



青风带你玩蓝牙 nRF52832 系列教程

-----作者: 青风

出品论坛: www.qfv8.com 青风电子社区



作者: 青风**出品论坛: www.qfv8.com****淘宝店: <http://qfv5.taobao.com>****QQ 技术群: 346518370****硬件平台: 青云 QY-nRF52832 开发板**

一: 蓝牙 5.0 芯片 nrf52832 开发绪论

大家拿到我们开发板后, 如何开发出自己的产品? 开发步骤有哪些? 需要如何入手? 相关技术资料如何查找? 这几个问题一直困扰着广大的客户, 今天专门写这篇文章给大家简要的概述下蓝牙 5.0 的整个开发过程。让很多初级用户拿到我们开发板后, 能够知道如何实现我们一个工程项目的开发。

1 : 芯片勘定选型:

这个主要通过查阅 nRF52 技术手册来实现的。nRF52 只有一份技术手册, 包含了芯片外设模块功能概述, 电气特性参数, 应用参考电路, 封装和订购信息等内容, nRF52 技术手册每一个外设模块章节前面是其功能概述, 最后一节则是电气特性参数展示。下面给出 nRF52 技术手册链接:

nRF52832 spec:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf52%2Fdita%2Fnrf52%2Fchips%2Fnrf52832_ps.html&cp=2_1_0

nRF52840 spec:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf52%2Fdita%2Fnrf52%2Fchips%2Fnrf52840_ps.html&cp=2_0_0

nRF52810 spec:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf52%2Fdita%2Fnrf52%2Fchips%2Fnrf52810_ps.html&cp=2_2_0

大部分用户使用 Nordic 产品的时候都会使用 Nordic 协议栈, 因此评估的时候一定要把协议栈占用的资源扣除, 然后再评估剩下的资源够不够用。同时开发 Nordic 产品的时候, 强烈建议大家去看一下协议栈 spec, 以大致了解 Nordic 协议栈的原理以及一些关键性能参数, 所以我们也把各个类型的协议栈规格书链接也放在这里, 供大家选型参考:

S132 协议栈 spec: (nrf52832/nrf52810 使用)

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.s132.sds%2Fdita%2Fsoftdevices%2Fs130%2Fs130sds.html&cp=2_3_1_0

- S140 协议栈 spec: (nrf52840 使用)

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.s140.sds%2Fdita%2Fsoftdevices%2Fs130%2Fs130sds.html&cp=2_3_2_0

如果你不知道选用哪个协议栈, 请参考后面第二篇文章, SDK 介绍。

2: 开发工具的购买与选取:

2.1 开发板的选取:

nrf52832 开发板, 我们店铺推出了两款低价的推广板子, 其中一款一直上淘宝销量第一, 如下图所示: 两款板子电路基本相同, 开发代码和视频相同, 第一款仿照官方的样式设计, 第二款增加了片外 FLASH 和电容触摸。

购买链接:

<https://item.taobao.com/item.htm?id=538662293049&spm=2014.21600712.0.0>

两款的电路说明可以见下面链接:

<http://qfv8.com/forum.php?mod=viewthread&tid=112182&extra>



视频教程青风nrf52832开发板蓝牙4.2开发板
中文教程兼容官方DK

¥155.00 ¥168.00 已售: 19件



青风nrf52832EK蓝牙开发板4.04.2蓝牙5.0
视频教程mesh组网开发板

¥139.00 ¥158.00 已售: 104件

2.2 抓包器:

抓取数据包, 进行逻辑分析使用, 有专门教程: 蓝牙广播包和数据包分析进行讲解, 对应大家理解数据类型和数据包, 以及进行逻辑分析大有帮助。

购买链接:

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z38n.10677092.0.0.594c1deb5G1Eut&id=545740587424>



2.3 OLED 显示器:

OLED 显示模块应用人机界面显示, 如何你需要在蓝牙设备端显示相关信息, 可以直观的观察到, 或者设计手环等设备, OLED 显示模块还是很需要的, OLED 显示模块可以直接插在开发板上, 开发板上留有对应的接口:



购买链接:

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z38n.10677092.0.0.594c1deb5G1Eut&id=44780292954>

2.4 仿真器:

仿真器的使用需要注意驱动匹配的问题。不同版本固件仿真器匹配的驱动不同,如果没有匹配会出现两个问题:

- 1: 芯片锁住
- 2: nrfgo 无法识别

我们提供的仿真器匹配 jlink 6.12a 版本驱动,如何有朋友下载错误或者 nrfgo 无法识别,可以参考网盘内的《下载错误解决办法》文档,进行对应的处理。

仿真器购买链接:

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z38n.10677092.0.0.11891debC9pSZ&id=526571702903>

3: 软件与功能开发:

3.1 资料搜集学习:

收集资料进行学习入门,学习如果使用 nrf5x 系列处理器,如何编程入门。其中资料包括三方面:

第一个方面: 芯片手册: 参考第 1 部分: 芯片勘定选型。

第二个方面: 蓝牙核心规范, 蓝牙服务手册:

<https://www.bluetooth.com/specifications>

蓝牙核心规范以 5.0 为准, 链接如下:

<https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification>

蓝牙 SIG 技术提供的公共服务, 链接如下:

<https://www.bluetooth.com/specifications/gatt/services>

第三个方面: 青风蓝牙开发板提供的中文教程, 蓝牙视频等

购买的资料提供青风原创的中文教程，视频教程等，欢迎选购

3.2 勘误表自查:

勘误表自查。勘误表内容一般都是关于软件开发注意事项的，但不排除某些条目也跟硬件设计有关，所以正式定版之前建议自查一下勘误表，以防踩到“坑”

nRF51822 勘误表 (PAN) (其他 nRF51 系列链接与之类似，相信你可以自己找到)：

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf51%2Fdita%2Fnrf51%2Fpdflinks%2FnRF51822_pan.html&cp=3_4_1

- nRF52832 勘误表 (Errata)：

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf52%2Fdita%2Fnrf52%2Ferrata.html&cp=2_1_1

- nRF52840 勘误表 (Errata)：

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf52%2Fdita%2Fnrf52%2Ferrata52840.html&cp=2_0_1

nRF52810 勘误表 (Errata)：

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf52%2Fdita%2Fnrf52%2Ferrata52810.html&cp=2_2_1

3.3 实例开发:

1. SDK 实例演示包下载:

nRF52832，即可进入 nRF52832 的产品下载页面：

(<http://www.nordicsemi.com/eng/Products/Bluetooth-low-energy/nRF52832#Downloads>)，所有跟 nRF52832 有关的东西(主要包括 softdevice，SDK 和 PC 软件等)都可以在“downloads”页面下载，截图如下所示：

www.nordicsemi.com/eng/Products/Bluetooth-low-energy/nRF52832#Downloads

Ultra Low Power Wireless Solutions from NORDIC SEMICONDUCTOR

English | MyPage | Documentation

NORDIC SEMICONDUCTOR
Smarter Things

About us Products Applications Support & Community Investors Popular Products

Home / Products / Bluetooth Low Energy / nRF52832

PRODUCTS

BLUETOOTH 5

BLUETOOTH LOW ENERGY

LOW POWER CELLULAR IOT

ANT™

2.4GHZ RF

SUB 1-GHZ RF

IEEE 802.15.4 / THREAD / ZIGBEE

NORDIC MOBILE APPS

3RD PARTY BLUETOOTH LOW ENERGY

nRF52832
Advanced performance
Bluetooth5/ANT/2.4GHz
proprietary SoC
Active

Replacement products

Get product updates

OVERVIEW DEVELOPMENT TOOLS AND SOFTWARE DOCUMENTATION DOWNLOADS

SoftDevices
Nordic Semiconductor protocol stacks are known as SoftDevices. SoftDevices are pre-compiled, pre-linked binary files. SoftDevices can be programmed in nRF5 series devices, and are freely downloadable from the Nordic website.

Code	Name	Version
S132-SD	S132 nRF52 SoftDevice	1.0.0-3.alpha
S132-SD-v2	S132 nRF52 SoftDevice	2.0.1
S132-SD-v3	S132 nRF52 SoftDevice	3.1.0 (production)
S132-SD-v4	S132 nRF52 SoftDevice	4.0.5 (production)
S132-SD-v5	S132 nRF52 SoftDevice	5.1.0 (production)

最新版的 softdevice, SDK 和 PC 机软件都可以在这个页面下下载, 如下所示:

3RD PARTY BLUETOOTH LOW ENERGY MODULES

3RD PARTY DEVELOPMENT BOARDS, DK-PLUGIN CARDS AND ARDUINO BOARDS

3RD PARTY BEACONS

PRODUCT UPDATE NOTIFICATIONS

DOCUMENTATION
Visit the infocenter to access all technical documentation

Nordic DevZone
Insight*Inspiration*Network

S132-SD-v5	S132 nRF52 SoftDevice	5.1.0 (production)
S132-SD-v6	S132 nRF52 SoftDevice	6.0.0 (production)

Software Development Kit
Nordic Semiconductor's Software Development Kits (SDK) are your starting point for software development on the nRF51 and nRF52 Series. It contains source code libraries and example applications covering wireless functions, libraries for all peripherals, bootloaders, Wired and OTA FW upgrades, RTOS examples, serialization libraries and more.

Code	Name	Version
nRF5-SDK-for-Mesh	nRF5 SDK for Mesh zip file	2.0.1
nRF5-SDK-v12-zip	nRF5 SDK Zip File - works with S132 v3 and S130 v2	12.3.0
nRF5-SDK-zip	nRF5 SDK Zip File - works with S112 v6.0.0, S132 v6.0.0, S140 v6.0.0, and S212 v5.0.x	15.0.0

PC software
To aid your product development, Nordic also offers a range of tools enabling you to interact with and monitor your product

Code	Name	Version
nRF-Connect-Linux	nRF Connect installer for Linux 64-bit	2.3.0
nRF-Connect-macOS	nRF Connect archive for macOS	2.3.0
nRF-Connect-Windows	nRF Connect installer for Windows	2.3.0
nRF5x-Command-Line-Tools-Linux32	nRF5x toolset tar for Linux 32-bit (nrfjprog and mergehex)	9.7.2
nRF5x-Command-Line-Tools-Linux64	nRF5x toolset tar for Linux 64-bit (nrfjprog and mergehex)	9.7.2
nRF5x-Command-Line-Tools-MacOS	nRF5x toolset tar for MacOS (nrfjprog and mergehex)	9.7.2

老版本 SDK 网址: <http://developer.nordicsemi.com/>

Location:

Name	Last modified	Size
boards/	16-Oct-2014 17:58	
nRF5_IoT_SDK/	17-Nov-2017 10:10	
nRF5_SDK/	23-Mar-2018 14:26	
nRF51_bluetooth_development_studio_plugin/	02-Oct-2017 13:10	



Welcome to SDK

The nRF5 SDK provides a rich developing environment for nRF5 Series devices by including a broad selection of drivers, libraries, examples for peripherals, SoftDevices, and proprietary radio protocols. The SDK is delivered as a plain .zip-archive, which makes it easy to install as well as giving you the freedom to choose the IDE and compiler of your choice. All code examples included in the SDK are tailored to compile for and run on Nordic Semiconductor's nRF5 Development Kits. For documentation, release notes, and licenses, see the [nRF5 SDK documentation overview](#).

Installation

The SDK is delivered in the following formats:

SDK zip installer

- Supports the following project setup:
 - .uvproj for Keil v4.x
 - .uvproj for Keil v5.x (introduced in SDK v7.x.x)
 - IAR project file (introduced in SDK v8.x.x, available for most of the example projects)
 - Makefile armgcc (introduced in SDK v8.x.x, available for most of the example projects)

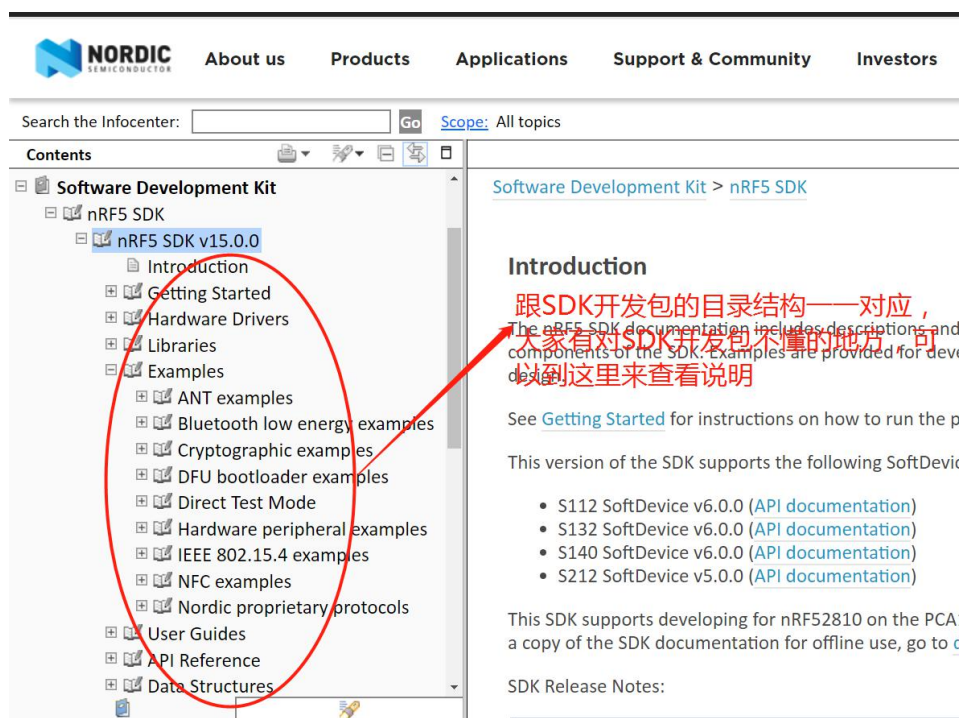
2. SDK 英文说明与函数速查:

Nordic 还有一个 infocenter (文档中心), infocenter 把所有 Nordic 产品开发有关的文档都放在这里, 一般来说, 用户从“Products”页面下载 SDK/开发工具等, 然后到 infocenter 去查询相关说明文档。

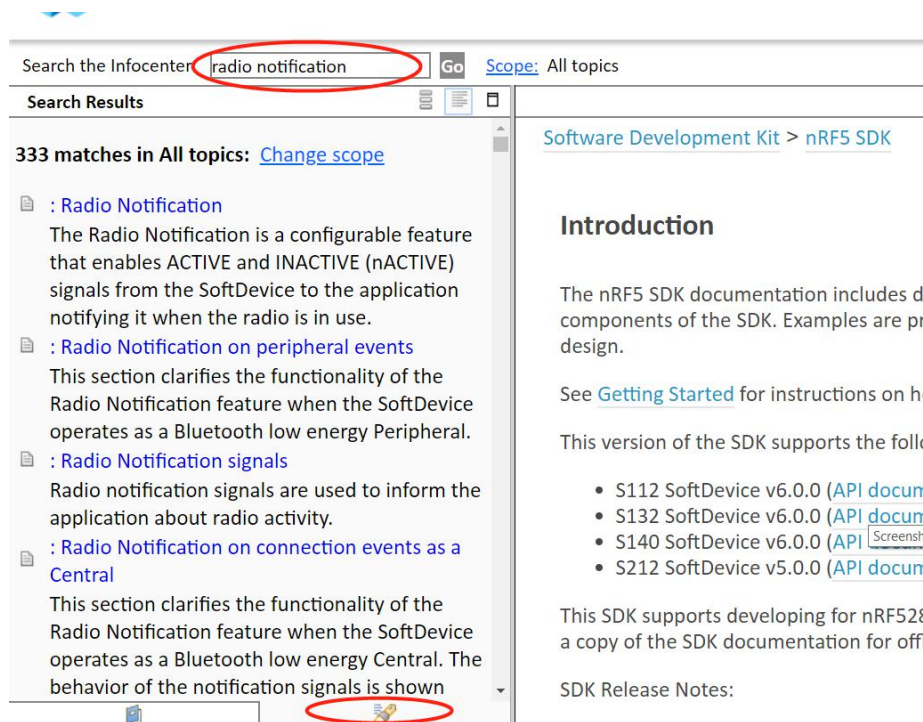
infocenter (文档中心) 链接: <http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp>

infocenter 有 Nordic 产品开发完整说明, 假如你初次接触 Nordic 产品开发, 你可以阅读“nRF5 Getting Started”, 如果你对 infocenter 比较熟了, 你就可以快速去查找自己需要的东西, 一般

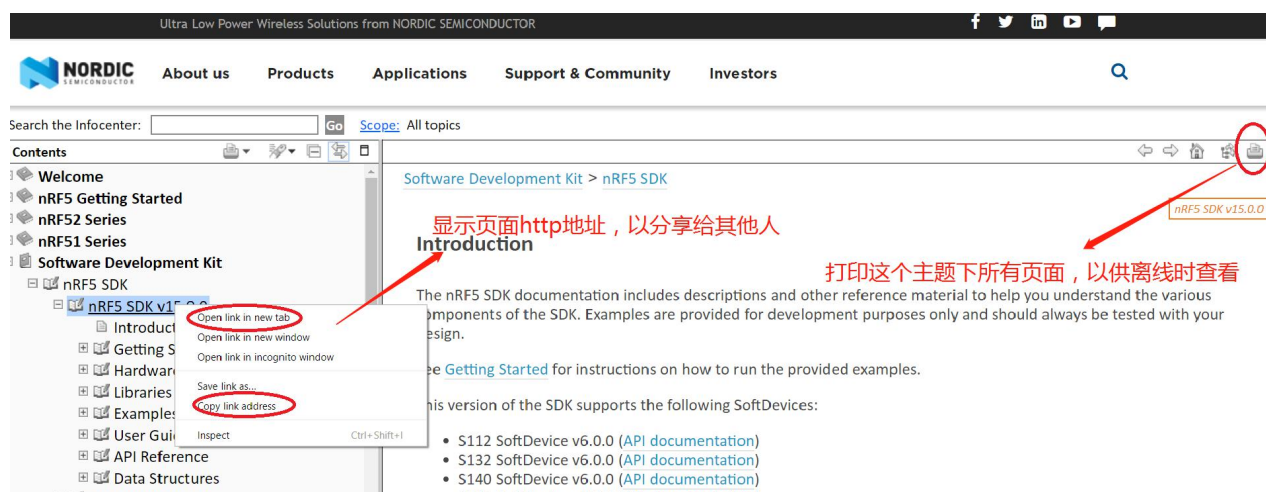
来说,“Software Development Kit”是大家去得最多的地方,这里面包含了 Nordic 所有正式发布的 SDK 的说明文档,比如 SDK15 文档说明链接,整个说明文档的结构就是按照 SDK15 开发包目录结构来编排的,两者一一对应,方便大家查阅,如下所示:



Infocenter 内容比较多,大家也可以直接使用“搜索”功能去搜索自己感兴趣的内容,如下所示:



infocenter 还有两个非常有用的小功能,即获取某一个页面的具体 http 地址,然后分享给其他人;或者将某一个主题下面的所有页面保存为离线版,以方便没有网络的时候查阅,如下所示:



3. 官方 APP 源代码:

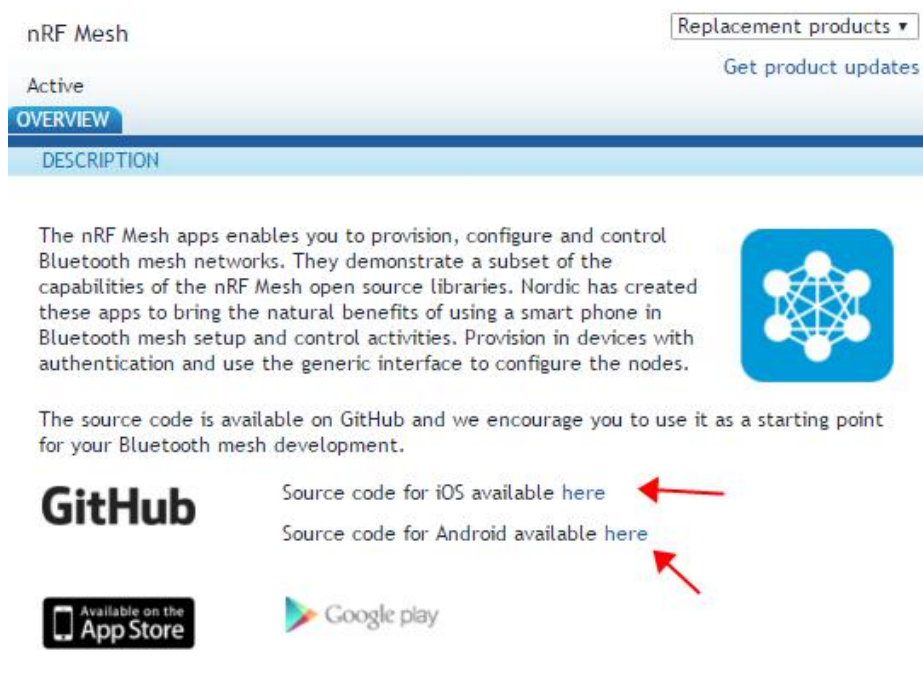
官方提供 APP 的源码文件，可以直接在官方的网站上下载，链接如下:

APP 官网 <http://www.nordicsemi.com/eng/Products/Nordic-mobile-Apps>

官方 APP2: <https://github.com/NordicSemiconductor/Android-nRF-UART>



比如打开 nRF Mesh 后，点击如下图所示位置，下载 APP:



4. 青风演示实例与原创实例:

参考网盘资料，群内共享，论坛发布资料。

4: 产品电路设计:

4.1 电路图设计和 PCB 绘制

推荐按照 nR52 参考电路来设计自己的电路，当然你也可以按照我们提供的 nRF52 DK 或者 EK (开发板) 来设计自己的电路。这两种参考电路是等价的，关于开发板的电路图讲解会在后面《硬件篇》里进行详细分析。

官方网站也提供官方开发板完整的设计资料，包括完整的 BOM 表，原理图以及 layout，供大家参考。

nRF52 参考电路:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf52%2Fdita%2Fnrf52%2Fpdflinks%2Fref_layout.html&cp=2_5

nRF51 DK 电路图:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf51%2Fdita%2Fnrf51%2Fnrf51_development.html&cp=3_1

nRF52832/52810 DK 电路图

https://www.nordicsemi.com/eng/nordic/download_resource/50980/7/99707889/93935

nRF52840 DK 电路图:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf52%2Fdita%2Fnrf52%2Fdevelopment%2Fnrf52840_pdk%2Fkit_download_content.html&cp=2_0_3_2_1

Nordic 还提供了一些电路设计 notes 供大家参考:

<https://devzone.nordicsemi.com/tutorials/b/hardware-and-layout/posts/general-pcb-design-guidelines-for-nrf51-series>

4.2 蓝牙射频性能调试

蓝牙射频性能调试。蓝牙射频性能最关键的三个影响因子: 匹配电路调试, 天线设计调试以及晶振选择, Nordic 都有相应的指导文件。如下面链接所示。当然也可以直接使用我们提供的 2.4G 天线进行电路设计。

1. 匹配电路调试:
http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.whitepapers%2Fdita%2Fwhitepapers%2Fpdflinks%2Fnwp_013.html
2. 天线设计:
http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.whitepapers%2Fdita%2Fwhitepapers%2Fpdflinks%2Fnwp_017.html
3. 晶振选择:
http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.whitepapers%2Fdita%2Fwhitepapers%2Fpdflinks%2Fnwp_015.html&cp=11_11

4.3 打板与焊接

如何贴片, Nordic 也有相应的指导文件, 目前 Nordic 芯片只有 QFN, WLCSP 和 aQFN 三种封装, 相关贴片指导说明如下所示:

QFN:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.appnotes%2Fdita%2Fappnotes%2Fpdflinks%2Fnan_400-08.html

WLCSP:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.appnotes%2Fdita%2Fappnotes%2Fpdflinks%2Fnan_38.html

aQFN:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.appnotes%2Fdita%2Fappnotes%2Fnan40%2Fnan40_intro.html&cp=10_0

5: 性能测试:

5.1 RF 测试:

如果自己有专门的 BLE 测试设备,那么你可以自己来测试板子 RF 性能。如果你没有 BLE 测试设备,也没有关系,Nordic 或其代理商免费提供 BLE 测试服务。只要把板子寄给 Nordic 代理商实验室,或者 Nordic 实验室,或者第三方实验室,比如 R&S 实验室,他们就能帮你完成 BLE 性能和符合性测试。你可以根据实验测试结果对板子进行二次整改。

跟 Nordic DK 通信距离比对测试。可以把 HRM 程序分别下载到 Nordic DK 和你的用户板中,然后分别连上手机,看看手机跟 DK 的通信距离有多远?再看看你的用户板跟手机通信距离有多远?如果两者差不多,说明你的用户板 RF 性能不错。HRM 程序测试说明链接为:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.sdk.5.v15.0.0%2Fble_sdk_app_hrs.html&cp=4_0_0_4_1_2_13

RF DTM 测试设备端固件及测试说明:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.app.notes%2Fdita%2Fappnotes%2Fpdflinks%2Fnan_34.html

一般 radio 测试固件及测试说明:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.sdk.5.v15.0.0%2Fnrf_radio_test_example.html&cp=4_0_0_4_5_29

5.2 功耗测试:

功耗测试可以参考如下链接:

功耗测试介绍:

<https://devzone.nordicsemi.com/tutorials/b/hardware-and-layout/posts/current-measurement-guide-introduction>

功耗测试指南:

<https://devzone.nordicsemi.com/tutorials/b/hardware-and-layout/posts/nrf51-current-consumption-guide>

BLE 理论功耗在线计算工具: <https://devzone.nordicsemi.com/power/>

Nordic 功耗测试标准例程及说明:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.sdk.5.v15.0.0%2Fble_sdk_app_pwr_mgmt.html&cp=4_0_0_4_1_2_20, 固件代码在

SDK 开发包如下目录:

<InstallFolder>\examples\ble_peripheral\ble_app_pwr_profiling。

5.3 认证（可选）：

根据产品需要，你可以去做 BQB 认证，SRRC 认证，FCC 认证，ETSI 认证，环保测试等。像 BQB 认证，Nordic 产品本身已经取得了相应 QDID，你的认证是可以复用 Nordic QDID 的。

Nordic QDID 查询。输入网址：

<https://launchstudio.bluetooth.com/Listings/Search>，在搜索框输入“Nordic Semiconductor”，即可搜出 Nordic 所有 QDID。

The screenshot shows the search results for 'Nordic Semiconductor' on the Bluetooth Launch Studio website. The search bar contains 'Nordic Semiconductor' and a red arrow points to it with the text '输入Nordic Semiconductor'. Below the search bar, a table lists the results.

Declaration ID	QDID(s)	Company	Products	Specificat
D039781	111537 - Profile Subsystem	Nordic Semiconductor ASA	nRF5 SDK for MESH, nRF5 SDK for Mesh v2.0.1	N/A
D039414	111164 - Component (Tested)	Runtime, Inc.	Runtime Enterprise OS, NimBLE1	5.0
D038621	108621 - End Product	Nordic Semiconductor ASA	nRF52840 with S140 v6.0.0, nRF52840	5.0
D038622	106845 - Component (Tested)	Nordic Semiconductor ASA	Host layer for SoftDevice S140, nRF52 Host v6.0.0	5.0
D038623	108232 - Component (Tested)	Nordic Semiconductor ASA	S140 v6.0.0 Link Layer component, S140 Link Layer v6.0.0	5.0
D038125	104470 - Component (Tested)	Nordic Semiconductor ASA	nRF52840, nRF52840 AQFN73	5.0

环境报告：

<https://www.nordicsemi.com/eng/About-us/Corporate-Social-Responsibility/Environment>

nRF52 Material composition reports (MCR) and hazardous substance reports (HSR) 报告：

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf52%2F dita%2F nrf52%2F nrf52_env_reports.html&cp=2_7

nRF51Material composition reports (MCR) and hazardous substance reports (HSR)报告 :

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.nrf51%2Fdita%2Fnrf51%2Fpdflinks%2FnRF51_env_reports.html&cp=3_8

关于 BT/ANT/FCC/ETSI 认证, 请参考 Nordic 说明文档:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.gs%2Fdita%2Fgs%2Fcertifying.html&cp=1_5

测试固件代码 (与第 7 步: RF 测试固件代码一样)。Nordic 提供了两套射频测试固件, 一套是 DTM 测试代码, 符合蓝牙 DTM 标准, 位于目录: SDK 安装目录 \examples\dtm\direct_test_mode, 具体说明请参考:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.sdk5.v12.3.0%2Fble_sdk_app_dtm_serial.html&cp=4_0_2_4_4; 一套是 Radio test 测试代码, 用于直接测试各个射频通道物理性能, 比如频偏等, 位于目录: SDK 安装目录 \examples\peripheral\radio_test, 具体说明请参考:

http://infocenter.nordicsemi.com/index.jsp?topic=%2Fcom.nordic.infocenter.sdk5.v12.3.0%2Fnrf_radio_test_example.html&cp=4_0_2_4_5_25。一般而言, 需要测试丢包率的场合, 推荐使用 DTM 测试代码, 比如 BQB 认证和生产测试; 只需简单测试射频通道载波频率以及频偏, 推荐使用 radio_test 代码, 比如 SRRC 认证。