

青风带你玩蓝牙 nRF52832 系列教程.....	2
-----作者: 青风.....	2
作者: 青风.....	3
出品论坛: <a href="http://www.qfv8.com">www.qfv8.com</a> .....	3
淘宝店: <a href="http://qfv5.taobao.com">http://qfv5.taobao.com</a> .....	3
QQ 技术群: 346518370.....	3
硬件平台: 青云 QY-nRF52832 开发板.....	3
一: 蓝牙工程包 SDK 详解.....	3
1: SDK15 开发包的基本结构.....	4
1.1 components 文件包.....	4
1.2 config 文件包.....	6
1.3 documentaion 文件包.....	6
1.4 example 文件包.....	7
1.5 external 文件包和 external_tool 包.....	8
1.6 integration 文件包和 modules 文件包.....	9
2: 开发包外设例子和蓝牙历程说明.....	10
2.1 外设硬件例子.....	10
2.2 蓝牙例子说明.....	12

## 青风带你玩蓝牙 nRF52832 系列教程

-----作者: 青风

出品论坛: [www.qfv8.com](http://www.qfv8.com) 青风电子社区



**作者: 青风****出品论坛: [www.qfv8.com](http://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: 蓝牙工程包 SDK 详解

什么是 SDK, 认识这个问题对应我们开发项目是有极大的帮助的, 今天就来介绍下官方是 SDK15 这个版本。

由于 nordic Semiconductor 的低功耗蓝牙芯片 NRF52 系列的协议栈是未开源的, 同时为了鼓励开发者快速入门 nrf52 系列的开发, 节省对基础硬件寄存器的操作的程序编写时间, 使开发者方便快速的编写程序, 官方提供专业的 SDK 工程开发包。

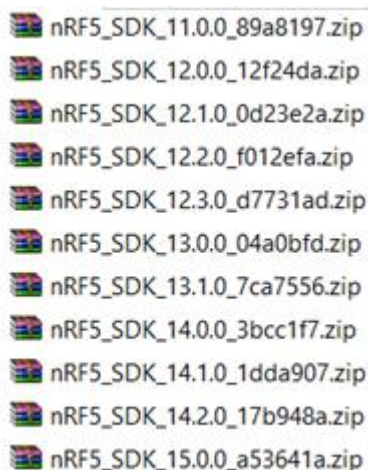
SDK 全程为软件开发工具包 (英文全称: Software Development Kit), 是 nordic Semiconductor 设计的为特定的软件包、软件框架、硬件平台、操作系统等建立应用软件时的开发工具的集合。

软件开发工具包括广义上指辅助开发某一类软件的相关文档、范例和工具的集合。一般而言 SDK 即开发 Windows 平台下的应用程序所使用的 SDK。它可以简单的为某个程序设计语言提供应用程序接口 API 的一些文件, 也包括能与某种嵌入式系统通讯的复杂的硬件驱动。同时 nordic Semiconductor 官方在 SDK 中还提供包括示例代码、支持性的技术注解或者其他的为基本参考资料澄清疑点的支持文档。

为了鼓励开发者加入 nrf52 系列低功耗蓝牙的开发中, 使用 nrf52 系列芯片, 官方 SDK 是免费提供的。软件工程师可以直接通过 nordic Semiconductor 官方下载获得 SDK 软件开发包, 从而会吸引更多人由于能免费为其编程而购买其构件。

认识官方提供的 SDK 对我们开发是非常有帮助的。

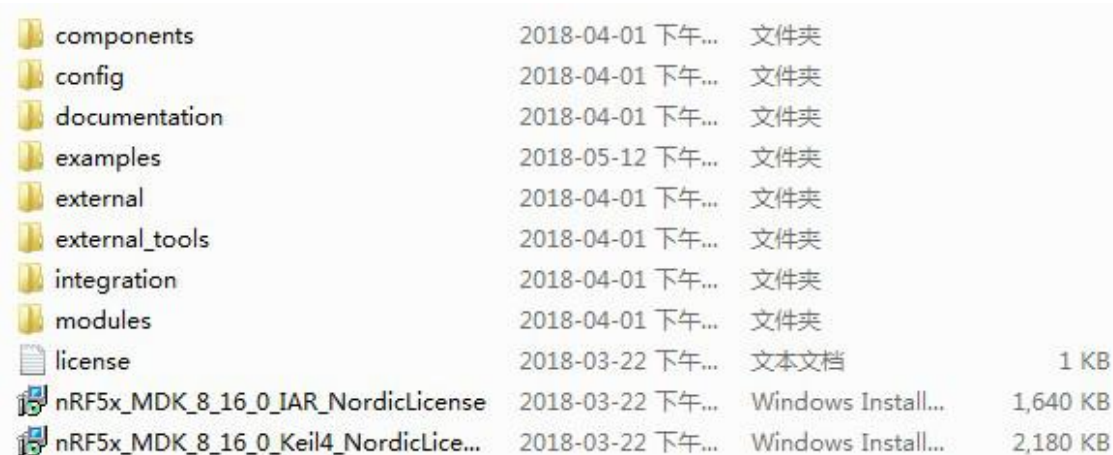
从形式上来说, nRF5 SDK 其实就是一个产品压缩包, 如下:



nRF5\_SDK\_11.0.0\_89a8197.zip  
nRF5\_SDK\_12.0.0\_12f24da.zip  
nRF5\_SDK\_12.1.0\_0d23e2a.zip  
nRF5\_SDK\_12.2.0\_f012efa.zip  
nRF5\_SDK\_12.3.0\_d7731ad.zip  
nRF5\_SDK\_13.0.0\_04a0bfd.zip  
nRF5\_SDK\_13.1.0\_7ca7556.zip  
nRF5\_SDK\_14.0.0\_3bcc1f7.zip  
nRF5\_SDK\_14.1.0\_1dda907.zip  
nRF5\_SDK\_14.2.0\_17b948a.zip  
nRF5\_SDK\_15.0.0\_a53641a.zip

## 1: SDK15 开发包的基本结构

打开官方 SDK 文件包 nRF5\_SDK\_15.0.0\_a53641a, 出现如下图所示的文件夹, 下面对这个文件夹里的内容详细进行介绍:



components	2018-04-01 下午...	文件夹	
config	2018-04-01 下午...	文件夹	
documentation	2018-04-01 下午...	文件夹	
examples	2018-05-12 下午...	文件夹	
external	2018-04-01 下午...	文件夹	
external_tools	2018-04-01 下午...	文件夹	
integration	2018-04-01 下午...	文件夹	
modules	2018-04-01 下午...	文件夹	
license	2018-03-22 下午...	文本文档	1 KB
nRF5x_MDK_8_16_0_IAR_NordicLicense	2018-03-22 下午...	Windows Install...	1,640 KB
nRF5x_MDK_8_16_0_Keil4_NordicLice...	2018-03-22 下午...	Windows Install...	2,180 KB

图 1.1 SDK15.0 支持包

### 1.1 components 文件包

打开 components 文件包, 该文件包存放的是各类驱动、蓝牙协议栈、芯片库程序等文件, 是后期我们编程所需要的文件, 是 SDK 的核心部分, 具体说明如下:

802_15_4	2018-04-01 下午...	文件夹	
ant	2018-04-01 下午...	文件夹	
ble	2018-04-01 下午...	文件夹	
boards	2018-04-01 下午...	文件夹	
drivers_ext	2018-04-01 下午...	文件夹	
drivers_nrf	2018-04-01 下午...	文件夹	
iot	2018-04-01 下午...	文件夹	
libraries	2018-04-01 下午...	文件夹	
nfc	2018-04-01 下午...	文件夹	
proprietary_rf	2018-04-01 下午...	文件夹	
serialization	2018-04-01 下午...	文件夹	
softdevice	2018-04-01 下午...	文件夹	
toolchain	2018-04-01 下午...	文件夹	
sdk_validation.h	2018-03-22 下午...	H 文件	12 KB

◎ 802\_15\_4 文件夹: IEEE 802.15.4 无线通信协议, 该协议栈用于低速无线个人域网(LR-WPAN)的物理层和媒体接入控制层规范。支持两种网络拓扑, 即单跳星状或当通信线路超过 10 m 时的多跳对等拓扑。这个协议栈只能使用在 nrf52840 的芯片。

◎ ant 文件夹: nrf52832 系列处理器在蓝牙 5.x 基础上添加了 ANT+ 的功能, ANT+ 是运动领域内最通用最普及的无线传输协议。该协议栈也是以 2.4G 通信为基础的, 本文件夹为官方提供的关于 ANT+ 的驱动文件。

◎ ble 文件夹: ble 蓝牙协议相关的文件, 对接协议栈 softdevice 提供的 API 接口的驱动函数库。编写蓝牙应用的核心部分。

◎ boards 文件夹: 对应的开发板头文件定义, 定义了诸如 nrf51 和 nrf52 的各类开发板的头文件。

◎ device\_ext 文件夹: 第三方传感器文件, 一些外接传感器的驱动文件。比如 mpu6050、ds1624 等的驱动文件。

◎ device\_nrf 文件夹: 处理器硬件外设的驱动。老版本里包含了比如时钟、串口等外设驱动, 新版本 SDK15 把这部分分离到 modules 文件夹中了, 所以这里面只剩下部分驱动, 读者可以直接调用编程。

◎ iot 文件夹: Internet of Things 的缩写, 物联网的一些驱动文件库。

◎ libraries 文件夹: 外设应用的库文件。以上面 device\_nrf 文件和 modules 文件夹为基础来编写的二级应用驱动。比如串口, PWM, 校验等应用的驱动文件。

◎ nfc 文件夹: NFC 的驱动文件库。

◎ proprietary\_rf 文件夹: 2.4G 应用的配置文件, nrf5x 系列处理器兼容普通的 2.4G 的通信协议。

◎ serialization 文件夹: 该文件夹主要提供了一下公共配置文件, 包括协议栈不同版本需要使用的配置文件。

◎ softdevice 文件夹: 协议栈的说明文档以及对应 hex, 不同的版本的协议栈的 hex 文件, 以及相关说明文档, 还有相关的头文件。说明文档对各个版本的协议栈对应程序所需要的 ROM 大小有明确说明:



名称	修改日期	类型
common	2018-04-15 15:30	文件夹
mbr	2018-03-30 21:00	文件夹
s112	2018-03-30 21:00	文件夹
s132	2018-03-30 21:00	文件夹
s140	2018-03-30 21:00	文件夹
s212	2018-03-30 21:00	文件夹

不同版本协议栈的hex及说明文件

©toolchain 文件夹: 提供给不同开发环境使用的配置文件。可以用于开发 nRF5x 系列处理器的开发环境包括: keil、acc、iar 等环境需要的配置文件。

## 1.2 config 文件包

Config 文件提供开发环境以及库函数的配置, 程序里主要需要使用的是 sdk\_config.h 函数, 这个函数在提供一个芯片配置使能模板, 文件夹中一共提供三个芯片的配置: nrf52810, nrf52832, nrf52840, 这三个函数都可以使用 ble5.0 的协议栈。如下图所示:

nrf52810	2018-04-01 下午...	文件夹
nrf52832	2018-04-01 下午...	文件夹
nrf52840	2018-04-01 下午...	文件夹

## 1.3 documentaion 文件包

documentaion 文件夹打开后, 里面提供一个 index.html 的网页引导文件。点开这个文件就可以打开官方对整个 SDK 支持包的说明网站, 说明文档包含了各个函数定义以及官方例程的简介说明, 特别是对应协议栈函数和库函数, 通过在网站中进行搜索, 找到其定义, 对于理解 nrf5x 系列处理器的编程很重要:

index	2018-03-22 下午...	360 se HTML Do...	6 KB
licenses	2018-03-22 下午...	360 se HTML Do...	3 KB
licenses	2018-03-22 下午...	文本文档	1 KB
NordicS	2018-03-22 下午...	JPEG 图像	75 KB
nRF5_Dynastream_license	2018-03-22 下午...	文本文档	3 KB
nRF5_Nordic_license	2018-03-22 下午...	文本文档	2 KB
nRF5x_series_logo	2018-03-22 下午...	PNG 图像	10 KB
release_notes	2018-03-22 下午...	文本文档	288 KB

点击 index.html 的网页引导文件后会弹出下面一个网页, 这个网页就是对 SDK 整个工程说明的网页链接, 可以再其中查看协议栈 api 和 sdk 工程说明:



## nRF5 Software Development Kit v15.0.0

The nRF5 Software Development Kit (SDK) enables *Bluetooth*® low energy, ANT, and 2.4 GHz proprietary product development with Nordic Semiconductor's advanced nRF5 Series System on Chip (SoC) devices.

### SDK documentation

The SDK documentation is available in Nordic Semiconductor's Infocenter.

[VIEW DOCUMENTATION »](#)

### S112 SoftDevice API documentation

*Bluetooth*® low energy Peripheral protocol stack for the nRF52810 SoC.

[VIEW API DOCUMENTATION »](#)

### S132 SoftDevice API documentation

*Bluetooth*® low energy Peripheral and Central protocol stack for the nRF52832 SoC.

[VIEW API DOCUMENTATION »](#)

### S140 SoftDevice API documentation

*Bluetooth*® low energy Peripheral and Central protocol stack for the nRF52840 SoC.

[VIEW API DOCUMENTATION »](#)

### S212 SoftDevice API documentation

ANT protocol stack for the nRF52 Series.

[VIEW API DOCUMENTATION »](#)

## 1.4 example 文件包

example 文件夹内包含了官方提供给开发者的应用实例，通过参考官方的演示实例，便于开发者快速的开发出自己的应用。文件夹中，更加不同的类型，把例子分为了多个文件夹：

802_15_4	2018-04-01 下午...	文件夹	
ant	2018-04-01 下午...	文件夹	
ble_central	2018-04-01 下午...	文件夹	
ble_central_and_peripheral	2018-04-01 下午...	文件夹	
ble_peripheral	2018-04-01 下午...	文件夹	
connectivity	2018-04-01 下午...	文件夹	
crypto	2018-04-01 下午...	文件夹	
dfu	2018-04-01 下午...	文件夹	
dtm	2018-04-01 下午...	文件夹	
iot	2018-04-01 下午...	文件夹	
multiprotocol	2018-04-01 下午...	文件夹	
nfc	2018-04-01 下午...	文件夹	
peripheral	2018-04-01 下午...	文件夹	
proprietary_rf	2018-04-01 下午...	文件夹	
usb_drivers	2018-04-01 下午...	文件夹	
readme	2018-03-22 下午...	文本文档	122 KB

802\_15\_4:提供的 nrf52840 的 802\_15\_4 通信应用实例。

ant:该文件夹提供多个 ANT+通信的应用实例。

ble\_central:该文件夹提供多个蓝牙 BLE 主机应用实例。

ble\_central\_and\_peripheral: 该文件夹提供蓝牙主从一体的应用实例。

ble\_peripheral: 该文件夹提供多个蓝牙 BLE 从机的应用实例。

connectivity: 蓝牙直接连接方式的几个测试代码。

该文件提供定义官方开发工具的 IO 管脚分配的文件。

dfu: 该文件夹内提供官方 dfu 的 bootloader 工程和 dfu 的演示实例。

dtm: Direct Test Mode, 也就是直接连接测试模式的演示实例。

multiprotocol:混合协议的演示实例。

nfc:提供的 nfc 的演示实例。

peripheral: 该文件夹提供多个 nrf51822 外部设备的应用实例。

Proprietary\_rf:2.4G 通信下的演示实例。

Usb\_driver:usb 驱动设备声明。

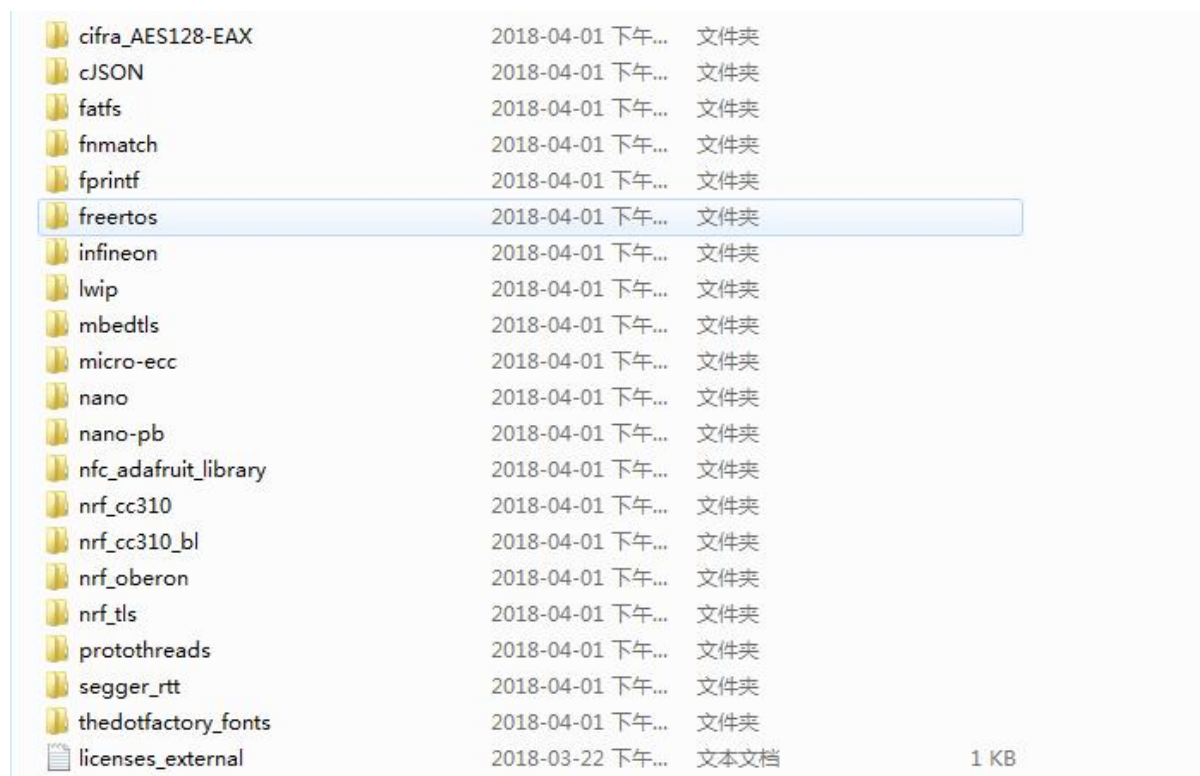
## 1.5 external 文件包和 external\_tool 包

external 文件夹打开后, 里面包含一些第三方的驱动文件夹, 比如为 freertos 微型操作系统 freertos 的支持文件包。FreeRTOS 是迷你的实时操作系统内核。作为一个轻量级的操作系统, 功能包括: 任务管理、时间管理、信号量、消息队列、内存管理、



记录功能、软件定时器、协程等,可基本满足较小系统的需要,特别适合在已 arm cortex m4 为内核的 nrf52832 低功耗蓝牙芯片中使用。

还包含了比如 fatfs 的文件系统包, lwip 的网络支持包, segger 的 rtt 支持包, n 等等,这些第三方的驱动包还是比较多的,方便我们编程的时候调用,大家感兴趣的可以自行了解。



cifra_AES128-EAX	2018-04-01 下午...	文件夹
cJSON	2018-04-01 下午...	文件夹
fatfs	2018-04-01 下午...	文件夹
fnmatch	2018-04-01 下午...	文件夹
fprintf	2018-04-01 下午...	文件夹
freertos	2018-04-01 下午...	文件夹
infiniteon	2018-04-01 下午...	文件夹
lwip	2018-04-01 下午...	文件夹
mbedtls	2018-04-01 下午...	文件夹
micro-ecc	2018-04-01 下午...	文件夹
nano	2018-04-01 下午...	文件夹
nano-pb	2018-04-01 下午...	文件夹
nfc_adafruit_library	2018-04-01 下午...	文件夹
nrf_cc310	2018-04-01 下午...	文件夹
nrf_cc310_bl	2018-04-01 下午...	文件夹
nrf_oberon	2018-04-01 下午...	文件夹
nrf_tls	2018-04-01 下午...	文件夹
protothreads	2018-04-01 下午...	文件夹
segger_rtt	2018-04-01 下午...	文件夹
thefactory_fonts	2018-04-01 下午...	文件夹
licenses_external	2018-03-22 下午...	文本文档 1 KB

External\_tool 工具包, 放置一些外部工具包, 目前改文件包里只包含了 CMSIS 的配置向导。

## 1.6 integration 文件包和 modules 文件包

这两个文件夹提供的是硬件顶层驱动, 下面详细说明下这两个文件夹:

**Integration 文件夹:** 这个文件夹提供的是老版本驱动的兼容头文件。比如, 你用老版本的 SDK 底层硬件外设驱动移编写的程序, 现在使用新版本 SDK, 需要进行移植, 这时就可以通过配置这个文件夹的里的硬件底层兼容文件夹进行兼容。方便前面的硬件底层外设驱动的移植。

**modules 文件夹:** 已 nrfx 命名一个文件夹, 这个文件夹提供了多个文件包。如下图所示:

名称	修改日期	类型	大小
doc	2018-04-01 下午...	文件夹	
drivers	2018-04-01 下午...	文件夹	
hal	2018-04-01 下午...	文件夹	
mdk	2018-04-01 下午...	文件夹	
soc	2018-04-01 下午...	文件夹	
templates	2018-04-01 下午...	文件夹	
CHANGELOG.md	2018-03-22 下午...	MD 文件	4 KB
LICENSE	2018-03-22 下午...	文件	3 KB
nrfx.h	2018-03-22 下午...	H 文件	3 KB
README.md	2018-03-22 下午...	MD 文件	2 KB

doc: 一些说明备注

Driver: 最新版的驱动 c 文件和头 h 文件。

Hal: 老版本的硬件配置头文件

mdk: keil,iar 等编译环境使用的启动文件

Soc: 处理器中断声明的文件

Templates:处理器的配置文件文本

官方软件包就介绍到这, 官方后期不断更新的 SDK 有部分变化, 大的结构没有变化, 同时本书主要以蓝牙 Ble 5.0 为目标进行讲解。因此我们希望读者可以参考官方软件代码, 同时配合本书的学习后, 能够独立的进行蓝牙的开发了。

## 2: 开发包外设例子和蓝牙历程说明

### 2.1 外设硬件例子

在官方 sdk 包中, 外设硬件实例在 nRF5\_SDK\_15.0.0\_a53641a/examples 这个文件包内, 这个包里包含了 nrf5x 系列芯片的硬件外设各种驱动代码实例, 非常丰富, 对我们编写外设代码是一个很好的参考, 基本能够解决我们绝大多数需求。其中我们打开一个例子 saadc 进行说明。

打开 sdk 工程包 examples/peripheral/saadc, 如下图所示, 图中包含几个部分:

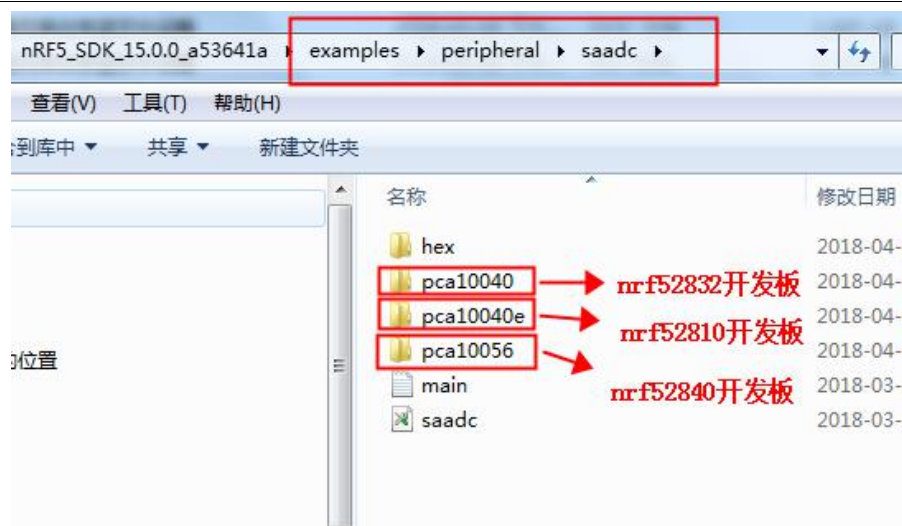
Hex 文件夹: 官方提前发的工程 hex 文件, 可以直接下载。

pca10040 文件夹: 提供的是芯片 nrf52832 的芯片支持工程, 需要使用的 nrf52832 芯片的外设可以打开这个工程包。

pca10040e 文件夹: 提供的是芯片 nrf52810 的芯片支持工程, 需要使用的 nrf52810 芯片的外设可以打开这个工程包, 但目前不是所有的工程里都有 nrf52810。

pca10056 文件夹: 提供的是芯片 nrf52840 的芯片支持工程, 需要使用的 nrf52840 芯片的外设可以打开这个工程包。

main.c 文件: 工程的主函数, 工程主函数是几个芯片公用的, 这样非常方便不同芯片之间的移植。



我们使用的是 nrf52832 工程包，打开 pca10040 工程里的 blank 文件夹，如下所示，会出现多个工程目录：

arm4:keil4 的工程文件包。

arm5\_no\_packs:keil5 的工程文件包。

armgcc:gcc 的编译支持文件。

config: nrf52832 的配置文件。

iar:IAR 的工程文件包。

ses:segger embedded studio 的工程文件包。



根据自己使用的开发环境选择工程包，我们后面会使用 keil 工程开发环境，因此前两个工程包都是可以使用的。

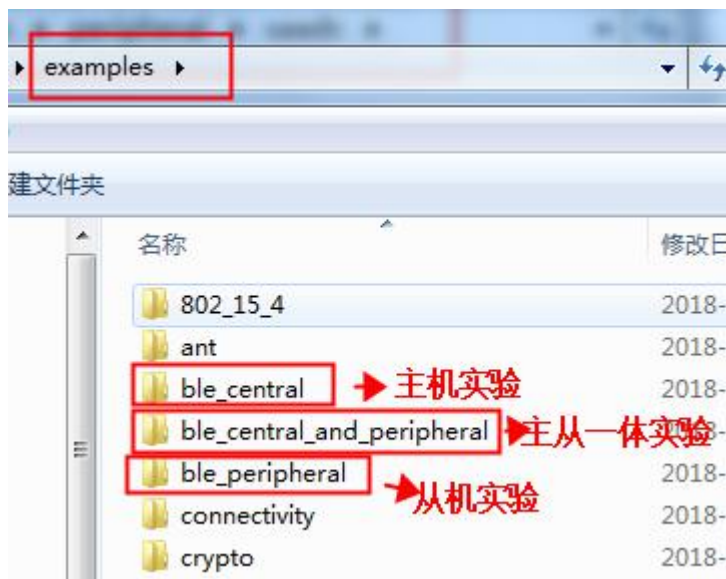
## 2.2 蓝牙例子说明

Nrf52832 芯片实际上是多协议芯片，我们主要关心其中的蓝牙部分。蓝牙实例包含三个部分，  
ble\_central：主机设备实验

ble\_perpheral: 从机设备实验

ble\_central\_and\_perpheral: 主从一体实验，作为中继节点使用

工程内部的分布和布局和前面的外设部分相同，可以参考前面的说明。



官方软件包就介绍到这，后期不断更新的 SDK 有部分变化，比如加入了 NFC 的内容等，大的结构没有变化，同时本书主要以蓝牙 Ble 5.0 为目标进行讲解。因此我们希望读者可以参考官方软件代码，同时配合本书的学习后，能够独立的进行蓝牙的开发了。