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

KỸ THUẬT AUDIO – VIDEO

CHƯƠNG 6 · PHẦN A

Đường tín hiệu, bàn trộn và chuẩn mức

Mục 6.1 – 6.8 · Dành cho sinh viên Đạo diễn âm thanh, Quay phim, Đạo diễn điện ảnh – truyền hình, Dựng phim

Hà Nội – 2026

MỤC 6.1

Vị trí của chương trong dây chuyền âm thanh

- Chương 5 làm kỹ HAI ĐẦU: micro và loa
- Chương 6 là mọi thứ nằm GIỮA hai đầu đó
- Bốn nhóm thiết bị — bốn câu hỏi kỹ thuật khác nhau
- Nhận ra mình đang đứng trước câu hỏi nào là kỹ năng cốt lõi



MỤC 6.1.2

Bốn nhóm thiết bị — bốn câu hỏi khác nhau

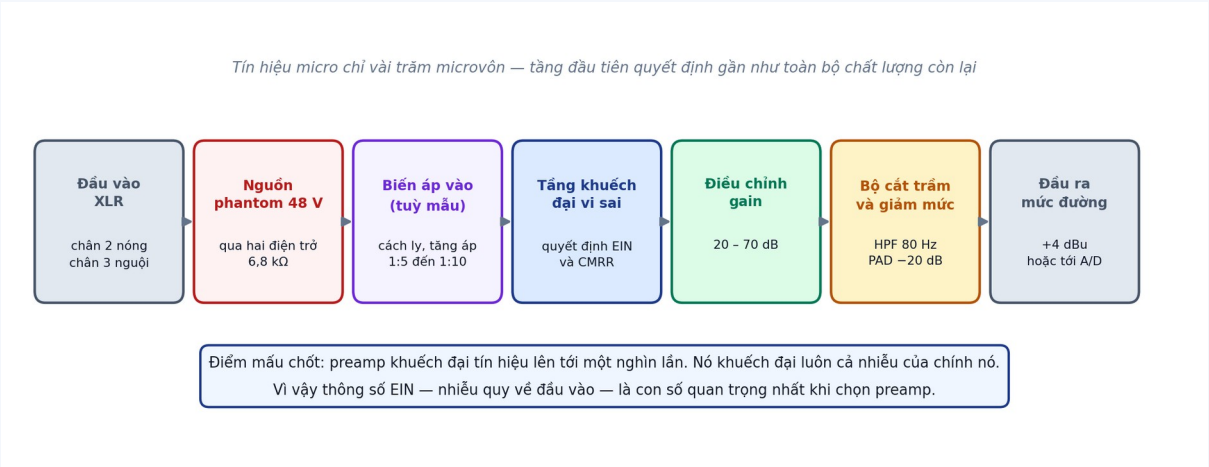
Nhóm thiết bị	Câu hỏi kỹ thuật	Đại lượng thay đổi	Mục
Khuếch đại và trộn	Tín hiệu có đủ mức không, các nguồn gộp thế nào?	Biên độ, số kênh	6.2 – 6.8
Xử lý động	Khoảng cách to nhất – nhỏ nhất có phù hợp không?	Dải động theo thời gian	6.9 – 6.13
Xử lý tần số, không gian	Âm sắc có đúng không, nằm trong không gian nào?	Phân bố theo tần số và trễ	6.14 – 6.18
Xử lý hệ thống	Hệ có ổn định không, tín hiệu tới loa có đúng không?	Độ lợi vòng, phân tần, trễ	6.19 – 6.23

Bốn câu hỏi này ĐỘC LẬP với nhau. Người mới thường trộn lẫn chúng và chỉnh sai công cụ.

MỤC 6.2

Tiền khuếch đại micro

- Vì sao tầng đầu tiên quyết định gần như tất cả
- Nhiễu nhiệt và giới hạn vật lý −130,5 dBu
- EIN — chỉ số quan trọng nhất khi chọn preamp
- CMRR và đường cân bằng
- Bốn kiểu mạch và nguồn phantom



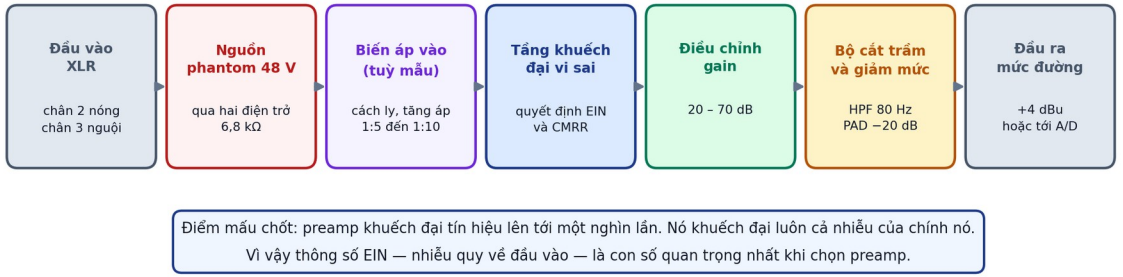
MỤC 6.2.1

Từ vài trăm microvôn lên mức đường

Micro điện động độ nhạy 2 mV/Pa. Giọng nói ở 30 cm tạo 0,1 Pa → **0,2 mV**. Mức đường chuẩn +4 dBu = **1,23 V**.

- Khoảng cách hơn **75 dB** — gần sáu nghìn lần về biên độ
- Một thiết bị duy nhất lo toàn bộ: bộ tiền khuếch đại micro
- Nó khuếch đại tín hiệu — và khuếch đại **luôn cả nhiễu của chính nó**
- Mọi tầng sau dù tốt đến đâu cũng **không gỡ lại được** phần nhiễu đã bị khuếch đại
- *Công thức Friis: hệ số nhiễu của tầng đầu chiếm gần như toàn bộ hệ số nhiễu của cả chuỗi*

Tín hiệu micro chỉ vài trăm microvôn — tầng đầu tiên quyết định gần như toàn bộ chất lượng còn lại



Sơ đồ khối một bộ tiền khuếch đại micro chuyên nghiệp

MỤC 6.2.2

Nhiễu nhiệt — giới hạn không ai vượt được

Mọi điện trở ở nhiệt độ trên không tuyệt đối đều sinh điện áp nhiễu ngẫu nhiên do chuyển động nhiệt của electron.

$$e_n = \sqrt{4kTRB} \quad (\text{V})$$

- **k** — hằng số Boltzmann, $1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K
- **T** — nhiệt độ tuyệt đối (K); **R** — trở kháng nguồn (Ω); **B** — băng thông (Hz)
- Với R = 150 Ω, T = 20 °C, B = 20 Hz – 20 kHz → **0,22 µV = −130,5 dBu**
- Phần nhiễu này do **cuộn dây của micro** sinh ra, không phải do máy — nên không máy nào tránh được

MỤC 6.2.3

EIN — quy toàn bộ nhiễu về đầu vào

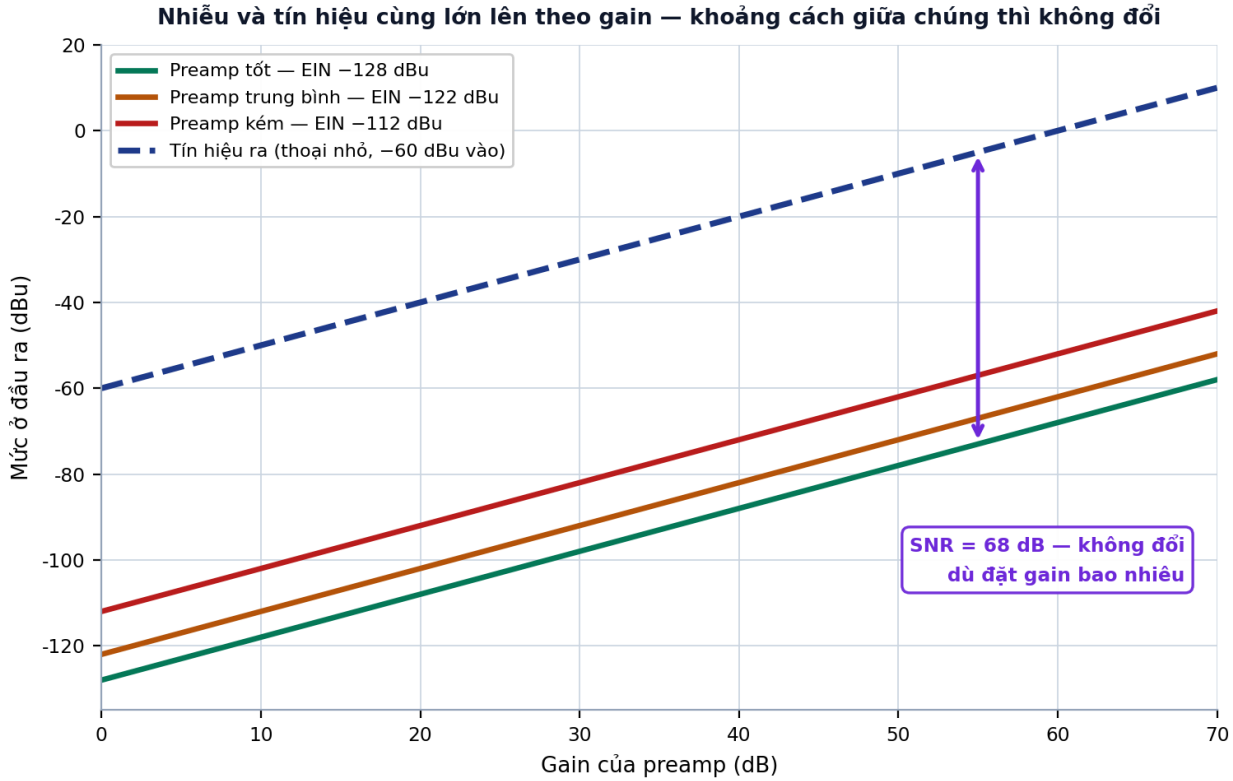
Quy nhiễu do máy sinh ra về đầu vào cho ta **một con số duy nhất, không phụ thuộc mức gain đang đặt** — nên so sánh được giữa các máy.

$$\mathrm{EIN} = 20\log_{10}\frac{e_n}{0{,}7746}\ \ (\mathrm{dBu})\ ; \qquad \mathrm{EIN}_{\min} \approx -130{,}5\ \mathrm{dBu}$$

- Preamp **tốt**: −128 dBu — chỉ kém giới hạn lý thuyết 2,5 dB
- Preamp **phổ thông**: −122 dBu
- Preamp **kém**: −112 dBu
- Quan hệ với hệ số nhiễu: NF = EIN − (−130,5) dB

MỤC 6.2.3

Nhiễu và tín hiệu cùng lớn lên — khoảng cách thì không đổi



EIN là gì

Equivalent Input Noise — nhiễu của preamp quy đổi về đầu vào. Đo với trở kháng nguồn 150 Ω, băng thông 20 Hz – 20 kHz.

Cách đọc con số

Giới hạn vật lý là −130,5 dBu (nhiễu nhiệt của 150 Ω). Preamp tốt đạt −128 dBu, tức chỉ kém giới hạn lý thuyết 2,5 dB.

Vì sao quan trọng

Micro điện động nhạy 1,5 mV/Pa cần gain 60 – 70 dB. Ở mức gain đó, chênh 10 dB EIN giữa hai preamp nghe rõ mồn một.

Tăng gain thì cả nhiễu lẫn tín hiệu cùng lên; tỉ số tín hiệu trên nhiễu do EIN quyết định

CÂU HỎI TẠI LỚP

Khi nào thì một preamp đắt tiền thực sự đáng tiền?

A Luôn luôn — preamp tốt thì lúc nào cũng nghe hơn

B Khi phải đặt gain cao (trên 55 dB)

C Khi thu nguồn to bằng micro điện dung

D Khi thu qua đường line từ máy khác

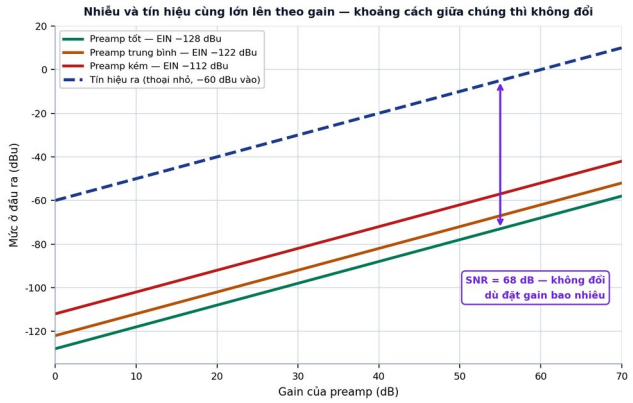
Suy nghĩ 30 giây — rồi trả lời

GIẢI THÍCH

Preamp tốt chỉ đáng tiền khi phải làm việc ở gain cao

Đáp án B — EIN chỉ ảnh hưởng khi gain cao.

- Gain **trên 55 dB** (ribbon, micro điện động thu nguồn nhỏ, tiếng động môi trường): EIN là chỉ số quyết định — **nên đầu tư**
- Gain **dưới 35 dB** (micro điện dung, nguồn to, đường line): EIN gần như không ảnh hưởng — mọi preamp chuyên nghiệp đều đủ tốt
- Micro ribbon cổ điển 1 mV/Pa cần gain **70 dB** — đây là trường hợp duy nhất mà preamp độ ồn cực thấp nghe khác rõ rệt
- Với micro điện dung thu nguồn to chỉ cần 25 dB: chênh 16 dB EIN **gần như không nghe thấy**



EIN là gì
Equivalent Input Noise — nhiễu của preamp quy đổi về đầu vào. Đo với trở kháng nguồn 150 Ω, băng thông 20 Hz – 20 kHz.

Cách đọc con số
Giới hạn vật lý là −130,5 dBu (nhiễu nhiệt của 150 Ω). Preamp tốt đạt −128 dBu, tức chỉ kém giới hạn lý thuyết 2,5 dB.

Vì sao quan trọng
Micro điện động nhạy 1,5 mV/Pa cần gain 60 – 70 dB. Ở mức gain đó, chênh 10 dB EIN giữa hai preamp nghe rõ mồn một.

MỤC 6.2.4

CMRR — vì sao đường cân bằng chống nhiễu được

Đường micro cân bằng truyền tín hiệu bằng **HIỆU** điện áp giữa chân 2 và chân 3 của XLR.

$$\mathrm{CMRR} = 20\log_{10}\frac{A_d}{A_c} \quad (\mathrm{dB})$$

- Nhiễu từ môi trường (đèn, biến tần, dây nguồn) bám vào **cả hai chân, cùng biên độ, cùng pha**
- Tầng vi sai lấy hiệu → phần nhiễu **bị triệt tiêu**, phần tín hiệu được giữ
- **CMRR > 70 dB** ở 50 Hz là đạt chuyên nghiệp; **90 dB** là rất tốt
- Đây là lý do vật lý khiến đường cân bằng chạy 100 m trong nhà hát đầy đèn vẫn sạch, còn đường không cân bằng dài 5 m đã ù

MỤC 6.2.5

Bốn kiểu mạch tiền khuếch đại

Kiểu mạch	Đặc điểm nghe được	Ví dụ tiêu biểu
Transistor vi sai	Trong suốt, EIN thấp nhất, đáp tuyến phẳng	Millennia HV-3, Grace m101
Có biến áp vào	Cách ly hoàn toàn, CMRR rất cao; thêm hài chẵn ở mức lớn — "dày, ấm"	Neve 1073, API 512, Chandler TG2
Đèn điện tử	Nén tự nhiên ở mức lớn, hài bậc hai rõ; EIN kém hơn 3 – 6 dB	Telefunken V72, Manley SLAM
IC chuyên dụng	Rất ổn định, giá thấp, EIN tốt — mạch của hầu hết bàn trộn số	Yamaha, Allen & Heath, Behringer

Khác biệt giữa bốn kiểu là CÓ THẬT nhưng NHỎ, và chỉ bộc lộ ở mức cao. Khác biệt giữa hai VỊ TRÍ ĐẶT MICRO thì lớn hơn nhiều.

MỤC 6.2.6

Nguồn phantom 48 V — bốn nguyên tắc an toàn

P48 theo IEC 61938 được cấp qua **hai điện trở 6,8 kΩ bằng nhau** tới chân 2 và chân 3. Vì điện áp trên hai chân bằng nhau, nó **không tạo hiệu điện thế nào ở đầu vào vi sai** — nên có tên "phantom".

- **Không cắm hoặc rút cáp khi phantom đang bật.** Xung điện áp lúc chân tiếp xúc có thể phá màng micro ribbon và làm hỏng loa nếu bàn trộn đang mở
- **Không cấp phantom cho micro ribbon thụ động.** Một số ribbon hiện đại có tầng đệm và YÊU CẦU phantom — phải đọc tài liệu, không suy đoán
- **Bật phantom trước, chờ 5 – 10 giây** cho micro ổn định rồi mới mở fader
- **Micro điện động không cần phantom nhưng không hỏng vì nó** — với điều kiện cáp đúng chuẩn, không chân nào bị chập

MỤC 6.2.6

Ba nút phụ trợ trên mặt máy preamp

- **PAD (giảm mức)** — mạng suy giảm thụ động −10 hoặc −20 dB đặt TRƯỚC tầng khuếch đại. Dùng khi nguồn quá to (micro sát trống, loa guitar). Bật PAD làm EIN xấu đi đúng bằng lượng suy giảm — nhưng khi nguồn to thì điều đó không quan trọng

- **Đảo cực tính (Ø)** — hoán đổi chân 2 và chân 3, làm tín hiệu đảo dấu. Dùng khi hai micro thu cùng nguồn từ hai phía (trên/dưới mặt trống, trước/sau thùng đàn); không đảo thì hai tín hiệu triệt tiêu nhau ở dải trầm

  - *Lưu ý thuật ngữ: đây là đảo CỰC TÍNH, không phải "đảo pha" — phép toán này không phụ thuộc tần số*

- **Bộ lọc cắt trầm (HPF)** — thông cao ở 80 hoặc 100 Hz, dốc 12 – 18 dB/quãng tám. Loại tiếng rung sàn, tiếng gió, tiếng bước chân, hiệu ứng gần. Với thu tiếng nói và phỏng vấn: **nên bật MẶC ĐỊNH**

Nhiễu do tầng đầu tiên sinh ra
sẽ được khuếch đại cùng tín hiệu
qua toàn bộ chuỗi —
và không bao giờ gỡ lại được

Đó là toàn bộ lý do EIN là con số quan trọng nhất khi chọn bộ tiền khuếch đại

MỤC 6.3

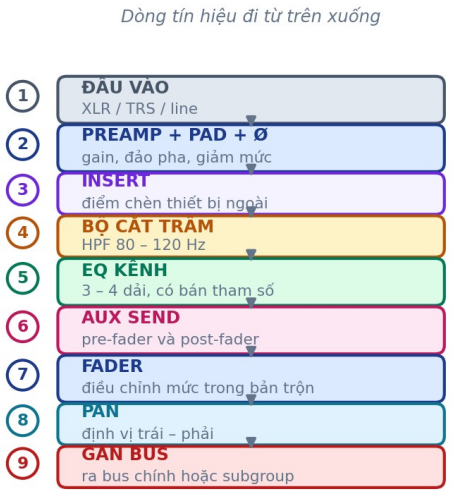
Dải kênh của bàn trộn

- Chín khối theo đúng một thứ tự cố định
- Insert nằm trước fader, trong dòng tín hiệu chính
- Aux pre-fader và post-fader — chọn sai là hỏng việc
- Pan và ba luật pan



MỤC 6.3.1

Chín khối của một dải kênh



DẢI KÊNH BÀN TRỘN — CHÍN KHỐI THEO ĐÚNG THỨ TỰ

1. **Đầu vào**
   XLR cân bằng cho micro; TRS cho mức đường
2. **Preamp, PAD và đảo pha**
   PAD −20 dB cho nguồn quá to; nút Ø đảo cực tính
3. **Insert**
   chèn thiết bị ngoài vào giữa dòng — TRƯỚC fader
4. **Bộ cắt trầm**
   luôn bật cho thoại; loại tiếng rung sàn và gió
5. **EQ kênh**
   sửa âm sắc riêng của kênh; dùng để CẮT là chính
6. **Aux send**
   trích tín hiệu ra đường phụ — pre hay post fader là quyết định quan trọng
7. **Fader**
   mức của kênh trong bản trộn; vị trí chuẩn là 0 dB (unity)
8. **Pan**
   định vị trái – phải; chú ý pan law ở hình sau
9. **Gán bus**
   chọn kênh đi vào bus chính, subgroup hay matrix

Mọi bàn trộn — analog, số hay trên máy tính — đều có đúng chín khối này, chỉ khác cách bố trí.

Thứ tự chín khối không tuỳ tiện — nó phản ánh một logic vật lý

MỤC 6.3.2

Insert hay aux — quy tắc chọn theo bản chất thiết bị

Loại thiết bị	Cắm vào đâu	Lý do
Nén, hạn chế, cổng nhiễu, de-esser	INSERT	Làm việc trên TOÀN BỘ tín hiệu; xử lý một phần rồi trộn lại với phần chưa xử lý thì tác dụng bị pha loãng hoặc gây méo pha
EQ ngoài, bộ tạo hài	INSERT	Đây là phép BIẾN ĐỔI âm sắc, không phải phép CỘNG THÊM
Hồi âm, trễ, chorus	AUX post-fader	Tạo ra âm thanh MỚI cộng thêm vào âm gốc; nhiều kênh dùng chung một bộ
Loa theo dõi, tai nghe người dẫn	AUX pre-fader	Cần một bản trộn riêng, độc lập với bản trộn chính

Điểm mấu chốt: insert nằm TRƯỚC fader và TOÀN BỘ tín hiệu đi qua nó, chứ không phải một bản sao.

MỤC 6.3.3

Aux pre-fader và post-fader

Cùng một mạch — chỉ khác **điểm trích tín hiệu**. Lựa chọn này thay đổi hoàn toàn công dụng của đường đó.

- **PRE-fader**: mức aux KHÔNG đổi khi kéo fader
  - Dùng cho: loa theo dõi diễn viên, tai nghe người dẫn, đường gửi đi nơi khác
  - Vì sao: loa theo dõi trên sân khấu không được đổi chỉ vì người trộn đang cân lại bản trộn cho khán phòng
- **POST-fader**: mức aux đi theo fader
  - Dùng cho: hồi âm và trễ — giữ nguyên tỉ lệ khô/ướt
  - Vì sao: hạ giọng ca sĩ mà lượng hồi âm không hạ theo thì nghe thấy một tiếng vang không có nguồn



CÂU HỎI TẠI LỚP

Người trộn tắt kênh giọng hát, nhưng tiếng vang của giọng đó vẫn còn. Lỗi ở đâu?

A Bộ hồi âm bị hỏng

B Hồi âm được gửi bằng aux PRE-fader

C Hồi âm được cắm vào insert thay vì aux

D Thời gian vang RT60 đặt quá dài

Suy nghĩ 30 giây — rồi trả lời

GIẢI THÍCH

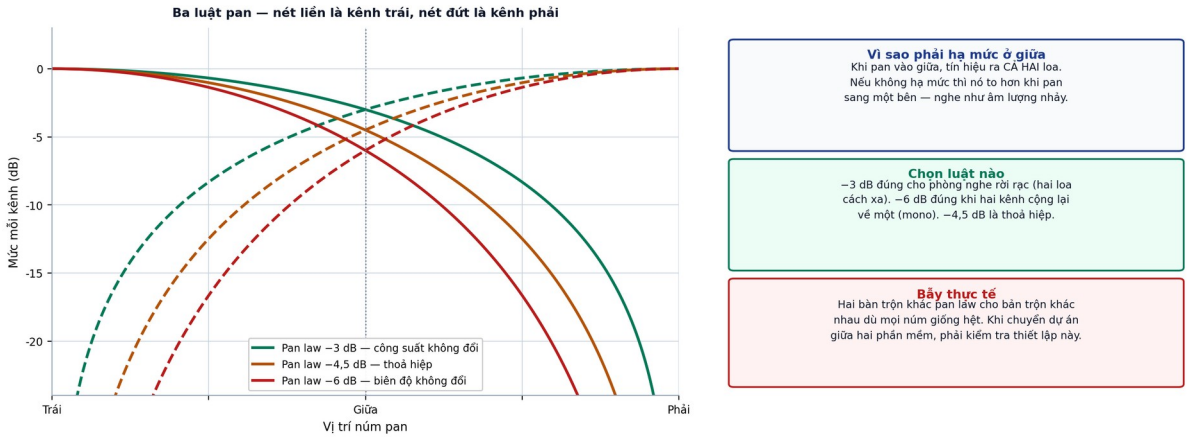
Hai lỗi kinh điển với đường aux

Đáp án B — gửi hồi âm bằng aux PRE-fader.

- **Lỗi 1: gửi hồi âm bằng aux PRE-fader.** Tắt kênh thì giọng biến mất nhưng tiếng vang của giọng vẫn còn — nghe như ma. Đây là lỗi phổ biến nhất khi sinh viên lần đầu dùng bàn trộn
- **Lỗi 2: gửi loa theo dõi bằng aux POST-fader.** Diễn viên trên sân khấu đột nhiên không nghe thấy mình nữa khi người trộn hạ fader của kênh đó trong bản trộn khán phòng
- Cách nhớ: **hiệu ứng đi theo fader (post), đường nghe riêng thì không (pre)**

MỤC 6.3.4

Pan và luật pan



Vì sao phải hạ mức ở giữa
Khi pan vào giữa, tín hiệu ra CẢ HAI loa. Nếu không hạ mức thì nó to hơn khi pan sang một bên — nghe như âm lượng nhảy.

Chọn luật nào
−3 dB đúng cho phòng nghe rời rạc (hai loa cách xa). −6 dB đúng khi hai kênh cộng lại về một (mono). −4,5 dB là thoả hiệp.

Bẫy thực tế
Hai bàn trộn khác pan law cho bản trộn khác nhau dù mọi núm giống hệt. Khi chuyển dự án giữa hai phần mềm, phải kiểm tra thiết lập này.

Khi pan vào giữa, tín hiệu ra **CẢ HAI** loa. Nếu mỗi loa vẫn nhận đủ 0 dB thì công suất tổng gấp đôi — to hơn **3 dB** so với khi pan hẳn sang một bên.

- Người nghe sẽ thấy **âm lượng nhảy lên** khi xoay núm pan về giữa
- Lượng hạ ở giữa gọi là **luật pan** (pan law)
- Ở vị trí giữa, cả hai kênh nhận cos(π/4) = **0,707 = −3 dB**
- *Bẫy thực tế: hai phần mềm khác pan law cho bản trộn khác nhau dù mọi núm giống hệt*

MỤC 6.3.4

Ba luật pan và trường hợp dùng

Luật pan	Cơ sở vật lý	Đúng khi nào	Ai dùng
−3 dB	Giữ công suất không đổi	Nghe trên hai loa rời rạc trong phòng có phản xạ	Bàn sân khấu, Pro Tools
−4,5 dB	Thoả hiệp giữa hai trường hợp	Không biết trước người nghe dùng loa hay tai nghe	Logic Pro, nhiều bàn số
−6 dB	Giữ biên độ không đổi	Khi hai kênh chắc chắn sẽ cộng về mono	Bàn trộn phát thanh

CHỐT LẠI MỤC 6.2 – 6.3

Chốt lại: preamp và dải kênh

EIN là con số quan trọng nhất của preamp — nhưng chỉ quan trọng khi phải đặt **gain cao**

Chín khối dải kênh theo **một thứ tự cố định**, có lý do vật lý

Giới hạn vật lý là **−130,5 dBu** với nguồn 150 Ω; preamp tốt đạt −128 dBu

Insert cho nén và EQ; **aux post-fader** cho hiệu ứng; **aux pre-fader** cho đường nghe riêng

CMRR là lý do đường cân bằng chạy được 100 m mà vẫn sạch

Pan vào giữa phải **hạ mức** — nếu không thì âm lượng nhảy

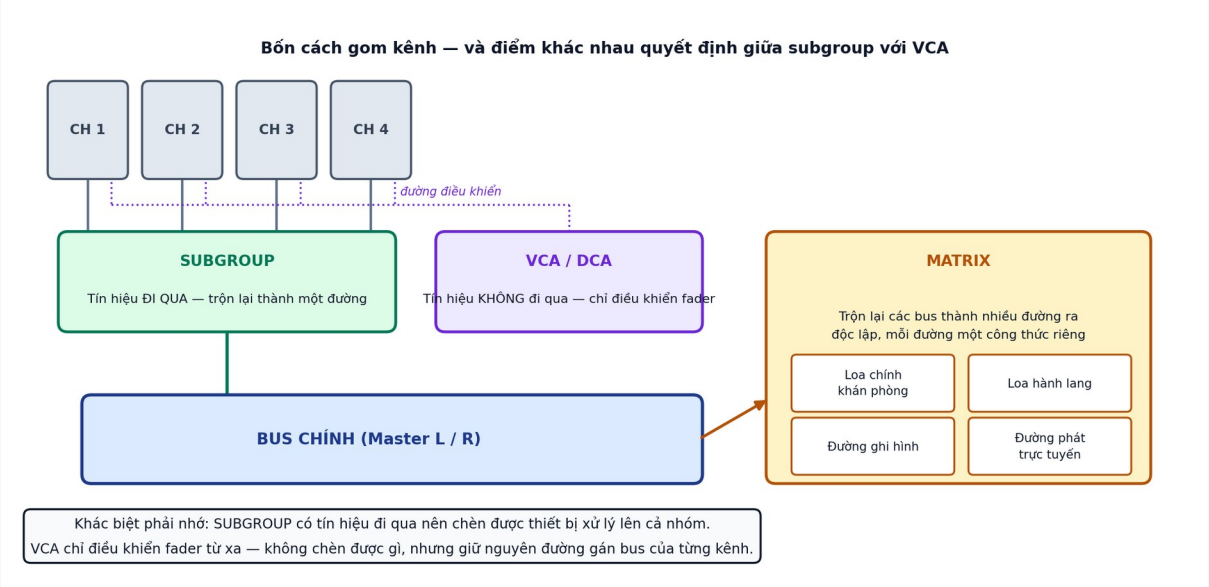
Phantom 48 V: **không cắm rút cáp khi đang bật**

Chuyển dự án giữa hai phần mềm: **kiểm tra pan law trước khi trách phần mềm**

MỤC 6.4

Bus, subgroup, VCA và matrix

- Bốn cách gom kênh — khác nhau về BẢN CHẤT
- Subgroup có tín hiệu đi qua; VCA thì không
- Matrix tạo nhiều đường ra độc lập
- Mix-minus — bắt buộc với khách mời từ xa
- Solo: PFL, AFL và SIP



MỤC 6.4.1

Bốn cơ chế gom kênh

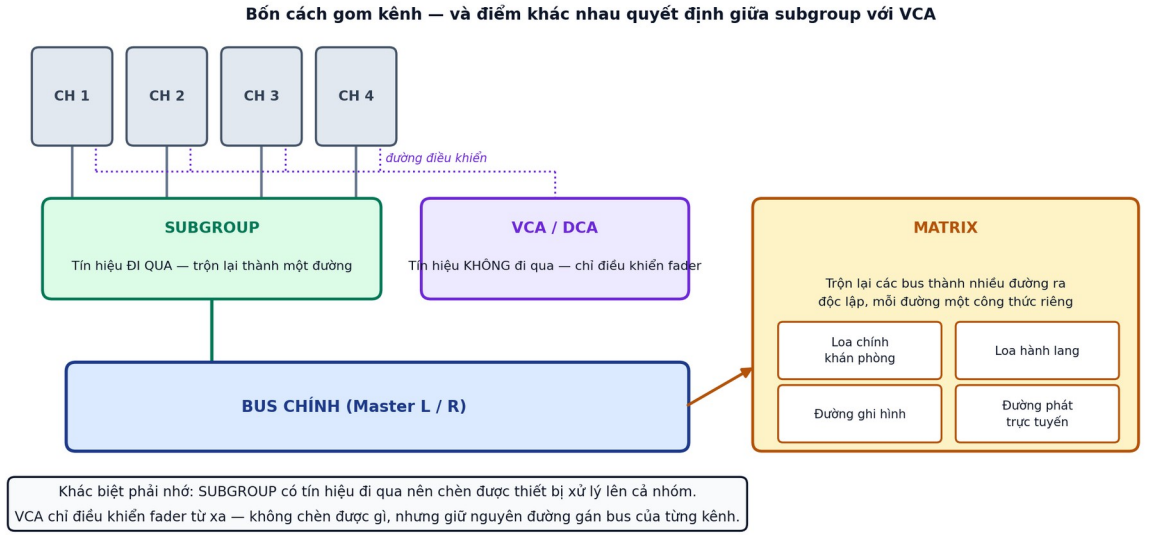
Cơ chế	Tín hiệu đi qua?	Chèn xử lý được?	Dùng để làm gì
Bus chính (Master L/R)	Có	Có, cho toàn bộ bản trộn	Đường ra chính đi phát sóng hoặc ra loa
Subgroup	Có	Có, cho cả nhóm	Xử lý chung cho nhóm nguồn cùng tính chất
VCA / DCA	KHÔNG — chỉ truyền lệnh điều khiển	Không	Chỉnh mức cả nhóm mà GIỮ NGUYÊN đường gán bus và các aux của từng kênh
Matrix	Có	Có, riêng từng đường ra	Nhiều đường ra độc lập: loa khán phòng, hành lang, ghi hình, phát trực tuyến

MỤC 6.4.1

Subgroup hay VCA — một tình huống cụ thể

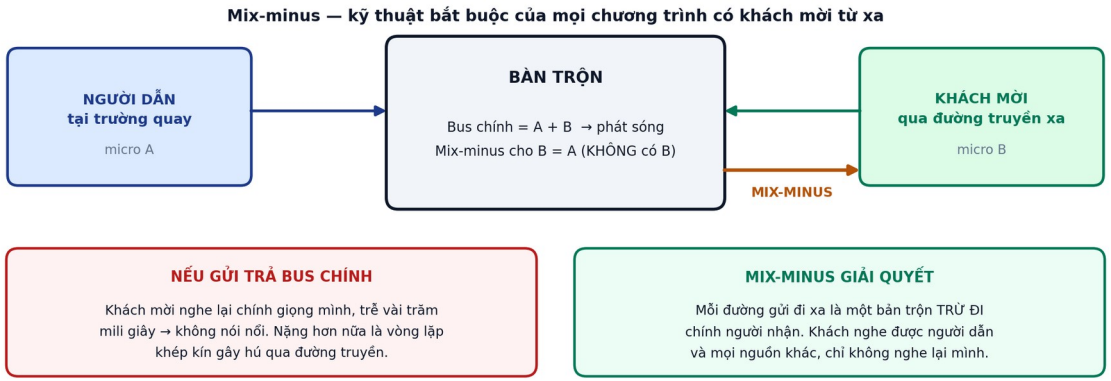
Tám micro trống gán vào **subgroup 1**, trên subgroup 1 có một bộ nén. Người trộn hạ fader subgroup.

- Tín hiệu vào bộ nén **không đổi** — vì nén nằm trên insert, tức trước fader subgroup
- Nhưng aux post-fader của **từng micro trống** vẫn giữ nguyên, vì chúng lấy từ fader KÊNH
- → Lượng hồi âm trống trong bản trộn **không giảm theo**. Nghe rất lạ
- Nếu tám micro đó gán vào một **VCA**: hạ fader VCA có tác dụng đúng như hạ tám fader kênh cùng lúc
- **Cả tín hiệu chính lẫn mọi aux post-fader đều giảm theo**
- *Vì vậy trong âm thanh sân khấu trực tiếp, VCA gần như luôn được ưu tiên hơn subgroup*



Mix-minus — bắt buộc với khách mời từ xa

Không được gửi **bus chính** trở lại cho khách mời tham gia qua đường truyền. Bus chính có chứa chính giọng của họ.



Có bao nhiêu nguồn ở xa thì phải có bấy nhiêu đường mix-minus riêng. Đây là công dụng chính của khối MATRIX.

- Giọng đó quay về sau **150 – 250 ms** độ trễ đường truyền
- Hiện tượng **phản hồi thính giác trễ** (delayed auditory feedback): người nói vấp, lắp, mất mạch
- Nặng hơn: nếu mức đủ lớn, đường truyền tạo **vòng kín** và hệ sẽ hú
- **Giải pháp**: mỗi nguồn ở xa được gửi một bản trộn riêng, chứa mọi thứ TRỪ chính nguồn đó
- Có bao nhiêu nguồn ở xa thì phải có bấy nhiêu đường mix-minus riêng
- *Đây là công dụng chính của khối MATRIX trên bàn trộn phát sóng*

MỤC 6.4.3

Solo — ba chế độ và một cảnh báo

Chế độ	Tên đầy đủ	Nghe được gì	Ảnh hưởng bản trộn chính?
PFL	Pre-Fade Listen	Tín hiệu TRƯỚC fader, mono; nghe được cả khi fader kéo hết xuống	Không — an toàn tuyệt đối khi phát sóng
AFL	After-Fade Listen	Tín hiệu SAU fader và sau pan, đúng như trong bản trộn	Không
SIP	Solo In Place	Kênh được solo; MỌI KÊNH KHÁC BỊ TẮT	CÓ — tuyệt đối không dùng khi đang phát sóng

Phòng thu và hậu kỳ: SIP hữu ích nhất. Sân khấu và phát sóng trực tiếp: PFL là mặc định, SIP thường bị khoá ở phần thiết lập.

MỤC 6.5

Bàn analog, bàn số và bàn trên máy tính

Tiêu chí	Bàn analog	Bàn số	Bàn trên máy tính (DAW)
Nơi xử lý	Mạch tương tự	DSP chuyên dụng trong máy	CPU máy tính
Độ trễ qua bàn	Gần như bằng không	0,7 – 3 ms, cố định	3 – 30 ms, có thể dao động
Lưu và gọi lại	Không — chép tay hoặc chụp ảnh	Có, gọi lại toàn bộ trong một giây	Có, kèm lịch sử chỉnh sửa
Xử lý mỗi kênh	Chỉ phần cứng đi kèm	Có sẵn cổng, nén, EQ 4 dải, trễ	Không giới hạn
Điểm mạnh	Thao tác trực tiếp, nhìn là biết trạng thái	Gọn, gọi lại được — mặc định cho sân khấu và trường quay	Rẻ nhất tính trên số kênh
Điểm yếu	Cồng kềnh, đắt, không lưu được	Giao diện nhiều lớp — chậm khi cần gấp	Phụ thuộc độ ổn định của máy tính

Một hiểu nhầm cần gỡ bỏ

"Analog nghe ấm hơn số" là một phát biểu **thiếu chính xác**.

- Đúng hơn: mạch analog khi làm việc **gần giới hạn** sẽ sinh hài bậc chẵn và nén nhẹ một cách tự nhiên — và tai người thấy điều đó dễ chịu
- Hiệu ứng này **mô phỏng được** trong miền số, và ngày nay được mô phỏng rất tốt
- Ngược lại, mạch số ở mức bình thường **trong suốt hơn analog về mọi chỉ số đo được**: méo thấp hơn, nhiễu thấp hơn, xuyên âm giữa các kênh thấp hơn nhiều
- **Câu hỏi đúng không phải "analog hay số tốt hơn", mà "công việc này cần độ trong suốt hay cần màu âm"**

MỤC 6.6

Gain staging — sắp xếp mức trên toàn chuỗi

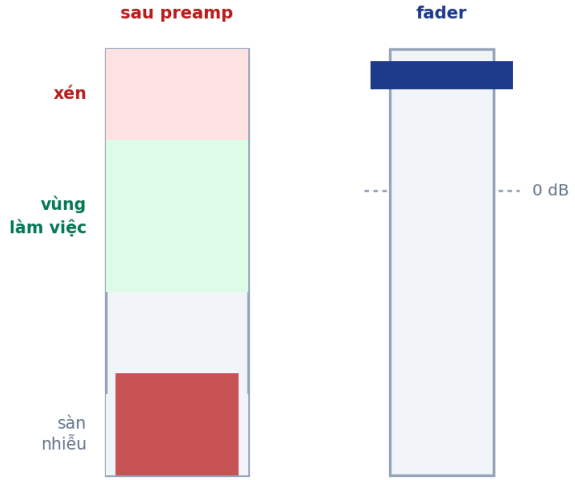
- Mỗi tầng có sàn nhiễu ở dưới, trần xén ở trên
- Hai kiểu sai — và hậu quả KHÔNG đối xứng
- Mục tiêu cụ thể theo từng công đoạn
- Gain staging trong miền số vẫn quan trọng



MỤC 6.6.2

Ba trường hợp — hai sai và một đúng

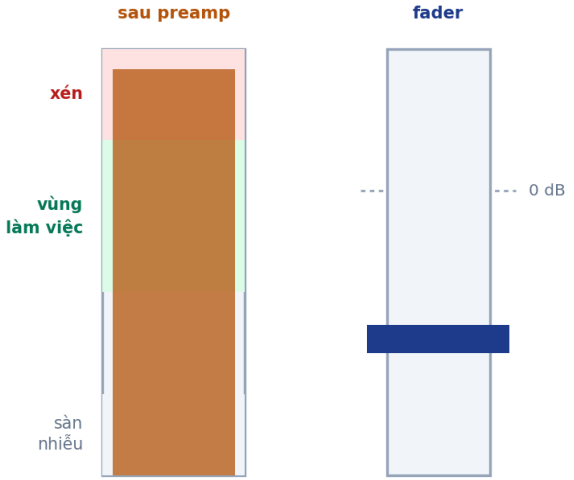
a) Gain quá thấp, fader kéo cao



Preamp đặt gain thấp nên tín hiệu nằm sát sàn nhiễu. Kéo fader lên khuếch đại luôn cả nhiễu.

SAI — tiếng xì rõ

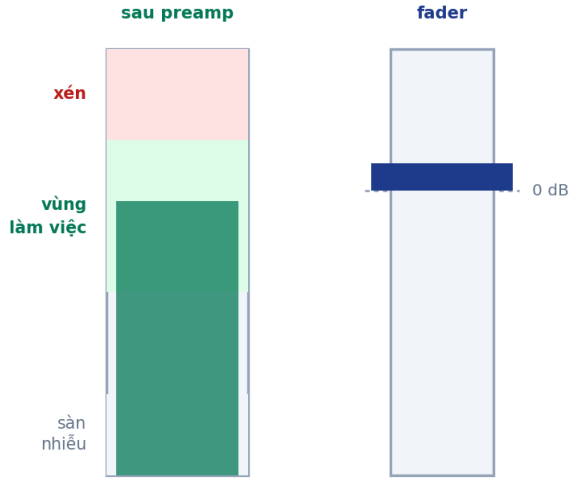
b) Gain quá cao, fader kéo thấp



Tín hiệu đã xén ngay tại preamp. Hạ fader chỉ làm nhỏ đi cái đã méo — không cứu được.

SAI — méo không sửa được

c) Gain đúng, fader ở 0 dB



Tín hiệu nằm giữa vùng làm việc, còn dư headroom. Fader ở vị trí chuẩn nên còn dư đường điều chỉnh.

ĐÚNG

Giữ tín hiệu nằm gọn trong vùng làm việc của TỪNG tầng, chứ không chỉ của tầng cuối

Hai kiểu sai — và hậu quả không đối xứng

- **Gain quá thấp, fader kéo cao.** Tín hiệu nằm sát sàn nhiễu ở tầng preamp; kéo fader lên là khuếch đại cả tín hiệu lẫn nhiễu của tầng đó. Kết quả: tiếng xì rõ trong mọi khoảng lặng
  - → **Lỗi này SỬA ĐƯỢC** — chỉ cần thu lại với gain đúng
- **Gain quá cao, fader kéo thấp.** Tín hiệu đã bị xén NGAY TẠI preamp. Hạ fader chỉ làm cho cái đã méo trở nên nhỏ hơn, không làm nó hết méo
  - → **Lỗi này KHÔNG sửa được** — bản ghi coi như hỏng
- **Hệ quả thực hành: khi phân vân, hãy đặt gain THẤP hơn một chút.** Với hệ 24 bit, dải động sẵn có hơn 140 dB — thu thấp hơn mục tiêu 6 dB gần như không có hậu quả; còn xén thì mất hẳn

Mức đỉnh khuyến nghị theo công đoạn (hệ 24 bit)

Công đoạn	Mức đỉnh mục tiêu	Lý do
Thu tiếng hiện trường (phim, phóng sự)	−20 … −12 dBFS	Chừa dự trữ cho tiếng bất ngờ: tiếng hét, cửa đóng, nổ đạo cụ
Thu phòng thu, nguồn kiểm soát được	−12 … −6 dBFS	Ít mức bất ngờ; giữ khoảng cách với sàn nhiễu phòng
Kênh trong bàn trộn, fader ở 0 dB	−18 dBFS trung bình	Điểm làm việc chuẩn của hầu hết bàn số và plugin mô phỏng analog
Bus chính khi hoà trộn	đỉnh ≤ −6 dBFS	Chừa chỗ cho khâu master, tránh xén khi đổi tốc độ lấy mẫu
Bản giao nộp phát sóng	True Peak ≤ −1 dBTP	Yêu cầu BẮT BUỘC của QCVN 115:2017/BTTTT

QUY TRÌNH CHUẨN

Đặt gain đúng — ba bước

Tình huống: Sắp thu một buổi phỏng vấn 40 phút. Micro cài áo, bàn trộn số, máy ghi nhiều kênh.

1. Đưa **mọi fader về 0 dB (unity)**, tắt mọi xử lý trên kênh, tắt EQ.

2. Yêu cầu nguồn phát ở mức **TO NHẤT** mà nó sẽ đạt trong buổi làm việc — người dẫn nói to nhất, ca sĩ hát đoạn cao trào. Chỉnh núm gain của preamp cho tới khi đỉnh đạt mục tiêu trong bảng trên.

3. Từ đó về sau **KHÔNG đụng vào núm gain nữa**. Mọi thay đổi mức trong buổi làm việc đều thực hiện bằng fader.

Kết luận nghề: Bước 3 là bước hay bị bỏ qua nhất và cũng quan trọng nhất: mỗi lần đụng vào núm gain là ngưỡng nén, ngưỡng cổng, lượng gửi aux — tất cả đều lệch đi.

CÂU HỎI TẠI LỚP

Trong DAW dùng dấu phẩy động 32 bit, gain staging có còn quan trọng không?

Gợi ý: bus nội bộ 32 bit thật sự không xén. Nhưng hãy nghĩ xem tín hiệu **rời khỏi** miền dấu phẩy động ở những chỗ nào, và các plugin **mô phỏng analog** được hiệu chỉnh quanh mức nào.

Suy nghĩ 30 giây — rồi trả lời

GIẢI THÍCH

Đúng một nửa — và sai ở nửa quan trọng

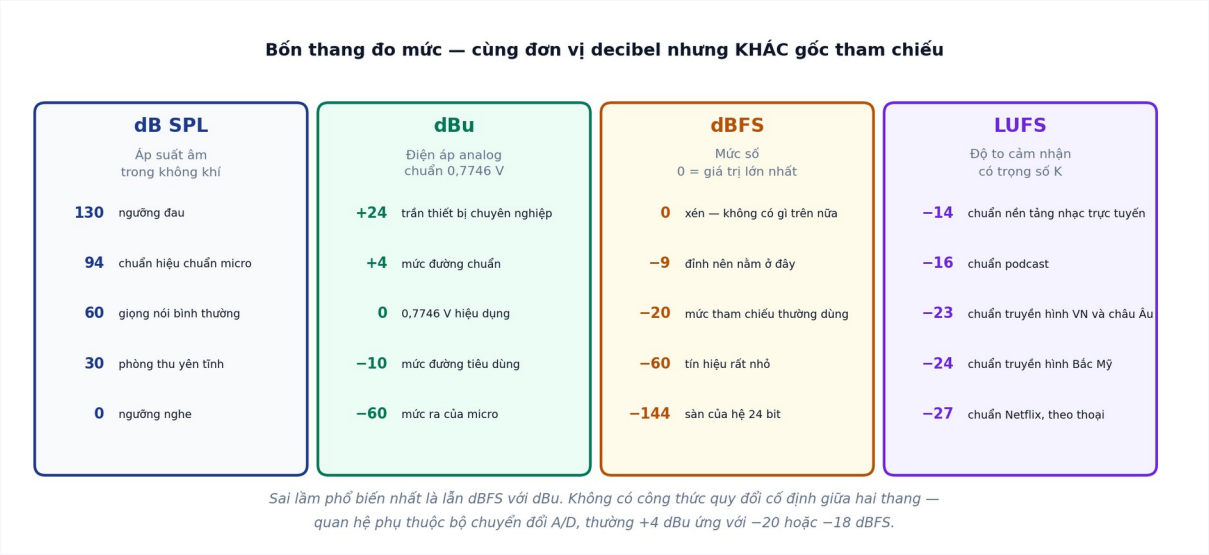
Vẫn rất quan trọng, vì ba lý do.

- **Đúng ở chỗ**: bus nội bộ 32/64 bit dấu phẩy động có dải động vượt xa mọi nhu cầu; vượt 0 dBFS trong bus nội bộ không bị xén và sẽ trở lại bình thường nếu hạ fader sau đó
- **Sai 1**: mọi điểm tín hiệu RỜI KHỎI miền dấu phẩy động — bộ chuyển đổi D/A, tệp xuất ra dạng số nguyên, một số plugin nội bộ — đều **xén thật**
- **Sai 2 (quan trọng nhất)**: các plugin mô phỏng thiết bị analog được hiệu chỉnh quanh **−18 dBFS**. Đưa vào tín hiệu ở −3 dBFS thì chúng làm việc trong vùng méo nặng, cho ra kết quả **không giống thiết bị thật chút nào**
- **Sai 3**: mức lộn xộn khiến người trộn không còn điểm tham chiếu nào để so sánh giữa các kênh

MỤC 6.7

Chuẩn mức, đồng hồ đo và độ to

- Bốn thang decibel — khác GỐC tham chiếu
- Ba loại đồng hồ, ba con số khác nhau
- LUFS và ba cửa sổ đo
- QCVN 115:2017/BTTTT — yêu cầu pháp lý ở Việt Nam



MỤC 6.7.1

Bốn thang đo — cùng đơn vị, khác gốc tham chiếu

Bốn thang đo mức — cùng đơn vị decibel nhưng KHÁC gốc tham chiếu

dB SPL

Áp suất âm
trong không khí

130	ngưỡng đau
94	chuẩn hiệu chuẩn micro
60	giọng nói bình thường
30	phòng thu yên tĩnh
0	ngưỡng nghe

dBu

Điện áp analog
chuẩn 0,7746 V

+24	trần thiết bị chuyên nghiệp
+4	mức đường chuẩn
0	0,7746 V hiệu dụng
−10	mức đường tiêu dùng
−60	mức ra của micro

dBFS

Mức số
0 = giá trị lớn nhất

0	xén — không có gì trên nữa
−9	đỉnh nên nằm ở đây
−20	mức tham chiếu thường dùng
−60	tín hiệu rất nhỏ
−144	sàn của hệ 24 bit

LUFS

Độ to cảm nhận
có trọng số K

−14	chuẩn nền tảng nhạc trực tuyến
−16	chuẩn podcast
−23	chuẩn truyền hình VN và châu Âu
−24	chuẩn truyền hình Bắc Mỹ
−27	chuẩn Netflix, theo thoại

Sai lầm phổ biến nhất là lẫn dBFS với dBu. Không có công thức quy đổi cố định giữa hai thang — quan hệ phụ thuộc bộ chuyển đổi A/D, thường +4 dBu ứng với −20 hoặc −18 dBFS.

Nhầm lẫn giữa bốn thang này là nguồn gốc của rất nhiều sự cố giao nộp

dBu và dBV — hai thang điện áp analog

$$L_{\mathrm{dBu}} = 20\log_{10}\frac{V}{0{,}7746}\ ; \qquad L_{\mathrm{dBV}} = 20\log_{10}\frac{V}{1\,\mathrm{V}}$$

- **dBu** lấy gốc **0,7746 V** — điện áp hiệu dụng sinh 1 mW trên 600 Ω
- **dBV** lấy gốc **1 V** — thường gặp trên thiết bị dân dụng
- Quan hệ: **0 dBV = +2,21 dBu**
- **dBFS** lấy gốc là giá trị lớn nhất từ mã biểu diễn được → mọi giá trị dBFS đều **âm hoặc bằng không**

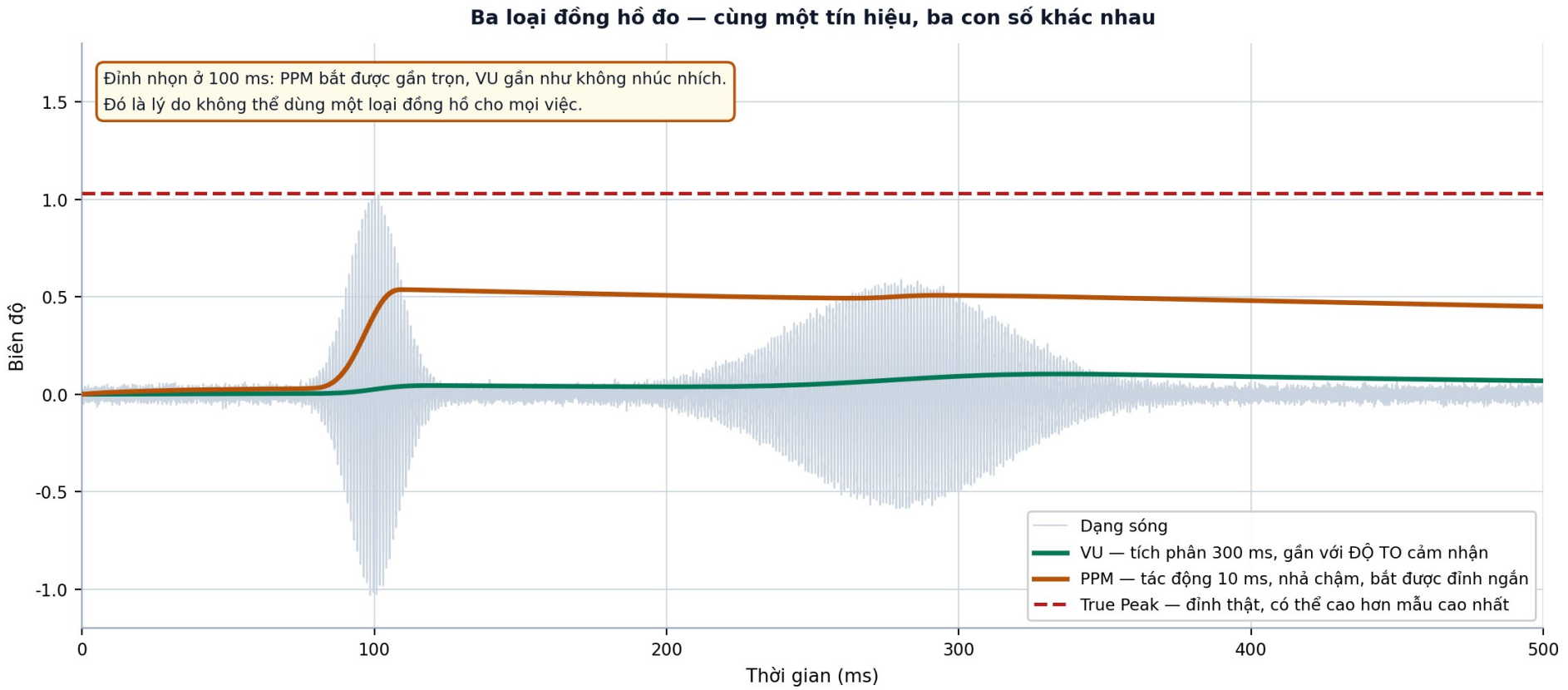
KHÔNG có công thức quy đổi cố định giữa dBu và dBFS

Quan hệ phụ thuộc cách hiệu chỉnh bộ chuyển đổi A/D của từng thiết bị.

+4 dBu ứng với −20 dBFS (SMPTE, Bắc Mỹ), −18 dBFS (EBU, châu Âu), hoặc −24 dBFS (một số thiết bị phim).

Nhận thiết bị mới: tra tài liệu hoặc đo bằng máy phát tần chuẩn 1 kHz.

Ba loại đồng hồ — cùng tín hiệu, ba con số



Không con số nào sai — chúng đo ba thứ khác nhau

MỤC 6.7.2

Bốn loại đồng hồ đo mức

Loại	Hằng số thời gian	Đo cái gì	Dùng để làm gì
VU	Tích phân 300 ms cả lên lẫn xuống	Mức trung bình — gần với cảm nhận độ to	Cân mức giữa các nguồn; KHÔNG dùng để tránh xén
PPM	Tác động 10 ms, nhả 1,5 – 2,8 s	Đỉnh gần đúng; bỏ sót đỉnh ngắn hơn 10 ms	Chuẩn phát thanh truyền hình châu Âu (IEC 60268-10)
Sample Peak	Tức thời	Mẫu số có giá trị lớn nhất	Kiểm tra nhanh — KHÔNG đủ để bảo đảm không xén
True Peak	Nội suy ≥ 4 lần	Đỉnh thật của dạng sóng analog phục hồi được	BẮT BUỘC trong mọi tiêu chuẩn giao nộp

Hai mẫu liên tiếp cùng bằng −0,1 dBFS có thể tương ứng một đỉnh analog ở +0,7 dBFS ở khoảng giữa chúng.

MỤC 6.7.3

LUFS — đo độ to mà tai người cảm nhận

Bốn loại đồng hồ trên đo **biên độ điện**, không đo độ to. Hai đoạn có cùng mức đỉnh có thể chênh **15 dB** về độ to cảm nhận.

$$L_K = -0{,}691 + 10\log_{10}\sum_i G_i\, z_i \quad \text{(LKFS)}$$

- Tín hiệu qua **bộ lọc trọng số K** (mô phỏng ảnh hưởng của đầu và vành tai người)
- Rồi lấy trung bình bình phương có gán trọng số theo kênh
- Đơn vị: **LKFS** (cách gọi của ITU) hoặc **LUFS** (cách gọi của EBU) — hoàn toàn giống nhau
- **1 LU = 1 dB**

MỤC 6.7.3

Ba cửa sổ đo độ to



Momentary 400 ms · Short-term 3 s · Integrated có cổng — con số bàn giao

MỤC 6.7.4

QCVN 115:2017/BTTTT — yêu cầu pháp lý ở Việt Nam

Chỉ tiêu	Yêu cầu	Ghi chú
Độ to tích hợp của chương trình	−23 LUFS ± 1,0 LU	Đo theo ITU-R BS.1770-2, có cổng
Mức đỉnh thật cực đại	không vượt −1 dBTP	Đo bằng đồng hồ True Peak, nội suy tối thiểu 4 lần
Dải độ to (LRA)	nhỏ hơn 20 LU	Bảo đảm nghe được ở môi trường gia đình
Nội dung ngắn dưới 30 giây	cực đại không vượt −18 LUFS	Ngăn quảng cáo to vọt so với chương trình

Ban hành kèm Thông tư 34/2017/TT-BTTTT của Bộ Thông tin và Truyền thông. Áp dụng cho truyền hình tại Việt Nam, không bao gồm truyền hình qua Internet.

MỤC 6.7.4

Các mục tiêu độ to thông dụng trên thế giới

Nơi phát hành	Độ to tích hợp	Trần True Peak	Văn bản
Truyền hình Việt Nam	−23 LUFS ± 1,0 LU	−1 dBTP	QCVN 115:2017/BTTTT
Truyền hình châu Âu	−23 LUFS ± 0,5 LU	−1 dBTP	EBU R128
Truyền hình Bắc Mỹ	−24 LKFS ± 2 LU	−2 dBTP	ATSC A/85 (luật CALM)
Netflix và một số nền tảng phim	−27 LKFS (đo theo thoại)	−2 dBTP	Netflix Sound Mix Spec.
Spotify, YouTube, Amazon Music	−14 LUFS	−1 dBTP	Chuẩn hoá tự động khi phát
Apple Music	−16 LUFS	−1 dBTP	Sound Check
Podcast (thông lệ)	−16 LUFS stereo / −19 mono	−1 dBTP	AES TD1004

Cuộc đua âm lượng đã kết thúc về mặt kỹ thuật

Mọi nền tảng nghe nhạc trực tuyến lớn đều tự động chuẩn hoá độ to khi phát.
Một bản trộn bị nén nát để "to hơn người khác" sẽ bị hệ thống hạ xuống đúng mục tiêu —
và kết quả là nó nghe NHỎ hơn, dẹt hơn, kém sức sống hơn một bản trộn có dải động lành mạnh.
Từ khoảng năm 2015, nén quá tay không còn đem lại lợi thế nào — nó chỉ còn là thiệt hại thuần tuý.

Bài thực hành số 1 — Gain staging và chuẩn mức

Mục tiêu: đặt được gain đúng cho chuỗi micro – preamp – bàn trộn – bộ ghi; phân biệt bằng tai hậu quả của gain sai; đưa một bản trộn về đúng −23 LUFS theo QCVN 115:2017/BTTTT.

- **Phần 1** — So sánh gain cần thiết của micro điện động và micro điện dung ở cùng khoảng cách 30 cm. Chênh lệch có khớp với chênh lệch độ nhạy trong tài liệu không?
- **Phần 2** — Thu ba lần cùng một đoạn văn: gain thấp hơn 24 dB (rồi bù lại trong DAW), gain cao hơn 12 dB (rồi hạ xuống), và gain đúng. Nghe ở cùng mức phát và mô tả bằng lời
- **Phần 3** — Lấy một đoạn phim 60 – 120 giây, đo độ to tích hợp / LRA / True Peak, so với QCVN, rồi chuẩn hoá và đo lại
- **Nộp lại**: file đã chuẩn hoá, ảnh chụp máy đo trước và sau, và 100 – 150 từ giải thích

CÂU HỎI TẠI LỚP

Vì sao chuẩn truyền hình đặt mục tiêu ở −23 LUFS trong khi nền tảng nhạc trực tuyến đặt ở −14 LUFS?

Gợi ý: nghĩ về **môi trường nghe** của hai loại khán giả, và về **dải động** mà mỗi loại nội dung cần giữ lại.

Suy nghĩ 30 giây — rồi trả lời

GIẢI THÍCH

Hai môi trường nghe, hai bài toán khác nhau

Truyền hình cần chừa dải động; nhạc trực tuyến cần nghe được ở nơi ồn.

- **Truyền hình**: xem tại nhà, nền phòng ~40 dB(A), nội dung có cả thoại nhỏ lẫn cảnh hành động. Mục tiêu thấp (−23) **chừa dự trữ** cho các đỉnh kịch tính mà không xén
- **Nhạc trực tuyến**: nghe bằng tai nghe, thường ở nơi ồn, nội dung có dải động vốn đã hẹp. Mục tiêu cao (−14) cho **âm lượng nghe được** ngay mà không phải vặn to
- **Netflix ở −27 LKFS đo theo thoại**: phim chiếu trong phòng tối, nền rất yên — chừa dải động lớn nhất trong ba loại
- *Bài học: mục tiêu độ to không phải chuyện thẩm mỹ, mà là hệ quả của môi trường nghe*

CHỐT LẠI MỤC 6.4 – 6.8

Chốt lại Phần A

Subgroup có tín hiệu đi qua nên chèn được xử lý; **VCA** chỉ điều khiển fader từ xa

Đặt gain một lần, rồi dùng **fader** cho mọi thay đổi sau đó

Mix-minus là bắt buộc với mọi khách mời từ xa

Gain staging vẫn quan trọng trong DAW — vì plugin analog hiệu chỉnh quanh **−18 dBFS**

PFL an toàn khi phát sóng; **SIP** thì không

Không có công thức quy đổi cố định giữa **dBu và dBFS**

Gain quá thấp **sửa được**; gain quá cao **không sửa được**

Con số bàn giao cho đài Việt Nam: **−23 LUFS ± 1,0 LU, True Peak ≤ −1 dBTP**