



NºMec. \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

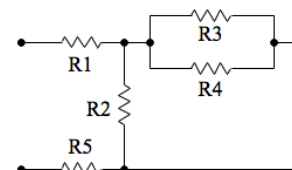
Notas: - O seu teste está numerado no canto superior direito. Assine a folha de presenças na linha com esse nº.

- só é permitida calculadora sem capacidade de comunicação e material de escrita em papel; todo o restante material (incluindo pasta/mochila, portátil/tablet e telemóvel) deve ser depositado na parte baixa do anfiteatro;
- em cada questão só há uma resposta correcta; uma resposta certa vale 1 valor, uma errada desconta 0,2 valores e uma não resposta vale 0 valores; as respostas têm de ser assinaladas com um X na grelha abaixo; mais do que um X por coluna é considerado como resposta errada; as restantes questões valem 2 valores cada.
- duração do teste: 90 minutos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(a)												
(b)												
(c)												
(d)												

1. no circuito à direita:

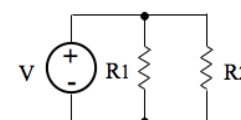
- ☒ (a) R2 está em paralelo com R3      (b) R1 está em série com R3  
 (c) R2 está em série com R4      (d) R1 está em paralelo com R5



2. A potência dissipada em R1 é o dobro da dissipada em R2.

Então verifica-se que:

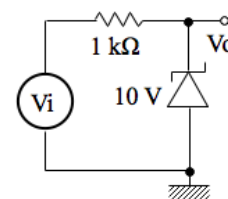
- (a)  $R1 = R2 / 4$     ☒ (b)  $R1 = R2 / 2$     (c)  $R1 = 2 R2$     (d)  $R1 = 4 R2$



3. Vi é uma onda quadrada com  $\pm 15V$  e 5kHz. Considere  $V_\gamma = 1V$ .

Calcule o valor médio de Vo:

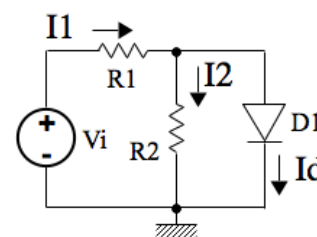
- (a) - 4,5V      (b) 0,0V    ☒ (c) 4,5V      (d) 5,0 V



4. No circuito considere  $V_\gamma = 0,68V$ ,  $V_i = 10V$ ,  $R1 = R2 = 680\Omega$ .

Calcule, aproximadamente, o valor de Id.

- (a) 6,4 mA    (b) 7,4 mA    ☒ (c) 12,7 mA    (d) 13,7 mA



5. Considere um circuito rectificador de onda completa em ponte e que  $V_\gamma = 0,8V$ . A filtragem subsequente garante uma tensão de ripple de 2V. A tensão à entrada do rectificador é de 50Hz e valor eficaz 7,5V. Calcule o valor mínimo da saída filtrada.

- (a) 3,9V    ☒ (b) 7,0V    (c) 8,0V    (d) 9,0V

6. Considere uma ADC de contagem com 5 bits, com um valor de fim de escala de 3,10V e um *clock* de 1 MHz. Determine o valor da saída quando à entrada coloca uma tensão de 2,45V.

- (a) 01111      (b) 11000      ☒ (c) 11001      (d) 11010

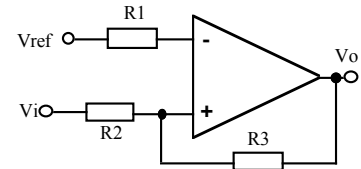
7. Uma DAC de 8 bits apresenta à saída uma tensão de 40mV quando à entrada é aplicado o *byte* 00000100. Qual a tensão de saída para uma entrada 00100000?

- (a) 80mV      (b) 160mV      ☒ (c) 320mV      (d) 640mV

8. Atente nas entradas do OpAmp à direita.

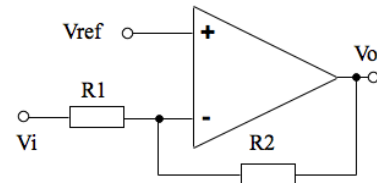
Relacionando  $V_o$  com  $V_i$ , o circuito é um:

- (a) Amplificador Não Inversor      (b) Amplificador Inversor  
(c) Comparador sem histerese      ☒ (d) Comparador com histerese



9. Atente nas entradas do OpAmp à direita.  $R_1=R_2=10k\Omega$ ,  $V_{ref} = +1V$ .  $V_i$  é uma senoide com 4Vpp (pico a pico). Calcule o valor máximo de  $V_o$ :

- (a) 0V      (b) 2V      ☒ (c) 4V      (d) 6V



10. Atente nas entradas dos OpAmps à direita.

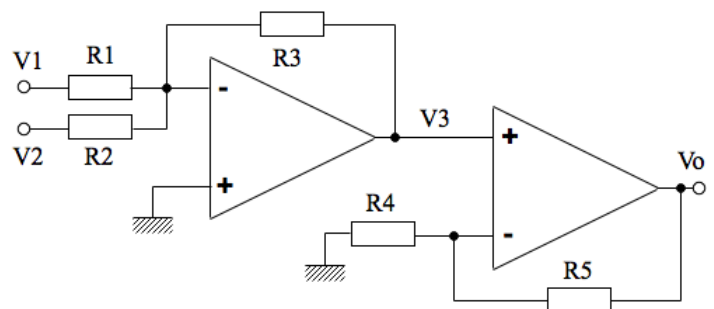
$R_1=10k\Omega$  |  $R_2=5k\Omega$  |  $R_3=20k\Omega$

$R_4=10k\Omega$  |  $R_5=30k\Omega$

$V_1 = -1V$  |  $V_2 = +1V$

Calcule  $V_o$ :

- ☒ (a) - 8 V      (b) - 6 V  
(c) 0 V      (d) + 8 V

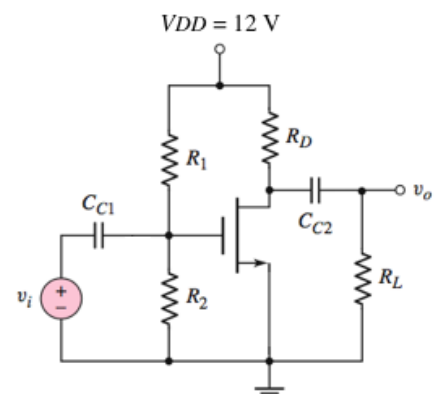


11. Considere:  $R_1=12k\Omega$  ;  $R_2= ? k\Omega$  ;  $R_D=1,5k\Omega$  ;  $R_L=3k\Omega$  ;  
e que  $V_{to}=3V$  ;  $K=0,5 mA/V^2$ .

Considere que os condensadores se comportam como curto-circuitos para pequeno sinal e circuito-abertos para dc.

Para obter  $I_D = 4,5mA$ , o valor de  $R_2$  é:

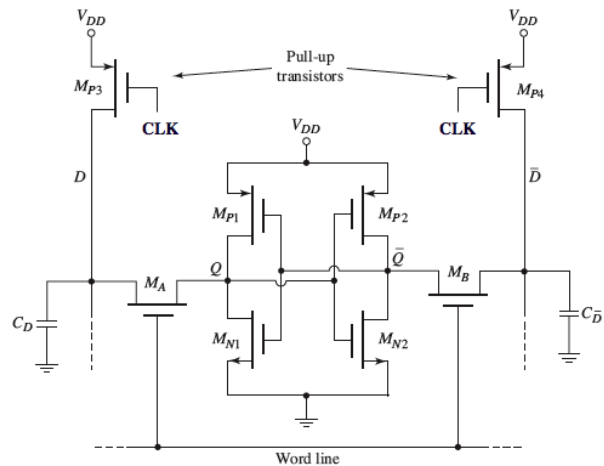
- (a) 3 k $\Omega$       (b) 6 k $\Omega$       ☒ (c) 12 k $\Omega$       (d) 24 k $\Omega$



12. No circuito anterior, considerando  $g_m=3mA/V$  e que  $v_i$  é um sinal sinusoidal com 200mV, determine a amplitude de  $v_o$  e a fase deste em relação a  $v_i$ :

- (a) 0,9V / 0°      (b) 0,9V / 180°      (c) 0,6V / 0°      ☒ (d) 0,6V / -180°

13. O circuito representa uma célula RAM. Os estados 1 a 5 estabelecem-se sequencialmente. Preencha a tabela abaixo com o valor lógico de D,  $\sim D$ , Q e  $\sim Q$ , e com o estado (On ou Off) dos transistores.

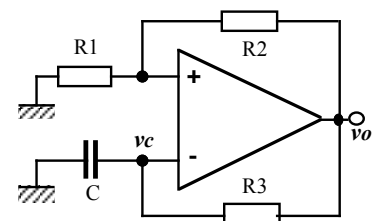


Estado	CLK	WL	D	$\sim D$	Q	MN2	MP1	MP3
1 Read	1	1				Off		
2	0	0						
3 Write	1	1	1	0				
4	0	0	—	—	—	—	—	—
5	1	0	—					

14. Desenhe (incluindo todos os transistores NMOS e PMOS) e explique o funcionamento de:
- um circuito **estático** CMOS que implemente a **negação** da função  $Y = A (B + C D)$ ;
  - um circuito **dinâmico** CMOS que implemente a função  $Y = A + B + C D$ .

15. O circuito à direita, em que o OpAmp satura a  $\pm 10V$ , é um oscilador baseado num comparador com histerese.

Repare que  $V_c$  se comporta como a entrada (INVERSORA) do comparador e que C carrega e descarrega do mesmo modo que num circuito RC passa-baixo, ou seja,

$$v_c(t) = V_{\text{final}} - (V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}) e^{-t/RC}$$


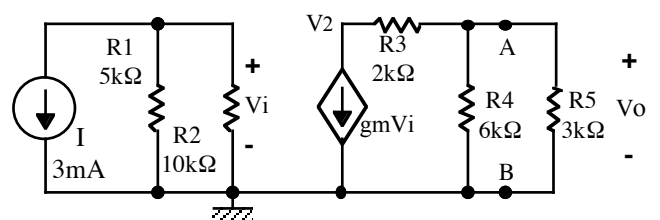
$$R1 = 10k\Omega \mid R2 = 90k\Omega \mid R3 = 10k\Omega \mid C = 1\mu F$$

Justificando todos os passos:

- calcule  $V_{TH}$  e  $V_{TL}$  e desenhe  $V_o$  e  $V_c$ , em função do tempo (num mesmo gráfico e incluindo os valores das tensões relevantes);
- calcule a frequência de oscilação e o *duty-cycle* de  $V_o$ .

16. Para o circuito à direita, com  $g_m = 250\mu A/V$ , justificando todos os passos:

- calcule o valor de  $V_i$  e de  $V_o$ ;
- obtenha o equivalente de Norton para todo o circuito à esquerda dos pontos AB e desenhe esse equivalente.



$$v = \frac{dw}{dq} \quad i = \frac{dq}{dt} \quad p(t) = v(t)i(t) \quad w = \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt \quad \mathbf{V} = \mathbf{R} \times \mathbf{I} \quad \Sigma I_{in} = \Sigma I_{out} \quad \Sigma V = 0$$

$$R_{EQ} = \sum_{n=1}^N R_n$$

$$R_{EQ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_{R2} = V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_{R2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_i$$

$$V_{med} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v(t) dt$$

$$V_{ef} = V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v^2(t) dt}$$

$$V_{ef} = V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T \quad \tau = RC \quad \tau = L/R$$

$$j^2 = -1$$

$$q_c = C v_c \quad i_c = C \frac{dv_c}{dt}$$

$$v_c(t) = \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i_c dt + v_c(t_0)$$

$$w(t) = \frac{1}{2} C v_c^2(t)$$

$$z = a + j b$$

$$|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$v_L = L \frac{di_L}{dt} \quad i_L(t) = \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v_L dt + i_L(t_0)$$

$$w(t) = \frac{1}{2} L i_L^2(t)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right)$$

$$v_C(t) = V_i e^{-t/RC}$$

$$v_C(t) = V_s - V_s e^{-t/RC}$$

$$i_L(t) = I_f - I_f e^{-tR/L}$$

$$v_C(t) = V_{final} - (V_{final} - V_{inicial}) e^{-t/RC}$$

$$Z_C = -j \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{\omega C} \angle -90^\circ$$

$$Z_L = j\omega L = \omega L \angle 90^\circ$$

$$f_B = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$H(f) = \frac{1}{1 + j(f/f_B)}$$

$$H(f) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{j(f/f_B)}{1 + j(f/f_B)}$$

$$|H(f)|_{dB} = 20 \log |H(f)|$$

$$V_r = I_{Lmed} T/C \quad I_{Lmed} \approx V_{Lmed}/R_L \quad V_r = I_{Lmed} T/2C$$

$$i_D = K \left[ 2(v_{GS} - V_{to})v_{DS} - v_{DS}^2 \right]$$

$$i_D = K_p [2(v_{SG} + V_{TP})v_{SD} - v_{SD}^2]$$

$$i_D = K_p (v_{SG} + V_{TP})^2$$

$$i_D = K (v_{GS} - V_{to})^2$$

$$g_m = 2 K (v_{GS} - V_{to})$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

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

$$v_{a \max} = (2^{n-1} + 2^{n-2} + \dots + 2^1 + 2^0) \delta v \\ = (2^n - 1) \delta v$$