

實習單元一

1.1 遮蔽效應 Masking Effect

本實驗主要目的是藉由運用Matlab平台來執行遮蔽效應(Masking effect)實驗，讓學生瞭解人耳特性對於聲音敏感度在實驗中所產生的差異性，進而探討其遮蔽曲線(Masking curve)的形成與分佈現象。

一、實驗目的：

- ◆ 學習與熟悉Matlab平台操作運用
- ◆ 瞭解如何撰寫Matlab程式碼來實現遮蔽效應實驗。
- ◆ 統計與觀察不同雜訊增益與單音所形成的遮蔽曲線。
- ◆ 了解不同人耳對於聲音的敏感度。

二、實習器材：

- ◆ Matlab軟體。
- ◆ 電腦系統/Windows XP作業系統，處理器Pentium 4 2.5GHz
以上，記憶體1 GB以上。
- ◆ 音訊播放裝置/耳機。

三、背景知識：

在人耳聽覺系統特性中，音量的強度大小通常會直接影響聽者在聆聽聲音訊號的感受，所謂的音量是指聲波振幅的大小，當聲波的振幅越大時則聲音就越強，反之亦然。然而人耳在不同頻率的聲音訊號與不同的環境中，對於聲音訊號的敏感度也並非完全相同，在有背景雜訊的環境下，主要的聲音訊號會因為雜訊的影響，而產生被遮蔽的現象。

當在安靜且無雜訊的環境下，人耳對於不同頻率所感受到的聲音強度如圖 1.1-1 所示，其頻率感知範圍約為 20~20kHz，依據靜音門檻曲線圖(The absolute threshold of hearing)，可發現到人耳在 3~4kHz 敏感度較高。本實驗所探討之遮蔽曲線，測試環境並非達到完全靜音的條件，且在不同人耳對於聲音的敏感度也有所差異，因此本實驗將會根據不同測試者所設定的單音訊號與雜訊訊號，統計出不同的遮蔽曲線。

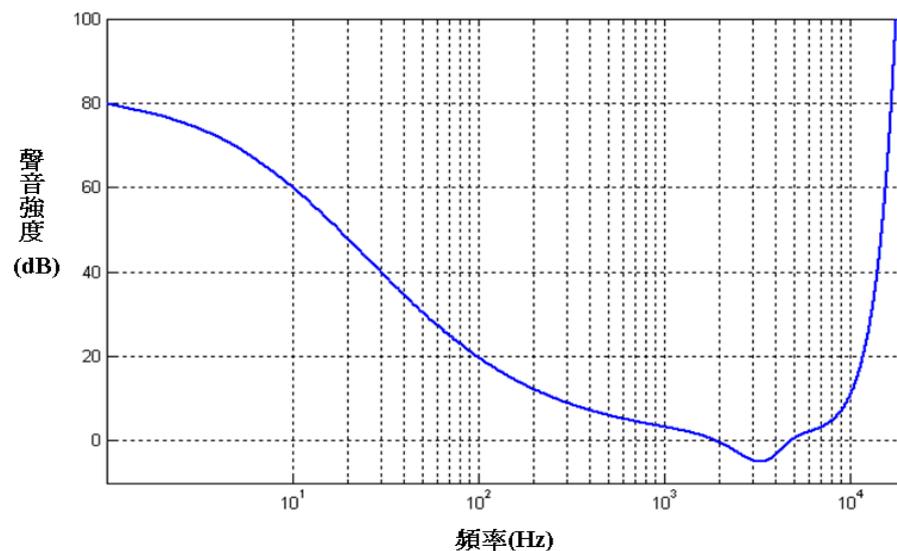


圖 1.1-1 靜音門檻曲線圖[1-5]

遮蔽效應可分為頻域的遮蔽效應(Frequency Masking)和時域的遮蔽效應(Temporal Masking)。如圖 1.1-2 所示，在頻域中 1kHz 能量強度約 70dB 的聲音訊號會對鄰近的三組聲音訊號產生遮蔽效應，因此對於聲音訊號而言，能量的強度將會影響所能遮蔽的範圍，當能量越強時，所能遮蔽的範圍也會相對得越大。而當一組聲音訊號高於遮罩門檻，如圖範例所示在 0.5kHz 其能量強度約 48dB 時，則此組聲音訊號可能會被人耳察覺。

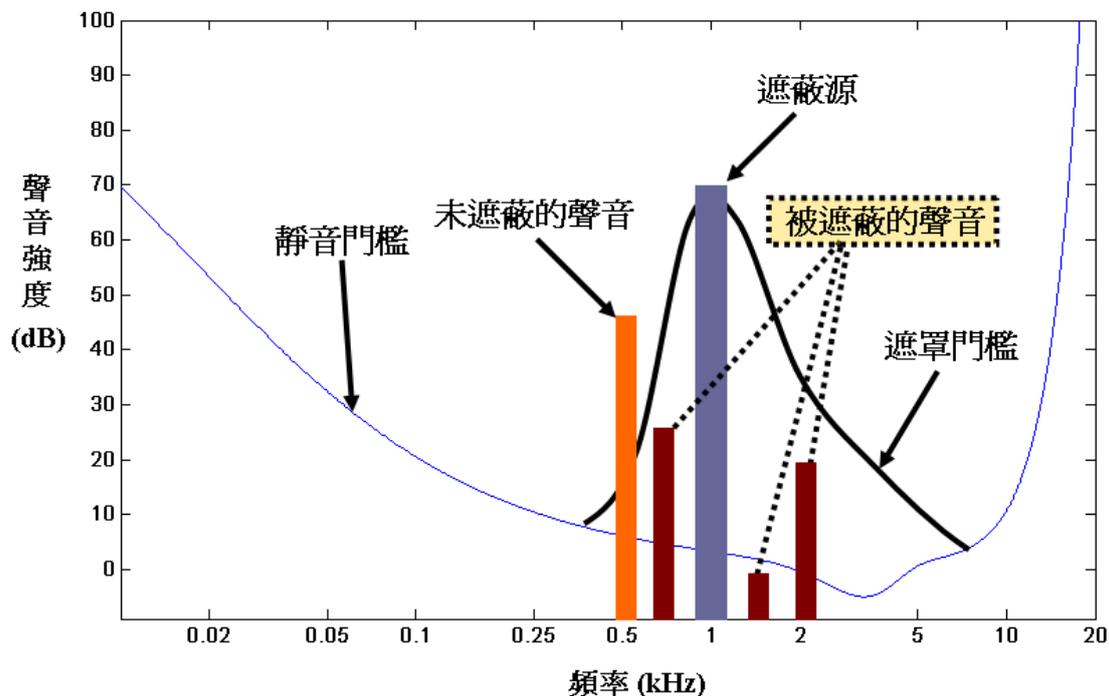


圖 1.1-2 頻域遮蔽效應圖[1-5]

如圖 1.1-3 所示，時域的遮蔽效應可分為前遮蔽(Pre-masking)、同步遮蔽(Simultaneous-masking)、後遮蔽(Post-masking)。時間的遮蔽效應是指在一段時間內，依照遮蔽源(Masker)在時間上所產生的遮蔽順序，聲音強度較大的訊號會遮蔽較弱的訊號，在 MP3 中也是依據聲音訊號的強弱遮蔽特性來達到遮蔽效應，藉此降低訊號的冗餘值，達到壓縮的效果。

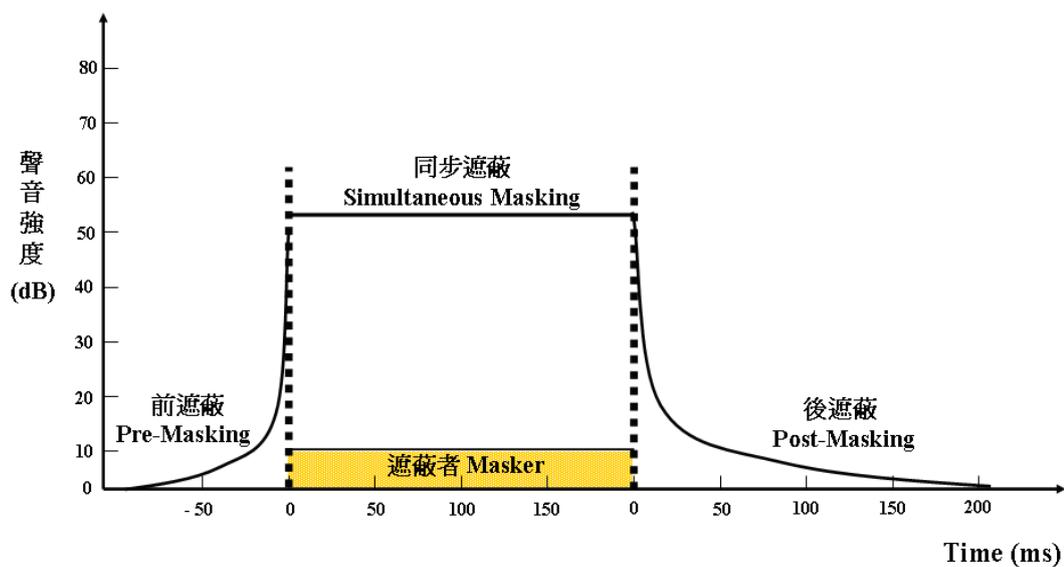


圖 1.1-3 時域遮蔽效應圖[1-5]

四、實驗原理：

■ 單音訊號與雜訊訊號

本實驗首先產生兩種聲音訊號，在此可分為單音訊號(Pure tone)與雜訊訊號(Noise)，單音訊號是指單一頻率所構成的聲音訊號，其產生方式可以利用正弦波(Sinusoid wave)來表示。對於雜訊訊號而言，又可分為寬頻雜訊(Broad-band noise)與單頻雜訊(Single tone noise)。在本實驗裡，主要是使用白雜訊所產生的寬頻雜訊來進行實驗，並探討寬頻雜訊對於單音訊號所形成的遮蔽效應與影響。

寬頻雜訊特性中，能量越強的雜訊能遮蔽頻率能量越高的單頻音，而單頻雜訊則是能量越強的雜訊，對於鄰近且低能量的單音訊號會產生遮蔽的效果，至於所能遮蔽的範圍，將依照頻率的高低與雜訊能量的大小而有所不同。

■ 遮蔽效應

對於本實驗裡所探討的頻率範圍，是依照人耳聽覺特性來進行實驗，其頻率範圍為 20~20kHz。圖 1.1-4 實心圓●代表實驗測試者在寬頻雜訊遮蔽效應中，人耳聽到單音訊號的聲音強度分佈範圍，在雜訊遮蔽效應實驗裡，實心圓●A 點與●B 點是指在 50Hz 與 150Hz 時，被人耳所聽見的單音訊號，其聲音強度分別約 40dB 與 10dB，而當 A 點與 B 點其聲音強度低於 40dB 與 10dB 以下的狀況時，則人耳無法清楚聽見單音訊號。

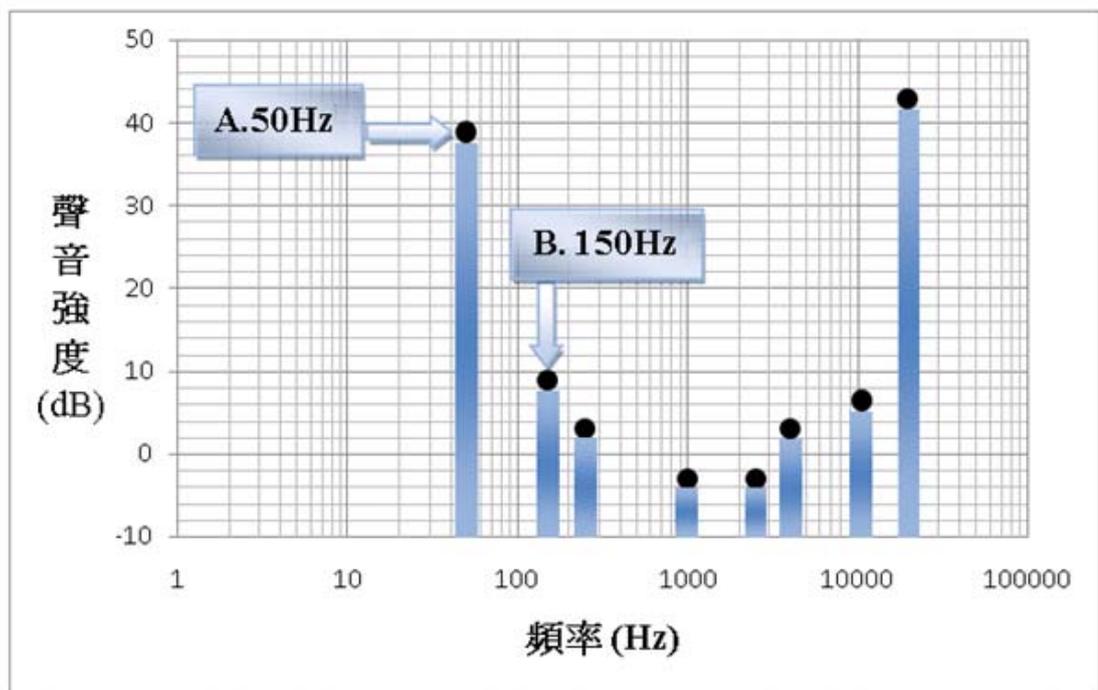


圖1.1-4 聲音強度分佈示意圖

本實驗中主要是依據人耳對於不同頻率聲音訊號的敏感度，探討單音訊號與雜訊訊號之間的遮蔽現象，在不同的頻率下，分別進行聲音訊號聽覺測試，紀錄與觀察其頻率範圍為 20~20kHz 內，人耳在當下所能聽到單音訊號的聲音強度，並且統計所有得到的單音訊號(實心圓●)如圖 1.1-4，最後完成圖 1.1-5 的遮蔽曲線。

而實驗過程中所繪製的遮蔽曲線，將會依據不同的人耳特性在所設定的雜訊及單音訊號間，造成畫出的遮蔽曲線有些許的差異，因此本實驗也希望藉由不同測試者，觀察不同雜訊強度對於單音訊號所造成的影響，並探討遮蔽曲線所構成的原因。

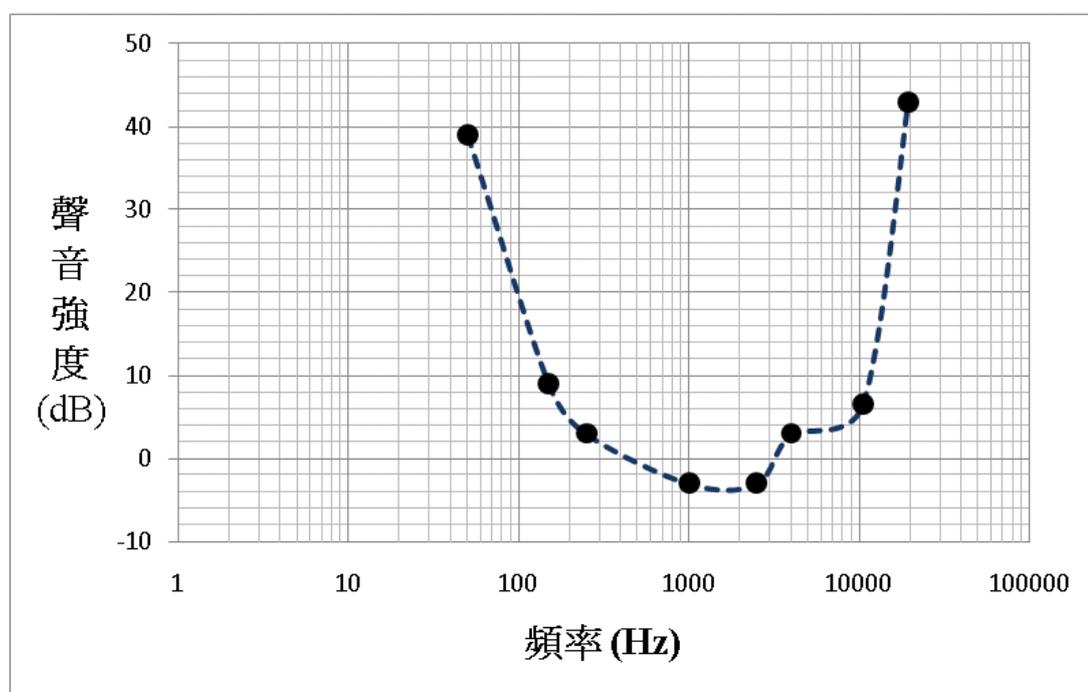


圖1.1-5 遮蔽曲線示意圖

五、實驗方法與步驟:

本實習主要是使用寬頻雜訊(Broad-band noise)，在 Matlab 操作平台下來進行遮蔽效應實驗，其相關步驟如內容所述。

■ 寬頻雜訊

1. 執行 Matlab 主程式並開啟遮罩效應(Masking effect)執行程式

檔，在 Command Window 下輸入操作指令，如圖 1.1-6 所示。



圖 1.1-6 命令視窗圖

2. 在執行檔中依照頻率範圍 20~20kHz，設定所要測試的單音訊號數量，如圖 1.1-7 所示。

```
%依照頻率範圍20~20kHz,設定要測試的單音訊號(Pure tone)頻率點數量  
fc=[0.05 0.5 1 2 3 3.5 4 4.5 5 8 10 12 15 17]*1000; %訊號頻率20~20kHz,取14個頻率點作測試
```

圖 1.1-7 程式:單音參數設定

在圖 1.1-7 範例中所設定的頻率點，是依照人耳聽覺特性頻率範圍 20~20kHz 內做設定，如範例所述是指分別取 50Hz、500Hz 至 17kHz，共 14 組頻率實驗點。

在此我們藉由觀察圖 1.1-1 靜音門檻曲線可發現到，對人耳特性而言在 3k-4kHz 敏感度較高，其餘的頻帶則是敏感度較低，因此在頻率 3k-4kHz 可劃分較細的頻帶，設定數量較多的測試頻率。而其他頻率則是依照測試者對於單音訊號的敏感度，做適當的調整，當增加單音訊號的頻率測試數量時，則最後經過統計後所描繪出的遮蔽曲線，將會更為準確。

3. 如圖 1.1-8 所示，此遮蔽效應實驗中，雜訊訊號將會依據執行者所需輸入的雜訊增益測試參數數量，而執行不同的雜訊增益變化次數。(在此假設範例雜訊訊號增益初始設定為[0.1,0.2,0.3]三組，則程式將會進行三次不同的雜訊訊號增益迴圈測試。)

```
% 雜訊訊號增益(振幅)  
ac=[0.1 0.2 0.3]; %依照使用者測試需求來選取雜訊增益(振幅)
```

圖 1.1-8 程式:雜訊訊號增益設定

如圖 1.1-9 所示，左圖A是為雜訊訊號的時域圖，當進行調整雜訊增益設定時，則雜訊振幅會依照圖 1.1-8所設定的增益參數值大小而有所變化，則右圖B是為雜訊訊號的頻域圖，同樣的我們可以藉由調整圖 1.1-8的設定，進而觀察到不同增益的雜訊在頻域所分佈狀況。

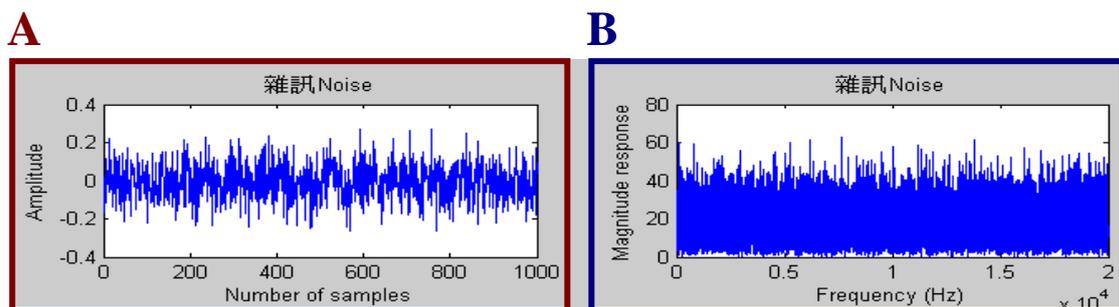


圖 1.1-9 雜訊訊號時域/頻域圖

4. 圖 1.1-10 為單音訊號頻域圖，此範例為 500Hz 的單音訊號，當進行遮蔽效應實驗時，雜訊訊號與單音訊號將會同時播放，如圖 1.1-11。若雜訊訊號聲音強度大於單音訊號，則單音訊號將會被遮蔽導致人耳無法聽見，在雜訊遮蔽下必須藉由不斷地調整單音訊號增益如圖 1.1-12，來增強單音訊號的聲音強度，直到聽見沒被雜訊遮蔽的單音訊號為止。圖 1.1-13 範例為 500Hz 時，單音訊號能量強度高於雜訊，且已經被執行者所聽見的狀態。

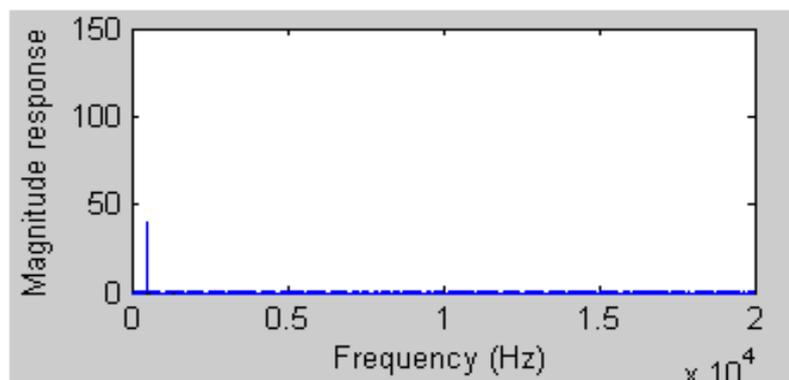


圖 1.1-10 單音訊號頻域圖

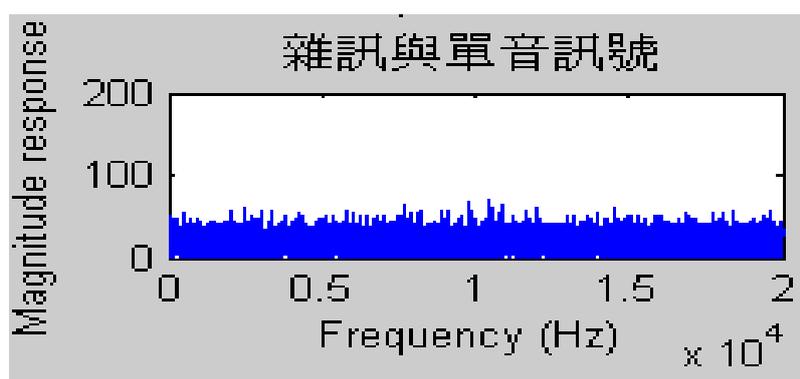


圖 1.1-11 雜訊與單音訊號同時撥放頻域圖

```

% 單音訊號增益(振幅)
%在遮蔽效應下，必須不斷調高單音訊號的增益(振幅)，才能正確聽見雜訊干擾外的聲音(按28次的測試，找尋單音，可依照需求更改設定)
fa=[0.001 0.005 0.01 0.015 0.02 0.025 0.03 0.04 0.05 0.06 0.07 0.08 0.09 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.45 0.5 0.55 0.6 0.7 0.8 0.9 1];

```

圖 1.1-12 程式:單音訊號增益設定

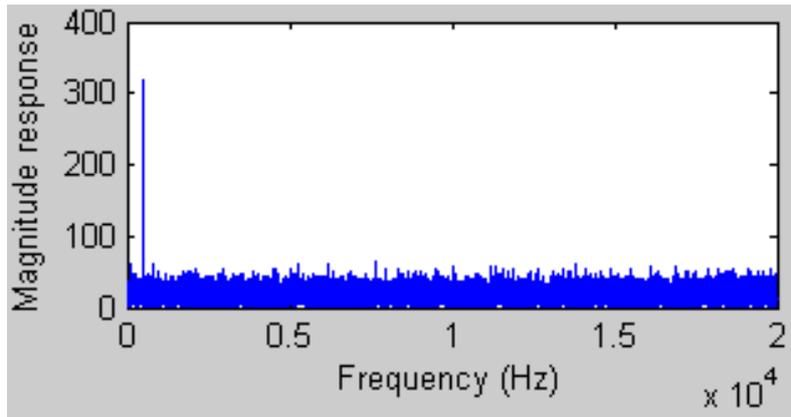


圖 1.1-13 雜訊與單音訊號頻域圖

5. 當人耳聽見所要的單音訊號時，紀錄此組已聽見的單音訊號聲音強度值(Sound Pressure Level, SPL)單位為dB，並進行下個不同頻率的單音訊號測試與紀錄，如圖 1.1-14 所示。

同時放出雜訊訊號與單音訊號的聲音

計算在當下所執行的單音訊號能量，當可聽見此組單音訊號聲音時，接著記錄此值

聲音強度值

```
Sound_pressure_level =
```

```
9.0309
```

圖 1.1-14 程式:聲音強度值

6. 將所記錄的已聽見單音訊號聲音強度值，填入表 1.1-1，並進行下個不同頻率的單音訊號測試，此時可在命令視窗指令next內輸入指令，依據當時是否有聽到遮蔽的單音訊號進行輸入指令，在此命令句中分別為二種狀態如圖 1.1-15 所示。

當 next 輸入 0 可直接進行下個單音訊號測試。

當 next 輸入 1 可重複播放再聽一次所測試的單音訊號。

若已經聽到被遮蔽的單音訊號,要直接進行下個單音訊號,並停止目前執行動作,請在next輸入0,並按下enter
若要重複再聽一次單音訊號,請在next輸入1,並按下enter
若按鍵按下ctrl + C,可以停止目前程式執行
next:

圖 1.1-15 程式:指令操作狀態

註:當鍵盤按下 ctrl + c，則直接停止目前程式執行。

7. 重複步驟 3-6 依據表 1.1-1 內所記錄的頻率與單音訊號聲音強度，使用 Excel 或其他統計繪圖工具畫出遮蔽曲線，可參考圖 1.1-16 範例所示。

圖 1.1-16 參考範例為 14 組單音頻率測試數量，其 X 軸表示為對數刻度(Logarithmic Scale)。而本實驗所繪製的遮蔽曲線，將會依據不同實驗執行者的人耳特性與所設定的參數，造成畫出的遮蔽曲線會有些許差異。影響的設定參數如下：

- 雜訊訊號增益(振幅)設定
- 單音訊號增益(振幅)設定
- 單音頻率測試數量設定組數

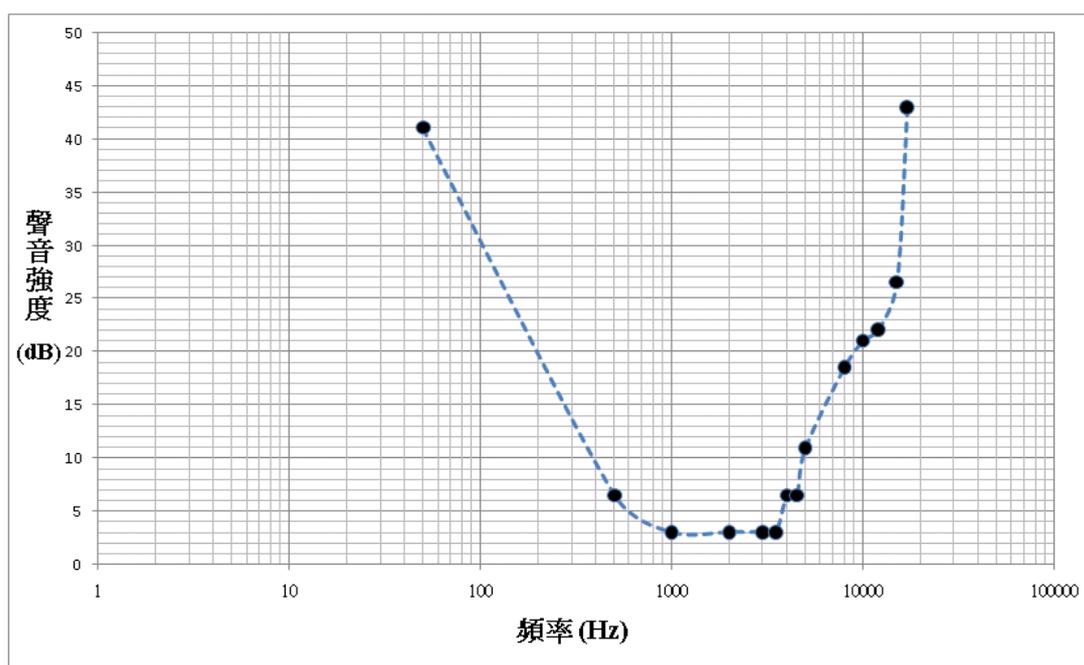


圖 1.1-16 寬頻雜訊遮蔽曲線示意圖

本實驗所畫出的遮蔽曲線，將會依照每個人所設定的雜訊訊號與單音訊號而有不同的結果，所以實驗者必須在進行實驗時，依據當下對單音訊號的敏感度做適當的調整，才能有效的聽見雜訊遮蔽外的單音訊號，因此本實驗也希望藉由不同實驗者對於聲音敏感度的差異性，進而探討其遮蔽曲線的分佈狀況。

六、參考文獻：

- [1]E. Zwicker and H. Fastl, “Psychoacoustics - Facts and Models,” Springer Berlin, Heidelberg, 1990.
- [2]ISO/IEC 11172-3:1993, “Information technology -- Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1,5 Mbit/s -- Part 3: Audio, 1993[Online].(“MPEG-1”)
- [3]A. Spanias, T. Painter, and V. Atti, “Audio Signal Processing and Coding,” Wiley-Interscience, 2007.
- [4]T. Y. Chang and B. F. Wu, “Research and Implementation of MP3 Encoding Algorithm,” Department of Electrical and Control Engineering, National Chiao Tung University (NCTU), Hsinchu, Taiwan, July 2002.
- [5]吳炳飛、顏志旭、林煜翔、魏宏宇、張芷燕，“Audio Coding 技術手冊 MP3 篇”第二版，全華圖書股份有限公司，2007 年 6 月。