# BLE 基础教程

——疯壳·开发板系列

**Wolverine-Team**

**2015/7/15**

# 目录

官网地址：http://www.fengke.club
购买链接：http://shop115904315.taobao.com/
官方 QQ 群：193836402

# 术语和定义

| | |
|---|---|
| BLE | 低功耗蓝牙（Bluetooth Low Energy） |
| SDK | 软件开发工具包（Software Development Kit） |
| UUID | 通用唯一标识符（Universally Unique Identifier） |
| APP | 手机应用软件（Application） |
| MAC | 媒体访问控制（Media Access Control） |
| PHY | 物理层（Physical Layer） |
| LL | 链路层（Link Layer） |
| L2CAP | 逻辑链路控制与适配协议（Logical Link Control and Adaptation Protocol） |
| SMP | 安全管理协议（Security Management Protocol） |
| ATT | 属性协议（Attribute Protocol） |
| GATT | 通用属性配置（Generic Attribute Profile） |
| GAP | 通用接口配置（Generic Access Profile） |

# 一、BLE 简介

BLE 为低功耗蓝牙技术，是低成本、短距离、可互操作的鲁棒性无线技术，工作在免许可的 2.4GHz ISM 射频频段。BLE 有三大特性，分别为最大化的待机时间、快速连接和低峰值的发送/接收功耗。主要进行小数据包传输，低延迟，低功耗，应用于手机、个人电脑以及可穿戴设备等。不适合蓝牙耳机等高速率设备。

## 1.1 单模设备

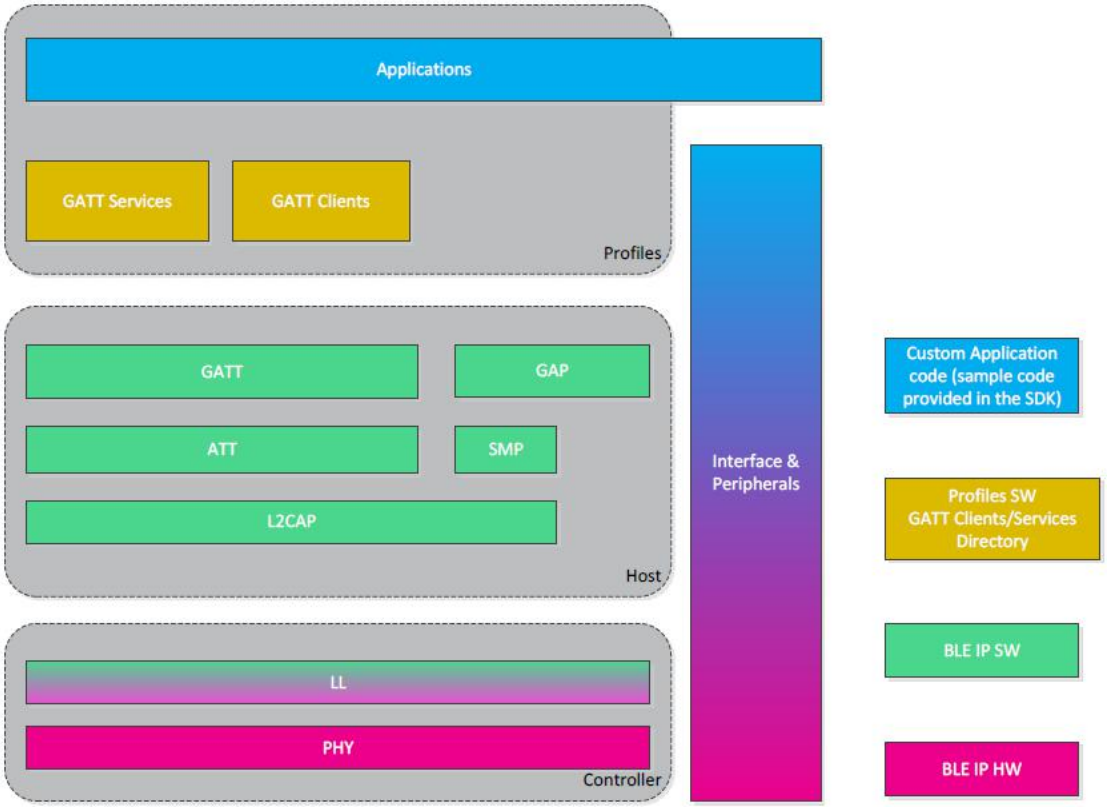
单模设备是指只支持 BasicRate(BR)或者 Bluetooth Low Energy(BLE)中的一种，本教程中是指支持 BLE 的设备。主要特点为低功耗和低速率。不兼容传统蓝牙，可兼容双模设备。

## 1.2 双模设备

双模设备是指同时支持 BR 与 BLE 的设备，双模设备为蓝牙 4.0 的主题，要有稳定的电源供电，比如手机、电脑等。Android 4.3 版本的系统才支持 BLE。iPhone4S 及以后的苹果手机均支持蓝牙 4.0。双模设备兼容 BLE 以及传统蓝牙。

# 二、BLE 协议栈介绍

## 2.1 BLE 协议栈的结构




（1） 协议栈有两部分组成：Controller 和 Host；

（2） Profiles 和 Applications 是基于 GAP 和 GATT 之上的；

（3） 在单芯片工作模式中，Profiles、Host、Controller 三者都工作在 DA14580 芯片中。

## 2.2 协议栈中的分层

### 2.2.1 PHY 层

RF （天线）规格特性为：运行在 2.4GHz ISM band；GFSK（高斯频移键控）调制；40 频道 2MHz 的通道间隙（3 个固定的广播通道和 37 个自适应自动调频数据通道）。

### 2.2.2 LL 层

RF 控制层，控制芯片工作在 standby（准备）、advertising（广播）、scanning（监听/扫描），initiating（发起连接）、connected（已连接）这 5 种状态中的一种。5 种状态的切换描述为：advertising（广播）不需要连接就可以发送数据（告诉所有人，我来了），scanning（监听/扫描）来自广播的数据，initiator（发起人）将携带 connection request（连接请求）来响应广播者，如果 advertiser（广播者）同意该请求，那么广播者和发起者都会进入已连接状态，发起连接的设备变为 master（主机），接收连接请求的设备变为 slave（从机）。

### 2.2.3 L2CAP 层

将数据打包，可以让设备点对点的通信。

### 2.2.4 SMP 层

安全管理服务层，提供配对和密匙的分发，实现安全连接和数据交换。

### 2.2.5 ATT 层

允许设备向另外一个设备展示一块特定的数据，称之为“属性”，在 ATT 环境中，展示“属性”的设备称为服务器，与之配对的设备称为客户端。链路层状态（主机和从机）与设备的 ATT 角色是相互独立的，也就是说，主机设备可以是 ATT 服务器，也可以是 ATT 客户端。从机也一样。

### 2.2.6 GATT 层

从名字就能看出，GATT 是在 ATT 上面的一层结构，定义了使用 ATT 的服务框架，GATT 规定了配置文件（profile）的结构。在 BLE 中，所有被 profile 或者服务用到的数据块都称为“特性”（characteristic）。两个建立连接的设备之间的所有数据通信都是通过 GATT 子程序处理，应用程序和 profile 直接使用 GATT 层。

### 2.2.7 GAP 层

General Access Profile 为基本访问配置，这个配置是其它配置的基础。它定义了在 Bluetooth 设备间建立基带链路的通用方法

## 2.3 设备状态

BLE 设备有 6 种状态：

待机状态（Standby）：设备没有传输和发送数据，并且没有连接到任何设备。

广播状态（Advertiser）：周期性广播状态。

扫描状态（Scanner）：主动寻找正在广播的设备。

发起连接状态（Initiator）：主动向某个设备发起连接。

主设备（Master）：作为主设备连接到其他设备。

从设备（Slave）：作为从设备连接到其他设备。

# 三、BLE 相关参数

## 3.1 服务与特征值

为了实现用户的应用，Profile 通常有一个或者多个服务（Service）组成，每个服务对应特定的功能，比如体温服务、心率服务等。一个服务包含一个或多个特征值（characteristic value），比如心率服务中就会有一个心率特征值。每个特征值必须占用一个特征申明结构，其中包括它的其它特性，它是服务端和客户端共享的读写空间，设备之间的数据信息交换就是通过特征值。

UUID 是代表服务与特征值的通用唯一标识。有 128 位与 32 位两种形式。有一些服务已经配分配为固定的 UUID，所以用户自定义的服务与特征值不能使用这些 UUID。

## 3.2 特征值的权限

Permissions（权限）定义了特征值的访问权限，比如规定某个特征值只能被读，或者可读可写等。

## 3.3 通信方式

已连接设备之间的通信方式：

Read：使用指定的 handle 读特征值；

Write：使用指定的 handle 写特征值；

Indication：某个特征值发送到客户端，需要确认；

Notification：某个特征值发送到客户端，不需要确认，设备向手机 APP 发送数据的方法。

## 3.4 广播

广播包的发送是单向的，不需要任何连接。设备发送广播包进入广播状态。

广播包可以包含特定的数据定义，最大 31 个字节。

广播包可以直接指定特定的设备，也可以不指定。

广播包中可以声明是可被连接的设备，或者是不可连接的设备

广播间隔是指两次广播时间之间的最小间隔（0.625ms 的倍数+随机延时），其中随机延时为 0~10ms，为了避免多个设备之间的数据碰撞。

DA14580 的 BLE 协议栈只在 37 通道中广播。