

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG



BÁO CÁO TRAINING MATLAB

TUẦN 3

Nguyễn Xuân Hoàng

Trần Thu Mai Anh

Hà Nội, 12 - 2020

MỤC LỤC

DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	iii
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	v
CHƯƠNG 1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT	1
1.1 Phương thức điều chế <i>M-PSK</i>	1
1.1.1 Định nghĩa.....	1
1.1.2 Điều chế <i>M-PSK</i>	2
1.1.3 Giải điều chế <i>M-PSK</i>	3
1.1.4 Biểu đồ chòm sao tín hiệu (Signal Constellation).....	4
1.2 Phương thức điều chế <i>M – QAM</i>	5
1.2.1 Định nghĩa.....	5
1.2.2 Điều chế <i>M – QAM</i>	6
1.2.3 Giải điều chế <i>M – QAM</i>	7
1.2.4 Biểu đồ chòm sao tín hiệu (Signal Constellation).....	7
1.3 So sánh <i>M – PSK</i> và <i>M – QAM</i>	9
1.4 <i>BIT Error Rate</i>	9
1.5 <i>Gray Coding</i>	10
1.6 Giải thích hình 1.....	12
CHƯƠNG 2. THỰC HÀNH	14
2.1 Điều chế và giải điều chế <i>AM</i>	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
2.1.1 Vẽ tín hiệu $y(t)$	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
2.1.2 Sử dụng FFT để vẽ phổ biên độ $x(t)$, $y(t)$	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
2.1.3 Vẽ tín hiệu $r(t)$ dưới tác động của nhiễu trắng và $w(t)$	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
2.1.4 Thiết kế bộ lọc thông thấp.....	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
2.2 Điều chế <i>QAM</i>	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
2.2.1 Vẽ dạng tín hiệu	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
2.2.2 Vẽ tín hiệu đầu thu sau lọc.....	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
2.3 Kết luận	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.

DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

- PSK: Phase – shift keying
- QAM: Quadrature Amplitude Modulation
- LPF: Low pass filter
- ADC: Analog to Digital Converter
- DAC: Digital to Analog Converter
-

DANH MỤC BẢNG BIỂU

1. Bảng 1-1 So sánh M – PSK và M – QAM9

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 2.1 Tín hiệu đầu vào $b(n)$	15
Hình 2.2 Hai dãy bit x_I và x_Q tạo từ biểu đồ chòm sao sử dụng mã Gray	15
Hình 2.3 Các tín hiệu x_I và x_Q dạng xung chữ nhật	16
Hình 2.4 Tín hiệu đầu ra $b^{\wedge}(n)$	17

CHƯƠNG 1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1 Phương thức điều chế M-PSK

1.1.1 Định nghĩa

Tín hiệu băng gốc là dòng các xung vuông biểu diễn giá trị bit “0” và “1”. Để tăng hiệu suất của điều chế, nhiều bit được ghép trong 1 ký hiệu. Tùy vào đặc tính của kênh truyền mà có số lượng bit trong mỗi ký hiệu khác nhau. Quá trình thực hiện điều này gọi là điều chế số tín hiệu. Có thể liệt kê một số phương pháp điều chế số cơ bản trong các hệ thống vô tuyến như sau:

- Khóa dịch biên độ ASK (Amplitude Shift Keying)
- Khóa dịch tần số FSK (Frequency Shift Keying)
- Khóa dịch pha PSK (Phase Shift Keying)
- Điều chế biên độ trực giao nhiều mức (M-QAM: Multilevel-Quadrature Amplitude Modulation)

Trong một hệ thống thông tin vô tuyến, người ta dựa vào 2 tiêu chí đó là hiệu quả sử dụng băng tần và hiệu suất công suất để lựa chọn phương thức điều chế. Việc nâng cao hiệu quả sử dụng băng tần nhằm tận dụng tài nguyên tần số, trong các hệ thống vô tuyến số, người ta thường sử dụng các điều chế khóa dịch pha M mức là M-PSK hay điều chế biên độ trực giao nhiều mức M-QAM sẽ được trình bày chi tiết phần sau.

PSK (Phase – shift keying) là một quá trình điều chế số mà truyền dữ liệu bằng cách thay đổi (hay điều chế) pha của tín hiệu có tần số không thay đổi là sóng mang. Điều chế được thực hiện bằng cách thay đổi pha của sóng sin (hoặc cosin) đầu vào tại một thời điểm xác định.

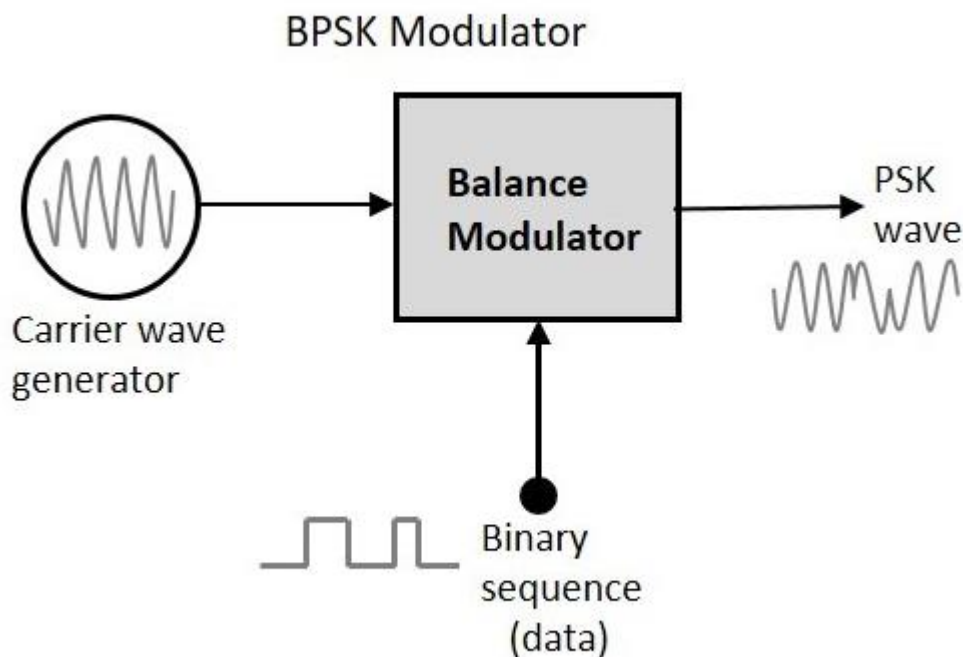
Bất kỳ sơ đồ điều chế số nào cũng sử dụng một số lượng hữu hạn các tín hiệu riêng biệt để biểu diễn dữ liệu số. PSK sử dụng hữu hạn số lượng các pha, mỗi pha được gán một mẫu chữ số nhị phân duy nhất. Thông thường, mỗi pha mã hóa một số bit bằng nhau. Mỗi mẫu bit tạo thành ký hiệu được biểu thị bằng pha cụ thể. Bộ giải điều chế được thiết kế đặc biệt cho bộ ký hiệu được bộ điều chế sử dụng, xác định pha của tín hiệu nhận và ánh xạ nó trở lại biểu tượng mà nó đại diện, từ đó khôi phục lại dữ liệu ban đầu.

1.1.2 Điều chế M-PSK (*M-array Phase Shift Keying*)

Phương pháp đơn giản nhất sử dụng hai pha - 0 độ và 180 độ. Nếu trạng thái logic thay đổi (tức là từ mức logic cao xuống mức logic thấp) thì pha của sóng mang được dịch chuyển 180 độ. Nếu trạng thái logic không thay đổi, pha của sóng mang vẫn giữ nguyên. Dạng PSK này được gọi là điều chế hai pha.

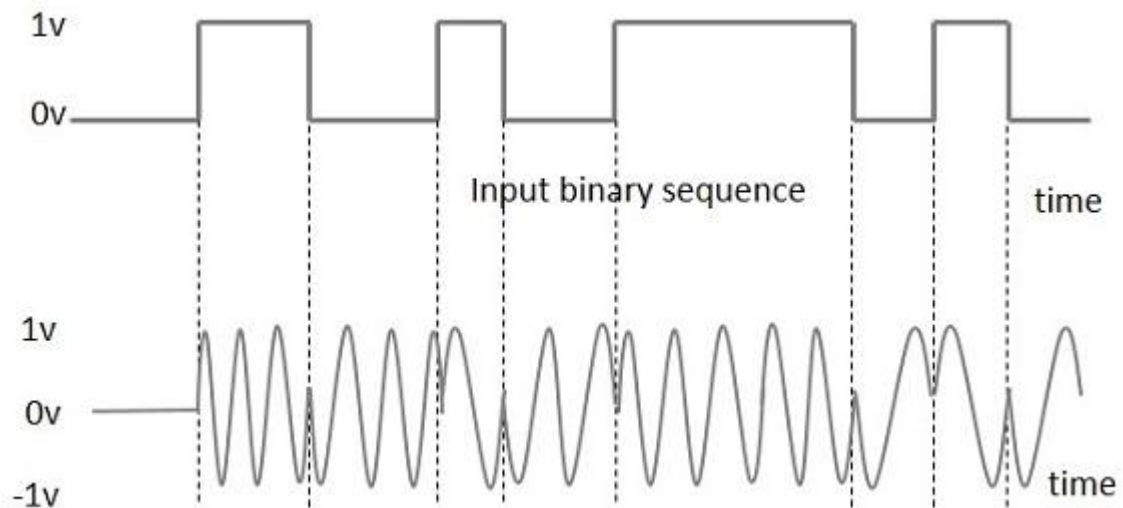
Các dạng PSK phức tạp hơn sử dụng bốn hoặc tám pha. Điều này cho phép nhiều bit hơn được truyền cho mỗi góc pha được sử dụng. Trong điều chế bốn pha, các góc pha có thể là +45/-135, +135/-225, +225/-315 và +315/-45 độ (độ lệch pha giữa các ký hiệu là 90 độ) và mỗi ký hiệu có thể biểu diễn hai phần tử tín hiệu (00, 01, 10 hoặc 11). Trong điều chế tám pha, độ lệch pha giữa các ký hiệu là 45 độ và mỗi độ lệch pha có thể đại diện cho ba phần tử tín hiệu (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 hoặc 111).

Sơ đồ khối của Binary Phase Shift Keying bao gồm bộ điều chế cân bằng có sóng sin là một đầu vào và chuỗi nhị phân là đầu vào còn lại như sau:



Hình 1.1 Sơ đồ điều chế BPSK

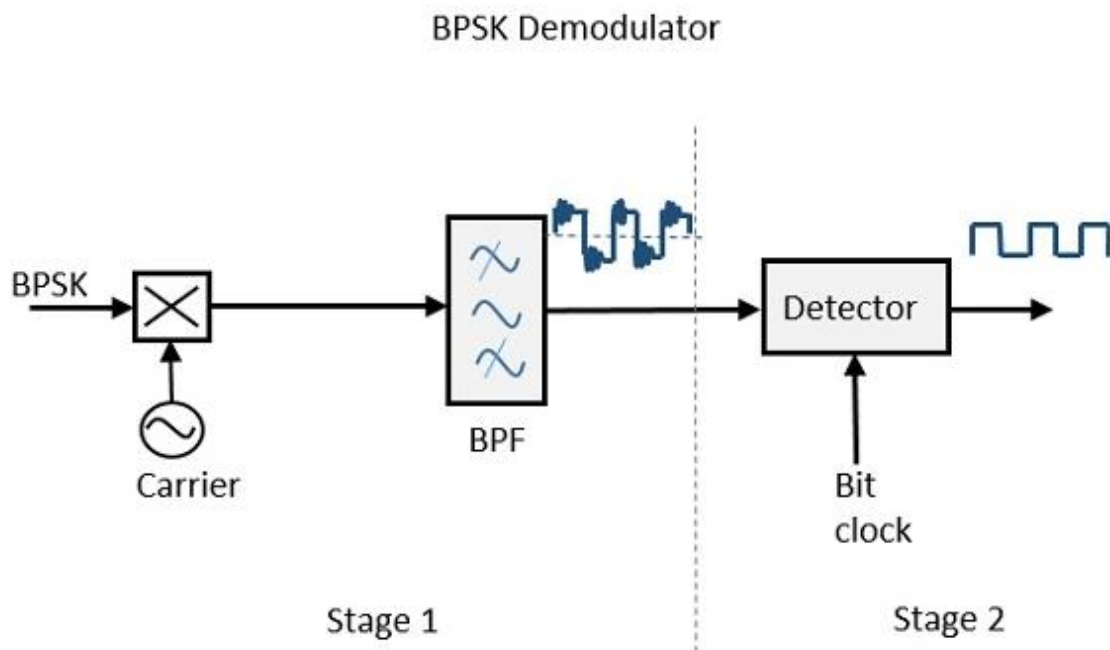
Sau khi qua bộ điều chế, tín hiệu đầu ra có dạng như sau:



Hình 1.2 Tín hiệu đầu ra sau khi qua điều chế BPSK

1.1.3 Giải điều chế M – PSK

Tương ứng, sơ đồ khối của bộ giải điều chế BPSK gồm một bộ trộn với mạch dao động cục bộ, một bộ lọc thông dải, một mạch dò hai đầu vào như sau:



Hình 1.3 Sơ đồ giải điều chế BPSK

Bằng cách khôi phục tín hiệu giới hạn băng tần, với sự trợ giúp của mạch trộn và bộ lọc băng thông, giai đoạn đầu tiên của quá trình giải điều chế sẽ hoàn thành. Tín hiệu

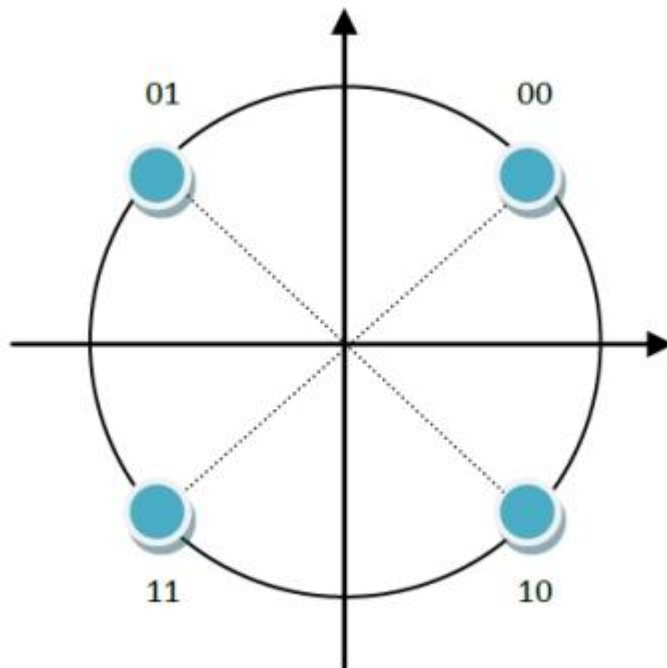
băng cơ sở bị giới hạn băng tần thu được và tín hiệu này được sử dụng để tái tạo luồng bit nhị phân.

Trong giai đoạn tiếp theo của quá trình giải điều chế, tốc độ xung nhịp bit là cần thiết tại mạch tách sóng để tạo ra tín hiệu nhị phân ban đầu. Nếu tốc độ bit là bội số con của tần số sóng mang, thì việc tái tạo đồng hồ bit được đơn giản hóa. Để làm cho mạch dễ hiểu, một mạch ra quyết định cũng có thể được chèn ở giai đoạn phát hiện thứ hai.

1.1.4 Biểu đồ chòm sao tín hiệu (Signal Constellation)

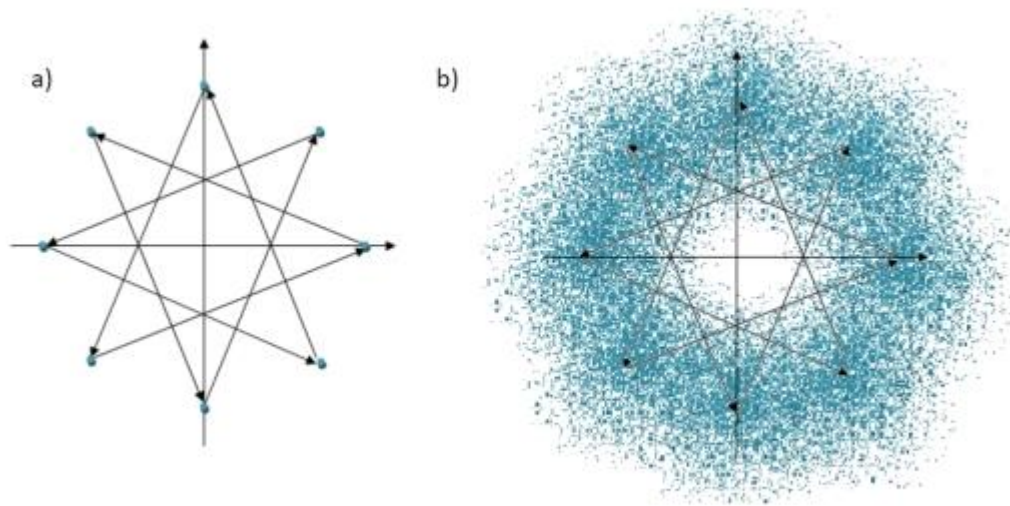
Biểu đồ chòm sao (biểu đồ dịch pha) là một biểu diễn đồ họa của tín hiệu được điều chế kỹ thuật số bao gồm các điểm chòm sao được sử dụng để đánh giá chất lượng của tín hiệu được truyền đi.

Nó hiển thị tín hiệu dưới dạng biểu đồ phân tán mặt phẳng xy hai chiều trong mặt phẳng phức tại các phiên bản lấy mẫu ký hiệu. Góc của một điểm, được đo ngược chiều kim đồng hồ so với trục hoành, đại diện cho sự dịch pha của sóng mang từ một pha tham chiếu. Khoảng cách của một điểm tính từ điểm gốc đại diện cho phép đo biên độ hoặc công suất của tín hiệu.



Hình 1.4 Biểu đồ chòm sao của điều chế QPSK

Ngoài dữ liệu có thể sử dụng, tín hiệu được điều chế và truyền đi cũng bao gồm nhiễu. Để bộ giải điều chế có thể giải điều chế một cách chính xác một bit tín hiệu có thể sử dụng, một ký hiệu phải được khớp với một điểm chòm sao (bit) tương ứng. Nếu không, tín hiệu nhận được sẽ bị méo.



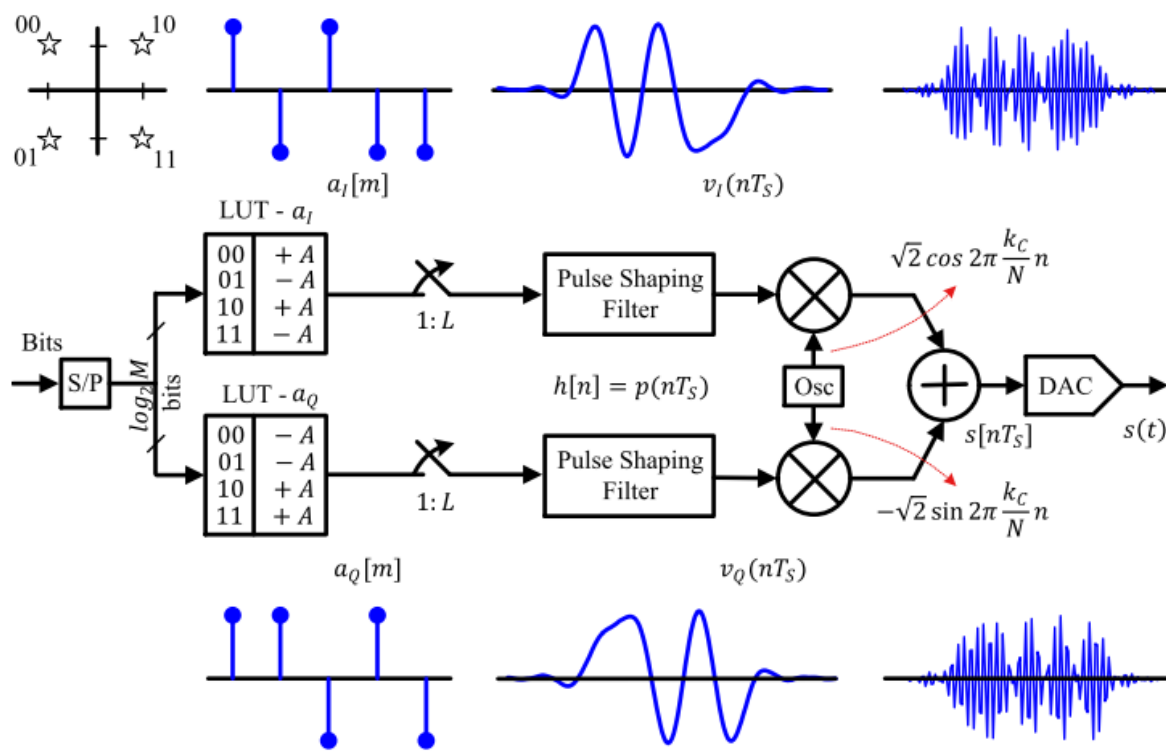
Hình 1.5 Biểu đồ chòm sao của điều chế 8 – PSK dưới sự tác động và không tác động của nhiễu

1.2 Phương thức điều chế M – QAM

1.2.1 Định nghĩa

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) – Điều chế biên độ cầu phương là tên gọi của họ phương pháp điều chế số, là sự kết hợp giữa điều chế biên độ và điều chế pha. Nó truyền tải hai tín hiệu tương tự, hoặc hai luồng bit số, bằng cách thay đổi (hay điều chế) biên độ của hai sóng mang. Hai sóng mang này có cùng tần số nhưng lệch pha nhau một góc 90° . Tín hiệu truyền đi được tạo ra bằng cách cộng hai sóng mang với nhau. Tại máy thu, hai sóng có thể tách rời một cách nhất quán nhờ tính trực giao của chúng.

1.2.2 Điều chế M – QAM



Hình 1.6 Sơ đồ điều chế M-QAM

Mỗi một dòng bit mới sau T_b giây đến đầu vào tạo thành một dòng bit nối tiếp.

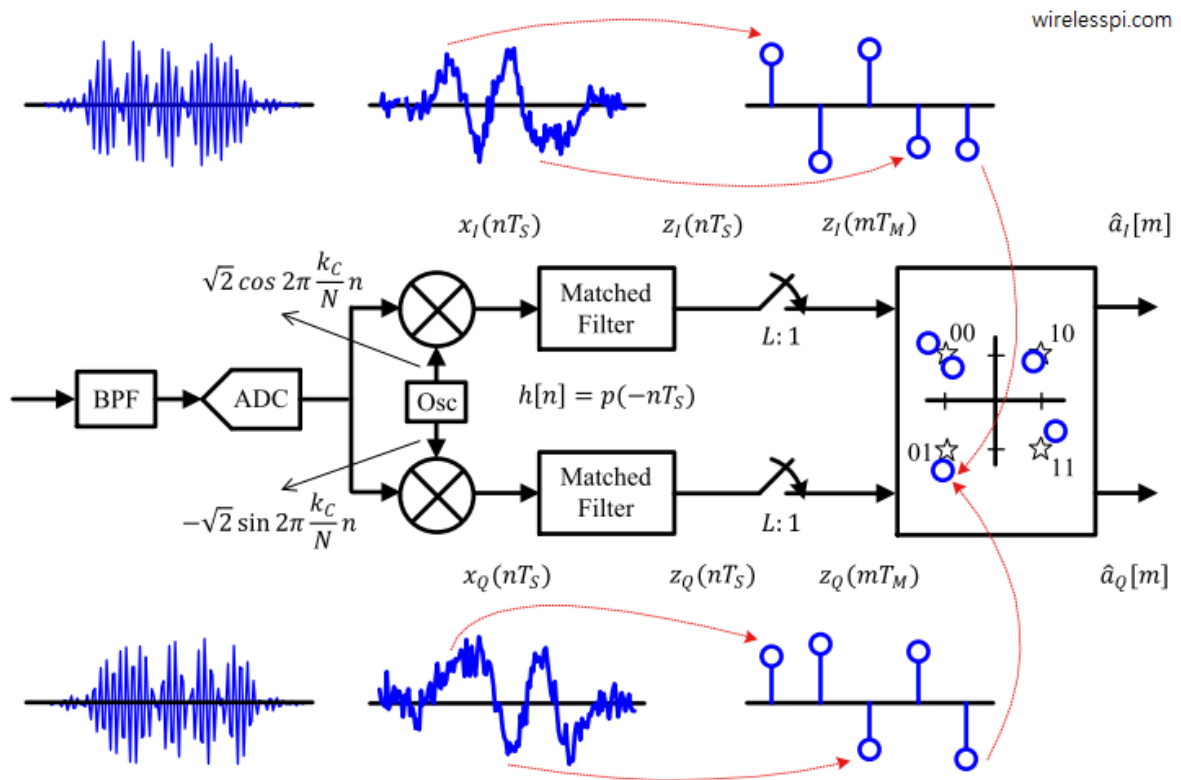
Bộ chuyển đổi S/P quy đổi sang các ký hiệu chứa m bits, được mã hóa chia thành 2 tín hiệu a_I (đồng pha) và a_Q (lệch pha 90°). Mỗi tín hiệu mã hóa mang $m/2$ bits tương ứng với $2^{m/2}$ trạng thái, các bậc trạng thái tương ứng biểu diễn bởi biểu đồ chòm sao.

Dòng a_I được trộn với sóng mang $\cos 2\pi F_c nT_s$, a_Q được trộn với sóng mang $\sin 2\pi F_c nT_s$ và được tổng hợp để tạo thành tín hiệu QAM.

Cuối cùng, các tín hiệu rời rạc này được chuyển đổi thành các tín hiệu liên tục thông qua DAC (Digital to analog converter).

Kết quả của điều chế sẽ tạo thành chùm các điểm gọi là chòm sao. Biểu đồ chòm sao mô tả bằng đồ thị giúp quan sát chất lượng và sự méo của một tín hiệu số. Biểu đồ biểu diễn biên độ và pha của sóng mang đã được ánh xạ trong mặt phẳng phức.

1.2.3 Giải điều chế M – QAM



Hình 1.7 Sơ đồ giải điều chế QAM

Chọn các tín hiệu mong muốn thông qua bộ lọc thông dải (BPF).

Thông qua ADC, tín hiệu này được lấy mẫu với tốc độ F_s mẫu/s.

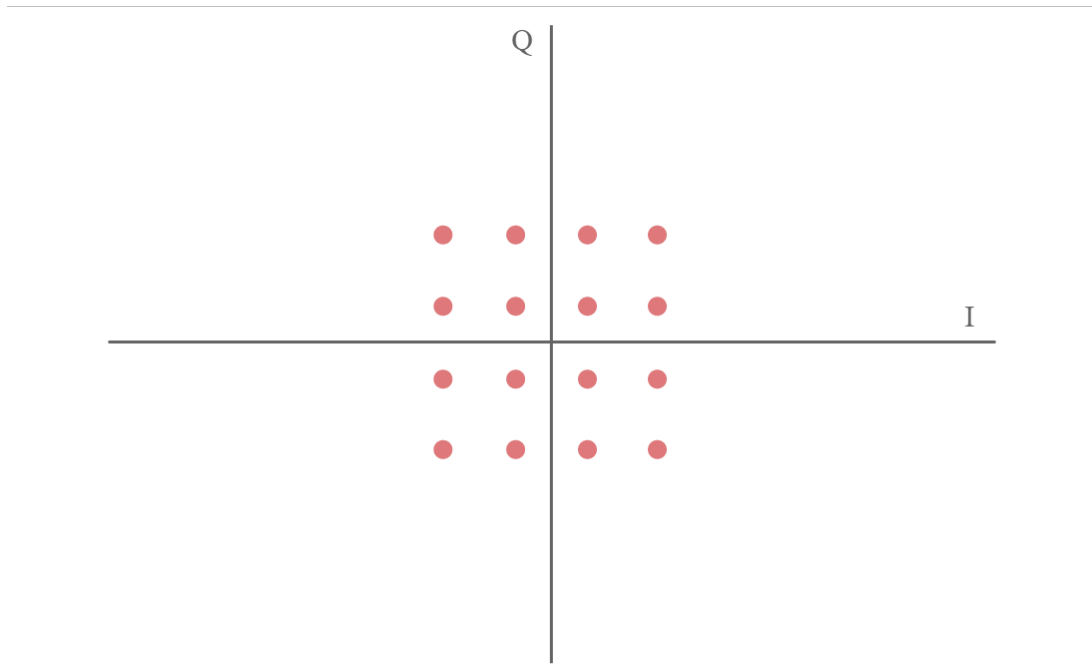
Tiếp theo đó, một tín hiệu phức được tạo ra bằng cách trộn hai sóng mang lần lượt với $\cos 2\pi F_c nT_s$ và $\sin 2\pi F_c nT_s$, sau đó chọn lại điểm trên xung hình chữ nhật, (thường là điểm chính giữa xung vì nó có sai lệch ít nhất).

Ánh xạ điểm lên biểu đồ hình sao, từ đó tạo ngược lại chuỗi bit output.

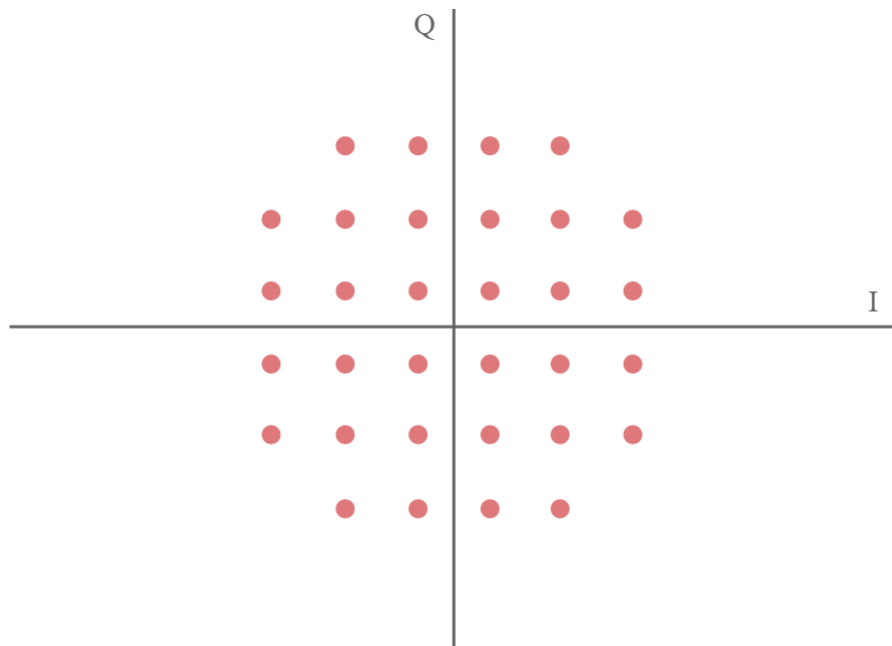
1.2.4 Biểu đồ chòm sao tín hiệu (Signal Constellation)

Biểu đồ chòm sao hiển thị các vị trí khác nhau cho các trạng thái trong các dạng khác nhau của QAM. Khi thứ tự của điều chế tăng lên, số điểm trên biểu đồ chòm sao QAM cũng tăng theo tương ứng. Hệ tọa độ I và Q thể hiện các giá trị khác nhau của tín hiệu a_I và a_Q .

Các hình vẽ dưới đây hiển thị các biểu đồ chòm sao cho nhiều định dạng điều chế khác nhau như sau:



Hình 1.8 Biểu đồ chòm sao của điều chế 16QAM



Hình 1.9 Biểu đồ chòm sao của điều chế 32QAM

Có thể thấy, khi thứ tự điều chế tăng lên, khoảng cách giữa các điểm trên chòm sao giảm. Do đó, một lượng nhỏ nhiễu cũng có thể gây ra các vấn đề lớn.

Khi mức độ nhiễu tăng do cường độ tín hiệu thấp, diện tích được bao phủ bởi một điểm trên chòm sao sẽ tăng lên. Nếu nó trở nên quá lớn, thì người nhận không thể xác định vị trí của tín hiệu được truyền đi trên chòm sao, dẫn đến lỗi.

1.3 So sánh M – PSK và M – QAM

Bảng 1-1 So sánh M – PSK và M – QAM

	QAM	PSK
Bề rộng phổ		
Số lượng bit được truyền	Phụ thuộc mỗi loại	2 bits
Bit error rate		Thấp
Chòm sao		
Cách chuyển từ bit sang sóng		

Cả hai kỹ thuật điều chế QAM và QPSK đều được đánh giá trên cơ sở hiệu suất nguồn, lỗi tốc độ bit, hiệu quả băng thông và một số yếu tố khác. Tuy nhiên, trong trường hợp cụ thể này, hiệu suất của PSK tốt hơn QAM ở một số khía cạnh.

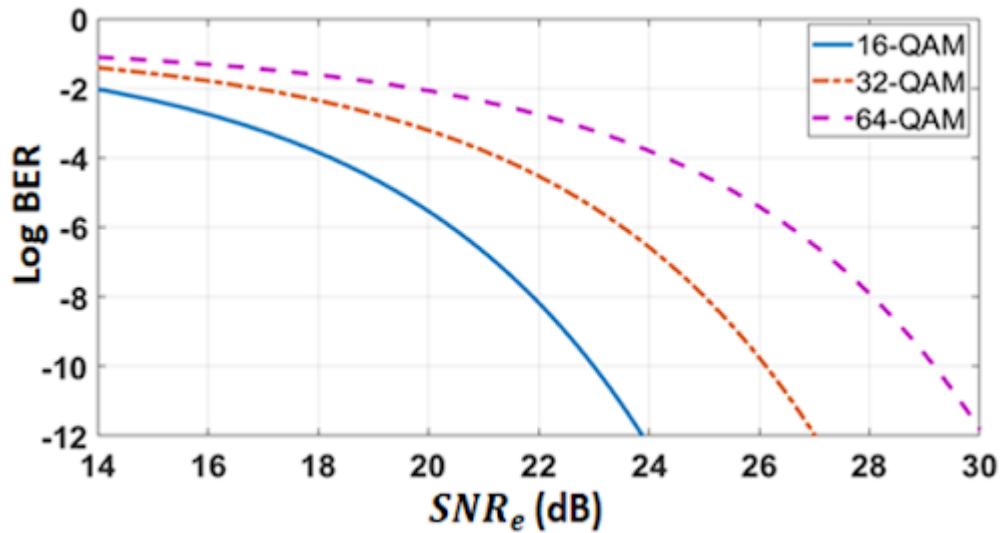
1.4 BIT Error Rate

Trong truyền dẫn số, số bit lỗi là số bit nhận được của một luồng dữ liệu qua một kênh đã bị thay đổi do nhiễu, sự bóp méo hoặc lỗi đồng hóa bit.

BIT Error Rate (BER) – Tỷ lệ lỗi bit là số bit lỗi trên một đơn vị thời gian. Tỷ lệ lỗi bit bằng số bit lỗi chia cho tổng số bit được truyền trong một khoảng thời gian quan tâm. Là thước đo hiệu suất không có đơn vị, thường được biểu thị dưới dạng phần trăm.

Xác suất lỗi bit p_e là giá trị kỳ vọng của tỷ lệ lỗi bit. Tỷ lệ lỗi bit có thể được coi là ước tính gần đúng của xác suất lỗi bit. Ước tính này là chính xác trong một khoảng thời gian dài và một số lỗi bit cao.

Hình 1.10 chỉ ra kết quả của lý thuyết BER cho điều chế M-QAM. Đồ thị biểu diễn BER tương đối cho mỗi chòm sao QAM như một hàm của SNR mỗi bit và SNR bị chia bởi số bit trong mỗi ký hiệu. Tỷ lệ SNR thay đổi khi chòm sao thay đổi, đồng thời cũng thay được cũng một SNR thì M càng cao tỷ lệ BER cũng càng cao.



Hình 1.10 Xác suất lỗi bit (BER) cho QAM

1.5 Gray Coding

Tín hiệu liên tục hoặc tương tự được chuyển đổi thành dạng tín hiệu số bằng bộ chuyển đổi tương tự-số đôi khi sử dụng mã Gray (Gray coding) để đại diện cho các tín hiệu số đã được chuyển đổi từ tín hiệu tương tự. Mã Gray là một hệ thống ký số nhị phân, trong đó hai giá trị liên tiếp chỉ cách nhau 1 bit, minh họa *Hình 1.11*.

Mã Gray được sử dụng trong các ứng dụng mà chuỗi số nhị phân thông thường do các hệ thống phần cứng tạo ra có thể tạo ra lỗi hoặc không rõ ràng trong quá trình chuyển đổi sang một số tiếp theo. Ví dụ như từ 0111 thành 1000 có thể tạo ra một số sai trung gian như 1001 nếu giá trị bit ngoài cùng bên phải mất nhiều thời gian hơn để thay đổi so với giá trị của 3 bit còn lại. Do đó để tránh điều này, mã Gray được sử dụng bởi 2 trạng thái kế tiếp chỉ cần thay đổi 1 bit.

Gray Code	Decimal Equivalent
0000	0
0001	1
0011	2
0010	3
0110	4
0111	5
0101	6
0100	7
1100	8
1101	9
1111	10
1110	11
1010	12
1011	13
1001	14
1000	15

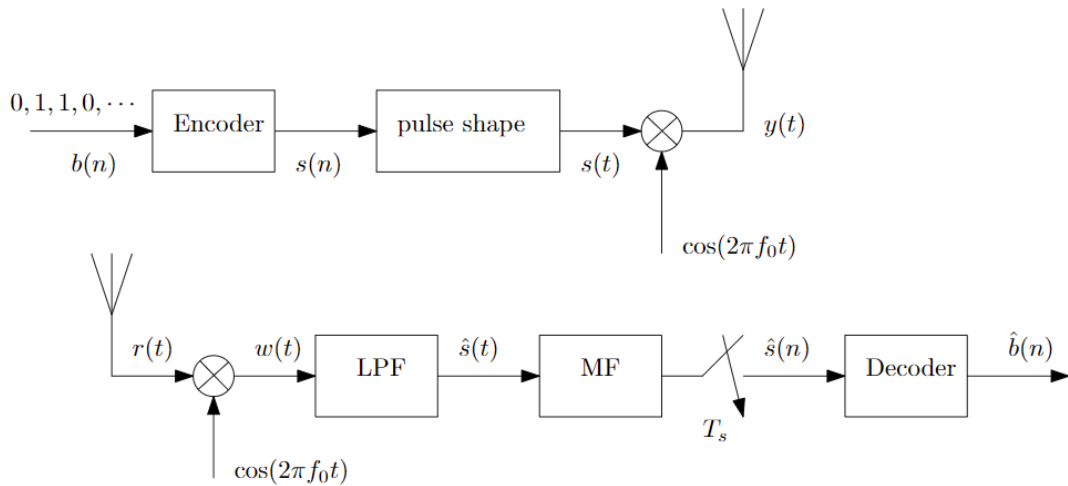
Hình 1.11 Mã gray tương đương với mã thập phân

Trong điều chế số, mã gray được sử dụng trong chòm sao tín hiệu. *Hình 1.12* biểu thị đồ thị chòm sao ánh xạ kiểu mã gray.



Hình 1.12 Đồ thị chòm sao của kiểu ánh xạ mã Gray

1.6 Giải thích hình 1



Hình 1.13 Sơ đồ bộ thu phát (BPSK) trong một hệ thống thông tin số

Tín hiệu đầu vào là một chuỗi bit ngẫu nhiên, gọi là $b(n)$.

Ở khối Encoder: Chọn phương thức điều chế phù hợp, từ đó ta có biểu đồ hình sao tương ứng (M – QAM hoặc M – PSK). Dựa vào biểu đồ sao này suy ra giá trị của symbol ứng với một độ dài bit tương ứng. Từ đó suy ra biên độ của 2 sóng x_I và x_Q đối với phương thức điều chế M – QAM hoặc pha của sóng $s(n)$ đầu vào đối với phương thức điều chế M – PSK.

Tại khối pulse shape: Giãn điểm tạo ra từ khối Encoder thành dải các điểm có cùng biên độ (với QAM) tạo thành các xung hình chữ nhật có chiều cao là A – tương ứng với biên độ các điểm, chiều rộng là L – tương ứng với số điểm cho một xung.

Tín hiệu ra khỏi pulse shape được nhân với sóng mang $\cos 2\pi f_0 t$ và tạo thành tín hiệu $y(t)$ tại điểm phát.

Tại đầu thu thu được tín hiệu $r(t)$ đã qua nhiễu.

Tín hiệu $r(t)$ nhân với sóng mang $\cos 2\pi f_0 t$ tạo thành tín hiệu $w(t)$.

Sau khi qua bộ lọc thông thấp (LPF) lọc các tần số mong muốn, tín hiệu thu được là $\hat{s}(t)$ khá tương đương với tín hiệu ra khỏi pulse shape ban đầu, có dạng gần giống với dạng xung hình chữ nhật.

Chọn lại điểm trên xung hình chữ nhật, thường là điểm chính giữa xung vì nó có sai lệch ít nhất, khi đó nó có thời điểm T_s .

Tại khối decoder, suy ngược lại điểm trên biểu đồ hình sao nhờ tọa độ (đối với phương thức điều chế M – QAM) hoặc nhờ pha (đối với phương thức điều chế M – PSK). Từ đó tái tạo lại dãy bit tương ứng. Ta có dãy $\hat{b}(n)$ output.

CHƯƠNG 2. THỰC HÀNH

2.1 QPSK

2.1.1 Encoder

```
function [xI, xQ] = QPSKencoder(bitIN)
```

Hàm QPSKencoder hoạt động dựa vào biểu đồ sao (Constella Diagram) cũng như áp dụng mã Gray để tìm giá trị của symbol ứng với một độ dài bit tương ứng. Từ đó suy ra biên độ của 2 sóng x_I và x_Q .

Đầu vào của hàm là bitIN – một dãy bit bất kì được tạo từ hàm randi.

Đầu ra của hàm là 2 mảng xI và xQ chứa biên độ của 2 sóng tương ứng.

2.1.2 Decoder

```
function [bitOUT] = QPSKdecoder(Xdec, Ydec)
```

Hàm QPSKdecoder hoạt động dựa vào hàm encoder để tìm bit tương ứng với một giá trị của symbol. Từ đó tìm được chuỗi bit đầu vào.

Đầu vào của hàm là Xdec và Ydec, mảng giá trị biên độ của 2 sóng đã được chuyển đổi về 1 và -1.

Đầu ra là bitOUT – dãy bit với kì vọng cao trùng với dãy bit ban đầu – bitIN.

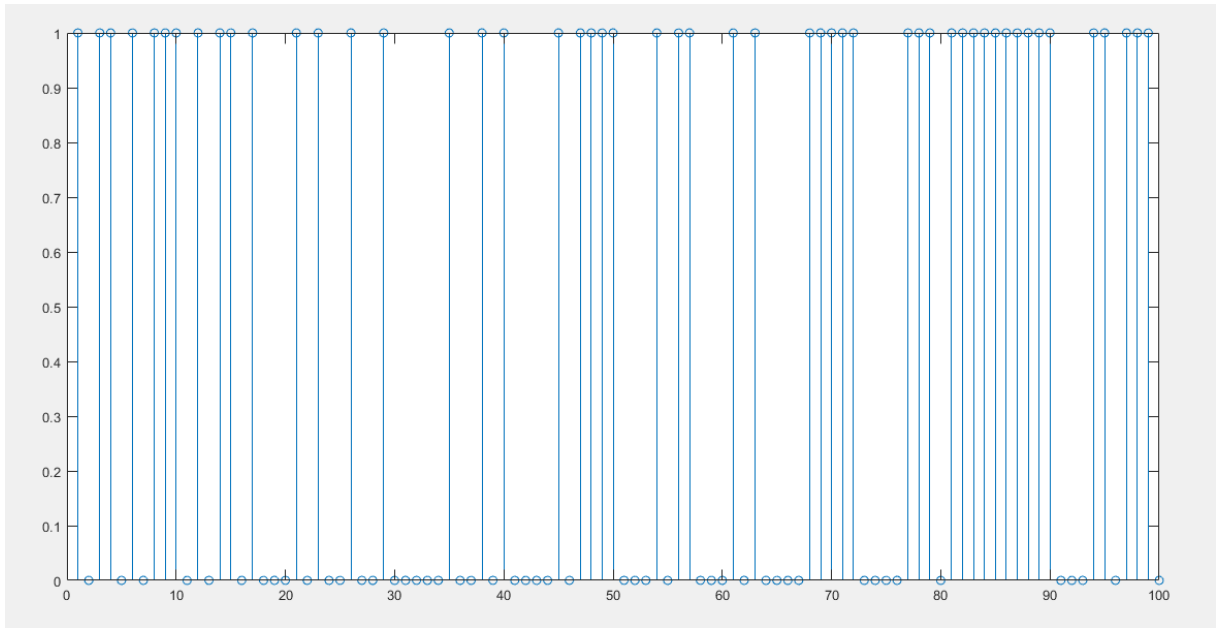
2.1.3 Minh họa bộ thu/phát

2.1.3.1 Khởi tạo tín hiệu đầu vào

Đầu vào: Số lượng bit $N = 100$ bit, tần số lấy mẫu $f_s = 10000$ Hz, tốc độ bit $R_m = 1000$ Bps.

Đầu ra: Tín hiệu gồm 100 bit 0 và 1.

Kết quả:



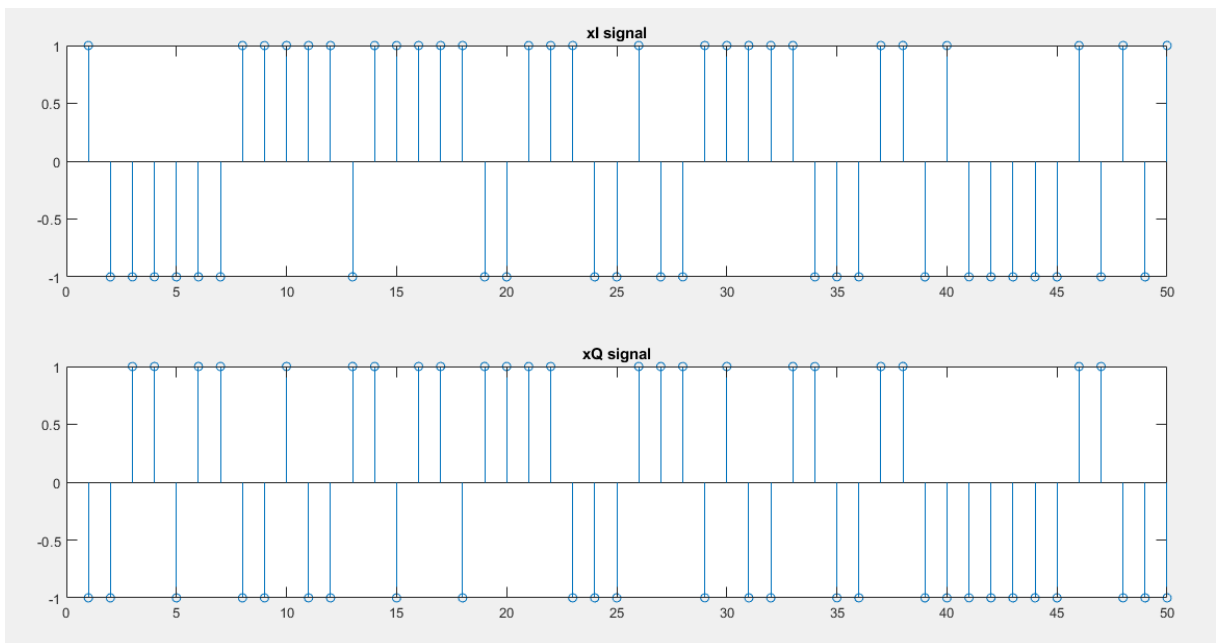
Hình 2.1 Tín hiệu đầu vào $b(n)$

Hình 2.1 mô tả kết quả mô phỏng tín hiệu đầu vào $b(n)$. Có thể thấy đây là một dãy bit ngẫu nhiên không có quy luật hay dạng sóng sin thông thường.

2.1.3.2 Tạo tín hiệu x_I và x_Q từ biểu đồ chòm sao

Đầu vào: Dãy bit bitIN đầu vào, biểu đồ chòm sao sử dụng mã Gray.

Đầu ra: 2 dãy bit tín hiệu x_I và x_Q .



Hình 2.2 Hai dãy bit x_I và x_Q tạo từ biểu đồ chòm sao sử dụng mã Gray

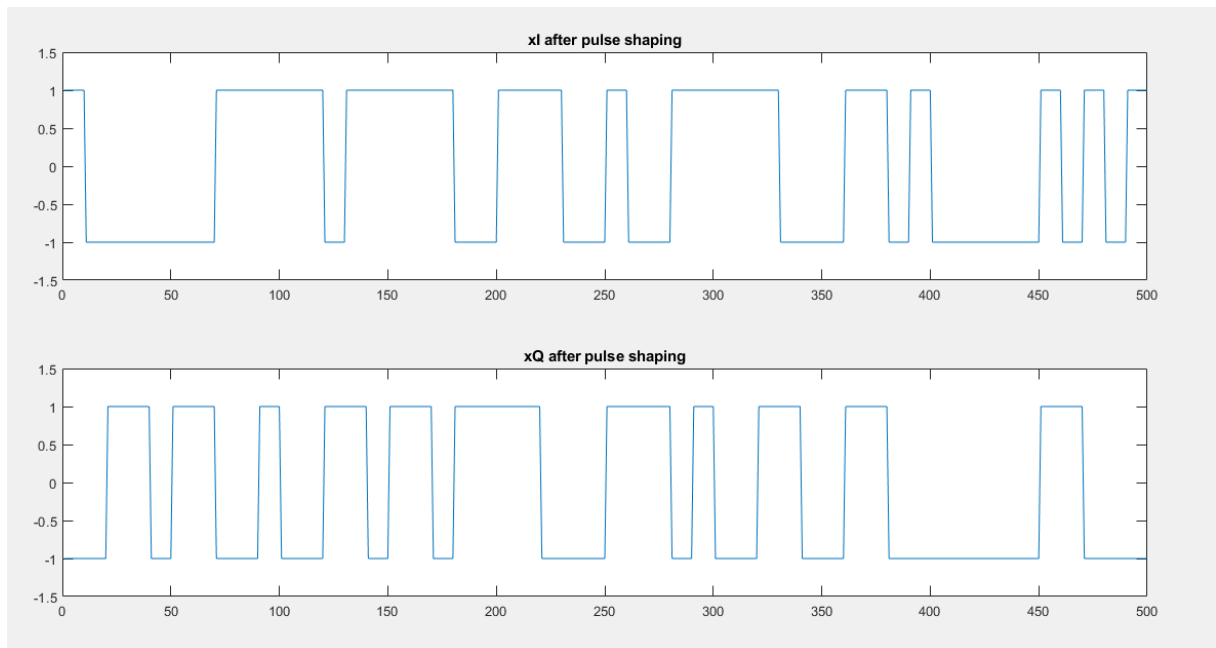
Hình 2.2 mô tả kết quả mô phỏng 2 tín hiệu x_I và x_Q từ biểu đồ chòm sao (Constellation Diagram) có sử dụng mã Gray (Gray coding). Đây cũng là kết quả của hàm encode.

2.1.3.3 Tạo xung chữ nhật

Đầu vào: Dãy bit các điểm x_I và x_Q .

Đầu ra: Các tín hiệu x_I và x_Q dạng xung chữ nhật.

Kết quả:



Hình 2.3 Các tín hiệu x_I và x_Q dạng xung chữ nhật

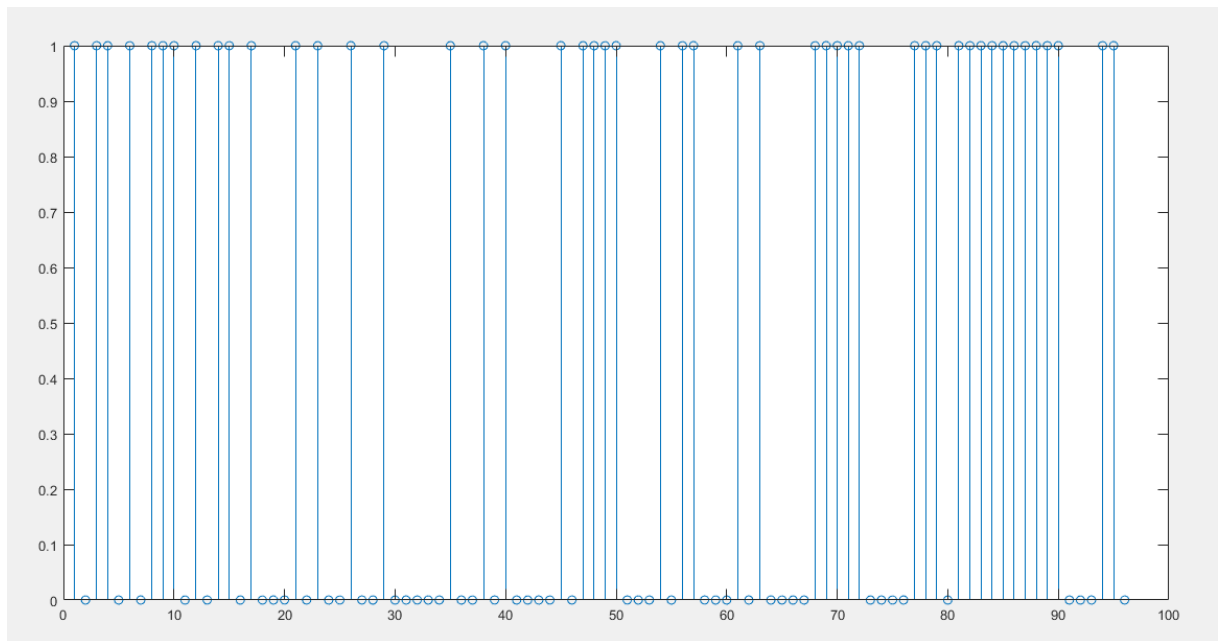
Hình 2.3 mô tả kết quả mô phỏng các tín hiệu x_I và x_Q dạng xung chữ nhật. Hình dạng của xung hoàn toàn trùng khớp với dãy bit biên độ x_I và x_Q đã tạo ở mục 2.1.3.2.

2.1.3.4 Decoder

Đầu vào: Hai dãy bit được chuyển về tọa độ của các điểm trên chòm sao.

Đầu ra: Tín hiệu output.

Kết quả:



Hình 2.4 Tín hiệu đầu ra b^n

Hình 2.3 mô tả kết quả mô phỏng tín hiệu đầu ra sau khi qua khối QPSK decoder. Ta thấy rằng dạng tín hiệu đầu ra giống hoàn toàn với tín hiệu đầu vào; có 100% bit đều đúng, BER = 0, chứng tỏ phương thức điều chế sóng tốt.