

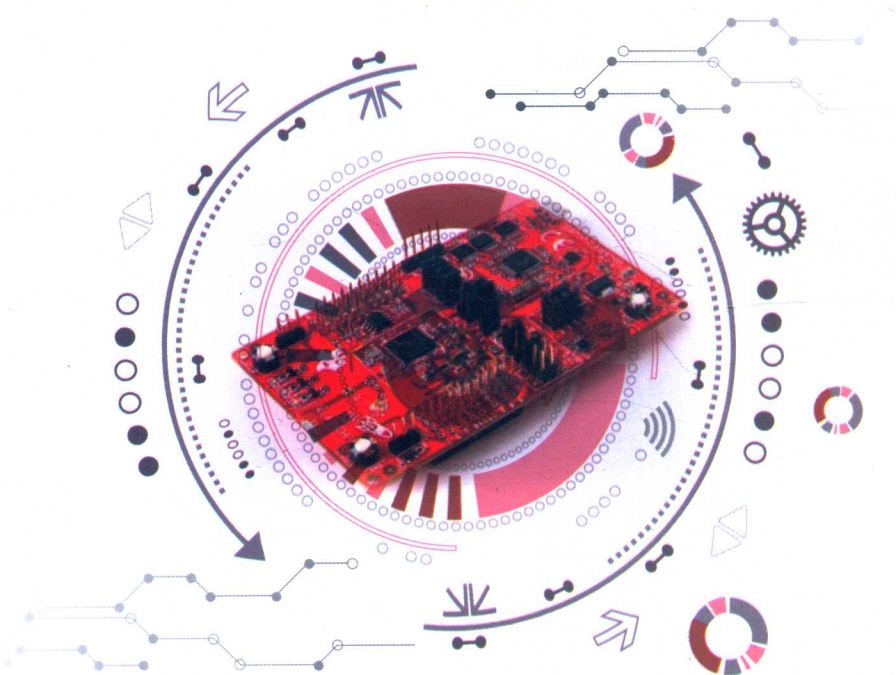
嵌入式技术与应用丛书

TI大学计划用书

ARM Cortex-M4 + Wi-Fi MCU应用指南

CC3200 CCS基础篇

郭书军 编著



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

ARM Cortex-M4 + Wi-Fi MCU 应用指南

——CC3200 CCS 基础篇

郭书军 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书在 CCS 集成开发环境下,以 TI CC3200 LaunchPad 为硬件平台,以 CC3200 SDK v1.1.0 示例程序为核心,在分析示例程序的基础上,介绍 CC3200 各部分的使用方法,并对部分示例程序进行修改和改进,增强程序功能。

全书共 9 章:第 1 章简单介绍 CC3200 的组成,第 2 章介绍 CC3200 的软硬件开发环境,第 3 章介绍 GPIO、UART、SPI 和 I2C 等片内外设接口的应用,第 4 章介绍 GPT、ADC、NVIC 和 μ DMA 等片内外设的应用,第 5 章介绍网络应用入门 WLAN 站点和 WLAN 接入点,第 6 章介绍网络应用基础 TCP 和 UDP,第 7 章介绍网络应用配置 SmartConfig 和 WPS,第 8 章介绍 HTTP 服务器,第 9 章介绍睡眠、深睡眠和休眠电源管理。

书后附有 8 个附录,其中包含 CC3200 常用的软/硬件资料,还包含 15 个与书中内容密切相关的实验指导,以方便实验教学。

本书内容新颖,可操作性强,特别适合初学者学习参考,也可以作为嵌入式系统设计和物联网教材,供电子、通信、自动化和物联网等相关专业的师生使用。

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

ARM Cortex-M4 + Wi-Fi MCU 应用指南. CC3200 CCS 基础篇 / 郭书军编著. —北京:电子工业出版社, 2015.11
(嵌入式技术与应用丛书)

ISBN 978-7-121-27484-8

I. ①A… II. ①郭… III. ①微处理器—系统设计 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 258104 号

责任编辑:田宏峰

印 刷:北京京科印刷有限公司

装 订:北京京科印刷有限公司

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:20 字数:500 千字

版 次:2015 年 11 月第 1 版

印 次:2015 年 11 月第 1 次印刷

印 数:3000 册 定价:59.00 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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

2014 年 6 月,德州仪器(TI)发布了业界第一款内置 Wi-Fi 的 MCU——CC3200 的试制器件 XCC3200HZ 和 SDK v0.5.1,2014 年 9 月 CC3200 的正式器件 CC3200R1 和 SDK v1.0.0 发布,2015 年 3 月 SDK v1.1.0 发布。

为了使用户能够尽快掌握 CC3200 应用,编者从 2014 年 8 月初开始研究 CC3200,并在 IAR 集成开发环境下,以 TI CC3200 LaunchPad 为硬件平台,在 SDK v0.5.1 示例程序的基础上着手编写本书,SDK v1.0.0 发布后,又对已编写内容进行了更新,经过 8 个月的努力,完成了本书初稿。后应 TI 大学计划部的要求,将开发环境更换为 CCS,并趁此机会将 SDK 升级为 v1.1.0,同时对 HTTP 服务器进行了更新和完善。

全书共 9 章,分为 4 个部分:第 1 部分是基础部分,包括第 1 章 CC3200 简介和第 2 章开发环境;第 2 部分是应用 MCU (ARM Cortex-M4) 部分,包括第 3 章片内外设接口应用和第 4 章片内设备应用;第 3 部分是 Wi-Fi 网络处理器 (CC3100) 部分,包括第 5 章到第 8 章;第 4 部分是电源管理部分,包括第 9 章电源管理。

第 1 章:CC3200 简介,简单介绍 CC3200 应用 MCU (ARM Cortex-M4)、Wi-Fi 网络处理器 (CC3100) 和电源管理 3 大组成部分的特性及引脚复用功能。

第 2 章:开发环境,介绍 CC3200 的软/硬件开发环境。软件开发环境主要包括软件开发工具包 (SDK) 和 CCS 集成开发环境 (IDE),硬件开发环境主要是 TI CC3200 LaunchPad,其中的开包即用体验展示了 CC3200 的特色功能。

第 3 章:片内外设接口应用,介绍 GPIO、UART、SPI 和 I2C 等片内外设接口的应用。以示例程序为核心,在分析示例程序的基础上,介绍 CC3200 各部分的使用方法,并对示例程序进行修改和改进,增强程序功能。

第 4 章:片内设备应用,介绍 GPT、ADC、NVIC 和 μ DMA 等片内设备的应用。

第 5 章:网络应用入门,介绍网络应用的两个入门示例程序——Wlan_station 示例程序和 Wlan_ap 示例程序,其中 Wlan_station 示例程序可以作为编写网络应用新程序的基础。

第 6 章:网络应用基础,介绍网络应用的两个基础示例程序——Tcp_socket 示例程序和 Udp_socket 示例程序,并在 Wlan_ap 示例程序和 Wlan_station 示例程序的基础上,结合 Tcp_socket 示例程序,进行无线 UART 程序设计。

第 7 章:网络应用配置:介绍网络应用配置 SmartConfig 和 WPS,其中 SmartConfig 是 TI 独特的一步式 Wi-Fi 智能配置技术,允许多个 CC3200 快速高效地连接到 Wi-Fi 网络。

第 8 章:HTTP 服务器:在简单介绍 HTTP 服务器的基础上,介绍 Provisioning_ap 示例程序和 Out_of_box 开包即用示例程序,特别是通过对开包即用示例程序的分析,加深对开包即用体验的理解和掌握。

第 9 章:电源管理:介绍电源管理支持的睡眠、深睡眠和休眠示例程序。

书后附有 8 个附录,其中包含 CC3200 常用的软/硬件资料,还包含与书中内容密切相关的 15 个实验指导,以方便学习和实验教学。

书中所有程序都在 TI CC3200 LaunchPad 和 SDK v1.1.0 环境下调试通过。

在本书的编写过程中，得到德州仪器半导体技术（上海）有限公司潘亚涛先生的大力支持，同时还得到德州仪器的资助，编者在此表示衷心的感谢。

由于内容涉及面广，再加上编者水平有限，书中难免会有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。编者联系方式（E-mail）：cortex_m3@126.com；QQ 群：CC3200 教材（467209850）。

编 者

2015 年 10 月

目 录

第 1 章	CC3200 简介	1
1.1	应用 MCU	2
1.1.1	ARM Cortex-M4	2
1.1.2	存储器	3
1.1.3	片内外设	5
1.2	Wi-Fi 网络处理器 (CC3100)	6
1.3	电源管理	7
1.4	引脚复用	8
第 2 章	开发环境	9
2.1	软件开发环境	9
2.1.1	软件开发工具包 (SDK)	9
2.1.2	集成开发环境 (IDE)	14
2.1.3	实用程序	21
2.1.4	支持工具	24
2.1.5	ROM 服务	30
2.2	硬件开发环境	32
2.2.1	TI CC3200 LaunchPad 开包即用体验	32
2.2.2	服务包更新	35
第 3 章	片内外设接口应用	39
3.1	GPIO 接口应用	39
3.1.1	GPIO 示例程序分析	40
3.1.2	GPIO 使用简介	50
3.1.3	按键控制 LED 闪烁时间程序设计	51
3.1.4	PinMux 使用介绍	52
3.2	UART 接口应用	54
3.2.1	UART 简介	55
3.2.2	UART 示例程序分析	56
3.2.3	UART 使用简介	65
3.2.4	UART 示例程序小改进	66
3.3	SPI 接口应用	66
3.3.1	SPI 示例程序分析	67
3.3.2	SPI 使用简介	78
3.4	I2C 接口应用	79
3.4.1	I2C 示例程序分析	80

3.4.2	I2C 使用简介	89
3.4.3	温度测量和加速度测量程序设计	90
第 4 章	片内外设应用	93
4.1	GPT 应用	93
4.1.1	定时器示例程序分析	94
4.1.2	PWM 示例程序分析	104
4.1.3	计数捕捉示例程序分析	109
4.1.4	GPT 使用简介	115
4.1.5	矩形波周期和脉宽测量程序设计	118
4.2	ADC 应用	120
4.2.1	ADC 示例程序分析	121
4.2.2	ADC 使用简介	126
4.3	NVIC 应用	126
4.3.1	NVIC 示例程序分析	127
4.3.2	NVIC 使用简介	132
4.3.3	外设中断使用小结	133
4.4	μ DMA 应用	137
4.4.1	UART DMA 示例程序分析	138
4.4.2	μ DMA 使用简介	144
4.4.3	μ DMA 示例程序分析	146
第 5 章	网络应用入门	155
5.1	Wlan_station 示例程序分析	156
5.1.1	主函数 main()分析	158
5.1.2	WlanStationMode()分析	160
5.2	Wlan_ap 示例程序分析	173
5.2.1	主函数 main()分析	174
5.2.2	WlanAPMode()分析	175
第 6 章	网络应用基础	183
6.1	Tcp_socket 示例程序分析	184
6.1.1	BsdTcpServer()分析	188
6.1.2	BsdTcpClient()分析	192
6.2	Udp_socket 示例程序分析	195
6.2.1	BsdUdpServer()分析	199
6.2.2	BsdUdpClient()分析	201
6.3	无线 UART 程序设计	204
6.3.1	Wuart_station 程序设计	205
6.3.2	Wuart_ap 程序设计	210
6.3.3	将应用程序编程到串行闪存	214
第 7 章	网络应用配置	217
7.1	Provisioning_smartconfig 示例程序分析	217

7.2	Provisioning_wps 示例程序分析	221
7.2.1	WpsConnectPushButton()分析	223
7.2.2	WpsConnectPinCode()分析	224
第 8 章	HTTP 服务器	225
8.1	HTTP 服务器简介	225
8.1.1	HTTP GET 处理	226
8.1.2	HTTP POST 处理	227
8.1.3	内部网页	228
8.2	Provisioning_ap 示例程序分析	228
8.2.1	ProvisioningAP()分析	231
8.2.2	GetScanResult()分析	234
8.2.3	HTTP 服务器分析	235
8.3	Out_of_box 示例程序分析	239
8.3.1	HTTP 服务器回调函数分析	242
8.3.2	家庭自动化 (Home Automation) 网页分析	244
8.3.3	家用电器 (Home Appliances) 网页分析	245
8.3.4	安全保障 (Safety and Security) 网页分析	248
8.3.5	智能能源网页分析	249
8.4	HTTP 服务器小结	250
第 9 章	电源管理	253
9.1	Sleep_deepsleep 示例程序分析	253
9.1.1	WDT 唤醒睡眠 PerformPRCMSleepWDTWakeup()分析	254
9.1.2	GPT 唤醒睡眠 PerformPRCMSleepGPTWakeup()分析	256
9.2	Deepsleep_nw 示例程序分析	259
9.3	Hib 示例程序分析	261
附录 A	CC3200 外设驱动 API	265
附录 B	CC3200 网络驱动 API	275
附录 C	CC3200 引脚复用功能	279
附录 D	CC3200 外设引脚分配	283
附录 E	CC3200 LaunchPad 简介	287
附录 F	CC3200 异常和中断	291
附录 G	CC3200 μ DMA 通道分配	293
附录 H	实验指导	295
使用软件		308
参考文献		309

CC3200 简介

CC3200 是 TI 无线连接 SimpleLink Wi-Fi 和物联网 (IoT) 解决方案最新推出的一款单片无线 MCU，是业界第一个具有内置 Wi-Fi 的 MCU，是针对物联网应用、集成高性能 ARM Cortex-M4 的无线 MCU。客户能够使用单个集成电路开发整个应用，借助片上 Wi-Fi、互联网和强大的安全协议，无须 Wi-Fi 经验即可实现快速的开发。CC3200 是一个完整平台解决方案，其中包括软件、示例应用、工具、用户和编程指南、参考设计及 TI E2E 支持社区，采用易于布局的四方扁平无引线 (QFN) 封装。

CC3200 硬件概况和嵌入式软件概况如图 1.1 所示。

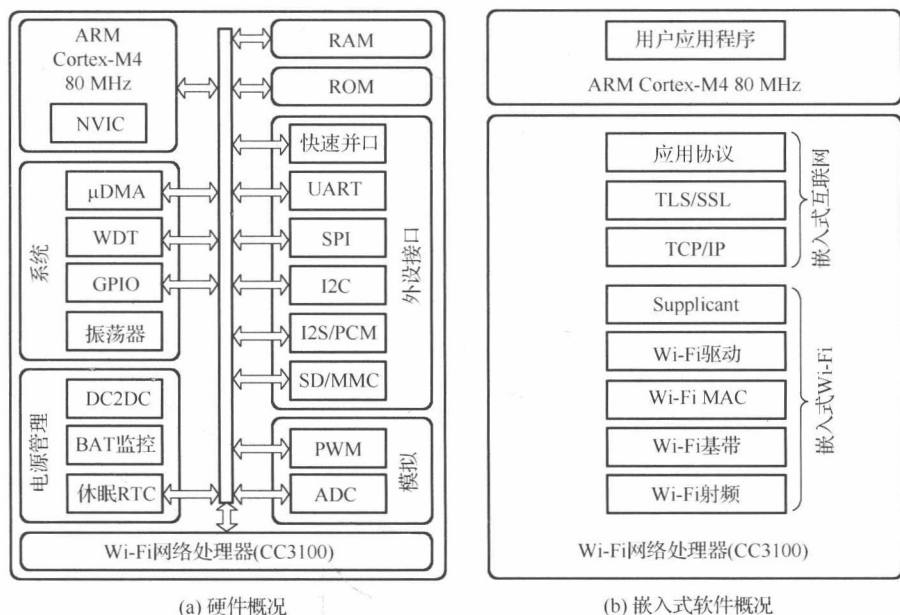


图 1.1 CC3200 硬件概况和嵌入式软件概况

CC3200 包括应用 MCU、Wi-Fi 网络处理器 (CC3100) 和电源管理 3 大部分。

应用 MCU 包含一个运行频率为 80 MHz 的行业标准 ARM Cortex-M4 内核，包含用于存放代码和数据的内部 RAM 以及存放启动引导程序和外设驱动程序的 ROM，还包含 GPIO、UART、SPI、I2C、I2S/PCM、SD/MMC、PWM 和 ADC 等多种片内外设。

Wi-Fi 网络处理器 (CC3100) 包含一个 Wi-Fi 片上互联网和一个可完全免除应用 MCU 处理负担的专用 ARM MCU。Wi-Fi 片上互联网包含 Wi-Fi 射频、基带和具有强大加密引擎的 MAC，可以实现支持 256 位加密的快速安全的互联网连接。Wi-Fi 片上互联网还包括嵌入式

TCP/IP 和 TLS/SSL 协议栈、HTTP 服务和多种应用协议。CC3200 支持站点、接入点和 Wi-Fi 直连三种模式，支持 WPA2 个人和企业安全性以及 WPS2。

电源管理包括支持宽电源电压范围的集成直流-直流转换器，可以启用低功耗模式（包括睡眠、深睡眠、低功耗深睡眠和休眠等），具有 RTC 的休眠模式所需电流小于 4 μ A。



1.1 应用 MCU

CC3200 应用 MCU 的特性如下。

- ARM Cortex-M4 内核，运行频率 80 MHz。
- 内部存储器。
 - ✧ RAM：存放代码和数据，容量多达 256 KB。
 - ✧ ROM：存放启动引导程序和外设驱动程序，容量为 64 KB。
- 针对高级快速安全性的硬件加密引擎。
 - ✧ AES、DES 和 3DES。
 - ✧ SHA2 和 MD5。
 - ✧ CRC 和校验和。
- 多达 27 个独立可编程、可复用的通用输入输出（GPIO）引脚。
- 2 个通用异步收发器接口（UART）。
- 1 个串行外设接口（SPI）。
- 1 个内部集成电路总线接口（I2C）。
- 1 个多通道音频串行接口（McASP），支持 2 个 I2S 通道。
- 1 个 SD/MMC 接口。
- 8 位并行摄像头接口。
- 4 个通用定时器（GPT），支持 16 位脉冲宽度调制（PWM）模式。
- 4 通道 12 位模/数转换器（ADC）。
- 32 通道微型直接存储器存取（ μ DMA）。

1.1.1 ARM Cortex-M4

高性能 ARM Cortex-M4 提供低成本的平台，能够实现最小的内存需求，减少引脚数并降低功耗，同时提供卓越的计算性能和系统中断响应。

ARM Cortex-M4 的特性如下。

- 卓越的性能。
 - ✧ 针对嵌入式应用优化的 Thumb 指令集。
 - ✧ 处理程序和线程模式。
 - ✧ 进入和退出中断处理程序时自动保存和恢复处理器状态。
 - ✧ 支持 ARMv6 非对齐访问。
- 嵌套向量中断控制器（NVIC）与处理器内核的紧密结合实现低延迟中断处理。
 - ✧ 3~8 位优先级配置。

- ✧ 动态重新分配中断优先级。
- ✧ 中断优先级分组允许选择中断优先级分组和中断子优先级的数量。
- ✧ 支持咬尾和迟到中断，允许没有状态保存和恢复开销的连续中断处理。
- ✧ 没有指令开销的处理器状态自动保存和恢复。
- ✧ 唤醒中断控制器（WIC）提供超低功耗睡眠模式支持。
- 总线接口。
 - ✧ 三个先进高性能总线（AHB）接口：ICode、DCode 和系统总线接口。
 - ✧ 存储器和外设位带（Bit-band）支持，包括原子位带读写操作。
- 低成本调试方案。
 - ✧ 调试可以访问系统中的所有存储器和寄存器。
 - ✧ 支持串行调试端口（SW-DP）和串行 JTAG 调试端口（SWJ-DP）。
 - ✧ 闪存补丁和断点（FPB）单元实现代码补丁和断点。

1.1.2 存储器

CC3200 应用 MCU 的存储器包括外部存储器和内部存储器。

1. 外部存储器

CC3200 在外部存储器（串行闪存 SFLASH）中保存特有的文件系统，包括服务包文件、系统文件、配置文件、证书文件、网页文件和用户文件等。

用户可以使用格式化命令 API 分配文件系统的总容量，文件系统的起始地址固定在 SFLASH 的开始。应用 MCU 不能直接访问 SFLASH，必须通过文件系统访问分配给文件系统的 SFLASH 区域。

文件系统按照下载顺序管理存储文件 SFLASH 块的分配，这意味着系统中特定文件的位置不固定。存储在 SFLASH 中的文件使用直观的文件名而不是文件标识。文件系统 API 使用纯文本，文件加密和解密用户不可见，加密文件只能通过文件系统访问。

文件系统中所有文件类型可以支持多达 128 个文件，文件存储的最小单元是 4 KB，带有安全保障和安全选项的加密文件存储的最小单元是 8 KB，最大的文件大小是 16 MB。

2. 内部存储器

内部存储器包括 RAM（静态存储器 SRAM）和 ROM。

（1）SRAM。CC3200 包含片上 SRAM 供应用程序下载和执行，应用程序开发者必须共享 SRAM 用于代码和数据。微型直接存储器存取（ μ DMA）控制器可以在 SRAM 和外设间传输数据。CC3200 ROM 中拥有丰富的外设驱动程序，可以节省 SRAM 空间。

CC3200 提供多达 256 KB 零等待状态内部 SRAM，能够在低功耗深睡眠（LPDS）模式下有选择地保留，SRAM 在存储器映像中的偏移地址是 0x2000 0000。

（2）ROM。CC3200 的内部零等待状态 ROM 的起始地址是 0x0000 0000，编程有下列组件。

- 启动引导程序（Bootloader）。

● 外设驱动程序（DriverLib）。

启动引导程序用于串行闪存为空时的初始引导程序，外设驱动程序为片内外设提供启动引导能力，实现片内外设的初始化和控制功能，支持查询或中断操作。ROM 中的外设驱动 API 可以被应用程序调用，以减少闪存的需求，多出的闪存可以用于其他目的。

（3）存储器映像。CC3200 存储器映像如表 1.1 所示，其中包含各种外设在存储器的映像地址。

表 1.1 存储器映像

起始地址	结束地址	说 明	注 释
0x0000 0000	0x0000 FFFF	片内 ROM（Bootloader + DriverLib）	64 KB
0x2000 0000	0x2003 FFFF	位带片内 SRAM	256 KB
0x4000 4000	0x4000 4FFF	通用输入输出接口 GPIOA0	见 3.1 节
0x4000 5000	0x4000 5FFF	通用输入输出接口 GPIOA1	见 3.1 节
0x4000 6000	0x4000 6FFF	通用输入输出接口 GPIOA2	见 3.1 节
0x4000 7000	0x4000 7FFF	通用输入输出接口 GPIOA3	见 3.1 节
0x4000 C000	0x4000 CFFF	串行异步收发器接口 UARTA0	见 3.2 节
0x4000 D000	0x4000 DFFF	串行异步收发器接口 UARTA1	见 3.2 节
0x4002 0000	0x4002 07FF	内部集成电路总线接口 I2CA0（主模式）	见 3.4 节
0x4002 0800	0x4002 0FFF	内部集成电路总线接口 I2CA0（从模式）	见 3.4 节
0x4003 0000	0x4003 0FFF	通用定时器 GPTA0	见 4.1 节
0x4003 1000	0x4003 1FFF	通用定时器 GPTA1	见 4.1 节
0x4003 2000	0x4003 2FFF	通用定时器 GPTA2	见 4.1 节
0x4003 3000	0x4003 3FFF	通用定时器 GPTA3	见 4.1 节
0x400F E000	0x400F EFFF	系统控制	
0x400F F000	0x400F FFFF	微型直接存储器存取（μDMA）	见 4.4 节
0x4401 C000	0x4401 EFFF	多通道音频串行接口（McASP）	
0x4402 0000	0x4402 0FFF	串行闪存串行外设接口 SSPI	外部串行闪存使用
0x4402 1000	0x4402 2FFF	通用串行外设接口 GSPI	应用 MCU 使用见 3.3 节
0x4402 5000	0x4402 5FFF	MCU 复位时钟管理	
0x4402 6000	0x4402 6FFF	MCU 配置空间	
0x4402 D000	0x4402 DFFF	全局电源、复位和时钟管理（GPRCM）	
0x4402 E000	0x4402 EFFF	MCU 共享配置	
0x4402 F000	0x4402 FFFF	休眠配置	
0x4403 0000	0x4403 FFFF	加密范围（包括下列 4 个加密相关模块）	
0x4403 0000	0x4403 0FFF	DTHE 寄存器和 TCP 校验和	
0x4403 5000	0x4403 5FFF	安全散列算法 SHA/消息摘要算法 MD5	
0x4403 7000	0x4403 7FFF	高级加密标准 AES	
0x4403 9000	0x4403 9FFF	数据加密标准 DES	
0xE000 0000	0xE000 0FFF	测量跟踪宏单元（ITM）	
0xE000 1000	0xE000 1FFF	数据观察点和跟踪（DWT）	
0xE000 2000	0xE000 2FFF	闪存补丁和断点（FPB）	
0xE000 E000	0xE000 EFFF	嵌套向量中断控制器（NVIC）	见 4.3 节
0xE004 0000	0xE004 0FFF	跟踪端口接口单元（TPIU）	

1.1.3 片内外设

CC3200 支持下列片内外设接口和外设。

- 通用输入输出接口 (GPIO)。
- 串行异步收发器接口 (UART)。
- 串行外设接口 (SPI)。
- 内部集成电路总线接口 (I2C)。
- 多通道音频串行接口 (McASP)。
- SD/MMC 接口。
- 并行摄像头接口。
- 通用定时器 (GPT)。
- 模/数转换器 (ADC)。
- 微型直接存储器存取 (μ DMA)。

(1) 通用输入输出接口 (GPIO)。通用输入输出接口 (GPIO) 分为 4 组, 每组 8 个。根据外设用途的不同, GPIO 支持 27 个可编程 GPIO 引脚, 每个 GPIO 引脚可配置为 10 μ A 上拉或下拉, 驱动能力可配置为 2 mA、4 mA 或 6 mA, 也可配置为开漏输出。

(2) 串行异步收发器接口 (UART)。串行异步收发器接口 (UART) 具有可编程波特率发生器, 允许速率高达 3 Mbps, 标准的异步通信起始位、停止位和奇偶校验位, 使用 μ DMA 可以实现高效传输。

(3) 串行外设接口 (SPI)。串行外设接口 (SPI) 可以配置为主设备或从设备, 主设备串行时钟的频率、极性和相位可编程, 片选和外部时钟的定时控制可编程, 第一个发送字前的延时可编程。

(4) 内部集成电路总线接口 (I2C)。内部集成电路总线接口 (I2C) 通过两根串行线可以在单个接口上连接多种 I2C 外设, 也可以工作在标准模式 (100 kbps) 或者快速模式 (400 kbps)。

(5) 多通道音频串行接口 (McASP)。多通道音频串行接口 (McASP) 作为通用音频串行接口, 为多通道音频应用优化, 支持通过两个数据引脚进行立体声传输, 发送和接收部分可同步工作。

(6) SD/MMC 接口。SD/MMC 接口用于连接大容量 SD 卡存储器, 支持 1 位数据模式。

(7) 并行摄像头接口。并行摄像头接口可以连接各种外部图像传感器, 图像数据存放在 FIFO 中, 可以产生 DMA 请求, 数据宽度是 8 位。

(8) 通用定时器 (GPT)。通用定时器 (GPT) 可以对输入引脚上的外部事件进行计数或计时, 并可以产生脉冲宽度调制 (PWM) 信号从输出引脚上输出。

(9) 模/数转换器 (ADC)。模/数转换器 (ADC) 的主要功能是将连续的模拟信号转化为离散的数字信号, 以便于微控制器进行数据处理。

(10) 微型直接存储器存取 (μ DMA)。微型直接存储器存取 (μ DMA) 将 Cortex-M4 从数据传输任务中解脱出来, 实现外设和存储器之间或者存储器和存储器之间的批量数据传输。

1.2 Wi-Fi 网络处理器（CC3100）

CC3200 Wi-Fi 网络处理器（CC3100）可以提供快速安全的 WLAN 和因特网连接，支持站点、接入点和 Wi-Fi 直连三种模式，特性如下。

- 特有 Wi-Fi 片上互联网（Internet-On-a-Chip）。
- 专用 ARM MCU，完全免除应用 MCU 的 Wi-Fi 和互联网协议处理负担。
- Wi-Fi 和互联网协议存放在 ROM 中。
- 包含 802.11b/g/n 射频、基带、MAC、Wi-Fi 驱动和 Supplicant。
- TCP/IP 协议栈。
 - ✧ 行业标准 BSD 套接字应用编程接口（API）。
 - ✧ 同时 8 个 TCP 或 UDP 套接字。
 - ✧ 同时 2 个 TLS 和 SSL 套接字。
- 强大的加密引擎，可以实现支持 256 位 AES 加密的快速安全的互联网连接。
- 站点（STA）、接入点（AP）和 Wi-Fi 直连（P2P）模式。
- WPA2 个人和企业安全性。
- 用于自主和快速 Wi-Fi 连接的 SimpleLink 连接管理器。
- 用于简单灵活 Wi-Fi 配置的智能配置（SmartConfig）技术、AP 模式和 WPS2。
- 发射功率。
 - ✧ 18.0 dBm @ 1 DSSS（直序扩频）。
 - ✧ 14.5 dBm @ 54 OFDM（正交频分复用）。
- 接收灵敏度。
 - ✧ -95.7 dBm @ 1 DSSS（直序扩频）。
 - ✧ -74.0 dBm @ 54 OFDM（正交频分复用）。

Wi-Fi 网络处理器（CC3100）支持的主要特性如表 1.2 所示。

表 1.2 Wi-Fi 网络处理器（CC3100）支持的主要特性

特 性	类 别	域	说 明
IPv4	网络协议栈	TCP/IP	IPv4 协议栈
TCP/UDP	网络协议栈	TCP/IP	基本协议
TLS/SSL	安全	TCP/IP	TLS v1.2（客户端/服务器）/SSL v3.0
DHCP	协议	TCP/IP	客户端和服务端模式
mDNS	应用	TCP/IP	多播域名服务
HTTP	应用	TCP/IP	URL 静态和动态响应模版
Policies	连接	WLAN	允许管理连接和重连接策略
WPS2	配置	WLAN	初始化产品配置 PBC 和 PIN 方法
AP Config	配置	WLAN	初始化产品配置接入点方式（配置网页和信标信息元）
SmartConfig	配置	WLAN	初始化产品配置的替代方法
Station	角色	WLAN	具有传统 802.11 节电功能的 802.11b/g/n 站点
AP	角色	WLAN	具有传统 802.11 节电功能的 802.11b/g 接入点
P2P	角色	WLAN	P2P 客户端



1.3 电源管理

CC3200 电源管理的特性如下。

- 集成直流-直流转换器，支持宽范围的电源电压。
 - ✧ VBAT 宽电压模式：2.1~3.6 V。
 - ✧ 预稳压 1.85 V 模式。
- 高级低功耗模式。
 - ✧ 休眠 (Hibernate)：4 μ A。
 - ✧ 低功耗深睡眠 (LPDS)：120 μ A。
 - ✧ RX (MCU 活动)：59 mA @ 54 OFDM。
 - ✧ TX (MCU 活动)：229 mA @ 54 OFDM，最大功率。
 - ✧ 空闲连接 (MCU 处于 LPDS)：695 μ A @ DTIM = 1。

从电源管理的角度看，CC3200 的应用 MCU 和 Wi-Fi 网络处理器 (CC3100) 是独立的，应用 MCU 运行从外部串行闪存装入的用户应用程序，Wi-Fi 网络处理器 (CC3100) 运行预编程的 TCP/IP 和 Wi-Fi 数据链路层函数。

用户程序控制应用 MCU 的电源状态，可以有下列 4 种电源模式。

- MCU 活动 (Active) 模式：MCU 以 80 MHz 主频执行程序。
- MCU 睡眠 (Sleep) 模式：MCU 时钟被禁止，设备状态被保留。睡眠模式提供即时唤醒功能，可以通过内部定时器、GPIO 引脚或外设唤醒。
- MCU 低功耗深睡眠 (LPDS) 模式：状态信息丢失，只有某些 MCU 特定的寄存器配置被保留。MCU 可以通过内部定时器或 GPIO0~6 上的外部事件唤醒，唤醒时间小于 3 ms。存储器的某些部分可以被保留，保留存储器的数量可配置，用户可以选择保存代码或 MCU 特定的设置。
- MCU 休眠 (Hibernate) 模式：最低功耗模式，只有一小部分直接由输入电源供电的逻辑被保留，实时时钟 (RTC) 保持运行，MCU 可以通过 RTC 超时或 GPIO0~6 上的外部事件唤醒，唤醒时间比 LPDS 模式长 15 ms 加上从串行闪存加载应用程序的时间。

Wi-Fi 网络处理器 (CC3100) 可以按照自己的模式活动或低功耗深睡眠，当没有网络活动时，Wi-Fi 网络处理器 (CC3100) 大部分时间睡眠，只有接收信标时唤醒。

Wi-Fi 网络处理器 (CC3100) 有以下 6 种电源模式。

- 网络活动模式 (处理低 3 层)：发送或接收 IP 协议数据包。
- 网络活动模式 (处理低 2 层)：发送或接收 MAC 管理帧，不需要 IP 处理。
- 网络活动监听模式：特殊的功耗优化活动模式，用于接收信标帧，不支持其他帧。
- 网络连接空闲模式：实现 802.11 节能操作的复合模式。网络处理器 (CC3100) 在信标间自动进入 LPDS 模式，接收信标时进入活动监听模式，通过信标确定接入点是否有数据传送，如果没有，网络处理器 (CC3100) 返回 LPDS 模式。

- 网络低功耗深睡眠 (LPDS) 模式：信标间的低功耗状态，状态由网络处理器 (CC3100) 保留，允许快速唤醒。
- 网络禁用模式：网络处理器 (CC3100) 不可用。

应用 MCU 和网络处理器 (CC3100) 的操作应确保设备大部分时间停留在最低功耗模式，以延长电池寿命。CC3200 重要的片级电源模式如表 1.3 所示。

表 1.3 片级电源模式

电源状态	网络活动模式	网络 LPDS 模式	网络禁用模式
MCU 活动模式	芯片 = 活动 (C)	芯片 = 活动	芯片 = 活动
MCU LPDS 模式	芯片 = 活动 (A)	芯片 = LPDS (B)	芯片 = LPDS
MCU 休眠模式	不支持	不支持	芯片 = 休眠 (D)

应用程序中电源模式的使用例子如下。

- (1) 设备一直连接到网络，但只发送和接收少量数据，大部分时间连接空闲：使用模式 A (接收信标帧) 和模式 B (等待下一个信标)。
- (2) 设备不一直连接到网络，而是周期唤醒 (如间隔 10 min) 发送数据，大部分时间在模式 D (休眠)：短暂跳到模式 C 传输数据。



1.4 引脚复用

CC3200 广泛使用引脚复用功能，以便在尽可能小的封装内容纳大量的外设。为了实现这种结构，引脚复用使用硬件配置和寄存器控制相结合的方法进行控制。

注意：TI 强烈建议使用 CC3200 引脚复用实用工具 PinMux 获得需要的引脚配置，PinMux 的使用方法参考 3.1.4 节。

引脚复用需要特别注意下列事项。

- 所有 I/O 引脚支持 2 mA、4 mA 或 6 mA 驱动能力，每个引脚的驱动能力独立配置。
- 所有 I/O 引脚支持 10 μ A 上拉和下拉，默认不激活。
- 所有 I/O 引脚在设备处于休眠状态时保持浮空。
- VIO 和 VBAT 必须始终接在一起。

CC3200 引脚复用功能参见附录 C，外设引脚分配参见附录 D。

开 发 环 境

CC3200 开发环境包括软件开发环境和硬件开发环境。

2.1 软件开发环境

CC3200 软件开发环境包括软件开发工具包（SDK）、集成开发环境（IDE）、实用程序和支持工具等。

2.1.1 软件开发工具包（SDK）

CC3200 软件开发工具包（SDK）目前有四个版本：用于试制器件的 SDK v0.5.1 和 SDK v0.5.2，以及用于正式器件的 SDK v1.0.0 和 SDK v1.1.0。下面以用于正式器件的 SDK v1.1.0 为例介绍 SDK 的安装和目录结构。

1. SDK 安装

CC3200 SDK v1.1.0 的安装文件是“CC3200SDK-1.1.0-windows-installer.exe”，该安装文件支持 Windows XP、Windows 7 和 Windows 8，下面以 Windows 7 为例介绍 CC3200 SDK v1.1.0 的安装步骤。

（1）双击“CC3200SDK-1.1.0-windows-installer.exe”，显示图 2.1 所示安装向导。



图 2.1 CC3200 SDK v1.1.0 安装向导

（2）单击“Next”（下一步）按钮，显示如图 2.2 所示的许可协议。