



SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

Kỹ thuật ghép kênh số

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

KS. NGUYỄN THỊ THU

GIÁO TRÌNH
KỸ THUẬT GHÉP KÊNH SỐ

(Dùng trong các trường THCN)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2005

Mã số: $\frac{373 - 7.373}{\text{HN} - 05}$ 62/407/05

Lời giới thiệu

Nước ta đang bước vào thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa nhằm đưa Việt Nam trở thành nước công nghiệp văn minh, hiện đại.

Trong sự nghiệp cách mạng to lớn đó, công tác đào tạo nhân lực luôn giữ vai trò quan trọng. Báo cáo Chính trị của Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam tại Đại hội Đảng toàn quốc lần thứ IX đã chỉ rõ: “Phát triển giáo dục và đào tạo là một trong những động lực quan trọng thúc đẩy sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa, là điều kiện để phát triển nguồn lực con người - yếu tố cơ bản để phát triển xã hội, tăng trưởng kinh tế nhanh và bền vững”.

Quán triệt chủ trương, Nghị quyết của Đảng và Nhà nước và nhận thức đúng đắn về tầm quan trọng của chương trình, giáo trình đối với việc nâng cao chất lượng đào tạo, theo đề nghị của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội, ngày 23/9/2003, Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội đã ra Quyết định số 5620/QĐ-UB cho phép Sở Giáo dục và Đào tạo thực hiện đề án biên soạn chương trình, giáo trình trong các trường Trung học chuyên nghiệp (THCN) Hà Nội. Quyết định này thể hiện sự quan tâm sâu sắc của Thành ủy, UBND thành phố trong việc nâng cao chất lượng đào tạo và phát triển nguồn nhân lực Thủ đô.

Trên cơ sở chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành và những kinh nghiệm rút ra từ thực tế đào tạo, Sở Giáo dục và Đào tạo đã chỉ đạo các trường THCN tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình một cách khoa học, hệ

thống và cập nhật những kiến thức thực tiễn phù hợp với đối tượng học sinh THCS Hà Nội.

Bộ giáo trình này là tài liệu giảng dạy và học tập trong các trường THCS ở Hà Nội, đồng thời là tài liệu tham khảo hữu ích cho các trường có đào tạo các ngành kỹ thuật - nghiệp vụ và đồng đảo bạn đọc quan tâm đến vấn đề hướng nghiệp, dạy nghề.

Việc tổ chức biên soạn bộ chương trình, giáo trình này là một trong nhiều hoạt động thiết thực của ngành giáo dục và đào tạo Thủ đô để kỷ niệm “50 năm giải phóng Thủ đô”, “50 năm thành lập ngành” và hướng tới kỷ niệm “1000 năm Thăng Long - Hà Nội”.

Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội chân thành cảm ơn Thành ủy, UBND, các sở, ban, ngành của Thành phố, Vụ Giáo dục chuyên nghiệp Bộ Giáo dục và Đào tạo, các nhà khoa học, các chuyên gia đầu ngành, các giảng viên, các nhà quản lý, các nhà doanh nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ, đóng góp ý kiến, tham gia Hội đồng phản biện, Hội đồng thẩm định và Hội đồng nghiệm thu các chương trình, giáo trình.

Đây là lần đầu tiên Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình. Dù đã hết sức cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, bất cập. Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để từng bước hoàn thiện bộ giáo trình trong các lần tái bản sau.

GIÁM ĐỐC SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

Lời nói đầu

Ở thời đại cách mạng khoa học kỹ thuật ngày nay con người phải tiếp cận và xử lý một lượng thông tin lớn từ các phương tiện của công nghệ truyền thông. Truyền thông điện là một phương tiện truyền thông tin cậy, tiện ích và khắc phục được những khó khăn do nguy cơ khủng hoảng năng lượng gây ra. Các cuộc hội thảo hiện nay phần lớn có thể được phát triển dưới hình thức “Hội thảo từ xa”, các dịch vụ bán hàng qua mạng hay còn gọi là thương mại điện tử... Có thể triển khai nhờ công nghệ viễn thông số. Cuốn sách này là cơ sở nhằm cung cấp cho độc giả một hiểu biết đầy đủ về hệ thống tin số. Nó cũng là tài liệu tham khảo bổ ích có tính thực tiễn về các khái niệm cơ bản và nguyên lý kỹ thuật của hệ truyền thông số.

Nội dung cuốn sách gồm các phần chủ yếu sau:

Chương 1. Tổng quan về hệ thống thông tin số.

Chương 2. Truyền dẫn số các tín hiệu tương tự

Chương 3. Điều chế số và giải điều chế số.

Chương 4. Các phương pháp ghép kênh số

Chương 5. Mã nhị phân và mã đường truyền

Chương 6. Kỹ thuật ghép kênh theo bước sóng (WDM)

Trong khi biên soạn giáo trình này, tác giả đã có rất nhiều cố gắng song cũng khó tránh khỏi sai sót, chúng tôi rất mong nhận được ý kiến đóng góp của độc giả.

Nhân dịp này, chúng tôi xin chân thành cảm ơn các chuyên gia khoa học chuyên ngành như Thạc sĩ Chu Công Cảnh giảng viên trường Đại học Giao thông vận tải, Thạc sĩ Nguyễn Mạnh Hiệp giảng viên Học viện Kỹ thuật quân sự cùng các nhà khoa học khác đã giúp đỡ chúng tôi hoàn thành giáo trình này.

TÁC GIẢ

Chương 1

TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG THÔNG TIN SỐ

Chương này nhằm giới thiệu chung về hệ truyền thông, các phần tử cơ bản trong hệ truyền thông. Trong quá khứ, tin tức được truyền đi nhờ người chạy bộ, chim bồ câu, tiếng trống và ánh lửa. Các phương thức này phù hợp với khoảng cách và nhu cầu truyền tin lúc bấy giờ. Ngày nay, ở hầu hết mọi nơi trên thế giới, các kiểu truyền thông này đã được thay thế bằng các hệ truyền thông điện (không kể dịch vụ bưu chính) cho phép truyền tín hiệu ở các cự ly dài hơn (thậm chí giữa các hành tinh và thiên hà) với vận tốc xấp xỉ vận tốc ánh sáng.

Truyền thông điện tin cậy và kinh tế, việc nghiên cứu các phần tử và cấu thành hệ thống thông tin là nhiệm vụ của chương này.

I. CÁC PHẦN TỬ THÔNG TIN SỐ

1. Lịch sử phát triển công nghệ viễn thông điện tử

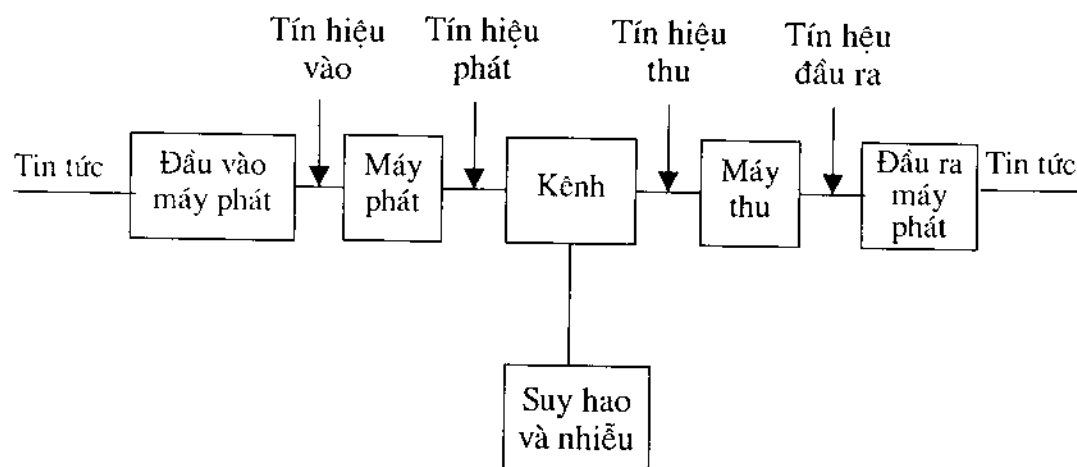
Trong suốt lịch sử phát triển loài người, việc phát minh ra ngôn ngữ là cuộc cách mạng truyền thông lớn nhất. Sau đó ít lâu, khi con người phát minh ra lửa, một cuộc cách mạng thông tin khác nữa lại ra đời. Đó là việc con người biết cách ghi lại ý nghĩ và tư tưởng của mình bằng cách dùng chữ viết.

Từ cuối thế kỷ XVIII đến thế kỷ XIX công nghệ phát thanh và truyền thông bắt đầu phát triển và bắt đầu được dùng rộng rãi. Năm 1939, dịch vụ phát sóng truyền hình thường xuyên được bắt đầu lần đầu tiên trong lịch sử. Vào năm 1930, Claude Schannon của phòng thí nghiệm Bell, đã thành công trong việc đặt ra học thuyết thông tin dùng để xác định lượng thông tin tối đa mà một hệ thống viễn thông có thể xử lý vào một thời điểm đã định. Học thuyết này đã được phát triển thành học thuyết truyền thông số. Vào năm 1939, RCA đã phóng thành công vệ tinh nhân tạo vào không trung và Laser dùng trong truyền thông

quang học đã được phát minh. Các hệ thống đồ họa, truyền ảnh qua vệ tinh, tổng đài số đã được đưa ra.

Công nghệ viễn thông điện tử tiếp tục tiến bộ nhanh chóng. Ngày nay, hệ thống viễn thông điện tử được xem như phương tiện kinh tế nhất. Các thiết bị trong hệ thống có thể được cấu thành theo các cách khác nhau và có các mức độ khác nhau theo yêu cầu của người sử dụng nhưng về cơ bản chúng được mô tả như sau:

2. Mô hình hệ thống truyền thông



Hình 1.1: Mô hình một hệ thống truyền thông

Các thành phần cơ bản của hệ thống truyền thông là:

* *Nguồn*: Nơi phát sinh ra tin tức như tiếng nói, hình ảnh hoặc dữ liệu. Nếu dữ liệu đó không phải là điện (tiếng nói, hình ảnh truyền hình dữ liệu) thì nó phải nhờ một biến tử vào được biến đổi thành dạng sóng điện và được coi là tín hiệu băng gốc.

* *Bộ phát*: Biến đổi tín hiệu băng gốc để việc truyền thông có hiệu quả (Bộ phát – Máy phát gồm một hoặc một số thành phần là: tiền khuếch đại; lấy mẫu; lượng tử hoá; mã hoá và điều chế). Tương tự máy thu có thể gồm phân tử giải điều chế, giải mã, lọc.

* *Kênh*: Là môi trường như dây đồng, cáp đồng trục, ống dẫn sóng, sợi quang hoặc đường truyền vô tuyến mà qua đó tín hiệu đầu ra của máy phát được truyền đi.

- Máy thu xử lý tín hiệu tới từ kênh, thực hiện chức năng biến đổi lại tín hiệu đã được bộ phát và kênh làm thay đổi. Tín hiệu ra của máy thu đưa đến biến tử ra, ở đó tín hiệu được biến đổi thành dạng ban đầu của nó là tín tức.

- Nơi nhận là đơn vị mà tín tức được truyền tới.

Kênh phần nào có vai trò như một mạch lọc làm suy giảm tín hiệu và làm méo dạng sóng. Độ dài của kênh làm tăng suy giảm thay đổi từ một vài phần trăm, ở khoảng cách ngắn, tới cỡ khá lớn, đối với các cuộc liên lạc hành tinh. Dạng sóng bị méo là do những tổng số khác nhau về sự suy hao và lệch pha của các thành phần tần số khác nhau của các tín hiệu tạo nên. Ví như xung vuông bị làm tròn hoặc kéo dài ra đó là do quá trình đó. Loại méo này còn được gọi là méo tuyến tính có thể sửa được một phần ở máy thu bằng một bộ bù có đặc trưng về độ khuếch đại và pha ngược với các đặc trưng của kênh.

Kênh cũng có thể gây ra méo phi tuyến khi độ suy giảm thay đổi theo biên độ của tần số. Loại méo này cũng có thể được sửa một phần nhờ một bộ bù tại máy thu.

Tín hiệu không chỉ bị méo do kênh mà còn bị nhiễu bởi các tín hiệu không muốn trên đường truyền được gộp lại bằng một tên chung là “nhiều”. Nhiều là những tín hiệu ngẫu nhiên không đoán trước được do các nguyên nhân bên trong và bên ngoài. Ngoài nhiễu do sự can thiệp của các tín hiệu phát ở nơi gần kênh, nhiễu do người tạo ra nên phát ra từ các tiếp điểm xấu của các thiết bị điện, từ bức xạ của bugi ô tô, đèn huỳnh quang và nhiễu tự nhiên từ chớp, bão điện từ, bức xạ mặt trời, vũ trụ. Với sự chăm sóc đặc biệt, nhiễu ngoài có thể giảm tới mức tối thiểu, thậm chí có thể được loại trừ. Nhiều trong do chuyển động nhiệt của các phân tử trong các chất dẫn điện, sự phát ngẫu nhiên, sự khuếch tán hoặc tái hợp của các phân tử mang điện trong các bộ phận điện. Sự chăm sóc đặc biệt đó có thể giảm các ảnh hưởng của nhiễu trong nhưng không bao giờ có thể loại trừ nó. Nhiều là một trong số những nhân tố cơ bản làm hạn chế tốc độ truyền thông.

Tỷ số tín hiệu trên tạp âm S/N (Signal-to-noise-ratio) được định nghĩa là tỷ số của công suất tín hiệu trên công suất tạp âm. Kênh làm méo tín hiệu và nhiễu tích lũy lại trên dọc đường truyền. Tệ hơn nữa, cường độ tín hiệu giảm trong khi mức nhiễu tăng lên theo. Khoảng cách từ bộ phát, vì vậy mà S/N giảm không ngừng theo kênh. Khuếch đại tín hiệu thu được để bù trừ sự suy

hao sẽ là vô ích và nhiễu cũng được khuếch đại cùng một tỷ lệ và S/N tốt nhất là giữ nguyên không đổi.

3. Tín tức số và tương tự

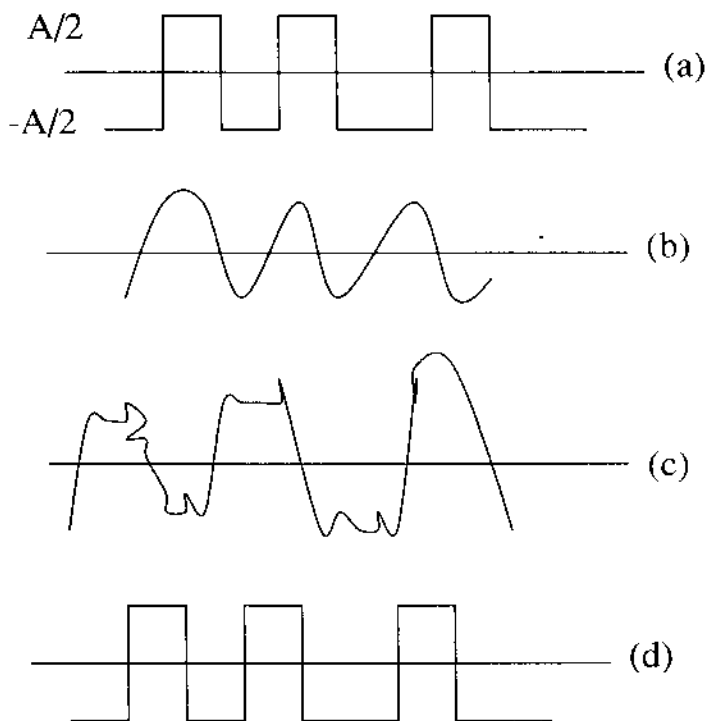
Tín tức có thể là tín hiệu số hoặc tín hiệu tương tự.

Tín hiệu số là tín hiệu rời rạc cả về mặt thời gian và biên độ.

Tín hiệu tương tự là tín hiệu liên tục theo thời gian và biên độ.

Tín tức số cấu trúc bởi một số hữu hạn các ký hiệu. Ví dụ ngôn ngữ văn bản gồm 26 chữ, 10 số, 1 dấu cách và một số dấu ngắt câu. Vì vậy, một bản tin số cấu trúc từ khoảng 50 ký hiệu. Câu nói của người cũng là một tín tức số vì nó gồm một số từ vựng giới nội trong một ngôn ngữ (ta đề cập ở đây là nói trên văn bản chứ không phải thông qua phát âm). Tín hiệu từ Micro là tín hiệu tương tự. Tín tức tương tự đặc trưng bằng các dữ liệu có giá trị thay đổi liên tục trong một phạm vi cho trước. Thí dụ như nhiệt độ và áp suất khí quyển ở một nơi nào đó có thể thay đổi trong một phạm vi liên tục và có thể giả thiết là các giá trị có thể là vô cùng. Tương tự như vậy, dạng sóng của lời nói có biên độ thay đổi trong một phạm vi liên tục. Trong một khoảng thời gian cho trước có vô số các dạng sóng khác nhau của lời nói tồn tại, ngược với chỉ một số giới nội có thể của tín tức số.

Tín tức số được truyền đi bằng cách dùng một tập hợp giới nội các dạng sóng điện. Thí dụ: trong mã Mooc xơ, dấu chấm có thể được truyền đi bằng xung có biên độ $A/2$ và dấu gạch có thể được truyền đi bởi xung có biên độ $-A/2$. Trong trường hợp cơ số M , người ta sử dụng M xung (hoặc dạng sóng) phân biệt. Mỗi xung điện đại diện cho M ký hiệu khả dĩ. Nhiệm vụ của máy thu là rút ra tín tức từ những tín hiệu bị nhiễu và méo ở lối ra của kênh. Việc rút ra tín tức từ những tín hiệu số thường dễ hơn so với tín hiệu tương tự. Xét trường hợp cơ số 2 hai ký hiệu đã được lập mã các xung chữ nhật có biên độ $A/2$ và $-A/2$. Việc quyết định duy nhất ở máy thu là lựa chọn giữa hai xung khả dĩ nhận được chứ không phải là những chi tiết của dạng xung, quyết định đó có thể dễ dàng làm được với một số điểm xác định hợp lý nào đó ngay cả khi xung bị méo và có nhiễu (hình 1.2). Vì vậy, hệ truyền thông số có thể truyền các tín tức với độ chính xác lớn hơn hệ truyền thông tương tự khi bị méo và nhiễu.



Hình 1.2: Dạng tín hiệu

a. Tín hiệu phát

b. Tín hiệu méo thu (không có nhiễu)

c. Tín hiệu méo (có nhiễu)

d. Tín hiệu phát lại (bị trễ)

Khả năng dùng máy phát lặp là một ưu điểm nữa của hệ truyền thông số. Trạm phát lặp tách các xung chuẩn, do đó chống lại việc tích lũy méo và nhiễu nên có khả năng truyền dẫn thông tin ở khoảng cách xa hơn với độ chính xác lớn hơn.

Ngược với tín tức số, dạng sóng trong tín tức tương tự là quan trọng và ngay cả chỉ méo đi một chút ít hoặc có nhiễu về dạng sóng là có thể gây sai sót trong tín hiệu thu. Một khó khăn nữa là bộ lặp không có khả năng áp dụng cho tín hiệu tương tự, vì méo hay nhiễu, dù nhỏ thế nào đi nữa cũng không lọc hoàn toàn được.

Kết quả là méo và nhiễu tích lũy trên suốt đường truyền. Kết hợp với khó khăn là tín hiệu tắt dần liên tục dọc theo đường truyền làm cho khi khoảng cách tăng

lên, tín hiệu trở nên yếu hơn, méo và nhiễu mạnh lên. Kết quả tín hiệu bị méo và nhiễu xâm lấn sẽ yếu đi. Việc sử dụng khuếch đại rất ít tác dụng vì nó khuếch đại tín hiệu và nhiễu với cùng tỷ lệ. Hệ quả là khoảng cách mà tín hiệu tương tự có thể truyền đi bị giới hạn bởi công suất máy phát. Xu hướng hiện nay là thay hệ truyền thông tương tự bằng hệ truyền thông số là tất yếu vì hệ số rất kinh tế cho chi phí việc chế tạo mạch số nhỏ và do các tính chất vượt trội của hệ số.

II. CẤU TRÚC MẠNG THÔNG TIN SỐ

1. Sự kháng nhiễu của tín hiệu số

Một tín hiệu cơ sở 2 bị méo điển hình khi thu qua kênh có nhiễu được thể hiện trong hình 1.2. Nếu A đủ lớn so với biên độ nhiễu điển hình máy thu còn có thể phân biệt chính xác giữa hai xung. Biên độ xung vào khoảng cỡ từ 5 đến 10 lần giá trị căn quân phương của biên độ nhiễu. Với tỷ số S/N cao như vậy, xác suất mắc lỗi ở máy thu ít hơn 10^{-6} , có nghĩa là tính trung bình, máy thu mắc lỗi ít hơn 1 lần trong 10^6 xung, ảnh hưởng của nhiễu kênh ngẫu nhiên và méo, do đó thực tế bị loại trừ. Vì vậy, khi tín hiệu tương tự được chuyển đổi thành tín hiệu số và truyền đi, lỗi duy nhất trong tín hiệu thu chỉ có thể do lượng tử hoá. Bằng cách tăng số mức lượng tử, ta có thể giảm lỗi này.

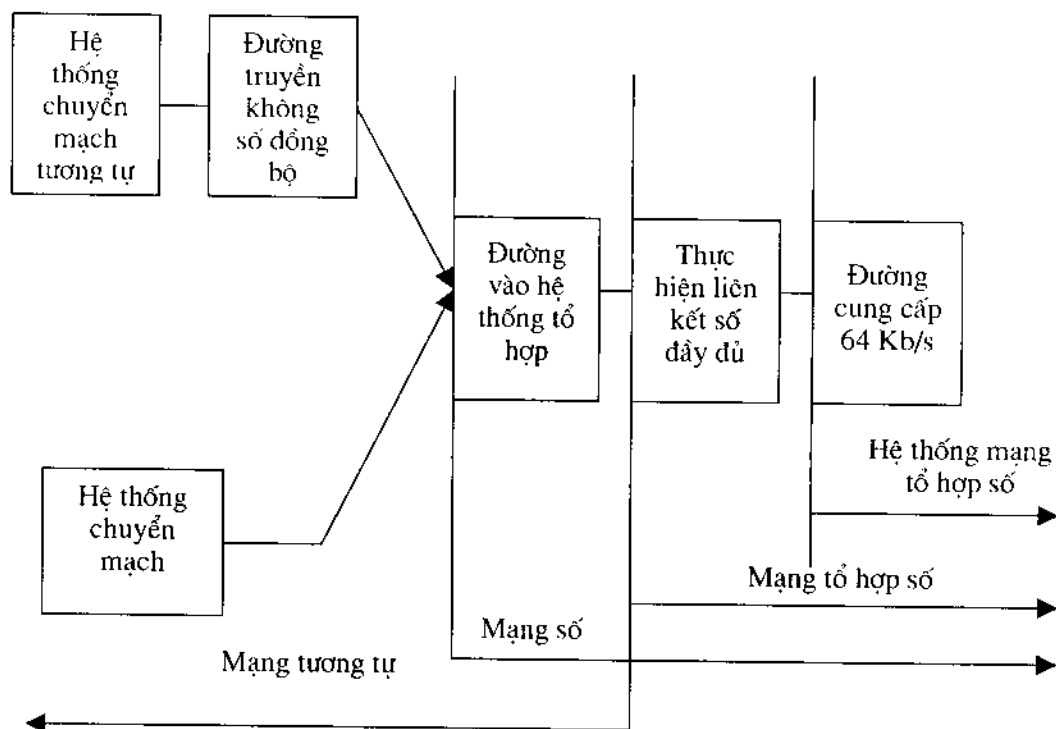
Cùng với khả năng dùng máy phát lặp ta có thể truyền tín hiệu qua khoảng cách dài hơn khoảng cách mà tín hiệu tương tự có thể truyền được. Giá trị của hệ thống số là lớn song hệ này sẽ làm tăng độ rộng dải truyền.

Ngày nay, hệ truyền thông số đã được lắp đặt và đưa vào sử dụng rộng rãi, mạng lưới truyền thông số có những ưu điểm là: khi sử dụng hệ thống tổng đài tương tự và đường truyền dẫn số, bộ mã hoá và bộ giải mã được sử dụng cho các dịch vụ thoại để biến đổi các tín hiệu ngược lại thành tiếng nói tại thời điểm chuyển mạch: khi sử dụng hệ thống số và đường truyền dẫn số chỉ cần có một thiết bị đầu cuối với khả năng thực hiện chức năng đơn giản vì các tín hiệu số đã được đầu nối ở mức ghép kênh. Một ưu điểm khác của việc sử dụng hệ tổng đài số là nó làm tăng chất lượng truyền dẫn. Trong mạng lưới điện thoại số, các tín hiệu đã được mã hoá tại tổng đài chủ gọi được giải mã, sau đó được mã hoá tại tổng đài trung chuyển và cuối cùng được gửi đến tổng đài bị gọi.

Theo đó, bằng cách sử dụng phương pháp này, có thể tránh được việc tăng lượng tiếng ồn phát ra khi chuyển các tín hiệu tương tự thành các tín hiệu số. Ngoài ra, do đường truyền dẫn số trải qua ít thay đổi về mức hơn là đường truyền tương tự, hiện tượng mất đường truyền sẽ có thể đặt nhỏ hơn. Để thực

hiện mục đích này, nếu sử dụng một đường truyền số giữa hai tổng đài thì sự mất đường truyền có thể được giảm bớt từ 10dB xuống còn 6dB. Đồng thời, trong mạng điện thoại số, đối với một đường điện thoại 64Kb/s được dùng như tốc độ bit cơ sở, các số liệu, Fax và thông tin video có tốc độ nhỏ hơn mức bit này có thể được gửi đi một cách tương đối rõ ràng thông qua mạng điện thoại số. Các thiết bị có thể được chia sẻ theo các yêu cầu dịch vụ và vì thế có thể được sử dụng một cách linh hoạt để ứng dụng cho các dịch vụ viễn thông đang tồn tại cũng như các dịch vụ mới.

2. Tiến trình số hoá

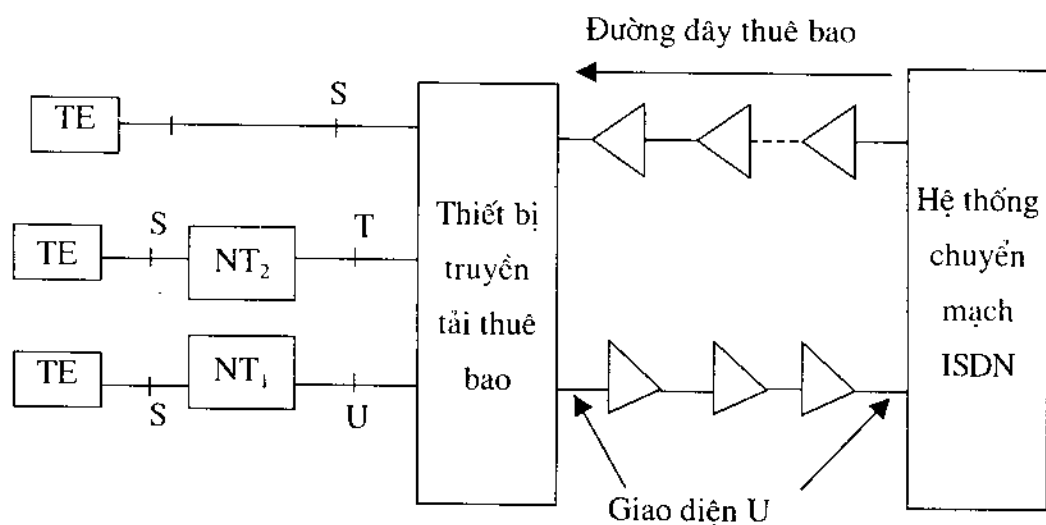


Hình 1.3: Tiến trình số hoá

Ngày nay, chúng ta đang cố gắng hoàn thiện mạng truyền thông số, tiến bộ được thực hiện trong công nghệ số được mô tả trong hình 1.3. Một đường truyền số được sử dụng giữa 2 tổng đài trong mạng lưới tích hợp số được mô phỏng theo sơ đồ. Đồng thời mạng số đa dịch vụ tích hợp (ISDN – Intergrated Services Digital Network) cũng được phát triển trong đó các dịch vụ tích hợp được cung cấp với các thiết bị đầu cuối được số hoá. Ngoài ra, do các dịch vụ

viễn thông được đưa ra ngày càng trở nên phong phú, một phạm vi rộng lớn các thiết bị đầu cuối, một trong ba phần quan trọng của mạng lưới viễn thông, chủ yếu là các thiết bị đầu cuối, đường truyền dẫn, các thiết bị tổng đài, hiện nay được sử dụng rộng rãi. Hầu hết các thiết bị đầu cuối công cộng hiện nay đều được thiết kế để vận hành càng dễ càng tốt, tuy nhiên một số thiết bị đầu cuối này gọi là các thiết bị đầu cuối tích hợp, được trang bị với các tính năng tiên tiến được dùng cho các dịch vụ đặc biệt. Từ đó, việc sử dụng truyền thông sẽ trở nên đa dạng hoá hơn và việc thực hiện mục tiêu phát triển công nghệ sẽ được thực hiện.

3. Thiết lập thiết bị truyền tải thuê bao trong mạng ISDN



Hình 1.4: Thiết lập thiết bị truyền tải thuê bao của mạng

Thông tin có thể được truyền đi dưới dạng hai dây hoặc bốn dây, thiết bị truyền tải hai dây được nối với mạng tương tự, thiết bị truyền tải bốn dây được nối với mạng số.

Như đã được chỉ rõ trong hình vẽ, thiết bị truyền tải số được nối với hệ thống chuyển mạch thông qua đường truyền 4 dây. Tốc độ truyền dẫn của giao diện U lúc này tương ứng với ghép nối dẫn kênh sơ cấp hay dung lượng thông tin trung bình. Các giao diện S, T, U có thể được dùng như các giao diện về phí thuê bao của các thiết bị truyền dẫn. Điều đó có nghĩa TE (Terminal Equipment-Thiết bị đầu cuối) có thể được ghép nối trực tiếp qua giao diện S và TE có thể

được ghép nối trực tiếp sau khi NT₂ (điểm cuối mạng) được kết nối qua giao diện T. Thêm vào đó, các thuê bao từ xa mà giao diện T không thể điều tiết được thì có thể ghép nối thông qua giao diện T bằng cách dùng giao diện U.

Phương pháp truyền dẫn hai dây khác với phương pháp truyền dẫn 4 dây ở chỗ các tín hiệu được truyền nhận thông qua cùng một đường dây. Do đó, phương pháp tách tín hiệu truyền/nhận ở đầu thu là cần thiết. Các phương pháp này có thể là FDM (ghép kênh phân chia tần số – Frequency Division Multiplex), TMC (Time Compression Multiplex – ghép kênh nén thời gian) đều dùng theo phương pháp này. Trong trường hợp dùng phương pháp tương tự thì FDM là kỹ thuật điều chế tín hiệu truyền nhận theo các tần số khác nhau sao cho các tín hiệu truyền nhận ở dải tần khác. Sau đó, chúng được tạo ra bằng một bộ lọc có dải thông phù hợp. Tuy nhiên, phương pháp này không được sử dụng rộng rãi vì các phần tử cao tần có trên đường dây mà các mạch cần thiết có thể chế tạo một cách dễ dàng thành mạch tích hợp cỡ lớn ở phạm vi rộng.

TCM là phương pháp phân chia thời gian để nén thông tin sẽ được chuyển đi theo từng đơn vị thời gian và sau đó gửi các thông tin đã nén đi trong một khoảng thời gian ngắn hơn đơn vị giờ và cuối cùng phân bố thời gian còn lại cho phía đối diện để phía này có thể truyền thông tin sử dụng trong khoảng thời gian đó. Điều đó có nghĩa là dung lượng thông tin sẽ được chuyển từ phía kết cuối đường dây và kết cuối mạng tương ứng là R trong một đơn vị thời gian T. Phía kết cuối đường dây có thể truyền đi tất cả các thông tin mà nó chứa trong thời gian T/3 chỉ bằng cách tăng lượng thông tin sẽ được chuyển đi trên một đường dây. Phía kết cuối mạng với khoảng thời gian là 2T/3 truyền thông tin của phía NT (kết cuối mạng) trong thời gian T/3 và thời gian còn lại T/3 được dùng như thời gian trễ truyền dẫn và bảo vệ trên đường dây. Theo đó, trên đường dây thuê bao, thông tin phát/thu vẫn còn tồn tại cùng lúc đối với từng khối và sự truyền dẫn một hướng được tiến hành trên đường dây vào một thời điểm bất kỳ. Điều đó có nghĩa là phía kết cuối đường dây chuyển thành trạng thái nhận khi phía kết cuối mạng đang ở trạng thái phát. Với các đặc điểm nêu trên nên TCM đôi khi còn được gọi là truyền dẫn ở chế độ gián đoạn hay kiểu truyền dẫn qua lại (Ping – Pong).

4. Xu hướng phát triển của công nghệ

Các thuê bao trong mạng thông tin số đa dịch vụ tích hợp băng hẹp (ISDN – Integrated Services Digital Network) được phục vụ với các dữ liệu số với tốc

độ chậm hoặc trung bình như thoại, fax, và thông tin dữ liệu.... Vì các đường dây thuê bao kim loại được số hoá. Bên cạnh những dịch vụ kể trên, các thuê bao còn yêu cầu các dịch vụ có băng tần rộng hơn như truyền hình hội nghị, máy tính hội nghị.....

Truyền dẫn sử dụng truyền dẫn cáp kim loại hiện có chỉ có thể tạo được một lượng thông tin hạn chế ở cấp độ cơ sở 144Kb/s. Nếu dùng phương pháp truyền dẫn 4 dây thì lượng thông tin tối đa tải trên cáp kim loại là 2Mb/s. Mà các dịch vụ hội nghị lại có dung lượng thông tin rất lớn nên đường dây thuê bao trên không thể đáp ứng được. Vì vậy, xu hướng là triển khai mạng B-ISDN (mạng số đa dịch vụ tích hợp băng rộng) và phương tiện truyền dẫn bao gồm cáp quang và cáp đồng trục. Và xu hướng chuyển sang mạng truyền dẫn quang hoá hoàn toàn để đáp ứng nhu cầu thông tin tương lai.

Bài tập chương 1

1. Nêu khái niệm tín hiệu tương tự và tín hiệu số?

Phân tích các ưu điểm và nhược điểm của tín hiệu số?

2. Vẽ sơ đồ tổng quan hệ thống thông tin số.

Phân tích xu hướng phát triển của hệ thống tin số.

3. Nêu khái niệm ISDN.

Cho biết điều kiện triển khai ISDN tại Việt Nam?

Chương 2

TRUYỀN DẪN SỐ CÁC TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ

Có thể biến đổi một tín hiệu tương tự thành dạng tín hiệu số một cách gần đúng. Điều này thực hiện bởi một bộ mã hoá nguồn, nó sẽ xử lý một tín hiệu tương tự nhận được ở đầu vào và cho ra một tín hiệu số ở đầu ra đại diện cho tín hiệu tương tự ở đầu vào. Các tín hiệu tương tự tiêu biểu (các mẫu) được chia đến đầu vào bộ mã hoá, các tín hiệu này có thể là tiếng nói, hình ảnh âm thanh, với một hệ thống số, các tín hiệu tương tự thoạt tiên được biến đổi theo dạng số gồm một dãy các tín hiệu nhị phân 0 và 1. Quá trình biến đổi hoàn toàn một tín hiệu tương tự thành một dãy xung nhị phân được thực hiện nhờ kỹ thuật chuyển đổi từ Analog sang Digital.

Chương này giới thiệu các kỹ thuật sau:

1. Kỹ thuật điều chế xung mã PCM (Pulse – Code – Modulation)
2. Kỹ thuật điều chế xung mã vi sai DPCM và vi sai tự thích nghi.
3. Kỹ thuật điều chế delta.

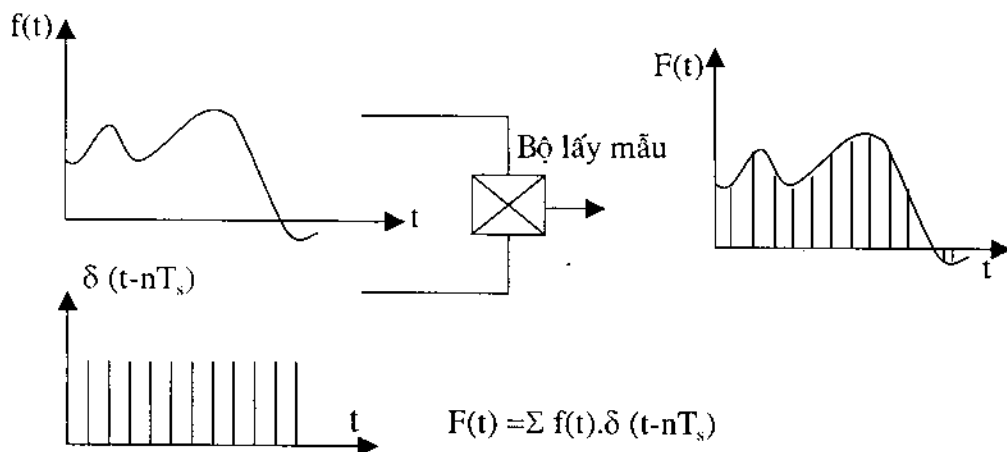
I. ĐIỀU XUNG MÃ PCM

Đây là một kỹ thuật chuyển đổi A/D quan trọng nhất và chiếm ưu thế trên mạng. Kỹ thuật này có ưu điểm lớn và nó được đặc trưng bởi 3 quá trình đó là: lấy mẫu, lượng tử hoá và mã hoá.

1. Lấy mẫu

* *Định nghĩa:* Lấy mẫu là triển khai có chu kỳ tín hiệu tương tự để thu được biên độ có tác động tức thời. Giới hạn của tần số lấy mẫu được xác định theo định lý Nyquist. Đây chính là các mẫu đặc trưng cho tín hiệu tương tự đầu vào.

Sau đây chúng ta sẽ nghiên cứu nguyên lý lấy mẫu một tín hiệu tương tự.



Hình 2.1: Lấy mẫu tín hiệu tương tự

Các trị số lấy mẫu không được vượt quá nửa chu kỳ của tần số cao nhất của tín hiệu hoặc nói một cách khác tần số lấy mẫu không được nhỏ hơn 2 lần tần số cao nhất của tín hiệu được lấy mẫu (tín hiệu đầu vào tương tự). Nghĩa là:

$$T_{s\max} = T_a/2 = 1/2f_a \quad (1)$$

$T_{s\max}$: Chu kỳ lấy mẫu lớn nhất

T_a : Chu kỳ tín hiệu tương tự đầu vào

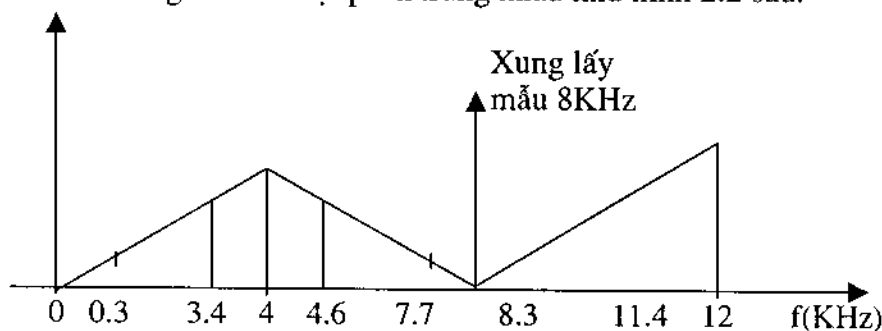
f_a : Tần số tín hiệu tương tự đầu vào

(1) : Có thể tương đương $f_{s\min} = 2f_a$

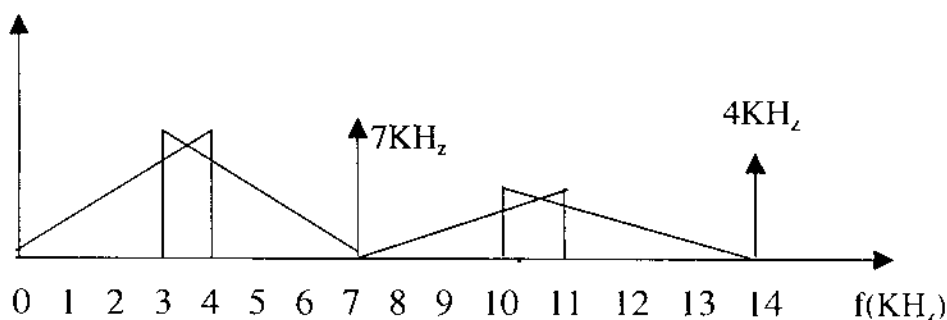
$f_{s\min}$: Tần số lấy mẫu nhỏ nhất.

$T_{s\max}$: Gọi là khoảng cách Nyquist và là khoảng thời gian dài nhất được dùng để lấy mẫu tín hiệu có băng tần hạn chế và chính là để khôi phục tín hiệu nhưng không bị méo.

Méo do chu kỳ lấy mẫu lớn hơn khoảng Nyquist gọi là méo xếp chồng và ngụ ý nói đến các băng bên có một phần trùng nhau như hình 2.2 sau.



a) Các băng bên không chồng nhau



b) Các băng bên trùng nhau
Hình 2.2: Phổ của tín hiệu lấy mẫu

Như chúng ta đã biết, băng tần tiếng nói giới hạn từ 0,3 – 3,4 KHz, kênh âm tần có độ rộng KHz thì tần số lấy mẫu bằng 8.000 xung/s hoặc tần số lấy mẫu bằng ít nhất 2 lần tần số cao nhất của tín hiệu cần lấy mẫu (4 KHz). Do đó, bộ lấy mẫu sẽ lấy mẫu tín hiệu vào tại các thời điểm cách nhau $125\mu s$ rất nhiều (thường lấy khoảng 0,9 đến 1 μs). Quá trình lấy mẫu chính là quá trình điều chế biên độ xung (PAM) và có thể được đặc trưng bởi tích của tín hiệu vào $f(t)$ và xung dirac $\delta(t - nTs)$. Tín hiệu đầu ra bộ lấy mẫu là tổng của các tích tại thời điểm lấy mẫu nTs , trong đó $n = 0; \pm 1; \pm 2 \dots$. Có thể biểu diễn theo phương trình:

$$Y(t) = f(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nTs)$$

$Y(t)$: Tín hiệu đã lấy mẫu

$f(t)$: Tín hiệu cần lấy mẫu.

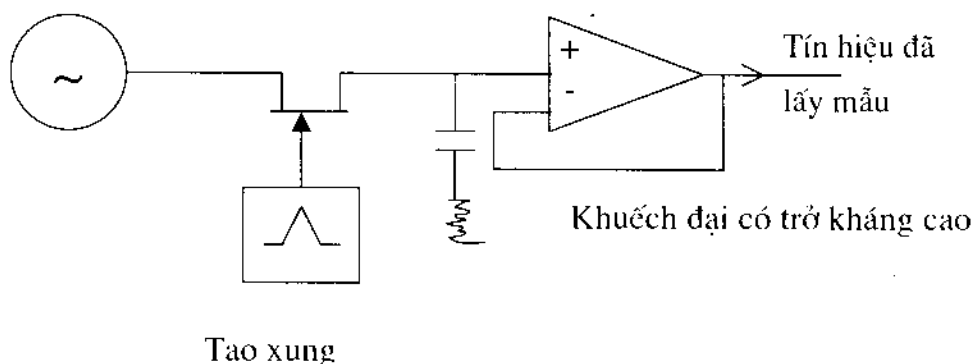
Hình 2.2 là phổ tần của tín hiệu lấy mẫu có dải băng tần trên và băng tần dưới là 4 KHz nằm đối xứng với vạch phổ của xung lấy mẫu (8 KHz) (hình a).

Tần số lấy mẫu 8 KHz được sử dụng trong thực tế vì băng tần tiếng nói chỉ hạn chế đến 3,4 KHz, do đó sẽ tạo một khoảng phòng vệ giữa các băng bên. Khoảng phòng vệ này sẽ tránh được méo tín hiệu do chồng băng gây ra.

Hình b là ví dụ về tín hiệu lấy mẫu bị chồng băng có tần số lấy mẫu không thoả mãn tiêu chuẩn định luật lấy mẫu dẫn tới các băng bên bị chồng nhau gây méo tín hiệu.

Mạch điện thực hiện quá trình lấy mẫu thường là lấy mẫu và duy trì, trong đó gồm 1 Tranzitor hoạt động đóng vai trò như một khoá đóng ngắt theo sự điều

hiệu của xung lấy mẫu. Mức tín hiệu đã lấy mẫu được tích lại trên một tụ điện và được đưa đến bộ khuếch đại đệm có trở kháng cao trước lúc tiếp tục xử lý, sử dụng trở kháng cao để ngăn ngừa tích điện của tụ điện từ các dòng rò trong khoảng thời gian giữa các xung lấy mẫu. Ta xét sơ đồ điện hình của mạch lấy mẫu như sau:



Hình 2.3: Mạch lấy mẫu tín hiệu tương tự

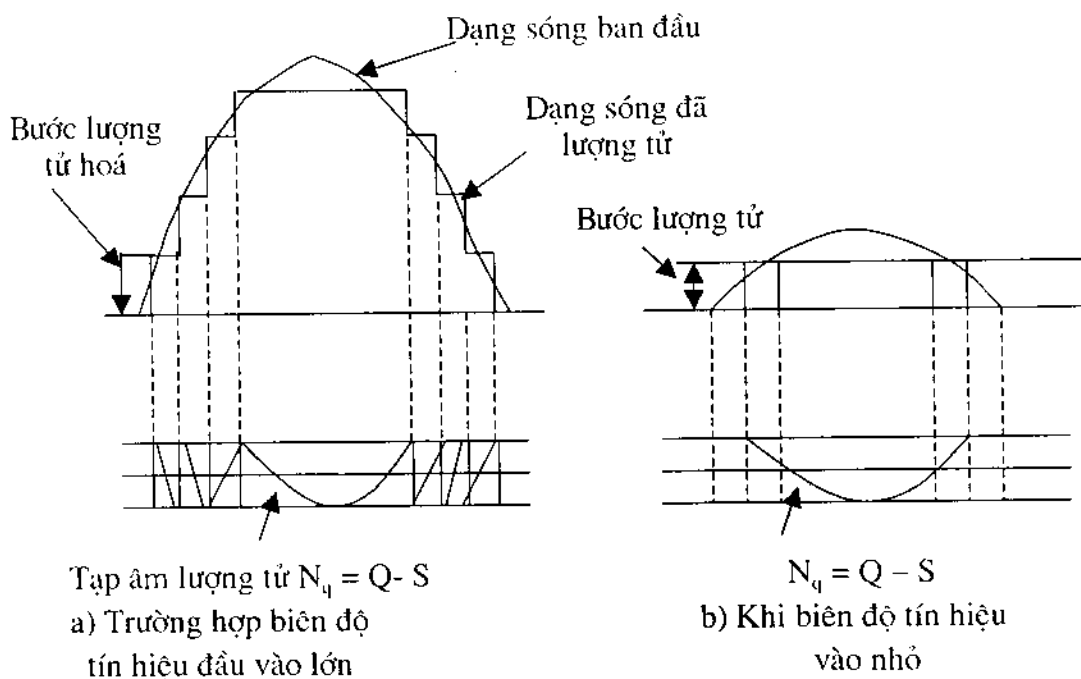
Trái với trường hợp tín hiệu băng tần thấp đã thảo luận trên đây, khi tín hiệu vừa hạn chế trên và dưới thì tần số lấy mẫu tính như sau: Nếu độ rộng băng tần là W , tần số cao nhất là f_s thì tín hiệu tương tự $x(t)$ được đặc trưng bởi các giá trị tức thời $x(nT_s)$, nếu tần số lấy mẫu là $2f_s/p$ trong đó p là số nguyên lớn nhất nhưng không lớn hơn f_s/W .

Khi $f_s/W > 1$ thì tần số lấy mẫu nhỏ nhất xấp xỉ $2W$. Đây là kết quả quan trọng vì từ đó ta thấy rằng nếu tín hiệu tương tự FM có băng tần là 48 KHz thuộc hệ thống ghép kênh theo tần số FDM, tần số cao nhất là 1.052 KHz, vì vậy $f_s/W = 1.052/48 = 21,9$; $\rightarrow$ chọn $p = 21$. Tần số lấy mẫu nhỏ nhất bằng $2f_s/T = 100,2\text{KHz}$ và không phải bằng 2 lần tần số cao nhất (2.104) như trường hợp băng tần thấp nêu trên. Lấy mẫu tín hiệu tương tự còn cho phép các tín hiệu lấy mẫu được ghép tách theo thời gian. Việc lấy mẫu phân tích ở trên là bước đầu tiên thực hiện quá trình điều chế xung mã (PCM). Sau đây chúng ta tiếp tục nghiên cứu quá trình lượng tử hoá tín hiệu tương tự đã lấy mẫu.

2. Lượng tử hoá

* *Khái niệm về lượng tử hoá:* Là quá trình thay thế một tín hiệu tương tự đã lấy mẫu bằng một tập hữu hạn của các mức biên độ, tức là quá trình biến đổi tín hiệu liên tục theo thời gian thành tín hiệu biên độ rời rạc.

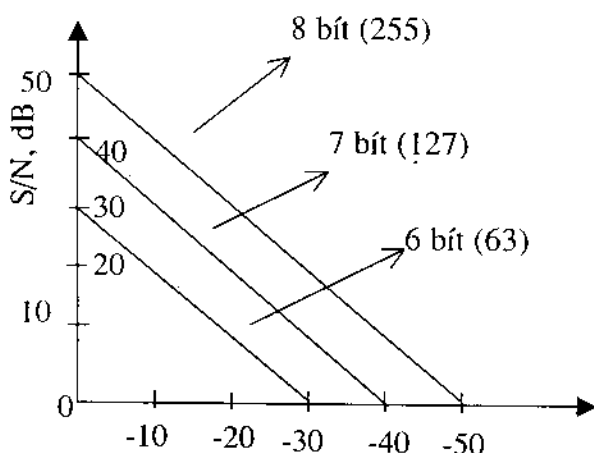
- Tín hiệu lượng tử hoá trước khi truyền dẫn thường đã được lấy mẫu thực hiện lượng tử hoá, sau khi lấy mẫu có ưu điểm là giảm được ảnh hưởng của tạp âm trong hệ thống. Nó còn hạn chế số lượng các mức cho phép của tín hiệu đã lấy và chuẩn bị cho bước chuyển từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số. Nếu sự phân biệt các mức lượng tử lớn hơn với sự rối loạn do tạp âm gây ra thì máy thu dễ dàng xác định được mức riêng đã được phát. Không thể tăng độ phân biệt quá mức nếu muốn nhận được đáp ứng hợp lý của tín hiệu. Tín hiệu đã lấy mẫu với biên độ tương tự chuyển đổi thành tín hiệu số là các tín hiệu rời rạc sau khi đi qua quá trình lượng tử hoá. Khi chỉ thị biên độ của tiếng nói liên tục với số lượng hạn chế nó được đặc trưng với dạng sóng xấp xỉ của bước. Tạp âm lượng tử $N_q = Q - S$ tồn tại giữa dạng sóng ban đầu (S) và dạng sóng đã lượng tử (Q); nếu bước nhỏ tạp âm lượng tử được giảm đi nhưng số lượng bước cần thiết cho lượng tử toàn bộ giải tín hiệu đầu vào trở nên rộng hơn. Vì thế, số lượng các dây số mã hoá tăng lên.



Hình 2.4: Lượng tử hoá tín hiệu

- Tạp âm tạo ra khi biên độ của các tín hiệu đầu vào vượt quá dây lượng tử gọi là tạp âm quá tải hay tạp âm bão hoà. S/N_q là thông số đánh giá những ưu

điểm và nhược điểm của phương pháp PCM. Xem hình 2.5 thấy rõ, khi số lượng các dãy số mã hoá trên mỗi mẫu tăng lên 1 bit, S/N_q sẽ được mở rộng thêm 6dB.



Hình 2.5: Các đặc tính S/N_q theo số lượng bit mã hoá

Lượng tử hoá có hai phương pháp cơ bản đó là lượng tử hoá tuyến tính hay còn gọi là lượng tử hoá đều và lượng tử hoá phi tuyến (lượng tử hoá không đều).

* **Lượng tử hoá đều:** Cho phép các mức lượng tử cách đều nhau. Khoảng cách giữa các mức được xác định từ các mức cực đại và cực tiểu cho phép và số lượng khoảng cách. Khi phục hồi tín hiệu tương tự từ các xung lượng tử ở máy thu sẽ có sự chênh lệch giữa tín hiệu khôi phục và tín hiệu gốc đã phát đi tại điểm bất kỳ. Sự chênh lệch này đã được đề cập ở một phần trước và được gọi là méo lượng tử hoặc sai số lượng tử. Công suất tạp âm giảm 6dB khi thêm vào từ mã 1 bit. Đối với tín hiệu có hàm mật độ xác suất đều thì tỉ số tín hiệu trên tạp âm càng lớn khi số lượng các mức lượng tử càng lớn. Khi mức tín hiệu đầu ra cố định, số lượng tử tăng dần đến giảm méo lượng tử, vì đã trình bày ở trên, sai số lượng tử giữa trị số mẫu thực đầu vào và chỉ số lượng tử chỉ bằng hoặc nhỏ hơn một nửa bước lượng tử.

Nhưng các bước lượng tử xếp đặt sát nhau hơn và tạp âm nhiệt cùng với các loại âm khác ở đầu vào sẽ gây ra chọn nhầm các bước lượng tử.

Cần phải tìm sự dung hoà về mặt kỹ thuật vì nếu mức lượng tử cách xa nhau quá thì việc phục hồi tín hiệu gốc sẽ không thực hiện được do méo lượng tử quá lớn. Ngoài ảnh hưởng méo lượng tử còn xuất hiện ảnh hưởng khác đi thẳng vào kỹ thuật lượng tử hoá đều. Đối với các tín hiệu vào mức rất thấp nằm

giữa mức quyết định tượng trưng và mức bên cạnh phía trên hoặc phía dưới sẽ không làm thay đổi trạng thái số nhị phân vì vậy méo lượng tử đối với các tín hiệu mức thấp có thể không chấp nhận được, trong khi đó với tín hiệu mức cao hoàn toàn có thể chấp nhận được. Nếu khoảng cách giữa các giá trị quyết định của các tín hiệu mức thấp được giảm bớt và tăng lên với các tín hiệu mức cao thì có thể giảm bớt ảnh hưởng của méo lượng tử đối với tín hiệu mức thấp tạo ra hiệu quả chấp nhận được trên giải thông của tín hiệu vào. Có các phương pháp sau để thực hiện ý đồ trên đó là:

- Sử dụng bộ lượng tử đều đặt sau bộ nén.
- Sử dụng bộ lượng tử phi tuyến có bước lượng tử nhỏ đối với tín hiệu vào mức thức.

- Sử dụng bộ lượng tử đều có khoảng cách giữa các bước quyết định giảm nhỏ.

Chúng ta nghiên cứu phương pháp thứ nhất là sử dụng bộ nén trước khi lượng tử hoá đều. Đây thực chất là biện pháp để đạt được chế độ lượng tử hoá phi tuyến hay lượng tử hoá không đều.

* *Lượng tử hoá không đều:* Luật lượng tử Logarit được sử dụng trong nén và giải trong đó biến x đầu vào được chuyển thành biến y theo quan hệ $Y = \log x$ và quan hệ ngược lại được sử dụng khi khôi phục biến đầu vào tại đầu ra của hệ thống nhờ bộ dẫn.

Mỗi quan hệ này cho phép tăng vùng tín hiệu mức thấp và mở rộng bước lượng tử tỷ lệ với mức tăng của tín hiệu vào. Kết quả là nén biên độ tín hiệu thoại làm giảm vi động và tạo ra tỉ số công suất tín hiệu trung bình, tạp âm lượng tử cao hơn so với bộ lượng tử đều đối với tín hiệu vào Gauss. Điều khó khăn phải tính đến trong quá trình dân ra là duy trì một cách chính xác đặc tính nén bù (nó đối xứng với đặc tính bộ nén) do một trong các diode thay đổi và sự phụ thuộc các đặc tính của chúng vào nhiệt độ.

Hai luật nén thông dụng là luật A dùng cho hệ thống châu Âu mà Việt Nam đang sử dụng và luật nén μ dùng cho hệ thống của Bắc Mỹ và Nhật Bản.

- Luật nén A: Luật nén này có phương trình như sau:

$$Y = \begin{cases} Y_{max} \cdot \frac{A(n / x_{max})}{1 + \ln A} & 0 \leq (x/x_{max}) \leq 1/A \\ Y_{max} \cdot \frac{1 + \ln (Ax / x_{max})}{1 + \ln A} & 1/A \leq (x/x_{max}) \leq 1 \end{cases}$$

A thường chọn bằng 87,6

Luật nén μ : Luật nén μ thể hiện như phương trình sau

$$Y = \begin{cases} Y_{\max} \cdot \frac{\ln [\mu (x / x_{\max})]}{1 + \ln A} & 0 \leq x \leq x_{\max} \\ -Y_{\max} \cdot \frac{\ln [(1 - \mu x) / x_{\max}]}{\ln (1 + \mu)} & -x_{\max} \leq x \leq 0 \end{cases}$$

Trong đó $X_{\max}$ là điện áp cực đại của tín hiệu vào, μ là tham số thường chọn bằng 100 hoặc 255.

Y là tín hiệu đầu ra bộ nén đi đến bộ lượng tử đều. Nó có chỉ số cực đại $Y_{\max}$ khi $\mu = 0$ không nén và tín hiệu ra liên hệ trực tiếp với tín hiệu vào.

Cả hai tham số A và μ được xác định nghiêm ngặt với đặc tính nén trị số của chúng càng lớn thì hiệu quả nén càng cao. Việc sử dụng diode để tạo ra đặc tính nén – dẫn này sinh giữa vấn đề phối hợp, giữa đặc tính nén và giãn số nhờ việc gần đúng hoá đặc tính logarit thành lập các đường gãy khúc. Vấn đề này được thảo luận thêm.

3. Mã hoá

Trong các hệ thống PCM thực tế thì bộ lượng tử hoá và mã hoá phối hợp một cách có hiệu quả trong bộ biến đổi A/D (Analog/ Digital).

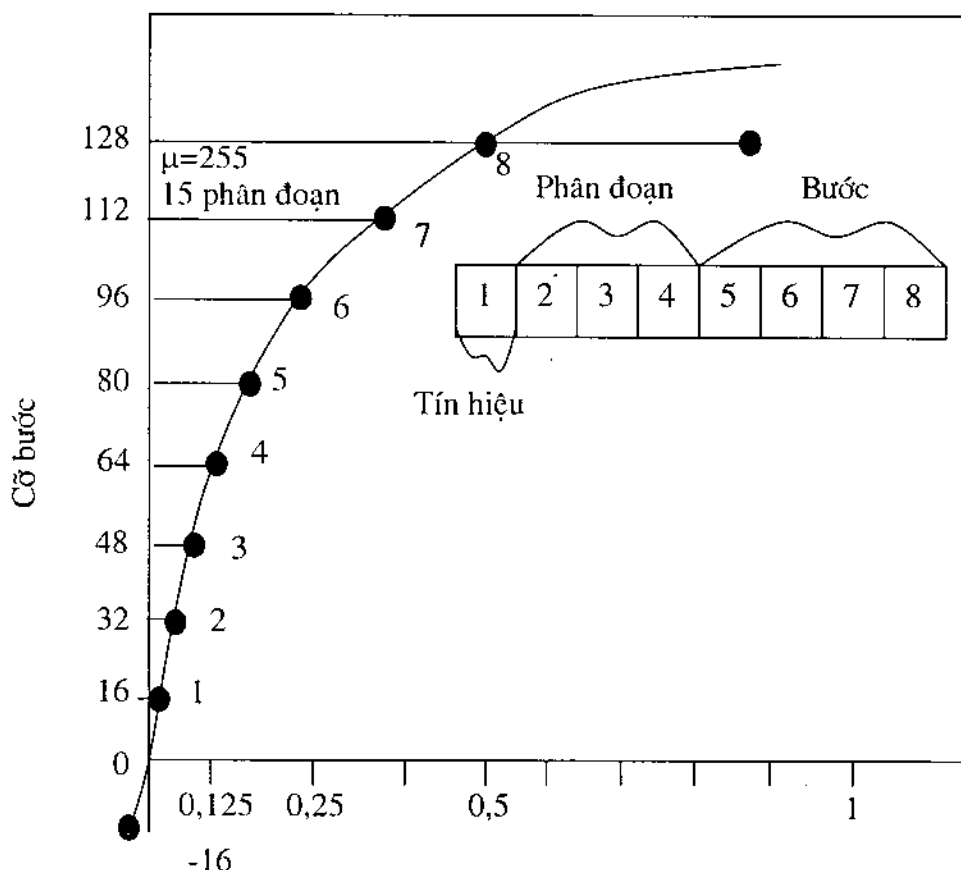
* Chuyển đổi tương tự/số

Mã hoá là một quá trình so các giá trị rời rạc nhận được bởi quá trình lượng tử hoá với các xung mã. Thông thường, các mã nhị phân được sử dụng trong việc mã hoá là các mã nhị phân tự nhiên các mã Gray (mã nhị phân phản xạ) và các mã nhị phân kép. Phần lớn các mã so sánh các tín hiệu vào với điện áp chuẩn để đánh giá xem có các tín hiệu nào không. Như vậy, một bộ chuyển đổi A/D hoặc bộ giải mã là cần thiết cho việc tạo ra một điện áp chuẩn. Trong truyền thông công cộng PCM. Tiếng nói được biểu diễn bởi 8 bit. Tuy nhiên, trong trường hợp luật μ , các từ PCM được lập lên như sau (8 bit).

Bit phân cực = {0,1}

Bit phân đoạn = {000,001.....111}

Bit phân bước = {0000,0001.....1111}



Hình 2.6: Mã hóa tín hiệu PCM

* Mức vào âm thanh (vào/max)

Từ đoạn thứ nhất của tín hiệu + và tín hiệu - là các đường thẳng có 15 phân đoạn. Cực + của dạng sóng tín hiệu tương ứng với bit phân cực 0 và cực - với "1".

Việc báo hiệu được thực hiện sau khi thay đổi "0" của từ PCM sang "1" và "1" sang "0" và vì thế, một số lượng lớn số 1 đã được thu thập xung quanh mức 0 và sự tách rời các tín hiệu thời gian trong khi thu nhận có thể dễ dàng thực hiện. B_8 là bit thứ 8 của PCM đôi khi được dùng như là một bit báo hiệu B_7 (hoặc B_8) chuyển đổi sang 1 khi mọi từ của PCM là 0 liên tục luôn luôn ít hơn 16. Mặt khác, khi sử dụng phương pháp Bắc Mỹ, bit B_2 của mọi kênh được thay đổi thành 0 nhằm chuyển thông tin cảnh báo cho đối phương. Ở Nhật Bản, bit "S" đó là một phần của khung các bit chỉ định được dùng thay thế cho mục đích này. Các từ PCM nhận được chuyển đổi thành các tín hiệu PAM bởi bộ giải mã. Ở phía thu,

các xung tương ứng với mỗi kênh được chọn lọc từ các dãy xung ghép kênh để tạo ra các tín hiệu PAM, rồi chúng được phục hồi nhờ bộ lọc thông thấp.

4. Độ rộng băng tần

Định lý Nyquist về băng tần truyền dẫn cực tiểu chỉ rõ khả năng truyền ra các ký hiệu độc lập trong 1 giây, không có giao thoa giữa các tín hiệu đi qua bộ lọc thông thấp lý tưởng có băng thông $W = r_s/2$, nghĩa là:

Độ rộng băng tần $W \geq (\text{tốc độ truyền các ký hiệu } r_s)/2$.

Trong một hệ thống PCM, tốc độ các ký hiệu bằng số lượng bit trong một từ mã được tạo ra từ xung lượng tử nhân với tần số lấy mẫu f_s .

$r_s = \text{số bit của từ mã} \times \text{tần số lấy mẫu } f_s$.

Ví dụ: Tốc độ truyền ký hiệu PCM trong thoại là:

$$r_s = 8 \text{ bit} \times 8.000 (\text{xung/s}) = 64(\text{kb/s})$$

Vì số bit trong từ mã phụ thuộc vào số lượng tử φ như đã nói ở trên nên ta có:

Số bit nhị phân trong từ mã PCM $= \log_2 \varphi$

Từ các xác lập như trên nên độ rộng băng tần của tần số PCM sử dụng mã nhị phân như sau:

$$W_{\text{PCM}} \geq (f_s/2) \cdot \log_2 \varphi \text{ (KHz)}$$

Trong đó: f_s là tần số lấy mẫu đơn vị KHz

Khi tần số lấy mẫu $f_s = 8\text{KHz}$, hệ thống có 256 mức thì băng tần cực tiểu là 32KHz sử dụng để truyền tín hiệu một kênh thoại. So với các phương pháp tương tự để truyền một phần băng âm thoại bằng 3,1 KHz thì băng tần của kênh bằng 4 KHz, như vậy phương pháp số có băng tần lớn gấp xấp xỉ 10 lần. Để giảm bớt băng tần trước khi truyền trên kênh phải thay các xung nhị phân bằng dãy xung M

$$W \geq (f_s/2) \cdot \frac{\log_2 \varphi}{\log_2 M} = \frac{b(f_s/2)}{\log_2 M} \quad (1)$$

M: Mức xung

b: Số bit của từ mã

Như trên chúng ta đã thảo luận nguyên lý thực hiện điều xung mã PCM đây là kỹ thuật chuyển đổi A/D chiếm nhiều ưu thế và quan trọng đang được sử dụng trên mạng. Kỹ thuật PCM có băng tần là lớn, trong kỹ thuật chuyển đổi A/D, để giảm độ rộng băng tần người ta còn đưa ra phương thức khác nữa mà chúng ta sẽ nghiên cứu sau đây:

II. ĐIỀU XUNG MÃ VI SAI DPCM (DIFFIRENTIAL PULSE CODE MODULATION)

1. Khái niệm DPCM

Từ biểu thức xác định độ rộng băng tần như công thức 1 nêu trên ta thấy độ rộng băng tần sẽ phụ thuộc vào b (số bit của từ mã); tốc độ lấy mẫu, số mức lượng tử. Ta thấy độ rộng W có thể được giảm đi khi số bit mã hoá, tốc độ lấy mẫu giảm, một phương pháp làm giảm độ rộng băng tần đi một nửa đó là giảm số bit b của từ mã đi một nửa. Muốn vậy cần sử dụng kỹ thuật DPCM, trong khi đó chỉ truyền đi độ chênh lệch giữa các mẫu cạnh nhau thường nhỏ hơn biên độ xung lấy mẫu nên đặc trưng cho độ chênh lệch này cần số bit ít hơn. Dạng mã hoá này có thể tạo ra kết quả tốt nếu các xung lấy mẫu có biên độ xấp xỉ với nhau hoặc có độ tương quan cao nhất giữa các mẫu. Đặc biệt điều này xảy ra trong các tín hiệu video trong đó âm nền hoặc các trị số âm thay đổi không rõ rệt hoặc giữa các thời điểm lấy mẫu. Chất lượng thu tín hiệu truyền hình đen trắng ở mức chấp nhận được nhờ sử dụng PCM bình thường có 256 mức lượng tử và các từ mã 8 bit. Khi sử dụng DPCM có cùng chất lượng như PCM bằng cách sử dụng 8 mức lượng tử và từ mã 3 bit. Như vậy, độ rộng băng tần yêu cầu giảm chỉ bằng $3/8$ băng tần của PCM bình thường. Khi các mức lượng tử lớn hơn hoặc bằng 4 thì DPCM có thể nhận được S/N cao hơn khi sử dụng PCM có độ dài bit như nhau. Tuy nhiên, tín hiệu tương tự thay đổi rất nhanh từ mẫu này sang mẫu khác, không có độ tương quan nào và không dự đoán trước một cách chính xác và như vậy không thể thích nghi được với DPCM vì sai số lượng tử lớn. Hình 2.6 là sơ đồ khối máy thu và máy phát của hệ thống DCPM đơn giản.

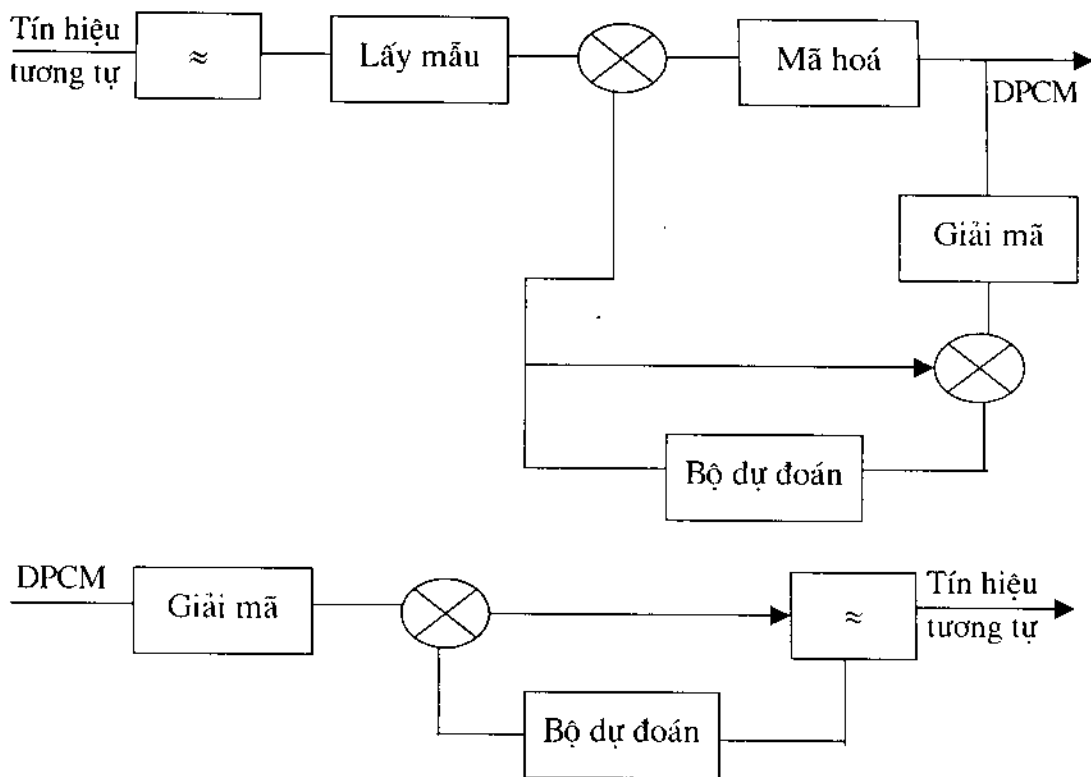
2. Sơ đồ khối máy phát và thu PCM

Sau khi qua bộ lọc thông thấp hạn chế băng tần tín hiệu và bằng một nửa hoặc nhỏ hơn một nửa tần số lấy mẫu f_s , bộ phát lượng tử và mã hoá lượng tử chênh lệch giữa xung lấy mẫu tương tự X_n và tín hiệu dự đoán của mẫu tiếp theo có được nhờ ngoại suy từ p trị số mẫu trước đó.

$$\hat{X}_n = \sum_{i=1}^p a_i \cdot X_{n-i}$$

Trong đó a_i là các hệ số của bộ dự đoán được lựa chọn để cực tiểu hóa sai số giữa trị số lấy mẫu và trị số dự đoán của mẫu tiếp theo. Đầu vào dự đoán có trị số $\hat{X}_n$ đặc trưng có mẫu tín hiệu x_n được biến đổi nhờ quá trình lượng tử. Độ chênh lệch giữa xung lấy mẫu và tín hiệu đầu ra, dự đoán đã lượng tử là sai số e_n được xác định như sau:

$$e_n = x_n - \hat{X}_n$$

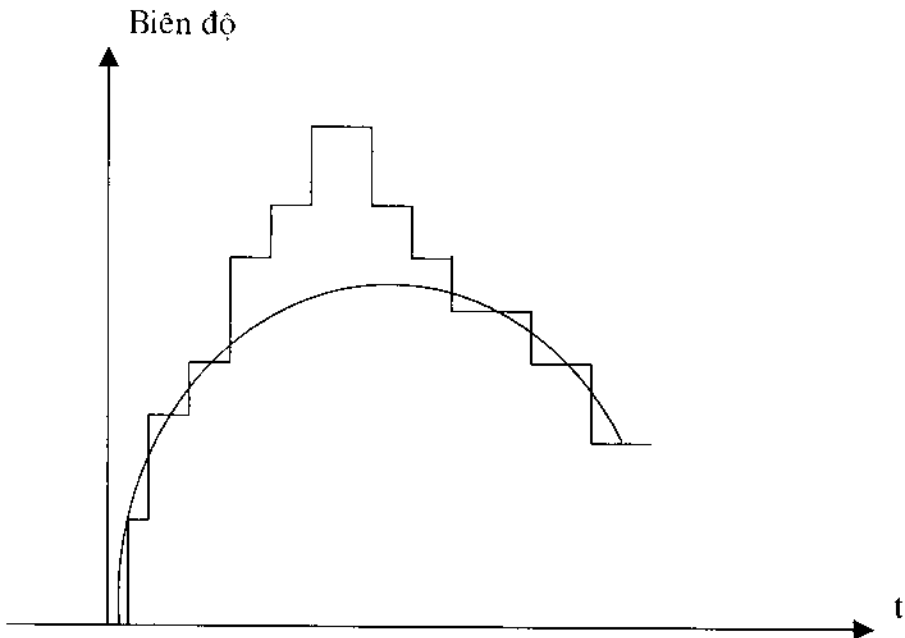


Hình 2.7: Sơ đồ của máy phát và máy thu DPCM

Đầu ra bộ lượng tử hoá là trị số lượng tử của sai số này. Nó được mã hoá thành từ mã nhị phân và được truyền đi. Nếu tín hiệu sai số lượng tử dự báo $\tilde{e}_n$ không nối đến đầu vào máy phát mà thực sự chỉ nói độ chênh lệch giữa hai mẫu thực thì một sự sai lệch bất kỳ của từ mã tạo thành để truyền dẫn sẽ không chỉ tạo ra lỗi giữa các mẫu xuất hiện ở đầu ra máy thu mà còn mở rộng đến toàn bộ tín hiệu được khôi phục lại. Sở dĩ như vậy là vì máy thu giải mã độ chênh lệch của tín hiệu đã gửi đi, tích phân lại và cộng nó với tín hiệu đã được khôi phục trước. Như vậy, một lỗi có thể cộng suốt cả quá trình phục hồi cấu trúc. Sự chênh lệch giữa xung lấy mẫu và xung dự đoán tiếp theo được mã hoá nên sai số chỉ xuất hiện khi dự đoán sai. Máy thu có bộ tích phân được thay thế bằng mạch dự đoán thì ở máy phát mạch này được lặp lại trong mạch phục hồi tiếp và vì thế dự đoán ở cả máy thu và máy phát như nhau. Việc sử dụng vòng hồi tiếp giúp cho bộ lượng tử hạn chế được độ chênh lệch giữa sai số e_n và sai số đã được lượng tử $\tilde{e}_n$ bằng sai số lượng tử e_q có nghĩa là:

$$e_q = \tilde{e}_n - e_n = \bar{x}_n - x_n$$

Như đã phân tích trên, trong DPCM lượng tử tín hiệu vào cũng như trong PCM nhưng xảy ra không dài hơn vì độ chênh lệch được lượng tử hoá. Nếu có sự quá tải xảy ra, trong PCM được đặc trưng bởi các lỗi và chúng cũng xảy ra trong DPCM, nhưng không phải quá tải biên độ mà là quá tải sườn. Quá tải sườn xảy ra trong trường hợp đường bậc thang không theo kịp tốc độ thay đổi của tín hiệu đầu vào như minh họa ở hình 2.8.



Hình 2.8: Quá tải sườn

Kết quả là làm bậc thang $X(t)$ chậm trễ so với việc thay đổi nhanh chóng của tín hiệu vào $x(t)$. Trái lại, tạp âm hạt xuất hiện khi sự thay đổi của tín hiệu vào là quá nhỏ so với kích thước bậc nhỏ nhất của bộ lượng tử.

Loại sai số nữa trong DPCM xảy ra khi mã hoá hình ảnh. Nó xảy ra khi mã hoá vùng tương phản thấp, khi đó đầu ra bộ lượng tử xuất hiện một dạng ngẫu nhiên lấy các trị số chênh lệch nhỏ từ đường này tới đường kia hoặc từ khung này tới khung kia. Sai số này được gọi là vùng bị chiếm. Các sai số do DPCM tạo ra khác với sai số do PVM tạo ra và có thể gây nên can tạp âm. Bởi các sai số này không thích hợp với hệ thống PCM nên không có mặt trong sai số trung bình bình phương xác định với tạp âm trong PCM.

III. ĐIỀU XUNG MÃ VI SAI TỰ THÍCH NGHI ADPCM

1. Khái niệm ADPCM

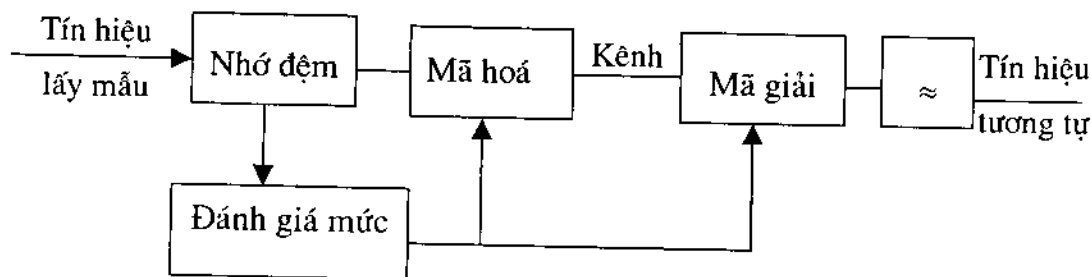
(ADPCM – Adaptive Difirential Pulse Code Modulation)

Như phân tích ở phần PCM, tốc độ bit của tín hiệu PCM được xác định là $r_s = b.f_s$ tức bằng số bit trong một từ mã nhân tốc độ lấy mẫu và bằng 8.8KHz = 64 KHz hay 64 Kb/s. Nếu số lượng bit của từ mã giảm còn một nửa (4 bit) như trong DPCM thì tốc độ bit giảm chỉ còn 32Kb/s. Có xu hướng tiêu chuẩn hoá tốc độ 32Kb/s đối với tín hiệu tiếng nói nhờ sử dụng ADPCM. Các bộ mã hoá trong PCM và DPCM được tính toán trên cơ sở tín hiệu vào dừng và được mô hình hoá đối với nguồn tín hiệu tựa dừng. Nếu bộ lượng tử đều PCM được sử dụng thì tín hiệu trung bình của tập âm lượng tử bằng 0. Phương pháp để thay đổi bước lượng tử Δ là phương thức hoạt động của bộ lượng tử tự thích nghi. Bộ lượng tử hoá tự thích nghi thay đổi bước lượng tử của nó phù hợp với phương sai của các xung lấy mẫu tín hiệu đi qua. Việc truyền các hệ số được dự đoán đến máy thu sẽ làm tăng số bit truyền và tốc độ bit, bộ dự đoán thu tính các hệ số riêng của mình.

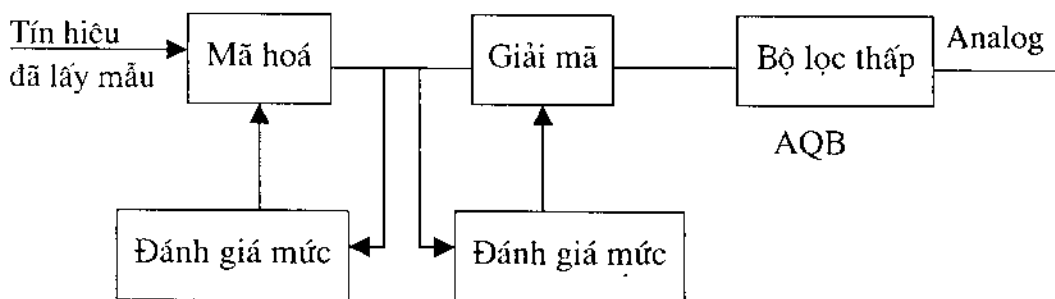
2. Phân loại hệ thống ADPCM

Có hai hệ thống tự thích nghi. Thứ nhất là hệ thống DPCM có lượng tử tự thích nghi (thường gọi tắt là DPCM - AQB). Loại thứ hai, kết hợp cả bộ lượng tử hoá tự, thích nghi và bộ dự đoán thích nghi, loại này gọi là DPCM - APB - AQB.

Đánh giá thuận và ngược trong lượng tử tự thích nghi AQF, AQB. Hình 2.9 là sơ đồ lượng tử tự thích nghi, đánh giá thuận và ngược mức tín hiệu vào. Các đánh giá thuận cỡ bước và không có tác dụng nối tập âm với lượng tử và các đánh giá trong AQF là đáng tin cậy hơn so với trong AQB. Các điểm cần chú ý đến sẽ được đề cập sau.



a) Đánh giá thuận



b) Đánh giá ngược mức tín hiệu vào

Hình 2.9: Lượng tử hoá tự thích nghi.

3. Nguyên lý ADPCM

Thông tin mức tín hiệu được truyền đến bộ mã hoá ở xa khi sử dụng 5 – 6 bit cho một xung lấy mẫu trên cỡ bước. Cho phép bảo vệ thông tin cỡ bước ở phía phát bằng cách thêm bit dư. Độ trễ đánh giá được tạo ra trong bước mã hoá.

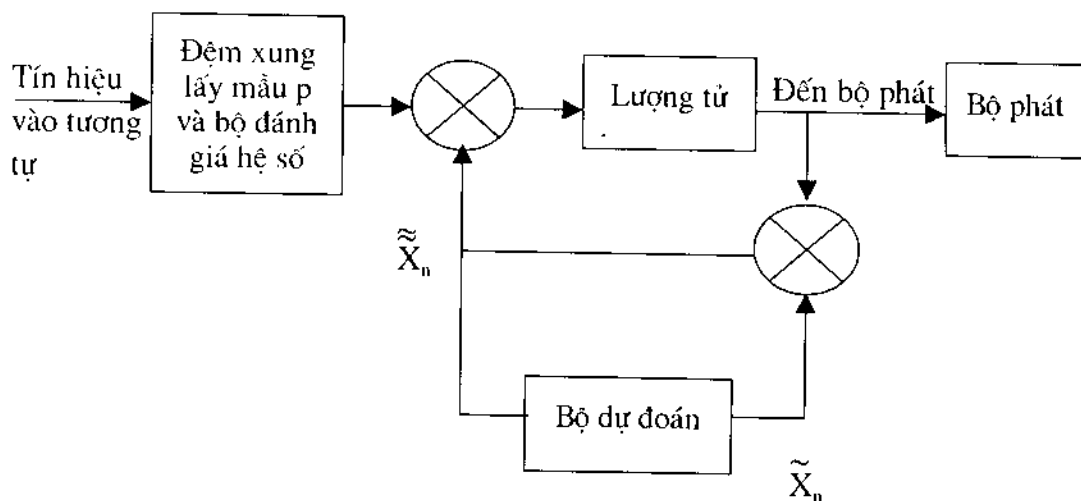
Yêu cầu chèn các mẫu vào “không lượng tử hoá” tự thích nghi phối hợp tự thích nghi định kỳ; nghĩa là cỡ bước Δ của nó đổi mới mỗi lần mỗi khối và giữ không đổi trong suốt thời gian một khối của N mẫu đánh giá dựa trên cơ sở các mẫu không lượng tử.

AQB: thông tin về cỡ bước Δ của bộ lượng tử hóa. Không có trễ của đánh giá. Tập âm lượng tử làm giảm đặc tính theo dõi mức và giảm đặc tính hơn nữa do tăng cỡ của bước. Đây là hệ thống phi tuyến có hồi tiếp và có thể có vấn đề ổn định và không phối hợp.

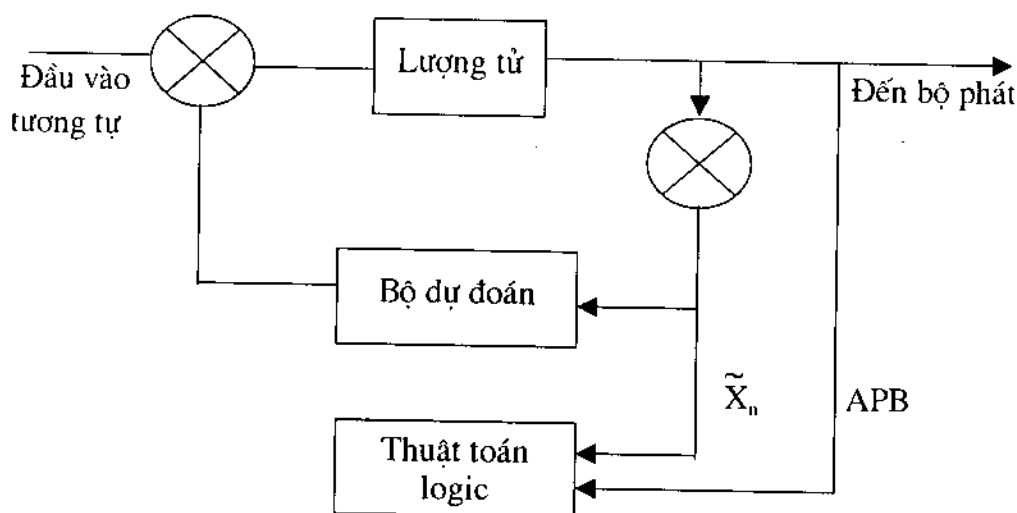
Các hệ thống AQF đòi hỏi các khối đệm đất tiền có cấu trúc phức tạp và cũng gây ra trễ, các hệ thống DPCM ít phức tạp thường dùng các mạch AQB nên có lợi ở chỗ không cần các bit ngoài để cung cấp thông tin về cỡ bước. Hoạt động của các bộ mã hoá DPCM – AQB tại tần số 32Kb/s được chấp nhận truyền tiếng nói. Kết quả là không tốt như hệ thống PCM 7 bit sử dụng phương pháp lượng tử hoá Lôgarit mà chỉ so sánh với hệ thống PCM 6 bit lượng tử hoá Lôgarit. Nếu yêu cầu có một hệ thống DPCM 32Kb/s chất lượng cao thì bộ dự toán thích nghi (APB) phải đưa vào trong thiết kế.

Đánh giá thuận và đánh giá ngược các hệ số của bộ dự đoán tự thích nghi. Hình 2.10 là sơ đồ khối của dự đoán tự thích nghi thuận APF và dự đoán tự thích nghi APB các hệ số của bộ dự đoán tự thích nghi. Các bộ mã hoá DPCM

sử dụng dự đoán tự thích nghi phức tạp hơn so với các bộ lượng tử hoá tự thích nghi nhưng hiệu quả bit cao hơn. Các bộ mã hoá này có chất lượng tiếng nói tốt tại tốc độ 32Kb/s. Khi xử lý hình ảnh có thể dùng các bộ mã hoá giữa các khung có tốc độ bit thấp. Dự đoán tự thích nghi thuận APF.



a) Dự đoán tự thích nghi thuận



b) Bộ dự đoán thích nghi ngược

Hình 2.10: Sơ đồ khối DPCM

- Như chỉ ra trong hình 2.10(a) các trị số đầu vào p đã được xử lý dùng để xác định một tập hợp các hệ số của bộ dự đoán. Những điểm cần chú ý của bộ dự đoán thích nghi loại này là:

- + Có thể xảy ra một lượng trễ mã hoá đáng kể.
- + Đối với tín hiệu tiếng nói, các hệ số cần để tính toán khoảng 10.
- + Đối với thoại số lượng mẫu duy trì tại bất kỳ thời điểm nào để tính các hệ số khoảng 128.

+ Thông tin về độ dốc bổ sung sử dụng để tính các hệ số của bộ dự đoán ở máy thu làm tăng dung lượng kênh.

+ Yêu cầu đệm số liệu.

- Kỹ thuật thích nghi với mạng chuyển mạch gói:

Dự đoán tự thích nghi ngược APB. Sơ đồ khối tổng quát như hình 2.10(b). Các điểm cần chú ý là:

+ Khi thu được một số bậc tiên đoán APB so sánh với APF mà không cần lựa chọn thông tin bên cạnh.

+ APB phụ thuộc vào hiệu quả lượng tử hoá tại tốc độ bit thấp, tại đó APF không phong phụ thuộc.

+ Ứng dụng của AQB trong các thiết kế.

+ Số lượng các hệ số dự đoán gần bằng 6.

Tiêu chuẩn ITT – T đối với ADPCM có chất lượng tại 32Kb/s

Muốn xây dựng mạch dự đoán thích nghi phải có một Algorit cho phép thực hiện về mặt vật lý của một ý đồ toán học. Có 2 loại Algorit sử dụng theo tiêu chuẩn của ITU – T cho ADPCM có chất lượng tạo 32Kb/s. Các Algorit này là AQB và APB và hệ thống DPCM – DPB – AQB có chất lượng tại 31 Kb/s, hoặc đơn giản như ADPCM tại 32Kb/s. Hoạt động của hệ thống này phụ thuộc rất nhiều vào tín hiệu. Đối với tiếng nói, tỷ số tín hiệu/ tạp âm S/N khoảng 25-30dB.

IV. ĐIỀU CHẾ DELTA (DM)

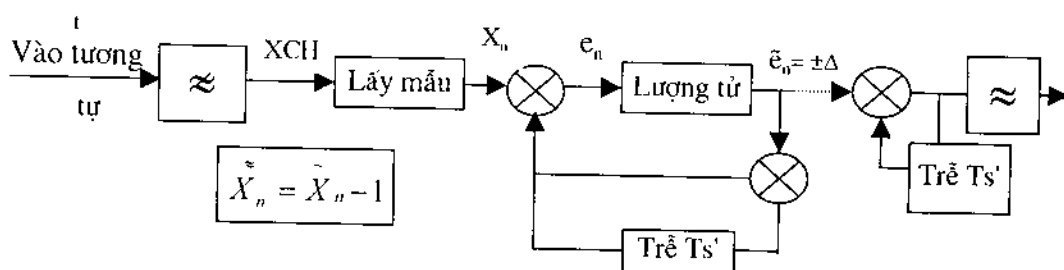
1. Khái niệm DM (Delta Modulation)

Điều chế Delta là một loại điều xung mã vi sai (DPCM) trong đó mỗi từ mã chỉ có một bit nhị phân. Ưu điểm của điều chế delta so với các loại điều chế của các hệ thống DCM khác là mạch đơn giản và dễ dàng chế tạo các CODEC bằng các mạch tích hợp chip đơn. Điều chế delta là phương pháp

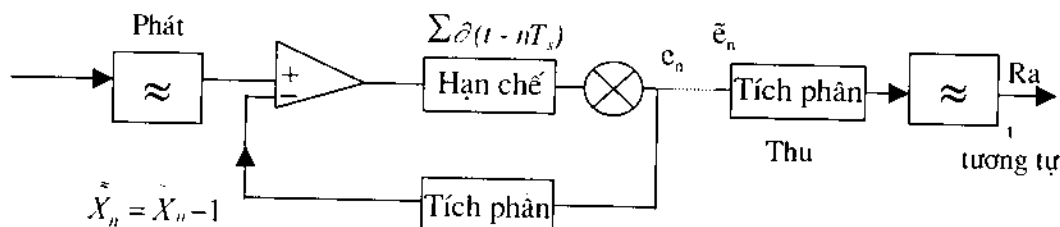
mã hoá đơn giản nhất hiện có. Vì từ mã chỉ có 1 bit nên tần số lấy mẫu và tần số bit như nhau. Tuy nhiên, để phối hợp các hệ thống từ mã bit cao thông thường phải tăng dần tần số lấy mẫu một cách đáng kể. Hình 2.11 là sơ đồ khối của một hệ thống điều chế delta và hình 2.8 là dạng sóng đặc trưng của loại điều chế này.

2. Nguyên lý DM

Trong máy phát sóng tương tự hạn chế số băng tần $x(t)$ được lấy mẫu để tạo ra tín hiệu PAM x_n , tín hiệu này đem so sánh với trị số dự đoán $\hat{X}_n$, độ chênh lệch giữa chúng e_n được lượng tử thành một trong hai trị số biên độ $+\Delta$ hay $-\Delta$. Đầu ra bộ lượng tử là bộ mã hoá sử dụng một bit nhị phân cho một xung lấy mẫu, sau đó chuyển đến máy thu. Tại máy thu các bit được lấy mẫu và mỗi biên độ xung lấy mẫu $\tilde{e}_n$ là $\pm\Delta$, sau đó được cộng vào giá trị dự đoán tức thời ở đầu ra máy thu. Tín hiệu này được hạn chế băng để khôi phục lại hình dạng sóng giống như dạng sóng tương tự ở đầu vào máy phát điều chế delta.



(a) Mô hình thời gian rời rạc



(b). Thiết bị thực tế

Hình 2.11: Hệ thống điều chế delta

Hàm bậc thang của máy phát $\hat{X}_n$ là dạng sóng xuất hiện tại đầu vào âm của bộ khuếch đại vi sai. Mạch trễ Ts' như đã biết là bộ dự đoán bậc nhất, bộ tích lũy hoặc bộ tích phân. Trong Hình 2.11(b) là sơ đồ thiết bị thực tế, trong đó mạch trễ phản hồi được thay bằng bộ tích phân đơn giản, đầu vào của nó là dãy xung kéo dài trong khoảng thời gian Ts' và nhờ $\bar{e}_n$ nên có biên độ $\pm\Delta$. Hình 2.8 chỉ rõ dạng sóng tương tự đầu vào (không lấy mẫu) $x(t)$. Sóng này so sánh với sóng bậc thang x_n . Tín hiệu chênh lệch e_n được lượng tử hoá thành 2 mức $\pm\Delta$ phụ thuộc vào dấu của sự chênh lệch và đầu ra của bộ lượng tử hoá hoặc bộ hạn chế hai trạng thái. Tín hiệu chênh lệch đã lượng tử hóa $\bar{e}_n$ sau đó được lấy mẫu để tạo ra các xung có biên độ $\pm\Delta$.

Hàm bậc thang $\hat{X}_n(t)$ xấp xỉ được tạo ra bằng cách cho các xung đi qua bộ tích phân, nó cộng hoặc trừ một bước có biên độ Δ với mức lượng tử được tạo ra nhờ tích phân xung lấy mẫu trước: những vấn đề này có thể xảy ra trong máy phát. Những vấn đề này là quá tải sườn, tạp âm hạt hoặc tìm kiếm. Vì tần số lấy mẫu trong hệ thống điều chế delta cao hơn nhiều so với tần số lấy mẫu PCM theo định lý Nyquist, nên tạp âm hạt phát sinh do sự tìm kiếm hoặc hành trình chạy không quanh tín hiệu $x(t)$ biên độ không đổi dễ dàng giảm bớt nhờ bộ lọc thấp đầu thu. Tuy nhiên, quá tải sườn là một vấn đề không dễ dàng khắc phục. Xem hình 2.11(a) khi $x(t)$ đang thay đổi, $\hat{X}_n(t)$ đi theo dạng bậc thang miễn là các mẫu liên tiếp của $x_n(t)$ không khác bởi lượng lớn hơn cỡ bước Δ . Đây không phải là trường hợp mà $\hat{X}_n(t)$ không thể sinh ra.

Như đã trình bày trên đây, loại quá tải nào không xác định theo biên độ của tín hiệu vào mà xác định theo độ dốc hoặc tốc độ thay đổi của biên độ tín hiệu vào theo thời gian. Như trên ta đã biết, tốc độ bit trong hệ thống PCM bằng số lượng bit trong từ mã nhân với tần số lấy mẫu. Vì số lượng bit trong một từ mã của điều chế delta là một nên tốc độ bit bằng tần số lấy mẫu:

Tốc độ bit của điều chế delta $rd =$ tần số lấy mẫu f_s . Từ phương trình này cho thấy, muốn nhận được tốc độ bit thấp hợp lý thì phải giảm tần số lấy mẫu. Tuy nhiên, khi giảm tần số lấy mẫu sẽ làm tăng tạp âm hạt. Tạp âm này tách được nhờ bộ lọc thấp có tần số cắt $f_s/2$. Bộ lọc loại này trở nên càng ít hiệu quả hơn khi tần số lấy mẫu giảm. Tuy nhiên, giảm tần số lấy mẫu cho phép bộ điều chế theo kịp sự biến đổi của độ dốc tín hiệu vào dễ dàng hơn.

Cần phải cực tiểu hoá hai loại méo có yêu cầu trái ngược nhau về sự lựa chọn ở bước Δ . Biện pháp dung hoà để lựa chọn trị số Δ là lấy giá trị cực tiểu của tổng giá trị số trung bình phương của hai loại méo này.

Giả thiết tần số hình sin cao nhất xuất hiện trong tín hiệu hạn chế bằng f_m . Chúng ta có thể xác định được tần số lấy mẫu cao nhất f_s trước khi xảy ra méo do quá tải. Nếu tần số cao nhất trong băng tần bằng f_m thì sóng hình sin đặc trưng cho tần số này là:

$$x(t) = X \cdot \sin(2\pi f_m t)$$

hoặc độ dốc $\frac{dx(t)}{dt} = 2\pi f_m \cdot X \cdot \cos(2\pi f_m t)$

Phương trình này có một trị số cực tiểu $2\pi \cdot f_m \cdot X$. Để tránh quá tải sườn phải thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{-\Delta}{T_s} \geq 2\pi f_m \cdot X$$

Như vậy, điều kiện để ngăn ngừa quá tải sườn là tần số lấy mẫu $f'_s = \frac{1}{T'_s}$ phải thỏa mãn điều kiện sau đây: $f_m \cdot X_s \geq 2\pi \cdot f_m \cdot \frac{X}{\Delta}$

Từ đó rút ra điều kiện phạm vi động $\frac{X}{\Delta} : \frac{X}{\Delta} < \left(\frac{1}{2\pi} \right) \cdot \frac{f'_s}{f_m}$

Trong đó:

X : Biên độ đỉnh của tín hiệu vào có tần số f_m (KHz), tính bằng vol.

Δ : Lô yêu cầu của bước, tính bằng vol.

f'_s : Tần số lấy mẫu, KHz.

f_m : Tần số của tín hiệu đầu vào điều chế, KHz.

Ví dụ: Công suất của tín hiệu tiếng nói tập trung trong vùng tần số thấp, nghĩa là xung quanh 400Hz. Chú ý phạm vi động có liên quan đến các tần số thấp hơn và bằng phạm vi động của hệ thống điều chế delta với phạm vi động của hệ thống PCM lượng tử đến 8bit, xác định tỉ số tần số lấy mẫu và tần số điều chế cực đại của hệ thống điều chế delta DM. So sánh nó với hệ thống PCM.

- Tần số cực đại $f_{\max}$ của tín hiệu tiếng nói tại đó công suất tín hiệu này tập trung nhiều nhất là 3.400Hz. Năng lượng của tín hiệu tập chung quanh 400Hz,

$$f_m = \frac{f_{\max}}{8,5} \text{ ta có: } \left(\frac{f'_s}{f_{\max}} \right) = 2\pi \cdot 256 \cdot \frac{1}{8,5} = 190$$

So sánh với hệ thống PCM:

$$\left(\frac{f_s}{f_{\max}} \right)_{PCM} = 2$$

Như vậy, hệ thống điều chế delta đòi hỏi tỷ số tần số lấy mẫu cao để đạt được phạm vi động như hệ thống PCM.

Để khắc phục vấn đề tần số lấy mẫu so với tần số cực đại của tín hiệu là quá cao phải chuyển đổi tín hiệu điều chế delta (từ mã chỉ gồm 1 bit) thành tín hiệu PCM (mã N bit). Đối với tiếng nói, chọn tần số lấy mẫu f_s bằng 8KHz, và tần số lấy mẫu của điều chế delta f'_s được chọn để đảm bảo tỷ số tín hiệu/ tạp âm lượng tử theo yêu cầu. Tần số f'_s càng cao thì chất lượng của tín hiệu tiếng nói sau khi khôi phục càng tốt. Theo tiêu chuẩn số 32 của ITU – T. Với hệ thống châu Âu thì $\frac{f'_s}{f_s} = 200$. Như vậy, đối với hệ thống 32 kênh tốc độ lấy

mẫu là 50 Mb/s. Vấn đề quá tải sườn trong các hệ thống điều chế delta được giảm bớt nhờ bộ lọc tín hiệu để hạn chế tốc độ biến đổi cực đại có thể xảy ra, hoặc nhờ tăng cỡ bước hoặc giảm tần số lấy mẫu. Tuy nhiên, lọc và tăng cỡ bước chỉ giúp cho giảm độ phân giải, tăng tần số lấy mẫu dẫn đến phải mở rộng thêm băng tần và đối với tín hiệu hạn chế băng tần làm giảm cỡ bước và vì vậy giảm tạp âm hạt.

Ngoài các vấn đề này, bộ tích phân ở đầu thu gây ra tích lũy sai số nếu hệ thống bị can tạp âm. Vấn đề này có thể giảm nhỏ bằng cách cải tiến điều chế delta thành điều chế Sigma – delta. Sau đây chúng ta sẽ nghiên cứu phương pháp này:

Tín hiệu tiếng nói không có tương quan cao giữa các mẫu liên tiếp. Nhược điểm này được phản ánh trực tiếp trong các trị số tương ứng của tạp âm lượng tử khi điều chế delta. Sử dụng điều chế delta để mã hoá tiếng nói cũng như việc duy trì bất kỳ mức DC nào hoặc duy trì dung lượng VLF, đầu vào bộ điều chế được tích phân trước lúc mã hoá DM. Trong hình 2.11(b) bộ tích phân có thể được đặt sau bộ lọc lấy thấp tại đầu vào dương của bộ khuếch đại vi sai. Điều này cho phép các thành phần tần số thấp của tín hiệu được tăng cường trước nên tăng tương quan xung lấy mẫu cạnh nhau.

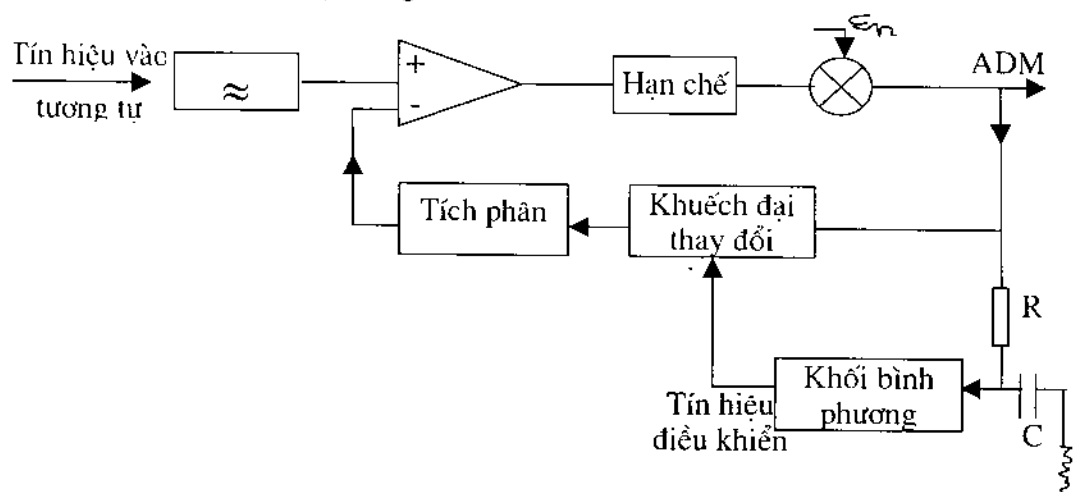
Đầu thu tín hiệu được phân giải bằng vi phân, kết quả là bộ giải mã chỉ là bộ lọc thông thấp đơn giản. Để làm đơn giản phần cứng, bộ tích phân, trong hình 2.11b có thể thay bằng mạch đơn giản và chuyển đến đầu ra của bộ khuếch đại vi phân. Điều này cũng loại trừ được yêu cầu bộ tích phân mắc ở đầu vào dương của bộ khuếch đại.

V. ĐIỀU CHẾ DELTA TỰ THÍCH NGHI (ADM)

1. Khái niệm ADM

Quá tải sườn là một vấn đề cần khắc phục trong kỹ thuật điều chế delta. Giải pháp cho vấn đề này là xác định điều kiện quá tải và tăng tính thích nghi của cỡ bước. Hệ thống có cỡ bước phụ thuộc vào tín hiệu thoại là hệ thống điều chế delta tự thích nghi ADM (Adaptive Delta Modulation).

Tên gọi đầy đủ của ADM là điều chế delta có độ dốc thay đổi liên tục (CVSDM), phương thức điều chế delta tự thích nghi ADM cải thiện được đặc tính yếu kém của bộ điều chế delta cơ sở nhờ thay đổi động hệ số khuếch đại của bộ tích phân phù hợp với mức công suất trung bình của tín hiệu vào. Sau đây là sơ đồ khối của hệ thống điều chế ADM:



Hình 2.12: Hệ thống điều chế delta tự thích nghi

Cỡ bước thay đổi nhờ điều kiện hệ số khuếch đại của bộ tích phân thông qua mạch lọc thông thấp RC và khối bình phương. Khi tín hiệu vào là hằng số hoặc thay đổi chậm theo thời gian thì bộ điều chế delta sẽ tìm kiếm và đưa ra một dãy xung có loại cực tính xen kẽ. Mạch RC lấy trung bình dãy xung này và đưa ra trị trung bình bằng 0 (về mặt lý thuyết). Điều này có nghĩa là tín hiệu điều khiển làm hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại thay đổi rất ít. Đầu ra bộ khuếch đại có bước Δ kích thước nhỏ. Khi tín hiệu vào có sườn dốc thì hàm bậc thang được tạo ra để theo kịp độ dốc của tín hiệu vào. Lúc đó, sẽ tạo ra một loạt toàn xung dương hoặc toàn xung âm, mạch RC lấy trung bình loạt xung này và đưa ra điện áp điều khiển lớn. Như vậy, cỡ của bước tăng lên nhờ mạch

bình phương nên điện áp điều khiển bộ khuếch đại luôn luôn dương, bất luận cực tính của xung như thế nào.

2. Ưu điểm của ADM

Bộ điều chế delta tự thích nghi có khả năng giảm méo do quá tải sườn và tạp âm hạt. Bộ giải điều chế có mạch điều khiển hệ số khuếch đại tự thích nghi giống như trong bộ điều chế.

VI. SO SÁNH GIỮA CÁC HỆ THỐNG KHÁC NHAU

1. Tính tạp âm nhiệt cho hệ thống PCM và DM

1.1. Tạp âm lượng tử cho hệ thống DM

Chúng ta chỉ xem xét trường hợp không có quá tải sườn xung. Sai số lượng tử e_n là mức chênh lệch giữa tín hiệu vào $x(t)$ và tín hiệu bậc thang $\hat{X}_n(t)$. Nghĩa là:

$$\left| x(t) - \hat{x}_n(t) \right| = e_n \leq \Delta$$

Đầu ra bộ giải điều chế là tổng của tín hiệu khôi phục giả thiết bằng tín hiệu vào $x(t)$ cộng sai số truyền dẫn $n_0(t)$ cộng tạp âm lượng tử $n_q(t)$ tức là: đầu ra bộ giải điều chế:

$$y(t) = x(t) + n_0(t) + n_q(t) \quad (1)$$

Trong đó: $n_q(t)$ là đáp ứng đầu ra bộ lọc thấp giải điều chế đối với sai số lượng tử $e_n(t)$. Giả thiết $pdf = \frac{1}{2\Delta}$ vì vậy, sai số trung bình bình phương hoặc tổng công suất tạp âm lượng tử trung bình bằng:

$$E[e_n(t)^2] = \frac{1}{2\Delta} \int_{-\Delta}^{+\Delta} e_n(t)^2 de_n(t) = \frac{\Delta^2}{3} \quad (2)$$

Như vậy, công suất đầu ra bộ lọc giải điều chế có công thức:

$$N_q = E[n_q(t)^2] = \frac{\Delta^2}{3} \left(\frac{f_m}{f_s} \right) \quad (3)$$

Trong đó, f_s là tần số lấy mẫu và f_m là tần số của một bộ lọc thông thấp thẳng đứng và bằng tần số hình sin ở đầu vào.

Từ phương trình đã tính toán:

$$f_m r_s \geq 2\pi \cdot f_m \cdot \frac{X}{\Delta}$$

Thấy rằng, muốn tránh quá tải sườn thì biên độ đỉnh cực đại của tần số cao nhất là X và được xác định như sau:

$$X \leq \left(\frac{1}{2\pi} \right) \cdot \left(\frac{f'_s}{f_m} \right) \cdot \Delta \quad (4)$$

Như vậy, công suất trung bình của tín hiệu này là $\frac{X^2}{2}$, tỷ số tín hiệu/méo lượng tử được xác định từ phương trình (3) và (4):

$$\left(\frac{S}{N_q} \right) = \left(\frac{3}{8\pi^2} \right) \cdot \left(\frac{f'_s}{f_m} \right)^3 = 30 \log \left(\frac{f'_s}{f_m} \right) - 14,2 \text{ dB} \quad (4')$$

$\frac{S}{N_q}$ của hệ thống điều chế delta không tốt bằng hệ thống PCM trong đó độ rộng băng tần số của hai hệ thống giả thiết bằng nhau.

1.2. Tính tạp âm nhiệt cho hệ thống PCM và DM

1.2.1. Tạp âm kênh PCM

Khi tạp âm trắng đến đầu vào của mạch giải mã thu sẽ gây ra sai số trong mạch tách, mạch này xác định trạng thái logic 1 hoặc 0 đã được phát đi. Tạp âm nhiệt được đặc trưng bởi phân bố Gauss. Đây là hàm được sử dụng để mô tả hệ thống vô tuyến vì có đặc trưng đầy đủ của tạp âm nhiệt sinh ra do chuyển động ngẫu nhiên của các điện tử. Nó được đặc trưng bởi phương trình:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta^2} \exp \left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2} \right] \quad \text{với } -\infty < x < +\infty$$

Trong đó μ là giá trị trung bình và δ là phương sai của biến ngẫu nhiên liên tục $f(x)$. Để rõ về μ và δ các bạn tham khảo thêm tài liệu về lý thuyết xác suất và thống kê toán.

δ^2 là phương sai và có thể bằng công suất trung bình $N_0(t)$ của một mẫu tạp âm $n_0(t)$. Nếu trong đó độ dài của một bit điện áp tín hiệu vào của bộ lượng tử trung bình 2.1 đạt mức $-x$ thì tại thời điểm lấy mẫu biên độ của xung lấy mẫu là $-x(t_s)$, trong khi đó biên độ của tạp âm là $n_0(T_s)$. Nếu $n_0(T_s)$ dương và lớn hơn $x(T_s)$ thì tổng điện áp lấy mẫu $X_0(T_s)$ sẽ dương.

Điện áp mẫu dương này sẽ gây ra một lỗi vì bộ giải mã thu phạm phải lỗi nếu bit thông tin có cực ngược lại.

Các hệ thống PCM hoạt động có xác suất lỗi dư nhỏ nên giả thiết rằng chỉ có lỗi bit đơn xảy ra trong từ mã. Giả thiết từ mã có b bit nhị phân, với số nhị phân nhỏ nhất tương ứng với mức âm nhất và số nhị phân cao nhất tương ứng với điện áp dương nhất của bộ lượng tử đều. Một lỗi xảy ra trong bit quan trọng nhất của từ mã tương ứng với sai số Δ hoặc mức lượng tử riêng biệt. Bit quan trọng thứ 2 tương ứng với 2Δ . Điều này tiếp tục cho đến trạng thái cao nhất của một sai số nhân với Δ .

Nếu P_e là xác suất lỗi của 1 bit, vậy độ tách biệt trung bình giữa các lỗi là $1/P_e$. Vì trong một từ mã có b bit nên độ tách biệt trung bình giữa các từ mã có lỗi là $1/b.P_e$ và vì vậy các từ mã được phân biệt theo thời gian bởi khoảng lấy mẫu (chu kỳ lấy mẫu Thông tin), thời gian trung bình giữa các kỳ của từ mã T_w xác định như sau:

$$T_w = \text{Thông tin}/(b.P_e)$$

Mật độ phổ công suất của dãy xung lỗi do tạp âm nhiệt cho bởi phương trình sau:

$$T_w = \text{Thông tin}/(b.P_e)$$

1.2.2. Tạp âm kênh DM

Đối với tạp âm kênh PCM, bộ kích phân trong mạch thu hồi đôi khi gây ra lỗi khi xác định cực tính của tín hiệu phát do sự xuất hiện xung tạp âm phải có trị số gấp đôi và ngược với bit tin mới gây méo. Hệ thống này bao gồm bộ lọc lấy băng có tần số cắt trên băng f_m và tần số cắt dưới f . Nếu sử dụng bộ lọc thấp hoàn thiện thì công suất tạp âm bằng vô cùng tại $f_1 \rightarrow 0$, do đó mật độ phổ tạp trung quanh gốc tọa độ. Khi ứng dụng cho băng tần tiếng nói thì không có vấn đề gì, vì băng tần tiếng nói nằm trong khoảng $300 \div 3400\text{Hz}$ và bộ lọc băng sử dụng có hiệu quả.

Điểm quan trọng cần nhấn mạnh ở đây là công suất tạp âm nhiệt đầu ra hệ thống điều chế delta phụ thuộc vào tần số cắt bên dưới của hệ lọc thu, tần số cắt cao nên tốt hơn trong các hệ thống PCM và DM.

1.3. Tính toán tỷ số S/N ở đầu ra hệ thống PCM và DM

Để xác định hệ số tín hiệu/tạp âm A/N cần phải tìm công suất tín hiệu đầu ra $E[x_0(t)^2]$ cùng với công suất tạp âm tổng. Công suất của tạp âm tổng sẽ là tổng của công suất tạp âm lượng tử N_q hoặc $E[n_q(t)^2]$ và công suất tạp âm kênh N_0 hoặc $E[x_0(t)_2]$ tức là:

$$S/N_0 = \frac{E[x_0(t)]^2}{E(n_0(t)^2 + E[n_q(t)^2]^2} = \frac{E[x_0(t)^2]}{N_q + n_0} \quad (6)$$

1.3.1. Tỷ số tín hiệu (tạp âm S/N) đầu ra hệ thống PCM

Như đã phân tích ở trên, công suất tín hiệu S ở đầu ra bộ lượng tử đều được xác định là:

$$S = (\varphi^2 - 1) \cdot \Delta^2 / 12$$

Mặt khác, chúng ta cũng xác định được công suất tạp âm lượng tử ($E(e^2q)$) ở đầu ra bộ lượng tử $\Delta^2/12$. Cả hai phương trình này đã được thay đổi khi cho qua bộ lọc thấp lý tưởng có tần số cắt bằng hai tần số lấy mẫu. Vì vậy:

$$E[x_0(t)^2] = S/T_s^2 = (\varphi^2 - 1)(\Delta^2/12) (1/T_s^2)$$

$$E[n_q(t)^2] = E[e_q(t)^2] / T_s^2 = (\Delta^2/12) (1/T_s^2)$$

$$E[n_0(t)^2] = \frac{\varphi^2 \cdot \Delta \cdot Pe}{3T_s^2}$$

Do đó:

$$(S/N)_0 = \frac{\varphi^2 - 1}{1 + 4\varphi^2 \cdot Pe} = \frac{2^{2b} - 1}{1 + 4Pe \cdot 2^{2b}}$$

Trong đó $\varphi = 2b$ = số mức lượng tử trong bộ lượng tử đều

1.3.2. Số bit nhị phân trong từ mã PCM

- Tỷ số tín hiệu/ tạp âm (S/N) đầu ra hệ thống DM

Từ phương trình 3, 4 và phương trình 6 ta xác định được tỷ số tín hiệu trên tạp âm như sau:

$$(S/N)_0 = \frac{(3f_s^3 \cdot f_1)}{8\pi^2 \cdot f_1 \cdot f_m^3 + 48Pe \cdot f_s^2 \cdot f_m^2} \quad (6')$$

Trong đó, f_1, f_m : Tần số cắt dưới và trên của bộ lọc thu (Hz)

f_m : Tần số lấy mẫu của kỹ thuật điều chế delta (khác f_s là tần số lấy mẫu trong hệ thống PCM).

Pe: Là xác suất lỗi bit thiết lập từ phương pháp truyền số liệu qua kênh.

Chú ý rằng, tần số lấy mẫu f_s không nhất thiết có trị số như nhau cho PCM và điều chế delta. Và thường là khác nhau; $f_s > f_m$.

Ta sẽ xét một số ví dụ cụ thể để xác định $(S/N)_0$ trong DM và PCM.

Thí dụ 1:

Xác suất lỗi Pe của hệ thống M trạng thái PSK (M PSK) – (Điều chế khoá dịch tần số M mức sẽ nghiên cứu ở chương tiếp sau) được xác định gần đúng là:

$P_e = \exp [S/N) \sin 180/M]$. Giả thiết ở đây $M = 8$ tức điều chế 8 PSK và có tỷ số sóng mang/tạp âm (C/N) tại đầu vào máy thu trung bình bằng 20dB, giá trị trung bình $(S/N)_0$ ở đầu ra kênh thoại bằng bao nhiêu nếu sử dụng hệ thống PCM 8 bit?

Giải:

Khi $C/N = 20\text{dB}$ thì hệ số $C/N = 100$, vì vậy P_e của hệ thống 8PSK bằng 4.10^{-7} . Hệ thống PCM 8 bit có $b = 8$ và từ phương trình tính $(S/N)_0$ của hệ thống PCM ta tính được $(S/N)_{\text{pcm}} = 47,7\text{dB}$. Kết quả đáng chú ý của ví dụ này là ở chỗ khi P_e nhỏ thì $S/N = 6b \text{ dB}$

Thí dụ 2:

Nếu $(S/N_q)_0$ của hệ thống điều chế delta kênh âm tần bằng 18dB và (S/N_q) bằng 22dB, khi tần số lấy mẫu bằng 80KHz thì P_e bằng bao nhiêu?

Giải:

Từ phương trình tính $(S/N)_0$ của hệ thống điều chế delta và từ phương trình (4') tìm được (S/N_q) . Do đó:

$$\left(\frac{S}{N_q} \right)_{dB} - \left(\frac{S}{N_0} \right)_{dB} = 10 \log \frac{1 + 6P_e f_s^2}{\pi \cdot f_r f_m} \text{ dB}$$

Đối với kênh tần $f_1 = 300\text{Hz}$; $f_m = 3400\text{Hz}$; $f_s = 80.000\text{Hz}$, vậy $P_e = 4.10^{-4}$.

2. So sánh PCM và tương tự

Từ các nghiên cứu ở trên ta sẽ tiến hành thống kê ưu điểm và nhược điểm của hệ thống điều chế xung mã với hệ thống tương tự. PCM hiện nay đang có nhiều ưu điểm và được sử dụng rộng rãi trong thông tin viễn thông, tuy nhiên nó cũng không phải là vĩnh cửu theo thời gian bởi sự phát triển của công nghệ. Song sự ra đời của PCM so với kỹ thuật tương tự trước đây là một thành công đáng kể.

2.1. Ưu điểm của PCM

Vì PCM là kỹ thuật chuyển đổi A/D (Analog/Digital – tương tự/số) một tín hiệu tương tự đầu vào chẳng hạn như thoại, sẽ được chuyển hoá thành một từ mã nhị phân chứa các bit logic 0 và 1 nên việc khôi phục hoặc tái tạo bit tín có trạng thái thấp hoặc cao vẫn là vấn đề không khó. Khả năng tái tạo tín hiệu gốc hoàn hảo hoặc thực hiện tách và ghép theo thời gian các tín hiệu thành phần là ưu điểm của các hệ thống có nhiều trạm lặp. Điều này đã tránh được tích lũy tạp âm dọc theo hệ thống điện thoại cự ly dài và các hệ thống như vậy trở nên hấp dẫn. Trong mô hình lượng tử đều, biên độ của tạp âm khi tái tạo hoàn hảo nhỏ hơn một nửa hiệu giữa các mức lượng tử, điều

này ta đã phân tích ở phần trên. Các trạm lặp sử dụng kỹ thuật tương tự chẳng hạn như ghép kênh theo tần số (FDM – Frequency Devision Multiplex) có thể cộng thêm tạp âm vào hệ thống, nếu tín hiệu cao tần RF (Radio Frequency) chuyển xuống âm tần.

Hệ thống PCM thiết kế để truyền tín hiệu tương tự có thể đáp ứng cho các tín hiệu số liệu. Điều này tạo ra việc sử dụng hệ thống một cách linh hoạt, đặc biệt trong lập kế hoạch các nhu cầu chưa biết trong tương lai.

Trong các hệ thống truyền dẫn bằng gốc PCM kỹ thuật mã hoá có thể được sử dụng để giảm bớt ảnh hưởng của tạp âm và đảm bảo an toàn.

PCM tạo ra phương tiện lưu giữ tín hiệu thoại hoặc thông tin số liệu để phục vụ việc truyền dẫn theo thời gian ảo hoặc cho các mạch xử lý khác.

Khi tỷ số tín hiệu/tạp âm đầu vào thấp thì tỷ số tín hiệu/tạp âm đầu ra của các hệ thống PCM tốt hơn so với các hệ thống tương tự.

Khi cho trước tỷ số độ rộng băng tần truyền dẫn - độ rộng băng tần tín hiệu (tỷ số nén hoặc dẫn độ rộng băng tần) với P_e nhỏ hơn 10^{-4} thì PCM vượt mọi dạng điều xung khác. Đây là một nhân tố quan trọng đứng trên góc độ tách ghép kênh theo thời gian.

Khi băng tần truyền dẫn tăng thì phải giảm công suất thu. Sự thay đổi này của băng tần truyền dẫn theo công suất dễ dàng thực hiện trong các hệ thống PCM. Nhưng cần chú ý rằng công suất tín hiệu không thể tăng vô hạn định mà chỉ tới một ngưỡng, ngưỡng này không cải thiện được tỷ số tín hiệu/tạp âm đầu ra và giảm một ít băng tần.

2.2. Nhược điểm của PCM

- Mạch điện của hệ thống PCM phức tạp hơn so với các hệ thống sử dụng kỹ thuật điều chế khác, nhưng không thay đổi khi số lượng kênh tăng. Như vậy, tính phức tạp này phù hợp khi yêu cầu số kênh lớn, bởi vì ở các dạng điều chế khác, tính phức tạp tăng khi số lượng kênh tăng.

- Hệ thống PCM có nhược điểm riêng là dễ gây trễ và trượt tín hiệu.

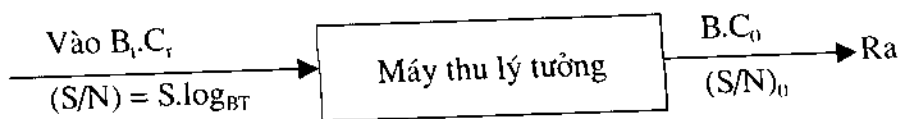
- Độ rộng băng tần lớn hơn các hệ thống tương tự.

Quan sát hình 2.13, tín hiệu đầu vào máy thu lý tưởng có băng tần B_1 và tỷ số tín hiệu/tạp âm (S/N), dung lượng kênh đầu vào theo phương trình:

$$C_r = B \log_2 [1 + (s/N)]$$

Tại đầu ra máy thu có băng tần B và tỷ số tín hiệu/tạp âm $(S/N)_0$, dung lượng thông tin theo lý thuyết bằng:

$$C_0 = B \log_2 [1 + (S/N)_0]$$



Hình 2.13: Máy thu hệ thống truyền dẫn lý tưởng

Công suất tạp âm đầu vào máy thu bằng mật độ phổ đầu vào η (W/Hz) nhân với băng tần B_r . Vì vậy ở đầu ra máy thu công suất tạp âm bằng mật độ phổ công suất đơn biên η nhân với băng tần đơn biên của máy thu B , nghĩa là công suất tạp âm đầu ra máy thu lý tưởng $= n_0 = \eta \cdot B$.

Ta xác định được: $\gamma = \frac{S_i}{\eta \cdot B}$

Trong đó β là tỷ số nén hoặc giãn băng tần $= B_s/B$.

Bảng 1: Một số loại hệ thống thông tin và tạp âm nhiệt hoặc tỉ số tín hiệu

Hệ thống	$(S/N)_0$	Tỷ số giãn băng tần B
Lý tưởng	$(\gamma / \beta)^B$	β
AM	$\gamma / 3$	2
SSB	γ	1
DSB	γ	2
FM băng rộng	$38\beta^2 / 8$	$2(\Delta f_r / f_m + 1)$
DCM	$M^{2\beta}$	$\log_m Q$
DPM	$\gamma \beta^{2/16}$	>1

Hai tham số này dùng để so sánh loại hệ thống truyền dẫn khác nhau, nếu mỗi hệ thống đã xác định được tỷ số $(S/N)_0$, ảnh hưởng của tạp âm nhiệt hoặc tạp âm cộng của kênh không đưa vào trong tính toán $(S/N)_0$ của hệ thống này, vì tỷ số này dùng để so sánh các đặc tính hoạt động riêng của các hệ thống thông tin khác. Như bảng 1 đã thống kê một số loại hệ thống thông tin khác nhau và tạp âm nhiệt hoặc tỷ số tín hiệu – tạp âm giao thoa từ bên ngoài liên quan đến tỷ số giãn băng tần β và tỷ số công suất tín hiệu đầu vào – công suất

tạp âm đầu ra γ của hệ thống. Các số liệu trong bảng 1 được sử dụng để tính $(S/N)_0$ của tất cả các hệ thống trừ trường hợp PCM.

Đối với các hệ thống PCM, trị số γ cần thiết để tạo ra $(S/N)_0$ bằng 50dB được tính từ ngưỡng của PCM. Trong các ưu điểm của PCM đã nêu trên, trong đó ưu điểm thứ 6 đã nói rõ khi P_e nhỏ hơn 10^{-4} thì PCM vượt tất cả các dạng điều xung khác. Lấy P_e nhỏ hơn 10^{-4} như là ngưỡng của PCM và sử dụng phương trình đối với hệ thống PCM bằng gốc H mức được xác định như sau:

$$P_e = \frac{2(M-1)}{MF \left[\frac{3\gamma}{(M^2-1)\log_m Q} \right]^2} \quad (6'')$$

Trong đó M: số mức lượng tử hoá

$F(\dots)$ là hàm phân bố xác suất tích lũy Gauss cho bởi phương trình:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z \exp(-z^2/2) dz$$

$\exp$: hàm e mũ

Khi $P_e < 10^{-4}$:

$$F \left(\frac{3\gamma}{(m^2-1)\log_m Q} \right)^2 < \left(\frac{M \cdot 10^{-4}}{2(M-1)} \right)$$

Nếu Z_1^2 được xác định từ $F(Z_1) < m \cdot 10^{-4}/2(m-1)$ thì $Z_1^2 = \frac{3\gamma}{(m^2-1)\log_m Q}$

Vì vậy: $\gamma \geq [(m^2-1)\log_m Q] \frac{Z_1^2}{3}$

Bảng 2 sẽ thống kê các trị số của Z_1 , γ , và β , khi trị số M khác nhau, có $P_e < 10^{-4}$ và $(S/N)_0 = 50\text{dB}$.

Bảng 2: γ và β khi các trị số khác nhau của hệ thống PCM m mức:

$M > F(z) \cdot 10^{-4} Z_1$			Z_1^2	$(m^2-1)[\log_m Q]^3$	γ	gdB	$b = \log_m Q$
2	1	3,7	13,69	8,3038	113,67	50,56	8,3048
4	0,666	3,82	14,7595	20,7595	302,93	24,89	4,1519
8	0,5714	3,86	14,8996	58,1265	866,06	29,38	2,7679
16	0,533	3,875	15,0156	176,4553	2649,6	34,23	2,0759
64	0,5079	3,89	15,134	4349,837	4348,387	48,18	1,3840

Tóm lại, hệ thống PCM xét về các phương diện truyền thống là có thể hơn hẳn và quan trọng so với kỹ thuật tương tự trước đây. Vì vậy, việc nắm rõ nguyên lý của nó đã được chúng ta phân tích kỹ. Với PCM và các kỹ thuật điều chế khác như điều chế delta hoặc điều chế xung mã vì sai DPCM thì chúng có các đặc điểm ưu thế gì, sau đây ta sẽ xem xét hệ thống PCM và DM dựa trên nguyên lý của chúng như đã trình bày ở phần trên.

3. So sánh PCM và DM

3.1. Các tiêu chí so sánh

Để so sánh hệ thống PCM và DM ta lấy trường hợp độ rộng băng tần của hai hệ thống là như nhau. Điều này được sử dụng để xác định rõ độ rộng xung của mỗi hệ thống. Đối với hệ thống PCM trong một chu kỳ lấy mẫu T_s có một từ mã b bit. Có nghĩa là mỗi bit chiếm một quãng thời gian bằng T_s/b . Tần số lấy mẫu bằng $f_s = 1/T_s$ thông tin, tần số cắt phía trên củ bộ lọc thông thấp là 340Hz, $f_m = 2f_s$ nên độ rộng mỗi bit bằng:

$$T_{PCM} = 1/2 f_m \cdot b; \quad T_{DM} = 1/f'_s \quad (7)$$

Trong đó f'_s là tần số lấy mẫu của điều chế delta, T_{DM} là khoảng thời gian mà mỗi xung điều chế delta (DM) chiếm, phương trình (7) có thể được viết dưới dạng khác là: $f_s/f'_m = 2b$ (8).

Thay tỷ số này vào phương trình (6') xác định được tỷ số tín hiệu/Tạp âm đầu ra hệ thống DM:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{ODM} = \frac{3b^3}{\pi^2 + 24b^2 \cdot Pe(f_m / f_1)} \quad (9)$$

Phương trình (9) có thể so sánh với phương trình (6) xác định tỷ số tín hiệu/tạp âm đầu ra hệ thống PCM:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{OPCM} = \frac{2^{2h}}{1 + Pe \cdot 2^{2h+2}} \quad (9') \text{ Khi } 2^{2h} \geq 1$$

Mỗi hệ thống có thể truyền trực tiếp bằng gốc hoặc sử dụng các kỹ thuật điều chế số ví như sử dụng PSK có thể xác định Pe nhờ phương trình (6''), trong đó $m = 2$ khi truyền mã nhị phân. Vì thế, Pe trong cả hai trường phương trình (9) và (9') được xác định:

$$Pe = F \left[(8/b)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Trong đó F là hàm mật độ xác suất tích lũy Gauss như đã phân tích ở trên.

Khi mức tín hiệu thu tăng lên thì γ lớn hơn và Pe sẽ nhỏ hơn. Vì thế khi Pe rất bé hoặc các trị số của mức tín hiệu vào nằm trên ngưỡng của mỗi hệ thống thì phương trình (9) và (9') được rút gọn như sau:

$$(S/N)_{ADM} = 3b^3 / \pi^2 \text{ và } (S/N)_{OPCM} = 2^{2b}$$

Như vậy thì:

$$\frac{(S/N)_{ADM}}{(S/N)_{OPCM}} = 5,2 + 6b - 30 \log b \quad (\text{dB}) \quad (11).$$

Phương trình này chỉ rõ ưu điểm của hệ thống PCM ở chỗ số tín hiệu/tạp âm $(S/N)_{OPCM}$ của hệ thống vượt tỷ số $(S/N)_{OPCM}$ tính bằng dB khi cả hai hệ thống có mức tín hiệu thu cao hơn mức ngưỡng.

Ngưỡng có thể xác định được dựa theo các tính toán.

Hoạt động của hệ điều chế delta có thể được cải thiện khi sử dụng điều chế delta tự thích nghi (ADM) tốc độ bit PCM là 64Kb/s. Muốn làm được chất lượng như nhau thì tần số lấy mẫu, cũng chính là tốc độ bit của DM phải bằng 100Kb/s. Tuy nhiên, việc sử dụng ADM có tốc độ 32Kb/s sẽ đưa đến kết quả PCM 8 bit. Những ưu điểm này làm DM đang được quan tâm và DM có thể dễ dàng cấu trúc theo dạng mạch tích hợp đơn giản.

3.2. Điều chế PCM và DM

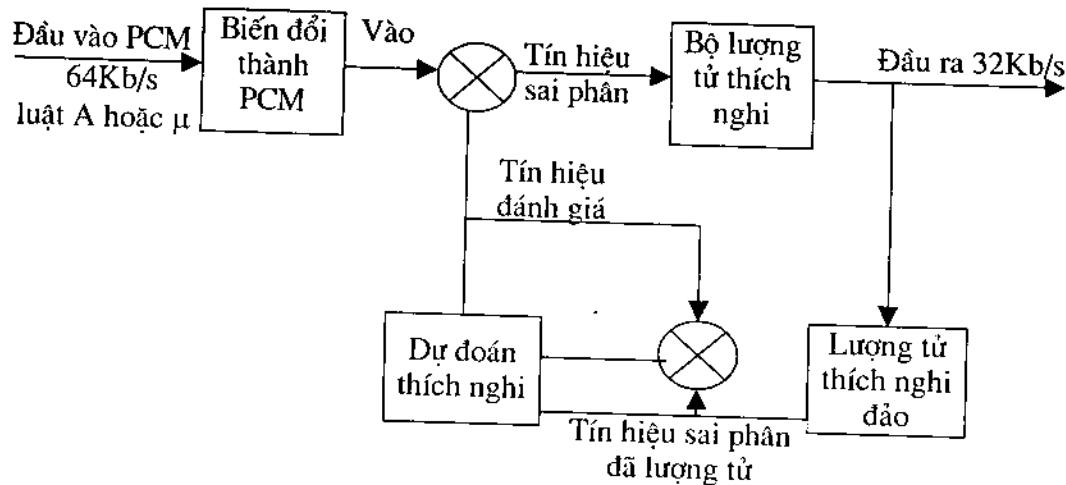
Kỹ thuật điều chế delta như đã đề cập ở trên mang thông tin không phải về mẫu của tín hiệu mà về sự khác nhau của các mẫu liên tiếp, trong PCM thông tin của mỗi mẫu đã được lượng tử hóa truyền đi bằng một từ mã gồm n xung, còn DM thì thông tin về sự khác nhau giữa các mẫu liên tiếp được truyền đi bằng 1 xung. Vì thế, ta có thể nghĩ rằng, sẽ có sai số lượng tử lớn trong điều chế delta. May mắn thay điều đó không đúng vì trong kỹ thuật này đã có một tỷ số bù trừ, đó là tốc độ lấy mẫu lớn hơn khoảng 4 lần so với PCM. Một kiểu biến đổi của DM gồm k xung thay cho 1 xung để truyền đi sự khác nhau giữa các mẫu liên tiếp, đây chính là kỹ thuật DPCM. Người ta chứng minh rằng với tín hiệu thoại DPCM có chất lượng tốt hơn cả PCM lẫn DM nhưng quá trình lượng tử hoá làm DPCM lại rất phức tạp. Sự đơn giản của kỹ thuật điều chế delta là ưu điểm nổi trội. Phương thức DPCM đã được sử dụng trong thông tin

điện thoại hình (Picture phone) vẫn giữ nguyên độ rộng giải. Tốc độ xung đòi hỏi chỉ 6,312Mb/s, trong khi đó tốc độ xung thị tần TV dùng PCM phải cỡ 92Mb/s.

Có thể khẳng định rằng với đa số tín hiệu trong thực tế DM có rất nhiều ưu điểm, vì tín hiệu DM là tín hiệu số nên có mọi ưu điểm của hệ số ví dụ như dùng máy phát lập và các ưu điểm khác đã nói ở trên. Nếu nói tới sai số tách xung DM kháng nhiễu với loại này hơn PCM, trong đó sai số của sai số tách xung phụ thuộc vào vị trí của số, chẳng hạn như $b = 8$ thì sai số thứ 1 gấp 128 lần sai số trong số cuối. Ngược lại, với DM, mỗi số có tầm quan trọng như nhau. Thực nghiệm chứng tỏ xác suất sai khi tách xung vào cỡ 10^{-1} sẽ không gây nên ảnh hưởng nhiều với tín hiệu, tiếng nói trong DM, trong khi xác suất sai khi tách xung thấp vào khoảng 10^{-4} có thể gây ra lỗi nghiêm trọng trong ngưỡng của PCM. Tuy nhiên, trường hợp ghép nhiều kênh lên DM phải có bộ mã hóa và giải mã theo từng kênh, trong khi đó PCM chỉ cần 1 bộ mã hoá và giải mã cho tất cả các kênh. Hiển nhiên với các bộ mã hóa, giải mã riêng cho phép linh hoạt hơn nhiều trong DM. Trên đường giữa các thiết bị cuối dễ dàng bỏ đi một vài kênh hoặc thêm vào các kênh mới đến, với PCM điều này chỉ thực hiện được ở thiết bị cuối. Điều này rất hấp dẫn cho thông tin nông thôn với mật độ dân cư thấp và là nơi dân số không ngừng tăng. Bộ mã hoá và giải mã riêng còn tránh được xuyên âm, làm nhẹ đi các yêu cầu nghiêm ngặt về thiết kế trong mạch ghép kênh PCM. Xét tất cả các yếu tố trên thì DM có thể mạnh hơn hẳn PCM, đặc biệt trong khoảng đường thông tin ngắn. Thật vậy, Công ty điện thoại và vô tuyến viễn thông của Pháp (TRT) đã khai triển hệ ghép kênh dùng ADM, đã được thử vào năm 1968 và không hề có trục trặc nào, nên hiện nay nó được tiếp tục mở rộng. Mặt khác DM cho khả năng chống nhiễu tốt nên chính phủ Pháp đã lựa chọn các thiết bị DM cho thông tin vô tuyến thông lưu và các thiết bị định vị cho TRT chế tạo dùng cho dự án kiểm soát thông lưu qua Đại Tây Dương bằng vệ tinh.

Như vậy, kỹ thuật DM về cơ bản có nhiều ưu điểm hơn so với PCM, hiện nay nó đang được đưa vào hoạt động ở một số nước trên thế giới mà vẫn chưa phổ biến rộng rãi cho việc truyền thoại vì một lý do đơn giản là kỹ thuật PCM ra đời và đã được sử dụng trước DM.

Để giúp các bạn hiểu sâu hơn về kỹ thuật PCM, chúng ta nghiên cứu bộ mã hoá và giải mã ADPCM thực tế. Xét sơ đồ khối bộ mã hoá.

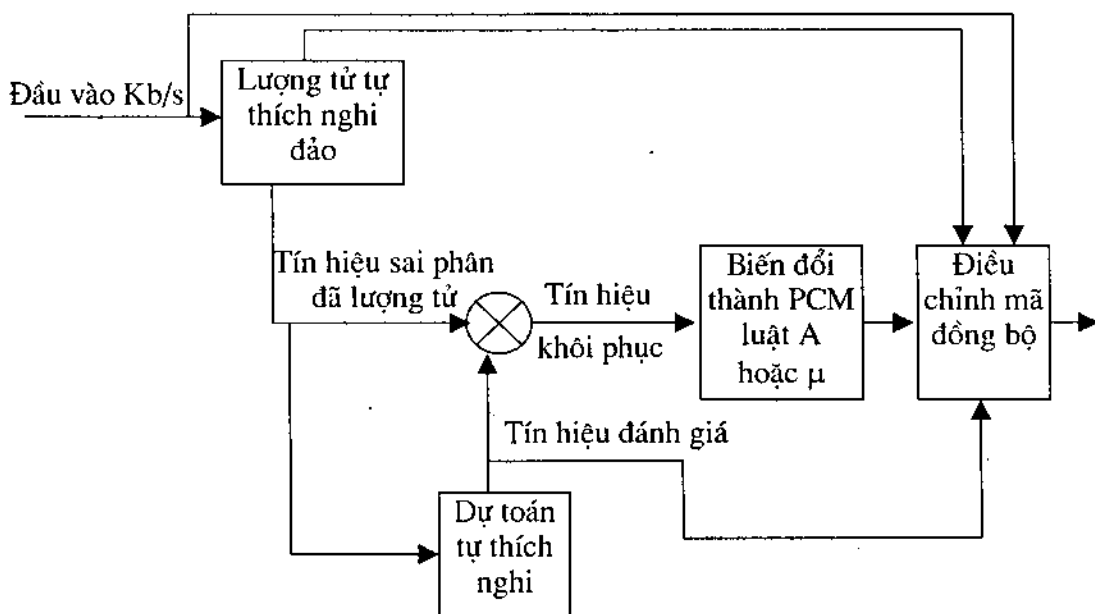


Hình 2.13(a): Bộ mã hóa

Tín hiệu đầu vào PCM luật A hoặc luật μ được biến đổi thành tín hiệu PCM giống nhau, một tín hiệu được hình thành do kết quả từ tín hiệu vào và tín hiệu đánh giá. Bộ lượng tử thích nghi 16 mức dùng để chuyển 4 bit nhị phân thành giá trị sai phân để truyền đến bộ giải mã. Một bộ lượng tử thích nghi nghịch đảo tạo ra tín hiệu sai phân đã lượng tử từ chính 4 bit nhị phân này. Đánh giá của tín hiệu cộng với tín hiệu sai phân của lượng tử này để khôi phục lại tín hiệu vào. Tín hiệu khôi phục và tín hiệu sai phân đã lượng tử hoạt động dựa vào bộ dự đoán tự thích nghi, bộ dự đoán tự thích nghi tạo ra đánh giá tín hiệu vào thông qua mạch hồi tiếp.

Bộ giải mã gồm một cấu trúc giống như phần hồi tiếp của bộ mã hoá, cùng với hệ biến đổi PCM đều theo luật A hoặc luật μ và điều chỉnh mã hoá đồng bộ. Bộ điều chỉnh mã hoá đồng bộ ngăn ngừa méo tích lũy xảy ra trong mã chuyển tiếp đồng bộ, khi hệ thống ADPCM và PCM không có lỗi và không bị can tap âm bởi các thiết bị xử lý tín hiệu số. Điều chỉnh mã đồng bộ được thực hiện qua sự điều chỉnh mã PCM đầu ra để giới hạn lượng tử trong giai đoạn mã hoá ADPCM tiếp theo. Trong điều kiện truyền dẫn không có lỗi, chất lượng cảm thụ tiếng nói trên tuyến ADPCM 32Kb/s chỉ thấp hơn chút ít so với tuyến PCM 64Kb/s. Giảm chất lượng tiếng nói chỉ có ý nghĩa khi số lượng các tuyến như vậy được sử dụng làm chuyển tiếp và không sử dụng tuyến đơn. Nếu tỷ số lỗi truyền dẫn cao hơn 10^{-4} thì chất lượng cảm thụ tiếng nói trên tuyến ADPCM 32Kb/s tốt hơn tuyến PCM 64Kb/s. Khẳng định rằng truyền số liệu băng âm tần đến 2400b/s sử dụng modem theo khuyến nghị V21, V22 của ITU-T không

làm giảm tầm quan trọng của các tuyến ADPCM 32Kb/s, miễn sao số lượng các tuyến không vượt quá giới hạn đã kiến nghị của ITU-T. G113.



Hình 2.13(b): Bộ giải mã

Bài tập chương 2

1. Trong kỹ thuật điều chế xung mã vì sai tuyến tính sử dụng từ mã KM 8bit, xác định tỷ số tín hiệu/tạp âm tín hiệu tại đầu ra bộ lượng tử.
2. Sử dụng phương trình nén A và μ vẽ:
 - Đặc tính nén của $\mu = 100$.
 - Đặc tính dẫn của $\mu = 100$
 - Đặc tính nén của A = 87,6.
 - Đặc tính dẫn của A = 87,6
3. Xác định tốc độ bit của tín hiệu âm tần mã hoá thành tín hiệu PCM, trong đó quá trình mã hoá sử dụng từ mã 12 bit.
4. Giải thích cơ sở ứng dụng kỹ thuật PCM trong thông tin viễn thông? Cho biết các ưu và nhược điểm của PCM so với DM.
5. Xác định biện pháp cơ bản để khắc phục nhược điểm của điều chế delta? Cho biết khả năng ứng dụng của DM.

Chương 3

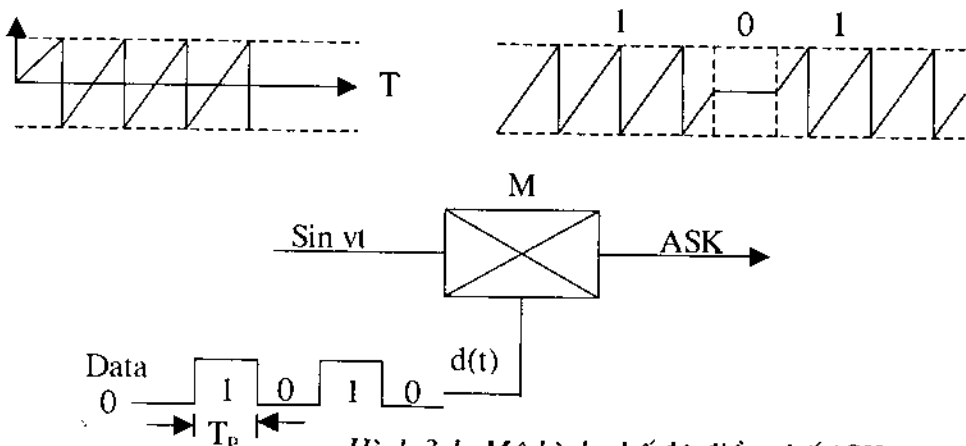
ĐIỀU CHẾ SỐ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ SỐ

I. ĐIỀU CHẾ SỐ

Chúng ta đã biết về một hệ thống thông tin số băng gốc, trong đó tín hiệu được truyền trực tiếp không có dịch tần của tín hiệu. Do tín hiệu băng gốc có công suất khá lớn ở tần thấp, chúng thích hợp cho việc truyền qua một cặp dây đồng hay cáp đồng trục. Tín hiệu băng gốc không thể truyền qua đường vô tuyến vì không thể có anten đủ lớn để phát tín hiệu tần thấp. Vì vậy, với những mục đích đó phổ của tín hiệu phải được dịch lên dải tần cao. Việc dịch lên dải tần cao là cần thiết để truyền đồng thời nhiều bản tin bằng cách chia độ rộng dải của môi trường truyền (FDM). Phổ của tín hiệu có thể dịch chuyển lên cao bằng phương pháp điều chế tín hiệu hình sin cao tần dùng băng gốc. Có các dạng điều chế cơ bản là điều chế biên độ và điều chế góc.

1. Điều chế hoá dịch biên (ASK) – Amplitude – Shift – Keying

1.1. Sơ đồ điều chế



Hình 3.1: Mô hình chế độ điều chế ASK

1.2. Nguyên lý

Một tín hiệu hình sin có biên độ là: U_m được phát đi khi tín hiệu số có logic: 1. Còn khi mức logic 0; sóng mang không được phát. Trong điều chế biên độ, biên độ sóng mang thay đổi tỷ lệ với tín hiệu điều chế, ta có sóng mang đã điều chế (tín hiệu băng gốc).

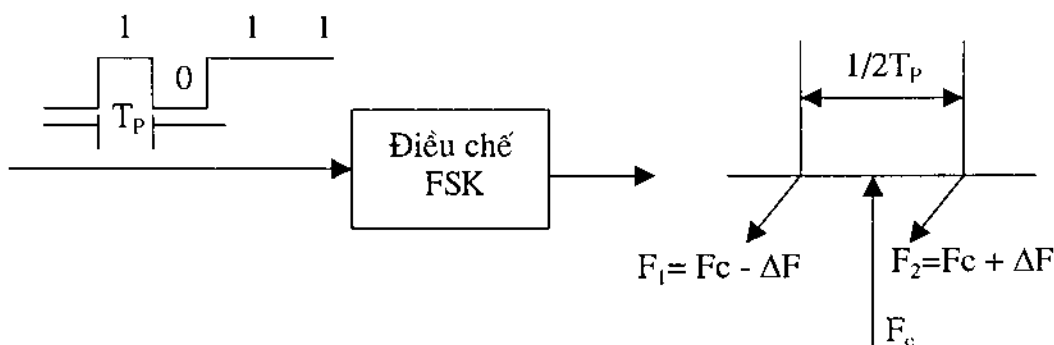
Khi biên độ sóng mang thay đổi tỷ lệ với tín hiệu điều chế, ta có sóng mang đã điều chế. Tín hiệu đã điều chế là tín hiệu đóng mở. Sơ đồ điều chế này truyền dữ liệu cơ sở 2 được gọi là khoá đóng mở (on – off – keying: OOK) hay khoá dịch biên độ (Amplitude – Shift – Keying: ASK).

Sơ đồ mạch điều biên có ưu điểm là đơn giản, song nó không được dùng phổ biến vì: Công suất sóng mang được sử dụng không có hiệu quả. Với một số liệu ngẫu nhiên sóng mang chỉ được hoạt động trong một nửa thời gian.

Tính chống nhiễu tín hiệu khi điều biên thấp. Chính vì vậy mà ngày nay, phương pháp điều chế biên độ ít được sử dụng riêng rẽ mà nó thường sử dụng kết hợp với điều pha.

2. Điều chế khoá dịch tần (FSK)

- Sơ đồ khối điều chế



Hình 3.2: Sơ đồ khối điều chế FSK

T_P : Độ rộng bit;

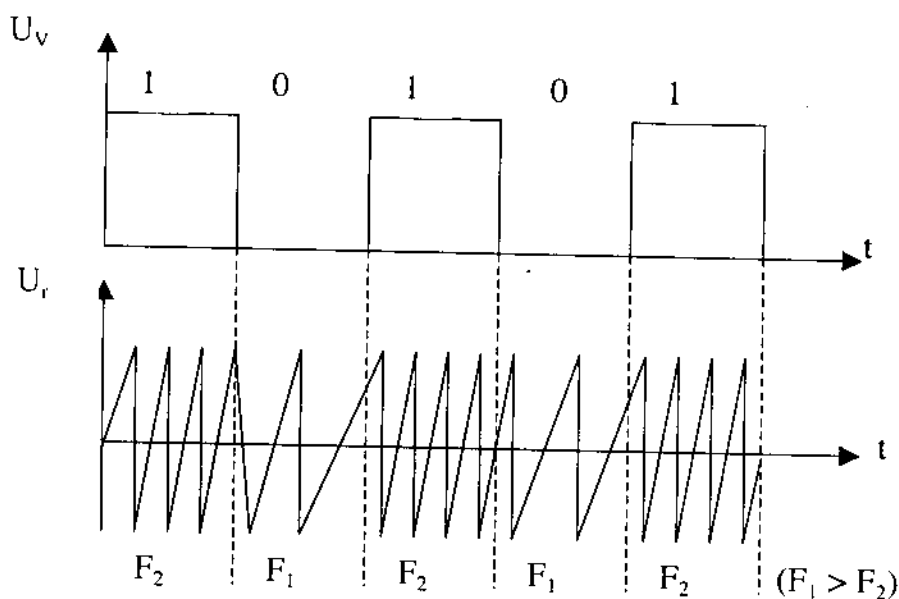
ΔF : Độ lệch tần

- Đầu vào bộ FSK là tín hiệu số 1010; ứng với mỗi một bit, đầu ra bộ FSK có các tần số khác nhau:

+ Đối với bit 1, tần số sóng mang là: $F_c + \Delta_F = F_2$

+ Đối với bit 0, tần số sóng mang là: $F_c - \Delta_F = F_1$

$$F_2 > F_1$$



Hình 3.3: Dạng sóng tín hiệu FSK

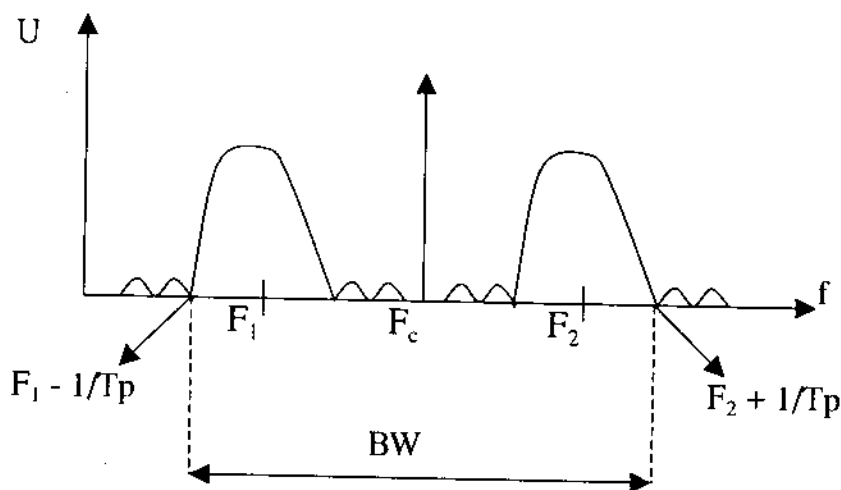
- Độ rộng băng tần khi điều chế FSK được tính là:

$$BW = F_2 + \frac{2\pi}{T_p - (F_1 - 2\pi/T_p)}$$

$$BW = F_2 - F_1 + 2/T_p = 2(\Delta_f + 1/T_p)$$

BW: Band Width - độ rộng băng tần.

- Biểu đồ về độ rộng băng tần có thể mô tả như sau:

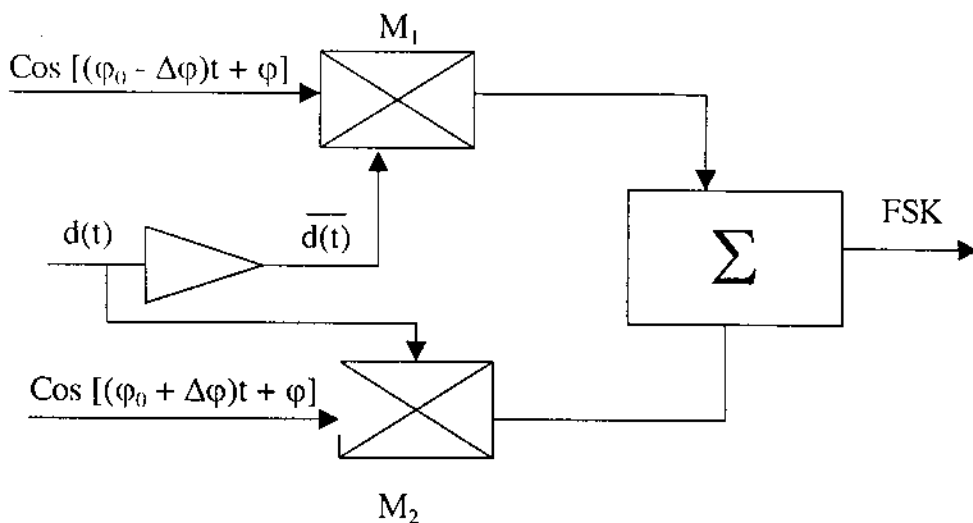


Hình 3.4: Biểu đồ về độ rộng băng tần

Nhận xét: Độ rộng băng tần khi điều chế khoá dịch tần (FSK) phụ thuộc vào độ dịch tần Δ tức khoảng cách giữa hai tần số F_1 và F_2 và độ rộng của bit số liệu đầu vào cần điều chế (tín hiệu điều chế): T_p ; nên độ dịch tần càng lớn thì độ rộng băng tần càng cao. T_p càng nhỏ độ rộng băng tần càng lớn.

Như vậy, khi dữ liệu được truyền đi bằng sự thay đổi tần số, ta có trường hợp điều chế khoá dịch tần (FSK – Frequency – Shift – Keying), số 0 được truyền đi bằng xung với tần số F_1 và 1 được truyền đi bằng xung với tần số F_2 . Thông tin về dữ liệu truyền nằm ở tần số mang.

Tín hiệu FSK có thể xem là tổng của hai tín hiệu ASK xen nhau, một có tần số F_1 , còn tín hiệu thứ 2 có tần số F_2 . Vì vậy, phổ của FSK là phổ của 2 ASK tại các tần số F_1 và F_2 . Như vậy, độ rộng dải của FSK là lớn hơn ASK.



Hình 3.5: Sơ đồ khối bộ tạo tín hiệu FSK

Từ sơ đồ khối ta thấy: Hai sóng mang có tần số $(\varphi_0 + \Delta\varphi)$ và $(\varphi_0 - \Delta\varphi)$ đưa vào hai bộ trộn M_1 và M_2 , ở hai bộ trộn mức logic 1 sẽ khoá sóng mang $(\varphi_0 + \Delta\varphi)$ và mức logic 0 sẽ khoá sóng mang $(\varphi_0 - \Delta\varphi)$. Đầu ra cộng hai tín hiệu chúng ta được tín hiệu FSK.

- FSK có các ưu điểm là:

+ Mã hoá đơn giản và không tốn kém.

+ FSK là kỹ thuật điều chế khoá dịch tần nên tại máy thu có thể khuếch đại tín hiệu thu mà không cần AGC.

+ Tính chống nhiễu của FSK lớn hơn ASK.

- Nhược điểm:

Như đã phân tích trên FSK có phổ tín hiệu rộng, do đó yêu cầu dải thông của thiết bị phải lớn nên khi sử dụng tín hiệu FSK sẽ lãng phí băng tần dẫn đến hiệu suất sử dụng đường truyền thấp, vì vậy nó thường được sử dụng ở hệ thống có dung lượng nhỏ.

3. Điều chế khoá dịch pha (PSK)

Điều chế khoá dịch pha hiện nay được sử dụng rộng rãi ở các hệ thống thông tin quân sự, thương mại, các hệ thống vi ba số.... Phương thức điều chế này có thể xem là một phương thức điều chế dữ liệu hiệu quả cho các ứng dụng truyền tin bằng vô tuyến, vì nó đảm bảo xác suất lỗi thấp nhất đối với một mức tín hiệu thu đã định khi đo trên một chu kỳ ký hiệu. Trong điều chế pha (PSK) thì các xung mã nhị phân đầu vào làm dịch pha sóng mang đầu ra một lượng là 4. Bên cạnh phương thức PSK thì QAM là phương thức được sử dụng phổ biến.

3.1. Biểu thức tổng quát của tín hiệu điều chế PSK

Tín hiệu điều chế pha có thể biểu diễn dưới dạng sau:

$$U(t) = U_m \cdot \sin \left[\frac{\omega_0 t + 2\pi(i-1)}{M} \right]$$

U_m : Giá trị biên độ

ω_0 : Tần số góc

$i = 1, 2, \dots, m$: Thứ tự trạng thái

$M = 2^n$: Số lượng các trạng thái pha cho phép.

N : Số các bit số liệu cần để định rõ trạng thái pha: M

Trong thông tin số, tín hiệu cần truyền là các bit 0 và 1. Do vậy, số trạng thái ít nhất cần có khi điều chế phải là 2.

3.2. Điều chế pha hai trạng thái (2PSK – BPSK)

Các tín hiệu cần truyền trong thông tin số là các bit 0 và 1. Ở điều chế pha 2 trạng thái, mỗi bit tương ứng với một trạng thái pha của sóng mang, tuy nhiên để dễ dàng tách lấy tín hiệu ở đầu ra bộ giải điều chế phía máy thu lệch pha giữa hai ký tự phải đạt cực đại, nghĩa là:

+ Đối với bit 0: Tương ứng với góc pha sóng mang là 0° .

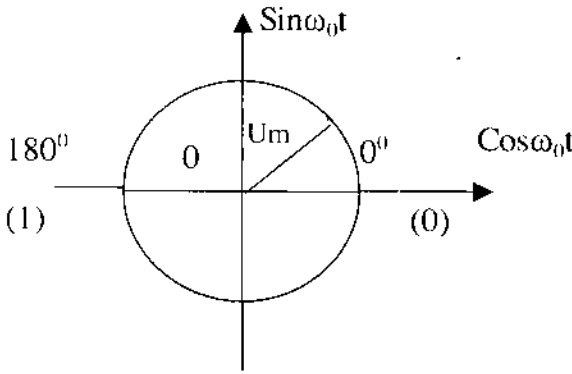
+ Đối với bit 1: Tương ứng với góc pha sóng mang là 180° .

Biểu thức toán học của sóng mang bây giờ sẽ là:

$$U_0(t) = U_m \cos (\omega_0 + 0^\circ + \varphi_0)$$

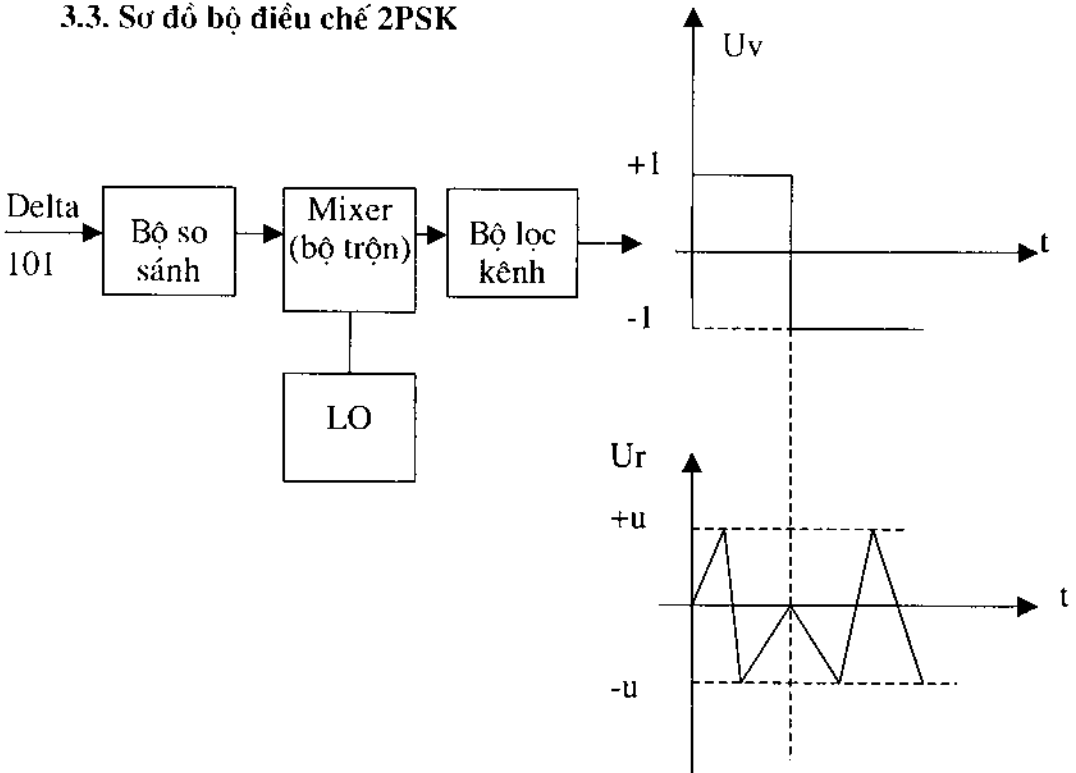
$$U_1(t) = U_m \cos (\omega_0 + 180^\circ + \varphi_0)$$

Để mã hoá tín hiệu cơ sở 2 người ta dùng mã NRZ. Ở đây mã này, bit 0 ứng với mức -1 và bit 1 ứng với $+1$. Ta biểu diễn biểu đồ vector 2PSK như sau:



Hình 3.6: Biểu đồ vector 2PSK, $\varphi_0 = 0$

3.3. Sơ đồ bộ điều chế 2PSK



Hình 3.7: Sơ đồ khối bộ điều chế 2PSK

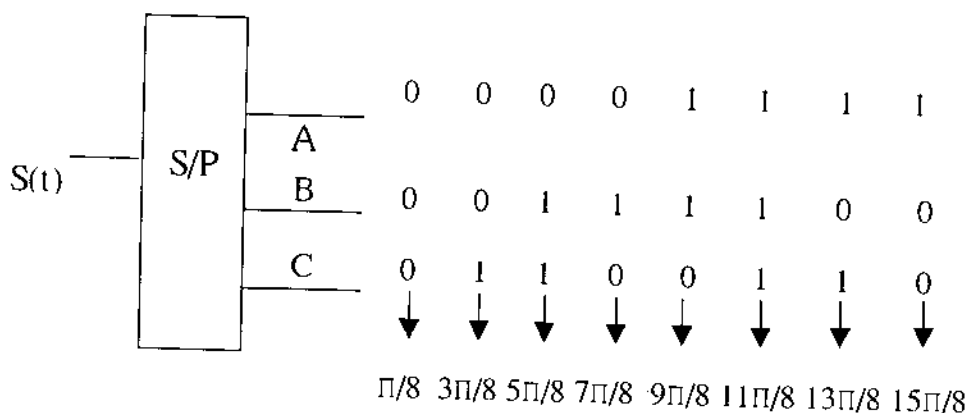
Tín hiệu vào ở dạng NRZ đơn cực, trước khi đưa tới đầu vào bộ trộn, được chuyển đổi sang mã NRZ lưỡng cực (-1 tương ứng bit 0, +1 tương ứng bit 1) đưa vào bộ trộn còn có tín hiệu sóng mang lấy từ bộ tạo dao động nội LO (Local Oscillator) mã NRZ lưỡng cực có 2 trạng thái điện áp +U và - U sẽ tạo ra hai trạng thái pha cho dao động sóng mang là 0° và 180° . Đầu ra bộ trộn ta thu được sóng đã điều chế 2PSK. Từ dạng sóng như sơ đồ trên ta nhận thấy góc lệch pha giữa 2 bit là 180° . Ứng với mỗi thời điểm chuyển pha luôn kèm theo chuyển đổi biên độ trong một thời gian ngắn hay điều này còn được gọi là điều kiện ký sinh, điều này yêu cầu thiết bị vi ba phải tránh được méo pha.

Ngoài ra, trong kỹ thuật PSK còn có các phương thức điều chế 4PSK, 8PSK, 16PSK.... Trong phương thức điều chế 4PSK người ta xem xét mối tương quan giữa các nhóm ký tự cơ số 2 với một trạng thái pha của sóng mang. Để làm được điều này, người ta chia luồng số đầu vào thành 2 luồng nhờ bộ chuyển đổi nối tiếp/song song. Đầu ra ta thu được hai luồng số, mỗi luồng số có tốc độ bit giảm một nửa (các bạn tự vẽ giải đồ pha cho trường hợp này).

Điều chế pha 4PSK được dùng rất phổ biến ở các thiết bị vi ba hiện nay vì nó có nhiều ưu điểm. Các thiết bị đang khai thác trên mạng như RMD - 1501, FHD - 22234, DM - 3007.... đều sử dụng loại điều chế này.

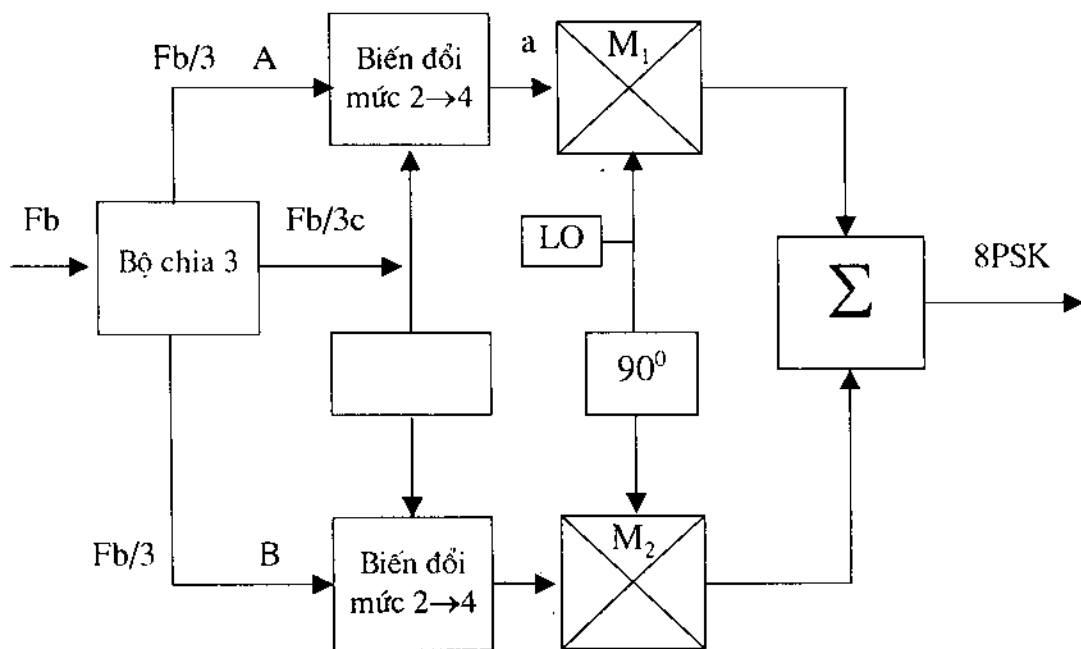
3.4. Điều chế pha 8 trạng thái - 8PSK

Để giảm băng thông của thiết bị, xu hướng người ta tăng trạng thái pha. Sau điều chế 4PSK là 8PSK. Trong phương thức điều chế này, một luồng số S(t) được chia thành 3 luồng A, B và C ở bộ biến đổi nối tiếp thành song song. Tốc độ bit các luồng số ở đầu ra giảm đi 3 lần. Sơ đồ khối bộ biến đổi S/P như sau:

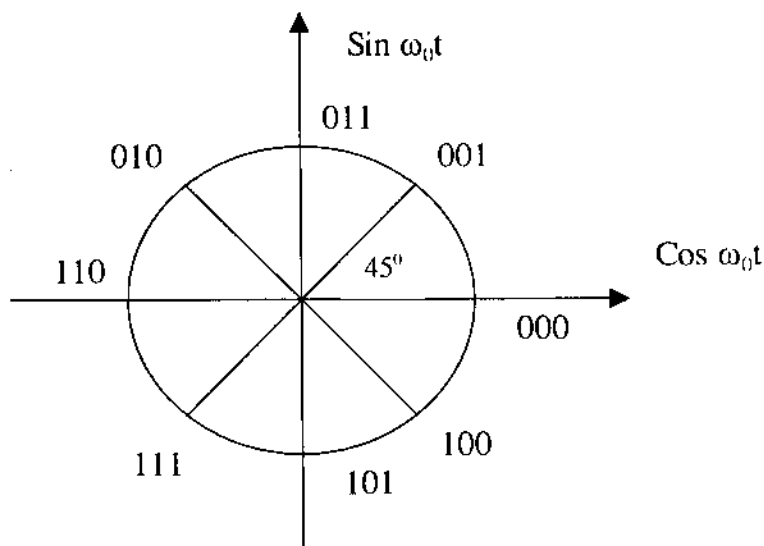


Hình 3.8: Sơ đồ khối bộ S/P

* Sơ đồ khối điều chế 8PSK như sau:



Hình 3.9: Sơ đồ điều chế 8PSK



Hình 3.10: Biểu đồ pha 8PSK

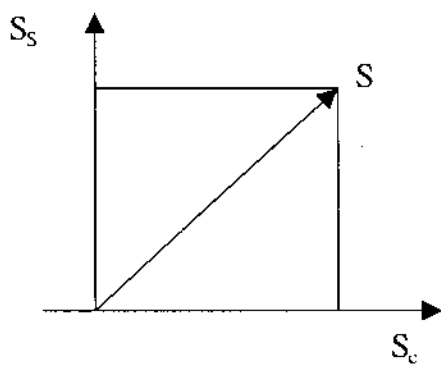
Luồng số đầu vào F_b được đưa qua độ chia 3, đầu ra có 3 luồng tín hiệu tốc độ bit giảm $1/3$ đó là $F_b/3A$; $F_b/3B$; $F_b/3C$, sau đó nó được đưa qua bộ chuyển đổi 2 mức thành 4 mức, các mức tín hiệu này được đưa qua bộ chuyển đổi 2 mức thành 4 mức, các mức tín hiệu này được đưa vào bộ nhân với tín hiệu đưa vào từ bộ dao động nội LO, đầu ra chúng được cộng lại và đưa tới bộ lọc băng giải ta thu được tín hiệu 8PSK.

Nhận xét: Khi số trạng thái pha tăng cao, tốc độ bit giảm xuống. Điều này có một ý nghĩa quan trọng, nó sẽ làm giảm băng thông của hệ thống, tiết kiệm được đường truyền dẫn, cho phép thực hiện thông tin nhiều kênh. Tuy nhiên, bên cạnh ưu điểm trên thì khi số trạng thái pha tăng, các tổ hợp bit ngày càng gần nhau hơn, khả năng mắc lỗi sẽ tăng. Nếu cứ tiếp tục tăng số trạng thái pha lên nữa thì khả năng mắc lỗi sẽ tăng lên nhanh hơn. Vì lý do này, khi truyền thông tin số tốc độ cao, số trạng thái pha nhiều, để giảm khả năng này khi các số trạng thái pha là 16, 32... thì người ta đã sử dụng phương thức khác, đó là kỹ thuật điều chế biên độ cầu phương QAM. Sau này chúng ta sẽ nghiên cứu kỹ thuật này.

4. Điều chế biên độ cầu phương QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

4.1. Khái niệm

Điều chế biên độ cầu phương là phương pháp điều chế kết hợp giữa điều chế biên độ ASK và điều chế pha PSK. Trong phương thức điều chế này, người ta thường thực hiện điều chế biên độ nhiều mức hai sóng mang và các sóng mang này được dịch pha 1 góc 90° : Một sóng mang là $\sin\omega_0t$ và một sóng khác là $\cos\omega_0t$. Số trạng thái pha góc điều chế này là L^2 (L : số mức biên độ của mỗi sóng mang vuông góc). Tín hiệu của tổng hai sóng mang này có dạng sóng kết hợp giữa điều biên và điều pha.



$$S_s(t) = a(t). \sin[\omega_0 t + \varphi_1(t)]$$

$$S_c(t) = b(t). \cos[\omega_0 t + \varphi_2(t)]$$

$S(t)$ là tổng hai thành phần $S_s(t)$ và $S_c(t)$

$$\vec{S}(t) = \vec{S}_s(t) + \vec{S}_c(t)$$

$$= a(t) \cdot \sin[\omega_0 t + \varphi_1(t)] + b(t) \cdot \cos[\omega_0 t + \varphi_2(t)]$$

$$S(t) = A(t) \cdot \cos[\omega_0 t + \varphi(t)]$$

$S(t)$ có biên độ và góc pha lần lượt là:

$$\text{- Biên độ: } A(t) = \sqrt{a_2(t) + b_2(t)}$$

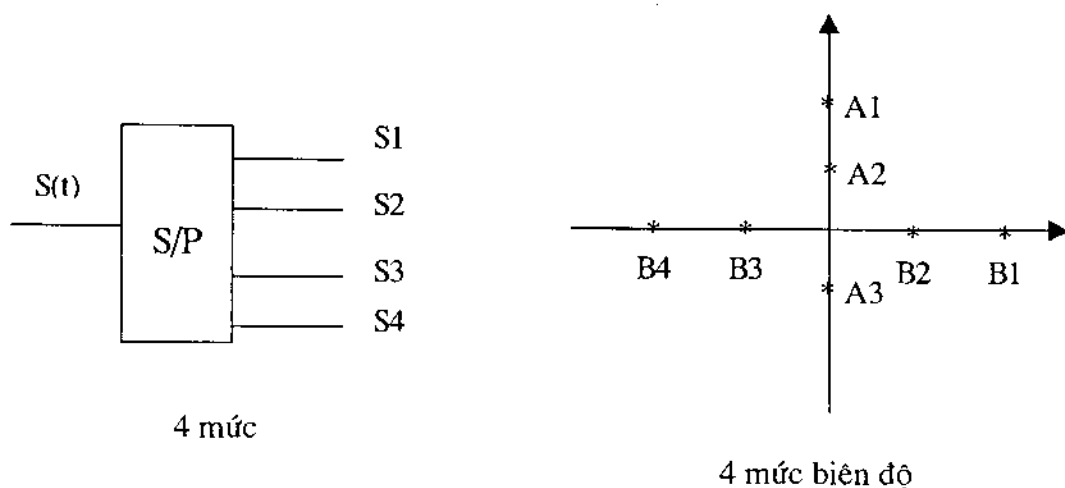
$$\text{- Góc pha: } \varphi(t) = \text{Aretg } S_s(t)/S_c(t).$$

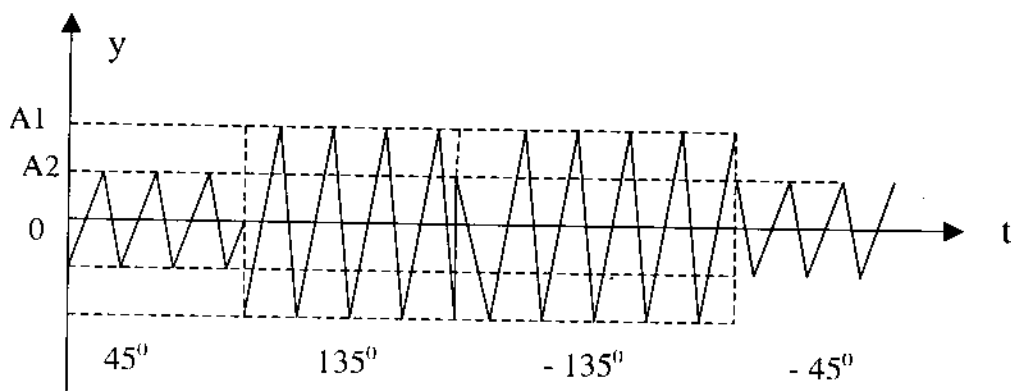
Tín hiệu tổng vừa có biên độ, vừa có góc pha biến thiên theo thời gian nên nó là tín hiệu vừa được điều biên, vừa được điều pha (sóng QAM).

Để đáp ứng yêu cầu thông tin số tốc độ cao, người ta phải tăng số trạng thái pha dao động của sóng mang. Để có số trạng thái pha nhiều mà khoảng cách giữa các trạng thái pha lớn, người ta tăng số mức biên độ của số liệu trước khi đưa vào bộ điều chế để rõ vấn đề này ta nghiên cứu kỹ thuật điều chế 4 mức (16QAM).

Trong phương thức này luồng số $S(t)$ ở đầu vào sẽ được chia ra làm 4 luồng nhờ bộ S/P đồng thời tốc độ bit đầu ra giảm 4 lần. Sơ đồ này có thể mô tả như sau:

4.2. Kỹ thuật điều chế QAM bốn mức

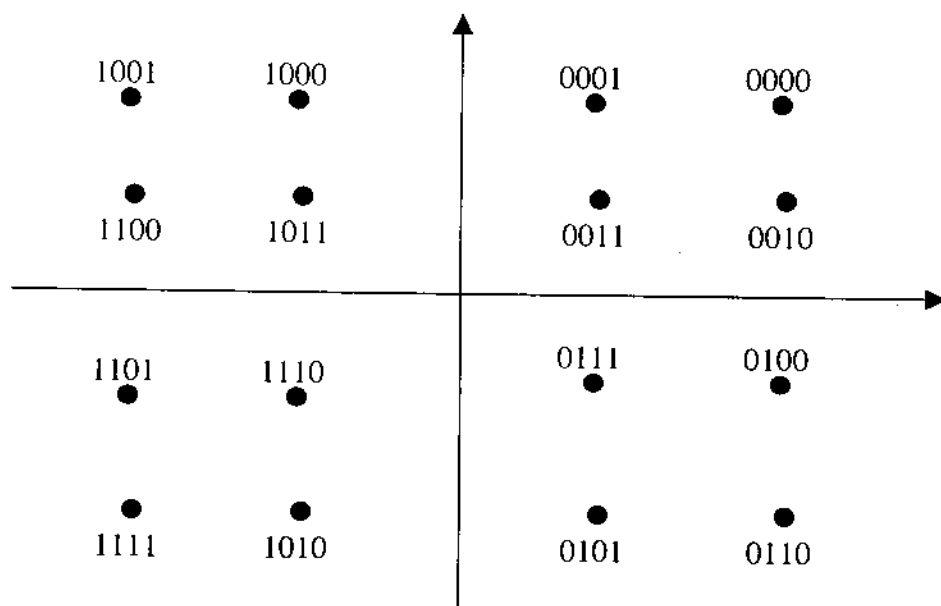




Hình 3.11: Dạng sóng QAM

Từ hình vẽ trên ta thấy nhờ có biên độ thay đổi mà các trạng thái pha của sóng mang đã cách xa nhau, khả năng mắc lỗi sẽ giảm. Đó là ưu điểm cơ bản của QAM.

Dạng sóng 16QAM như sau sẽ được biểu hiện qua biểu đồ vectơ:



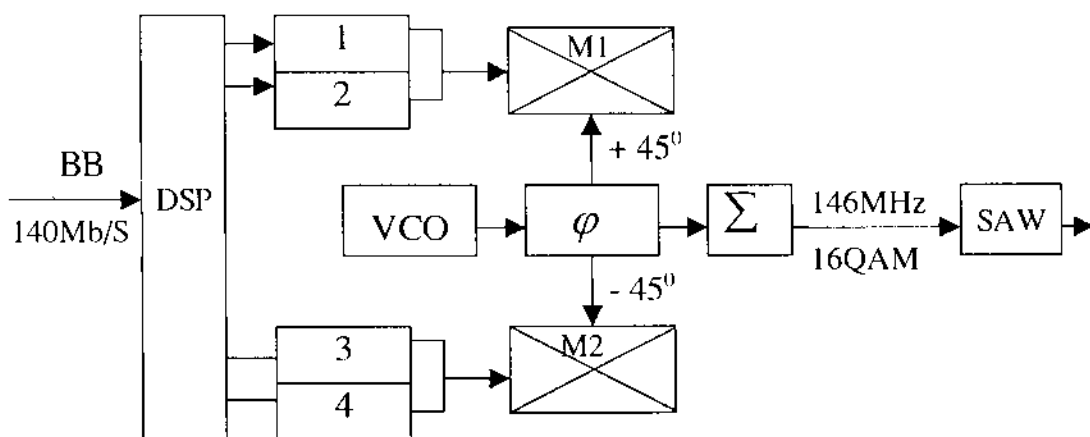
Hình 3.12: Biểu đồ pha 16QAM

Nhận xét: Từ biểu đồ vectơ ta thấy, ở QAM các tổ hợp bit tương ứng với các trạng thái pha có biên độ khác nhau, sóng mang có 16 trạng thái pha, các

trạng thái pha đều phải đặt trải đều trên mặt phẳng pha, mỗi trạng thái pha tương ứng với một biên độ của sóng mang khác nhau, do vậy khoảng cách giữa các tổ hợp bit xa nhau hơn, khả năng bị lỗi ít hơn. Tín hiệu 16QAM được sử dụng ở thiết bị lỗi ít hơn. Tín hiệu 16QAM được sử dụng ở thiết bị vi ba số DRS – 140/4700 của Siemens.

Biểu đồ pha là tương đối phức tạp vì vậy khi thiết kế bộ điều chế là tương đối khó khăn, do đó nó chỉ được sử dụng ở trường hợp thông tin số có tốc độ bit cao.

** Sơ đồ khối bộ điều chế 16QAM trong thiết bị vi ba số băng rộng DRS-140/1700 của Siemens.*



DSP: Digital Signal Processing (Xử lý tín hiệu số)

BB: Base Band (Băng tần cơ sở)

VCO: Voltage controlled oscillator (bộ dao động điều khiển điện áp)

SAW: Surface acoustic wave (sóng âm thanh bề mặt)

Hình 3.13: Điều chế QAM trong máy phát vi ba số DRS 140/1700

Tín hiệu từ băng tần cơ sở phát (TxBB – Transmission Base Band) có tốc độ 140Mb/s được đưa vào bộ xử lý tín hiệu số, tại đây nó được ngẫu nhiên hoá, mã hoá vi sai, lưu giữ đàn hồi rồi chia ra làm 4 đường để tạo 4 mức biên độ, sau đó chúng lại được nhập thành 2 dãy số tín hiệu và được đưa vào 2 bộ trộn tần M_1 và M_2 . Tại hai bộ trộn này có dao động trung tần với tần số 140MHz đưa tới, tần số trung tần với bộ trộn M_1 được xoay pha $+45^\circ$ còn đưa tới M_2

được xoay pha - 45° cả hai đầu ra bộ trộn M_1 và M_2 được đưa vào bộ tổng và ta được tín hiệu 16QAM. Tín hiệu này được đưa qua bộ lọc sóng âm thanh bề mặt SAK để xác định phổ tín hiệu số được khuếch đại và đưa tới tầng sau với tần số trung tần 140MHz.

Trên đây, ta đã nghiên cứu các kỹ thuật điều chế pha đa trạng thái, khi số trạng thái pha tăng, băng thông của hệ thống yêu cầu sẽ giảm.

Vậy khi sử dụng kỹ thuật điều chế pha nhiều mức có các ưu và khuyết điểm là:

- Ưu điểm: độ rộng băng tần tỷ lệ nghịch với số trạng thái pha của sóng mang, do vậy khi có số trạng thái pha tăng, tốc độ luồng bit đưa vào bộ điều chế giảm, độ rộng băng tần yêu cầu thấp, sử dụng có hiệu suất đường truyền.

- Khuyết điểm:

- + Tỷ số lỗi bit BER tăng nếu tỷ số tín hiệu/nhiều (S/N) giữ nguyên.

- + Dễ nhạy cảm hơn với các đặc tuyến lọc, méo xuyên kênh tăng méo phi tuyến tăng và thiết bị phức tạp.

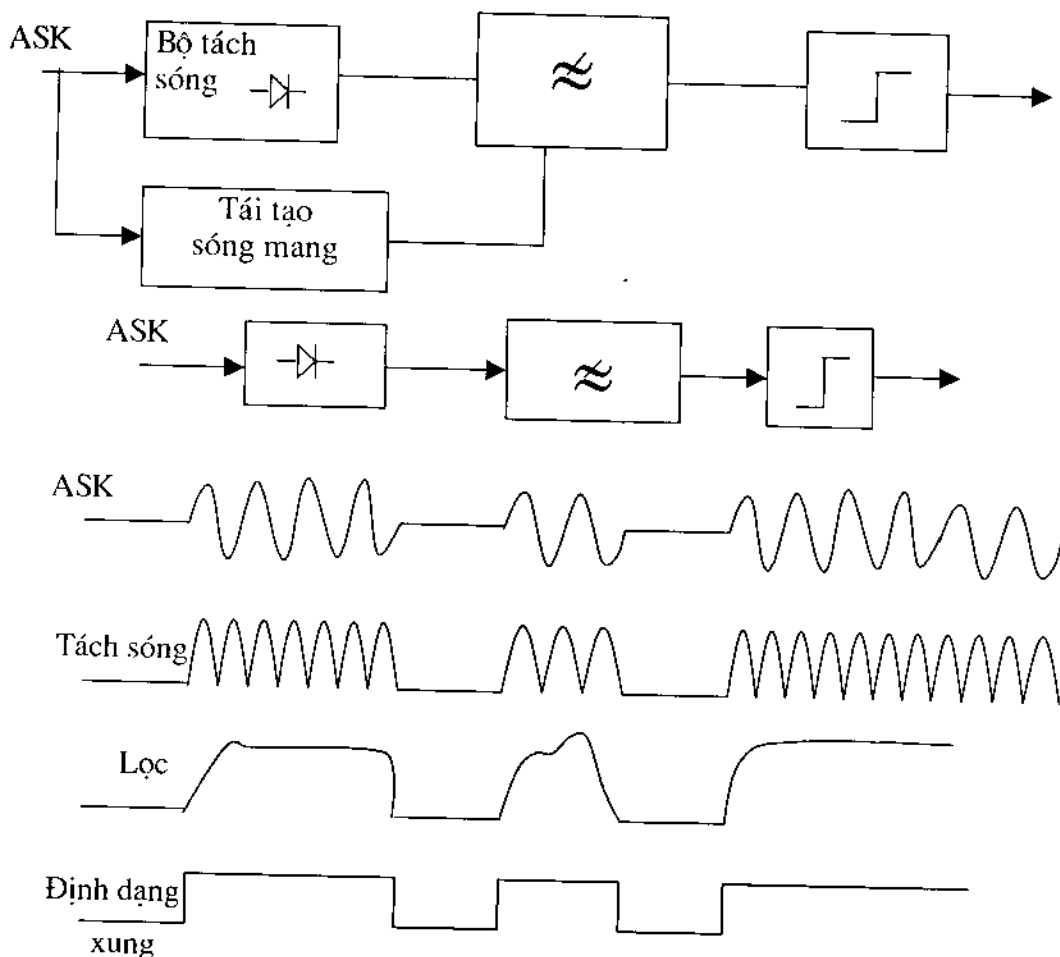
II. GIẢI ĐIỀU CHẾ SỐ

1. Giải điều chế ASK, FSK, PSK

1.1. Giải điều chế ASK

Giải điều chế có thể điều pha hoặc không điều pha. Ở đầu mạch tương đối phức tạp hơn nhưng lại hiệu quả hơn nhằm chống nhiễu, bộ tách sóng nhận tín hiệu ASK nhờ sóng mang được khôi phục ngay lúc đó. Ở trường hợp thứ hai thường sử dụng nhiều hơn 1, đường bao của tín hiệu ASK được tách sóng bởi diode. Trong cả hai trường hợp này bộ lọc được đặt ngay sau bộ tách sóng để gạt bỏ những thành phần sóng mang còn dư, một mạch định dạng xung nhằm định dạng đúng những tín hiệu dữ liệu.

Quá trình giải điều chế ASK có thể mô tả như sau:



Hình 3.14: Giải điều chế ASK

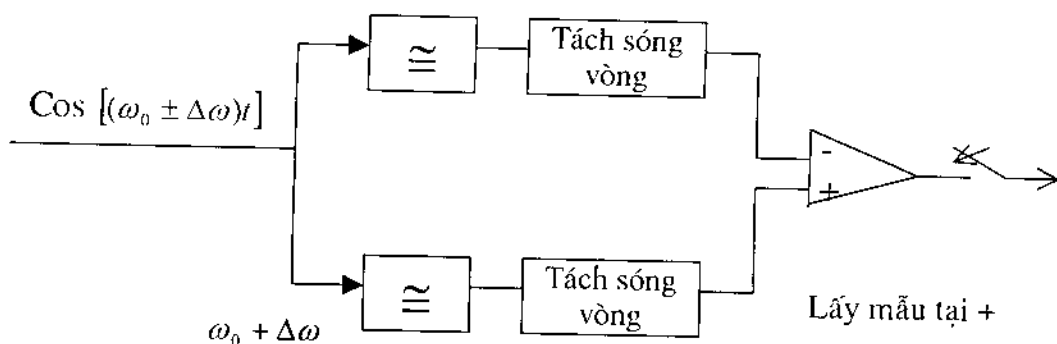
1.2. Giải điều chế FSK

Sóng mang điều chế tần số FSK được đưa vào bộ lọc băng thông với các dải băng thông khác nhau. Bộ tách sóng vòng sẽ chỉ thị công suất tổng và bộ so sánh sẽ đáp ứng cho công suất lớn nhất. Kỹ thuật tách sóng FSK này gọi là tách sóng không nhất quán (Non - Coherent). Xác suất lỗi ở bộ sóng này có thể biết.

$$P_e = 1/2 \exp(-E/2N_0)$$

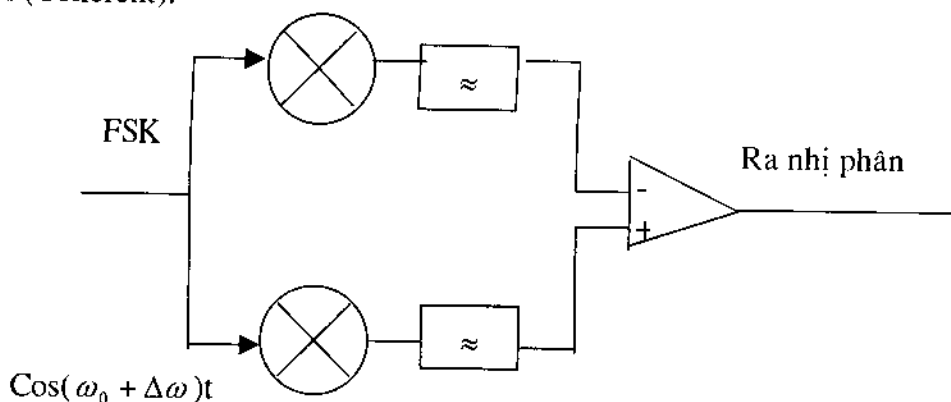
Ở đây $E/2N_0$ là tỷ số năng lượng trên tạp âm trên mỗi bit, mỗi Hz của độ rộng băng.

Sơ đồ khối bộ giải điều chế tần số đơn giản nhất, cho ở hình vẽ:



Hình 3.15: Sơ đồ khối bộ giải điều chế FSK

Sau đây ta sẽ nghiên cứu kỹ thuật giải điều chế FSK theo phương thức nhất quán (Coherent).



Hình 3.16: Giải điều chế FSK Coherent

Ở hình vẽ này sóng FSK được đưa vào hai bộ trộn, ở hai bộ trộn này có dao động sóng mang $\text{Cos}(\omega_0 - \Delta\omega)t$ và $\text{Cos}(\omega_0 + \Delta\omega)t$ đưa tới. Dao động này phải có pha chính xác với pha của tín hiệu thu. Đầu ra bộ trộn tần tín hiệu đưa qua bộ lọc thông thấp đầu ra ta được tín hiệu đầu vào.

Xác suất lỗi của bộ tách sóng FSK cho bởi công thức:

$$Pe = \text{eye} \sqrt{Eb / N_0}$$

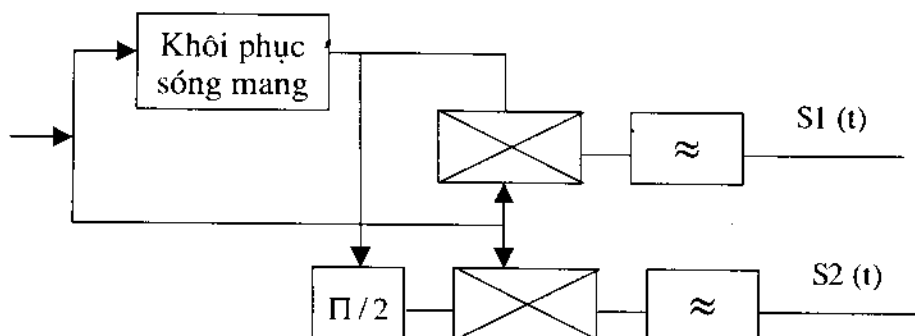
1.3. Giải điều chế PSK

Để giải điều chế pha, người ta lấy sóng mang thu được thường là ở IF (Intermediate Frequency – Trung tần) so sánh với tần số của bộ tạo dao động nội VCO của máy thu để đồng bộ hai tần số đó với nhau. Khi sóng mang đã được đồng bộ và khôi phục chính xác người ta thực hiện giải điều chế tín hiệu.

* Quá trình giải điều chế pha gồm các bước:

Khôi phục sóng mang

Giải điều chế.

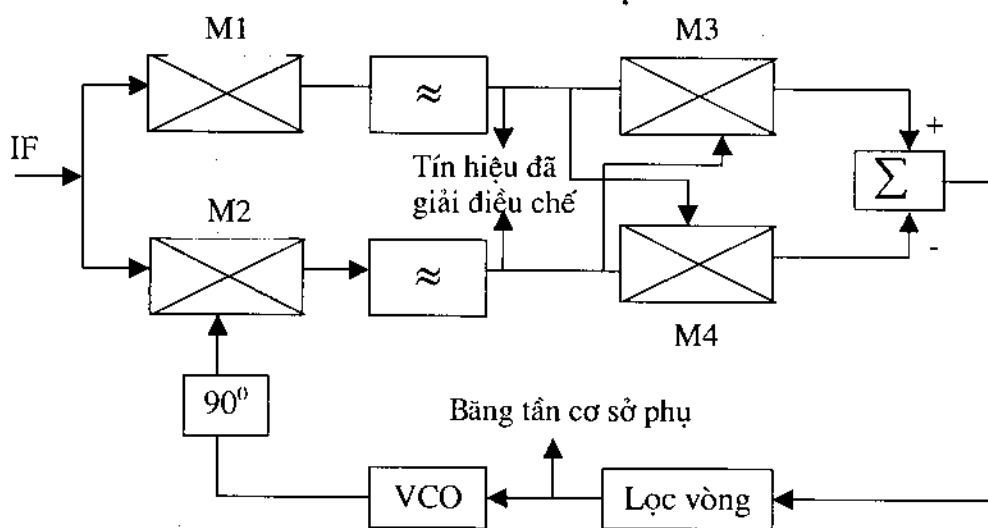


Hình 3.17: Sơ đồ bộ giải điều chế

* Kỹ thuật khôi phục sóng mang có 3 phương pháp:

- Khôi phục sóng mang bằng vòng nhân M.
- Khôi phục sóng mang bằng mạch vòng COSTAS.
- Khôi phục sóng mang bằng mạch giải điều chế.

Trong thực tế người ta thường sử dụng mạch vòng COSTAS. Mạch vòng COSTAS và một hệ thống phản hồi nhằm mục đích tạo ra sóng mang giải điều chế tín hiệu. Ta xét trường hợp giải điều chế 4 PSK bằng vòng COSTAS.



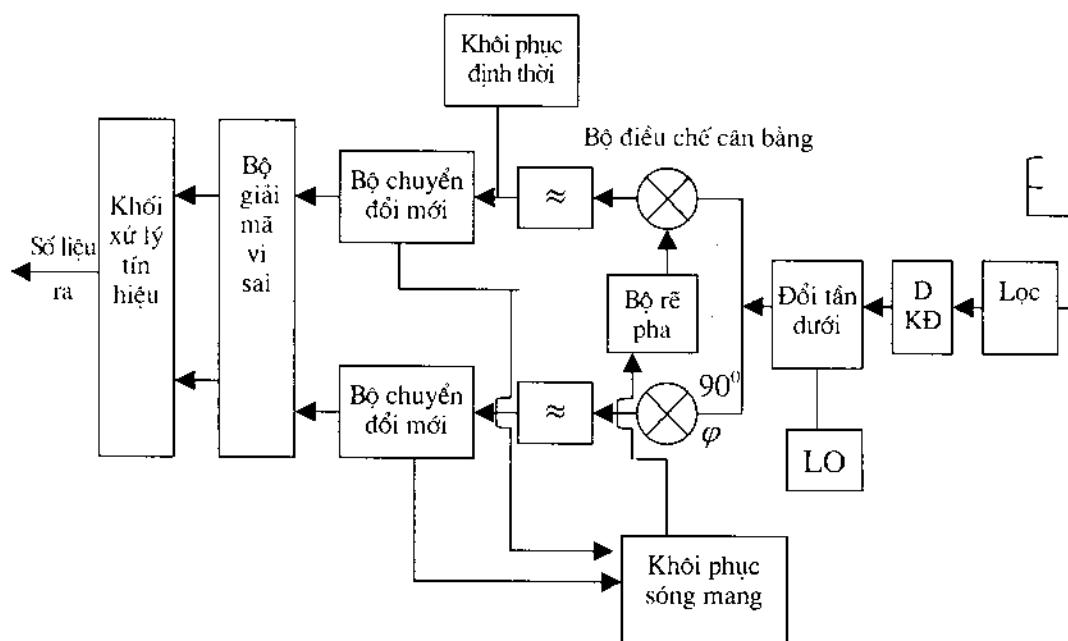
Hình 3.18: Sơ đồ khối mạch điều chế 4 PSK vòng COSTAS

* Nguyên lý làm việc của nó như sau:

Tín hiệu trung tần vào được đưa tới hai bộ trộn M_1 và M_2 , tại đó dao động sóng mang đã được khôi phục đưa tới góc lệch pha 90° . Đầu ra hai bộ trộn tín hiệu được lọc và trộn chéo một lần nữa, kết quả nhận được sẽ trừ nhau để có một giá trị duy nhất, giá trị này tỷ lệ với lượng dịch pha giữa sóng mang được khôi phục với tần số trung tần IF ở đầu vào. Kết thúc mạch COSTAS là một bộ lọc vòng và một bộ dao động nội VCO. Nhờ có mạch này người ta lấy ra được số liệu đã điều chế và các băng tần cơ sở phụ.

2. Giải điều chế QAM

2.1. Sơ đồ khối bộ giải điều chế QAM m trạng thái



Hình 3.19: Bộ giải mã QAM m trạng thái

2.2. Nguyên lý

Tín hiệu cao tần RF (Radio Frequency) sau khi đổi tần thành tín hiệu trung tần IF đi vào bộ giải điều chế QAM, ở đó tín hiệu rẽ thành hai nhánh đi vào các bộ điều chế cân bằng I và Q (I: đồng pha – Inphase; Q: Quadrature: vuông pha). Bộ dao động nội LO của những hộp giải điều chế này được điều khiển từ tín hiệu vào dùng mạch khôi phục sóng mang vì tất cả các bộ điều chế làm việc theo kiểu mạch kết hợp. Sau đó, tín hiệu ra từ giải điều chế đi vào bộ lọc thông

thấp để tạo dạng phổ trước khi vào bộ chuyển đổi 4/2 mức. Mạch khôi phục thời gian dùng để cấu trúc lại tín hiệu số từ các tín hiệu 4 mức đã chuyển đổi và đảm bảo khoảng cách giữa tín hiệu thu đã sai lệch với tín hiệu phát đã chuẩn có giá trị nhỏ nhất. Hai luồng bit nhị phân sau đó đi vào bộ giải mã vi sai và khối xử lý tín hiệu thu. Khối này tách ra các bit mã đầu và kết hợp hai luồng bit vào I và Q thành tín hiệu ra.

Bài tập chương 3

1. Nêu khái niệm điều chế số? Kể tên ít nhất 5 hệ thống điều chế số.
2. Giải thích nguyên lý điều chế số:
 - Khoá dịch biên (ASK)
 - Khoá dịch tần (FSK)
 - Khoá dịch pha (2PSK)
 - Biên độ cầu phương (QAM)
3. Vẽ dạng tín hiệu điều chế: ASK, FSK, BPSK ứng với dãy dữ liệu:

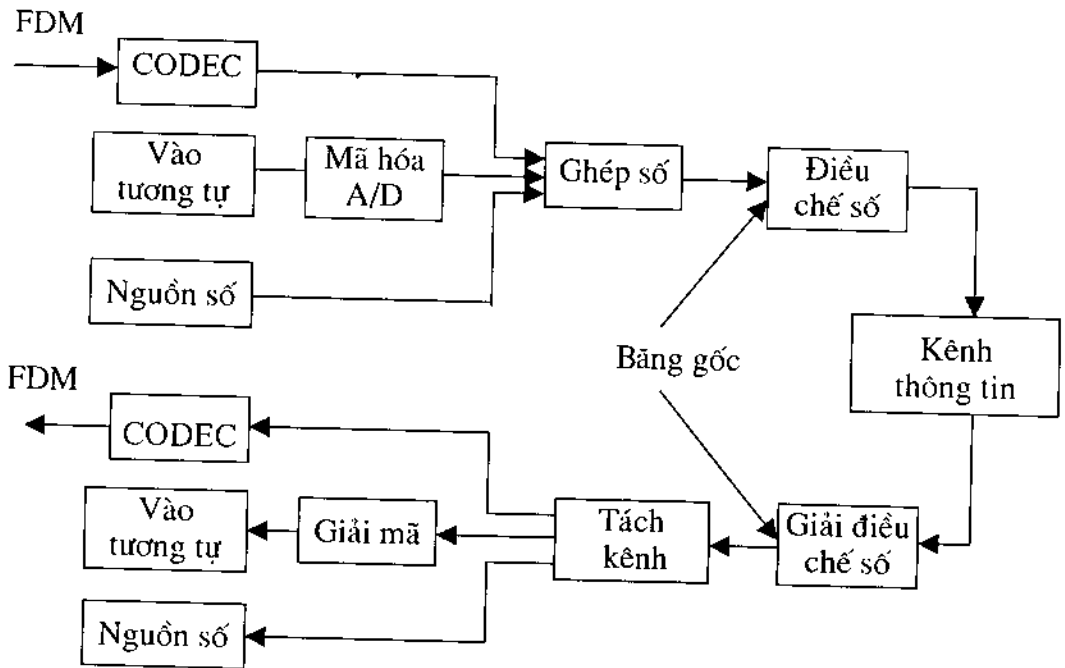


Chương 4

CÁC PHƯƠNG PHÁP GHÉP KÊNH SỐ

I. TỔNG QUAN CHUNG

Ở chương 2, chúng ta đã nghiên cứu việc xử lý tín hiệu tiếng nói thông qua việc chuyển đổi tiếng nói tương tự thành tín hiệu số với các kỹ thuật như kỹ thuật điều xung mã PCM, kỹ thuật điều xung mã vi sai DPCM, kỹ thuật điều chế delta và điều chế delta thích ứng. Trong chương này chúng ta sẽ nghiên cứu kỹ thuật liên kết các luồng số từ các nguồn khác nhau nhờ phương tiện xử lý ghép kênh số. Chúng ta xét mô hình chung một hệ thống thông tin số:



Hình 4.1: Mô hình của một hệ thống số

Ta thấy rằng thiết bị ghép kênh số (bộ ghép kênh số) MUX thực hiện chức năng tập hợp các luồng bit số liệu từ các nguồn khác nhau hoặc từ nguồn xử lý PCM tương tự.

Các luồng bit số từ các bộ CODEC, các nguồn số và các mạch PCM mang tín hiệu âm thanh tương tự được ghép hợp lại và được xử lý trong thiết bị ghép kênh số, tín hiệu có băng tần cơ sở đưa ra được xử lý tiếp để chuẩn bị truyền qua kênh thông tin của hệ thống vô tuyến số. Sau khi tiếp nhận và giải điều chế nhờ thiết bị vô tuyến số, tín hiệu băng cơ sở được đưa đến thiết bị ghép kênh số, sau khi được phân kênh các luồng số được chuyển đến các thiết bị tải khác nhau để truyền về tín hiệu gốc như ở đầu phát. Thiết bị PCM có thể bao gồm cả thiết bị ghép, do vậy, các âm tần ở dạng tương tự có thể đại diện cho tín hiệu vào trực tiếp của thiết bị ghép đầu cuối để xử lý thành tín hiệu PAM và ghép với tín hiệu PAM của các kênh âm tần khác trước khi biến đổi thành luồng bit PCM. Tại đây, nguồn số là luồng bit tín hiệu PCM có tốc độ 64Kb/s bắt nguồn từ tiếng nói, thiết bị ghép kênh tiếp nhận các luồng số liệu này và xử lý chúng, ghép trực tiếp như hình 4.1. Muốn truyền nhiều nguồn trên một kênh cần phải quan tâm đến tín hiệu ghép để tạo thuận lợi, để có thể tách kênh rõ ràng. Chúng ta sẽ nghiên cứu kỹ thuật này thông qua cơ sở ghép kênh theo thời gian TDM (Time Devision Multiplex).

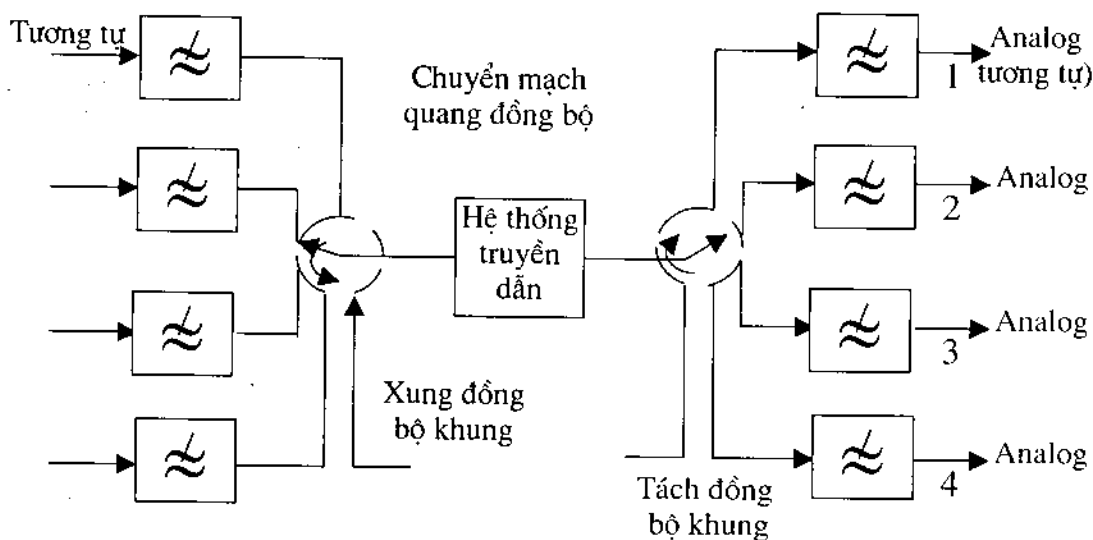
II. CƠ SỞ GHÉP KÊNH THEO THỜI GIAN (TDM)

Có thể thực hiện ghép kênh theo thời gian tín hiệu PAM hoặc tín hiệu PCM (tín hiệu PAM – Tương tự và tín hiệu số). Khi có hai luồng tín hiệu tương tự trở lên được truyền dẫn trên một kênh thông tin thì ta gọi là kỹ thuật ghép kênh. thường sử dụng một trong hai sơ đồ cổ điển để liên kết hai tín hiệu này.

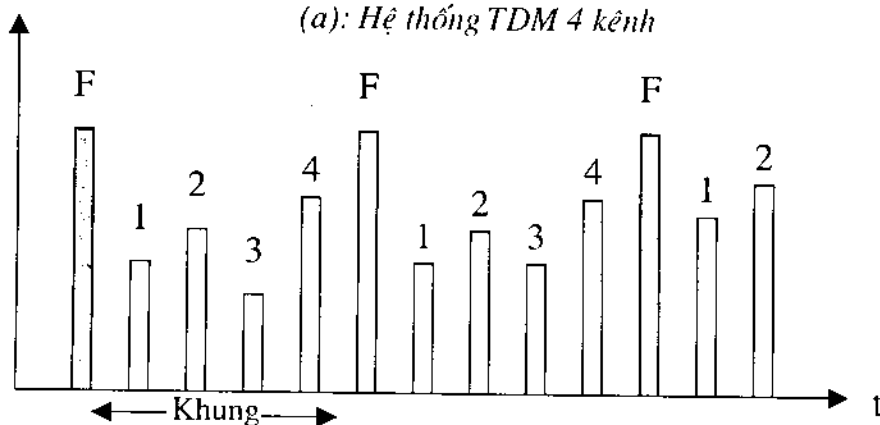
1. Các sơ đồ ghép TDM

Sơ đồ thứ nhất, ở đó các tín hiệu được xử lý để chiếm các khoảng tần số riêng trong dải tần nhưng đều được truyền trong cùng một thời gian. Nói cách khác, tín hiệu được truyền đi đồng thời nhưng tần số đã chuyển đổi. Đây chính là kỹ thuật ghép kênh theo tần số. Sơ đồ cổ điển thứ hai, tất cả các tín hiệu đều có cùng tần số nhưng chiếm khoảng thời gian khác nhau trong dải thời gian. Trong trường hợp này mỗi băng tần chẳng hạn như tiếng nói đều như nhau nhưng truyền trên kênh thông tin và tại thời điểm khác nhau. Để thực hiện việc này, mỗi tín hiệu tương tự được lấy mẫu tại các thời điểm khác nhau và xung lấy mẫu mang thông tin về biên độ của mỗi thông tin riêng được phát lên đường dây. Kết quả là một dãy xung PAM được ghép lại, trong đó mỗi xung điều biên

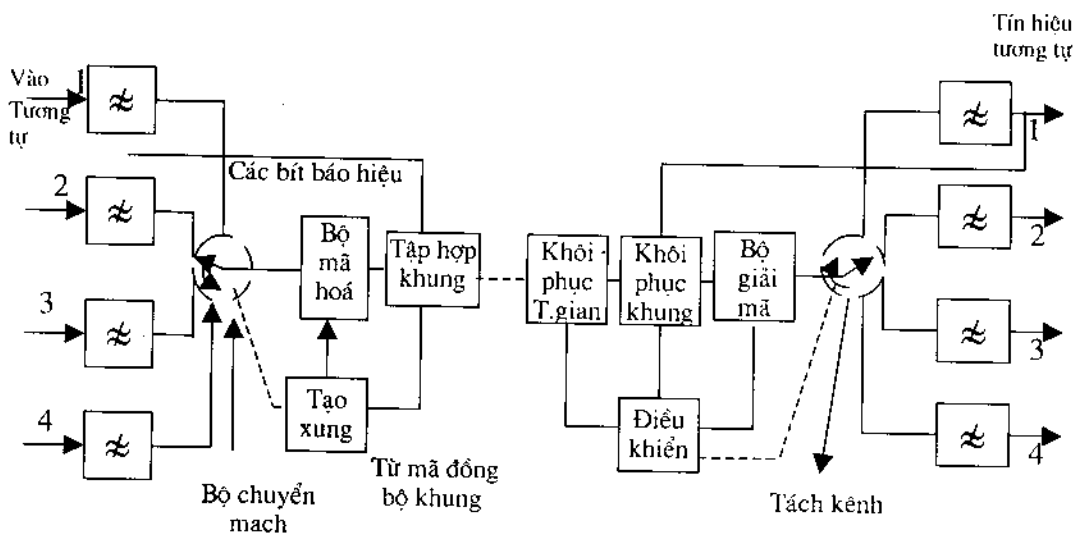
trong chu trình bắt nguồn từ một tín hiệu khác nhau. Điều này có thể thực hiện nhờ vì độ rộng xung lấy mẫu của tín hiệu ngắn hơn nhiều so với thời gian trôi qua cho đến khi tín hiệu được lấy mẫu lần nữa. Xem các hình 4.2(a) và 4.2(b). Xét hình 4.2(a) ta thấy, các tín hiệu tương tự từ các đường dây khác nhau đi đến khoá chuyển mạch kiểu quay tròn có tốc độ cố định, khoá này được gọi là bộ gộp. Đường dây thứ năm có điện áp chữ V lớn hơn giá trị cực đại của bất cứ tín hiệu nào trong 4 tín hiệu dạng sóng có kết quả như hình 4.2(b). Xung lớn nhất F gọi là xung đồng bộ khung và được sử dụng để xác định một khung hoặc một tập các tín hiệu trong một vòng quay. Nhóm 5 xung trong ví dụ này được gọi là 1 khung. Các hệ thống trong thực tế việc tạo thành một khung có số xung rất lớn.



(a): Hệ thống TDM 4 kênh



(b): Dạng sóng TDM



(c): Hệ thống ghép kênh TDM/PCM 4 kênh

Hình 4.2: Ghép tách kênh theo thời gian TDM

2. Nguyên lý

Nếu mỗi tín hiệu tương tự có băng tần là $B(\text{Hz})$ được xác định bởi bộ lọc thông thấp thì tần số lấy mẫu thấp nhất phải bằng $2B\text{Hz}$. Vấn đề này đã được đề cập trong phần trước (theo định lý lấy mẫu Nyquist). Khi có n tín hiệu PAM ghép theo thời gian thì tốc độ truyền xung bằng $2Bn$ xung/s. Điều này có nghĩa là băng tần của bộ lọc thấp lý tưởng là nB . Trong thực tế nó rộng hơn, vì không có khả năng chế tạo bộ lọc như vậy và rộng hơn để ngăn ngừa xuyên tạc âm giữa các tín hiệu hoặc xuyên tạc âm giữa các xung cạnh nhau.

Ở phía thu, các xung lấy mẫu từ các kênh riêng biệt được tách ra và được phân phối nhờ một bộ chuyển mạch kiểu quay trong và gọi là bộ phân phối.

Sau đó, các xung lấy mẫu của mỗi kênh được lọc để tách tín hiệu tương tự nguyên thủy. Bộ chuyển mạch ở máy phát và máy thu được đồng bộ một cách chặt chẽ. Đồng bộ là chỉ tiêu thứ nhất của quá trình ghép kênh theo thời gian (TDM). Hai dạng đồng bộ trong TDM là đồng bộ khung cần thiết để xác định điểm bắt đầu của một khung và đồng bộ bit cần thiết để xác định một cách chính xác các xung mẫu trong mỗi khung.

Quá trình đồng bộ cho phép đồng bộ thiết bị đầu cuối phát và thu các tín hiệu thời gian trong hai thiết bị đầu cuối có cùng tốc độ trung bình. Trong thiết

bị đầu cuối phát đồng hồ tạo ra các xung thời gian yêu cầu để điều khiển các chức năng khác nhau và điều khiển tốc độ bit tín hiệu số cho mục đích truyền dẫn, trong nhiều trường hợp sẽ không hoạt động cùng tốc độ như đồng hồ tạo ra trong thiết bị đầu cuối ra. Để khắc phục sự khác nhau của tần số đồng hồ, thiết bị đầu cuối thu thường nhận sự định thời từ luồng bit số thu được. Điều này đảm bảo cho hai thiết bị đầu cuối liên quan đến luồng bit riêng, hoạt động ở cùng tốc độ trung bình và có thể xem như đã đồng bộ. Như vậy, thiết bị đầu cuối thu phụ thuộc vào thiết bị đầu cuối phát. Đồng hồ phát trong thiết bị đầu cuối cùng phụ thuộc vào mạch thu tạo ra sự đồng bộ giữa đầu phát và đầu thu của hai thiết bị đầu cuối trở lên mang luồng bit này. Thiết bị đầu cuối thu tách thông tin thời gian từ luồng bit số đưa đến nhờ các mạch khôi phục đồng bộ số, các mạch này hoạt động đưa vào cùng một nguyên lý như các bộ lặp. Trong các hệ thống TDM cơ sở các xung PAM ghép có thể được lượng tử để xử lý tiếp trước khi truyền dẫn bằng PCM hoặc có thể được xử lý thông qua lượng tử và PCM để truyền trực tiếp bằng cơ sở. Hình 4.2 (c) là hệ thống TDM/PCM, đầu ra bộ mã hoá là tín hiệu số nhị phân TCM mỗi từ mã thay từ xung lấy mẫu. Sơ đồ này gọi là sơ đồ ghép theo từ mã hay ghép theo tín hiệu. Các từ mã được gộp lại với các bit báo hiệu và các bit đồng bộ khung, các bit đồng bộ khung được sắp xếp sao cho chúng tạo thành một cấu trúc lặp hay từ mã đồng bộ khung cho phép thiết bị đầu cuối nhận dạng chính xác mỗi bit hay khe thời gian và phân chia luồng tín hiệu số đến thành các tín hiệu thành phần. Các tín hiệu thành phần sau đó đi đến kênh ra tương ứng, mỗi loại của tín hiệu phát được hình thành từ bởi từ mã đồng bộ khung và các bit tín hiệu gọi là một khung. Nếu thiết bị đầu cuối thu phát hiện được từ mã đồng bộ khung tại vị trí đã biết trước, tức là có đồng bộ và nó tiếp tục làm việc ở chế độ đóng. Nếu sau vị trí đó, qua nhiều khe thời gian không phát hiện được từ mã đồng bộ thì thiết bị đầu cuối cho rằng đã mất đồng bộ khung.

Khi gặp trường hợp như vậy thiết bị đầu cuối khởi xướng quá trình tìm kiếm từ đồng bộ bằng cách trượt từng khe thời gian cho đến khi phát hiện được từ mã đó. Dựa vào sự phát hiện này, thiết bị đầu cuối chuyển sang phương thức kiểm tra để khẳng định từ mã xuất hiện vài lần ở đúng vị trí mong muốn trước khi sang phương thức đóng. Để khẳng định rằng việc tìm được từ mã đồng bộ sự thực là một từ mã tin cậy chứ không phải là một dãy ngẫu nhiên của luồng bit tín thì cấu trúc của từ mã được lựa chọn phải có xác suất ngẫu nhiên thấp của một dãy bit tin. Khác với ghép từ mã, bộ ghép kênh có thể phân chia cho mỗi tín hiệu hoặc một khe thời gian bằng 1 bit và sự sắp xếp như vậy gọi là ghép theo bit.

III. GHÉP KÊNH THEO THỜI GIAN ĐIỀU XUNG MÃ(TDM/PCM)

1. Một số đặc điểm về ghép kênh

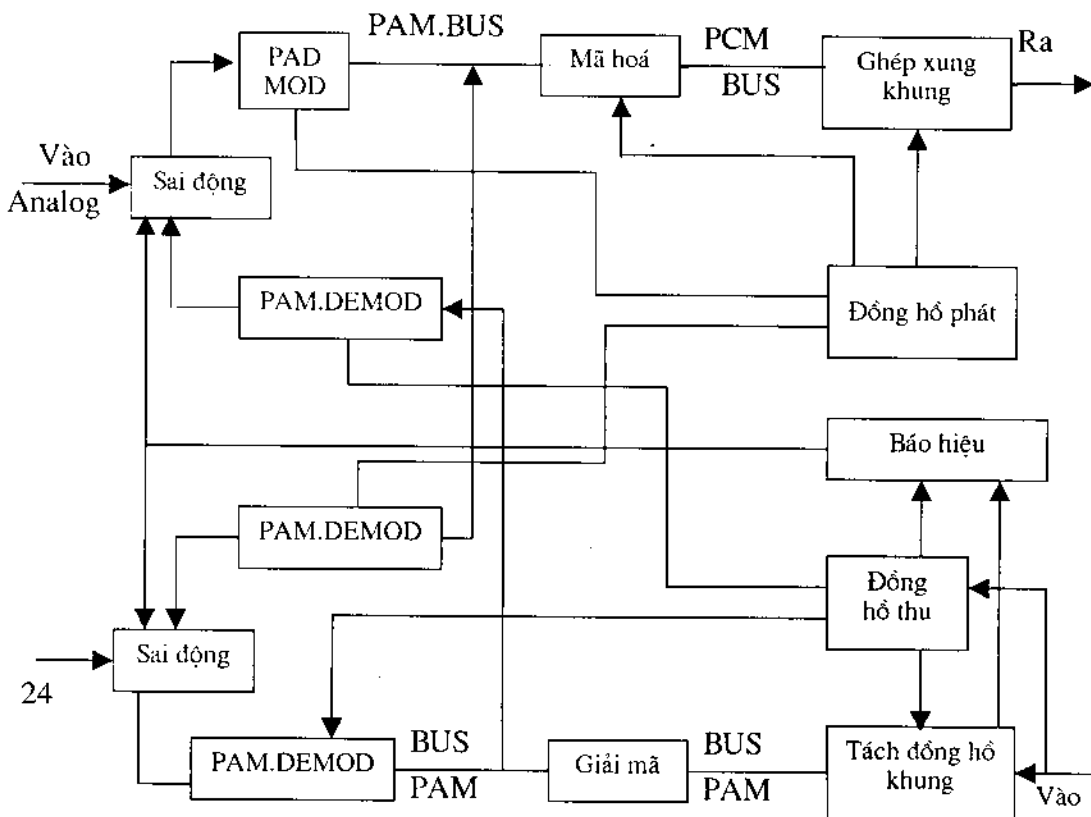
Trong thực tế, các khái niệm cơ bản của TDM như đã trình bày ở phần trên vẫn giữ nguyên. Thiết bị ghép bao gồm không chỉ thiết bị xử lý tín hiệu tương tự đầu vào thành dạng PAM và ghép các xung đó mà còn có các thiết bị để chuyển đổi luồng bit hợp thành một luồng PCM có tốc độ bit số liệu nhất định ITU – T ấn định tốc độ bit phù hợp với số lượng kênh âm tần trong một hệ thống. Có các bit sau đây:

- + Đối với bộ ghép PCM 30 kênh, có tốc độ bit bằng 2048Kb/s.
- + Đối với bộ ghép PCM 120 kênh có tốc độ bit bằng 8448Kb/s
- + Đối với bộ ghép PCM 24 kênh có tốc độ bit bằng 1544Kb/s.
- + Đối với bộ ghép PCM 96 kênh có tốc độ bit bằng 6312Kb/s.

Đối với hệ thống 1544Kb/s là như nhau, đối với phân cấp của Mỹ và Nhật Bản có 24 kênh thoại PCM 64Kb/s hệ thống này sau khi ghép trở thành DS-1 hệ thống 6312Kb/s là mức DS. Cả hai hệ thống 24 và 30 kênh được mô tả dưới đây trong thực tế hiện nay đều quan trọng như nhau, Việt Nam sử dụng hệ thống theo tiêu chuẩn châu Âu là 30 kênh thoại, 2 kênh báo hiệu và đồng bộ với tốc độ là 2048Kb/s.

Việc thực hiện ghép một số kênh thoại thành một luồng bit số như được trình bày trong hình 4.3. Đó là sơ đồ khối bộ ghép PCM đầu cuối điển hình. Mạch 2 dây nối đến bộ hỗn hợp hoặc bộ sai động của tổng đài điện thoại hoặc đầu cuối PCM, bộ sai động này tách tiếng nói thành mạch phát và mạch thu. Ở mạch phát, trước hết hạn chế băng tần đến 3400Hz nhờ bộ lọc thấp, đầu ra bộ lọc nối đến mạch lấy mẫu. Các nhóm kênh thoại 24 hoặc 30, 96 hoặc 120 phụ thuộc vào hệ thống sử dụng, điều đã được biến đổi thành dạng xung PAM được đưa lần lượt vào tuyến ghép hoặc Bus PAM dưới sự điều khiển của đồng hồ phát, đồng hồ này tạo ra xung lấy mẫu cho tín hiệu PAM và điều khiển thông tin vào Bus PAM. Đầu vào của bộ mã hoá tại bất kỳ thời điểm cũng chỉ có một tín hiệu PAM từ bộ điều chế PAM dưới sự điều khiển của hệ thống hay đồng hồ phát, lượng tử hoá xung này và tạo ra từ mã thích hợp. Đầu ra bộ mã hoá là luồng bit có tốc độ bit của hệ thống đó. Xung đồng bộ khung được ghép vào khe thời gian tương ứng, cả tín tức báo hiệu cũng được ghép và như vậy, toàn bộ gói tin (khung tin) xuất hiện tại đầu ra. Nếu đó là hệ thống 24 kênh thì một trong 24 tín hiệu thoại được lấy mẫu trong từng quãng thời gian 125 μ s (tần số lấy mẫu là 8KHz). Khoảng

phân cách giữa các xung lấy mẫu liên tiếp là $5,18\mu s$, vì thế mỗi xung lấy mẫu của hệ thống 24 kênh được dành $5,18\mu s$ trên Bus chung



Hình 4.3: Thiết bị đầu cuối ghép PCM điển hình

Bộ mã hoá luật μ đoạn chuyển đổi mỗi xung PAM thành từ mã PCM 8 bit trong một khe thời gian $518\mu s$, ở cuối khe thời gian thứ 24, mạch đồng bộ đưa vào một xung nữa sử dụng làm bit đồng bộ khung. Vì vậy, số bit trong một khung bằng $8 \times 24 + 1$ bằng 193 xung, các xung này được sắp xếp trong khung $121\mu s$ trong hệ thống này, cứ 12 khung liên tiếp tạo thành đa khung $1,5\mu s$. Trạng thái của các xung đồng bộ khung cho phép nhận dạng khung và đa khung. Điều này sẽ được đề cập kỹ hơn khi xem xét hệ thống PCM 24 kênh và 30 kênh. Phía sau của bộ ghép PCM tiếp nhận số liệu đó, tái tạo tín hiệu này và tách thông tin đồng bộ trong tín hiệu đó. Đồng hồ thu sử dụng thông tin đồng bộ này cho các bước của quá trình tách kênh, giả thiết rằng tốc độ của nó phù hợp với tần số trung bình của đầu cuối giá phát. Bộ đồng bộ khung và tách xung kiểm tra tín hiệu thu và xác

nhận sự có mặt của tín hiệu đồng bộ khung tại khoảng thời gian chính xác. Bộ giải mã dưới sự điều khiển của đồng hồ thu giải mã các từ mã tương ứng của từng kênh của tín hiệu PAM và đưa đến Bus PAM để phân theo thứ tự chính xác cho các bộ lọc băng tương ứng. Đầu ra bộ lọc hình thành tín hiệu tương tự nguyên thủy. Các xung cổng từ đồng hồ thu cũng cho phép tách các bit báo hiệu từ tín hiệu và phân phối cho các khối báo hiệu kênh tương ứng nằm trong mạch sai động để nhận được một động tác phù hợp, chẳng hạn như rung chuông máy điện thoại. Các tín hiệu đồng bộ bit và đồng bộ khung có vai trò rất quan trọng trong kỹ thuật ghép kênh/tách kênh, sau đây chúng ta sẽ nghiên cứu kỹ hơn về các loại tín hiệu này.

2. Đồng bộ bit và khung

Như đã phân tích trên đây đồng bộ một tuyến số được thực hiện nhờ tách thông tin từ luồng bit số, thông tin này là thông tin kép. Thứ nhất cho đồng bộ bit, ở đây tần số đồng bộ cơ sở được tách ra và thứ hai để cho các mạch đồng bộ khung tách thông tin chỉ thị thời điểm bắt đầu của một khung lên mỗi khe thời gian chứa trong khung được nhận dạng chính xác. Thông tin đồng bộ có thể được tách ra theo hai loại mạch khác. Các mạch này có thể mô tả một cách tổng quát là loại hoạt động trước và sau. Loại thứ nhất, gồm các mạch thụ động đơn giản, như các mạch, các hệ số phẩm chất cao, bộ lọc và thiết bị tạo dạng sóng. Các mạch như vậy được sử dụng trong các trạm lặp. Loại thứ hai hoặc loại hoạt động sau là các mạch bao gồm mạch vòng khoá pha và các mạch liên quan phức tạp hơn. Các mạch này được sử dụng để tách đồng bộ khung và khôi phục đồng bộ bit trong các thiết bị ghép đầu cuối. Loại hoạt động trước được sử dụng khi một dây mẫu biết trước nhờ một dây mẫu xác định và cho phép khôi phục dễ dàng khi sử dụng các mạch logic. Mạch đồng bộ được khởi động khi dây số đồng bộ khung đến, sau khởi động mạch thời gian tạo ra các xung thời gian để thu dây tín. Các mạch hoạt động sau gồm có các mạch xung mẫu và bộ đếm khung. Bộ đếm khung tiến một bước cho mỗi khung thu và điều chỉnh mạch xung mẫu cho phù hợp với mẫu và tiếp theo. Đầu ra loại mạch này cung cấp toàn bộ thông tin thời gian cho máy thu.

Muốn cho thiết bị đầu cuối có thể tách chính xác luồng bit đến thành các kênh, cần phải nhận dạng chính xác mỗi khe thời gian đến. Không có vấn đề gì tồn tại nếu không có sự truyền dẫn làm hỏng luồng bit. Tuy nhiên, cũng có lúc luồng bit có sự cố và làm mất từ mã đồng bộ khung. Đồng bộ khung xem như mất đi khi có ba hoặc 4 tín hiệu đồng bộ khung thu có một lỗi.

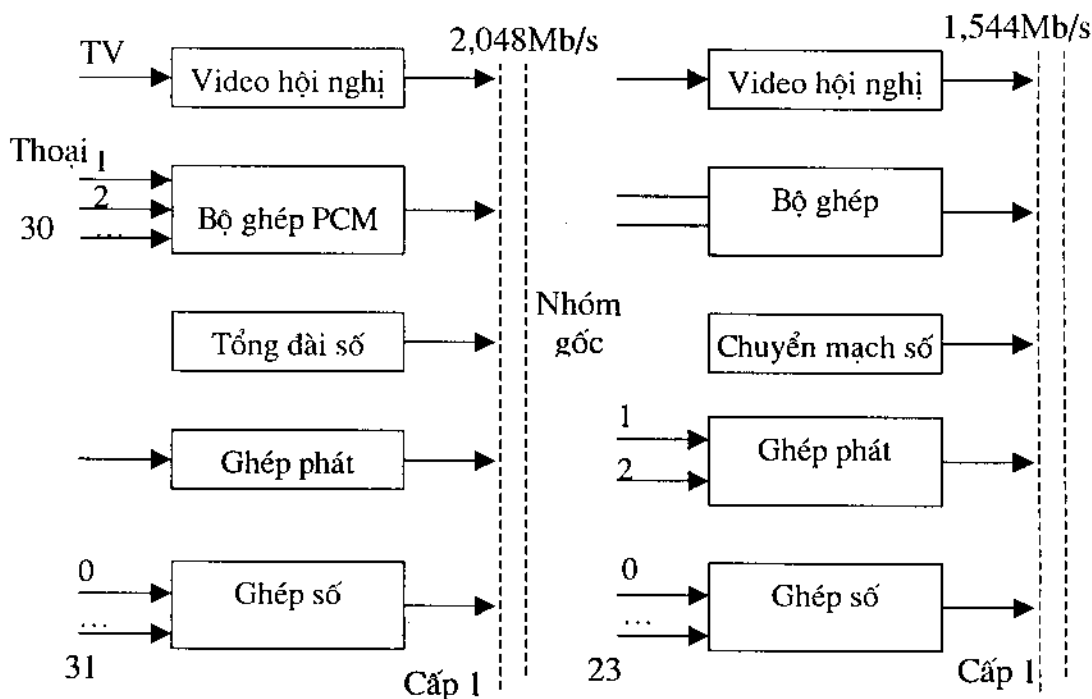
Việc khôi phục các đồng bộ khung bằng các thiết bị tự động là một bộ phận quan trọng của thiết kế mạch hoặc thiết kế hệ thống, để đảm bảo chắc chắn đồng bộ khung được khôi phục sau một tín hiệu đồng bộ khung hợp cách có thể thực

hiện trong thiết bị đầu cuối thu. Một vấn đề đáng quan tâm khác xảy ra và phải tính đến khi thiết kế mạch hoặc thiết kế hệ thống là xảy ra một loạt 8 bit không trong luồng bit số. Quãng dài các trạng thái không gây ra mất định thời cho các mạch khôi phục đồng hồ. Để tránh hiện tượng này, một số mạng khử đi các hiện tượng này, chẳng hạn có sự sắp xếp khác cho bộ mã hoá để tạo ra từ mã có các bit đổi dấu xen kẽ. Do đó, dãy các bit không đổi thành 10101010 và số nhị phân 106, tức là 10101010 đổi thành dãy toàn bit 0 và ngược lại là ở chỗ số nhị phân 106 xảy ra rất hiếm, chỉ khi các kênh rồi hoặc không sử dụng, điều này có thể xảy ra khá thường xuyên, sẽ truyền các dãy số 0. Như vậy, đồng bộ bit và đồng bộ khung là rất cần thiết, nó giúp cho kỹ thuật ghép/tách kênh thực hiện được, tách các hiện tượng trôi và trượt gây mất đồng bộ phát và thu.

IV. GHÉP KÊNH CƠ SỞ PCM 30

1. Đặc điểm

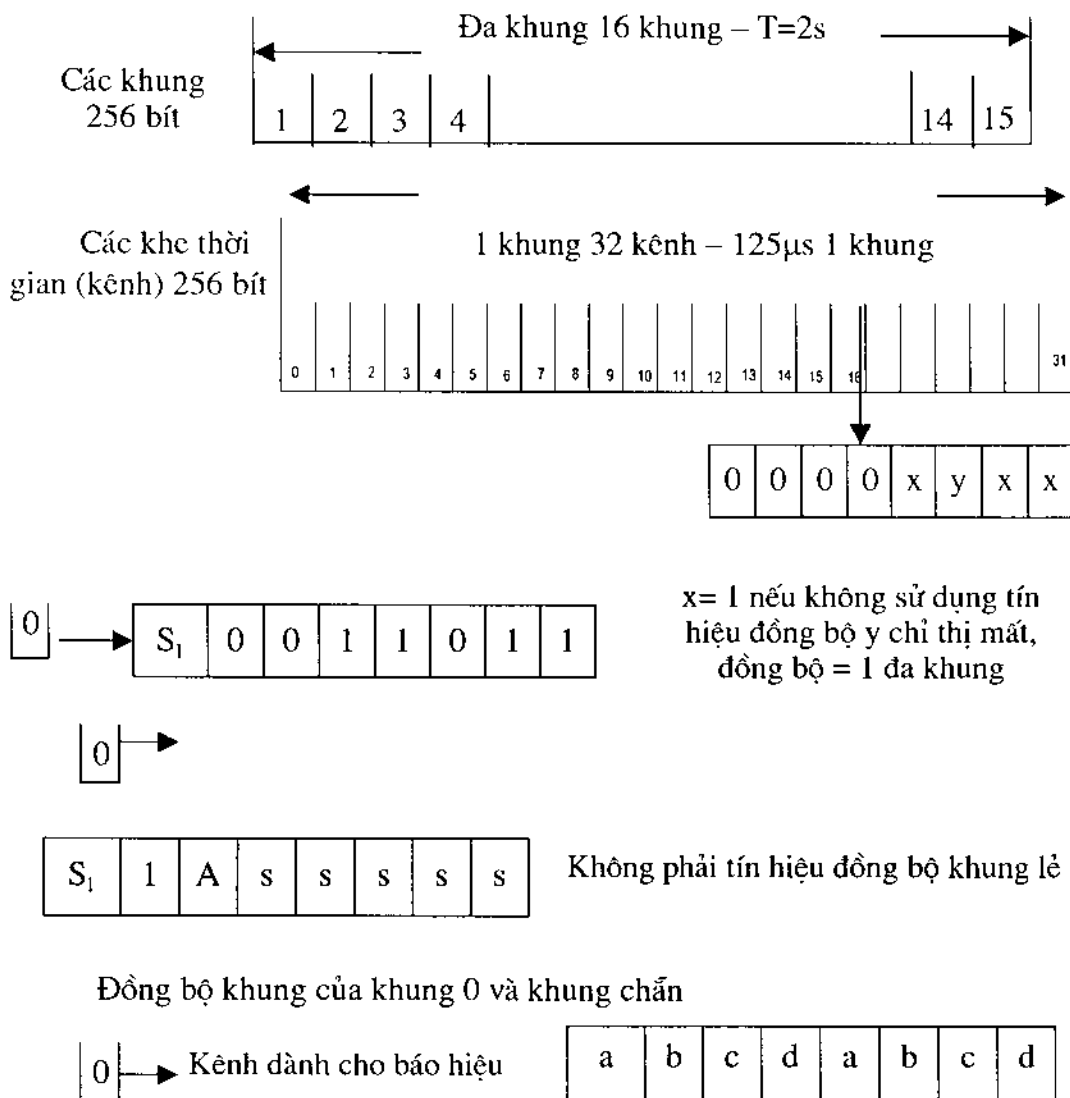
Ghép kênh cơ sở PCM 30 và PCM 24 là các hệ thống ghép kênh PCM thực tế cho các luồng bit số cấp 1 theo tiêu chuẩn châu Âu và Bắc Mỹ – Nhật Bản với tốc độ cơ sở PCM 30 là 2048Kb/s và 1544Kb/s.



Hình 4.4: Phân cấp ghép cấp 1 của ITU-T

Hình 4.4 chỉ ra các nguồn khác nhau được ghép thành các cấp của luồng bit này. Chú ý rằng trong các khối này mỗi khối đặc trưng cho một thiết bị giao tiếp hoặc xử lý đều đưa vào khuyến nghị của ITU-T để tư vấn cho xử lý hoặc giao tiếp này. Phân tích đầy đủ của hệ thống ghép kênh cơ sở PCM 30 chúng ta sẽ nghiên cứu kỹ.

2. Cấu trúc khung và đa khung PCM 30



Hình 4.5: Hệ thống ghép khung và đa khung PCM 30

Thiết bị ghép PCM 30 của ITU – T hoạt động với tốc độ 2,048Mb/s. Mã hoá sử dụng là luật A 13 đoạn với $A = 87,6$, số mức lượng tử là 256. Theo hình 4.5 mỗi đa khung có 16 khung dài 2ms, đánh số lần lượt từ 0 đến 15. Mỗi khung dài 125 μ s được chia làm 32 khe thời gian đánh số từ 0 đến 31 và mỗi kênh (mỗi khe thời gian) dài 3,9 μ s gồm 1 từ mã 8 bit, hoặc thời gian bit dài 488ns. Tốc độ bit của một khung bằng tốc độ lấy mẫu $\times$ số khe thời gian nhân $8000 \times 32 = 2,048\text{Mb/s}$. Tín hiệu định thời phát lấy từ nguồn bên trong hoặc bên ngoài từ tín hiệu số thu. Trong mỗi khung, khe thời gian từ 16 được dành cho báo hiệu, khe thời gian này cung cấp một kênh báo hiệu 64Kb/s và có thể sử dụng cho các báo hiệu kênh chung. Đối với báo hiệu kênh kết hợp, nó đại diện cho hai kênh báo hiệu 30Kb/s ngoài tín hiệu đồng bộ đa khung được sử dụng như một chuẩn mực bit 1 đến bit 4 và bit 5 đến bit 8 của khe thời gian 16 được ký hiệu là a, b, c và d. Nếu các bit b, c và d không sử dụng thì $b = 1$, $c = 0$ và $d = 1$.

- Thiết bị PCM cần phát hiện các dạng sự cố sau:
 - + Mất nguồn cung cấp.
 - + Hỏng 1 mạch CODEC.
 - + Mất đồng bộ khung.
 - + Tỷ lệ lỗi lớn hơn 10^{-4}
 - + Mất tín hiệu vào 64Kb/s của kênh không dành cho báo hiệu kênh kết hợp.
- Các sự cố trên cần được xử lý để thiết bị hoạt động tiếp theo.

3. Đồng bộ khung và đa khung PCM 30

Trong PCM 30 ở đồng bộ đa khung, khi báo hiệu kênh kết hợp thì từ mã đồng bộ đa khung 0000 và ghép vào khoảng bit 1 đến bit 4 của khe thời gian thứ 16 của khung 0. Điều này có nghĩa là cứ 16 khung thì từ mã xuất hiện dưới dạng cụm. Các vị trí còn lại từ bit 5 đến bit 8 của khe thời gian thứ 16 khung 0 gồm các bit riêng biệt 5, 7 và 8 là tập bit 1 nếu không sử dụng và bit 6 sử dụng cho chỉ thị khi mất đồng bộ đa khung bằng 1.

Đồng bộ đa khung xem như mất khi thu hai tín hiệu đồng bộ đa khung liên tiếp có một lỗi và khi trong chu kỳ 1 hoặc 2 đa khung tất cả các bit trong khe thứ 16 đều ở trạng thái 0. Điều kiện thứ hai này tránh được phục hồi ngay khi tín hiệu đồng bộ đa khung chính xác đầu tiên được phát hiện và khi ít nhất một bit trong khe thời gian 16 có mức logic đúng trước tín hiệu đồng bộ đa khung được phát hiện lần đầu.

Đồng bộ khung trong PCM 30 chiếm khe thời gian 0 của các khung chẵn, gồm cả khung 0, nghĩa là các khung 0, 2, 4, ..., 30. Ở khe thời gian 0, bit 2 và bit 8 đứng đầu và cuối từ mã đồng bộ khung. Bit 1 không nằm trong từ mã đồng bộ khung mà cho sử dụng quốc tế. Một ứng dụng trong việc kiểm tra độ dư chu trình được thực hiện trong hệ thống để đề phòng sự sáng tạo của tín hiệu đồng bộ khung hoặc có nhu cầu tăng cường khả năng giám sát lỗi. Đối với các khung lẻ không có tín hiệu đồng bộ khung từ 2 đến bit 8. Bit 1 được sử dụng như một bộ phận để kiểm tra độ dư chu trình nếu cần, hoặc dành cho sử dụng quốc tế. Nếu không sử dụng thì bit 1 của khe thời gian 0 trong các khung chẵn và lẻ khác ấn định là 1, bit 2 luôn cố định bằng 1 để đề phòng sự phóng tạo đồng bộ khung. Bit hệ thống thứ 3 chỉ thị cảnh báo xa. Trong trạng thái bình thường, bit này bằng 0. Trái lại, ở trạng thái cảnh báo nó chuyển thành 1. Các bit 4 đến 8 là các bit dự trữ cho sử dụng quốc gia và không sử dụng trên các mạch quốc tế. Khi hệ thống sử dụng trên mạch quốc tế, bit 4 đến bit 8 sẽ bằng 1, nếu bit 1 không được sử dụng thì có thể dùng trên các kênh quốc gia cùng với bit 4 đến bit 8 cho bất kỳ mục đích gì. Đồng bộ khung xem như bị mất khi thu ba hoặc bốn tín hiệu đồng bộ khung liên tiếp có lỗi. Đồng bộ khung xem như đã được phục hồi ngay khi tín hiệu đồng bộ khung chính xác được phát hiện nhưng trong khung tiếp theo, khung lẻ vắng mặt nó và được thông qua bit 2 trong khe thời gian không có logic 1 và khi trong khung tiếp theo phát hiện có tín hiệu đồng bộ chính xác.

4. Ghép tín hiệu gọi trong PCM 30

** Thiết bị ghép kênh số tốc độ 2048Kb/s:*

Hệ thống này kết hợp 31 nhánh hoặc các luồng bit 64Kb/s để tạo ra ở đầu ra của nó một luồng số có tốc độ 2,048Mb/s. Cũng như hệ thống 1,544Mb/s luồng số liệu 2,048Mb/s cũng được tách thành các luồng 64Mb/s. Cấu trúc khung PCM 30 được mô tả ở phần trước.

V. CÁC CẤP SỐ

1. Hệ thống châu Âu

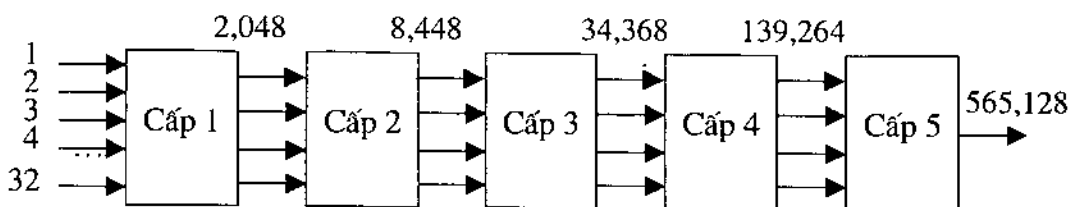
1.1. Các cấp số

Dựa trên khuyến nghị của ITU – T thì các cấp ghép kênh số theo tiêu chuẩn châu Âu dựa trên việc ghép các luồng số cấp 1 có tốc độ bit 2048Kb/s bằng việc ghép các kênh (khe thời gian 8 bit). Cấp ghép như sau:

- Cấp 1: Là một khung PCM gồm 32 kênh (30 kênh thoại + 2 kênh báo hiệu và đồng bộ có tốc độ 2048Mb/s).

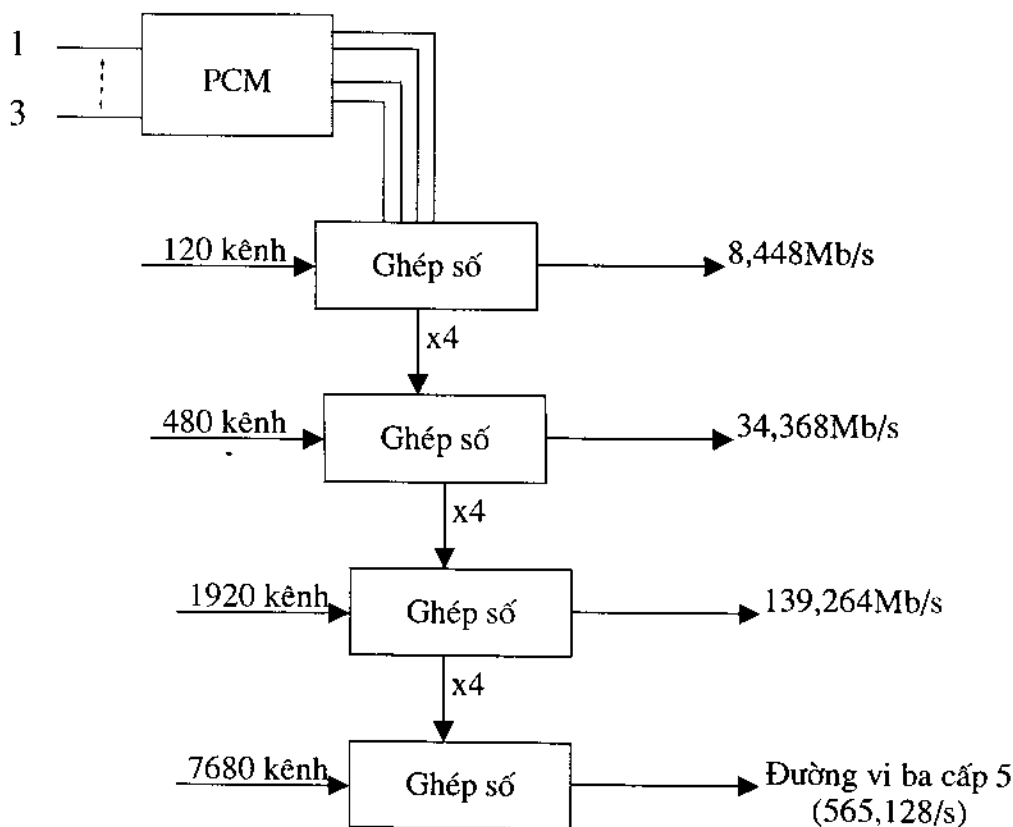
- Cấp 2: Thực hiện ghép 4 luồng cấp 1, có tốc độ 8,448Mb/s.
- Cấp 3: Thực hiện ghép 4 luồng cấp 2, có tốc độ 34,368Mb/s.
- Cấp 4: Thực hiện ghép 4 luồng cấp 3, có tốc độ 139,264Mb/s.
- Cấp 5: Thực hiện ghép 4 luồng cấp 4, có tốc độ 565,128Mb/s.

Có thể mô tả như sau:



Thực tế, cấp ghép cao nhất hiện nay đang được sử dụng là cấp ghép thứ 4 có tốc độ 139,264Mb/s.

1.2. Sơ đồ nguyên lý ghép kênh các cấp



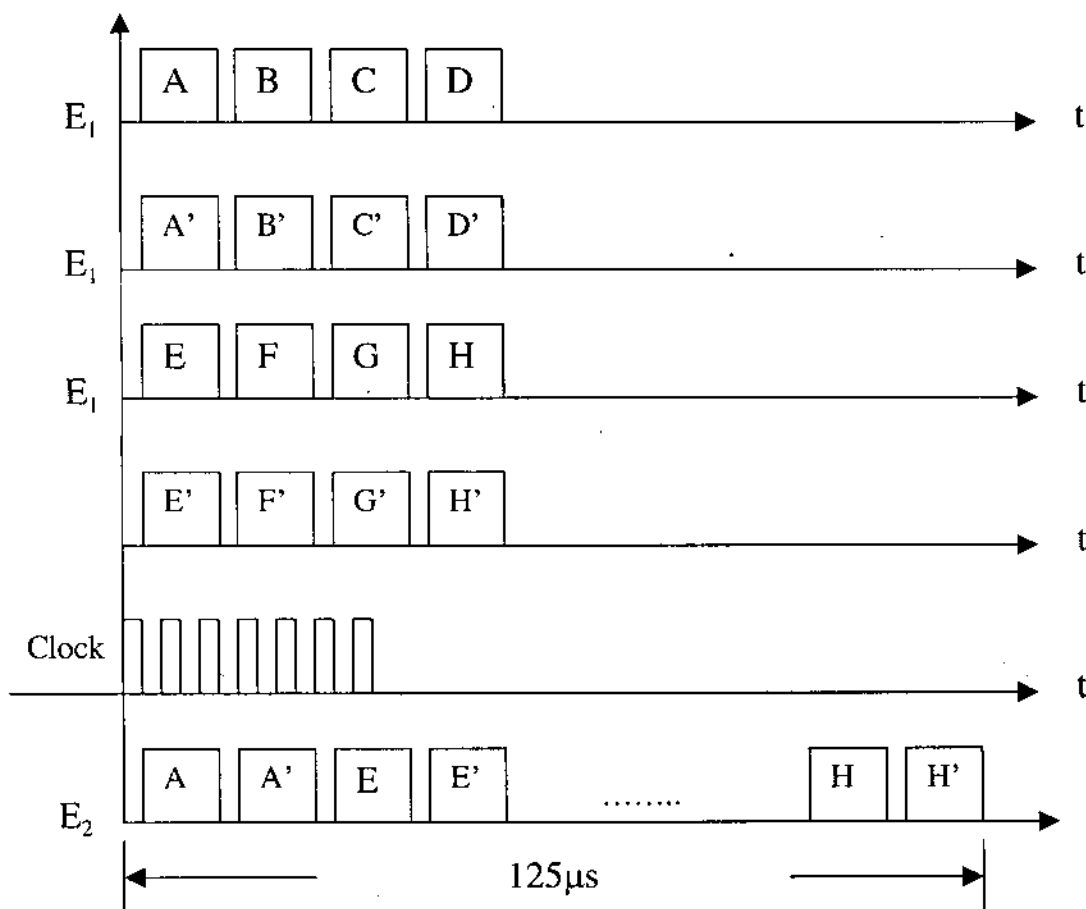
Như vậy, tối đa hiện nay có thể ghép đồng thời 1920 kênh với tốc độ 565,128Mb/s. Đây là tiêu chuẩn chung EU mà Việt Nam đang sử dụng.

1.3. Phương pháp ghép

Có thể có 3 phương pháp ghép tín hiệu số đó là các phương pháp: Ghép theo bit, ghép theo từ mã, ghép theo chu trình.

1.3.1. Ghép theo bit

Việc ghép theo bit có thể miêu tả theo sơ đồ ghép như sau: Trường hợp ghép 4 luồng cấp 1 thành 1 luồng cấp 2 theo tiêu chuẩn EU (xem hình 4.6)



Hình 4.6: Ghép theo bit 4 luồng E_1 thành 1 luồng E_2

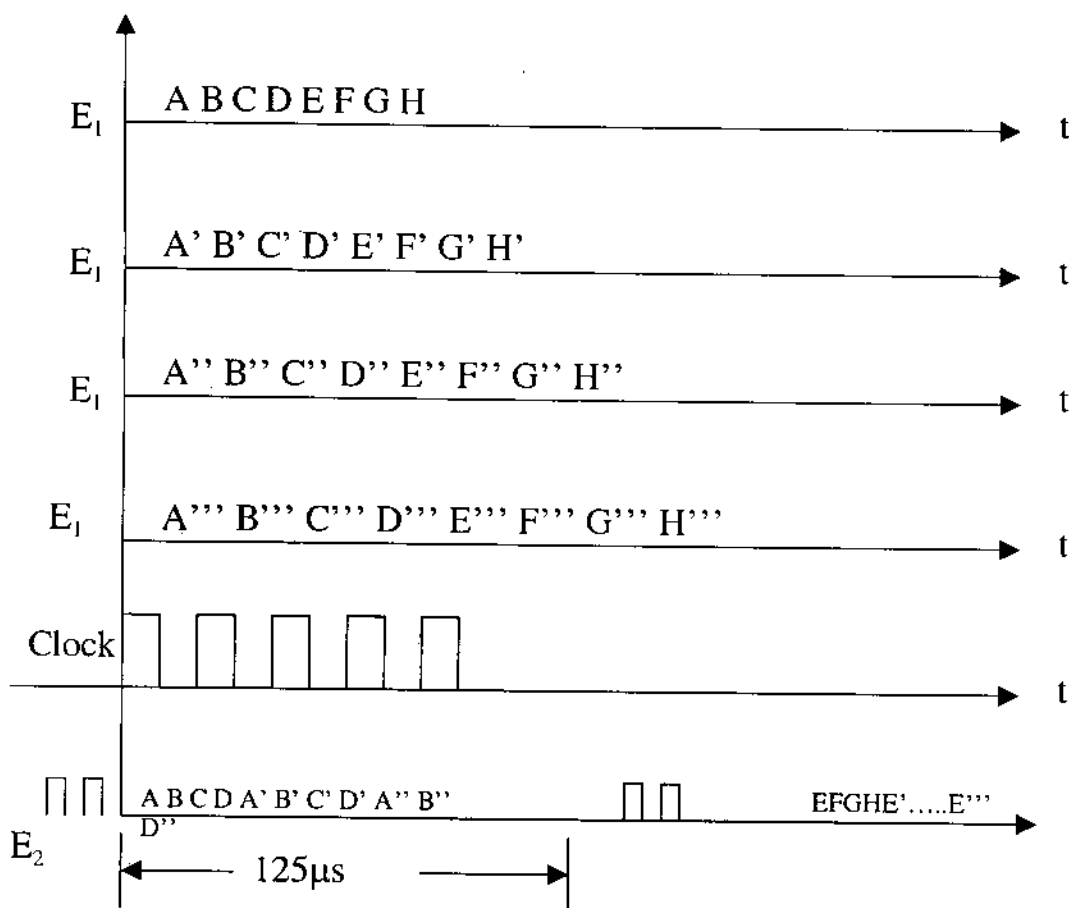
Thứ tự ghép được thực hiện như sau: Đầu tiên, thực hiện ghép xung đồng bộ, sau đó ghép bit thứ nhất của luồng E_1 thứ nhất, tiếp đến bit thứ nhất của các

luồng E_1 tiếp theo (E_1 thứ hai, E_1 thứ ba, E_1 thứ tư). Sau đó ghép bit thứ hai cũng thực hiện theo nguyên lý trên. Quá trình ghép cứ tiếp tục thực hiện như vậy cho đến hết thời gian $125\mu s$. Một chu kỳ sau được tiếp tục bởi xung đồng hồ và quá trình ghép bit lại được thực hiện tương tự như trên.

Chú ý rằng trong $125\mu s$ phải ghép hết số xung trong chu trình đó của cả 4 luồng vào, như vậy thì tốc độ bit luồng E_2 mới bằng 4 lần tốc độ bit luồng E_1 .

1.3.2. Ghép theo từ mã

Nguyên tắc ghép như sau: xét trường hợp giả sử từ mã có 4 bit



Hình 4.7: Ghép từ mã 4 luồng E_1

Đầu tiên, ghép xung đồng bộ, sau đó ghép từ mã thứ nhất của luồng thứ nhất (ghép tất các bit của từ mã) tiếp sau đến từ mã thứ nhất của luồng vào thứ

hai, tiếp đến luồng từ mã thứ nhất của luồng E_1 thứ ba, và đến từ mã của luồng E_1 thứ tư. Từ mã thứ hai của luồng vào thứ nhất... và cứ ghép cho hết một chu trình 125 μ s rồi mới chuyển sang chu trình khác.

Tùy theo số lượng bit trong từ mã, nếu từ mã trong trường hợp có 4 bit thì cần tối thiểu 16 ô nhớ, còn trong mã hoá PCM 8 bit thì bộ nhớ tối thiểu phải có 32 ô nhớ. Trong khi đó, phương pháp ghép theo bit chỉ yêu cầu tối thiểu là 4 ô nhớ. Như vậy, phương pháp ghép theo từ mã yêu cầu phải sử dụng bộ nhớ có ô nhớ nhiều hơn.

2. Hệ thống Bắc Mỹ và Nhật Bản

2.1. Sơ đồ ghép hệ Bắc Mỹ

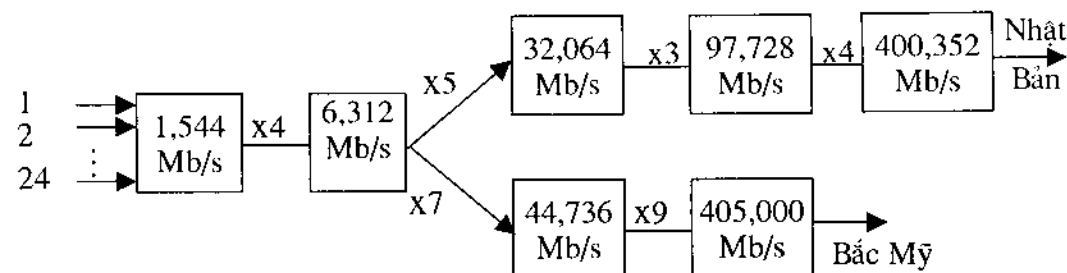
2.1.1. Các cấp ghép như sau

- Cấp 1: Ghép 24 kênh thoại thành luồng số S_1 có tốc độ 1,544Mb/s
- Cấp 2: Ghép 4 luồng cấp 1 thành luồng cấp 2 là 6,312Mb/s
- Cấp 3: Ghép 5 luồng cấp 2 thành luồng cấp 3 là 32,064Mb/s
- Cấp 4: Ghép 3 luồng cấp 3 thành luồng cấp 4 là 97,728Mb/s
- Cấp 5: Ghép 4 luồng cấp 4 thành luồng cấp 5 là 400,352Mb/s

Cấp ghép kênh của Bắc Mỹ và Nhật Bản có sự thống nhất ở cấp ghép 1 và 2, cấp ghép Bắc Mỹ được hãng AT và T sử dụng. Tuy nhiên, cấp ghép Bắc Mỹ còn có hai cấp nữa là cấp ghép 4 và cấp ghép 5, trong đó, cấp 5 có thể ghép tới 8064 kênh thoại PCM, là cấp ghép không có trong tiêu chuẩn của ITU-T.

Trong phân cấp số của Nhật Bản có thêm một cấp so với phân cấp của ITU-T là 5760 kênh thoại, tổng dung lượng là 400,352Mb/s.

Chúng ta nghiên cứu sơ đồ cấp ghép hệ Bắc Mỹ và Nhật Bản.



2.1.2. Giám sát và cảnh báo

Các cảnh báo được phát sinh khi mất nguồn ở một bộ phận nào đó của hệ thống, hoặc khi luồng bit đưa vào thiết bị ghép bị gián đoạn; khi mất đồng bộ khung, khi luồng bit nhánh bị gián đoạn; hoặc xuất hiện trạng thái

tỷ số lỗi vượt quá định mức, chẳng hạn tỷ số lỗi bit có nhiều hơn một bit trong một nghìn bit. Trong một trung tâm ghép kênh có thể tồn tại một hệ thống mà nhờ đó các cảnh báo được phân loại phù hợp với tính quan trọng của chúng. Hiện tượng mất nguồn được xem như cảnh báo nhanh hoặc khẩn cấp, ngược lại khi tỷ số lỗi là 10^{-5} thì có cảnh báo chậm hoặc không khẩn cấp, cảnh báo này đưa ra một điều cần lưu ý trước khi xuất hiện sự cố xấu hơn.

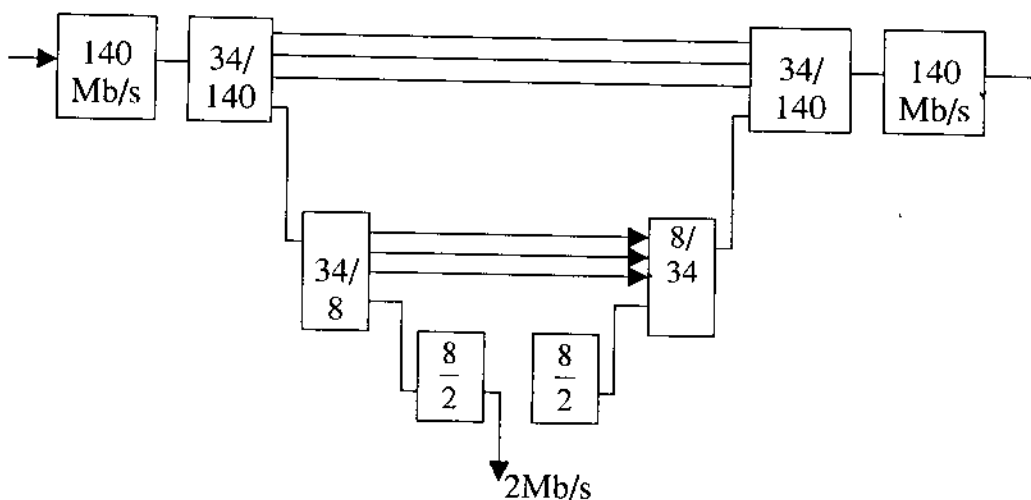
Trong một số hệ thống tại địa điểm đặt thiết bị ghép có thể không có nhân viên phục vụ và mọi cảnh báo đều được chuyển trở lại cho trung tâm điều khiển để giám sát toàn mạng. Cảnh báo được đăng ký tại trung tâm này, sau đó nhân viên tiến hành giải quyết các sự cố, yêu cầu phải biết chính xác sự cố xảy ra ở đâu. Các hệ thống có tải trọng cao hơn đối với lưu lượng và phức tạp cần xây dựng các trung tâm bảo dưỡng mạng. Trong các hệ thống số có thể đánh giá hệ thống qua tỷ số lỗi bit BER.

VI. KỸ THUẬT SDH

Mạng điện thoại từ trước những năm 1970 chủ yếu truyền tín hiệu tương tự và kỹ thuật FDM (Frequency Division Multiplex), phương tiện truyền dẫn chủ yếu là cáp đồng. Đầu những năm 1970 hệ thống số đã tương đối phát triển kèm theo nó là kỹ thuật ghép kênh theo thời gian với các cấp ghép kênh khác nhau, thực hiện ghép nhiều luồng số có tốc độ thấp thành luồng số có tốc độ cao. Kỹ thuật này được gọi là phân cấp số cận đồng bộ PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy). Công nghệ càng phát triển yêu cầu truyền dẫn tốc độ cao, tin cậy lớn thì PDH chưa phải là hệ thống tối ưu, một phân cấp số ra đời đó là kỹ thuật SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Trong phần này chúng ta sẽ nghiên cứu các cấp ghép SDH.

1. Nhược điểm của PDH

- Ngày nay, nhu cầu sử dụng các dịch vụ phi thoại đã bùng lên một cách phổ biến và rộng rãi. Nghĩa là người điều hành mạng mong muốn có nhiều luồng 2Mb/s để cho thuê và có thể tách/ xen các luồng đó một cách đơn giản và dễ dàng. Nhưng PDH không đáp ứng được các yêu cầu đó. Chẳng hạn khi một tuyến truyền dẫn có tốc độ 140Mb/s đi qua một điểm nào đó có nhu cầu sử dụng các luồng 2Mb/s thì tại đó phải lắp đặt một khối lượng lớn thiết bị tách/xen (xem hình 4. 8). Từ hình vẽ cho biết muốn có các luồng 2Mb/s phải qua cấp tách luồng 140Mb/s thành 4 luồng 34Mb/s.



Hình 4.8: Ghép/tách các luồng số

Tiếp đến phải tách một luồng 34Mb/s thành 4 luồng 8Mb/s. Bước tiếp theo phải tách một luồng 8Mb/s thành 4 luồng 2Mb/s thì phải xen vào bấy nhiêu luồng 2Mb/s.

Vì phải qua nhiều cấp tách/xen như vậy nên kỹ thuật tương đối phức tạp, hệ thống công kênh, giá thành dịch vụ tăng lên theo số cấp tách/xen, mặt khác phương thức trên còn giảm độ tin cậy của hệ thống. Đây là mặt hạn chế thứ nhất của PDH.

- Mặt hạn chế thứ hai của PDH là khả năng quản lý và giám sát mạng kém. Bởi trong khung tín hiệu của các bộ ghép PDH không đủ các byte nghiệp vụ để cung cấp cho việc điều khiển, quản lý giám sát và bảo dưỡng hệ thống. Cụ thể là trong khung tín hiệu các bộ ghép 2/8, 8/34, 34/140 và 140/565 có các bit đồng bộ khung (10 bit), 1 bit cảnh báo đồng bộ khung, 1 bit nghiệp vụ (B12) và 12 bit điều khiển chèn, còn ở cấp ghép cơ sở 2Mb/s số lượng các bit nghiệp vụ trong khung tín hiệu cũng rất hạn chế.

- Mặt hạn chế thứ 3 của PDH là tốc độ bit cao nhất được tiêu chuẩn hoá là 140Mb/s vì vậy trên các tuyến viễn thông quốc tế không thể tạo ra được các xa lộ thông tin. Tốc độ bit trong mạng viễn thông quốc gia cũng chỉ đạt 565Mb/s nên không thể đáp ứng được việc gia tăng các nghiệp vụ băng rộng như hội thảo từ xa, truyền hình độ phân giải cao....

- Mặt hạn chế thứ tư của PDH là thiết bị công kênh vì thiết bị ghép kênh cấp cao và thiết bị đầu cuối quang tách biệt với nhau. Chẳng hạn như đầu ra thiết bị ghép kênh là mã HDB₃, còn đầu ra thiết bị đầu cuối quang là mã 5B 6B.

Một hạn chế nữa của kỹ thuật PDH là hiện nay hệ thống vẫn là hệ thống viễn thông quốc tế tồn tại hai loại phân cấp truyền dẫn khác nhau là phân cấp truyền dẫn theo tiêu chuẩn châu Âu và tiêu chuẩn Bắc Mỹ, điều này gây khó khăn và phức tạp cho việc hoà mạng và đồng bộ mạng. Các mặt hạn chế vừa nêu trên sẽ được khắc phục nhờ kỹ thuật truyền dẫn đồng bộ SDH.

2. Khái niệm SDH

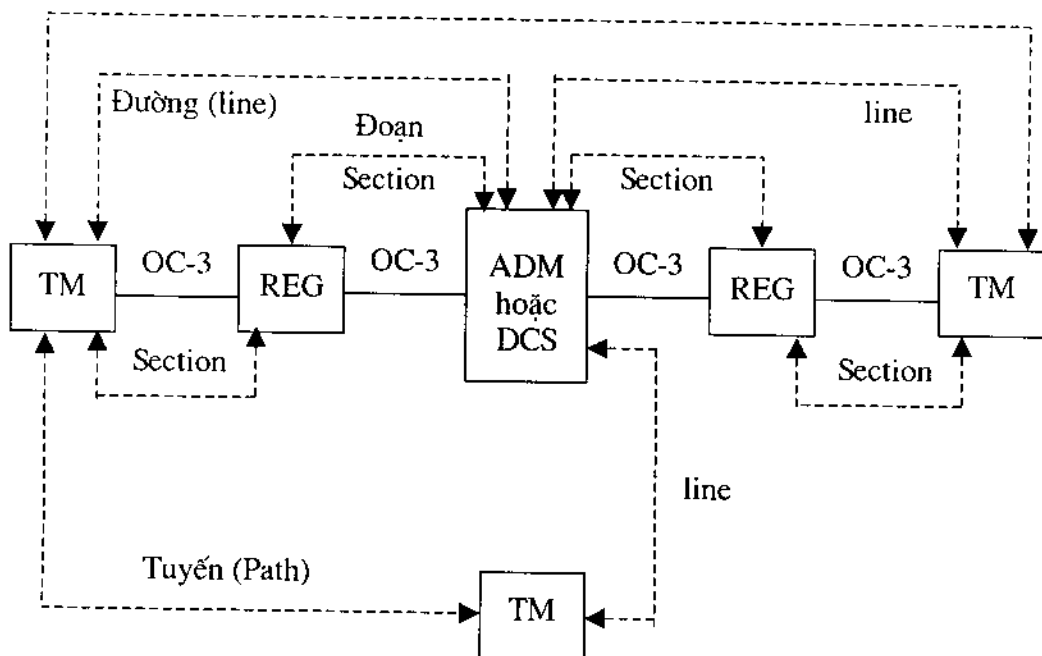
SDH (Synchronous Digital Hierarchy) phân cấp số đồng bộ là giai đoạn tiếp theo của giai đoạn phân cấp truyền dẫn cân đồng bộ.

Năm 1985 Viện tiêu chuẩn quốc gia Hoa Kỳ ANSI (America National Standard Institute) đã đưa ra mạng thông tin quang đồng bộ SONET (Synchronous Optical Network) cho phép hoà mạng thiết bị của các hãng khác nhau tại mức quang.

3. Cấp ghép SDH

3.1. Các tiêu chuẩn SONET

Ta xem xét cấu trúc mạng SONET



Hình 4.9: Cấu trúc mạng của SONET

Trong mạng gồm các loại thiết bị như: thiết bị đầu cuối đoạn, thiết bị đầu cuối đường, thiết bị đầu cuối tuyến. Thiết bị đầu cuối đường có thể là bộ ghép

đầu TM, bộ ghép/tách xen (ADM) hoặc bộ nối ghép (DXC), thiết bị đầu cuối đoạn có thể là trạm lọc (REG) hoặc là một thiết bị của đầu cuối đường. Thiết bị đầu cuối tuyến là bộ ghép đầu cuối (TM). Nó gồm bộ ghép kết hợp với thiết bị đầu cuối quang.

Bảng 3: Các cấp truyền dẫn SONET

Mức	Tốc độ (Mb/s)	Phân cấp số	SDH
OC – 1	15,84	STS – 1	---
OC – 3	155,52	STS – 3	STM – 1
OC – 9	466,56	STS – 9	---
OC – 12	622,08	STS – 12	STM – 4
OC – 18	933,12	STS – 18	---
OC – 24	1244,16	STS – 24	---
OC – 36	1866,24	STS – 36	---
OC - 48	2488,32	STS - 48	STM – 16

OC: Optical Carrier: Sóng mang quang.

STS: (Synchronous Transport Signal): Tín hiệu truyền dẫn đồng bộ.

STM: (Synchronous Transport Module): Module truyền dẫn đồng bộ.

Giữa SDH và SONET chỉ có 3 mức tốc độ giống nhau như bảng trên.

Năm 1986, ITU- T đã nghiên cứu các tiêu chuẩn của SONET. Tháng 4/1988 ITU – T đề nghị thay đổi một chút tiêu chuẩn của SONET để dung hoà các dao động 2Mb/s và 34Mb/s, và ANSY đã đồng ý sự thay đổi này.

Tháng 11/1988 các tiêu chuẩn đầu tiên về SDH được phê chuẩn.

3.2. Tiêu chuẩn SDH

Xét tiêu chuẩn về mật tốc độ bit:

STM – 1: 155,52Mb/s

STM – 4: 622,080Mb/s

STM – 8: 1214,160Mb/s

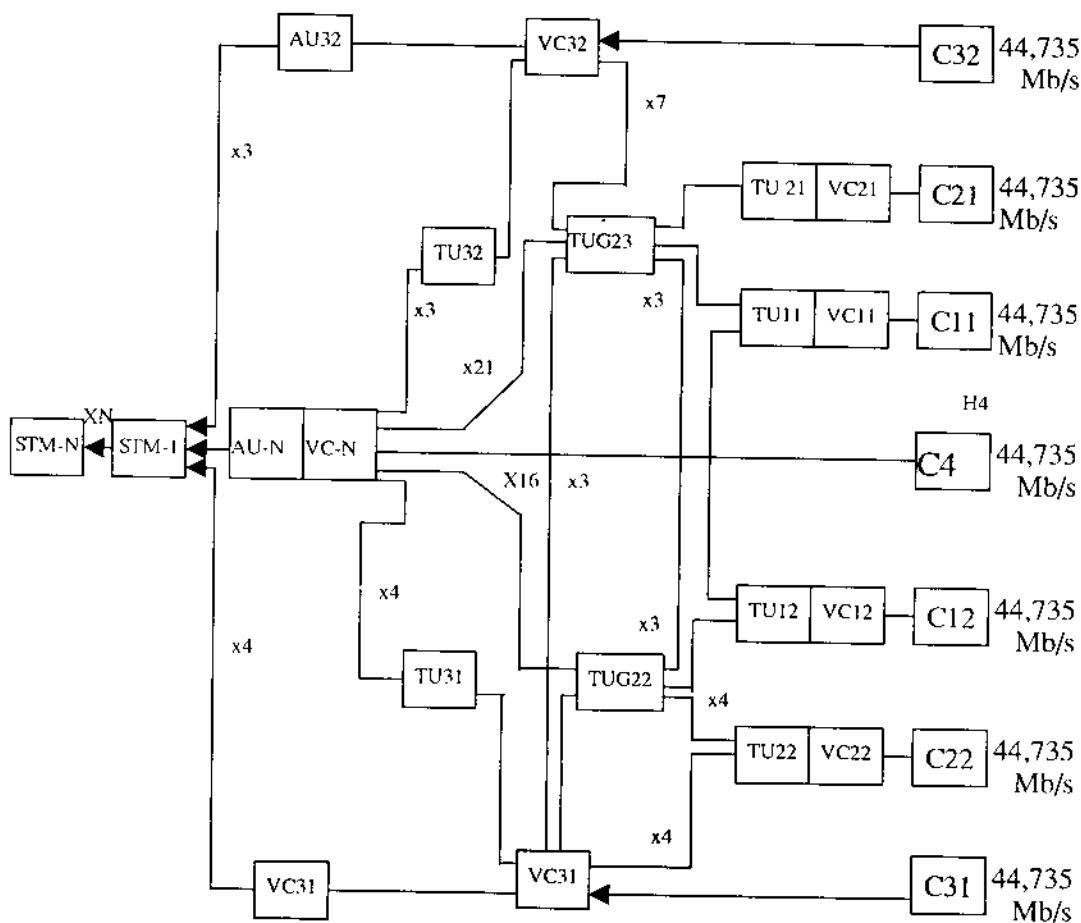
STM – 12: 1866,240Mb/s

STM – 16: 2488,320Mb/s

STM – 64: 9953,28Mb/s

3.3. Các cấp ghép SDH

Xét bộ ghép đồng bộ như hình 4.10.



Hình 4.10: Bộ ghép đồng bộ

- Các chữ số trong hình này liên quan đến tốc độ truyền dẫn cận đồng bộ như sau:

- + 11: Tương ứng với 1,544Mb/s
- + 12: Tương ứng với 2,048Mb/s
- + 21: Tương ứng với 6,312Mb/s
- + 22: Tương ứng với 8,448Mb/s
- + 31: Tương ứng với 34,368Mb/s
- + 32: Tương ứng với 44,763Mb/s
- + 4: Tương ứng với 139,264Mb/s

Chỉ số đầu trên đại diện cho mức phân cấp truyền dẫn như quy định trong khuyến nghị G702 của ITU-T.

- VC-n là Conterner ảo. Có 2 loại Conterner ảo:

- + Conterner ảo cơ sở VC-n ($n = 1, 2$):

Phần tử này gồm một C-n ($n=1,2$) đơn cộng thêm các byte mang thông tin điều khiển và giám sát tuyến nối, hai VC - n này gọi là POH. (Path Over Head - mào đầu đường)

- + Conterner ảo bậc cao hơn VC - n ($n = 3, 4$):

Phần tử này gồm một C - n ($n = 3, 4$) đơn và tập hợp của TU-3S cùng với các byte mang thông tin điều khiển và giám sát tuyến nối, hai VC - n này được gọi là POH.

- + TU - n ($n = 1$ đến 3) là khối nhánh:

Phần tử này gồm một Conterner ảo cộng thêm một con trỏ khối nhánh. Con trỏ khối nhánh chỉ thị sự đồng pha của Conterner ảo (VC - n), đối với POH của Conterner có mức cao hơn tiếp theo. Con trỏ khối nhánh có vị trí cố định so với POH mức cao hơn.

Trong một số ứng dụng ví dụ như khi sắp xếp đồng bộ các kênh 64Kb/s thì Conterner ảo cơ sở có pha cố định với Conterner ảo mức cao hơn. Trong trường hợp này, POH của Conterner ảo cơ sở VC - 1 và con trỏ TU-1 không còn hiệu lực.

- AU - 3S ($S = 1$ hoặc 2) và AU -N ($N = 4$): Phần tử này gồm 1 VC bậc cao hơn cộng con trỏ khối quản lý. Con trỏ khối quản lý có vị trí cố định trong khung STM - 1 và thể hiện quan hệ về pha của VC bậc cao hơn trong khung STM - 1.

- TU G - 2S ($S = 1$ hoặc 2) là nhóm các khối nhánh: Phần tử này sắp xếp tín hiệu các khối nhánh thành luồng số có tốc độ cao hơn và chuyển đến các VC bậc cao hơn.

- STM - 1 mà module chuyển tải đồng bộ mức cơ sở, phần tử này chứa một học nhiều khung tín hiệu của VC bậc cao hơn, con trỏ khối quản lý và các byte thông tin điều khiển và giám sát tuyến nối giữa 2 STM -1. Các byte này ký hiệu là SOH (Section Over Head - mào đầu đoạn).

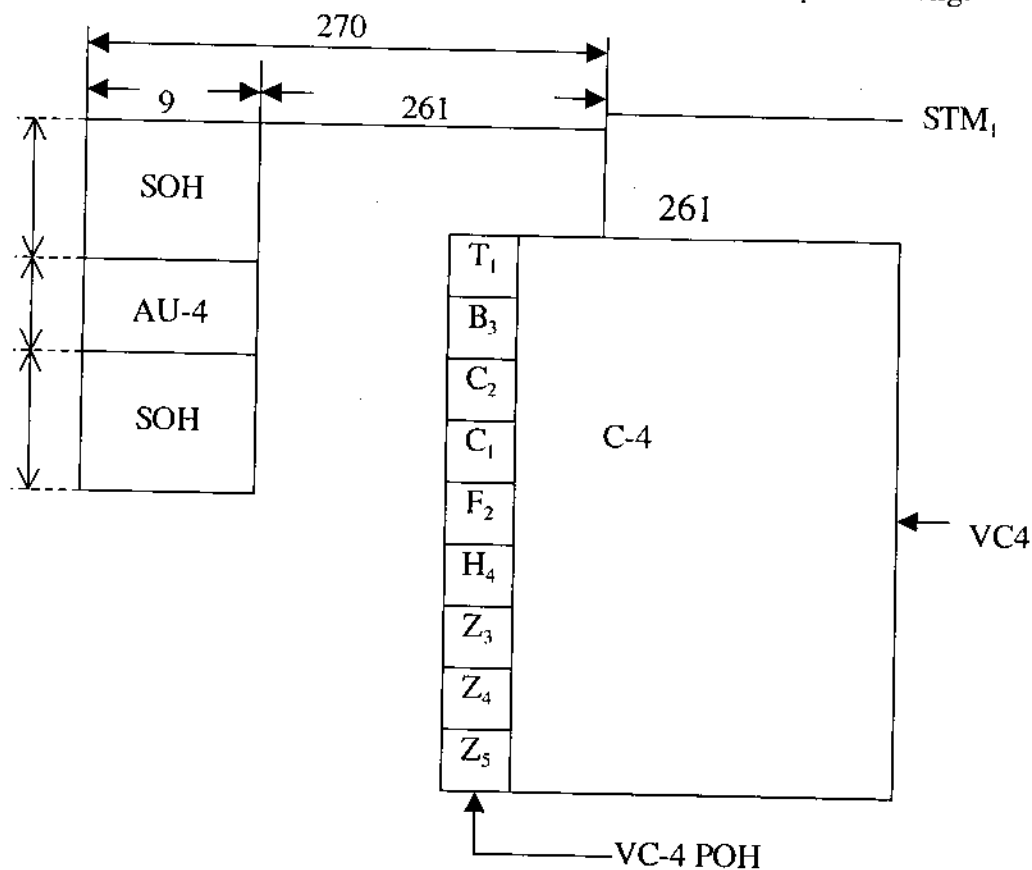
- STM - N là module chuyển tải đồng bộ mức cao: Phần tử này ghép theo byte $N \times \text{STM-1}$ để hình thành luồng số của phân cấp đồng bộ N.

- Tạo thành STM -1 từ AC 4

Từ hình 4.10 thấy rằng, muốn tạo thành AU-4 có thể sử dụng 1 trong 5 phương pháp. Phương pháp thứ nhất sử dụng một Conterner C₄. Phương pháp

thứ hai sử dụng 4 phần tử TU – 31, phương pháp thứ 3 sử dụng 3 phần tử TU – 32, phương pháp thứ 4 sử dụng 21 phần tử TUG – 21 và phương pháp thứ 5 sử dụng 16 phần tử TUG – 22.

Chúng ta xét trường hợp tạo thành STM 1 từ C_4 . Hình 4.11 minh họa trường hợp sử dụng một phần tử C – 4 để tạo thành tín hiệu STM – 1. Luồng số cận đồng bộ 139,264 Mb/s đưa đến phần tử C – 4 trong quãng thời gian $125\mu s$ C_4 tiếp nhận 217 byte, mỗi byte có 8 bit và bổ sung thêm 164 byte để đạt tốc độ định mức ở đầu ra là 2340 byte/ khung. Phần tử VC – 4 tiếp nhận tải trọng này và bổ sung thêm 9 byte VC-4 POH. Như vậy, khung tín hiệu $125\mu s$ của VC-4 có 261 cột X 9 dòng, chứa 2.349 byte. Phần tử AU-4 tiếp nhận 2.349 byte này và bổ sung thêm 9 byte con trỏ AU – 4 PTR vào vùng A (dòng 4, cột 1 đến 9). Phần tử STM – 1 tiếp nhận 2.358 byte do AU – 4 chuyển đến và bổ sung thêm 72 byte SOH để tạo thành khung tín hiệu STM – 1 có 270 cột và 9 dòng.

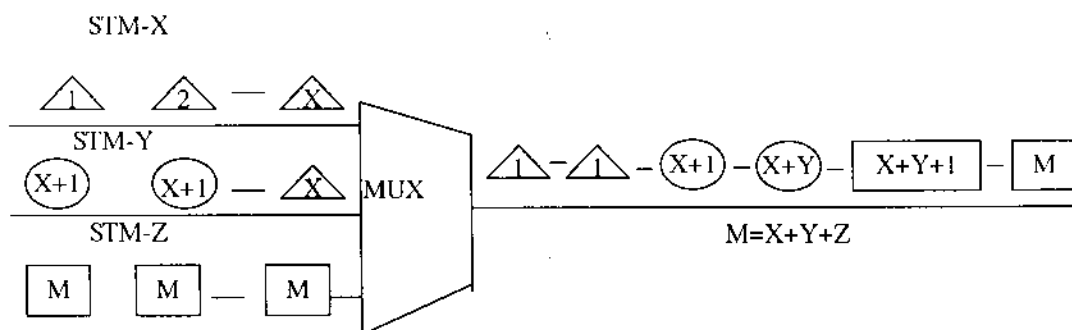


Hình 4.11: Tạo thành STM – 1 từ C_4

Tải trọng VC – 4 không có pha cố định trong khung AU – 4. Vì vậy, vị trí củ byte đầu tiên của VC-4 trong khung AU-4 được chỉ thị nhờ con trỏ AU-4 PTR. Nhưng tải trọng của AU-4 bao gồm cả con trỏ AU –4PTR có vị trí cố định trong khung STM –1

- Gấp ghép STM-N:

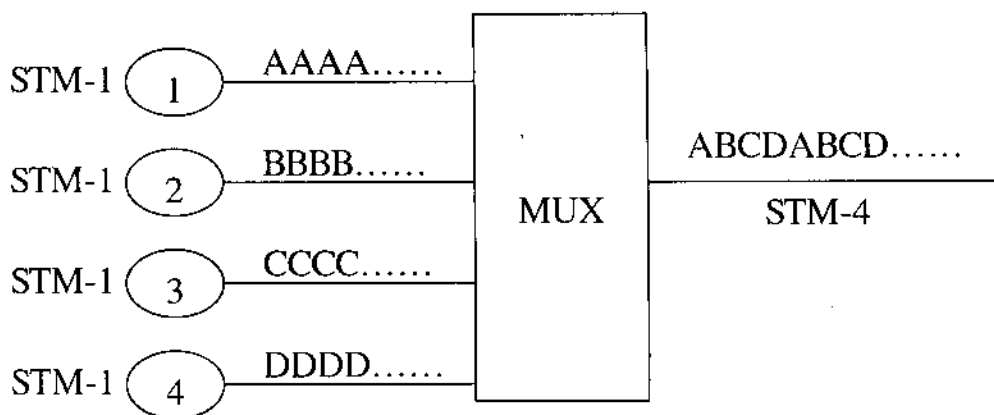
Trong thiết bị SPH sử dụng phương pháp gấp theo byte. Sơ đồ thể hiện nguyên tắc gấp các mức truyền dẫn thấp thành mức truyền dẫn cao hơn như hình 4.12. Trong sơ đồ này, đầu vào có STM-X, STM-Y, STM-Z, trong đó $X + Y + Z = 14$.



Hình 4.12: Nguyên lý gấp theo nhóm byte

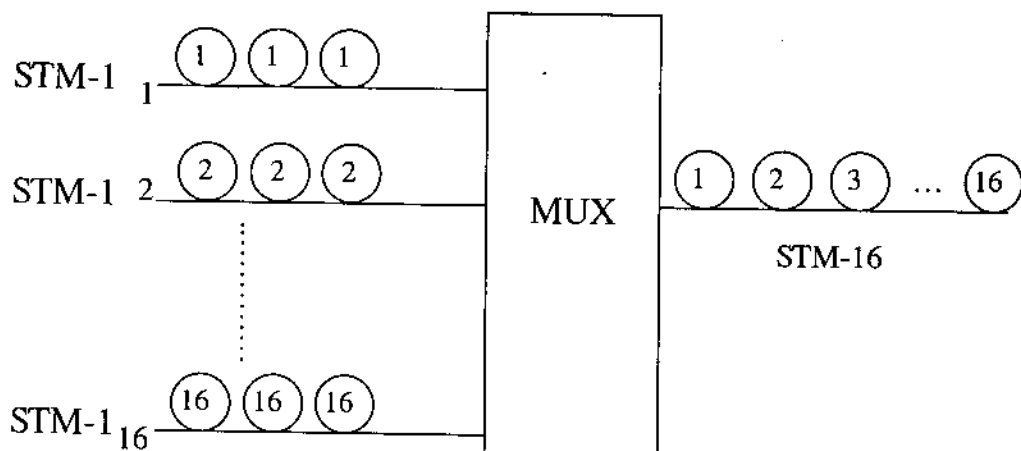
Đầu ra là STM-M: Trước hết gấp một dãy X byte của hệ thống X, tiếp theo đó là gấp dãy Y byte của hệ thống Y và sau đó là gấp dãy Z byte của hệ thống Z. Quá trình như vậy được lặp lại. Từ trường hợp tổng quát trên đây có thể áp dụng cho từng trường hợp riêng khi các mức vào giống nhau cần ghép lại để được một mức ra cao hơn.

- Gấp 4 STM –1 thành STM – 4:



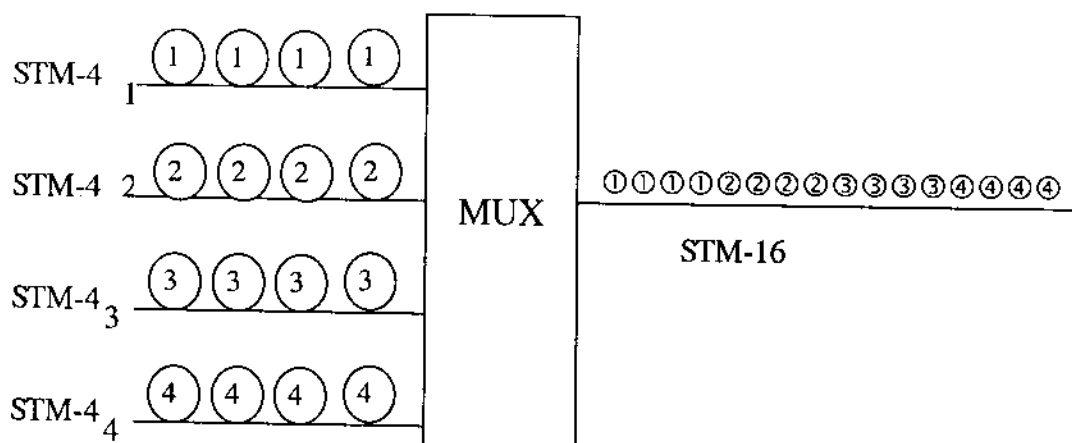
Đây là nguyên lý ghép theo byte, và được thực hiện theo nguyên tắc là thực hiện ghép byte thứ nhất của STM 1 thứ nhất xong sẽ ghép byte thứ nhất của hệ thống STM – 1 thứ 2, tiếp đó đến byte thứ nhất của hệ thống STM – thứ 3 và đến byte thứ nhất của hệ thống STM 1 thứ 1. Quá trình cứ như vậy tiếp diễn.

- Ghép 16. STM 1 thành STM 16. Bộ ghép này như sau:



Các chữ số trong vòng tròn biểu thị các byte, các byte thuộc hệ thống STM – 1 nào thì mạng số thứ tự của hệ thống đó. Đầu ra là kết quả ghép theo byte các luồng vào.

Ngoài việc ghép 16 hệ thống STM – 1 để có được hệ thống STM – 16 còn có thể sử dụng 4 hệ thống STM – 4 để ghép thành một hệ thống STM – 16, lúc đó việc ghép được thực hiện như sau:



4. Ứng dụng SDH

Trước tình hình số lượng dịch vụ trên mạng lưới và lưu lượng dịch vụ tại các tổng đài và các thiết bị ngày càng tăng thì điều quan trọng là phải có một phương thức quản lý hiệu quả. Việc quản lý mạng sẽ thuận tiện hơn nếu các thiết bị trên mạng đồng nhất. Khi SDH được triển khai thì cấu trúc tỷ lệ phần mềm tăng nên người quản lý mạng có khả năng điều khiển thay đổi cấu hình thiết bị, đưa các dịch vụ vào mạng một cách dễ dàng. Như vậy, việc ứng dụng SDH là rất hữu hiệu cho mạng thông tin số tốc độ cao, yêu cầu mức tín hiệu linh hoạt, việc xử lý và theo dõi thông tin đơn giản, giúp cho việc khai thác mạng có hiệu quả hơn.

Bài tập chương 4

1. Vẽ cấu trúc khung và đa khung PCM 30
Tính độ bit báo hiệu trong PCM 30.
2. Nêu khái niệm PDH? Giải thích nguyên lý hoạt động của hệ thống ghép kênh cận đồng bộ PDH?
3. Nêu khái niệm SDH, vẽ cấu trúc bộ ghép SDH và giải thích các bước tạo khung tín hiệu truyền dẫn đồng bộ STM – 1.
4. Tính tốc độ của các bộ ghép STM – 1; STM – 4; và STM – 16.
5. Nêu nguyên tắc đồng bộ khung và đa khung trong PCM 30.

Chương 5

MÃ NHỊ PHÂN VÀ MÃ ĐƯỜNG TRUYỀN

Mặc dù một phần đáng kể của hệ thống truyền thông ngày nay còn ở dạng tương tự, nhưng đang được thay thế bằng hệ thống truyền thông số. Trong khoảng một hoặc hai chục năm nữa, phần lớn hệ thống thông tin sẽ được số hoá, trong đó hệ truyền thông tương tự sẽ đóng vai trò phụ.

Hệ truyền thông số có một số ưu điểm so với hệ tương tự như sau:

1. Hệ truyền thông số vững chắc hơn xét về mặt an toàn đối với méo và nhiễu của kênh.
2. Các bộ phát lặp dọc theo đường truyền có thể tách các tín hiệu số và truyền lại những tín hiệu mới, không có nhiễu. Các máy phát lặp lại ngăn được việc tích lũy nhiễu dọc theo đường. Điều này hệ tương tự không thể làm được.
3. Việc lắp đặt phần cứng của hệ số linh hoạt hơn, cho phép dùng các bộ vi xử lý, chuyển mạch số và mạch tích hợp cỡ lớn.
4. Tín hiệu số có thể được mã hoá để có tỉ số lỗi bit thấp, độ trung thực cao và bảo mật tốt.
5. Dễ dàng và hiệu quả trong việc ghép nhiều tín hiệu số.
6. Hệ truyền thông số thực hiện việc trao đổi tỉ số tín hiệu nhiều và độ rộng giải hiệu quả hơn.

Lối vào của hệ số là dạng chuỗi các số. Lối vào này phải lấy từ lối ra của hệ dữ liệu, máy tính, tín hiệu tiếng nói số hoá (PCM), JV hay Fax số hoá, dữ liệu đo đạc xa... Đa số phần giới thiệu ở chương này là cho tín hiệu nhị phân (cơ số α), có nghĩa là sơ đồ chỉ dùng hai kí hiệu 0 và 1. Trường hợp tổng quát hơn, truyền thông cơ số M đã nghiên cứu trong chương 3. Một số nhị phân được gọi là bit.

Tín hiệu từ một nguồn số có thể dùng phương pháp xen kẽ để tổ hợp lại bằng các bộ ghép kênh số. Lối ra của bộ ghép kênh số, các tín hiệu được mã hoá thành các xung điện để truyền qua một tuyến đường số hoá. Có nhiều cách

để làm điều này, nói một cách có tính chất khái niệm thì việc truyền dẫn hoặc mã đường (line code) đơn giản nhất là sự đóng mở (on - off), trong đó "1" được truyền đi bằng một xung, "0" ứng với không có xung truyền, một loại mã đường thường được sử dụng khác là mã đối cực (Polav - mã phân cực) trong đó "1" truyền đi bằng xung dương, "0" truyền đi bằng xung âm. Với một công suất truyền cho trước, đây là mã hiệu quả nhất vì nó kháng nhiễu tốt nhất. Một loại mã đường khác là mã lưỡng cực hay mã giả cơ sở ba. Mã này có ưu điểm là dễ phát hiện lỗi đơn. Chúng ta sẽ lần lượt nghiên cứu các loại mã đường. Vậy tại sao lại sử dụng mã đường đó là vấn đề mà ta sẽ giải quyết trong chương này.

I. ĐẶC ĐIỂM

1. Nhược điểm tín hiệu băng gốc

Xử lý tín hiệu băng gốc là yêu cầu đối với các kênh thông tin truyền trên cáp đồng trục, nhưng nó cũng cần thiết đối với các phương pháp truyền dẫn điều chế cao tần, nơi mà tín hiệu cũng được đưa xuống băng gốc tại các trạm lặp. Trong một hệ thống thông tin số, ở thiết bị lặp cần có bộ lọc cân bằng và tái sinh. Tuy nhiên, để truyền dẫn chúng cần phải biến đổi các tín hiệu nhị phân từ thiết bị ghép kênh thành mã đường để giảm lỗi cho kênh truyền dẫn. Lý do chính để mã hoá số là:

- Đưa vào độ dư bằng cách mã hoá các từ số liệu nhị phân thành những từ dài hơn. Các từ dài hơn này sẽ có nhiều tổ hợp hơn do tăng số bit. Chúng ta có thể chọn những tổ hợp xác định có cấu trúc theo một quy luật từ mã hợp thành, cho phép tách thông tin định thời một cách dễ dàng hơn và giảm độ chênh lệch giữa những con số "1" và những số "0" xuất hiện trong một từ mã, đó là giảm sự chênh lệch. Việc giảm này sẽ giảm thành phần một chiều nên độ chênh lệch này giảm đến không đối với tất cả tập hợp từ mã thì thành phần 1 chiều của chúng cũng giảm đến không. Điều này là cần thiết vì không thể truyền thành phần một chiều của tín hiệu số đi được. Có thể sử dụng việc xuất hiện các từ bổ sung do mã dư để truyền số liệu luồng phụ như truyền bit chẵn lẻ trong mã phát hiện lỗi. Tuy nhiên, việc tăng độ dài từ mã nhị phân sẽ làm tăng tốc độ bit và do đó tăng độ rộng băng tần.

- Mã hoá tín hiệu nhị phân thành nhiều mức để giảm độ rộng băng tần, để tạo phổ tín hiệu nhằm ứng dụng cho những mục đích đặc biệt như đồng bộ thành phần, giảm biên độ tần số đến 0 hoặc giảm các thành phần tần số cao và thấp trước khi lọc. Có thể đưa những số 0 đặc biệt về phía các luồng số mã

lượng cực bậc cao bị chèn và các luồng số bị chèn. Trong quá trình mã hoá PCM như đã thảo luận ở chương 2, tất cả các bit thông tin được ngấm giả thiết là mã nhị phân đơn cực. Giả thiết này là hợp lý miễn là các bit thông tin đã được xác định trong một công đoạn nhất định nào đó của thiết bị xử lý và dây nối không được dài quá vài mét. Với những đường dây nối tương đối dài, đường cáp xoắn hai dây có màn bao che hoặc cáp đồng trục thì không nên sử dụng luồng bit nhị phân. Một lí do làm cho độ dài của các dây nối giữa các bộ phận này với bộ phận khác của thiết bị dài hơn hai mét là:

- Thiết bị ghép kênh PCM sơ cấp được bố trí ở những vị trí khác so với thiết bị ghép kênh bậc hai hoặc cao hơn có thể được nối đến thiết bị truyền dẫn để xử lý tiếp tục tín hiệu trước lúc truyền lên kênh thông tin.

- Trong thông tin PCM sơ cấp hoặc thông tin ghép bậc hai trở lên có thể được truyền trực tiếp qua cáp hai dây có màn bao che, hoặc cáp đồng trục đến đầu cuối xa.

Dù lí do gì thì, một tín hiệu nhị phân đơn cực phải biến thành dạng mã khác trước lúc truyền qua các đường truyền như đã nói trên vì:

2. Lý do chuyển đổi nhị phân thành mã đường

- Nó có chứa thành phần một chiều.
- Nó có thành phần tần số thấp mức cao.
- Khi truyền một dãy "0" liên tiếp thì không có điểm chuyển tiếp tín hiệu.

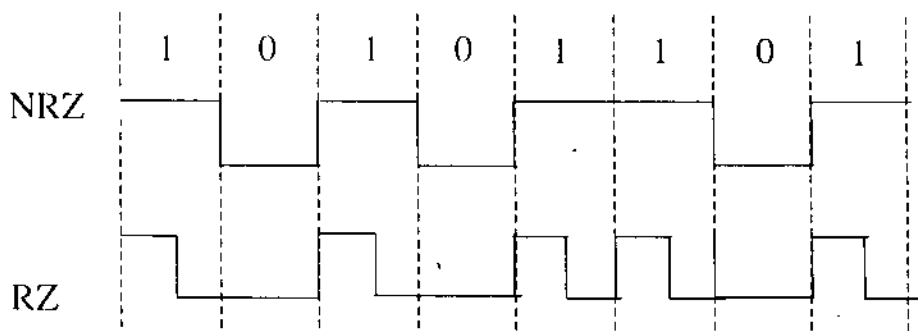
Người ta sử dụng các biến áp để ngăn chặn dòng DC, đối với các thiết bị lập trung gian, nó được sử dụng để nối các đầu vào và đầu ra của thiết bị xử lý. Còn hiệu nhị phân đơn cực có thành phần một chiều, vì vậy không thích hợp để truyền qua biến áp. Ngoài ra, vì trong tín hiệu nhị phân đơn cực có chứa năng lượng cao trong phổ tần thấp hơn nên khi truyền qua biến áp có chuẩn mực thực tế sẽ bị méo dạng xung và như vậy nó sẽ tạo thêm lỗi truyền dẫn. Vì máy thu cần phải tách thông tin định thời gian ra khỏi dòng bit thu được, việc xuất hiện một dãy "0" liên tục trong tín hiệu nhị phân đơn cực sẽ nhiễu loạn quá trình tách thời gian và tiến tới mất đồng bộ.

II. MÃ RZ VÀ NRZ

Trong thiết bị xử lý có hai dạng tín hiệu nhị phân đơn cực. Đó là mã RZ (Return to Zero) quay trở về 0 và không trở về 0 (Non - Return to Zero). Nếu sử dụng trực tiếp chúng để truyền dẫn thì sẽ gặp phải một số khó khăn như đã nêu trên.

1. Dạng sóng NRZ và RZ

Dạng sóng của hai tín hiệu này có thể biểu diễn như sau:



Hình 5.1: Mã NRZ và RZ

Từ dạng sóng như trên ta thấy: mức của tín hiệu RZ biểu thị giá trị bit 1, nó chỉ ở mức cao trong một nửa đầu tiên của khoảng thời gian bit, trong một nửa khoảng thời gian bit còn lại tín hiệu quay trở về 0. Ưu điểm của tín hiệu RZ là mật độ chuyển tiếp tín hiệu của nó lớn hơn so với NRZ. Để khôi phục vấn đề còn tồn tại trong tín hiệu nhị phân đơn cực thì người ta đề xuất ra mã đường. Mã đường không có thành phần một chiều, đồng thời cũng không có hiện tượng năng lượng phổ của nó tập trung ở vùng tần số thấp. Đôi khi có một số mã đường có thêm ưu điểm là trong cấu trúc của nó không có một dãy dài những số "0" hoặc những số "1" điều đó làm việc tách thông tin định thời gian sẽ dễ dàng hơn.

2. Những yêu cầu của mã đường

Những yêu cầu của mã đường cần phải có để biến đổi tín hiệu nhị phân thành một dạng thích hợp hơn để truyền trên kênh thông tin là:

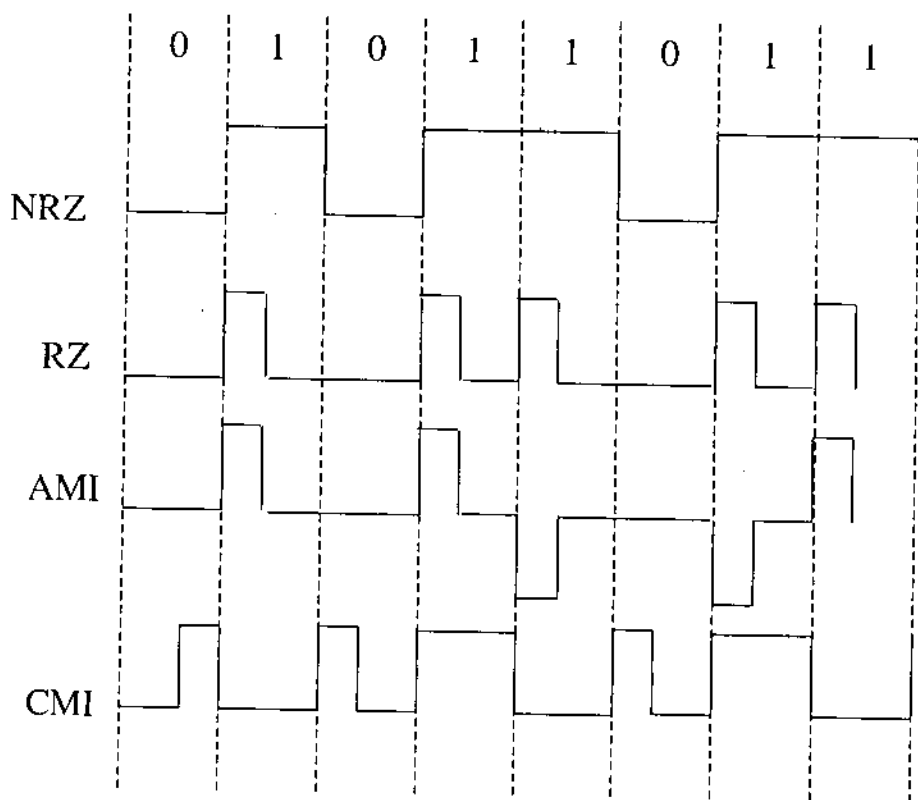
- Phải phối hợp đặc tính phổ của tín hiệu với các đặc tính của kênh.
- Đảm bảo là các dãy bit phải độc lập thống kê với nhau để giảm trượt.
- Đảm bảo dễ dàng tách đồng bộ và tái sinh tín hiệu.
- Giảm thành phần DC của tín hiệu đến 0.
- Giảm các thành phần tần số thấp để giảm xuyên âm.

III. CÁC MÃ ĐƯỜNG TRUYỀN

1. Mã AMI - Mã đảo dấu luân phiên - Alternative Mark Inversion

Bằng cách mã hoá tín hiệu nhị phân đơn cực thành một mã có một số mức trước khi truyền dẫn có thể loại bỏ được thành phần một chiều và giảm được

các thành phần tần số thấp của tín hiệu đã mã hoá, do đó sẽ duy trì được một kích thước hợp lý của các thành phần cấu kiện trong lúc thiết kế các bộ cân bằng của trạm lặp. Việc mã hoá này không mở rộng băng tần truyền dẫn cần thiết, về nguyên lý có thể giảm băng tần truyền dẫn cần thiết khi sử dụng biến đổi mã nhị phân thành n phân. Mã 3 mức - còn gọi là mã tam phân, trong đó mức giữa của tín hiệu được ứng dụng rộng rãi là điện áp 0. Vì mức điện áp không phải là một mức logic thực nên mã được gọi là mã giả tam phân. Các bộ mã hoá có thể dễ dàng tạo ra các điện áp đầu ra cân bằng $+A$ và $-A$, để cho thuận lợi ta kí hiệu là "+" và "-" và mức điện áp 0, tương ứng với mức đất của hệ thống. Người ta gọi mã tam phân này là mã đảo dấu luân phiên - AMI, nói một cách khác là mã lưỡng cực. Dãy mã thu được bằng cách khi không có xung thì mã là các số 0, còn khi xuất hiện 1 trong tín hiệu nhị phân thì nó lấy cái xung dương và âm một cách luân phiên. Sự luân phiên này xuất hiện bất chấp số con số 0 giữa chúng. Sau đây là hình minh hoạ sự biến đổi từ mã RZ sang mã AMI.



Hình 5.2: Mã hoá CMI và AMI

Tín hiệu AMI cũng có thể loại NRZ (100% chu trình) có giá trị trung bình bằng 0, nghĩa là không có thành phần DC và việc ghép AC vào đường truyền dẫn có ảnh hưởng ít tới các số nhị phân được phát đi, một đặc điểm của loại mã này là: Mật độ phổ cực đại ở $1/2$ tốc độ bit và mật độ phổ rất nhỏ ở tần số thấp. Tuy nhiên, sự biến đổi mã không giảm độ chênh lệch số số 1 và số 0 trong một từ mã, hoặc giảm khó khăn trong việc tách đồng hồ đối với tín hiệu AMI. Thông thường độ chênh lệch là một vấn đề quan trọng vì nó biểu thị đặc tính giảm thành phần DC. Nếu độ chênh lệch này lớn hơn hoặc nhỏ hơn 0, điều đó có nghĩa là ở một thời điểm nào đó có nhiều con số 1 hơn 0 hoặc ngược lại. Vì "0" trong mã giải tam phân có thể biểu hiện bằng một mức điện áp âm, do đó sẽ có một điện áp đủ dương hoặc âm. Đối với mã AMI, vấn đề quan trọng là con số "1" bằng tổng số con số "0". Khi đó có một lỗi sinh ra trong hệ thống đường dây truyền dẫn do tạp âm xung hoặc xuyên âm, nó sẽ là nguyên nhân gây ra bỏ sót một xung hoặc thêm một xung sai vào. Trong cả hai trường hợp, nó sẽ xuất hiện hai xung cực tính với thiết bị đo thích hợp có thể dễ dàng phát hiện được lỗi. Điều kiện này người ta thường gọi là vi phạm lưỡng cực và đó là một ưu việt của AMI.

2. Mã tam phân lựa chọn cặp

Biến đổi từ tín hiệu nhị phân đơn cực RZ thành tín hiệu tam phân lựa chọn cặp được tiến hành bằng cách ghép 2 bit kế cận và sử dụng quy luật biến đổi như bảng 4. Đối với cả hai đầu ra mode dương và mode âm, các tổ hợp tam phân được tạo nên nhờ các cặp nhị phân 00 và 11 không có mức DC, mặc dù các cặp nhị phân 01 và 10 tạo nên mức DC tương đương với $+A/2$ và $-A/2$ phụ thuộc vào mode của đầu ra. Bộ mã hoá hoạt động tạo ra đầu ra mode dương cho đến đến khi ở đầu vào xuất hiện trạng thái 01 hoặc 10. Sau đó tạo nên một định thiên $+A/2$ ở đầu ra để thay đổi sang mode âm. Sự xuất hiện tiếp theo của 10 hoặc 01 tạo nên định thiên $-A/2$ xoá định thiên $+A/2$ và đổi mode trở lại dương. Vì một dãy dài liên tiếp các số "0" hoặc "1" không xuất hiện, nên nó cân bằng được dòng DC ở đầu ra, để tách định thời ở các thiết bị lặp và thiết bị thu đầu cuối.

Bảng 4: Quy luật biến đổi của mã tam phân chọn cặp

Các cặp kế nhau của mã vào nhị phân	Mã vào	
	Mode dương	Mode âm
00	- +	- +
01	0 +	0 -
10	+ 0	- 0
11	+ -	+ -

3. Mã CMI

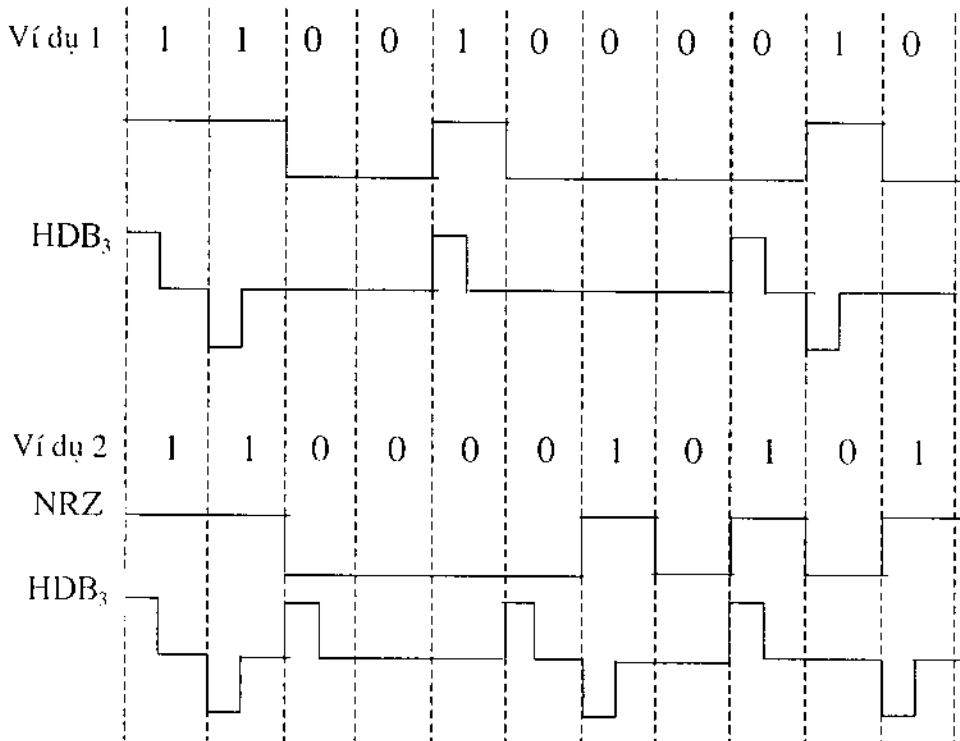
CMI (Code Mark Inversion - Đảo dấu mã) nó là một loại mã NRZ hai mức, trong đó bit 0 nhị phân vẫn được mã bằng hai mức A_1 và A_2 tương ứng, mỗi mức chiếm khoảng một nửa khoảng thời gian đơn vị $T/2$. Bit 1 được mã bằng các mức biên độ A_1 hoặc A_2 , mỗi mức chiếm toàn bộ thời gian T . Các mức này luân phiên thay đổi theo các bit 1 kế tiếp nhau. Hình 5. 2 nêu lên một ví dụ của mã này. Chú ý rằng, đối với bit 0, luôn luôn có một chuyển tiếp dương tại điểm giữa của khoảng thời gian bit, và đối với bit 1 luôn có một chuyển tiếp dương tại điểm khởi đầu của khoảng thời gian bit, nếu mức trước là A_1 và một chuyển tiếp âm tại thời điểm khởi đầu của khoảng thời gian đơn vị bit nếu bit 1 sau cùng đã được mã hoá bằng mức A_2 . Lưu ý rằng, bit 0 được kí hiệu bằng 01 và bit 1 được kí hiệu bằng 11 và 00 trong khoảng thời gian của khe thời gian.

4. Mã HDB₃

Mã HDB₃ (High Density Binary with maximum of 3 Consecutive zero - Mã lưỡng cực mật độ cao có cực đại ba số 0 liên tiếp).

Ví dụ minh hoạ:

Ví dụ 1:



Thuật toán để mã hoá một tín hiệu nhị phân thành tín hiệu HDB₃ theo quy tắc sau:

- Một số không nhị phân được mã bằng một trạng thái trong tín hiệu HDB₃. Tuy nhiên, đối với một dãy 4 số 0 liên tiếp thì sử dụng quy luật đặc biệt theo quy tắc sau:

+ Số 0 đầu tiên của dãy được mã bằng trạng thái trống cho dù trước đó tín hiệu HDB₃ có cực ngược với cực vi phạm phía trước và bản thân nó không vi phạm.

+ Số 0 đầu tiên của dãy được mã hoá bằng dấu A mà không vi phạm (+ hoặc -), nếu dấu trước đó của tín hiệu HDB₃ có cùng cực với dấu vi phạm trước đó hoặc chính bản thân nó vi phạm. Các quy luật này các vi phạm liên tiếp có cực tính đảo nhau sao cho thành phần một chiều có thể khớp lại bằng không.

+ Số 0 thứ hai hoặc thứ ba của dãy bốn số nhị phân liên tiếp luôn được mã bằng trạng thái trống.

+ Số 0 thứ tư trong dãy của bốn số 0 nhị phân được mã bằng một dấu mà cực tính của nó vi phạm đan dấu. Nhưng vi phạm đan dấu như vậy được kí hiệu bằng V hoặc V+ tương ứng với cực tính của nó.

- Số 1 nhị phân được mã bằng kí hiệu dương hoặc âm và có dấu ngược với xung trước đó đảo dấu luân phiên.

Phân bố năng lượng phổ tín hiệu đầu vào ngẫu nhiên được mã hoá thành HDB₃ giống phân bố năng lượng của AMI, trong đó năng lượng phổ cực đại nằm ở khoảng 0,5 tốc độ bit. Dạng của nó có độ lõm ở 0,5 lần tốc độ bit và hai đỉnh nhỏ ở khoảng 0,45 và 0,55 lần tốc độ bit. Mã này được sử dụng chủ yếu cho các giao tiếp ghép kênh 2,048; 8,448 và 34,368 Mb/s. Sử dụng trong mạng cục bộ Ethernet và để truyền số liệu.

Bài tập chương 5

1. Nêu lý do và giải thích việc chuyển đổi tín hiệu băng gốc thành mã đường?

2. Trình bày nguyên tắc chuyển đổi các loại mã:

- Từ mã nhị phân thành mã AMI.

- Từ mã nhị phân thành mã CMI.

- Từ mã nhị phân thành mã HDB₃.

3. Thực hiện chuyển đổi dãy số liệu sau sang các mã đường AMI; CMI; HDB₃:

0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1

Chương 6

GHÉP KÊNH THEO BƯỚC SÓNG

I. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ GHÉP KÊNH QUANG

1. Khái niệm về ghép kênh quang

Khái niệm ghép kênh quang đã xuất hiện từ những năm 1958 nhưng mãi đến năm 1997 mới đưa vào ứng dụng lần đầu tiên trong thực tế. Ghép bước sóng quang hay còn gọi là ghép kênh quang theo tần số là một phương thức truyền dẫn mang lại nhiều lợi ích về mặt kinh tế. Chính vì vậy, phạm vi ứng dụng của nó đã được mở rộng một cách nhanh chóng. Hiện nay, ghép bước sóng quang đã được ứng dụng tại các hệ thống truyền hình cáp, trong mạng nội hạt.

Tại Việt Nam, năm 1998 bắt đầu triển khai xây dựng trạm cáp bờ tuyến cáp quang biển sử dụng kỹ thuật ghép kênh quang theo bước sóng với tốc độ 40Gb/s nối liền các nước Đông Nam Á, Trung Đông và Tây Âu. Đây cũng là tuyến thông tin quang đầu tiên sử dụng WDM tại Việt Nam.

Sợi quang nói chung có các ưu điểm là:

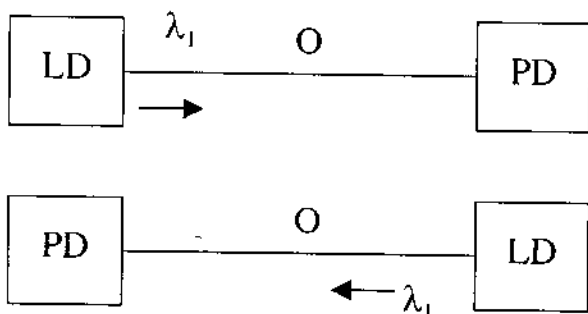
- Suy hao thấp, thấp hơn rất nhiều so với cáp đồng.
- Độ rộng băng: Sợi quang có thể truyền tải tín hiệu có tần số cao hơn rất nhiều.
- Đường kính sợi nhỏ, trọng lượng nhẹ, đây là ưu điểm rất lớn khi tiến hành thiết kế và lắp đặt tuyến truyền dẫn.
- Đặc tính cách điện: Sợi quang không chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài nên khả năng bảo mật và chống nhiễu cao.
- Tiết kiệm tài nguyên: Thạch anh là nguyên liệu chính để sản xuất sợi quang, so với kim loại, nguồn tài nguyên này dồi dào hơn, một chút thạch anh có thể tạo sợi quang dài.

Vì các ưu điểm trên nên trong hệ thống thông tin sợi quang khoảng cách trạm lặp lớn, có thể lên tới vài chục kilômet. Với đặc điểm băng tần sợi rất rộng, đặc biệt là sợi đơn mode, nên giải pháp ghép kênh theo bước sóng là rất hiệu quả, sẽ làm tăng dung lượng mà giá thành lại thấp hơn kỹ thuật ghép kênh và chuyển mạch quang.

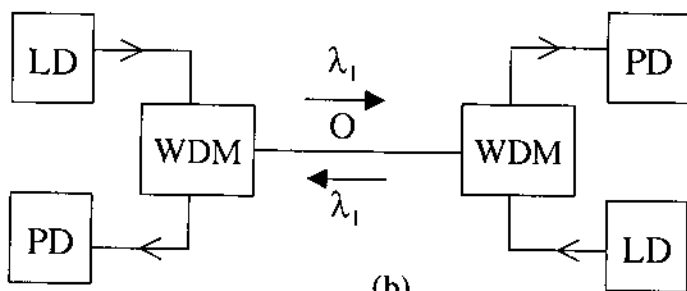
Bên cạnh kỹ thuật WDM còn có một số phương thức ghép kênh khác đang được sử dụng trong thực tế như ghép kênh theo thời gian, theo không gian. Để nâng cao chất lượng các tuyến thông tin ghép kênh quang, các công nghệ khác như làm hẹp phổ nguồn quang... cũng phát triển nhanh và mang lại nhiều thành tựu lớn trong truyền thông.

2. Các hệ thống truyền dẫn hai hướng

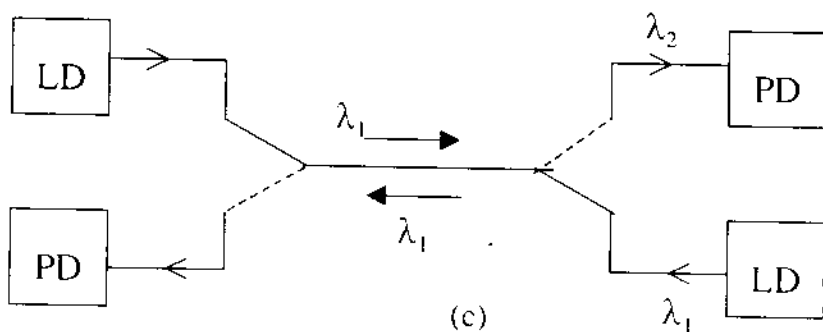
Truyền dẫn hai hướng có thể thực hiện được trên một sợi quang hoặc hai sợi quang. Hình 6.1(a) mô tả hệ thống ghép kênh theo không gian SDM. Trong hệ thống này, tín hiệu hướng đi và hướng về có cùng bước sóng và truyền trên hai sợi quang khác nhau. Phương pháp này đang được sử dụng rộng rãi trong hệ thống thông tin cáp quang SDH.



(a)



(b)



Hình 6.1: Các phương pháp ghép kênh quang

LD: Laser Diode: bộ phát quang

PD: Photo Diode: bộ tách quang

Hình 6.1.(b) là ghép kênh theo bước sóng. Trong phương pháp này cần sử dụng thiết bị ghép bước sóng (WDM) để ghép và tách nhiều bước sóng truyền trên cùng một sợi quang theo một hướng hoặc hai hướng.

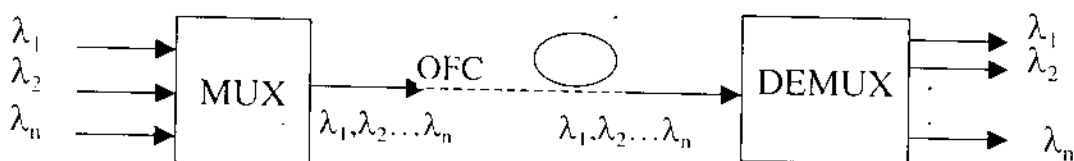
Hình 6.1.(c) thể hiện phương pháp ghép kênh theo thời gian phương pháp truyền qua lại. Phương pháp ghép kênh theo thời gian có thể truyền nhiều kênh theo một hướng trên cùng một sợi quang và chỉ có duy nhất một bước sóng.

3. Ghép kênh theo bước sóng WDM

Trong kỹ thuật truyền dẫn số, chúng ta đã quen với kỹ thuật ghép kênh tín hiệu điện, các luồng tín hiệu ở cấp thấp sẽ được ghép lại với nhau để tạo nên luồng tín hiệu cấp cao hơn. Trong vài năm trở lại đây, công nghệ thông tin quang đã được nhiều tiến bộ đáng kể. Trong những tiến bộ đó, phải kể đến kỹ thuật ghép kênh quang, trong đó có kỹ thuật ghép kênh theo bước sóng (WDM), nó được thực hiện ghép tín hiệu ánh sáng để truyền dẫn trên sợi quang. Ở đây ghép kênh đã tăng dung lượng truyền dẫn, bên cạnh đó nó còn tạo ra các tuyến thông tin quang tốc độ cao. Khi tốc độ đường truyền đạt tới một mức nào đó, người ta thấy các hạn chế của các mạch điện trong việc nâng cao tốc độ truyền dẫn. Khi tốc độ đạt tới hàng chục Gb/s bản thân các mạch điện tử sẽ không thể đảm bảo đáp ứng được các xung tín hiệu cực kỳ hẹp, thêm vào đó chi phí cho các giải pháp trở nên tốn kém vì cơ cấu hoạt động quá phức tạp đòi hỏi công nghệ rất cao. Kỹ thuật ghép kênh quang ra đời khắc phục các hạn chế trên. Các phần tử quang trong thiết bị sẽ đóng vai trò chủ đạo trong việc thay thế hoạt động của các phần tử điện ở các vị trí xung yếu đòi hỏi kỹ thuật xử lý tín hiệu nhanh. Kỹ thuật ghép kênh quang còn tận dụng được phổ

hệ của Laser, lợi dụng các bước sóng khác nhau để thực hiện truyền nhiều luồng ánh sáng, nâng tín hiệu trên một sợi dẫn quang. WDM (Wavelength Division Multiplex) là kỹ thuật ghép bước sóng quang và sẽ được nghiên cứu kỹ ở phần này

Nguyên lý cơ bản của ghép bước sóng quang minh họa ở hình sau:



Hình 6.2: Mô tả tuyến thông tin quang ghép bước sóng

Giả sử có các nguồn phát quang làm việc ở các bước sóng khác nhau $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, các tín hiệu quang có bước sóng khác nhau này sẽ được ghép vào cùng một sợi dẫn quang. Các tín hiệu có bước sóng khác nhau được ghép lại ở phía phát nhờ một bộ ghép kênh (MUX); bộ ghép bước sóng phải được đảm bảo có suy hao nhỏ và tín hiệu sau khi được ghép sẽ được truyền dọc theo sợi để tới phía thu. Các bộ tách sóng quang khác nhau ở phía đầu thu sẽ nhận lại các luồng tín hiệu ở các bước sóng riêng rẽ này sau khi chúng đi qua bộ tách bước sóng (DEMUX).

II. THIẾT BỊ GHÉP BƯỚC SÓNG QUANG (WDM)

1. Các tham số của WDM

WDM có ưu điểm là làm tăng hiệu quả sử dụng độ rộng băng tần của sợi và thực hiện truyền dẫn hai hướng trên cùng một sợi quang và do đó, nâng cấp được các hệ thống thông tin quang hiện có mà không cần bổ sung thêm sợi quang.

Chúng ta xem xét các bộ ghép/tách trong hệ thống truyền dẫn hai hướng trên một sợi quang, các tham số cơ bản mô tả đặc tính của các bộ ghép – giải ghép hỗn hợp là suy hao xen, xuyên kênh và độ rộng kênh. Các ký hiệu $I_i (\lambda_i)$ và $O_i (\lambda_i)$ được ghép có mặt ở đường khung. Ký hiệu $I_K (\lambda_K)$ là tín hiệu đầu vào được ghép vào cửa thứ K, tín hiệu này được phát từ nguồn phát quang thứ K, ký hiệu $O_i (\lambda_i)$ là tín hiệu có phát sóng λ_i đã được giải ghép và đi ra cửa thứ i. Bây giờ ta xem xét các thông số:

- Suy hao xen: được xác định là lượng công suất tổn hao sinh ra trong tuyến truyền dẫn quang do tuyến có thêm các thiết bị ghép bước sóng quang

WDM. Suy hao này bao gồm suy hao do các điểm ghép nối các thiết bị WDM với sợi và suy hao bản thân các thiết bị ghép gây ra. Khi thiết kế tuyến lưu ý phải dự phòng khoảng vài dB ở mỗi đầu. Suy hao xen được diễn giải như suy hao đối với các bộ ghép chung chỉ khác ở WDM là xét cho một bước sóng đặc trưng.

$$L_i = -10 \log \frac{O(\lambda_i)}{I_i(\lambda_i)} \quad (\text{MUX})$$

$$L_i = -10 \log \frac{O_i(\lambda_i)}{I(\lambda_i)} \quad (\text{DEMUX})$$

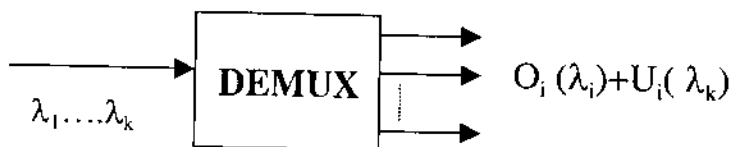
Với L_i là suy hao tại bước sóng λ_i khi các thiết bị được ghép xen vào tuyến truyền dẫn. Các tham số này thường được biết trước đối với từng kênh quang của thiết bị.

- Xuyên âm ngụ ý mô tả một lượng tín hiệu từ kênh này được ghép sang kênh khác, các mức xuyên cho phép nằm ở dải rất rộng nhưng nhìn chung phải nhỏ hơn (-30dB) trong mọi trường hợp.

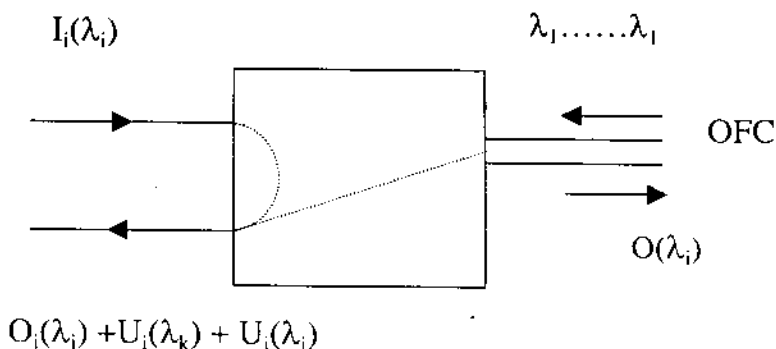
Trong một bộ giải ghép lý tưởng, sẽ không có sự dò công suất tín hiệu từ kênh thứ i có bước sóng λ_i sang các kênh khác có bước sóng khác với λ_i . Nhưng trong thực tế, luôn luôn tồn tại một mức xuyên kênh nào đó làm giảm chất lượng truyền dẫn của thiết bị. Khả năng để tách các kênh khác nhau được diễn giải bằng suy hao xuyên kênh và được tính bằng dB.

$$D_i(\lambda_k) = -10 \log [U_i(\lambda_k)] / [I(\lambda_k)]$$

Theo sơ đồ trên mô tả bộ giải ghép kênh ở hình 6.3(a) thì $U_i(\lambda_k)$ là lượng tín hiệu không mong muốn ở bước sóng (λ_k) do sự dò tín hiệu ở cửa ra thứ i , mà đúng ra thì chỉ có tín hiệu ở bước sóng λ_i . Trong thiết bị giải ghép hỗn hợp như ở hình 6.3 (b) việc xác định suy hao xuyên kênh cũng được áp dụng như bộ giải ghép. Ở trường hợp này, phải xem xét cả hai loại xuyên kênh.



Hình 6.3 (a): Xuyên kênh



Hình 6.3. (b): Ổ bộ ghép giải hỗn hợp

Hình 6.3: Xuyên kênh

Xuyên kênh đầu ra: Là do các kênh khác được ghép đi vào đường truyền gây ra, ví dụ như $I(\lambda_k)$ sinh ra $U_i(\lambda_i)$.

Xuyên âm đầu gán: Là do các kênh khác ở đầu vào sinh ra, nó được ghép ở bên trong thiết bị như $U_i(\lambda_i)$. Khi cho ra các sản phẩm, các nhà chế tạo cũng phải cho biết suy hao kênh đối với từng kênh của thiết bị.

- Độ rộng kênh: Là dải bước sóng mà nó định ra cho từng nguồn phát quang riêng, nếu nguồn phát là các diode Laser thì các độ rộng kênh được yêu cầu vào khoảng vài chục nanomet (nm) để đảm bảo không bị nhiễu giữa các kênh do sự mất ổn định của các nguồn phát gây ra, ví dụ như khi nhiệt độ làm việc thay đổi sẽ làm trôi bước sóng định hoạt động. Đối với nguồn phát quang là LED, yêu cầu độ rộng kênh phải lớn hơn 10 đến 20 lần bởi vì độ rộng phổ của loại nguồn phát này lớn hơn.

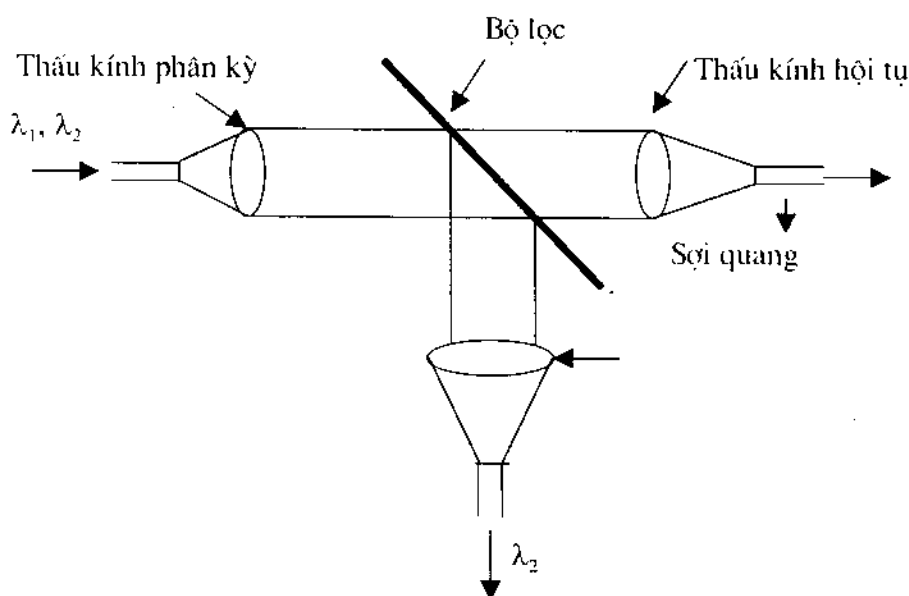
2. Thiết bị ghép bước sóng dùng màng mỏng

Trong phần này, chủ yếu trình bày cấu trúc và hoạt động các bộ tách bước sóng vì thiết bị ghép và tách bước sóng có cấu trúc thuận nghịch, nghĩa là giữa bộ ghép và tách chỉ thay đổi cổng vào ra.

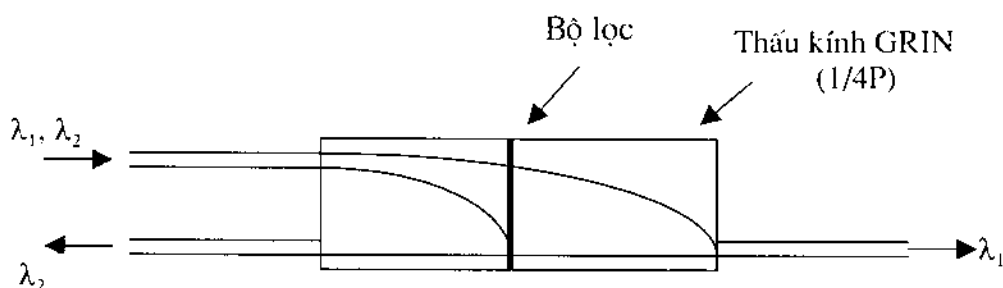
2.1. Bộ tách 2 kênh

Hình 6.4 (a) là bộ tách 2 kênh dùng thấu kính thẳng và bộ lọc.

Hình 6.4 (b) là bộ tách 2 kênh dùng bộ lọc và thấu kính GRIN 1/4 chu kỳ T.



(a)



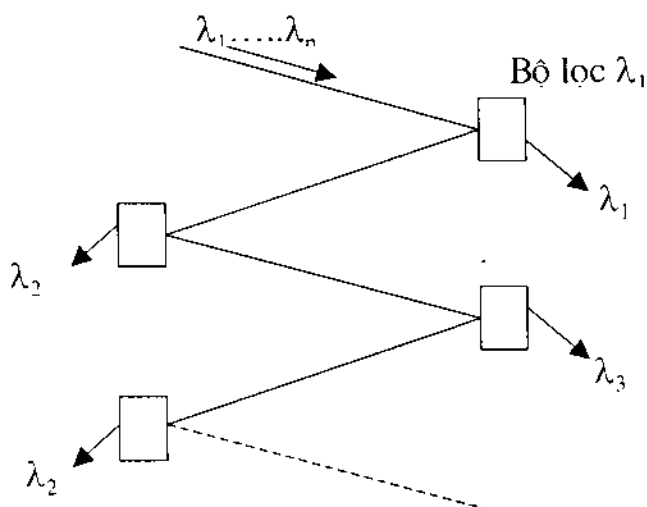
(b)

Hình 6.4: Bộ tách 2 bước sóng

Bộ ghép hoặc tách bước sóng có cấu trúc như trên được sử dụng trong các hệ thống có nguồn quang LED hoạt động tại cặp bước sóng 850nm hoặc 1300nm, và có nguồn quang LD (Laser Diode) hoạt động tại các cặp bước sóng 800nm và 830nm, 800nm và 890nm, 1200 và 1500nm. Suy hao xen của thiết bị thấp hơn 3dB và suy hao xen âm lớn hơn 25dB.

2.2. Bộ tách nhiều bước sóng

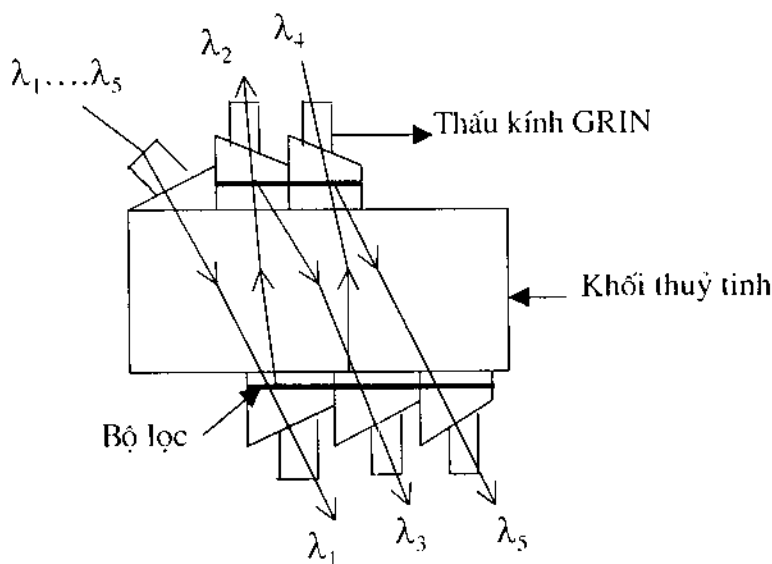
Trong thiết bị này dùng các bộ lọc nối tiếp nhau và mỗi bộ lọc đi qua một bước sóng và phản xạ các bước sóng còn lại. Hình 6.5 mô tả nguyên tắc này.



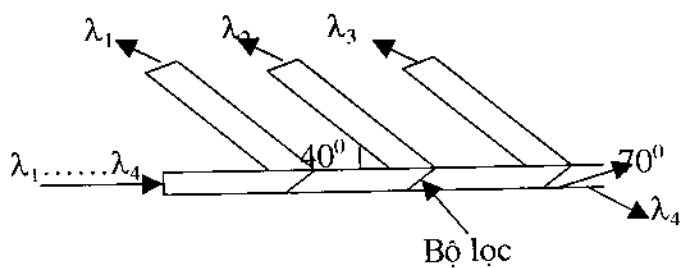
Hình 6.5: Cấu tạo cơ bản của bộ tách nhiều bước sóng

Trong thực tế, thiết bị tách nhiều bước sóng ngoài các bộ lọc còn có thấu kính, các sợi quang....

Hình 6.6 (a) là bộ tách 5 bước sóng dùng thấu kính GRIN và khối thủy tinh trong suốt. Hình 6.6 (b) là bộ tách bước sóng không dùng thấu kính. Trong thiết bị này các bộ lọc đặt vào đầu sợi đã mài nhẵn.



(a)

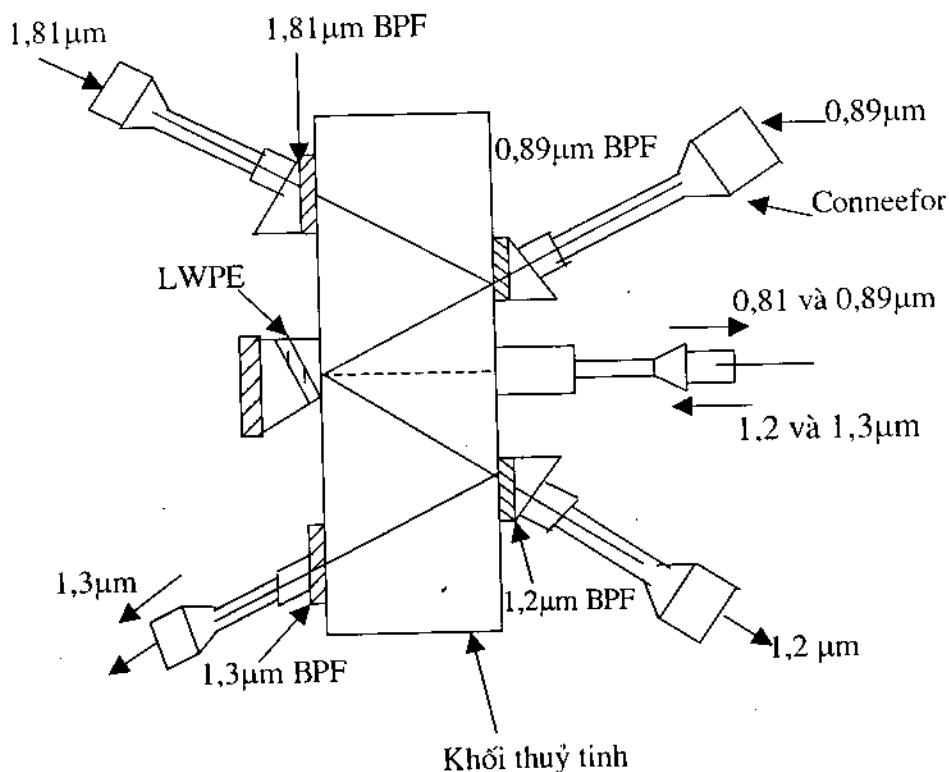


(b)

Hình 6.6: Thiết bị tách nhiều bước sóng

3. Thiết bị ghép kênh/ tách kênh (MUX-DEMUX)

Hình 6.7 là thiết bị MUX-DEMUX 4 bước sóng. Các bước sóng 0,81 và 0,89 μm từ hai nguồn quang khác nhau được ghép thành 1 tia chung để truyền qua sợi quang. Các bước sóng 1,2 μm và 1,3 μm từ sợi quang đến được tách thành 2 tia ứng với mỗi bước sóng để đưa đến diode tách quang.



Hình 6.7: Thiết bị MUX-DMUX 4 bước sóng

Trong đó: BPF: Band Pass Filter: Bộ lọc thông dải

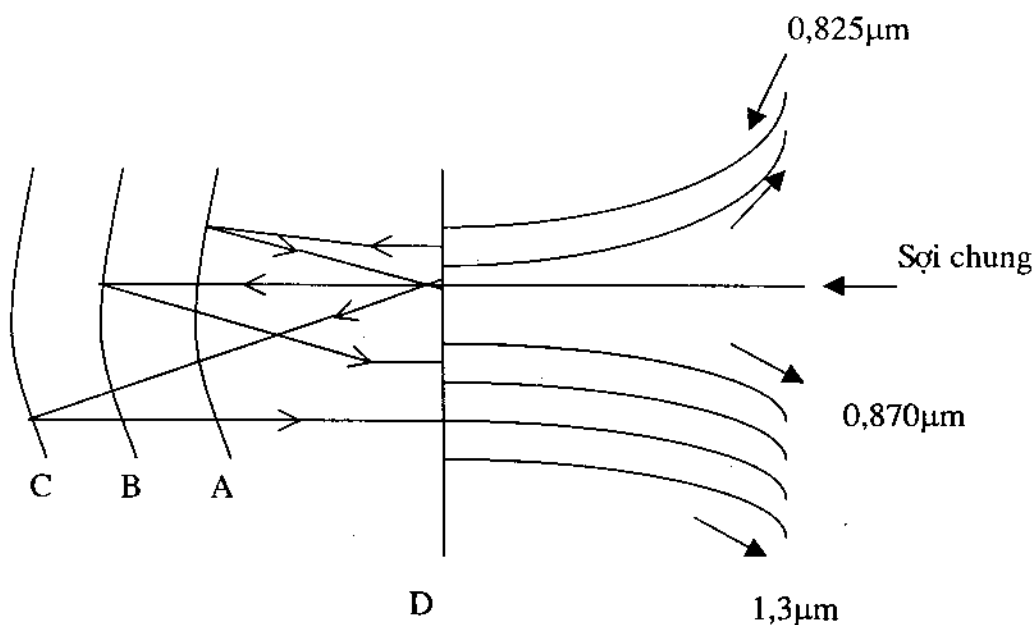
LWPE: Length Wave Pass Filter: Lọc thông cao

SWPF: Short Wave Pass Filter: Lọc thông thấp.

Thấu kính GRIN tại cổng vào dùng loại $1/4 P$ phân kỳ, tại cổng ra dùng $1/4P$ hội tụ.

Độ rộng của kênh là 25 và 32nm trong cửa sổ thứ nhất; 40 và 57nm trong cửa sổ thứ 2 của sợi quang. Suy hao xen là 1,4dB cho bước sóng 0,89 μm ; 2,6dB cho bước sóng 1,2 μm ; 2,2dB cho bước sóng 1,3 μm . Khi dùng Laser diode và 5,2 dB cho bước sóng 0,81 μm khi dùng LED. Suy hao xuyên âm bằng - 18dB cho bước sóng ngắn dùng LED, còn dùng Laser diode thì suy hao xuyên âm bằng 3,9dB.

Một thí dụ khác của bộ MUX – DEMUX là dùng gương cầu lõm như hình 6.8.



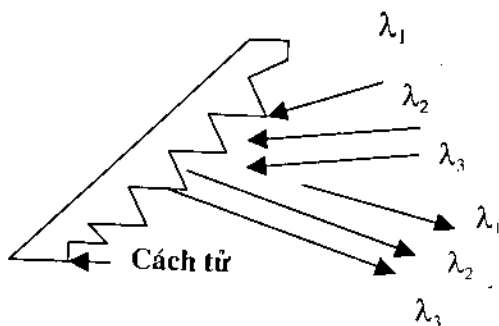
Hình 6.8: Thiết bị MUX – DMUX ba bước sóng

Các đầu sợi quang đặt trên mặt phẳng tiêu D. Gương cầu lõm A phản xạ bước sóng 0,825 μm tới đầu ra. Gương cầu lõm B phản xạ bước sóng 0,870 μm từ sợi chung vào tới sợi ra. Gương cầu lõm C phản xạ bước sóng 1,3 μm từ sợi chung vào tới sợi ra khác. Suy hao xen và suy hao âm xem bảng.

Suy hao xen dB	0,825 μm	0,870 μm	1,3 μm
Suy hao xen âm đầu gần dB	0,4	0,75	1,3
Suy hao xuyên âm đầu xa dB		-63	-40
		-78	-120

3.1. Thiết bị WDM sử dụng cách tử

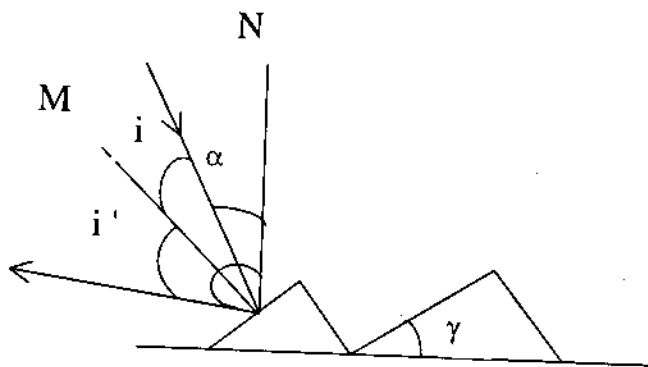
Thiết bị WDM sử dụng bộ lọc màng mỏng không thích hợp cho hệ thống có quá nhiều bước sóng hoặc khi bước sóng này quá gần nhau. Trong trường hợp này phải dùng cách tử. Ưu điểm của cách tử là tán xạ đồng thời tất cả các bước sóng.



Cách tử là một mặt phẳng quang có khả năng truyền hoặc tán xạ ánh sáng và trên nó có nhiều rãnh (từ hàng chục đến hàng ngàn rãnh/1mm) được khắc bằng kim cương. Cách tử có tính chất tán xạ ánh sáng theo một hướng nhất định phụ thuộc vào bước sóng. Cách tử cũng có khả năng tách tia sáng có nhiều bước sóng. Góc tán xạ phụ thuộc vào khoảng cách rãnh (gọi là bước cách tử) và góc tới.

3.1.1 Cách tử nhiễu xạ phẳng

Xét hoạt động của một cách tử phẳng có rãnh răng cưa như hình 6.9.



Hình 6.9: Cách tử nhiễu xạ phẳng

Trong đó: N: Đường vuông góc với mặt đáy của cách tử

M: Đường vuông góc với cạnh của rãnh

α : Góc tới của tia sáng với N

α' : Góc nhiễu xạ với N

i: Góc tới của tia sáng với M

i' : Góc nhiễu xạ với M

d: Chu kỳ cách tử

γ : Góc nghiêng của rãnh

Từ hình 6.9 và theo kết luận hệ thống thì khi 2 tia sáng liên tiếp chiếu vào rãnh cách tử sẽ tạo ra các tia nhiễu xạ cùng pha nếu hiệu số đường đi 2 tia thoả mãn điều kiện (6.1).

$$\Delta_0 = d(\sin \alpha + \sin \alpha') = k\lambda \quad (6.1)$$

Trong đó: K: Số nguyên

λ : Bước sóng

d: Chu kỳ cách tử

$k=0$: Ứng với truyền trực tiếp

$k = \pm 1$: Ứng với bậc 1 nhiễu xạ.

Nếu hệ số khúc xạ của môi trường bên ngoài cách tử là n thì (6.1) có dạng như (6.2):

$$nd(\sin \alpha + \sin \alpha') = k.\lambda \quad (6.2)$$

Cũng từ hình 6.9 ta có:

$$i = 8 - \alpha$$

$$i' = \alpha' - \gamma$$

Theo quy tắc phản xạ thì góc tới bằng góc phản xạ, nghĩa là $i' = i$ từ đó

ta có:

$$\gamma = \frac{\alpha + \alpha'}{2} \quad (6.3)$$

Điều kiện 6.1 có thể viết dưới dạng:

$$2d \sin \frac{\alpha + \alpha'}{2} \cos \frac{\alpha - \alpha'}{2} = k.\lambda \quad (6.4)$$

Thay (6.3) vào (6.4) ta có:

$$2d \sin \gamma \cos \frac{(\alpha - \alpha')}{2} = k.\lambda \quad (6.5)$$

Đối với cách tử phản xạ thì γ được xác định ứng với tán xạ bậc 1 là:

$$\lambda_1 = 2d \sin \gamma \quad (6.6)$$

Khi $\alpha \neq \alpha'$:
$$\lambda_1 = 2d \sin \gamma \cos \frac{\alpha - \alpha'}{2} \quad (6.7)$$

Ứng với bậc 2 của tán xạ có:

$$\lambda_2 = 2d \sin \gamma \quad (6.8)$$

$$\lambda_n = \frac{2d}{n} \cdot \sin \gamma$$

Biên độ trường nhiễu xạ mặt bên của rãnh cách tử được xác định theo biểu thức:

$$A = A\lambda_n \frac{\sin \pi d / \gamma (\sin i' + \sin i'')}{\sin \pi d / \gamma (\sin i - \sin i')}$$

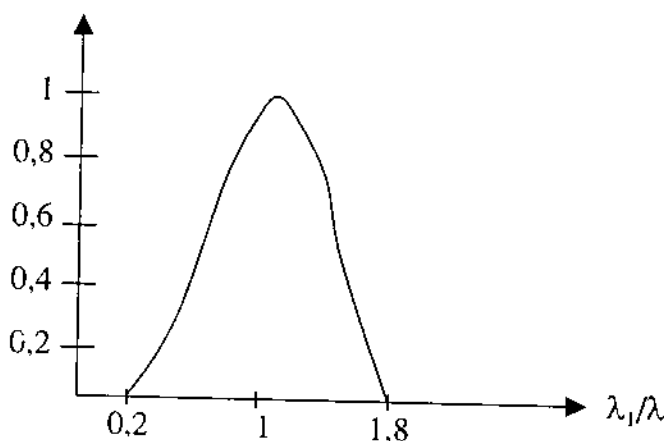
Khi $\lambda = \lambda_n$ thì cường độ nhiễu xạ cực đại:

$$I_{\lambda_n} = (A\lambda_n)^2$$

Phân bố phổ của nhiễu xạ được xác định theo biểu thức:

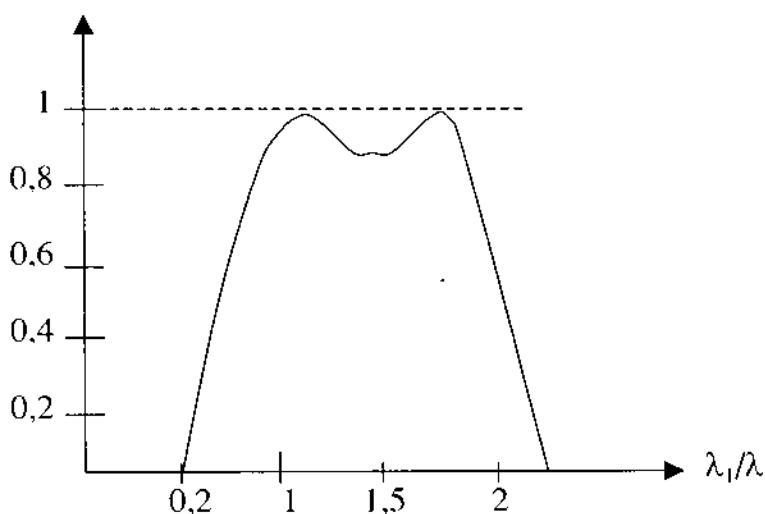
$$\frac{I_\lambda}{I_{\lambda_n}} = \left[\frac{\sin(k\pi - \pi\lambda_n/\lambda)}{k\pi - \pi\lambda_n/\lambda} \right] \quad (6.9)$$

Từ biểu thức 4.9 có thể xây dựng đường cong phân bố phổ của năng lượng nhiễu xạ bậc 1 như hình (6.10).



Hình 6.10: Phân bố phổ năng lượng nhiễu xạ bậc 1

Trong trường hợp d nhỏ hơn bước sóng thì phân bố phổ của năng lượng nhiễu xạ phụ thuộc vào γ và có dạng như hình 6.11.

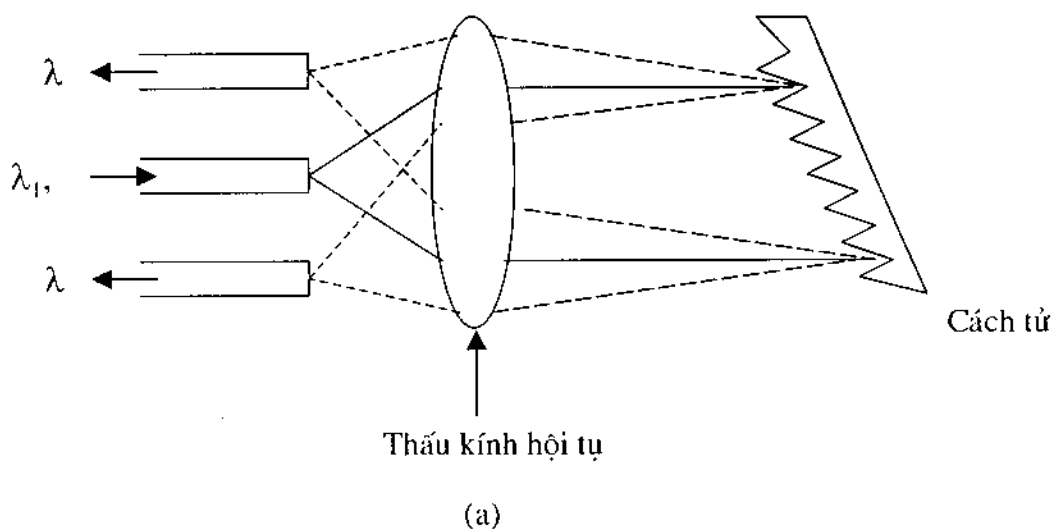


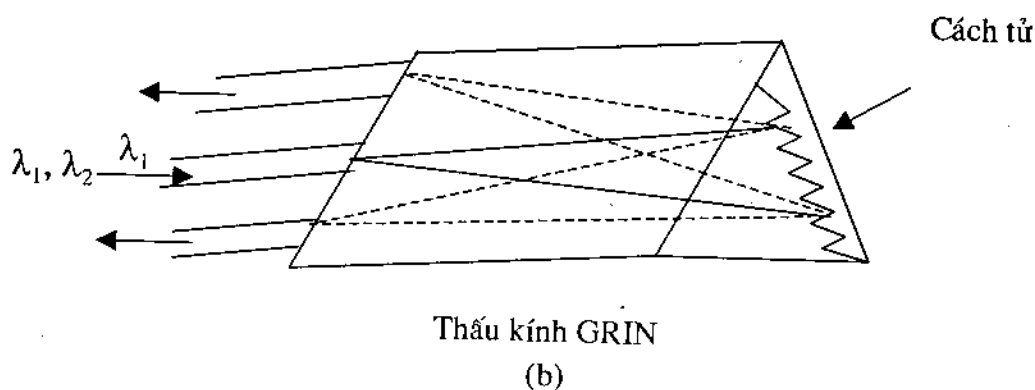
Hình 6.11: Phân bố phổ năng lượng nhiễu xạ bậc 1
khi d bé hơn bước sóng

* Ứng dụng

- Bộ tách bước sóng dùng thấu kính

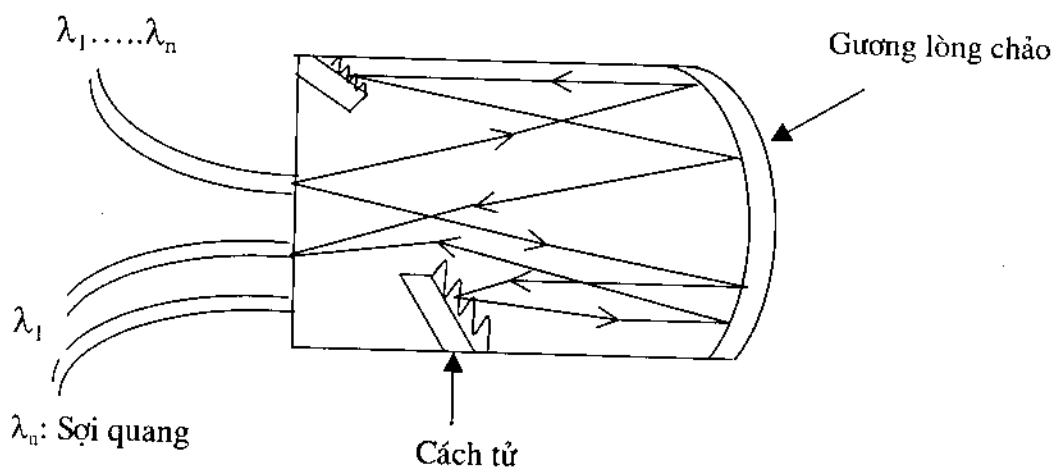
Hình 6.12 (a) là thiết bị tách hai bước sóng dùng thấu kính hội tụ và cách tử phẳng. Hình 6.12 (b) sử dụng thấu kính GRIN 1/4 chu kỳ.





Hình 6.12: Bộ tách hai bước sóng dùng thấu kính và cách tử phẳng

- Bộ tách bước sóng gương lòng chảo



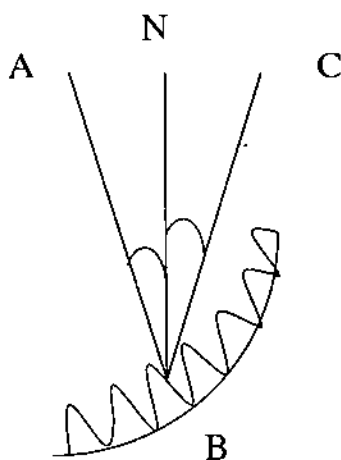
Hình 6.13: Bộ tách bước sóng dùng cách tử và gương lòng chảo

Cấu hình này đã được ứng dụng vào năm 1980.

Tia sáng có bước sóng khác nhau sẽ từ gương lòng chảo đi tới cách tử và nhiễu xạ với một góc tương ứng để một lần nữa đi tới gương và phản xạ tới sợi tương ứng. Như vậy, vị trí các sợi ra được chọn ứng với một bước sóng nhất định. Cấu hình này có thể đạt được thêm 6 kênh khi dùng LED và 22 kênh khi dùng Laser diode. Suy hao xen nhỏ hơn 2dB. Đặc tính của một số loại thiết bị sẽ khác nhau theo khoảng cách giữa các sợi trong mặt phẳng tiêu và độ dài mặt phẳng tiêu.

3.1.2. Cách tử lòng chảo

Hình vẽ sau đây mô tả một cách tử lòng chảo



Cách tử lòng chảo được sử dụng để phản xạ ánh sáng, vì vậy góc nghiêng của rãnh được tính toán giống như cách tử phản xạ phẳng. Theo thuyết về hướng thì góc nghiêng về rãnh phải thay đổi liên tục để duy trì đường phân giải của góc hoặc bởi tia tới và tia phản xạ ABC luôn vuông góc với bề mặt của rãnh cưa.

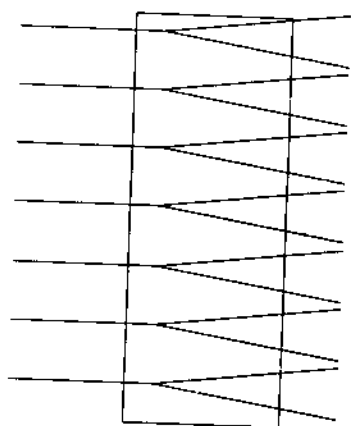
Cách tử lòng chảo được sử dụng là bộ tách 4 kênh.

3.2. Bộ ghép WDM dùng công nghệ phân phối chức năng quang học

Chức năng ghép hoặc tách bước sóng của một hệ thống quang 2 hoặc 3 chiều thường tạo nên quan hệ giữa sợi quang truyền dẫn và một tập sợi quang đầu vào hoặc đầu ra. Trong thiết bị ghép bước sóng, sợi quang truyền dẫn được phản ánh tới các vị trí khác nhau trên mặt phẳng tiêu thụ tùy thuộc vào bước sóng khi sử dụng cách tử và các thấu kính hội tụ. Như vậy, những dụng cụ trên tạo ra mối liên hệ giữa chủ thể và trường ảnh. Nếu vị trí của sợi quang trong các trường khác nhau được điều khiển thích hợp thì một số bộ ghép được thực hiện ngay trên một phần tử. Những thiết bị này được gọi là các phần tử công nghệ phân phối chức năng quang học (SOFT).

Trong một phần tử SOFT, một bộ tách quang học được sử dụng gồm một dây P sợi quang chia thành từng tập con có $n+1$ sợi quang. Chẳng hạn một dây $P = 21$ sợi quang, các dụng cụ quang như nhau tách tín hiệu quang từ một sợi quang đầu vào thành $n = 2$ sợi quang đầu ra thì sẽ có $P/n+1 = 7$ tập con, nghĩa là có 7 bộ tách quang giống nhau trên cùng một tách tử. Xem hình sau:

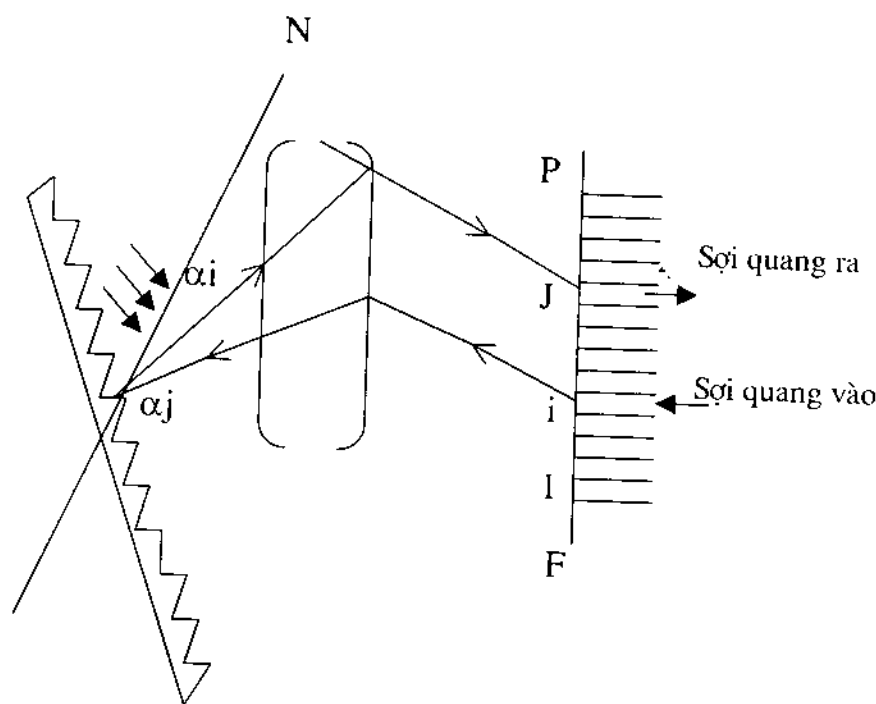
7 sợi quang
chuyển đổi



14 sợi quang
2 bước sóng đầu ra

Nguyên lý này đặc biệt thích hợp để tiết kiệm chi phí cho các mạng có một số bộ ghép hoặc một số bộ tách ghép bước sóng đặt ở cùng một địa điểm, ví dụ trong một trạm lặp trung tâm, trong trạm đầu cuối và ra hoặc điểm rẽ nhánh của mạng thông tin video. Trên một thiết bị, một tập các sợi quang đầu vào và đầu ra khác nhau có thể thích ứng với một tập hợp các bước sóng khác nhau, nghĩa là các bộ ghép không nhất thiết phải như nhau.

3.3. Bộ ghép tách kênh dùng cách tử



Hình 6.14: Bộ ghép dùng cách tử

Sợi quang được đánh số thứ tự từ 1 đến P, i là sợi quang đầu vào J là sợi quang đầu ra; nếu λ_{ij} là bước sóng truyền trong môi trường giữa mặt phẳng tiêu và cách tử thì ta có:

$$d(\sin \alpha_i + \sin \alpha_j) = \lambda_{ij} \quad (6.10)$$

d: Chu kỳ của cách tử.

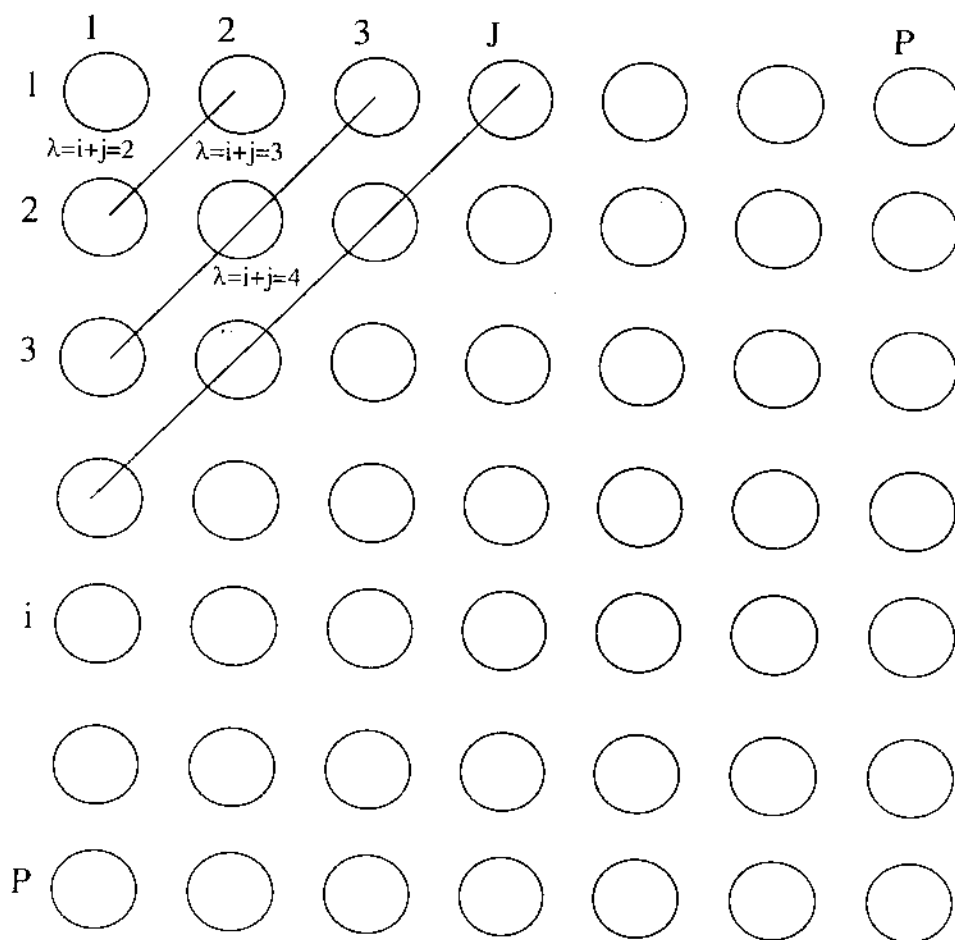
Nếu sợi quang trên mặt phẳng tiêu F được sắp xếp sao cho:

$\sin \alpha_{i+1} = \sin \alpha_{i+u}$ với u là hằng số ta có:

$$\sin \alpha_j = \sin \alpha_i + (j + i) u \quad (6.11)$$

$$\text{Và } d = [2 \sin \alpha_i + (j + i) u] = \lambda_{ij}$$

Có thể tìm được λ_{ij} đối xứng qua đường chéo $i = j$ và các bước sóng tương ứng với đường chéo $i + j = \text{const}$ (là như nhau).



Hình 6.15: Ma trận chỉ ra mối liên hệ giữa đầu vào và đầu ra

Bộ ghép nhân kênh dùng cách tử còn được ứng dụng trong thiết kế bộ ghép n bước sóng. Bạn đọc hãy xây dựng ma trận này.

4. Mạng Ring tự phục hồi ghép WDM

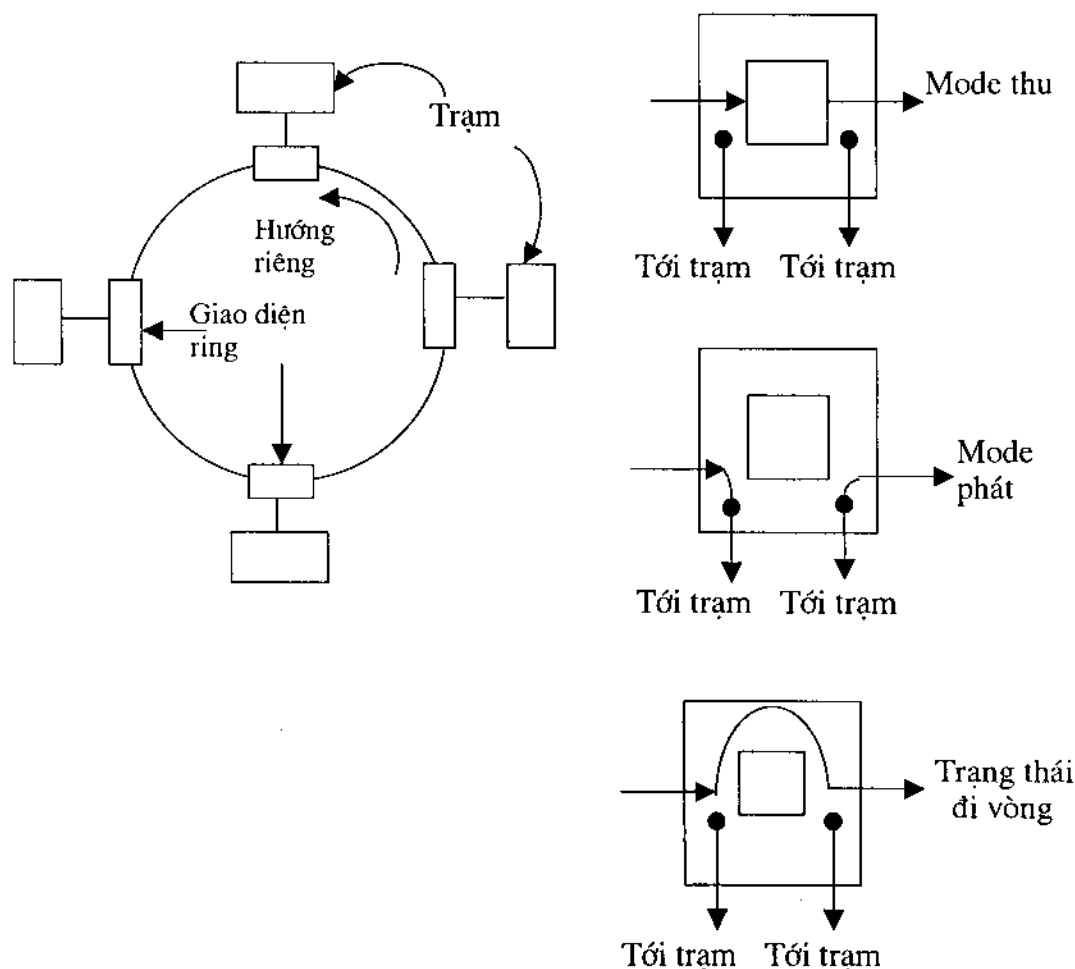
Mạng Ring trong thông tin quang thông thường trên mỗi cặp sợi chỉ truyền được tín hiệu số có tốc độ bit 155,52Mb/s hoặc 622Mb/s hoặc 2,5Gb/s. Các nút trong mạng Ring có chức năng rẽ, xen các luồng nhánh PDH hoặc SDH hoặc nối chuyển các VC-n. Liên hệ giữa các nút thông qua luồng nhánh và hệ thống quản lý và sử dụng địa chỉ các nút để trao đổi tin tức. Cấu hình Ring là một cấu hình được sử dụng có hiệu quả và phù hợp với tính chất bảo đảm thông tin trong mạng viễn thông.

Trong cấu hình Ring, các nút mạng liên nhau được nối với nhau bằng tuyến điểm - điểm và cứ như vậy tất cả các mạng liên nhau nối lại với nhau tạo thành vòng khép kín. Thông tin dưới dạng các gói dữ liệu (tín hiệu mang thông tin và các bit địa chỉ) được gửi đi từ nút này sang nút kia theo vòng Ring, với môi trường truyền dẫn hoặc là đôi dây, hoặc cáp đồng trục hoặc cáp quang. Các giao diện tại các nút là các thiết bị tích cực có khả năng nhận ra các địa chỉ của riêng nó trong gói dữ liệu để tiếp nhận cho bản tin. Giao diện không những là điểm ràng buộc với người sử dụng mà còn là một trạm lặp tích cực để tái phát tín hiệu đã được gán địa chỉ tới những nút khác. Hình 6.16 mô tả cấu hình Ring và chỉ ra các giao diện có thể hoạt động trong mode thu hoặc mode phát, hoặc nút có thể đi vòng từ giám sát đối với các chuỗi bit thích hợp cũng như mẫu địa chỉ hoặc mẫu ký hiệu. Như vậy, chùm bit đến chỉ cần sao chép với thời gian trễ vào khoảng 1 bit.

Khi giao diện trong mode nghe nhận ra trường địa chỉ đặc trưng như là nơi gửi thông tin tới, thì mỗi một bit đến trong gói được sao chép và gửi tới trạm có liên quan. Đồng thời, lúc đó các bit cũng được phát lại vào trạm tiếp theo. Điều này đặt ra câu hỏi là khi nào và nơi nào thì các gói dữ liệu được lấy ra từ Ring, đối với cấu trúc Bus, các tín hiệu được lan truyền dọc theo tuyến được các thiết bị đầu cuối đường dây thu lấy một khi chúng đi tới đầu cuối Bus. Tuy nhiên, trong Ring, các gói sẽ tiếp tục lan truyền mãi nếu chúng không được trạm nào đó trích ra. Việc trích lấy tín hiệu trong Ring có thể được thực hiện ở trạm kết cuối hoặc tại nơi gửi tín hiệu đi. Lấy tín hiệu ra tại nơi gửi tín hiệu đi thường nguy hiểm hơn bởi vì nó cho phép phát quang bá địa chỉ ở nơi mà gói được phát đồng thời tới nhiều trạm.

Ở mode phát, giao diện sẽ phá vỡ sự nối mạch giữa đầu vào và đầu ra và nó đưa vào dữ liệu riêng của nó. Người ta có thể thực hiện các phương pháp chuyển mạch từ mode thu sang mode phát.

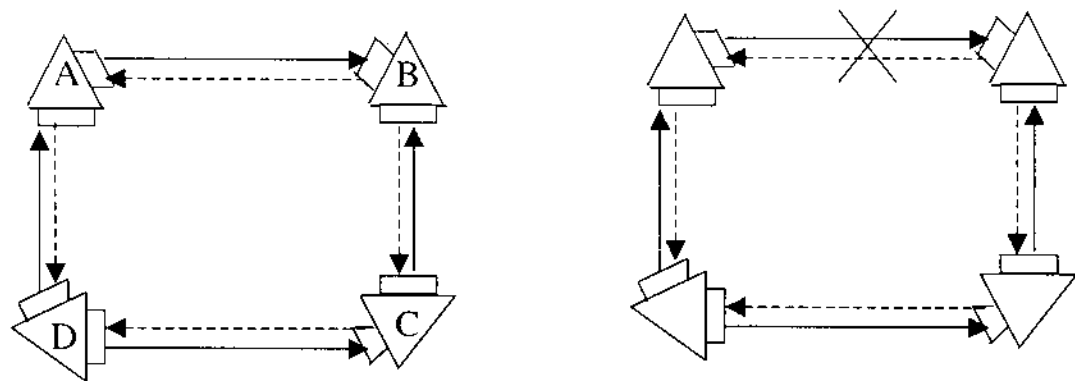
Khi thực hiện xây dựng cấu hình mạng Ring, cần phải xem xét kỹ mọi chi tiết có liên quan, trước hết phải đưa được toàn bộ các nút vào Ring. Khi thêm nút mới thì đường truyền dẫn phải được đặt giữa nút này và 2 nút kề bên. Như vậy, rất khó có thể lắp đặt trước các đường cáp cho trạm dự đoán sẽ sử dụng trong tương lai. Hơn nữa, bất kỳ một đoạn cáp đứt nào, trạm nào hỏng hoặc khi lắp đặt trạm mới cũng sẽ làm gián đoạn thông tin trên mạng. Để giải quyết vấn đề này, người ta áp dụng các kỹ thuật để khắc phục sự cố gián đoạn thông tin trên tuyến. Các biện pháp đó là kỹ thuật đi vòng 8 nối mạch “loop back” được sử dụng để kết nối với các cáp khác, nó rất phù hợp với cấu trúc Ring sử dụng phân cấp số đồng bộ SDH.



Hình 6.16: Cấu hình Ring và các trạng thái khai thác có thể thực hiện

Một mạng Ring có thể được tạo nên nhờ một sợi dẫn quang đơn hướng như hình 6.17. Các trạm A, B, C và D được liên kết với nhau về mặt tín hiệu (hình 6.17) lực lượng từ trạm A đến trạm B sẽ được sử dụng trực tiếp đoạn sợi AB, trong khi đó, lưu lượng chuyển từ B đến A sẽ theo chiều BCDA tức là phản truyền dẫn còn lại, ở mỗi trạm, thiết bị xen rẽ kênh (ADM – Add – Drop Multiplex) sẽ cung cấp tất cả chức năng có trong luồng tín hiệu STM-N. Và nếu chỉ có như vậy thì toàn Ring sẽ bị gián đoạn thông tin nếu có sự cố về cáp hoặc bất kỳ nút nào như đã nêu. Để khắc phục, người ta sử dụng cấu trúc Ring 2 hoặc 4 sợi dẫn quang. Các mạng Ring này được phân thành Ring một hướng và Ring hai hướng.

Ở mạng Ring một hướng, tín hiệu truyền trên sợi theo một hướng duy nhất. Trong mạng điện thoại, việc truyền tín hiệu cơ bản là hai hướng, như vậy, với cấu hình này thì truyền tín hiệu giữa hai điểm A và B là trực tiếp với nhau, còn phản truyền dẫn còn lại sẽ cho B đến A. Để đảm bảo tính liên tục của thông tin khi cáp hoặc trạm nút có sự cố, phải đồng thời truyền tín hiệu trên đường dự phòng.



Hình 6.17: Cấu trúc Ring cho SDH

II. ỨNG DỤNG WDM TRONG THÔNG TIN QUANG

Khái niệm WDM tới nay không còn mới nữa, ý tưởng về WDM đã có từ năm 1958, cho tới năm 1977 khi mà công nghệ sợi quang đã bắt đầu có nhiều tiến bộ thì người ta mới có giải pháp thực tế đầu tiên. Sau đó một thời gian, vào đầu thập niên 1980, các thiết bị WDM đã được thương mại hoá.

Trong các tuyến thông tin quang điểm nối điểm thông thường, mỗi một sợi quang sẽ có một nguồn phát quang ở phía phát và một bộ tách sóng quang ở phía thu, các nguồn phát quang khác nhau sẽ cho ra các luồng ánh sáng mang

tín hiệu khác nhau và phát vào sợi dẫn quang riêng biệt, bộ tách sóng quang tương ứng sẽ nhận tín hiệu phát từ sợi này. Như vậy, muốn tăng dung lượng của hệ thống thì phải sử dụng thêm sợi quang. Ở đây, kỹ thuật VPM cho phép ta tăng dung lượng kênh mà không cần tăng tốc độ bit đường truyền và cũng không dùng thêm sợi dẫn quang. Nó thực hiện truyền các luồng ánh sáng với các bước sóng khác nhau trên cùng một sợi, lý do ở chỗ các nguồn phát có độ rộng phổ khá hẹp (nguồn Laser), các hệ thống thông tin quang thông thường chỉ sử dụng phần rất nhỏ băng tần truyền dẫn của sợi sẵn có nên có thể một dung lượng khổng lồ trên một sợi quang từ nhiều nguồn phát khác nhau hoạt động ở các bước sóng cách nhau một cách hợp lý.

Bài tập chương 6

1. Nêu khái niệm về ghép kênh phân chia bước sóng quang.
Vẽ sơ đồ nguyên lý kỹ thuật WDM và giải thích nguyên lý ghép bước sóng quang.
2. Nêu các tham số của WDM? Cho biết nguyên nhân và cách khắc phục xuyên âm trong WDM.
3. Vẽ cấu tạo và giải thích nguyên lý thiết bị WDM dùng công nghệ phân phối chức năng quang học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tiến sĩ Bùi Thiện Minh (chủ biên) - *Vi ba số tập 1* - Tổng cục Bưu điện xuất bản năm 2000.
2. Thái Hồng Nhi - Phạm Minh Việt - *Hệ thống viễn thông tập 1, 2* - Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 2001)
3. Lê Thanh Dũng (biên dịch) - *Công nghệ truyền dẫn số và viễn thông nông thôn* - Tổng cục Bưu điện xuất bản, Hà Nội, 2001.
4. Tiến sĩ Lê Thanh Dũng và Kỹ sư Dương Đức Tuệ - Học viện BCVT - *Hệ thống ghép kênh theo bước sóng quang* - Nhà xuất bản Bưu điện, Hà Nội, 2001.
5. Tiến sĩ Nguyễn Việt Kính - *Thông tin số* - Nhà xuất bản Đại học Quốc gia, Hà Nội, 2001.

CÁC TỪ VIẾT TẮT

- A/D : Analog/Digital
Biến đổi tương tự/số
- ADM : Adaptive Delta Modulation
Điều chế Delta thích nghi
- AMI : Alternative Mark Inversion
Mã đảo dấu luân phiên
- ANSI : America National Standard Institute
Viện tiêu chuẩn quốc gia Mỹ
- ASK : Amplitude Shift – Keying
Điều chế khóa dịch biên
- BISDN : Broadband Intergrated Services Digital Network
Mạng số đa dịch vụ tích hợp băng rộng
- CMI : Code Mark Inversion
Đảo dấu mã
- DPCM : Diffirential Pulse Code Modulation
Điều chế xung mã vi sai
- FDM : Frequecey Division Multiplex
Ghép kênh phân chia tần số
- FSK : Frequency Shift – Keying
Điều chế khóa dịch tần
- HDB₃ : High Density Binary with maximum of 3 Consecutive zero
Mã lưỡng cực mật độ cao cực đại 3 số 0 liên tiếp
- ISDN : Intergrated Services Digital Network
Mạng số đa dịch vụ tích hợp
- NRZ : Non - Return to Zero
Mã không quay trở về 0
- NT2 : Network Terminal
Điểm cuối mạng
- OC : Optical Canrier
Sóng mang quang

PAM :	Pulse Amplitude Modulation <i>Điều chế biên độ xung</i>
PCM :	Pulse – Code – Modulation <i>Điều chế xung mã</i>
PDH :	Plesiochronou Digital Hierarchi <i>Phân cấp số cận đồng bộ</i>
PSK :	Phase Shift – Keying <i>Điều chế khóa dịch pha</i>
QAM :	Quadrature Amplitude Modulation <i>Điều chế biên độ cầu phương</i>
RZ :	Return to Zero <i>Mã quay trở về 0</i>
S/N:	Signal-to-noise-ratio <i>Tỷ lệ tín hiệu/nhiều</i>
SAW:	Surface Acoustic Wave <i>Bộ lọc sóng âm thanh bề mặt</i>
SDH:	Siochronous Digital Hierarchy <i>Phân cấp số đồng bộ</i>
SONET:	Synchronous Optical Network <i>Mạng quang đồng bộ</i>
STM:	Synchronous Transport Module <i>Module truyền tải đồng bộ</i>
STS :	Synchronous Transport Signal <i>Tín hiệu truyền tải đồng bộ</i>
TCM :	Time Compression Multiplex <i>Ghép kênh nén thời gian</i>
TDM :	Time Devision Multiplex <i>Ghép kênh phân chia thời gian</i>
TE :	Terminal Equipment <i>Thiết bị kết cuối</i>
TxBB :	Transmission Base Band <i>Phát băng tần cơ sở</i>
VCO:	Voltage Controled Oscillator <i>Bộ dao động điều khiển điện áp</i>

MỤC LỤC

<i>Lời giới thiệu</i>	3
<i>Lời nói đầu</i>	5
Chương 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG THÔNG TIN SỐ	7
I. Các phần tử thông tin số	7
II. Cấu trúc mạng thông tin số	12
Chương 2. TRUYỀN DẪN SỐ CÁC TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ	17
I. Điều xung mã PCM	17
II. Điều xung mã vi sai DPCM	27
III. Điều xung mã vi sai tự thích nghi ADPCM	30
IV. Điều chế delta (DM)	33
V. Điều chế delta tự thích nghi ADM	38
VI. So sánh giữa các hệ thống khác nhau	39
Chương 3. ĐIỀU CHẾ SỐ VÀ GIẢI ĐIỀU CHẾ SỐ	52
I. Điều chế số	52
II. Giải điều chế số	64
Chương 4. CÁC PHƯƠNG PHÁP GHÉP KÊNH SỐ	70
I. Tổng quan chung	70
II. Cơ sở ghép kênh theo thời gian (TDM)	71
III. Ghép kênh theo thời gian điều xung mã (TDM/PCM)	75
IV. Ghép kênh cơ sở PCM30	78
V. Các cấp số	81
VI. Kỹ thuật SDH	86
Chương 5. MÃ NHỊ PHÂN VÀ MÃ ĐƯỜNG TRUYỀN	96
I. Đặc điểm	97
II. Mã RZ và NRZ	98
III. Các mã đường truyền	99

Chương 6. GHÉP KÊNH THEO BƯỚC SÓNG	104
I. Khái niệm chung về ghép kênh quang	104
II. Thiết bị ghép bước sóng quang (WDM)	107
III. Ứng dụng WDM trong thông tin quang	124
<i>Tài liệu tham khảo</i>	126
<i>Các từ viết tắt</i>	127

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI
4 - TỔNG DUY TÂN, QUẬN HOÀN KIẾM, HÀ NỘI
ĐT: (04) 8252916, 8257063 - FAX: (04) 8257063

GIÁO TRÌNH
KỸ THUẬT GHÉP KÊNH SỐ
NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2005

Chịu trách nhiệm xuất bản
NGUYỄN KHẮC OÁNH
Biên tập
TRƯƠNG ĐỨC HÙNG

Bìa
TRẦN QUANG
Kỹ thuật vi tính
HẢI YẾN
Sửa bản in
ĐÀM LY

In 1660 cuốn, khổ 17 x 24cm, tại Nhà in Hà Nội.
Giấy phép xuất bản số: 62GT/407 CXB ngày 29/3/2005
In xong và nộp lưu chiểu tháng 7 năm 2005.

BỘ GIÁO TRÌNH XUẤT BẢN NĂM 2005
KHOẢ TRƯỜNG TRUNG HỌC ĐIỆN TỬ - ĐIỆN LẠNH

1. LÝ THUYẾT ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP
2. ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỬ
3. KỸ THUẬT GHÉP KÊNH SỐ
4. MẠCH ĐIỆN TỬ CƠ BẢN
5. THỦY KHÍ ĐỘNG LỰC
6. VẬT LIỆU - LINH KIỆN ĐIỆN TỬ
7. KỸ THUẬT CHUYỂN MẠCH SỐ
8. HỆ ĐIỀU HÀNH
9. KỸ THUẬT AN TOÀN HỆ THỐNG LẠNH
10. LẮP ĐẶT VÀ VẬN HÀNH MÁY LẠNH
11. TỔNG ĐÀI ĐIỆN TỬ SỐ



Giá: 17.000 đ