



全国高职高专机电系列规划教材

51单片机应用技术 项目教程 (C语言版)

孙立书○主 编

熊邦国○副主编

吴 誉 邵康敏 余 伟○编 著

清华大学出版社

全国高职高专机电系列规划教材

51 单片机应用技术项目教程 (C 语言版)

主编 孙立书

副主编 熊邦国

编著 吴 誉 邵康敏 余 伟

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书结合最新的职业教育改革要求,通过 20 个基础知识学习任务和 24 个技能训练任务介绍了单片机硬件系统、单片机系统开发环境和开发工具、单片机并行端口应用、定时与中断系统、显示与键盘接口技术、A/D 与 D/A 转换接口、串行接口通信技术以及单片机应用系统设计等内容。本书注重技能训练,以实用项目为载体,以任务驱动引导教与学,内容贴近电子行业的职业岗位要求,项目案例具有很强的实用性、操作性,难易程度适中。本书配有电子教学课件、实训项目的仿真电路原理图、C 语言源程序代码、基于 C 语言的试题库以及标准答案。

本书既可作为高职高专院校电子信息类、通信类、自动化类、机电类、机械制造类专业单片机技术课程的教材,也可作为应用型本科院校、职工大学、函授学院、中职学校和单片机技术培训班的教材以及电子产品设计人员的参考用书。

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

51 单片机应用技术项目教程: C 语言版/孙立书主编. —北京:清华大学出版社, 2015
全国高职高专机电系列规划教材
ISBN 978-7-302-38098-6

I. ①5… II. ①孙… III. ①单片微型计算机-C 语言-程序设计-高等职业教育-教材
IV. ①TP368.1 ②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 221081 号

责任编辑:朱英彪
封面设计:刘超
版式设计:文森时代
责任校对:张丽萍
责任印制:沈露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>
地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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

印装者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:16.25

字 数:385 千字

版 次:2015 年 2 月第 1 版

清华大学出版社

印 次:2015 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~2400

定 价:35.00 元

序 言

随着嵌入式产业的飞速发展，嵌入式系统产品正在不断地渗透到各个行业和领域之中。生活中常见的嵌入式电子产品，小到电饭煲、手机等，大到智能家电、车载电子设备等。采用嵌入式技术的电子产品都是以微处理器（CPU）为核心的，常见的微处理器有 ARM、DSP、FPGA/CPLD、SOC、MCU 等。本书主要以 8051 内核单片机（MCU）为核心内容，介绍其在控制领域中的应用。

编者结合自己近十年的单片机教学经验和指导学生参加相关技能竞赛的经验，花费大量的精力编写了本书，并力求能从项目引领、任务驱动等多方面体现出高职院校“教、学、做”一体化教学的特色。

本书顺应现代高等教育指导思想的变革，突出技能培养在课程中的主体地位，用项目引领理论，使理论从属于技能实践。本书既可作为高职高专院校电子信息、自动化控制、计算机应用技术、机电等相关专业单片机技术课程的教材，也可作为广大电子制作爱好者的自学用书。本书的特点主要包括以下几个方面：

1. 采用“项目驱动”的编写思路，突出技能培养在课程中的主体地位

本书以完成实际项目的思路和操作为主线，通过任务引领和贯穿多个知识点，使理论教授从属于技能培养。本书致力于教会学生如何完成工作任务，并关注学生能做什么，而不是知道什么。

2. 语言朴实、易懂，案例选取难易程度适中

无论是单片机基础知识部分还是任务训练部分，都紧扣“实用”这一原则进行介绍。本书丰富、精彩的插图，有助于读者理解知识，加深印象。

本书特别注重知识的铺垫和循序渐进。单片机技术及应用领域的知识内容多，难度大，知识抽象，入门难，需要开设的前导课程有电路分析基础、模拟电路、数字电路和 C 语言程序设计。没有这些基础的读者可能不知道该从哪里开始学习以及如何开始学习。本书从项目二开始就用形象生动的单片机应用实例不断铺垫，使单片机知识能流畅地被读者理解和吸收。

3. 选取典型的、具有扩展性和系统性的训练任务进行设计，贴近职业岗位需求

全书共安排了 44 个工作任务，一部分作为知识学习任务，另外一部分作为技能训练任务。本书精心选择训练任务，避免过大过繁，力求体现“精训精练”的教学宗旨。同时，本书注重能力训练的延展性，每个任务既相对独立又保持密切的联系，具有扩展性，即后一个任务是在前一个任务的基础上进行功能扩展而实现的，使训练内容由点到线，由线到面，体现技能训练的综合性和系统性。

精心选编单片机系统综合训练任务也是本书的特色之一，其中综合了本书所有单元的训练内容，并引入了大量实际设计经验，起到了从训练到实战、承上启下的过渡作用。

4. 从职业岗位需求出发, 采用 C 语言编程

传统的单片机教学采用汇编语言进行控制程序设计。汇编语言的优点是比较灵活, 但程序的可读性较差, 不易理解, 高职学生很难掌握其编程方法, 更难进行灵活的应用。尤为重要的是, 在实际工作中单片机应用产品的开发基本上不再采用汇编语言进行编程。因此, 采用 C 语言编程是单片机教学改革的一项重要内容。

C 语言程序易于阅读、理解, 程序风格更加人性化, 且方便移植, 目前已成为单片机应用产品开发的主流语言。本书以项目为载体, 用工作任务引导教与学, 把相关的 C 语言知识融合在工作任务中, 以“够用”为度, 让学生在技能训练中逐渐掌握其编程方法, 易教易学。

5. 从职业岗位需求出发, 采用仿真教学法, 实现从概念到产品的完整设计

本书打破了传统教材的原有界限, 将理论学习与职业岗位基本技能融合在一起, 通过引入 Proteus 仿真软件, 并采用 C 语言编程, 将学生从单片机复杂的硬件结构中解放出来, 侧重于高职院校学生技能和动手操作能力的锻炼与提高。本书的读者在计算机上即可完成单片机电路设计、软件设计、调试与仿真, 真正做到从概念到产品的完整设计, 使学生理解和掌握从概念到产品的完整过程。

6. 教学资源丰富, 免费提供配套支持及服务

为方便教学, 本书配套有电子教学课件、实训项目的仿真电路原理图、C 语言源代码、基于 C 语言的试题库以及标准答案, 每个项目后面还配有相应的习题。有需要的老师可以联系清华大学出版社索取。

本书的 24 个训练任务主要涉及单片机最小系统的应用、单片机 I/O 端口的应用, 定时器/计数器与中断系统的应用、显示与键盘接口技术、A/D 与 D/A 转换接口、串行接口通信技术

本书是 2013 年度浙江省教育厅课堂教学改革项目 (kg2013851) 的研究成果, 2013 年度全国教育信息技术研究“十二五”规划青年课题 (136241319) 的阶段性研究成果, 2013 年度浙江东方职业技术学院重点课题 (DF201306) 的研究成果, 以及 2013 年浙江省大学生科技创新项目 (2013R455001) 的研究成果。

孙立书负责对本书的编写思路与大纲进行总体策划, 指导全书的编写及对全书统稿, 并编写了项目二~项目四和项目六。余伟协助完成统稿工作, 并编写了项目一。熊邦国负责编写了项目五、项目七和项目十。邵康敏负责编写了项目八, 吴誉负责编写了项目九。在此, 对他们的辛勤付出表示诚挚的谢意。也对我的家人所给予我的工作上的莫大支持表示十分的感谢。

由于时间紧迫, 加之编者水平有限, 书中难免会存在一些不足和错误之处, 真诚欢迎广大读者对本书提出建议和批评。

孙立书

2014 年 4 月 26 日

目 录

项目一 认识单片机..... 1	关键知识点小结..... 48
1.1 任务一 了解单片机..... 1	课后习题..... 48
1.1.1 单片机概述..... 1	项目三 单片机实现对 LED 灯控制 49
1.1.2 AT89S51 单片机结构 8	3.1 任务一 点亮一个 LED 49
1.1.3 AT89S51 单片机引脚功能..... 10	3.1.1 单片机最小系统应用 49
1.1.4 并行 I/O 端口电路..... 12	3.1.2 C 语言程序的基本构成..... 51
1.1.5 AT89S52 单片机最小系统..... 15	3.1.3 C 语言基本语句 52
1.1.6 MCS-51 系列单片机的分类 20	3.2 任务二 LED 闪烁控制与 实现..... 53
1.2 任务二 MCS-51 单片机的 内存空间..... 21	3.3 任务三 LED 循环点亮控制 与实现..... 56
1.2.1 数据存储器..... 22	3.4 任务四 技能拓展训练..... 58
1.2.2 特殊功能寄存器 (SFR) 23	3.4.1 显示花式一 58
1.2.3 “头文件包含”处理..... 25	3.4.2 显示花式二..... 59
1.2.4 程序存储器..... 26	3.4.3 显示花式三..... 60
关键知识点小结..... 27	关键知识点小结..... 61
课后习题..... 28	课后习题..... 61
项目二 单片机系统常用的开发工具 29	项目四 数码管显示控制 62
2.1 任务一 单片机常用的硬件 开发工具..... 29	4.1 任务一 认识数码管 62
2.1.1 面包板、万用板和印制 电路板..... 29	4.1.1 数码管应用..... 62
2.1.2 万用板和印制电路板..... 30	4.1.2 数码管的分类..... 62
2.1.3 常用的焊接工具..... 32	4.1.3 数码管的结构和工作原理 63
2.2 任务二 单片机常用的软件 开发工具..... 34	4.1.4 数码管的显示方法 65
2.2.1 Proteus 软件的使用方法..... 34	4.2 任务二 C 语言语句结构 66
2.2.2 Keil 软件的使用方法..... 39	4.3 任务三 数码管循环显示 0~F 78
2.3 任务三 单片机系统设计 流程..... 46	4.3.1 需求分析..... 78
2.3.1 需求分析..... 46	4.3.2 电路设计..... 78
2.3.2 电路设计..... 46	4.3.3 软件设计..... 79
2.3.3 程序设计..... 47	4.3.4 系统调试和仿真..... 80
2.3.4 系统调试和仿真..... 47	4.4 任务四 多个数码管动态 扫描显示..... 81

4.4.1 需求分析.....	81	5.4.1 MCS-51 单片机的中断系统.....	109
4.4.2 电路设计.....	81	5.4.2 MCS-51 单片机的中断方式的矩阵键盘.....	118
4.4.3 程序设计.....	82	关键知识点小结.....	120
4.4.4 系统调试和仿真.....	84	课后习题.....	121
4.4.5 C 语言数组.....	84	项目六 定时器/计数器.....	122
4.5 任务五 数码管静态扫描显示——0~99 计数显示.....	88	6.1 任务一 认识定时器/计数器.....	123
4.5.1 需求分析.....	88	6.1.1 定时器/计数器结构.....	123
4.5.2 电路设计.....	89	6.1.2 定时器/计数器的工作原理.....	124
4.5.3 软件设计.....	90	6.1.3 定时器/计数器结构.....	125
4.5.4 系统调试和仿真.....	91	6.1.4 定时器/计数器的主要应用.....	125
4.5.5 C 语言函数.....	91	6.1.5 定时器/计数器的工作方式.....	126
4.6 任务六 七段字型译码器 74LS47 的应用.....	93	6.1.6 定时器/计数器相关寄存器.....	128
4.6.1 认识 74LS47.....	93	6.2 任务二 霓虹灯设计与实现.....	129
4.6.2 74LS47 引脚功能.....	94	6.2.1 需求分析.....	129
4.6.3 应用 74LS47 实现 0~20 计数显示.....	94	6.2.2 电路设计.....	130
关键知识点小结.....	95	6.2.3 软件设计.....	131
课后习题.....	96	6.3 任务三 制药厂装药丸生产线.....	132
项目五 键盘的设计与实现.....	97	6.3.1 需求分析.....	132
5.1 任务一 认识键盘.....	97	6.3.2 电路设计.....	133
5.1.1 键盘分类.....	97	6.3.3 程序设计.....	134
5.1.2 键盘工作原理.....	98	6.3.4 系统调试和仿真.....	134
5.1.3 键盘防抖动措施.....	100	6.4 任务四 设计简易时钟.....	136
5.2 任务二 独立式键盘设计与实现.....	101	6.4.1 需求分析.....	136
5.2.1 需求分析.....	101	6.4.2 电路设计.....	136
5.2.2 电路设计.....	101	6.4.3 程序设计.....	136
5.2.3 软件设计.....	102	6.4.4 系统调试和仿真.....	139
5.2.4 系统调试和仿真.....	103	关键知识点小结.....	139
5.3 任务三 矩阵式键盘设计与实现.....	104	课后习题.....	140
5.3.1 矩阵式键盘结构与原理.....	104	项目七 模拟量输入/输出设计与实现.....	141
5.3.2 矩阵式键盘设计与实现.....	105	7.1 任务一 认识 ADC0808/ADC0809 模数转换器.....	141
5.4 任务四 51 单片机的中断系统与中断方式的矩阵键盘.....	109		

7.1.1 ADC0808/ADC0809 结构及 引脚.....	142	8.2.3 串行接口的波特率设计	165
7.1.2 ADC0808/ADC0809 工作过程及 编程方法.....	144	8.3 任务三 使用 AT89S52 串行 口——串行口工作方式 0.....	166
7.2 任务二 模数转换 LED 显示.....	145	8.3.1 需求分析.....	166
7.2.1 需求分析.....	145	8.3.2 电路设计.....	166
7.2.2 电路设计.....	145	8.3.3 程序设计.....	167
7.2.3 程序设计.....	146	8.3.4 系统调试和仿真.....	168
7.2.4 系统调试和仿真.....	147	8.4 任务四 使用 AT89S52 串行 口——串行口工作方式 1.....	168
7.3 任务三 数字电压表设计与 实现.....	147	8.4.1 需求分析.....	168
7.3.1 需求分析.....	148	8.4.2 电路设计.....	169
7.3.2 电路设计.....	148	8.4.3 程序设计.....	170
7.3.3 程序设计.....	149	8.4.4 系统调试和仿真.....	171
7.3.4 系统调试和仿真.....	150	8.5 任务五 使用 AT89S52 串行 口——串行口工作方式 3.....	171
7.4 任务四 认识 DAC0832 数模 转换器.....	151	8.5.1 需求分析.....	171
7.4.1 DAC0832 的主要特性.....	151	8.5.2 电路设计.....	171
7.4.2 DAC0832 引脚功能	152	8.5.3 程序设计.....	172
7.4.3 DAC0832 工作方式	153	8.5.4 系统调试和仿真.....	175
7.4.4 DAC 转换器的性能参数.....	154	8.6 任务六 双机串行通信的 实现.....	176
7.5 任务五 锯齿波发生器设计与 实现.....	155	8.6.1 RS-232C 基础知识	176
7.5.1 需求分析.....	155	8.6.2 MAX232.....	176
7.5.2 电路设计.....	155	8.6.3 双机串行通信的实现	177
7.5.3 软件设计.....	156	关键知识点小结	180
7.5.4 系统调试和仿真.....	157	课后习题.....	181
关键知识点小结.....	157	项目九 LCD 液晶和 LED 点阵显示 实现	182
课后习题.....	158	9.1 任务一 认识 1602LCD 液晶.....	182
项目八 单片机串行通信设计与 实现.....	159	9.1.1 液晶显示方式.....	182
8.1 任务一 初识串行通信.....	159	9.1.2 1602 字符型 LCD 简介	183
8.2 任务二 认识 AT89S52 单片机 串行口.....	161	9.2 任务二 使用 1602 液晶显示屏 显示.....	187
8.2.1 单片机串行口结构.....	162	9.2.1 需求分析.....	187
8.2.2 串行口通信设置.....	163	9.2.2 电路设计.....	188
		9.2.3 程序设计.....	188

9.2.4 系统调试和仿真.....	191	9.7 任务七 使用 8×8LED 点阵	
9.3 任务三 认识 12864LCD		拓展提高.....	211
液晶.....	191	9.7.1 需求分析.....	211
9.3.1 12864LCD 液晶简介.....	191	9.7.2 程序设计.....	212
9.3.2 字模软件的使用.....	195	关键知识点小结.....	213
9.4 任务四 使用 12864LCD 液晶		课后习题.....	214
显示屏显示.....	197	项目十 单片机综合项目设计与	
9.4.1 需求分析.....	197	实现.....	215
9.4.2 电路设计.....	197	10.1 任务一 简易音乐盒设计.....	215
9.4.3 程序设计.....	198	10.1.1 乐曲的基本知识.....	215
9.4.4 系统调试和仿真.....	206	10.1.2 需求分析.....	218
9.5 任务五 认识 LED 点阵.....	206	10.1.3 电路设计.....	218
9.5.1 LED 点阵结构.....	206	10.1.4 程序设计.....	219
9.5.2 点阵显示方式.....	207	10.1.5 系统调试和仿真.....	221
9.6 任务六 使用 8×8LED 点阵		10.2 任务二 液晶电子钟电路设计	
显示.....	208	与实现.....	222
9.6.1 需求分析.....	208	10.3 任务三 4 路温度采集显示	
9.6.2 电路设计.....	209	电路的设计与实现.....	236
9.6.3 程序设计.....	209	参考文献.....	252
9.6.4 系统调试和仿真.....	211		

项目一 认识单片机

目前单片机已渗透到人们日常生活的各个领域。导弹的导航装置，飞机上各种仪表的控制，计算机的网络通信与数据传输，工业自动化过程的实时控制和数据处理，广泛使用的各种智能 IC 卡，民用豪华轿车的安全保障系统，录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制，以及程控玩具、电子宠物等，都离不开单片机。更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械等。因此，单片机的学习、开发与应用将造就一批计算机应用与智能化控制领域的人才。

在本项目中，通过完成两个任务详细介绍单片机。

📖 任务一 了解单片机

📖 任务二 MCS-51 单片机的内存空间

1.1 任务一 了解单片机

1.1.1 单片机概述

单片机又称为微控制器 (Micro Controller Unit, MCU)，它是一种集成的电路芯片，是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 接口和中断系统、定时器/计时器等功能（可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路）集成到一块硅片上构成的一个小而完善的计算机系统。

1. 单片机的发展

单片机根据其基本操作处理的二进制位数，可分为 4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机和 32 位单片机。单片机的发展历史可大致分为 4 个阶段。

第一阶段（1974—1976 年）：单片机初级阶段。因工艺限制，单片机采用双片的形式且功能比较简单。1974 年 12 月，仙童公司推出了 8 位的 F8 单片机，实际上只包括了 8 位 CPU、64B RAM 和两个并行接口。AT89C51 单片机如图 1-1 所示。

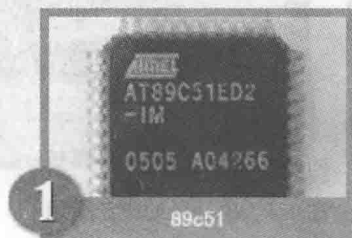


图 1-1 AT89C51 单片机

第二阶段 (1976—1978 年): 低性能单片机阶段。1976 年, Intel 公司推出的 MCS-48 单片机 (8 位单片机) 极大地促进了单片机的变革和发展。1977 年, GI 公司推出了 PIC1650, 但这个阶段的单片机仍然处于低性能阶段。Microchip 系列单片机如图 1-2 所示。

第三阶段 (1978—1983 年): 高性能单片机阶段。1978 年, Zilog 公司推出了 Z8 单片机; 1980 年, Intel 公司在 MCS-48 单片机的基础上推出了 MCS-51 系列, Motorola 公司推出了 6801 单片机。这些产品使单片机的性能及应用跃上了一个新的台阶。此后, 各公司的 8 位单片机迅速发展起来。这个阶段推出的单片机普遍带有串行 I/O 接口、多级中断系统、16 位定时器/计数器, 片内 ROM、RAM 容量加大, 且寻址范围可达 64 KB, 有的片内还带有 A/D 转换器。这类单片机的性能价格比较高, 被广泛应用, 是目前应用数量最多的单片机。Microchip 系列高性能单片机如图 1-3 所示。

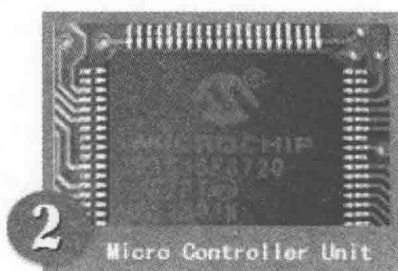


图 1-2 Microchip 系列单片机

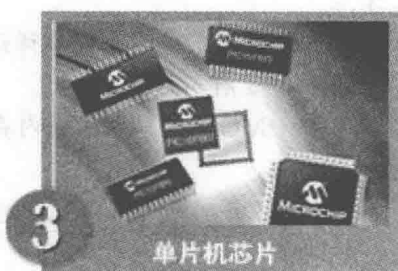


图 1-3 Microchip 系列高性能单片机

第四阶段 (1983 年至今): 8 位单片机巩固、发展及 16 位单片机、32 位单片机推出的阶段。16 位单片机的典型产品为 Intel 公司生产的 MCS-96 系列单片机。而 32 位单片机除了具有更高的集成度外, 其数据处理速度比 16 位单片机提高许多, 性能比 8 位、16 位单片机更加优越。20 世纪 90 年代是单片机制造业大发展的时期, 这个时期的 Motorola、Intel、ATMEL、德州仪器 (TI)、三菱、日立、Philips、LG 等公司也开发了一大批性能优越的单片机, 极大地推动了单片机的发展。近年来, 又有不少新型的高集成度单片机产品涌现出来, 出现了单片机产品丰富多彩的局面。目前, 除了 8 位单片机得到广泛应用外, 16 位单片机、32 位单片机也得到了广大用户的青睐。单片机的广泛应用如图 1-4 所示。

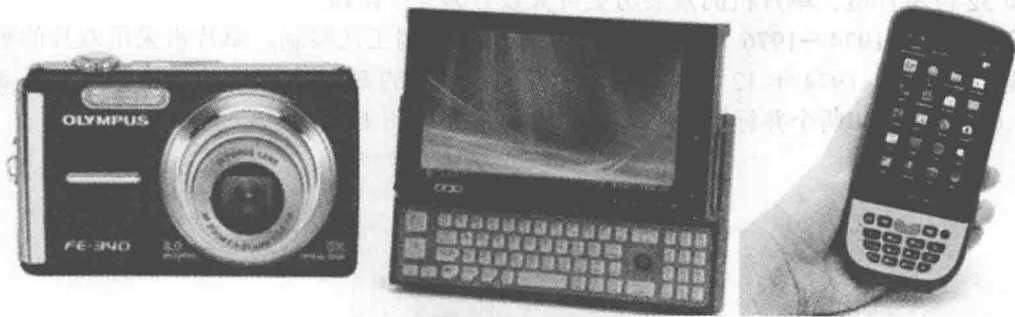


图 1-4 单片机的广泛应用

随着微电子技术的迅速发展, 目前研制出了能够适用于各种应用领域的单片机。高性

能单片机芯片市场也异常活跃,新技术使单片机的种类、性能不断提高,应用领域迅速扩大。单片机性能的提高和改进主要表现在以下几个方面。

1) 微处理器的改进

(1) 采用双微处理器结构,提高了芯片的处理能力,如 Rockwell 公司的 R6500/21 和 R65C29 单片机均采用双微处理器结构,大大提高了系统的处理能力。

(2) 增加了数据总线宽度,从 8 位、16 位到 32 位,提高了数据处理的能力。

(3) 采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术,类似于高性能的微处理器,这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上,提高了运行速度,能够实现简单的 DSP 功能,适合于数字信号处理。

(4) 串行总线结构,将外部数据总线改为串行传送方式,提高了系统的可靠性。

2) 存储器的改进

(1) 增大了片内存储器的容量,有利于提高系统的可靠性。

(2) 片内采用 E2PROM 和 Flash,可在线编程,读/写更方便,可对某些需要保留的数据和参数长期保存,提高了单片机的可靠性和实用性。

(3) 采用编程加密技术,可以更好地保护知识产权。开发者希望软件不被复制、破译,可利用编程加密位或 ROM 加锁方式,达到程序保密的目的。

3) 内部资源增多

单片机内部资源通常由其片内功能体现出来,单片机片内资源越丰富,构成的单片机控制系统的硬件开销就越少,产品的体积就越小,可靠性也就越高。近年来,世界各大半导体厂家热衷于开发增强型 8 位单片机,这类增强型单片机不仅可以把微处理器、RAM、ROM、定时器/计数器、I/O 接口和中断系统等电路集成到片内,而且片内新增了 A/D 转换器、D/A 转换器、监视定时器、DMA 通道和总线接口等,有些厂家还把晶振和 LCD 驱动电路也集成到了芯片之中。所有这些都有力地拓宽了 8 位单片机的应用领域。

4) I/O 接口形式增多、性能提高

(1) 增加了驱动能力,减少了外围驱动芯片的使用,直接驱动 LED、LCD 显示器等,简化了系统设计,降低了系统成本。

(2) 增加了异步串行通信接口,提高了单片机系统的灵活性。

(3) 增加了逻辑操作功能,能进行位寻址操作,增强了操作和控制的灵活性。

(4) 带有 A/D、D/A 转换器,可直接对模拟信号进行输入和输出。

(5) 并行 I/O 接口设置灵活,可以利用指令将接口的任一位设置为输入、输出、上拉、下拉和悬浮状态。

(6) 带有 PWM 输出,可直接驱动小型直流电动机,大大方便了使用。

5) 低电压和低功耗

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,可用电池作为电源。低电压供电的单片机电源下限可达 1~2V。目前,0.8V 供电的单片机已经问世。低功耗化单片机不仅是功耗低,而且具有较高的可靠性和抗干扰能力,以及产品的便携性。

2. 单片机的特点

(1) 高集成度, 体积小, 高可靠性

单片机将各功能部件集成在一块晶体芯片上, 集成度很高, 体积很小。芯片本身是按工业测控环境要求设计的, 内部布线很短, 其抗工业噪音性能优于一般通用的 CPU。单片机程序指令、常数及表格等固化在 ROM 中, 不易被破坏; 由于许多信号通道均在一个芯片内, 故可靠性较高。

(2) 控制功能强

为了满足对对象的控制要求, 单片机的指令系统均有极丰富的条件: 分支转移能力, I/O 接口的逻辑操作及位处理能力, 非常适用于专门的控制功能。

(3) 低电压, 低功耗, 便于生产便携式产品

为了满足广泛使用的便携式系统, 许多单片机内的工作电压仅为 1.8~3.6V, 工作电流仅为数百微安。

(4) 易扩展

片内具有计算机正常运行所必需的部件。芯片外部有许多可供扩展用的三总线及并行、串行输入/输出引脚, 很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(5) 优异的性能价格比

单片机的性能极高。为了提高速度和运行效率, 单片机中已开始使用 RISC 流水线和 DSP 等技术。单片机的寻址能力也已突破 64KB 的限制, 有的已达到 1MB 和 16MB, 片内的 ROM 容量可达 62MB, RAM 容量则可达 2MB。由于单片机使用广泛, 因而销量极大, 各大公司的商业竞争更使其价格十分低廉, 其性能价格比极高。

3. 单片机的应用

目前单片机已渗透到日常生活的各个领域, 导弹的导航装置, 飞机上各种仪表的控制, 计算机的网络通信与数据传输, 工业自动化过程的实时控制和数据处理, 广泛使用的各种智能 IC 卡, 民用豪华轿车的安全保障系统, 录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制, 以及程控玩具、电子宠物等都离不开单片机, 专业性更强的还有自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械等。

单片机广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域, 大致可分为如下几个范畴。

(1) 在智能仪器仪表上的应用

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点, 广泛应用于仪器仪表中, 结合不同类型的传感器, 可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。采用单片机控制, 使得仪器仪表更加数字化、智能化、微型化, 且功能比起采用电子或数字电路更加强大。例如精密的测量设备 (功率计、示波器、各种分析仪等)。单片机在智能仪表上的应用如图 1-5 所示。

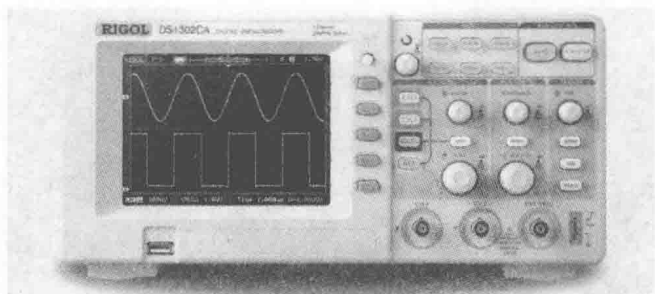


图 1-5 单片机在智能仪表上的应用

(2) 在工业控制中的应用

用单片机可以构成形式多样的控制系统和数据采集系统，例如工厂流水线的智能化管理系统、电梯智能化控制系统、报警系统，以及与计算机联网构成的二级控制系统等。

(3) 在家用电器中的应用

现在的家用电器基本上都采用了单片机控制，从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电、其他音响视频器材，到电子秤量设备，五花八门，无所不在。单片机在家用电器中的应用如图 1-6 所示。



图 1-6 单片机在家用电器中的应用

(4) 在计算机网络和通信领域中的应用

现代的单片机普遍具备通信接口，可以很方便地与计算机进行数据通信，为在计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件。目前，通信设备基本上都实现了单片机智能控制，如手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信、集群移动通信、无线电对讲机等。

(5) 单片机在医用设备领域中的应用

单片机在医用设备中的用途亦相当广泛，例如医用呼吸机，各种分析仪、监护仪，超声诊断设备及病床呼叫系统等。单片机在医用设备领域中的应用如图 1-7 所示。



图 1-7 单片机在医用设备领域中的应用

(6) 在各种大型电器中的模块化应用

使用某些专用单片机可实现特定功能,从而在各种电路中进行模块化应用,而不要求使用人员了解其内部结构。如音乐集成单片机,看似简单的功能,微缩在纯电子芯片中(有别于磁带机的原理),就需要复杂的类似于计算机的原理。例如,音乐信号以数字的形式存于存储器中(类似于 ROM),由微控制器读出,转化为模拟音乐电信号(类似于声卡)。在大型电路中,这种模块化应用极大地缩小了体积,简化了电路,降低了损坏、错误率,也便于更换。

此外,单片机在工商、金融、科研、教育、国防、航空航天等领域也都有着十分广泛的用途。

单片机应用的意义不仅在于其广阔的范围及所带来的经济效益,更重要的意义在于,单片机的应用从根本上改变了控制系统传统的设计思想和设计方法。以前采用硬件电路实现的大部分控制功能,正在用单片机通过软件方法来实现。以前自动控制中的 PID 调节,现在可以用单片机实现具有智能化的数字计算控制、模糊控制和自适应控制。这种以软件取代硬件并能提高系统性能的控制技术称为微控制技术。随着单片机应用的推广,微控制技术将不断得到发展完善。

4. 单片机编程语言

从应用的角度来看,51 系列单片机常用的编程语言有 PL/M、C51 和汇编语言 3 种。

1) PL/M

PL/M 是 Intel 从 8080 微处理器开始为其系列产品开发的编程语言。它很像 PASCAL,是一种结构化语言,但它使用关键字定义结构。总的来说,PL/M 是“高级汇编语言”,可详细控制代码的生产。但对 51 系列单片机来说,PL/M 不支持复杂的算术运算、浮点变量,而且无丰富的库函数支持。学习 PL/M 无异于学习一种新语言,因此学习它的人较少。

2) C51

C51 是一种主要用于 51 单片机系统的标准 C 语言的变体。它也是高级语言,其主要特

点如下:

- (1) 8051 存储器具有哈佛结构, 程序与数据存储器分立, 还可以进行位寻址。
- (2) 片上的数据和程序存储器空间较小, 且同时存在向片外扩展的可能。
- (3) 片上集成的外围设备通过寄存器进行控制。
- (4) 51 单片机的派生门类非常多, 且要求 C 语言对它们的每一个硬件资源都能进行操作。

上述特点是以台式 PC 机为基础的 C 语言所不具备的。经过 Keil/Franklin、Archmeades、IAR、BSO/TASKING 等公司的不懈努力, C 语言终于在 20 世纪 90 年代开始成熟, 成为专业化的单片机高级语言。过去长期困扰人们的“高级语言代码过长, 运行速度太慢, 因此不适合单片机使用”的致命缺点已被克服。目前, 51 单片机上的 C 语言代码长度已经做到了汇编水平的 1.2~1.5 倍。至于执行速度问题, 只要有好的仿真器的帮助, 找出关键代码, 进一步人工优化, 就可以达到十分完美的程度。而在开发速度、软件质量、结构严谨和程序坚固等方面, C 语言的优越性更是绝非汇编语言所能比拟。

用 C 语言编写程序的优点如下:

(1) C 语言是一种结构化程序设计语言, 支持当前程序设计中广泛采用的由顶向下的结构化程序设计技术。

(2) 应用程序的可移植性。C 语言是与硬件无关的通用程序设计语言, 其本身并不包括输入/输出语句。C 语言可以通过输入/输出语句同硬件进行交互, 而输入/输出语句中只有最底层的几个函数才与硬件设计有关。考虑到将来产品更新换代, 需要更强有力的单片机时, 用 C 语言写的程序往往可以直接移植, 只需要重新编译即可。如果整个应用程序都用汇编语言编写, 将来的移植是很难实现的。

(3) 便于程序调试。应用程序的调试可以直接使用 C 语言。例如, C 语言中典型的按格式输出函数 `printf()` 就是程序调试的有力工具, 程序中的各个参数, 包括一些中间变量都可以用这个函数在屏幕上显示出来, 这比汇编语言程序调试中设断点的方法轻松许多。

(4) C 语言库函数丰富。C 语言提供了许多有用的库函数, 如进行数学运算、数码转换、各种格式的输入/输出等操作的函数。为应用编写的一些汇编语言程序也可以放在库里, 作为开发下一个产品的资源。

(5) 源程序易读, 易于修改。

(6) C51 提供了复杂的数据类型, 如数组、结构、联合、枚举和指针等, 极大地增强了程序处理能力和灵活性。

(7) 提供了 `auto`、`static` 和 `const` 等存储类型和专门针对 51 单片机的 `data`、`idata`、`pdata`、`xdata` 和 `code` 等存储类型, 自动为变量分配合理的地址。

(8) 提供了 `small`、`compact` 和 `large` 等编译模式, 以适应片上存储器的大小。

(9) 可方便地接受多种实用程序的服务, 例如, 片上资源的初始化由专门的实用程序自动生成, 实时多任务操作系统可调度多道任务, 简化用户编程, 提高运行的安全性等。

3) 汇编语言

和 C51 语言相比, 汇编语言的特点主要表现为以下几个方面:

(1) 汇编语言是一种用文字助记符来表示机器指令的符号语言, 是最接近机器码的一

种语言。其主要优点是占用资源少、程序执行效率高。但是,不同的微处理器,其汇编语言可能有所差异,所以不易移植、可重用性低。可重用性即上次为某个项目编写的程序,再次使用时稍加修改即可。

(2) 汇编语言的一条指令对应一个机器码,每一步执行什么动作都很清楚,并且程序大小和堆栈调用情况很容易控制,调试起来也比较方便。

(3) 直接操作硬件,对单片机底层和接口时序很清楚。

适合用汇编语言编写的程序内容如下:

(1) 系统的初始化,包括初始化单片机和各模块的控制寄存器,配置硬件相关的端口定义,以及设置堆栈指针建立 C 语言程序运行的环境等。

(2) 中断向量的初始化,中断服务的入口、出口及开中断、关中断等。中断服务程序本身可用 C 语言编写,然后在汇编程序中调用 C 语言编写的子程序,完成中断服务。

(3) 用汇编语言编写输入/输出函数,在 C 语言程序中调用这些函数。

总之,用汇编语言编写与硬件有关部分的程序,用 C 语言编写与硬件无关部分的程序,并处理好两部分程序之间的参数传递,是成功的关键。

因此,用 C 语言进行单片机程序设计是单片机开发与应用的必然趋势。用 C 语言编写目标系统软件会大大缩短开发周期,且显著增加软件的可读性,更便于后期改进和扩充,从而研制出规模更大、性能更完备的系统。

但对于单片机的初学者来说,若想深入掌握单片机的精髓,应该从汇编语言学起。因为汇编语言是最接近机器码的一种语言,学好汇编语言可以加深初学者对单片机各个功能模块的了解,从而打下扎实的基础。

1.1.2 AT89S51 单片机结构

AT89S51 是一种带 4KB 闪烁可编程可擦除只读存储器 (Flash Programmable and Erasable Read Only Memory, FPEROM) 的低电压、高性能 CMOS 8 位微处理器,俗称单片机。该器件采用 ATMEL 高密度、非易失存储器制造技术制造,与工业标准的 MCS-51 指令集和输出引脚兼容。由于将多功能 8 位 CPU 和闪烁存储器组合在单个芯片中,ATMEL 的 AT89S51 是一种高效微控制器,为很多嵌入式控制系统提供了一种灵活性高且廉价的方案。

AT89S51 单片机与 MCS-51 完全兼容,内部的结构如图 1-8 所示。

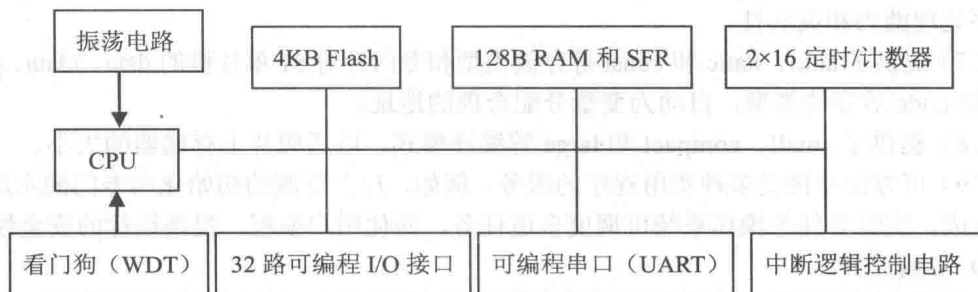


图 1-8 AT89S51 单片机的内部结构