

嵌入式技术与系统——

Intel XScale

结构与开发

陈章龙 唐志强 涂时亮 主编



北京航空航天大学出版社

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

嵌入式技术与系统

——Intel XScale 结构与开发

陈章龙 唐志强 涂时亮 主编

北京航空航天大学出版社

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

内 容 简 介

本书从计算机系统结构和开发应用角度出发,介绍了目前最流行的嵌入式处理器 ARM 体系结构及指令系统。在此基础上,本书系统地介绍了 Intel 公司 32 位嵌入式处理器 XScale 架构,应用处理机 PXA250 的总体结构、存储组织、系统集成单元和 I/O 外围控制模块, XScale 开发调试方法,以及在嵌入式 Linux 与 Windows CE 支持下的开发应用方法。

本书内容新颖,系统全面,适合作大专院校高年级本科与研究生的教材,也可作为信息技术人员的嵌入式系统软/硬件设计参考书。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式技术与系统: Intel XScale 结构与开发/陈章龙等编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2004. 2
ISBN 7-81077-436-0

I. 嵌… II. 陈… III. ①微处理器, ARM—系统结构②微处理器, ARM—系统设计 IV. TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 124362 号

嵌入式技术与系统 ——Intel XScale 结构与开发

陈章龙 唐志强 涂时亮 主编
责任编辑 孔祥燮

*

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(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhp@263.net

北京宏伟胶印厂印装 各地书店经销

*

开本: 787×1 092 1/16 印张: 28.5 字数: 730 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷 印数: 5 000 册

ISBN 7-81077-436-0 定价: 45.00 元

序

首先,我谨代表 Intel(中国)有限公司祝贺《嵌入式技术与系统——Intel XScale 结构与开发》一书的出版,并对本书作者及出版社同仁的辛勤劳动表示诚挚的感谢。

Intel XScale 微架构应用处理器的推出,使智能移动终端设备摆脱了处于“瘦型设备”的水平(即只支持语音通信和发送简单文本消息),提供了众多令人难以置信的功能。高计算能力(MIPS)在融合无线设备上的普遍使用,使芯片制造商需要不断增强其支持无线手持设备的处理器的处理能力。现在,基于 Intel XScale 技术的 Intel PXA250 应用处理机的速度已达到 400 MHz。根据摩尔定律在手持设备行业的应用情况,在未来几年中毫无疑问该行业将以更快的速度发展。处理器能力将是一个需要考虑的因素;更小的外形仍然是手持设备制造商面临的一个主要挑战;对熟练的处理器开发人员以及具有先进嵌入式系统技术的优秀人才也将成为行业的一个需求热点。

Intel XScale 微架构应用处理器是作为 Intel 互联网个人客户端架构(Intel PCA-Intel Personal Internet Client Architecture)的一种产品。它是一种开放式架构,可使各种新的无线互联应用和设备得到迅速开发。这种架构使得终端用户应用延伸至具有扩展性能的通用微处理器上。Intel 为 PCA 提供了多种产品和支持,为日益增长的蜂窝市场中计算和无线通信设备的数据应用提供建筑模块,促进了这些新的无线解决方案的增长。Intel 在无线领域不断加固核心业务,例如业界领先的闪存技术、蜂窝芯片组、高性能、低能耗处理器和数字信号处理等方面。有关 Intel PCA 架构的更多信息,可访问:

<http://developer.intel.com/design/pca/applicationsprocessors/>

或者

www.intel.com/cn/gb/wireless/

Intel 素来注重对教育事业的支持,正如 Intel 公司首席技术官帕特·基辛格指出的:“硅技术将成为推动计算与通信融合趋势的引擎,将给计算和通信行业带来新的潜力。Intel 公司领导这一全球技术趋势,并把领先的通信和计算技术介绍给中国一流的学府,确保他们能为这一全球趋势添砖加瓦。”

为了促进高校在嵌入式系统方面的课程开发和教研的发展创新,以适应嵌入式系统技术的飞速进步,Intel 通过一系列的、长期的高等教育计划与全球诸多一流大学开展了广泛的交流与合作。例如:课程开发,研发项目合作,举办全国大学生嵌入式系统电子设计竞赛以及为优秀学生提供实习机会等多种方式。其中包

括把基于 Intel XScale 技术的嵌入式系统在内的多种先进技术有效地融合到高等教育中来,为学生创造了学习先进知识和了解产业最新技术的窗口。迄今,Intel 已经向 25 个国家及地区的超过 75 所高校在课程和教研方面提供了支持。Intel 中国教育事务部为本书的出版发行给予了高度的重视与支持。

现在正是无线通信产业谱写辉煌历程的关键时刻,也是无线领域先进技术人才需求骤增的阶段。我相信,本书必将为热衷于学习先进嵌入式系统知识的读者提升技术水平带来帮助,也必将推动嵌入式系统技术在无线领域的应用!

A stylized handwritten signature in black ink, appearing to read 'Weibing'.

Intel 中国区总裁陈伟铨
2003 年岁末

前 言

嵌入式系统融合了计算机软/硬件技术、通信技术和半导体微电子技术;根据应用要求,把相应的计算机直接嵌入到应用系统中。

嵌入式系统广泛应用于军事、航空航天、工业控制、仪器仪表、汽车电子、通信和家用消费类等领域。随着 Internet 的发展,新型的嵌入式系统正朝着信息家电 IA(Information Appliance)和 3C(Computer, Communication & Consumer)产品方向发展。

为了适应教育需要,我们在 Intel 公司和 ARM 公司的支持下,在《嵌入式系统——Intel StrongARM 结构与开发》一书^[1]的基础上进行重新编写。本书删去了原书第 4 章 StrongARM SA-1110 微处理器,增加了 XScale 微架构的系统结构和 XScale 应用处理机 PXA250 结构和使用方法;同时,对原书的第 1 章“嵌入式系统概述”、第 2 章“ARM 体系结构”和第 3 章“ARM 指令系统”作了较大增减;而且,根据教学的要求,重新编写了第 6 章“XScale 应用处理机开发及应用”。

本书共 6 章。

第 1 章:嵌入式系统概述,简单介绍嵌入式系统的架构和 Intel 个人互联用户架构 PCA。

第 2 章:ARM 体系结构,主要介绍 ARM 的架构、存储器结构、I/O 结构、AMBA 接口和 JTAG 接口;并介绍相应的 ARM 处理器内核和 ARM 处理器核。

第 3 章:ARM 指令系统,介绍 ARM 架构的寻址方式、ARM 指令集和 Thumb 指令集,以及 ARM 宏汇编与汇编程序设计。

第 4 章:XScale 微架构的系统结构,系统介绍 XScale 核体系结构、微处理器、协处理器、存储器 MMU、Cache 结构及调试。

第 5 章:XScale 应用处理机 PXA250 结构和使用方法,介绍采用 XScale 核的 PXA250 应用处理机结构,各种 I/O 部件的功能及使用方法。

第 6 章:XScale 应用处理机开发及应用,介绍 XScale 架构的硬件开发平台 Sitsang 板的结构、Angel 及 ADS 开发方法、Intel 集成性能函数库 IPP、嵌入式 Linux 和 Window CE 的开发应用。

本书由陈章龙、唐志强和涂时亮主编,陈闻杰、崔亮、孙桂花、贾小涛、顾詠枫和周强参加了有关章节的编写。2002 年和 2003 年春季,本书初稿作为试用教材已在复旦大学信息科学与工程学院研究生中使用。由于 ARM 架构的嵌入式系统应用在国内才刚刚开始,所以缺少可供参考的相关资料和教材。我们编写这方面的教材也是一次尝试,难免会产生概念的表述和术语的名称上的不确切。希望读

者对本书提出宝贵的意见,以便进一步改进。

感谢 Intel(中国)有限公司总裁 Mr. WT Chen 为本书写了序言,也感谢 ARM 公司谭军先生和 Intel(中国)有限公司中国软件实验室李眈先生为本书的编写、修改提出了许多宝贵的意见。

编者

2003.10

目 录

第 1 章 嵌入式系统概述	1
1.1 嵌入式系统概述	1
1.1.1 嵌入式系统体系架构	1
1.1.2 Intel 个人互联网用户架构 PCA	1
1.2 嵌入式处理器	5
1.2.1 嵌入式处理器简介	5
1.2.2 ARM 架构处理器	6
1.2.3 StrongARM 架构处理器	9
1.2.4 XScale 微架构处理器	10
1.3 嵌入式系统软件	12
1.3.1 嵌入式操作系统	12
1.3.2 嵌入式系统编程语言	12
1.3.3 嵌入式系统的开发	15
第 2 章 ARM 体系结构	18
2.1 ARM 体系结构概述	18
2.1.1 ARM 架构的特点	18
2.1.2 ARM 架构	20
2.1.3 ARM 处理器模式	24
2.1.4 ARM 的流水线结构	29
2.2 ARM 存储器结构	33
2.2.1 ARM 存储器接口	33
2.2.2 ARM Cache 结构	34
2.2.3 ARM 存储器管理单元 MMU	41
2.2.4 地址变换后备缓冲器 TLB	42
2.2.5 ARM 的 MMU 结构	42
2.3 ARM I/O 结构	50
2.3.1 存储器映像 I/O	51
2.3.2 直接存储器存取 DMA	51
2.3.3 中断 IRQ 和快速中断 FIQ	51
2.4 ARM 协处理器接口	52
2.4.1 简介	52
2.4.2 协处理器接口信号	52
2.4.3 协处理器接口	53
2.5 ARM AMBA 接口	53

2.5.1	先进系统总线 ASB	54
2.5.2	先进高性能总线 AHB	55
2.5.3	先进外围总线 APB	55
2.5.4	AMBA 测试	56
2.6	ARM JTAG 调试接口	56
2.6.1	JTAG 调试接口的结构	56
2.6.2	Embedded - ICE 模块	61
2.6.3	ARM 处理器状态之间的转换	63
2.6.4	嵌入式跟踪缓冲	63
2.7	ARM 处理器内核	65
2.7.1	ARM7TDMI	65
2.7.2	ARM9TDMI	75
2.7.3	ARM10TDMI	78
2.7.4	StrongARM	79
2.8	ARM 处理器核	81
2.8.1	ARM720T/ARM740T	81
2.8.2	ARM920T/ARM940T	86
2.8.3	ARM946E - S/ARM966E - S	89
2.8.4	ARM1020E	89
2.8.5	StrongARM-SA - 110	90
第3章	ARM 指令系统	94
3.1	ARM 指令系统特点	94
3.1.1	ARM 指令特点	94
3.1.2	ARM 指令概述	95
3.2	条件域	97
3.3	ARM 指令的寻址方式	97
3.4	ARM 指令功能说明	99
3.4.1	ARM 转移类指令	99
3.4.2	数据处理类指令	100
3.4.3	单数据传送类指令	106
3.4.4	半字和带符号数据传送类指令	107
3.4.5	双字传送类指令	108
3.4.6	块数据传送类指令	110
3.4.7	Cache 预加载指令	113
3.4.8	单数据交换指令	113
3.4.9	软件中断指令	114
3.4.10	MRS 指令	114
3.4.11	MSR 指令	114

3.4.12 断点指令	115
3.4.13 ARM 伪指令	115
3.4.14 XScale 新增指令	118
3.5 Thumb 指令集	121
3.5.1 寄存器移位/传送类指令	123
3.5.2 加/减运算类指令	123
3.5.3 立即数类指令	123
3.5.4 ALU 运算类指令	124
3.5.5 高位寄存器运算、转移并交换指令集	125
3.5.6 数据传送类指令	125
3.5.7 条件分支类指令	128
3.5.8 软件中断指令	129
3.5.9 Thumb 伪指令	129
3.6 未使用的指令空间	131
3.6.1 未使用的算术指令	131
3.6.2 未使用的控制指令	131
3.6.3 未使用的 Load/Store 指令	131
3.6.4 未使用的协处理器指令	132
3.6.5 未定义的指令空间	132
3.6.6 未使用指令的行为	132
3.7 ARM 宏汇编	132
3.8 ARM 汇编语言程序设计	134
3.8.1 程序的建立	134
3.8.2 运行程序	136
3.8.3 查看运行情况	136
3.8.4 数据处理操作	136
3.8.5 Load 和 Store	137
3.8.6 条件执行及循环	140
3.8.7 子程序	142
第 4 章 XScale 微架构的系统结构	143
4.1 XScale 处理器	145
4.1.1 XScale 超级流水线	145
4.1.2 XScale 乘/累加 MAC	146
4.1.3 XScale 指令时延	148
4.1.4 XScale 的事件结构	154
4.2 XScale 协处理器	156
4.2.1 CP15 协处理器	156
4.2.2 CP14 协处理器	163

4.2.3 CP0 协处理器	166
4.3 XScale 存储器管理	168
4.3.1 XScale 新的页面属性	168
4.3.2 MMU 内部操作	170
4.3.3 快表 TLB 操作	171
4.4 XScale Cache 结构	172
4.4.1 XScale 指令 Cache	172
4.4.2 分支目标缓冲器	175
4.4.3 XScale 数据 Cache	177
4.5 XScale 性能监测	183
4.5.1 概 述	183
4.5.2 性能监测资源	184
4.6 XScale 调试	189
4.6.1 概 述	189
4.6.2 XScale 调试模块	190
4.6.3 XScale 的 JTAG 调试方式	197
4.6.4 跟踪缓冲	201
4.6.5 XScale 的调试过程	206
第 5 章 XScale 应用处理机 PXA250 的结构和使用方法	208
5.1 PXA250 的结构和特性	208
5.1.1 总体结构	208
5.1.2 特 性	209
5.1.3 封装和引脚	210
5.2 时钟和电源管理	213
5.2.1 时钟管理	213
5.2.2 复位和电源管理	217
5.2.3 电源管理器寄存器	219
5.2.4 协处理机 CP14 的时钟和电源管理	223
5.3 系统集成单元	224
5.3.1 通用 I/O	224
5.3.2 中断控制器	230
5.3.3 实时时钟	232
5.3.4 操作系统定时器	233
5.3.5 脉冲宽度调制	234
5.4 DMA 控制器	236
5.4.1 DMA 描述	236
5.4.2 数据传送	238
5.4.3 DMAC 寄存器	240

5.4.4 应用举例	247
5.5 系统存储器接口	249
5.5.1 简介	249
5.5.2 存储器接口功能	251
5.5.3 SDRAM 接口方法	252
5.5.4 同步静态存储器接口	257
5.5.5 异步静态存储器	261
5.5.6 16 位 PC 卡/紧缩 Flash 接口	264
5.5.7 伴侣芯片接口	269
5.5.8 启动存储器选项和设置	270
5.6 LCD 控制器	271
5.6.1 简介	271
5.6.2 LCD 控制器操作	274
5.6.3 LCD 模块	275
5.6.4 LCD 外部调色板和帧缓冲器	275
5.6.5 寄存器	279
5.7 串行口	288
5.7.1 同步串行口控制器 SSPC	288
5.7.2 I ² C 总线接口单元	293
5.7.3 UART	301
5.7.4 高速红外通信接口 FICP	310
5.7.5 USB 器件控制器	316
5.8 多媒体通信器单元	329
5.8.1 AC97 控制器	329
5.8.2 内部集成电路声音控制器	337
5.8.3 多媒体卡控制器	343
第 6 章 XScale 应用处理机开发及应用	359
6.1 PXA250 开发评估平台——Sitsang 系统结构	359
6.1.1 系统概述	359
6.1.2 Sitsang 板存储器及地址空间映像	361
6.1.3 Sitsang 开发板寄存器	362
6.1.4 Sitsang 板上设备及 I/O 接口	373
6.2 Angel 和 ADS 开发	386
6.2.1 Angel 概述	386
6.2.2 Angel 系统的结构	387
6.2.3 Angel 的通信结构	388
6.3 ADS 开发环境	389
6.4 Intel 集成性能函数库 IPP	392

6.4.1	IPP 简述	392
6.4.2	在 ARM 平台上使用 IPP 开发应用	393
6.5	嵌入式 Linux	396
6.5.1	嵌入式 Linux 简介	396
6.5.2	嵌入式 Linux 的体系结构	397
6.5.3	基于 Intel XScale 处理器的开发环境	399
6.5.4	嵌入式 Linux 驱动程序开发	400
6.6	Windows CE 系统开发	401
6.6.1	Windows CE 简介	401
6.6.2	定制 Windows CE 的流程和 Platform Builder	404
6.6.3	OAL 开发	405
6.6.4	Windows CE 设备驱动开发	409
6.7	在 Sitsang 平台上开发程序	412
6.7.1	在裸机环境下的开发与测试程序	413
6.7.2	嵌入式 Linux 系统应用程序开发	417
6.7.3	嵌入式 Linux 设备驱动程序开发	420
6.7.4	嵌入式 Linux 应用程序	427
6.7.5	在 Sitsang 板上实现 Linux 下的无线网络	427
附录 A	ARM 指令集、ARM 寻址方式和 Thumb 指令集速查表	432
附录 B	ARM 指令集编码和 Thumb 指令集编码	439
参考文献		441

第 1 章 嵌入式系统概述

1.1 嵌入式系统概述

嵌入式系统是把计算机直接嵌入到应用系统之中,它融合了计算机软/硬件技术、通信技术和半导体微电子技术,是信息技术 IT(Information Tehnology)的最终产品。

1.1.1 嵌入式系统体系架构

嵌入式系统早期主要应用于军事及航空、航天等领域,以后逐步广泛地应用于工业控制、仪器仪表、汽车电子、通信和家用消费类等领域。随着 Internet 的发展,新型的嵌入式系统正朝着信息家电 IA(Information Appliance)和 3C(Computer、Communication & Consumer)产品方向发展。

嵌入式系统采用“量体裁衣”的方式把所需的功能嵌入到各种应用系统中。随着应用形式的不同,可有 IP(Intellectual Property)级、芯片级和模块级等 3 级不同体系架构。

IP 级的架构也就是系统级芯片 SoC(System on Chip)的形式。它把不同的 IP 单元,根据应用的要求集成在一块芯片上,且各种嵌入式软件也可以以 IP 的方式集成在芯片中。

芯片级架构是根据各种 IT 产品(应用系统)的要求,可以选用相应的处理器(MCU、DSP、RISC 型 MPU 等)芯片、RAM、ROM(EPROM/EEPROM/Flash)及 I/O 接口芯片等组成相应的嵌入式系统;相应的系统软件/应用软件也以固件形式固化在 ROM 中。这是目前嵌入式系统最常见的形式。

模块级架构是以 X86 处理器构成的计算机系统模块嵌入到应用系统中。这样可充分利用目前常用 PC 机的通用性和便利性。但是,此方式不但要缩小体积、增加可靠性,还要把操作系统 OS 改造为嵌入式操作系统 OS,把应用软件固化在固态盘中。此种嵌入式系统较多地用于工业控制和仪器仪表中。

嵌入式系统是由嵌入式处理器、嵌入式系统软件和嵌入式应用软件所组成。Intel 公司推出的个人互联网用户架构 PCA 就是嵌入式系统的开发应用平台。在 PCA 的应用与通信子系统中的嵌入式处理器是基于 StrongARM/XScale 的处理器。PCA 可以配备 Window CE、嵌入式 Linux 和 VxWorks 等各种嵌入式 OS。同时,为了便于开发各种应用软件,PCA 还提供了各种组件及中间件。

1.1.2 Intel 个人互联网用户架构 PCA

Intel 公司在 2000 年 9 月推出了基于 StrongARM(或 XScale)处理器的面向无线互联网的嵌入式系统架构——Intel 个人互联网用户架构 PCA(Personal Internet Client Architecture),

其结构图如图 1-1 所示。

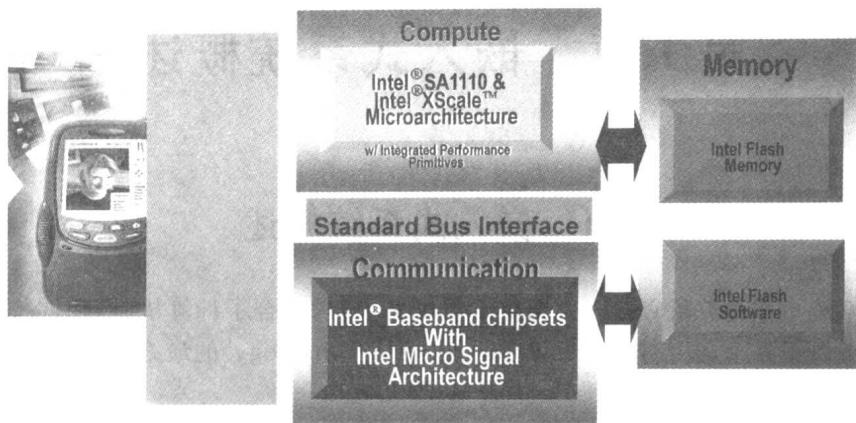


图 1-1 Intel 个人互联网用户架构 PCA

1. PCA 结构

Intel 个人互联网用户架构 PCA 是一个开放式平台架构,它由应用子系统、通信子系统和内存子系统组成。每个子系统都由开放式接口相互隔离,这样,每个子系统都可以模块方式集成、扩充和接口。

PCA 应用子系统是基于 StrongARM(或 XScale)处理器的可编程的计算环境。它在嵌入式操作系统支持下,能够管理用户输入/输出设备,扩充设备内存管理与接口、电源管理以及与通信子系统的交互通信资源。

PCA 通信子系统由一个或多个处理器构成,主要完成通信协议的处理任务。为了提高实时通信性能,可以添加数字信号处理器 DSP(Intel 公司的新型 MSA),以加速协议的逻辑运算与密集的信号处理能力,提供必需的基带处理能力。

内存子系统也是 PCA 的一个重要组成部分,它可以提供具有 Intel 特色的低电压、低功耗和高集成度的闪存 Flash、SRAM 和 DRAM。内存子系统支持分级存储体系,支持高速缓存、嵌入式(片上)内存、系统内存和拆卸内存。

应用子系统与通信子系统之间的接口 BAPI 具有双向传输数据和控制信息的能力,并具有生成和向其他子系统传输“唤醒”事件的功能。该 BAPI 接口支持双向存储器、USB、SSP 和 UART 等接口,并将成为开放式接口。

本书主要介绍 PCA 应用子系统的开发与应用。

2. PCA 应用子系统

如图 1-2 所示为 Intel PCA 应用子系统的开放式软件框架。

PCA 应用子系统硬件平台包括 SA-1110 处理器、外设、闪存和 RAM。各种性能的 PCA 应用子系统的硬件平台配置如表 1-1 所列。本书介绍的 Sitsang 板属于 B 类硬件平台。

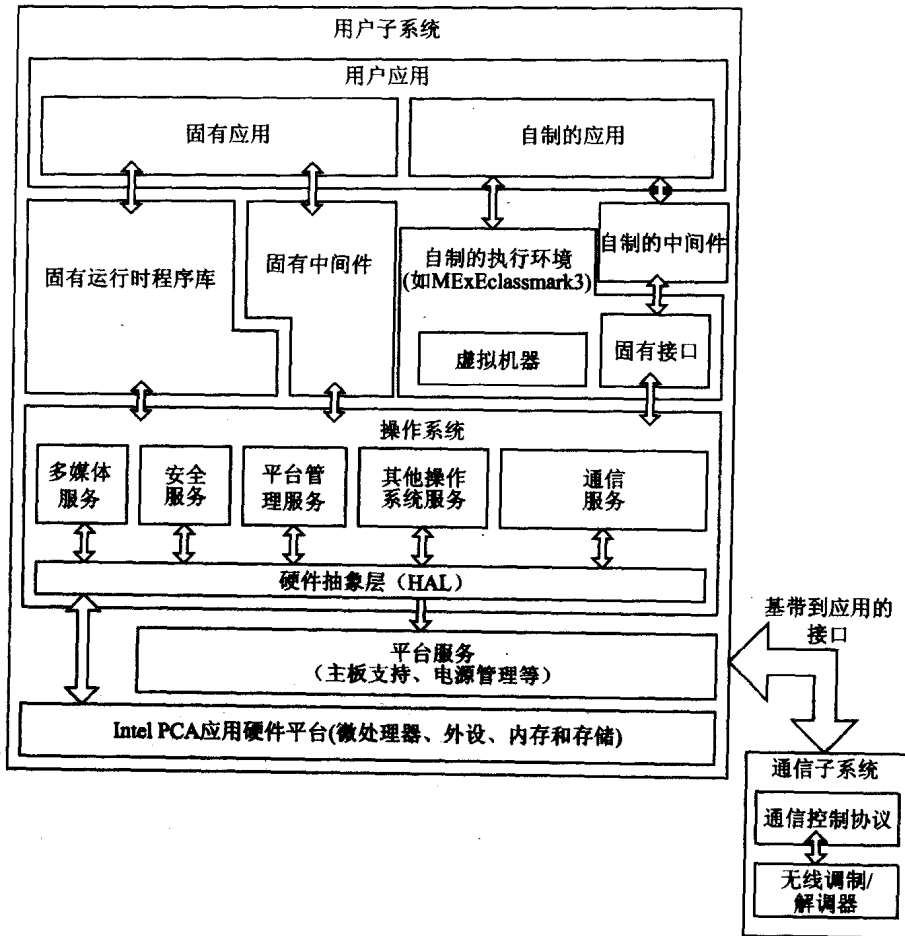


图 1-2 Intel PCA 应用子系统的开放式软件框架

表 1-1 各种性能的 PCA 应用子系统硬件平台配置

功 能	A 类	B 类	C 类
浏览器	WAP/iMode, W/WML, C-HTML, HTML 子集	WAP/iMode, HTML 4.0, 基本脚本语言, 翻译器或 VM	WAP, HTML 4.0, XML, 脚本语言自然应用
音频和音频	模拟和数字音频, VoIP, 简易音频回放	模拟和数字音频 VoIP, MP3 音频, 其他流型音频格式	音频 + MP3 + MPEG II/IV AC3, 流型音频和实时格式
图像和视频	简单文本, 卷页和窗口尺寸, 低帧速率视频, 静止图像 GIF 格式	简单文本, QCIF/CIF 视频, 中帧速率和分辨率视频, 静止图像	全 MPEG 视频, 全帧速率和高分辨率视频, 照相质量静止图像
显示器	12~20 字符/行, 2~8 行显示, 单色	GDI, 1/4、1/2 或全屏, 240×320 或 480×640 单色灰度或 16~24 位彩色	丰富 GDI, 全屏, 480×640、600×800 及 768×1024 彩色
外设	键盘, 标准串行口 (RS-232C), 蓝牙, 红外	类似 QWERTY 键盘指点器, 触摸屏笔输入, 增强串行总线, 蓝牙, 17550、快速红外, USB	全键盘, 语音同步识别, 指点器, 高速串行总线
存储器	16~32 MB 闪存 4~8 MB RAM	32~128 MB 闪存 8~32 MB RAM	64~128 MB 闪存 32~512 MB RAM

3. 应用子系统软件和组件

(1) 平台服务：提供硬件抽取和 Intel PCA 硬件的接口。

(2) 操作系统：为各种任务及应用提供结构框架和基本服务。例如：

- 多媒体服务——支持数据流音频和视频应用；
- 安全服务——支持增强的安全程序库；
- 平台管理服务——为用户的设备提供管理支持；
- 通信服务——用于建立和控制网络连接的总体平台通信能力。

(3) 中间件：附加的软件组件可为应用添加新服务以供使用。Intel 提供了组件形式的集成性能的中间件。

(4) 固有运行时程序库：Intel 提供了 Intel 集成性能函数库 IPP(Integrated Performance Primitives)。

(5) 用户应用：为用户提供各种最先进的功能。

Intel 集成性能函数库 IPP 是一种跨平台的底层软件，它从处理器提取了多媒体编解码器功能。函数提供了一组底层映像和信号操作功能，这种功能对微架构进行了优化，特别是对基于指令的多媒体增强功能时尤为有效。在低层算法和信号处理时可使用 IPP。Intel 集成的高性能函数库的功能包括：矢量和图像处理、信号转换、过滤、视窗处理、阈值处理和变换，以及算术、统计和形态操作，同时也支持各种数据类型的结构。IPP 的使用可参见第 5 章。

PCA 应用子系统的固有中间件为组件形式的集成性能中间件，也是跨平台的中间件，它所提供的功能 E 是过去传统的操作系统所缺乏的。利用集成性能的组件(中间件)和第三方中间件，操作系统或执行环境可把它们集成到 Intel PCA 的开发平台中。目前已有以下集成性能中间件可供使用：

- 多媒体框架：提供了 RMS 2.0 的可移植数据流多媒体框架，包括大量多媒体编解码器、过滤器和转发器，并可集成到操作系统和执行环境中。
- IP 电话技术：包括了 IP 电话技术套件，为构建 IP 电话技术应用提供了支持。该套件可在操作系统间移植，并为 H. 323 和 SIP 协议提供支持。
- 加密、认证和安全：支持工业标准安全算法的优化算法，并能集成到开发平台中。
- 音频套件：提供一套优化的音频信号处理组件，其功能包括噪音减少、回音消除、数字缩混和比率样本转换，使远端音频、语音识别和高质量捕获等特性很方便地添加到各种移动设备上。

用户应用尽可能采用 PCA 提供的 Intel 集成性能函数库 IPP(固有运行时程序库)和集成性能中间件组件(固有中间件)的固有应用。这样，运行速度快，系统资源利用率高。但是，若要从一个设备/操作系统的组合移到另一种组合，其难度较大，需对特定设备/操作系统组合十分熟悉才能成功地开发或移植应用。

用户的自行应用可以通过 PCA 提供的固有接口，自制相应的中间件，并把它们集成到新的开发平台中。另外，也可以通过自制的执行环境来实现。例如，对于移动应用的执行环境是第三代合作伙伴项目(3GPP)移动环境 MExE。MExE 规定了一套移动的 Classmark，为写入每个 Classmark 中的应用都定义了功能和 API，强大的 Classmark 还为应用定义了所运行的虚拟机以及一组丰富的 API。