

# 1) Equalizador RIAA

Na década de 50 a Associação Americana das Indústrias de Gravação (RIAA) criou uma curva padrão com atenuação de graves para a gravação de discos de vinil que traz os seguintes benefícios:

- i) Com os graves atenuados, o tamanho do sulco diminui. Conseqüentemente, diminuem as distorções na captação e aumenta o tempo de gravação.
- ii) Como as frequências mais altas são amplificadas, na reprodução elas deverão ser atenuadas. Junto, serão atenuados ruídos de alta frequência gerados na captação.

Na entrada de phono magnético dos amplificadores de áudio deve ter um pré-amplificador que compense a perda dos graves no momento da gravação cuja FT é dada por:

$$T_{\text{RIAA}}(s) = \frac{12556,37(s + 2\pi \cdot 500)}{(s + 2\pi \cdot 50)(s + 2\pi \cdot 2120)}$$

que apresenta um zero real em 500 Hz e dois polos reais em 50 Hz e 2.120 Hz. A Magnitude da resposta em frequência é mostrada na Fig. 1 junto com o diagrama assintótico. Devido a esta resposta, se um microfone é ligado na entrada de phono-magnético, aparece uma microfonia em BF. Por outro lado se o sinal captado de um disco de vinil for aplicado em um pré de microfone (linear), o som será desagradavelmente agudo, uma vez que os graves foram atenuados na gravação.

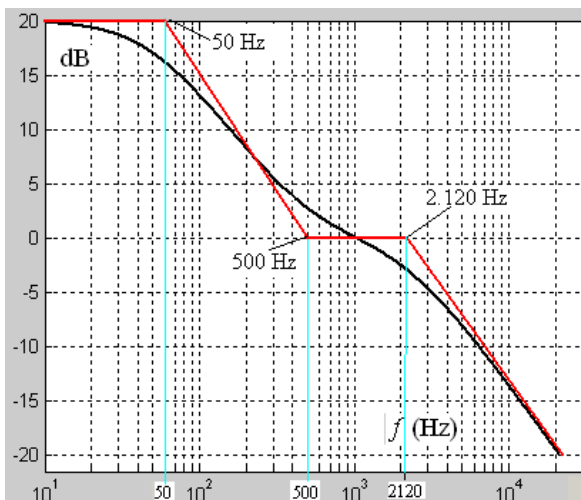


Fig. 1- Resposta em frequência de um equalizador RIAA.

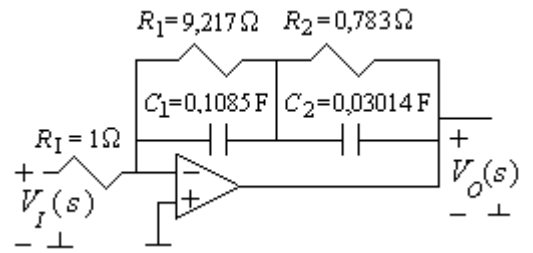


Fig. 2 - Equalizador RIAA

Um exemplo de rede RIAA normalizada em frequência (primeiro polo em 1 rad/s) e impedância é mostrada na Fig. 2. Deseja-se que o primeiro polo seja  $2\pi 50$  rad/s e que o maior capacitor seja igual a 47nF (valor da série E-12). Os capacitores desnormalizados em frequência são:  $C_1 = 0,1085 / 2\pi \cdot 50 = 3,45336e-4$  e  $C_2 = 0,0301362 / 2\pi \cdot 50 = 9,59265e-5$  F

Para que o maior capacitor seja igual 47nF:  $\frac{3,45336e-4}{b} = 47 \text{ nF} \therefore b = 7347,5744$ . Então  $C_2 = \frac{9,59265e-5}{7347,5744} = 13,055 \text{ nF}$ ,  $R_1 = 7,347 \text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = 67,724 \text{ k}\Omega$  e  $R_2 = 5,750 \text{ k}\Omega$ .

Considerando valores da série E-12 para os capacitores e série E-96 para os resistores, tem-se:.

$$C_1 = 47 \text{ nF} \quad C_2 = 1\text{nF}+12\text{nF}=13\text{nF} \quad R_1 = 7,32 \text{ k}\Omega \quad R_1 = 68,1 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 5,76 \text{ k}\Omega$$

A Fig. 3 mostra a curva obtida com os valores comerciais e considerando tolerâncias de 10% para os capacitores, 1% para os resistores, 30% para o GB do amp. op.. O amp. op. considerado possui valor nominal

do GB de 6,5 MHz e resistência de saída  $R_0 = 700\Omega$ . O máximo desvio estatístico obtido foi de  $\pm 0,73\text{dB}$  em aproximadamente 172 Hz.

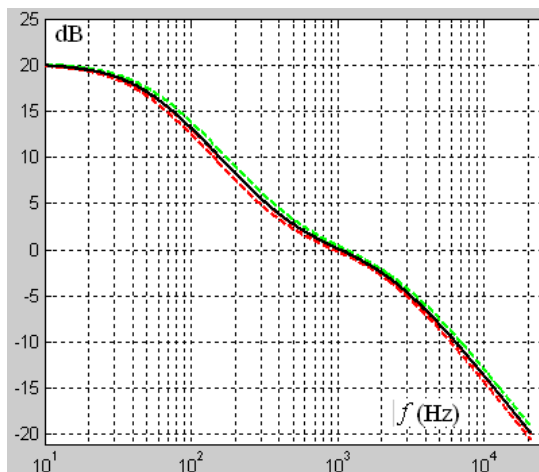


Fig. 3 - Resposta em frequência do equalizador RIAA.

## 2) Filtro para geração de ruído rosa a partir de um Ruído Branco

O ruído Rosa, usado como fonte de sinal na medida das características de sistemas de eletroacústicos, apresenta uma Densidade Espectral de Potência (DEP) proporcional a  $1/f$ . Então ele pode ser obtido a partir da filtragem de ruído Branco que apresenta (DEP) constante e é facilmente gerado por um circuito transistorizado. O filtro usado deve apresentar uma resposta em frequência com uma queda de  $-3\text{dB/O}$  aproximada pela resposta de um filtro com zeros e polos reais alternados. A FT de quinta ordem é dada por:

$$T(s) = \frac{K(s + z_1)(s + z_2)(s + z_3)(s + z_4)(s + z_5)}{(s + p_1)(s + p_2)(s + p_3)(s + p_4)(s + p_5)} \quad (\text{k ideal é aproximadamente } 1,56)$$

A Fig. 4 mostra a rede que permite a obtenção de ruído rosa a partir de um ruído branco. Os valores dos elementos são:  $R_1 = 26,1\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 8,87\text{k}\Omega$ ,  $R_3 = 3,24\text{k}\Omega$ ,  $R_4 = 1,18\text{k}\Omega$ ,  $R_5 = 324\Omega$ ,  $R_E = 30,9\text{k}\Omega$ ,  $C_1 = (270 + 27)\text{ nF}$ ,  $C_2 = (120 + 2, 2)\text{ nF}$ ,  $C_3 = 47\text{ nF}$ ,  $C_4 = 18\text{ nF}$  e  $C_5 = (4,7 + 4,7)\text{ nF}$ . A Fig.5 mostra a magnitude da resposta em frequência da rede RIAA projetada.

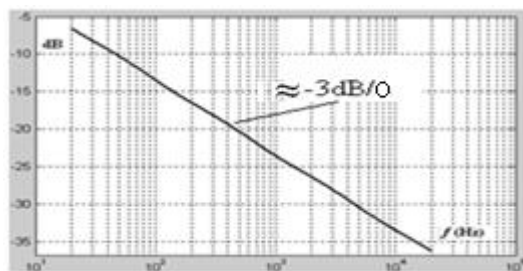
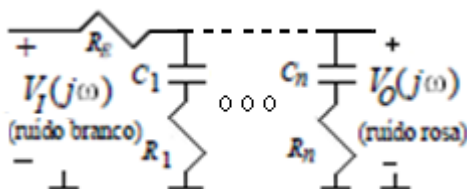
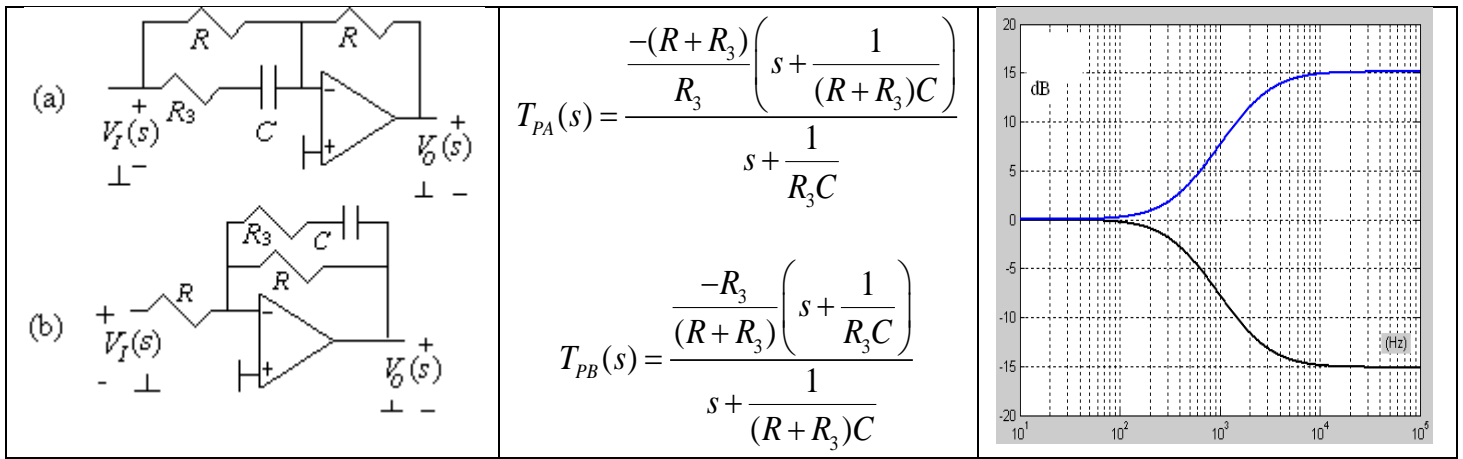


Fig. 4 - Obtenção de Ruído Rosa a partir de um Ruído Branco Fig. 5 - Magnitude obtida com a rede da Fig. 43

## 3) Filtros de Pré-ênfase (efeito PA) e Dê-ênfase (efeito PB)

Estes filtros são usados quando um sistema introduz ruído de frequências altas (AF). Exemplos destes são de-moduladores FM e BBD's. Sem o uso dos filtros de Pré-ênfase e Dê-ênfase, a simples colocação de um filtro PB na saída reduziria o efeito do ruído de AF, mas também atenuaria as frequências altas do sinal que está sendo processado.



#### 4) Reforço e Atenuação de Graves, Médios e Agudos em Pré-amplificadores de áudio

A FT da seção de controle de graves é  $T_{CG}(s) = \frac{s+a}{s+b}$ . O ganho em AF ( $s \rightarrow \infty$ ) é unitário (0 dB), mas, em BF ( $s \rightarrow 0$ ), é  $20\log(a/b)$ . Se  $a > b$ , em BF tem-se uma amplificação (*boost*). Se  $a < b$ , tem-se uma atenuação (*cut*). A Fig. 6(a) ilustra essas duas situações, para os casos de  $a = 39,81$  rad/s e  $b = 10$  rad/s (amplificação de 12 dB em BF) e para  $a = 10$  rad/s e  $b = 39,81$  rad/s (atenuação de 12 dB em BF).

No caso da seção controle de agudos, a FT é dada por  $T_{CA}(s) = \frac{cs+1}{ds+1}$ . Nesse caso, o ganho em BF ( $s \rightarrow 0$ ) é unitário (0 dB), mas, em AF ( $s \rightarrow \infty$ ), é dado por  $20\log(c/d)$ . Assim, para  $c > d$ , em AF tem-se uma amplificação (*boost*). Para  $c < d$ , em AF tem-se uma atenuação (*cut*). A Figura 6(b) ilustra essas duas situações, para os casos de  $c = 0,03981$  rad/s e  $d = 0,01$  rad/s e para  $c = 0,01$  rad/s e  $d = 0,03981$  rad/s.

Uma função de transferência do tipo controle de médios é dada por  $T_{CM}(s) = \frac{s^2 + (\omega_0/Q_Z)s + \omega_0^2}{s^2 + (\omega_0/Q_P)s + \omega_0^2}$  onde  $\omega_0$  é o módulo dos polos e dos zeros da função,  $Q_Z$  é o fator de qualidade dos zeros e  $Q_P$  é o fator de qualidade dos polos. Em baixa frequência ( $\omega \rightarrow 0$ ), o ganho tende a 0 dB. Em AF ( $\omega \rightarrow \infty$ ), o ganho tende a 0 dB. Em  $\omega_0$ , o ganho é  $20\log(Q_P/Q_Z)$ . Logo, em  $\omega_0$ , há três possíveis situações: Se  $Q_P > Q_Z$ , obtém-se um ganho (*boost*). Se  $Q_P = Q_Z$ , o ganho é nulo (resposta flat). Se  $Q_P < Q_Z$ , obtém-se uma atenuação (*cut*). A Fig. 6 (c) mostra o caso de um ganho de +12dB nas três seções. O circuito para obtenção de reforço e atenuação de graves, médios e agudos é mostrado na Fig. 5.

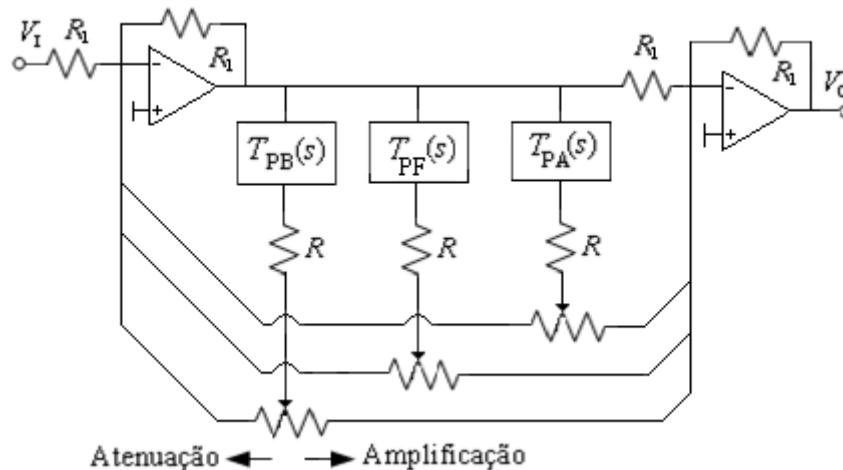


Fig. 5 Circuito para obtenção de reforço e atenuação de graves, médios e agudos.

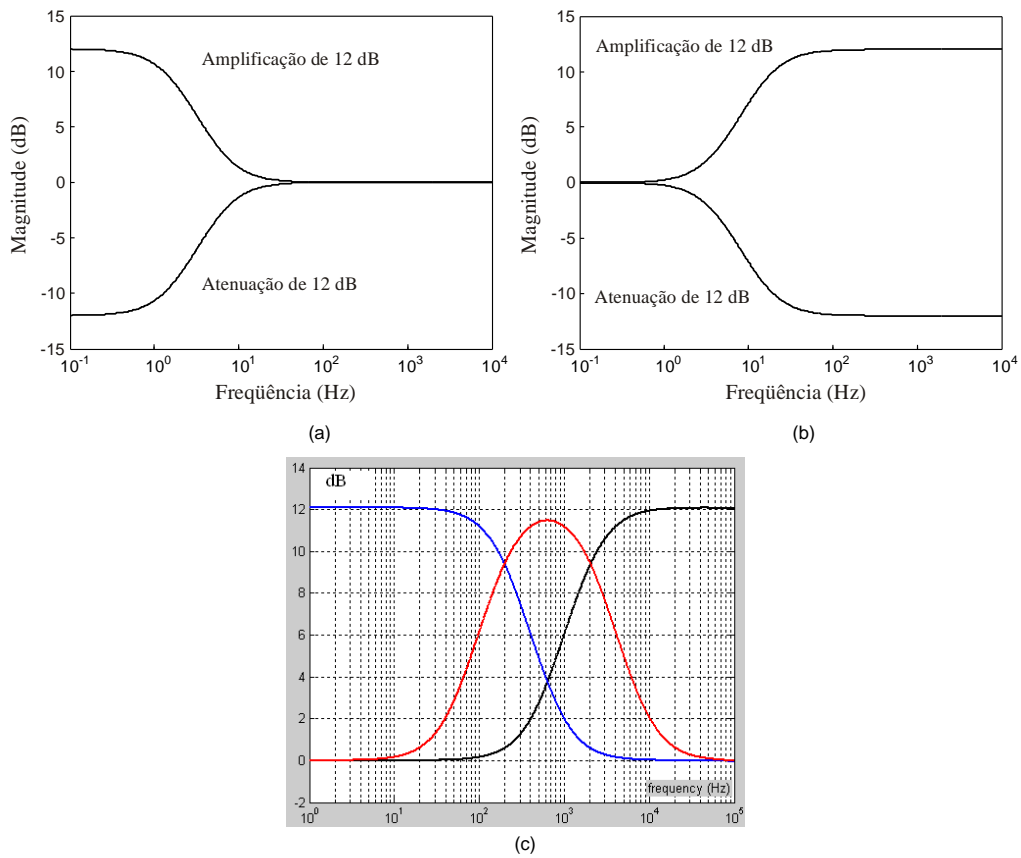


Fig. 6 Exemplos de respostas em frequência de um equalizador controle de tonalidade. (a) Seção controle de graves (b) Seção controle de agudos. c) Ganho de +12dB nas três seções.

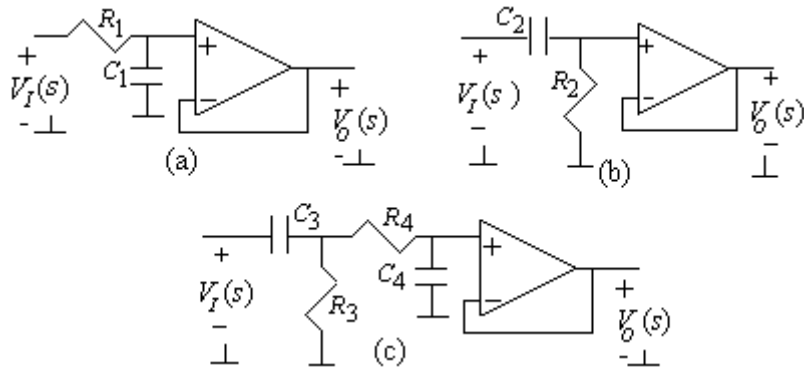


Fig. 7 Estruturas possíveis para obter (a)  $T_{PB}(s) = \frac{\sigma_0}{s + \sigma_0}$ , (b)  $T_{PA}(s) = \frac{s}{s + \sigma_0}$  e (c)  $T_{PF}(s) = \frac{(\omega_0 / Q)s}{s^2 + (\omega_0 / Q)s + \omega_0^2}$ .

## 5) Passa-alta para desacoplamento DC