

高职院校嵌入式技术系列教材

主 编 陈长顺
副主编 张玲娟



嵌 入 式

技术基础



北京航空航天大学出版社

高职院校嵌入式技术系列教材

嵌入式技术基础

主 编 陈长顺

副主编 张玲娟



144046

广西工学院鹿山学院图书馆



d144046

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是高职院校嵌入式技术系列教材之一,系统阐述了嵌入式系统的体系结构、开发环境和开发过程。本书共分7章,包括嵌入式系统概述、ARM 体系结构、ARM 指令系统、嵌入式 Linux 操作系统、嵌入式系统开发平台的建立、嵌入式软件系统和嵌入式应用程序开发。内容编排由浅入深,通俗易懂,注重整体,兼顾一般。每章前有学习目标,后有本章小结和习题,书末附有实验指导。作者在编写过程中,注重学习者系统意识的培养和实践能力的训练,力求使本书具有知识面宽、集成度高、实用性强和简明易懂的特点。

本书既可作为高职院校嵌入式技术基础课程的教材,也可用作各类培训机构的教学用书,还可作为嵌入式系统开发人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式技术基础/陈长顺主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-81124-799-2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 075415 号

©2009,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本书内容。侵权必究。

嵌入式技术基础

主 编 陈长顺

副主编 张玲娟

责任编辑 董立娟

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(100191) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:emsbook@gmail.com

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:16.5 字数:370 千字

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-799-2 定价:29.00 元

前言

PC 机的发明使人类高效地认识了世界,而嵌入式技术的诞生则提供了改造世界的强大武器。嵌入式技术作为一个正在兴起的热门领域,涵盖了计算机技术、信息技术和微电子技术等诸多方面的科技成果,正以前所未有的速度渗透到社会生活的每一个角落。随着“中国制造”向“中国创造”方式的战略转移,我国对从事嵌入式应用和开发技术人才的需求呈爆炸式增长。

开发嵌入式系统涉及众多的概念、理论、技术和方法,包含电子线路、微机原理、接口技术、汇编语言、C 或 C++ 程序设计、软件工程等。在众多知识和技术交叉与综合的领域,高职院校的学生如何学习、实践,并快速掌握这一领域的知识和技能?为此,作者根据多年从事嵌入式系统开发和教学的亲身经历编著此书,将一套简洁、实用、完备的解决方案奉献给广大读者。

本书是高职院校嵌入式技术系列教材之一,主要介绍嵌入式系统的体系结构、开发环境和开发过程,为后续学习奠定基础。本系列丛书的后两本是《嵌入式 Linux 应用开发》和《嵌入式 Windows CE 应用开发》,以项目包方式内涵嵌入式开发技术的主要方面。

本书共分 7 章,包括嵌入式系统概述、ARM 体系结构、ARM 指令系统、嵌入式 Linux 操作系统、嵌入式系统开发平台的建立、嵌入式软件系统和嵌入式应用程序开发。内容编排由浅入深,通俗易懂,注重整体,兼顾一般。每章前有学习目标,后有小结和习题,附录列出详细实验指导,以方便读者快速掌握重点、难点,并及时通过练习和实践理解知识要点,掌握开发技能。因此,本书既可作为高职院校相关专业教材,也可用作各类培训机构的培训教材,还可作为嵌入式从业人员和业余爱好者的参考书和工具书。

本书由陈长顺担任主编,张玲娟担任副主编,第 1 章由王刚编写,第 2、3 章由管希萌编写,

前 言

第4章由洪伟编写,第5章由朱凌编写,第6、7章由陈长顺、张玲娟编写。在编写和出版过程中,得到了扬州职业大学各级领导的关心和鼓励、老师们的支持和帮助,同时也得到北京航空航天大学出版社的大力协作,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,疏漏之处在所难免,恳请读者指正。有兴趣的读者可以发送电子邮件到:yz.tts@public.yz.js.cn,与作者进一步交流;也可发送电子邮件到:xdhydc5@sina.com,与本书策划编辑进行交流。

作 者

2009年5月

目 录

第 1 章 嵌入式系统概述	1
1.1 嵌入式系统简介	1
1.1.1 嵌入式系统的定义	1
1.1.2 嵌入式系统的组成	2
1.1.3 嵌入式系统的特点	3
1.1.4 嵌入式系统的应用	4
1.1.5 嵌入式系统的发展	5
1.2 嵌入式系统硬件	6
1.2.1 嵌入式处理器	6
1.2.2 总 线	9
1.2.3 存储器	13
1.2.4 I/O 接口	14
1.3 嵌入式系统软件	14
1.3.1 引导程序	14
1.3.2 操作系统	15
1.3.3 应用软件	17
本章小结	17
思考与练习	18
第 2 章 ARM 体系结构	19
2.1 ARM 简介	19
2.1.1 ARM 特点	19
2.1.2 ARM 处理器工作状态和工作模式	20

目 录

2.1.3	ARM 处理器异常	22
2.1.4	ARM 指令流水	24
2.2	ARM 微处理器	24
2.2.1	S3C2410 组成结构和引脚信号	24
2.2.2	ARM 寄存器	39
2.3	ARM 存储器	44
2.3.1	存储器组织	44
2.3.2	存储管理单元	45
2.3.3	NAND Flash 控制器	46
2.3.4	数据类型与存储格式	47
2.3.5	非对齐的存储访问	48
2.3.6	指令预取和自修改代码	48
2.4	ARM 的 I/O 端口	49
2.4.1	DMA	49
2.4.2	定时器	49
2.4.3	中断控制器	51
2.4.4	LCD 控制器	52
2.4.5	ADC 和触摸屏接口	53
2.4.6	UART 接口	55
2.4.7	USB 接口	55
2.4.8	并行接口	56
2.4.9	串行接口	56
2.4.10	PCMCIA 和 CF	57
2.4.11	红外线接口	58
	本章小结	58
	思考与练习	59
第 3 章 ARM 指令系统		60
3.1	ARM 指令系统简介	60
3.2	ARM 指令寻址方式	61
3.3	ARM 指令集	64
3.3.1	分支指令	66
3.3.2	数据处理指令	67
3.3.3	移位指令	75

3.3.4	存储器访问指令	76
3.3.5	协处理器指令	79
3.3.6	软件中断指令及其他	82
3.4	Thumb 指令集	84
3.4.1	Thumb 存储器访问指令	87
3.4.2	Thumb 数据处理指令	91
3.4.3	Thumb 软中断指令	96
3.4.4	Thumb 跳转指令	97
3.4.5	Thumb 指令集与 ARM 指令集的切换与区别	98
3.5	ARM 汇编语言伪指令	99
3.5.1	数据定义伪指令	99
3.5.2	符号定义伪指令	105
3.5.3	过程定义伪指令	107
3.5.4	汇编控制伪指令	107
3.5.5	其他伪指令	109
3.6	ARM 汇编语言程序设计	113
3.6.1	汇编程序编写	114
3.6.2	汇编程序调试过程	119
	本章小结	120
	思考与练习	120
第 4 章	嵌入式 Linux 操作系统	122
4.1	Linux 简介	122
4.1.1	Linux 特点	122
4.1.2	Linux 内核组成	124
4.1.3	Linux 源码结构	125
4.2	Linux 常用命令	126
4.2.1	文件管理	126
4.2.2	目录管理	130
4.2.3	进程管理	132
4.2.4	服务管理	132
4.2.5	环境设置	136
4.3	文本编辑	137
4.3.1	工作模式	137

目 录

4.3.2	文件的创建与打开	138
4.3.3	文件的保存与退出	138
4.3.4	编辑命令	138
4.4	Linux 网络服务	141
4.4.1	服务管理	141
4.4.2	Samba 服务	142
4.4.3	NFS 服务	143
	本章小结	146
	思考与练习	146
第 5 章	嵌入式开发平台的组建	147
5.1	开发平台简介	147
5.1.1	开发模型	147
5.1.2	硬件开发平台	148
5.1.3	软件开发环境	149
5.1.4	嵌入式系统的调试方式	150
5.1.5	板级支持包	151
5.2	UP-NETARM2410-S 开发平台	152
5.2.1	系统简介	152
5.2.2	核心板结构	153
5.2.3	主板结构	154
5.2.4	地址空间分配	155
5.3	ADS 开发环境	155
5.3.1	ADS 的组成	156
5.3.2	Code Warrior 的配置与使用	157
5.3.3	AXD 的配置与使用	165
5.3.4	DNW 的配置与使用	174
5.3.5	超级终端的配置与使用	176
5.4	Linux 开发环境	177
5.4.1	环境架构	177
5.4.2	安装与配置	178
5.4.3	建立交叉编译工具链	186
5.4.4	编译工具的使用	189
	本章小结	193

思考与练习	193
第 6 章 嵌入式软件系统	194
6.1 引导启动	194
6.1.1 BootLoader 简介	194
6.1.2 vivi 裁剪	199
6.1.3 vivi 下载	202
6.1.4 vivi 内置命令	205
6.2 内核移植	208
6.2.1 移植准备	208
6.2.2 内核配置	209
6.2.3 内核编译	215
6.2.4 内核下载	216
6.3 根文件系统的建立	217
6.3.1 根文件系统的概念	217
6.3.2 常用根文件系统	218
6.3.3 根文件系统的制作方法	219
6.3.4 Cramfs 根文件系统的建立	223
6.3.5 Yaffs 文件系统的建立	225
本章小结	228
思考与练习	228
第 7 章 嵌入式应用程序开发	229
7.1 嵌入式应用程序的体系架构	229
7.2 嵌入式应用程序的开发流程	230
7.3 Linux 环境下 Hello World 应用程序的实现	233
本章小结	236
思考与练习	236
附录	237
实验一 ADS 开发环境的构建	237
实验二 ARM 汇编语言程序设计	239
实验三 Linux 操作系统的使用	240
实验四 Linux 开发环境的建立	243

目 录

实验五 BootLoader 的下载与使用	245
实验六 Linux 内核移植	246
实验七 根文件系统的建立	248
实验八 应用程序的开发	250
参考文献	253

第 1 章

嵌入式系统概述

[学习目标]

- 了解嵌入式系统的概念;
- 理解嵌入式系统的组成;
- 熟悉嵌入式系统的特点;
- 了解嵌入式系统的应用现状与发展趋势。

计算机的发明、发展和广泛应用使人类高效地认识了世界,改变了人们的生活方式,人类开始步入全球信息化社会的进程。而嵌入式技术作为一种集计算机技术、微电子技术、通信技术、控制技术和行业需求于一体的产物,在改造世界中发挥着独特的作用。

什么是嵌入式技术?嵌入式系统包含哪些部分?怎样开发嵌入式系统?针对这些问题,本章将对嵌入式系统进行简单介绍,使读者对嵌入式系统的定义、组成和特点有一个基本的了解。

1.1 嵌入式系统简介

1.1.1 嵌入式系统的定义

嵌入式系统,英文为 Embedded System。从广义上讲,凡是带有微处理器的专用软、硬件系统都可称为嵌入式系统;从狭义上讲,是指那些使用嵌入式微处理器构成的独立系统,包含操作系统,具有特定功能,用于特定场合。“嵌入性”、“专用性”和“计算机系统”是嵌入式系统的 3 个基本要素。

长期以来,学术界对嵌入式系统的定义一直处在争论中,目前,国内比较普遍认同的定义是:以应用为中心,以计算机技术为基础,软、硬件可裁剪,满足应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统。

按照这一定义,可以从以下 3 个方面理解嵌入式系统:

- ① 嵌入式系统是面向用户、面向产品、面向应用的,具有很强的专用性。它只有与具体应

第1章 嵌入式系统概述

用相结合,才具有生命力。

② 嵌入式系统是计算机技术、微电子技术、控制技术、通信技术与各个行业具体应用相结合的产物,这一点决定了嵌入式系统是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。

③ 嵌入式系统是可满足产品在功能、可靠性、成本、体积等方面严格要求的系统,这些指标的实现通常根据实际应用需求对软硬件裁剪而得。

一般来说,嵌入式系统包含硬件和软件两部分,硬件通常由嵌入式微处理器、存储器和外围接口电路组成,软件通常由引导程序、操作系统和应用程序组成。

1.1.2 嵌入式系统的组成

嵌入式系统一般由硬件和软件两部分组成,硬件通常包含嵌入式微处理器、存储器和外围接口电路,软件通常由引导程序、操作系统和应用程序组成。一个典型的嵌入式系统如图1-1所示。

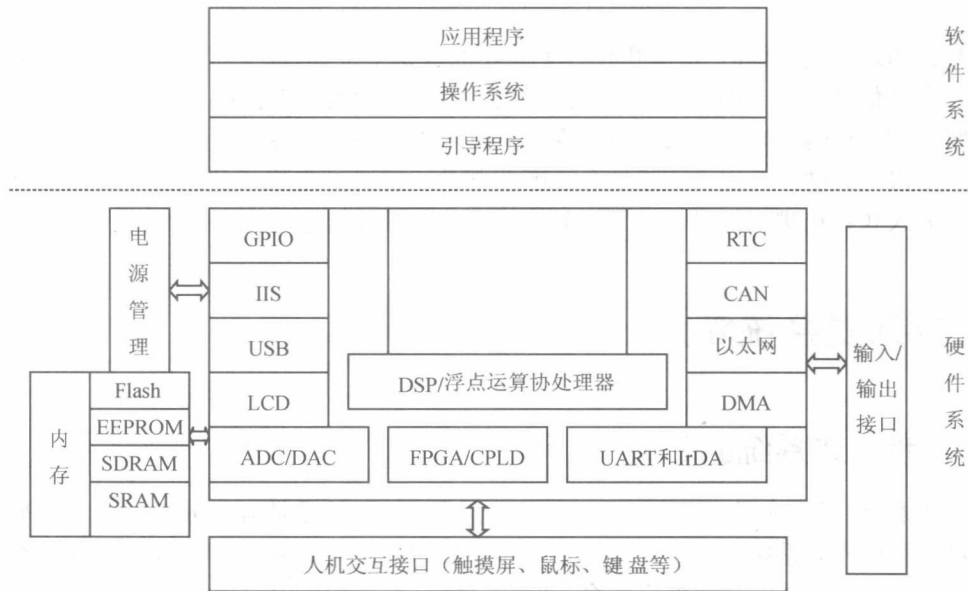


图 1-1 嵌入式系统的组成

随着芯片技术的不断发展,嵌入式微处理器品种已有数百种,主频也越来越高,通常都在200 MHz以上,有的甚至高达1 GHz。多处理器、多核处理器平台也逐渐应用在嵌入式领域,不过现在大量使用的还是32位单处理器组成的平台。

在嵌入式系统中,存储器负责保存程序和数据。与PC机有所区别的是,为了保持嵌入式

系统的微型化,存储器通常由半导体集成电路来实现。

嵌入式系统在一个应用系统中处于核心位置,负责检测外部输入信号,并根据预先存储在存储器中的处理方案对数据进行处理,最后根据处理结果显示或驱动相应的执行机构。这些对外部信息的检测与对外部机构的驱动,都是通过接口电路实现的。

仅有嵌入式硬件的系统是无法实现智能化功能的,要使嵌入式系统在改造世界中发挥重要作用,嵌入式软件是必不可少的。促使嵌入式系统启动并进入正常工作状态的程序是引导程序。嵌入式引导程序类似于PC机中的BIOS程序,在嵌入式系统上电后,首先运行嵌入式引导程序,检查系统硬件的基本情况,并将控制权转交操作系统。

操作系统是嵌入式系统软件的核心。目前,流行的嵌入式操作系统可以分为两类,一类是从运行在个人电脑上的操作系统向下移植到嵌入式系统中形成的嵌入式操作系统,如基于源码开放的Linux、微软公司的Windows CE等。这类系统经过个人计算机或高性能计算机等产品的长期运行考验日趋成熟,其相关的标准和软件开发方式已被用户普遍接受,同时积累了丰富的开发工具和应用软件资源。另一类是实时操作系统,如WindRiver公司的VxWorks、 $\mu\text{c}/\text{OS}$ 等。这类产品在结构和实现上都针对所面向的应用领域,对实时性、高可靠性等进行了精巧的设计,而且提供了独立、完备的系统开发和测试工具,较多地应用在军用产品和工业控制等领域中。

应用程序运行在嵌入式操作系统之上,一般情况下与操作系统是分开的。当处理器上带有MMU(Memory Management Unit,存储器管理单元)时,它可以从硬件上将应用程序和操作系统分开编译和管理,Linux、Windows CE就是这种分离机制。这样做的好处就是系统安全性更高,可维护性更强,更有利于各功能模块的划分。对于没有MMU的处理器,如ARM7TDMI,经常将应用程序和操作系统编译在一起运行,这对于开发人员来说,操作系统更像一个函数库。

1.1.3 嵌入式系统的特点

嵌入式系统是面向应用的专用计算机系统,与通用型计算机系统相比具有以下特点:

1) 专用性强

嵌入式系统的专用性很强,其中软件系统和硬件系统的结合非常紧密,一般要针对硬件进行系统的移植。

嵌入式处理器与通用微处理器的最大区别在于,嵌入式处理器大多面向具体应用而定制,集成度高,能够把通用微处理器中由板卡完成的任务集成到嵌入式微处理器内部,从而有利于嵌入式系统的微型化,增强移动能力和网络耦合能力。

2) 知识密集

嵌入式系统是将先进的计算机技术、电子技术、通信技术、网络技术以及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、高度分散、不断创新的知识集

第1章 嵌入式系统概述

成系统。所以,进入嵌入式系统行业,对知识和技术的要求较高。

3) 系统内核小

由于嵌入式系统一般是配置于应用系统内部,系统资源相对有限,所以内核较之传统的操作系统要小得多。

4) 系统比较精简

嵌入式系统一般没有系统软件和应用软件的明显区分,不要求其功能设计及实现上过于复杂,这样一方面利于控制系统成本,同时也利于系统安全。

5) 高实时性和高可靠性

嵌入式系统经常用于控制领域,这就要求系统软件实时性要强,因此,常常需要将软件固态存储,以提高速度。

无论用于控制领域还是用于独立设备、仪器仪表,都要求嵌入式系统具有高可靠性,特别是一些在极端环境下工作的嵌入式系统而言,其可靠性设计尤其重要。大多数嵌入式系统都包含一些硬件和软件机制来保证系统的可靠性。例如,硬件的看门狗电路在软件失去控制后使系统重新启动;软件的自动纠错功能,当检测到软件运行偏离正常流程时,通过软“陷阱”将其重新纳入正常轨道。

6) 开发环境的特殊性

嵌入式系统本身资源有限,不具备自主开发能力,即使产品发布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环境才能进行开发。这些工具和环境一般是基于通用计算机系统、硬件仿真以及各种逻辑分析仪、信号源、示波器等设备的。开发时往往有宿主机和目标机的概念:宿主机一般采用通用的计算机系统,完成程序的编写、编译与链接;目标机是嵌入式系统作为调试程序的执行机器。

1.1.4 嵌入式系统的应用

随着信息化、智能化、网络化的发展,嵌入式技术获得了广阔的发展空间,几乎渗透到人们生活的每一个角落。下面是一些嵌入式技术的典型应用。

① 工业控制。基于嵌入式技术的工业自动化设备正获得长足的发展,目前已有大量的8、16、32位嵌入式微处理器在应用中。网络化是提高生产效率和产品质量、减少人力资源的主要途径,如工业过程控制、数控机床、电网监测、石油开采等。就传统的工业控制产品而言,低端型采用的往往是8位单片机;但随着技术的发展,32位和64位处理器逐渐成为工业控制设备的核心。

嵌入式系统还广泛应用于ATM机、自动售货机、工业控制等专用设备,与通信相结合可生产出高质量的GPS、GPRS等优质产品。

② 智能仪表。水、电、煤气表的远程自动抄表,智能化安全防火、防盗系统的实现,自动控温、控压、控湿技术,都得益于嵌入式技术的引入,它提高了仪器仪表的性能。目前在—领

域,嵌入式系统正在逐步渗透,实现着仪器仪表的更新换代。

③ 交通管理。在车辆导航、流量控制、信息监测与汽车服务方面,嵌入式技术已经获得了广泛的应用,内嵌 GPS、GSM 模块的交通导航定位终端已经成功应用于各种运输行业。目前,GPS 设备已经从尖端产品进入了普通百姓的家庭,通过 GPS 嵌入式系统,可以随时随地跟踪移动目标。

④ 信息家电。这已成为嵌入式技术最大的应用领域,冰箱、彩电、空调、洗衣机等家电产品的智能化、网络化正在引领人们的生活步入一个崭新的空间。智能家居系统的诞生使得即使主人不在家里,也可以通过电话、手机、网络进行远程测控。在这些设备中,嵌入式技术发挥着重要作用。

⑤ 消费电子。由于嵌入式技术提升了移动数据处理和通信的功能,加之易于实现自然人机交互的多媒体界面,因而在消费电子领域获得广泛应用。机顶盒的诞生使数字电视从单向音视频传输变成了双向交互平台。手机手写文字输入、语音拨号上网、网页浏览、收发电子邮件已经成为现实。用于物流管理、条码扫描、移动信息采集的小型手持嵌入式系统在企业管理中也已发挥了巨大的作用。未来的手机或 PDA 将成为个人日常事务处理的综合平台和遥控工具。

⑥ 电子商务。装有嵌入式系统的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 终端已全面走入人们的生活,手持一卡行遍天下已经成为现实。

⑦ 环境工程。水文资料实时监测、防洪体系及水土质量监测、地震监测、实时气象和污染监测等领域,都通过嵌入式技术系统实现了无人监测、自动报警和应急处理。

⑧ 机器人。嵌入式技术的发展使得机器人在微型化、高智能方面的优势更加明显,同时大幅降低了机器人的成本,使其在工业和服务领域获得更广泛的应用。

1.1.5 嵌入式系统的发展

随着对嵌入式应用技术和产品需求的不断增长,嵌入式技术研究正表现出以下几大趋势:

① 嵌入式系统开发工具不断强大。随着应用需求的不断变化,嵌入式设备的品种日益繁多,功能日趋强大,电气结构也更为复杂。为了适应这些变化,开发者一方面要采用具备更强大的 SoC 功能的嵌入式微处理器(如 32 位、64 位处理器)增强处理能力;另一方面,还要采用实时多任务编程技术和交叉开发工具,简化应用程序设计,保障软件质量和缩短开发周期。而这都需要有功能更为强大、调试更为方便、使用更为简单、支持多 CPU 处理器、能模拟调试的集成开发工具的诞生。

② 基于平台的开发方式成为必然趋势。应用领域的广泛性、硬件设计的复杂性、线路板制作的工艺性、操作系统的多样性和接口驱动的不兼容性,导致开发者一方面受制于硬件生产的瓶颈,另一方面受制于驱动程序的困难,从而导致低层次循环,开发周期长,研发难度大,许

第1章 嵌入式系统概述

多人望而却步。借鉴于PC机的普及和单片机的发展,人们期待面向多种应用方向的可自由组合的CPU核心板、接口板、检测板、驱动板、显示板、键盘板等板级硬件模块的诞生,同时期待与硬件配套,并经裁剪可适应多种用途的操作系统包、中间件包、接口组件包等软件模块的商品化。开发者根据应用需要可快速搭建面向具体应用的基本系统架构,在此基础上,只须开发上层的应用程序,这样可降低对开发者的技术要求,提高开发效率,促进嵌入式系统的应用与普及。

③ PC机技术的迁移将丰富嵌入式系统的功能。PC机经过几十年的发展,技术日趋成熟,网络技术、多媒体技术、数据库技术、通信技术、接口技术、组件技术等,给PC机的广泛应用提供了强大的技术支撑。嵌入式系统需要适应分布式处理要求,需要提供精巧的多媒体人机界面,需要支持广泛的信息查询,需要采集外部信号并对外部执行器件实施控制,这些都需要提供比PC机更多的技术支撑。但由于嵌入式系统的特殊性,PC机的技术无法直接用于嵌入式系统。这些都要求人们借鉴PC机的成熟技术对嵌入式系统的硬件结构、接口方式、软件环境加以改造。

④ 支持小尺寸、低功耗和低成本将提升嵌入式产品的竞争力。为满足这种需求,要求嵌入式产品设计者相应降低处理器功耗、限制内存容量、复用接口芯片等,这就提高了对嵌入式软件设计技术的要求,如选用最佳的编程模型、探索良好的算法、优化编译器性能等。因此,开发人员要有丰富的经验,更需要研究先进的软件技术。

⑤ 无所不在的智能(AMI)是嵌入式应用的高级境界,是一种嵌入了多种感知的计算设备,能根据人的姿态、手势、语音等判断出人的意图并做出相应反应的、具有适应性的数字环境。它通过智能的、用户定制的内部互连系统和服务构建理想的氛围,完成理想的功能,从而有效提高人们的工作和生活质量。

1.2 嵌入式系统硬件

嵌入式系统硬件由嵌入式处理器、总线、存储器和外设组成。

1.2.1 嵌入式处理器

嵌入式系统硬件的核心是嵌入式处理器。嵌入式处理器的体系结构早期采用冯·诺依曼体系结构,现在多数采用哈佛体系结构;指令系统一般为精简指令集(RISC, Reduced Instruction Set Computer)。由于嵌入式系统应用的广泛性和特殊性,因而嵌入式处理器的品种也很多。与全球PC市场不同的是,没有一种嵌入式处理器可以完全主导嵌入式市场,仅32位CPU就有100种以上的处理器。

1. 嵌入式处理器的分类

目前,常用的嵌入式处理器可以分为低端的嵌入式微控制器、中高端的嵌入式微处理器、