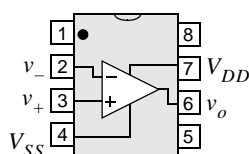
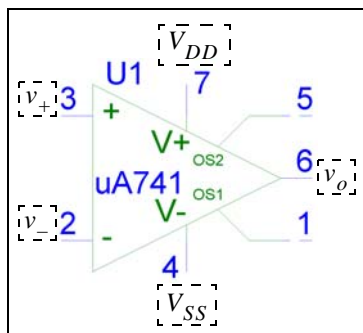


1. Este ejercicio pretende ilustrar el uso como **sumador/escalador** del amplificador operacional de tensiones y, a su vez, el **principio de superposición**, aplicable a circuitos lineales.



- Pin #2 Entrada negativa
- Pin #3 Entrada positiva
- Pin #6 Salida
- Pin #4 Polarización negativa
- Pin #7 Polarización positiva

Para ello vamos a usar el uA741, un opamp integrado para aplicaciones de audio que probablemente conozca. Está incluido en las librerías de MicroSim y su símbolo tiene el mismo patillaje que el circuito integrado. Como todo circuito activo, necesita ser polarizado para que presente su funcionalidad; en este caso la de amplificar. **No olvide nunca la polarización.** Por otro lado, **los nudos 1 y 5 no es necesario utilizarlos.**

Considere el circuito de la Fig.1, que muestra el uA741, polarizado con tensiones de +15V y -15V. Utiliza realimentación negativa (mediante R_f) y 2 tensiones de entrada (V_{ip} , aplicada directamente a la entrada positiva del 741 y V_{in} , aplicada mediante R_1).

Como sabrá, este circuito es la superposición de una **configuración no-inversora** y una **configuración inversora**; de forma que la salida V_{out} cuando el opamp opera linealmente es:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right)V_{ip} - \frac{R_f}{R_1}V_{in} \quad (1)$$

Construya el esquemático de la Fig.1 y compruebe su operación de la siguiente manera:

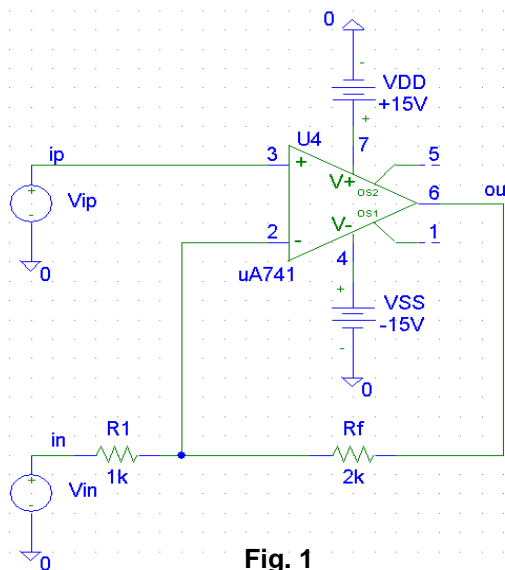


Fig. 1

- (a) Considere el caso en el que: $V_{in} = 0$ y $V_{ip} \neq 0$ -> **configuración no-inversora**
 - (a.1) Fije V_{ip} como una señal de DC y barra su valor entre -15V y +15V para obtener la característica V_{out} frente a V_{ip} .
 - (a.2) Tome como V_{ip} una señal "sin(0V 1V 1kHz)" y realice un análisis transitorio. Represente $V_{out}(t)$ y $V_{ip}(t)$ en función del tiempo. Obtenga también sus espectros. Razone los resultados obtenidos y diga si son coherentes o no con la ec.(1).
- (b) Considere ahora el caso en el que: $V_{ip} = 0$ y $V_{in} \neq 0$ -> **configuración inversora**
 - (b.1) Fije V_{in} como una señal de DC y barra su valor entre -15V y +15V para obtener la característica V_{out} frente a V_{in} .
 - (b.2) Tome como V_{in} una señal "sin(0V 1V 2.5kHz)" y realice un análisis transitorio. Represente $V_{out}(t)$ y $V_{in}(t)$ en función del tiempo. Obtenga también sus espectros. Razone los resultados obtenidos y diga si son coherentes o no con la ec.(1).
- (c) Por último, considere el caso en el que: $V_{ip} \neq 0$ y $V_{in} \neq 0$ -> **sumador/escalador**

Tome como V_{ip} la señal "sin(0V 1V 1kHz)" y como V_{in} la señal "sin(0V 1V 2.5kHz)". Realice un análisis transitorio y represente $V_{out}(t)$, $V_{ip}(t)$ y $V_{in}(t)$ en función del tiempo.

¿Se puede aplicar el principio de superposición? Es decir, ahora que las dos señales de entrada son distintas de 0... ¿Es $V_{out}(t)$ igual a la suma de las salidas obtenidas antes en (a.2) y (b.2)?

Obtenga ahora los espectros de $V_{out}(t)$, $V_{ip}(t)$ y $V_{in}(t)$.

¿Se puede aplicar el principio de superposición a los espectros?

2. Los circuitos de la Fig. 2 son respectivamente un **diferenciador**, Fig. 2a, y un **integrador**, Fig. 2b. Su operación nominal se puede deducir usando el principio de tierra virtual, que lleva a:

$$v_{out}(t) = \begin{cases} -RC \frac{dv_{in}}{dt} & , \text{diferenciador} \\ -\frac{1}{RC} \int_0^t v_{in}(\tau) d\tau + v_{out}(0) & , \text{integrador} \end{cases} \quad (2)$$

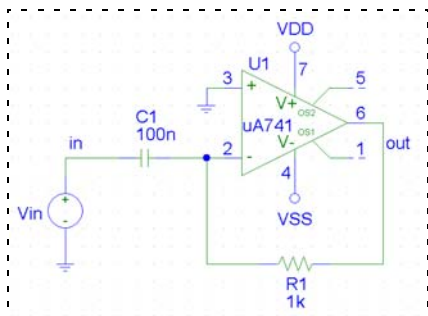


Fig. 2a

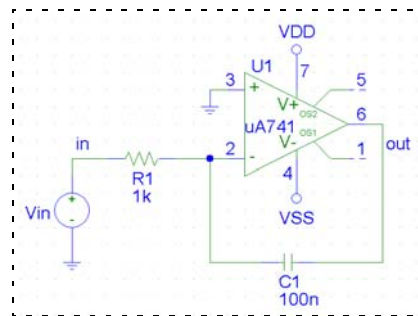
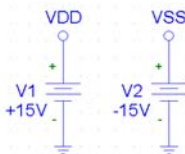


Fig. 2b

- (a) Monte el **diferenciador** y aplique una señal sinusoidal de entrada con offset de 0V, amplitud $A_{in} = 1V$ y frecuencia $f_{in} = 500Hz$.

Realice un análisis transitorio, dejando un tiempo a la simulación suficiente para que se alcance el estado estacionario. Visualice $v_{in}(t)$ y $v_{out}(t)$. La salida debe ser otra señal sinusoidal con:

- un retraso de fase de 90°
- una amplitud $A_{out} = 2\pi f_{in} \cdot RC \cdot A_{in}$

Compruebe que efectivamente ocurre esto.

- (b) Cambie la frecuencia a una década arriba ($\times 10$) y la amplitud a una octava abajo ($\div 2$).

Compruebe de nuevo la validez de las expresiones de amplitud y fase.

- (c) Aplique ahora una señal triangular entre 0V y 1V con 50Hz de frecuencia. La puede implementar utilizando el bloque "VPWL_RE_FOREVER", que genera una señal lineal a tramos periódica. Prográmela como sigue: TSF=1, VSF=1, FIRST_nPAIRS=0s 0V, SECOND_nPAIRS=10ms 1V, THIRD_nPAIRS=20ms 0V.

Compruebe la funcionalidad del circuito.

- (d) Monte ahora el **integrador** y aplique la señal sinusoidal del punto (a) (offset de 0V, amplitud $A_{in} = 1V$ y frecuencia $f_{in} = 500Hz$). Debería obtener una señal sinusoidal de salida con:

- un adelanto de fase de 90°
- una amplitud $A_{out} = \frac{A_{in}}{2\pi f_{in} \cdot RC}$

Sin embargo, es más que probable que observe que la señal obtenida a la salida no se ajusta a este comportamiento. Describa lo que observe y trate de explicarlo.

- (e) Inserte ahora una resistencia $R_F = 100k\Omega$ en paralelo con el condensador. Esto puede ayudar a resolver el problema, ya que cambia la función de transferencia del circuito a:

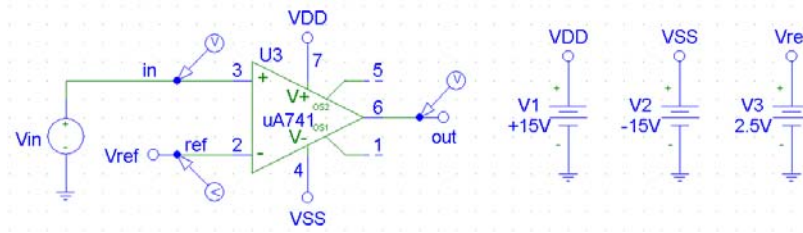
$$\frac{1}{s\tau} \rightarrow -\frac{k}{1 + sk\tau} \quad , \text{ con } k = \frac{R_F}{R} \quad (3)$$

Compruebe que efectivamente es así. ¿Por qué?

- (f) Usando $R_F = 100k\Omega$ en el integrador, aplique una señal cuadrada entre -1V y 1V a 500Hz ["pulse(-1V 1V 0s 1ns 1ns 1ms 2ms)"].

Compruebe la funcionalidad del circuito.

3. La figura muestra cómo se puede implementar un **comparador de tensiones** de forma sencilla. Para ello se usa un opamp sin realimentación (cadena abierta) y se aprovecha su alta ganancia.



- (a) Monte el circuito y realice un análisis en DC barriendo la tensión de la entrada V_{in} . Represente V_{in} , V_{ref} y V_{out} y compruebe la funcionalidad del circuito.
- (b) Considere ahora V_{in} como una señal triangular entre -15V y +15V con 250Hz de frecuencia. Utilice el bloque "VPWL_RE_FOREVER", que genera una señal lineal a tramos periódica, y prográmela como sigue: TSF=1, VSF=1, FIRST_nPAIRS=0s -15V, SECOND_nPAIRS=2ms 15V, THIRD_nPAIRS=4ms -15V.

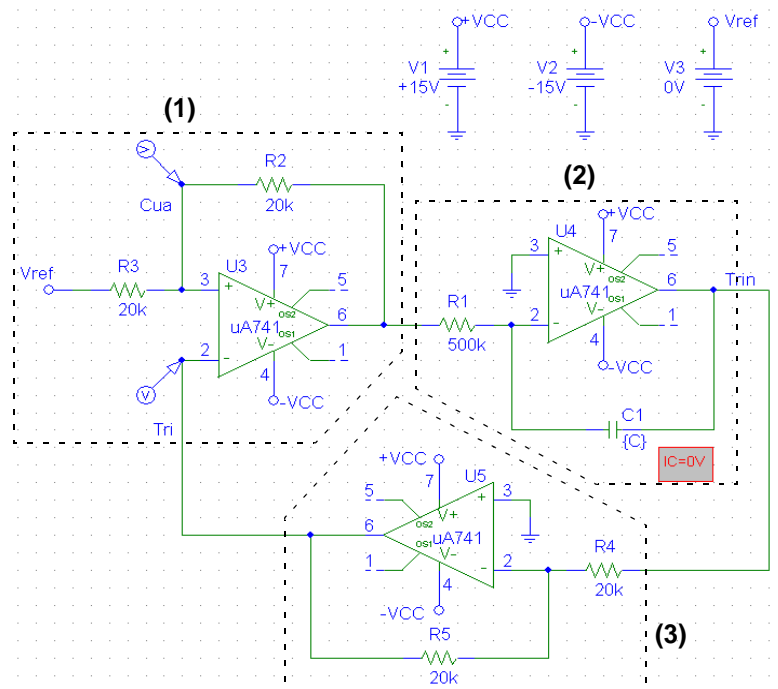
Realice de nuevo un análisis transitorio y represente V_{in} , V_{ref} y V_{out} .

¿Es correcto el funcionamiento?

Cambie la variable independiente "Time" de la representación por la tensión de entrada V_{in} .

¿Qué desviaciones observa sobre la característica obtenida en el apartado (a)?

4. La figura muestra un circuito que sirve como **generador de ondas cuadradas y triangulares**. El circuito usa un opamp con realimentación positiva (1), un integrador (2) y un inversor (3).



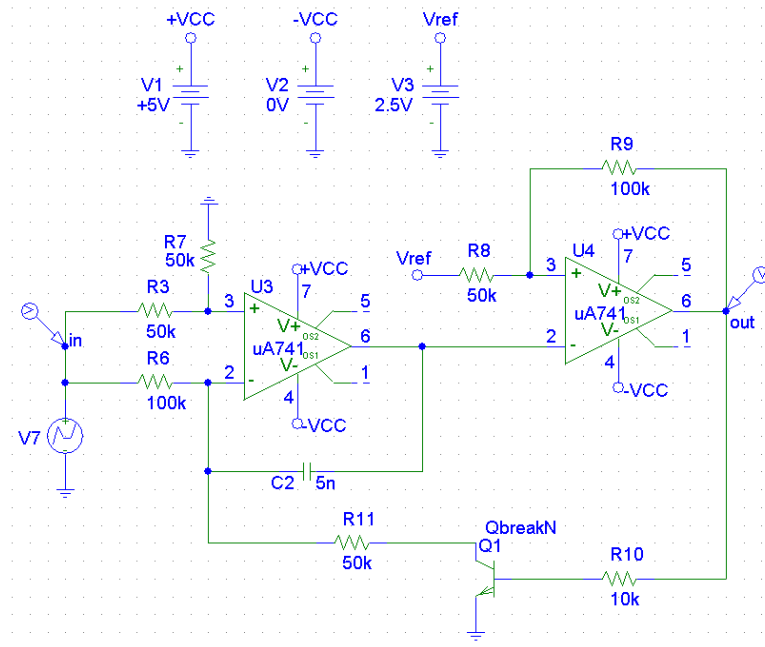
Para comprobar su funcionalidad, fije el valor del condensador a **1uF** y realice un análisis transitorio hasta 20s.

Visualice las tensiones de los nudos marcados como "Tri" y "Cua".

Se puede variar la frecuencia de las señales generadas cambiando el valor del condensador. Compruébelo: fíjelo a **5uF** y repita la simulación.

5. El siguiente circuito implementa un **oscilador controlado por tensión**; esto es, un bloque que genera una señal periódica (un tren de pulsos en este caso) cuya frecuencia se puede controlar mediante el valor de tensión de un determinado nudo.

Como ve, el circuito es relativamente complejo: utiliza dos opamps (uno de ellos con realimentación positiva) y un transistor BJT (Q1, en configuración a emisor común).



La funcionalidad de este circuito le resultará clara si realiza la siguiente simulación:

Fije la tensión del nudo de control "in" a una señal rampa desde 0V a 5V en 100ms [pwl(0s 0V 100ms 5V)].

Realice un análisis transitorio y observe las tensiones en los nudos de entrada y de salida.