



21世纪高等院校计算机科学与技术系列教材

主编 马维华

嵌入式系统 原理及应用



QIANRUSHI XITONG YUANLI JI YINGYONG



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

21 世纪高等院校计算机科学与技术系列教材

嵌入式系统原理及应用

主编 马维华

北京邮电大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书从嵌入式系统的概念,嵌入式系统的发展过程,嵌入式系统处理器分类及组成等基础知识讲起,然后逐步深入到嵌入式硬件体系结构内部,从指令系统与嵌入式系统程序设计基础到嵌入式操作系统、Boot Loader,再到嵌入式系统应用设计等,系统地介绍了嵌入式系统原理及应用,有利于高等院校嵌入式系统相关课程的教学。

本书共分8章,内容分别为:嵌入式系统概述;嵌入式处理器体系结构;典型嵌入式处理器;嵌入式处理器指令系统;嵌入式系统程序设计基础;嵌入式操作系统 μ CLinux;嵌入式系统的Boot Loader;嵌入式系统设计。

本书结构合理、系统、全面、实用,每章后面都有适量习题。可作为高等院校计算机专业、电类专业、自动化以及机电一体化专业本科生“嵌入式系统”、“嵌入式系统体系结构”、“嵌入式系统原理及应用”及“嵌入式系统设计”等课程的教材和参考书,也可供一切希望了解和掌握嵌入式系统的技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统原理及应用/马维华主编. —北京:北京邮电大学出版社,2006

ISBN 7-5635-1073-7

I. 嵌... II. 马... III. 微型计算机—系统开发
IV. TP360.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第095478号

书 名: 嵌入式系统原理及应用

主 编: 马维华

责任编辑: 张佳音

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路10号(100876)

北方营销中心: 电话 010-62282185 传真 010-62283578

南方营销中心: 电话 010-62282902 传真 010-62282735

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京通州皇家印刷厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 19.5

字 数: 477千字

印 数: 1~3 000册

版 次: 2006年9月第1版 2006年9月第1次印刷

ISBN 7-5635-1073-7/TP·184

定价: 29.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社营销中心联系 ·

21 世纪高等院校计算机科学与技术系列教材

编委会

主任：金怡濂

委员：(按姓氏笔画排名)

王士同 王命延 刘弘

朱其亮 何炎祥 汪厚祥

金海 徐涛 潘振宽

序

计算机科学技术是科学性与工程性并重的一门学科。它的迅猛发展除了源于微电子学等相关学科的发展外,更主要源于其应用需求的广泛性不断增长——它已渗透到人类社会的各个领域,成为经济发展的倍增器、科学文化与社会进步的催化剂。计算机与通信的融合和全球联网,更显示出它无可限量的发展前景。任何一个领域的发展都离不开计算机已成为无可否认的事实。应用是计算机科学技术发展的动力、源泉和归宿,而计算机科学技术又不断为应用提供先进的方法、设备与环境。

近年来,计算机科学技术的发展不仅极大地促进了整个科学技术的发展,而且明显地推进了经济信息化和社会信息化的进程。计算机科学技术对一个国家在政治、经济、科技、文化、国防等方面的催化作用和强化作用都具有难以估量的意义。计算机知识与能力已成为21世纪人才素质的基本要求之一,因此,计算机科学技术的教育在世界各国都备受重视,我国政府和教育部门对计算机科学技术的教育及人才培养也非常重视。为了适应社会发展对计算机科学技术人才的强烈要求,各高校均在着力培养基础扎实、知识面广、综合素质高、实践能力强、富有创新精神,且具有较强的科学技术运用、推广、转化能力的高层次人才。

由北京邮电大学出版社联合北京邮电大学、武汉大学、华中理工大学及山东、江苏等多所高校的计算机专业教学负责人组成的“21世纪高等院校计算机科学与技术系列教材编委会”按照《中国计算机科学与技术学科教程2002》的要求组织编写的系列教材,体现了近年计算机学科的新理论、新技术。内容涵盖计算机专业学生所应掌握的相关知识,并根据目前计算机科学技术的发展趋势与实际应用相结合,能够满足目前高校计算机专业教学的需要,也可作为计算机专业人员的自学参考材料。

本系列教材作者均为多年从事教学、科研的一线教师,有着丰富的教学和科研实践经验,所编写的这套教材具有结构严谨、内容丰富、理论与实际结合紧密的特点,是他们的教学经验和科研成果的结晶。

计算机科学技术日新月异,所以教材也要不断推陈出新,我希望本系列教材能为我国高校计算机专业教育做出新的贡献。

中国工程院院士

金怡廉

前 言

嵌入式系统是近年来新兴的,且发展很快的学科,其应用越来越受到广大科研、技术人员的重视。高等院校嵌入式系统的教学正处于起步阶段,尽管有的学校开展教学较早,但总的来说仍不很成熟,原因是多方面的,有教师的原因,更主要的是缺乏适合高校本科教学的教材。

鉴于此,作者参阅了国内外嵌入式系统的相关教材和资料,结合作者科研任务及多年教学经验,从典型专用计算机系统的角度,组织编写了《嵌入式系统原理及应用》一书。

本书注重理论与实践的统一。“嵌入式系统原理及应用”课程的主要任务之一是讲清嵌入式系统的原理,因此本书用较大篇幅详细介绍嵌入式系统的体系结构,力求讲清原理。事实上,如果原理不清楚,根本无法有目的地应用、开发嵌入式系统,这是高等院校教学过程中不容忽视的问题。但是讲清楚原理不等于只讲原理不讲应用,讲原理的最终目的还是应用。

本书系统性强,结构合理,从嵌入式系统的概念、嵌入式系统的发展过程、嵌入式系统处理器分类及组成等基础知识讲起,逐步深入到嵌入式硬件体系结构内部,再从指令系统与程序设计方法到嵌入式操作系统、嵌入式系统中的接口技术,直到嵌入式系统的开发设计等,将嵌入式系统设计思想和方法贯穿到各章节之中,形成完整的体系结构。

本书在讲解具体内容时,特别注重实用性,尽量列举实例,有些程序段和接口电路可直接用于实际系统中。作者在叙述上也力求深入浅出,通俗易懂。

本书附有关键词的索引,大大加快了读者查找相关术语、概念和知识的速度,这是本教材的又一个特色。

全书分成8章:第1章介绍嵌入式系统的基本概念和基本知识;第2章详细介绍基于ARM技术的嵌入式微处理器体系结构;第3章详细介绍几种典型且常用ARM处理器内部结构、内部外设及工作原理;第4章介绍基于ARM的嵌入式处理器指令系统;第5章介绍嵌入式系统的程序设计基础,包括汇编语言程序设计及其与C/C++语言的混合编程技术;第6章介绍典型嵌入式操作系统 μ CLinux;第7章详细解剖嵌入式系统的Boot Loader;第8章详细讨论嵌入式系统的设计技术并给出设计实例。

本书由马维华主编并编写第1、2、3、8章,赵国安编写第4、5章,赵国安和朱琳编写第6、7章。赵国安为本书的编写提供了大量参考资料,朱琳还对部分章节的内容作了补充和完善,并对有关章节的程序进行了验证。

感谢深圳市英蓓特信息技术有限公司上海研发中心提供了宝贵资料。

由于嵌入式技术发展迅速,新技术不断涌现,加上作者水平有限,时间仓促,书中难免有疏漏和错误之处,恳请同行专家及读者提出意见。

编者于南航西苑
2006年9月

目 录

第 1 章 嵌入式系统概述

1.1 嵌入式系统的基本概念	1
1.1.1 嵌入式系统的定义	1
1.1.2 嵌入式系统的特点	1
1.1.3 嵌入式系统的发展	2
1.1.4 嵌入式系统的应用	4
1.1.5 嵌入式系统的学习方法	4
1.2 嵌入式处理器	5
1.2.1 嵌入式处理器的种类	5
1.2.2 ARM 微处理器简介	6
1.3 嵌入式系统的组成	7
1.3.1 嵌入式系统的硬件	8
1.3.2 嵌入式系统的软件	9
1.4 嵌入式操作系统	10
1.4.1 嵌入式操作系统及其特点	10
1.4.2 几种嵌入式操作系统	10
习 题	12

第 2 章 嵌入式处理器体系结构

2.1 嵌入式处理器内核	13
2.2 ARM 体系结构的发展	14
2.3 ARM 体系结构的技术特征	16
2.4 ARM 处理器工作状态与工作模式	16
2.4.1 ARM 处理器工作状态	17
2.4.2 ARM 处理器工作模式	17
2.5 ARM 处理器寄存器组	18
2.5.1 ARM 状态下的寄存器组	18
2.5.2 Thumb 状态下的寄存器组	19
2.6 ARM 处理器的异常中断	20
2.6.1 ARM 异常种类及异常中断向量	20
2.6.2 异常中断的优先级	21





2.6.3	ARM 异常中断的响应过程	22
2.6.4	从异常处理程序中返回	22
2.7	ARM 的存储器格式及数据类型	24
2.7.1	ARM 存储字数据的格式	24
2.7.2	ARM 微处理器数据类型	25
2.8	ARM 流水线技术	25
2.8.1	指令流水线处理	25
2.8.2	ARM 的 3 级指令流水线	26
2.8.3	ARM 的 5 级指令流水线	27
2.9	ARM 处理器内核结构	28
2.9.1	ARM 处理器内核概述	28
2.9.2	ARM7TDMI 处理器内核	29
2.9.3	ARM7TDMI 存储器接口	32
2.9.4	ARM7TDMI 的调试接口	34
2.9.5	ARM920T 处理器核	36
2.9.6	ARM 的 AMBA 总线体系结构	37
2.9.7	ARM 的 MMU 部件	38
	习 题	46

第 3 章 典型嵌入式处理器

3.1	LPC2000 系列嵌入式微控制器	47
3.1.1	LPC2000 系列微控制器概述	47
3.1.2	LPC2000 系列微控制器结构	49
3.2	嵌入式微处理器 S3C44B0X	50
3.2.1	S3C44B0X 简介	50
3.2.2	S3C44B0X 体系结构	52
3.2.3	S3C44B0X 引脚信号	53
3.3	S3C44B0X 内部可编程组件	57
3.3.1	存储控制组件	57
3.3.2	端口组件	61
3.3.3	中断组件	64
3.3.4	UART 组件	68
3.3.5	DMA 组件	72
3.3.6	PWM 组件	74
3.3.7	时钟与电源组件	78
3.3.8	I ² C 总线组件	81
3.3.9	I ² S 总线组件	84
3.3.10	SIO 组件	88
3.3.11	RTC 组件	91



3.3.12	WDT 组件	95
3.3.13	ADC 组件	97
3.3.14	LCD 控制组件	98
3.4	嵌入式微处理器 S3C2410X/S3C2440X	103
3.4.1	S3C2410X/S3C2440X 简介	103
3.4.2	S3C2410X/S3C2440X 体系结构	105
3.5	AT91 系列嵌入式微控制器	107
3.5.1	AT91 系列嵌入式微控制器概述	107
3.5.2	AT91FR40162 嵌入式微控制器	107
3.6	XScale 嵌入式微处理器	109
3.6.1	XScale 微体系结构简介	109
3.6.2	XScale 嵌入式微处理器 PXA250	109
3.7	STR710F 系列嵌入式处理器	111
3.7.1	STR710F 系列嵌入式处理器概述	111
3.7.2	STR710F 系列嵌入式处理器的内部体系结构	112
	习 题	113

第 4 章 嵌入式处理器指令系统

4.1	ARM 指令分类及指令格式	115
4.1.1	ARM 指令分类	115
4.1.2	ARM 指令格式	116
4.1.3	ARM 指令中的操作数符号	117
4.1.4	ARM 指令中的移位操作	118
4.2	ARM 指令的寻址方式	119
4.2.1	立即寻址	119
4.2.2	寄存器寻址	120
4.2.3	寄存器间接寻址	120
4.2.4	基址加变址寻址	120
4.2.5	相对寻址	121
4.2.6	堆栈寻址	121
4.2.7	多寄存器寻址	121
4.3	ARM 指令集	122
4.3.1	数据处理指令	122
4.3.2	程序状态寄存器访问指令	128
4.3.3	分支指令	129
4.3.4	加载/存储指令	130
4.3.5	协处理器指令	134
4.3.6	异常中断指令	136
4.4	Thumb 指令集	136





4.4.1	数据处理指令	137
4.4.2	分支指令	138
4.4.3	加载/存储指令	138
4.4.4	异常中断指令	140
习 题	140

第 5 章 嵌入式系统程序设计基础

5.1	ARM 汇编器所支持的伪指令	142
5.1.1	符号定义伪指令	142
5.1.2	数据定义伪指令	143
5.1.3	汇编控制伪指令	146
5.1.4	宏指令	147
5.1.5	其他常用的伪指令	147
5.2	汇编语言的语句格式	151
5.2.1	在汇编语言程序中常用的符号	151
5.2.2	汇编语言程序中的表达式和运算符	152
5.3	ARM 汇编语言的程序结构	154
5.3.1	汇编语言的程序结构	155
5.3.2	汇编语言的子程序调用	155
5.3.3	汇编语言与 C/C++ 的混合编程	156
习 题	160

第 6 章 嵌入式操作系统 μ CLinux

6.1	μ CLinux 概述	161
6.1.1	背景	161
6.1.2	μ CLinux 的特点	162
6.2	μ CLinux 体系结构	162
6.2.1	Linux 内核体系结构	163
6.2.2	μ CLinux 的内存管理	165
6.2.3	μ CLinux 的内核结构	167
6.2.4	内存保护	168
6.2.5	编程接口的改变	169
6.2.6	μ CLinux 的应用程序库	169
6.2.7	μ CLinux 支持的文件系统	170
6.3	μ CLinux 在基于 S3C44B0X 系统上的移植	171
6.3.1	μ CLinux 内核移植概述	171
6.3.2	μ CLinux 内核移植方法	172
6.4	开发工具 GNU 的使用	173
6.4.1	GCC 编译器	174



6.4.2	GNU Make	175
6.5	建立 μ CLinux 开发环境	178
6.5.1	建立交叉编译器	178
6.5.2	μ CLinux 针对硬件的改动	179
6.5.3	μ CLinux 内核编译	181
6.5.4	μ CLinux 内核加载运行	182
6.6	μ CLinux 下的应用程序开发	182
	习 题	184

第 7 章 嵌入式系统的 Boot Loader

7.1	Boot Loader 概述	185
7.2	Boot Loader 与嵌入式系统的关系	186
7.2.1	Boot Loader 的操作模式	186
7.2.2	Boot Loader 的总体设计	187
7.3	Boot Loader 的主要功能及典型结构	188
7.3.1	Boot Loader 的阶段 1	189
7.3.2	Boot Loader 的阶段 2	191
7.4	S3C44B0X 下 μ CLinux 的 Boot Loader 分析	192
7.5	其他的初始化方式	194
	习 题	206

第 8 章 嵌入式系统设计

8.1	嵌入式系统设计概述	207
8.2	嵌入式系统的设计方法	208
8.2.1	嵌入式系统的设计步骤	208
8.2.2	嵌入式系统的一般设计方法	209
8.2.3	嵌入式系统的硬、软件协同设计技术	210
8.3	ARM 处理器芯片的选择	212
8.3.1	选择 ARM 处理器芯片应考虑的因素	212
8.3.2	主要 ARM 芯片供应商	215
8.3.3	选择 ARM 芯片示例	216
8.4	嵌入式系统应用与接口设计	217
8.4.1	电源模块的选择及电路设计	217
8.4.2	时钟源的设计与分配	218
8.4.3	复位电路设计与模式选择	219
8.4.4	存储器接口电路设计及应用	220
8.4.5	键盘及 LED 显示器接口设计	225
8.4.6	中断系统应用	228
8.4.7	LCD 控制器接口应用	230





8.4.8 I ² C 总线接口应用	234
8.4.9 SPI 总线接口应用	240
8.4.10 通信接口设计及应用	246
8.4.11 RTC 组件的应用	254
8.4.12 PWM 组件的应用	255
8.4.13 WDT 组件的应用	259
8.4.14 ADC 组件的应用	259
8.4.15 I ² S 总线接口应用	260
8.4.16 USB 接口设计及应用	268
8.4.17 JTAG 接口电路设计	272
8.5 嵌入式系统的软件设计	274
8.5.1 嵌入式系统的软件设计过程	274
8.5.2 嵌入式操作系统的选择	275
8.5.3 嵌入式软件开发工具链的构建	276
8.6 嵌入式系统开发与调试工具	280
8.6.1 嵌入式系统硬件开发与调试工具	280
8.6.2 嵌入式系统软件开发工具	282
8.7 嵌入式系统设计实例	283
8.7.1 车载信息系统的功能分析	283
8.7.2 车载信息系统的设计方案	284
8.7.3 车载系统硬件设计	285
8.7.4 车载系统软件设计	287
习 题	288
附录:关键词索引	290
参考资料	297



第 1 章 嵌入式系统概述

1.1 嵌入式系统的基本概念

1.1.1 嵌入式系统的定义

通常,计算机连同一些常规的外设是作为独立的系统而存在的,并非为某一方面的专门应用而存在。如一台 PC(Personal Computer)就是一个完整的计算机系统,整个系统存在的目的就是为人们提供一台可编程、会计算、能处理数据的机器,人们可以用它作为科学计算的工具,也可以用它作为企业管理的工具。这样的计算机系统称为通用计算机系统。但是有些系统却不是这样,如医用的微波治疗仪、胃镜等也是一个系统,系统中也有计算机,但是这种计算机(或处理器)是作为某个专用系统中的一个部件而存在的,其本身的存在并非目的而只是手段。这种嵌入到专用系统中的计算机,被称为嵌入式计算机。将计算机嵌入到系统中,一般并不是指直接把一台通用计算机原封不动地安装到目标系统中,也不只是简单地把原有的机壳拆掉并安装到机器中,而是指为目标系统构筑起合适的计算机,再把它有机地植入,甚至融入目标系统。

嵌入式系统(Embedded System)是嵌入式计算机系统的简称,简单地说,嵌入式系统就是嵌入到目标体系中的专用计算机系统。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。具体地讲,嵌入式系统是指以应用为中心,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。也就是说嵌入式系统是把计算机直接嵌入到应用系统中,它融合了计算机软硬件技术、通信技术和微电子技术,是集成电路发展过程中的一个标志性的成果。

应注意的是,嵌入式系统与嵌入式设备不是一个概念。嵌入式设备是指内部有嵌入式系统的产品、设备,如内含单片机的家用电器、仪器仪表、工控单元、机器人、手机、PDA 等。

嵌入式技术的快速发展不仅使其成为当今计算机技术和电子技术的一个重要分支,同时也使计算机的分类从以前的巨型机/大型机/小型机/微型机变为通用计算机/嵌入式计算机(即嵌入式系统)。可以预言,嵌入式系统将成为后 PC 时代的主宰。

1.1.2 嵌入式系统的特点

由于嵌入式系统是一种特殊形式的计算机系统,因此它同计算机系统一样由硬件和软件构成。嵌入式系统与以 PC 为代表的通用计算机系统相比,嵌入式系统是由定义中的 3 个基本要素衍生出来的,不同的嵌入式系统其特点会有所差异,其主要特点概括如下。





1. 嵌入式系统是专用的计算机系统

嵌入式系统的硬、软件均是面向特定应用对象和任务设计的,具有很强的专用性和多样性。嵌入式系统提供的功能以及面对的应用和过程都是预知的,相对固定的,而不像通用计算机那样有很大的随意性。嵌入式系统的硬、软件可裁剪性,要满足对象要求的最小硬、软件配置。

2. 嵌入式系统须满足环境的要求

由于嵌入式系统要嵌入到对象系统中,因此它必须满足对象系统的环境要求,如物理环境(集成度高、体积小)、电气环境(可靠性高)、成本低(价廉)、功耗低(能耗少)等高性价比要求,另外还要求它能满足对温度、湿度、压力等自然环境的要求,民用和军用嵌入式系统对自然环境的要求差别很大。

3. 嵌入式系统必须能满足对象系统的控制要求

嵌入式系统必须配置有与对象系统相适应的接口电路,如 A/D 接口、D/A 接口、PWM 接口、LCD 接口、SPI 接口、I²C 接口等。

4. 嵌入式系统是集计算机技术与各行业应用于一体的集成系统

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。

5. 嵌入式系统具有较长的生命周期

嵌入式系统和实际应用有机地结合在一起,它的更新、换代也是和实际产品一同进行的,因此基于嵌入式系统的产品一旦进入市场,就具有较长的生命周期。

6. 嵌入式系统的软件固化在非易失性存储器中

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 EPROM、E²PROM 或 Flash 等非易失性存储器中,而不是像通用计算机系统那样存储于磁盘等载体中。

7. 嵌入式系统的实时性要求

许多嵌入式系统都有实时性要求,需要有对外部事件迅速反应的能力。以前,嵌入式系统几乎是实时系统的代名词,近年来出现了许多不带实时要求的嵌入式系统,这两个词的区别才变得显著起来。但是,多数嵌入式系统还是有着不同程度的实时性要求。

8. 嵌入式系统需专用开发环境和开发工具进行设计

嵌入式系统本身不具备自主开发能力,即使设计完成以后用户通常也不能对其中的程序功能进行修改,它必须有一套开发工具和相应的开发环境才能进行开发和修改。

1.1.3 嵌入式系统的发展

20 世纪 60 年代末期,随着微电子技术的发展,嵌入式计算机逐步兴起。随着计算机技术、通信技术、电子技术一体化进程不断加剧,目前嵌入式技术已成为广大技术人员的研究热点。

1. 嵌入式系统发展的 4 个阶段

(1) 以单片机为核心的低级嵌入式系统

以单片机(微控制器)为核心的可编程控制器形式的低级嵌入式系统是嵌入式系统发展



的第一阶段。它具有与监测、伺服、指示设备相配合的功能,应用于专业性很强的工业控制系统中,通常不含操作系统,软件采用汇编语言编程对系统进行控制。该阶段的嵌入式系统处于低级阶段,主要特点是系统结构和功能单一,处理效率不高,存储容量较小,用户接口简单或没有用户接口,但它使用简单,成本低。

(2) 以嵌入式微处理器为基础的初级嵌入式系统

以嵌入式微处理器为基础,以简单操作系统为核心的初级嵌入式系统是嵌入式系统发展的第二阶段。其主要特点是处理器种类多,通用性较弱;系统效率高,成本低;操作系统具有兼容性、扩展性,但用户界面简单。

(3) 以嵌入式操作系统为标志的中级嵌入式系统

以嵌入式操作系统为标志的中级嵌入式系统是嵌入式系统发展的第三阶段。其主要特点是嵌入式系统能运行于各种不同嵌入式处理器上,兼容性好;操作系统内核小、效率高,并且可任意裁剪;具有文件和目录管理、多任务功能,支持网络、具有图形窗口以及良好的用户界面;具有大量的应用程序接口,嵌入式应用软件丰富。

(4) 以 Internet 为标志的高级嵌入式系统

以 Internet 为标志的高级嵌入式系统是嵌入式系统发展的第四阶段。目前嵌入式系统大多孤立于 Internet,随着网络应用的不断深入,随着信息家电的发展,嵌入式系统的应用必将与 Internet 有机结合在一起,成为嵌入式系统发展的未来。

2. 嵌入式系统的发展趋势

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的前景,还注入了新的生命。

(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,相应需要 TCP/IP 协议栈软件支持。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须具备 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) 支持小型电子设备实现小尺寸、低功耗和低成本

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,这就提高了对嵌入式软件设计技术的要求,使设计者不得不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。这不但要求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。

(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乐于接受,重要因素之一是它们与使用者之间的亲和力以及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习惯的方向盘、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,但离掌式语音同声翻译还有很大距离。

1.1.4 嵌入式系统的应用

嵌入式系统具有非常广阔的应用领域,是现代计算机技术改造传统产业、提升多领域技术水平的有力工具,可以说嵌入式系统无处不在。其主要应用领域包括智能产品(智能仪表、智能和信息家电)、工业自动化(测控装置、数控机床、数据采集与处理)、办公自动化(通用计算机中的智能接口)、电网安全、电网设备检测、石油化工、商业应用(电子秤,POS机,条码识别机)、安全防范(防火、防盗、防泄漏等报警系统)、网络通信(路由器、网关、手机、PDA、无线传感器网络)、汽车电子与航空航天(汽车防盗报警器、汽车和飞行器黑匣子)以及军事等各个领域,如图 1.1 所示。

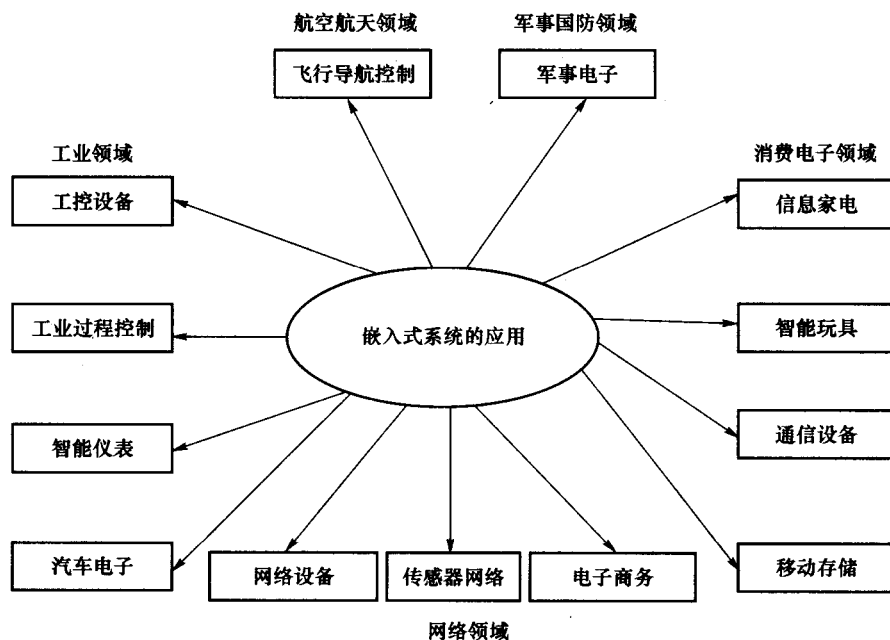


图 1.1 嵌入式系统的应用领域

嵌入式系统在很多产业中得到了广泛的应用并逐步改变着这些产业,包括工业自动化、国防、运输和航空航天领域。神州飞船和长征系列火箭系统中就有很多嵌入式系统,导弹的制导系统也有嵌入式系统,高档汽车中也有多达几十个嵌入式系统。

在日常生活中,人们使用各种嵌入式系统,但未必知道它们。事实上,几乎所有带有一点“智能”的家电(全自动洗衣机、电脑电饭煲等)都使用嵌入式系统,嵌入式系统具有广泛的适应能力和多样性。

1.1.5 嵌入式系统的学习方法

既然嵌入式系统的应用如此广泛,对于计算机专业、电子信息专业、自动化专业以及机电一体化等专业学生以及需要掌握嵌入式技术的人员来说,学习嵌入式系统及其开发应用



是非常重要的。

要学好嵌入式系统及其开发应用,掌握嵌入式技术基础是关键。技术基础决定了一个人学习知识、掌握技能的能力。嵌入式技术融合了具体应用系统技术、嵌入式处理器技术、系统芯片 SoC 设计制造技术、应用电子技术和嵌入式操作系统及应用软件技术,具有极高的系统集成性,可以满足不断增长的信息处理技术对嵌入式系统设计的要求。

学习与嵌入式系统相关的基础知识,主要包括基本硬件知识,如嵌入式处理器及接口电路等硬件知识,要求至少掌握一种嵌入式处理器的体系结构,至少了解一种操作系统。对于应用编程,要求编程人员掌握 C、C++ 语言及汇编语言程序设计(至少要会 C 语言)和交叉编译,对处理器的体系结构、组织结构、指令系统、编程模式、一般对应用编程要有一定的了解,在此基础上必须在实际工程实践中掌握一定的实际项目开发技能。

其次,对于嵌入式系统的学习,必须要有一个较好的嵌入式系统开发平台和开发环境。功能全面的开发平台一方面为学习提供了良好的开发环境,另一方面开发平台本身也是一般的典型实际应用系统。在教学平台上开发一些基础例程和典型实际应用例程,对于初学者和进行实际工程应用者来说也是非常必要的。

嵌入式系统的学习必须对基本内容有深入地了解。在处理器指令系统、应用编程学习的基础上,重要的是加强外围功能接口应用的学习,主要是人机接口及通信接口。

嵌入式操作系统也是嵌入式系统学习的重要部分,在此基础上才能进行各种设备驱动程序的开发。

本教材注重使学生掌握嵌入式系统及其开发应用,从嵌入式系统所涉及的基础知识讲起,从硬件到软件,从内部结构到外围接口,从指令系统到程序设计,直到嵌入式系统的设计。

1.2 嵌入式处理器

1.2.1 嵌入式处理器的种类

嵌入式处理器主要有 4 类:嵌入式微处理器(Embedded Microcomputer Unit, EMPU)、嵌入式微控制器(Embedded Microcontroller Unit, EMCU)、嵌入式数字信号处理器(Embedded Digital Signal Processor, EDSP)以及片上系统(System on Chip, SoC)。

1. 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器是由 PC 中的 CPU 演变而来的,与通用 PC 的微处理器不同的是,它只保留了与嵌入式应用紧密相关的功能硬件。典型的 EMPU 有 Power PC、MIPS、MC68000、i386EX、AMD K6 2E 以及 ARM 等,其中 ARM 是应用最广、最具代表性的嵌入式微处理器,本书主要介绍的是基于 ARM 的嵌入式系统结构及其设计。

2. 嵌入式微控制器

嵌入式微控制器的典型代表是单片机,其内部集成了 ROM/EPROM/Flash、RAM、总

