



普通高等学校计算机科学与技术应用型规划教材

嵌入式系统原理及应用

(第2版)

主 编 马维华
副主编 白延敏



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

嵌入式系统原理及应用

(第2版)

主 编 马维华
副主编 白延敏

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、发展过程、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,然后从指令系统到嵌入式系统程序设计基础,从典型的基于不同 ARM 核的嵌入式处理器到嵌入式应用开发,再从嵌入式操作系统及其移植到 Boot Loader,最后到嵌入式系统应用设计实例,系统地介绍了嵌入式系统原理及其应用,有利于高校嵌入式系统相关课程的教学。

全书结构合理、系统、全面、实用,每章后面都有一定量的习题。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“嵌入式系统设计与开发”等课程的教材和参考书,也可作为要了解和掌握嵌入式系统的技术人员的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统原理及应用/马维华主编.--2版.--北京:北京邮电大学出版社,2010.2

ISBN 978-7-5635-2226-2

I. ①嵌… II. ①马… III. ①微型计算机—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 014594 号

书 名: 嵌入式系统原理及应用(第 2 版)

主 编: 马维华

责任编辑: 王丹丹

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(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 21.75

字 数: 539 千字

版 次: 2006 年 9 月第 1 版 2010 年 2 月第 2 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2226-2

定 价: 36.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

嵌入式系统是近年来新兴的且发展很快的学科,它的应用越来越受到广大技术人员的重视。但高校嵌入式系统方面的教学还不平衡,不够系统。尽管有的学校开设嵌入式相关课程的教学较早,但总的来说仍不很成熟,原因是多方面的,有教师的原因,也有缺乏适合高校教学要求的教材的原因。虽然目前市面上嵌入式系统方面的书已经很多,也不乏经典之作,但重视工程开发,轻视讲清原理的做法非常普遍,这对于工程设计人员是有益的,但作为高校教材使用就不太适宜了。

鉴于此,在吸收国内外有关嵌入式系统大量相关资料,并结合作者科研任务及多年教学经验,进行一段时间摸索之后,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》这本书。第1版已于2006年9月正式出版,已经印刷和修订多次,第1版教材于2009年被评为江苏省精品教材。

经过几年的使用,也发现了许多问题和不足,另外嵌入式技术的发展也要求教材不断更新,因此有必要从结构上进行合理调整,补充相关内容,使教材更适应教学要求,这也是第2版追求的目标。

第2版在结构上有较大调整,第1章的内容更加全面,除了在第1版嵌入式基本知识的基础上详细介绍相关概念以外,还概要性地介绍了嵌入式系统的设计方法、嵌入式软件设计技术及嵌入式系统开发与调试工具,试图使读者一开始就能对嵌入式系统的设计开发大概的了解,对于后续章节的学习可以有的放矢。对第2章嵌入式处理器体系结构,增加了CISC和RISC以及冯·诺依曼结构与哈佛结构的介绍,补充了嵌入式处理器的3级到8级指令流水线的介绍,并以ARM7、ARM9、ARM10、ARM11、Cortex-A、Cortex-M、Cortex-R典型内核为主线,介绍典型嵌入式处理器的内核结构及其特点。第3章改为嵌入式存储器指令系统,该章补充了Thumb-2指令系统及常用ARM处理器支持的伪指令。第4章改为嵌入式存储器程序设计基础,这一章补充了常用的嵌入式C语言基础知识,第5章改为典型嵌入式处理器,这一章在综述常用嵌入式处理器典型厂家、典型芯片后,以ARM内核为主线,从ARM7、ARM9、XScale到Cortex-M3详细介绍流行的典型嵌入式处理器,并给出其他不同厂家不同系列的嵌入式处理器性能表,以便设计开发及应用时查询使用。第6章改为以S3C44B0X为例详细介绍嵌入式系统应用开发,第7章改为嵌入式操作系统及其移植,最后一章给出几个嵌入式系统的设计实

例,作为全书的总结。

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楚嵌入式系统的原理,因此从体系结构上考虑,要求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,无论如何无法应用或开发嵌入式系统,这对于高校教学是不容忽视的。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,然后逐步深入到嵌入式硬件体系结构内部,继而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。

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。在叙述上力求深入浅出,通俗易懂。

本书的另一个特色在于通过示例的讲解,使学生掌握在嵌入式系统设计与开发过程中需要的原理和方法。这种方法对于教学更为容易,而从长远角度来看对学生更为有用。嵌入式系统的教学是让学生在获得嵌入式系统的物理直觉的同时教会学生开发的原理和方法,这样随着学生参与开发的项目越来越多,就会产生质的飞跃——学生即使拿到全新的项目,也能根据掌握的原理和方法来完成新项目的开发和设计,达到理论联系实际的目的。

本书后附有关键词的索引,大大加快了读者查找相关术语、概念和知识的速度,也是本教材又一个特色之处。

全书分成8章,第1章嵌入式系统概论,第2章嵌入式处理器体系结构,第3章嵌入式处理器指令系统,第4章嵌入式系统程序设计基础,第5章典型嵌入式处理器,第6章基于S3C44B0X的嵌入式系统应用开发,第7章嵌入式操作系统及其移植,第8章嵌入式系统设计实例。

本书由马维华主编并编写第1、2、3、5章,白延敏编写第4、7、8章,第6章由马维华与白延敏共同编写,全书由马维华统稿,谭白磊在本书编写过程中提出了许多修改意见。

在编写过程中得到学校教务处教材科、院系领导以及北京邮电大学出版社的大力支持。在此向他们表示衷心感谢!特别要感谢在第1版中付出辛勤劳动的赵国安和朱琳。

由于嵌入式技术发展飞速,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批评意见。

编者于南航西苑

目 录

第 1 章 嵌入式系统概论	1
1.1 嵌入式系统概述	1
1.1.1 嵌入式系统的概念	1
1.1.2 嵌入式系统的特点	2
1.1.3 嵌入式系统的发展	3
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	5
1.2 嵌入式处理器	6
1.2.1 嵌入式处理器种类	6
1.2.2 ARM 嵌入式处理器简介	7
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 典型嵌入式操作系统	10
1.5 嵌入式系统的设计方法	11
1.5.1 嵌入式系统设计概述	11
1.5.2 嵌入式系统的设计步骤	12
1.5.3 嵌入式系统的传统设计方法	13
1.5.4 嵌入式系统的硬软件协同设计技术	15
1.6 嵌入式系统的软件设计	16
1.6.1 嵌入式系统的软件设计过程	16
1.6.2 嵌入式操作系统的选择	17
1.6.3 嵌入式软件开发工具链的构建	18
1.7 嵌入式系统开发与调试工具	22
1.7.1 嵌入式系统硬件开发与调试工具	22
1.7.2 嵌入式系统软件开发工具	23



习题	27
第2章 嵌入式处理器体系结构	28
2.1 体系结构概述	28
2.1.1 CISC 与 RISC	28
2.1.2 冯·诺依曼结构与哈佛结构	29
2.2 嵌入式处理器内核	31
2.3 ARM 体系结构的发展	32
2.4 ARM 体系结构的技术特征	33
2.5 ARM 处理器工作状态与工作模式	34
2.5.1 ARM 处理器工作状态	34
2.5.2 ARM 处理器工作模式	35
2.6 ARM 处理器的寄存器组织	36
2.6.1 ARM 状态下的寄存器组织	36
2.6.2 Thumb/Thumb-2 状态下的寄存器组织	37
2.7 ARM 处理器的异常中断	38
2.7.1 ARM 异常种类及异常中断向量表	38
2.7.2 异常中断的优先级	39
2.7.3 ARM 异常的异常响应过程	39
2.7.4 从异常处理程序中返回	40
2.8 ARM 的存储器格式及数据类型	41
2.8.1 ARM 的两种存储字的格式	41
2.8.2 ARM 存储器数据类型	42
2.9 ARM 流水线技术	42
2.9.1 指令流水线处理	42
2.9.2 ARM 的 3 级指令流水线	43
2.9.3 ARM 的 5 级指令流水线	44
2.9.4 ARM 的 6 级指令流水线	45
2.9.5 ARM 的 7 级指令流水线	45
2.9.6 ARM 的 8 级指令流水线	46
2.10 ARM 总线结构及 MMU	47
2.10.1 ARM 的 AMBA 总线体系结构	47
2.10.2 ARM 的 MMU 和 MPU	48
2.10.3 基于 MMU 的地址转换	49
2.11 典型 ARM 处理器核	55
2.11.1 ARM7 典型内核 ARM7TDMI	56
2.11.2 ARM9 典型内核 ARM920T	63



2.11.3 ARM10 典型内核	64
2.11.4 ARM11 典型内核 ARM1136JF-S 及 ARM11MPCORE	64
2.11.5 Cortex 典型内核 Cortex-A	65
2.11.6 Cortex 典型内核 Cortex-M	69
2.11.7 Cortex 典型内核 Cortex-R4	71
习题	73
第 3 章 嵌入式处理器指令系统	74
3.1 ARM 指令分类及指令格式	74
3.1.1 ARM 指令分类	74
3.1.2 ARM 指令格式	75
3.1.3 ARM 指令中操作数符号	76
3.1.4 ARM 指令中的移位操作符	77
3.2 ARM 指令的寻址方式	78
3.2.1 立即寻址	78
3.2.2 寄存器寻址	78
3.2.3 寄存器间接寻址	78
3.2.4 基址加变址寻址	78
3.2.5 相对寻址	79
3.2.6 堆栈寻址	79
3.2.7 块复制寻址	80
3.3 ARM 指令集	80
3.3.1 数据处理指令	80
3.3.2 程序状态寄存器访问指令	83
3.3.3 分支指令	84
3.3.4 加载/存储指令	85
3.3.5 协处理器指令	89
3.3.6 异常中断指令	90
3.4 Thumb 指令集	90
3.4.1 数据处理指令	91
3.4.2 分支指令	92
3.4.3 加载/存储指令	92
3.4.4 异常中断指令	93
3.5 Thumb-2 指令集	94
3.5.1 数据处理指令	95
3.5.2 分支指令与程序状态指令	96
3.5.3 加载与存储指令	97



3.5.4 提示类指令与交换类指令	100
3.6 ARM 处理器支持的伪指令	100
习题	101
第4章 嵌入式系统程序设计基础	104
4.1 ARM 汇编器所支持的伪指令	104
4.1.1 符号定义伪指令	104
4.1.2 数据定义伪指令	105
4.1.3 汇编控制伪指令	108
4.1.4 其他常用伪指令	109
4.2 汇编语言的语句格式	113
4.2.1 在汇编语言程序中常用的符号	113
4.2.2 汇编语言程序中的表达式和运算符	114
4.3 汇编语言的程序结构	117
4.3.1 汇编语言的程序结构	117
4.3.2 汇编语言的子程序调用	118
4.4 嵌入式 C 语言程序设计	118
4.4.1 嵌入式 C 语言设计基础	119
4.4.2 汇编语言与 C 语言的混合编程	124
习题	128
第5章 典型嵌入式处理器	130
5.1 典型嵌入式处理器系列概述	130
5.2 ARM7TDMI-S 核的嵌入式微控制器 LPC2000 系列	132
5.2.1 LPC2000 系列微控制器概述	132
5.2.2 LPC2000 系列微控制器结构	133
5.3 ARM7TDMI 核的嵌入式微处理器 S3C44B0X	135
5.3.1 S3C44B0X 嵌入式微处理器概述	135
5.3.2 S3C44B0X 嵌入式微处理器结构	137
5.3.3 S3C44B0X 嵌入式微处理器引脚信号	138
5.4 ARM 920T 核的嵌入式微处理器 S3C2410X/S3C2440X	141
5.4.1 S3C2410X/S3C2440X 概述	141
5.4.2 S3C2410X/S3C2440X 嵌入式微处理器结构	143
5.5 XScale 嵌入式微处理器	144
5.5.1 XScale 嵌入式处理器简介	144
5.5.2 PXA250/PXA270 嵌入式微处理器结构	144
5.6 Cortex-M3 核的嵌入式微控制器	146



5.6.1	LPC1700 系列嵌入式微控制器概述	146
5.6.2	LPC1700 系列典型微控制器结构	146
5.7	其他典型 ARM 嵌入式微控制器	148
5.7.1	基于 ARM7 的 AT91SAM7 系列处理器	148
5.7.2	基于 ARM9 的 AT91SAM9 系列处理器	149
5.7.3	基于 ARM9 的 LPC3000 系列处理器	150
5.7.4	基于 Cortex-M3 的 LM3S 系列处理器	150
5.7.5	基于 Cortex-M3 的 STM32 系列微控制器	151
	习题	154
第 6 章	基于 S3C44B0X 的嵌入式系统应用开发	155
6.1	嵌入式最小系统	155
6.1.1	最小系统组成	155
6.1.2	电源模块的选择及电路设计	156
6.1.3	时钟电源管理与时钟源的设计	157
6.1.4	复位电路设计与模式选择	161
6.1.5	存储器组件与接口模块	162
6.1.6	JTAG 接口电路设计	171
6.2	端口组件原理及应用	172
6.2.1	端口功能控制	172
6.2.2	基于端口功能的键盘及 LED 应用	176
6.3	中断组件原理及应用	180
6.3.1	中断概述	180
6.3.2	中断功能控制	180
6.3.3	中断组件应用	183
6.4	UART 组件原理及应用	187
6.4.1	UART 功能控制	187
6.4.2	UART 通信接口设计与应用	191
6.5	DMA 组件原理及应用	197
6.5.1	DMA 控制器原理	197
6.5.2	DMA 控制器应用	199
6.6	PWM 定时器原理及应用	202
6.6.1	PWM 功能控制	202
6.6.2	PWM 定时器的应用	205
6.7	I ² C 组件原理及应用	209
6.7.1	I ² C 总线控制器原理	209
6.7.2	I ² C 总线接口应用	211



6.8 I ² S 组件原理及应用	218
6.8.1 I ² S 总线控制器原理	218
6.8.2 I ² S 总线接口应用	221
6.9 SIO 组件功能原理	230
6.10 RTC 组件原理及应用	232
6.10.1 实时钟 RTC 接口原理	232
6.10.2 实时钟 RTC 的应用	236
6.11 WDT 组件原理及应用	239
6.11.1 WDT 看门狗定时器原理	239
6.11.2 WDT 看门狗定时器的应用	241
6.12 ADC 组件原理及应用	242
6.12.1 ADC 接口原理	242
6.12.2 ADC 接口应用	244
6.13 LCD 组件原理及应用	245
6.13.1 LCD 控制器接口原理	245
6.13.2 LCD 控制器接口应用	250
6.14 其他外设接口的应用	254
6.14.1 SPI 接口应用	254
6.14.2 USB 接口设计及应用	259
习题	265
第 7 章 嵌入式操作系统及其移植	267
7.1 嵌入式操作系统 μ CLinux 及其移植	268
7.1.1 μ CLinux 体系结构	268
7.1.2 μ CLinux 的移植	271
7.2 嵌入式操作系统 μ C/OS-II 及其移植	273
7.2.1 μ C/OS-II 体系结构	273
7.2.2 μ C/OS-II 的移植	275
7.3 嵌入式系统的 Boot Loader	277
7.3.1 Boot Loader 概述	277
7.3.2 Boot Loader 与嵌入式系统的关系	278
7.3.3 Boot Loader 的主要功能	278
7.3.4 典型 Boot Loader 分析	281
习题	284
第 8 章 嵌入式系统设计实例	285
8.1 ARM 处理器芯片的选择	285



8.1.1 选择 ARM 处理器应考虑的因素	285
8.1.2 主要 ARM 芯片供应商	288
8.1.3 选择 ARM 处理器案例分析	288
8.2 车载信息系统设计实例	290
8.2.1 车载信息系统的功能分析	290
8.2.2 车载信息系统的设计方案	291
8.2.3 车载系统硬件设计	292
8.2.4 车载系统软件设计	294
8.3 高压继电保护系统设计实例	295
8.3.1 高压继电保护系统的背景	295
8.3.2 高压继电保护系统的功能分析	296
8.3.3 高压继电保护系统的设计方案	297
8.3.4 高压继电保护系统详细设计	299
习题	327
附录:关键词索引	328
参考文献	334

第 1 章 嵌入式系统概论

1.1 嵌入式系统概述

1.1.1 嵌入式系统的概念

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 就是一个计算机系统,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的。如微波治疗仪、胃镜、POS 机、飞机的黑匣子、汽车的导航仪,包括手机、商务通等也各是一个系统,这里面都有计算机,但是这种计算机是作为某个专用系统中的一个部件而存在的。像这样嵌入到专用系统中的计算机,称之为嵌入式计算机。所谓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壳中,而是指为目标系统量身定制的计算机,再把它有机地植入,融入目标系统。

1. 嵌入式系统的定义

嵌入式系统(Embedded System)是嵌入式计算机系统的简称。有以下几种定义:

(1) IEEE(国际电气和电子工程师协会)的定义

“Devices used to control, monitor or assist the operation of equipment, machinery or plants.”即为控制、监视或辅助设备、机器或者工厂运作的装置。它通常执行特定功能;以微处理器与周边构成核心;严格的时序与稳定度要求;全自动操作循环。

(2) 国内公认的较全面的定义

以应用为中心、以计算机技术为基础、软件硬件可裁剪、适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。

(3) 简单定义

嵌入到对象体系中的专用计算机系统。

上述定义比较全面准确,并广泛被业界接受的是第二种,比较简捷的是第三种定义,而第一种定义则侧重控制领域的嵌入式设备。

2. 嵌入式系统的三个要素

嵌入性、专用性和计算机系统是嵌入式系统的三个基本要素。

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。



3. 嵌入式技术

嵌入式技术是将计算机作为一个信息处理部件,嵌入到应用系统中的一种技术,它将软件固化集成到硬件系统中,将硬件系统与软件系统一体化。因此可以说嵌入式技术是嵌入式系统设计和应用的一门综合技术。

4. 嵌入式产品或嵌入式设备

嵌入式产品或嵌入式设备是指应用嵌入式技术,内含嵌入式系统的产品或设备。嵌入式产品或设备强调内部有嵌入式系统的产品或设备,如内含微控制器的家用电器、仪器仪表、工控单元、机器人、手机、PDA等,都是嵌入式产品或称为嵌入式设备。

5. 嵌入式

嵌入式是嵌入式系统、嵌入式技术以及嵌入式产品的简称。只是为了简捷方便而得名。

6. 嵌入式产业

基于嵌入式系统的应用和开发,并形成嵌入式产品的产业称为嵌入式产业,目前国内已有许多省市开始着手进行嵌入式产业的规划和实施。

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。可以预言,嵌入式系统将成为后PC时代的主宰。

7. 嵌入式系统开发工具

嵌入式系统开发工具是指可以用于嵌入式系统开发的工具,主要指嵌入式软件开发工具。软件开发工具一般具有集成开发环境,可以在集成开发环境下进行编辑、编译、链接、下载程序、运行和调试等各项嵌入式软件开发工作。

8. 嵌入式系统开发平台

可以进行嵌入式系统开发的软硬件套件称为嵌入式系统开发平台,包括含嵌入式处理器的硬件开发板、嵌入式操作系统和一套软件开发工具。借助于开发平台,开发人员就可以集中精力于编写、调试和固化应用程序,而不必把心思浪费在应用程序如何使用开发板上的各种硬件设施上。

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专用计算机系统,因此同计算机系统一样,嵌入式系统由硬件和软件构成。与以PC为代表的通用计算机系统相比较,嵌入式系统的特点是由定义中的三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

嵌入式系统的软、硬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。主要目的是控制,需要由嵌入式系统提供的功能以及面对的应用和过程都是可预知的、相对固定的,而不像通用计算机那样有很大的随意性。嵌入式系统的软、硬件可裁剪性使得嵌入式系统具有满足对象要求的最小软、硬件配置。

2. 嵌入式系统对环境的要求

由于是嵌入到对象系统中,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。这是嵌入式系统的嵌入性所要求的。另外能满足对温度、湿度、压力等自然环境的要求,民用和工业级以



及军用对自然环境的要求差别很大。

3. 嵌入式系统必须是能满足对象系统控制要求的计算机系统

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、CAN、USB 以及 Ethernet 等诸多外围接口。

4. 嵌入式系统是集计算机技术与各行业于一体的集成系统

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。

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,具有较长的生命周期。

6. 嵌入式系统的软件固存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到 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要求,需要有对外部事件迅速做出反应的能力。

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举开发能力,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,必须有一套开发工具和相应的开发环境,如 ADS、IAR、RealView MDK 等集成开发环境。

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,嵌入式计算机开始逐步兴起。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) 以单片机为核心的初级嵌入式系统

第 1 阶段是以单片机为核心的初级嵌入式系统,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。但使用简单,成本低。

(2) 以嵌入式微处理器为基础的中级嵌入式系统

第 2 阶段是以嵌入式微处理器为基础,以简单操作系统为核心的嵌入式系统。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高级嵌入式系统

第 3 阶段是以嵌入式操作系统为标志的嵌入式系统。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,并且具有可任意裁剪;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

第4阶段是以 Internet 为标志的嵌入式系统。以往的嵌入式系统还多孤立于 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。

需要说明的是,根据应用领域和应用场合的不同,这4个阶段的嵌入式系统都在应用当中,主要选择依据是性价比。有些场合只用单片机就够了,如电动自行车控制器等独立控制的应用场合,就没有必要采用嵌入式操作系统为核心的嵌入式系统,更不需要以 Internet 为标志的嵌入式系统。

2. 嵌入式系统的发展趋势

(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,面向未来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,嵌入式系统已成为当今物联网的基础和核心。

(2) 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要求。如选用最佳的编程模型和不断改进算法,优化编译器性能。

(3) 提供精巧的多媒体人机界面

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。要求嵌入式系统能提供精巧的多媒体人机界面。

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、提升许多领域技术水平的有力工具。主要应用领域包括产品智能化(智能仪表、智能和信息家电)、工业自动化(测控装置、数控机床、过程控制、数据采集与处理)、办公自动化(通用计算机中的智能接口)、电网安全与电网设备检测、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 等、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、导航仪以及飞行控制器等)以及军事领域等各个领域。如图 1.1 所示。

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,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……)都是嵌入式系统应用的例子。嵌入式系



统广泛的适应能力和多样性,使得视听、工作场所甚至健身设备中到处都有嵌入式系统的影子。因此可以说嵌入式系统无处不在。

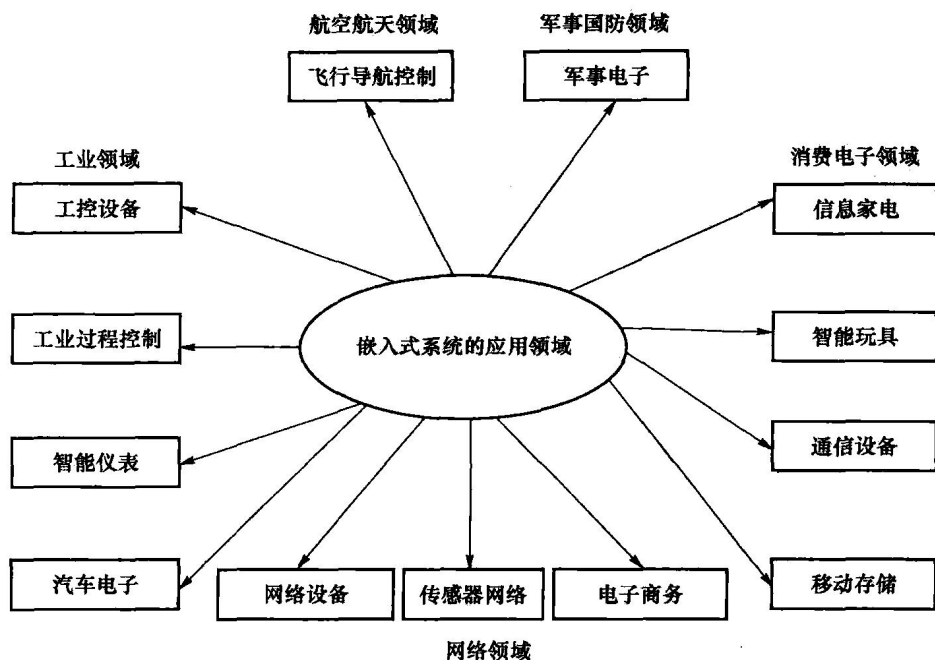


图 1.1 嵌入式系统的应用领域

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,学习嵌入式系统及其开发应用是非常重要的。

那么究竟如何学习嵌入式系统及其开发应用呢? 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。

因此学习嵌入式系统首先是基础知识的学习,主要是相关的基本硬件知识,如嵌入式处理器及接口电路(Flash/ SRAM/SDRAM /Cache、UART、Timer、GPIO、Watchdog、USB、IIC、RTC、Ethernet……)等硬件知识,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(中断,优先级,任务间通信,同步…)。对于应用编程,要掌握 C、C++ 及汇编语言程序设计(至少会 C 语言),对处理器的体系结构、组织结构、指令系统、编程模式、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