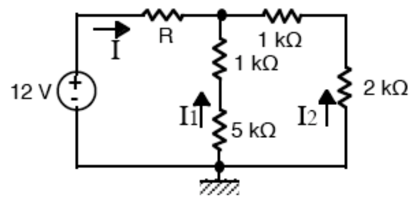
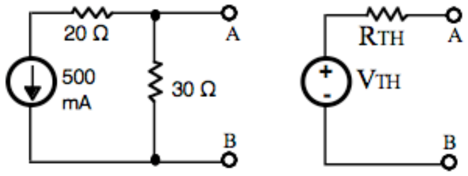
1. Sabendo que neste divisor de corrente I2 = - 2mA, calcule I:



$I2 = - I \times 6k / (6k+3k) = - 2mA \longrightarrow I = 2 \times 9 / 6$

Resposta: I = 3 mA

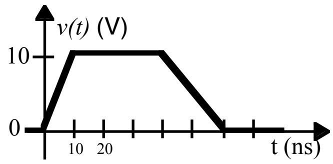
2. Os dois circuitos são equivalentes quando:



$V_{TH} = V_{AB} = - 0{,}5A \times 30\Omega = -15V$

R_{TH} : abrindo a fonte de corrente, 20Ω fica em aberto, pelo que, entre A e B, só aparece 30Ω = R_{TH}

3. Para o sinal da figura, determine o tempo de <u>descida</u>:

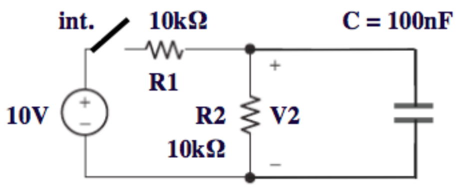


$v_m - 0 = 10V$ 90% de v = 9 V 10% de v = 1 V

Calcula-se, então, o tempo para uma descida de 9V-1V=8V.

O sinal desce a uma taxa de 0,5V/ns, pelo que, para descer 8V, precisa de t_f = 16 ns.

4. Considere que o interruptor está aberto há muito tempo. Em t = 0s, o interruptor fecha, ligando a fonte de 10V ao resto do circuito. Ao fim de 500µs qual o valor de V2.



t < 0s : C descarregou completamente através de R2, pelo que V2 = 0V.

t > 0s : aplicando Thévenin à fonte de 10V e a R1 e R2, obtemos um circuito equivalente composto por uma fonte de 5V em série com Req=R1//R2= 5kΩ, que vai carregar C.

Portanto C vai carregar até ao valor final $V2_{final}$ = 5V com uma constante de tempo:

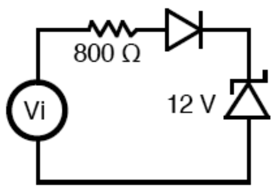
$\tau = ReqC = 5\times10^3 \times 10^{-7} = 500\mu s$.

$V2(500\mu s) = V2_{final} - V2_{final} \times e^{-t/\tau} = 5 - 5\, e^{-1} = 3{,}16V$ Resposta: 3,16 V

5. No circuito considere $V\gamma$ = 0,6V e Vz = 12V.

O sinal de entrada é uma sinusoide de 50Hz com 16Vrms.

Determine, com uma precisão melhor que ±2%, o valor de pico da corrente no zener:

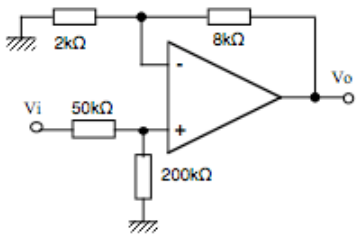


$V_{ip} = V_{ieff} \times \sqrt{2} = 16\times\sqrt{2} = 22{,}6V$

Kirchhoff da malha: $V_{ip} - V\gamma - Vz = 800\Omega \times I \rightarrow I = (22{,}6 - 0{,}6 - 12) / 800 = Iz$

Resposta: Iz = 12,5 mA

6. Para o circuito à direita calcule o ganho Vo/Vi:

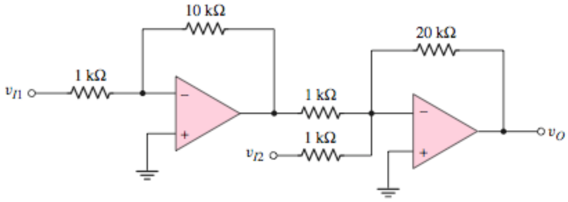


$Vo = V_+ \times [1+(8K/2K)] = V_+ \times 5$

$V_+ = Vi \times 200k / (200K+50K) = Vi \times 0{,}8$

Resposta: Vo/Vi = 0,8 x 5 = 4

7. No circuito à direita, calcule v_O quando v_{I1}=25mV e v_{I2}=200mV:



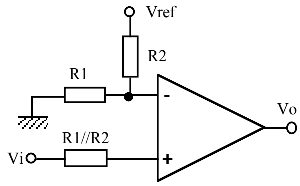
v_{O1} = - (10K/1K) v_{I1}= - 10 x 25mV = - 250mV

v_O = - (20K/1K) v_{O1} + [- (20K/1K) v_{I2}]

= - 20 x (-250mV) + (- 20 x 200mV) = 5 - 4

Resposta: v_O = 1 V

8. Vi é uma onda triangular de ±5V e frequência 50Hz.



R1=R2=15kΩ. Vref = **-** 6V. Calcule o *duty-cycle* de Vo:

Vi = V+ porque a corrente em R1//R2 é nula.

V- = Vref x R1 / (R1+R2) = - 6 x 0,5 = - 3 V

Quando Vi > -3V —> Vo = Vhigh Quando Vi < -3V —> Vo = Vlow

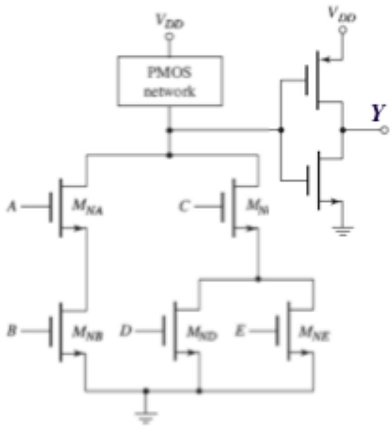
f=50Hz —> T=20ms—> T/2=10ms ,

pelo que o declive dos segmentos de recta que formam a triangular é de ± 1V/ms.

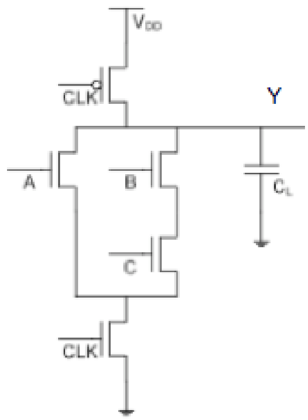
Vo = Vhigh quando a triangular varia de -3V a +5V (em 8ms) e de +5V a -3V (em 8ms), ou seja, durante 16ms em cada periodo de 20ms. Como ∂ = t_{high} / T = 16ms /20ms = 0,8

Resposta: ∂ = 80%

9. Qual a função lógica do circuito abaixo?



10. Qual a função lógica do circuito abaixo?



Série = AND **Paralelo = OR**

9. (M_{NA} em série com M_{NB}) // [M_{NC} em série com (M_{ND} // M_{NE})].

Como há um Inversor à saída, é esta a função implementada:

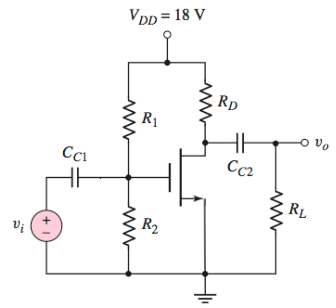
(a) $Y = A\,B + C\,(D + E)$

10. Como não há um Inversor à saída, a função implementada é a negação de:

[A // (B em série com C)]:

(b) $Y = \overline{A + B\,C}$

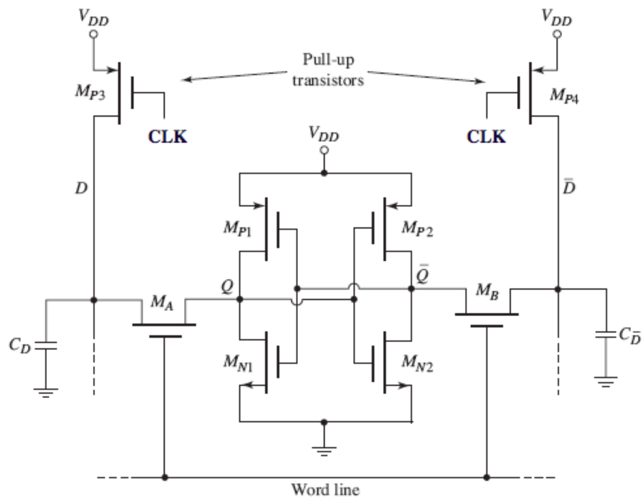
11. Considere: R_1=12kΩ ; R_2=6kΩ ; R_D=3kΩ ; R_L=6kΩ ;
e que V_{to}=3V ; K=0,5 mA/V^2 ; g_m=4,5mA/V.
Considere que os condensadores se comportam como curto-circuitos para pequeno sinal e circuito-abertos para dc.
Calcule a tensão V_{DS} de polarização:



$V_{GS} = V_G = V_{DD} \times R_2 \times (R_1+R_2) = 18 \times 6k \times (12k+6k) = 6V$
$I_D = K (V_{GS} - V_{to})^2 = 0{,}5\times10^{-3} (6-3)^2 = 4{,}5mA$
$V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D = 18 - (3\times10^3 \times 4{,}5\times10^{-3})$ Resposta: V_{DS} = 4,5 V

12. No circuito anterior, v_i é um sinal sinusoidal com 200mV, determine a amplitude de v_o e a fase deste em relação a v_i:
Com base no modelo equivalente para pequenos sinais temos:
$v_o = - g_m (R_D // R_L) v_i = - 4{,}5\times10^{-3} \times 2\times10^3 \times 0{,}2 = - 1{,}8V$
Resposta: 1,8V / 180º

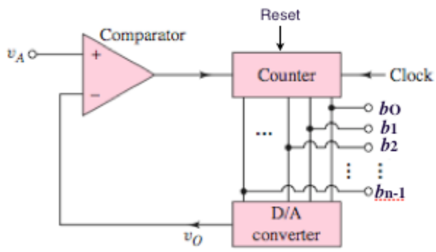
13. O circuito representa uma célula RAM. Os estados 1 a 6 estabelecem-se sequencialmente. Preencha a tabela abaixo com o valor lógico de D, ~D, Q e ~Q, e com o estado (On ou Off) dos transistores.



Estado	CLK	WL	*D*	*~D*	*Q*	*~Q*	*MN1*	*MN2*	*MP1*	*MP2*	*MA*	*MP3*
1	0	0	1	1	——	——	——	——	——	——	Off	On
2 Write	1	1	0	1	0	1	On	Off	Off	On	On	Off
3	0	0	1	1	0	1	On	Off	Off	On	Off	On
4 Read	1	1	0	1	0	1	On	Off	Off	On	On	Off
5	0	0	1	1	0	1	On	Off	Off	On	Off	On
6	1	0	——	——	0	1	On	Off	Off	On	Off	Off

14. Considere uma ADC de contagem com 5 bits, com um valor de fim de escala de 3,10V e um *clock* de 1 MHz. Justificando todos os passos:

(a) esboce um esquema para uma ADC de contagem de 5 bits;



(b) calcule, em percentagem, a resolução da ADC;

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

A resolução é, então, uma parte em 31, ou seja: (1/31) x 100% = 3,23%

(c) determine o valor digital da saída quando à entrada coloca uma tensão de 2,45V;

∂v = $v$amax/31 = 0,1V. Ou seja, desde zero, por cada clock, o contador incrementa uma unidade e a DAC, correspondentemente, acrescenta 0,1V a v_O.

Ao fim de 24 contagens a saída digital é 11000 e v_O=2,40V. Como o comparador é não inversor e v_A ainda é maior que v_O, o comparador força mais um clock ao contador, o qual, por isso, dará como saída final 11001.

(d) calcule aproximadamente o tempo de conversão no caso da alínea anterior.

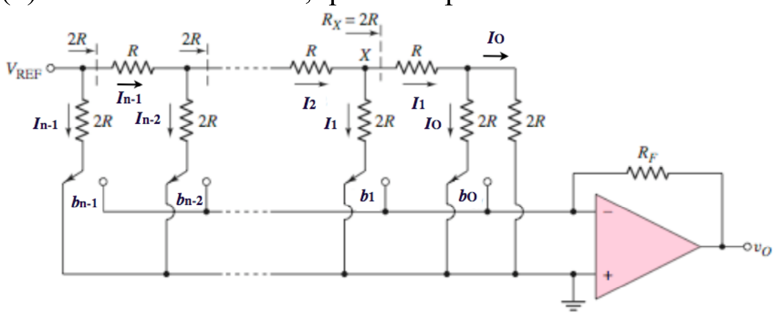
f=1MHz —> T =clock=1µs

Como ocorreram 25 contagens e é necessário mais 1 clock para efeitos de Reset do conversor, temos 26 clocks vezes 1µs, ou seja, 26µs.

15. Pretende-se construir uma DAC de 5 bits, com um valor de fim de escala de 10V, sendo R=2,5kΩ e V_{REF}=-5V. Justificando todos os passos, calcule:

(a) o valor de R_F (em kΩ e com precisão às centésimas);

(b) o valor da tensão v_O, quando a palavra de entrada é 01110.



(a) $I_4 = V_{REF} / 2R = -5 / 5k = -1$ mA　　　$I_3 = I_4 / 2 = -0,50$ mA

$I_2 = I_3 / 2 = -0,25$ mA　　$I_1 = I_2 / 2 = -0,125$ mA　　$I_0 = I_1 / 2 = -0,0625$ mA

O valor de fim de escala 10V, quando a palavra de entrada é 11111, é obtido somando todas as correntes: Itotal = $I_4 + I_3 + I_2 + I_1 + I_0$ = - 1,9375 mA. Esta corrente atravessa R_F dando origem a v_O: v_O = - R_F x Itotal = 10V —> R_F = 5,16 kΩ

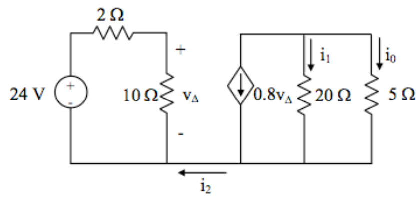
(b) Quando a palavra de entrada é 01110, as correntes activas são I_3, I_2 e I_1, cuja soma dá - (0,5+0,25+0,125) = - 0,875 mA. Finalmente, teremos:

v_O = - 5,16k x (-0,875mA) = 4,52 V

16. Considere o circuito à direita. Justificando todos os passos:

(a) calcule o valor das correntes i_0, i_1 e i_2;

(b) obtenha o equivalente de Thévenin para todo o circuito à esquerda da resistência de 5Ω.



(a) i_2= 0 A. Uma corrente só existe quando um circuito é fechado, o que não acontece neste caso.

V_A = 24V x 10Ω/(2Ω+10Ω) = 20 V

0,8V_A = 0,8 x 20 = 16 A

Pelo divisor de corrente:

i_1 = - 0,8V_A x 5Ω/(5Ω+20Ω) = - 3,2 A

i_0 = - 0,8V_A x 20Ω/(5Ω+20Ω) = - 12,8 A

(b) Como a malha de entrada não se alterou, sabemos que 0,8V_A = 16 A.

Na malha de saída só temos a fonte de corrente e a resistência de 20Ω pelo que:

V_{TH} = - 16A x 20Ω = - 320 V

Como temos uma fonte de corrente dependente é mais "seguro" calcular a corrente de curto-circuito à saída. Como a resistência de 20Ω fica curto-circuitada:

Icc = - 0,8VA = -16A

R_{TH} = V_{TH} / Icc = -320V / (-16A) = 20 Ω