MỤC LỤC

Chương 6. Thiết bị xử lý và điều khiển tín hiệu âm thanh 8
6.1 Vị trí của chương trong dây chuyền âm thanh 9
6.2 Tiền khuếch đại micro 11
6.3 Dải kênh của bàn trộn 15
6.4 Bus, subgroup, VCA và matrix 18
6.5 Bàn trộn analog, bàn trộn số và bàn trộn trên máy tính 20
6.6 Gain staging — sắp xếp mức trên toàn chuỗi 22
6.7 Chuẩn mức, đồng hồ đo và độ to 24
6.8 Bài thực hành số 1 — gain staging và chuẩn mức 30
6.9 Vì sao phải xử lý dải động 31
6.10 Bộ nén — nguyên lý và tham số 32
6.11 Hạn chế, cổng nhiễu, mở rộng và de-esser 39
6.12 Sidechain và các kỹ thuật nén nâng cao 41
6.13 Bài thực hành số 2 — xử lý động 44
6.14 Cân bằng tần số trong thực hành 45
6.15 Hồi âm 52
6.16 Trễ 57
6.17 Các hiệu ứng khác 59
6.18 Bài thực hành số 3 — EQ, hồi âm và trễ 62
6.19 Cơ chế của hiện tượng hú 63
6.20 PAG và NAG — tính toán độ lợi trước khi dựng hệ 64
6.21 Bốn tầng chống hú 67
6.22 DSP quản lý hệ thống loa 70
6.23 Bài thực hành số 4 — chống hú và chỉnh hệ 72
6.24 Nguồn điện, vòng đất và an toàn 74
6.25 Câu hỏi ôn tập 77

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 6.1 Vị trí của Chương 6 trong dây chuyền âm thanh — mọi thứ nằm giữa bộ chuyển đổi vào và bộ chuyển đổi ra....10
Hình 6.2 Sơ đồ khối của một bộ tiền khuếch đại micro chuyên nghiệp....11
Hình 6.3 Nhiễu và tín hiệu cùng lớn lên theo gain — tỉ số tín hiệu trên nhiễu thì không đổi, và nó do EIN quyết định....12
Hình 6.4 Nút bật nguồn phantom (PHANTOM) và đèn báo trên mặt bàn trộn....14
Hình 6.5 Chín khối của một dải kênh bàn trộn và chức năng của từng khối....15
Hình 6.6 Aux pre-fader và post-fader — cùng một mạch, khác nhau ở điểm trích tín hiệu....16
Hình 6.7 Ba luật pan thông dụng và tiêu chí chọn giữa chúng....17
Hình 6.8 Bus chính, subgroup, VCA và matrix — bốn cách gom kênh khác nhau về bản chất....18
Hình 6.9 Nguyên lý mix-minus — mỗi đường gửi đi xa là một bản trộn trừ đi chính người nhận....19
Hình 6.10 Bàn trộn analog 72 kênh trong phòng thu....20
Hình 6.11 Bàn trộn số có màn hình hiển thị phổ tần và dải fader....21
Hình 6.12 Ba trường hợp gain staging — hai sai và một đúng....22
Hình 6.13 Bốn thang đo mức thông dụng — cùng đơn vị decibel nhưng khác gốc tham chiếu....24
Hình 6.14 Mục Loudness trong Essential Sound của Adobe Premiere Pro: Auto-Match đưa đoạn thoại về –23 LUFS (tệp thoại mẫu tổng hợp)....25
Hình 6.15 Đồng hồ VU, PPM và True Peak trên cùng một tín hiệu....25
Hình 6.16 Đồng hồ Loudness Radar đo độ to chương trình trong Adobe Audition; nguồn âm là tệp thoại nền nhạc mẫu tổng hợp....27
Hình 6.17 Ba cửa sổ đo độ to: momentary 400 ms, short-term 3 s và integrated có cổng 28
Hình 6.18 Dải động của nguồn âm so với dải động thực dùng được ở nơi nghe....31
Hình 6.19 Bốn thiết bị xử lý động trên cùng một loại đồ thị, và trễ ngưỡng của cổng nhiễu....32
Hình 6.20 Đường đặc tuyến vào–ra của bộ nén: tỉ số nén và dạng gối....33
Hình 6.21 Đặc tuyến bộ nén (Dynamics Processing) của Adobe Audition, cấu hình tham khảo cho giọng nói....34
Hình 6.22 Ba cặp thời gian tác động – nhả trên cùng một tín hiệu và độ giảm ích tương ứng....36
Hình 6.23 Hai cách đọc mức của mạch dò và hai kiểu mắc mạch điều khiển....37
Hình 6.24 Hai bộ nén quang Teletronix LA-2A lắp trên giá rack....38
Hình 6.25 Bốn họ mạch nén, đặc tính và các máy tiêu biểu của từng họ....38
Hình 6.26 Sidechain trong hai ứng dụng: ducking và de-esser....41
Hình 6.27 Ducking trong Essential Sound của Adobe Premiere Pro: nhạc nền (Music) tự hạ 18 dB khi có thoại (Dialogue); dữ liệu là tệp mẫu tổng hợp....42
Hình 6.28 Ba kỹ thuật dùng bộ nén: nén nối tiếp, nén song song và nén bus....43
Hình 6.29 Năm kiểu bộ lọc có trong mọi bộ EQ và ảnh hưởng của lượng nâng hoặc hạ 46
Hình 6.30 Cùng nâng +9 dB tại 1 kHz với năm giá trị Q khác nhau....47
Hình 6.31 Bộ cân bằng tham số (Parametric Equalizer) của Adobe Audition với cấu hình mẫu cho giọng nói....48
Hình 6.32 Giá rack các bộ cân bằng tần số analog (Pultec và Summit Audio)....49
Hình 6.33 EQ trừ so với EQ cộng, và nguyên lý làm việc của EQ động....49

Hình 6.34 Bản đồ vùng tần số và dải tần cơ bản của một số nguồn âm thông dụng.....50
Hình 6.35 EQ pha tối thiểu và EQ tuyến tính pha — độ xoay pha và đáp ứng xung.....52
Hình 6.36 Ba phần của một tiếng dội và bốn tham số điều khiển chúng.....53
Hình 6.37 Bộ hồi âm tích chập (Convolution Reverb) của Adobe Audition với tệp đáp ứng xung mẫu tổng hợp, Mix 23 %, Pre-Delay khoảng 20 ms.....55
Hình 6.38 Bộ hồi âm tấm EMT 140 (khung mở, thấy tấm kim loại bên trong).....56
Hình 6.39 Hai họ hồi âm — thuật toán và tích chập — cùng tiêu chí chọn giữa chúng 56
Hình 6.40 Ba cách dùng bộ trễ trong sản xuất, và trễ để bù khoảng cách trong tăng âm 57
Hình 6.41 Chorus, flanger và phaser — độ trễ tức thời và đáp tuyến tương ứng.....60
Hình 6.42 Vòng kín của hệ tăng âm và hai điều kiện dao động Barkhausen.....63
Hình 6.43 Đáp tuyến vòng hở của một hệ thật khi nâng dần độ lợi.....64
Hình 6.44 Năm khoảng cách của phép tính PAG/NAG.....65
Hình 6.45 Ảnh hưởng của khoảng cách micro và số micro mở tới biên an toàn.....66
Hình 6.46 Bốn tầng chống hú theo đúng thứ tự thực hiện.....67
Hình 6.47 Bộ cân bằng đồ hoạ hai kênh 31 băng tần dạng rack.....68
Hình 6.48 Ring-out — cắt ba đỉnh cao nhất bằng notch hẹp và độ lợi thu được.....68
Hình 6.49 Bộ triệt hú tự động và bộ dịch tần — hai cách can thiệp khác nhau.....69
Hình 6.50 Năm khối của bộ DSP quản lý loa và ba nguyên tắc chỉnh hệ.....70
Hình 6.51 Cơ chế hình thành vòng đất và bốn cách cắt vòng theo thứ tự nên thử.....74
Hình 6.52 Hộp DI hai kênh có công tắc ngắt đất (ground lift).....75

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 6.1 Cấu trúc của Chương 6 9
Bảng 6.2 Bốn nhóm thiết bị xử lý và câu hỏi mà mỗi nhóm trả lời 10
Bảng 6.3 Bốn kiểu mạch tiền khuếch đại micro thông dụng 13
Bảng 6.4 Insert hay aux — quy tắc chọn theo bản chất của thiết bị 16
Bảng 6.5 Ba luật pan và trường hợp dùng 17
Bảng 6.6 Bốn cơ chế gom kênh trên bàn trộn 18
Bảng 6.7 Ba chế độ nghe thử trên bàn trộn 20
Bảng 6.8 So sánh ba họ bàn trộn 21
Bảng 6.9 Mức đỉnh khuyến nghị theo công đoạn (hệ 24 bit) 23
Bảng 6.10 Ba loại đồng hồ đo mức và công dụng của từng loại 26
Bảng 6.11 Ba cửa sổ đo độ to và công dụng 28
Bảng 6.12 Yêu cầu của QCVN 115:2017/BTTTT 29
Bảng 6.13 Các mục tiêu độ to thông dụng trên thế giới 29
Bảng 6.14 Bốn thiết bị xử lý động và vùng tác động 32
Bảng 6.15 Chọn họ mạch nén theo nguồn âm 39
Bảng 6.16 Hai loại bộ hạn chế 39
Bảng 6.17 Hai loại de-esser 41
Bảng 6.18 Tham số ducking cho nhạc nền dưới lời dẫn 42
Bảng 6.19 Chuỗi xử lý giọng dẫn tiêu chuẩn 45
Bảng 6.20 Năm kiểu bộ lọc cơ bản của bộ EQ 46
Bảng 6.21 Q và bề rộng tương ứng theo quãng tám 47
Bảng 6.22 Vùng tần số, tên gọi và can thiệp thường dùng 51
Bảng 6.23 Thời gian vang điển hình của một số không gian 54
Bảng 6.24 Trễ và cách tai nghe theo độ dài 58
Bảng 6.25 Ba hiệu ứng điều biến 60
Bảng 6.26 Bốn nhóm công cụ khôi phục tiếng nói 61
Bảng 6.27 Ba không gian cần dựng và tham số gợi ý 62
Bảng 6.28 Định nghĩa năm khoảng cách 65
Bảng 6.29 Bốn đòn bẩy và hiệu quả của từng đòn bẩy 66
Bảng 6.30 Năm khối của bộ DSP quản lý loa 71
Bảng 6.31 Hai loại bất thường và cách xử lý đúng 72
Bảng 6.32 Nhận dạng nhiễu theo âm thanh nghe được 75

DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu viết tắt	Thuật ngữ tiếng Anh đầy đủ	Ý nghĩa chuyên môn trong kỹ thuật Audio - Video
ADSR	Attack - Decay - Sustain - Release	Mô hình đường bao biên độ 4 giai đoạn theo thời gian trong thiết kế tiếng động
AES	Audio Engineering Society	Hội Kỹ sư Âm thanh Quốc tế — tổ chức ban hành các tiêu chuẩn âm thanh chuyên nghiệp
DAW	Digital Audio Workstation	Trạm làm việc âm thanh số (Pro Tools, DaVinci Resolve Fairlight, Nuendo, Reaper)
dB	Decibel	Đơn vị logarit biểu diễn tỷ số giữa hai đại lượng biên độ hoặc công suất
dB SPL	Decibel Sound Pressure Level	Mức áp suất âm thanh trong không khí quy chiếu theo ngưỡng nghe 20 µPa
dBFS	Decibels Relative to Full Scale	Thang đo decibel số toàn dải; 0 dBFS là trần tuyệt đối của hệ thống kỹ thuật số
dBTP	Decibels True Peak	Mức đỉnh thực của tín hiệu số có tính toán hiện tượng liên mẫu (inter-sample peaks)
dBA / dBC	A-weighted / C-weighted Decibels	Mức đo decibel qua mạch lọc bù trừ đặc tuyến độ nhạy của tai người
EBU	European Broadcasting Union	Hiệp hội Phát thanh Truyền hình Châu Âu (tác giả tiêu chuẩn EBU R128)
HRTF	Head-Related Transfer Function	Hàm truyền liên quan đến đầu người — cơ sở định vị không gian 3 chiều và âm thanh nhị nhĩ
ILD	Interaural Level Difference	Độ chênh lệch mức áp suất âm thanh giữa hai tai (chủ đạo ở tần số cao > 1,5 kHz)
ITD	Interaural Time Difference	Độ chênh lệch thời gian âm thanh truyền đến hai tai (chủ đạo ở tần số thấp < 1,5 kHz)
ITU-R	ITU Radiocommunication Sector	Phân ban Vô tuyến của Liên minh Viễn thông Quốc tế (tác giả chuẩn BS.1770)
LKFS / LUFS	Loudness K-weighted / Units Full Scale	Đơn vị đo lường độ to cảm nhận chuẩn hóa theo ITU-R BS.1770
LRA	Loudness Range	Dải độ to — chỉ số mô tả độ động giữa đoạn to và đoạn nhỏ của chương trình (đơn vị LU)
NC / NR	Noise Criteria / Noise Rating	Đường cong tiêu chí đánh giá mức độ ồn nền của phòng thu

Ký hiệu viết tắt	Thuật ngữ tiếng Anh đầy đủ	Ý nghĩa chuyên môn trong kỹ thuật Audio - Video
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health	Viện Quốc gia về An toàn và Sức khỏe Nghề nghiệp Hoa Kỳ
RMS	Root Mean Square	Giá trị căn bậc hai trung bình bình phương (năng lượng hiệu dụng của tín hiệu)
RT60	Reverberation Time 60 dB	Thời gian để năng lượng âm vang suy giảm 60 dB sau khi ngắt nguồn âm
SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers	Hiệp hội Kỹ sư Điện ảnh và Truyền hình Quốc tế
SNR	Signal-to-Noise Ratio	Tỷ số tín hiệu trên tạp âm (đo bằng dB)

CHƯƠNG 6
THIẾT BỊ XỬ LÝ VÀ ĐIỀU KHIỂN TÍN HIỆU ÂM THANH

Khuếch đại · Bàn trộn · Chuẩn mức · Xử lý động · Hiệu ứng · Chống hú

Năm chương đầu của cuốn sách đi theo đường đi của tín hiệu âm thanh: Chương 1 mô tả sóng âm trong không khí, Chương 2 mô tả tín hiệu trên dây dẫn, Chương 3 mô tả tín hiệu ở dạng số, Chương 4 mô tả cách nhìn tín hiệu trong miền tần số, và Chương 5 mô tả hai bộ chuyển đổi ở hai đầu dây chuyền là micro và loa.

Chương 6 lấp đầy khoảng giữa, tức là mọi thiết bị nằm giữa micro và loa, nơi người kỹ sư âm thanh thực sự dành phần lớn thời gian làm việc: bộ tiền khuếch đại, bàn trộn, bộ nén, bộ EQ, bộ hồi âm, bộ trễ, bộ chống hú và bộ DSP quản lý loa.

Mục tiêu của chương

Sau khi đọc xong chương này, người đọc có thể:

1. Giải thích được nguyên lý làm việc của bộ tiền khuếch đại micro và chọn được thiết bị phù hợp dựa trên thông số EIN và CMRR.
2. Đặt được gain đúng cho một chuỗi thiết bị và giải thích được hậu quả không đối xứng của hai kiểu gain sai.
3. Sử dụng thành thạo dải kênh của bàn trộn, phân biệt được insert với aux, subgroup với VCA, và dựng được đường mix-minus.
4. Đọc và sử dụng đúng bốn thang đo mức, ba loại đồng hồ đo và ba cửa sổ đo độ to, đồng thời đưa được một sản phẩm về đúng chỉ tiêu của QCVN 115:2017/BTTTT.
5. Giải thích và đặt được năm tham số của bộ nén, chọn được họ mạch nén phù hợp với từng nguồn âm và dựng được chuỗi xử lý động cho giọng dẫn.
6. Tìm và loại bỏ được tần số có vấn đề bằng EQ, giải thích được vì sao cắt tốt hơn nâng và xác định được khi nào nên dùng EQ tuyến tính pha.
7. Dựng được không gian hồi âm thuyết phục cho một đoạn âm thanh mà vẫn giữ lời rõ, và tính được độ trễ bù khoảng cách cho cột loa tiếp sức.
8. Giải thích được cơ chế hú theo hai điều kiện Barkhausen, tính được PAG/NAG cho một bố trí và thực hiện được quy trình ring-out an toàn.
9. Nhận biết và xử lý được vòng đất, đồng thời tuân thủ các nguyên tắc an toàn điện khi làm việc với hệ thống âm thanh.

Cấu trúc của chương

Chương gồm hai mươi bốn mục, chia thành năm phần theo bốn câu hỏi kỹ thuật khác nhau, kèm bốn bài thực hành đặt ở cuối mỗi phần:

Bảng 6.1 Cấu trúc của Chương 6

Phần	Các mục	Nội dung	Bài thực hành
A	6.1 – 6.8	Vị trí chương, tiền khuếch đại, dải kênh bàn trộn, bus và VCA, các họ bàn trộn, gain staging, chuẩn mức và độ to	Số 1 — Gain staging và chuẩn mức
B	6.9 – 6.13	Vì sao cần xử lý động, bộ nén, hạn chế, cổng nhiễu, de-esser, sidechain và các kỹ thuật nén nâng cao	Số 2 — Xử lý động
C	6.14 – 6.18	Cân bằng tần số, hồi âm, trễ, các hiệu ứng điều biến, tạo hài và khôi phục tiếng nói	Số 3 — EQ, hồi âm và trễ
D	6.19 – 6.23	Cơ chế hú, PAG/NAG, bốn tầng chống hú, DSP quản lý loa và phép đo hàm truyền	Số 4 — Chống hú và chỉnh hệ
E	6.24	Nguồn điện, vòng đất, nhận dạng nhiễu và an toàn điện	—

Kiến thức cần có trước khi đọc

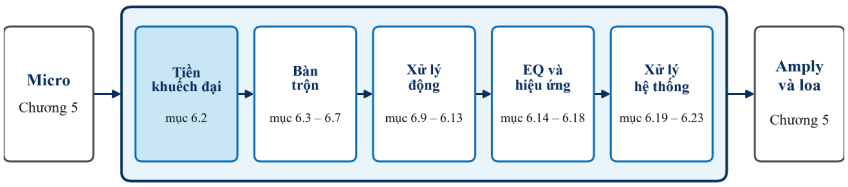
Chương này giả định người đọc đã nắm được: decibel và các thang tham chiếu (Chương 1), tín hiệu điện và trở kháng (Chương 2), lấy mẫu và lượng tử hoá (Chương 3), phổ và đáp tuyến (Chương 4), nguyên lý micro và loa (Chương 5).

6.1 Vị trí của chương trong dây chuyền âm thanh

6.1.1 Từ hai đầu vào phần giữa

Chương 5 mô tả chi tiết hai đầu của dây chuyền âm thanh: micro là bộ chuyển đổi từ áp suất không khí sang điện áp, còn loa là bộ chuyển đổi ngược lại. Tuy nhiên, giữa hai đầu đó tín hiệu không đi thẳng mà đi qua một chuỗi thiết bị, mỗi thiết bị đều làm thay đổi tín hiệu một cách có chủ ý: khuếch đại, gom lại, siết dải động, sửa âm sắc, thêm không gian và phân chia cho từng củ loa. Chương 6 trình bày phần giữa đó.

Cách phân chia này phản ánh một thực tế nghề nghiệp: người kỹ sư âm thanh dành phần lớn thời gian làm việc với những thiết bị của Chương 6 hơn là với micro và loa. Micro sau khi chọn xong chỉ cần cắm vào là hoạt động, loa sau khi treo xong gần như không phải can thiệp nữa, trong khi bộ nén, bộ EQ, bàn trộn và bộ DSP được điều chỉnh liên tục trong suốt buổi làm việc.



Hình 6.1 Vị trí của Chương 6 trong dây chuyền âm thanh — mọi thứ nằm giữa bộ chuyển đổi vào và bộ chuyển đổi ra

6.1.2 Bốn nhóm thiết bị và bốn câu hỏi

Toàn bộ thiết bị của chương này có thể quy về bốn nhóm, mỗi nhóm trả lời một câu hỏi khác nhau về tín hiệu:

Bảng 6.2 Bốn nhóm thiết bị xử lý và câu hỏi mà mỗi nhóm trả lời

Nhóm thiết bị	Câu hỏi kỹ thuật	Đại lượng bị thay đổi	Mục trong chương
Khuếch đại và trộn	Tín hiệu có đủ mức không, và các nguồn gộp lại thế nào?	Biên độ, số kênh	6.2 – 6.8
Xử lý động	Khoảng cách giữa chỗ to nhất và chỗ nhỏ nhất có phù hợp không?	Dải động theo thời gian	6.9 – 6.13
Xử lý tần số và không gian	Âm sắc có đúng không, âm thanh nằm trong không gian nào?	Phân bố theo tần số, theo thời gian 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, giới hạn	6.19 – 6.23

Bốn câu hỏi này độc lập với nhau: một bản trộn có thể đúng mức nhưng sai dải động, đúng dải động nhưng sai âm sắc, hoặc đúng tất cả nhưng đặt trong một hệ tăng âm mất ổn định. Người mới thường lẫn lộn bốn câu hỏi và chỉnh sai công cụ: nghe tiếng nói bị chìm thì vặn EQ trong khi vấn đề nằm ở dải động, nghe tiếng hú thì hạ EQ dải cao trong khi vấn đề nằm ở bố trí micro. Vì vậy, một trong những mục tiêu quan trọng nhất của chương là rèn khả năng xác định mình đang đứng trước câu hỏi nào.

> **QUY TẮC 6.1 — CÁCH HỌC CHƯƠNG NÀY**
>
> **Mỗi mục kỹ thuật đều có ba lớp:** *nguyên lý* (thiết bị làm gì với tín hiệu), *tham số* (các núm vặn và ý nghĩa vật lý của chúng) và *thực hành* (dùng vào việc gì, đặt như thế nào, những điểm dễ sai).
>
> Người đọc nên đọc lớp nguyên lý một lần cho hiểu, học thuộc lớp tham số và luyện lớp thực hành bằng tai, vì phần thực hành không thể học được chỉ bằng cách đọc.
>
> Bốn bài thực hành ở các mục 6.8, 6.13, 6.18 và 6.23 được thiết kế để người đọc tự thực hiện với thiết bị sẵn có.

6.2 Tiền khuếch đại micro

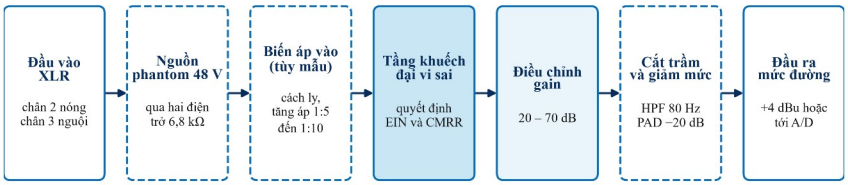
6.2.1 Vì sao tầng đầu tiên quyết định tất cả

Một micro điện động có độ nhạy điển hình 1,5 – 2,5 mV/Pa. Giọng nói bình thường ở khoảng cách 30 cm tạo áp suất chừng 0,1 Pa, nghĩa là micro cho ra khoảng 0,2 mV, tức hai phần vạn của một vôn. Mức đường chuẩn chuyên nghiệp là +4 dBu, tương đương 1,23 V, nên khoảng cách giữa hai giá trị là hơn 75 dB, tức gần sáu nghìn lần về biên độ. Toàn bộ khoảng cách đó do một thiết bị đảm nhiệm là bộ tiền khuếch đại micro (microphone preamplifier).

Độ lợi được tính theo công thức quen thuộc:

$$G_{\text{dB}} = 20\log_{10}\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} \quad \text{(dB)} \tag{6.1}$$

Vấn đề là bộ tiền khuếch đại không chỉ khuếch đại tín hiệu mà còn khuếch đại cả nhiễu do chính nó sinh ra lẫn nhiễu nhiệt của điện trở nguồn. Mọi tầng phía sau, dù tốt đến đâu, cũng không thể loại bỏ phần nhiễu đã được khuếch đại cùng tín hiệu. Đây là hệ quả trực tiếp của công thức Friis về nhiễu trong chuỗi khuếch đại: hệ số nhiễu của tầng đầu tiên chiếm gần như toàn bộ hệ số nhiễu của cả chuỗi.



Hình 6.2 Sơ đồ khối của một bộ tiền khuếch đại micro chuyên nghiệp

6.2.2 Nhiễu nhiệt và giới hạn vật lý

Mọi điện trở ở nhiệt độ trên không tuyệt đối đều sinh ra một điện áp nhiễu ngẫu nhiên do chuyển động nhiệt của các electron. Đại lượng này gọi là nhiễu nhiệt hay nhiễu Johnson–Nyquist:

$$e_n = \sqrt{4kTRB} \quad \text{(V)} \tag{6.2}$$

trong đó k là hằng số Boltzmann ($1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K), T là nhiệt độ tuyệt đối (K), R là điện trở nguồn (Ω) và B là băng thông đo (Hz). Với trở kháng nguồn tiêu chuẩn của micro là 150 Ω, nhiệt độ phòng 20 °C và băng thông 20 Hz – 20 kHz, công thức này cho ra khoảng 0,22 µV, tương đương −130,5 dBu.

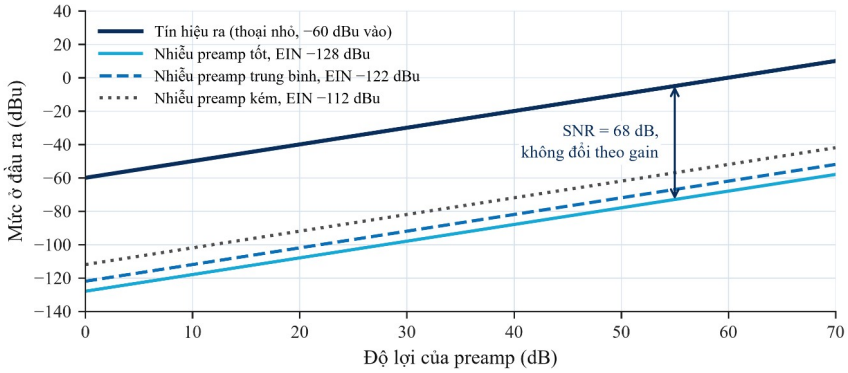
Giá trị −130,5 dBu là giới hạn vật lý tuyệt đối. Không bộ tiền khuếch đại nào, bất kể giá thành, có thể tạo ra ít nhiễu hơn thế khi nối với một nguồn 150 Ω, vì phần nhiễu đó không do thiết bị sinh ra mà do chính cuộn dây của micro sinh ra.

6.2.3 EIN — chỉ số quan trọng nhất khi chọn preamp

Để so sánh các bộ tiền khuếch đại với nhau, người ta quy toàn bộ nhiễu do thiết bị sinh ra về đầu vào, gọi là nhiễu quy về đầu vào (Equivalent Input Noise, EIN):

$$\mathrm{EIN} = 20\log_{10}\frac{e_n}{0{,}7746}\ \ (\mathrm{dBu}) \quad ; \quad \mathrm{EIN}_{\min} \approx -130{,}5\ \mathrm{dBu} \tag{6.3}$$

Cách quy đổi này thuận tiện vì cho một giá trị duy nhất, không phụ thuộc vào mức gain đang đặt. Một bộ tiền khuếch đại tốt đạt EIN khoảng −128 dBu, tức chỉ kém giới hạn vật lý 2,5 dB, loại phổ thông thường ở −122 dBu và loại kém ở −112 dBu.



Hình 6.3 Nhiễu và tín hiệu cùng lớn lên theo gain — tỉ số tín hiệu trên nhiễu thì không đổi, và nó do EIN quyết định

Chênh lệch 16 dB giữa preamp tốt và preamp kém có ý nghĩa như thế nào? Với micro điện động thu giọng nói nhỏ, cần gain 65 dB, đó là khác biệt giữa một bản ghi sạch và một bản ghi có tiếng xì rõ ràng ở mọi khoảng lặng. Với micro điện dung có độ nhạy cao thu nguồn to, chỉ cần gain 25 dB, khác biệt này gần như không nghe thấy. Do đó, preamp đắt tiền chỉ thực sự đáng đầu tư khi phải làm việc ở gain cao.

QUY TẮC 6.2 — THỰC HÀNH

Cần gain trên 55 dB (micro ribbon, micro điện động thu nguồn nhỏ, thu tiếng động môi trường): EIN là chỉ số quyết định nên cần được đầu tư.

Cần gain dưới 35 dB (micro điện dung, nguồn to, đường line): EIN gần như không ảnh hưởng, mọi preamp chuyên nghiệp đều đáp ứng tốt.

Micro ribbon cổ điển với độ nhạy 1 mV/Pa cần gain 70 dB, và đây là trường hợp duy nhất mà một bộ tiền khuếch đại chuyên dụng có độ ồn rất thấp cho khác biệt nghe rõ rệt.

6.2.4 Hệ số nhiễu và tỉ số triệt nhiễu đồng pha

Hai thông số khác thường gặp trên tờ thông số kỹ thuật. Thứ nhất là hệ số nhiễu (Noise Figure, NF), đo mức độ mà thiết bị làm xấu đi tỉ số tín hiệu trên nhiễu:

$$\mathrm{NF} = 10\log_{10}\frac{\mathrm{SNR}_{\mathrm{in}}}{\mathrm{SNR}_{\mathrm{out}}}\ \ (\mathrm{dB}) \tag{6.4}$$

Một preamp lý tưởng có NF = 0 dB, nghĩa là không thêm gì vào phần nhiễu vốn có của nguồn, còn preamp tốt đạt NF khoảng 1 – 3 dB. Quan hệ giữa NF và EIN khá đơn giản: NF = EIN − (−130,5) dB.

Thứ hai là tỉ số triệt nhiễu đồng pha (Common-Mode Rejection Ratio, CMRR), thước đo khả năng loại bỏ nhiễu bám vào cả hai dây tín hiệu của đường cân bằng:

$$\mathrm{CMRR} = 20\log_{10}\frac{A_d}{A_c} \quad \text{(dB)} \tag{6.5}$$

Đường micro cân bằng truyền tín hiệu bằng *hiệu* điện áp giữa chân 2 và chân 3 của đầu nối XLR. Nhiễu từ môi trường (đèn huỳnh quang, biến tần, dây nguồn) bám vào cả hai chân với cùng biên độ và cùng pha, nên khi tầng vi sai lấy hiệu, phần nhiễu bị triệt tiêu. CMRR trên 70 dB ở 50 Hz là đạt yêu cầu chuyên nghiệp, còn 90 dB được xem là rất tốt.

Đây là lý do vật lý khiến đường micro cân bằng có thể chạy dài trong môi trường nhiều nguồn nhiễu mà vẫn sạch, trong khi đường không cân bằng ngắn hơn nhiều đã có thể xuất hiện tiếng ù.

6.2.5 Bốn kiểu mạch tiền khuếch đại

Cấu trúc tầng đầu vào quyết định cả chất lượng đo được lẫn "màu âm" mà người sử dụng cảm nhận:

Bảng 6.3 Bốn kiểu mạch tiền khuếch đại micro thông dụng

Kiểu mạch	Nguyên lý tầng đầu	Đặc điểm nghe được	Ví dụ tiêu biểu
Transistor lưỡng cực vi sai	Cặp transistor ghép đôi, hồi tiếp sâu	Trong suốt, EIN thấp nhất, đáp tuyến phẳng	Millennia HV-3, Grace m101, Neve 1073 (biến thể)
Có biến áp vào	Biến áp tỉ số 1:5 – 1:10 trước tầng khuếch đại	Cách ly hoàn toàn, CMRR rất cao, thêm hài chẵn ở mức lớn — "dày, ấm"	Neve 1073, API 512, Chandler TG2
Đèn điện tử	Tam cực hoặc ngũ cực làm tầng đầu	Nén tự nhiên ở mức lớn, hài bậc hai rõ; EIN thường kém hơn 3 – 6 dB	Telefunken V72, Manley SLAM
Mạch tích hợp chuyên dụng	IC preamp một chip (INA217, THAT1510…)	Rất ổn định, giá thấp, EIN tốt; là mạch của hầu hết bàn trộn số	Bàn Yamaha, Allen & Heath, Behringer

Cần lưu ý rằng sự khác nhau giữa các kiểu mạch này là có thật nhưng nhỏ, và chỉ bộc lộ khi tín hiệu ở mức cao. Ở mức làm việc bình thường, bốn kiểu mạch trên gần như không phân biệt được bằng tai trong một phép nghe mù. Sự khác nhau lớn hơn nhiều giữa hai micro khác nhau, và lớn hơn nữa giữa hai vị trí đặt micro.

6.2.6 Nguồn phantom và các nút phụ trợ

Nguồn phantom 48 V (P48, theo IEC 61938) được cấp qua hai điện trở 6,8 kΩ bằng nhau tới chân 2 và chân 3, lấy điểm chung là chân 1. Vì điện áp trên hai chân tín hiệu như nhau nên nguồn này không tạo ra hiệu điện thế nào ở đầu vào vi

sai, do đó có tên "phantom", nghĩa là điện áp có mặt mà như không có. Micro điện dung dùng nguồn này để phân cực bản tụ và nuôi tầng đệm trở kháng [6].

Hình 6.4 cho thấy nút bật nguồn phantom có đèn báo trên mặt một bàn trộn.



Hình 6.4 Nút bật nguồn phantom (PHANTOM) và đèn báo trên mặt bàn trộn.

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

CẢNH BÁO 6.1 — BỐN NGUYÊN TẮC AN TOÀN VỚI NGUỒN PHANTOM

Không cắm hoặc rút cáp micro khi phantom đang bật, vì xung điện áp lúc chân tiếp xúc có thể phá màng của micro ribbon và làm hỏng loa nếu bàn trộn đang mở.

Không cấp phantom cho micro ribbon thụ động. Một số mẫu ribbon hiện đại có tầng đệm và yêu cầu phantom, nên cần đọc tài liệu của nhà sản xuất thay vì 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 nguồn này, với điều kiện cáp đúng chuẩn và không có chân nào bị chập.

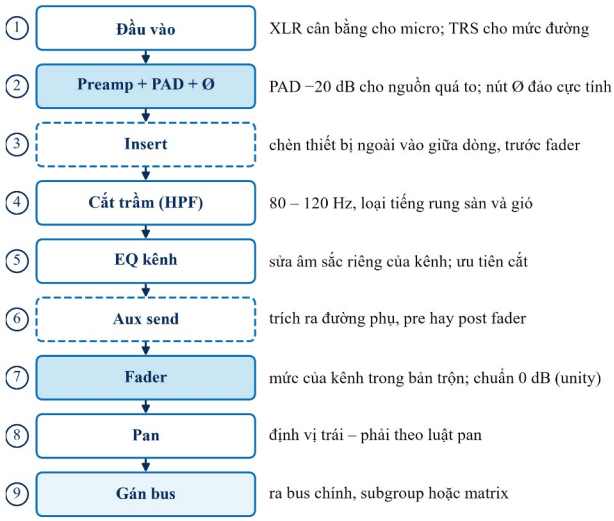
Ngoài gain, mặt máy tiền khuếch đại còn ba nút quan trọng:

- **PAD (giảm mức):** đưa một mạng suy giảm thụ động −10 hoặc −20 dB vào *trước* tầng khuếch đại, dùng khi nguồn quá to (micro sát trống, loa guitar) làm tầng đầu vào quá tải. Bật PAD làm EIN xấu đi đúng bằng lượng suy giảm, nhưng khi nguồn to thì điều đó không đáng kể.
- **Đảo cực tính (Ø, polarity):** hoán đổi chân 2 và chân 3, làm tín hiệu đảo dấu. Nút này dùng khi hai micro thu cùng một nguồn từ hai phía (trên và dưới mặt trống, hoặc trước và sau thùng đàn), vì nếu không đảo thì hai tín hiệu sẽ triệt tiêu nhau ở dải trầm. Về thuật ngữ, thao tác này là đảo *cực tính* chứ không phải "đảo pha", vì phép toán này không phụ thuộc tần số.
- **Bộ lọc cắt trầm (HPF):** bộ lọc thông cao thường đặt ở 80 hoặc 100 Hz, dốc 12 hoặc 18 dB/quãng tám, nhằm loại bỏ tiếng rung sàn, tiếng gió, tiếng bước chân và hiệu ứng gần của micro có hướng. Với thu tiếng nói và phỏng vấn, bộ lọc này nên được bật mặc định.

6.3 Dải kênh của bàn trộn

6.3.1 Chín khối theo đúng thứ tự

Bàn trộn (mixing console) là thiết bị trung tâm của mọi hệ thống âm thanh. Dù là bàn analog cỡ lớn, bàn số nhỏ gọn hay một phần mềm chạy trên máy tính, cấu trúc của một kênh vào, gọi là dải kênh (channel strip), vẫn gồm đúng chín khối xếp theo một thứ tự cố định.



Hình 6.5 Chín khối của một dải kênh bàn trộn và chức năng của từng khối

Thứ tự của chín khối này không tuỳ tiện mà phản ánh một logic vật lý: mức phải được đưa lên chuẩn trước khi xử lý (preamp trước insert), tín hiệu phải được làm sạch trước khi tạo màu (HPF trước EQ), và mọi phép xử lý phải hoàn tất trước khi quyết định mức cuối cùng (EQ trước fader). Đảo thứ tự này gây ra những hệ quả cụ thể sẽ được trình bày ở các mục sau.

6.3.2 Điểm insert và ý nghĩa của nó

Insert là một điểm cắt vào giữa dòng tín hiệu, cho phép đưa tín hiệu ra một thiết bị ngoài rồi nhận lại. Trên bàn analog, insert là một giắc TRS trong đó đầu (tip) là đường gửi đi và vành (ring) là đường nhận về; trên bàn số và phần mềm, insert là một khe cắm plugin.

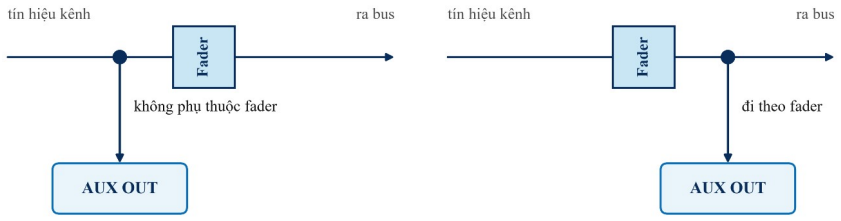
Điểm mấu chốt là insert nằm *trước* fader và nằm trong dòng tín hiệu chính (in-line), nên toàn bộ tín hiệu đi qua thiết bị được cắm vào chứ không phải một bản sao. Đây là điểm khác biệt căn bản với đường aux, và nó quyết định loại thiết bị nào được cắm vào đâu:

Bảng 6.4 Insert hay aux — quy tắc chọn theo bản chất của thiết bị

Loại thiết bị	Cắm vào đâu	Lý do
Bộ nén, hạn chế, cổng nhiễu, de-esser	INSERT	Chúng làm việc trên toàn bộ tín hiệu; nếu chỉ 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 (saturation)	INSERT	Cùng lý do — đây là phép biến đổi âm sắc, không phải phép cộng thêm
Hồi âm, trễ, chorus	AUX (post-fader)	Chúng tạo ra âm thanh MỚI cộng thêm vào âm gốc; nhiều kênh dùng chung một bộ, và tỉ lệ khô/ướt được chỉnh bằng mức gửi đi
Loa theo dõi (monitor), tai nghe người dẫn	AUX (pre-fader)	Cần một bản trộn riêng, độc lập với bản trộn chính

6.3.3 Aux pre-fader và post-fader

Đường phụ (auxiliary send, thường gọi tắt là aux) trích một bản sao tín hiệu của kênh ra một bus riêng. Điểm trích có thể nằm trước hoặc sau fader, và lựa chọn này làm thay đổi hoàn toàn công dụng của đường đó.



(a) pre-fader: trích trước fader (b) post-fader: trích sau fader

Hình 6.6 Aux pre-fader và post-fader — cùng một mạch, khác nhau ở điểm trích tín hiệu

Aux pre-fader cho ra một mức không phụ thuộc vị trí fader: khi người trộn hạ fader của một kênh trong bản trộn chính, đường aux pre-fader vẫn giữ nguyên. Đó là điều người biểu diễn cần, vì loa theo dõi không được thay đổi chỉ do người trộn đang cân lại bản trộn chính.

Aux post-fader thì ngược lại: mức gửi đi thay đổi theo fader, nhờ đó giữ nguyên tỉ lệ giữa tín hiệu khô và tín hiệu ướt. Đặc tính này cần cho hiệu ứng, bởi nếu hạ giọng ca sĩ xuống mà lượng hồi âm không hạ theo thì người nghe sẽ thấy một tiếng vang không có nguồn.

CẢNH BÁO 6.2 — LỖI KINH ĐIỂN

Gửi hồi âm bằng aux PRE-fader là lỗi phổ biến nhất của người mới khi lần đầu dùng bàn trộn: khi người trộn tắt kênh, giọng biến mất nhưng tiếng vang của giọng đó vẫn còn, nghe như một âm thanh ma.

Gửi loa theo dõi bằng aux POST-fader khiến người biểu diễn đột nhiên không nghe thấy mình nữa khi người trộn hạ fader của kênh đó trong bản trộn chính.

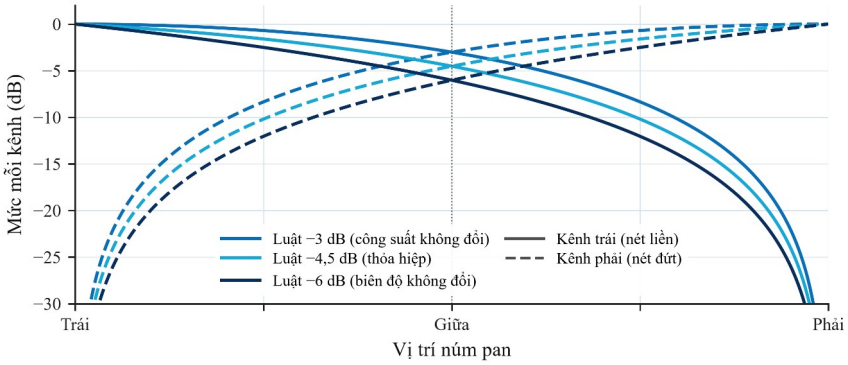
6.3.4 Pan và luật pan

Núm pan phân bổ tín hiệu của một kênh mono vào hai bus trái và phải. Cách phân bổ theo lý thuyết là:

$$g_L = \cos\theta \quad , \quad g_R = \sin\theta \quad , \quad \theta = \frac{\pi}{4}(p+1) \quad , \quad p \in [-1,\ 1] \tag{6.6}$$

trong đó p là vị trí núm pan, chạy từ −1 (hoàn toàn trái) tới +1 (hoàn toàn phải). Ở vị trí giữa, cả hai kênh đều nhận cos(π/4) = 0,707, tức −3 dB.

Mức ở vị trí giữa phải được hạ vì khi pan vào giữa, tín hiệu ra cả hai loa. Nếu mỗi loa vẫn nhận đủ 0 dB thì công suất âm thanh tổng cộng gấp đôi, tức to hơn 3 dB so với khi pan hẳn sang một bên, và người nghe sẽ thấy âm lượng nhảy lên khi xoay núm pan về giữa.



Hình 6.7 Ba luật pan thông dụng và tiêu chí chọn giữa chúng

Lượng hạ ở giữa gọi là luật pan (pan law), và có ba giá trị thông dụng:

Bảng 6.5 Ba luật pan và trường hợp dùng

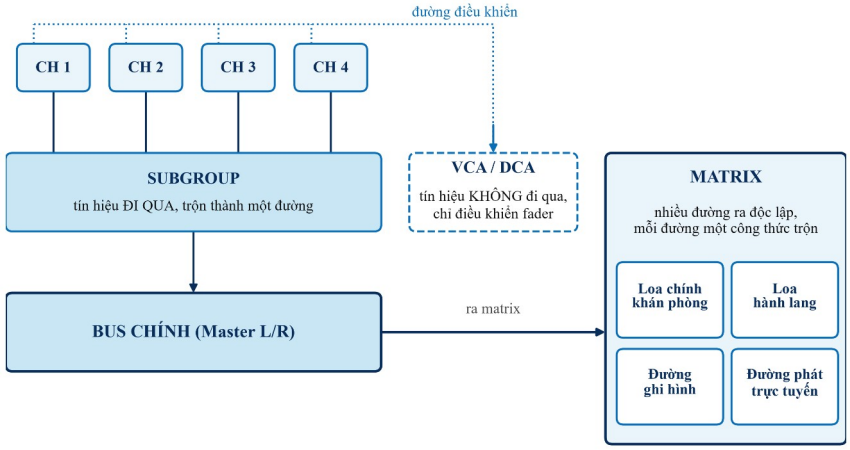
Luật pan	Cơ sở vật lý	Đúng khi nào	Ai dùng
−3 dB	Giữ công suất không đổi (constant power)	Nghe trên hai loa rời rạc trong phòng có phản xạ — hai tín hiệu cộng nhau theo công suất	Thường gặp trên bàn trộn và phần mềm DAW
−4,5 dB	Thoả hiệp giữa hai trường hợp	Không biết trước người nghe dùng loa hay tai nghe, hay bản trộn có bị gộp về mono không	Logic Pro, nhiều bàn số
−6 dB	Giữ biên độ không đổi (constant amplitude)	Khi hai kênh chắc chắn sẽ được cộng lại thành mono — phát thanh AM, truyền hình mono, loa Bluetooth đơn	Hệ thống phát mono

Đây là một bẫy thực tế nghiêm trọng khi chuyển dự án giữa hai phần mềm: mọi núm ở vị trí giống hệt nhau nhưng bản trộn nghe khác do luật pan khác nhau, vì vậy cần kiểm tra thiết lập này trước khi nghi ngờ phần mềm.

6.4 Bus, subgroup, VCA và matrix

6.4.1 Bốn cách gom kênh

Một hệ thống âm thanh lớn có thể có 48 kênh vào, trong khi không ai điều khiển được 48 fader cùng lúc. Bàn trộn cung cấp bốn cơ chế gom kênh, và bốn cơ chế đó khác nhau về bản chất chứ không phải về mức độ.



Hình 6.8 Bus chính, subgroup, VCA và matrix — bốn cách gom kênh khác nhau về bản chất

Bảng 6.6 Bốn cơ chế gom kênh trên bàn trộn

Cơ chế	Tín hiệu có đi qua không	Chèn được xử lý không	Dùng để làm gì
Bus chính (Master L/R)	Có	Có, cho toàn bộ bản trộn	Đường ra chính của bản trộn
Subgroup	Có	Có, cho cả nhóm — một bộ nén trên nhóm trống, một EQ trên nhóm dàn dây	Xử lý chung cho một nhóm nguồn có tính chất giống nhau
VCA / DCA	KHÔNG — chỉ truyền lệnh điều khiển fader	Không	Chỉnh mức cả nhóm bằng một fader mà vẫn giữ nguyên đường gán bus và các đường aux của từng kênh
Matrix	Có	Có, riêng cho từng đường ra	Tạo nhiều đường ra độc lập, mỗi đường một công thức trộn riêng: loa khán phòng, loa hành lang, đường ghi hình, đường phát trực tuyến

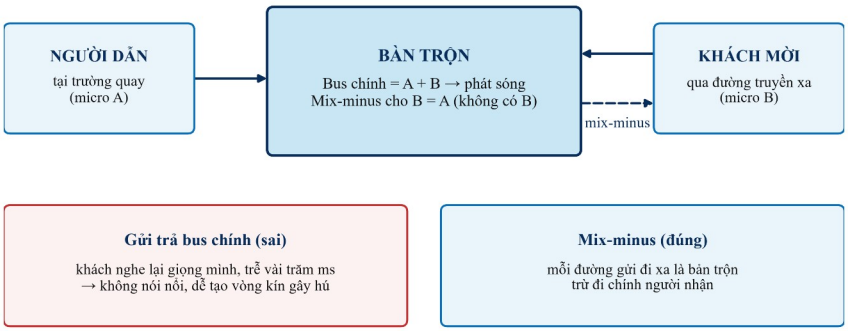
Khác biệt giữa subgroup và VCA là điểm dễ nhầm nhất, nên cần làm rõ bằng một tình huống. Giả sử tám micro trống được gán vào subgroup 1 và trên subgroup 1 có một bộ nén. Nếu hạ fader subgroup, tín hiệu vào bộ nén không đổi (vì nén nằm trên insert, tức trước fader subgroup) và chỉ mức ra nhỏ đi; nhưng đường aux post-fader của từng micro trống vẫn giữ nguyên, vì chúng lấy từ fader

của kênh chứ không phải fader subgroup. Kết quả là lượng hồi âm trống trong bản trộn không giảm theo, tạo ra âm thanh bất thường.

Nếu tám micro đó được gán vào một VCA, hạ fader VCA có tác dụng đúng như hạ tám fader kênh cùng lúc: cả tín hiệu chính lẫn mọi đường aux post-fader đều giảm theo. Đó là lý do VCA thường được ưu tiên hơn subgroup khi cần điều khiển mức của cả một nhóm kênh.

6.4.2 Mix-minus — kỹ thuật bắt buộc của chương trình có khách mời từ xa

Khi một chương trình có khách mời tham gia qua đường truyền (điện thoại, vệ tinh hoặc hội nghị truyền hình), không được gửi bus chính trở lại cho họ, vì bus chính có chứa chính giọng của họ và giọng đó quay về sau một độ trễ đường truyền vài trăm mili giây.



Hình 6.9 Nguyên lý mix-minus — mỗi đường gửi đi xa là một bản trộn trừ đi chính người nhận

Nghe lại giọng mình bị trễ như vậy khiến người nói gần như không thể nói tiếp; hiện tượng này gọi là phản hồi thính giác trễ (delayed auditory feedback) và được biết đến từ những năm 1950, với độ trễ 150 – 250 ms nó làm người nói vấp, lắp và mất mạch. Nghiêm trọng hơn, nếu mức đủ lớn, đường truyền tạo thành một vòng kín và hệ thống sẽ hú.

Giải pháp là mix-minus: mỗi nguồn ở xa được gửi một bản trộn riêng, chứa mọi thứ trừ chính nguồn đó. Khách mời nghe được người dẫn và các nguồn khác nhưng không nghe lại giọng mình. Có bao nhiêu nguồn ở xa thì phải có bấy nhiêu đường mix-minus riêng, và đó là một công dụng quan trọng của khối matrix trên bàn trộn.

6.4.3 Solo, PFL, AFL và SIP

Nút solo trên bàn trộn thực ra có ba chế độ khác nhau, và việc dùng nhầm chế độ khi đang làm việc trực tiếp có thể làm hỏng bản trộn chính:

Bảng 6.7 Ba chế độ nghe thử trên bàn trộn

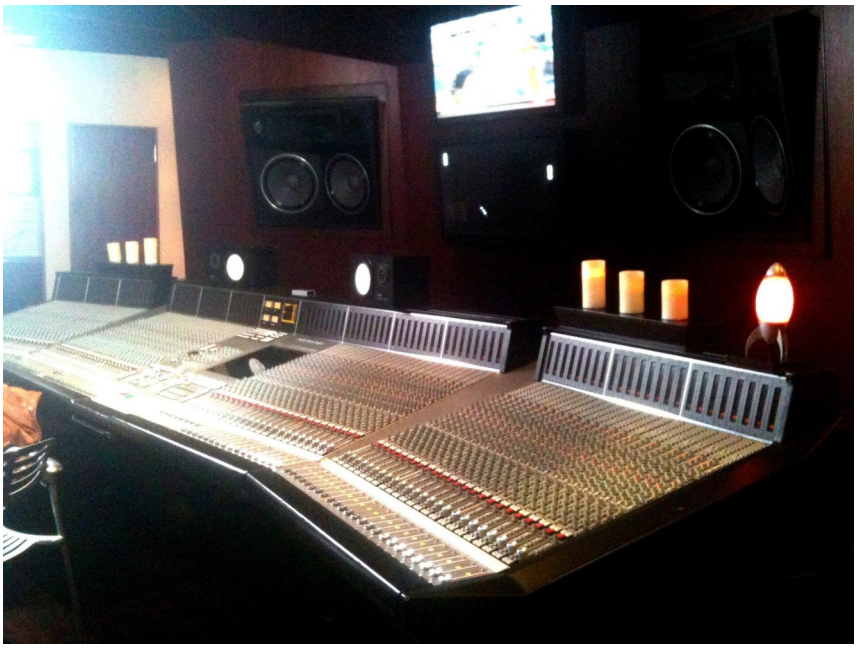
Chế độ	Tên đầy đủ	Nghe được gì	Bản trộn chính có bị ảnh hưởng không
PFL	Pre-Fade Listen	Tín hiệu TRƯỚC fader, mono; nghe được cả khi fader kéo hết xuống	Không
AFL	After-Fade Listen	Tín hiệu SAU fader và sau pan, đúng như nó nằm trong bản trộn	Không
SIP	Solo In Place (còn gọi là destructive solo)	Kênh được solo, mọi kênh khác BỊ TẮT	CÓ — bản trộn chính bị thay đổi. Không dùng khi bản trộn đang được phát trực tiếp

Khi hoà trộn trong phòng thu, SIP là chế độ hữu ích nhất vì giữ nguyên pan, mức và hiệu ứng của kênh. Khi làm việc trực tiếp, PFL thường là chế độ mặc định còn SIP thường được khoá lại ở phần thiết lập, do đó cần kiểm tra thiết lập này trước mỗi buổi làm việc trực tiếp.

6.5 Bàn trộn analog, bàn trộn số và bàn trộn trên máy tính

Ba họ bàn trộn cùng thực hiện đúng chín khối của mục 6.3 nhưng khác nhau ở nơi phép toán được thực hiện, và điều đó kéo theo những hệ quả thực tế rõ rệt.

Hình 6.10 cho thấy một bàn trộn analog cỡ lớn với hàng dài các dải kênh giống hệt nhau xếp cạnh nhau.



Hình 6.10 Bàn trộn analog 72 kênh trong phòng thu.

Nguồn: Osher Günsberg, CC BY-SA 2.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).

Bảng 6.8 So sánh ba họ bàn trộn

Tiêu chí	Bàn analog	Bàn số (digital console)	Bàn trên máy tính (DAW)
Nơi xử lý	Mạch điện tương tự	DSP chuyên dụng trong máy	CPU của máy tính
Độ trễ qua bàn	Gần như bằng không (chỉ trễ truyền lan)	0,7 – 3 ms, cố định và biết trước	3 – 30 ms tuỳ kích thước bộ đệm; có thể dao động
Số kênh thực tế	Bằng số dải kênh vật lý	Nhiều hơn số fader nhờ phân lớp (layer)	Chỉ giới hạn bởi sức máy
Lưu và gọi lại thiết lập	Không — phải chép tay hoặc chụp ảnh	Có, gọi lại toàn bộ trong một giây	Có, kèm cả lịch sử chỉnh sửa
Xử lý trên mỗi kênh	Chỉ có phần cứng đi kèm; muốn thêm phải cắm ngoài	Mỗi kênh có sẵn cổng, nén, EQ 4 dải, trễ	Không giới hạn, phụ thuộc plugin có sẵn
Điểm mạnh riêng	Thao tác trực tiếp, nhìn là biết trạng thái; hỏng một kênh vẫn chạy các kênh còn lại	Gọn, gọi lại được, nhiều tính năng	Rẻ nhất tính trên số kênh, tích hợp thẳng với dựng phim
Điểm yếu riêng	Cồng kềnh, đắt tính trên số kênh, không lưu được	Giao diện nhiều lớp — thao tác chậm hơn khi cần gấp	Phụ thuộc vào sự ổn định của máy tính và hệ điều hành

Trong thực tế, ba họ bàn trộn cùng tồn tại: thu âm lưu động thường dùng máy ghi nhiều kênh có preamp và bộ trộn tích hợp, hệ thống tăng âm thường dùng bàn số, còn khâu dựng và hoà trộn thường thực hiện trên DAW. Bàn analog còn gặp chủ yếu trong các phòng thu nhạc và trong giảng dạy, nơi tính trực quan của nó là một ưu điểm sư phạm.

Hình 6.11 cho thấy một bàn trộn số, trong đó màn hình cảm ứng hiển thị phổ tần và các fader được gán lại cho nhiều lớp kênh.



Hình 6.11 Bàn trộn số có màn hình hiển thị phổ tần và dải fader.

Nguồn: Không rõ tác giả (CC0, pxhere), CC0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).

CẢNH BÁO 6.3 — MỘT HIỂU NHẦM CẦN GỠ BỎ

Nhận định "analog nghe ấm hơn số" 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 cảm nhận điều đó là dễ chịu.

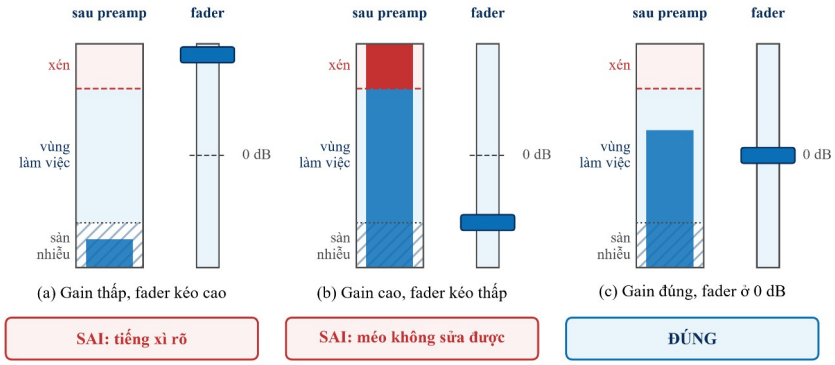
Hiệu ứng này có thể mô phỏng được trong miền số và ngày nay được mô phỏng rất tốt. Ngược lại, mạch số ở mức làm việc bình thường trong suốt hơn analog về mọi chỉ số đo được: méo thấp hơn, nhiễu thấp hơn, xuyên âm giữa các kênh thấp hơn nhiều.

Câu hỏi đúng không phải "analog hay số tốt hơn" mà là "công việc này cần độ trong suốt hay cần màu âm".

6.6 Gain staging — sắp xếp mức trên toàn chuỗi

6.6.1 Bài toán

Tín hiệu âm thanh đi qua rất nhiều tầng khuếch đại và suy giảm từ micro tới loa. Mỗi tầng có hai giới hạn: sàn nhiễu ở dưới (dưới đó tín hiệu chìm trong nhiễu) và trần xén ở trên (trên đó tín hiệu bị cắt ngọn và méo), còn khoảng giữa hai giới hạn là vùng làm việc. Gain staging là kỹ thuật giữ tín hiệu nằm gọn trong vùng làm việc của *từng* tầng, chứ không chỉ của tầng cuối.



Hình 6.12 Ba trường hợp gain staging — hai sai và một đúng

6.6.2 Hai kiểu sai và hậu quả không đối xứng

Khi đặt gain quá thấp rồi kéo fader lên bù, tín hiệu nằm sát sàn nhiễu ở tầng preamp; việc kéo fader lên khuếch đại cả tín hiệu lẫn nhiễu của tầng đó, nên tiếng xì xuất hiện rõ trong mọi khoảng lặng. Đây là lỗi có thể sửa được, chỉ cần thu lại với gain đúng.

Khi đặt gain quá cao rồi hạ fader xuống, tín hiệu đã bị xén ngay tại preamp. Hạ fader chỉ làm cho tín hiệu đã méo trở nên nhỏ hơn chứ không làm nó hết méo, do đó đây là lỗi *không* sửa được và bản ghi coi như hỏng.

Hai lỗi này không đối xứng, và điều đó quyết định thái độ thực hành: khi phân vân, nên đặt gain thấp hơn một chút. Với hệ 24 bit, dải động sẵn có là hơn 140 dB, nên việc thu thấp hơn mục tiêu 6 dB gần như không có hậu quả nào, còn xén thì mất hẳn.

6.6.3 Mục tiêu cụ thể cho từng công đoạn

Bảng 6.9 Mức đỉnh khuyến nghị theo công đoạn (hệ 24 bit)

Công đoạn	Mức đỉnh mục tiêu	Lý do
Thu tiếng ngoài hiện trường	−20 … −12 dBFS	Chừa dự trữ cho những tiếng to bất ngờ
Thu phòng thu, nguồn kiểm soát được	−12 … −6 dBFS	Mức bất ngờ ít; có thể đẩy cao hơn để giữ khoảng cách với sàn nhiễu phòng
Kênh trong bàn trộn, fader ở 0 dB	−18 dBFS trung bình	Là điểm làm việc chuẩn của hầu hết bàn số và plugin mô phỏng analog
Bus chính khi hoà trộn	đỉnh không quá −6 dBFS	Chừa chỗ cho khâu master và tránh xén khi chuyển đổi tốc độ lấy mẫu
Bản giao nộp phát sóng	True Peak ≤ −1 dBTP	Yêu cầu bắt buộc của QCVN 115:2017/BTTTT — xem mục 6.7

QUY TẮC 6.3 — QUY TRÌNH ĐẶT GAIN CHUẨN — BA BƯỚC

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

Bước 2. Yêu cầu nguồn phát ở mức lớn nhất mà nó sẽ đạt trong buổi làm việc (ca sĩ hát đoạn cao trào, người dẫn nói to nhất), rồi chỉnh núm gain của preamp cho tới khi đèn báo mức đạt mục tiêu trong bảng trên.

Bước 3. Từ đó về sau, không đụng vào núm gain nữa; mọi thay đổi mức trong buổi làm việc đều thực hiện bằng fader.

Bước 3 là bước hay bị bỏ qua nhất và cũng là bước quan trọng nhất, vì mỗi lần thay đổi núm gain thì mọi thứ phía sau (ngưỡng nén, ngưỡng cổng, lượng gửi aux) đều bị lệch.

6.6.4 Gain staging trong miền số

Có một hiểu nhầm phổ biến: "trong máy tính thì gain staging không còn quan trọng vì dấu phẩy động 32 bit không xén được". Nhận định này đúng một phần và sai ở phần quan trọng.

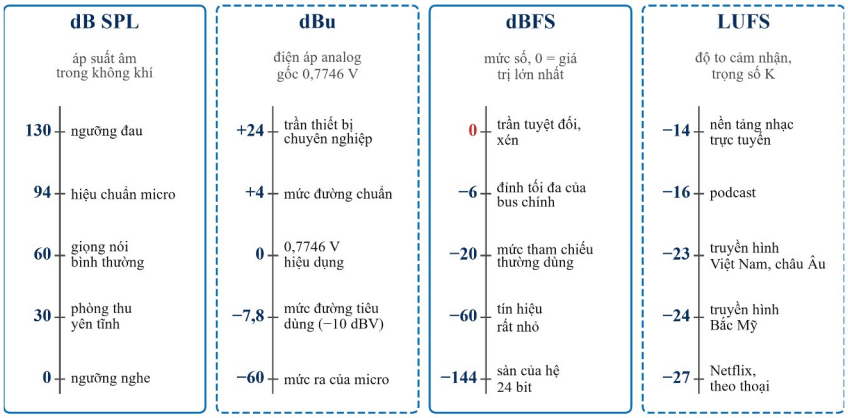
Phần đúng là bus nội bộ của các DAW hiện đại dùng dấu phẩy động 32 bit hoặc 64 bit, có dải động vượt xa mọi nhu cầu thực tế; một tín hiệu vượt 0 dBFS trong bus nội bộ không bị xén và sẽ trở lại bình thường nếu hạ fader xuống sau đó.

Phần sai thể hiện ở ba điểm. Thứ nhất, mọi điểm mà tín hiệu rời khỏi miền dấu phẩy động (bộ chuyển đổi D/A, tệp xuất ra dạng số nguyên, một số plugin nội bộ dùng số nguyên) đều xén thật. Thứ hai, và quan trọng hơn, các plugin mô phỏng thiết bị analog (bộ nén đèn, băng từ, bàn trộn cổ điển) được hiệu chỉnh để làm việc quanh một mức tham chiếu nhất định, thường là −18 dBFS; khi đưa vào tín hiệu ở −3 dBFS, chúng làm việc trong vùng méo nặng và cho ra kết quả không giống thiết bị thật. Thứ ba, làm việc với các mức không đồng đều khiến người trộn không còn điểm tham chiếu để so sánh giữa các kênh.

6.7 Chuẩn mức, đồng hồ đo và độ to

6.7.1 Bốn thang đo cùng mang đơn vị decibel

Decibel là một tỉ số, không phải một đơn vị tuyệt đối. Phát biểu "tín hiệu này 20 dB" chưa có ý nghĩa vì còn thiếu gốc so sánh: 20 dB so với đại lượng nào. Trong âm thanh chuyên nghiệp có bốn gốc tham chiếu thông dụng, và nhầm lẫn giữa chúng là nguồn gốc của rất nhiều sự cố.



Hình 6.13 Bốn thang đo mức thông dụng — cùng đơn vị decibel nhưng khác gốc tham chiếu

Hai thang điện áp analog được định nghĩa như sau:

$$L_{\text{dBu}} = 20\log_{10}\frac{V}{0{,}7746} \quad ; \quad L_{\text{dBV}} = 20\log_{10}\frac{V}{1\ \text{V}} \tag{6.7}$$

Gốc 0,7746 V của thang dBu là điện áp hiệu dụng sinh ra công suất 1 mW trên tải 600 Ω, một di sản của kỹ thuật điện thoại. Ngày nay tải 600 Ω không còn được dùng, nhưng con số vẫn được giữ nguyên vì cả ngành đã quen với nó. Thang dBV đơn giản hơn, lấy gốc là 1 V và thường gặp trên thiết bị dân dụng. Quan hệ giữa hai thang: 0 dBV = +2,21 dBu.

Thang số dBFS lấy gốc là giá trị lớn nhất mà từ mã có thể biểu diễn:

$$L_{\text{dBFS}} = 20\log_{10}\frac{|x|}{x_{\text{FS}}} \quad , \quad L_{\text{dBFS}} \le 0 \tag{6.8}$$

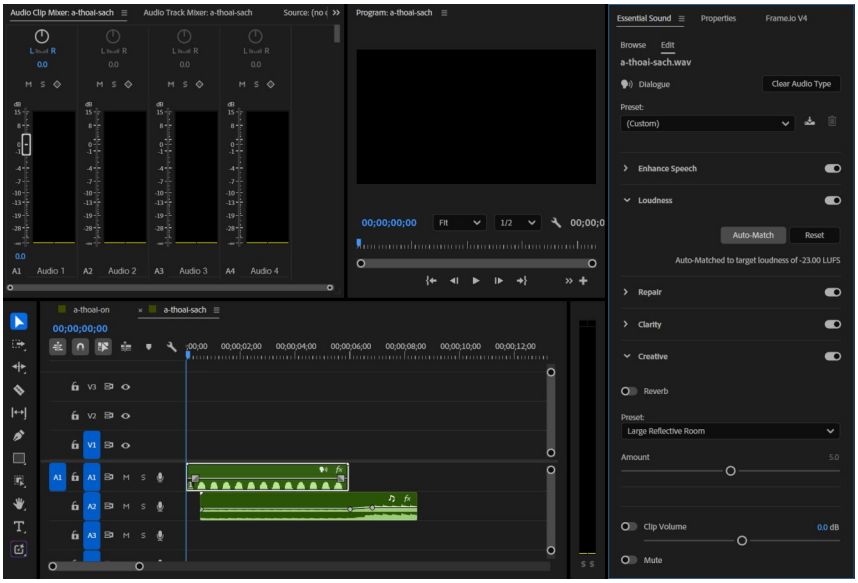
Vì 0 dBFS là trần tuyệt đối, mọi giá trị dBFS đều âm hoặc bằng không; đây là điểm khác biệt căn bản với dBu, vốn có thể dương.

> **GHI NHỚ 6.1 — KHÔNG CÓ CÔNG THỨC QUY ĐỔI CỐ ĐỊNH GIỮA dBu VÀ dBFS**
>
> Quan hệ giữa hai thang phụ thuộc vào cách hiệu chỉnh bộ chuyển đổi A/D của từng thiết bị. Các mức tham chiếu thông dụng gồm +4 dBu ứng với −20 dBFS (chuẩn SMPTE, Bắc Mỹ), −18 dBFS (chuẩn EBU, châu Âu), hoặc −24 dBFS (một số thiết bị khác).
>
> Khi nhận thiết bị mới, cần tra tài liệu hoặc đo bằng máy phát tần chuẩn 1 kHz, bởi giả định sai con số này sẽ làm lệch mức trên toàn bộ chuỗi thiết bị.

6.7.2 Ba loại đồng hồ đo và ba con số khác nhau

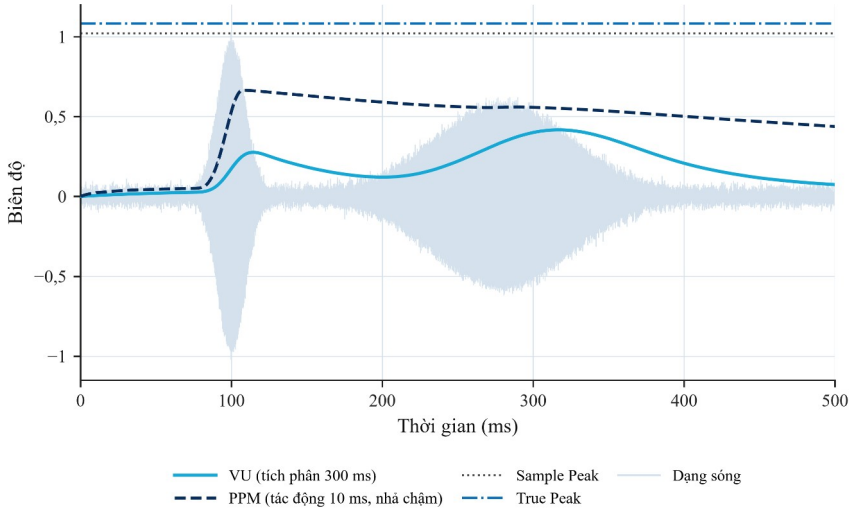
Cùng một tín hiệu, ba loại đồng hồ đo cho ba con số khác nhau và không con số nào sai, vì chúng đo ba đại lượng khác nhau [5].

Hình 6.14 cho thấy mục Loudness của bảng Essential Sound, nơi nút Auto-Match đưa độ to tích hợp của đoạn thoại về mục tiêu –23 LUFS rồi báo kết quả ngay bên dưới.



Hình 6.14 Mục Loudness trong Essential Sound của Adobe Premiere Pro: Auto-Match đưa đoạn thoại về –23 LUFS (tệp thoại mẫu tổng hợp)

Nguồn: ảnh chụp màn hình do người soạn thực hiện (Adobe Premiere Pro 2026), 07/11/2026.



Hình 6.15 Đồng hồ VU, PPM và True Peak trên cùng một tín hiệu

Bảng 6.10 Ba loại đồng hồ đo mức và công dụng của từng loại

Loại đồng hồ	Hằng số thời gian	Đo cái gì	Dùng để làm gì
VU (Volume Unit)	Tích phân 300 ms cả lên lẫn xuống	Mức trung bình — gần với cảm nhận độ to của tai	Cân mức giữa các nguồn với nhau; không bao giờ dùng để tránh xén
PPM (Peak Programme Meter)	Tác động 10 ms, nhả 1,5 – 2,8 s	Đỉnh gần đúng; bỏ sót các đỉnh ngắn hơn 10 ms	Chuẩn phát thanh truyền hình châu Âu (Type I/II theo IEC 60268-10)
Sample Peak	Tức thời	Mẫu số có giá trị lớn nhất	Kiểm tra nhanh; không đủ để bảo đảm không xén sau khi giải mã
True Peak	Nội suy lên gấp 4 lần trở lên	Đỉnh thật của dạng sóng analog phục hồi được, giữa các mẫu	Bắt buộc trong mọi tiêu chuẩn giao nộp hiện hành

True Peak cần thiết vì dạng sóng analog phục hồi từ các mẫu số có thể vượt qua giá trị của mẫu cao nhất. Hai mẫu liên tiếp cùng bằng −0,1 dBFS có thể tương ứng với một đỉnh analog ở +0,7 dBFS ở khoảng giữa chúng, và bộ chuyển đổi D/A cùng bộ mã hoá tổn hao (MP3, AAC) sẽ xén ở đó dù đồng hồ Sample Peak báo an toàn. Đó là lý do mọi tiêu chuẩn hiện hành đều đặt trần True Peak ở −1 hoặc −2 dBTP chứ không phải 0.

6.7.3 Độ to cảm nhận: thang LUFS

Cả bốn loại đồng hồ trên đều đo biên độ điện, không đo độ to mà tai người cảm nhận. Hai đoạn chương trình có cùng mức đỉnh có thể chênh nhau tới 15 dB về độ to cảm nhận, và đó là lý do khán giả phải chỉnh lại âm lượng mỗi khi chuyển kênh hoặc mỗi khi vào quảng cáo [2], [13].

Hình 6.16 là đồng hồ Loudness Radar của Adobe Audition sau khi đo một đoạn thoại có nhạc nền: độ to chương trình đạt −17,7 LKFS và dải độ to 2,3 LU, còn các vệt màu trên mặt radar thể hiện độ to theo thời gian.



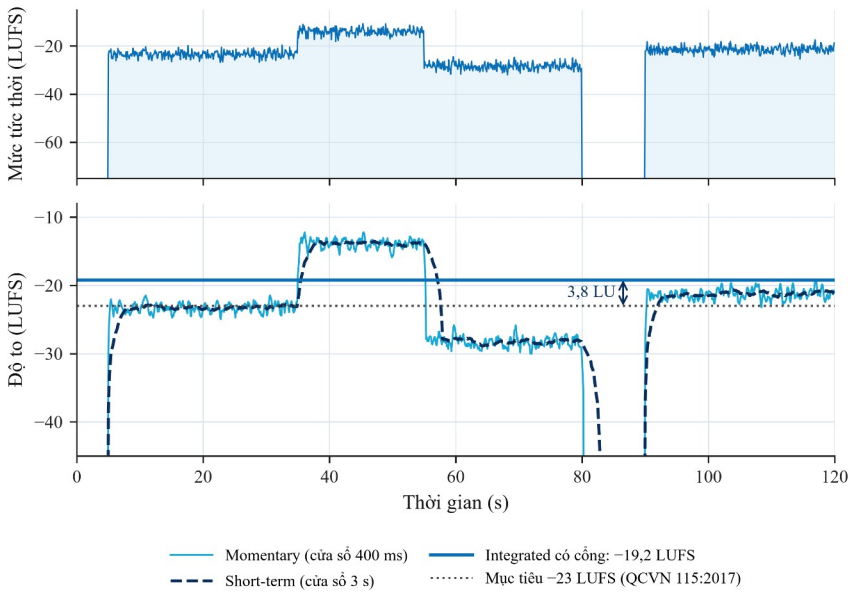
Hình 6.16 Đồng hồ Loudness Radar đo độ to chương trình trong Adobe Audition; nguồn âm là tệp thoại nền nhạc mẫu tổng hợp

Nguồn: ảnh chụp màn hình do người soạn thực hiện (Adobe Audition 2026, bản 26.5), 07/11/2026.

Khuyến nghị ITU-R BS.1770 đưa ra một phép đo độ to có cơ sở tâm lý âm học. Tín hiệu được đưa 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:

$$L_K = -0{,}691 + 10\log_{10}\sum_i G_i z_i \quad \text{(LKFS)} \tag{6.9}$$

Đơn vị là LKFS (Loudness, K-weighted, relative to Full Scale) theo cách gọi của ITU, hoặc LUFS (Loudness Units relative to Full Scale) theo cách gọi của EBU. Hai đơn vị này hoàn toàn giống nhau về giá trị, trong đó 1 LU tương đương 1 dB.



Hình 6.17 Ba cửa sổ đo độ to: momentary 400 ms, short-term 3 s và integrated có cổng

Bảng 6.11 Ba cửa sổ đo độ to và công dụng

Cửa sổ đo	Độ dài	Dùng để làm gì
Momentary (M)	400 ms	Theo dõi tức thời khi đang trộn, tương đương vai trò của đồng hồ VU
Short-term (S)	3 s	Cân mức giữa các cảnh, các đoạn của một chương trình
Integrated (I)	Toàn bộ chương trình, có cổng	Độ to của toàn bộ chương trình — giá trị dùng để đối chiếu với tiêu chuẩn độ to

Cổng (gating) là chi tiết kỹ thuật quan trọng của phép đo tích hợp. Có hai cổng: cổng tuyệt đối loại bỏ mọi đoạn dưới −70 LUFS, và cổng tương đối loại bỏ mọi đoạn thấp hơn giá trị trung bình 10 LU. Nếu không có cổng, một chương trình có nhiều khoảng lặng dài sẽ bị đo là quá nhỏ, và khi chuẩn hoá lên mục tiêu, toàn bộ phần có tiếng sẽ bị đẩy to quá mức.

Đại lượng cuối cùng là dải độ to (Loudness Range, LRA), tính bằng khoảng phân vị của phân bố độ to short-term:

$$\mathrm{LRA} = P_{95} - P_{10} \quad \text{(LU)} \tag{6.10}$$

LRA cho biết mức độ biến thiên của chương trình: nội dung chủ yếu là lời nói có LRA nhỏ, còn nội dung giàu tương phản về độ to có LRA lớn. Quy chuẩn Việt Nam đặt trần LRA nhỏ hơn 20 LU cho nội dung truyền hình.

6.7.4 Quy chuẩn Việt Nam và các tiêu chuẩn quốc tế

Việt Nam có quy chuẩn riêng về mức âm thanh của nội dung truyền hình: QCVN 115:2017/BTTTT, ban hành kèm theo Thông tư số 34/2017/TT-BTTTT của Bộ Thông tin và Truyền thông. Quy chuẩn này viện dẫn ITU-R BS.1770-2 và khuyến nghị EBU R128 về phương pháp đo, và áp dụng cho nội dung phát trên hệ

thống truyền hình tại Việt Nam (không bao gồm truyền hình qua Internet) [1], [3], [4].

Bảng 6.12 Yêu cầu của QCVN 115:2017/BTTTT

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 chương trình nghe được ở môi trường gia đình
Nội dung ngắn dưới 30 giây (quảng cáo, hình hiệu)	độ to cực đại không vượt −18 LUFS	Ngăn hiện tượng quảng cáo to vọt lên so với chương trình

Người đọc cần nắm chắc bảng này, vì đây là yêu cầu của quy chuẩn kỹ thuật chứ không phải khuyến nghị nghệ thuật.

Bảng 6.13 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 Act)
Netflix và một số nền tảng phim	−27 LKFS (đo theo thoại)	−2 dBTP	Netflix Sound Mix Specifications
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 LUFS (mono)	−1 dBTP	AES TD1004 và thông lệ ngành

GHI NHỚ 6.2 — ĐIỀU QUAN TRỌNG NHẤT VỀ CHUẨN ĐỘ TO

Mọi nền tảng nghe nhạc trực tuyến lớn đều tự động chuẩn hoá độ to khi phát. Do đó, một bản trộn bị nén quá mức để "to hơn bản 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 ở cùng mức chuẩn hoá.

"Cuộc đua âm lượng" (loudness war) đã kết thúc về mặt kỹ thuật: từ khoảng năm 2015, việc nén quá mức không còn đem lại lợi thế nào mà chỉ gây thiệt hại thuần tuý.

6.8 Bài thực hành số 1 — gain staging và chuẩn mức

THỰC HÀNH 6.1 — MỤC TIÊU

- Đặt được gain đúng cho một chuỗi micro – preamp – bàn trộn – bộ ghi.
- Phân biệt bằng tai hậu quả của gain quá thấp và gain quá cao.
- Đo được độ to tích hợp của một bản trộn và đưa nó về đúng mục tiêu −23 LUFS theo QCVN 115:2017/BTTTT.

Thiết bị cần có

- Một micro điện động có hướng và một micro điện dung (để so sánh lượng gain cần thiết).
- Một bàn trộn số hoặc giao diện âm thanh có đồng hồ đo đọc được theo dBFS.
- Một máy tính có phần mềm DAW và một plugin đo độ to theo chuẩn ITU-R BS.1770 (Youlean Loudness Meter bản miễn phí, hoặc bộ đo có sẵn trong Nuendo, Pro Tools, Reaper).
- Tai nghe kín hoặc phòng nghe có mức nền dưới 35 dB(A).

Phần 1 — So sánh gain cần thiết của hai loại micro

Đặt cả hai micro cách nguồn cùng một khoảng cách 30 cm và đọc một đoạn văn với giọng bình thường. Chỉnh gain của từng kênh cho tới khi đỉnh đạt −12 dBFS, sau đó ghi lại lượng gain của từng kênh vào bảng.

Câu hỏi cần trả lời: chênh lệch gain giữa hai micro là bao nhiêu dB, và con số đó có khớp với chênh lệch độ nhạy ghi trong tài liệu của hai micro hay không.

Phần 2 — Nghe hậu quả của gain sai

Với micro điện động, thu ba lần cùng một đoạn văn:

- Lần 1: gain thấp hơn mức đúng 24 dB, sau đó bù lại bằng cách nâng mức của file lên 24 dB trong DAW.
- Lần 2: gain cao hơn mức đúng 12 dB (tín hiệu sẽ bị xén), sau đó hạ mức file xuống 12 dB.
- Lần 3: gain đúng, đỉnh ở −12 dBFS.

Nghe ba file ở cùng một mức phát và mô tả bằng lời điều nghe được ở từng file, đặc biệt chú ý các khoảng lặng giữa các câu ở file 1 và các phụ âm bật ở file 2.

Phần 3 — Đưa một bản trộn về chuẩn phát sóng

Lấy một đoạn phim ngắn hoặc một bản tin đã dựng sẵn (60 – 120 giây, có cả thoại, nhạc nền và tiếng động) và thực hiện tuần tự:

- Đo độ to tích hợp, LRA và mức True Peak cực đại của bản gốc, rồi ghi lại ba con số.
- So sánh với yêu cầu của QCVN 115:2017/BTTTT: −23 LUFS ± 1,0 LU, True Peak ≤ −1 dBTP, LRA < 20 LU.

– Nếu độ to lệch: chỉnh mức của bus chính đúng bằng lượng lệch rồi đo lại, lưu ý rằng đây là phép dịch tuyến tính nên lệch 4 LU thì hạ đúng 4 dB.
– Nếu True Peak vượt trần: đặt một bộ hạn chế True Peak ở cuối chuỗi với trần −1 dBTP rồi đo lại cả hai chỉ tiêu, vì bộ hạn chế cũng làm thay đổi độ to.
– Nếu LRA quá lớn: đây là vấn đề của bản trộn, không sửa được bằng một thao tác duy nhất ở cuối chuỗi, nên cần quay lại cân mức giữa các cảnh.

Kết quả cần có: file đã chuẩn hoá, ảnh chụp màn hình máy đo trước và sau, và một đoạn ghi chú 100 – 150 từ giải thích những gì đã làm và lý do.

THỰC HÀNH 6.2 — CÂU HỎI THẢO LUẬN CUỐI BÀI

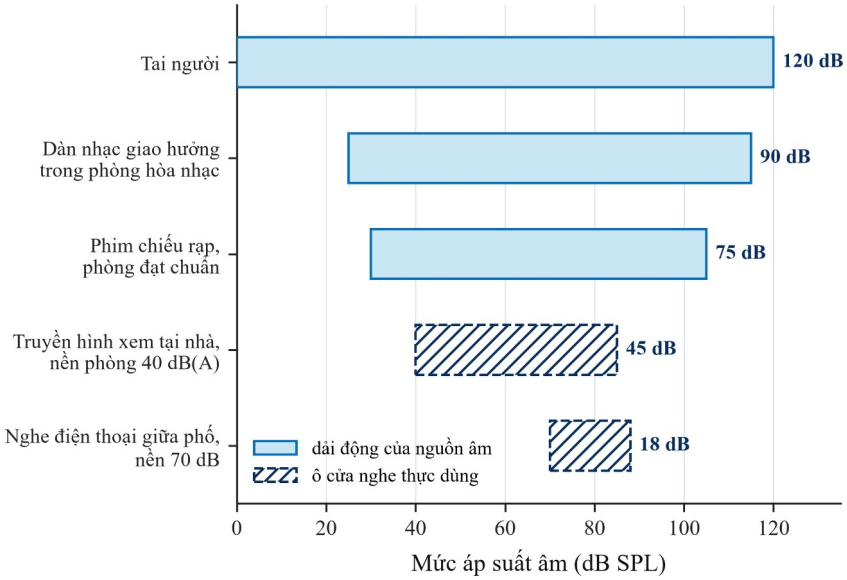
Vì sao chuẩn truyền hình đặt mục tiêu ở −23 LUFS trong khi các nền tảng nhạc trực tuyến đặt ở −14 LUFS, và điều gì khác nhau giữa hai môi trường nghe?

Nếu một khách hàng yêu cầu "làm cho to hơn nữa" một bản đã đạt chuẩn, người kỹ sư nên trả lời thế nào bằng lập luận kỹ thuật?

6.9 Vì sao phải xử lý dải động

6.9.1 Bài toán: dải động lớn, ô cửa nhỏ

Tai người có dải động khoảng 120 dB, từ ngưỡng nghe tới ngưỡng đau, và một dàn nhạc giao hưởng trong phòng hoà nhạc trải khoảng 90 dB. Tuy nhiên, người xem truyền hình ở nhà có nền phòng chừng 40 dB(A) và không muốn mở âm lượng quá 85 dB, nên ô cửa dùng được chỉ còn khoảng 45 dB; người nghe podcast trên điện thoại giữa phố chỉ còn chừng 18 dB.



Hình 6.18 Dải động của nguồn âm so với dải động thực dùng được ở nơi nghe

Đó là lý do tồn tại của xử lý động. Nếu giữ nguyên dải động của nguồn, những đoạn nhỏ sẽ chìm dưới tiếng ồn nền của người nghe, còn những đoạn to sẽ khiến họ giật mình và vặn nhỏ âm lượng. Nhiệm vụ của người kỹ sư là đưa dải động của nguồn vào ô cửa của người nghe mà không phá hỏng ý đồ nghệ thuật.

GHI NHỚ 6.3 — ĐỊNH NGHĨA CẦN NHỚ

Mục đích của nén không phải là "làm cho to hơn" mà là thu hẹp khoảng cách giữa chỗ to nhất và chỗ nhỏ nhất.

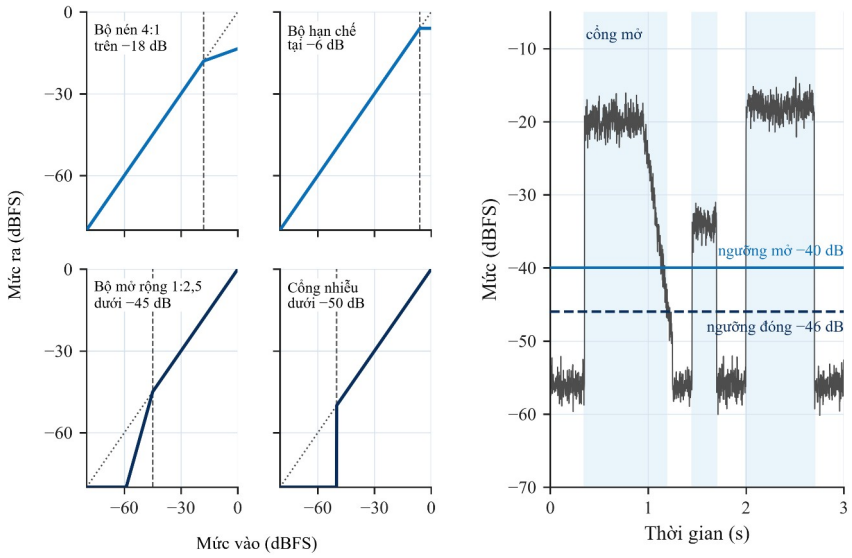
Việc bản nén nghe to hơn chỉ là hệ quả gián tiếp: sau khi nén các đỉnh xuống, tín hiệu có khoảng trống để nâng toàn bộ lên. Nếu không nâng lại (không dùng makeup gain), bản nén sẽ nghe nhỏ hơn bản gốc.

6.9.2 Bốn thiết bị cùng họ

Bốn thiết bị xử lý động thông dụng thực chất là cùng một mạch, chỉ khác vùng tác động trên đường đặc tuyến vào–ra:

Bảng 6.14 Bốn thiết bị xử lý động và vùng tác động

Thiết bị	Tác động ở đâu	Tỉ số điển hình	Mục đích
Bộ nén (compressor)	Trên ngưỡng	2:1 đến 8:1	Thu hẹp dải động, làm đều mức
Bộ hạn chế (limiter)	Trên ngưỡng	20:1 đến ∞:1	Chặn tuyệt đối, không cho vượt trần
Bộ mở rộng (expander)	Dưới ngưỡng	1:1,5 đến 1:4	Đẩy phần nhỏ xuống thấp hơn, giảm nền
Cổng nhiễu (noise gate)	Dưới ngưỡng	1:∞	Tắt hẳn khi tín hiệu dưới ngưỡng



(a) bốn đặc tuyến vào–ra (b) trễ ngưỡng của cổng nhiễu

Hình 6.19 Bốn thiết bị xử lý động trên cùng một loại đồ thị, và trễ ngưỡng của cổng nhiễu

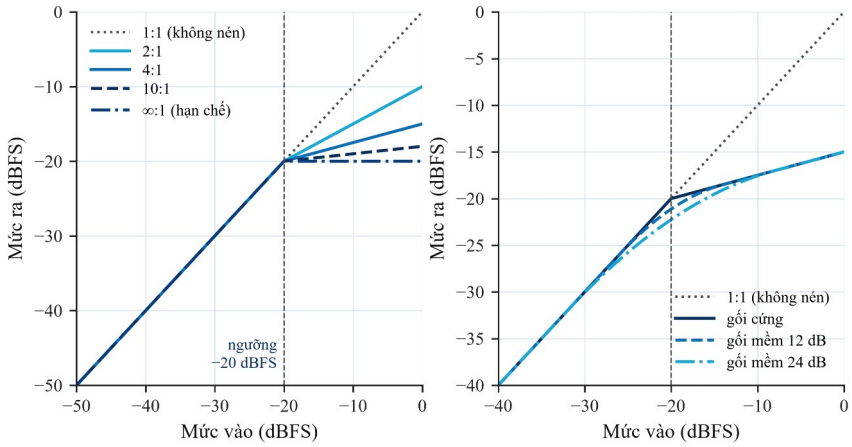
6.10 Bộ nén — nguyên lý và tham số

6.10.1 Đường đặc tuyến vào – ra

Bộ nén là một bộ khuếch đại có độ lợi thay đổi theo mức của chính tín hiệu. Quan hệ giữa mức vào và mức ra được mô tả bằng [14]:

$$L_{\text{out}} = L_{\text{in}} \ (L_{\text{in}} \le T) \quad ; \quad L_{\text{out}} = T + \frac{L_{\text{in}} - T}{R} \ (L_{\text{in}} > T) \tag{6.11}$$

trong đó T là ngưỡng (threshold) và R là tỉ số nén (ratio). Dưới ngưỡng, thiết bị không tác động; trên ngưỡng, mỗi R decibel tăng thêm ở đầu vào chỉ cho ra 1 decibel ở đầu ra.



(a) tỉ số nén (b) dạng gối, tỉ số 4:1

Hình 6.20 Đường đặc tuyến vào–ra của bộ nén: tỉ số nén và dạng gối

Lượng độ lợi bị lấy đi gọi là độ giảm ích (gain reduction, GR):

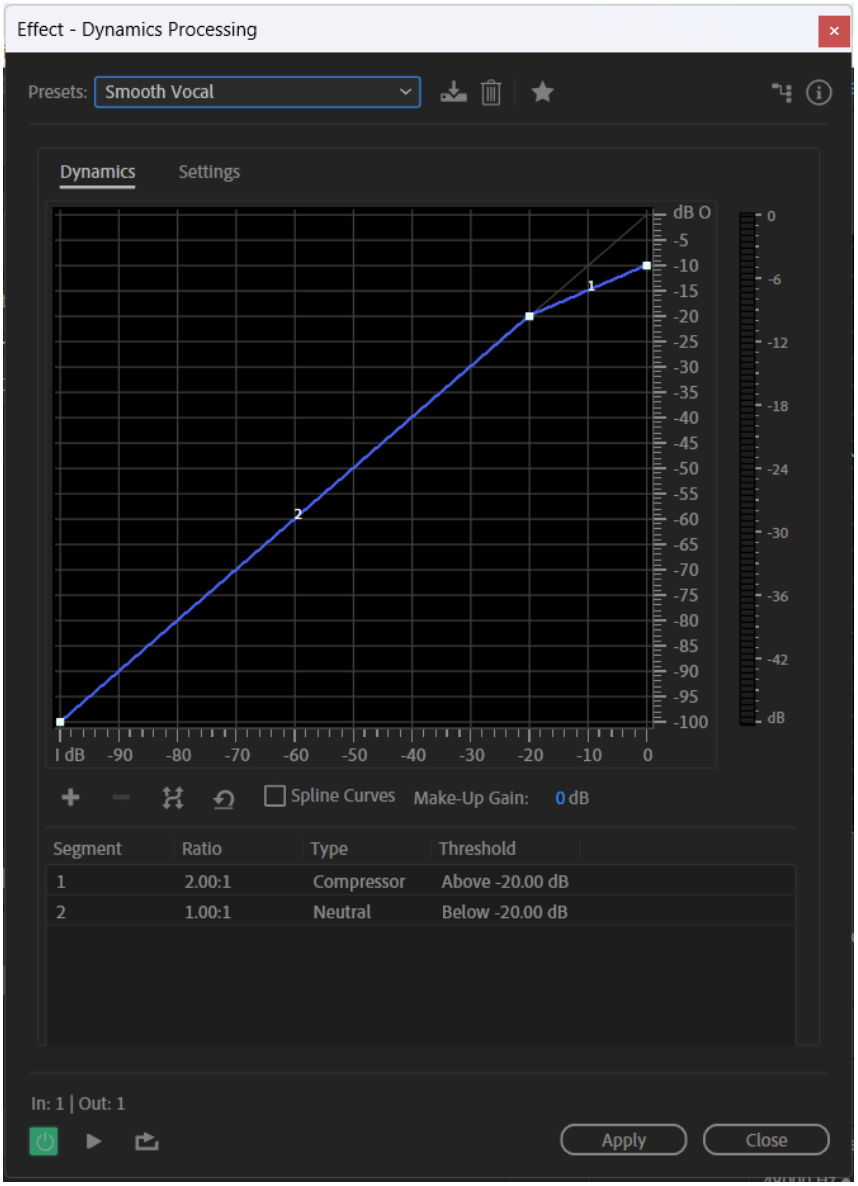
$$\text{GR} = (L_{\text{in}} - T)\left(\frac{1}{R} - 1\right) \quad \text{(dB)} \tag{6.12}$$

Đây là con số hiển thị trên đồng hồ GR của bộ nén và là con số quan trọng nhất để đọc trạng thái làm việc của thiết bị. Theo quy tắc kinh nghiệm, GR trung bình 3 – 6 dB là nén vừa phải, 6 – 12 dB là nén mạnh, còn trên 15 dB là nén rất nặng và chỉ dùng có chủ ý.

6.10.2 Năm tham số cơ bản

Mọi bộ nén, dù mặt máy trông thế nào, đều xoay quanh năm tham số:

Hình 6.21 là hộp thoại Dynamics Processing của Adobe Audition với cấu hình nén 2:1 trên ngưỡng −20 dB: đường đặc tuyến vào – ra gãy xuống dưới đường chéo ở phần tín hiệu mạnh, còn bảng bên dưới liệt kê tỉ số và ngưỡng của từng đoạn.



Hình 6.21 Đặc tuyến bộ nén (Dynamics Processing) của Adobe Audition, cấu hình tham khảo cho giọng nói

Nguồn: ảnh chụp màn hình do người soạn thực hiện (Adobe Audition 2026, bản 26.5), 07/11/2026.

a) Ngưỡng (Threshold)

Mức mà trên đó bộ nén bắt đầu làm việc, tính bằng dBFS hoặc dBu. Đây là tham số quyết định *bao nhiêu* phần của tín hiệu bị xử lý: đặt ngưỡng cao thì chỉ vài đỉnh cao nhất bị chạm tới, đặt thấp thì gần như toàn bộ tín hiệu bị nén.

Cách đặt trong thực hành: hạ ngưỡng dần trong khi nghe cho tới khi đồng hồ GR bắt đầu dịch chuyển ở những chỗ to nhất. Đó là điểm khởi đầu, từ đó điều chỉnh theo tai.

b) Tỉ số nén (Ratio)

Độ dốc của đoạn trên ngưỡng. Tỉ số 4:1 nghĩa là 4 dB tăng ở đầu vào chỉ cho ra 1 dB ở đầu ra. Ba vùng giá trị có ý nghĩa khác nhau:

– **1,5:1 đến 3:1, nén nhẹ.** Làm đều mức mà gần như không nghe ra là có nén; đây là vùng dùng cho giọng dẫn, nhạc cụ mộc và bus tổng.

- **4:1 đến 8:1, nén rõ.** Có thể nghe thấy tác động: âm thanh dày hơn, đều hơn và có phần bị "ép"; vùng này dùng cho giọng hát trong nhạc nhẹ, trống và bass.
- **Trên 10:1, hạn chế.** Thiết bị không còn nén mà chặn mức, nên dùng để bảo vệ chứ không dùng để tạo màu âm.

c) Thời gian tác động (Attack)

Thời gian để bộ nén đạt được phần lớn lượng giảm ích sau khi tín hiệu vượt ngưỡng. Đây là tham số ảnh hưởng nhiều nhất tới đặc tính âm sắc của âm thanh sau nén.

Tác động nhanh (dưới 5 ms) bắt được cả phần đầu nốt, nên âm thanh mất độ nảy và nghe "phẳng" hơn nhưng an toàn hơn. Tác động chậm (20 – 100 ms) để lọt phần đầu nốt rồi mới siết phần thân, nên âm thanh giữ được độ nảy, thậm chí nghe nảy hơn bản gốc vì phần thân bị hạ xuống trong khi phần đầu giữ nguyên.

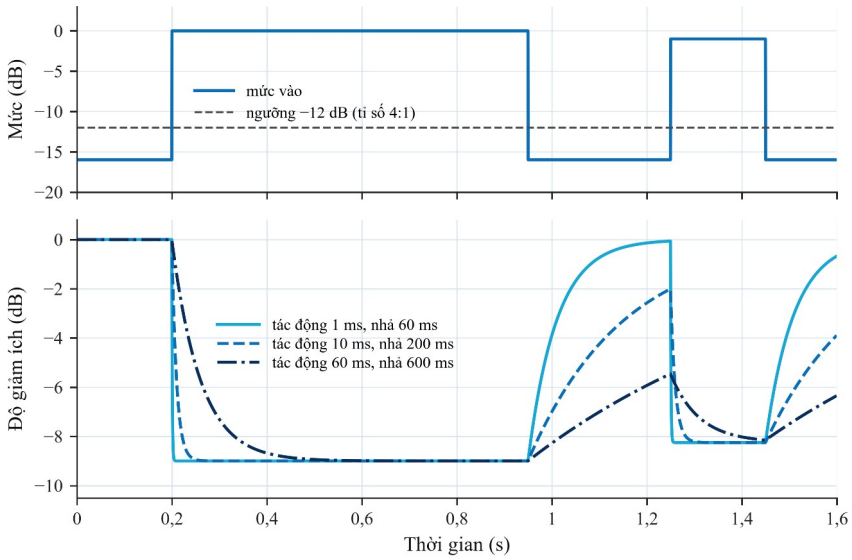
> **GHI NHỚ 6.4 — MỘT NGHỊCH LÝ HỮU ÍCH**
>
> Muốn tiếng trống nghe mạnh hơn, nên đặt tác động chậm thay vì nhanh: tác động chậm cho phần đầu tiếng đánh đi qua nguyên vẹn rồi mới nén phần thân, làm nổi bật độ tương phản giữa cú đánh và phần đuôi.
>
> Muốn tiếng trống nghe mềm và bị "ép", nên đặt tác động rất nhanh dưới 1 ms.

d) Thời gian nhả (Release)

Thời gian để bộ nén trả độ lợi về bình thường sau khi tín hiệu xuống dưới ngưỡng. Cả tác động lẫn nhả đều được thực hiện bằng một mạch lọc thông thấp bậc nhất, biểu diễn ở dạng số như sau:

$$y[n] = \alpha\, y[n-1] + (1-\alpha)\, x[n] \quad , \quad \alpha = e^{-1/(f_s \tau)} \tag{6.13}$$

trong đó τ là hằng số thời gian (thời gian để đạt 63 % lượng thay đổi) và f_s là tần số lấy mẫu. Nhả quá nhanh gây hiện tượng "bơm" (pumping): độ lợi lên xuống nhanh làm tiếng nền phòng dâng lên và hạ xuống theo nhịp, nghe rõ trong các khoảng lặng. Nhả quá chậm thì bộ nén không kịp trả độ lợi, làm những đoạn nhỏ ngay sau một đoạn to bị chìm hẳn.



Hình 6.22 Ba cặp thời gian tác động – nhả trên cùng một tín hiệu và độ giảm ích tương ứng

Nhiều bộ nén hiện đại có chế độ nhả tự động (auto release), trong đó hằng số thời gian thay đổi theo đặc điểm tín hiệu: nhanh với các đỉnh ngắn, chậm với các đoạn dài. Với người mới, chế độ tự động thường cho kết quả an toàn hơn chế độ thủ công.

e) Độ lợi bù (Makeup gain)

Sau khi nén, mức tổng thể giảm xuống. Độ lợi bù nâng lại toàn bộ tín hiệu để mức nghe được tương đương ban đầu:

$$G_{\text{makeup}} \approx |\text{GR}_{\text{tb}}| \quad \text{(dB)} \tag{6.14}$$

Bước này bắt buộc khi so sánh trước và sau. Nếu không bù mức, tai người sẽ luôn thấy bản to hơn là "hay hơn" và đánh giá sai tác dụng của bộ nén; nhiều plugin hiện đại có chức năng bù mức tự động (auto gain) chính vì lý do này.

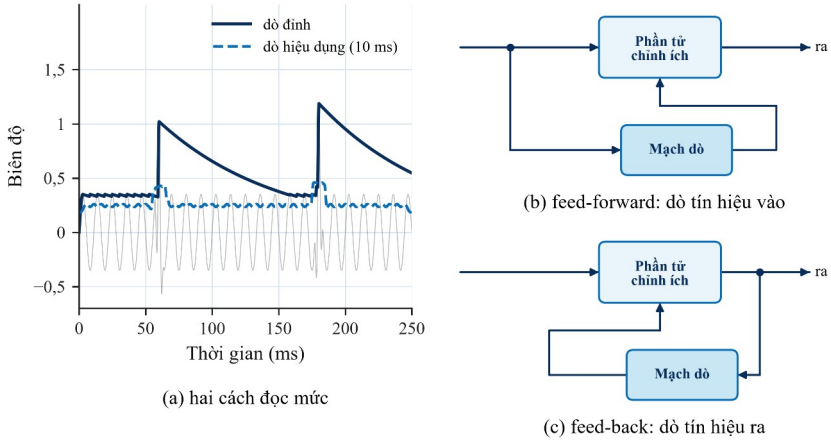
6.10.3 Gối (Knee) — tham số thứ sáu

Gối mô tả cách bộ nén chuyển từ vùng không nén sang vùng nén. Gối cứng (hard knee) bẻ gãy đường đặc tuyến ngay tại ngưỡng, còn gối mềm (soft knee) làm cong dần trong một khoảng 6 – 24 dB quanh ngưỡng, nghĩa là tỉ số nén tăng từ từ.

Gối mềm nghe tự nhiên hơn với giọng nói và nhạc, vì sự thay đổi độ lợi diễn ra dần dần thay vì đột ngột. Gối cứng phù hợp khi cần chặn dứt khoát ở một mức xác định, tức là khi bộ nén đóng vai trò của một bộ hạn chế.

6.10.4 Dò đỉnh và dò hiệu dụng

Mạch dò (detector) quyết định bộ nén "nhìn thấy" tín hiệu như thế nào. Có hai cách:



(a) hai cách đọc mức

(b) feed-forward: dò tín hiệu vào

(c) feed-back: dò tín hiệu ra

Hình 6.23 Hai cách đọc mức của mạch dò và hai kiểu mắc mạch điều khiển

– **Dò đỉnh (peak):** bám theo giá trị tuyệt đối tức thời, phản ứng với mọi đỉnh nhọn kể cả những đỉnh mà tai gần như không nghe thấy; cách này phù hợp khi mục tiêu là *bảo vệ* thiết bị phía sau.
– **Dò hiệu dụng (RMS):** lấy trung bình bình phương trong một cửa sổ 5 – 50 ms, gần với cách tai người cảm nhận độ to và gần như bỏ qua các đỉnh rất ngắn; cách này phù hợp khi mục tiêu là làm *đều* độ to cảm nhận.

Nhiều bộ nén cho phép chọn giữa hai chế độ, và một số bộ chạy cả hai song song. Với giọng dẫn và giọng hát, RMS thường cho kết quả tự nhiên hơn; với bảo vệ đường ra, chế độ peak là bắt buộc.

6.10.5 Feed-forward và feed-back

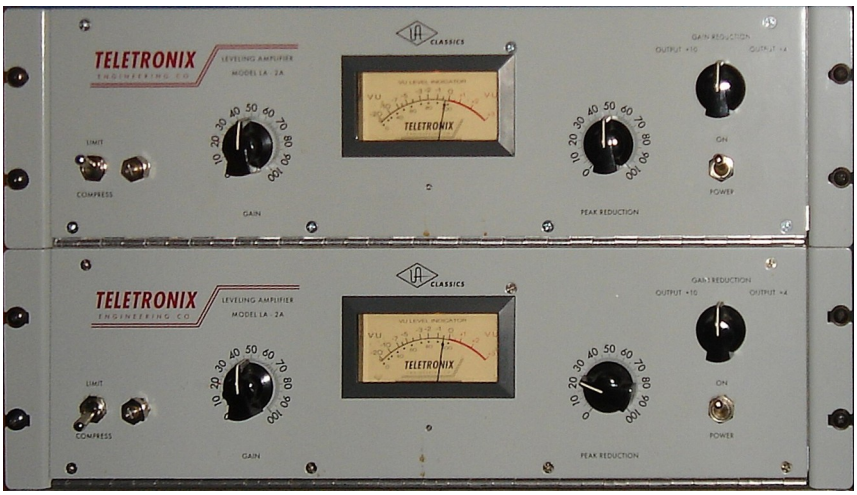
Mạch dò có thể lấy tín hiệu từ đầu *vào* (feed-forward) hoặc từ đầu *ra* (feed-back) của phần tử chỉnh ích. Mọi bộ nén số và đa số bộ nén analog hiện đại dùng feed-forward: mạch dò biết chính xác tín hiệu sắp tới nên tính được lượng giảm ích cần thiết một cách chính xác.

Các bộ nén kinh điển như Teletronix LA-2A và Urei 1176 dùng feed-back: mạch dò nghe tín hiệu sau khi đã bị nén nên luôn "chậm một nhịp". Hệ quả là tỉ số nén thực tế không bằng con số ghi trên mặt máy, đường nén cong chứ không gãy và đáp ứng khó đoán trước hơn; đó chính là chất riêng mà nhiều người tìm kiếm ở các máy nén cổ điển, tức sự "không hoàn hảo có kiểm soát".

6.10.6 Bốn họ mạch nén và màu âm của chúng

Phần tử chỉnh ích, tức bộ phận thực sự thay đổi độ lợi, quyết định phần lớn tính cách của một bộ nén:

Hình 6.24 cho thấy hai bộ nén Teletronix LA-2A lắp trên giá rack, một thiết bị nén quang kinh điển với đồng hồ VU và núm độ lợi.



Hình 6.24 Hai bộ nén quang Teletronix LA-2A lắp trên giá rack.

Nguồn: Jon Gos; chỉnh sửa: Clusternote, CC BY 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).

VCA	Quang (opto)	FET	Đèn (vari-mu)
Khuếch đại điều khiển bằng điện áp	Bóng đèn chiếu vào điện trở quang	Transistor hiệu ứng trường làm điện trở	Đèn điện tử tự đổi hệ số khuếch đại
Tác động nhanh, chính xác	**Tác động** chậm tự nhiên, ~10 ms	**Tác động** cực nhanh, 20 µs	**Tác động** chậm, phụ thuộc mức
Đường nhả tuyến tính, đoán được	**Đường nhả** hai pha, phi tuyến	**Đường nhả** nhanh, có nạp lại	**Đường nhả** rất chậm, tự nhiên
Chất âm trong, trung tính	**Chất âm** mềm, mượt, "hát"	**Chất âm** hưng, có màu, sinh hài	**Chất âm** dày, ấm, kết dính
Kinh điển dbx 160, SSL Bus, API 2500	**Kinh điển** Teletronix LA-2A, Tube-Tech CL 1B	**Kinh điển** Urei 1176, chế độ "all-buttons"	**Kinh điển** Fairchild 670, Manley Vari-Mu
Dùng cho trống, bass, bus tổng, chặn đỉnh	**Dùng cho** giọng hát, giọng dẫn, nhạc cụ mộc	**Dùng cho** giọng rock, trống phòng, guitar điện	**Dùng cho** bus tổng, master, dàn dây

Hình 6.25 Bốn họ mạch nén, đặc tính và các máy tiêu biểu của từng họ

Bốn họ này không xếp hạng được với nhau, nên cần chọn theo việc cần làm:

Bảng 6.15 Chọn họ mạch nén theo nguồn âm

Nguồn âm	Họ nên chọn	Lý do
Giọng dẫn, giọng đọc thuyết minh	Quang (opto) hoặc VCA nhẹ	Cần đều mức mà không nghe ra tác động; đường nhả tự nhiên của mạch quang rất hợp với nhịp nói
Giọng hát nhạc nhẹ	Quang, hoặc quang nối tiếp FET	Lớp đầu làm đều mức, lớp sau bắt các đỉnh còn sót
Trống bass và trống snare	VCA hoặc FET	Cần tác động nhanh, chính xác, và tạo được độ nảy
Bass điện	VCA hoặc quang	Bass có dải động lớn theo từng nốt; cần đều mà không mất phần trầm
Bus tổng, master	VCA nhẹ (2:1, GR 1 – 3 dB) hoặc đèn	Chỉ cần kết dính, không cần siết; giảm ích nhiều ở bus tổng làm mất chiều sâu của bản trộn
Nguồn âm có đỉnh bất thường	VCA hoặc hạn chế	Cần chặn chính xác, không cần màu âm

6.11 Hạn chế, cổng nhiễu, mở rộng và de-esser

6.11.1 Bộ hạn chế (Limiter)

Bộ hạn chế là bộ nén có tỉ số rất lớn (20:1 trở lên, thực tế coi như vô cùng) và tác động rất nhanh. Nhiệm vụ của nó không phải tạo màu âm mà là bảo đảm tín hiệu không bao giờ vượt qua một trần xác định.

Có hai loại cần phân biệt rõ:

Bảng 6.16 Hai loại bộ hạn chế

Loại	Cơ chế	Ưu điểm	Nhược điểm
Hạn chế thường	Tác động 0,1 – 1 ms sau khi vượt ngưỡng	Đơn giản, không thêm độ trễ	Vẫn để lọt một phần rất ngắn của đỉnh đầu tiên
Hạn chế nhìn trước (look-ahead)	Làm trễ tín hiệu chính 1 – 5 ms để mạch dò "nhìn thấy" đỉnh trước khi nó tới	Bắt được mọi đỉnh, không lọt gì; nghe trong suốt hơn nhiều	Thêm độ trễ bằng đúng thời gian nhìn trước — vấn đề khi làm trực tiếp

Bộ hạn chế True Peak là loại đặc biệt, làm việc trên tín hiệu đã nội suy lên gấp 4 lần trở lên, nên chặn được cả các đỉnh nằm giữa hai mẫu. Thiết bị này bắt buộc phải đặt ở cuối chuỗi khi giao nộp theo QCVN 115:2017/BTTTT hay bất kỳ tiêu chuẩn nào có trần dBTP.

> **GHI NHỚ 6.5 — VỊ TRÍ CỦA BỘ HẠN CHẾ**
>
> Bộ hạn chế luôn là thiết bị *cuối cùng* của chuỗi: đặt bất cứ thứ gì sau nó, kể cả một bộ EQ chỉ nâng 1 dB, đều phá bỏ bảo đảm mà nó vừa tạo ra.
>
> Trong hệ tăng âm, bộ hạn chế đặt sau bộ phân tần, riêng cho từng đường ra, với ngưỡng đặt theo sức chịu của củ loa đường đó.

6.11.2 Cổng nhiễu (Noise gate)

Cổng nhiễu tắt hẳn tín hiệu khi mức xuống dưới ngưỡng. Các công dụng chính:

- Loại bỏ tiếng ồn nền, tiếng máy điều hoà, tiếng quạt máy giữa các câu thoại.
- Loại bỏ tiếng lọt từ nguồn khác vào một micro (tiếng trống lọt vào micro giọng hát).
- Tự động đóng các micro không dùng trên sân khấu, làm giảm số micro đang mở, tức tăng dự trữ trước hú (xem mục 6.20).

Cổng nhiễu có bốn tham số: ngưỡng, tác động, giữ (hold) và nhả. Tham số quan trọng nhất mà người mới thường bỏ qua là *trễ ngưỡng* (hysteresis), trong đó ngưỡng mở và ngưỡng đóng được đặt lệch nhau 3 – 8 dB.

Trễ ngưỡng cần thiết vì nếu chỉ có một ngưỡng, khi mức tín hiệu dao động ngay quanh ngưỡng đó, cổng sẽ đóng mở liên tục hàng chục lần một giây và nghe như tiếng lạo xạo. Đặt ngưỡng đóng thấp hơn ngưỡng mở làm cho cổng chỉ đóng khi tín hiệu đã thực sự tắt.

Tham số "giữ" (hold) là khoảng thời gian tối thiểu cổng phải ở trạng thái mở sau khi vừa mở, dù mức đã tụt xuống. Với thoại, đặt giữ 50 – 150 ms để tránh việc cổng đóng ngay giữa hai âm tiết.

> **CẢNH BÁO 6.4 — KHI DÙNG CỔNG NHIỄU CHO THOẠI**
>
> Cổng nhiễu không làm sạch tiếng ồn mà chỉ tắt tiếng ồn trong khoảng lặng. Khi có thoại, tiếng ồn vẫn còn nguyên, và người nghe nhận ra nó rõ hơn vì có sự tương phản với các khoảng lặng hoàn toàn im.
>
> Kết quả thường kém hơn so với không dùng cổng, vì nền phòng "bật tắt" theo lời thoại nghe rất thiếu tự nhiên. Với tiếng ồn nền liên tục, công cụ phù hợp là bộ khử ồn phổ (spectral denoise) thay cho cổng.
>
> Nếu vẫn dùng cổng cho thoại, nên đặt độ suy giảm (range) chỉ −6 đến −12 dB thay vì tắt hẳn: nền phòng vẫn còn nhưng nhỏ đi, nhờ đó tai không nhận ra sự chuyển tiếp.

6.11.3 Bộ mở rộng (Expander)

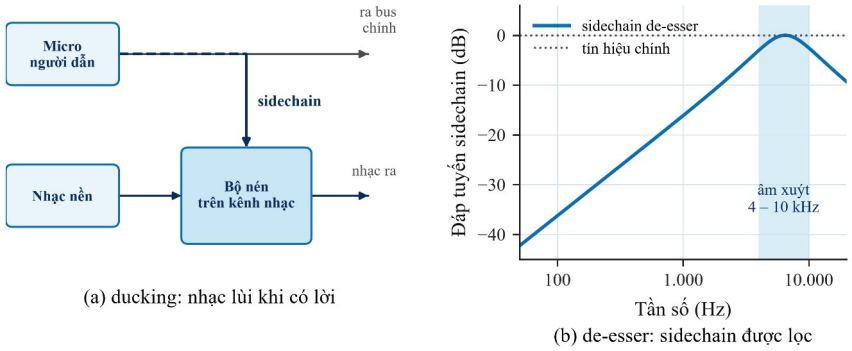
Bộ mở rộng là cổng nhiễu "mềm": thay vì tắt hẳn, nó đẩy phần dưới ngưỡng xuống thấp hơn theo một tỉ số xác định. Tỉ số 1:2 nghĩa là 1 dB giảm ở đầu vào cho ra 2 dB giảm ở đầu ra.

Với thoại và lời dẫn, bộ mở rộng đặt tỉ số 1:1,5 hoặc 1:2 thường cho kết quả tự nhiên hơn cổng nhiễu, vì nền phòng nhỏ đi nhưng không biến mất nên tai không phát hiện ra sự can thiệp.

6.11.4 De-esser

Âm xuýt (các phụ âm "s", "x", "ch", "tr") có năng lượng tập trung trong dải 4 – 10 kHz và biên độ đỉnh rất cao so với phần còn lại của giọng nói. Micro điện dung dải rộng và việc nâng EQ dải cao làm chúng nổi lên tới mức chói tai.

De-esser là một bộ nén có mạch dò được lọc dải: nó chỉ "nhìn thấy" dải âm xuýt, nhưng khi tác động thì hạ độ lợi của toàn bộ tín hiệu (loại băng rộng) hoặc chỉ của dải đó (loại băng hẹp, split-band).



Hình 6.26 Sidechain trong hai ứng dụng: ducking và de-esser

Bảng 6.17 Hai loại de-esser

Loại	Cách tác động	Nghe thế nào	Dùng khi nào
Băng rộng (broadband)	Hạ độ lợi toàn dải khi phát hiện âm xuýt	Tự nhiên hơn về mặt âm sắc nhưng có thể nghe thấy giọng "thụt" nhẹ ở mỗi âm xuýt	Âm xuýt nhiều nhưng không quá gắt
Băng hẹp (split-band)	Chỉ hạ độ lợi trong dải 4 – 10 kHz	Không ảnh hưởng phần còn lại của giọng; nếu đặt quá tay thì giọng nghe như bị chặn mất phần "s"	Âm xuýt rất gắt, hoặc sau khi đã nâng EQ dải cao nhiều

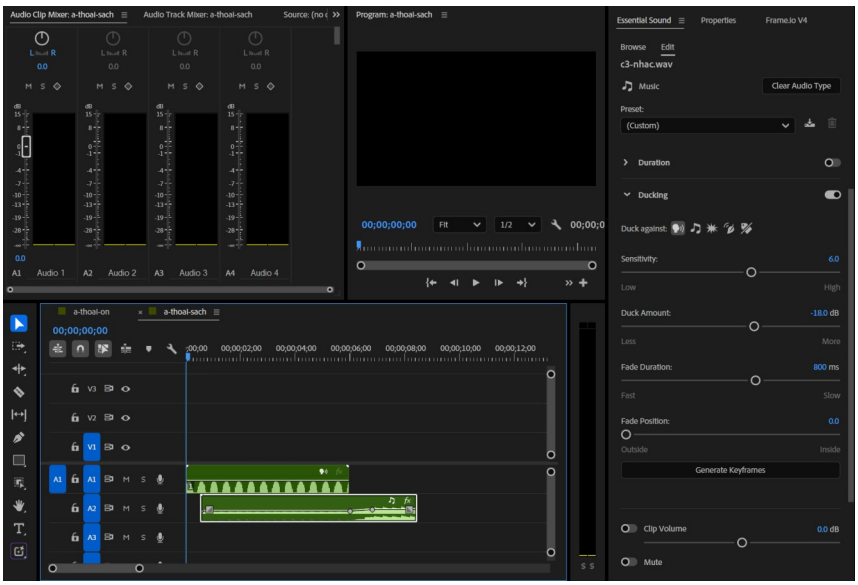
Cách đặt: bật chế độ nghe riêng đường sidechain (nếu có) để tìm tần số gây khó chịu, thường là 5 – 8 kHz với giọng nam và 6 – 10 kHz với giọng nữ. Sau đó hạ ngưỡng tới khi GR đạt 3 – 6 dB ở những âm xuýt mạnh nhất, không phải ở mọi âm xuýt.

6.12 Sidechain và các kỹ thuật nén nâng cao

6.12.1 Sidechain — đường điều khiển ngoài

Sidechain là đường tín hiệu điều khiển bộ nén, tách khỏi đường tín hiệu chính. Bình thường hai đường này giống nhau, nhưng khi cho phép chúng khác nhau, bộ nén trở thành một công cụ hoàn toàn khác.

Hình 6.27 minh hoạ sidechain trong thực hành dựng phim: nhạc nền gán loại Music, thoại gán loại Dialogue, rồi mục Ducking tự hạ nhạc khi có thoại và vẽ các điểm khoá lên đường âm lượng của clip nhạc.



Hình 6.27 Ducking trong Essential Sound của Adobe Premiere Pro: nhạc nền (Music) tự hạ 18 dB khi có thoại (Dialogue); dữ liệu là tệp mẫu tổng hợp

Nguồn: ảnh chụp màn hình do người soạn thực hiện (Adobe Premiere Pro 2026), 07/11/2026.

Ứng dụng quen thuộc nhất của sidechain là ducking: bộ nén nằm trên kênh nhạc nền nhưng nghe theo kênh lời. Khi người dẫn bắt đầu nói thì nhạc tự lùi 6 – 10 dB, và khi ngừng nói thì nhạc tự trở lại, nên không cần kéo fader thủ công và mức lùi luôn nhất quán.

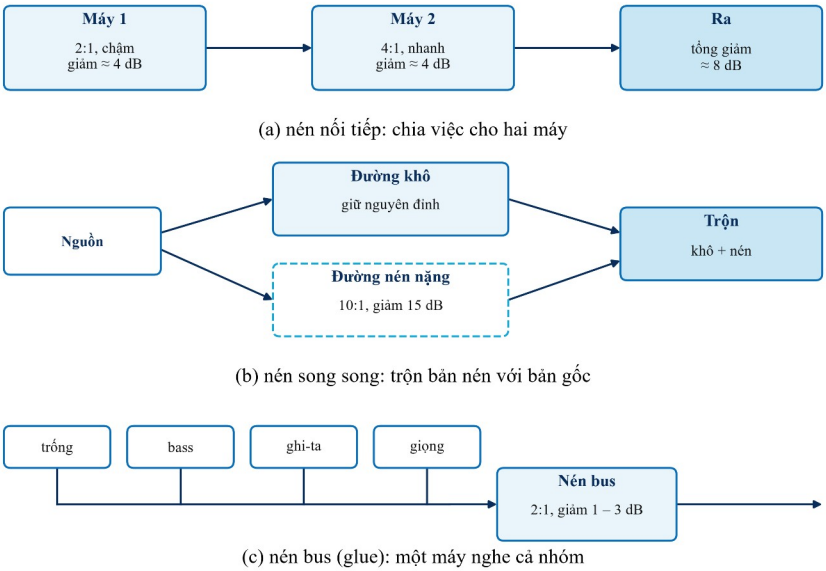
Các tham số nên đặt cho ducking:

Bảng 6.18 Tham số ducking cho nhạc nền dưới lời dẫn

Tham số	Giá trị khuyến nghị	Lý do
Tỉ số	4:1 đến 8:1	Cần tác động dứt khoát, không cần tinh tế
Ngưỡng	Đặt sao cho GR đạt 6 – 12 dB khi có lời	Đó là lượng lùi thường thấy để lời rõ mà nhạc vẫn còn cảm nhận được
Tác động	5 – 20 ms	Đủ nhanh để không có từ đầu tiên bị nhạc át; đủ chậm để không nghe ra tiếng "hụp"
Nhả	300 – 800 ms	Nhạc trở lại từ từ; nhả quá nhanh làm nhạc nhấp nhô giữa các từ
Giữ (nếu có)	200 – 400 ms	Giữ nhạc ở mức thấp qua các khoảng ngắt giữa hai câu

6.12.2 Nén nối tiếp

Thay vì để một bộ nén giảm 10 dB, có thể dùng hai bộ, mỗi bộ giảm 4 – 5 dB. Khi không bộ nào phải làm việc nặng, các hiện tượng phụ (bơm, méo, mất độ nảy) đều nhẹ hơn nhiều.



Hình 6.28 Ba kỹ thuật dùng bộ nén: nén nối tiếp, nén song song và nén bus

Cách chia việc thông dụng như sau: bộ thứ nhất đặt tỉ số thấp (2:1 – 3:1), tác động chậm, nhả chậm, nhằm làm đều mức trung bình trên toàn đoạn; bộ thứ hai đặt tỉ số cao hơn (4:1 – 6:1), tác động nhanh, nhằm bắt những đỉnh còn sót. Cấu hình này là chuẩn của gần như mọi chuỗi xử lý giọng hát chuyên nghiệp.

6.12.3 Nén song song

Kỹ thuật này còn gọi là nén New York. Tín hiệu được chia làm hai đường: một đường giữ nguyên, một đường nén rất nặng (10:1, GR 15 – 20 dB), rồi trộn hai đường lại.

Kết quả khác hẳn nén thường: đường nén nặng nâng những phần nhỏ lên rõ rệt, làm âm thanh dày và có nhiều chi tiết hơn, còn đường khô vẫn giữ nguyên các đỉnh nên độ nảy không bị mất. Đây là cách duy nhất để có được cả độ dày lẫn độ nảy cùng lúc.

Nhiều bộ nén hiện đại có núm "Mix" hoặc "Blend" thực hiện đúng việc này ngay trong thiết bị, và đặt Mix ở 30 – 50 % là điểm khởi đầu phù hợp.

CẢNH BÁO 6.5 — MỘT ĐIỀU KIỆN BẮT BUỘC KHI NÉN SONG SONG

Hai đường phải có cùng độ trễ. Nếu bộ nén trên đường ướt có độ trễ (look-ahead limiter, plugin có nội suy) mà đường khô không được bù trễ tương ứng, hai đường sẽ triệt pha nhau, khiến âm thanh mỏng đi ở một số dải tần.

Trong DAW, phải bật chức năng bù trễ tự động (automatic delay compensation). Trên bàn số, cần kiểm tra bằng cách nghe: đảo cực tính một đường, nếu âm thanh gần như biến mất thì hai đường đang thẳng hàng.

6.12.4 Nén bus (glue)

Bộ nén được đặt trên bus tổng hoặc trên một subgroup, với tỉ số thấp (1,5:1 – 2:1) và độ giảm ích rất nhỏ (1 – 3 dB), nên tác động về mặt biên độ gần như không đáng kể.

Tuy nhiên, vì mọi kênh trong nhóm cùng lên xuống theo một nhịp chung, tai nghe chúng như một khối thống nhất thay vì các lớp rời rạc được xếp chồng. Đây là hiệu ứng "kết dính" (glue), và nó chỉ hoạt động khi lượng nén rất nhỏ, bởi nén nhiều ở bus tổng làm bản trộn dẹt đi và mất chiều sâu.

Cấu hình kinh điển của bộ nén bus SSL gồm tỉ số 2:1, tác động 30 ms, nhả tự động và ngưỡng đặt sao cho GR đạt 2 dB ở những chỗ to nhất.

6.12.5 Bộ nén đa dải (Multiband)

Bộ nén đa dải chia tín hiệu thành 3 – 5 dải tần, mỗi dải có một bộ nén riêng, rồi cộng lại. Nhờ đó có thể nén phần trầm mà không ảnh hưởng tới phần cao, hoặc ngược lại.

Công dụng chính đáng gồm hai trường hợp. Với một giọng nói có vài nốt bị ù ở 250 Hz, bộ nén đa dải chỉ can thiệp vào dải đó khi nó quá to và để nguyên các dải khác; với một bản nhạc có tiếng bass không đều, có thể nén riêng dải trầm.

CẢNH BÁO 6.6 — VỀ NÉN ĐA DẢI

Đây là công cụ mạnh nhất và cũng dễ gây hỏng nhất trong nhóm xử lý động. Nén từng dải riêng nghĩa là thay đổi cân bằng tần số theo thời gian, và nếu đặt sai, âm sắc sẽ trôi liên tục khiến người nghe cảm thấy có điều không ổn mà không chỉ ra được.

Quy tắc: chỉ dùng bộ nén đa dải khi đã xác định được cụ thể dải tần nào có vấn đề và vấn đề đó phụ thuộc thời gian. Nếu vấn đề không phụ thuộc thời gian, công cụ phù hợp là EQ tĩnh, đơn giản và ít rủi ro hơn nhiều.

6.13 Bài thực hành số 2 — xử lý động

THỰC HÀNH 6.3 — MỤC TIÊU

- Nghe và mô tả được tác dụng của từng tham số bộ nén một cách độc lập.
- Đặt được một chuỗi xử lý động hoàn chỉnh cho giọng dẫn.
- Dựng được một đường ducking tự động cho nhạc nền.

Phần 1 — Cô lập từng tham số

Thu một đoạn thoại 30 giây có cả câu nói to lẫn câu nói nhỏ, nạp vào DAW, đặt một bộ nén và thực hiện lần lượt các bước sau:

- Cố định tỉ số 4:1, tác động 10 ms, nhả 200 ms. Đổi ngưỡng qua các giá trị cho GR = 0, 3, 6, 12 và 20 dB, bù mức để mọi lần nghe đều cùng độ to, rồi ghi lại điểm mà tác động bắt đầu nghe thấy và điểm mà nó bắt đầu gây khó chịu.
- Cố định GR ở 6 dB, đổi tỉ số qua 2:1, 4:1, 8:1, 20:1 (chỉnh ngưỡng mỗi lần để giữ GR không đổi) và mô tả sự khác nhau.
- Cố định GR ở 6 dB và tỉ số 4:1, đổi tác động qua 0,5 / 5 / 30 / 100 ms và chú ý điều xảy ra với các phụ âm bật (p, t, k).

– Cố định các tham số khác, đổi nhả qua 30 / 100 / 400 / 1500 ms, nghe kỹ các khoảng lặng giữa các câu để tìm hiện tượng "bơm".

Phần 2 — Chuỗi xử lý giọng dẫn hoàn chỉnh

Dựng một chuỗi theo đúng thứ tự sau trên kênh giọng dẫn và giải thích lý do của từng bước:

Bảng 6.19 Chuỗi xử lý giọng dẫn tiêu chuẩn

Thứ tự	Thiết bị	Thiết lập khởi điểm	Mục đích
1	Bộ lọc cắt trầm	80 Hz, 12 dB/oct	Loại tiếng rung, tiếng gió, hiệu ứng gần
2	Bộ mở rộng hoặc cổng mềm	Ngưỡng dưới nền phòng 6 dB, range −8 dB	Giảm nền phòng trong khoảng lặng
3	Bộ nén thứ nhất	2,5:1, tác động 15 ms, nhả 250 ms, GR 3 dB	Làm đều mức trung bình
4	De-esser	Băng hẹp 6 – 9 kHz, GR 4 dB ở âm xuýt mạnh nhất	Kiềm âm xuýt trước khi nâng EQ dải cao
5	EQ	Cắt vùng có vấn đề trước, nâng sau	Sửa âm sắc — xem mục 6.14
6	Bộ nén thứ hai	4:1, tác động 3 ms, nhả 120 ms, GR 3 dB	Bắt các đỉnh còn sót sau EQ
7	Bộ hạn chế	Trần −6 dBFS	Bảo vệ tuyệt đối

Kết quả cần có: file trước và sau xử lý (đã cân bằng độ to bằng nhau theo LUFS), ảnh chụp chuỗi plugin, và phần ghi chú 150 – 200 từ giải thích những thay đổi so với thiết lập khởi điểm cùng lý do.

Phần 3 — Dựng đường ducking

Lấy một đoạn nhạc nền 60 giây và một đoạn lời dẫn 40 giây. Đặt bộ nén trên kênh nhạc, chọn kênh lời làm nguồn sidechain và đặt tham số theo bảng ở mục 6.12.1.

– So sánh với cách làm thủ công, tức tự động hoá (automation) mức nhạc bằng tay theo từng câu: cách nào cho kết quả tự nhiên hơn và cách nào nhanh hơn?
– Thử đặt nhả ở 100 ms rồi ở 1500 ms, mô tả sự khác nhau và giải thích vì sao 300 – 800 ms là vùng hợp lý.
– Đặt thêm một bộ lọc thông cao trên chính đường sidechain ở 200 Hz, nhận xét điều gì thay đổi và vì sao cách này hữu ích khi lời dẫn có tiếng thở và tiếng bục trầm.

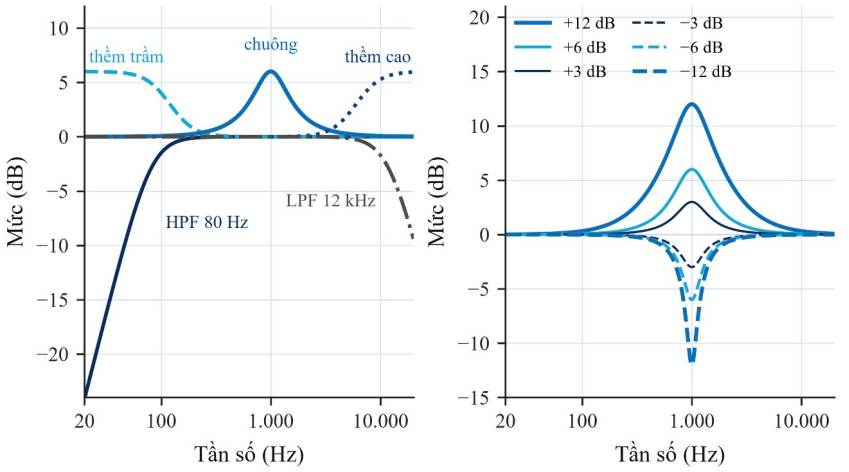
6.14 Cân bằng tần số trong thực hành

6.14.1 Từ lý thuyết miền tần số tới cái núm vặn

Chương 4 đã dựng nền lý thuyết: mọi tín hiệu đều phân tích được thành tổng các thành phần tần số, và một hệ tuyến tính bất biến theo thời gian được đặc trưng đầy đủ bằng đáp tuyến tần số của nó. Bộ cân bằng tần số (equalizer, gọi tắt

là EQ) là hiện thân thực tế của lý thuyết đó, tức một bộ lọc mà người dùng tự vẽ ra đáp tuyến mong muốn.

Mọi bộ EQ, dù trên bàn analog hay trong phần mềm, đều được lắp ghép từ năm kiểu bộ lọc cơ bản:



(a) năm kiểu bộ lọc (b) nâng hoặc hạ cùng một bộ chuông

Hình 6.29 Năm kiểu bộ lọc có trong mọi bộ EQ và ảnh hưởng của lượng nâng hoặc hạ

Bảng 6.20 Năm kiểu bộ lọc cơ bản của bộ EQ

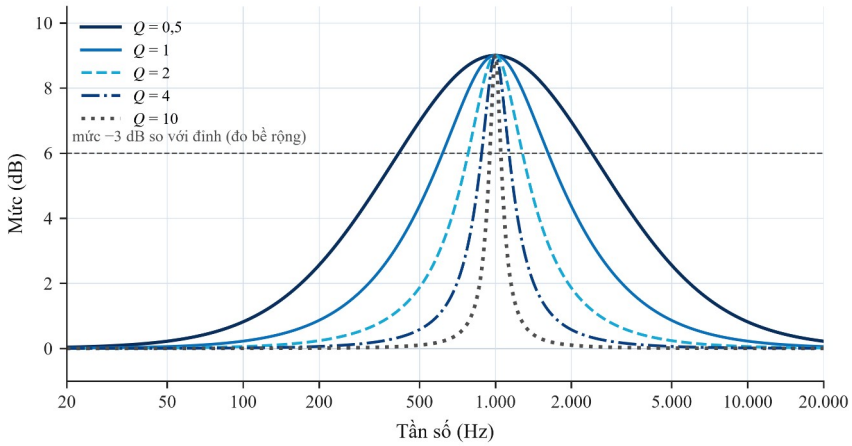
Kiểu bộ lọc	Tham số điều chỉnh	Hình dạng đáp tuyến	Dùng để làm gì
Thông cao (HPF, low cut)	Tần số cắt, độ dốc	Chặn mọi thứ dưới tần số cắt	Loại tiếng rung sàn, tiếng gió, hiệu ứng gần
Thông thấp (LPF, high cut)	Tần số cắt, độ dốc	Chặn mọi thứ trên tần số cắt	Loại tiếng xì băng, tiếng ồn dải cao, làm âm thanh "xa" hơn
Thềm trầm (low shelf)	Tần số, lượng nâng/hạ, (đôi khi có Q)	Nâng hoặc hạ toàn bộ phần dưới tần số đặt	Thêm hoặc bớt độ ấm, độ đầy
Thềm cao (high shelf)	Tần số, lượng nâng/hạ	Nâng hoặc hạ toàn bộ phần trên tần số đặt	Thêm hoặc bớt "không khí", độ sáng
Chuông (peak / bell)	Tần số, lượng nâng/hạ, Q	Nâng hoặc hạ một dải quanh tần số đặt	Công cụ chính xác nhất: sửa một vùng cụ thể mà không đụng phần còn lại

6.14.2 Hệ số phẩm chất Q

Q quyết định bề rộng của bộ lọc chuông:

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f_{-3\,\mathrm{dB}}} \quad ; \quad \Delta f = f_2 - f_1 \quad , \quad f_0 = \sqrt{f_1 f_2} \tag{6.15}$$

trong đó Δf là bề rộng dải ở mức −3 dB so với đỉnh. Q càng lớn thì dải tác động càng hẹp. Quan hệ giữa Q và bề rộng tính theo quãng tám rất hữu ích trong thực hành:



Hình 6.30 Cùng nâng +9 dB tại 1 kHz với năm giá trị Q khác nhau

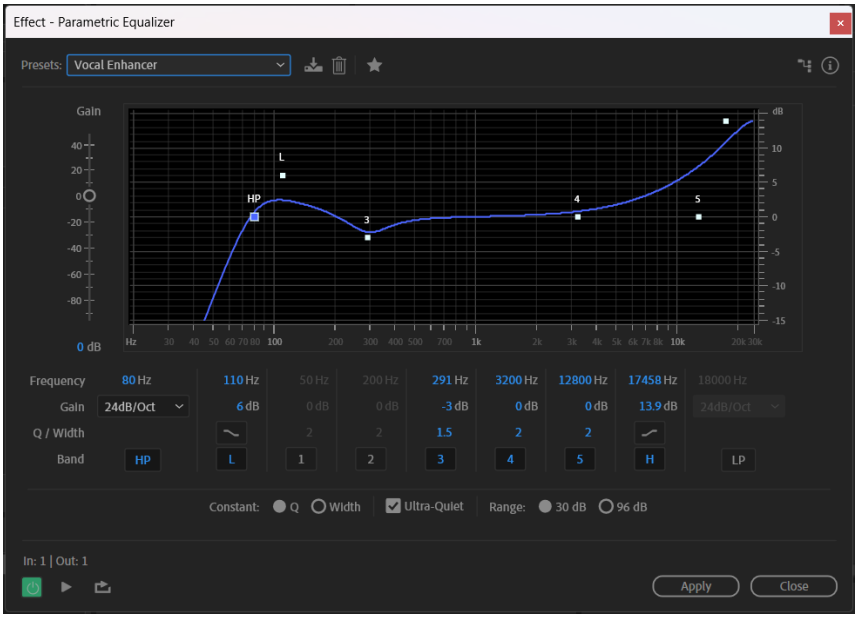
Bảng 6.21 Q và bề rộng tương ứng theo quãng tám

Giá trị Q	Bề rộng xấp xỉ	Dùng để làm gì
0,5 – 0,7	2 – 3 quãng tám	Sửa âm sắc chung, thay đổi tính cách tổng thể của nguồn
1 – 1,5	1 – 1,4 quãng tám	Nâng hoặc hạ một vùng có ý nghĩa nhạc học (thân giọng, độ ấm)
2 – 4	0,35 – 0,7 quãng tám	Nhắm vào một vấn đề cụ thể: vùng "mũi", vùng "hộp"
6 – 12	0,12 – 0,25 quãng tám	Diệt một tần số xấu: cộng hưởng phòng, tiếng ù của thiết bị
trên 20	gần như một tần số duy nhất	Notch chống hú (xem mục 6.21), diệt tiếng ù 50 Hz và hài của nó

6.14.3 Cắt để sửa, nâng để tạo màu

Đây là nguyên tắc thực hành quan trọng nhất của toàn bộ mục này, và nó có ba cơ sở kỹ thuật rõ ràng.

Hình 6.31 là hộp thoại Parametric Equalizer của Adobe Audition với một cấu hình cho giọng nói: cắt thông cao quanh 80 Hz, cắt nhẹ vùng khoảng 300 Hz để giảm độ đục và nâng dải cao để tạo độ sáng.



Hình 6.31 Bộ cân bằng tham số (Parametric Equalizer) của Adobe Audition với cấu hình mẫu cho giọng nói

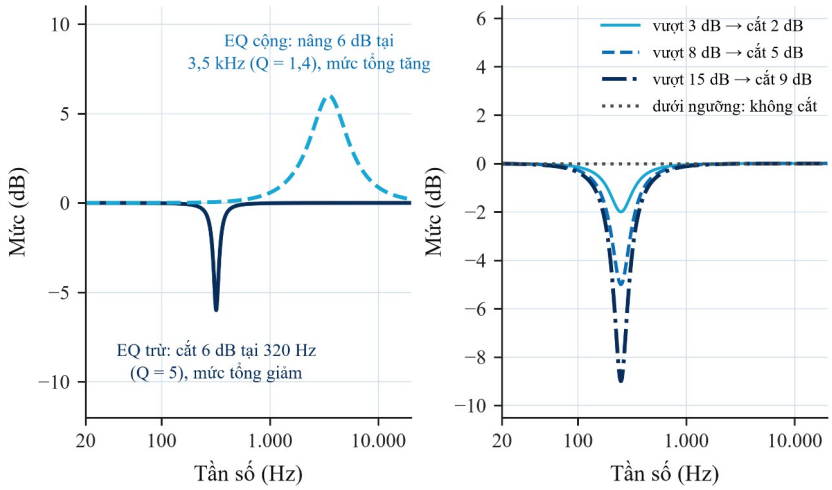
Nguồn: ảnh chụp màn hình do người soạn thực hiện (Adobe Audition 2026, bản 26.5), 07/11/2026.

Hình 6.32 cho thấy một giá rack các bộ cân bằng tần số analog kiểu nâng và cắt, với các núm chọn tần số và mức chỉnh riêng biệt.



Hình 6.32 Giá rack các bộ cân bằng tần số analog (Pultec và Summit Audio).

Nguồn: Justin De La Ornellas; chỉnh sửa: Clusternote, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).



(a) cắt để sửa, nâng để tạo màu (b) EQ động: chỉ cắt khi vùng đó quá to

Hình 6.33 EQ trừ so với EQ cộng, và nguyên lý làm việc của EQ động

Cơ sở thứ nhất là hình dạng bộ lọc. Với cùng một giá trị Q, đường cắt của bộ lọc chuông hẹp hơn đường nâng, nghĩa là khi cắt, ảnh hưởng tới vùng lân cận ít hơn và tác động "sạch" hơn.

Cơ sở thứ hai là mức tổng. Nâng làm tăng mức tổng và làm giảm dự trữ biên độ: nâng 6 dB ở ba vùng khác nhau có thể lấy đi 8 – 10 dB dự trữ của cả chuỗi, trong khi cắt thì ngược lại, trả lại dự trữ.

Cơ sở thứ ba là bản chất của vấn đề. Hầu hết vấn đề âm sắc xuất phát từ việc có quá nhiều một thành phần nào đó, không phải từ sự thiếu hụt: giọng nói nghe đục là vì thừa 250 – 400 Hz, không phải vì thiếu 3 kHz. Cắt phần thừa cho kết quả tự nhiên hơn nâng phần đối lập.

QUY TẮC 6.4 — QUY TRÌNH TÌM TẦN SỐ CÓ VẤN ĐỀ

Bước 1. Đặt một bộ lọc chuông với Q hẹp (khoảng 6) và nâng mạnh (+12 dB).

Bước 2. Quét chậm tần số của nó qua dải nghi ngờ. Vùng nào nghe chói tai, ù hoặc "cộng hưởng" rõ nhất chính là vùng có vấn đề.

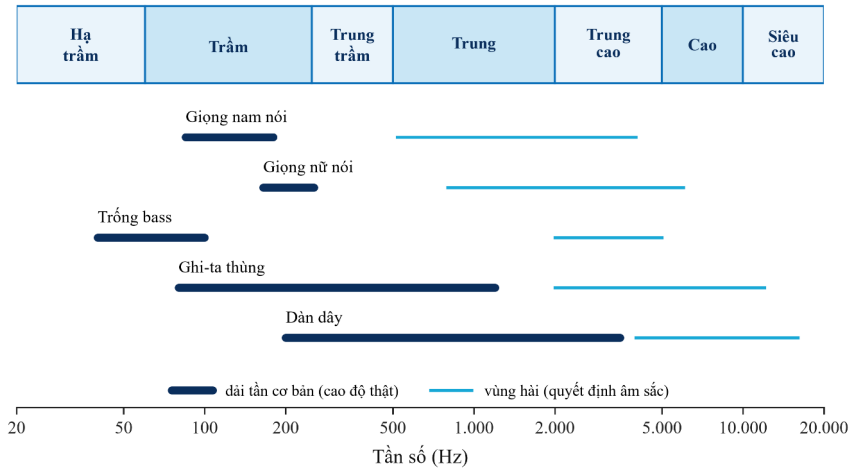
Bước 3. Giữ nguyên tần số đó, đảo lượng nâng thành cắt và giảm độ sâu xuống mức vừa đủ, thường 3 – 6 dB là đủ và hiếm khi cần quá 8 dB.

Bước 4. Nới Q ra một chút cho tự nhiên hơn, trừ khi đang xử lý một cộng hưởng thật hẹp.

Bước 5. Bật và tắt bộ lọc để so sánh; nếu tắt đi mà không thấy thiếu hụt gì thì bộ lọc đó không cần thiết và nên được loại bỏ khỏi chuỗi xử lý.

6.14.4 Bản đồ vùng tần số

Bảng dưới đây là bản đồ để định hướng, không phải công thức áp dụng máy móc, và mọi con số đều phải được kiểm chứng bằng tai trên từng nguồn cụ thể.



Hình 6.34 Bản đồ vùng tần số và dải tần cơ bản của một số nguồn âm thông dụng

Bảng 6.22 Vùng tần số, tên gọi và can thiệp thường dùng

Dải tần	Tên gọi	Khi thừa nghe thế nào	Khi thiếu nghe thế nào
20 – 60 Hz	Hạ trầm	Ù, rền, ăn hết dự trữ mà không nghe thấy	Mất lực đẩy của trống lớn và tiếng nổ
60 – 250 Hz	Trầm	Đục, "bùng nhùng", che mất lời	Mỏng, không có nền, giọng nghe yếu
250 – 500 Hz	Trung trầm	Vùng "bùn" — bản trộn nghe lù mù	Rỗng, thiếu thân, nghe "kim loại"
500 Hz – 2 kHz	Trung	Nghe như nói trong hộp, như qua điện thoại	Giọng mất thân, không có sức
2 – 5 kHz	Trung cao	Chói, gắt, nghe lâu bị mệt tai — tai người nhạy nhất ở đây	Lời không rõ, phụ âm mờ, nghe xa
5 – 10 kHz	Cao	Âm xuýt gắt, tiếng "s" bắn ra	Mất chi tiết, mất độ sắc nét
10 – 20 kHz	Siêu cao	Xì, mỏi tai, lộ nhiễu	Bí, thiếu "không khí", nghe như bị trùm chăn

Một quy tắc quan trọng khi trộn nhiều nguồn: muốn một nguồn nổi lên, thường phải cắt vùng đó ở các nguồn khác thay vì nâng nó lên. Nếu mọi nguồn đều được nâng ở vùng 3 kHz để "rõ hơn", kết quả là không nguồn nào rõ hơn mà cả bản trộn trở nên chói.

6.14.5 EQ động

EQ động là bộ lọc chỉ làm việc khi mức năng lượng trong dải của nó vượt một ngưỡng. Nó đứng giữa EQ tĩnh và bộ nén đa dải, và trong nhiều trường hợp là công cụ chính xác hơn cả hai.

Xét tình huống điển hình: một giọng hát có ba nốt bị ù ở 250 Hz, còn các nốt khác thì bình thường. EQ tĩnh cắt 250 Hz sẽ làm mỏng cả bài, còn bộ nén đa dải nén dải trầm sẽ thay đổi cân bằng theo thời gian trên cả dải. EQ động chỉ hạ đúng 250 Hz và chỉ ở ba nốt đó.

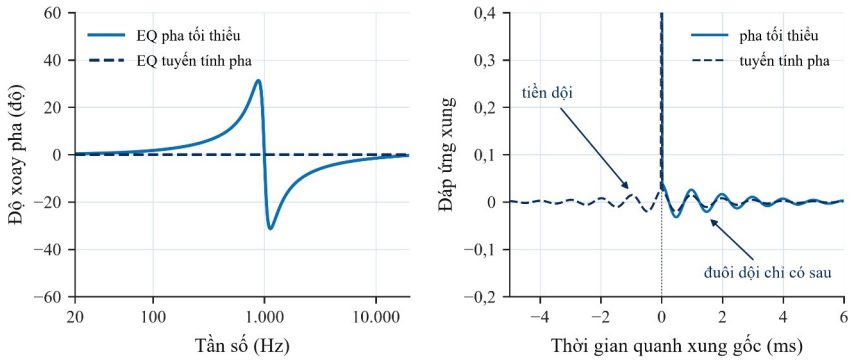
Một ứng dụng khác là EQ động có sidechain ngoài, đặt trên nhạc nền và nghe theo kênh thoại, chỉ hạ dải 1 – 4 kHz của nhạc khi có lời. Kết quả là lời rõ mà nhạc gần như không mất mức tổng, tinh tế hơn so với ducking băng rộng.

6.14.6 Pha, tiền dội và EQ tuyến tính pha

Mọi bộ lọc analog và mọi bộ lọc số kiểu IIR đều là bộ lọc pha tối thiểu: thay đổi biên độ luôn kèm theo thay đổi pha. Hàm truyền của một khối lọc hai cực (biquad), đơn vị cơ bản xây nên mọi bộ EQ số, có dạng [8]:

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \tag{6.16}$$

Sự xoay pha này không phải khuyết điểm mà là hệ quả tất yếu của quan hệ nhân quả: một hệ vật lý không thể phản ứng trước khi có kích thích. Với tai người, xoay pha trong khoảng vài chục độ ở một dải hẹp gần như không nghe thấy.



(a) độ xoay pha tại 1 kHz, +10 dB

(b) đáp ứng xung (cắt ngọn xung gốc)

Hình 6.35 EQ pha tối thiểu và EQ tuyến tính pha — độ xoay pha và đáp ứng xung

EQ tuyến tính pha dùng bộ lọc FIR đối xứng, giữ pha phẳng tuyệt đối trên toàn dải. Tuy nhiên, cái giá phải trả nghiêm trọng hơn nhiều so với thường nghĩ:

- **Tiền dội (pre-ringing).** Đáp ứng xung đối xứng nghĩa là có năng lượng xuất hiện trước cú đánh. Tai người rất nhạy với điều này vì nó không tồn tại trong tự nhiên, nên âm thanh nghe "mất độ nảy", như bị bọc trong bông.
- **Độ trễ.** Bộ lọc FIR có độ trễ bằng nửa chiều dài của nó, thường 20 – 100 ms, nên không dùng được khi làm việc trực tiếp.
- **Tốn tài nguyên.** Bộ lọc FIR nặng hơn IIR hàng chục lần với cùng độ dốc.

GHI NHỚ 6.6 — KHI NÀO DÙNG EQ TUYẾN TÍNH PHA

Khi xử lý một bản trộn đã hoàn thiện (khâu master) và cần thay đổi lớn về âm sắc mà không muốn ảnh hưởng tới quan hệ pha giữa các nguồn.

Khi xử lý song song hai đường của cùng một nguồn và cần chúng thẳng hàng tuyệt đối về pha.

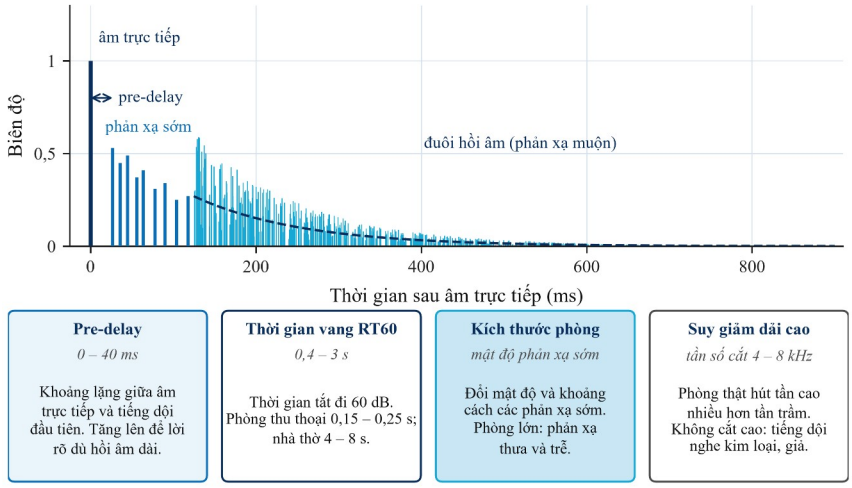
Không dùng cho nguồn có nhiều phần đầu nốt sắc (trống, gảy đàn, tiếng động va đập), vì đó chính là nơi tiền dội nghe rõ nhất.

KHÔNG dùng khi làm việc trực tiếp.

6.15 Hồi âm

6.15.1 Hồi âm là gì và nó nói với tai điều gì

Trong một không gian kín, tai nhận được ba thành phần theo thứ tự thời gian: âm trực tiếp đi thẳng từ nguồn, các phản xạ sớm dội một hoặc hai lần từ tường gần nhất, và đuôi hồi âm gồm hàng nghìn phản xạ chồng chất tới mức không còn phân biệt được từng tiếng.



Hình 6.36 Ba phần của một tiếng dội và bốn tham số điều khiển chúng

Ba phần này mang ba loại thông tin khác nhau cho não bộ:

- **Âm trực tiếp** cho biết nguồn ở hướng nào và mang gần như toàn bộ thông tin về nội dung (lời nói, giai điệu).
- **Phản xạ sớm** cho biết kích thước phòng và khoảng cách tới nguồn, vì khoảng trễ giữa âm trực tiếp và phản xạ đầu tiên tỉ lệ với khoảng cách tới bề mặt gần nhất.
- **Đuôi hồi âm** cho biết chất liệu và độ vang của phòng: phòng lát đá có đuôi dài và sáng, trong khi phòng trải thảm có đuôi ngắn và tối.

6.15.2 Bốn tham số của bộ hồi âm

a) Pre-delay

Khoảng lặng giữa âm trực tiếp và tiếng dội đầu tiên ứng với quãng đường thêm mà sóng phải đi tới bề mặt gần nhất rồi quay lại:

$$t_{\text{pre}} \approx \frac{\Delta d}{c} \quad \text{(s)} \tag{6.17}$$

Đây là tham số quan trọng nhất nhưng thường bị người mới bỏ qua. Pre-delay 0 ms làm tiếng dội dính liền vào âm gốc, che mất phần đầu của từ và khiến lời khó nghe; ngược lại, pre-delay 20 – 40 ms tách bạch hai phần, tai nghe trọn từ trước rồi mới nghe tiếng dội nên lời vẫn rõ dù hồi âm dài.

b) Thời gian vang RT60

Thời gian để tiếng dội tắt đi 60 dB sau khi nguồn ngừng. Với một phòng thật, RT60 tính gần đúng theo công thức Sabine:

$$\text{RT}_{60} = 0{,}161\,\frac{V}{A} \quad \text{(s)} \quad , \quad A = \sum_i S_i \alpha_i \quad (\text{m}^2) \tag{6.18}$$

trong đó V là thể tích phòng (m³) và A là tổng diện tích hấp thụ (m² Sabine), bằng tổng của diện tích từng bề mặt nhân hệ số hấp thụ của nó. Công thức này cho thấy phòng càng lớn thì vang càng lâu và vật liệu càng hấp thụ thì vang càng ngắn [7].

Bảng 6.23 Thời gian vang điển hình của một số không gian

Không gian	RT60 (s)	Ghi chú
Phòng thu tiếng thoại (voice booth)	0,15 – 0,25	Gần như không vang
Phòng khách gia đình	0,4 – 0,6	Không gian nghe thường gặp
Phòng nghe tham chiếu	0,2 – 0,3	Theo khuyến nghị của ITU-R BS.1116 cho phòng nghe tham chiếu
Nhà hát kịch	0,8 – 1,2	Đủ vang để đầy nhưng vẫn nghe rõ lời
Phòng hoà nhạc giao hưởng	1,8 – 2,2	Vang là một phần của nhạc cụ
Nhà thờ lớn	4 – 8	Lời nói gần như không nghe rõ nếu không tăng âm

c) Kích thước phòng và mật độ phản xạ

Tham số này thay đổi khoảng cách và mật độ của các phản xạ sớm: phòng lớn cho phản xạ thưa và trễ hơn, còn phòng nhỏ cho phản xạ dày và sớm. Một lỗi thường gặp là đặt RT60 dài (nhà thờ) nhưng kích thước phòng nhỏ, khiến kết quả nghe không giống bất kỳ không gian có thật nào.

d) Suy giảm dải cao

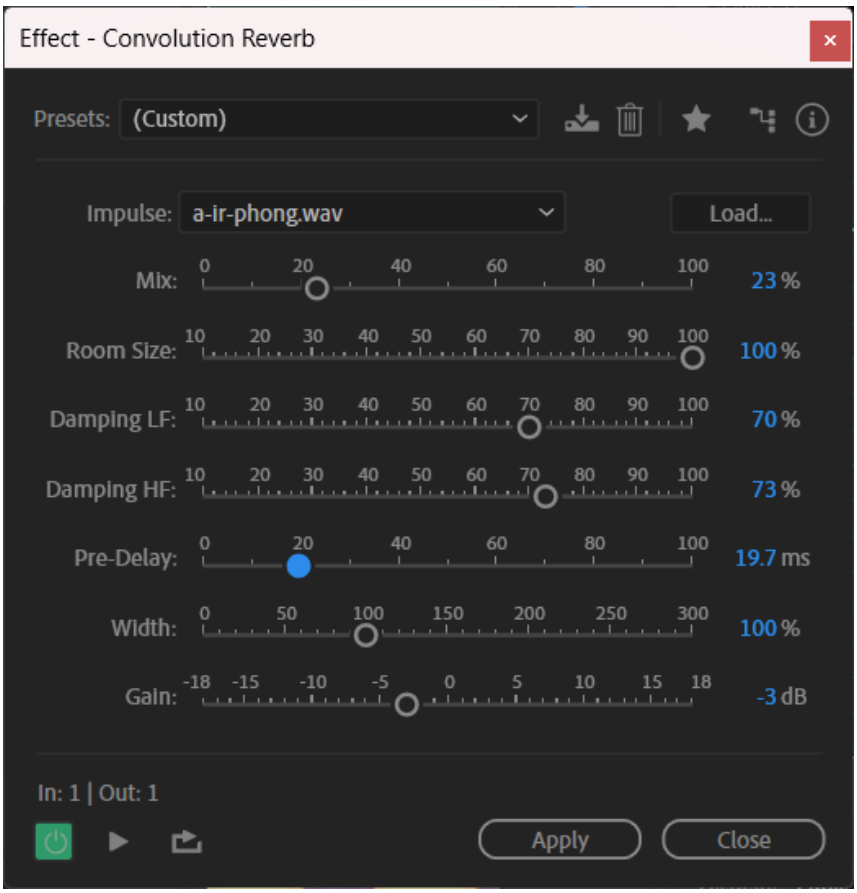
Không khí và mọi vật liệu đều hấp thụ tần cao mạnh hơn tần trầm, nên trong một phòng thật đuôi hồi âm luôn tối dần theo thời gian. Bộ hồi âm mô phỏng hiện tượng này bằng một bộ lọc thông thấp trong vòng hồi tiếp, thường đặt tần số cắt 4 – 8 kHz.

Nếu không cắt dải cao, tiếng dội nghe có tính "kim loại" và giả tạo, đây là dấu hiệu nhận biết rõ nhất của một bộ hồi âm chất lượng thấp hoặc đặt sai.

6.15.3 Hồi âm thuật toán và hồi âm tích chập

Có hai cách tạo hồi âm nhân tạo, khác nhau về bản chất.

Hình 6.37 là hộp thoại Convolution Reverb của Adobe Audition sau khi nạp một tệp đáp ứng xung phòng; các núm Mix, Pre-Delay, Room Size và Damping cho phép chỉnh lượng hồi âm trộn vào mà không phải đổi tệp đáp ứng xung.



Hình 6.37 Bộ hồi âm tích chập (Convolution Reverb) của Adobe Audition với tệp đáp ứng xung mẫu tổng hợp, Mix 23 %, Pre-Delay khoảng 20 ms

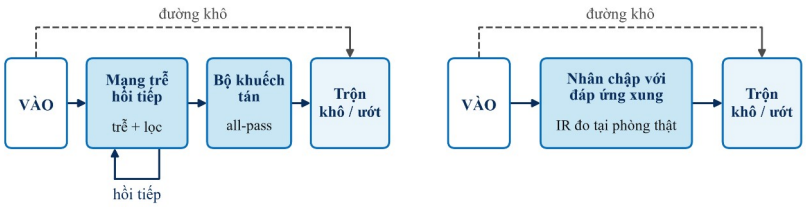
Nguồn: ảnh chụp màn hình do người soạn thực hiện (Adobe Audition 2026, bản 26.5), 07/11/2026.

Hình 6.38 cho thấy bộ hồi âm tấm EMT 140, thiết bị cơ học tạo hồi âm nhân tạo bằng một tấm thép căng trong khung kim loại.



Hình 6.38 Bộ hồi âm tấm EMT 140 (khung mở, thấy tấm kim loại bên trong).

Nguồn: EMT-Archiv-Lahr, CC BY-SA 4.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).



Ưu: mọi tham số chỉnh độc lập, nhẹ máy, đổi phòng tức thì.
Nhược: là mô hình toán, không phải phòng thật.
Kinh điển: EMT 250, Lexicon 480L, Bricasti M7.

(a) hồi âm thuật toán

Ưu: nghe đúng như phòng đã đo (nhà hát, nhà thờ, phòng máy).
Nhược: nặng máy, có độ trễ, gần như không sửa được gì ngoài độ dài và mức.

(b) hồi âm tích chập (convolution)

Hình 6.39 Hai họ hồi âm — thuật toán và tích chập — cùng tiêu chí chọn giữa chúng

Hồi âm thuật toán xây dựng tiếng dội bằng một mạng các đường trễ có hồi tiếp và các bộ lọc all-pass khuếch tán. Phương pháp này không mô phỏng một phòng cụ thể mà tạo ra một cấu trúc thời gian có tính chất giống phòng; ưu điểm quyết định là mọi tham số đều chỉnh được độc lập và có tác dụng tức thì.

Hồi âm tích chập nhân chập tín hiệu với đáp ứng xung đo được tại một không gian có thật, nên kết quả nghe đúng như không gian đó tới từng chi tiết. Nhược điểm là gần như không sửa được gì ngoài độ dài và mức, đồng thời tốn tài nguyên xử lý và có độ trễ.

Trong thực hành, hồi âm tích chập thường được dùng khi cần tái tạo một không gian có thật (nhà thờ, hầm, hành lang, nhà kho), còn hồi âm thuật toán được dùng cho hiệu ứng nghệ thuật và những trường hợp cần chỉnh tham số linh hoạt.

6.15.4 Bốn quy tắc thực hành với hồi âm

QUY TẮC 6.5 — BỐN QUY TẮC

1. Cắt trầm trên đường hồi âm: đặt bộ lọc thông cao ở 200 – 400 Hz trên tín hiệu gửi vào bộ hồi âm, vì phần trầm dội lại chỉ làm bản trộn đục mà không thêm cảm giác không gian.

2. Nghe hồi âm ở mức thấp hơn dự đoán: nếu nghe rõ ràng là "có hồi âm" thì thường lượng dùng đã quá nhiều. Cách kiểm tra là tắt hẳn đường hồi âm; nếu bản trộn đột nhiên khô và nhỏ lại thì lượng đang dùng là đúng.

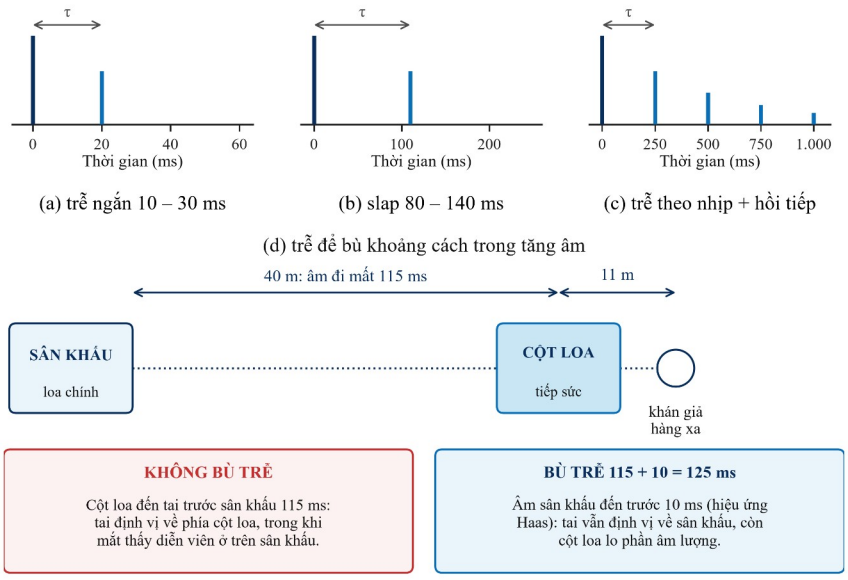
3. Dùng một hoặc hai bộ hồi âm cho cả bản trộn thay vì mỗi kênh một bộ: khi mọi nguồn cùng ở trong một không gian thì nghe như một cảnh, còn mỗi nguồn một không gian riêng thì nghe rời rạc.

4. Dùng pre-delay để giữ lời rõ: đây là công cụ mạnh nhất và ít tốn kém nhất trong bốn tham số.

6.16 Trễ

6.16.1 Trễ như một hiệu ứng

Bộ trễ (delay) lưu tín hiệu lại rồi phát lại sau một khoảng thời gian, và tuỳ độ dài của khoảng đó mà tai nghe ra ba hiệu quả hoàn toàn khác nhau:



Hình 6.40 Ba cách dùng bộ trễ trong sản xuất, và trễ để bù khoảng cách trong tăng âm

Bảng 6.24 Trễ và cách tai nghe theo độ dài

Độ trễ	Tai nghe thấy gì	Ứng dụng
dưới 1 ms	Không nghe ra tiếng lặp, nhưng đáp tuyến bị răng lược	Đây là hiện tượng cần TRÁNH khi hai micro thu cùng nguồn
1 – 10 ms	Âm thanh có vẻ rộng ra, đổi âm sắc	Làm rộng ảnh âm; nền tảng của flanger
10 – 30 ms	Vẫn gộp thành một âm nhưng dày hơn rõ rệt	Làm dày giọng dẫn, nền tảng của chorus
30 – 50 ms	Bắt đầu tách ra, nghe như một không gian nhỏ	Ranh giới của hiệu ứng Haas
80 – 150 ms	Nghe rõ một tiếng vọng riêng biệt (slap)	Chất rock-a-billy kinh điển; gợi không gian hành lang, nhà kho
trên 150 ms	Tiếng vọng rõ ràng, đếm được	Trễ theo nhịp bài; hiệu ứng vọng núi, hang động

Hồi tiếp (feedback) đưa một phần tín hiệu ra quay lại đầu vào của bộ trễ, tạo ra một chuỗi tiếng vọng nhỏ dần, còn trễ ping-pong cho tiếng vọng nhảy luân phiên giữa kênh trái và kênh phải.

6.16.2 Hiện tượng răng lược

Khi một tín hiệu được cộng với chính nó sau một độ trễ τ, các tần số mà độ trễ ứng với nửa chu kỳ lẻ sẽ triệt tiêu nhau:

$$f_{\text{notch}} = \frac{2n+1}{2\tau} \quad , \quad n = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots \tag{6.19}$$

Kết quả là một chuỗi đáy cách đều nhau trên trục tần số tuyến tính, giống hình răng lược nên gọi là lọc răng lược (comb filtering). Với τ = 1 ms, các đáy nằm ở 500 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz và cứ thế tiếp tục.

Hiện tượng này cần tránh trong ba tình huống thường gặp sau:

– Hai micro thu cùng một nguồn ở khoảng cách khác nhau, ví dụ micro cài áo và một micro đặt xa hơn cùng thu một người nói: chênh lệch quãng đường 34 cm cho độ trễ 1 ms và một chuỗi đáy rõ rệt trong dải nghe được.
– Micro đặt gần một mặt phẳng phản xạ (bàn, sàn, tường), khi đó âm phản xạ tới micro sau âm trực tiếp một khoảng bằng chênh lệch quãng đường. Vì vậy micro dùng trên bàn hội nghị thường là loại boundary, đặt sát mặt bàn để hai đường bằng nhau và độ trễ bằng không.
– Hai loa phát cùng tín hiệu tới cùng một vị trí nghe với quãng đường khác nhau, đây là vấn đề trung tâm của mục 6.16.3.

Quy tắc 3:1 giúp tránh trường hợp thứ nhất: khi dùng hai micro cho hai nguồn khác nhau, khoảng cách giữa hai micro phải lớn hơn ít nhất ba lần khoảng cách từ mỗi micro tới nguồn của nó. Khi đó tín hiệu lọt sang thấp hơn tín hiệu chính khoảng 10 dB và hiện tượng răng lược trở nên không đáng kể.

6.16.3 Trễ để bù khoảng cách — công dụng quan trọng nhất

Trong một khán phòng lớn, loa chính ở sân khấu không đủ sức phủ tới hàng ghế cuối, nên giải pháp là đặt thêm các cột loa tiếp sức ở giữa phòng. Tuy nhiên, âm thanh đi trong không khí với tốc độ hữu hạn:

$$c = 331{,}3 + 0{,}606\,T \quad (\text{m/s}) \quad ; \quad c \approx 346 \text{ m/s } (T = 25\ ^\circ\text{C}) \tag{6.20}$$

Người ngồi ở hàng xa sẽ nghe cột loa tiếp sức trước khi nghe loa sân khấu vì cột loa ở gần hơn. Theo hiệu ứng ưu tiên (precedence effect, còn gọi là hiệu ứng Haas), tai định vị nguồn âm theo tín hiệu đến trước, nên người xem cảm nhận tiếng phát ra từ bên cạnh trong khi mắt thấy diễn viên trên sân khấu. Sự lệch này gây khó chịu và người xem cảm nhận được ngay cả khi không giải thích được nguyên nhân.

Giải pháp là làm trễ tín hiệu tới cột loa tiếp sức:

$$t_{\text{delay}} = \frac{d_1 - d_2}{c} + t_{\text{Haas}} \quad (\text{s}) \tag{6.21}$$

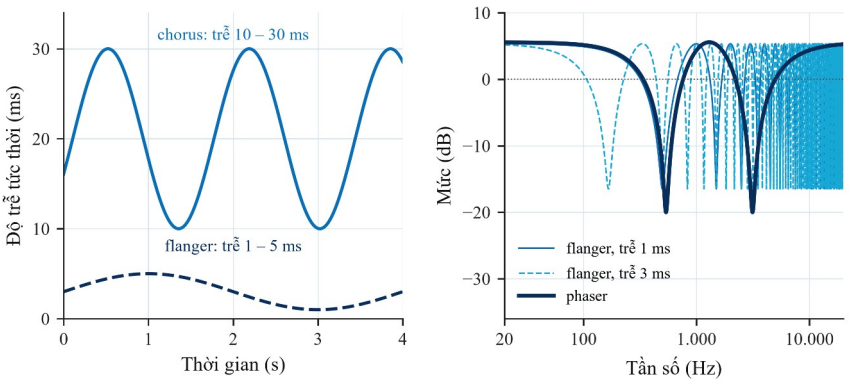
trong đó d_1 là khoảng cách từ sân khấu tới vị trí nghe, d_2 là khoảng cách từ cột loa tới vị trí đó, và t_{Haas} là 5 – 15 ms cộng thêm. Phần cộng thêm này bảo đảm âm từ sân khấu chắc chắn tới trước, nên tai định vị đúng về sân khấu trong khi cột loa đảm nhiệm phần âm lượng.

> **VÍ DỤ 6.1 — TÍNH TOÁN**
>
> Khán phòng dài 60 m, loa chính ở sân khấu (vị trí 0 m) và cột loa tiếp sức ở 40 m. Nhiệt độ 28 °C, tốc độ âm c = 331,3 + 0,606 × 28 ≈ 348 m/s.
>
> Âm từ sân khấu đi 40 m mất 40 / 348 = 115 ms để tới vị trí cột loa.
>
> Vậy tín hiệu vào cột loa phải trễ 115 ms, cộng thêm 10 ms dự trữ Haas → đặt trễ 125 ms.
>
> **Lưu ý nhiệt độ:** nếu buổi tập lúc sáng là 22 °C mà buổi diễn lúc tối là 30 °C, tốc độ âm thay đổi từ 344,6 lên 349,5 m/s. Với 40 m, độ trễ đúng thay đổi 1,6 ms, nhỏ nhưng đo được, và với các hệ rất lớn thì cần tính lại.

6.17 Các hiệu ứng khác

6.17.1 Chorus, flanger và phaser

Ba hiệu ứng này thường bị nhầm lẫn với nhau. Chorus và flanger cùng là bộ trễ có độ trễ được điều biến bởi một dao động tần số thấp (LFO) và chỉ khác nhau về lượng trễ, trong khi phaser hoàn toàn khác về nguyên lý.



(a) độ trễ do LFO điều biến (b) đáp tuyến tần số

Hình 6.41 Chorus, flanger và phaser — độ trễ tức thời và đáp tuyến tương ứng

Bảng 6.25 Ba hiệu ứng điều biến

Hiệu ứng	Nguyên lý	Đáp tuyến	Nghe như thế nào
Chorus	Trễ 10 – 30 ms, điều biến bởi LFO 0,3 – 1,5 Hz	Không có răng lược rõ vì trễ dài	Dày hơn, như có nhiều người cùng hát; hơi lệch cao độ
Flanger	Trễ 1 – 5 ms, điều biến bởi LFO, có hồi tiếp	Răng lược với các đáy CÁCH ĐỀU nhau, quét lên xuống	Tiếng "phản lực" đặc trưng, kim loại, xoáy mạnh
Phaser	Chuỗi bộ lọc all-pass, không có trễ	Vài đáy, KHÔNG cách đều nhau	Xoáy nhẹ nhàng hơn flanger, ít kim loại hơn

6.17.2 Dịch cao độ và kéo giãn thời gian

Hai phép biến đổi này là hai mặt của cùng một bài toán: thay đổi cao độ mà giữ nguyên thời lượng, hoặc thay đổi thời lượng mà giữ nguyên cao độ.

Một số ứng dụng thường gặp:

– Kéo giãn thời gian để một đoạn nhạc nền vừa khít với thời lượng cần có mà không đổi cao độ.

– Dịch cao độ nhẹ (2 – 5 cent) hai bản sao của một giọng rồi pan sang hai bên để làm rộng hình ảnh âm thanh, kỹ thuật này gọi là micro-pitch.

– Dịch cao độ xuống 3 – 5 bán cung để tạo giọng trầm bất thường hoặc giọng bị làm méo có chủ ý.

– Chuyển đổi giữa 24 và 25 hình/giây (giữa chuẩn phim và chuẩn PAL): nếu chỉ đổi tốc độ phát thì cao độ lệch 0,7 bán cung, nghe được rõ, nên cần dịch cao độ để bù lại.

Cần nhớ rằng mọi thuật toán dịch cao độ và kéo giãn đều để lại dấu vết. Trong khoảng ±5 % thời lượng hoặc ±2 bán cung, thuật toán hiện đại gần như không nghe ra, còn ngoài khoảng đó âm thanh bắt đầu có tiếng lăn tăn kim loại và mất độ tự nhiên.

6.17.3 Tạo hài và mô phỏng băng từ

Bộ tạo hài (saturation, exciter) cố ý thêm méo phi tuyến ở mức rất nhỏ. Điều này có vẻ nghịch lý vì méo là thứ mọi thiết kế đều cố tránh, nhưng cách làm này có cơ sở tâm lý âm học rõ ràng.

Hài bậc chẵn (bậc 2, bậc 4) nằm ở các quãng tám và quãng năm trên tần số gốc, tức là các quãng hoà âm, nên tai nghe chúng như "ấm" và "đầy". Hài bậc lẻ (bậc 3, bậc 5) nằm ở các quãng ít hoà hợp hơn nên nghe "gắt" và "hung". Mạch đèn và biến áp sinh chủ yếu hài bậc chẵn, còn mạch transistor bị xén cứng sinh hài bậc lẻ.

Ứng dụng: một giọng nói thu sạch nhưng nghe "mỏng" có thể được làm dày bằng 2 – 4 % méo hài bậc chẵn mà không cần đụng tới EQ. Một tiếng bass yếu ở loa nhỏ có thể được nghe rõ hơn nhờ thêm hài, vì tai suy ra tần số gốc từ chuỗi hài ngay cả khi loa không phát ra được tần số gốc đó (hiện tượng cơ bản bị khuyết, missing fundamental).

6.17.4 Khử ồn và khử hồi âm

Đây là nhóm công cụ phát triển nhanh nhất trong những năm gần đây và có ý nghĩa thực tiễn lớn với những bản thu thực hiện trong điều kiện không lý tưởng.

Bảng 6.26 Bốn nhóm công cụ khôi phục tiếng nói

Công cụ	Nguyên lý	Làm được gì	Giới hạn
Khử ồn phổ (spectral denoise)	Lấy mẫu phổ của tiếng ồn nền rồi trừ đi khỏi phổ tín hiệu	Loại tiếng máy điều hoà, tiếng quạt, tiếng xì băng	Quá tay thì tiếng nói nghe "dưới nước", có tiếng lăn tăn (musical noise)
Khử ồn bằng học máy	Mạng nơ-ron được huấn luyện tách tiếng nói khỏi nền	Loại được cả tiếng ồn thay đổi: tiếng xe, tiếng đám đông, tiếng gió	Có thể làm mất âm sắc riêng của giọng; kết quả khó đoán trước
Khử hồi âm (dereverb)	Ước lượng và đảo ngược đáp ứng xung của phòng	Giảm tiếng vang của phòng thu không đạt chuẩn	Chỉ hiệu quả trong giới hạn; không thể "gỡ" hồi âm nặng
Sửa phổ bằng tay (spectral repair)	Người dùng khoanh vùng trên ảnh phổ và cho phần mềm nội suy	Xoá tiếng ho, tiếng chuông điện thoại, tiếng còi xe riêng lẻ	Chậm, làm từng sự kiện một

QUY TẮC 6.6 — NGUYÊN TẮC KHÔNG ĐỔI

Không công cụ khôi phục nào thay thế được việc thu đúng ngay từ đầu: mỗi decibel tiếng ồn không lọt vào bản thu là một decibel không phải xử lý ở hậu kỳ, mà xử lý luôn để lại dấu vết.

Thứ tự đúng khi khôi phục là khử ồn trước rồi mới EQ và nén, bởi làm ngược lại là khuếch đại tiếng ồn lên rồi mới cố loại nó ra.

Luôn nghe phần bị loại bỏ (nhiều phần mềm có chế độ này); nếu trong đó nghe thấy tiếng nói thì mức loại bỏ đang quá tay.

6.18 Bài thực hành số 3 — EQ, hồi âm và trễ

THỰC HÀNH 6.4 — MỤC TIÊU

- Tìm và triệt được một tần số có vấn đề bằng phương pháp quét.
- Nghe và phân biệt được hiện tượng răng lược.
- Dựng được một không gian hồi âm thuyết phục cho một đoạn thoại mà vẫn giữ lời rõ.

Phần 1 — Quét tìm tần số có vấn đề

Nhờ một người khác chuẩn bị sẵn ba tệp tiếng nói, mỗi tệp đã bị nâng +8 dB ở một tần số bí mật (Q = 5). Người đọc dùng phương pháp quét ở mục 6.14.3 để tìm ra tần số đó và sửa lại cho phẳng.

Tự đánh giá: sai số dưới 1/3 quãng tám là đạt. Nên ghi lại thời gian tìm ra, vì kỹ năng này nhanh dần theo luyện tập và đó là điều cần kiểm chứng.

Phần 2 — Nghe hiện tượng răng lược

- Nhân đôi một kênh tiếng nói, đặt một bộ trễ 0,5 ms trên bản sao rồi nghe cả hai cùng lúc và mô tả sự thay đổi âm sắc.
- Tăng dần độ trễ qua 1 / 2 / 5 / 10 / 20 / 40 / 100 ms và ghi lại điểm mà tai bắt đầu nghe ra hai âm riêng biệt thay vì một âm bị đổi màu.
- Ở mỗi độ trễ, mở máy phân tích phổ và đối chiếu vị trí các đáy với công thức tính tần số đáy để kiểm chứng bằng số.
- Thử đảo cực tính một kênh ở độ trễ 0 ms và giải thích kết quả.

Phần 3 — Dựng không gian cho một cảnh

Chuẩn bị một đoạn thoại thu khô (trong buồng cách âm) dài 30 giây. Người đọc cần làm cho đoạn thoại nghe như được thu ở ba nơi khác nhau mà vẫn giữ nguyên độ rõ của lời:

Bảng 6.27 Ba không gian cần dựng và tham số gợi ý

Không gian	RT60 gợi ý	Pre-delay	Ghi chú
Phòng khách nhỏ	0,4 s	8 – 15 ms	Phản xạ sớm dày; cắt cao ở 6 kHz
Hành lang bệnh viện	1,2 s	25 – 35 ms	Nhiều phản xạ sớm rõ; thêm một tiếng slap 90 ms rất nhỏ
Nhà thờ lớn	4,5 s	40 – 60 ms	Pre-delay dài là bắt buộc để lời không bị nuốt; cắt trầm mạnh trên đường gửi

Với mỗi không gian, người đọc cần giải thích ba lựa chọn: pre-delay bao nhiêu và vì sao, mức gửi bao nhiêu và vì sao, cắt trầm cắt cao ở đâu và vì sao.

Phần 4 — Tính trễ bù khoảng cách

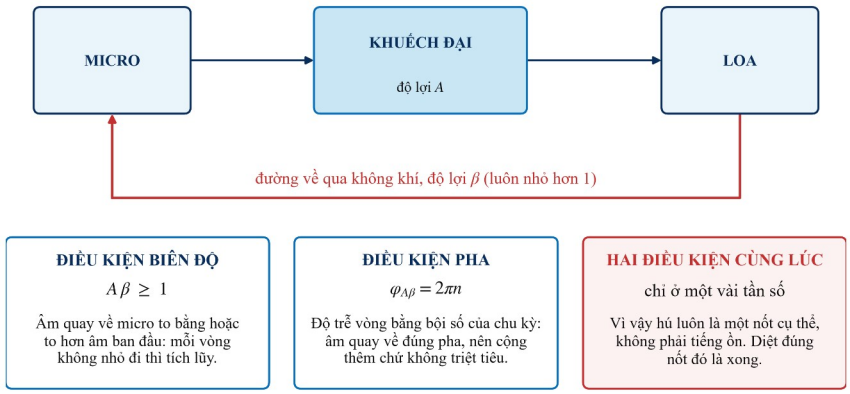
Bài tập trên giấy, không cần thiết bị. Một hội trường dài 45 m, loa chính đặt hai bên sân khấu, cột loa tiếp sức đặt ở vị trí 28 m tính từ sân khấu, và nhiệt độ hội trường khi có khán giả khoảng 29 °C.

– Tính tốc độ âm thanh ở nhiệt độ đó.
– Tính độ trễ cần đặt cho cột loa tiếp sức, kể cả phần cộng thêm Haas.
– Nếu người kỹ sư quên đặt trễ, người ngồi ở hàng 40 m sẽ nghe hai nguồn cách nhau bao nhiêu mili giây, và điều đó gây ra hiện tượng gì?
– Nếu buổi tổng duyệt diễn ra lúc sáng sớm ở 21 °C, độ trễ đúng khác bao nhiêu so với buổi diễn tối, và chênh lệch đó có đáng kể không?

6.19 Cơ chế của hiện tượng hú

6.19.1 Hú là một mạch dao động, không phải một sự cố

Trong mọi hệ tăng âm có micro và loa ở cùng một không gian luôn tồn tại một vòng kín: micro thu âm, bộ khuếch đại nâng mức, loa phát ra, âm thanh truyền qua không khí quay lại micro. Vòng này không thể loại bỏ vì nó là hệ quả của việc micro và loa ở cùng một phòng.



Hình 6.42 Vòng kín của hệ tăng âm và hai điều kiện dao động Barkhausen

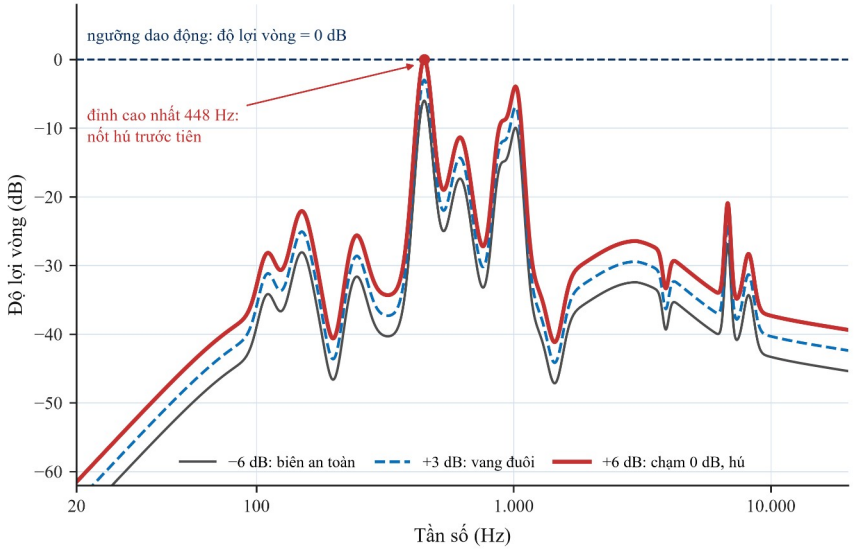
Điểm then chốt không nằm ở việc hệ có vòng kín hay không mà ở độ lợi của vòng đó. Nếu gọi A là độ lợi của chuỗi điện tử và β là độ lợi của đường về qua không khí (luôn nhỏ hơn 1, vì âm suy giảm theo khoảng cách), thì độ lợi vòng là tích Aβ. Hệ trở thành mạch dao động, tức là phát sinh hú, khi thoả đồng thời hai điều kiện Barkhausen:

$$|A\beta| \geq 1 \quad \text{và} \quad \angle A\beta = 2k\pi \quad , \quad k = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots \tag{6.22}$$

Điều kiện thứ nhất là điều kiện biên độ: âm quay về micro phải to bằng hoặc to hơn âm ban đầu, để mỗi vòng không nhỏ đi mà tích luỹ lên. Điều kiện thứ hai là điều kiện pha: âm quay về phải cùng pha với âm đang có, để cộng thêm vào thay vì triệt tiêu.

6.19.2 Vì sao hú luôn là một nốt cụ thể

Hai điều kiện trên chỉ được thoả đồng thời ở một vài tần số chứ không phải ở toàn dải, bởi đáp tuyến vòng hở của một hệ thật không phẳng: micro có đáp tuyến riêng, loa có đáp tuyến riêng, và phòng bổ sung một tập hợp đỉnh và đáy do cộng hưởng của các kích thước phòng.



Hình 6.43 Đáp tuyến vòng hở của một hệ thật khi nâng dần độ lợi

Khi người kỹ sư nâng dần độ lợi, đỉnh cao nhất của đáp tuyến vòng hở chạm 0 dB trước tiên và đó chính là nốt sẽ hú. Nếu nâng thêm nữa, đỉnh cao thứ hai chạm tới và hệ hú ở hai nốt cùng lúc.

Từ đây rút ra hai kết luận thực hành quan trọng:

- Hú luôn là một cao độ xác định, nghe được và nhận ra được, nên người có kinh nghiệm có thể đoán ngay khoảng tần số từ tiếng hú.
- Đáp tuyến vòng hở càng phẳng thì càng nâng được nhiều mức trước khi hú, vì vậy toàn bộ công việc chỉnh hệ thống tăng âm quy về việc làm phẳng đáp tuyến này.

GHI NHỚ 6.7 — BIÊN AN TOÀN TRƯỚC HÚ (gain before feedback margin)

Một hệ đang làm việc phải giữ độ lợi thấp hơn ngưỡng hú ít nhất 6 dB, vì đáp tuyến vòng hở thay đổi trong buổi làm việc: người nói di chuyển, khán giả vào phòng làm thay đổi hấp thụ, nhiệt độ và độ ẩm cũng thay đổi.

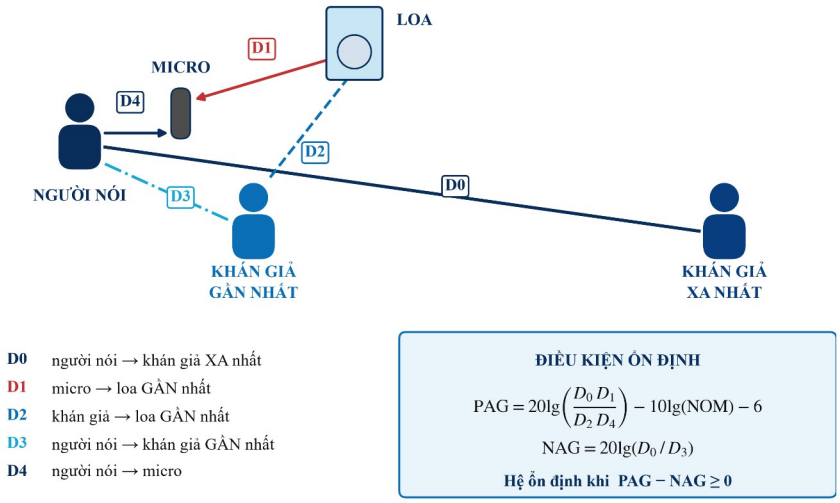
Ở khoảng cách 3 dB trước ngưỡng, hệ chưa hú nhưng đã bắt đầu "vang đuôi" (ringing): mỗi âm thanh kéo dài thêm một chút, nghe như phòng vang hơn thực tế. Đó là dấu hiệu cảnh báo đầu tiên mà người kỹ sư phải nhận ra trước khi hú xảy ra.

6.20 PAG và NAG — tính toán độ lợi trước khi dựng hệ

6.20.1 Năm khoảng cách

Có một cách tính cho phép biết trước một hệ tăng âm sẽ ổn định hay hú, chỉ dựa trên hình học của phòng và trước khi mua bất kỳ thiết bị nào. Phương pháp

này dựa trên hai đại lượng: độ lợi tiềm năng chấp nhận được (Potential Acoustic Gain, PAG) và độ lợi cần thiết (Needed Acoustic Gain, NAG) [9].



Hình 6.44 Năm khoảng cách của phép tính PAG/NAG

Bảng 6.28 Định nghĩa năm khoảng cách

Ký hiệu	Đo từ đâu tới đâu	Ý nghĩa
D0	Người nói → khán giả XA nhất	Khoảng cách mà nếu không có hệ tăng âm thì người xa nhất phải nghe
D1	Micro → loa GẦN nhất	Đường về của vòng kín; càng lớn càng an toàn
D2	Khán giả (gần loa nhất) → loa GẦN nhất	Càng nhỏ thì loa càng dễ phủ, nhưng càng nhỏ thì PAG càng giảm
D3	Người nói → khán giả GẦN nhất	Mức âm mà người gần nhất nghe được không cần tăng âm
D4	Người nói → micro	Càng nhỏ càng tốt; đây là đòn bẩy mạnh nhất

6.20.2 Hai công thức và điều kiện ổn định

Độ lợi âm học tiềm năng là mức tối đa hệ có thể đạt trước khi hú [10]:

$$\mathrm{PAG} = 20\log_{10}\frac{D_0 D_1}{D_2 D_4} - 10\log_{10}\mathrm{NOM} - 6 \quad (\mathrm{dB}) \tag{6.23}$$

trong đó NOM (Number of Open Microphones) là số micro đang mở, và số hạng −6 dB là biên an toàn trước hú (Feedback Stability Margin, FSM). Độ lợi âm học cần thiết là mức mà hệ phải đạt để người xa nhất nghe rõ như người gần nhất:

$$\mathrm{NAG} = 20\log_{10}\frac{D_0}{D_3} \quad (\mathrm{dB}) \tag{6.24}$$

Hệ ổn định khi PAG lớn hơn hoặc bằng NAG. Khi rút gọn hai công thức, điều kiện trở nên gọn và dễ nhớ:

$$\mathrm{PAG} - \mathrm{NAG} = 20\log_{10}\frac{D_1 D_3}{D_2 D_4} - 10\log_{10}\mathrm{NOM} - 6 \geq 0 \qquad (6.25)$$

Đáng chú ý là D0 đã triệt tiêu, nghĩa là độ dài của khán phòng không ảnh hưởng tới việc hệ có hú hay không mà chỉ ảnh hưởng tới việc hệ có đủ mức hay không. Sự ổn định do bốn khoảng cách còn lại quyết định.

VÍ DỤ 6.2 — TÍNH TOÁN — MỘT BUỔI TOẠ ĐÀM TRONG HỘI TRƯỜNG

Số liệu: D0 = 12 m (người nói tới hàng cuối), D1 = 4 m (micro tới loa gần nhất), D2 = 3 m (hàng ghế đầu tới loa gần nhất), D3 = 1 m (người nói tới hàng ghế đầu), D4 = 0,3 m (micro cài áo), NOM = 2.

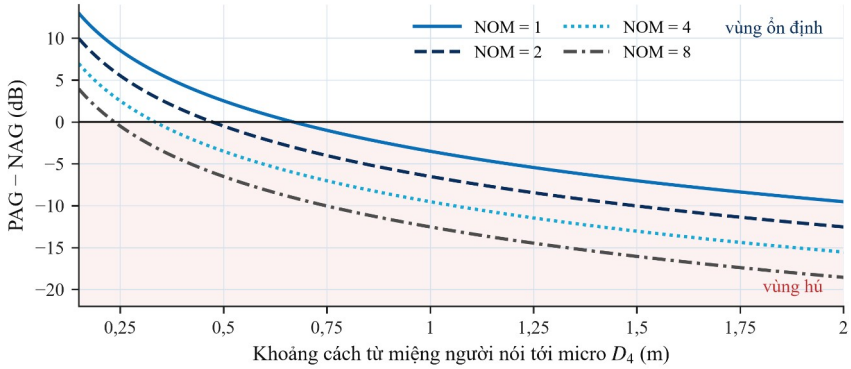
PAG = 20lg(12 × 4 / (3 × 0,3)) − 10lg2 − 6 = 20lg(53,3) − 3,0 − 6 = 34,5 − 9,0 = 25,5 dB.

NAG = 20lg(12 / 1) = 21,6 dB.

PAG − NAG = +3,9 dB → hệ ổn định, còn dư gần 4 dB.

Nếu thay micro cài áo bằng micro để bàn cách miệng 1 m và mở thêm hai micro nữa (NOM = 4): PAG = 20lg(12 × 4 / (3 × 1)) − 10lg4 − 6 = 24,1 − 6,0 − 6 = 12,1 dB. Khi đó PAG − NAG = −9,5 dB → hệ hú, và không thể khắc phục bằng chỉnh EQ.

6.20.3 Đọc các đòn bẩy từ công thức



Hình 6.45 Ảnh hưởng của khoảng cách micro và số micro mở tới biên an toàn

Công thức rút gọn cho thấy rõ đòn bẩy nào mạnh nhất:

Bảng 6.29 Bốn đòn bẩy và hiệu quả của từng đòn bẩy

Thay đổi	Hiệu quả	Chi phí thực hiện
Đưa micro lại gần miệng người nói một nửa (D4 giảm 2 lần)	+6 dB	Bằng không — chỉ là cách bố trí; đòn bẩy mạnh nhất
Đưa loa ra xa micro gấp đôi (D1 tăng 2 lần)	+6 dB	Phải bố trí lại sân khấu; thường bị giới hạn bởi kiến trúc
Đưa loa lại gần khán giả hàng đầu một nửa (D2 giảm 2 lần)	−6 dB (XẤU đi)	Đây là bẫy: treo loa thấp cho gần khán giả lại làm hệ dễ hú hơn
Tắt một nửa số micro đang mở (NOM giảm 2 lần)	+3 dB	Bằng không nếu dùng cổng nhiễu hoặc bộ trộn tự động
Đưa khán giả hàng đầu lại gần người nói một nửa (D3 giảm 2 lần)	−6 dB (XẤU đi)	Vì họ nghe rõ hơn nên hệ phải nâng ít hơn — nhưng NAG cũng giảm theo, nên tổng thể thường có lợi

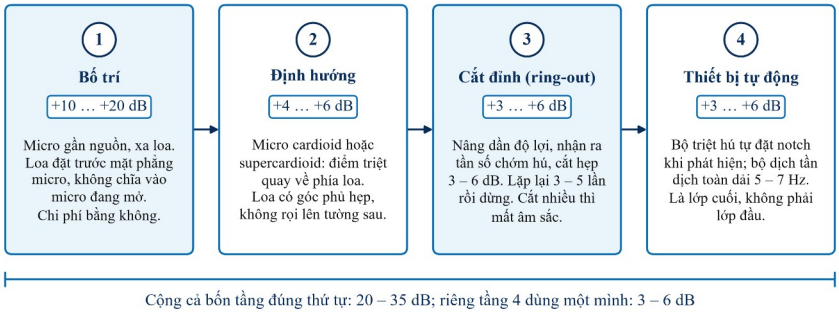
Quy tắc NOM cũng dẫn tới một hệ quả đơn giản, cần ghi nhớ:

$$\Delta L = -10\log_{10} \text{NOM} \quad \text{(dB)} \tag{6.26}$$

Mỗi lần gấp đôi số micro đang mở, dự trữ mất 3 dB. Một hội nghị có 16 micro mở cùng lúc mất 12 dB so với chỉ một micro, mức đủ để biến một hệ ổn định thành một hệ hú liên tục. Vì vậy bộ trộn tự động (automatic mixer, còn gọi là automixer) là thiết bị cần thiết trong các hệ thống dùng nhiều micro cùng lúc.

6.21 Bốn tầng chống hú

Chống hú là một quy trình bốn tầng, trong đó thứ tự thực hiện quan trọng không kém nội dung từng tầng, và mỗi tầng chỉ nên dùng khi tầng trước đã được làm hết mức.



Hình 6.46 Bốn tầng chống hú theo đúng thứ tự thực hiện

6.21.1 Tầng 1 — Bố trí (được 10 – 20 dB, chi phí bằng không)

- Đặt micro càng gần nguồn càng tốt: đây là biện pháp mạnh nhất trong toàn bộ danh sách và không tốn chi phí thiết bị.
- Đặt loa phía trước mặt phẳng của micro theo hướng nhìn của người nói, treo cao và chĩa xuống khán giả, không chĩa vào sân khấu.
- Không để loa chĩa thẳng vào micro đang mở: nguyên tắc này hiển nhiên nhưng vẫn là nguyên nhân thường gặp của sự cố hú.
- Đặt loa theo dõi trên sân khấu sau lưng micro để tận dụng vùng triệt của đồ thị định hướng.
- Tránh đặt micro sát tường phản xạ hoặc trong góc phòng, nơi cộng hưởng phòng mạnh nhất.

6.21.2 Tầng 2 — Định hướng (được 4 – 6 dB)

Cần chọn micro có đồ thị định hướng phù hợp và quay đúng chiều. Micro cardioid có vùng triệt ở phía sau (180°); micro supercardioid có hai vùng triệt ở khoảng 126° và có thuỳ phụ nhỏ ở phía sau; micro hypercardioid có vùng triệt ở khoảng 110°.

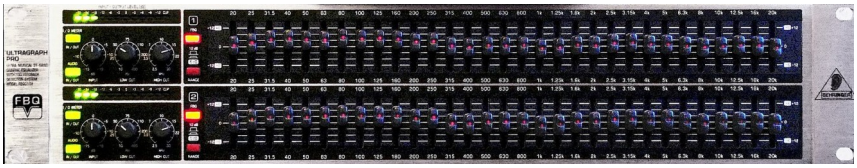
Ứng dụng cụ thể: nếu loa theo dõi đặt ngay dưới chân người hát, nên dùng micro supercardioid và bố trí sao cho loa nằm đúng ở góc 126°; nếu dùng cardioid, loa cần đặt đúng phía sau micro.

Về phía loa, nên chọn loa có góc phủ hẹp và định hướng ổn định theo tần số, chĩa đúng vào vùng khán giả và không để rọi lên tường sau hoặc trần, vì mọi phần năng lượng rọi vào bề mặt cứng đều quay lại micro.

6.21.3 Tầng 3 — Ring-out bằng notch (được 3 – 6 dB)

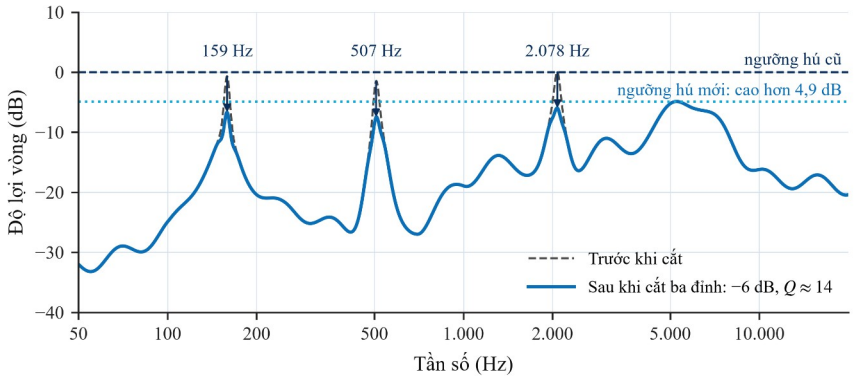
Ring-out là quy trình chủ động tìm và cắt các đỉnh cao nhất của đáp tuyến vòng hở, và là kỹ năng thực hành quan trọng khi vận hành hệ thống tăng âm.

Hình 6.47 cho thấy một bộ cân bằng đồ hoạ hai kênh, mỗi kênh có hàng fader theo dải một phần ba quãng tám, thường dùng để cắt các đỉnh hú khi ring-out.



Hình 6.47 Bộ cân bằng đồ hoạ hai kênh 31 băng tần dạng rack.

Nguồn: Mover85, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).



Hình 6.48 Ring-out — cắt ba đỉnh cao nhất bằng notch hẹp và độ lợi thu được

QUY TẮC 6.7 — QUY TRÌNH RING-OUT — BẢY BƯỚC

1. Đặt hệ ở cấu hình sẽ dùng thật: micro đúng vị trí, loa đúng vị trí, phòng đúng trạng thái (nhưng chưa có khán giả).

2. Đưa mọi bộ lọc về phẳng và chỉ mở một micro.

3. Nâng độ lợi tổng thật chậm cho tới khi nghe thấy hệ bắt đầu vang đuôi hoặc chớm hú ở một nốt.

4. Nhận ra tần số đó bằng tai nếu đã quen, hoặc bằng máy phân tích phổ thời gian thực.

5. Đặt một bộ lọc notch tại tần số đó với Q từ 10 trở lên, độ sâu 3 – 6 dB; hú phải tắt ngay.

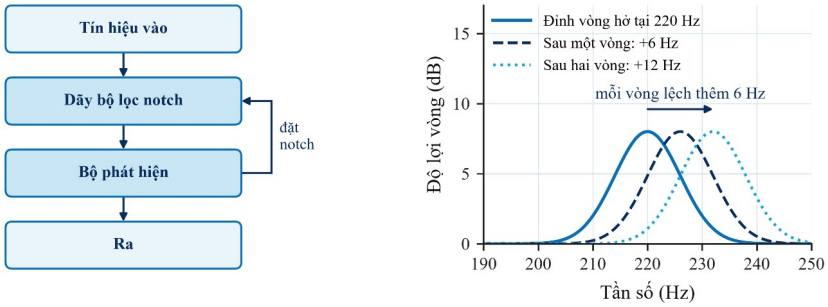
6. Nâng độ lợi tiếp cho tới khi nốt thứ hai chớm hú, rồi lặp lại bước 4 và 5.

7. Dừng sau 3 – 5 notch rồi hạ độ lợi tổng xuống 6 dB so với ngưỡng vừa tìm được, vì đó là mức làm việc của hệ.

Notch phải đáp ứng hai nguyên tắc bắt buộc: hẹp ($Q \geq 10$, tốt nhất là 20 – 40) và nông (3 – 6 dB, hiếm khi cần quá 9 dB). Notch rộng và sâu thì hết hú thật, nhưng lấy đi một mảng âm sắc và làm giọng nghe rỗng; đó là ranh giới giữa chỉnh hệ và phá hệ.

Việc dừng sau 3 – 5 notch có lý do: mỗi notch chỉ đổi lấy 1 – 2 dB độ lợi, trong khi tổn thất âm sắc thì cộng dồn. Nếu sau năm notch mà vẫn chưa đủ mức, vấn đề nằm ở tầng 1 hoặc tầng 2 và cần quay lại sửa bố trí thay vì thêm notch.

6.21.4 Tầng 4 — Thiết bị tự động (được 3 – 6 dB)



(a) bộ triệt hú tự động (b) bộ dịch tần

Hình 6.49 Bộ triệt hú tự động và bộ dịch tần — hai cách can thiệp khác nhau

Bộ triệt hú tự động (automatic feedback suppressor) liên tục phân tích phổ tín hiệu để tìm các thành phần có biên độ lớn và tần số đứng yên bất thường, vốn là dấu hiệu của một mạch dao động đang hình thành. Khi phát hiện, nó tự đặt một notch hẹp tại tần số đó.

Ưu điểm của thiết bị này là phản ứng trong vài trăm mili giây, nhanh hơn tay người nhiều, và làm việc liên tục suốt buổi. Nhược điểm là nó không phân biệt được tiếng hú với một nốt đàn ngân dài hoặc một giọng hát giữ hơi, vì cả hai đều "đứng yên"; do đó, với chương trình có nhạc, cần đặt máy ở chế độ thận trọng và giới hạn số notch tự động.

Bộ dịch tần (frequency shifter) can thiệp theo cách khác hẳn: nó dịch toàn bộ phổ tín hiệu lên 5 – 7 Hz. Biện pháp này không tác động tới biên độ nhưng phá vỡ điều kiện pha, vì âm quay về micro không còn trùng tần số với âm ban đầu nên không cộng đúng pha được, nhờ đó thêm 4 – 6 dB dự trữ.

Với tiếng nói, dịch 5 Hz gần như không nhận ra; với nhạc thì tuyệt đối không dùng, vì mọi cao độ sẽ sai và sai theo cách phi tuyến (nốt trầm sai nhiều hơn nốt cao tính theo cent).

GHI NHỚ 6.8 — CÁI GIÁ CỦA TỪNG TẦNG — MỘT BẢNG TỔNG KẾT

Tầng 1 (bố trí): hiệu quả nhiều nhất và tốn ít nhất, nhưng phụ thuộc vào điều kiện bố trí thực tế của không gian.

Tầng 2 (định hướng): tốn chi phí mua micro và loa đúng loại, nhưng không gây tổn hại âm sắc.

Tầng 3 (notch): không tốn chi phí thiết bị nhưng làm tổn hại âm sắc, vì mỗi notch lấy đi một phần nhất định.

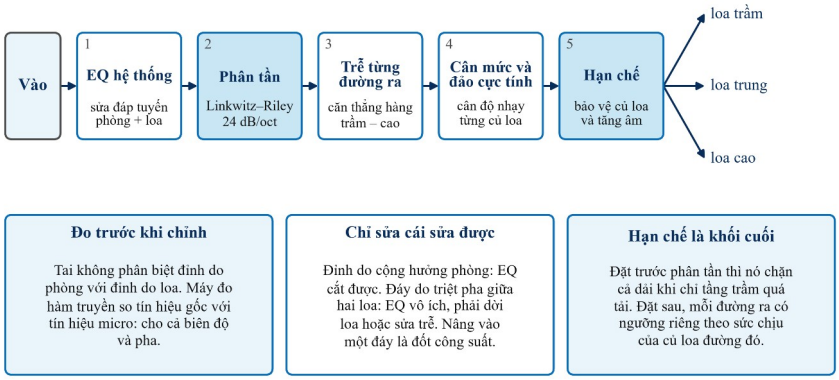
Tầng 4 (tự động): tốn chi phí và có rủi ro cắt nhầm, nên đóng vai trò lớp bảo hiểm cho những tình huống không lường trước chứ không phải giải pháp chính.

Người mới thường làm ngược thứ tự: mua bộ triệt hú trước rồi mới nghĩ tới bố trí. Cộng cả bốn tầng đúng thứ tự có thể được 20 – 35 dB, trong khi riêng tầng 4 dùng một mình chỉ cho 3 – 6 dB.

6.22 DSP quản lý hệ thống loa

6.22.1 Năm khối bắt buộc và thứ tự của chúng

Bộ xử lý quản lý loa (loudspeaker management processor) là thiết bị đứng giữa bàn trộn và các bộ khuếch đại công suất. Thiết bị gồm năm khối với thứ tự cố định vì lý do kỹ thuật.



Hình 6.50 Năm khối của bộ DSP quản lý loa và ba nguyên tắc chỉnh hệ

Bảng 6.30 Năm khối của bộ DSP quản lý loa

Thứ tự	Khối	Chức năng	Vì sao ở vị trí này
1	EQ hệ thống	Sửa đáp tuyến tổng hợp của phòng và của loa	Phải sửa trước khi chia dải, vì phép sửa áp dụng cho toàn dải
2	Phân tần (crossover)	Chia dải tần cho từng đường ra; thường Linkwitz–Riley bậc 4, 24 dB/oct	Sau EQ tổng, trước mọi xử lý riêng của từng đường
3	Trễ từng đường ra	Căn thẳng hàng thời gian giữa loa trầm và loa cao, hoặc giữa cụm loa chính và cột loa tiếp sức	Sau phân tần vì mỗi đường có lượng trễ khác nhau
4	Cân mức và đảo cực tính	Cân bằng độ nhạy khác nhau giữa các củ loa	Trước bộ hạn chế, để ngưỡng hạn chế tính đúng theo mức thực tế
5	Bộ hạn chế	Bảo vệ củ loa và bộ khuếch đại khỏi quá tải	Cuối cùng — mọi thứ đặt sau nó sẽ phá bỏ sự bảo vệ vừa tạo ra

Đặt bộ hạn chế trước phân tần là một lỗi thiết kế nghiêm trọng: khi chỉ có dải trầm quá tải, bộ hạn chế hạ mức của cả dải, làm tiếng nói và tiếng cao cùng chìm xuống theo mỗi nhịp trống. Khi đặt sau phân tần, mỗi đường ra có ngưỡng riêng theo sức chịu của củ loa đường đó.

6.22.2 Đo hàm truyền — vì sao phải đo trước khi chỉnh

Tai người không phân biệt được một đỉnh do phòng cộng hưởng với một đỉnh do loa có đáp tuyến không phẳng, dù hai hiện tượng này nghe giống nhau nhưng cần hai cách xử lý khác nhau. Phép đo hàm truyền (transfer function measurement) cho biết chính xác điều gì đang xảy ra [12].

Về nguyên lý, máy đo so sánh tín hiệu gốc đưa vào hệ với tín hiệu do một micro đo thu được tại vị trí nghe:

$$H(f) = \frac{Y(f)}{X(f)} = |H(f)|\, e^{j\varphi(f)} \tag{6.27}$$

Kết quả gồm hai đường: đường biên độ cho biết dải nào thừa, dải nào thiếu, và đường pha cho biết quan hệ thời gian giữa các dải. Tai không đọc trực tiếp được đường pha, nhưng đường này lại quyết định phần lớn chất lượng của một hệ nhiều đường.

Máy đo còn cho một đại lượng thứ ba quan trọng là hàm nhất quán (coherence):

$$\gamma^2(f) = \frac{|S_{xy}(f)|^2}{S_{xx}(f)\, S_{yy}(f)} \quad , \quad 0 \le \gamma^2 \le 1 \tag{6.28}$$

Hàm nhất quán bằng 1 nghĩa là toàn bộ tín hiệu micro thu được là do tín hiệu gốc gây ra, còn bằng 0 nghĩa là micro chỉ thu được tiếng ồn hoặc hồi âm

không tương quan. Ở những dải mà nhất quán dưới 0,8, phép đo không đáng tin và tuyệt đối không được chỉnh EQ dựa vào đó.

Một đường đo trông đẹp mắt vẫn có thể hoàn toàn vô nghĩa nếu không kiểm tra hàm nhất quán đi kèm.

6.22.3 Chỉ sửa cái sửa được

Nguyên tắc quan trọng nhất khi chỉnh EQ hệ thống là phân biệt hai loại bất thường trên đường đo:

Bảng 6.31 Hai loại bất thường và cách xử lý đúng

Loại bất thường	Nguyên nhân	Nhận biết	Xử lý đúng
Đỉnh do cộng hưởng	Cộng hưởng phòng, cộng hưởng thùng loa	Xuất hiện ở MỌI vị trí đo trong phòng, cùng một tần số	EQ CẮT được — đây là trường hợp EQ có tác dụng
Đáy do triệt pha	Hai nguồn (hai loa, loa và phản xạ) tới cùng vị trí lệch pha	Đổi vị trí đo vài chục centimét thì đáy dịch đi hoặc biến mất	EQ KHÔNG sửa được. Phải dời loa, sửa trễ, hoặc chấp nhận. Nâng vào một đáy chỉ đốt công suất và có thể làm cháy củ loa

QUY TẮC 6.8 — BỐN QUY TẮC CHỈNH EQ HỆ THỐNG

1. Đo ở nhiều vị trí (tối thiểu 5 – 8 điểm phân bố đều trong vùng khán giả) rồi lấy trung bình, vì chỉnh theo một điểm duy nhất làm cho một chỗ ngồi tốt lên và các chỗ khác xấu đi.
2. Chỉ cắt và hạn chế nâng, vì nâng làm tiêu hao dự trữ công suất và có thể đẩy củ loa vào vùng méo.
3. Không chỉnh ở những dải có hàm nhất quán thấp.
4. **Không cố làm đáp tuyến phẳng tuyệt đối:** đường mục tiêu thực tế của một hệ tăng âm dốc xuống dần từ 1 kHz trở lên, khoảng 3 – 6 dB tính tới 10 kHz, vì phòng lớn hấp thụ tần cao và tai người ưa chuộng đường dốc nhẹ đó.

6.23 Bài thực hành số 4 — chống hú và chỉnh hệ

THỰC HÀNH 6.5 — MỤC TIÊU

- Tính được PAG/NAG cho một bố trí cụ thể và dự đoán đúng kết quả trước khi thử.
- Thực hiện được quy trình ring-out an toàn.
- Nhận ra bằng tai tiếng vang đuôi trước khi hú xảy ra.

CẢNH BÁO 6.7 — AN TOÀN — ĐỌC TRƯỚC KHI LÀM

Tiếng hú ở mức cao có thể gây tổn thương thính giác vĩnh viễn và làm cháy loa tweeter, vì vậy bài thực hành này phải thực hiện ở mức âm lượng thấp.

Luôn có một người đứng sẵn tại fader tổng, sẵn sàng hạ ngay khi có tiếng hú.

Đặt sẵn một bộ hạn chế ở đường ra với trần thấp trước khi bắt đầu.

Phần 1 — Tính trên giấy trước khi làm

Chọn một phòng thực tế và đo năm khoảng cách D0 – D4 cho hai bố trí khác nhau:

- Bố trí A: micro cài áo (D4 ≈ 0,2 m), loa treo cao ở hai bên.
- Bố trí B: micro để bàn (D4 ≈ 0,6 m), loa đặt trên chân ngang tầm người ngồi.

Tính PAG − NAG cho cả hai bố trí, với NOM = 1 và NOM = 4, và ghi dự đoán: bố trí nào ổn định hơn và hơn bao nhiêu dB.

Phần 2 — Kiểm chứng bằng thực nghiệm

Dựng lần lượt hai bố trí; với mỗi bố trí, nâng độ lợi thật chậm và ghi lại vị trí fader tại thời điểm nghe thấy tiếng vang đuôi và tại thời điểm hú thật sự, rồi so sánh chênh lệch giữa hai bố trí với con số đã tính.

Sai số vài decibel là bình thường, vì công thức PAG/NAG là mô hình gần đúng với giả định trường âm khuếch tán. Điều cần rút ra là *xu hướng* phải đúng: nếu tính ra bố trí A hơn 9 dB mà thực nghiệm cho thấy hơn 7 dB thì mô hình đã hoàn thành chức năng của nó.

Phần 3 — Ring-out có kiểm soát

Với bố trí ổn định hơn, người đọc thực hiện quy trình ring-out bảy bước ở mục 6.21.3 và ghi lại các nội dung sau:

- Tần số của từng notch, theo thứ tự xuất hiện.
- Độ lợi thu thêm được sau mỗi notch (tính bằng dB trên fader tổng).
- Tổng độ lợi thu được sau khi dừng.

Sau đó, nghe lại một đoạn thoại qua hệ thống với các notch bật và tắt, mô tả sự thay đổi âm sắc và kết luận xem cái giá phải trả có tương xứng với độ lợi thu được hay không.

Phần 4 — Thử nghiệm về NOM

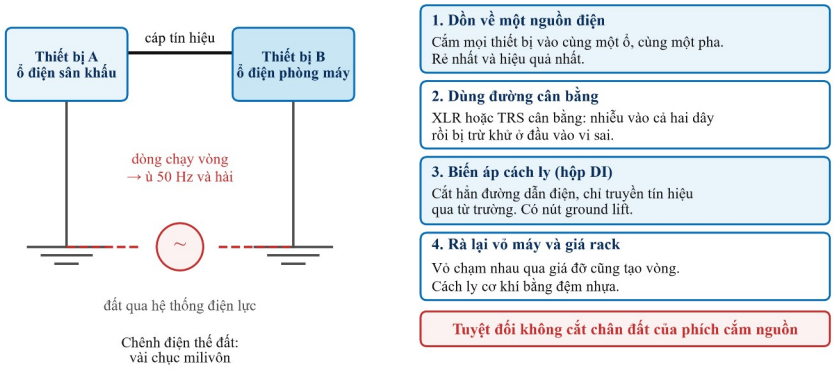
Giữ nguyên bố trí và các notch, đặt độ lợi ở mức an toàn (6 dB dưới ngưỡng hú với một micro), rồi lần lượt mở thêm micro thứ hai, thứ tư, thứ tám và đo lại ngưỡng hú sau mỗi lần.

- Đối chiếu kết quả với công thức để xác định mỗi lần gấp đôi số micro làm giảm bao nhiêu dB.
- Bật một cổng nhiễu trên mọi micro với ngưỡng phù hợp, đo lại ngưỡng hú khi chỉ có một người nói và xác định cổng nhiễu đã lấy lại được bao nhiêu dB.

6.24 Nguồn điện, vòng đất và an toàn

6.24.1 Vòng đất và tiếng ù 50 Hz

Tiếng ù trong hệ thống âm thanh có tần số cơ bản đúng bằng tần số lưới điện (50 Hz ở Việt Nam), kèm các hài 100, 150, 200 Hz, và đây là dấu hiệu nhận biết chắc chắn nhất [11].



(a) cơ chế hình thành vòng đất (b) bốn cách cắt vòng, theo thứ tự nên thử

Hình 6.51 Cơ chế hình thành vòng đất và bốn cách cắt vòng theo thứ tự nên thử

Cơ chế hình thành như sau: hai thiết bị được nối vào hai ổ điện khác nhau, và điểm đất của hai ổ đó không hoàn toàn cùng điện thế, vì chênh lệch vài chục milivôn là bình thường trong một toà nhà. Khi hai thiết bị được nối bằng cáp tín hiệu, phần vỏ cáp tạo thành đường dẫn thứ hai giữa hai điểm đất, nên vòng kín này có dòng chạy qua và dòng đó cảm ứng vào đường tín hiệu.

6.24.2 Bốn cách cắt vòng, theo thứ tự nên thử

- **1. Dồn về một nguồn điện.** Cắm mọi thiết bị của hệ vào cùng một ổ, cùng một pha, tốt nhất là qua cùng một ổ cắm nhiều lỗ; cách này có chi phí thấp nhất, hiệu quả nhất và giải quyết được đa số trường hợp.
- **2. Dùng đường cân bằng.** Với XLR hoặc TRS cân bằng, nhiễu bám vào cả hai dây rồi bị triệt tiêu ở tầng vào vi sai (xem CMRR ở mục 6.2.4), nên mọi kết nối dài trên 5 m cần là kết nối cân bằng.
- **3. Biến áp cách ly.** Hộp DI (Direct Injection box) hoặc biến áp cách ly cắt hẳn đường dẫn điện giữa hai thiết bị và chỉ truyền tín hiệu qua từ trường, còn nút "ground lift" trên hộp DI ngắt chân 1 của XLR ở phía ra để cắt đường dẫn của vỏ cáp.
- **4. Rà lại vỏ máy và giá rack.** Hai thiết bị chạm nhau qua giá đỡ kim loại cũng tạo thành một vòng đất, vì vậy cần cách ly cơ khí bằng đệm nhựa hoặc vòng đệm cách điện.

CẢNH BÁO 6.8 — ĐIỀU TUYỆT ĐỐI KHÔNG ĐƯỢC LÀM

Hình 6.52 cho thấy một hộp DI hai kênh có công tắc ngắt đất (ground lift), thiết bị dùng để cách ly và cắt vòng đất giữa nguồn tín hiệu và bàn trộn.



Hình 6.52 Hộp DI hai kênh có công tắc ngắt đất (ground lift).

Nguồn: Ashley Pomeroy, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons (truy cập 05/11/2026).

> Tuyệt đối không cắt chân đất của phích cắm nguồn và không dùng ổ chuyển ba chân sang hai chân để "cho hết ù".
>
> Cách đó có hiệu quả với tiếng ù nhưng loại bỏ đường bảo vệ duy nhất khi có sự cố chạm vỏ: nếu một thiết bị bị chạm điện ra vỏ mà không có chân đất, người chạm vào thiết bị sẽ trở thành đường dẫn xuống đất.
>
> Trong môi trường sân khấu, nơi có nước, mồ hôi và người cầm micro kim loại, đây là tình huống có thể gây tử vong, và không có tiếng ù nào đáng để đánh đổi như vậy.

6.24.3 Các nguồn nhiễu khác thường gặp

Bảng 6.32 Nhận dạng nhiễu theo âm thanh nghe được

Nghe thấy gì	Nguyên nhân thường gặp	Cách xử lý
Ù trầm 50 Hz đều	Vòng đất	Theo bốn bước ở mục 6.24.2
Ù có nhiều hài, nghe "rè" hơn	Bộ điều chỉnh độ sáng đèn (dimmer) cắt pha	Tách nguồn điện của hệ âm thanh khỏi nhánh đèn; dùng đèn điều chỉnh không cắt pha
Tiếng lách tách theo nhịp	Điện thoại di động đặt gần cáp hoặc thiết bị	Dời điện thoại ra xa; dùng cáp có vỏ chống nhiễu tốt
Tiếng rít cao đều	Nguồn xung (switching supply) của máy tính hoặc đèn LED kém chất lượng	Đổi nguồn; thêm bộ lọc nguồn; cách ly bằng biến áp
Tiếng xì rộng dải	Gain staging sai — gain thấp, fader cao	Đặt lại gain theo mục 6.6.3
Tiếng nổ khi cắm rút	Phantom đang bật, hoặc chưa tắt tăng âm	Tắt phantom và hạ fader trước khi thao tác cáp

6.24.4 An toàn điện khi vận hành hệ thống âm thanh

– Mọi thiết bị có vỏ kim loại phải được nối đất đúng cách.

- Cáp điện đi qua lối người đi phải được che bằng máng cáp; cáp tín hiệu và cáp điện lực nên đi ở hai bên khác nhau, và nếu buộc phải cắt nhau thì cắt vuông góc.
- Trong điều kiện ngoài trời hoặc gần nước, phải dùng thiết bị chống dòng rò (RCD/ELCB).
- Kiểm tra bằng bút thử điện trước mỗi buổi làm việc: chạm vào vỏ mọi thiết bị kim loại mà người biểu diễn sẽ tiếp xúc, đặc biệt là micro cầm tay và giá micro.
- Tính tổng công suất tiêu thụ của cả hệ thống trước khi cắm vào một nhánh điện, vì một dàn tăng âm 4 kW không thể cắm vào ổ 10 A.

TÓM TẮT CHƯƠNG 6

Những điều cần nhớ của Chương 6:

1. **Tầng đầu tiên quyết định phần lớn chất lượng.** Nhiễu do bộ tiền khuếch đại sinh ra được khuếch đại cùng tín hiệu qua toàn bộ chuỗi và không thể loại bỏ về sau; EIN là thông số quan trọng nhất, và chỉ thực sự quan trọng khi phải làm việc ở gain cao.
2. **Gain staging là yêu cầu kỹ thuật, không phải việc trang trí.** Gain quá thấp có thể sửa được, còn gain quá cao thì không, nên gain được đặt một lần và mọi thay đổi sau đó dùng fader.
3. **dBu, dBFS, dB SPL và LUFS là bốn thang khác nhau.** Không có công thức quy đổi cố định giữa dBu và dBFS. Mức bàn giao cho đài truyền hình Việt Nam là −23 LUFS ± 1,0 LU với trần True Peak −1 dBTP, theo QCVN 115:2017/BTTTT.
4. **Nén nhằm thu hẹp dải động, không nhằm làm tăng độ to.** Năm tham số cơ bản là ngưỡng, tỉ số, tác động, nhả và độ lợi bù; tác động chậm giữ được độ nảy, còn nhả quá nhanh gây hiện tượng bơm.
5. **Cắt để sửa, nâng để tạo màu.** Đường cắt hẹp hơn đường nâng cùng số dB, cắt trả lại dự trữ thay vì tiêu hao nó, và phần lớn vấn đề âm sắc xuất phát từ sự thừa chứ không phải sự thiếu.
6. **Pre-delay là công cụ giữ lời rõ trong không gian vang.** Đây là tham số hồi âm quan trọng nhất nhưng thường bị bỏ qua nhiều nhất.
7. **Hú là hiện tượng dao động của mạch, không phải sự cố ngẫu nhiên.** Hú xảy ra ở đỉnh cao nhất của đáp tuyến vòng hở nên luôn ứng với một nốt cụ thể, và việc chống hú theo bốn tầng đúng thứ tự: bố trí, định hướng, notch, thiết bị tự động.
8. **Đưa micro lại gần miệng là biện pháp hiệu quả nhất.** Giảm một nửa khoảng cách micro–miệng được 6 dB dự trữ, nhiều hơn mức EQ có thể bù, và tắt micro không dùng được thêm 3 dB mỗi lần số micro mở giảm một nửa.
9. **EQ chỉ sửa được đỉnh do cộng hưởng, không sửa được đáy do triệt pha.** Nâng vào một đáy triệt pha chỉ tiêu tốn công suất và có thể làm hỏng củ loa.

10. **Không cắt chân đất của phích cắm.** Không có tiếng ù nào đáng để đánh đổi bằng an toàn tính mạng.

6.25 Câu hỏi ôn tập

1. Vì sao nhiễu do bộ tiền khuếch đại sinh ra không thể loại bỏ ở các tầng sau? Hãy giải thích bằng khái niệm hệ số nhiễu.
2. Một micro có độ nhạy 2 mV/Pa, nguồn âm tạo áp suất 0,4 Pa tại màng micro. Tính điện áp micro đưa ra, đổi sang dBu, rồi tính lượng gain cần đặt để đạt mức đường +4 dBu. Giá trị gain đó có nằm trong tầm của một bộ tiền khuếch đại thông dụng không?
3. Vì sao đường micro cân bằng chống nhiễu tốt hơn đường không cân bằng? Thông số nào mô tả khả năng đó?
4. Phân biệt aux pre-fader và aux post-fader, đồng thời nêu một tình huống cụ thể mà việc dùng nhầm loại gây hậu quả rõ rệt.
5. Nêu ba khác biệt giữa subgroup và VCA. Trong âm thanh sân khấu trực tiếp, loại nào thường được ưu tiên và vì sao?
6. Vì sao phải dùng mix-minus cho khách mời tham gia từ xa? Điều gì xảy ra nếu gửi bus chính về cho họ?
7. Một bản ghi bị xén tại bộ tiền khuếch đại có thể được sửa bằng cách hạ mức ở hậu kỳ hay không? Giải thích.
8. Vì sao không có công thức quy đổi cố định giữa dBu và dBFS? Người kỹ sư cần làm gì khi nhận một thiết bị chưa biết?
9. Giải thích vì sao đồng hồ Sample Peak không đủ để bảo đảm không xén, và vì sao mọi tiêu chuẩn đều dùng True Peak.
10. Nêu bốn chỉ tiêu của QCVN 115:2017/BTTTT. Một chương trình đo được −18,5 LUFS thì cần xử lý như thế nào?
11. Vì sao việc các nền tảng nghe nhạc trực tuyến chuẩn hoá độ to làm cho việc nén quá mức trở nên vô ích?
12. Một bộ nén đặt ngưỡng −20 dBFS, tỉ số 4:1, tín hiệu vào có đỉnh −4 dBFS. Tính mức ra và độ giảm ích.
13. Vì sao đặt thời gian tác động chậm lại làm tiếng trống nghe *mạnh* hơn?
14. Phân biệt dò đỉnh và dò hiệu dụng. Loại nào phù hợp với việc bảo vệ thiết bị, loại nào phù hợp với việc làm đều độ to?
15. Nêu bốn họ mạch nén và chọn họ phù hợp cho: giọng dẫn thuyết minh, trống snare, bus tổng.
16. Vì sao cổng nhiễu thường không phải là công cụ phù hợp để làm sạch tiếng ồn nền trong thoại? Công cụ nào phù hợp hơn?
17. Giải thích nguyên lý ducking bằng sidechain. Nêu bốn tham số và giá trị khuyến nghị.
18. Vì sao nén song song cho cả độ dày lẫn độ nảy, trong khi nén thường phải đánh đổi giữa hai đặc tính đó?

19. Trình bày quy trình năm bước để tìm và loại bỏ một tần số có vấn đề bằng EQ.
20. Nêu ba cơ sở kỹ thuật của nguyên tắc "cắt để sửa, nâng để tạo màu".
21. Vì sao EQ tuyến tính pha gây hiện tượng tiền dội? Khi nào nên và không nên dùng loại EQ này?
22. Ba phần của một tiếng dội là gì, và mỗi phần cho tai biết thông tin gì về không gian?
23. Một phòng có thể tích 800 m^3 và tổng diện tích hấp thụ 160 m^2 Sabine. Tính RT60.
24. Vì sao pre-delay lớn giúp giữ lời rõ trong một không gian vang?
25. Hai micro thu cùng một nguồn, chênh lệch quãng đường 68 cm. Tính độ trễ và ba tần số đáy đầu tiên của hiện tượng răng lược ($c = 346$ m/s).
26. Một khán phòng dài 50 m, cột loa tiếp sức ở 32 m, nhiệt độ 30 °C. Tính độ trễ cần đặt cho cột loa.
27. Phân biệt chorus, flanger và phaser về nguyên lý và về đáp tuyến.
28. Phát biểu hai điều kiện Barkhausen và giải thích vì sao hú luôn xảy ra ở một cao độ xác định.
29. Cho D0 = 15 m, D1 = 5 m, D2 = 4 m, D3 = 1,5 m, D4 = 0,4 m, NOM = 3. Tính PAG, NAG và kết luận về độ ổn định.
30. Từ công thức rút gọn của PAG − NAG, hãy chỉ ra hai thay đổi làm hệ ổn định hơn và hai thay đổi làm hệ kém ổn định hơn.
31. Trình bày quy trình ring-out bảy bước. Vì sao phải dừng sau 3 – 5 notch?
32. Bộ dịch tần phá vỡ điều kiện nào của hiện tượng hú? Vì sao không dùng được cho nhạc?
33. Vì sao bộ hạn chế phải đặt *sau* bộ phân tần trong bộ DSP quản lý loa?
34. Hàm nhất quán trong phép đo hàm truyền cho biết điều gì? Vì sao không được chỉnh EQ ở dải có hàm nhất quán thấp?
35. Phân biệt đỉnh do cộng hưởng và đáy do triệt pha trên đường đo, đồng thời nêu cách nhận biết và cách xử lý đúng của từng loại.
36. Mô tả cơ chế hình thành vòng đất và bốn cách cắt vòng theo thứ tự nên thử. Vì sao tuyệt đối không được cắt chân đất của phích cắm?

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHƯƠNG 6

[1] QCVN 115:2017/BTTTT (2017). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về mức âm thanh của nội dung truyền hình, ban hành kèm theo Thông tư số 34/2017/TT-BTTTT của Bộ Thông tin và Truyền thông, Hà Nội.

[2] ITU-R (2015). Recommendation ITU-R BS.1770-4: Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level. Geneva: International Telecommunication Union.

[3] EBU. R 128: Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals (kèm các tài liệu EBU Tech 3341, 3342, 3343 và 3344). Geneva: European Broadcasting Union.

[4] ATSC. A/85: Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television. Washington, D.C.: Advanced Television Systems Committee.

[5] IEC. IEC 60268-10: Sound system equipment — Part 10: Peak programme level meters. Geneva: International Electrotechnical Commission.

[6] IEC (2018). IEC 61938: Multimedia systems — Guide to the recommended characteristics of analogue interfaces to achieve interoperability (quy định nguồn phantom). Geneva: International Electrotechnical Commission.

[7] ITU-R (2015). Recommendation ITU-R BS.1116-3: Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems (yêu cầu về phòng nghe tham chiếu). Geneva: International Telecommunication Union.

[8] Bristow-Johnson, R. Cookbook formulae for audio EQ biquad filter coefficients (tài liệu chuẩn về hệ số bộ lọc hai cực).

[9] Davis, D., & Patronis, E. *Sound System Engineering* (4th ed.). Focal Press (nguồn gốc của phương pháp PAG/NAG).

[10] AVIXA / Biamp. *Designing for Speech Intelligibility and Gain Before Feedback* — tài liệu hướng dẫn kỹ thuật về PAG/NAG.

[11] Bohn, D. *Audio Specifications* và *Sound System Interconnection*. Rane Technical Notes (tài liệu tra cứu về vòng đất và ghép nối).

[12] Toole, F. E. (2018). *Sound Reproduction: The Acoustics and Psychoacoustics of Loudspeakers and Rooms* (3rd ed.). New York: Routledge.

[13] Katz, B. (2014). *Mastering Audio: The Art and the Science* (3rd ed.). Burlington, MA: Focal Press.

[14] Giannoulis, D., Massberg, M., & Reiss, J. D. (2012). Digital dynamic range compressor design — A tutorial and analysis. *Journal of the Audio Engineering Society*, 60(6), 399–408.