



无线CPU 与移动IP网络开发技术

洪利 王敏 章扬 编著



北京航空航天大学出版社

TN929.5/105

2008

无线 CPU 与移动 IP 网络开发技术

洪 利 王 敏 章 扬 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书较为详细地介绍了 Q2686/7 系列无线 CPU 原理及开发技术。全书共 10 章,讲述 Q2686/7 系列无线 CPU 的基本功能、电气特性、嵌入式应用程序开发平台及开发方法,嵌入式 TCP/IP 网络开发技术,C-GPS 开发技术,常用的 AT 指令以及 API 库函数,另外还介绍了 WMP100 系列无线 CPU 各引脚的基本功能。

利用丰富的插图通俗形象地介绍了无线 CPU 的嵌入式开发过程,结合实际应用给出了详细的开发实例,从简单程序设计、硬件应用到较完整的系统设计,每个实例都有详细的说明。通过本书的学习,读者能很好地掌握无线 CPU 的硬件结构及软件开发技术。

本书可以作为高等院校通信、自动化、计算机、电子技术类专业的教学参考书,也适用于大学生电子设计和毕业设计,还适合从事 GSM/GPRS/EDGE 以及 GPS 无线通信技术开发的科技人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

无线 CPU 与移动 IP 网络开发技术/洪利,王敏,章扬编
著. —北京:北京航空航天大学出版社,2008.3

ISBN 978-7-81124-251-5

I. 无… II. ①洪…②王…③章… III. ①数字信号—信息处理系统②计算机网络—通信协议 IV.

TN911.72 TN915.044

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 010087 号

©2008,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。
侵权必究。

无线 CPU 与移动 IP 网络开发技术

洪 利 王 敏 章 扬 编著

责任编辑 张冀青

*

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:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:35.25 字数:790 千字

2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81124-251-5 定价:56.00 元

序

近年来,机器与机器的通信成为无线通信的热门话题。研究机构与厂家投入越来越多的人力和财力来开发与生产相关的方案和产品。事实上,行业无线通信市场,包括机器与机器(machine to machine)、车载(automotive)和专业移动计算(professional mobile computing),三大自动化行业有了长足的发展。根据专业研究机构的统计预测,从2006年到2012年间,市场的平均综合增长应超过30%。由于市场需求的扩大,一方面,用户对产品的易用性、可靠性和技术兼容性提出了越来越高的要求;另一方面,用户对产品的成本也越来越敏感。这一市场发展瓶颈对研发、设计与生产提出了挑战,要求企业转变设计思路 and 理念,同时考虑新的商业模式来得到持久的发展。

从通信技术和嵌入式自身发展成熟的历程来分析,传统上,研发人员往往优先考虑在微处理器上设计行业应用,把通信部分作为整体架构的附属,即调制解调器(MODEM)的功能,用来完成与其他设备进行通信的任务。这种设计体现了行业应用通信功能自身发展的历史。由于无线通信的飞跃发展,“永远在线”(always connected)的需求,特别是它为工业生产力的提高,对降低成本,解决有线通信的不足等方面所作的贡献,无线解决方案和它与嵌入式技术的结合则越来越成为行业应用研发人员与企业行业应用设计整体架构的优先考虑。

作为全球领先的无线嵌入式通信解决方案的公司,微控科技有限公司(Wavecom)多年来致力于开发与推动无线CPU和OpenAT®整体解决方案。目前,使用无线CPU和OpenAT的用户已遍及全球,应用范围也越来越广泛。其基于ARM9的Q26系列的最新无线CPU产品,在为用户提供GSM/GPRS/EDGE/WCDMA无线通信通道之上,还可以通过OpenAT®平台为用户提供有效的实时操作系统(RTOS),使用户可以共享无线CPU的现有资源,以达到技术优化与降低整体成本的有效结合。通过这一优化的平台,用户可以在OpenAT®的平台上

开发行业应用。目前,这一平台可向用户提供无需外部附加控制器的 C-GPS (Controlerless GPS)、C-Bluetooth、C-Can 等插件 (Plug-ins),为用户设计提供方便。

通过几年的共同努力,微控科技有限公司与中国石油大学(华东)计算机与通信工程学院在嵌入式与无线通信领域里的合作与开发,又有了进一步发展。该学院一方面在大学课程中加入 OpenAT[®] 与嵌入式技术的应用进行作为一个课题来研究与教学,另一方面,老师和学生还利用 Q26 系列的 Q2686 产品进行开发、设计和应用。本书就是在洪利老师领导下的教学与应用开发的成果,也是对《Q2406 无线 CPU 嵌入式开发技术》一书的总结与提高。借此机会,对石油大学计算机与通信工程学院,特别是洪利老师的工作成果表示祝贺。

朱海波

微控科技有限公司北京代表处首席代表

2008 年 1 月

前言

嵌入式移动通信技术是嵌入式系统与移动通信技术结合的产物,既具有嵌入式系统在功能、能耗和价格方面的优势,又具有移动通信方便、快捷的特点。这使得嵌入式移动通信技术在金融交易、交通物流、遥控遥测以及移动办公等领域有着广阔的应用前景。目前,基于嵌入式移动通信技术的产品越来越多,而且技术上也各有特色。

法国 Wavecom 公司的 Q2686/7(以后简称 Q26)系列无线 CPU 是工业级 GSM/GPRS 四频通信模块,支持 GSM/GPRS 850/900/1800/1900 MHz,可通行全球(日本除外)。Q26 系列无线 CPU 耗电量低,工作温度范围为 $-40\sim+80\text{ }^{\circ}\text{C}$,符合车用电子温度或其他严苛的工业环境。支持远程下载,只要通过 GPRS 传输,即可更新其开发软件 Open AT 版本。Q26 系列无线 CPU 支持 GSM 和 CDMA 版本互换,并搭配其操作系统;支持新技术的发展,包括 EDGE 与 3G。此外,该系列产品提供了丰富的片内外设,例如 GPIO、I²C 总线、SPI 总线、A/D 转换器等。另外,Wavecom 公司提供了相应的嵌入式应用程序开发平台,以提高嵌入式应用程序的开发效率。

本书详细介绍了 Q26 系列无线 CPU 的基本功能、电气特性、嵌入式应用程序开发平台及开发方法,嵌入式 TCP/IP 网络开发技术,以及 C-GPS 开发技术等,并且给出了详细的开发实例。本书各章节的内容安排如下:

第 1 章 简单介绍嵌入式和移动通信技术的基础知识,以及国内外著名通信设备生产商提供的移动技术应用产品。

第 2 章 介绍 Q26 系列无线 CPU 各接口的基本功能、电气特性,并给出典型应用实例。

第 3 章 介绍 Q26 系列无线 CPU 配套的硬件开发平台的基本功能。

第 4 章 介绍 Q26 系列无线 CPU 的嵌入式应用程序开发平台 Open AT 以

及相关工具,嵌入式应用程序开发基础知识,以及高级 API 库函数。

第 5 章 介绍移动通信的发展,GPRS 与 EDGE 网络的基础知识。

第 6 章 介绍无线 CPU 的 TCP/IP 网络开发技术以及 WIP 库函数。

第 7 章 介绍 GPS 系统、Open AT 的 C-GPS 硬件开发平台,以及 C-GPS 程序设计基础。

第 8 章 介绍 WMP100 系列无线 CPU 的各引脚的基本功能和电气特性。

第 9 章 给出一些应用实例,从简单程序设计、硬件应用到较完整的系统设计,每个实例都有详细的说明。

第 10 章 介绍 AT 指令的基本概念以及一些常用 AT 指令的语法格式和相关用法。

附录 A 缩略语。

附录 B 简明 AT 指令。列出 Q26 系列无线 CPU 支持的 AT 指令集。

附录 C AT 指令响应。列出 Q26 系列无线 CPU 接收 AT 指令后的响应。

附录 D IP 初始化、承载服务及通道错误代码。

附录 E 常见 ADL 错误信息。介绍 ADL API 被调用时返回的消息。

附录 F 常用基础 API 函数。介绍开发人员在使用 ADL API 开发嵌入式应用程序时所允许调用的基础 API 函数。

参与本书编写工作的主要人员有洪利、王敏、章扬,主要由洪利和王敏负责规划、内容安排、修改与定稿。本书在编写过程中得到法国 Wavecom 公司朱海波、Regis、武立民的大力支持,以及朱连章教授和嵌入式移动通信研究室的李世宝、蔡丽萍、卢晓轩、王国强、马俊飞、孟娟、杨淑玲、褚丹、徐顺杰、王肯生给予了很大帮助,在此表示感谢。同时感谢北京航空航天大学出版社的大力支持,使本书得以快速出版。

由于作者水平有限,书中难免有疏忽、不恰当,甚至错误的地方,恳请各位老师及同行指正。

作 者

2008 年 1 月 20 日

目 录

第 1 章 嵌入式移动通信技术概述	1
1.1 嵌入式系统概述	1
1.1.1 嵌入式系统的特点	2
1.1.2 嵌入式系统的应用范围	2
1.1.3 嵌入式系统的发展趋势	2
1.2 移动通信技术概述	3
1.2.1 第一代移动通信技术(1G)	4
1.2.2 第二代移动通信技术(2G)	4
1.2.3 第三代移动通信技术(3G)	4
1.2.4 2G 到 3G 升级的过渡	5
1.2.5 第四代移动通信技术(4G)	6
1.3 嵌入式移动通信模块	7
第 2 章 Q26 系列无线 CPU 硬件结构	9
2.1 概 述	9
2.2 功能描述	10
2.3 通用连接器(GPC)	11
2.4 电 源	16
2.4.1 电源接口	16
2.4.2 电源功耗	17
2.4.3 电源引脚	22
2.5 数字 I/O 的电气特性	22
2.6 串行接口	24
2.6.1 异步串行通信接口	24
2.6.2 同步串行通信接口	30
2.7 并行接口	34

2.8	键盘接口	35
2.9	SIM 卡接口	37
2.10	通用输入/输出接口	40
2.11	A/D 转换器	41
2.12	D/A 转换器	42
2.13	温度传感器接口	43
2.14	模拟音频接口	43
2.14.1	话筒输入接口	43
2.14.2	扬声器接口	49
2.15	蜂鸣器接口	51
2.16	充电器接口	52
2.16.1	镍镉/镍氢充电算法	53
2.16.2	锂离子充电算法	54
2.16.3	预充电模式	55
2.16.4	温度监控	55
2.17	ON/OFF 信号接口	56
2.17.1	Power ON	57
2.17.2	Power OFF	57
2.18	BOOT 接口	58
2.19	复位信号 RESET 接口	59
2.20	外部中断信号接口	60
2.21	VCC_2V8 与 VCC_1V8 输出接口	61
2.22	备用电源 BAT - RTC	62
2.22.1	引脚说明	62
2.22.2	典型应用	63
2.23	Flash - LED 信号接口	64
2.24	数字音频接口	65
2.25	USB 2.0 接口	68
2.26	RF 接口	69
2.26.1	RF 连接	69
2.26.2	RF 性能	70
2.26.3	天线标准	70
第 3 章	Q26 系列无线 CPU 硬件开发平台	71
3.1	Q26 系列开发平台简介	71

3.2 Q26 系列开发平台结构	73
3.2.1 外部板连接器(J201)说明	73
3.2.2 电 源	75
3.2.3 充电器	77
3.2.4 Flash - LED	78
3.2.5 蜂鸣器 LED	78
3.2.6 控制功能信号	78
3.2.7 键 盘	79
3.2.8 UART1	80
3.2.9 UART2	82
3.2.10 SIM 卡接口	83
3.2.11 USB 接口	84
3.2.12 音频接口	85
3.2.13 并行总线接口	86
3.2.14 天 线	87
3.2.15 静电放电(ESD)	87
3.2.16 电流测量	87
3.3 开发包配置	88
第 4 章 Open AT 开发环境与 ADL 程序设计基础	90
4.1 Open AT 开发环境安装	90
4.1.1 安装配置	90
4.1.2 Open AT SDK 的安装	90
4.2 Open AT 开发工具介绍	101
4.2.1 Open AT 开发组件	101
4.2.2 串口管理器	102
4.2.3 目标监视工具	103
4.2.4 终端仿真器	103
4.2.5 远程应用程序执行工具	104
4.3 Open AT 应用程序开发	105
4.3.1 创建应用程序	105
4.3.2 应用程序调试	108
4.3.3 生成目标文件	112
4.3.4 下载目标文件	113
4.4 ADL 程序设计基础	117

4.4.1	无线 CPU 应用模式	117
4.4.2	应用开发层	118
4.4.3	数据结构	119
4.4.4	函 数	119
4.4.5	ADL 程序结构	120
4.4.6	ADL 开发实例	121
4.5	高级 API 库函数	122
4.5.1	adl_at.h	122
4.5.2	adl_TimerHandler.h	131
4.5.3	adl_memory.h	133
4.5.4	adl_traces.h	134
4.5.5	adl_flash.h	136
4.5.6	adl_fcm.h	140
4.5.7	adl_gpio.h	148
4.5.8	adl_bus.h	160
4.5.9	adl_errors.h	173
4.5.10	adl_sim.h	177
4.5.11	adl_sms.h	178
4.5.12	adl_call.h	180
4.5.13	adl_gprs.h	184
4.5.14	adl_safe.h	189
4.5.15	adl_str.h	191
4.5.16	adl_ad.h	194
4.5.17	adl_port.h	200
4.5.18	adl_dac.h	205
第 5 章	GPRS 与 EDGE 网络	207
5.1	移动通信的发展	207
5.2	TCP/IP 原理及其应用	208
5.2.1	TCP/IP 规程结构	208
5.2.2	传输层	210
5.2.3	IP 层	214
5.3	GSM 原理	216
5.4	GPRS	216
5.4.1	GPRS 的含义	217

5.4.2	GPRS 的网络特性	218
5.4.3	GPRS 的网络结构	219
5.4.4	GPRS 的网络单元	219
5.4.5	GPRS 的协议模型	220
5.4.6	GPRS 的工作原理	221
5.4.7	GPRS 空中接口的信道构成	221
5.4.8	GPRS 网元之间相互作用	222
5.4.9	GPRS 的应用	223
5.5	EDGE	224
5.5.1	EDGE 技术简介	224
5.5.2	EDGE 的特点	225
5.5.3	EDGE 的承载业务	225
5.5.4	EDGE 数据传输速率评估	226
5.5.5	EDGE 给运营公司带来的好处	227
5.5.6	EDGE 给用户带来的好处	227
5.5.7	EDGE 网络工程的实施	228
5.6	UMTS	228
第 6 章	TCP/IP 网络开发	232
6.1	结构体系	232
6.1.1	TCP/IP 体系结构	232
6.1.2	相关概念	233
6.1.3	特征描述	234
6.1.4	IP 协议栈接口	235
6.1.5	通道逻辑结构	236
6.1.6	参数选项	238
6.1.7	WIP 应用程序框架	239
6.2	wip_net.h 函数库	239
6.2.1	wip_netInit()函数	240
6.2.2	wip_netInitOpts()函数	240
6.2.3	wip_netExit()函数	241
6.2.4	wip_netSetOpts()函数	241
6.2.5	wip_netGetOpts()函数	242
6.3	IP 承载管理	243
6.3.1	API 状态机制	243

6.3.2	IP 承载结构体类型	244
6.3.3	wip_bearerOpen() 函数	245
6.3.4	wip_bearerClose() 函数	246
6.3.5	wip_bearerSetOpts() 函数	247
6.3.6	wip_bearerGetOpts() 函数	248
6.3.7	wip_bearerStart() 函数	249
6.3.8	wip_bearerAnswer() 函数	250
6.3.9	wip_bearerStartServer() 函数	251
6.3.10	wip_bearerStop() 函数	253
6.3.11	wip_bearerGetList() 函数	253
6.3.12	wip_bearerFreeList() 函数	254
6.4	网络协议支持库	254
6.5	套接口(SOCKET)层	255
6.5.1	数据类型	255
6.5.2	通用通道函数	259
6.5.3	UDP 套接口	263
6.5.4	TCPServer: 服务器 TCP 套接口	268
6.5.5	TCPClient: TCP 通信套接口	272
6.5.6	Ping: ICMP Echo 请求	278
6.6	文件服务	281
6.7	FTP 客户端	286
6.8	HTTP 客户端	290
第 7 章	C-GPS 开发平台与程序设计	296
7.1	GPS 简介	296
7.1.1	GPS 的组成	296
7.1.2	GPS 采用的坐标系	298
7.1.3	GPS 定位原理	299
7.1.4	GPS 的功能	299
7.1.5	C-GPS 概述	299
7.2	C-GPS 开发平台硬件结构	300
7.2.1	概 述	300
7.2.2	C-GPS 子板硬件描述	301
7.2.3	硬件配置	302
7.3	C-GPS 内核底层接口	305

7.3.1	C-GPS 描述	305
7.3.2	结构体类型	307
7.3.3	回调函数	315
7.3.4	eRide 库函数	316
第 8 章	WMP100 系列无线 CPU	328
8.1	概 述	328
8.2	接 口	330
8.3	引脚说明	331
8.3.1	模拟接口	332
8.3.2	数字接口	334
8.3.3	串行接口	336
8.3.4	总线接口	338
8.3.5	其他引脚	339
第 9 章	Q26 系列无线 CPU 的应用	340
9.1	HELLO_WORLD 程序	340
9.2	自定义指令	341
9.2.1	AT+DATE 指令工作模式	342
9.2.2	AT+DATE 指令的响应	342
9.2.3	调用的 API	342
9.2.4	应用程序设计	343
9.3	LED 信息发布系统	349
9.3.1	系统概述	349
9.3.2	硬件设计	349
9.3.3	系统流程	350
9.3.4	系统功能描述	351
9.3.5	LED 显示屏所需的数据结构	351
9.3.6	系统设计	355
9.4	简单的 FTP 传输	380
9.4.1	程序说明	380
9.4.2	程序设计原理	380
9.4.3	状态转换	381
9.4.4	程序代码	381
9.4.5	高级 FTP 传输实例	385
9.5	基于 UDP 协议的 GPRS DTU	398

9.5.1	GPRS DTU 简介	398
9.5.2	体系结构	399
9.5.3	系统设计与实现	400
9.6	C-GPS 应用实例	421
9.6.1	请求短消息格式	422
9.6.2	用户命令格式	422
9.6.3	NMEA 帧格式	424
9.6.4	系统设计	427
第 10 章	常用 AT 指令	447
10.1	AT 指令概述	447
10.1.1	AT 指令格式	447
10.1.2	AT 指令响应	448
10.2	常用 AT 指令	448
10.2.1	一般指令	449
10.2.2	呼叫控制指令	455
10.2.3	GSM 网络服务指令	464
10.2.4	电话簿指令	471
10.2.5	短消息服务指令	474
10.2.6	串口操作指令	484
10.2.7	GPRS 服务指令	490
10.2.8	其他指令	503
附录 A	缩略语	513
附录 B	简明 AT 指令	520
附录 C	AT 指令响应	526
附录 D	IP 初始化、承载服务及通道错误代码	531
附录 E	常见 ADL 错误信息	533
附录 F	常用基础 API 函数	535
参考文献		547

第 1 章

嵌入式移动通信技术概述

1.1 嵌入式系统概述

嵌入式系统是嵌入到对象体系中的专用计算机系统。IEEE(国际电气和电子工程师协会)对嵌入式系统的定义为:嵌入式系统是“用于控制、监视或者辅助操作机器和设备的装置”(原文为 devices used to control, monitor or assist the operation of equipment, machinery or plants)。这主要是从应用上加以定义,涵盖了软硬件以及辅助机械设备。国内普遍认同的嵌入式系统定义为:以应用为中心,以计算机技术为基础,软硬件可裁剪,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统。相比较而言,国内的定义更全面一些,体现了嵌入式系统的“嵌入”、“专用性”、“计算机”的基本要素和特征。

另外,也可以从以下几个方面来理解国内对嵌入式系统的定义:

- ▶ 嵌入式系统是面向用户、面向产品、面向应用的,它必须与具体应用相结合才会具有生命力,才更具有优势。即嵌入式系统是与应用紧密结合的,具有很强的专用性,必须结合实际系统需求进行合理的裁剪利用。
- ▶ 嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术、电子技术以及各个行业的具体应用相结合后的产物。这一点就决定了它必然是一个技术密集、资金密集、不断创新的知识集成系统。
- ▶ 嵌入式系统必须能够根据应用需求对软硬件进行裁剪,满足应用系统的功能、可靠性、成本、体积等要求。因此,如果能建立相对通用的软硬件基础,然后再在其上开发出适应各种需求的系统,则是一个比较好的发展模式。目前,嵌入式系统的核心是一个只有几 KB 到几十 KB 的微内核,需要根据实际的使用进行功能扩展或者裁剪。由于微内核的存在,使得这种扩展能够非常顺利地进行。

一般而言,嵌入式系统的架构可以分成 4 个部分:处理器、存储器、输入/输出(I/O)和软件,如图 1.1 所示。

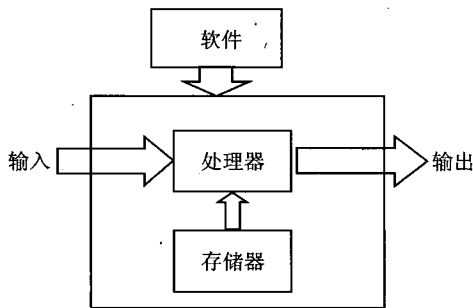


图 1.1 嵌入式系统的组成

1.1.1 嵌入式系统的特点

嵌入式系统有以下几个重要特征:

① 系统内核小。一般嵌入式系统应用于小型电子装置,系统资源相对有限,所以内核较之传统的操作系统要小得多。

② 专用性强。嵌入式系统的个性化很强,其中的软件系统和硬件的结合非常紧密,一般要针对硬件进行系统地移植。即使在同一品牌、同一系列的产品中也需要根据系统硬件的变化和增减不断进行修改。同时,针对不同的任务,往往需要对系统进行较大的更改:程序的编译下载要和系统相结合。这种修改和通用软件的“升级”是完全不同的概念。

③ 系统精简。嵌入式系统一般没有系统软件和应用软件的明显区分,不要求其功能设计及实现过于复杂。这样利于控制系统成本,并且也利于实现系统安全。

④ 高实时性的操作系统软件是嵌入式软件的基本要求,而且软件要求固化存储,以提高速度。软件代码要求高质量和高可靠性。

⑤ 嵌入式软件开发要想走向标准化,就必须使用多任务的操作系统。嵌入式系统的应用程序可以没有操作系统而直接在芯片上运行;但是为了合理地调度多任务,利用系统资源、系统函数以及专家库函数接口,用户必须自行选配 RTOS(Real-Time Operating System)开发平台,这样才能保证程序执行的实时性、可靠性,并减少开发时间,保障软件质量。

⑥ 嵌入式系统开发需要专门的开发工具和环境。由于嵌入式系统本身不具备自主开发能力,即使设计完成以后,用户通常也不能对其中的程序功能进行修改,因此必须有一套开发工具和环境才能进行开发。

1.1.2 嵌入式系统的应用范围

由于嵌入式系统具有体积小,性能好,功耗低,可靠性高以及面向行业应用的突出特征,目前已广泛地应用于军事、国防、消费电子、信息家电、网络通信、工业控制等领域。就周围的日常生活用品而言,各种电子手表、电话机、手机、PDA、微波炉、空调器等都有嵌入式系统的存在。近年来,嵌入式无线 Internet 逐渐成熟和广泛实用化,无线 Internet 的应用将会发展到无所不在。在家中、办公室、公共场所,可能会使用数十片甚至更多这样的嵌入式无线网络芯片,将一些电子信息设备甚至电气设备构成无线网络;在车上、旅途中,可以利用这样的嵌入式无线电芯片实现远程办公和远程遥控。

1.1.3 嵌入式系统的发展趋势

信息时代、数字时代使得嵌入式产品获得了巨大的发展机遇,为嵌入式市场展现了美好的前景,同时也对嵌入式生产厂商提出了新的挑战。未来嵌入式系统的发展趋势有:

① 嵌入式开发是一项系统工程,因此要求嵌入式系统厂商不仅要提供嵌入式软硬件系统