

實習名稱：正交振幅調變 (Quadrature Amplitude Modulation, QAM)

班級：電子三丙 組別：第 9 組 姓名：游鎮遠(107360734)

1. 實驗目的

本次實習以數位調變方式之一的 QAM 作為實驗項目，透過 LabVIEW 繪製程式圖，模擬 QAM 的通訊架構，觀察其傳輸訊號波形的變化，並了解星座圖叢集的意義，與其訊號在雜訊干擾下的解調情況。

主要觀察重點為：

- (1) 數位訊號及調變波波形。
- (2) 星座圖受雜訊干擾的變化。
- (3) 頻譜與傳輸頻寬。

2. 理論說明

正交振幅調變(Quadrature Amplitude Modulation, QAM)是利用兩個正交的載波訊號來進行振幅調變，因此 QAM 調變可視為 PSK 與 ASK 結合的一種調變方式。而兩個正交訊號頻率相同，但是相位相差 90 度，分別是為 I 訊號與 Q 訊號。且因與 PSK 同屬於相位調變，PSK 調變更可視為 QAM 的一種特例，在一定的頻寬及相同的位元錯誤率下，QAM 的傳輸速度為 PSK 的兩倍。

與其他數位調變相同，QAM 發射訊號集也可以用星座圖表示，星座圖上每一個星座點對應發射訊號集中的一個訊號。採用水平和垂直方向等間距的正方配置，如圖 1 所示。又因為數位通訊中數據常採用二進位表示，所以此情況下星座點的個數一般是 2 的冪次方，設正交振幅調變的發射訊號集大小為 M，稱之為 M-QAM，常見的 QAM 形式有 4-QAM、16-QAM、64-QAM 等。

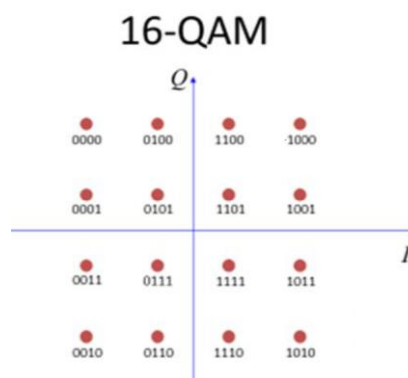


圖 1：採水平和垂直方向等間距的正方配置的 16-QAM 星座圖

星座點數越多，每個符號能傳輸的資訊量就越大。但是，如果在星座圖的能量保持不變的情況下增加星座點叢集，會使星座點之間的距離變小，進而導致錯誤率上升。因此高階星座圖的可靠性比低階要差。

3. 實驗步驟

本次實驗使用 LabVIEW 做為模擬軟體，製作兩個部分：

(1) 前置面板：提供各項參數調整與觀察波形輸出，如圖 2 與表 1。

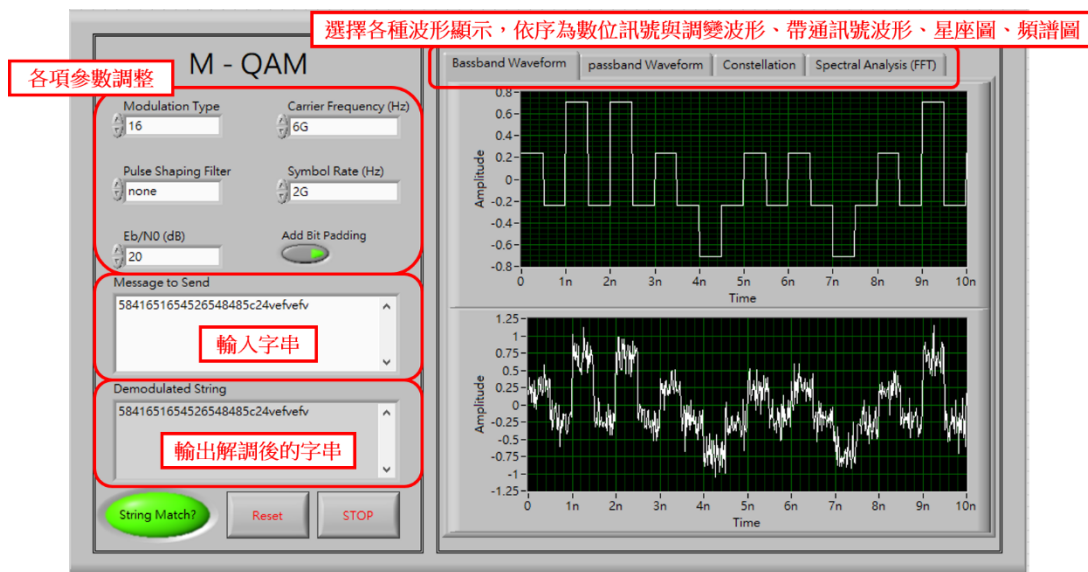


圖 2：前置面版配置

表 1：各項參數調整

Modulation Type	Pulse Shaping Type	Carrier Frequency (Hz)	Symbol Rate (Hz)	Eb/N0 (dB)
4、8、16、64	none	6G	2G	20

(2) 程式圖：繪製模擬程式流程。

本次實驗程式之重要步驟大致為：先輸入字串，轉為數位訊號，對其進行 QAM 調變，加入模擬的通道雜訊，再進行解調，最後將解調之訊號轉回字串，流程如圖 3 所示。圖 4 為程式圖截圖，並標示重點部分。

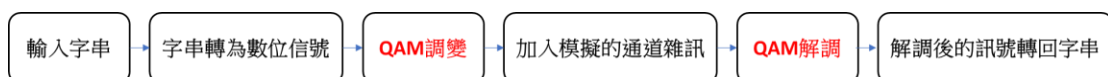


圖 3：本次實驗之重要步驟流程圖

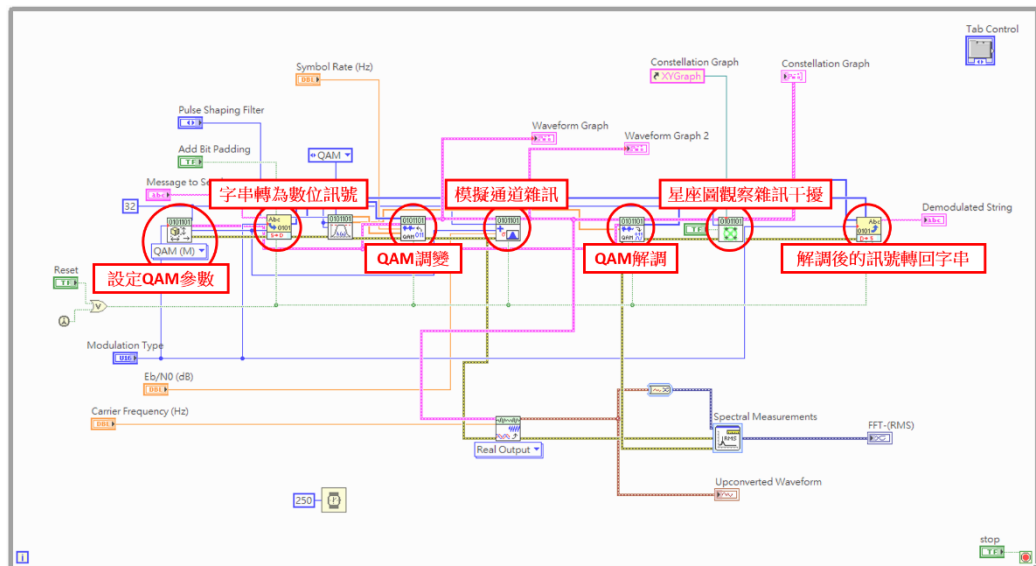


圖 4：程式圖

4. 實驗結果

(1) 字串

若程式設置無誤，輸入的字串應與傳送後解調變的字串一致，如圖 5。

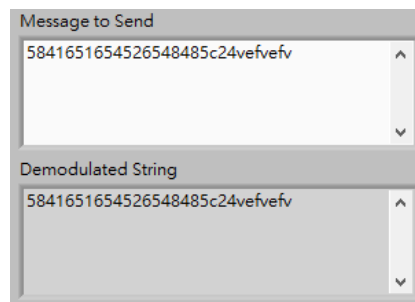


圖 5：輸入字串與解調後的字串

(2) 數位訊號與調變後的振幅

若調變方式為 4-QAM，代表為 (2^2) -QAM，會有 2 種振幅狀態。調變方式為 8-QAM，代表為 (2^3) -QAM，會有 3 種振幅狀態。依此類推。

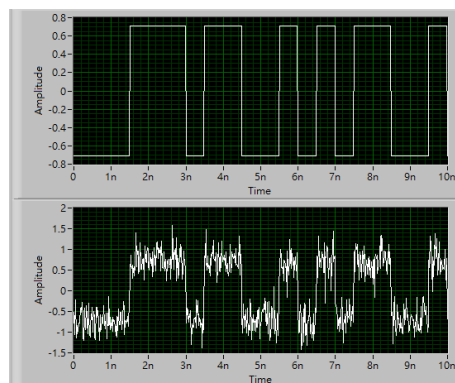


圖 6：4-QAM，2 種振幅狀態

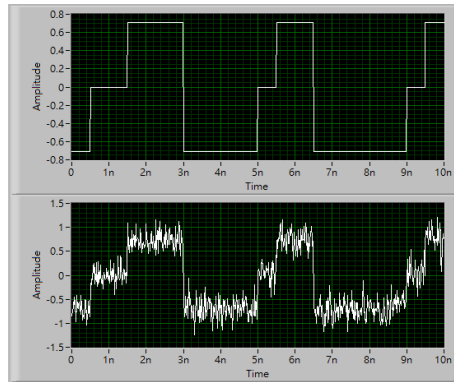


圖 7：8-QAM，3 種振幅狀態

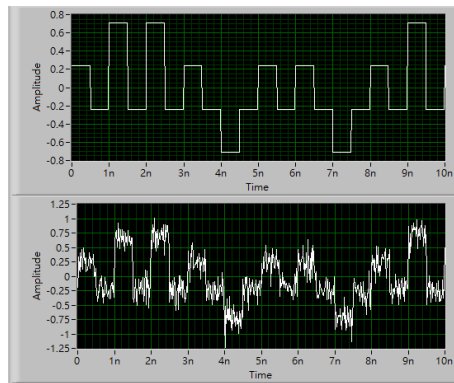


圖 8：16-QAM，4 種振幅狀態

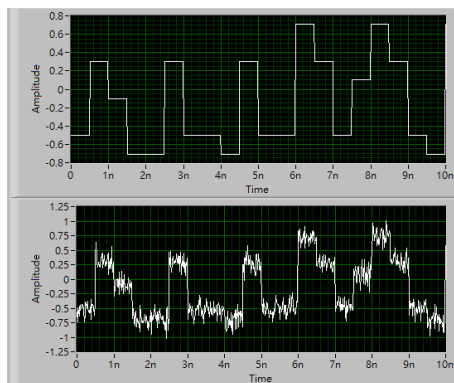


圖 9：64-QAM，6 種振幅狀態

(3) 帶通信號波形圖

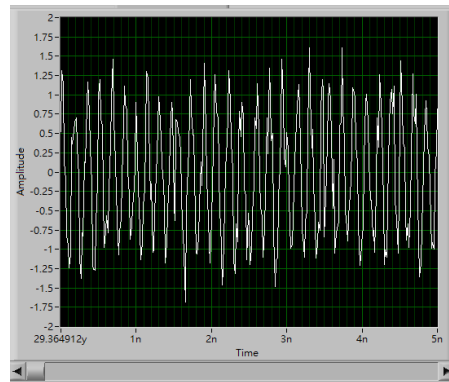


圖 10：帶通信號波形圖

(4) 星座圖

星座圖可觀察各 QAM 形式訊號的訊號點分布情況，與經過調變後，受雜訊干擾的影響。

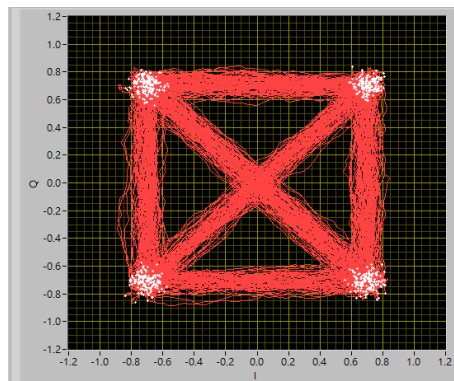


圖 11：4-QAM 時，星座圖分布

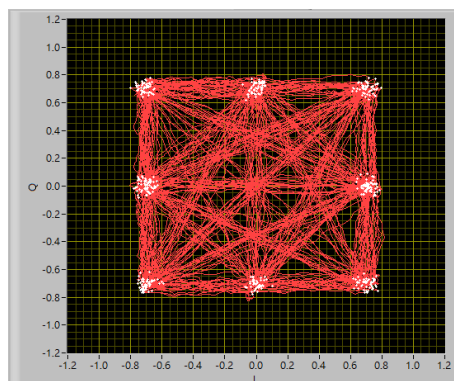


圖 12：8-QAM 時，星座圖分布

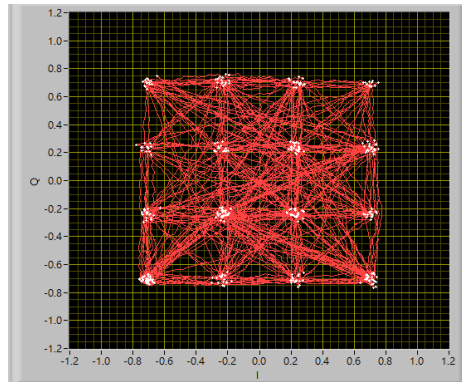


圖 13：16-QAM 時，星座圖分布

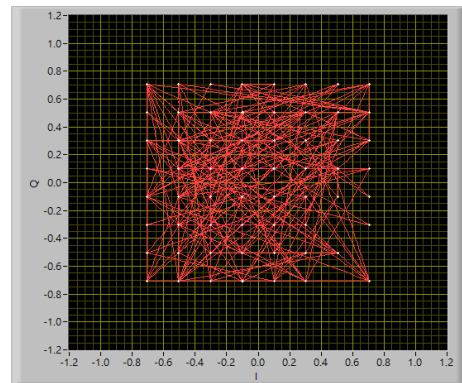


圖 14：64-QAM 時，星座圖分布

（圖為訊雜比調高後之表現，否則若訊雜比過低會過於混亂，導致看不清分布）

由上圖可知，星座點數叢集越多時，會使叢集間星座點的距離變小，進而導致錯誤率上升。因此高階星座圖的可靠性比低階星座圖要差。

（5） 傳輸頻寬

QAM 調變的傳輸頻寬計算方法為中心頻率（Carrier Frequency）加減符號速率（Symbol Rate）。

以下圖頻譜圖為例，中心頻率為 6GHz，加減符號速率 2GHz，傳輸頻寬為 4GHz~8GHz，如圖 14 所示。

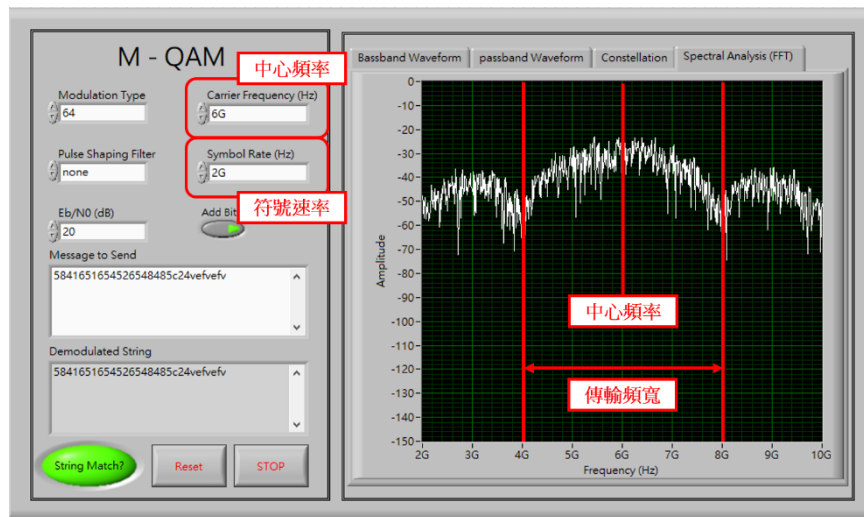


圖 15：傳輸頻寬標示

5. 心得報告

後半學期的一系列數位調變實習，相較於前半學期確實難上許多，每次在試圖理解程式圖時都要花上更多時間，更不用說接線了，密密麻麻的線路時常令我灰心，每節課都會害怕做不完實驗，但所幸遭遇到的問題都能迎刃而解，最終還是平穩地完成了所有 Lab。

而 QAM 調變，我認為是在數位調變實驗中，相較起來接線較為容易的一種，但看似容易的線路，實而隱藏著很大的學問。在其他專題課程中，學長姐就曾向我們提到過，QAM 調變常常用於天線理論，甚至和未來的 5G 通訊有所關聯，因為 5G 採用的是 512-QAM 及 1024-QAM，所以我才對 QAM 調變有過印象，沒想到在這門實習課就能深入學習它，真是太幸運了。

6. 參考資料

- [1] 莊志清 等編著，“通訊系統設計與實習”，全華圖書，2010
- [2] 謝岱凌 等編著，“LabVIEW 201X 虛擬儀控程式設計”，高立圖書，2012
- [3] 正交振幅調變- 維基百科，自由的百科全書- Wikipedia
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%AD%A3%E4%BA%A4%E5%B9%85%E5%BA%A6%E8%B0%83%E5%88%B6>
- [4] 正交振幅调制_百度百科
<https://baike.baidu.com/item/%E6%AD%A3%E4%BA%A4%E6%8C%AF%E5%B9%85%E8%B0%83%E5%88%B6/6310960?fromtitle=QAM&fromid=7319667>
- [5] 是否可以一次在一条线上发送多个数据位？
<https://gastack.cn/electronics/395337/is-it-possible-to-send-multiple-data-bits-on-a-single-wire-at-once>