

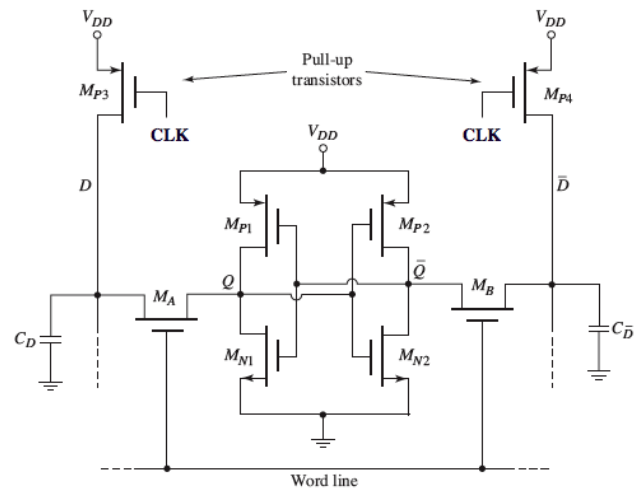
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
(a)	X			X			X							X	X		X	
(b)		X						X		X	X	X	X	X				
(c)			X		X	X			X					X		X		X
(d)														X				

1.

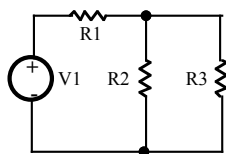
Estado	CLK	WL	D	$\sim D$	Q	MN2	MP1	MP3
1 Read	1	1	0	1	0	Off	Off	Off
2	0	0	1	1	0	Off	Off	On
3	1	0	1	—	0	Off	Off	Off
4 Write	1	1	1	0	1	On	On	Off

O circuito representa uma célula RAM.

Os estados 1 a 4 estabelecem-se sequencialmente.
Preencha a tabela acima com o valor lógico (0 ou 1) de D, $\sim D$, Q e com o estado (On ou Off) dos transistores.



2. No circuito abaixo, $R1 = R2 = R3 = 1 \text{ k}\Omega$.



Se a potência fornecida por V1 é de 0,15W, que potência dissipa R3?

$$I1 = V1 / [R1 + (R2 // R3)] = V1 / 1500$$

$$P1 = V1 I1 = V1^2 / 1500 = 0,15W \Rightarrow V1 = 15V \Rightarrow I1 = 10mA$$

$$R2 = R3 \text{ e } I1 = I2 + I3 \Rightarrow I3 = I1 / 2 = 5mA$$

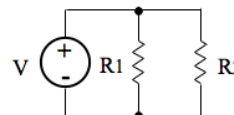
$$\text{Resposta: } P3 = R3 I3^2 = 25mW$$

3. A corrente em R1 é o dobro da corrente em R2.

Então verifica-se que:

$$I1 = 2 I2 \Rightarrow V / R1 = 2 V / R2 \Rightarrow R1 = R2 / 2$$

$$\text{Resposta: } R1 = R2 / 2$$



4. No circuito à direita, $R1 = R2 = 3 \text{ k}\Omega$ $R3 = 6 \text{ k}\Omega$

Aplicando sobreposição, V3 é dada pela soma:

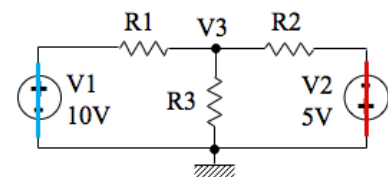
Iteração a: considerar V1 e anular os efeitos de V2 (cc vermelho)

$$\text{Pelo divisor de tensão, } V3a = V1 (R2 // R3) / [R1 + (R2 // R3)] = 10 (2K) / (3K + 2K) = 4V$$

Iteração b: considerar V2 e anular os efeitos de V1 (cc azul)

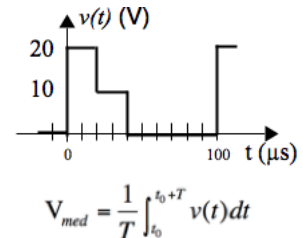
$$\text{Pelo divisor de tensão, } V3b = - V2 (R1 // R3) / [R2 + (R1 // R3)] = - 5 (2K) / (3K + 2K) = - 2V$$

$$\text{Resposta: } V3 = V3a + V3b = 4 - 2 = 2V$$



5. A figura à direita representa um ciclo de uma onda periódica de 10kHz. Calcule o seu valor médio:

O valor médio é a área da figura a dividir pelo período, ou seja
 $(20 \times 20 + 10 \times 20) / 100 = 6V$ Resposta: 6V



6. Para o sinal da figura, determine o tempo de descida:

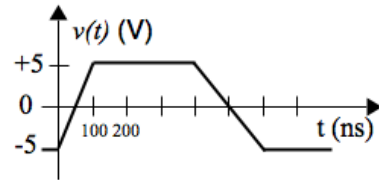
Por definição, o tempo de descida é medido entre 90% e 10% da excursão do sinal (pico a pico)

$$v_{pp} = 5 - (-5) = 10V \quad 90\% \text{ de } v_{pp} = 9V \quad 10\% \text{ de } v_{pp} = 1V$$

Temos então uma descida de 8V (de +4V para -4V).

O sinal desce 10V em 200ns, ou seja, 0,05V/ns pelo que, para descer 8V precisa de

Resposta: $t_f = 160 \text{ ns}$



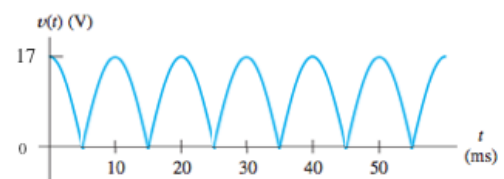
7. Determine a frequência e o valor eficaz do sinal:

$$v_{eff} = v_m / \sqrt{2} = 17 / 1,41 = 12 \text{ Veff}$$

Da figura tira-se imediatamente que o período $T = 10\text{ms}$

$$f = 1 / T = 100\text{Hz}$$

Resposta: 100 Hz ; 12 V



8. Considere um circuito RC paralelo, com $R=1\text{k}\Omega$ e $C=100\text{nF}$, a funcionar à frequência de 1,6kHz. Determine, aproximadamente, a impedância equivalente em módulo e fase.

Em paralelo temos que $Z = R // Z_c = (R \times 1/j\omega C) / (R + 1/j\omega C) = R / (1 + j\omega CR) =$

$$= 1000 / (1 + j 2\pi \times 1600 \times 10^{-7} \times 1000) \approx 1000 / (1 + j 1)$$

$$|1 + j 1| = (1^2 + 1^2)^{1/2} = \sqrt{2} \quad |Z| = 1000 / |1 + j 1| \approx 0,7 \text{ k}\Omega$$

$$\phi(1 + j 1) = \text{atan}(1/1) = +45^\circ$$

Fase = Fase numerador - Fase denominador

$$\phi(Z) = 0 - \phi(1 + j 1) = -45^\circ$$

Resposta: $0,7\text{k}\Omega / -45^\circ$

9. Para o circuito à direita considere diodos ideais e que a tensão de entrada (V_i) é uma senoide com 6Veff. Pode afirmar-se que:

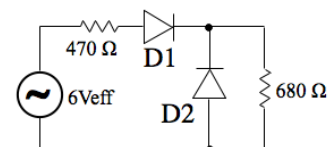
D2 está sempre cortado porque:

- $v_i > 0V$, D1 conduz porque tem o ânodo (através de 470Ω) ligado

ao + da fonte e o cátodo (através de 680Ω) ligado ao - da fonte. Neste caso, D2 está cortado pelo facto do ânodo estar ligado ao - da fonte e o cátodo (através de 470Ω e D1) ligado ao +.

- $v_i < 0V$, D1 corta porque fica com o ânodo ligado (através de 470Ω) ao - da fonte. Como D1 é um circuito aberto, não há ligação entre o cátodo de D2 e a fonte, pelo que D2 também não pode conduzir, ou seja está cortado.

Resposta: D2 está sempre cortado.



10. No circuito considere $V_\gamma = 0,7V$ | $V_z = 12V$ | $R = 1\text{k}\Omega$.

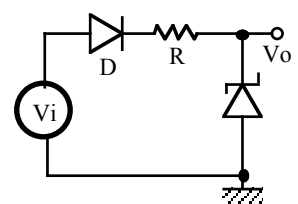
Calcule, aproximadamente, o valor máximo da corrente no zener quando o sinal de entrada é uma senoide de 500Hz com 14Vrms:

$$I_R = I_z \quad V_{ipico} = V_{irms} \sqrt{2} = 14 \times 1,41 = 19,8 \text{ Vpico}$$

$$\text{À esquerda de } R \text{ aparece } V_{ipico} - V_\gamma = 19,8 - 0,7 = 19,1V$$

$$\text{À direita de } R \text{ aparece } V_z = 12V, \text{ portanto } I_R = I_z = (19,1 - 12) / 1K \approx 7 \text{ mA}$$

Resposta: 7,0 mA



11. Considere: $R_1=130\text{k}\Omega$; $R_2=50\text{k}\Omega$; $R_D=3\text{k}\Omega$; $R_L=6\text{k}\Omega$; e que $V_{to}=3\text{V}$; $K=0,75 \text{ mA/V}^2$.

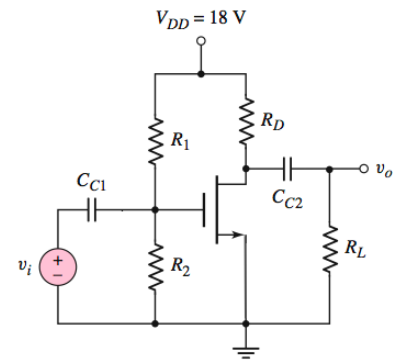
Considere que os condensadores se comportam como curto-circuitos para pequeno sinal e circuito-abertos para dc.

Calcule a tensão V_{DS} de polarização:

$$V_{GS} = V_G = V_{DD} \times R_2 \times (R_1+R_2) = 18 \times 50\text{K} \times (130\text{K}+50\text{K}) = 5\text{V}$$

$$I_D = K (V_{GS} - V_{to})^2 = 0,75 \times 10^{-3} (5-3)^2 = 3\text{mA}$$

$$V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D = 18 - (3 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-3}) \quad \text{Resposta: } V_{DS} = 9 \text{ V}$$



12. Para o circuito anterior, calcule v_O/v_i :

$$g_m = 2K (V_{GS} - V_{to}) = 3\text{mA/V}$$

Com base no modelo equivalente para pequenos sinais temos:

$$v_o = -g_m (R_D // R_L) v_i = -3 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3 \times v_i = -6 v_i$$

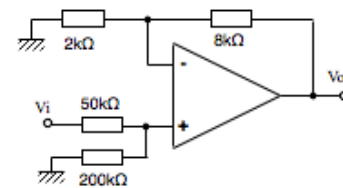
$$\text{Resposta: } v_O/v_i = -6$$

13. Para o circuito à direita calcule o ganho V_O/V_i :

$$V(+) = V_i \times 200\text{K} / (50\text{K} + 200\text{K}) = 0,8 V_i$$

$$V_o = V(+) [1 + (8\text{K} / 2\text{K})] = 5 V(+) = 5 \times 0,8 V_i$$

$$\text{Resposta: } V_O/V_i = +4$$



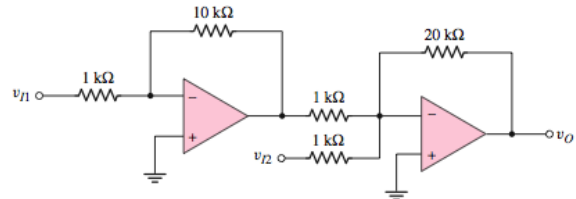
14. No circuito à direita, calcule v_O quando

$$v_{I1}=25\text{mV} \text{ e } v_{I2}=200\text{mV}:$$

$$v_{O1} = - (10\text{K}/1\text{K}) v_{I1} = -10 \times 25\text{mV} = -250\text{mV}$$

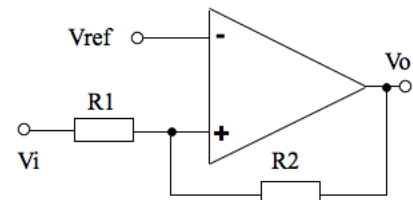
$$v_O = - (20\text{K}/1\text{K}) v_{O1} + [- (20\text{K}/1\text{K}) v_{I2}] = -20 \times (-250\text{mV}) + (-20 \times 200\text{mV}) = 5 - 4$$

$$\text{Resposta: } v_O = 1 \text{ V}$$



15. No comparador à direita, $R_1=5\text{k}\Omega$, $R_2=20\text{k}\Omega$ e $V_{REF} = -2\text{V}$.

O OpAmp satura a $\pm 10\text{V}$. As tensões de comparação inferior (V_{TL}) e superior (V_{TH}), referentes a V_i , são:



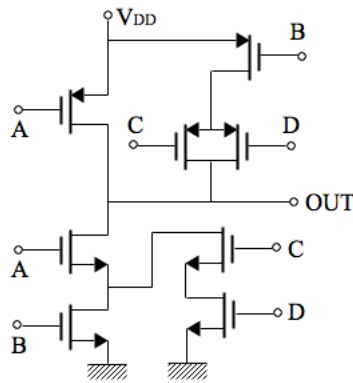
A comparação é feita (a subir ou a descer) quando $V(+) = V(-) = V_{ref} = -2\text{V}$. Por sobreposição,
 $-2 = V(+) = V_i [R_2 / (R_1 + R_2)] + V_o R_1 / (R_1 + R_2) = 0,8 V_i + 0,2 V_o \Rightarrow V_i = -0,25 V_o - 2,5$

$$\text{Quando } V_o = 10\text{V} \Rightarrow V_i = V_{TL} = -5 \text{ V}$$

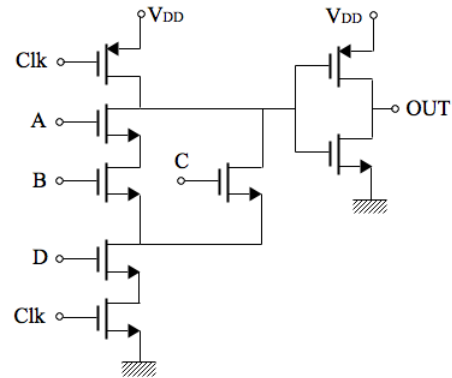
$$\text{Quando } V_o = -10\text{V} \Rightarrow V_i = V_{TH} = 0 \text{ V}$$

$$\text{Resposta: } V_{TL} = -5 \text{ V} \quad V_{TH} = 0 \text{ V}$$

16. Qual a função lógica do circuito abaixo?



17. Qual a função lógica do circuito abaixo?



Nos NMOS: Série = AND Paralelo = OR (Função lógica operada em termos de correntes)

16. {A em série com [B // (C em série com D)]} => A (B + CD) em correntes, pelo que em tensão

$$\text{OUT} = \overline{A(B + CD)}$$

17. {[(A em série com B) // C] em série com D} => (A B + C) D em correntes, mas como há um Inversor à saída, é esta a função implementada: $\text{OUT} = (A B + C) D$

18. Considere uma DAC de 5 bits (b4 b3 b2 b1 b0) de resistências pesadas. A resistência associada ao bit menos significativo (b0) é de 400 kΩ. Qual o valor da resistência associada ao bit b2? Sabemos que numa DAC deste tipo as resistências variam sucessivamente numa potência de 2 e que a maior resistência é a associada ao LSB de modo a provocar a menor corrente nas entradas do Amplificador Somador. Assim, $R_{b2} = R_{b0} / 4 = 100 \text{ k}\Omega$
Resposta: 100 kΩ

19. Numa ADC de contagem de 10 bits, com 1 LSB equivalente a 9,78 mV, o clock é de 1 MHz. Quando o sinal à entrada é de 5 V, determine, aproximadamente, o tempo de conversão:

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

$$= (2^n - 1) \delta v$$

$$\delta v = v_{a\max} / 1023 = 9,78 \text{ mV}$$

$$v_{a\max} = 1023 \times 9,78 \text{ mV} \approx 10 \text{ V}$$

Sabemos que numa ADC deste tipo, o tempo de conversão é igual ao número de clocks que o contador binário necessita para contar desde zero até ao valor de V_i (a converter), mais 1 clock para read/reset.

Para $V_i = 5 \text{ V}$ são, então, necessários 511+1 clocks, o que para $f = 1 \text{ MHz}$ dá

Resposta: 512 μs