

单片机与DSP应用丛书

AVR 单片机 原理与应用实例

三恒星科技 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

单片机与 DSP 应用丛书

AVR单片机原理与应用实例

三恒星科技 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书详细介绍了 AVR 应用系统开发的流程、方法与设计思想。

本书对目前流行的 AVR 芯片 MEGA64 的结构, 存储器, I/O 资源, 寄存器, 编译环境和编程方法进行了详细的介绍, 同时选择了几个典型的实例进行了细致的分析。

本书语言简洁, 层次清晰, 具有很强的实用性和指导性。本书中有丰富的程序源代码, 读者稍加修改, 便可应用于自己的工作中。

本书适合于高校计算机、自动化、电子及硬件相关专业在校学生, 以及从事 AVR 单片机开发的科研设计人员学习和参考。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

AVR 单片机原理与应用实例 / 三恒星科技编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.7

(单片机与 DSP 应用丛书)

ISBN 978-7-121-09079-0

I. A… II. 三… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 100269 号

责任编辑: 竺南直

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 27.75 字数: 710 千字

印 次: 2009 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

1997 年, 由 ATMEL 公司挪威设计中心的 A 先生与 V 先生利用 ATMEL 公司的 Flash 新技术, 共同研发出 RISC 精简指令集的高速 8 位单片机, 简称 AVR。

AVR 单片机具有高可靠性、功能强、高速度、低功耗和低价位, 广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器等各个领域。使产品功能、精度和质量大幅度提升, 且电路简单, 故障率低, 可靠性高, 成本低廉。

选用 AVR 单片机有以下好处:

(1) 简便易学, 费用低廉。进入 AVR 单片机开发的门槛非常低, 只要会操作电脑就可以学习 AVR 单片机的开发。只需一条 ISP 下载线, 把编辑、调试通过的软件程序直接在线写入 AVR 单片机, 进行开发。不需购买仿真器、编程器、擦抹器和芯片适配器等开发开销, 可节省很多开发费用。另外程序存储器擦写可达 10 000 次以上, 不会产生报废品。

(2) 高速度、低功耗、保密性好。AVR 单片机是高速嵌入式单片机, 典型功耗情况, WDT 关闭时为 100nA, 适用于电池供电的应用设备。AVR 单片机还具有不可破解的位加密锁 Lock Bit 技术, 保密位单元深藏于芯片内部, 无法用电子显微镜看到。

(3) I/O 口功能强, 具有 A/D 转换等电路。AVR 单片机的 I/O 口是真正的 I/O 口, 具有大电流(灌电流) 10~40mA, 可直接驱动可控硅 SSR 或继电器, 节省了外围驱动器件。同时 AVR 单片机内带模拟比较器, I/O 口可用作 A/D 转换, 可组成廉价的 A/D 转换器。

(4) 有功能强大的定时器/计数器及通信接口。AVR 单片机有串行异步通信 UART 接口, 不占用定时器和 SPI 同步传输功能, 一般标准整数频率下, 而波特率可达 576K 波特。

本书的结构如下:

第 1 章 AVR 单片嵌入式系统, 简要介绍 AVR 单片机的基本概念和特性。

第 2 章 AVR 单片机系统结构, 主要以 Atmega128 单片机为主来介绍 AVR 单片机系统结构。

第 3 章 AVR 单片机的指令系统, 主要以 ATmega128 为主来介绍 AVR 单片机的指令系统的功能和使用方法。

第 4 章 ATmega128 可编程 I/O 端口, 主要介绍可编程 I/O 端口的读、写和修改功能。

第 5 章定时器/计数器, 主要介绍定时器/计数器 0 和定时器/计数器 1。

第 6 章 AVR 单片机的 EEPROM, 主要介绍片内 EEPROM 存储系统。

第 7 章 AVR 单片机中断系统, 主要以 ATmega128 为主, 介绍 AVR 单片机中断系统的组成和基本的应用方式。

第 8 章 AVR 单片机模拟信号输入接口, 本章结合片内具有模拟比较器和模数转换器的 Atmega128 单片机来具体介绍这两个接口的原理。

第 9 章 AVR 单片机的 SPI, 主要介绍 AVR 单片机的 SPI 接口特性和应用。

第 10 章串行 TWI 接口, 主要介绍 TWI 总线的工作原理。

第 11 章 USART 接口，本章结合 ATmega128 单片机来详细介绍 USART 接口的相关基本概念，并结合实例对其应用加以说明。

第 12 章集成开发环境 ICC AVR，主要介绍 AVR 单片机集成开发环境 ICC AVR。

第 13 章集成开发环境 AVR Studio，主要介绍 AVR 单片机集成开发环境 AVR Studio。

第 14 章 AVR 综合应用实例，通过 4 个综合实例来介绍 ATmega128 的软、硬件设计及 ATmega128 的应用。

本书内容丰富、实用性强、概念清晰、由浅入深、编排顺序合理，适合于初中级读者使用，特别适合于高校计算机、自动化、电子及硬件相关专业在校学生，以及从事 AVR 单片机开发的科研设计人员使用。

参与本书编写的主要有兰婵丽、刘群、姚国玲、赵辉、田承伟、胡桂桃、杨邵豫、吴丽、赵光、邓小禾、王波波、田颖、邹晓琳、时晓霞、刘颖、王雪、姜艳波、刘文涛、赵文博、张敏等，在此表示感谢！

限于我们的水平，书中难免有错误和缺点，敬望读者批评指正！

目 录

第 1 章 AVR 单片嵌入式系统	1
1.1 嵌入式系统概述	1
1.1.1 嵌入式系统简介	1
1.1.2 嵌入式系统的基本架构	3
1.1.3 嵌入式系统的特点	6
1.1.4 嵌入式系统的应用	6
1.1.5 嵌入式系统的展望	8
1.2 单片嵌入系统	9
1.2.1 单片嵌入系统简介	9
1.2.2 单片嵌入系统的结构	9
1.2.3 单片机	10
1.3 AVR 单片嵌入系统	14
1.3.1 AVR 单片机简介	14
1.3.2 AVR 系列单片机特点	14
1.3.3 AVR 系列单片机	15
1.3.4 SHX—AVR128 开发板简介	18
1.3.5 AVR 单片机的开发工具	18
1.3.6 AVR 单片机的应用	19
第 2 章 AVR 单片机系统结构	20
2.1 AVR 单片机系统简介	20
2.1.1 AVR 单片机基本结构	20
2.1.2 ATmega128 单片机的内部结构	22
2.1.3 ATmega128 的特点	23
2.1.4 ATmega128 与 ATmega103 的兼容性	25
2.1.5 ATmega128 引脚说明	26
2.2 ATmega128 的微控制器 MCU	28
2.2.1 算术逻辑单元 ALU	28
2.2.2 状态寄存器	28
2.2.3 通用工作寄存器文件	29
2.2.4 X、Y、Z 地址指针寄存器	30
2.2.5 堆栈指针寄存器 (SP)	30

2.2.6	RAM 页面的 Z 选择寄存器 (RAMPZ)	30
2.3	ATmega128 的存储器组织	31
2.3.1	程序存储器 Flash	31
2.3.2	数据存储器 SRAM	31
2.3.3	EEPROM 存储器	32
2.4	系统的时钟部件	39
2.4.1	时钟系统及其分布	39
2.4.2	系统时钟源	40
2.4.3	定时器/计数器振荡器	44
2.4.4	内部看门狗时钟	44
2.4.5	CPU 的工作时序	44
2.4.6	ATmega128 单片机的系统复位	45
2.5	ATmega128 单片机的节电方式和电源管理	49
2.6	ATmega128 单片机最小系统	53
第 3 章	AVR 单片机的指令系统	55
3.1	AVR 单片机指令系统简介	55
3.1.1	AVR 单片机的指令系统的特点	55
3.1.2	AVR 单片机的指令系统	55
3.2	AVR 单片机的指令格式	56
3.2.1	指令符号	56
3.2.2	函数表达式	57
3.2.3	AVR 指令与标志位的关系	58
3.3	AVR 单片机的寻址方式	58
3.3.1	程序直接寻址	59
3.3.2	程序间接寻址	59
3.3.3	程序相对寻址	60
3.3.4	程序取常量寻址	60
3.3.5	单寄存器直接寻址	61
3.3.6	双寄存器直接寻址	61
3.3.7	堆栈寄存器间接寻址	62
3.3.8	I/O 寄存器直接寻址	62
3.3.9	数据存储器直接寻址	63
3.3.10	数据存储器间接寻址	63
3.3.11	程序存储器数据寻址	64
3.3.12	数据存储器带预减量间接寻址	64
3.3.13	数据存储器带后增量间接寻址	65
3.3.14	数据存储器带位移的间接寻址	65
3.3.15	程序存储器带后增量的空间取常量寻址	66

3.4	算术和逻辑指令	66
3.4.1	加法指令	67
3.4.2	减法指令	68
3.4.3	乘法指令	70
3.4.4	逻辑与指令	74
3.4.5	逻辑或指令	75
3.4.6	逻辑异或指令	76
3.4.7	取反码指令	77
3.4.8	取补码指令	77
3.5	比较和转移指令	77
3.5.1	无条件转移指令	78
3.5.2	调用及返回指令	79
3.5.3	条件转移指令	81
3.6	数据传输指令	89
3.6.1	数据传输到寄存器的指令	90
3.6.2	数据传输到 SRAM 中的指令	96
3.6.3	写程序存储器指令	99
3.6.4	堆栈操作指令	99
3.7	位和位测试指令	100
3.7.1	位变量修改指令	101
3.7.2	带进位逻辑操作指令	105
3.7.3	位变量传送指令	107
3.8	MCU 控制指令	108
第 4 章	ATmega128 可编程 I/O 端口	109
4.1	ATmega128 的 I/O 端口	109
4.1.1	I/O 端口的基本结构	109
4.1.2	数字输入使能和睡眠模式	112
4.1.3	I/O 端口的第二功能	112
4.1.4	I/O 端口的特点	113
4.1.5	I/O 端口使用注意事项	114
4.2	I/O 寄存器	114
4.2.1	I/O 寄存器操作的特点	114
4.2.2	I/O 寄存器的 C 语言程序	114
4.2.3	特殊功能 I/O 寄存器 (SFIO)	115
4.3	各个端口说明	115
4.3.1	PA 口	115
4.3.2	PB 口	116
4.3.3	PC 口	118
4.3.4	PD 口	119

4.3.5	PE 口	120
4.3.6	PF 口	122
4.3.7	PG 口	123
4.4	I/O 口的应用	124
4.4.1	I/O 口寄存器的常用操作指令	124
4.4.2	I/O 口的编程	125
第 5 章	定时器/计数器	133
5.1	定时/计数器的预分频器	133
5.1.1	T/C0 的预分频器	133
5.1.2	T/C1、T/C2 和 T/C3 的预分频器	134
5.1.3	特殊功能寄存器	134
5.2	8 位定时/计数器 0	135
5.2.1	定时/计数器 0 的组成结构	135
5.2.2	与 T/C0 相关的寄存器	138
5.2.3	工作模式	142
5.2.4	T/C0 时序图	143
5.3	16 位定时/计数器 1	144
5.3.1	定时/计数器的组成结构	145
5.3.2	与 T/C1 有关的寄存器	149
5.3.3	工作模式	155
5.3.4	T/C1 时序图	156
5.3.5	对 16 位寄存器的访问以及编程	157
5.4	定时/计数器的应用	160
第 6 章	AVR 单片机的 EEPROM	169
6.1	EEPROM 简介	169
6.1.1	EEPROM 的读/写访问	169
6.1.2	EEPROM 相关的 I/O 寄存器	170
6.2	EEPROM 的读/写编程	172
6.2.1	存储器编程	172
6.2.2	EEPROM 的 C 编程	180
6.2.3	EEPROM 的汇编程序	183
6.3	EEPROM 的 C 编程实例	183
6.3.1	记录开机次数	183
第 7 章	AVR 单片机中断系统	185
7.1	中断系统简介	185
7.1.1	中断源与中断向量	186

7.1.2	MCU 控制寄存器 (MCUCR)	190
7.2	中断处理	191
7.2.1	中断的作用	191
7.2.2	中断处理过程	191
7.3	外部中断	193
7.3.1	外部中断简介	193
7.3.2	外部中断寄存器	193
7.4	中断系统的编程	196
7.4.1	ICC AVR 语言中断服务程序的编写	196
7.4.2	汇编语言中断服务程序的编写	198
7.5	中断应用实例	201
7.5.1	AVR 单片机外部中断 INTO	201
7.5.2	数码管对数字的显示	201
第 8 章	AVR 单片机模拟信号输入接口	203
8.1	模/数转换器 ADC	203
8.1.1	ADC 简介	203
8.1.2	ADC 的操作	205
8.1.3	ADC 相关的 I/O 寄存器	214
8.1.4	ADC 的编程应用	217
8.2	模拟比较器	230
8.2.1	模拟比较器件简介	230
8.2.2	与模拟比较器有关的寄存器	230
8.2.3	模拟比较器的多路输入	232
8.2.4	模拟比较器的应用举例	232
第 9 章	AVR 单片机的 SPI	236
9.1	同步串行通信	236
9.1.1	同步串行通信简介	236
9.1.2	串行通信接口	237
9.1.3	同步串行接口 SPI	238
9.2	ATmega128 单片机的同步串行接口	239
9.2.1	同步串行接口的特点	239
9.2.2	同步串行接口的操作	239
9.2.3	SPI 的工作模式	241
9.3	SPI 相关的 I/O 寄存器	242
9.4	SPI 的编程	244
9.4.1	SPI 函数	244
9.4.2	SPI 初始化与数据传送编程	245
9.4.3	SPI 应用实例	246

第 10 章 串行 TWI 接口	259
10.1 串行通信的基础概念	259
10.2 I ² C 总线协议	259
10.2.1 I ² C 总线的基本结构	260
10.2.2 I ² C 总线时序	261
10.2.3 I ² C 总线的数据传送	261
10.2.4 I ² C 总线的竞争仲裁	262
10.3 ATmega128 单片机的两线串行接口 TWI	263
10.3.1 两线串行接口的定义	263
10.3.2 TWI 模块	264
10.3.3 TWI 相关寄存器	266
10.3.4 使用 TWI	268
10.3.5 多主机系统和仲裁	275
10.3.6 应用 TWI 接口的简单例子	276
10.4 TWI 接口的应用	278
第 11 章 USART 接口	292
11.1 异步串行通信基础	292
11.2 ATmega128 的 USART 异步串行传输接口	293
11.2.1 基本结构	293
11.2.2 USART 与 UART 的兼容性	294
11.2.3 USART 时钟	295
11.2.4 数据帧格式	297
11.3 访问 USART	297
11.3.1 USART 初始化	298
11.3.2 发送数据	298
11.3.3 接收数据	301
11.3.4 异步数据接收	304
11.3.5 多处理器通信模式	306
11.4 与 USART 相关的寄存器	307
11.5 USART 的应用	311
第 12 章 集成开发环境 ICC AVR	323
12.1 用 C 语言开发单片机	323
12.1.1 C 语言开发入门	323
12.1.2 C 程序的剖析	324
12.1.3 C 语言的运行结构	325
12.2 ICC AVR 简介	327
12.2.1 ICC AVR 介绍	327
12.2.2 ICC AVR 中文件类型及其扩展名	327

12.2.3	附注和扩充	328
12.3	ICC AVR 的安装和注册	329
12.3.1	ICC AVR 的安装	329
12.3.2	ICC AVR 的运行	330
12.3.3	ICC AVR 的注册	330
12.4	ICC AVR 的 IDE 环境	331
12.4.1	工程管理	331
12.4.2	编译一个单独的文件	332
12.4.3	创建一个新的工程	332
12.4.4	应用构筑向导生成工程文件	333
12.5	ICC AVR 的设置与使用	335
12.5.1	ICC AVR 的 Compiler Options 设置	335
12.5.2	ICC AVR 的 Environment Options 设置	338
12.5.3	ICC AVR 的使用	339
12.5.4	创建初始化程序和源程序框架	341
12.5.5	下载程序文件	343
12.6	ICC AVR 的库函数	344
12.6.1	头文件	345
12.6.2	字符类型函数	345
12.6.3	浮点运算函数	346
12.6.4	标准输入/输出函数	346
12.6.5	读/写内置 EEPROM 函数	347
12.6.6	标准库和内存分配函数	348
12.6.7	字符串函数	348
12.6.8	变量参数函数	349
12.6.9	堆栈检查函数	350
12.7	对 AVR 的编程	351
12.7.1	访问 AVR 底层设置	351
12.7.2	位操作	351
12.7.3	程序存储器和常量数据	352
12.7.4	字符串	353
12.7.5	堆栈	353
12.7.6	在线汇编	354
12.7.7	I/O 寄存器	354
12.7.8	绝对内存地址	355
12.7.9	C 任务	356
12.7.10	中断操作	356
12.7.11	访问 UART	357
12.7.12	访问 EEPROM	357

第 13 章 集成开发环境 AVR Studio	359
13.1 AVR Studio 的简介	359
13.1.1 AVR Studio 支持的工具与器件	359
13.1.2 安装 AVR Studio	362
13.1.3 运行 AVR Studio	365
13.2 AVR Studio 的 IDE	368
13.2.1 菜单栏 (Menu)	368
13.2.2 工具栏 (Toolbars)	371
13.2.3 编辑区	372
13.2.4 工程区	373
13.2.5 状态区	373
13.2.6 I/O 区	374
13.2.7 存储器区	375
13.2.8 寄存器区	377
13.2.9 反汇编区	377
13.2.10 输出区	378
13.3 设置 AVR Studio	378
13.3.1 汇编器的选择	378
13.3.2 调试的设置	380
13.3.3 断点的设置	383
13.4 查看和修改状态	386
13.4.1 查看和修改机器状态	386
13.4.2 查看和修改寄存器与变量的值	387
13.5 AVR 的汇编	387
13.5.1 AVR 汇编语句格式	387
13.5.2 AVR 汇编器	388
13.5.3 AVR 下载线	392
第 14 章 AVR 综合应用实例	396
14.1 基于 ATmega128 的 MP3 播放机设计	396
14.1.1 系统整体设计	396
14.1.2 硬件设计	397
14.1.3 软件设计	399
14.2 基于 ATmega128 CAN-GPRS 网关的设计	419
14.2.1 系统整体设计	419
14.2.2 硬件设计	420
14.2.3 软件设计	421
14.3 基于 ATmega128 的电机调速系统设计	422
14.3.1 系统整体设计	422

14.3.2	硬件设计	423
14.3.3	软件设计	424
14.4	基于 ATmega128 的智能跑步机控制器设计	426
14.4.1	系统整体设计	426
14.4.2	硬件设计	427
14.4.3	软件设计	428

第 1 章 AVR 单片嵌入式系统

AVR 系列单片机是 ATMEL 公司生产的一种 8 位单片机,它采用的是 RISC (精简指令集单片机) 的结构,所以它的技术、开发设备都与 51 系列有所不同,它运行一条指令的速度可以达到纳秒级,是 8 位单片机中的高端产品。由于它的出色性能,目前应用非常广泛。

1.1 嵌入式系统概述

嵌入式系统,是指由微处理器芯片实现的小型专门化计算机系统。目前嵌入式系统这个名词已经被人们所熟知,并渗透到人们生活的各个角落,如服务业、工业、信息产业等。

1.1.1 嵌入式系统简介

1. 嵌入式系统定义

从应用上定义嵌入式系统,它是 IEEE (国际电子电气工程师协会) 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”(原文为 devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants)。从中可以看出嵌入式系统是软件和硬件的综合体,还可以涵盖机械等附属装置。

从专业嵌入式系统定义,是以应用为中心,以计算机技术为基础,并且软硬件可裁剪,适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。它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应用程序等四个部分组成,用于实现对其他设备的控制、监视或管理等功能。

虽然嵌入式系统是近几年才开始真正流行起来的,但实际上,嵌入式系统早已经被定义了。1960 年,它在通信方面用于对电话交换的控制,当时称为存储式程序控制系统 (Stored Program Control System, SPCS)。它主要用于存储程序及日常信息的内存部分,用它来存储逻辑数据,不是将它写入硬盘。“嵌入式系统”一词,20 世纪 80 年代中期由 Intel 公司率先应用,但实质上已从最早的 PCB-level,已发展至 Chip-level。过去采用泛用型微控制器,或嵌入式微处理器,如 ASIC、DSP 和 FPGA 等可配置操作系统的半导体产品,集成在一块电路板上,但今天却需将诸多 IP 在整合在同一块芯片中才见真章。近年来,一些原来用在 PC 上的 X86 架构 CPU 改由 RISC 与 DSP 双核复合而成的 32 位微处理器来主导。

2. 嵌入式系统的演变史

从 20 世纪 70 年代嵌入式微型机时代到今天各种嵌入式微处理器、微控制器的广泛应用,现今信息时代快速发展为嵌入式系统的应用开辟了新天地,使嵌入式系统成为 PC 和 Internet 之后,IT 界新的技术奇葩。嵌入式系统至今已有 30 年的发展历史。

从其发展历程来看,大致经历了下面四个阶段:

第一阶段:无操作系统阶段。

20 世纪 70 年代发展起来的微型计算机,由于体积小、功耗低、结构简单、可靠性高、使用方便、性能价格比高等一系列优点,得到了广泛的应用和快速的普及。由于这种嵌入式系统使用简便、价格低廉,及其智能化的表现引起专业人士的关注,因而在工业控制领域中得到了广泛的应用,要求将微型机嵌入到一个对象体系中,实现对象体系的智能化控制。

这一阶段嵌入式系统的主要特点是:系统结构和功能相对单一,处理效率较低,存储容量较小,几乎没有用户接口。仅仅只是使用 8 位的 CPU 芯片来执行一些单线程的程序,因此严格地说还谈不上“系统”的概念。同时微型计算机的价格、体积、性能都无法满足嵌入式应用的要求,因此,嵌入式系统走自己的发展道路即是单芯片化道路。

第二阶段:简单操作系统阶段

20 世纪 80 年代,随着微电子技术水平的提高,IC 制造商将把嵌入式应用中所需要的微处理器、I/O 接口、串行接口以及 RAM、ROM 等部件做在一个芯片上,从而开创了嵌入式系统独立发展的单片机时代。1976 年,Intel 制造出面向 I/O 设计的微控制器,成为嵌入式系统中的领头羊。与此同时,嵌入式系统的程序员也开始基于一些简单的“操作系统”开发嵌入式应用软件,大大缩短了开发周期、提高了开发效率。

这一阶段嵌入式系统的主要特点是:出现了大量高可靠、低功耗的嵌入式 CPU (如 Power PC 等),各种简单的嵌入式操作系统开始出现并得到迅速发展。此时的嵌入式操作系统虽然还比较简单,但已经初步具有了一定的兼容性和扩展性,内核精巧且效率高,主要用来控制系统负载以及监控应用程序的运行。

第三阶段:实时操作系统阶段

20 世纪 90 年代,在分布控制、数字化通信和信息家电等巨大需求的牵引下,嵌入式系统进一步飞速发展。1980 年,Intel 公司对 48 系列单片机进行改善,推出 51 系列的单片机,并获得成功,为嵌入式系统的应用奠定了基础。1984 年,Intel 公司推出了 16 位 8096 系列并将其称之为嵌入式微控制器,这就是“嵌入式”这个名词在微处理机领域首次出现。此外,为了高速、实时地处理数字信号,1982 年诞生了首枚数字信号处理芯片(DSP),嵌入式系统进一步飞速发展,而实时信号处理算法的 DSP 则向着低功耗、高速度、高精度的方向发展。由于硬件实时性要求有所提高,故嵌入式系统的软件也得以发展,逐渐形成了实时多任务操作系统(RTOS),并且统领嵌入式系统的趋势。

这一阶段嵌入式系统的主要特点是:改善了操作系统的实时性,能够在不同类型的微处理器上运行,具有高度的模块化和扩展性。这时的嵌入式操作系统已经具备了多任务、文件和设备管理、目录管理、网络、图形用户界面(GUI)等功能,为应用程序提供了大量的接口(API),从而让应用软件的开发变得更简单。

第四阶段:面向 Internet 阶段

21 世纪是一个网络的时代,技术应该跟上时代的步伐,将嵌入式系统应用到各种网络环境中。目前大多数嵌入式系统还不能应用于 Internet 之上,随着 Internet 的进一步发展,以及 Internet 技术与信息技术、工业控制技术等日益紧密的结合,嵌入式设备与 Internet 的结合才是嵌入式技术真正存在的意义。近几年,嵌入式设备(内部有嵌入式系统的产品)大量涌现,如手机、PDA、MP3、微波炉、数码相机、各种网络设备等。嵌入式系统开发应用需求越来越大,使嵌入式系统成为继 PC 和 Internet 之后 IT 技术的最热点,而构成嵌入式系统的主流

趋势是 32 位嵌入式微处理器加实时多任务操作系统。

目前嵌入式系统的研究和应用产生了如下新的显著变化:

(1) 新的微处理器层出不穷, 嵌入式操作系统自身结构的设计便于移植, 能短时间内支持多种微处理器。

(2) 嵌入式系统的开发成了一项系统工程, 开发厂商不仅要提供嵌入式软硬件系统本身, 同时还要提供强大的硬件开发工具和软件支持包。

(3) 现今计算机上使用的新技术、新观念开始逐步移植到嵌入式系统中, 如移动代理、嵌入式数据库、实时 CORBA 等, 嵌入式软件平台得到了完善。

(4) 各类嵌入式 Linux 操作系统迅速发展, 由于具有源代码开放、系统内核小、执行效率高、网络结构完整等特点, 很适合信息产业等嵌入式系统的需求, 目前已经形成了能与 Windows CE、Palm OS 等嵌入式操作系统进行有力竞争的局面。精简系统内核, 优化关键算法, 降低功耗和软硬件成本。

(5) 提供更加友好的多媒体人机交互界面。

1.1.2 嵌入式系统的基本架构

嵌入式系统是计算机系统的一种, 也是由最基本的硬件和软件两大部分组成。硬件架构是整个系统的物理基础, 它为软件运行平台提供通信接口; 而软件架构控制整个系统的运行。

嵌入式系统的硬件架构以嵌入式处理器为中心, 由存储器、I/O 设备、通信模块以及电源等必要的辅助接口组成。嵌入式系统是量身定做的专用计算机应用系统, 又不同于普通计算机组成, 在实际应用中的嵌入式系统硬件配置非常精简, 除了微处理器和基本的外围电路以外, 其余的电路都可根据需要定制。硬件架构如图 1-1 所示。

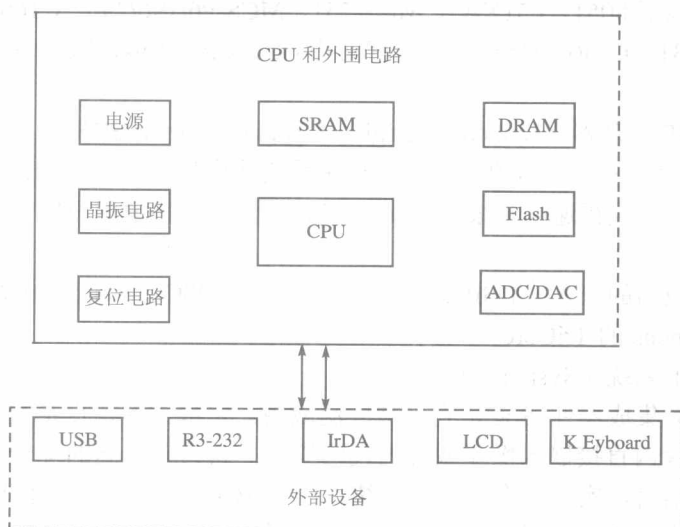


图 1-1 嵌入式系统硬件架构

1. 嵌入式处理器

嵌入式系统的硬件核心是嵌入式微处理器, 具有 8~32 位以上的处理器, 主要包括 MCU, MPU 等系列。它负责控制整个嵌入式系统的执行, 有时为了提高系统的信息处理能