

高等职业院校嵌入式系统设计教材

嵌入式Linux C语言应用程序设计与实践

熊茂华 谢建华 熊昕 编著

清华大学出版社

高等职业院校嵌入式系统设计教材

嵌入式Linux C语言应用程序设计与实践

熊茂华 谢建华 熊昕 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书详细介绍嵌入式 Linux 的开发环境与工具软件、嵌入式 C 语言程序设计基础、嵌入式 Linux C 高级编程与调试、Linux 下的文件的操作和 I/O 应用、ARM Linux 进程与进程调度、ARM Linux 多线程开发、ARM Linux 网络编程和嵌入式 Linux 设备驱动程序开发。本书是嵌入式 Linux C 语言应用程序设计的一本实用指导书,通过案例详细介绍嵌入式 Linux C 语言应用程序设计,案例中的程序都取自实际的项目,并且对程序有详细的注解。

本书深入浅出,既可作为高等职业院校相关课程的教材,也可作为嵌入式系统编程人员的技术参考书。本书配套的案例程序和课件可从 <http://www.tup.com.cn> 下载。

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

嵌入式 Linux C 语言应用程序设计与实践 / 熊茂华,谢建华,熊昕编著. —北京:清华大学出版社,2010.6

ISBN 978-7-302-22551-5

I. ①嵌… II. ①熊… ②谢… ③熊… III. ①Linux 操作系统—程序设计 ②C 语言—程序设计 IV. ①TP316.89 ②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 069754 号

责任编辑:孟毅新

责任校对:刘 静

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

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

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 刷 者:北京市人民文学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22.75

字 数:523 千字

版 次:2010 年 6 月第 1 版

印 次:2010 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:36.00 元

产品编号:035306-01

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,嵌入式技术的应用日益广泛,相应地,企业针对嵌入式技术人才的需求也越来越多。因此近几年来,各高职高专院校也开始增设了嵌入式技术应用专业或方向。但是,各院校在嵌入式技术应用专业教学过程中面临教材难觅的困境。针对教材缺乏的情况,我们调研了几十所已开设了“嵌入式技术应用”专业的高职高专院校的嵌入式技术人才培养方案、课程设置、教材建设与开发、学生的学习情况及嵌入式技术应用人才就业现状,通过认真地整理、分析和研讨,编写了这套适于高等职业院校嵌入式技术人才培养规划的系列教材。具体包括以下7本:

《ARM 体系结构与程序设计》

《嵌入式 Linux C 语言应用程序设计与实践》

《嵌入式操作系统与编程》

《嵌入式 μ C/OS-II 实时操作系统及应用编程》

《嵌入式 Linux 实时操作系统及应用编程》

《嵌入式 Windows CE 应用开发技术》

《ARM 9 嵌入式系统设计与开发应用》

本书主要内容如下。

第1章对 ARM 微处理器、ARM 技术的基本概念做一些简单的介绍,从 ARM 体系结构的发展及技术特征、ARM 微处理器的应用领域及特点、ARM 微处理器的体系结构、ARM 微处理器的应用选型等方面分别进行阐述。

第2章介绍嵌入式 Linux 的开发环境、Linux 开发工具 GNU gcc 的使用、GNU make 命令和 Makefile 文件、gdb 调试器、嵌入式 Linux 编辑器 vi 的使用、Emacs 综合编辑器等。

第3章介绍嵌入式 C 语言程序设计的一些基本概念。主要内容包括嵌入式 C 语言预处理伪指令、嵌入式 C 语言的基本数据类型、嵌入式 C 语言程序结构、嵌入式 C 语言函数、嵌入式 C 语言数组、指针、结构体和联合等。

第4章介绍嵌入式 C 语言和汇编语言的混合编程、嵌入式 Linux 静态链接库与动态链接库及嵌入式 Linux 下程序调试等知识。

第 5 章介绍 ARM Linux 文件 I/O 系统概述、不带缓存的文件 I/O 操作、Linux 标准 I/O 流及嵌入式 Linux 的文件操作应用等知识。

第 6 章介绍 ARM Linux 进程管理、ARM Linux 进程相关 API、ARM Linux 进程间通信 API、Linux 守护进程等知识及应用。

第 7 章介绍线程的创建、终止、线程的标识、线程的一次性初始化、线程的私有数据、信号灯、互斥量、条件变量等知识。

第 8 章介绍 TCP/IP 协议、Linux 网络基础知识及网络程序的开发案例等。

第 9 章主要介绍嵌入式 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等。

本书由熊茂华、谢建华、熊昕编著，周顺先副教授主审。熊茂华主要编写了第 1 章、第 2 章、第 6 章至第 9 章，谢建华主要编写了第 4 章和第 5 章，熊昕主要编写了第 1 章至第 3 章。本书由熊茂华负责全面内容规划、编排，熊茂华、周顺先共同审定。

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的，在此谨向他们深表谢意。

由于时间仓促，疏漏之处在所难免，欢迎各位老师和同学指正。本书配套开发工具软件、案例程序和课件可在清华大学出版社网站下载。

编 者
2010 年 5 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 嵌入式系统的概述	1
1.1.2 嵌入式系统的组成	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	6
1.2.1 嵌入式处理器的分类	6
1.2.2 嵌入式处理器的现状	6
1.2.3 ARM 处理器	8
1.3 嵌入式系统开发过程	9
1.3.1 嵌入式系统的总体结构	9
1.3.2 嵌入式系统的开发特点	10
1.3.3 嵌入式系统的开发流程	11
1.3.4 调试嵌入式系统	12
练习题	14
第 2 章 嵌入式 Linux 的开发环境及工具软件	15
2.1 嵌入式 Linux 的开发环境	15
2.1.1 嵌入式 Linux 开发环境建立	15
2.1.2 嵌入式 Linux 开发的一般过程	16
2.2 Linux 开发工具的使用	17
2.2.1 Linux 开发工具 GNU gcc 的使用	17
2.2.2 gdb 调试器简介	27
2.3 GNU make 命令和 Makefile 文件	31
2.3.1 Makefile 文件的规则	31
2.3.2 Makefile 文件中隐含规则	34
2.3.3 Makefile 文件的命令	37

2.3.4	Makefile 文件的变量	38
2.3.5	Makefile 文件的条件判断	41
2.3.6	Makefile 文件中常用函数	43
2.3.7	子目录 Makefile	45
2.4	嵌入式 Linux 编辑器 vi 的使用	46
2.4.1	vi 的基本模式	46
2.4.2	vi 的基本操作	47
2.5	Emacs 综合编辑器	48
2.5.1	Emacs 的启动与退出	48
2.5.2	Emacs 的基本编辑	49
2.5.3	Emacs 的 C 模式	51
2.5.4	Emacs 的 Shell 模式	52
	练习题	52
第 3 章	嵌入式 C 语言程序设计基础	54
3.1	嵌入式 C 语言预处理伪指令	54
3.2	嵌入式 C 语言的基本数据类型	58
3.2.1	数据类型与表达式	58
3.2.2	常量	60
3.2.3	变量	63
3.2.4	运算符	67
3.3	嵌入式 Linux C 语言程序结构和控制语句	70
3.3.1	嵌入式 Linux C 语言 3 种程序结构	70
3.3.2	嵌入式 Linux C 语言基本语句	70
3.4	选择语句	72
3.4.1	if 语句	72
3.4.2	switch 语句	73
3.5	循环语句	74
3.5.1	while 和 do-while 语句	74
3.5.2	for 循环语句	74
3.5.3	break 语句和 continue 语句	75
3.5.4	ARM Linux 循环语句应用实例	76
3.6	goto 语句	77
3.6.1	goto 语句语法	77
3.6.2	ARM Linux 中 goto 语句应用实例	77
3.7	函数	78
3.7.1	C 语言函数概述	78
3.7.2	函数定义与声明	79

3.7.3 函数的参数、值和基本调用	81
3.7.4 函数的嵌套、递归调用	87
3.8 数组	89
3.9 指针	93
3.10 结构体与联合	98
练习题	107
第4章 嵌入式 Linux C 高级编程及调试举例	109
4.1 内嵌汇编指令	109
4.2 汇编语言与 C/C++ 的混合编程	113
4.3 从汇编程序中访问 C 程序变量	113
4.4 汇编程序与 C/C++ 程序的相互调用规则——ATPCS	114
4.5 汇编程序与 C/C++ 程序的相互调用	116
4.6 嵌入式 Linux 静态链接库与动态链接库	120
4.6.1 Linux 静态链接库及创建	120
4.6.2 Linux 动态链接库及创建	121
4.7 嵌入式 Linux 下程序调试应用举例	128
4.7.1 Linux 宿主机下的应用程序调试	128
4.7.2 目标机下的应用程序调试	139
练习题	142
第5章 嵌入式 Linux 下文件的操作	145
5.1 ARM Linux 文件 I/O 系统概述	145
5.1.1 虚拟文件系统	145
5.1.2 通用文件模型	146
5.2 不带缓存的文件 I/O 操作	156
5.2.1 文件的创建和读写	157
5.2.2 移动文件的读写位置	161
5.2.3 文件的各个属性	162
5.2.4 目录文件的操作	163
5.3 Linux 标准 I/O 流	164
5.4 嵌入式 Linux 的文件操作应用举例	177
5.4.1 文件锁的应用	177
5.4.2 嵌入式 Linux 串行口通信设计	182
练习题	192
第6章 ARM Linux 进程与进程调度	193
6.1 ARM Linux 进程管理	193

6.1.1	进程描述符及任务结构	193
6.1.2	进程的调度	198
6.2	ARM Linux 进程控制相关 API	201
6.3	ARM Linux 进程间通信 API	212
6.3.1	Linux 中进程间通信	212
6.3.2	管道	213
6.3.3	命名管道	216
6.3.4	信号通信	221
6.3.5	共享内存	236
6.3.6	消息队列	238
6.4	Linux 守护进程	245
6.4.1	守护进程概述	245
6.4.2	编写规则	245
6.4.3	守护进程实例	247
	练习题	248
第 7 章	ARM Linux 多线程开发实例	250
7.1	Linux 多线程相关 API	251
7.1.1	线程的创建	252
7.1.2	线程的终止	253
7.1.3	线程的标识	256
7.1.4	线程的一次性初始化	256
7.1.5	线程的私有数据	258
7.2	信号灯	259
7.2.1	POSIX 有名信号灯的 API 函数	259
7.2.2	POSIX 基于内存的信号灯的 API 函数	264
7.3	互斥量	266
7.4	条件变量	274
	练习题	279
第 8 章	ARM Linux 网络编程实例	280
8.1	TCP/IP 协议简介	280
8.1.1	TCP/IP 的分层模型	280
8.1.2	TCP/IP 分层模型特点	281
8.1.3	Internet 层中的协议	283
8.1.4	传输层的协议	286
8.2	网络基础编程	289
8.2.1	Socket 概述	289

8.2.2 Socket 基础	290
8.2.3 Socket 网络编程	295
练习题.....	318
第 9 章 嵌入式 Linux 设备驱动程序开发	319
9.1 嵌入式 Linux 的设备管理	319
9.1.1 设备驱动和文件系统的关系.....	320
9.1.2 设备类型.....	322
9.1.3 设备号.....	323
9.1.4 设备驱动中关键数据结构.....	323
9.1.5 设备驱动开发中基本函数.....	327
9.2 设备驱动模块化编程	329
9.2.1 设备驱动程序的开发流程.....	329
9.2.2 内核空间和用户空间.....	329
9.2.3 设备注册和初始化.....	330
9.2.4 中断管理.....	331
9.2.5 加载和卸载驱动程序.....	332
9.3 GPIO 字符设备驱动程序设计	333
9.3.1 GPIO 接口设计	333
9.3.2 LED 驱动程序代码分析	336
9.3.3 LED 驱动程序加载及测试	338
9.4 A/D 转换器驱动程序设计	339
9.4.1 S3C2410X 中断控制器	339
9.4.2 S3C2410X 中断接口函数及宏定义	342
9.4.3 S3C2410X A/D 转换器.....	345
9.4.4 A/D 转换驱动程序设计	347
9.4.5 A/D 转换驱动程序的测试	351
练习题.....	353
参考文献.....	354

第 1 章

嵌入式系统基础

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发展趋势
- 嵌入式处理器
- 嵌入式系统的开发流程

1.1 嵌入式系统简介

1.1.1 嵌入式系统的概述

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及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。因此它往往是技术密集、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上的应用系统不同,而且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,不过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征。嵌入式系统的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系统的硬件一体化,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)。简单地讲,就是嵌入到对象体中的专用计算机系统。嵌入式系统的三要素是嵌入、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、硬件按对象要求裁减;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。

1.1.2 嵌入式系统的组成

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。

(1) 硬件：包括处理器、存储器(ROM、RAM)、输入/输出设备、辅助系统等。

(2) 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。

(3) 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

嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，并且软硬件可裁减，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。用于实现对其他设备的控制、监视或管理等功能。嵌入式系统一般指非 PC 系统，它包括硬件和软件两部分。硬件包括处理器/微处理器、存储器及外设器件和 I/O 端口、图形控制器等。软件部分包括操作系统软件(OS)(要求实时和多任务操作)和应用程序编程。有时设计人员把这两种软件组合在一起。应用程序控制着系统的运作和行为；而操作系统控制着应用程序编程与硬件的交互作用。嵌入式系统的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。

(1) 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内核心的执行时间减少到最低限度。

(2) 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。

(3) 可扩展的处理器结构，能最迅速地开展出满足应用的最高性能的嵌入式微处理器。

(4) 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。

(1) 嵌入式系统通常是面向特定应用的嵌入式 CPU。与通用型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，跟网络的耦合也越来越紧密。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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

进行的,因此嵌入式系统产品一旦进入市场,具有较长的生命周期。

(5) 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本身中,而不是存储于磁盘等载体中。

(6) 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。

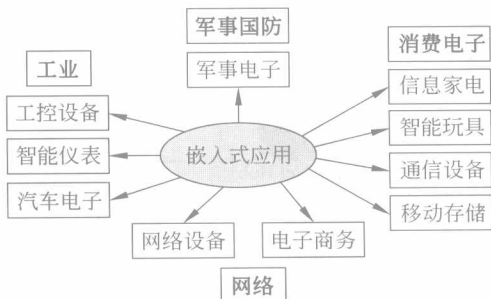


图 1.1 嵌入式系统的应用领域

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外,还须将设备状态、传感器的信息等显示在显示屏上实时显示,如各种智能测量仪表、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,通常采用微处理器、控制器芯片级、标准总线的模板级及系统嵌入式计算机,如图 1.2 所示。

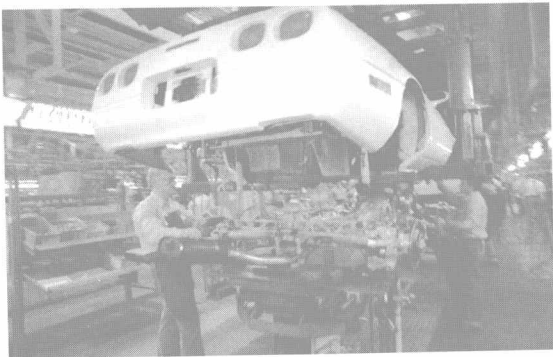


图 1.2 工业控制领域应用

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。广泛采用微处理器微控制器及嵌入式软件,EMIT 也已用于社区对家用电、水、煤气、远程抄表,手持通信设备、冰箱等网络化、智能化等,如图 1.3 所示。

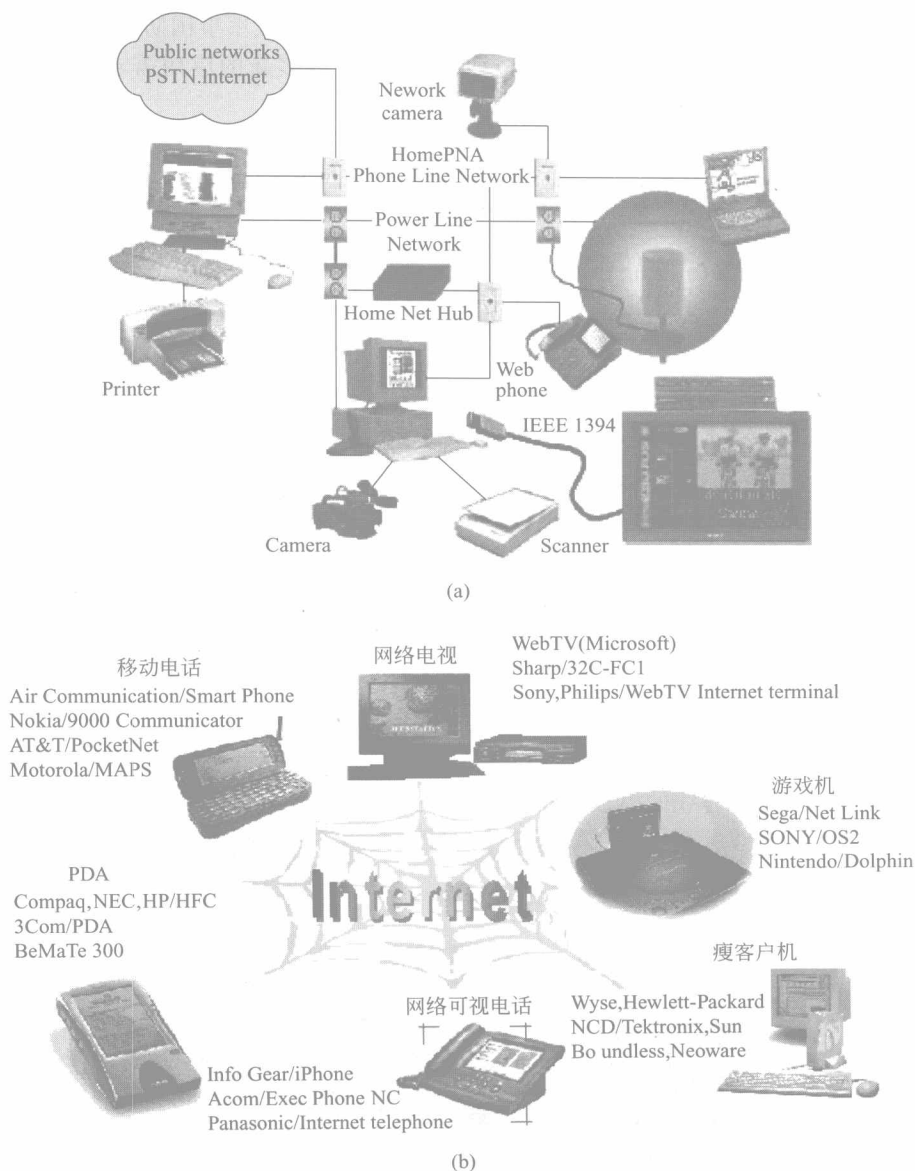


图 1.3 信息家电应用领域

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的家庭。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。

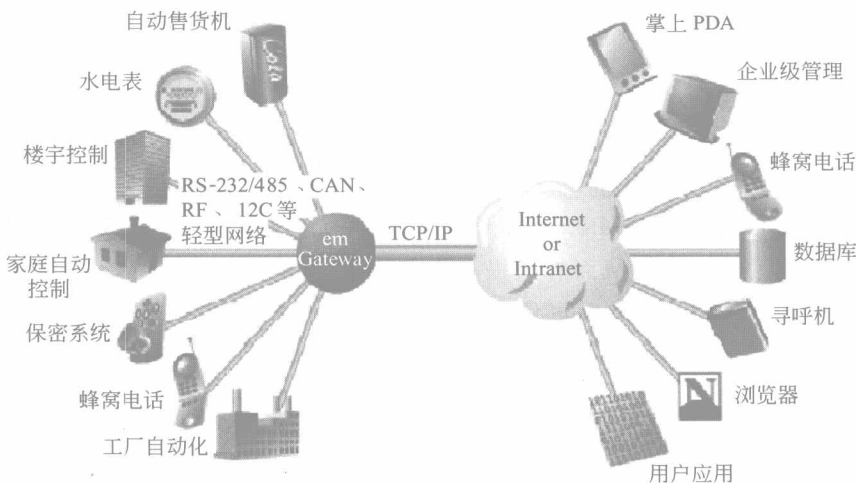


图 1.4 嵌入式 Internet 应用

5. 军事国防领域

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等在海湾战争到最近伊拉克战争中都广泛使用。我国嵌入式计算机最早用于导弹控制。

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,相应需要 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信息)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 IEEE1394、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,既要求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,并做出相应反映的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)”,“无所不在的计算”指的就是,“无论何时何地,任何人需要,就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,用来满足其在信息、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、微控制器年产量达到几亿片到十几亿片,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 嵌入式处理器的分类

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 多个系列,其中 8051 体系的占多半。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从 64KB~16MB,处理速度从

0.1 MIPS~2000 MIPS,常用封装从8个引脚到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AMI86/88、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、定时器/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、CAN-Bus、LCD及众多专用MCU和兼容系列。目前MCU占嵌入式系统约70%的市场份额。

特别值得注意的是,近年来提供X86微处理器的著名厂商AMD公司,将Am186CC/CH/CU等嵌入式处理器称为Microcontroller, Motorola公司把以Power PC为基础的PPC505和PPC555也列入单片机行列。TI公司亦将其TMS320C2XXX系列DSP作为MCU进行推广。

3. 嵌入式DSP处理器(Embedded Digital Signal Processor, EDSP)

嵌入式DSP处理器对系统结构和指令进行了特殊设计,使其适合于执行DSP算法,编译效率较高,指令执行速度也较高。在数字滤波、FFT、谱分析等方面DSP算法正在大