

Circuitos Elétricos e Sistemas Digitais & Circuitos e Eletrónica

Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Mestrados Integrados em Eng.^a, Biomédica e Eng.^a, Física e Licenciatura em Física

1.º Semestre 2019/2020

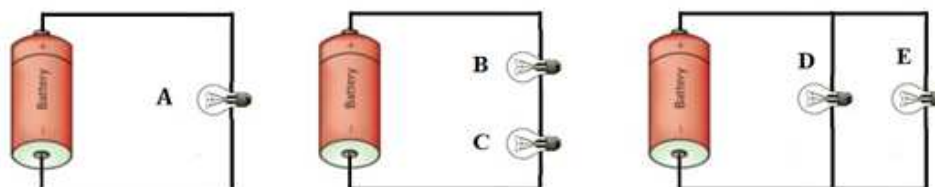
Exame 1ª Época 20 de janeiro de 2020

Nome: _____ N.º _____ Curso: _____

O teste compreende questões de escolha múltipla. Todas as perguntas têm o mesmo valor. Cada resposta errada vale -1/4 do valor de uma resposta correta. Assinalar a sua resposta com O (círculo) em torno da opção apurada. **NdAs:** Nenhuma das anteriores. Material permitido: esferográfica e calculadora.

Faça apenas 10 dos 12 primeiros problemas de **escolha múltipla**. Cada problema vale 1.5 valores.
Dos restantes 4 problemas (problemas 13 a 16) faça apenas 2. Cada problema vale 2.5 valores

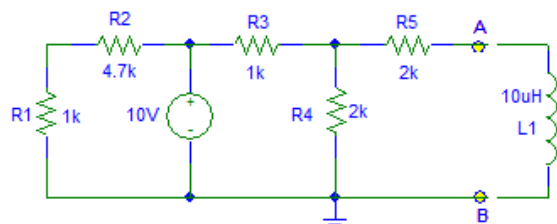
1. Considere os circuitos seguintes alimentados por **pilhas reais**. Assuma que as pilhas e as lâmpadas são todas iguais, que o brilho das lâmpadas é proporcional ao quadrado da corrente que as percorre, ordene as lâmpadas por ordem decrescente do brilho.



- a) $A > D > E > B > C$. b) $A > D = E > B > C$. c) $A > B = C > D = E$. **d) $A > D = E > B = C$.** e) NdAs.

As pilhas reais são equivalentes a uma fonte de força eletromotriz ideal (que depende apenas da reação química que ocorre na pilha) em série com a resistência interna da pilha. As lâmpadas são representadas por resistências. Simular no PSPICE.

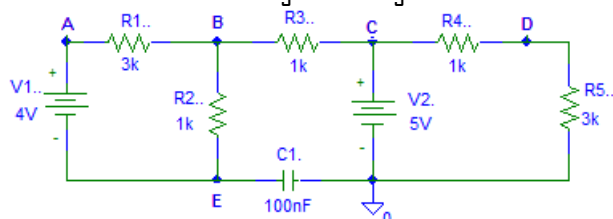
2. Considere o circuito abaixo. No regime estacionário, as grandezas V_{TH} , R_{TH} , I_N , e R_N , dos equivalentes de Thévenin e de Norton da porção do circuito à esquerda dos terminais AB e a corrente que percorre L1 tomam os valores:



- a) 6.7 V, 1.3 k Ω ; 1.5 mA, 2.7 k Ω , e 2.5 mA
b) 6.7 V, 2.7 k Ω ; 2.5 mA, 2.7 k Ω , e 2.5 mA
c) 3.3 V, 2.0 k Ω ; 0.5 mA, 2.0 k Ω , e 1.5 mA
d) 6.7 V, 1.0 k Ω ; 6.7 mA, 1.7 k Ω , e 1.5 mA
e) NdAs.

A tensão em A (V_{TH}) obtém-se através do divisor de tensão formado por R_3 e R_4 . R_{TH} corresponde, substituindo a fonte por um curto, à série de R_5 com o paralelo $R_3 // R_4$. $R_{TH} = R_N$ e $I_N = V_{TH} / R_{TH}$ corresponde à corrente em L1. Ver TPs. Simular no PSPICE.

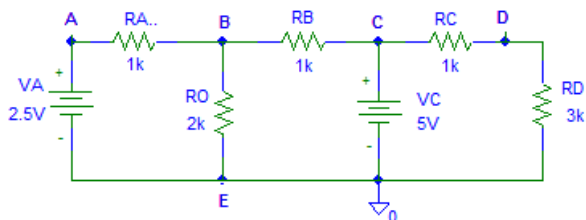
3. Considere o circuito da figura. No regime estacionário os valores das tensões em A, B, C, D, e E são:



- a) 5 V, 5 V, 5V, 3.5 V, 0 V
b) 4 V, 5 V, 5V, 3.75 V, 4 V
c) 8 V, 5 V, 5V, 3.75 V, 4 V
d) 4 V, 5 V, 5V, 3.75 V, 0 V
e) NdAs.

No regime estacionário, a corrente através de C1 é 0 (C1 comporta-se como um circuito aberto). Em consequência, a corrente que percorre a fonte V2 (I_2) é igual à corrente que percorre R5 (I_5), e, portanto, $I_3 = 0$, logo $V_C = V_B = 5 \text{ V} (=V_2)$. V_D é o resultado do divisor de tensão formado por R_4 e R_5 . Tendo em conta o exposto, a aplicação da lei das malhas à malha ABEVIA permite determinar a corrente debitada por V1. A partir desta e de V_B determinam-se V_E e V_A . Ver TPs e Simular no PSPICE.

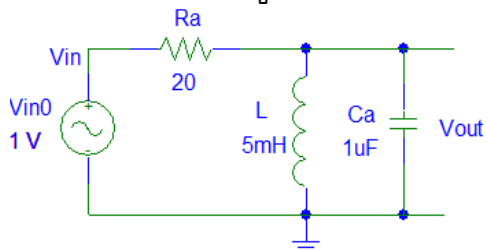
4. Considere o circuito da figura. A corrente em R_B é da direita para a esquerda e tem magnitude 2 mA. Se o valor das forças eletromotrizes das fontes de tensão V_A e V_C duplicar, os valores da tensão e da corrente em R_B :



- a) Mantêm-se,
- b) Duplicam.**
- c) Diminuem.
- d) Mantêm-se, mas alteram o sentido.
- e) NdAs.

Trata-se de um circuito linear: se duplicarmos o valor de V_A e de V_C , as correntes e as tensões no circuito duplicam. – ver slide 10 e slide 16 (Análise de Circuitos). Ver TP3 e TP4 - Simular no PSPICE.

5. Considere o circuito da figura. Trata-se de um filtro:



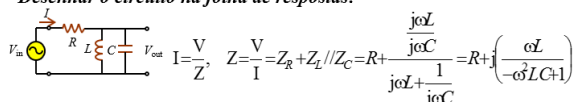
- a) Rejeita-banda centrado em 2.25 kHz,
- b) Passa-banda centrado em 2.25 kHz, com “ganho” unitário.**
- c) Passa-banda centrado em 2.25 kHz, com “ganho”.
- d) Passa-banda centrado em 2.25 kHz, com atenuação.
- e) NdAs.

Chega-se à opção correta fazendo o esboço da função de transferência. Por exemplo: estimar V_{out} para $\omega \rightarrow 0$, $\omega = \omega_R$, e $\omega \rightarrow \infty$. Ver TP2 problemas 7 e 8 – Simular no PSPICE.

O exemplo que se segue apresenta a resolução de exercícios idênticos:

4. a) Desprezando a resistência da bobine, R_B , determine a frequência de ressonância do circuito e a correspondente tensão V_0 .

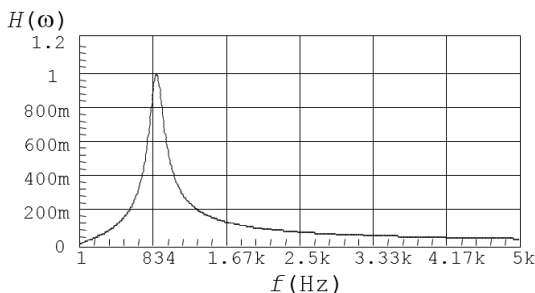
Desenhar o circuito na folha de respostas!



$$Z = \frac{V}{I} = |Z(\omega)|e^{j\theta}, |Z(\omega)| = \sqrt{R^2 + \left(\frac{\omega L}{1 - \omega^2 LC}\right)^2}, X = \left(\frac{\omega L}{1 - \omega^2 LC}\right) = \infty \Rightarrow \omega^2 LC = 1$$

$$\omega = \omega_R = \frac{1}{\sqrt{LC}} \approx 876 \text{ Hz}$$

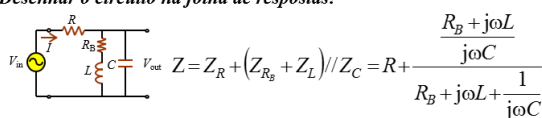
$$V_0 = \frac{Z_C/L}{Z_C/L + Z_R} V_{in} = V_{in} \text{ porque } |Z_C/L(\omega_R)| = \infty$$



4. c) Da alínea a) e da análise do comportamento da bobine e do condensador a baixas e altas frequências, relativamente à frequência de ressonância, conclui-se que se trata de um circuito passa-banda (ver 20ª aula teórica).

4. b) Repita os cálculos considerando, agora, R_B .

Desenhar o circuito na folha de respostas!

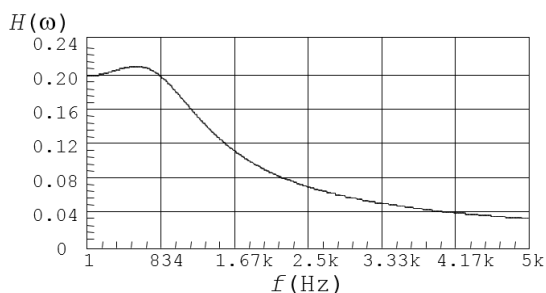


$$Z = Z_R + (Z_{R_B} + Z_L) // Z_C = R + \frac{R_B + j\omega L}{j\omega C} = Z_{Re} + jZ_{Im}$$

$$Z_{Im} = \infty$$

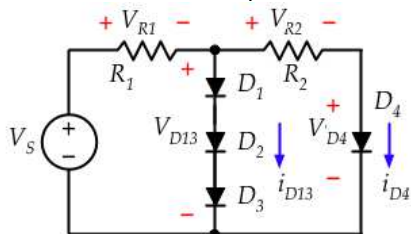
$$\Rightarrow \omega = \omega_R \approx 570 \text{ Hz (ver figura abaixo)}$$

$$V_0 = \frac{Z_C/L}{Z_C/L + Z_R} V_{in} \approx 2.5 \text{ V (ver figura abaixo)}$$



Como referido, para responder não era necessário efetuar os cálculos com este detalhe todo.

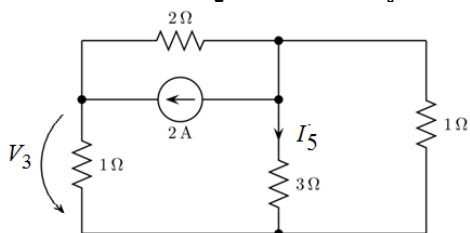
6. Na análise do circuito seguinte considere o modelo do diodo silício com tensão de condução de 0.7 V. Para $V_S=6.5$ V, $R_1=1$ k Ω e $R_2=10$ k Ω , as tensões V_{R1} e V_{R2} e as correntes i_{D13} e i_{D4} tomam os valores: $V_{R1}=4.4$ V, $V_{R2}=1.4$ V, $i_{D3}=4.26$ mA, $i_{D4}=0.14$ mA. Se se reduzir para metade o valor da tensão V_S , os valores de V_{R1} , V_{R2} , i_{D13} e i_{D4} :



- Mantêm-se,
- Aumentam.
- Duplicam.
- Passam para metade.
- NdAs.**

Trata-se de um circuito não-linear. Há elementos no circuito (os diodos) que têm características não lineares. A redução/aumento de V_S para 3.25 V/13 V não altera $V_{D13} = 2.1$ V ($=3 \times 0.7$ V), uma vez que os diodos continuam em condução. Em consequência a tensão $V_{R2} = (V_{D13} - V_{D4})$ também não se altera, assim como i_{D4} . V_{R1} diminui/aumenta. Ver slide 10 e slide 16 - linearidade ([Análise de Circuitos](#) e [Circuitos com diodos](#)). Simular no PSPICE.

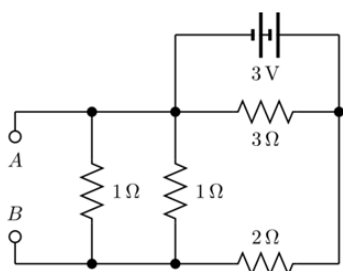
7. Considere o circuito seguinte. Nas condições indicadas os valores da tensão V_3 e da corrente I_5 são:



- $V_3=1.067$ V, $I_5=+267$ mA,
- $V_3=-1.067$ V, $I_5=+267$ mA,
- $V_3=-800$ mV, $I_5=-800$ mA,
- $V_3=1.067$ V, $I_5=-267$ mA,**
- NdAs.

As resistências de 1 Ω e de 3 Ω estão em paralelo. O circuito corresponde a um divisor de corrente, formado pela resistência de 2 Ω e a resistência equivalente $(1 + 33//1) - //$ representa o paralelo. Simular no PSPICE.

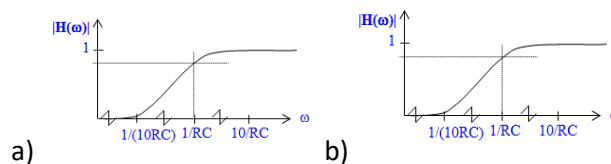
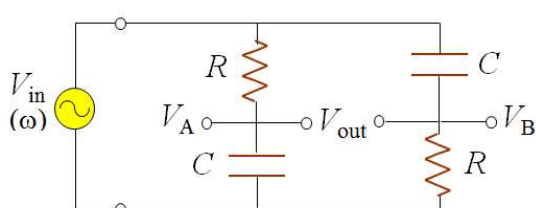
8. Os equivalentes de Thévenin e de Norton do circuito seguinte, vistos das portas AB, são:



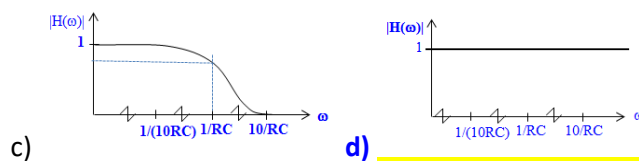
- $V_{AB}=+0.6$ V, $R_{TH}= 0.4 \Omega$; $I_N=+1.5$ A (A->B), $R_N= 0.4 \Omega$.
- $V_{AB}= +0.6$ V, $R_{TH}= 0.8 \Omega$; $I_N=-1.5$ A (B->A), $R_N= 0.8 \Omega$.
- $V_{AB}=-0.6$ V, $R_{TH}= 0.4 \Omega$; $I_N=-1.5$ A (B->A), $R_N= 0.4 \Omega$.**
- $V_{AB}=+0.6$ V, $R_{TH}= 0.8 \Omega$; $I_N=-1.5$ A (B->A), $R_N= 0.8 \Omega$.
- NdAs.

As resistências de 1 Ω estão em paralelo. A resolução resume-se à análise de um divisor de tensão formado pela série de $1//1$ e $2 - //$ representa o paralelo. Simular no PSPICE.

9. Considere o circuito abaixo. Os diagramas representam o módulo da função de transferência em função de ω . Indique a opção que caracteriza a resposta em frequência do circuito. Tenha presente que $V_{out} = V_A - V_B$.



e) NA.



Para responder não é necessário efetuar cálculos elaborados/demorados. De facto, chega-se à opção correta considerando que V_o é o resultado da diferença entre as respostas do filtro RC passa baixo (V_A) e do filtro RC passa-alto (V_B), e fazendo a análise para os casos $\omega \rightarrow 0$, $\omega = 1/RC$, e $\omega \rightarrow \infty$. Nos três casos, $|V_o/V_{in}|=1$. Tendo presente a respostas dos filtros RC em causa, pode concluir-se que $|V_o(\omega)/V_{in}(\omega)|=1, \forall \omega$.

Abaixo segue-se uma resolução detalhada – como referido, para responder à questão não era necessário efetuar os cálculos com o detalhe que se segue.

$$\begin{cases} V_{out} = V_A - V_B \\ Z_R = R \\ Z_C = +\frac{1}{j\omega C} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V_A = \frac{Z_C}{Z_R + Z_C} V_{in} \\ V_B = \frac{Z_R}{Z_R + Z_C} V_{in} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V_A = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} V_{in} \\ V_B = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} V_{in} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V_A = \frac{1}{j\omega CR + 1} V_{in} \\ V_B = \frac{j\omega CR}{j\omega CR + 1} V_{in} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V_A = \frac{1 - j\omega CR}{1^2 + (\omega CR)^2} V_{in} \\ V_B = \frac{j\omega CR(1 - j\omega CR)}{1^2 + (\omega CR)^2} V_{in} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V_A = \frac{1 - j\omega CR}{1^2 + (\omega CR)^2} V_{in} \\ V_B = \frac{(\omega CR)^2 + j\omega CR}{1^2 + (\omega CR)^2} V_{in} \end{cases}$$

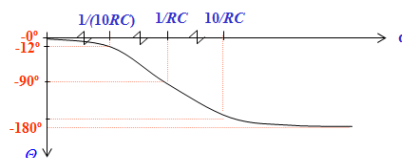
$$V_{out} = V_A - V_B = \frac{1 - j\omega CR}{1^2 + (\omega CR)^2} V_{in} - \frac{(\omega CR)^2 + j\omega CR}{1^2 + (\omega CR)^2} V_{in} = \frac{[1 - (\omega CR)^2] - j2\omega CR}{1^2 + (\omega CR)^2} V_{in}$$

$$H(\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{[1 - (\omega CR)^2] - j2\omega CR}{1^2 + (\omega CR)^2} = \sqrt{\frac{[1 - (\omega CR)^2]^2 + (2\omega CR)^2}{[1^2 + (\omega CR)^2]^2}} \text{Exp} \left[j \arctan \left(-\frac{2\omega CR}{[1 - (\omega CR)^2]} \right) \right] = 1 \cdot e^{j \arctan \left(-\frac{2\omega CR}{[1 - (\omega CR)^2]} \right)}$$

$$H(\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = |H(\omega)| e^{j\theta} = \frac{[1 - (\omega CR)^2] - j2\omega CR}{1^2 + (\omega CR)^2} = 1 \cdot e^{j \arctan \left(-\frac{2\omega CR}{[1 - (\omega CR)^2]} \right)}$$

Como referido, para responder não era necessário efetuar os cálculos com este detalhe todo.

O circuito deixa passar tudo (magnitude 1), apenas alterando a relação de fase entre o sinal de entrada e o sinal de saída, i.e., o circuito só “afeta” a fase de saída. (não era pedido indicar a fase.) [Simular no PSPICE.](#)



10. Converter os seguintes números, respetivamente, para binário, BCD e decimal:

235₁₀

497₁₀

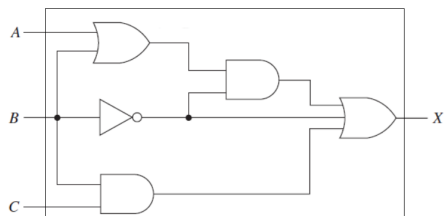
0111 0101 1000_{BCD}

a) 11101011₂; 0100 1001 0111_{BCD} e 558₁₀; b) 1111011₂; 1101 1011 1111_{BCD} e 352₁₀

c) 10111011₂; 0100 1001 0111_{BCD} e 758₁₀ d) 11011010₂; 0100 1001 0111_{BCD} e impossível₁₀

e) NA.

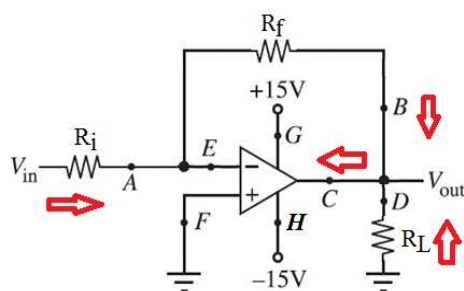
11. Considere o circuito lógico da figura seguinte. Indique qual dos circuitos lógicos da direita representa a versão simplificada do circuito da esquerda.



- a) b) c) d) e) NA

O exercício pode ser resolvido de várias maneiras. Por exemplo, comparando as tabelas de verdade ou obtendo a expressão lógica do circuito da esquerda e fazer a respetiva simplificação com o apoio da tabela fornecida no enunciado. Ver TP7 exercício 4 Fig. 1(b)

12. Considere o circuito abaixo com Amp-Op ideal, e $V_{in} = 1\text{ V}$, $R_i = 1\text{ k}\Omega$, $R_f = 5\text{ k}\Omega$ e $R_L = 2\text{ k}\Omega$. Os valores das correntes nos ramos A a D, e das tensões nos pontos A, C, e D, são:



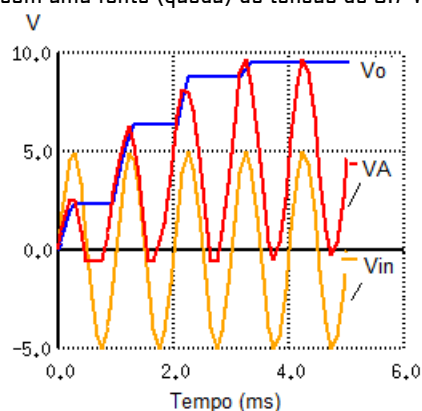
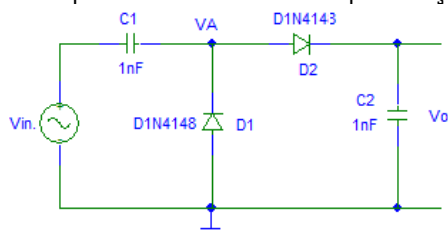
- a) $I_A = I_B = I_C = I_D = 1\text{ mA}$, $V_A = 1\text{ V}$ e $V_B = V_C = V_D = -5\text{ V}$.
 b) $I_A = 1\text{ mA}$, $I_C = 0\text{ mA}$, $I_D = I_B = 2.5\text{ mA}$, $V_A = 0\text{ V}$ e $V_B = V_C = V_D = +5\text{ V}$.
c) $I_A = I_B = 1\text{ mA}$, $I_C = 3.5\text{ mA}$, $I_D = 2.5\text{ mA}$, $V_A = 0\text{ V}$ e $V_B = V_C = V_D = -5\text{ V}$.
 d) $I_A = I_B = 1\text{ mA}$, $I_C = I_D = 2.5\text{ mA}$, $V_A = 0\text{ V}$ e $V_B = V_C = V_D = +5\text{ V}$.
 e) NdAs.

Represente os sentidos das correntes no circuito.

Montagem na configuração inversora **simples**. Como $V_{in} = 1\text{ V}$, I_A tem o sentido da esquerda para a direita, I_B de cima para baixo. Sendo V_D negativo ($= -5\text{ V}$), I_D é de baixo para cima. Pela lei dos nós, I_C é da direita para a esquerda. Simular no PSPICE.

13. Considere o circuito abaixo, onde V_{in} é representada um sinal sinusoidal de amplitude 5 V e frequência 1 kHz . Assuma que os díodos quando em condução se comportam como um diodo ideal em série com uma fonte (queda) de tensão de 0.7 V .

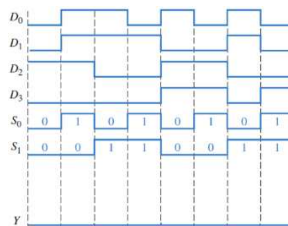
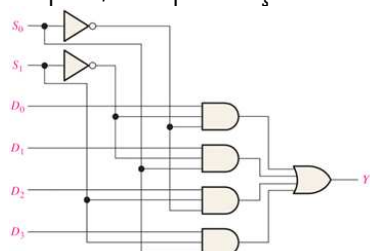
Esboce, no quadro ao lado, as tensões V_{in} , V_A e V_o em função do tempo, para os primeiros 3 períodos da onda V_{in} e indique a função realizada.



A primeira secção do circuito comporta-se como um fixador de nível, fixando o valor médio da tensão em $(5\text{ V} - V_D)$ – o diodo D_1 só conduz nas arcadas negativas. A segunda secção corresponde a um detetor de pico. O diodo D_2 só conduz nas arcadas positivas fixando, após o período transiente, a tensão V_o em $2V_p - V_D$, $V_p = 5\text{ V}$ e $V_D = 0.7\text{ V}$.

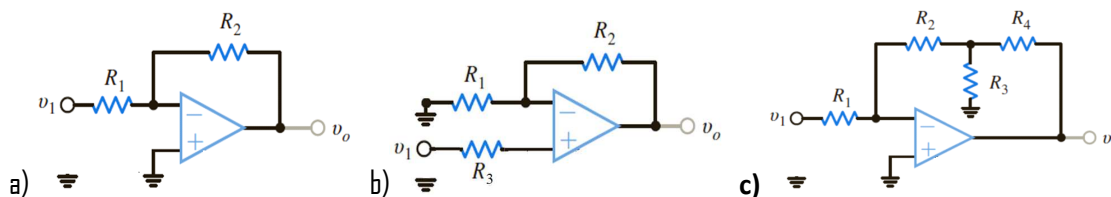
Função realizada pelo circuito: Duplicador de tensão. Simular no PSPICE.

14. Considere o diagrama lógico da figura. Determine a forma de onda da saída Y em resposta às formas de onda do diagrama temporal, e indique a função realizada pelo circuito.



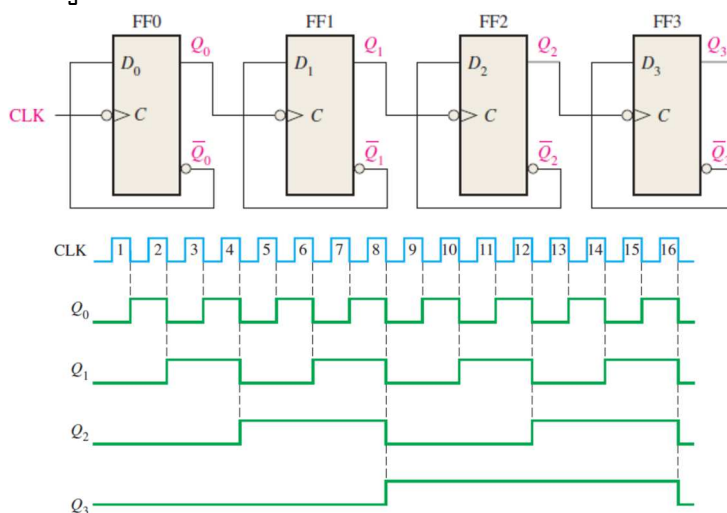
Ver TP8 exercício 6 e teórica - [Circuitos lógicos combinatórios](#), slides 175 e 176.

15. Pretende-se implementar um circuito amplificador com ganho -100 e resistência de entrada 1 MΩ, usando um Amp-Op. Assuma que por razões práticas não podem ser usadas resistências superiores a 10 MΩ e que os Amp-Ops são ideais. Indique qual das montagens abaixo usaria, justificando a escolha, e os valores das resistências empregues. Assuma que para o circuito c) $|v_0/v_1| = \frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{R_4}{R_2} + \frac{R_4}{R_3} \right)$.



O único circuito que permite ter resistência de entrada 1 MΩ e ganho -100 é o c). A resistência de entrada da montagem inversora é R1. Logo R1=1 MΩ. O valor do ganho permite obter os valores das restantes resistências. Em regra a resistência menor deverá ser da ordem de 1 kΩ. Ver TP5 exercício 4 e 5, e [Circuitos com AmpOps](#), slide 52. Simular no PSPICE.

1. Considere o circuito sequencial representado pelo diagrama lógico da figura. Represente no quadro abaixo o digrama temporal dos Q_is em resposta ao sinal de relógio, e identifique a função realizada por este circuito. Assuma que inicialmente todos os Q_i são iguais a zero.



Contador assíncrono de 4 bits (Introdução à Lógica Sequencial, side 218) – ver FIGURE 9-8 (Four-bit asynchronous binary counter and its timing diagram), “Digital Fundamentals”, Thomas L Floyd, Global Edition (11e), Pearson Education Limited, 2014.