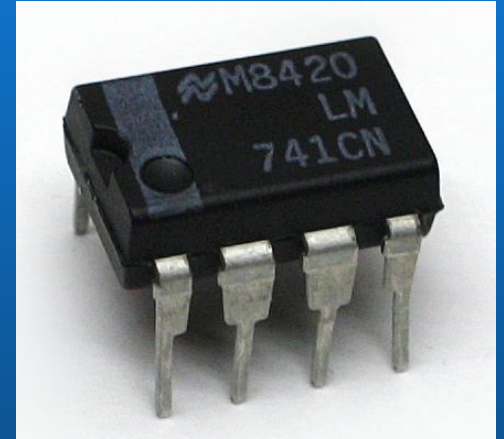
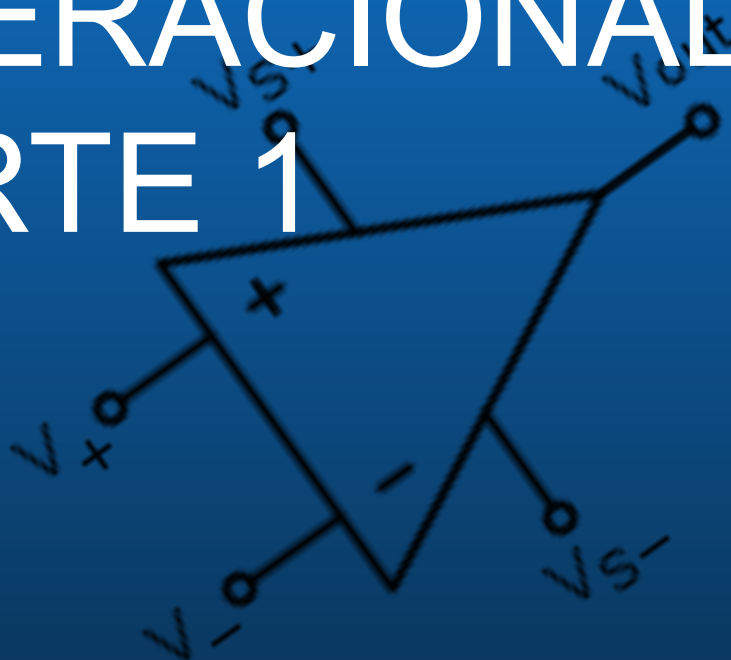


AMPLIFICADORES OPERACIONALES PARTE 1



Al analizar las diferentes etapas amplificadoras aparecen tres características básicas importantes en todas ellas



Veamos sus definiciones

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UN AMPLIFICADOR

TODO
AMPLIFICADOR
POSEE 3
CARACTERÍSTICAS
BÁSICAS

RESISTENCIA
(IMPEDANCIA) DE
ENTRADA (R_i o Z_i)

ES LA RESISTENCIA QUE SE "VÉ" DESDE LOS TERMINALES DE ENTRADA. ES LA CARGA EQUIVALENTE QUE SE CONECTA A LA FUENTE DE SEÑAL. EN BAJA FRECUENCIA ES PRÁCTICAMENTE RESISTIVA PERO EN ALTAS FRECUENCIAS APARECEN LOS EFECTOS DE LAS CAPACIDADES INTERNAS DEL TRANSISTOR Y DEBEMOS HABLAR DE IMPEDANCIA DE ENTRADA.

RESISTENCIA
(IMPEDANCIA) DE
SALIDA (R_o o Z_o)

ES LA RESISTENCIA DESDE LOS TERMINALES DE SALIDA. VIENDO AL AMPLIFICADOR COMO UNA FUENTE DE SEÑAL, ESTA SERÍA SU RESISTENCIA INTERNA. EN ALTAS FRECUENCIAS HABLAMOS DE IMPEDANCIA DE SALIDA.

GANANCIA
DE
TENSIÓN (A_v)

ES LA RELACIÓN ENTRE LA SEÑAL DE SALIDA Y LA DE ENTRADA. ES EL NÚMERO (SIN UNIDADES) QUE NOS DICE CUÁNTAS VECES LA SEÑAL DE SALIDA ES MÁS GRANDE QUE LA DE ENTRADA (O MÁS CHICA, YA VEREMOS...).

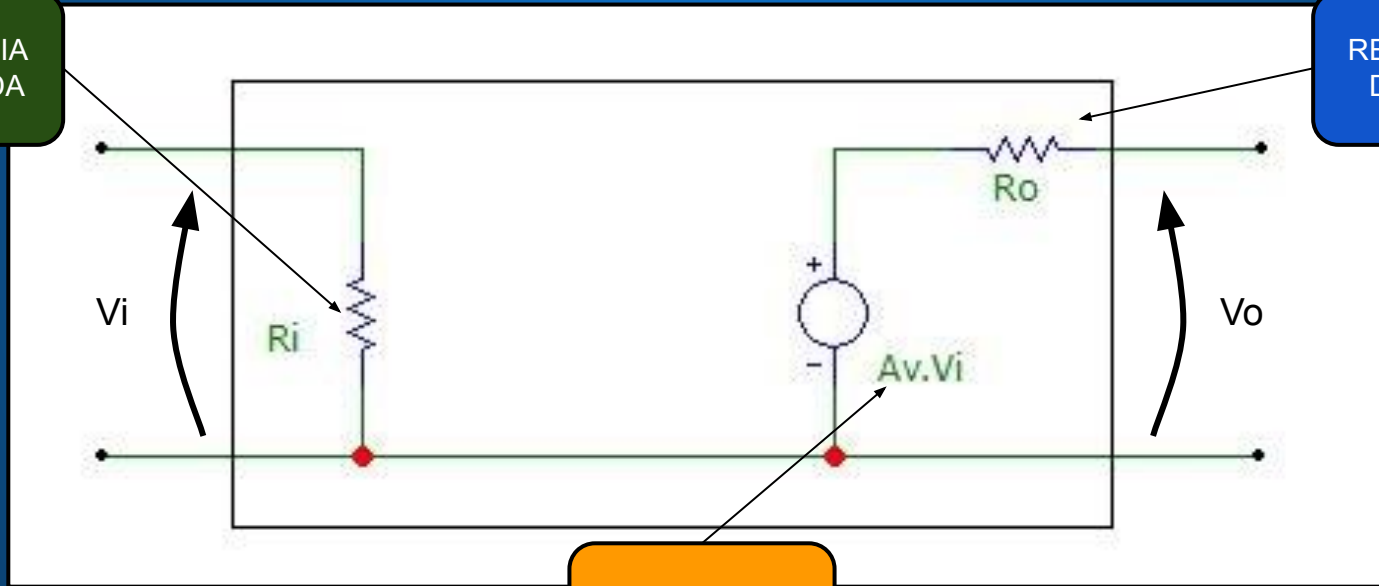
MATEMÁTICAMENTE SERÍA: $A_v = V_o / V_i$ (NO TIENE UNIDADES).

MODELO GENERAL SIMPLIFICADO DE UN AMPLIFICADOR

Este circuito equivalente para un amplificador general pone de manifiesto sus 3 características básicas

RESISTENCIA DE ENTRADA

RESISTENCIA DE SALIDA



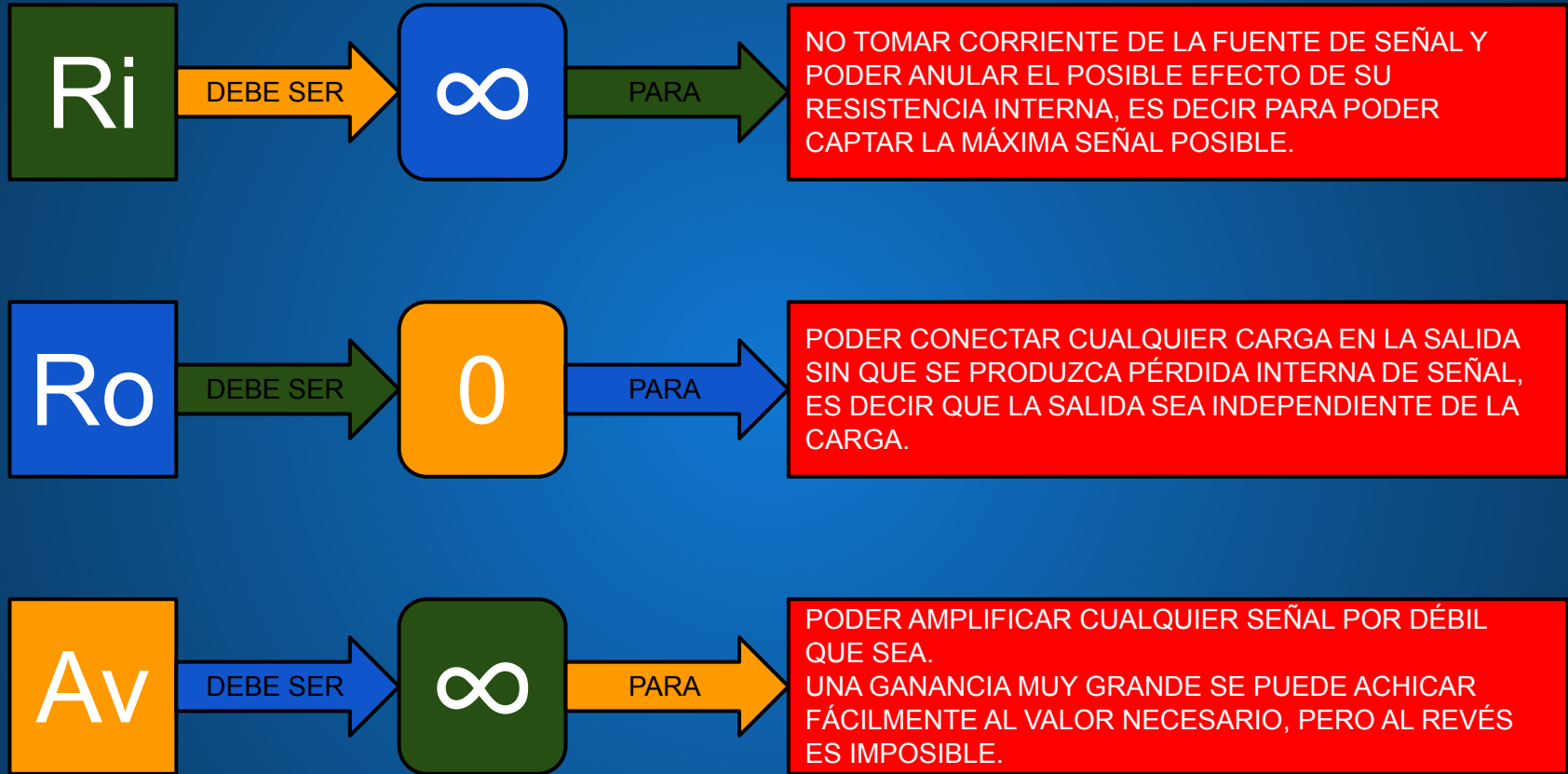
GANANCIA DE TENSIÓN

Podemos observar lo siguiente:

- La señal de salida (V_o) será el resultado de la señal amplificada ($A_v \cdot V_i$) menos lo que caiga en la resistencia de salida (R_o).
- Del mismo modo la señal de entrada (V_i) es lo que llega al amplificador, es decir la señal de la fuente menos lo que cae en su resistencia interna.
- La fuente de señal “ve” al amplificador como si fuera una carga a la que alimenta. En este caso una resistencia (R_i), en el caso general una impedancia (Z_i).
- Si consideramos al amplificador como una fuente de señal, ya que entrega señal en su salida, R_o sería su resistencia interna (en el caso general es una impedancia y se llama Z_o).

¿CÓMO DEBERÍAN SER R_i , R_o Y A_v PARA PODER CONSIDERAR AL AMPLIFICADOR COMO “IDEAL” O “PERFECTO”?

AMPLIFICADOR “IDEAL” O PERFECTO



PARA CONSEGUIR AMPLIFICADORES
CON CARACTERÍSTICAS
APROXIMADAS A LAS IDEALES SE
NECESITAN MUCHAS ETAPAS CON
TRANSISTORES EN DIFERENTES
CONFIGURACIONES

POR ESO

NO SE PUEDEN ARMAR
CON COMPONENTES
DISCRETOS (ES DECIR
CON TRANSISTORES
SUELTOS)

ENTONCES

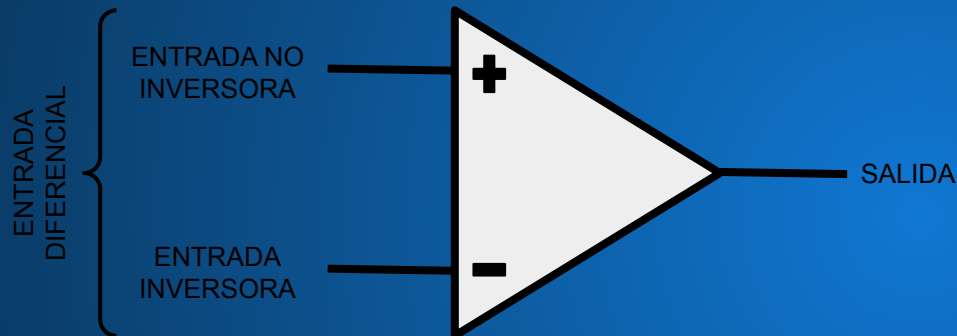
SE FABRICAN COMO
CIRCUITOS
INTEGRADOS

QUE SE LLAMAN

AMPLIFICADORES
OPERACIONALES

EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL (Aop) “IDEAL”

SÍMBOLO ELÉCTRICO



CARACTERÍSTICAS:

- ENTRADA DIFERENCIAL
- RESISTENCIA DE ENTRADA (R_i) INFINITA
- RESISTENCIA DE SALIDA (R_o) NULA
- GANANCIA DE TENSIÓN (A_v) INFINITA
- ANCHO DE BANDA (BW) INFINITO

DEFINICIONES:

- ENTRADA NO INVERSORA: UNA SEÑAL POSITIVA PRODUCE UNA SALIDA POSITIVA
- ENTRADA INVERSORA: UNA SEÑAL POSITIVA PRODUCE UNA SALIDA NEGATIVA
- ENTRADA DIFERENCIAL: EL AMPLIFICADOR AMPLIFICA LA DIFERENCIA ENTRE AMBAS ENTRADAS
- ANCHO DE BANDA: RANGO DE FRECUENCIAS DE LA SEÑAL QUE EL AMPLIFICADOR PUEDE AMPLIFICAR

EN UN AoP
“REAL”

POR EJEMPLO
EL LM741
(UNO DE LOS PRIMEROS)

VALORES TÍPICOS

- RESISTENCIA DE ENTRADA
 $R_i = 2 \text{ M}\Omega$
- RESISTENCIA DE SALIDA R_o
 $= 25 \Omega$
- GANANCIA DE TENSIÓN
 $A_v = 100.000 \text{ VECES}$

Pensemos un momento en la ganancia de tensión del amplificador operacional (infinita en el modelo ideal, 100.000 veces en uno real)

Cualquier señal de entrada, por pequeña que sea, daría una salida infinita (en lo ideal) o excesivamente grande. En la realidad, cualquier señal de entrada provocaría que la salida vaya a su máximo valor posible, el cual es un poco inferior al de la tensión de alimentación, y permanezca siempre en ese valor, es decir causaría la **saturación** del amplificador. Si la entrada es positiva el Aop saturaría en el máximo positivo y si la entrada es negativa lo haría en el máximo negativo.

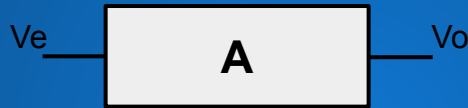
Es evidente que de esta manera no se lo podría usar para amplificar porque estaría siempre saturado. Es necesario bajarle la ganancia al valor adecuado, lo cual es sencillo cuando se tiene una ganancia muy grande.

Esto se realiza mediante una técnica llamada **REALIMENTACIÓN NEGATIVA**, la cual explicaremos en forma general primero y luego para el caso particular del operacional.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE REALIMENTACIÓN

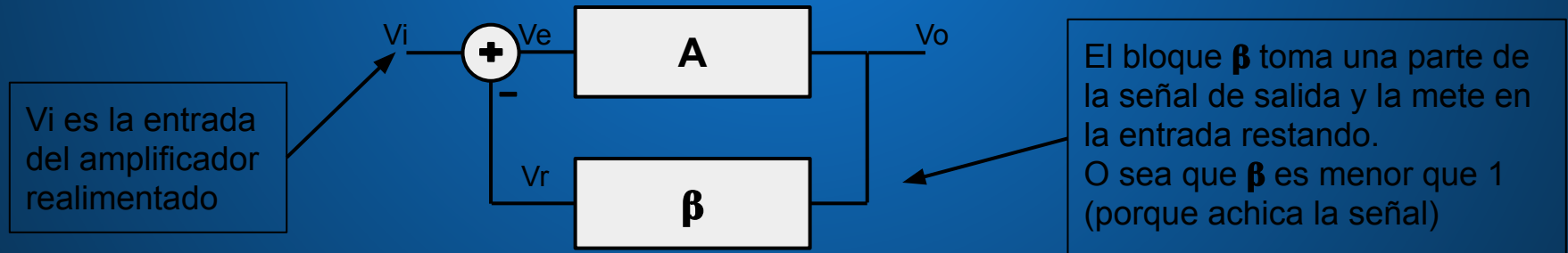
Para explicar la realimentación vamos a utilizar un diagrama de bloques.

Consideremos un bloque amplificador de ganancia “A”, la cual llamaremos “**Ganancia de Lazo Abierto (Aol)**”



es decir que la señal de salida V_o es la de entrada V_e amplificada “A” veces, o sea $V_o = A \cdot V_e$

Realimentar negativamente un amplificador significa tomar una parte de la señal de salida y llevarla a la entrada restándola de la señal que ingresa



Observando el diagrama en bloques podemos escribir las siguientes relaciones:

- 1) $V_o = A.V_e$
- 2) $V_e = V_i - V_r$
- 3) $V_r = \beta.V_o$

Si reemplazamos V_r en 2) por la expresión 3) nos queda:

$$4) \quad V_e = V_i - \beta.V_o$$

Ahora reemplazamos V_e en 1) por la expresión 4)

$$V_o = A.(V_i - \beta.V_o) = A.V_i - A.\beta.V_o$$

Para encontrar la expresión de la salida despejamos V_o :

$$\begin{aligned} V_o + A.\beta.V_o &= A.V_i \\ V_o.(1 + A.\beta) &= A.V_i \end{aligned}$$

Luego nos queda:

$$V_o = \frac{A}{(1 + A.\beta)}.V_i$$

La ganancia de todo el sistema realimentado o “**Ganancia de Lazo Cerrado (Acl)**” es la relación entre V_o y V_i :

$$Acl = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A}{(1 + A.\beta)}$$

El denominador es siempre mayor a 1, por lo que la ganancia A queda dividida por un número mayor que 1 y que depende del valor de β .

Esto significa que **al realimentar negativamente un amplificador su ganancia disminuye**, y su valor se puede ajustar mediante β . Recordemos que β es la ganancia del bloque que reduce la señal (podría ser un divisor de tensión).

Para el caso del amplificador operacional, la ganancia de lazo abierto es muy elevada (infinita en el modelo ideal). Si lo realimentamos negativamente la ganancia de lazo cerrado es:

$$A_{cl} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A}{(1 + A \cdot \beta)}$$

Como A es muy grande podemos hacer:

$$\lim_{A \rightarrow \infty} A_{cl} = \lim_{A \rightarrow \infty} \frac{A}{(1 + A \cdot \beta)} = \frac{\infty}{\infty} \quad (\text{indeterminación})$$

Resolvemos la indeterminación dividiendo numerador y denominador por A

$$\lim_{A \rightarrow \infty} A_{cl} = \lim_{A \rightarrow \infty} \frac{A/A}{(1/A + A \cdot \beta/A)} = \lim_{A \rightarrow \infty} \frac{1}{(1/A + \beta)} = \boxed{1/\beta}$$

Este resultado nos dice que al realimentar al operacional, su ganancia depende exclusivamente del bloque de realimentación (un divisor de tensión por ejemplo) y no de su ganancia propia. Las expresiones para el cálculo de amplificadores con Aops son sencillas y con pocos componentes externos se puede configurar el amplificador que se necesite.