



INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE MEDIDA

Esta documentación tiene como objetivo explicar las técnicas más habituales para realizar medidas en el laboratorio de electrónica. Asimismo propone varias recomendaciones para ejecutarlas de forma ordenada.

LEA DETENIDAMENTE estas nociones básicas para realizar medidas de ganancia, impedancias, frecuencias de corte y tiempos de subida.

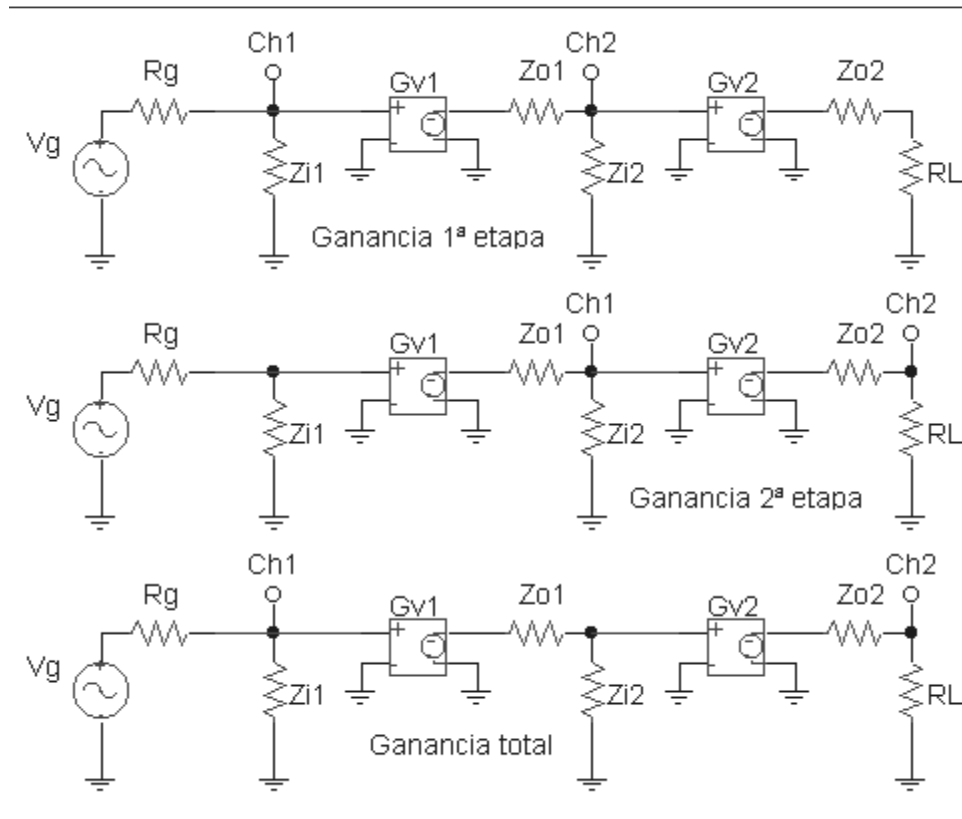
GANANCIA

Para comparar la amplitud de dos señales es posible medirlas por separado. Sin embargo, para comparar dos señales en cuanto a frecuencia y fase se refiere dispone de dos canales en el osciloscopio, por lo cual se recomienda que por defecto y para todas las medidas los utilice de la siguiente manera: el canal 1 mostrando la señal de entrada y el canal 2 mostrando la señal de salida. De este modo podrá calcular la ganancia en amplitud y el desfase entre ambas señales sobre una misma representación.

Para medir la ganancia entre distintos puntos de un circuito podemos considerar el equivalente de una configuración multietapa. Es suficiente con excitar la entrada del circuito y medir con los dos canales en distintos puntos haciendo las comparaciones oportunas entre las señales. Tenga en cuenta que al estar conectadas las etapas, en las ganancias calculadas están incluidos los efectos de carga.

En el siguiente ejemplo se muestra la medida de la ganancia de cada etapa y del circuito completo. Observe cómo en la ganancia de la primera etapa está incluido el efecto de carga de la segunda etapa: $G_{V1} \times Z_{i2} / (Z_{i2} + Z_{O1})$. De la misma manera en la ganancia de la segunda etapa está incluido el efecto de carga de R_L : $G_{V2} \times R_L / (R_L + Z_{O2})$. En ambos casos al calcular la ganancia V_{Ch2}/V_{Ch1} el cálculo teórico se realizaría con el amplificador de una etapa cargado por la siguiente.

COMPONENTES Y CIRCUITOS ELECTRÓNICOS



IMPEDANCIAS

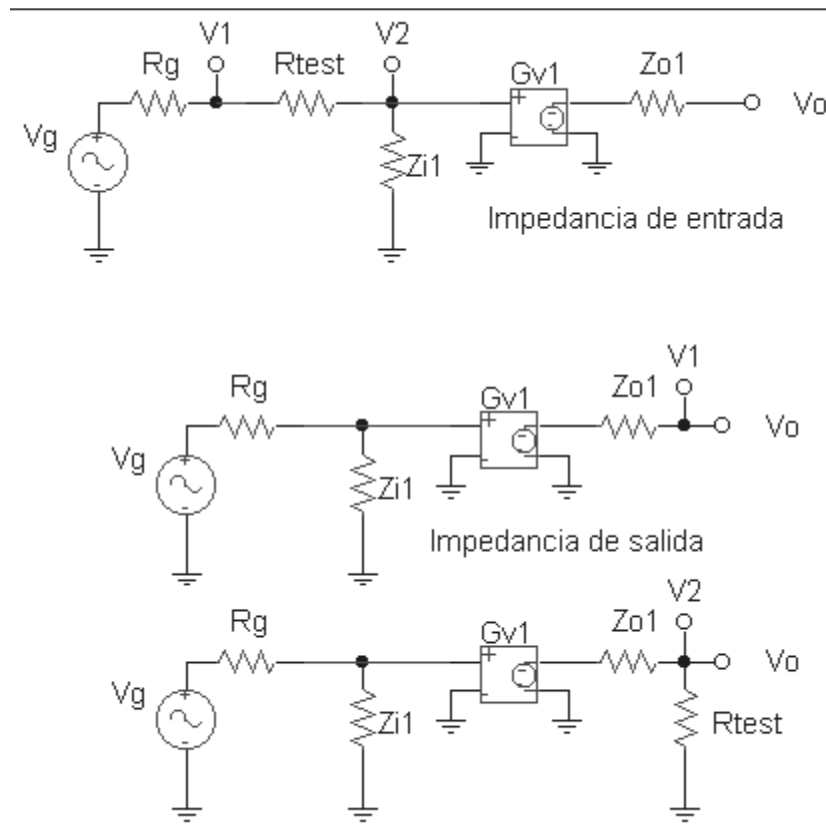
Ya conoce el método de medida de impedancias de un amplificador, por lo que lo siguiente es tan sólo un recordatorio. La medida de impedancias se realiza habitualmente introduciendo una impedancia adicional que presente un efecto de carga sobre la entrada o la salida del circuito, de manera que sea apreciable observando las señales con y sin efecto de carga. Se recuerda que la medida más adecuada es aquella en la que la impedancia adicional es idéntica a la impedancia que se desea medir, de tal modo que la comparación es lo más significativa posible y el error en las medidas no es importante en el resultado. Por el contrario, si por ejemplo la magnitud de la impedancia a medir es 100 veces superior a la que se coloca adicionalmente (o viceversa), las señales que debemos comparar serán una 100 veces superior a la otra, siendo muy significativo el error que se haya podido cometer en la medida. Como es lógico, el valor exacto de la impedancia que se desea medir se desconoce, por lo cual es imposible escoger una impedancia adicional exactamente igual a la misma. Sin embargo, los cálculos teóricos o la experiencia previa permiten elegir un valor razonable. Esto es aplicable también a otras medidas, como son la ganancia, la región de frecuencias medias o la respuesta en frecuencia, donde es conveniente conocer a priori los resultados aproximados que se esperan para realizar los ajustes en consecuencia. Por ello, se recomienda que tenga en cuenta la importancia de los estudios previos al montaje y medidas de los circuitos, así como que compare en todo

COMPONENTES Y CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

momento los resultados e intente analizar por qué se han producido las diferencias.

IMPEDANCIA DE ENTRADA

Para medir la impedancia de entrada se coloca una resistencia de test entre la excitación (generador) y la entrada del circuito amplificador. Midiendo con un canal la excitación (salida del generador) y con otro la señal a la entrada del circuito es posible obtener mediante una simple relación la impedancia de entrada sin más que conocer el valor de la resistencia de test. Una variante es colocar una resistencia de test variable, próxima al valor esperado de impedancia de entrada y ajustarla hasta que una señal es la mitad de la otra, en cuyo caso el valor que tiene la resistencia variable es el mismo que el de la impedancia de entrada.



IMPEDANCIA DE SALIDA

Para medir la impedancia de salida se coloca una resistencia de test a la salida del circuito amplificador, de manera que se produzca efecto de carga. Habiendo medido previamente la señal de salida sin carga, y la señal de salida en carga con esta última configuración, mediante una simple relación es posible calcular la impedancia de salida, conociendo el valor de la resistencia de test. Una variante,



COMPONENTES Y CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

similar a la comentada en el caso de impedancias de entrada, es colocar una resistencia de test variable, próxima al valor esperado de impedancia de salida y ajustarla hasta que una señal es la mitad de la otra, en cuyo caso el valor que tiene la resistencia variable es el mismo que el de la impedancia de salida.

En la medida de impedancias se pueden plantear otras variantes utilizando a la vez o por separado dos resistencias de test, pero en este caso no aportan ninguna ventaja adicional. Observe, que el concepto utilizado es el de efecto de carga que debe tener siempre presente. En todas las medidas se ha supuesto que los instrumentos de medida no presentan efecto de carga, (se ha considerado que idealmente la impedancia de entrada del osciloscopio es mucho mayor que las impedancias que se están considerando. Por ejemplo, de este modo, la medida V_1 en la impedancia de salida es como una medida sin carga).

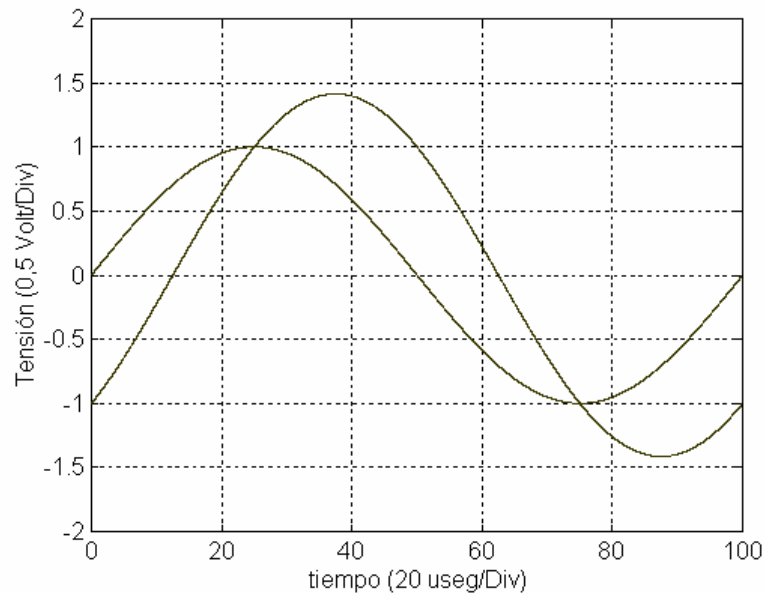
FRECUENCIAS DE CORTE

Las frecuencias de corte están relacionadas con el diagrama asintótico de Bode por ser las que indican dónde se producen cambios en la función de transferencia (en módulo y fase). Ambas frecuencias son identificables porque la ganancia se reduce a la mitad en potencia (disminuye en 3 dB), y de forma equivalente la ganancia se reduce a $1/\sqrt{2}$ en tensión o corriente (disminuye 6 dB eléctricos), en ambos casos respecto a su valor a frecuencias medias.

Para realizar las medidas correspondientes debe medir primero la salida a frecuencias medias. La frecuencia de corte inferior se determinará bajando la frecuencia de la excitación hasta llegar al punto donde la salida es aproximadamente 0.707 veces la de frecuencias medias ($1/\sqrt{2}$). La frecuencia de corte superior se obtendrá con el mismo procedimiento, pero aumentando la frecuencia desde frecuencias medias. Observe además que en ambos casos, el desfase entre la entrada y la salida ha variado en 45° respecto al que existe a frecuencias medias, siempre y cuando se pueda suponer que existe un polo dominante.

En el siguiente ejemplo se muestra la señal de entrada de 1Vp y la señal de salida de un amplificador de ganancia 2 (desfase nulo) para la frecuencia de corte superior (10 KHz). La salida de 2Vp a frecuencias medias se ha atenuado a 1,41 Vp ($2/\sqrt{2}$), y el desfase entre ambas señales es de -45° .

COMPONENTES Y CIRCUITOS ELECTRÓNICOS



TIEMPOS DE SUBIDA Y FRECUENCIAS DE CORTE ASOCIADAS

Para obtener los mismos resultados anteriores, a menudo se utilizan medidas de la respuesta temporal del amplificador suponiendo que se puede aproximar por un polo dominante en altas frecuencias y otro en bajas frecuencias. El resultado de esta aproximación es que a frecuencias altas tiene un efecto de filtro paso bajo (integrador) y a frecuencias bajas tiene el efecto de un filtro paso alto (derivador), en ambos casos de un solo polo. Recuerde los circuitos RC integrador y derivador para entender la respuesta del amplificador a una señal cuadrada. La respuesta por efecto integrador será una exponencial en los tramos de cambio abrupto de la excitación, mientras que la respuesta por efecto derivador será una exponencial en los tramos en que permanece constante la excitación.

FRECUENCIA DE CORTE SUPERIOR

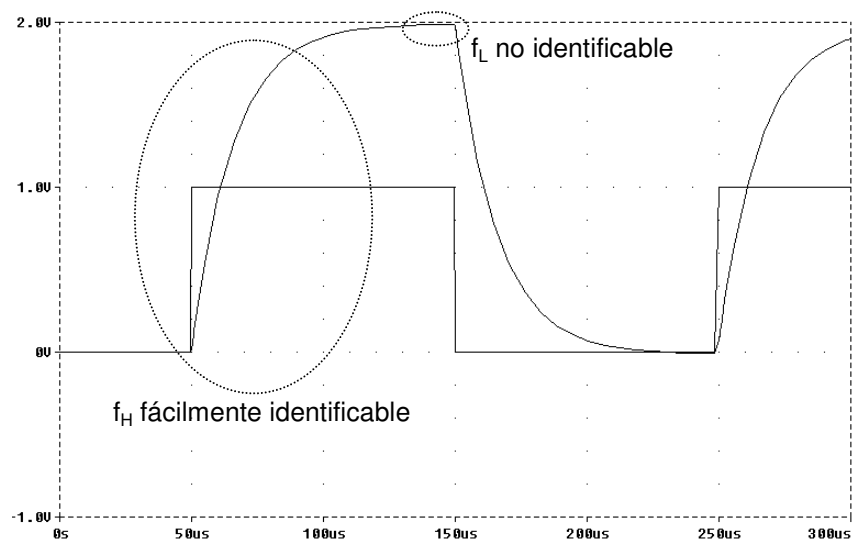
Si se excita el amplificador con una señal cuadrada, el efecto integrador se mostrará como una respuesta exponencial tanto en el tiempo de subida, como en el tiempo de bajada. Para que este efecto sea fácilmente observable debe escogerse una frecuencia de excitación suficientemente alta (observe que la constante de tiempo debe ser pequeña), de manera que en el período de representación queden representados con la suficiente claridad los tramos en los que se ha de medir el tiempo de subida o el tiempo de bajada, pero con el compromiso de que la señal de salida alcance su valor máximo antes de que la excitación cambie de nivel. Tenga en cuenta que el tiempo de subida (o bajada) se mide como el tiempo que tarda la señal en pasar del 10% al 90% o bien como el tiempo que tarda en alcanzar el 63 % de su valor máximo ($1 - 1/e$), y en ambos casos es necesario observar tanto el valor mínimo, como su valor máximo. A partir de las medidas de tiempo de subida o bajada en este caso (cualquiera de las

COMPONENTES Y CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

vistas) es fácil relacionar la frecuencia de corte superior, para lo cual se les remite a lo visto en teoría.

En el siguiente ejemplo se muestra la respuesta de un amplificador con frecuencia de corte superior de 10KHz y ganancia 2 (desfase nulo) a una señal cuadrada. Observe que para la frecuencia escogida se alcanza el valor máximo (2 V) y quedan claramente representados los tramos exponenciales de subida o bajada.

Adelantando los resultados del siguiente ejemplo, observe que en el mismo no se aprecia el efecto integrador y por lo tanto es difícil tomar la medida del tiempo de subida. Esto es debido a que la frecuencia utilizada es muy baja y en el período de representación el tiempo de subida es una porción muy pequeña.



FRECUENCIA DE CORTE INFERIOR

Si se excita el amplificador con una señal cuadrada, el efecto derivador se mostrará como una respuesta exponencial en la región donde la señal permanece constante. Para que este efecto sea fácilmente observable debe escogerse una frecuencia de excitación suficientemente baja (observe que la constante de tiempo debe ser grande), de manera que en el período de representación quede claramente representado el tramo de excitación constante y no se vea enmascarado por el efecto integrador debido a la frecuencia de corte superior. Con estas condiciones se pueden medir tiempos de subida o bajada en las mismas condiciones mostradas anteriormente, aunque no debe confundirlos con los relacionados con la frecuencia de corte superior. Sin embargo, de manera alternativa, varios autores proponen aproximar la respuesta exponencial por una recta, si se dan las condiciones adecuadas en la frecuencia de excitación, que es el caso más habitual. Entonces, existe una relación entre la pendiente de esa recta

COMPONENTES Y CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

y la frecuencia de corte inferior, a través de la frecuencia de la señal de excitación, tal y como habrá visto en teoría.

En el siguiente ejemplo se muestra la respuesta de un amplificador con frecuencia de corte inferior 10Hz y ganancia 2 (desfase nulo) a una señal cuadrada. Observe que para la frecuencia escogida se puede aproximar el comportamiento exponencial por un tramo lineal, cuya pendiente es la medida que se debe realizar.

Observe que en el ejemplo previo, aunque también existe efecto derivador, no se aprecia y por lo tanto es difícil tomar la medida de la pendiente. Esto es debido a que la frecuencia utilizada es demasiado alta y en el período de representación el tramo lineal es una porción muy pequeña y por tanto su pendiente es difícil de medir.

