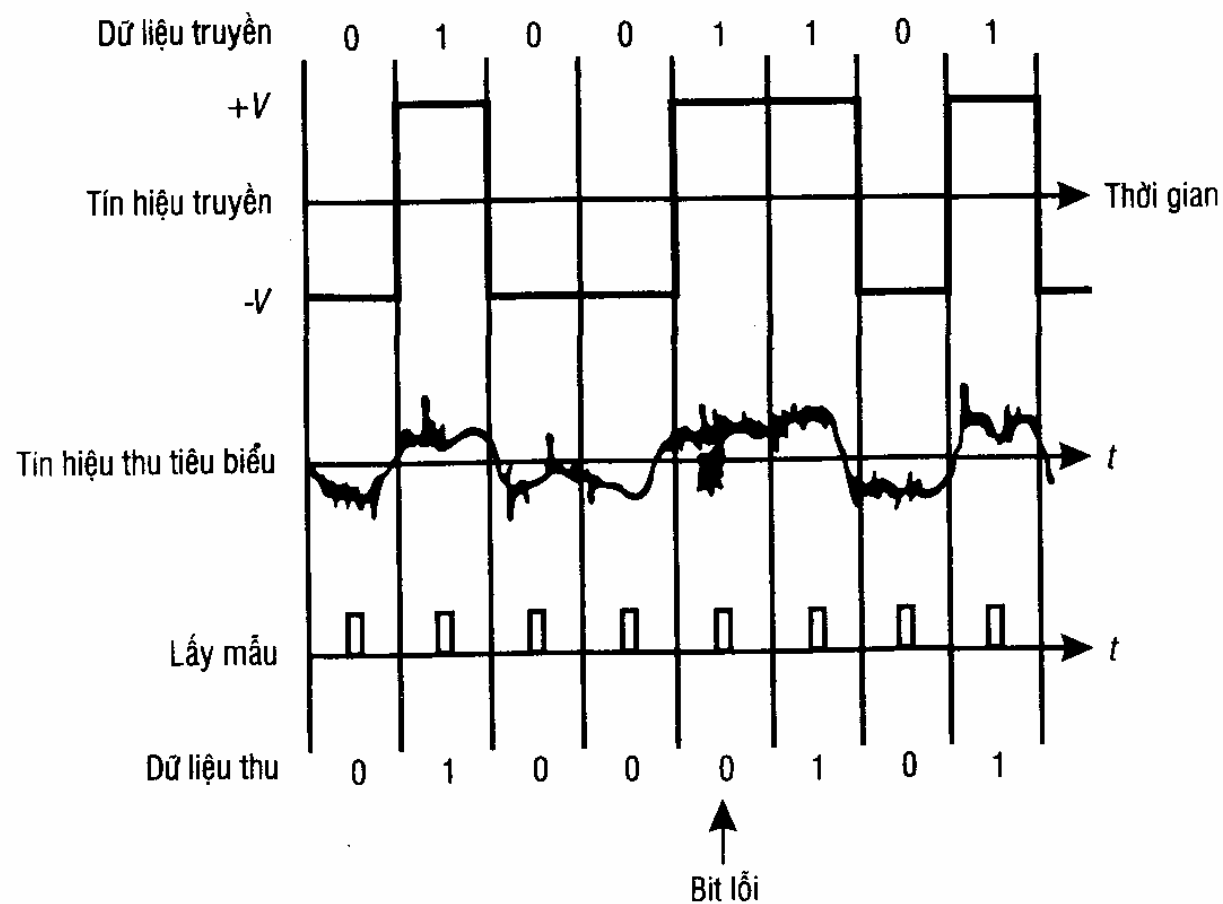


## Môi trường truyền dẫn và chuẩn vật lý

\* Tổng quan: Để truyền dữ liệu nhị phân qua một đường dây, các bit nhị phân truyền đi phải được chuyển thành các tín hiệu điện. Ví dụ có thể truyền một bit nhị phân 1 bằng cách đặt lên đường dây biên độ điện thế  $+V$  và truyền bit nhị phân 0 với mức điện thế  $-V$ . Khi nhận các tín hiệu điện này, thiết bị thu sẽ dịch  $+V$  thành 1 và  $-V$  thành 0. Trong thực tế, các tín hiệu điện được truyền đi bị suy giảm và méo dạng bởi môi trường truyền, đôi khi bộ thu không thể phân tách đâu là tín hiệu 1 và đâu là tín hiệu 0.

# Môi trường truyền dẫn và chuẩn vật lý



## Môi trường truyền dẫn và chuẩn vật lý

Mức độ suy giảm và méo dạng chịu ảnh hưởng nhiều nhất bởi:

- Loại môi trường truyền
- Tốc độ bit đang truyền
- Cự ly giữa hai thiết bị truyền.

Vì sự suy giảm và méo dạng trong các loại môi trường truyền và các thành phần vật lý khác nhau là khác nhau, nên các tiêu chuẩn quốc tế đã được định nghĩa cho giao tiếp điện giữa hai chủng loại thiết bị truyền dữ liệu.

## Môi trường truyền dẫn và chuẩn vật lý

Các chuẩn này không chỉ định nghĩa các mức tín hiệu điện được dùng mà còn chỉ ra cách thức áp dụng và ý nghĩa của bất kỳ tín hiệu điều khiển nào cùng với các tiêu chuẩn được dùng tại giao tiếp vật lý. Trong hầu hết các trường hợp chúng ta sẽ xem xét là giao tiếp của một máy tính với các thành phần giao tiếp truyền số liệu khác nhau, nhưng thường dùng thuật ngữ 'thiết bị đầu cuối' DTE (Data Terminal Equipment) thay cho 'máy tính', đó là ngụ ý cho bất kỳ loại thiết bị đầu cuối nào.

## Cáp hai dây không xoắn



Cặp đơn



Nhóm dây

## Cáp hai dây không xoắn

Một đường truyền 2 dây không xoắn là môi trường truyền dẫn đơn giản nhất. Mỗi dây cách ly với dây kia và cả hai xuyên tự do (không xoắn nhau) qua môi trường không khí. Loại đường dây này thích hợp cho kết nối hai thiết bị cách xa nhau đến 50m dùng tốc độ bit nhỏ hơn 19,2kbps. Tín hiệu thường là mức điện thế hay cường độ dòng điện dựa vào tham chiếu điện thế đất (Ground, không cân bằng) đặt lên một dây trong khi điện thế đất được đặt vào dây kia.

## Cáp hai dây không xoắn

Mặc dù một đường hai dây có thể được dùng để nối hai máy tính một cách trực tiếp, nhưng thường dùng nhất là cho kết nối một DTE đến một thiết bị kết nối mạch dữ liệu cục bộ DCE (Data Communication Equipment), ví dụ như Modem. Các kết nối như vậy thường dùng dây đa đường, cách tổ chức thông thường là cách ly riêng một dây cho mỗi tín hiệu và một dây nối đất (Ground). Bộ dây hoàn chỉnh được bọc trong một cáp nhiều lõi được bảo vệ hay dưới dạng một hộp cáp.

## Cáp hai dây không xoắn

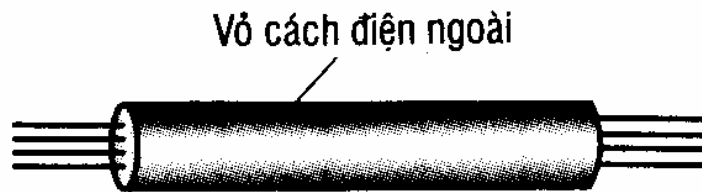
Với loại dây này cần phải cẩn thận tránh can nhiễu giữa các tín hiệu điện trong các dây dẫn kề nhau trong cùng một cáp. Hiện tượng này gọi là nhiễu xuyên âm. Ngoài ra cấu trúc không xoắn khiến chúng dễ bị thâm nhập bởi các tín hiệu nhiễu bắt nguồn từ các nguồn tín hiệu khác do bức xạ điện từ. Các yếu tố ảnh hưởng này đồng thời tạo ra giới hạn về cự ly cũng như tốc độ truyền.



## Cáp hai dây xoắn



Cặp đơn



Nhiều lõi



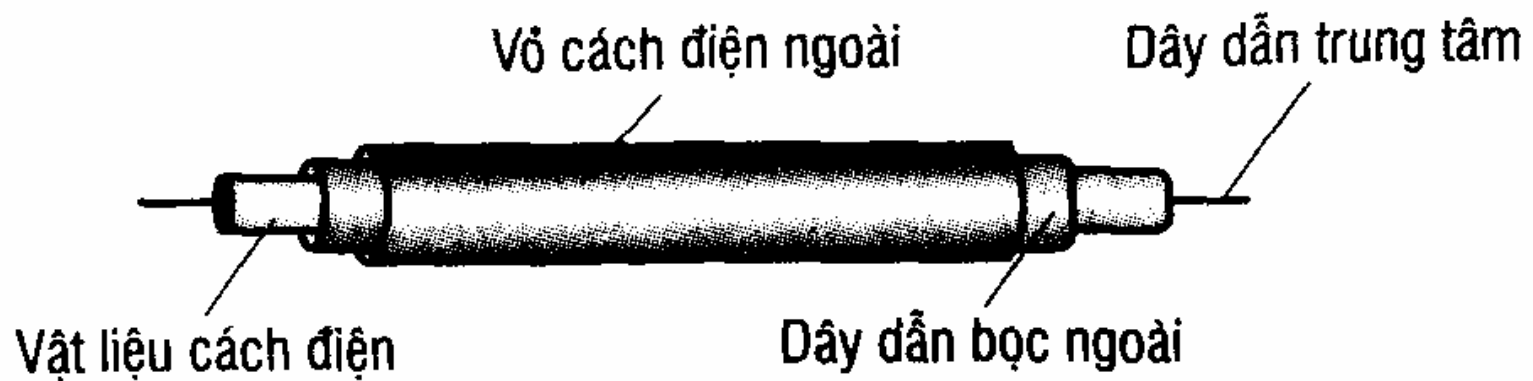
## Cáp hai dây xoắn

Chúng ta có thể loại bỏ các tín hiệu nhiễu bằng cách dùng cáp xoắn đôi, trong đó một cặp dây xoắn lại với nhau. Sự xấp xỉ các đường dây tham chiếu đất và dây tín hiệu có ý nghĩa khi bất kỳ tín hiệu nhiễu nào thâm nhập thì sẽ vào cả hai dây, ảnh hưởng của chúng sẽ giảm đi bởi sự triệt lẫn nhau. Hơn nữa, nếu có nhiều cặp xoắn trong cùng một cáp thì sự xoắn của mỗi cặp trong cáp cũng làm giảm nhiễu xuyên âm.

## Cáp hai dây xoắn

Các đường dây xoắn đôi cùng với mạch phát và thu thích hợp lợi dụng các ưu điểm có được từ phương pháp hình học sẽ là đường truyền tốc độ xấp xỉ 1 Mbps qua cự ly ngắn (ngắn hơn 100m) và tốc độ thấp hơn qua cự ly dài hơn. Các mạch thu phát phức tạp cho phép tốc độ cao hơn qua cự ly dài hơn. Các đường dây này được gọi là cáp xoắn đôi không bảo vệ UTP (Unshielded Twisted Pair), được dùng rộng rãi trong mạng điện thoại và trong nhiều ứng dụng truyền số liệu. Đối với các cặp xoắn được bảo vệ STP (Shielded Twisted Pair), có dùng thêm một lưới bảo vệ để giảm hơn nữa ảnh hưởng của nhiễu.

## Cáp đồng trục



## Cáp đồng trục

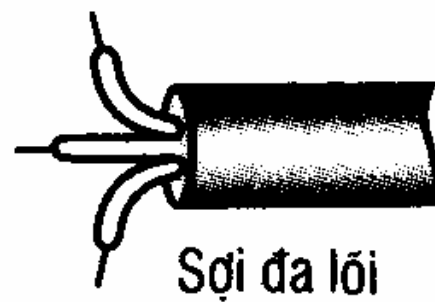
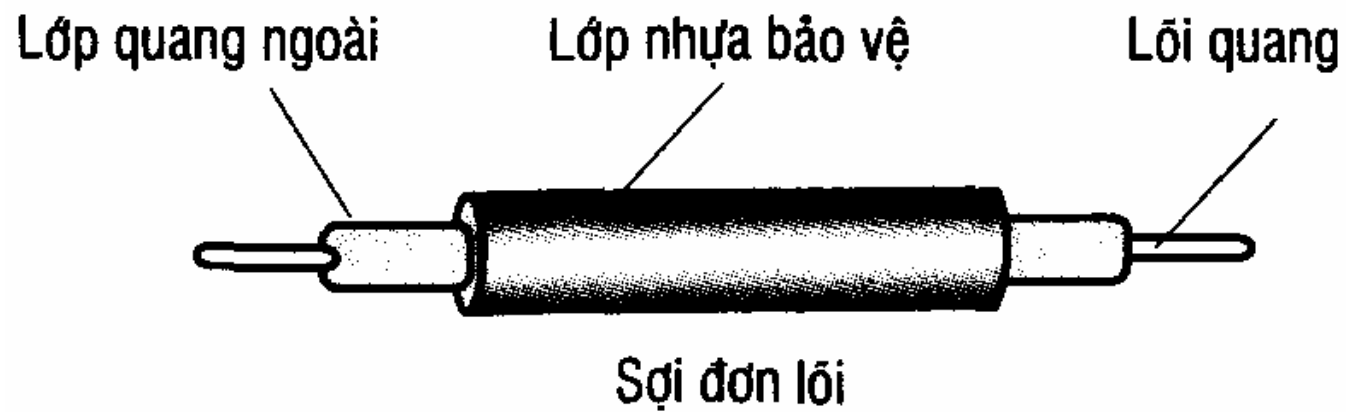
- Các yếu tố giới hạn chính đối với cáp xoắn là khả năng truyền và hiện tượng được gọi là 'hiệu ứng ngoài da'. Khi tốc độ bit truyền gia tăng, dòng điện chạy trên đường dây có khuynh hướng chỉ chạy trên bề mặt ngoài của dây dẫn, do đó dùng rất ít phần dây có sẵn. Điều này lại làm tăng trở kháng của đường dây đối với các tín hiệu có tần số cao, dẫn đến suy hao lớn đối với tín hiệu.
- Ngoài ra, với tần số cao thì năng lượng tín hiệu bị tiêu hao nhiều do ảnh hưởng bức xạ.

Cáp đồng trục tối thiểu được hai ảnh hưởng trên.

## Cáp đồng trục

Dây tín hiệu trung tâm được bảo vệ hiệu quả đối với các tín hiệu xuyên nhiễu từ ngoài nhờ lưới dây bao quanh bên ngoài. Chỉ suy hao lượng tối thiểu do bức xạ điện từ và hiệu ứng ngoài da do có lớp dây dẫn bao quanh. Cáp đồng trục có thể dùng với một số loại tín hiệu khác nhau, nhưng thông dụng nhất là dùng cho tốc độ 10 Mbps trên cự ly vài trăm mét, nếu dùng điều chế tốt thì có thể đạt được thông số cao hơn.

## Cáp quang



## Cáp quang

- Mặc dù có nhiều cải tiến nhưng các loại cáp kim loại vẫn bị giới hạn về tốc độ truyền dẫn. Cáp quang khác xa với các loại cáp trước đây, cáp quang mang thông tin dưới dạng các chùm dao động của ánh sáng trong sợi thủy tinh. Sóng ánh sáng có băng thông rộng hơn sóng điện từ, điều này cho phép cáp quang đạt được tốc độ truyền khá cao lên đến hàng trăm Mbps.
- Sóng ánh sáng cũng "miễn dịch" đối với các nhiễu điện từ và nhiễu xuyên âm. Cáp quang cũng cực kỳ hữu dụng trong việc truyền các tín hiệu tốc độ thấp trong môi trường nhiễu nặng ví dụ như điện cao thế, chuyển mạch.
- Ngoài ra còn dùng trong các nơi có nhu cầu bảo mật, vì rất khó mắc xén rẽ (câu trộm) về mặt vật lý.



## Cáp quang

- Một cáp quang bao gồm một sợi thủy tinh cho mỗi tín hiệu được truyền, được bọc bởi một lớp phủ bảo vệ ngăn ngừa bất kỳ nguồn sáng nào từ bên ngoài. Tín hiệu ánh sáng phát ra bởi một bộ phát quang, thiết bị này thực hiện chuyển đổi các tín hiệu điện thông thường từ một đầu cuối dữ liệu thành tín hiệu quang. Một bộ thu quang được dùng để chuyển ngược lại (từ quang sang điện) tại máy thu. Thông thường bộ phát quang là diode phát quang hay laser thực hiện chuyển đổi tín hiệu điện thành tín hiệu quang. Các bộ thu dùng các photodiode cảm quang hay photo transistor.

## Cáp quang

Bản thân sợi quang gồm hai phần: lõi thủy tinh và lớp phủ thủy tinh có hệ số khúc xạ thấp. ánh sáng lan truyền dọc theo lõi thủy tinh theo một trong ba cách phụ thuộc loại và bề rộng của vật liệu lõi được dùng.

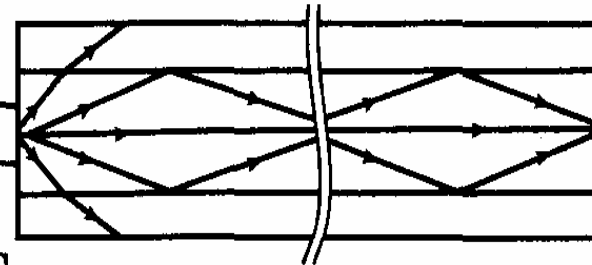
ánh sáng có thể truyền trên cáp theo ba chế độ truyền:

# Cáp quang

(B) Tín hiệu vào



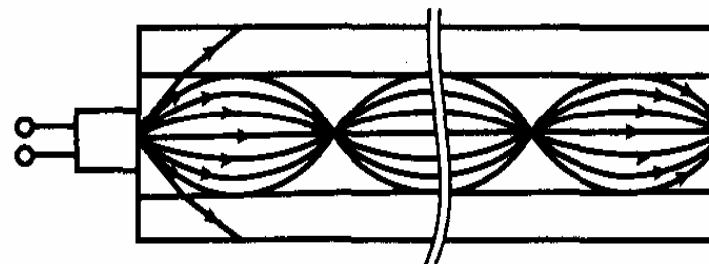
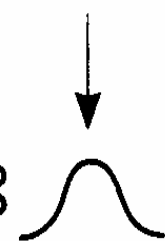
Phát quang



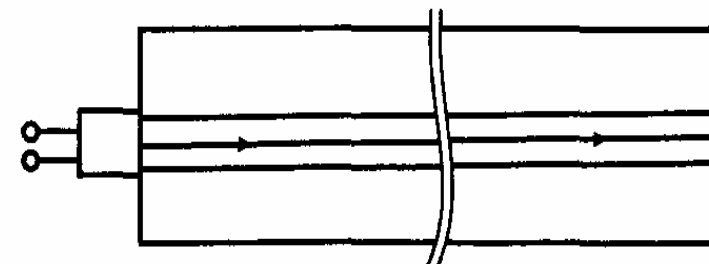
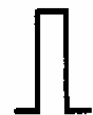
Sợi đa mode khúc xạ bước

Thu quang

Tín hiệu ra



Sợi đa mode khúc xạ thay đổi dần



Sợi đơn mode



## Cáp quang

Trong chế độ đa mode khúc xạ bước-multimode *stepped index* vật liệu phủ và lõi khác nhau nhưng hệ số khúc xạ ổn định không thay đổi. Tất cả các ánh sáng phát ra bởi diode có góc phát nhỏ hơn góc tới hạn được phản xạ tại giao tiếp giữa lớp phủ và lõi và lan truyền trong lõi. Tùy vào góc phát mà ánh sáng sẽ mất một lượng thời gian để lan truyền dọc theo dây. Do đó tín hiệu nhận được có bề rộng xung rộng hơn xung gốc.

## Cáp quang

Sự phân tán có thể được hạn chế bằng cách dùng vật liệu lõi có hệ số khúc xạ thay đổi hay đa mode khúc xạ tăng dần- *multimode graded index*, ánh sáng bị khúc xạ một lượng lớn khi di chuyển ra xa lõi. Điều này làm hẹp bề rộng xung của tín hiệu nhận, nhờ đó cho phép gia tăng tốc độ bit.

## Cáp quang

Một cải tiến cao hơn có thể đạt được bằng cách giảm đường kính lõi đến chiều dài bước sóng đơn (3-10 $\mu$ m) để tất cả các ánh sáng phát ra sẽ truyền theo một hướng dọc ống dẫn sóng (sợi quang cũng thường được gọi là ống dẫn sóng), và sợi quang dùng phương pháp này gọi là sợi đơn mode -*monomode fiber*, nhờ vậy bề rộng xung nhận được sẽ xấp xỉ bề rộng xung gốc, nhờ đó tăng được tốc độ truyền.

## Truyền qua vệ tinh

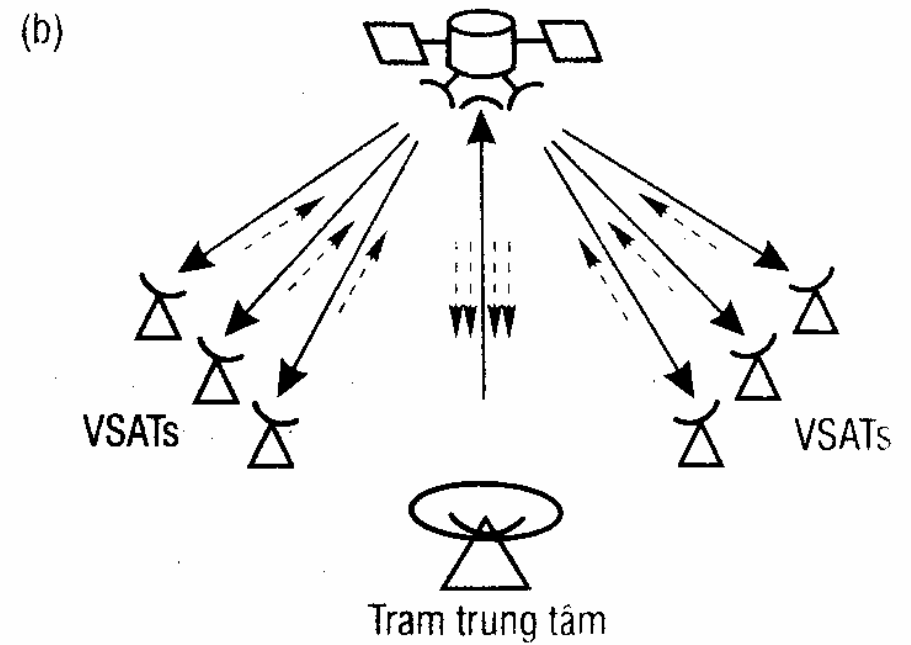
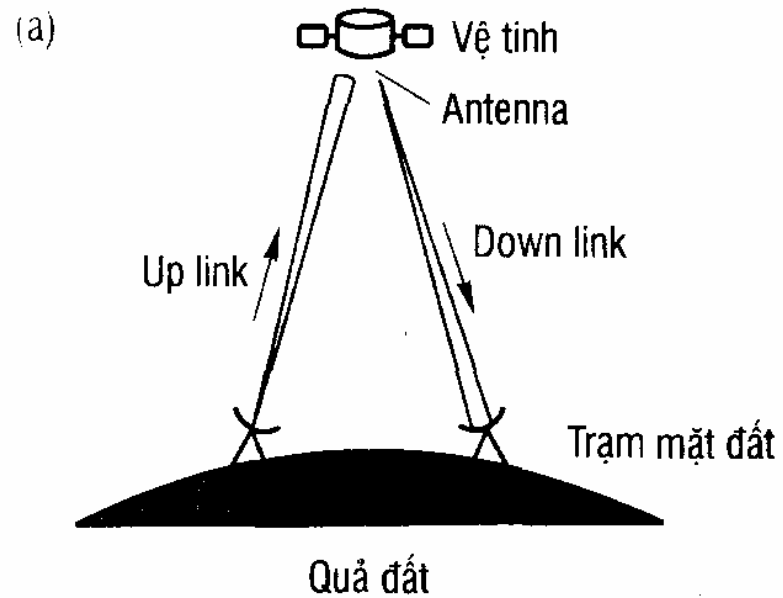
- Số liệu cũng có thể được truyền bằng cách dùng sóng điện từ qua không gian tự do như trong các hệ thống thông tin vệ tinh.
- Một chùm sóng vi ba trực xạ trên đó mang số liệu đã được điều chế, được truyền đến vệ tinh từ trạm mặt đất. Chùm sóng này được thu và được truyền lại đến các đích xác định trước nhờ một mạch tích hợp thường được gọi là transponder. Một vệ tinh có nhiều transponder, mỗi transponder đảm trách một băng tần đặc biệt. Mỗi kênh vệ tinh thông thường đều có một băng thông cực cao (500MHz) và có thể cung cấp cho hàng trăm liên kết tốc độ cao thông qua kỹ thuật ghép kênh.

## Truyền qua vệ tinh

- Các vệ tinh dùng cho mục đích liên lạc thường thuộc dạng địa tĩnh. Quỹ đạo của vệ tinh được chọn sao cho đường truyền thẳng với trạm thu phát ở mặt đất, mức độ chuẩn trực của chùm sóng truyền lại từ vệ tinh có thể không cao để tín hiệu có thể được tiếp nhận trên một vùng rộng lớn, hoặc có thể hội tụ tốt để chỉ thu được trên một vùng giới hạn. Trong trường hợp thứ hai tín hiệu có năng lượng lớn cho phép dùng các bộ thu có đường kính nhỏ hơn thường gọi là chảo parabol, là các đầu cuối có độ mở rất nhỏ hay VSAT (Very Small Aperture Terminal).



# Truyền qua vệ tinh



## Truyền qua kênh viba

Các liên kết vi ba mặt đất được dùng rộng rãi để thực hiện các liên kết thông tin khi không thể hay quá đắt tiền để thực hiện một môi trường truyền vật lý. Ví dụ khi vượt sông, sa mạc, đồi núi hiểm trở .v.v. Khi chùm sóng vi ba trực xạ đi xuyên ngang môi trường khí quyển, nó có thể bị nhiễu bởi nhiều yếu tố như địa hình và các điều kiện thời tiết bất lợi. Tuy nhiên, liên lạc vi ba trực xạ xuyên môi trường khí quyển có thể dùng một cách tin cậy cho cự ly truyền dài hơn 50km.

## Truyền vô tuyến tần số thấp.

- Sóng vô tuyến tần số thấp cũng được dùng để thay thế các liên kết hữu tuyến có cự ly vừa phải thông qua các bộ thu phát khu vực. Ví dụ kết nối một số lớn các máy tính thu thập số liệu bố trí trong một vùng đến một máy tính giám sát số liệu từ xa, hay kết nối các máy tính trong một thành phố đến máy cục bộ hay ở xa.
- Sẽ rất tốn kém khi lắp đặt các cáp dẫn hữu tuyến cho các ứng dụng như vậy. Sóng vô tuyến thường được dùng để thực hiện các liên kết không dây giữa một điểm kết cuối hữu tuyến và các máy tính phân tán. Một trạm phát vô tuyến được gọi là trạm cơ bản (base station) được đặt tại điểm kết cuối hữu tuyến.

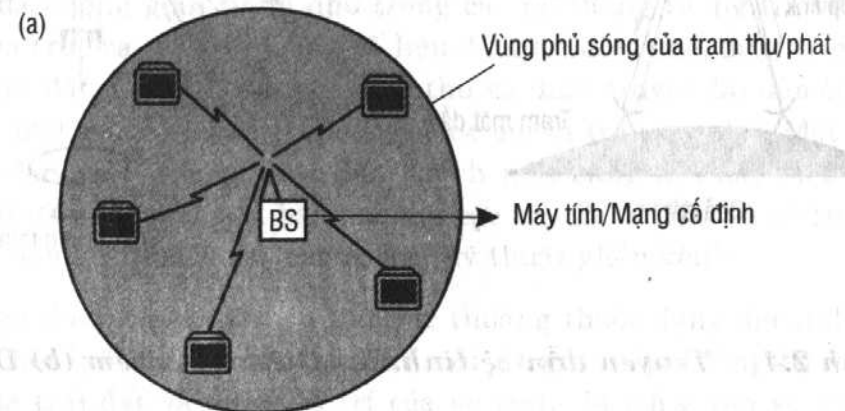
## Truyền vô tuyến tần số thấp.

- Cần nhiều trạm cơ bản cho các ứng dụng yêu cầu phạm vi rộng và mật độ phân bố user cao. Phạm vi bao phủ của mỗi trạm cơ bản là giới hạn, do sự giới hạn nguồn phát của nó, nó chỉ đủ kênh để hỗ trợ cho toàn bộ tải trong phạm vi đó.
- Phạm vi rộng hơn có thể được thực hiện bằng cách tổ chức đa trạm theo cấu trúc tế bào (cell). Trong thực tế, kích thước của mỗi tế bào thay đổi và được xác định bởi các yếu tố như mật độ đầu cuối và địa hình cục bộ. Mỗi trạm cơ bản dùng một dải tần khác với trạm kế. Tuy nhiên, vì vùng phủ của mỗi trạm có giới hạn nên có thể dùng lại băng tần của nó cho các phần khác của mạng.


## Truyền vô tuyến tần số thấp.

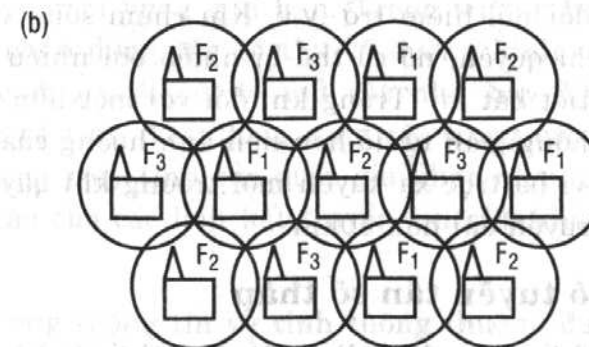
- Các trạm cơ bản được kết nối thành mạng hữu tuyến. Thông thường, tốc độ số liệu của mỗi máy tính trong một tế bào (cell) đạt được vài chục kbps. Dạng tổ chức tương tự có thể được dùng trong một tòa cao ốc để cung cấp các liên kết không dây cho thiết bị máy tính trong mỗi phòng.

# Truyền vô tuyến tần số thấp.



BS = Base station

 = Đầu cuối thuê bao



$F_1, F_2, F_3$  = Tần số được dùng trong cell

## Các hiện tượng ảnh hưởng đến tín hiệu trên đường truyền

\* Suy hao:

- Khi một tín hiệu lan truyền theo dây dẫn thì biên độ của nó sẽ bị giảm xuống và người ta gọi là sự suy hao của tín hiệu.
- Thông thường mức độ suy giảm cho phép được qui định trên chiều dài cáp dẫn để đảm bảo rằng hệ thống nhận có thể phát hiện và dịch được tín hiệu ở máy thu.
- Nếu trường hợp cáp quá dài thì có một hay nhiều bộ khuếch đại (hay còn gọi là repeater) được thêm vào từng khoảng dọc theo cáp nhằm tiếp nhận và tái sinh tín hiệu.

## Các hiện tượng ảnh hưởng đến tín hiệu trên đường truyền

- Sự suy giảm tín hiệu gia tăng theo một hàm của tần số, trong khi đo tín hiệu lại bao gồm một vài tần vì vậy tín hiệu sẽ bị biến dạng do các thành phần suy hao khác nhau. Để khắc phục vấn đề này, các bộ khuếch đại được thiết kế sao cho khuếch đại các tín hiệu có tần số khác nhau với hệ số khuếch đại khác nhau. Ngoài ra còn có thiết bị cân chỉnh gọi là *equalizer* được dùng để cân bằng sự suy hao trong một băng tần xác định.
- Sự suy hao và sự khuếch đại được đánh giá và đo lường bằng đơn vị decibels (dB).

$$\text{dB} = 10 \log_{10} P_1/P_2 \text{ (dB)}.$$



## Các hiện tượng ảnh hưởng đến tín hiệu trên đường truyền

\* Băng thông của đường truyền:

- Bất kỳ một kênh hay đường truyền nào: cáp xoắn, cáp đồng trục, radio đều có một băng thông xác định liên hệ với nó, băng thông chỉ ra các thành phần tần số nào của tín hiệu sẽ được truyền qua kênh mà không bị suy giảm quá nhiều.

- Băng thông  $B = f_{\max} - f_{\min}$

- Công thức Nyquist xác định tốc độ tối đa của kênh trong trường hợp không nhiễu với băng thông của kênh như sau:

$$MTR = 2 B \log_2 M \quad (\text{bps})$$

B - Băng thông kênh tính bằng Hz.

M - Số mức trên một phần tử tín hiệu.

MTR ( Max Transfer Rate) - Tín bằng bps

## Các hiện tượng ảnh hưởng đến tín hiệu trên đường truyền

\* Biến dạng xung do trễ:

- Tốc độ lan truyền của một tín hiệu thuần nhất dọc theo một đường truyền thay đổi tùy tần số.
- Khi truyền một tín hiệu số, nó có thể phân tích ra thành một loạt các thành phần có tần số khác nhau (phân tích Fourier) các thành phần tần số khác nhau tạo nên nó sẽ đến máy thu với độ trễ pha khác nhau, dẫn đến biến dạng do trễ của tín hiệu tại máy thu.
- Sự biến dạng sẽ gia tăng khi tốc độ bit tăng. Khi các thành phần có tần số khác nhau của tín hiệu giao thoa với nhau người ta gọi đó là hiện tượng tự giao thoa.
- Méo do trễ gây khó khăn cho việc lấy mẫu tín hiệu.

## Các hiện tượng ảnh hưởng đến tín hiệu trên đường truyền

\* Sự can nhiễu (tạp âm-noise):

- Một thông số quan trọng của đường truyền là tỉ số giữa tín hiệu và tạp âm - người ta gọi là SNR - được đo bằng dB.

$$\text{SNR} = 10 \log_{10}(S/N) \quad (\text{dB})$$

S - Công suất tín hiệu tính bằng W.

N - Công suất tạp âm tính bằng W.

## Các hiện tượng ảnh hưởng đến tín hiệu trên đường truyền

- Rõ ràng nếu tỉ số SNR cao thì chất lượng tín hiệu thu cao, SNR thấp thì chất lượng tín hiệu thu thấp.
- Tốc độ truyền tối đa của kênh có liên hệ chặt chẽ với tỉ số SNR và được xác định theo công thức Shannon-Harley:

$$MTR = B \log_2(1+S/N) \text{ (bps)}$$

B - băng thông tính bằng Hz

S - công suất tín hiệu tính bằng W.

N - Công suất ồn tính bằng W.

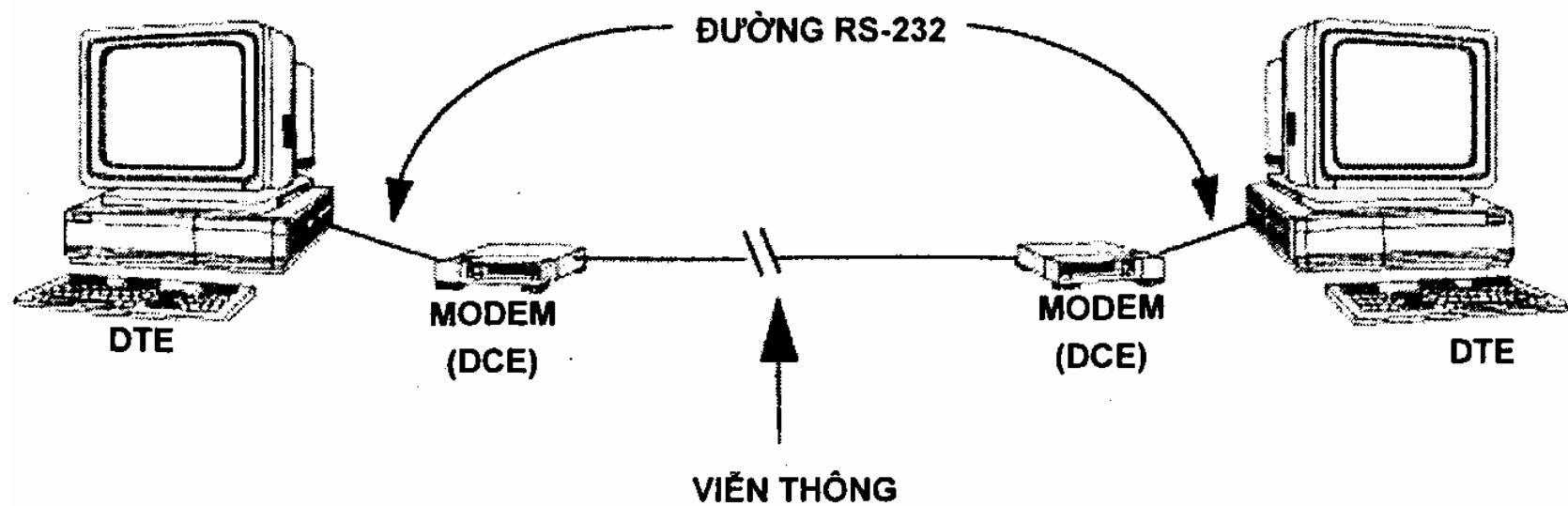
## Các chuẩn vật lý

Truyền dữ liệu nối tiếp, không đồng bộ là phương pháp được sử dụng chủ yếu trong việc kết nối các DTE và DCE cũng như trong hệ thống mạng công nghiệp. Với phương pháp này, các bit được truyền từ bên gửi tới bên nhận một cách tuần tự trên cùng một đường truyền. Cũng chính vì không có một đường dây riêng biệt mang tín hiệu nhịp, nên việc đồng bộ hóa thuộc trách nhiệm do bên gửi và bên nhận thỏa thuận trên cơ sở một giao thức truyền thông. Vậy ta cần phải có chuẩn vật lý cho phần thu và phát.

## RS-232

- RS-232 (tương ứng với chuẩn châu âu là CCITT V.24) lúc đầu được xây dựng phục vụ chủ yếu trong việc ghép nối điểm-điểm giữa hai thiết bị đầu cuối , giữa máy tính và máy in, hoặc giữa một thiết bị đầu cuối và một thiết bị truyền dữ liệu.
- Mặc dù tính năng hạn chế, RS-232 là một trong các chuẩn tín hiệu có từ lâu nhất, vì thế được sử dụng rất rộng rãi. Ngày nay, mỗi máy tính cá nhân đều có một vài cổng RS-232 (cổng COM), có thể sử dụng tự do để nối với các thiết bị ngoại vi hoặc với các máy tính khác. Nhiều thiết bị công nghiệp cũng tích hợp cổng RS-232 phục vụ lập trình hoặc tham số hóa.

# RS-232



## RS-232

+ Đặc tính điện học:

- RS-232 sử dụng phương thức truyền không đối xứng, tức là sử dụng tín hiệu điện áp chênh lệch giữa một dây dẫn và đất.
- Mức điện áp logic được định nghĩa  $-3V \div -25V$  mức logic "1" và  $+3V \div +25V$  mức logic "0".
- Tốc độ truyền dẫn tối đa phụ thuộc vào chiều dài dây dẫn. Đa số các hệ thống hiện nay chỉ hỗ trợ tới tốc độ 19.2 kbps
- Chiều dài cho phép 15m ( 50 feet).
- Truyền số liệu Full-duplex sử dụng 3 dây: TxD, RxD, GND.
- Các tín hiệu điều khiển dùng để bắt tay (Handshaking) phần cứng là: RTS, CTS, DSR, DTR. Mức logic:  $+3V \div +25V \rightarrow$  "1" và  $<0V \rightarrow$  "0".



## RS-232

- Truyền không đồng bộ, cấu trúc một khung truyền bao gồm: 1 start bit, 7-8 data bit, 1- 0 parity bit, 1-1,5-2 stop bit.

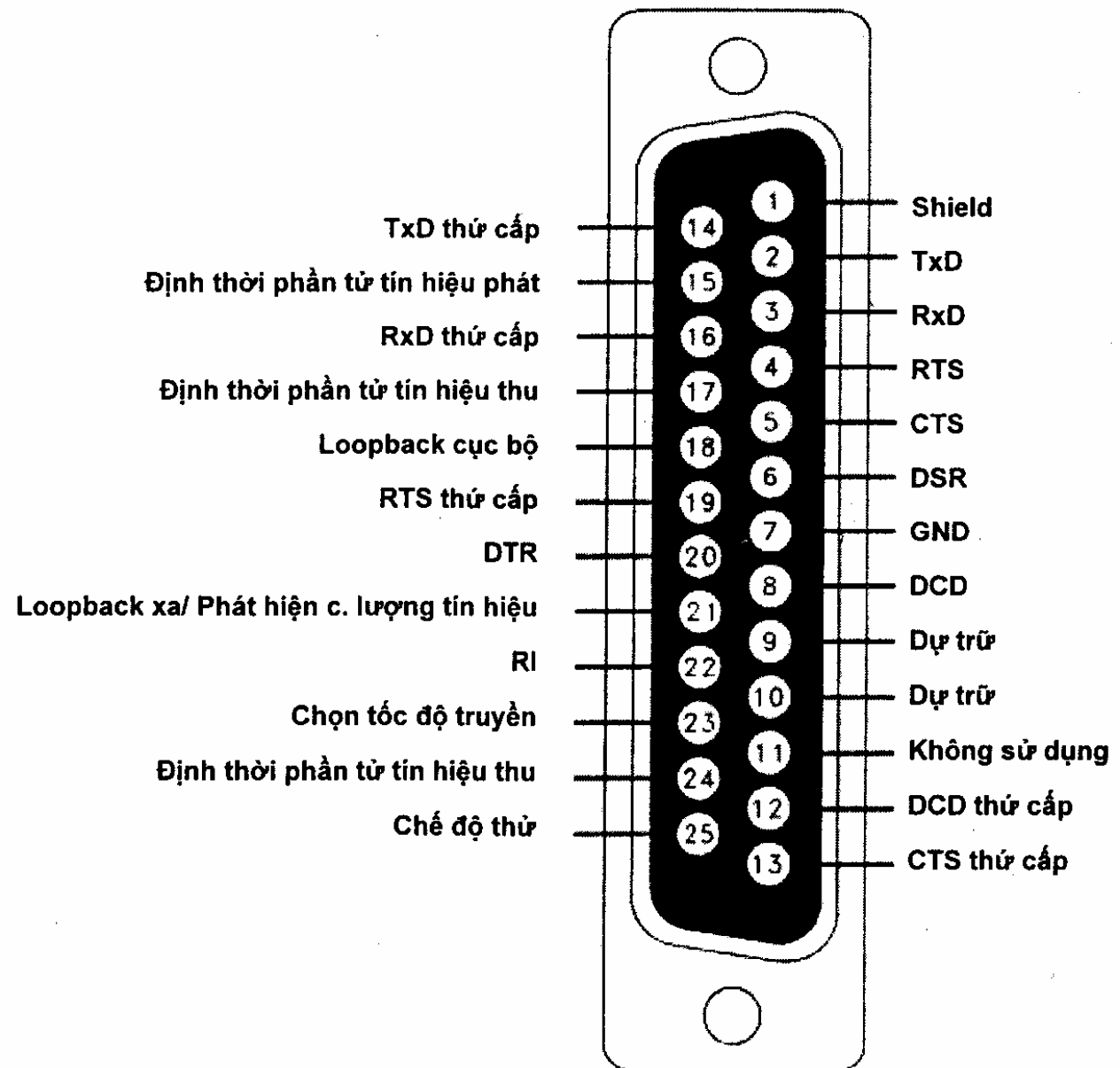
(Gần đây, sự tiến bộ trong vi mạch đã góp phần nâng cao tốc độ của cổng RS-232 lên nhiều lần so với tốc độ 19,2kbps. Hiện nay đã có những mạch thu phát đạt tốc độ 460kbaud và hơn nữa, tuy nhiên tốc độ truyền dẫn thực tế lớn hơn 115.2 kbaud theo chuẩn RS-232 trong một hệ thống làm việc dựa vào ngắt là một điều khó có thể thực hiện).

## RS-232

+ Giao diện cơ học:

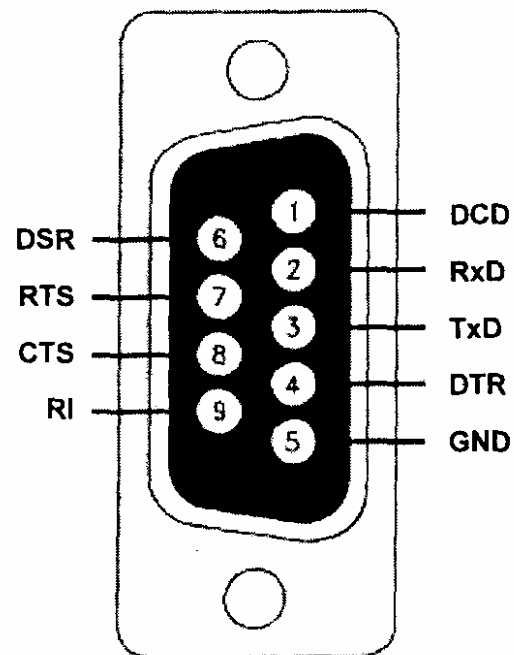
Chuẩn RS-232 qui định ba loại giắc cắm RS-232 là DB-9, DB-25 và ALT-A, trong đó hai loại đầu được sử dụng rộng rãi hơn.

# RS-232

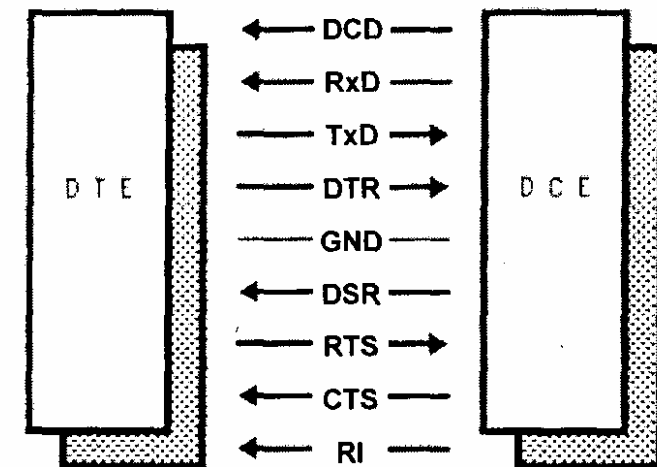


# RS-232

(a) Sơ đồ giắc cắm



(b) Sơ đồ chiều tín hiệu



DSR Data Set Ready  
RTS Request To Send  
CTS Clear To Send  
RI Ring Indicator

DCD Data Carrier Detect  
RxD Receive Data  
TxD Transmit Data  
DTR Data Terminal Ready  
GND Ground

## RS-232

- RXD (*receive Data*): Đường nhận dữ liệu.
- TXD (*Transmit Data*): Đường gửi dữ liệu.
- DTR (*Data Terminal Ready*): Báo DTE sẵn sàng. Chân DTR thường ở trạng thái ON khi thiết bị đầu cuối sẵn sàng thiết lập kênh truyền thông (tự động quay số hay tự động trả lời). DTR ở trạng thái OFF chỉ khi thiết bị đầu cuối không muốn DCE của nó chấp nhận lời gọi từ xa.
- DSR (*Data Set Ready*): Báo DCE sẵn sàng, ở chế độ trả lời, 1 tone trả lời và DSR ON sau 2 giây khi Modem nhắc máy.
- DCD (*Data Carrier Detect*): Tín hiệu này tích cực khi Modem nhận được tín hiệu từ trạm từ xa và nó duy trì trong suốt quá trình liên kết.

## RS-232

- *RTS (Request To Send)*: Đường RTS kiểm soát chiều truyền dữ liệu. Khi một trạm cần gửi dữ liệu, nó đóng mạch RTS sang ON để báo hiệu với modem của nó.
- *CTS (Clear To Send)*: Khi CTS chuyển sang ON, Modem xác nhận là DTE có thể truyền số liệu. Quá trình ngược lại nếu đổi chiều truyền số liệu
- *RI (Ring Indicator)*: Khi modem nhận được tín hiệu chuông, RI chuyển ON/OFF một cách tuần tự với chuông điện thoại để báo hiệu cho trạm đầu cuối. Tín hiệu này chỉ thị rằng một modem xa yêu cầu thiết lập liên kết dial-up.

## RS-232

- + Các hạn chế khi ứng dụng RS-232 trong CN:
  - Giao diện thông tin P-P hạn chế khi kết nối 1 vài thiết bị thông minh với nhau.
  - Khoảng cách 15 mét là quá ngắn cho phần lớn các ứng dụng trong CN
  - Tốc độ 19,2 kbps là thấp cho nhiều ứng dụng.
  - Mức điện áp không thực sự tương thích với chuẩn nguồn thiết bị công nghiệp.

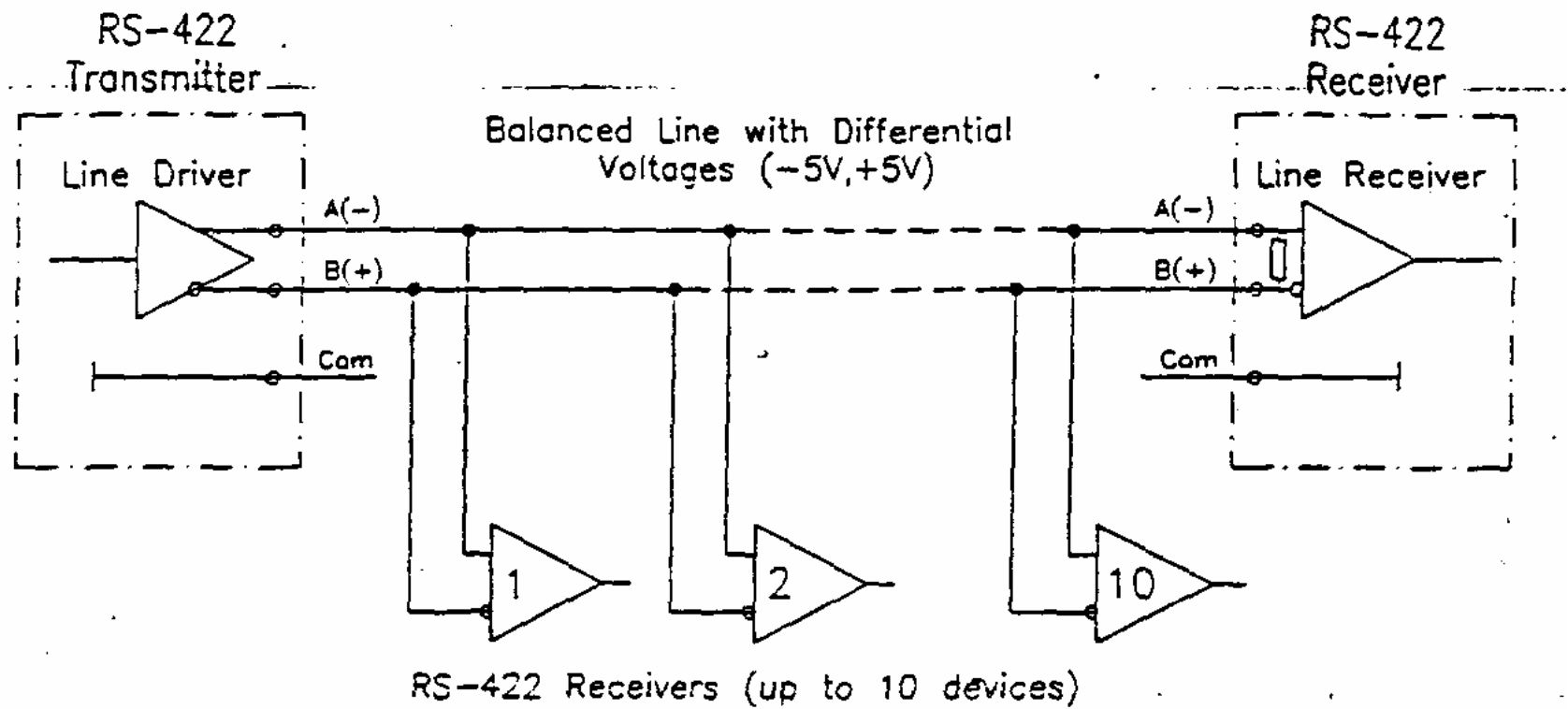
## RS-422

Đây là chuẩn thông tin đối xứng sử dụng một cặp dây (A-B) cho mỗi tín hiệu, nhờ vậy mà nó có thể giảm được nhiễu, hạn chế tối đa các vấn đề do sự thay đổi điện thế đất gây ra, nó phù hợp với các ứng dụng truyền ở tốc độ cao, khoảng cách truyền xa.

- Khoảng cách truyền tối đa 1200m.
- Tốc độ truyền tối đa 10 Mbps.
- Có 1 bộ phát và 10 bộ thu trên một đường truyền.
- Mức Logic:
  - 2V ÷ -6V -> "1",
  - +2V ÷ +6V -> "0"



# RS-422



## RS-422

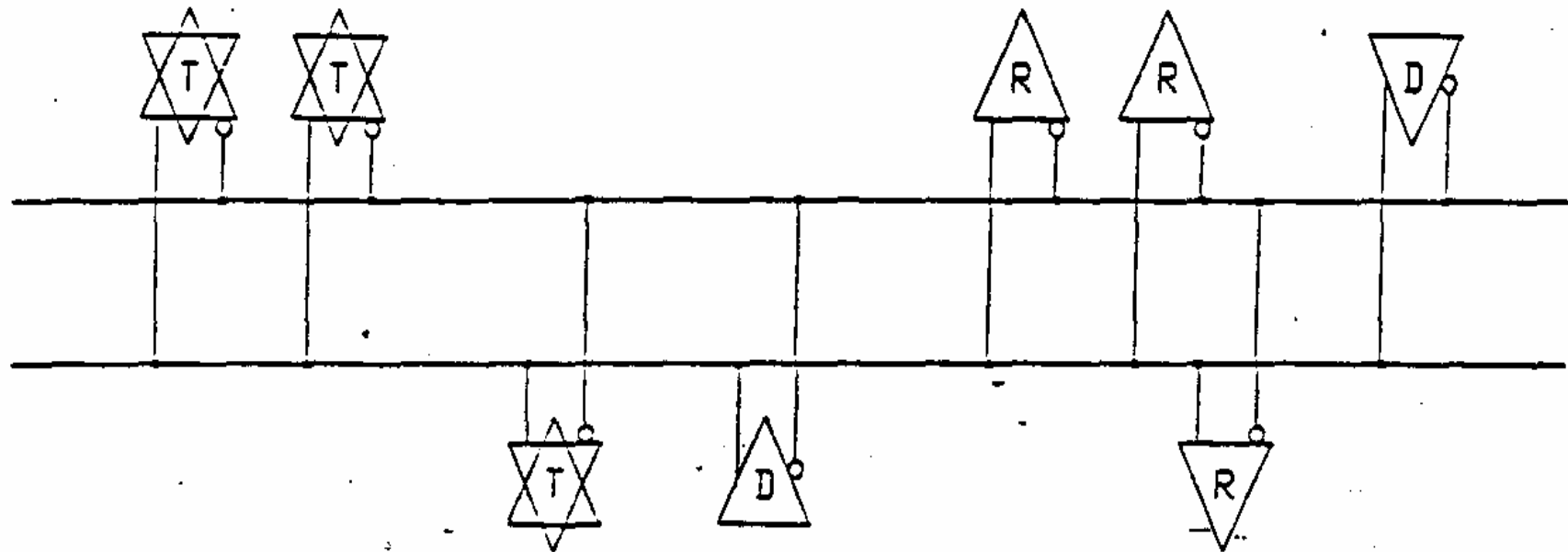
- Chuẩn RS-422 là sự sai khác  $\pm 5V$  giữa hai dây do vậy có thể dùng nguồn cung cấp đơn 5V cho bộ phát.
- Truyền ở chế độ Full-duplex sử dụng 5 dây.
- Điểm cuối của đường truyền RS-422 có một trở kháng để cân bằng với trở kháng của đường dây. Giá trị thường dùng là  $Z_0=120\Omega$ .

## RS-485

Chuẩn RS-485 tương tự như RS-422 nhưng nó có số bộ thu phát trên một đường truyền nhiều hơn. Các đặc điểm chính của RS-485 như sau:

- Khoảng cách truyền tối đa 1200m.
- Tốc độ truyền tối đa 10 Mbps.
- Có 32 bộ phát và 32 bộ thu trên một đường truyền.
- Mức Logic:
  - 1.5V ÷ -6V -> "1",
  - +1.5V ÷ +6V -> "0"

## RS-485



T = TRANSCEIVER  
D = DRIVER  
R = RECEIVER

## RS-485

- Chuẩn RS-485 là sự sai khác  $\pm 5V$  giữa hai dây do vậy có thể dùng nguồn cung cấp đơn 5V cho bộ phát.
- Truyền ở chế độ Full-duplex sử dụng 5 dây.
- Truyền ở chế độ Half-duplex sử dụng 3 dây.
- Bộ phát của RS-485 có thể hoạt động ở 3 trạng thái: mức logic "1", mức logic "0" và trạng thái cao trở (có thể hiểu như trạng thái cấm và được điều khiển bằng một chân tín hiệu).
- Có 32 bộ phát trên một đường truyền nhưng tại một thời điểm chỉ có một cái hoạt động.

## RS-485

- Các nút mạng phải được đánh địa chỉ và phải có một giao thức điều khiển truy nhập đường truyền. Các đầu ra phải có mạch hạn dòng để tránh hỏng hóc khi có xung đột xảy ra.
- Điểm cuối của đường truyền RS-485 có một trở kháng để cân bằng với trở kháng của đường dây. Giá trị thường dùng là  $Z_0=100-120\Omega$ .
- Để tăng khoảng cách truyền và số trạm ta cần phải dùng các bộ Repeater.

## *MBP (IEC 1158-2): (Manchester Coded, Bus-powered)*

Đây là một kỹ thuật truyền dẫn được đưa ra trong chuẩn IEC 1158-2 cũ nhằm vào các ứng dụng điều khiển quá trình trong công nghiệp chế biến như lọc dầu, hóa chất, nơi có yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn cháy nổ và nguồn cung cấp cho các thiết bị trường.

- MBP sử dụng mã Manchester, cho phép đồng tải nguồn trên đường bus, chế độ truyền đồng bộ và tốc độ truyền 31,25 kbit/s.
- Về mặt tín hiệu, thực chất MBP cũng sử dụng phương thức truyền đối xứng, với cặp đôi dây xoắn và trở đầu cuối là  $100\Omega$ .
- Mức điện áp tối đa được quy định nằm trong khoảng 0,75-1V.

## MBP (JEC 1158-2): (*Manchester Coded, Bus-powered*)

Các nguyên tắc đảm bảo an toàn cho việc truyền dẫn trong môi trường dễ cháy nổ được đưa ra:

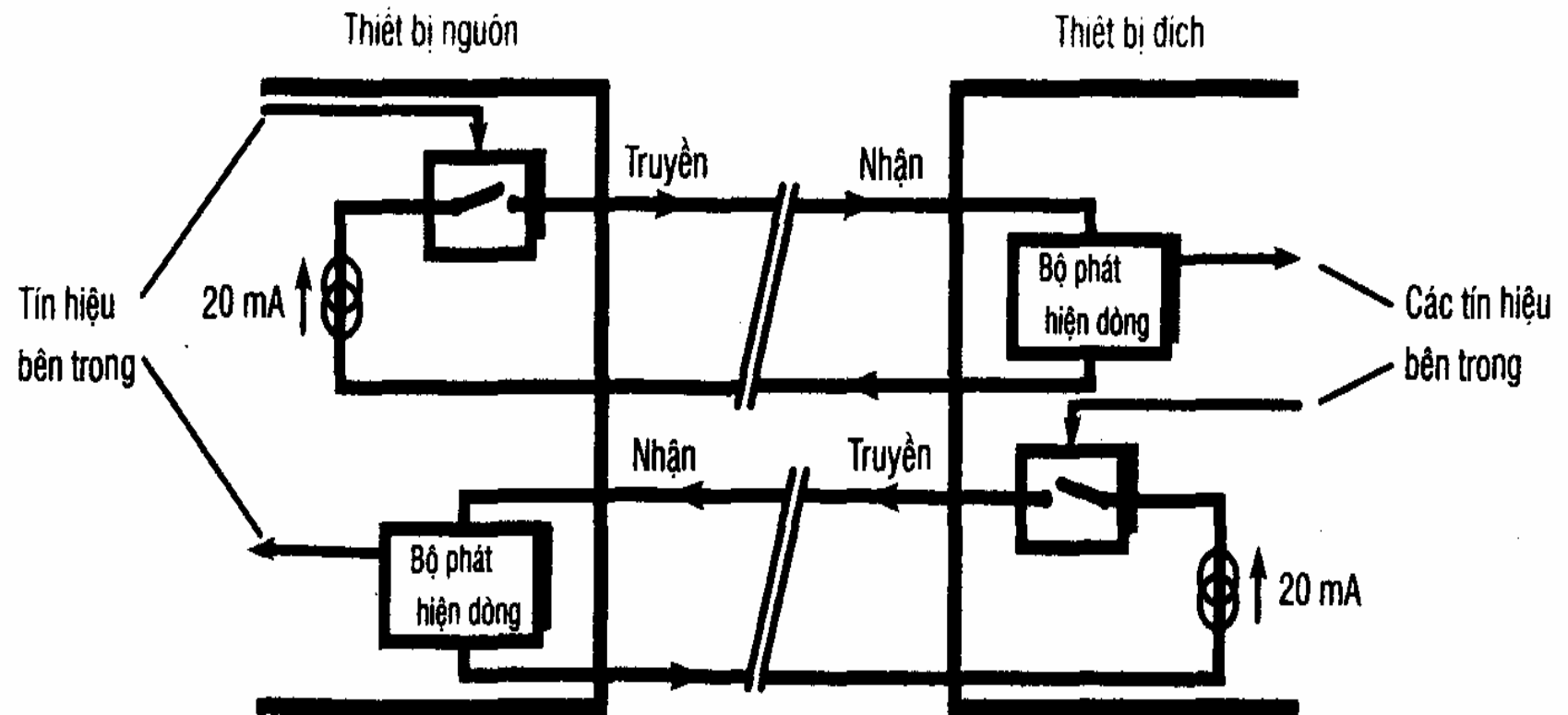
- Một đoạn mạng chỉ được phép có một bộ nguồn cung cấp điện.
- Trong trạng thái bình thường, mỗi thiết bị trường tiêu hao một dòng cơ sở cố định ( $> 10 \text{ mA}$ ) .
- Mỗi thiết bị trường hoạt động như một bộ tiêu hao dòng bị động.
- Mỗi đầu dây được kết thúc bằng một trở đầu cuối bị động.



## 20mA Curent-loop

- Một dạng tín hiệu khác có thể chọn bên cạnh RS-232 là giao tiếp vòng 20mA. Tên của giao tiếp này ngụ ý rằng dùng tín hiệu là dòng điện thay cho điện áp. Mặc dù không mở rộng tốc độ nhưng nó tăng khoảng cách vật lý giữa hai thiết bị thông tin.
- Hoạt động chính là trạng thái của chuyển mạch được điều khiển bởi luồng bit dữ liệu truyền: chuyển mạch đóng tương ứng với bit 1, do đó cho dòng 20mA qua, và ngược lại chuyển mạch mở cho bit 0, do đó không cho dòng 20mA qua. Tại đầu thu dòng điện được phát hiện bởi mạch cảm biến dòng và các tín hiệu nhị phân được tái tạo lại. Giao tiếp này loại bỏ nhiễu tốt hơn so với giao tiếp điều khiển bằng điện áp, phù hợp với đường dây dài (đến 1km), nhưng tốc độ vừa phải.

## 20mA Current-loop



## Truyền không đối xứng

- Một tín hiệu chỉ có một dây truyền tín hiệu điện áp so với dây đất.
- Dây đất chung cho nhiều tín hiệu khác nhau vì vậy đòi hỏi có trở kháng nhỏ.
- Khi truyền ở khoảng cách xa không có chung điện thế đất.

## Truyền đối xứng

- Sử dụng một cặp dây cho một tín hiệu.
- Triệt tiêu được sự ảnh hưởng của nhiễu.
- Tránh được sự sai khác điện thế đất.
- Thích hợp cho trường hợp truyền ở tốc độ cao, khoảng cách xa và trong môi trường có nhiễu lớn.

## *Các tiêu chuẩn mã hoá đường truyền*

- Tần số của tín hiệu.
- Thông tin đồng bộ hoá.
- Triệt tiêu dòng một chiều.
- Bền vững với nhiễu và có khả năng nhận biết lỗi.

## NRZ, RZ

- NRZ (*Non-return To Zero*), RZ (*Return to Zero*) là một trong những phương pháp được sử dụng phổ biến nhất trong các hệ thống.
- NRZ và RZ đều là các phương pháp điều chế biên độ xung.
- NRZ mức bit "0" và "1" được mã hóa với hai mức biên độ tín hiệu khác nhau, mức tín hiệu này không thay đổi trong suốt chu kỳ bit T (một nhịp bus). Cái tên NRZ được sử dụng, bởi mức tín hiệu không quay trở về không sau mỗi nhịp. Các khả năng thể hiện hai mức có thể là:
  - Đất và điện áp dương
  - Điện áp âm và đất
  - Điện áp âm và điện áp dương cùng giá trị (tín hiệu lưỡng cực)

## NRZ, RZ

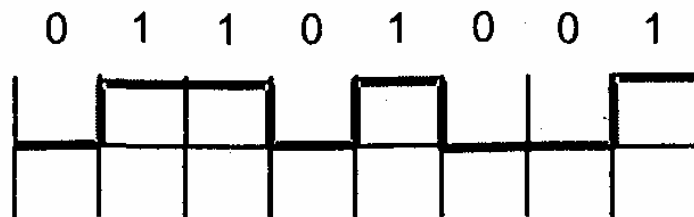
- Một trong những ưu điểm của phương pháp NRZ là tín hiệu có tần số thường thấp hơn nhiều so với tần số nhịp bus.
- Phương pháp này không thích hợp cho việc đồng bộ hóa, bởi một dãy bit "0" hoặc "1" liên tục không làm thay đổi mức tín hiệu.
- Tín hiệu không được triệt tiêu dòng một chiều ngay cả khi sử dụng tín hiệu lưỡng cực, nên không có khả năng đồng tải nguồn.

## NRZ, RZ

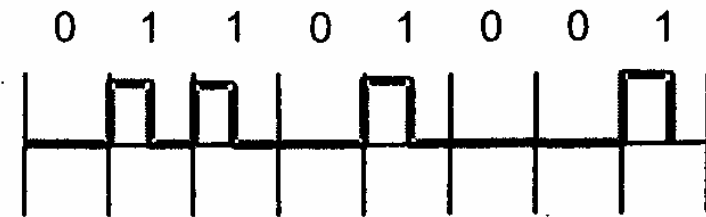
- Phương pháp RZ (*Return to Zero*) cũng mã hóa bit "0" và "1" với hai mức tín hiệu khác nhau giống như ở NRZ. Tuy nhiên, như cái tên của nó hàm ý mức tín hiệu cao chỉ tồn tại trong nửa đầu của chu kỳ bit T, sau đó quay trở lại "0".
- Tần số cao nhất của tín hiệu chính bằng tần số nhịp bus.
- Giống như NRZ, tín hiệu mã RZ không mang thông tin đồng bộ hóa, không có khả năng đồng tải nguồn.



## NRZ, RZ



NRZ: 1 ứng với mức tín hiệu cao, 0 với mức thấp trong suốt chu kỳ bit



RZ: 1 ứng với mức tín hiệu cao trong nửa chu kỳ bit T, 0 với mức thấp trong suốt chu kỳ bit

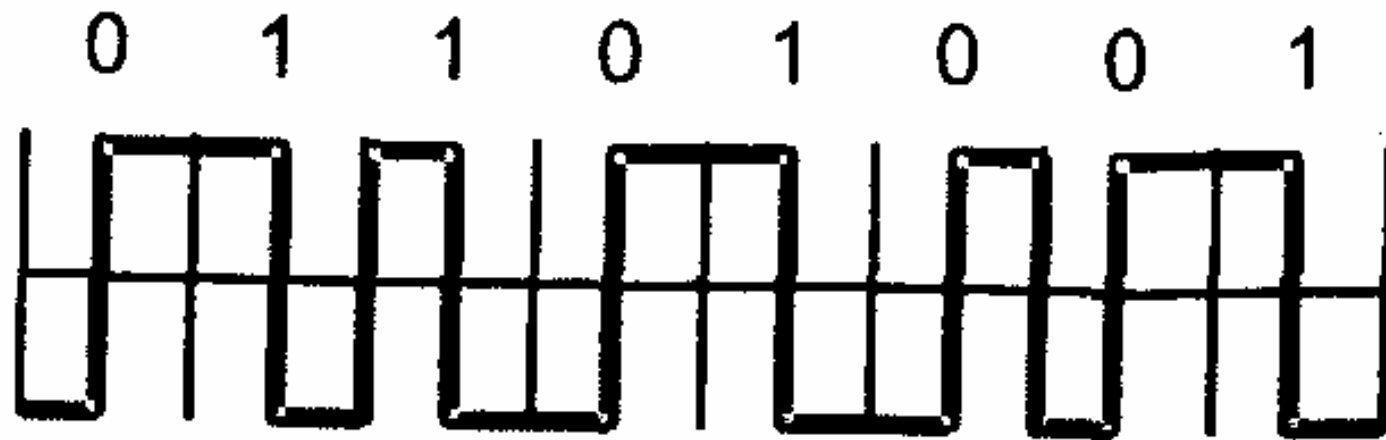
## Manchester

- Mã Manchester và các dạng dẫn xuất của nó không những được sử dụng rất rộng rãi trong truyền thông công nghiệp, mà còn phổ biến trong các hệ thống truyền dữ liệu khác.
- Thực chất, đây là một trong các phương pháp điều chế pha xung, tham số thông tin được thể hiện qua các sườn xung. Bit "1" được mã hóa bằng sườn lên, bit "0" bằng sườn xuống của xung ở giữa chu kỳ bit T, hoặc ngược lại (Manchester-II).

## Manchester

- Đặc điểm của tín hiệu là có tần số tương đương với tần số nhịp bus, các xung của nó có thể sử dụng trong việc đồng bộ hóa giữa bên gửi và bên nhận.
- Sử dụng tín hiệu lưỡng cực, dòng một chiều sẽ bị triệt tiêu. Do đó phương pháp này thích hợp với các ứng dụng đòi hỏi khả năng đồng tải nguồn.
- Một điểm đáng chú ý nữa là do sử dụng sườn xung, mã Manchester rất bền vững đối với nhiễu bên ngoài. Nhưng ngược lại, nhiễu xạ của tín hiệu cũng tương đối lớn bởi tần số cao.

## Manchester



Manchester-II: 1 ứng với sườn xuống, 0 ứng với sườn lên của xung ở giữa chu kỳ bit

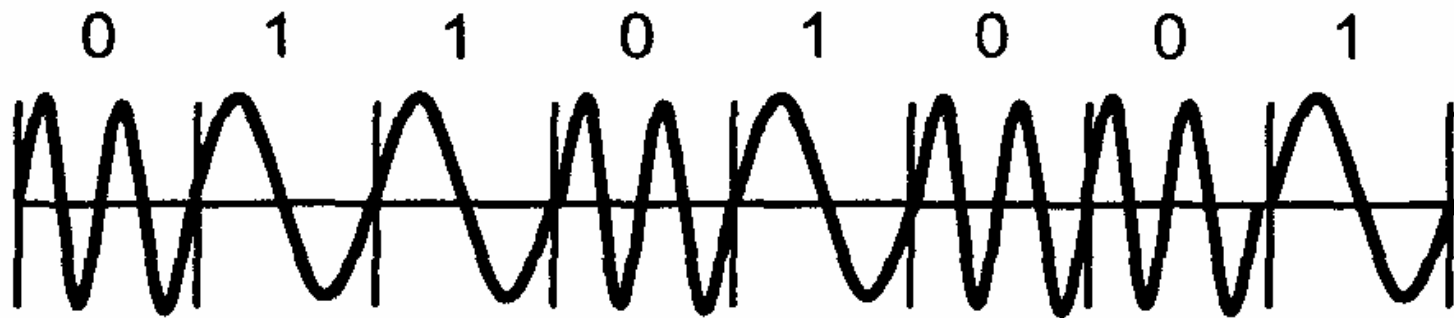
# FSK

- Trong phương pháp điều chế dịch tần số FSK (*Frequency Shift Keying*), hai tần số khác nhau được dùng để mã hóa các trạng thái logic "0" và "1".
- Đây chính là phương pháp điều chế tần số tín hiệu mang, hay truyền tải dải mang.
- Tín hiệu có dạng hình sin, các tần số có thể bằng hoặc là bội số tần số nhịp bus nên có thể dùng để đồng bộ nhịp.
- ưu điểm tiếp theo của phương pháp này là độ bền vững đối với tác động của nhiễu.

# FSK

- Nhờ tính chất điều hòa của tín hiệu mà dòng một chiều được triệt tiêu, nên có thể sử dụng chính đường truyền để đồng tải nguồn nuôi các thiết bị kết nối mạng.
- Nhược điểm của FSK là tần số tín hiệu tương đối cao. Điều này một mặt dẫn đến khả năng gây nhiễu mạnh đối với bên ngoài và mặt khác hạn chế việc tăng tốc độ truyền. Thực tế, phương pháp này chỉ được sử dụng cho các hệ thống có tốc độ truyền tương đối thấp.

# FSK



FSK: 0 và 1 ứng với các tần số khác nhau

## *Các nguyên nhân gây ra lỗi*

- Các hiện tượng tĩnh.
- ồn nhiệt.
- Các hiện tượng ngẫu nhiên



## Các định nghĩa

+ Tỷ lệ bit lỗi: *Tỷ lệ bit lỗi  $p$*  là thước đo đặc trưng cho độ nhiễu của kênh truyền dẫn, được tính bằng tỷ lệ giữa số bit bị lỗi trên tổng số bit được truyền đi. Nói một cách khác, tỷ lệ bit lỗi chính là xác suất một bit truyền đi bị lỗi. Lưu ý rằng, tỷ lệ bit lỗi xấu nhất không phải là 1, mà là 0,5. Trong trường hợp  $p = 1$  tức là bất cứ bit nào truyền đi cũng bị sai lệch, ta chỉ việc đảo các bit để khôi phục lại dữ liệu. Khi  $p = 0,5$  tức xác suất cứ hai bit truyền đi lại có một bit bị lỗi thì đường truyền này hoàn toàn không sử dụng được, bởi theo lý thuyết thông tin thì không thể có một phương pháp bảo toàn dữ liệu nào có thể áp dụng tin cậy, có hiệu quả. Trong kỹ thuật,  $p = 10^{-4}$  là một giá trị thường chấp nhận được. Một đường truyền có tỷ lệ bit lỗi như vậy có thể thực hiện được tương đối dễ dàng.

## Các định nghĩa

+ Tỷ lệ lỗi còn lại: Tỷ lệ lỗi còn lại  $R$  là thông số đặc trưng cho độ tin cậy dữ liệu của một hệ thống truyền thông, sau khi đã thực hiện các biện pháp bảo toàn kể cả truyền lại trong trường hợp phát hiện ra lỗi. Tỷ lệ lỗi còn lại được tính bằng tỷ lệ giữa số bức điện còn bị lỗi không phát hiện được trên tổng số bức điện đã được truyền. Đương nhiên, giá trị này không những phụ thuộc vào tỷ lệ bit lỗi và phương pháp bảo toàn dữ liệu mà còn phụ thuộc vào chiều dài trung bình của các bức điện. Một bức điện càng dài thì xác suất lỗi càng lớn.

## Các định nghĩa

+ Thời gian trung bình giữa hai lần lỗi: Tỷ lệ lỗi còn lại là một thông số tương đối khó hình dung, vì vậy trong thực tế người ta hay xét tới thời gian trung bình giữa hai lần lỗi *TMTBF* (*MTBF* = *Mean Time Between Failures*). Thông số này có liên quan chặt chẽ tới giá trị tỷ lệ lỗi còn lại:

$$TMTBF = n / (v * R)$$

Với  $n$  là chiều dài bức điện tính bằng bit và  $v$  là tốc độ truyền tính bằng bit/s. Giả sử một bức điện có chiều dài  $n = 100$  bit được truyền liên tục với tốc độ 1200 bit/s, quan hệ giữa tỷ lệ bit lỗi và thời gian trung bình giữa hai lần lỗi sẽ được thể hiện như sau:

R	TMTBF:
$10^{-6}$	1 ngày
$10^{-10}$	26 năm
$10^{-14}$	260 000 năm

## Các định nghĩa

+ Khoảng cách Hamming (Hamming Distance, HD): Khoảng cách Hamming (gọi theo nhà khoa học Mỹ R.W. Hamming) là thông số đặc trưng cho độ bền vững của một mã dữ liệu, hay nói cách khác chính là khả năng phát hiện lỗi của một phương pháp bảo toàn dữ liệu. HD có giá trị bằng số lượng bit lỗi tối thiểu mà không đảm bảo chắc chắn phát hiện được trong một bức điện. Nếu trong một bức điện chỉ có thể phát hiện một cách chắc chắn  $k$  bit bị lỗi, thì  $HD = k + 1$ . Ví dụ, nếu một lỗi duy nhất có thể phát hiện được một cách chắc chắn (như trong phương pháp dùng parity bit 1 chiều), thì khoảng cách Hamming là 2. Đây là giá trị tối thiểu mà một phương pháp truyền đòi hỏi. Các hệ thống bus trường thông dụng thường có khoảng cách Hamming là 4, các hệ thống đạt độ tin cậy rất cao với  $HD = 6$ .

## Các định nghĩa

+ Hiệu suất truyền dữ liệu: Hiệu suất truyền dữ liệu  $E$  là một thông số đặc trưng cho việc sử dụng hiệu quả các bức điện phục vụ chức năng bảo toàn dữ liệu, được tính bằng tỉ lệ số bit mang thông tin nguồn (bit dữ liệu không bị lỗi trên toàn bộ số bit được truyền. Ta có:

$$E = m (1-p)/n$$

$m$  - Số lượng bit dữ liệu trong mỗi bức điện

$n$  - Chiều dài bức điện

$p$  - Tỉ lệ bit lỗi

## Phát hiện và sửa lỗi

Phần lớn các phương pháp phát hiện lỗi là công thêm vào bản tin các bit vừa giúp để biểu diễn bản tin vừa để phát hiện lỗi.

## Phát hiện và sửa lỗi

Có hai cách sửa lỗi cho bản tin:

- + Sửa lỗi có phản hồi: Bộ thu sẽ phân tích và phát hiện ra các lỗi có trong bản tin được gửi đi từ bộ truyền. Đã được định nghĩa ở trong giao thức, bộ thu sẽ yêu cầu bộ phát gửi lại bản tin. Phần lớn các giao thức mạng máy tính và công nghiệp sử dụng cách này.
- + Sửa lỗi không có phản hồi: Trong phương pháp này bộ thu không chỉ phát hiện ra lỗi có ở trong bản tin mà nó còn phục hồi lại bản tin đúng từ các thông tin sửa lỗi đi kèm theo. Cách này thường được sử dụng khi truyền ở khoảng cách lớn trong không gian, ở đây thời gian đòi hỏi cho việc truyền lại bản tin là quá lớn, hay trong hệ truyền thông tin theo một chiều (phát thanh, truyền hình).

## Kiểm tra chẵn lẻ ký tự

- Trước khi truyền đi một ký tự, bên phát sẽ căn cứ vào mức độ là chẵn (EVEN) hay lẻ (ODD) để tính toán một bit công thêm vào ký tự.

Lẻ ( ODD): số bit "1" trong ký tự là lẻ.

Chẵn (EVEN): số bit "1" trong ký tự là chẵn.

- Phương pháp này cung cấp hiệu quả phát hiện lỗi thấp ( HD=2), khi có 2 bit cùng thay đổi giá trị thì không phát hiện được.

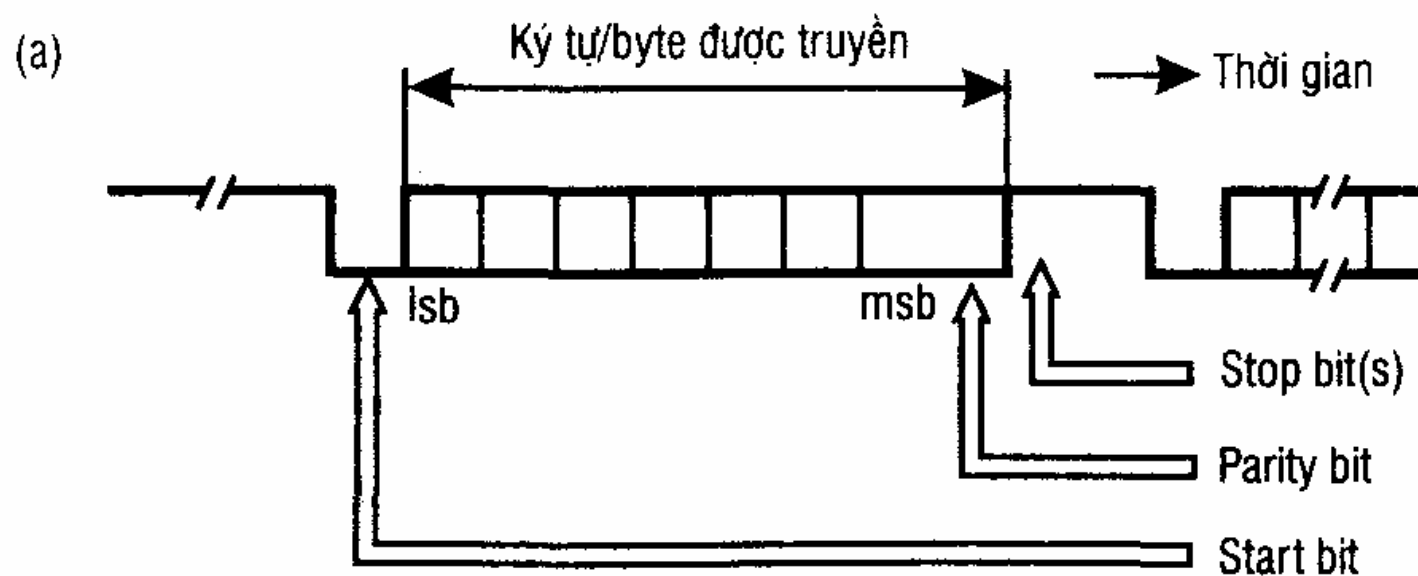
- Phương pháp này phù hợp trong trường hợp đơn giản, giá thành thực hiện thấp, cho phép kiểm tra nhanh độ chính xác của dữ liệu, dễ dàng tính nhầm để kiểm tra.



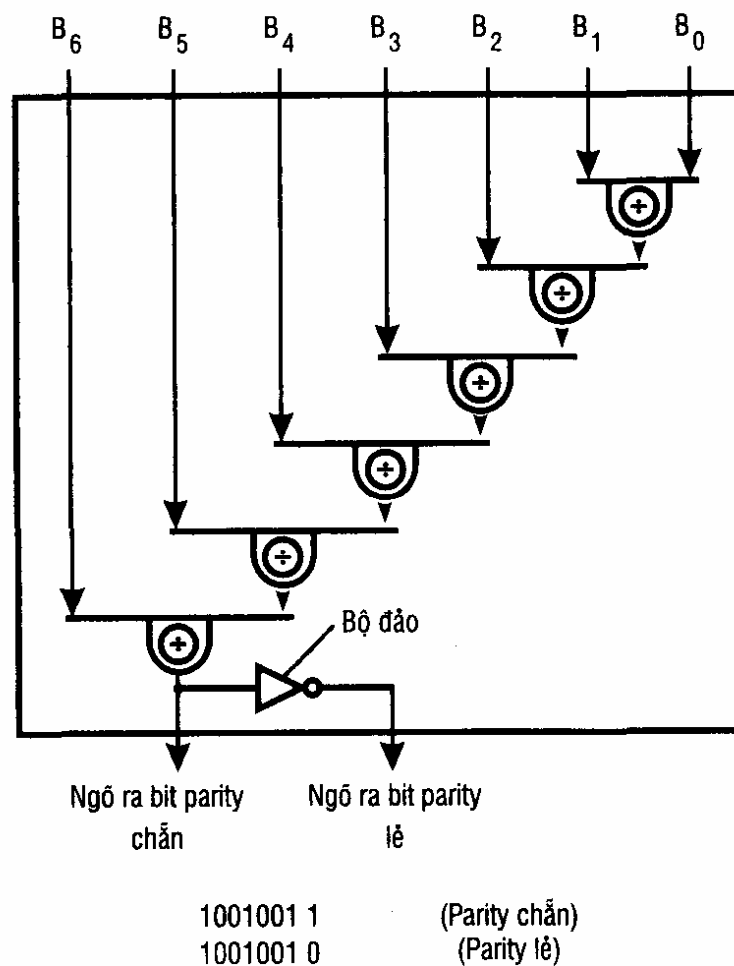
## Kiểm tra chặn lỗi ký tự

- Mặc dù có nhiều hạn chế, nhưng nó vẫn được dùng trong các ứng dụng không đòi hỏi cao như truyền giữa máy tính và máy in, hay trong các ứng dụng mà các thiết bị đặt gần nhau và trong môi trường có độ ồn thấp.
- Kiểm tra chặn lỗi phát hiện được 60% lỗi.

## Kiểm tra chẵn lẻ ký tự



## Kiểm tra chẵn lẻ ký tự



## Kiểm tra khối

- Kiểm tra chẵn lẻ khối:

( BCC-Block Check Character ; LRC-Longitudinal Redundancy Check)

Trong cách kiểm tra khối bản tin các ký tự được xem như là mảng bit hai chiều. Một bit chẵn lẻ được gắn thêm cho mỗi ký tự. Sau một số lượng đã định trước các ký tự, 1 ký tự mà nó thực hiện việc kiểm tra chẵn lẻ của cột sẽ được truyền. Mặc dù tốt hơn nhưng phương pháp này cũng không phát hiện hết lỗi.(PP này có HD=4).

# Kiểm tra khối

$P_R$	$B_6$	$B_5$	$B_4$	$B_3$	$B_2$	$B_1$	$B_0$	
0	0	0	0	0	0	1	0	= STX
1	0	1	0	1	0	0	0	} Nội dung frame
0	1	0	0	0	1	1	0	
0	0	1	0	0	0	0	0	
1	0	1	0	1	1	0	1	
0	1	0	0	0	0	0	0	
1	1	1	0	0	0	1	1	
1	0	0	0	0	0	1	1	= ETX
1	1	0	0	0	0	0	1	= BCC

Các bit parity duyệt theo hàng (lê)

Các bit parity duyệt theo cột (chẵn)

Hướng truyền

☐ = Ví dụ tổ hợp lỗi không phát hiện được

$P_R$  = Bit parity hàng

## Kiểm tra khối

- Lấy Check-sum toán học: Nó đơn giản là lấy tổng của tất cả các ký tự trong khối. Nó cung cấp khả năng kiểm tra tốt hơn nhưng đòi hỏi thêm hai byte khi truyền.

## Kiểm tra CRC

- Phương pháp có tên như vậy do các bit trong một bản tin được dịch chuyển quay vòng qua một thanh ghi. Nó cũng còn được gọi là phương pháp mã đa thức (polynomial code) vì có sử dụng khái niệm đa thức đại số quen thuộc.
- Một xâu bit bất kỳ được xem được xem như là một tập hợp các hệ số (0 và 1) của một đa thức đại số. Nếu xâu bit gồm  $k$  bits thì đa thức tương ứng sẽ có bậc  $k-1$ , gồm  $k$  số hạng từ  $x^0$  đến  $x^{k-1}$ .

## Kiểm tra CRC

- Để tìm tập bits kiểm tra (được gọi là checksum) thích hợp để ghép vào sáu bit cần truyền đi sao cho bên nhận có thể kiểm soát được lỗi, tư tưởng của phương pháp CRC là:
  - Chọn trước một đa thức ( gọi là đa thức sinh - Generator polynomial)  $G(x)$  với hệ số cao nhất và thấp nhất bằng 1.
  - Checksum được tìm thỏa mãn điều kiện: đa thức tương ứng với sáu ghép ( Gốc và checksum) phải chia hết (Modulo 2) cho  $G(x)$ .
  - Khi nhận tin để kiểm soát lỗi, lấy đa thức tương ứng với sáu bit nhận được chia cho  $G(x)$ . Nếu chia không hết thì khẳng định là đã có lỗi. Nếu chia hết thì chưa thể khẳng định là đúng.



## Kiểm tra CRC

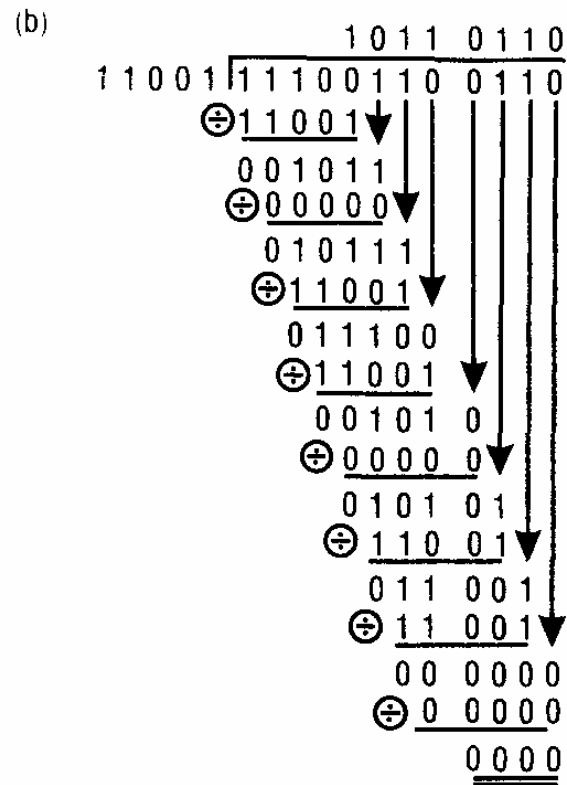
(a)

Nội dung frame: 11100110  
 Thêm các số 0: 11100110 0000  
 Đa thức sinh: 11001

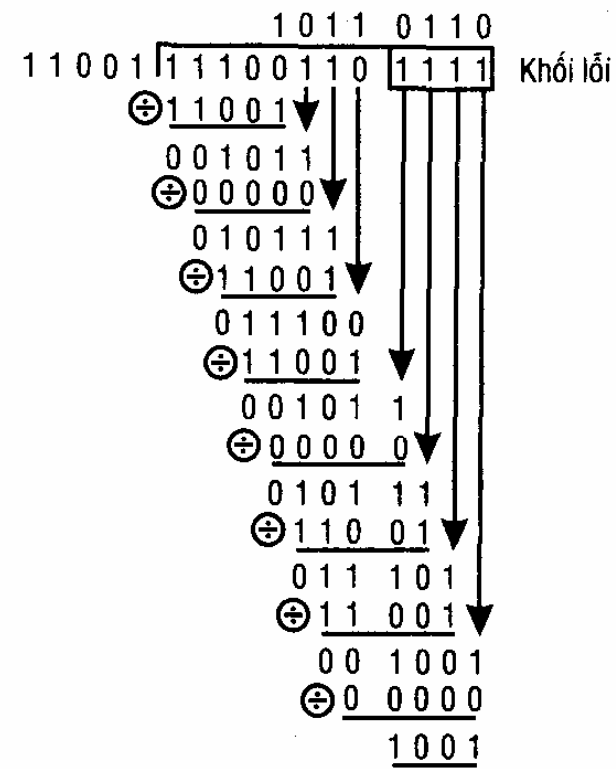
Frame được truyền: 111001100110

$$\begin{array}{r}
 1011 \ 0110 = \text{Thương số (bỏ qua)} \\
 11001 \overline{) 111001100000} \\
 \oplus 11001 \phantom{00000} \\
 \hline
 001011 \phantom{0000} \\
 \oplus 00000 \phantom{0000} \\
 \hline
 010111 \phantom{000} \\
 \oplus 11001 \phantom{000} \\
 \hline
 011100 \phantom{00} \\
 \oplus 11001 \phantom{00} \\
 \hline
 001010 \phantom{0} \\
 \oplus 00000 \phantom{0} \\
 \hline
 010100 \phantom{0} \\
 \oplus 11001 \phantom{0} \\
 \hline
 011010 \phantom{0} \\
 \oplus 11001 \phantom{0} \\
 \hline
 000110 \phantom{0} \\
 \oplus 00000 \phantom{0} \\
 \hline
 0110 \phantom{0000} = \text{số dư} \\
 \hline
 \hline
 \end{array}$$
 (FCS/CRC)

# Kiểm tra CRC



Số dư = 0: không lỗi



Số dư ≠ 0: có lỗi

## Kiểm tra CRC

Hiện nay có một số đa thức sinh chuẩn:

$$\text{CRC - 12} = x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x + 1$$

$$\text{CRC - 16} = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$$

$$\text{CRC - CCITT} = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

$$\text{CRC-32} =$$

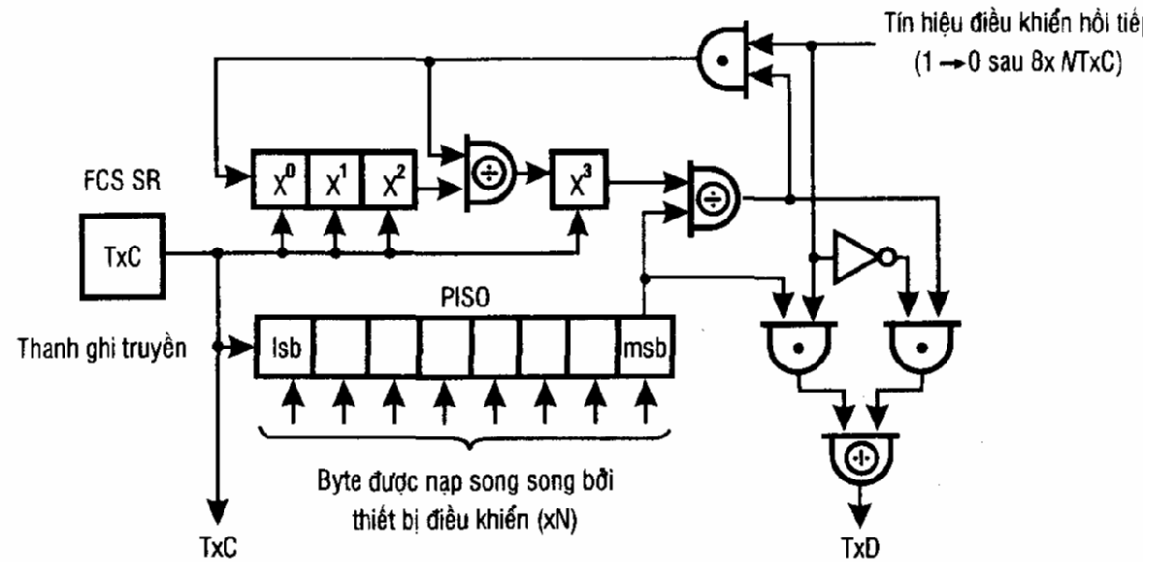
$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

## Kiểm tra CRC

Phương pháp này có hiệu quả phát hiện lỗi tốt. Với CRC-16 và CRC-CCITT như sau:

- Lỗi 1 bit :100%.
- Lỗi 2 bit: 100%.
- Lỗi lẻ bit: 100%.
- Khối lỗi <16 bit: 100%.
- Khối lỗi >16 bit: 99,9969%
- Các lỗi khác: 99,9984%

# Kiểm tra CRC

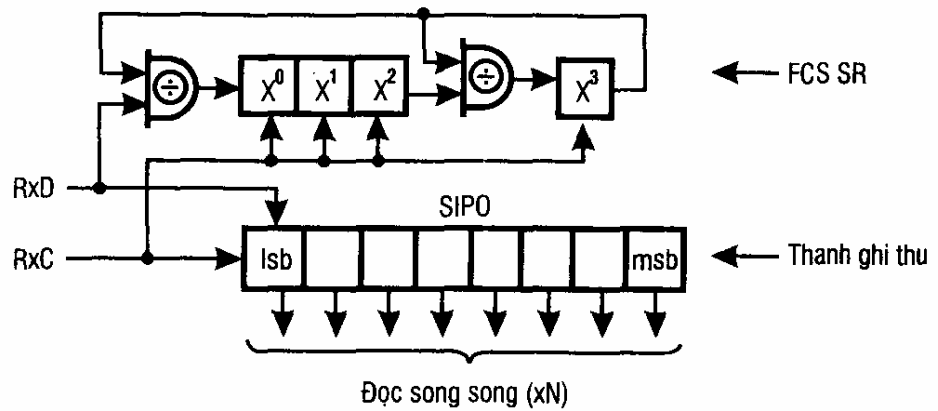


Xung TxC	Thanh ghi truyền								FCS SR			
	lsb							msb	$X^0$	$X^1$	$X^2$	$X^3$
0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
2	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
3	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1
4	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
5		0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
6			0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
7				0	0	0	0	0	1	1	0	0
8					0	0	0	0	0	1	1	0
9						0	0	0		0	1	1
10							0	0			0	1
11								0				0

TxD

Thời gian

## Kiểm tra CRC



RxC	RxD	Thanh ghi thu								FCS SR			
		lsb							msb	X <sup>0</sup>	X <sup>1</sup>	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1								1	0	0	0
2	1	1	1							1	1	0	0
3	0	1	1	1						1	1	1	0
4	0	0	1	1	1					0	1	1	1
5	1	0	0	1	1	1				1	0	1	0
6	1	1	0	0	1	1	1			1	1	0	1
7	0	1	1	0	0	1	1	1		0	1	1	1
8	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
		<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;">           Byte được đọc bởi thiết bị điều khiển         </div>											
9	1												
10	1												
11	0												
12													

↓ Thời gian

Số dư = 0