使用PDM麦克风录制声音

NuMicro® 32 位系列微控制器范例代码介绍

文件信息

应用简述	在没有 PDM 麦克风专用接口时，以 SPI 或 I²S 接口连接 PDM 麦克风接收 PDM 格式的声音数据，再用软件转换成 PCM 格式。通过 USB Audio Class (UAC) 做为一个声音设备，提供给主机端录音。
BSP 版本	Series BSP CMSIS V3.00.001
开发平台	NuMaker-PFM-M487 v3.0

The information described in this document is the exclusive intellectual property of Nuvoton Technology Corporation and shall not be reproduced without permission from Nuvoton.

Nuvoton is providing this document only for reference purposes of NuMicro microcontroller and microprocessor based system design. Nuvoton assumes no responsibility for errors or omissions.

All data and specifications are subject to change without notice.

For additional information or questions, please contact: Nuvoton Technology Corporation.

www.nuvoton.com

1 概述

PDM 麦克风有两条信号线，一个是数据，另一个是频率。当微控制器没有专门接口连接 PDM 麦克风时，可以采用 SPI 或 I²S 接口读取这个 1-bit 的数据流。

这个范例选用 NuMicro M487 微控制器的 SPI 或 I²S 接口读取 PDM 麦克风的数据，再通过抽取 (Decimation)、高通和低通滤波器将 PDM 数据转换成常用的 PCM 格式。这个范例也是个 USB Audio Class 设备。主机可以通过 USB 录得声音。

滤波器原始码是 STMicroelectronics 以 Apache License 释出在 Mbed OS 网站 (*1) 给 STM MP45D 与 MP34D 系列的 MEMS 麦克风使用。配件采用配置一个 MP34D MEMS 麦克风的 Adafruit 4346 模块 (*2) 。

*1 https://os.mbed.com/teams/ST/code/X_NUCLEO_CCA02M1/file/53f8b511f2a1/Middlewares/OpenPDM2PCM/

*2 https://www.adafruit.com/product/4346

1.1 执行结果

观看执行输出，请先确认 Nu-Link 设定开关 ISW1 如图示，再连接 Nu-Link 的 USB 到 PC 。

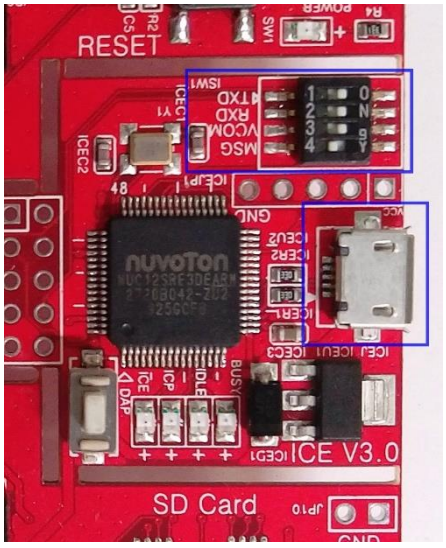

图 1-1 Nu-Link 的设定开关与 USB

执行 COM 工具开启对应的 COM 端口。当 NuMaker-PFM-M487 接上电源，COM 工具可以看到如下的信息。

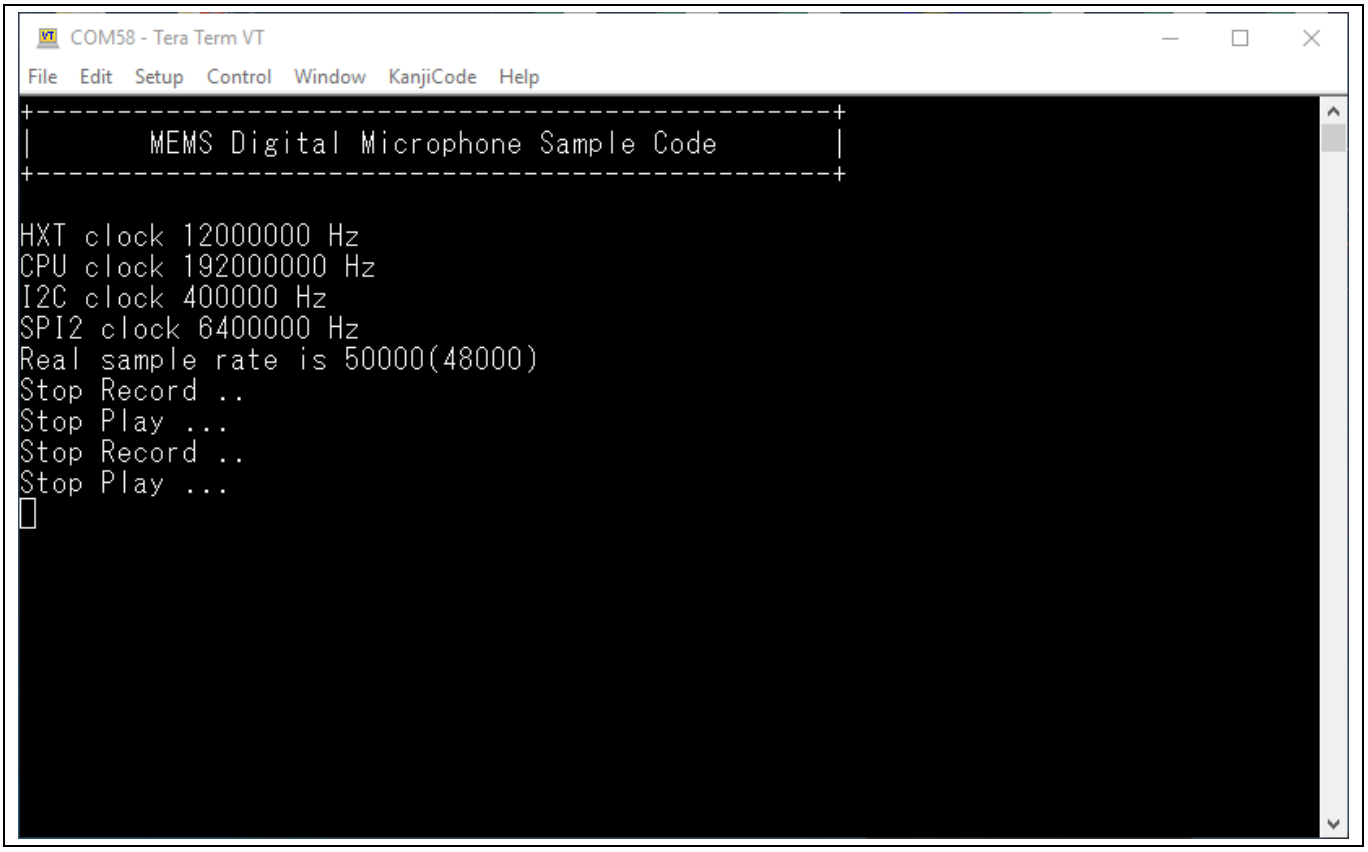

图 1-2 开机时的输出讯息

再连接 NuMaker-PFM-M487 的 USB 2.0 到 PC，此时 PC 会认出一个 USB Audio 设备。

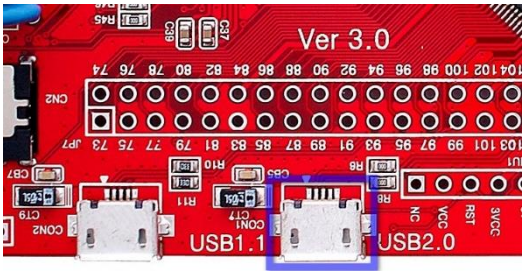

图 1-3 NuMaker-PFM-M487 USB 2.0 接口

在 PC 上执行录音工具软件，选取 USB Audio 为录音设备，启动录音即可。

2 代码介绍

2.1 启始

在 main.c 里启始 M487 的 UART、I²C、I²S、SPI、Timer、NAU88L25 和 HSUSBD。再以一个无限循环检查 USB Audio Class 状态以及处理录音的数据。

```
int main(void)
{
    uint32_t volatile i;

    /* Init System, peripheral clock and multi-function I/O */
    SYS_Init();
    /* Init UART for printf */
    UART_Init();

    printf("+-----------------------------------------------------+\n");
    printf("|       MEMS Digital Microphone Sample Code           |\n");
    printf("+-----------------------------------------------------+\n\n");
    printf("HXT clock %d Hz\n", CLK_GetHXTFreq());
    printf("CPU clock %d Hz\n", CLK_GetCPUFreq());

    /* Init I2C2 to access NAU88L25 */
    I2C2_Init();

#if ENABLE_PDM

  #if PDM_ON_SPI
    SPI2_Init();
  #else
    I2S0_Init();
  #endif
    PDM_MIC_Init();

#else
    I2S0_Init();
#endif

    /* Configure PDMA */
    PDMA_Init();

    HSUSBD_Open(&gsHSInfo, UAC_ClassRequest, UAC_SetInterface);

    /* Endpoint configuration */
    UAC_Init();
    NVIC_EnableIRQ(USBD20_IRQn);
    HSUSBD_Start();

    while(1)
    {
        if (g_usbd_rxflag)
        {
            UAC_GetPlayData();
        }
        else if(u8AudioPlaying && (u8TxDataCntInBuffer < 1))
        {
```

```
            UAC_DeviceDisable(1);
        }

        if ((g_usbd_UsbAudioState == UAC_START_AUDIO_RECORD) && g_usbd_txflag)
        {
            UAC_SendRecData();
        }

        if ((u8TxDataCntInBuffer != 0) && ((++i % 0x50000) == 0))
        {
            printf("%d <-> %d\n", u8TxDataCntInBuffer, u8RxDataCntInBuffer);
        }
#if ENABLE_PDM
        if ((g_usbd_UsbAudioState == UAC_START_AUDIO_RECORD) && (gu8SpiRxCnt > 0))
        {
            process_pdm_data();
        }
#endif
    }
}
```

2.2 编译定义

本范例修改自 M480BSP 的 HSUSBD_Audio10_Codec 范例，支持 NAU88L25 录放音。编译选项在 *pdm_converter.h*

- *ENABLE_PDM*
  - 0 : 以 NAU88L25 做为录音输入
  - 1 : 以 PDM 麦克风做为声音输入 (默认)

- *PDM_ON_SPI*
  - 0 : PDM 麦克风接在 I2S0 接口
  - 1 : PDM 麦克风接在 SPI2 接口 (PA10 / PA9) (默认)

- *PDM_ON_I2S_ALT*
  - 0 : PDM 麦克风接在 I2S0 接口的 PF10 / PF8。这与 NAU88L25 冲突
  - 1 : PDM 麦克风接在 I2S0 接口的 PE1 / PH8 (默认)

PDM 麦克风的采样率由 SPI 或 I^2S 输出的频率决定。配合滤波器与 USB Audio Class 的设计，对应 PCM 的采样率仅支持 8K、16K、32K 和 48K Hz。SPI 或 I^2S 会自动设定成最接近需求的频率输出。

- *DEAFULT_FREQUENCY*
  - 8000 : 设定 8K Hz 采样率
  - 16000 : 设定 16K Hz 采样率
  - 32000 : 设定 32K Hz 采样率
  - 48000 : 设定 48K Hz 采样率 (默认)

目前仅支持一个 PDM 麦克风，因此 *DEFAULT_CHANNELS* 只能设定为 1。

USB Audio Class 回报给主机是固定 48K 采样率。因此不论麦克风采样率设定，会再软件提升成 48K Hz。这部分不用设定，范例程序里自动调整。

3 软件与硬件需求

3.1 软件需求

- BSP 版本
  - M480 Series BSP CMSIS V3.05.001
- IDE 版本
  - Keil uVision 5.28

3.2 硬件需求

- 电路组件
  - NuMaker-PFM-M487 开发板
  - Adafruit 4346 模块 (搭载 STM MP34D MEMS microphone)

PDM 麦克风的 L/R 设定在频率为低/高时输出数据。SPI / I²S 为频率上缘取样，必须确认 PDM 麦克风的 L/R 设定为低。Adafruit 4346 模块默认 L/R 为高，请如图 3-1 的红线做切割即可。

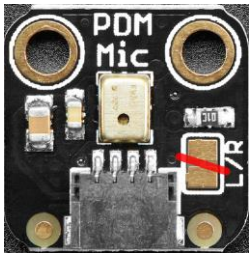

图 3-1 Adafruit 4346 模块切断红线处

■ 示意图

VDD	↔	VDD (3.3V)
GND	↔	GND
SPI2_MISO (PA.9 / Pin 15)	↔	DAT
SPI2_CLK (PA.10 / Pin 14)	↔	CLK
NuMaker-PFM-M487 开发板		Adafruit 4346 模块

图 3-2 SPI 接口与 PDM 麦克风线路连接

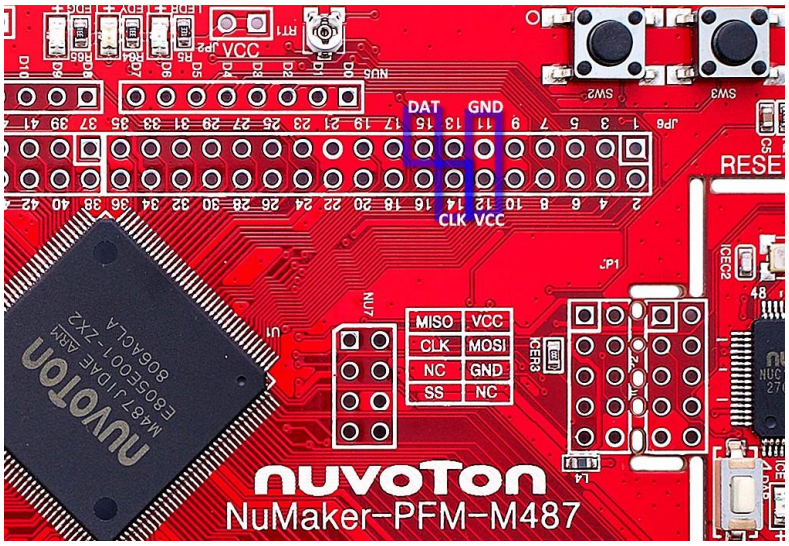

图 3-3 SPI 接口的接脚

VDD	↔	VDD (3.3V)
GND	↔	GND
I2S0_DI (PH.8 / Pin 119)	↔	DAT
I2S0_BCLK (PE.1 / Pin 117)	↔	CLK
NuMaker-PFM-M487 开发板		Adafruit 4346 模块

图 3-4 I²S 接口与 PDM 麦克风线路连接

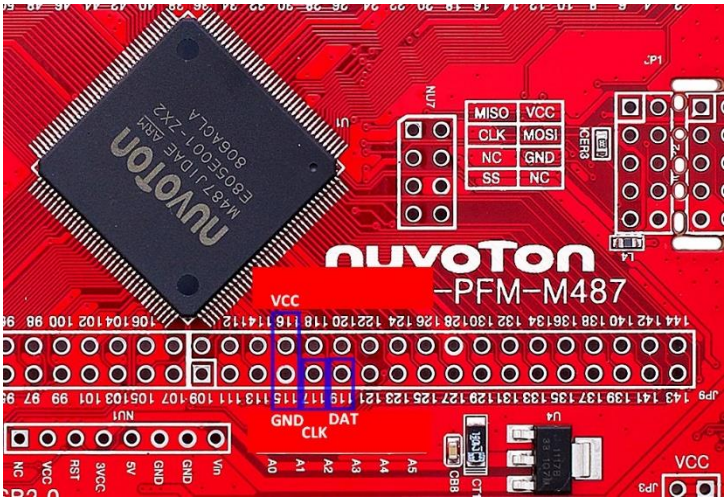

图 3-5 I²S 接口的接脚

4 目录信息

EC_M480_ PDM_Mic_on_SPI_V1.00	
Library	链接库原始码档案
CMSIS	Arm® 的 Cortex® Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS) 档案
Device	CMSIS 相关的设备档案
StdDriver	所有外围接口的档案
SampleCode	
ExampleCode	范例原始码档案
ThirdParty	
OpenPDM2PCM	PDM 转 PCM 的原始码档案

图 4-1 目录信息

5 范例程序执行

1. PC 连接 NuMaker-PFM-M487 开发板的 Nu-Link 的 USB
2. 根据目录信息章节进入 *ExampleCode* 路径中的 *KEIL* 文件夹，双击 *PDM_Mic_on_SPI.uvproj*
3. 进入编译模式
   - 编译
   - 下载代码至内存
4. 如果需要查看输出的讯息，在 PC 上运行一个 COM 工具，baud rate 是 115200
5. PC 连接 NuMaker-PFM-M487 开发板上的 USB 2.0
6. 按下 NuMaker-PFM-M487 开发板上的 RESET 键，重新执行 firmware。PC 会认到一个 USB Audio 设备
7. 在 PC 执行录音工具软件， 如免费软件 Audacity
   - 指定来源为 USB Audio
   - 按下录音键开始录制
   - 按下停止键停止录音
   - 按播放键开始播放录制的声音

6 修订纪录

Date	Revision	Description
2021.12.30	1.00	1. 初始发布.

Important Notice

Nuvoton Products are neither intended nor warranted for usage in systems or equipment, any malfunction or failure of which may cause loss of human life, bodily injury or severe property damage. Such applications are deemed, "Insecure Usage".

Insecure usage includes, but is not limited to: equipment for surgical implementation, atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, the control or operation of dynamic, brake or safety systems designed for vehicular use, traffic signal instruments, all types of safety devices, and other applications intended to support or sustain life.

All Insecure Usage shall be made at customer's risk, and in the event that third parties lay claims to Nuvoton as a result of customer's Insecure Usage, customer shall indemnify the damages and liabilities thus incurred by Nuvoton.

Please note that all data and specifications are subject to change without notice.
All the trademarks of products and companies mentioned in this datasheet belong to their respective owners.