

CHƯƠNG 3: KỸ THUẬT TRUYỀN HÌNH SỐ

3.1 Giới thiệu chung về truyền hình số

Truyền hình số là tên gọi một hệ thống truyền hình mới mà tất cả các thiết bị kỹ thuật từ Studio cho đến máy thu đều làm việc theo nguyên lý kỹ thuật số. Trong đó, một hình ảnh quang học do camera thu được qua hệ thống ống kính, thay vì được biến đổi thành tín hiệu điện biến thiên tương tự như hình ảnh quang học (cả về độ chói và màu sắc) sẽ được biến đổi thành một dãy tín hiệu nhị phân (dãy các số 0 và 1) nhờ quá trình biến đổi tương tự số.

Số hóa toàn bộ hệ thống truyền hình nghĩa là chuyển tín hiệu tương tự sang dạng số từ Camera truyền hình, máy phát hình, kênh truyền đến máy thu hình. Tuy nhiên, việc số hóa hệ thống truyền hình hiện nay vẫn theo nguyên tắc giữ mối quan hệ với các hệ thống truyền hình tương tự (NTSC, PAL, SECAM).

3.1.1 Các đặc trưng cơ bản

Một số vấn đề có liên quan đến truyền hình số và truyền hình truyền thống:

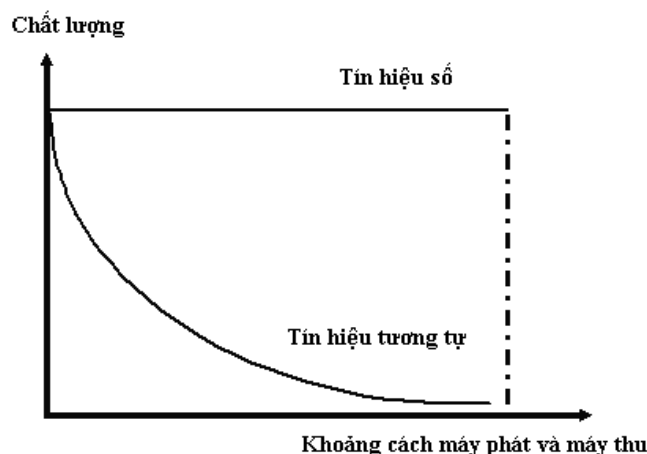
- a. **Băng tần:** Yêu cầu về băng tần là sự khác nhau rõ nhất giữa truyền hình số và truyền hình tương tự. Tín hiệu truyền hình số vốn gắn liền với yêu cầu băng tần rộng hơn. Ví dụ, đối với tín hiệu video tổng hợp, yêu cầu tần số lấy mẫu bằng bốn lần tần số sóng mang phụ - hệ NTSC là 14,4 MHz, nếu thực hiện mã hoá với những từ mã dài 8 bit, tốc độ dòng bit sẽ là 115,2 Mbít/s, khi đó độ rộng băng tần khoảng 58MHz. Nếu có thêm các bit sửa lỗi, yêu cầu băng tần sẽ phải tăng thêm nữa. Trong khi đó tín hiệu tương tự chỉ cần một băng tần 4,25MHz là đủ. Tuy nhiên, với kỹ thuật nén, cho phép giảm độ rộng băng tần xuống đáng kể.
- b. **Tỷ lệ tín hiệu/tạp âm:** Các hệ thống truyền hình truyền thống như: NTSC, PAL, SECAM là các hệ thống truyền hình tương tự. Từ khâu tạo dựng, truyền dẫn, phát sóng đến khâu thu tín hiệu đều chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố (nhiều và can nhiễu từ nội bộ hệ thống và từ bên ngoài) làm giảm chất lượng hình ảnh. Nhiễu tạp âm trong hệ thống tương tự có tính chất cộng, tỷ lệ S/N của toàn bộ hệ thống là do tổng cộng các nguồn nhiễu thành phần gây ra, vì vậy luôn luôn nhỏ hơn tỷ lệ S/N của khâu có tỉ lệ thấp nhất. Một trong những ưu điểm lớn nhất của tín hiệu số là khả năng chống nhiễu trong quá trình xử lý tại các khâu truyền dẫn và ghi. Tính chất này của hệ thống số đặc biệt có ích cho việc sản xuất chương trình truyền hình với các chức năng biên tập phức tạp - cần nhiều lần đọc và ghi. Việc truyền tín hiệu qua nhiều chặng cũng được thực hiện rất thuận lợi với tín hiệu số mà không làm suy giảm chất lượng tín hiệu hình.
- c. **Méo phi tuyến:** Tín hiệu số không bị ảnh hưởng bởi méo phi tuyến trong quá trình ghi và truyền. Cũng như đối với tỉ lệ S/N, tính chất này rất quan trọng trong việc ghi - đọc chương trình nhiều lần, đặc biệt đối với các hệ thống truyền hình nhạy cảm với các méo khuếch đại vì sai như hệ NTSC.
- d. **Chồng phổ (Aliasing):** Một tín hiệu truyền hình số được lấy mẫu theo cả chiều thẳng đứng và chiều ngang, nên có khả năng xảy ra chồng phổ theo cả hai hướng. Theo chiều

thẳng đứng, chồng phỏ trong hai hệ thống số và tương tự là như nhau. Độ lớn của méo do chồng phỏ theo chiều ngang phụ thuộc vào các thành phần tần số vượt quá tần số lấy mẫu giới hạn Nyquist.

e. Xử lý tín hiệu: Tín hiệu số có thể được chuyển đổi và xử lý tốt các chức năng mà hệ thống tương tự không làm được hoặc gặp nhiều khó khăn. Các công việc tín hiệu số có thể thực hiện dễ dàng là: Sửa lỗi thời gian gốc, chuyển đổi tiêu chuẩn, dựng hậu kỳ, giảm độ rộng băng tần v.v...

f. Khoảng cách giữa các trạm truyền hình đồng kênh: Tín hiệu số cho phép các trạm truyền hình đồng kênh thực hiện ở một khoảng cách gần nhau hơn nhiều so với hệ thống tương tự mà không bị nhiễu. Một phần vì tín hiệu số ít chịu ảnh hưởng của nhiễu đồng kênh, một phần là do khả năng thay thế xung xoá và xung đồng bộ bằng các từ mã - nơi mà trong hệ thống truyền dẫn tương tự gây ra nhiễu lớn nhất. Việc giảm khoảng cách giữa các trạm đồng kênh kết hợp với việc giảm băng tần tín hiệu, tạo cơ hội cho nhiều trạm phát hình có thể phát các chương trình với độ phân giải cao HDTV như các hệ truyền hình hiện nay.

g. Hiệu ứng bóng ma (ghosts): Hiện tượng này xảy ra trong hệ thống tương tự do tín hiệu truyền đến máy thu theo nhiều đường. Các hệ thống số có thể loại bỏ hoàn toàn hiện tượng này.

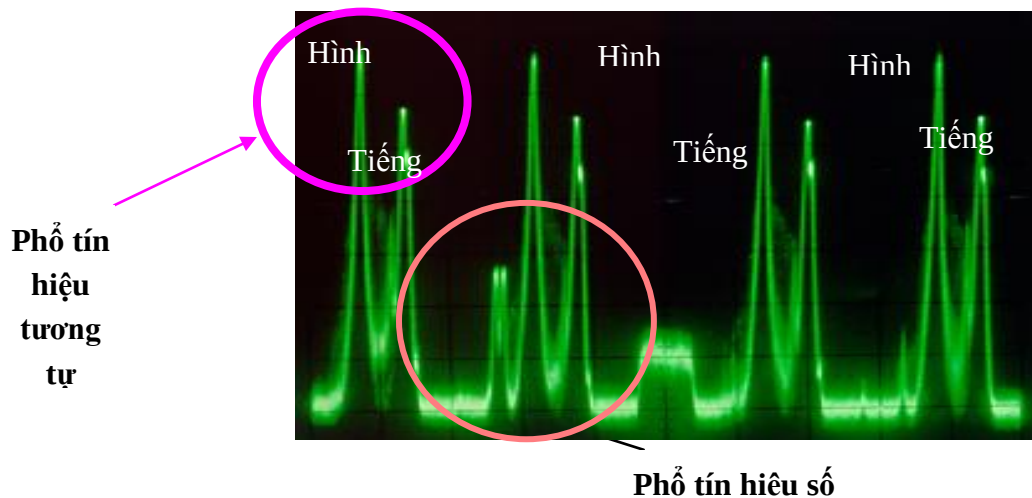


Hình 3.1: So sánh chất lượng tín hiệu số và tương tự

Ưu điểm truyền hình số:

- Có khả năng phát hiện lỗi và sửa sai
- Tính phân cấp (HDTV + SDTV)
- Thu di động tốt. Người xem đi trên ô tô, tàu hỏa vẫn xem được các chương trình truyền hình. Sở dĩ như vậy là do xử lý tốt hiện tượng Doppler.
- Truyền tải được nhiều loại thông tin.

- Ít nhạy với nhiễu và các dạng méo xảy ra trên đường truyền. Bảo toàn chất lượng hình ảnh. Thu số không còn hiện tượng “bóng ma” do các tia sóng phản xạ từ nhiều hướng đến máy thu. Đây là vấn đề mà hệ tương tự đang không khắc phục nổi.
- Phát nhiều chương trình trên một kênh truyền hình: Tiết kiệm tài nguyên tần số. Một trong những ưu điểm của truyền hình số là tiết kiệm phổ tần số. Một transponder 36MHz truyền được 2 chương trình truyền hình tương tự song có thể truyền được $10 \div 12$ chương trình truyền hình số (gấp $5 \div 6$ lần). Một kênh 8 MHz (trên mặt đất) chỉ truyền được 1 chương trình truyền hình tương tự song có thể truyền được $4 \div 5$ chương trình truyền hình số đối với hệ thống ATSC, $4 \div 8$ chương trình đối với hệ DVB-T (tùy thuộc M-QAM, khoảng bảo vệ và FEC)
- Tiết kiệm năng lượng, chi phí khai thác thấp: Công suất phát không cần quá lớn vì cường độ điện trường cho thu số thấp hơn cho thu tương tự (độ nhạy máy thu số thấp hơn -30 đến -20 DB so với máy thu analog).
- Mạng đơn tần (SFN): Cho khả năng thiết lập mạng đơn kênh, nghĩa là nhiều máy phát trên cùng một kênh. Đây là sự hiệu quả lớn xét về mặt công suất và tần số.
- Tín hiệu số dễ xử lý, môi trường quản lý điều khiển và xử lý rất thân thiện với máy tính ...

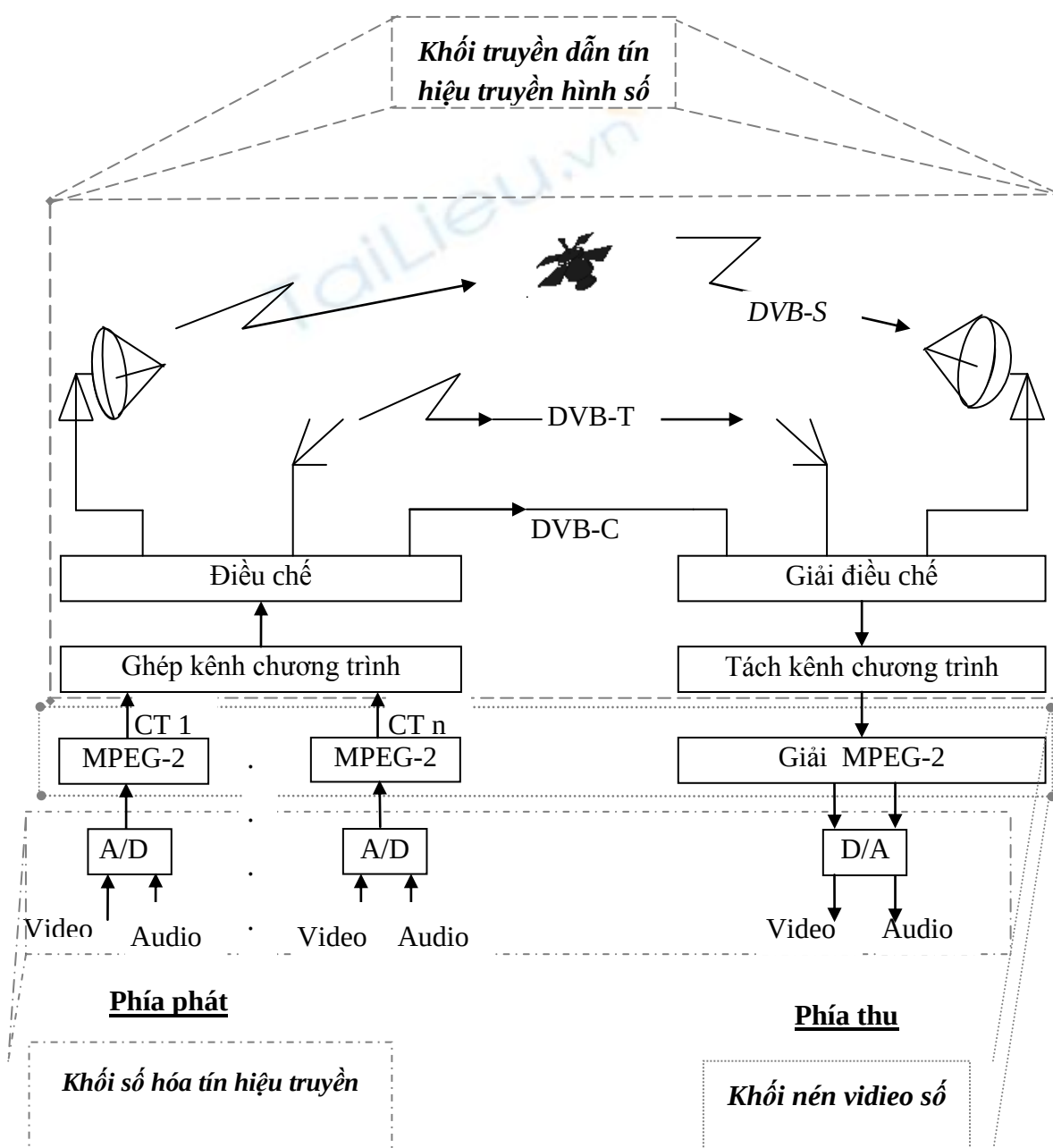


Hình 3.2: So sánh phổ tín hiệu tương tự và tín hiệu số

Như vậy, truyền hình số gần như chiếm ưu thế hơn hẳn so với truyền hình truyền thống. Số hóa hệ thống truyền hình là một điều tất yếu xảy ra. Tuy nhiên truyền hình số cũng có những nhược điểm đáng quan tâm. Việc kiểm tra chất lượng tín hiệu số ở mỗi điểm của kênh truyền thường phức tạp hơn (phải dùng mạch chuyển đổi số - tương tự). Dải thông của tín hiệu gốc là lớn, do đó độ rộng băng tần của thiết bị và hệ thống truyền lớn hơn nhiều so với tín hiệu tương tự. Tuy nhiên, bằng các kỹ thuật nén băng tần, tỉ lệ nén có thể đạt rất cao mà hầu như người xem không nhận biết được sự suy giảm chất lượng.

3.1.2 Sơ đồ khối hệ thống truyền hình số

Trên thế giới các nước đang phát triển đã triển khai thử nghiệm công nghệ truyền dẫn phát sóng số (vệ tinh, vi ba, cáp, phát sóng mặt đất) từ những năm của thập kỉ 90, đã và đang hoàn thiện. Hiện nay 1 số nước đã phát sóng mặt đất bao gồm 1693 kênh (gồm 1572 kênh UHF, và 121 kênh VHF). Tín hiệu âm thanh và hình ảnh sau khi đã xử lý, được chuyển đổi từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số thông qua bộ biến đổi tương tự- số ADC, sau đó sẽ phát đi. Việc truyền dẫn có thể thực hiện trong không gian giống truyền hình tương tự hoặc có thể truyền thông qua dây dẫn (truyền hình cáp). Khi tín hiệu đến nhà thuê bao thì phải có bộ giải mã tín hiệu để chuyển đổi tín hiệu từ số sang tương tự.



Hình 3.3 Sơ đồ khối tổng quát hệ thống truyền hình số

Nhà khai thác truyền hình thường nhận được nội dung từ nhiều nguồn, bao gồm video địa phương, các kênh truyền hình cáp và vệ tinh, các nội dung này lại được xử lý truyền dẫn đến người xem bằng cách đưa tín hiệu qua hệ thống truyền dẫn phát sóng truyền hình số. Các khối chức năng trong hệ thống này gồm: Thu nhận tín hiệu, nén và mã hoá, điều chế, hệ thống truy cập có điều kiện, hệ thống quản lý mạng.

Bộ biến đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số (A/D): Biến đổi tín hiệu truyền hình tương tự thành tín hiệu truyền hình số, các tham số và đặc trưng của tín hiệu này được xác định từ hệ thống truyền hình được lựa chọn. Tín hiệu truyền hình số tại đầu ra bộ biến đổi A/D được đưa tới bộ mã hoá nguồn, tại đây tín hiệu truyền hình số có tốc độ dòng bit cao sẽ được nén thành dòng bit có tốc độ thấp hơn phù hợp cho từng ứng dụng. Dòng bit tại đầu ra bộ mã hoá nguồn được đưa tới thiết bị phát truyền tới bên thu qua kênh thông tin. Tại bên thu, tín hiệu truyền hình số được biến đổi ngược lại với quá trình xử lý tại phía phát, giải mã tín hiệu truyền hình số thành tín hiệu truyền hình tương tự.

Thiết bị truyền hình số dùng trong truyền hình là thiết bị đa kênh. Ngoài tín hiệu truyền hình, còn có các thông tin kèm theo gồm các kênh âm thanh và các thông tin phụ như các tín hiệu điện báo, thời gian chuẩn, tín hiệu kiểm tra.vv Tất cả các tín hiệu này được ghép thành một dòng truyền tải theo các chuẩn giao thức ghép kênh gói. Hiện nay trên thế giới tồn tại 3 tiêu chuẩn truyền hình số ATSC do Mỹ đề xuất, DVB do châu Âu đề xuất và ISDB-T do Nhật Bản đề xuất.

3.2 Số hóa tín hiệu truyền hình

3.2.1 Lựa chọn tín hiệu số hóa

Để biến đổi tín hiệu Video tương tự thành tín hiệu Video số ta có thể dùng 2 phương pháp sau:

- **Phương pháp 1:** Biến đổi trực tiếp tín hiệu màu tổng hợp NTSC, PAL, SECAM ra tín hiệu số. Phương pháp biến đổi này cho ta dòng số có tốc độ bit thấp. Song tín hiệu video số tổng hợp còn mang đầy đủ các nhược điểm của tín hiệu video tương tự, nhất là hiện tượng can nhiễu chói-màu.
- **Phương pháp 2:** Biến đổi riêng từng tín hiệu thành phần (tín hiệu chói Y, tín hiệu R-Y và B-Y hoặc các tín hiệu màu cơ bản R, G, B) ra tín hiệu số và truyền đồng thời theo thời gian hoặc ghép kênh.

Phương pháp 2 sẽ làm tốc độ bit tăng cao hơn so với việc biến đổi tín hiệu màu Video tổng hợp. Cách này có ưu điểm là không phụ thuộc các hệ thống truyền hình tương tự, thuận tiện cho việc trao đổi các chương trình truyền hình. Do mã riêng các thành phần tín hiệu màu, nên có thể khử được nhiễu qua lại (nhiễu của tín hiệu lấy mẫu với các hài của tải tần số màu). Vì những nguyên nhân trên nên cách biến đổi số các tín hiệu thành phần (của tín hiệu Video màu tổng hợp) ưu việt hơn cách biến đổi trực tiếp tín hiệu Video màu tổng hợp. Do đó, tổ chức truyền thanh truyền hình quốc tế khuyến cáo nên dùng loại này cho trung tâm truyền hình (studio), truyền dẫn, phát sóng và ghi hình.

3.2.2 Chọn tần số lấy mẫu

Công đoạn đầu tiên của quá trình biến đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số là lấy mẫu (có nghĩa là rời rạc tín hiệu tương tự theo thời gian). Do đó tần số lấy mẫu là một trong những thông số cơ bản của hệ thống kỹ thuật số. Có nhiều yếu tố quyết định việc lựa chọn tần số lấy mẫu. Tần số lấy mẫu cần được xác định sao cho hình ảnh nhận được có chất lượng cao nhất, tín hiệu truyền đi với tốc độ bit nhỏ nhất, độ rộng băng tần nhỏ nhất và mạch đơn giản. Tần số lấy mẫu tín hiệu truyền hình phụ thuộc hệ thống truyền hình màu. Nếu lấy mẫu tín hiệu video tổng hợp, nhất thiết tần số lấy mẫu phải là một bội số của tần số sóng mang màu.

Để cho việc lấy mẫu không gây méo, ta phải chọn tần số lấy mẫu thỏa mãn công thức: $f_{sa} \geq 2f_{max}$. Với hệ PAL ($f_{max} = 5,5\text{MHz}$) nghĩa là $f_{sa} \geq 11\text{MHz}$.

Trường hợp $f_{sa} < 2f_{max}$ sẽ xảy ra hiện tượng chồng phổ làm xuất hiện các thành phần phụ và xuất hiện méo, ví dụ như: hiệu ứng lưới trên màn hình (do các tín hiệu vô ích nằm trong băng tần video), méo sườn xung tín hiệu, làm nhòe biên ảnh (do hiệu ứng bậc thang), các điểm nhấp nháy trên màn hình.

Trị số f_{sa} tối ưu sẽ khác nhau cho các trường hợp: tín hiệu chói (trắng đen), tín hiệu màu cơ bản (R, G, B); các tín hiệu số màu, tín hiệu Video màu tổng hợp. Cuối cùng việc chọn tần số lấy mẫu phụ thuộc vào hệ thống truyền hình màu.

Tần số lấy mẫu tín hiệu Video tổng hợp (Composite Video Signal):

Trong trường hợp lấy mẫu tín hiệu Video màu tổng hợp, phải chú ý đến tần số sóng mang phụ f_{sc} , khi chọn f_{sa} có thể xuất hiện các trường hợp sau đây:

- + f_{sa} gấp nhiều lần f_{sc} , ví dụ $f_{sa} = 3f_{sc}$ hoặc $4f_{sc}$ (hệ PAL, NTSC chỉ dùng một tần số f_{sc}). Hệ SECAM dùng hai sóng mang phụ màu nên không dùng được một tần số f_{sa} cho các tín hiệu hiệu số màu.
- + f_{sa} không có quan hệ trực tiếp với f_{sc} . Trong trường hợp này ngoài các thành phần tín hiệu có ích sẽ xuất hiện các thành phần tín hiệu phụ do liên hợp giữa f_{sa} và f_{sc} hoặc hài của f_{sc} trong phổ tín hiệu lấy mẫu. Đặc biệt thành phần tín hiệu ($f_{sa} - 2f_{sc}$) sẽ gây méo tín hiệu Video (tương tự) được khôi phục lại gọi là méo điều chế chéo (Intermodulation). Méo này sẽ không xuất hiện trong trường hợp lấy mẫu và mã hóa riêng tín hiệu chói và các tín hiệu số màu. Trong trường hợp lấy mẫu tín hiệu Video màu tổng hợp cho hệ NTSC, PAL, nếu ta chọn bằng hài bậc 3 tần số tải màu f_{sc} : $f_{sa} = 3f_{sc}$.

$$f_{sa\text{PAL}} = 13,3 \text{ MHz} > 2f_{\text{maxPAL}} = 2 \times 5,5 = 11 \text{ MHz}$$

$$f_{sa\text{NTSC}} = 10,7 \text{ MHz} > 2f_{\text{maxNTSC}} = 2 \times 4,2 = 8,4 \text{ MHz}$$

$$\text{Nếu dùng } f_s = 4f_{sc} \text{ thì } f_{s\text{NTSC}} = 14,3 \text{ MHz ; } f_{s\text{PAL}} = 17,7 \text{ MHz}$$

Nếu chọn $f_{sa} = 4f_{sc}$ thì cho chất lượng khôi phục rất tốt. Tuy nhiên, nó sẽ làm tăng tốc độ bit tín hiệu số. Do tín hiệu video số mang đầy đủ những nhược điểm của video tương tự nên người ta thường ít sử dụng phương pháp số hoá tín hiệu tổng hợp.

Tần số lấy mẫu tín hiệu Video thành phần (Component Video Signal) :

Trong trường hợp lấy mẫu tín hiệu Video thành phần, do tín hiệu truyền đi từng thành phần chất lượng hình ảnh thu được đảm bảo tốt hơn do ảnh hưởng của sóng mang phụ khi lấy mẫu không có, nhưng cũng cần lưu ý:

- + Tần số lấy mẫu của tín hiệu chói $f_{saY} \geq 2f_{\max Y}$ và bằng bội số của tần số dòng.
- + Tần số lấy mẫu các tín hiệu màu $f_{sa(R-Y)(B-Y)} \geq 2f_{\max (R-Y)(B-Y)}$ và bằng bội số của tần số dòng.

Với tín hiệu video thành phần, tần số lấy mẫu thường được lấy thông qua tỉ lệ tần số giữa tín hiệu chói và tín hiệu màu. Thông thường có các tỉ lệ 4:1:1; 4:2:2; 4:4:4.

Kết hợp điều này với thực tế người ta chọn:

$$f_{saY} = 13,5 \text{ MHz}$$

$$f_{sa(R-Y)(B-Y)} = f_{sc} = 6,75 \text{ MHz cho cả 2 tiêu chuẩn: 625/50 và 525/60.}$$

Tuy nhiên, sự lựa chọn f_{sa} theo định lý lấy mẫu thì chưa đủ mà phải thỏa thêm các điều kiện sau:

- Tần số f_{sa} phải đồng bộ với tần số quét dòng f_H .
- Tần số f_{sa} phải đồng bộ với tần số quét màn f_V .
- Tần số f_{sa} phải đồng bộ với tần số ảnh f_p , $f_p = 2f_V$.

3.2.3 Lựa chọn cấu trúc mẫu

Nếu coi hình ảnh số là tập hợp của các con số thì việc sắp xếp, bố trí chúng theo một quy luật nào là có lợi nhất. Mục đích của vấn đề là giảm tối thiểu các hiện tượng viền, bóng, nâng cao độ phân tích của hình ảnh. Việc lấy mẫu không những phụ thuộc theo thời gian mà còn phụ thuộc vào tọa độ các điểm lấy mẫu. Vị trí các điểm lấy mẫu hay còn gọi là cấu trúc mẫu được xác định theo thời gian, trên các dòng và các màn. Tần số lấy mẫu phù hợp với cấu trúc mẫu sẽ cho phép khôi phục hình ảnh tốt nhất. Do vậy, tần số lấy mẫu và cấu trúc lấy mẫu phải thích hợp theo cả ba chiều t, x, y . Có ba dạng liên kết vị trí các điểm lấy mẫu được sử dụng cho cấu trúc lấy mẫu tín hiệu video.

a. Cấu trúc trực giao:

Đối với cấu trúc trực giao, các mẫu trên các dòng kề nhau được sắp xếp thẳng hàng theo chiều đứng. Cấu trúc này là cố định theo màn và ảnh, tần số lấy mẫu thỏa mãn tiêu chuẩn Nyquist nên cần sử dụng tốc độ bit rất lớn.

b.Cấu trúc quincux màn hình:

Đối với cấu trúc quincux màn hình, các mẫu trên các dòng kế nhau thuộc một màn hình xếp thẳng hàng theo chiều đứng. Các mẫu trên các màn hình khác nhau lệch nhau một nửa chu kỳ lấy mẫu. Với việc sắp xếp thẳng hàng các mẫu cho phép giảm tần số lấy mẫu theo dòng của màn hình thứ nhất. Do phổ tần cấu trúc của màn hình thứ hai có thể bị chồng phổ của phổ tần cơ bản, đây là nguyên nhân gây méo chi tiết ảnh.

c.Cấu trúc quincux dòng:

Đối với cấu trúc quincux dòng, các mẫu trên các dòng kế nhau của một màn hình sẽ lệch nhau nửa chu kỳ lấy mẫu. Các mẫu trên các dòng tương ứng của hai màn hình cũng lệch nhau nửa chu kỳ lấy mẫu.

3.2.4 Lượng tử hóa tín hiệu Video

Đây là quá trình biến đổi tín hiệu sau lấy mẫu thành các khoảng rời rạc, gọi là khoảng lượng tử (Q): $Q = 2^n$

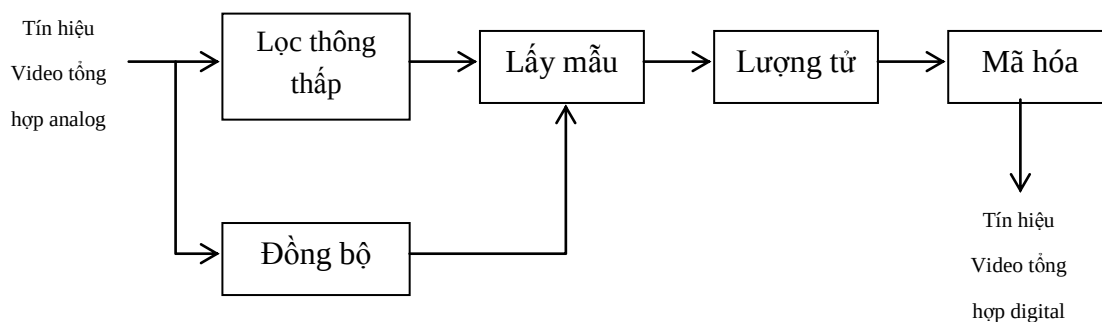
Có hai cách lấy khoảng lượng tử:

- *Tuyến tính:* Các khoảng lượng tử cách đều, không phụ thuộc tín hiệu analog vào.
- *Không tuyến tính:* Các khoảng lượng tử thay đổi theo biến đổi biên độ của tín hiệu. Các vùng ít biến đổi thì khoảng cách lượng tử thưa, các vùng biến đổi nhiều thì khoảng cách lượng tử ngắn.

3.2.5 Mã hóa tín hiệu Video

Mã hóa tín hiệu Video là biến đổi tín hiệu đã lượng tử hóa thành tín hiệu số bằng cách sắp xếp số nhị phân cho các mức lượng tử hóa và ánh xạ của các mức này thành tín hiệu có 2 mức logic “0” và “1”. Khi dùng mã PCM 8 bit để mã hóa tín hiệu, tức ứng với $2^8 = 256$ mức lượng tử. Nếu số bit tăng độ chính xác của bộ chuyển đổi tăng nhưng tốc độ bit tăng đòi hỏi kênh truyền rộng đồng thời đáp ứng của bộ chuyển đổi thấp.

a. Số hóa tín hiệu video tổng hợp:

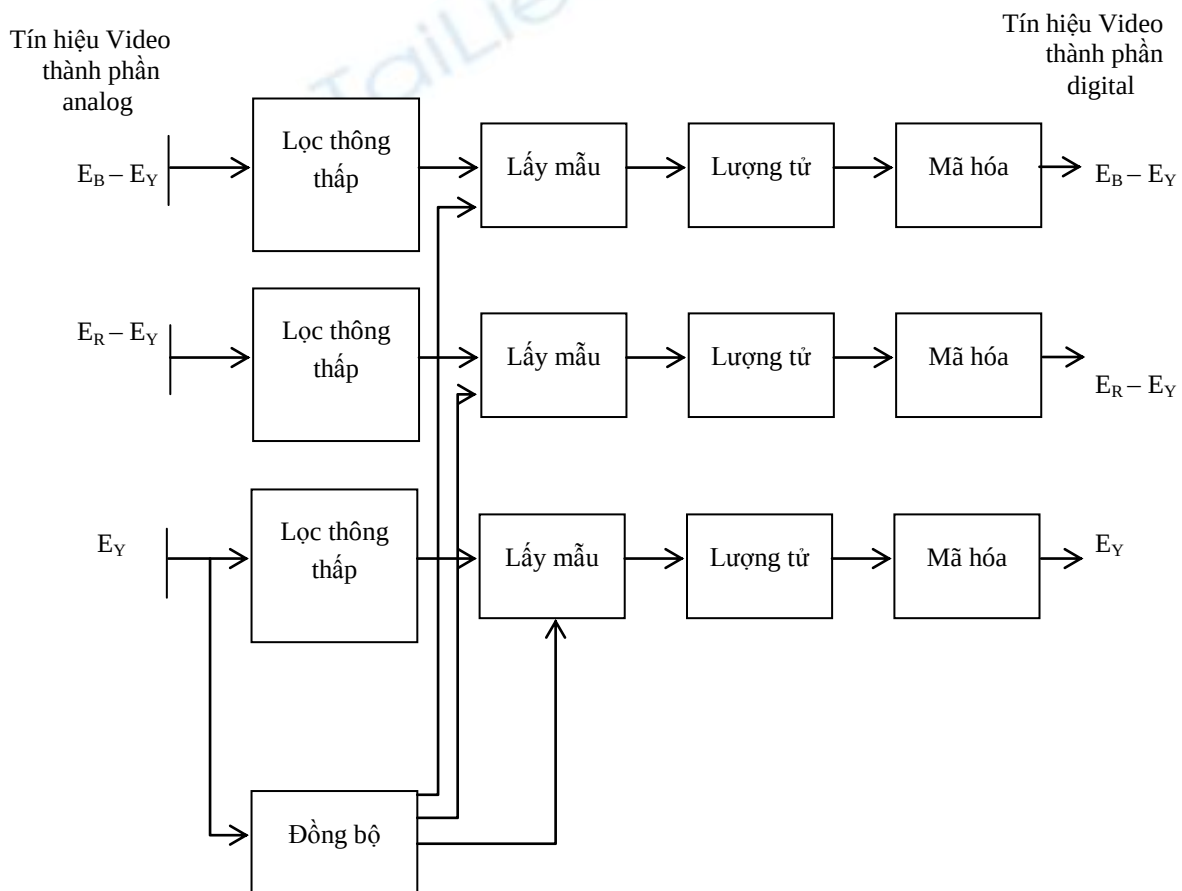


Hình 3.4: Biến đổi A/D tín hiệu video tổng hợp

Tín hiệu video tương tự PAL được lấy mẫu với tần số lấy mẫu bằng 4 lần tần số sóng mang màu ($4f_{sc}$) vào khoảng 17,72 MHz. Mỗi mẫu tín hiệu được lượng tử hóa bởi 10 bit, cho ta một chuỗi số liệu 177 Mbit/s (trong trường hợp 8 bit, chuỗi số liệu có tốc độ 142 Mbit/s). Tín hiệu video số tổng hợp có ưu điểm về dải tần. Nhưng tín hiệu video tổng hợp số có những nhược điểm của tín hiệu tổng hợp tương tự như hiện tượng can nhiễu chói màu. Tín hiệu tổng hợp cũng gây khó khăn trong việc xử lý, tạo kỹ xảo truyền hình...

b.Số hóa tín hiệu Video số thành phần:

Hình 3.5 minh họa quá trình chuyển đổi tương tự sang số tín hiệu video thành phần. Đối với tiêu chuẩn này, tín hiệu chói được lấy mẫu với tần số 13,5 MHz, hai tín hiệu màu được lấy mẫu với tần số 6,75 MHz. Mỗi mẫu được lượng tử hóa bởi 8/10 bit, cho ta tốc độ bit bằng 216/270 Mbps. Lượng tử hóa bởi 8 bit cho ta 256 mức và 10 bit cho ta 1024 mức với tỉ số tín hiệu tạp âm (S/N) cao hơn. Biến đổi tín hiệu video thành phần cho ta dòng số có tốc độ bit cao hơn tín hiệu số tổng hợp. Tuy nhiên, dòng tín hiệu thành phần số cho phép xử lý dễ dàng các chức năng như ghi dòng, tạo kỹ xảo v.v



Hình 3.5: Biến đổi A/D tín hiệu video thành phần

Hơn nữa, chất lượng ảnh không chịu các ảnh hưởng can nhiễu chói, màu như đối với tín hiệu tổng hợp. Với sự phát triển của công nghệ điện tử, các chip có tốc độ cao ra đời, cho phép truyền toàn bộ chuỗi số liệu video số thành phần nối tiếp nhau trên một dây dẫn duy nhất. Video số nối tiếp có những ưu điểm cơ bản:

- Không bị nhiễu ký sinh, không méo, tỉ số tín hiệu/ tạp âm cao/
- Chuyển đổi tín hiệu đơn giản.

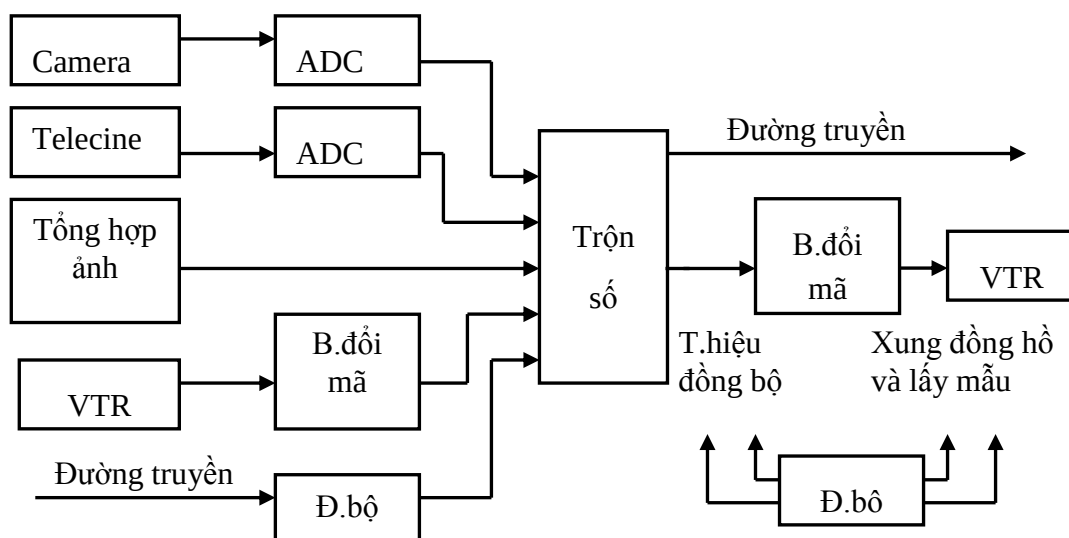
Có thể cài tín hiệu Audio trong chuỗi số liệu Video số. Như vậy chỉ cần một sợi cáp có thể truyền cả tín hiệu audio và video. Khâu thiết kế, lắp đặt và khai thác thiết bị, nhờ đó đơn giản và thuận tiện hơn nhiều. Mặc dù cả hai phương pháp số hóa tín hiệu tổng hợp và thành phần đều được nghiên cứu và áp dụng trong kỹ thuật truyền hình số. Tuy nhiên, nhờ những tính chất ưu việt nên phương pháp biến đổi tín hiệu thành phần được khuyến khích sử dụng.

3.2.6 Số hóa tín hiệu ở studio

Như hình 3.6, để số hóa toàn bộ khâu sản xuất chương trình truyền hình, các tín hiệu video (ra từ Camera, Telecine...) qua bộ biến đổi DAC để chuyển sang dạng số, đến thiết bị trộn. Tín hiệu ra từ thiết bị trộn có thể được ghi hình VTR số, hoặc truyền dẫn đến các Studio khác hoặc máy phát. Thiết bị đồng bộ tạo tín hiệu đồng bộ, các tín hiệu đồng hồ và xung lấy mẫu cho các thiết bị số.

Tín hiệu video số ở Studio

- Tiêu chuẩn NTSC: 525/60, $f_{\text{Max}} = 4,2\text{MHz}$; $f_H = 15750\text{Hz}$; $T_H = 63,555\mu\text{s}$
- Tiêu chuẩn PAL: 625/50, $f_{\text{Max}} = 5,5\text{MHz}$; $f_H = 15625\text{Hz}$; $T_H = 64\mu\text{s}$



Hình 3.6: Sơ đồ khối kênh hình của Trung tâm truyền hình

Tín hiệu Video trong Studio bao gồm:

Tín hiệu chói Y với $f_{S/Y} = 13,5\text{MHz}$, mã PCM tuyến tính, 8bit/1pixel

Tín hiệu hiệu số màu C: $f_{S/C} = 6,75\text{ MHz}$, mã PCM tuyến tính, 8bit /1 pixel

Tín hiệu số được trộn theo 3 cách:

- Nối tiếp, ghép kênh theo thời gian thành một dòng: tốc độ bit 216Mb/s, một kênh truyền, băng tần cỡ 150 MHz, ưu điểm là chỉ có 1 mạch chuyển đổi.

- Song song 3 tín hiệu (cho 1 kênh hình): tốc độ bit 108Mb/s, 54Mb/s, 54Mb/s; số kênh là 3 kênh hẹp; ưu điểm từng băng tần hẹp, nhược điểm là nhiều đường truyền
- Nối tiếp song song (ghép kênh theo thời gian và truyền song song): kết hợp giữa 2 cách trên.

3.3 Tín hiệu video số tổng hợp (Digital composite video)

3.3.1 Tiêu chuẩn PAL $4f_{sc}$

Bảng 3.1: Các thông số của tiêu chuẩn PAL $4f_{sc}$

STT	Thông số	Giá trị của PAL 625/50
1	Số mẫu/dòng	1135 (trừ dòng 313 và 625)
2	Số mẫu/dòng tích cực	948
3	Tần số lấy mẫu f_s	$F_s = 4f_{sc} = 17.734475 \text{ mhz}$
4	Trạng thái pha lấy mẫu	$+45^0; +135^0; +225^0; +315^0$
5	Mã hoá	Lượng tử hoá đều
6	Độ phân giải lượng tử hoá	8 hoặc 10 bit/mẫu
7	Tốc độ dữ liệu	177.3Mb/s

- Tải màu fsc (Burst) được thay đổi pha lần lượt theo hai giá trị +1350 và +225 và nó tạo ra xung lấy mẫu f_s .
- Tải màu PAL có chứa một tần số Offset là 25Hz. Như vậy f_{sc} sẽ là:

$$F_{sc} = (2n+1)\frac{f_H}{4} + \frac{f_V}{2} = 285.75 f_H + 25Hz = 4.43361875MHz, \text{ với } n=567$$

- Số chu kỳ tải màu trong một ảnh (frame):

$$\frac{f_{sc}}{25} = 177344.75 \text{ chu kỳ/frame}$$

- Tần số lấy mẫu f_s có pha là 0^0 và trực U: $F_s = 4f_{sc} = 17.734475 \text{ Mhz}$.
- + Số mẫu trong một dòng được tính giữa hai xung đồng bộ kề nhau:

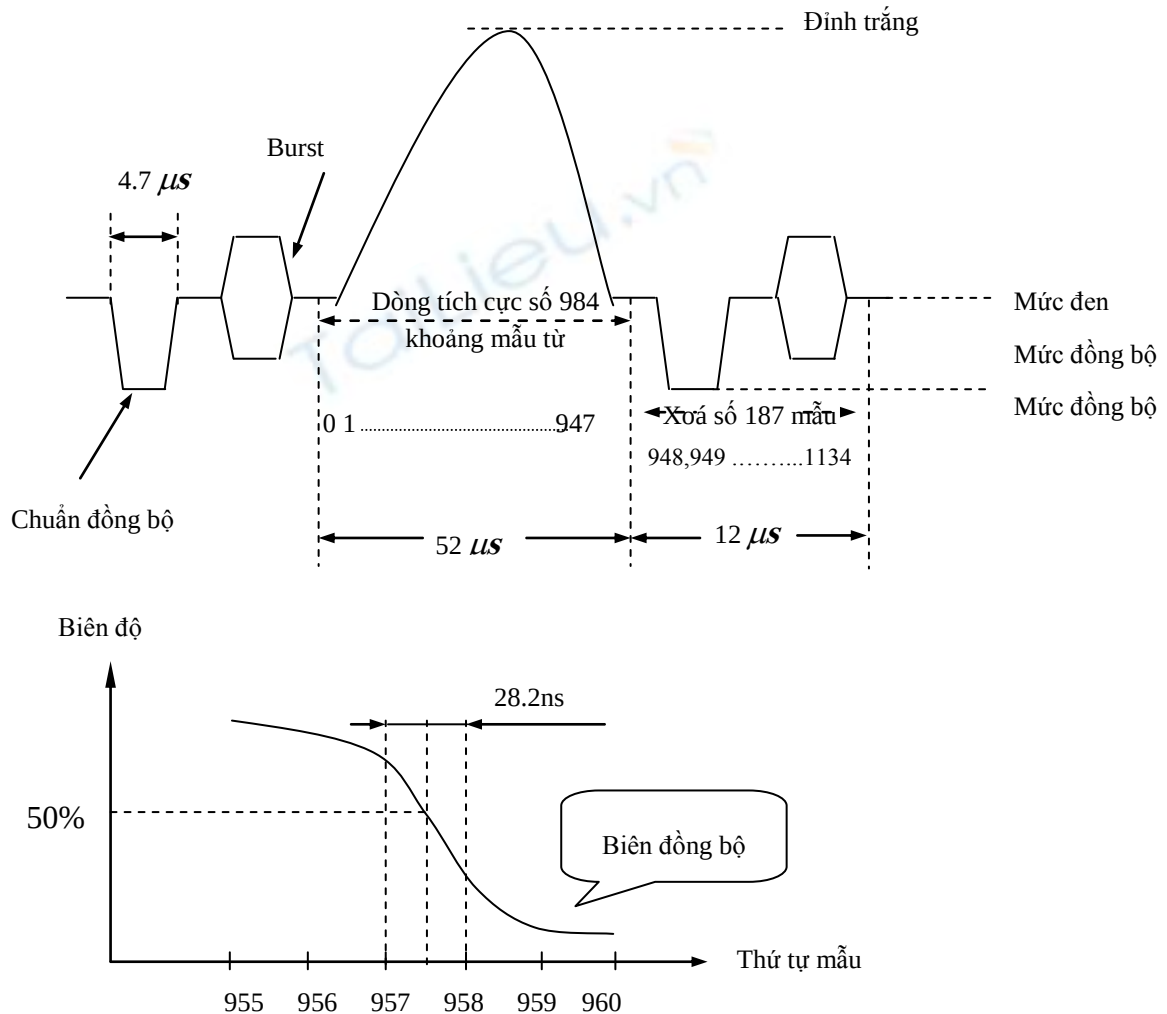
$$\frac{f_s}{f_H} = \frac{17.734475MHz}{15625Hz} = 1135.0064.$$

- + Số mẫu tổng cộng trên một ảnh là: $1135.0064 \times 625 = 109379$

Nếu chọn số mẫu/dòng là 1135 thì số mẫu/ảnh là 709375, trong đó có 948 mẫu/dòng tích cực và 187 mẫu/khoảng xoá dòng. Cần chú ý rằng dòng thứ 313 và 625 nằm trong khoảng xoá màn.

Trên hình 3.7 cho thấy các mẫu được tính từ $0 \div 1134$, trong đó đầu tiên là các dòng tích cực chiếm 948 mẫu từ $0 \div 947$, kế đến là mức đồng bộ chiếm 187 mẫu từ $948 \div 1134$. Điểm chuẩn đồng bộ nằm ở giữa mẫu 958.

$$\text{Thời gian một mẫu là: } \frac{64\mu s}{1134} = 56.4ns$$



Hình 3.7: Quan hệ số mẫu PAL $4f_{sc}$ và một dòng tín hiệu Analog

Lượng tử hóa

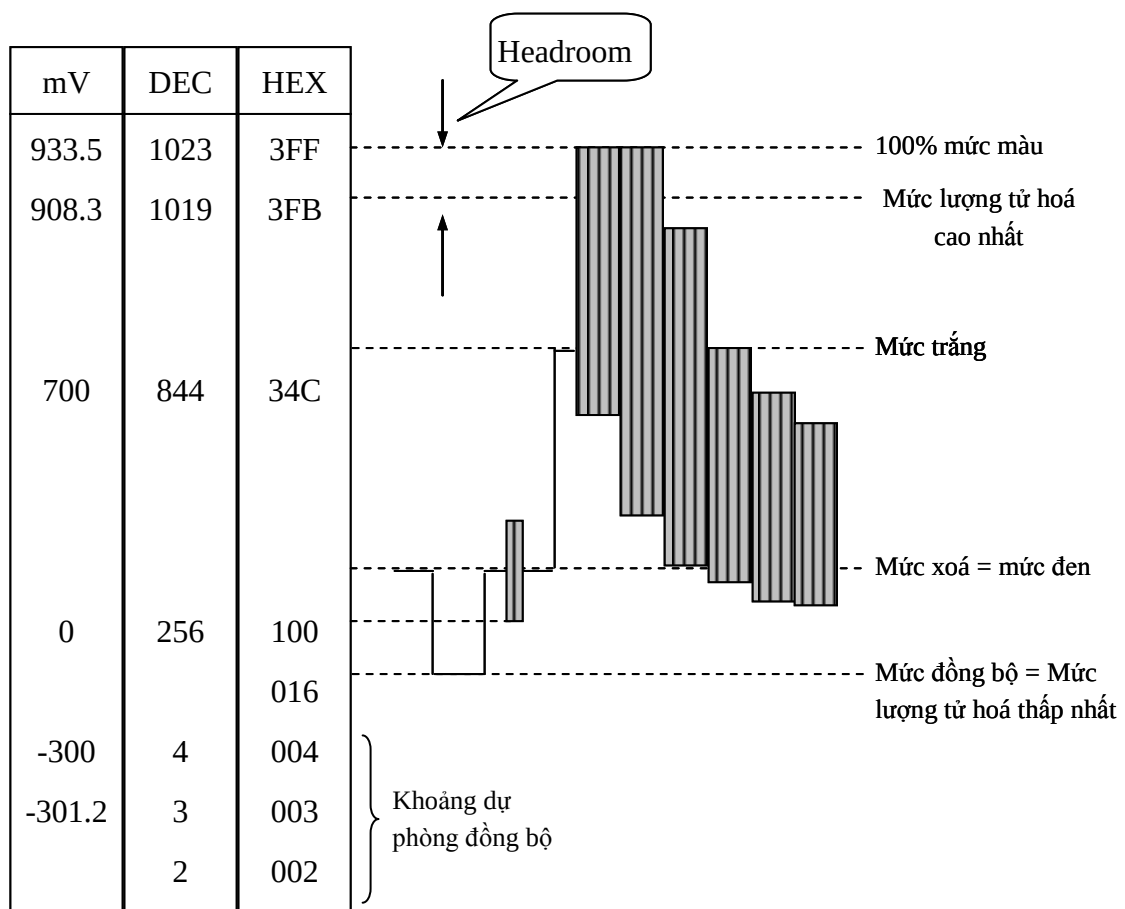
Bảng 3.2 và hình 3.8 minh họa một số thông số của tín hiệu sọc màu composite tương tự và các mức PAL $4f_{sc}$ tương ứng trong trường hợp độ phân giải 8 bit và 10 bit.

Các mức lượng tử tương ứng với độ phân giải 10 bit gồm có $2^n = 1024$ mức từ $0 \div 1023$ (hệ DEC) và từ $000 \div 3FF$ (hệ HEX) với các chức năng như sau:

- Từ $000 \div 003$ là mức bảo vệ, chứa thông tin dự phòng đồng bộ, không chứa dòng số.

- Từ 004 ÷ 3FB (hay mức 4 ÷ 1019 DEC) dùng biểu diễn tín hiệu video số.
- Mức 004 (HEXA) hay mức 4 (DEC) là đỉnh xung đồng bộ cũng là mức lượng tử hoá thấp nhất.
- Mức 100 hay 256 (DEC) là mức xoá cũng là mức đen, tương ứng 0 mV.
- Mức 34C (HEXA) hay 844 (DEC) là mức trắng, tương ứng 700 mV.
- Mức 3FB là mức lượng tử hoá cao nhất.
- Như vậy, có 1016 mức số (004 ÷ 3FB hay từ 4 ÷ 1019 DEC) dùng để biểu diễn tín hiệu video tổng hợp.
- Các mức từ 3FC ÷ 3FF là các mức bảo vệ.
- Mức đỉnh tín hiệu màu vàng (Yellow) và xanh cẩm thạch (Cyan) là 933.5mV, nhưng khi lấy mẫu tín hiệu vàng là 886mV nhỏ hơn mức lượng tử cao nhất tương ứng 908.3mV, nên ở đây tồn tại một headroom âm tại đỉnh tín hiệu số.

Ở đây, với $n = 10$ bit/mẫu, $f_s = 17.73$ MHz, $f_{max} = 5$ MHz, $V_q = 1.2131$ V, $V_w - V_b = 0.7$ V, ta có $\frac{S}{Q_{RMS}} = 68.711dB$.



Hình 3.8: Quan hệ giữa các mức của Analog PAL sọc màu 100% và PAL $4f_{sc}$

Bảng 3.2: Các mức chủ yếu của composite sọc màu tương tự 100/0/100/0 và các giá trị PAL $4f_{sc}$ tương ứng với độ phân giải 8 bit và 10 bit.

TT	Thông số PAL composite	Độ phân giải 8 bit	Độ phân giải 10 bit
1	Các mức bảo vệ tín hiệu màu	FF	3FC, 3FD, 3FE, 3FF
2	Mức lượng tử hoá cao nhất	FE	3FB
3	Mức đỉnh mau	>FE	>3FB
4	Mức trắng	D3	34C
5	Mức xoá, mức đen	3C	100
6	Mức đỉnh đồng bộ màu	04	016
7	Mức lượng tử hoá thấp nhất	01	004
8	Các mức bảo vệ đồng bộ	00	000, 001, 002, 003

3.3.2 Tiêu Chuẩn NTSC $4f_{sc}$

Tần số lấy mẫu chuẩn $f_s = 14.3118 \text{ MHz} \approx 14.32 \text{ MHz}$, $f_h = 15734.25 \text{ Hz}$, số mẫu/dòng là: $\frac{f_s}{f_H} = 910$. Có $525 - 38 = 487$ dòng tích cực, một dòng tích cực chứa 768 mẫu.

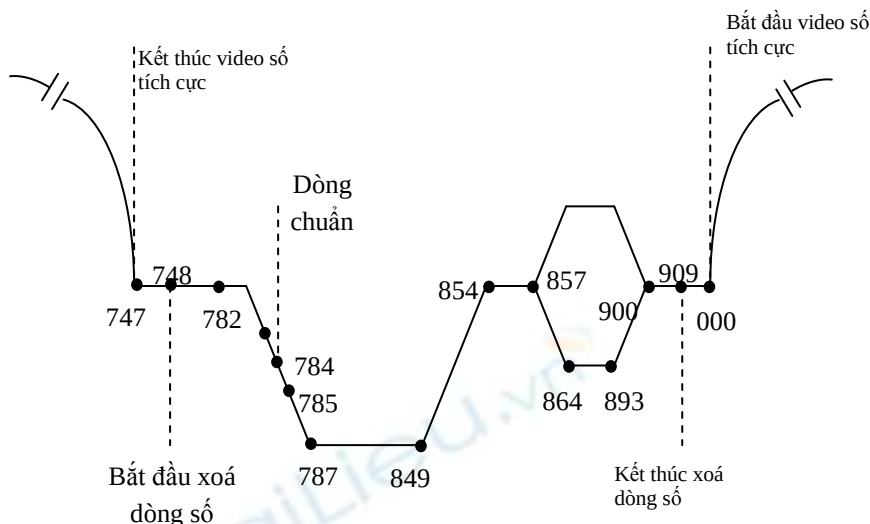
Bảng 3.3: Các thông số cơ bản của NTSC $4f_{sc}$

STT	Thông số	Giá trị NTSC 525/60
1	Số mẫu/dòng	910
2	Số mẫu/dòng tích cực	768
3	Tần số lấy mẫu f_s	$F_s = 4f_{sc} = 14.32818 \text{ MHz}$
4	Cấu trúc lấy mẫu	Trực giao
5	Trạng thái pha lấy mẫu	$+33^\circ; +123^\circ; +213^\circ; +303^\circ$
6	Mã hoá	Lượng tử hoá đều
7	Độ phân giải lượng tử hoá	8 hoặc 10 bit/mẫu
8	Tốc độ dữ liệu	143Mb/s

Khoảng xoá dòng là: $910 - 768 = 142$ mẫu.

- Điểm chuẩn đồng bộ là điểm giữa sườn xung đồng bộ nằm giữa mẫu thứ 784 và 785.
- Khoảng video tích cực từ 0 ÷ 767
- Tiếp theo là khoảng xoá từ mẫu 768 ÷ 909 (142 mẫu).

Chúng được minh hoạ trên hình 3.9.



Hình 3.9: Khoảng xoá dòng số NTSC 4f_{sc}

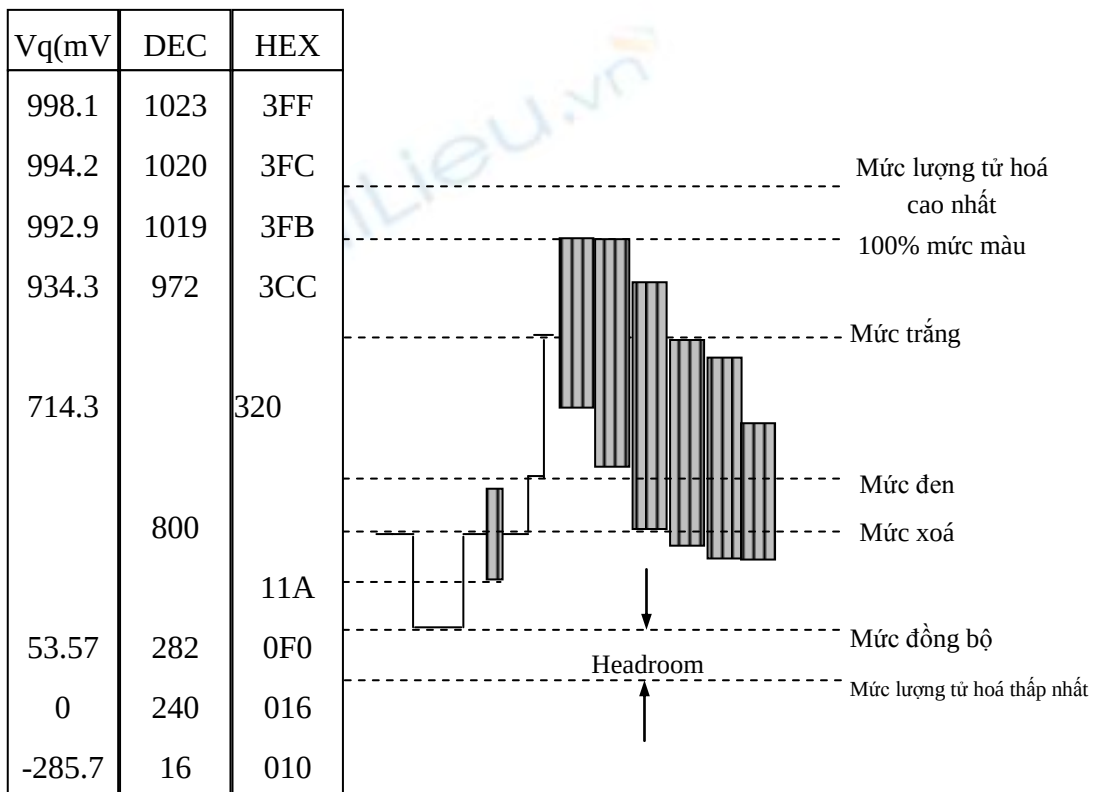
Bảng 3.4: Các mức chủ yếu của Composite sọc tương tự 100/7.5/100/7.5 và các giá trị NTSC 4f_{sc} tương ứng với độ phân giải 8 bit và 10 bit

TT	Thông số NTSC composite	Độ phân giải 8 bit	Độ phân giải 10 bit
1	Các mức bảo vệ tín hiệu màu	FF	3FC, 3FD, 3FE, 3FF
2	Mức lượng tử hoá cao nhất	FE	3FB
3	Mức đỉnh màu	F3	3CC
4	Mức trắng	C8	320
5	Mức đen	46	11A
6	Mức xoá	3C	0F0
7	Mức đỉnh đồng bộ màu	04	016
8	Mức lượng tử hoá thấp nhất	01	004
9	Các mức bảo vệ đồng bộ	00	000, 001, 002, 003

Lượng tử hoá.

Các mức lượng tử hoá theo độ phân giải 10 bit gồm $2^{10} = 1024$ mức từ 0 ÷ 1023 từ dưới lên có các mức như sau:

- Từ 000 ÷ 003 là khoảng dự phòng để chèn các mức đồng bộ, không chứa các dòng số.
- Từ 004 ÷ 3FB (hay mức 1019 DEC) dùng cho tín hiệu số.
- Từ 004 ÷ 010 (4 ÷ 16 DEC) là mức headroom đồng bộ.
- Headroom đỉnh từ 3CC ÷ 3FB (927 ÷ 1019).
- Từ 3FC ÷ 3FF là mức bảo vệ đỉnh. Mức 3CC là mức tín hiệu cao nhất (Yellow và Cyan).
- Mức 0F0 là mức xoá.
- Mức 11A là mức đen.



Hình 3.10: Quan hệ giữa các mức của analog NTSC và Các giá trị mẫu digital 10 bit các sọc màu 100%

Tỷ số tín hiệu trên nhiễu lượng tử được tính ở đây, với $n = 10$ bit/mẫu, $f_s = 14.33$ MHz, $f_{\max} = 4.2$ MHz, $V_q = 1.3042$ V, $V_w - V_b = 0.7143$ V, ta có $\frac{S}{Q_{RMS}} = 68.09\text{dB}$.

3.4 Tín hiệu video số thành phần (Digital component video).

Tiêu chuẩn Component số được dùng ở châu Âu và châu Mỹ theo chuẩn Recommendation 601 CCIR. Tiêu chuẩn này tương thích với tiêu chuẩn quét 625/50 và 525/60 với độ phân giải 8bit/mẫu và 10 bit/mẫu.

3.4.1 Tỷ lệ lấy mẫu

Các tổ chức phát thanh và truyền hình: SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineer) với chuẩn ATSC (Advance Television standards Committee). EBU (European Broadcasting Union) với chuẩn DVB (Digital Video Broadcasting) đã thống nhất chọn chuẩn CCIR Rec. 601 năm 1982 trên tần số chuẩn 3.375 MHz.

Tỷ lệ lấy mẫu ở tiêu chuẩn component số là tỉ lệ mà ở đó tín hiệu Luminance (Y) và hai tín hiệu màu C_B và C_R được lấy mẫu ở các tần số tương ứng với bội số của tần số chuẩn 3.375 MHz. Thông thường có các tỷ lệ lấy mẫu sau :

- 4:1:1, trong đó tín hiệu Y có tần số lấy mẫu $f_{sy} = 4 \times 3.375 = 13.5 \text{ MHz}$, tín hiệu số màu được lấy mẫu ở tần số $f_{scb} = f_{scr} = 1 \times 3.375 = 3.375 \text{ MHz}$.
- 4:2:2, trong đó tín hiệu Y có tần số lấy mẫu $f_{sy} = 4 \times 3.375 = 13.5 \text{ MHz}$, tín hiệu số màu được lấy mẫu ở tần số $f_{scb} = f_{scr} = 2 \times 3.375 = 6.75 \text{ MHz}$.
- 4:4:4, trong đó các tín hiệu Y, C_B , C_R có tần số là $4 \times 3.375 = 13.5 \text{ MHz}$.

❖ Các tín hiệu mã hoá, thời gian và tần số lấy mẫu chuẩn 4:2:2:

Các thông số mã hoá màu 4:2:2 của tiêu chuẩn 625/50 và 525/60.

Bảng 3.5: Các thông số mã hoá 4:2:2 của tiêu chuẩn 625/50 và 525/60

Thông số	Chuẩn 4:2:2 của 625/50	Chuẩn 4:2:2 của 525/60
Các tín hiệu mã hoá sau khi đã sửa γ	$Y' = 0.587G' + 0.114B' + 0.299R'$ $C_B' = 0.564(B' - Y')$ $C_R' = 0.713(R' - Y')$	
Số mẫu/dòng	$Y : 864$ $C_B : 432$ $C_R : 432$	$Y : 858$ $C_B : 392$ $C_R : 429$
Số mẫu/dòng tích cực	$Y : 720$ $C_B : 360$ $C_R : 360$	
Cấu trúc lấy mẫu	Trực giao. Các mẫu C_B , C_R , lặp lại theo dòng, mảnh và ảnh cùng với các mẫu Y lẻ trên dòng.	
Tần số lấy mẫu	$F_{sy} = 846f_h = 13.5 \text{ MHz}$ $F_{scb} = f_{scr} = 432f_h = 6.75 \text{ MHz}$	$F_{sy} = 858f_h = 13.5 \text{ MHz}$ $F_{scb} = f_{scr} = 429f_h = 6.75 \text{ MHz}$
Loại mã	Điều xung mã (PCM), lượng tử hoá đều.	
Độ phân giải lượng tử	8 hoặc 10 bit/mẫu cho Y và các tín hiệu số màu	

Thời gian và tần số lấy mẫu 4:2:2.

- Hệ 625/50 có thời gian một dòng là $64 \mu s$, thời gian một dòng tích cực là $52 \mu s$, thời gian xoá dòng là $12 \mu s$.
- Hệ 525/60 có thời gian một dòng là $63.56 \mu s$, thời gian một dòng tích cực là $52 \mu s$, thời gian xoá dòng là $11.56 \mu s$.

- $F_{sy} = 13.5$ của hai hệ được tạo từ bộ dao động PLL-CO (Phase Locked Loop – Controlled Oscillator). Với hệ $625/50$ $f_{sy} = 864 \times 15625 \text{ Hz} = 13.5 \text{ MHz}$. Còn hệ $525/60$ $f_{sy} = 858 \times 15734.265 = 13.5 \text{ MHz}$.

Chúng được đồng bộ từ tín hiệu video in. Đặc tính của mạch lọc Y bằng 5.75 MHz, còn C_B , C_R đạt đến 2.75 MHz.

Cấu trúc lấy mẫu

Ở đây người ta sử dụng cấu trúc lấy mẫu trực giao. Các mẫu được sắp xếp trên các dòng kề nhau, thành các cột thẳng đứng. Cấu trúc này cố định theo mảnh (field) và theo frame.

3.4.1 Lượng tử hóa

Thành phần chói Y.

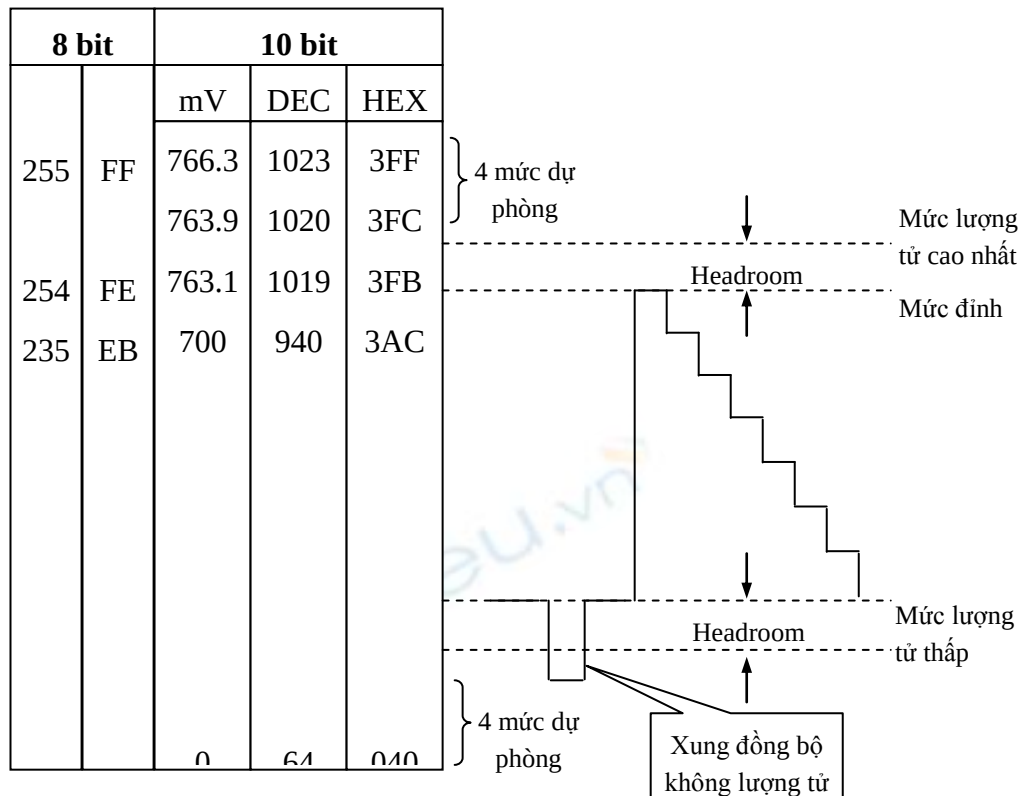
Bảng 3.6: Một số thành phần Y tín hiệu sọc màu 100/0/100/0 và các tín hiệu số Y trong hệ HEX tương ứng với 8 bit và 10 bit

TT	Thông số của Y component	Độ phân giải 8 bit	Độ phân giải 10 bit
1	Các mức bảo vệ đỉnh	FF	3FC, 3FD, 3FE, 3FF
2	Mức lượng tử hoá cao nhất	FE	3FB
3	Mức đỉnh trắng	EB	3AC
4	Mức xoá	10	040
5	Giá trị lượng tử hoá nhỏ nhất	01	004
6	Các mức bảo vệ dưới	00	000, 001, 002, 003

Các mức lượng tử theo 10 bit gồm $2^{10} = 1024$ mức từ $0 \div 1023$ (hệ DEC) và từ 000 $\div$ 3FF (hệ HEX) với chức năng của các mức như sau:

- Từ 000 $\div$ 003 là 4 mức dự phòng dưới.
- Từ 004 $\div$ 3FB là dòng tín hiệu số.
- Mức 004 HEX hay 64 DEC là mức xoá.
- Mức 3AC HEX hay 940 DEC là mức đỉnh trắng.
- Phần xung đồng bộ của tín hiệu chói không được lấy mẫu.
- Headroom dưới nhỏ là không dự phòng cho phép chỉnh các mức analog, từ mức 004 $\div$ 040 HEX hay 4 $\div$ 64 DEC.
- Từ 3AC $\div$ 3FB HEX hay 940 $\div$ 1019 DEC là mức headroom trên.
- Mức 3FB HEX hay 1019 DEC là mức lượng tử cao nhất.

- Từ 3FC ÷ 3FF HEX hay 1020 ÷ 1023 DEC là 4 khoảng dự phòng.



Hình 3.11 Quan hệ giữa các mức tín hiệu Analog Component Y của sọc màu 100% và các giá trị lấy mẫu 10 bit và 8 bit

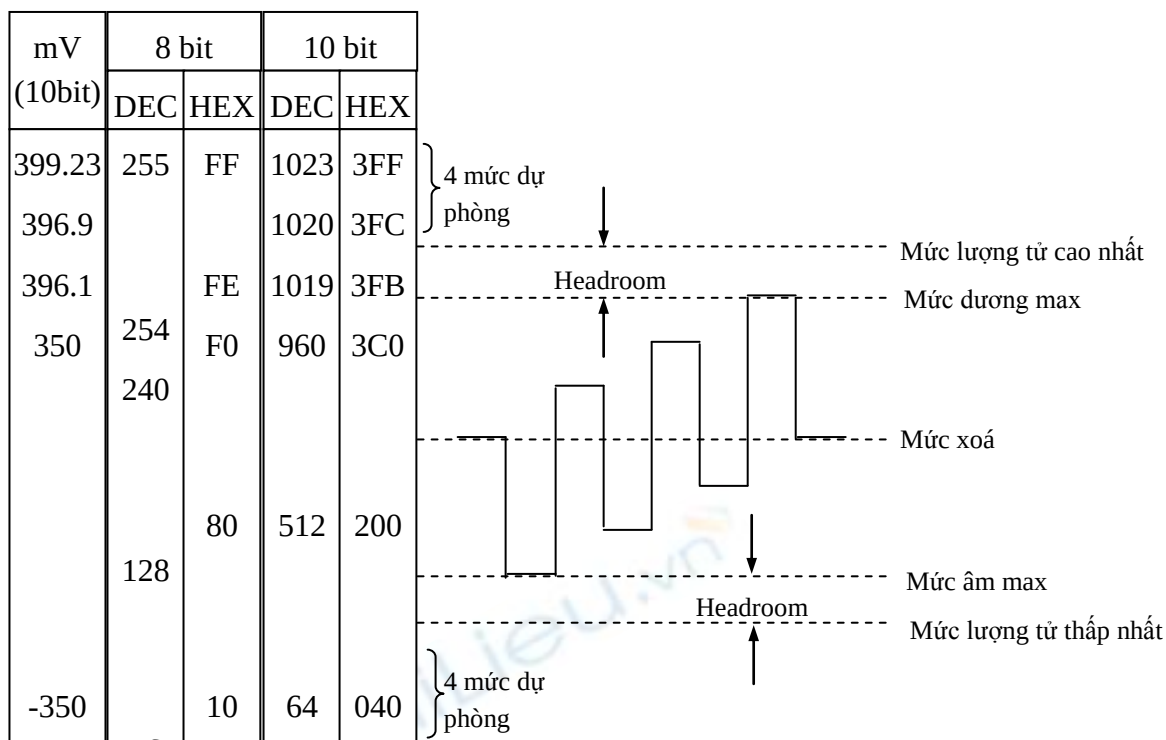
Ở đây, với $n = 10$ bit/mẫu, $f_s = 13.5\text{MHz}$, $f_{\max} = 5.57\text{ MHz}$, $V_q = 0.8174\text{ V}$, $V_w - V_b = 0.7\text{ V}$, ta có $\frac{S}{Q_{RMS}} = 70.35\text{dB}$.

Với $n = 8$ bit, ta có : $\frac{S}{Q_{RMS}} = 58.3\text{dB}$

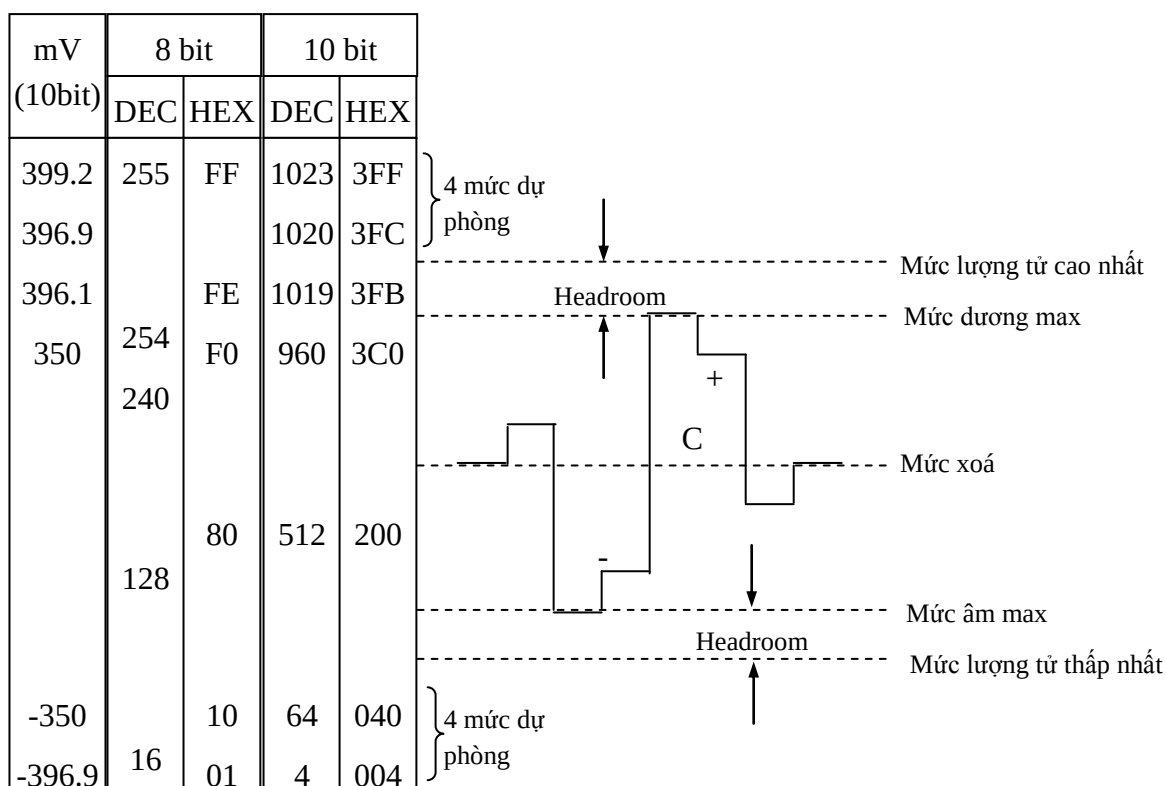
Thành phần CB và CR.

Bảng 3.7: Các mức analog component C_B và C_R của tín hiệu sọc màu 100/0/100/0 và các giá trị của C_B và C_R digital ứng với 8 bit và 10 bit

STT	Thông số C_B và C_R Component	Độ phân giải 8 bit	Độ phân giải 10 bit
1	Các mức bảo vệ đỉnh	FF	3FC, 3FD, 3FE, 3FF
2	Mức lượng tử cao nhất	FE	3FB
3	Mức đỉnh dương	E0	3C0
4	Mức xoá	80	200
5	Mức đỉnh âm	10	040
6	Mức lượng tử thấp nhất	01	004
7	Các mức bảo vệ dưới	00	000, 001, 002, 003



Hình 3.12: Các mức tín hiệu C_B



Hình 3.13: Các mức tín hiệu C_R