**Objetivos**

Un circuito que actúa como filtro se diseña para dejar pasar señales de un determinado rango de frecuencias y para rechazar o atenuar señales cuyo espectro de frecuencia está fuera de dicho rango. Los filtros más comunes son filtros *paso bajo* (pasan las bajas frecuencias y bloquean las altas), filtros*paso alto* (pasan las altas frecuencias y bloquean las bajas), filtros *pasabandas* (pasa sólo una banda particular de frecuencias), y filtros *de rechazo de bandas* (diseñados específicamente para rechazar una banda determinada de frecuencias y pasar todas las demás).

En esta práctica realizaremos las siguientes tareas:

1. Estudiaremos el funcionamiento de un filtro paso bajo y paso alto.
2. Montaremos el circuito en un protoboard.
3. Veremos en primer lugar la respuesta temporal de estos circuitos y determinaremos la constante de tiempo de cada filtro.
4. Posteriormente determinaremos la frecuencia de corte de cada filtro.
5. Relizaremos un circuito impreso, para montar el circuito en él

Se debe entregar un informe de la práctica, en el cual se resuman las tareas realizadas, sus resultados, y las conclusiones.

**Fundamentos teóricos**

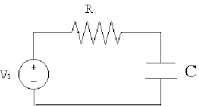
**Respuesta temporal**

Para el circuito RC de la figura 1 se desea obtener la evolución temporal de la tensión en bornes del condensador (el circuito se denomina entonces *filtro paso bajo*) y de la resistencia (*filtro paso alto*). Aplicando la ley de tensiones de Kirchoff, y para una señal de entrada cuadrada, el problema se reduce a resolver la siguiente ecuación diferencial de primer orden con coeficientes constantes:

https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/circuitos-electronicos-analogicos/_/rsrc/1319455082902/practicas/practica-1/1.jpg?height=38&width=490

La solución general de este tipo de ecuaciones es de la forma: Vc(t)=Vp+Vh. Vp es una *solución particular*de la ecuación diferencial completa y Vh es la solución general de la ecuación diferencial homogénea:

https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/circuitos-electronicos-analogicos/_/rsrc/1317992530352/practicas/practica-1/2.jpg?height=44&width=150



*Fig. 1:  Circuito RC*

Como la tensión de entrada Vi es constante, evidentemente una función constante K1 es una solución particular de (1) si K1= Vi. También es inmediato comprobar que:

https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/circuitos-electronicos-analogicos/_/rsrc/1319455341839/practicas/practica-1/4.jpg?height=28&width=320

Por tanto, la solución general de (1) es:

https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/circuitos-electronicos-analogicos/_/rsrc/1319455455470/practicas/practica-1/5.jpg?height=32&width=140

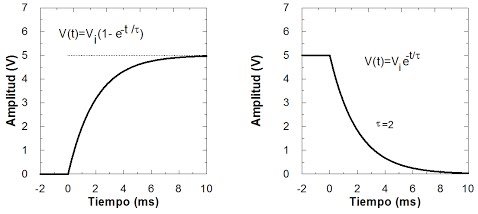
K2 es una constante que debemos determinar a partir de las condiciones iniciales del circuito. Si el condensador no está cargado inicialmente, Vc(0)=0 y se cumple que:

K1 + K2 = 0, de modo que obtenemos K2 = -K1 = -Vi.

En definitiva, la evolución temporal de la tensión en el condensador, desde el instante t=0, viene descrita por la siguiente ecuación y representada en la figura 2 (a):

https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/circuitos-electronicos-analogicos/_/rsrc/1319455720940/practicas/practica-1/6.jpg?height=34&width=200

La constante  se denomina*constante de tiempo del circuito*, y corresponde al tiempo que tarda en cargarse el condensador a un 63.2% de su tensión final.



*Fig. 2: (a)Tensión en bornes del condensador, (b)Tensión en bornes de la resistencia.*

La evolución de la tensión en la resistencia (Fig. 2(b)) se obtiene simplemente de

https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/circuitos-electronicos-analogicos/_/rsrc/1319456120627/practicas/practica-1/8.jpg?height=31&width=250

Un hecho importante es que la derivada en t=0 de VR(t) y de Vc(t) es inversamente proporcional a la constante de tiempo, en particular es

https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/circuitos-electronicos-analogicos/_/rsrc/1319456261584/practicas/practica-1/9.jpg?height=47&width=120

con V0= Vc y signo + para el filtro paso bajo y V0= VR y signo – para el paso alto.

Esto nos da un modo gráfico de obtener la constante de tiempo a partir de la visualización de la salida en el osciloscopio: basta representar el esquema de las figuras 2 (a) y (b).

Se denomina función de transferencia a la razón que mantienen dos magnitudes del circuito *en forma fasorial.*Usualmente una se refiere a la salida (**Xo**) y otra a la entrada (**Ti**) del circuito: **Vo**/**Vi** , **Io**/**Vi** , etc. En los casos **Vo**/**Vi** , **Io**/**Ii** suele hablarse de *ganancia* de tensión o corriente. Una función de transferencia genérica H() = **Xo**/**Ti**tendrá siempre una dependencia con la frecuencia que resulta de interés analizar. Como, H() es realmente una función compleja en j, su representación en frecuencias se debe desdoblar en *dos.* Lo habitual es elegir una representación en polares: módulo (o amplitud relativa) |H()|, y fase [H()].

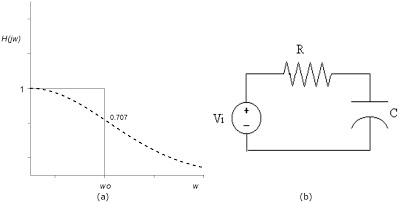
En general, no se representa |H()| directamente, sino una magnitud asociada: 20 log10|H()|, que se medirá en unidades de decibelios (dB).

**Filtros paso bajo**

Un filtro paso bajo ideal debe dejar pasar las frecuencias por debajo de una frecuencia determinada 0 (para la cual se ha diseñado el filtro); su característica de frecuencia se muestra en la figura 6(a) (línea continua). Sin embargo, no es posible obtener tal filtro con un número finito de elementos lineales (R, L o C). La característica real de frecuencia sería la mostrada en la figura 6(a) en trazo discontinuo. Un circuito paso bajo simple es el de la figura 6(b). Sustituyendo cada elemento por su impedancia y analizando con fasores se obtiene una ganancia de tensión:

https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/circuitos-electronicos-analogicos/_/rsrc/1319458942115/practicas/practica-1/17.jpg?height=52&width=200

donde =RC es la constante de tiempo del circuito que, como ya vimos, da idea del tiempo de carga y descarga del condensador a través de la resistencia.



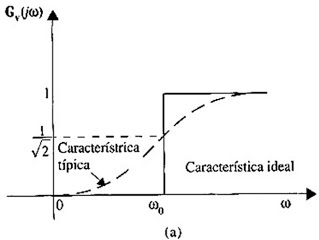
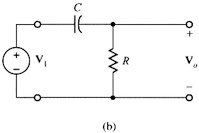
*Fig. 6:(a) Característica ideal de  frecuencia (línea continua) y real (trazo discontinuo) de un filtro paso bajo.*

*(b)Filtro paso bajo simple.*

*La frecuencia angular de corte* (c) es aquella para la cual la amplitud de ganancia es igual a 1/√2, en este caso c=1/ .

**Filtros paso alto**

Si en el circuito de la figura 6(b) tomamos la salida en bornes de la resistencia, tenemos un filtro paso alto cuya característica de frecuencia ideal (trazo continuo) y real (trazo discontinuo) se muestra en la figura 8(a). El circuito en su forma estándar es el de la figura 8(b).

*Fig. 8: ( a) Característica ideal de  frecuencia (línea continua) y real (trazo discontinuo). (b) Filtro paso alto.*

Mediante un análisis similar, la ganancia en tensión viene dada por:

https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/circuitos-electronicos-analogicos/_/rsrc/1319526515324/practicas/practica-1/21.jpg?height=42&width=160

donde de nuevo = RC. La amplitud de la ganancia y su fase son, respectivamente:

https://sites.google.com/a/goumh.umh.es/circuitos-electronicos-analogicos/_/rsrc/1319527697043/practicas/practica-1/22.jpg?height=47&width=400

**Cuestiones previas**

**Cuestión 1**

Se desea visualizar en la pantalla del osciloscopio la carga y descarga del condensador de un circuito RC, donde R=12K, C=10nF y cuya señal de entrada es una onda cuadrada. Si queremos que el condensador tenga tiempo de alcanzar el 95% del valor máximo de la señal de entrada antes de empezar a descargarse, ¿cuál es la máxima frecuencia que puede tener la señal de entrada?.

**Cuestión 2**

Se pretende diseñar un filtro paso bajo como el de la figura 1, con frecuencia de corte c=10 kHz. Si se dispone de condensadores con capacidad entre  12 pF y 10 nF ¿qué rango de resistencias será el adecuado? Para C=10 nF y una resistencia de tolerancia 5% y valor 10 K ¿qué error induce la tolerancia de R en el valor de c? ¿En qué rango de valores estaría entonces c?

(***Nota***: Considerar que no hay error en el valor de C y usar el criterio de propagación de errores visto en otras asignaturas).

**Montaje experimental y medidas**

**Material necesario**

* Osciloscopio digital de dos canales
* Fuente de alterna (generador) con forma de onda cuadrada y triangular
* Protoboard
* Placa de pertinax, marcador indeleble, percloruro de hierro y cubeta
* Soldador y estaño
* 1 resistencia de 4,7 K
* 1 resistencia de 10 K
* 1 resistencia de 1 K
* 2 condensadores de 100 nF

Para realizar las medidas, primero deben armar el circuito en el protoboard.

Luego de ensayado

**Montaje y medidas**

Parte A

**A.1)** Montar el circuito RC de la figura 1 con R=4,7 K y C=100 nF. Aplicar a la entrada un pulso cuadrado de 2 V de pico y frecuencia adecuada para que el condensador se llegue a cargar completamente (respuesta a la *cuestión 1*). Visualizar la carga y descarga del condensador en la pantalla del osciloscopio e indicar cual es la frecuencia escogida.

**f=**

**A.2)** Medir la constante de tiempo . Para ello usar el cursor del osciloscopio en modo tensión y tener en cuenta que tras un tiempo  el condensador estará cargado al 63% de su valor final (en este caso 2 V). Comparar el valor obtenido para  con su valor teórico. ¿A qué puede deberse las diferencias?

**exp**= **teor**=

**A.3)** Hacer un barrido de la frecuencia de la señal de entrada y ver en la pantalla del osciloscopio como varía la forma de onda en bornes del condensador.  ¿Para qué orden de frecuencias observamos una señal cuadrada? ¿y una triangular? Representarlas y justificad los resultados.

**f**cuadr=

**f**triang=

**A.4)** Aplicar ahora como entrada al circuito una señal senoidal ¿cómo es la salida que se observa en el condensador? ¿Por qué?

Parte B

Montar el circuito RC de la figura, con R=4,7 K y C=100 nF. ¿Cuál debe ser el valor teórico de la frecuencia de corte?

