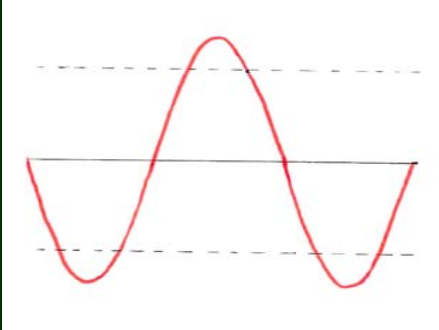


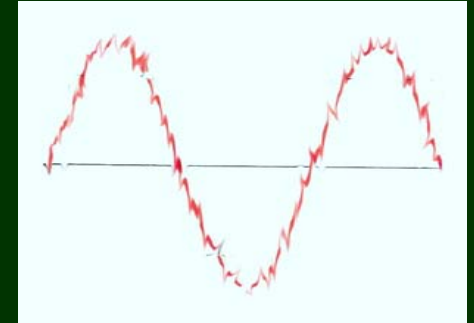
# Ruido

ING. ISMAEL R B



Definición:

**RUIDO:**



Cualquier energía eléctrica no deseada, presente en el pasa banda útil del circuito.

◆ **NO CORRELACIONADO:**

Existe sin importar que haya una señal presente

◆ **CORRELACIONADO:**

Es un resultado directo de la aplicación de una señal:

# NO CORRELACIONADO

- **EXTERNO** Generado fuera del circuito bajo prueba
  - • ATMOSFÉRICO
  - • SOLAR
  - • CÓSMICO
  - • HECHO POR EL HOMBRE
- **INTERNO** Generado dentro del material o dispositivo
  - • TERMICO
  - • DE DISPARO
  - • DE TIEMPO DE TRANSITO
  - • EXCESIVO
  - • DE RESISTENCIA
  - • DE PRECIPITACION

# Ruido correlacionado

A).- Distorsión Armónica

B).- Intermodulación

# NO CORRELACIONADO

# Externo:

## ***Ruido atmosférico:***

energía eléctrica que se origina naturalmente en la atmósfera, electricidad estática, impulsos que despliegan un amplio rango de frecuencias hasta aproximadamente 30 Mhz.

## ***Ruido solar:***

Generado directamente de las emisiones solares y perturbaciones ocasionadas por sus manchas.

## ***Ruido Cósmico:***

Procedente de otras galaxias, soles y cuerpos celestes, llamado también ruido negro toma gran importancia en frecuencias entre 8 Mhz y 1.5 Ghz. Aunque las frecuencias menores de 20 Mhz difícilmente penetran en la atmósfera terrestre.

## ***Hecho por el Hombre:***

Generado por mecanismos que producen chispas, conmutadores, reles, motores eléctricos, ignición de automóviles y equipos industriales.

# RUIDO

## NO CORRELACIONADO

# INTERNO

**Ruido térmico;** Término asociado con el movimiento browniano de electrones dentro de un conductor, movimiento continuo y aleatorio, siendo la velocidad media cuadrática proporcional a la temperatura absoluta del material.

La potencia de ruido térmico generado por una fuente para un ancho de banda de  $\Delta f$  hertz será la **DENSIDAD DE POTENCIA DE RUIDO**

$$N_o = K T$$

**Donde:**  $N_o$  = densidad de potencia de ruido en Watts por Hertz

$K$  = constante de Boltzman ( $1.38 \times 10^{-23}$  J/K)

$T$  = temperatura absoluta en Kelvin,

Temperatura ambiente =  $17^{\circ}\text{C}$  =  $290^{\circ}\text{K}$  ó  $0^{\circ}\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$

# Densidad de potencia de ruido:

Por lo tanto a la temperatura ambiente , con un ancho de banda de 1 hz., la densidad de potencia de ruido disponible es de :

$$N_o = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} \times 290^{\circ} \text{K} = 4 \times 10^{-21}$$

WATTS/HERTZ

$$O \text{ en dBm} = N_{dBm} = 10 \log( KT/0.001)$$

$$N_{dBm} = 10 \log(4 \times 10^{-21}) = -174 \text{ dBm}$$

La potencia total de ruido es igual al producto del ancho de banda por la densidad de potencia de ruido:

$$N = KTB$$

Donde  $B =$  ANCHO DE BANDA EN HERTZ

O EXPRESADA EN dbms

$$N_{dBm} = 10 \log( KTB/0.001)$$



## En resumen:

El ruido térmico es **ALEATORIO**, esta presente en todos los dispositivos y es el más significativo de todas las fuentes de ruido.

Esta **IGUALMENTE DISTRIBUIDO** en el espectro de frecuencia (ruido Blanco).

La potencia de ruido es idéntica para cualquier frecuencia.

# Otros tipos de ruido interno

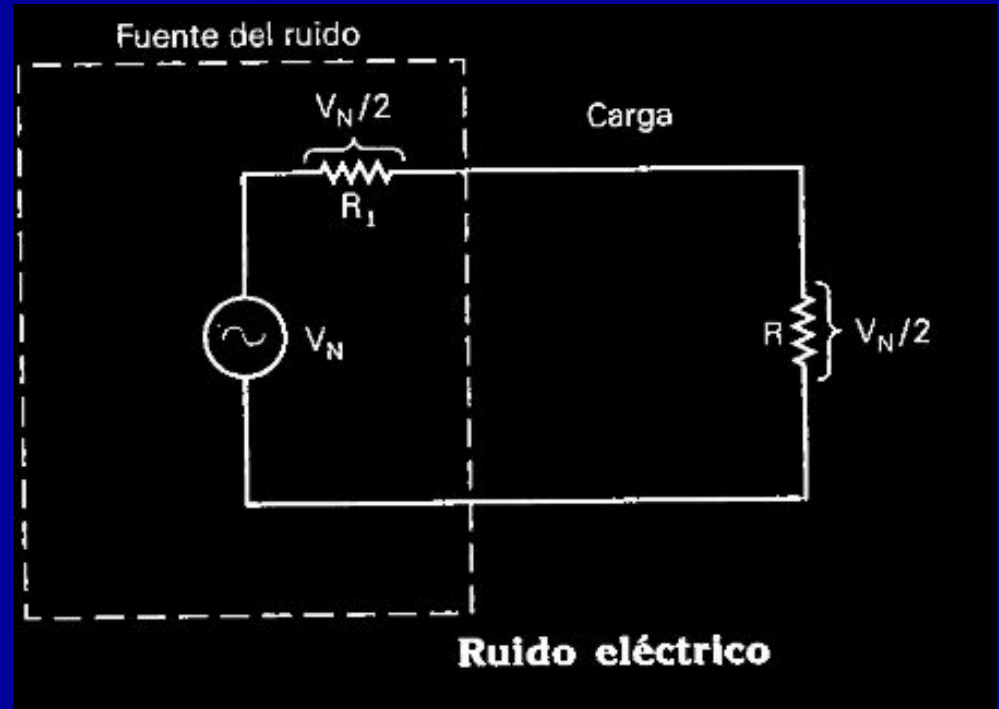
- **RUIDO DE DISPARO:** *Llamado también ruido de transistor, causado por la llegada aleatoria de portadores a la terminal de salida (si se amplificara se escucha como bolitas de metal chocando contra una lamina de estaño)*
- **DE TIEMPO DE TRANSITO;** *Modificación de la corriente portadora al pasar de la entrada a la salida de un dispositivo, siendo más apreciable cuanto más tiempo le toma a la señal propagarse a través de esta zona.*
- **EXCESIVO;** *Ruido de baja frecuencia, directamente proporcional a la corriente de emisor y a la temperatura de unión e inversamente proporcional a frecuencia, insignificante para frecuencias superiores a 1 Khz.*
- **DE RESISTENCIA;** *Asociado a la resistencia interna de la base, emisor y colector, es constante desde 500 hz. hacia arriba*
- **DE PRECIPITACIÓN;** *Ruido estático causado por el desplazamiento de un avión a través de nieve o lluvia, dando lugar a un a descarga de corona, muy molesta para ondas corta y menores.*

# Voltaje de ruido

- En la figura se muestra un circuito equivalente para una fuente de ruido eléctrico, La resistencia interna de la fuente de ruido  $R_i$  esta en serie con EL voltaje de ruido rms  $V_n$ .
- En el peor de los casos, (máxima transferencia de potencia) la resistencia de carga es igual en magnitud a la resistencia interna por lo tanto el ruido disipado por la carga será igual a  $V_n/2$  :

Caída de voltaje en  $R_1 = V_n/2$

Caída de voltaje en  $R = V_n/2$



$$N = KTB = (V_n/2)^2 / R = (V_n)^2 / 4R$$
$$(V_n)^2 = 4R(KTB)$$

$$V_n = (4RKT B)^{1/2}$$

## Ej. 1,5 Wayne Tomasi

Para un dispositivo trabajando a 17 °C con un ancho de banda de 10 KHz. determine:

a.- la densidad de potencia del ruido      b.- la potencia de ruido total

c.- El voltaje de ruido rms para una resistencia interna de 100 ohms y una resistencia de carga de 100 ohms.

$$N_o = KT = N_o = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} \times 290 \text{ }^\circ\text{K} = 4 \times 10^{-21} \text{ watts/Hertz}$$

$$N = KTB = (4 \times 10^{-21}) \times 10^4 \text{ Hz} = 4 \times 10^{-17} \text{ W/Hertz}$$

$$V_n = (4RKT B)^{1/2}$$

$$V_n = (4(100) \times 4 \times 10^{-17})^{1/2}$$

$$V_n = (0.1265) \text{ micro V}$$

*De esta manera el voltaje que se desarrolla en la resistencia es;*

$$V_n/2 = 0.06325 \text{ microVolts}$$

# RUIDO

## CORRELACIONADO:

# Distorsion Armonica

*Son los múltiplos no deseados de la onda seno de frecuencia simple, al ser amplificada en un dispositivo No-Lineal, llamándose también **DISTORSION DE AMPLITUD**.*

*Existen varios grados u órdenes de distorsión armónica, de acuerdo al numero de armónicas que estén presentes en la señal de salida.*

*Se llama **distorsión armónica total** a la relación de las amplitudes rms, combinadas de las armónicas superiores con respecto a la amplitud rms de la frecuencia fundamental, regularmente se maneja en forma de porcentaje:*

$$\% THD = [(V_{alto}) / (V_{fund})] \times 100$$

Donde **% THD** representa el porcentaje de distorsión armónica total

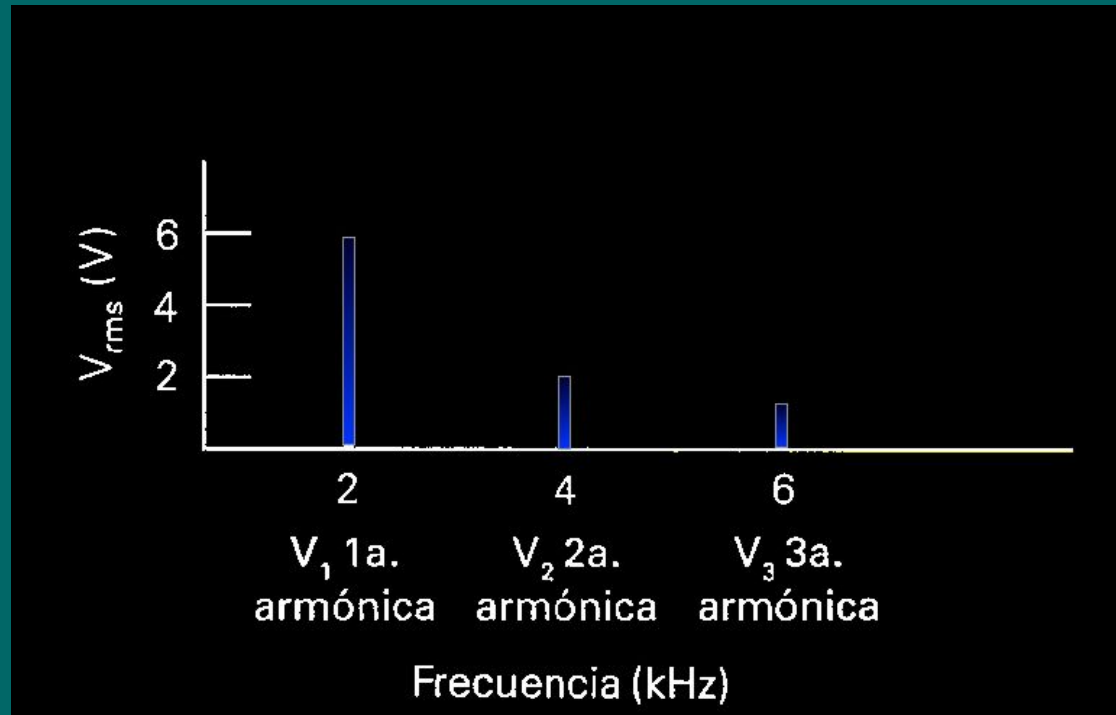
$V_{alto}$  = suma cuadrática de los voltajes medios rms de las armónicas superiores

$$= (V_2^2 + V_3^2 + V_N^2)^{1/2}$$

$V_{fund}$  = voltaje rms de la frecuencia fundamental

# Ejemplo 1,6

*Determine el porcentaje de distorsión armónica de segundo, tercer orden y total para el espectro mostrado en la figura siguiente.*



**Solución:**

$$\% \text{ de segundo orden} = V_2/V_1 \times 100 = 2/6 \times 100 = 33\%$$

$$\% \text{ de tercer orden} = V_3/V_1 \times 100 = 1/6 \times 100 = 16.7\%$$

$$\% \text{ THD} = [ ( 2^2 + 1^2 )^{1/2} / 6 ] \times 100 = 37.3\%$$

# Intermodulacion

*Frecuencias no deseadas de productos cruzados creadas al amplificar dos o más señales en un dispositivo no lineal, siendo practicamente imposible medir todos los componentes generados, (un numero n-esimo de armonicas) se utiliza un método llamado;*

**PORCENTAJE DE DISTORSION DE INTERMODULACION DE SEGUNDO ORDEN** y se utiliza la relación matemática siguiente para calcularlo:

*( V productos cruzados de 2 orden)*

$$\% \text{ IMD} = \frac{\text{V productos cruzados de 2 orden}}{\text{V original}} \times 100$$

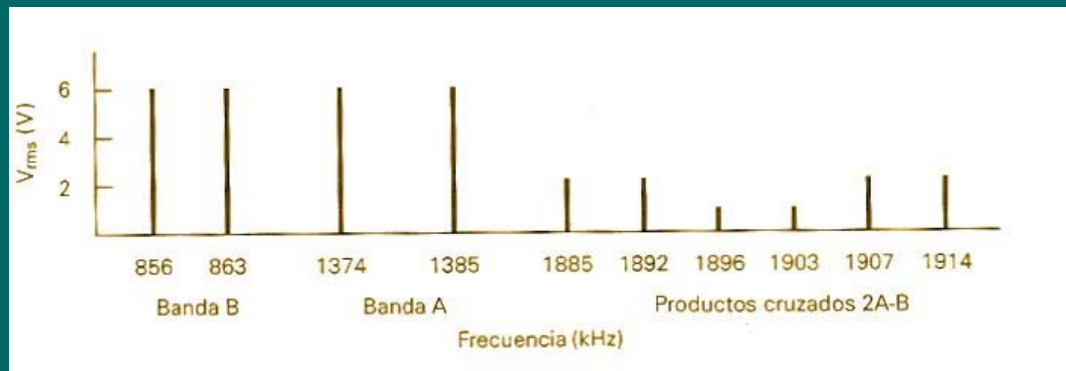
**V prod cruzados 2 orden** = suma cuadrática amplitudes rms de las frecuencias de productos cruzados de segundo orden

**V original** = suma cuadrática de la amplitud rms de las frecuencias de entrada.



# Ejemplo 1,7

Determine el porcentaje de distorsión por Intermodulación de segundo orden de la BANDA A y la BANDA B y los componentes de Intermodulación mostrados en la figura:



LAS FRECUENCIAS DE LA BANDA A SON 1374 y 1385 KILOHERTZ

LAS FRECUENCIAS DE LA BANDA B son 856 y 863 KILOHERTZ.

**Solución** Substituyendo en la ecuación 1-30

$$\begin{aligned} \% \text{ 2o. orden IMD} &= \frac{\sqrt{[2^2 + 2^2 + 2^2 + 2^2 + 1^2 + 1^2]}}{\sqrt{[6^2 + 6^2 + 6^2 + 6^2]}} \times 100 \\ &= 35.5\% \end{aligned}$$

# Relacion señal ruido

**Relación matemática sencilla del nivel de la señal con respecto al nivel del ruido en un punto dado del circuito, el amplificador o el sistema.**

La relación señal a ruido se podrá expresar como una relación de voltajes o como una relación de potencias.

$$\frac{S}{N} = \left[ \frac{\text{voltaje de la señal}}{\text{voltaje del ruido}} \right]^2 = \left( \frac{V_s}{V_n} \right)^2 \quad \text{como una relación de voltaje}$$

$$\frac{S}{N} = \left[ \frac{\text{potencia de la señal}}{\text{potencia del ruido}} \right] = \frac{P_s}{P_n} \quad \text{como un relación de potencia}$$

$$\text{Para las relaciones de voltaje,} \quad \frac{S}{N} \text{ (dB)} = 20 \log \frac{V_s}{V_n}$$

$$\text{Para las relaciones de potencia,} \quad \frac{S}{N} \text{ (dB)} = 10 \log \frac{P_s}{P_n}$$

**La relación ideal es aquella que nos permita el mayor valor numérico posible ya que esto permitirá que la señal sea muy grande y el ruido sea muy pequeño comparado con aquella.**

**Valor ideal de relación S/N en potencia = 30dB**

# Factor e índice de ruido

El factor de ruido  $F$  y el índice de ruido  $NF$  son índices que muestran la degradación en la relación señal a ruido conforme la señal se propaga a través de un amplificador sencillo o de una serie de amplificadores o un sistema de comunicación, siendo el factor de ruido:

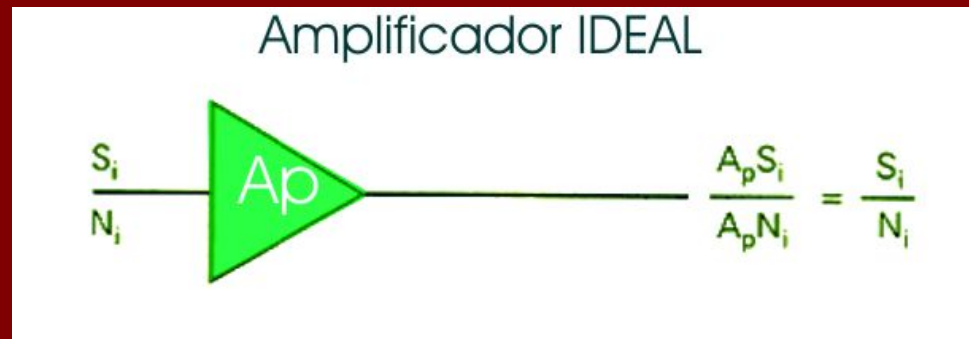
$$F = \frac{\text{relación señal-a-ruido de entrada}}{\text{relación señal-a-ruido de salida}}$$

Mientras que el índice de ruido será:

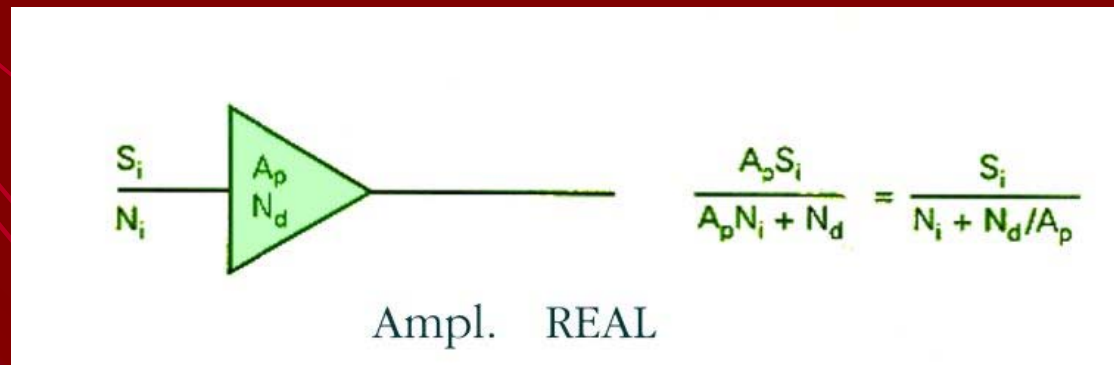
$$\begin{aligned} NF(\text{dB}) &= 10 \log \frac{\text{relación señal-a-ruido de entrada}}{\text{relación señal-a-ruido de salida}} \\ &= 10 \log F \end{aligned}$$

# Amplificador ideal

Un amplificador Ideal amplificara igualmente las señales y el ruido presentes a la entrada, por tanto la relación señal-ruido será exactamente la misma a la salida que a la entrada:



Mientras que un amplificador real aportara una cierta cantidad de su propio ruido interno degenerando así la relación señal-ruido que existe a su entrada, de manera que su contribución estará dada por:



# Ejercicio 1,8

Para el amplificador mostrado en la figura



Ampl. REAL

voltaje de la señal de entrada =  $0.1 \times 10^{-3} \text{ V}$

potencia de la señal de entrada =  $2 \times 10^{-10} \text{ W}$

voltaje de ruido de entrada =  $0.01 \times 10^{-6} \text{ V}$

potencia de ruido de entrada =  $2 \times 10^{-18} \text{ W}$

ganancia en voltaje = 1000

ganancia en potencia = 1,000,000

amplificador de voltaje de ruido interno =  $1 \times 10^{-5} \text{ V}$

amplificador de potencia de ruido interno =  $6 \times 10^{-12} \text{ W}$

# Ejercicio 1,8...

## DETERMINAR :

- RELACION SEÑAL RUIDO DE ENTRADA PARA VOLTAJE Y POTENCIA
- RELACION SEÑAL RUIDO DE SALIDA PARA VOLTAJE Y POTENCIA
- FACTOR E INDICE DE RUIDO

A la entrada tendremos:

$$\frac{P_s}{P_n} = \frac{2 \times 10^{-10} \text{ W}}{2 \times 10^{-18} \text{ W}} = 100,000,000$$

Sustituyendo en la ecuación 1-34 nos da

$$\frac{P_s}{P_n} \text{ (dB)} = 10 \log 100,000,000 = 80 \text{ dB}$$

(b) Para los voltajes calculados de la señal de salida y de ruido, y sustituyendo en la ecuación 1-31, obtenemos

$$\text{salida } \frac{V_s}{V_n} = \frac{(1000)(0.1 \text{ mV})}{(1000)(0.01 \mu\text{V}) + 10 \mu\text{V}} = 5000$$

Sustituyendo en la ecuación 1-33, produce

$$\text{salida } \frac{V_s}{V_n} \text{ (dB)} = 20 \log 5000 = 74 \text{ dB}$$

## Ejercicio 1,8...

Para las potencias de la señal de salida y ruido calculados, y sustituyendo tendremos

$$\text{salida } \frac{P_s}{P_n} = \frac{(1 \times 10^6)(2 \times 10^{-10})}{(1 \times 10^6)(2 \times 10^{-18}) + 6 \times 10^{-12}} = 25 \times 10^6$$

Sustituyendo en la ecuación 1-34, nos da

$$\text{salida } \frac{P_s}{P_n} = 10 \log 25 \times 10^6 = 74 \text{ dB}$$

(c) De los resultados de las partes (a) y (b) y usando las ecuaciones 1-35, 1-36 y 1-37, obtenemos el factor de ruido de potencia:

$$F = \frac{\text{entrada } P_s / P_n}{\text{salida } P_s / P_n} = \frac{100,000,000}{25,000,000} = 4$$

Y el índice de ruido de potencia es

$$NF = 10 \log 4 = 6 \text{ dB}$$

# Para dos o más amplificadores:

Cuando dos o más amplificadores o dispositivos están en cascada, el total del factor de ruido es la acumulación de factores de ruido individuales, esto es:

$$F_T = F_1 + \frac{F_2 - 1}{A_1} + \frac{F_3 - 1}{A_1 A_2} + \frac{F_N - 1}{A_1 A_2 A_3} \dots$$

en donde  $F_T$  = factor de ruido total para  $N$  amplificadores en cascada

$F_1$  = factor de ruido, amplificador 1

$F_2$  = factor de ruido, amplificador 2

$F_3$  = factor de ruido, amplificador 3

$F_N$  = factor de ruido, amplificador  $N$

$A_1$  = ganancia en potencia, amplificador 1

$A_2$  = ganancia en potencia, amplificador 2

$A_3$  = ganancia en potencia, amplificador 3

y el índice de ruido total es simplemente

$$NF_T(\text{dB}) = 10 \log F_T$$



# Ejercicio 1,9: (wayne tomasi)

La aplicación de este concepto sera.....:

## EJEMPLO 1-9

Para las tres etapas del amplificador en cascada, cada una con índices de ruido de 3 dB y ganancias en potencia de 10 dB, determine el índice de ruido total.

**Solución** Los índices de potencia de ruido deben convertirse a factores de potencia de ruido y después sustituirlos en la ecuación 1-38 dándonos el factor de potencia de ruido total de

$$\begin{aligned}F_T &= F_1 + \frac{F_2 - 1}{A_1} + \frac{F_3 - 1}{A_1 A_2} \\ &= 2 + \frac{2 - 1}{10} + \frac{2 - 1}{10^2} \\ &= 2.11\end{aligned}$$

Por lo tanto el índice de ruido total es

$$\begin{aligned}NF_T &= 10 \log 2.11 \\ &= 3.24 \text{ dB}\end{aligned}$$

Un índice de ruido total de 3.24 dB indica que la relación  $S/N$  a la salida de  $A_3$  es 3.24 dB menos que la relación  $S/N$  de la entrada de  $A_1$ .

The end

!!!!!!! Gracias por su atención !!!!!!!