

PARTE A

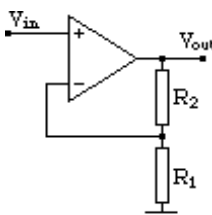
Introdução

Neste trabalho, pretende-se estudar duas configurações importantes de amplificação recorrendo a amplificadores operacionais (op-amps) e circuitos de realimentação negativa, nomeadamente as montagens não-inversora e inversora. Nas notas da Parte A sobre “Amplificadores Operacionais” encontra-se uma descrição básica do funcionamento do op-amp, do mecanismo de realimentação (feedback), bem como a análise dos dois esquemas propostos.

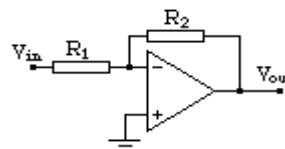
Objectivo

Pretende-se montar circuitos de amplificação com um amplificador operacional realimentado e verificar as suas características de funcionamento.

Configuração não-inversora



Configuração inversora



As tensões de entrada (V_{in}) e de saída (V_{out}) estão referidas ao comum/terra. Não foram representadas as alimentações ($+V_{cc} = +15\text{ V}$, $-V_{cc} = -15\text{ V}$). As tensões V_{out} e V_{in} estão em fase, sendo o ganho determinado pela escolha de R_1 e R_2 . A resistência de entrada é muito elevada fora da saturação.

Configuração inversora

Tal como no caso anterior, V_{out} e V_{in} estão referidas ao comum/terra e não foram representadas as alimentações. As tensões V_{out} e V_{in} têm polaridade inversa, sendo o ganho variado por escolha de R_1 e R_2 . A resistência de entrada é R_1 , fora da saturação.

EXECUÇÃO DO TRABALHO

Configuração não-inversora

- i) Assumindo o amplificador como ideal, determine a expressão que lhe permite calcular o ganho do seguinte circuito. Dimensione o circuito da figura 1 de forma a obter um ganho de 11.

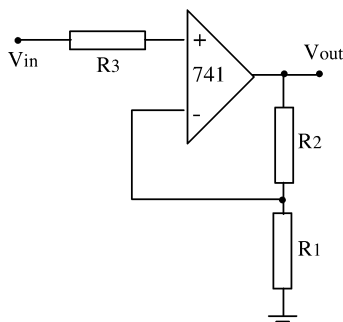


Figura 1

O valor das resistências R_1 e R_2 deve ser igual ou superior a 1 k Ω para limitar a corrente a valores compatíveis com o amplificador.

Poderá usar a resistência R_3 , que não é todavia necessária para o dimensionamento do circuito; no entanto, ela deve ser colocada para diminuir a assimetria do circuito. O seu valor deve ser aproximadamente igual à resistência vista do terminal inversor, i.e. R_1 em paralelo com R_2 .

Monte o circuito calculado de acordo com o esquema da figura 2, usando a placa de montagem. Todas as tensões estão referidas a uma ponto comum (terra).

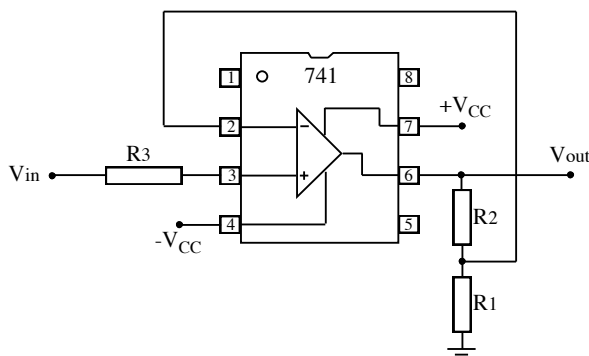
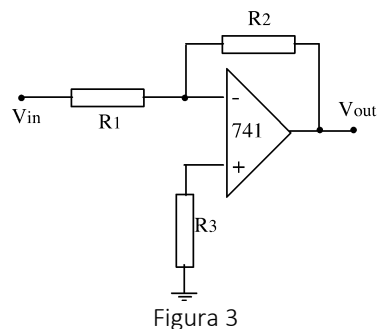


Figura 2

- ii) Utilizando um sinal sinusoidal à entrada com frequência $\approx 1\text{kHz}$, observe nos dois canais do osciloscópio os sinais de entrada e de saída. Meça o ganho do amplificador assim construído.
- iii) Determine como varia o ganho em função da frequência. Trace o respectivo gráfico.

- iv) Quando se ouve música, em que situação o som emitido tem a melhor fidelidade: com o volume de entrada mais alto ou baixo? Será que isso se deve, em parte ao amplificador? Para frequências do sinal de entrada mais elevadas, verifique se a distorção do sinal de saída depende da amplitude do sinal de entrada. Nota: lembre os primeiros exercícios da aula 1 para saber como avaliar a distorção do sinal de saída no osciloscópio.
- v) Determine a resistência de entrada do circuito amplificador não-inversor assim construído. Para tal, utilizando para V_{in} uma tensão contínua, meça simultaneamente a corrente I_{med} , determinando de seguida a resistência de entrada.
- vi) Avalie as situações anteriores agora para um ganho de 101.

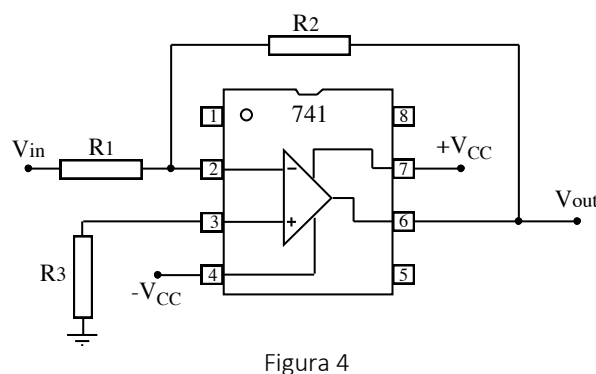
Configuração inversora



Determine a expressão para cálculo da ganho para o circuito acima (novamente assuma os componentes como ideais). Dimensione o circuito da figura 3 de forma a obter um ganho de -10 (o valor das resistências deve ser igual ou superior a 1 k Ω para limitar a corrente a valores compatíveis com o amplificador).

A resistência R_3 não é necessária para o dimensionamento do ganho (porquê?); no entanto, ela deve ser colocada para diminuir a assimetria do circuito. O seu valor deve ser aproximadamente igual à resistência vista do terminal inversor, i.e., R_1 em paralelo com R_2 .

Monte o circuito calculado de acordo com o esquema da figura 4.



Utilizando um sinal sinusoidal à entrada com frequência $\approx 1\text{kHz}$, observe nos dois canais do osciloscópio os sinais de entrada e de saída. Meça o ganho do amplificador assim construído.

Determine a resistência de entrada do circuito amplificador inversora assim construído. Para tal, utilizando para V_{in} uma tensão contínua, e meça simultaneamente a corrente I_{med} que entra no terminal V_{in} e essa tensão.

Questão final: um dos circuitos com bastante utilidade é um amplificador seguidor ("buffer"), ou seja, um amplificador de ganho 1. Esquematize um circuito que implementa este tipo de amplificador e descreva a razão pela qual este circuito é interessante.

PARTE B

MONTAGEM DE UM CIRCUITO DIFERENCIADOR

Considere o circuito seguinte

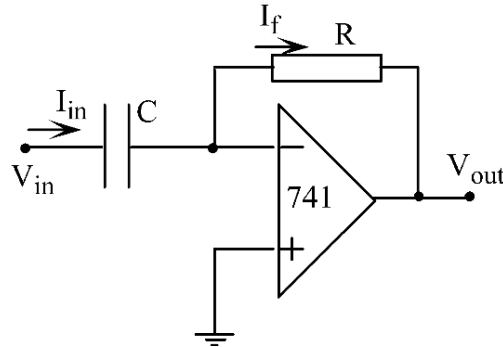


Figura 1: Montagem do amplificador operacional como diferenciador.

Pretende-se determinar a função de transferência, $\frac{V_{out}}{V_{in}}$. Atendendo às propriedades básicas dos amplificadores operacionais (ver Notas sobre Amplificadores Operacionais), a corrente I_f pode ser expressa como:

$$I_f = \frac{0 - V_{out}}{R} \quad (1)$$

Por outro lado, a corrente I_{in} é a corrente de carga do condensador. Se, num dado instante, a carga do condensador for Q , tem-se

$$I_{in} = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV_{in}}{dt} \quad (2)$$

onde a última passagem fez uso da relação $Q = CV_{in}$, atendendo a que V_{in} é a tensão nos terminais do condensador (devido à ligação ao comum de terminal “+” do op-amp, o terminal “-” estará, também, ao mesmo potencial).

Dado que $I_{in} = I_f$, de (1) e (2) resulta

$$V_{out} = -RC \frac{dV_{in}}{dt} \quad (3)$$

Isto é, o circuito da figura 1 efectua a operação de diferenciação da tensão de entrada, com constante de proporcionalidade $-RC$ (ou seja, com inversão de polaridade).

Circuito integrador

Se, na figura 1, se trocar as posições relativas da resistência e do condensador, uma análise similar à anterior permite obter

$$V_{\text{out}} = -\frac{1}{RC} \int V_{\text{in}} dt \quad (4)$$

Isto é, o sinal de saída é o integral do sinal de entrada. Note-se que se V_{in} tiver uma componente contínua, mesmo pequena, a saída do integrador tenderá para um valor de saturação.

As montagens dos circuitos diferenciador e integrador permitem efectuar electronicamente as operações matemáticas de derivação e integração, respectivamente.

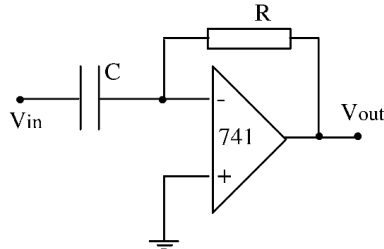
Estas operações são básicas para a resolução de equações diferenciais que descrevem o comportamento de sistemas físicos. Assim, não é de estranhar que os circuitos diferenciador e integrador sejam elementos fundamentais para a implementação dos chamados computadores analógicos (em conjunto com o circuito somador e outros elementos mais complexos).

Referência

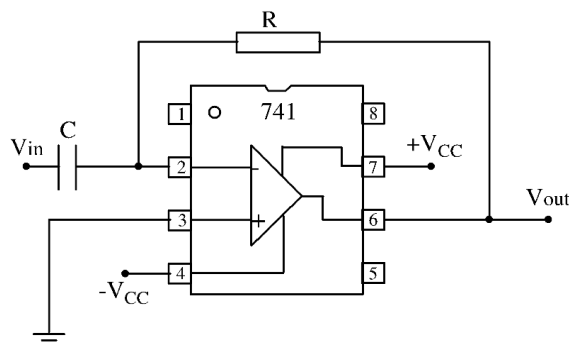
- [1] P. Horowitz, W. Hill, "The Art of Electronics", 2ª edição, Cambridge University Press, 1989.

EXECUÇÃO DO TRABALHO

1. Considere o circuito diferenciador da figura utilizando $R = 1\text{ k}\Omega$ e $C = 100\text{ nF}$. Deverá observar-se a seguinte relação: $V_{\text{out}} = -RC \frac{dV_{\text{in}}}{dt}$



Utilize convenientemente a placa de montagem para o circuito:



2. Utilizando um sinal sinusoidal, com frequência 10 kHz, na entrada, observe os sinais de entrada e de saída no osciloscópio, e interprete o resultado.
3. Mantendo um sinal de entrada sinusoidal de amplitude constante, represente graficamente a razão das amplitudes dos sinais V_{out} e V_{in} em função da frequência na gama [0, 100 kHz].
4. Considere um sinal V_{in} em onda quadrada. Utilizando novamente os dois canais do osciloscópio, observe e interprete o resultado.
5. Repita 4 para um sinal triangular.