

MCS-51单片机 原理与应用

于红旗 田苗苗 张琨 刁节涛 ● 编著



清华大学出版社



MCS-51 单片机原理与应用

于红旗 田苗苗
张 琨 刁节涛 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

单片机是嵌入式系统中最常见和最常用的嵌入式处理器,其软硬件开发技术是嵌入式开发人员应掌握的一项基本技能。

本书结合 Proteus 仿真工具、Keil μ Vision 单片机集成开发环境,以 Keil C 为开发语言,介绍了嵌入式系统的基本概念、单片机的基本结构、单片机定时器、中断、常见外设、常见外设串行接口、操作系统的基本概念、RTX51 嵌入式实时操作系统等基本概念和基本应用。

本书结构合理,文字流畅,通俗易懂,是学习 51 单片机的理想入门教材,具有计算机初步知识的读者都可以快速入门。本书还可以作为大学本、专科学生单片机课程的教材或自学材料。

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

MCS-51 单片机原理与应用/于红旗等编著. —北京:清华大学出版社,2015
ISBN 978-7-302-37995-9

I. ①M… II. ①于… III. ①单片微型计算机 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 216049 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:王 云

责任印制:何 芊

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:河北新华第一印刷有限责任公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm $\times$ 260mm

印 张:16.75

字 数:415 千字

版 次:2015 年 1 月第 1 版

印 次:2015 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:31.00 元

产品编号:041617-01

前 言

单片机是嵌入式系统中最常见、最常用的嵌入式处理器，其软件开发技术是嵌入式开发人员应掌握的一项基本技能。

本书不同于传统的单片机书籍和教材，以 Keil C 为单片机开发语言，没有介绍难懂、难记的汇编指令系统，因此有计算机初步知识的读者即可以无障碍地阅读本书。本书将单片机理论知识与实际仿真演示相结合，使读者更容易理解单片机中的基本概念和基本原理。同时，通过本书的学习，读者可逐步掌握 Proteus 单片机仿真环境、Keil μ Vision 单片机集成开发环境的基本使用，并可以在个人计算机上通过 Proteus 来搭建自己的创新设计平台。

本书是根据作者 4 年来讲授的本科“单片机与嵌入式系统”课程讲稿整理而成的，为方便教师授课和学生学习，各章相对独立，每一章可以安排 2~3 个学时，一共 14 章，适合 26~39 学时的课堂教学。

本书结构合理，文字流畅，通俗易懂，是学习 51 单片机的理想入门教材，具有计算机初步知识的读者都可快速入门。本书可作为大学本、专科学生学习单片机课程的教材或自学材料。

全书共分为 14 章，各章的主要内容如下。

第 1 章：嵌入式系统概述，主要讲述了嵌入式系统的概念、基本组成等。

第 2 章：嵌入式系统硬件基础，主要讲述了嵌入式系统硬件的组成部分，着重介绍嵌入式系统的核心——嵌入式微处理器的分类、架构等知识。

第 3~8 章：MCS-51 单片机原理，主要讲述了单片机的基本原理、内部结构、定时器/计数器、中断、Keil C 语言、Proteus 仿真环境等基础且重要的知识点。

第 9~11 章：常见单片机外设应用初步，主要讲述了七段数码管、按键、1602 液晶模块、12864 液晶模块的基本应用。

第 12 章：单片机串口通信及应用，主要讲述了单片机串口通信的基本原理、内部结构、基本应用和仿真。

第 13 章：RTX-51 实时多任务操作系统，主要讲述了操作系统的概念，着重介绍操作系统的进程管理和进程调度等基本概念，讲述 RTX-51 这一嵌入式实时操作系统的基本应用。

第 14 章：单片机 IIC 和 SPI 接口及应用，主要讲述了 SPI 总线和 IIC 总线的基础知识和基本应用仿真。

本书的编写人员主要有于红旗、田苗苗、张琨、刁节涛等人，其中，于红旗负责全书

的内容组织、目录规划以及第 7~14 章的编写,田苗苗负责第 1~6 章的编写,河南农业大学机电工程学院的张琨完成了本书程序的编写、验证和书稿的校对工作,刁节涛完成了全书的审校。由于时间仓促,加上嵌入式系统本身也在不断地发展变化中,一些有益的科研项目和科研经验尚未在本书中体现。

本书在编写的过程中参阅了不少同行有益的教材,在此深表感谢!

由于作者水平有限,本书中错误和疏漏之处在所难免,欢迎广大教师和读者批评指正。作者的联系方式是 dr.yhq@163.com。本书配套有免费的电子课件,有需要的读者可到清华大学出版社的网站 (www.tup.ocr.cn) 上下载。

编 者

目 录

第 1 章 嵌入式系统概述.....	1
1.1 生活中的嵌入式系统.....	1
1.2 嵌入式系统的定义及特点.....	2
1.2.1 嵌入式系统的定义.....	2
1.2.2 嵌入式系统的特点.....	2
1.2.3 嵌入式系统与通用计算机系统的区别.....	3
1.3 嵌入式系统的基本结构.....	4
1.3.1 嵌入式系统的硬件组成.....	4
1.3.2 嵌入式系统的软件.....	6
1.3.3 嵌入式软件系统的设计方法.....	8
1.3.4 嵌入式系统的开发模式.....	11
1.3.5 嵌入式项目开发流程.....	11
1.4 嵌入式系统的发展.....	12
1.4.1 嵌入式系统的历史.....	12
1.4.2 嵌入式系统的发展现状.....	13
1.4.3 嵌入式系统的发展趋势.....	13
1.5 小结.....	14
第 2 章 嵌入式系统硬件基础.....	15
2.1 嵌入式系统硬件的基本概念.....	15
2.1.1 精简指令集 RISC 和复杂指令集 CISC.....	15
2.1.2 冯·诺依曼体系结构和哈佛体系结构.....	16
2.1.3 流水线技术.....	18
2.2 嵌入式系统基本硬件组件.....	19
2.2.1 嵌入式处理器.....	19
2.2.2 存储器.....	23
2.2.3 输入设备.....	25
2.2.4 输出设备.....	26
2.3 小结.....	26
第 3 章 MCS-51 单片机原理（一）.....	27
3.1 MCS-51 系列单片机概述.....	27
3.1.1 什么是单片机.....	27

3.1.2	单片机的发展历史.....	27
3.1.3	单片机的应用领域.....	28
3.1.4	单片机的发展方向.....	28
3.2	MCS-51 系列单片机总体结构.....	29
3.2.1	MCS-51 单片机基本结构.....	29
3.2.2	MCS-51 单片机的分类.....	30
3.3	89C51 单片机的内部架构.....	30
3.3.1	89C51 单片机的内部结构.....	30
3.3.2	89C51 中央处理单元 (CPU)	31
3.3.3	89C51 存储器.....	31
3.3.4	89C51 I/O.....	31
3.3.5	89C51 单片机的运算器.....	31
3.3.6	89C51 单片机的控制器.....	37
3.3.7	89C51 单片机的存储器.....	37
3.4	小结.....	43
第 4 章	MCS-51 单片机原理 (二)	44
4.1	MCS-51 单片机的结构及引脚功能.....	44
4.1.1	电源、地引脚.....	45
4.1.2	外接晶体引脚.....	45
4.1.3	控制信号引脚.....	45
4.1.4	输入/输出端口	46
4.2	并行输入/输出电路结构.....	46
4.2.1	单片机并行输入/输出电路的特点.....	46
4.2.2	P0 口	47
4.2.3	P1 口	48
4.2.4	P2 口	48
4.2.5	P3 口	49
4.3	单片机最小系统的搭建.....	49
4.3.1	什么是单片机最小系统.....	49
4.3.2	单片机引脚知识点回顾.....	50
4.3.3	单片机最小系统.....	51
4.3.4	最小系统举例.....	52
4.4	单片机时序的概念.....	53
4.5	89C51 单片机工作方式.....	54
4.5.1	复位电路与复位方式.....	54
4.5.2	程序运行方式.....	55
4.6	单片机开发环境 Keil μ Vision	55
4.6.1	Keil μ Vision 简介	55
4.6.2	Keil μ Vision 应用流程	55
4.6.3	Keil μ Vision 集成开发平台介绍	56

4.7 小结.....	57
第5章 MCS-51 单片机原理（三）	58
5.1 C 语言与 MCS-51 单片机	58
5.1.1 C 语言的特点.....	58
5.1.2 C 语言的程序结构.....	58
5.1.3 单片机 C 语言与汇编语言比较.....	60
5.1.4 C51 与标准 C 语言的比较.....	60
5.2 C51 的数据类型	61
5.2.1 字符型 char.....	61
5.2.2 int 整型	61
5.2.3 特殊功能寄存器型.....	61
5.2.4 位类型	62
5.2.5 数据类型的隐式转换.....	63
5.2.6 C51 数据类型小结.....	63
5.3 C51 的运算量	64
5.3.1 常量	64
5.3.2 变量	65
5.4 存储模式.....	68
5.5 绝对地址的访问.....	68
5.5.1 使用 C51 运行库中预定义宏	68
5.5.2 通过指针访问.....	70
5.5.3 使用 C51 扩展关键字_at_	70
5.6 C51 的运算符及表达式	71
5.6.1 赋值运算符.....	71
5.6.2 算术运算符.....	72
5.6.3 关系运算符.....	72
5.6.4 逻辑运算符.....	72
5.6.5 位运算符	73
5.6.6 复合赋值运算符.....	73
5.6.7 逗号运算符.....	74
5.6.8 条件运算符.....	74
5.6.9 指针与地址运算符.....	74
5.7 表达式语句及复合语句	74
5.7.1 表达式语句.....	74
5.7.2 复合语句	75
5.8 小结.....	76
第6章 MCS-51 单片机原理（四）	77
6.1 C51 的输入/输出	77
6.1.1 格式输出函数 printf.....	77

6.1.2	格式输入函数 scanf	82
6.2	C51 程序基本结构与相关语句	87
6.2.1	C51 的基本结构	87
6.2.2	If 语句	88
6.2.3	switch/case 语句	89
6.2.4	while 语句	89
6.2.5	do while 语句	91
6.2.6	for 语句	91
6.2.7	循环的嵌套	92
6.2.8	break 和 continue 语句	93
6.2.9	return 语句	94
6.3	单片机仿真环境 Proteus	94
6.3.1	Proteus 简介	94
6.3.2	Proteus 微处理器系统仿真流程	94
6.3.3	Proteus 设计方法和步骤	95
6.3.4	Proteus 电路绘图工具的使用	96
6.3.5	常用 Proteus 库元件	97
6.4	Proteus 仿真实例	97
6.5	小结	98
第 7 章	MCS-51 单片机原理 (五)	99
7.1	什么是中断	99
7.2	为什么需要中断	99
7.3	与中断有关的几个概念	100
7.4	89C51 中断系统结构及中断控制	101
7.4.1	89C51 中断源	101
7.4.2	89C51 中断系统结构	101
7.4.3	中断控制	102
7.4.4	如何应用中断	104
7.5	中断优先级控制	105
7.6	中断扩展	110
7.7	小结	113
第 8 章	MCS-51 单片机原理 (六)	114
8.1	单片机定时器/计数器的结构	114
8.2	定时器的控制	115
8.2.1	工作模式寄存器 TMOD (Timer Mode)	115
8.2.2	控制器寄存器 TCON (Timer Control)	117
8.3	定时器的 4 种模式及应用	118
8.3.1	模式 0 及其应用	118
8.3.2	模式 1 及其应用	123

8.3.3 模式 2 及其应用.....	125
8.3.4 模式 3 简介.....	127
8.4 定时器应用.....	128
8.5 小结.....	132
第 9 章 常见单片机外设应用初步（一）.....	133
9.1 七段数码管及其应用.....	133
9.1.1 七段数码管.....	133
9.1.2 七段数码管静态显示方式.....	140
9.1.3 七段数码管动态显示方式.....	140
9.2 按键及其应用.....	146
9.2.1 概述.....	146
9.2.2 按键的消抖.....	147
9.2.3 独立式非编码键盘.....	147
9.2.4 矩阵键盘接口及工作原理.....	149
9.3 小结.....	153
第 10 章 常见单片机外设应用初步（二）.....	154
10.1 液晶显示器概述.....	154
10.2 1602 液晶显示模块概述.....	154
10.3 1602 液晶显示模块引脚定义.....	156
10.4 1602 液晶显示模块和单片机接口.....	157
10.5 单片机对 1602 的 4 种操作模式.....	157
10.5.1 读操作时序.....	157
10.5.2 写操作时序.....	160
10.6 1602 液晶内部显示存储器.....	162
10.7 1602 液晶指令.....	163
10.7.1 显示功能设置.....	163
10.7.2 显示开关及光标设置.....	163
10.7.3 清屏.....	164
10.7.4 设定显示屏或光标移动方向指令.....	165
10.7.5 AC 值控制及屏幕移动设置.....	166
10.7.6 光标归位指令.....	167
10.7.7 指令小结及编程技巧.....	167
10.7.8 综合实验.....	167
10.8 1602 液晶的初始化.....	167
10.9 1602 液晶综合应用.....	169
10.9.1 LCD 显示字符串.....	169
10.9.2 1602 液晶显示时钟.....	170
10.9.3 1602 液晶显示时钟（定时器）.....	171
10.10 小结.....	172

第 11 章 常见单片机外设应用初步 (三)	173
11.1 12864 液晶模块概述	173
11.1.1 HD61202 的特点	174
11.1.2 HD61202 的引脚功能	175
11.1.3 HD61202 显示 RAM 地址	176
11.2 12864 液晶模块管脚定义	177
11.3 单片机对 12864 液晶模块的操作时序	178
11.3.1 写操作时序	178
11.3.2 读操作时序	179
11.4 12864 液晶模块的指令	180
11.4.1 读状态指令	180
11.4.2 行设置命令	181
11.4.3 页设置命令	182
11.4.4 列地址设置命令	183
11.4.5 显示开/关	185
11.5 12864 液晶模块的初始化	185
11.6 12864 液晶模块综合应用	185
11.6.1 字模软件	186
11.6.2 12864 液晶模块显示数字	186
11.6.3 12864 液晶模块显示汉字	188
11.6.4 12864 显示图片	189
11.6.5 12864 液晶模块的绘图	190
11.7 实验板 12864 液晶显示	193
11.8 小结	194
第 12 章 单片机串口通信及应用	195
12.1 串行通信基本概念	195
12.1.1 同步通信方式	195
12.1.2 异步通信方式	196
12.1.3 串行通信的数据传送方式	196
12.1.4 串行通信的奇偶校验	197
12.1.5 异步串行通信的波特率	197
12.1.6 串行接口标准	197
12.2 RS-232C 接口	197
12.2.1 接口信号	197
12.2.2 技术指标	199
12.2.3 RS-232 的帧结构	199
12.2.4 RS-232 的编程和使用	200
12.3 8051 单片机串口的编程与应用	200
12.3.1 89C51 串行口结构	200
12.3.2 89C51 串行口控制字及控制寄存器	200

12.3.3 串行通信工作方式.....	202
12.4 小结.....	213
第 13 章 RTX-51 实时多任务操作系统	214
13.1 操作系统基础知识.....	214
13.1.1 什么是计算机操作系统.....	214
13.1.2 操作系统的功能.....	214
13.1.3 进程和线程的基本概念.....	215
13.1.4 实时系统及实时操作系统.....	218
13.2 RTX-51 实时多任务操作系统概述.....	219
13.2.1 RTX-51 实时多任务系统.....	219
13.2.2 RTX-51 特点	220
13.2.3 RTX-51 任务管理.....	220
13.2.4 RTX-51 事件	221
13.2.5 RTX-51 Tiny 系统函数	222
13.2.6 RTX-51 Tiny 程序设计仿真	230
13.2.7 使用 OS 编程的优势.....	239
13.3 小结.....	239
第 14 章 单片机 IIC 和 SPI 接口及应用.....	240
14.1 SPI 通信接口	240
14.1.1 什么是 SPI.....	240
14.1.2 SPI 接口的定义及通信原理.....	240
14.1.3 DS1302 实时时钟及其应用.....	241
14.2 IIC 总线通信接口.....	245
14.2.1 什么是 IIC 总线	245
14.2.2 IIC 总线的特性	246
14.2.3 IIC 总线的基本术语及协议分析	246
14.2.4 24C04 基本应用仿真	249
14.3 小结.....	253
参考文献.....	254

嵌入式系统概述

1.1 生活中的嵌入式系统

当今社会已经步入信息时代，在我们的周围，处处都可以看到嵌入式系统的踪影。据统计，欧美国家平均每人拥有的嵌入式处理器数量超过 10 个，福特公司出售的汽车中所含的处理器器的计算能力甚至大于 IBM 公司。试想一下我们周围含有嵌入式处理器的设备，以遥控器为例，里面就有一个单片机，用以完成发送遥控指令这一特定功能。汽车里面的嵌入式处理器数量更多，图 1-1 给出了 VOLVO S80 汽车的 CAN 总线网络，每个功能模块都需要用一个嵌入式处理器来完成通信、控制等特定的功能。

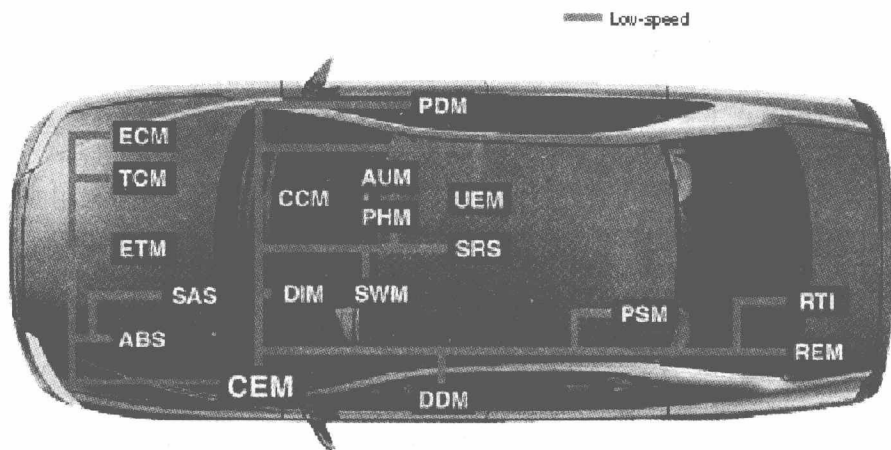


图 1-1 VOLVO S80 汽车的 CAN 总线网络

我们用生活中，随处可以看到嵌入式系统的身影。从数字电视、信息家电、智能玩具、手持通信到社区建筑的水、电、煤气表的远程自动抄表、安全防火、防盗系统等，嵌入式系统无处不在，对人们生活的影响也日渐重要。单片机应用的广度和数量已远远超过了通用计算机系统，可以说，计算机应用技术已开始进入一个被称为“后 PC 技术”的春天。掌握嵌入式系统的设计与实现技术，有利于激发并实现人们的创造力。

1.2 嵌入式系统的定义及特点

1.2.1 嵌入式系统的定义

嵌入式系统目前主流的定义方法有两种。一种是 IEEE（电气和电子工程师协会）给出的定义：嵌入式系统是“控制、监视或者辅助装置、机器和设备运行的装置”（devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants）。可以看出，此定义是基于应用层面考虑的，嵌入式系统是软件和硬件的综合体，还可以涵盖机电等附属装置。

另一种定义是目前国内普遍认可的定义：“以应用为中心，以计算机技术为基础，软件、硬件可裁减，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。”根据该定义，嵌入式系统本身是一个可大可小的专用计算机系统，一个手持的 MP3、MP4 和一个 PC104 小型工控机都可以认为是嵌入式系统。

不管采用哪种定义方法，嵌入式系统都需要通过“量体裁衣”的方式把所需的功能嵌入到各种应用系统中。嵌入式系统是一种计算机软件与硬件的综合体，特别强调“量身定做”的原则，即针对某一种特殊用途，开发出截然不同的一项系统，这就是所谓的定制化（Customized）系统。嵌入式系统一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序等 4 个部分组成，用于实现对其他设备的控制、监视、管理等功能，“嵌入性”、“专用性”与“计算机系统”是嵌入式系统的 3 个基本要素。

1.2.2 嵌入式系统的特点

嵌入式系统的特点主要如下。

（1）专用性

专用性主要体现在：嵌入式系统的功能是针对某一特定应用的，内部采用的是专用的嵌入式处理器，其功能算法也具有专用性。嵌入式系统对用户是透明的，是用户“看不见”的专用计算机系统。

（2）小型化与有限资源

为了降低成本和减小功耗，以及适应应用需求，嵌入式系统一般结构紧凑，处理器运算能力、存储器资源等非常有限，只需要满足所要求的功能即可。由于硬件资源非常少，软件需要借助专用设备进行开发和更新，不能直接在嵌入式系统上进行嵌入式软件的开发。

（3）软硬件协同一体化

软硬件协同设计（Co-design）的目的是将任务分解到硬件或软件来实现。采用硬件实现时，处理速度最快，但成本最高；软件实现时处理速度较慢，但成本最低。因此，需要在两者之间寻求一个平衡点。嵌入式系统由于有成本和功能的要求，需要在方案设计时划分好软硬件各自的功能及实现方案，这可以通过软硬件协同软件来进行划分。由于这种软件价格非常昂贵，一般采用嵌入式可编程逻辑器件，以在开发过程中随时调整软硬件所做的任务。另外，由于嵌入式系统资源有限，其上运行的操作系统通常要经过较大幅度的精

简，一般需将应用软件与操作系统进行一体化设计。

(4) 软件开发需要交叉开发环境

由于嵌入式系统本身资源有限，一般的开发方法是在 PC 机上编写程序，然后在 PC 机上编译、链接，最后生成在嵌入式系统上可执行的程序，通过烧写器或 JTAG 接口将程序下载到嵌入式系统中。这种软件开发方法就是交叉开发。这里采用的 PC 机为开发平台，也称为宿主机（Host），执行程序的嵌入式系统为执行机，也称为目标机（Target）。宿主机和目标机之间一般通过 RJ45、RS232、USB 等接口相连，以方便程序的下载和调试。

1.2.3 嵌入式系统与通用计算机系统的区别

嵌入式系统与通用计算机系统有着完全不同的技术要求和技术发展方向。通用计算机系统的技术要求是高速、海量的数值计算，其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控制，技术发展方向是与对象密切相关的嵌入性能、控制能力及控制可靠性的不断提高。

两者之间的区别主要体现在以下几个方面：

- 嵌入式系统一般专用于特定的任务，PC 则是通用型计算机。
- 嵌入式系统可使用多种类型的处理器，PC 可采用的处理器类型较少。
- 嵌入式系统极其关注成本。
- 嵌入式系统有实时约束，即任务的执行时间是可以预测且满足功能要求的。
- 嵌入式系统使用实时多任务操作系统。
- 嵌入式系统软件故障造成的后果比 PC 系统更严重。
- 嵌入式系统大多有功耗约束。
- 嵌入式系统经常在极端的环境下运行。
- 嵌入式系统的系统资源比 PC 系统少得多。
- 嵌入式系统通常将所有目标代码存放在 ROM/EPROM/EEPROM 中。
- 嵌入式系统需要采用专用工具和方法进行开发设计。
- 嵌入式系统的数量远远超过 PC。

嵌入式系统和通用计算机的主要区别可以总结为如表 1-1 所示。

表 1-1 嵌入式系统和通用计算机的主要区别

	通用计算机	嵌入式系统
形式与类型	实实在在的计算机。按其体系结构、运算速度和规模，可分为大型机、中型机、小型机和微机	“看不见”的计算机，形式多样，应用领域广泛，按应用进行分类
组成	通用处理器、标准总线和外设、软硬件相对独立	面向特定应用的微处理器，总线和外设一般集成在处理器内部，软硬件紧密结合
系统资源	系统资源充足，有丰富的编译器、集成开发环境、调试器等	系统资源紧缺，没有编译等相关开发工具
开发方式	开发平台和运行平台都是通用计算机	采用交叉编译方式，开发平台一般是通用计算机，运行平台是嵌入式系统
二次开发性	应用程序可重新编程	一般不能重新编程开发
发展目标	编程功能计算机，普遍进入社会	变为专用计算机，实现“普及计算”

1.3 嵌入式系统的基本结构

从构成上来讲,嵌入式系统一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统(可选),以及用户的应用软件系统4个部分组成。也可以将这些部分抽象成硬件层、中间层、操作系统层和应用软件层,如图1-2所示。

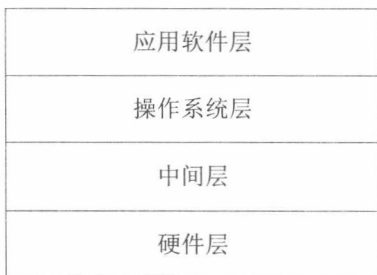


图 1-2 嵌入式系统的基本结构

1.3.1 嵌入式系统的硬件组成

嵌入式系统的硬件以嵌入式处理器为核心,配置必要的外围接口和外设部件,一般包括嵌入式处理器、存储器、I/O 系统和外设。图 1-3 给出了典型的嵌入式系统的硬件组成图,以嵌入式处理器为核心,在处理器芯片内部一般集成了时钟管理、定时器、DMA、中断管理、I/O 端口、A/D 等功能模块,在芯片外围一般需要电源管理模块、时钟单元、复位电路、外部扩展端口、调试端口以及 SRAM、DRAM、FLASH、ROM 等存储单元,人机之间主要通过外部设备进行互通,如键盘、鼠标、触摸屏、红外、LCD 液晶屏等。

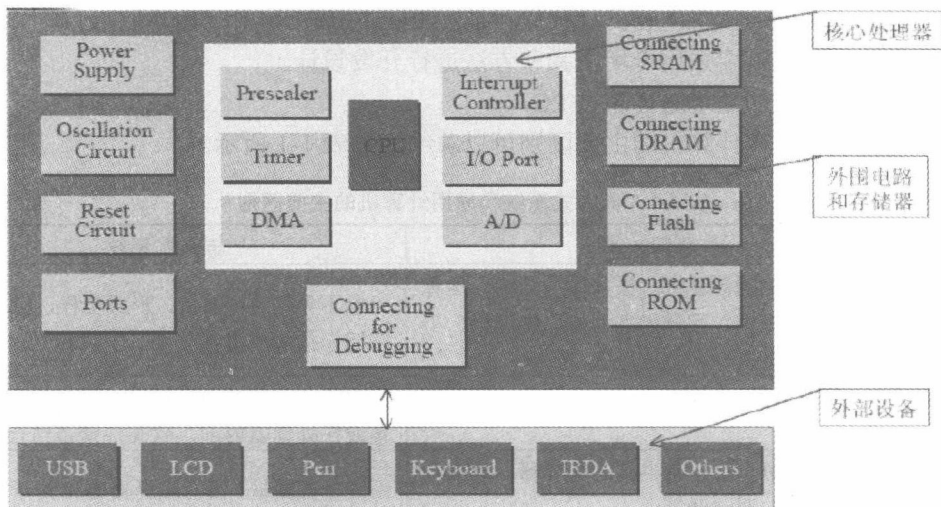


图 1-3 典型嵌入式系统硬件结构

1. 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器是嵌入式系统的核心,是控制、辅助系统运行的硬件单元。嵌入式处

理器种类极多,目前已超过 1000 种。嵌入式处理器主要分为如下 4 种:嵌入式微控制器 MCU(Microcontroller Unit)、嵌入式 DSP 处理器 EDSP(Embedded Digital Signal Processor)、嵌入式微处理器 MPU(Embedded Microprocessor Unit)、嵌入式片上系统 SOC(System On Chip)。

(1) 嵌入式微控制器(MCU)

嵌入式微控制器将整个计算机系统的主要硬件集成到一块芯片中。一般以微处理器内核为核心,集成 ROM/EPROM、RAM、总线逻辑、定时/计数器、看门狗、串口、A/D、D/A 等各种必要的功能和外设。微控制器的片上外设资源一般比较丰富,适合于控制,因此称为微控制器。单片机是嵌入式微控制器的典型代表。

微控制器的最大特点是单片化,体积大大减小,从而使功耗和成本下降,可靠性提高。微控制器是目前嵌入式系统工业的主流,占嵌入式系统约 70% 的市场份额。典型器件包括 8051、MCS-251、MCS-96/196/296、P51XA、C166/167、68K 系列以及 MCU 8XC930/931、C540、C541 等。

(2) 嵌入式 DSP 处理器(EDSP)

DSP 处理器是专门用于信号处理方面的处理器,其在系统结构和指令算法方面进行了特殊设计,具有很高的编译效率和指令执行速度,因此在数字滤波、FFT、谱分析等各种仪器上获得了大规模的应用。20 世纪 70 年代出现了 DSP 的理论算法,1982 年世界上诞生了首枚 DSP 芯片,其运算速度比 MPU 快了几十倍,在语音合成和编码解码器中得到了广泛应用;到 20 世纪 80 年代后期,DSP 的运算速度有了进一步提高,应用领域也从上述范围扩大到了通信和计算机方面;20 世纪 90 年代后,DSP 发展到了第五代产品,集成度更高,使用范围也更加广阔。目前最为广泛应用的是 TI 的 TMS320 C2000/C5000/C6000 系列。

(3) 嵌入式微处理器(MPU)

嵌入式微处理器是由通用计算机中的 CPU 演变而来的,其特征是具有 32 位以上的处理器,具有较高的性能,其价格也相应较高。和工业控制计算机相比,嵌入式微处理器具有体积小、重量轻、成本低、可靠性高的优点。目前,主要的嵌入式微处理器类型有 Power PC、68000、MIPS、ARM/Strong ARM 系列等。

(4) 嵌入式片上系统(SOC)

SOC 追求产品系统最大包容的集成器件,是目前嵌入式应用领域的热门话题之一。SOC 最大的特点是成功实现了软硬件无缝结合,直接在处理器片内嵌入操作系统的代码模块。SOC 具有极高的综合性,在一个硅片内部运用 VHDL 等硬件描述语言,实现复杂的系统。用户不需要绘制庞大,复杂的电路板并进行连接焊制,只需要使用精确的语言,直接在器件库中调用各种通用处理器的标准,然后通过仿真之后就可以直接交付芯片厂商进行生产。绝大部分系统构件都是在系统内部,整个系统非常简洁,不仅减小了系统的体积和功耗,而且提高了系统的可靠性,提高了设计生产效率。SOC 往往是专用的,大部分都不为用户所知,典型的 SOC 产品有 Philips 的 Smart XA, Siemens 的 TriCore, Motorola 的 M-Core, Xilinx、Altera 等公司推出的 FPGA 等。

2. 存储器

嵌入式系统需要用存储器来存放和执行代码。嵌入式系统的存储器包含 Cache、主存和辅助存储器。