

高等院校通用教材



# 嵌入式系统设计与实践

张晓林 崔迎炜 等编著

 北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书由浅入深详细地论述了嵌入式系统研究开发过程中的主要技术问题。通过阅读本书,读者不但可以对嵌入式系统有全面的认识,同时能够掌握嵌入式系统研究开发中的关键技术。本书涵盖的主要内容包括:嵌入式系统概论、ARM 仿真调试环境、Bootloader 原理分析、Kernel 的分析和移植、嵌入式 Linux 驱动程序、嵌入式 GUI 系统移植及 Qt 编程、基于 DB MX1 ADS 的应用。

本书可作为电子信息类大学生、研究生教材或供相关研究人员阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统设计与实践 / 张晓林等编著. — 北京:北京航空航天大学出版社, 2006. 1

ISBN 7-81077-715-7

I. 嵌… II. 张… III. 微型计算机—系统设计  
IV. TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 125184 号

© 2006, 北京航空航天大学出版社, 版权所有。

未经本书出版者书面许可, 任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。  
侵权必究。

### 嵌入式系统设计与实践

张晓林 崔迎炜 等编著

责任编辑 胡晓柏

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhp@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本: 787 mm × 960 mm 1/16 印张: 22.25 字数: 498 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷 印数: 5 000 册

ISBN 7-81077-715-7 定价: 29.50 元

# 前 言

---

在当前的电子信息技术和网络技术高速发展的后 PC 时代,嵌入式系统已经广泛地渗透到科学研究、工程设计、军事技术、商业文化艺术、娱乐业以及人们日常生活中的方方面面。随着嵌入式系统应用的迅速发展,嵌入式产品已经逐渐形成了一类有巨大商机的产业。由于嵌入式系统的研究开发是一个理论性和实践性都非常强的工作,因此在研究开发嵌入式系统的时候,对研究开发人员的要求非常高。不但要求研究开发人员熟悉嵌入式 CPU 的结构和编程,更多的是要求掌握嵌入式系统研究开发的各个环节: Bootloader、Kernel、Driver 等,而且还要求有丰富的实践经验。

本书是在北京航空航天大学通信与测控技术研究所嵌入式系统研究组的一部分研究工作经验、成果和高级嵌入式系统课程试用教材的基础上编写而成的,希望能起到抛砖引玉的作用。

本书分 7 章,由浅入深详细地论述了嵌入式系统研究开发过程中的主要技术问题。通过本书,读者不但可以对嵌入式系统有全面的认识,同时能够掌握嵌入式系统研究开发中的关键技术。书中大量地引用实际研究开发的实例和代码,并且对大部分代码都有详细的分析。书中的原创文档和实例,对嵌入式系统的学习和研究具有一定的意义。

第 1 章:嵌入式系统概论。主要对嵌入式系统的发展、软件、操作系统做一个整体的介绍。

第 2 章:ARM 仿真调试环境。主要介绍如何用仿真器来调试嵌入式

系统。这在嵌入式系统研究开发的初始阶段非常重要。

第3章：Bootloader。主要描述了 Bootloader 在嵌入式系统中的地位和作用,并用实例分析了 bootloader 的工作原理。

第4章：Kernel 的分析和移植。详细分析了嵌入式 Linux 的启动过程,并且针对嵌入式 Linux 的移植结合实例做了分析和描述。

第5章：驱动程序。在本章分析了嵌入式 Linux 下驱动程序的基本结构,并结合串口、I<sup>2</sup>C、Framebuffer 等的驱动代码分析了几个典型的驱动程序。

第6章：嵌入式 GUI 系统移植及 Qt 编程。本章分析了 3 种嵌入式系统常用的图形系统,并对这 3 种图形系统的移植做了详细的描述。同时结合实际的研究开发过程,对 Qt 编程进行了全面的描述。

第7章：基于 DB MX1 ADS 的应用。本章是在前几章的基础上,结合项目研究对嵌入式系统的上层应用做实例性的分析,具有很高的参考价值。

本书由张晓林教授策划和主编、崔迎炜为副主编,参加编写的有徐广毅、段少婷、张展、吴小伟、蒋文军、杨鑫。书稿的校对工作由杨希完成。

本书可作为电子信息类大学生、研究生的教材或供相关研究人员、工程技术人员阅读参考。

由于作者水平有限,加之时间仓促,本书难免存在缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

作 者

2005 年 9 月于北航

# 目 录

---

<b>第 1 章 嵌入式系统概论</b> .....	1
1.1 嵌入式系统概述 .....	1
1.1.1 嵌入式系统的历史 .....	1
1.1.2 什么是嵌入式系统 .....	2
1.1.3 嵌入式系统的特点 .....	2
1.1.4 嵌入式处理器 .....	3
1.1.5 嵌入式系统的应用领域 .....	6
1.1.6 嵌入式系统的发展趋势 .....	7
1.2 嵌入式系统的软件开发 .....	8
1.2.1 嵌入式系统中的软件系统 .....	8
1.2.2 嵌入式系统的软件开发的一般过程.....	13
1.2.3 嵌入式应用程序的开发.....	15
1.3 嵌入式操作系统.....	18
1.3.1 嵌入式操作系统概述.....	18
1.3.2 嵌入式操作系统的分类.....	19
1.3.3 嵌入式操作系统的特点.....	23
1.3.4 典型的嵌入式操作系统.....	24
1.3.5 嵌入式操作系统的选择.....	28
1.4 Linux 操作系统 .....	28
1.4.1 Linux 操作系统概述 .....	29
1.4.2 Linux 的重要性 .....	31
1.4.3 嵌入式 Linux 系统开发平台 .....	34

1.4.4	Linux 的发展前景 .....	35
1.5	参考文献 .....	36
<b>第 2 章</b>	<b>ARM 仿真调试环境</b> .....	<b>37</b>
2.1	JTAG 仿真器 .....	37
2.2	ADS 软件调试工具 .....	40
2.2.1	CodeWarrior for ARM Developer Suite .....	40
2.2.2	AXD Debugger .....	44
2.3	调试实例及代码分析 .....	52
2.3.1	代码分析 .....	53
2.3.2	调试过程 .....	67
<b>第 3 章</b>	<b>Bootloader</b> .....	<b>68</b>
3.1	Bootloader 的功能 .....	68
3.2	Bootloader 的模式 .....	70
3.3	Bootloader 的组成部分 .....	71
3.4	简单 Bootloader 的代码分析 .....	72
3.4.1	Flashloader 代码分析 .....	72
3.4.2	Bootloader 代码分析 .....	75
3.4.3	链接脚本 .....	84
3.5	其他 Bootloader 介绍 .....	86
3.5.1	Redboot .....	86
3.5.2	Blob .....	86
3.5.3	U-Boot .....	87
3.6	参考文献 .....	87
<b>第 4 章</b>	<b>Kernel 的分析和移植</b> .....	<b>88</b>
4.1	嵌入式 Linux 概述 .....	88
4.1.1	嵌入式操作系统的分类 .....	88
4.1.2	现有的嵌入式 Linux .....	89
4.2	嵌入式 Linux 的版本控制 .....	90
4.3	嵌入式 Linux 的代码结构 .....	91
4.4	嵌入式 Linux 内核的配置 .....	92
4.4.1	Makefile .....	93
4.4.2	配置文件 .....	99
4.4.3	Linux 内核配置选项 .....	102
4.4.4	配置实例 .....	109

4.5	嵌入式 Linux 内核启动分析 .....	113
4.6	嵌入式 Linux 的移植 .....	135
4.6.1	移植准备 .....	136
4.6.2	移植步骤 .....	136
4.6.3	配置内核选项 .....	136
4.6.4	修改 Kernel 文件系统部分代码 .....	138
4.7	参考文献 .....	140
<b>第 5 章</b>	<b>驱动程序 .....</b>	<b>141</b>
5.1	Linux 驱动程序简介 .....	141
5.1.1	设备的分类 .....	141
5.1.2	设备号 .....	142
5.1.3	设备节点 .....	143
5.1.4	用户空间和内核空间 .....	143
5.2	Linux 串口驱动程序浅析 .....	144
5.2.1	终端设备和控制台 .....	144
5.2.2	代码分析 .....	145
5.3	I <sup>2</sup> C 总线驱动程序与 I <sup>2</sup> C 设备驱动程序 .....	150
5.3.1	DB MX1 平台上的 I <sup>2</sup> C 总线 .....	150
5.3.2	典型的 I <sup>2</sup> C 总线时序 .....	152
5.3.3	DB MX1 中的 I <sup>2</sup> C 模块编程模型 .....	153
5.3.4	I <sup>2</sup> C 总线的典型时序在 MC9328 上的操作流程 .....	156
5.3.5	DB MX1 开发系统上的 I <sup>2</sup> C 总线驱动程序分析 .....	160
5.4	触摸屏驱动程序 .....	182
5.4.1	触摸屏简介 .....	182
5.4.2	触摸屏的工作原理 .....	183
5.4.3	触摸屏驱动程序 .....	186
5.4.4	DB MX1 平台的触摸屏驱动程序 .....	187
5.4.5	测试触摸屏设备 .....	192
5.5	Framebuffer 驱动程序开发 .....	200
5.5.1	Framebuffer .....	200
5.5.2	Framebuffer 驱动程序 .....	200
5.5.3	向内核添加 Framebuffer 设备 .....	207
5.5.4	测试 Framebuffer 设备驱动程序 .....	208
5.6	参考文献 .....	210

## 目 录

第 6 章 嵌入式 GUI 系统移植及 Qt 编程 .....	211
6.1 嵌入式 GUI 系统 .....	211
6.1.1 嵌入式 GUI 简介 .....	211
6.1.2 几种流行的嵌入式 GUI 系统 .....	213
6.2 MicroWindows 分析与移植 .....	214
6.2.1 关于 MicroWindows .....	214
6.2.2 MicroWindows 架构 .....	214
6.2.3 Nano-X 接口模型与 MicroWindows API 接口模型 .....	214
6.2.4 驱动层移植 .....	215
6.2.5 输入设备驱动接口移植 .....	216
6.2.6 多字符支持与中文化移植 .....	218
6.2.7 配置与编译 .....	218
6.3 MiniGUI 的分析与移植 .....	221
6.3.1 MiniGUI 的运行模式配置 .....	221
6.3.2 图形显示与 GAL 层移植 .....	221
6.3.3 事件驱动与 IAL 层移植 .....	224
6.3.4 多字符集支持与中文化移植 .....	228
6.3.5 编译配置选项与样例配置文件 .....	230
6.4 Qt/Embedded 的分析与移植 .....	238
6.4.1 Qt/Embedded 的底层实现代码分析 .....	238
6.4.2 Qt/Embedded 的图形引擎实现基础——Framebuffer .....	239
6.4.3 Qt/Embedded 2.3.7 和 Qtopia 1.7.0 的移植 .....	242
6.4.4 Qt/Embedded 2.3.7 与 Qtopia 1.7.0 的代码修改 .....	243
6.4.5 中文化与字体美化 .....	255
6.4.6 Qt/Embedded 3.3.2 的移植 .....	256
6.5 Qt/Embedded 程序设计 .....	258
6.5.1 关于 Qt 程序设计 .....	258
6.5.2 Qt 开发环境 .....	258
6.5.3 Qt/Embedded 的嵌入式开发 .....	261
6.5.4 开始使用 Qt/Embedded 编程 .....	264
6.5.5 Qt 编程实例分析 .....	275
6.5.6 使用 Qt Manual .....	304
6.5.7 附录:实例三完整源代码 .....	307
6.6 参考文献 .....	311



第 7 章 基于 DB MX1 ADS 的应用 .....	312
7.1 DB MX1 ADS 上应用程序的运行环境 .....	312
7.2 基于 Http 服务的远程控制系统的实现 .....	313
7.2.1 概 述 .....	313
7.2.2 嵌入式远程控制系统的结构 .....	314
7.2.3 服务器端程序—thttpd .....	314
7.2.4 在 DB MX1 ADS 上远程控制的实现 .....	316
7.3 基于 GPRS 的无线网络浏览 .....	320
7.3.1 GPRS 网络概述 .....	320
7.3.2 WAVECOM GPRS 模块 .....	322
7.3.3 点对点协议(PPP 协议)简介 .....	322
7.3.4 点对点协议(PPP 协议)的应用 .....	324
7.4 嵌入式浏览器 .....	326
7.4.1 Konqueror/embedded 概述 .....	326
7.4.2 Konqueror/embedded 的构成 .....	326
7.4.3 Konqueror/embedded 中的关键技术 .....	327
7.4.4 Konqueror/embedded 在 MC9328MX1 ADS 上的应用 .....	332
7.5 基于 RTP/RTCP 协议的应用 .....	335
7.5.1 RTP/RTCP 协议简介 .....	335
7.5.2 利用 JRTCP 实现 RTP/RTCP 协议及应用 .....	337
7.6 参考文献 .....	339
附 录 .....	340
附录 1 options 文件内容 .....	340
附录 2 pap-secrets 脚本内容 .....	340
附录 3 ppp-on 脚本内容 .....	341
附录 4 ppp-on-dialer 文件内容 .....	342
附录 5 ppp-off 文件内容 .....	343
附录 6 /etc/resolv 文件内容 .....	344

# 第 1 章

## 嵌入式系统概论

---

在当前的数字信息技术和网络技术高速发展的后 PC (Post-PC) 时代,嵌入式系统已经广泛地渗透到科学研究、工程设计、军事技术、商业文化艺术、娱乐业以及人们的日常生活中的方方面面。随着国内外嵌入式产品如车载电脑、机顶盒等的进一步开发和推广,嵌入式技术越来越和人们的生活紧密结合。在 PC 时代,可能有人从来没有接触过计算机;但是在后 PC 时代,他就不可能会接触不到嵌入式系统,因为嵌入式系统可能存在于生活的方方面面中,从家里的洗衣机、电冰箱,到作为交通工具的自行车、小汽车以及办公室里的远程会议系统等等,都属于可以使用嵌入式技术开发和改造的产品。

### 1.1 嵌入式系统概述

---

#### 1.1.1 嵌入式系统的历史

实际上嵌入式系统这个概念很早以前就已经存在了。在通信方面,嵌入式系统在 1960 年就被用于对电子机械电话交换的控制,当时被称为存储式程序控制系统(stored program control)。那时还没有出现操作系统的概念,对每一个应用都需要提供整个计算机的设计。后来,随着微处理器的出现,可以提供一个中央计算引擎。利用微处理器,可以组成一个基于由总线连接起来的计算机硬件体系结构,并且提供一个通用功能的编程模型,从而简化了编程。

嵌入式系统的概念是在 1970 年左右出现的。不过在当时,大部分都是由汇编语言完成的,而且这些汇编程序只能用于某一种固定的微处理器。当这种微处理器过时之后,这种嵌入式系统就没有用了;并且还要开始对新的微处理器写新的嵌入式系统。这个时候的嵌入

## 1 嵌入式系统概论

式系统很多都不是操作系统,他们只是为了实现某个控制功能,使用一个简单的循环控制对外界的控制请求进行处理。

C 语言的出现使得操作系统开发变得越来越简单。利用 C 语言可以很快地构建一个小型的、稳定的操作系统。众所周知,C 语言的作者 Dennis M. Ritchie 和 Brian W. Kernighan 利用它写出了著名的 Unix 操作系统,直接影响了这 30 年计算机业的发展;同时,对开发嵌入式系统来说,在效率和速度上都提高了很多。

在未来的社会里,使用嵌入式系统的情形会越来越多,人可以不接触电脑,但是不可能不接触嵌入式系统。嵌入式系统可能存在于生活的每个角落:您家里可能就是通过一个嵌入式系统控制的中心,它可以管理您家里的所有家电,控制家庭和外界网络的连接,让您的生活更为方便;在您坐车的时候,汽车电脑可以通过 GPS(全球卫星定位系统)来判断自己的具体位置,利用嵌入式智能系统判断走哪条路比较方便。而且随着 Internet 的飞速发展以及 Internet 技术与信息家电、工业控制技术相结合日益密切,嵌入式设备与 Internet 的结合将代表着嵌入式技术的真正未来。

### 1.1.2 什么是嵌入式系统

什么是嵌入式系统?根据英国电机工程师协会所做的定义,嵌入式系统为控制、监视或辅助某个设备、机器或工厂运作的装置。它具备下列 4 项特性:

- 用来执行特定功能;
- 以微电脑与周边外设构成核心;
- 需要严格的时序与稳定度;
- 全自动循环操作。

目前国内普遍认同的定义是: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。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的应用程序 4 个部分组成,用于实现对其他设备的控制、监视或管理等目标。

### 1.1.3 嵌入式系统的特点

- 嵌入式系统通常是面向用户、面向产品、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。它通常都具有功耗低、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。
- 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,它的升级换代也和具体产品同步进行,因此嵌入式系统产品一旦进入市场,就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。由于嵌入式系统的运算速度和存储容量仍然存在一定程度的限制;另外,由于大部分嵌入式系统必须具有较高的实时性;因此对程序的质量,特别是可靠性,有着较高的要求。
- 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。

### 1.1.4 嵌入式处理器

从硬件方面来讲,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 1 000 种,流行体系结构有 30 多个系列。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 64 KB~16 MB,处理速度从 0.1 MIPS 到 2 000 MIPS,常用封装从 8 个引脚到 144 个引脚。嵌入式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内核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最迅速地开发出满足应用的最高性能的嵌入式微处理器。
- 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,有的需要功耗只有 mW。

根据其现状,嵌入式处理器可以分成 4 类,即嵌入式微处理器、嵌入式微控制器、嵌入式 DSP 处理器和嵌入式片上系统,如图 1.1 所示。

#### 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

## 1 嵌入式系统概论

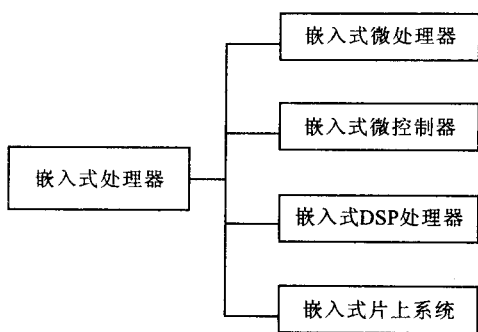


图 1.1 嵌入式系统分类

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。

嵌入式微处理器目前主要有 Am186/88、386EX、SC-400、PowerPC、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/计数器、Watchdog、I/O、串口、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，功能不变，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，因此称为微控制器。

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 的 MCU 及专用 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。Freescale 公司把以 Power PC 为基础的 PPC505 和 PPC555 列入单片机行列。TI 公司也将其 TMS320C2XXX 系列 DSP 作为

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有了增强。

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

MCU 进行推广。

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

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 算法正在大量进入嵌入式领域,DSP 应用正在从通用单片机中以普通指令实现;DSP 功能,过渡到采用嵌入式 DSP 处理器。嵌入式 DSP 处理器有两个发展来源,一是 DSP 处理器经过单片化、EMC 改造、增加片上外设成为嵌入式 DSP 处理器,TI 的 TMS320C2000 /C5000 等属于此范畴;二是在通用单片机或 SOC 中增加 DSP 协处理器,例如 Intel 的 MCS - 296 和 Infineon(Siemens)的 TriCore。

推动嵌入式 DSP 处理器发展的另一个因素是嵌入式系统的智能化,如各种带有智能逻辑的消费类产品、生物信息识别终端、带有加解密算法的键盘、ADSL 接入、实时语音解压系统、虚拟现实显示等。这类智能化算法一般运算量都较大,特别是向量运算、指针线性寻址等较多,而这些正是 DSP 处理器的长处。

嵌入式 DSP 处理器比较有代表性的产品是 TI 公司的 TMS320 系列和 Freescale 公司的 DSP56000 系列。TMS320 系列处理器包括用于控制的 C2000 系列、移动通信的 C5000 系列,以及性能更高的 C6000 和 C8000 系列。DSP56000 目前已经发展成为 DSP56000、DSP56100、DSP56200 和 DSP56300 等几个不同系列的处理器。另外 Philips 公司今年也推出了基于可重置嵌入式 DSP 结构低成本、低功耗技术制造的 R. E. A. L DSP 处理器,特点是具备双 Harvard 结构和双乘/累加单元,应用目标是大批量消费类产品。

### 4. 嵌入式片上系统(System on Chip,SoC)

随着 EDA 的推广和 VLSI 设计的普及化,以及半导体工艺的迅速发展,在一个硅片上实现一个更为复杂的系统的时代已来临,这就是 SoC。各种通用处理器内核将作为 SoC 设计公司的标准库,和许多其他嵌入式系统外设一样,成为 VLSI 设计中一种标准的器件,用标准的 VHDL 等语言描述,存储在器件库中。用户只需定义出其整个应用系统,仿真通过后就可以将设计图交给半导体工厂制作样品。这样,除个别无法集成的器件以外,整个嵌入式系统大部分均可集成到一块或几块芯片中去,应用系统电路板将变得很简洁,对于减小体积和功耗、提高可靠性非常有利。

SoC 可以分为通用和专用两类。通用系列包括 Infineon 的 TriCore, Freescale 的 M - Core,某些 ARM 系列器件,Echelon 和 Freescale 联合研制的 Neuron 芯片等。专用 SoC 一般专用于某个或某类系统中,不为一般用户所知。具有代表性的产品是 Philips 的 Smart XA,它将 XA 单片机内核和支持超过 2 048 位复杂 RSA 算法的 CCU 单元制作在一块硅片上,形成一个可加载 Java 或 C 语言的专用的 SoC,可用于公众互联网如 Internet 安全方面。SoC 芯片也将在声音、图像、影视、网络和系统逻辑等应用领域中发挥重要作用。

## 1 嵌入式系统概论

目前的开发工具平台主要分为以下几类:实时在线仿真系统 ICE(In-Circuit Emulator)、高级语言编译器(compiler tools)、源程序模拟器(simulator)、实时多任务操作系统 RTOS(Real Time multi-tasking Operation System)。其中 RTOS 是嵌入式系统的软件开发平台,它的引入解决了随着嵌入式系统中软件比重不断上升、应用程序越来越大而带来的嵌入式软件开发标准化的难题。

### 1.1.5 嵌入式系统的应用领域

嵌入式系统技术具有非常广阔的应用前景,其应用领域如下:

#### 1. 工业控制

基于嵌入式芯片的工业自动化设备具有很大的发展空间,目前已经有大量的 8、16、32、64 位嵌入式微控制器应用于工业过程控制、数控机床、电力系统、电网安全、电网设备监测、石油化工系统等领域。

#### 2. 交通管理

在车辆导航、流量控制、信息监测与汽车服务方面,嵌入式系统技术得到了广泛的应用,内嵌 GPS 模块、GSM 模块的移动定位终端成功地应用于各种运输行业。

#### 3. 信息家电

这将成为嵌入式系统最大的应用领域,冰箱、空调等的网络化、智能化将引领人们的生活步入一个崭新的空间。即使不在家也可以通过电话线、网络进行远程控制。在这些设备中,嵌入式系统将大有用武之地。网络视频电话就是典型的信息家电。

#### 4. POS 网络和电子商务

公共交通无接触智能卡发行系统、公共电话卡发行系统、自动售货机、各种智能 ATM 终端全面进入人们的生活,实现了手持一卡行遍天下。

#### 5. 环境监测

环境监测包含水文资料实时监测、防洪体系和水土质量监测、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等。在很多环境恶劣、地况复杂的地区,嵌入式系统将实现无人监测。

#### 6. 机器人

嵌入式芯片的发展将使机器人在微型化、智能化方面的优势更明显,同时会大幅度地降低机器人的价格,使其在工业领域和服务领域获得更广泛的应用。

除了以上这些应用领域,嵌入式系统还有其他方面的应用,尤其是在控制方面的应用。就远程家电控制而言,除了开发出支持 TCP/IP 的嵌入式系统之外,家电产品的控制协议也需要生产厂家的制定和统一。同样,所有基于网络的远程控制器件都需要与嵌入式系统之间实现接口,然后再由嵌入式系统来控制并通过网络实现。所以开发嵌入式系统有着十分重要的意义。

### 1.1.6 嵌入式系统的发展趋势

计算机应用的普及、互联网技术的实用以及纳米微电子技术的突破,正有力地推动着 21 世纪工业生产、商业活动、科学实验和家庭生活等领域自动化和信息化进程。全过程自动化产品制造、大范围电子商务活动、高度协同科学实验以及现代化家庭起居,为嵌入式产品造就了崭新而巨大的商机。除了沟通信息高速公路的交换机、路由器和 Modem,嵌入式系统还可以构建 CIMS 所需的 DCS 和机器人以及规模较大的家用汽车电子系统。最有产量效益和时代特征的嵌入式产品应数因特网上的信息家电,如 Web 可视电话、Web 游戏机、Web PDA(俗称电子商务、商务通)、WAP 电话手机以及多媒体产品,如 STB(电视机顶盒)、DVD 播放机、电子阅读机等。

以信息家电为代表的互联网时代嵌入式产品,不仅为嵌入式市场展现了美好前景,注入了新的生命;同时也对嵌入式系统技术,特别是软件技术提出新的挑战。这主要包括:支持日趋增长的功能密度,灵活的网络连接,轻便的移动应用和多媒体的信息处理。此外,当然还须对付更加激烈的市场竞争。

#### 1. 嵌入式应用软件的开发需要强大的开发工具和操作系统的支持

随着因特网技术的成熟、带宽的提高,ICP 和 ASP 在网上提供的信息内容日趋丰富,应用项目多种多样,如电话手机、电话座机及电冰箱、微波炉等嵌入式电子设备的功能不再单一,电气结构也更为复杂。为了满足应用功能的升级,设计师们一方面采用更强大的嵌入式处理器如 32 位、64 位 RISC 芯片或信号处理器 DSP 增强处理能力;同时还采用实时多任务编程技术和交叉开发工具技术来实现复杂的控制功能,简化应用程序设计,保障软件质量和缩短开发周期。

目前,国外商品化的嵌入式实时操作系统,已进入我国市场的有 WindRiver、Microsoft、QNX 和 Nuclear 等产品。我国自主开发的嵌入式系统软件产品如科银(CoreTek)公司的嵌入式软件开发平台 DeltaSystem,不仅包括 DeltaCore 嵌入式实时操作系统,而且还包括 LamdaTools 交叉开发工具套件、测试工具、应用组件等;此外,中科院也推出了 Hopen 嵌入式操作系统。



## 1 嵌入式系统概论

### 2. 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的需求,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,相应地需要 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。为了支持应用软件的特定编程模式,如 Web 或无线 Web 编程模式,还需要相应的浏览器,如 HTML、WML 等。

### 3. 支持小型电子设备实现小尺寸、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的要求。例如,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,更需要发展先进嵌入式软件技术,如 Java、Web 和 WAP 等。

### 4. 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乐于接受,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。人们与信息终端交互要求以 GUI 屏幕为中心的多媒体界面。手写文字输入、语音拨号上网、收发电子邮件以及彩色图形、图像已取得初步成效。目前一些先进的 PDA 在显示屏幕上已实现汉字写入、短消息语音发布,但离掌式语言同声翻译还有很大距离。

## 1.2 嵌入式系统的软件开发

### 1.2.1 嵌入式系统中的软件系统

#### 1. 嵌入式系统的软件特征

嵌入式处理器的应用软件是实现嵌入式系统功能的关键,对于嵌入式处理器系统软件和应用软件的要求也与通用计算机有所不同。

##### (1) 软件固化

为了提高执行速度和系统的可靠性,嵌入式系统中的软件一般都固化在存储器芯片或者单片机中,而不是存储在各种磁介质中。