普通高等教育“十一五”国家级规划教材　计算机系列教材

嵌入式原理及接口技术
——递阶学习之LPC2103

张开生　程红英　翟岁兵　主编

清华大学出版社

计算机系列教材

张开生 程红英 翟岁兵 主编

嵌入式原理及接口技术
——递阶学习之LPC2103

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

全书共4篇，基础篇主要介绍嵌入式系统的概念、组成和发展以及一些常用的操作系统及其特点；入门篇主要介绍LPC2103的基本硬件结构，编辑软件的安装、应用以及程序的固化；理论篇主要讲解LPC2103内部模块的GPIO、外部中断、定时器、SPI、UART等内部资源的设置及相关寄存器，各章的每节都提供相关应用示例；实践篇从最基础的流水灯实验开始到较复杂的板载实验设置了一系列从易到难的实验。

本教材由浅入深，通俗易懂，适合零基础的读者学习嵌入式系统。本教材可作为电气信息类等专业（电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、电子科学与技术等）的本科高年级学生和研究生的必修课或选修课教材，也可以作为相关技术人员的自学用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。
版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989　13701121933

图书在版编目（CIP）数据

嵌入式原理及接口技术：递阶学习之LPC2103/张开生，程红英，翟岁兵主编. —北京：清华大学出版社，2015

计算机系列教材

ISBN 978-7-302-39912-4

Ⅰ. ①嵌…　Ⅱ. ①张…　②程…　③翟…　Ⅲ. ①微处理器－高等学校－教材　Ⅳ. ①TP332

中国版本图书馆CIP数据核字（2015）第085564号

安徽大学图书馆
藏书
www.lib.ahu.edu.cn

责任编辑：白立军　战晓雷
封面设计：常雪影
责任校对：梁　毅
责任印制：沈　露

出版发行：清华大学出版社
网　　址：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
地　　址：北京清华大学学研大厦A座　　**邮　　编**：100084
社 总 机：010-62770175　　**邮　　购**：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质量反馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
课件下载：http://www.tup.com.cn，010-62795954
印 刷 者：北京富博印刷有限公司
装 订 者：北京市密云县京文制本装订厂
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×260mm　　**印　　张**：24.5　　**字　　数**：610千字
版　　次：2015年8月第1版　　**印　　次**：2015年8月第1次印刷
印　　数：1～2000
定　　价：49.00元

产品编号：061583-01

普通高等教育“十一五”国家级规划教材　计算机系列教材　编委会

主　　任：周立柱

副 主 任：王志英　李晓明

编委委员：（按姓氏笔画为序）

汤志忠　孙吉贵　杨　波

岳丽华　钱德沛　谢长生

蒋宗礼　廖明宏　樊晓桠

责任编辑：马瑛珺

EDITORS

前 言

随着人们生活水平的提高和科学技术的进步，计算机系统对 CPU 处理能力的要求也越来越高。8 位微控制器受限于体系结构，处理能力的提高终究有限；而 16 位微处理器在性能上与 8 位机相比始终没有明显优势。成本上与 32 位微处理器相比也没有什么优势，因此未来一段时间嵌入式微处理器的发展方向必然是 32 位架构。

基于 ARM(Advanced RISC Machines)体系结构的 32 位系统占领了 32 位嵌入式系统的大部分份额，长期以来，基于 ARM 体系结构的 32 位系统仅在嵌入式系统的高端(通信领域、PDA)等场合使用。Philips 公司推出的性价比较高的 LPC2000 系列微控制器让更多的嵌入式系统具备了 32 位的处理能力。

目前，全世界较大的芯片生产商大都在应用 ARM 技术，以 ARM 为核的嵌入式微处理器在全球不断发展。ARM 家族中主要有 6 个产品系列：ARM7、ARM9、ARM9E、ARM10E、ARM11 和 SecurCore。基于 ARM 体系结构的芯片在中国推广已经有好多年了，关于 ARM 的图书也出了不少，主要有以下几类：

(1) 关于 ARM 内核的图书，讲述 ARM 使用的操作系统内核源代码，逐行分析源代码和内核的实际工作内容，主要面向希望深层次了解内核内部机制的读者。

(2) 芯片应用类图书，主要由芯片的生产商或代理商编写，主要的读者为应用工程师。

(3) 开发板类图书，主要由开发者介绍相应的嵌入式开发板，给应用者一些参考。

以上 3 类图书的侧重点都不适合嵌入式的应用开发教学，对于没有嵌入式基础的读者，要学好嵌入式应用是比较困难的。为此，作者从实际出发，从易至难、由浅入深，旨在使读者采用学习单片机的方法来学习嵌入式系统。本教材通俗易懂，真正适合嵌入式零基础的读者学习嵌入式系统。

本书从实际应用入手，由里及外、由浅入深地讲述 ARM7 芯片 LPC2103 的内部资源配置及使用方法，以实验过程和实验现象为主导，详细讲述使用 C 语言对 LPC2103 进行编程的方法，引导读者循序渐进，借鉴学习单片机的方法，逐步深入地学习嵌入式系统原理及编程方法。

本书不同于传统的嵌入式书籍，本书中的所有例程均以实际硬件为依托，用 C 语言进行软件设计，目的是让读者对嵌入式 LPC2103 知其然，又能知其所以然，从而让读者在实际应用中彻底理解和掌握 LPC2103，进而使读者轻松地迈进嵌入式系统之门。

全书内容共分为 4 部分，分别为基础篇、入门篇、理论篇和实践篇。

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com

基础篇主要是对嵌入式系统的概念、组成及发展进行概述，同时对一些常用的操作系统及其特点进行简要介绍。

入门篇主要对 LPC2103 的基本硬件结构进行介绍，同时对编辑软件的安装、应用以及程序的烧写进行介绍。

理论篇主要对 LPC2103 内部模块的 GPIO、外部中断、定时器、SPI、UART 等内部资源的设置及相关寄存器进行讲解，同时在每节的最后都提供了相关的应用示例程序供读者参考和使用。

实践篇设置了 11 个实验，从最基础的流水灯实验开始到较复杂的板载实验，从易到难，适合不同层次的读者进行递阶学习。考虑到有的读者没有硬件条件，大部分实验都附有 Proteus 仿真图及实验源程序，让没有硬件条件的读者也能享受学习的乐趣。同时，为了帮助读者能够清晰地理解程序的设计思路，在每个实验中都给出了相关的程序流程图，并在程序中标注了大量的注释。

本书由陕西科技大学张开生、陕西服装工程学院程红英和翟岁兵担任主编，负责拟定编写教材大纲，设计内容框架以及定稿。编写的具体分工如下：第 3 章至第 15 章、第 18 章及实践篇由张开生编写，第 1 章、第 17 章和全书附录由程红英编写；第 2 章、第 16 章由翟岁兵编写。在编写过程中得到陕西科技大学电信学院研究生彭朋、程盼、宫瑶、权思敏、周倩、王宁、张盟蒙、李跃华、许萌、张家安、曾媛等在录入、排版、绘图、软件调试等方面的大力协助，在此一并表示感谢。为了使教材更具全面性，实用性，在编写过程中查阅并引用了大量的参考资料及文献，并选用了其中的一些实例，在此向相关文献的作者谨致衷心的感谢。

在本书编写过程中作者虽然做了很多努力，但限于水平，书中疏漏甚至错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正，以便修订再版时得以改正提高。

本书适合作为电气信息类等专业（电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、电子科学与技术等）的本科高年级学生和研究生的必修课或选修课教材，也可以作为相关技术人员的学习指导用书。

书中所涉及的相关文档电子版、PPT、实验板可联系 skdzks@163.com、80649433@qq.com。

编　者

2015 年 4 月

于陕西科技大学

基 础 篇

第 1 章 嵌入式系统简介 /3
1.1 概述 /3
1.1.1 嵌入式系统的由来 /3
1.1.2 嵌入式系统的定义和特点 /3
1.1.3 嵌入式系统的组成 /4
1.2 嵌入式操作系统 /5
1.2.1 嵌入式操作系统的分类 /5
1.2.2 嵌入式操作系统的特点 /7
1.2.3 典型的嵌入式操作系统 /7
1.3 嵌入式处理器 /8
1.3.1 嵌入式处理器的分类 /8
1.3.2 ARM 微处理器 /10
习题与思考 /12

入 门 篇

第 2 章 LPC2103 简介 /15
2.1 概述 /15
2.2 LPC2103 特性 /15
2.3 管脚信息 /16
2.4 器件信息 /21
习题与思考 /21

第 3 章 SustARM2103 硬件说明 /22
3.1 功能特点 /22
3.2 硬件原理 /23
3.2.1 LPC2103 PACK 板原理 /23
3.2.2 SustARM2103 底板原理 /23
3.3 硬件结构 /28

3.3.1 元件布局图 /28
3.3.2 开发板使用说明 /30
习题与思考 /30

第 4 章 SustARM2103 快速入门 /31
4.1 ADS 1.2 集成开发环境的组成 /31
4.1.1 CodeWarrior IDE 简介 /32
4.1.2 ISP 操作简介 /32
4.2 工程的编辑 /34
4.2.1 建立工程 /34
4.2.2 建立文件 /35
4.2.3 添加文件到工程 /35
4.2.4 编辑连接工程 /36
4.2.5 打开旧工程 /37
4.3 LPC2103 微控制器工程模板 /38
4.3.1 添加 LPC2103 专用工程模板 /39
4.3.2 应用 LPC2103 模板建立工程 /39
4.4 在开发板上运行第一个程序 /40
4.4.1 建立工程 /41
4.4.2 编译连接工程 /42
习题与思考 /42

理 论 篇

第 5 章 GPIO 详解 /45
5.1 引脚连接模块 /45
5.1.1 概述 /45
5.1.2 寄存器描述 /45
5.1.3 应用示例 /47
5.2 GPIO /48
5.2.1 概述 /48
5.2.2 寄存器描述 /48

5.2.3 GPIO 使用注意事项 /55
5.2.4 应用示例 /57
5.3 高速 GPIO 与低速 GPIO 比较 /59
习题与思考 /61

第 6 章 向量中断控制器 /62
6.1 概述 /62
6.2 特性 /62
6.3 寄存器描述 /62
6.4 中断源 /69
6.5 中断处理 /70
6.6 FIQ 中断 /70
6.6.1 FIQ 中断描述 /70
6.6.2 应用示例 /71
6.7 向量 IRQ 中断 /72
6.7.1 向量 IRQ 中断描述 /72
6.7.2 应用示例 /73
6.8 非向量中断 /74
6.9 应用示例 /75
习题与思考 /76

第 7 章 外部中断 /77
7.1 概述 /77
7.2 寄存器描述 /78
7.3 外部中断引脚设置 /81
7.4 中断设置 /81
7.5 应用示例 /84
习题与思考 /85

第 8 章 定时器 0 和定时器 1 /86
8.1 概述 /86
8.2 特性 /86

8.3 引脚描述 /87
8.4 寄存器描述 /87
8.5 定时器中断 /95
8.6 应用示例 /97
习题与思考 /102

第 9 章 定时器 2 和定时器 3 /103
9.1 概述 /103
9.2 特性 /103
9.3 管脚描述 /104
9.4 寄存器描述 /104
9.5 定时器中断 /112
9.6 应用示例 /113
习题与思考 /114

第 10 章 SPI 控制器 /115
10.1 特性 /115
10.2 引脚描述 /115
10.3 SPI 总线规范 /116
10.4 操作模式 /122
10.5 SPI 接口中断 /125
10.6 应用示例 /126
习题与思考 /130

第 11 章 SSP 控制器 /131
11.1 概述 /131
11.2 特性 /131
11.3 引脚描述 /131
11.4 总线描述 /132
11.5 寄存器描述 /138
11.6 操作模式 /144
11.7 SSP 接口中断设置 /145

11.8 应用示例 /148
习题与思考 /151

第 12 章 UART 接口 /152
12.1 概述 /152
12.2 特性 /152
12.3 引脚描述 /152
12.4 典型应用 /153
12.5 寄存器描述 /154
12.6 UART 中断 /171
12.7 应用示例 /175
习题与思考 /181

第 13 章 A/D 转换 /182
13.1 概述 /182
13.2 特性 /182
13.3 引脚描述 /182
13.4 寄存器描述 /183
13.5 操作 /188
13.6 A/D 转换器中断 /189
13.7 应用示例 /190
习题与思考 /198

第 14 章 I^2C 接口 /199
14.1 特性 /199
14.2 引脚描述 /199
14.3 I^2C 总线规范 /199
14.3.1 I^2C 总线规范简介 /199
14.3.2 I^2C 总线上的位传输 /200
14.3.3 数据传输 /201
14.3.4 仲裁与时钟发生 /202
14.3.5 传输协议 /203

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com

14.4 寄存器描述 /205
14.5 操作模式 /206
14.5.1 主模式 I²C /206
14.5.2 从模式 I²C /213
14.6 I²C 中断 /219
14.7 应用示例 /220
习题与思考 /222

第 15 章 实时时钟 /223
15.1 概述 /223
15.2 特性 /223
15.3 寄存器描述 /223
15.4 闰年计算 /224
15.5 RTC 使用注意事项 /225
15.6 RTC 中断 /225
15.7 应用示例 /226
习题与思考 /230

第 16 章 看门狗 /231
16.1 概述 /231
16.2 特性 /232
16.3 寄存器描述 /232
16.4 WDT 中断 /234
16.5 应用示例 /234
习题与思考 /236

第 17 章 锁相环 /237
17.1 概述 /237
17.2 寄存器描述 /238
17.3 锁相环配置过程 /238
17.4 锁相环操作 /239
17.5 应用示例 /240

习题与思考 /242

第 18 章 μC/OS-Ⅱ实时操作系统 /243

18.1 实时操作系统 /243

18.1.1 内核的类型 /243

18.1.2 嵌入式系统的任务 /244

18.2 μC/OS-Ⅱ中的任务 /244

18.2.1 任务的基本概念 /244

18.2.2 任务的状态 /245

18.2.3 用户任务代码的一般结构 /246

18.2.4 系统任务 /247

18.3 任务的创建 /248

18.3.1 用函数 OSTaskCreate() 创建任务 /248

18.3.2 用函数 OSTaskCreateExt() 创建任务 /249

18.3.3 创建任务的一般方法 /249

18.3.4 μC/OS-Ⅱ在 SustARM2103 开发板上的实现 /250

习题与思考 /252

实 践 篇

实验 1 流水灯循环显示实验 /255

实验 2 数码管循环显示实验 /263

实验 3 按键输入与数码管显示实验 /269

实验 4 液晶显示实验 /278

实验 5 快速中断实验 /285

实验 6　定时器中断实验　/288

实验 7　异步串行通信口(UART)实验　/292

实验 8　A/D 转换实验　/301

实验 9　D/A 转换实验　/308

实验 10　实时时钟实验　/313

实验 11　板载演示实验　/320

附录 A　开发板图　/358

附录 B　硬件原理图　/359

附录 C　LPC2000 系列微处理器　/371

附录 D　ASCII 码对照表　/372

参考文献　/376

基 础 篇

随着嵌入式系统的不断发展和广泛应用，嵌入式系统不断被人们所熟知。本篇从基础知识着手，从3个方面简要介绍嵌入式系统。

(1) 从嵌入式系统的由来、定义、特点和组成4个方面进行介绍，让读者初步得知嵌入式系统实质是一个嵌入到对象系统中的专用计算机系统，由嵌入式硬件系统和嵌入式软件系统两部分组成，并且软硬件可以根据需要进行裁剪。

(2) 对嵌入式操作系统进行讲解，对嵌入式操作系统的分类和特点进行介绍，同时简要介绍两个典型的嵌入式操作系统：嵌入式 Linux 和 μC/OS-Ⅱ。

(3) 首先介绍嵌入式微处理器的分类，接着讲解 ARM 微处理器，进而引出 ARM7 LPC2000 系列微处理器，虽然每个系列的 ARM 微处理器都各有其特点和应用领域，但其中 LPC2103 具有代表性。本教材以 LPC2103 为例，从硬件和软件两部分详细讲解 LPC2103 的内部资源和软件编程。

第1章　嵌入式系统简介

1.1　概述

1.1.1　嵌入式系统的由来

早期的计算机和嵌入式系统的出现始于微型机时代的嵌入式应用。电子数字计算机诞生于1946年，在其后漫长的历史进程中，计算机始终安装在特殊的机房中，是实现数值计算的大型昂贵设备。直到20世纪70年代微处理器的出现，计算机才出现了历史性的变化。以微处理器为核心的微型计算机以其体积小、成本低、可靠性高等特点，迅速走出机房；基于高速数值计算能力的微型机表现出的智能化水平引起了控制专业人士的兴趣，通过将微型机嵌入到一个对象系统中，实现对象系统的智能化控制。例如，将微型计算机经电气加固、机械加固，并配置各种外围接口电路，安装至大型舰船中构成自动驾驶仪或轮机状态监测系统。这样一来，计算机便失去了原来的形态与通用的功能。为了区别于原有的通用计算机系统，把嵌入到对象系统中，实现对对象系统智能化控制的计算机称作嵌入式计算机系统，简称嵌入式系统。因此，嵌入式系统诞生于微型机时代，其嵌入性本质是将一个计算机嵌入到一个对象系统中。

1.1.2　嵌入式系统的定义和特点

嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，软件、硬件可裁减，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。简而言之，它是一个嵌入到对象系统中的专用计算机系统。“嵌入性”、“专用性”与“计算机系统”是嵌入式系统的3个基本要素。对象系统则是指嵌入式系统所嵌入的宿主系统。

嵌入式系统的特点是由定义中的3个基本要素衍生出来的，不同的嵌入式系统，其特点会有所差异。

(1) 与“嵌入性”相关的特点：由于嵌入式系统是嵌入到对象系统中的，因此必须满足对象系统的环境要求，如物理环境(小型)、电气环境(可靠)、成本(价廉)等要求。

(2) 与“专用性”相关的特点：软、硬件的裁减性；满足对象要求的最小软、硬件配置等。

(3) 与“计算机系统”相关的特点：嵌入式系统必须是能满足对象系统控制要求的计算机系统。与前两个特点相呼应，这样的计算机必须配置有与对象系统相适应的接口电路。

另外，在理解嵌入式系统定义时，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，如内含单片机的家用电器、仪器仪表、工控单元、机器人、手机、

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com