



国家示范性高职院校建设项目成果

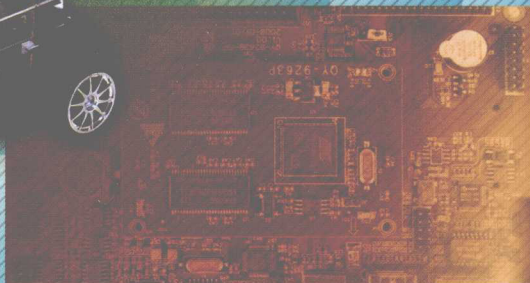
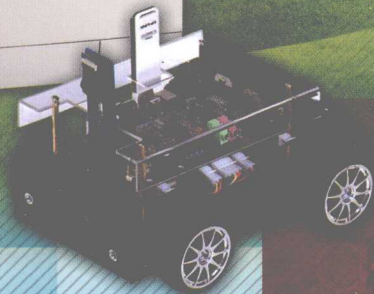
中国电子教育学会推荐教材

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

嵌入式系统应用

◎ 倪 勇 陈 沉 主编

- 嵌入式系统构成
- PXA270最小系统
- 嵌入式系统平台Windows CE
- WinCE操作系统镜像定制
- WinCE内核定制技巧
- WinCE核心模块分析
- WinCE设备驱动解析
- MP3、数码相框、车载GPS应用软件的设计与实现
- 无线传感器网络 (WSN) 工程项目的开发



- ◆ 理论与操作相结合，重点培养嵌入式系统分析与解决实际工程问题的能力
- ◆ 选择日常生活应用广泛的实际产品作为实践项目，具有较强的知识性与趣味性
- ◆ 课程内容与28个实践项目相融合，有利于学生快速掌握职业技能
- ◆ 配有免费的电子教学课件和程序源代码，以方便教学



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

国家示范性高职院校建设项目成果

中国电子教育学会推荐教材

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

嵌入式系统应用

倪勇 陈沉 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书按照最新的职业教育教学改革要求,结合国家示范院校建设项目成果,以及作者多年的校企合作经验编写。重点突出课程内容的实践性,选择日常生活中应用广泛的 MP3、数码相框、车载 GPS、无线传感器网络(WSN)等实际产品作为工程实践项目,把教学内容与高科技产品充分结合,大大提高了教学过程的知识性与趣味性。

本书主要内容包括 Windows CE 操作系统的特性介绍,开发环境的建立,操作系统的创建和调试,内核修改,板级支持包的创建,驱动程序的开发,MP3 应用程序的开发,GPS 应用程序的开发等。

本书内容新颖,通俗易懂,实用性强,可作为高职高专院校电子信息类、计算机类、自动化类专业嵌入式技术课程的教材,也可作为应用型本科、成人教育、函授学院、电视大学、中职学校相关课程的教材,同时也是电子工程技术人员的一本好参考书。

本书配有免费的电子教学课件及测试题参考答案,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统应用/倪勇,陈沉主编. —北京:电子工业出版社,2010.8

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

ISBN 978-7-121-11678-0

I. ①嵌… II. ①倪… ②陈… III. ①微型计算机—系统设计—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 164284 号

策划编辑:陈健德

责任编辑:徐 磊

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:16 字数:409.6 千字

印 次:2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:26.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

职业教育 继往开来 (序)

自我国经济在新的世纪快速发展以来,各行各业都取得了前所未有的进步。随着我国工业生产规模的扩大和经济发展水平的提高,教育行业受到了各方面的重视。尤其对高等职业教育来说,近几年在教育部和财政部实施的国家示范性院校建设政策鼓舞下,高职院校以服务为宗旨、以就业为导向,开展工学结合与校企合作,进行了较大范围的专业建设和课程改革,涌现出一批示范专业和精品课程。高职教育在为区域经济建设服务的前提下,逐步加大校内生产性实训比例,引入企业参与教学过程和质量评价。在这种开放式人才培养模式下,教学以育人为目标,以掌握知识和技能为根本,克服了以学科体系进行教学的缺点和不足,为学生的顶岗实习和顺利就业创造了条件。

中国电子教育学会立足于电子行业企事业单位,为行业教育事业的改革和发展,为实施“科教兴国”战略做了许多工作。电子工业出版社作为职业教育教材出版大社,具有优秀的编辑人才队伍和丰富的职业教育教材出版经验,有义务和能力与广大的高职院校密切合作,参与创新职业教育的新方法,出版反映最新教学改革成果的新教材。中国电子教育学会经常与电子工业出版社开展交流与合作,在职业教育新的教学模式下,将共同为培养符合当今社会需要的、合格的职业技能人才而提供优质服务。

近期由电子工业出版社组织策划和编辑出版的“全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列”,具有以下几个突出特点,特向全国的职业教育院校进行推荐。

(1) 本系列教材的课程研究专家和作者主要来自于教育部和各省市评审通过的多所示范院校。他们对教育部倡导的职业教育教学改革精神理解得透彻准确,并且具有多年的职业教育教学经验及工学结合、校企合作经验,能够准确地对职业教育相关专业的知识点和技能点进行横向与纵向设计,能够把握创新型教材的出版方向。

(2) 本系列教材的编写以多所示范院校的课程改革成果为基础,体现重点突出、实用为主、够用为度的原则,采用项目驱动的教学方式。学习任务主要以本行业工作岗位群中的典型实例提炼后进行设置,项目实例较多,应用范围较广,图片数量较大,还引入了一些经验性的公式、表格等,文字叙述浅显易懂。增强了教学过程的互动性与趣味性,对全国许多职业教育院校具有较大的适用性,同时对企业技术人员具有可参考性。

(3) 根据职业教育的特点,本系列教材在全国独创性地提出“职业导航、教学导航、知识分布网络、知识梳理与总结”及“封面重点知识”等内容,有利于老师选择合适的教材并有重点地开展教学过程,也有利于学生了解该教材相关的职业特点和对教材内容进行高效率的学习与总结。

(4) 根据每门课程的内容特点,为方便教学过程,为教材配备相应的电子教学课件、习题答案与指导、教学素材资源、程序源代码、教学网站支持等立体化教学资源。

职业教育要不断进行改革,创新型教材建设是一项长期而艰巨的任务。为了使职业教育能够更好地为区域经济和企业服务,我们殷切希望高职高专院校的各位职教专家和老师提出建议,共同努力,为我国的职业教育发展尽自己的责任与义务!

中国电子教育学会

前 言



随着电子信息、计算机及软件集成、控制及自动化、互连网络、通信等技术的快速发展,嵌入式系统已广泛应用于工业、国防、交通、医疗等许多领域,而职业教育要服务于行业企业,所以,嵌入式系统应用技术已成为职业院校学生顺利就业的必要技能之一。高职院校的多个专业都开设了嵌入式系统这门课程,但是完全适合高等职业教育的教材不多。本书按照最新的职业教育教学改革要求,结合国家示范院校建设项目成果,以及作者多年的校企合作经验编写,教学内容以理论讲述与实践操作相结合的方式进行组织与安排。重点突出本课程的实践性,强调通过实训让学生掌握嵌入式系统的基本概念,会使用系统开发工具,学习系统开发方法和开发流程,在开发实践中培养用嵌入式系统分析及解决实际工程问题的能力。

本书选择日常生活中应用较广泛的 MP3、数码相框、车载 GPS、无线传感器网络(WSN)等目前较流行的实际产品作为工程实践项目,把教学内容、工业实践及日常生活中的高科技产品充分结合,具有较强的知识性与趣味性,可大大提高学生的学习积极性。

本书主要包括 Windows CE 操作系统的特性介绍,开发环境的建立,操作系统的创建和调试,内核修改,板级支持包的创建,驱动程序的开发,MP3 应用程序的开发,GPS 应用程序的开发等。本书内容新颖,实用性强,以 Windows CE 的嵌入式设备开发、应用开发与集成等为过程主线,通过理论教学和精心设计的实训,使学生较清晰地理解和掌握 Windows CE 系统、驱动开发及 MP3 应用程序的开发等技能。

本书内容新颖,通俗易懂,实用性强,可作为高职高专院校电子信息类、计算机类、自动化类专业嵌入式系统课程的教材,也可作为应用型本科、成人教育、函授学院、电视大学、中职学校相关课程的教材,同时也是电子工程技术人员的一本好参考书。

本教材由倪勇、陈沉主编,教材的开发和课程建设也得到了多家合作企业的大力支持。其中深圳市亿道电子有限公司陈建华参与编写了第 5 章部分内容,万向电动汽车有限公司工程师陈军、于冬清参与编写了第 2 章、第 4 章部分内容,杭州东信电力科技有限公司郑刚参与编写了第 3 章部分内容。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,敬请广大读者批评指正。

为了方便教师教学,本书配有免费的电子教学课件及测试题参考答案,请有需要的教师登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:gaozhi@phei.com.cn)。

编 者

2010 年 6 月



目 录



第 1 章 认识嵌入式系统平台	1
【实践 1】 在嵌入式系统平台上播放 MP3 音乐	1
1.1 嵌入式系统的概念与发展	1
1.1.1 嵌入式系统的概念	1
1.1.2 嵌入式系统的发展历史	3
1.1.3 嵌入式处理器	4
1.2 硬件整体架构	5
1.3 PXA270 最小系统	6
1.3.1 存储系统	6
1.3.2 调试接口	6
1.3.3 PXA270 GPIO 功能分配	6
1.3.4 PXA270 外部中断列表	8
1.3.5 PXA270 外部地址空间分配	8
1.4 TFT、LCD 及 TSP	8
1.4.1 TFT、LCD	8
1.4.2 TSP	9
1.5 音频输出	9
第 2 章 MP3 工程项目设计	10
2.1 嵌入式系统 Windows CE 操作系统介绍	10
【实践 2】 WinCE 系统开发环境搭建	14
【实践 3】 下载引导代码和 WinCE 内核	22
2.2 MP3 的 WinCE 操作系统镜像定制	29
2.2.1 Platform Builder 工具的特点与功能	29
2.2.2 WinCE 操作系统镜像定制流程	29
2.2.3 ActiveSync 同步软件的使用	32
【实践 4】 使用 Platform Builder 定制 WinCE 操作系统镜像	33
【实践 5】 添加拼音输入法及 U 盘驱动, 添加多媒体支持	37
【实践 6】 使用 ActiveSync 实现文件同步和远程工具分析系统特性	41
2.3 WinCE 内核定制技巧	47
2.3.1 Platform Builder 工具详解	47
2.3.2 Platform Builder 编译选项分析	48
2.3.3 Windows CE 镜像的创建过程	50

【实践 7】	PB 的内核调试工具的使用	52
【实践 8】	修改 WinCE 选项卡配置实现内核模块的定制	58
【实践 9】	实现 ActiveSync 的自动连接功能	64
2.4	MP3 应用软件的设计与实现	66
2.4.1	开发工具与开发环境的搭建	66
2.4.2	Windows 程序开发与 DirectShow 的使用	67
2.4.3	界面及界面元素总览	73
2.4.4	MP3 软件开发与运行	74
【实践 10】	实现显示背景图片	74
【实践 11】	实现歌曲列表 ListBox	75
【实践 12】	实现播放控制	78
【实践 13】	实现 MP3 自动运行	80
第 3 章	数码相框工程项目设计	81
3.1	WinCE 的核心模块分析	81
3.1.1	WinCE 内核启动过程分析	81
3.1.2	WinCE 中断	83
3.1.3	WinCE OAL 层相关代码分析	85
【实践 14】	WinCE 启动过程与跟踪调试	90
【实践 15】	OAL 中断调用过程分析	101
【实践 16】	通过地址映射操作外部 IO 地址, 实现 LED 控制	113
3.2	数码相框 BSP 的分析与移植	116
3.2.1	板级支持包 BSP 分析	116
3.2.2	Boot Loader 引导程序分析与设计	118
【实践 17】	修改 Boot Loader 代码实现开机 Logo	120
【实践 18】	BSP 的导出	125
3.3	数码相框应用软件的设计与实现	130
3.3.1	图片格式	130
3.3.2	界面及界面元素总览	132
3.3.3	数码相框软件开发详解	133
【实践 19】	实现数码相框自动运行	137
第 4 章	GPS 工程项目设计	138
4.1	WinCE 的设备驱动解析 (一)	138
4.1.1	设备驱动的分类	138
4.1.2	标准流接口驱动介绍	139
4.1.3	编写流接口驱动程序	140
【实践 20】	实现标准的流接口驱动	143
【实践 21】	实现应用程序和流接口驱动的通信	151
4.2	WinCE 的设备驱动解析 (二)	162
4.2.1	流接口设备驱动的加载过程	162

4.2.2	基于标准串口驱动详细分析流接口驱动	163
【实践 22】	LED 控制驱动开发与应用程序	164
【实践 23】	在驱动程序中添加电源管理	166
4.3	GPS 模块应用设计	173
4.3.1	GPS 模块协议及接口	174
4.3.2	GPS 输出控制配置语句说明	174
4.4	GPS 应用软件的设计与实现	175
4.4.1	界面及界面元素总览	175
4.4.2	GPS 软件开发设计	176
4.4.3	GPS 自动运行的实现	177
第 5 章	无线传感器网络 (WSN) 工程项目设计	180
5.1	项目调查与分析	180
5.1.1	产品需求调研	180
5.1.2	应用领域调查分析	181
5.1.3	同类产品的研究现状分析	182
5.1.4	产品竞争力分析	183
5.1.5	社会与经济效益分析	183
5.1.6	功能模块的划分	184
5.1.7	系统功能分析	184
5.2	技术方案分析与说明	185
5.2.1	方案可行性分析	185
5.2.2	技术路线分析	185
5.2.3	关键技术分析	186
5.2.4	技术难点分析与解决方案	186
5.3	无线传感器网络 (WSN) 工程项目实现	188
5.3.1	无线传感器网络开发环境的安装与使用	188
5.3.2	无线传感器网络硬件结构分析	193
5.3.3	TinyOS2 结构分析	198
5.3.4	传感器使用介绍	199
5.3.5	采集程序开发介绍	201
5.3.6	数据结构描述	209
【实践 24】	LED 灯实验	214
【实践 25】	RTC 实验	218
【实践 26】	串口实验	221
【实践 27】	ADC 实验	225
【实践 28】	点对点射频实验	229
附录 A	综合测试题	235



第1章

认识嵌入式系统平台

【实践 1】 在嵌入式系统平台上播放 MP3 音乐

在嵌入式系统平台上播放存储于 U 盘上的 MP3 音乐，步骤如下。

- (1) 将存储于计算机上的 MP3 音乐复制到 U 盘上。
- (2) 将 U 盘插入装有嵌入式系统平台的 USB 接口。
- (3) 使用指点笔打开已被嵌入式系统平台识别的 U 盘，双击 MP3 文件即可播放音乐。

1.1 嵌入式系统的概念与发展

1.1.1 嵌入式系统的概念

嵌入式系统有很长一段时间是以单片机的形式独立发展的，大多是基于 8 位单片机，实现底层的嵌入式系统应用，带有明显的电子系统设计模式的特点。大多数从事单片机应用开发的人员，都是应用对象系统领域中的电子系统工程师，随着单片机的出现，他们立即脱离了计算机专业领域，以“智能化”器件开发者的身份进入了电子系统领域，没有带入嵌入式系统的概念。因此，不少从事单片机应用的人，不了解单片机与嵌入式系统的关系，在谈到嵌入式系统领域时，往往理解成计算机专业领域的，基于 32 位嵌入式处理器的，从事网络、通信、多媒体等的应用。这样，“单片机”与“嵌入式系统”形成了嵌入式系统中常见的两个



独立的名词。但由于“单片机”是典型的、独立发展起来的嵌入式系统，所以应该把它统一成“嵌入式系统”。考虑到原来单片机电子系统底层应用的特点，可以把嵌入式系统应用分成顶层与底层，把原来的单片机应用理解成嵌入式系统的底层应用，含义为它与对象硬件的紧密结合。

以开发语言为例，单片机一般以汇编语言、C 语言等与硬件关系较密切的语言开发。而嵌入式系统由无操作系统阶段、简单操作系统阶段再到实时操作系统阶段，也经历了由汇编语言、C 语言的底层、中间层开发到 VS2005 的顶层应用开发。我们可以认为单片机阶段是嵌入式系统的初级阶段，只是这个初级阶段非常强盛，非常有生命力，而且直到现在，单片机仍在各领域被广泛应用。但归根到底，单片机还是嵌入式系统的一部分，而嵌入式系统是单片机的发展与补充。

听起来，嵌入式系统很深奥，但其实很简单，凡是专用的、小型或者微型的计算机系统都是嵌入式系统。嵌入式系统的英文为 Embedded System，它实际上就是功能比通用计算机专门化，具有通用计算机所不具备的、针对某个方面特别设计的、有合适的运算速度、高可靠性和较低成本的专门的计算机系统。

有些人把嵌入式处理器当做嵌入式系统，但其实嵌入式系统是一个嵌入式计算机系统。因此，只有将嵌入式处理器构成一个计算机系统，并进行嵌入式应用时，才可称做嵌入式系统。

嵌入式系统诞生于微型机时代，我们要充分认识到嵌入式系统的嵌入性本质，即要将一个计算机嵌入到一个对象体系中去，这些是理解嵌入式系统的基本出发点。

嵌入式系统起源于微型计算机时代，然而微型计算机的体积、价位、可靠性都无法满足广大对象系统的嵌入式应用要求。因此，嵌入式系统必须走独立发展的道路，这条道路就是芯片化道路（将计算机做在一个芯片上），因此就开创了嵌入式系统独立发展的单片机时代。

在单片机时代中，嵌入式系统以器件形态迅速进入到传统电子技术领域中。此时的设计人员以电子技术应用工程师为主体，来实现传统电子系统的智能化，而计算机专业队伍还没有真正进入单片机应用领域。因此，电子技术应用工程师以自己习惯的电子技术应用模式，从事单片机的应用开发。这种应用模式最重要的特点是软、硬件的底层性和随意性，对象系统专业技术的密切相关性，以及缺乏计算机工程设计方法等。

虽然在单片机时代，计算机专业淡出了嵌入式系统领域。但随着 PC 时代的到来，网络、通信技术得以发展；同时，嵌入式系统软、硬件技术也有了很大的提升，为计算机专业人士介入嵌入式系统应用开辟了广阔的天地。计算机专业人士的介入，使计算机应用模式带有明显的计算机工程应用特点，即基于嵌入式系统软、硬件平台，以网络、通信为主的非嵌入式底层应用。

嵌入式系统最大、最广的底层应用是传统电子技术领域的智能化改造。因此，以通晓专业对象的电子技术队伍为主，用最少的嵌入式系统软、硬件资源，以 8 位机为主，带有浓重的电子系统设计色彩的电子系统应用模式将会长期存在下去。另外，计算机专业人士会越来越多地介入嵌入式系统应用，但由于对象专业知识的隔阂，其应用领域会局限在网络、通信、多媒体、商务电子等方面，不可能替代原来电子工程师在控制、仪器仪表、机械电子等方面的嵌入式应用。因此，客观存在的两种应用模式会长期并存下去，在不同的领域中相互补充。电子系统设计模式应从计算机应用设计模式中，学习计算机工程方法和嵌入式系统软件技术；计算机应用设计模式应从电子系统设计模式中，了解嵌入式系统应用的电路系统特性、基本的外围电路设计方法及对象系统的基本要求等。



嵌入式系统与对象系统密切相关,其主要技术发展方向是满足嵌入式应用要求,不断扩展对象系统要求的外围电路(如ADC、DAC、PWM、日历时钟、电源监测、程序运行监测电路等),形成满足对象系统要求的应用系统。因此,作为一个专用计算机系统,嵌入式系统要不断向计算机应用系统发展。

1.1.2 嵌入式系统的发展历史

嵌入式系统诞生于微型机时代,经历了漫长的以单片机形式独立发展的道路。要给嵌入式系统寻求科学的定义,必须了解嵌入式系统的发展历史,按照历史性、本质性、普遍通用性来定义嵌入式系统,并把定义与特点区分开来。在嵌入式系统应用中,对象系统的广泛性与单片机的独立发展道路使嵌入式系统应用在客观上存在两种模式,即从学科建设角度统一成的嵌入式系统应用的高低端。

1. 无操作系统阶段

嵌入式系统最初的应用是基于单片机的,大多以可编程控制器的形式出现,具有监测、伺服、设备指示等功能,一般没有操作系统的支持,只能通过汇编语言对系统进行直接控制,运行结束后再清除内存。通常应用于各类工业控制和飞机、导弹等武器装备中。这些装置虽然已经初步具备了嵌入式的应用特点,但仅仅是使用8位的CPU芯片来执行一些单线程的程序,因此严格地说还谈不上“系统”的概念。

这一阶段嵌入式系统的主要特点是,系统结构和功能相对单一,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、价格低廉,因而曾经在工业控制领域中得到了非常广泛的应用,但无法满足现今对执行效率和存储容量都有较高要求的信息家电等场合的需要。

2. 简单操作系统阶段

20世纪80年代,随着微电子工艺水平的提高,IC制造商开始把嵌入式应用中所需要的微处理器、I/O接口、串行接口,以及RAM、ROM等部件统统集成到一片VLSI中,制造出面向I/O设计的微控制器,并一举成为嵌入式系统领域中异军突起的新秀。与此同时,嵌入式系统的程序员也开始基于一些简单的“操作系统”开发嵌入式应用软件,大大缩短了开发周期、提高了开发效率。

这一阶段嵌入式系统的主要特点是,出现了大量具有高可靠性、低功耗的嵌入式CPU(如PowerPC等),各种简单的嵌入式操作系统开始出现并迅速发展。此时的嵌入式操作系统虽然还比较简单,但已经具有了一定的兼容性和扩展性,内核精巧且效率高,主要用来控制系统负载,以及监控应用程序的运行。

3. 实时操作系统阶段

20世纪90年代,在分布控制、柔性制造、数字化通信、信息家电等巨大需求的牵引下,嵌入式系统进一步飞速发展,而面向实时信号处理算法的DSP产品则向着高速度、高精度、低功耗的方向发展。随着硬件实时性要求的提高,嵌入式系统的软件规模也不断扩大,逐渐形成了实时多任务操作系统(RTOS),并开始成为嵌入式系统的主流。

这一阶段嵌入式系统的主要特点是,操作系统的实时性得到了很大的改善,已经能够在



各种不同类型的微处理器上运行，具有高度的模块化和扩展性。此时的嵌入式操作系统已经具备了文件和目录管理、设备管理、多任务、网络、图形用户界面（GUI）等功能，并提供了大量的应用程序接口（API），从而使得应用软件的开发变得更加简单。

4. 面向 Internet 阶段

21 世纪无疑是一个网络的时代，将嵌入式系统应用到各种网络环境中去的呼声自然也越来越高。目前，大多数嵌入式系统还孤立于 Internet，随着 Internet 的进一步发展，以及 Internet 技术与信息家电、工业控制技术等日益紧密的结合，嵌入式设备与 Internet 的结合才是嵌入式技术真正的未来。

信息时代和数字时代的到来，为嵌入式系统的发展带来了巨大的机遇，同时也为嵌入式系统厂商带来了新的挑战。目前，嵌入式技术与 Internet 技术的结合正在推动着嵌入式技术的飞速发展，嵌入式系统的研究和应用产生了如下的新的显著变化。

新的微处理器层出不穷，嵌入式操作系统自身结构的设计更加便于移植，能够在短时间内支持更多的微处理器。

嵌入式系统的开发成了一项系统工程，开发厂商不仅要提供嵌入式软、硬件系统本身，同时还要提供强大的硬件开发工具和软件支持包。

通用计算机上使用的新技术、新观念开始逐步移植到嵌入式系统中（如嵌入式数据库、移动代理、实时 CORBA 等），嵌入式软件平台得到了进一步的完善。

各类嵌入式 Linux 操作系统迅速发展。由于此类系统具有源代码开放、系统内核小、执行效率高、网络结构完整等特点，很适合信息家电等嵌入式系统的需要，因此它目前已经成为了能与 Windows CE、Palm OS 等嵌入式操作系统进行有力竞争的操作系统。

网络化、信息化的要求随着 Internet 技术的成熟和带宽的提高而日益突出，以往功能单一的设备（如电话、手机、冰箱、微波炉等）功能不再单一，结构变得更加复杂，网络互联成为必然趋势。

1.1.3 嵌入式处理器

嵌入式系统的硬件以嵌入式处理器为核心，配以其他外围器件，这是实现系统功能的基础。在此，先讲述嵌入式处理器的分类及其基本特性。

1. 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器的基础是通用计算机的微处理器（CPU）。在应用中，一般将微处理器装配在专门设计的电路板上，使之具有与嵌入式应用相关的接口与功能，从而达到降低系统功耗、提高系统可移植性和可靠性的目的。嵌入式微处理器虽然在功能上和通用计算机的微处理器基本是一样的，但由于其工作环境通常比较恶劣，在可靠性、抗电磁干扰性、环境温度湿度等方面要有专门的增强。

目前的嵌入式微处理器主要包括 PowerPC、Motorola 68000、MIPS、ARM 等。

本教材使用的 Intel PXA270 处理器就是一种基于 ARM 内核的嵌入式微处理器。

2. 嵌入式微控制器

嵌入式微控制器又称单片机，顾名思义，就是将整个计算机系统集成到一个芯片中。该



集成芯片一般以某种处理器架构为核心,可以包括 Flash、RAM、ROM、EEPROM、总线、定时/计数器、看门狗、I/O、PWM、A/D、D/A 等功能和外设。

与嵌入式微处理器相比,嵌入式微控制器最大的特点就是单片化、体积小、功耗低、可靠性高。嵌入式微控制器的数据处理能力一般不如嵌入式微处理器,但片上外设资源比较丰富,因此强调的是控制功能。目前各芯片设计制造厂商针对各种需要自动化控制的场合,生产出了一系列符合实际需求的、性价比较高的嵌入式微控制器,并广泛应用于各种工业控制场合,约占整个嵌入式市场 70% 的份额。比较有代表性的包括 8051、MCS-51、MCS-96 等。

3. 嵌入式 DSP

由于重复或者类似的运算在数字信号处理过程中大量存在,使得为此设计的器件必须提供专门的支持,这就促成了 DSP 器件与通用处理器的分流。

DSP (Digital Signal Processor) 是一种独特的数字信号处理器,其以数字形式对信号进行采集、变换、滤波、估值、增强、压缩和识别等处理,以得到符合人们需要的信号形式。它不仅具有可编程性,而且其实时运行速度可达每秒运行数千万条复杂的指令程序,远远超过了一般的微处理器。它的强大数据处理能力和高运行速度,是最值得称道的两大特色。嵌入式 DSP 目前主要用于具有智能逻辑的消费类产品、生物信息识别终端、带有加解密算法的键盘、ADSL 接入,以及实时语音解压系统等。这些智能化算法的运算量一般都比较,特别是矢量运算、指针线性寻址等较多,而这正是 DSP 处理器的长处所在。

4. FPGA 处理器

FPGA (Field Programmable Gate Array) 是元件可编程逻辑门阵列。FPGA 几乎能完成所有数字器件的功能,上至高性能微控制器,下至 74 系列门电路,都可以用 FPGA 来编程实现。工程师可以根据需要,通过可编辑的连接把 FPGA 内部的逻辑块连接起来,就好像一个电路试验板被放在了一个芯片里一样。一个出厂后的成品 FPGA 的逻辑块和连接可以按照设计者的要求而改变,所以 FPGA 可以完成所需要的逻辑功能。

一般来说, FPGA 比 ASIC (专用集成芯片) 的速度要慢,消耗的电能要多,而且无法完成复杂的设计。但是它也有很多优点,如可以快速成品、可以通过修改程序来实现对硬件电路的修改、缩短设计时间、减少 PCB 面积、提高系统可靠性等。

1.2 硬件整体架构

本教材的硬件平台以 Intel PXA270 处理器为核心,配有 3.5 英寸 TFT LCD、触摸屏、SD 卡插槽及按键,并提供音频输出。系统可以使用外部+5V 直流电源。无外部电源的情况下可使用内部电池供电。

其主要硬件型号及技术指标如下。

- (1) 处理器型号: Intel PXA270。
- (2) Flash 容量: 32MB。
- (3) SDRAM 容量: 64MB。
- (4) CPLD 型号: Xilinx XC2C128, 可作为外设接口的功能扩展。



- (5) 调试接口: RS-232 及 JTAG。
- (6) 3.5 英寸 TFT LCD, 320×240 像素, 16.7 万色, 高亮度背光。
- (7) 4 线电阻式触摸屏。
- (8) 具有音频输出功能, 内置扬声器并带耳机输出接口。
- (9) SD 卡插槽 1 个, 用于 Firmware 的升级、多媒体文件的存储等, 方便日常扩展。
- (10) USB 接口。
- (11) 8 个用户按键, 1 个复位按键, 1 个休眠按键。
- (12) 外部+5V 直流电源输入。
- (13) 内置 3 500mA 锂离子电池, 在脱离外部电源的情况下可连续工作数小时。
- (14) 支持外部+5V 直流电源充电和 USB 接口充电。

1.3 PXA270 最小系统

PXA270 是 Intel 开发的高度集成的片上系统微处理器, 它结合了 Intel XScale 技术, 具有动态电压调整、动态频率调整及成熟的电源管理功能, 可提供业界领先的 MIPS/mW 性能。PXA270 处理器兼容 ARM 体系结构 V5TE。本硬件平台配置的 PXA270 具体型号为 FW (NH) PXA270C5C520, 主频为 520MHz, 工作温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。

1.3.1 存储系统

PXA270 的存储系统包括 Flash 和 SDRAM。Flash 容量为 32MB, SDRAM 容量为 64MB。

Flash 采用两片 Intel P30 系列的 PC28F128P30T85, 单片容量为 16MB, 两片合计为 32MB。该芯片的工作环境温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。

PXA270 复位后访问的是低地址空间 (第一条指令在 0x0000 0000 处), 因此 BOOT Flash 的片选采用 nCS0, 其默认地址空间是 0x0000 0000~0x03ff ffff 共 64MB。单片 Flash 为 16 位数据总线, 本系统采用两片 Flash 数据总线并行连接, 与 PXA270 的 32 位数据总线连接。

PXA270 的 BOOT_SEL0 接低, 配置为 32 位数据总线启动方式。支持异步读模式和同步突发读模式。在同步突发读模式下, PXA270 的 SDCLK0 提供时钟, nSDCAS 提供地址有效信号。

1.3.2 调试接口

调试接口包括 RS-232 异步串行接口及 JTAG 接口。

(1) 调试用的异步串行接口使用 PXA270 的全功能串口 (FF UART), 并经过 RS-232 电平驱动。

(2) PXA270 的 JTAG 接口。

1.3.3 PXA270 GPIO 功能分配

PXA270 GPIO 功能分配如表 1.1 所示。



表 1.1 PXA270 GPIO 功能分配

GPIO	功 能	GPIO	功 能	GPIO	功 能	GPIO	功 能
GPIO[0]	SYS_SW	GPIO[35]		GPIO[70]	LDD[12]	GPIO[105]	KP_MKOUT[2]
GPIO[1]	USBC_INT	GPIO[36]	CHARGER_STAT1	GPIO[71]	LDD[13]	GPIO[106]	
GPIO[2]	—	GPIO[37]	CHARGER_STAT2	GPIO[72]	LDD[14]	GPIO[107]	
GPIO[3]	PWR_SCL	GPIO[38]		GPIO[73]	LDD[15]	GPIO[108]	
GPIO[4]	PWR_SDA	GPIO[39]	FFTXD	GPIO[74]	L_FCLK_RD	GPIO[109]	MMDAT[1]
GPIO[5]	—	GPIO[40]		GPIO[75]	L_LCLK_A0	GPIO[110]	MMDAT[2]
GPIO[6]	—	GPIO[41]		GPIO[76]	L_PCLK_WR	GPIO[111]	MMDAT[3]
GPIO[7]	—	GPIO[42]	BTRXD	GPIO[77]	L_BIAS	GPIO[112]	MMCMD
GPIO[8]	—	GPIO[43]	BTTXD	GPIO[78]		GPIO[113]	AC97_RESET_N
GPIO[9]		GPIO[44]		GPIO[79]		GPIO[114]	
GPIO[10]		GPIO[45]		GPIO[80]		GPIO[115]	
GPIO[11]	KEY_BL_N	GPIO[46]	STD_RXD	GPIO[81]	LCD_SPI_SDI	GPIO[116]	RTC_CS
GPIO[12]		GPIO[47]	STD_TXD	GPIO[82]		GPIO[117]	I2C_SCL
GPIO[13]	AC97_INT	GPIO[48]		GPIO[83]	LCD_SPI_CS_N	GPIO[118]	I2C_SDA
GPIO[14]	L_VSYNC	GPIO[49]	SOFT_RST_SYS	GPIO[84]	LCD_SPI_SCL	GPIO[119]	—
GPIO[15]		GPIO[50]		GPIO[85]			
GPIO[16]	LCD_PWM_OUT0	GPIO[51]	SD_PWR_EN_N	GPIO[86]	LDD[16]		
GPIO[17]	LCD_PWM_OUT1	GPIO[52]	SD_DETECT	GPIO[87]	LDD[17]		
GPIO[18]		GPIO[53]	SD_WP	GPIO[88]			
GPIO[19]	L_CS GPIO	GPIO[54]		GPIO[89]			
GPIO[20]		GPIO[55]	ADC_SPI_CS_N	GPIO[90]			
GPIO[21]	GPS_PWRON_N	GPIO[56]	ADC_SPI_SCLK	GPIO[91]			
GPIO[22]		GPIO[57]	ADC_SPI_SDAT	GPIO[92]	MMDAT[0]		
GPIO[23]		GPIO[58]	LDD[0]	GPIO[93]	KP_DKIN[0]		
GPIO[24]	LCD_RESET_N	GPIO[59]	LDD[1]	GPIO[94]	KP_DKIN[1]		
GPIO[25]		GPIO[60]	LDD[2]	GPIO[95]	KP_DKIN[2]		
GPIO[26]		GPIO[61]	LDD[3]	GPIO[96]	KP_DKIN[3]		
GPIO[27]		GPIO[62]	LDD[4]	GPIO[97]			
GPIO[28]	AC97_BITCLK GPIO	GPIO[63]	LDD[5]	GPIO[98]	KP_DKIN[5]		
GPIO[29]	AC97_SDATA_IN	GPIO[64]	LDD[6]	GPIO[99]	KP_DKIN[6]		
GPIO[30]	AC97_SDATA_OU	GPIO[65]	LDD[7]	GPIO[100]	KP_MKIN[0]		
GPIO[31]	AC97_SYNC	GPIO[66]	LDD[8]	GPIO[101]	KP_MKIN[1]		
GPIO[32]	MMCLK	GPIO[67]	LDD[9]	GPIO[102]	KP_MKIN[2]		
GPIO[33]		GPIO[68]	LDD[10]	GPIO[103]	KP_MKOUT[0]		
GPIO[34]	FFRXD	GPIO[69]	LDD[11]	GPIO[104]	KP_MKOUT[1]		



1.3.4 PXA270 外部中断列表

PXA270 外部中断列表如表 1.2 所示。

表 1.2 PXA270 外部中断列表

Purpose Located GPIO	Interrupt	Attribute
SYS_SW GPIO[0]	Rising	edge
USBC_INT VCC	Rising	edge
UCB1400 GPIO[13]	Rising	edge
SD_DETECT CPLD	Rising	edge

1.3.5 PXA270 外部地址空间分配

PXA270 外部地址空间分配如表 1.3 所示。

表 1.3 PXA270 外部地址空间分配

Purpose	Located	Size
Flash	0x0000 0000~0x01ff ffff	32MB
SDRAM	0xa000 0000~0xa3ff ffff	64MB

1.4 TFT、LCD 及 TSP

设备的 LCD 采用的是 3.5 英寸液晶显示屏，并配有相应的触摸屏。

1.4.1 TFT、LCD

LCD 采用三星的 LTV350QV-F04 模块，320×240 像素，16.7 万色。该 TFT 采用了 TMR（微反射）技术，达到半透效果，视角十分好（横向视角 60°，纵向视角 50°）；内置了驱动 IC（S6F2002），使得开发相当简单；采用白光二极管背光，使得功耗很低，便于节能。模块的工作温度范围为-20℃~60℃。

(1) LTV350QV-F04 LCD 模块支持的是 24-bit RGB 接口，而 PXA270 的 LCD RGB 接口最大支持 18-bit 每像素模式。两者连接时，PXA270 的 LCD 接口配置为有源彩色 18-bit 每像素模式，其每组 RGB 6-bit 数据分别连接到 LTV350QV-F04 每组 RGB 8-bit 的高 6 位，LTV350QV-F04 每组 RGB 数据的低两位接低。

(2) 接口可以采用同步模式（默认的硬件连接方式），也可以采用数据有效模式。

(3) LCD 模块是通过 SPI 接口访问其内部寄存器的。其 SPI 接口的 CS 连接到 PXA270 的 GPIO[83]，SCL 连接到 GPIO[84]，SDI 连接到 GPIO[82]。

(4) LCD 模块的复位信号由 PXA270 的 GPIO[52]产生，为低电平复位（>3μs）。

(5) LCD 模块的 VGL（-10V）和 VGH（+18V）由电源 ICTPS65120RGTR 供电，其输入为+5V 直流电源。

(6) LCD 模块的 Vcom 由运放 IC LM8261 提供，比较信号为模块的 M 信号。



(7) LCD 模块的 AVDD (+5V) 也由 TPS65120RGT 供电。

(8) LCD 模块的背光由 6 个串联的白光二极管产生, 其电压由电源 IC AT1312A 提供, 输入为+5V 直流电源。AT1312A 是升压型的 DC/DC 变换 IC, 采用恒流的方式驱动背光二极管, 其电流由反馈电阻和其 FB 引脚的电平共同决定。在确定了反馈电阻的阻值后, FB 引脚的电平可以调节电流, 电平高于 1.8V 时输出最大电流, 电平变低, 输出电流也会相应减小, 当电平低至 50mV 时关闭电源。取反馈电阻的阻值为 10Ω , 在 FB 引脚高于 1.8V 时输出的最大电流为 25mA, 这是此 LCD 模块背光二极管支持的最大电流, 此时背光亮度达到最大。当升压电路被关闭时, 其输入电压仍然通过电感和二极管加在输出负载上, 然而此较低的电压不足以使 6 个串联的白光二极管导通, 但存在微弱的漏电流, 在系统开机或待机时可以忽略; 在系统关机或深度睡眠时, 由于背光 IC 的输入电压已被关闭, 所以背光电压被直接关闭。

1.4.2 TSP

触摸屏采用 4 线电阻式。触摸屏的信号经由 UCB1400 内部的 10-bit ADC 转变为数字信号经由 PXA270 读取。触摸屏的型号为 T8450FG, 工作温度范围是 $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

(1) 触摸屏的信号 TSPX/TSMX/TSPY/TSMY 直接接到 UCB1400 的触摸屏接口。

(2) UCB1400 内部的 10-bit ADC 将触摸模拟信号转变为数字信号经 AC-Link 通道由 PXA270 读取。

(3) UCB1400 可以产生触摸状态变化的中断信号, 此中断信号连接到 PXA270 的 GPIO[13]。

1.5 音频输出

PXA270 有内部的 AC'97 音频控制器, 通过 AC-Link 外接 AC'97 Codec DAC。AC'97 Codec DAC 采用 Philips UCB1400BE。其内部集成了 20-bit Codec DAC, 可以直接驱动立体声耳机, 外加一个音频功放可以驱动设备内置的扬声器; 其内部 10-bit DAC 可同时用做触摸屏接口的模/数转换。UCB1400BE 的工作温度范围为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ 。

(1) UCB1400 通过 AC-Link 与 PXA270 连接。

(2) UCB1400 的音频输出经由音频运放 IC LM4881 放大后驱动耳机, 再由 LM4673 驱动内置扬声器。

(3) 扬声器规格: 8Ω , 1W。

(4) 设备带有耳机插座, 在耳机插入时关闭扬声器。