

高等职业院校嵌入式系统设计教材

ARM9嵌入式系统设计与开发应用

熊茂华 杨震伦 主编



清华大学出版社

TP332/129

2008

高等职业院校嵌入式系统设计教材

ARM9嵌入式系统设计与开发应用

熊茂华 杨震伦 主编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

基于 ARM 技术的微处理器应用占领了 32 位 RISC 微处理器的大部分市场,并渗入到我们生活的各个方面。目前,常用的 ARM 微处理器系列有 ARM7 系列、ARM9 系列、ARM9E 系列、ARM10E 系列、SecurCore 系列、Intel 的 Xscale 等,其中 ARM7、ARM9、ARM9E 和 ARM10E 为 4 个通用处理器系列,每一个系列提供一套相对独特的性能来满足不同应用领域的需求。而 ARM9 微处理器则成为嵌入式系统开发的主流。

本书以 ARM920T 处理器为核心,分两条主线详细介绍嵌入式系统的设计与开发过程、调试方法。即一条主线是利用 ARM ADS 1.2 集成开发环境对嵌入式系统硬件驱动的开发及基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统的开发;另一条主线是利用 GNU 开发工具对嵌入式 Linux 应用程序开发及嵌入式 Linux 系统设备驱动程序的开发。本书是嵌入式系统设计与开发的实用指导书,通过案例详细介绍整个开发过程,案例中的程序都取自实际项目,且对程序有详细注解。

本书深入浅出,既可作为高等院校相关课程的本科和高职教材,也可作为研究生和嵌入式系统开发人员的技术参考书。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

ARM9 嵌入式系统设计与开发应用/熊茂华,杨震伦编著. —北京:清华大学出版社,2007.12
ISBN 978-7-302-16298-8

I. A… II. ①熊… ②杨… III. 微处理器,ARM—系统设计 IV. TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 159568 号

责任编辑:孟毅新

责任校对:袁芳

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:北京季蜂印刷有限公司

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:25 字 数:572 千字

版 次:2008 年 1 月第 1 版 印 次:2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:35.00 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:024536-01

嵌入式系统(ES)是计算机技术、通信技术、半导体技术、微电子技术、语音图像数据传输技术,甚至传感器等先进技术和具体应用对象相结合后的更新换代产品,是技术密集、投资强度大、高度分散、不断创新的知识密集型系统,反映当代最新技术的先进水平。1991年自ARM(Advanced RISC Machines)公司成立以来,世界各大半导体生产商从ARM公司购买其设计的ARM微处理器,根据各自不同的应用领域,加入适当的外围电路,从而形成自己的ARM微处理器芯片进入市场。基于ARM技术的微处理器应用约占据了32位RISC微处理器75%以上的市场份额,ARM技术正在逐步渗入到我们生活的各个方面。

目前,常用的ARM微处理器系列有ARM7系列、ARM9系列、ARM9E系列、ARM10E系列、SecurCore系列、Intel的Xscale等,其中ARM7、ARM9、ARM9E和ARM10E为4个通用处理器系列,每一个系列提供一套相对独特的性能来满足不同应用领域的需求。而ARM9微处理器则成为嵌入式系统开发的主流,现在市面上嵌入式系统开发与应用的技术书籍可谓不少,但多数是基于ARM7微处理器的,且对目前最流行的用于嵌入式系统开发的两套开发工具(ADS 1.2集成开发环境和GNU开发工具)介绍过于简单,特别是缺少对这两种开发工具软件的开发环境配置和调试案例。

本书以ARM9处理器为核心,分两条主线详细介绍嵌入式系统的设计与开发过程、调试方法。即一条主线是利用ARM ADS 1.2集成开发环境对嵌入式系统硬件驱动的开发及基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统的开发;另一条主线是利用GNU开发工具对嵌入式Linux应用程序及设备驱动程序的开发。

本书主要内容

第1章介绍了嵌入式系统的组成、应用领域、发展趋势及嵌入式处理器的分类,并对嵌入式操作系统Linux、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 、Windows CE作了简单介绍,介绍了嵌入式系统的总体结构、开发特点、开发流程及调试。

第2章简单介绍了嵌入式各系列的ARM微处理器的特点及主要应用领域,并详细介绍了嵌入式ARM920T内核编程模型、ARM920T的运行模式、寄存器组织、ARM体系结构的存储器格式及三星S3C2410X处理器结构。

第3章主要介绍了基于S3C2410X处理器的嵌入式应用系统的硬件设计,其内容包括电源电路、晶振电路、复位电路、存储器扩展电路等外设电路,针对每个外设和扩展的常用外设的硬件分别进行介绍。



第4章主要介绍了 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的内核、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核调度特点、任务控制块 OS_TCB 描述、就绪表(Ready List)、任务状态、任务切换、任务调度分析、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的初始化、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的 API 函数、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的应用程序开发、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 在 S3C2410X 上的移植、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的 API 应用及基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统的开发案例。

第5章主要介绍了如何使用 ARM ADS 集成开发工具进行嵌入式系统的开发。内容包括 ADS 1.2 的安装、ADS 集成开发环境的使用及使用 AXD 进行代码调试。

第6章主要介绍了如何进行嵌入式 Linux 系统的开发。其内容包括嵌入式 Linux 的开发环境、常用命令、GNU gcc 开发工具、GNU make 命令和 Makefile 文件、GDB 调试器、嵌入式 Linux 下 C 语言编程、嵌入式 Linux 引导程序、Linux 系统在 ARM 平台上的移植及应用程序的烧写。

第7章主要介绍了如何进行嵌入式 Linux 驱动程序的开发。其内容包括嵌入式 Linux 的设备管理、设备驱动模块化编程、GPIO 字符设备驱动程序设计、A/D 转换器驱动程序设计、IC 卡驱动程序设计、内核驱动程序设计(触摸屏驱动程序)和音频驱动程序设计。

第8章主要介绍了如何开发嵌入式 Linux 系统的网络设备驱动程序。其内容包括嵌入式网络设备驱动程序的体系结构、以太网控制器 AX88796 的接口设计、嵌入式网络设备驱动程序的开发及 Linux 网络设备驱动程序实例。

第9章主要介绍了如何进行 Qt/Embedded 嵌入式图形开发。其内容包括 Qt/Embedded 嵌入式图形开发基础知识、Qt/Embedded 开发环境的创建及使用、Qt 设计器的使用、Qtopia 虚拟平台及其在 S3C2410s 开发板上的移植。

本书由熊茂华主编,徐建闵教授主审。熊茂华编写了第5~9章,杨震伦编写了第1~4章。

本书由熊茂华负责全面内容规划、编排,由熊茂华、徐建闵共同审定。由于时间有限,书中不足之处在所难免,欢迎各位老师和同学指正。

在本书编写过程中,部分内容是基于北京博创公司 UP-NETARM2410 嵌入式系统教学系统,在此谨向他们深表谢意。

编 者
2007年10月

第 1 章 嵌入式系统基础	1
1.1 嵌入式系统简介	1
1.1.1 嵌入式系统概述.....	1
1.1.2 嵌入式系统的组成和特点.....	2
1.1.3 嵌入式系统的应用领域.....	3
1.1.4 嵌入式系统的发展趋势.....	5
1.2 嵌入式处理器	5
1.2.1 嵌入式系统的分类.....	5
1.2.2 嵌入式处理器的分类和现状.....	6
1.2.3 ARM 处理器	8
1.3 嵌入式操作系统	9
1.3.1 嵌入式操作系统的概念和分类.....	9
1.3.2 Linux	9
1.3.3 μ C/OS- II	10
1.3.4 Windows CE	10
1.4 嵌入式系统开发过程.....	11
1.4.1 嵌入式系统的总体结构	11
1.4.2 嵌入式系统的开发特点	12
1.4.3 嵌入式系统的开发流程	13
1.4.4 嵌入式系统的调试	13
第 2 章 基于 ARM920T 核微处理器	17
2.1 ARM 处理器简介	17
2.1.1 ARM 微处理器系列	17
2.1.2 ARM7 系列微处理器	18
2.1.3 ARM9 系列微处理器	18
2.1.4 ARM9E 系列微处理器	18
2.1.5 ARM10E 系列微处理器	19



2.1.6	SecurCore 系列微处理器	19
2.1.7	StrongARM 系列微处理器	20
2.1.8	Xscale 处理器	20
2.2	ARM920T 简介	20
2.2.1	ARM920T 内核编程模型	21
2.2.2	ARM 体系结构的存储器格式	22
2.2.3	处理器模式	22
2.2.4	寄存器组织	23
2.2.5	程序状态寄存器	26
2.2.6	异常(Exceptions)	28
2.2.7	ARM 微处理器的指令集	32
2.3	三星 S3C2410X 处理器详解	57
2.3.1	三星 S3C2410X 处理器结构简介	57
2.3.2	特殊功能寄存器	59
第 3 章	基于 S3C2410X 处理器的嵌入式应用系统设计	67
3.1	基本电路设计	67
3.1.1	电源电路设计	67
3.1.2	复位电路设计	68
3.1.3	晶振电路设计	68
3.2	存储器系统设计	69
3.2.1	8 位存储器接口设计	69
3.2.2	SDRAM 接口电路设计	71
3.2.3	Flash 接口电路设计	72
3.3	S3C2410X 的串行通信设计	77
3.3.1	串行口原理及接口技术	77
3.3.2	S3C2410X 的 UART 模块	78
3.3.3	S3C2410X 的 UART 模块软件设计	81
3.4	S3C2410X 的键盘及 LED 驱动设计	83
3.4.1	LED 驱动原理及功能	83
3.4.2	键盘驱动	89
3.4.3	键盘及 LED 驱动软件设计(KeyBoard.c)	89
3.5	S3C2410X 的 D/A 功能应用开发	93
3.5.1	D/A 转换器类型	93
3.5.2	MAX504 与 S3C2410X 的接口	93
3.5.3	D/A 转换器驱动软件设计	95

第 4 章 基于 ARM9 和 μC/OS-II 嵌入式系统设计	98
4.1 μ C/OS-II 的内核	98
4.1.1 μ C/OS-II 内核调度特点	98
4.1.2 任务控制块 OS_TCB 描述	99
4.1.3 就绪表(Ready List)	100
4.1.4 任务状态	101
4.1.5 任务切换	102
4.1.6 任务调度分析	103
4.1.7 μ C/OS-II 的初始化	104
4.2 μ C/OS-II 的 API 函数	104
4.2.1 任务类	104
4.2.2 消息类	105
4.2.3 同步类	105
4.2.4 时间类	105
4.2.5 内存操作类	105
4.3 μ C/OS-II 的应用程序开发	106
4.4 μ C/OS-II 在 S3C2410X 上的移植	107
4.4.1 移植原理	107
4.4.2 移植实现	108
4.5 μ C/OS-II 的 API 应用	115
4.5.1 任务相关函数的使用	115
4.5.2 任务间同步和通信相关函数的使用	120
4.6 基于 μ C/OS-II 操作系统的开发案例	126
4.6.1 绘图	126
4.6.2 系统的消息循环	127
第 5 章 ARM ADS 集成开发环境	130
5.1 ADS 1.2 的安装	130
5.1.1 ADS 概述	130
5.1.2 ADS 1.2 的安装	131
5.2 ADS 集成开发环境的使用	133
5.2.1 建立一个新工程	133
5.2.2 配置生成目标	135
5.2.3 编译和连接工程	154
5.3 用 AXD 进行代码调试	157



第 6 章 基于 ARM9 和 Linux 嵌入式系统设计	160
6.1 嵌入式 Linux 的开发环境	160
6.1.1 嵌入式 Linux 开发环境建立	160
6.1.2 嵌入式 Linux 开发的一般过程	161
6.2 Linux 命令及开发工具 GNU gcc 的使用	162
6.2.1 嵌入式 Linux 操作系统常用命令	162
6.2.2 Linux 开发工具 GNU gcc 的使用	175
6.2.3 GDB 调试器简介	178
6.3 GNU make 命令和 Makefile 文件	180
6.3.1 Makefile 文件的规则	181
6.3.2 Makefile 文件的命令	188
6.3.3 Makefile 文件的变量	190
6.3.4 Makefile 文件的条件判断	195
6.3.5 Makefile 文件中常用函数	196
6.3.6 Makefile 文件中隐含规则	197
6.3.7 子目录 Makefile	199
6.4 嵌入式 Linux 下 C 语言编程——文件的操作	200
6.4.1 文件的创建和读写	200
6.4.2 文件的各个属性	201
6.4.3 目录文件的操作	202
6.5 嵌入式 Linux 引导程序	204
6.5.1 Bootloader 引导程序	204
6.5.2 VIVI 简介	206
6.6 Linux 系统在 ARM 平台上的移植	209
6.6.1 Linux 内核结构	209
6.6.2 内核移植	211
6.7 Linux 系统及应用程序的烧写	215
6.7.1 JTAG 烧写 vivi	215
6.7.2 串口下载烧写	216
6.7.3 上传应用程序	219
第 7 章 嵌入式 Linux 设备驱动程序开发	221
7.1 嵌入式 Linux 的设备管理	221
7.1.1 设备驱动和文件系统的关系	222
7.1.2 设备类型	224
7.1.3 设备号	225
7.1.4 设备驱动中的关键数据结构	225

7.1.5	设备驱动开发中的基本函数	229
7.2	设备驱动模块化编程	231
7.2.1	设备驱动程序的开发流程	231
7.2.2	内核空间和用户空间	232
7.2.3	设备注册和初始化	232
7.2.4	中断管理	233
7.2.5	加载和卸载驱动程序	234
7.3	GPIO 字符设备驱动程序设计	236
7.3.1	GPIO 接口设计	236
7.3.2	LED 驱动程序代码分析	238
7.3.3	LED 驱动程序加载及测试	240
7.4	A/D 转换器驱动程序设计	241
7.4.1	S3C2410X 中断控制器	242
7.4.2	S3C2410X 中断接口函数及宏定义	245
7.4.3	S3C2410X A/D 转换器	248
7.4.4	A/D 转换驱动程序设计	250
7.4.5	A/D 转换驱动程序的测试	253
7.5	IC 卡驱动程序设计	256
7.5.1	AT24CXX 系列存储卡读卡器	256
7.5.2	IC 卡驱动程序设计	262
7.5.3	IC 卡测试程序设计	273
7.6	内核驱动程序设计——触摸屏驱动程序	275
7.6.1	触摸屏原理以及驱动芯片 ADS7843	275
7.6.2	触摸屏驱动程序分析	277
7.7	音频驱动程序设计	286
7.7.1	音频文件格式	286
7.7.2	基于 IIS 接口的音频系统	289
7.7.3	音频驱动程序设计	294
第 8 章	嵌入式网络设备驱动程序设计	301
8.1	嵌入式网络设备驱动程序	301
8.1.1	Linux 网络设备驱动程序的体系结构	301
8.1.2	Linux 网络设备驱动程序的数据结构	302
8.1.3	网络驱动程序的基本方法	308
8.2	基于以太网控制器 AX88796 的网络驱动程序设计	309
8.2.1	基于以太网控制器 AX88796 的接口设计	309
8.2.2	Linux 网络设备驱动程序实例	310



第 9 章 Qt/Embedded 嵌入式图形开发	321
9.1 Qt/Embedded 嵌入式图形开发基础	321
9.1.1 Qt/Embedded 概述	322
9.1.2 创建 Qt/Embedded 开发环境	323
9.1.3 Qt 设计器简介	327
9.1.4 Qt Designer 实例及 Qt/E 的交叉编译	343
9.2 Qtopia 虚拟平台及其在 S3C2410s 开发板上的移植	350
9.2.1 构建本机 Qtopia 虚拟平台	350
9.2.2 Qtopia 2.1.1 在 2410-S 上的移植	353
附录 A 嵌入式系统应用编程 API 函数	356
附录 B S3C2410X 引脚及信号定义	381
参考文献	387

本章将学习嵌入式系统的基础知识。通过本章,读者将了解以下内容:

- 嵌入式系统的组成。
- 嵌入式系统的应用领域及嵌入式系统的开发流程。
- 嵌入式系统的发展趋势。

1.1 嵌入式系统简介

1.1.1 嵌入式系统概述

嵌入式系统(ES)是计算机技术、通信技术、半导体技术、微电子技术、语音图像数据传输技术,甚至传感器等先进技术和具体应用对象相结合后的更新换代产品。因此,嵌入式系统往往是技术密集、投资强度大、高度分散、不断创新的知识密集型系统,反映当代最新技术的先进水平。嵌入式系统不仅和一般的PC机上的应用系统不同,就是针对不同的具体应用而设计的嵌入式系统之间差别也很大。嵌入式系统一般功能单一、简单,且在兼容性方面要求不高,但是在大小、成本方面限制较多。嵌入式计算机基本上不能算是嵌入式系统,它仍然是计算机一类,只是工作条件有所不同而已,因为它还保留了计算机的基本特性。嵌入式系统是指操作系统和功能软件集成于计算机硬件系统之中。简单地说,就是系统的应用软件与硬件的一体化,类似于BIOS的工作方式。具有软件代码小、高度自动化、响应速度快等特点,特别适合于要求实时的和多任务的体系。根据IEEE(国际电气和电子工程师协会)的定义:嵌入式系统是用于控制、监视或者辅助操作机器和设备的装置(原文为 devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants)。简单地说,就是嵌入到对象体中的专用计算机系统。嵌入式系统的3要素是嵌入、专用、计算机。其中,嵌入性指的是嵌入到对象体系中,有对象环境要求;专用性是指软、硬件按对象要求裁剪;计算机指实现对象的智能化功能。广义地说,一个嵌入式系统就是一个具有特定功能或用途的计算机软硬件集合体。即以应用为中心、以计算机技术为基础、软件硬件可裁剪,并且是适应于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。

1.1.2 嵌入式系统的组成和特点

1. 嵌入式系统的组成

嵌入式系统一般有 3 个主要的组成部分：硬件、实时操作系统以及应用软件。

- 硬件：包括处理器、存储器(ROM、RAM)、输入输出设备、辅助系统等。
- 实时操作系统(Real-Time Operating System, RTOS)：用于管理应用软件，并提供一种机制，使得处理器分时地执行各个任务并完成一定的时限要求。
- 应用软件：实现具体业务逻辑功能。

2. 嵌入式微处理器的特点

嵌入式系统用于实现对其他设备的控制、监视或管理等功能，其核心是嵌入式微处理器。嵌入式微处理器一般具备以下 4 个特点：

- 对实时多任务有很强的支持能力，能完成多任务并且有较短的中断响应时间，从而使内部的代码和实时核心的执行时间减少到最低限度。
- 具有功能很强的存储区保护功能。这是由于嵌入式系统的软件结构已模块化，而为了避免在软件模块之间出现错误的交叉作用，需要设计强大的存储区保护功能，同时也有利于软件诊断。
- 可扩展的处理器结构，能迅速地扩展出满足应用的高性能嵌入式微处理器。
- 嵌入式微处理器必须功耗很低，尤其是用于便携式的无线及移动的计算和通信设备中，靠电池供电的嵌入式系统更是如此，如需要功耗只有 mW 甚至 μ W 级。

3. 嵌入式计算机系统的特点

嵌入式计算机系统同通用型计算机系统相比具有以下特点：

- 嵌入式系统通常是面向特定应用的嵌入式 CPU，与通用型 CPU 的最大不同就是嵌入式 CPU 大多工作在为特定用户群设计的系统中，它通常都具有低功耗、体积小、集成度高等特点，能够把通用 CPU 中许多由板卡完成的任务集成在芯片内部，从而有利于嵌入式系统设计趋于小型化，移动能力大大增强，与网络的耦合也越来越紧密。
- 嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术与各个行业的具体应用相结合后的产物。这一点就决定了它必然是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。
- 嵌入式系统的硬件和软件都必须高效率地设计，量体裁衣、去除冗余，力争在同样的硅片面积上实现更高的性能，这样才能在具体应用中对处理器的选择更具有竞争力。
- 嵌入式系统和具体应用有机地结合在一起，它的升级换代也是和具体产品同步进行，因此，嵌入式系统产品一旦进入市场，具有较长的生命周期。
- 为了提高执行速度和系统可靠性，嵌入式系统中的软件一般都固化在存储器芯片或单片机中，而不是存储于磁盘等载体中。
- 嵌入式系统本身不具备自举开发能力，即使设计完成以后用户通常也是不能对其

中的程序功能进行修改的,必须有一套开发工具和环境才能进行开发。

1.1.3 嵌入式系统的应用领域

在世界范围内,社会经济的发展产生了一些新的需求,这也促进了嵌入式技术的广泛应用。而中国正在成为世界制造大国,在消费电子、工业应用、军事国防、网络设备等领域都有嵌入式系统的应用,同时嵌入式技术反过来刺激了许多新的应用需求,如信息家电、医疗电子病历、微小型智能武器等领域,如图 1.1 所示。

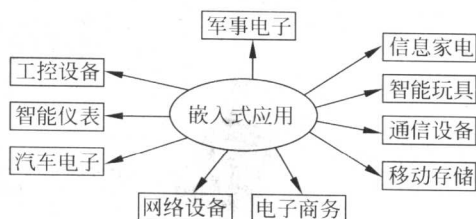


图 1.1 嵌入式系统的应用领域

1. 工业控制

工业设备是机电产品中最大的一类。过去在工业过程控制、数字机床、电力系统、电网安全、电网设备监测、石油化工系统等方面,大部分低端型设备主要采用 8 位单片机。随着技术发展,目前许多设备除了进行实时控制,还需将设备状态、传感器的信息等显示屏上实时显示。用于各种智能测量仪表、数控装置、可编程控制器、控制机、分布式控制系统、现场总线仪表及控制系统、工业机器人、机电一体化机械设备、汽车电子设备等,通常采用微处理器、控制器芯片级、标准总线的模板级或系统嵌入式计算机,如图 1.2 所示。

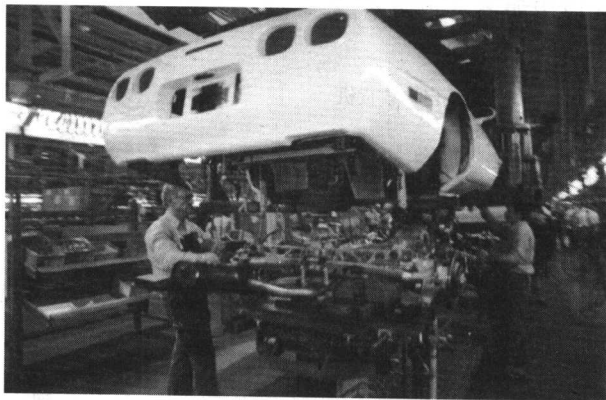


图 1.2 工业控制领域

2. 信息家电

我国各种信息家电产品将成为嵌入式系统最大的应用领域。只有按钮、开关的电器显然已经不能满足人们的日常需求。具有用户界面,能远程控制、智能管理的电器是未来的发展趋势,如数字电视机、机顶盒、数码相机、VCD、DVD 音响设备、可视电话、家庭网络设备、洗衣机遥控、电冰箱、空调、智能玩具等,广泛采用了微处理器、微控制器及嵌入式软件,如图 1.3 所示。

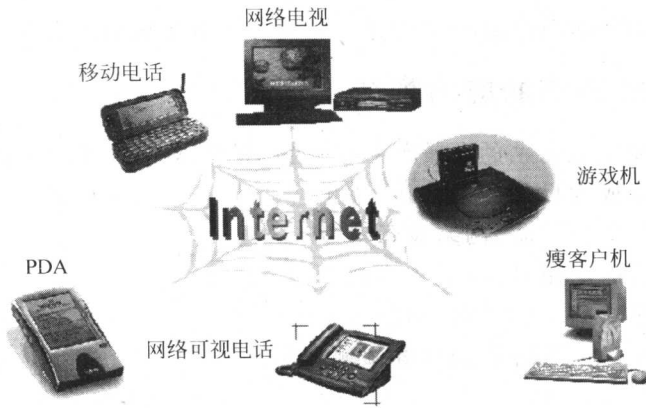


图 1.3 信息家电应用领域

3. 交通管理、环境监测

在智能交通方面,如车辆导航、流量控制、信息监测等,都使用了嵌入式技术,目前GPS设备已经从尖端产品进入了普通百姓家庭。此外,水文资料实时监测、防洪体系及水土质量监测、堤坝安全、地震监测网、实时气象信息网、水源和空气污染监测、加油站、停车场管理等也都使用了嵌入式技术。

4. 嵌入式 Internet 应用

嵌入式 Internet 应用如图 1.4 所示。

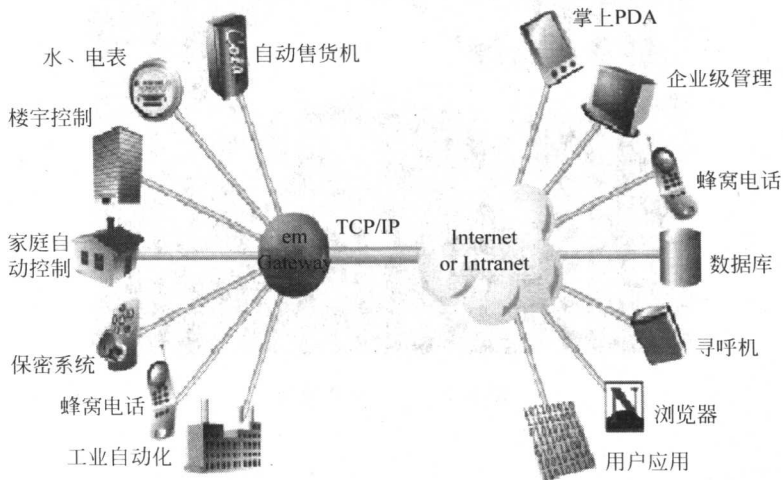


图 1.4 嵌入式 Internet 应用

5. 军事国防领域

在军事国防领域,嵌入式系统也有广泛的应用,如各种武器控制(如火炮控制、导弹控制、智能炸弹制导引爆装置)、坦克、舰艇、轰炸机等陆海空各种军用电子装备,雷达、电子对抗军事通信装备,野战指挥作战用的各种专用设备。

1.1.4 嵌入式系统的发展趋势

在市场和科技进步的双重推动下,未来嵌入式系统技术的发展将呈现出以下趋势。

1. 联网成为必然趋势

为适应嵌入式分布处理结构和应用上网需求,面向 21 世纪的嵌入式系统要求配备标准的一种或多种网络通信接口。针对外部联网要求,嵌入式设备必须配有通信接口,并需要 TCP/IP 协议簇软件支持。由于家用电器相互关联(如防盗报警、灯光能源控制、影视设备和信息终端交换)及实验现场仪器的协调工作等要求,新一代嵌入式设备还需具备 IEEE 1394、USB、CAN、Bluetooth 或 IrDA 通信接口,同时也需要提供相应的通信组网协议软件和物理层驱动软件。

2. 小尺寸、低功耗和低成本

为满足这种特性,要求嵌入式产品设计者相应降低处理器的性能,限制内存容量和复用接口芯片。这就相应提高了对嵌入式软件的设计技术要求。如选用最佳的编程模型和不断改进算法,采用 Java 编程模式,优化编译器性能。因此,既要软件人员有丰富经验,更需要发展先进的嵌入式软件技术,如 Java、Web 和 WAP 等。

3. 提供精巧的多媒体人机界面

嵌入式设备之所以为亿万用户所接受,重要因素之一是它们与使用者之间的亲和力,自然的人机交互界面,如司机操纵高度自动化的汽车主要还是通过方向盘、脚踏板和操纵杆。

4. 无所不在的智能(Ambient Intelligence, AmI)

无所不在的智能是嵌入式系统应用的高级境界,它是指一种嵌入了多种感知和计算设备,并根据上下文识别人的身体姿态、手势、语音等,进而判断出人的意图,并做出相应反映,具有适应性的数字环境,它通过智能的、用户定制的内部互联系统和服务制造理想的氛围,完成理想的功能,从而有效提高人们的工作和生活质量。AmI 的关键技术基础是无所不在的计算(Ubiquitous Computing),指的就是,无论何时何地,任何人需要,都可以通过某种设备访问到所需的信息。从计算技术的角度来看,可以认为存在一个巨大的分布式网络,这个网络由围绕在用户周围的成千上万个嵌入式系统互联而成,用来满足它在信息、通信、出行和娱乐等方面的需求。

信息化社会的建设对嵌入式系统市场提出巨大需求,目前微处理器年产量 10 亿多片,远远大于个人通用台式计算机,嵌入式计算机必将是信息产业新的经济增长点。

1.2 嵌入式处理器

1.2.1 嵌入式系统的分类

按表现形式(硬件范畴)分为芯片级嵌入(含程序或算法的处理器)、模块级嵌入(系统中的某个核心模块)和系统级嵌入。

按实时性要求(软件范畴)分为非实时系统(PDA)、软实时系统(消费类产品)和硬实时系统(工业和军工系统)。

1.2.2 嵌入式处理器的分类和现状

嵌入式系统的核心部件是各种类型的嵌入式处理器,目前据不完全统计,全世界嵌入式处理器的品种总量已经超过 1000 多种,流行体系结构有 30 几个系列,其中 8051 体系占有多半。生产 8051 单片机的半导体厂家有 20 多个,共 350 多种衍生产品,仅 Philips 就有近 100 种。现在几乎每个半导体制造商都生产嵌入式处理器,越来越多的公司有自己的处理器设计部门。嵌入式处理器的寻址空间一般为 64KB~16MB,处理速度为 0.1~2000MIPS,常用封装有 8~144 个引脚。根据其现状,嵌入式计算机可以分成下面几类。

1. 嵌入式微处理器(Embedded Microprocessor Unit, EMPU)

嵌入式微处理器的基础是通用计算机中的 CPU。在应用中,将微处理器装配在专门设计的电路板上,只保留和嵌入式应用有关的母板功能,这样可以大幅度减小系统体积和功耗。为了满足嵌入式应用的特殊要求,嵌入式微处理器虽然在功能上和标准微处理器基本是一样的,但在工作温度、抗电磁干扰、可靠性等方面一般都做了各种增强。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,但是在电路板上必须包括 ROM、RAM、总线接口、各种外设等器件,从而降低了系统的可靠性,技术保密性也较差。嵌入式微处理器及其存储器、总线、外设等安装在一块电路板上,称为单板计算机,如 STD-BUS、PC104 等。近年来,德国、日本的一些公司又开发出了类似“火柴盒”式名片大小的嵌入式计算机系列 OEM 产品。

嵌入式处理器目前主要有 Am186/88、386EX、SC-400、Power PC、68000、MIPS、ARM 系列等。

2. 嵌入式微控制器(Microcontroller Unit, MCU)

嵌入式微控制器又称单片机,顾名思义,就是将整个计算机系统集成到一块芯片中。嵌入式微控制器一般以某一种微处理器内核为核心,芯片内部集成 ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、计时器/计数器、WatchDog、I/O、串行口、脉宽调制输出、A/D、D/A、Flash RAM、EEPROM 等各种必要功能和外设。为适应不同的应用需求,一般一个系列的单片机具有多种衍生产品,每种衍生产品的处理器内核都是一样的,不同的是存储器和外设的配置及封装。这样可以使单片机最大限度地和应用需求相匹配,功能不多不少,从而减少功耗和成本。

和嵌入式微处理器相比,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。微控制器的片上外设资源一般比较丰富,适合于控制,因此称微控制器。

嵌入式微控制器目前的品种和数量最多,比较有代表性的通用系列包括 8051、P51XA、MCS-251、MCS-96/196/296、C166/167、MC68HC05/11/12/16、68300 等。另外还有许多半通用系列,如支持 USB 接口的 MCU 8XC930/931、C540、C541,支持 I²C、