

嵌入式技术与应用丛书

EMBEDDED
SYSTEM

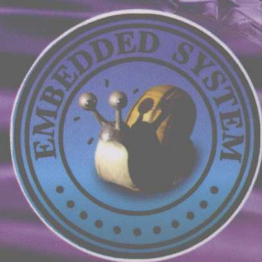
基于ARM9/7 产品化研发实践

曹垣亮 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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



ARM 作为一种嵌入式系统，其性能、功耗、成本等指标均优于传统的微处理器。ARM 作为一种嵌入式系统，其性能、功耗、成本等指标均优于传统的微处理器。ARM 作为一种嵌入式系统，其性能、功耗、成本等指标均优于传统的微处理器。

基于 ARM9/7 产品化研发实践

曹垣亮 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

ARM 作为一种嵌入式系统处理器,以高性能、低功耗、低成本等特点占领很大的应用市场。ARM7 和 ARM9 的应用研发越来越多,在未来相当长时间内仍将是应用开发的主流。本书以 ARM9 处理器(S3C2440)、ARM7 处理器(S3C44B0X)和 Linux 操作系统为平台,结合产品化研发项目 IEO2008 终端实践全过程,详细介绍了 IEO2008 方案选型、评估、硬件研发实践及软件研发实践。

本书是一本 ARM 研发实践书籍,重点介绍了 ARM 产品化研发实践的设计思考、问题分析、问题解决,使读者能够快速地掌握 ARM 产品化研发实践的方法与技能。本书把 ARM 研发过程中 Linux 汉字显示支撑移植、LCD 彩屏驱动、内核移植、电路设计与 EMC 等有一定难度的实践问题进行了深入的剖析。同时把我们团队在 ARM 研发实践中摸索出来的“双漏斗”研发模型、多层 PCB 板布线计算方法、结构决定价值、日工程师等方法进行了介绍。此外,本书还有配套资源供免费下载。

本书内容实用易懂,适合高等院校相关专业的师生阅读,可以作为嵌入式系统开发与应用技术人员的参考书,也可以作为嵌入式培训机构或企业内的培训教材。

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

基于 ARM9/7 产品化研发实践/曹垣亮编著. —北京:电子工业出版社, 2008.7

(嵌入式技术与应用丛书)

ISBN 978-7-121-06936-9

I. 基… II. 曹… III. 微处理器, ARM—系统设计 IV.TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 089463 号

策划编辑:高买花

责任编辑:侯丽平

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

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:24.5 字数:566 千字

印 次:2008 年 7 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:46.00 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 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

出版说明

嵌入式技术是 21 世纪最具生命力的新技术之一,经过近几年的快速发展,已经成为电子信息产业中最具增长力的一个分支。随着手机、掌上电脑、GPS、机顶盒等新兴产品的大量应用,嵌入式系统的设计正成为软、硬件工程师越来越关心的话题。面对不断涌现的技术需求和发展机遇,各大嵌入式系统开发商、各科研院所的研发人员都急需一套全方位、针对性强,且具有实际指导意义的嵌入式技术类书籍;各高等院校相关专业的本科生、研究生也迫切希望了解、掌握嵌入式系统的开发技巧,以推动嵌入式技术在各领域的广泛应用和快速发展。

《嵌入式技术与应用丛书》正是针对当前技术与市场需求,由国内站在 IT 业前沿并有实践开发经验的嵌入式系统专家,以实用技术为主线,理论联系实际,将他们在理论研究与实践工作中积累的大量经验和体会有机地融于一体,以丛书的形式奉献给广大读者!

本丛书由基础理论类、硬件设计类、软件开发类、综合应用类书籍组成,立足当前嵌入式技术的发展趋势、核心技术及其主要应用领域,将技术热点与实践应用紧密结合,以实际应用为主线,融合关键性嵌入式设计技术,围绕嵌入式设计理论、开发流程、嵌入式软件验证及测试、代码可重构及代码优化等方面进行深入浅出的讲解和论述。

读者群定位于高等院校相关领域的高年级学生,科研、开发人员,嵌入式相关领域设计人员等,本丛书可作为嵌入式领域学习、开发人员的参考资料,也可作为高等院校相关专业师生的教学参考书。

本丛书的出版得到了业界许多专家、学者的鼎力相助,对此表示衷心的感谢!同时,热切欢迎广大读者提出宝贵意见,或者推荐更多优秀选题(gmholife@hotmail.com),共同为嵌入式技术的发展添砖加瓦!

电子工业出版社通信分社

2007 年 6 月

谨以此书献给北京工业大学林平分教授，感谢她引导我推开 ARM 之门，帮助我在 ARM 精彩世界实践前行。

前 言

近几年我们团队在 ARM 方面进行产品化研发工作，深深地体会到 ARM 实践研发过程随时都有“地雷”出现。在 ARM 项目研发实践过程中研发团队的组建是一件很有挑战性的工作，因为公司不可能全部招有经验的 ARM 工程师，招聘来的工程师主要以刚毕业或毕业时间不长的研究生、本科生为主，他们大多学习过 ARM 或 Linux，或有过一些相关的实践经历，但是在 ARM 研发实践方面的认识是有限的。为了提高研发团队整体研发质量与效果，我们在研发过程中推行“事缓则圆”的行动准则，实施从问题出发、从应用出发、从实践出发的内训活动，通过内训活动研发团队分享研发实践中遇到的问题、现象，分享研发团队对现象的描述、分析思路、重现问题与捕获问题的试验方案、解决方案、研发体会等。帮助新同事跨越从 ARM 原理到 ARM 研发实践的过渡地带，快速适应 ARM 项目产品化研发的技能要求，提高 ARM 项目研发成果的产品化程度。

本书主要内容

本书以 IEO2008 终端（Intelligent Engineer Oasis 2008，无线动力 2008）产品方案分析与比较、硬件设计与调试、软件设计与调试为线索，主要在产品规划、用户需求、产品定义、设计实现、问题再现与分析几个方面进行了详细的介绍。每个章节在模块设计实现中列出了许多只有在实践研发过程中才可能遇到的问题、现象，每章的开发者体会都是一线研发人员在设计实现过程中真实问题与情景的记录，同时对问题进行了详细的分析、比较。本书通过实践问题情景再现、问题分析、问题解决，使读者通过阅读本书可以树立 ARM 整机产品化的思考方式。本书把 ARM 研发过程中 Linux 汉字显示支撑移植、LCD 彩屏驱动、内核移植、电路设计与 EMC 等有一定难度的实践问题进行了深入的剖析。同时把我们团队在 ARM 研发实践中摸索出来的“双漏斗”研发模型、多层 PCB 板布线计算方法、结构决定价值、日工程师等方法进行了介绍。

全书分为硬件篇、软件篇两个部分，读者可以按顺序阅读，也可以根据需要有选择性地阅读。硬件篇的第 5 章 ARM 硬件产品化研发思考汇总了 ARM 硬件研发实践中的问题、思考、建议，包括 ARM 应用项目硬件电路的电路设计、评审、PCB 设计、EMC 等内容。软件篇介绍了在 Linux 2.4.18 与 Linux 2.6.12 两种内核下驱动软件研发、移植与比较分析，并且在每一章的开发者体会中详细、完整地展现了开发过程中遇到的现象、问题、分析、试验方法与试验结果，让读者可以更好地掌握 ARM 软件开发的要点。例如，键盘是嵌入式产品中最常见的功能模块之一，硬件电路设计与调试不难，驱动软件开发也不难，但是当把键盘模块放到整机中就可能会出现一系列的问题。键盘按键的可操作性、方便性很重要，键盘按键如果不能及时在 LCD 屏上显示就可能大大地降低客户的满意度。键盘驱动软件在 Linux 2.4.18 上可以正常运行，为什么到了 Linux 2.6.12 运行不起来？为什么在 Linux 2.6.12 平台下键盘中断响应没有正常工作呢？为什么在 Linux 2.6.12 平台下会出现一些没有预测到的键盘中断请求呢？如何处理这些意料之外的键盘中断请求，增强键盘驱动软件的可靠性呢？在 ARM 研发实践中我们把这些统称为“地雷”现象。

为什么会出现这些“地雷”呢？又如何避免这些“地雷”的出现呢？理论上最佳的解决方案是根据自主开发的硬件与产品的需求规划，自主开发 Bootloader，重写操作系统内核、驱动软件、应用软件。全部自主研发是一个不错的想法，但未必是最佳 ARM 产品研发实施方案，因为这样做会遇到很多问题：需要投入多少资金呢？需要多长周期才能发布相对稳定的版本呢？研发团队又如何组建与执行呢？企业能否承受这样的方案、周期、成本呢？客户的有效需求、购买欲望是否会变化呢？现实中企业总是在资源有限、资金有限、人员有限的紧张情况下运营，在不确定的环境下做出一个相对确定的决策并实施。

在书稿整理的全过程，始终坚持以实践出发，坚持书稿的内容、数据来源于我们研发团队的实践工作，向读者展示 IEO2008 终端产品的研发全过程。

本书内容组织

本书分为两大部分：硬件篇与软件篇，共 15 章，书籍相关资源可到电子工业出版社华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn/web/Index.aspx>) 上免费下载。

1. 硬件篇

第 1 章 ARM 基础。简要地介绍了 ARM 的体系结构后，对 ARM 与 51 单片机进行了比较。最后分别介绍了 S3C44B0X、S3C2440 的功能特点、内部结构、信号说明。

第 2 章 IEO 终端模块。介绍了 IEO 终端外设模块的基本原理，如 LCD 原理、GPRS 原理、微型打印机原理、CAMERA 原理。

第 3 章 IEO 终端产品线规划。通过对 IEO2008 终端业务分析与产品需求基线分析，比较了多种设计方案，组织了内部和外部技术专家评审，对解决方案有针对性地选择了开发板，进行全面的测试分析，提前预测了开发中可能会遇到的技术难点，最后确定了从高端到低端的研发路线。

第 4 章 IEO2008 终端硬件设计与调试。详细介绍了基于 S3C2440 基础板与核心板的电路设计、PCB 板设计、电路调试，并采用比较方式介绍了 S3C44B0X 基础板与核心板的电路设计、PCB 板设计、电路调试。

第 5 章 ARM 硬件产品化研发思考。介绍了项目方案选择 ARM 的机会与陷阱，提出了 ARM 产品化研发的实践体会“结构决定价值”的观点。深入介绍了 S3C2440 核心板的 PCB 设计，总结出了 BGA 封装（引脚密度很大）器件的布线、分层的实用计算方法与 EMI/EMC 的应用建议。

2. 软件篇

第 6 章 Bootloader 原理。介绍了 Bootloader 的原理、启动流程、源程序，并对产品中用到的 vivi 移植做了详细的介绍。

第 7 章 Linux 内核与文件系统。在比较了 Linux 与 uCLinux 后，详细介绍了驱动开发原理、Linux 2.4 内核与 Linux 2.6 内核驱动软件不同的地方。在介绍多种文件系统的特点、组合应用后详细介绍了移植 YAFFS 文件系统的过程与开发者体会。

第8章 键盘驱动软件。在介绍扫描键盘的工作原理后，详细解析了 Linux 2.4.18 与 Linux 2.6.12 内核下的驱动源程序。在开发者体会中全面地再现、分析了 Linux 2.4.18 与 Linux 2.6.12 内核开发中遇到的问题与软件在整机运行过程中出现的现象，并给出了详细的问题分析。本章提出了 ARM 整机开发模式与整机产品化的理念与体会。

第9章 GPRS 软件。在介绍 WAVECOM 2406B 模块常用 AT 指令后，详细分析了 TEXT 与 PDU 两种模式的信息收发流程、源程序，并在开发者体会中介绍了 GPRS 软件开发中遇到的问题。

第10章 MS12864R 汉字 LCD 模块软件。在介绍 MS12864R 模块的接口后，详细地分析了 MS12864R 在 Linux 2.4.18 与 Linux 2.6.12 内核下的驱动软件源程序。在开发者体会中详细地展现了从 Linux 2.4.18 向 Linux 2.6.12 移植过程中出现的问题。

第11章 TFT 2.8 英寸彩屏软件。以 TFT-G240320UTSW-50W-E 屏为基础，详细介绍了驱动软件设计的思想与源程序，分析了界面菜单的两种实现方法与汉字显示技术。在开发者体会中不但对 2.8 英寸 TFT 彩屏进行了分析总结，还给出了 3.2 英寸 TFT 彩屏的调试体会，方便读者进行比较。

第12章 多模块测试与系统汉字支撑。把 GPRS 模块的短信收发与 TFT LCD 屏综合测试与试验，用系统的方法对整机与软件模块进行测试。短信收发与 TFT LCD 显示中会遇到一个实践研发中经常需要解决的问题——ARM 嵌入式 Linux 系统开发中如何支撑汉字显示？在本章给出了完整的实现方法和步骤。

第13章 微型打印机软件。打印是嵌入式系统常见功能，在详细地分析打印格式、打印源程序之后，讲述了嵌入式系统配置文件与嵌入式软件灵活性的开发者体会。

第14章 CAMERA 驱动软件。在对 CAMERA 成像基础、V4L 进行介绍后，重点分析了摄像头接口成像实现的流程与代码，并给出了驱动测试软件的流程与代码。在开发者体会中介绍了现在软件存在的问题。

第15章 ARM 产品化研发项目管理实践。介绍了从实践中总结的“双漏斗”研发管理模型，结合在 ARM 方面研发的实践，介绍了 ARM 产品化研发的整机流程、硬件流程、软件流程及整机开发实践过程中一个提高整机开发质量的活动——“日工程师”的实施细节。

读者对象

本书是一本介绍 ARM 整机产品化研发的实践性书籍，用实例介绍了嵌入式整机硬件、Linux 驱动软件、应用软件的开发。本书适合下列人员阅读：

- 学习过 ARM 原理或 Linux 原理的高校学生。
- 正在从事 ARM 研发实践的工程技术人员。
- 有 51 单片机应用经验，转向 ARM 方向的开发人员。
- 对嵌入式系统或 Linux 系统非常感兴趣的人。
- 从事 ARM 研发项目的管理人员。

本书读者需要有 C 语言基础，至少能读懂书中提到的代码，如果有 Linux 基础就更好了。如果之前没有接触过 Linux、ARM，建议先阅读一些入门的书。

致谢

本书得到了张志伟博士、张鸿涛博士的大力支持，他们对本书提出了许多有益的建议。同时林萍、刘光德、罗亚平、张宁波、钟桂林、曹俊、刘岐、曹刚、冯颖秋、王迎龙、谢秋葵、彭国荣、王大芳、项飞、王朝、苑贵强对本书的出版提供了大量帮助，在此对他们表示衷心的感谢。

家人的支持永远是最宝贵的财富和动力。

由于篇幅有限、时间仓促，加之作者的编写水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者、专家批评指正。关于本书的任何批评、建议及技术问题的交流，可以发邮件到 digitalcao@tom.com 或 gmbolife@hotmail.com，我将与从事ARM研发的同事、朋友一起进行解答。

编著者

2008年4月

目 录

硬 件 篇

第 1 章 ARM 基础	3
1.1 ARM 基础	3
1.1.1 ARM 介绍	3
1.1.2 ARM 特点	3
1.1.3 ARM 与单片机的比较	4
1.2 S3C44B0X 介绍	5
1.2.1 S3C44B0X 简介	5
1.2.2 S3C44B0X 特性	6
1.2.3 S3C44B0X 内部结构图	10
1.2.4 芯片引脚定义	10
1.3 S3C2440 介绍	13
1.3.1 S3C2440 介绍	13
1.3.2 S3C2440 内部结构图	19
1.4 ARM9 芯片功能比较	20
1.4.1 S3C2410、S3C2413 和 S3C2440 功能比较	20
1.4.2 PXA270 和 S3C2440 功能比较	22
第 2 章 IEO 终端模块	24
2.1 LCD 原理	24
2.1.1 LCD 原理与分类	24
2.1.2 液晶显示模块	27
2.2 GPRS 原理	29
2.2.1 概述	29
2.2.2 GPRS 的特点	30
2.2.3 GPRS 网络总体结构	31
2.2.4 Q2406B 无线模块引脚信号	33
2.3 微型打印机原理	35
2.3.1 热敏型微型打印机原理介绍	35
2.3.2 热敏型微型打印机接口	36
2.3.3 热敏型微型打印机设计注意事项	36
2.4 CAMERA 原理	37
2.4.1 概述	37
2.4.2 CAMERA 结构	37

2.4.3	CAMERA 常用术语	38
第 3 章	IEO 终端产品线规划	43
3.1	IEO 整体解决方案的作用	43
3.1.1	IEO 可持续发展的业务架构与网络架构	43
3.1.2	IEO 解决方案的业务特点	44
3.2	IEO 2008 终端技术方案分析	44
3.2.1	最终用户分析	44
3.2.2	IEO 2008 可能的技术方案	45
3.2.3	S3C2440 开发板测试与分析	50
3.3	IEO 产品线研发决策	55
3.3.1	外部专家与内部技术评审	55
3.3.2	总体方案决策	56
3.4	开发者体会	58
第 4 章	IEO 2008 终端硬件设计与调试	61
4.1	基于 S3C2440 的基础板设计与调试	61
4.1.1	原理设计	61
4.1.2	基础板电路设计	61
4.1.3	PCB 设计	77
4.1.4	调试工程师第一块板的调试体会	78
4.2	基于 S3C2440 的核心板设计与调试	82
4.2.1	原理设计	83
4.2.2	PCB 设计	85
4.2.3	调试与总结	88
4.3	基于 S3C44B0X 的基础板设计与调试	92
4.3.1	原理设计	92
4.3.2	PCB 设计	93
4.3.3	通过 ARM7 基板的错误总结的实践技能	95
4.4	基于 S3C44B0X 的核心板设计与调试	96
4.4.1	原理设计	96
4.4.2	ARM7 核心板的 PCB 设计	101
4.4.3	ARM7 核心板调试前的准备	102
4.4.4	ARM 核心板调试记录	103
4.5	开发者体会	105
4.5.1	顺利调试 ARM9 核心板的担忧	105
4.5.2	ARM7 调试中学到的技能	106
第 5 章	ARM 硬件产品化研发思考	108
5.1	选择 ARM 的机会与陷阱	108
5.1.1	ARM 的应用	108

5.1.2 ARM 芯片选择	108
5.1.3 ARM 的机会与陷阱	115
5.2 ARM 产品化研发——结构决定价值的实践	116
5.2.1 从营销的角度分析商店里的“衬衣”	116
5.2.2 ARM 产品用户购买的是 ARM 板吗	118
5.2.3 结构决定价值的实践——木机箱与整机 PCB 结构套板	118
5.3 从原理图到 PCB 有多远	120
5.3.1 S3C2440 核心板的布板沟通记录	120
5.3.2 高速 PCB 板设计的叠层	125
5.4 EMC/EMI 常见问题	129
5.4.1 EMI/EMC 设计经典问题	129
5.4.2 产品内部的 EMC 设计技巧	138

软 件 篇

第 6 章 Bootloader 原理	143
6.1 Bootloader 的作用	143
6.2 Bootloader 的启动流程	143
6.3 Bootloader 之 vivi 分析与修改	149
6.4 开发者体会	156
6.4.1 开发者理解的启动流程	156
6.4.2 vivi 移植工作步骤与实践记录	157
6.4.3 vivi 中添加 USB 下载功能	159
第 7 章 Linux 内核与文件系统	162
7.1 Linux 与 uClinux 的比较	162
7.2 Linux 内核简介	163
7.3 Linux 内核源代码的结构	164
7.4 Linux 2.4 与 Linux 2.6 内核的不同	164
7.5 Linux 驱动原理	167
7.6 Linux 2.4 与 Linux 2.6 内核在驱动方面的不同	172
7.7 嵌入式文件系统	187
7.7.1 YAFFS 与 JFFS 文件系统	189
7.7.2 在 Linux 2.4.18 内核中添加 YAFFS 文件系统	189
7.8 开发者体会	190
7.8.1 系统移植分析	190
7.8.2 嵌入式文件系统组合分析	191
第 8 章 键盘驱动软件	194
8.1 扫描键盘原理	194

8.2	扫描键盘驱动设计与实现	195
8.2.1	Linux 2.4.18 环境下的驱动软件	197
8.2.2	Linux 2.6.12 环境下的驱动软件	204
8.3	开发者体会	211
8.3.1	Linux 2.4.18 开发调试中的问题与分析	211
8.3.2	Linux 2.6.12 开发调试中的问题与分析	216
8.3.3	产品整机现象与建议	227
第 9 章	GPRS 软件	229
9.1	AT 指令	229
9.1.1	AT 指令说明	229
9.1.2	WAVECOM 2406B 模块常用的 AT 指令	229
9.2	TEXT 模式收发短信	232
9.2.1	TEXT 模式运行平台	232
9.2.2	TEXT 模式收发短信设计及实现	232
9.3	PDU 模式收发短信	242
9.3.1	SMS 的 PDU 编码规则	242
9.3.2	PDU 模式运行平台	244
9.3.3	PDU 模式收发短信设计及实现	244
9.4	开发者体会	249
第 10 章	MS12864R 汉字 LCD 模块软件	251
10.1	MS12864R 汉字显示模块	251
10.1.1	MS12864R 模块介绍	251
10.1.2	接口板原理图	253
10.2	开机显示代码设计	254
10.2.1	端口初始化	254
10.2.2	串行数据的发送	254
10.3	驱动软件设计与调试	257
10.3.1	开发平台	257
10.3.2	驱动软件代码分析	258
10.4	开发者体会	267
10.4.1	驱动测试程序中的问题	267
10.4.2	从 Linux 2.4.18 到 Linux 2.6.12 移植中的问题	268
第 11 章	TFT 2.8 英寸彩屏软件	272
11.1	TFT 2.8 英寸彩屏	272
11.2	TFT 2.8 英寸彩屏驱动设计与实现	273
11.2.1	主要寄存器介绍	273
11.2.2	端口初始化配置	274
11.2.3	读/写数据的实现	275

11.2.4 驱动软件源代码	276
11.3 如何在 TFT 2.8 英寸彩屏上显示汉字	294
11.3.1 汉字显示原理介绍	294
11.3.2 TFT 彩屏汉字显示源代码	295
11.4 TFT 2.8 英寸彩屏应用软件界面设计比较与实现	301
11.4.1 源文件中包含图片头文件的实现	302
11.4.2 把图片以二进制存储的实现	303
11.4.3 两种实现方法的比较	304
11.5 嵌入式系统汉字支撑设计	305
11.6 开发者体会	305
11.6.1 TFT 2.8 英寸 LCD 调试	305
11.6.2 TFT 3.2 英寸 LCD 调试	306
11.6.3 LCD 调试总结	307
第 12 章 多模块测试与系统汉字支撑	309
12.1 运行平台	309
12.1.1 综合测试说明	309
12.1.2 软、硬件平台	310
12.1.3 关于 Linux 内核平台版本和文件系统的说明	310
12.2 测试软件	311
12.3 目前 dispSMS 中存在的问题	311
12.3.1 存在的问题	311
12.3.2 有待进一步完善的工作	311
12.4 如何读取并显示短信内容	311
12.4.1 读取转换显示短信内容的流程图	311
12.4.2 字符编码基础知识	312
12.5 如何在 Linux 系统添加中文支持	315
12.5.1 文件移植	315
12.5.2 具体步骤	315
12.5.3 运行	315
12.6 GPRS 以 TEXT 模式测试	317
12.6.1 接收显示	318
12.6.2 发送接收显示	318
12.6.3 测试结果	318
12.6.4 测试的操作过程	319
12.7 GPRS 以 PDU 模式测试	319
12.7.1 测试平台	319
12.7.2 测试目的	320
12.7.3 测试中遇到的问题及问题分析	320

12.8 开发者体会	323
第 13 章 微型打印机软件	324
13.1 微型打印机	324
13.1.1 RD-E 打印机功能介绍	324
13.1.2 性能指标	325
13.2 打印机软件设计	325
13.2.1 基本介绍	325
13.2.2 打印程序主流程	325
13.2.3 打印票据示意图	326
13.2.4 函数功能说明	327
13.3 打印机软件源程序	329
13.3.1 ieoprint.h 文件内容	329
13.3.2 ieoprint.cfg 文件内容	330
13.3.3 serial.cfg 文件内容	330
13.3.4 ieoprint.c 文件内容	331
13.4 开发者体会	341
13.4.1 打印机应用软件第一版总结	341
13.4.2 打印机应用软件第二版总结	344
第 14 章 CAMERA 驱动软件	347
14.1 OV9650 概述	347
14.2 接口电路设计	348
14.3 Video4Linux 简介	352
14.4 驱动程序流程	355
14.5 驱动测试程序流程	358
14.6 开发者体会	360
第 15 章 ARM 产品化研发项目管理实践	362
15.1 企业项目研发的困惑	362
15.2 ARM 产品化研发流程	362
15.3 日工程师角色设置与实践	369
附录 A ARM7/9 JTAG 电路	372
附录 B IEO 2008 基础板与核心板电路	373
参考文献	378

硬 件 篇



第 1 章 ARM 基础



第 2 章 IEO 终端模块



第 3 章 IEO 终端产品线规划



第 4 章 IEO2008 终端硬件设计与调试



第 5 章 ARM 硬件产品化研发思考

