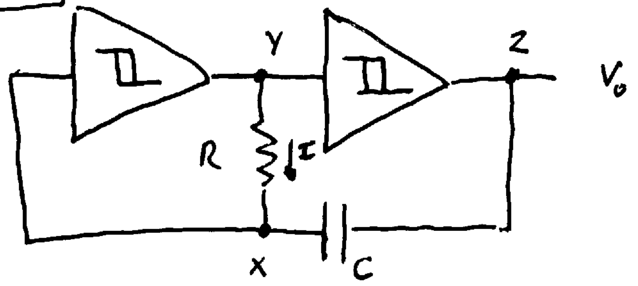
solução exame Electrónica II

13/01/2005

Pergunta 1

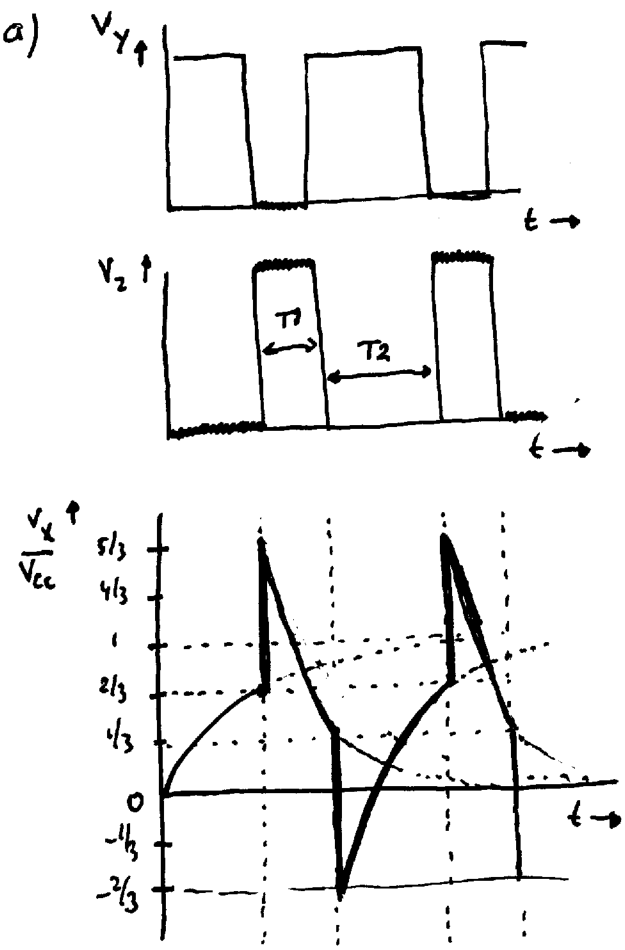


alimentação:
$+V_{cc}$ e $\emptyset$

y: sempre $+V_{cc}$ ou $\emptyset$

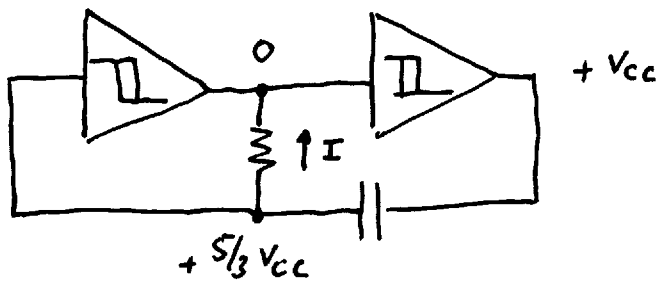
z: " " " " e é o inverso de V_y $(= V_{cc} - V_y)$

a)

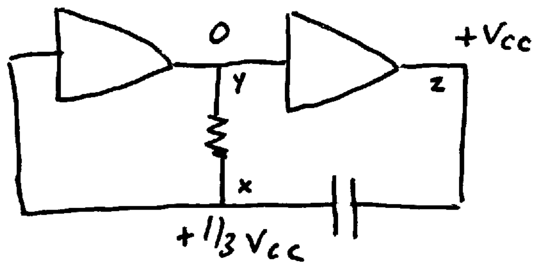


Imagine $V_z = \emptyset$ e $V_y = +V_{cc}$ (t=0 s). Existe uma corrente I que carregue C. A quede de tensão aumenta em C, uma pata está ligada a $\emptyset$ V (V_z). O outro lodo é V_x que aumenta exponencialmente (porque é um processo com 1 C e 1 R), com um tempo característico $\tau = RC$. A tendência é para $V_x = +V_{cc}$ (porque nesta condição I será $\emptyset$ A). Mas, nunca chega lá, porque quando V_x chega a $2/3\, V_{cc}$ o primeiro Schmitt trigger faz uma comutação. e V_y muda de $+V_{cc}$ a 0 V. Isto também provoca uma comutação do segundo Schmitt trigger V_z muda de 0 V a $+V_{cc}$ V.

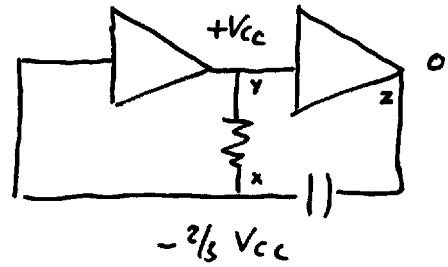
Uma propriedade de um condensador é que mantem instantaneamente a queda de tensão. Antes da comutação a queda foi $+\frac{2}{3}V_{cc}$ $(= V_x - V_z)$ $(= \frac{2}{3}V_{cc} - 0)$. Depois da comutação: $V_x = V_z + \frac{2}{3}V_{cc}$ $= V_{cc} + \frac{2}{3}V_{cc} = \frac{5}{3}V_{cc}$. Neste momento temos a seguinte situação:



Uma corrente que descarregue o condensador, e que faz baixar a tensão em X com um tempo caractorístico $\tau = RC$ e uma tendência para o V. $(= V_y)$. Outra vez, nunca chegará lá porque em $V_x = +\frac{1}{3}V_{cc}$ os Schmitt trigger comutarão. Neste momento temos a seguinte comutação:



$\Longrightarrow$



a notar que a queda $V_x - V_z$ é constante nesta comutação.

---

b) T2 :
- exponencial (porque tem 1 condensador)
- $\tau = RC$
- começa em $-2/3\, V_{cc}$
- tendência para $+V_{cc}$

$\Big\}\ \Delta V = 5/3\, V_{cc}$

$$\Longrightarrow \quad V_x = -2/3\, V_{cc} + 5/3\, V_{cc}\,(1 - \exp(-t/RC))$$

$$= V_{cc} - 5/3\, V_{cc} \exp(-t/RC)$$

t :
- exponencial
- $\tau = RC$
- começa em $+5/3\, V_{cc}$
- tendência para 0 V

$\Big\}\ \Delta V = -5/3\, V_{cc}$

$$\Longrightarrow \quad V_x = 5/3\, V_{cc} - 5/3\, V_{cc}\,(1 - \exp(-t/RC))$$

$$= 5/3\, V_{cc} \exp(-t/RC)$$

T2 : quando chega ao ponto de comutação ?

$$V_{cc} - 5/3\, V_{cc} \exp(-t/RC) = 2/3\, V_{cc}$$

$$\Rightarrow \exp(-t/RC) = 1/5$$

$$t = RC \ln(5) = T2$$

T1 : quando chega ao ponto de comutação ?

$$5/3\, V_{cc} \exp(-t/RC) = 1/3\, V_{cc}$$

$$\rightarrow t = RC \ln(5) = T1$$

$$\Delta T = T1 + T2$$

---

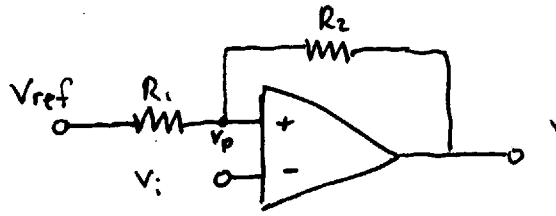
c) $f = \frac{1}{T1+T2} = \frac{1}{2\, RC \ln(5)}$

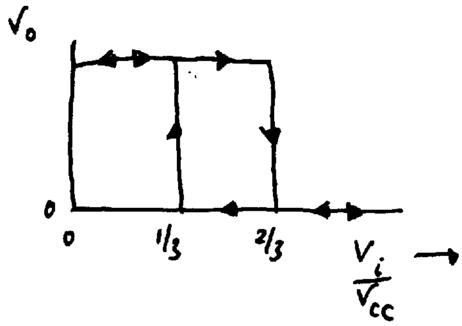
$f = 10$ kHz $\Rightarrow 2\, RC \ln(5) = 10^{-4}$ s

exemplo : $R = 1\,k\Omega$, $C = 31$ nF

---

d)





$$V_o = +V_{cc}, \quad V_p = \frac{R_1}{R_1+R_2} V_{cc} + \frac{R_2}{R_1+R_2} V_{ref} = 2/3\, V_{cc}$$

$$V_o = 0, \quad V_p = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_{ref} = 1/3\, V_{cc}$$

(define $\alpha = R_1/R_2$ e $\beta = V_{ref}/V_{cc}$)

solução :

$$R_1 = 2R_2 \quad , \quad V_{ref} = \frac{1}{2} V_{cc}$$

Pergunta 2

a) Polarização:

$$V_B = \frac{6.8\,k\Omega}{6.8\,k\Omega + 22\,k\Omega} \times 15\,V = 3.54\,V$$

$$V_E = 3.54 - 0.7 = 2.8\,V$$

$$I_E = 2.8\,V / 470\,\Omega = 6\,mA$$

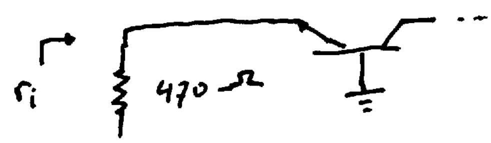
$$I_C = \alpha I_E = 6\,mA$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = \frac{200\,V}{6\,mA} = 33\,k\Omega$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{26\,mV}{6\,mA} = 4.3\,\Omega$$

Ganho da base comum:

$$A = \frac{V_c}{V_E} = \frac{R_C /\!/ R_L /\!/ r_o}{r_e} = \frac{1.09\,k\Omega}{4.3\,\Omega} = 253$$



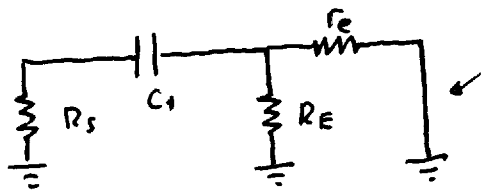
$$r_i = 470\,\Omega /\!/ 4.3\,\Omega = 4.3\,\Omega$$

$$\frac{V_E}{V_s} = \frac{4.3\,\Omega}{4.3\,\Omega + 50\,\Omega} = 0.079$$

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_E} \cdot \frac{V_E}{V_s} = 253 \times 0.079 = 20.0$$

---

b) C1:



SHORT - CIRCUIT TIME CONSTANTS

$$\tau_1 = C_1 \cdot [R_S + R_E /\!/ r_e]$$

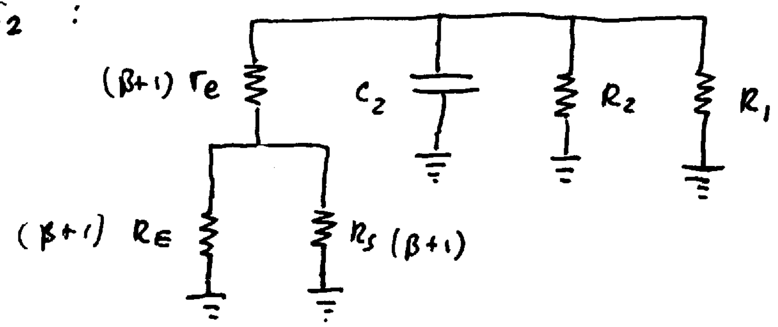
$$= 100\,\mu F \cdot 54\,\Omega$$

$\tau_1 = 5.4\ ms$

$\omega_1 = \frac{1}{5.4\ ms} = 185\ rad/s$

$f_1 = \frac{1}{2\pi\, 5.4\ ms} = 29.5\ Hz$

C_2 :



$\tau_2 = C_2\left((\beta+1)(r_e + R_E // R_S) // R_2 // R_1 \right)$

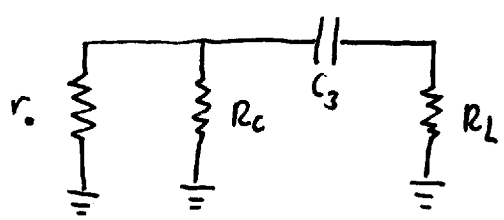
$= 47\ \mu F \left(101\left(4.3\ \Omega + 470\ \Omega // 50\ \Omega\right) // 6.8\ k\Omega // 22\ k\Omega \right)$

$= 120\ ms$

$\omega_2 = \frac{1}{120\ ms} = 8.35\ rad/s$

$f_2 = \frac{1}{2\pi\ 120ms} = 1.33\ Hz$

C_3 :



$\tau_3 = C_3\ (r_o // R_c + R_L)$

$= 4.7\ \mu F\ (33\ k\Omega // 1.8\ k\Omega + 3\ k\Omega)$

$= 22.1\ ms$

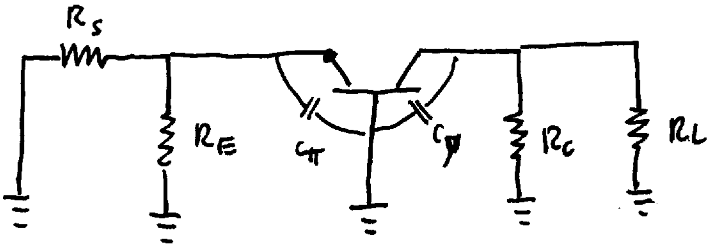
$\omega_3 = \frac{1}{22.1\ ms} = 45.2\ rad/s$

$f_3 = \frac{1}{2\pi\ 22.1\ ms} = 7.2\ Hz$

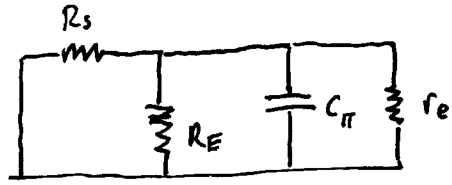
$f_L = f_1 + f_2 + f_3 = 38\ Hz$

Altas frequências.

Todos os condensadores externos estão em corte circuito



C_π :



$$\tau_\pi = (r_e /\!/ R_s /\!/ R_E)\, C_\pi$$

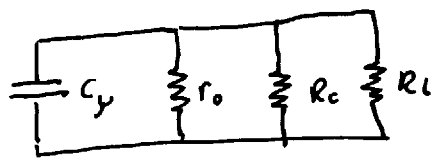
$$= (4.3\,\Omega /\!/ 50\,\Omega /\!/ 470\,\Omega)\ 50\ \text{pF}$$

$$= 0.196\ \text{ns}$$

$$\omega_\pi = \frac{1}{\tau_\pi} = 5.1\ \text{G rad/s}$$

$$f_\pi = \frac{1}{2\pi\,\tau_\pi} = 810\ \text{MHz}$$

C_μ



$$\tau_\mu = (R_C /\!/ R_L)\, C_\mu$$

$$= (1.8\ \text{k}\Omega /\!/ 3\ \text{k}\Omega)\ 5\ \text{pF}$$

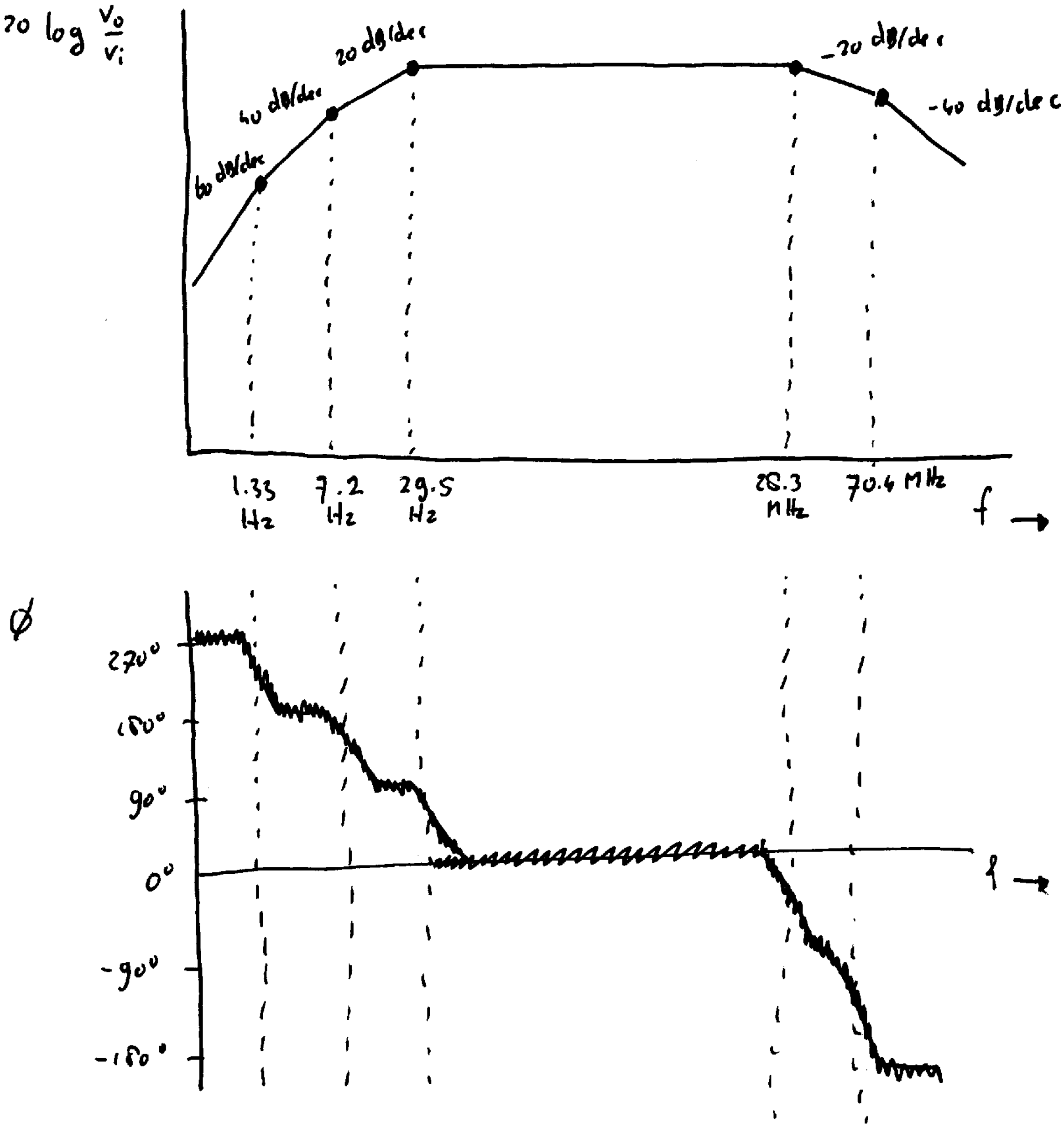
$$= 5.6\ \text{ns}$$

$$\omega_\mu = \frac{1}{\tau_\mu} = 0.17\ \text{G rad/s}$$

$$f_\mu = \frac{1}{2\pi\,\tau_\mu} = 28.3\ \text{MHz}$$

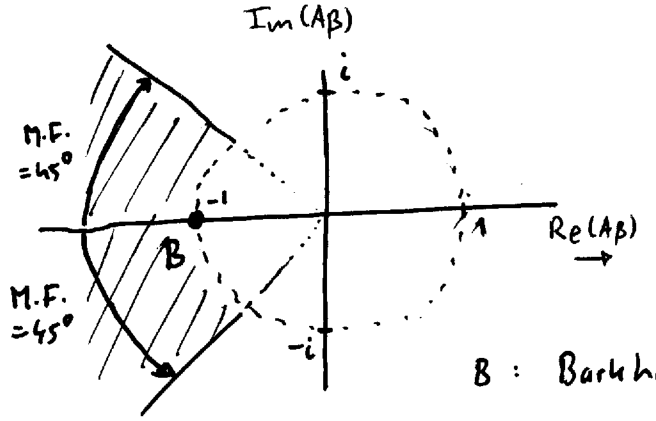
$$f_H = 1/(1/f_\mu + 1/f_\pi) = 27.3\ \text{MHz}$$

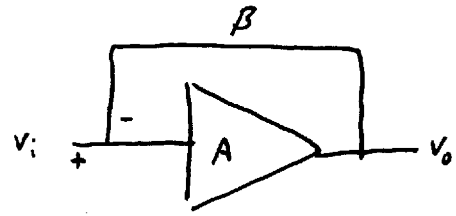
c)



20 log $\frac{v_o}{v_i}$
60 dB/dec
40 dB/dec
20 dB/dec
-20 dB/dec
-40 dB/dec
1.33 Hz
7.2 Hz
29.5 Hz
28.3 MHz
70.4 MHz
f
ϕ
270°
180°
90°
0°
-90°
-180°
f

a)



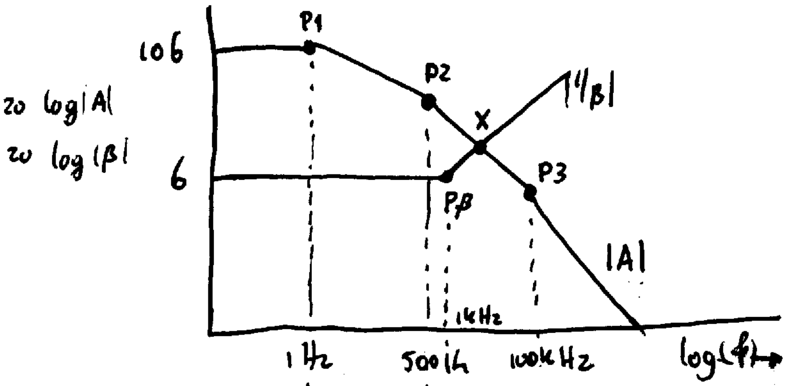


B : Barkhausen critério

: $|A\beta| = 1$

: zona de oscilações

b)

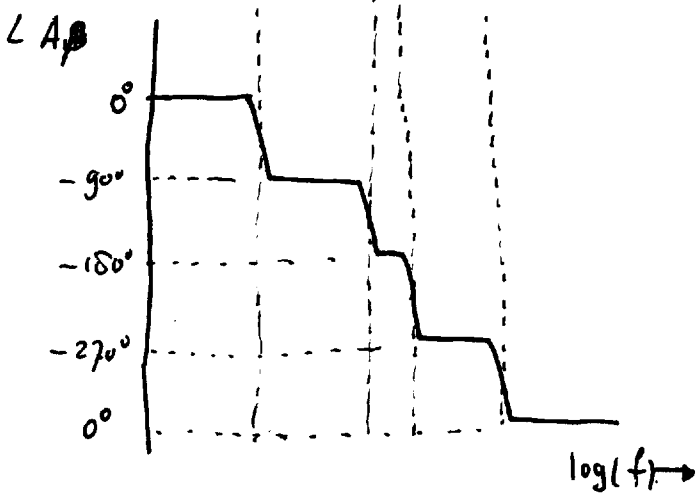


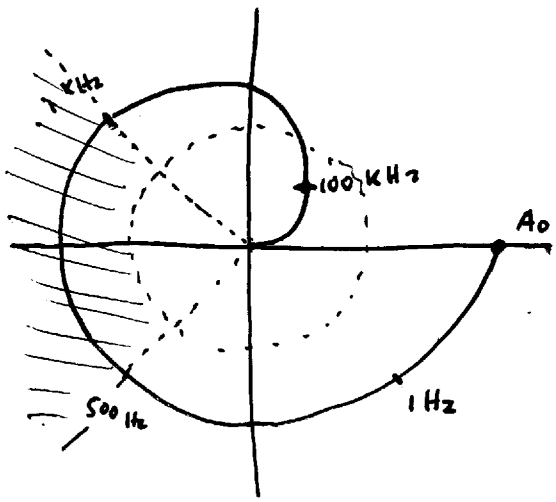
$A_0 = 200.000$

$A(1\,Hz) = 200.000$

$A(500\,Hz) = 200.000 \cdot \frac{1}{500} = 400$

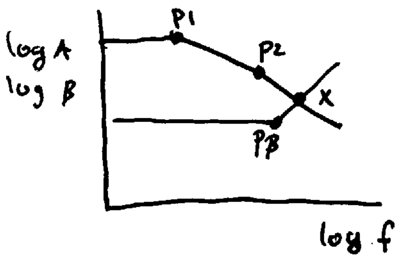
$A(100\,kHz) = 400 \cdot \left(\frac{500}{100.000}\right)^2 = 0.01$



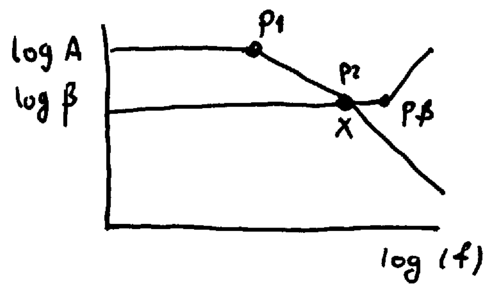


$\boxed{\text{vai oscilar entre 500 Hz e 1 kHz}}$

c) ① diminuir a realimentação



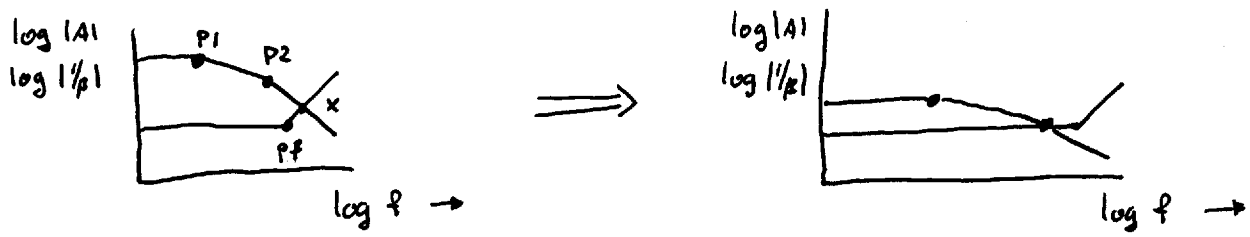
$\Longrightarrow$



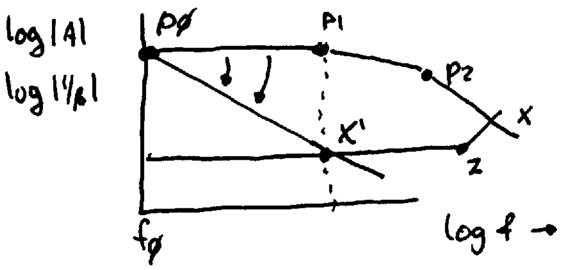
valor : o $|1/\beta|$ deve ser igual a $|A|$ em ponto P2 (500 Hz), nomeadamente 400. Por isso $\beta_0 = 0.0025$

(2) Da mesma forma podemos diminuir o A_0 com o mesmo factor

$$A_0 \quad 400.000 \longrightarrow 2.000$$



(3) Frequency compensation



depois de Pφ

$$A(f) = 200.000 \cdot \left(\frac{f_\phi}{f}\right)$$

$$A(P1) = 200.000 \cdot \left(\frac{f_\phi}{1}\right) =$$

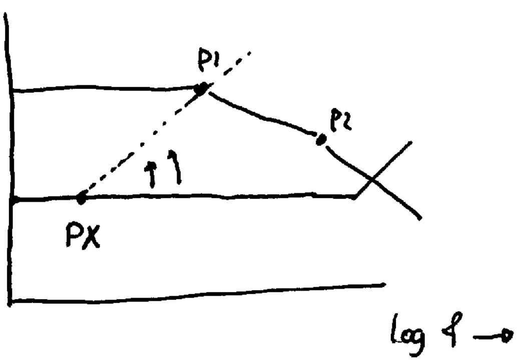
$$200.000\, f_\phi = \frac{1}{\beta} = 2$$

$$\Rightarrow f_\phi = 10\ \mu Hz$$

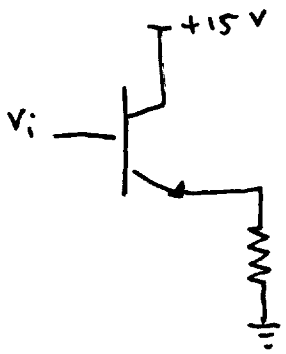
(não é muito prático)

(4) Novo pólo em β ; PX .

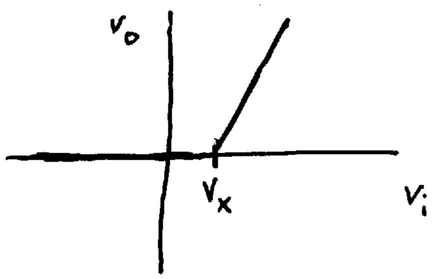
Também em 10 μHz.
(não é muito prático)



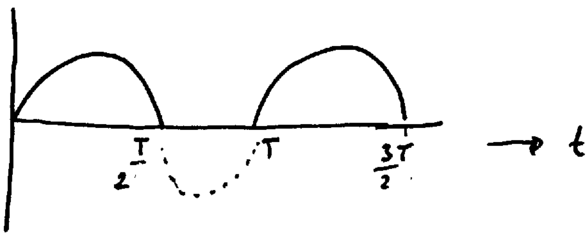
pergunta 4



veja p 6 do capitulo 5 da sebenta.



a)



class B

(ou class C se incluimos o efeito V_x)

b)

$$P_{L\,max} = \frac{1}{2}\frac{1}{T}\int V_o(t)\cdot\frac{V_o(t)}{R_L}\,dt = \frac{1}{4}V_{cc}^2/R_L$$

$V_o(t) = V_{cc}\sin(\omega t)$

$$P_S^{max} = \frac{1}{T}\int_0^{T/2} \underset{\substack{\uparrow\\ V}}{V_{cc}}\cdot\underset{\substack{\uparrow\\ I}}{\frac{V_o(t)}{R_L}}\,dt = \frac{1}{T}\int_0^{T/2} V_{cc}\cdot\frac{V_{cc}\sin(\omega t)}{R_L}\,dt$$

$$= \frac{1}{\pi}V_{cc}^2/R_L \qquad V_{cc} = 15\,V, \quad R_L = 8\,\Omega$$

$$= 8.95\ W$$

c)

$$T_J = T_A + P\cdot R_T$$

$$= 20\,^\circ C + 8.95\,W\cdot 20\,^\circ C/W = 199\,^\circ C$$

vai queimar!