
使用 STM32F4DISCOVERY 进行音频播放和录音

1 简介

本应用笔记将介绍基于 STM32F4xx 微控制器和 STM32F4-DISCOVERY 板的音频 (wave) 播放和录音应用。

从 STM32F4xx 微控制器的内部 Flash 或在外部 U 盘上（通过主机模式中的 USB FS 内核）均可读取音频数据 (wave)。记录的波形文件只能存储在外部 U 盘中。

录音流程基于使用 PDM 音频软件解码库的 ST MP45DT02 MEMS 麦克风硬件（将麦克风生成的 PDM 数据转换为存储在 U 盘中的 PCM 数据）。

本文档的内容编排如下：

- [第 2 节：应用概述](#) 中介绍音频播放和录音固件的原理说明及固件运行演示。
- [第 3 节](#) 说明如何开始使用相关软件和硬件。

可在“STM32F4-DISCOVERY 板固件包”（v1.1.0 及更高版本）的“Project\Audio_playback_and_record”路径下找到此应用的源代码。

1.1 参考文档

- STM32F4DISCOVERY 高性能 Discovery 板数据简要
- [开始使用 STM32F4DISCOVERY 套件软件和固件环境 \(UM1467\)](#)
- [STM32 微控制器上的 PDM 音频软件解码 \(AN3998\)](#)
- STM32F40x 参考手册 (RM0090)
- STM32F405xx STM32F407xx 数据手册

如需上述文档，请访问 www.st.com/stm32f4-discovery。

目录

1	简介	1
1.1	参考文档	1
2	应用概述	4
2.1	应用说明	4
2.2	固件驱动程序说明	5
2.3	音频播放应用	7
2.3.1	从 U 盘播放	8
2.3.2	从内部 Flash 回放	8
2.4	音频记录应用	8
3	如何使用音频回放和录音应用	11
3.1	系统要求	11
3.2	运行应用	12
4	版本历史	13

图片索引

图 1.	音频回放和录音架构	4
图 2.	音频回放和录音模块	5
图 3.	音频回放/录音固件驱动程序流程图	6
图 4.	波形播放器流程	7
图 5.	录音应用流程	9
图 6.	麦克风连接	10
图 7.	硬件环境	11

2 应用概述

2.1 应用说明

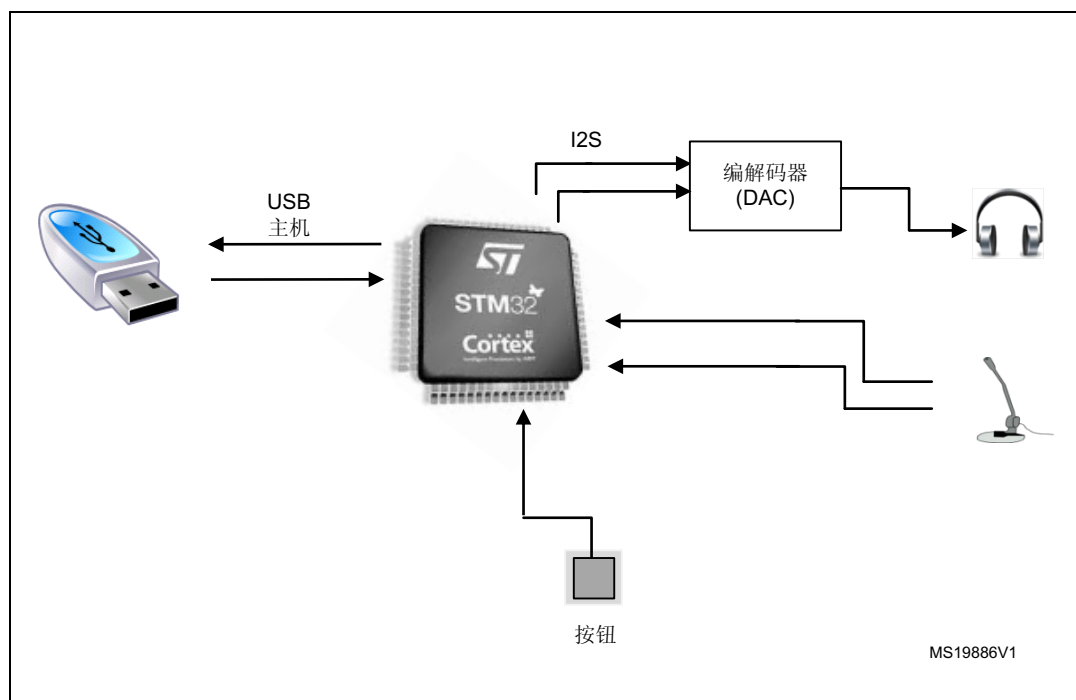
音频播放和录音应用支持两种大容量存储介质。在微控制器的内部 Flash 或在外部 U 盘上均可播放音频数据，但记录数据时只能使用外部 U 盘。这通过 main.h 文件中的 DEFINE 语句选择。在工作区工具栏中，选择项目配置：

- MEDIA_IntFLASH
- MEDIA_USB_KEY

固件驱动程序可以：

- 从外部 U 盘或内部 Flash 播放存储的波形文件
- 在外部 U 盘中记录波形文件
- 从播放切换为录音

图 1. 音频回放和录音架构



此应用基于 STM32F4xx 器件和 STM32F4-DISCOVERY 板。

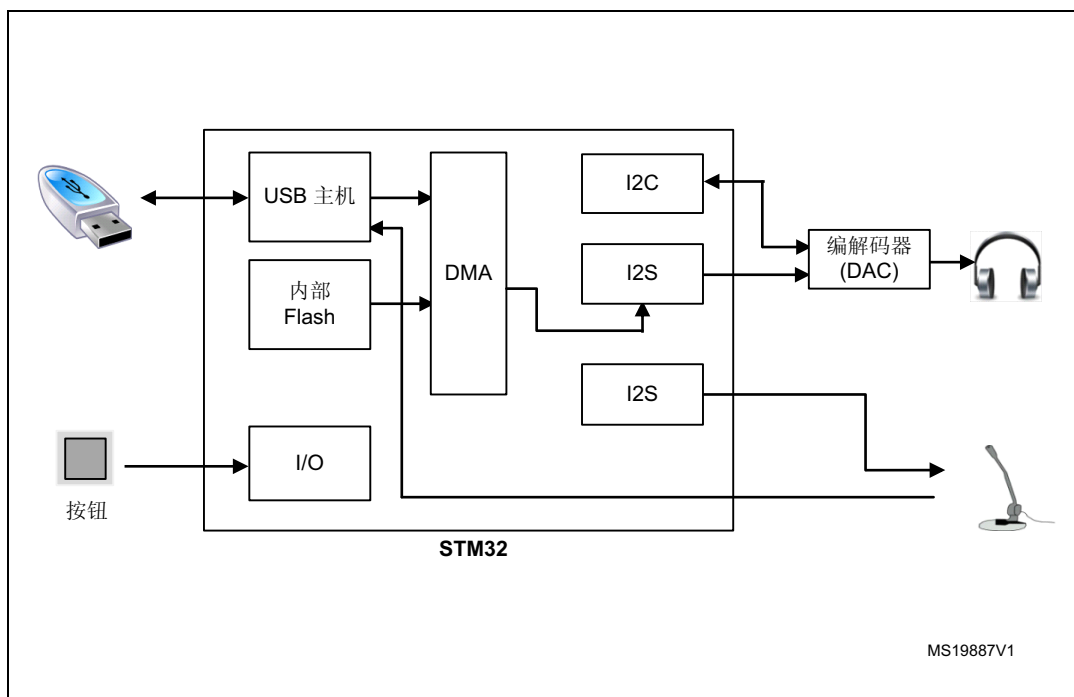
此应用的主要特性包括：

- MEMS 麦克风
- 音频编解码器 DAC
- 耳机
- U 盘（如果使用该存储介质）
- MEMS 加速计

此应用使用的主要 STM32 模块包括：

- **USB 外设：** 主机模式下配置。使用大容量存储类 (MSC) 实现与 U 盘的音频数据交换。
- **I2S 外设：** 在主发送器模式下配置，用于向外部音频编解码器 (DAC) 发送音频数据。它还可用作主接收器，作为 MEMS 麦克风的输入时钟。
- **DMA：** 用于将数据从缓冲器发送到 I2S 外设。这可以显著地降低 CPU 负载。
- **I2C 外设：** 用于控制多个外部器件（如音频编解码器）并从此器件获取数据。
- **SPI 外设：** 用于控制 MEMS 加速计。
- **用户按钮：** 用于监视应用（播放或录音）。

图 2. 音频回放和录音模块



注：本应用笔记基于 STM32 USB On-The-Go (OTG) 主机和器件库。有关 USB 主机栈和大容量存储演示的详细信息，请参见“STM32F105/7、STM32F2xx 和 STM32F4xx USB On-The-Go 主机和器件库”用户手册 (UM1021)。

2.2 固件驱动程序说明

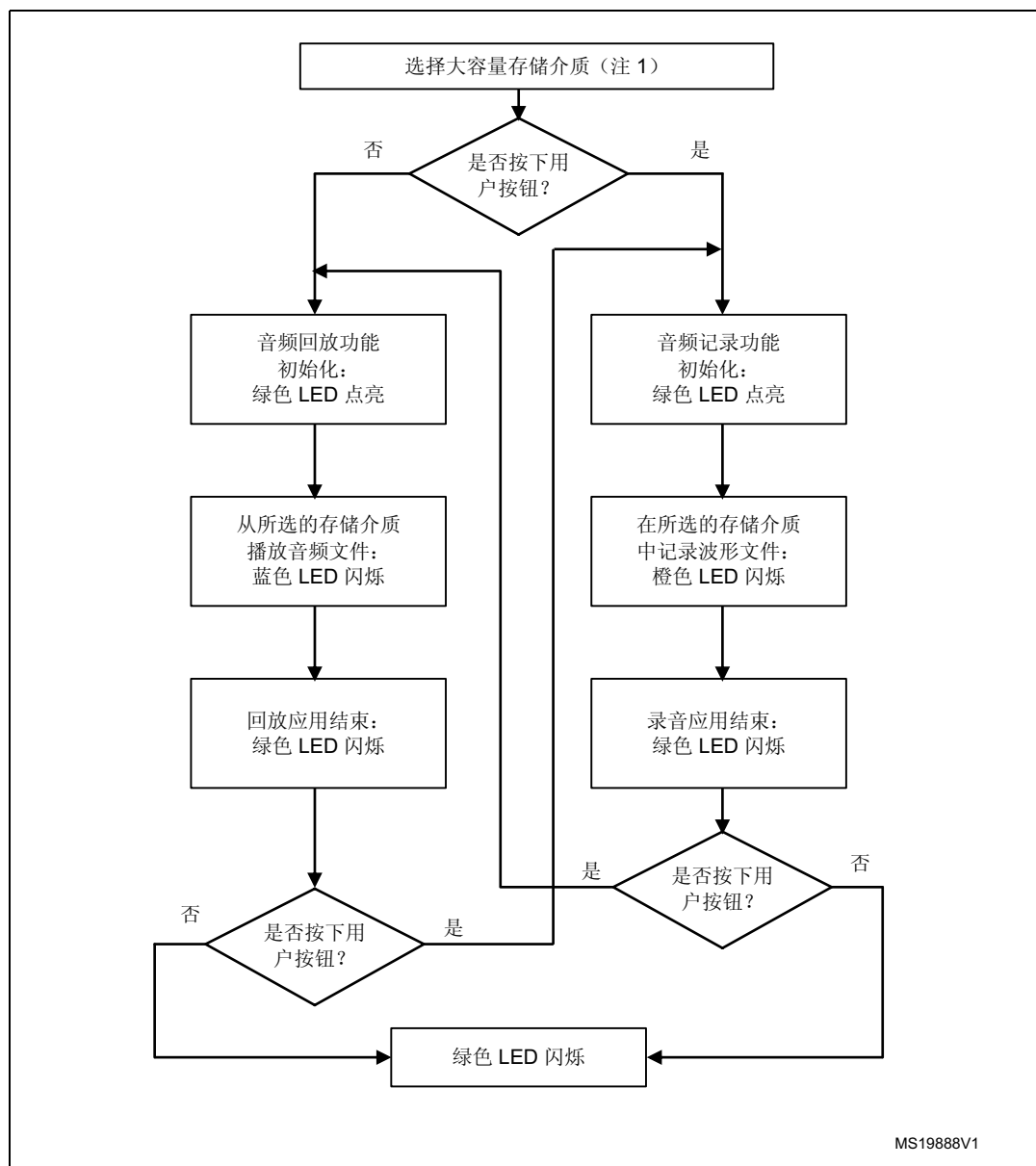
此应用包含下列源文件：

- **main.c:** 包含初始化代码，并根据所选的“MEDIA_IntFLASH”或“MEDIA_USB_KEY”配置启动应用。
- **stm32f4xx_it.c:** 包含应用的中断处理程序。
- **waveplayer.c:** 实施用于播放的功能。
- **waverecorder.c:** 实施用于录音的功能。
- **usb_bsp.c:** 实施 USB 主机库的开发板支持包。
- **usbh_usr.c:** 包括 USB 主机库用户回调。

每次复位开发板后，都会从所选的大容量存储介质运行波形播放器应用。

- 如果所选介质为 U 盘，则在按下用户按钮后，会停止播放应用并切换到录音应用。每次按下用户按钮，都会停止运行中的应用并切换到另一个应用。
- 如果所选介质为内部 Flash，则按下用户按钮不会有任何反应。

图 3. 音频回放/录音固件驱动程序流程图



1. 如果选择内部 Flash 作为大容量存储介质，则按下用户按钮不会有任何反应。

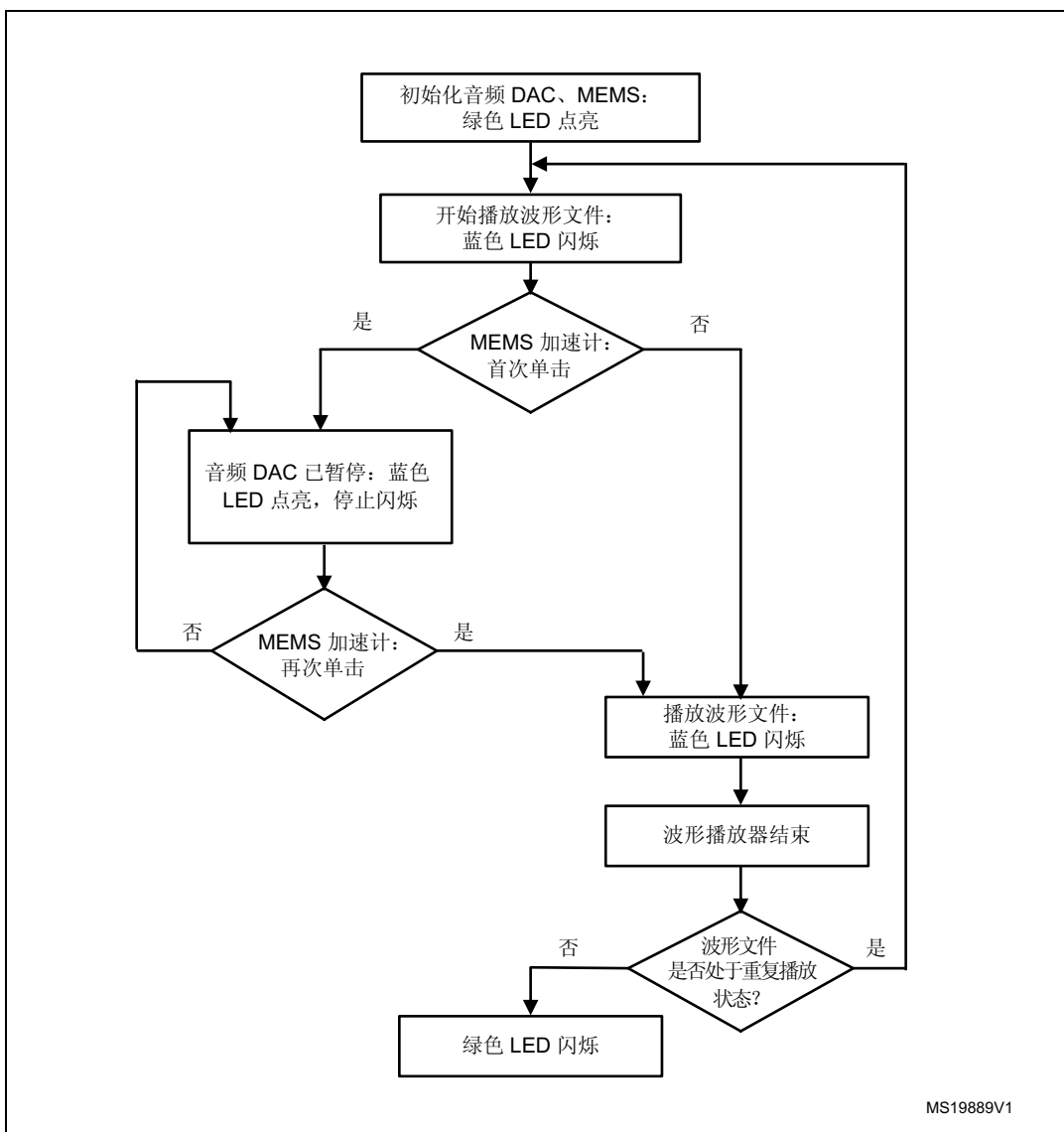
2.3 音频播放应用

图 4 为播放应用的流程图。图中包括多个控制功能，如暂停/继续、开始重复/停止重复。

MEMS 加速计可用于支持停止/继续功能。当波形播放器正在运行时，第一次单击开发板会停止播放，第二次单击则继续播放。

开始重复/停止重复功能可通过 main.h 文件中的 DEFINE 语句进行管理。

图 4. 波形播放器流程



在任何时间（如果选择 USB 密钥作为大容量存储介质）按下用户按钮都会停止回放并执行录音应用。

2.3.1 从 U 盘播放

在此演示中，使用 **FatFs** 文件系统可打开 U 盘上存储的任何波形文件，并通过 **DMA** 和 **I2S** 接口逐块传送到内部 **SRAM**（1024 字节）。

从波形文件头中可读出语音采样周期。将音频编解码器连接到 **I2S** 接口后可播放存储的波形文件。

通过修改 **main.h** 文件中的“**WAVE_NAME**”定义，可更改 **USB** 密钥中加载的波形文件名。波形文件名必须为十一个字符。

此应用会从 U 盘读取所有的波形文件且仅显示以下格式的 **.WAV** 文件：

- **音频格式**：PCM（一种未经压缩的波形数据格式，其中的每个值表示采样时信号的振幅）
- **采样率**：如 8000、11025、16000、22050、44100 Hz 或 48000 Hz。
- **每次采样的位数**：16 位（音频采样数据值的范围为 [0-1024]）
- **通道数**：2 个（立体声）

通过解析 U 盘中的波形文件可检测采样率，以相应配置 **I2S**。回放开始后蓝色 **LED** 将持续闪烁。

播放时使用双缓冲区。第一个缓冲区用于存储使用 **FatFs** 文件系统从 U 盘接收的波形数据。

缓冲区填充完毕后：

- **DMA** 将其内容发送到 **I2S** 外设，再传送到外部音频编解码器 **DAC**
- 第二个缓冲区存储 U 盘的数据

这两个缓冲区可始终不停地交换，直到回放流程结束。

无论何时，如果 U 盘从开发板断开连接，则蓝色 **LED** 将熄灭，音频编解码器停止且红色 **LED** 点亮。

如果 U 盘重新连接到 **DISCOVERY** 板，则红色 **LED** 将熄灭，并且上一次运行的应用将重新启动。

2.3.2 从内部 Flash 回放

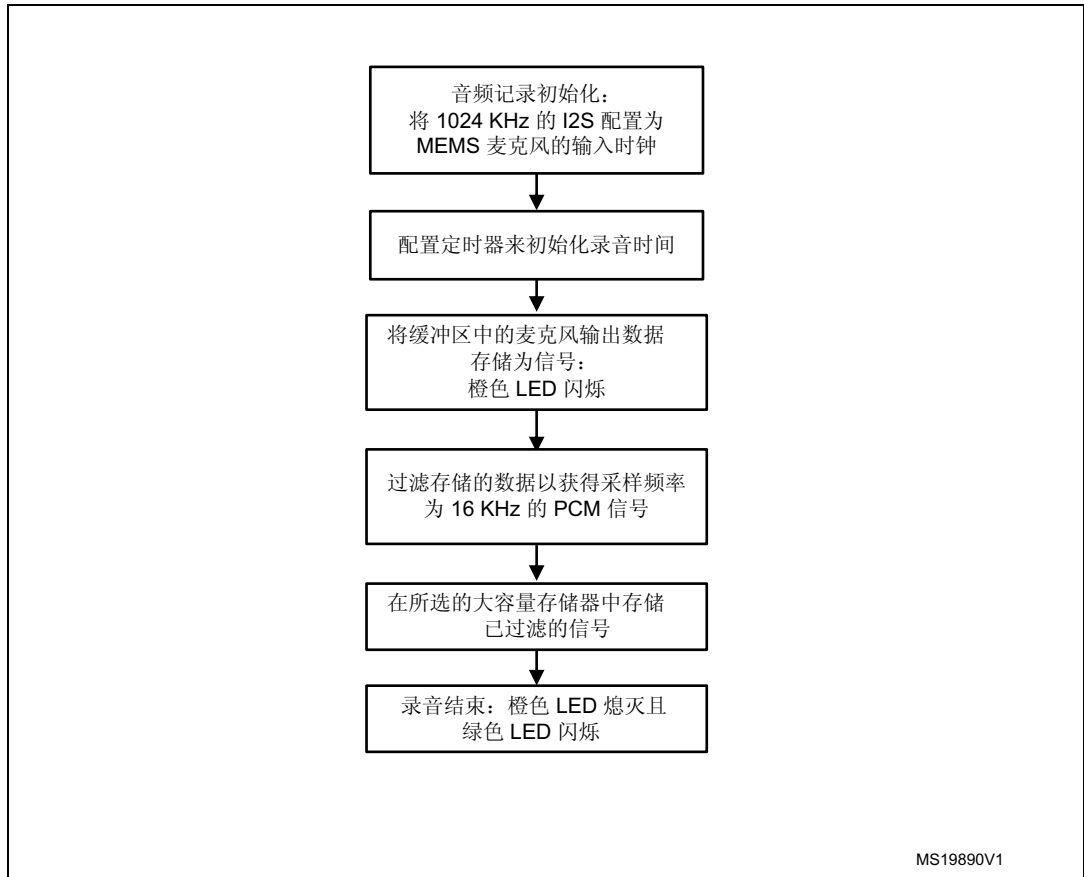
在此演示中，波形文件作为 **audio_sample.c** 文件中声明的常量数组存储在内部 **Flash** 中。

复位后，回放应用将在初始化音频 **DAC** 后开始播放存储在内部 **Flash** 中的波形文件。

2.4 音频记录应用

[图 5](#) 为录音应用的流程图。它基于 **MEMS** 麦克风。只有选择 U 盘作为大容量存储介质时音频记录才可用。

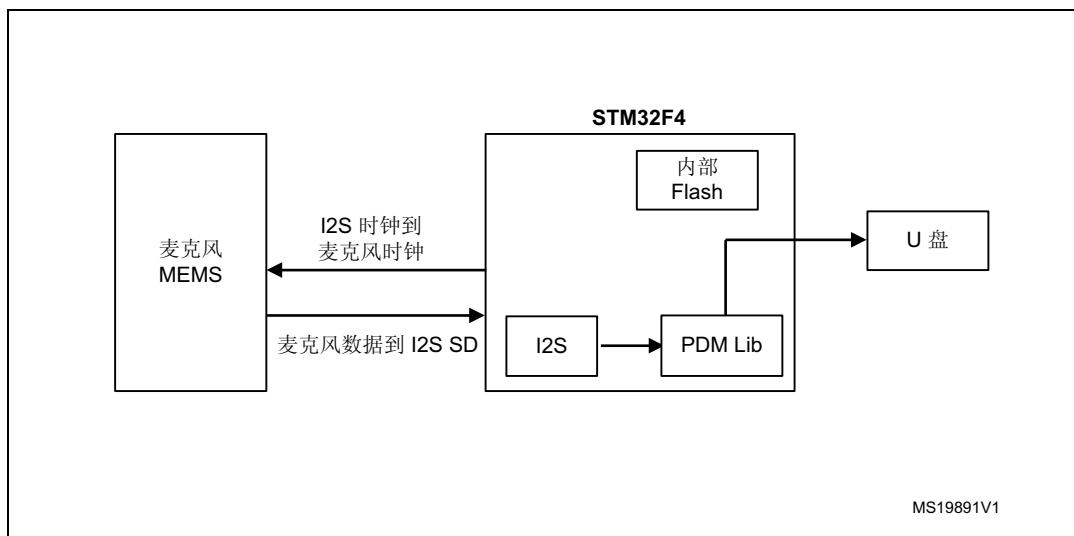
图 5. 录音应用流程



I2S 配置为主时钟，以生成正确的数字麦克风时钟 (1024 MHz)。1024 MHz 的时钟频率可根据输出音频流 (16 KHz) 和演示选择的采样因子 (64) 计算得出 (16000 Hz x 64 = 1024 MHz)。(有关 PDM 音频软件解码，请参见 AN3998)。

I2S 配置为每次获得 16 位的样本后生成一个中断。

图 6. 麦克风连接



滤波流程使用 PDM 音频软件解码库。此库为数字麦克风 1 位的 PDM 高频信号输出提供多个滤波器，并以合适的音频将这些信号转换为 16 位 PCM。

滤波流程和 U 盘的写入流程使用双缓冲区进行管理。如果使用 PDM 库对麦克风数据进行过滤，则在 U 盘中存储过滤的数据。

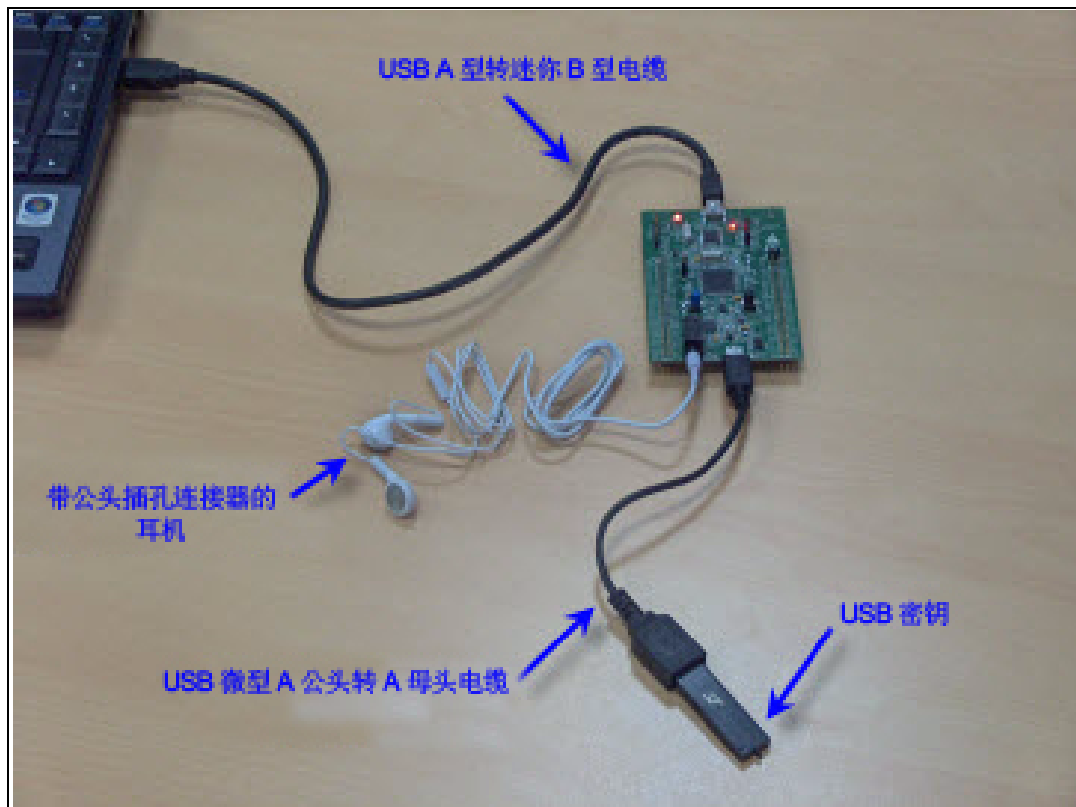
使用 U 盘作为大容量存储介质时，如果 U 盘断开连接，则录音停止且红色 LED 点亮。重新连接后，红色 LED 熄灭且录音重新启动。

3 如何使用音频回放和录音应用

3.1 系统要求

在运行应用前，应如图7中所示与 STM32F4DISCOVERY 板建立连接。

图 7. 硬件环境



要在 STM32F4DISCOVERY 板上运行音频回放及录音应用，至少应满足以下要求：

- Windows PC (2000、XP、Vista、7)
- USB A 型转迷你 B 型电缆，可从主机 PC 为板供电（通过 USB 连接器 CN1），并连接嵌入式 ST-LINK/V2 以进行调试和编程。
- USB 微型 A 公头转 A 母头电缆，可将 U 盘作为 USB 器件（通过 USB 连接器 CN5）连接到主机 STM32F4xx。
- 带公头插孔连接器的耳机。

3.2 运行应用

要运行音频回放和录音应用，请执行以下操作：

1. 在内部 Flash 中编写固件升级应用程序
2. 使用所选工具打开项目（位于 Project\Audio_playback_and_record 下）
3. 根据所用的大容量存储介质存储器选择“MEDIA_IntFLASH”或“MEDIA_USB_KEY”工作区
4. 编译，再将其加载到目标存储器并运行。

也可使用嵌入式自举程序或任意系统内编程工具轻松地对此应用程序进行重新编程。

- 使用 STM32F4-Discovery_Audio_USB_V1.0.0.hex 或 STM32F4-Discovery_Audio_IntFLASH_V1.0.0.hex 以及任意“系统内编程工具”（如 STM32 ST-LINK 实用程序）
- 使用 STM32F4-Discovery_Audio_USB_V1.0.0.dfu 或 STM32F4-Discovery_Audio_IntFLASH_V1.0.0.dfu 以及“DFUse\DFUse 演示”工具

有关详细信息，请参见 UM1467 的第 4 节。

如果选择“MEDIA_USB_KEY”配置，则应执行如下操作：

1. 将波形文件加载到 U 盘的根目录中，此文件应遵循 [第 2.3.1 节：从 U 盘播放](#) 中描述的格式。
2. 将 USB 密钥通过“USB 微型 A 公头转 A 母头”电缆（连接器 CN5）插入到 STM32F4DISCOVERY 板中。
3. 然后遵照 [第 2.2 节：固件驱动程序说明](#) 中提供的说明执行操作

4 版本历史

表 1. 文档版本历史

日期	版本	变更
2011 年 10 月 27 日	1	初始版本。

请仔细阅读：

中文翻译仅为方便阅读之目的。该翻译也许不是对本文档最新版本的翻译，如有任何不同，以最新版本的英文原版文档为准。

本文中信息的提供仅与ST产品有关。意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对本文档及本文所述产品与服务进行变更、更正、修改或改进的权利，恕不另行通知。

所有ST产品均根据ST的销售条款出售。

买方自行负责对本文所述ST产品和服务的选择和使用，ST概不承担与选择或使用本文所述ST产品和服务相关的任何责任。

无论之前是否有过任何形式的表示，本文档不以任何方式对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。如果本文档任何部分涉及任何第三方产品或服务，不应被视为ST授权使用此类第三方产品或服务，或许可其中的任何知识产权，或者被视为涉及以任何方式使用任何此类第三方产品或服务或其中任何知识产权的保证。

除非在ST的销售条款中另有说明，否则，ST对ST产品的使用和/或销售不做任何明示或默示的保证，包括但不限于有关适销性、适合特定用途（及其依据任何司法管辖区的法律的对应情况），或侵犯任何专利、版权或其他知识产权的默示保证。

意法半导体的产品不得应用于武器。此外，意法半导体产品也不是为下列用途而设计并不得应用于下列用途：（A）对安全性有特别要求的应用，例如，生命支持、主动植入设备或对产品功能安全有要求的系统；（B）航空应用；（C）汽车应用或汽车环境，且/或（D）航天应用或航天环境。如果意法半导体产品不是为前述应用设计的，而采购商擅自将其用于前述应用，即使采购商向意法半导体发出了书面通知，采购商仍将独自承担因此而导致的任何风险，意法半导体的产品设计规格明确指定的汽车、汽车安全或医疗工业领域专用产品除外。根据相关政府主管部门的规定，ESCC、QML或JAN正式认证产品适用于航天应用。

经销的ST产品如有不同于本文档中提出的声明和/或技术特点的规定，将立即导致ST针对本文所述ST产品或服务授予的任何保证失效，并且不应以任何形式造成或扩大ST的任何责任。

ST和ST徽标是ST在各个国家或地区的商标或注册商标。

本文档中的信息取代之前提供的所有信息。

ST徽标是意法半导体公司的注册商标。其他所有名称是其各自所有者的财产。

© 2014 STMicroelectronics 保留所有权利

意法半导体集团公司

澳大利亚 - 比利时 - 巴西 - 加拿大 - 中国 - 捷克共和国 - 芬兰 - 法国 - 德国 - 中国香港 - 印度 - 以色列 - 意大利 - 日本 - 马来西亚 - 马耳他 - 摩洛哥 - 菲律宾 - 新加坡 - 西班牙 - 瑞典 - 瑞士 - 英国 - 美国

www.st.com