

# Fondamenti di Elettronica

09

## Equalizzazione RIAA



Enrico Zanoni

[enrico.zanoni@unipd.it](mailto:enrico.zanoni@unipd.it)



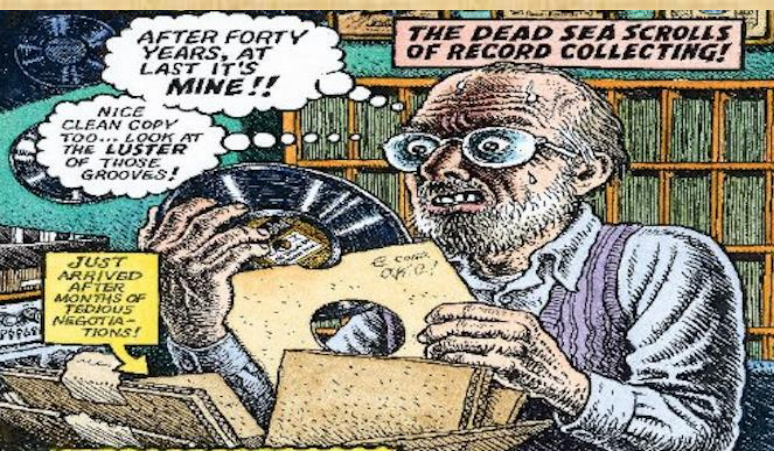
Vinyl reload  
dall'incisione  
a microsolco  
all'equalizzazione  
RIAA

Un circuito  
preamplificatore  
per i vecchi LP





giradischi ? che cosa è???





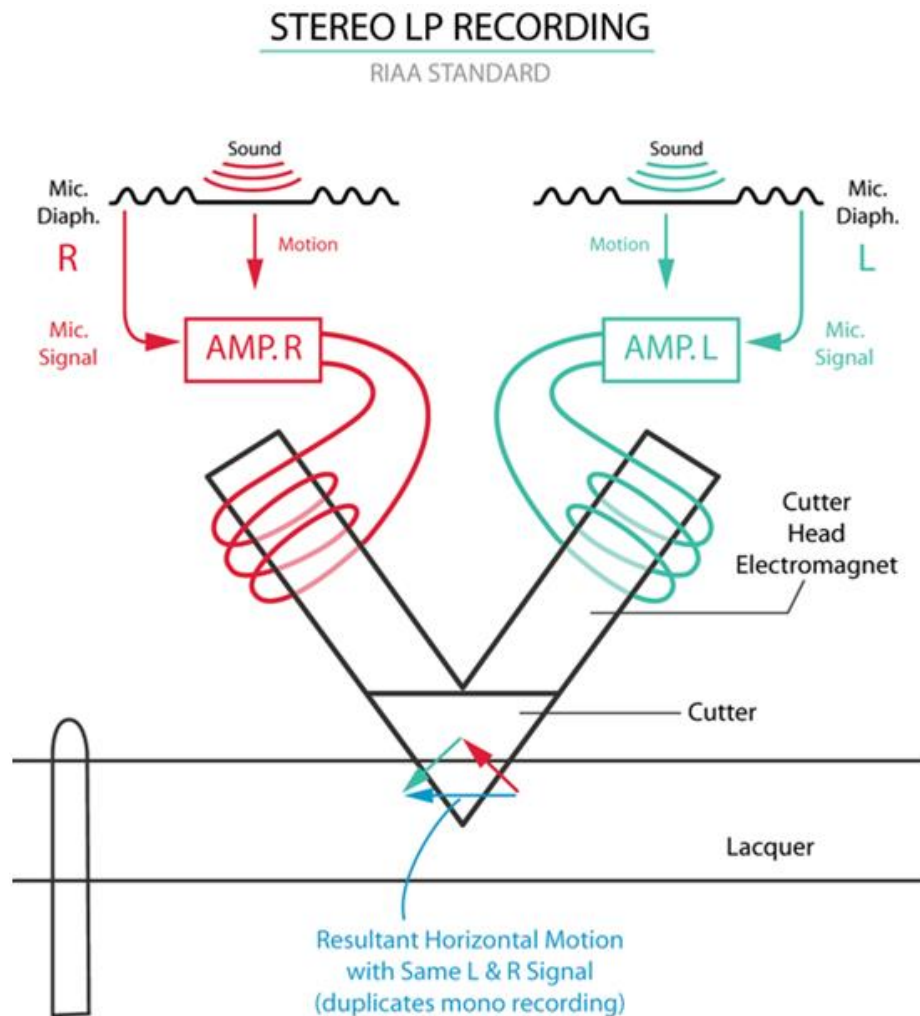
# Equalizzazione di segnale per i dischi in vinile

RIAA phono preamplifiers



**RECORD INDUSTRY ASSOCIATION OF AMERICA**

# Incisione di un disco in vinile



L'incisione di un disco a microsolco avviene tramite una punta tagliente comandata da elettromagneti

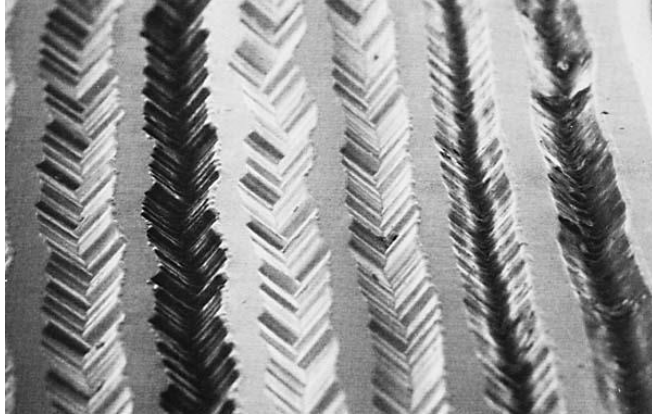
Le lame della punta sono disposte a  $46^\circ$  e incidono indipendentemente i due lati del microsolco, in modo da registrare i due canali stereo

L'incisione può avvenire ad **ampiezza costante** oppure a **velocità di incisione costante**

Per questioni relative al rapporto segnale/rumore, la dinamica è molto ampia, fino a 60 dB

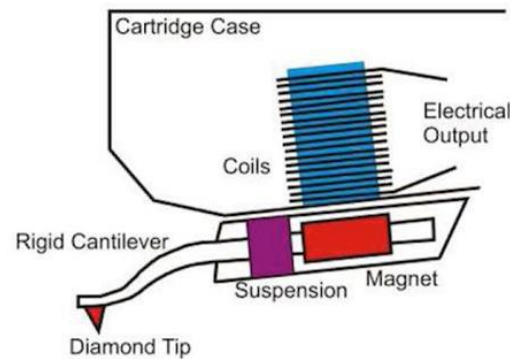
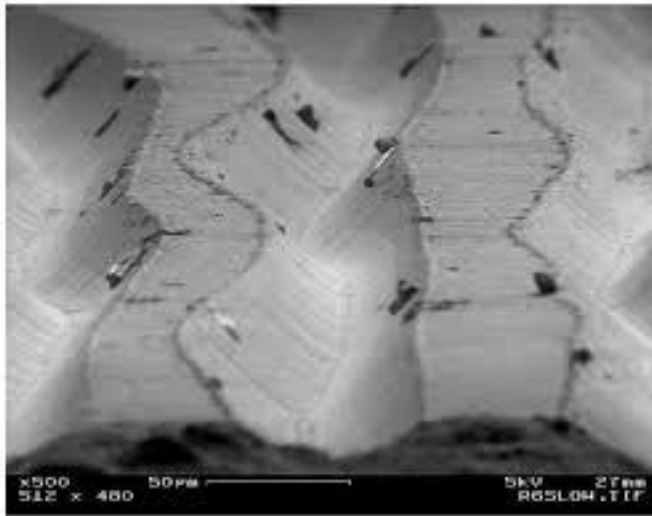


# Lettura del microsolco

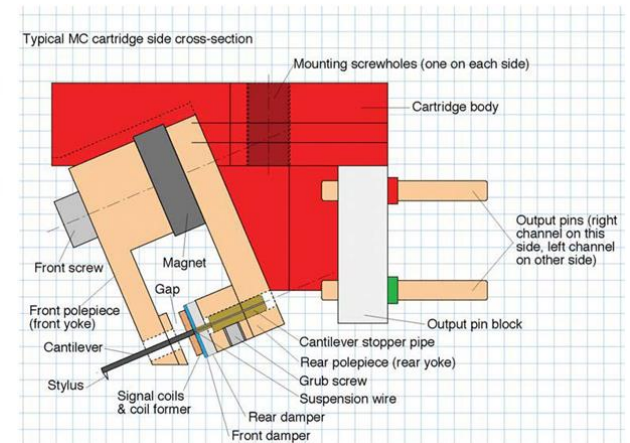


La lettura avviene tipicamente mediante una testina ad induzione magnetica, che produce un segnale compreso tra  $100\ \mu\text{V}$  e  $5\ \text{mV}$

Vi sono due tipi di testine: a magnete mobile e a bobina mobile (queste ultime hanno caratteristiche migliori e costano di più)



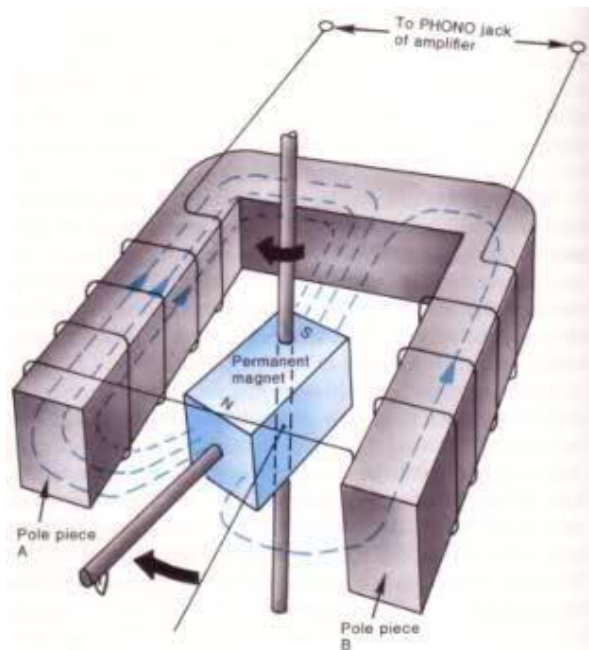
a magnete mobile



a bobina mobile

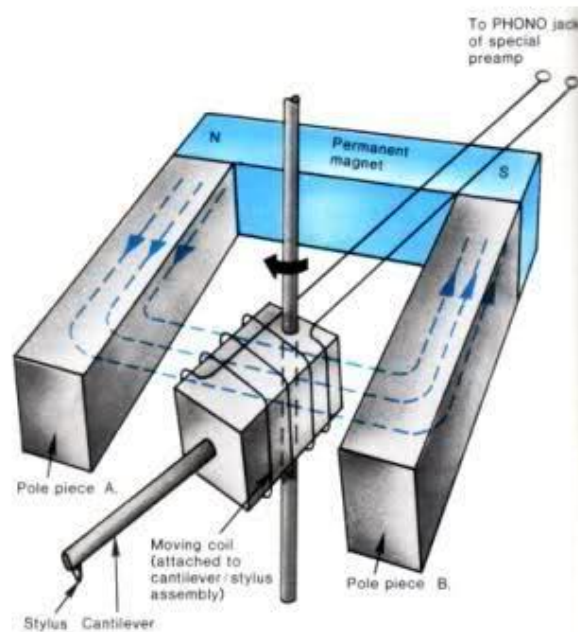
# Struttura di una testina phono

Moving magnet  
(1-5mV)



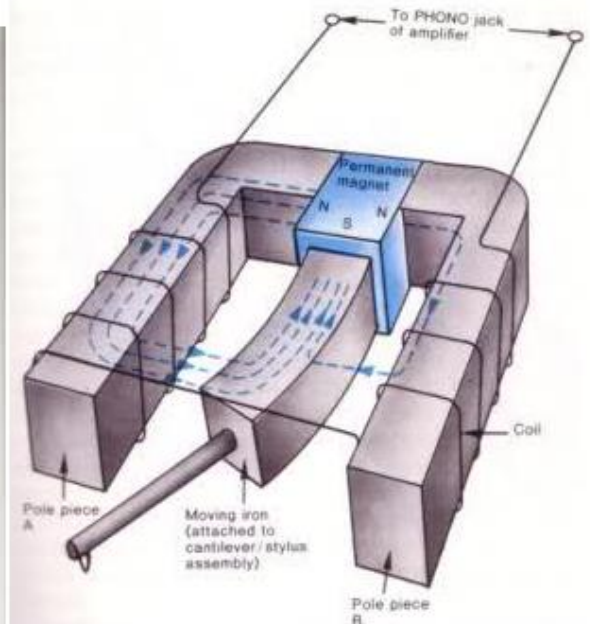
**Figure 12.21.** A schematic view of a moving magnet cartridge. (A) The stylus and the attached permanent magnet are in their "rest" positions. (B) The stylus and magnet have been forced to the left by the record groove (not shown).

Moving coil  
(100uV)



**Figure 12.23.** A moving coil cartridge. Notice that the coil is attached to the stylus while the permanent magnet remains stationary.

Variable reluctance  
(old)



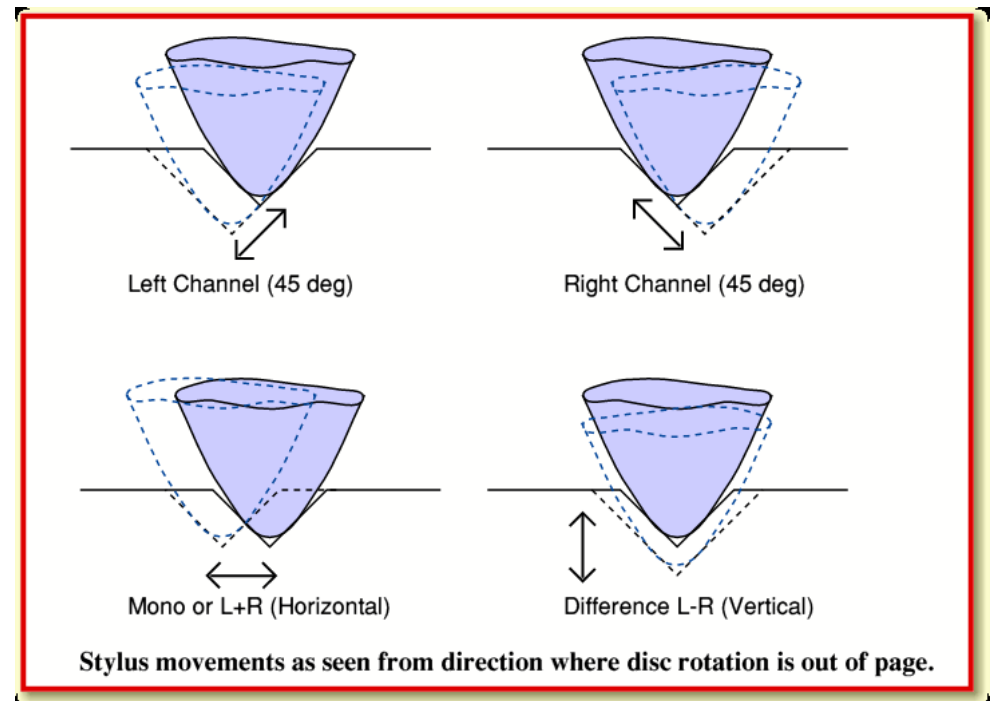
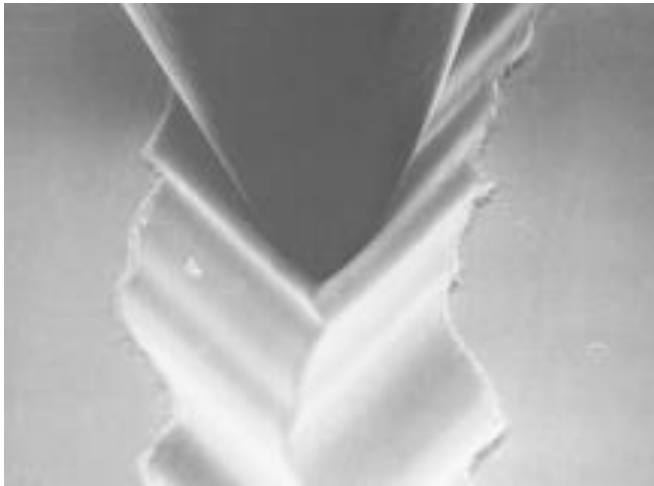
**Figure 12.24.** A variable reluctance cartridge showing both the stationary magnet and coils.



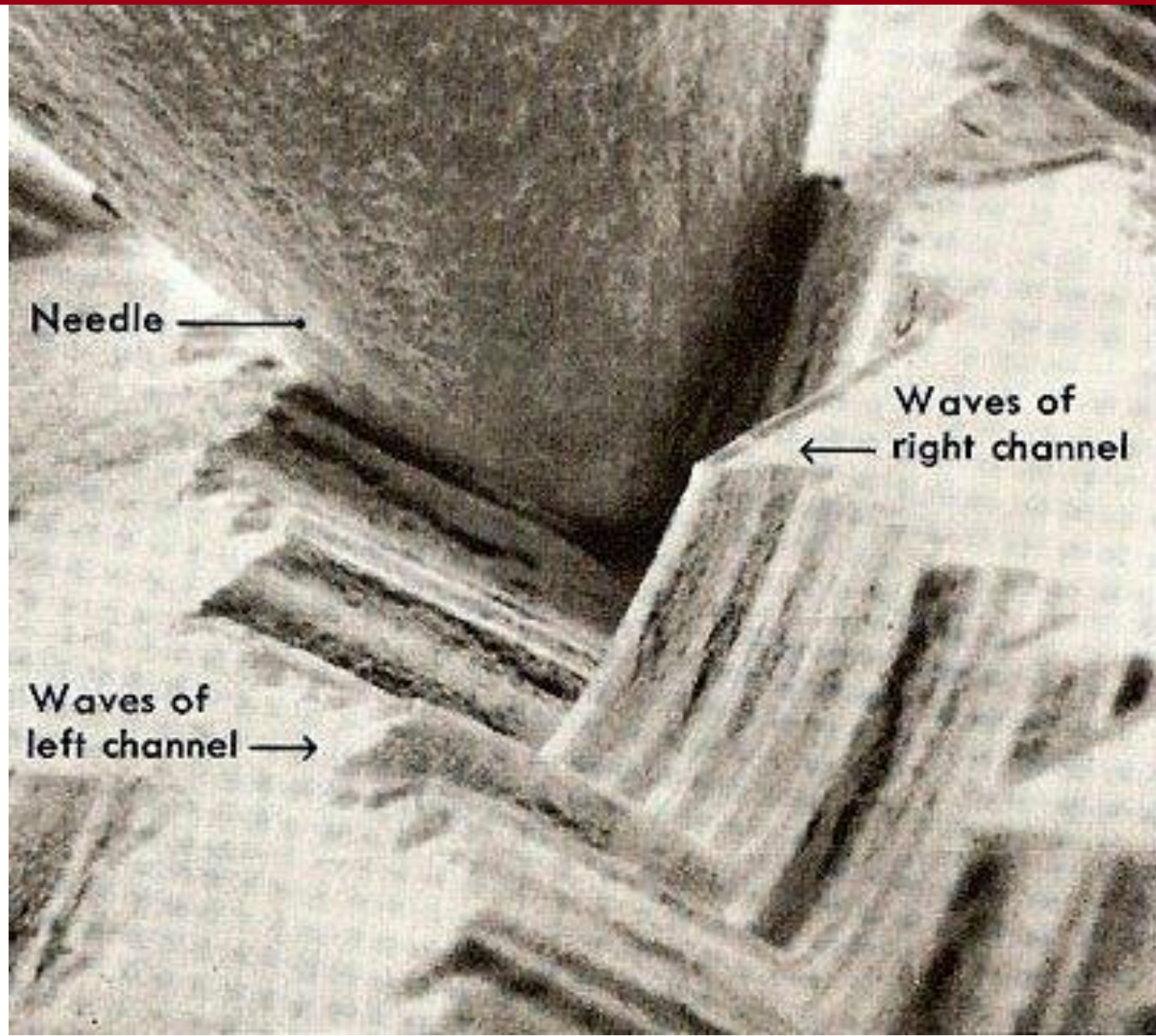
# Il microsolco per il segnale stereofonico

Il segnale stereofonico è registrato tramite due «variazioni» ortogonali della profondità del microsolco. La testina contiene due sistemi di rivelazione disposti ortogonalmente tra loro per ottenere i due segnali.

Un rivelatore monofonico (solo vibrazione orizzontale) fornisce la somma dei due segnali



# Puntina e disco al microscopio elettronico



# Funzionamento del pick-up phono

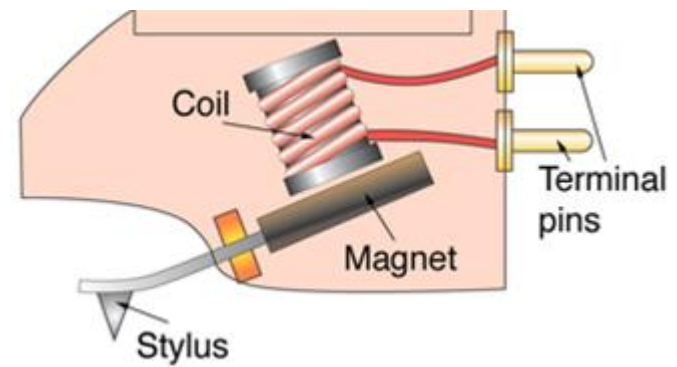
La lettura del segnale inciso su un disco avviene trasformando in un segnale elettrico le «vibrazioni meccaniche» di uno **stilo** che segue il solco tracciato sul disco. Le «vibrazioni» risultano dallo scostamento del solco rispetto al suo percorso «medio».

La vibrazione rilevata dallo stilo viene applicata ad un piccolo magnete che «vibra» in prossimità di una bobina provocando una **tensione indotta**:

$$e = N \frac{d\varphi}{dt}$$

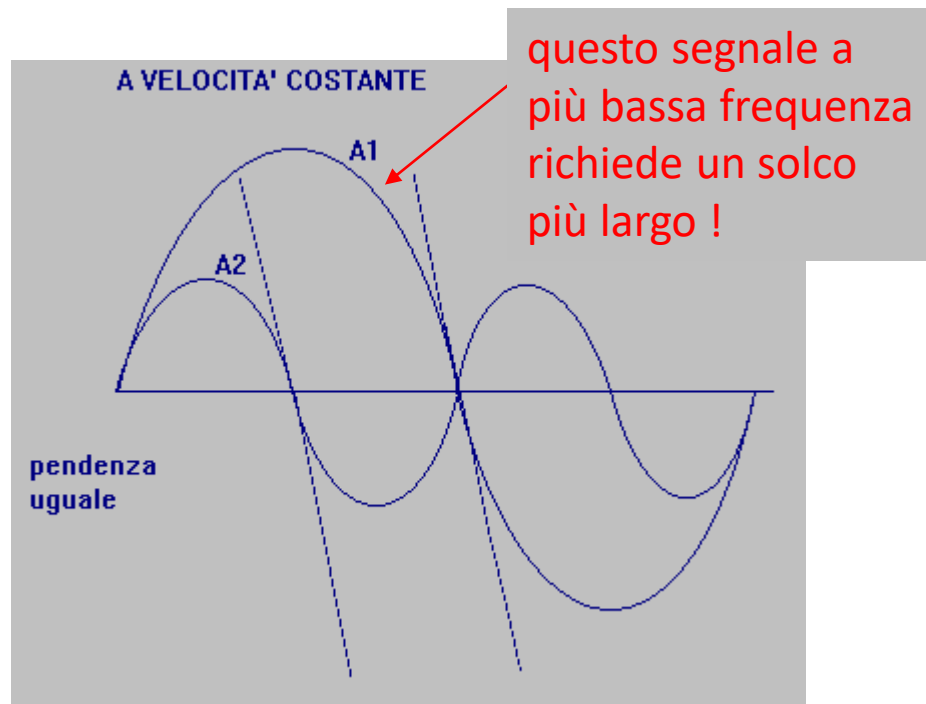
L'ampiezza della tensione rilevata dalla bobina è proporzionale alla variazione di flusso magnetico e quindi è **proporzionale all'ampiezza del movimento** del magnete (cioè alla **vibrazione dello stilo**) e **alla velocità del movimento** (frequenza del segnale).

Lo stesso principio si utilizza per incidere il microsolco sul disco «master».

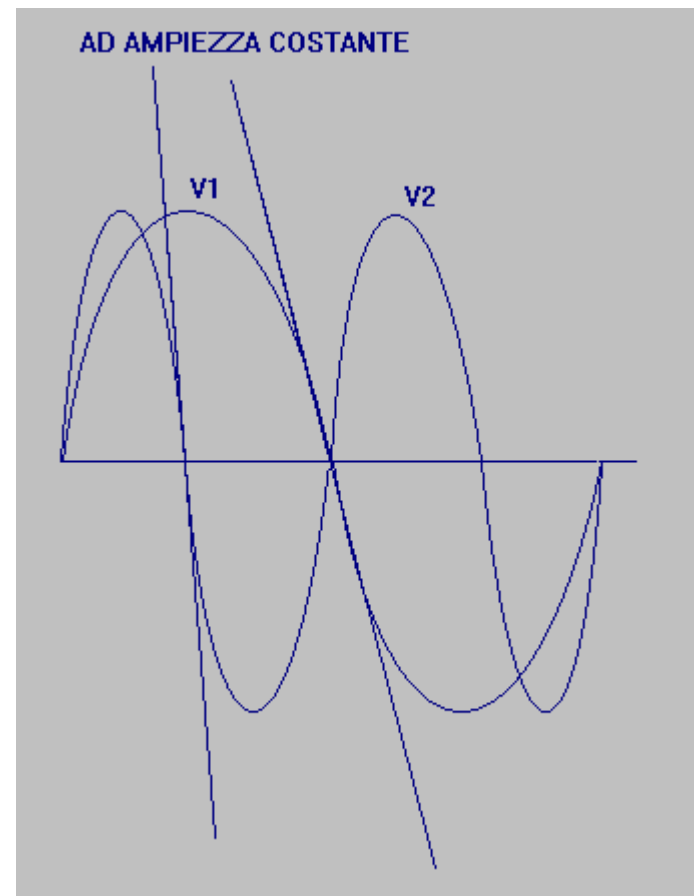




# Velocità costante o ampiezza costante



L'incisione a velocità costante mantiene costante la pendenza dei solchi; ad una frequenza più bassa corrisponde una profondità del solco maggiore e quindi maggiore spazio occupato: se si usasse questo tipo di incisione, la durata totale dei brani musicali contenuti in un «long-play» da 30 cm di diametro sarebbe fortemente ridotta



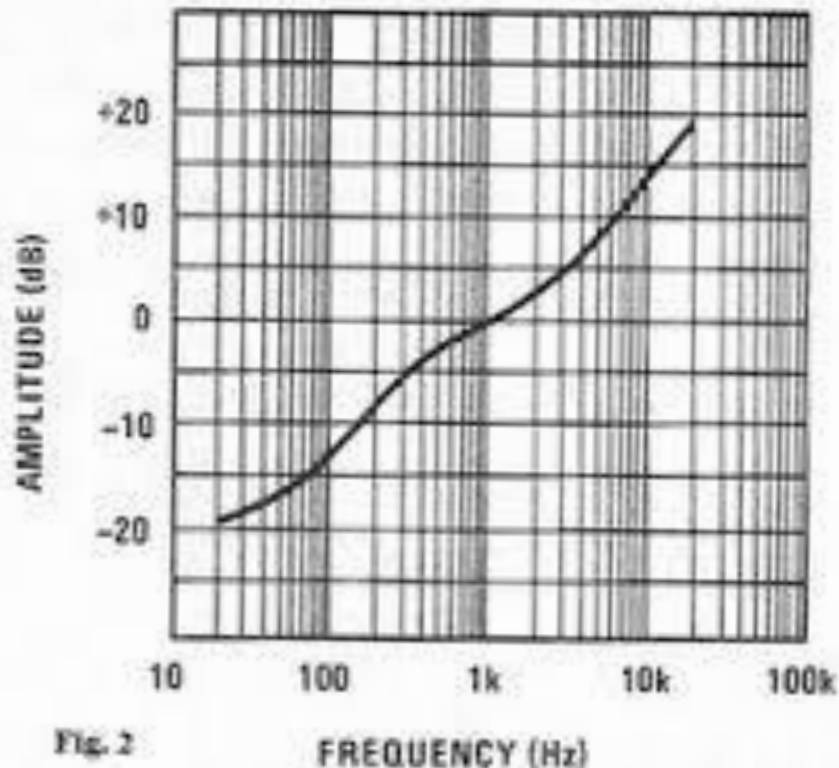
L'incisione ad ampiezza costante mantiene costante la profondità dei solchi.

**Ad una frequenza più bassa corrisponde una pendenza minore → un segnale più ridotto, o attenuato**

# Risposta in frequenza

## Lettura di un disco in vinile – risposta in frequenza

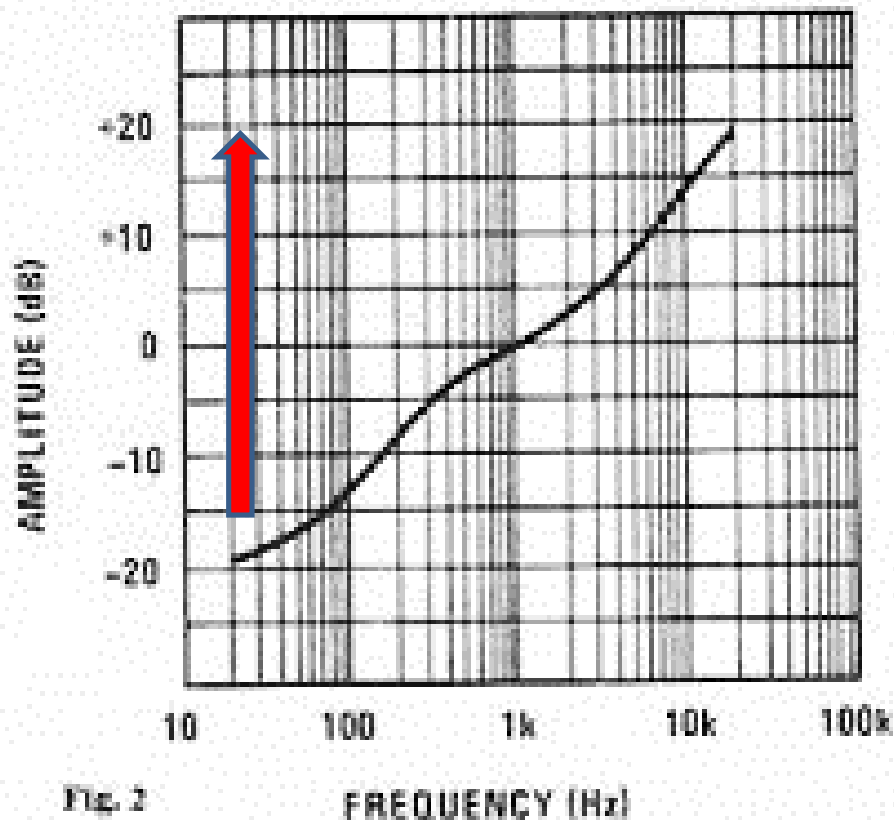
L'ampiezza del segnale è proporzionale alla variazione del flusso, a sua volta proporzionale alla pendenza del solco: l'ampiezza non dipende dalla frequenza solo se la pendenza si mantiene costante: ma richiederebbe di aumentare la profondità dei solchi alle basse frequenze



Se invece si incide ad ampiezza costante, questo è il risultato: i suoni a bassa frequenza vengono fortemente penalizzati !

# Risposta in frequenza e amplificazione

L'ampiezza del segnale è proporzionale alla variazione del flusso, a sua volta proporzionale alla pendenza del solco: l'ampiezza non dipende dalla frequenza solo se la pendenza si mantiene costante: ma richiederebbe di aumentare la profondità dei solchi alle basse frequenze



Se invece si incide ad ampiezza costante, questo è il risultato: i suoni a bassa frequenza vengono fortemente penalizzati !

Per ottenere una risposta in frequenza costante servirebbe un'amplificazione di 40 dB a 20 Hz

Fig. 2



# Perché serve una equalizzazione ?

Per avere un segnale di **ampiezza costante su tutto lo spettro di frequenze audio** è necessario avere una **vibrazione ampia a bassa frequenza** e una **vibrazione piccola ad alta frequenza**. La «vibrazione» è data dallo «spostamento dello stilo».

Questo corrisponde a una ampio spostamento dello stilo cioè una ampia variazione della posizione del solco alle basse frequenze e una piccola variazione della posizione del solco alle alte frequenze.

Le ampie variazioni del solco possono provocare una sovrapposizione di solchi vicini oltre a creare problemi di linearità della risposta (lo stilo non si può spostare di molto).

Le piccole ampiezze del solco si confondono con la rugosità stessa del solco (rumore).

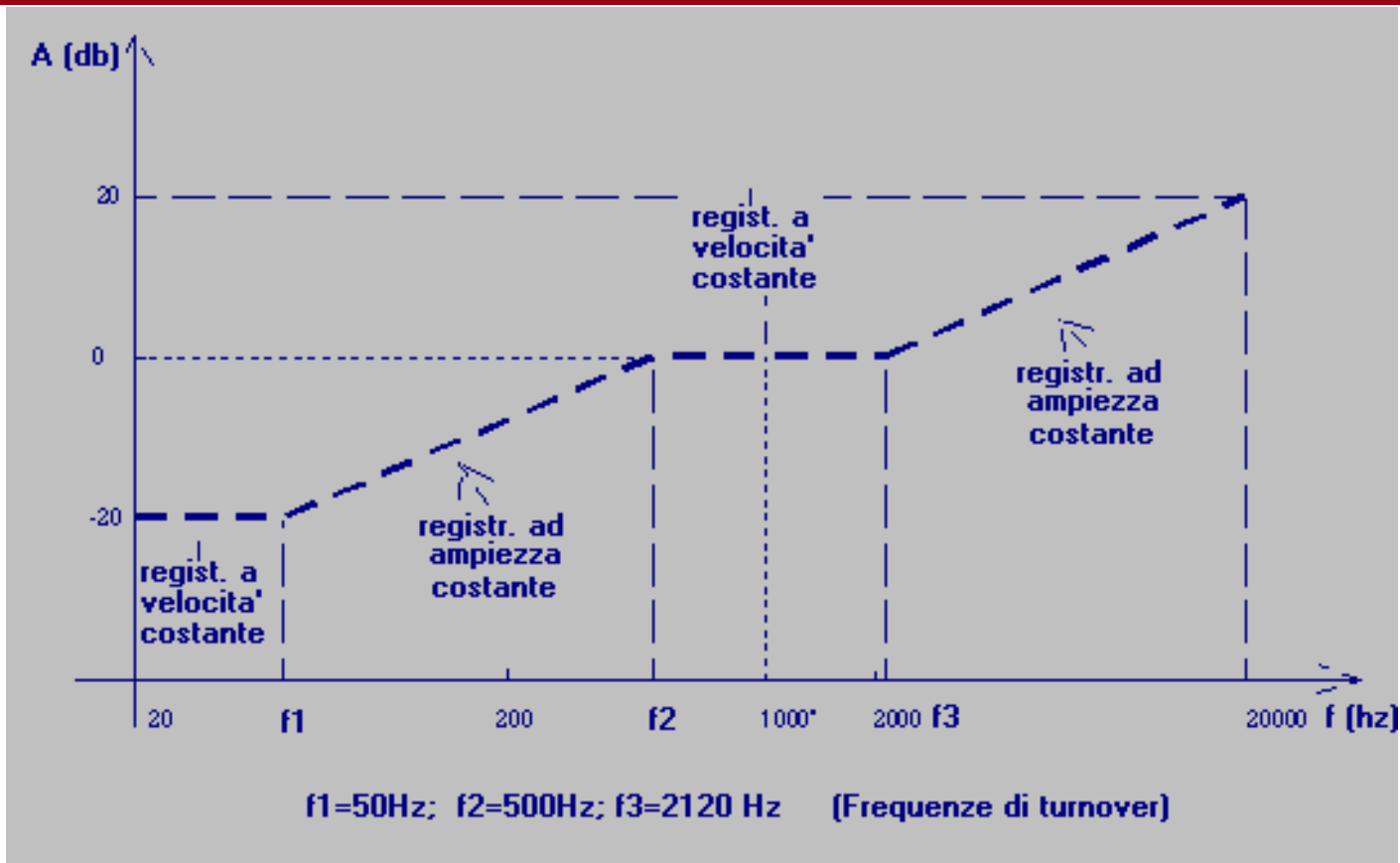
Si è quindi deciso (1925-1954) di equalizzare il segnale prima di registrarlo sul disco allo scopo di mantenere costante (circa) l'ampiezza (massima) dello spostamento del solco (vibrazione dello stilo) a tutte le frequenze del segnale audio.

Perciò, **prima di incidere il disco si attenuano le basse frequenze e si amplificano le alte frequenze**.

Quando si legge il disco si deve effettuare una equalizzazione inversa.

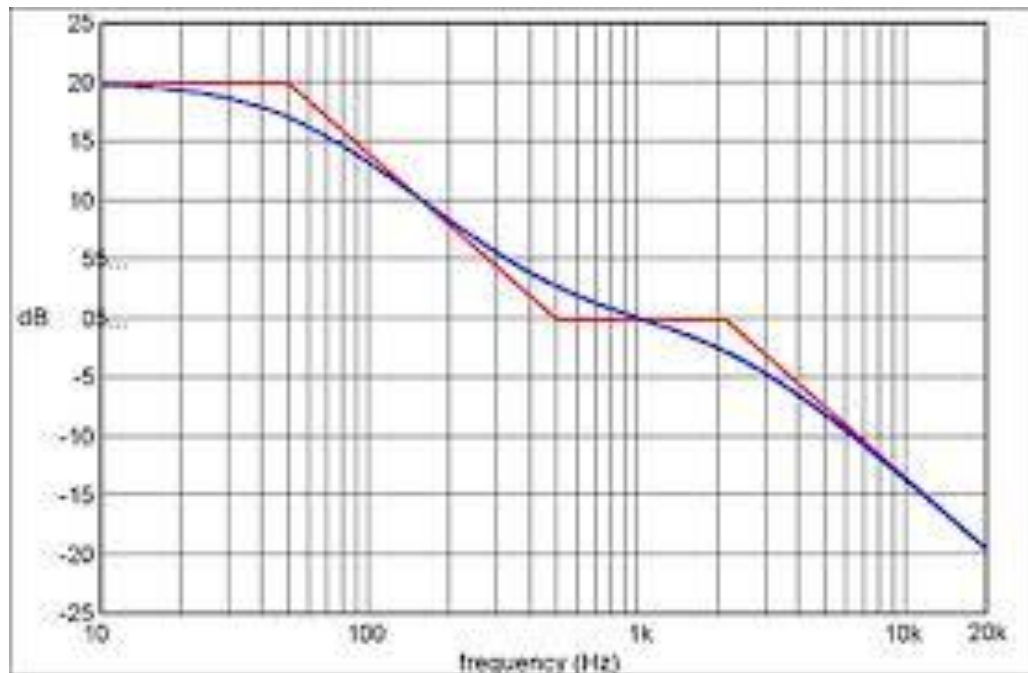
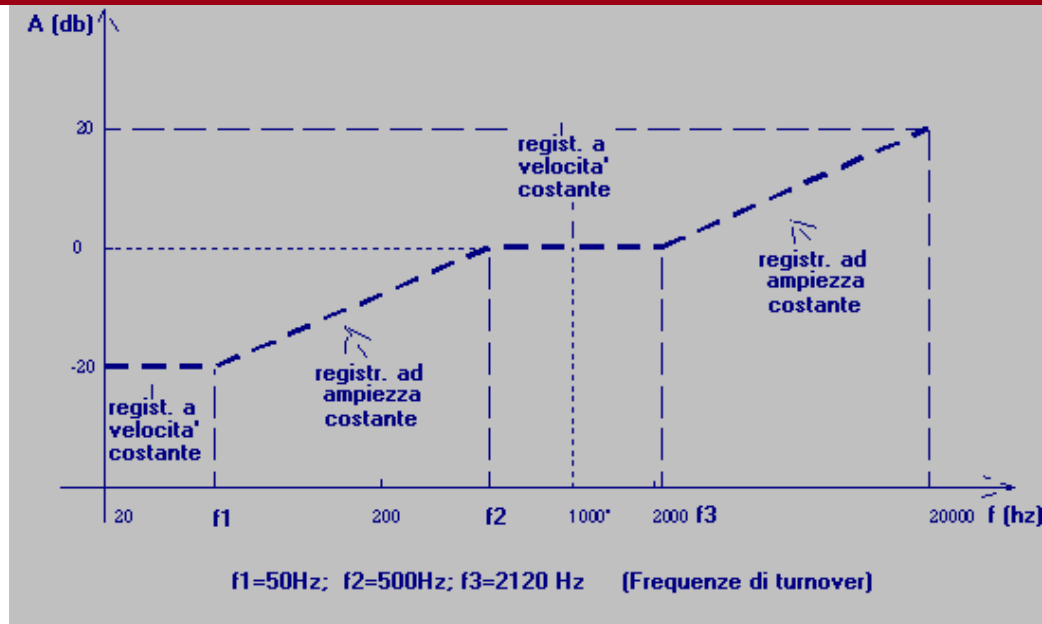
Dopo molti anni la «risposta in frequenza dell'equalizzatore» è stata standardizzata (RIAA)

# Standard RIAA di incisione



- tra 20000 Hz e 2120 Hz l'incisione avviene ad ampiezza costante e la risposta della testina diminuisce di 20dB/decade
- tra 2120 Hz e 500 Hz l'incisione avviene a velocità costante e la risposta della testina è costante
- tra 500 Hz e 50 Hz ampiezza costante, diminuzione di 20 dB/decade
- tra 50 Hz e 20 Hz velocità costante, risposta costante

# Standard RIAA di preamplificazione

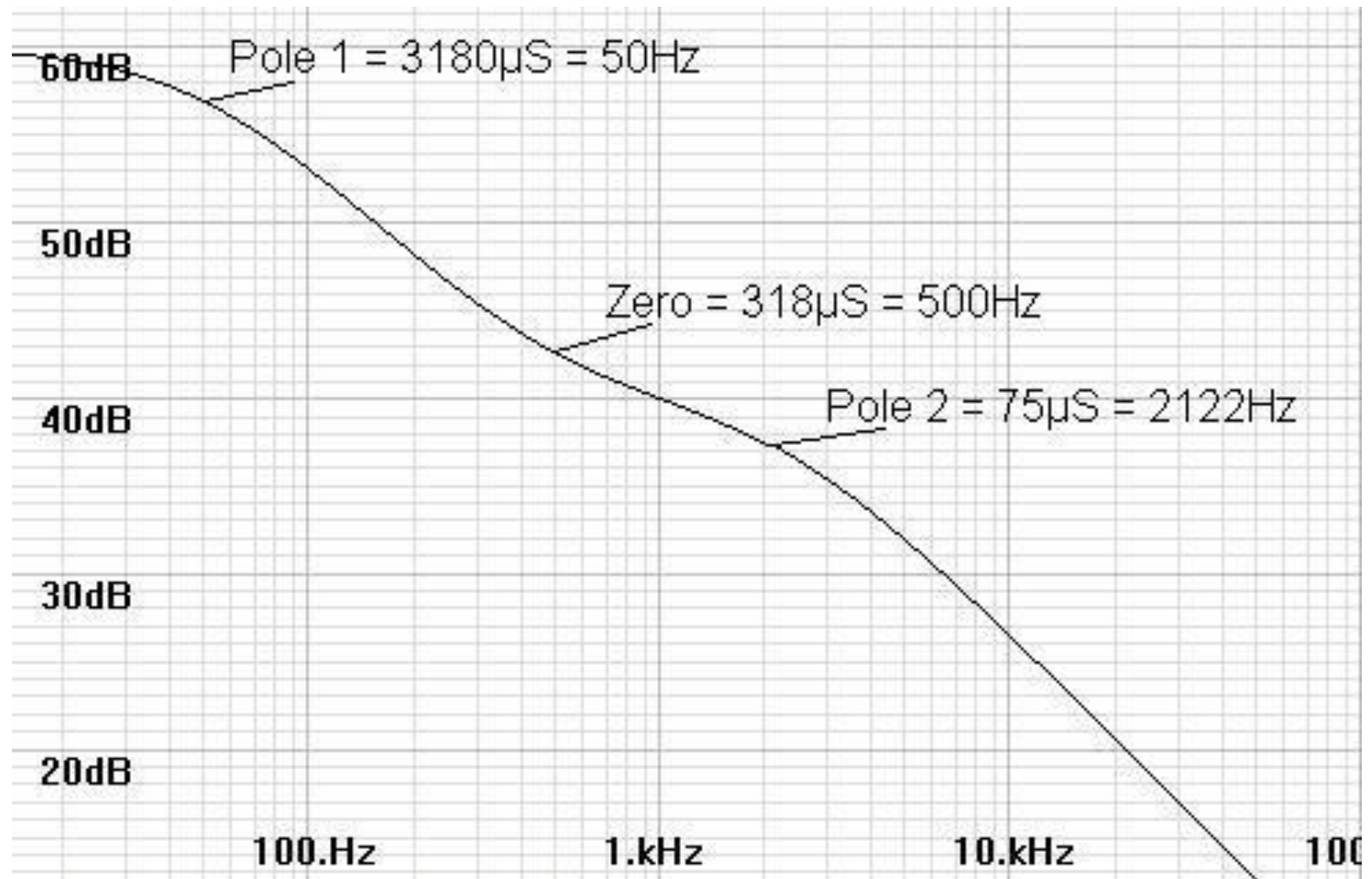


quindi, dato che desideriamo che la risposta del nostro sistema audio dia un guadagno costante entro  $\pm 3\text{ dB}$  tra 20 Hz e 20 kHz, è necessario compensare la dipendenza dalla frequenza della risposta della testina con un amplificatore il cui guadagno sia complementare (in dB) alla curva di risposta in figura

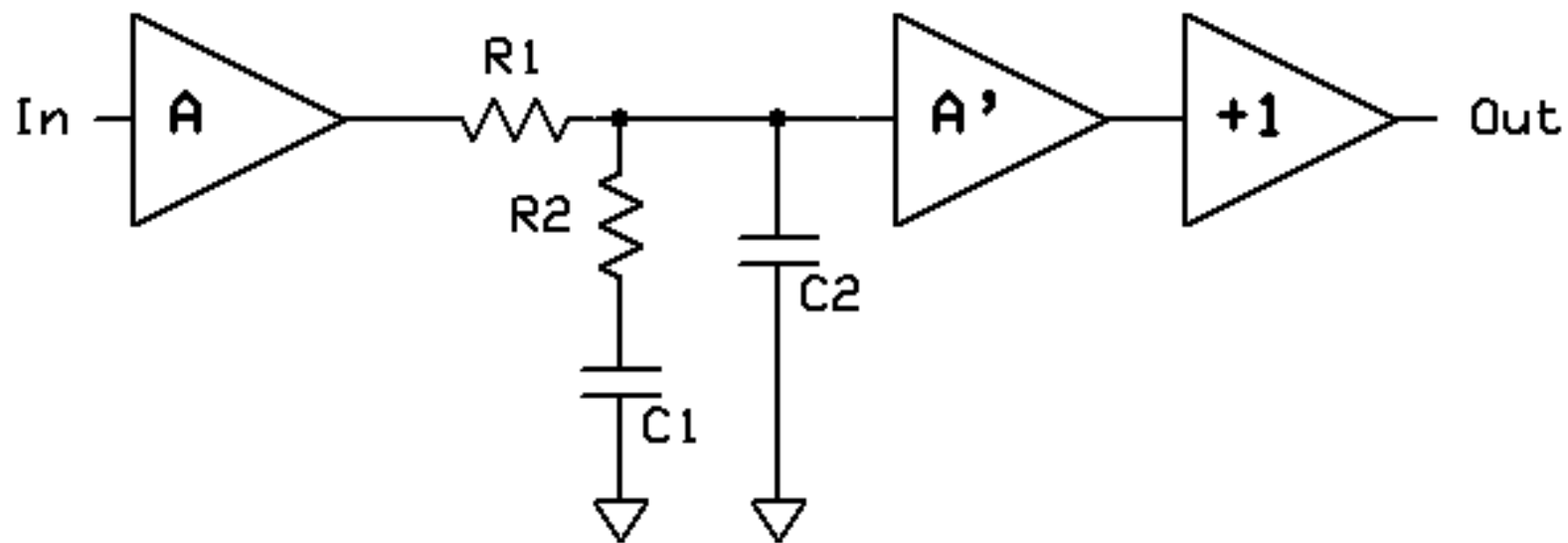
Ad esempio un amplificatore con questa risposta asintotica (in rosso; in blu quella non approssimata)



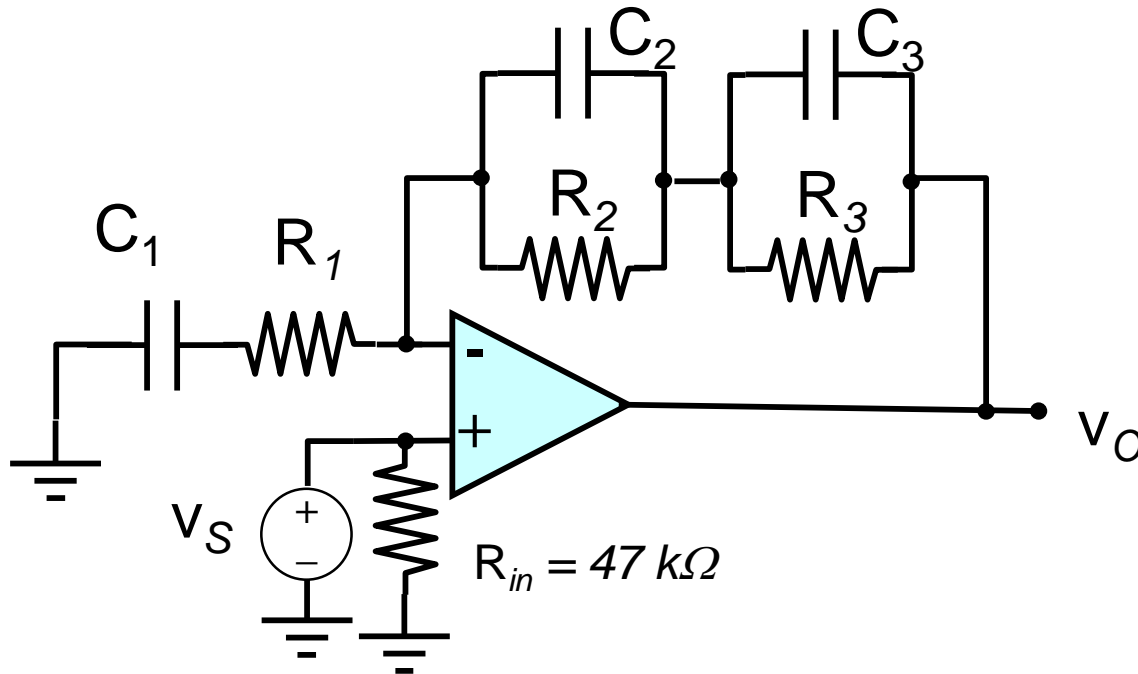
# Equalizzazione RIAA



# Equalizzatore RIAA



# RIAA playback preamplifier



Supponiamo di trascurare  
l'effetto di  $C_1$  : sia cioè  
 $Z_{C1} \ll R_1$

Rimane un filtro passa-basso  
in configurazione non  
invertente.

Ci aspettiamo che il guadagno  
a bassa frequenza sia

$$Z_2 = 1/j\omega C_2 // R_2 = \frac{R_2(1/j\omega C_2)}{R_2 + (1/j\omega C_2)} = \frac{R_2}{(1 + j\omega R_2 C_2)}$$

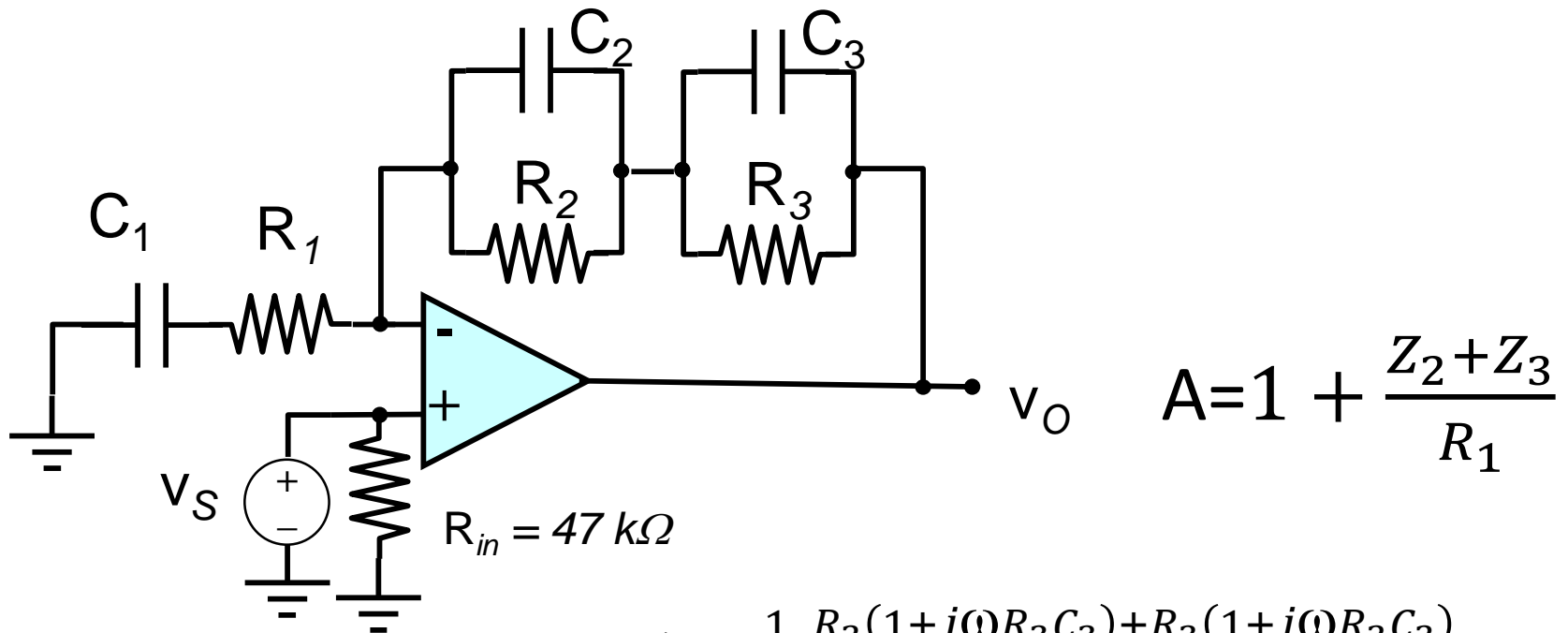
$$1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1}$$

$$Z_3 = 1/j\omega C_3 // R_3 = \frac{R_3(1/j\omega C_3)}{R_3 + (1/j\omega C_3)} = \frac{R_3}{(1 + j\omega R_3 C_3)}$$

mentre in generale

$$A = 1 + \frac{Z_2 + Z_3}{R_1}$$





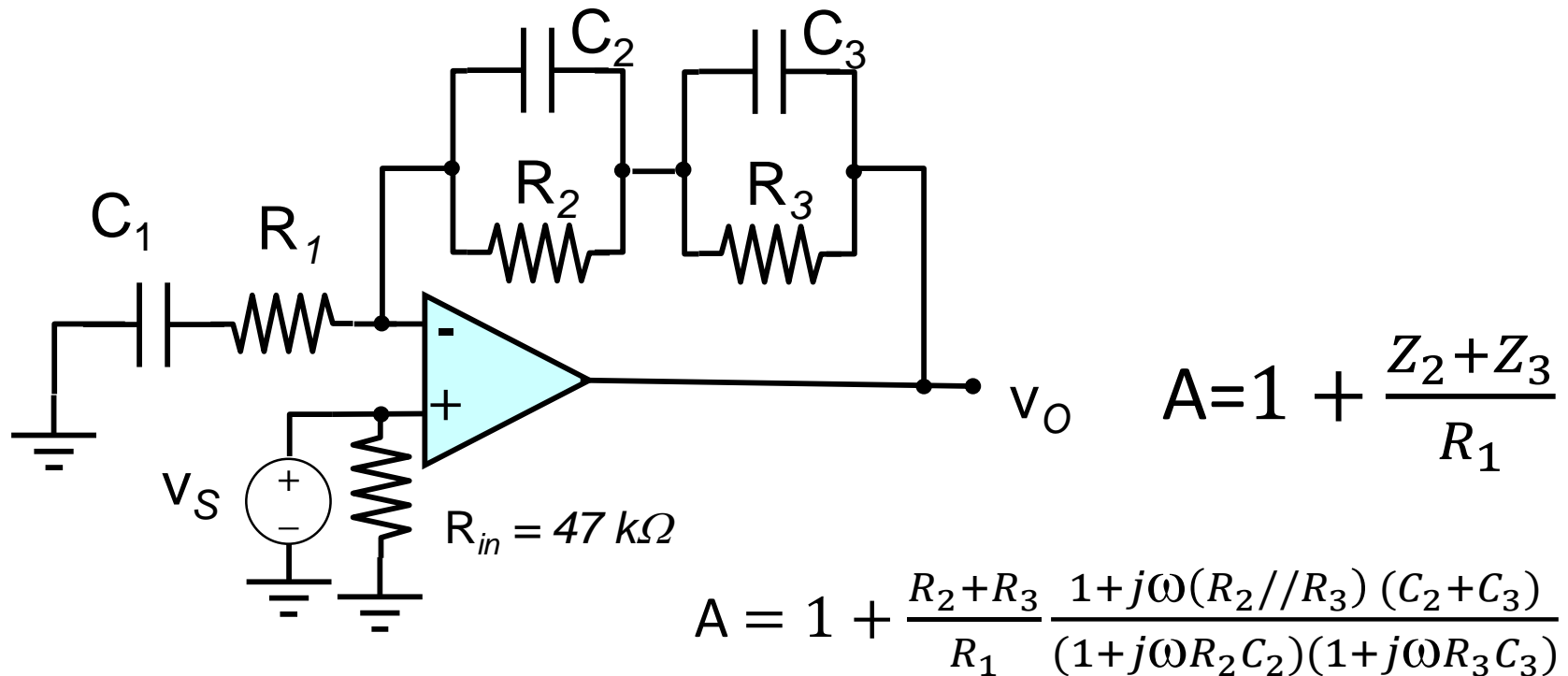
$$A = 1 + \frac{Z_2 + Z_3}{R_1}$$

$$A = 1 + \frac{1}{R_1} \frac{R_2(1+j\omega R_3 C_3) + R_3(1+j\omega R_2 C_2)}{(1+j\omega R_2 C_2)(1+j\omega R_3 C_3)}$$

$$A = 1 + \frac{1}{R_1} \frac{(R_2 + R_3) + (j\omega R_2 R_3)(C_2 + C_3)}{(1+j\omega R_2 C_2)(1+j\omega R_3 C_3)}$$

$$A = 1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1} \frac{1 + j\omega \left( \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right) (C_2 + C_3)}{(1+j\omega R_2 C_2)(1+j\omega R_3 C_3)}$$

# RIAA playback preamplifier

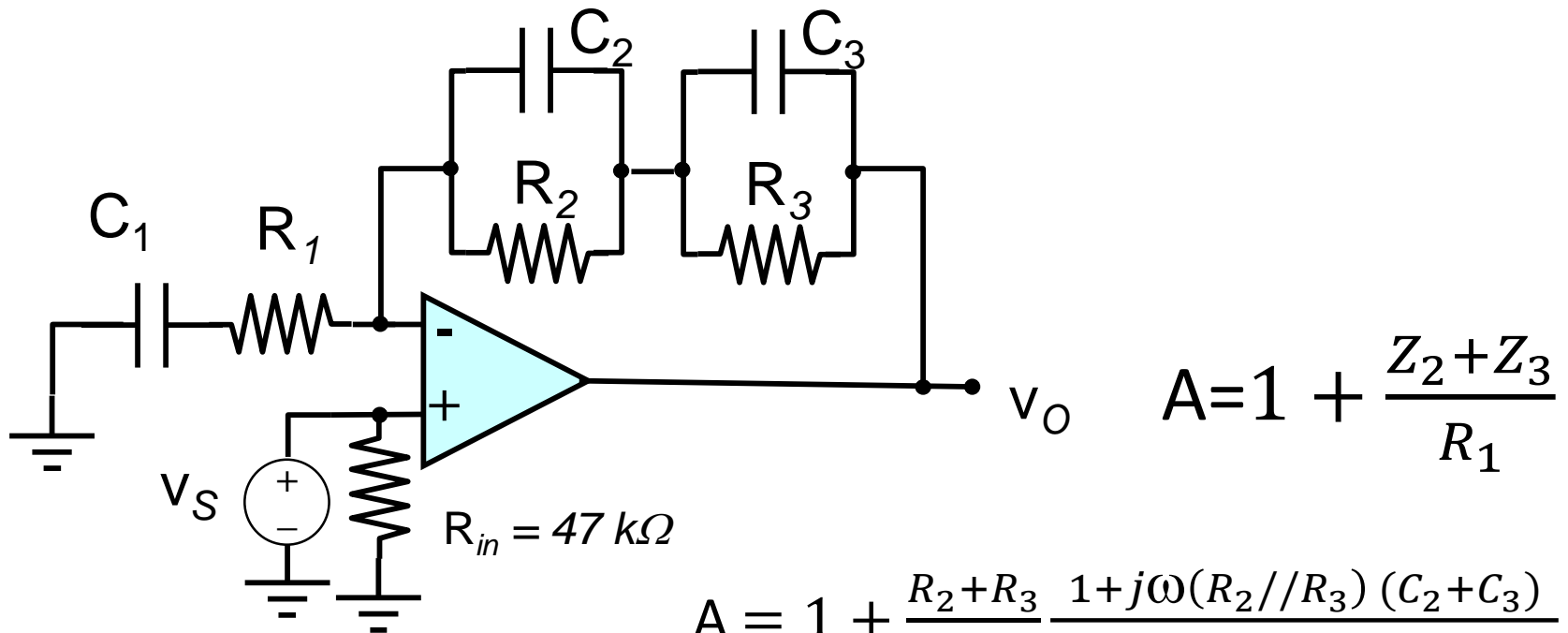


Ci sono 3 costanti di tempo:

$(R_2 // R_3)(C_2 + C_3)$  che corrisponde ad uno zero della funzione  $A$

$R_2 C_2$  che corrisponde ad un polo

$R_3 C_3$  che corrisponde ad un altro polo



$$A = 1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1} \frac{1 + j\omega(R_2 // R_3)(C_2 + C_3)}{(1 + j\omega R_2 C_2)(1 + j\omega R_3 C_3)}$$

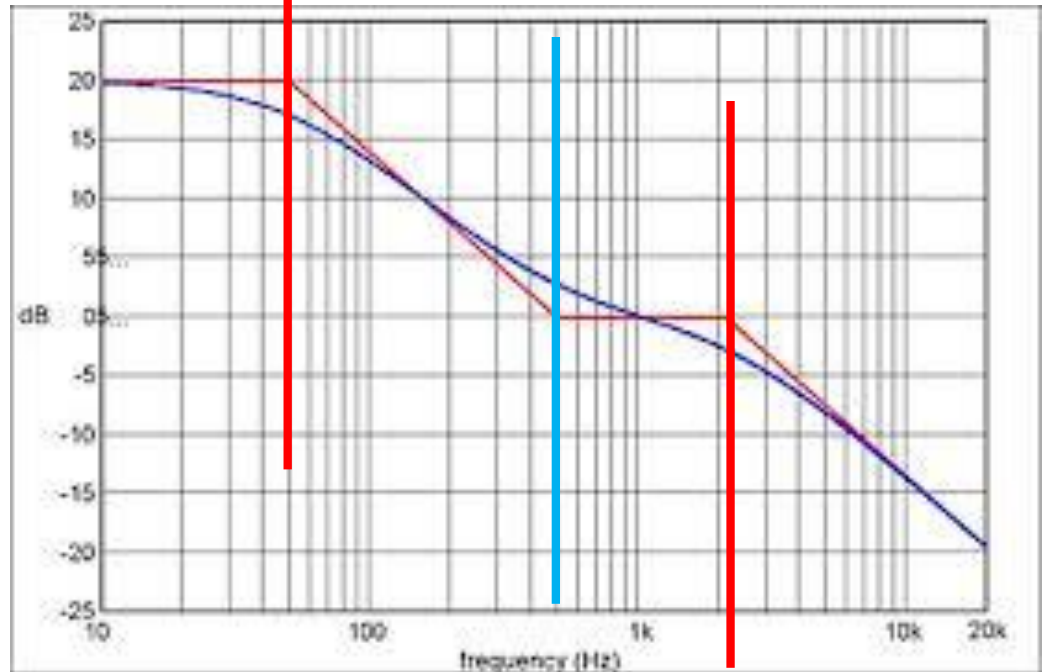
$$A = 1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1} \frac{1 + j\omega/\omega_1}{(1 + j\omega/\omega_2)(1 + j\omega/\omega_3)}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{(R_2 // R_3)(C_2 + C_3)}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{(R_1 C_1)}$$

$$\omega_3 = \frac{1}{(R_2 C_2)}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

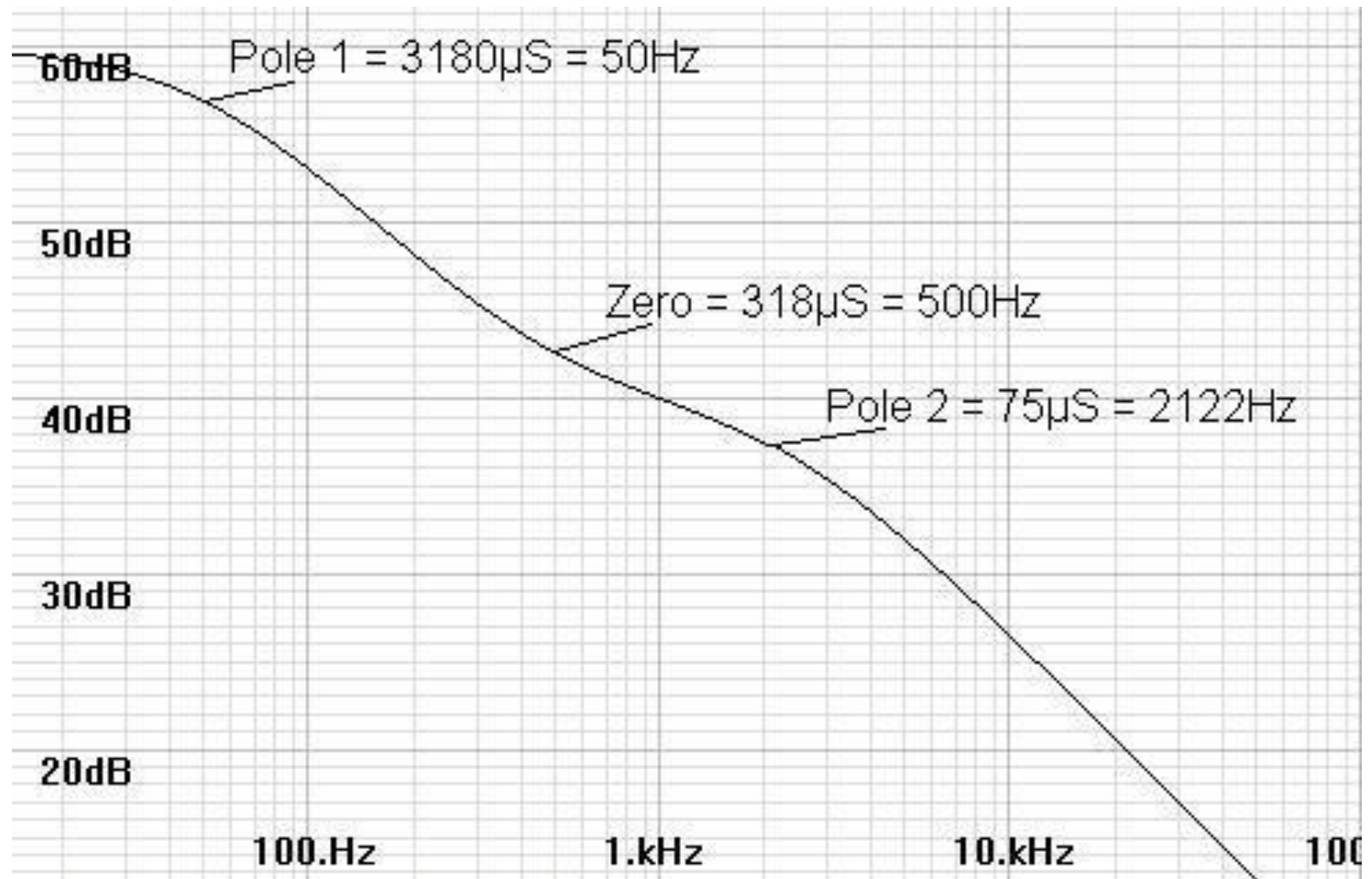


$f_2$                        $f_1$                        $f_3$   
 (pole)                      (zero)                      (pole)

$$A = 1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1} \frac{1 + j\omega(R_2 // R_3)(C_2 + C_3)}{(1 + j\omega R_2 C_2)(1 + j\omega R_3 C_3)}$$



# Equalizzazione RIAA



# Equalizzatore RIAA... con una resistenza in più

