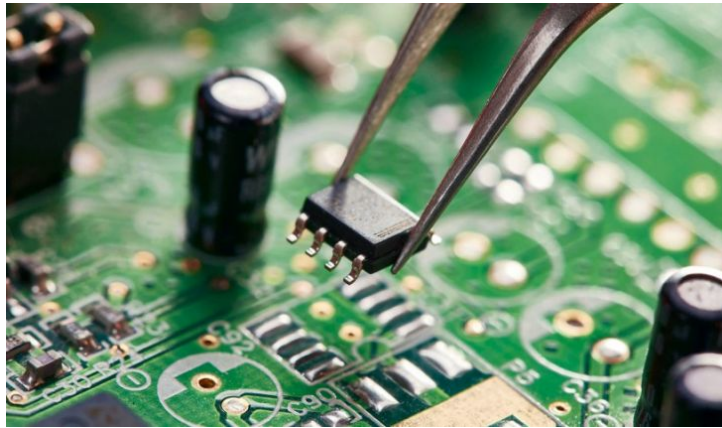


# Informe técnico final

Un trabajo presentado para la materia de  
Aplicaciones de Electronica Analógica



## Integrantes:

- Baccheto, Hernan
- Borea, Santiago
- Fariña, Francisco
- Fernandez, Malenotti Maximo
- Fink, Maximo
- Golmar, Elias
- Krapp, Ramiro
- Lopez, Yamir
- Perez, Thomas
- Pisacane, Juan Cruz
- Roldan, Jeremias
- Sacchi, Octavio
- Trostch, Demian
- Volpatti, Luca
- Wendler, Tomás

Instituto tecnológico San Bonifacio  
Departamento de electrónica  
7 de noviembre de 2021

Hecho en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X  
Versión beta 1.1

# Índice

---

0.0.1. Integrantes: . . . . .	1
<b>1. Division de Temas</b>	<b>4</b>
1.0.1. Armado del Documento y pasado a L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X . . . . .	4
1.0.2. Grafico Lineal y Logarítmico . . . . .	4
1.0.3. Amplificadores Operaciones . . . . .	4
1.0.4. Cuadripolos . . . . .	4
1.0.5. Compensación de Perdida de Potencia . . . . .	4
1.0.6. Analisis de Fourier . . . . .	4
1.0.7. Applet de Fourier . . . . .	4
1.0.8. Filtros . . . . .	4
1.0.9. Código G . . . . .	4
<b>2. Grafico Lineal y Logarítmico</b>	<b>5</b>
2.1. Gráfico Lineal . . . . .	5
2.2. Escala Logarítmica . . . . .	5
2.3. ¿Cuándo usamos una escala logaritmica? . . . . .	5
2.4. ¿Cómo se hace un gráfico logarítmico? . . . . .	5
<b>3. Amplificadores Operacionales</b>	<b>7</b>
3.1. Introducción . . . . .	7
3.2. Particularidades constructivas . . . . .	7
3.3. Configuraciones . . . . .	8
3.3.1. Comparador . . . . .	8
3.3.2. Amplificador Inversor . . . . .	8
3.3.3. Amplificador no Inversor . . . . .	9
3.3.4. Seguidor de tensión . . . . .	9
3.3.5. Sumador . . . . .	9
3.4. Componente Activo . . . . .	10
3.5. Filtro Activo . . . . .	10
3.5.1. Filtro Pasa Alto . . . . .	10
3.5.2. Filtro Pasa Bajo . . . . .	10
<b>4. Analisis de Cuadripolos</b>	<b>11</b>
4.1. Definición . . . . .	11
4.2. Inter-conexionado de cuadripolos . . . . .	12
4.2.1. Paralelo . . . . .	12
4.2.2. Serie . . . . .	13
4.2.3. Cascada . . . . .	14
4.2.4. Mixto . . . . .	15
4.2.5. Cuadripolo Reciproco: . . . . .	16
4.2.6. Cuadripolo Simétrico: . . . . .	16
4.3. Otras características . . . . .	16
<b>5. Potencia</b>	<b>17</b>
5.1. Compensacion de perdida de potencia . . . . .	17
5.2. Potencia con decibel . . . . .	22
5.2.1. Introduccion a Decibel . . . . .	22
5.2.2. Para calculos de perdida de potencia . . . . .	22
5.3. Amplificadores de un solo extremo (SEL) . . . . .	23
5.4. Bridge-Tied Load (BTL) . . . . .	27
5.4.1. Circuito . . . . .	27
5.4.2. Ventajas y desventajas: . . . . .	28
5.4.3. Consideraciones sobre el diseño del amplificador: . . . . .	28

<b>6. Fourier</b>	<b>29</b>
6.1. ¿De donde viene?	29
6.2. Fenómeno de Gibbs	32
<b>7. Fourier Applet</b>	<b>35</b>
7.1. Las funciones	36
7.1.1. Sinusoidal	36
7.1.2. Cosine	36
7.1.3. Triange	36
7.1.4. Sawtooth	36
7.1.5. Square	36
7.1.6. Noise	37
7.1.7. Phase Shift	37
7.1.8. Clip	37
7.1.9. Resample	37
7.1.10. Quantize	38
7.1.11. Rectify	38
7.1.12. Full Rectify	38
7.1.13. High-Pass Filter	39
7.1.14. Clear	39
7.1.15. Number of Terms	39
7.1.16. Playing Frequency	40
<b>8. Filtros</b>	<b>41</b>
8.1. Introduccion	41
8.2. Pasivos	42
8.3. Activos	42
8.4. Pasa Bajos	43
8.4.1. Filtro usando capacitores	43
8.4.2. Filtro usando inductores	44
8.5. Pasa Altos	45
8.5.1. Filtro usando capacitores	45
8.5.2. Filtro usando inductores	46
8.6. Impedancia en respuesta a la frecuencia	47
8.7. Pasa Banda	48
8.8. Rechaza Banda	49
<b>9. Código G</b>	<b>51</b>
9.1. Introducción	51
9.2. Grupos	51
9.3. Instrucciones basicas	51
9.4. Codigo de ejemplo	52
<b>10. Bibliografía y Referencias</b>	<b>56</b>

---

El índice tiene hipervínculos incorporados!

Toca en cada seccion y automaticamente tu lector de pdfs te llevara a esa página

## Todo list

---

esto . . . . .	21
meter que en realidad cae la tension sobre el capacitor . . . . .	43
falta meter la version inductiva y la version RLC . . . . .	48

Esto no va en el documento final!!!!

# Division de Temas

---

## Armado del Documento y pasado a L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

- Krapp, Ramiro

## Grafico Lineal y Logarítmico

- Santiago, Borea

## Amplificadores Operaciones

- Golmar, Elias

## Cuadripolos

- Fernandez Malenotti, Maximo
- Baccheto, Hernan

## Compensación de Perdida de Potencia

- Pisacane, Juan Cruz
- Trosch, Demian
- Fink, Máximo

## Analisis de Fourier

- Volpatti, Luca

## Applet de Fourier

- Roldan Jeremías
- Wendler, Tomas

## Filtros

- Krapp Ramiro
- Sacchi, Octavio
- Perez, Thomas

## Código G

- Krapp, Ramiro
- Perez, Thomas

# Grafico Lineal y Logarítmico

## Gráfico Lineal

Un gráfico lineal o de líneas es un gráfico que muestra los cambios de información a lo largo del tiempo. Este tipo de gráfico muestra datos que tienen cambios drásticos y sutiles, y también puede presentar varios conjuntos de datos a la vez.

## Escala Logarítmica

Una escala logarítmica es una escala de medida que utiliza el logaritmo de una cantidad física en lugar de la propia cantidad.

Un ejemplo sencillo de escala logarítmica muestra divisiones igualmente espaciadas en el eje vertical de un gráfico marcadas con 1, 10, 100, 1000, ..., en vez de 0, 1, 2, 3, ...

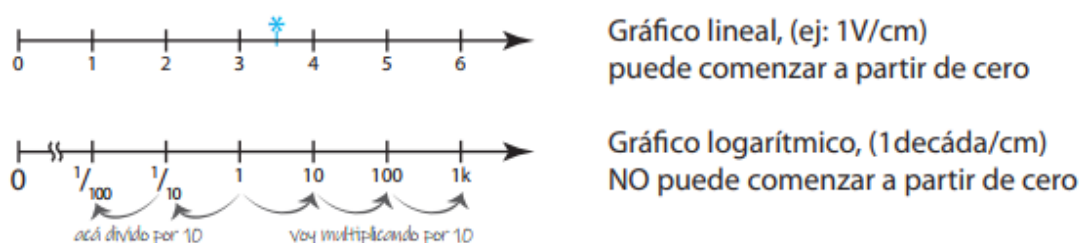


Figura 1: Un gráfico lineal vs. un gráfico logarítmico

## ¿Cuándo usamos una escala logarítmica?

La presentación de datos en una escala logarítmica puede ser útil cuando los datos cubren una amplia gama de valores - el logaritmo los reduce a un rango más manejable.

Algunos de nuestros sentidos funcionan de manera logarítmica (ley de Weber-Fechner), lo que hace especialmente apropiadas a las escalas logarítmicas para representar estas cantidades. En particular, nuestro sentido del oído percibe cocientes iguales de frecuencias como diferencias iguales en el tono.

## ¿Cómo se hace un gráfico logarítmico?

Primero que nada, tenemos que saber que una función  $\log(x)$  (que es una curva) si la trazamos en un gráfico logarítmico se ve como una recta. Algo más que tenemos que saber es que la función  $\log(x)$  no admite  $x = 0$  por que la función tiende a  $\infty$ .

A continuación podemos ver 3 ejemplos de estos gráficos

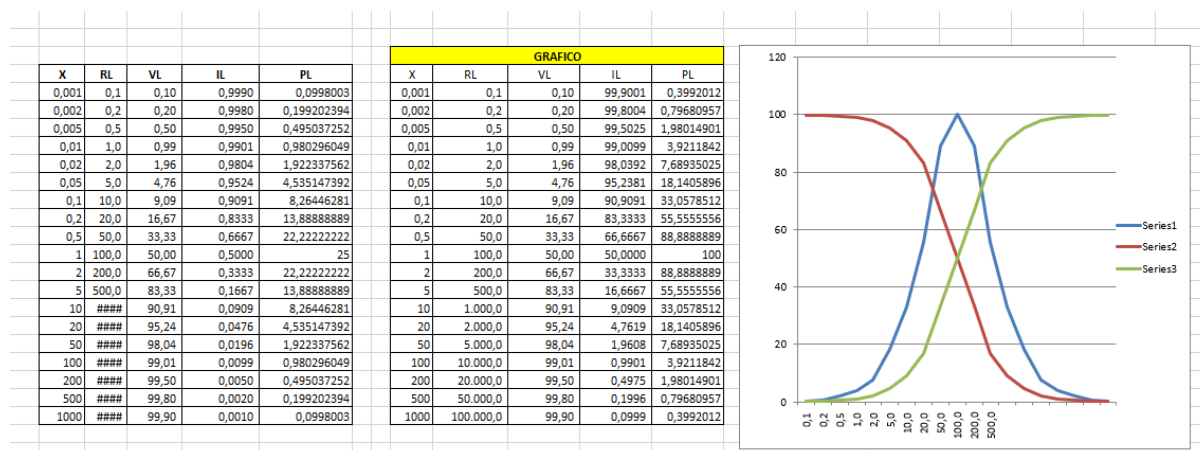


Figura 2: Gráfico de la tensión, la corriente y la potencia en función a RL

En este caso vemos como afecta las tensiones, las corrientes, y la potencia en función a la RL.

Los valores de RL van a estar en relación a RTH, como múltiplos (1x, 2x, 5x, 10x, 20x, etc ...) o como submúltiplos: (x/2, x/5, x/10, x/20, x/50, x/100, etc ...)

# Amplificadores Operacionales

## Introducción

Un Op-Amp es un dispositivo electrónico del tipo activo que tiene la capacidad de amplificar la señal en sus bornes de entrada (alta ganancia) entre otras cosas. Dependiendo de la configuración elegida en sus pines se lo puede usar como un comparador de señales (entre sus 2 entradas), amplificador inversor y no inversor, seguidor de tensión, sumador y hasta derivado – integrador de señales, entre las más comunes y útiles.

## Particularidades constructivas

La estructura interna de un amplificador consta básicamente en 3 etapas, amplificaciones en cascada (agrupadas en la etapa de entrada, amp. diferencial), amplificación de tensión y la salida.

- Impedancia de entrada: resistencia entre las entradas del rango de los  $M\Omega$ .
- Impedancia de salida: resistencia vista desde la salida del rango de los  $\Omega$ .
- Ganancia en lazo abierto: ganancia de tensión del rango de los 100000 a 500000 veces.
- Ancho de banda (bandwidth): rango de frecuencias que el dispositivo acepta (que puede amplificar).
- Tensión de offset: diferencia de potencial entre las entradas del Op-Amp para llevar la tensión de salida al valor nulo. Del rango de los mv.
- Corriente de polarización: necesaria para polarizar las entradas, del rango de los nA.
- Diferencia de potencial de alimentación: en general, ronda los 30 V entre pines de alimentación (puede ser fuente partida o fuente simple con un pin a masa).

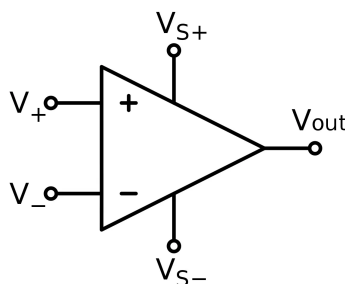


Figura 3: Símbolo eléctrico del amplificador operacional

Donde

- $V_+$ : entrada no inversora
- $V_-$ : entrada inversora
- $V_{out}$ : salida del Op-Amp
- $V_{S+}$ : fuente de alimentacion positiva
- $V_{S-}$ : fuente de alimentacion negativa (o masa)



## Configuraciones

Circuitos y Ecuaciones particulares:

### Comparador

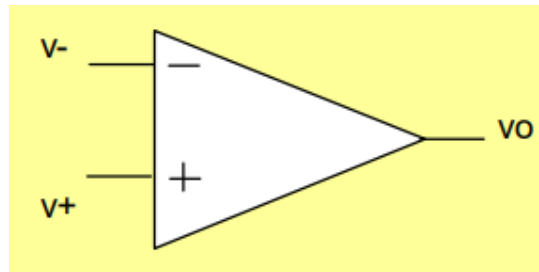


Figura 4: Un amplificador operacional en configuración comparador

Si la tensión en la entrada no inversora ( $V_+$ ) es mayor a la tensión de la inversora ( $-V_+$ ), la salida será la tensión de alimentación positiva ( $+V_{CC}$ ). En caso contrario la salida será  $-V_{CC}$ .

$$V_+ > V_- \longrightarrow V_{out} = +V_{CC}$$

$$V_- > V_+ \longrightarrow V_{out} = -V_{CC}$$

### Amplificador Inversor

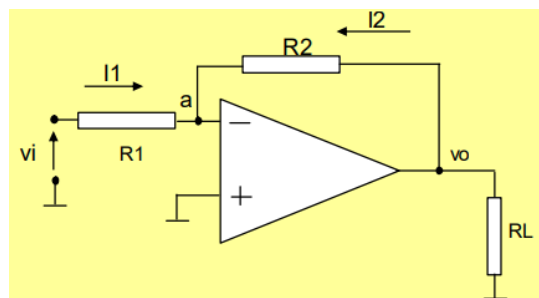


Figura 5: Un amplificador operacional en configuración inversor

La ganancia nos viene dada por los valores de las resistencias, según la expresión siguiente:

$$\text{Ganancia de Tensión} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

El signo negativo se debe que la salida está desfasada  $180^\circ$  con respecto a la señal de entrada.

### Amplificador no Inversor

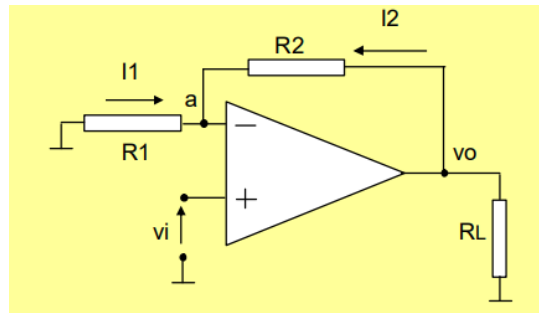


Figura 6: Un amplificador operacional en configuración no inversor

La ganancia nos viene dada por los valores de las resistencias, según la expresión siguiente:

$$\text{Ganancia de Tensión} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

### Seguidor de tensión

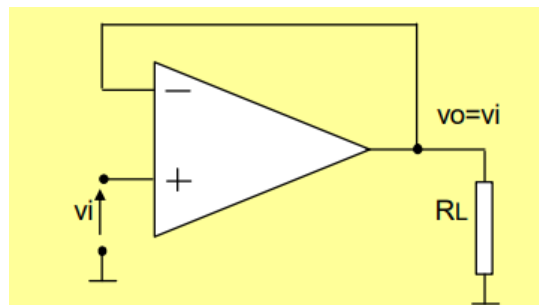


Figura 7: Un amplificador operacional en configuración seguidor de tensión

Esta configuración permite ofrecer alta impedancia de entrada al generador de señal  $V_{in}$  y no modifica su valor en la salida.

$$\text{Ganancia de Tensión} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1$$

### Sumador

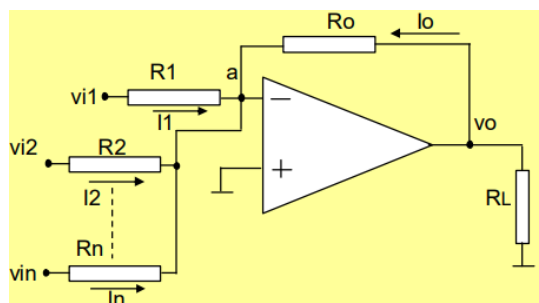


Figura 8: Un amplificador operacional en configuración sumador

$$V_{out} = R_0 \cdot \left( \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_n}{R_n} \right)$$

## Componente Activo

Debido a que los Op-Amps se encuentran en esta clasificación de funcionamiento, pueden controlar el flujo de corriente o tensión y realizar ganancias entre la señal de entrada y la señal resultante en su pin de salida.

Por ello, estos dispositivos se usan en cuadripolos activos donde la función matemática que puede representar el comportamiento de este puede dar como resultado una ganancia de tensión.

$$T = \frac{V_{out}}{V_{in}} > 1$$

## Filtro Activo

Además existe la posibilidad de suplantar los filtros pasivos (que tienen componente pasivos) especialmente cambiando los inductores por amplificadores operacionales.

A continuación 2 ejemplos de configuraciones de filtro activo pasa bajo y pasa alto.

### Filtro Pasa Alto

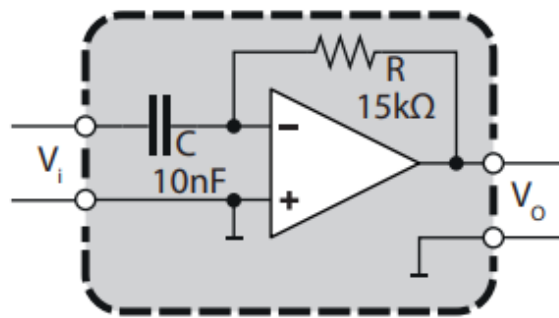


Figura 9: Un ejemplo de filtro pasa alto

### Filtro Pasa Bajo

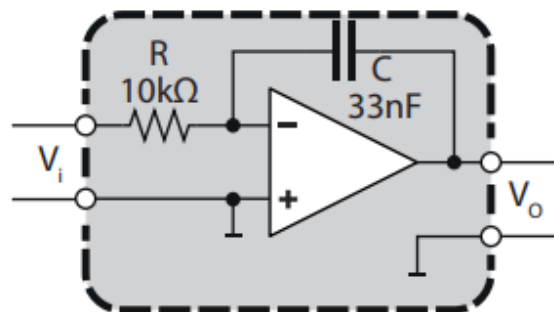


Figura 10: Un ejemplo de filtro pasa bajo

# Analisis de Cuadripolos

## Definición

La forma más simple de comprenderlos es, tomándolos como una red (caja negra) con un par de terminales o puertos (siendo los terminales superiores, por lo general el potencial mayor, y los inferiores el potencial menor).

Un puerto: par de terminales en el cual cuya corriente entrante (por uno de los terminales) es igual a la saliente (por el otro).

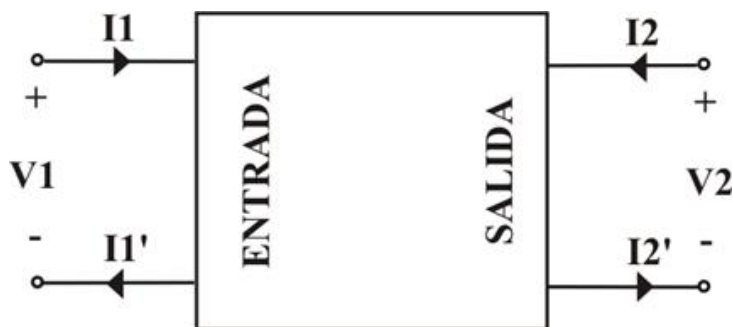


Figura 11: Un diagrama de un cuadripolo

Un ejemplo podría ser el siguiente circuito (figura 12) que está conformado por unos resistores, que forman dos mallas cuyas corrientes entrantes y salientes son iguales; cumpliendo todas las condiciones para ser considerado un cuadripolo.

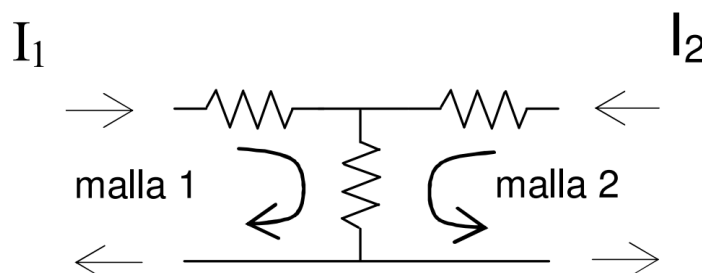


Figura 12: Un cuadripolo tipo T

Existen dos grandes ramas para dividir a los cuadripolos; por el lado de los lineales los podemos subdividir en activos (con fuentes dependientes o independientes) o pasivos (recíprocos o simétricos).

Los activos se caracterizan principalmente por poder llegar a entregar en la salida una potencia mayor que la que ingresa por la entrada. Deben requerir una fuente dependiente.

En cambio, los pasivos, son aquellos que incluyen elementos que hacen que la potencia que egresa hacia la carga sea igual o inferior a la que ingresa, por ende, se disipa potencia dentro del circuito.

En cuanto al análisis hay una nomenclatura matemática denominada transferencia que enuncia como se relaciona la entrada con la salida del cuadripolo. Este es un factor que multiplica a la entrada.

El ejemplo más simple como para entenderlo sería el de dos cables entre la entrada y salida, la relación entre la entrada y el factor de transferencia sería 1, que resultaría a la salida  $V_o = V_i \cdot 1$ .

## Inter-conexionado de cuadripolos

### Paralelo

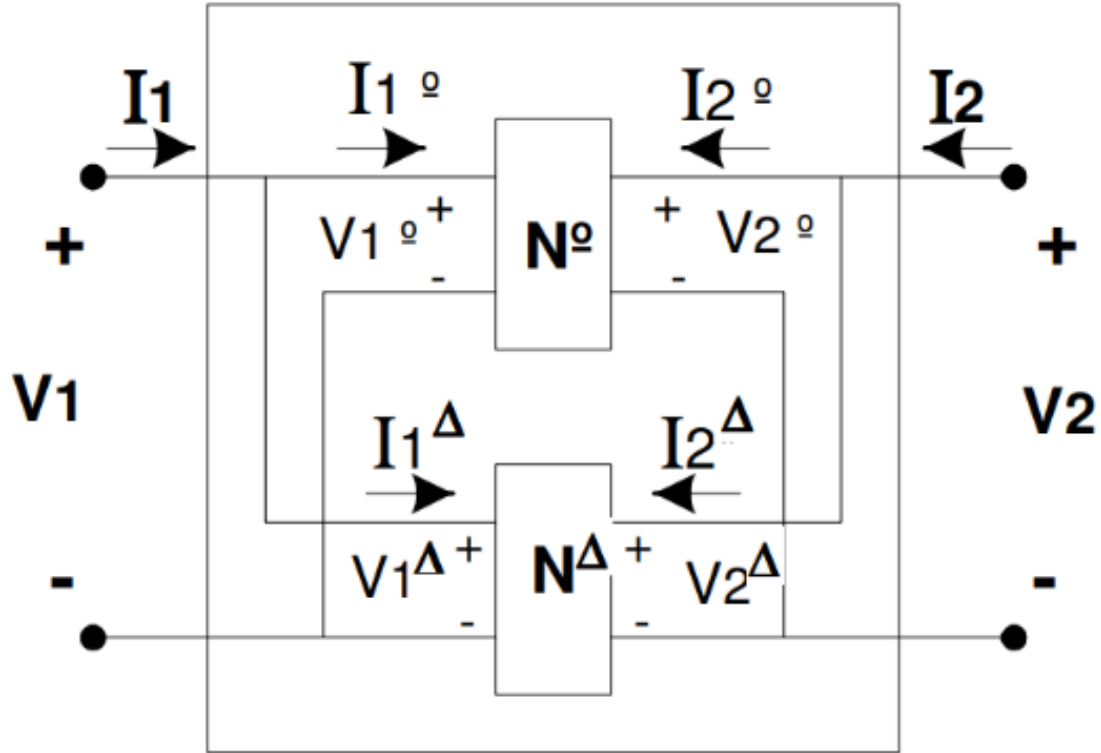


Figura 13: Interconexión de cuadripolos en paralelo

En caso de tener dos cuadripolos interconectados, o desmembrar uno más complejo en otros más simples, podemos generar cuatro situaciones; por un lado, si tenemos un Inter-conexionado en paralelo de dos cuadripolos.

Ambos cuadripolos tienen tanto la misma tensión de entrada como de salida; si queremos obtener un cuadripolo equivalente, es conveniente modelizarlos usando las tensiones como variables independientes, utilizando el modelo de parámetros  $Y$ .

$$\begin{bmatrix} I_1^0 \\ I_2^0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11}^0 & Y_{12}^0 \\ Y_{21}^0 & Y_{22}^0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1^0 \\ V_2^0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$\begin{bmatrix} I_1^\Delta \\ I_2^\Delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11}^\Delta & Y_{12}^\Delta \\ Y_{21}^\Delta & Y_{22}^\Delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1^\Delta \\ V_2^\Delta \end{bmatrix} \quad (16)$$

Concluyendo en que la matriz equivalente resultante es:

$$[Y] = [Y^0] + [Y^\Delta]$$

(tener en cuenta que esto es válido si los bornes de acceso al cuadripolo equivalente son los pares de terminales de cada uno de los cuadripolos)

### Serie

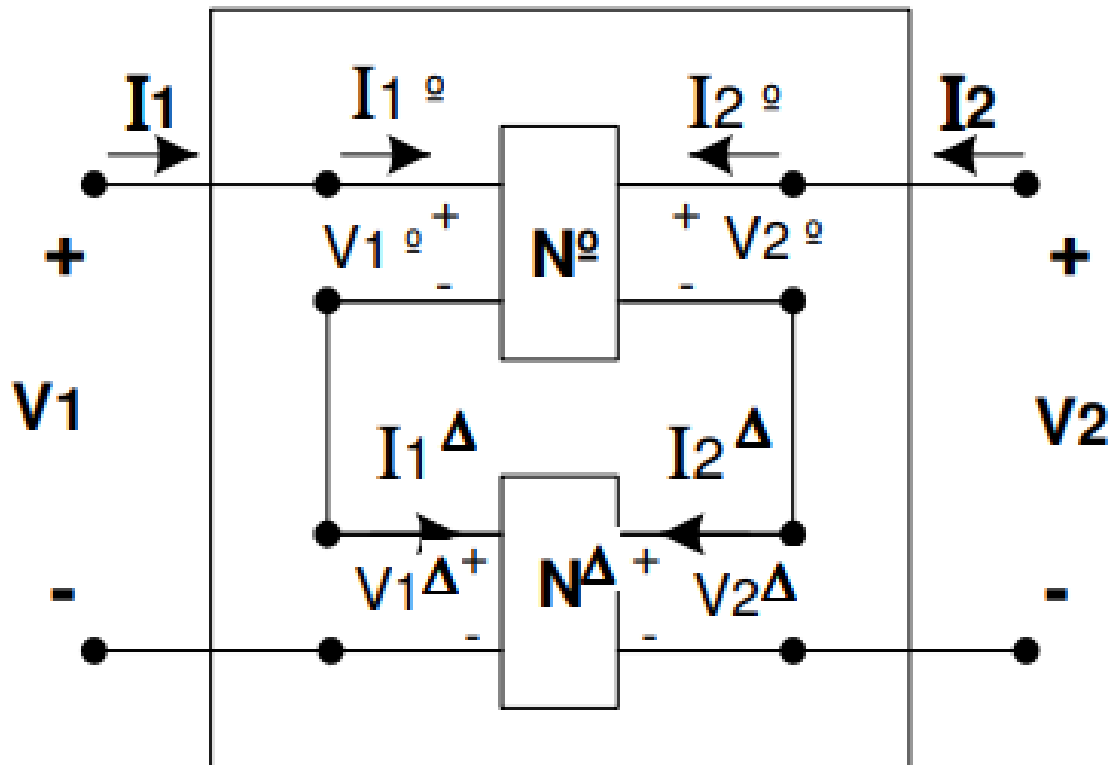


Figura 14: Interconexión de cuadripolos en serie

En el caso de tener una interconexión resultante en serie, donde las corrientes de entrada y salida son iguales, y queremos obtener un cuadripolo equivalente; calculamos a través del modelo en parámetros  $Z$  para cada uno. Obteniendo:

$$\begin{aligned} V_1^0 &= Z_{11}^0 I_1^0 + Z_{12}^0 I_2^0 \\ V_2^0 &= Z_{21}^0 I_1^0 + Z_{22}^0 I_2^0 \\ V_1^\Delta &= Z_{11}^\Delta I_1^\Delta + Z_{12}^\Delta I_2^\Delta \\ V_2^\Delta &= Z_{21}^\Delta I_1^\Delta + Z_{22}^\Delta I_2^\Delta \end{aligned} \quad (22)$$

Luego obtener la función equivalente al cuadripolo resultante en función de  $Z$ ; verificamos que la tensión resultante es igual a la suma de las dos anteriores, y que la corriente es igual a la de cada cuadripolo base.

$$V_1 = Z_{11} \cdot I_1 + Z_{12} \cdot I_2$$

$V_2 = Z_{21} \cdot I_1 + Z_{22} \cdot I_2$  Por lo que luego de reemplazar las ecuaciones concluimos que la matriz resultante es:

$$[Z] = [Z^0] + [Z^\Delta]$$

### Cascada

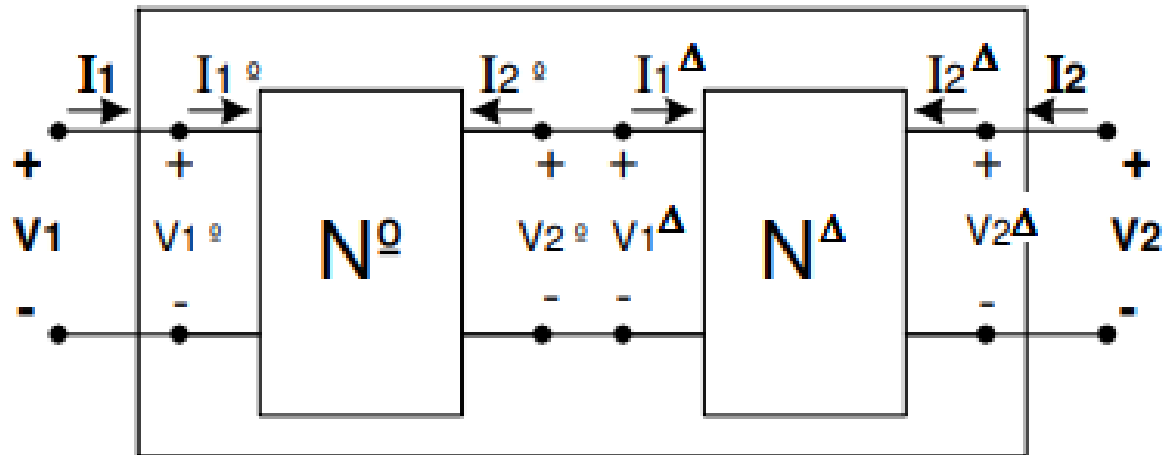


Figura 15: Interconexión de cuadripolos en cascada

En el caso de la interconexión cascada, siendo esta la mas sencilla donde los bornes de salida de uno se conectan a los de entrada del otro cuadripolo. Dado que los valores de salida de uno son los de entrada del otro, lo mas inteligente es usar los parámetros T para analizar la conexión. Cosa que nos dará como conclusión

$$\begin{aligned} V_1^0 &= A^0 V_2^0 - B^0 I_2^0 \\ I_1^0 &= C^0 V_2^0 - D^0 I_2^0 \end{aligned} \quad (27) \quad \begin{aligned} V_1^\Delta &= A^\Delta V_2^\Delta - B^\Delta I_2^\Delta \\ I_1^\Delta &= C^\Delta V_2^\Delta - D^\Delta I_2^\Delta \end{aligned}$$

Y a su vez la matriz total equivalente es.

$$[T] = [T^0] \cdot [T^\Delta]$$

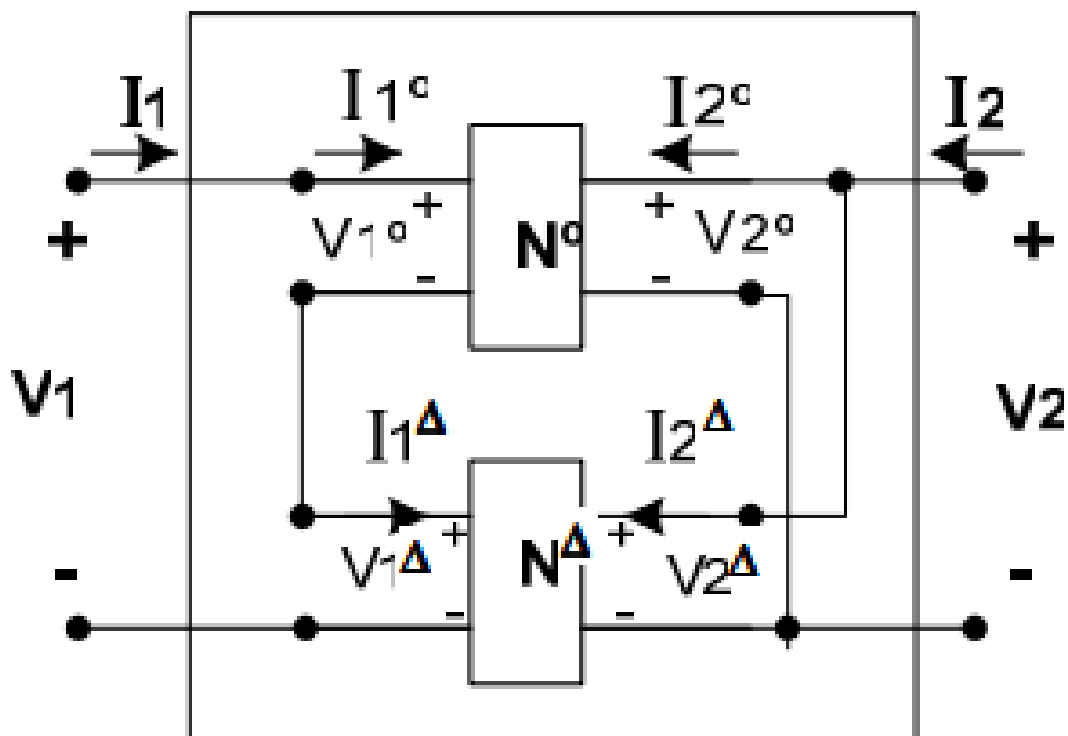
Mixto

Figura 16: Interconexión de cuadripolos de forma mixta

Como último caso se puede dar que tengamos una conexión mixta, esto quiere decir que un par de bornes se encuentran en una interconexión en serie, y el otro en paralelo o viceversa. Para solucionar este conexionado donde las tensiones de salida resultan en las corrientes de entrada, y las corrientes de salida en las tensiones de entrada; usaremos un sistema mixto de parámetros  $H$  y  $H'$

Para cada cuadripolo escribiremos:

$$\begin{aligned} V_1^0 &= h_{11}^0 I_1^0 + h_{12}^0 V_2^0 & V_1^\Delta &= h_{11}^\Delta I_1^\Delta + h_{12}^\Delta V_2^\Delta \\ I_2^0 &= h_{21}^0 I_1^0 + h_{22}^0 V_2^0 & I_2^\Delta &= h_{21}^\Delta I_1^\Delta + h_{22}^\Delta V_2^\Delta \end{aligned}$$

Luego de verificar que la tensión de entrada del cuadripolo equivalente es igual a la suma de las individuales, y que las corrientes de salida son la suma de las corrientes individuales

Reemplazamos las ecuaciones hasta llegar a  $\begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = [H] \begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$  donde  $[H] = [H^0] + [H^\Delta]$



**Cuadripolo Recíproco:**

Un cuadripolo es recíproco cuando, conectado a sus puertos un generador de tensión y un amperímetro ideales (con resistencias internas despreciables), el intercambio de las posiciones del generador y del amperímetro, no producen ninguna alteración en el valor de la corriente que marca este último. La condición de reciprocidad puede ser definida también, de forma análoga, haciendo referencia a un generador de corriente y un voltímetro ideales.

**Cuadripolo Simétrico:**

En un cuadripolo simétrico, es indiferente conectar el generador y la carga en cualquiera de sus puertos y los diferentes parámetros característicos verifican o cumplen ciertas relaciones. Esto nos da a entender que un cuadripolo recíproco es simétrico cuando el intercambio de las posiciones de sus puertos, entrada y salida, no producen ninguna alteración en las corrientes y tensiones de las mismas.

## Otras características

- El Cuadripolo no contiene fuentes independientes de energía (Cuadripolo pasivo), pero puede contener fuentes dependientes (como en los circuitos equivalentes de dispositivos electrónicos).
- En ausencia de excitación externa no hay energía almacenada en el Cuadripolo.
- La corriente que sale por una puerta es igual a la que entra en la misma.
- Las conexiones externas deben hacerse al puerto de entrada o al puerto de salida.
- No se permiten conexiones externas entre los puertos.

# Potencia

## Compensacion de perdida de potencia

A la hora de hablar de compensación, nos referimos a compensar las pérdidas de un circuito por fuera de la carga. Recordemos que todo conductor eléctrico tiene (dependiendo del conductor) propiedades inductivas, capacitivas y principalmente resistivas. Nosotros nos vamos a centrar principalmente en el factor resistivo y como este afecta al circuito (vamos a despreciar las propiedades inductivas y capacitivas).

En el caso de los circuitos amplificados uno puede exteriorizar por fuera del PCB, su salida modificando el circuito. Ya de por si la modificación o la extensión de los conductores que conducen la corriente eléctrica del Op-Amp a la carga va a generar un cambio en como la potencia es disipada, ya sea en potencia activa en la carga o potencia disipada o considerada “desperdiciada” en calor en sus conductores o simplemente potencia no aprovechada en la carga, esta potencia disipada por fuera de la carga tiene 2 efectos.

El caso más sencillo para analizar estos fenómenos es teniendo una carga “dummy”, que simplemente nos importa su resistencia, sin tener en cuenta su disipación o que hace con el potencial eléctrico que recibe. Esta carga esta expresada como  $R_L$  la cual tiene un valor de  $5\Omega$ .

En serie a la misma se coloca virtualmente una resistencia que no es parte de la carga, este nuevo componente es el cual nosotros debemos compensar, llamado  $R_1$  con un valor de  $1\Omega$ .

Luego tenemos nuestro Amplificador Operacional llamado AMP\_A del cual solo nos importara su ganancia, y nuestra señal de entrada Signal In, la cual es una señal de onda senoidal.

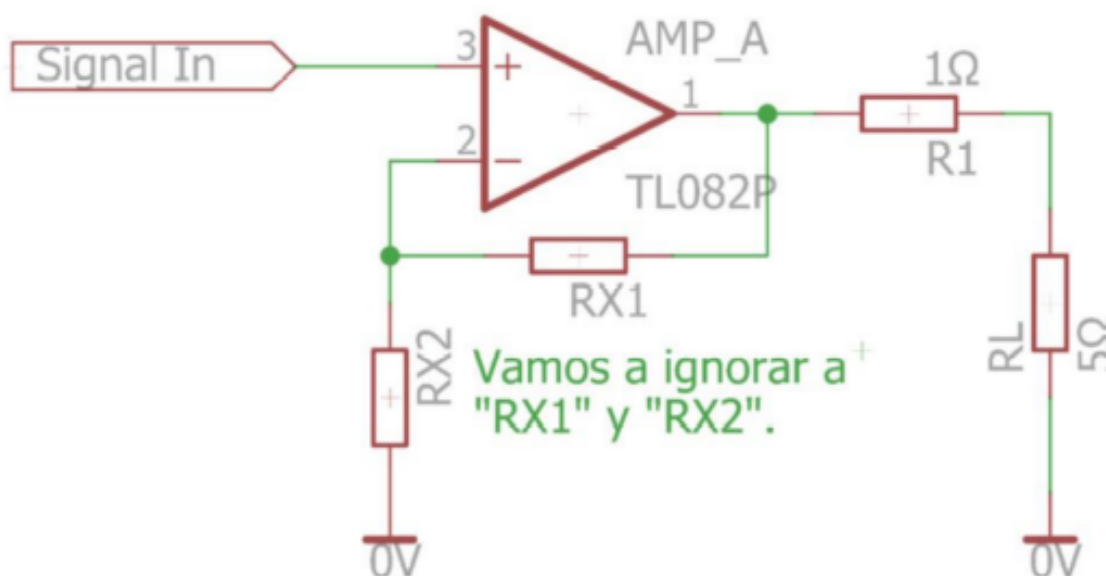


Figura 17: Circuito inicial

Para analizar de mejor manera los efectos de nuestro nuevo componente indeseado  $R_1$ , es mejor primero analizar el circuito sin este, y luego incluyéndolo para realizar comparaciones y ver los efectos de este.

<sup>1</sup>Cuando uno trabaja con amplificadores se utilizan señales senoidales (preferentemente de 1kHz) para analizar el comportamiento de los amplificadores ya que estas, analizadas en potencia en la carga, terminan generando un valor medio de potencia ( $P_{avg}$ ) en la carga mas significativa de lo que puede ser la señal de una canción por ejemplo u otro tipo de señal, además compone todos los valores de tensión entre el  $+V$  y  $-V$  (valores pico a pico). Tambien es un estándar que permite analizar de la misma manera a todos los amplificadores, logrando comparaciones objetivas entre dispositivos.

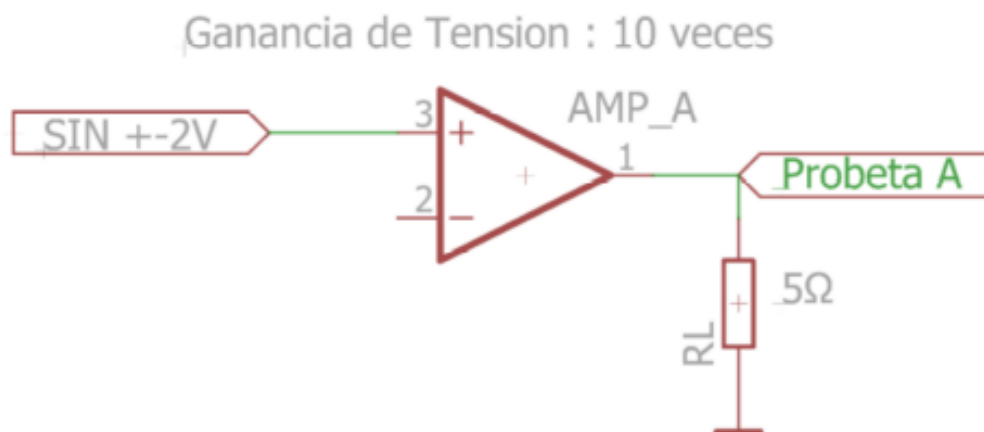


Figura 18: Circuito sin considerar R1

$$\frac{V_{in \text{ pico}}}{\sqrt{2}} = \frac{2V}{\sqrt{2}} = 1,41 V_{rms}$$

*valor eficaz de mi tensión de entrada.*

Figura 19: Análisis

Este es el valor eficaz luego de pasar por el Op-Amp. (también podemos utilizar, para amplificar, directamente a  $V_{pico}$ , pero siempre hay que pasarlo a valor eficaz, ya que los valores pico no son los correspondientes para el análisis).

$$PL = \frac{V_{rms}^2}{R_L} = \frac{14,1V^2}{5\Omega} = 39,7W$$

*Resultados de potencia disipada en la carga. (Por ley de Ohm).*

### Resultados luego de etapa de amplificación

$$\left. \begin{array}{l} V_{pico} = 20V \\ V_{rms} = 14,1V \\ PL = 39,7W \end{array} \right\} \text{ Resultados obtenidos en la 'Probeta A'.$$

Como conclusión de este rápido análisis se da a conocer que en este caso la totalidad de la potencia es “aprovechada” en la carga, no tenemos perdidas, pero esto solo se daría en la situación en la cual, el amplificador se encuentre pegado a la carga, o casos irreales donde nuestros conductores sean ideales y no se opongan levemente a la corriente que circula por ellos.

Ahora incluiremos en el análisis a R1 y analizaremos los valores

$$V_{pico} = 20V$$

$$V_{rms} = 14,1V$$

$$PL = 39,7W$$

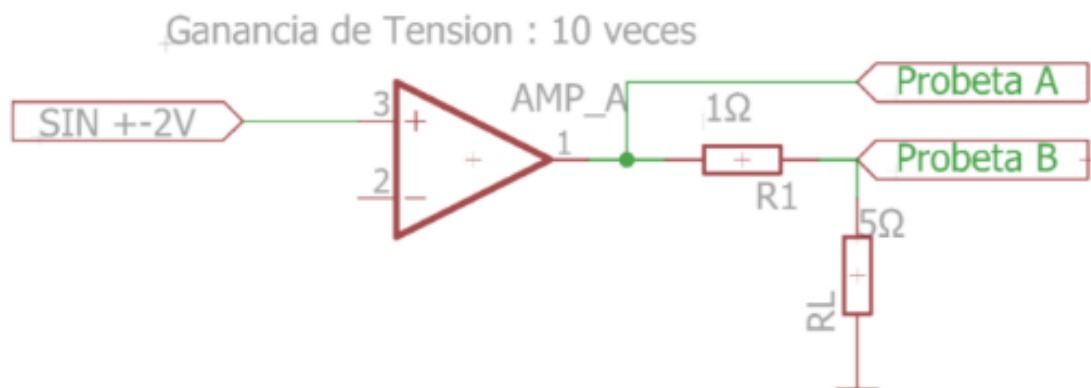


Figura 20: Circuito con R1 incluido en el análisis

La problemática ahora es la siguiente, la tensión que yo antes tenía únicamente disipada en la carga (Probeta A  $\rightarrow$  0v), ahora esta también disipada en R1, por ahora no le vamos a dar motivo a R1, sino que simplemente va a ser otra resistencia “dummy” pero diferenciada de RL. Veamos como afecta R1 en la potencia en RL.

$$PL = \frac{V_{rms}^2}{RL + R1} = \frac{198.81V}{5\Omega + 1\Omega} = 33.135W$$

Observación: ya de por si la propia existencia de R1, nos quita de saque 6W de Potencia total del amplificador a la carga, este es el primer efecto. Al mismo tiempo, hay que tener en cuenta que aun no hemos calculado la potencia en la carga, ya que estos 33,135W no son disipados únicamente en la carga, sino que también en R1, por lo que R1 continúa generando cambios en el circuito, esto es el segundo efecto de R1 en el circuito. Veamos la nueva PL, con R1.

Para ello aplicamos un divisor de tensión a la salida del amplificador. VpA y VpB, hacen referencia a las probetas ‘A’ y ‘B’ respectivamente.

$$V_{pB} = V_{pA} * \frac{RL}{RL + R1} = 14,1V * \frac{5\Omega}{5\Omega + 1\Omega} = 11.75V$$

VpB representa ahora si la caída de tensión en la carga. Con este valor podemos deducir, ahora sí, PL

$$PL = \frac{V_{pB}^2}{RL} = \frac{138.1V}{5\Omega} = 27.62W$$

Como se puede ver, ahora tenemos 12W menos de lo que teníamos anteriormente de la presencia de R1 disipados en la carga. Ahora a lo que viene el tema... compensaremos esta perdida de potencia en R1.

Para compensar la pérdida en  $R_1$ , agregaremos un nuevo componente al circuito, será otro amplificador, pero que tendrá una menor ganancia, la cual debemos calcular haciendo ingeniería inversa sobre el circuito. Este nuevo amplificador tendrá menor impacto sobre el circuito que el amplificador A. lo único que sabemos de este nuevo amplificador, llamado “AMP\_B” es que su ganancia será mayor a 1 e ira antes del amplificador principal ‘A’ y estará trabajando con menores potenciales eléctricos. Desde un punto de vista de calculo este podría estar después, pero no conviene, ya que ahora ambos amplificadores estarán trabajando con potenciales eléctricos grandes y deberían ser de características similares. Colocándolo antes, le ahorramos trabajo a este nuevo amplificador. Este nuevo Op-Amp se llama Pre-Amp.

### Circuito resultante

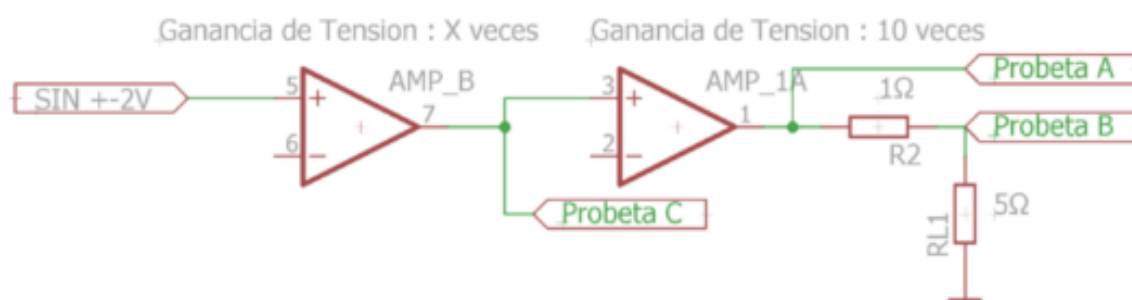


Figura 21: Circuito resultante

Agregamos la “Probeta C” para tener otro punto de análisis entre las etapas de amplificación. Este valor de tensión es fundamental a la hora de calcular la ganancia que debe haber en el amplificador B para recuperar la potencia en  $R_L$ .

Sabiendo los datos tomados anteriormente, debemos ahora generar las condiciones para que tengamos nuestros 39,7W nuevamente disipados en totalmente en la carga, sabemos que es con un valor de tensión  $V_{pB}$  de 14.1V (VRL).

$$V_{pA} = V_{R1} + V_{RL} = (1\Omega \cdot I_{L_{RMS}}) + 14V$$

Para deducir  $I_L$ , que es la corriente que atraviesa, a  $R_1$  y a  $R_L$  en conjunto, tomaremos (al estar buscando los 14.1V en  $R_L$ ) que:

$$\frac{V_{RL}}{R_L} = \frac{14,1V}{5\Omega} = 2.82A = I_{L_{rms}}$$

$$V_{pA} = (1\Omega * 2,82A) + 14.1V = 16.92V$$

Ahora ya con este nuevo dato de  $V_{pA}$ , sabemos que tensión debemos tener antes de la etapa de amplificación de AMP A, continuemos.

A partir de esto sabiendo la ganancia de este amplificador, fija, tomada anteriormente debemos proceder a hacer el inverso a la ganancia para saber la tensión necesaria en la probeta ‘C’.

$$\frac{16,92V}{10} = \sim 1,7V$$

$$V_{pico \text{ en Probeta } C} = V_{pC} v_{pico} = 2.4V$$

Ya sabiendo etc...

Por ultimo debemos realizar las expresiones para deducir la ganancia en el amplificador B.

esto

$$Ganancia \text{ PreAmp} = \frac{1,7V_{rms}}{1,41V_{rms}} = 1.2$$

Ese fue todo el procedimiento para compensar la perdida de potencia en R1 y devolverle a la carga lo perdido con un pre amplificador. En este caso tomamos a la carga como una resistencia, pero tranquilamente puede ser otra cosa, como un cable. Un caso bastante común es compensar en un sistema de audio, una extensión de cable de considerable longitud, este cable se considera como una nueva resistencia al circuito debido a su longitud, no en todos los casos este puede ser perceptible, todo dependerá la potencia utilizada y el conductor.

En el caso de que uno quiera calcular la resistencia de este cable para ver si su resistencia afecta o no al circuito, a partir del largo, la sección y la resistividad del conductor. el ancho de un conductor actúa como una resistencia en paralelo, y la longitud como un agregado de resistencias en serie. Por ende, mayor sección, menor resistencia, mayor largo, mayor resistencia.

$$R = \rho(\text{resistividad}) * \frac{L(\text{largo})}{A(\text{area})}$$

La temperatura y la humedad son factores que tambien afectan la conductividad de los conductores, estos menos significativos ( exceptuando casos extremos) que la sección y el largo

## Potencia con decibel

### Introduccion a Decibel

Primero tenemos que saber que la unidad básica del decibelio es el bel de símbolo B, pero dada la amplitud de los campos que se miden en la práctica, se utiliza su submúltiplo, el decibelio (dB). Es una expresión que no es lineal, sino logarítmica, adimensional y matemáticamente escalar. Ni el belio, ni el decibelio son unidades del Sistema internacional de unidades.

El decibel (dB) es una unidad relativa de una señal muy utilizada por la simplicidad al momento de comparar y calcular niveles de señales eléctricas. Los logaritmos son muy usados debido a que la señal en decibels (dB) puede ser fácilmente sumada o restada. Estos son vistos en relaciones de tención y de potencia.

La razón por la que es ventajosa el uso de dB es la facilidad que se tiene para saber si hay una atenuación o ganancia en función del signo, y además por la posibilidad de hacer cálculos fáciles de suma y resta en lugar de complicadas multiplicaciones y divisiones de magnitudes. A mayor valor positivo en dB, mayor será la ganancia que presente el sistema, y a mayor valor negativo en dB, mayor será la atenuación. Cuando el valor en dB es cero, Por ejemplo en perdida de potencia, indica que la potencia de salida es igual a la de entrada.

### Para calculos de perdida de potencia

Dado el siguiente circuito

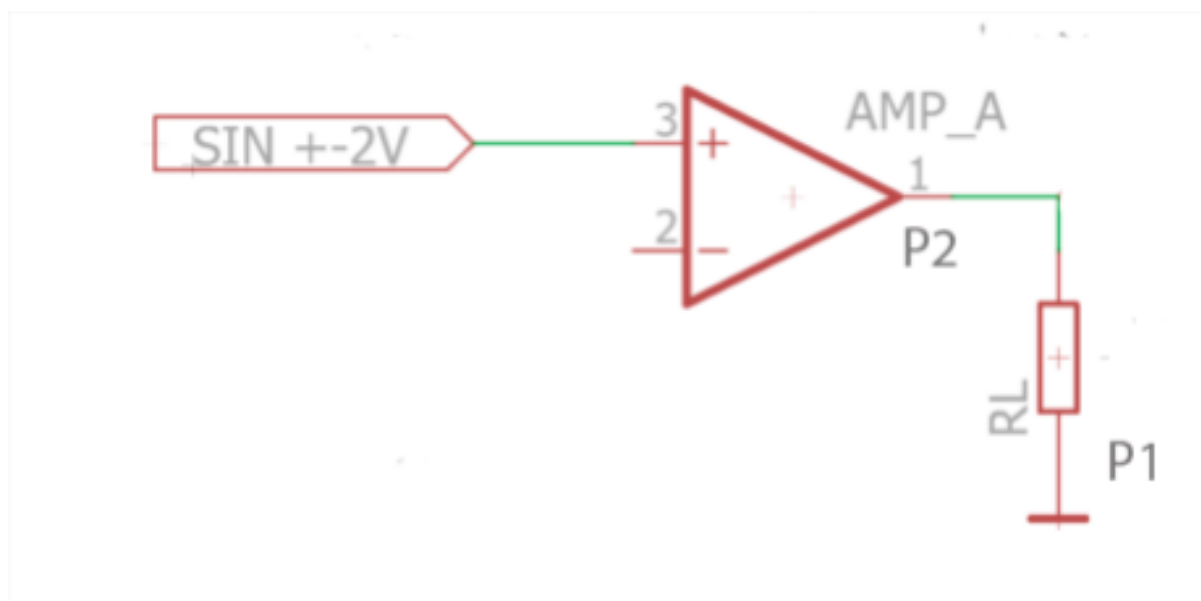


Figura 22: Circuito base

$$10 \log \left( \frac{p_1}{p_2} \right) = dB$$

Donde P2 potencia de entrada, P1 potencia de salida y dB el resultado en decibels Tambien podemos hacer el calculo de decibels de perdida con calculo de tension. dado que

$$10 \log \left( \frac{PL_1}{PL_2} \right) = 10 \log \left( \frac{\left( \frac{Vrms_1^2}{rl} \right)}{\left( \frac{Vrms_2^2}{rl} \right)} \right) = 10 \log \left( \frac{Vrms_1^2}{Vrms_2^2} \right) = 10 \log \left( \left( \frac{Vrms_1}{Vrms_2} \right)^2 \right) =$$

$$2 \cdot 10 \log \left( \frac{Vrms_1}{Vrms_2} \right) = 20 \log \left( \frac{Vrms_1}{Vrms_2} \right)$$

Donde  $Vrms_1$  es tención de salida,  $Vrms_2$  es tención de entrada y Gv ganancia de tención

## Amplificadores de un solo extremo (SEL)

Para definir lo que es un amplificador de un solo extremo sería mejor explicar en un inicio lo que no es. Para ello voy a dar una vaga explicación del funcionamiento de los amplificadores “push-pull”

La gran mayoría de los amplificadores que no se basan en tecnología de conmutación son los llamados “amplificadores push-pull”. En estos, la potencia es manejada por 2 amplificadores o 2 conjuntos de estos y son utilizados en paralelo, pero funcionan con polaridad invertida, de ahí que se lo llame “push-pull”. Esto permite grandes mejoras en la eficiencia en la etapa de salida, reduce las distorsiones armónicas o hace ambas. Si estos amplificadores están acoplados por transformador, ambos se activan en polaridad invertida y luego sus valores se suman en el transformador de salida.

Si en su lugar el diseño se encuentra en estado sólido (sin transformador), ambos se complementan entre si (ósea que uno se basa en un npn y el otro es un pnp). De esta forma, ambos amplificadores son controlados desde la misma fuente, pero están configurados para saturarse en sentidos opuestos.

Ambos diseños ofrecen las mismas ventajas de eficiencia y linealidad.

Ahora bien, en lo que se diferencia el amplificador de un solo extremo con los “push-pull” es que solo puede “tirar” o “empujar” y no ambas. Tan solo se utiliza un amplificador o un conjunto de estos, lo que no genera grandes mejoras en la eficiencia o una gran reducción en la distorsión. Esto puede parecer atractivo gracias a su aparente “pureza”

Ahora si nosotros queremos representar de forma esquemática un circuito amplificador de un solo extremo, representamos los amplificadores como triángulos con un conector en su base al cual le conectamos la tensión a amplificar y la salida en la punta del mismo, desde donde vamos a realizar la conexión a la carga. Esto se hace para agilizar el diagramado y no perder tiempo ya que aquí lo que nos importa no es la estructura interna del amplificador, sino su amplificación.

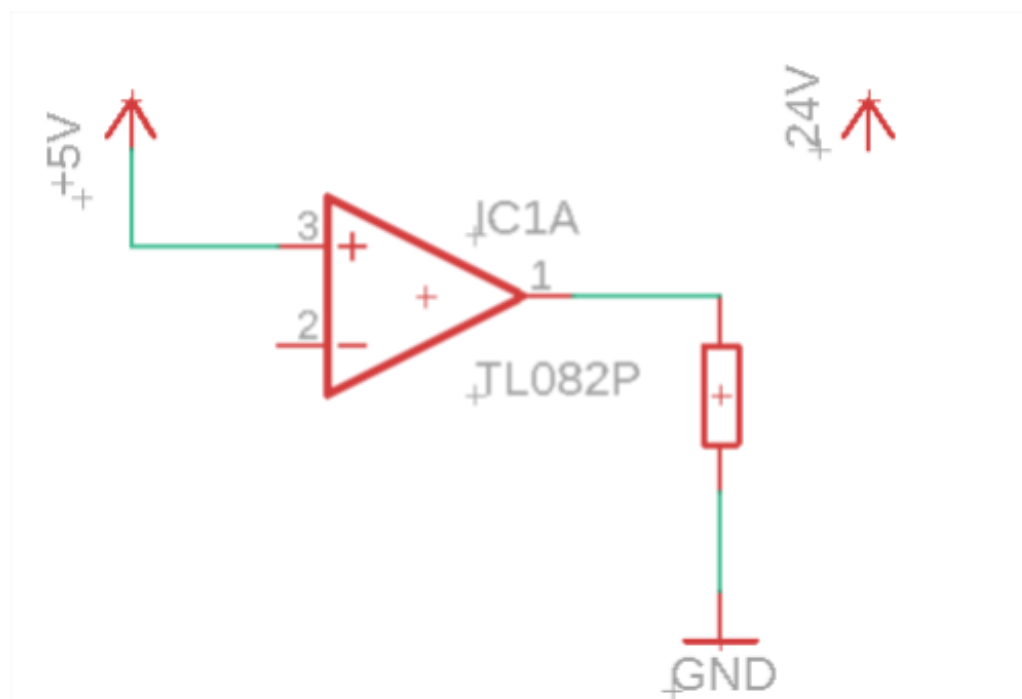


Figura 23: Circuito SEL

En caso de que necesitemos inyectar corriente en alterna verdadera a la carga, una forma de hacerlo sería utilizar una fuente de corriente continua dividida para, de esta manera, centrar el punto a tierra entre  $+V$  y  $-V$ . esto puede ser nombrado como fuente de energía dual. De esta forma al amplificador le llegarían, por ejemplo,  $+10V$  y  $-10V$  en lugar de  $+20$  y  $0$ , y así obtendríamos una CA verdadera sin tener que recurrir a un transformador en la salida.

Luego tenemos los amplificadores diferenciales que, en lugar de amplificar una tensión directa, amplifica la diferencia de tensión entre su entrada de  $+V$  y  $-V$ .

Como sabemos que esta configuración amplifica una diferencia de tensión en lugar de una tensión directa, podemos decir que la tensión de salida del amplificador sería igual a la diferencia de tensión



entre  $+V$  y  $-V$  multiplicada por la ganancia del amplificador. Pasándolo a formula quedaría:

$$V_{out} = G \cdot V_{in} - V - in2$$

Suponiendo el siguiente caso:

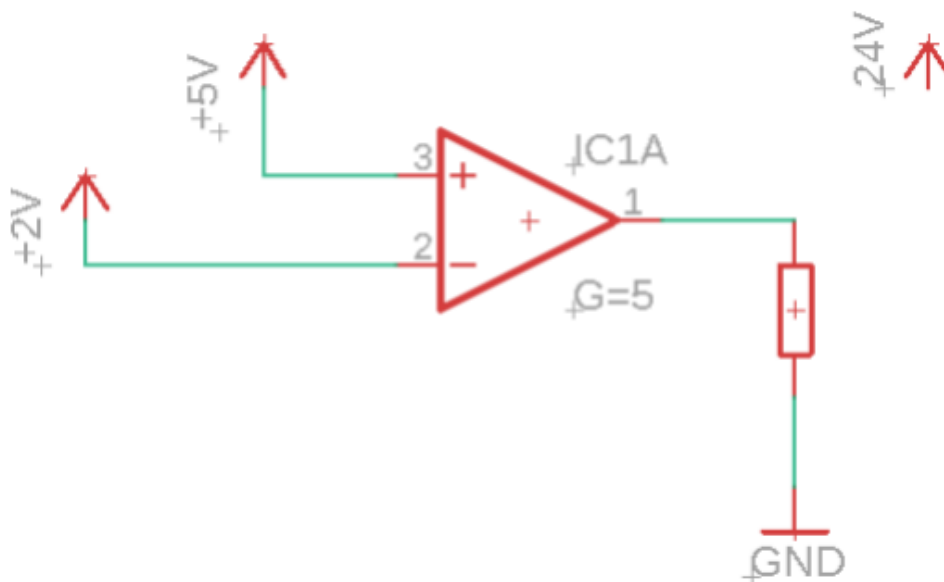


Figura 24: Caso de ejemplo de SEL

$$V_{out} = 5 \cdot (5V - 2V) = 15V$$

Algunos puntos a tener en cuenta al trabajar con amplificadores es que la tensión que se obtiene a la salida del amplificador nunca puede ser mayor a la tensión de alimentación del mismo puesto que el amplificador no toma 5V y los transforma en 15V, sino que funciona como un potenciómetro que a medida que más tensión le sea inyectada por las entradas, más tensión deja pasar de la alimentación a la salida

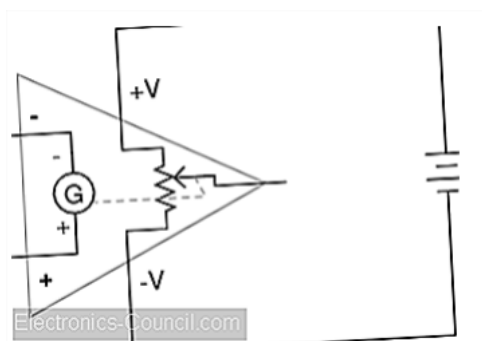


Figura 25: Representación aproximada del funcionamiento de un amplificador

En la figura 25 se puede ver una representación aproximada del funcionamiento de un amplificador donde G es un galvanómetro (un voltímetro sensible), cabe aclarar que no se trata de una representación realista de la arquitectura del mismo, sino que este modelo solo busca simplificar la interpretación del funcionamiento de los amplificadores, y que las entradas del amplificador no tienen una polaridad definida (no necesariamente deben entrar valores positivos a  $+V$  ni valores negativos a  $-V$ ), el amplificador simplemente toma la diferencia entre las tensiones ingresadas. Aun así, debido a la relación entre las entradas y las polaridades, a  $+V$  se le llama “entrada no inversora” y a  $-V$  se le llama “entrada inversora”.

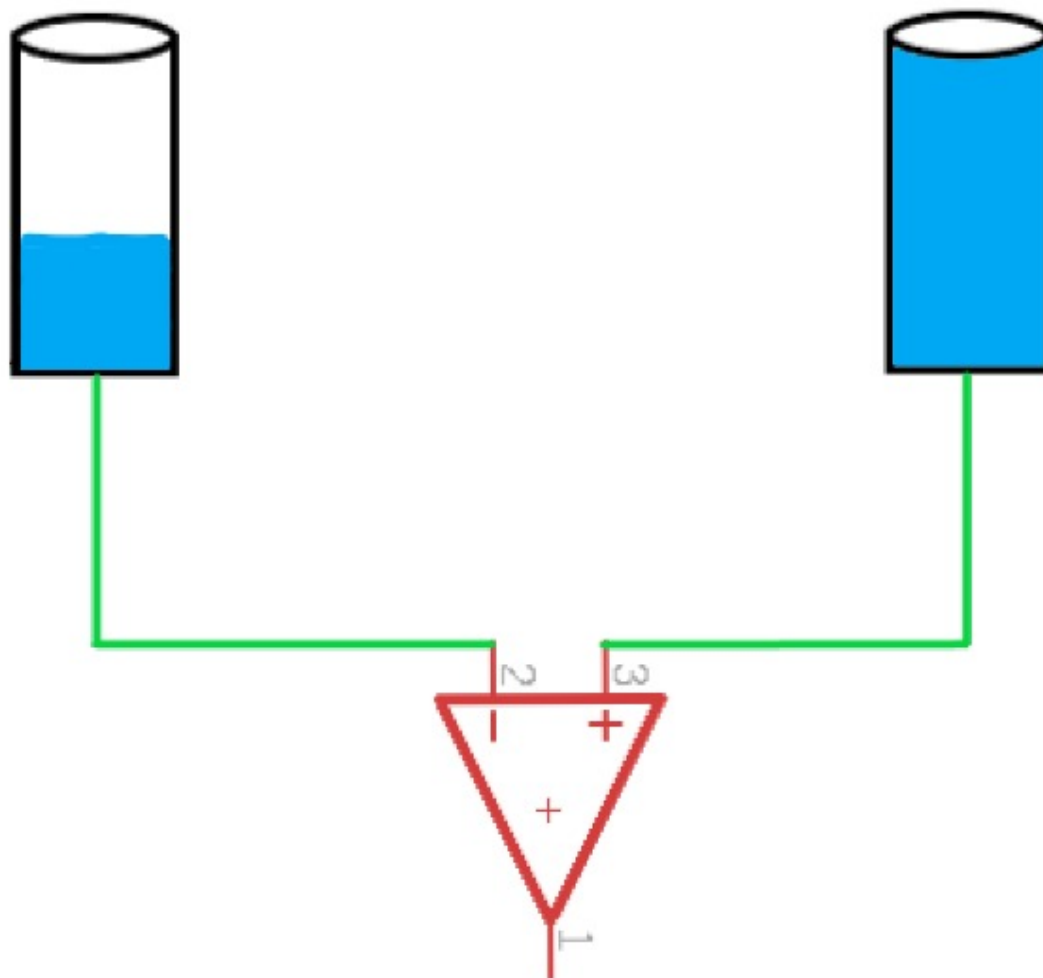


Figura 26: Diagrama para ejemplificar el funcionamiento

En la figura 26 se puede ver el motivo de esto. Si ingresamos valores de tensión mayores a  $-V$  y menores a  $+V$  nuestro amplificador entregara valores tensión con polaridad negativa ya que este solo toma la diferencia de potencial entre sus 2 entradas e ignora la diferencia entre cualquiera de estas y la conexión a tierra. Esto nos permite utilizarlo en diferentes aplicaciones a modo de comparador midiendo la polaridad del potencial de salida.

Por ejemplo, supongamos que tenemos 2 tanques con agua y queremos saber cual tiene más, para esto podríamos hacer un circuito con un amplificador diferencial y de esa forma obtener que tanque tiene mayor cantidad de agua viendo la polaridad del potencial de salida de nuestro amplificador e incluso podríamos saber de cuanta diferencia estamos hablando observando la tensión de salida del amplificador. Cabe aclarar que para esto tenemos que estar al tanto de cuanto se amplificara la tensión, saber que tanque esta conectado a cada input y tenemos que sacar una proporcionalidad entre la tensión y la cantidad de agua de la que hablamos.



Suponiendo que nosotros hayamos armado nuestro circuito para que entregue un volt por litro, que nuestro amplificador amplifica por 2 veces y que el primer tanque tiene 2 litros y el segundo 3, obtendríamos que a la salida tendríamos  $+2V$  de forma que podemos saber que el tanque de la derecha es el más cargado ya que es el que esta conectado a  $+V$  y dividiendo la tensión por la ganancia del amplificador podemos sacar de cuantos litros de diferencia estaríamos hablando, que en este caso seria 1L. obviamente, la imagen es completamente conceptual y solo busca expresar el ejemplo de forma más visual.

Para el circuito de control automático básico se suele comparar la variable de proceso con un punto de referencia en base al cual se mide la diferencia entre estos y de esta forma, tomar acciones dependientes de la diferencia

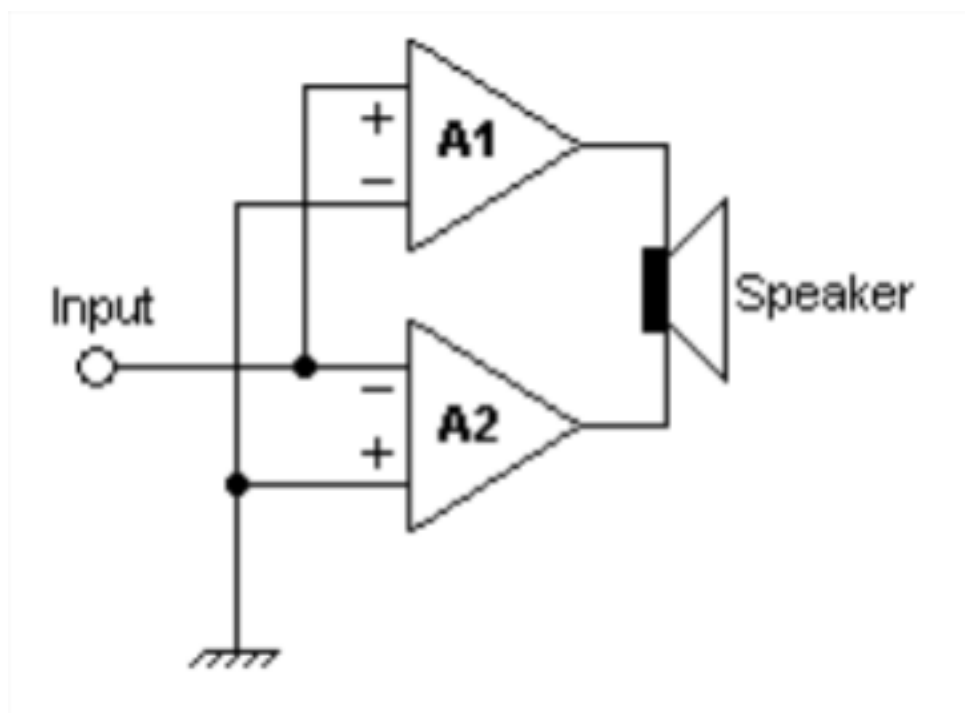
## Bridge-Tied Load (BTL)

Una carga atada a un puente es una configuración de salida para amplificadores de audio, una forma de puente de impedancia que se utiliza principalmente en aplicaciones de audio para automóviles. Los dos canales de un amplificador estéreo reciben la misma señal de audio monoaural, con la polaridad eléctrica de un canal invertido. Un altavoz está conectado entre las dos salidas del amplificador, puentando los terminales de salida. Esto duplica la oscilación de tensión disponible en la carga en comparación con el mismo amplificador utilizado sin puente. La configuración se usa con mayor frecuencia para subwoofers.

Para una variación de tensión de salida dada, cuanto menor sea la impedancia, mayor será la carga del amplificador. El puenteo se usa para permitir que un amplificador impulse cargas bajas a una potencia más alta, porque la potencia es inversamente proporcional a la impedancia y proporcional al cuadrado del voltaje, de acuerdo con la ecuación  $P = V^2 / R$ . Esta ecuación también muestra que el puente cuadruplica la potencia teórica en un amplificador, sin embargo, esto es cierto solo para cargas lo suficientemente bajas. Por ejemplo, para cargas en las que el amplificador alcanza su máximo potencial en el modo de un solo extremo, no se puede obtener ninguna ganancia con el puente. Esto se debe a que un amplificador puede tener limitaciones de corriente o, en aplicaciones prácticas, una disipación de calor y una fuente de alimentación inadecuadas.

### Circuito

La imagen muestra dos amplificadores A1 y A2 idénticos conectados en modo puente.



El sistema está dispuesto de tal manera que las salidas de los amplificadores estén invertidas entre sí. En otras palabras, como la señal en un amplificador oscila positivamente, la señal en el otro oscila negativamente.

Cuando la salida de un amplificador es de +10V, la salida del otro será de -10V y viceversa. La carga está conectada entre las salidas "calientes" de los dos amplificadores y está sujeta a la diferencia de potencial entre ellos.

Si el potencial instantáneo en la salida de un amplificador es de +10V, entonces la salida del otro será de -10V y la diferencia de potencial a través de la carga será de 20V, o el doble del potencial disponible de un solo amplificador.

### **Ventajas y desventajas:**

Dado que se utilizan dos amplificadores en polaridad opuesta, utilizando la misma fuente de alimentación, la salida en puente es flotante. Esto hace que un condensador de bloqueo de CC entre el amplificador y la carga sea innecesario, ahorrando costos y espacio y evitando la reducción de potencia a baja frecuencia debido al condensador. Por la misma razón, las salidas del amplificador nunca deben conectarse a tierra o puede dañar el amplificador. El factor de amortiguación se reduce a la mitad, lo que es beneficioso para la entrega de potencia.

Conectar un amplificador aumenta la potencia que se puede suministrar a un altavoz, pero no aumenta la potencia total disponible del amplificador. Debido a que un amplificador puente funciona en modo mono, se requiere un segundo amplificador idéntico para el funcionamiento estéreo.

### **Consideraciones sobre el diseño del amplificador:**

Hay quienes afirman que operar el par estéreo de un amplificador en modo puente entregará cuatro veces la potencia de uno de los canales del par. Dada una carga equivalente, la potencia entregada es proporcional al cuadrado de la tensión y el funcionamiento en modo puente duplica la tensión presentada. Sobre esa base, un par de canales de amplificador operados en modo puente deberían entregar cuatro veces la potencia de un solo amplificador, impulsando la misma carga. Sin embargo, esto ignora una consideración importante de que debido a que la diferencia de potencial en la carga se duplica, la corriente que pasa a través de la carga (y a través de cada una de las salidas del amplificador) también se duplicará.

Los circuitos amplificadores se diseñan típicamente con los componentes de menor costo necesarios para proporcionar las características de rendimiento deseadas. Los componentes que transportan la corriente de salida del amplificador tenderán a ser los más pequeños (más baratos) que satisfarán el consumo de corriente pico cuando el amplificador esté funcionando a la máxima potencia, en el modo de operación diseñado. Operar un amplificador diseñado para operación en solitario en modo puente significará que la corriente en los componentes que impulsan la salida podría alcanzar un pico del doble de lo que fueron diseñados originalmente.

Si los componentes pueden hacer frente a la corriente adicional más allá de la corriente máxima esperada para el funcionamiento en solitario, entonces se podría lograr una mayor entrega de energía. Pero en el caso general, solo se puede esperar que el amplificador funcione como se especifica, y operarlo más allá de la especificación dará lugar a un mayor riesgo de daño permanente al circuito del amplificador.

Como tal, si un amplificador diseñado para operación en solitario se va a reutilizar para operación en modo puente, la impedancia de carga debe duplicarse. Esto debería significar que el consumo de corriente permanece dentro de los límites del diseño del amplificador. En este escenario, la potencia entregada por el par de amplificadores puenteados será el doble de la potencia entregada por un solo canal de amplificador.

Pero en algunos escenarios, los amplificadores están diseñados particularmente para operar en modo puente. Dichos amplificadores fueron hechos específicamente para poder suministrar la corriente necesaria. En tales sistemas, el par en puente podrá entregar cuatro veces esa potencia que un solo canal de amplificador habría podido entregar. La opción del modo puente se usa a menudo en sistemas de megafonía y especialmente en aplicaciones de audio para automóviles para alimentar altavoces de graves a alta potencia.

# Fourier

## ¿De donde viene?

El análisis de Fourier lleva su nombre en honor a Joseph Fourier, un matemático y científico francés el cual desarrolló dicho método, en un principio, para estudiar el comportamiento de la temperatura de las moléculas y el cómo se afectaban unas a otras.

En 1822 presentó su tratado: Teoría Analítica del Calor (*théorie analytique de la chaleur*) en el cual describía justamente el comportamiento periódico de las moléculas en mayor o menor agitación y cómo lo transmitían entre ellas, describiendo a la ecuación del calor y la solucionándola mediante el uso de series infinitas de funciones trigonométricas.

Es justamente este método al que ahora se lo conoce como Serie de Fourier, y el criterio principal que debe cumplir este análisis, es que la función a ser analizada (supongamos  $f(t)$ ) deberá ser:

- Periódica.
- Continua a trozos.
- Acotada.
- En un periodo cualquiera debe tener un número finito de máximos y mínimos locales y un número finito de discontinuidades.

Fourier propone que toda función que cumpla con las características anterior mencionadas, puede ser descompuesta como la suma infinita de funciones senoidales y cosenoidales de distinta frecuencia, siendo estas frecuencias múltiplos enteros entre de la frecuencia fundamental  $f_0$ , la cual varía según cada función a analizar.

El motivo por el cual se pueden representar en senos y cosenos y no otras funciones trigonométricas, es porque están dentro de la familia de las funciones ortogonales, que son aquellas que cumplen que el promedio del producto cruzado entre dos de la familia es nulo.

Bien, teniendo todos estos requisitos en cuenta, ya podemos dar la fórmula general para la Serie de Fourier:

$$f(t) = \frac{1}{2}a_0 \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega_0 t) + b_n \sin(n\omega_0 t)$$

Vamos término por término desmenuzando a la expresión. En primer lugar, tenemos al término de valor medio, el cual la función puede tenerlo o no (en electrónica ese es el componente de continua de una senoidal). Luego tenemos a la función seno y coseno siendo multiplicadas por dos coeficientes, que son justamente los que nos van a indicar si hay o no componentes senoidales o cosenoidales, y si los hay, cómo se van a comportar.

Y por último tenemos a lo que hay dentro de las funciones trigonométricas, el  $n\omega_0 t$  que tantos problemas genera;  $t$  es la variable de la función con la que se está trabajando (sin variable, no sería una función) el término  $n$  cuando se trabaja con la función, se lo trata como a una constante, ya que es el indicador del múltiplo de la frecuencia fundamental (1, 2, 3... como ya habíamos mencionado antes) y por último está omega cero, que es la frecuencia angular fundamental: en un período  $T$ , decimos que la frecuencia angular fundamental es  $\frac{2\pi}{T}$ .

¿Y cómo hallamos a la serie?

Para hacerlo, hay que encontrar a los coeficientes de cada función trigonométrica. La forma es la siguiente:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \cdot \cos(n\omega_0 t) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \cdot \sin(n\omega_0 t) dt$$

¿Para qué quiero yo obtener a la Serie de Fourier de una función?

La Serie de Fourier tiene tantas justificaciones para su uso como aplicaciones, pero principalmente en la electrónica la podemos utilizar para realizar una aproximación que nos resulta útil, a fines prácticos, de una función que no es posible describir con métodos normales.

Hay una manera más de representar a la serie de Fourier, y es la forma compleja, mediante la expresión de Euler que parte de su famosa fórmula  $e^{i\pi} + 1 = 0$ .

Por un lado, tenemos que:

$$\cos(n\omega_0 t) = \frac{1}{2}(e^{jn\omega_0 t} + e^{-jn\omega_0 t})$$

$$\text{sen}(n\omega_0 t) = \frac{1}{2j}(e^{jn\omega_0 t} - e^{-jn\omega_0 t})$$

Y por otro, la imparidad de la función seno  $f(-x) = -f(x)$

En base a esto, asumimos que podemos expresar a la serie de Fourier de la siguiente manera también:

$$f(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n e^{jn\omega_0 t} + \sum_{n=-1}^{-\infty} c_n e^{jn\omega_0 t}$$

$$f(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} c_n e^{jn\omega_0 t}$$

En esta serie la función periódica se expresa como la suma de funciones exponenciales de frecuencia (mas menos omega multiplos). Tanto a  $e^{jn\omega_0 t}$  y  $e^{-jn\omega_0 t}$  se les puede ver como a dos fasores que giran en direcciones opuestas y que, cuando se suman, producen una función real en el tiempo.

En dicha función periódica de periodo T, la Serie Exponencial de Fourier está dada entonces por

$$f(t) = F_0 + F_1 e^{j\omega_0 t} + F_2 e^{j2\omega_0 t} + F_3 e^{j3\omega_0 t} + F_4 e^{j4\omega_0 t} + \dots$$

$$F_{-1} e^{-j\omega_0 t} + F_{-2} e^{-j2\omega_0 t} + F_{-3} e^{-j3\omega_0 t} + F_{-4} e^{-j4\omega_0 t} + \dots$$

Las amplitudes, al ser complejas, están compuestas por su módulo ( $F_n$ ) y su fase  $\mathbf{jn\omega_0 t}$

Finalmente, a los coeficientes  $C_n$  (para  $n = 1, +2, etc$ ) se los puede obtener de la siguiente manera

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) \cdot e^{-jn\omega_0 t} dt$$

Ejemplo:

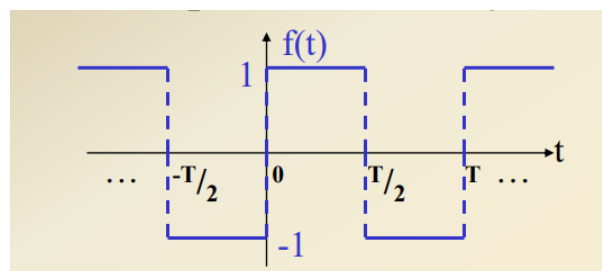


Figura 27: Ejemplo de serie de fourier

$$f(t) \left\{ \begin{aligned} &1 \text{ a } 0 \\ &-1 \text{ a } T \end{aligned} \right\}$$

$$C_n = \frac{1}{T} \left( \int_0^{T/2} e^{-jn\omega_0 t} dt + \int_{T/2}^T -e^{-jn\omega_0 t} dt \right)$$

$$C_n = \frac{1}{T} \left( \frac{1}{-jn\omega_0} \left( e^{-jn\omega_0 t} \Big|_0^{T/2} - e^{-jn\omega_0 t} \Big|_{T/2}^T \right) \right)$$

$$C_n = -\frac{1}{Tjn\omega_0} \left[ \left( e^{-\frac{jn\omega_0 T}{2}} - 1 \right) - \left( e^{-jn\omega_0 T} - e^{-\frac{jn\omega_0 T}{2}} \right) \right]$$

Recordando que  $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} e^{+j\theta} = \cos(\theta) + j \cdot \sin(\theta)$  y las identidades trigonométricas del seno y el coseno:  $\cos(n\pi) = (-1)^n$

$$C_n = -\frac{1}{jn2\pi} [((-1) - 1) - (1 - (-1))]$$

$$C_n = -\frac{2}{jn2\pi} [(-1)^n - 1]$$

$$f(t) = -\frac{1}{j\pi} [(-1)^1 - 1] e^{j\omega_0 t} - \frac{1}{j2\pi} [(-1)^2 - 1] e^{j2\omega_0 t} - \frac{1}{j3\pi} [(-1)^3 - 1] e^{j3\omega_0 t} - \dots$$

$$\frac{1}{j\pi} \left[ \frac{1}{(-1)} - 1 \right] e^{-j\omega_0 t} + \frac{1}{j2\pi} \left[ \frac{1}{(-1)^2} - 1 \right] e^{-j2\omega_0 t} + \frac{1}{j3\pi} \left[ \frac{1}{(-1)^3} - 1 \right] e^{-j3\omega_0 t} + \dots$$

Dando un paso más, a la Transformada de Fourier accedemos a lo que se llama la *composición espectral* de una señal, que son las amplitudes de las diferentes componentes de frecuencia (por eso cuando nosotros realizamos el análisis teórico de los gráficos de frecuencia, vemos que los intervalos en los que  $n\omega_0$  existe, están representados con una delta de Dirac).

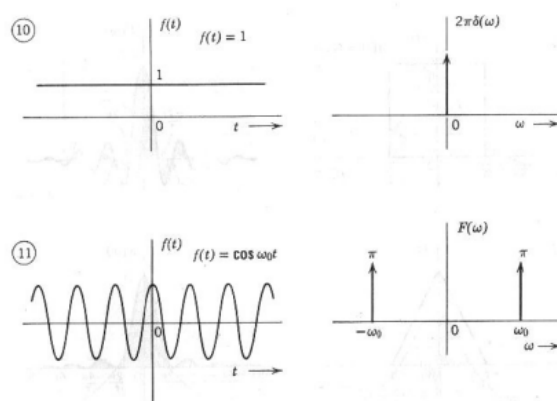


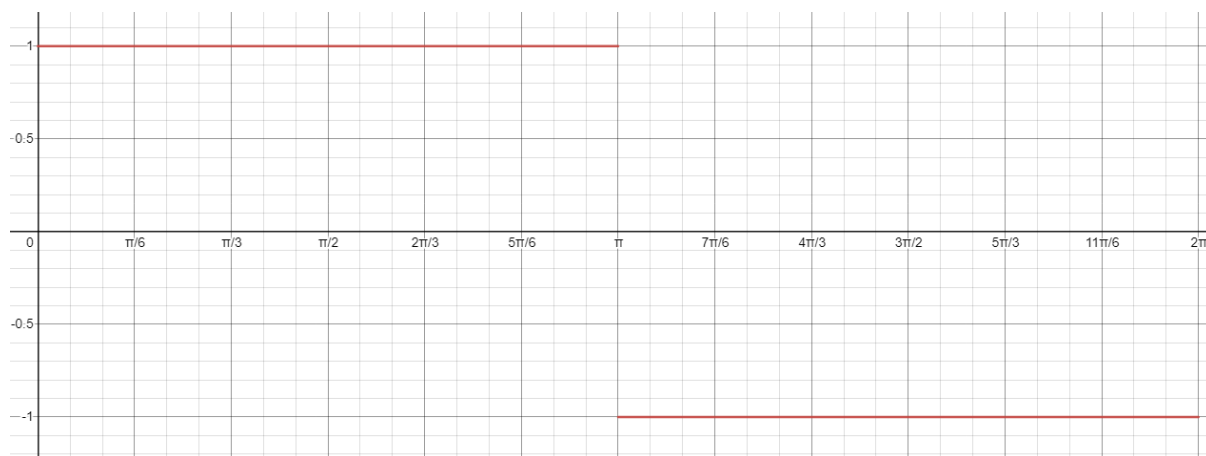
Figura 28: Delta de Dirac

Yendo a un caso más concreto, si nosotros tenemos, por ejemplo, una señal de audio, en el análisis lo que en realidad estamos viendo es la composición espectral que tiene el sonido a través del aire, y lo que en realidad estamos viendo cuando el gráfico aumenta y reduce la amplitud de su señal, son deltas de Dirac imperfectas (ya que la delta de Dirac se utiliza para el análisis teórico) que al mismo tiempo son los *armónicos* de mi frecuencia fundamental (los múltiplos enteros que vemos en la serie trigonométrica). Si después uno quisiese convertir al espectro del sonido en una señal del dominio del tiempo, tendría que usar a la Anti-Transformada de Fourier.



## Fenómeno de Gibbs

Vamos a analizar al fenómeno de Gibbs con la Serie Geométrica de Fourier del siguiente ejemplo:



Tenemos que la serie trigonométrica de Fourier es la siguiente:

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4 \sin((2n-1)x)}{(2n-1)\pi}$$

Vamos a ver a los siguientes 4 casos

1. Para  $n=5$  — figura número 29
2. Para  $n=10$  — figura número 30
3. Para  $n=25$  — figura número 31
4. Para  $n=100$  — figura número 32

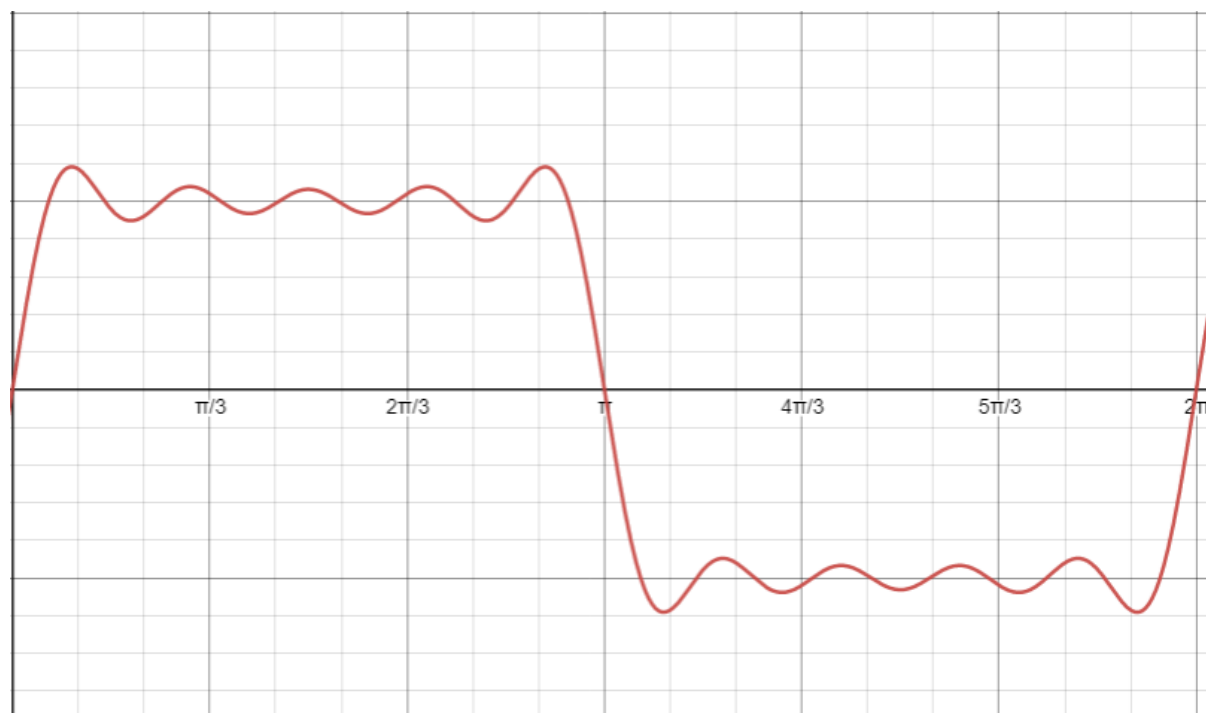
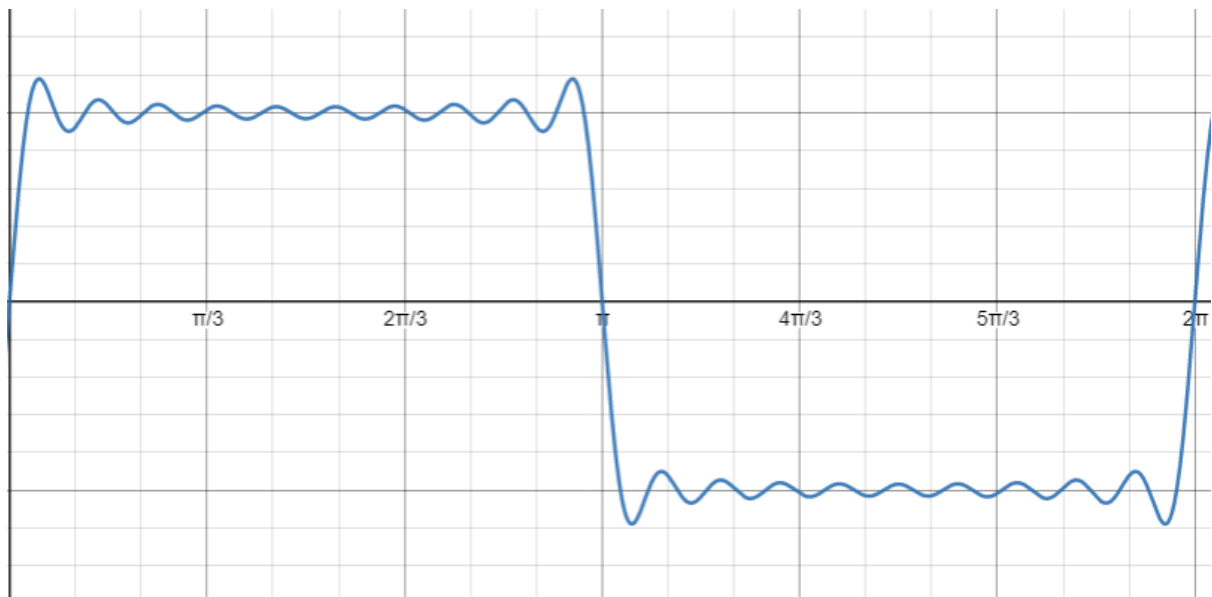
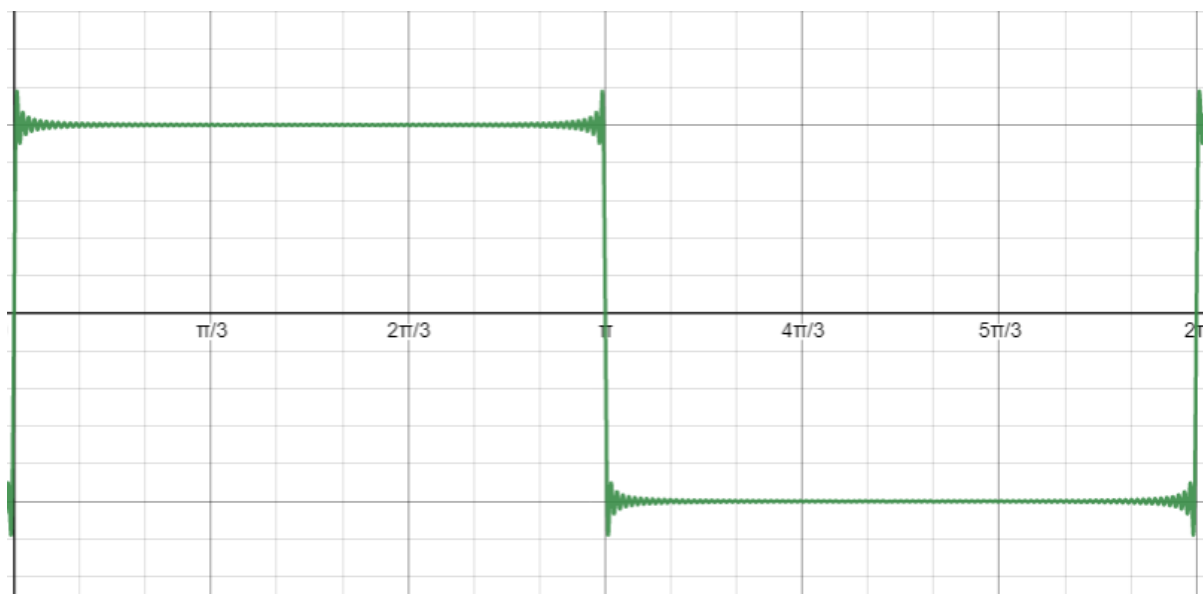


Figura 29: Serie de Fourier para  $n=5$

Figura 30: Serie de Fourier para  $n=10$ Figura 31: Serie de Fourier para  $n=25$

Figura 32: Serie de Fourier para  $n=100$ 

Lo que vemos que sucede con las aproximaciones es que cuantos más términos hay, naturalmente, más se acerca a nuestra función original, excepto por una parte, y es cuando la función está llegando a su discontinuidad.

Vemos que cuando la aproximación se acerca más y más a dicho punto (conforme aumentan los armónicos) surge un *sobrepasamiento* (del inglés Overshoot) que son esa especie de “picotazos”, los cuales no varían en su amplitud sin importar la cantidad de armónicos que uno vaya sumando a la serie.

*Este sobrepasamiento es aquel conocido como fenómeno de Gibbs.*

# Fourier Applet

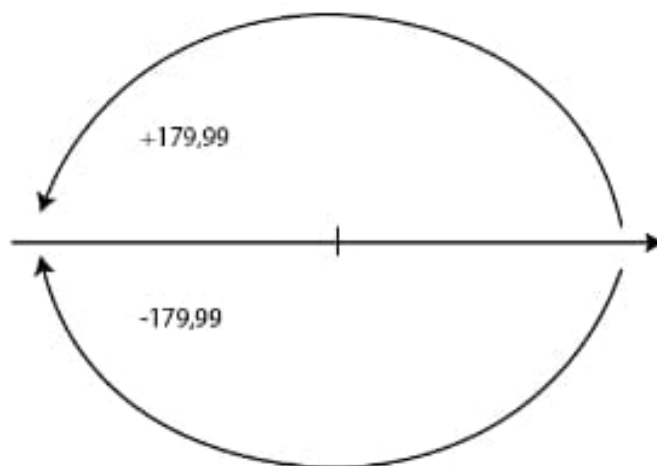
Este programa demuestra la serie de Fourier, que es un método para expresar una función periódica arbitraria como una suma de términos.

Para seleccionar una función puede presionar uno de los siguientes botones: Sine, Cosine, Triangle, Sawtooth, Square, Noise, Phase Shift, Clip, Resample, Quantize, Rectify, Full Rectify, High - Pass Filter, Clear.

También se puede generar una señal a gusto arrastrando el mouse o dedo, dependiendo de que dispositivo se use, para dibujar una señal, también se mostrará las armónicas de la señal que se dibujó.

Debajo de los botones de funciones existen dos barras para interactuar. Una para modificar la cantidad de armónicos “Number of terms” y otra para cambiar la frecuencia “Playing Frequency”.

En las señales periódicas y que se le pueda aplicar series de fourier los vectores varían y los armónicos se transforman en una gráfica de  $+\infty$  a  $-\infty$ . Para eso:

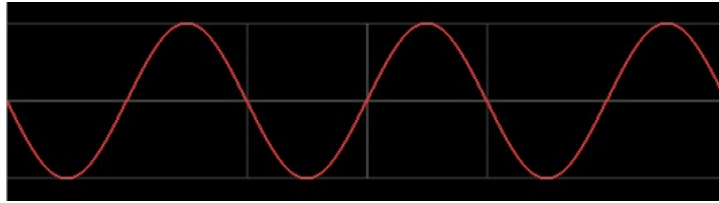


Esto hace que los armónicos sólo puedan variar hasta  $\pi$  (179,99) a  $-\pi$  (-179,99).

## Las funciones

### Sinusoidal

La señal senoidal está conformada de dos botones: el Sine y el Cosine



### Cosine



Ambas señales tienen una forma muy similar, lo único que cambiaría sería que el coseno (Cosine) está desplazado hacia la izquierda respecto al seno (Sine) en un cuarto de ciclo. Las ondas senoidales son las funciones de seno y de coseno. En el eje vertical se coloca la magnitud en cuestión, mientras que en el eje horizontal se ubica el tiempo

### Triange

Es una función que tiene una sintonía par porque se compone únicamente de  $\cos()$ .

### Sawtooth

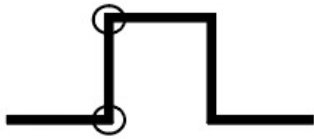


Es una función que tiene una sintonía impar porque se compone únicamente de  $\sin()$ .

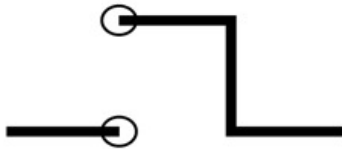
### Square



La discontinuidad en una onda cuadrada y en el cambio abrupto que parece tener dos valores de  $x$  en el mismo momento

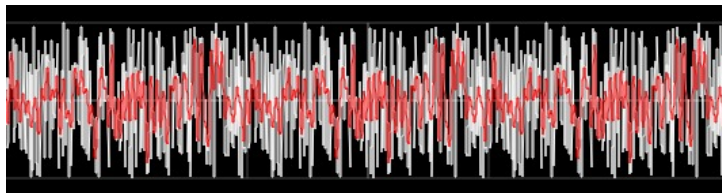


Se aplica una discontinuidad (limites matematicos).



Por lo que en realidad no son rectas porque dejarían de ser una función matemática.

### Noise



El ruido se ocasiona cuando se produce un campo magnético alrededor de los conductores. Un campo magnético es la explicación matemática de la influencia magnética de las corrientes eléctricas. Una corriente eléctrica es el movimiento de los electrones.

### Phase Shift

Hace un desfase en la señal.

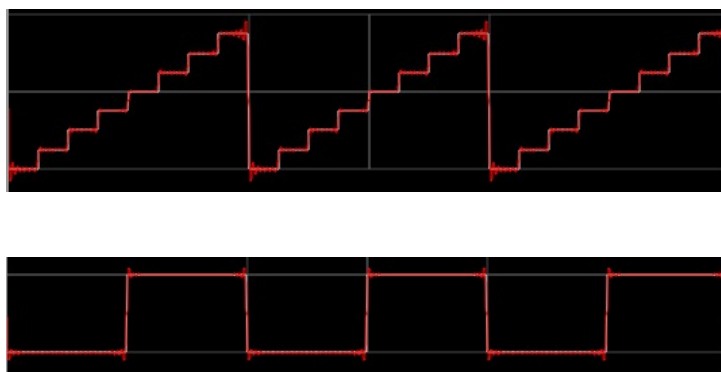
### Clip

Acorta la señal hasta hacerla una onda cuadrada.

### Resample

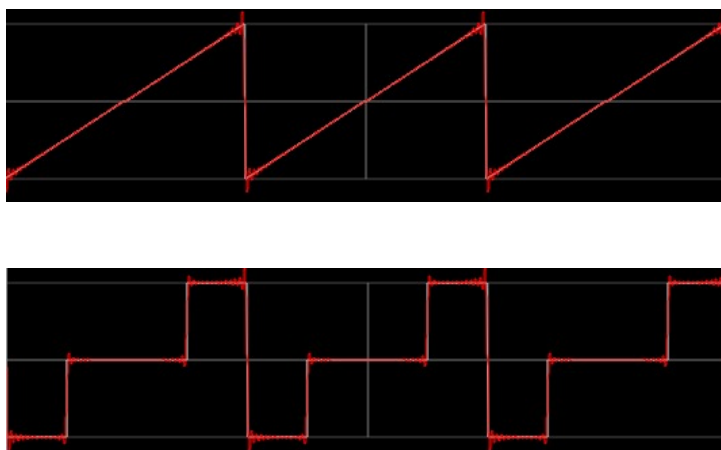
Va reordenando los armónicos de la señal para convertirla de a poco en una onda cuadrada.  
Por ejemplo:  
Para una señal dientes de sierra.





## Quantize

Mueve los armónicos para hacer una señal más cuadrada de dicha onda.  
 Por ejemplo:  
 Para una señal dientes de sierra.



## Resample vs Quantize

- Si la señal es sine o triangle:  
Resample ordena las armónica de sines y cosines, mientras que Quantize solo ordena las de sine.
- Si la señal es cosine o Sawtooth:  
Quantize ordena las armónica de sines y cosines. Mientras que resample solo ordena las de sine.
- Si la función es Square:  
Ni resample ni Quantize ordenan alguna armónica.
- Si es un Noise:  
Tanto Quantize como Resample ordenan las armónicas de sine y cosine. Sim embargo, en Resample el sonido se vuelve una señal cuadrada.
- Si es Quantize:  
mantiene su forma de ruido, pero tiene una forma más “recta”

## Rectify

Rectifica la parte negativa de la señal y la pone en 0.

## Full Rectify

Rectifica la parte negativa de la señal y la pone igual que la parte positiva.

## High-Pass Filter

Es un filtro pasa altos.

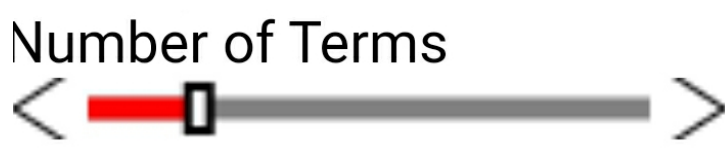
## Clear

Limpia la señal.

## Number of Terms

Una barra que se puede arrastrar usando el mouse o tocando las flechitas que están a los costados. Su función es aumentar o reducir la cantidad de armónicos de forma manual.

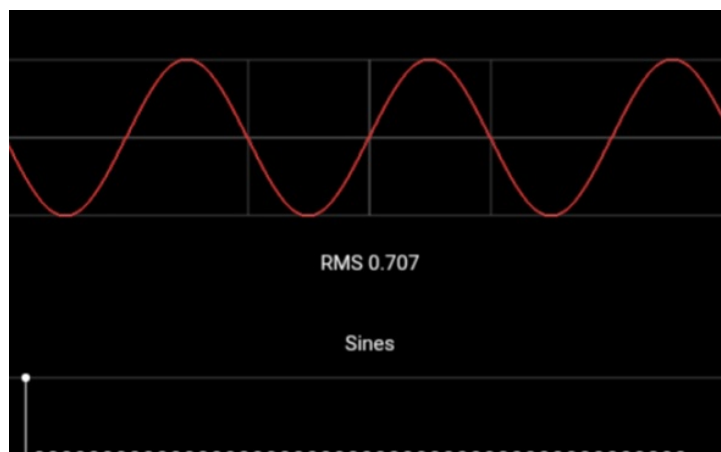
Esto no afecta directamente a la forma de la señal.



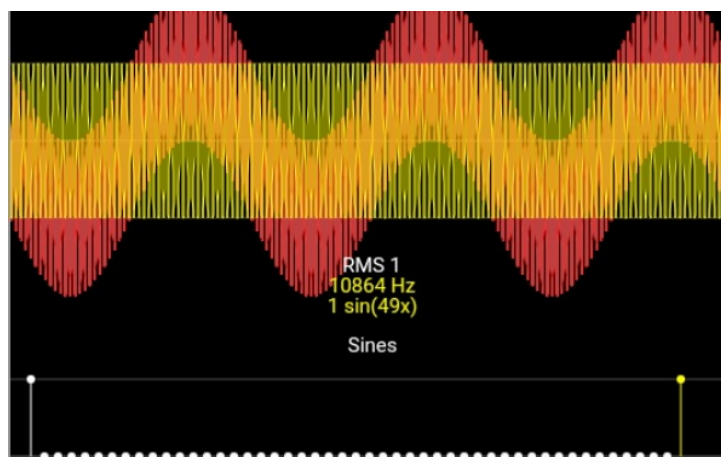
En la imagen se puede ver una función seno (sine) con la cantidad respectiva de armónicos que la barra representa.

Los armónicos que se encuentran en esa zona se pueden “levantar” o “bajar” afectando a la forma de la señal. Dependiendo de si el armónico es uno de los primeros o uno de los últimos, la señal se verá deformada en mayor o menor medida.

El primer armónico del coseno (cosines) no deforma la señal, si no que cambia la posición de la señal, elevandola por encima o debajo del cero.





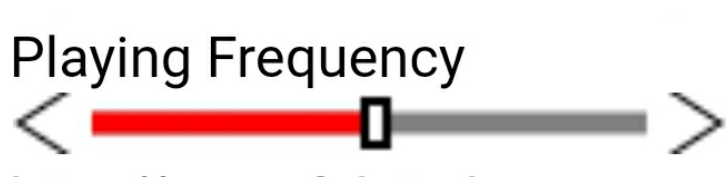


Como ejemplo tenemos estas dos imágenes: En la primera imagen se puede ver una señal sine y en la segunda imagen se puede ver la misma señal con el último armónico “levantado” deformando bastante la señal.

Las funciones “Resample” y “Quantize” se encargan de organizar los armónicos automáticamente para hacer que la señal se vea más “cuadrada”.

### Playing Frequency

Una barra que se puede arrastrar usando el mouse o tocando las flechitas que están a los costados. Su función es aumentar o reducir la frecuencia de la señal. Esta barra sirve para escuchar la señal usando el botón “Sound” (verificar el volumen del dispositivo antes de activarlo).



# Filtros

---

## Introduccion

Un filtro es un circuito que, dependiendo de su configuración, atenúa, rechaza o corrige un cierto rango de frecuencia de una señal.

Hay dos tipos principales de filtros: Filtros activos y Filtros pasivos, estos se califican por los componentes que utilizan.

Sus características principales son las siguientes:

- Filtros Pasivos:

Los filtros pasivos son los filtros cuyos componentes no requieren una alimentación externa para funcionar, sino que solo requieren una señal de entrada

- Filtros Activos:

Los filtros activos son los filtros cuyos componentes si requieren una alimentación externa para funcionar

Existen varios subtipos de filtros, entre los que destacan están los filtros pasa bajos, pasa altos, pasa banda y rechaza banda

## Pasivos

Los filtros pasivos usan componentes básicos tales como una resistencia, un capacitor o una bobina, son fáciles de hacer, pero los filtros pasivos son difíciles de ajustar y tienen una baja potencia, además son incapaces de eliminar el rango de frecuencia no deseado.

Poseen algunas variaciones que son los de un solo elemento, de múltiples elementos, variaciones de T, pi y L.

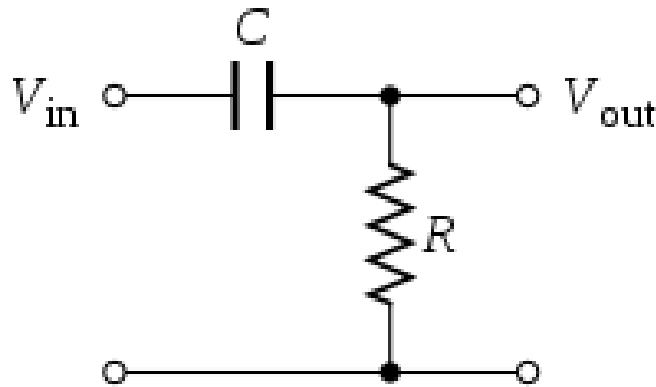


Figura 33: Circuito de un filtro pasivo

## Activos

Los filtros activos utilizan componentes básicos de los filtros pasivos, pero se les agrega componentes más complicados como un amplificador operacional, provocando que el filtro sea más fácil de ajustar, pueden amplificar la señal, pueden obtener una mayor potencia y son capaces de eliminar rangos de frecuencia no deseados.

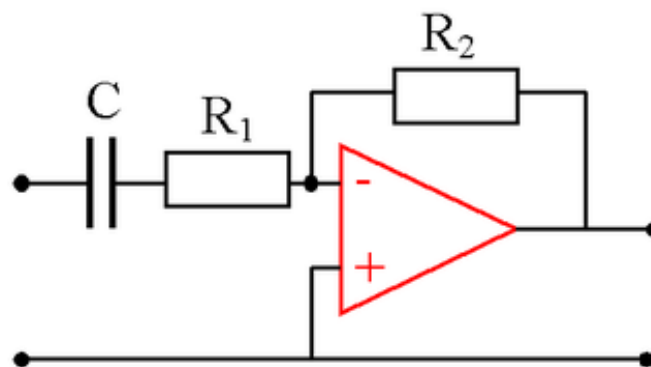


Figura 34: Circuito de un filtro activo

## Pasa Bajos

Un filtro pasa bajos es un filtro de señales electrónicas, que bloquea señales de alta frecuencia. Este también puede ser visto como si “dejara pasar” señales de baja frecuencia, de aquí la razón del nombre.

Hay dos formas de hacer un filtro pasa bajos:

meter que en realidad cae la tensión sobre el capacitor

### Filtro usando capacitores

Una forma de hacer un filtro pasa bajos es usando un capacitor conectado de la siguiente forma:

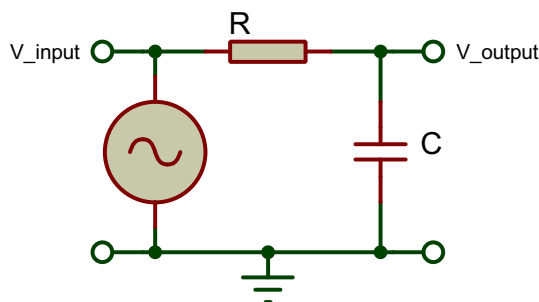


Figura 35: Un filtro pasa bajos capacitivo

Su funcionamiento se puede deducir viendo la fórmula de impedancia del capacitor:

$$X_C = \frac{-j}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

Como se ve en la fórmula, con una frecuencia ( $f$ ) baja se obtiene una gran inductancia, y a medida que aumentamos la frecuencia ( $f$ ) la inductancia va disminuyendo.

Esto logra que todas las señales entren al filtro, pero que las señales de alta frecuencia se vean atraídas a circular por el capacitor debido a su baja inductancia ante las señales de alta frecuencia, por lo tanto a la salida del filtro logramos tener solamente señales de baja frecuencia.

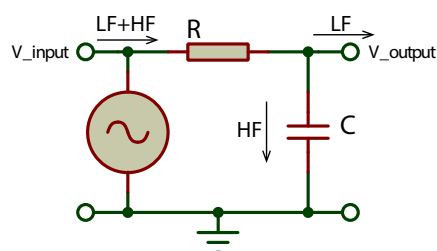


Figura 36: Un diagrama que ejemplifica el funcionamiento

Para saber con qué frecuencias operará el filtro, se debe conocer la *frecuencia de corte*.

El filtro bloqueará todas las frecuencias que estén por arriba de esta frecuencia.

Esta frecuencia de corte se calcula con la siguiente fórmula:

$$f_{cut} = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

Esta equivale a 3dB o 0.707V

Cuando  $f = f_{cut}$  se da que  $R = |X_C|$

## Filtro usando inductores

Una forma de hacer un filtro pasa bajos es usando un inductor conectado de la siguiente forma:

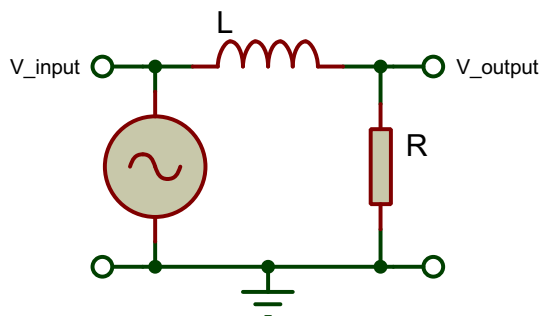


Figura 37: Un filtro pasa bajos inductivo

Su funcionamiento se puede deducir viendo la fórmula de impedancia del inductor:

$$X_L = j \cdot 2\pi \cdot f \cdot L$$

Como se ve en la fórmula, con una frecuencia ( $f$ ) baja se obtiene una baja inductancia, y a medida que aumentamos la frecuencia ( $f$ ) la inductancia va aumentando.

Esto logra que las señales de alta frecuencia se encuentren con una alta inductancia en la entrada, mientras que las señales de baja frecuencia se encuentran con una baja inductancia en la entrada, por lo tanto solamente estas últimas logran atravesar el filtro.

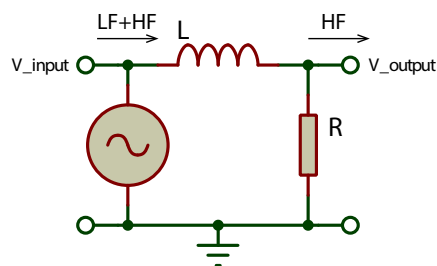


Figura 38: Un diagrama que ejemplifica el funcionamiento

Para saber con que frecuencias operará el filtro, se debe conocer la *frecuencia de corte*.

El filtro bloqueará todas las frecuencias que estén por arriba de esta frecuencia.

Esta frecuencia de corte se calcula con la siguiente formula:

$$f_{cut} = \frac{R}{2\pi \cdot L}$$

Esta equivale a 3dB o 0.707V

Cuando  $f = f_{cut}$  se da que  $R = |X_L|$

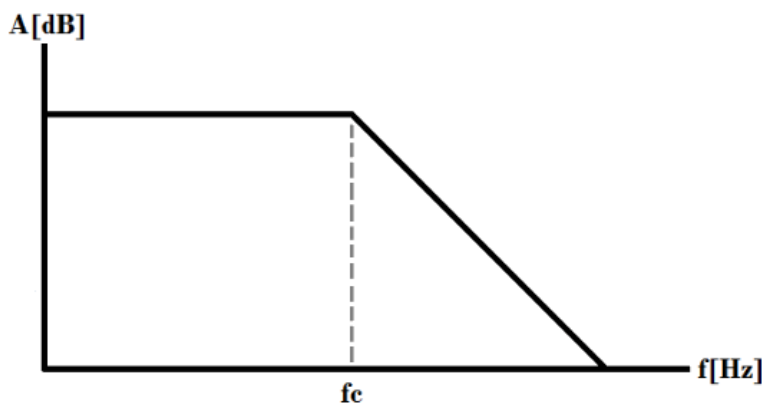


Figura 39: Un gráfico simplificado de la respuesta en frecuencia

## Pasa Altos

Un filtro pasa altos es un filtro de señales electrónicas, que bloquea señales de baja frecuencia. Este también puede ser visto como si “dejara pasar” señales de alta frecuencia, de aquí la razón del nombre.

Hay dos formas de hacer un filtro pasa altos:

### Filtro usando capacitores

Una forma de hacer un filtro pasa altos es usando un capacitor conectado de la siguiente forma:

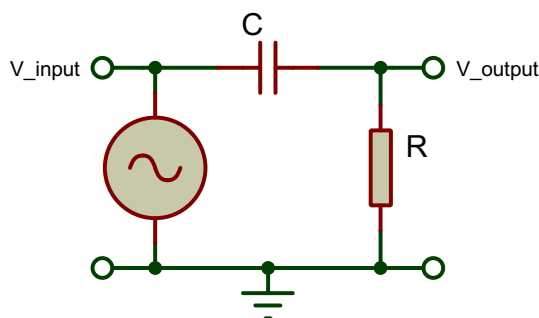


Figura 40: Un filtro pasa altos capacitivo

Su funcionamiento se puede deducir viendo la fórmula de impedancia del capacitor:

$$X_C = \frac{-j}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

Como se ve en la fórmula, con una frecuencia ( $f$ ) baja se obtiene una gran inductancia, y a medida que aumentamos la frecuencia ( $f$ ) la inductancia va disminuyendo.

Esto logra que las señales de baja frecuencia se encuentren con una gran inductancia en la entrada, mientras que las señales de alta frecuencia se encuentran con una baja inductancia en la entrada, por lo tanto solamente estas últimas logran atravesar el filtro.

Para saber con qué frecuencias operará el filtro, se debe conocer la *frecuencia de corte*.

El filtro bloqueará todas las frecuencias que estén por debajo de esta frecuencia.

Esta frecuencia de corte se calcula con la siguiente fórmula

$$f_{cut} = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

Esta equivale a 3dB o 0.707V

Cuando  $f = f_{cut}$  se da que  $R = |XC|$

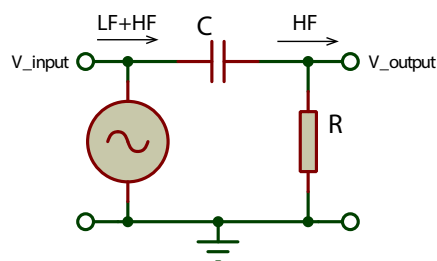


Figura 41: Un diagrama que ejemplifica el funcionamiento

## Filtro usando inductores

Una forma de hacer un filtro pasa altos es usando un inductor conectado de la siguiente forma:

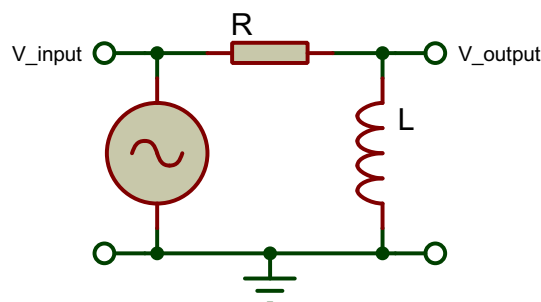


Figura 42: Un filtro pasa altos inductivo

Su funcionamiento se puede deducir viendo la fórmula de impedancia del inductor:

$$X_L = j \cdot 2\pi \cdot f \cdot L$$

Como se ve en la fórmula, con una frecuencia ( $f$ ) baja se obtiene una baja inductancia, y a medida que aumentamos la frecuencia ( $f$ ) la inductancia va aumentando.

Esto logra que todas las señales entren al filtro, pero que las señales de baja frecuencia se vean atraídas a circular por el inductor debido a su baja inductancia ante las señales de baja frecuencia, por lo tanto a la salida del filtro logramos tener solamente señales de alta frecuencia.

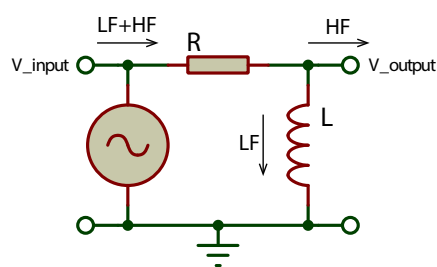


Figura 43: Un diagrama que ejemplifica el funcionamiento

Para saber con que frecuencias operará el filtro, se debe conocer la *frecuencia de corte*.

El filtro bloqueará todas las frecuencias que estén por debajo de esta frecuencia.

Esta frecuencia de corte se calcula con la siguiente formula:

$$f_{cut} = \frac{R}{2\pi \cdot L}$$

Esta equivale a 3dB o 0.707V

Cuando  $f = f_{cut}$  se da que  $R = |X_L|$

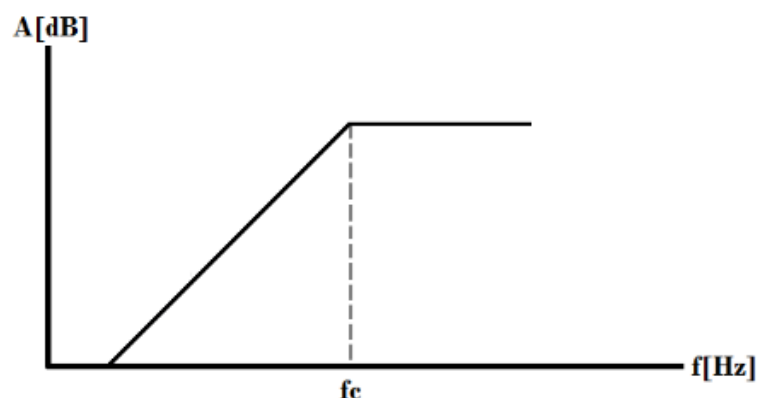


Figura 44: Un gráfico simplificado de la respuesta en frecuencia

## Impedancia en respuesta a la frecuencia

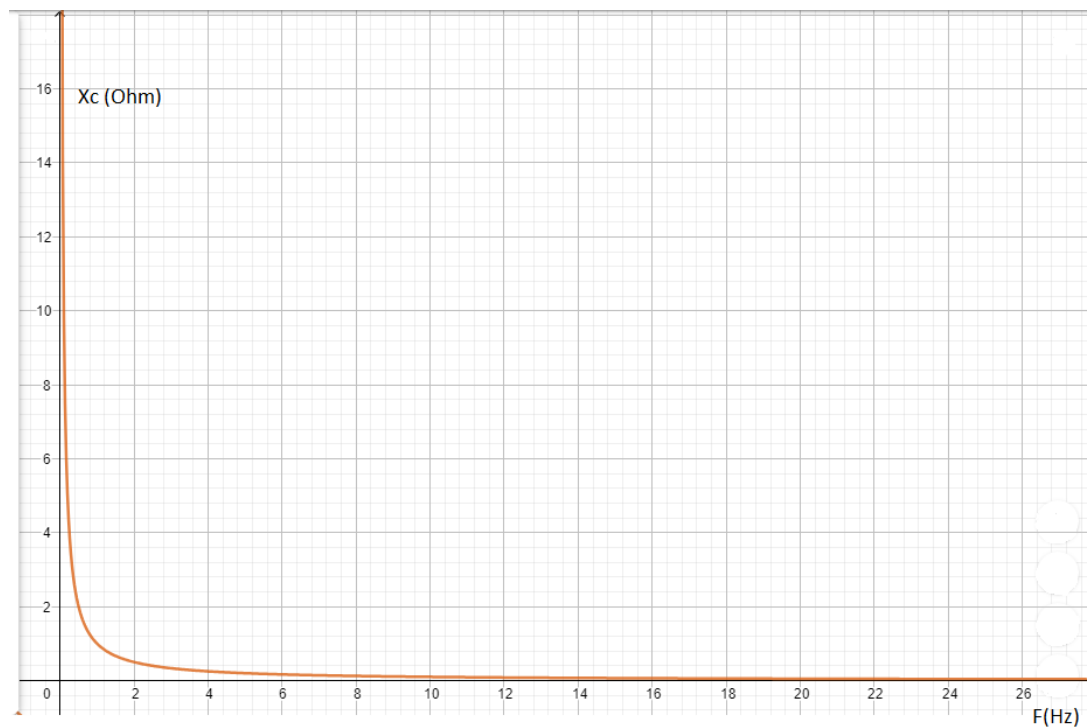


Figura 45: Gráfico de la impedancia de un capacitor en respuesta de la frecuencia

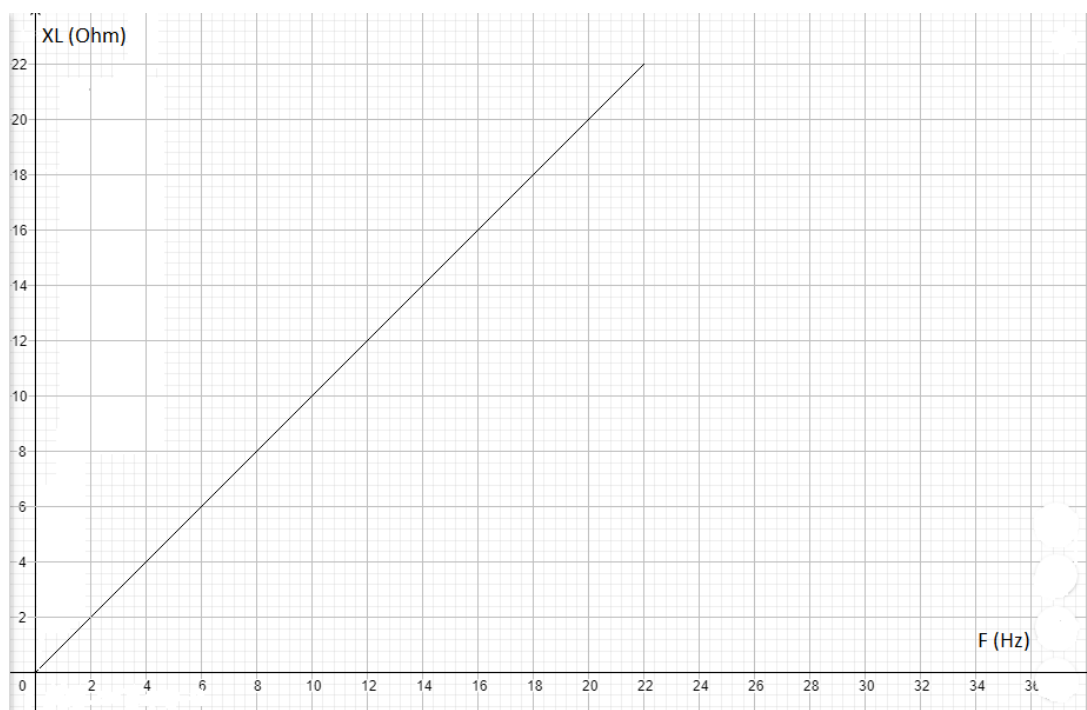


Figura 46: Gráfico de la impedancia de un inductor en respuesta de la frecuencia



## Pasa Banda

Un filtro pasa banda es un filtro de señales electrónicas, que bloquea tanto señales de baja frecuencia como señales de alta frecuencia.

Este tambien puede ser visto como si “dejara pasar” una cierta banda de frecuencias, de aqui la razón del nombre.

Un filtro pasa banda se puede elaborar de la siguiente forma

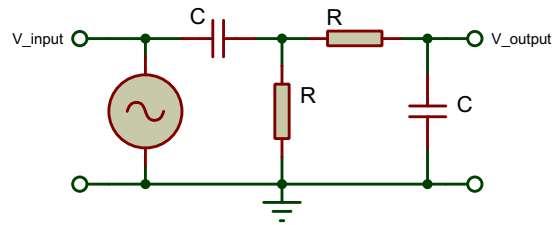


Figura 47: Un filtro pasa banda capacitivo

Este filtro es una combinación entre un filtro pasa altos y un filtro pasa bajos, su efecto se puede ver en la figura 48.

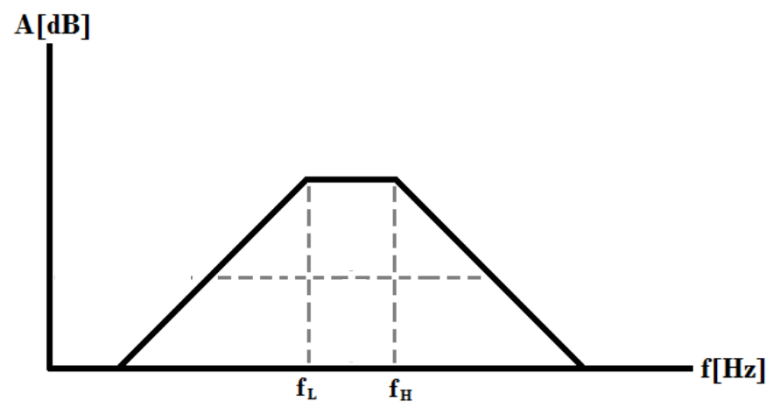
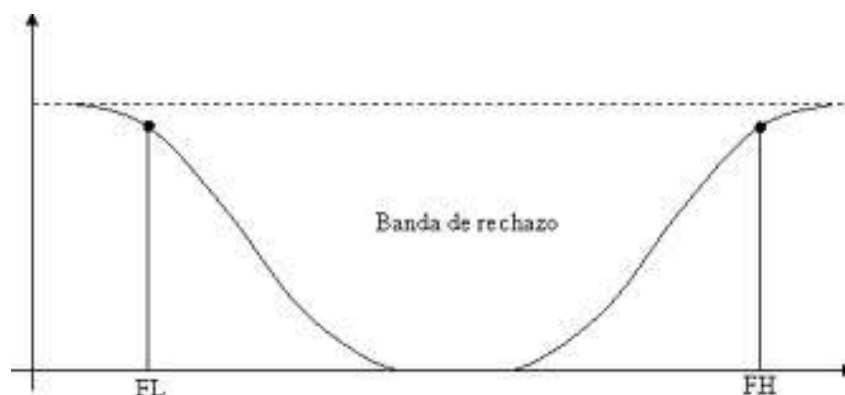


Figura 48: Un gráfico simplificado de la respuesta en frecuencia

falta meter  
la version  
inductiva y  
la version  
RLC

## Rechaza Banda

Un filtro rechaza-banda es el contrario a un filtro pasa banda, siendo que atenúa todas las frecuencias en un dentro de un determinado ancho de banda y deja pasar las que están por fuera de este ancho de banda.



Existen dos tipos de filtros rechaza-banda, el anterior grafico corresponde al tipo de banda amplia, aunque también existen los de banda angosta:



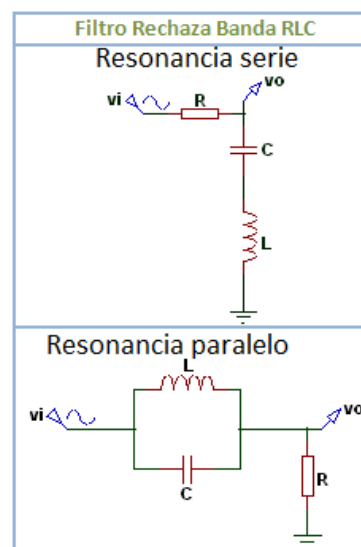
Para obtener este filtro hay dos maneras de crearlo, usando un circuito de resonancia serie o uno paralelo, cuando la frecuencia de  $V_i$  sea igual a la de resonancia. En el circuito LC tiene baja impedancia.

El armado es similar a un filtro pasa banda pero la diferencia está en la ubicación de las salidas del filtro, pues en el pasa banda la salida del filtro se encontraba en la resistencia, por lo que a  $F$  resonancia veíamos en la salida toda la tensión de entrada, pero ahora en la salida tenemos el LC por lo que no habrá caída de tensión.

En el caso contrario, que la frecuencia sea distinta a la de resonancia, el conjunto LC actuara con una impedancia muy alta, por lo que la tensión caerá en este y habrá salida de tensión en el filtro.

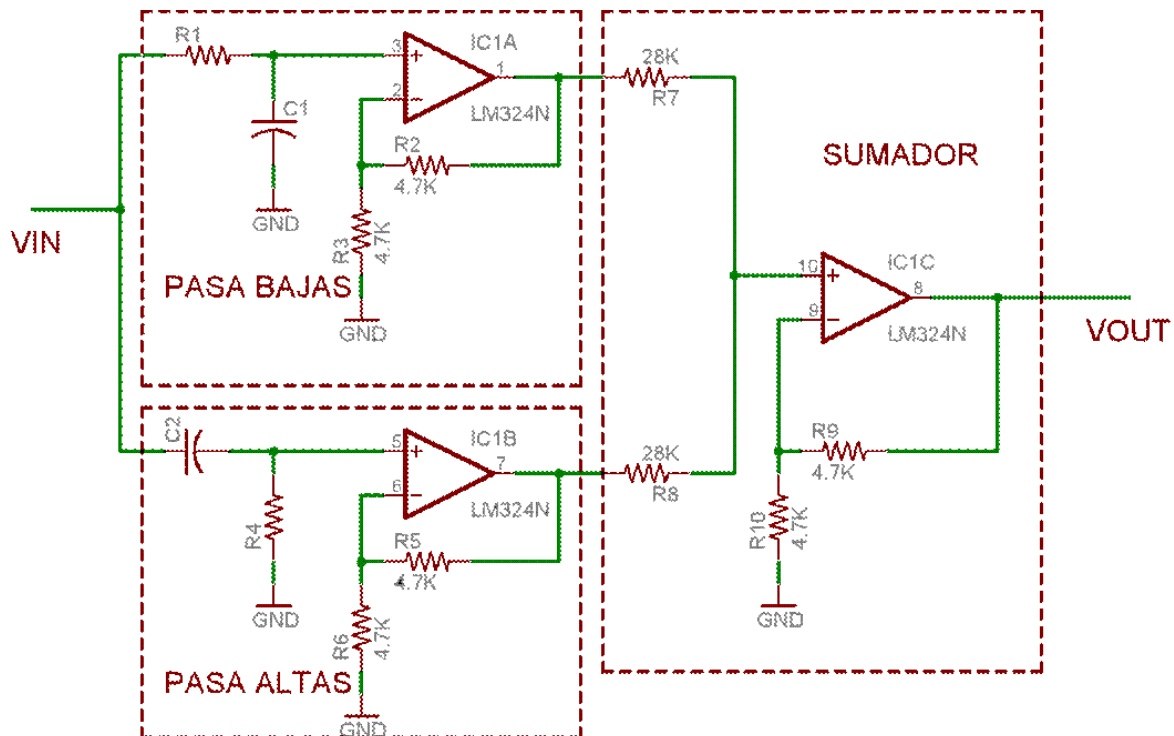
Con este análisis podemos llegar a ver que hay un divisor de tensión entre la impedancia del circuito LC y la resistencia.

El análisis del circuito paralelo es similar, únicamente que funciona a máxima impedancia en la frecuencia de resonancia y a mínima impedancia lejos de las frecuencias de resonancia, y como ya dijimos esto funciona como un divisor de tensión y como tenemos la salida en la resistencia al llegar a la frecuencia de resonancia habrá máxima impedancia y se provocará un divisor de tensión en donde toda la tensión caerá en el circuito de resonancia LC dejando sin tensión a la salida, y por el caso contrario, cuando al



frecuencia se aleja de la  $F$  resonancia la impedancia disminuye lo que provoca que haya una caída de tensión en la  $R$  por lo que hay salida de tensión.

Otra forma de ver el armado podría ser poniendo un amplificador sumador a un filtro pasa bajos y uno pasa bajos, donde usamos el pasa bajos para poder encontrar la frecuencia de corte 1 y el pasa alto para encontrar la frecuencia de corte 2



Para poder calcular la frecuencia de corte 1 empezamos calculando el filtro pasa bajos, supongamos que queremos crear un filtro rechaza-banda de 10Hz a 100Hz, primero empezamos calculando un pasa bajos con frecuencia de corte 10Hz, usando la formula

$$F_{corte} = \frac{1}{2\pi \cdot R1 \cdot C1}$$

Luego calculamos la frecuencia de corte del filtro pasa altos con la misma fórmula pero en la  $F$  de corte cambiamos, en este caso, 10Hz a 100Hz.

# Código G

---

## Introducción

Código G es un lenguaje de programación utilizado para máquinas de control numérico por computadora (CNC).

Se utiliza principalmente en la automatización debido a que los códigos G se les ordena acciones específicas para la máquina, como, por ejemplo, movimientos simples de la máquina que lo desplacen a otro punto del eje X, Y, o funciones de taladro, empezar a “comer” el material, girar en cierto sentido, etc.

## Grupos

Cada código G tienen un número de grupo, estos grupos de código contienen comandos para un objetivo específico. Ejemplo, el grupo 2 ordena un movimiento a cierto punto de los ejes de la máquina X26 Y40.

Cada uno de los grupos tiene un código G dominante, referido como el código G predeterminado.

Un código G predeterminado son los que la máquina utiliza en cada grupo, salvo que se especifique otro código G del grupo. Por ejemplo, la programación de un movimiento X y Z, X-2. Z-4 posicionará la máquina utilizando G00.

## Instrucciones básicas

Las instrucciones básicas que utilizamos son:

- T(N) Número de herramienta que vamos a usar.
- M2 Finaliza el programa (necesita de M5).
- M3 Arranque del husillo en sentido horario.
- M4 Arranque del husillo en sentido anti-horario.
- M5 Detiene el husillo.
- S(n) Velocidad de giro del husillo (usamos S1).
- F(N) Velocidad del desplazamiento de mm/min (F100).
- G0 Velocidad de desplazamiento rápida o aérea, es usado para ir de un punto al otro.
- G1 Velocidad del mecanizado. es suficientemente lento para que pueda despejar el material sin flexionarlo.
- G2 Movimiento circular en sentido horario. (Necesita la posición X,Y y el radio de giro). La posición inicial y final no puede ser la misma.
- G3 Movimiento circular, pero en sentido anti-horario.
- G5 suspende momentáneamente el programa.
- G90 suspende momentáneamente el programa.
- G91 Especifica que todo lo que ve escribe a continuación será con el sistema de coordenadas respecto al origen(0,0).
- G92 Cambia de cero matemático por programación, permite redefinir la posición actual, es útil para copiar y pegar un bloque de código.

## Código de ejemplo

```

1  ( ----- Código de ejemplo ----- )
2
3  ( ANOTACIONES: )
4
5
6
7  ( T#: Número de herramienta que vamos a utilizar. )
8
9  ( Hay otras máquinas que tienen un magazine (cargador) con varias herramientas. )
10
11 ( Esto nos permite hacer un programa donde, por ejemplo, una parte se trabaja con una fresa de 5mm y
    ↪ otra parte con una fresa de 1mm. )
12
13 ( Nuestra CNC no tiene magazine, pero de todas formas nos permite hacer cambio de herramienta manual si
    ↪ fuera necesario. )
14
15 ( En ese caso se utiliza G5 que es la suspensión momentánea de programa. )
16
17 ( )
18
19 ( T1 --> Usar la primera herramienta, la única que tenemos )
20
21 ( )
22
23 ( )
24
25 ( M#: Controlar el husillo para: Arrancar en horario, antihorario o detenerlo )
26
27 ( M3 --> Arrancar en sentido horario )
28
29 ( M4 --> Arrancar en sentido anti -horario )
30
31 ( M5 --> Detener el husillo )
32
33 ( M2 --> Finalizar el Programa ( Implica M5 ) )
34
35 ( )
36
37 ( )
38
39 ( S#: Controlar la velocidad de giro del husillo )
40
41 ( S1 --> Velocidad de giro en 1, es la que vamos a usar )
42
43 ( )
44
45 ( )
46
47 ( F#: Velocidad de desplazamiento en mm/min )
48
49 ( F100 --> 100 mm / min, es la que vamos a usar )
50
51 ( )
52
53 ( )
54
55 ( G## No se como categorizarlo )
56
57 ( G90: Especifica que todo lo que se escriba a continuación será con el sistema de coordenadas respecto
    ↪ al origen (0,0) )
58
59 ( Un ejemplo de G90 se vería así: )
60
61 ( > Ir a la coordenada Y20 (no afecta X, sigue en X=0 ) )
62
63 ( > Ir a la coordenada X30 (no afecta Y, sigue en Y=2) )
64
65 ( > Ir a la coordenada Y30 (no afecta X, sigue en X=3) )
66
67 ( > Ir a la coordenada X20 (no afecta Y, sigue en Y=3) )

```

```

68
69 (      > Ir a la coordenada Y10 (no afecta X, sigue en X=2)      )
70
71 (      En este caso, con leer las últimas dos líneas es suficiente para saber dónde quedo la
↪ fresa      )
72
73 (      )
74
75 (      G91: Especifica que todo lo que se escriba a continuación será en referencia a la posición actual. (
↪ moverse en mm )      )
76
77 (      Un ejemplo de G91 se vería así:      )
78
79 (      > Movete en Y 20mm      )
80
81 (      > en X 30mm      )
82
83 (      > en Y 10mm      )
84
85 (      > en -X 10mm      )
86
87 (      > en -Y 20mm      )
88
89 (      En este caso, no se entiende donde quedó al final la fresa, sino que hay que ir siguiendo la fresa
↪ paso a paso.      )
90
91 (      )
92
93 (      )
94
95 (      G92: Cambio de cero matemático por programación.      )
96
97 (      Permite redefinir la posición actual.      )
98
99 (      Es útil para "copiar y pegar" un bloque de código,      )
100
101 (      cuando tenemos una figura que se tiene que repetir      )
102
103 (      )
104
105 (      usamos el G92 para decir " esta posición, ahora es 0,0,Z "      )
106
107 (      )
108
109 (      )
110
111 (      )
112
113 (      G0: Velocidad de desplazamiento rápida o "aérea" .      )
114
115 (      Se utiliza para ir rápidamente de un punto a otro pero SIN ESTAR MECANIZANDO LA PIEZA, SIN "COMER"
↪ MATERIAL      )
116
117 (      )
118
119 (      G1: Velocidad de mecanizado.      )
120
121 (      s suficientemente lento como para que la fresa pueda despejar el material que está "comiendo" sin
↪ flexionarla      )
122
123 (      *****      )
124
125 (      )
126
127 (      *** IMPORTANTE   IMPORTANTE   IMPORTANTE   IMPORTANTE   IMPORTANTE   IMPORTANTE :
↪ ***      )
128
129 (      confundir un G1 con un G0 es GARANTÍA de que la fresa se va a partir      )
130
131 (      *****      )
132
133 (      G2: Movimiento circular en sentido horario.      )
134

```

```

135 ( Necesita parametros adicionales: posición final en X, en Y y el radio de
↪ giro. )
136
137 ( La posición inicial y la final no pueden ser iguales, por lo tanto no sirve para hacer un círculo
↪ completo. )
138
139 ( En tal caso se pueden usar dos líneas de código, donde cada una es un
↪ semi-círculo. )
140
141 ( )
142
143 ( )
144
145 ( G3: Igual a G2 en sentido anti-horario )
146
147 ( Generalmente al final de un bloque G2 o G3 se vuelve a G0 o G1 según sea
↪ necesario )
148
149 ( )
150
151 ( Traducción de esto ultimo, reemplazando G# por su acción correspondiente: )
152
153 ( Generalmente al final de un bloque que gira en sentido horario o antihorario, )
154
155 ( se vuelve a la velocidad de desplazamiento o a la de mecanizado. )
156
157 ( )
158
159 ( 0 sea, que uno puede hacer un giro con G2-3 y tiene 2 opciones )
160
161 ( --> Cambiar a velocidad de "Seguir Mecanizando" )
162
163 ( --> Cambiar a velocidad de "Moverse sin mecanizar" )
164
165 ( )
166
167 (
↪ -----
168
169
170
171
172
173 ( PROGRAMA CON EXPLICACION: )
174
175
176
177 T1 ( Usar la herramienta 1 )
178
179 F100 S1 M3 ( Velocidad de desplazamiento 100 ---- Velocidad de giro de husillo 1 ---- Arranque de
↪ Husillo en Sentido Horario )
180
181 G90 G0 X30 Y30 Z50 ( Se va a usar el sistema de coordenadas respecto al origen (0,0) ---- Velocidad de
↪ desplazamiento rápida ---- Coordenada X## Y## Z 50 ( Z es la altura ) )
182
183
184
185 (acercamiento a la posición del primer mecanizado)
186
187
188
189 Z3 ( Mover a la coordenada Z = 3 )
190
191 G1 Z-30 ( Pasar a velocidad de mecanizado ---- Moverse a altura de Z = -# , Aquí lo importante
↪ es reemplazar " # " por un valor numerico. )
192
193 ( Este valor numerico NEGATIVO tiene que ser que tan profundo queremos ir dentro del material )
194
195 ( Fin del proceso de mecanizado )
196
197
198
199 G0 Z100 ( Pasar a velocidad de desplazamiento ---- Moverse a altura de Z = 100 )

```

```
200
201 X0 Y0      ( Moverse a coordenadas X = 0  &  Y = 0 )
202
203 M2         ( Fin del programa ( Tambien implica M5, que es fin del husillo ) )
204
205 i
```

---



## Bibliografía y Referencias

---

- <https://laboratoriolinux.es/index.php/-noticias-mundo-linux-/aula-linuxera/aula/16225-filtros-paso-bajo-paso-alto-paso-de-todo-me-piro-de-aqui.html>
- <https://www.electrical4u.com/cutoff-frequency/>
- Lecture Notes for EE 261 — The Fourier Transform and its Applications  
Prof. Brad Osgood  
Electrical Engineering Department  
Stanford University
- Introducción a la teoría y sistemas de comunicación  
Prof. B. P. Lathi
- Fourier Analysis  
Prof. T.W Körner  
Cambridge University
- <https://spa.answersexpress.com/single-ended-differential-amplifiers-48264>