



普通高等教育“十二五”规划教材
高等院校计算机系列教材



Qianrushì Ruǎnjiānkāifā Shíyòngjiàochéng

嵌入式软件开发实用教程

李浪 刘宏 熊江 ◎ 主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

普通高等教育“十二五”规划教材
高等院校计算机系列教材

嵌入式软件开发实用教程

主 编	李 浪	刘 宏	熊 江
副主编	郑 斌	朱嵘涛	覃业梅
	黄 鑫	谢 勇	冯先成

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书是为嵌入式软件入门开发者编写的实用教程。全书根据初学者的特点,由浅入深、系统地讲述了嵌入式软件开发的方法和技能,目的是学习者学习本书后,能够掌握嵌入式软件的基本开发方法。全书从嵌入式系统的基本原理、概念开始,继而对基于 Windows CE 的嵌入应用软件设计开发进行深入介绍。全书共分 8 章,第 1 章对嵌入式系统基本知识作初步介绍;第 2 章对嵌入式系统的设计方法及设计的详细流程进行剖析;第 3 章对嵌入式系统的硬件组成进行讲述;第 4 章主要介绍 Windows CE 操作系统;第 5 章介绍基于 Windows CE 嵌入式操作系统定制;第 6 章从嵌入式软件工程师的角度,着重介绍嵌入式应用程序开发,一些典型例题的选取让初学者可以快速掌握嵌入式软件编程技巧;第 7 章主要论述设备驱动程序的设计与开发;第 8 章介绍 BSP 的开发技术。

对于没有 PXA255 开发板的学习者,书中第 6 章详细介绍了如何在模拟器上进行嵌入式软件开发的学习方法。

本书内容充实、重点突出,所选例题均具有较强的代表性,适合举一反三。教程特别适合嵌入式系统软件开发初学者,遵循循序渐进的原则,从基本原理介绍到注重开发能力的逐步提高。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式软件开发实用教程/李 浪 刘 宏 熊 江 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2011.7
ISBN 978-7-5609-7080-6

I. 嵌… II. ①李… ②刘… ③熊… III. 软件开发-高等学校-教材 IV. TP311.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 091021 号

嵌入式软件开发实用教程

李 浪 刘 宏 熊 江 主编

策划编辑:黄金文

责任编辑:余 涛

封面设计:范翠璇

责任校对:周 娟

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉中远印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:18.5

字 数:461 千字

版 次:2011 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:33.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

目前嵌入式系统已广泛地应用于军事、家用、工业、商业、办公、医疗等社会各个方面,嵌入式技术已成为 IT 领域的基础技术之一,也是目前最热门的应用,随着信息技术的发展,对嵌入式软件开发人员的需求也将更加紧迫。工业自动化控制领域、手持设备领域、数据通信领域、信息家电领域,都必将以嵌入式技术为基础,以促使本领域的设备和产品的创新和升级,市场对嵌入式系统相关产品的巨大需求已成为国民经济发展中的亮点。因此,需要培养大批嵌入式系统开发人才以满足日益增长的嵌入式系统市场需求。

在传统产品中嵌入微电脑芯片,可以提高产品的数字化、网络化与智能化水平,不仅有助于提高传统产品的技术含量,而且可以提高产品的市场竞争力,中国作为新兴的 IT 产业制造大国,如何培养大量符合市场要求的嵌入式系统开发人才已成为当务之急。

目前嵌入式系统被确定为当代大学生的一门核心基础课程。嵌入式系统课程体系中还包含有设计、开发软硬件的实训内容,是一个理论与实践紧密结合的课程体系。为此,在我国理工科类高等院校及高等职业技术学院开设“嵌入式软件开发教程”是必然的选择。

本书是嵌入式系统学习的入门课程,也是基础课程,它主要面向初学者,从最基本的原理、概念到嵌入式系统的组成结构、设计方法,在基本知识介绍的基础上,重点讲述基于 Windows CE 的嵌入式软件开发流程,包括操作系统的定制、BSP 的开发。

本书章节后有相应的习题,在章节的编排上结合了多年实践教学的经验,目的就是便于初学者如何快速掌握嵌入式系统的基本开发流程及开发设计技术。特别是对书中的典型实训例题要求熟练掌握,并达到举一反三的目的。

本书第 1 章由李浪、熊江编写,第 2 章由李浪、朱嵘涛编写,第 3 章由李浪、郑斌编写,第 4 章由李浪、覃业梅编写,第 5 章由谢勇编写,第 6 章由李浪、刘宏编写,第 7 章、第 8 章由黄鑫、冯先成编写。

本书的所有作者都是多年从事嵌入式计算教学的老师,特别是嵌入式软件的开发内容都是多年从事嵌入式系统研究与开发的博士们经验总结,同时也是作者们多年教学工作的积累和总结,书中难免还存在错误和不足,恳请读者指正和谅解。

同时,本书已开发好相应的教学 PPT 课件,有教学需要的老师可以发邮件给我们索取,我们的联系方式:lilang911@126.com。

作 者

2011 年 1 月

高等院校计算机系列教材

编 委 会

主 任:刘 宏

副 主 任:全惠云 熊 江

执行主任:黄金文

编 委:(以姓氏笔画为序)

王志刚 王 毅 乐小波 冯先成 刘先锋

刘连浩 刘 琳 羊四清 阳西述 许又全

陈书开 陈倩诒 邱建雄 杨凤年 李勇帆

李 浪 李华贵 张 文 张小梅 何昭青

何迎生 周 昱 罗新密 胡玉平 郭广军

徐雨明 徐长梅 高金华 黄同成 符开耀

龚德良 谭敏生 谭 阳 戴经国 瞿绍军

执行编委:朱建丽 余 涛 范 莹

目 录

第 1 章 嵌入式系统概述	(1)
1.1 嵌入式系统定义与特点	(1)
1.1.1 嵌入式系统的定义	(1)
1.1.2 嵌入式系统的特点	(2)
1.2 嵌入式系统的应用领域及发展趋势	(3)
1.2.1 嵌入式系统的应用领域	(4)
1.2.2 应用的发展趋势	(5)
1.3 嵌入式系统的组成结构	(5)
1.3.1 嵌入式系统的硬件	(5)
1.3.2 嵌入式系统的软件	(10)
1.4 嵌入式系统分类	(12)
1.5 嵌入式系统的发展历史	(13)
1.5.1 嵌入式发展的初始阶段	(13)
1.5.2 嵌入式系统的发展阶段	(14)
1.5.3 未来嵌入式系统的发展趋势	(15)
习题一	(16)
第 2 章 嵌入式系统的设计方法	(17)
2.1 嵌入式系统的一般设计流程	(17)
2.1.1 单片机系统	(17)
2.1.2 嵌入式处理器系统	(18)
2.2 传统的嵌入式系统设计方法	(21)
2.3 嵌入式系统的软硬件协同设计	(22)
2.4 嵌入式系统的测试技术	(24)
2.4.1 嵌入式软件的测试方法	(24)
2.4.2 嵌入式软件的测试工具	(25)
2.4.3 嵌入式系统的测试策略	(26)
习题二	(27)
第 3 章 嵌入式系统硬件组成	(28)
3.1 引言	(28)
3.2 嵌入式系统微处理器	(29)
3.2.1 微处理器	(29)
3.2.2 嵌入式系统对微处理器的要求	(30)

3.2.3 嵌入式处理器技术指标	(31)
3.2.4 嵌入式处理器选择原则	(33)
3.2.5 典型的嵌入式处理器	(36)
3.3 多核处理器	(54)
3.3.1 多核处理器的发展及其结构	(54)
3.3.2 多处理器结构需要考虑的几个方面	(56)
3.3.3 多核编程应用	(58)
3.4 嵌入式系统的存储器	(61)
3.4.1 嵌入式系统存储器的选择原则	(62)
3.4.2 示例	(66)
3.5 嵌入式系统的外部设备和 I/O 接口	(68)
3.5.1 外部设备	(69)
3.5.2 常见输入/输出接口类型	(77)
3.5.3 I/O 接口原理	(86)
习题三	(99)
第 4 章 Windows CE 介绍	(102)
4.1 Windows CE 概述	(105)
4.2 Windows CE 的特性	(105)
4.3 Windows Embedded CE 6.0 新特点	(107)
4.4 基于 Windows CE 的产品开发流程	(110)
4.5 Windows Embedded CE 6.0 的体系结构	(111)
4.6 Windows Embedded CE 6.0 的进程	(113)
4.7 Windows Embedded CE 6.0 的线程	(114)
4.8 Windows Embedded CE 6.0 的调度	(115)
4.9 Windows Embedded CE 6.0 的同步	(116)
4.10 Windows Embedded CE 6.0 的进程间通信	(117)
4.11 Windows Embedded CE 6.0 的内存管理	(117)
4.12 如何选择嵌入式操作系统	(119)
习题四	(120)
第 5 章 基于 Windows CE 的嵌入式操作系统定制	(121)
5.1 在 PC 上运行 Windows CE	(121)
5.1.1 Windows CE 6.0 环境搭建	(121)
5.1.2 软件开发环境搭建	(121)
5.2 Platform Builder 集成开发环境	(128)
5.2.1 Platform Builder 概述	(128)
5.2.2 Platform Builder 6.0 简述	(130)
5.2.3 VS 2005 简介	(130)

5.3 定制 Windows CE 操作系统的一般流程	(134)
5.4 操作系统移植	(142)
5.5 实例构建	(147)
习题五	(148)
第 6 章 基于 Windows CE 的嵌入式应用程序开发实例	(149)
6.1 概述	(149)
6.2 基于 Windows CE 嵌入式应用程序开发环境	(149)
6.2.1 硬件资源	(149)
6.2.2 软件资源	(150)
6.3 基于 Windows CE 的嵌入式应用程序开发流程	(150)
6.4 嵌入式系统应用程序开发实训	(151)
6.4.1 实训一 定制操作系统内核	(151)
6.4.2 实训二 用 EVC 开发应用程序	(158)
6.4.3 实训三 Windows CE.NET 动态链接库	(163)
6.4.4 实训四 Windows CE.NET 虚拟内存管理	(166)
6.4.5 实训五 Windows CE.NET 设备驱动程序开发	(173)
6.4.6 实训六 Windows CE.NET 文件系统开发	(184)
6.4.7 实训七 个人通信录	(193)
6.4.8 实训八 画图程序	(201)
6.4.9 实训九 计算器程序编制	(206)
习题六	(212)
第 7 章 驱动程序开发	(214)
7.1 驱动程序概述	(214)
7.1.1 设备驱动程序	(214)
7.1.2 Windows Embedded CE 6.0 驱动程序的新特性	(215)
7.1.3 驱动程序的样例源程序代码	(216)
7.2 Windows Embedded CE 6.0 驱动程序分类	(217)
7.2.1 分层驱动程序、单体驱动程序和混合驱动程序	(218)
7.2.2 Windows Embedded CE 6.0 驱动程序加载	(221)
7.2.3 本地驱动、流式驱动和文件系统驱动	(222)
7.2.4 Windows Embedded CE 6.0 内核模式驱动和用户模式驱动	(222)
7.3 本地设备驱动程序的设计与样例	(224)
7.3.1 本地设备驱动的分层结构	(224)
7.3.2 本地设备驱动程序样例	(224)
7.4 流式设备驱动程序设计与样例	(227)
7.4.1 流式驱动接口函数	(228)

7.4.2 接口函数详细论述	(229)
7.4.3 流式驱动程序工作流程	(233)
7.4.4 流式驱动程序样例	(234)
7.5 Windows Embedded CE 6.0 库函数与样例	(241)
7.5.1 CEDDK 库	(241)
7.5.2 简化注册表操作的函数	(243)
7.5.3 库函数使用样例	(244)
7.6 中断处理与实例	(245)
7.6.1 中断处理的过程	(246)
7.6.2 中断服务例程 ISR	(247)
7.6.3 中断服务线程 IST	(247)
7.6.4 中断延迟及实时性	(248)
7.6.5 中断处理样例	(249)
7.7 DMA 处理与实例	(255)
7.7.1 使用 CEDDK 库函数	(256)
7.7.2 使用内核函数	(258)
7.7.3 DMA 处理样例	(258)
7.8 电源管理与实例	(260)
7.8.1 电源管理器的结构	(260)
7.8.2 电源状态	(261)
7.8.3 设备电源管理	(264)
7.8.4 电源管理接口	(265)
7.8.5 在驱动程序中添加电源管理	(269)
7.8.6 电源管理驱动程序样例	(269)
习题七	(270)
第 8 章 BSP 开发	(271)
8.1 BSP 概述	(271)
8.1.1 BSP 的特点	(271)
8.1.2 BSP 的组成	(272)
8.1.3 Windows Embedded CE 6.0 自带 BSP	(273)
8.2 开发 BSP	(273)
8.2.1 硬件开发的设计和测试	(274)
8.2.2 克隆 BSP	(274)
8.2.3 开发 Boot Loader	(276)
8.2.4 开发 OAL	(276)
8.2.5 添加驱动程序	(276)
8.2.6 增加电源管理	(276)

8.2.7 发布 BSP	(277)
8.3 标准 CETK 测试的使用	(277)
8.3.1 CETK 环境搭建	(277)
8.3.2 自定义测试	(278)
8.3.3 CETK 实例	(282)
习题八	(284)
参考文献	(285)

第 1 章 嵌入式系统概述

1.1 嵌入式系统定义与特点

嵌入式系统一般指非 PC 系统,是由有计算机功能但又不能称为计算机的设备或器材组成的。它是以应用为中心,软硬件可裁减的,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等综合性严格要求的专用计算机系统。简单地说,嵌入式系统集成应用软件与硬件于一体,其工作方式类似于 PC 中 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和多任务的体系。嵌入式系统主要由嵌入式处理器、相关支撑硬件、嵌入式操作系统及应用软件等组成,它是可独立工作的“器件”。

嵌入式系统几乎包括了生活中所有电器设备,如掌上 PDA、移动计算设备、电视机顶盒、智能手机、数字电视、多媒体、车载设备、微波炉、数字相机、家庭自动化系统、电梯、空调、安全系统、自动售货机、蜂窝式电话、消费类电子设备、工业自动化仪表与医疗仪器等。

以往我们根据计算机的体系结构、运算速度、结构规模、适用领域,将计算机分为大型计算机、中型计算机、小型计算机和微计算机。随着计算机技术和产品对其他行业的广泛渗透,以应用为中心的分类方法变得更为切合实际,也就是按计算机的非嵌入式应用和嵌入式应用将其分为通用计算机和嵌入式计算机。

通用计算机一般具有标准的硬件配置,通过安装不同的应用软件,以适应各种不同的应用需求;而嵌入式计算机一般是以嵌入式系统的形式隐藏在各种装置、产品和系统中,是为某种特定应用或需求而设计的。

随着全球数字化、信息化的进程不断加快,嵌入式系统已广泛地应用于军事、家用、工业、商业、办公、医疗等社会各个方面。全球经济的持续增长以及信息化的加速发展必将使嵌入式系统市场进一步增长,在我国,信息化社会建设更是对嵌入式系统市场的发展起到了巨大的推动作用。

嵌入式技术已成为 IT 领域的基础技术之一,如图 1.1 所示。工业自动化控制领域、手持设备领域、数据通信领域、信息家电领域,都必将以嵌入式技术为基础,以促使本领域的设备和产品的创新和升级。

1.1.1 嵌入式系统的定义

根据 IEEE 的定义,嵌入式系统(Embedded System)是“控制、监视或者辅助设备、机器和车间运行的装置”(devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants)。这主要是从应用上加以定义的,从中可以看出嵌入式系统是软件和硬件的综合体,还可以涵盖机械等附属装置。不过,上述定义并不能充分体现嵌入式系统的精髓。



图 1.1 生活中随处可见的嵌入式系统

国内一个普遍被认同的定义是: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。

它一般由嵌入式微处理器、外部硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序等四个部分组成,用于实现对其他设备的控制、监视或管理等功能。

1.1.2 嵌入式系统的特点

与通用计算机相比,嵌入式系统主要有以下几个特点。

(1) 嵌入式系统极其关注成本。嵌入式系统必须能根据特定应用的需求,对软件、硬件进行裁剪以满足应用系统对功能、可靠性、成本、体积等的要求。在大多数情况下,需要注意的成本是系统成本。处理器成本固然是一个因素,但是如果采用高度集成的微控制器(Microcontroller Unit, MCU),而不是微处理器(Microprocessing Unit, MPU)和独立外设器件的组合,就能减小印制电路板的面积、减少所使用器件的个数、降低对电源输出功率的要求,这些都可降低器件总成本、生产管理和装配成本、产品调试成本。同时也可提高产品的可靠性,降低产品的维护成本。

(2) 嵌入式系统对实时性有较强要求。嵌入式系统一般对程序执行时间都有较高要求,故又称为实时系统。实时性一般分为两类:软实时系统和硬实时系统。硬实时系统要求相关任务(时间关键性的任务)必须在某个时间间隔内完成,一旦响应时间得不到满足,就可能引起系统崩溃或致命的错误;而软实时系统的任务为时间敏感性任务,响应时间得不到满足一般不会引起非常严重的后果。

(3) 嵌入式系统一般采用 EOS 或 RTOS。为了使程序能满足系统功能的要求,在保证程序逻辑正确性的同时,响应时间也必须达到系统的要求。对于功能较为复杂的嵌入式系统而言,控制响应时间是程序设计的关键。而对程序员来说,这往往很难驾驭或实现起来相当困难。因此,此类系统一般采用嵌入式操作系统(Embedded Operation System, EOS)来管理系统的硬件资源和时间资源。对于实时系统,应采用具有实时特性的嵌入式操作系统——实时操作系统(Real Time Operation System, RTOS)。另外使用操作系统也可减小产品的开发周期。对于功能较简单的小型电子装置,可以不采用操作系统,由应用软件来直接管理系统的硬件资源和时间资源。

(4) 嵌入式系统软件故障造成的后果较通用计算机的更为严重。因为嵌入式系统必须尽量减少软件的瞬时故障(软故障),所以嵌入式系统一般都采用某些保障机制,如看门狗定时器(Watch Dog Timer, WDT),来提高系统的可靠性。

(5) 嵌入式系统多为低功耗系统。大多数嵌入式系统没有充足的电能供应(如采用电池供电),并且功耗越小散热越容易,系统温升越低,系统的稳定性和可靠性越高。

(6) 嵌入式系统经常需要在极端恶劣的环境下运行。极端恶劣的环境一般意味着严酷的温度和很高的湿度,特殊场合下使用的嵌入式系统必须还要考虑防振、防尘、防水、防电磁干扰等问题。集成电路芯片分为商业级、工业级和军品级,嵌入式系统一般应选择工业级或军品级的芯片。

(7) 嵌入式系统的系统资源与通用计算机相比是非常少的。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,同时也利于实现系统安全。嵌入式系统的个性化很强,其中的软件系统和硬件的结合非常紧密,一般情况下,如果要针对硬件进行操作系统的移植,则即使在同一品牌、同一系列的产品中也需要根据系统硬件的变化和增减不断进行修改。针对不同的任务,往往需要对系统进行较大的更改,程序的编译下载要与系统相结合,这种修改与通用软件的“升级”是完全不同的概念。

(8) 嵌入式系统通常在 ROM 中存放所有程序的目标代码。几乎所有的计算机系统都要在 ROM 中存放部分代码(如 PC 中的 BIOS 是存放在 Flash 内的),而多数嵌入式系统必须把所有的代码都存放在 ROM 中。这意味着对存放在 ROM 中的代码长度有极严格的限制。除此之外,由于 ROM 的读取速度比 RAM 低,在程序执行前一般要将其从 ROM 移至 RAM。在设计系统硬件和软件时应考虑此问题。

(9) 嵌入式系统可采用多种类型的处理器和处理器体系结构。系统所采用的处理器确定了系统的体系结构(包括系统硬件的组成和指令系统),可选的处理器有微处理器、微控制器、数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)等,还可选择片上系统(System On Chip, SoC)。

(10) 嵌入式系统需要专用开发工具和方法进行设计。嵌入式系统的开发工具通常由软件和硬件组成。软件包括交叉编译器、模拟器、调试器、集成开发环境(Integrated Development Environment, IDE)等;硬件包括 ROM 仿真器、在线仿真器(In-Circuit Emulator, ICE)、在线调试器(In-Circuit Debugger, ICD)、片上调试器(On-Chip Debugger, OCD)等。

(11) 嵌入式系统具有软件的固件化特点。嵌入式系统是一个软硬件高度结合的产物,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处理器芯片中,用户通常不能任意修改其中的程序功能。

除此以外,嵌入式系统还具有隐式应用形态、高可靠性等特点,这里不再一一赘述。

1.2 嵌入式系统的应用领域及发展趋势

嵌入式系统主要用于各种信号处理与控制,已在国防、国民经济及社会生活等领域普遍

采用,成为数字化电子信息产品的核心。

1.2.1 嵌入式系统的应用领域

嵌入式系统所涉及的应用领域极其广泛,嵌入式计算机在应用数量上远远超过了各种通用计算机,一台通用计算机的外部设备就包含众多嵌入式微处理器,如键盘、鼠标、软驱、硬盘、显示器、显卡、网卡、声卡、打印机、扫描仪、数码相机、集线器等均是由嵌入式处理器控制的。制造工业、过程控制、通信、仪器、仪表、汽车、船舶、航空、航天、军事装备、消费类产品等方面均是嵌入式计算机的应用领域。

典型的嵌入式系统的应用领域主要有以下几方面。

1) 工业控制

基于嵌入式芯片的工业自动化设备将获得长足的发展,目前已经有大量的 8、16、32 位嵌入式微控制器在应用中。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、数字机床、电力系统、电网安全、电网设备监测、石油化工系统。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。但是随着技术的发展,32 位、64 位的处理器逐渐成为工业控制设备的核心,在未来几年内必将获得长足的发展。

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,嵌入式系统技术已经获得广泛的应用,内嵌 GPS 模块、GSM 模块的移动定位终端已经在各种运输行业获得成功的使用。例如,目前 GPS 设备已经从过去的高端产品进入了普通百姓的家庭,很多私人汽车上都配备了 GPS 导航和定位设备。

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。即使你不在家里,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。

4) 家庭智能管理系统

水、电、煤气表的远程自动抄表,安全防火、防盗系统,其中嵌入的专用控制芯片将代替传统的人工检查,并实现更高、更准确和更安全的性能。目前在服务领域,如远程点菜器等就体现了嵌入式系统的优势。

5) POS 网络及电子商务

公共交通无接触智能卡(Contactless Smartcard,CSC)发行系统、公共电话卡发行系统、自动售货机、各种智能 ATM 终端将全面走入人们的生活,到时手持一卡就可以行遍天下。

6) 环境工程与自然

对水文、防洪体系及水土质量、堤坝安全、地震、实时气象、水源和空气污染进行实时监测。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。

7) 机器人

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

这些可以着重于在控制方面的应用。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,家电产品控制协议也需要制订和统一,这需要家电生产厂家来做。同样的道理,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通过网络实现控制。所以,开发和探讨嵌入式系统有着十分重要的意义。

1.2.2 应用的发展趋势

信息时代、数字时代使得嵌入式产品应用获得了巨大的发展契机,为嵌入式市场展现了美好的前景,从中可以看出未来嵌入式系统应用的几大发展趋势。

1) 为设备网络通信提供标准接口

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,嵌入设备必须配 Ethernet 网口,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、影视设备等)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 或 Bluetooth 通信接口,同时也需要提供相应的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

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。例如,选用最佳的编程模式和不断改进算法;采用 EC++ 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 Web 和 WAP 技术等。

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,以及优美的人机交互界面。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、图像已获得初步成效,一些先进的 PDA 在显示屏幕上已实现汉字写入、短信息、语音发布。

4) 嵌入式网络

随着信息时代的到来,Internet 技术已进入人们日常生活中的各个领域,嵌入式网络应运而生,从而在更好地利用 Internet 庞大的信息资源的同时,实现了嵌入式系统功能上的一个飞跃。目前,嵌入式系统和网络已是一种不可分割的结合体。家电上网和实现远程操作,其意义不仅在于这种网络的出现所产生的经济价值,更在于把家电从个体进入网络,实现了嵌入式系统网络化。

1.3 嵌入式系统的组成结构

嵌入式系统的基本结构一般可分为两个部分:硬件和软件,如图 1.2 所示。

1.3.1 嵌入式系统的硬件

嵌入式系统的硬件包括嵌入式核心芯片、存储器系统及外部接口。其中嵌入式核心芯片是指 EMPU——嵌入式处理器、EMCU——嵌入式控制器、EDSP——嵌入式数字信号处理器、SoC——嵌入式片上系统、PSoC——嵌入式可编程片上系统。嵌入式系统的存储器

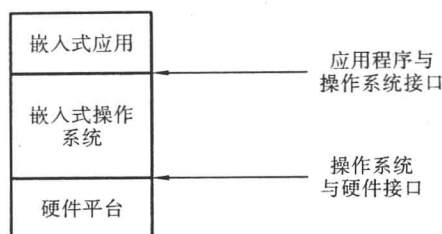


图 1.2 嵌入式系统的结构

系统,包括程序存储器(ROM、EPROM、Flash)、数据存储器、随机存储器、参数存储器等。

1. 嵌入式处理器

嵌入式处理器是构成系统的核心部件,系统工程中的其他部件均在它的控制和调度下工作。处理器通过专用的接口获取监控对象的数据、状态等各种信息,并对这些信息进行计算、加工、分析和判断及作出相应的控制决策,再通过专用接口将控制信息传送给控制对象。根据其现状,嵌入式处理器可以分成嵌入式微处理器(EMPU)、嵌入式微控制器(EMCU)、嵌入式 DSP 处理器(EDSP)、嵌入式片上系统(ESoC)。

1) 嵌入式微处理器(Embedded MicroProcessor Unit, MPU)

嵌入式微处理器是由通用计算机中的 CPU 演变而来的。它的特征是具有 32 位以上的处理器,具有较高的性能,当然其价格也相应较高。但与计算机处理器不同的是,在实际嵌入式应用中,只保留和嵌入式应用紧密相关的功能硬件,去除其他的冗余功能部分,这样就以最低的功耗和资源实现嵌入式应用的特殊要求。嵌入式微处理器是嵌入式系统的核心。

2) 嵌入式微控制器(Embedded MicroController Unit, MCU)

MicroController Unit 中文名称为微控制单元,又称单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),是指随着大规模集成电路的出现及其发展,将计算机的 CPU、RAM、ROM、定时器和多种 I/O 接口集成在一片芯片上,形成芯片级的计算机,它可为不同的应用场合做不同组合控制。

EMCU 按其存储器类型可分为 MASK(掩模)ROM、OTP(一次性可编程)ROM、Flash ROM 等类型。MASKROM 的 MCU 价格便宜,但程序在出厂时已经固化,适合程序固定不变的应用场合;Flash ROM 的 MCU 程序可以反复擦写,灵活性很强,但价格较高,适合对价格不敏感的应用场合或做开发用途;OTPROM 的 MCU 价格介于前两者之间,同时又具有一次性可编程能力,适合既要求一定灵活性,又要求低成本的应用场合,尤其是功能不断翻新、需要迅速量产的电子产品。

由于 EMCU 价格低廉,功能完备,所以拥有的品种和数量最多,比较有代表性的是 8051、MCS-251、MCS-96/196/296、P51XA、C166/167、68K 系列及 MCU 8XC930/931、C540、C541,并且有支持 I²C、CAN-Bus、LCD 及众多专用 EMCU 和兼容系列。目前 EMCU 占嵌入式系统约 70% 的市场份额。近年来 Atmel 出产的 Avr 单片机由于其集成了 FPGA 等器件,所以具有很高的性价比,势必将推动单片机获得更快的发展。

3) DSP 处理器(Digital Signal Processor, DSP)

DSP 是一种独特的微处理器,是以数字信号来处理大量信息的器件,如图 1.3 所示。

其工作原理是将接收的模拟信号转换为 0 或 1 的数字信号,再对数字信号进行修改、删除、强化,并在其他系统芯片中把数字数据解释和编译回模拟数据或实际环境格式。它不仅具有可编程性,而且其实时运行速度可达每秒数千万条复杂指令程序,远远超过通用微处理器的运行速度,是数字化电子世界中日益重要的芯片。它强大的数据处理能力和高运行速度,是最值得称道的两大特色。

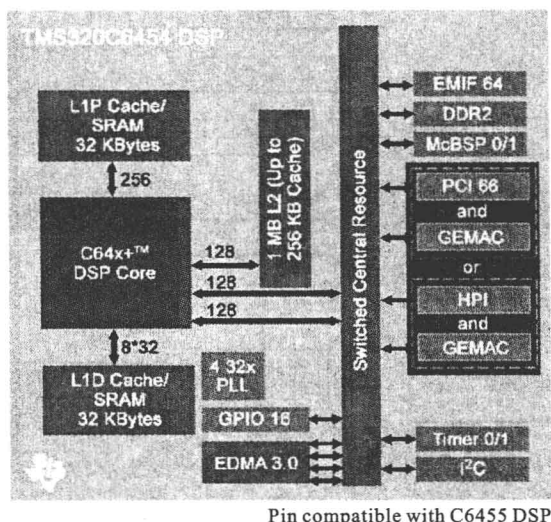


图 1.3 一个 DSP 结构实例

当然,与通用微处理器相比,DSP 芯片的其他通用功能相对较弱些。目前最为广泛应用的是 TI 的 TMS320C2000/C5000 系列,另外如 Intel 的 MCS-296 和 Siemens 的 TriCore 也有各自的应用范围。

4) 嵌入式片上系统(System on Chip, SoC)

SoC 的定义多种多样,由于其内涵丰富、应用范围广,很难给出准确定义。一般说来,SoC 称为系统级芯片,有的也称为片上系统,意指它是一个产品,是一个有专用目标的集成电路,其中包含完整系统并有嵌入软件的全部内容。同时它又是一种技术,用于实现从确定系统功能开始,到软、硬件功能划分,并完成设计的整个过程。从狭义角度讲,它是信息系统核心的芯片集成,是将系统关键部件集成在一块芯片上形成的;从广义角度讲,SoC 是一个微小型系统,如果说中央处理器(CPU)是大脑,那么 SoC 就是包括大脑、心脏、眼睛和手的系统。国内外学术界一般倾向于将 SoC 定义为将微处理器、模拟 IP 核、数字 IP 核和存储器(或片外存储控制接口)集成在单一芯片上的片上系统,它通常是客户定制的,或是面向特定用途的标准产品。SoC 的体系结构如图 1.4 所示。

2. 嵌入式存储器

嵌入式存储器不同于片外存储器,它是在片内与系统中各个逻辑、混合信号等共同组成芯片的一个基本组成部分。嵌入式存储器包括嵌入式静态存储器、动态存储器和各种非易失性存储器。

嵌入式存储器分为两类:一类是易失性存储器;另一类是非易失性存储器。易失性存储