

1. Com $V_i=10V$ e $R=5k\Omega$, calcule I e a potência dissipada por todas as resistências:

Verifica-se que o circuito é do tipo das DAC R-2R; para quem estudou DACs é imediato saber que a resistência vista por V_i é R .

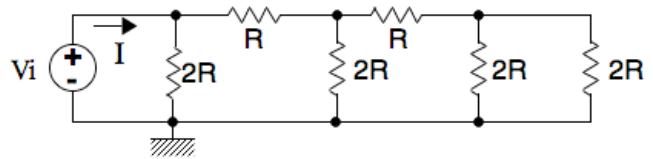
Ou, pode-se, simplesmente, calcular a R_{eq} à direita de V_i :

$$R_{eq} = \{2R/[R+2R/(R+(2R/2R))]\} = R = 5k\Omega.$$

$$\text{Então, } I = V_i / R = 10V / 5k\Omega = 2mA.$$

A potência fornecida por V_i é igual à potência consumida por todo o resto do circuito (conservação da energia), ou seja, $P = V_i \times I = 10V \times 2mA = 20mW$.

Resposta: 2 mA / 20 mW



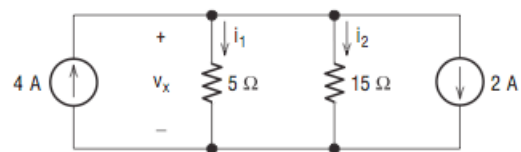
2. Aplicando sobreposição, i_1 é dada pela soma:

Pelo divisor de corrente:

$$i_{1a} = 4 \times 15 / (5+15) = 3A$$

$$i_{1b} = -2 \times 15 / (5+15) = -1,5A$$

Resposta: 3,0 - 1,5 = 1,5A



3. Considere uma onda triangular de 5kHz, que varia entre -4V e +6V. Calcule o seu valor médio.

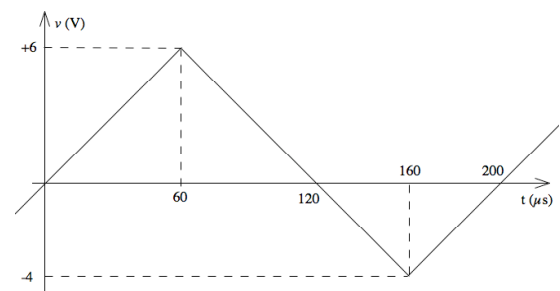
$$T = 1/f = 200\mu s. \text{ Desenhando a onda ...}$$

$$\text{área do triângulo positivo} = 120 \times 6/2 = 360 V.\mu s$$

$$\text{área do triângulo negativo} = -80 \times 4/2 = -160 V.\mu s$$

$$\text{Valor médio} = (360 - 160) / T = 200V.\mu s / 200\mu s$$

Resposta: 1 V



4. Para $t < 0s$ o comutador está na posição 1.

Em $t = 0s$, o comutador muda para a posição 2, ligando a resistência à massa. Ao fim de $500\mu s$, calcule V_0 .

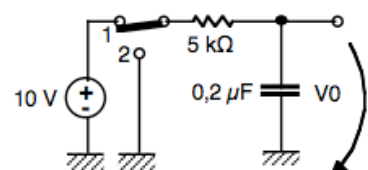
$t < 0s$: C carregou completamente através de $5k\Omega$ até aos 10V, pelo que $V_0 = 10V$.

$t > 0s$: C vai descarregar desde 10V até zero com uma constante de tempo:

$$\tau = RC = 5 \times 10^3 \times 0,2 \times 10^{-6} = 1ms$$

$$V_0(500\mu s) = V_0(0) \times e^{-t/\tau} = 10 e^{-0,5} = 6,1V$$

Resposta: 5V < V0 < 7V



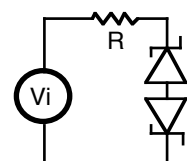
5. No circuito considere $V_\gamma = 0,6V$ e $V_Z = 4,7V$. O valor máximo da corrente é de 7,5 mA quando o sinal de entrada é uma senoide de 500Hz com 8Vrms.

Determine, com uma precisão melhor que $\pm 2\%$, o valor de R :

$$V_{ip} = V_{ieff} \times \sqrt{2} = 8 \times \sqrt{2} = 11,3V$$

$$\text{Kirchhoff da malha: } V_{ip} - V_\gamma - V_Z = R \times I \rightarrow R = (11,3 - 0,6 - 4,7) / 7,5mA = 0,8 k\Omega$$

Resposta: R = 800 Ω



6. Considere uma ADC de *tracking* de 6 bits e com um valor de fim de escala de 6,3V.

Quando a saída varia de 000100 para 000001, isso corresponde, aproximadamente, a uma variação na entrada de:

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

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

$$\partial v = v_{a\max}/63 = 6,3/63 = 0,1V$$

$$000100 - 000001 = -3_{(10)} \rightarrow \text{variação de } v_a = -3 \times \partial v = -0,3V$$

Resposta: - 0,3 V

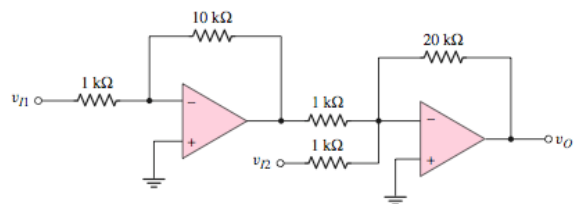
7. No circuito à direita, calcule v_O quando $v_{I1}=20mV$ e $v_{I2}=250mV$:

$$v_{O1} = - (10K/1K) v_{I1} = - 10 \times 20mV = - 200mV$$

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

$$= - 20 \times (-200mV) + (- 20 \times 250mV) = 4 - 5$$

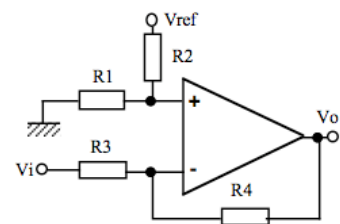
Resposta: $v_O = - 1 V$



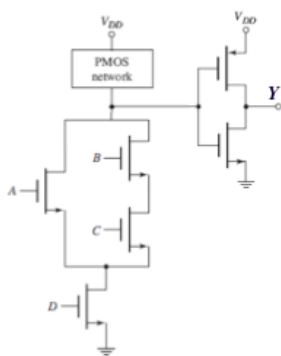
8. Atente nas entradas do OpAmp à direita.

Relacionando V_O com V_i , o circuito é um:

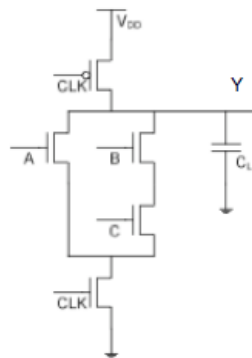
(X) Amplificador Inversor porque o sinal V_i é aplicado, através de R_3 , à entrada Inversora e porque há realimentação negativa, dado que R_4 liga a saída à entrada Inversora.



9. Qual a função lógica do circuito abaixo?



10. Com $CLK=0$ determine Y :

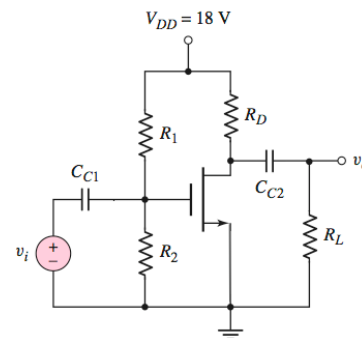


Série = AND Paralelo = OR

9. $[A // (B \text{ em série com } C)] \text{ em série com } D$.

Como há um Inversor à saída, é esta a função implementada: **(c) $Y = (A + B C) D$**

10. Como $CLK = 0$, o transistor PMOs está “ON” ligando V_{DD} a Y , pelo que $Y = 1$.

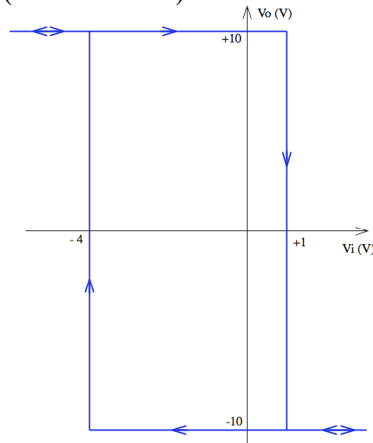


Estado	CLK	WL	D	$\sim D$	Q	$\sim Q$	$MN1$	$MN2$	$MP1$	MB	$MP4$
1	0	0	1	1	0	1	On	Off	Off	Off	On
2	1	0	—	—	0	1	On	Off	Off	Off	Off
3 Read	1	1	0	1	0	1	On	Off	Off	On	Off
4	0	0	1	1	0	1	On	Off	Off	Off	On
5 Write	1	1	1	0	1	0	Off	On	On	On	Off
6	0	0	1	1	1	0	Off	On	On	Off	On

Notas:

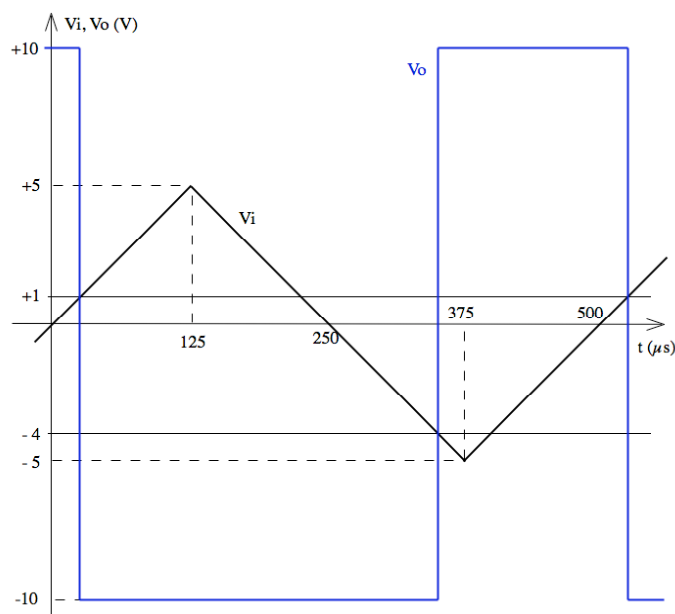
- V_H e V_L são medidas ao nível da saída, enquanto que V_{TH} e V_{TL} são medidas ao nível da entrada.
- Como o comparador é inversor:
quando $V_i < -4\text{ V}$, $V_o = V_H = +10\text{ V}$ e quando $V_i > +1\text{ V}$, $V_o = V_L = -10\text{ V}$

O gráfico seguinte responde ao resto da alínea, com o cuidado de usar os valores numéricos calculados e explicitar as unidades (neste caso V).



b) $T = 1/f = 1/2000 = 500\text{ }\mu\text{s}$

O comportamento do comparador ao longo do tempo é explicitado pela figura seguinte:



Por mera inspeção da figura retira-se:

- V_i desce de $+5\text{ V}$ para -5 V (total de 10 V) em $T/2$ ($250\text{ }\mu\text{s}$). Sendo uma triangular, conclui-se que a taxa de variação de V_i é de $\pm 10\text{ V} / 250\text{ }\mu\text{s} = \pm 1\text{ V} / 25\text{ }\mu\text{s} = \Delta t$
- durante o tempo ON ($V_o = +10\text{ V}$), a entrada V_i desce, primeiro, de -4 V para -5 V e, depois, cresce de -5 V até $+1\text{ V}$, ou seja, sofre uma variação total (em valor absoluto) de $1+6 = 7\text{ V} = \Delta V$.

$$t_{ON} = \Delta V \times \Delta t = 7 \times 25 = 175\text{ }\mu\text{s} \quad \text{e} \quad t_{OFF} = T - t_{ON} = 500 - 175 = 325\text{ }\mu\text{s}$$

O *duty-cycle* será, então $\delta = t_{ON} / T = 175 / 500 = 0,35 = 35\%$

O valor médio de V_o : $V_{omed} = \delta V_H + (1-\delta) V_L = 0,35 \times 10 + 0,65 \times (-10) = -3\text{ V}$

15.[2] Pretende-se construir uma DAC de 6 bits, com um valor de fim de escala de 10V, sendo $R_4=10k\Omega$ e $V_R=-5V$.

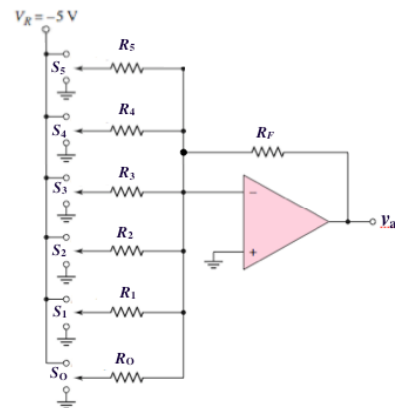
Justificando todos os passos, calcule:

(a) o valor analógico do LSB;

(b) o valor de R_5 e de R_0 a R_3 ;

(c) o valor de R_F (em Ω);

(d) o valor da corrente em R_F e da tensão v_a , quando a palavra de entrada é 010101.



a)

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

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

LSB (000001) corresponde ao valor analógico δv .

$$\delta v = v_{a \max} / 63 = 10V / 63 = 0,159 \text{ V} \approx 0,16 \text{ V (precisão de 0,5 LSB)}$$

b) Raciocinando apenas em valores absolutos, sabe-se que o bit menos significativo (b0), associado a R_0 , deve provocar a menor corrente, porque à saída deve provocar a menor tensão que é δv . Pela lei de Ohm, rapidamente se conclui que R_0 será a maior das resistências de entrada. Por outro lado, é sabido que cada bit tem o dobro do peso do anterior. Assim,

$$R_0 = 2 R_1 = 4 R_2 = 8 R_3 = 16 R_4 = 32 R_5, \text{ pelo que}$$

$$R_0 = 16 R_4 = 16 \times 10k\Omega = 160 \text{ K}\Omega$$

$$R_1 = 8 R_4 = 80 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 4 R_4 = 40 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 2 R_4 = 20 \text{ k}\Omega$$

$$\text{e } R_5 = R_4 / 2 = 5 \text{ k}\Omega$$

c) Para o LSB (000001) só existe corrente em R_0 e o valor analógico na saída é $\delta v = 0,159 \text{ V}$.

$$\text{Como o amplificador é inversor } v_a = - V_R R_F / R_x = - V_R R_F / R_0 = + 5V R_F / 160k\Omega = 0,159$$

$$\text{Donde } R_F = 5088 \Omega$$

d) Convertendo $W = 010101$ para decimal obtém-se $16+4+1 = 21 = W_{(10)}$

$$\text{Da expressão usada na alínea a) retiramos que } v_a = \delta v \times W_{(10)} = 0,159 \times 21 = 3,34 \text{ V.}$$

Considerando que o sentido da corrente I_{RF} é da direita para a esquerda, vem que

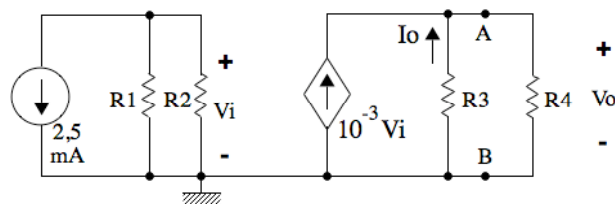
$$I_{RF} = v_a / R_F = 3,34V / 5088\Omega = 656 \mu A$$

16.[2] Considere o circuito à direita com $R_1=5k\Omega$; $R_2=20k\Omega$; $R_3=500\Omega$ e $R_4=2k\Omega$.

Justificando todos os passos:

(a) calcule o valor de I_0 , V_0 e potência em R_4 ;

(b) obtenha o equivalente de Norton para todo o circuito à esquerda dos pontos AB.



a) $R_1 // R_2$ e em paralelo com V_i . $R_{12} = R_1 / R_2 = 5 / 20 = 4 \text{ k}\Omega$ então,

dado que o sentido da corrente de entrada e o de V_i são opostos, vem que

$$V_i = - 2,5mA \times R_{12} = - 2,5mA \times 4k\Omega = - 10 \text{ V}$$

$$I_x = 10^{-3} V_i = 10^{-3} \times (-10) = - 10 \text{ mA}$$

Como I_0 e I_x graficamente têm sentidos contrários, e usando o divisor de corrente, obtém-se:

$$I_0 = - I_x R_4 / (R_3 + R_4) = - (-10mA) \times 2k\Omega / 2,5k\Omega = 8 \text{ mA.}$$

$$V_0 = - I_0 R_3 = - 8mA \times 0,5k\Omega = - 4 \text{ V}$$

$$P_{R4} = V_0^2 / R_4 = (-4)^2 / 2k\Omega = 16 / 2000 = 8 \text{ mW.}$$

b) Como a malha de entrada não se altera $I_x = -10 \text{ mA}$.

Para obter I_N , curto-circuita-se A e B, pelo que toda a corrente I_x passa pelo curto-circuito. Então $I_N = I_{AB} = I_x = -10 \text{ mA}$.

Para determinar R_N , há que identificar que I_x é uma fonte dependente. Para evitar raciocínios mais elaborados, pode-se, simplesmente, determinar V_{AB} (*Thévenin*) em circuito aberto, já que é conhecido que $R_N = V_{AB} / I_N$.

Como a malha de entrada não se altera $I_x = -10 \text{ mA}$. Mas, agora, R_4 não existe, pelo que

$$V_{AB} = I_x R_3 = -10 \text{ mA} \times 0,5 \text{ k}\Omega = -5 \text{ V}$$

$$R_N = V_{AB} / I_N = -5 \text{ V} / (-10 \text{ mA}) = 500 \Omega$$

Desenhando o modelo, tendo em atenção o sentido representado da corrente I_N :

