

CHƯƠNG 4: TÍN HIỆU

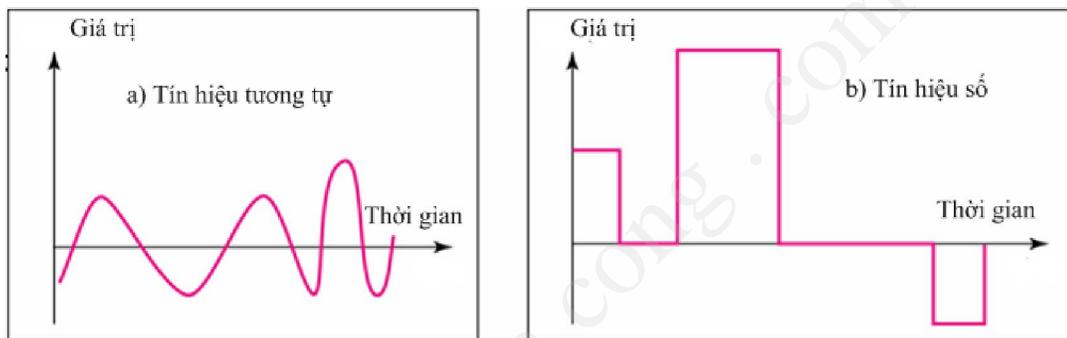
4.1 TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ

Tín hiệu có thể có dạng tương tự (analog) hay số (digital). Thuật ngữ dữ liệu tương tự cho biết thông tin là liên tục, còn dữ liệu số thì cho biết thông tin có các trạng thái rời rạc.

Dữ liệu tương tự có các giá trị liên tục hay có vô hạn giá trị trong tầm hoạt động.

Dữ liệu số có các giá trị rời rạc, hay chỉ có một số hữu hạn các giá trị.

Trong truyền số liệu, ta **thường dùng các tín hiệu tương tự có chu kỳ và các tín hiệu số không có chu kỳ.**



Hình 4.1 So sánh giữa tín hiệu tương tự và tín hiệu số.

Phân loại: Tín hiệu tương tự có chu kỳ và không có chu kỳ.

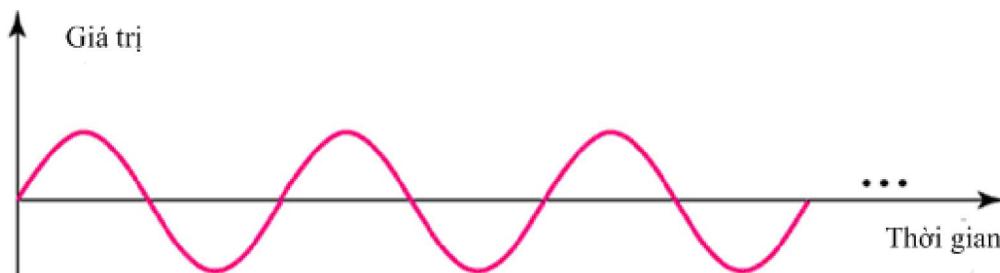
4.1.1 Tín hiệu tương tự có chu kỳ

Có thể được chia thành **tín hiệu đơn** (điều hoà) và **tín hiệu hỗn hợp** (**tổng hợp nhiều tín hiệu điều hoà**).

Xét một tín hiệu tương tự có chu kỳ đơn giản, thí dụ sóng sin; ta thấy rằng không thể phân tích tín hiệu này thành các thành phần đơn giản hơn được.

Tín hiệu tương tự có chu kỳ là tín hiệu hỗn hợp khi là tổ hợp của nhiều sóng sin đơn giản.

Thí dụ, hình 4.2 vẽ sóng sin :

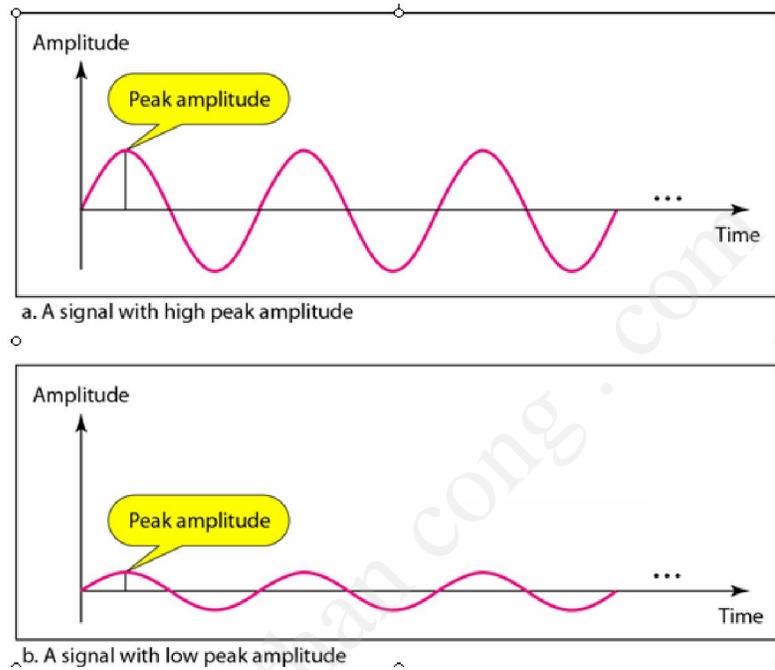


Hình 4.2

Thí dụ 1:

Nguồn điện khu vực được biểu diễn bằng một sóng sin có biên độ đỉnh từ 155 đến 170 V. Tuy nhiên, nguồn này tại Mỹ là từ 110 V đến 120 V. Khác biệt này tùy thuộc vào giá trị hiệu dụng RMS. Trong đó, trị đỉnh -đỉnh là $2\sqrt{2}$ trị RMS.

Hình 4.3 vẽ hai tín hiệu có cùng tần số nhưng trị đỉnh khác nhau.



Hình 4.3

Thí dụ 2:

Nguồn áp từ pin là không đổi, thí dụ, trị đỉnh của một pin AA thường là 1,5 V.

Tần số và chu kỳ

Tần số và chu kỳ là nghịch đảo của nhau:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{và} \quad T = \frac{1}{f}; \text{ khi } f \text{ có thứ nguyên là Hz thì } T \text{ có thứ nguyên là giây}$$

Bảng 1: Đơn vị của chu kỳ và tần số.

Unit	Equivalent	Unit	Equivalent
Seconds (s)	1 s	Hertz (Hz)	1 Hz
Milliseconds (ms)	10^{-3} s	Kilohertz (kHz)	10^3 Hz
Microseconds (μ s)	10^{-6} s	Megahertz (MHz)	10^6 Hz
Nanoseconds (ns)	10^{-9} s	Gigahertz (GHz)	10^9 Hz
Picoseconds (ps)	10^{-12} s	Terahertz (THz)	10^{12} Hz

Thí dụ 3:

Nguồn điện khu vực có tần số là 60 Hz. Chu kỳ của sóng sin được xác định như sau:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60} = 0,0166 \times 10^3 \text{ ms} = 16,6 \text{ ms}$$

Thí dụ 4:

Viết giá trị chu kỳ 100 ms sang đơn vị μs .

$$100 \text{ ms} = 100 \times 10^3 \mu\text{s} = 10^5 \mu\text{s}$$

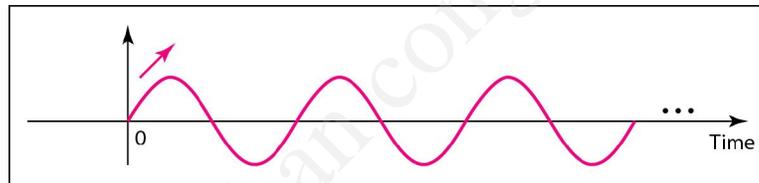
Thí dụ 5:

Chu kỳ của tín hiệu là 100 ms. Tính tần số tín hiệu theo KHz.

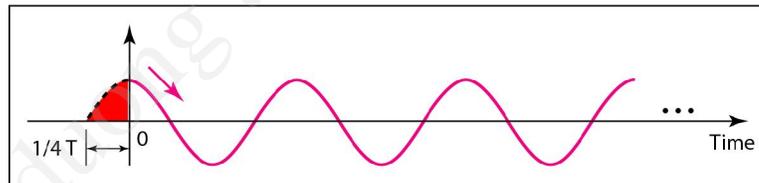
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{100 \times 10^{-3}} = \frac{1000}{100} = 10 \text{ Hz} = 10 \times 10^{-3} \text{ KHz} = 10^{-2} \text{ KHz}$$

Pha:

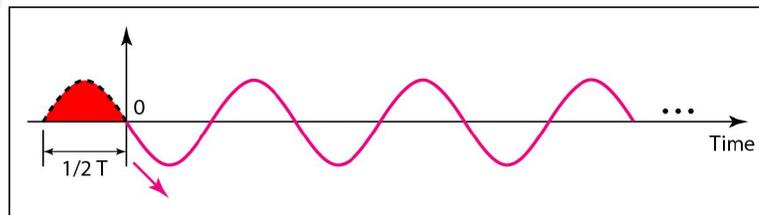
Pha mô tả vị trí tương đối của tín hiệu so với trị 0.



a. 0 degrees



b. 90 degrees



c. 180 degrees

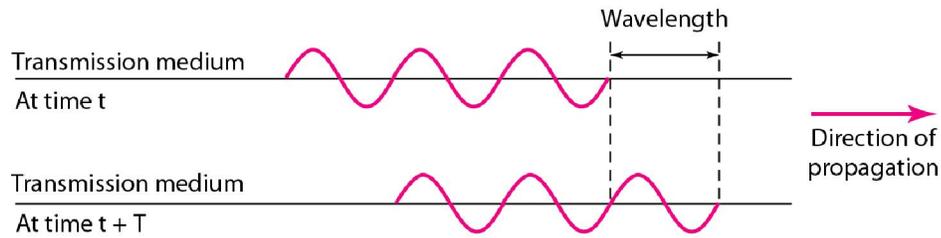
Hình 4.4 Mô tả các tín hiệu có cùng tần số, biên độ, nhưng khác pha.

Thí dụ 6: Một sóng sin lệch 1/6 chu kỳ theo góc thời gian. Tính góc pha theo độ và theo radian.

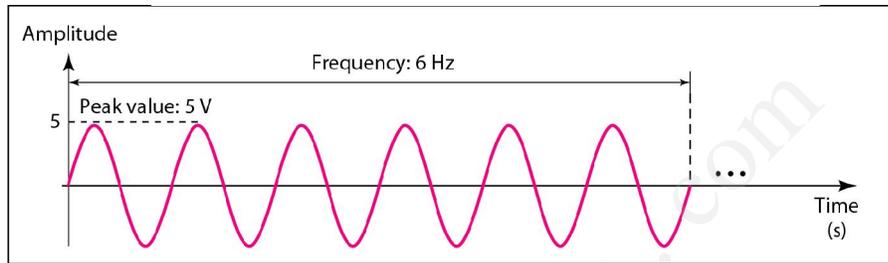
Giải:

Một chu kỳ là 360° , vậy 1/6 chu kỳ là:

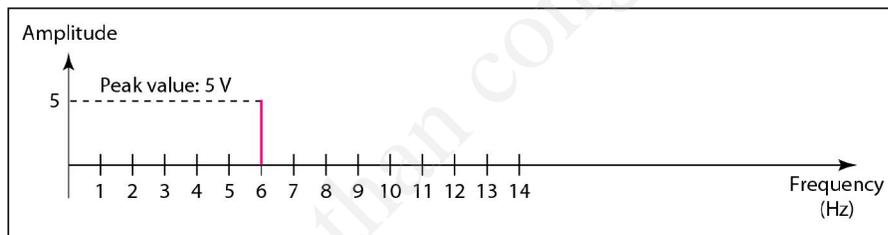
$$(1/6) \times 360^\circ = 60^\circ = 60 \times (2\pi/360) \text{ rad} = (\pi/3) \text{ rad} = 1,046 \text{ rad}$$



Hình 4.5 Về quan hệ giữa độ dài sóng và chu kỳ



a. A sine wave in the time domain (peak value: 5 V, frequency: 6 Hz)



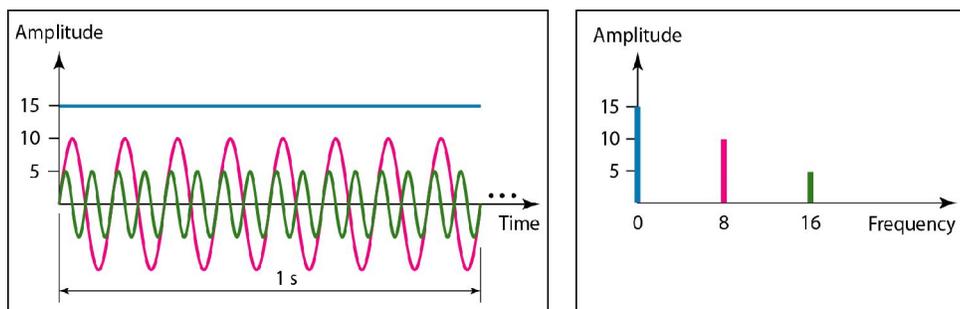
b. The same sine wave in the frequency domain (peak value: 5 V, frequency: 6 Hz)

Hình 4.6 Về cách biểu diễn tín hiệu trong miền thời gian và miền tần số.

Chú ý: Một sóng hoàn toàn sin được biểu diễn bằng một gai đơn trong miền tần số.

Thí dụ 7:

Cách biểu diễn trong miền tần số thì hữu hiệu hơn khi dùng với nhiều sóng sin. Thí dụ trong hình 4.7 minh họa 3 dạng sóng sin, được biểu diễn chỉ bằng 3 gai nhọn trong miền tần số.



a. Time-domain representation of three sine waves with frequencies 0, 8, and 16

b. Frequency-domain representation of the same three signals

Hình 4.7

Ghi chú:

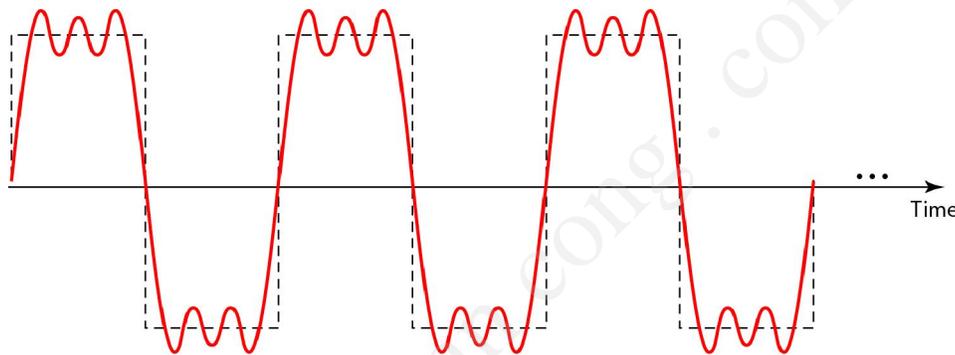
Tín hiệu sóng sin chỉ dùng một tần số thì không hữu dụng trong thông tin số do ta cần gửi đi các tín hiệu hỗn hợp, nên cần tạo ra tín hiệu gồm nhiều tần số sóng sin.

Theo dùng phân tích Fourier, thì có thể khai triển tín hiệu hỗn hợp thành nhiều tín hiệu sóng sin có tần số, biên độ và pha khác nhau.

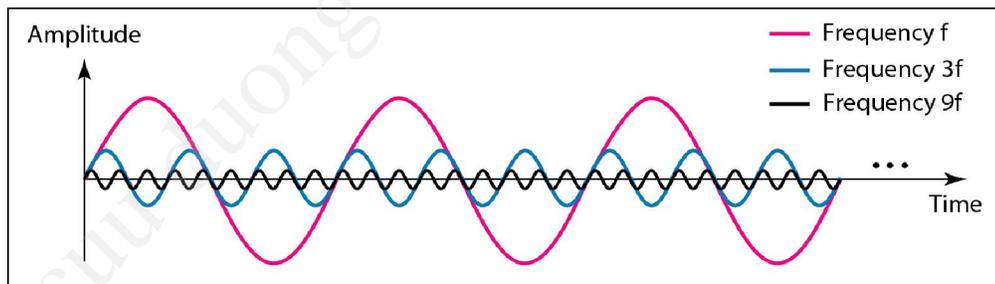
Nếu tín hiệu hỗn hợp là tuần hoàn, thì phân tích cho chuỗi các tín hiệu có tần số rời rạc, còn nếu tín hiệu không có chu kỳ, thì phân tích cho tổ hợp các sóng sin có tần số liên tục.

Thí dụ 8:

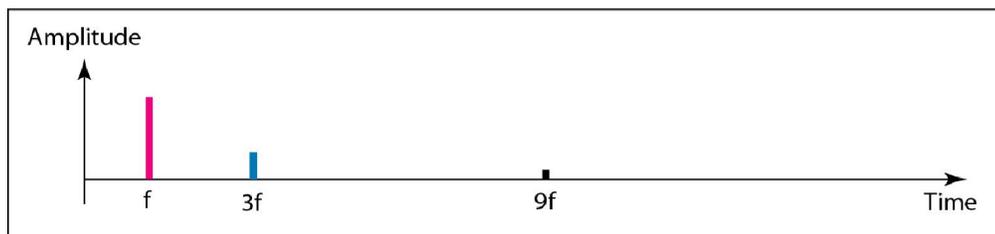
Hình 4.8 vẽ sóng hỗn hợp có chu kỳ f . Dạng tín hiệu này tuy không tiêu biểu trong kỹ thuật truyền số liệu. Xét 3 tín hiệu cảnh báo, có các tần số khác nhau. Việc phân tích các tín hiệu này, giúp ta hiểu rõ hơn về phương thức khai triển các tín hiệu hỗn hợp.



Hình 4.8 Một tín hiệu hỗn hợp tuần hoàn



a. Time-domain decomposition of a composite signal



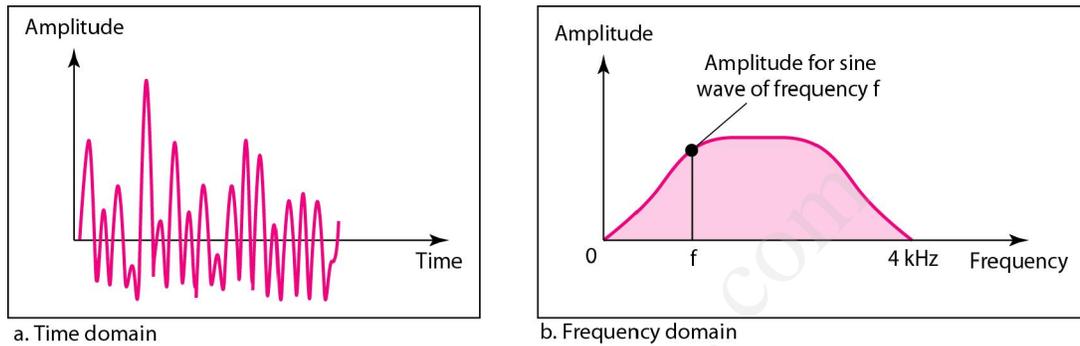
b. Frequency-domain decomposition of the composite signal

Hình 4.9 Khai triển tín hiệu hỗn hợp có tuần hoàn, trong miền thời gian và miền tần số

4.1.2 Tín hiệu tương tự không tuần hoàn:

Thí dụ 9:

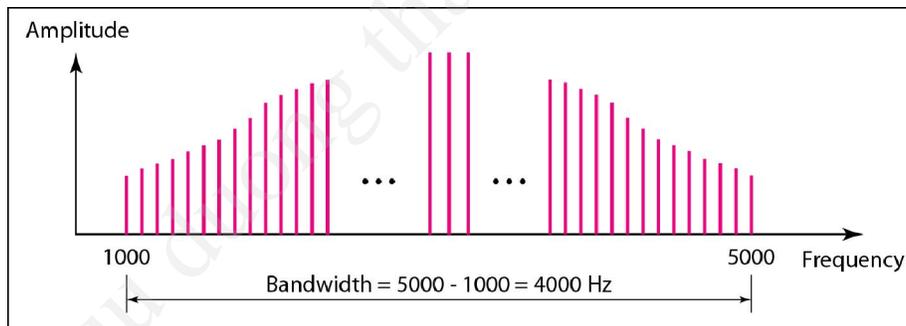
Hình 4.10 vẽ tín hiệu hỗn hợp không tuần hoàn. Đó có thể là dạng tín hiệu ra từ một micro hay từ điện thoại khi phát âm từ two. Trong trường hợp này thì tín hiệu hỗn hợp không thể là tuần hoàn được, do ta không thể phát âm nhiều lần từ này với cùng âm sắc như nhau.



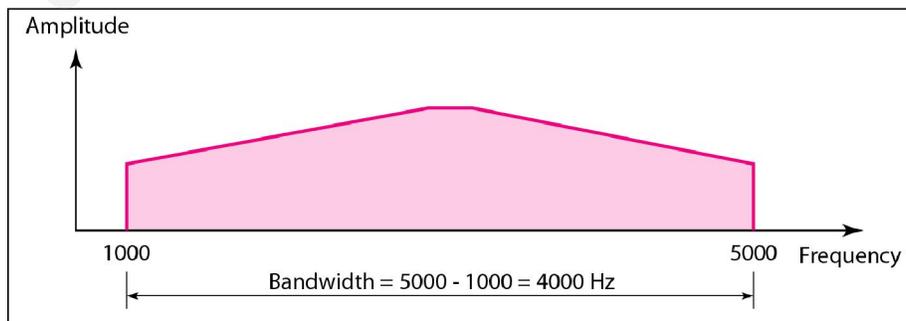
Hình 4.10 Biểu diễn tín hiệu không tuần hoàn trong miền thời gian và miền tần số.

Ghi chú:

Băng thông (băng thông) của tín hiệu hỗn hợp là **sai biệt giữa tần số cao nhất và thấp nhất** có trong tín hiệu này.



a. Bandwidth of a periodic signal



b. Bandwidth of a nonperiodic signal

Hình 4.11 Băng thông của tín hiệu hỗn hợp tuần hoàn và không tuần hoàn

Thí dụ 10:

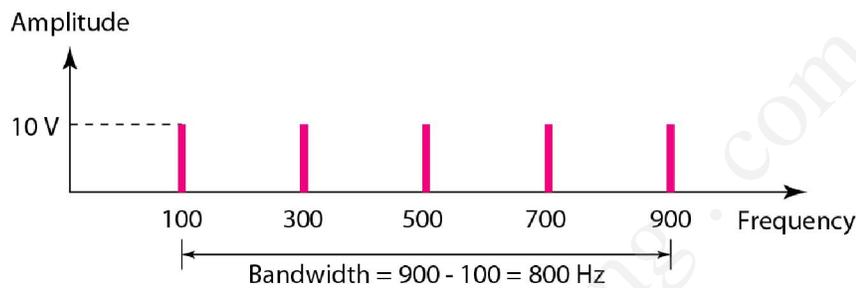
Nếu phân tích tín hiệu tuần hoàn thành **5 sóng hài sin** có tần số lần lượt là **100, 300, 500, 700 và 900 Hz**. Cho biết **băng thông** của tín hiệu? Vẽ phổ với giả sử là tất cả sóng hài đều có giá trị lớn nhất là 10V.

Giải:

Gọi f_h là tần số cao nhất, f_l là thấp nhất, và B là khỗ sóng, thì

$$B = f_h - f_l = 900 - 100 = 800 \text{ Hz}$$

Phổ chỉ gồm 5 gai nhọn xuất hiện tại các tần số 100, 300, 500, 700 và 900 Hz như vẽ ở hình 4.12



Hình 4.12 Khỗ sóng trong ví dụ 10

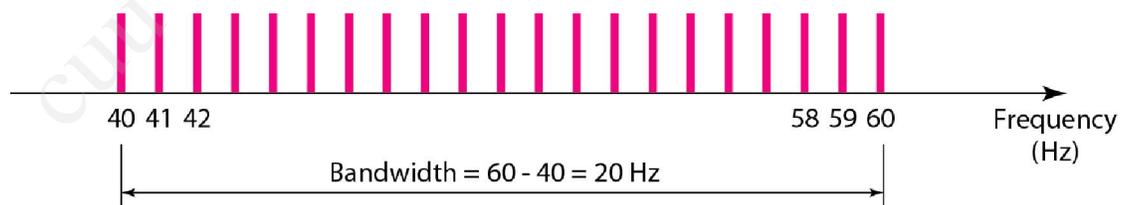
Thí dụ 11: Tín hiệu tuần hoàn có băng thông là 20 Hz. Tần số cao nhất là 60 Hz, tìm tần số thấp nhất? Vẽ phổ của tín hiệu sóng hài chứa có biên độ giống nhau.

Giải:

Gọi f_h là tần số cao nhất, f_l là thấp nhất, và B là khỗ sóng, thì

$$B = f_h - f_l \Rightarrow 20 = 60 - f_l \Rightarrow f_l = 60 - 20 = 40 \text{ Hz}$$

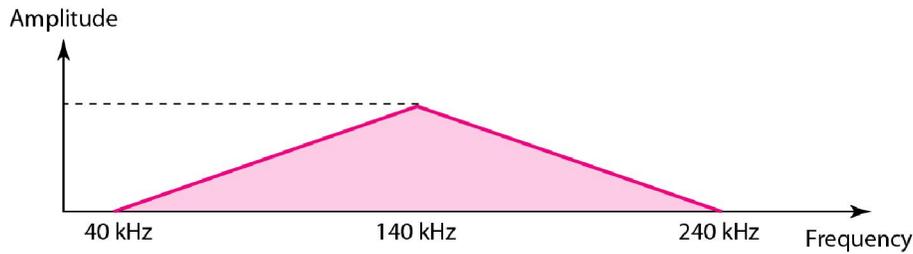
Phổ chứa tất cả các tần số có giá trị nguyên, như vẽ trong hình 4.13



Hình 4.13 Băng thông của thí dụ 11.

Thí dụ 12: Một tín hiệu hỗn hợp không tuần hoàn có băng thông là 200 kHz, có tần số trung tâm là 140 kHz, và biên độ đỉnh là 20 V. Hai giá trị biên độ tại hai tần số cực trị là 0. Vẽ tín hiệu trong miền tần số.

Giải: Tần số thấp nhất phải là 40 kHz và tần số cao nhất là 240 kHz. Hình 4.14 vẽ tín hiệu trong miền tần số và băng thông.



Hình 4.14

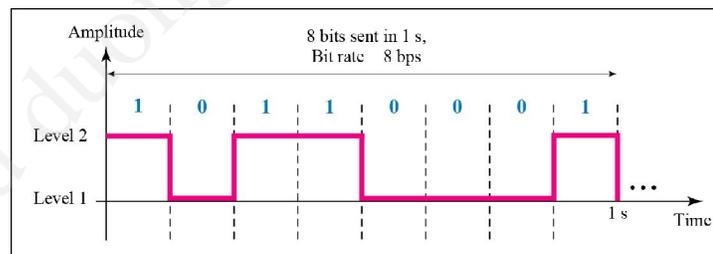
Thí dụ 13: Một thí dụ về tín hiệu hỗn hợp không tuần hoàn là tín hiệu lan truyền sóng AM. Tại Mỹ, sóng AM có băng thông là 10 KHz. Băng thông chung dùng cho phát sóng AM từ 530 KHz đến 1700 KHz.

Thí dụ 14: Một thí dụ về tín hiệu hỗn hợp không tuần hoàn trong sóng FM. Tại Mỹ, sóng FM có băng thông là 200 KHz. băng thông chung dùng cho phát sóng FM là từ 88 đến 108 MHz.

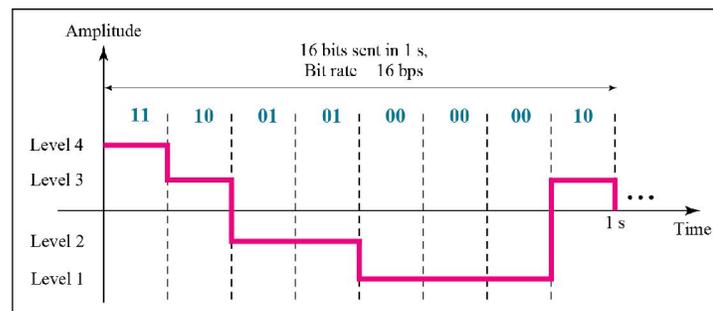
Thí dụ 15: Một thí dụ khác là tín hiệu hỗn hợp dùng trong tuyến tín hiệu truyền hình đen trắng. Màn hình TV được tạo nên từ nhiều điểm ảnh (pixel). Giả sử độ phân giải là 525 x 700, ta có 367.500 pixel trong mỗi màn hình. Nếu quét 30 dòng trong một giây, ta có $367.500 \times 30 = 11.025.000$ pixel mỗi giây. Tình huống xấu nhất là các tín hiệu liên tiếp đen rồi trắng. Ta có thể gởi 2 pixel cho mỗi chu kỳ. Như thế, thì cần có $11.025.000/2 = 5.521.500$ chu kỳ mỗi giây (Hz). Vậy, băng thông cần thiết là 5,5125 MHz.

4.2 TÍN HIỆU SỐ

Thay vì dùng tín hiệu tương tự, ta có thể dùng tín hiệu số để biểu diễn thông tin. Thí dụ, có thể dùng mức điện áp dương để mã hóa 1 và dùng điện áp không cho 0. Một tín hiệu số còn có thể có nhiều hơn hai mức, điều này cho phép gởi đi nhiều hơn một bit cho mỗi mức.



a. A digital signal with two levels



b. A digital signal with four levels

Hình 4.15 Hai dạng tín hiệu số: một dùng hai mức và một dùng bốn mức.

Thí dụ 16: Một tín hiệu số có 8 mức. Cho biết có thể truyền bao nhiêu bit cho mỗi mức?

Giải: Ta tính số bit theo công thức sau:

$$\text{Số bit trong một mức} = \log_2 8 = 3.$$

Như thế mỗi mức tín hiệu có thể truyền được 3 bit.

Thí dụ 17: Một tín hiệu số có 9 mức. Cho biết có thể truyền bao nhiêu bit cho mỗi mức?

Giải: Tính số bit theo công thức vừa trình bày ở thí dụ 16:

Mỗi mức tín hiệu truyền đi được $\log_2 9 = 3,17$ bit. Rõ ràng là kết quả này là không hiện thực. Số bit cần truyền đi cần là số nguyên là tương đương với số mũ 2.

Trong trường hợp này thì nên dùng 4 bit cho mỗi mức tín hiệu truyền.

Thí dụ 18: Giả sử ta cần tải một tài liệu văn bản với tốc độ 100 trang mỗi giây, một trang trung bình có 24 dòng và một dòng có 80 ký tự, một ký tự có 8 bit. Tìm số bit cần truyền trong 1s?

Giải: Một trang trung bình có 24 dòng và 80 ký tự trong từng dòng, nếu giả sử cần 8 bit để biểu diễn một ký tự thì tốc độ bit (bit rate) là:

$$100 \times 24 \times 80 \times 8 = 1.636.000 \text{ bps} = 1,636 \text{ Mbps.}$$

Thí dụ 19: Một kênh thoại được rời rạc hóa, được cấu tạo từ một tín hiệu tương tự có băng thông tín hiệu thoại là 4 KHz. Ta cần lấy mẫu tín hiệu với hai lần tần số cao nhất. Với giả sử mỗi mẫu cần 8 bit, hỏi tốc độ bit (bit rate) là bao nhiêu?

Giải: Tốc độ bit được tính theo: $2 \times 4.000 \times 8 = 64.000 \text{ bps} = \mathbf{64 \text{ Kbps}}$.

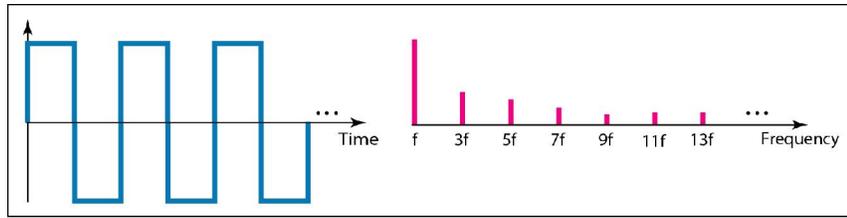
Thí dụ 20: Cho biết tốc độ bit (bit rate) của truyền hình độ phân giải cao (HDTV)?

Giải: HDTV dùng tín hiệu số để truyền tín hiệu hình chất lượng cao. Màn hình của HDTV thường có tỉ lệ 16:9. Như thế thì có 1.920×1080 pixel cho mỗi màn hình, với tốc độ quét dòng là 30 lần trong mỗi giây. Mỗi pixel màu thì cần được biểu diễn bằng 24 bit.

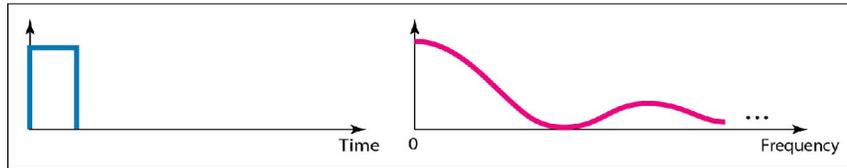
$$1.920 \times 1.080 \times 30 \times 24 = 1.492.992.000 \text{ bps hay } 1,5 \text{ Gbps}$$

Các đài phát hình đã dùng phương pháp nén tín hiệu xuống còn từ 20 đến 40 Mbps

Ghi chú: Tín hiệu số là dạng tín hiệu hỗn hợp tương tự có băng thông là vô cùng.

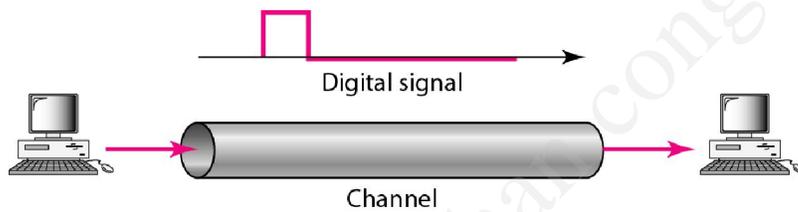


a. Time and frequency domains of periodic digital signal

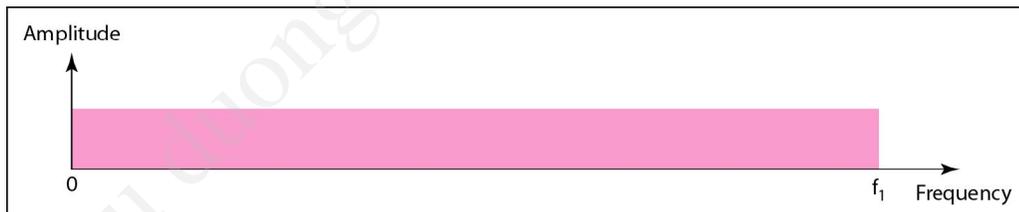


b. Time and frequency domains of nonperiodic digital signal

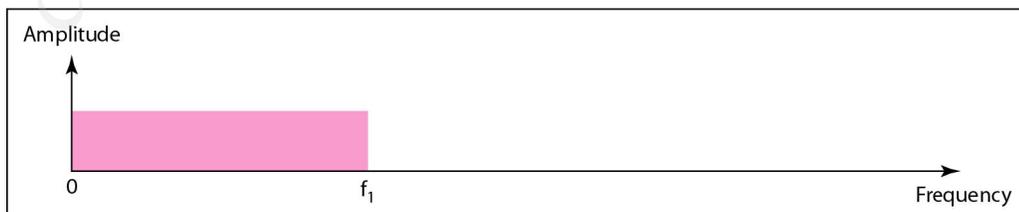
Hình 4.16 Tín hiệu số tuần hoàn và không tuần hoàn được biểu diễn trong miền thời gian và miền tần số.



Hình 4.17 Truyền dẫn trong dải tần cơ sở (Baseband transmission).

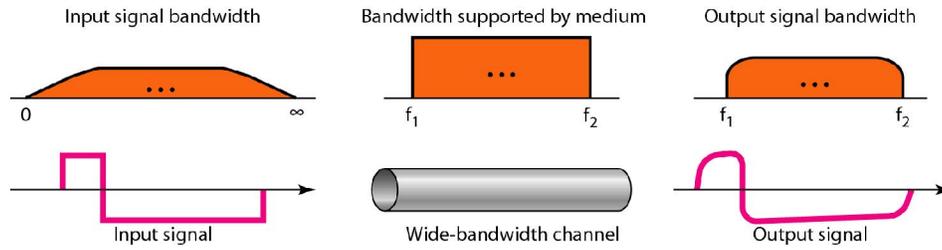


a. Low-pass channel, wide bandwidth



b. Low-pass channel, narrow bandwidth

Hình 4.18 Băng thông của hai kênh thông tần số thấp.



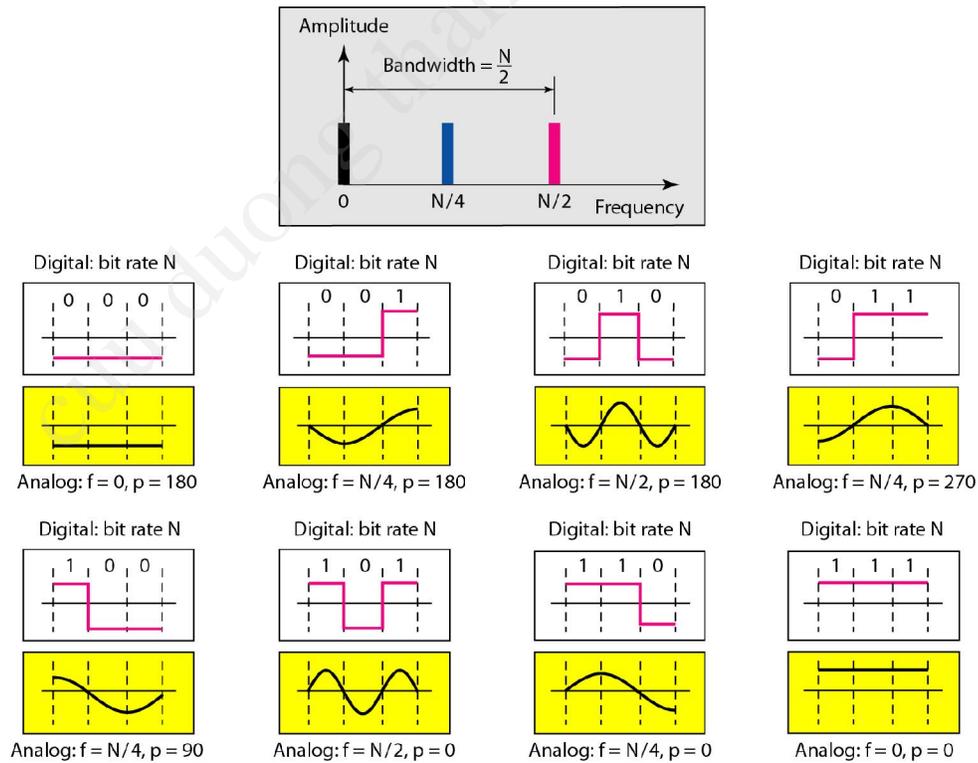
Hình 4.19 Truyền dẫn trên dải tần sơ sở dùng môi trường chuyên dụng.

Ghi chú:

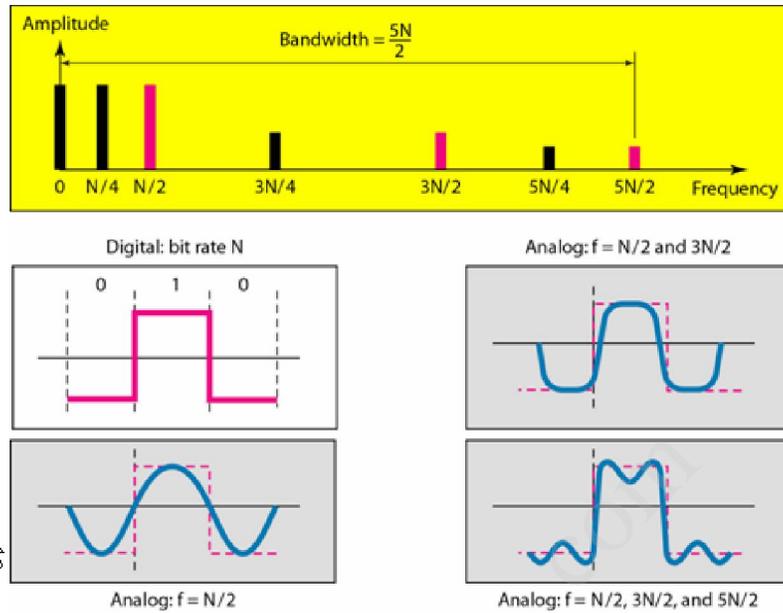
Truyền dẫn tín hiệu số trên dải tần sơ sở thì có thể duy trì được dạng tín hiệu số nếu ta dùng kênh truyền thông tần số thấp có băng thông rất lớn hay băng thông vô hạn.

Thí dụ 21:

Một thí dụ về kênh chuyên dụng trong đó toàn băng thông của môi trường chỉ dùng truyền một kênh là mạng LAN. Hầu hết các mạng LAN dùng dây dẫn hiện nay đều dùng kênh chuyên dụng cho hai trạm thông tin lẫn nhau. Trong cấu hình mạng dạng bus với dùng kết nối nhiều điểm, thì tại một thời điểm, chỉ có hai trạm có thể thông tin với nhau (chia sẻ thời gian: timesharing), các trạm khác thì phải đợi. Trong cấu hình mạng LAN hình sao, thì toàn mạng và hub được dùng để thông tin giữa hai đối tượng. Phần này được trình bày chi tiết trong chương mạng LAN.



Hình 4.20 Xấp xỉ thô tín hiệu số chỉ dùng một sóng hài (trong trường hợp xấu nhất: worst case).



Hình 4.21 Mô phỏng tín hiệu số dùng sóng hài bậc ba.

Ghi chú:

Khi truyền dẫn trên dải tần cơ sở thì băng thông cần thiết là tỉ lệ với tốc độ bit (bit rate); nếu ta muốn truyền bit nhanh hơn, thì cần phải có băng thông rộng hơn.

Bảng 2: Bảng thông cần có.

Bit Rate	Harmonic 1	Harmonics 1, 3	Harmonics 1, 3, 5
$n = 1$ kbps	$B = 500$ Hz	$B = 1.5$ kHz	$B = 2.5$ kHz
$n = 10$ kbps	$B = 5$ kHz	$B = 15$ kHz	$B = 25$ kHz
$n = 100$ kbps	$B = 50$ kHz	$B = 150$ kHz	$B = 250$ kHz

Thí dụ 22: Tìm băng thông cần có của kênh truyền thông tần số thấp nếu cần gửi với tốc độ 1 Mbps dùng phương pháp truyền trên dải tần cơ sở.

Giải:

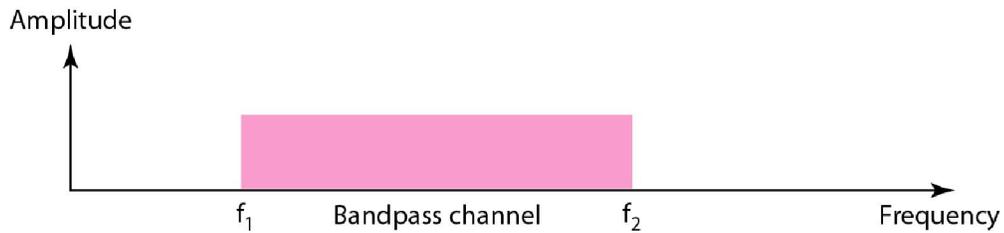
Lời giải còn tùy theo mức chính xác cần có:

- a. Băng thông tối thiểu, là $B = (\text{tốc độ bit})/2$, tức là 500 KHz
- b. Tốt hơn thì dùng hài bậc một và bậc ba, tức là $B = 3 \times 500\text{KHz} = 1,5$ MHz
- c. Tốt hơn nữa là hài bậc một, bậc ba và bậc năm, $B = 5 \times 500$ KHz = 2,5 MHz

Thí dụ 23: Ta dùng hai kênh thông tần số thấp có băng thông là 100 KHz, cho biết tốc độ truyền bit tối đa là bao nhiêu?

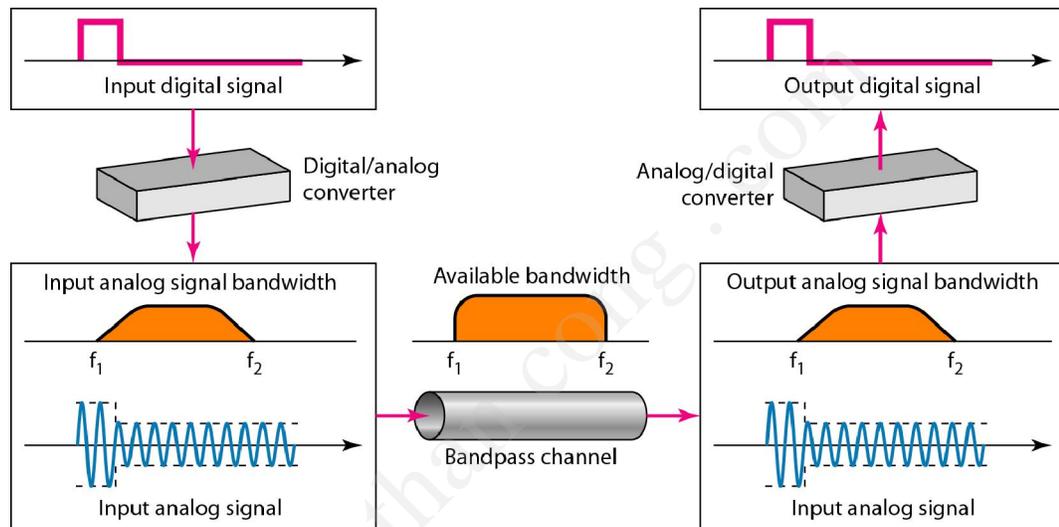
Giải: Tốc độ truyền bit tối đa có thể đạt được nếu ta dùng sóng hài bậc một.

Tốc độ bit là 2 x (băng thông hiện có), tức là 200 Kbps.



Hình 4.22 Băng thông của kênh dải thông.

Ghi chú: Nếu kênh đang truyền là kênh thông dải, ta không thể truyền tín hiệu số qua kênh trực tiếp được, mà cần chuyển đổi sang tín hiệu tương tự trước khi truyền.



Hình 4.23 Điều chế tín hiệu số để truyền dẫn trong kênh truyền thông dải.

Thí dụ 24: Một thí dụ về truyền dẫn băng rộng dùng phương pháp điều chế là trường hợp gọi tín hiệu từ máy tính qua dây thuê bao điện thoại, là đường nối từ máy thuê bao đến tổng đài. Các dây này được thiết kế dùng cho truyền thoại với băng thông rất hạn chế. Kênh truyền được xem là kênh truyền thông dải. Ta cần chuyển đổi tín hiệu số từ máy tính thành tín hiệu tương tự, và gửi như tín hiệu âm tần. Ta cần thiết lập hai bộ chuyển đổi để chuyển tín hiệu số sang tương tự khi gọi đi và ngược lại tại đầu thu. Bộ chuyển đổi này được gọi là modem và sẽ nghiên cứu kỹ trong chương modem

Thí dụ 25: Thí dụ thứ hai là hệ thống điện thoại số di động (digital cellular telephone). Để nhận được tốt, điện thoại di động số chuyển tín hiệu thoại tương tự thành tín hiệu số. Mặc dù băng thông được qui hoạch cho điện thoại di động là rất rộng, ta vẫn không thể gọi trực tiếp tín hiệu số này mà không chuyển đổi. Lý do là kênh truyền giữa người gọi và người được gọi lại có dạng kênh thông dải, nên nhất thiết phải chuyển đổi tín hiệu thoại dạng số sang tín hiệu tương tự dạng hỗn hợp trước khi gọi đi.