

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

软 件 专 业 系 列

案 例 式
教 材



基于 C# 的 Windows CE 程序开发实例教程

陈云志 张应辉 李丹 编著
曾庆华 主审

清华大学出版社



21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

软 件 专 业 系 列

基于C#的Windows CE 程序开发实例教程

陈云志 张应辉 李丹 编著
曾庆华 主审



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 C# 语言、Visual Studio .NET 2003 为开发环境,深入介绍了 Windows CE 应用程序开发的实用技术。本书分为基础篇和应用篇两部分。基础篇主要介绍了 Windows CE 概述、C# 程序设计基础、XML 基础、SQL CE 数据库。应用篇主要通过 4 个实例程序介绍 Windows CE 程序开发,这些实例是基于 XML 存储数据的图书管理系统、基于 SQL CE 存储数据的学生信息管理系统、Windows CE Web 应用——MobileQQ、Smartphone 手机程序示例。

本书系统性强、内容丰富、图文并茂,侧重实用性。完整的源代码可从 <http://www.tup.com.cn> 网站上下载,并直接编译执行。

本书可作为高等院校本科生、专科生计算机相关专业的教材,也可供计算机软件、嵌入式软件开发人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

基于 C# 的 Windows CE 程序开发实例教程/陈云志,张应辉,李丹编著. —北京:清华大学出版社,2008.1

21 世纪高职高专规划教材. 软件专业系列

ISBN 978-7-302-16515-6

I. 基… II. ①陈… ②张… ③李… III. ①C 语言—程序设计—高等学校:技术学校—教材 ②窗口软件,Windows—程序设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TP312 TP316.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 180147 号

责任编辑:曾 妍
责任校对:袁 芳
责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社
<http://www.tup.com.cn>
c-service@tup.tsinghua.edu.cn
社总机:010-62770175
投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座
邮 编:100084
邮购热线:010-62786544
客户服务:010-62776969

印装者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:16.25

字 数:369 千字

版 次:2008 年 1 月第 1 版

印 次:2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:23.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:022718-01

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版了“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立了“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来源于教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件和政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;
- (4) 教材编写者由具有丰富教学经验和多年实践经验的教师共同组成,建立“双师型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

• 公共基础课

公共基础课系列

• 计算机类

计算机基础教育系列

计算机专业基础系列

计算机应用系列

网络专业系列

软件专业系列

电子商务专业系列

• 电子信息类

电子信息基础系列

微电子技术系列

通信技术系列

电气、自动化、应用电子技术系列

• 机械类

机械基础系列

机械设计与制造专业系列

数控技术系列

模具设计与制造系列

• 经济管理类

经济管理基础系列

市场营销系列

财务会计系列

企业管理系列

物流管理系列

财政金融系列

国际商务系列

• 服务类

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程的可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程的可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程的可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设;加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail:gzgz@tup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量教材。

高职高专教育教材编审委员会

前 言

基于 C# 的 Windows CE 程序开发实例教程

目前,对于我国的软件行业专业人员来说,市场需求与软件行业学历教育培养数量之间有着很大的差距,适合企业用人标准的优秀软件人才极度匮乏。

嵌入式应用无疑是当前最热门、最有发展前途的 IT 应用领域之一。嵌入式系统用在一些特定的专用设备上,通常这些设备的硬件资源(如处理器、存储器等)非常有限,并且对成本很敏感,有时对实时响应要求很高。特别是随着消费家电的智能化,嵌入式更显重要。像我们常常见到的手机、PDA、电子字典、可视电话、VCD/DVD/MP3 Player、数码相机(DC)、数码摄像机(DV)、U-Disk、机顶盒(Set Top Box)、高清电视(HDTV)、游戏机、智能玩具、交换机、路由器、数控设备或仪表、汽车电子、家电控制系统、医疗仪器、航天航空设备等都是典型的嵌入式系统。

微软 Windows CE 是一种开放且多样化的 32 位嵌入式操作系统,其设计目的是为符合广泛的智能设备的需求,例如从诸如工业控制器、通信集线器和收款机系统(POS)等企业工具,到诸如摄影机、电话和家庭娱乐设备等电子消费性产品,为自动控制、视听娱乐、移动计算、终端、数据收集、数据共享及联网等各个应用领域提供一个稳定、实时及多任务的操作系统。Windows CE .NET 被广泛应用于工业自动化控制器、互联网应用设备、常驻型网关器、个人数字助理等各种设备。

Visual C#(读作“C sharp”)是 Visual Studio .NET 中引入的一种新的编程语言。C# 从 C 和 C++ 演变而来,是一种简单的、现代的、类型安全的和面向对象的语言。C# 语法简洁,不允许直接操作内存,没有指针,关键字更加明了。在面向对象设计方面,C# 中的每种类型都可以当作对象,C# 只允许单继承,也没有全局变量和全局常数,所有的一切都必须封装在一个类中,使代码具有更好的可读性。设计 C# 是为了建立运行于 .NET 平台上的、范围广泛的企业级应用程序。用 Visual C# 编写的代码被编译为托管代码,这意味着它将受益于公共语言运行库的服务。这些服务包括语言互操作性、垃圾回收、增强的安全性以及改进的版本支持。

本书可作为高等院校本科生、专科生计算机相关专业的教材,也可供计算机软件、嵌入式软件开发人员参考。本书中所介绍的实例都是在 Windows 2003 及 Windows Visual Studio .NET 2003 环境下调试运行通过的。

需要本书实例的读者请到 <http://www.tup.com.cn> 下载。

由于水平有限,书中难免存在不妥之处,请读者提出宝贵意见。

编 者

2007 年 6 月

目 录

基于 C# 的 Windows CE 程序开发实例教程

基 础 篇

| | |
|----------------------------------|----|
| 第 1 章 Windows CE 概述 | 3 |
| 1.1 嵌入式系统的概念 | 3 |
| 1.1.1 嵌入式系统的由来 | 3 |
| 1.1.2 嵌入式系统的特点 | 4 |
| 1.1.3 嵌入式系统的种类 | 4 |
| 1.2 嵌入式处理器 | 5 |
| 1.3 嵌入式操作系统 | 6 |
| 1.3.1 嵌入式系统发展过程中的嵌入式操作系统 | 6 |
| 1.3.2 嵌入式操作系统的特点 | 7 |
| 1.3.3 嵌入式操作系统的发展状况 | 8 |
| 1.4 Windows CE 操作系统 | 9 |
| 1.5 Windows CE 程序开发工具 | 12 |
| 1.6 习题 | 13 |
| 第 2 章 C# 程序设计基础 | 14 |
| 2.1 认识 C# | 14 |
| 2.1.1 简单的 Windows 应用程序 | 14 |
| 2.1.2 代码分析 | 15 |
| 2.2 变量与数据类型 | 15 |
| 2.2.1 变量与常量 | 15 |
| 2.2.2 简单数据类型 | 17 |
| 2.2.3 结构类型 | 21 |
| 2.2.4 枚举类型 | 23 |
| 2.2.5 数据类型转换 | 24 |
| 2.2.6 表达式 | 26 |
| 2.3 流程控制 | 37 |

| | | |
|------------|----------------------------------|-----------|
| 2.3.1 | 选择语句 | 38 |
| 2.3.2 | 迭代语句 | 41 |
| 2.3.3 | 跳转语句 | 45 |
| 2.3.4 | 异常处理语句 | 46 |
| 2.4 | 方法与数组 | 47 |
| 2.4.1 | 方法 | 47 |
| 2.4.2 | 方法参数 | 50 |
| 2.4.3 | 数组 | 52 |
| 2.5 | 面向对象编程 | 54 |
| 2.5.1 | 类与对象 | 55 |
| 2.5.2 | 继承 | 67 |
| 2.5.3 | 多态 | 74 |
| 2.6 | 习题 | 82 |
| 第3章 | XML 基础 | 83 |
| 3.1 | XML 概述 | 83 |
| 3.1.1 | Internet 的历史 | 83 |
| 3.1.2 | XML 语言的出现 | 83 |
| 3.1.3 | XML 的好处 | 85 |
| 3.1.4 | XML 发展前景 | 87 |
| 3.1.5 | 一个简单的 XML 案例 | 88 |
| 3.1.6 | XML 的成功应用——RSS | 88 |
| 3.2 | XML 语法 | 91 |
| 3.2.1 | 标记语法 | 91 |
| 3.2.2 | 文档部分 | 92 |
| 3.2.3 | 元素 | 93 |
| 3.2.4 | 属性 | 95 |
| 3.2.5 | 注释 | 96 |
| 3.2.6 | XML 存取数据 | 96 |
| 3.3 | 工具的使用 | 97 |
| 3.4 | 习题 | 98 |
| 第4章 | SQL CE 数据库 | 99 |
| 4.1 | 认识 SQL CE | 99 |
| 4.1.1 | 嵌入式数据库和 SQL Server CE 基本介绍 | 99 |
| 4.1.2 | ActiveSync 数据同步 | 100 |
| 4.2 | Windows CE 下 SQL CE 程序开发初步 | 102 |
| 4.2.1 | 项目创建 | 102 |

| | | |
|-------|---------|-----|
| 4.2.2 | 运行程序 | 104 |
| 4.3 | ADO.NET | 106 |
| 4.4 | 查询分析器 | 114 |
| 4.5 | 习题 | 118 |

应用篇

| | | |
|--------------|------------------------------------|-----|
| 第 5 章 | 图书管理系统(基于 XML 存储数据) | 121 |
| 5.1 | 图书管理系统基本功能 | 121 |
| 5.1.1 | XML 存储数据 | 121 |
| 5.1.2 | 图书管理系统功能模块 | 121 |
| 5.2 | 程序的实现 | 123 |
| 5.2.1 | 项目创建 | 123 |
| 5.2.2 | 主窗体的设计 | 124 |
| 5.2.3 | 添加用户信息 XML 文件 | 127 |
| 5.2.4 | 用户登录模块的实现 | 130 |
| 5.2.5 | 添加图书窗体的实现 | 134 |
| 5.2.6 | 编辑图书窗体的实现 | 138 |
| 5.2.7 | 主窗体 mainForm 的实现 | 141 |
| 5.2.8 | 主菜单功能的实现 | 147 |
| 5.3 | 习题 | 150 |
| 第 6 章 | 学生信息管理系统(基于 SQL CE 存储数据) | 151 |
| 6.1 | 学生信息管理系统基本功能 | 151 |
| 6.1.1 | SQL CE 存储数据 | 151 |
| 6.1.2 | 学生信息管理系统功能模块 | 151 |
| 6.2 | 程序的实现 | 152 |
| 6.2.1 | 项目创建 | 152 |
| 6.2.2 | 主窗体的设计 | 153 |
| 6.2.3 | 主菜单功能的实现 | 156 |
| 6.2.4 | 添加学生窗体 | 165 |
| 6.2.5 | 编辑学生窗体的实现 | 167 |
| 6.2.6 | 查询窗体的实现 | 169 |
| 6.2.7 | 主窗体 mainForm 的实现 | 170 |
| 6.2.8 | 程序的运行 | 176 |
| 6.3 | 习题 | 178 |
| 第 7 章 | Windows CE Web 应用——MobileQQ | 179 |
| 7.1 | ASP.NET 应用程序开发基础 | 179 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 7.1.1 | ASP.NET Web 应用程序的组成 | 180 |
| 7.1.2 | ASP.NET Web 应用程序的开发流程 | 181 |
| 7.2 | ASP.NET 移动 Web 应用程序的开发 | 181 |
| 7.2.1 | ASP.NET 移动控件 | 182 |
| 7.2.2 | ASP.NET 移动 Web 应用程序与 ASP.NET Web 应用程序的兼容性 | 182 |
| 7.3 | ASP.NET 移动 Web 应用程序 MobileQQ 的实现 | 183 |
| 7.3.1 | MobileQQ 的分析及设计规范 | 183 |
| 7.3.2 | MobileQQ 数据层 | 203 |
| 7.3.3 | MobileQQ 业务层的实现 | 219 |
| 7.3.4 | MobileQQ 用户界面层 | 226 |
| 7.4 | 实验和练习 | 232 |
| 7.4.1 | 实验 1: 新建解决方案 | 232 |
| 7.4.2 | 实验 2: 向解决方案中添加新项目 | 233 |
| 7.4.3 | 实验 3: 添加对项目组件的引用 | 234 |
| 7.4.4 | 实验 4: 添加对 .NET 组件的引用 | 235 |
| 7.4.5 | 实验 5: 创建一个 ASP.NET 移动 Web 应用程序项目 | 235 |
| 7.4.6 | 实验 6: 向 ASP.NET 移动 Web 应用程序项目 添加 Web 窗体 | 235 |
| 7.4.7 | 实验 7: 向 ASP.NET 移动 Web 应用程序项目 添加用户控件 | 237 |
| 7.4.8 | 实验 8: 自定义定时刷新控件 TimerForm | 238 |
| 第 8 章 | Smartphone 手机程序示例 | 241 |
| 8.1 | 认识 Smartphone 程序 | 241 |
| 8.1.1 | Smartphone 简要介绍 | 241 |
| 8.1.2 | 开发环境的搭建 | 242 |
| 8.1.3 | 编写 HelloWorld 程序 | 243 |
| 8.2 | 发送短信程序 | 245 |
| 8.2.1 | 发送短信的原理 | 245 |
| 8.2.2 | 程序实现 | 246 |
| 8.3 | 习题 | 248 |
| 参考文献 | | 249 |

基础篇

第1章 Windows CE 概述

第2章 C#程序设计基础

第3章 XML 基础

第4章 SQL CE 数据库

Windows CE 概述

本章介绍嵌入式系统的概念、嵌入式处理器基本知识、嵌入式操作系统、Windows CE 操作系统和 Windows CE 程序开发工具。本章是全书的引入章节,是学习后面内容的基本准备。

1.1 嵌入式系统的概念

1.1.1 嵌入式系统的由来

嵌入式系统是一个相对模糊的定义,一个手持的 MP3 和一个 PC104 的微型工业控制计算机都可以认为是嵌入式系统。

嵌入式系统已经有了 30 多年的发展历史,它是硬件和软件交替发展的双螺旋式发展的结果。

电子数字计算机诞生于 1946 年,在其后漫长的历史进程中,计算机一直是置于一定的温湿条件的特殊的机房中,价格比较昂贵。直到 20 世纪 70 年代微处理器的出现,计算机才出现了历史性的变化。以微处理器为核心的微型计算机以其小型、价廉、高可靠性等特点,迅速走出机房。基于高速数值计算能力的微型机,表现出的智能化水平引起了控制专业人士的兴趣,要求将微型机嵌入到一个对象体系中,实现对象体系的智能化控制。例如,将微型计算机经电气加固、机械加固,并配置各种外围接口电路,安装到大型舰船中构成自动驾驶仪或轮机状态监测系统。这样一来,计算机便失去了原来的形态与通用的计算机功能。为了区别于原有的通用计算机系统,把嵌入到对象体系中,实现对象体系智能化控制的计算机,称作嵌入式计算机系统。

由于嵌入式计算机系统要嵌入到对象体系中,实现的是对象的智能化控制,因此它有着与通用计算机系统完全不同的技术要求与技术发展方向。通用计算机系统的技术要求是高速、海量的数值计算;技术发展方向是总线速度的无限提升,存储容量的无限扩大。而嵌入式计算机系统的技术要求则是对象的智能化控制能力;技术发展方向是与对象系统密切相关的嵌入性能、控制能力与控制的可靠性。早期,人们勉为其难地将通用计算机系统进行改装,在大型设备中实现嵌入式应用。然而,对于众多的对象系统(如家用电器、仪器仪表、工控单元等),无法嵌入通用计算机系统,况且嵌入式系统与通用计算机系统的技术发展方向完全不同,因此,必须独立地发展通用计算机系统与嵌入式计算机系统,这

就形成了现代计算机技术发展的两大分支：通用计算机系统与嵌入式计算机系统。通用微处理器迅速从 286、386、486 到奔腾系列，而嵌入式计算机系统则走上了一条完全不同的道路，这条独立发展的道路就是单芯片化道路。

最早的嵌入式系统是单片机。最早的单片机是 Intel 公司的 8048，它出现于 1976 年。与此同时，Motorola 推出了 68HC05，Zilog 公司推出了 Z80 系列，这些早期的单片机均含有 256B 的 RAM、4KB 的 ROM、4 个 8 位并口、1 个全双工串行口、两个 16 位计时器。之后在 20 世纪 80 年代初，Intel 又进一步完善了 8048，在它的基础上研制成功了 8051。

嵌入式系统主要由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序四个部分组成，它是集软硬件于一体的可独立工作的“器件”。

嵌入式系统通用的概念是：以应用为中心，以计算机技术为基础，软件硬件可裁剪，功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。

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。如各类单片机和 DSP 系统。这些系统在完成较为单一的专业功能时具有简洁高效的特点。但由于它们没有操作系统，管理系统硬件的能力有限，因而在实现复杂多任务功能时，往往困难重重，甚至无法实现。

从狭义上讲，我们更加强调那些使用嵌入式微处理器构成独立系统、具有自己的操作系统、具有特定功能、用于特定场合的嵌入式系统。本书中介绍的嵌入式系统是指狭义上的嵌入式系统。

1.1.2 嵌入式系统的特点

按照历史性、本质性、普遍性的要求，嵌入式系统应定义为：嵌入到对象体系中的专用计算机系统。“嵌入性”、“专用性”与“计算机系统”是嵌入式系统的三个基本要素。对象系统则是指嵌入式系统所嵌入的宿主系统。

与“嵌入性”相关的特点：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（小型）、电气环境（可靠）、成本（价廉）等要求。

与“专用性”相关的特点：软、硬件的裁剪性；满足对象要求的最小软、硬件配置等。

与“计算机系统”相关的特点：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。与以上两个特点相呼应，这样的计算机必须配置有与对象系统相适应的接口电路。

另外，在理解嵌入式系统定义时，不要与嵌入式设备相混淆。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。

1.1.3 嵌入式系统的种类

按照上述嵌入式系统的定义，只要满足定义中三要素的计算机系统，都可称为嵌入式系统。嵌入式系统按形态可分为系统级（工控机）、主板级（单板、模块）、芯片级（MCU、SoC）。

- 系统级：各种类型的工控器、PC104 模块。
- 主板级：各种类型的带 CPU 的主板及 OEM 产品。

- 芯片级：各种以单片机、DSP、微处理器为核心的产品。

1.2 嵌入式处理器

嵌入式系统的核心是嵌入式处理器，是控制、辅助系统运行的硬件单元。其范围极其广泛，不仅包括最初的 4 位处理器、目前仍然广泛使用的 8 位单片机，而且包括最新的 16 位、32 位和 64 位的嵌入式处理器。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，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。
- 具有可扩展的处理器结构，以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，如需要功耗只有 mW 甚至 μ W 级。

嵌入式处理器可分为四类：嵌入式微控制器、嵌入式 DSP 处理器、嵌入式微处理器、嵌入式片上系统，见图 1-1。

(1) 嵌入式微控制器

嵌入式微控制器(MCU)的典型代表是单片机，这种 8 位的电子器件目前在嵌入式设备中仍然有着极其广泛的应用。单片机芯片内部集成 ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、定时/计数器、看门狗、I/O、串行口、脉宽调制输出、A/D、D/A、Flash RAM 等各种必要功能和外设。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。由于 MCU 具有低廉的价格、优良的功能，所以其品种和数量最多，比较有代表性的有 MCS-51 系列、MCS-96/196/296、P51XA、C166/167、68K 系列以及 MCU 8XC930/931、C540、C541，并且有支持 I2C、CAN-Bus、LCD 及众多专用 MCU 和兼容系列。Microchips 公司、TI 公司的产品功耗极低，非常适用于电池供电的仪器仪表。近来 Atmel 公司推出的 AVR 单片机由于集成了 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高的发展。

(2) 嵌入式 DSP 处理器

DSP 处理器是专门用于信号处理方面的处理器，其在系统结构和指令算法方面进行了特殊设计，在数字滤波、FFT、谱分析等各种仪器上获得了大规模的应用。DSP 的理论

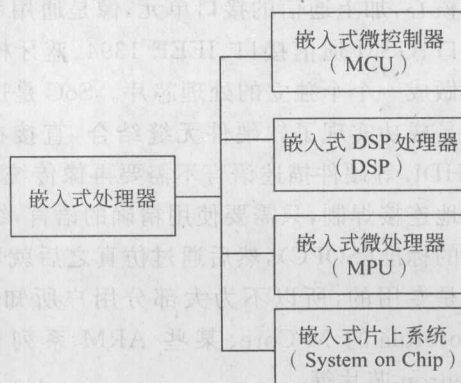


图 1-1 嵌入式处理器的分类

算法在 20 世纪 70 年代就已经出现,但是由于专门的 DSP 处理器还未出现,所以这种理论算法只能通过 MPU 等分立元件实现。1982 年世界上诞生了首枚 DSP 芯片,在语音合成和编码解码器中得到了广泛应用。DSP 的运算速度进一步提高,应用领域也从上述范围扩大到了通信和计算机方面。目前最为广泛应用的嵌入式 DSP 处理器是 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。

(3) 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器(MPU)是由通用计算机中的 CPU 演变而来的。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。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。目前主要的嵌入式处理器类型有 Am186/88、386EX、SC-400、Power PC、68000、MIPS、ARM/StrongARM 系列等。

(4) 嵌入式片上系统

嵌入式片上系统(System on Chip, SoC)微处理器是一种电路系统,它结合了许多功能区块,将功能做在一个芯片上,像是 ARM RISC、MIPS RISC、DSP 或是其他的微处理器核心,加上通信的接口单元,像是通用串行端口(USB)、TCP/IP 通信单元、GPRS 通信接口、GSM 通信接口、IEEE 1394、蓝牙模块接口等,这些单元以往都是依照各单元的功能做成一个个独立的处理芯片。SoC 是追求产品系统最大包容的集成器件,其最大的特点是成功实现了软硬件无缝结合,直接在处理器片内嵌入操作系统的代码模块。运用 VHDL 等硬件描述语言不需要再像传统的系统设计一样,绘制庞大复杂的电路板,一点点地连接焊制,只需要使用精确的语言,综合时序设计直接在器件库中调用各种通用处理器的标准(SOPC),然后通过仿真之后就可以直接交付芯片厂商进行生产。由于 SoC 往往是专用的,所以不为大部分用户所知,如 Philips 的 Smart XA、Siemens 的 TriCore、Motorola 的 M-Core、某些 ARM 系列器件,以及 Echelon 和 Motorola 联合研制的 Neuron 芯片等。

1.3 嵌入式操作系统

1.3.1 嵌入式系统发展过程中的嵌入式操作系统

综观嵌入式技术的发展,大致经历了以下 4 个阶段。

第一阶段是以单芯片为核心的可编程控制器形式的系统,同时具有与监测、伺服、指示设备相配合的功能。这种系统大部分应用于一些专业性极强的工业控制系统中,一般没有操作系统的支持,通过汇编语言编程对系统进行直接控制,运行结束后清除内存。这一阶段系统的主要特点是:系统结构和功能都相对单一,处理效率较低,存储容量较小,几乎没有用户接口。由于这种嵌入式系统使用简便、价格很低,以前在国内工业领域应用较为普遍,但是已经远远不能适应高效的、需要大容量存储介质的现代化工业控制和新兴的信息家电等领域的需求。

第二阶段是以嵌入式 CPU 为基础、以简单操作系统为核心的嵌入式系统。这一阶段系统的主要特点是: CPU 种类繁多,通用性比较弱;系统开销小,效率高;操作系统具有一定的兼容性和扩展性;应用软件较专业,用户界面不够友好;系统主要用来控制系统负载以及监控应用程序运行。

第三阶段是以嵌入式操作系统为标志的嵌入式系统。这一阶段系统的主要特点是:嵌入式操作系统能运行于各种不同类型的微处理器上,兼容性好;操作系统内核精小、效率高,并且具有高度的模块化和扩展性;具备文件和目录管理、设备支持、多任务、网络支持、图形窗口以及用户界面等功能;具有大量的应用程序接口(API),开发应用程序简单;嵌入式应用软件丰富。

第四阶段是以基于 Internet 为标志的嵌入式系统,这是一个正在迅速发展的阶段。目前大多数嵌入式系统还孤立于 Internet 之外,但随着 Internet 的发展以及 Internet 技术与信息家电、工业控制技术等结合日益密切,嵌入式设备与 Internet 的结合将代表着嵌入式技术的真正未来。

1.3.2 嵌入式操作系统的特点

1. 嵌入式系统开发人员对操作系统的依赖性

早期的硬件设备很简单,软件的编程和调试工具也很原始,与硬件系统配套的软件都必须从头编写。程序大都采用汇编语言,调试是一件很麻烦的事。随着系统越来越复杂,操作系统就显得很必要。

- 操作系统能有效管理越来越复杂的系统资源。
- 操作系统能够把硬件虚拟化,使得开发人员从繁忙的驱动程序移植和维护中解脱出来。
- 操作系统能够提供库函数、驱动程序、工具集以及应用程序。

在 20 世纪 70 年代的后期,出现了嵌入式系统的操作系统。20 世纪 80 年代末,市场上出现了几个著名的商业嵌入式操作系统,包括 Vxworks、Nucleus、QNX 和 Windows CE 等,这些系统提供性能良好的开发环境,提高了应用系统的开发效率。

2. 嵌入式操作系统的特点

与其他类型的操作系统相比,嵌入式操作系统具有以下一些特点。

- 体积小。嵌入式系统有别于一般的计算机处理系统,它不具备像硬盘那样大容量的存储介质,而大多使用闪存(Flash Memory)作为存储介质。这就要求嵌入式操作系统只能运行在有限的内存中,不能使用虚拟内存,中断的使用也受到限制。因此,嵌入式操作系统必须结构紧凑,体积微小。
- 实时性。大多数嵌入式系统都是实时系统,而且多是强实时多任务系统,要求相应的嵌入式操作系统也必须是实时操作系统(RTOS)。实时操作系统作为操作系统的的一个重要分支已成为研究的一个热点,主要探讨实时多任务调度算法和可调度性、死锁解除等问题。
- 特殊的开发调试环境。提供完整的集成开发环境是每一个嵌入式系统开发人员所期待的。一个完整的嵌入式系统的集成开发环境一般需要提供的工具是编译/