



INFORMATICA MUSICALE

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA
LAUREA TRIENNALE IN INFORMATICA
A.A. 2019/20
Prof. Filippo L.M. Milotta

ID PROGETTO: 05

TITOLO PROGETTO: DALL'ANALISI FREQUENZIALE DEGLI STRUMENTI MUSICALI AI VST

AUTORE 1: Salvatore Cavallaro

AUTORE 2: Gianluca Grasso

Indice

1. Obiettivi del progetto	2
1.1 Analisi frequenziale dei vari strumenti musicali.....	2
1.2 Equalizzatori.....	4
1.3 VST: Virtual Studio Technology.....	7
 2. Riferimenti Bibliografici	 9
 3. Argomenti Teorici Trattati	 10
3.1 Spettro delle frequenze.....	10
3.2 Breve Introduzione sugli amplificatori.....	10

1. Obiettivi del progetto

1.1 Analisi frequenziale dei vari strumenti musicali

I suoni degli strumenti musicali sono raramente puri. Quello che ci permette di percepire il timbro caratteristico di ogni strumento musicale è un mix della loro frequenza fondamentale e delle loro armoniche. La frequenza fondamentale è la frequenza principale, quella che si sente come la “nota” di un suono. Le frequenze supplementari che aggiungono carattere al suono sono le sue armoniche. Ogni strumento musicale ha quindi una sua frequenza fondamentale che lo caratterizza e un suo range di armoniche ben definito.

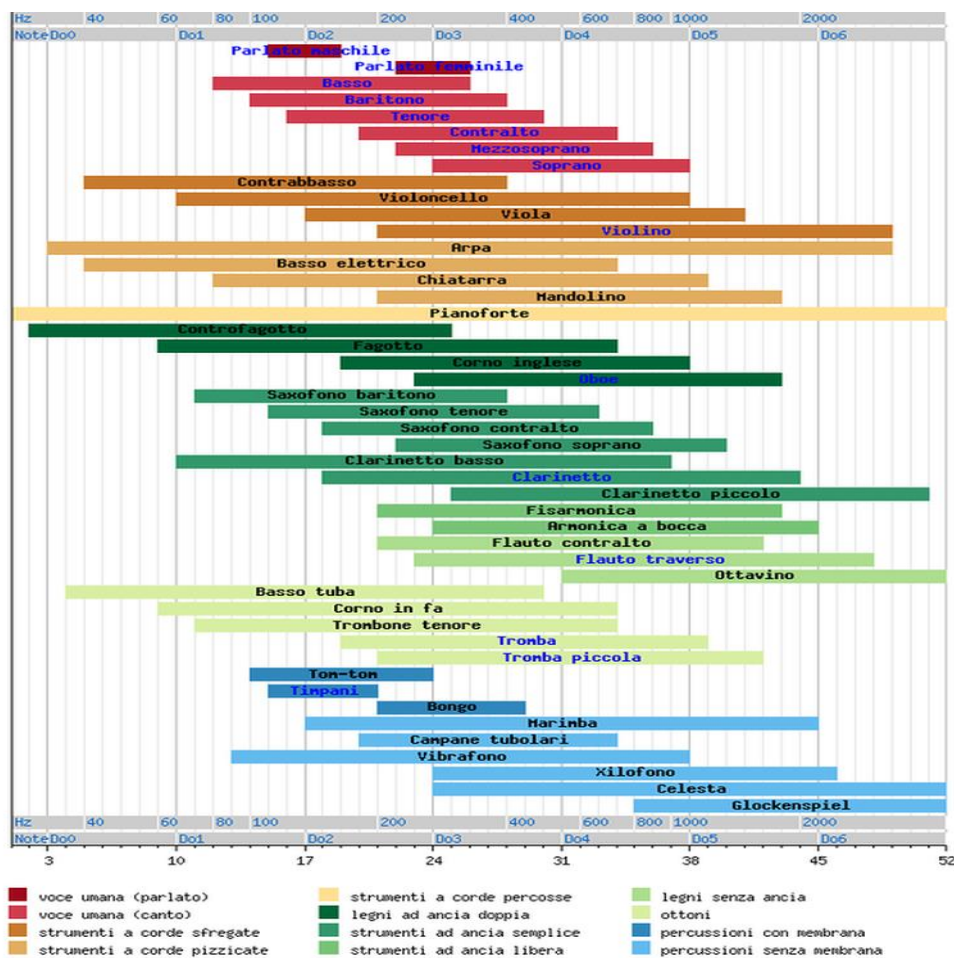


Fig. 1

L'estensione raffigurata in Fig. 1 si riferisce alla fondamentale prodotta dagli strumenti, e non all'intero spettro. Infatti, se consideriamo l'intero spettro possiamo osservare che gli armonici più acuti prodotti da quasi tutti gli strumenti raggiungono facilmente il limite della gamma udibile.

Come possiamo vedere dalla Fig. 1 la voce umana può assumere un range di armoniche compreso tra gli 80Hz e i 1100Hz circa .

Curiosità: Tim Storms è un cantante e compositore americano. Detiene il Guinness dei primati per "la nota più bassa prodotta da un essere umano" e la "gamma vocale più ampia". Maggior estensione 10 ottave: Tim Storms (Stati Uniti) ¹

Per non essere maschilisti:

Georgia Brown È titolare dal 2004 del Guinness dei Primati per l'intervallo vocale più esteso per una donna, dal sol-2 (G2) al sol-10 (G10), esattamente otto ottave [1]. È anche detentrica del record per la nota più acuta (sol-10). La sua estensione è stata misurata comparandola con un pianoforte, un violino e un Organo Hammond.

Il pianoforte, che rientra nella sezione degli strumenti a corde percosse, copre il più ampio range di frequenze, si espande dai 20Hz ai 2000 Hz circa.

Abbiamo anche strumenti a corde pizzicate

Come:

La Chitarra che copre un range di frequenze compreso fra gli 80Hz e i 1100 Hz Circa e il Basso che copre un range compreso fra 40Hz e i 700Hz circa

E Strumenti ad arco alcuni dei quali sono:

il Violino che copre un range compreso fra i 200Hz e 2500Hz circa e il violoncello che comprende un range compreso fra i 60 Hz e i 1100Hz

Gli strumenti a fiato possono essere divisi in 5 grandi famiglie

1-Legni ad ancia doppia che coprono un range di frequenze compreso fra i 30 Hz e i 1800 Hz circa

2-Ad ancia semplice, coprono un range compreso fra 60 Hz e i 2800 Hz circa

3-Ad ancia libera, coprono un range compreso fra 190Hz e 2100Hz circa

4-Legni senza ancia, coprono un range compreso fra 190Hz e 2900Hz circa

5-Ottoni, coprono un range compreso fra 35 Hz e 1500Hz circa

Gli strumenti a percussioni possiamo dividerli principalmente in due grandi famiglie :

1-Strumenti senza membrana, cioè strumenti a percussioni che non hanno una pelle battente o una risonante, quindi strumenti a tastiera come Glockenspiel, Vibrafono, Marimba, Xilofono oppure altri come le campane tubolari, gong, piatti ecc. Coprono un range di frequenza compreso fra gli 80 e 2900 Hz Circa.

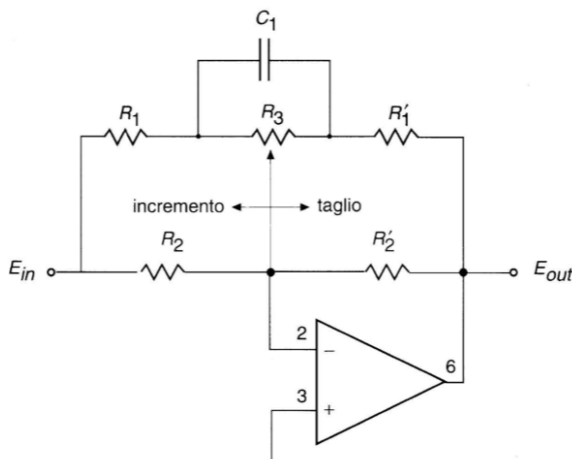
2-Strumenti con membrana, quindi in generale Rullante, Grancassa, Tom ecc. coprono un range che va da 100Hz a 300Hz circa secondo la tabella in figura ma in realtà essi coprono un range ben più ampio.

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=AaPtIFO-NLc>

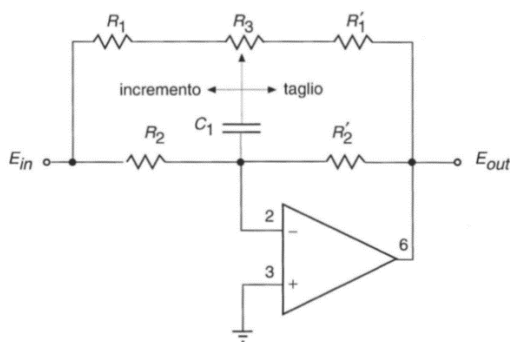
1.2 Equalizzatori

Un equalizzatore è un amplificatore dipendente dalla frequenza. Nella maggior parte dei modelli attuali, l'equalizzazione (EQ) è raggiunta mediante l'uso di reti resistive/capacitive poste nel feedback loop negativo di un preamplificatore. Variando il design della circuiteria, si possono ottenere un'infinità di curve di equalizzazione.

Di seguito degli schemi di amplificatori per le basse frequenze



E per le alte frequenze



Nella pratica possiamo utilizzarli per:

- correzione timbrica durante la ripresa di suoni
- correzione durante la fase di post produzione della timbrica di segnali registrati
- correzione timbrica generale durante le operazioni di MIXING o MASTERING

E possono principalmente essere distinti in:

EQUALIZZATORI PARAMENTRICI

Sono formati da filtri che agiscono sul suono e per ognuno di questi (di solito 4 o 7) si può scegliere la frequenza precisa di intervento e la quantità di segnale da togliere o da enfatizzare. Il loro scopo principale è in fase di ripresa. Sono gli equalizzatori che di solito troviamo sui banchi pensati per gli studi di

registrazione o per i grandi eventi live anche se ormai tutti i banchi digitali hanno questo tipo di equalizzatore.



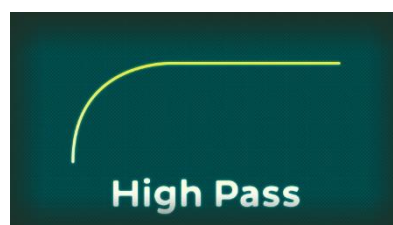
A livello software come VST possiamo trovarlo anche in questo formato



Di solito in questo tipo di formato possiamo anche selezionare il tipo di equalizzazione per una determinata banda, solitamente principalmente troviamo:

1-Filtro High-Pass (chiamato anche Low-Cut Filter): Consente di recuperare tutte le frequenze al di sopra della soglia impostata e di tagliare quelle sottostanti. Si usa per:

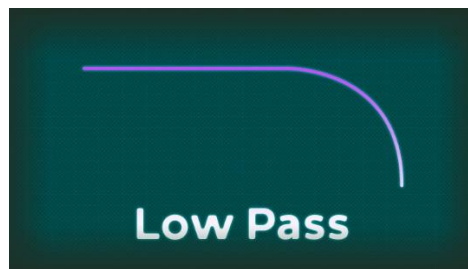
- Ridurre l'inutile basso profondo che sta occupando spazio nei bassi
- Ridurre il rumore causato dalle vibrazioni del pavimento in una registrazione



2- Filtro Low-Pass (chiamato anche filtro High-Cut): Permette di raggiungere tutte le frequenze al di sotto della soglia impostata e taglia quelle sopra di essa. Si usa per:

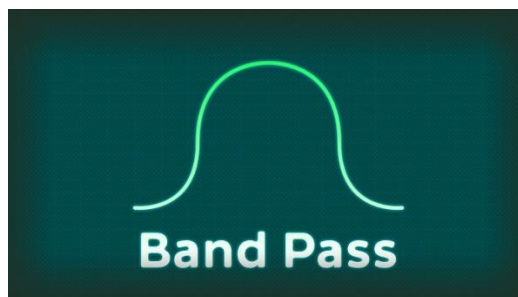
- Ridurre l' "hiss" (sibilo) nelle frequenze alte. L'hiss è un rumore a banda larga che abbraccia l'intero spettro delle frequenze ed è maggiormente presente nelle alte frequenze, da un punto di vista tecnico è molto simile al rumore blu.
- Limare gli angoli di un suono acuto e alto

- Rimuovere inutili alti dei tuoi suoni bassi per ottenere più spazio nella fascia alta



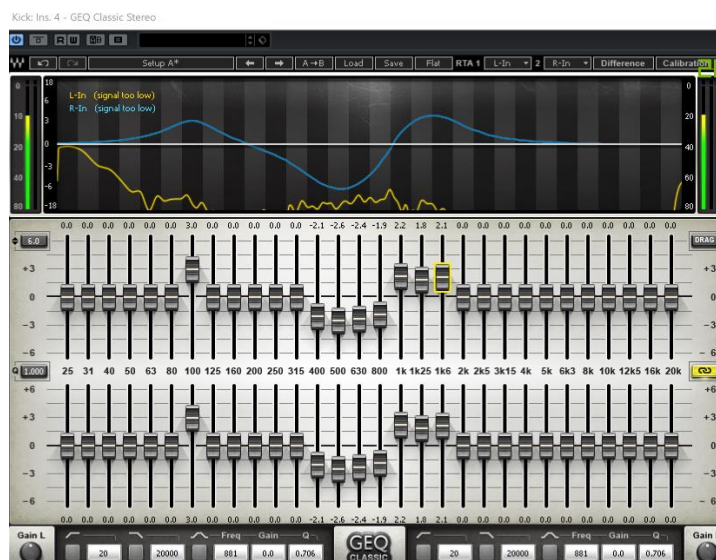
Combinando un High Pass e un filtro Low Pass si ottiene un filtro Band-Pass, che attraversa una particolare banda e taglia ciò che è sotto e sopra.

Un Band-Pass consente di affinare delle frequenze specifiche da aumentare o tagliare, quindi i filtri High-Pass e Low-Pass sono più generali, mentre un band pass viene spesso utilizzato per modifiche più mirate e precise.



Gli equalizzatori grafici

Essi hanno molte più bande di intervento (i classici 31 bande) in cui è suddiviso l'intero spettro, ne esistono di diversi tipi e si chiamano anche a Terzi d'ottava, ossia suddivisione delle frequenze in ottave. Basta muovere verso l'alto o verso il basso uno degli sliders per enfatizzare una banda piuttosto che tagliarne un'altra, Ovviamente non è uno strumento chirurgico, quindi dove vedete scritta la frequenza vuol dire che lo strumento centererà proprio quella, ma toccherà anche le frequenze subito alla sua destra e alla sua sinistra, però sono molto più immediati nell'utilizzo e quindi permettono molta più flessibilità d'impiego.



1.3 VST (Virtual Studio Technology)

VST è l'acronimo di Virtual Studio Technology, uno standard di plugin musicali creato da Steinberg.

Steinberg è una software house che realizza software per computer dedicati alla produzione musicale (registrazione, editing e mixing di tracce musicali).

Il suo prodotto di punta è Cubase, uno dei sequencer più utilizzati al mondo per le applicazioni audio su piattaforma Windows, la funzione principale del software è di creare brani musicali, attraverso l'utilizzo di sessioni multi traccia, con tracce audio e MIDI e supporta la tecnologia VST.

Ma cosa sono e come vengono usati questi VST?

Ci sono tre tipi di VST plug-ins:

VST instruments: Questi plug-ins generano audio o sono anche sintetizzatori o campionatori, molti di essi infatti emulano l'aspetto e il suono dei più famosi sintetizzatori.

VST effects: Questi plugins prendono l'audio e lo modificano, non possono creare l'audio da se ma possono aggiungere effetti come flanger, reverb ecc

VST MIDI effect: Sono realizzati per lavorare specificamente con i MIDI (Musical Instrument Digital Interface), essi sono alla base di tutti i virtual instruments che oggi ci permettono di creare produzioni e beats senza strumenti esterni, è un linguaggio che consente ai computer, agli strumenti musicali e ad altri hardware di comunicare. Il protocollo MIDI include l'interfaccia, il linguaggio in cui i dati MIDI vengono trasmessi e le connessioni necessarie per la comunicazione tra hardware.

Nel linguaggio midi ogni nota di ogni ottava, con una sua specifica frequenza ha un suo numero identificativo, nella foto successiva vi è la notazione della ottava "centrale" che parte dal Do approssimativamente a 261,6 Hz

octave 0

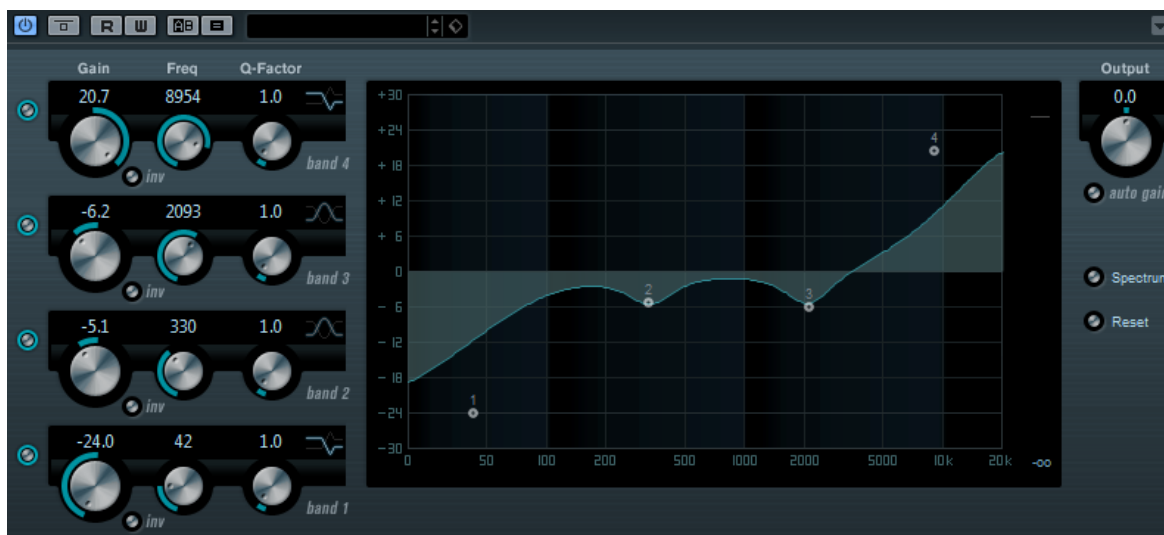
Octave Name	MIDI Octave	MIDI Note Number	Note Name	Frequency Hz	Absolute Cents
Middle	0	60	C	261.6255653006	-900.00
Middle	0	61	C#/D ^b	277.1826309769	-800.00
Middle	0	62	D	293.6647679174	-700.00
Middle	0	63	D#/E ^b	311.1269837221	-600.00
Middle	0	64	E	329.6275569129	-500.00
Middle	0	65	F	349.2282314330	-400.00
Treble	0	66	F#/G ^b	369.9944227116	-300.00
Treble	0	67	G	391.9954359817	-200.00
Treble	0	68	G#/A ^b	415.3046975799	-100.00
Treble	0	69	A	440.0000000000	0.00
Treble	0	70	A#/B ^b	466.1637615181	100.00
Treble	0	71	B	493.8833012561	200.00

[Lista completa](#)

Esempi di Vst preinstallati in Cubase v9.5

StudioEQ

StudioEQ è un equalizzatore stereo parametrico a 4 bande di alta qualità con due bande medie completamente parametriche. Le bande basse e alte possono agire come filtri shelving (tre tipi), come filtro peak (passa-banda) o come filtro cut (passa-basso/passa-alto).



- Gain (da -20 a +24 dB)
 - Imposta la quantità di attenuazione/enfaticazione per la banda corrispondente
- Freq (da 20 a 20.000 Hz)
 - Imposta la frequenza della banda corrispondente, se si inserisce un valore nota, la frequenza viene automaticamente trasformata in Hz. Ad esempio, un valore nota pari ad A3 (La3) imposta la frequenza al valore corrispondente di 440 Hz
- Q-Factor
 - Controlla l'ampiezza o la risonanza della banda corrispondente.
- Spectrum
 - Visualizza lo spettro prima e dopo il filtraggio.

WahWah

WahWah è un effetto musicale che prende il nome dal caratteristico suono prodotto da un filtro a banda stretta che accentua una banda di frequenza variabile nel tempo.

Può essere controllato automaticamente tramite segnale side-chain o modellando via MIDI il celeberrimo effetto a pedale analogico *Wah Wah*.

Il pedale altera il suono dello strumento cambiando il tono fra acuti e bassi con l'uso di un potenziometro talvolta sostituito da un gruppo di fotoresistenza che ne limita l'usura.

Approfondimento molto interessante su come funziona elettronicamente il Wah Wah (analisi del circuito):

<https://www.electrosmash.com/crybaby-gcb-95>



Cubase emula l'effetto del pedale tramite questo plugin



Pedal

- Controlla lo sweep della frequenza del filtro

Freq Lo/Hi

- Imposta la frequenza del filtro delle posizioni Lo e Hi Pedal.

Width Lo/Hi

- Imposta l'ampiezza (risonanza) del filtro delle posizioni Lo e Hi Pedal.

Gain Lo/Hi

- Imposta il guadagno del filtro delle posizioni Lo e Hi Pedal.

Selettore della pendenza del filtro

- Consente di scegliere tra due valori di pendenza del filtro: 6 dB o 12 dB.

2. Riferimenti Bibliografici

David M. Huber, Robert E. Runstein, *Manuale della registrazione sonora*, Milano, Hoepli, 2007, Seconda Edizione. (Libro Teorico in nostro possesso che descrive in maniera approfondita diversi argomenti)

Cristina Bachmann, Heiko Bischoff, Christina Kaboth, Insa Mingers, Matthias Obrecht, Sabine Pfeifer, Kevin Quarshie, Benjamin Schütte, *Cubase LE AI Elements 8 Operation Manual italiano*, Steinberg Media Technologies GmbH, 2015. (Utile per approfondire le funzionalità di Cubase e dei plugin vst contenuti al suo interno)

<https://andyaxmusic.com/what-is-virtual-studio-technology-vst/> (Descrizione sintetica ma allo stesso tempo completa della tecnologia VST)

<https://www.electroyou.it/clavicordo/wiki/panoramica-sulla-fisica-degli-strumenti-musicali-2a-parte> (Breve panoramica sulla fisica riguardante gli strumenti musicali)

<https://blog.landr.com/it/tutto-quello-che-i-musicisti-devono-sapere-riguardo-leg/> (Introduzione e vari tipi di equalizzatore)

http://fisicaondemusica.unimore.it/Estensione_degli_strumenti_musicali.html

(Tabella ben strutturata delle armoniche principali dei vari strumenti musicali)

3. Argomenti Teorici Trattati

3.1 Spettro delle frequenze

Lo spettro delle frequenze udibile dagli esseri umani va più o meno da 20Hz a 20000Hz e comprende tre decenni, ogni suono che udiamo si trova in questo range che può essere così suddiviso:

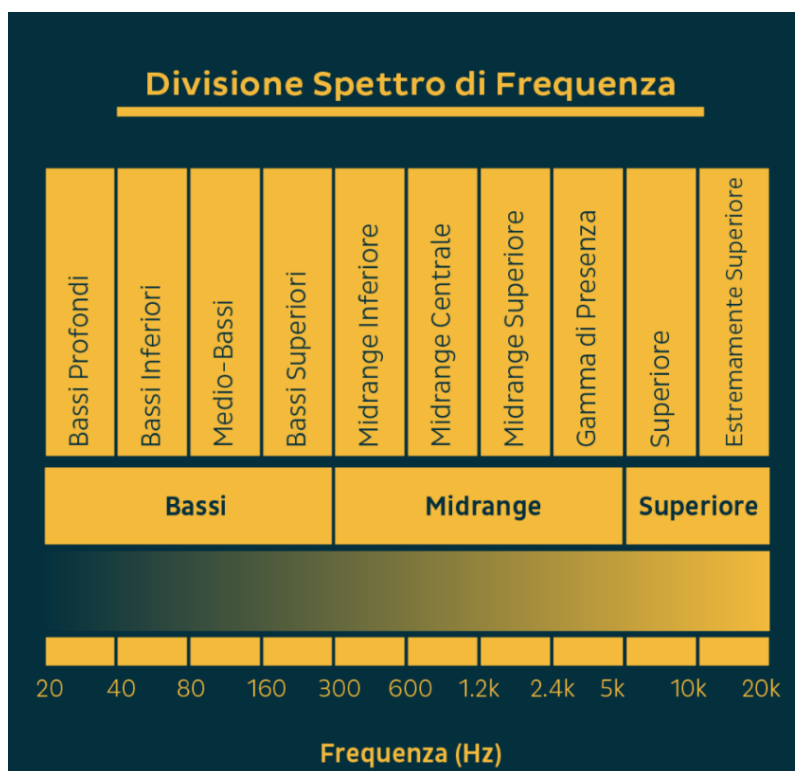


Fig 2

Questo range di frequenze può essere principalmente suddiviso in Bassi, Midrange e Superiore, in alcune trattazioni vengono comunemente chiamati Bassi, Medi e Alti.

I Bassi vanno circa 20Hz a 300Hz e possono così essere suddivisi: Bassi profondi da 20Hz a 40 Hz, Bassi Inferiori da 40Hz a 80Hz, Medio-Bassi da 80Hz a 160 Hz, Bassi Superiori da 160Hz a 300Hz. Il Midrange va da 300Hz a 5000Hz e può così essere suddiviso: Midrange Inferiore da 300Hz a 600Hz, Midrange Centrale da 600 Hz a 1200Hz, Midrange Superiore da 1200Hz a 2400Hz e la Gamma di Presenza da 2400Hz a 5000Hz. La parte superiore va da 5000Hz a 20000Hz e può così essere suddivisa: Superiore da 5000Hz a 10000Hz, Estremamente Superiore da 10000Hz a 20000Hz.

3.2 Breve Introduzione sugli amplificatori

L'amplificatore è un dispositivo che varia l'ampiezza di un segnale: in pratica, l'amplificatore serve per restituire in uscita lo stesso segnale che si riceve in ingresso amplificato un determinato numero di volte. Possiamo identificare vari tipi di amplificatore, ne elencheremo e descriveremo alcuni dei più importanti.

- **L'AMPLIFICATORE OPERAZIONALE**

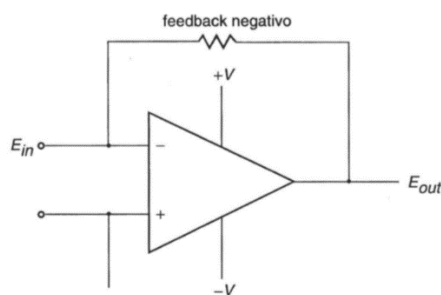


Fig 3

L'amplificatore operazionale, detto anche op amp, è un amplificatore a larga banda ed elevato guadagno, con alta impedenza in ingresso e bassa impedenza in uscita. Queste qualità fanno dell'amplificatore operazionale una pietra miliare per molti usi nella produzione audio e video. È sufficiente aggiungere alcuni componenti alla circuiteria originale per soddisfare le necessità operative. La fig. 3 mostra il classico schema di un op amp usato per amplificazione. Per ridurre il guadagno dell'op amp a livelli più stabili e meglio utilizzabili, spesso si usa un feedback loop negativo. La tecnica del feedback negativo fa passare una porzione del segnale di output attraverso una resistenza limitatrice (che determina il guadagno) e lo fa ritornare al terminale di ingresso, negativo o che inverte la fase. Perciò una parte dell'output è rimandata all'input in controfase (rialimentata), riducendo il segnale di output complessivo. Il feedback negativo ha l'effetto ulteriore di stabilizzare l'amplificatore e di ridurre la distorsione.

- **IL PREAMPLIFICATORE**

Uno dei tipi fondamentali di amplificatore, che si trova nella sezione di input delle consolle professionali e dei dispositivi di effettistica, è il preamplificatore o preamp. Questo tipo di amplificatore è di solito utilizzato per molti scopi, quali l'incremento del segnale molto basso di un microfono fino al livello di linea, fornendo un controllo variabile del guadagno sul segnale di ingresso a livello di linea, e conferendo altresì un certo grado di isolamento del segnale, da interferenze in ingresso o da condizioni non perfette di messa a terra o di tensione del segnale stesso. I preamplificatori sono spesso componenti importanti nel lavoro di ingegneria del suono, dato che essi possono determinare la sonorità che avrà un dato dispositivo o un sistema. Così come un microfono ha le sue caratteristiche sonore, non tutti i preamplificatori avranno caratteristiche uguali.

- **GLI AMPLIFICATORI SOMMATORI**

Un amplificatore sommatore, noto anche con il nome di amplificatore combinante attivo, è progettato per combinare assieme un numero qualsivoglia di input, fornendo altresì un alto grado di isolamento fra questi input. L'amplificatore è un componente importante nelle consolle, a causa del grande numero di segnali in ingresso che gli vengono assegnati, e che necessitano di un isolamento totale, al fine di separare ciascun input da tutti gli altri, mantenendo comunque una certa flessibilità nel controllo del segnale.

- **GLI AMPLIFICATORI DI POTENZA**

La funzione di un amplificatore di potenza (power amp) è quella di elevare la potenza di un segnale fino al livello a cui uno o due monitor possono arrivare al livello di volume desiderato. Gli amplificatori di potenza presentano diversi problemi. Per esempio, i transistor non amano lavorare alle alte temperature, che sono spesso generate da un amplificatore durante una lunga sessione di lavoro, ai livelli che si usano in studio o nei

concerti. Le alte temperature di funzionamento si possono tradurre anche in variazioni dei valori di risposta e di performance di distorsione. Alcune misure di protezione, per esempio quella termica o di fusione, devono essere prese per garantire l'affidabilità ad alti livelli operativi. Molti dei nuovi modelli di amplificatori sono in grado di proteggere le circuiterie in molte situazioni a rischio, come ad esempio apparecchiature in corto, apparecchiature con impedenze non compatibili o circuiti aperti. Gli amplificatori professionali attuali sono di solito progettati per lavorare con carichi di impedenza che vanno da 4 ohm a 16 ohm, anche se moltissimi modelli sono stati disegnati per avere un valore pari a 8 ohm. Una precauzione importante che bisogna prendere quando si collega un amplificatore alle casse, è quella di essere sicuri che l'amplificatore sia in grado di fornire una potenza sufficiente per far funzionare il sistema di monitor. Se la sensibilità del sistema è troppo bassa affinché la potenza a pieno regime dell'amplificatore possa portare il sistema allivello di SPL voluto, ci potrebbe essere una tendenza a sovraccaricare l'amplificatore fino a livelli di distorsione del segnale, e ciò si tradurrebbe in un aumento della distorsione dei monitor.

- **GLI AMPLIFICATORI A GUADAGNO COTROLLATO IN TENSIONE**

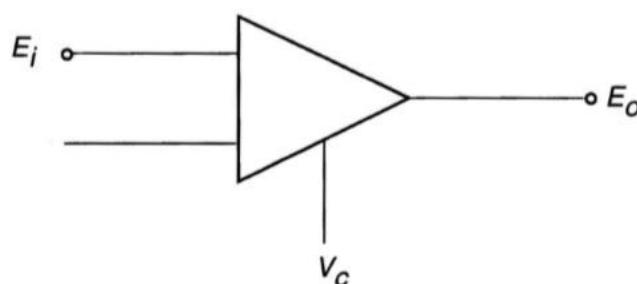


Fig 4

Ci sono anche amplificatori in cui il livello di output non è direttamente proporzionale al livello del segnale di input. Una eccezione è costituita dall'amplificatore a guadagno controllato in tensione (detto VCA). In questo caso il livello del programma audio è funzione della tensione in corrente continua (di solito fra 0 e 5 volt) che è applicata all'input di controllo del dispositivo (fig. 9.15). Quando la tensione di controllo aumenta (in relazione alla posizione dei fader), il segnale relativo viene attenuato proporzionalmente. È quindi usata una tensione esterna per variare il livello del segnale audio. L'automazione della consolle e i processori di segnale analogici automatizzati usano molto la tecnologia dei VCA. Nell'automazione dei sistemi di equalizzazione si usa anche l'equalizzazione controllata in tensione, che varia l'equalizzazione di un equalizzatore in funzione di una tensione di controllo in corrente continua.