

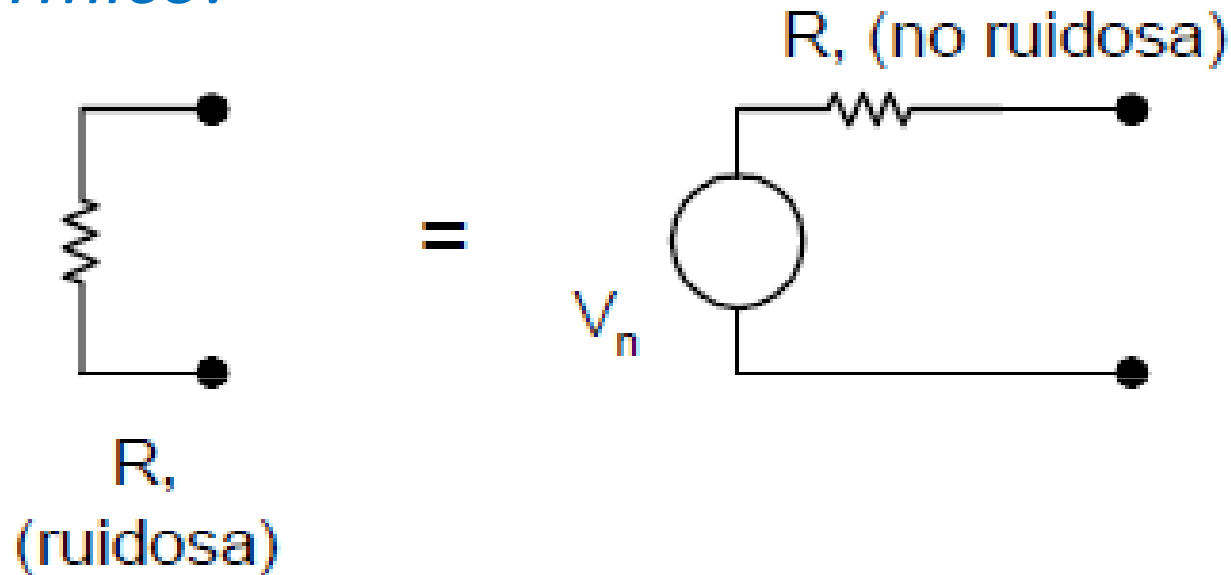
Tema 3

Transmisión de señales a través de cuadripolos lineales invariantes en el tiempo. Análisis en dominio de tiempo. Convolución. Convolución discreta. Análisis en frecuencia. Función de transferencia, amplitud y fase. Ancho de banda equivalente. Distorsión de amplitud y fase. Condiciones necesarias para transmisión sin distorsión. Retardos de fase y grupo. Efecto de alinealidades leves. Modelado de la distorsión no lineal. Análisis en tiempo y frecuencia. Puntos de intercepción de segundo y tercer orden. **Ruido térmico. Modelo de resistencia ruidosa. Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales.** Número de ruido y Temperatura equivalente de ruido. Cascada de cuadripolos. Relación señal/ruido. Rango dinámico.

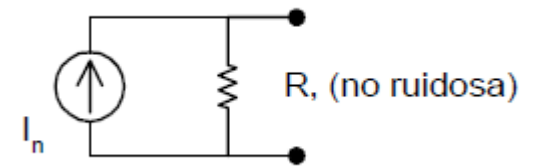
Modelo de resistencia Ruidosa

(Lathi, cap 6.2; Couch-Cuevas-Romero, cap 8.2, p.582)

Ruido Térmico:



$$V_n = \sqrt{4k.T.R.\Delta f}$$



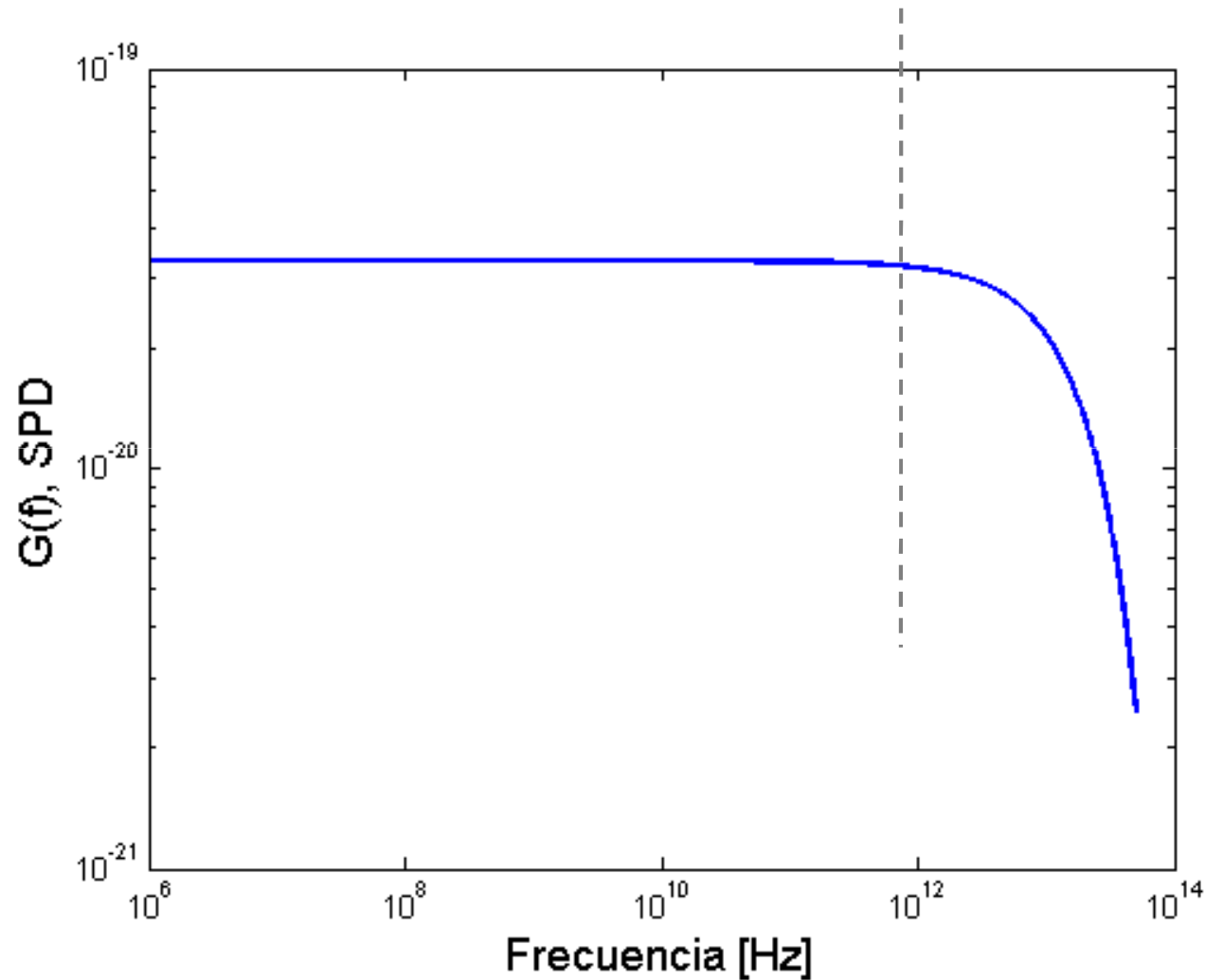
($k=1.38E-23$ [J/°K]; Constante de Boltzman)

Otras fuentes o tipos de ruido similares al térmico:

- De disparo (shot)
- De contacto
- De granalla o “popcorn”

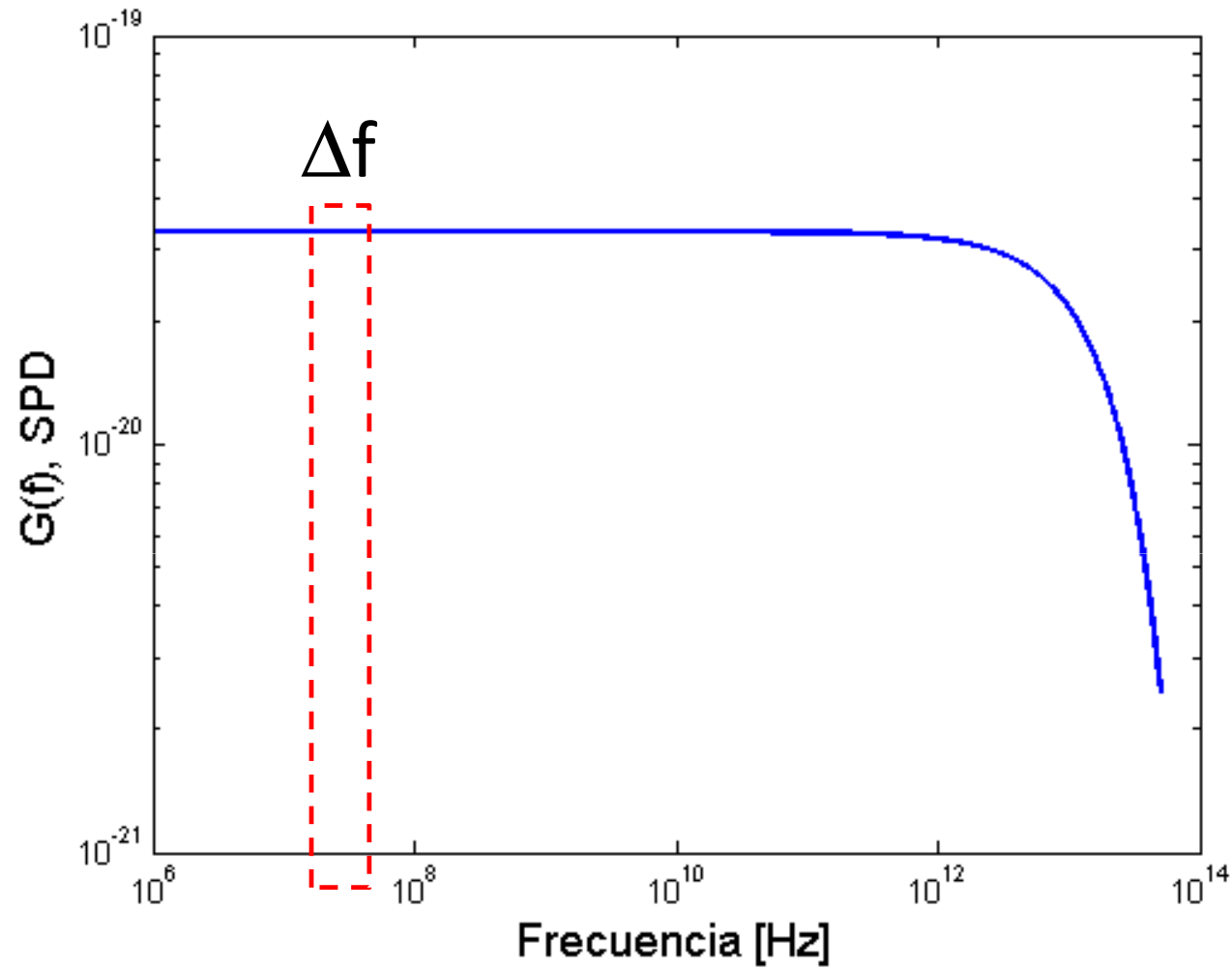
Modelo de resistencia Ruidosa

Densidad espectral de potencia (normalizada)



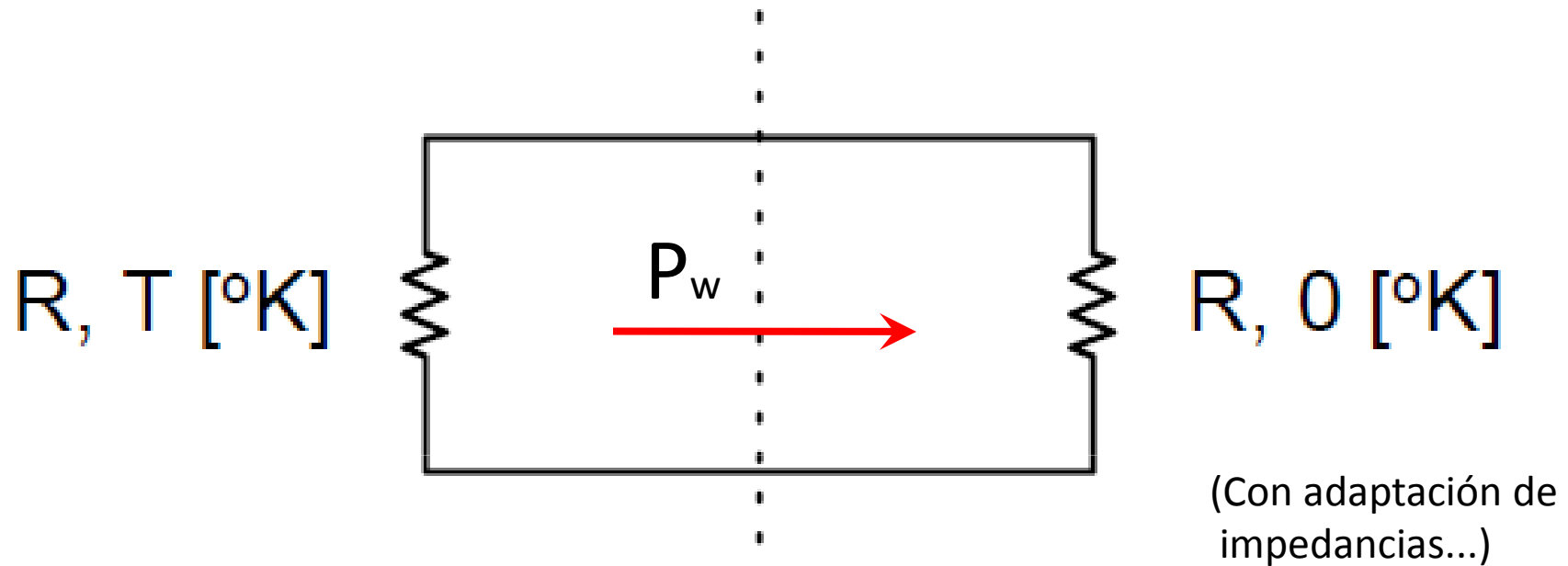
$$G_v(f) = 4RkT \text{ [V}^2\text{/Hz]}$$

Modelo de resistencia Ruidosa



$$\Delta P = 4kTR \Delta f$$

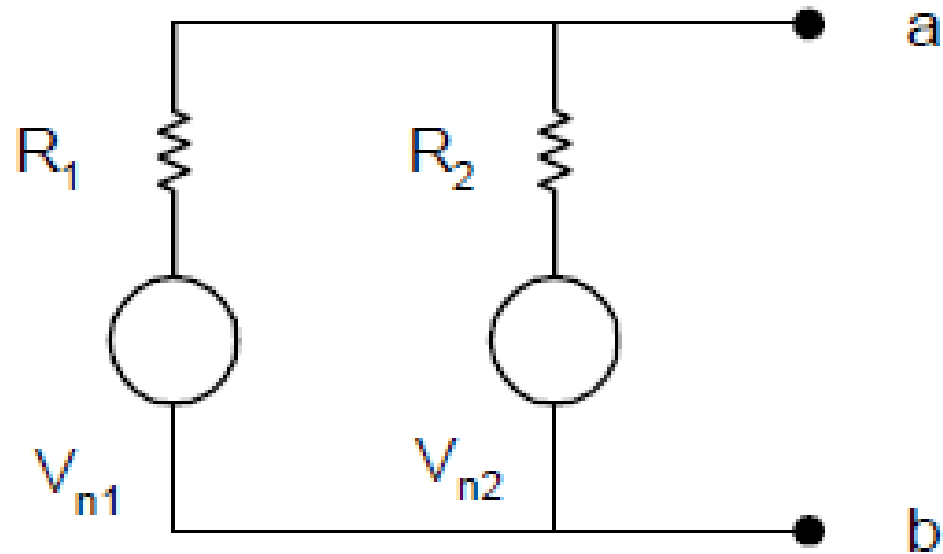
Modelo de resistencia Ruidosa



$$G_v(f) = 4Rk\mathcal{T} \text{ [v}^2\text{/Hz]}$$

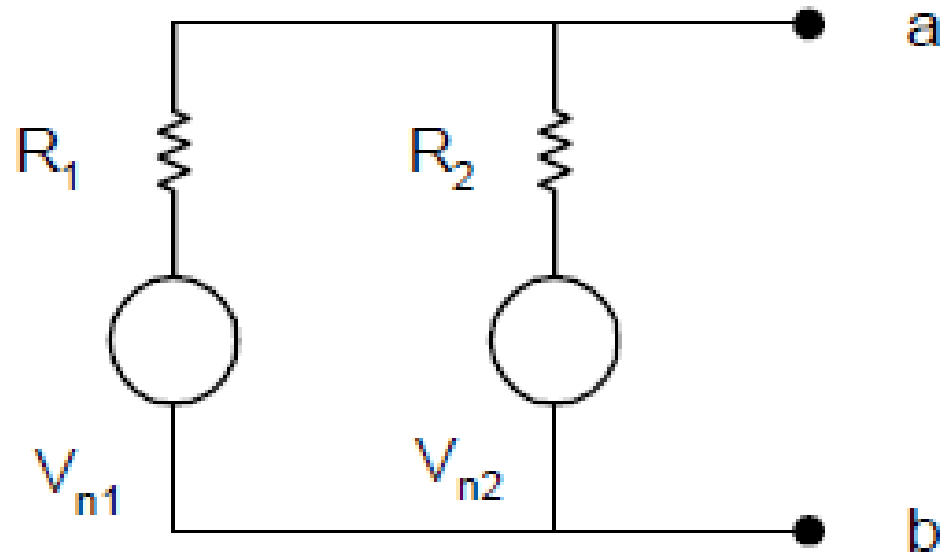
$$iP_w = kTB!$$

Modelo de resistencia Ruidosa



$$V_{ab} = \sqrt{\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{n1}\right)^2 + \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{n2}\right)^2}$$

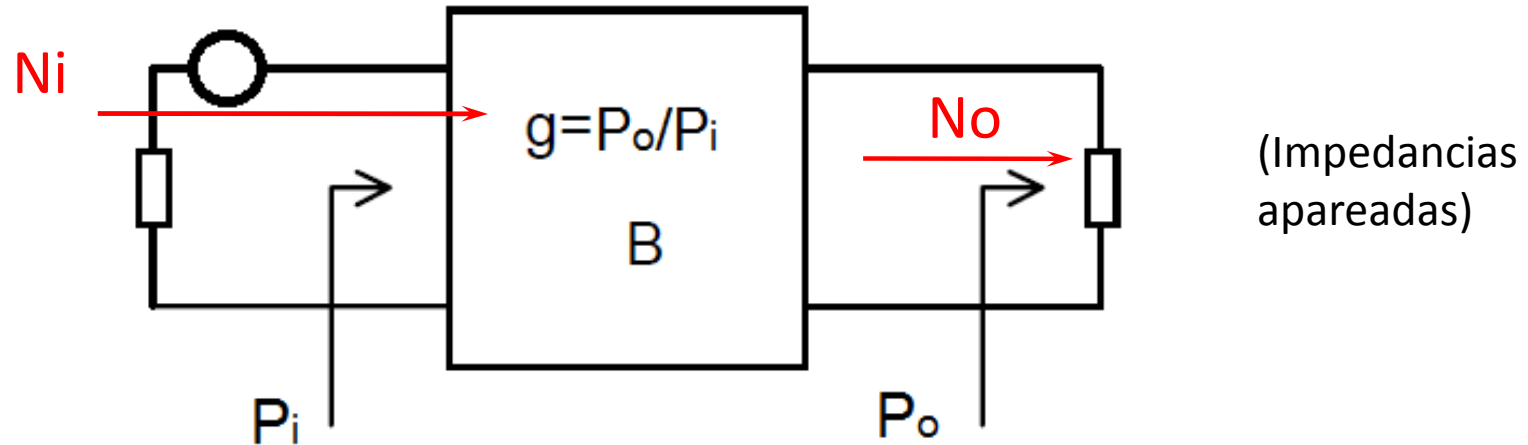
Modelo de resistencia Ruidosa



$$V_{ab} = \sqrt{\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)^2 \cdot 4kTBR_1 + \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)^2 \cdot 4kTBR_2}$$

$$V_{ab} = \sqrt{4kTB \cdot \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)} = \sqrt{4kTBR_{eq}}$$

Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales

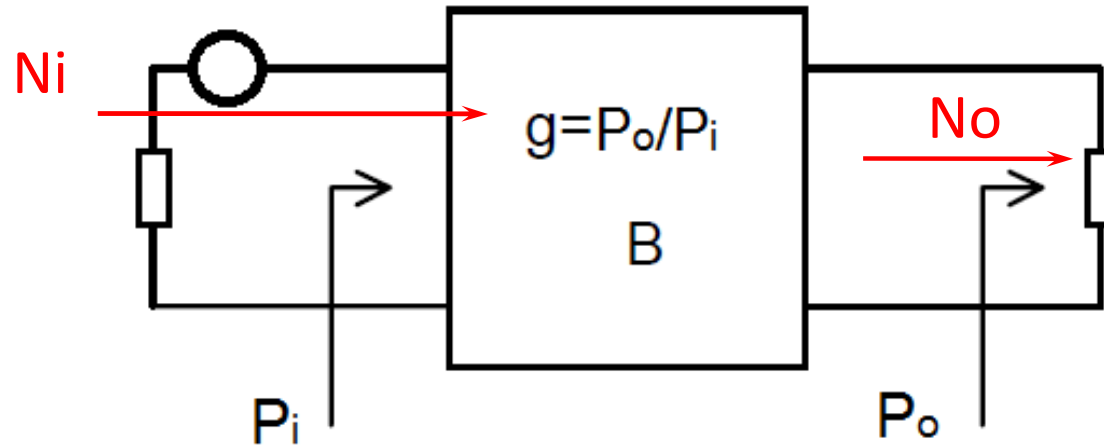


Factor de ruido:

$$NF = \frac{\text{Potencia de ruido entregada a la carga}}{\text{Ruido debido a la fuente}}$$

$$NF = \frac{N_o}{N_i \cdot g} = \frac{P_i}{N_i} \cdot \frac{N_o}{g \cdot P_i} = \frac{P_i}{N_i} \cdot \frac{N_o}{P_o} = SNR_i/SNR_o$$

Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales



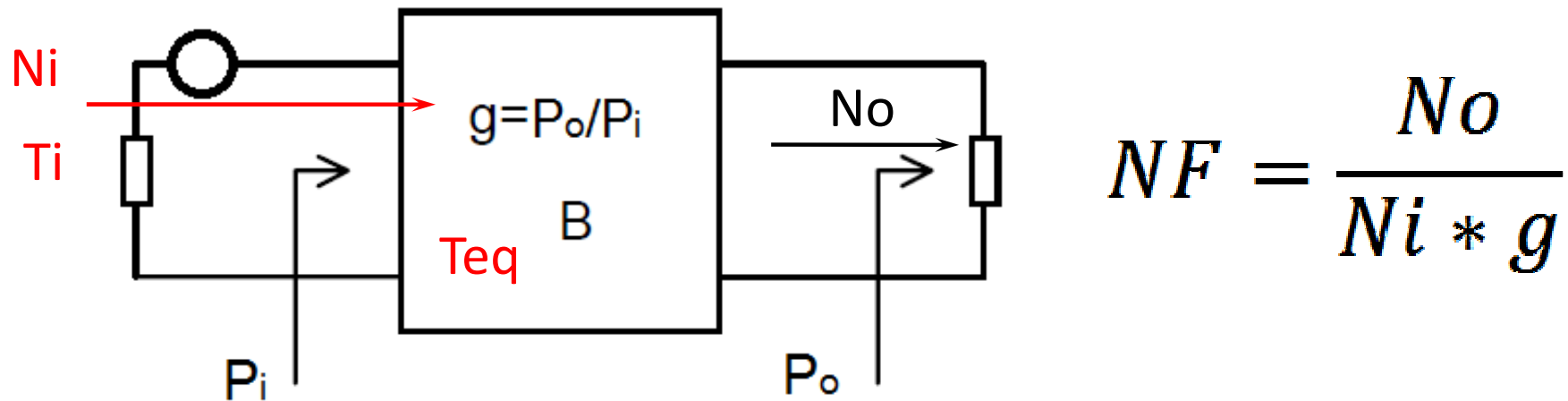
Factor de ruido:

$$NF = \frac{N_o}{N_i * g}$$

Figura de ruido:

$$F = 10 \cdot \log(NF)$$

Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales



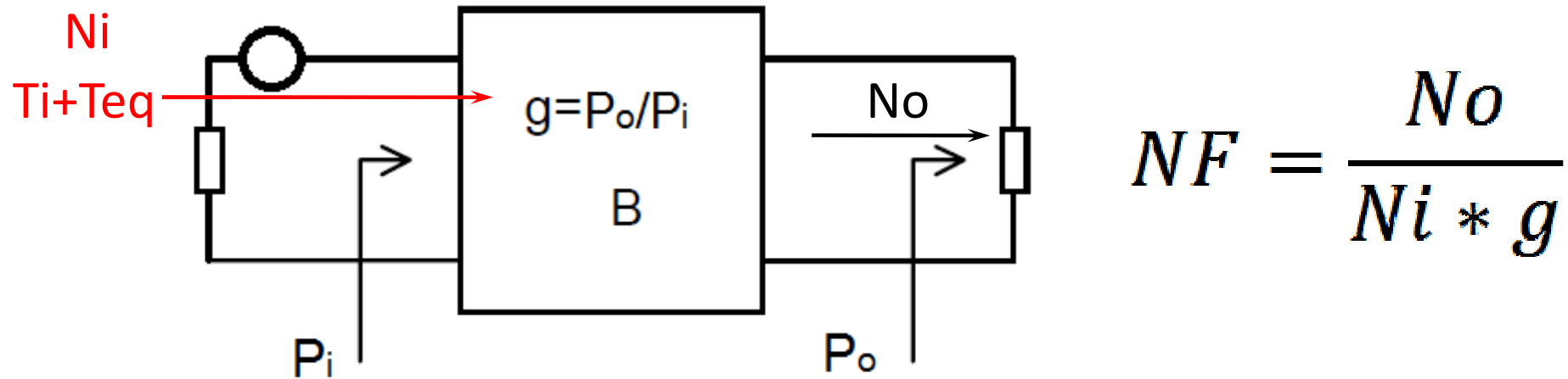
Temperaturas de ruido equivalentes:

$$N_i = T_i \cdot k \cdot B \quad \text{Temp de ruido de la señal}$$

$$N_{eq} = T_{eq} \cdot k \cdot B \quad \text{Temp. equivalente del dispositivo}$$

$$N_o = (T_i + T_{eq}) \cdot g \cdot k \cdot B$$

Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales

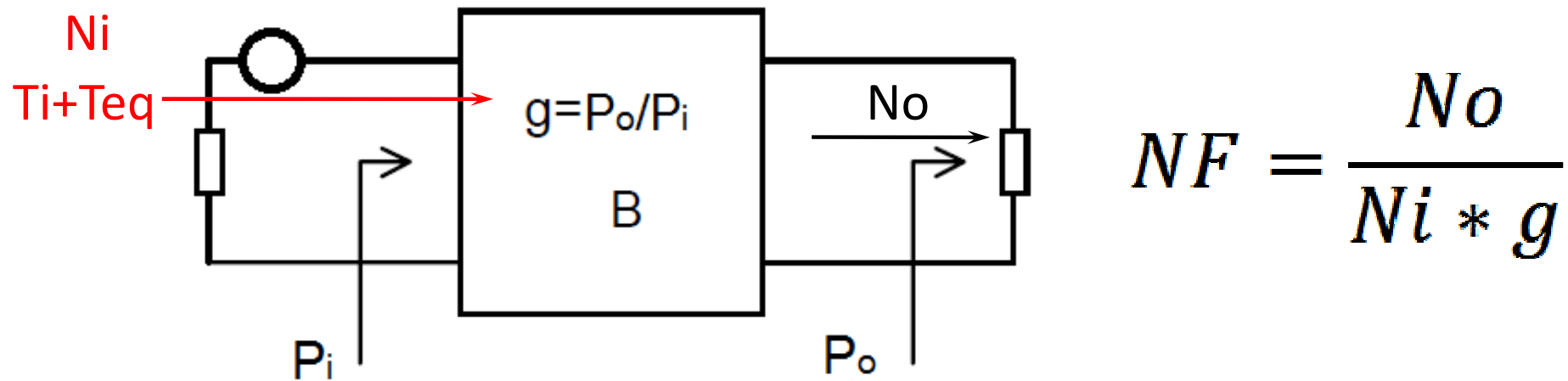


$$NF = \frac{N_o}{N_i * g}$$

$$N_o = (T_i + T_{eq}) * g * k * B$$

$$NF = \frac{T_i + T_{eq}}{T_i} = 1 + \frac{T_{eq}}{T_i}$$

Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales



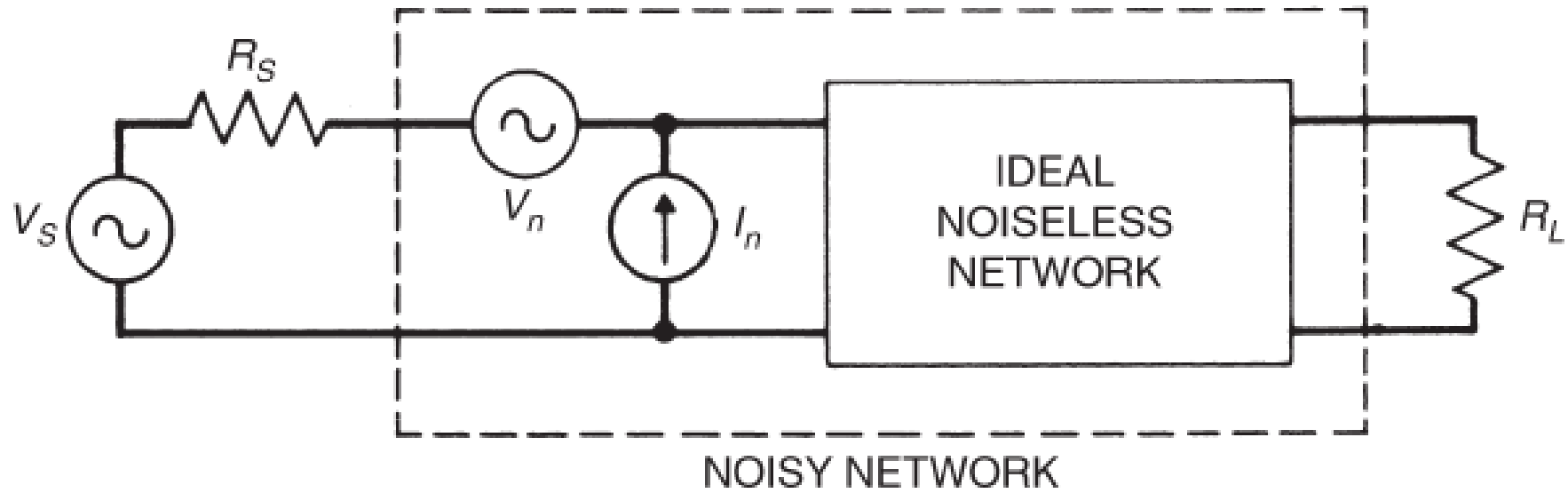
$$NF = \frac{N_o}{N_i * g}$$

$$NF = \frac{T_i + T_{eq}}{T_i} = 1 + \frac{T_{eq}}{T_i}$$

Suponiendo $T_i = 290^\circ\text{K}$, Temperatura estándar: T_0 (“T cero”),...

$$NF = 1 + \frac{T_{eq}}{T_0} \quad T_{eq} = (NF - 1) \cdot T_0$$

Modelo de fuentes de tensión y de corriente de ruido

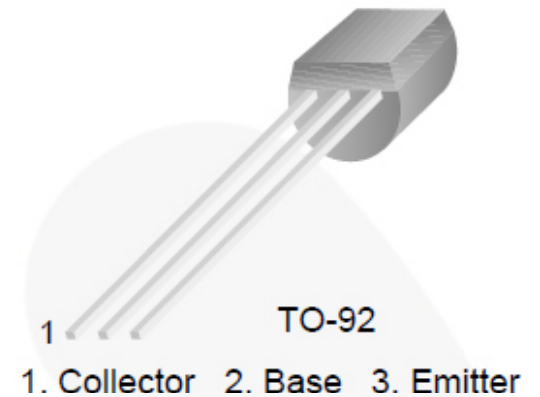


BC546 / BC547 / BC548 / BC549 / BC550

NPN Epitaxial Silicon Transistor

Features

- Switching and Amplifier
- High-Voltage: BC546, $V_{CEO} = 65\text{ V}$
- Low-Noise: BC549, BC550
- Complement to BC556, BC557, BC558, BC559, and BC560



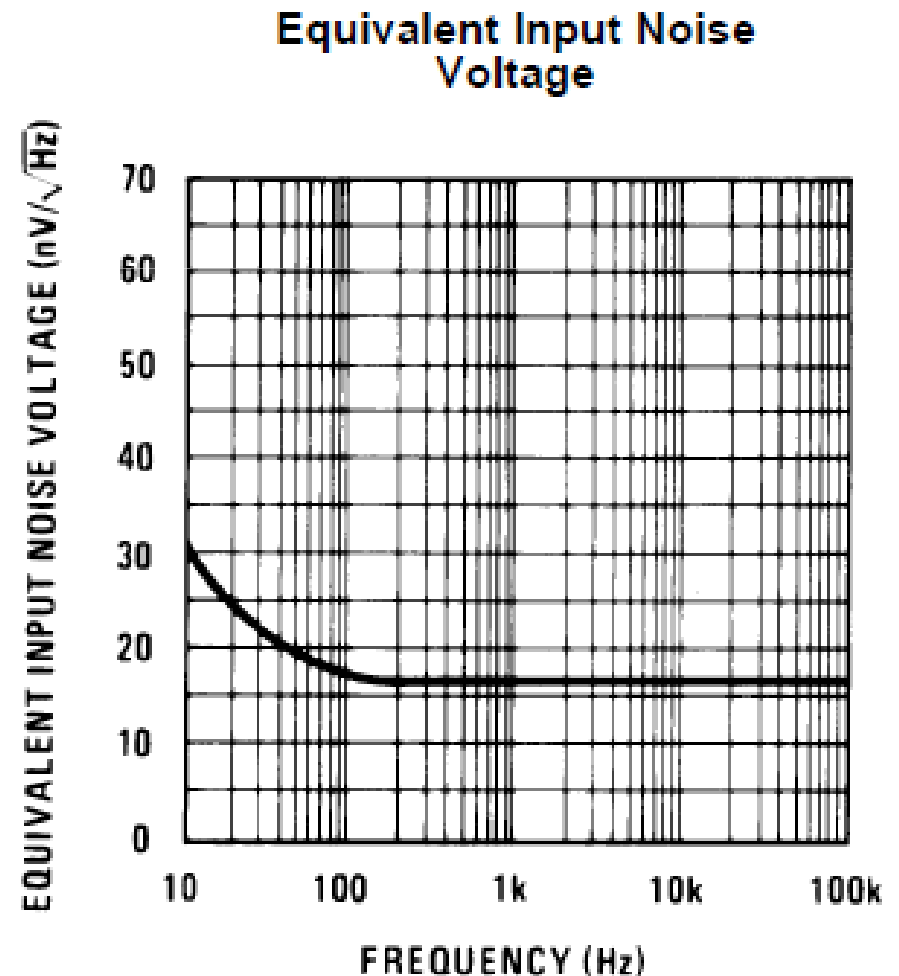
NF	Noise Figure	BC546 / BC547 / BC548	$V_{CE} = 5\text{ V}$, $I_C = 200\ \mu\text{A}$, $f = 1\text{ kHz}$, $R_G = 2\text{ k}\Omega$		2.0	10.0	dB
		BC549 / BC550			1.2	4.0	
	BC549	$V_{CE} = 5\text{ V}$, $I_C = 200\ \mu\text{A}$, $R_G = 2\text{ k}\Omega$, $f = 30\text{ to }15000\text{ MHz}$		1.4	4.0		
	BC550			1.4	3.0		

TL082 Wide Bandwidth Dual

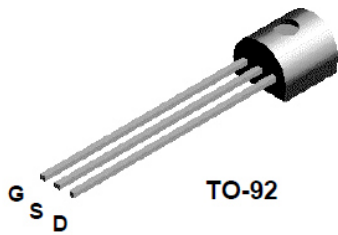
Check for S

FEATURES

- Internally Trimmed Offset Voltage: 15 mV
- Low Input Bias Current: 50 pA
- Low Input Noise Voltage: 16nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
- Low Input Noise Current: 0.01 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$



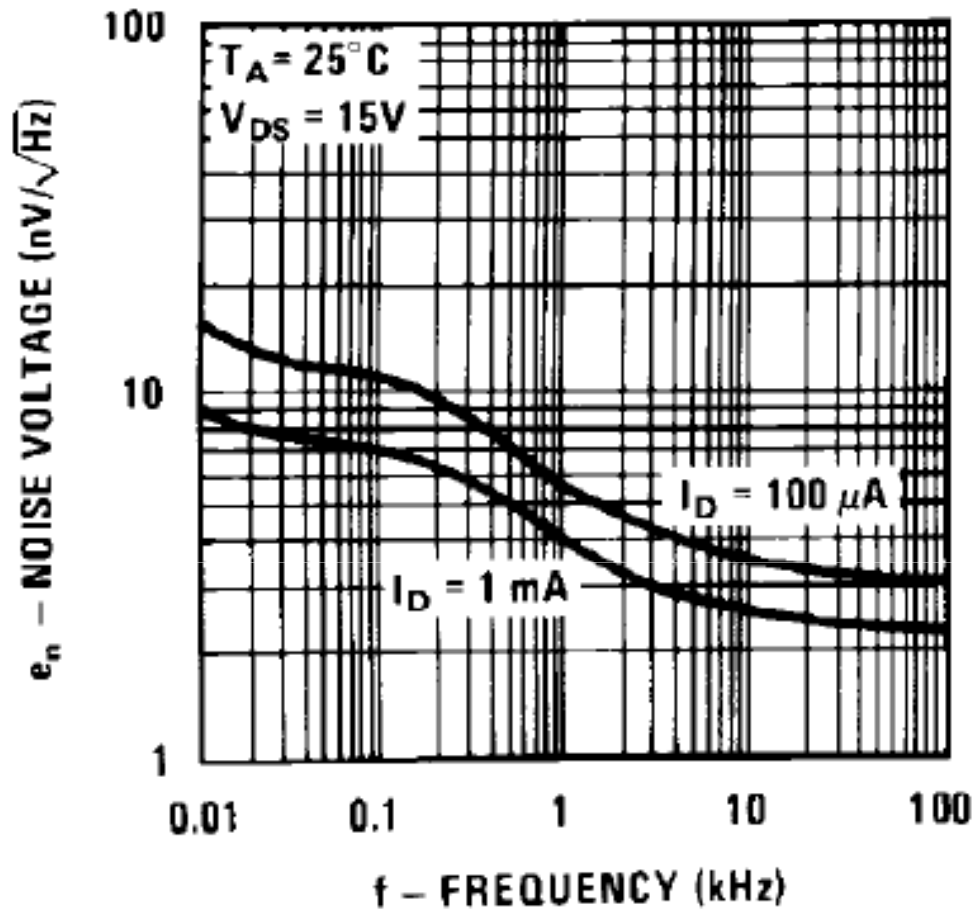
2N5457
2N5458
2N5459



TO-92

N-Channel General Purpose Amp

Noise Voltage vs. Frequency



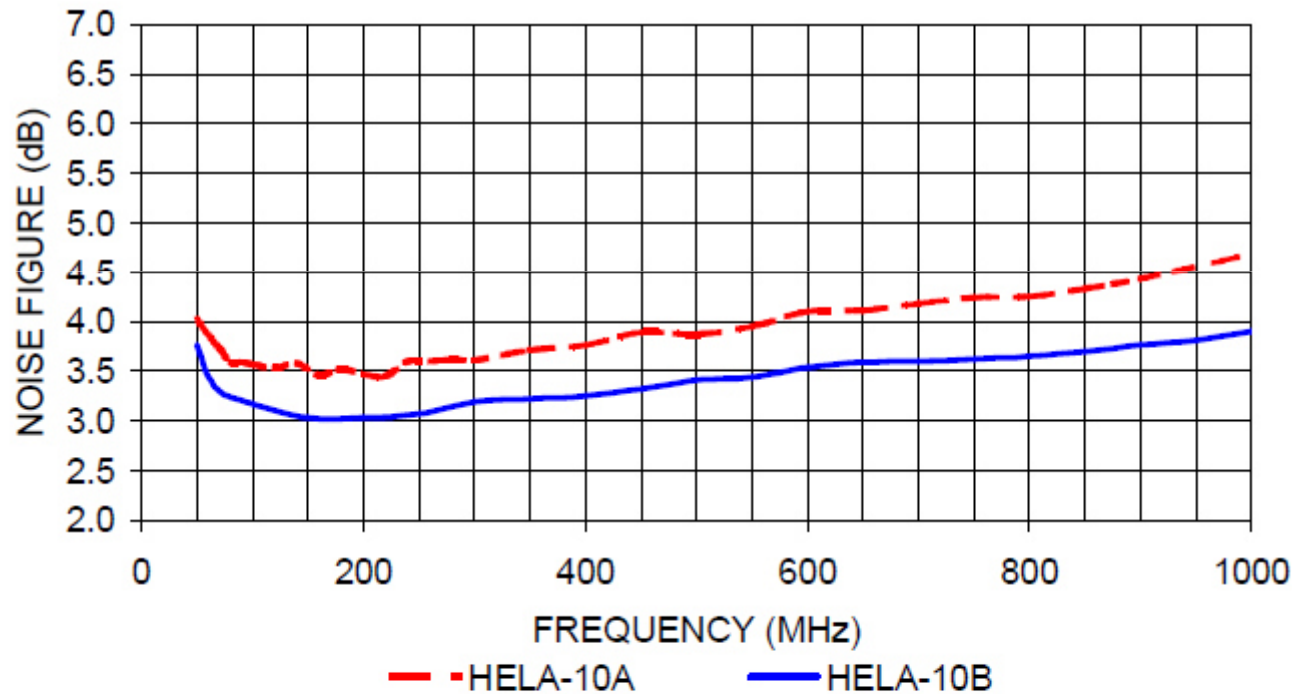
NF	Noise Figure	$V_{DS} = 15 \text{ V}$, $V_{GS} = 0$, $f = 1.0 \text{ kHz}$, $R_G = 1.0 \text{ megohm}$, $BW = 1.0 \text{ Hz}$
----	--------------	--

Surface Mount

High IP3 Monolithic Amplifier

HELA-10+

Broadband, 50&75 ohms 5 to 1000 MHz



**Figure 19 – HELA-10A and HELA-10B Noise Figure
75-ohm and 50-ohm System, respectively**