

實習名稱: Quadrature Amplitude Modulation(QAM)

班級: 電子三甲 組別: 第 17 組 姓名: 邱少譽 (109360142)

1. 實驗目的

正交振幅調控(QAM)是一種將兩種調幅信號 (2ASK 和 2PSK) 匯合到一個訊號的方法，因此會雙倍擴展有效頻寬。正交調幅訊號有兩個相同頻率的載波，但是相位相差 90 度 (四分之一周期，來自積分術語)。一個信號叫 I 信號，另一個信號叫 Q 信號。兩種被調製的載波在發射時已被混和。到達目的地後，載波被分離，數據被分別提取然後和原始調製信息相混和。QAM 是用兩路獨立的基帶信號對兩個相互正交的同頻載波進行抑制載波雙邊帶調幅，利用這種已調信號的頻譜在同一頻寬內的正交性，實現兩路並行的數字信息的傳輸。

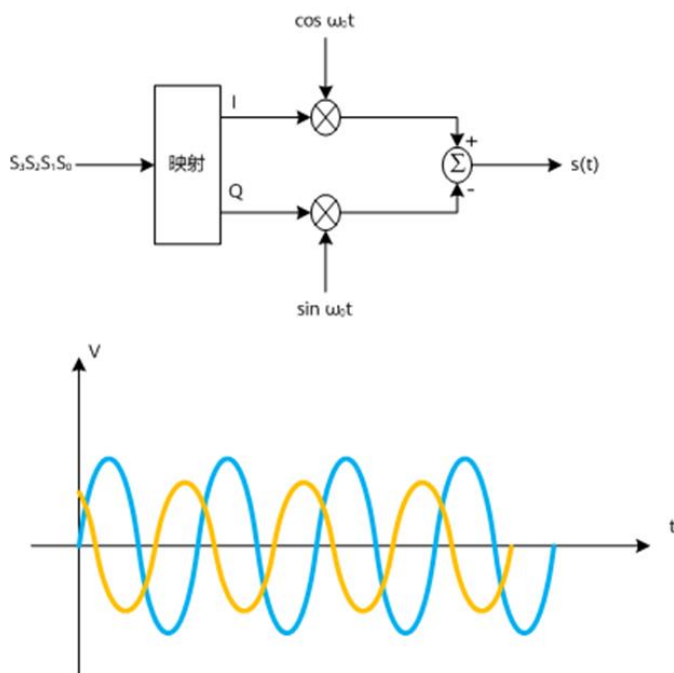


圖 1:QAM 構成圖

2. 理論說明

(1)I/Q channel

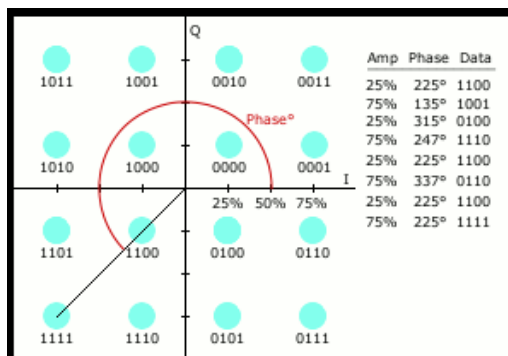


圖 2:IQ 圖

由圖 2 可得當 QAM 需要變跟位元值時需要變更兩項變數(AMP(振幅)與 PHASE(相位))

尤拉公式： $e^{jx} = \cos x + j\sin x$

線性調變：原始基頻訊號為 $m(t)$ ，調變至頻率 f 的射頻訊號 $s(t)$:-

對應的 \cos 稱作 I-channel(in-phase carrier)、 \sin 稱作 Q-channel (quadrature-phase carrier)，相當於訊號經歷了兩個正交的通道

$$\begin{aligned} s(t) &= A_m(t) \cos(2\pi f_c t + \phi_m(t)) = \text{Re}\{A_m(t)e^{j(2\pi f_c t + \phi_m(t))}\} \\ &= \text{Re}\{A_m(t)e^{j\phi_m(t)}e^{j(2\pi f_c t)}\} = \text{Re}\{A_m(t)(\cos\phi_m(t) + j\sin\phi_m(t))e^{j(2\pi f_c t)}\} \end{aligned}$$

基頻訊號： $A_m(t)(\cos\phi_m(t) + j\sin\phi_m(t)) = I(t) + jQ(t)$

射頻訊號： $s(t) = \text{Re}\{(I(t) + jQ(t))e^{j(2\pi f_c t)}\} = I(t)\cos 2\pi f_c t - jQ(t)\sin 2\pi f_c t$

(2) 各大調變技術 BER SNR 比較

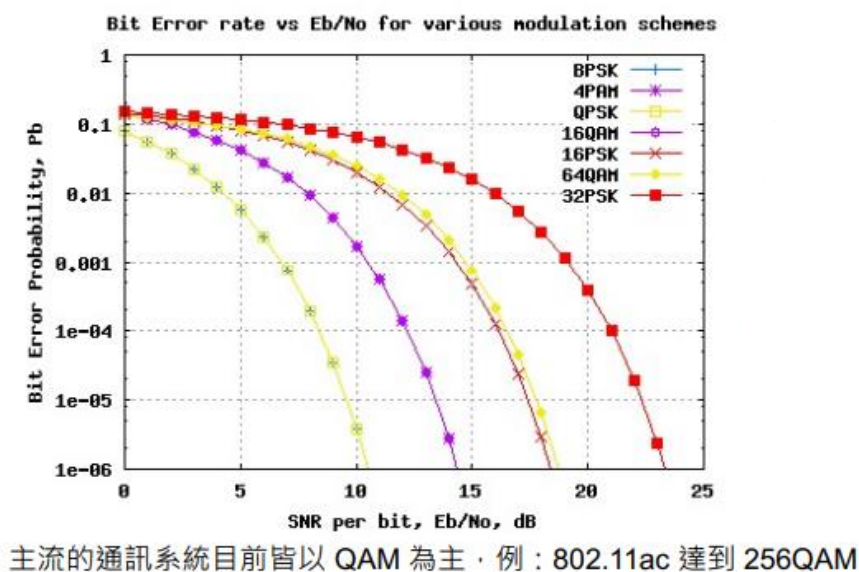


圖 3: 各大調變技術 BER SNR 比較

與其他調變技術相比，QAM 編碼具有充分利用頻寬、抗噪能力強等優點。

當對數據傳輸速率的高於 8-PSK 能提供的上限時，我們一般會採用 QAM 的調變方式。因為 QAM 的星座點比 PSK 的星座點更分散，星座點之間的距離因此更大，所以能提供更好的傳輸性能。但是 QAM 星座點的幅度不是完全相同的，所以它的解調器需要能同時正確檢測相位(PHASE)和振幅(AMP)，不像 PSK 解調只需要檢測相位(PHASE)，這增加了 QAM 解調器的複雜性。

總結這些常用的調變技術當位元數較多時，使用 QAM 調變的可靠性較高。

(3)比較不同 M-ary 的 QAM

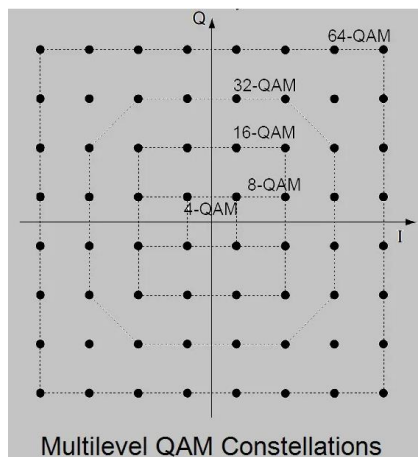


圖 4: 不同 M-ary 的 QAM 排列方式

類似於其他調變方式，QAM 的訊號可以用星座圖來表示。星座圖上每一個星座點對應發送的每個訊號。數據常採用二進制表示，通常來說星座點的個數一般是 2 的冪次。常見的 QAM 形式有 16-QAM、64-QAM、256-QAM，以及 5G 所採用之 512-QAM 及 1024-QAM。星座點數越多，每個符號能傳輸的訊息量就越大。但是，如果在星座圖的平均能量保持不變的情況下增加星座點，會使星座點之間的距離變小，進而導致 BER 上升。因此高階星座圖的可靠性比低階要差。

(4)以常見的 802.11a 比較個別的傳輸速度

RATE bits	Modulation type	Coding rate	Data rate (Mbit/s)(*)
1101	BPSK	1/2	6
1111	BPSK	3/4	9
0101	QPSK	1/2	12
0111	QPSK	3/4	18
1001	16-QAM	1/2	24
1011	16-QAM	3/4	36
0001	64-QAM	2/3	48
0011	64-QAM	3/4	54

圖 5:以 802.11a 為例傳輸速度與算法

Data Rate: $(M_{\text{symbol/s}}) * (\text{coded bit/symbol}) = (\text{Mbit/s})$

BPSK: Data Rate = $12 * 1/2 * 1 = 6$

QPSK: Data Rate = $12 * 3/4 * 2 = 18$

64-QAM: Data rate = $12 * 3/4 * 6 = 54$

藉由圖 1 得知 QAM 調變技術有關個別資料的傳輸速度較其他調變技術快許多

3. 實驗步驟

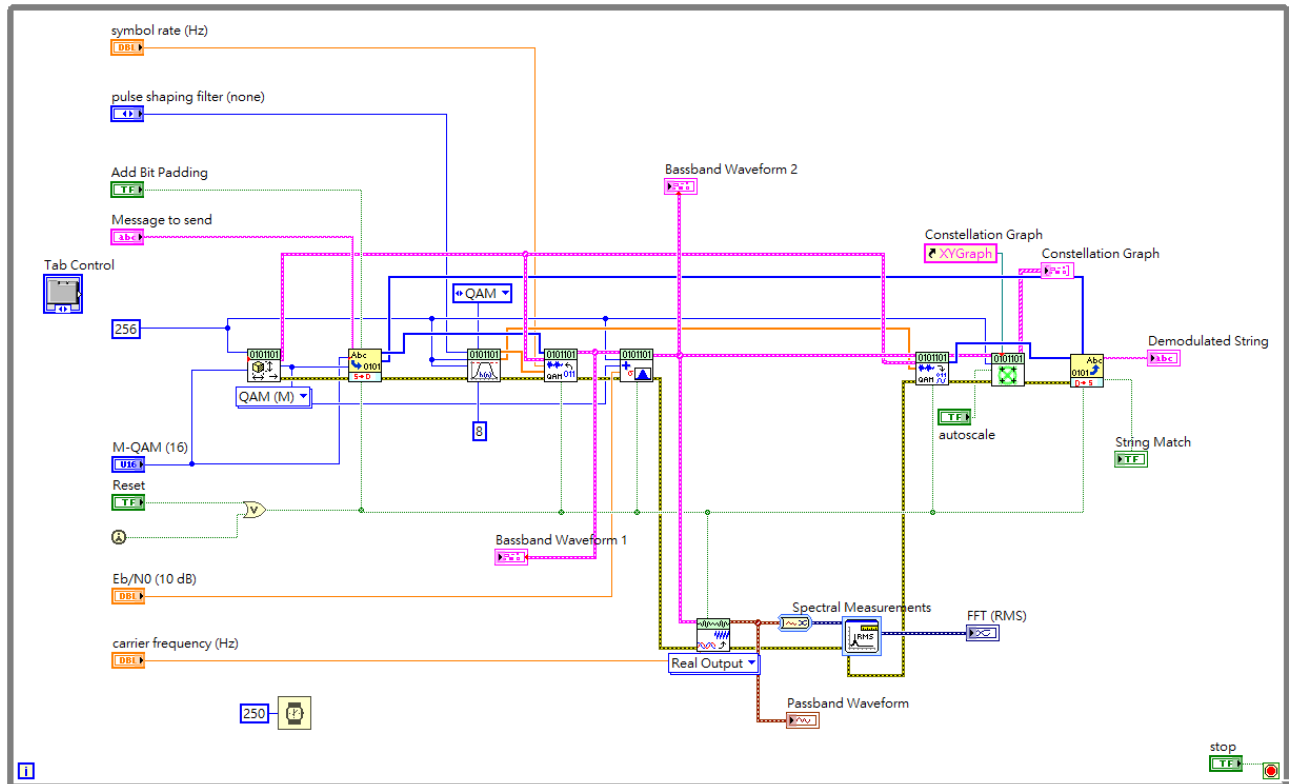


圖 6 block diagram

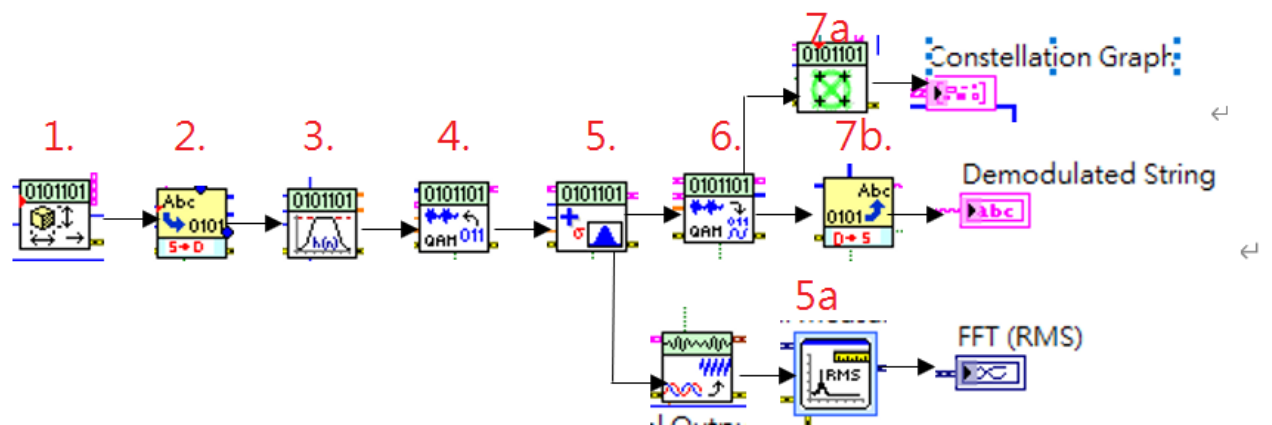


圖 7 流程圖

step1. 生成位元並進行通道編碼

step2. 進入通道將 string 轉成 bit

step3. 生成濾波器係數

step4. Qam 調變

step5. 使用 awgn 加強訊號

step5a. 使用 fft 轉換以 rms 輸出訊號

step6. 最後 QAM 後解調，

step7a. 輸出眼圖

step7b. 進入通道將 bit 轉成 string 並輸出字串

4. 實驗結果

從圖 7 我們可得當輸入波形(passband1)經過 AWGN 放大後，得輸出波形(passband2)，較容易判別輸出準位大小

從圖 9 我們可得 costellation(眼圖)為 4 位元 16 個狀態

從圖 10 此電路的中心頻率為 carrier frequency=6G(Hz)

頻寬為兩倍 symbol rate=4G(Hz)

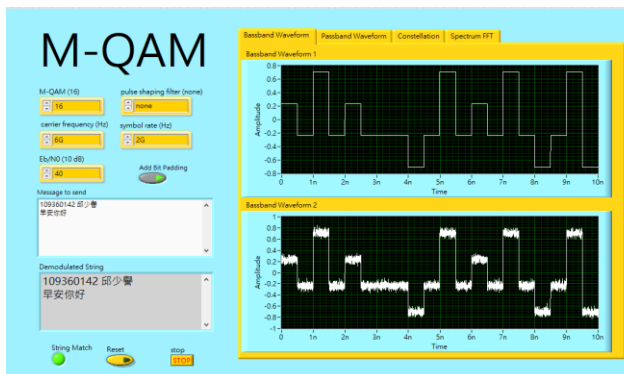


圖 7:M-QAM 為 16 且 Eb 為 40 的 Baseband 圖形

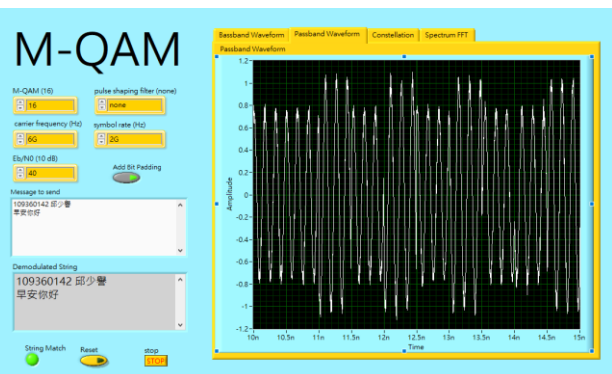


圖 8: M-QAM 為 16 且 Eb 為 40 的 passband waveform

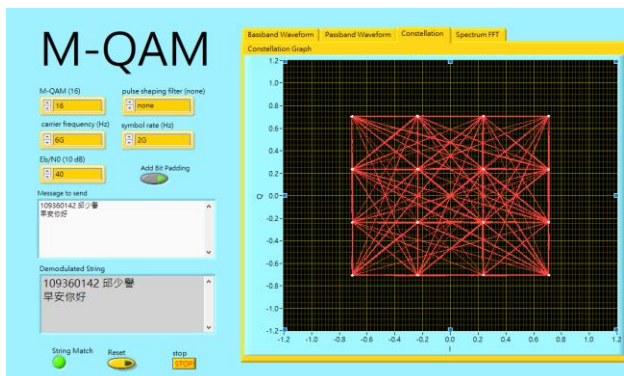


圖 9:M-QAM 為 16 且 Eb 為 40 的 constellation

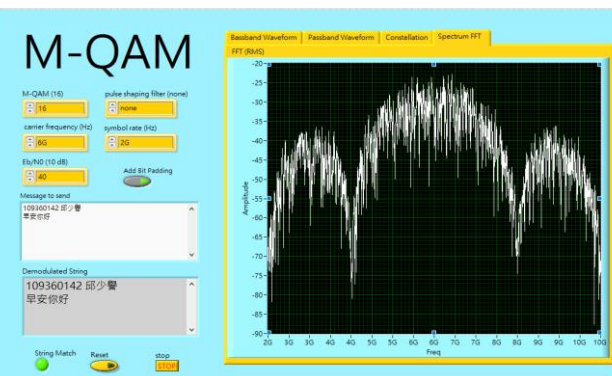


圖 10: M-QAM 為 16 且 Eb 為 40 的 FFT 圖形

5. 心得報告

這次所報告的主題是 QAM，這個調變技術在現今的通訊調變技術可說是非常重要，就以我們身邊常見的 WIFI 以及 4G 技術都是以 QAM 為 base，所建立而成，重點是這個調變係數的難易度沒有非常難所以對我們來說是一次很好的學習機會，當模擬不同的調變波形出來時，我們不妨試試看結合兩種不同的調變技術並結合其優點，說不定就能發現新大陸，開展出新的更有效率的解調方式。

6. 參考資料

- [1] <https://headendinfo.com/32qam-64qam-128qam-256qam/>
- [2] 《Power Systems Analysis》(1/e Revised, International Edition, 電力系統分析), 中正大學電機工程學系教授張文恭。
- [3] http://www.tsnien.idv.tw/Network_WebBook/chap14/14-6%20ADSL%20%E8%AA%BF%E8%AE%8A%E6%8A%80%E8%A1%93.html
- [4] <https://www.wikiwand.com/zh-tw/%E6%AD%A3%E4%BA%A4%E5%B9%85%E5%BA%A6%E8%B0%83%E5%88%B6>
- [5] <https://info.support.huawei.com/info-finder/encyclopedia/zh/QAM.html>