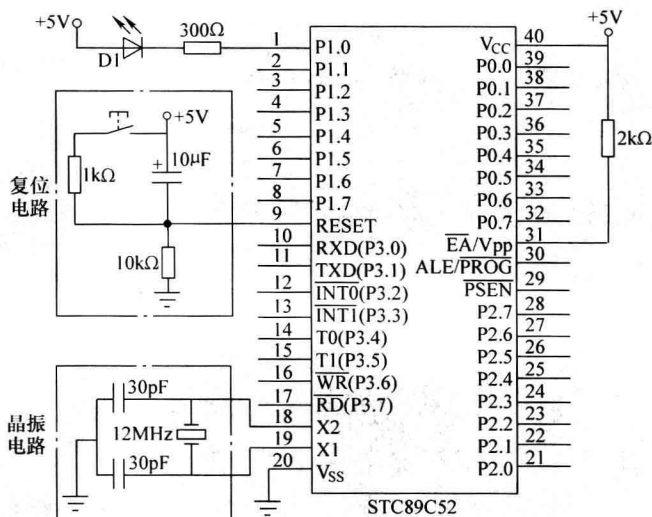


图 1-2 点亮一个发光二极管的单片机控制系统硬件原理图

```

sbit led1=P1^0;           //声明单片机 P1 口的第一位, P1.0 的位名称为 led1
void main()               //主程序
{
    led1=0;               // P1.0 口输出低电平, 点亮发光二极管 D1
    while(1);             //程序运行到此处停止
}

```

将上述控制软件写到单片机中去, 再运行就会得到所需要的二极管点亮的效果。

3. 实物制作过程

下面介绍在多孔电路板上制作点亮一个发光二极管的单片机控制系统的过程, 整个制作过程如图 1-3 所示。

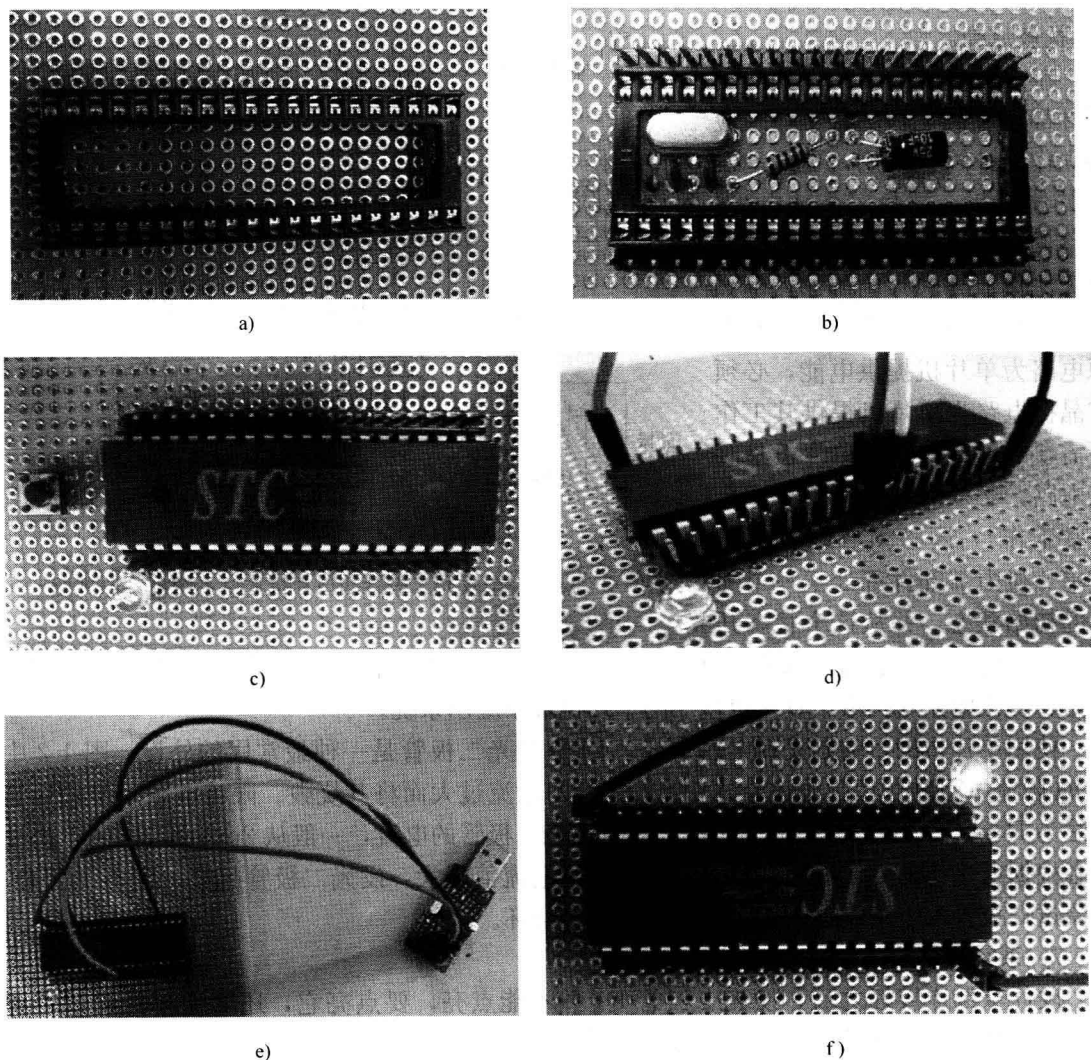


图 1-3 点亮一个二极管的单片机控制系统制作过程

- a) 焊接好 40 脚 IC 插座 b) 焊接好晶振、复位电路及与 IC 插座引脚相连的单排插针
c) 焊好复位按键, 在 P1.0 口焊好电阻和发光二极管, 在 IC 座上插上单片机 d) 将下载线一端与单片机连接
e) 下载线另一端通过 USB 口与 PC 连接 f) 单片机系统通电运行, LED 灯点亮

1) 首先准备好多孔板和与 STC89C52 单片机配套的 40 脚集成芯片插座, 将 40 脚 IC 插座焊接到多孔板上, 如图 1-3a 所示。

2) 按照图 1-2 所示硬件原理图焊接好电路中各个器件, 如图 1-3b 所示, 同时将 40 脚集成芯片的引脚与单排插针相连, 以方便扩展。

3) 将单片机芯片插到 40 脚集成芯片插座上, 如图 1-3c 所示。

4) 如图 1-3d、e 所示, 用购买的 USB 下载线将单片机的电源引脚、串行口引脚与 PC 相连, 直接从 PC 的 USB 口取 +5V 电源, 再从 PC 上将调试、编译好的程序下载到单片机中。

5) 运行单片机系统, LED 发光二极管点亮, 如图 1-3f 所示, 满足设计要求。

点亮一个发光二极管的控制系统是一个最简单的单片机控制系统, 通过对它的设计及制作过程的介绍, 读者会发现单片机控制系统并不神秘。

1.2 微型计算机系统组成

1.2.1 计算机的基本结构

计算机的基本结构如图 1-4 所示, 它由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部分组成。

运算器是计算机处理信息的主要部件。控制器产生一系列控制命令, 控制计算机各部件自动地、协调一致地工作。存储器是存放程序与数据的部件。输入设备用来输入程序与数据, 常用的输入设备有键盘、鼠标、光电输入机、扫描仪等。输出设备将计算机的处理结果用数字、图形等形式表示出来。常用的输出设备有显示终端、数码管、打印机、绘图仪等。

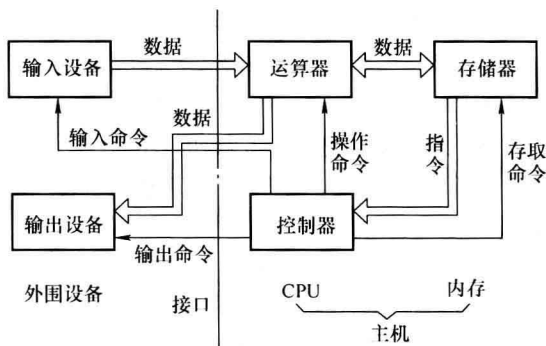


图 1-4 计算机的基本结构

由于运算器、控制器是计算机处理信息的关键部件, 所以常将它们合称为中央处理单元 (Central Processing Unit, CPU)。通常把运算器、控制器、存储器这三部分称为计算机主机, 输入、输出设备称为计算机的外围设备 (简称外设)。

1.2.2 微型计算机的结构

随着大规模集成电路技术的发展, 已经将运算器、控制器集成在一块硅片上, 成为独立的器件, 该芯片称为微处理器或微处理机 (Micro-processor)。存储器 (Memory) 也成为一块独立的芯片。微处理器芯片、存储器芯片与输入/输出 (Input/Output, I/O) 接口电路芯片构成了微型计算机 (Micro-computer), 芯片之间用总线 (Bus) 连接, 微型计算机结构如图 1-5 所示。

1. 微处理器

微处理器是微型计算机的核心, 它通常包括 3 个基本部分:

1) 算术逻辑部件 (Arithmetic Logic Unit, ALU)。ALU 是对传送到微处理器的数据进行算术运算或逻辑运算的电路, 如执行加法、减法运算, 逻辑与、逻辑或运算等。

2) 工作寄存器组。CPU 中有多个工作寄存器, 用来存放操作数及运算的中间结果等。

3) 控制部件。控制部件包括时钟电路和控制电路。时钟电路产生时钟脉冲, 用于计算机各部分电路的同步定时。控制电路产生完成各种操作所需的控制信号。

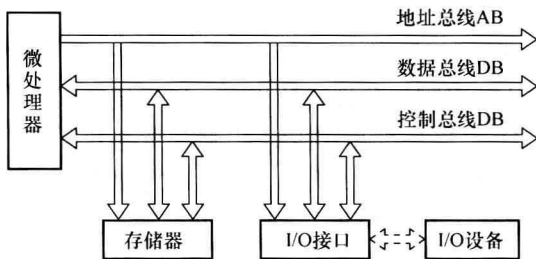


图 1-5 微型计算机结构

2. 存储器

存储器是微型计算机的重要组成部分, 计算机有了存储器才具备记忆功能。在介绍存储器的有关概念之前, 先介绍微型计算机中的几个常用术语:

(1) 位 (bit) 是计算机所能表示的最小的数据单位, 即 1 位二进制数, 它有两种状态: 0 和 1。

(2) 字节 (Byte) 一个连续的 8 位二进制数称为一个字节, 即 $1\text{Byte}=8\text{bit}$ 。

(3) 字 (Word) 通常把 16 位二进制数称为一个字, 32 位二进制数称为一个双字。

(4) 字长 CPU 一次能够处理二进制信息的位数称为字长, 通常也指 CPU 与输入/输出设备或内存单元之间一次传送二进制数据的位数。

计算机的字长与处理能力和计算精度有关。字长越长, 计算精度越高, 处理能力越强, 但计算机的结构也变得更复杂。CPU 的字长有 1 位、4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位, 对应的计算机就是 1 位机、4 位机、8 位机、16 位机、32 位机和 64 位机。目前单片机大多是 8 位机或 16 位机, 本书所介绍的 80C51 系列单片机就是 8 位机, 这意味着如果要处理 16 位数据就应分两次处理。

存储器由许多存储单元组成, 在 8 位字长的微机中, 每个存储单元存放 8 位二进制代码, 即存放一个字节 (Byte)。存储器示意图如图 1-6 所示, 每个方格表示一个存储单元。

存储单元地址	存储单元内容
0000 0000B	0011 1100B
0000 0001B	1010 0011B
0000 0010B	1110 0101B
0000 0011B	×××× ××××B
0000 0100B	×××× ××××B
⋮	×××× ××××B
1111 1110B	×××× ××××B
1111 1111B	×××× ××××B

图 1-6 存储器示意图

存储器的一个重要指标是容量。假如存储器有 256 个单元, 每个单元存放 8 位二进制数, 那么该存储器容量为 256 字节, 或 256×8 位。在容量较大的存储器中, 存储容量还以“KB”、“MB”、“GB”为单位。

$$1\text{KB}=1024\text{B}=2^{10}\text{B}, 1\text{MB}=1024\text{KB}=2^{20}\text{B}, 1\text{GB}=1024\text{MB}=2^{30}\text{B}.$$

计算机工作时, 将数据存入存储器的过程称为“写”操作, CPU 从存储器中取数据的过程为“读”操作。写入存储单元的数据取代了原有的数据, 而且在下一个新的数据写入之前一直保留着, 即存储器具有记忆数据的功能。在执行读操作后, 存储单元中原有的内容不变, 即存储器的读出是非破坏性的。