



嵌入式技术与应用丛书

- ▶ 基础知识、驱动开发、系统移植、项目应用
- ▶ 基于 ARM Cortex-A15 架构，从入门到项目案例，快速掌握嵌入式系统应用开发

提供实验代码、案例源码和学习课件



嵌入式技术与智能终端 软件开发实用教程

编著 / 温武 缪文南 张汛淙 /

审校 / 粤嵌教育教材研发中心 /



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

嵌入式技术与应用丛书

嵌入式技术与智能终端 软件开发实用教程

温 武 缪文南 张汎洙 编著
粤嵌教育教材研发中心 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以Cortex-A15处理器系列中的Exynos5260为载体,以实验为依托,涵盖Linux操作系统介绍与安装、Linux操作系统基本使用、嵌入式开发平台、Linux驱动开发,以及嵌入式Linux的应用编程、嵌入式Android应用编程等知识内容。每个实验均提供了相应的程序编码、实践的指令、操作流程,通过实验操作,可以使學生系统、深入地分析和理解嵌入式技术,提高学生的智能终端软件开发实践能力。

本书既可作为高等院校计算机类、电子类、电气类、控制类专业本科生、研究生学习嵌入式Linux的教材,也可供希望进入嵌入式领域的科研或工程技术人员参考使用,还可作为嵌入式培训教材和教辅材料。

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

嵌入式技术与智能终端软件开发实用教程/温武, 缪文南, 张汛涑编著. —北京: 电子工业出版社, 2018.8
(嵌入式技术与应用丛书)

ISBN 978-7-121-34935-5

I. ①嵌… II. ①温… ②缪… ③张… III. ①微处理器—系统设计—教材 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 196840 号

策划编辑: 李树林

责任编辑: 底 波

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 北京天宇星印刷厂

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: 17 字数: 435 千字

版 次: 2018 年 8 月第 1 版

印 次: 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 68.00 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, 88258888。

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。

本书咨询和投稿联系方式: (010) 88254463; lisl@phei.com.cn。

P 前言

REFACE

嵌入式系统是以应用为中心，软件/硬件可裁剪的，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格综合性要求的专用计算机系统，由嵌入式硬件和嵌入式软件两部分组成。硬件是基础，软件是关键，几乎所有的嵌入式产品（智能手机、平板电脑、智能机器人、智能硬件等）中都需要各种软件来提供灵活多样的功能。

随着互联网时代的来临，嵌入式系统应用的不断深入和产业化程度的不断提升，新的应用环境和产业化需求对嵌入式软件、硬件提出了更高的要求，高性能及复杂度更高的嵌入式处理器已经得到更加广泛的应用。

本书以 Exynos5260 微处理器为硬件开发平台，Ubuntu 操作系统为软件开发平台，用 C 语言、Linux 操作指令、Java 语言完成开发工作，配套多个实验案例，适合作为教师教学、学生自学的实验、实践指导用书。

本书共有 11 章，按照嵌入式系统技术初学者的学习过程，从简单到复杂，从底层软件到上层软件开发，强调实用性和易用性。第 1 章“嵌入式系统基础”，介绍了嵌入式系统概念、嵌入式处理器分类、嵌入式操作系统特点及种类、嵌入式系统开发过程等。第 2 章“嵌入式 ARM 处理器”，介绍了 ARM 概念、ARM 体系结构及 ARM Cortex 系列微处理器等。第 3 章“嵌入式开发平台”，介绍了嵌入式软件和硬件开发平台。第 4 章“Linux 应用开发基础”，介绍了嵌入式编程基础知识、Linux 基础命令、Linux 下 C 语言编程环境、GNU 及 Shell 编程等。第 5 章“嵌入式 Linux 应用编程”，介绍了文件 I/O、进程、多线程等操作案例。第 6 章“嵌入式系统开发”，介绍了 U-Boot、编译内核与移植过程等。第 7 章“Linux 设备驱动开发”，介绍了驱动程序的编写、移植方法。第 8 章“Qt 编程基础”，介绍了 Qt 的安装、使用等。第 9 章“Android 应用开发”，介绍了 Android 应用开发环境搭建，以及应用程序开发方法等。第 10 章“Android 多媒体视频播放器”和第 11 章“Android 远程控制（智能家居项目）”，通过介绍综合项目案例，讲述了 Android 应用开发的方法和设计思路等内容。

本书的编写团队主要来自高校教师和企业研发成员，由粤嵌教育教材研发中心指导写作。本书主要由温武、缪文南、张汛涑编著，同时参与编写的还有钟锦辉、冯宝祥、邓人铭、郑志优、古鹏、陈耀华、丘凯伦、金政哲、樊志平、郭四稳、魏有法、郑洪庆、程蔚等，在此表示感谢！

本书在编写过程中所涉及的程序代码，参考了粤嵌教育教材研发中心的培训教材和有关资料，并在粤嵌教育教材研发中心开发的 Exynos5260 实验开发平台上进行逐一验证。感谢粤嵌教育教材研发中心的钟锦辉、冯宝祥、邓人铭、卓锐、梁炳根、陈健聪在编写过程



中给予的技术支持与帮助。特别感谢电子工业出版社编辑李树林老师的指导和支持。本书在编写过程中不仅参考了大量的文献资料，而且还参考了互联网上的一些资讯和相关领域的报道，这些参考文献未能一一列举，深表歉意，在此一并向原作者和刊发机构表示诚挚的谢意。

随书提供的实验程序代码、相关的开发环境软件、数据手册、实验讲义等，读者可通过网站 <http://www.gec-edu.org> 进行下载。

由于编者水平有限，编写得较为仓促，本书可能会有不妥或错误之处，望各位专家和读者给予指正。我们的邮箱为 toszzy@126.com，欢迎来信交流。

编著者

目录

CONTENTS

第 1 章 嵌入式系统基础	1
1.1 嵌入式系统概述	1
1.1.1 什么是嵌入式系统	1
1.1.2 嵌入式系统的组成	1
1.1.3 嵌入式系统与 PC 系统的区别	3
1.1.4 嵌入式系统的特点	3
1.1.5 嵌入式系统的发展趋势	4
1.1.6 嵌入式系统的应用领域	5
1.2 嵌入式处理器	8
1.3 嵌入式操作系统	10
1.3.1 何谓嵌入式操作系统	10
1.3.2 嵌入式操作系统的特点	10
1.3.3 嵌入式操作系统的种类	11
1.4 嵌入式系统开发过程	13
第 2 章 嵌入式 ARM 处理器	15
2.1 ARM 公司简介	15
2.2 ARM 体系结构发展	15
2.3 ARM Cortex 系列微处理器	16
2.3.1 Cortex-A8 系列处理器	17
2.3.2 Cortex-A9 系列处理器	18
2.3.3 Cortex-A15 系列处理器	19
2.3.4 Cortex-A53 系列处理器	21
2.4 主流 Cortex-A 系列处理器对比	23
第 3 章 嵌入式开发平台	24
3.1 嵌入式软件开发平台	24
3.1.1 安装 VMware Workstation 软件	24
3.1.2 配置虚拟主机硬件	26
3.1.3 安装 Ubuntu	33
3.1.4 安装 VMware Tools	37
3.1.5 安装文本编辑器 Vim	38



3.1.6	安装 g++	39
3.1.7	安装 Android 开发工具及依赖库	39
3.1.8	安装 TFTP 服务	41
3.1.9	安装 NFS 服务	41
3.2	基于 Exynos5260 嵌入式硬件平台	42
3.2.1	Exynos5260 嵌入式硬件平台简介	42
3.2.2	Exynos5260 嵌入式硬件平台资源配置	43
3.2.3	实验开发平台调试	45
3.2.4	Exynos5260 开发平台设置	46
3.2.5	系统镜像烧写	48
第 4 章	Linux 应用开发基础	51
4.1	Linux 基础命令	51
4.2	Linux 下 C 语言编程环境	60
4.2.1	Linux 下 C 语言编程环境概述	60
4.2.2	Vi 编辑器	61
4.2.3	GNU GCC 的使用	62
4.2.4	GDB 调试器的使用	65
4.3	GNU Make 命令和 Makefile 文件	68
4.4	Linux 的 Shell 编程	72
4.4.1	Shell 简介	72
4.4.2	Shell 变量与环境变量	72
4.4.3	Shell 常用命令	78
4.4.4	Shell 函数	82
第 5 章	嵌入式 Linux 应用编程	86
5.1	第一个 Linux 应用程序输出“hello world!”	86
5.2	文件 I/O 操作	87
5.2.1	Linux 文件结构	87
5.2.2	系统调用与库函数	88
5.2.3	文件 I/O 基本操作	89
5.3	进程	95
5.3.1	Linux 进程概述	95
5.3.2	Linux 进程控制	98
5.3.3	进程间通信	104
5.4	多线程通信	118
5.4.1	线程简介	118
5.4.2	Linux 线程控制	119

5.5	Linux 网络编程	131
5.5.1	TCP/IP 简介	131
5.5.2	socket 通信基本概念	132
5.5.3	网络编程相关函数说明	133
5.5.4	网络编程程序设计	136
第 6 章	嵌入式系统开发	147
6.1	交叉编译简介	147
6.2	交叉编译器	147
6.3	交叉编译器的安装	148
6.4	U-Boot 编译	150
6.5	U-Boot 移植	150
6.6	编译内核	155
6.7	内核移植	156
6.8	Android 4.4.2 移植	159
第 7 章	Linux 设备驱动开发	162
7.1	Linux 驱动程序的基本知识	162
7.2	Linux device driver 的概念	163
7.3	Linux 内核模块 helloworld	163
7.4	驱动程序中编写 ioctl 函数供应用程序调用	164
7.5	嵌入式 Linux 下 LED 驱动程序设计	166
7.6	嵌入式 Linux 下的按键中断实验	174
7.7	嵌入式 Linux 的 A/D 转换实验	184
第 8 章	Qt 编程基础	190
8.1	Qt 概述	190
8.1.1	GUI 的作用	190
8.1.2	Qt 的主要特点	191
8.2	Qt 的安装	191
8.3	使用 Designer 创建“helloworld” Qt 窗口	194
8.4	交叉编译 Qt Embedded 库	197
8.4.1	配置编译选项	197
8.4.2	编译和安装	198
8.4.3	Qt Embedded 应用程序编译	198
8.5	开发平台设置 Qt Embedded 环境	199
第 9 章	Android 应用开发	201
9.1	开发准备	201



9.1.1	下载 JDK	201
9.1.2	下载 Eclipse	201
9.1.3	下载 ADT	202
9.1.4	下载 Android SDK	202
9.1.5	下载 Android NDK	202
9.2	安装程序	202
9.2.1	安装 JDK	202
9.2.2	安装 Eclipse	205
9.2.3	安装 Android SDK	205
9.2.4	解压 Android NDK 与配置环境变量	211
9.2.5	配置 ADT	215
9.2.6	配置 SDK	217
9.2.7	配置 NDK	218
9.3	测试模拟器	218
9.4	Android 应用开发准备	221
9.5	Android 应用开发	223
9.5.1	实验 1: LED 灯控制程序设计	223
9.5.2	实验 2: ADC 模块实验	230
9.5.3	实验 3: LCD 实验	236
第 10 章	Android 多媒体视频播放器	241
10.1	相关知识	241
10.2	开发过程	242
第 11 章	Android 远程控制 (智能家居项目)	247
11.1	智能家居概念	247
11.2	背景	247
11.3	发展趋势	247
11.4	智能家居项目	248
11.5	智能家居项目服务端代码编写	250
11.6	智能家居项目客户端代码编写	257
参考文献		263

1.1 嵌入式系统概述

随着移动电子、计算机、互联网、物联网、云计算大数据的高速发展，以及智能硬件、VR 虚拟现实、智能机器人等高科技产品的不断涌现，嵌入式终端设备接入到互联网已经成为趋势，如空调、冰箱、洗衣机通过 WiFi 接入互联网，微信、支付宝、滴滴打车等嵌入式软件应用已经对用户的习惯产生了深远的影响，嵌入式操作系统已经在我们的生活中扮演着举足轻重的角色，改变着我们的传统生活的同时，改善和方便着我们的日常生活。

1.1.1 什么是嵌入式系统

嵌入式系统就是一个具有特定功能或用途的计算机软件、硬件集合体。以应用为中心，以计算机技术为基础，软件、硬件可裁减，以适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积和功耗等有严格要求的专用计算机系统。嵌入式系统发展的最高形式——片上系统 (SoC)。

通俗的理解：第一，嵌入式系统是一个计算机系统；第二，嵌入式系统是针对某个应用的，也就是通常所说的“专用的”，如数字广告机、银行 ATM 系统、地铁或火车站的自助售票机等。因此，嵌入式系统就是针对某个应用的计算机系统。

在理解嵌入式系统的定义时，不要与嵌入式设备相混淆。嵌入式设备是指内部有嵌入式系统的产品、设备，例如，内含微控制器或微处理器的家用电器、仪器仪表、工控单元、机器人、智能手机、PDA 等。

1.1.2 嵌入式系统的组成

嵌入式系统的组成如图 1-1 所示。

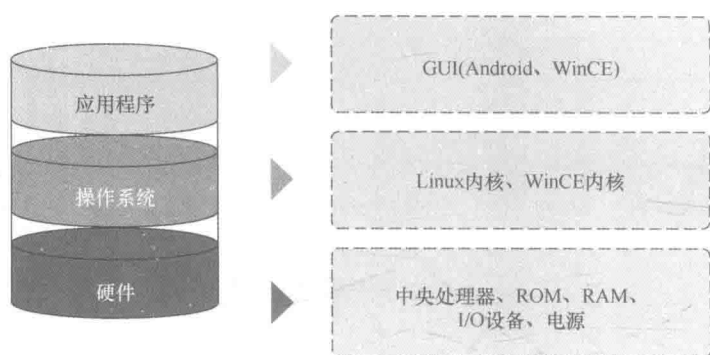


图 1-1 嵌入式系统的组成

(1) 硬件层中包含嵌入式微处理器、存储器（SDRAM、ROM、Flash 等）、通用设备接口、I/O 接口（A/D、D/A、I/O 等）。在一片嵌入式处理器基础上添加电源电路、时钟电路、存储器电路，就构成了一个嵌入式核心控制模块。其中操作系统和应用程序都可以固化到 ROM 中，如智能手机、平板电脑、平板电视、广告机等。图 1-2 所示的是一部拆开后的手机。

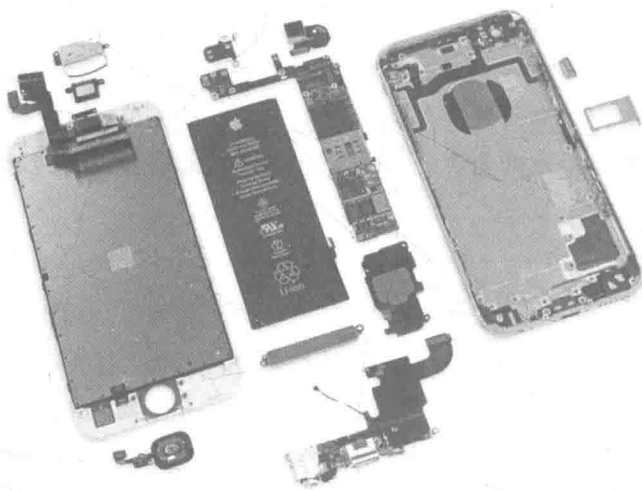


图 1-2 手机拆机图

(2) 软件：Embedded RTOS（Real-Time Operating System）、BSP、应用软件。嵌入式操作系统有智能手机的 Android 系统和 iOS 操作系统等，常用的应用软件如图 1-3 所示，如 QQ、微信、滴滴打车、支付宝等。



图 1-3 常用的应用软件

1.1.3 嵌入式系统与 PC 系统的区别

嵌入式系统与 PC 系统的区别主要分两个方面，一是硬件差异，见表 1-1，二是软件及其他差异，见表 1-2。

表 1-1 硬件差异

设备名称	嵌入式系统	PC 系统
CPU	ARM、MIPS 等	Pentium、Athlon 等
内存	SDRAM、DDR 芯片	SDRAM、DDR 内存条
存储设备	Flash、eMMC 芯片	硬盘、固态硬盘
输入设备	按键、触摸屏	鼠标、键盘
输出设备	LCD	显示器
音频设备	音频芯片	声卡
接口	MAX232 芯片等	主板集成
其他设备	USB 芯片、网卡芯片	主板集成或外接板卡

表 1-2 软件及其他差异

类型	嵌入式系统	PC 系统
引导代码	Bootloader 引导、针对不同电路板进行移植	主板的 BIOS 引导，无须改动
操作系统	Linux、Android、VxWorks 等，需要移植	Windows、Linux 等，不需要移植
驱动程序	每个设备驱动都必须针对电路板进行重新开发或移植，一般不能直接下载使用	操作系统含有大多数驱动程序，或者从网上下载直接使用
协议栈	需要移植	操作系统包括，或者第三方提供
开发环境	借助服务器进行交叉编译	在本机就可开发调试
仿真器	需要	不需要

1.1.4 嵌入式系统的特点

嵌入式系统与通用计算机相比具有以下特点。

(1) 嵌入式系统是面向特定应用的。嵌入式系统中的 CPU 与通用 CPU 的最大不同点就是，前者大多数是专门为特定应用设计的，具有低功耗、体积小、集成度高等特点，能够把通用 CPU 中许多由板卡完成的任务集成在芯片内部，从而有利于整个系统设计趋于小型化。

(2) 嵌入式系统涉及先进的计算机技术、半导体技术、电子技术、通信和软件等各个行业。嵌入式系统是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。在通用计算机行业中，占整个计算机行业 90% 的个人计算机产业，绝大部分采用的是 x86 体系结构的 CPU，厂商集中在 Intel、AMD 等几家公司，操作系统方面被微软占据垄断地位。但这种情况却不会在嵌入式系统领域出现。这是一个分散的，充满竞争、机遇与创新的领域，没有哪个公司的操作系统和处理器能够垄断市场。

(3) 嵌入式系统的硬件和软件都必须具备高度可定制性（可裁剪、移植、优化）。只有这样才能适用嵌入式系统应用的需要，在产品价格性能等方面具备竞争力。



(4) 运行环境差异大。嵌入式系统无处不在，但运行环境差异很大，可运行在飞机上、冰天雪地的两极中、骄阳似火的汽车里、要求温度恒定的实验室内等，特别是在恶劣的环境或突然断电的情况下，要求系统仍然能正常工作。

(5) 高实时性。为了提高执行速度和系统可靠性，嵌入式系统中的软件一般都固化在存储器芯片或单片机中，而不是存储于磁盘等载体中。由于嵌入式系统的运算速度和存储容量仍然存在一定程度的限制，另外，由于大部分嵌入式系统必须具有较高的实时性，因此对程序的质量，特别是可靠性，有着较高的要求。

(6) 多任务的操作系统。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；但为了合理地调度多任务，利用系统资源、系统函数及库函数接口，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。嵌入式两类不同的系统结构模型如图 1-4 所示。



图 1-4 嵌入式两类不同的系统结构模型

(7) 专门的开发工具和环境。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，这些工具和环境一般是基于通用计算机上的软件和硬件设备及各种逻辑分析仪、混合信号示波器等的。开发时往往有主机和目标机的概念，主机用于程序的开发，目标机作为最后的执行机，开发时需要交替、结合进行。

1.1.5 嵌入式系统的发展趋势

互联网信息、数字时代、智能工业制造等使得嵌入式产品获得了巨大的发展契机，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，从中我们可以看出未来嵌入式系统的几大发展趋势。

(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件和

硬件系统本身，同时还需要提供强大的硬件开发工具和软件包支持。

目前很多厂商已经充分考虑到这一点，在主推系统的同时，将开发环境、板级支持包也作为重点推广。如三星在推广 ARM9、Cortex-A8、Cortex-A9、Cortex-A15、Cortex-A53 等内核芯片的同时还提供开发板和板级支持包（BSP）。当然，这也是市场竞争的结果。

（2）网络化、信息化的要求随着因特网技术的成熟、带宽的提高，使得以往单一功能的设备（如电话、手机、冰箱、微波炉等）功能不再单一，结构更加复杂。

这就要求芯片设计厂商在芯片上集成更多的功能，为了满足应用功能的升级，设计师们一方面采用更强大的嵌入式处理器（如 32 位、64 位 RISC 芯片）或信号处理器 DSP 增强处理能力，同时增加功能接口（如 USB）、扩展总线类型（如 CANBUS），加强对多媒体、图形等的处理，逐步实施片上系统（SoC）的概念。软件方面采用实时多任务编程技术和交叉开发工具技术来控制功能复杂性，简化应用程序设计、保障软件质量和缩短开发周期。

（3）网络互联成为必然趋势。未来的嵌入式设备为了适应网络发展的要求，必然要求硬件上提供各种网络通信接口。传统的单片机对于网络支持不足，而新一代的嵌入式处理器已经开始内嵌网络接口，除了支持 TCP/IP，有的还支持 IEEE1394、USB、CAN、Bluetooth 或 IRDA 通信接口中的一种或几种，同时也需要提供相应的通信组网协议软件和物理层驱动软件。软件方面系统内核支持网络模块，甚至可以在设备上嵌入 Web 浏览器，真正实现随时随地用各种设备上网。

（4）精简系统内核、算法，降低功耗和软件、硬件成本。未来的嵌入式产品是软件、硬件紧密结合的设备，为了减低功耗和成本，需要设计者尽量精简系统内核，只保留和系统功能紧密相关的软件、硬件，利用最低的资源实现最适当的功能，这就要求设计者选用最佳的编程模型和不断改进算法，优化编译器性能。因此，既要软件人员有丰富的硬件知识，又需要发展先进嵌入式软件技术，如 Java、Web 和 WAP 等。

（5）提供友好的人机界面和语音交互。嵌入式设备能与用户亲密接触，最重要的因素就是它能提供非常友好的用户界面。图像界面及灵活的控制方式，使得用户感觉嵌入式设备就像一个熟悉的老朋友。另外，产品增加语音识别和控制，人人适用，也是人类进行信息交流最自然、和谐的交互手段。

1.1.6 嵌入式系统的应用领域

随着智能硬件、人工智能、智能制造、车联网等相关产业技术产品的创新应用及需求不断涌现，嵌入式系统应用也越来越深入和广泛。嵌入式系统因其体积小、可靠性高、功能强、灵活方便等许多优点，对各行各业的技术改造、产品更新换代、加速自动化进程、提高生产效率等方面起到了极其重要的推动作用。嵌入式系统主要应用于国防军事、消费电子、工业控制、网络等领域。

1. 国防军事领域

嵌入式技术的迅猛发展及其在军事领域的广泛应用，是当今各国在新军事革命的大潮中发展武器装备的一个明显共性，利用现有信息技术的发展成果对现有的武器装备进行改造，最终实现武器装备的智能化、无人化，作战系统的网络化。无人机应用如图 1-5 所示。



图 1-5 无人机应用

图 1-5 为美陆军官员演示验证 AH-64 “阿帕奇” 直升机与无人机平台（如通用原子宇宙航空系统公司 “灰鹰” 无人机和德事隆系统公司的 RQ-7B “影子” 无人机）进行连接和通信。

2. 智能工业制造

21 世纪的世界级制造业进入了机器人时代，从手工业、工业化、大规模生产到信息技术革命一路走来，制造业的演进步伐从未停止，如今更是迈向新的远景，德国政府和工业界称之为 “工业 4.0 (Industry 4.0)”，其关键就是将软件、传感器和通信系统组合成智慧系统。智能工业设备中的嵌入式系统与消费电子产品有很大的不同，一个重要标志是智能工业设备对实时性和可靠性的严格要求。德国宝马工厂中的工业机器人如图 1-6 所示。



图 1-6 德国宝马工厂中的工业机器人

3. 医疗行业

由于资源不足及效率低下等问题, 医疗行业现已成为中国乃至全球矛盾最为突出的行业, 现在大家都希望能够借助智慧医疗、移动医疗、穿戴式医疗电子等技术改变现状。这些技术将简化大量数据的收集和分析工作, 降低医疗监护与管理成本, 并让医生和护工从繁重的简单重复性工作中解脱出来, 在提升病人治疗效果的同时, 降低治疗成本。帕金森智能防抖动勺如图 1-7 所示。

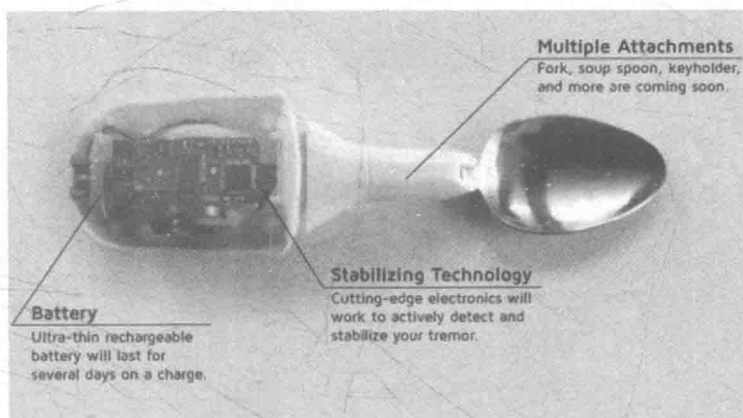


图 1-7 帕金森智能防抖动勺 (Lifeware Spoon)

4. 智能信息家电

信息家电已成为嵌入式系统最大的应用领域。只有按钮、开关的电器显然已经不能满足人们的日常需求。具有用户界面, 能远程控制, 如冰箱、空调、洗衣机等的网络化、智能化等已经成为目前发展的趋势。智能家电应用如图 1-8 所示。

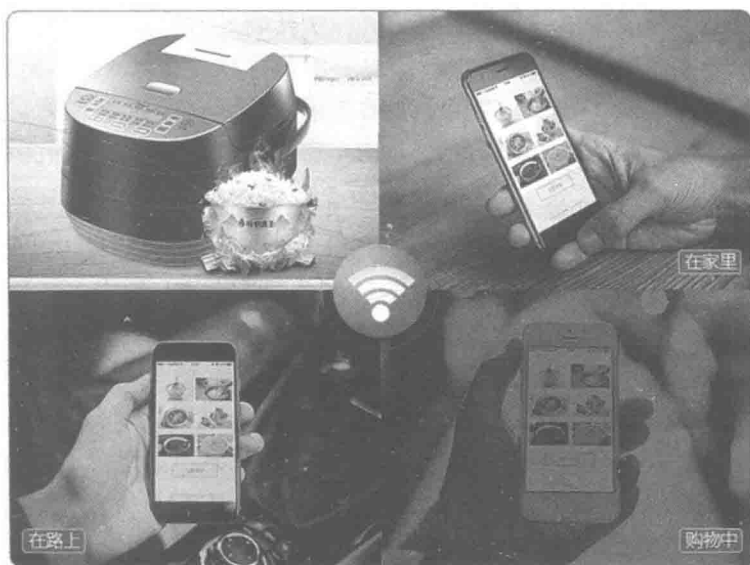


图 1-8 智能家电应用



5. 汽车电子领域

无论汽车电子系统的电子控制单元 (ECU)，还是车载信息娱乐系统 (IVI)，嵌入式 OS 正在大行其道，越来越多的嵌入式软件公司甚至 IT 公司跻身汽车电子的开发行列。荣威 RX5 互联网汽车应用如图 1-9 所示。



图 1-9 荣威 RX5 互联网汽车应用

上汽集团与阿里巴巴集团历时两年倾力打造的“全球首款量产互联网汽车”——荣威 RX5 正式发布，作为“全球首款量产互联网汽车”的荣威 RX5，拥有彰显自信与优雅的设计、高效环保的动力科技、智能便捷的互联网科技，是一款具有划时代意义的互联网汽车产品。

1.2 嵌入式处理器

嵌入式处理器是指应用在嵌入式计算机系统微处理器，是嵌入式系统硬件的核心，运行嵌入式系统的系统软件和应用软件。与通用计算机系统 CPU 相比，嵌入式处理器具有品种多、体积小、集成度高的特点。从 1971 年 Intel 公司推出第一块嵌入式处理器芯片 4004（世界第一块 CPU）至今，嵌入式处理器经过了 40 多年的发展。

根据嵌入式处理器的字长宽度，可分为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位。一般把 16 位及以下的称为嵌入式微控制器，32 位及以上的称为嵌入式微处理器。

如果按系统集成度划分，可分为两类：一类是微处理器内部包含单纯的中央处理器单元，称为一般用途型微处理器；另一类是将 CPU、ROM、RAM 及 I/O 等部件集成到同一块芯片上，称为单芯片微控制器。

嵌入式处理器根据用途分类，如图 1-10 所示。