

## 使用M4 DSP做音訊頻譜分析

NuMicro® 32 位系列微控制器範例代碼介紹

### 文件資訊

代碼簡述	本範例代碼從LINE IN輸入音訊並做頻譜分析取得最大頻率
BSP 版本	NUC505 Series BSP CMSIS V3.02.000
開發平台	NuTiny-EVB-NUC505 V1.6

*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 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](http://www.nuvoton.com)

## 1 功能介紹

### 1.1 簡介

NUC505使用內部音訊解碼器，從LINE IN取得音訊，使用CMSIS DSP函式庫做頻譜分析，取得音訊最大頻率，使用者接上耳機可以聽到LINE IN的音訊。在範例程式中，僅分析右聲道音訊，其取樣頻率為8000赫茲，資料長度為16位元。快速傅立葉運算的樣本數為1024個，降低樣本數可減少運算時間，但解析度會變差。使用者可以根據VolTH參數設定音量門檻值，低於此值即認定為無聲。

### 1.2 原理

快速傅立葉轉換可以將時域中的訊號分解成頻率域，如下圖1-1為一類方波 $f$ ，其為許多弦波組合而成，弦波組成其成分為圖1-2，再經傅立葉轉換後可以得到組成這一類方波所有弦波的頻率以及強度如圖1-3，因此一個訊號經過快速傅立葉轉換後，可以很明顯地了解其組成成分，並且根據結果來做訊號處理，如濾波等。



圖 1-1 類方波  $f$

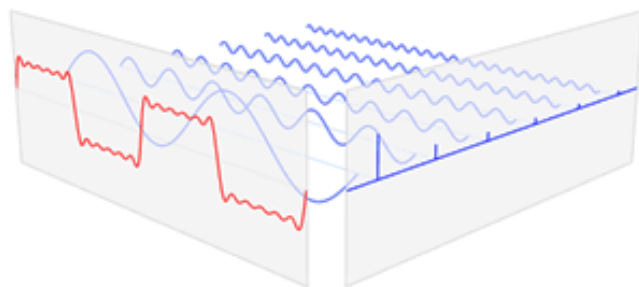


圖 1-2 類方波為許多弦波組合而成



圖 1-3 組合成類方波各弦波頻率以及強度

CMSIS DSP函式庫提供計算快速傅立葉(FFT)功能，使用者輸入數據即可得到最大頻率強度以及位置。在此提供範例程式給使用者參考，所使用到方程式定義方式如下表1-1~表1-3。

```
arm_cfft_f32 (const arm_cfft_instance_f32 * S, float32_t * p1, uint8_t
ifftFlag, uint8_t bitReverseFlag)
```

參數：	*S	[in] 指向浮點數CFFT結構
	p1	[in, out] 指向大小為2 * fftLen的複數矩陣(須為2的次方)，並處裡完回存
	ifftFlag	[in] 執行正或反FFT運算(0為正，1為反)

	bitReverseFlag	[in] 是否位元反轉(1為正・0為反)
回傳值：	無	

表 1-1 複數快速傅立葉轉換運算

arm_cmplx_mag_f32 (float32_t *pSrc, float32_t *pDst, uint32_t numSamples)		
參數：	*pSrc	[in] 欲計算的複數陣列
	*pDst	[out] 計算後實數陣列
	numSamples	[in] 輸入複數陣列的樣本數
回傳值：	無	

表 1-2 複數絕對值運算

arm_max_f32 (float32_t *pSrc, uint32_t blockSize, float32_t *pResult, uint32_t *pIndex)		
參數：	*pSrc	[in] 欲計算的陣列
	blockSize	[in] 需計算數值的樣本數
	*pResult	[out] 所得最大值
	*pIndex	[out] 所得最大值的位置
回傳值：	無	

表 1-3 取得矩陣最大值運算

取得音訊最大頻率位置後，根據取樣頻率以及快速傅立葉樣本數，即可算出音訊最大頻率，其算式如下：

$$\text{音訊最大頻率} = \frac{\text{取樣頻率}}{\text{FFT樣本數}} \times \text{最大頻率位置}$$

## 1.3 執行結果

執行後會打印出以下資訊

```
+-----+
| Line-In get spectrum Sample Code (internal CODEC) |
+-----+
Sample rate is 8 kHz
NOTE: Need 3.5 mm Male to Male Cable.

The audio frequency is as follows:
406.0 Hz
406.0 Hz
414.0 Hz
421.0 Hz
421.0 Hz
429.0 Hz
437.0 Hz
445.0 Hz
445.0 Hz
453.0 Hz
Silence...
Silence...
Silence...
```

## 2 代碼介紹

首先在main.c中對NUC505做初始化設定，使用DMA來收送資料。當一筆資料接收完成時，即會進行頻譜分析，其中會判斷聲音是否大於門檻值。

```
/* This sample code only get audio data from right channel */
while (1) {
    if (DataReady == 1) {
        /* Process the data through the CFFT/CIFFT module */
        arm_cfft_f32(&arm_cfft_sR_f32_len1024, RawData, ifftFlag, doBitReverse);
        /* Process the data through the Complex Magnitude Module for calculating the
        magnitude at each bin */
        arm_cmplx_mag_f32(RawData, FFTOutput, BUFF_LEN / 2);
        /* Find maximum frequency */
        arm_max_f32(FFTOutput, BUFF_LEN / 2, &maxValue, &maxIndex);

        /* Check sound */
        if (maxValue < VolTH)
            printf("Silence... \n");
        else {
            /* Main frequency calculation, the resolution is sampleRate / fftSize */
            MainFreq = maxIndex * SampleRate / BUFF_LEN;
            printf("%0.1f Hz\n", MainFreq);
            DataReady = 0;
        }
    }
}
```

當資料接收完畢時會進入I<sup>2</sup>S中斷，LINE IN輸入資料存放在PcmRxBuff，HP OUT輸出資料在PcmTxBuff，頻譜分析資料存放在RawData。

```
void I2S_IRQHandler(void)
{
    uint32_t u32I2SIntFlag;
    uint16_t i;

    /* Check interrupt flag */
    u32I2SIntFlag = I2S_GET_INT_FLAG(I2S, (I2S_STATUS_RDMATIF_Msk |
    I2S_STATUS_RDMAEIF_Msk));

    /* Copy RX data to TX buffer */
    if (u32I2SIntFlag & I2S_STATUS_RDMATIF_Msk) {
```

```

I2S_CLR_INT_FLAG(I2S, I2S_STATUS_RDMATIF_Msk);

/* Copy RX data to TX buffer */
for (i = 0; i < BUFF_LEN; i++) {
    PcmTxBuff[0][i * 2] = PcmRxBuff[0][i * 2];
    PcmTxBuff[0][i * 2 + 1] = PcmRxBuff[0][i * 2 + 1];
    /* Copy data to working buffer */
    RawData[i * 2] = PcmRxBuff[0][i * 2]; //real part
    RawData[i * 2 + 1] = 0; //imaginary part
}
/* Working buffer data is ready */
DataReady = 1;

} else if (u32I2SIntFlag & I2S_STATUS_RDMAEIF_Msk) {

    I2S_CLR_INT_FLAG(I2S, I2S_STATUS_RDMAEIF_Msk);

    if (s_flag1 == 0) {
        s_flag1 = 1;
        /* Enable TX -> start to play */
        I2S_ENABLE_TXDMA(I2S);
        I2S_ENABLE_TX(I2S);
    }
    /* Copy RX data to TX buffer */
    for (i = 0; i < BUFF_LEN; i++) {
        PcmTxBuff[1][i * 2] = PcmRxBuff[1][i * 2];
        PcmTxBuff[1][i * 2 + 1] = PcmRxBuff[1][i * 2 + 1];
    }
}
}

```

### 3 軟體與硬體環境

#### ● 軟體環境

##### ■ BSP 版本

◆ NUC505 Series BSP CMSIS V3.02.000

##### ■ IDE 版本

◆ Keil uVersion 5.26

#### ● 硬體環境

##### ■ 電路元件

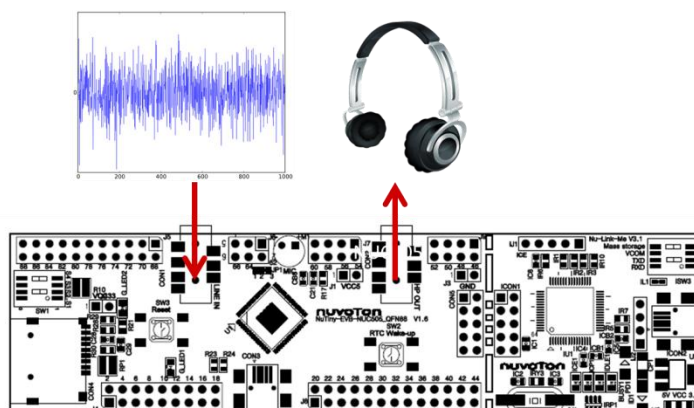
◆ NuTiny-EVB-NUC505 V1.6

◆ 3.5 mm 音源線

◆ 3.5 mm 接頭耳機







##### ■ 示意圖

使用 3.5 mm 音源線連接板上的 LINE IN 底座，並用 3.5 mm 接頭耳機連接板上的 HP OUT 底座，即可從耳機聽到 LINE IN 聲音，示意圖如下。



## 4 目錄資訊

### EC\_NUC505\_LineInGetSpectrum\_V1.00

 Library	Sample code header and source files
 CMSIS	Cortex <sup>®</sup> Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS) by Arm <sup>®</sup> Corp.
 Device	CMSIS compliant device header file
 StdDriver	All peripheral driver header and source files
 SampleCode	
 ExampleCode	Source file of example code

## 5 如何執行範例程式

1. 根據目錄資訊章節進入 ExampleCode 路徑中的 KEIL 資料夾，雙擊 LineInGetSpectrum.uvproj
2. 進入編譯模式介面
  - a. 編譯
  - b. 下載代碼至記憶體
  - c. 進入 / 離開除錯模式
3. 進入除錯模式介面
  - a. 執行代碼

## 6 修訂紀錄

Date	Revision	Description
Jul. 03, 2019	1.00	1. 初始發布.

---

### 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.*