

面向物联网的 嵌入式系统开发

基于CC2530和STM32微处理器

廖建尚 冯锦澎 纪金水 / 编著



面向物联网的 嵌入式系统开发

基于CC2530和STM32微处理器

廖建尚 冯锦澎 纪金水 / 编著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书基于嵌入式系统和物联网系统中常用的 CC2530、STM32 来介绍嵌入式系统接口开发技术,由浅入深地对两种微处理器的接口开发技术进行详细的介绍。全书先进行理论学习,然后进行案例开发,有贴近社会和生活的开发场景、详细的软/硬件设计和功能实现过程,最后总结拓展,将理论学习和开发实践结合起来。每个案例均附有完整的开发代码和配套 PPT,读者可以在源代码的基础上快速地进行二次开发。

本书既可作为高等院校相关专业的教材或教学参考书,也可供相关领域的工程技术人员查阅。对于嵌入式系统和物联网系统的开发爱好者来说,本书也是一本深入浅出、贴近社会应用的技术读物。

本书提供详尽的源代码以及配套 PPT,读者可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册后下载。

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

面向物联网的嵌入式系统开发:基于 CC2530 和 STM32 微处理器 / 廖建尚,冯锦澎,纪金水编著.

—北京:电子工业出版社,2019.1

(物联网开发与应用丛书)

ISBN 978-7-121-35859-3

I. ①面… II. ①廖…②冯…③纪… III. ①微处理器—系统开发 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 296176 号

责任编辑:田宏峰

印 刷:天津画中画印刷有限公司

装 订:天津画中画印刷有限公司

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:28 字数:716 千字

版 次:2019 年 1 月第 1 版

印 次:2019 年 1 月第 1 次印刷

定 价:99.00 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。

本书咨询联系方式: tianhf@phei.com.cn。

近年来,物联网、移动互联网、大数据和云计算的迅猛发展,渐渐改变了社会的生产方式,大大提高了生产效率和社会生产力。工业和信息化部发布的《物联网发展规划(2016—2020年)》总结了“十二五”规划中物联网发展所获得的成就,提出了“十三五”面临的形势,并明确了物联网的发展思路和目标,提出了物联网发展的6大任务,分别是强化产业生态布局、完善技术创新体系、推动物联网规模应用、构建完善标准体系、完善公共服务体系、提升安全保障能力;提出了4大关键技术,分别是传感器技术、体系架构共性技术、操作系统和物联网与移动互联网、大数据融合关键技术;提出了6大重点领域应用示范工程,分别是智能制造、智慧农业、智能家居、智能交通和车联网、智慧医疗和健康养老,以及智慧节能环保;指出要健全多层次、多类型的物联网人才培养和服务体系,支持高校、科研院所加强跨学科交叉整合,加强物联网学科建设,培养物联网复合型专业人才。该发展规划为物联网发展指出了一条鲜明的道路,同时也可以看出我国推动物联网应用的坚定决心,相信物联网的规模会越来越大。

嵌入式系统和物联网系统涉及的技术很多,底层和感知层都需要掌握微处理器外围接口的驱动开发技术,以及相应的传感器驱动开发。本书详细分析CC2530和STM32的接口技术,理论知识点清晰,并且针对每个知识点给出了实践案例,可帮助读者快速掌握常用的微处理器接口开发技术。

第1章引导读者初步认识嵌入式系统,了解嵌入式系统的定义、特点和组成,学习嵌入式操作系统及其发展现状,了解单片机与嵌入式的关系,学习单片机到嵌入式系统发展,再到物联网系统应用的发展历程。

第2章介绍MCS-51和CC2530,详细介绍本书项目开发所依托的CC2530开发平台和开发环境的搭建,以及IAR for 8051开发环境和程序调试,并通过一个工程项目帮助读者掌握CC2530项目的基本开发过程。

第3章介绍CC2530的接口技术,给出相应的实践案例,分别是智能手机信号灯控制、电梯楼层按键检测设计、脉冲发生器设计、电子秤设计、低功耗智能手环设计、车辆控制器复位重启设计、智能工厂的设备交互系统设计、设备间高速数据传送。通过这些实践案例的学习,读者可以掌握CC2530的接口原理、功能和开发技术,从而具备基本的开发能力,最后通过综合应用开发,完成计算机CPU温度调节系统的设计与实现,并对本章的知识点进行归纳总结,以达到综合应用的目的。

第4章介绍嵌入式系统，主要学习嵌入式 ARM 的组成及结构，详细介绍本书项目开发所依托的 STM32 开发平台和开发环境 IAR for ARM，通过实现工程项目帮助读者掌握 STM32 项目的基本开发过程。

第5章介绍 STM32 嵌入式接口技术，给出了相应的实践案例，分别是车辆指示灯控制设计、按键抢答器设计、电子时钟设计、充电宝电压指示器设计、无线鼠标节能设计、基站监测设备自复位设计、工业串口服务器设计、系统数据高速传输。通过这些实践案例的学习，读者可以掌握 STM32 的接口原理、功能和开发技术，从而具备基本的开发能力。最后通过综合应用开发，完成充电桩管理系统的设计与实现，并对本章的知识点进行归纳总结，以达到综合应用的目的。

第6章介绍嵌入式高级接口开发技术，包括通过 STM32 LCD 技术实现可视对讲屏幕驱动设计、通过 STM32 I2C 总线实现档案库房环境监控系统设计、通过 STM32 SPI 总线实现高速动态数据存取设计，最后通过综合应用开发，完成智能防盗门锁的设计与实现，并对本章的知识点进行归纳总结，以达到综合应用的目的。

本书特色有：

(1) 理论知识和案例实践相结合。将 CC2530 和 STM32 接口技术和生活中实际案例结合起来，边学习理论知识边进行实践开发，读者可以快速掌握嵌入式系统和物联网系统的开发技术。

(2) 企业级案例开发。抛去传统的理论学习方法，选取生动的案例将理论与实践结合起来，通过理论学习和开发实践，读者可以快速入门，由浅入深地掌握 CC2530 和 STM32 接口技术。

(3) 提供综合性项目。综合性项目为读者提供软/硬件系统的开发方法，有需求分析、项目架构、软/硬件设计等方法，读者可以在案例的基础上快速地进行二次开发，并且可以很方便地将其转化为各种比赛和创新创业的案例，也可以为工程技术人员和科研工作人员在进行工程设计和科研项目开发时提供较好的参考资料。

本书既可作为高等院校相关专业的教材或教学参考书，也可供相关领域的工程技术人员参考。对于物联网系统和嵌入式系统的开发爱好者来说，本书也是一本深入浅出的技术读物。

本书在编写过程中，借鉴和参考了国内外专家、学者、技术人员的相关研究成果，我们尽可能按学术规范予以说明，但难免会有疏漏之处，在此谨向有关作者表示深深的敬意和谢意。如有疏漏，请及时通过出版社与作者联系。

本书的出版得到了广东省自然科学基金项目(2018A030313195)、广东省高校省级重大科研项目(2017GKTSCX021)、广东省科技计划项目(2017ZC0358)、广州市科技计划项目(201804010262)和广东省高等职业教育品牌专业建设项目(2016GZPP044)的资助。感谢中智讯(武汉)科技有限公司在本书编写过程中提供的帮助，特别感谢电子工业出版社

社在本书出版过程中给予的大力支持。

由于本书涉及的知识面广，时间仓促，限于笔者的水平和经验，疏漏之处在所难免，恳请专家和读者批评指正。

作 者

2018 年 11 月

CONTENTS

目录

第1章 单片机与嵌入式技术概述..... 1

1.1 嵌入式系统概述.....	1
1.1.1 嵌入式系统的定义.....	1
1.1.2 嵌入式系统的特点.....	2
1.1.3 嵌入式系统的组成.....	3
1.1.4 嵌入式操作系统.....	5
1.2 嵌入式系统的发展与应用.....	6
1.2.1 单片机与嵌入式.....	6
1.2.2 微处理器的基本特点.....	7
1.2.3 微处理器的三个应用时代.....	8
1.2.4 从单片机到嵌入式系统.....	8
1.2.5 从嵌入式系统到物联网.....	8
1.2.6 嵌入式系统的应用.....	9
1.3 小结.....	10
1.4 思考与拓展.....	10

第2章 MCS-51 和 CC2530 微处理器系统..... 11

2.1 MCS-51 和 CC2530 微处理器.....	11
2.1.1 MCS-51 微处理器.....	11
2.1.2 CC2530 微处理器.....	14
2.1.3 CC2530 开发平台.....	20
2.1.4 CC2530 开发环境.....	24
2.1.5 安装开发环境.....	26
2.1.6 小结.....	27
2.1.7 思考与拓展.....	27
2.2 项目开发基本调试.....	27
2.2.1 IAR for 8051 开发环境.....	28
2.2.2 IAR for 8051 程序调试.....	30
2.2.3 开发实践：实现一个工程项目.....	36
2.2.4 小结.....	38

2.2.5 思考与拓展	38
-------------	----

第3章 CC2530 接口技术开发	39
-------------------	----

3.1 CC2530 GPIO 应用开发	39
3.1.1 微处理器 GPIO	39
3.1.2 CC2530 与 GPIO	40
3.1.3 开发实践：智能手机信号灯控制	43
3.1.4 小结	47
3.1.5 思考与拓展	47
3.2 CC2530 外部中断应用开发	47
3.2.1 微处理器的中断	48
3.2.2 开发实践：电梯楼层按键检测设计	54
3.2.3 小结	58
3.2.4 思考与拓展	58
3.3 CC2530 定时器应用开发	58
3.3.1 定时器	59
3.3.2 CC2530 定时器	60
3.3.3 开发实践：脉冲发生器设计	65
3.3.4 小结	69
3.3.5 思考与拓展	69
3.4 CC2530 ADC 应用开发	69
3.4.1 A/D 转换	69
3.4.2 CC2530 与 A/D 转换	71
3.4.3 开发实践：电子秤设计	75
3.4.4 小结	78
3.4.5 思考与拓展	78
3.5 CC2530 电源管理应用开发	78
3.5.1 嵌入式系统的电源管理	79
3.5.2 CC2530 的电源管理	81
3.5.3 开发实践：低功耗智能手环设计	84
3.5.4 小结	90
3.5.5 思考与拓展	90
3.6 CC2530 看门狗应用开发	91
3.6.1 看门狗	91
3.6.2 开发实践：车辆控制器复位重启设计	94
3.6.3 小结	98
3.6.4 思考与拓展	98
3.7 CC2530 串口通信技术应用开发	98
3.7.1 串口	98

3.7.2	CC2530 串口	102
3.7.3	开发实践：智能工厂的设备交互系统设计	108
3.7.4	小结	112
3.7.5	思考与拓展	113
3.8	CC2530 DMA 通信技术应用开发	113
3.8.1	DMA	113
3.8.2	CC2530 与 DMA	118
3.8.3	CC2530 的 DMA 配置	124
3.8.4	开发实践：设备间高速数据传送	126
3.8.5	小结	130
3.8.6	思考与拓展	130
3.9	综合应用开发：计算机 CPU 温度调节系统设计与实现	130
3.9.1	理论回顾	130
3.9.2	开发实践：计算机 CPU 温度调节系统	133
3.9.3	小结	148
3.9.4	思考与拓展	148

第 4 章 嵌入式系统 149

4.1	ARM 嵌入式开发平台	149
4.1.1	嵌入式 ARM	150
4.1.2	嵌入式 ARM 的组成及结构	153
4.1.3	STM32 系列处理器	154
4.1.4	STM32 开发平台	156
4.1.5	小结	158
4.1.6	思考与拓展	158
4.2	工程创建与调试	158
4.2.1	IAR for ARM 开发环境	158
4.2.2	STM32 标准函数库	160
4.2.3	IAR 开发环境的使用	173
4.2.4	IAR 程序的开发及在线调试	174
4.2.5	开发实践：实现一个工程项目	182
4.2.6	小结	183
4.2.7	思考与拓展	183

第 5 章 STM32 嵌入式接口开发技术 184

5.1	STM32 的 GPIO 应用开发	184
5.1.1	GPIO 工作模式	184
5.1.2	STM32 的 GPIO	185
5.1.3	STM32 GPIO 寄存器	190

5.1.4	开发实践：车辆指示灯控制设计	196
5.1.5	小结	202
5.1.6	思考与拓展	202
5.2	STM32 外部中断应用开发	202
5.2.1	中断的基本概念与定义	203
5.2.2	STM32 中断应用概述	203
5.2.3	STM32 的外部中断机制	208
5.2.4	开发实践：按键抢答器设计	213
5.2.5	小结	216
5.2.6	思考与拓展	217
5.3	STM32 定时器应用开发	217
5.3.1	定时器基本原理	217
5.3.2	STM32 定时器	217
5.3.3	开发实践：电子时钟设计	226
5.3.4	小结	229
5.3.5	思考与拓展	230
5.4	STM32 的 A/D 转换应用开发	230
5.4.1	A/D 转换	230
5.4.2	STM32 的 A/D 转换器	231
5.4.3	开发实践：充电宝电压指示器设计	240
5.4.4	小结	245
5.4.5	思考与拓展	245
5.5	STM32 电源管理技术应用开发	245
5.5.1	嵌入式电源管理	245
5.5.2	STM32 电源管理技术	246
5.5.3	电源管理库函数的使用	250
5.5.4	电源管理配置	250
5.5.5	开发实践：无线鼠标节能设计	252
5.5.6	小结	255
5.5.7	思考与拓展	255
5.6	STM32 看门狗应用开发	255
5.6.1	看门狗基本原理	256
5.6.2	STM32 看门狗	256
5.6.3	STM32 看门狗库函数的使用	261
5.6.4	开发实践：基站监测设备自复位设计	264
5.6.5	小结	267
5.6.6	思考与拓展	267
5.7	STM32 串口通信技术应用开发	268
5.7.1	串口	268

5.7.2	STM32 的 USART	269
5.7.3	STM32 串口库函数	277
5.7.4	开发实践：工业串口服务器设计	278
5.7.5	小结	282
5.7.6	思考与拓展	283
5.8	STM32 DMA 应用开发	283
5.8.1	DMA	283
5.8.2	STM32 DMA 介绍	284
5.8.3	STM32 DMA 库函数使用	292
5.8.4	开发实践：系统数据高速传输设计	296
5.8.5	小结	301
5.8.6	思考与拓展	301
5.9	综合应用开发：充电桩管理系统设计与实现	301
5.9.1	理论回顾	301
5.9.2	开发实践：充电桩管理系统	305
5.9.3	小结	325
5.9.4	思考与拓展	325

第 6 章 嵌入式高级接口开发技术

6.1	STM32 LCD 技术应用开发	326
6.1.1	显示器	326
6.1.2	STM32 FSMC 接口技术	328
6.1.3	STM32 FSMC 库函数	336
6.1.4	ILI93xx LCD 原理	338
6.1.5	开发实践：可视对讲屏幕驱动设计	342
6.1.6	小结	357
6.1.7	思考与拓展	357
6.2	STM32 I2C 通信技术应用开发	357
6.2.1	I2C 总线	357
6.2.2	STM32 的 I2C 原理	361
6.2.3	STM32 I2C 库函数的使用	366
6.2.4	温湿度传感器	367
6.2.5	开发实践：档案库房环境监控系统设计	371
6.2.6	小结	381
6.2.7	思考与拓展	381
6.3	STM32 SPI 通信技术应用开发	381
6.3.1	SPI 协议	381
6.3.2	Flash	392
6.3.3	开发实践：高速动态数据存取设计	398

6.3.4	小结·····	409
6.3.5	思考与拓展·····	409
6.4	综合应用开发：智能防盗门锁设计与实现·····	410
6.4.1	理论回顾·····	410
6.4.2	开发实践：智能防盗门锁·····	412
6.4.3	小结·····	430
6.4.4	思考与拓展·····	431
参考文献·····		432

第 1 章

单片机与嵌入式技术概述

目前嵌入式系统已经渗透到我们生活的每个领域，导弹的导航装置，飞机上各种仪表的控制，计算机的网络通信与数据传输，工业自动化过程的实时控制和数据处理，广泛使用各种智能 IC 卡，汽车的安全保障系统，录像机、摄影机、全自动洗衣机的控制，以及程控玩具，电子宠物等，这些都离不开嵌入式系统。因此，嵌入式的学习、开发与运用首先需要认识嵌入式系统。

1.1 嵌入式系统概述

随着计算机技术的飞速发展和嵌入式微处理器的出现，计算机应用出现了历史性的变化，并逐渐形成了计算机系统的两大分支：通用计算机系统和嵌入式计算机系统（简称嵌入式系统）。

嵌入式系统一词源于 20 世纪 70、80 年代之交的美国，早期还曾被称为嵌入式计算机系统或隐藏式计算机，随着半导体技术及微电子技术的快速发展，嵌入式系统得以风靡式发展，性能不断提高，以致出现一种观点，即嵌入式系统通常是基于 32 位微处理器设计的，往往带操作系统，本质上是瞄准高端领域和应用的。然而随着嵌入式系统应用的普及，这种高端应用系统和之前广泛存在的单片机系统间的本质联系，使嵌入式系统与单片机毫无疑问地联系在了一起。

1.1.1 嵌入式系统的定义

关于嵌入式系统的定义有很多，较通俗的定义是嵌入对象体系中的专用计算机系统。国际电气和电子工程师协会（IEEE）对嵌入式系统的定义是：嵌入式系统是控制、监视或者辅助设备、机器和车间运行的装置。该定义是从应用的角度出发的，强调嵌入式系统是一种完成特定功能的装置，该装置能够在没有人工干预的情况下独立地进行实时监测和控制。这种定义体现了嵌入式系统与通用计算机的不同的应用目的。

我国嵌入式系统定义为：嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，并且软/硬件可裁减，适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。

1.1.2 嵌入式系统的特点

嵌入式系统是先进的计算机技术、半导体技术和电子技术与各个行业的具体应用相结合的产物，这决定了它是技术密集、资金密集、知识高度分散、不断创新的集成系统。同时，嵌入式系统又是针对特定的应用需求而设计的专用计算机系统，这也决定了它必然有自己的特点。

不同嵌入式系统的具体特点会有所差异，但总体来说，嵌入式系统一般有如下特点：

(1) 软/硬件资源有限。过去只在 PC 中出现的电路板和软件现在也被安装到复杂的嵌入式系统之中，这一说法现在只能算部分正确。

(2) 功能专一、集成度高、可靠性高、功耗低。

(3) 一般具有较长的生命周期，嵌入式系统通常与所嵌入的宿主系统（专用设备）具有相同的使用寿命。

(4) 软件程序存储（固化）在存储芯片上，用户通常无法改变，常被称为固件。

(5) 嵌入式系统本身无自主开发能力，二次开发需专用设备和开发环境（交叉编译）。

(6) 嵌入式系统是先进的计算机技术、半导体技术、电子技术和各行业相结合的产物。

(7) 嵌入式系统并非总是独立的设备，很多嵌入式系统并不是以独立形式存在的，而是作为某个更大型计算机系统的辅助系统。

(8) 嵌入式系统通常都与真实物理环境相连，并且是激励系统。激励系统可看成一直处在某一状态，等待着输入信号，对于每一个输入信号，它们完成一些计算并产生输出及新的状态。

(9) 大部分嵌入式系统都同时包含数字部分与模拟部分的混合系统。

另外，随着嵌入式微处理器性能的不断提高，高端嵌入式系统的应用方面出现了新的特点：

(1) 与通用计算机系统的界限越来越模糊。随着嵌入式微处理器性能不断提高，一些嵌入式系统的功能也变得多而全。例如，智能手机、平板电脑和笔记本电脑在功能上越来越接近。

(2) 网络功能（能力）已成为必然需求。早期的嵌入式系统一般以单机的形式存在，随着网络的发展，尤其是物联网、边缘计算等的出现，现在的嵌入式系统的网络功能已经

不再是特别的需求，几乎成了一种必备的能力。

1.1.3 嵌入式系统的组成

嵌入式系统一般由硬件系统和软件系统两大部分组成。其中，硬件系统包括嵌入式微处理器、存储器、外设接口和必要的外围电路；软件系统包括嵌入式操作系统和应用软件。常见嵌入式系统的组成框图如图 1.1 所示。另外，由于被嵌入对象的体系结构、应用环境不同，因此嵌入式系统往往有不同的结构组成。



图 1.1 常见的嵌入式系统的组成框图

1. 硬件

嵌入式系统的硬件由嵌入式微处理器（简称微处理器）、存储器、外围电路及外设接口构成。

1) 嵌入式处理器

微处理器是嵌入式系统硬件的核心，早期嵌入式系统的微处理器由（甚至包含几个芯片的）CPU 来担任，而如今的嵌入式处理器一般是 IC（集成电路）芯片形式，它也可以是 ASIC（专用集成电路）或者 SoC 中的一个核，核是 VLSI（超大规模集成电路）上功能电路的一部分。嵌入式系统处理器芯片有如下几种：

（1）微处理器：世界上第一个微处理器芯片就是为嵌入式服务的。可以说，微处理器的出现，造成了嵌入式系统设计的巨大变化。微处理器可以是单芯片 CPU，也可以包含其他附加的单元（如高速缓存、浮点处理算术单元等）以加快指令处理的速度。

（2）微控制器：微控制器是集成有外设的微处理器，是具有 CPU、存储器和其他一些硬件单元的集成芯片。因其单芯片即可组成一个完整意义上的计算机系统，常被称为单片微型计算机，即单片机。最早的单片机芯片是 8031 处理器，它和后来出现的 8051 系列是传统单片机系统的主体。在高端的 MCU 系统中 ARM 芯片则占有了很大比重。MCU 可以成为独立的嵌入式设备，也可以作为嵌入式系统的一部分，是现代嵌入式系统工业的主流，尤其适用于具有片上程序存储器和设备的实时控制。

(3) 数字信号处理器 (DSP): 也称为 DSP 处理器, 可以简单地看成高速执行加减乘除算术运算的微芯片, 因具有乘法累加器单元, 特别适合进行数字信号处理运算 (如数字滤波、谱分析等)。DSP 的算术运算在硬件中实现, 而不像通用处理器在软件中实现, 因而其信号处理速度比通用微处理器快 2~3 倍甚至更多, 主要用于嵌入式音频、视频及通信应用上。

(4) 片上系统: 近来, 嵌入式系统正在被设计到单个硅片上, 称为片上系统 (SoC)。这是一种 VLSI 上的电子系统, 学术上被定义为: 将微处理器、IP (知识产权) 核、存储器 (或片外存储控制器接口) 集成在单一芯片上, 通常是客户定制的或是面向特定用途的标准产品。

(5) 多处理器和多核处理器: 有些嵌入式应用, 如实时视频或多媒体应用等, 即便是 DSP 也无法满足同时快速执行多项不同任务的要求, 这时可能需要两个甚至多个协调同步运行的处理器。另外一种提高嵌入式系统性能的方式是提高处理器的主频, 而主频的提高是有限度的, 而且过高的主频将导致功耗的攀升, 因此采用多个相对低频的处理器配合工作是提升处理器性能, 同时降低功耗的有效方式。当系统中的多个处理器均以 IP 核的形式存在于同一个芯片中时, 就可构成多核处理器。目前, 多核处理器已成功应用到多个领域。随着应用需求的不断提高, 多核架构技术在未来一段时间内仍然是嵌入式系统的重要技术。图 1.2 所示为多处理器和多核处理器的不同系统布局。

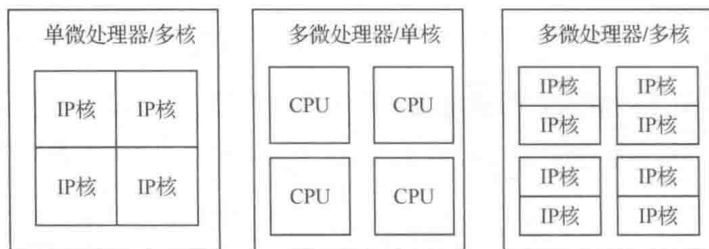


图 1.2 多处理器与多核处理器的不同系统布局

2) 外设

外设包括存储器、I/O 接口及定时器等辅助设备。随着芯片集成度的提高, 一些外设被集成到处理器芯片上, 称为片内 (上) 外设; 反之则被称为片外外设。尽管 MCU 片上已经包含了外设, 但对于需要更多 I/O 端口和更大存储能力的大型系统来说, 还必须连接额外的 I/O 端口和存储器。

2. 软件

从复杂程度上看, 嵌入式软件可以分成有操作系统和无操作系统两大类。对于高端嵌入式应用, 多任务成为基本需求, 操作系统作为协调各任务的关键, 是必不可少的; 此时, 嵌入式软件中除了要使用 C 等高级语言, 往往还会用到 C++、Java 等面向对象类的高级编程语言。

嵌入式软件由应用程序、API、嵌入式操作系统以及 BSP (板级支持包) 组成, 必须能

解决一些在台式机或大型计算机软件中不存在的问题：因经常要同时完成若干任务，所以必须能及时响应外部事件，能在无人干预的条件下应对所有异常的情况。

1.1.4 嵌入式操作系统

如图 1.3 所示，操作系统可以分为多种。

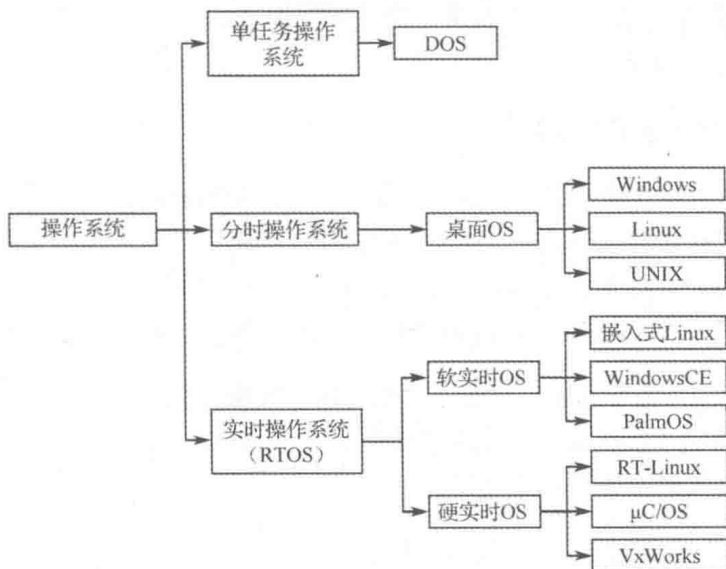


图 1.3 操作系统的分类

1. 早期的嵌入式操作系统

早期的嵌入式系统大多采用 8 位或 16 位单片机作为系统核心控制器，所有硬件资源的管理工作都由程序员自己编写程序来完成，不需要采用专门的操作系统。由于技术的进步，嵌入式系统的规模越来越大、功能越来越强、软件越来越复杂，因此嵌入式操作系统在嵌入式系统中得到了广泛的应用，尤其是在功能复杂、系统庞大的应用中，嵌入式操作系统的作用显得越来越重要。

在嵌入式操作系统环境下，开发一个复杂的应用程序，通常可以按照软件工程的思想，将整个程序分解为多个任务模块，每个任务模块的调试、修改几乎不影响其他模块。利用嵌入式操作系统提供的多任务调试环境，可大大提高系统软件的开发效率、降低开发成本、缩短开发周期。在开发应用软件时，程序员不是直接面对嵌入式硬件设备，而是采用一些嵌入式软件开发环境，在操作系统的基础上编写程序的。

嵌入式操作系统本身是可以裁减的，嵌入式系统的外设、相关应用也可以灵活配置，所开发的应用软件可以在不同的应用环境、不同的微处理器芯片之间移植，软件构件可复用，有利于系统的扩展和移植。相对于一般的操作系统而言，嵌入式操作系统仅指操作系统的内核（或者微内核），其他的诸如窗口系统界面或通信协议等模块，可以另外选择。