

Windows CE

嵌入式开发入门

——基于 Xscale 架构

嵌入式研究网 傅曦 陈黎 董磊望 石卫华 编著



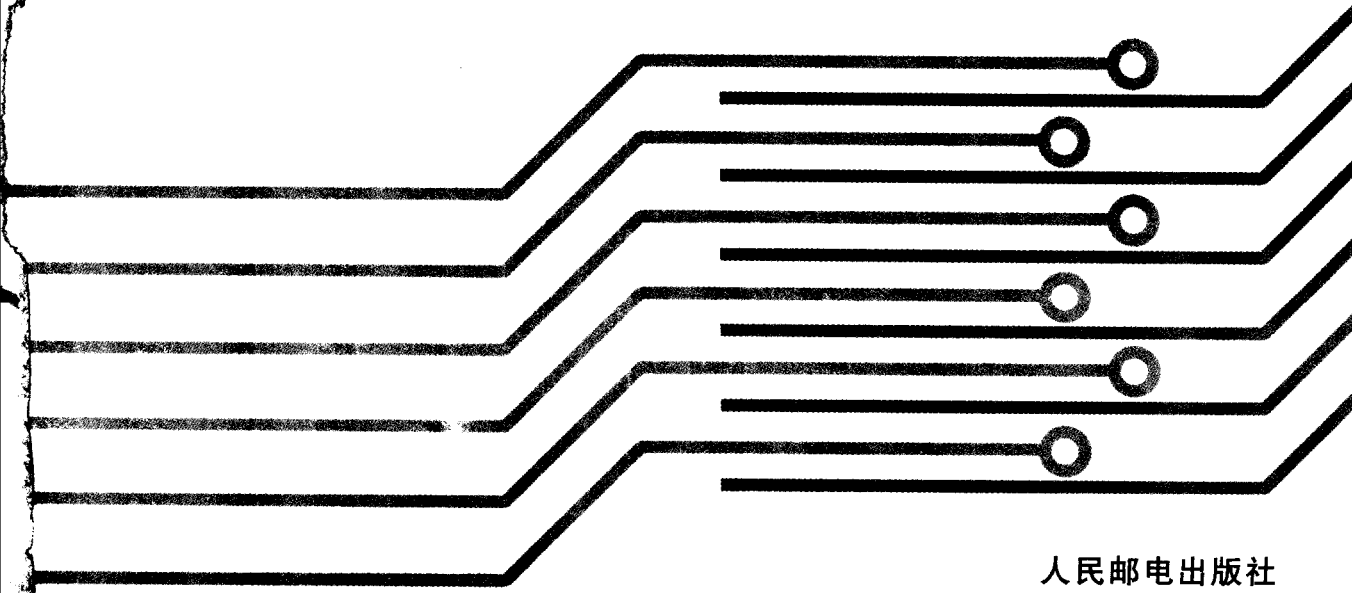
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

Windows CE

嵌入式开发入门

——基于Xscale架构

嵌入式研究网 傅曦 陈黎 董磊望 石卫华 编著



人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

Windows CE 嵌入式开发入门: 基于 Xscale 架构/傅曦等编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2006.6

ISBN 7-115-14897-X

I. W... II. 傅... III. 窗口软件, Windows CE—程序设计 IV. TP316.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 066086 号

内 容 提 要

本书是 Windows CE 嵌入式开发的入门教程。

全书分为两部分。第 1 部分包括第 1 章至第 4 章, 描述了嵌入式芯片 Intel Xscale PXA255 的接口和集成模块功能特性。其中第 1 章介绍 GPIO 和中断控制器, 第 2 章介绍系统时钟, 第 3 章介绍存储控制器, 第 4 章介绍外设控制器。第 2 部分是嵌入式系统 Windows CE 内核定制和驱动开发基础, 包括第 5 章至第 10 章。内容涵盖了 Windows CE 操作系统、开发平台 (Platform Builder 和 Embedded Visual C++)、Windows CE 体系结构、调试与仿真、Windows CE BSP 及驱动程序结构分析、驱动程序案例分析和 Windows CE 数据库程序开发等。

本书内容全面, 叙述由浅入深, 即可作为 Windows CE 内核定制、驱动开发和 Xscale 架构芯片硬件设计的参考用书, 也可作为嵌入式开发的培训用书。

Windows CE 嵌入式开发入门——基于 Xscale 架构

◆ 编 著 嵌入式研究网 傅 曦 陈 黎

董磊 石卫华

责任编辑 屈艳莲

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 800×1000 1/16

印张: 21.25

字数: 474 千字

2006 年 6 月第 1 版

印数: 1—5 000 册

2006 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14897-X/TP • 5483

定价: 39.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

致读者

21 世纪, 在全球新一轮汽车、通信、信息电器、医疗、军事等行业巨大的智能化装备市场需求下, 全球嵌入式软件及系统产业得到了快速发展, 可以说已经广泛地应用到人类生活的方方面面。2004 年全球嵌入式软件的销售规模已经达到了 395 亿美元, 而嵌入式系统产品的产值已达到 2000 亿美元, 估计全世界嵌入式系统产品潜在的市场将超过 1000 亿美元。在中国, 2004 年嵌入式系统应用产品经济总量估计超过 1000 亿元, 其中嵌入式处理器芯片约为 120 亿元。嵌入式系统产品市场已无处不在, 市场规模已接近通用系统的数倍, 且增长速度强劲, 其应用包括机顶盒、音视频接收设备、MP4、数码相机和汽车电子等各个领域。发展嵌入式系统产业成为我国信息产业由“中国制造”向“中国创造”的突破口, 成为我国信息产业增长方式由粗放型向集约型转变, 实现可持续发展的重要途径。



本书从嵌入式系统的硬件为入口, 横跨了外设接口、Platform Builder、eVC、调试仿真、驱动程序及数据库开发等多方面的内容, 让您一步一步领略嵌入式软硬件的神奇, 同时作者也在介绍理论知识的同时结合了不少实际的案例, 为您揭开嵌入式软件开发的奥秘, 洞悉 Windows CE 精髓!

另一方面, 作为最大的开发工具提供者之一, 微软也在不断推出更先进、更标准的开发工具, 以帮助应用开发者快速地设计和开发嵌入式和移动应用程序, 从 Platform Builder、eMbedded Visual C++ 到 SQL Server CE、.Net Compact Framework, 从这些各有专注的开发工具中我们可以看到微软希望能够给开发人员提供一个完整且一致的开发平台。而如何去用好这些开发平台进而构筑好你自己的应用程序, 便是这本书将会要告诉你的。

随着嵌入式系统行业应用的发展, Windows CE 将会在各行各业有新的发展机遇。一俟时机成熟, 嵌入式应用行业亦会出现自己的“摩尔定律”, 不断提升的软硬件性能和持续降低的用户体验成本一方面会加速 Windows CE 的普及, 另一方面也会给产业参与者带来源源不断的商机。

张益肇博士 微软亚洲工程院副院长

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes.

关于本书

随着微软公司 Windows CE 嵌入式开发技术的发展, 针对 Windows CE 平台的开发技术越来越受到行业市场的关注, 越来越多的基于 Windows CE 平台的行业应用相继出现。由于 Windows CE 应用程序与桌面 Windows 应用程序的开发平台和环境非常相似, 并且 Windows CE 系统定制和驱动程序开发工具好学易用, 因此非常适合原 Windows 程序开发者以及程序开发爱好者学习并使用。本书从实际应用出发, 旨在帮助 Windows CE 应用初学者快速掌握 Windows CE 嵌入式平台下系统定制和驱动程序的开发技术。

本书内容全面, 叙述由浅入深, 即可作为 Windows CE 内核定制和驱动开发和 Xscale 架构芯片硬件设计的参考用书, 也可作为嵌入式方向开发的选修课和培训用书。

本书内容组织方式

本书分为 2 个部分。

第 1 部分为第 1 章~第 4 章, 描述了嵌入式芯片 Intel Xscale PXA255 的接口和集成模块功能特性, 内容包括 GPIO 和中断控制器、系统时钟、存储控制器和外设控制器。

第 2 部分是嵌入式系统 Windows CE 内核定制和驱动开发基础, 包括第 5 章~第 10 章, 内容涵盖了 Windows CE 操作系统、开发平台 (Platform Builder 和 Embedded Visual C++)、Windows CE 体系结构、调试与仿真、Windows CE BSP 及驱动程序结构分析、驱动程序案例分析 and Windows CE 数据库程序开发等。

本书之外的内容

由于篇幅有限, 本书不能提供所有与 Windows CE 开发相关的细节。用户可以通过查阅 Platform Builder 或 Windows CE SDK 的联机帮助或者直接访问微软公司 Windows CE 的在线支持网站获得帮助, 该网站地址为 <http://msdn.microsoft.com/embedded/>。

本书的编写得到了许多优秀 Windows CE 系统开发者的帮助和大力支持, 在此向他们表

示真挚的感谢。此外，以下人员参与了本书部分章节的资料搜集和编写工作，他们是高惠杰、周波、吴松林、史亚炜、戴晔等，在此表示感谢。

本书在写作过程中得到了微软（中国）公司和 Intel 公司的大力支持。同时，也感谢北京华清远见嵌入式培训中心对本书的支持。

本书能够顺利出版，更是倾注了许多幕后人员的汗水和心力。在此，对他们的辛勤劳动一并表示衷心的感谢！

另外，还要感谢我的女儿傅诗茗。

由于时间仓促，加之水平有限，书中的不足之处在所难免，敬请读者批评指正。本书责任编辑的联系方法是quyanlian2@ptpress.com.cn，欢迎来信交流。读者也可以登录作者的嵌入式研究网<http://www.cnemb.com>进行交流，在该网站中，作者为本书设立了专门的问题讨论组，任何关于本书的问题都可以到那里得到解答，讨论组的网址如下：<http://www.cnemb.com/forum/thread.php?fid=42>。

编 者
2006 年 6 月

第一部分 Intel Xscale 芯片应用详解

第 1 章 GPIO 和中断控制器	3
1.1 GPIO	3
1.1.1 GPIO 操作 (GPIO operation)	3
1.1.2 GPIO 附加功能 (Alternate Function)	3
1.1.3 GPIO 寄存器定义	8
1.2 中断控制器	11
1.2.1 中断控制器操作	11
1.2.2 中断控制器寄存器定义	12
第 2 章 系统时钟	18
2.1 实时时钟 RTC	18
2.1.1 实时时钟的运行原理	19
2.1.2 RTC 精确调整寄存器 (RTTR)	19
2.1.3 RTC 闹钟寄存器 (RTAR)	20
2.1.4 RTC Counter Register (RCNR)	21
2.1.5 RTC Status Register (RTSR)	21
2.1.6 时间的修正	22
2.1.7 时间计算举例	23
2.2 OS 时钟控制器	23
2.2.1 OS 时钟匹配寄存器 0~3 (OSMR _x)	24
2.2.2 OS 时钟中断使能寄存器 (OIER)	24
2.2.3 OS 时钟看门狗使能寄存器 (OWER)	25

2.2.4	OS 时钟计数寄存器 (OSCR)	25
2.2.5	OS 时钟状态寄存器 (OSSR)	26
2.3	PWM 输出	26
2.3.1	PWM 的运行原理	27
2.3.2	PWM 控制寄存器 (PWM_CTRL _n)	28
2.3.3	PWM 占空比寄存器 (PWM_DUTY _n)	29
2.3.4	PWM Period Control Register (PWM_PERVAL _n)	29
2.3.5	PWM 输出举例	30
第 3 章	存储控制器	31
3.1	DMA 控制器 (DMA Controller, DMAC)	31
3.1.1	DMAC 通道	32
3.1.2	DMA 信号	32
3.1.3	DMA 通道优先级模型	32
3.1.4	DMA 描述符	33
3.1.5	DMA 通道状态	35
3.1.6	读写顺序	35
3.1.7	字节传输顺序	35
3.1.8	传输数据	36
3.1.9	DMA 控制寄存器一览	38
3.2	存储控制器	42
3.2.1	SDRAM 接口	43
3.2.2	静态内存接口	44
3.2.3	内存配置寄存器	44
3.3	存储器管理单元 (MMU) 和高速缓存 (Cache)	45
3.3.1	存储器管理单元 (MMU)	45
3.3.2	高速缓存 (Cache)	45
第 4 章	外设控制器	47
4.1	LCD 控制器	47
4.1.1	概述	47
4.1.2	LCD 控制器寄存器	49
4.1.3	LCD 控制器的操作	53
4.2	I2S 控制器	56
4.2.1	概要	56
4.2.2	信号描述	57
4.2.3	控制操作	58
4.2.4	串行数据时钟和采样频率	59

4.2.5	数据格式	60
4.2.6	寄存器列表	60
4.3	UART 控制器	61
4.3.1	接口信号描述	62
4.3.2	UART 操作方式	62
4.3.3	启动 UART	62
4.3.4	内部寄存器描述	63
4.4	快速红外端口 (FICP) 控制器	66
4.4.1	信号描述	66
4.4.2	FICP 操作	66
4.4.3	FICP 寄存器	71
4.5	USB 设备控制器 (USB Device Controller, UDC)	71
4.5.1	概要	71
4.5.2	设备配置	72
4.5.3	UDC 硬件连接	73
4.5.4	UDC 操作	74
4.5.5	UDC 寄存器一览	79
4.6	AC'97 控制器	81
4.6.1	概要	81
4.6.2	功能列表	81
4.6.3	信号描述	82
4.6.4	AC-link 数字串行接口协议	82
4.6.5	AC-link 低功耗模式	84
4.6.6	AC-link 的唤醒	85
4.6.7	ACUNIT 操作	86
4.6.8	时钟和采样频率	87
4.6.9	功能描述	88
4.7	时钟和电源管理功能	89
4.7.1	时钟管理器介绍	89
4.7.2	电源管理器介绍	89
4.7.3	电源模式	90
4.7.4	空闲模式	91
4.7.5	33MHz 空闲模式	91
4.7.6	睡眠模式	93
4.7.7	电源模式总结	94
4.7.8	电源管理寄存器	96

4.7.9 时钟寄存器一览	96
---------------------	----

第二部分 Windows CE 内核定制和驱动开发

第 5 章 Windows CE 操作系统简介	99
5.1 嵌入式系统	99
5.2 嵌入式操作系统	99
5.3 Windows CE 发展历史	100
5.4 Windows CE 的主要功能	101
5.5 Windows CE 的实时性能	102
5.6 Windows CE 的应用领域	103
5.6.1 PDA 领域	103
5.6.2 移动通信领域	103
5.6.3 工业控制领域	103
第 6 章 开发平台 (Platform Builder 和 Embedded Visual C++) 简介	104
6.1 Platform Builder 介绍	104
6.2 Platform Builder 的安装	106
6.3 Windows CE 系统的目录结构	108
6.3.1 Public 目录	109
6.3.2 Private 目录	110
6.3.3 Platform 目录	110
6.3.4 SDK 目录和 Others 目录	111
6.4 Embedded Visual C++ (EVC) 介绍	111
6.5 Embedded Visual C++ 的安装	111
6.6 如何添加 BSP	113
6.7 如何定制平台	114
6.8 生成操作系统镜像	118
6.9 Windows CE .NET 编译的内部结构和步骤	120
6.10 调试仿真 (EMULATOR) 操作系统镜像	123
6.11 导出 SDK	126
6.12 标准 SDK 简介	127
第 7 章 Windows CE 体系结构	128
7.1 层次式架构	128
7.2 内核模块	131
7.2.1 Windows CE 中的中断体系结构	131
7.2.2 Windows CE 中的进程	133

7.2.3 进程间通信	142
7.3 文件系统概览	149
7.4 GWES 模块	153
7.4.1 用户输入系统 (User Input System)	154
7.4.2 图形设备接口 GDI	157
7.4.3 显示驱动程序接口	159
7.5 内存管理	160
7.5.1 易失性和非易失性存储器	161
7.5.2 物理内存与虚拟内存概述	162
7.5.3 虚拟内存的管理和访问	163
7.5.4 物理内存的组织结构和访问	165
7.5.5 进程地址空间结构	169
7.5.6 堆和栈	169
7.5.7 分页机制	170
7.5.8 深入 VirtualAlloc 内部	171
7.5.9 动态链接库的加载分析	173
7.5.10 内存相关的数据结构	180
7.6 Windows CE 服务	183
7.7 Windows CE 设备管理	184
7.8 Windows CE 注册表	185
7.8.1 为设备选择注册表	186
7.8.2 基于 RAM 的注册表	186
7.8.3 基于 Hive 的注册表	189
7.9 电源管理	192
7.9.1 电源状态等级	193
7.9.2 支持电源管理的驱动程序	194
7.9.3 驱动程序电源管理 API	194
7.9.4 电源状态的转变	195
7.9.5 应用程序电源管理 API	195
第 8 章 调试与仿真	198
8.1 模拟器	200
8.1.1 模拟器的架构	200
8.1.2 Platform Manager	201
8.1.3 EVC++ 中的模拟器	202
8.1.4 Platform Builder 中的模拟器	204
8.2 远程性能评测程序	204

8.2.1 Platform Builder 中的性能评测程序	204
8.2.2 EVC 中的性能评测程序	215
8.3 远程文件浏览程序 (Remote File Viewer)	215
8.4 远程堆查看程序	216
8.5 远程内核跟踪程序 (Remote Kernel Tracker)	217
8.6 远程性能监视程序 (Remote Performance Monitor)	219
8.7 远程进程浏览程序	221
8.8 远程注册表编辑程序	222
8.9 远程桌面截取程序	222
8.10 远程系统信息监控程序	223
8.11 远程消息监视程序	224
8.12 CEPC 的探讨	224
第 9 章 Windows CE BSP 及驱动程序结构分析	227
9.1 Windows CE 驱动程序结构概述	227
9.1.1 本机设备驱动程序	229
9.1.2 流接口驱动程序的结构	229
9.1.3 流驱动程序入口的实现	230
9.1.4 加载设备驱动所需要的接口	236
9.1.5 实现自己的流驱动程序	237
9.1.6 设备文件名	239
9.1.7 注册表自举	239
9.1.8 服务与设备的比较	241
9.2 启动程序 BootLoader 的分析	246
9.2.1 什么是 BootLoader	246
9.2.2 BootLoader 和主机之间文件传输的通信协议	247
9.2.3 BootLoader 选项	247
9.2.4 实现一个 BootLoader	250
9.2.5 Windows CE 标准 BootLoader 的需求	262
9.2.6 编译 BootLoader 程序	263
第 10 章 案例分析	264
10.1 TouchScreen 驱动分析	264
10.1.1 介绍	264
10.1.2 注册表设置	264
10.1.3 数据结构	264
10.1.4 驱动例程	265
10.2 显示驱动分析	267

10.2.1	Windows CE DirectDraw 架构	267
10.2.2	如何创建 DirectDraw 显示驱动程序	268
10.2.3	DDGPE 基类	268
10.3	USB 驱动分析	270
10.3.1	Windows CE 系统中 USB 设备的传输类型	270
10.3.2	Window CE 流驱动程序应具有的输出函数	271
10.3.3	设备描述符及设备配置	272
10.3.4	实现传输类型的函数接口	273
10.3.5	驱动程序的测试	274
10.4	Power Button 驱动	278
10.5	电池驱动	280
10.5.1	功能介绍	280
10.5.2	数据结构	280
10.5.3	注册表设置	281
10.5.4	Battery Driver 例程	282
10.5.5	PDD 调用	283
10.6	音频驱动	285
10.6.1	主要数据结构	287
10.6.2	主要接口函数	287
10.6.3	输入消息	287
10.6.4	输出消息	288
10.6.5	PDD 函数	288
10.6.6	WPDM 消息	289
第 11 章	Windows CE 数据库程序开发	290
11.1	SQL Server CE 文件	290
11.2	SQL Server CE 语法	291
11.3	SQL Server CE Query Analyzer	292
11.4	创建一个 SQL Server CE 数据库	293
11.5	组装一个 SQL Server CE 数据库	294
11.6	接收和显示数据	297
11.7	更新一个 SQL Server CE 数据库	304
附录	ARM 体系结构和指令集	306
A.1	ARM 公司及 ARM 技术简介	306
A.2	市场应用程度及发展趋势	307
A.3	ARM 体系结构的版本和命名方法	307
A.3.1	ARM/Thumb 体系版本及其命名格式	307

- A.3.2 ARM 公司处理器内核系列 308
- A.3.3 Intel 公司兼容改进序列 311
- A.4 ARM 编程模型 314
 - A.4.1 ARM 处理器模式 314
 - A.4.2 ARM 寄存器介绍 315
 - A.4.3 ARM 异常系统 319
 - A.4.4 ARM 指令集 320

第一部分



Intel Xscale 芯片应用详解

Intel 是全球著名的半导体制造商，是 X86 微处理器领域的领头羊。但在嵌入式处理器尤其是高性能的 32 位处理器方面，英国的 ARM 公司却更胜一筹，它开发的 ARM 架构 32 位 RISC 处理器具有低功耗和高性能的优点，被全球大多数半导体公司所采用，成为了事实上的工业标准。因此连 Intel 这样的半导体巨头也购买了 ARM 的技术。

Xscale 架构是 Intel 推出的兼容 ARM 的嵌入式处理器架构，具有业界领先的高性能和低功耗特性，被广泛地应用于消费电子、无线通信、网络等各个领域。

本书的第一部分将结合 Intel Xscale 架构的嵌入式处理器 PXA255 的硬件特性，讲述与实际应用联系紧密的 GPIO、中断系统、各种外围控制器等内容。对于底层的硬件细节，本书只做简要的说明，如果读者需要更深入地了解其中的原理，可以参考 Intel 官方网站的介绍。

GPIO 和中断控制器

GPIO (General-Purpose I/O, 通用输入/输出) 的数量和功能以及中断控制的能力是处理器功能强弱的体现, PXA255 处理器的 GPIO 以及中断控制器提供了丰富的资源, 增加了系统设计的灵活性。

1.1 GPIO

PXA255 处理器提供了 81 个 GPIO 引脚, 同时提供了 27 个寄存器来控制这些引脚的工作方式和状态。这 27 个寄存器控制了引脚的输出/输入方向、引脚状态以及引脚的附加功能(关于引脚的附加功能将在后文讲解)。此外, 这些 GPIO 中的一部分引脚还具有将处理器从睡眠中唤醒的功能。

对于不使用的 GPIO 引脚来说, 如果将它们设置成输出状态, 可以降低系统的电源消耗。

1.1.1 GPIO 操作 (GPIO operation)

当 GPIO 引脚被设置成输入状态时, 可以作为中断输入引脚使用。在系统复位后, 所有 81 个 GPIO 引脚都被设置成输入状态。

当 GPIO 引脚被设置成输出状态时, 可以通过向引脚赋值来决定引脚电平的高低。向 GPSR 寄存器输出 1 代表高电平, 向 GPCR 寄存器输出 1 代表低电平。

从 GPIO 引脚状态寄存器 (GPLR) 读取数据, 可以获得当前引脚的状态。同时引脚还提供了上升沿和下降沿探测寄存器, 读这些寄存器数据将能获得在引脚上发生的是上升沿还是下降沿。

1.1.2 GPIO 附加功能 (Alternate Function)

多数 GPIO 都有附加的功能, 例如, 充当串口的输出/输入、LCD 控制器的数据通道口等。这些功能的实现和硬件的设计相关。表 1-1 给出了各个 GPIO 引脚的附加功能。需要注意的是, 即便使用附加功能, 仍然需要适当地设置引脚的相关寄存器。