



Telink

B91 Audio Mesh（中文版）

AN-20221010-C1

Ver.0.1.0

2022/10/10

关键词

B91M, SIG MESH, Audio Mesh.

摘要

本文为 B91 Audio Mesh 的测试说明和代码简介。

Published by

Telink Semiconductor

**Bldg 3, 1500 Zuchongzhi Rd,
Zhangjiang Hi-Tech Park, Shanghai, China**

© Telink Semiconductor

All Right Reserved

Legal Disclaimer

This document is provided as-is. Telink Semiconductor reserves the right to make improvements without further notice to this document or any products herein. This document may contain technical inaccuracies or typographical errors. Telink Semiconductor disclaims any and all liability for any errors, inaccuracies or incompleteness contained herein.

Copyright © 2019 Telink Semiconductor (Shanghai) Ltd, Co.

Information

For further information on the technology, product and business term, please contact Telink Semiconductor Company (www.telink-semi.com).

For sales or technical support, please send email to the address of:

telinkcnsales@telink-semi.com

telinkcnsupport@telink-semi.com



更改历史

Version 0.3.0 (2023-06-08)

Section	Change Description
4	增加 多节点同时讲话功能 的描述
5	增加 节点和节点之间进行配对组网的功能 的描述

Version 0.2.0 (2023-04-27)

Section	Change Description
3.2	增加 SBC 编解码模式

Version 0.1.0 (2022-10-10)

This is the Initial release.

目录

更改历史	2
1. audio mesh 功能介绍	4
2. audio mesh 环境搭建与演示	5
2.1 audio mesh 演示环境搭建	5
2.2 audio mesh 演示功能	6
3. 技术特点及参数配置方法	9
3.1 支持 mesh relay	9
3.2 SBC/LC3 音频压缩算法	9
3.3 带宽	10
3.4 扩展长包	10
3.5 重传次数和重传间隔	10
3.6 语音播放时延	11
3.7 默认功率	12
3.8 使能 PA	12
4. 多节点同时讲话功能	13
5. 节点和节点之间进行配对组网的功能	14
5.1 功能说明	14
5.2 参考测试流程:	14
6. 代码流程	16
6.1 初始化流程	16
6.2 按键触发流程	16
6.3 音频发送处理流程	17
6.4 音频接收处理流程	18
6.5 抢占模式流程	18



1. audio mesh 功能介绍

audio mesh 是基于 SIG mesh 的通讯机制，增加 audio 实时传输功能。实现 一个人说话，多个人收听，并支持 relay，扩展节点距离。可用于对讲机等应用场景等。

对讲机应用：按键触发进入 讲话模式，支持抢占功能，支持 mesh relay 功能。



2. audio mesh 环境搭建与演示

2.1 audio mesh 演示环境搭建

1. 准备 3 个或以上 B91 开发板，跳线帽接线方式详见附图 1，和附图 2。

2. 烧录 bin 文件

BIN 文件可以使用已经编译好的 B91_mesh_audio_8kHz16bit.bin。

如果想自己编译，可以配置 SDK 相关的宏：

(1) AUDIO_MESH_EN 宏设置为 1

(2) RELAY_ROUTE_FILTER_TEST_EN(relay 测试功能)宏设置为 1

(3) CODEC_ALGORITHM_SEL 选择 SBC/LC3 算法

a. CODEC_ALGORITHM_SBC 为 SBC 算法，AUDIO_SAMPLE_RATE 固定为 AUDIO_24K。SBC_BIT_POOL 可配置为 26/20/17/12，对应压缩率为 4.53/5.71/6.67/8.89，压缩率越低，音质越好。

b. CODEC_ALGORITHM_LC3 为 LC3 算法，LC3 压缩率为 13.15，AUDIO_SAMPLE_RATE 可设置为 AUDIO_8K/AUDIO_16K，采样率越高，音质越好。

(4) 编译得到 BIN 文件

3. 所有开发板，都先擦除 1M flash

➤ 第一个开发板需要通过 BDT 工具在 flash 0xFF000 的位置先写入“0a 07 22 20”，即设置 mac 的低 4byte 为 0x2022070a。

注：这个动作只是为了在办公室短距离环境演示 mesh relay 效果。



- 其他开发板都烧录步骤 2 得到的 bin 文件，并断电重启。
- 4. 安卓手机安装 TelinkBleMesh apk 文件。
- 5. 根据其他文档的介绍，把这几个开发板组网。

2.2 audio mesh 演示功能

1. 示语音传输人说话的声音：（对讲机功能）

所有节点默认都没有在录音状态。

按下任意一个节点的 SW2 按键，红色指示灯一秒钟闪烁一次，表示进入录音模式。

此时该节点通过板子上的 MIC 采集人说话的声音，并通过 mesh 发送给其它所有节点，其它节点可以通过耳机或者音箱来播放，同时接收节点的红色 LED 灯会随声音大小做跳动。

注：建议用耳机接收，如果外接音箱，短距离会有回声干扰。

2. 演示抢占模式：

当有一个节点在处于录音状态时，在另一个节点上按下 SW2 录音键，则会通知前面的节点关闭录音，切换到当前节点进行录音。

3. 演示语音传输过程中的节点开关灯命令控制：

audio 功能生效状态下，点击 APP 首页的 ALL ON / ALL OFF.

4. 演示语音传输手机播放的音乐：

选择某一个节点，按附录 3 的接线图，把音频输入线连接好，并按图中红色圆圈内所示帽更改跳线方式(即把 J34 的 APLM-APL 和 ANLM-ANL 断开，然后连通 APLL-APL 和 ANLL-ANL)。点击手机音乐播放器的播放按钮，然后在其他节点即可听到音乐。

跳线的原因是：音频输入给 B91 的方式 有两种：一种是 通过 麦克风 采样，一



种是从 手机的音频数据线输入。 两种方式 是 二选一 的，通过跳线的方式切换。 所

以 演示完 麦克风 输入后，切换到 手机的音频数据线输入的模式，就要跳线。

5. 演示音频 mesh relay 模式：

- 保留 3 个节点 L1, L2, L3，其它节点可以断电。

L1 作为音频输入（手机音乐播放或者 MIC 采集对讲机功能）；

L2 作为中继节点，是前面指定 mac 为 0x2022070a 的节点；

L3 作为音频输出节点。

- 按下 L3 的 SW4 按键，此后，L3 只接收 L2 的信息，也就是如果 L2 断电，L3 无法接收 L1 发过来的信息。
- 按下 L1 的 SW2 开始传输语音，L3 能正常听到声音，即演示了 mesh relay 功能。



附图 1



附图 2



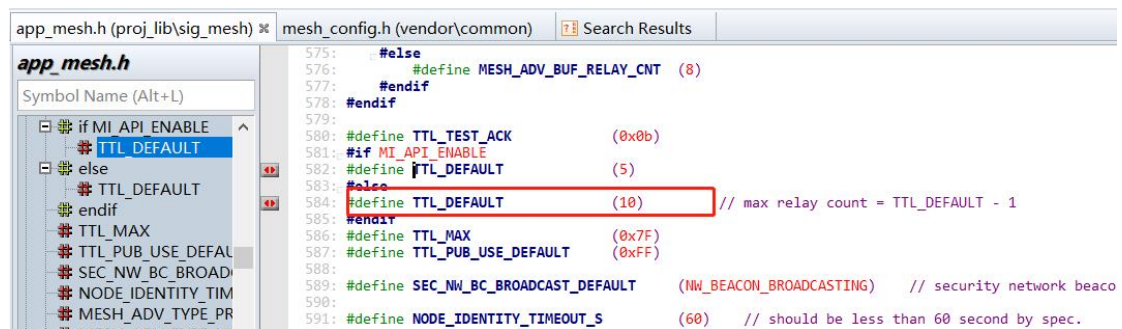
附图 3



3. 技术特点及参数配置方法

3.1 支持 mesh relay

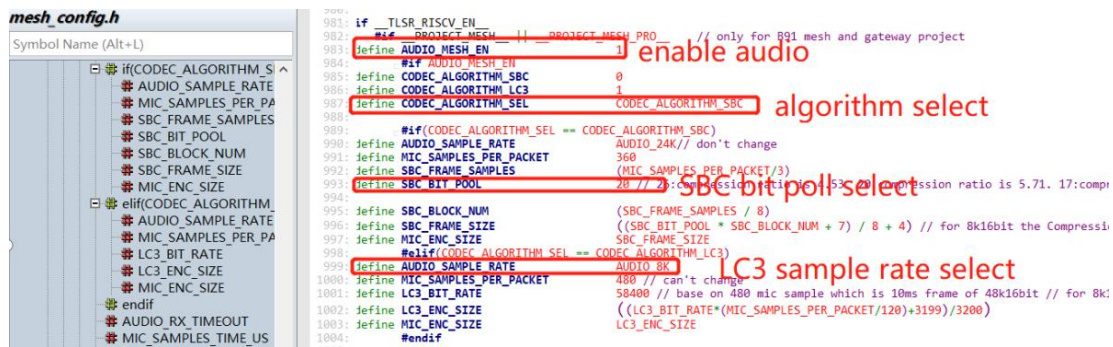
可以使 mesh 网络传输距离更远。我们 SDK 的 TTL 的值默认是 TTL_DEFAULT(0x0A)。



3.2 SBC/LC3 音频压缩算法

LC3：支持采样率为 8 kHz, 16 kHz，单声道。默认为 8kHz(AUDIO_SAMPLE_RATE)。目前 8kHz 和 16kHz 的 LC3 压缩比都是 13。比如传输 8k16bit 数据，压缩前需 16kbyte/s，压缩后 1.2kbyte/s。传输 16k16bit 数据，压缩前 32kbyte/s，压缩后 2.5kbyte/s。

SBC：支持采样率为 24k，单声道。采样后通过软件筛选到 8k，再采用 SBC 进行加解密。可通过 SBC_BIT_POOL 选择压缩率，SBC_BIT_POOL 值 26/20/17/12 对应的压缩率为 4.53/5.71/6.67/8.89。比如传输 8k16bit 数据，压缩前需 16kbyte/s，压缩后为 3.5k/2.8k/2.4k/1.8kbyte/s。

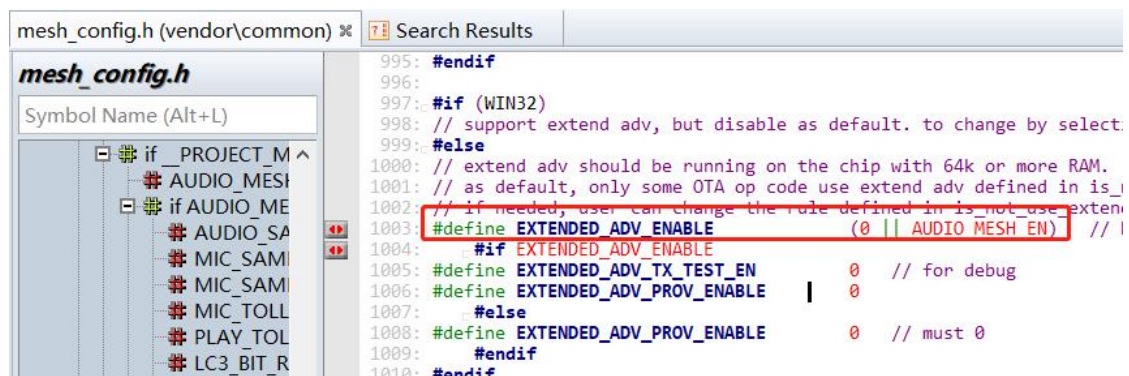


3.3 带宽

- ✧ BLE RF 一个 channel 占 2400~2480MHz 的多少 MHz, mesh audio 基于 BLE, 所以是 2MHz。
- ✧ BLE RF 空中包的 bit 流速率, 比如 BLE 的支持 1Mbps/2Mbps。mesh audio 基于 BLE, 采用的是 1Mbps。
- ✧ Audio 数据包有效 audio data 的压缩后的建议最大传输速率, mesh audio 是 2.5kbyte/s(即 20kbps)左右, 详细数据详见“[SBC/LC3 音频压缩算法](#)”小节。

3.4 扩展长包

Audio mesh 使用扩展广播包发送音频数据。当 `AUDIO_MESH_EN` 打开后, 扩展广播包也就同样会被打开。



3.5 重传次数和重传间隔

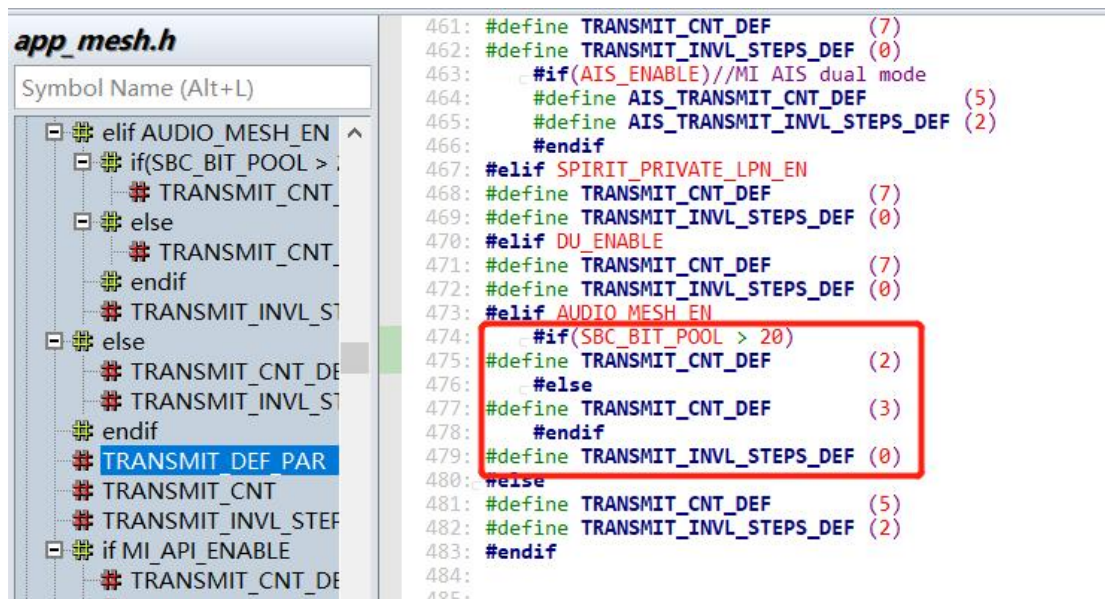
对于 audio mesh, 重传次数为 (`TRANSMIT_CNT_DEF+1`) 次, 重传间隔

(`TRANSMIT_INVL_STEPS_DEF+1`) * 10 ms。重传次数是 3, 即共发送 4 次 (`SBC_BIT_POOL`



为 26 时发 3 次)。重传间隔是 0，即为 10ms 加上 0 到 10ms 的随机延时，也就是 10~20ms。

发一个 mesh 包的总时长为 40~80ms。



3.6 语音播放时延

时延=采样时间+命令发送时间。

LC3：由于音频采样的时候，需要把 3 帧数据采样完成，才发送出去，以及命令发送也需要一点时间，所以会存在一个播放时延。一帧数据 480 个采样点，8K 采样率时是 60ms，16K 时是 30ms。命令发送的时间约 80ms，所以不同采样率的时延是：

8K 时延是： $60 \times 3 + 80 = 240\text{ms}$ ，

16K 时延是： $30 \times 3 + 80 = 170\text{ms}$ 。

SBC：采样率为 24k，帧长为 360，采样一帧的时间为 15ms。SBC_BIT_POOL 为 26 时，采样 3 帧后发送，时延为 $15\text{ms} \times 3 + 80 = 125\text{ms}$ ；SBC_BIT_POOL 为 20 时，采样 5 帧后发送，时延为 $15\text{ms} \times 5 + 80 = 155\text{ms}$ ；SBC_BIT_POOL 为 17 时，采样 6 帧后发送，时延为 $15\text{ms} \times 6 + 80 = 170\text{ms}$ ；SBC_BIT_POOL 为 12 时，采样 8 帧后发送，时延为 $15\text{ms} \times 8 + 80 = 200\text{ms}$ 。



3.7 默认功率

能量值默认为 3db，即 RF_POWER_INDEX_P3p25dBm (MY_RF_POWER_INDEX)。开发者可最大修改为 9db，即 RF_POWER_INDEX_P9p11dBm。

3.8 使能 PA

当需要使能 PA 时，可将 PA_ENABLE 设置为 1。测试时默认使用带 PA 功能的 C1T213A16_V1.3 板子进行测试，所以需要设置 PCBA_B91_SEL 为 PCBA_ADK80D_C1T213A16_V13。

默认采用硬件 PA 方式，即 USE_SOFTWARE_PA 为 0。建议客户使用支持硬件 PA 的 IO 口。也就是 rf_lna_rx_pin_e 和 rf_pa_tx_pin_e 提到的 IO 口，比如：

```
typedef enum {  
    RF_RFFE_RX_PB1 = GPIO_PB1, /**< pb1 as rffe rx pin */  
    RF_RFFE_RX_PD6 = GPIO_PD6, /**< pd6 as rffe rx pin */  
    RF_RFFE_RX_PE4 = GPIO_PE4 /**< pe4 as rffe rx pin */  
} rf_lna_rx_pin_e;  
  
typedef enum {  
    RF_RFFE_TX_PB0 = GPIO_PB0, /**< pb0 as rffe tx pin */  
    RF_RFFE_TX_PB6 = GPIO_PB6, /**< pb6 as rffe tx pin */  
    RF_RFFE_TX_PD7 = GPIO_PD7, /**< pd7 as rffe tx pin */  
    RF_RFFE_TX_PE5 = GPIO_PE5 /**< pe5 as rffe tx pin */  
} rf_pa_tx_pin_e;
```

如果需要使用不支持硬件 PA 的管脚，请修改相应的 IO 后，设置 USE_SOFTWARE_PA 为 1，即可。软件 PA 在 V3.1.0.1 及之后的版本才支持。



4. 多节点同时讲话功能

默认配置情况下，属于对讲机模式，同一时间只支持一个节点讲话，另外一个节点要讲话的时候，会发出抢占命令，关闭前面节点的讲话状态。

当打开 宏开关 `AUDIO_MESH_MULTY_NODES_TX_EN` 后，将支持多个节点讲话。一个节点需要进入讲话状态的时候，不再发送 抢占命令。

同时讲话的最大节点数由 `AUDIO_RX_NODES_MAX` 定义，客户可修改。

当节点 A 按下讲话功能按键，处于讲话状态后，如果连续 1 秒(`AUDIO_RX_TIMEOUT`) 没有发出声音，则接收端会自动清除该节点的信息，当前正在讲话的节点数会减 1。当节点 A 需要再次说话的时候，无需再按下按键，直接说话即可。



5. 节点和节点之间进行配对组网的功能

5.1 功能说明

在没有 App 和网关情况下，节点和节点之间进行配对组网的功能。打开 PAIR_PROVISION_ENABLE 即可，默认关闭。

主要流程如下：

- (1) 刚开始时所有节点都处于未组网状态。
- (2) 短按任意节点的组网按键 SW4，该节点会创建网络，使用随机数生成 key 信息。然后会把周边的未组网节点都组进来。
- (3) 当后续有其它未组网节点需要加入到该网络时，短按任意一个已经组网过的节点的组网按键 SW4，则可将该未组网节点成功加入到该网络。
- (4) 长按组网按键 SW4，会发出解散网络命令。所有在线节点都会恢复到出厂设置状态。

5.2 参考测试流程：

初始状态说明：8 个节点分别命名为 ABCDEFGH。

(1) 测试场景 1：一个 provisioner，一次性组网所有节点

初始状态：所有 8 个节点都处于未组网模式，且都处于上电状态。

开始自动组网：短按 A 节点的 SW4 按键，创建网络，A 节点的地址为 0x0001；然后红灯自动开始闪烁，进入扫描模式，每扫描到一个节点就组网一个，组网完成再扫描，再组网。。。直至所有节点组网完成。

测试音频功能

解散网络：长按 SW4 7 秒钟，所有节点的红灯开始闪烁，即表示每个节点都触发了恢复出厂设置

测试场景 2：多个 provisioner 进行组网

初始状态：所有 8 个节点都处于未组网模式，ABC 3 个节点处于上电状态，DEFGH 处于断电状态。

开始自动组网：短按 A 节点的 SW4 按键，红灯自动开始闪烁进行组网，几秒后 ABC 都组网完成。等待 A 停止红灯闪烁，退出组网模式。

A 节点连续扫描 10 秒收不到新的未组网节点，则退出组网模式，红灯停止闪烁。

DEF 上电

新的 provisioner 进行组网：短按 C 节点的 SW4 按键，红灯自动开始闪烁进行组网，几秒后 DEF 都组网完成。等待 C 停止红灯闪烁，退出组网模式。

GH 上电

新的 provisioner 进行组网：短按 D 节点的 SW4 按键，红灯自动开始闪烁进行组网，

几秒后 GH 都组网完成。等待 D 停止红灯闪烁，退出组网模式。

测试音频功能

解散网络：长按 SW4 7 秒钟，

测试场景 3：部分节点不在线的组网流程。

初始状态：所有 8 个节点都处于未组网模式，ABCD 4 个节点处于上电状态，EFGH 处于断电状态。

开始自动组网：短按 A 节点的 SW4 按键，红灯自动开始闪烁进行组网，几秒后 ABCD 都组网完成。等待 A 停止红灯闪烁，退出组网模式。

ABCD 断电

EFGH 上电

新的 provisioner 进行组网：短按 E 节点的 SW4 按键，红灯自动开始闪烁进行组网，几秒后 EFGH 都组网完成。等待 E 停止红灯闪烁，退出组网模式。

ABCDEFGH 8 个节点都处于上电状态

测试音频功能： A 说话，另外 7 个都能接收(其中一个用耳机听，其它 6 个确保绿灯都在闪烁，即表示收到了声音)

B 说话，另外 7 个都能接收(其中一个用耳机听，其它 6 个确保绿灯都在闪烁，即表示收到了声音)

C 说话，另外 7 个都能接收(其中一个用耳机听，其它 6 个确保绿灯都在闪烁，即表示收到了声音)

D 说话，另外 7 个都能接收(其中一个用耳机听，其它 6 个确保绿灯都在闪烁，即表示收到了声音)

E 说话，另外 7 个都能接收(其中一个用耳机听，其它 6 个确保绿灯都在闪烁，即表示收到了声音)

F 说话，另外 7 个都能接收(其中一个用耳机听，其它 6 个确保绿灯都在闪烁，即表示收到了声音)

G 说话，另外 7 个都能接收(其中一个用耳机听，其它 6 个确保绿灯都在闪烁，即表示收到了声音)

H 说话，另外 7 个都能接收(其中一个用耳机听，其它 6 个确保绿灯都在闪烁，即表示收到了声音)

解散网络：长按 SW4 7 秒钟，



6. 代码流程

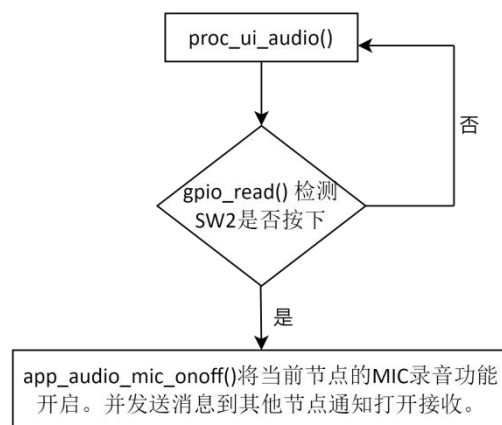
6.1 初始化流程

`app_audio_init()`:对 audio 进行初始化设置,如采样速率(代码中为 8K),以及压缩算法的编解码的初始化等。

节点默认都处于接收模式,也就是非讲话模式。按 SW2 打开,另外抢占也是通过按 SW2 实现。

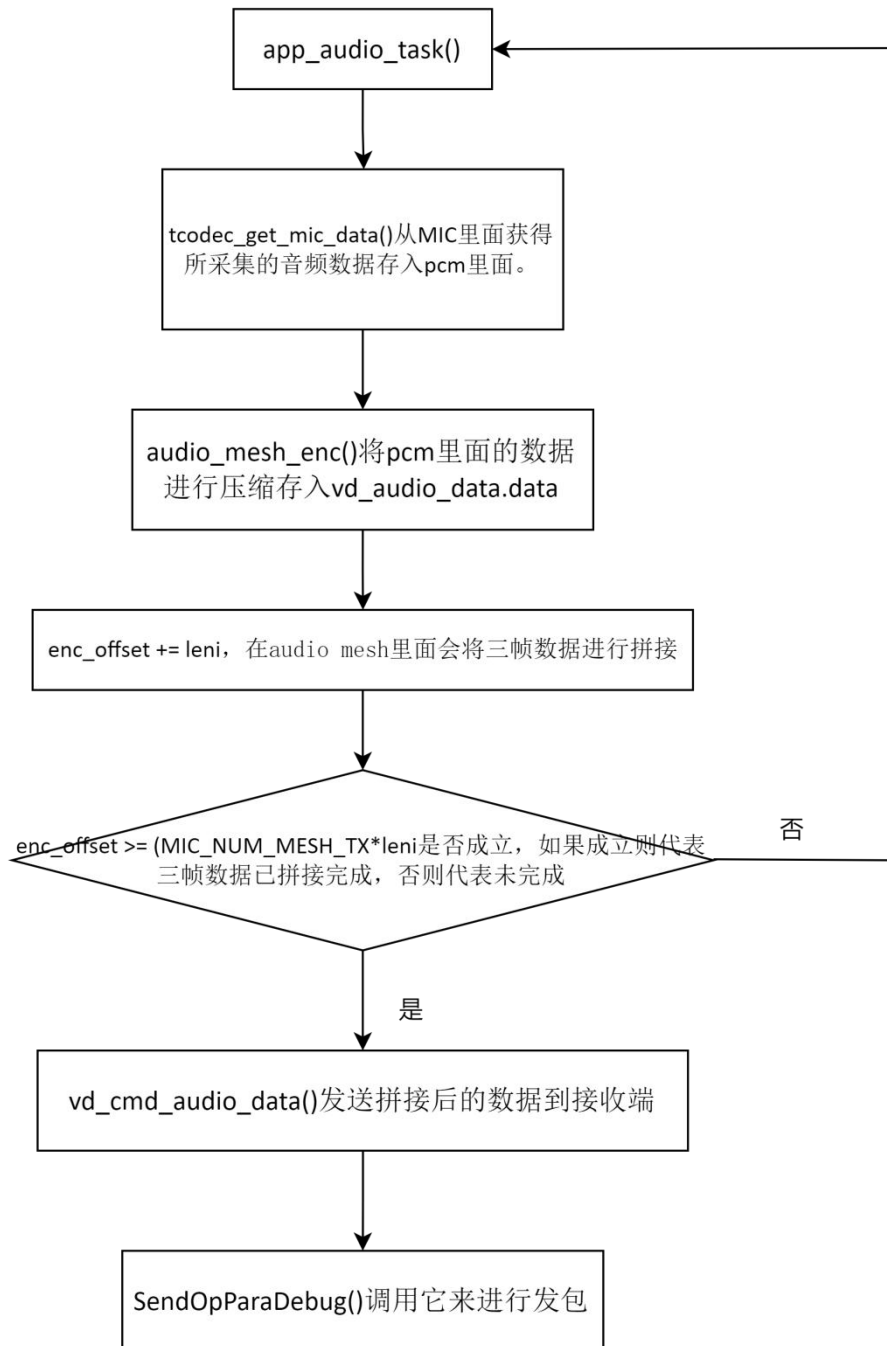
6.2 按键触发流程

按键(SW2)打开节点录音功能的流程说明:



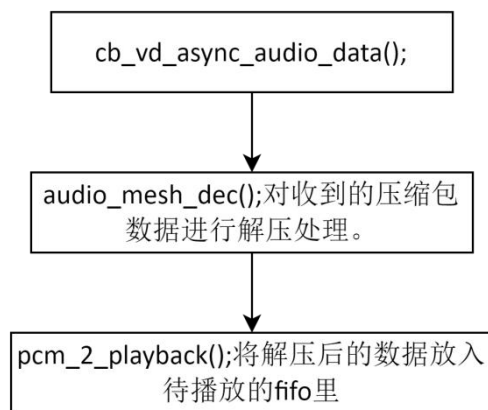


6.3 音频发送处理流程



64 音频接收处理流程

接收端收包流程：具体的收包流程请阅读 SIG MESH SDK 手册。这里只对 audio 相关内容进行说明。在收包流程的最后，会根据 OP 来选择回调不同的函数。这里的 OP 为 VD_ASYNC_AUDIO_DATA，故会去调用 `cb_vd_async_audio_data()`，在它里面会对收到的数据进行处理。这里会对 `cb_vd_async_audio_data()` 里面的流程进行说明。



6.5 抢占模式流程

抢占模式说明：当有其它节点正在说话的时候，按下 SW2 后，VD_GROUP_G_SET_NOACK 出去，让对方自动退出说话模式，然后自己进入说话模式。