

高等院校信息技术规划教材

单片机原理与 应用系统设计（第2版）

马秀丽 周越 王红 编著



清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

单片机原理与 应用系统设计（第2版）

马秀丽 周越 王红 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书在较全面和详细地介绍 MCS-51 单片机的基本原理、系统结构、内部资源、指令系统、常用接口及其外部扩展、应用系统设计等内容的基础上,增加了丰富且能够实际演示的单片机应用实例、嵌入式操作系统在 MCS-51 单片机系统中应用的方法和实例,目的是强化学习者的单片机软、硬件系统的整体设计意识和设计能力,也为嵌入式技术的学习打下良好基础。

全书共分 11 章,内容包括单片机技术概述、基本原理、汇编语言程序设计、C 语言程序设计、内部资源及应用、基本外部接口技术、通信接口技术、应用系统设计、嵌入式操作系统的应用、便携式单片机学习板的设计和单片机应用系统开发工具。书中相关应用设计案例的编写具有完整性、系统性和工程性。所有案例均给出可实施的系统级设计资料,包括用 Protel 绘制的硬件电路原理图、Keil μ Vision 环境下调试通过的软件源程序代码以及 Proteus 环境下的系统仿真实现结果。除个别章外,每章结束各有相关的习题,以便读者及时巩固所学知识。

本书内容全面,概念清晰,结构合理,实例丰富,文字通俗易懂,并配有多媒体教学课件和相关案例,是学习单片机原理与系统设计的理想教材,特别适合作为高等院校电子信息类专业的本科生教材。本书也可作为爱好单片机软、硬件技术和嵌入式技术的初学者及工程设计人员的参考书。

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

单片机原理与应用系统设计/马秀丽,周越,王红编著. —2 版. —北京:清华大学出版社,2017
(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-47559-0

I. ①单… II. ①马… ②周… ③王… 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 129963 号

责任编辑:袁勤勇

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京泽宇印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:23

字 数:527 千字

版 次:2014 年 10 月第 1 版 2017 年 9 月第 2 版

印 次:2017 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.50 元

产品编号:075056-01

本书的目的是帮助初学者学习使用单片机。首先,作者总结多年的工程实践经验和教学体会,先与读者分享一下学习经验。

1. 分享经验

首先,是做好基础知识的准备。基础知识包括模拟电路、数字电路和 C 语言知识。在学习单片机之前,应先温习所学过的模拟电路、数字电路以及 C 语言知识,为学习单片机加强基础。

单片机的硬件电路大多数属于数字电路,如果数字电路基础扎实,对复杂的单片机硬件结构和原理就能容易理解,就能轻松地迈开学习的第一步。因此,如果你觉得单片机很难,那就应该先去重温数字电路,搞清楚触发器、寄存器、门电路、CMOS 电路、时序逻辑和时序图、进制转换等基础知识。当你掌握了这些基础知识后再去看单片机的结构和原理,就会大彻大悟,信心倍增。模拟电路是电子技术的基础,主要内容是学习电阻、电容、电感、二极管、三极管、场效应管及放大器等模拟器件的工作原理和在电路中的作用。扎实的模拟电路基础可以让你容易看懂别人设计的电路,也能使你设计的电路更可靠。同时,单片机的学习离不开编程,在所有的程序设计中 C 语言运用最为广泛。C 语言知识并不难,需要掌握的知识就那么几种数据类型和几个控制语句。可别小看这几种数据类型和几个控制语句,用它们可以处理各种形式的数据以及非常复杂的逻辑关系。

扎实的电子技术基础和 C 语言基础,会让你的单片机学习得心应手。当单片机乖乖地依照你的想法和设计去执行指令,实现预期结果的时候,成就感会让你信心十足地投入到单片机的世界里,未来的单片机专家就是你。

其次,要通过实践积累经验。单片机的学习具有很强的实践性,是一门很注重实际动手操作的技术学科,不动手实践是学不会单片机的。因此,实践才是真正学习单片机的必由之路。

实践中要有一套完整的学习开发工具,即必须有一台计算机、

一套单片机开发板、视频教程和单片机教材。计算机上要安装 Keil C51 集成开发软件,用来编写和编译程序,并将程序代码下载到单片机上;开发板用来运行单片机程序,验证实际效果;视频教程就是手把手教你单片机开发环境的使用、单片机编程和调试。对于单片机初学者来说,视频教程必须看,否则,即使把教材看了几遍,还是不知道如何下手;单片机教材是理论学习资料,备忘备查。初学者为了节约成本和时间,可以先用 Proteus 软件仿真调试,熟悉之后,再使用开发板调试程序。

软件编程要注重理论和实践相结合,效果会更好。看到例程题目先试着构思自己的编程思路,然后再看教材或视频教程里的代码,研究别人的编程思路以及与自己思路的差异;接下来是亲自动手编写程序,对有疑问的地方试着按照自己的思路修改程序,比较程序运行效果,领会其中的奥妙。还可以在原有程序基础上改进和拓展,使其功能更强大。此外,自己应该找些项目来做,以巩固所学的知识和积累更多的经验。

在实践中要多与同行虚心交流。在单片机学习过程中,每个人都会遇到无数的问题,如果你向有经验的过来人虚心求教,就会少走许多弯路,节省很多时间。

最后,研究硬件设计,实现产品开发。学习单片机的最终目的是做产品开发,产品即是一个软硬件相结合的系统。所以,硬件设计是学习单片机技术的必学内容。当你的单片机编程水平有了相当提高之后,就应该去研究单片机硬件系统设计了。硬件设计包括电路原理设计和电路板(即 PCB 板)设计。

电路原理设计涉及各种芯片的应用,而芯片的典型应用在芯片数据手册(Datasheet)中都能找到答案。电子技术领域的第一手资料就是 Datasheet,而且几乎都是全英文的,从 Datasheet 里所获得的知识,可能是在教科书、网络文档和课外读物等中很少见到的。虽然有些资料也都是在 Datasheet 的基础上撰写的,但内容不全面,甚至存在翻译上的遗漏和错误。所以良好的英文阅读能力也是学习单片机技术不可缺少的。PCB 板的设计相对简单,只要懂得使用 PCB 板设计软件 Protel 或 Altium Designer 就没问题了。但要想设计的板子布局美观、布线合理,还需要在实践中不断学习。

具备一定的 Keil C51 环境下的单片机编程经验、会使用 Protel 软件或 Altium Designer 软件设计硬件电路以及良好的英文阅读能力,你就是遇强则强的单片机高手了。

2. 本书内容

本书第 2 版增加了工程实践内容。多年来,MCS-51 系列单片机一直是学习单片机技术的主要教学平台,在嵌入式技术高速发展的大环境下,单片机技术课程已经不再是培养电子工程师课程体系的最终环节,单片机的教学要为后续学习嵌入式系统打下良好基础。因此,本书在编写过程中,除了论述 MCS-51 单片机的基本原理、系统结构、内部资源、指令系统、常用接口及其外部扩展、应用系统设计等内容外,还增加了丰富且能够实际演示的单片机应用实例、嵌入式操作系统在 51 单片机系统中应用的方法和实例,以及自主设计的便携式单片机学习板的软硬件设计的内容,并在第 2 版中增加了工程实践案例的设计内容。

3. 本书特色

(1) 强调动手实践。

实践是学好单片机技术的必经之路。本书详细介绍了 Keil μ Vision 集成开发环境下进行汇编语言程序和 C51 程序开发的过程;书中所有案例程序均在 Keil μ Vision 环境下调试通过,不是纸上谈兵,而是实战演习。

(2) 强调单片机应用系统的软硬件整体设计。

书中给出了若干完整的单片机应用系统实例。案例的编写具有完整性、系统性和工程性。

- 所有案例均给出可实施的系统级设计资料,包括完整的可实现电路板布线的硬件电路原理图(并非电路示意图)和完整的 Keil μ Vision 环境下调试通过的软件源程序工程代码(并非程序段或伪代码)。
- 所有案例均给出仿真实现过程和结果,即基于 Proteus 环境的系统仿真实现结果。
- 设计有便携式单片机学习板,给出了该学习板的 Protel 电路原理图设计和 PCB 版设计资料,便于读者进行工程实践。书中单片机应用系统案例均可在该学习板上硬件实现。

(3) 为嵌入式系统学习打好基础。

嵌入式系统是单片机技术发展的高级阶段,因此学习单片机要做好进一步学习嵌入式系统的知识准备。一方面是加强 C 语言程序设计能力,另一方面是加强嵌入式操作系统在 51 单片机系统上应用的内容介绍。此外,本书介绍了嵌入式操作系统在 51 单片机系统中应用的方法和实例。

(4) 配套资源丰富。

本书配有多媒体资料,其中包含电子课件、所有相关例程源代码、习题解答及编程题的程序源代码,并且在程序的关键部分加以注释,既适合作为教材供教师和学生使用,也适合自学成才。

4. 致谢

本书由沈阳理工大学马秀丽、周越、王红共同编写。本书第 1~5 章和 8.8 节由马秀丽编写,第 7~10 章由周越和王红编写,第 6 和第 11 章由周越和马秀丽编写,王红霞参加了附录和部分章节的编写工作。最后由马秀丽审阅并统稿完成。感谢本书所列参考文献的作者,他们的工作给了我们很大的帮助和启发。感谢为本书出版付出辛勤劳动的清华大学出版社的工作人员。感谢读者选用本书。

尽管全体参编人员竭尽全力,但限于自身水平,书中难免会有遗漏,恳请广大读者不吝指正,同时欢迎您对本书内容提供宝贵建议,我们将非常感谢。

编者

2017 年 5 月

目录

Contents

第 1 章 单片机概述	1
1.1 单片机的概念及特点	1
1.1.1 单片机的基本概念	1
1.1.2 单片机的主要特点	2
1.2 单片机的发展历程	3
1.3 单片机的种类与应用	5
1.3.1 单片机的种类	5
1.3.2 单片机的等级	9
1.3.3 单片机的应用	9
1.4 单片机的选型	10
习题	11
第 2 章 单片机的基本原理	12
2.1 MCS-51 系列单片机简介	12
2.1.1 MCS-51 系列单片机的特点	12
2.1.2 MCS-51 系列单片机的常用芯片简介	13
2.2 MCS-51 系列单片机的结构	16
2.2.1 MCS-51 系列单片机的内部结构	16
2.2.2 MCS-51 系列单片机的 CPU	17
2.2.3 MCS-51 系列单片机的存储器分布	20
2.2.4 MCS-51 系列单片机的输入输出接口	26
2.2.5 MCS-51 系列单片机的时钟电路	29
2.2.6 MCS-51 系列单片机的复位电路	29
2.3 MCS-51 系列单片机的引脚功能	31
2.4 MCS-51 系列单片机的时序	33
2.4.1 MCS-51 系列单片机的时序单位	33
2.4.2 MCS-51 系列单片机典型指令的时序	34

2.5	MCS-51 系列单片机的最小系统	36
2.5.1	MCS-51 系列单片机的最小系统组成	36
2.5.2	MCS-51 系列单片机的节电方式	37
习题		38
第3章	单片机汇编语言程序设计	40
3.1	MCS-51 系列单片机的汇编指令格式和寻址方式	40
3.1.1	MCS-51 系列单片机的汇编指令格式	40
3.1.2	MCS-51 系列单片机的寻址方式	41
3.2	MCS-51 系列单片机的指令系统	44
3.2.1	数据传送类指令	45
3.2.2	算术运算类指令	48
3.2.3	逻辑运算类指令	51
3.2.4	控制转移类指令	52
3.2.5	位运算类指令	57
3.3	MCS-51 系列单片机汇编程序常用的伪指令	59
3.4	MCS-51 系列单片机汇编语言程序设计	63
3.4.1	数据的寻找与排序的程序	64
3.4.2	数据运算的程序	66
3.4.3	数据的拼拆和转换	69
3.4.4	多分支转移程序	71
3.4.5	子程序设计	74
习题		76
第4章	单片机 C 语言程序设计	80
4.1	C 语言与 MCS-51 系列单片机	80
4.1.1	C 语言与 MCS-51 系列单片机概述	80
4.1.2	C51 程序的结构	82
4.2	C51 的基本数据类型	83
4.3	C51 的运算量	85
4.3.1	常量	85
4.3.2	变量	86
4.3.3	变量的存储模式	89
4.3.4	绝对地址的访问	90
4.4	C51 的运算符及表达式	92
4.4.1	算术运算符和算术表达式	92
4.4.2	赋值运算符和赋值表达式	93

4.4.3	增量运算符和增量表达式	93
4.4.4	关系运算符和关系表达式	93
4.4.5	逻辑运算符和逻辑表达式	94
4.4.6	复合赋值运算符	95
4.4.7	逗号运算符和逗号表达式	95
4.4.8	条件运算符和条件表达式	95
4.4.9	位运算符和位运算	96
4.4.10	指针与地址运算符	96
4.5	C51 的输入与输出	97
4.5.1	格式输出函数 printf()	97
4.5.2	格式输入函数 scanf()	98
4.6	C51 程序基本结构与相关语句	98
4.6.1	C51 程序的基本结构	98
4.6.2	C51 语句	100
4.6.3	if 语句	100
4.6.4	switch...case 语句	101
4.6.5	while 语句	102
4.6.6	do...while 语句	102
4.6.7	for 语句	103
4.6.8	break 和 continue 语句	103
4.6.9	return 语句	104
4.7	C51 的函数	104
4.7.1	函数的定义	105
4.7.2	函数的调用与声明	107
4.7.3	函数的嵌套调用和递归调用	108
4.8	C51 的构造数据类型	110
4.8.1	数组	110
4.8.2	指针	111
4.8.3	结构体	113
4.8.4	共用体	115
4.8.5	枚举类型	117
4.9	C51 程序的编辑和编译	118
习题		118
第 5 章	MCS-51 单片机内部资源及编程	120
5.1	并行输入输出接口	120
5.2	定时/计数器接口	121
5.2.1	定时/计数器的主要特性	121

5.2.2	定时/计数器 T0、T1 的工作原理	122
5.2.3	定时/计数器的特殊功能寄存器	123
5.2.4	定时/计数器的工作模式	124
5.2.5	定时/计数器的初始化编程及应用	127
5.3	串行接口	134
5.3.1	串行口的主要特性	134
5.3.2	MCS-51 系列单片机串行口的工作原理	135
5.3.3	串行口的特殊功能寄存器	136
5.3.4	串行口的工作方式	138
5.3.5	串行口的初始化编程及应用	142
5.4	中断系统	154
5.4.1	MCS-51 系列单片机中断系统的特点	154
5.4.2	MCS-51 系列单片机的中断源	155
5.4.3	MCS-51 系列单片机的中断控制寄存器	157
5.4.4	中断系统的应用	159
习题		162
第 6 章	MCS-51 单片机的外部接口技术	165
6.1	人机接口	165
6.1.1	数码管显示接口	165
6.1.2	字符点阵式 LCD 显示接口	170
6.1.3	图形点阵式 LCD 显示接口	177
6.1.4	键盘接口	190
6.2	存储器扩展	196
6.2.1	单片机系统总线	196
6.2.2	数据存储器扩展	197
6.2.3	程序存储器扩展	199
6.2.4	单片机对外部存储器的读写时序	200
6.3	输入输出扩展	202
6.3.1	简单 I/O 接口扩展	202
6.3.2	可编程并行 I/O 接口扩展	203
6.4	A/D 转换接口	211
6.4.1	A/D 转换原理	211
6.4.2	ADC0809 芯片的应用	213
6.5	D/A 转换接口	219
6.5.1	D/A 转换原理	219
6.5.2	DAC0832 芯片的应用	221
6.6	开关量输入输出接口	226

习题	227
第 7 章 MCS-51 单片机的通信接口技术	228
7.1 RS232 接口通信	228
7.1.1 RS232 基本原理	228
7.1.2 单片机与 PC 的 RS232 接口通信	229
7.2 RS485 接口通信	234
7.3 IIC 总线接口通信	234
7.3.1 IIC 总线主要特点	234
7.3.2 IIC 总线工作时序	235
7.3.3 IIC 总线操作指令格式	236
7.3.4 IIC 总线 EEPROM 芯片的应用	236
7.4 SPI 总线接口通信	245
7.4.1 SPI 总线工作原理	245
7.4.2 SPI 总线芯片 ADC0832 的应用	246
7.5 CAN 总线接口通信	251
7.5.1 CAN 通信总线原理	251
7.5.2 常用的 CAN 总线芯片	252
7.5.3 CAN 总线应用	253
7.6 USB 总线接口通信	254
7.6.1 USB 通信总线原理	254
7.6.2 常用的 USB 通信总线芯片	255
7.6.3 USB 1.1 通信总线应用	256
习题	257
第 8 章 单片机应用系统设计	258
8.1 系统设计总体规划	258
8.1.1 单片机应用系统设计流程	258
8.1.2 硬件系统设计原则	260
8.1.3 软件系统设计原则	260
8.2 电子密码锁设计	260
8.2.1 硬件电路设计	261
8.2.2 软件程序设计	261
8.3 GPS 定位终端设计	263
8.3.1 硬件电路设计	263
8.3.2 软件程序设计	264
8.4 电子日历设计	268



8.4.1	硬件电路设计	268
8.4.2	软件程序设计	271
8.5	温度检测器设计	271
8.5.1	硬件电路设计	271
8.5.2	软件程序设计	275
8.6	电梯内部控制器设计	276
8.6.1	硬件电路设计	277
8.6.2	软件程序设计	278
8.7	直流电机温控调速器	279
8.7.1	硬件电路设计	280
8.7.2	软件程序设计	282
8.8	RFID 读卡器设计	282
8.8.1	硬件电路设计	283
8.8.2	软件程序设计	284
8.9	ZigBee 物联网结点设计	285
8.9.1	ZigBee 物联网整体结构	285
8.9.2	温湿度结点的硬件电路设计	286
8.9.3	软件程序设计	288
第9章 嵌入式操作系统应用基础		290
9.1	嵌入式操作系统介绍	290
9.1.1	嵌入式计算机系统体系结构	290
9.1.2	嵌入式操作系统主要功能	292
9.1.3	典型的嵌入式操作系统	293
9.2	RTX51 Tiny 操作系统基本功能	294
9.2.1	RTX51 Tiny 特性	294
9.2.2	RTX51 Tiny 的任务管理	294
9.2.3	RTX51 Tiny 的系统函数	297
9.2.4	使用 RTX51 Tiny 编程时注意事项	299
9.2.5	RTX51 Tiny 的系统配置	300
9.2.6	RTX51 Tiny 的编程规则	302
9.3	RTX51 Tiny 操作系统应用实例	303
9.3.1	多路跑马灯	303
9.3.2	矩阵式键盘扫描识别	306
9.3.3	秒表	308
9.3.4	串口通信	311
习题		314

第 10 章 便携式单片机学习板介绍	315
10.1 SLG-1 型便携式单片机学习板特点	315
10.2 原理图设计	315
10.2.1 总体设计	315
10.2.2 各模块单元设计	317
10.3 例程设计	322
第 11 章 单片机应用系统开发工具	323
11.1 Keil μ Vision 集成开发环境的使用	323
11.1.1 工程文件的建立	323
11.1.2 在工程中添加程序文件	325
11.1.3 编译和连接工程文件,形成目标文件	325
11.1.4 调试运行,观察结果	326
11.1.5 仿真环境的设置	328
11.2 Proteus 仿真软件介绍	332
11.3 电路设计开发工具 Altium Designer 介绍	337
附录 A MCS-51 单片机指令表	338
A.1 数据传输类指令	338
A.2 算术运算类指令	339
A.3 逻辑操作类指令	340
A.4 位操作类指令	341
A.5 控制转移类指令	342
附录 B C51 的库函数	343
B.1 专用寄存器头文件 regxx.h	343
B.2 字符函数库 ctype.h	343
B.3 一般输入输出函数库 stdio.h	344
B.4 字符串函数库 string.h	345
B.5 标准函数库 stdlib.h	347
B.6 数学函数库 math.h	348
B.7 预定义宏函数库 absacc.h	349
B.8 内部函数库 intrins.h	349
参考文献	351

单片机概述

单片机是微型计算机的一种,是把一个计算机系统集成到一小块硅片上的微型计算机。它最早被应用在工业控制领域,最初的设计理念是通过将大量外围设备和 CPU 集成在一个芯片中,使计算机系统更小、更容易集成到复杂的而对体积要求严格的控制设备中。随着单片机在工业控制领域的广泛应用,单片机由芯片内仅有 CPU 的专用处理器逐渐发展成为片内集成有 CPU 和大量外围设备的微型计算机系统。由于单片机具有体积小、重量轻、功能全、集成度高、可靠性好、性价比高、灵活性好等优点,现已被广泛应用于工业检测与控制、计算机外设、智能仪器仪表、通信设备、家用电器等各种领域。

现代人类生活中所用的每件包含电子器件的产品中,几乎都会集成有单片机,手机、电话、计算器、家用电器、电子玩具、掌上电脑以及鼠标等电子产品中都含有单片机。汽车上一般配备四十多片单片机,复杂的工业控制系统上甚至可能有数百片单片机在同时工作。单片机的数量远远超过 PC 和其他计算机的总和。

1.1 单片机的概念及特点

1.1.1 单片机的基本概念

单片机全称单片微型计算机,它是一种集成电路芯片,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、存储器、多种 I/O 接口和中断系统、定时器/计数器等功能(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微型计算机系统。

将计算机系统以应用为中心进行分类,基本上可以分为两类:一类是常见的通用计算机,它具有一般计算机的标准形态,通过装配不同的应用软件应用于社会的各个方面;另一类是嵌入式计算机,它以控制或监控为目的而集成到另外的装置、产品或计算机系统中。

通用计算机系统的技术要求是高速、海量的数值计算;技术发展方向是总线速度的无限提升,存储容量的无限扩大。而嵌入式计算机系统的技术要求则是智能化的控制能力;技术发展方向是与对象系统密切相关的嵌入性能、控制能力及控制的可靠性。由于它们应用场合和应用环境的不同,从而造成了二者之间的差异及不同的发展方向。单片

机和 ARM 系列都属于嵌入式计算机。

单片机又称微控制器(MCU),是典型的嵌入式微控制器,它将计算机的基本部分微型化,使之集成在一块芯片上,片内含有 CPU、ROM、RAM、并行 I/O、串行 I/O、定时器/计数器、中断控制、系统时钟及系统总线等,它本身就是一个嵌入式系统,同时它也可作为更大的嵌入式系统的核心。

单片机作为计算机发展的一个重要分支领域,根据发展情况,从不同角度可以对单片机进行不同分类。单片机按照用途可以分为通用型和专用型两类;按照总线类型可以分为总线型和非总线型两类;按照应用领域可以分为工控型和家电型两类。

1. 通用型与专用型

通用型单片机的内部资源丰富,功能全面,适应能力强,可以根据用户的不同需要设计出各种不同的应用系统。例如,80C51 是通用型单片机,它不是为某种专门用途设计的;专用型单片机是针对一类产品甚至某一个产品的特殊需要而设计生产的,这种单片机的针对性强,它能实现系统的最简化和最优化,性能好,成本低,具有明显的行业应用优势。

2. 总线型和非总线型

按单片机是否提供并行总线可以分为总线型和非总线型。总线型单片机普遍设置有并行地址总线、数据总线、控制总线,用以扩展并行外围器件,这类单片机的接口扩展能力强。非总线型单片机是把所需要的外围器件及外设接口集成到一片内,从而大大节省了芯片封装成本和芯片体积,这类单片机适用于可以不要并行扩展总线的应用场合。

3. 工控型和家电型

按单片机大致应用的领域可以分为工控型和家电型。一般而言,工控型单片机的寻址范围大,运算能力强,广泛应用于工业检测与控制、计算机外设、智能仪器仪表、通信设备等领域;家电型单片机多为专用型,通常是小封装、低价格,外围器件和外设接口集成度高,广泛应用在家用电器及电子玩具等产品中。

上述分类并非唯一的和严格的。例如,80C51 系列单片机既是通用型,又是总线型,还可以用作工控的单片机。

1.1.2 单片机的主要特点

单片机的基本组成和工作原理与一般的微型计算机基本相同,但是,其具体结构和处理过程与一般微机有些不同,具有自己的特点。

1. 单片机的存储器 ROM 和 RAM 通常是严格区分的

ROM 称为程序存储器,只存放程序、固定常数及数据表格。RAM 则为数据存储器,用作工作区及存放用户数据。这样的结构主要是考虑到单片机用于控制系统中,需要较大的程序存储器空间,把开发成功的程序固化在 ROM 中,而把少量的随机数据存放在

RAM 中。

2. 采用面向控制的指令系统,控制功能强

为满足控制的需要,单片机有更强的逻辑控制能力,特别是具有很强的位处理能力。

3. 单片机的 I/O 引脚通常是多功能的

由于受体积限制,单片机芯片上的引脚数目有限,而实际需要的引脚信号又较多,所以采用了引脚功能复用的方法,将一根引脚设计了两个或多个功能。

4. 外部扩展能力强

单片机内具有计算机正常运行所必需的部件。芯片外部有许多供扩展用的三总线及并行、串行输入输出引脚,并与许多通用的微机接口芯片兼容,很容易构成各种规模的计算机应用系统。

5. 集成度高,体积小,可靠性好

单片机将各功能部件集成在一块晶体芯片上,集成度很高,体积自然也是最小的,能方便地组装成各种智能式控制设备以及组装在各种智能仪表中。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 中不易破坏,许多信号通道均在一个芯片内,故可靠性高。

6. 低电压,低功耗,便于生产便携式产品

为了广泛使用于便携式系统中,许多单片机内的工作电压仅为 1.8~3.6V,而工作电流仅为数百 μA 。

7. 性能价格比高

为了提高速度和运行效率,单片机已开始使用 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。由于单片机的广泛使用,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。

1.2 单片机的发展历程

单片机诞生于 1971 年,由 Intel 公司的霍夫等人研制成功的世界上第一块 4 位微处理器芯片 Intel 4004,标志着第一代微处理器问世,微处理器和微机时代从此开始。此后,单片机的发展经历了单片微型计算机 SCM、微控制器 MCU、嵌入式系统 SoC 三大阶段。

1. SCM 阶段

SCM(Single Chip Microcomputer)阶段即单片微型计算机阶段,主要是寻求最佳的单片形态嵌入式系统的最佳体系结构。“创新模式”获得成功,奠定了 SCM 与通用计算机完全不同的发展道路。

1976—1978 年是 SCM 的探索阶段,早期的 SCM 单片机都是 8 位或 4 位的,以 Intel 公司的 MCS-48 系列 8 位单片机为代表,MCS-48 的推出是在工控领域的探索应用。参与这一探索的公司还有 Motorola 公司、Zilog 公司和 NEC 公司等,且都取得了满意的效果。这一阶段也是 SCM 的诞生年代,“单片机”一词即由此而来。

1978—1982 年是 SCM 的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的 MCS-51 系列单片机,它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构,使得这一系列的单片机直到现在还在广泛使用。

(1) 完善的外部总线。MCS-51 系列单片机设置了经典的 8 位单片机的总线结构,包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有很多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。

2. MCU 阶段

MCU(Micro Controller Unit)阶段即微控制器阶段,主要的技术发展方向是不断扩展满足嵌入式应用所要求的各种外围电路与接口电路,突显其对对象的智能化控制能力。它所涉及的领域都与对象系统相关,因此,发展 MCU 的重任不可避免地落在电气、电子技术厂家。在发展 MCU 方面,最著名的厂家当数 Philips 公司。Philips 公司以其在嵌入式应用方面的巨大优势,将 MCS-51 从单片微型计算机迅速发展至微控制器。

1982—1990 年是 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、脉宽调制器等集成到片中,体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列的广泛应用,许多电气厂商竞相使用 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,强化了智能控制的特征。

1990 年至今是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。

3. SoC 阶段

SoC(System on Chip)阶段即嵌入式系统式的发展阶段。SCM 向 MCU 发展的重要因素,就是寻求应用系统在芯片上的最大化解决,因此,专用型单片机的发展自然形成了向 SoC 发展的趋势。目前,随着微电子技术、IC 设计、EDA 工具的发展,基于 SoC 的单