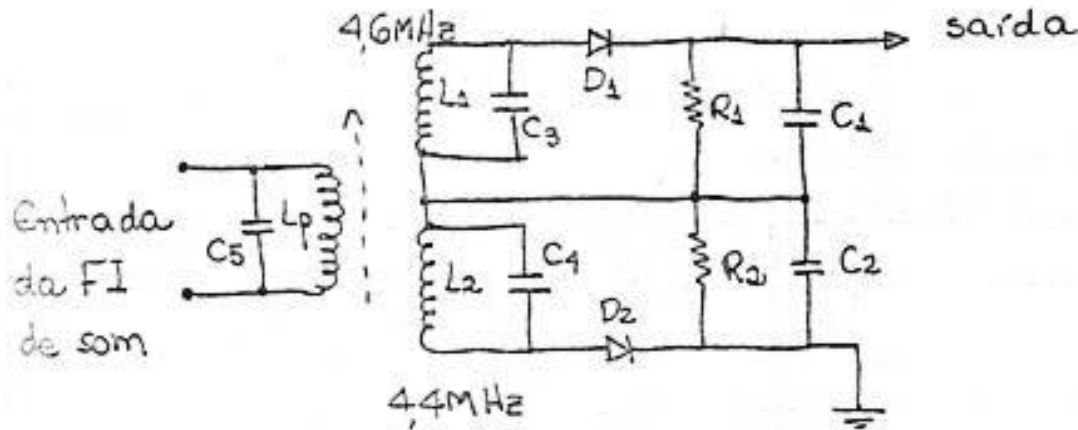


CAPÍTULO 22

DISCRIMINADOR DE ÁUDIO

Detecção balanceada a diodo



O circuito acima é um discriminador balanceado.

C5 junto com Lp formam o primário sintonizado de um transformador, a frequência de ressonância deste enrolamento será igual ao sinal de FI de som que é 4,5 MHz. Na “saída” deste transformador teremos dois secundários. Um formado por L1 e C3 e sintonizado em 4,6 MHz e o outro formado por L2 e C4 e que está sintonizado em 4,4 MHz.

D1 e D2 retificarão os sinais presentes nas saídas destes secundários e sobre os resistores R1 e R2, em paralelo com C1 e C2, teremos a tensão de áudio que será presente na saída.

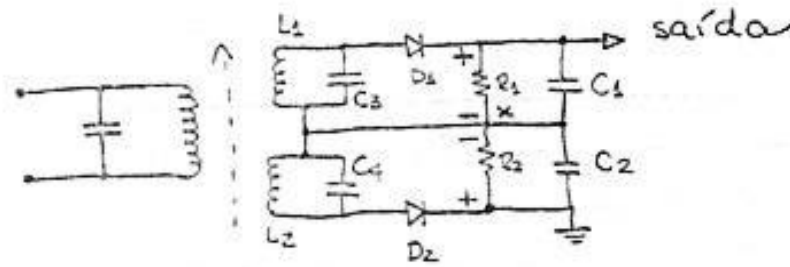
Funcionamento do circuito: antes de estudarmos mais profundamente o circuito é importante lembrar que uma portadora modulada em FM varia sua frequência.

Ao aplicarmos no primário (LpC5) um sinal de 4,5 MHz haverá a indução em L1C3 e L2C4, como a frequência induzida (4,5 MHz) está igualmente “distanciada” das frequências de ressonância destes dois enrolamentos (a frequência de 4,5MHz era usada nos discriminadores da TVs analógicas, mas o mesmo processo se aplica nos receptores FM que usam uma frequência de FI de 10,7MHz).

$$L1-C3 \rightarrow 4,6 - 4,5 = 0,1 \text{ MHz}$$

$$L2-C4 \rightarrow 4,5 - 4,4 = 0,1 \text{ MHz}$$

As tensões induzidas presentes na saída destes dois enrolamentos serão iguais. Estas tensões serão retificadas por D1 e D2 e estarão presentes no circuito conforme a figura:



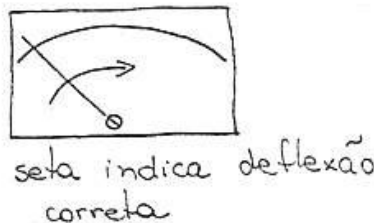
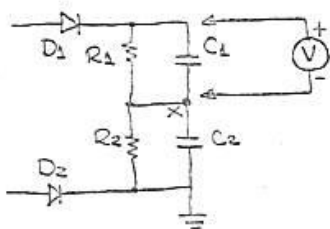
Podemos entender isto da seguinte forma.

Tendo como referência o ponto X as tensões se estabelecerão segundo o desenho. (É muito importante que você entenda que todo o raciocínio leva em consideração as medições em relação ao ponto X que seria o center tap dos enrolamentos secundários dessa bobina).

O diodo D1 retificará os ciclos positivos e essa tensão positiva, filtrada por C1, será aplicada sobre R1.

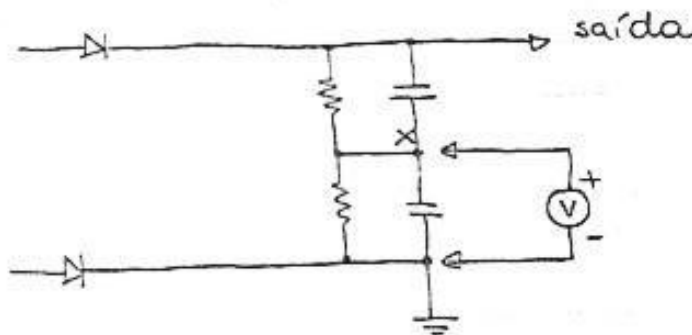
D2 retificará os ciclos positivos e essa tensão filtrada por C2, será aplicada sobre R2.

A nível de exemplo se pegarmos um voltímetro e colocarmos a ponta de prova negativa no ponto X e a positiva na saída.



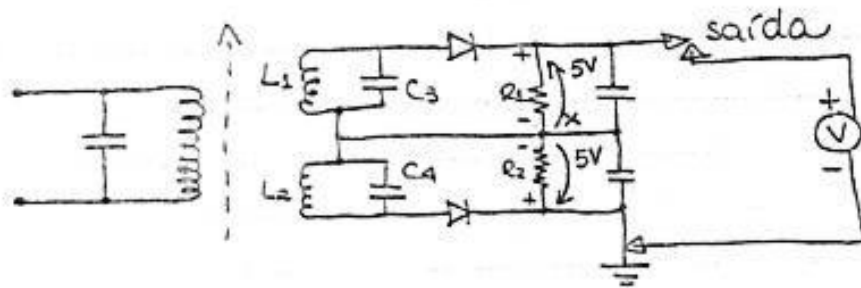
O ponteiro do voltímetro deflexionará para o lado correto, indicando que realmente a saída é positiva em relação a X.

Colocando a ponta negativa em X e a positiva no terra o ponteiro também se deflexionará corretamente indicando que realmente X é mais negativa do que a terra.



A tensão entre a saída e o terra será a soma da tensão de R1 com a tensão de R2, como elas tem sentido contrário acontecerá o seguinte:

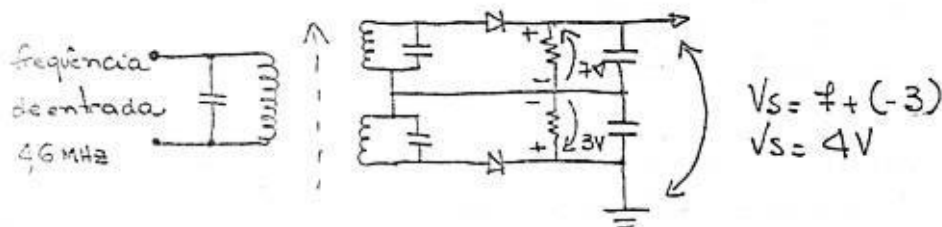
$$V_S = 5 + (-5) = 0V$$



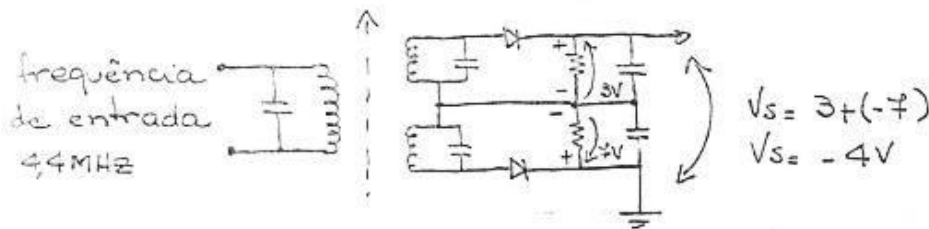
Se medirmos conforme indica o voltímetro veremos que isto é correto.

Podemos perceber que para uma frequência de entrada igual em “distância” das frequências de ressonâncias de L1C3 e L2C4 teremos zero volts na saída. Caso a frequência de entrada se aproxime mais da FO de L1C3 (4,6 MHz) teremos uma indução maior em L1 e consequentemente uma tensão maior sobre R1.

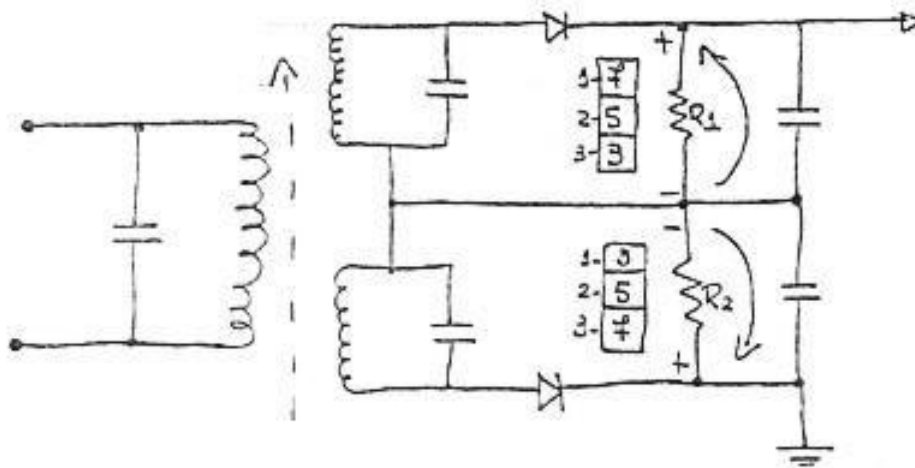
Como a frequência de entrada se afasta da FO de L2C4 a tensão induzida em L2 será menor e a tensão sobre R2 também.



Caso a frequência de entrada se aproxime de 4,4 MHz as tensões se estabelecerão conforme a figura.



Podemos perceber que através da modulação, que avaria a frequência da F.I. de som, variamos a tensão na saída do discriminador. Transformamos assim a portadora de som (4,5 MHz = FM) em áudio (20 – 20 KHz).



Temos em 1:

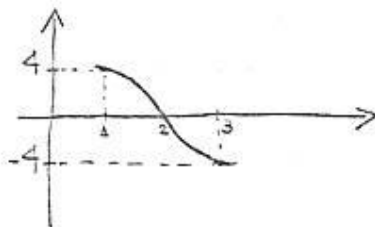
7V em R1 e 3V em R2 $\rightarrow V_s = 4V$

Temos em 2:

5V em R1 e 5V em R2 $\rightarrow V_s = 0V$

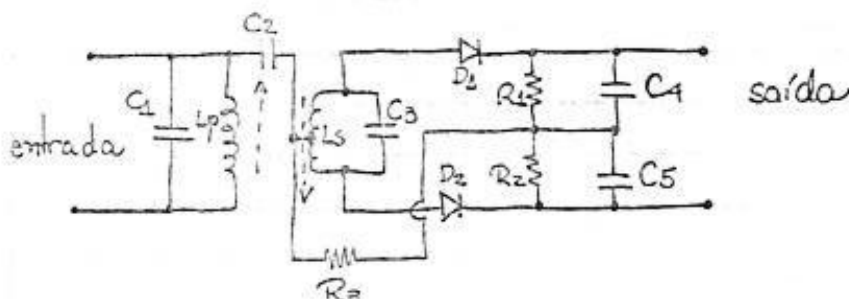
Temos em 3:

3V em R1 e 7V em R2 $\rightarrow V_s = 4V$



O gráfico mostra como a variação sobre os resistores (variação esta que é consequência da frequência de entrada) varia a tensão de saída.

Discriminador sintonizado na frequência central (Foster – Secley)

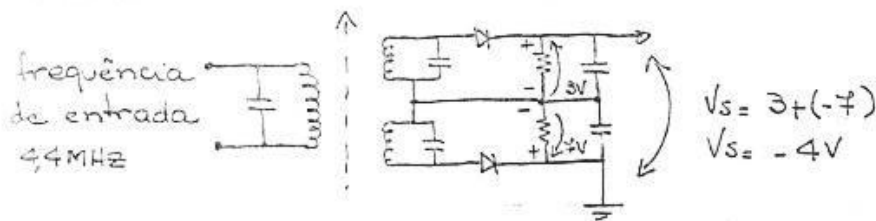


Neste circuito teremos duas entradas de tensão alternada que serão aplicadas sobre D1 e D2. O sinal de 4,5 MHz presente na entrada, enrolamento primário (L_p), será induzido em L_s . Como este enrolamento é sintonizado em 4,5 MHz (frequência presente na entrada) a

tensão induzida, presente em suas duas saídas, estarão defasadas 90° em relação a tensão aplicada sobre L_p .

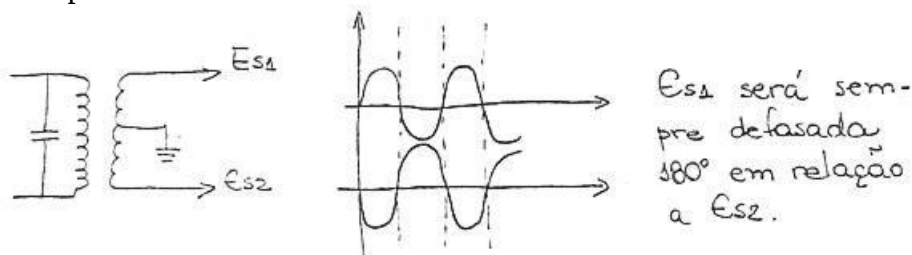
A tensão induzida que é aplicada sobre $D1$ e $D2$ será somada com a tensão L_p que chega até os diodos através de $C2$.

Desta forma teremos em $D1$ uma tensão alternada proveniente do primário e que chega até ele por $C2$ (E_p) e outra induzida em $L1$ (E_{s1}) e defasada 90° em relação a E_p .



E teremos em $D2$ uma tensão alternada proveniente do primário e que chega até ele por $C2$ (E_p) e outra induzida em $L2$ (E_{s2}) e defasada 90° em relação a E_p .

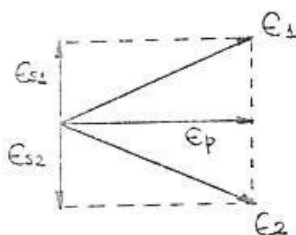
Como L_s tem uma derivação central (que definem $L1$ e $L2$) teremos em suas saídas tensões opostas.



E_{s1} será sempre defasada 180° em relação a E_{s2} .

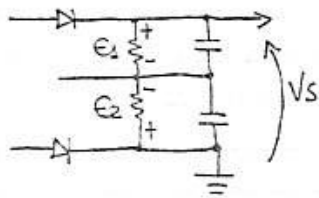
Na frequência de ressonância de L_s $C3$ as tensões induzidas em $L1$ e $L2$ estarão defasadas 90° em relação a E_p .

Somando-se vetorialmente estas tensões percebemos que:



As tensões resultantes no catodo de $D1$ ($E_1 = E_p + E_{s1}$) e $D2$ ($E_2 = E_p + E_{s2}$) tem o mesmo valor.

A resultante na saída do circuito será zero.



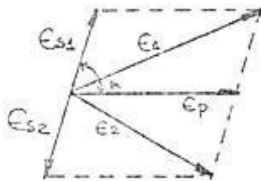
$$V_s = E_1 + (-E_2)$$

como $E_1 = E_2$

$$V_s = 0$$

Quando o sinal de F.I. de som (sinal de entrada) estiver acima da frequência de ressonância de LsC3 a defasagem de Es1 será menor do que 90°.

O gráfico vetorial ficará assim:

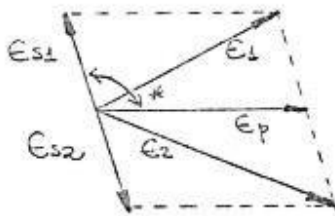


* menor que 90°

Como entre Es1 e Es2 há sempre uma defasagem de 180°, diminuindo o ângulo em Es1 e Ep, aumentando o ângulo entre Es2 e Ep.

Os resultados das somas entre Ep+Es1 e Ep+Es2 não serão iguais agora, portanto E1 não será igual a E2 e a tensão da saída (Vs) será diferente de zero.

Se o sinal de entrada for menor que a FO de LsC3 acontecerá o seguinte:



* maior que 90°

E2 será maior que E1 e Vs será diferente de zero.

Em resumo: a tensão da saída deste circuito é proveniente da defasagem de Es1 e Es2 em relação a Ep.

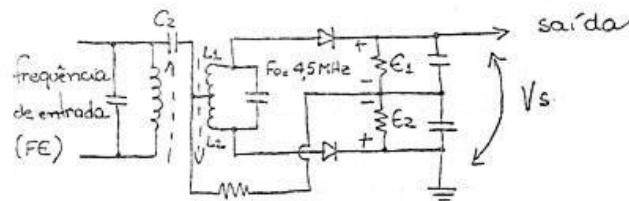
Es é a tensão induzida presente em D1.

Es2 é a tensão induzida presente em D2.

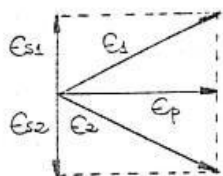
Ep é a tensão acoplada por C2 presente em D1 e D2.

Teremos então:

CAPÍTULO 22: Discriminador de Áudio

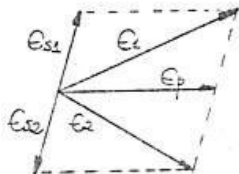


para $F_E = F_0$



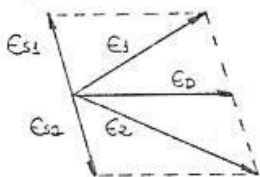
$$\begin{aligned} E_1 &= E_{s1} + E_p \\ E_2 &= E_{s2} + E_p \\ V_s &= E_1 + (-E_2) \text{ como } E_1 = E_2 \\ \text{teremos } V_s &= E_1 + (-E_2) = 0 \end{aligned}$$

para $F_E > F_0$



$$\begin{aligned} V_s &= E_1 + (-E_2) \text{ como } E_1 > E_2 \\ \text{teremos } V_s &= \text{tensão positiva} \end{aligned}$$

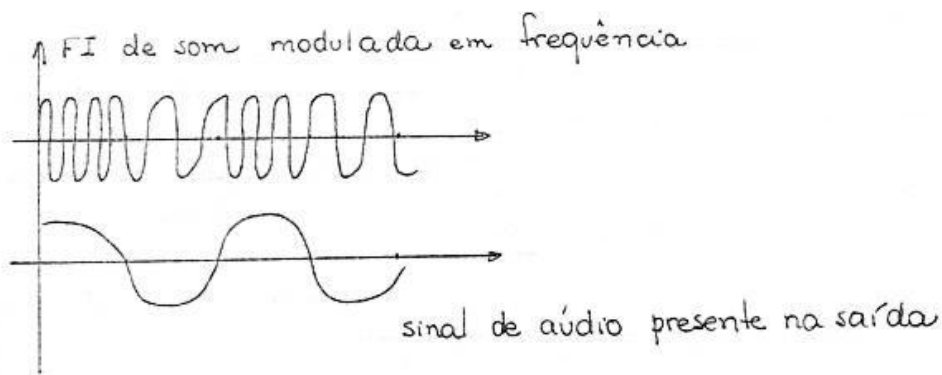
para $F_E < F_0$



$$\begin{aligned} V_s &= E_1 + (-E_2) \text{ como } E_2 > E_1 \\ \text{teremos } V_s &= \text{tensão negativa} \end{aligned}$$

Podemos então perceber que a defasagem entre E_{s1} e E_{s2} em relação a E_p variam a tensão da saída. Transformamos assim a FI de som (4,5 MHz) em áudio.

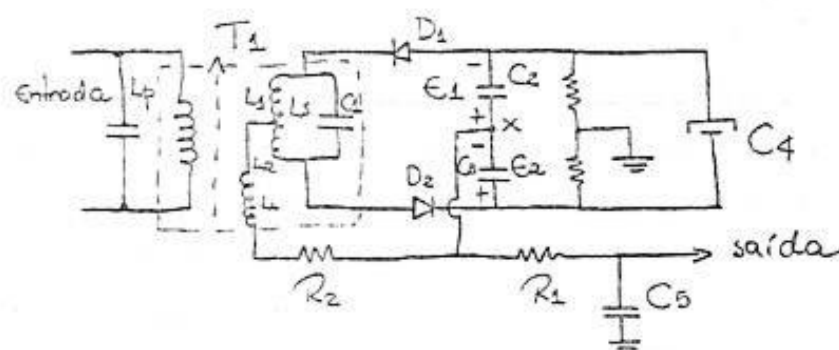
FI de som modulada em frequência



C4 e C5 filtram o sinal de saída.
R3 serve de retorno para o tap-central.

DETETOR DE RELAÇÃO

Este tipo de “discriminador” não necessita em sua entrada de um limitador, visto que a tensão de áudio presente em sua saída não se altera com variações na amplitude de 4,5 MHz.



Neste tipo de circuito teremos aplicada sobre D1 e D2, duas tensões (como no Foster-Seeley): uma proveniente de L1 (que será enrolado diretamente sobre Lp com um grande acoplamento de forma a aplicar na tap-central de Ls uma tensão alternada não defasada em relação a tensão de entrada e a outra proveniente da indução em L1 e L2 que são defasados 90° em relação a FE. As tensões induzidas presentes nas “saídas” de L1 e L2, devido ao tap-central, estarão defasadas em 180°, ou opostos.

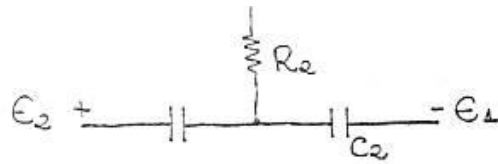
Quando a frequência de entrada for igual a FO de Lse e C1 os dois diodos conduzindo igualmente e a tensão na saída será zero.

Sabendo-se que os dois capacitores que filtram (C2 e C3) são iguais e as tensões aplicadas sobre as mesmas são iguais (pois os diodos conduziram igualmente) e tem polaridades opostas, a tensão entre eles será zero.

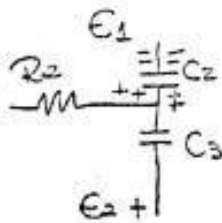
Sabendo-se que os dois capacitores que filtram (C2 e C3) são iguais e as tensões aplicadas sobre as mesmas são iguais (pois os diodos conduziram igualmente) e tem polaridades opostas, a tensão entre eles será zero.

Quando a frequência de entrada for maior do que a FO, D1 conduzirá mais e D2 conduzirá menos. Como consequência teremos uma tensão positiva no ponto X e na saída.

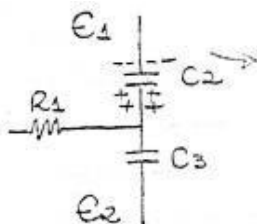
Veremos como isto acontece:



Aplicando-se um potencial E_1 mais negativo por R_2 passarão mais cargas positivas para carregar as armaduras do capacitor C_2 igualmente.

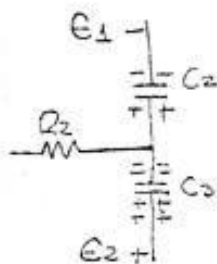


Aplicando-se uma tensão E_2 menor, menos cargas negativas passarão por R_2 para carregar as armaduras de C_3 .



A soma de muitas cargas positivas em C_2 com as poucas cargas negativas em C_3 dá como resultado algumas cargas positivas.

A diferença entre estas cargas, em relação ao terra, terá como resultado um potencial positivo. Quando a frequência de entrada é menor que a FO, D_2 conduz mais que D_1 e teremos o seguinte:



A soma das poucas cargas positivas em C_2 com as muitas cargas negativas em C_3 tem como resultado algumas cargas negativas.

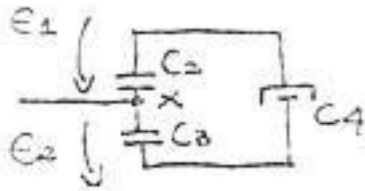
Aplicando-se um potencial E_2 mais positivo que E_1 , C_3 se carregará com muitas cargas negativas. A resultante destas cargas, em relação ao terra, será um potencial negativo.

O capacitor C_4 se carregará com a soma das tensões E_1 e E_2 e devido ao seu valor essa tensão variará muito pouco na frequência de áudio.

A função deste capacitor é eliminar interferências causadas pelas variações de amplitude do sinal de som (4,5 MHz). Como a tensão total entre C_3 e C_2 é fixa pelo capacitor C_4 , a tensão de áudio de saída é obtida da relação em E_1 e E_2 e retirado do ponto X. É por isto que este circuito recebe o nome de detector de relação.

CAPÍTULO 22: Discriminador de Áudio

$E_1 + E_2$ será sempre um valor fixo, por exemplo 4 volts, mas a relação entre os valores de E_1 e E_2 (que terá como resultado sempre 4 volts) e que definirá o sinal de áudio da saída.



Podemos perceber que mesmo aumentando a amplitude do sinal de entrada e, consequentemente, a tensão induzida e retificada por D1 e D2 isto não alterará o sinal de áudio de saída.

Veja:

Sinal de entrada $\rightarrow 5V_{pp}$

$F_e > F_o$

$E_1 = 6V$ $E_1 - E_2 = 2V$

$E_2 = 4V$

Sinal de entrada $\rightarrow 3V_{pp}$

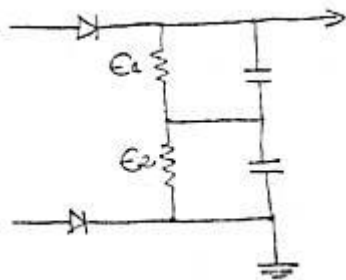
$F_e > F_o$

$E_1 = 4V_{pp}$ $E_1 - E_2 = 2V$

$E_2 = 2V_{pp}$

A relação entre C_1 e C_2 é a mesma independente do sinal de entrada.

No Foster-Seeley, por exemplo, isto não acontece.



Pois como a tensão da saída não era a relação, mas sim a soma das tensões E_1 e E_2 ocorrerá o seguinte:

Sinal de entrada $\rightarrow 5V_{pp}$

$F_e > F_o$

$E_1 = 6V$ $E_1 + E_2 = 10V = V_s$

$E_2 = 4V$

Sinal de entrada $\rightarrow 3V_{pp}$

$F_e > F_o$

CAPÍTULO 22: Discriminador de Áudio

$$\begin{aligned} E1 &= 4V & E1 + E2 &= 6 = V_s \\ E2 &= 2V \end{aligned}$$

A amplitude do sinal de entrada altera o sinal de saída. A conclusão que podemos tirar é que com a aplicação de um detector de relação não precisamos de um limitador.

Em alguns receptores de TV encontramos circuitos integrados que fazem a amplificação do sinal de 4,5 MHz e a “discriminação” do mesmo, apresentando em sua saída o sinal de áudio pronto para ser aplicado...

Um circuito típico para seu uso é demonstrado abaixo:

