TRƯỜNG ĐẠI HỌC SÂN KHẤU – ĐIỆN ẢNH HÀ NỘI
KHOA CÔNG NGHỆ ĐIỆN ẢNH – TRUYỀN HÌNH

KỸ THUẬT AUDIO – VIDEO

CHƯƠNG 8 · PHẦN B

Cấu trúc tín hiệu video

Từ RGB sang Y’CbCr trong thực tế

- Nhắc kết quả của mục 7.17 và đi vào hệ quả kỹ thuật hằng ngày
- Hai bộ hệ số, hai chuẩn: BT.601 và BT.709
- Từ số thực sang mã số: hệ số 219 và 224, mức không màu ở 128

Độ chói là tổ hợp có trọng số

Công thức (8.11): thành phần độ chói.

$$Y' = K_R R' + K_G G' + K_B B' \;; \quad K_R + K_G + K_B = 1$$

- R′, G′, B′ là ba thành phần màu đã mã hoá gamma
- Trọng số phản ánh độ nhạy của mắt với từng vùng phổ
- Mỗi chuẩn định nghĩa ba màu cơ bản ở toạ độ khác nhau nên có trọng số khác nhau

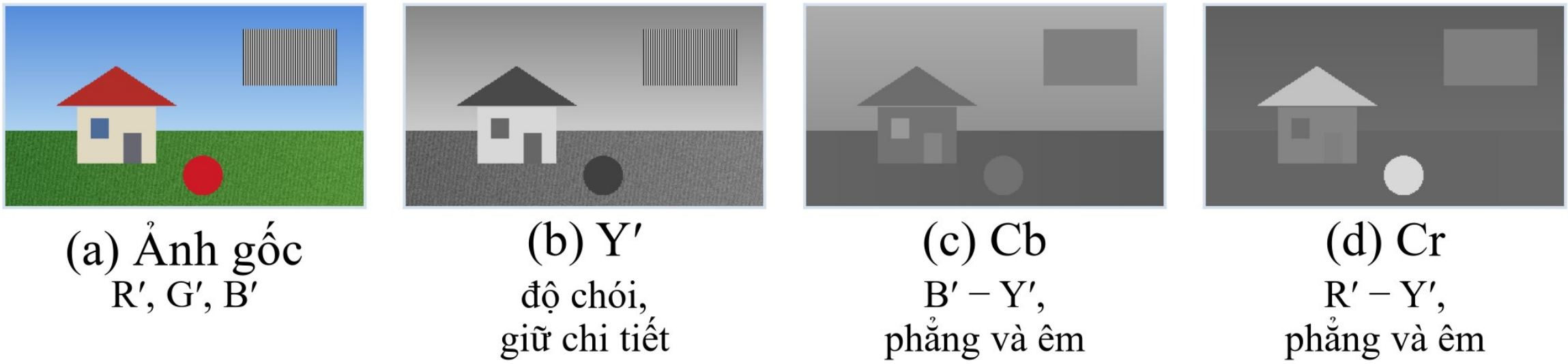
Hai hiệu số màu

Công thức (8.12): hai thành phần màu.

$$C_b = \frac{B' - Y'}{2(1 - K_B)} \; ; \quad C_r = \frac{R' - Y'}{2(1 - K_R)}$$

- Cb và Cr không mang thông tin sáng tối, chỉ mang mức lệch màu so với xám
- Được xây dựng từ hai hiệu số rồi tỉ lệ hoá về khoảng giá trị thuận tiện

Gần như toàn bộ chi tiết nằm ở Y′



Hình 8.12 — Một cảnh tách thành ba thành phần Y′, Cb và Cr

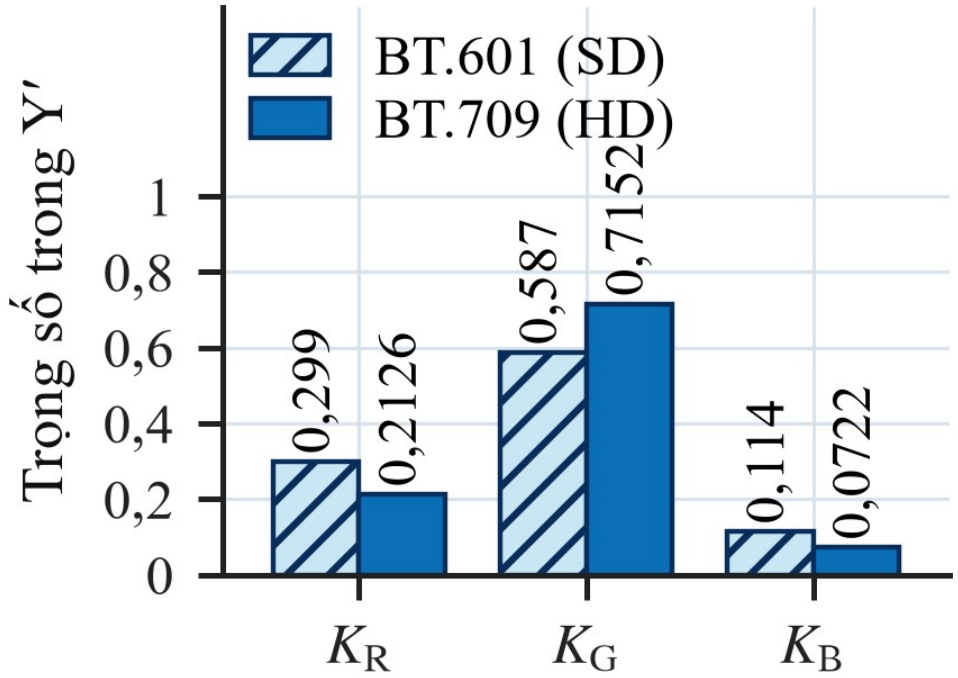
Hình vẽ của sách

- Hai ảnh màu tương đối phẳng và biến thiên chậm: đây là chỗ có thể tiết kiệm dữ liệu

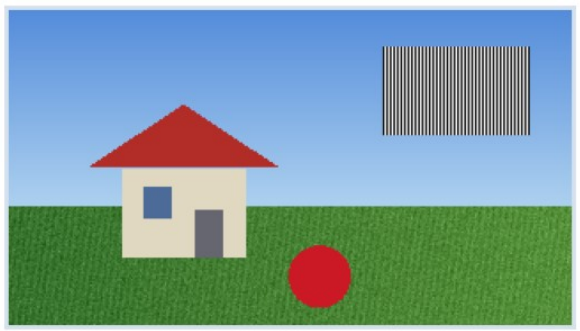
Hai bộ hệ số độ chói thường gặp

Chuẩn	K_R (đỏ)	K_G (lục)	K_B (lam)	Dùng cho
ITU-R BT.601	0,299	0,587	0,114	Tư liệu SD: 720 × 576 và 720 × 480
ITU-R BT.709	0,2126	0,7152	0,0722	HD và Full HD; cũng là hệ số của sRGB
ITU-R BT.2020	0,2627	0,6780	0,0593	UHD gam màu rộng, HDR

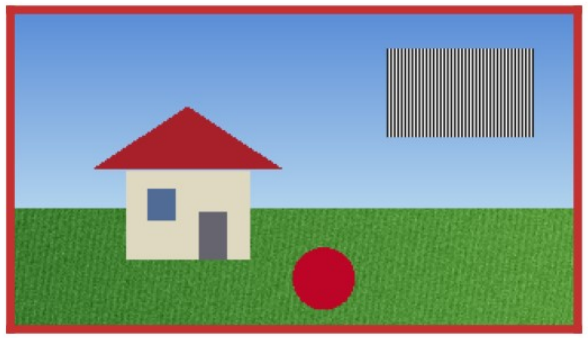
Giải mã bằng nhầm ma trận



(a) Hệ số độ chói



(b) Giải mã đúng
ma trận BT.709



(c) Giải mã nhầm
mã hoá 709, giải mã 601;
sai số trung bình ≈ 3,9/255

Hình 8.13 — Hai bộ hệ số độ chói, và hậu quả khi giải mã bằng nhầm ma trận

Hình vẽ của sách

Lỗi trộn tư liệu SD với tư liệu HD

CẢNH BÁO

Tệp mã hoá theo BT.709 mà giải mã bằng ma trận BT.601 thì toàn bộ cảnh lệch sắc theo cùng một hướng.

- Trên một khung tĩnh, sai lệch có vẻ không lớn
- Ghép với cảnh giải mã đúng thì hai cảnh không khớp màu, sản phẩm không đạt nghiệm thu
- Hay gặp khi dựng phóng sự xen tư liệu SD cũ của đài
- Phòng ngừa: khai báo rõ không gian màu cho từng đoạn tư liệu ngay khi nhập dự án

Từ số thực sang mã số

Công thức (8.13): quy ước dải hẹp đã học ở mục 8.5.

$$D_Y = \text{round}(219\,Y' + 16)\ ; \quad D_C = \text{round}(224\,C + 128)$$

- Hệ số độ chói là 219 chứ không phải 255: đúng bằng khoảng cách từ 16 tới 235
- Hai thành phần màu được cộng 128 để đưa giá trị âm về vùng dương
- Vì vậy mức không màu trong tín hiệu số nằm ở 128 chứ không phải ở 0

Những điều cần nhớ

- Y′ = K_R R′ + K_G G′ + K_B B′; Cb và Cr là hai hiệu số màu tỉ lệ hoá
- Chi tiết nằm ở Y′; Cb và Cr phẳng, biến thiên chậm
- BT.601 (SD), BT.709 (HD), BT.2020 (UHD) có hệ số khác nhau; dùng nhầm ma trận làm lệch sắc
- D_Y = round(219 Y′ + 16); D_C = round(224 C + 128); không màu ở 128

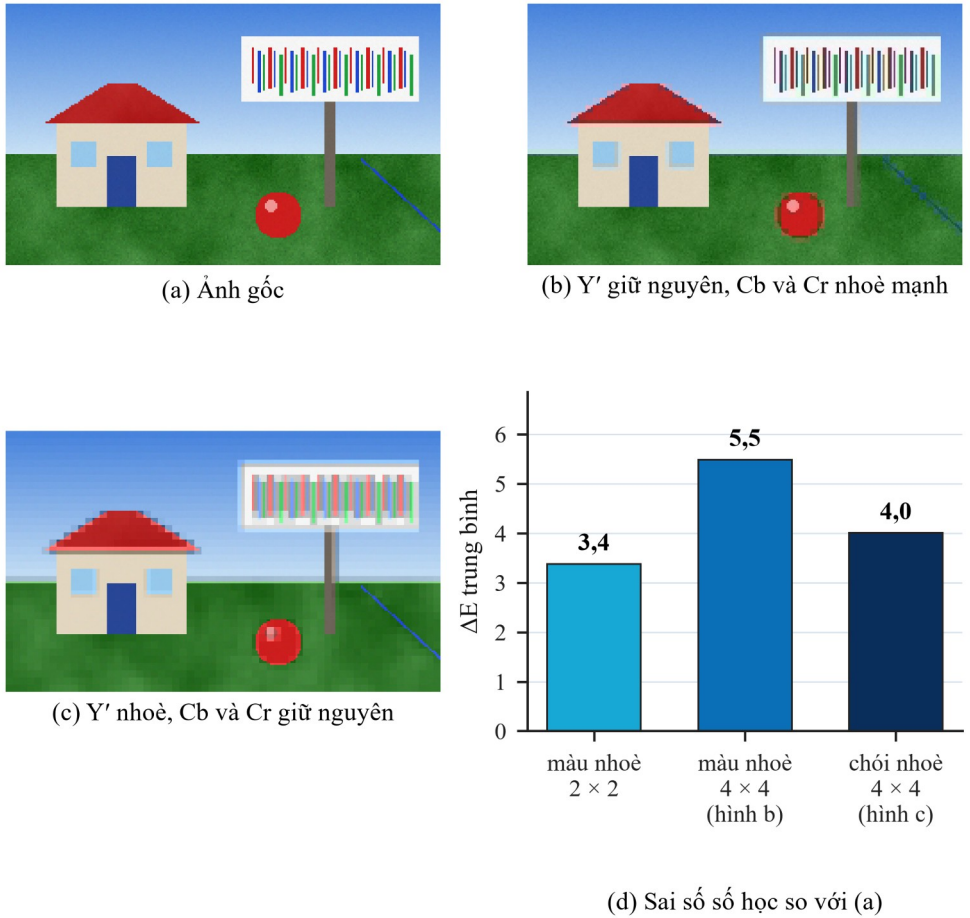
Lấy mẫu con màu

- Vì sao có thể bớt mẫu màu mà mắt không nhận ra
- Đọc ký hiệu J:a:b bằng cách vẽ khối 4 × 2 rồi đếm
- Mất mát xảy ra ở đâu, vị trí đặt mẫu màu và cách chọn cấu trúc theo công việc

Vì sao có thể bớt mẫu màu

- Mắt phân biệt chi tiết mịn của độ chói tốt hơn nhiều so với chi tiết mịn của màu (mục 7.10)
- Y′ mang gần hết chi tiết; Cb và Cr biến đổi chậm
- Ý tưởng: giữ Y′ ở độ phân giải đầy đủ, lấy mẫu thưa hơn với màu
- Kỹ thuật này gọi là *lấy mẫu con màu* (chroma subsampling)

Thí nghiệm hai chiều ngược nhau



Hình 8.14 — Làm nhoè màu mà giữ độ chói (b) hầu như không thấy; làm nhoè độ chói mà giữ màu (c) thấy ngay

Hình vẽ của sách

Cơ sở sinh lý của lấy mẫu con màu

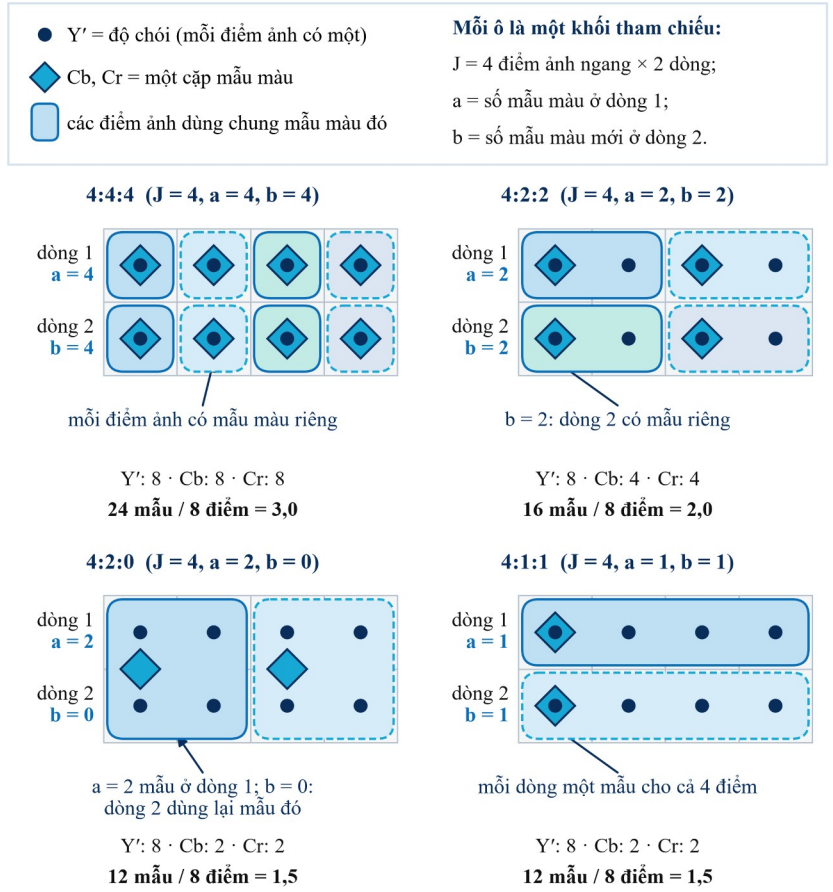
GHI NHỚ

Mắt nhạy với chi tiết độ chói hơn nhiều lần so với chi tiết màu, nên chỉ lấy thưa các thành phần màu.

- Lấy mẫu con màu là dư thừa cảm nhận: phép nén có tổn hao
- Mất mát chỉ ở thành phần màu; độ chói không bị tác động
- Diễn ra ở đầu dây chuyền, trước cả biến đổi cosin của mục 8.16
- Dữ liệu đưa vào bộ nén đã giảm một phần ba hoặc một nửa

Đọc ký hiệu J:a:b qua khối 4 × 2

- **J**: chiều rộng khối, luôn bằng 4; khối cao 2 dòng, gồm 8 điểm ảnh
- Mọi khối đều có đúng 8 mẫu Y′: độ chói không bao giờ bị lấy thưa
- **a**: số mẫu màu trên dòng thứ nhất; một mẫu màu là cặp (Cb, Cr)
- **b**: số mẫu màu thêm ở dòng thứ hai; b = 0 nghĩa là dùng chung mẫu của dòng trên



Hình 8.15 — Đọc ký hiệu J:a:b trên khối 4 × 2

Hình vẽ của sách

Số mẫu trung bình cho mỗi điểm ảnh

Công thức (8.14): chia tổng số mẫu trong khối cho số điểm ảnh 2J.

$$s = \frac{2J + 2(a + b)}{2J} = \frac{J + a + b}{J}$$

- Độ chói có 2J mẫu; mỗi thành phần Cb và Cr có a + b mẫu
- 4:4:4 cho (4 + 4 + 4)/4 = 3,0; 4:2:2 cho (4 + 2 + 2)/4 = 2,0
- 4:2:0 cho (4 + 2 + 0)/4 = 1,5; 4:1:1 cho (4 + 1 + 1)/4 = 1,5

Bốn cấu trúc lấy mẫu con màu

Cấu trúc	Màu theo chiều ngang	Màu theo chiều dọc	Mẫu mỗi điểm ảnh	Tiết kiệm
4:4:4	đủ	đủ	3,0	0 %
4:2:2	một nửa	đủ	2,0	33 %
4:2:0	một nửa	một nửa	1,5	50 %
4:1:1	một phần tư	đủ	1,5	50 %

Ý nghĩa của chữ số 0 trong 4:2:0

CẢNH BÁO

Chữ số cuối chỉ cho biết dòng thứ hai của khối không lấy thêm mẫu màu mới (b = 0).

- Mọi điểm ảnh vẫn có màu; bốn điểm ảnh của khối 2 × 2 dùng chung một cặp (Cb, Cr)
- 4:2:0 lấy mẫu cả Cb lẫn Cr ở một nửa tần số theo cả chiều ngang và chiều dọc

Cùng 1,5 mẫu mỗi điểm ảnh, hệ quả khác nhau

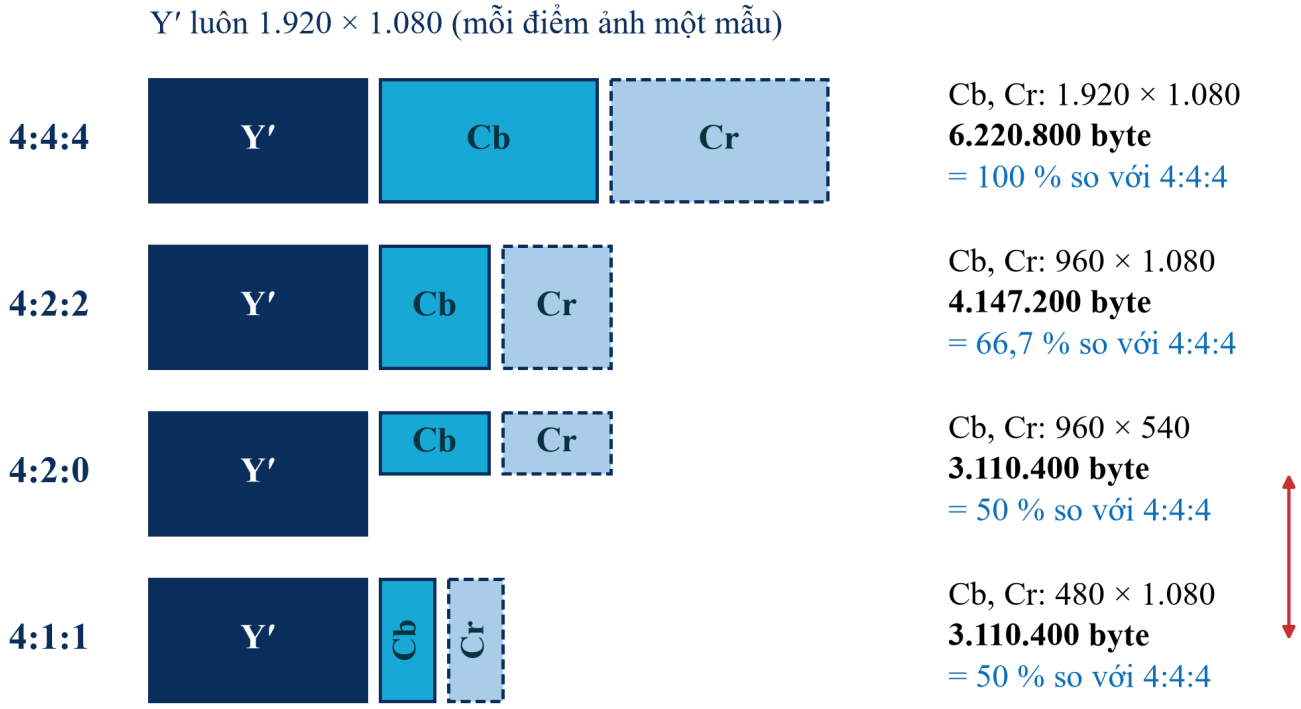
4:2:0 — khối vuông 2 × 2

- Gộp bốn điểm ảnh trong khối vuông
- Màu nhoè đều theo hai chiều
- Mắt khó nhận ra
- Chiếm ưu thế trong mọi chuẩn phát hành

4:1:1 — bốn điểm ảnh ngang

- Gộp bốn điểm ảnh nằm ngang
- Nhoè mạnh theo chiều ngang, giữ nguyên chiều dọc
- Nhận ra rõ ở các cạnh đứng
- Chỉ còn ở một số định dạng băng từ cũ

Mặt phẳng màu nhỏ đi bao nhiêu



4:2:0 và 4:1:1 cùng 3.110.400 byte, nhưng mặt phẳng màu khác dạng:
khối vuông (một nửa mỗi chiều) so với dải dọc hẹp (một phần tư bề ngang).

Hình 8.16 — Kích thước các mặt phẳng Y′, Cb, Cr của khung 1920 × 1080 ở bốn cấu trúc, kèm số byte mỗi khung ở 8 bit

Hình vẽ của sách

Dung lượng một khung 1920 × 1080 (8 bit mỗi mẫu)

Cấu trúc	Mặt phẳng Y’	Mỗi mặt phẳng Cb, Cr	Byte mỗi khung	So với 4:4:4
4:4:4	1920 × 1080	1920 × 1080	6 220 800	100 %
4:2:2	1920 × 1080	960 × 1080	4 147 200	66,7 %
4:2:0	1920 × 1080	960 × 540	3 110 400	50 %
4:1:1	1920 × 1080	480 × 1080	3 110 400	50 %

- 4:2:0 và 4:1:1 cùng 3 110 400 byte nhưng mặt phẳng màu khác hình dạng: 960 × 540 so với 480 × 1080

Lọc xuống rồi nội suy lên

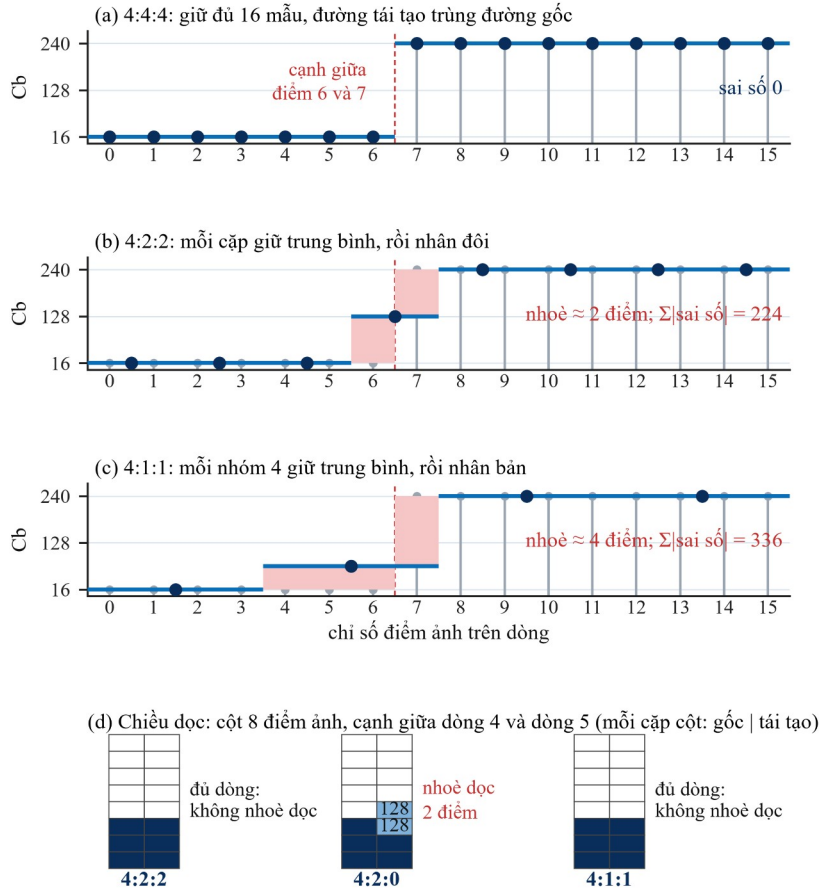
- **Bộ mã hoá:** (1) lọc — lấy trung bình các điểm ảnh dùng chung một mẫu màu; (2) giảm mẫu — giữ một mẫu mỗi nhóm
- Bỏ lọc mà chỉ chọn một điểm ảnh thì sinh răng cưa màu (như mục 8.3)
- **Bộ giải mã:** (3) nội suy — nhân bản mẫu cho cả nhóm, hoặc nội suy tuyến tính giữa các mẫu
- Mất mát chỉ xảy ra ở chỗ màu đổi nhanh

Một dòng 8 điểm ảnh có cạnh màu

Dòng	Giá trị Cb của điểm ảnh 1 – 8	Tổng sai số tuyệt đối
Gốc (4:4:4)	16 · 16 · 16 · 240 · 240 · 240 · 240 · 240	0
Giữ lại ở 4:2:2 (trung bình cặp)	16 · 128 · 240 · 240	—
Tái tạo từ 4:2:2	16 · 16 · 128 · 128 · 240 · 240 · 240 · 240	224
Giữ lại ở 4:1:1 (trung bình nhóm 4)	72 · 240	—
Tái tạo từ 4:1:1	72 · 72 · 72 · 72 · 240 · 240 · 240 · 240	336

Đọc kết quả bảng

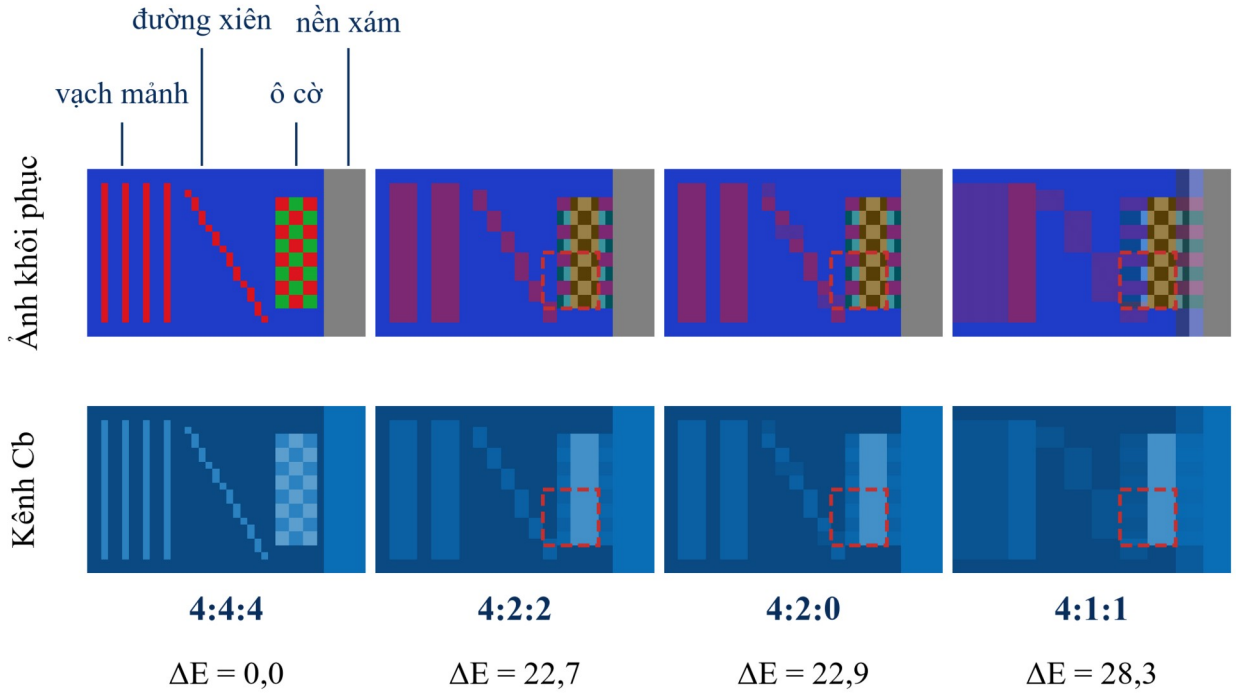
- Cạnh vắt qua một cặp: mẫu giữ lại là trung bình 128 của hai màu
- Cạnh sắc thành bậc trung gian rộng hai điểm ảnh (4:2:2) hoặc bốn điểm ảnh (4:1:1)
- Mẫu càng thưa thì vùng nhoè càng rộng
- Cạnh trùng đúng ranh giới nhóm thì tái tạo trọn vẹn, không sai số



Hình 8.17 — Cạnh màu sau khi lọc xuống và nội suy lên

Hình vẽ của sách

Cùng một mẫu thử qua bốn cấu trúc



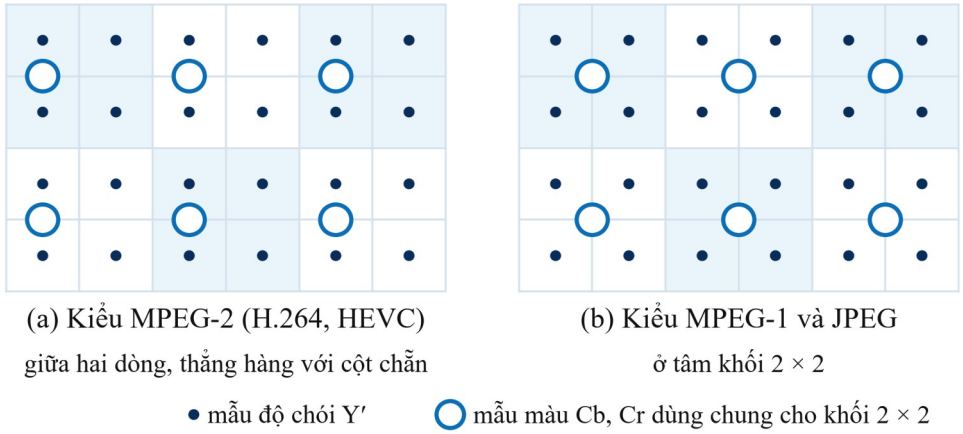
Hình 8.18 — Mẫu thử màu qua bốn cấu trúc lấy mẫu con, phóng to từng điểm ảnh

Hình vẽ của sách

- Vùng xám không đổi; hư hỏng ở vạch mảnh, đường xiên và ô cờ — nơi màu đổi nhanh

Vị trí đặt mẫu màu trong 4:2:0

- **Kiểu MPEG-2:** đồng vị trí với cột chẵn theo chiều ngang, nằm giữa hai dòng theo chiều dọc
- Dùng trong MPEG-2, H.264, HEVC: gần như mọi chuẩn phát sóng và phát hành
- **Kiểu MPEG-1 / JPEG:** nằm ở tâm khối 2 × 2
- Hai quy ước lệch nhau nửa điểm ảnh



Hình 8.19 — Hai quy ước đặt vị trí mẫu màu trong 4:2:0

Hình vẽ của sách

Lỗi lệch nửa điểm ảnh

CẢNH BÁO

Chuyển tư liệu giữa hai quy ước vị trí mẫu màu mà không bù làm màu dịch nửa điểm ảnh so với độ chói.

- Trên hình tĩnh khó nhận thấy
- Ở mép các vật có màu tương phản mạnh xuất hiện viền màu mảnh chạy dọc theo cạnh
- Người có kinh nghiệm nhận ra ngay

Chọn cấu trúc lấy mẫu con theo công việc

Công việc	Cấu trúc tối thiểu	Lý do
Xem và phát hành cho khán giả	4:2:0	Mắt không nhận ra khác biệt; tiết kiệm một nửa dữ liệu màu
Dựng thông thường, cắt ghép	4:2:0 vẫn chấp nhận được	Không xử lý màu cục bộ thì không lộ nhược điểm
Chỉnh màu sâu, đổi màu cục bộ	4:2:2	Kéo màu mạnh làm lộ biên nhoè của mẫu màu thưa
Khoá màu (phông xanh, phông lục)	4:2:2, tốt nhất 4:4:4	Ranh giới người – phông là ranh giới màu; mẫu thưa làm mép tóc răng cưa
Đồ hoạ, chữ màu trên nền màu	4:4:4	Chữ mảnh có màu là tần số màu cao nhất; cấu trúc thưa hơn làm chữ nhoè viền

Kinh nghiệm hiện trường

GHI NHỚ

Biết trước sẽ khoá màu thì nên ghi ra thiết bị ghi ngoài ở 4:2:2 10 bit qua SDI hoặc HDMI.

- Chênh lệch công sức ở hiện trường nhỏ, chênh lệch chất lượng ở hậu kỳ rất lớn
- Phóng sự thời sự thông thường: 4:2:0 8 bit là đủ
- Cố ghi 4:2:2 cho phóng sự chỉ tăng tải thiết bị và tốn dung lượng thẻ

Những điều cần nhớ

- Mắt kém nhạy với chi tiết màu: giữ Y′, lấy thưa Cb, Cr; đây là phép nén có tổn hao
- J:a:b mô tả khối 4 × 2: s = (J + a + b)/J; 4:4:4 = 3,0; 4:2:2 = 2,0; 4:2:0 = 4:1:1 = 1,5
- Khung 1920 × 1080 ở 8 bit: 6 220 800 / 4 147 200 / 3 110 400 byte
- Mất mát tập trung ở cạnh màu; mẫu thưa hơn thì vùng nhoè rộng hơn
- Phát hành 4:2:0; chỉnh màu 4:2:2; khoá màu 4:2:2 hoặc 4:4:4; đồ hoạ 4:4:4

Quét xen kẽ và quét liên tục

- Nguồn gốc: một cuộc đánh đổi giữa chớp hình và băng thông
- Trường và khung, ký hiệu định dạng, thứ tự trường
- Các lỗi hình do quét xen kẽ và ba mức khử xen kẽ

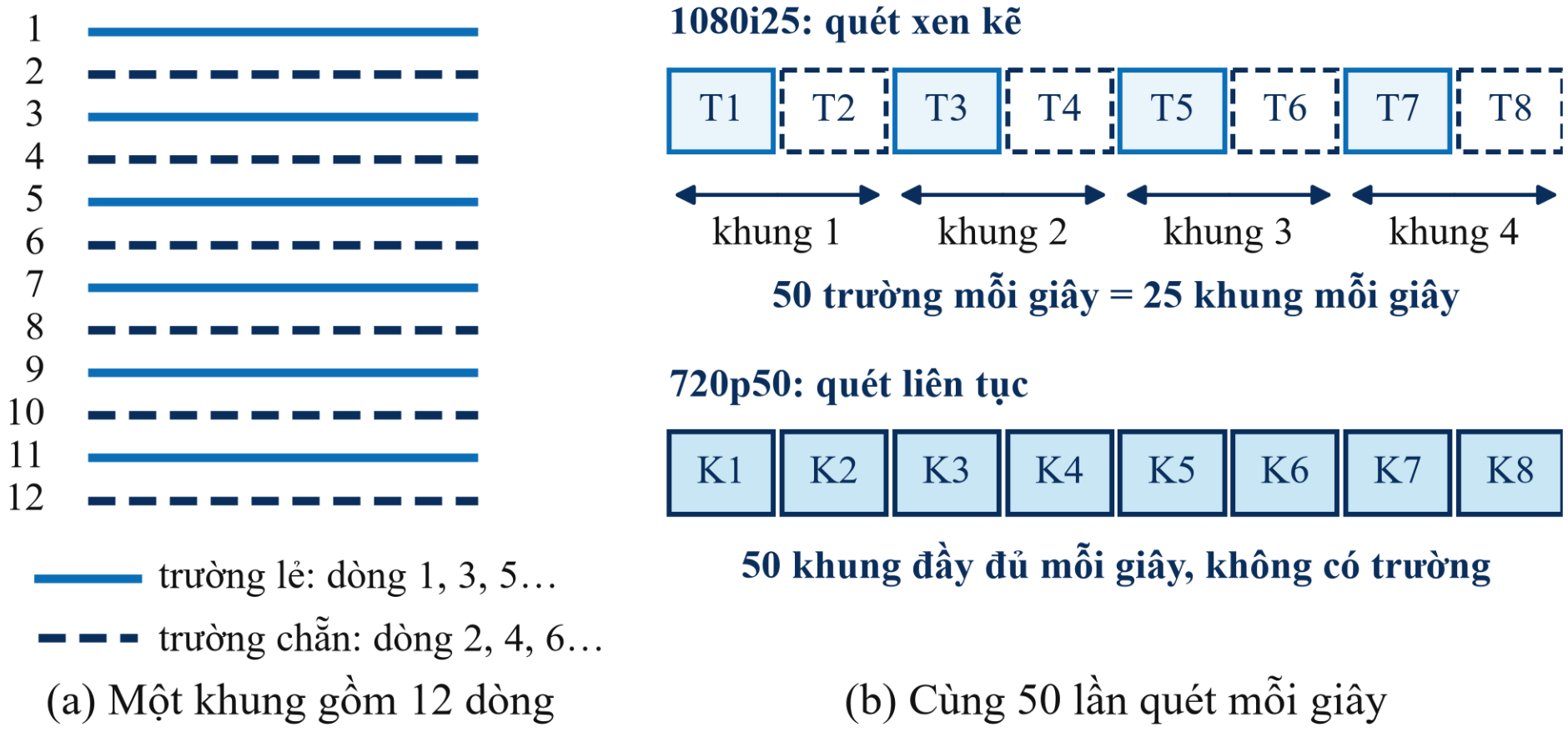
Quét xen kẽ: một cuộc đánh đổi

Công thức (8.15): tần số trường gấp đôi tần số khung; mỗi trường có một nửa số dòng.

$$f_{\text{fld}} = 2f_{\text{fr}} \;; \qquad N_{\text{row/fld}} = \frac{N_{\text{row/fr}}}{2}$$

- Từ những năm 1930: để mắt không thấy chớp, phải làm mới ít nhất khoảng 50 lần mỗi giây
- Truyền đủ 50 ảnh hoàn chỉnh mỗi giây đòi băng thông gấp đôi
- Giải pháp: mỗi lần truyền một nửa số dòng, xen dòng lẻ và dòng chẵn
- Mắt nhận 50 lần cập nhật mỗi giây; dữ liệu chỉ bằng 25 ảnh hoàn chỉnh

Nguyên lý quét xen kẽ



Hình 8.20 — Nguyên lý quét xen kẽ, và so sánh với quét liên tục ở cùng số lần quét mỗi giây

Hình vẽ của sách

Trường và khung

- *Trường* (mành, bán ảnh): tập các dòng lẻ hoặc tập các dòng chẵn của một khung
- *Khung*: ảnh hoàn chỉnh, gồm hai trường
- PAL: 50 trường mỗi giây bằng 25 khung mỗi giây
- Phần lớn nhầm lẫn bắt nguồn từ việc lẫn hai khái niệm này

Bốn chỗ cần đính chính về quét xen kẽ

#	Cách nói thường gặp	Thực tế
1	50 bán ảnh (PAL) hoặc 60 (NTSC) tương đương một ảnh hoàn chỉnh	HAI bán ảnh mới thành một ảnh hoàn chỉnh; PAL: 50 trường = 25 khung mỗi giây
2	Quét liên tục đòi hỏi tần số gấp đôi bình thường	Cùng tần số khung thì 1080i25 và 1080p25 có cùng số dòng mỗi giây; chỉ 1080i25 so với 1080p50 mới gấp đôi
3	Ký hiệu 720/25p	Không tồn tại trong phát sóng; 720p sinh ra để chạy ở 50 hoặc 60 khung mỗi giây
4	"Quét mành" chỉ là lặp lại quét dòng	Mành là TẬP các dòng lẻ hoặc chẵn của một khung, không phải một lần lặp quét dòng

Đọc ký hiệu định dạng cho đúng



Ký hiệu	Kiểu quét	Mỗi giây	Hay dùng cho
1080i25	xen kẽ	25 khung = 50 trường	PAL, DVB-T2 Việt Nam
1080/50i	xen kẽ	50 trường	cùng nghĩa với 1080i25
1080p25	liên tục	25 khung	phim, phóng sự
1080p50	liên tục	50 khung	thể thao, gấp đôi dữ liệu
720p50	liên tục	50 khung	phát sóng châu Âu
2160p25	liên tục	25 khung	UHD, không có bản xen kẽ

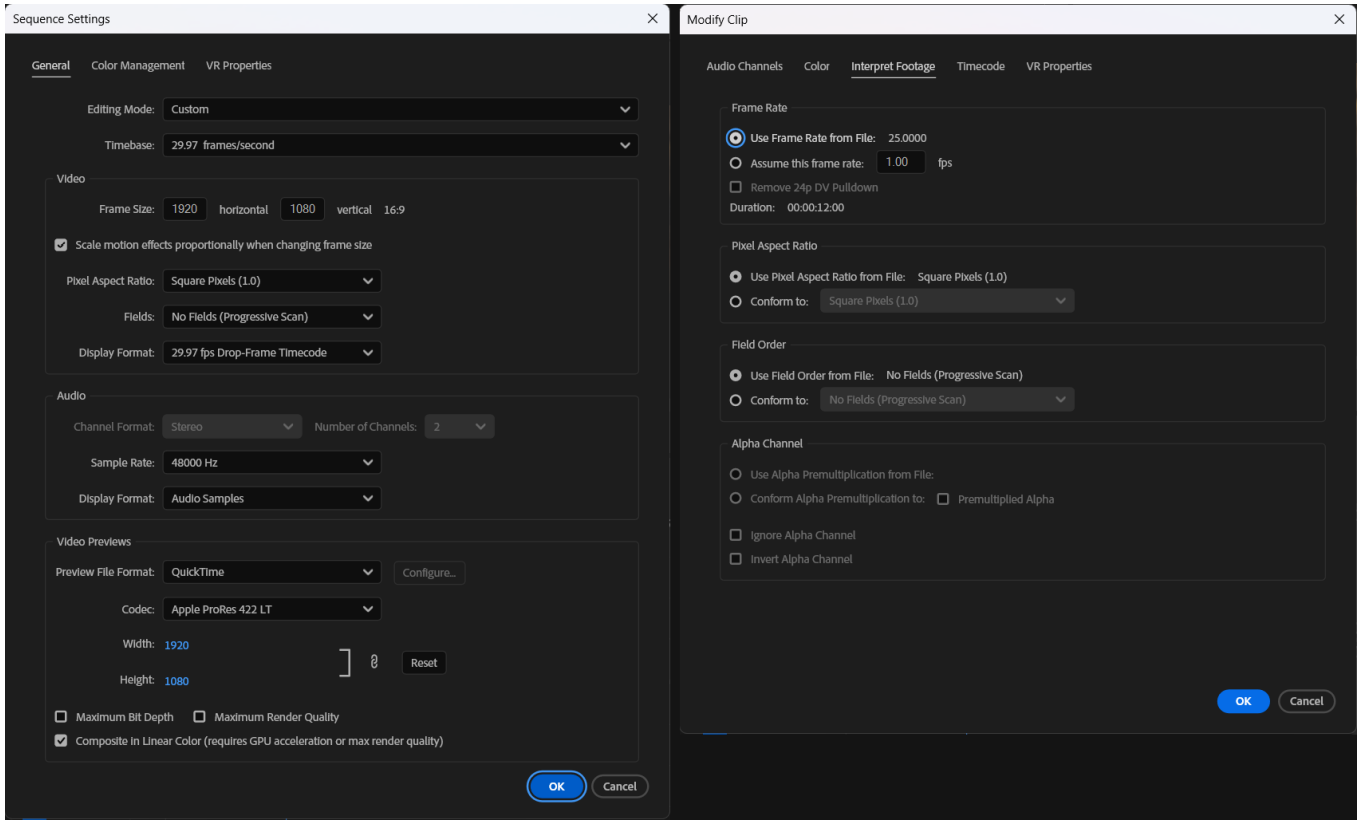
Hình 8.21 — Cách đọc một ký hiệu định dạng, và các ký hiệu thường gặp

Hình vẽ của sách

- 1080i25 đếm khung; 1080/50i đếm trường: hai ký hiệu cùng ý nghĩa
- Cần xác định vị trí chữ i hoặc p để biết con số bên cạnh đếm đại lượng nào

Thứ tự trường trong Premiere Pro

- Ghi sai thứ tự trường làm chuyển động giật lùi từng nhịp nhỏ
- Hai nơi khai báo: mục Fields của Sequence Settings và mục Field Order của hộp Interpret Footage
- Trong ảnh, cả hai ở trạng thái quét liên tục (No Fields)



Hình 8.22 — Sequence Settings (trái) và Interpret Footage (phải)

Ảnh chụp màn hình do người soạn thực hiện (Adobe Premiere Pro 2026), 07/11/2026

Thứ tự trường của các định dạng thường gặp

Định dạng	Thứ tự trường	Ghi chú
SD PAL 576i (phát sóng)	Trường trên trước	Riêng DV PAL ghi trường dưới trước; nguồn lỗi hay gặp khi dựng tư liệu SD cũ
SD NTSC 480i	Trường dưới trước	Ngược với trực giác; đúng cho cả phát sóng lẫn DV
HD 1080i	Trường trên trước	Khác SD NTSC: chuyển tư liệu giữa hai hệ phải đổi thứ tự
Mọi định dạng quét liên tục	Không có khái niệm này	

Răng lược ở vật chuyển động



Hình 8.23 — Răng lược ở vật chuyển động và kết quả sau khi khử xen kẽ

Hình vẽ của sách

Ba lỗi hình do quét xen kẽ

- **Răng lược:** vật chuyển động ngang hiện ở hai vị trí trên hai trường; vật càng nhanh càng rõ
- **Nhấp nháy đường ngang mảnh:** đường dày một dòng chỉ có ở một trường, nhấp nháy 25 lần mỗi giây
- **Hỏng khi phóng to hoặc xoay:** phép biến hình giả định mọi điểm ảnh cùng thời điểm; với tư liệu xen kẽ giả định này sai
- Đồ hoạ truyền hình: không dùng nét mảnh hơn hai điểm ảnh, không dùng sọc ngang mau

Ba mức kỹ thuật khử xen kẽ

Phương pháp	Cách làm	Ưu và nhược
Nhân đôi dòng	Bỏ một trường, nhân đôi dòng của trường còn lại	Nhanh, không bao giờ sai; mất một nửa độ phân giải dọc, hình thô
Ghép trường	Ghép nguyên hai trường thành một khung	Đủ độ phân giải ở vùng đứng yên; để nguyên răng lược ở vùng chuyển động
Thích nghi chuyển động	Vùng đứng yên ghép trường; vùng chuyển động nội suy	Kết quả tốt nhất, phần mềm dựng nghiêm túc dùng; tốn công máy

Vì sao vẫn phải học phần này

GHI NHỚ

Quét xen kẽ chưa thuộc về quá khứ trong hoàn cảnh Việt Nam.

- Kho tư liệu của mọi đài đều ở dạng 576i và 1080i
- Nhiều kênh vẫn phát ở 1080i để tiết kiệm băng thông trong bộ ghép kênh
- Người học đi thực tập tại đài phải xử lý tư liệu xen kẽ ngay trong tuần đầu tiên

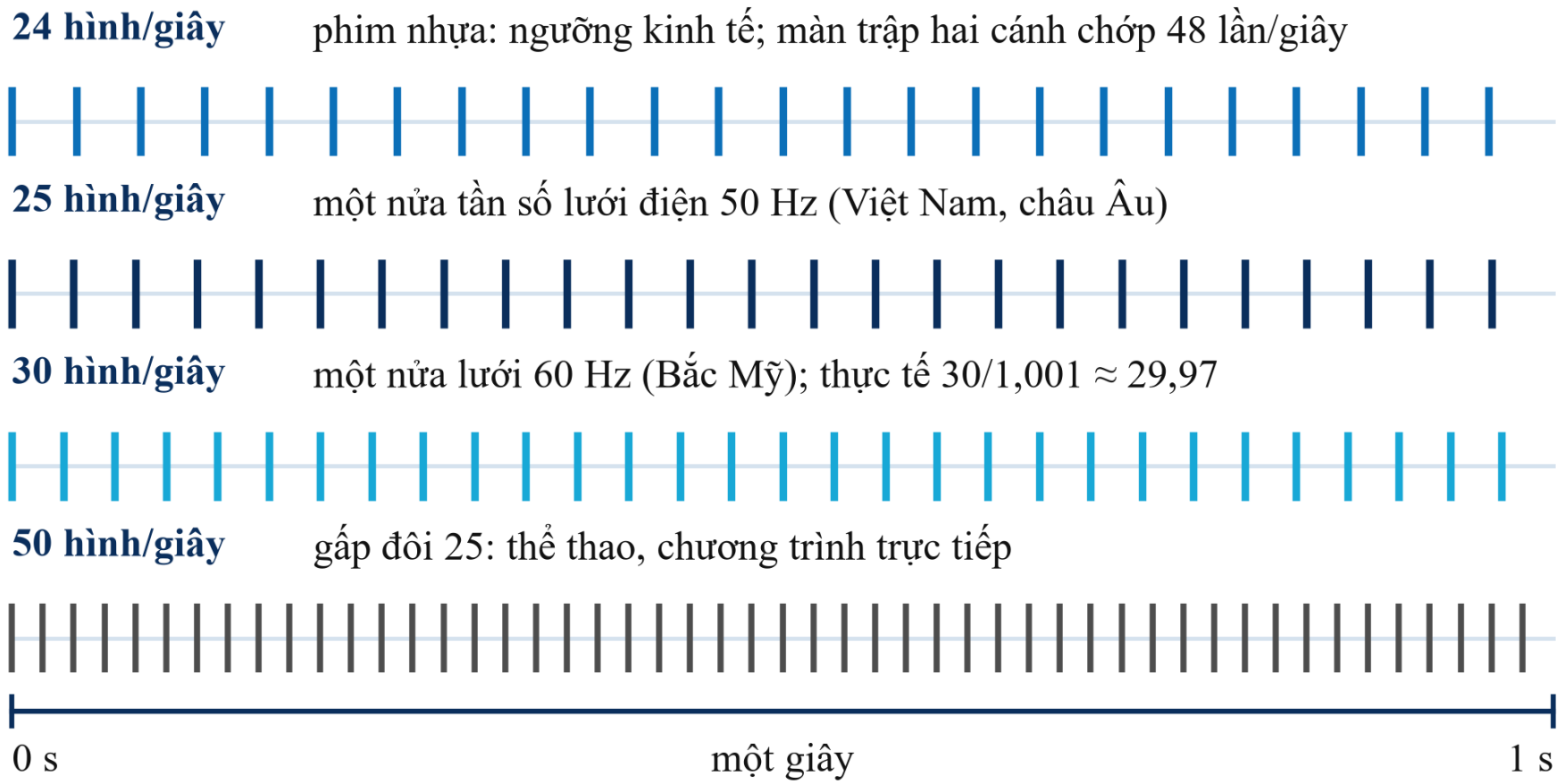
Những điều cần nhớ

- Xen kẽ: f_fld = 2 f_fr; mỗi trường một nửa số dòng; hai trường mới thành một khung
- Ký hiệu 1080i25 đếm khung, 1080/50i đếm trường; 720/25p không tồn tại trong phát sóng
- Thứ tự trường phải khai báo đúng; ghi sai thì chuyển động giật lùi
- Lỗi do ghép hai thời điểm: răng lược, nhấp nháy nét mảnh, hỏng khi phóng to hoặc xoay
- Khử xen kẽ thích nghi chuyển động cho kết quả tốt nhất

Tần số hình

- Không con số nào là ngẫu nhiên: mỗi tần số có lý do lịch sử
- Các tần số phân số: 29,97; 23,976; 59,94
- Đưa 24 hình/giây lên tần số truyền hình: pulldown 2:3 và tăng tốc 4 %

Bốn tần số hình thường gặp



Hình 8.24 — Bốn tần số hình thường gặp và lý do lịch sử của từng con số

Hình vẽ của sách

Nguồn gốc các tần số hình

Tần số	Nguồn gốc	Còn dùng ở đâu
24 hình/giây	Ngưỡng kinh tế của phim nhựa thập niên 1920; màn trập hai cánh chớp 48 lần mỗi giây	Điện ảnh toàn thế giới
25 hình/giây	Một nửa tần số lưới 50 Hz; chia hết tần số nhấp nháy đèn lưới nên không sinh vằn	Truyền hình Việt Nam, châu Âu, phần lớn châu Á và châu Phi
30 hình/giây	Một nửa tần số lưới 60 Hz của Bắc Mỹ	Bắc Mỹ, Nhật Bản, một phần Nam Mỹ
50 và 60 hình/giây	Gấp đôi hai số trên, khi cần chuyển động thật mượt	Thể thao, trực tiếp, video trên mạng
100, 120 và cao hơn	Tần số GHI để phát chậm, không phải tần số phát hành	Quay chậm; 100 hình/giây phát ở 25 cho hình chậm bốn lần

Các tần số phân số

Công thức (8.16): 29,97 thay cho 30; 23,976 thay cho 24 (và 59,94 thay cho 60).

$$f_{\text{NTSC}} = \frac{30}{1{,}001} \approx 29{,}97 \; ; \quad f_{\text{film}} = \frac{24}{1{,}001} \approx 23{,}976$$

- Đây không phải sai số đo mà là các giá trị chính xác, có nguồn gốc lịch sử
- Năm 1953 NTSC bổ sung màu: sóng mang màu đặt giữa phổ độ chói mà không nhiễu sóng mang tiếng
- Cách duy nhất là hạ tần số khung xuống một phần 1,001
- PAL bổ sung màu theo cách khác nên giữ nguyên 25 hình/giây

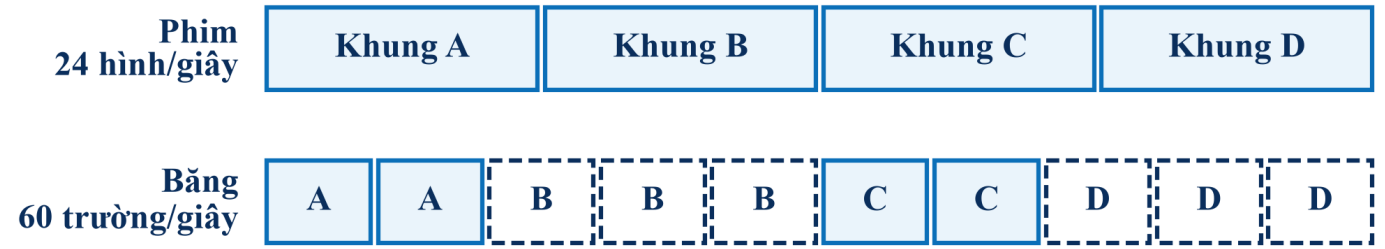
Hệ quả thực tế với người Việt Nam

GHI NHỚ

Ở Việt Nam tần số hình luôn là số nguyên, 25 hoặc 50, nên không phải xét 29,97 hay thời mã bỏ khung.

- Tư liệu nước ngoài, nhất là Mỹ hoặc tải từ mạng, rất dễ có 29,97 hoặc 23,976
- Đưa thẳng vào dự án 25 hình/giây mà không chuyển đổi làm hình giật nhẹ theo chu kỳ
- Khó thấy trên máy tính nhưng lộ rõ khi phát trên tivi

Pulldown 2:3 và ba cách đưa 24 lên 25



2 · 3 · 2 · 3 trường: bốn khung thành mười trường, đúng tỉ số 60 : 24 = 5 : 2

(a) Pulldown 2:3 đưa 24 hình/giây lên hệ 60 trường

Tăng tốc 4 %	24 khung chiếu trong 0,96 giây; phim 100 phút còn 96 phút; cao độ tiếng nhích lên khoảng 0,7 nửa cung nếu không bù
Lặp một khung	lặp một khung sau mỗi 24 khung; giữ đúng độ dài và cao độ; chuyển động giật một nhịp nhỏ mỗi giây
Nội suy khung	phần mềm tạo khung mới; giữ độ dài, chuyển động mượt; tốn công máy, dễ biến dạng ở mép vật chuyển động nhanh

(b) Ba cách đưa 24 lên 25 hình/giây

Hình 8.25 — Pulldown 2:3 cho hệ 60 trường, và ba cách đưa 24 lên 25 hình/giây

Hình vẽ của sách

Pulldown 2:3 cho hệ 60 trường

Công thức (8.17): tỉ số hai tần số là phân số đơn giản.

$$\frac{N_{\text{fld}}}{N_{\text{fr}}} = \frac{60}{24} = \frac{5}{2} \Rightarrow 2:3 \text{ pulldown}$$

- Khung phim thứ nhất ghi thành 2 trường, khung thứ hai thành 3 trường, và cứ thế xen kẽ
- Bốn khung phim thành mười trường băng, đúng tỉ số 60 chia 24
- Không làm thay đổi độ dài phim

Hệ 50 trường: tăng tốc 4 %

Công thức (8.18): hệ số tăng tốc và độ lệch cao độ.

$$k = \frac{25}{24} \approx 1{,}0417 \; ; \qquad \Delta p = 12 \log_2 k \approx 0{,}71$$

- Tỉ số 50 chia 24 không là phân số đơn giản, phải chọn cách chuyển kém hoàn hảo
- Cách phổ biến: tăng tốc 4 %, chiếu 24 khung trong 0,96 giây thay vì 1 giây
- Δp là độ lệch cao độ tính bằng nửa cung: khoảng 0,71

Ba cách đưa phim 24 lên 25 hình/giây

Cách làm	Ưu điểm	Nhược điểm
Tăng tốc 4 %	Chuyển động mượt, không lặp khung	Phim ngắn đi 4 % (100 phút còn 96 phút); cao độ tiếng nhích lên khoảng 0,7 nửa cung nếu không bù
Lặp một khung sau mỗi 24 khung	Đúng độ dài và cao độ tiếng	Chuyển động giật nhẹ mỗi giây, người tinh mắt nhận ra
Nội suy khung bằng phần mềm	Giữ độ dài, chuyển động mượt	Tốn công máy; dễ biến dạng ở mép vật chuyển động nhanh

Đừng quên bù cao độ tiếng

CẢNH BÁO

Tăng tốc 4 % làm cao độ tiếng cao lên khoảng 0,7 nửa cung.

- Lời thoại: hầu như không nhận ra
- Nhạc: người có thính giác tốt nhận ra ngay vì bản nhạc "cao hơn" và nhanh hơn
- Mọi phần mềm dựng có chức năng bù cao độ khi đổi tốc độ; nên bật

Những điều cần nhớ

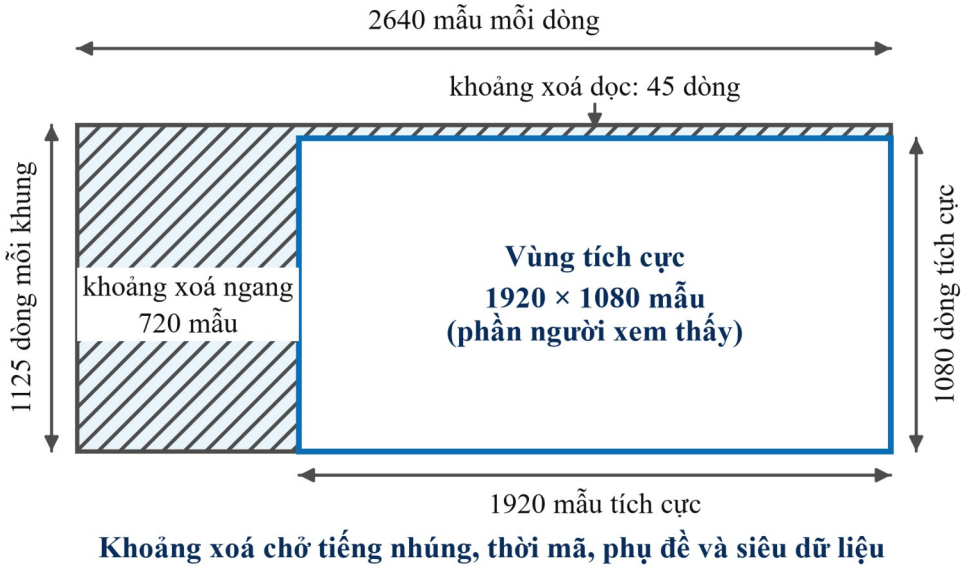
- 24 (điện ảnh), 25 (lưới 50 Hz), 30 (lưới 60 Hz), 50 và 60, và tần số ghi 100, 120 trở lên
- 29,97 = 30/1,001 và 23,976 = 24/1,001: giá trị chính xác, có gốc từ NTSC màu năm 1953
- Hệ 60 trường: pulldown 2:3, bốn khung thành mười trường
- Hệ 50 trường: tăng tốc 4 % (k = 25/24; Δp ≈ 0,71 nửa cung), lặp khung, hoặc nội suy
- Tư liệu 29,97 hoặc 23,976 phải chuyển đổi trước khi vào dự án 25 hình/giây

Đồng bộ, khoảng xoá và thời mã

- Vì sao tín hiệu số vẫn giữ khoảng xoá
- Số dòng, số mẫu của các định dạng chính
- Thời mã: LTC, VITC, thời mã trong tệp; bỏ khung; quy ước bắt đầu

Khoảng xoá vẫn còn trong tín hiệu số

- Tia điện tử quét xong một dòng phải quay về đầu dòng; xong một khung phải quay về đầu khung
- Trong hai quãng quay về, tia tắt: *khoảng xoá* ngang và khoảng xoá dọc
- Tín hiệu số giữ cấu trúc này vì hai lý do: tương thích thiết bị cũ và tận dụng khoảng trống chở dữ liệu phụ



Hình 8.26 — Cấu trúc một khung HD 1080: vùng tích cực và khoảng xoá

Hình vẽ của sách

Số dòng và số mẫu của các định dạng chính

Định dạng	Dòng tổng	Dòng tích cực	Mẫu mỗi dòng	Mẫu tích cực
SD PAL 576i25	625	576	864	720
SD NTSC 480i29,97	525	480	858	720
HD 1080i25	1125	1080	2640	1920
HD 1080p25	1125	1080	2640	1920
HD 720p50	750	720	1980	1280

Số dòng của định dạng HD 1080

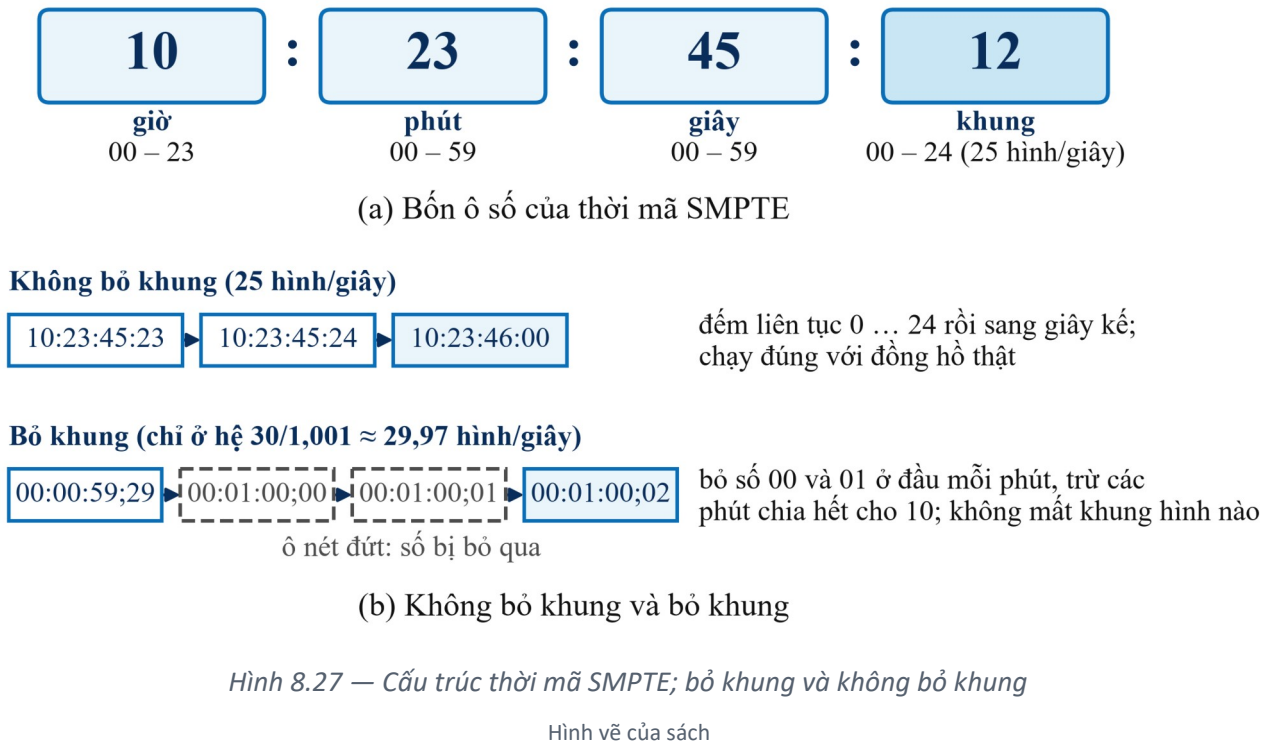
GHI NHỚ

HD 1080 có 1125 dòng mỗi khung, trong đó 1080 dòng là dòng tích cực; 45 dòng chênh lệch là khoảng xoá dọc.

- Khoảng xoá số chở tới 16 kênh tiếng nhúng, thời mã, phụ đề, dữ liệu điều khiển máy quay, siêu dữ liệu cảnh quay
- Nhờ đó một sợi cáp SDI mang được toàn bộ tín hiệu của một máy quay

Thời mã: đánh số từng khung hình

- Mọi thiết bị và mọi người trong dây chuyền cùng xác định thống nhất một vị trí trong tư liệu
- Gồm bốn ô số đếm độc lập; ô cuối đếm khung chứ không đếm phần trăm giây
- Ở 25 hình/giây, ô khung chạy từ 00 tới 24 rồi mới sang giây kế tiếp



Hình 8.27 — Cấu trúc thời mã SMPTE; bỏ khung và không bỏ khung

Hình vẽ của sách

Các dạng thời mã

Dạng	Ghi ở đâu	Đặc điểm
LTC — thời mã dọc	Rãnh tiếng riêng hoặc dây riêng	Đọc được khi băng chạy nhanh hoặc lùi; không đọc được khi đứng hình
VITC — trong khoảng xoá dọc	Nhét trong khoảng xoá dọc của tín hiệu hình	Đọc được khi đứng hình; không đọc được khi chạy nhanh
Thời mã trong tệp	Rãnh riêng trong bộ chứa MXF, MOV, MP4	Dạng thường gặp nhất trong sản xuất trên tệp hiện nay

Bỏ khung không phải là mất hình

CẢNH BÁO

Không có khung hình nào bị mất; chỉ có con số bị bỏ qua, như toà nhà không có tầng 13 vẫn đủ số tầng.

- Ở 29,97 hình/giây, đếm liên tục 0 – 29 thì sau một giờ thời mã nhanh hơn đồng hồ thật khoảng 3,6 giây
- Để khớp lại, bỏ 00 và 01 ở đầu mỗi phút, trừ các phút chia hết cho 10
- Ở Việt Nam, 25 hình/giây: thời mã luôn khớp đồng hồ thật, không cần bỏ khung

Thời mã giao nộp bắt đầu ở 10:00:00:00

Thanh màu chuẩn và tín hiệu âm thanh chuẩn đặt trước đó, chừa chỗ cho phần dẫn đầu mà không dùng thời mã âm. Mục 8.31 sẽ trình bày kỹ.

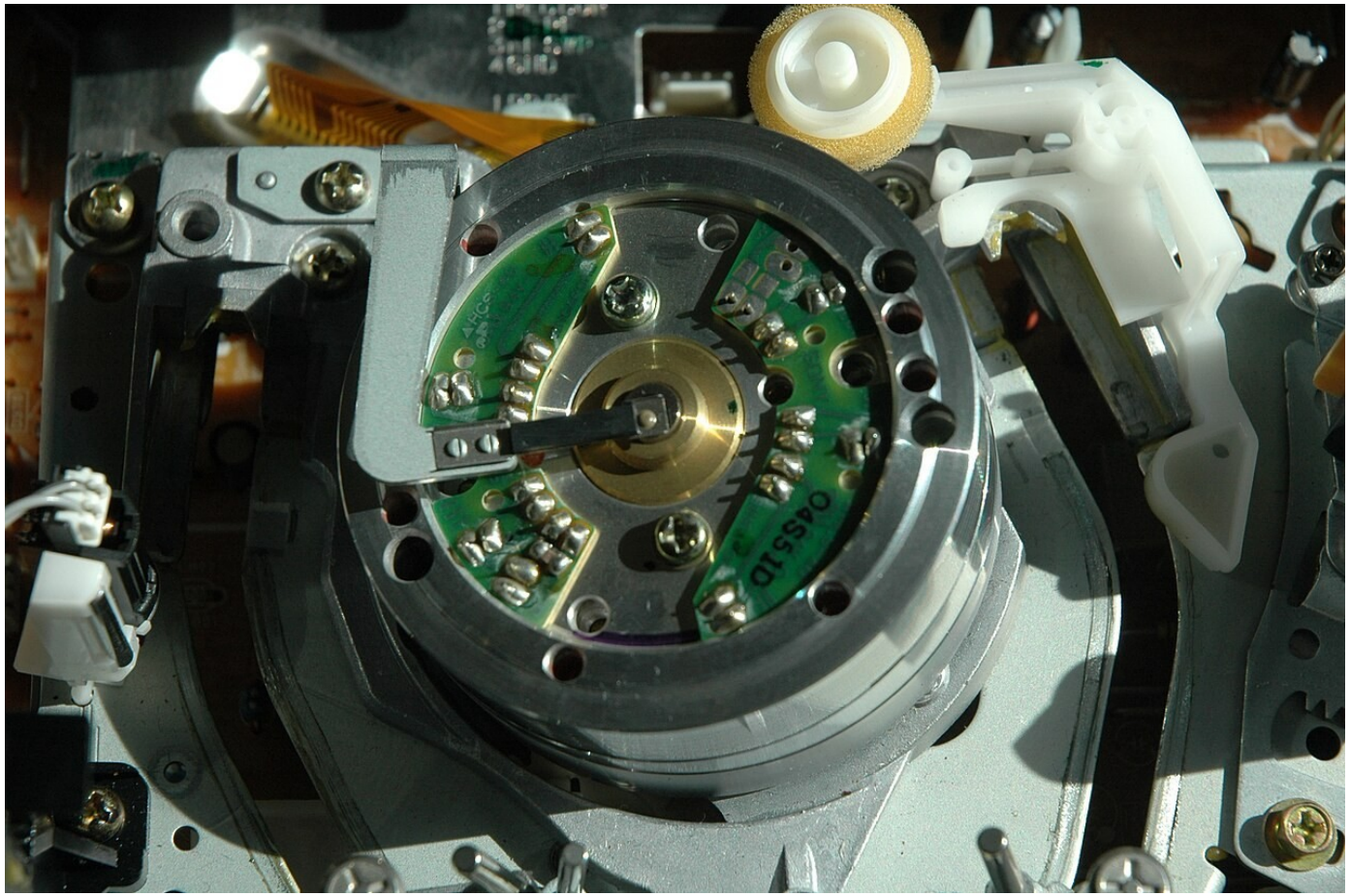
Những điều cần nhớ

- Khoảng xoá ngang và dọc vẫn còn trong tín hiệu số để tương thích và chở dữ liệu phụ
- HD 1080: 1125 dòng tổng, 1080 dòng tích cực, 45 dòng khoảng xoá dọc
- Thời mã gồm bốn ô số; ô cuối đếm khung; LTC, VITC và thời mã trong tệp
- Bỏ khung bỏ con số, không bỏ hình; ở 25 hình/giây không cần bỏ khung
- Bản giao nộp thường bắt đầu ở 10:00:00:00

Di sản analog

- Vì sao vẫn cần một mục về analog
- Tín hiệu tổng hợp, ba hệ NTSC, PAL, SECAM
- Ba bộ ký hiệu không đồng nghĩa và các giao diện tương tự còn gặp

Trống đầu từ quay của máy ghi băng từ video



Hình 8.28 — Trống đầu từ quay của máy ghi băng từ video

Nguồn: Erikfog, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026)

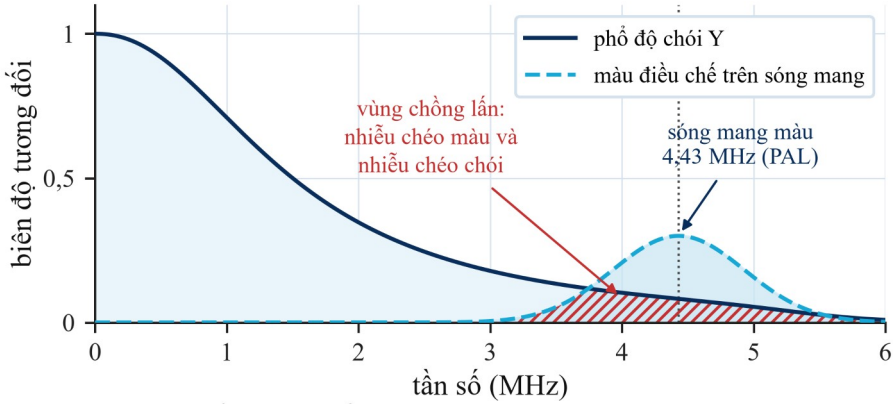
- Ghi tín hiệu hình tương tự lên băng bằng các rãnh quét xiên

Ba lý do vẫn học analog

- Các con số hiện nay (25 hình/giây, 720 × 576, 4:2:2, khoảng xoá 45 dòng) là di sản trực tiếp của hệ tương tự
- Thiết bị cũ trong nhà trường và đài địa phương vẫn còn cổng tương tự
- Ba bộ ký hiệu Y/U/V, Y/R−Y/B−Y, Y′/Cb/Cr thuộc ba giai đoạn lịch sử và hay bị nhầm lẫn

Tín hiệu tổng hợp

- Độ chói và màu dùng chung một dải tần
- Màu được điều chế lên sóng mang ở phần trên của dải: 4,43 MHz (PAL), 3,58 MHz (NTSC)
- *Nhiễu chéo màu:* chi tiết mảnh bị giải mã nhầm thành màu, vệt cầu vồng trên áo kẻ sọc
- *Nhiễu chéo chói:* sóng mang màu lọt sang kênh chói, điểm lấm tấm trên vùng màu bão hoà



(a) Phổ tín hiệu tổng hợp: chói và màu chen chung một dải

Bộ ký hiệu	Thuộc về	Hệ số tỉ lệ và mức dịch
Y, R−Y, B−Y	thành phần tương tự	hiệu số màu thô, chưa tỉ lệ hoá; đi trên ba dây riêng
Y, U, V	PAL tương tự	đã tỉ lệ hoá để điều chế lên sóng mang màu mà không vượt biên độ cho phép
Y′, Cb, Cr	video số	tỉ lệ hoá theo BT.601 hoặc BT.709 và dịch mức để lượng tử hoá, tâm ở 128 (8 bit)

(b) Ba bộ ký hiệu hiệu số màu không đồng nghĩa

Hình 8.29 — Phổ tín hiệu tổng hợp; ba bộ ký hiệu hiệu số màu

Hình vẽ của sách

Ba hệ truyền hình màu tương tự

Hệ	Số dòng · tần số hình	Cách mã hoá màu	Vùng dùng
NTSC	525 dòng · 29,97 hình/giây	Điều chế cầu phương; nhạy với sai pha nên màu dễ lệch	Bắc Mỹ, Nhật Bản
PAL	625 dòng · 25 hình/giây	Như NTSC nhưng ĐẢO PHA thành phần V mỗi dòng, sai pha tự triệt tiêu	Châu Âu, Việt Nam, phần lớn châu Á
SECAM	625 dòng · 25 hình/giây	Truyền hai hiệu số màu LUÂN PHIÊN theo dòng, điều tần	Pháp, Nga, một số nước Đông Âu

So sánh hai hệ PAL và NTSC

GHI NHỚ

PAL nhiều dòng hơn (625 so với 525) nên độ phân giải dọc cao hơn; NTSC tần số hình cao hơn (29,97 so với 25) nên ít giật và ít nhấp nháy hơn.

- Hai sự đánh đổi khác nhau, không phải hệ này vượt trội hệ kia

Ba bộ ký hiệu hiệu số màu không đồng nghĩa

Bộ ký hiệu	Thuộc về	Định nghĩa
Y, R−Y, B−Y	Tín hiệu THÀNH PHẦN tương tự	Hai hiệu số màu THÔ, chưa tỉ lệ hoá; ba dây riêng
Y, U, V	Hệ PAL tương tự	Hai hiệu số màu ĐÃ TỈ LỆ HOÁ với hệ số riêng để điều chế lên sóng mang mà không làm tín hiệu tổng hợp vượt biên độ
Y′, Cb, Cr	Video SỐ	Đã tỉ lệ hoá theo BT.601 hoặc BT.709 VÀ dịch mức để lượng tử hoá, tâm ở 128 (8 bit) hoặc 512 (10 bit)

Ba bộ ký hiệu không đồng nghĩa

GHI NHỚ

Y, Cr, Cb và Y, U, V không phải là ba tên gọi của cùng một tín hiệu thành phần.

- Khác nhau ở hệ số tỉ lệ và ở mức dịch
- Dùng lẫn các bộ ký hiệu sẽ dẫn đến sai màu, đúng loại lỗi đã minh hoạ ở mục 8.8

Ba mức chất lượng của giao diện tương tự

Giao diện	Số dây	Cách truyền	Chất lượng
Tổng hợp (composite)	1	Chói và màu chen chung một dải	Thấp nhất; nhiễu chéo màu và chéo chói
S-Video (Y/C)	2	Tách riêng chói và màu	Khá hơn; hết nhiễu chéo, màu vẫn bị nén băng thông
Thành phần (component)	3	Ba tín hiệu Y, R−Y, B−Y đi riêng	Tốt nhất trong các giao diện tương tự; tiền thân trực tiếp của SDI

- Quy luật: thành phần càng tách riêng thì chất lượng càng cao và số dây càng nhiều

Những điều cần nhớ

- Các con số hiện nay là di sản của hệ tương tự; thiết bị cũ vẫn còn cổng analog
- Tín hiệu tổng hợp: chói và màu chung dải; sóng mang màu 4,43 MHz (PAL), 3,58 MHz (NTSC)
- NTSC 525 dòng/29,97; PAL 625 dòng/25 (đảo pha V); SECAM 625 dòng/25 (luân phiên, điều tần)
- Y/R−Y/B−Y, Y/U/V và Y′/Cb/Cr là ba bộ ký hiệu khác nhau
- Composite 1 dây, S-Video 2 dây, component 3 dây: tách càng riêng, chất lượng càng cao

Kết thúc Phần B: cấu trúc tín hiệu video

- Tín hiệu video số = Y’ + hai hiệu số màu; BT.601, BT.709, BT.2020 có hệ số khác nhau
- Lấy mẫu con màu: giữ độ chói, lấy thưa màu; 4:2:0 cho phát hành, 4:2:2 cho chỉnh màu và khoá màu
- Quét xen kẽ: hai trường thành một khung; kho tư liệu đài vẫn ở 576i và 1080i
- Tần số hình có lý do lịch sử; Việt Nam dùng 25 và 50 hình/giây, thời mã không bỏ khung
- Khoảng xoá và thời mã; ký hiệu analog là nguồn gốc của các con số số

Tín hiệu đã có cấu trúc; vậy dữ liệu lớn đến đâu?

Phần C: vì sao phải nén, các dạng dư thừa, và nguyên lý của nén hình ảnh (từ mục 8.14).