

Uso del Simulador TINA-TI Como Recurso de Apoyo en la Enseñanza de Análisis de Circuitos Electrónicos – Parte I

Joaquín Sedoff ^{a,*}, Rubén O. Núñez ^b, Edgar A. Pereyra ^a, C. Xiscatti-Perez ^b

^a *Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería y Computación. Oberá, Misiones, Argentina*

^b *Universidad Nacional de Misiones-CONICET. Facultad de Ingeniería. Instituto de Materiales de Misiones (IMAM) Grupo de Investigación y Desarrollo en Electrónica (GIDE). Oberá, Misiones, Argentina*

e-mails: joasedoff@gmail.com, ruben.nunez@fio.unam.edu.ar, edgar.pereyra@fio.unam.edu.ar, xiscatti@fio.unam.edu.ar

Resumen

El presente trabajo expone el uso del *software* de simulación TINA-TI como herramienta de apoyo al análisis de circuitos electrónicos. A través de ejemplos concretos, se detalla la inserción y configuración de componentes, la ejecución de análisis temporales, paramétricos y en frecuencia, y la interpretación de resultados. Se incluyen circuitos representativos relacionados al análisis de circuitos electrónicos, como una resistencia con fuente alterna, un comparador con histéresis y un filtro RC pasa bajos. El objetivo es brindar una guía práctica que complemente la formación teórica y de laboratorio, facilitando el aprendizaje y reduciendo errores comunes en las distintas etapas de diseño. El enfoque del trabajo apunta a promover el uso de herramientas accesibles que potencien la comprensión de los fenómenos involucrados en circuitos analógicos.

Palabras Clave: *Análisis de CA, Análisis paramétrico, Análisis en Frecuencia, Análisis de circuitos, Comparador con histéresis, Electrónica Analógica, Filtro RC, Simulación de circuitos, TINA-TI.*

1. Introducción

En el marco de asignaturas que involucran el análisis de circuitos eléctricos y electrónicos de las carreras de ingenierías o afines, el uso de programas de simulación de circuitos se vuelve una herramienta clave para el aprendizaje y autoevaluación de un estudiante. Estos programas permiten visualizar el comportamiento tanto de cada uno de los componentes como del circuito completo sin necesidad de armarlo físicamente, lo cual no solo ahorra tiempo y recursos, sino que también reduce los errores comunes en las distintas etapas de diseño.

El objetivo de esta documentación es presentar el simulador TINA-TI, desarrollado por Texas Instruments, como una opción accesible y práctica para estudiantes, orientado principalmente a aquellos que cursen asignaturas en el que se analizan circuitos electrónicos. A través de esta guía se busca facilitar su uso en el contexto académico, mostrando sus funciones principales y cómo aplicarlas a circuitos típicos.

La versión del software utilizado para el desarrollo de este documento es la 9.3.200.277 SF-TI, no obstante, esta guía puede extenderse a las distintas versiones del programa, en las cuales pueden apreciarse algunas variaciones de íconos o elementos gráficos.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: En la Sección 2 se realiza una descripción de las herramientas básicas para el desarrollo de un circuito en la interfaz principal. En la Sección 3 se presenta la configuración del análisis temporal. En la Sección 4 se muestra la configuración para el uso de variaciones paramétricas. En la Sección 5 se presenta un ejemplo del uso del programa mediante la implementación de un circuito comparador de ventana inversor con histéresis. En la

Sección 6 se aborda la configuración de la respuesta frecuencial, mediante un circuito ejemplo, filtro pasa bajos. Finalmente, en la Sección 7 se escriben las conclusiones del trabajo realizado.

2. Herramientas básicas

2.1 Opciones de configuración y manejo del esquemático

En la Fig. 1, se puede visualizar la interfaz gráfica superior que presenta el simulador al ejecutar la aplicación. En rojo se encuentran señalados los componentes que se pueden desplegar en la plantilla, en azul se encuentran marcadas distintas opciones del manejo de los componentes, las cuáles resulta interesante conocer:

- Cursor: Hace referencia al modo de edición, es decir el modo principal de uso del simulador, en donde se pueden seleccionar y mover componentes.
- Último componente: Al presionar este ícono, se tiene acceso al último componente seleccionado por el usuario, una función que resulta muy útil a la hora de armar circuitos.
- Cable: Al seleccionar esta opción, en la plantilla del programa se pueden dibujar conexiones utilizando el cursor.
- Texto: Al seleccionar esta opción, el programa permite insertar texto en una parte de la plantilla.
- *Hide/Reconnect (...)*

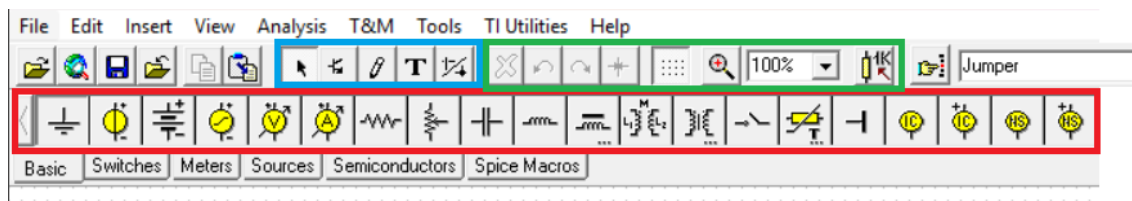


Fig. 1. Interfaz superior del simulador TINA-TI.

En el cuadro verde se encuentran las opciones de manejo de componentes y de plantilla. Las primeras cuatro opciones permiten eliminar y rotar un componente seleccionado, y el ícono de lupa permite acercar la vista en una parte de la planilla, función que resulta realmente útil para poder observar mejor los esquemáticos realizados, a la derecha de esta opción se puede elegir un nivel de acercamiento predeterminado, y como último nivel se encuentra el nivel “all”, esta opción lo que realiza es un zoom automático al circuito armado, lo cual resulta realmente útil y se recomienda usar normalmente. La última opción permite cambiar los parámetros de un componente en específico para realizar una variación paramétrica. En el cuadro rojo se muestran los distintos componentes genéricos a los cuales se puede acceder, esta parte se compone de distintas pestañas, en donde se permiten elegir distintos tipos de componentes a utilizar en el esquemático. En caso de querer utilizar un modelo de componente en específico, se puede acceder a la opción ubicada a la derecha, en donde se puede acceder a los distintos componentes que se encuentren en la librería descargada con el simulador por defecto.

2.2 Inserción de elementos

Al seleccionar un componente, se puede ubicar el mismo en la plantilla de simulación con el cursor. Como primer ejemplo básico, en la Fig. 2 se realiza un circuito compuesto por una fuente de tensión alterna y una resistencia, además de un voltímetro y un amperímetro para poder realizar mediciones. La resistencia se encuentra en la pestaña “Basic” de los componentes, la fuente se ubica en la pestaña de “Sources”, los elementos de medición se encuentran en la pestaña de “Meters”.

Para poder acceder a la configuración de los componentes, se puede realizar un doble clic en el componente a modificar. En la Fig. 3 se observan los distintos parámetros de configuración de la fuente, como se trata de una señal alterna, al presionar en los tres puntos ubicados en el parámetro “signal”, se puede elegir la tensión pico a pico, la forma de onda y la frecuencia de esta [2]. En este caso se opta por una señal sinusoidal, de 10 V pico a pico y una frecuencia de 50 Hz. En los parámetros a modificar de la fuente, se destaca el parámetro “DC Level”, que indica un valor de offset de corriente continua que puede tener la fuente.

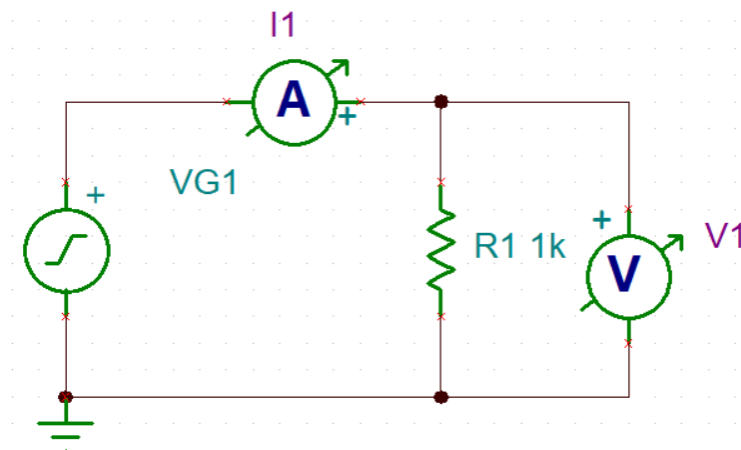


Fig. 2. Circuito de ejemplo en la plantilla del simulador.

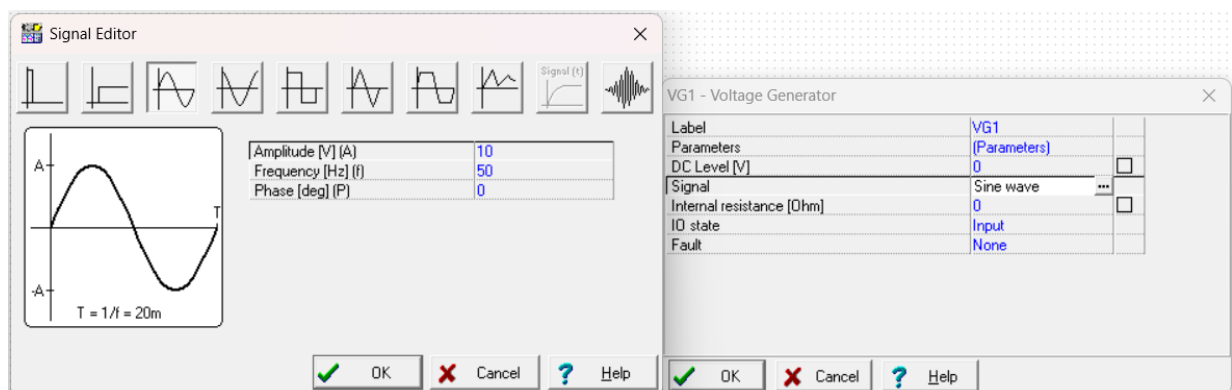


Fig. 3. Configuración de una fuente de tensión alterna.

En la Fig. 4 se observan los distintos parámetros configurables de una resistencia. Entre estos, se destacan principalmente el valor de resistencia, la tolerancia y la potencia soportada. Además de estos parámetros principales, se pueden observar parámetros más específicos como coeficientes de temperatura, y tensión máxima soportada.

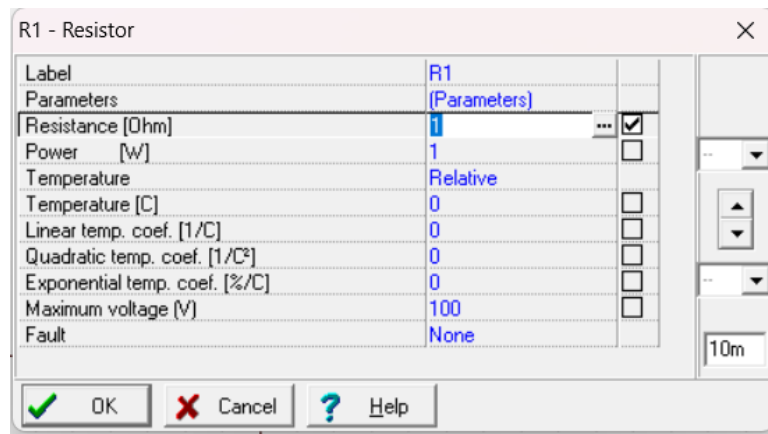


Fig. 4. Configuración de parámetros de una resistencia.

3. Análisis Temporal

Como primera simulación, se procede a realizar un análisis de la respuesta temporal del circuito de la Fig. 2. Para poder realizarlo, se debe ir a la pestaña de “*Analysis*” ubicada en la parte superior de la interfaz (Fig. 1) y seleccionar la opción de “*Transient*”, el atajo al análisis temporal es utilizar la combinación de teclas “*Ctrl + Alt + T*”. Una vez seleccionada esta opción, aparece un cuadro que se puede observar en la Fig. 5. En la configuración del análisis temporal, se puede modificar el tiempo de inicio y fin de la simulación, además de elegir una de tres opciones de simulación:

- *Calculate operating point*: Se utiliza en caso de que se quiera calcular el punto de operación antes de realizar la simulación del circuito y de mostrar las gráficas correspondientes.
- *Use initial conditions*: Se debe activar en caso de que se quiera realizar un análisis temporal de un circuito que contenga elementos como capacitores o inductores, los cuales pueden tener una condición inicial.
- *Zero initial values*: Al elegir esta opción la simulación se realiza considerando que todos los valores iniciales son cero.

Por último, se encuentra la opción de “*Draw Excitation*”, si se activa esta opción, además de graficar la respuesta de los elementos que conforman el circuito, también se grafica la señal de entrada, lo que puede resultar útil al momento de graficar resultados.

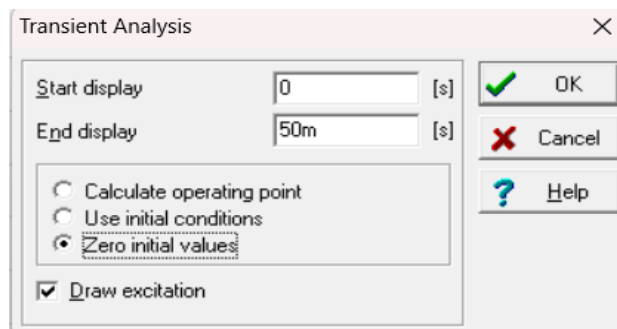


Fig. 5. Configuración de parámetros de análisis temporal.

Una vez indicados los parámetros de la simulación, al presionar el botón de “OK”, se proceden a graficar los resultados. En la Fig. 6 se pueden ver los resultados de la simulación realizada. Como primera observación, todas las curvas se encuentran solapadas en una sola gráfica, lo que dificulta analizar realmente cada una, por lo que se recomienda siempre dirigirse a la pestaña de *view* y seleccionar la opción *separate curves*, lo que hace que cada curva se muestre por separado. Una recomendación para poder realizar un mejor análisis temporal es asignarle a cada elemento de medición un nombre que facilite su identificación. En la Fig. 6, la gráfica “FUENTE1” es la gráfica de la señal de entrada, una señal sinusoidal de 10 Vpp y 50 Hz de frecuencia. La gráfica “V1” muestra la tensión que cae en la resistencia, y la gráfica “I1” muestra la corriente que circula por la misma.

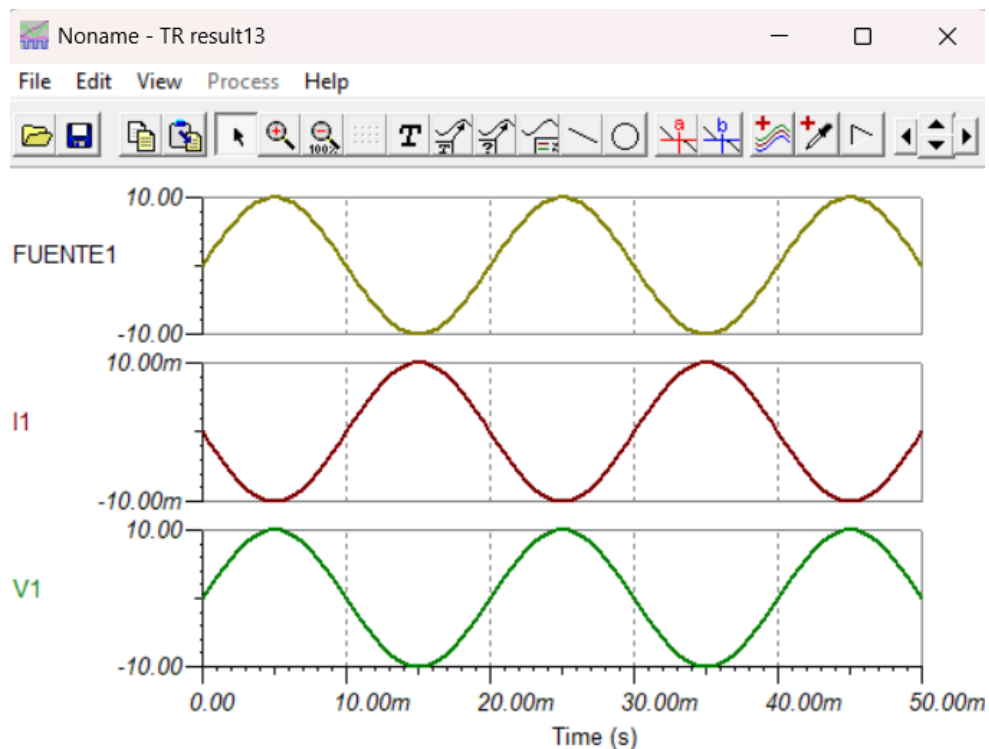


Fig. 6. Análisis temporal del circuito de la Fig. 2.

La pestaña de análisis temporal tiene disponibles varias opciones que permiten detallar mejor las características de las gráficas simuladas. Se puede insertar texto con la función *text*, se puede insertar una leyenda que indica el color de cada gráfica con la función *legend*, además de poder utilizar cursores, que indican puntos en “x” y en “y” de las gráficas seleccionadas, lo que es útil para realizar mediciones en puntos específicos o comparaciones, ya que se permite desplegar más de un cursor.

4. Variación paramétrica

Una vez mostradas las principales funciones que resultan útiles conocer para realizar un análisis temporal general de un circuito, se pasa a la parte de variación paramétrica. El simulador permite elegir un componente principal, del cual se pueden variar sus parámetros, y obtener distintas gráficas con distintos valores elegidos, lo cual resulta muy útil para realizar varias simulaciones sin tener que recurrir a cambiar valores a mano. En este caso, se elige a la resistencia de la Fig. 2 como componente de control. Para poder realizar esto, se presiona el botón ubicado del lado derecho del *zoom* en la

Fig. 1, y se selecciona el componente a modificar. Una vez elegida la resistencia, en este caso se decide variar su valor de resistencia en Ohms, por lo que se selecciona el parámetro *resistance*, y se presiona el botón de *select*.

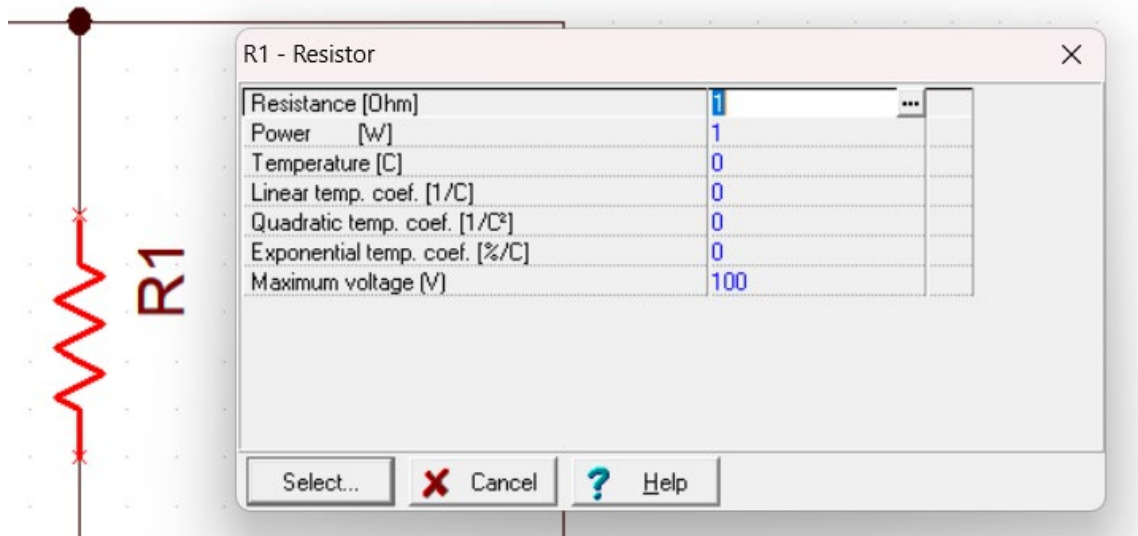


Fig. 7. Parámetros disponibles para variar en una resistencia.

En la Fig. 8 se puede observar qué opciones de variación de parámetros existen. Dentro de estas opciones se encuentran, valor inicial y final, cantidad de variaciones, y tipo de variación. Al elegir una variación lineal, la diferencia entre cada valor viene dada por la división entre el valor final y la cantidad de variaciones. En este caso, se elige un valor inicial de 1k Ω y un valor final de 6,8k Ω , con una variación del tipo lineal y 3 variaciones. En la Fig. 9 se puede observar la gráfica de la corriente para cada valor de resistencia calculado con la variación indicada, en este caso los valores fueron de 1000 Ω , 3900 Ω y 6800 Ω .

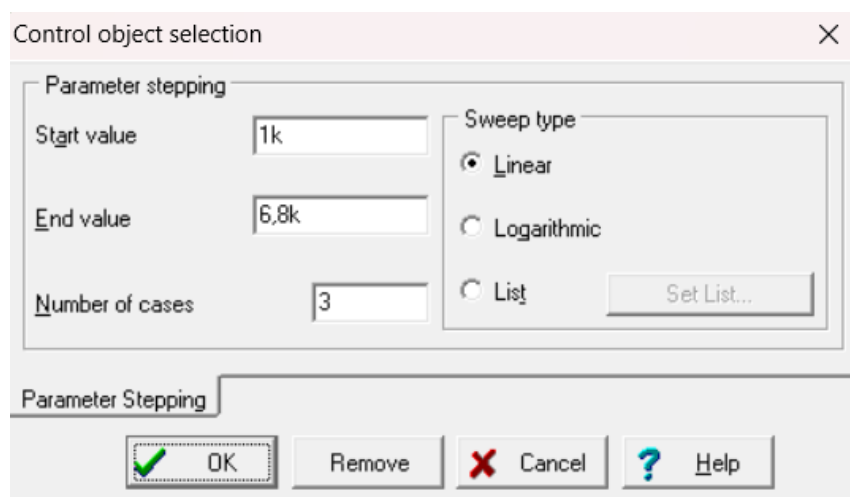


Fig. 8. Parámetros de variación disponible.

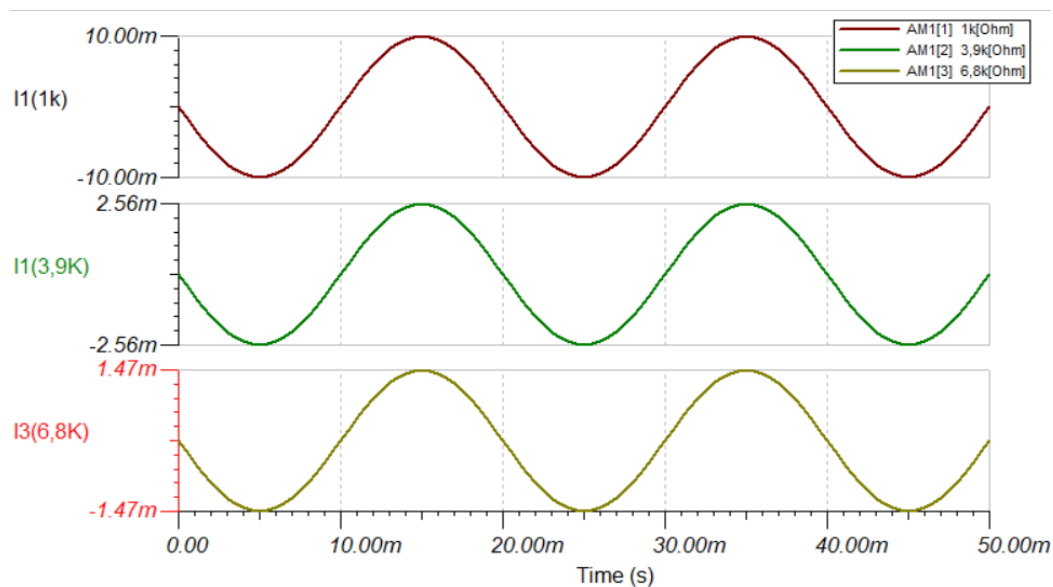


Fig. 9. Gráficas generadas con la variación de parámetros indicada en la Fig. 8.

5. Ejemplo de aplicación: Comparador de ventana con histéresis.

Una vez desarrollada la introducción al uso del simulador, se plantea un ejemplo práctico de aplicación con un circuito muy recurrente en la materia de Electrónica Analógica: El comparador de ventana con histéresis [2, cap. 8], en este caso un comparador inversor. Este tipo de circuitos se utiliza para evitar la conmutación errática de una señal debido al ruido o variaciones lentas, y se aplica estableciendo un umbral inferior y un umbral superior, el cual se compara constantemente con una señal de entrada para así cambiar o no el estado de la salida. Para aplicar este circuito, se utiliza, una señal variable, que en este caso se representa con una señal senoidal, y resistencias utilizadas para ajustar las tensiones de umbral. En la Fig. 10 se puede observar el circuito utilizado para este ejemplo.

Recordando los cálculos de los umbrales de tensión:

$$V_{US} = \frac{VCC \cdot R1}{R1 + R2} = \frac{5V \cdot 1000\Omega}{1000\Omega + 1000\Omega} = 2,5V \quad (1)$$

$$V_{UI} = -\frac{VCC \cdot R1}{R1 + R2} = \frac{-5V \cdot 1000\Omega}{1000\Omega + 1000\Omega} = -2,5V \quad (2)$$

$$\text{Ancho de ventana} = V_{US} - V_{UI} = \frac{2VCC \cdot R1}{R1 + R2} = 5V \quad (3)$$

Entonces, el funcionamiento del comparador inversor planteado será, cuando la señal de entrada supere el umbral superior, a la salida se tendrá un bajo, y cuando la señal de entrada sea menor al umbral inferior, a la salida se tendrá un alto. Se plantea un valor de VCC de 5V, es decir como máximo a la salida del AO se tendrán $\pm 5V$, como AO se elige el modelo LM741, para las resistencias se eligen ambas resistencias de 1k Ω , y no se utiliza una referencia Vref. A la señal de entrada se introduce una onda senoidal de 5V Vpp, con una frecuencia de 50 Hz. En la Fig. 11 se puede observar la simulación realizada del comparador de ventana, en donde, efectivamente se comprueba el funcionamiento indicado anteriormente, al superar Ve el umbral superior, la salida se pone en bajo, y al disminuir Ve

por debajo del umbral inferior, la salida se pone en alto. Utilizando la herramienta de pointer del análisis transitorio, se indican en la imagen los umbrales.

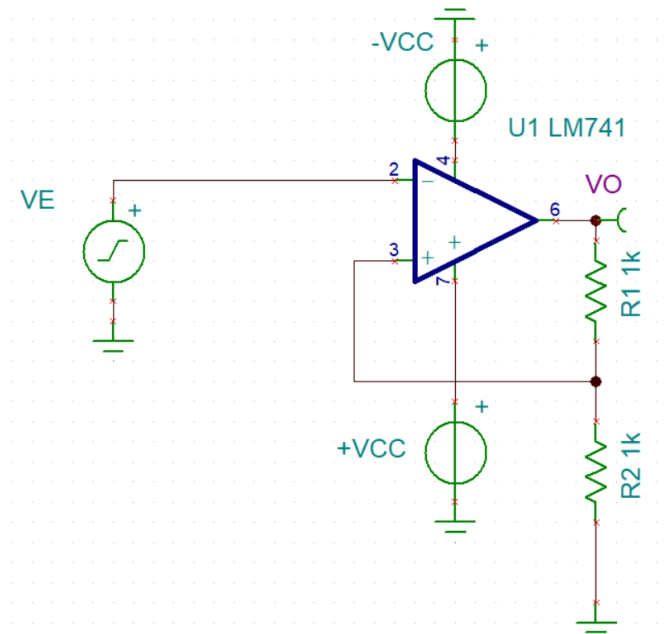


Fig. 10. Circuito de comparador de ventana inversor con histéresis.

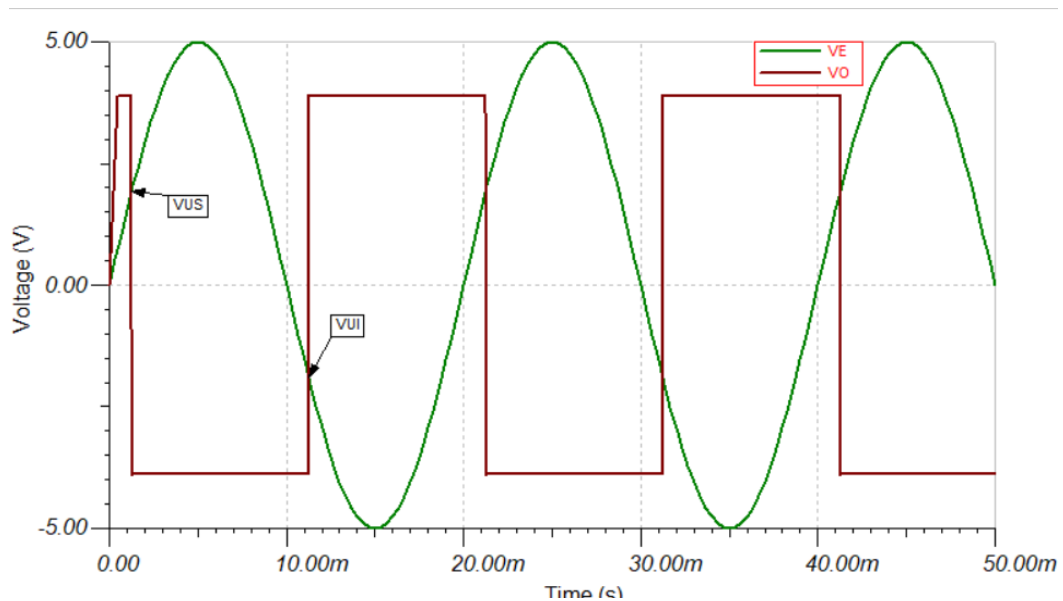


Fig. 11. Simulación realizada del comparador de ventana inversor con histéresis.

6. Análisis en Frecuencia: Filtro RC pasa bajos

Para esta sección, se procede a utilizar las herramientas que brinda el simulador para realizar análisis en frecuencia de los circuitos diseñados. Este análisis se realiza en un filtro del tipo RC, en donde una de las principales características que se debe saber del filtro es su respuesta en frecuencia [2]. En la Fig. 12 se puede observar un circuito de un filtro RC pasa bajos, y como debe ser su

respuesta en frecuencia típica, en donde se observa una frecuencia de corte, que es la frecuencia a la que, a partir de la misma, disminuye la amplitud de la señal de entrada en -3 dB. El cálculo de la frecuencia de corte de un filtro RC se puede observar en (4).

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4)$$

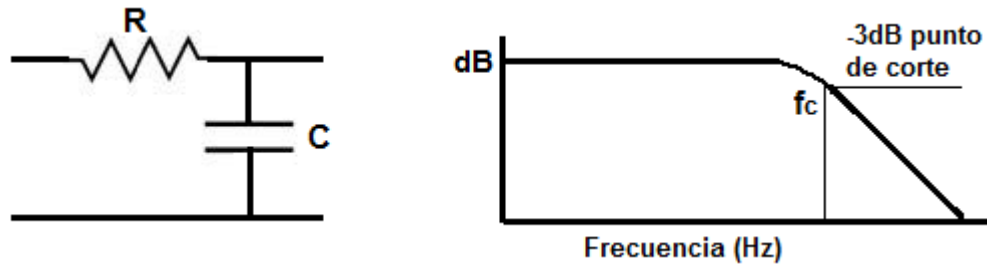


Fig. 12. Filtro RC pasa bajos y su respuesta en frecuencia típica.

El filtro por analizar utiliza una resistencia $R=1 \text{ k}\Omega$ y $C=100 \text{ nF}$, con estos componentes se obtiene una $F_c = 1591 \text{ Hz}$. Para realizar un análisis en frecuencia, es necesario colocar un voltímetro en la salida que se quiera analizar. En este caso se analiza la tensión de salida, es decir la tensión en el capacitor C1, en la Fig. 13 se puede ver el esquemático del circuito. Para realizar el análisis en frecuencia de este, se tiene que ir a la sección de “*Analysis > AC Analysis > AC Transfer Characteristics*”, una vez elegida esta opción, se deben establecer los parámetros de análisis, en la Figura 14 se observa el menú de configuraciones desplegado. Las configuraciones elegidas para esta simulación fueron:

- Frecuencia inicial: 10 Hz
- Frecuencia final: 1 MHz
- Escala: logarítmica
- Número de puntos por década: 100
- Nodo de entrada: fuente
- Nodo de salida: entre R y C
- Diagrama: Amplitud

En la Fig. 15 se observa el resultado de la simulación, en donde se marca con el cursor la frecuencia de corte, y se puede comprobar que efectivamente en el valor de la frecuencia de corte, la ganancia es de -3 dB, y que el comportamiento del filtro se corresponde al de un pasa bajos típico, como el de la Fig. 12.

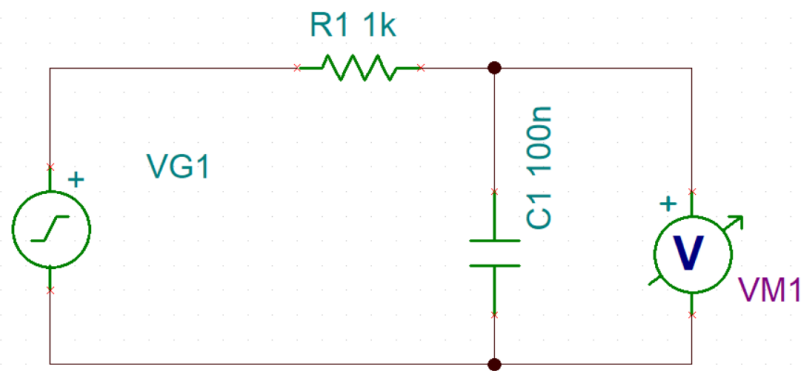


Fig. 13. Filtro RC pasa bajos en el simulador.

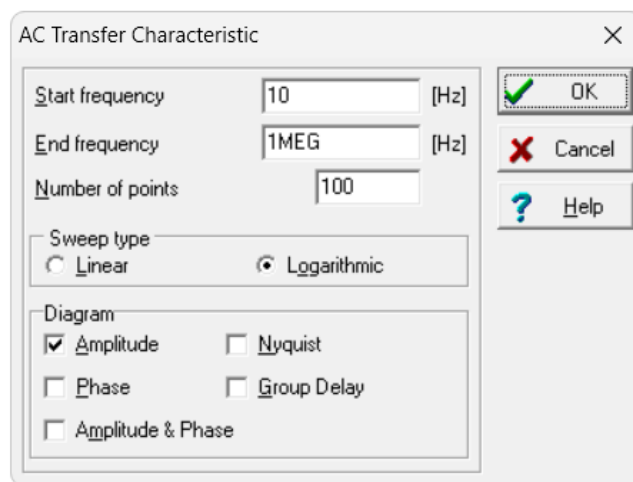


Fig. 14. Configuración del análisis en frecuencia.

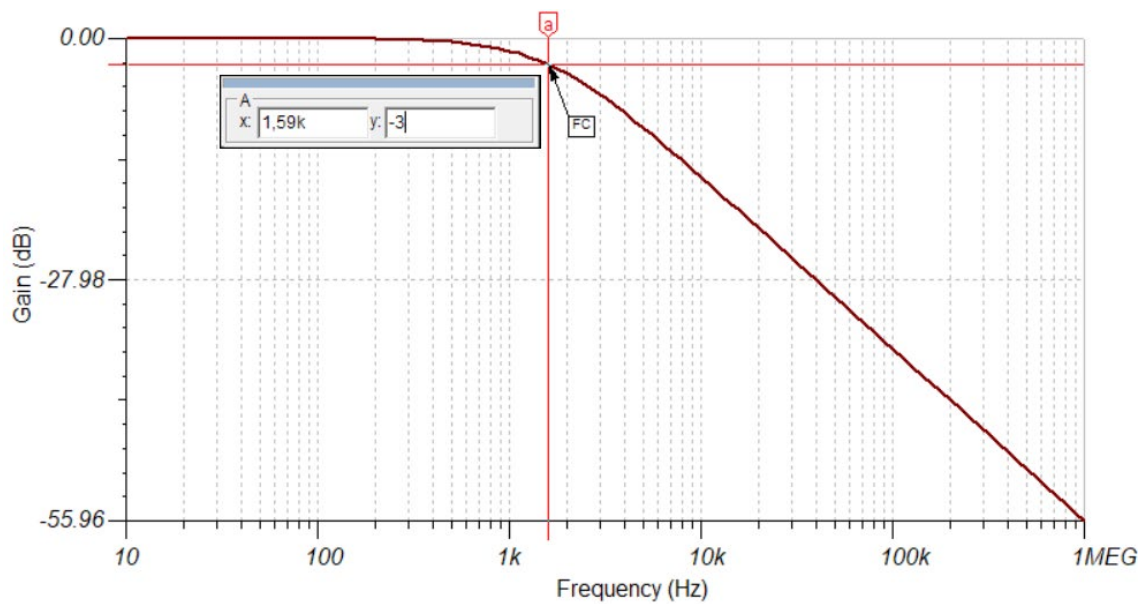


Fig. 15. Respuesta en frecuencia del filtro RC pasa bajos simulado.

7. Conclusiones

A lo largo del presente trabajo se abordaron las principales funciones del simulador TINA-TI aplicadas a contenidos desarrollados en asignaturas relacionadas con el análisis de circuitos electrónicos. Se realizó un recorrido por el uso básico del mismo, como la inserción y configuración de componentes, el análisis transitorio, el análisis paramétrico y el análisis en frecuencia, aplicados a circuitos básicos como una resistencia con fuente alterna, un comparador con histéresis, y un filtro pasa bajos RC.

La elección de TINA-TI se debe a su facilidad de uso, disponibilidad gratuita y en la variedad de herramientas de simulación que ofrece, las cuales se ajustan adecuadamente al análisis de circuitos analógicos. Estos circuitos suelen ser abordados de manera teórica y práctica en el laboratorio, por lo que contar con una herramienta que permite simular su funcionamiento de manera sencilla resulta de gran valor para reforzar el aprendizaje.

En base a lo desarrollado, se considera que la incorporación de este tipo de simuladores en el marco de la docencia puede complementar y enriquecer tanto las actividades prácticas como teóricas, permitiendo a los estudiantes explorar el comportamiento de los circuitos con mayor profundidad y flexibilidad.

Referencias

- [1] Texas Instruments, "TINA-TI," [En línea]. Disponible en: <https://www.ti.com/tool/TINA-TI>. Accedido: 24-jul-2025.
- [2] R. L. Boylestad y L. Nashelsky, "Electronic Devices and Circuit Theory", 11ª ed., Pearson, 2013.
- [3] H. R. Anocibar. La Utilización de Programas de Simulación en la Enseñanza de Electricidad y Electrónica de Carreras de Ingeniería" Tesis de Maestría en Docencia Universitaria.