

窄带物联网

NB-IoT应用开发共性技术

王宜怀 张建 刘辉 刘银龙 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>

窄带物联网

NB-IoT应用开发共性技术

王宜怀 张建 刘辉 刘银龙 著



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

内 容 简 介

本书遵循由个别到一般, 又由一般到个别的哲学原理, 研究窄带物联网 (NB-IoT) 应用开发共性技术, 目标是降低开发门槛、节约开发成本、缩短开发时间。

本书从技术科学层面提出了 NB-IoT 应用架构, 形成可复用、可移植的模板、构件和类, 成为 NB-IoT 应用开发的“基石”。NB-IoT 应用架构由终端 (UE)、信息邮局 (MPO)、人机交互系统 (HCI) 三个部分组成。针对 UE, 本书提出了通用嵌入式计算机 (GEC) 的概念, 在硬件上把 MCU 硬件最小系统及面向具体应用的共性电路封装成一个整体, 为用户提供芯片级的可重用的硬件实体; 在软件上, 把嵌入式软件分为 BIOS 程序与 User 程序两部分。针对 MPO, 本书将其抽象为固定 IP 地址及端口。针对 HCI, 本书凝练出云平台侦听程序、客户端程序、Web 网页程序、微信小程序、手机 APP 程序等应用模板, 为“照葫芦画瓢”地完成具体的 NB-IoT 应用开发提供共性技术。全书形成了以 GEC 为核心, 以构件为支撑, 以应用模板为基础的 NB-IoT 应用开发生态系统。

本书提供了网上光盘, 内含所有源程序、文档资料及常用软件工具。网上光盘下载地址: <http://sumcu.suda.edu.cn>。

本书适合从事 NB-IoT 应用开发的人员使用, 也可作为高等学校相关专业的教材, 以及 NB-IoT 的培训用书。

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

窄带物联网 NB-IoT 应用开发共性技术 / 王宜怀等著. —北京: 电子工业出版社, 2019.5
(物联网开发与应用丛书)

ISBN 978-7-121-36376-4

I. ①窄… II. ①王… III. ①互联网络—应用②智能技术—应用 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 073030 号

责任编辑: 田宏峰

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: 30.75 字数: 784 千字

版 次: 2019 年 5 月第 1 版

印 次: 2019 年 5 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 zltts@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。

窄带物联网 (NB-IoT) 是 3GPP 于 2016 年 5 月完成核心标准制定的, 面向智能抄表、工厂设备远程测控、智能农业、智能家居等应用领域的新一代物联网通信体系, 是低功耗广域网 LPWAN 的重要一员。NB-IoT 应用系统将成为许多实体行业的关键技术。然而, 进行 NB-IoT 应用开发具有较高的技术门槛, 研发成本高、周期长, 是许多终端企业面临的重要难题。为了解决这个难题, 学术界需要从技术科学层面、从面向应用角度出发来研究 NB-IoT 应用产品开发的共性技术, 为产业界进行 NB-IoT 应用开发提供基础支撑。本书着眼于这一目标, 研究与 NB-IoT 应用开发共性技术相对应的抽象模型, 为降低 NB-IoT 应用开发的技术门槛提供技术基础。

本书从技术科学层面出发, 提出了 NB-IoT 应用架构。该架构由终端 (UE)、信息邮局 (MPO) 和人机交互系统 (HCI) 三个部分组成。UE 是形式各异的 NB-IoT 应用产品, 其共性技术研究是本书的重点之一。本书把负责 NB-IoT 通信的设施抽象为 MPO, 以便简化应用系统的编程。HCI 是通用计算机、笔记本电脑、平板电脑、手机等设备的抽象, 具有服务器、网页、微信、短信、手机 APP 等技术表现形式, 其共性技术的抽取以及与 UE 的通信的共性技术研究, 也是本书重点内容之一。

本书以构件为基础、以与具体的微控制器芯片无关性为目标, 提出了通用嵌入式计算机 (GEC) 的概念、基本组成及实现方法, 通过分析凝练 UE 所共有的 GPIO、UART、A/D、Flash、SysTick、I2C、SPI、UECom 等模块的基本知识要素, 给出了遵循嵌入式软件工程基本原则的底层驱动构件封装, 并把它们固化驻留在微控制器芯片中, 类似于通用计算机的基本输入/输出系统 (BIOS)。在此基础上给出了用户 (User) 程序的应用模板, 可以使用户专注于应用程序的开发。本书以类为基础, 提出了 HCI 的应用模板。通过分析 NB-IoT 通信的共性, 以 MPO 为基础, 在充分研究 HCI 共性技术的基础上, 以 C#语言为蓝本, 遵循类封装的基本原则, 设计了 PC 方的通信接口类 HCICom, 具有良好的可移植性, 实现了 HCI 应用层程序的可复用性。此外, 通过数据库及显示页面的动态设计, 实现了在一定条件下物理量增减的程序自适应性。为了比较完整地涵盖 NB-IoT 应用开发的知识要素, 本书还给出了 HCI 应用的多样性研究, 在云平台 (云服务器) 侦听程序及数据入库的基础上, 对客户端程序、网页程序、微信小程序、手机 APP 等多种不同表现形式给予了关注, 也设计了对应的应用模板。

本书给出的 NB-IoT 应用开发共性技术, 最大限度地凝练了 NB-IoT 应用开发过程的一

般规律，形成可复用、可移植的模板、构件和类，成为 NB-IoT 应用产品开发的“基石”和模板（“葫芦”），以便开发人员在此模板的基础上进行特定的应用开发（“照葫芦画瓢”），体现了人类认识过程由个别到一般，又由一般到个别的哲学原理，可有效降低 NB-IoT 应用开发的技术门槛、减少研发成本、提高研发效率。

本书由王宜怀负责编制提纲和统稿工作，并编写了第 1~3 章、第 11~12 章，张建编写了第 4~8 章及对应的附录，刘辉编写了第 9~10 章、第 13~14 章及对应的附录，刘银龙编写了第 15 和 16 章。博士研究生施连敏、彭涛，硕士研究生陈成、汪博、钱涵佳、周靖越、周欣、葛新越、张艺琳、范小青、孙亚军、程宏玉、黄志贤、刘贤德、张蓉、徐昕等协助完成了程序编写、调试及书稿整理等工作。他们卓有成效的工作，使本书更加实用。ARM 教育生态部、苏州电信、安芯教育、苏嵌教育等对本书提供了大力支持，电子工业出版社的编辑为本书的出版做了大量细致的工作，在此一并表示诚挚的谢意。

本书虽历时三载，但鉴于作者水平有限，书中难免会存在不足和错误之处，恳望广大读者提出宝贵意见和建议，以便再版时改进。

苏州大学 王宜怀

2019 年 1 月

网上光盘资源文件夹结构

金葫芦 IoT-GEC 网上光盘下载地址为 <http://sumcu.suda.edu.cn>，单击“教学与培训”→“教学资料”→“金葫芦 IoT-GEC”，选择具体的型号即可下载。

以下为网上光盘资料的文件目录结构。

金葫芦网上光盘根文件夹：

▼  AHL-IoT-GEC	金葫芦网上光盘根文件夹名
 01-Infor	资料文件夹（存放原始资料）
 02-Doc	文档文件夹（存放本书产生的文档）
>  03-Hard	硬件文件夹（存放 AHL-IoT-GEC 开发套件接口底板电路原理图）
>  04-Soft	软件文件夹（存放金葫芦所有源代码）
>  05-Tool	工具文件夹（存放开发过程中可能使用的软件工具）
>  06-Other	其他（存放 C#快速入门文档及源程序）

软件文件夹（04-Soft）下主要内容：

▼  04-Soft	金葫芦网上光盘根文件夹名
▼  01-UE	终端（UE）文件夹
 AHL-UserPrgUpdate	程序下载软件
▼  USER	用户文件夹
>  User_GEC_Basic	GEC 软件模板
▼  02-HCI	人机交互系统（HCI）文件夹
>  01-US-Monitor	用户侦听程序模板
>  02-CS-Monitor	云服务器侦听程序模板
>  03-CS-Client	PC 客户端程序模板
>  04-WEB	Web 网页程序模板
>  05-Wx-Client	微信小程序模板
>  06-App(Android)	Android 手机 APP 程序模板
 DataBase	数据库文件夹
▼  03-Example	各章实例文件夹
>  CH05_Prg	各章实例
>  CH06_Prg	
>  CH07_Prg	
>  CH08_Prg	
>  CH09_Prg	
>  CH10_Prg	

第 1 章 概述	1
1.1 窄带物联网 NB-IoT 简介	2
1.1.1 物联网连接的分类	2
1.1.2 NB-IoT 的起源及简明发展历程	3
1.1.3 NB-IoT 技术特点及其与其他 LPWAN 技术比较	4
1.1.4 为什么 NB-IoT 会流行	6
1.2 降低 NB-IoT 应用开发技术门槛的基本思路	8
1.2.1 NB-IoT 应用开发所面临的难题	8
1.2.2 解决 NB-IoT 应用开发所面临难题的基本思路	9
1.3 本书主要内容	9
第 2 章 NB-IoT 应用架构的基本要素	13
2.1 建立 NB-IoT 应用架构的基本原则	13
2.2 UE、MPO 与 HCI 的基本定义	13
2.2.1 NB-IoT 终端 (UE)	14
2.2.2 NB-IoT 信息邮局 (MPO)	14
2.2.3 NB-IoT 人机交互系统 (HCI)	15
2.3 NB-IoT 通信过程与应用开发相关的基本概念	15
2.3.1 与终端 UE 相关的基本概念	15
2.3.2 与信息邮局 (MPO) 相关的基本概念	17
2.3.3 与人机交互系统 (HCI) 相关的基本概念	19
2.4 对 NB-IoT 通信过程的简明理解	20
2.5 本章小结	21
第 3 章 NB-IoT 通信快速测试方法	22
3.1 无须终端 (UE) 硬件情况下测试 NB-IoT 通信	22
3.2 初步理解整个通信过程	25
3.3 金葫芦 IoT-GEC 开发套件基本描述	27
3.3.1 金葫芦 IoT-GEC 开发套件设计思想	27
3.3.2 金葫芦 IoT 开发套件硬件组成	28

3.3.3	金葫芦 IoT-GEC 开发套件的文档与软件模板	29
3.4	利用金葫芦 IoT-GEC 开发套件理解 NB-IoT 通信过程	30
3.4.1	金葫芦 IoT-GEC 开发套件的硬件系统快速测试方法	30
3.4.2	终端 (UE) 与人机交互系统 (HCI) 通信快速测试方法	31
3.5	下载与测试终端用户程序	32
3.5.1	用户程序更新软件 AHL-UserPrgUpdate	32
3.5.2	下载过程中常见的错误及解决方法	35
3.6	本章小结	37
第 4 章 理解 NB-IoT 的通信过程		38
4.1	理解终端用户程序的执行过程	38
4.1.1	开发终端用户程序使用的集成开发环境	38
4.1.2	终端 (UE) 中 BIOS 程序主要功能	39
4.1.3	终端 (UE) 的用户程序工程结构	40
4.1.4	User_GEC_Basic 主流程及中断处理程序	42
4.2	初步理解 UE 与 MPO 的构件 UCom	46
4.2.1	UCom 构件的设计要点	46
4.2.2	UCom 构件的头文件	47
4.2.3	UCom 构件的使用方法	53
4.3	理解用户服务器侦听程序 US-Monitor 的执行过程	55
4.3.1	US-Monitor 工程框架	55
4.3.2	US-Monitor 的执行过程	56
4.4	初步理解 HCI 与 MPO 的通信接口类 HCom	58
4.4.1	HCom 类的设计要点	58
4.4.2	HCom 类的属性、方法和事件	60
4.4.3	HCom 类的使用方法	62
4.5	理解数据入库过程	63
4.5.1	查看数据库与表的简单方法	63
4.5.2	各数据表的用途	64
4.5.3	操作数据库的基本编程方法	66
4.6	本章小结	67
第 5 章 基于云转发服务的“照葫芦画瓢”样例		68
5.1	功能需求：增加热敏传感器	68
5.2	“照葫芦画瓢”：终端用户程序的更改	70
5.2.1	终端用户程序“画瓢处”的查找、确认	70
5.2.2	终端用户程序内容修改	71
5.3	“照葫芦画瓢”：US-Monitor 的更改	73
5.3.1	US-Monitor 程序“画瓢处”的查找、确认	73

5.3.2	US-Monitor 程序内容的修改	74
5.4	联合测试及自我练习	76
5.4.1	联合测试	76
5.4.2	自我练习	77
5.5	本章小结	77
第 6 章 云服务器侦听程序 CS-Monitor		78
6.1	云服务器侦听程序 CS-Monitor 涉及的技术基础	78
6.1.1	云服务器侦听程序 CS-Monitor 的概念	78
6.1.2	WebSocket 协议概述	79
6.1.3	JSON 格式	80
6.2	开发 CS-Monitor 程序的基本条件	80
6.2.1	申请与登录远程云服务器	80
6.2.2	在云服务器 CS 上安装必要的软件	82
6.3	运行 CS-Monitor 编程模板	83
6.3.1	确认网络端口是否已对外开放	83
6.3.2	复制 CS-Monitor 工程与数据库	84
6.3.3	修改 AHL.xml 文件中有关连接配置	85
6.3.4	修改 UE 程序的发送地址	85
6.3.5	运行 CS-Monitor 程序	86
6.4	基本理解 CS-Monitor 编程模板	88
6.4.1	CS-Monitor 编程模板的工程框架	89
6.4.2	CS-Monitor 编程模板的自动执行流程	91
6.4.3	WebSocket 服务器与客户端的通信	101
6.4.4	CS-Monitor 编程模板按键事件的解析	107
6.5	CS-Monitor 程序的“照葫芦画瓢”	109
6.6	本章小结	110
第 7 章 通过 PC 客户端的数据访问		111
7.1	运行 CS-Client 及观察自己的 NB-IoT 终端实时数据	111
7.1.1	直接运行 CS-Client 编程模板	111
7.1.2	观察 NB-IoT 终端的实时数据	114
7.2	基本理解 CS-Client 的编程模板	115
7.2.1	CS-Client 编程模板的结构	115
7.2.2	PC 客户端模板执行流程	116
7.2.3	主要按键事件的实现	122
7.3	CS-Client 程序的“照葫芦画瓢”	125
7.4	本章小结	126

第 8 章 ▶ 通过 Web 网页的数据访问 128

8.1 运行 Web 网页及观察 NB-IoT 终端的实时数据 128

8.1.1 打开 NB-IoT 的 Web 网页方法 128

8.1.2 观察 NB-IoT 终端实时数据 129

8.2 基本理解 NB-IoT 的 Web 网页模板 130

8.2.1 NB-IoT 的 Web 网页模板的工程结构 130

8.2.2 NB-IoT 的 Web 网页模板功能分析 131

8.2.3 通过 Web 网页的数据访问过程 132

8.2.4 NB-IoT 的 Web 网页编程的进一步讨论 140

8.3 NB-Web 网页的“照葫芦画瓢” 142

8.4 本章小结 144

第 9 章 ▶ 通过微信小程序的数据访问 145

9.1 运行已发布的 NB-IoT 微信小程序 145

9.1.1 直接运行微信小程序模板 145

9.1.2 观察自己的 NB-IoT 终端实时数据 146

9.2 在开发环境中运行 NB-IoT 微信小程序 147

9.2.1 前期准备 147

9.2.2 运行 NB-IoT 微信小程序 148

9.3 基本理解 NB-IoT 的微信小程序模板 151

9.3.1 NB-IoT 的微信小程序模板工程结构 151

9.3.2 NB-IoT 的微信小程序模板开发过程 153

9.3.3 NB-IoT 的微信小程序的运行分析 156

9.4 NB-IoT 微信小程序编程的进一步讨论 158

9.4.1 微信小程序的函数执行流程 158

9.4.2 微信小程序的 WebSocket 连接 160

9.4.3 数据的处理与使用 162

9.4.4 组件模板 166

9.5 “照葫芦画瓢”：开发自己的 NB-IoT 微信小程序 167

9.5.1 “照葫芦画瓢”：实现新增温度的添加 168

9.5.2 “照葫芦画瓢”：动态组件的生成 170

9.5.3 “照葫芦画瓢”：添加一个页面功能 170

9.5.4 “照葫芦画瓢”：导航菜单的创建 171

9.6 NB-IoT 微信小程序模板的发布 171

9.7 本章小结 172

第 10 章 ▶ 通过 Android APP 的数据访问 173

10.1 查看已发布的 NB-IoT 的 Android APP 173

10.1.1 直接运行 Android APP 模板 173

10.1.2	观察自己的 NB-IoT 终端实时数据	174
10.2	在开发环境中运行 NB-IoT 的 Android APP	175
10.2.1	开发环境的安装	175
10.2.2	项目导入并编译运行	175
10.3	基本理解 NB-IoT 的 Android APP 模板	177
10.3.1	NB-IoT 的 Android APP 开发环境	177
10.3.2	NB-IoT 的 Android APP 模板工程结构	178
10.3.3	NB-IoT 的 Android APP 模板的执行过程	180
10.4	NB-IoT 的 Android APP 编程的更深入讨论	185
10.4.1	APP 函数执行流程	185
10.4.2	WebSocket 连接的建立	185
10.4.3	WebSocket 数据处理	187
10.5	“照葫芦画瓢”：开发自己的 NB-IoT 的 Android APP	189
10.5.1	“照葫芦画瓢”：实现新增温度的添加	190
10.5.2	“照葫芦画瓢”：动态生成控件	191
10.6	本章小结	193

第 11 章 通用嵌入式计算机的概念与组成

11.1	提出 GEC 概念的缘由	194
11.1.1	物联网终端开发方式存在的问题与解决办法	194
11.1.2	提出 GEC 概念的时机、GEC 的定义与特点	195
11.1.3	GEC 在 NB-IoT 应用架构中的位置	197
11.2	GEC 的硬件实例	198
11.2.1	金葫芦 IoT-GEC 型号含义	198
11.2.2	金葫芦 AHL-A 系列硬件组成	199
11.2.3	金葫芦 AHL-A 系列引脚图	202
11.2.4	金葫芦 AHL-A 系列引脚功能表	203
11.3	GEC 内的 BIOS 与 User 程序框架	205
11.3.1	GEC 内的 BIOS 与 User 程序功能划分	205
11.3.2	User 程序软件框架	207
11.3.3	GEC 中的三类构件	209
11.4	本章小结	210

第 12 章 GEC 常用基础构件

12.1	GPIO 构件	211
12.1.1	GPIO 构件的知识要素	211
12.1.2	GPIO 构件的 API	213
12.1.3	GPIO 构件 API 的测试方法	215
12.2	UART 构件	221

12.2.1	UART 构件的知识要素	221
12.2.2	UART 构件的 API	223
12.2.3	UART 构件 API 的测试方法	225
12.3	ADC 构件	227
12.3.1	ADC 构件的知识要素	227
12.3.2	ADC 构件的 API	229
12.3.3	ADC 构件 API 的测试方法	229
12.4	Flash 构件	231
12.4.1	Flash 构件的知识要素	231
12.4.2	Flash 构件的 API	232
12.4.3	Flash 构件 API 的测试方法	234
12.5	I2C 构件	235
12.5.1	I2C 构件的知识要素	235
12.5.2	I2C 构件的 API	240
12.5.3	I2C 构件 API 的测试方法	242
12.6	SPI 构件	244
12.6.1	SPI 构件的知识要素	244
12.6.2	SPI 构件的 API	247
12.6.3	SPI 构件 API 的测试方法	249
12.7	PWM 构件	250
12.7.1	PWM 构件的知识要素	251
12.7.2	PWM 构件的 API	253
12.7.3	PWM 构件 API 的测试方法	254
12.8	本章小结	255

第 13 章 基于 GEC 的 UE 软/硬件设计过程 256

13.1	输入/输出分析	256
13.1.1	输入/输出的共性分析	256
13.1.2	输入/输出的个性分析	257
13.2	快速规范的硬件评估	258
13.2.1	复制 User 工程框架	258
13.2.2	编程评估各硬件单元	259
13.3	硬件原理图绘制与 PCB 电路板制作	270
13.3.1	构件化硬件原理图绘制的简明规则	270
13.3.2	PCB 布板的简明规则	274
13.4	功能软件的设计与测试	277
13.4.1	功能需求	277
13.4.2	GEC 硬件需求	277
13.4.3	软件设计	277

13.4.4	软件测试	280
13.5	本章小结	281
第 14 章 UCom 构件与 HCICom 类解析		282
14.1	UCom 构件的设计与解析	282
14.1.1	UCom 构件的基本实现过程	282
14.1.2	UCom 构件主要函数的执行流程及代码解析	286
14.1.3	UCom 构件的应用流程	294
14.2	HCICom 类的设计与解析	295
14.2.1	HCICom 类的成员变量	295
14.2.2	理解 HCICom 类的对外方法	295
14.2.3	HCICom 类的应用流程	301
14.3	本章小结	301
第 15 章 基于 GEC 的 NB-IoT 应用产品开发实例		303
15.1	基于 NB-IoT 的实验室管家	303
15.1.1	LBS 的输入/输出分析	303
15.1.2	LBS 的硬件评估	305
15.1.3	LBS 功能软件设计与测试	310
15.2	基于 NB-IoT 的多传感器数据采集系统	316
15.2.1	TE 传感器输入/输出分析	316
15.2.2	TE 传感器的硬件评估	318
15.2.3	TE 传感器软件设计与测试	325
15.3	不同系统联合测试及总结	330
15.3.1	实验室管家系统的联合测试	330
15.3.2	多传感器数据采集系统的联合测试	331
15.3.3	软/硬件协同测试共性总结	332
15.4	本章小结	332
第 16 章 进一步讨论		334
16.1	新增部件基本方法	334
16.1.1	新增部件的构件制作	334
16.1.2	新增部件的测试方法	339
16.2	NB-WSN 网关	343
16.2.1	NB-WSN 网关的功能	343
16.2.2	NB-WSN 网关实例	343
16.2.3	基于 NB-WSN 网关的 NB-IoT 应用架构	344
16.3	通信模组与 MCU 的更换问题	345
16.3.1	通信模组的更换问题	345
16.3.2	MCU 的更换问题	345

16.4	安全问题	345
16.4.1	NB-IoT 应用产品的安全需求分析	345
16.4.2	基于金葫芦 NB-IoT 应用架构的加密方法	347
16.5	实时操作系统（RTOS）的融入问题	347
16.5.1	RTOS 的基本作用、选择与使用场景	348
16.5.2	RTOS 中与任务相关的基本概念	348
16.5.3	RTOS 下编程的一般步骤	353
16.6	本章小结	354
附录 A	开发语言概要	355
附录 B	终端（UE）涉及的文档	397
附录 C	人机交互系统（HCI）涉及的文档	416
附录 D	HTU21D 温湿度传感器中文技术手册	459
附录 E	术语和缩写	473
参考文献		475

第1章

概述

物联网概念从 2009 年开始热络，至今已有一段时间，现已到了落地的时候了。特别是从 2016 年逐步开始兴起的窄带物联网（NB-IoT）及其后续的发展，给物联网技术与产业的发展带来了前所未有的机遇。但是，NB-IoT 应用开发涉及很多复杂的技术问题，如传感器应用设计、微控制器编程、终端（UE）的 NB-IoT 通信、数据库系统、PC 方侦听程序设计、人机交互系统（HCI）的软件设计及各种具体应用等。概括地说，窄带物联网（NB-IoT）应用开发具有较高的技术门槛。本书的主要目标是，把这个技术门槛大幅度地降下来，从而服务于广大中小型物联网终端企业。基本做法是，从技术科学角度，研究并抽象 NB-IoT 应用开发所涉及的共性技术，提出 NB-IoT 应用架构。这个架构抽象出了 NB-IoT 应用开发的共性技术，厘清了共性与个性的衔接关系，封装了软/硬件构件，实现软件分层与复用，从而有效降低了 NB-IoT 应用开发的技术门槛，为降低开发成本、缩短开发周期提供技术支撑。本书从应用开发共性角度出发，把 NB-IoT 应用产品的开发过程所涉及的实体抽象为终端（UE）、信息邮局（MPO）以及人机交互系统（HCI）三个基本概念，在此基础上研究 NB-IoT 应用开发过程的共性技术，使之成为 NB-IoT 应用开发的“基石”和模板（“葫芦”），以便让开发人员可以在此模板的基础上，进行特定应用的开发（“照葫芦画瓢”^①），体现了人类认识过程由个别到一般，再由一般到个别的哲学原理。

本章作为全书概述，从物联网连接的分类，以及 NB-IoT 的起源、技术特点、流行趋势等角度给出 NB-IoT 的简介；分析 NB-IoT 应用开发所面临的难题及基本对策；给出全书内容简介及阅读导引。

① 照葫芦画瓢：比喻照着样子模仿，出自宋·魏泰《东轩笔录》第一卷。古希腊哲学家亚里士多德说过：“人从儿童时期起就有模仿本能，他们用模仿而获得了最初的知识，模仿就是学习”。孟子则曰：“大匠诲人必以规矩，学者亦必以规矩”，其含义是说高明的工匠教人手艺必定依照一定的规矩，学的人也就必定依照一定的规矩。本书借此期望通过建立符合软件工程基本原理的“葫芦”，为“照葫芦画瓢”提供坚实基础，从而达到降低 NB-IoT 应用开发难度之目的。

1.1 窄带物联网 NB-IoT 简介

窄带物联网（Narrow Band Internet of Things, NB-IoT）是第三代合作伙伴计划（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）^①于 2016 年 5 月完成其核心标准制定的、使用授权频段，大约只消耗 180 kHz 带宽的一种蜂窝网络^②，它主要面向智能抄表、智能交通、工厂设备远程测控、智能农业、远程环境监测、智能家居等应用领域的新一代物联网通信体系，其应用领域的通信具有以文本信息为主、流量不高、功耗敏感等特征。

NB-IoT 在建设期间，可直接部署于现有的通信网络系统，如全球移动通信系统（Global System for Mobile Communications, GSM）网络^③、通用移动通信系统（Universal Mobile Telecommunications System, UMTS）网络^④，以及长期演进（Long Term Evolution, LTE）网络^⑤，从而可降低建设成本、实现通信网络的平滑升级。从 2017 年开始，中国已经开始在多个城市进行 NB-IoT 布网工作。

为了使读者快速了解 NB-IoT，下面从物联网连接分类、NB-IoT 的起源、NB-IoT 技术特点、为什么 NB-IoT 会流行等角度对 NB-IoT 进行简要阐述。

1.1.1 物联网连接的分类

从通信速率角度划分，可以将物联网连接分为高速率、中速率与低速率三种类型。高速率（速率>1 Mbps），以视频信息为特征；中速率（100 kbps<速率<1 Mbps），以语音及图片信息为特征；低速率（速率<100 kbps），以文本信息为特征。针对不同的应用场景，需要选择合适的通信模式。

（1）高速率（速率>1 Mbps）：以视频信息为特征，流量高，一般对功耗不敏感，如视频监控、远程医疗、机器人等，目前主要使用 4G。

（2）中速率（100 kbps<速率<1 Mbps）：以语音及图片信息为特征，流量中等，一般对功耗不敏感，如内置语音功能的可穿戴设备、智能家居等。

（3）低速率（速率<100 kbps）：以文本信息为特征，流量不高，一般对功耗敏感，如智能仪表、环境监测、智能家居、物流、不带语音功能的可穿戴设备、工厂设备远程控制

① 第三代合作伙伴计划 3GPP，成立于 1998 年 12 月，是一个移动通信的国际化机构。

② 蜂窝网络：我们用的手机属于蜂窝网络。“蜂窝”是指传送信号的铁塔布局像蜂窝六边形结构，每个顶点布局一个铁塔以便安装无线收发设备，可以实现最大的覆盖面。

③ GSM 是由欧洲电信标准组织 ETSI 制定的数字移动通信标准，自 20 世纪 90 年代中期投入商用以来，被全球超过 100 个国家采用。2017 年开始，GSM 网络开始逐步关闭。

④ 通用移动通信系统（UMTS）是一种第三代（3G）移动通信技术。

⑤ 长期演进（LTE）是由 3GPP 组织制定的通用移动通信系统 UMTS 技术标准的长期演进，于 2004 年 12 月在 3GPP 多伦多会议上正式立项并启动。

等。若要实现广覆盖，则需要选择新型连接方式，如 NB-IoT。

1.1.2 NB-IoT 的起源及简明发展历程

一段时间以来，针对较低速率的数据通信业务，运营商的物联网业务主要依靠成本低廉的通用分组无线服务（General Packet Radio Service, GPRS）模块^①，然而由于 LoRa^②、SigFox^③等新技术的出现，GPRS 模块在成本、功耗和覆盖方面的传统优势受到威胁，于是 3GPP 在 2014 年 3 月提出成立新研究项目，研究支持更低复杂度、更低成本、更低功耗、更强覆盖等的连接模式，这就是 NB-IoT 的雏形。

万物互联是发展的大趋势，传统物联网存在技术、应用及产业的碎片化，阻碍了万物互联发展。2015 年，全球通信业对形成一个低功耗、广域覆盖的物联网标准达成了共识，NB-IoT 标准也被正式提上议程。物联网标准的制定，对整合不同碎片化应用场景的共性特征，推动物联网产业发展具有非常重要的意义。

下面简要介绍 NB-IoT 的发展历程（2014—2018 年）。

2014 年 5 月，华为提出 NB-M2M 技术，并于 2015 年 5 月与 NB-OFDMA 融合形成 NB-CIoT，同年 9 月，NB-CIoT 与 NB-LTE 融合形成 NB-IoT。2016 年 3 月，NB-IoT Wi 核心冻结，2016 年 6 月 16 日，NB-IoT 技术协议获得 3GPP 无线接入网（RAN）技术规范组会议通过，NB-IoT 规范全部冻结，标准化工作完成。NB-IoT 标准从立项到协议冻结仅用时不到 8 个月，成为史上建立最快的 3GPP 标准之一。在 2016 年 9 月完成 NB-IoT 性能标准制定，同时作为主导方的华为便火速推出业内第一款正式商用的 NB-IoT 芯片；在同年 12 月份完成 NB-IoT 一致性测试后，标志着 NB-IoT 进入商用阶段。2017 年第 1 季度，根据“国家新一代信息技术产业规划”，NB-IoT 网络被定为信息通信业“十三五”的重点工程之一。2017 年 6 月，工业和信息化部办公厅正式下发《关于全面推进移动物联网（NB-IoT）建设发展的通知》，明确了建设与发展 NB-IoT 网络的意义。2017 年 12 月，全球移动通信设备供应商协会发布数据，全球已有 31 个商用网络，2018 年 6 月，全球已有 46 个商用网络，到 2018 年 12 月，全球已有 89 个商用网络。这些数据无不表明基于 NB-IoT 技术的物联网，在全球发展不断提速，可以粗略地把 NB-IoT 发展历程概括为酝酿阶段、标准制定阶段及应用开始阶段，表 1-1 给出了各阶段的主要标志。

① GPRS：是 GSM 移动电话用户可用的一种移动数据业务，属于 2G 通信中的数据传输技术。可以把 GPRS 看成 GSM 的延续，它是以包（Packet）的形式来传输的，其速率最高为 100 kbps 左右。

② LoRa：即 Long Range 的缩写，是美国 Semtech 公司于 2013 年 8 月发布一种基于 1 GHz 以下频谱的超长距低功耗数据传输技术的芯片，现在可以认为一种技术，它是非授权频谱的一种 LPWAN 无线技术，目前已成为低功耗广域网的物联网组网技术之一。

③ SigFox 协议：是法国 SigFox 公司提出的一种 LPWAN 网络技术，主要用于低功耗、低成本的无线物联网专用网络。