

1 – Considere o sinal periódico indicado na fig. 1:

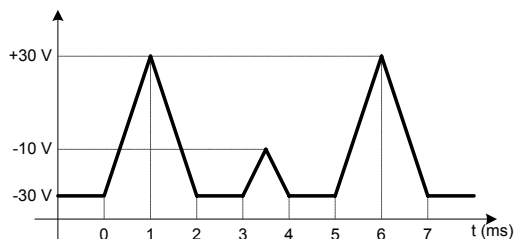


Fig. 1.

- Esboce a imagem que observaria num osciloscópio com ecrã de 10×10 divisões, utilizando uma ponta de prova atenuadora 10:1. O factor de deflexão vertical é 2 V/div, a escala de base de tempo é 1 ms/div, o acoplamento é DC, o nível de disparo é igual a 0 V e a inclinação é positiva.
- O osciloscópio dispõe de uma base de tempo atrasada B. Indique como procederia para visualizar em toda a largura do ecrã a subida de menor amplitude.

Resolução:

a)

O nível de disparo em 0 V com inclinação positiva corresponde no sinal à recta ascendente de maior amplitude. Como durante um período do sinal, existe apenas um ponto nessas condições, a imagem no osciloscópio é estável começando precisamente nesse ponto.

Com acoplamento DC, todas as componentes do sinal são visualizadas. (Com excepção das componentes de alta frequência perto e acima da frequência de corte superior do conjunto osciloscópio / ponta de prova, que se admite não existirem no sinal).

Sendo a ponta de prova atenuadora 10:1, e o factor de deflexão vertical de 2 V/div, obtêm-se um factor de escala vertical de 20 V/div.

Desta forma, e tendo como divisão de referência a divisão do meio do ecrã, obtêm-se as seguintes cotas:

Tensão de sinal	Tensão à entrada do osciloscópio	nº divisões no ecrã
-30 V	-3 V	-1,5 div
-10 V	-1 V	-0,5 div
0 V	0 V	0 div
30 V	1 V	1,5 div

Como o sinal tem um período de 4 ms, com uma base de tempo de 1ms/div, nas 10 divisões do ecrã vão ser representados 2 periodos do sinal, conforme indicado na fig. s1.

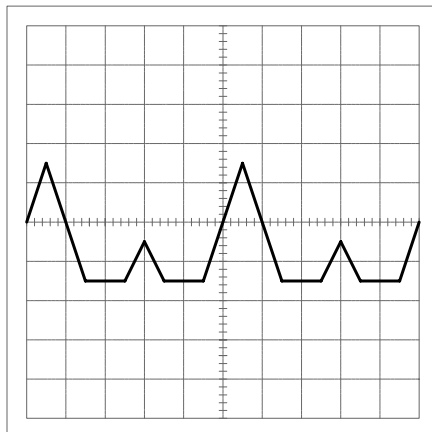


Fig. s1. Representação do sinal da fig.1 no osciloscópio, nas condições da alínea a.

b)

O primeiro passo é seleccionar para base de tempo o modo intensificado (A INT) onde se representa o sinal com traço normal segundo a base de tempo A, e sobreposto com traço intensificado se representa a parte do sinal que posteriormente vai ser amplificado nas 10 divisões do ecrã.

Regulando a base de tempo atrasada B, controla-se a duração da parte do sinal que está representada com traço intensificado. A localização horizontal do início do traço é controlada recorrendo ao *controlo de atraso*.

Passando a base de tempo do modo intensificado (A INT) para o modo atrasado (B), a parte do sinal anteriormente intensificada é ampliada horizontalmente, sendo agora representada nas 10 divisões do ecrã com um factor de escala imposto pela base de tempo B.

No sinal a duração da subida de menor amplitude é de 0,5 ms. Se no modo atrasado (B) quisermos visualizar um intervalo de tempo desta dimensão nas 10 divisões do ecrã, a escala da base de tempo atrasada (B) deve ser de:

$$\frac{0,5\text{ms}}{10\text{div}} = 50\mu\text{s/div}$$

Se no modo intensificado (A INT) o osciloscópio estiver regulado nas mesmas condições que as da fig. s1, a subida de menor amplitude tem início em 2,5 div a que corresponde um tempo de atraso de $2,5\text{div} \times 1\text{ms} = 2,5\text{ms}$. Assim, o controlo de atraso deve ser de 2,5 div. Este procedimento é ilustrado na fig. s2.

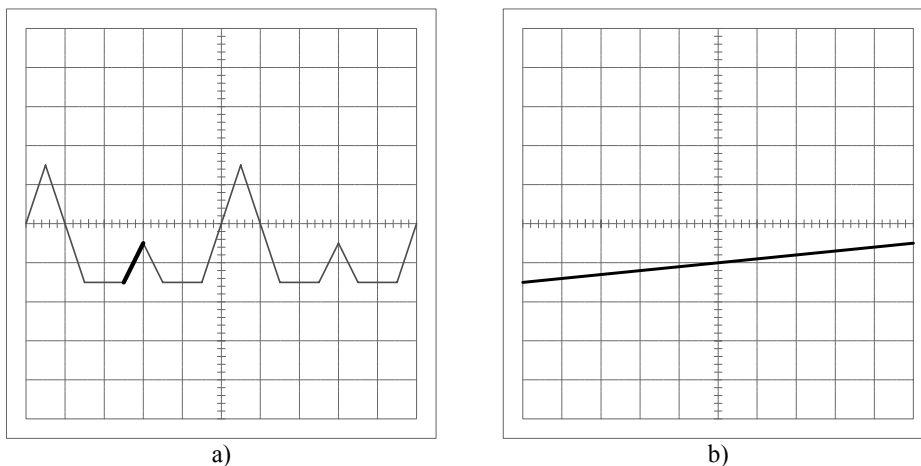


Fig.s2: Representação do sinal nos modos a) intensificado (A INT) e b) atrasado (B) com a escala da base de tempo atrasada em $50 \mu\text{s}/\text{div}$ e controlo de atraso em 2,5 div. Os restantes parâmetros de controlo do osciloscópio são semelhantes às da alínea a)

Se também pretendêssemos visualizar as zonas de curvatura no início e no final da subida, teríamos de seleccionar a escala de base de tempo atrasada no valor seguinte ao valor anterior e voltar a ajustar o controlo de atraso, obtendo as representações da fig. s3.

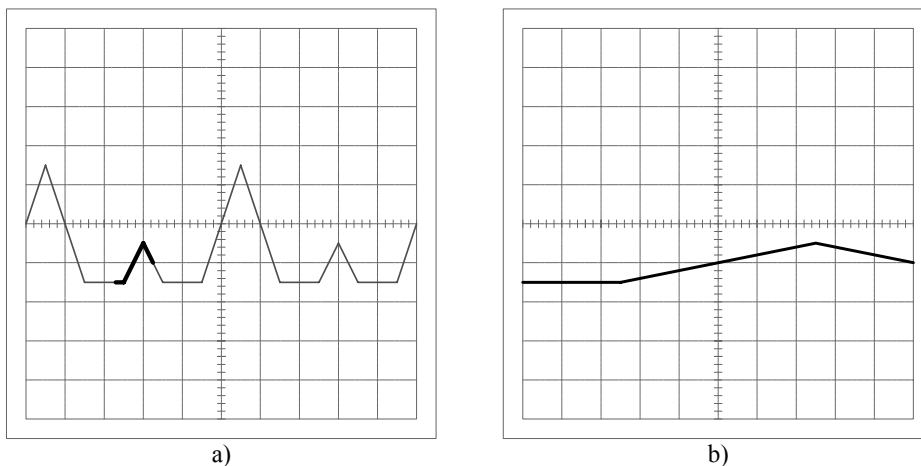


Fig.s3: Representação do sinal nos modos a) intensificado (A INT) e b) atrasado (B) com a escala da base de tempo atrasada em $100 \mu\text{s}/\text{div}$ e controlo de atraso em 2,25div. Os restantes parâmetros de controlo do osciloscópio são semelhantes às da alínea a)

- 2 – Um sinal que varia entre 0 V e 6 V é aplicado a um osciloscópio através de uma ponta de prova directa. O osciloscópio dispõe de uma base de tempo atrasada, estando seleccionado o modo mistura, com a base de tempo B regulada para 1ms/div, e o controlo de atraso em 5,9. Observa-se no ecrã a representação da Fig. 2.

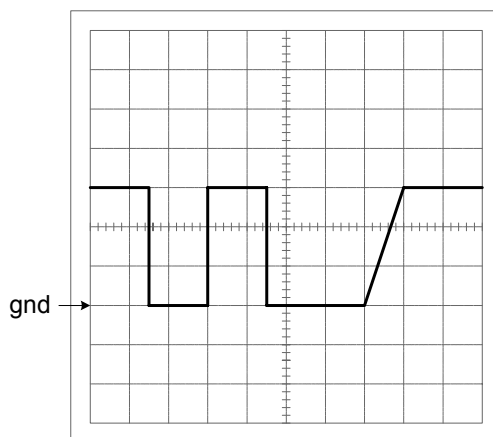


Fig. 2.

- Determine o factor de deflexão utilizado, o acoplamento, a regulação da base de tempo A e a frequência do sinal.
- O canal vertical do osciloscópio apresenta as seguintes larguras de banda: 0 Hz a 40 MHz (acoplamento DC) e 5 Hz a 40 MHz (acoplamento AC). Represente o sinal no ecrã se passasse a utilizar apenas a base de tempo A e acoplamento AC.
- Que modificações se observariam relativamente à alínea anterior se usasse agora uma ponta de prova atenuadora de 10:1 (devidamente compensada), regulando-se o factor de deflexão vertical para uma posição 10 vezes menor ?

Resolução:

a)

Como o valor médio do sinal representado é diferente de zero o acoplamento é DC. (notar a localização da tensão zero: GND)

A deflexão vertical é dada pelo valor máximo do sinal e pelo numero de divisões que representa esse valor:

$$\text{deflexão vertical} = \frac{6V}{3\text{div}} = 2 \text{ V/div}$$

A base de tempo atrasada B entra em funcionamento a 5,9 div após o disparo da base de tempo A. A onda quadrada tem um ciclo activo aproximadamente igual a 50%, ocupando o patamar inferior e superior 1,5 divisões, com a base tempo A. Isto é, o tempo de duração do patamar inferior, t_1 é

$$t_1 = 1,5 \text{ div} \times T_A$$

em que T_A é o coeficiente temporal da base de tempo A. Com a entrada em funcionamento da base B a 5,9 div, o percurso do sinal no segundo patamar inferior vai ser controlado pelas duas bases de tempo. Assim, a correspondente duração é

$$t_1 = 1,4 \text{ div} \times T_A + 1,6 \text{ div} \times T_B$$

em que T_B é o coeficiente temporal da base de tempo B. Temos assim 1,4 divisões com a base de tempo A (correspondentes ao intervalo de 4,5 div às 5,9 div) e 1,6 div com B (onde se inclui 1,1 div do patamar inferior e 0,5 div da subida da onda). Resulta consequentemente

$$1,5 \text{ div} \times T_A = 1,4 \text{ div} \times T_A + 1,6 \text{ div} \times T_B$$

Licenciatura em Engenharia
Electrotécnica e de Computadores

Osciloscópio

ou

$$T_A = 16 \times T_B = 16 \text{ ms/div}$$

O período do sinal é

$$T = 3 \text{ div} \times 16 \text{ ms/div} = 48 \text{ ms}$$

A frequência correspondente é

$$f = 1/48 \text{ ms} \cong 21 \text{ Hz}$$

b)

Usando apenas a base de tempo A e mantendo o acoplamento DC, obtinha-se a imagem da fig. s4.a. Se não houvesse a limitação nas baixas frequências imposta pela frequência de corte inferior de 5 Hz no osciloscópio (filtragem AC ideal), obtinha-se a imagem da fig. s4.b.

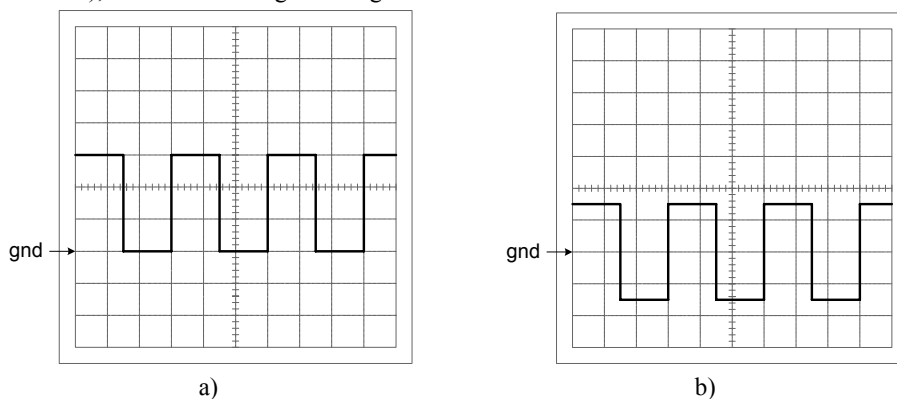


Fig.s4: Representação do sinal com apenas a base de tempo A

- a) Com acoplamento DC
- b) Com acoplamento AC sem limitação devida à frequência de corte inferior (filtragem AC ideal)

Como o osciloscópio com acoplamento AC apresenta uma frequência de corte inferior de 5 Hz, o sinal visualizado é distorcido. Obviamente, o grau de distorção é tanto maior quanto menor for a frequência do sinal de entrada. Como a relação entre a frequência do sinal e a frequência de corte inferior é relativamente baixa (não chega a uma década):

$$\frac{fs}{fc} = \frac{21 \text{ Hz}}{5 \text{ Hz}} = 4,2$$

é necessário ter em conta a distorção provocada pelo filtro AC.

Assumindo que o filtro AC pode ser encarado como sendo de 1ª ordem, e a sua entrada for uma onda quadrada simétrica, a saída do filtro apresenta a onda $v_o(t)$ indicada na fig.s5 com os valores indicados pelas equações seguintes:

$$V1 = \frac{V}{1 + e^{\left(-\pi \frac{fc}{fs}\right)}} \qquad V2 = \frac{V}{1 + e^{\left(\pi \frac{fc}{fs}\right)}}$$

onde fc é a frequência de corte inferior do filtro e fs a frequência do sinal.

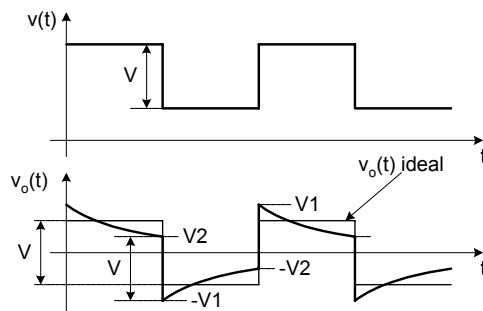


Fig.s5: Resposta de um filtro passa alto de 1ª ordem a uma onda quadrada simétrica.

Desta forma, o sinal que apareceria no osciloscópio com acoplamento AC seria o representado na fig. S6 com os valores:

$$V1 = \frac{V}{1 + e^{-\left(-\pi \frac{5}{21}\right)}} = 4,1 \text{ V} = 2,05 \text{ div} \quad V2 = \frac{V}{1 + e^{\left(\pi \frac{5}{21}\right)}} = 1,9 \text{ V} = 0,95 \text{ div}$$

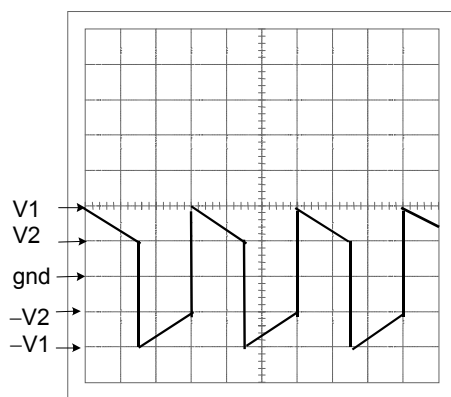


Fig. s6: Forma de onda com acoplamento AC

c)

Com uma ponta de prova atenuadora de 10:1 e um factor de deflexão vertical 10 vezes menor que o original com uma ponta directa, o factor de escala vertical fica obviamente igual. A questão é que a impedância (quer resistiva, quer capacitiva) de entrada do conjunto osciloscópio / ponta de prova vem aumentada. Isto reduz o efeito de carga (resistivo e capacitivo) do conjunto sobre o circuito a analisar. No entanto o uso de uma ponta de prova atenuadora não influencia a frequência de corte inferior do filtro AC. Como na alínea anterior não se teve em conta o efeito de carga (por não conhecermos a resistência equivalente de Thevenin do circuito, nem a impedância de entrada do osciloscópio) não se observaria nenhuma diferença.