



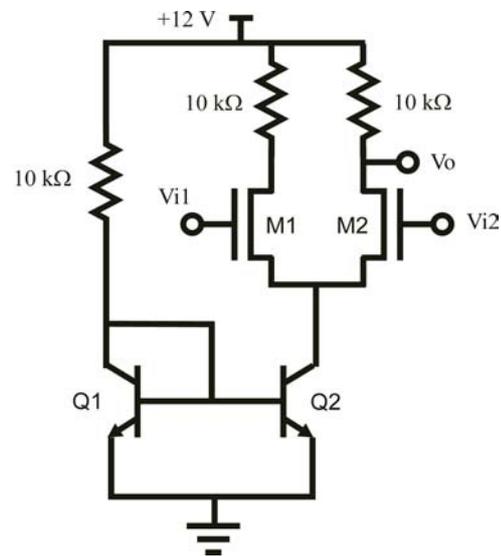
- Escreva o seu nome, nº de aluno e curso em todas as folhas que entregar.
- Não é permitido falar com os colegas durante o exame. Se o fizer, terá a prova anulada. Desligue o telemóvel.
- Caso opte por desistir, escreva “Desisto”, assine e entregue a prova ao docente.
- O exame tem 2 perguntas e a cotação de cada aparece entre parêntesis.
- Faça letra legível.
- Boa sorte!

Todos os transístores bipolares têm $\beta = 100$ e $V_A = 200$ V e os transístores de efeito do campo têm $K = 200 \mu\text{A}/\text{V}^2$ e $V_T = 1$. Esclareça sempre as respostas com cálculos e/ou figuras.

Pergunta 1 (17 valores)

Analise o circuito ao lado

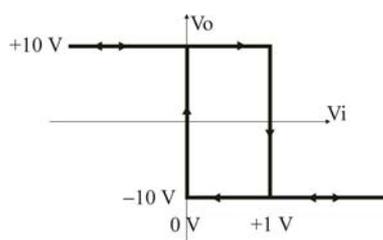
- Determine a polarização do circuito. Está bem polarizado?
- Determine o CMRR do circuito.
- Determine o consumo de energia em DC do circuito (com ambas as entradas ligadas à terra).
- Determine a resistência de entrada e a resistência de saída do circuito.
- Considere que nenhum dos componentes tem capacidade. Adicione componentes ao circuito de forma a chegar a uma resposta em frequência tipo passa-banda entre 10 Hz e 100 kHz quando ligar uma carga de 5 k Ω .
- Faça os Bode plots do circuito desenhado na alínea e)



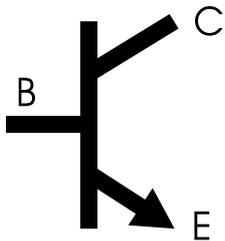
- Desenhe um andar de saída (*full wave*, onda completa) para uma potência de 1 W com uma carga de 8 Ω .
- Os transístores são danificados irreversivelmente com temperaturas acima de 150°C. Para baixar o preço do circuito, o andar de saída da alínea g) foi implementado com transístores com pacote plástico que têm uma resistência térmica de 100 K/W. Será que são suficientes para o circuito ou vão queimá-lo?

Pergunta 2 (3 valores)

a) Desenhe um circuito que implementa um Schmitt-trigger com intervalo de comutação de 0-1 V, tal como mostrado na figura abaixo.



b) Quais são as aplicações deste tipo de circuito (Schmitt-trigger)?



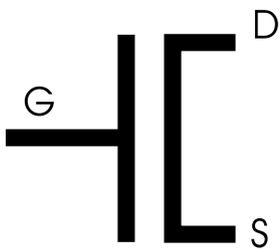
Bipolar

$$\text{Ebers-Moll : } I_C = I_0 \left[\exp\left(\frac{V_{BE}}{V_T}\right) - 1 \right] + I_1 \left[\exp\left(\frac{V_{CB}}{V_T}\right) - 1 \right]$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B, I_C = \beta I_B = \alpha I_E$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_C}, V_T \equiv \frac{q}{kT} \quad (1)$$

(2)



MOS-FET

$$\text{Linear, } V_{DS} < (V_{GS} - V_T) : I_D = K (V_{GS} - V_T) V_{DS}$$

$$\text{Saturation, } V_{DS} > (V_{GS} - V_T) : I_D = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_T)^2$$

$$I_G = 0 \quad (r_i = 0)$$

$$K \equiv \mu C_{ox} \frac{W}{L}$$

$(V_T \text{ Bipolar} \neq V_T \text{ MOS-FET})$

$$r_{in} \equiv 1 / \frac{\partial I_i}{\partial V_i} = \frac{v_i}{i_i}$$

$$r_{out} \equiv 1 / \frac{\partial I_o}{\partial V_o} = \frac{v_o}{i_o}$$

$$g_m \equiv \frac{\partial I_o}{\partial V_i} = \frac{i_o}{v_i}$$

$$A_v \equiv \frac{\partial V_o}{\partial V_i} = \frac{v_o}{v_i}$$

Circuito	Ganho	r_{in}	r_{out}
Emissor Comum	$-R_C / (r_e + R_E)$	$(\beta + 1)(r_e + R_E)$	$\approx R_C$
Base Comum	$+R_C / (r_e + R_E)$	$(r_e // R_E)$	$\approx R_C$
Coletor Comum	$+R_E / (r_e + R_E)$	$(\beta + 1)(r_e + R_E) + R_B$	$R_E // [R_B / (\beta + 1) + r_e]$