

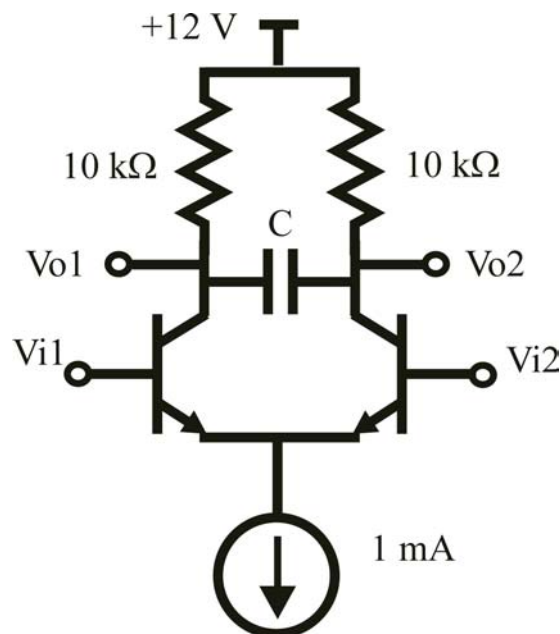


- Escreva o seu nome, nº de aluno e curso em todas as folhas que entregar.
- Não é permitido falar com os colegas durante o exame. Se o fizer, terá a prova anulada. Desligue o telemóvel.
- Caso opte por desistir, escreva “Desisto”, assine e entregue a prova ao docente.
- O exame tem 5 perguntas e a cotação de cada aparece entre parêntesis.
- Faça letra legível.
- Boa sorte!

Todos os transístores bipolares têm $\beta = 100$, $V_A = 200$ V, $C_\pi = 10$ pF, $C_\mu = 5$ pF e os transístores efeito do campo têm $k = 100$ $\mu\text{A}/\text{V}^2$ e $V_T = 0$ Esclarece sempre as respostas com cálculos e/ou figuras.

Pergunta 1 (9 valores)

Analise o circuito abaixo.



A resistência de saída da fonte de corrente é 200 k Ω . O condensador $C = 100$ pF.

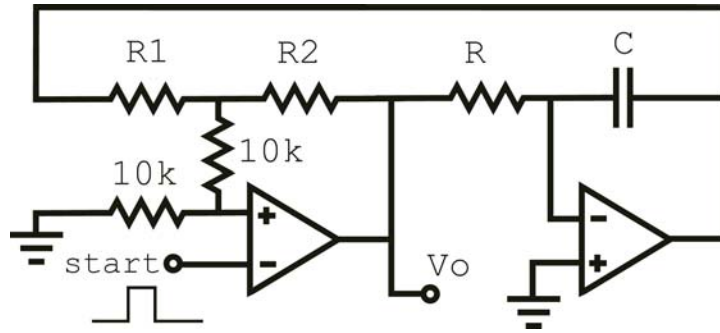
- Determine a polarização do circuito.
- Determine o CMRR do circuito.
- Determine a largura da banda do circuito em modo comum e modo diferencial.
- Desenhe gráficos Bode.
- Quais são as aplicações deste tipo de circuito?

Pergunta 2 (2 valores)

Explique como realimentação vai desensibilizar o ganho.

Pergunta 3 (3 valores)

- Desenhe um andar de saída da classe A.
- Calcule a eficiência máxima do andar.



Pergunta 4 (4 valores). Circuito “*One Shot*” mostrado acima. Determine o sinal à saída depois de um pulso à entrada (*start*). Faça esboços dos sinais em pontos que acha relevante.

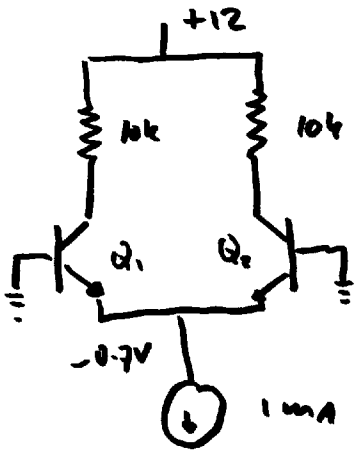
Pergunta 5 (2 valor).

Explique quando um circuito com ganho A , realimentado negativamente com factor β , corre o risco de oscilar e quando com certeza vai oscillar.

----- fim -----

1

a)



polarização: os C em circuito aberto.

$$I_{E1} = I_{E2} = 0.5 \text{ mA} \quad I_C = I_E$$

$$V_{01} = V_{02} = 12 \text{ V} - 10 \text{ k}\Omega \cdot 0.5 \text{ A} = 7 \text{ V}$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_E} = \frac{200}{0.5} = 400 \text{ k}\Omega, \quad r_e = \frac{V_T}{I_C} = 52 \Omega$$

$$b) \quad A_{cm} = \left| \frac{V_{01}}{V_{i1}} \right| = \frac{R_C // r_o}{r_e + 2R_S} = \frac{10 \text{ k}\Omega // 400 \text{ k}\Omega}{52 \Omega + 400 \text{ k}\Omega}$$

$$\approx \frac{10 \text{ k}\Omega}{400 \text{ k}\Omega} = 2.5 \cdot 10^{-2}$$

$$A_{dm} = \left| \frac{V_{02} - V_{01}}{V_{i2} - V_{i1}} \right|, \quad V_{i2} = 0 \quad (7)$$

$$= \left| \frac{V_{02} - V_{01}}{V_{i1}} \right| = 2 \left| \frac{V_{01}}{V_{i1}} \right| = 2 \frac{R_C // r_o}{r_{e1} + r_{e2} // R_S}$$

$$\approx \frac{2 R_C}{2 r_e} = \frac{10 \text{ k}\Omega}{52 \Omega} =$$

$$= 192.3 \quad (96.15 \text{ por lado})$$

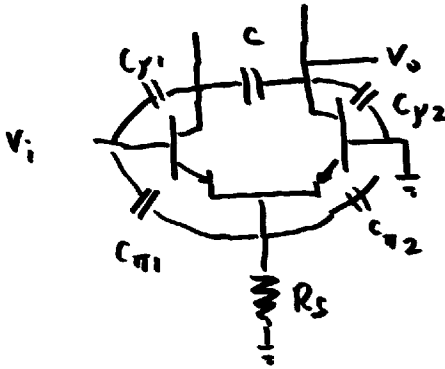
$$CMRR = \left| \frac{A_{dm}}{A_{cm}} \right| = \frac{192.3}{2.5 \cdot 10^{-2}} = 7692$$

c
d

Modo diferencial:

Não há condensadores que cortam em baixas frequências. Em altas frequências há

C_i, C_{π} e C_y



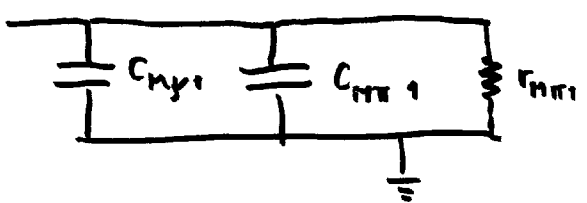
* a resistência da fonte de sinal não foi dada.
 $R_i = 0 \Rightarrow \tau = 0$. Não há frequência de corte à entrada.
 Os cálculos assumem $R_i = \infty$:

A entrada

$C_{\pi 1}$: efeito Miller $C_{M\pi 1} = C_{\pi 1} (1-A)$, $A \approx \frac{1}{2}$
 $C_{M\pi 1} = \frac{1}{2} C_{\pi 1}$

$C_{\mu 1}$: efeito Miller $C_{M\mu 1} = C_{\mu 1} (1-A)$, $A \approx -96.15$
 $C_{M\mu 1} = 97.15 C_{\mu 1}$

r_{π} : efeito Miller $r_{M\pi 1} = r_{\pi} (1-A) = 2r_{\pi} = 200 \Omega$



$$\tau = (C_{M\mu 1} + C_{M\pi 1}) \cdot r_{M\pi 1}$$

$$= (97.15 \times 5 \text{ pF} + \frac{1}{2} \text{ nF}) \cdot 200 \cdot 52$$

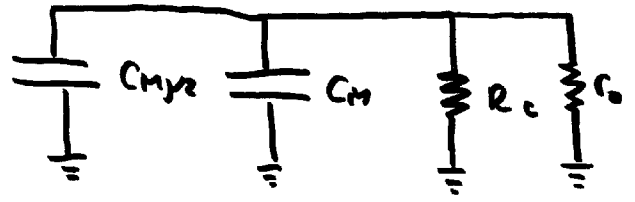
$$\Rightarrow \tau = 5.1 \mu\text{s}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\tau} = 31.2 \text{ kHz}$$

A saída

$C_{\mu 2}$: efeito Miller: $C_{M\mu 2} = C_{\mu 2} (1-A)$, $A = 0$
 $= C_{\mu 2}$

C : efeito Miller!: $C_M = C (1-A)$, $A = -1$
 (C não está ligado à terra)
 $C_M = 2C$



r_o desprezível

$$\tau = R_c (C_{M\mu 2} + C_M)$$

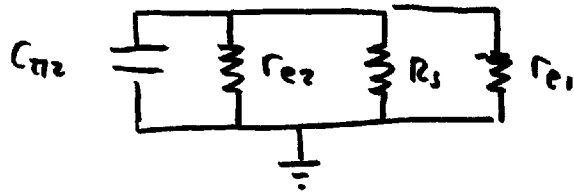
$$= R_c (C_{\mu 2} + 2C)$$

$$= 10 \text{ k}\Omega (5 \text{ pF} + 200 \text{ pF})$$

$$= 2.05 \mu\text{s}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \tau} = 77.6 \text{ kHz}$$

$C_{\pi 2}$:



$$\tau = C_{\pi 2} (r_{e2} \parallel R_s \parallel r_{e1})$$

$$\approx 10 \text{ pF} \cdot 26 \Omega = 260 \text{ ns}$$

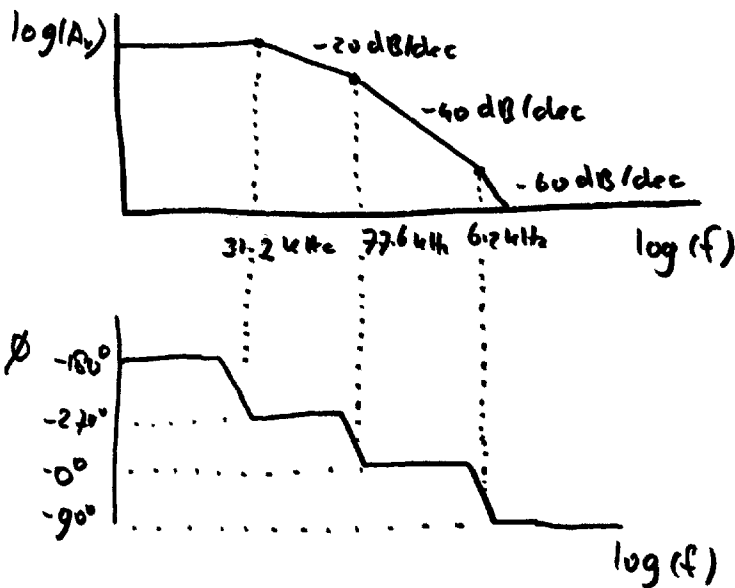
$$f = \frac{1}{2\pi\tau} = 612 \text{ kHz}$$

em cima deste f_r o transistor 2 deixa de funcionar como um transistor e $V_o = 0$.

$$\tau_{tot} = 260 \text{ ns} + 5.1 \mu\text{s} + 2.05 \mu\text{s} = 7.4 \mu\text{s}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi\tau_{tot}} = 21.5 \text{ kHz}$$

Largura de banda $21.5 \text{ kHz} - 0 \text{ Hz} = 21.5 \text{ kHz}$



Modo Comum

C : sem efeito los dois lados são iguais, efeito Miller $C_M = (1-A)C = (1-1)C = 0$

$C_{\pi 1}, C_{\pi 2}$: sem efeito. Circuito é simétrico

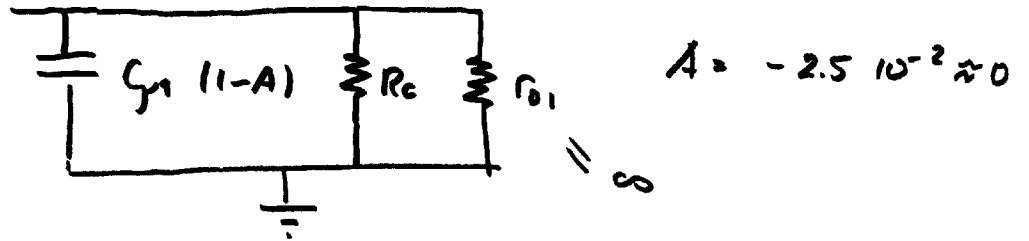
$$V_{B1} = V_{E1} = V_{E2} = V_{B2} \quad (\text{sinais})$$

$$C_M = C_{\pi 1} (1-A)$$

$$A = \frac{V_{E1}}{V_{B1}}, \text{ etc } \dots$$

Os únicos condensadores com efeito: C_{y1} e C_{y2}

entrada

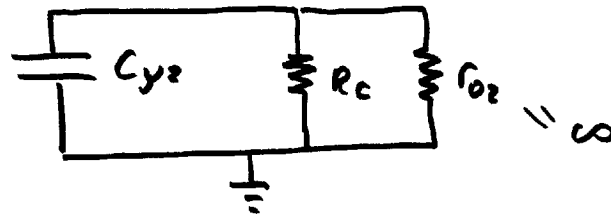


$$A = -2.5 \cdot 10^{-2} \approx 0$$

$$\tau_{in} = C_{y1} R_c = 5 \text{ pF} \cdot 10 \text{ k}\Omega = 50 \text{ ns}$$

$$f_{in} = \frac{1}{2\pi\tau_{in}} = 3.2 \text{ GHz}$$

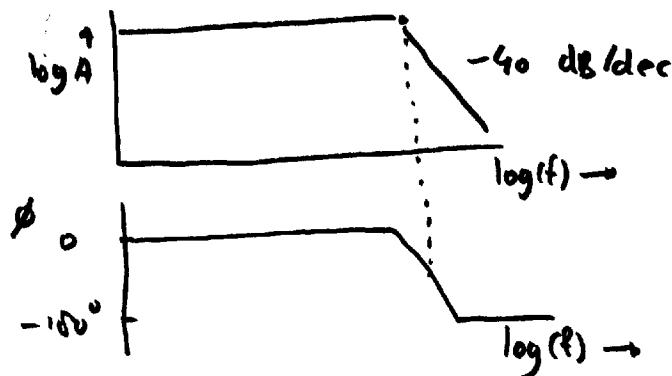
saída



$$\tau_{out} = 3.2 \text{ GHz}$$

$$f_{out} = 50 \text{ ns}$$

total: $f_H = 1.6 \text{ GHz}$.

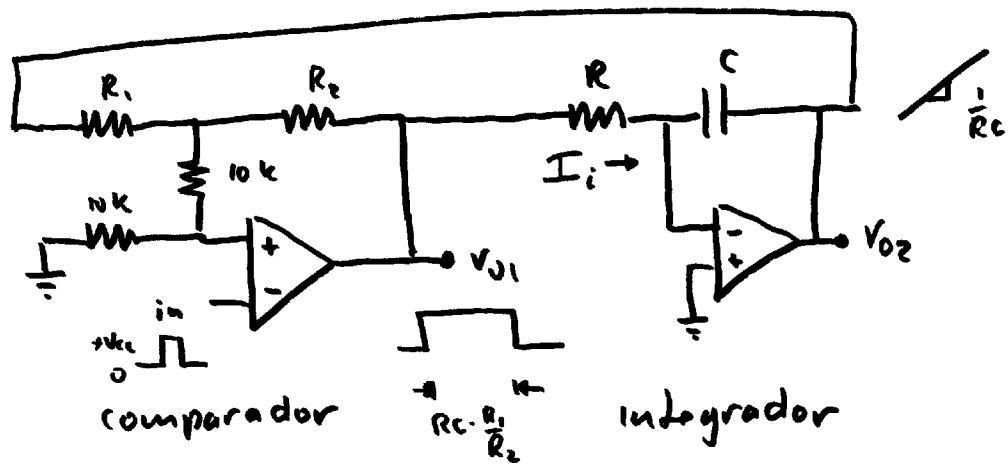


e) Amplificador diferencial, por exemplo em (tele) comunicações analógicas e digitais que usam sinais diferenciais (cabos twisted pair, etc.)

2) Sebenta, capítulo 3, p. 4 e 5.

3) Sebenta, capítulo 5, p. 5

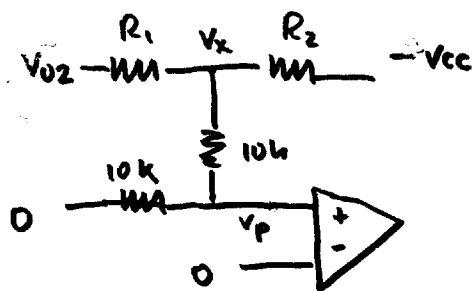
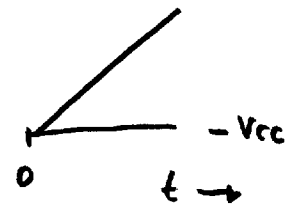
4)



(1) depois pulso

$$V_{01} : +V_{cc} \rightarrow -V_{cc}$$

$$I_i = -\frac{V_{cc}}{R}, \quad V_{02} = 0 - \int \frac{I}{C} dt = \frac{+V_{cc}}{RC} \cdot t$$



Quando $V_p > 0$ e comuta?

$$-V_{cc} \cdot R_1 + V_{02} R_2 = 0$$

$$V_{02} = V_{cc} \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

$$+\frac{V_{cc}}{RC} t = V_{cc} \cdot \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow t = RC \cdot \frac{R_1}{R_2}$$