

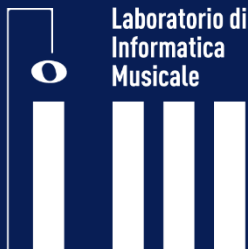


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA

Laboratorio di Informatica Applicata alla Musica

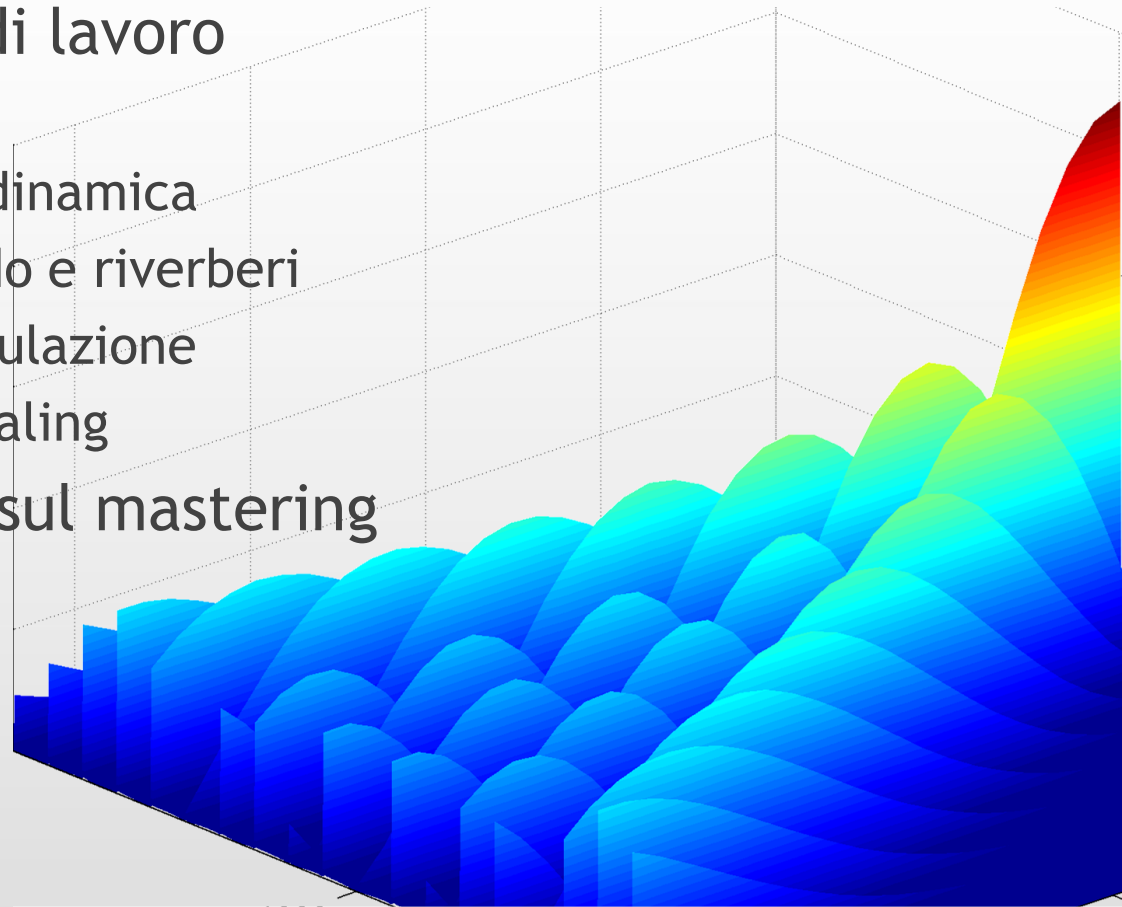
Manipolazione audio per la produzione musicale

*Giorgio Presti, 2019
Post-doc researcher @ LIM*



Programma delle lezioni

- Le Digital Audio Workstations
- La produzione musicale
- Gli strumenti di lavoro
 - Equalizzatori
 - Processori di dinamica
 - Linee di ritardo e riverberi
 - Effetti di modulazione
 - Time/Pitch scaling
- Una parentesi sul mastering



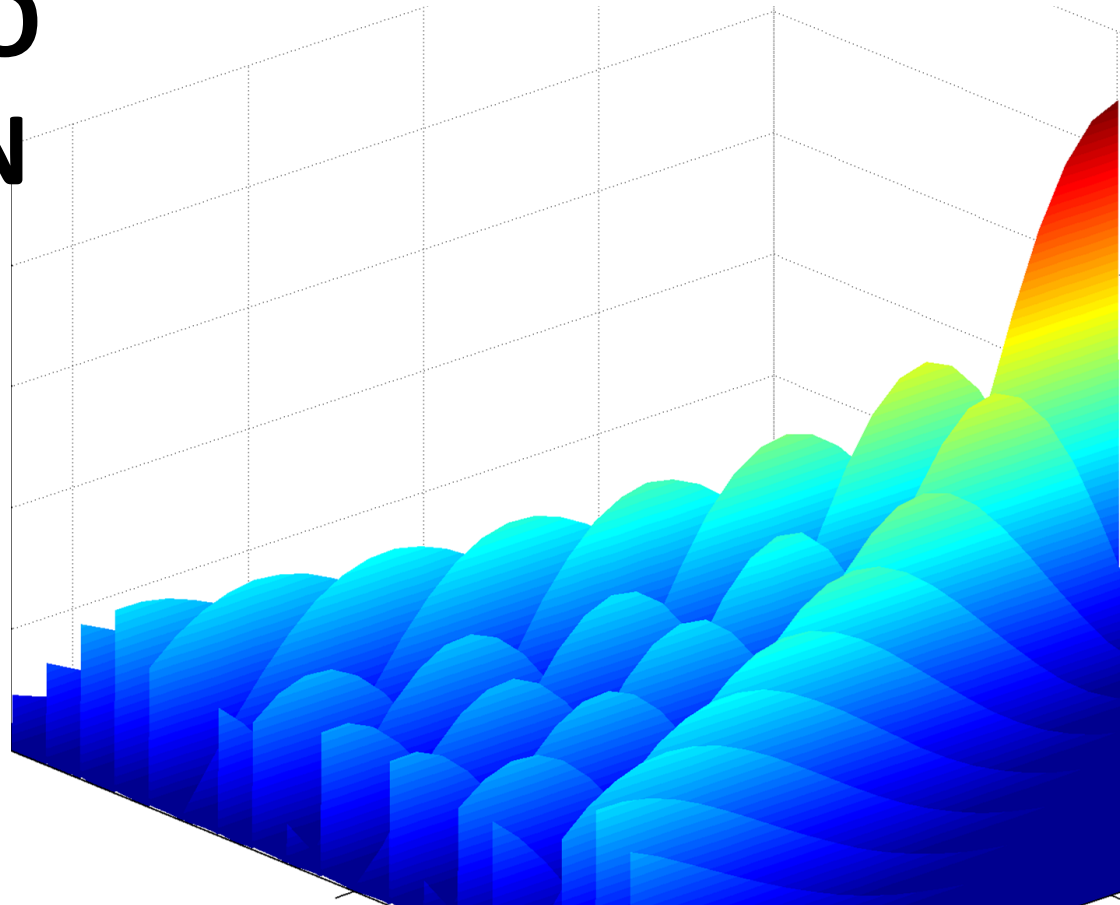
Introduzione al corso

Varie ed eventuali:

- Se disponibile, **usate il vostro laptop**
- Usate **auricolari**
- Scegliete una **DAW a piacere**
- **Sperimentate a casa**
- **Fate domande!**

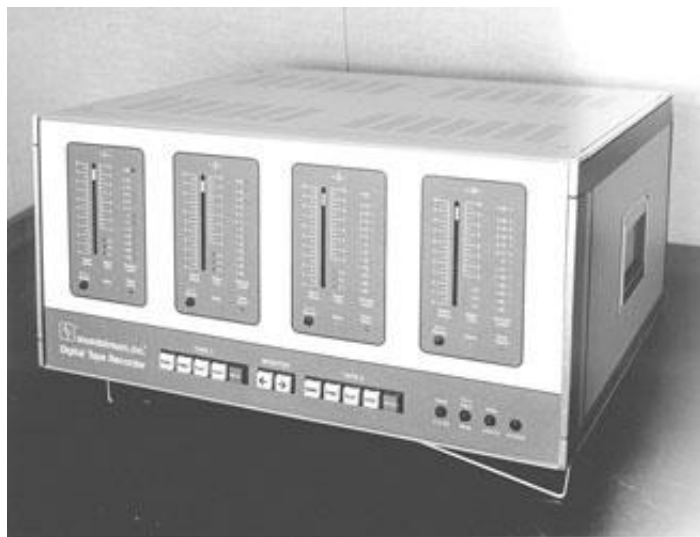
Introduzione alle

DIGITAL AUDIO WORKSTATION



Cosa è una DAW?

Sistema elettronico progettato per la registrazione, il montaggio e la riproduzione dell'audio digitale

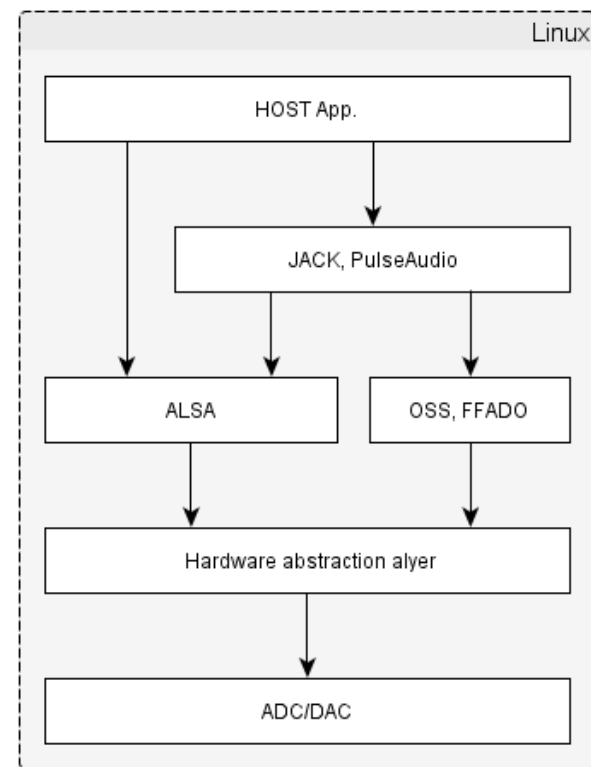
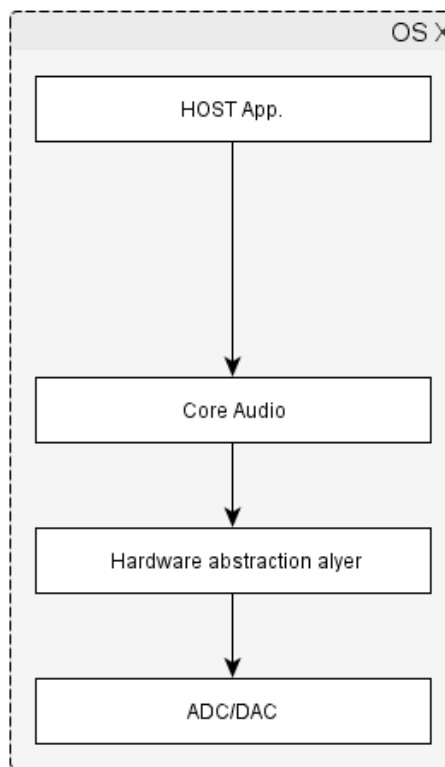
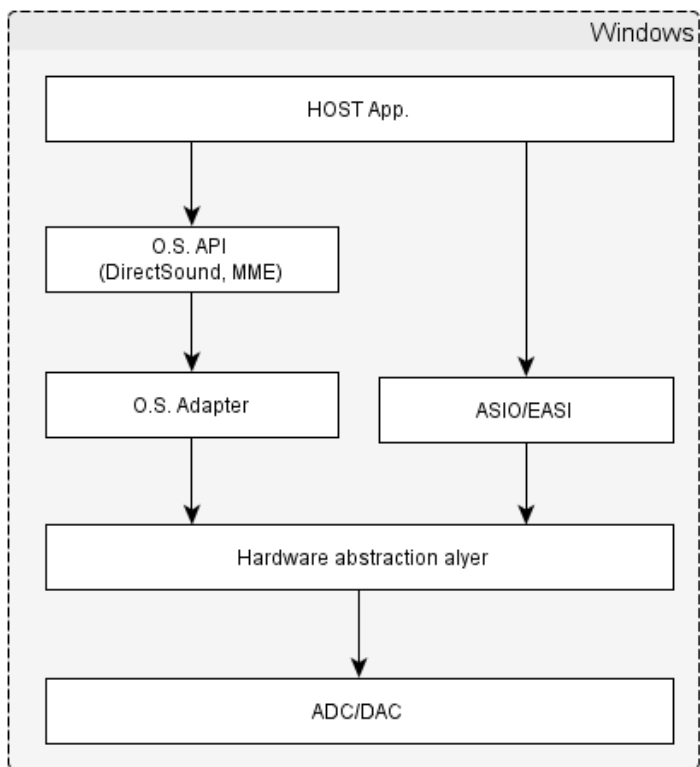


Soundstream *Digital Tape Recorder* (fine anni 70)



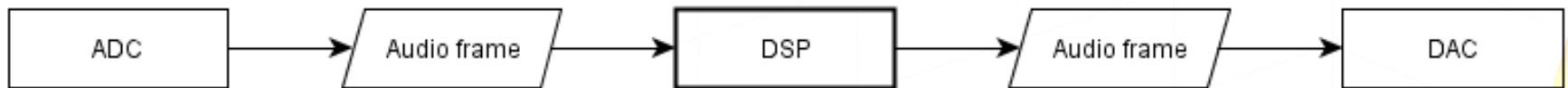
Lexicon *Opus* (fine anni 80)

Architettura dei software di manipolazione audio



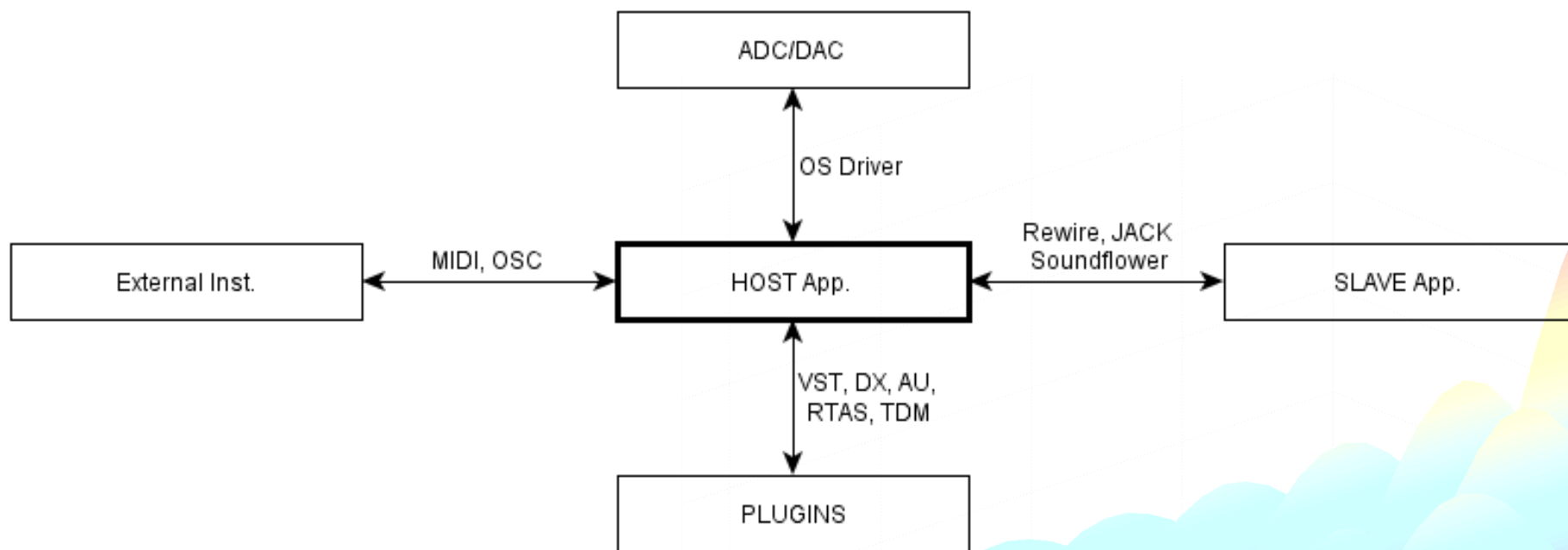
Principali interfacce con cui un software può controllare le periferiche audio

Architettura dei software di manipolazione audio



Percorso dei dati dalla digitalizzazione alla riconversione in analogico:
Un frame può essere processato solo quando è completamente disponibile

Architettura dei software di manipolazione audio



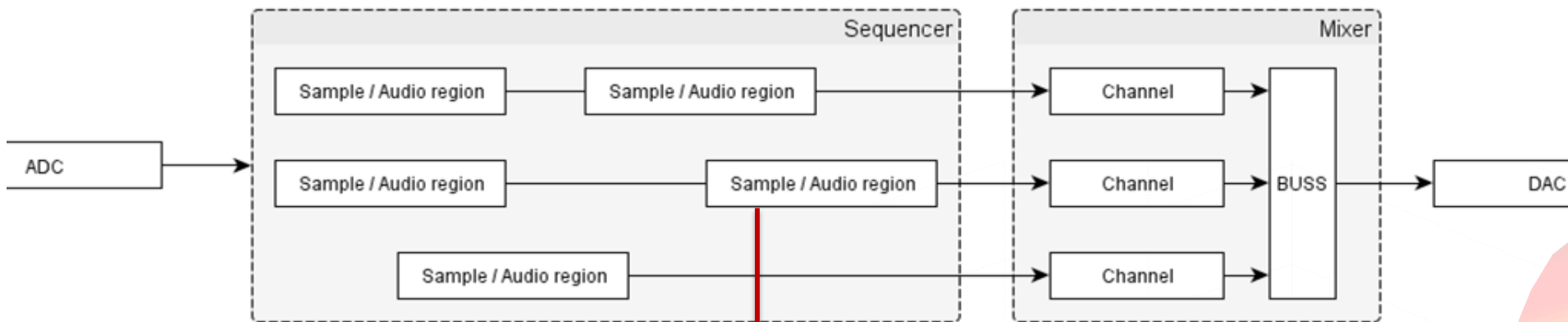
Ecosistema di una Digital Audio Workstation (DAW)

Architettura dei software di manipolazione audio

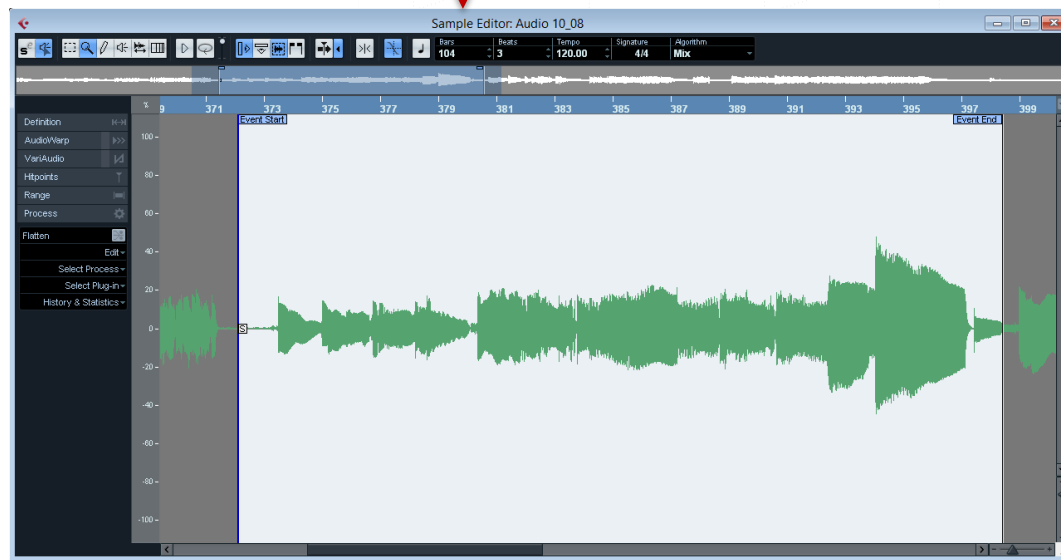
Principali standard per plugin

- **Virtual Studio Technology (VST)** di Steinberg
- **Audio Units (AU)** di Apple
- **Real Time AudioSuite (RTAS/AAX)** di Avid/Digidesign
- **Linux Audio Developers Simple Plugin API (LADSPA)**
- **Rack Extension (RA)** di Propellerheads
- **VAMP** (molto diffuso nel contesto del MIR)
- **ARA** (Audio Random Access)

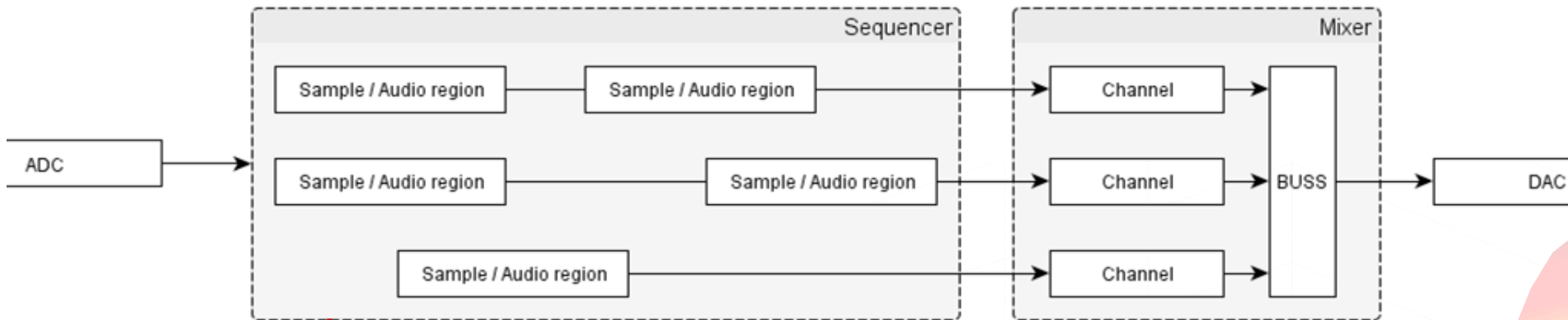
Digital Audio Workstation



Sample editor

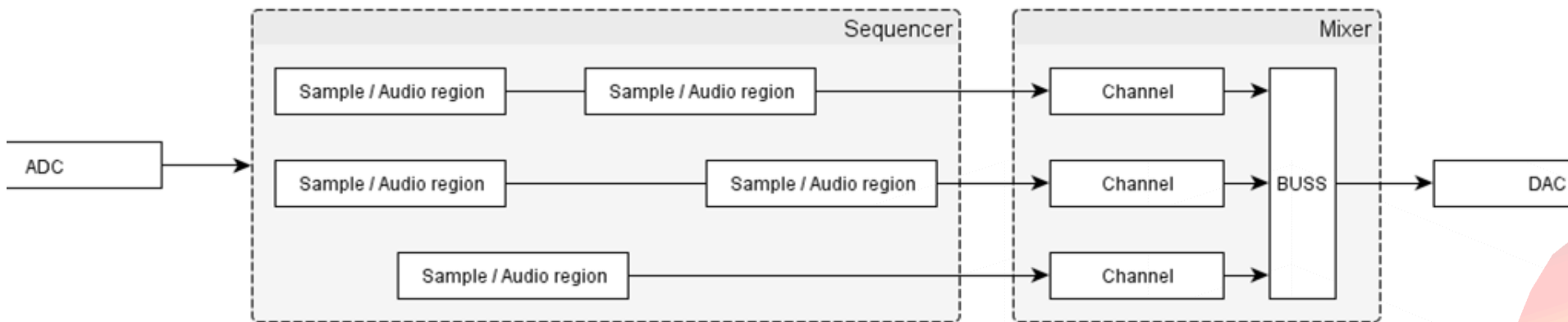


Digital Audio Workstation



Sequencer

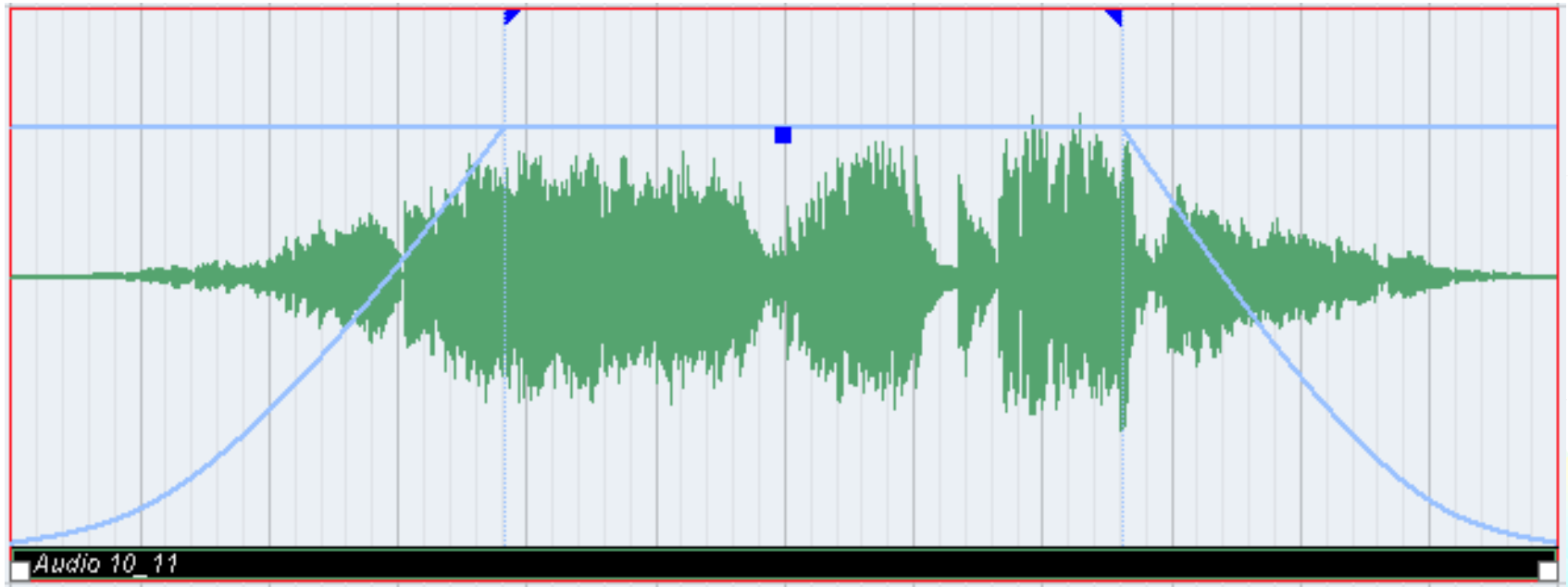
Digital Audio Workstation



Mixer

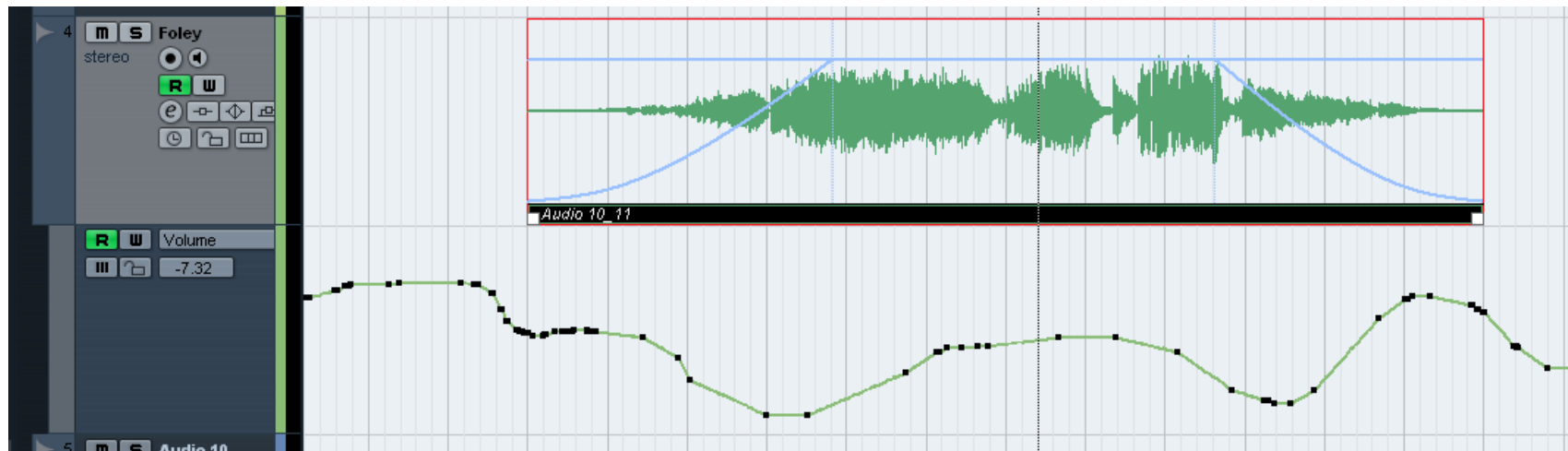


Digital Audio Workstation



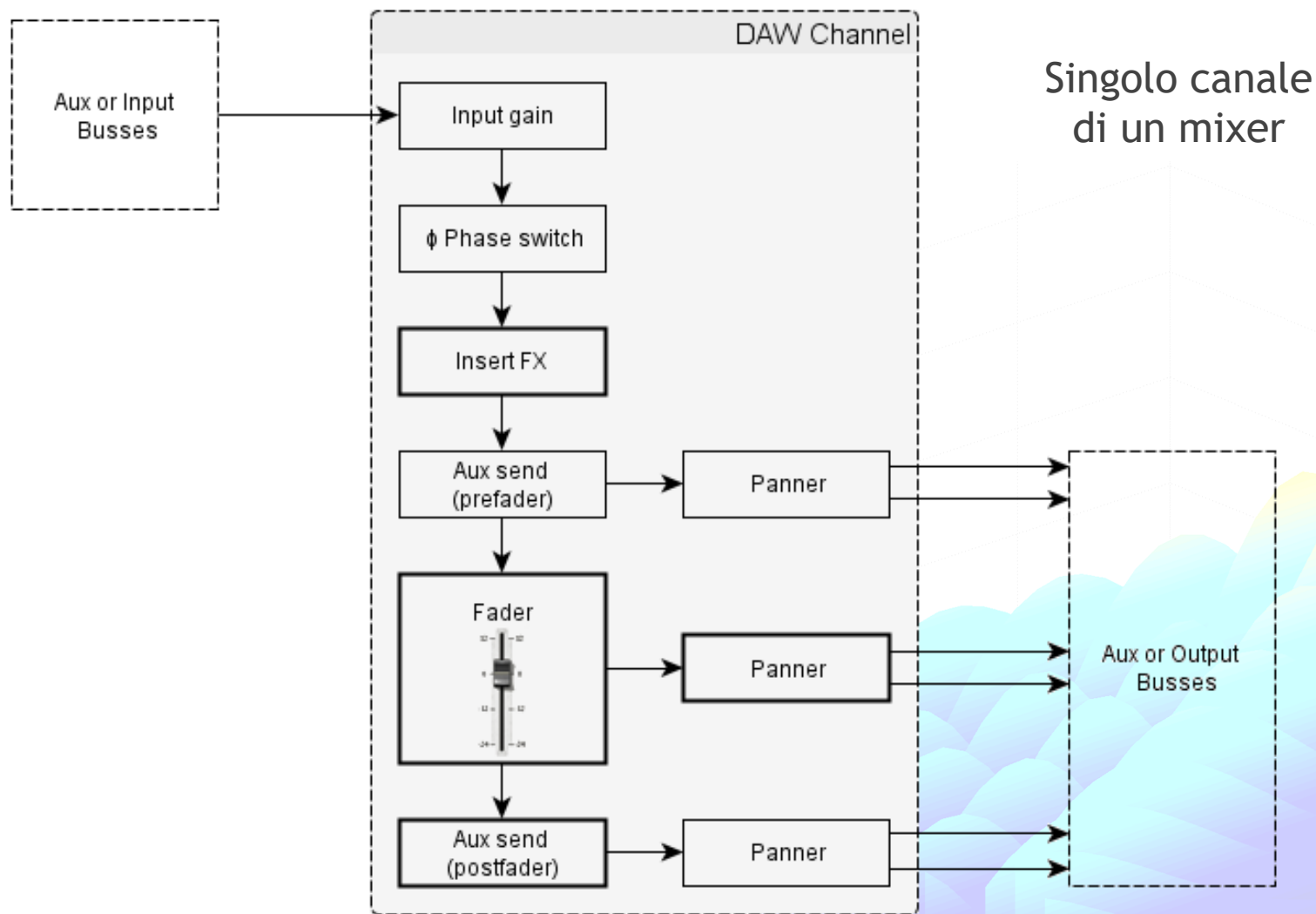
Regione audio in un sequencer: tagli e dissolvenze non sono distruttivi

Digital Audio Workstation

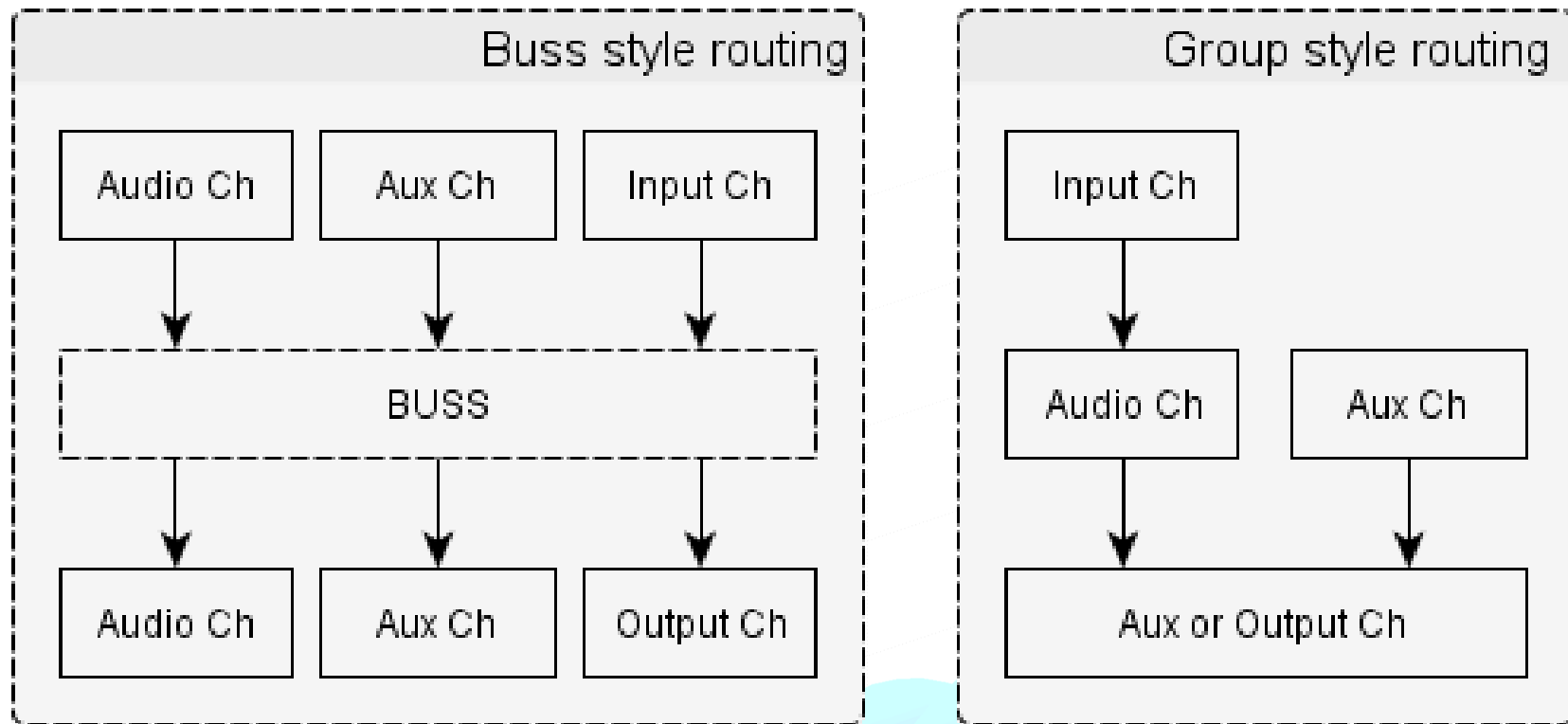


Automazione di parametri del mixer nel sequencer

Digital Audio Workstation



Digital Audio Workstation



Principali stili di raggruppamento dei canali

Digital Audio Workstation

Nome	Wave Editor Ottimale	Multitraccia Ottimale	Live Performance	Sistema Operativo	Plugin Protocols	Coder Friendly	FLOSS
Ardour		•		OSX - Linux	VST - AU		•
Audacity	•			Win - OSX - Linux	VST - VAMP		•
AudioMulch			•	Win - OSX	VST - AU	•	
Audition	•	•		Win - OSX	VST ³ - DX		
Bitwig	•	•	•	Win - OSX - Linux	VST	•	
Cubase		•		Win - OSX	VST – DX - ARA		
Digital Performer		•		OSX	VST - AU		
FL Studio		•	•	Win - OSX	VST		
Garageband		•		OSX	AU		
Live			•	Win - OSX	VST - AU	•	
Logic Pro		•	•	OSX	VST – AU - ARA	•	
Nuendo		•		Win - OSX	VST - DX		
NoN modular DAW		•	•	Linux	?	•	•
Protools		•		Win - OSX	RTAS - TDM		
Reaper		•		Win - OSX	VST - AU – DX - ARA	•	◦
Reason		◦	•	Win - OSX	Rack Extension ²		
Sequoia		•		Win	VST		
Sonar		•		Win	VST - ARA		
Sonic Visualizer ⁴	◦			Win - OSX - Linux	VAMP	•	•
Sound Forge	•			Win - OSX	DX		
Soundbooth	•	•		Win - OSX	VST – DX		
Studio One		•		Win - OSX	VST - ARA		
Wavelab	•			Win - OSX	VST - DX	•	

Audio Coding Libraries

Nome	Dominio	Linguaggio	FLOSS
Bass	DSP, MIDI	Many	
Beads	DSP	Java	•
CSCore	DSP	C#	•
Essentia	MIR	C++	•
★ JSyn	DSP, Sint	Java	•
JMusic	DSP, Musicology	Java	•
★ Juce	DSP, Plugins, MIDI	C++	◦
★ Libsndfile	Audio file handler	C	•
Marsyas	DSP - MIR	C++	•
★ MIR Toolbox	MIR	Matlab	•
★ Music 21	Musicology, XML	Python	•
NAudio	MIDI	C#	•
nsound	DSP	C++ - Python	•
OpenAL	DSP	Java	•
★ PortAudio	DSP	C++	•
★ TarsosDSP	DSP, MIR	Java	•
TimbreToolbox	MIR	Matlab	•
SndObj	DSP, MIDI	C++ - Python - Java	•
★ Superpowered	DSP	C++ (mobile)	◦
★ Web Audio API	DSP	Javascript	•
SDK proprietari	DSP, Plugins	Many	◦

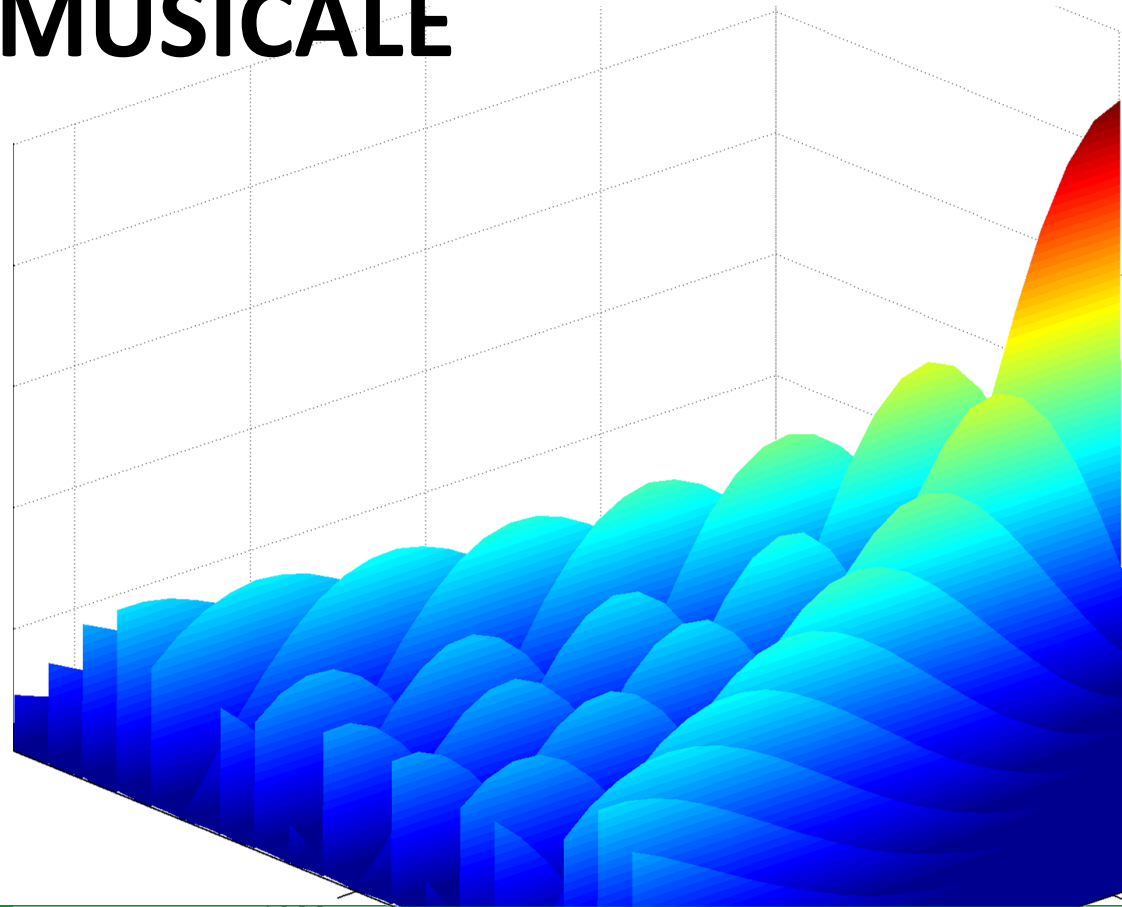
Audio Languages and Utilities

Nome	Linguaggio visuale	Host/Interface	Sistema Operativo	FLOSS
AudioMulch	•	MIDI, VST, AU	Win - OSX	
Chuck		MIDI, OSC	Win - OSX - Linux	◦
★ CSound / Music-N	◦	MIDI, OSC, VST	Win - OSX - Linux	•
★ FAUST		MIDI	Win - OSX - Linux	•
★ Max-MSP	•	MIDI, OSC, VST, AU	Win - OSX	
OpenMusic	•	MIDI	Win - OSX - Linux	•
★ Pure Data	•	MIDI, OSC, VST	Win - OSX - Linux	•
PWGL	•	MIDI	Win - OSX - Linux	
★ Reaktor	•	MIDI, OSC, VST, AU	Win - OSX	
★ SOUL		MIDI, OSC, VST, AU	Win - OSX - Linux	•
SynthEdit	•	MIDI, VST	Win - OSX	
★ Supercollider		MIDI, OSC, AU	Win - OSX - Linux	•

Nome	Dominio	Sistema Operativo	FLOSS
EAC	Low-level CD rip	Win	◦
EasyTAG	Metadata editor	Win - OSX - Linux	•
FFmpeg	Recording & manipulation scripting	Win - OSX - Linux	◦
Free:ac	Conversion and encoding	Win - OSX - Linux	•
JSynthLib	Synthesizer library manager	Win - OSX - Linux	•
LoopMIDI	Virtual loopback MIDI-port	Win	•
Lossless Audio Checker	Checks if data went thru lossy compression	Win - OSX - Linux	◦
MIDI-OX	MIDI swiss army knife	Win	◦
Praat	Speech analysis	Win - OSX - Linux	•
SOX	Audio scripting	Win - OSX - Linux	•
XLD	Conversion and encoding	OSX	•

Cenni di

PRODUZIONE MUSICALE



Linee guida per il mix



*“Audio processing is the art of
balancing subjective enhancement
against objective degradation.”*

—BOB OLHSSON.

Linee guida per il mix

*“Make passive ear training
a lifelong activity.”*

- Lo scopo è dare il giusto *abito* al brano, interpretandone l'intenzione musicale e il contesto culturale, trasformarlo da *esecuzione dal vivo a musica per altoparlanti*
- Si interviene solo su cosa è **udibile** e inadatto allo scopo
- I **dettagli** sono fondamentali
- Molte tecniche, nessuna regola: sbagliare è facile

Linee guida per il mix

- Salvaguardare / creare la dinamica a lungo termine
- Effettuare alterazioni mirate (al netto di cambi di volume)
- Non farsi ingannare da preconcetti e affezioni
- Usare riferimenti

"There is no magic silver bullet. There is no one magic anything that will be 'best' in all situations. The ability of the operator to determine what it is that needs to be done and pick the best combination of tools is more important than what tools are used."

— GLENN MEADOWS

Strumenti per la produzione

- *Level Fader*
- Equalizzatori / filtri
- Riverberi e linee di ritardo
- Effetti di modulazione
- Gestori della stereofonia
- *Exciter* e distorsioni
- Processori di dinamica
- *Pitch-shift* e *Time-stretch*
- Generatori di segnale
- Strumenti di *metering*
- Le vostre orecchie

Lineari Tempo-invarianti

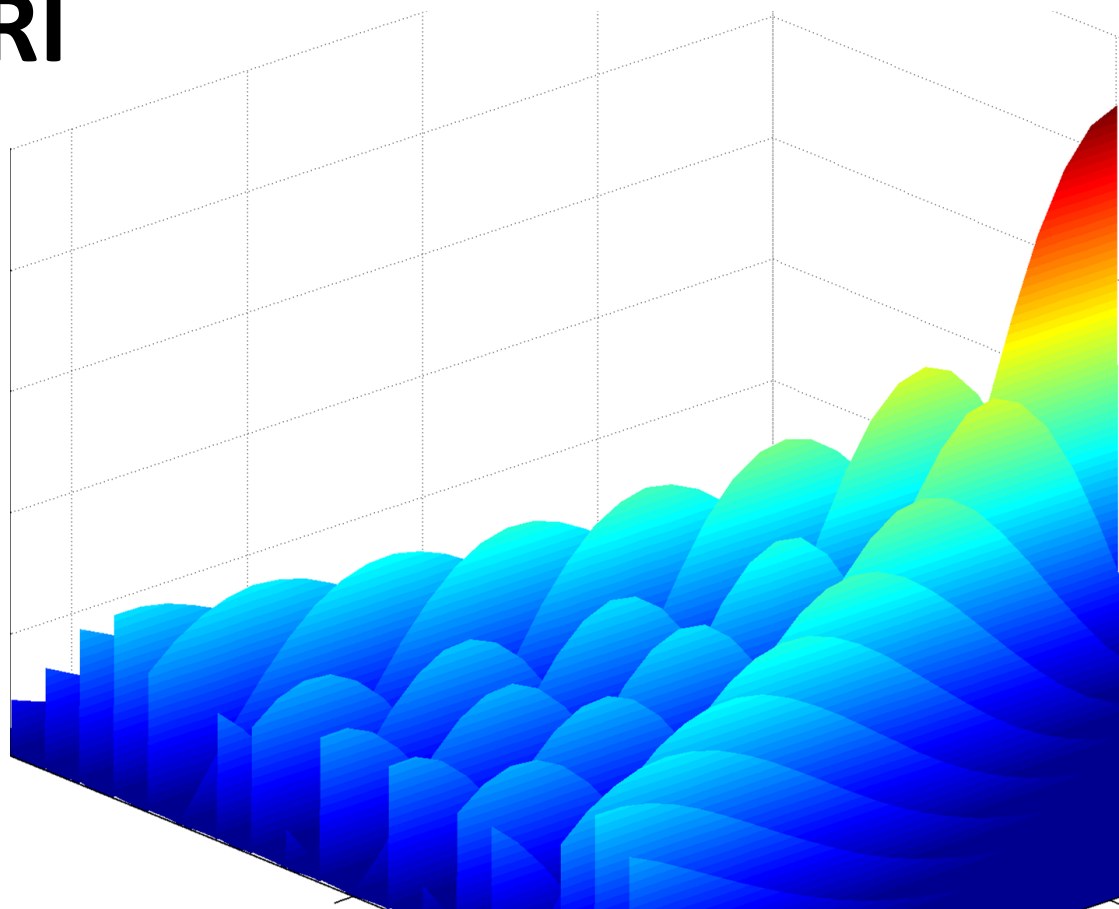
Lineari Tempo-varianti

Non-lineari Tempo-invarianti

Non-lineari Tempo-varianti

Strumenti della produzione musicale:

EQUALIZZATORI

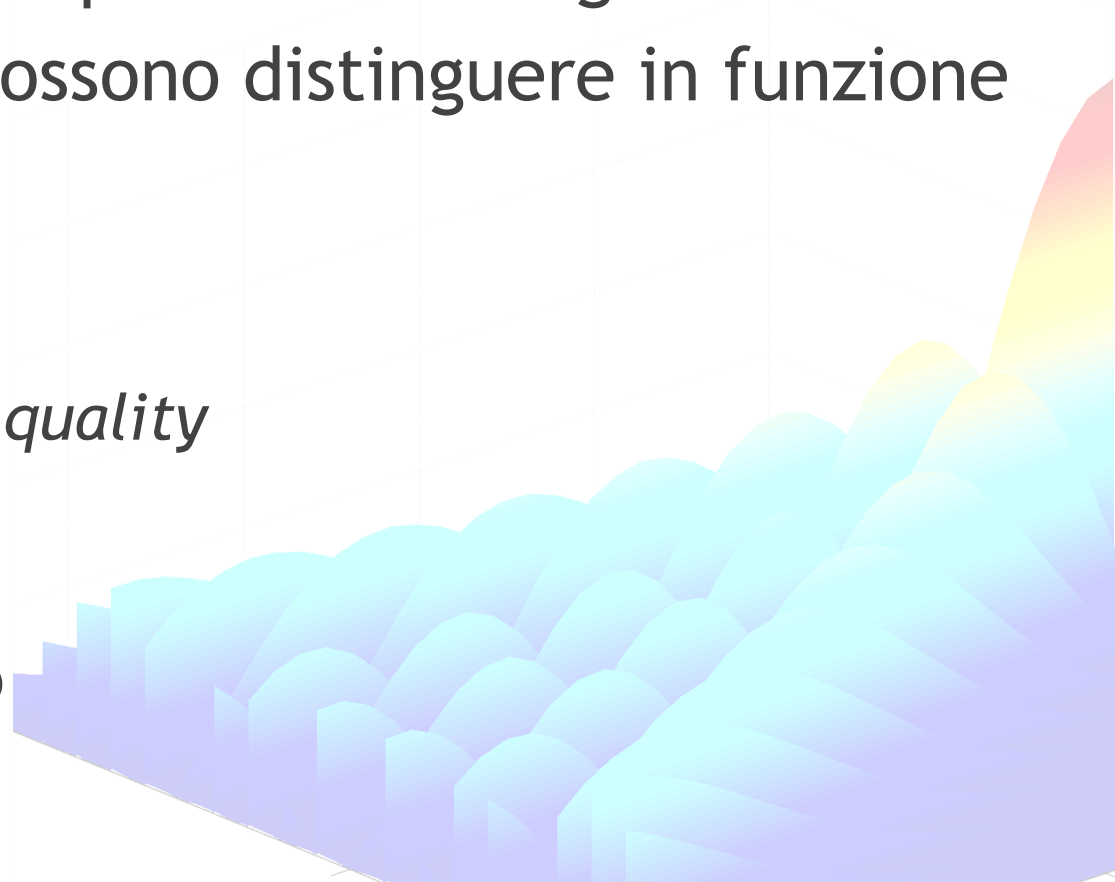


Equalizzatori / filtri

Sistemi che alterano la magnitudine e la fase di ogni componente in frequenza di un segnale.

Pragmaticamente si possono distinguere in funzione di diversi aspetti:

- Tipo di curva
- Pendenza, ordine o *quality*
- Risposta di fase
- Risposta all'impulso
- Interfaccia



Equalizzatori / filtri: Curva

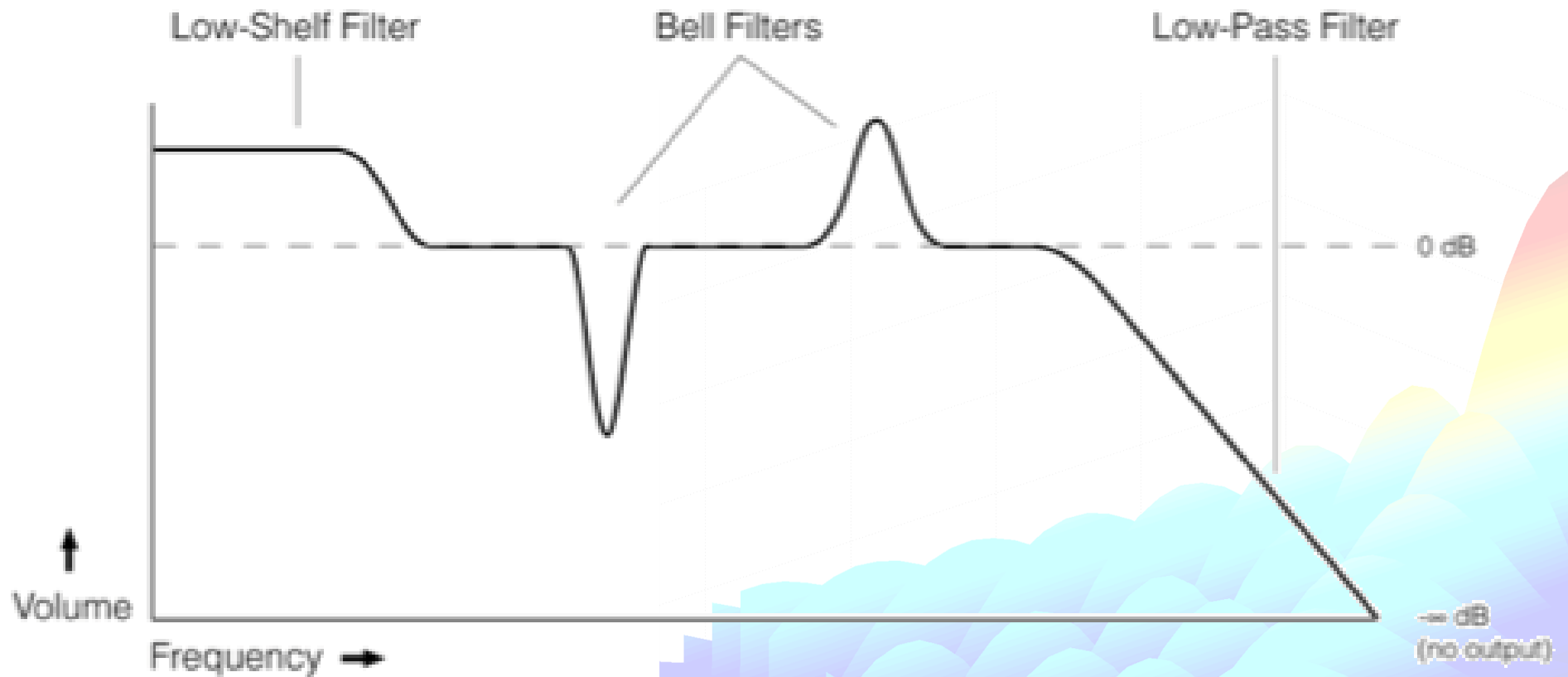
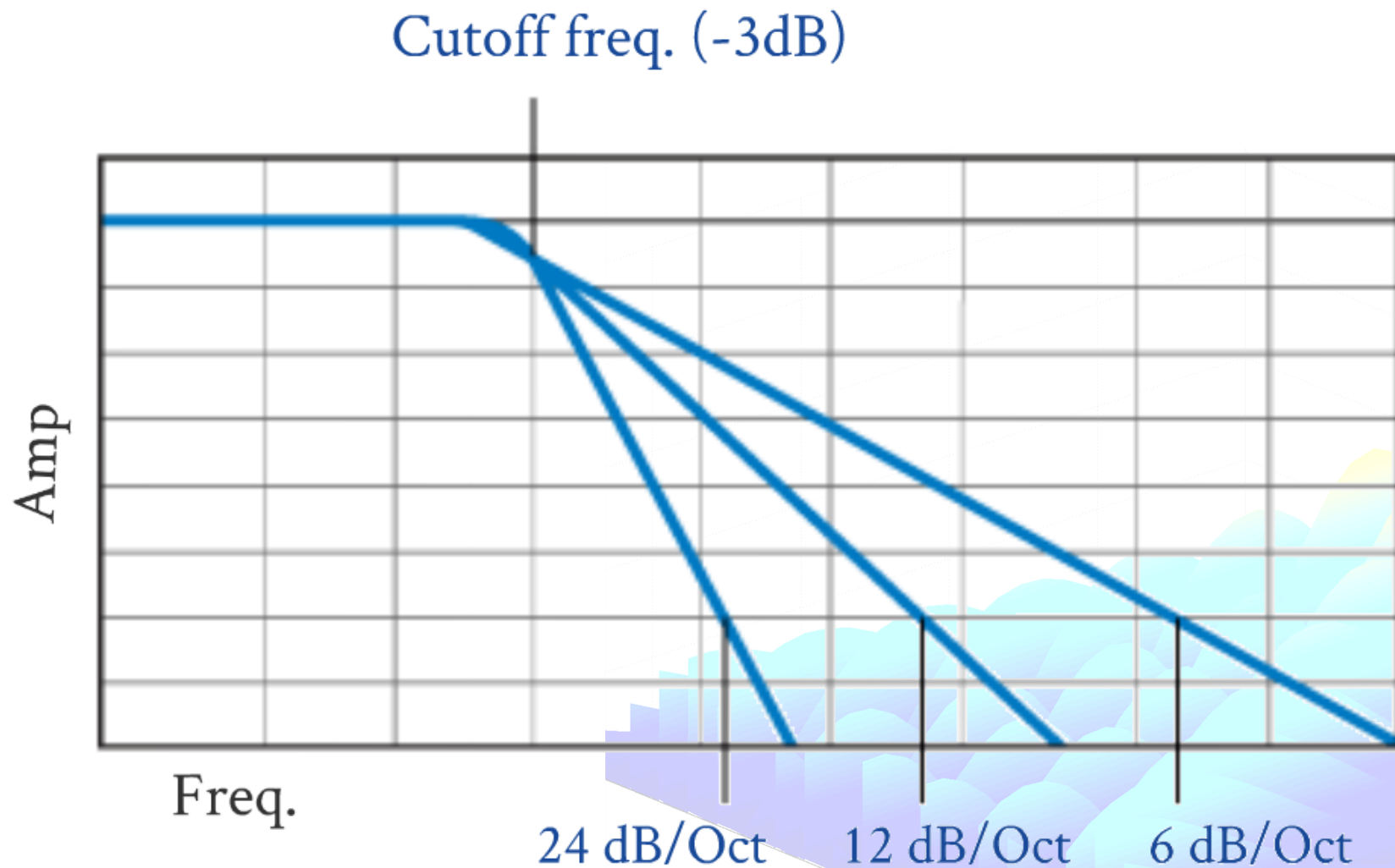
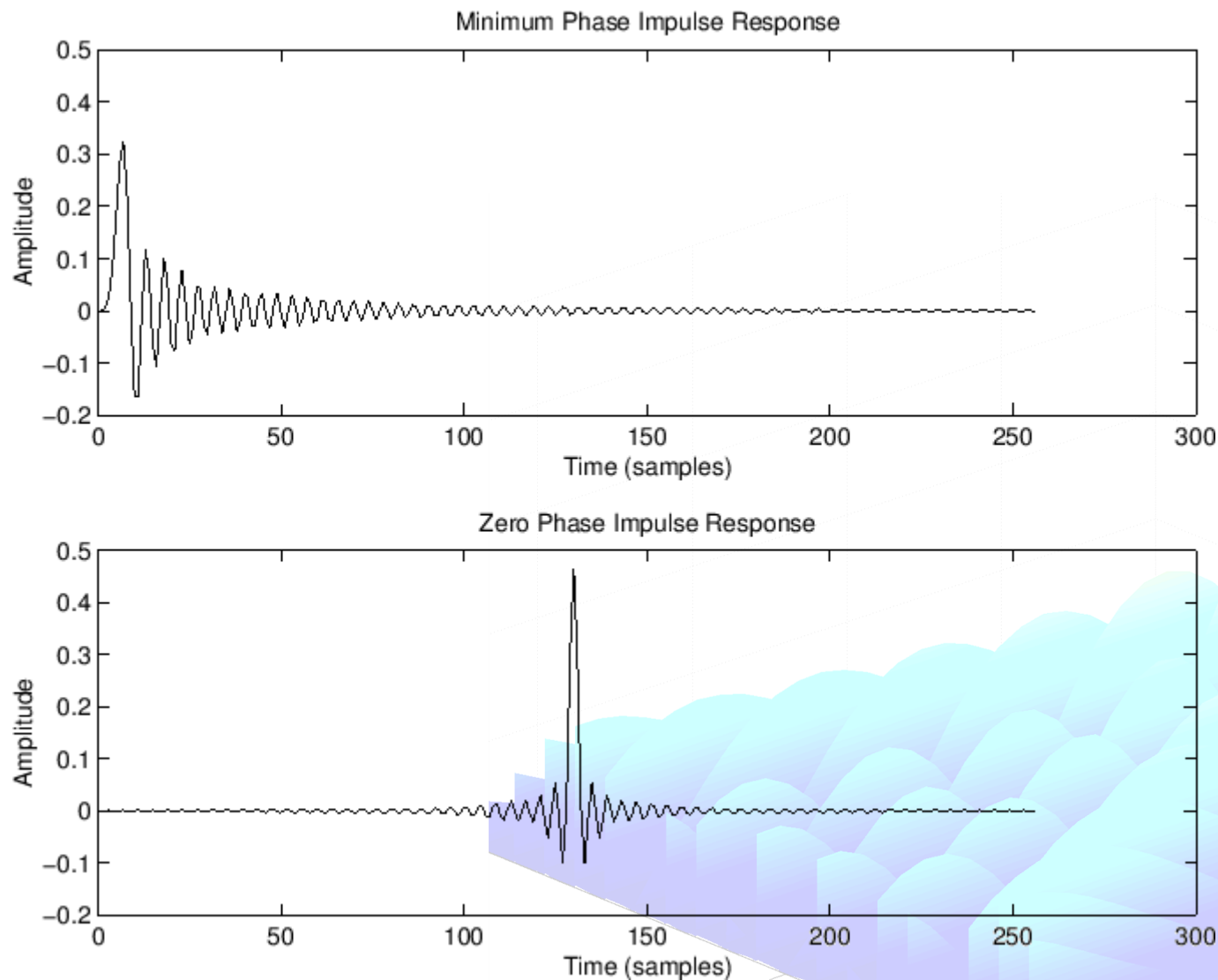


Figure 39: Bell, Shelf, and Pass Filters

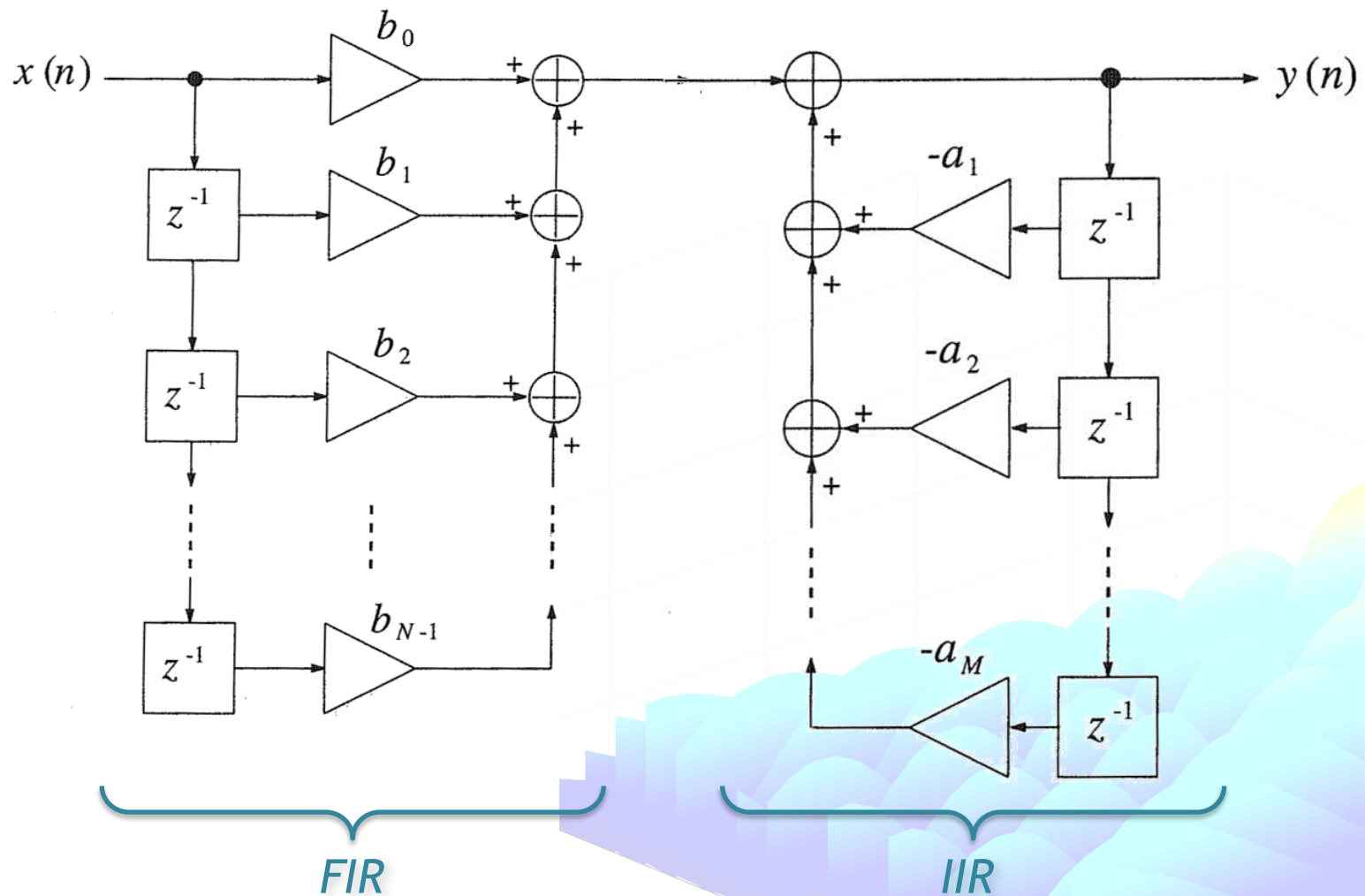
Equalizzatori / filtri: Ordine



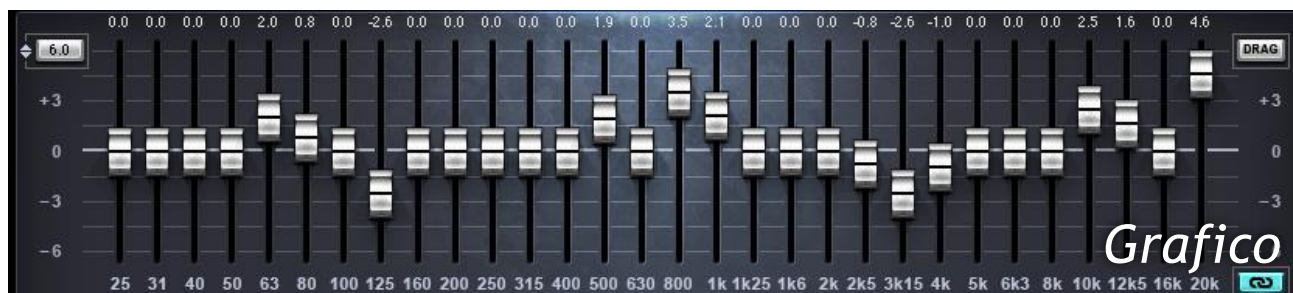
Equalizzatori / filtri: Fase



Equalizzatori / filtri: Risposta



Equalizzatori / filtri: Interfaccia



Equalizzatori / filtri: Linee guida

- Preferibilmente non equalizzare in modalità «solo»
- Prima di enfatizzare qualcosa, togliere ciò che non serve
- Non affollare troppo i vari registri
- Provare equalizzazioni complementari
- Equalizzare con le orecchie, non con gli occhi
- Esistono EQ molto diversi tra loro
- Dopo l'equalizzazione recuperare il cambio di volume

Ear training

Scaricare il materiale dal sito

<https://homes.di.unimi.it/presti> (sezione «didattica»)

Che problemi di equalizzazione generale sentite sui file
nella cartella «*problemi di eq*»?

Non barate! non ascoltate gli originali, **la soluzione
nella prossima slide...**

Ear training

La cartella «*problemi di eq*» è stata realizzata modificando gli originali nel modo seguente:

«Una fune sospesa» High Shelving cut

«Blue little moon» Mid bell cut

«Vibrissa» Low cut

Equalizzatori / filtri: Esercitazione

<http://www.cambridge-mt.com/ms-mtk-newbies.htm>

Angels In Amplifiers: I'm Alright (Edited Excerpt)

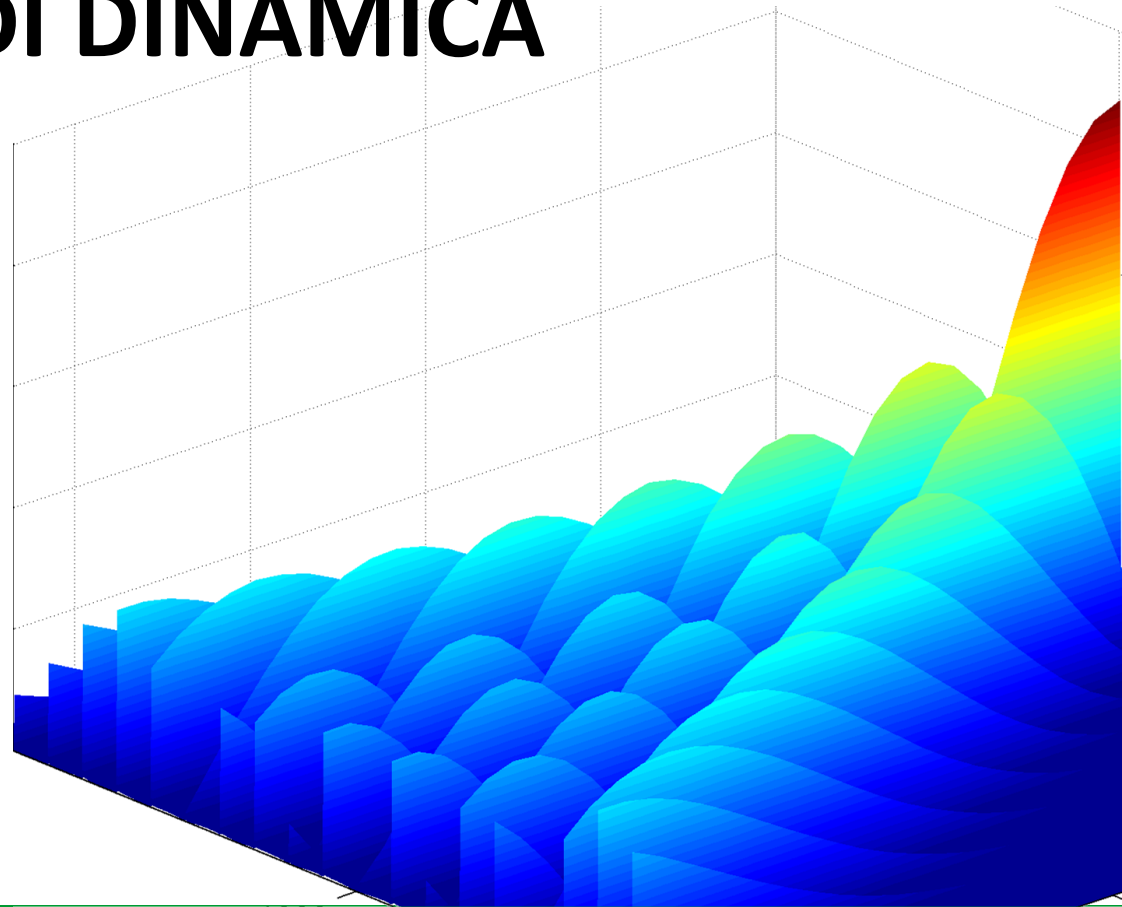
Prima di importare I files imposta Reaper a 96 BPM!

Provare a identificare e regolare le seguenti *componenti*:

- **Kick:** Corpo, punta, bande che confondono il resto del mix
- **Snare:** Nota, cordiera
- **Tom:** Risonanza
- **Basso:** Nota, dita o plettro, armonici
- **Voce:** *Calore, Nasali, Aria*

Strumenti della produzione musicale:

PROCESSORI DI DINAMICA



Processori di dinamica

Alterano il **livello** di un segnale in funzione del livello del segnale stesso o di un secondo segnale (*external key*).

Quasi tutti condividono i seguenti parametri di controllo:

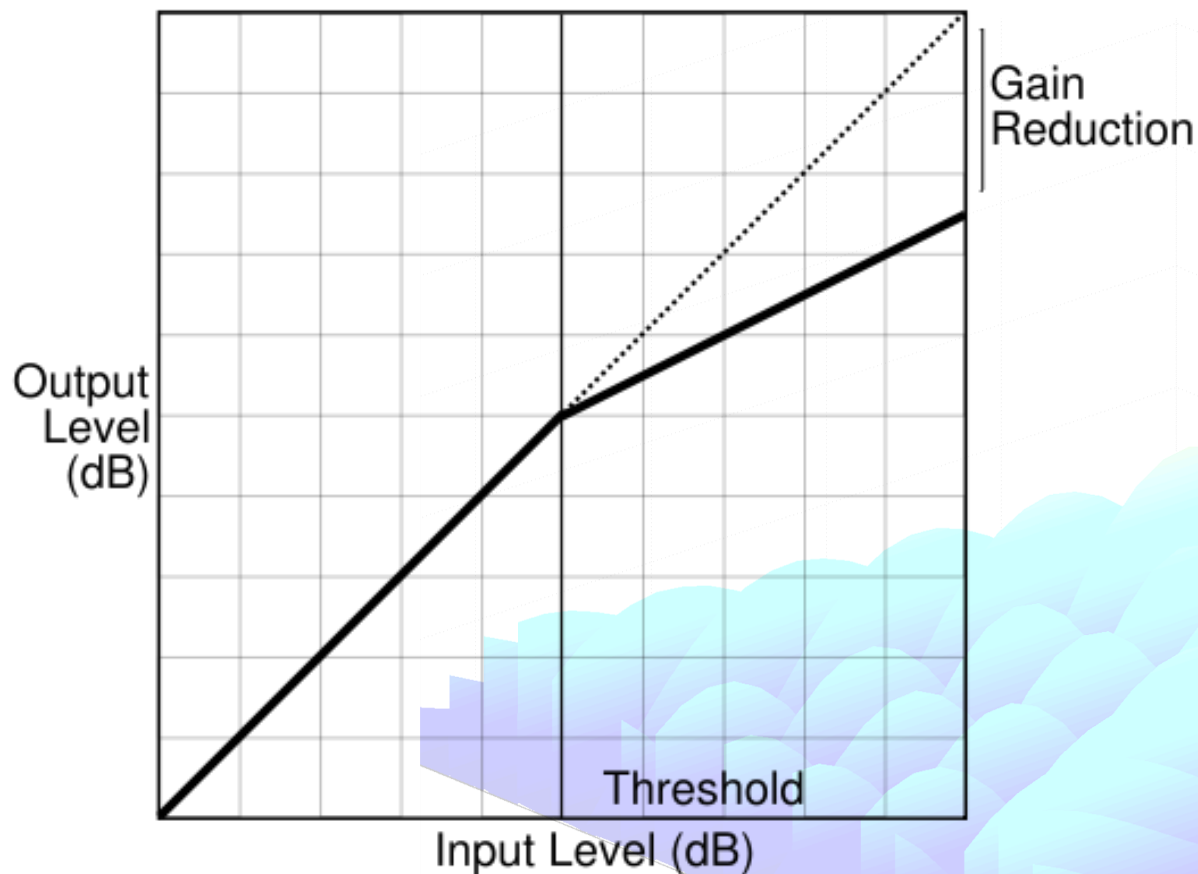
- Threshold (soglia)
- Ratio (rapporto)
- Knee (ginocchio)
- Costanti temporali
- Makeup
- Side-chain key
- Altri...



www.rane.com/note155.html

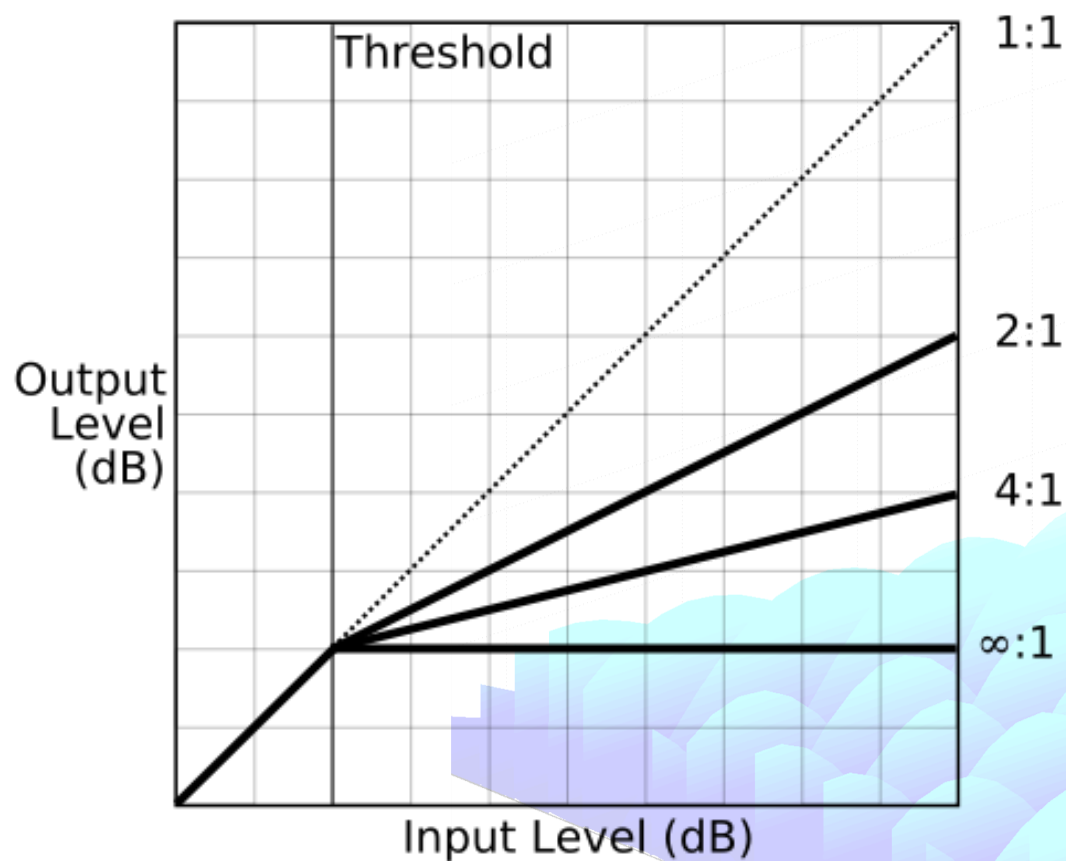
Processori di dinamica: Threshold

Soglia oltre alla quale entra in funzione il processore



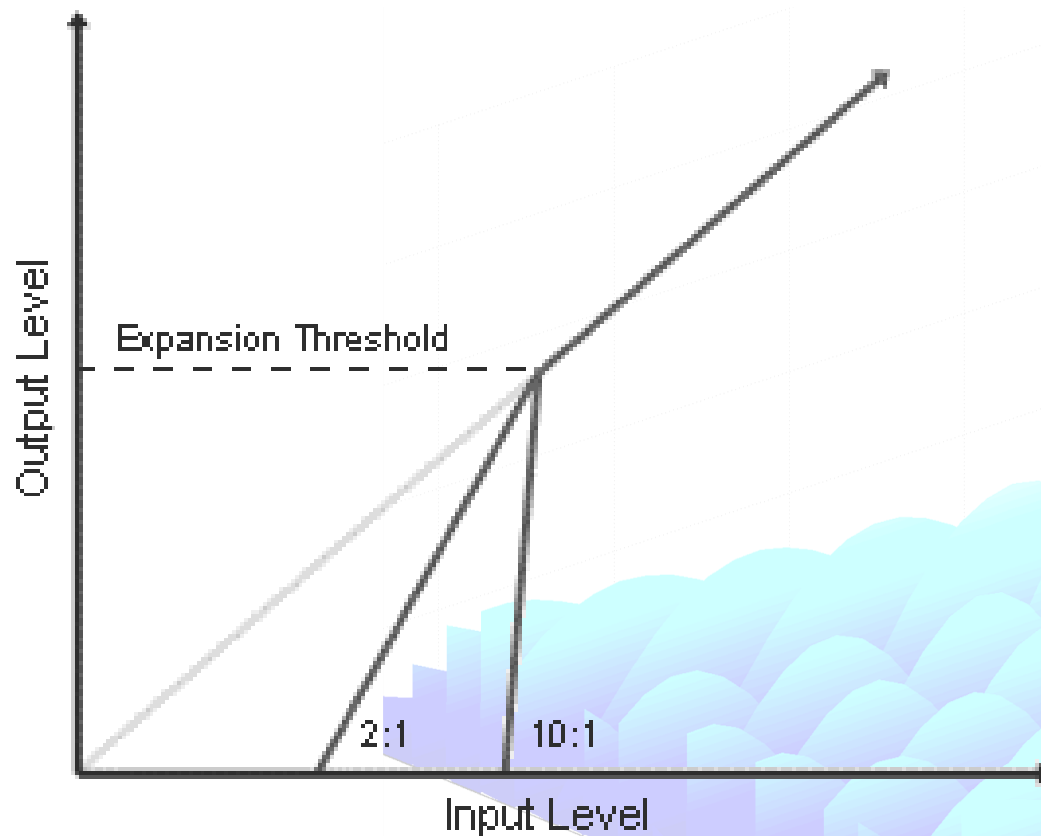
Processori di dinamica: Ratio

Entità dell'*abbassamento di volume*



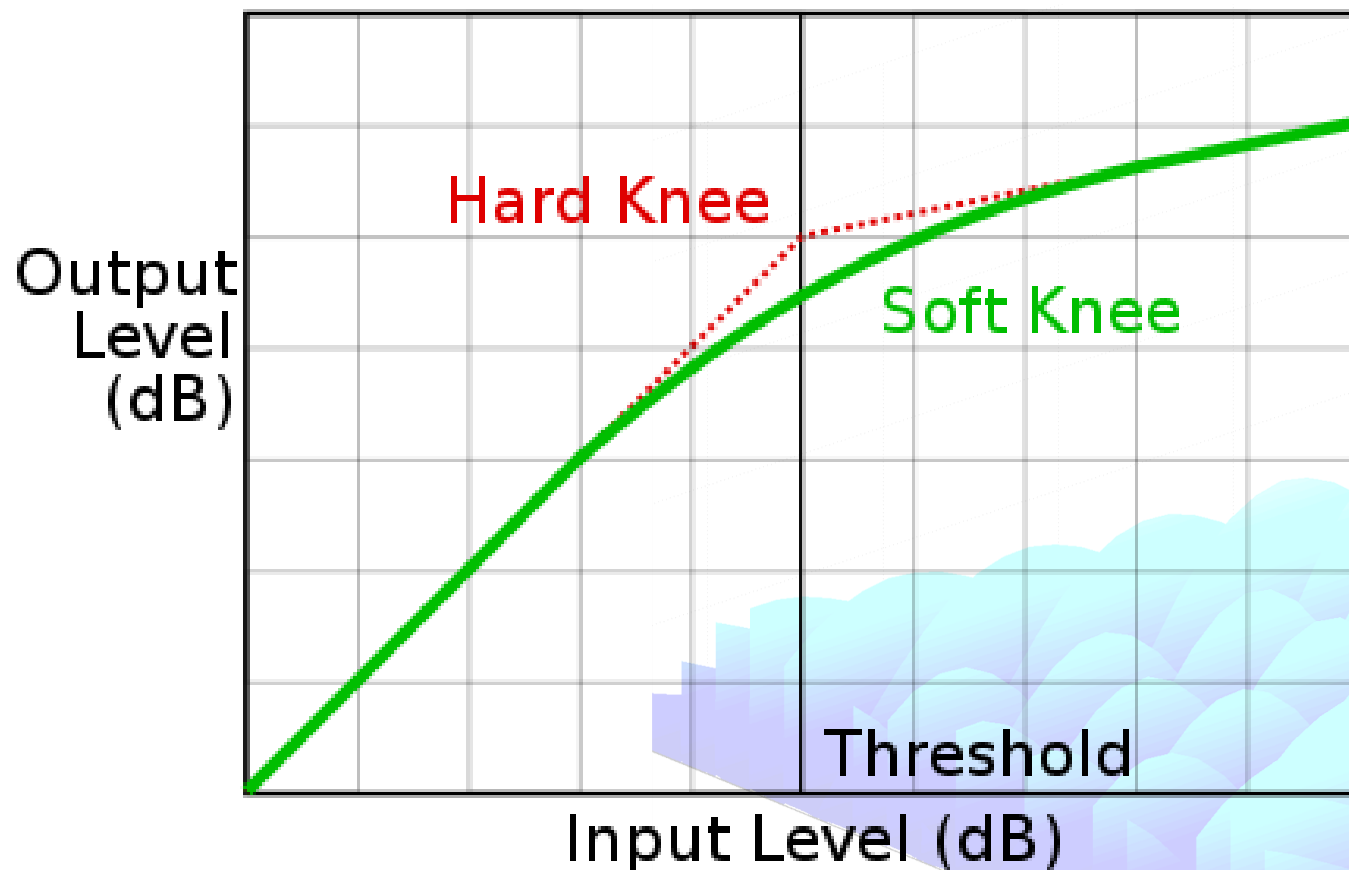
Processori di dinamica: Ratio

Entità dell'*abbassamento di volume*



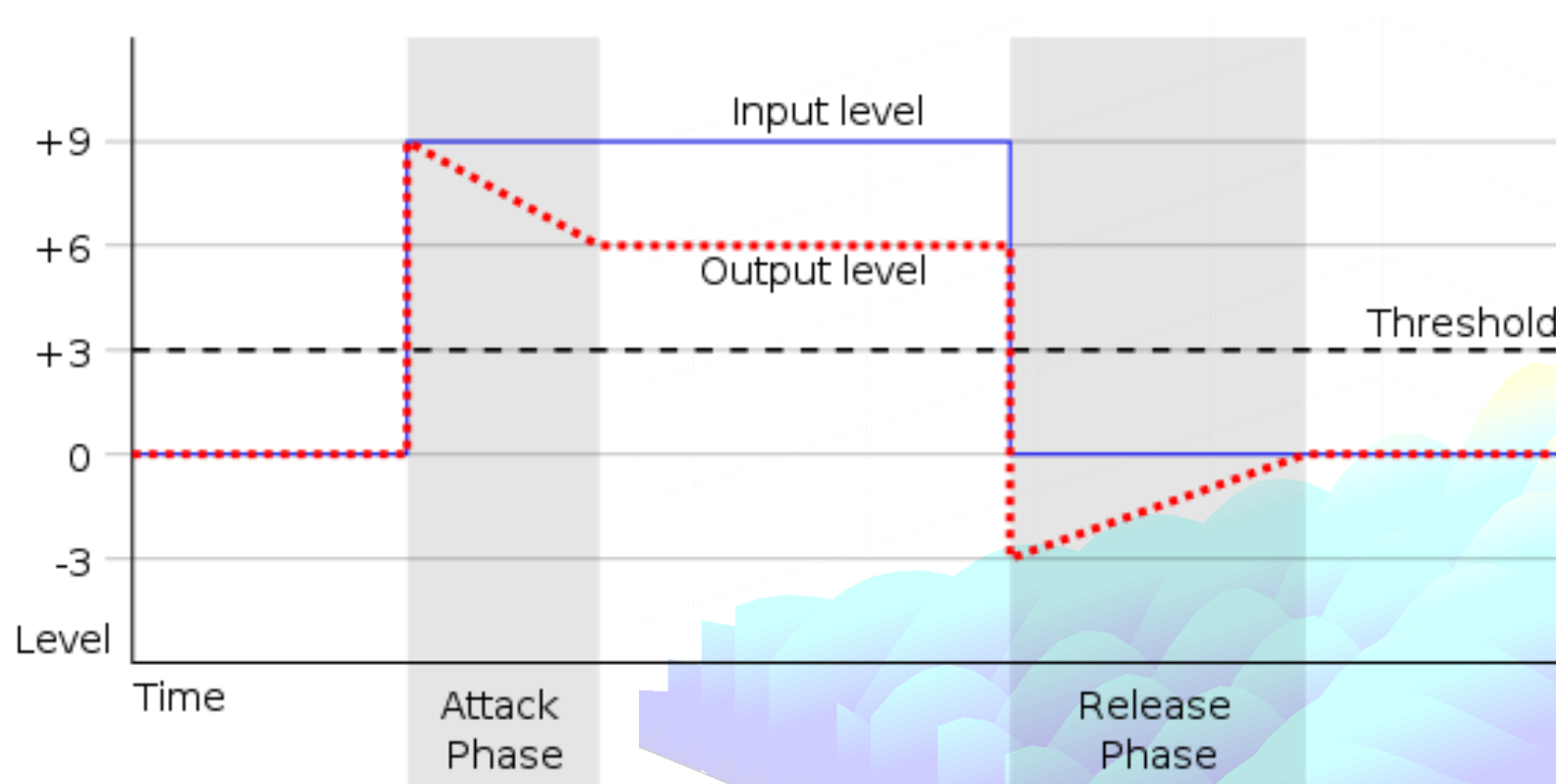
Processori di dinamica: Knee

Inizio dell'intervento graduale, nei *dintorni della soglia*



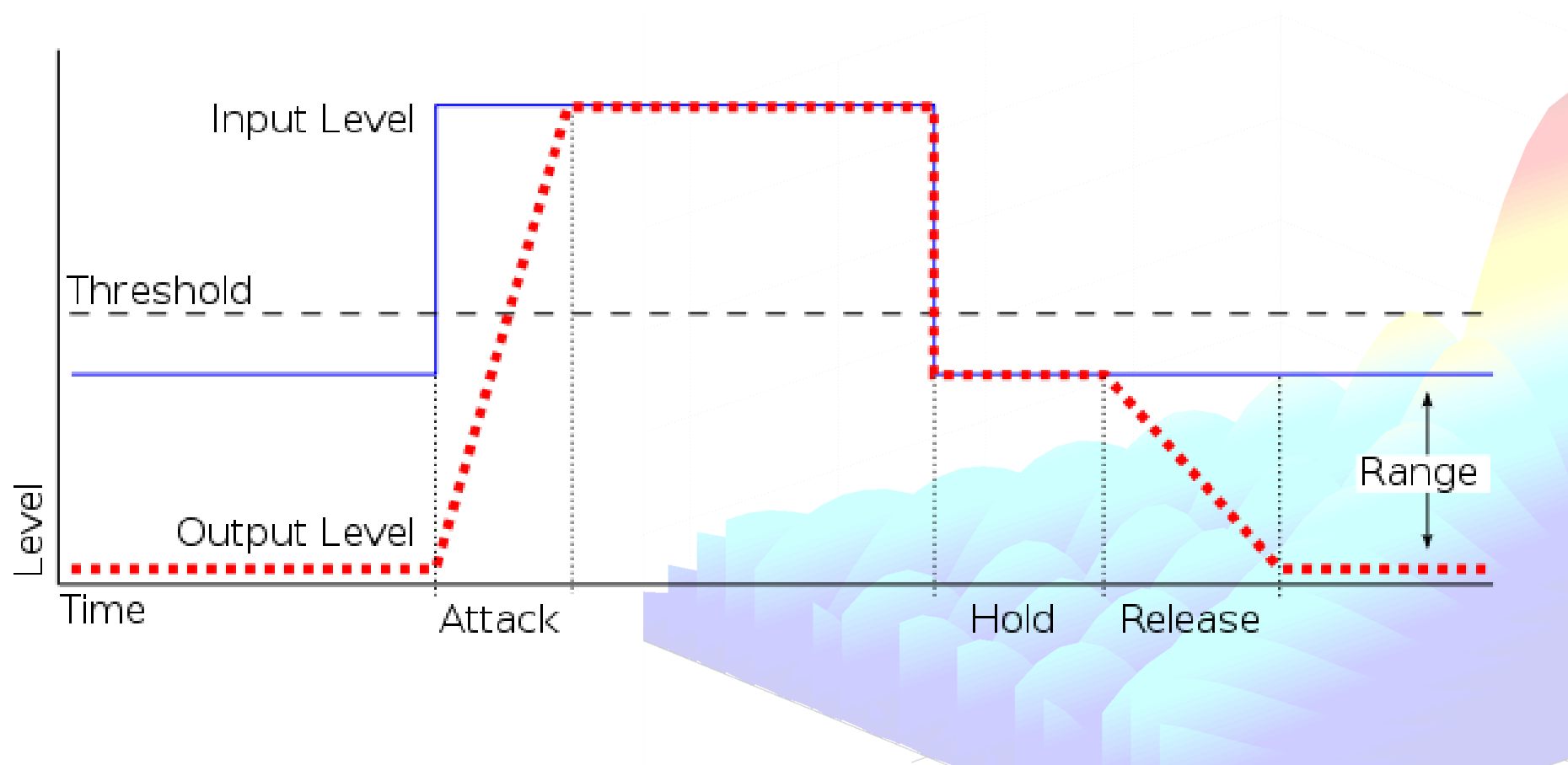
Processori di dinamica: Atk / Rel

Ritardo nella risposta del processore (attacco e rilascio)



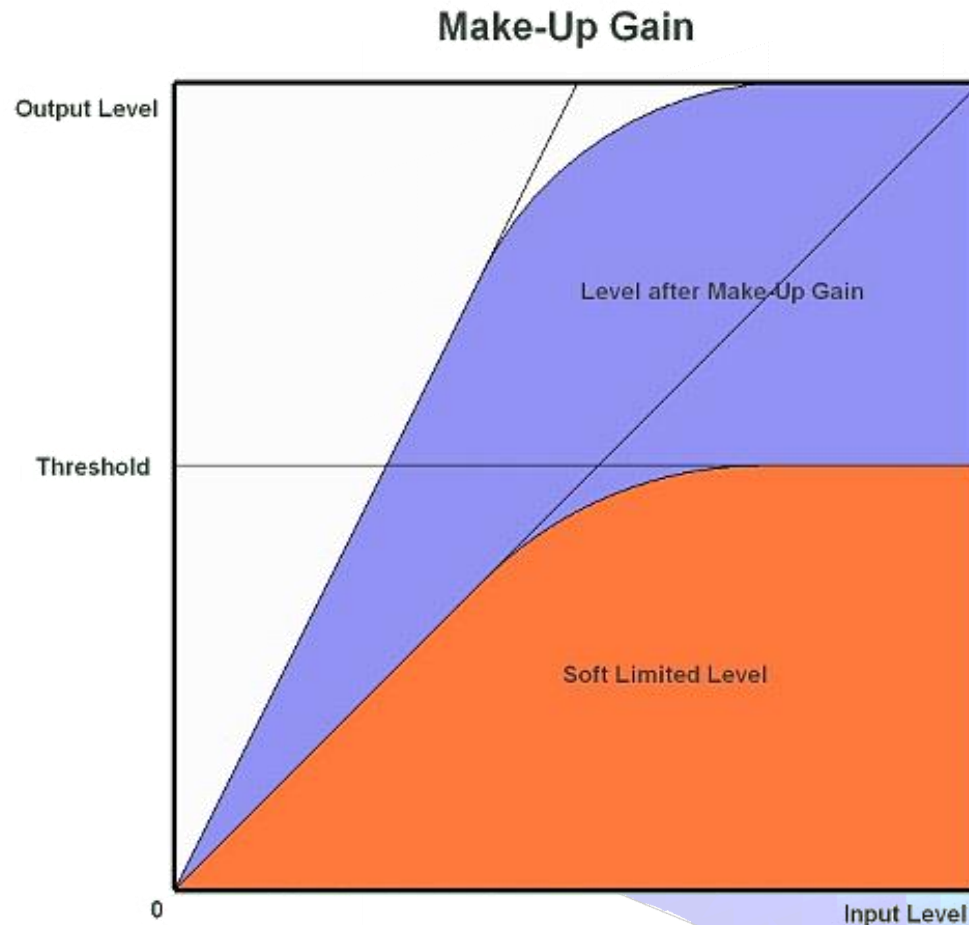
Processori di dinamica: Atk / Rel

Ritardo nella risposta del processore (attacco e rilascio)



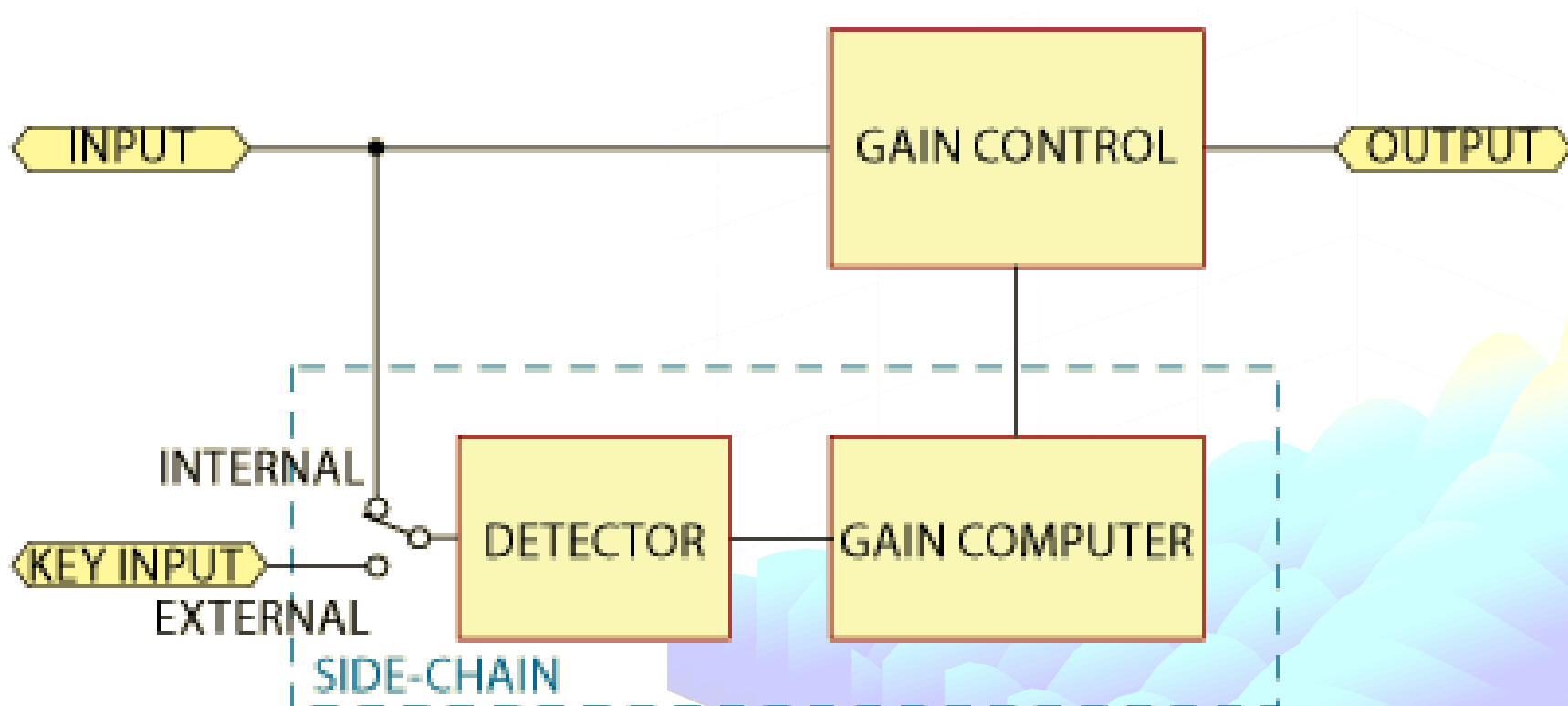
Processori di dinamica: Makeup

Guadagno in uscita al processore



Processori di dinamica: Side-chain key

Segnale a cui risponde il processore



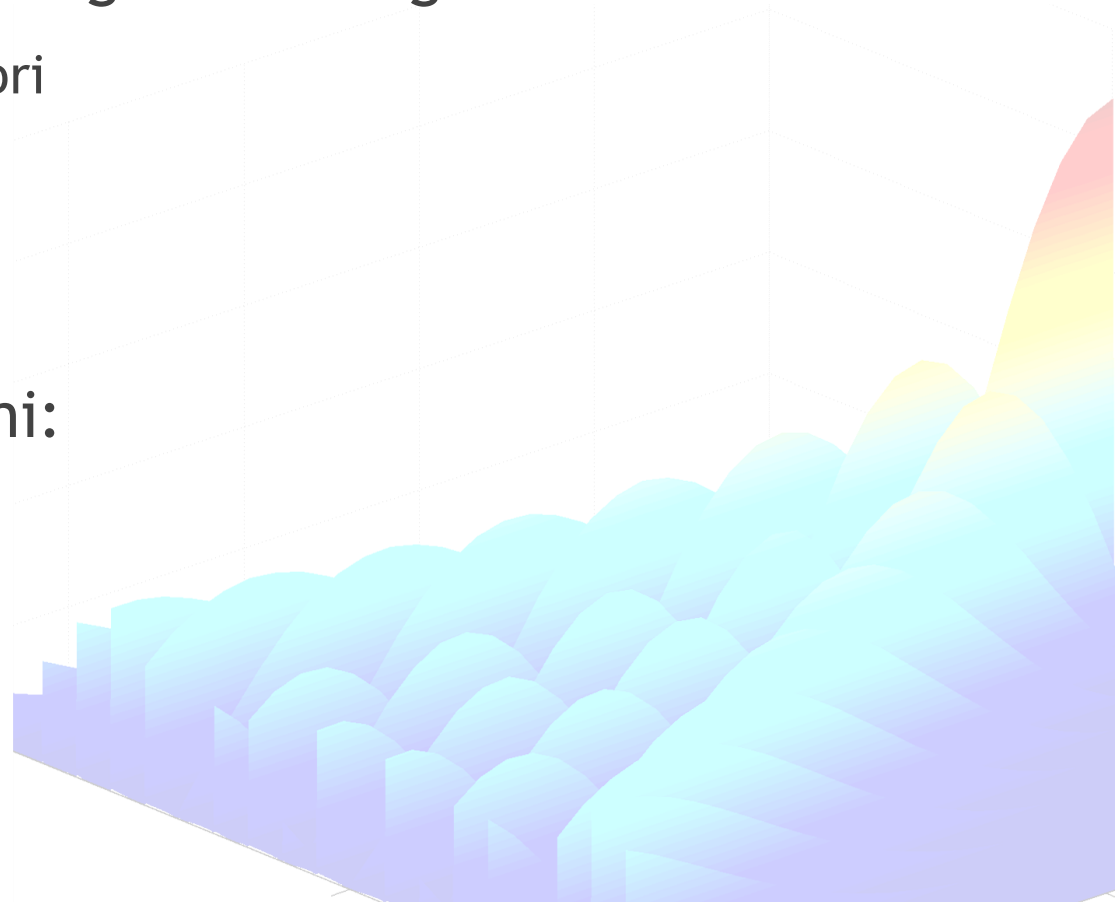
Processori di dinamica: Categorie

Possono essere divisi in tre grosse categorie:

- Compressori / Limitatori
- Espansori / Gate
- Gestori dei transienti

Esistono implementazioni:

- Banda larga
- Multibanda

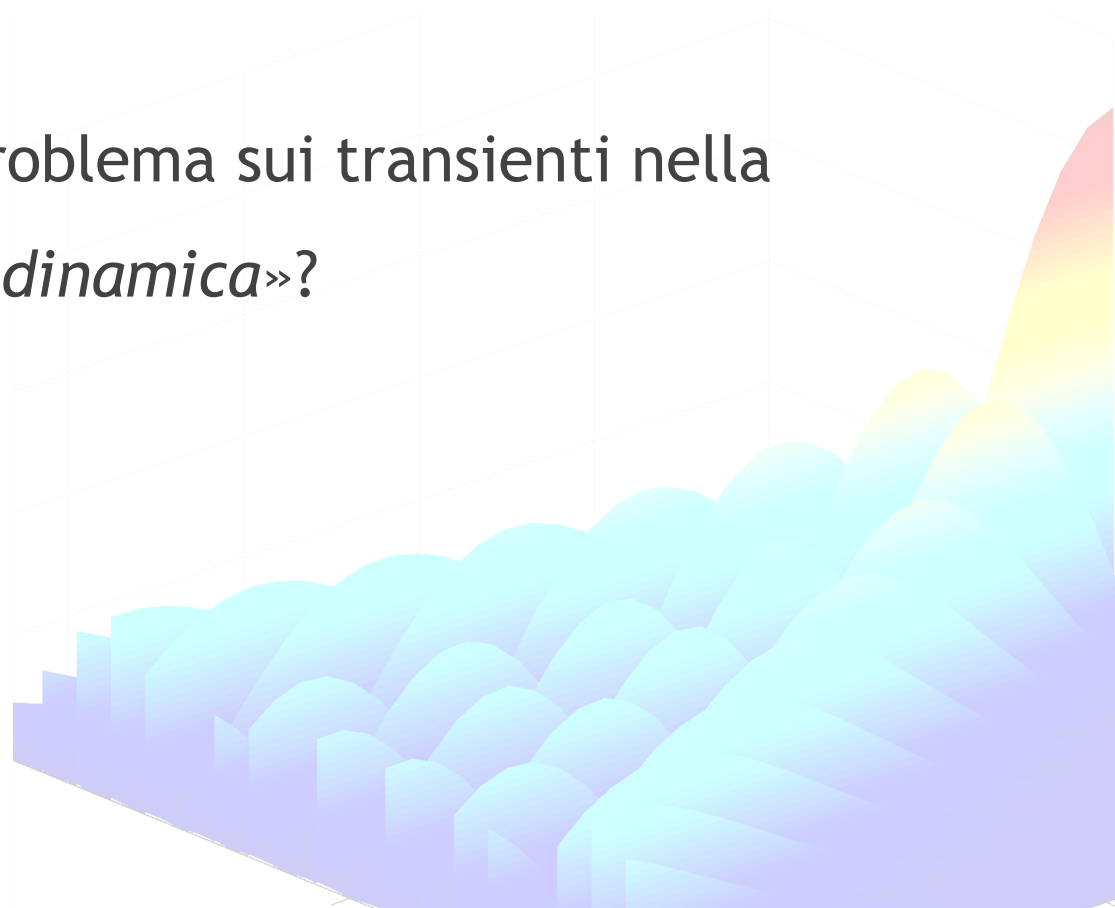


Processori di dinamica: Linee guida

- Valutare l'ordine di applicazione degli EQ
- Non esistono processori universali
- Sperimentare con la chiave di compressione
- I processori di dinamica possono diventare distorsori
- Con **Atk** e **Rel**, i compressori possono **creare** transienti
- Per esplorare **Atk** e **Rel** provare a usare rapporti molto alti
- Dopo il processing recuperare il cambio di volume

Ear training

Riuscite a sentire il problema sui transienti nella cartella «*problemi di dinamica*»?



Processori di dinamica: Esercitazione

Kick, Snare:

- Garantire il passaggio del transiente
- Comprimere il corpo
- Garantire guadagno unitario prima del colpo successivo

Tom:

- Isolare i colpi con un gate

Basso:

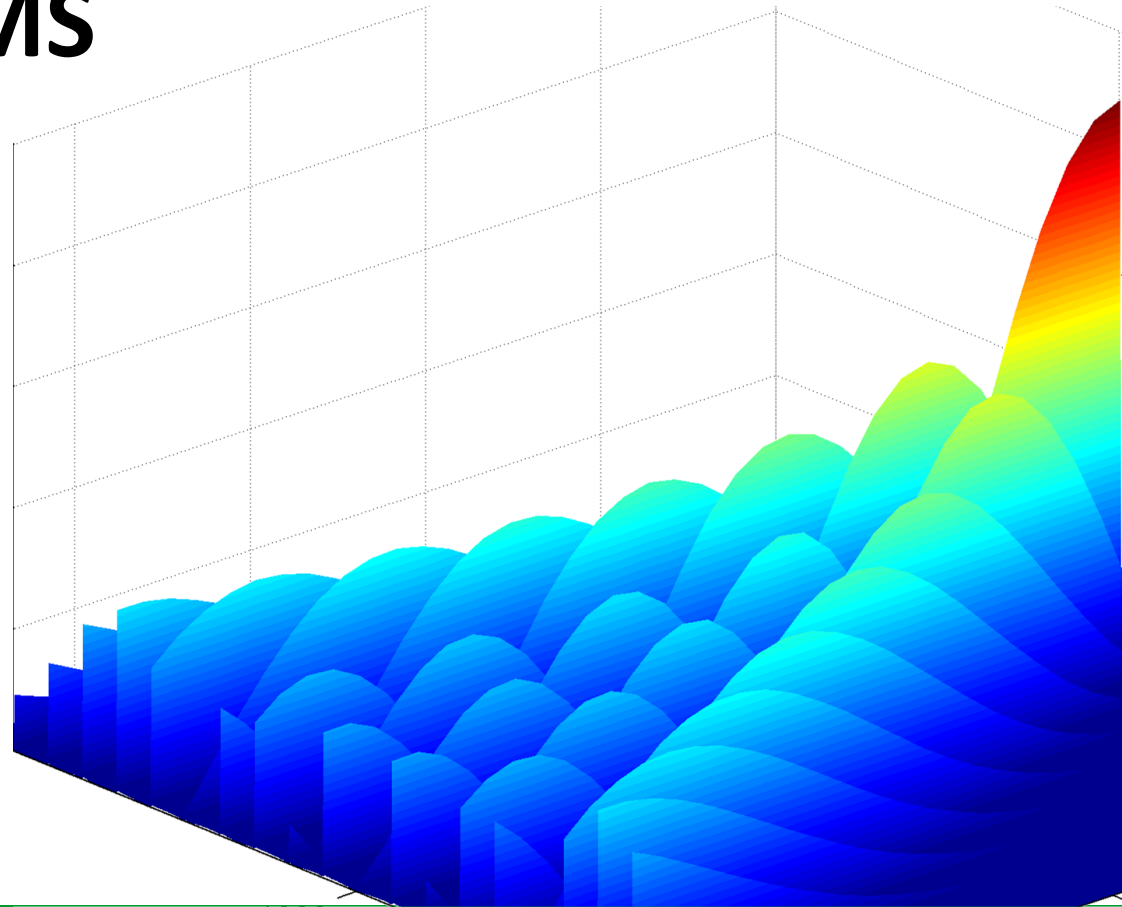
- Ottenere un attacco definito e un corpo che non decada nel tempo

Voce:

- Uniformare il volume della voce
- Abbassare il volume delle consonanti fricative sibilanti (z,s,t,sh)

Piccola parentesi:

LA CODIFICA MS



Gestione della stereofonia

Dalla codifica LR alla codifica MS:

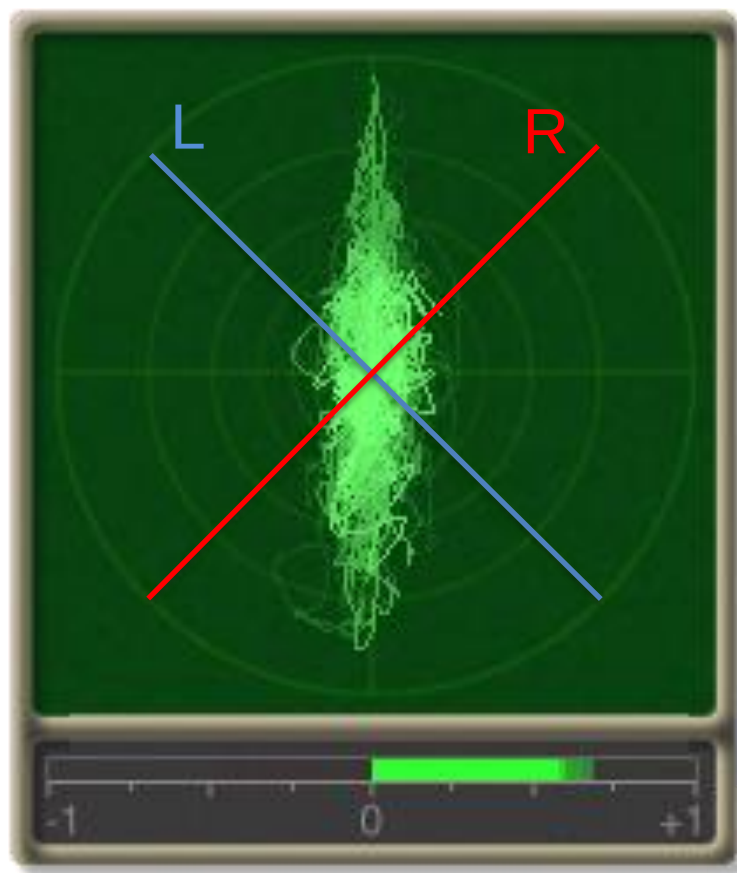
$$M = \frac{L + R}{\sqrt{2}} \quad S = \frac{L - R}{\sqrt{2}}$$

$$L = \frac{M + S}{\sqrt{2}} \quad R = \frac{M - S}{\sqrt{2}}$$

Invece di lavorare sui canali *destro* (R) e *sinistro* (L), si lavora separatamente sulle *componenti comuni* (M) o sulle *differenze* (S)

Gestione della stereofonia

Analizzatore di fase / Goniometro



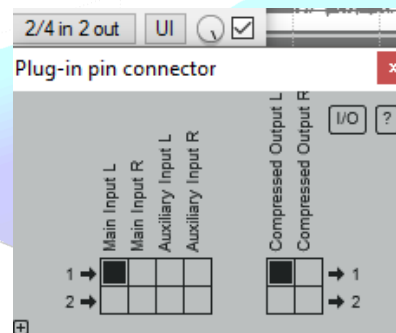
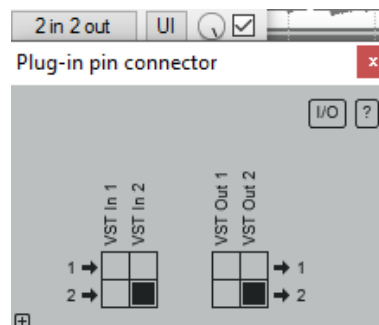
Gestione della stereofonia

<http://www.cambridge-mt.com/ms-mtk-newbies.htm>

Jesper Buhl Trio: **What Is This Thing Called Love**
Edited Excerpt

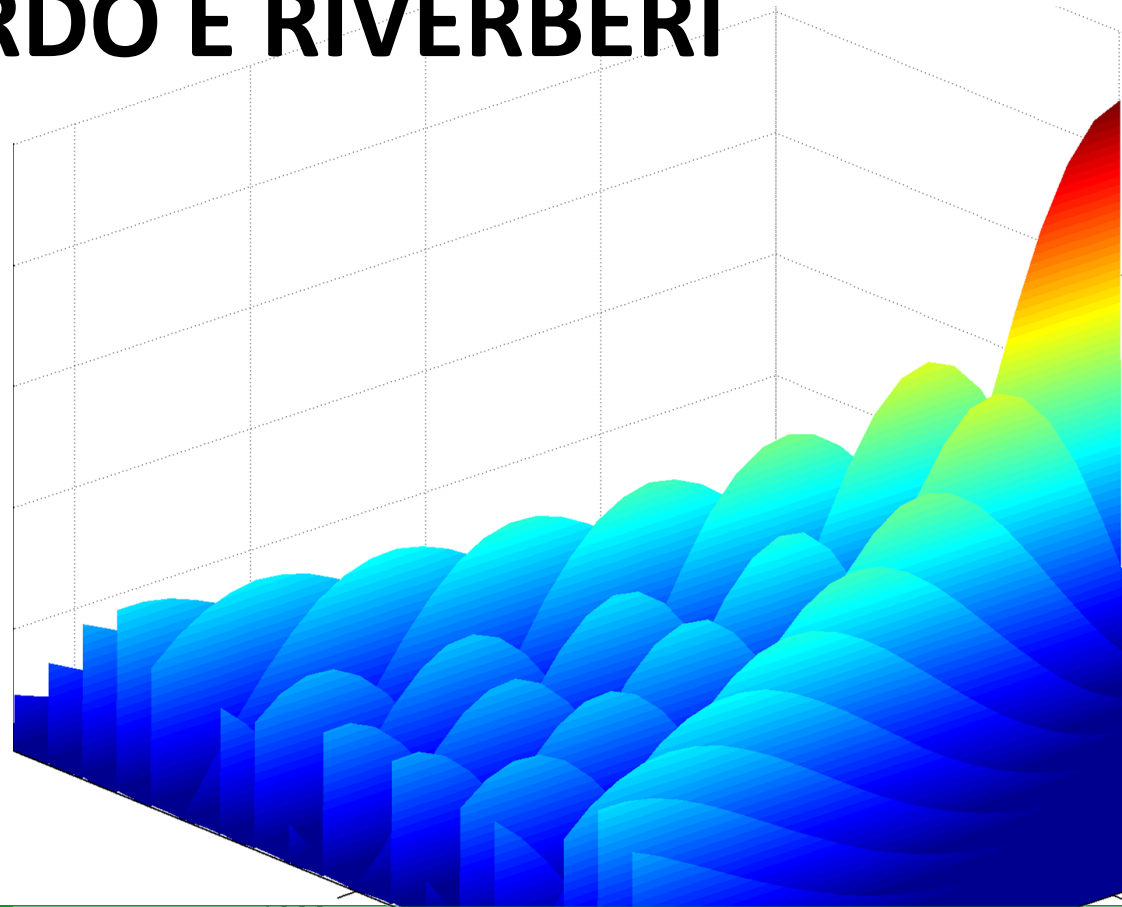
Inserite un **JS: Goniometer** sul Master e provare i seguenti effetti sulle tracce stereo (*Overhead* oppure *Piano*):

- **JS: Stereo width** (Gain a -6 dB per avere guadagno unitario)
- **JS: Mid-Side Encoder + Mid-Side Decoder**
Con un ReaEq o ReaComp fra i due, che lavori solo su un canale



Strumenti della produzione musicale:

LINEE DI RITARDO E RIVERBERI

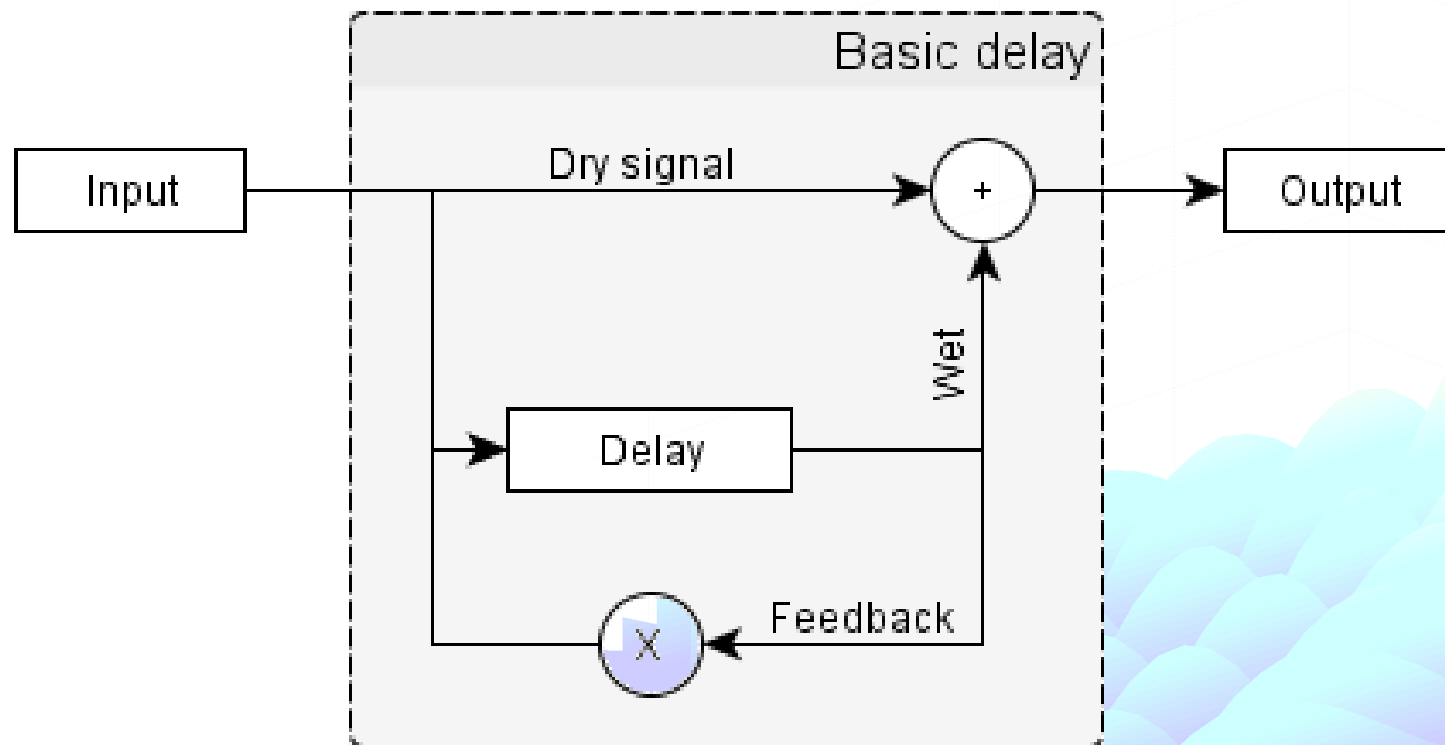


Linee di ritardo e riverberi

- Come nel caso dei filtri, si tratta di sistemi LTI, ma con una memoria molto più lunga di quella di un filtro...
- In un mix possono essere semplici strumenti tecnici, oppure elementi essenziali che determinano l'ambiente in cui è posto uno strumento
- In genere si usano in *send*, non in *insert*

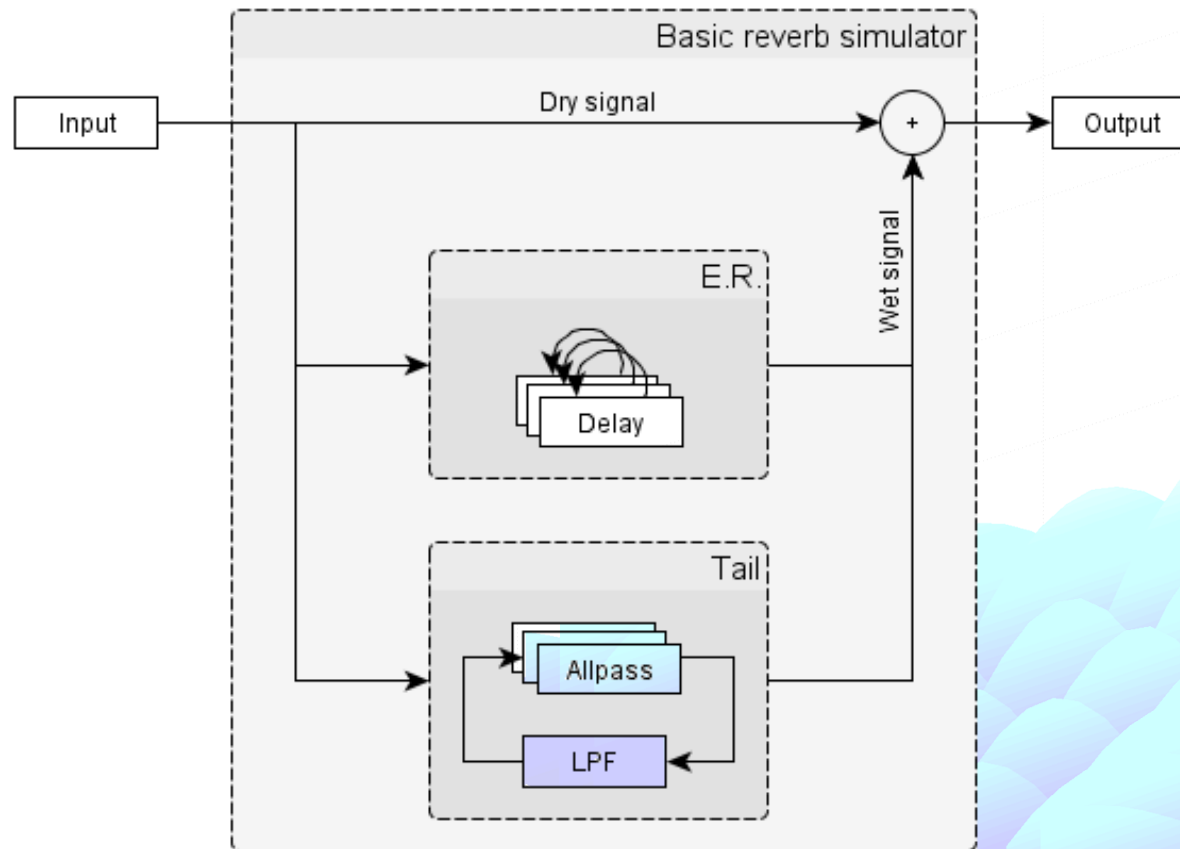
Linee di ritardo e riverberi

Delay



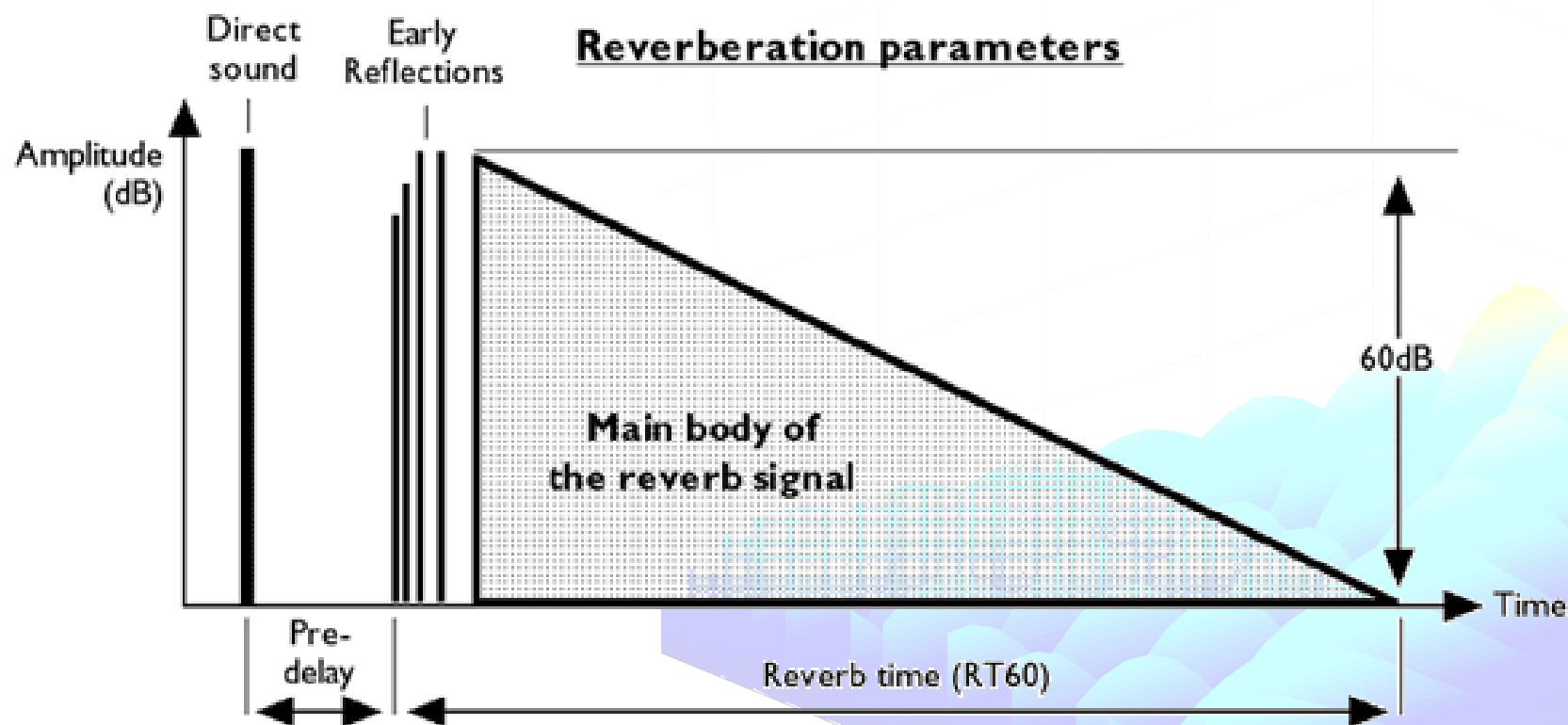
Linee di ritardo e riverberi

Riverbero



Linee di ritardo e riverberi

Riverbero



Linee di ritardo e riverberi

<http://www.cambridge-mt.com/ms-mtk-newbies.htm>

Angels In Amplifiers: I'm Alright

Prima di importare I files imposta Reaper a 96 BPM!

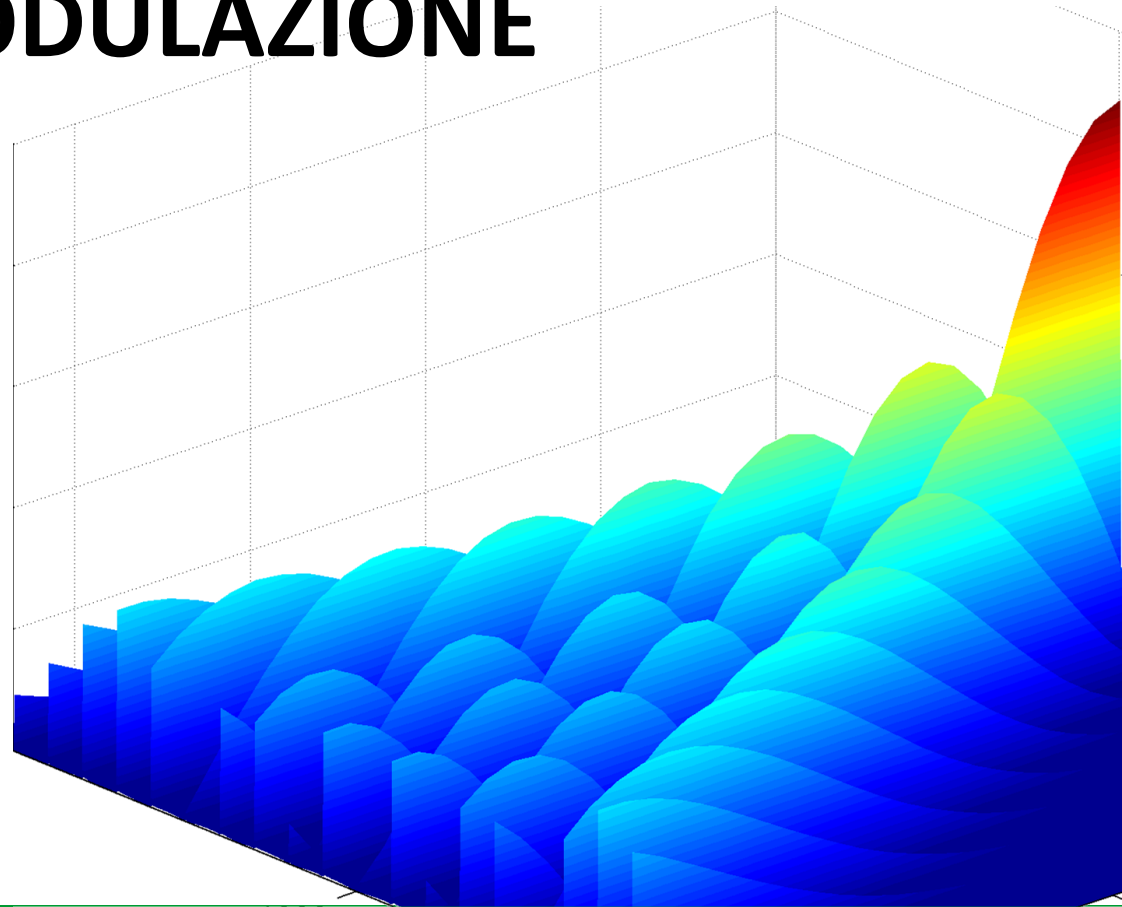
Creare 2 nuove tracce ausiliarie chiamate **Delay** e **Riverbro**, in cui caricare in insert:

- **VST: ReaDelay** (imposta *dry* a *-inf!*)
- **VST: ReaVerbate** (imposta *dry* a *-inf!*)

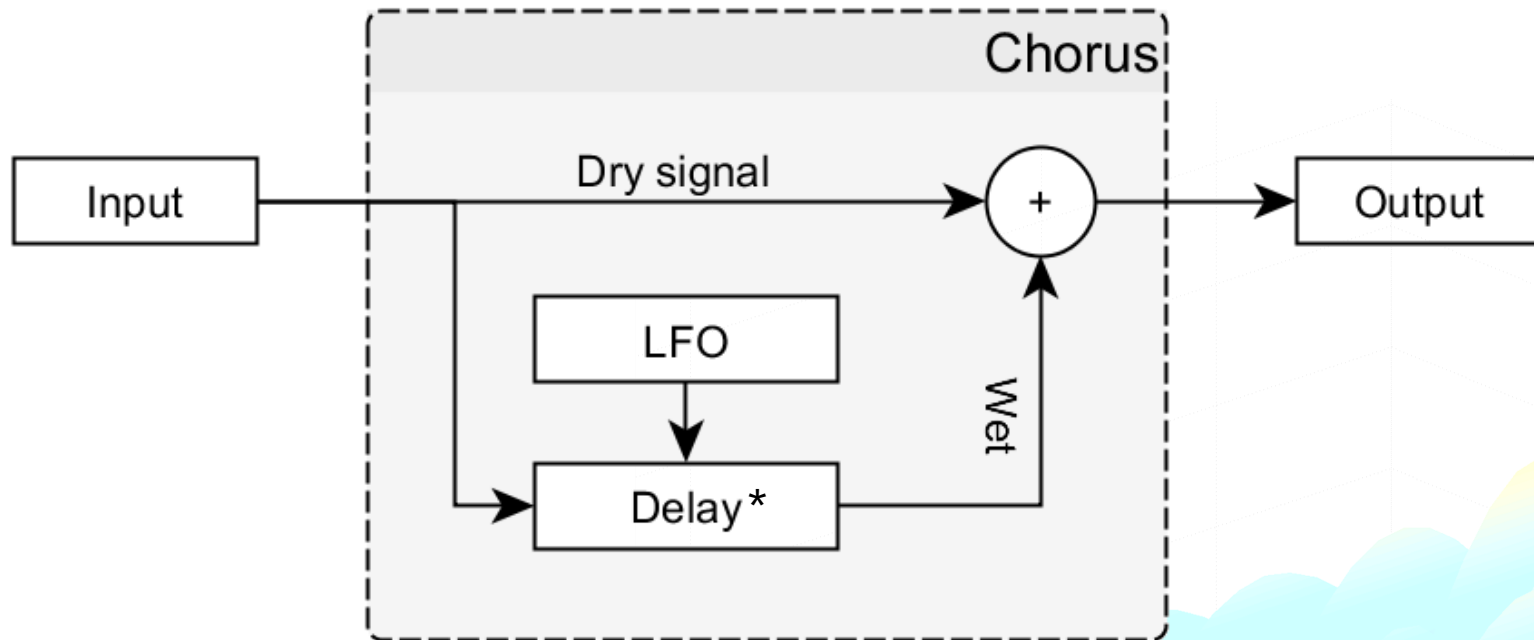
Attivare per le tracce desiderate una mandata a **Delay** o **Riverbero** (menu *route*)

Strumenti della produzione musicale:

EFFETTI DI MODULAZIONE

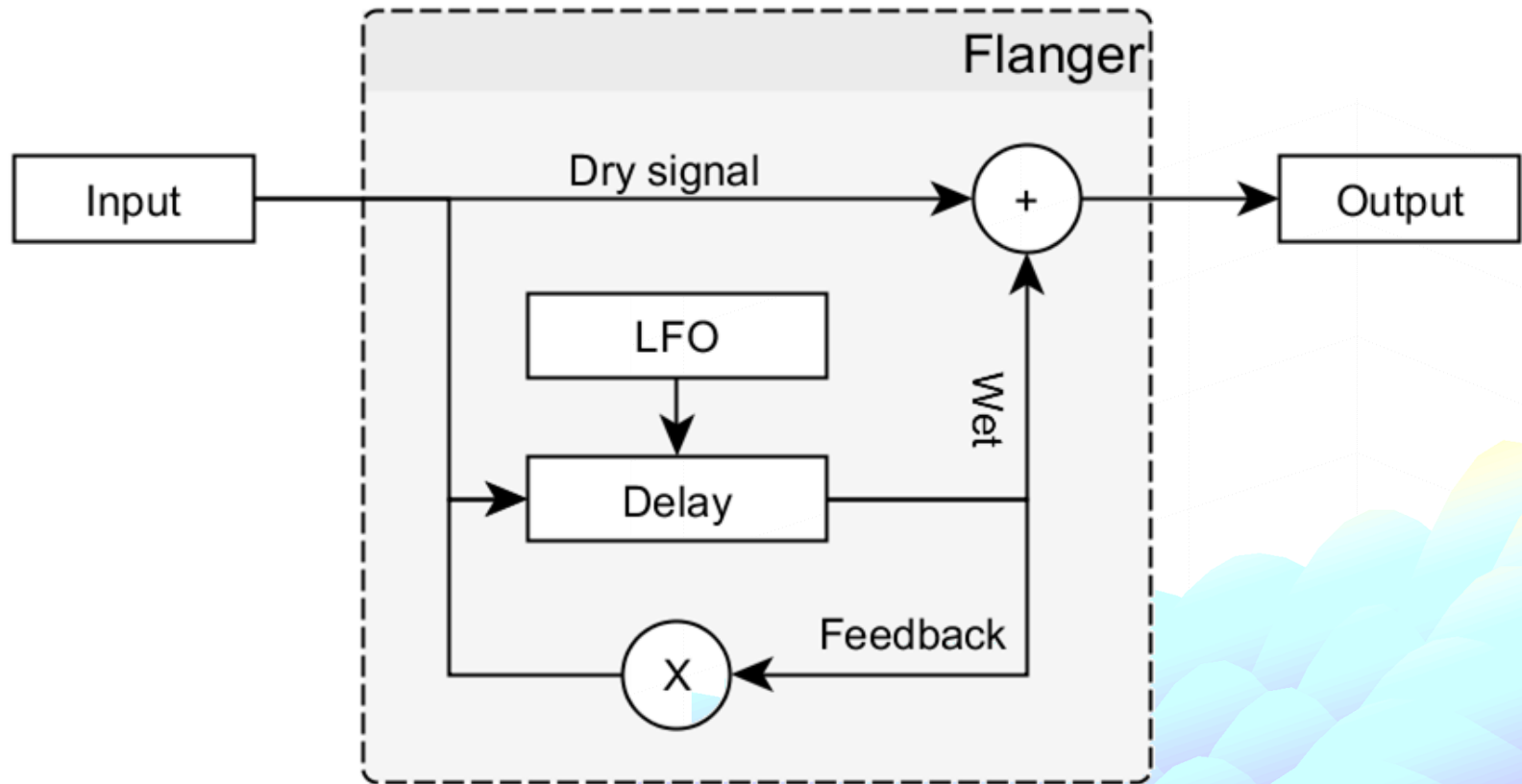


Effetti di modulazione

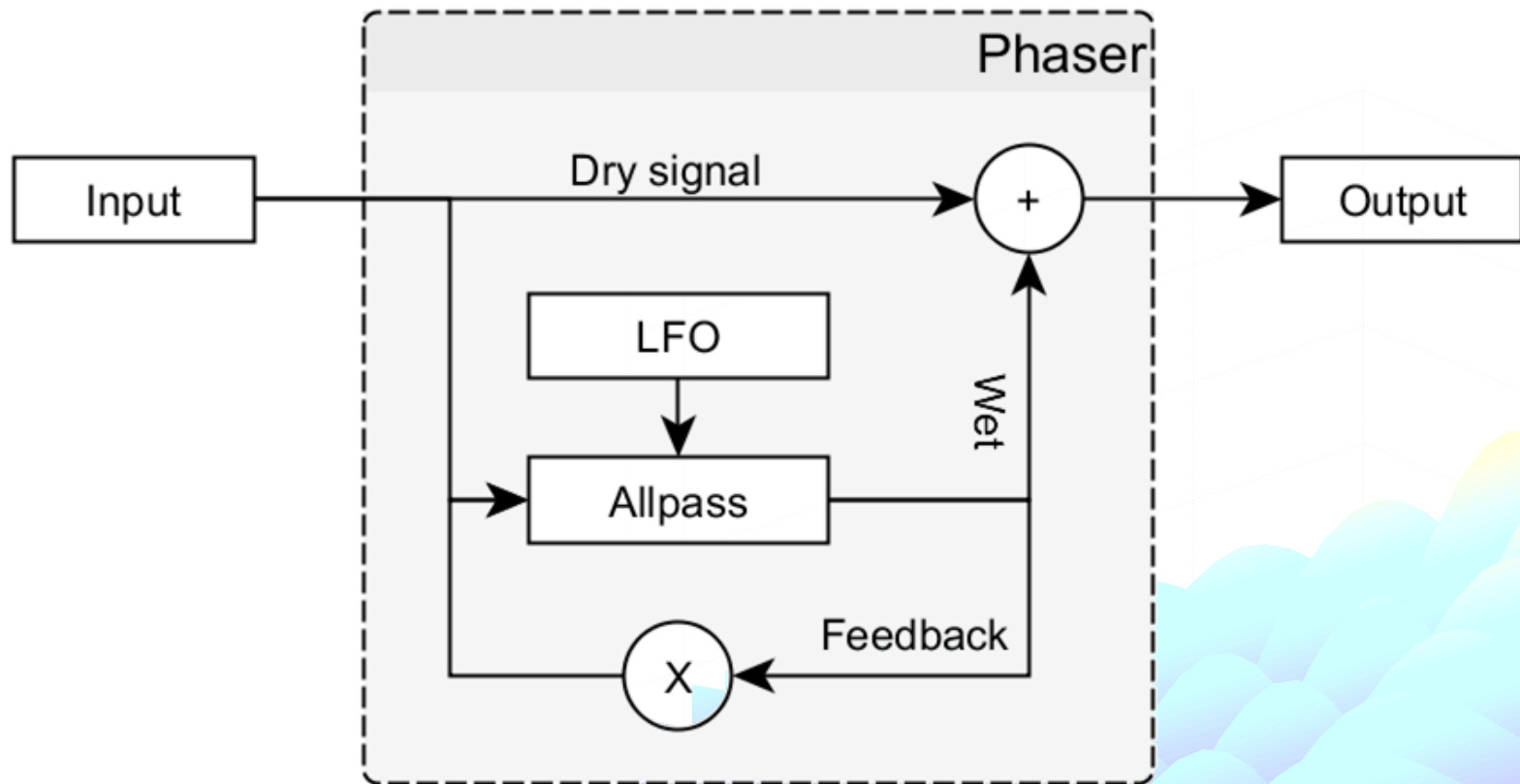


* i delay analogici cambiano il pitch del segnale presente nella coda quando si cambia il tempo del delay

Effetti di modulazione

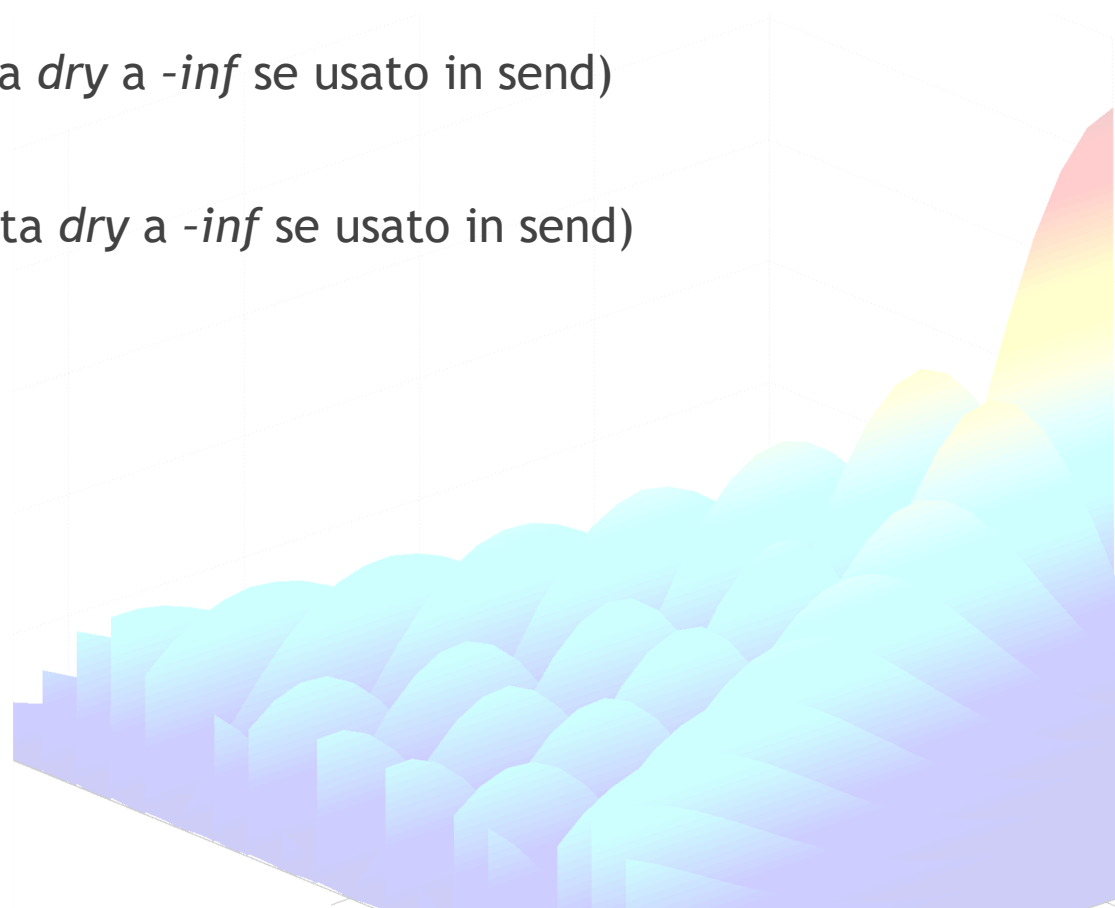


Effetti di modulazione



Effetti di modulazione

- **JS: Chorus** (imposta *dry* a *-inf* se usato in send)
- **JS: Flanger** (imposta *dry* a *-inf* se usato in send)



Music production: Esercitazione

<http://www.cambridge-mt.com/ms-mtk-newbies.htm>

Angels In Amplifiers: I'm Alright

Prima di importare I files imposta Reaper a 96 BPM!

Provare a riprodurre il mix presente tra i materiali reperibili su <https://homes.di.unimi.it/presti>

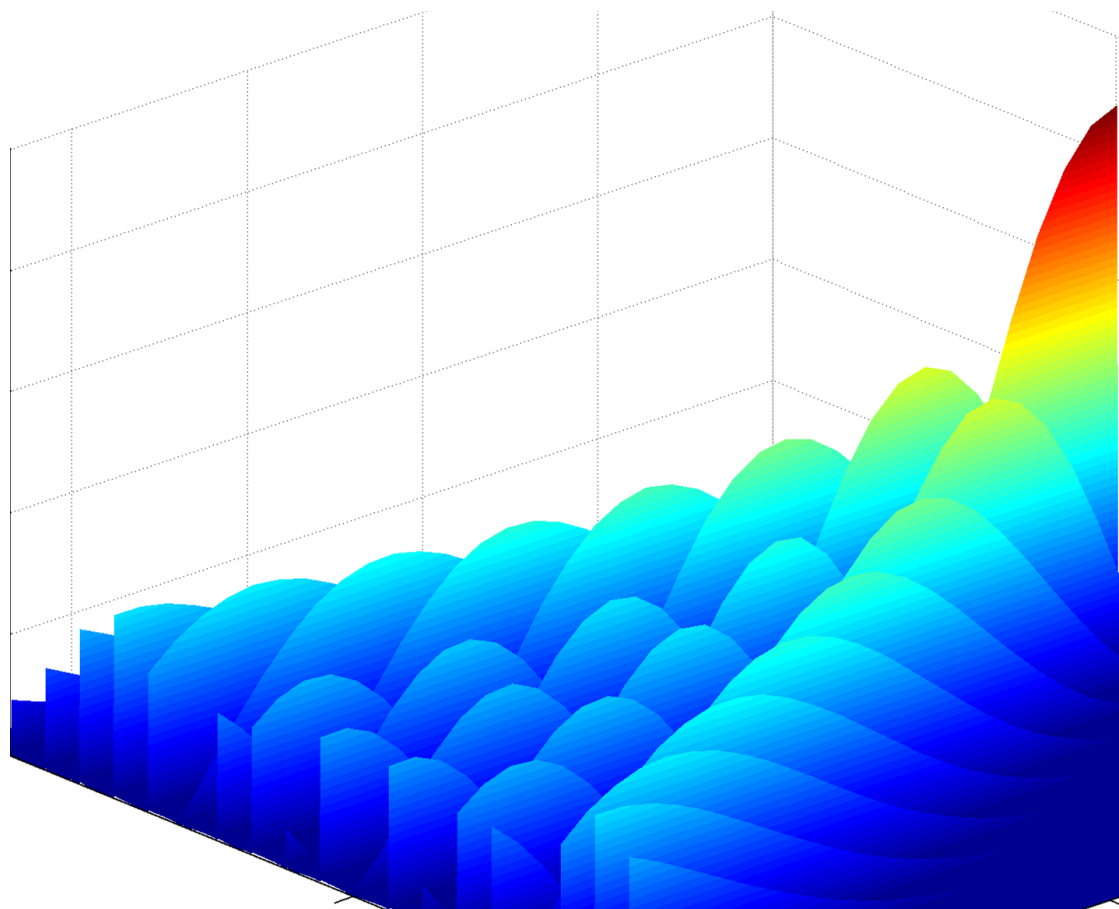
Il file di Reaper contenuto nello stesso archivio è la soluzione all'esercizio

Esempi di mix «ben fati»?

- E' una domanda che dipende molto dal gusto personale...
 - Peter Gabriel: UP
 - Nine Inch Nails: The Downward Spiral; The Fragile; Year Zero
 - Bebe: Y
 - Einstürzende Neubauten: Alles Wieder Offen
 - Blixa Bargeld & Teho Teardo: Still Smiling
 - Michael Jackson: Dangerous
 - Dulce Pontes: O primeiro Canto
 - Bjork: Medulla
- ...Radiohead, Beatles, Pink Floyd, Nirvana...
- la lista potrebbe continuare per pagine e pagine

Introduzione al

MASTERING



Mastering (introduzione)

Perché?

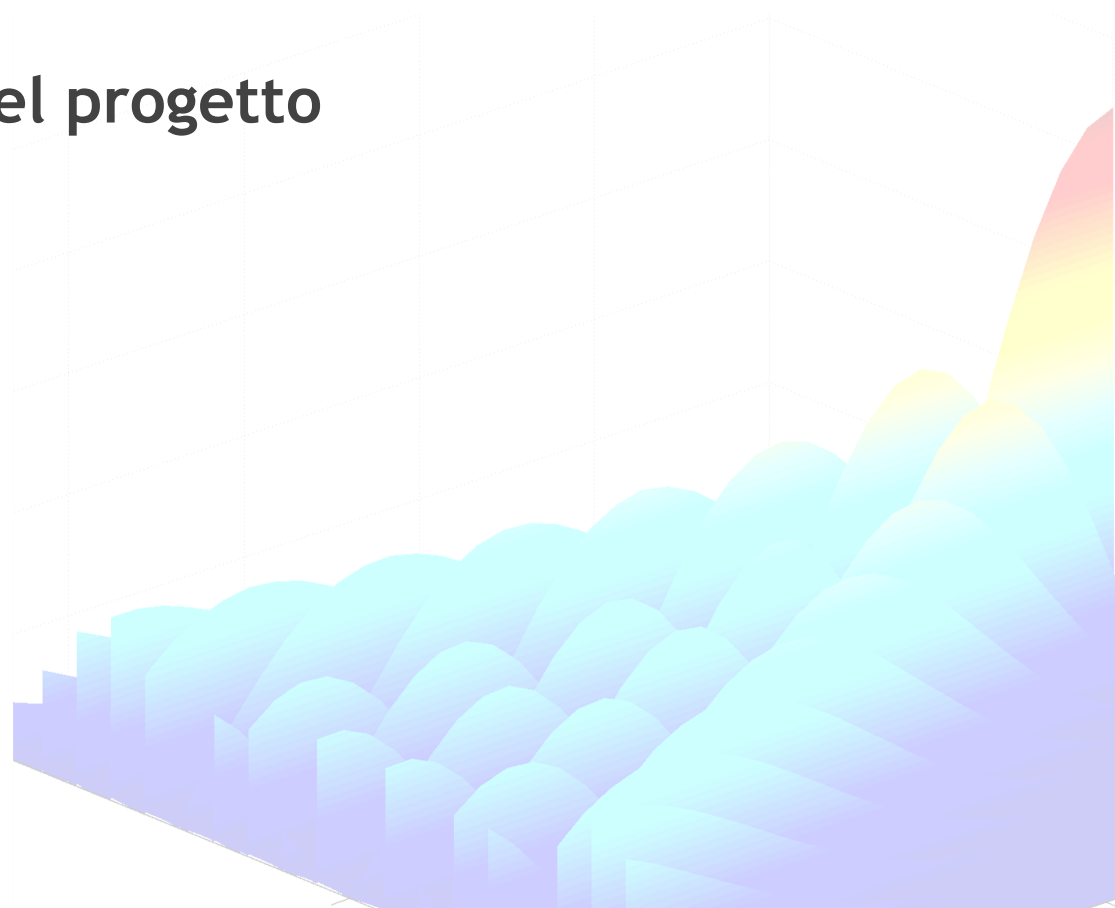
- Adattare il segnale al supporto
- Adattare il segnale al contesto culturale
- Compilazione dell'album

Su che aspetti si interviene?

- Codifica del segnale
- Immagine stereofonica
- Dinamica
- Colore

Mastering workflow

1. Acquisizione
2. Organizzazione del progetto
3. Lavorazione
4. Stampa
5. Ascolto
6. Consegna
7. Backup



Mastering workflow: Acquisizione

- Sorgenti pulite
- Conversioni accurate
- Trasmissioni sicure
- Stem opportuni



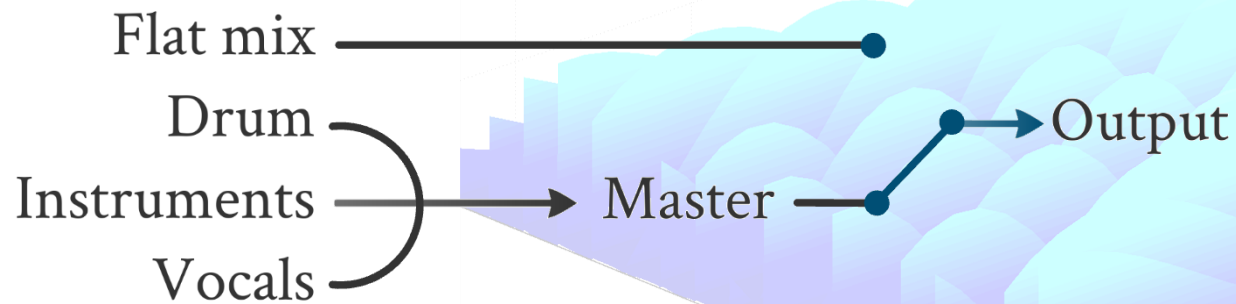
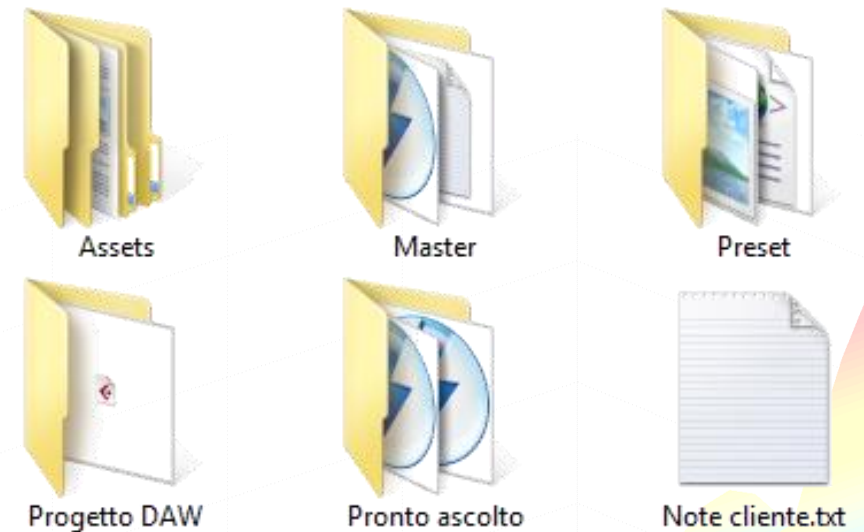
Base.wav



Voce.wav

Mastering workflow: Organizzazione progetto

- Hardware caldo
- File system organizzato
- Mixer DAW impostato



Mastering workflow: Lavorazione

- E' fondamentale il primo ascolto
- Comprensione del contesto culturale
- Sono graditi brani di riferimento
- Effettuare ascolti comparati (flat/master)
- Necessarie approssimazioni successive
- Compilazione dell'album (ordine brani, pause, ecc.)
- Da ricordare bene: **Più Loudness = Meno Dinamica**

Mastering workflow: Lavorazione

Un esempio di catena di lavorazione:

- Filtro passa-alto
- Restauro
- Stereofonia
- Dinamica multibanda
- Dinamica banda larga
- Equalizzazione
- Fader
- Limiter
- Dither
- Metering

Non esiste un ordine standard

Questi però se ne stanno alla fine

Mastering workflow: Stampa

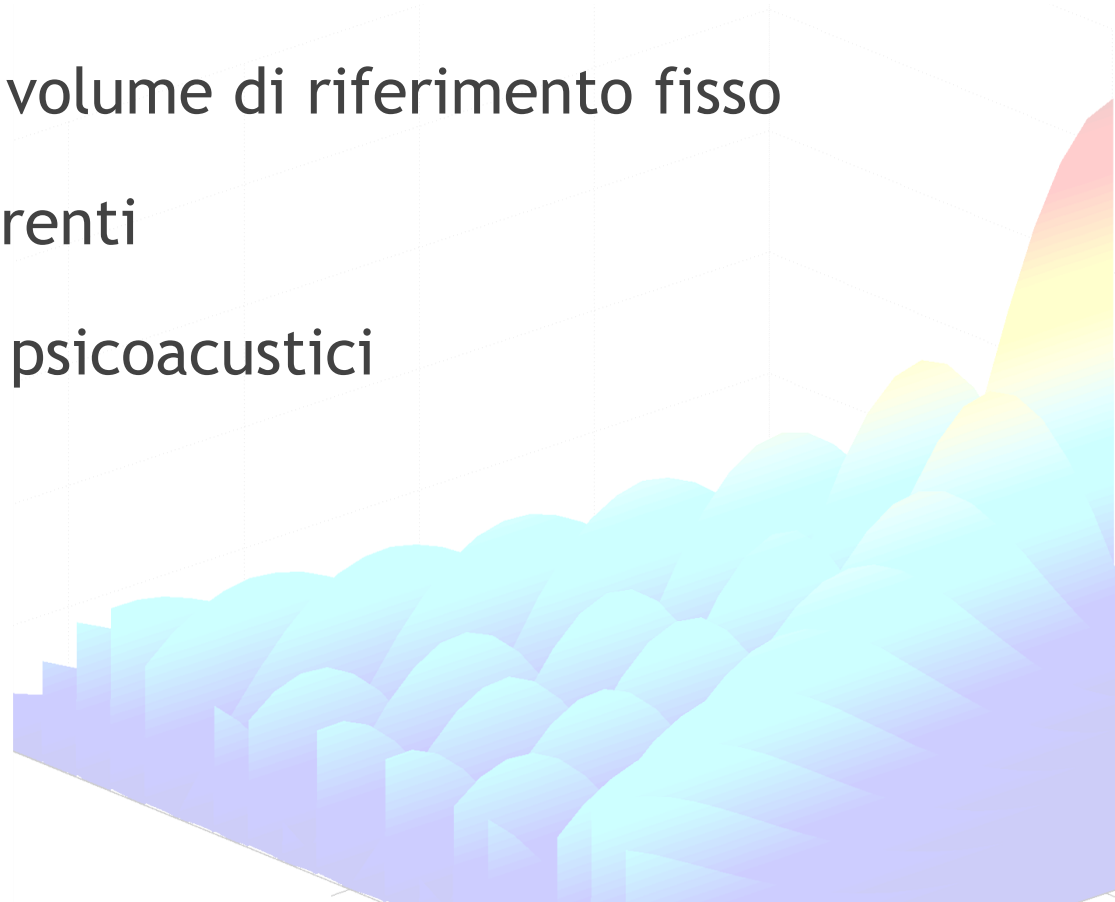
- Usare supporti affidabili (oggi si usano immagini DDP)
- Rispettare i vincoli del formato:
 - CD:
 - 44100 Hz, 16 bit, 2ch
 - Max 99 tracce
 - Lunghezza minima di una traccia: 4 sec
 - Indicizzazione nel formato MM:SS:FF (75 frame per sec)
 - Vinile:
 - Headroom: più è basso il volume, più roba ci sta su un lato
 - Eliminare Frequenze sotto i 20 Hz
 - Frequenze sotto i 150-300 Hz devono avere correlazione positiva
 - Oltre i 14-15 kHz evitare segnali continui
 - Le tracce più chiare rendono di più se nella periferia del disco

Mastering workflow: Stampa

- DVD video:
 - 48000 Hz, 16 bit, max 5.1ch
 - Codifica PCM, AC3, DTS o MPG
- DVD audio:
 - 16, 20 o 24 bit
 - Stereo: fino a 192kHz; 5.1: fino a 96kHz
 - Codifica PCM, AC3, DTS o MPG
- Blu ray:
 - 16, 20 o 24 bit, Max 8 canali
 - Da 48 a 192 kHz in base alla codifica
- Formati digitali in generale:
 - Attenzione all'inter-sample clipping
 - Attenzione al rumore di quantizzazione
 - Ricomprimere sorgenti lossy comporta una enorme perdita di qualità
 - Considerate la loudness normalization dei servizi di streaming

Mastering workflow: Ascolto

- E' fondamentale il primo ascolto
- E' comodo avere un volume di riferimento fisso
- Provare ascolti differenti
- Attenzione a effetti psicoacustici



Mastering workflow: Consegna e backup

- Alcuni consegnano più di una versione
- I backup salvano la pelle in diverse situazioni

