

高职高专计算机实用规划教材

—— 案例驱动与项目实践



本书特色：

- 以MCS-51系列单片机为模型，侧重系统构成与应用设计，培养开发能力
- 紧跟当前工程实际应用，符合职业需求，并为技能等级考核、电子竞赛打基础

单片机技术及应用

刘训非 陈 希 主 编
程雪敏 蔡成炜 副主编



■ 单片机



■ 案例驱动



■ 项目实践



高职高专计算机实用规划教材——案例驱动与项目实践

单片机技术及应用

刘训非 陈 希 主 编

程雪敏 蔡成炜 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列单片机为模型, 主要介绍单片机的基本结构、工作原理、指令系统、程序设计以及系统扩展与工程应用。本书从第 8 章开始专门介绍了 C51 编程技术及其应用, 在讲解单片机原理的同时也介绍了单片机 C 语言程序设计方法, 特别在讲解部分实例时, 给出汇编语言和 C 语言两种语言的编写方法, 目的是通过比较汇编语言与 C 语言的编写特点, 使学生能够有比较性地选择一种语言的学习, 并且认识另一种语言。

本书依据高职教育培养高技能型人才的要求和办学特点来编写, 内容系统、全面、深入浅出, 重点突出动手能力的培养。在讲授基本工作原理的同时, 编者结合自己多年的教学和项目开发经验, 给出了许多实际项目, 在项目的设置上力求做到难易程度循序渐进, 使学生能够轻松掌握相关的技能与知识。本书侧重单片机系统构成与应用设计, 通过实践环节, 软、硬结合, 初步培养学生的单片机开发能力。

本书适合高职高专院校作为“单片机”或“C51”等相关课程的教材, 也可作为各类电子信息工程、自动化技术人员和计算机爱好者的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

单片机技术及应用/刘训非, 陈希主编; 程雪敏, 蔡成炜副主编. —北京: 清华大学出版社, 2010.3

(高职高专计算机实用规划教材——案例驱动与项目实践)

ISBN 978-7-302-21997-2

I. 单… II. ①刘… ②陈… ③程… ④蔡… III. 单片微型计算机—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 021667 号

责任编辑: 黄 飞

封面设计: 杨玉兰

版式设计: 北京东方人华科技有限公司

责任印制: 何 芊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 20.75 字 数: 500 千字

版 次: 2010 年 3 月第 1 版 印 次: 2010 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 32.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 033728-01

前 言

单片微型计算机简称单片机，是典型的嵌入式微控制器，由于其具有集成度高、体积小、功耗低、性价比高、功能强、应用灵活、可靠性高等优点，所以在工业控制、机电一体化、通信终端、智能仪表、家用电器等诸多领域中都起着十分重要的作用，并且应用越来越广泛。鉴于此，工科类高职高专院校师生和工程技术人员了解并掌握单片机的原理及应用技术就显得十分必要了。目前，单片机技术已成为高职高专院校电子、计算机、机械等专业的学生所要学习的重要课程之一。

在新的背景下，由于原有教材体系和教材内容已不能适应当今高职高专教育的培养目标和要求，因此结合自己多年的教学经验与研发经验编写了本书，旨在满足新形势下的教学需要。本书具有以下特点：

1. 课程进行了整合

单片机课程和 C 语言课程是工科专业的两门主干课程。在大多数高职院校，单片机和 C 语言作为两门课程分开来上，但是由于单片机内容较多，既要讲硬件，又要讲软件，而且实践内容也多，总觉得学时不够，学生学得也不够扎实；而 C 语言也缺乏实践内容，基本理论又比较枯燥、乏味，学生缺乏学习兴趣，即使学完课程，学生仍一知半解。为了改善这两门课程，我们决定把它们进行整合，这样既可以增加单片机课程的课时，让学生得到更多的实践机会，又能给 C 语言课程的学习提供一个很好的实践内容，即单片机的应用。目前，既讲单片机又讲 C 语言的教材很少，特别是适合于高职高专学生这方面的教材更不多见。同时，由于 C51 在开发比较复杂的单片机应用系统时，已成为主流，且具备移植性好、仿真调试容易等特点，所以在编写单片机教材的同时引入 C51 是非常必要的。

2. 课程内容实用

本书的编写以国家和行业制定并颁布的法规、标准、规范为依据，体现了我国当前单片机技术及应用实践中的真实情况，反映了国内外本学科的发展动态。

3. 知识体系博采众长

编者广泛参考和吸取国内外相关教材的优点，充分吸收国内外最新学科理论的研究成果和教学改革成果。

4. 教学案例典型丰富

单片机是一门应用性很强的学科，在本书的编写过程中编者始终坚持“理论够用、重在技能人才的培养”原则，书中附有大量典型实用的案例，特别是将大规模的案例引入课堂教学，使学生置身于真实的工程环境中，用实例进行模拟练习，以提高学生的实践能力。



5. 教材内容广泛全面并进行了整合

教材内容紧跟当前工程实际应用，紧扣当前用人单位需求和学生就业市场，并为技能等级考核、学生电子竞技等打下一定的基础。

6. 课程知识结构合理

在知识结构上本书以 MCS-51 系列单片机为模型，主要向学生介绍单片机的基本结构、工作原理、指令系统与程序设计、系统扩展与工程应用，做到主线明确、层次分明、重点突出、结构合理。

7. 教材框架便于教学

本书在体系架构方面，每章开头均介绍了本章的教学提示和教学目标，章后设置实践训练和习题，便于教师教学和学生自学，有助于学生尽快学习和领悟书中的知识结构系统，加强对所学知识的综合应用。

本书由刘训非、陈希任主编。参编者的具体分工为：王栋编写第 1 章；张宇峰编写第 2 章；钱昕编写第 3 章、第 4 章；蔡成炜编写第 5 章、第 6 章；陈希编写第 7 章；程雪敏编写第 8 章、第 9 章；刘训非编写第 10 章、第 11 章。全书由刘训非、张宇峰负责统稿。特此对本书出版给予支持帮助的单位和个人表示诚挚的感谢！同时感谢参考文献的作者，本书借鉴了他们的部分成果，他们的工作给予我们很大的帮助和启发。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，真诚希望得到专家和广大读者的批评和指正。

编 者



读者回执卡

欢迎您立即填写回函

您好！感谢您购买本书，请您抽出宝贵的时间填写这份回执卡，并将此页剪下寄回我公司读者服务部。我们会在以后的工作中充分考虑您的意见和建议，并将您的信息加入公司的客户档案中，以便向您提供全程的一体化服务。您享有的权益：

- ★ 免费获得我公司的新书资料；
- ★ 免费参加我公司组织的技术交流会及讲座；
- ★ 寻求解答阅读中遇到的问题；
- ★ 可参加不定期的促销活动，免费获取赠品；

读者基本资料

姓 名 _____ 性 别 ☐男 ☐女 年 龄 _____
电 话 _____ 职 业 _____ 文化程度 _____
E-mail _____ 邮 编 _____
通讯地址 _____

请在您认可处打√ (6至10题可多选)

1. 您购买的图书名称是什么：_____
2. 您在何处购买的此书：_____
3. 您对电脑的掌握程度：
☐不懂 ☐基本掌握 ☐熟练应用 ☐精通某一领域
4. 您学习此书的主要目的是：
☐工作需要 ☐个人爱好 ☐获得证书
5. 您希望通过学习达到何种程度：
☐基本掌握 ☐熟练应用 ☐专业水平
6. 您想学习的其他电脑知识有：
☐电脑入门 ☐操作系统 ☐办公软件 ☐多媒体设计
☐编程知识 ☐图像设计 ☐网页设计 ☐互联网知识
☐书名 ☐作者 ☐出版机构 ☐印刷、装帧质量
☐内容简介 ☐网络宣传 ☐图书定价 ☐书店宣传
☐封面、插图及版式 ☐知名作家（学者）的推荐或书评 ☐其他
7. 影响您购买图书的因素：
☐看图书 ☐上网学习 ☐用教学光盘 ☐参加培训班
8. 您比较喜欢哪些形式的学习方式：
☐20 元以内 ☐30 元以内 ☐50 元以内 ☐100 元以内
9. 您可以接受的图书的价格是：
☐报纸、杂志 ☐广播、电视 ☐同事或朋友推荐 ☐网站
10. 您从何处获知本公司产品信息：
☐很满意 ☐较满意 ☐一般 ☐不满意
11. 您对本书的满意度：
☐很满意 ☐较满意 ☐一般 ☐不满意
12. 您对我们的建议：_____

1 0 0 0 8 4

北京100084—157信箱

读者服务部

收

邮政编码：□□□□□□

贴 票
邮 处

请剪下本页填写清楚，放入信封寄回，谢谢！

目 录

第 1 章 单片机基础知识..... 1	任务 2: 彩灯控制45
1.1 单片微型计算机..... 1	思考与练习47
1.1.1 单片机最小系统..... 1	第 3 章 MCS-51 指令系统.....49
1.1.2 单片机的基本知识..... 2	3.1 指令格式49
1.1.3 单片机的发展概况..... 4	3.1.1 单字节指令49
1.1.4 单片机主要品种简介 7	3.1.2 双字节指令50
1.1.5 单片机的应用..... 9	3.1.3 三字节指令50
1.2 计算机的数制..... 9	3.2 寻址方式51
1.2.1 数制..... 10	3.2.1 直接寻址52
1.2.2 数制转换..... 10	3.2.2 立即数寻址52
1.2.3 二进制编码..... 16	3.2.3 寄存器寻址53
1.2.4 计算机中数的表示..... 17	3.2.4 寄存器间接寻址53
思考与练习..... 18	3.2.5 变址寻址53
第 2 章 MCS-51 单片机结构..... 19	3.2.6 位寻址54
2.1 MCS-51 单片机基本结构原理 19	3.2.7 相对寻址54
2.1.1 Keil C51 仿真软件简介 20	3.3 指令类型55
2.1.2 MCS-51 单片机组成 21	3.3.1 指令分类55
2.1.3 MCS-51 单片机内部结构 框图及引脚功能..... 22	3.3.2 数据传送类指令56
2.1.4 时钟电路与复位电路 24	3.3.3 算术运算类指令61
2.1.5 中央处理器..... 28	3.3.4 逻辑操作类指令67
2.1.6 8051 单片机 I/O 结构..... 31	3.3.5 位操作类指令71
2.2 MCS-51 单片机存储器..... 35	3.3.6 控制转移类指令73
2.2.1 程序存储器..... 36	3.4 伪指令78
2.2.2 数据存储器..... 37	3.5 实践训练81
2.2.3 MCS-51 单片机片内数据 存储器的配置..... 37	任务 1: 指令的熟悉及使用.....81
2.2.4 单片机特殊功能寄存器..... 40	任务 2: 指令的分析及应用.....83
2.2.5 特殊功能寄存器的位 寻址..... 41	思考与练习86
2.3 单片机并口控制系统..... 42	第 4 章 MCS-51 程序设计.....88
2.4 实践训练..... 43	4.1 三种基本程序结构88
任务 1: 数据存储器的读、写 43	4.1.1 顺序程序88
	4.1.2 分支程序90
	4.1.3 循环程序92
	4.2 子程序和参数传递方法.....95



4.2.1 工作寄存器或累加器传递参数.....	96	6.3.1 定时器/计数器的方式寄存器 TMOD.....	134
4.2.2 用指针寄存器来传递参数.....	96	6.3.2 控制寄存器 TCON.....	135
4.2.3 用堆栈来传递参数.....	96	6.4 定时器/计数器的 4 种工作方式及应用.....	135
4.2.4 程序段参数传递.....	99	6.4.1 工作方式 0.....	135
4.3 查表程序设计.....	100	6.4.2 工作方式 1.....	136
4.4 散转程序设计.....	101	6.4.3 工作方式 2.....	136
4.4.1 用转移指令表实现散转.....	101	6.4.4 工作方式 3.....	137
4.4.2 用转移地址表实现散转.....	103	6.5 定时器/计数器的初始化.....	138
4.5 实践训练.....	104	6.5.1 定时器/计数器的初始化步骤.....	138
任务 1: 20 个数的从小到大排序.....	104	6.5.2 定时器/计数器的定时/计数范围和预置数的计算方法.....	138
任务 2: 数码管显示程序设计.....	106	6.6 定时器/计数器的应用举例.....	141
思考与练习.....	107	6.6.1 定时器的应用.....	141
第 5 章 单片机中断系统.....	109	6.6.2 计数器的应用.....	143
5.1 中断概述.....	109	6.7 实践训练.....	144
5.1.1 中断的概念.....	109	任务: 广告灯光左右移动.....	144
5.1.2 中断的特点.....	110	思考与练习.....	148
5.2 中断系统的结构与控制.....	111	第 7 章 单片机串行接口.....	150
5.2.1 中断系统的结构.....	111	7.1 串行接口通信概述.....	150
5.2.2 中断系统控制.....	111	7.1.1 串行通信基础及基本概念.....	150
5.3 中断处理过程.....	114	7.1.2 MCS-51 单片机串行口结构.....	152
5.3.1 中断系统的功能.....	114	7.1.3 串行接口的工作方式.....	154
5.3.2 中断处理.....	115	7.1.4 MCS-51 串行口的波特率.....	157
5.4 外部中断源的扩展.....	119	7.2 常用的串行通信总线.....	158
5.4.1 用定时器作外部中断源.....	119	7.2.1 RS-232C 总线.....	159
5.4.2 中断和查询相结合.....	119	7.2.2 RS-449、RS-422A、RS-423A 标准接口.....	161
5.5 中断应用举例.....	120	7.2.3 20mA 电流环路串行接口.....	162
5.6 实践训练.....	127	7.3 MCS-51 单片机之间的通信.....	163
任务: 工业顺序控制.....	127	7.3.1 MCS-51 单片机双机通信技术.....	163
思考与练习.....	129	7.3.2 MCS-51 单片机多机通信.....	167
第 6 章 定时器/计数器.....	131	7.4 实践训练.....	170
6.1 定时器/计数器的基本概念.....	131	任务: 单片机与 PC 通信.....	170
6.2 定时器/计数器的基本结构和工作原理.....	133		
6.2.1 定时器/计数器的结构.....	133		
6.2.2 定时器/计数器的工作原理.....	133		
6.3 定时器/计数器的控制字.....	134		

思考与练习	173	9.2.3 数组	222
第 8 章 Keil C51 编译器的使用	175	9.3 实践训练	225
8.1 Keil C51 使用的一个实例	175	任务 1: MCS-51 I/O 字节操作	
8.2 Keil C51 的使用方法	176	应用	225
8.2.1 Keil μ Vision2 IDE		任务 2: MCS-51 I/O 位操作应用	226
运行环境	176	任务 3: MCS-51 定时器应用	227
8.2.2 项目文件的建立	178	任务 4: MCS-51 外部中断应用	228
8.2.3 项目添加程序的方法	180	任务 5: MCS-51 串行口中断应用	229
8.2.4 编译、连接和形成		任务 6: MCS-51 访问外部数据	
目标文件	182	存储器的应用	230
8.2.5 运行、调试	183	思考与练习	231
8.2.6 多文件的处理	183	第 10 章 MCS-51 系统扩展及	
8.2.7 仿真环境的设置	185	接口技术	233
8.3 Keil C51 的调试技巧	188	10.1 单片机系统扩展概述	233
8.3.1 设置和删除断点	188	10.1.1 单片机应用系统	
8.3.2 查看和修改寄存器的内容	188	扩展要求	233
8.3.3 观察和修改变量	188	10.1.2 单片机常用扩展芯片	233
8.3.4 观察存储器区域	189	10.2 存储器扩展	234
8.3.5 并行口的使用	189	10.2.1 存储器扩展概述	234
8.4 实践训练	190	10.2.2 程序存储器扩展	235
任务: 在 Keil C51 环境下		10.2.3 数据存储器的扩展	239
单片机资源的应用	190	10.3 I/O 口扩展设计	242
思考与练习	191	10.3.1 8255 可编程并行	
第 9 章 C51 程序设计及应用	192	接口芯片	242
9.1 C51 程序设计基础知识	192	10.3.2 8155 可编程并行	
9.1.1 C51 特点	192	接口芯片	248
9.1.2 C51 编程的例子	193	10.4 显示器接口扩展技术	254
9.1.3 C51 的标识符和保留字	195	10.5 键盘接口设计	256
9.1.4 C51 的数据类型	195	10.5.1 键盘工作原理	257
9.1.5 C51 的常量	198	10.5.2 键盘接口设计	257
9.1.6 变量	199	10.6 模/数和数/模转换电路	261
9.1.7 C51 的常用运算符	203	10.6.1 D/A 转换器与 8031 的	
9.1.8 C51 的输入与输出	208	接口设计	261
9.1.9 C51 的基本语句	211	10.6.2 A/D 转换器与 8031 的	
9.2 C51 的函数与数组	217	接口设计	264
9.2.1 函数的定义	218	10.7 实践训练	267
9.2.2 函数的调用与声明	220	任务 1: 存储器扩展设计	267
		任务 2: 输入/输出口扩展设计	270



任务 3: A/D 和 D/A 转换器电路 接口设计	272
思考与练习	275
第 11 章 单片机应用系统设计	277
11.1 单片机应用系统的基本结构	277
11.1.1 单片机应用系统的结构	277
11.1.2 单片机应用系统设计的 基本过程	278
11.2 单片机应用系统的硬件设计	280
11.2.1 硬件系统设计原则	280
11.2.2 硬件设计	281
11.3 单片机应用系统的软件设计	283
11.3.1 软件设计的特点	283
11.3.2 资源分配	284
11.3.3 单片机应用系统开发 工具	285
11.4 单片机应用系统设计项目实践	285
项目 1: 单片机自动门锁设计	285
项目 2: 红外遥控系统设计	299
思考与练习	309
附录 1 μVision2 菜单项命令、工具栏 图标、默认快捷键及描述	310
附录 2 C51 常用库函数	315
附录 3 C51 中的关键字	319
参考文献	321

第 1 章 单片机基础知识

教学提示

本章重点在于介绍单片机的基础知识和计算机的数制转换及编码，为以后各章的学习打下基础。

教学目标

- 了解单片机的最小系统和一般系统。
- 了解单片机的发展历程。
- 了解单片机的种类。
- 掌握计算机的数制。

1.1 单片微型计算机

单片微型计算机是制作在一块集成电路芯片上的计算机，简称单片机。它包括中央处理器(Central Processing Unit, CPU)、用 RAM 构成的数据存储器、用 ROM 构成的程序存储器、定时器/计数器、各种输入/输出(I/O)接口和时钟电路，可独立地进行工作。例如，典型 8 位单片机 8051 片内 ROM 为 4000B，片内 RAM 为 256B，有两个 16 位定时器/计数器，4 个功能复用的并行口和 1 个异步通信串行口。许多单片机还有专用的 I/O 接口和功能，例如，能直接驱动各种显示器的并行口，模拟/数字转换接口，通信接口，DMA(存储器直接存取)功能，字符发生或波形发生功能等。单片机可当作学习机，用来学习有关的微处理器原理及应用，学习按相应的指令系统进行汇编语言编程。将程序固化后，单片机可用作小型专用计算机。

1.1.1 单片机最小系统

单片机最小系统(或者称为最小应用系统)是指用最少的元件组成的单片机可以工作的系统。

对一般的 MCS-51 系列单片机来说，单片机、晶振电路和复位电路 3 个部分组成了一个最小系统。但是通常情况下，在设计中总是将按键输入、显示输出等加到上述电路后，称为最小系统。

如 80C51 单片机加上一个时钟电路和复位电路，就组成一个完整的最小系统，如图 1-1 所示。最小系统只是单片机能工作的最低要求，它不能对外完成控制任务，也不能进行人机对话，要进行人机对话还需要一些输入、输出部件，执行控制任务时还要有执行部件。所以，一般最小系统应具有一定的可扩展性，利用单片机的 I/O 口可方便地与其他电路板连接。另外，可以在最小系统周围连接按键、LED 等简单的外围设备，使得在制作完成最小



系统后可以确保其正常工作。

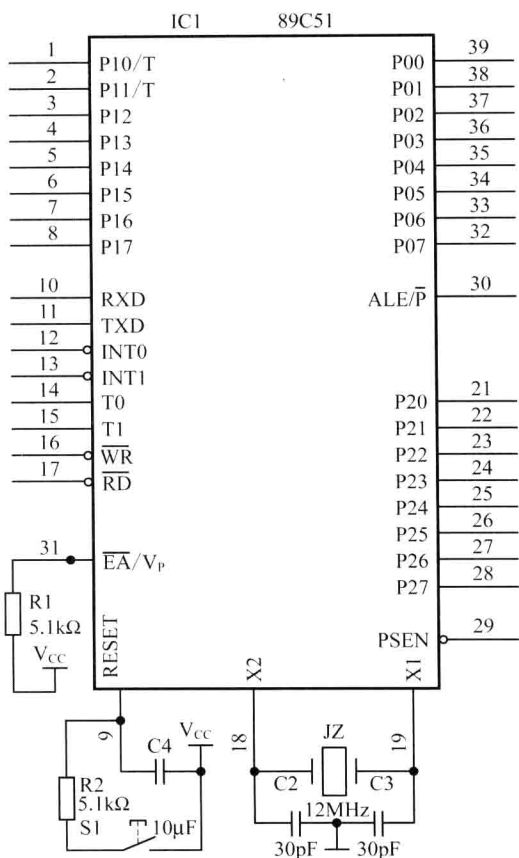


图 1-1 80C51 最小系统

1.1.2 单片机的基本知识

微型计算机包括微处理器(CPU, Central Processing Unit)、存储器(存放程序指令或数据的。ROM, Read Only Memory; RAM, Random Access Memory)、输入/输出(I/O, Input/Output)及其他功能部件,如定时器/计数器、中断系统等。它们通过地址总线(Address Bus, AB)、数据总线(Data Bus, DB)和控制总线(Control Bus, CB)连接起来,通过输入/输出线与外部设备及外围芯片相连。CPU 中配置有指令系统,计算机系统中配有驻机监控程序、系统操作软件及用户应用软件。

1. 单片机

单片机把微型计算机中的微处理器、存储器、I/O 接口、定时器/计数器、串行接口、中断系统等电路集成在一块集成电路芯片上形成的微型计算机,也就是说,单片机就是不包括输入/输出设备、不带外部设备的微型计算机,相当于一个没有显示器、没有键盘、不带监控程序的单板机。虽然单片机只是一个芯片,但从组成和功能上看,它已具有计算机系

统的属性,因此称它为单片微型计算机(SCMC, Single Chip Micro-Computer)其系统结构如图1-2所示。

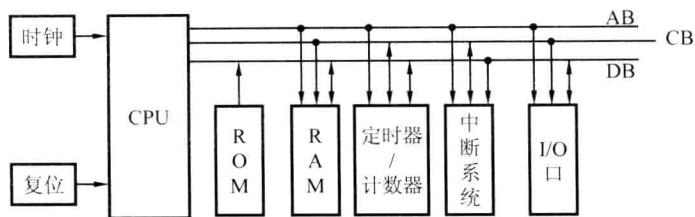


图1-2 单片机的系统结构

单片机在应用时通常处于被控系统核心地位,并融入其中,即以嵌入的方式进行使用。为了强调其“嵌入”的特点,也常常将单片机称为嵌入式微控制器(Embedded Micro-Controller Unit, EMCU),在其电路和结构中有许多嵌入式应用的特点。

在学习单片机时,还应注意区分通用单片机和专用单片机、单片机和单片机系统、单片机应用系统和单片机开发系统、单片机的程序设计语言和软件,下面将分别介绍。

单片机按其用途可分为通用型单片机和专用型单片机两大类。

通用型单片机具有比较丰富的内部资源,性能全面且适应性强,可满足多种用途和需要。通用型单片机是把可开发的内部资源全部提供给用户,用户可根据需求,充分利用单片机的资源,设计一个以通用单片机为核心,再配以其他外围器件来满足各种测控系统的要求,即有一个再设计的过程。通常所说的和本书所介绍的单片机是指通用单片机。

然而,有许多应用是使用专门针对某些产品的特定用途而制作的单片机。如家用遥控器、游戏机、收银机、通信设备、时钟模块、电源模块等中的单片机。这类应用的最大特点是针对性强且数量巨大。为此,单片机芯片制造商和产品厂家共同合作,设计成专用型单片机。因为在设计中已对系统结构的最简化、可靠性和成本的最佳化等方面都做了全面的考虑,所以专用单片机具有十分明显的综合优势。但是无论专用单片机多么“专”,其基本结构和工作原理都以通用单片机为基础。

2. 单片机和单片机系统

单片机只是一个芯片,而单片机系统则是在单片机芯片的基础上扩展其他电路或芯片而构成的具有一定应用功能的计算机系统。

通常所说的单片机系统都是为实现某一控制应用需求而由用户设计的,是一个围绕单片机芯片组建的计算机应用系统。在单片机系统中,单片机处于核心地位,是构成单片机系统的硬件和软件基础。

学习单片机硬件时,既要学习单片机,也要学习单片机系统,即单片机芯片内部的组成和原理以及单片机系统的组成方法。

3. 单片机应用系统和单片机开发系统

单片机应用系统是为控制应用而设计的,该系统与控制对象结合在一起使用,是单片机开发应用的成果。但是,由于软、硬件资源所限,单片机系统本身不能实现自我开发,要进行系统开发设计,必须使用专门的单片机开发系统。



单片机开发系统是单片机系统开发调试的工具, 早期有逻辑分析仪, 现在有在线仿真器(In Circuit Emulator, ICE), 如 DICE、SICE、DP-852、KDC-51、SBC-51、EUDS-51 及 PC 单片机开发系统。

4. 单片机的程序设计语言和软件

单片机程序设计语言和软件, 主要是指在开发系统中使用的语言和软件。在单片机开发系统中使用机器语言、汇编语言和高级语言, 而在单片机应用系统中只使用机器语言。

机器语言是用二进制代码表示的单片机指令, 用机器语言构成的程序称为目标程序。汇编语言是用符号表示的指令, 是对机器语言的改进, 是单片机最常用的程序设计语言。虽然机器语言和汇编语言都是高效的计算机语言, 但它们都是面向机器的低级语言, 不便于记忆和使用, 且与单片机硬件关系密切, 这就要求程序设计人员必须精通单片机的硬件系统和指令系统。

单片机也开始尝试使用高级语言, 其中编译型语言有 P1、M51、C51、C、MBASIC-51 等, 解释型语言有 MBASIC 和 MBASIC-52 等。

单片机程序设计有其复杂的一面, 因为编写单片机程序主要使用汇编语言, 使用起来有一定的难度, 而且由于单片机应用范围广泛, 面对多种多样的控制对象和系统, 很少有现成的程序可供借鉴, 这与微型机在数值计算和数据处理等应用领域中有许多成熟的经典程序可供直接调用或模仿有很大的不同。

1.1.3 单片机的发展概况

单片机自问世以来, 性能不断提高和完善, 其资源不仅能满足很多应用场合的需要, 而且具有集成度高、功能强、速度快、体积小、功耗低、使用方便、性能可靠、价格低廉等特点, 因此, 在工业控制、智能仪器仪表、数据采集和处理、通信系统、网络系统、汽车工业、国防工业、高级计算器具、家用电器等领域的应用日益广泛, 并且正在逐步取代现有的多片微机应用系统, 单片机的潜力越来越被人们所重视。特别是当前用 CMOS 工艺制成的各种单片机, 由于其功耗低、使用的温度范围大、抗干扰能力强, 能满足一些特殊要求的应用场合, 更加扩大了单片机的应用范围, 也进一步促进了单片机技术的发展。

自 1976 年 9 月 Intel 公司推出 MCS-48 单片机以来, 单片机就受到了广大用户的欢迎。因此, 有关公司都争相推出各自的单片机。例如, GI 公司推出 PIC1650 系列单片机, Rockwell 公司推出与 6502 微处理器兼容的 R6500 系列单片机, 它们都是 8 位机, 片内有 8 位中央处理器、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器、容量有限的存储器(RAM、ROM)以及简单的中断功能。

1978 年下半年, Motorola 公司推出 M6800 系列单片机, Zilog 公司相继推出 Z8 单片机系列。1980 年, Intel 公司在 MCS-48 系列机的基础上又推出了高性能的 M51 系列单片机。这类单片机均带有串行 I/O 口, 定时器/计数器为 16 位, 片内存储容量(RAM、ROM)都相应增大, 并有优先级中断处理功能, 单片机的功能、寻址范围都比早期的扩大了, 它们是当时单片机应用的主流产品。

1982 年, Mostek 公司和 Intel 公司先后又推出了性能更高的 16 位单片机 MK68200 和

MCS-96 系列, NS 公司和 NEC 公司也分别在原有 8 位单片机的基础上推出了 16 位单片机 HPC16040 和 μ PD783 $\times\times$ 系列。1987 年, Intel 公司又宣布了性能比 80C96 高两倍的 CMOS 型 80C196, 1988 年推出带 EPROM 的 87C196 单片机。由于 16 位单片机推出的时间较迟、价格昂贵、开发设备有限等多种原因, 至今还未得到广泛应用, 而 8 位单片机已能满足大部分应用的需要, 因此在推出 16 位单片机的同时, 高性能的新型 8 位单片机也不断问世。例如, Motorola 公司推出带 A/D 和多功能 I/O 的 68MC11 系列, Zilog 公司推出带有 DMA 功能的 Suqer8, Intel 公司在 1987 年也推出带 DMA 和 FIFO 的 UPI-452 等。若要更详细地了解, 请上相关的单片机网站。

目前, 国际市场上 8 位、16 位单片机系列已有很多, 但是, 在国内使用较多的系列是 Intel 公司的产品, 其中又以 MCS-51 系列单片机应用尤为广泛, 二十几年经久不衰, 而且还在进一步发展完善, 价格越来越低, 性能越来越好。单片机技术正以惊人的速度向前发展, 就市场上已出现的单片机而言, 其技术革新与进步主要表现在以下几个方面。

1. CPU 的发展

增加 CPU 的字长或提高时钟频率均可提高 CPU 的数据处理能力和运算速度。CPU 的字长目前有 8 位、16 位和 32 位。时钟频率高达 20MHz 的单片机已出现, 还有的 8 位单片机其算术逻辑运算部件(ALU)却是 16 位, 内部采用 16 位数据总线。例如, NEC 公司的 μ PD7800 系列的 8 位单片机, Mitsubishi 公司的 M37700 系列单片机, 它们的数据处理能力和速度比一般 8 位单片机强, 如 μ PD7800 系列单片机作一次 16 位乘以 16 位的乘法用 3.2 μ s, 16 位除以 8 位的除法用 3.0 μ s, 32 位除以 16 位的除法用 8.3 μ s。另外, 单片机内部采用双 CPU 结构大大提高了处理能力, 如 Rockwell 公司的 R6500/21 和 R65C29 单片机。由于片内有两个 CPU 同时工作, 因此可以更好地处理外围设备的中断请求, 克服了单 CPU 在多重高速中断响应时的失效问题。同时, 由于双 CPU 可以共享存储器和 I/O 接口的资源, 因此, 还可以更好地解决信息通信问题。例如, Intel 公司的 8044, 它的内部实际上是由 8051 和 SIU 通信处理机组成, 由 SIU 管理 SDLC 的通信, 这样既加快了通信处理的速度, 同时还减轻了 8051 的处理负担。

2. 片内存储器的发展

1) 扩大存储容量

早期单片机的片内 RAM 为 64~128B、ROM 为 1~2KB, 寻址范围为 4KB。新型单片机片内 RAM 为 256B, ROM 多达 16KB。例如, Intel 公司的 8052, 其片内 ROM 为 8KB, 通用仪器公司的 70120 片内 ROM 容量为 12KB。片内 ROM 容量最大的是日立公司的 MC6301Y, 为 16KB。新型单片机的寻址范围可扩大到 64KB, 甚至 128KB(其中, 随机存储器 RAM 容量为 64KB, 只读存储器 ROM 容量为 64KB)。这类单片机有 Intel 公司的 MCS-51 系列和 Zilog 公司的 Z8601、Z8603、Z8611、Z8681 等。内部 ROM 分为可擦除和一次性可编程(One Time Programmable, OTP)两种, 前者价格高, 通常在技术开发时使用; 后者价格较低, 开发成功后, 通常一次性固化在产品上使用。须注意的是, 一次性固化在产品上使用的必须是成熟产品, 否则会造成经济损失, 如 PIC 系列。

2) 片内 EPROM 开始 E²PROM 化

早期单片机内 ROM 有的采用可擦式的只读存储器 EPROM, 然而 EPROM 必须要高压



编程,紫外线擦除,给使用带来不便。近年来推出的电擦除可编程只读存储器 E^2PROM 可在正常工作电压下进行读、写,并能在断电的情况下,保持信息不丢失。因此,有些厂家已开始用 E^2PROM 替代原来的片内 EPROM。例如, TI 公司和 Seeq 公司的 72710(1KB 的 E^2PROM)、72720(2KB 的 E^2PROM)、Motorola 公司的 68HC11A2(2KB 的 E^2PROM)、68HC805C4(4KB 的 E^2PROM)、TEXAS 仪器公司的 77C82(8KB 的 E^2PROM)。

由于写入 E^2PROM 的数据能永久保存,因此,有些厂家已开始将 E^2PROM 用作片内 ROM,甚至用作片内通用寄存器,这样就可省去备用电池了。

3) 闪速存储器

随着 CMOS 工艺的改进和提高,闪速存储器在不断发展和完善,应用越来越广泛,容量越来越大,价格越来越低,闪存技术在各个领域得到广泛应用。例如,ATMEL 公司将闪存技术应用到单片机中,生产出带闪速存储器的 AT89 系列。对小系统,外部可以不用扩展存储芯片,只用单片机就能构成一个完整的控制系统。

4) 串行存储器

随着 I^2C 总线的快速发展,使得串行数据存储器在容量和存储速度上均有了很大的提高,由于它体积小、口线少及价格低,从而也得到广泛的应用。

5) 片内程序的保密措施

为了使片内 EPROM(或 E^2PROM)内容不被复制,一些厂家对片内 EPROM(或 E^2PROM)采用了加锁技术。例如, Intel 公司 8X252,加锁后的 EPROM(或 E^2PROM)中的程序只能供片内 CPU 读取,不能从片外读取,否则必须先开锁;开锁时, CPU 先自动擦除 EPROM(或 E^2PROM)中的信息,从而达到程序保密的目的。

3. 片内输入/输出接口功能

最初的单片机片内只有并行输入/输出接口、定时器/计数器,它们的功能较弱,实际应用中往往需要通过特殊的接口扩展功能,从而增加了应用系统结构的复杂性。

近年来,新型单片机内的接口,无论从类型和数量上都有很大的发展。这不仅大大提高了单片机的功能,而且使系统的总体结构也大大简化了。例如,有些单片机的并行 I/O 口能直接输出大电流和高电压,可直接用于驱动真空荧光显示屏(VFD)、液晶显示屏(LCD)和发光二极管(LED)等,应用系统中就不再需要外部驱动电路。再如,有些单片机,片内含有 A/D 转换器,在一些实时控制系统中可省掉外部 A/D 转换器。

目前,在单片机中已出现的各类新型接口有数十种:如 A/D 转换器、D/A 转换器、DMA 控制器、CRT 控制器、LCD 驱动器、LED 驱动器、VFD 驱动器、正弦波发生器、声音发生器、字符发生器、波特率发生器、锁相环、频率合成器、脉宽调制器等。虽然一个单片机内只含若干种接口,但其功能却比初期的单片机强得多。因此,用它可作为高速主机(80286/80386)的通用外设接口。例如,以 UPI-452 中的 128B 的 FIFO 作为高速主机与慢速外设传送数据的缓冲器,然后通过 UPI-452 的 DMA 控制器进行快速数据传送。

目前,单片机种类繁多,功能多样,将外围电路尽量集中在芯片内,使其成为名副其实的单片机,这将成为一种发展趋势。

4. 单片机在工艺上的提高

单片机的制造工艺直接影响其性能。早期的单片机采用 PMOS 工艺,随后逐渐采用

NMOS、HMOS 和 CMOS 工艺,目前,8 位单片机中有 1/2 的产品已 CMOS 化,16 位单片机也已开始推出 CMOS 型产品,如 68HC200、80C196 等。为了进一步降低功耗,日立公司的 HD63705 和 RCA 公司的 CDP6805E2 还设有等待(Wait)和停止(Stop)两种工作方式。处于等待方式时,振荡器工作,CPU 停止工作,存储器和寄存器的内容则不变,单片机的总功耗大为下降;处于停止方式时,振荡器和 CPU 都停止工作,存储器和寄存器内容也保持不变,单片机的功耗为最小。例如,RCA 公司的 CDPS8605E2,在 5V 工作电压下,正常功耗为 35mW,处于等待方式和停止方式时的功耗分别仅为 5mW 和 5 μ W。

此外,采用 CMOS 工艺的单片机,其工作电源范围较宽,如采用 NMOS 工艺的单片机,工作电源一般为 4.5~5.5V;采用 CMOS 工艺的单片机,如 RCA 公司的 CDP1804AC 为 4~6.5V。由于功耗大小与电源电压成正比,所以降低电源电压即可降低功耗,但是降低电压会减慢指令执行速度,即降低单片机的运算速度。因此,一般希望在一定速度的前提下,尽量降低工作电压,减小功耗。

随着新型单片机片内接口电路的增多,外引脚也增多。为减少外引脚线,目前主要采用两种方式:一是采用新颖的通信总线以减少外引线;二是改进外封装,如采用扁平引脚封装(Flat Package, FP)、方形引脚封装(Quad In line Package, QIP)和叠背式封装(Piggy Back Package, PBP)等,这些封装的引脚都比双列直插式(Dual In line Package, DIP)封装要多得多。

5. 片内固化应用软件和系统软件

将一些应用软件和系统软件固化于片内 ROM 中,以便简化用户应用程序的编制工作,为用户开发和应用提供方便。例如,RUPI-44 系列单片机,把通信控制软件固化在片内,使用户的通信程序大大简化。又如 Intel 公司,在有的 MCS-51 单片机内固化了 PL/M-51 语言,在 8052BH 中固化了 BASIC 解释程序,用户不仅可以使使用汇编语言,还可以使用 BASIC 语言编程,其 BASIC 语言系统比基本 BASIC 有所扩充,增加了很多适合控制用的语句、命令、运算符等,而且还允许 BASIC 语言和汇编语言互相调用。需要快速控制时,可用汇编语言,如采样、A/D 转换等,在作复杂的数据运算时,可用汇编语言来调用 BASIC 中现成的运算子程序。可见,片内固化软件既能满足速度方面的要求,又能简化用户编程。再如 RCA 公司的 68HC05D2,在片内固化了键盘管理程序,甚至在 CDP1804P 内固化了 PASCAL 语言等。

单片机的技术还在不断发展,新型单片机还将不断涌现,当前单片机的产量占整个微机(包括一般的微处理器)产量的 80%以上。在我国,低档 8 位单片机(如 8048)于 20 世纪 80 年代初就开始应用,目前已转向高档 8 位单片机(8051、Z8 等)的应用,也有不少公司已转向 32 位嵌入式芯片 ARM 的开发和应用。

1.1.4 单片机主要品种简介

目前单片机的生产厂商很多。其中, Motorola 是世界上最大的单片机生产厂商,其产品的品种全、选择余地大、新产品多,其特点是噪声低,抗干扰能力强,比较适合于工控领域及恶劣的环境。Microchip 单片机是市场份额增长较快的单片机,它的主要产品是 PIC 系列 8 位单片机,其特点是运行速度快,低价位,适用于量大、档次低、价格敏感的产品。