

Instituto Superior Técnico

Electrónica Geral

Licenciatura em Eng.^a Biomédica

Ano Lectivo 2006/2007

2º Semestre

***Caracterização de um amplificador
Operacional***

Alguns Circuitos de Aplicação

Realizado por:

- Ana Carapeto 55761
- Ana Gafaniz 55763
- Bruna Mota 55745

29 de Março e 19 de Abril de 2007

Índice

↵ 4.1 Seguidor de Tensão.....	3
↵ 4.2 Amplificador Inversor.....	5
↵ 5 Correntes de Polarização.....	9
↵ 6 Circuitos Integradores.....	10
↵ 7 Circuito Oscilador.....	12

Antes de se iniciar este trabalho, mediu-se o valor experimental das resistências da placa 8:

$$R_1 = 0.985K$$

$$R_2 = 9.89K$$

$$R_3 = 9.96K$$

$$R_4 = 1.040M$$

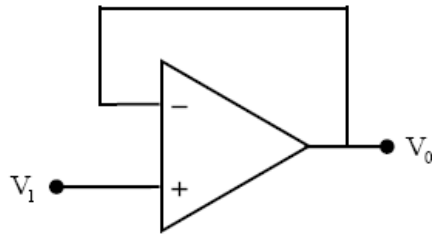
$$R_5 = 32.99K$$

$$R_6 = 32.80K$$

$$R_7 = 1.052M$$

$$R_8 = 102.7K$$

4.1 Seguidor de Tensão

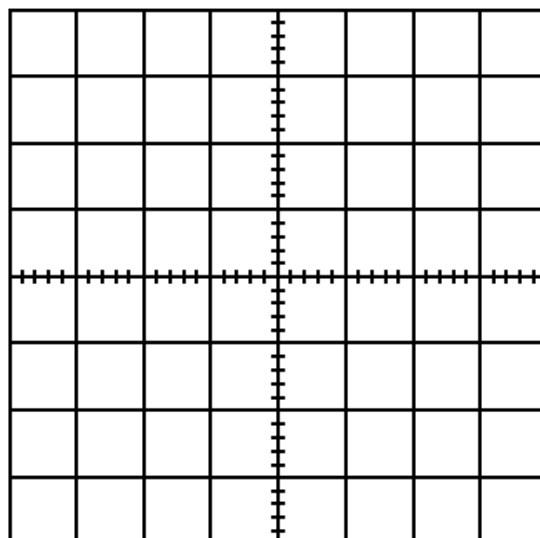


- ↪ Valor de frequência e amplitude a partir do qual V_0 deixa de seguir V_i e não mantém a forma sinusoidal:

$$f = 121.94\text{kHz}$$

$$A = 3\text{V}$$

- ↪ Medição da taxa de variação máxima da tensão de saída do AMPOP (“slew rate”) e registo da forma de onda observada:



Escala:

1V/div

2 $\mu\text{s}/\text{div}$

A partir da observação do gráfico, temos os valores destes 2 pontos:

$A \rightarrow (-4; 2.8)$ e $B \rightarrow (0; 0,4)$

De acordo com a definição de “slew rate”(SR):

$$SR = \left| \frac{dV_o}{dt} \right|_{\max} \text{ [V/}\mu\text{s]}$$

Pelo que, neste caso:

$$SR = |(A_y - B_y) / (A_x - B_x)| = |(2.8 - 0.4) / (-4 - 0)| = 0.6 \text{ V/}\mu\text{s}$$

↪ Verificar que com uma amplitude de entrada mais baixa que a que se usou anteriormente, este fenómeno só apareceria a uma frequência mais elevada:

$$V_{IN} = 2\text{V}$$

$$f = 200.188\text{KHz}$$

↪ Comentar em que é que esta característica do AMPOP pode ser prejudicial.

A rapidez de variação da tensão na saída dos AMPOPS tem um limite que não pode ser excedido. O valor máximo da derivada em ordem ao tempo da tensão na saída é designado por taxa de inflexão (“slew rate”) e é dado por:

$$SR = \left| \frac{dv_o}{dt} \right|_{\max}, \text{ expressão utilizada nos cálculos anteriores.}$$

Ao aplicar uma tensão sinusoidal, com frequência f e amplitude máxima V_{im} , obtém-se uma tensão na saída de:

$$v_o(t) = V_{om} \sin(2\pi ft)$$

e derivando:

$$\frac{dv_o}{dt} = 2\pi f V_{om} \cos(2\pi ft)$$

Para não haver distorção causada pela taxa de inflexão é necessário que:

$$2\pi f V_{om} < SR$$

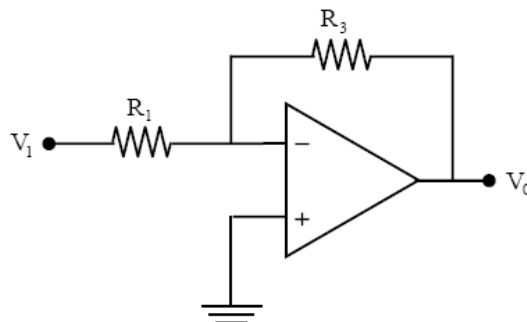
Como tal, existe uma frequência máxima para a qual não se verifica distorção. Tendo a saída V_o uma amplitude máxima V_{om} , essa frequência f_{max} ocorre quando:

$$2\pi f_{max} V_{om} = SR$$

Quando ocorre distorção devida à taxa de inflexão, a forma de onda sinusoidal na saída do AMPOP tende a adquirir uma forma triangular. Assim conclui-se que, para frequências elevadas, o sinal de entrada não é reproduzido fielmente, representando uma grave limitação.

4.2 Amplificador Inversor

a)

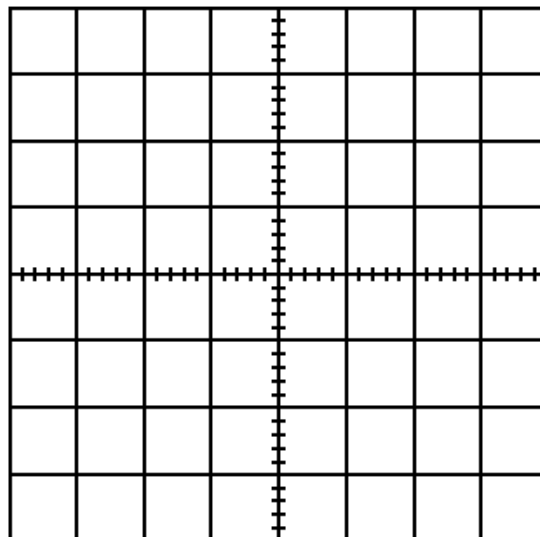


↪ Tensão de entrada e tensão de saída para as quais V_0 deixa de ter forma sinusoidal:

$$V_{0\max} = 12V$$

$$V_{in} = 1,2V$$

↪ Registo da forma das duas tensões para uma amplitude de entrada superior à determinada e da tensão de entrada “-” (V_-) do AMPOP:



Escala:

Ch1: 0,5V/div
0.2ms/div

Ch2: 2V/div

↪ Comentário:

Esta montagem é inversora, pelo que o seu ganho será igual a 10 (R_3/R_1). Desta forma, para que o AMPOP se mantenha na zona linear V_1 terá que ser no máximo 1,2V, que corresponde a $V_{1\max} = V_{cc}/10$.

Quando se atingem valores superiores a este, o funcionamento do AMPOP vai deixar de ser linear e este vai saturar. Os valores de V_o estão assim compreendidos entre V_{sat}^+ e V_{sat}^- .

Assim, observando V_- , verifica-se que esta se mantém a zero, mas quando o AMPOP entra na saturação, este valor altera-se.

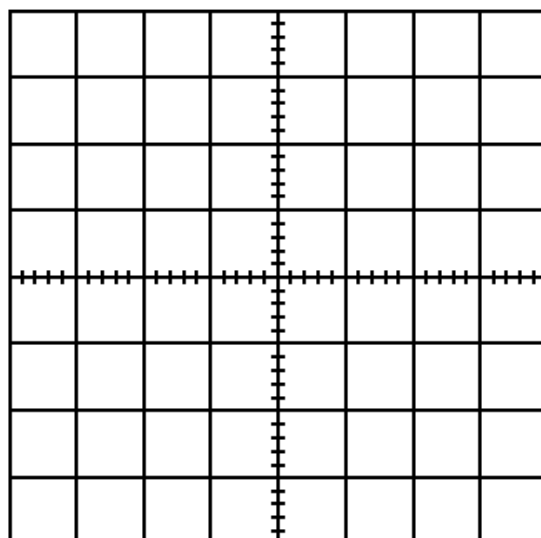
↳ Diminuição da amplitude voltando a colocar a montagem numa zona linear-comentário:

Ao desligar a base de alimentação, a sinusóide V_o começou a desaparecer gradualmente, apresentando semelhanças a uma onda quadrada com uma amplitude cada vez mais pequena, até chegar a zero. Verificou-se também que a parte inferior da onda chegou mais depressa a zero do que a superior. A causa destas observações está no facto de, ao desligar a base de alimentação, as tensões de base não desaparecem dum modo brusco mas sim gradualmente, e, ao passarem pelo valor limite da tensão de saída, o AMPOP saturar, adquirindo a referida forma quadrada.

b)

↳ Registo das formas de onda observadas quando se aumenta a frequência do sinal

que se
"slew
a
de



de entrada evitando dê o fenómeno de "rate" (verifica-se que amplitude da tensão saída diminui):

Escala:

0,5V/div

0,2ms

↪ $V_1=0,2V$

↪ $V_0=1,0V$

↪ $f = 152.74 \text{ kHz}$

↪ Explicação do que se observou:

Aumentando a frequência do sinal de entrada verificou-se que a tensão V_0 de saída diminuiu.

Esta relação verifica-se já que, apesar de o produto ganho-banda não se manter, há uma relação entre frequências e amplitudes dada pela seguinte expressão:

$$A = A(\omega) = \frac{A_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_P}\right)^2}}$$

Verifica-se que o ganho A , diminui com o aumento da frequência do sinal de entrada, ω , logo o mesmo acontece a V_0 , já que:

$$V_{out} = A \cdot (V_+ - V_-)$$

c)

- ↪ Ganho de tensão=-100
- ↪ Tensão de Saída=134,8mV
- ↪ Tensão de desvio À entrada (“offset voltage”):1,348mV
- ↪ Comparação com o valor do catálogo:

Os valores de catálogo¹ para o AMPOP LM741 são:

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	T _A = 25°C R _S ≤ 10 kΩ R _S ≤ 50Ω		0.8	3.0		1.0	5.0		2.0	6.0	mV mV
	T _{AMIN} ≤ T _A ≤ T _{AMAX} R _S ≤ 50Ω R _S ≤ 10 kΩ			4.0			6.0			7.5	mV mV

Verifica-se assim que o valor tabelado para a tensão de desvio à entrada é de 1,0mV, pelo que o valor que obtivemos está bastante próximo do tabelado.

- ↪ Sugerir formas para o compensar:

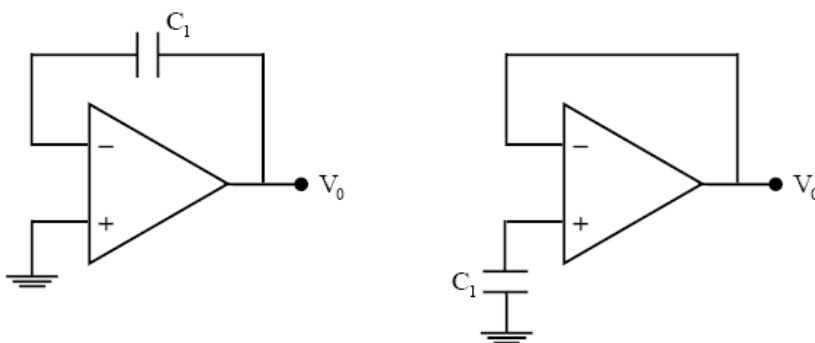
Introduzir um potenciômetro aos terminais de compensação do AMPOP, atenuando assim as diferenças de tensões nos terminais do AMPOP.

- ↪ Situações em que esta característica pode ser prejudicial:

¹ <http://victoria.fis.uc.pt/ppessoais/correia/Aulas/FolhasSpec/LM741.pdf>

O efeito de offset é prejudicial quando as amplitudes dos sinais de entrada são da ordem de grandeza da tensão de offset ou ainda quando são de baixa frequência.

5. Correntes de Polarização



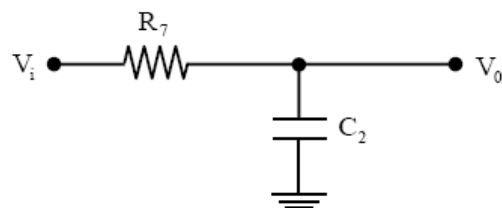
No caso do primeiro circuito, a tensão de saída era inicialmente constante de 12V e ao “curto-circuitar” o condensador acoplado ao AMPOP, a tensão de saída anulou-se, mas voltou aos 12V quando se interrompeu o curto-circuito - o condensador saturava positivamente até atingir o V_{sat}^+ .

Para o segundo circuito, verificou-se o mesmo fenómeno, mas neste caso, a tensão de saída era de -12V, voltando a assumir este valor após o curto-circuito. O condensador, neste caso, saturava negativamente até atingir o V_{sat}^- .

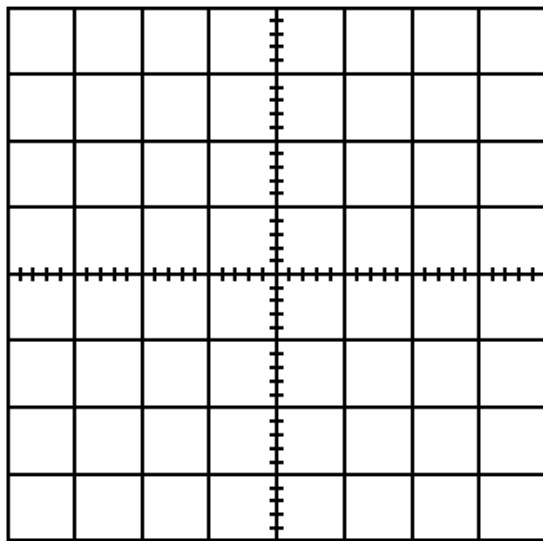
Demonstrou-se assim a existência das correntes de polarização, que proporcionam o carregamento dos condensadores.

6.Circuitos Integradores

a)



↳ Registo da resposta a uma onda quadrada de amplitude 1V.



Escala:
 Entrada: 5V
 Saída: 50mV

↪ Determinação da frequência a partir da qual o circuito pode ser considerado um bom integrador:

Como se pode verificar através da análise das curvas obtidas, o circuito integra o sinal de entrada (uma onda rectangular), originando uma onda triangular.

Pela análise do circuito:

$$\left| \frac{V_0}{V_I} \right| = \frac{1}{1 + j\omega R_7 C_2}$$

Sendo

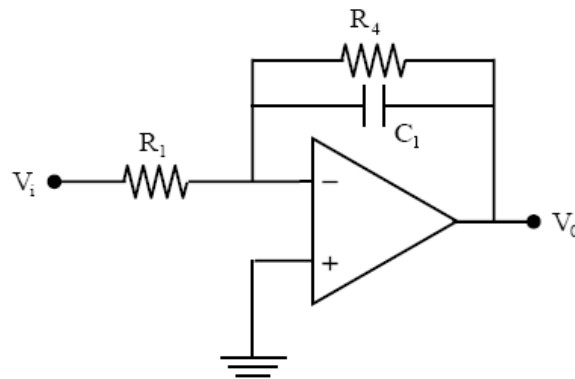
$$\tau = R_7 C_2 = 1.052M \times 47nF = 49.444 \times 10^{-3} s ,$$

obtém-se

$$f = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{49.444 \times 10^{-3}} \approx 20.225Hz$$

Assim, podemos concluir que o circuito descrito pode ser considerado um bom integrador a partir de $f \approx 20.225Hz$.

b)



↪ Determinação da frequência a partir da qual o circuito pode ser considerado um bom integrador:

Neste caso, analisando o circuito temos:

$$\left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{R_4 / R_1}{1 + j\omega R_4 C_1}$$

Sendo

$$\tau = R_4 C_1 = 1.040M \times 11nF = 11.44 \times 10^{-3} s ,$$

obtem-se

$$f = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{11.44 \times 10^{-3}} \approx 87.413Hz$$

Logo, o circuito pode ser considerado um bom integrador a partir de $f \approx 87.413Hz$.

↪ Vantagens deste circuito integrador relativamente ao circuito integrador utilizado anteriormente:

No primeiro circuito:

$$\omega_0 = 2\pi f = 2\pi \times 20.225 \approx 127.077 \text{rad.s}^{-1}$$

Ganho em dc = 1V/V

No segundo circuito:

$$\omega_0 = 2\pi f = 2\pi \times 87.413 \approx 549.232 \text{rad.s}^{-1}$$

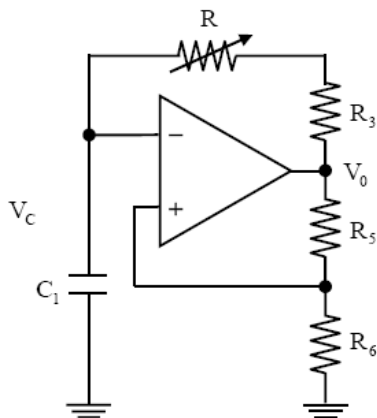
$$\text{Ganho em dc} = \left| \frac{R_4}{R_1} \right| = 10 \text{V/V}$$

Por aqui se conclui que o segundo circuito é vantajoso em relação ao primeiro uma vez que tem uma frequência de corte maior (admitindo uma menor gama de frequências, ou seja, é mais selectivo), assim como um maior ganho em dc.

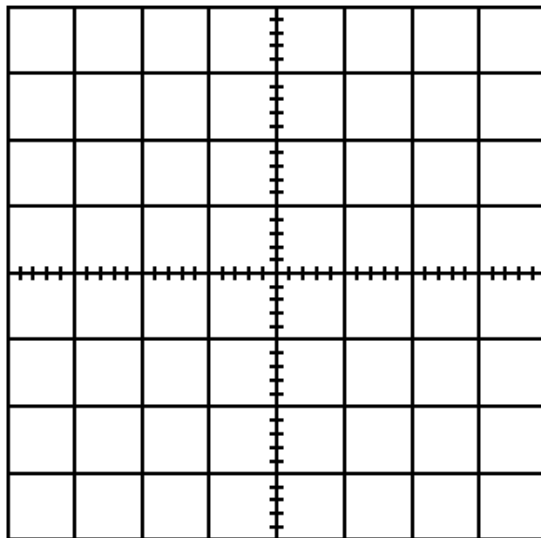
↳ Observações após retirar R_4 do circuito:

Ao retirar R_4 do circuito verificou-se que V_0 desceu para valores mais baixos. Deixou de haver realimentação negativa, resultando num ganho infinito e numa mais rápida saturação do AMPOP.

7. Circuito Oscilador



↪ Registo das tensões V_0 e V_C :



Escala:

↪ Quando se faz variar a resistência R há um aumento de frequência do sinal de saída, já que o aumento da resistência R provoca um aumento da constante de tempo, que por sua vez faz com que o condensador carregue e descarregue mais rapidamente, atingindo assim V_{sat}^+ e V_{sat}^- mais rapidamente. Conclui-se assim que ao variar o valor de R se varia a velocidade de carga e descarga do condensador.

↪ Utilidade e Funcionamento do Circuito:

Este circuito é um oscilador. Tem realimentação positiva. Acaba por ser um gerador de sinais de onda quadrada, sendo também muito útil para obter ondas triangulares.

Para se compreender o funcionamento de um circuito deste tipo, supõe-se que este se encontra num dado estado e estuda-se a evolução a partir desse estado. Supondo, por hipótese, que a saída está no patamar positivo, o condensador vai carregar até atingir o valor da tensão $V_o = V_{SAT}^+$, altura em que o oscilador muda o seu estado, passando a tensão V_o para o seu valor simétrico (V^-). O condensador vai depois descarregar até atingir o seu valor BV^- , mudando novamente o seu estado, e assim sucessivamente, produzindo o sinal de onda quadrada, $B = R_6/(R_6 + R_5)$.

↳ Forma de obter um gerador de onda triangular, usando eventualmente mais outro circuito com um AMPOP

Para se obter um sinal triangular a partir deste último basta simplesmente aplicar à saída V_o o circuito integrador como o do ponto 6.