

Práctica 2

Simulación en corriente alterna

Objetivo de la práctica

El objetivo de esta segunda práctica es la realización del **montaje de un circuito RC** (un circuito con una resistencia y un condensador conectados en serie) **funcionando en corriente alterna**, y el estudio de su comportamiento en el dominio de la frecuencia mediante la obtención de sus diagramas de Bode.

Para la ejecución de la práctica, y tras el diseño esquemático del circuito propuesto en cada caso, se efectuarán sucesivas medidas de la tensión de salida en función de la tensión de entrada y de los cambios que se vayan produciendo en los valores de frecuencia de ésta última. Con los datos recogidos tras las medidas, se estará en disposición de representar los correspondientes diagramas de Bode y de calificar el comportamiento del circuito.

La práctica se estructura en dos partes, cada una de ellas dedicada a un propósito específico:

- A. Estudio de un circuito RC con tensión de salida en el condensador.
- B. Estudio de un circuito RC con tensión de salida en la resistencia.

A. Estudio de un circuito RC con tensión de salida en el condensador

FUNDAMENTO TEÓRICO

Un circuito RC como el que se muestra en la imagen de la derecha con tensión de salida V_{out} tomada en los extremos del condensador **constituye un filtro paso baja**. La explicación y discusión del comportamiento de este filtro se puede encontrar en el ejemplo de la página 28 del segundo volumen del libro de texto.

Según el estudio teórico de dicho circuito, la función de transferencia resultante cuando se toma la salida en los extremos del condensador viene dada por la siguiente expresión

$$H(\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC}.$$

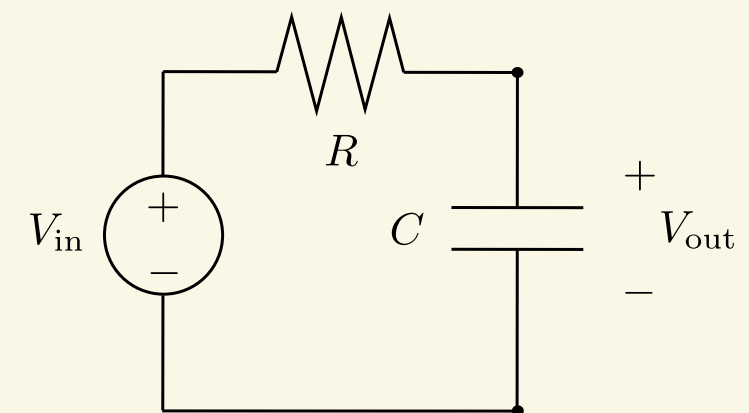
La frecuencia de corte de esta función de transferencia es

$$\omega_c = \frac{1}{RC},$$

indicando su valor la transición entre las dos regiones de frecuencia para las cuales el circuito se comporta de manera diferente:

- La region con frecuencias $\omega < \omega_c$ será aquella en la que la tensión de salida no se ve atenuada. $\longrightarrow |V_{\text{out}}| \approx |V_{\text{in}}|$
- La región con frecuencias $\omega > \omega_c$ será aquella en la que la tensión de salida se va haciendo gradualmente más pequeña conforme la frecuencia crece.

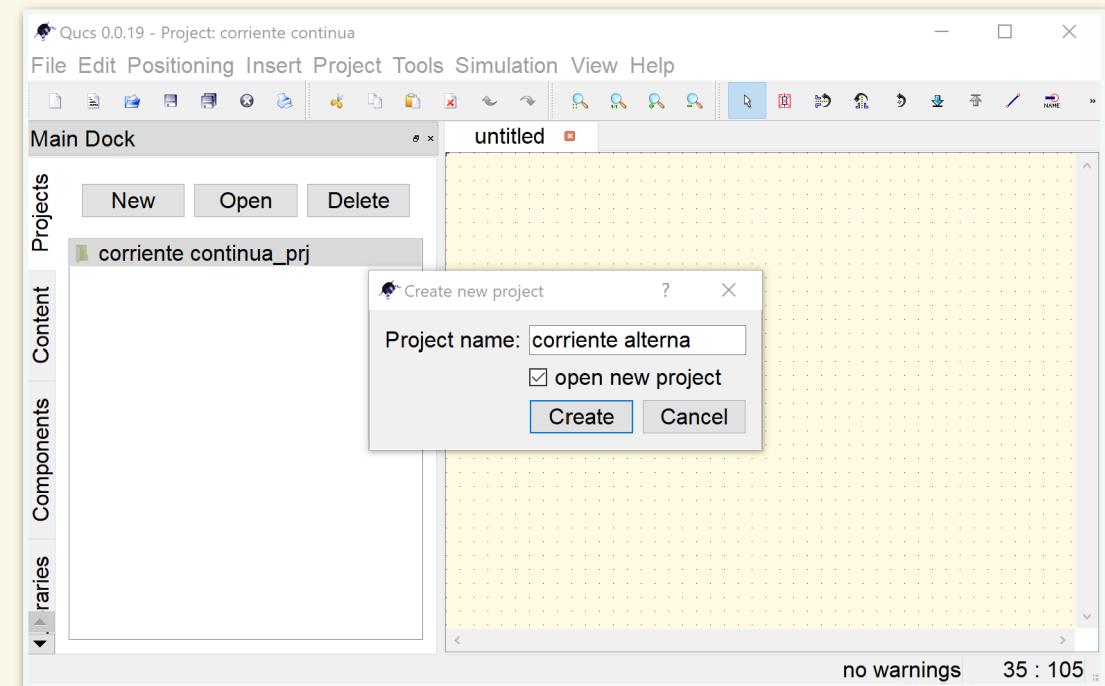
$$\searrow |V_{\text{out}}| \rightarrow 0 \quad \text{para} \quad \omega \rightarrow \infty$$



02 Simulación en corriente alterna

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE SIMULACIÓN

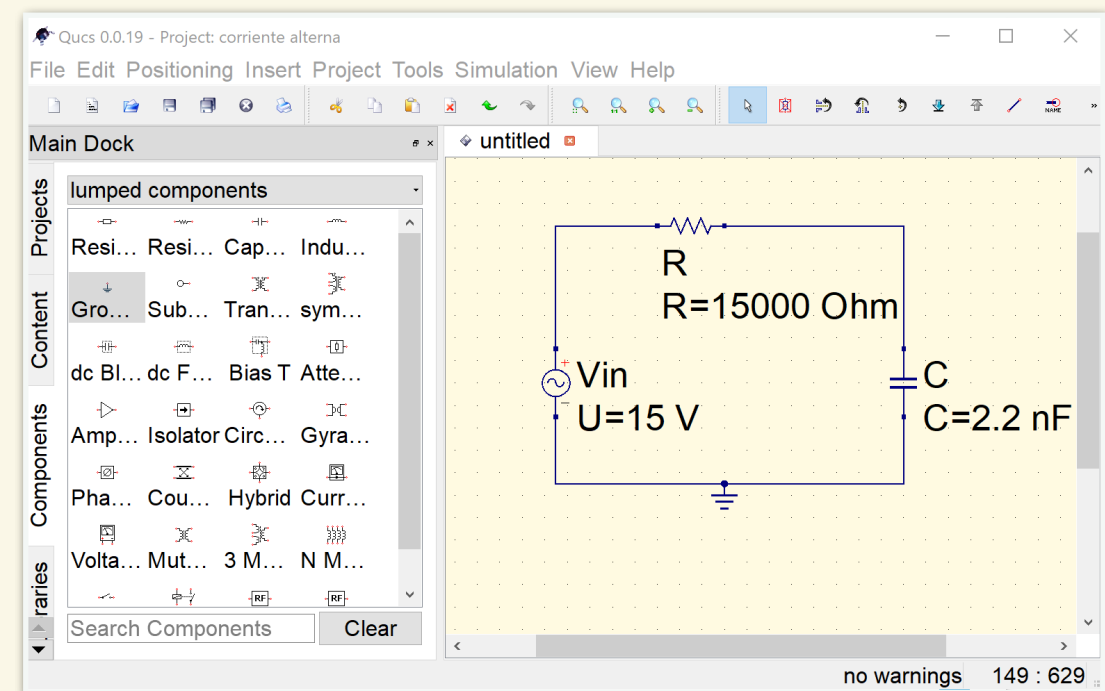
1. Ejecute el simulador QUCS y cree un nuevo proyecto seleccionando **New** en la pestaña **Projects** que aparece a la izquierda. Llámelo, por ejemplo, *corriente alterna*.



2. Elabore el diseño esquemático correspondiente al circuito que deseamos estudiar en esta sección. A tal fin, seleccione como componentes una resistencia, un condensador y una fuente de tensión de corriente alterna (**ac Voltage Source**).

Los valores de dichos elementos serán: $R=15\text{ k}\Omega$, $C=2.2\text{ nF}$. Para la fuente V_{in} , introducimos como valor de pico 15 V .

No olvide que en QUCS es necesario añadir en el diseño esquemático la referencia a tierra de manera explícita.



02 Simulación en corriente alterna

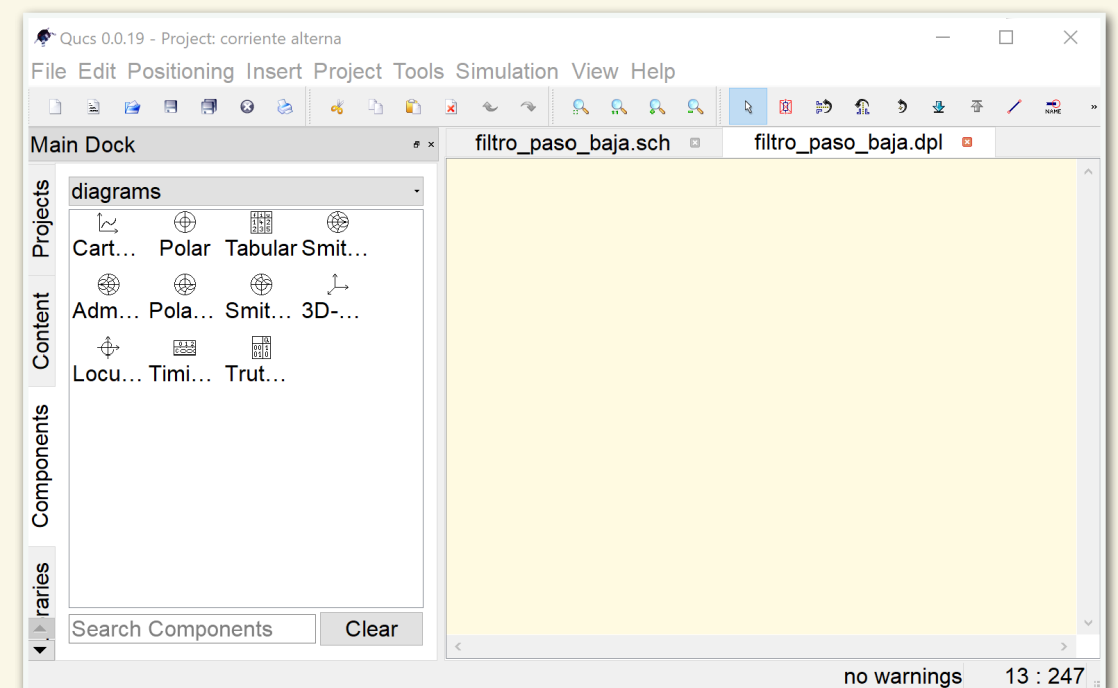
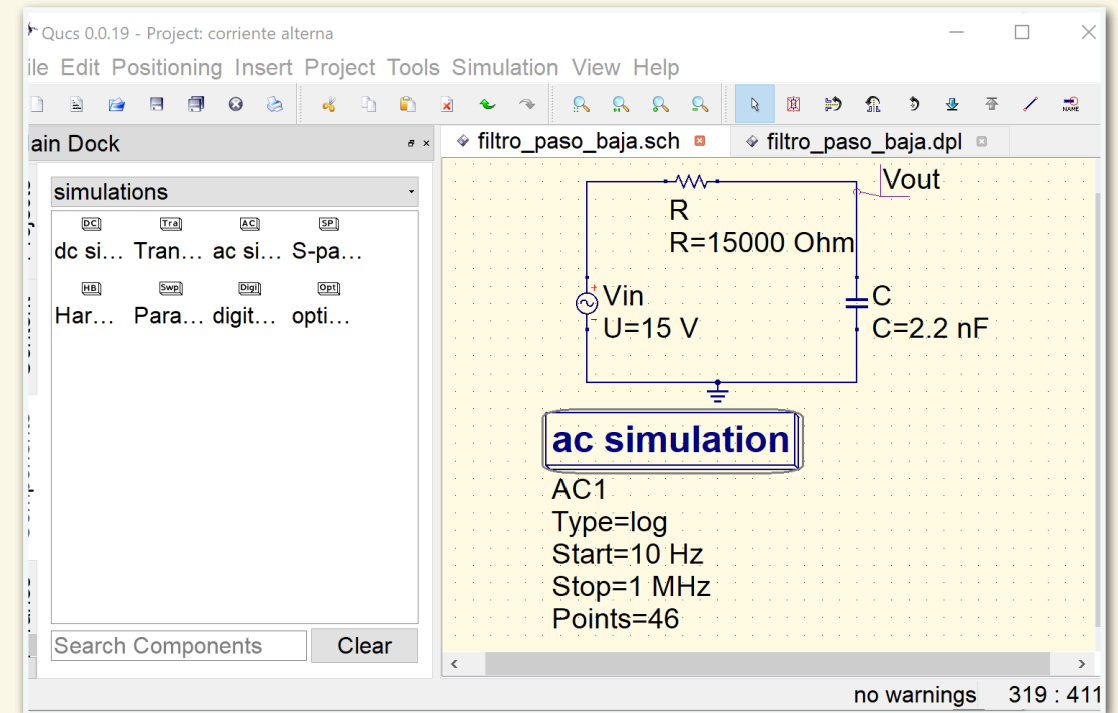
3. Etiquete el trozo de cable comprendido entre el condensador y la resistencia como V_{out} . Asimismo, añada al diseño esquemático el tipo de simulación. Para ello, seleccione el componente **ac simulation** del menú **simulations**.

Al escoger corriente alterna, se tendrán que especificar los detalles relativos a la simulación. La idea es que ésta se efectúe aumentando gradualmente el valor de frecuencia de la fuente V_{in} . Por ese motivo, la configuración de los parámetros de simulación será:

- **Sweep Parameter:** **acfrequency** (éste es fijo)
- **Type:** logarithmic
- **Start:** 10 Hz
- **Stop:** 1 MHz
- **Points:** 46 (este será el número total de puntos que aparecerán en la tabla de resultados)

Por último, guarde el diseño esquemático dándole un nombre; por ejemplo, `filtro_paso_baja`.

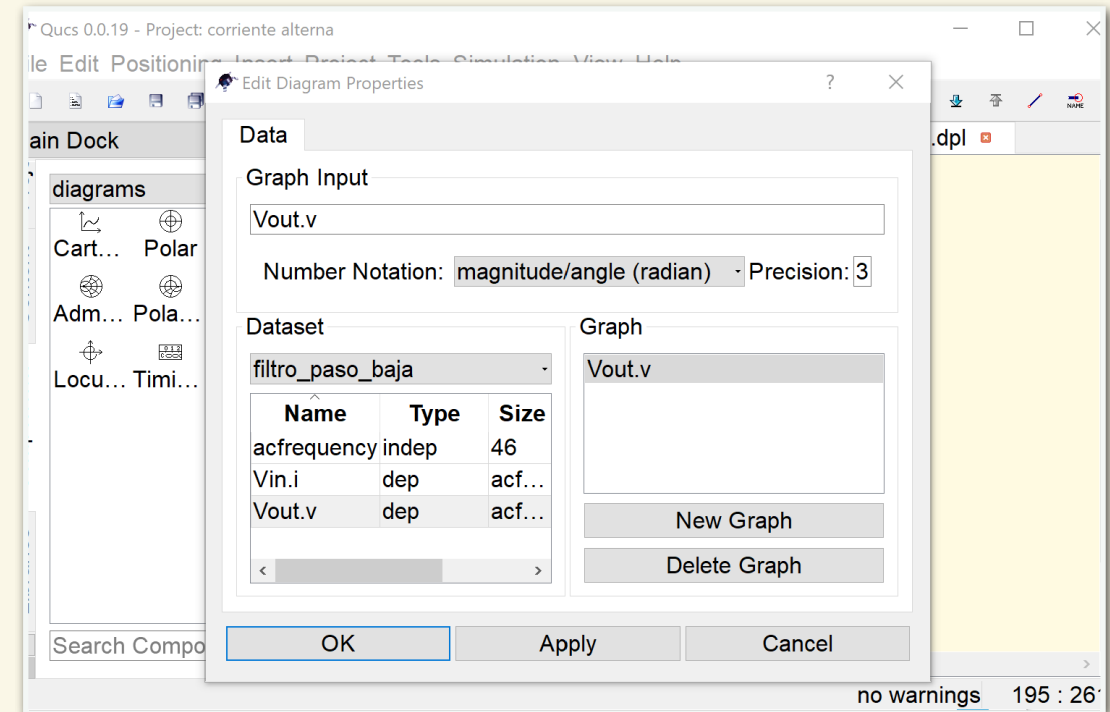
4. Ejecute la simulación. Cuando ésta termine se tendrá disponible en el espacio de la derecha la pestaña llamada **filtro_paso_baja.dpl**. A la izquierda aparecerá el menú **diagrams** para elegir cómo queremos que se muestren los resultados.



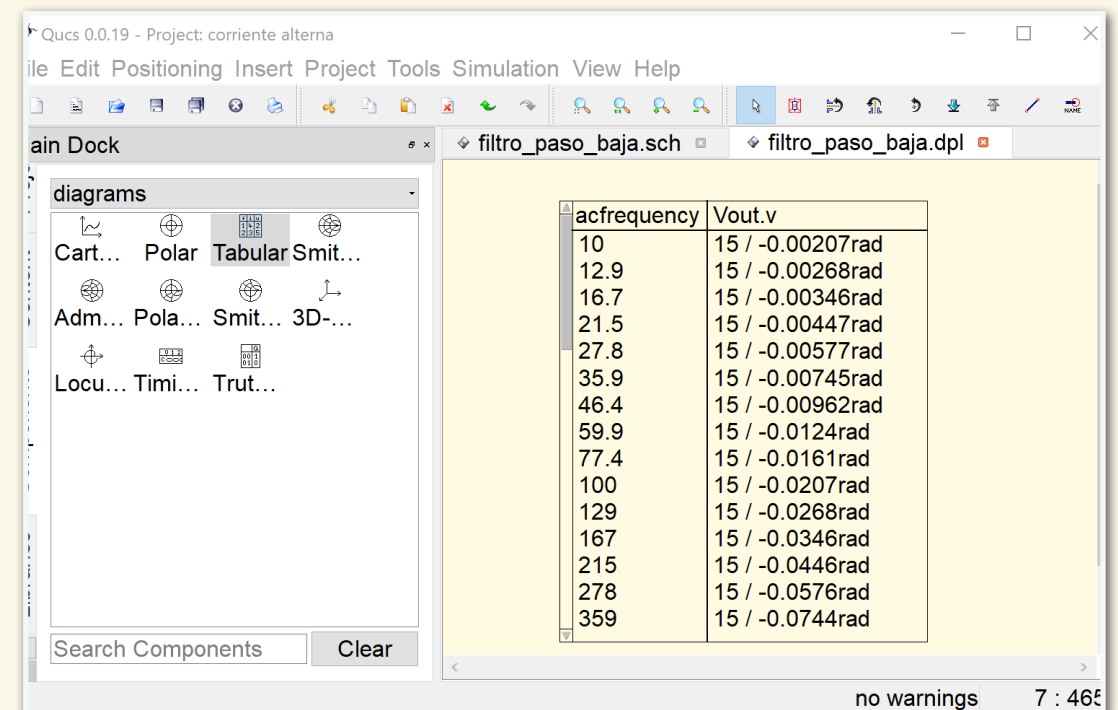
02 Simulación en corriente alterna

5. Para mostrar los resultados, escoja el diagrama **Tabular**. Al abrirse su ventana de configuración, seleccione la variable **Vout.v** y, haciendo doble clic en ella, añádala al menú **Graph**.

En la misma ventana de configuración, ajuste la variable **Number Notation** a la opción **magnitude/angle (radian)** y deje la precisión en 3. De esa forma, obtendremos en la tabla los valores del módulo de V_{out} , así como los de su argumento, expresados en radianes.



6. Con las elecciones de configuración del punto anterior, debería visualizar una tabla con los resultados de la simulación de la forma en que se muestra en la imagen contigua de la derecha. Para observar correctamente los valores, será necesario ampliar la tabla horizontal y verticalmente.



7. Traslade los datos generados tras la simulación al archivo de Excel llamado Diagrama de Bode. Los valores de frecuencia de la tabla de resultados irán en la primera columna del archivo Excel (la columna A). Los valores del módulo de V_{out} cópielos en la segunda (la columna B). Finalmente, los valores del argumento de V_{out} inclúyalos en la tercera columna (la C).

Los datos de las otras columnas se calcularán automáticamente. Así, por ejemplo, en la columna D aparecerá la conversión a rad/s de los valores de frecuencia de la primera columna; en la columna F, los valores de $\log \omega$, etc.

NOTA: Los aparentes mensajes de error de las columnas G y H desaparecen conforme se van rellenando las tres primeras columnas y los cálculos correspondientes se van efectuando.

8. Una vez rellena la tabla, obtenga el diagrama de Bode en módulo correspondiente al circuito propuesto. Para ello, cree en Excel una gráfica eligiendo que en el eje horizontal estén los valores de la columna G ($\log \omega$), y en el eje vertical los valores de la columna H ($20 \log |H(\omega)|$).
9. Finalmente, obtenga el diagrama de Bode en argumento. Esto deberá hacerlo creando una nueva gráfica. En ella, seleccione que los valores del eje horizontal sean de nuevo los de la columna G; y los del eje vertical, los de la columna C.
10. Guarde el archivo de Excel con el nombre Bode_filtro_paso_baja.

Cuestiones propuestas:

- Compare los diagramas de Bode obtenidos en los puntos 8 y 9 con los que teóricamente se deberían obtener para la función de transferencia correspondiente al circuito propuesto. ¿Se parecen?
- Sabiendo que la frecuencia de corte es la frecuencia a la cual la curva del diagrama de Bode en módulo cae 3 dB desde del momento en que empieza a disminuir, estime aproximadamente a partir de la gráfica para qué valor de ω ocurre esto. ¿Coincide ese valor que ha estimado con el teórico de la frecuencia de corte ($\omega_c = 1/RC$)?

B. Estudio de un circuito RC con tensión de salida en la resistencia

FUNDAMENTO TEÓRICO

Un circuito RC como el que se muestra en la imagen de la derecha con tensión de salida V_{out} tomada en los extremos de la resistencia **constituye un filtro paso alta**. La explicación y discusión del comportamiento de este filtro se puede encontrar en el ejemplo de la página 25 del segundo volumen del libro de texto.

Según el estudio teórico de dicho circuito, la función de transferencia resultante cuando se toma la salida en los extremos del condensador viene dada por la siguiente expresión

$$H(\omega) = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}.$$

La frecuencia de corte de esta función de transferencia vuelve a ser

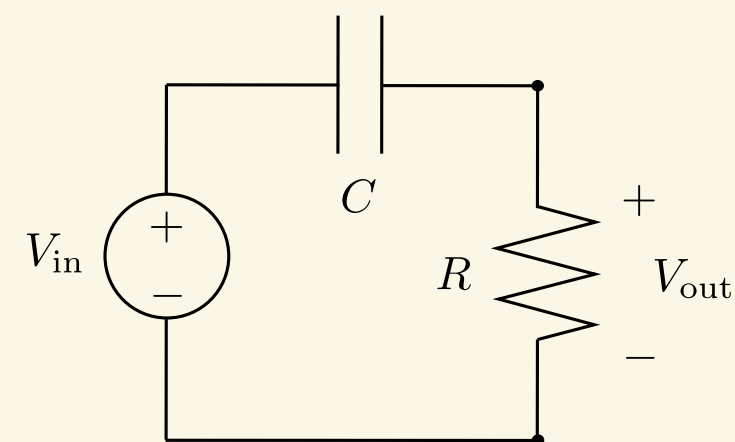
$$\omega_c = \frac{1}{RC},$$

indicando su valor la transición entre las dos regiones de frecuencia para las cuales el circuito se comporta de manera diferente:

- La región con frecuencias $\omega < \omega_c$ será aquella en la que la tensión de salida se va haciendo gradualmente más pequeña conforme la frecuencia tiende a cero.

→ $|V_{\text{out}}| \rightarrow 0$ para $\omega \rightarrow 0$

- La región con frecuencias $\omega > \omega_c$ será aquella en la que la tensión de salida no se ve atenuada. → $|V_{\text{out}}| \approx |V_{\text{in}}|$



02 Simulación en corriente alterna

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE SIMULACIÓN

1. Cree un nuevo diseño esquemático vacío dentro del proyecto `corriente alterna`. Monte el circuito correspondiente a esta sección. A tal fin, bastará con replicar el diseño de la sección anterior sin más que intercambiar las posiciones del condensador y la resistencia.

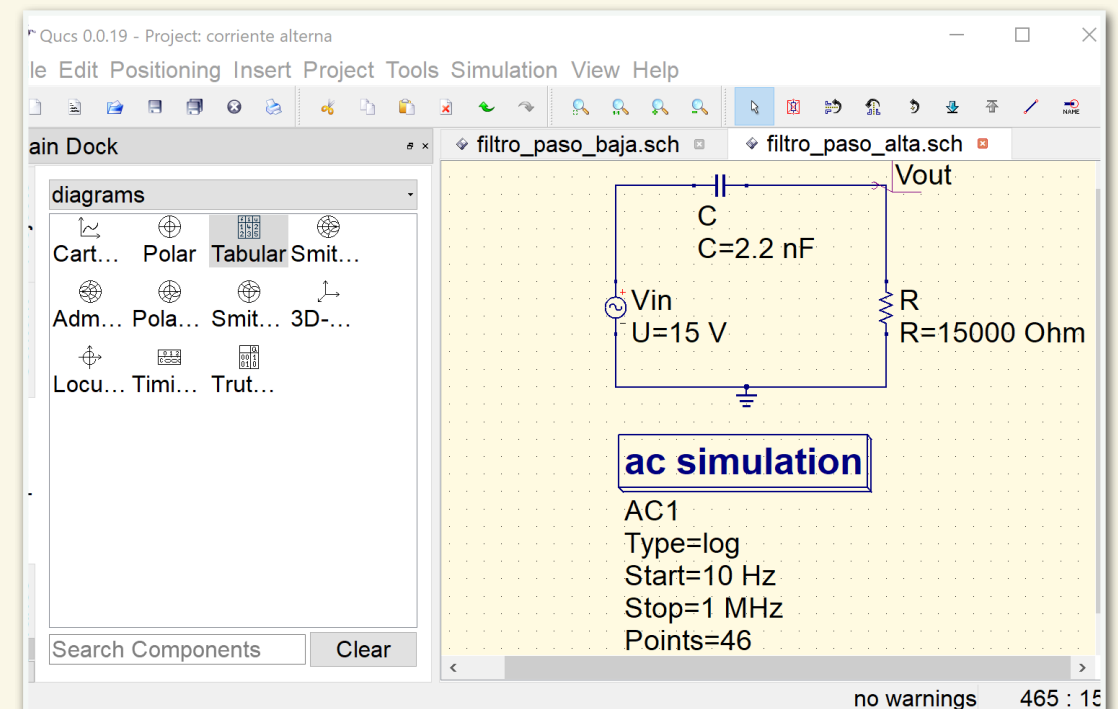
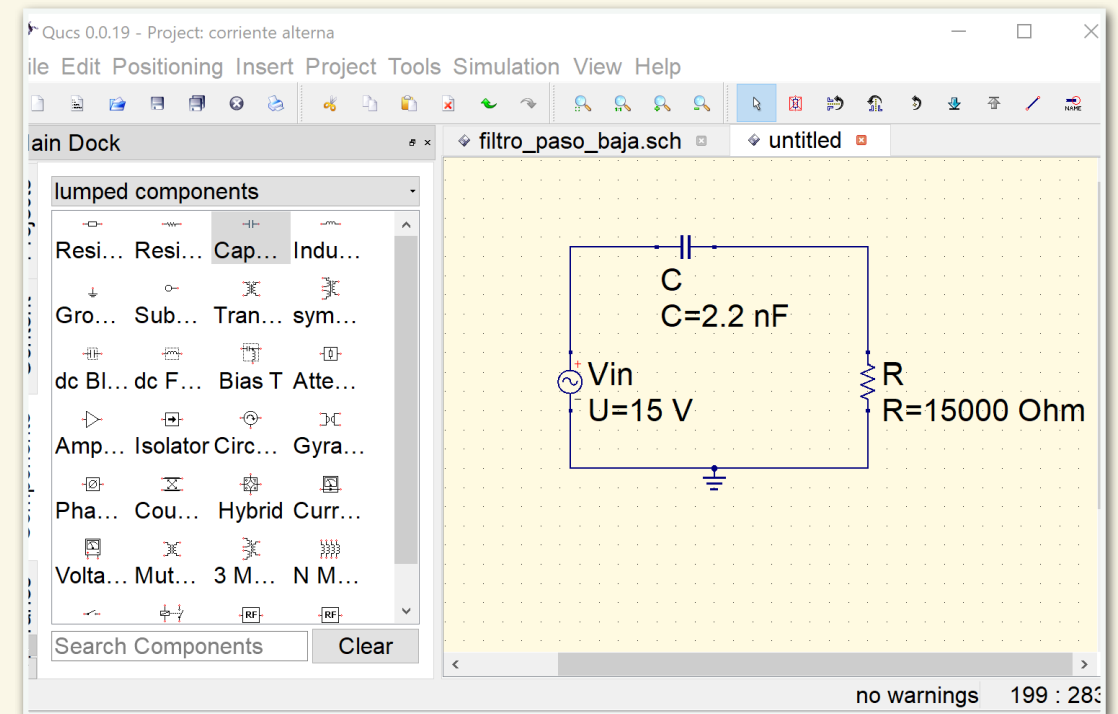
Use los mismos valores para la resistencia y el condensador que los empleados en la sección anterior. Esto es, $R=15\text{ k}\Omega$ y $C=2.2\text{ nF}$. Para la fuente V_{in} , introduzca de nuevo 15 V como valor de pico.

No olvide añadir la referencia a tierra de manera explícita.

2. Etiquete de nuevo el trozo de cable comprendido entre el condensador y la resistencia como V_{out} . Añada al diseño esquemático el tipo de simulación. La configuración de los parámetros de simulación será similar a la de la sección anterior:

- Sweep Parameter: `acfrequency`
- Type: logarithmic
- Start: 10 Hz
- Stop: 1 MHz
- Points: 46

Guarde el diseño esquemático dándole un nombre; por ejemplo, `filtro_paso_alta`.



02 Simulación en corriente alterna

3. Ejecute la simulación y elija una representación tabular de los resultados de manera similar a como se hizo en la sección anterior para el filtro paso baja.

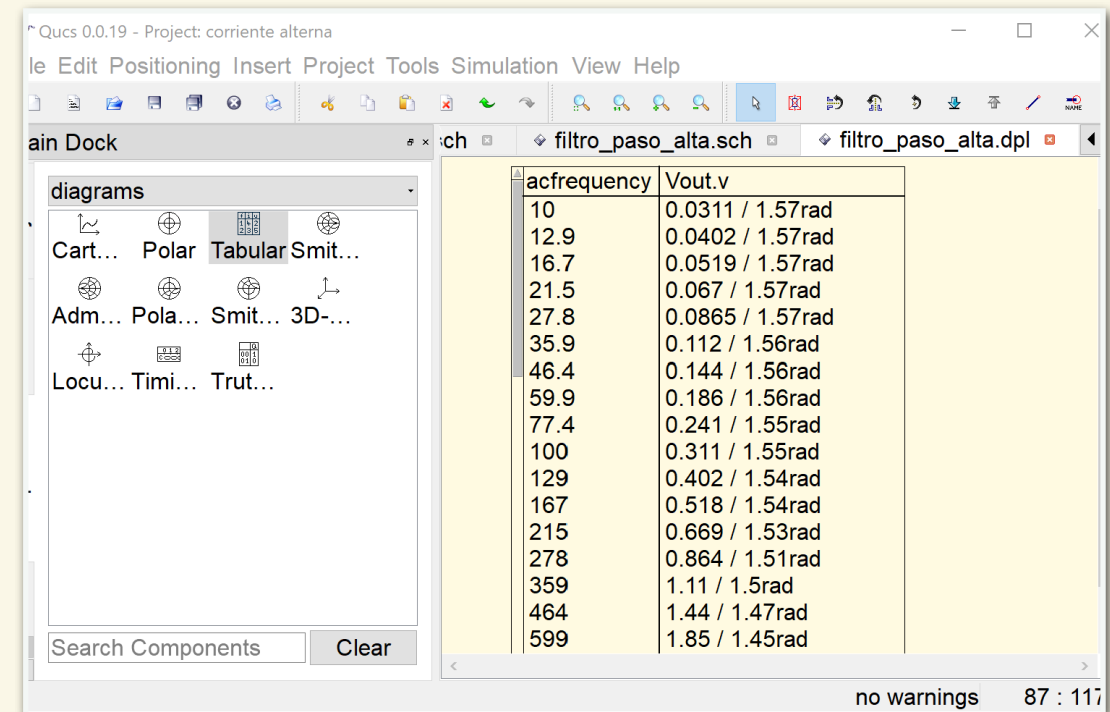
Si todo ha ido bien, debería poder visualizar una tabla como la que se muestra en la imagen contigua de la derecha

4. Abra de nuevo la plantilla de Excel vacía y traslade los datos generados tras la simulación. Recuerde que únicamente debe rellenar los campos correspondientes a las tres primeras columnas ya que los demás valores se irán calculando automáticamente.

5. Una vez rellenos todos los valores de la tabla de Excel, obtenga el diagrama de Bode en módulo para el nuevo circuito propuesto. Una vez más, esto se hará creando una gráfica que tenga en el eje horizontal los valores de la columna G ($\log \omega$), y en el eje vertical los valores de la columna H ($20 \log |H(\omega)|$).

6. Por último, obtenga el diagrama de Bode en argumento mediante una gráfica con los valores de la columna G en el eje horizontal y los de la columna C en el vertical.

7. Guarde el archivo de Excel relleno con el nombre Bode_filtro_paso_alta.



frequency	Vout.v
10	0.0311 / 1.57rad
12.9	0.0402 / 1.57rad
16.7	0.0519 / 1.57rad
21.5	0.067 / 1.57rad
27.8	0.0865 / 1.57rad
35.9	0.112 / 1.56rad
46.4	0.144 / 1.56rad
59.9	0.186 / 1.56rad
77.4	0.241 / 1.55rad
100	0.311 / 1.55rad
129	0.402 / 1.54rad
167	0.518 / 1.54rad
215	0.669 / 1.53rad
278	0.864 / 1.51rad
359	1.11 / 1.5rad
464	1.44 / 1.47rad
599	1.85 / 1.45rad

Cuestiones propuestas:

- Compare los diagramas de Bode obtenidos en los puntos 5 y 6 con los que teóricamente se deberían obtener para la nueva función de transferencia. ¿Están en consonancia?
- Estime gráficamente de nuevo la frecuencia de corte inspeccionando el diagrama de Bode en módulo del punto 5. ¿Coincide con el teórico?