

Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Đà Nẵng

Khoa Điện Tử - Viễn Thông



PBL 4: BÁO CÁO LÝ THUYẾT CHƯƠNG 6

Nhóm 6

Sinh viên thực hiện

Đinh Văn Quang 20DT1

Nguyễn Anh Tuấn 20DT1

Giảng viên hướng dẫn

TS. Võ Duy Phúc

Đà Nẵng, 4/2024

CHƯƠNG 6: ĐIỀU CHẾ PHA (PSK)

1) PSK

- **PSK là gì?**

- Điều chế khóa dịch pha(PSK) là một quá trình điều chế kỹ thuật số truyền dữ liệu bằng cách thay đổi (điều chế) pha của sóng mang tần số không đổi. Việc điều chế được thực hiện bằng cách thay đổi đầu vào sin và cosin tại một thời điểm chính xác. Nó được sử dụng rộng rãi cho mạng LAN không dây, giao tiếp RFID và Bluetooth.

- Bất kỳ sơ đồ điều chế số nào cũng sử dụng một số hữu hạn các tín hiệu riêng biệt để biểu diễn dữ liệu số. PSK sử dụng số pha hữu hạn, 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.

2. BPSK

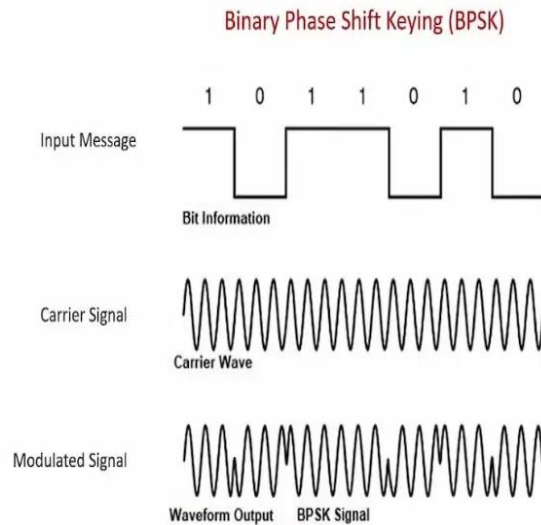
- **BPSK là gì?**

Khóa dịch pha nhị phân (BPSK) là một kỹ thuật điều chế được sử dụng trong các hệ thống truyền thông để truyền thông tin qua kênh truyền thông. Trong BPSK, tín hiệu sóng mang được sửa đổi bằng cách thay đổi pha của nó 180 độ đối với mỗi ký hiệu. Sự dịch pha 180 độ biểu thị số nhị phân 0 trong khi không có sự dịch pha nào biểu thị số nhị phân 1. Quá trình điều chế BPSK rất đơn giản và hiệu quả nên phù hợp với các tình huống trong đó kênh liên lạc bị nhiễu và nhiễu.

2.1. Cơ chế hoạt động của BPSK:

Trong BPSK, chúng ta biểu diễn các ký hiệu dưới dạng dịch pha trong tín hiệu sóng mang trong quá trình điều chế. Số nhị phân 1 được gửi mà không có bất kỳ thay đổi nào về pha trong khi số nhị phân 0 được gửi với độ lệch pha 180 độ. Thông tin về sự dịch pha này được mã hóa thành tín hiệu sóng mang để tạo điều kiện cho việc truyền dữ liệu. Sơ đồ chòm sao, đối với BPSK, hiển thị hai điểm chòm sao được định vị dọc theo x cùng pha). Không có điểm nào

được chiếu lên trục y (vuông góc) vì BPSK dựa trên một hàm cơ bản. Pha của sóng mang mang tất cả thông tin được truyền đi.



Hình 1. Bộ điều chế BPSK – Quá trình điều chế

2.2. Công thức, mô hình của BPSK:

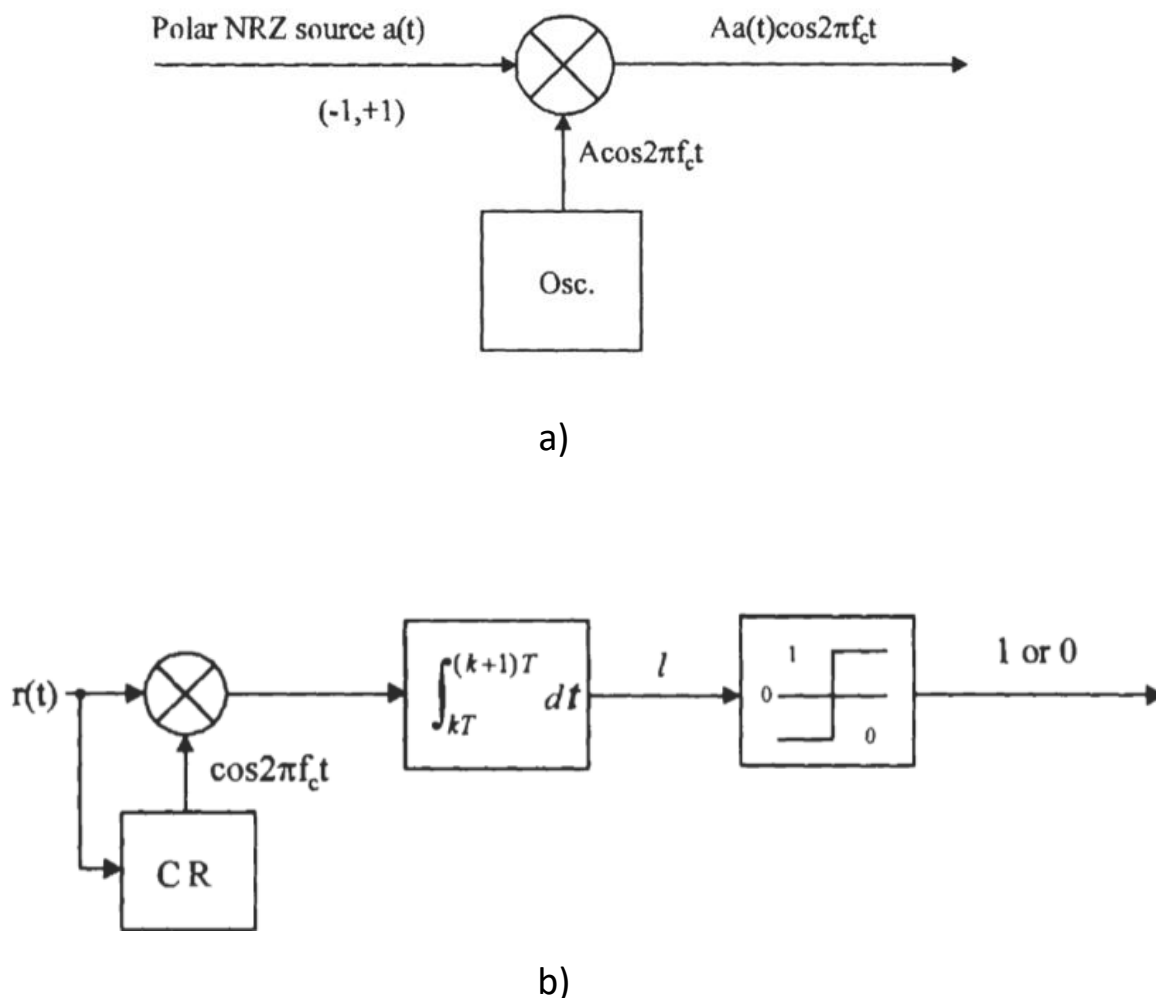
Công thức cho BPSK:

Dữ liệu nhị phân được biểu diễn bằng hai tín hiệu với các pha khác nhau trong BPSK. Thông thường hai pha này là 0 và π , tín hiệu được biểu diễn như sau:

$$s_1(t) = A \cos 2\pi f_c t, \quad 0 \leq t \leq T, \quad \text{for } 1$$

$$s_2(t) = -A \cos 2\pi f_c t, \quad 0 \leq t \leq T, \quad \text{for } 0$$

Mô hình:



Hình 2. a) Bộ điều chế BPSK và b) Bộ giải điều chế BPSK

2.3. Đánh giá, ưu nhược điểm của BPSK:

2.3.1. Đánh giá: Hiệu suất của tổ hợp máy phát/máy thu BPSK có thể được đánh giá bằng cách phân tích tỷ lệ lỗi bit (BER), trong các kịch bản tỷ lệ tín hiệu trên tạp âm (SNR).

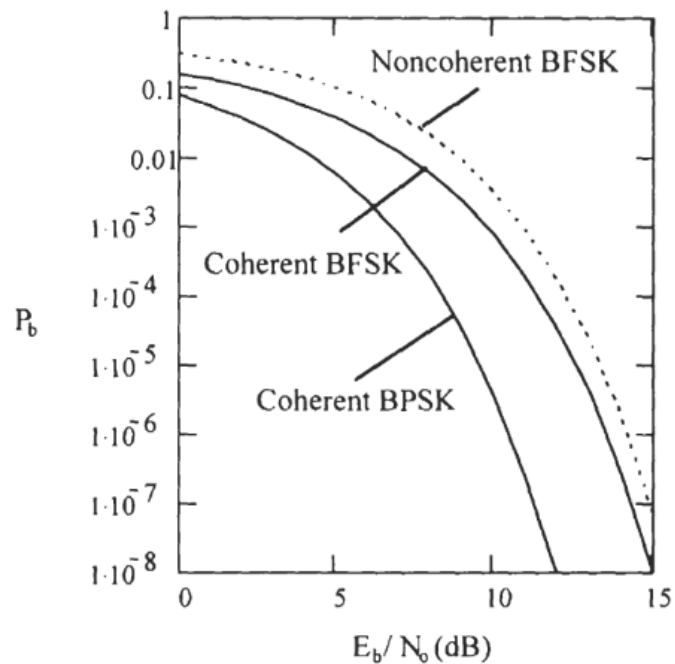
BER (Bit Error Rate) là tỷ lệ bit dữ liệu bị lỗi trong quá trình truyền tải. BER là một thước đo hiệu suất của hệ thống truyền thông, có công thức như sau:

$$P_b = Q \left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_o}} \right)$$

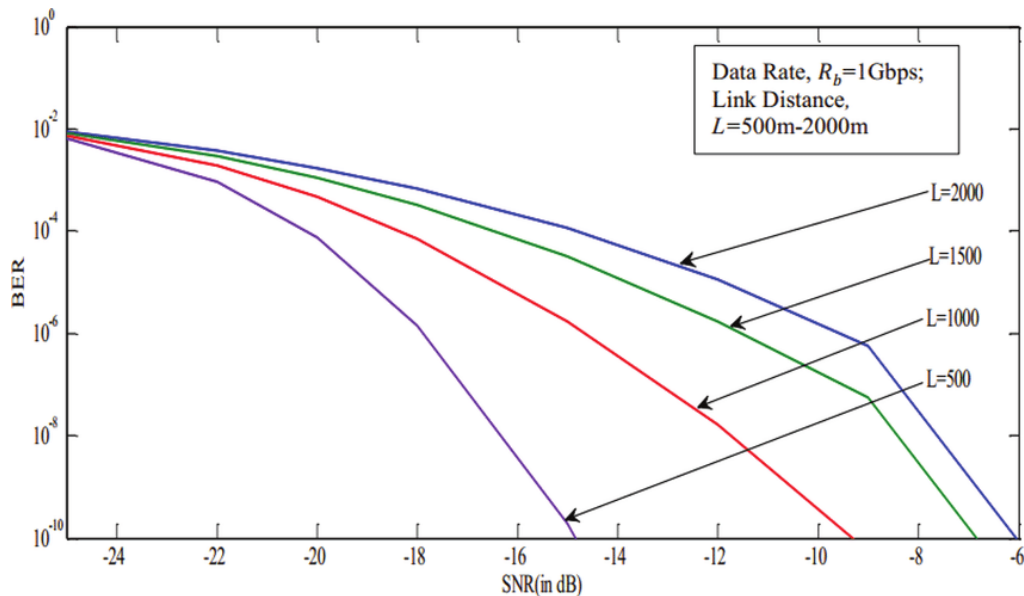
SNR (Signal-to-Noise Ratio) là tỷ lệ giữa công suất tín hiệu và công suất nhiễu. SNR là một thước đo chất lượng kênh truyền, công thức như sau:

$$\text{SNR} = \frac{E_b}{N_o}$$

Từ công thức trên, ta có thể thấy BER và SNR có mối quan hệ nghịch đảo. Khi SNR tăng, BER giảm và ngược lại.



Hình 3. Đánh giá BER và SNR của BPSK so với BFSK



Hình 4. BER và SNR của BPSK với từng khoảng cách khác nhau

2.3.2. Ưu, nhược điểm của BPSK:

Ưu điểm:

Có nhiều ưu điểm của quy trình Khóa dịch chuyển pha nhị phân bao gồm tất cả các dạng tín hiệu, chẳng hạn như:

- **Tính đơn giản:** BPSK, viết tắt của Phím dịch pha nhị phân là một sơ đồ điều chế. Nó đơn giản hóa việc triển khai trong phần cứng và phần mềm bằng cách sử dụng hai trạng thái pha; 0 độ và 180 độ.
- **Hoạt động hiệu quả với độ tin cậy:** Nó có khả năng hoạt động hiệu quả khi có tiếng ồn hoặc nhiễu từ các tín hiệu đảm bảo hiệu suất đáng tin cậy.
- **Tiêu thụ ít năng lượng hơn:** BPSK tiêu thụ năng lượng so với các phương pháp thay thế, tạo thuận lợi cho các thiết bị chạy bằng pin.
- **Dễ dàng phát hiện:** Người nhận dễ dàng hiểu BPSK xác định chính xác tần số và pha của tín hiệu truyền đi.
- **Tương thích:** BPSK đóng vai trò là khối xây dựng cho các sơ đồ điều chế phức tạp như QPSK (Khóa dịch pha cầu phương) và Điều chế biên độ cầu phương (QAM) bậc cao hơn.

Nhược điểm:

Một số nhược điểm của quy trình Khóa dịch chuyển pha nhị phân bao gồm:

- **Tốc độ gửi dữ liệu thấp:** Tuy nhiên, khi nói đến tốc độ truyền dữ liệu, BPSK có những hạn chế vì nó chỉ có thể gửi một phần dữ liệu tại một thời điểm.
- **Kém hiệu quả hơn:** Nó sử dụng không gian tín hiệu không hiệu quả, giống như sử dụng cả một con đường chỉ cho một chiếc ô tô nhỏ.
- **Có thể phức tạp:** Trong các tình huống như giao tiếp, tín hiệu bị dội lại có thể gây ra thách thức cho BPSK vì nó làm suy yếu cường độ tín hiệu và dẫn đến các vấn đề tiềm ẩn.
- **Sửa lỗi hạn chế:** BPSK không cung cấp nhiều khả năng sửa lỗi vốn có như các sơ đồ điều chế phức tạp hơn, do đó, việc sửa lỗi cần được thêm vào một cách riêng biệt, điều này có thể làm tăng độ phức tạp của hệ thống.
- **Không dành cho dữ liệu lớn:** Nếu bạn cần gửi nhiều dữ liệu nhanh thì BPSK có thể không phải là lựa chọn tốt nhất.

2.4. Ảnh hưởng của nó lên hệ thống thông tin số:

- Điều chế BPSK mang lại những ưu điểm được biết đến nhờ tính đơn giản và khả năng chống nhiễu nhờ khả năng tương thích với các hệ thống truyền thông không dây khác nhau. Kỹ thuật chuyển pha đơn giản được BPSK sử dụng cho phép truyền dữ liệu ngay cả trong các kênh có nhiều thách thức và nhiễu.

- BPSK được sử dụng trong các hệ thống liên lạc như Wi-Fi, Bluetooth và liên lạc vệ tinh. Tính đơn giản và hiệu quả của nó làm cho nó trở thành một lựa chọn phù hợp cho các ứng dụng mà chất lượng kênh liên lạc có thể khác nhau.

▪ Khi không có nhiễu:

- BPSK hoạt động hiệu quả và chính xác, tỉ lệ lỗi bit BER thấp
- Tín hiệu được truyền tải rõ ràng và không bị méo

- Hệ thống thông tin số hoạt động ổn định và tin cậy
- **Khi có nhiễu:**
 - BPSK bị ảnh hưởng bởi nhiễu, BER tăng
 - Tín hiệu bị méo và dễ mất thông tin
 - Hệ thống hoạt động kém hiệu quả và có thể xảy ra lỗi.

2.5. Khi có thêm AWGN thì tín hiệu BPSK thay đổi như thế nào?

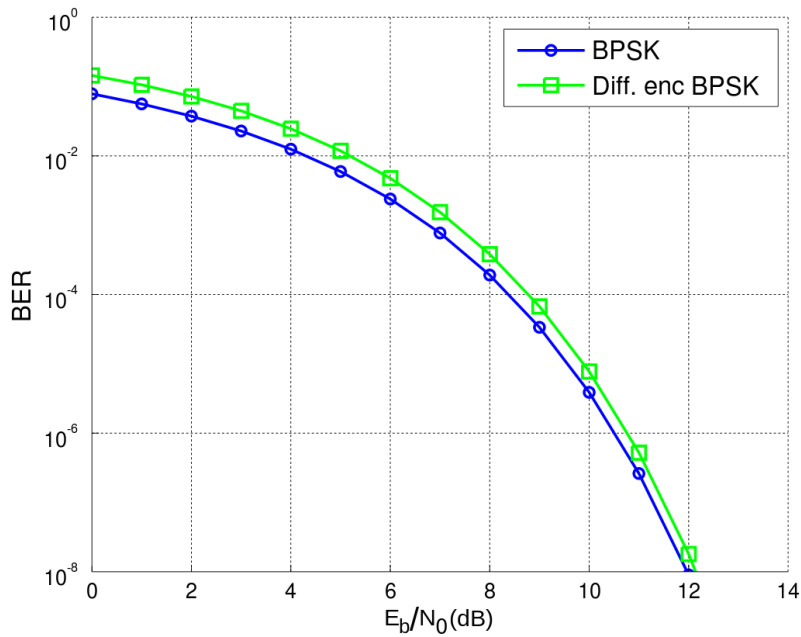
Để mô phỏng việc truyền thông tin từ đầu đến cuối bằng cách sử dụng điều chế BPSK, một mô phỏng dạng sóng toàn diện được thực hiện. Mô phỏng này đòi hỏi phải tạo ra các bit thông báo và điều chỉnh chúng bằng điều chế BPSK tạo ra Nhiễu Gaussian Trắng Phụ gia (AWGN) dựa trên tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR) mong muốn và cuối cùng giải điều chế tín hiệu bằng cách sử dụng bộ thu kết hợp.

- Nhiễu AWGN được thêm vào tín hiệu nhận được để mô phỏng các tình huống giao tiếp trong thế giới thực. Độ lớn của nhiễu phụ thuộc vào tín hiệu bạn đã chọn, tỷ lệ nhiễu trên nhiễu (SNR). Hiệu suất của hệ thống BPSK có thể được đánh giá bằng cách kiểm tra các kịch bản tỷ lệ lỗi bit (BER) trên tín hiệu và tỷ lệ nhiễu (SNR).

Mức độ ảnh hưởng của nhiễu lên BPSK phụ thuộc vào:

- **Loại nhiễu:** Nhiễu Gauss trắng (AWGN) là loại nhiễu phổ biến nhất ảnh hưởng đến BPSK.
- **Mức độ nhiễu:** Mức độ nhiễu càng cao, BER càng cao và hệ thống càng hoạt động kém hiệu quả.
- **Kỹ thuật chống nhiễu:** Sử dụng các kỹ thuật chống nhiễu như mã hóa kênh có thể giúp giảm BER và cải thiện hiệu suất của hệ thống.

→ Khi đó nhiễu AWGN tăng, BER của BPSK cũng tăng theo.



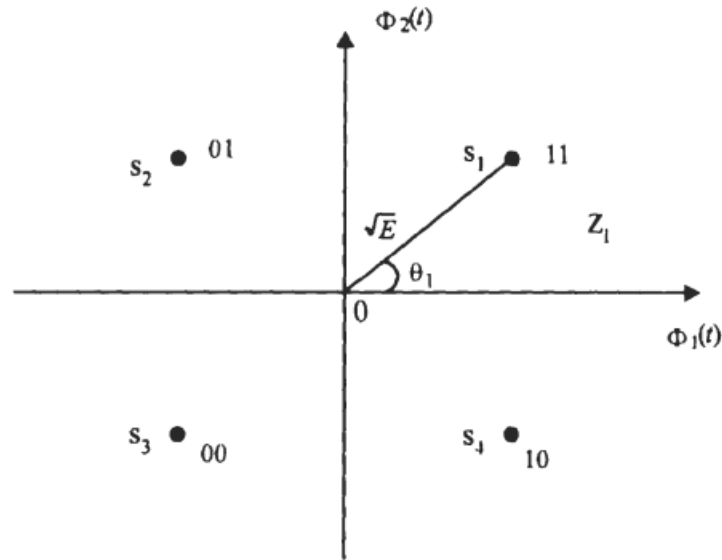
Hình 5. So sánh BER giữa BPSK và BPSK khi có nhiễu trắng AWGN

3. QPSK

- QPSK là một dạng khóa dịch pha trong đó hai bit được điều chế cùng một lúc, chọn một trong bốn dịch pha sóng mang có thể có (0, 90, 180 hoặc 270 độ).
- QPSK cho phép tín hiệu mang lượng thông tin gấp đôi so với PSK thông thường sử dụng cùng băng thông. QPSK được sử dụng để truyền vệ tinh video MPEG2, modem cáp, hội nghị truyền hình, hệ thống điện thoại di động và các hình thức liên lạc kỹ thuật số khác qua sóng mang RF.

3.1. Cơ chế hoạt động của QPSK:

- Trong một hệ thống QPSK, các bit dữ liệu được chia thành các nhóm gồm hai bit được gọi là dibits. Có 4 dibits có thể, 00, 01, 10 và 11. Mỗi tín hiệu trong số bốn tín hiệu QPSK được sử dụng để biểu thị một trong số chúng. Việc ánh xạ các dibits tới các tín hiệu có thể tùy ý miễn là ánh xạ là một. Chòm sao tín hiệu trong hình 2.1 sử dụng mã Gray. Tọa độ các điểm tín hiệu được lập bảng 2.1

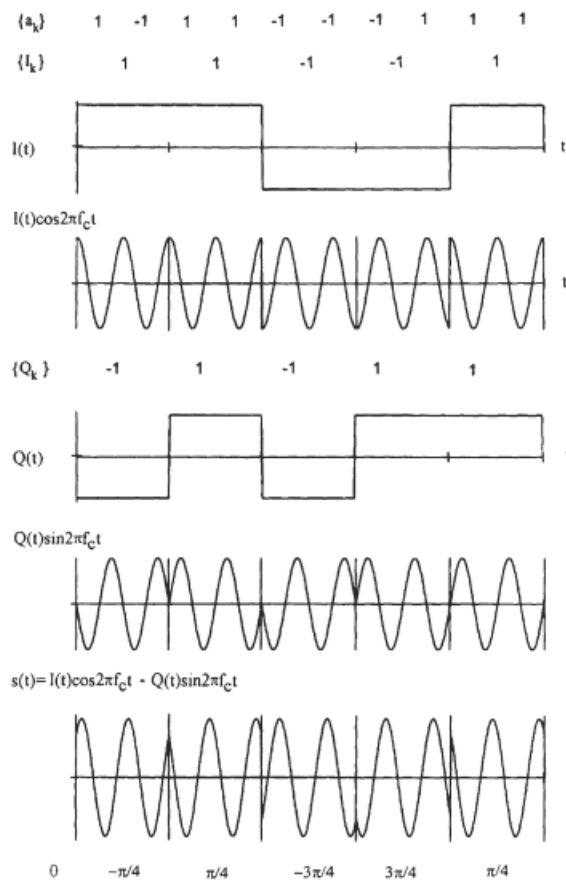


Hình 6. Chòm sao tín hiệu QPSK

Dibit	Phase θ_i	$s_{i1} = \sqrt{E} \cos \theta_i$	$s_{i2} = \sqrt{E} \sin \theta_i$
11	$\pi/4$	$+\sqrt{E/2}$	$+\sqrt{E/2}$
01	$3\pi/4$	$-\sqrt{E/2}$	$+\sqrt{E/2}$
00	$-3\pi/4$	$-\sqrt{E/2}$	$-\sqrt{E/2}$
10	$-\pi/4$	$+\sqrt{E/2}$	$-\sqrt{E/2}$

Bảng 1 Tọa độ các điểm tín hiệu

- QPSK đạt được việc truyền dữ liệu số bằng cách điều chỉnh pha của sóng mang để biểu diễn dữ liệu nhị phân, sử dụng bốn dịch pha khác nhau để mã hóa các cặp bit nhị phân, sau đó giải điều chế tín hiệu nhận được để khôi phục dữ liệu gốc ở đầu máy thu.



Hình 7. Dạng sóng QPSK

3.2. Công thức và mô hình của QPSK:

- Công thức

$$s_i(t) = A \cos(2\pi f_c t + \theta_i), \quad 0 \leq t \leq T, \quad i = 1, 2, 3, 4$$

Trong đó:

$$\theta_i = \frac{(2i - 1)\pi}{4}$$

Pha tín hiệu ban đầu $\frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \frac{5\pi}{4}, \frac{7\pi}{4}$. Tần số sóng mang được chọn là bội số nguyên của tốc độ ký hiệu, do đó trong bất kỳ khoảng ký hiệu $[kT, (k+1)T]$, pha ban đầu tín hiệu cũng là một trong bốn pha.

- Biểu thức trên có thể viết

$$\begin{aligned} s_i(t) &= A \cos \theta_i \cos 2\pi f_c t - A \sin \theta_i \sin 2\pi f_c t \\ &= s_{i1} \phi_1(t) + s_{i2} \phi_2(t) \end{aligned}$$

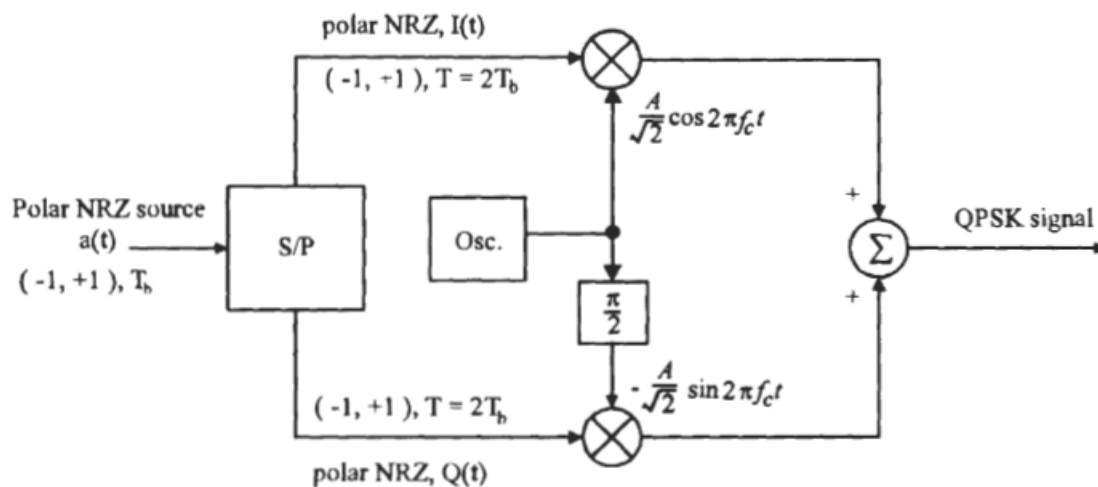
Trong đó:

$$s_{i1} = \sqrt{E} \cos \theta_i$$

$$s_{i2} = \sqrt{E} \sin \theta_i$$

$$\theta_i = \tan^{-1} \frac{s_{i2}}{s_{i1}}$$

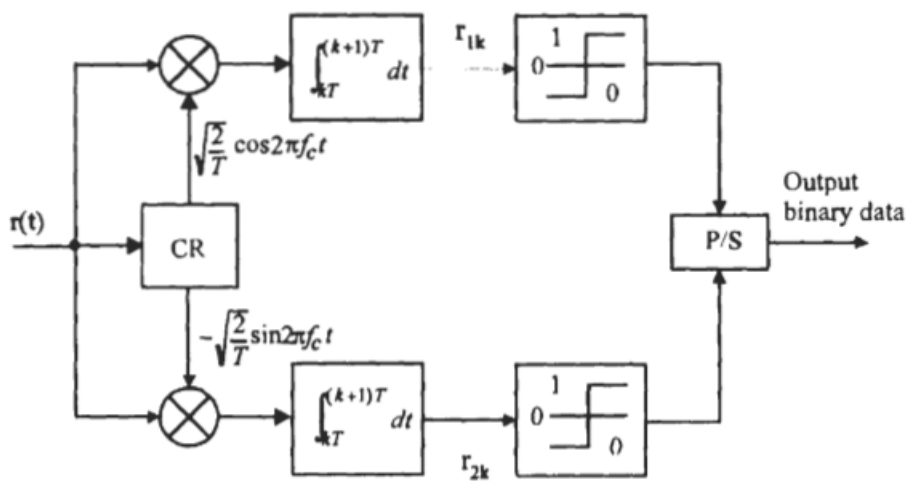
- **Mô hình**



Hình 8. Điều chế QPSK

Kênh có tham chiếu cosin được gọi là kênh cùng pha và kênh có tham chiếu sin được gọi là kênh cầu phương (Q). Chuỗi dữ liệu được phân tách bằng bộ chuyển đổi nối tiếp sang song song (S/P) để tạo thành chuỗi bit đánh số lẻ cho kênh I và chuỗi bit đánh số chẵn cho kênh Q. Sau đó logic 1 được chuyển thành xung dương và logic 0 được chuyển thành xung âm, cả hai đều có cùng biên độ và thời lượng T. Tiếp theo, chuỗi xung bit số lẻ được nhân thành $\cos 2\pi f_c t$ và chuỗi xung bit số chẵn - chuỗi xung bit được nhân lên thành $\sin 2\pi f_c t$. Rõ ràng là tín hiệu kênh I và kênh Q là tín hiệu BPSK có thời lượng

ký hiệu là $2T_b$. Cuối cùng, một mùa hè sẽ cộng hai dạng sóng này lại với nhau để tạo ra tín hiệu QPSK cuối cùng.



Hình 9. Giải điều chế QPSK

3.3. Đánh giá ưu điểm và nhược điểm của QPSK:

- Công thức BER

$$\begin{aligned}
 P_b &= \Pr(e/1 \text{ is sent}) = \Pr(e/0 \text{ is sent}) \\
 &= \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{\pi N_o}} \exp \left[-\frac{(R_j + \sqrt{E/2})^2}{N_o} \right] dR_j \\
 &= \int_{\sqrt{\frac{E}{N_o}}}^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{x^2}{2} \right] dx \\
 &= Q \left(\sqrt{\frac{E}{N_o}} \right) = Q \left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_o}} \right), \text{ (coherent QPSK)}
 \end{aligned}$$

- **Công thức SNR**

$$\begin{aligned}
 P_s &= 1 - \Pr(\text{both bits are correct}) \\
 &= 1 - (1 - P_b)^2 \\
 &= 2P_b - P_b^2 \\
 &= 2Q\left(\sqrt{\frac{E}{N_o}}\right) - \left[Q\left(\sqrt{\frac{E}{N_o}}\right)\right]^2
 \end{aligned} \tag{1}$$

- Biểu thức xác suất lỗi bit, đầu tiên đối với SNR lớn, số hạng thứ 2 trong công thức (1) có thể bỏ qua. Thứ hai, đối với mã hóa Gray và SNR lớn, lỗi ký hiệu có thể khiến ký hiệu được phát hiện là ký hiệu liền kề chỉ có một bit khác biệt trong hai bit.

$$P_b \approx \frac{1}{2}P_s \approx Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_o}}\right)$$

- **Ưu điểm của QPSK**

- + QPSK cung cấp khả năng chống nhiễu rất tốt.
- + Nó cung cấp xác suất lỗi thấp.
- + Băng thông hiệu quả gấp đôi so với điều chế BPSK.
- + Đối với cùng một BER, băng thông mà QPSK yêu cầu giảm xuống một nửa so với BPSK.
- + Việc sử dụng hiệu quả hơn băng thông có sẵn của kênh truyền.

- **Nhược điểm của QPSK**

- + QPSK không phải là kỹ thuật điều chế tiết kiệm năng lượng hơn so với các loại điều chế khác vì cần nhiều năng lượng hơn để truyền hai bit.
- + QPSK phức tạp hơn so với bộ thu BPSK do cần có bốn trạng thái để khôi phục thông tin dữ liệu nhị phân.

3.4. Ảnh hưởng của nó lên hệ thống thông tin số:

- **Tốc độ dữ liệu tăng:** QPSK cho phép tốc độ dữ liệu cao hơn so với các sơ đồ điều chế đơn giản hơn như Khóa dịch pha nhị phân (BPSK). Bằng cách truyền hai bit trên mỗi ký hiệu thay vì một, QPSK tăng gấp đôi tốc độ dữ liệu một cách hiệu quả cho cùng một băng thông.

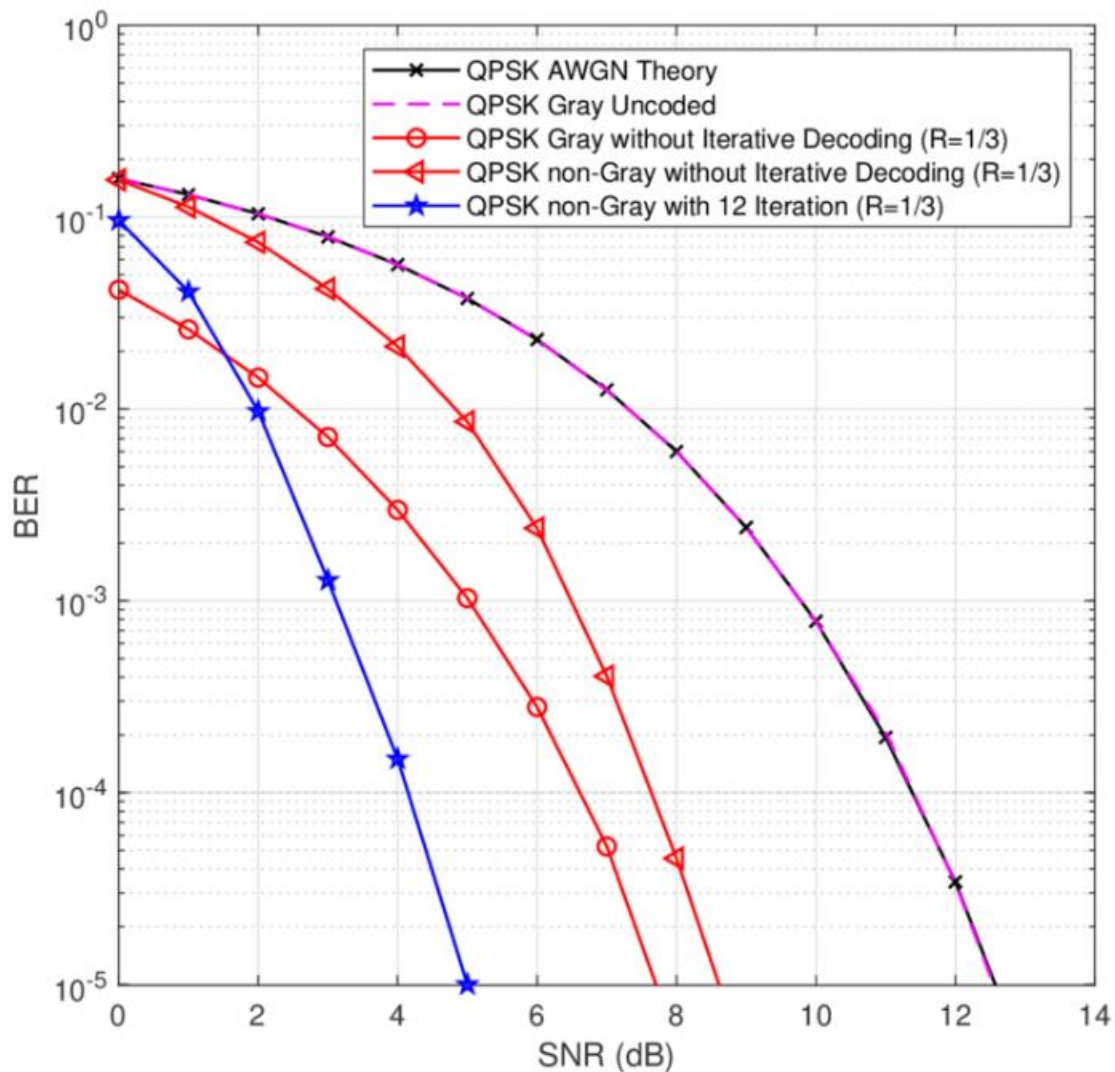
- **Hiệu suất phổ được cải thiện:** QPSK cung cấp hiệu suất phổ tốt hơn so với các sơ đồ điều chế chỉ truyền một bit trên mỗi ký hiệu. Với QPSK, nhiều bit hơn có thể được truyền trong cùng một băng thông, giúp sử dụng phổ tần số sẵn có hiệu quả hơn.

- **Khả năng chống nhiễu:** QPSK chống nhiễu và nhiễu tốt hơn so với các sơ đồ điều chế đơn giản hơn. Do QPSK sử dụng nhiều dịch pha để biểu diễn từng ký hiệu nên nó có thể chịu được mức nhiễu nhất định mà không ảnh hưởng đáng kể đến độ chính xác của việc truyền dữ liệu. Điều này làm cho QPSK phù hợp để liên lạc trong môi trường ồn ào, chẳng hạn như các kênh không dây.

- **Khả năng tương thích và khả năng tương tác:** QPSK được sử dụng rộng rãi trong các tiêu chuẩn và hệ thống truyền thông khác nhau, bao gồm truyền thông vệ tinh, truyền hình kỹ thuật số, mạng LAN không dây (Wi-Fi) và kết nối internet đường dây thuê bao kỹ thuật số (DSL). Việc áp dụng rộng rãi nó đảm bảo khả năng tương thích và khả năng tương tác giữa các hệ thống và thiết bị khác nhau.

- **Tác động đến việc truyền thông tin:** QPSK đã tạo điều kiện thuận lợi cho việc truyền một lượng lớn thông tin kỹ thuật số qua các kênh liên lạc khác nhau, cho phép các ứng dụng như truy cập internet tốc độ cao, phát sóng kỹ thuật số, truyền phát đa phương tiện và trao đổi dữ liệu thời gian thực. Điều này đã góp phần vào sự phát triển của các nền kinh tế và xã hội kỹ thuật số trên toàn thế giới.

3.5. Khi có thêm AWGN thì tín hiệu QPSK biến đổi thế nào?



Hình 10. Hiệu suất BER của QPSK trên kênh AWGN

Nhận xét:

- **Tăng nhiễu:** AWGN tạo ra nhiễu ngẫu nhiên cho tín hiệu, làm tăng mức nhiễu tổng thể. Nhiễu này được đặc trưng bởi phân bố Gaussian (bình thường) với giá trị trung bình bằng 0 và độ lệch chuẩn nhất định được xác định bởi công suất nhiễu.

- **Biến dạng tín hiệu:** Sự hiện diện của nhiễu gây ra biến dạng tín hiệu QPSK nhận được. Kết quả là pha của tín hiệu nhận được có thể lệch khỏi các giá trị pha lý tưởng, dẫn đến lỗi khi phát hiện ký hiệu.
- **Xác suất lỗi:** Xác suất xảy ra lỗi ký hiệu tăng theo mức độ nhiễu. Mức nhiễu cao hơn khiến máy thu gặp khó khăn hơn trong việc xác định chính xác pha của tín hiệu nhận được, dẫn đến xác suất xảy ra lỗi ký hiệu cao hơn.
- **Suy giảm tỷ lệ tín hiệu trên tạp âm (SNR):** AWGN làm giảm SNR của tín hiệu QPSK, là tỷ lệ giữa công suất tín hiệu và công suất nhiễu. Khi công suất nhiễu tăng, SNR giảm, khiến máy thu khó phân biệt tín hiệu với nhiễu hơn.
- **Tác động đến số liệu hiệu suất:** Sự hiện diện của AWGN ảnh hưởng đến các số liệu hiệu suất khác nhau của hệ thống QPSK, chẳng hạn như tỷ lệ lỗi bit (BER), tỷ lệ lỗi ký hiệu (SER) và thông lượng. Mức độ nhiễu cao hơn thường dẫn đến tỷ lệ lỗi cao hơn và giảm thông lượng.
- **Nhu cầu sửa lỗi:** Với sự hiện diện của AWGN, các kỹ thuật sửa lỗi trở nên quan trọng để giảm thiểu tác động của tiếng ồn và cải thiện độ tin cậy của truyền thông.