

# Il rumore

Massimiliano Salfi

[salfi@dmf.unict.it](mailto:salfi@dmf.unict.it)

# Nozioni generali

Con il termine rumore si indica l'insieme di quei suoni indesiderati di cui è necessario liberarsi.

Questo concetto è molto importante in quanto, sebbene in casi rari, l'aggiunta di un rumore al segnale audio viene fatta di proposito per ottenere determinati risultati. Esistono molti tipi di rumore e molte sono le cause che lo generano. Per ciascuno di essi, quindi, vengono adottate soluzioni diverse per permetterne la rimozione, o per lo meno l'attenuazione.

# Il rumore a banda stretta

Come è possibile intuire dal nome, questo tipo di rumore occupa una banda di frequenza limitata. Fonti di rumore di questo tipo sono:

- HVAC;
- Emissioni elettromagnetiche;
- Interferenze;
- Vibrazioni.

# HVAC

(Heating Ventilation Air Conditioning - Riscaldamento Ventilatori Aria Condizionata)

Riscaldamenti, condizionatori, ventilatori introducono ronzii, ossia frequenze indesiderate, nelle registrazioni. Queste possono deteriorare il segnale audio sia perché captate dai microfoni in fase di registrazione, sia perché inducono una frequenza aggiuntiva nella corrente elettrica utilizzata come alimentazione delle apparecchiature audio.

Quest'ultimo caso si verifica per il semplice motivo che questi apparecchi non hanno un assorbimento di corrente costante come può averlo un televisore, ma hanno un assorbimento oscillatorio. E' proprio questa variazione costante ad introdurre le frequenze indesiderate. Anche apparecchi che si accendono e si spengono durante la registrazione o la riproduzione possono introdurre "click" anche molto vistosi.

# Emissioni elettromagnetiche

Sono quelle generate da cellulari, televisioni, asciugacapelli e altri elettrodomestici che ovviamente solo di rado si trovano all'interno di uno studio di registrazione, ma con i quali occorre spesso fare i conti in caso di home recording.

Uno strumento che può introdurre disturbi in tal senso, invece, e che fino a qualche anno fa eravamo pressoché certi di trovare in studio di registrazione, è il monitor CRT di un computer.

Le emissioni elettromagnetiche vengono anche generate dai cavi di corrente: maggiore è l'amperaggio (la quantità di corrente) che scorre nel cavo, maggiore sarà l'emissione elettromagnetica nelle sue vicinanze. Questo perché in prossimità di ogni conduttore in cui scorre una corrente è presente un campo magnetico proporzionale alla corrente stessa. (Viceversa in un conduttore che viene immerso in un campo magnetico, viene indotta una corrente il cui valore dipende dall'intensità del campo magnetico).

# Emissioni elettromagnetiche

Il fenomeno dell'induzione diviene più pronunciato se il conduttore che lo genera viene arrotolato in forma di spirale (poiché viene a formarsi un vero e proprio induttore al cui interno scorre un forte campo magnetico).

E' buona regola, dunque, evitare di creare matasse di cavi di potenza che andrebbero sempre distesi in tutta la loro lunghezza (sono i cavi su cui scorre una corrente rilevante, dell'ordine almeno dell'ampere e che vengono di solito impiegati per l'alimentazione dei vari macchinari).

I cavi su cui scorre il segnale audio vengono chiamati per l'appunto cavi di segnale, in questi casi l'amperaggio è dell'ordine del milliampere.

# Interferenze

Esistono diverse ragioni che possono causare interferenze. Innanzitutto quanto detto nel punto precedente a proposito dei campi magnetici indotti. Due tracce adiacenti di un mixer, infatti, si influenzano a vicenda a causa dei campi magnetici generati dalle correnti che scorrono nei canali. Lo stesso dicasi per un registratore multitraccia in cui le particelle magnetiche di una traccia influenzano quelle adiacenti.

Oltre a tale causa è bene considerarne un'altra molto importante: due conduttori possono subire interferenze di tipo capacitivo quando diventano assimilabili alle due piastre di un condensatore, accumulando una carica al loro interno. Questo tipo di problema può arrivare ad avere un effetto vistoso nel caso di cavi microfonic in cui la resistenza del microfono si accoppia con la capacità indotta, creando un circuito RC che funge da filtro passa-basso privando il segnale audio delle alte frequenze.

# Interferenze

In figura viene mostrato uno schema relativo a questa situazione:



Inoltre, se i due conduttori sui quali si verifica questo fenomeno vengono spostati, durante la registrazione, la variazione di distanza tra quelle che si comportano come le piastre del condensatore, altera il valore della capacità generando così una corrente indesiderata.

# Vibrazioni

Questo tipo di problemi si verificano soprattutto in situazioni live in cui le persone camminano continuamente sul palco che spesso è di legno e che trasmette in maniera incredibile le vibrazioni alle aste dei microfoni.

Questo fa sì che il disturbo passi attraverso i microfoni finendo al mixer, con le conseguenze che è facile immaginare.

# Il rumore a banda larga

Per questo tipo di rumore, la banda coinvolta è teoricamente infinita. Per ovvie ragioni, si considera solo lo spettro teorico delle frequenze udibili, cioè l'intervallo 20Hz - 20KHz. Per questa tipologia di rumore considereremo:

- Il rumore termico;
- Il rumore bianco;
- Il rumore rosa;
- Il rumore marrone.

# Il rumore termico

Questo rumore è generato dal calore insito in qualsiasi componente elettronico durante il funzionamento. Il calore fa sì che all'interno del componente si verifichino delle collisioni di elettroni in tutte le direzioni e a tutte le velocità, generando delle correnti a tutte le frequenze audio.

Le intensità di queste correnti, sono mediamente costanti in quanto la direzione delle collisioni è assolutamente casuale.

Il rumore termico aumenta con la temperatura in quanto aumenta con essa l'energia cinetica associata alle particelle.

# Il rumore bianco

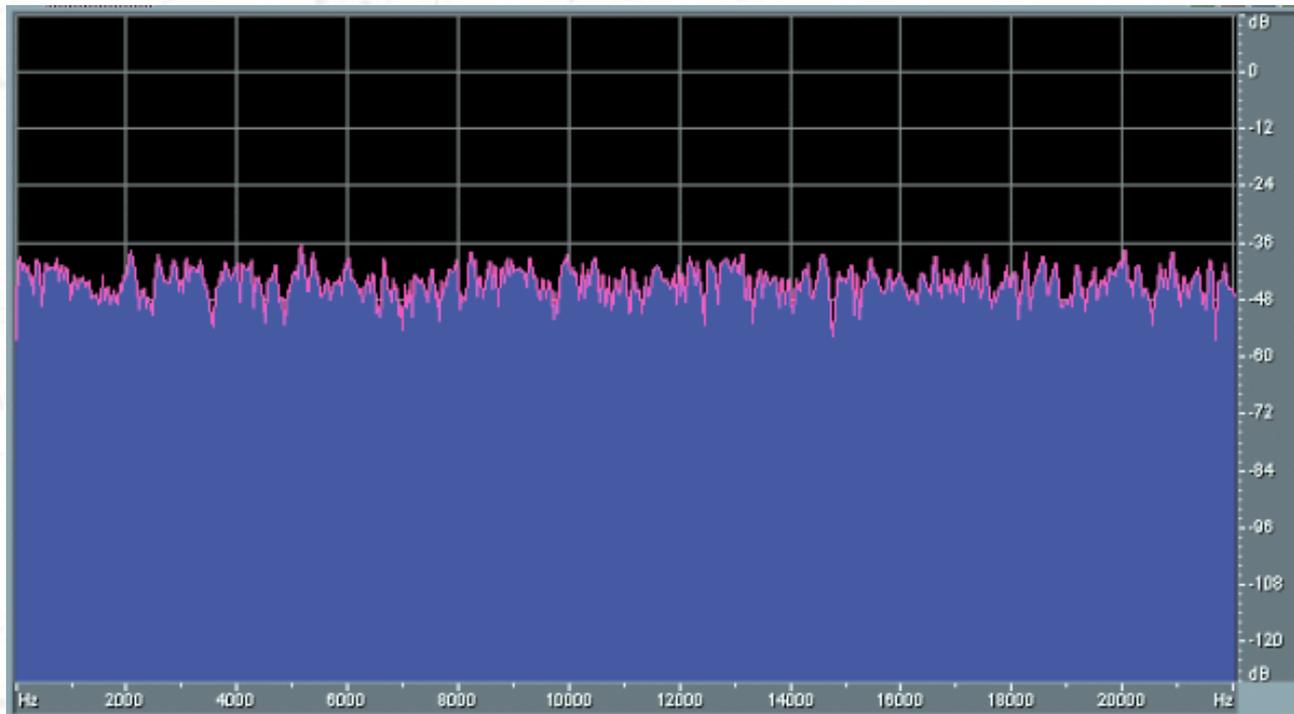
Per rumore bianco intendiamo un rumore di ampiezza costante su tutto lo spettro di frequenza. In sostanza si tratta di un rumore termico, solo che in questo caso si intende un rumore generato artificialmente allo scopo di poter effettuare dei test.

Infatti, per vedere il comportamento di un componente audio (per esempio del canale di un mixer) si invia in ingresso un rumore bianco e si esamina il segnale di uscita. L'obiettivo affinché il test abbia esito positivo, sarà quello di ottenere un segnale in uscita mediamente costante a tutte le frequenze.

In questo caso diremo che il componente è affidabile a tutte le frequenze. Solitamente il rumore bianco viene usato per i test sui componenti elettronici.

# Il rumore bianco

Il rumore bianco produce un suono piuttosto "brillante" e per questo, essendo l'orecchio umano più suscettibile alle alte frequenze, non risulta molto rilassante. E' efficace per mascherare altri suoni e in particolari circostanze è indicato per provocare allucinazioni uditive.



# Il rumore rosa

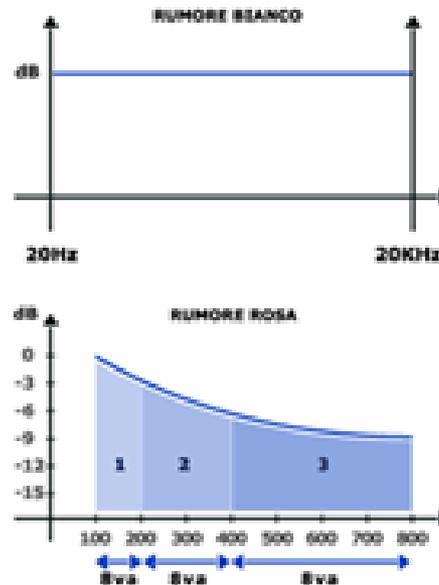
Dal momento che il rumore bianco è costante a tutte le frequenze, possiamo affermare che l'energia associata ad ogni ottava non è costante.

Per esempio l'energia compresa nella banda 20Hz-40Hz non sarà la stessa di quella della banda 5KHz-10KHz. Ovviamente quest'ultima banda avrà un'energia associata molto maggiore, pur essendo sempre la larghezza pari a un'ottava, in quanto il secondo intervallo di frequenze è molto più largo del primo, in altre parole contiene più frequenze dunque complessivamente più energia.

Il rumore rosa viene usato anch'esso con finalità di test e presenta un decremento di 3dB ogni volta che una frequenza viene raddoppiata. In questo modo l'energia associata ad ogni ottava rimane costante su tutto lo spettro.

# Il rumore rosa

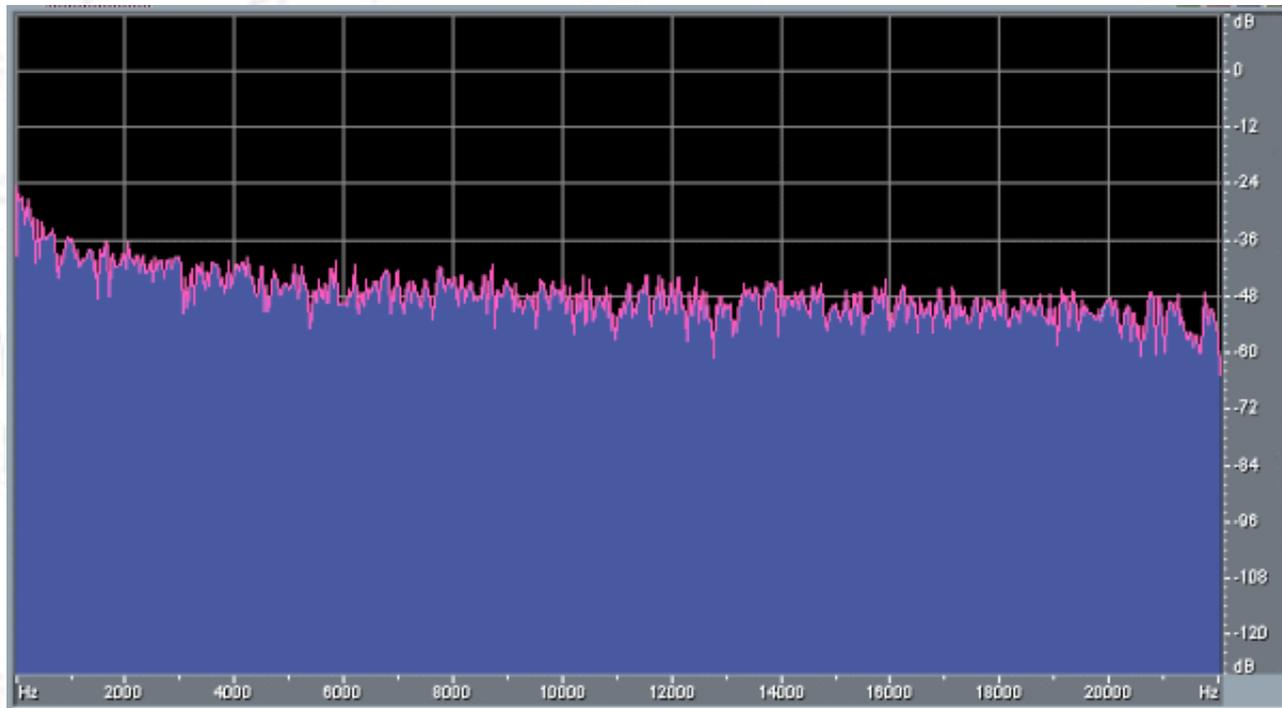
La figura seguente confronta gli spettri di frequenza di un rumore bianco e un rumore rosa:



Di solito il rumore rosa è prodotto con un filtraggio passa-basso del rumore bianco.

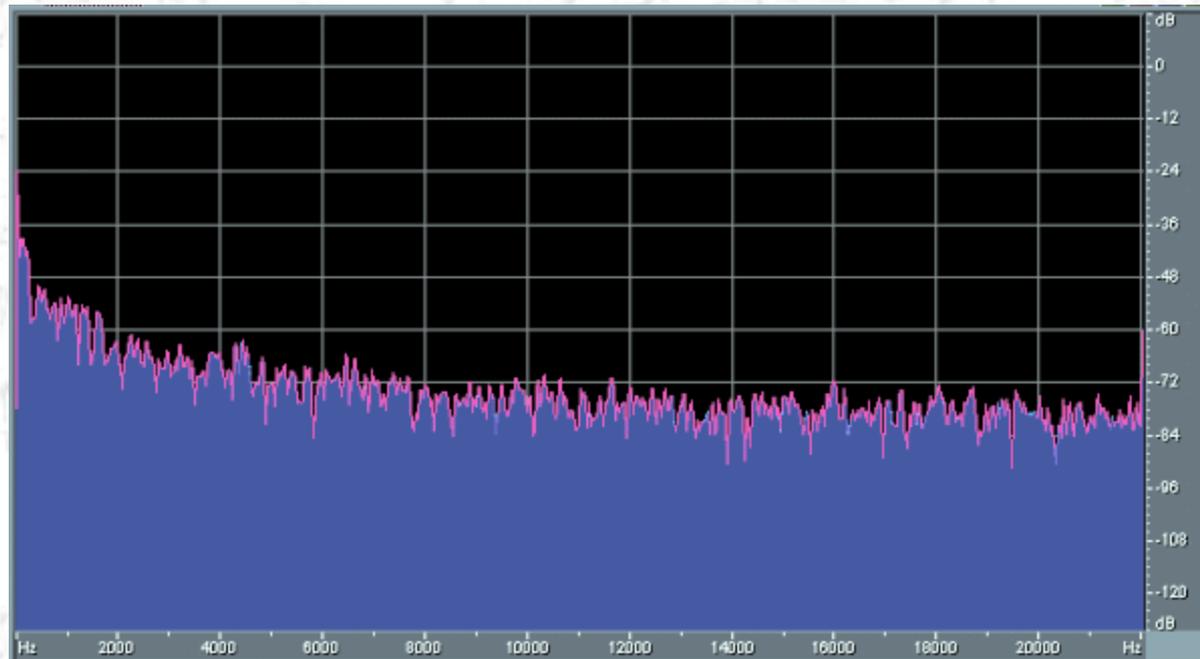
# Il rumore rosa

Il rumore rosa suona più naturale degli altri rumori ed è molto rilassante. Lo troviamo spesso in Natura e suona come la pioggia, le cascate d'acqua, le onde dell'oceano, ecc. Spesso si usa per "ambienti" musicali elettronici e come segnale test per "accordare" il rinvigorimento dei sistemi sonori (molti equalizzatori e analizzatori di spettro audio hanno generatori di rumore rosa).



# Il rumore marrone

Per completezza citiamo il rumore marrone che ha un andamento simile al rumore rosa salvo per il fatto che si ha una caduta di 6 dB (invece di 3 dB) per ogni raddoppio di frequenza. E' un genere di rumore che sta a metà tra il rumore bianco e quello rosa, contiene una grande quantità di basse frequenze ed è il suono tipico, ad esempio, di un tuono.



# Riduzione del rumore

Quanto visto fino ad ora ci porta alla conclusione che il rumore è presente pressoché in ogni circostanza nella quale ci troviamo ad operare, tuttavia è qualcosa che va assolutamente eliminato, o per lo meno ridotto.

In realtà il quadro non è così negativo se si pensa che spesso il rumore ha un'ampiezza limitata e viene facilmente sovrastato dal segnale audio, pur di regolare opportunamente i livelli dei vari segnali. In genere, per alcune tipologie di rumore è possibile operare in modo opportuno affinché si possa limitare, se non addirittura eliminare, il rumore.

# Riduzione del rumore a banda stretta

Per i rumori di tipo HVAC, o quelli dovuti a vibrazioni, non si può fare molto se non agire sulla banda di frequenze coinvolte e attenuarle. Tuttavia si tratta di una soluzione poco pulita e da adottare in casi estremi in quanto, oltre al rumore, viene attenuato anche il segnale audio che stiamo trattando nella banda selezionata.

Riguardo ai ronzii dovuti a discontinuità del sistema di alimentazione, il rimedio migliore consiste nel prevedere due quadri di alimentazione indipendenti, uno per gli elementi HVAC e uno per i macchinari.

# Riduzione delle interferenze

Questi disturbi colpiscono principalmente i cavi microfonic in quanto in essi transitano segnali di intensità molto bassa. Per schermare i cavi rispetto a questi disturbi si impiegano due diversi accorgimenti.

Per arrestare il campo elettrico si costruisce una gabbia di Faraday, cioè un rivestimento metallico attorno al cavo, ossia si circondano i conduttori che trasportano il segnale con una maglia metallica. Questo tipo di rivestimento ha la proprietà di eliminare il campo elettrico al proprio interno.

Per arrestare il campo magnetico (anche se in realtà questa tecnica agisce su qualsiasi tipo di disturbo) all'interno del cavo microfonico vengono previsti due conduttori che trasportano il segnale, avvolti a spirale. Sul primo conduttore scorre il segnale audio, sul secondo scorre lo stesso segnale invertito di fase. I due conduttori vengono avvolti a spirale perché in questo modo il campo magnetico investe mediamente entrambi i conduttori allo stesso modo. Quando i due segnali arrivano al mixer, il secondo segnale viene nuovamente invertito di fase e i due segnali così ottenuti vengono sommati.

# Riduzione delle interferenze

Questo porta ad un raddoppio dell'ampiezza del segnale originario e una cancellazione del rumore che a questo punto si trova invertito di fase sui due conduttori. Vediamo nei dettagli questa tecnica supponendo di avere un segnale sinusoidale:

- Il segnale viene sdoppiato e una delle copie viene invertita di fase.
- I segnali attraversano il cavo e sono soggetti alla stessa interferenza elettromagnetica, quindi presentano la stessa distorsione.
- Il segnale viene nuovamente invertito di fase. Ora le due sinusoidi sono in fase, mentre il rumore è in opposizione di fase sui due segnali.
- I due segnali vengono sommati, con il risultato di ottenere la sinusoide originaria, con ampiezza raddoppiata, in cui si è ottenuta una cancellazione del rumore.

# Riduzione delle interferenze

Questo tipo di collegamento viene detto *bilanciato* e viene sempre utilizzato in ambito professionale.

Quando invece un collegamento prevede solo il conduttore che porta il segnale, più la massa (cioè la calza metallica che avvolge il conduttore), il collegamento viene detto *sbilanciato*.

In questo caso rimane la schermatura al campo elettrico, mentre viene meno quella per il campo magnetico.

# Riduzione del rumore a banda larga

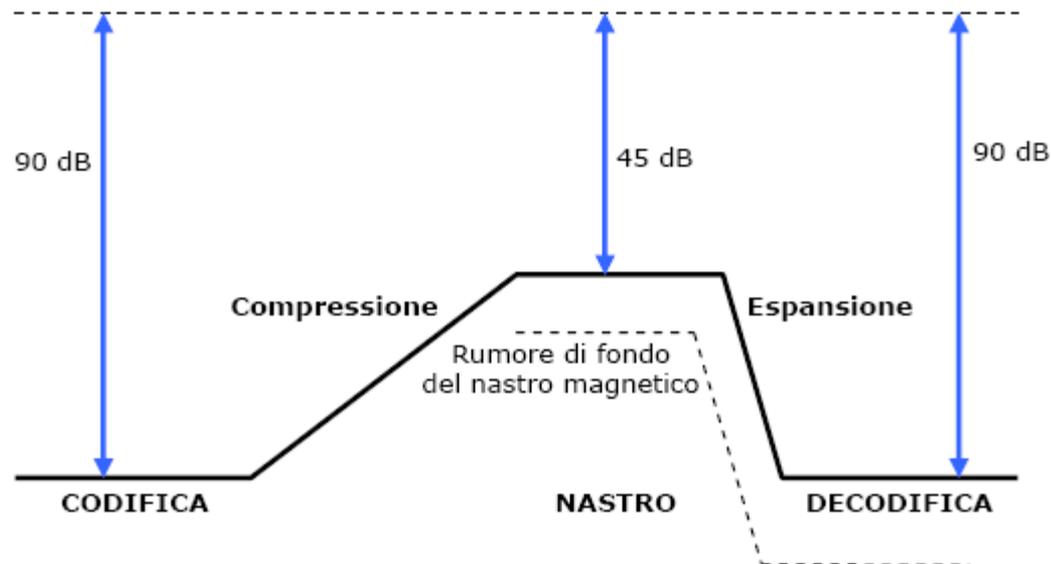
In questo caso il rumore coinvolge tutto lo spettro di frequenze udibili, quindi è necessario un intervento sull'intero segnale audio.

L'esempio più classico è quello del fruscio intrinsecamente presente quando viene utilizzato un supporto magnetico per la registrazione analogica.

Il procedimento di riduzione di questo rumore prevede un intervento suddiviso in tre fasi successive: compressione, espansione e equalizzazione.

# Riduzione del rumore a banda larga

Consideriamo la seguente figura:



Nel nostro esempio il segnale da registrare ha una dinamica di 90 dB, il rumore di fondo del nastro magnetico si trova al di sopra del valore minimo della dinamica, cioè effettuando la registrazione coprirebbe i suoni più bassi del segnale originario.

# Riduzione del rumore a banda larga

Operiamo allora una compressione 2:1 sull'intero segnale audio (segnale codificato) ed amplifichiamo. In questo modo, grazie alla compressione abbiamo potuto amplificare il segnale senza mandare il nastro in saturazione e allo stesso tempo l'intera dinamica del nostro segnale si trova ora al di sopra del rumore (segnale su nastro magnetico).

Quando recuperiamo il segnale dal nastro per poterlo ascoltare (decodifica) operiamo un'espansione 1:2, ripristinando il segnale originario.

La cosa interessante è che ora il rumore è finito molto più in basso sull'asse della dinamica, cioè si trova al di sotto del valore minimo della dinamica. Questo significa che anche il suono con la dinamica più bassa nel nostro segnale è in grado di sovrastare il rumore, coprendolo.

# Riduzione del rumore a banda larga

Questo è il principio sul quale si basa la riduzione del rumore. A partire da esso, vengono poi introdotti accorgimenti minori che raffinano ulteriormente l'efficacia della riduzione.

Uno di questi consiste nell'introduzione di un'operazione di equalizzazione che viene chiamata pre-enfasi. Dato che il fruscio del nastro magnetico viene percepito maggiormente alle alte frequenze, si può pensare di migliorare il procedimento di compressione/espansione amplificando le alte frequenze del segnale originario.

Nella prima fase, dunque, le alte frequenze del segnale vengono amplificate, nella seconda fase avviene la registrazione del segnale su nastro magnetico. Nella terza fase, infine, le alte frequenze vengono attenuate in modo da ripristinare il segnale originario. In questo modo vengono attenuate anche le alte frequenze contenute nel rumore.

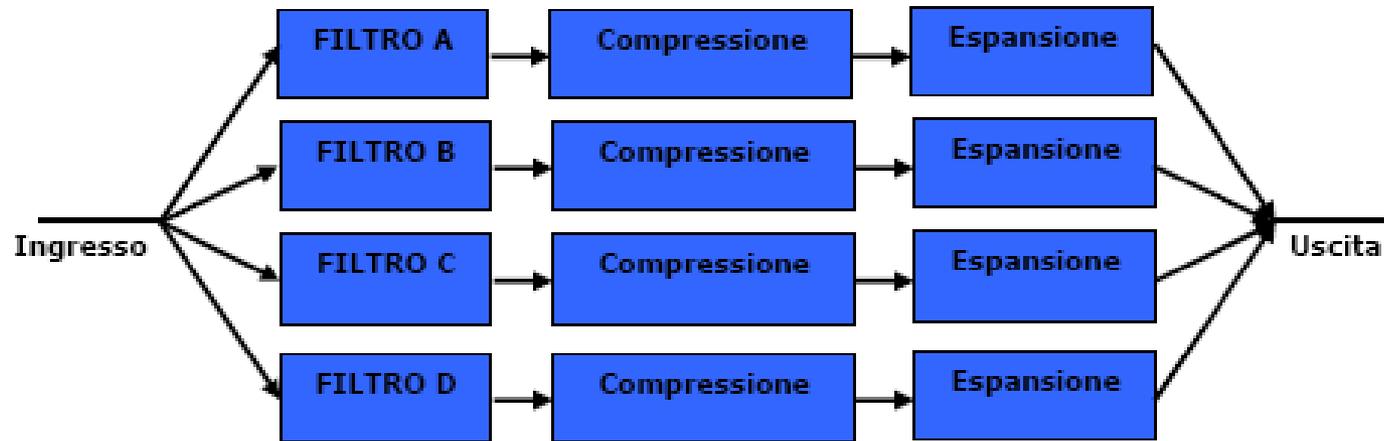
# Sistemi di riduzione del rumore

I sistemi NR vengono definiti *statici* quando nessun parametro relativo alla compressione varia, mentre vengono definiti *dinamici* quando l'algoritmo di riduzione si adatta continuamente al segnale di ingresso.

Inoltre vengono definiti *single-ended* i sistemi di NR che vengono applicati solo in un punto della catena audio (ad esempio i filtri), mentre vengono definiti *double-ended* quelli che prevedono un doppio intervento che in genere consiste nelle due fasi di codifica-decodifica (Dolby A, B, C, ecc).

# Dolby A

Ideato nel 1966, prevede la divisione dello spettro del segnale di ingresso in 4 bande adiacenti secondo lo schema della figura seguente:



Ogni blocco realizza l'operazione di compressione/espansione su una banda di frequenze diversa.

# Dolby A

Vediamo nel dettaglio le bande:

- *Filtro A*: Filtro Passa Basso. Frequenza di taglio: 80Hz
- *Filtro B*: Filtro Passa Banda. Banda: 80Hz - 3KHz
- *Filtro C*: Filtro Passa Alto. Frequenza di taglio: 3KHz
- *Filtro D*: Filtro Passa Alto. Frequenza di taglio: 9KHz

Si può notare come siano presenti ben due stadi che operano alle alte frequenze in modo diverso.

# Dolby A

Ogni stadio interviene durante la fase di compressione/decompressione nel modo seguente:

Codifica: Ogni segnale con ampiezza superiore a  $-20\text{dB}$  non viene manipolato. Quando la dinamica del segnale è compresa tra  $-30\text{dB}$  e  $-20\text{dB}$  viene attuata una compressione 2:1. Quando la dinamica è inferiore a  $-30\text{dB}$ , il segnale viene amplificato di  $10\text{dB}$ .

Decodifica: Si eseguono le operazioni di codifica all'inverso. Quindi, ogni segnale superiore ai  $-20\text{dB}$  non viene processato. Quando la dinamica del segnale è compresa tra  $-30\text{dB}$  e  $-20\text{dB}$  viene attuata una espansione 1:2. Quando la dinamica è inferiore a  $-30\text{dB}$ , il segnale viene attenuato di  $10\text{dB}$ .

# Dolby A

Questo sistema riduce il rumore fino a 10dB nella zona attorno ai 5KHz e fino a 15dB nella zona attorno ai 15 KHz. Mediamente consente una riduzione del rumore di 10dB su tutto lo spettro.

# Dolby B

Alla fine degli anni '60 (intorno al 1969), si rese necessaria l'adozione di sistemi di Noise Reduction su apparecchi domestici basati su nastri magnetici a velocità di scorrimento molto bassa e dunque soggetti a fruscii particolarmente alti.

Essendo il Dolby A un sistema troppo costoso e dunque accessibile solo in ambiti professionali, ne venne implementata una versione semplificata che venne chiamata Dolby B.

# Dolby B

In questo caso sono presenti due filtri: un passa basso a frequenza di taglio fissa (1,5 KHz) e un passa banda con frequenze di taglio variabili in base al segnale di ingresso.

Il contenuto di alte frequenze del segnale di ingresso, comanda lo scorrimento del filtro: più sono presenti alte frequenze, più il filtro si sposta verso le alte frequenze.

Questo perché se il segnale originario presenta un elevato contenuto di alte frequenze, queste maschereranno il fruscio del nastro e dunque non sarà necessario attuare l'operazione di NR, viceversa un segnale povero di alte frequenze sarà molto più soggetto al fruscio e dunque si rende necessario un intervento di NR.

# Dolby C

Venne progettato intorno al 1980 al fine di migliorare il sistema Dolby B. Infatti è simile a questo, con la differenza che utilizza due filtri a frequenza variabile, a cui vengono aggiunti due compressori 2:1.

Questo sistema consente una riduzione del rumore fino a 20dB, anche se può conferire un suono innaturale al segnale decodificato a causa della massiccia manipolazione operata in fase di codifica.