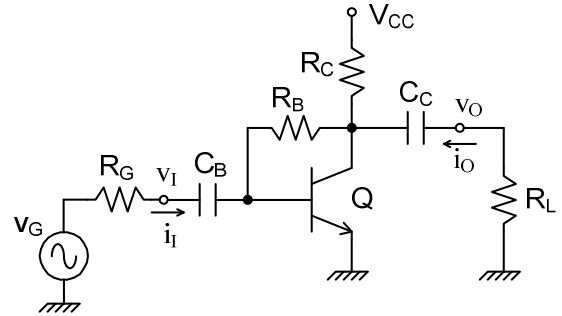


1. Amplificador TJB (2+1+4+1)

A figura representa um andar de amplificação. Os dados são $V_{CC}=+5V$, $\beta=100$, $V_{BEon}=0.7V$, $R_G=2k\Omega$, $R_L=3k\Omega$.

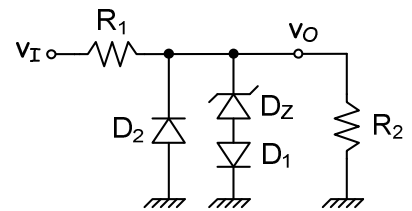
- Dimensione R_C e R_B de modo que, no PFR, $I_C=1mA$ e $V_{CE}=2V$. Explique a função de cada componente do circuito.
- O circuito tem polarização estabilizada? Justifique.
- Desenhe o esquema incremental do circuito na banda de passagem. Calcule os ganhos de tensão $G_{v1}=v_o/v_i$ e $G_{v2}=v_o/v_g$, e a resistência de entrada $R_{in}=v_i/i_i$ do circuito.
- Admitindo que o transistor tem $C\pi=1pF$, calcule a frequência de corte superior, f_H , do circuito.



2. Díodos (2+1.5+1+1.5)

O circuito da figura tem $R_1=R_2=100\Omega$, os díodos D_1 e D_2 têm $V_{D0}=0.7V$, o diodo Zener D_Z tem $V_{Z0}=3.3V$ e $r_Z=10\Omega$, e o sinal v_I pode tomar valores entre $-3V$ e $+10V$.

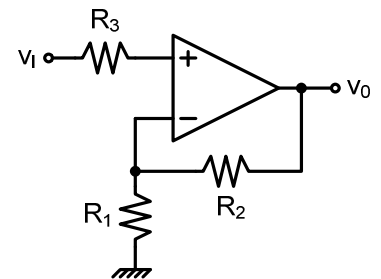
- Faça um esboço da característica $v_o(v_I)$, indicando as diferentes zonas de funcionamento dos díodos e as coordenadas dos pontos limites entre essas zonas.
- Qual o valor de v_I que conduz a uma potência dissipada no diodo Zener máxima? Calcule o valor dessa potência.
- Diga, justificando, qual a zona onde o circuito pode ser usado como regulador de tensão.
- Admita que a entrada v_I tem um valor médio de $9V$ com um "ripple" de $500mV$. Calcule o "ripple" na saída v_o . Sugestão: use os modelos incrementais.



3. Amplificador operacional (1.5+1.5+1.5+1.5)

Considere o circuito da figura onde o AMPOP é ideal com $V_{SAT}^+ = -V_{SAT}^- = 5V$ e $R_1=R_2=R_3=10k\Omega$.

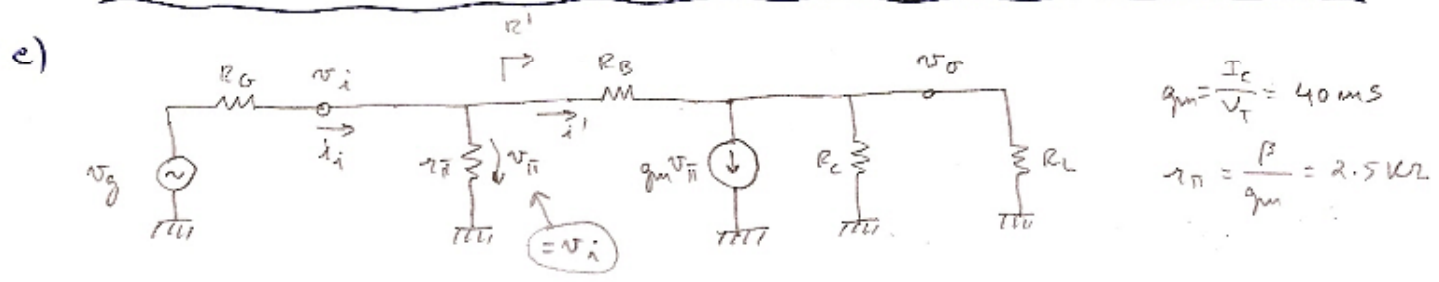
- Calcule o ganho do circuito quando o AMPOP está na zona linear de funcionamento.
- Faça um esboço da característica $v_o(v_I)$ quando $-5V \leq v_I \leq +5V$. Calcule as coordenadas dos pontos notáveis.
- Admitindo que o AMPOP tem $I_B=100nA$ e $I_{OS}=10nA$, obtenha a expressão de v_o na zona linear de funcionamento.
- Redimensione o valor de R_3 para que a influência das correntes de polarização em v_o seja nula.



1) a) $R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = 3 \text{ k}\Omega$ $R_B = \frac{V_{CE} - V_{BEon}}{I_B} = \frac{(V_{CE} - V_{BEon})\beta}{I_C} = 130 \text{ k}\Omega$

V_G E $R_G \rightarrow$ EQUIVALENTE DE THÉVENIN DO GERADOR.
 C_B E $C_C \rightarrow$ CONDENSADORES DE DESACOPAMENTO DC, EM AC SÃO \approx C.C.
 R_C E $R_B \rightarrow$ RESISTÊNCIAS DE POLARIZAÇÃO.
 $Q \rightarrow$ TRANSISTOR EM EMISSOR COMUM, AMPLIFICA O SINAL.
 $R_L \rightarrow$ RESISTÊNCIA DE CARGA. $V_{CC} \rightarrow$ FONTE DE POLARIZAÇÃO.

b) TEM. SE $I_C \uparrow \Rightarrow V_{RC} \uparrow \Rightarrow V_C \downarrow \Rightarrow$ COMO $V_{BE} \approx cte \Rightarrow$
 $\Rightarrow V_{RB} \downarrow \Rightarrow I_B \downarrow \Rightarrow I_C \downarrow \rightarrow$ HÁ REALIMENTAÇÃO NEGATIVA.

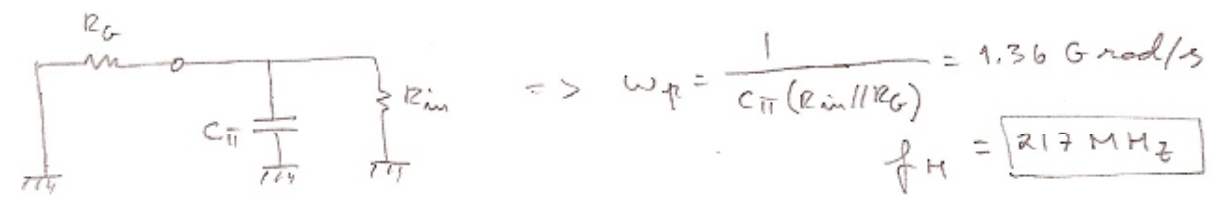


$$g_m v_i + \frac{v_o}{(R_C \parallel R_L)} + \frac{v_o - v_i}{R_B} = 0 \Rightarrow G_{v1} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{1/R_B - g_m}{1/(R_C \parallel R_L) + 1/R_B} = \boxed{-59.55}$$

$$i_i = g_m v_i + \frac{v_o}{(R_C \parallel R_L)} = g_m v_i + \frac{G_{v1} v_i}{(R_C \parallel R_L)} \Rightarrow R' = \frac{R_B + (R_C \parallel R_L)}{1 + g_m (R_C \parallel R_L)} = 2.156 \text{ k}\Omega$$

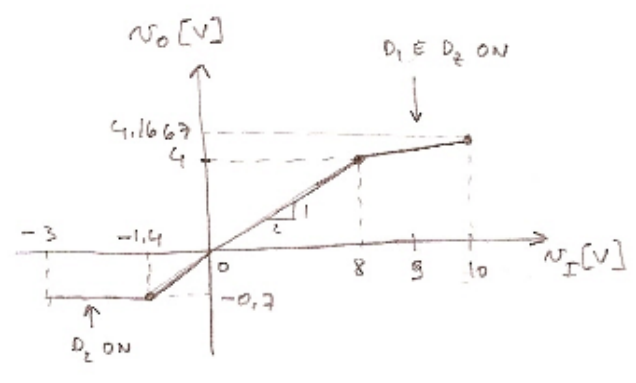
$$R_{in} = r_{\pi} \parallel R' = \boxed{1.158 \text{ k}\Omega} \quad G_{v2} = G_{v1} \frac{R_{in}}{R_{in} + R_G} = \boxed{-21.84}$$

d) SÓ UM CONDENSADOR $\Rightarrow f_H = f_{\text{PÓLO DO CONDENSADOR}}$.

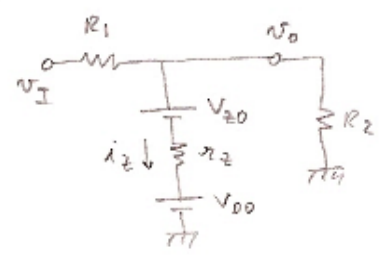


2

a)



QUANDO D₁ e D₂ ON



$$v_o = V_{z0} + i_z r_z + V_{D0}$$

$$i_z = \frac{v_i - v_o}{R_1} - \frac{v_o}{R_2}$$

$$\Rightarrow v_o = \left[\frac{V_{z0} + V_{D0}}{1 + \frac{r_z}{R_1 \parallel R_2}} \right] + \left[\frac{r_z}{R_1 \left(1 + \frac{r_z}{R_1 \parallel R_2} \right)} \right] \cdot v_i$$

$\frac{10}{3}$
 $\frac{1}{12}$

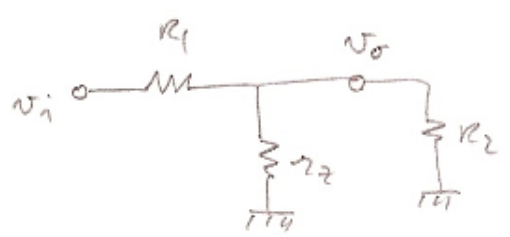
$v_i = 10V \Rightarrow v_o = 4.1667V$

b) É PARA $v_i = 10V$ $P_{D2} = v_z \cdot i_z = (V_{z0} + r_z \cdot i_z) \cdot i_z$

$i_z = \frac{v_i - v_o}{R_1} - \frac{v_o}{R_2} = 16.667 \text{ mA} \rightarrow P_{D2} = 57.8 \text{ mW}$

c) O CIRCUITO DEVE SER USADO NA ZONA ONDE D₁ E D₂ CONDUZEM POIS É ONDE O DECLIVE DE $v_o(v_i)$ É MENOR $\Rightarrow \Delta v_o \ll \Delta v_i$

d) COMO A VARIAÇÃO DE v_i ESTÁ DENTRO DE UM TROÇO LINEAR \Rightarrow PODE USAR-SE O CIRCUITO INCREMENTAL



$v_i = \Delta v_i = 1V$
 $v_o = \Delta v_o = ?$

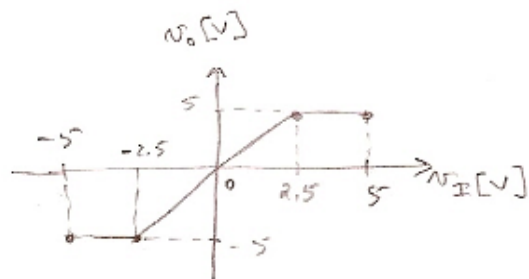
$v_o = v_i \frac{r_z \parallel R_2}{r_z \parallel R_2 + R_1} = v_i \left(\frac{1}{12} \right) \Rightarrow \Delta v_o = 83.33 \text{ mV}$

3

a) como $i_+ = \phi \Rightarrow v_+ = v_- \Rightarrow$ MONTAGEM NÃO INVERSORA

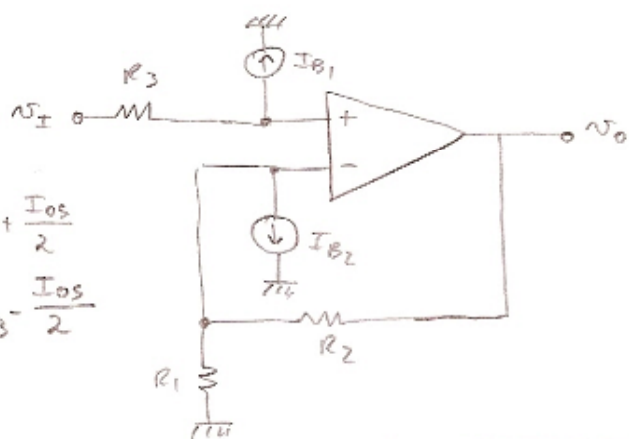
$$G_v = \frac{v_o}{v_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 2$$

b)



POR CAUSA DA SATURAÇÃO DO AMPOP $|v_o| \leq 5V$

c)



PELO TEOREMA DA SOBREPOSIÇÃO:

$$v_i \rightarrow v_o' = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_i$$

$$I_{B1} \rightarrow v_o'' = -R_3 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) I_{B1}$$

$$I_{B2} \rightarrow v_o''' = R_2 I_{B2}$$

$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_i - R_3 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) I_{B1} + R_2 I_{B2}$$

d)

$$R_2 I_{B2} = R_3 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) I_{B1} \Rightarrow R_3 = \frac{I_{B2}}{I_{B1}} \frac{R_2}{1 + \frac{R_2}{R_1}} = 4.031 \text{ k}\Omega$$