

# 實習名稱:Frequency Shift Keying(FSK)

班級：電子三甲 組別：第 17 組 姓名：邱少譽 (109360142)

## 1. 實驗目的

利用類比訊號振幅的不同，調變數位訊號的方式，對於二進位資料 0 和 1，藉由切換低頻和高頻來進行調變

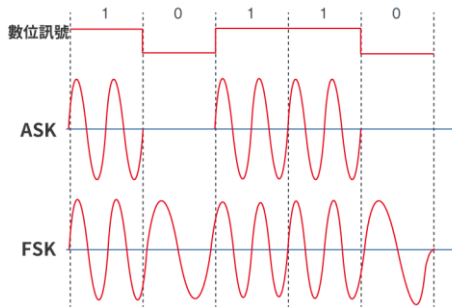


圖 1:數位訊號對照 FSK

## 2. 理論說明

### (1)AWGN(Additive White Gaussian Noise) 加性高斯白雜訊

加性高頻噪聲 (AWGN) 是一種數學模型，主要是熱雜訊造成，電阻性元件內部電子移動隨機產生，強度與溫度有關 - 具高斯分佈且功率頻譜密度為一常數值之隨機程序，主要用於真實的發射端和接收端之間。該模型的特點是雜訊不斷增加，但具有恆定的頻率和高度分佈寬度。

如圖 2，對於具有採樣率的離散信號  $F_s$ ，透過採樣定理得知信號的 bandwidth 受範圍內的低通濾波器的限制  $\pm F_s/2$  個。出於計算目的，該濾波器是一個理想的低通濾波器，由此產生的帶內功率在下圖中以紅色顯示，而其餘部分被過濾掉。

$$H(F) = \begin{cases} 1, & -\frac{F_s}{2} < F < \frac{F_s}{2} \\ 0, & \text{else} \end{cases}$$

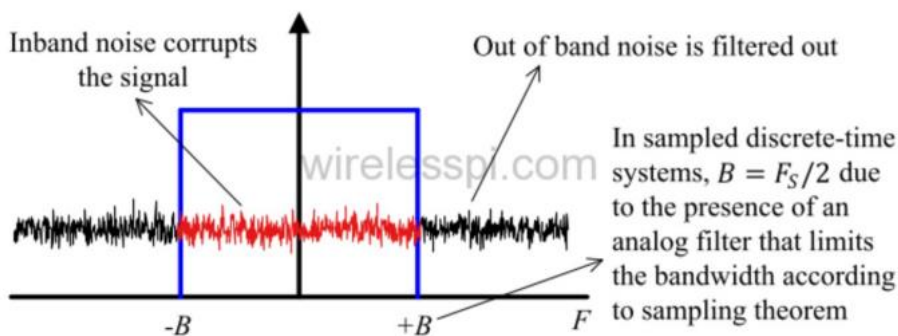


圖 2:AWGN 調變說明

## (2)BER(Bit Error Rate)位元錯誤率

$E_b$  = Bit energy (Joules)

$N_0$  = Noise power spectral density (Watts/Hz)

$E_b / N_0$  與位元錯誤率有直接的函數關係

運用於無線通訊上：

語音傳輸一般位元錯誤率需要低於 $10^{-3}$

資料傳輸一般位元錯誤率需要低於  $10^{-6}$

## (3)SNR

$$\frac{S}{N} = \frac{E_b B_R}{N_0 B}$$

$B_R$  為系統資料傳輸速率 (data rate)

$B$  為系統頻寬

## (4)BER SNR 比較

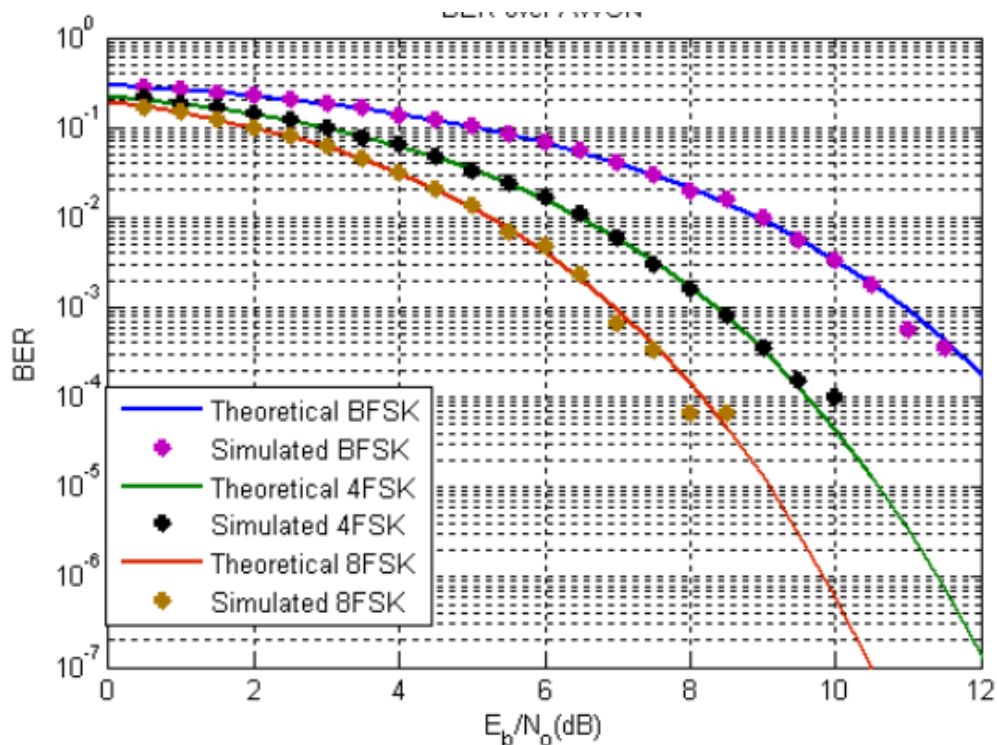


圖 3:(2、4、8)FSK 的 BER 與 SNR( $E_b / N_0$ ) 之比值

由上圖可知當  $E_b / N_0$  為定值時，M-FSK 值越大相對 BER(bit error rate)越大，所以當 M-FSK 值調大時，每位元錯誤率也會跟著增加，所以要降低位元錯誤率的方法就是將  $E_b / N_0$  調大

### (5) Coherent vs non-Coherent

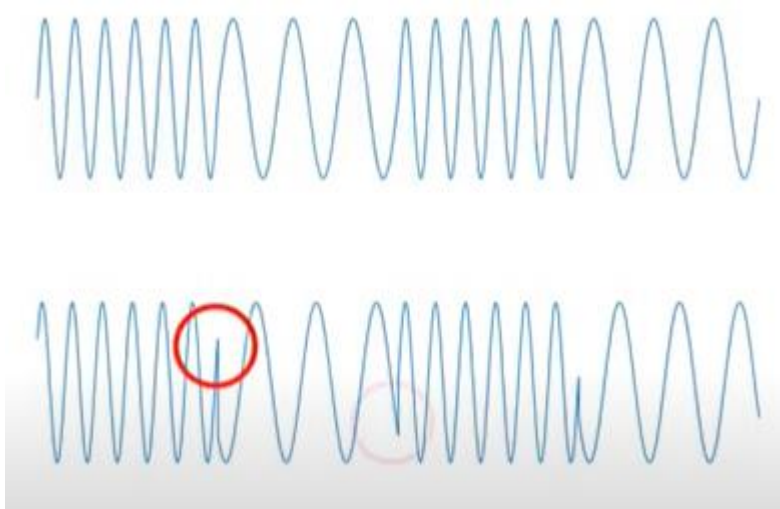


圖 4 上方為 coherent(連貫的)，下方為非連貫的(non-Coherent)

當兩波型是由同一個振盪器產生，結果會是連貫的(Coherent)而當她們是由兩個振盪器所生成則為非連貫的(non-Coherent)缺:會造成頻譜再生(主要是待測物之寄生效應所造成)

非連貫的(non-Coherent)在本次實驗圖 8, 圖 11 和圖 14 符合非連貫，因為初始振盪器波型不同

### (6)與其他調變技術的優缺點

FSK 的優點：

1. 它比 ASK 方法具有更好的抗噪性，因此無錯誤接收數據的概率很高
2. 易於解碼，幾乎可以在任何可用的電線中運行
3. 用於遠距離通信，在固定封包的情況下，它對雜訊具有更高的抗噪度。
4. 調頻系統相較於調幅系統以較大的頻寬換取較好的品質

FSK 的缺點：

1. 與 PSK 調製相比，AWGN 頻道中的 BER 性能更差
2. 廣泛用於位元率低於 1200Bit/t 的低速調製解調器這增加了傳輸 FSK 信號類型所需的通道帶寬
3. 與 ASK 和 PSK 等其他調製技術相比，它使用更大的帶寬。
4. FSK 不是高速調製解調器的首選，因為隨著速度的增加，bit rate 也會增加

### 3. 實驗步驟

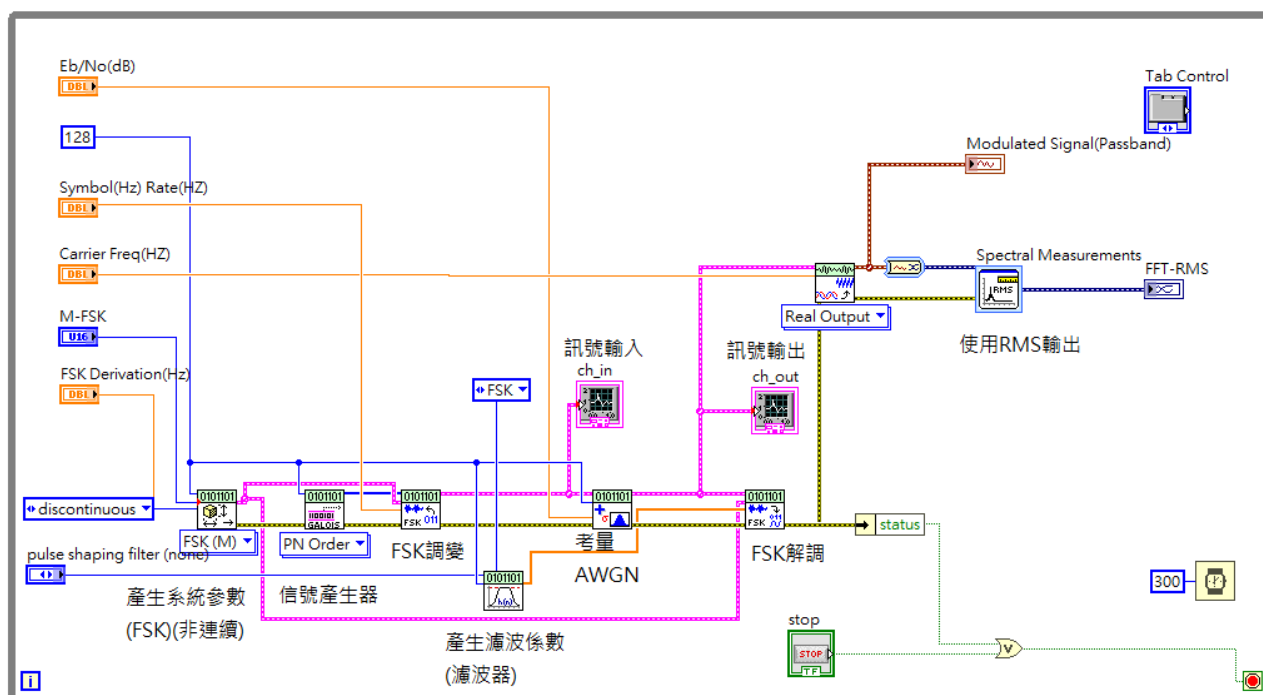
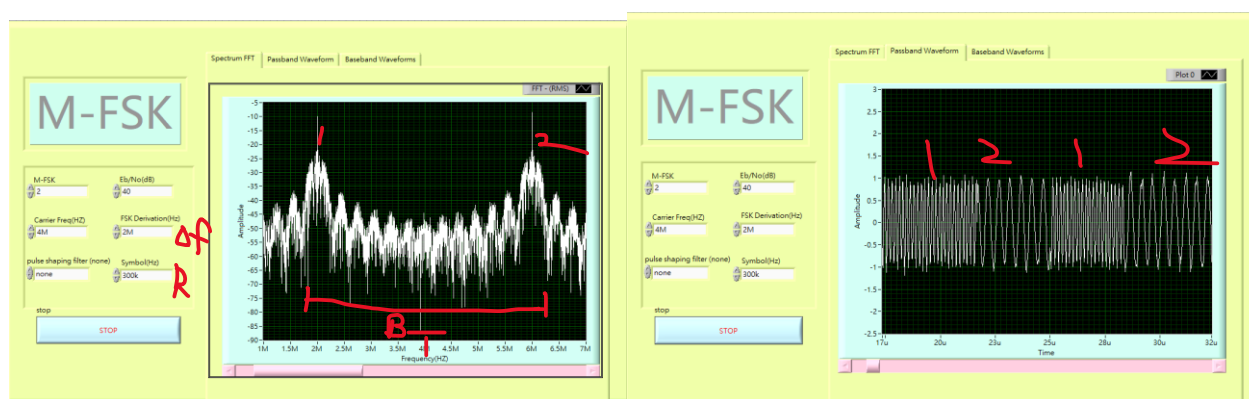


圖 5 實驗二 block diagram

### 3. 實驗結果

當 M-FSK-2 時，我們可以很輕易觀察出圖 11 有兩個尖波，在最左側的尖波和最右側的尖波間為整個 MSK 的頻寬= $2(\Delta f + R)$ (Hz)，圖 12 有 M-FSK(2)種波型，圖 13 上方為 ch\_in，下方為 ch\_out

M-FSK=4 與 M-FSK=8 解法皆為相同



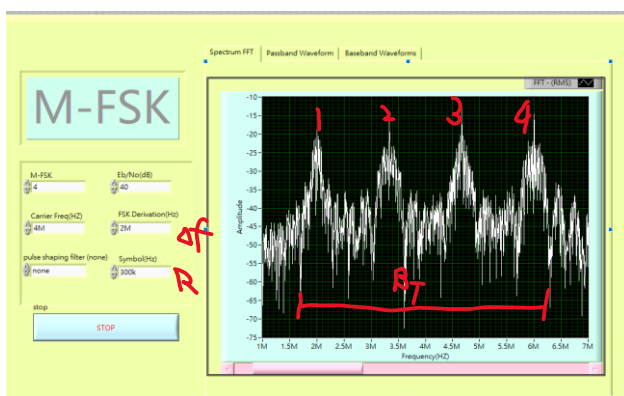
$$B_T = 2(4f + R) = 4.6M$$

圖 6:M-FSK 為 2 的 FFT 圖形

圖 7:M-FSK 為 2 的 Passband waveform



圖 8:M-FSK 為 2 的 Baseband waveform



$$B_T \Rightarrow (df + R) = 4.6M$$

圖 9:M-FSK 為 4 的 FFT 圖形

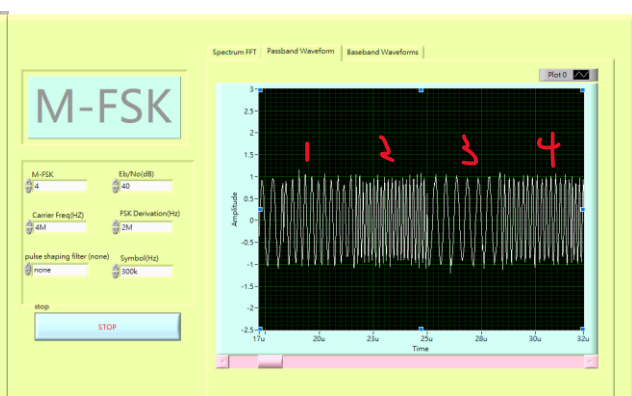


圖 10:M-FSK 為 4 的 Passband waveform

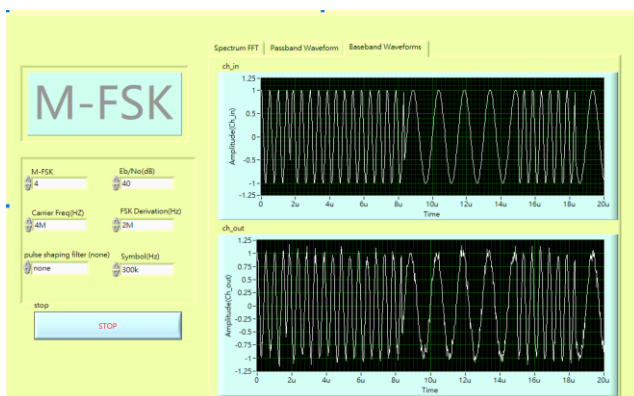


圖 11:M-FSK 為 4 的 Baseband waveform

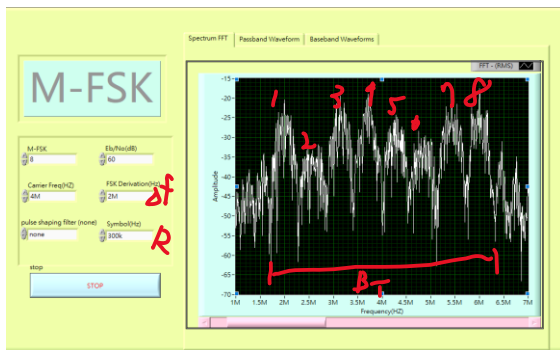


圖 12:M-FSK 為 8 的 FFT 圖形

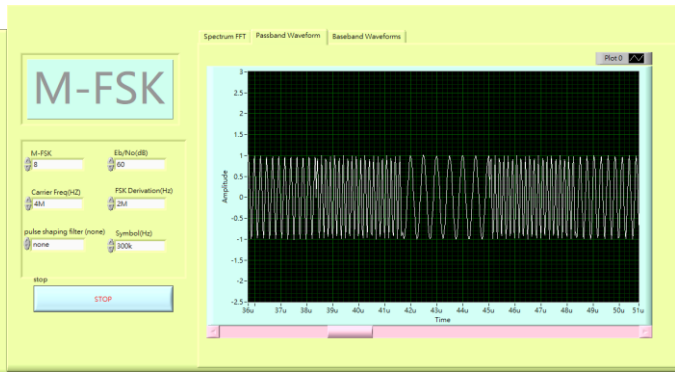


圖 13:M-FSK 為 8 的 Passband waveform

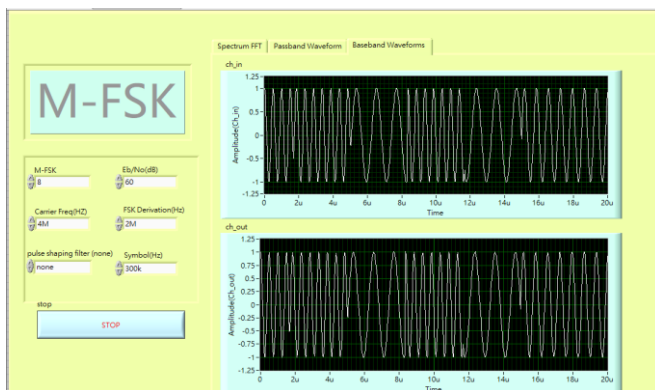


圖 14:M-FSK 為 8 的 Baseband waveform

#### 4. 心得報告

經由本次實習後我才發現原來我們生活周遭與 FSK 調變，息息相關，只是我們沒有自覺，像是常見的車庫遙控器，還有藍芽等等高頻的元件，每一種元件都有其優點和缺點，以 FSK 為例他的缺點是頻寬佔據空間大，但是也因為頻寬大，用作 FM 播放器所傳輸聲音的音域(相較 ASK(AM))就更廣了，此外他易於解碼且抗噪性高，所以至今我們仍在使用的此調變系統。

經過本次通訊實習課程，接續了上次的 ASK 課程，我覺得電路要設計得出來，熟能生巧很重要，雖然剛開始接觸一個新電路，可能感到陌生，但是我們可以先以模仿為主，並試著去理解每一個元件的架構，亦或者是運用之前上課所傳授的方法，又或者是與同學交流彼此交流動機，都能使我們對實作的靈敏度大大提升，千萬不要還沒做就害怕做不出來，try and error，要親身試過再下定論，就能夠較輕鬆上手。

## 6. 參考資料

[1]

[https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Electrical\\_Engineering/Electronics/Microwave\\_and\\_RF\\_Design\\_I\\_-\\_Radio\\_Systems\\_\(Steer\)/02%3A\\_Modulation/2.06%3A\\_Frequency\\_Shift\\_Keying\\_FSK](https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Electrical_Engineering/Electronics/Microwave_and_RF_Design_I_-_Radio_Systems_(Steer)/02%3A_Modulation/2.06%3A_Frequency_Shift_Keying_FSK)

[2]<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/frequency-shift-keying>

[3]Journal of Babylon University/Engineering Sciences/ No.(4)/ Vol.(25): 2017 1257 BER Performance of M-ary FSK Modulation over AWGN and Rayleigh Fading Channels Yazen Saifuldeen Almashhadani Communication and Computer Engineering Department College of Engineering, Cihan University, Retrieved December 01 2022, from <https://www.iasj.net/iasj/download/9602f3efaf1784af5>

[4]<https://www.twblogs.net/a/5e532312bd9eee2116823e70>

[5] S. Haykin and M. Moher, An Introduction to Analog and Digital Communications. John Wiley & Sons Inc, 2020