



XR806 PA 器件 使用指南

版本号：1.0

发布时间：2020-11-10

版本历史

版本	日期	责任人	版本描述
1.0	2020-11-10	AWA0997	创建文档。

目录

版本历史	i
目录	ii
图片目录	iii
1 前言	4
1.1 文档简介	4
1.2 目标读者	4
1.3 适用范围	4
1.4 文档约定	4
1.4.1 标志说明	4
2 概述	5
2.1 背景说明	5
2.2 规格特性	5
2.3 文件位置	5
3 技术说明	6
3.1 POP Noise 产生的原因	6
3.1.1 功放选型不当	6
3.1.2 功放输入阻抗不匹配	8
3.1.3 不合理的系统时序	10
3.2 POP Noise 的排查方法	10
4 示例说明	11
4.1 XR806 平台调试示例	11
4.1.1 示例简介	11
4.1.2 PA 选型	11
4.1.3 外围电路设计	12
4.1.4 驱动说明	13
4.1.5 板级参数配置	13
5 常见问题	15
5.1 播放出现丢帧情况	15

图片目录

图 3-1	CODEC 播放通路.....	6
图 3-2	PA 启动时间.....	7
图 3-3	PA 关闭时间.....	7
图 3-4	模拟输入级等效模型.....	8
图 3-5	差分输入偏置电压建立过程.....	8
图 3-6	输入阻抗匹配.....	9
图 3-7	使用运放建立隔离的阻抗网络.....	9
图 4-1	ANT8110 datasheet 参数.....	11
图 4-2	ANT8110 启动时间参数.....	12
图 4-3	ANT8110 关闭时间参数.....	12
图 4-4	XR806 上 ANT8110 参考电路.....	13

1 前言

1.1 文档简介

本文针对 XR806 在音频播放应用中，喇叭器件产生 POP Noise 的原因进行理论分析，并归纳 POP Noise 的排查与调试方法。

1.2 目标读者

音频软件驱动开发、硬件调试等相关人员。

1.3 适用范围

此文档适用于 XR806 SDK，支持 XR806 系列芯片产品。

1.4 文档约定

1.4.1 标志说明

本文档采用各种醒目的标志来表示在操作过程中应该特别注意的地方，这些标志的含义如下：

标识	说明
 警告	该标志后的说明应给予格外关注，如果不遵守，可能会导致人员受伤或死亡。
 注意	提醒操作中应注意的事项。不当的操作可能会损坏器件，影响可靠性、降低性能等。
 说明	为准确理解文中指令、正确实施操作而提供的补充或强调信息。
 窍门	一些容易忽视的小功能、技巧。了解这些功能或技巧能帮助解决特定问题或者节省操作时间。

2 概述

2.1 背景说明

POP Noise 是指音频器件（如 CODEC、Audio Amplifier）在上电、断电瞬间，或已经上电稳定后，各种操作所带来的瞬态冲击，形成的“POP”声。它本质上是，喇叭两端电压的变化（使用者不想要的异常变化）推动喇叭发出的声音。

POP Noise 会给用户带来较差的体验，因此我们总是采取各种方法去避免其发生，从系统级设计到软件层次采用的策略等方面。

2.2 规格特性

支持市面上常用的带开关控制的模拟功放。

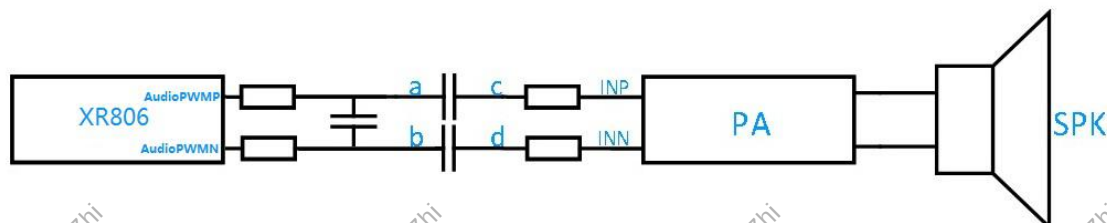
2.3 文件位置

文件名	文件位置
hal_snd_card.c	src/driver/chip
hal_snd_card.h	include/driver/chip
board_config.c	project/common/board/...

3 技术说明

如图 3-1 所示，XR806 内置 CODEC 输出是 PWM 信号，它需要连接外置功放（PA）才能驱动喇叭发出声音。主芯片输出通过耦合电容连接功放 INP/INN 脚。外置功放型号各异，通常由客户自行选择。应用中，外置 PA 的选型或不合适的操作时序都有可能引起不必要 POP Noise。

图 3-1 CODEC 播放通路



XR806 Audio PWM 输出必须采用差分接法。

3.1 POP Noise 产生的原因

POP Noise 产生的原因有三种：功放选型不当，功放输入阻抗不匹配以及不合理的系统时序。

3.1.1 功放选型不当

对于 PA 器件属性的描述，除了工作电压、额定功率、增益、信噪比、失真、效率等参数外，还需关注与 POP 声有关联的几个重要参数：输出失调电压（ V_{OS} ），启动时间（ T_{ON} 或 T_{ST} ）、关闭时间（ T_{SD} ）。如 PA 选型不当，则可能因 PA 器件本身不“达标”的设计，产生 POP Noise。

PA 的使能脚/SHDN 控制了 PA 的开启或关闭，不同的 PA 在工作状态时的/SHDN 电平会不同。大部分的功放，如下文示例中的 ANT8110 功放，当/SHDN 电平置高时 PA 处于开启状态，低电平时处于关闭状态。亦有例外，需要注意。以下文中皆以/SHDN 置高代表 PA 开启，/SHDN 拉低代表 PA 关闭为例进行描述。

➤ 失调电压（ V_{OS} ）

短接运放的两个输入端并连接到地，将会在输出端存在一个直流偏置电压，即输出失调电压 V_{OS} 。该值小，则上电时对喇叭的“冲击”声音小（至人耳不可闻）；该值大，则对喇叭的“冲击”声音大，可能引起 POP 声。各家芯片参数不一，通常在 0mV 至几十 mV 之间，建议选取 Typical $V_{OS} < 10mV$ 的器件。



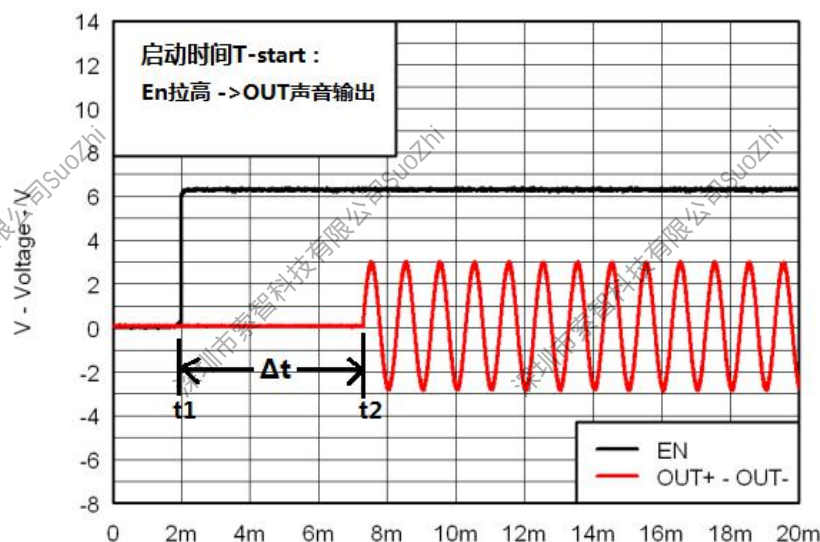
直流偏置（DC offset）：在交流信号中存在直流信号成分的现象。

➤ 启动时间（ T_{ON} 或 T_{ST} ）

PA 的启动时间是指从功放/SHDN 脚使能为高后到可以正常输出信号所经历的时间，即图 3-2 中的 $\Delta t = t_2 - t_1$ 。各家芯片的 T_{ST} 参数不一，通常在几 ms 至几百 ms 之间。它表征 PA 从上电至能稳定工作的建立时间。

应用中需要等待 PA 建立稳定状态后，才能输送音频数据，否则可能导致声音丢帧。过大的 T_{ST} 会使得声音输出产生延迟。从经验看， $T_{ST} < 200ms$ 都不会影响体验。值得注意的是， T_{ST} 并非越小越好，见 2.2.2 节，合适的 T_{ST} 有利于消除 PA 输入阻抗不匹配带来的 POP 声。建议选取 $20ms < \text{Typical } T_{ST} < 200ms$ 的器件。

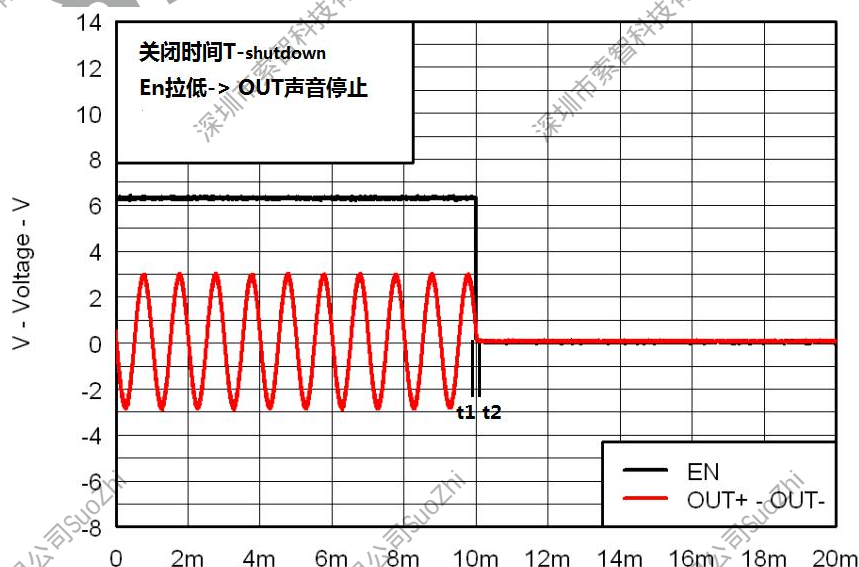
图 3-2 PA 启动时间



➤ 关闭时间 (T_{SD})

PA 的关闭时间是指从功放/SHDN 脚关闭为低到声音输出信号停止所经历的时间，即图 3-3 中的 $\Delta t = t_2 - t_1$ 。应用中停止播放时，需要先关闭 PA 使能引脚，等待 T_{SD} 时间后再关闭主控 LINEOUT 输出，否则 PA 在未完全关闭状态时，LINEOUT 输出的电平变化，将可能导致 POP noise。通常各家芯片该值都可以做得很小，基本在 1ms 以下。即/SHDN 脚拉低后，声音立刻 mute 掉了。

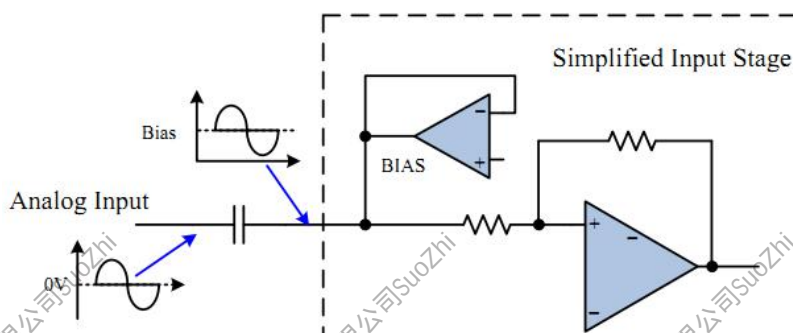
图 3-3 PA 关闭时间



3.1.2 功放输入阻抗不匹配

目前市面上小功率 PA 主要还是以模拟输入为主。本小节说明针对的是单电源的**模拟输入功放**。这类功放的模拟输入必须工作在直流偏置（DC BIAS）点上才可以正常传输交流音频信号，简化的输入级模型如图 3-4 所示。

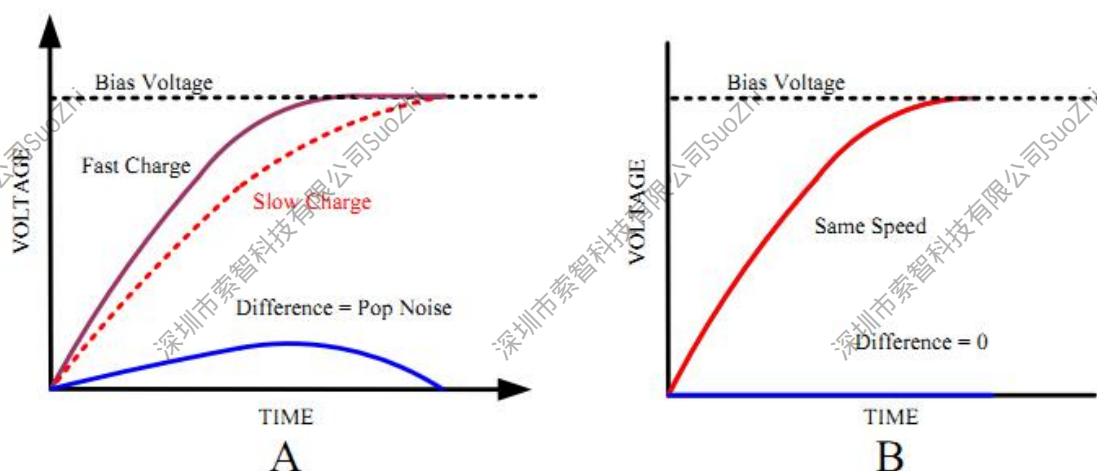
图 3-4 模拟输入级等效模型



功放在启动时，偏置电压会从 0V 上升到额定的偏置电压，该过程的时间长短取决于内部偏置电压源对外部阻抗网络的充电速度。

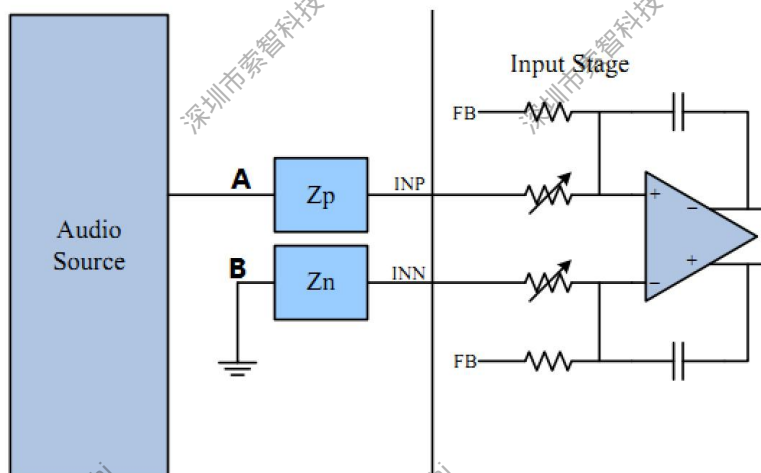
PA 的输入 INN 和 INP 的偏置电压建立的过程如图 2-5 所示，若差分输入 N 和 P 端的输入偏置电压建立速度不一样（如图 3-5A 所示）则两者之差会形成差分信号输入功放并被放大输出，形成启动时的 POP 声。差分输入端偏置电压建立过程的不平衡通常是因为输入级 INN 和 INP 外部的阻抗不匹配所致。这种情况最容易出现在差分输入 PA 用作单端（伪差分）输入状态时。

图 3-5 差分输入偏置电压建立过程



如图 3-6 所示，功放的 INN 输入端外部阻抗为 Z_n ，通常 Z_n 为耦合电容。主芯片输出阻抗一般很小，可认为输出阻抗为零，则 INP 输入端外部阻抗约为 Z_p 。功放启动时内部的偏置电压会逐步建立，其过程即为向 Z_n 和 Z_p 阻抗网络充电的过程。若 Z_n 和 Z_p 阻抗相差太大，INN 和 INP 之间就会形成较大的差分信号，该差分信号被功放放大之后则形成 POP 声。

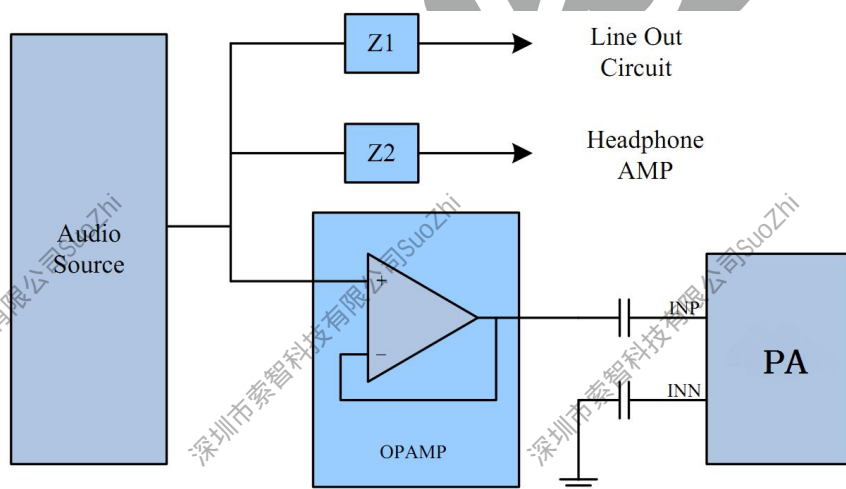
图 3-6 输入阻抗匹配



但是，若上述启动时对输入阻抗网络的充电稳定时间小于 PA 启动时间 T_{ST} ，则因阻抗不匹配引起的差分输入也不会被放大而带来 POP 声的问题。基于这个原因，可以减小 Z_n 和 Z_p 中的电容参数以缩短输入级稳定时间，解决因阻抗失配带来的 POP 声问题。但减小电容会使得低频增益降低，用户需酌情考虑。

在某些系统中，主芯片的音频信号输出不仅需要连接到功放输入，还要输出到 Line Out（线路输出），或者其他的芯片进行处理，如图 3-7 所示。该种情况下输入级的网络比较复杂，单端输入模式的阻抗匹配不容易实现。为了解决这个问题，可以使用运放接成一个简单的跟随器来建立一个隔离的阻抗输入系统。跟随器的输入阻抗很高，对源信号没有影响。其输出阻抗非常低，可良好匹配 PA 的输入阻抗网络。

图 3-7 使用运放建立隔离的阻抗网络



综上所述，使用单端输入模式时需注意以下几点：

- 相比于 PA 差分输入方式，单端输入模式应用时需要更加注意音频信号的走线和地平面的分布。尽量以伪差分走线，图 3-1 中 b 点的地从 a 点近 IC 端附近选取，既为了阻抗匹配，也为了抑制公模干扰信号。
- 为了阻抗匹配， Z_p 和 Z_n 的 R/C 封装、阻容值选取与 datasheet 保持一致（包括某些 PA 会有 bypass 电容）。必要时，减小 Z_n 和 Z_p 中的电容参数以缩短输入级稳定时间。
- 单端输入模式尽量不要在输入级使用复杂的滤波网络。若必须在输入级进行滤波或增益设置，请参考上图 3-7 使用运放进行隔离。

3.1.3 不合理的系统时序

一般的应用场景中，大部分 POP Noise 问题都是系统时序的问题引起。在系统设计时需要注意主芯片和外部 PA 器件的启动时序。启动时序分为**电源时序**和**使能时序**两种。电源时序是指系统中各种芯片电源供电或断电的时序。而使能时序可理解为系统供电稳定后由系统主控决定的器件功能使能的先后次序。

对于**电源时序**来说，由于多数主芯片的音频输出在上电和断电过程中不太稳定，理想的上电次序是系统主芯片先于外部 PA 上电，然后 PA 的 PVCC 再供电。断电的理想时序正好相反，即 PA 的电源先切断，然后再切断主控芯片的供电。

但是外置 PA 的 PVCC 通常取自于系统的主电源（例如 XR806 的 VCC-BAT），该电源一般在开机后最先输出。随后再通过 DC/DC 或 LDO 降压给主芯片供电。所以 PA 一般在主芯片稳定前已经供电并启动。这种应用中，上电时必须保证 PA 的 /SHDN 脚处于拉低状态，避免主芯片上电过程中的 POP 声输出。掉电时，也需先将 PA 的 /SHDN 脚置于拉低状态，避免主芯片掉电时的 POP 声输出，最后关闭电源 PVCC。通常情况下，正常的上/下电过程的 POP 声较容易解决，但非正常关闭电源（例如人为关闭、强制关机）时，PA 逻辑失控，则需要使用掉电检测电路将 PA 的 /SHDN 快速拉低来解决掉电 POP 声的问题。由于绝大部分产品，对于非正常掉电产生 POP 声可以容忍，因此关于掉电的检测电路，在此不做详细描述。

对于**使能时序**来说，由于主芯片的音频模拟输出的偏置电压一般在 LIENOUT 使能后建立，此时需要保持外置 PA 的 /SHDN Pin 脚拉低，等待主芯片模拟输出的偏置电压稳定后才可以将 /SHDN Pin 释放。相反，播放停止时，需要先关闭 /SHDN Pin，再关闭主芯片的模拟输出信号。这样的时序是为了保证主芯片模拟输出的偏置电压上电或下电时不会引起 POP 声。

3.2 POP Noise 的排查方法

如上所述，应用中 POP Noise 在终端表现可能一样，但产生的原因却可能有多种。因此在 XR806 的音频输出应用中，首先按照 3.1 节的原则做好 PA 选型、外围电路设计等工作，如在产品中出现了 POP 声，则按以下几个步骤，快速排查产生 POP 声的原因，并做相应处理。

1. **隔离功放输入和主芯片输出：**出现 POP 声后，首先要将主芯片的输出（图 3-1 中 a 点）断开，并将功放输入源交流短路到地（即 a 点和 b 点接地）。此时控制 /SHDN 脚电平反复开启/关闭 PA。若 POP 声仍然存在，则说明功放器件本身或外围电路存在问题。若 POP 消失，则跳到步骤 3，进行下一步验证。
2. **确认 Zp 和 Zn 的阻抗匹配：**a、是否存在复杂滤波网路；b、R/C 封装、阻容值保持一致，且阻容值大小选取符合 PA datasheet 建议原则（例如：阻容值太大将使得 PA 共模建立时间超过 Vos 导致 POP 声）。如确认 Zp/Zn 无误后，POP 声仍然存在，则判断功放器件质量较差，请更换物料。若阻抗匹配不满足，则参考 3.1.2 节进行调整。
3. **确认主控与 PA 的系统时序：**在确认功放无输入情况下，开关 PA 无 POP 声后，用多通道示波器同时量测主控输出端（a 点）、PA 使能信号（/SHDN）两个信号，满足时序：播放开启时，主控输出使能---->延时等待主控 DC 点建立完成（a 点）---->PA 使能（/SHDN 拉高）---->延时等待 TON 输出音频数据流；播放关闭时，停止音频数据流---->PA 关闭（/SHDN 拉低）---->延时等待 TSD 关闭主控输出。

4 示例说明

4.1 XR806 平台调试示例

4.1.1 示例简介

本节以 XR806 平台为例，调试一款 PA，示例如何避免 POP Noise 问题。

4.1.2 PA 选型

ANT8110 是深圳安耐科公司的一颗单通道 Class D 音频功放，功率 3W@4 ohm，用于蓝牙音箱和车载 GPS 等应用。其重要性能参数如下：

图 4-1 ANT8110 datasheet 参数

限定条件：（VDD=5V，TA=25℃，RL=4ohm，f=1kHz）

参数	符号	条件	最小值	标准值	最大值	单位
直流参数						
电源电压	VDD		2.8		5.5	V
Shut down 电流	I _{sd}	/SD=0, No load		0.1	5	uA
静态工作电流	I _{dd}	/SD=1 V _{in} =0		5	8	mA
输出失调电压	V _{os}			5	20	mV
振荡器频率	F _{osc}		350	450	550	kHz
效率		P _{out} =2W RL=4ohm		86		%
交流参数						
输出功率	P _o	RL=4ohm, THD=10%		3		W
		RL=4ohm, THD=1%		2.25		W
		RL=8ohm, THD=10%		1.7		W
		RL=8ohm, THD=1%		1.3		W
谐波失真	THD	P _{out} =1.5W, RL=4ohm		0.13		%
信噪比	SNR			90		dB
电源电压抑制比	PSRR	f=1k		70		dB

但是，datasheet 里没有标明启动时间 T_{ST} 和关闭时间 T_{SD} 的具体值（一般品牌厂家都会标明），因此需要用示波器测量出来。断开 a、b 两点，从 a、b 点持续输入差分 1K 正弦信号，开关/SHDN，同时测量功放使能引脚和功放输出引脚的波形，如图 4-2 和图 4-3 所示，T_{ST} 约为 80ms，T_{SD} 远小于 1ms，在几 us 级别。

图 4-2 ANT8110 启动时间参数

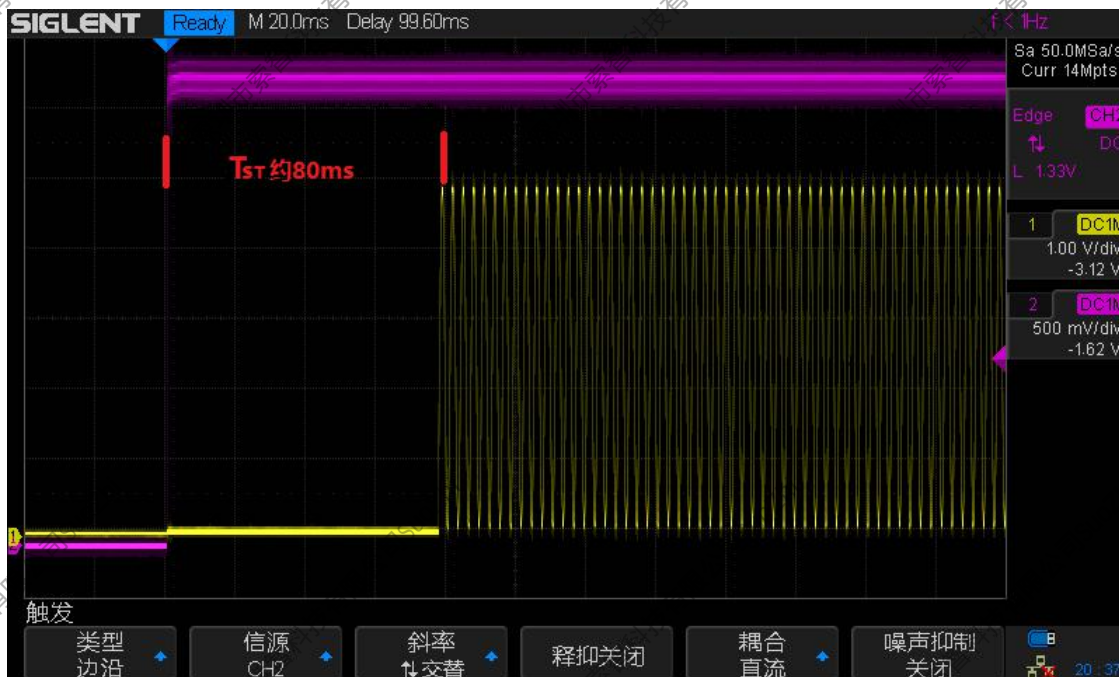
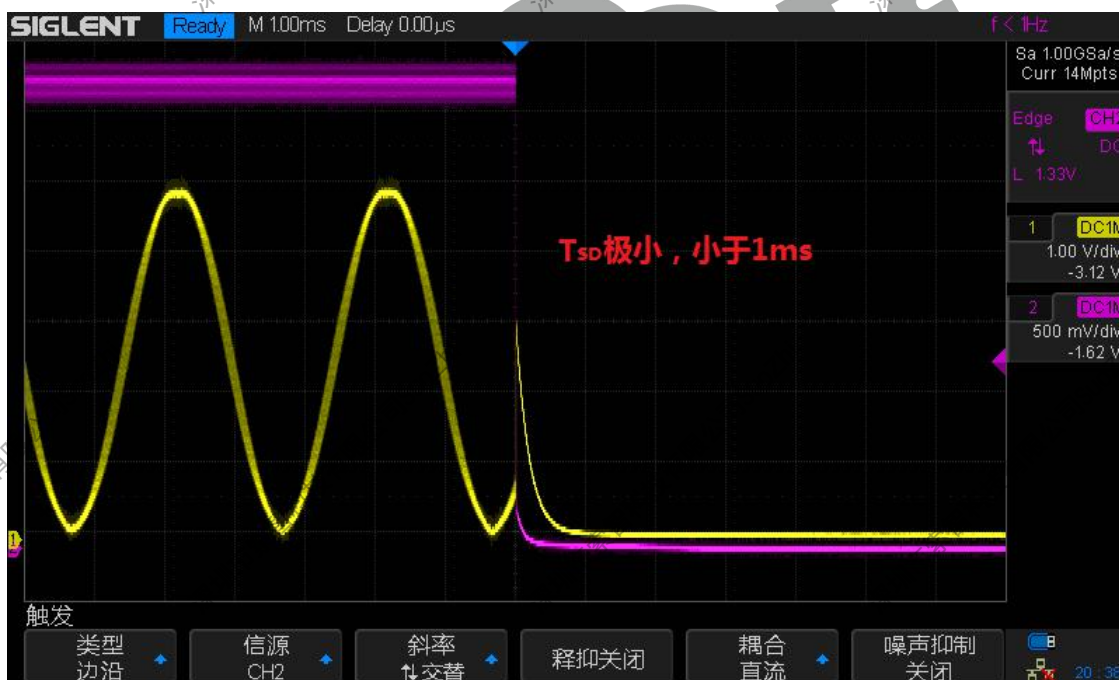


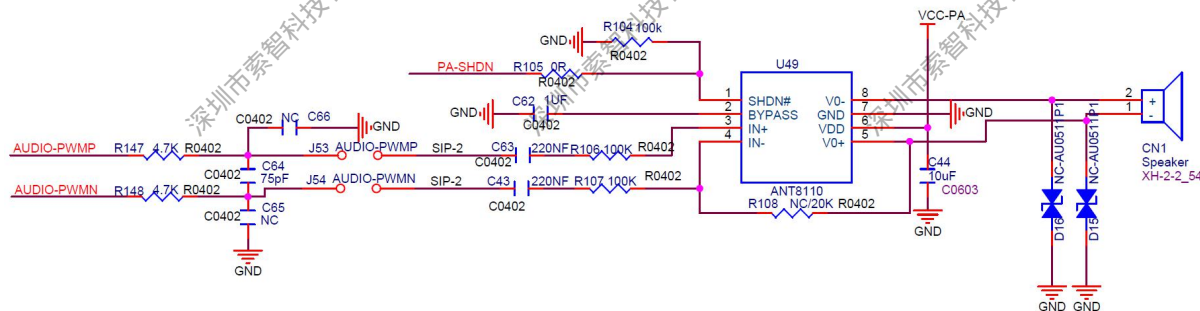
图 4-3 ANT8110 关闭时间参数



4.1.3 外围电路设计

ANT8110 外围与 datasheet 推荐电路基本一致, R106/R107 为 100KΩ, 与内置反馈电阻 R_f=360KΩ组成约 3 倍增益, 这里 C63/C43 的容值变大, 推荐是 56nF, 此处是 220nF。这样做的好处是低频响应会更好, 但 PA 的 DC 建立时间会变长 (只要保证 DC 建立时间不超过 T_{st} 即可)。

图 4-4 XR806 上 ANT8110 参考电路



4.1.4 驱动说明

XR806 声卡驱动中会在 HAL_SndCard_Open 接口中使能 PA 输出,如下代码所示,通过 HAL_GPIO_WritePin 接口使能 PA 输出, 使能功放前后均可配置一定的延时。

```
HAL_Status HAL_SndCard_Open(Snd_Card_Num card_num, Audio_Stream_Dir stream_dir, struct
pcm_config *pcm_cfg)
{
    .....
    if(stream_dir == PCM_OUT){
        if(sound_card->pa_switch_ctl){
            if(sound_card->pa_switch_ctl->on_delay_before)
                HAL_MSleep(sound_card->pa_switch_ctl->on_delay_before);
            HAL_GPIO_WritePin(sound_card->pa_switch_ctl->pin_param->port,
                sound_card->pa_switch_ctl->pin_param->pin, sound_card->pa_switch_ctl->on_state);
            if(sound_card->pa_switch_ctl->on_delay_after)
                HAL_MSleep(sound_card->pa_switch_ctl->on_delay_after);
        }
    }
    return HAL_OK;
    .....
}
```

4.1.5 板级参数配置

XR806 需要对具体的板级硬件环境配置板级参数,打开工程所对应的 board_config.c 文件,找到 PA 参数配置结构体:

```
typedef struct
{
    uint16_t on_delay_before;
    uint16_t on_delay_after;
    GPIO_PinState on_state;
    const GPIO_PinMuxParam *pin_param;
    uint8_t pin_param_cnt;
```

```
} Pa_Switch_Ctl;
```

参数说明如下：

表 4-1 PA 参数说明

参数	说明
pin_param->port	PA 使能引脚的 PORT
pin_param->pin	PA 使能引脚的 PIN
pin_param->config	PA 使能引脚的初始化配置
pin_param_cnt	PA 使能引脚 Pin 参数配置数组个数
on_state	PA 使能所对应的电平
on_delay_before	PA 使能前延时时间，单位 ms
on_delay_after	PA 稳定时间（使能后延时时间），单位 ms

配置步骤如下：

1. 根据实际电路将 PA 使能管脚对应的 GPIO 填充 port、pin 参数以及其功能配置 pin_param->config、配置个数 pin_param_cnt。
2. 根据 PA 数据手册获取 PA 使能管脚电平与工作状态关系，即高电平还是低电平使能，然后填充 on_state 参数。如 PA 是高电平使能，则需要将 on_state 配置为 GPIO_PIN_HIGH，相反则配置为 GPIO_PIN_LOW。
3. 配置 on_delay_after 参数。SDK 默认情况下，on_delay_after 配置为 100。如果出现播放丢帧的情况，可以适当调大 on_delay_after 的值。准确的 on_delay_after 值获取可以根据 PA 数据手册或者通过仪器测量。

5 常见问题

5.1 播放出现丢帧情况

表 5-1 播放出现丢帧情况

可能原因	措施
播放时没等待 PA 稳定工作时就开始输送音频数据	获取 PA 稳定输出的时间，更新工程配置文件的 on_delay_after 值。

著作权声明

版权所有©2020 广州芯之联科技有限公司。保留一切权利。

本文档及内容受著作权法保护，其著作权由广州芯之联科技有限公司（“芯之联”）拥有并保留一切权利。

本文档是芯之联的原创作品和版权财产，未经芯之联书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制、修改、发表或传播本文档内容的部分或全部，且不得以任何形式传播。

商标声明



（不完全列举）均为广州芯之联科技有限公司的商标或者注册商标。在本文档描述的产品中出现的其它商标，产品名称，和服务名称，均由其各自所有人拥有。

免责声明

您购买的产品、服务或特性应受您与广州芯之联科技有限公司（“芯之联”）之间签署的商业合同和条款的约束。本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您所购买或使用的范围内。使用前请认真阅读合同条款和相关说明，并严格遵循本文档的使用说明。您将自行承担任何不当使用行为（包括但不限于如超压，超频，超温使用）造成的不利后果，芯之联概不负责。

本文档作为使用指导仅供参考。由于产品版本升级或其他原因，本文档内容有可能修改，如有变更，恕不另行通知。芯之联尽全力在本文档中提供准确的信息，但并不确保内容完全没有错误，因使用本文档而发生损害（包括但不限于间接的、偶然的、特殊的损失）或发生侵犯第三方权利事件，芯之联概不负责。本文档中的所有陈述、信息和建议并不构成任何明示或暗示的保证或承诺。

本文档未以明示或暗示或其他方式授予芯之联的任何专利或知识产权。在您实施方案或使用产品的过程中，可能需要获得第三方的权利许可。请您自行向第三方权利人获取相关的许可。芯之联不承担也不代为支付任何关于获取第三方许可的许可费或版税（专利税）。芯之联不对您所使用的第三方许可技术做出任何保证、赔偿或承担其他义务。