

音波產生器

Github 網址(內有程式碼):

<https://github.com/ChristopherChen070535/Wave-generator>

撰寫人:

國立台北大學通訊工程學系三年級陳品鈞

➤ 專題簡介

此專題只要是利用 C 語言寫出一個用於生成不同波形音頻的工具，並將其保存為 16 位 PCM WAV 格式的檔案，並計算其 SQNR 再存入文字檔中

➤ 成果及內容

● 程式輸入:

輸入之指令:

```
Wave-generator fs m wavetype f A T 1> fn.wav 2>  
sqnr.txt
```

Wave-generator 表示檔名，並且根據下圖 1 之參數產生波型，並計算 SQNR(Signal-to-quantization-noise ratio)

參數	意義	單位	applicable values
fs	取樣率	Hz	8000/16000/22050/44100
m	sample size	bit	8/16/32
wavetype	波形種類	無	字串: sine/sawtooth/square/triangle
f	訊號頻率	Hz	取決於 fs
A	振幅	相對於TRS端子最大輸入電壓 (Remark 1)	[0.0, 1.0]
T	產生的音訊長度	second	possible real value

圖 1:輸入之參數

● 程式輸出結果:

1. 輸入指令:./Wave-generator 44100 16 sine 440 0.5 5
output.wav sqnr.txt

下圖 1 為輸入指令後所產生的 44100Khz 之 sine 波，而圖 3 則為計算後並存入文字檔之 SQNR。

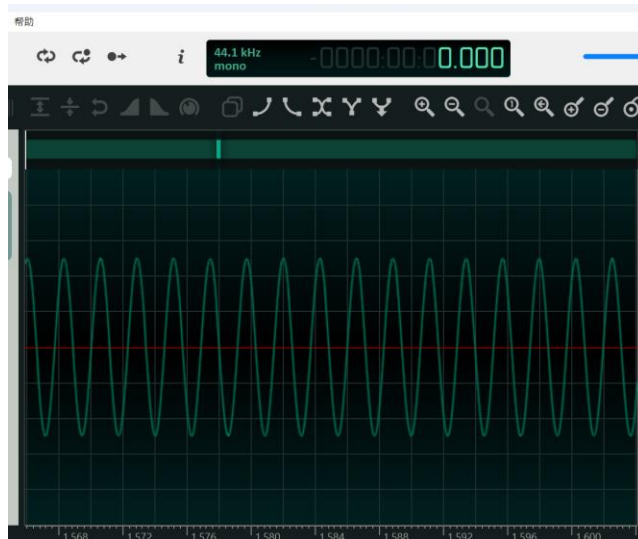


圖 2:44100Khz 之 sine 波

```
sqnr.txt
1 96.319999694824219
```

圖 3:計算出之 SQNR

2. 輸入指令: `./Wave-generator 16000 16 sawtooth 440 0.5 5 output.wav sqnr.txt`

下圖 4 為輸入指令後所產生的 16000hz 之 sawtooth 波，而圖 5 則為計算後並存入文字檔之 SQNR，因為輸入的 samplesize 和 1 相同故 SQNR 數值不變。

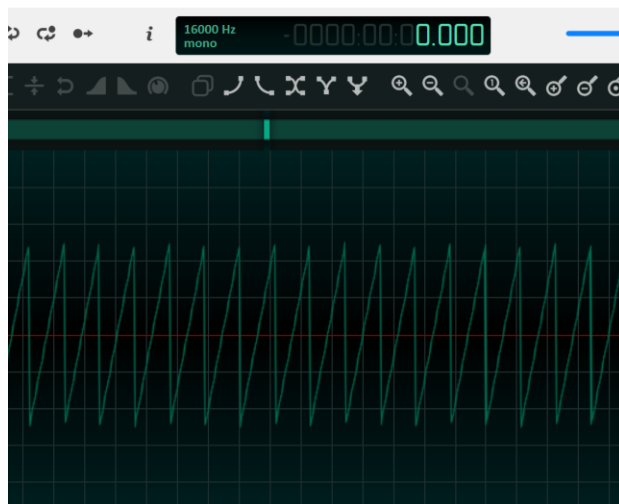


圖 4:16000HZ 的鋸齒波

```
sqnr.txt
1 96.319999694824219
```

圖 5:計算出之 SQNR

3. 輸入指令: `./Wave-generator 8000 32 bipolarsquare 440 0.5 5 output.wav sqnr.txt`

下圖 6 為輸入指令後所產生的 8000hz 之 bipolarsquare 波，而圖 7 則為計算後並存入文字檔之 SQNR，因為輸入的 samplesize 為 32 故 SQNR 數值改變。



圖 6:8000HZ 的 bipolarsquare 波

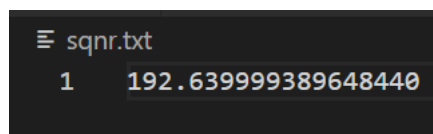


圖 7:計算出之 SQNR

4. 輸入指令: `./Wave-generator 22050 8 triangle 440 0.5 5 output.wav sqnr.txt`

下圖 8 為輸入指令後所產生的 22050hz 之三角波，而圖 9 則為計算後並存入文字檔之 SQNR，因為輸入的 samplesize 為 8 故 SQNR 數值改變。

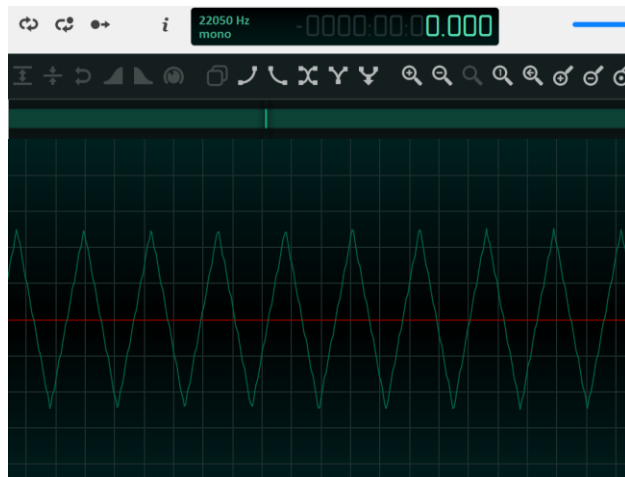


圖 8:22050HZ 的 triangle 波

```
sqnr.txt
1    48.159999847412109
```

圖 9:計算出之 SQNR

➤ 程式內容:

1. Sine 波的產生:因為正弦波為連續曲線，所以根據正弦波的公式 $y(t) = A \times \sin(2\pi ft)$ 將其轉換為程式可得如下圖 10，其中 SHRT_MAX 為<limits.h>庫中的常量，表示 16 位有符號整數的最大值，主要是將結果轉換為 16 位的整數形式，作為波形的樣本。

```
// Function to generate a sine wave
int16_t generateSineWave(double t, double amplitude, double frequency) {
    return (int16_t)(amplitude * SHRT_MAX * sin(2.0 * M_PI * frequency * t));
}
```

圖 10:正弦波之程式

2. Sawtooth 波的產生:鋸齒波的形狀類似於鋸齒，這一部分的計算我主要是將頻率和時間乘積的相對位置的值映射到 -1 到 1 之間。由於鋸齒波形是一個逐漸增加再突然下降的形式，因此我將取餘數操作的結果乘以 2 再減去 1，這樣得到的值域為 -1 到 1 之間，最後再乘以振幅，即符合鋸齒波形的特性，程式之實現如下圖 11

```
// Function to generate a sawtooth wave with a specified frequency
int16_t generateSawtoothWave(double t, double amplitude, double frequency) {
    return (int16_t)(amplitude * SHRT_MAX * (2.0 * fmod(t * frequency, 1.0) - 1.0));
}
```

圖 11:鋸齒波之程式

3. Square 波的產生:方波特性為在每個週期內具有兩個固定的值，通常是正值和負值。其程式如下圖 12，首先我利用正弦波的週期特性生成方波的輪廓，這裡的 frequency 是方波的頻率，t 是時間。接著我將正負的數值都調整為相同，亦即正值都相等，且負值都相等，這樣就確保了在每個週期內方波的取值在 1 和 -1 之間切換。

```
// Function to generate a bipolar square wave with a specified frequency
int16_t generateSquareWave(double t, double amplitude, double frequency) {
    double value = sin(2.0 * M_PI * frequency * t);
    return (int16_t)(amplitude * SHRT_MAX * (fmod(value, 1.0) >= 0.5 ? 1.0 : -1.0));
}
```

圖 12:方波之程式

4. Triangle 波的產生:如下圖 13，首先， $1.0 - 4.0 \times (fabs(fmod(t \times frequency, 1.0)))$ 計算了時間 t 在一個週期內與中點的距離，並且將結果取絕對值，以計算出其在時域的相對位置。然後，將這個距離乘以 4，使其值域為 -2 到 2，然後減去 1，這樣得到的值域就是從 -1 到 1 之間。

```
// Function to generate a triangle wave with a specified frequency
int16_t generateTriangleWave(double t, double amplitude, double frequency) {
    return (int16_t)(amplitude * SHRT_MAX * (1.0 - 4.0 * fabs(fmod(t * frequency, 1.0) - 0.5)));
}
```

圖 13:三角波之程式

5. SQNR 之計算: SQNR (如下圖 14)代表了信號的功率與量化雜訊的功率之比，其單位為分貝 (dB)。在這段程式碼中，SQNR 被設置為一個固定值，其計算基於位元深度。

$$SNR(dB) = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right)$$

圖 14:SQNR 之公式

- **心得及感想:**此次專題我學習到了很多關於音訊處理應用於程式之知識，像是如何寫 WAV 的標頭檔，還有如何將波型之概念轉換為程式等，雖然不是很難的程式，但因為先前沒有接觸過相關的概念，所以花了我一些時間完成，讓我獲益良多。