

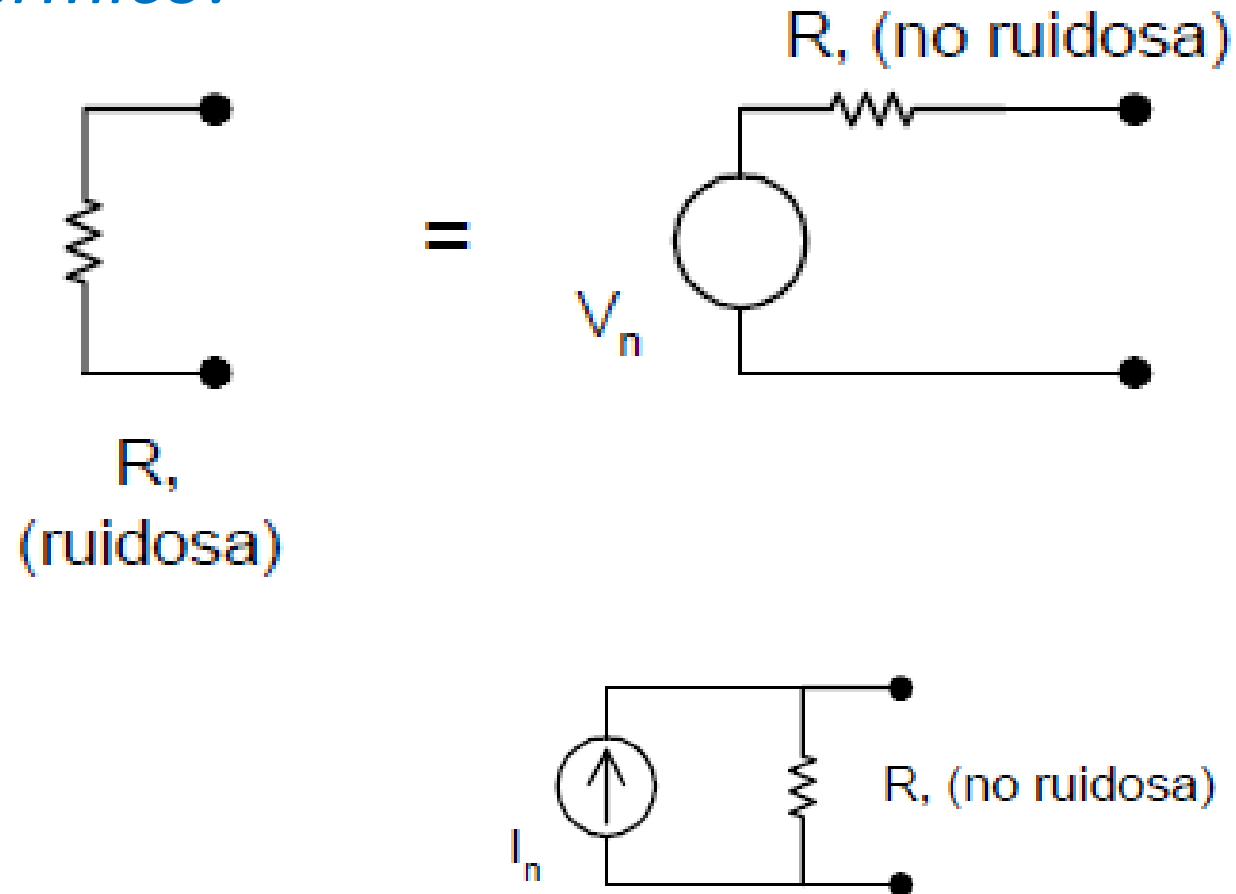
## Unidad 3

**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.

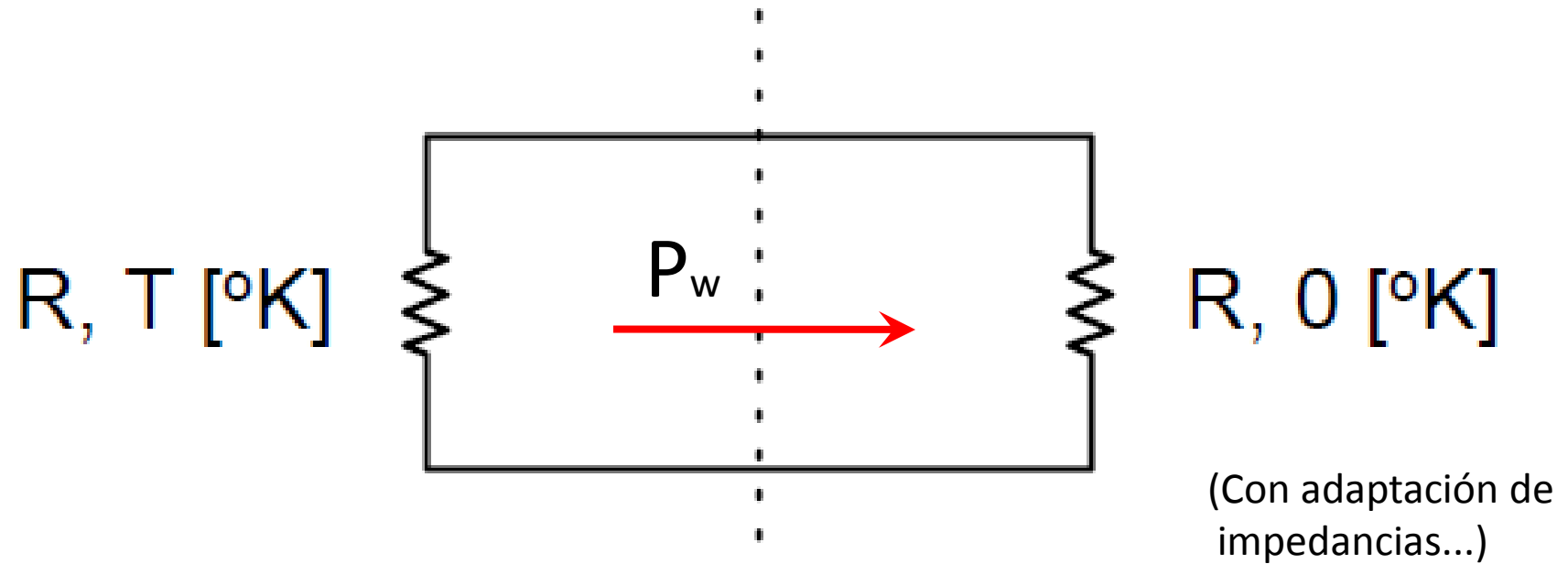
# Modelo de resistencia Ruidosa

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

## Ruido Térmico:



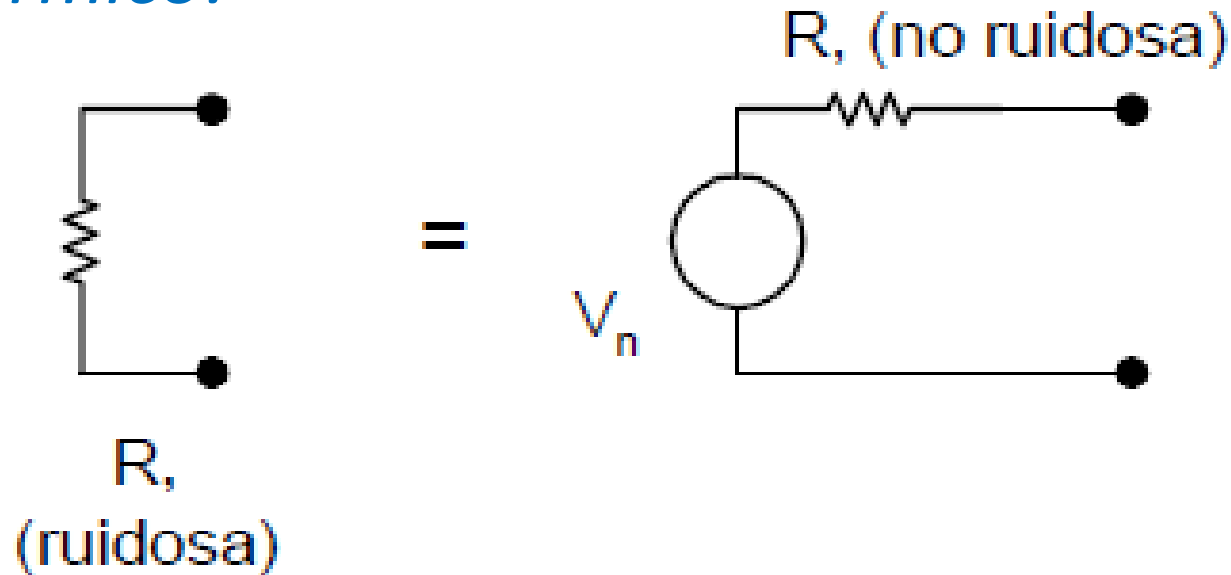
## Modelo de resistencia Ruidosa



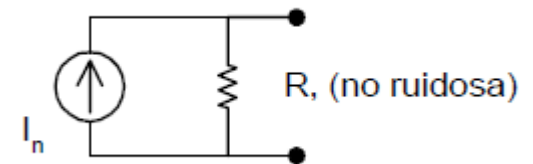
# Modelo de resistencia Ruidosa

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

## Ruido Térmico:



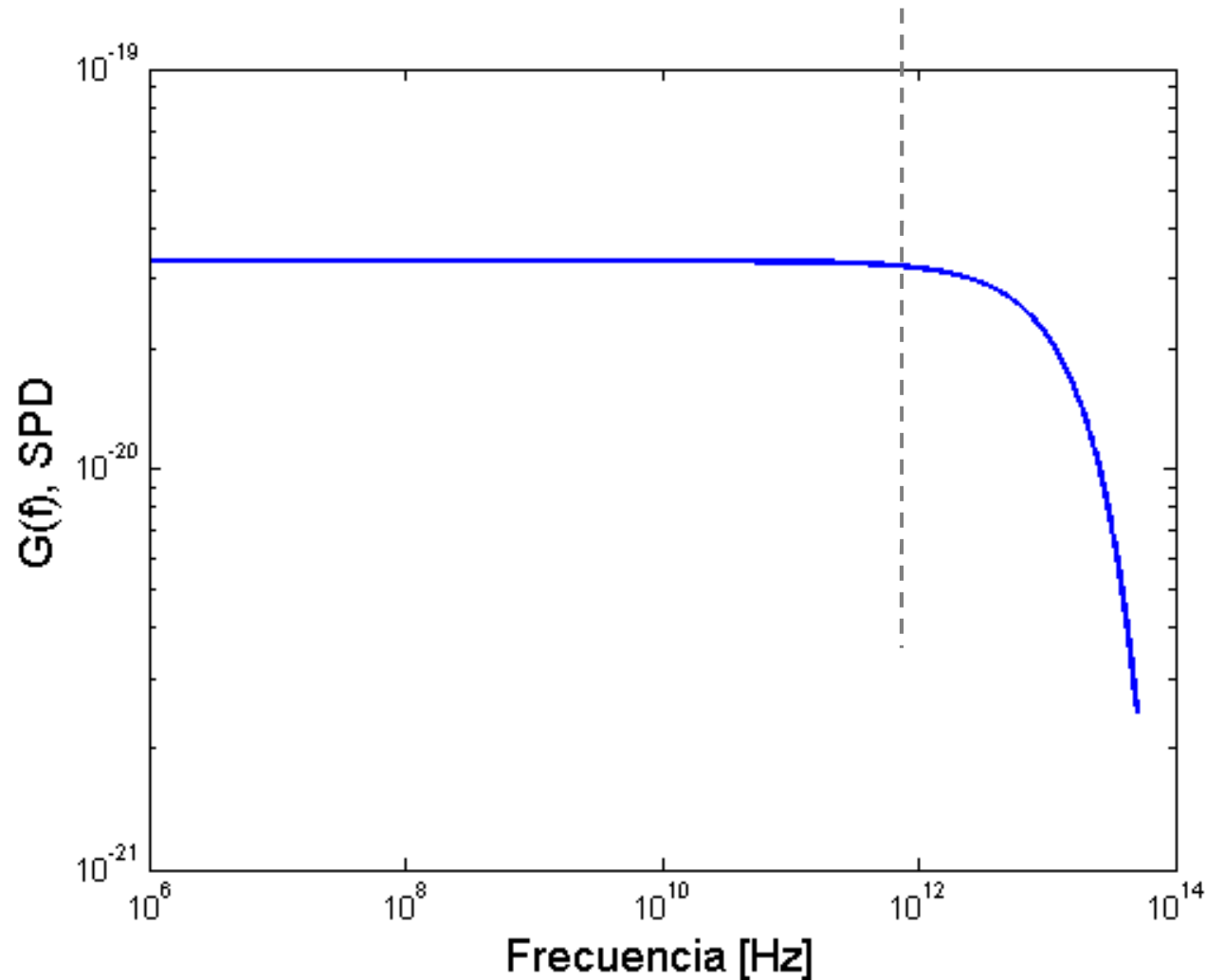
$$V_n = \sqrt{4k.T.R.\Delta f}$$



( $k=1.38E-23[J/^{\circ}K]$ ; Constante de Boltzman)

## Modelo de resistencia Ruidosa

Densidad espectral de potencia (**normalizada**)



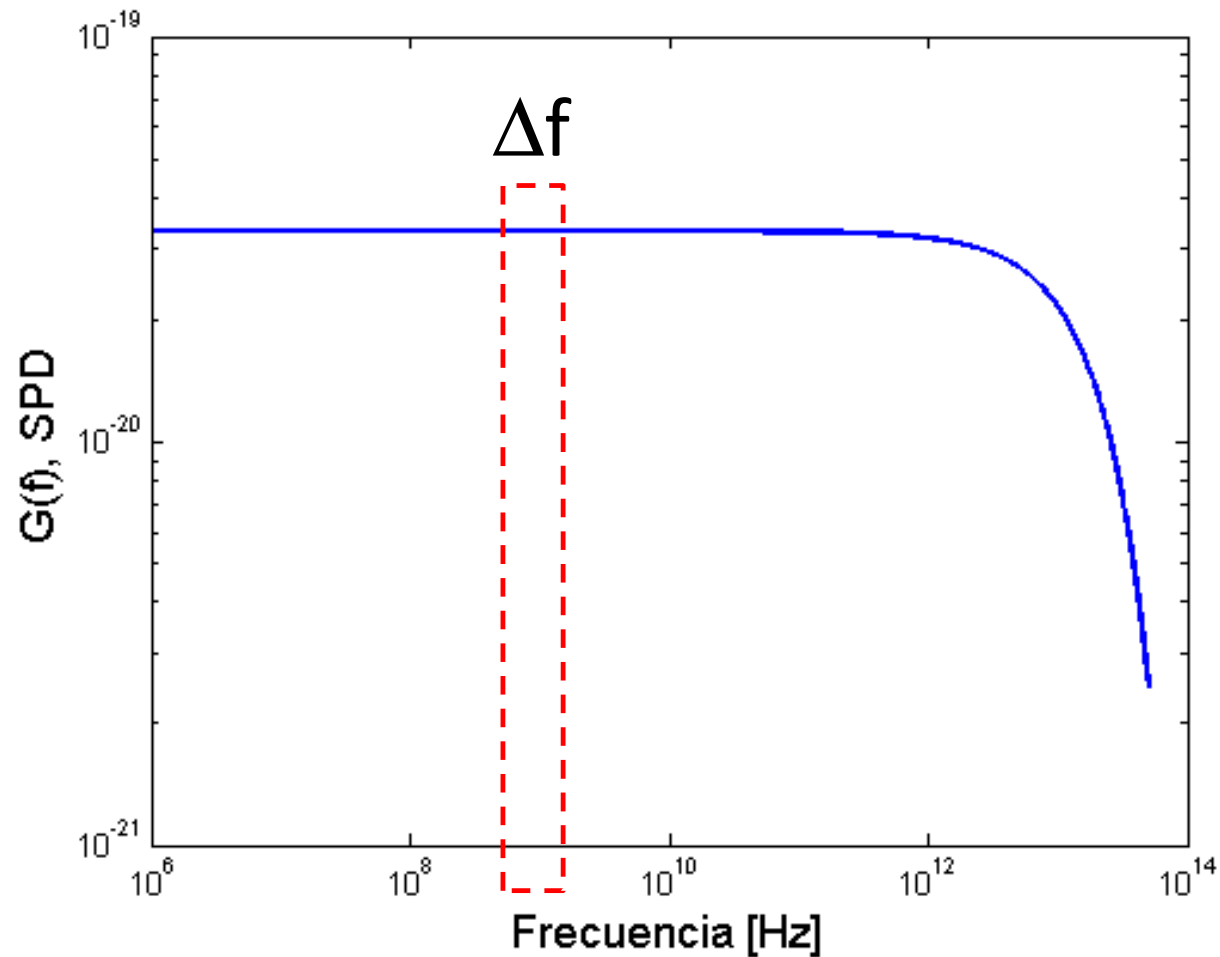
$$G_v(f) = 4Rk\mathcal{T} \text{ [v}^2\text{/Hz]}$$

Otras fuentes o tipos de ruido similares al térmico:

- \* De disparo ("shot")
- \* Burst o popcorn
- \* Flicker ó  $1/f$

## Modelo de resistencia Ruidosa

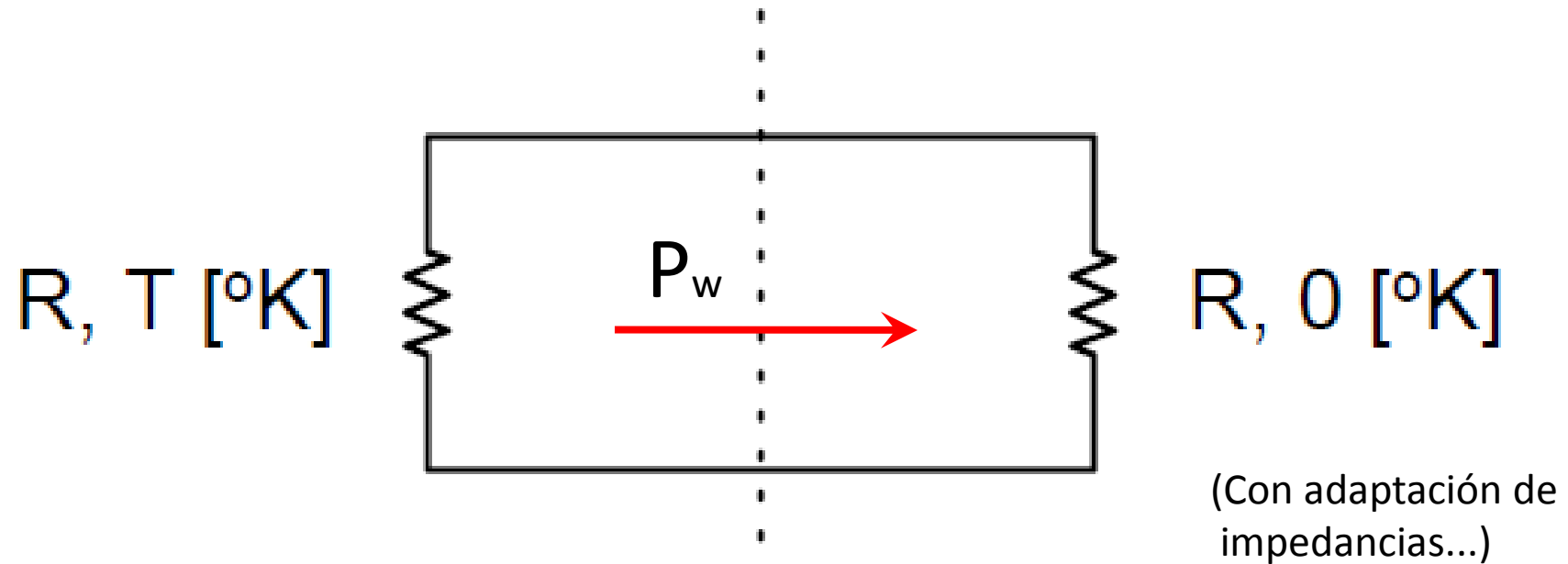
Densidad de  
potencia  
espectral  
**NORMALIZADA**



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

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

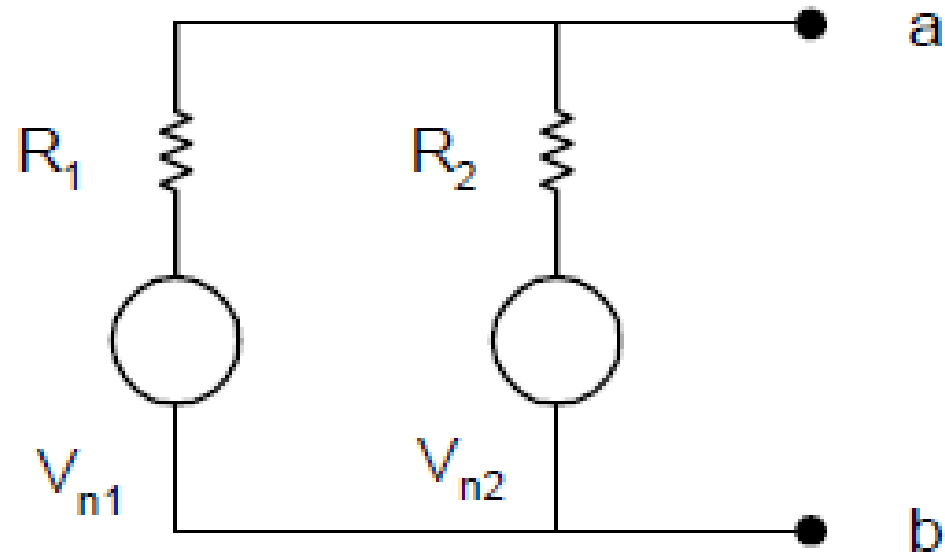
## Modelo de resistencia Ruidosa



$$\Delta P = 4kTR \Delta f \quad G_v(f) = 4RkT [v^2/\text{Hz}]$$

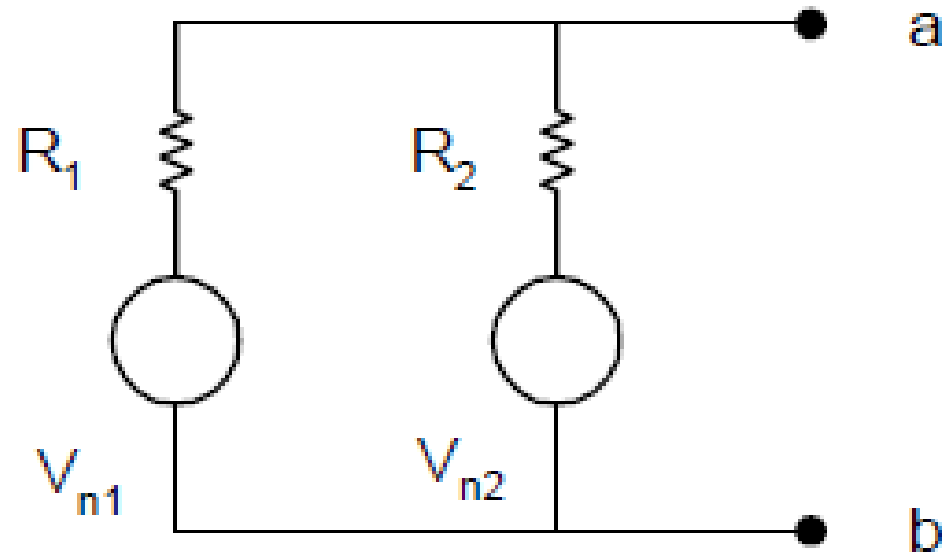
$$P = kTB!$$

## Modelo de resistencia Ruidosa



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

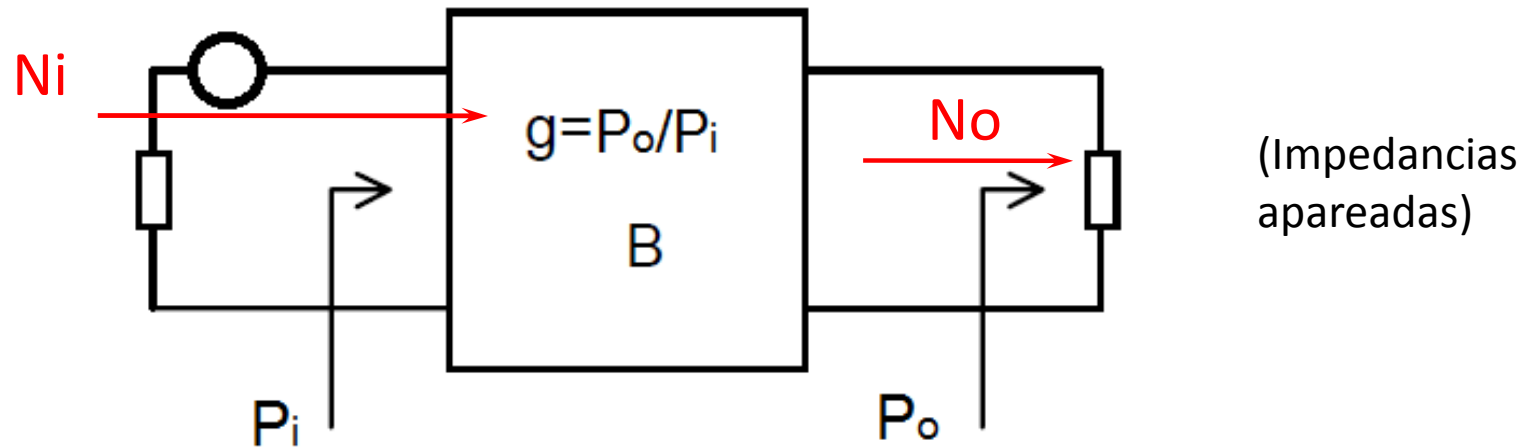
## Modelo de resistencia Ruidosa



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

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

# Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales

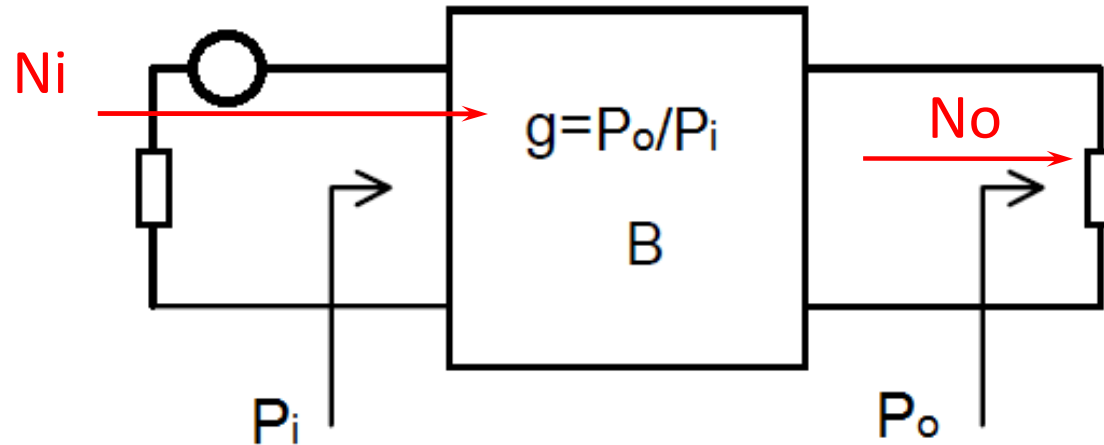


## 1. Factor de ruido:

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

$$NF = \frac{No}{Ni \cdot g} = \frac{Pi}{Ni} \cdot \frac{No}{g \cdot Pi} = \frac{Pi}{Ni} \cdot \frac{No}{Po} = SNRi/SNRo$$

# Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales



## 1. Factor de ruido:

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

Figura de ruido:

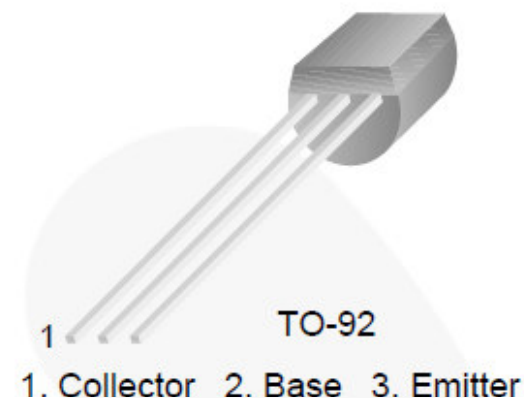
$$F = 10 \cdot \log (NF)$$

# 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



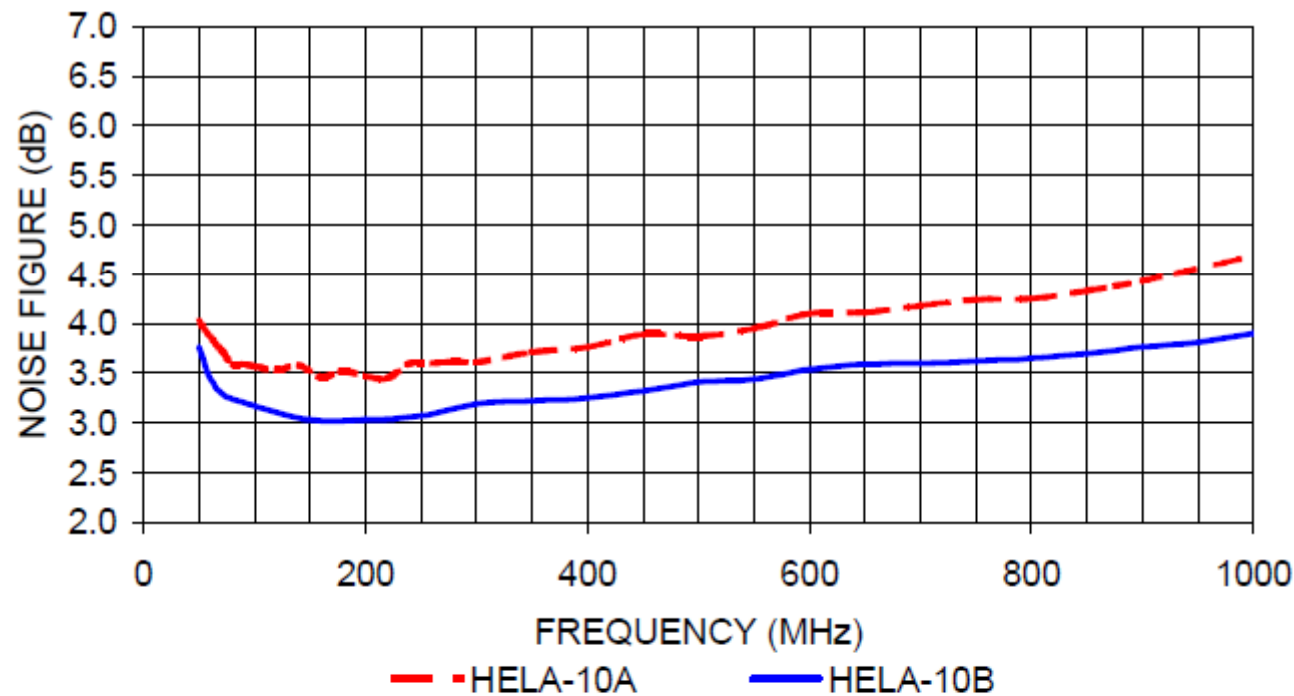
|    |              |                       |                                                                                                                          |  |     |      |    |
|----|--------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---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

Surface Mount

# High IP3 Monolithic Amplifier

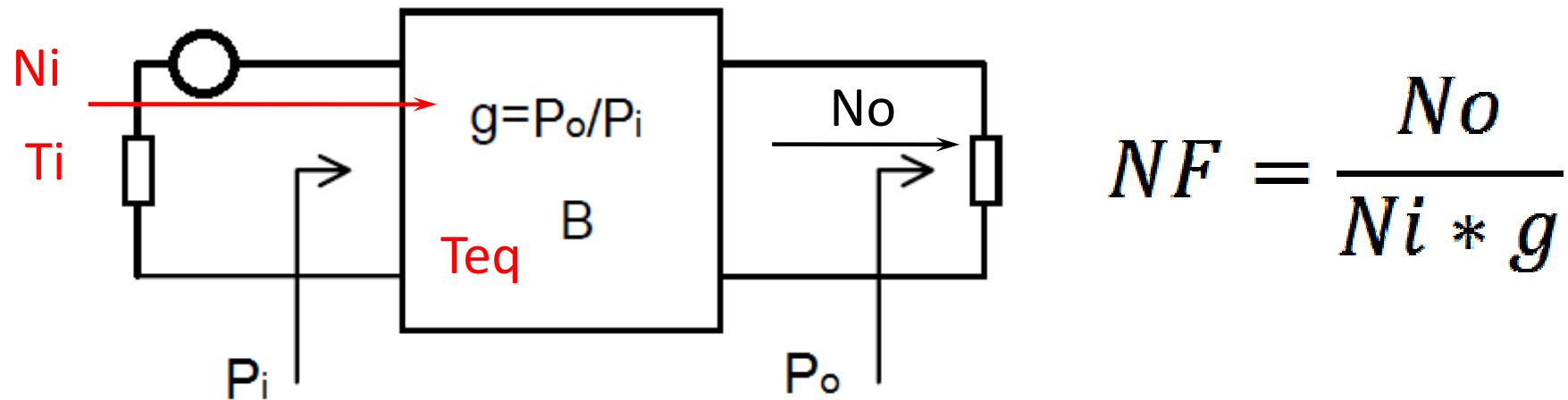
HELA-10+

Broadband, 50&75 ohms 5 to 1000 MHz



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

## Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales



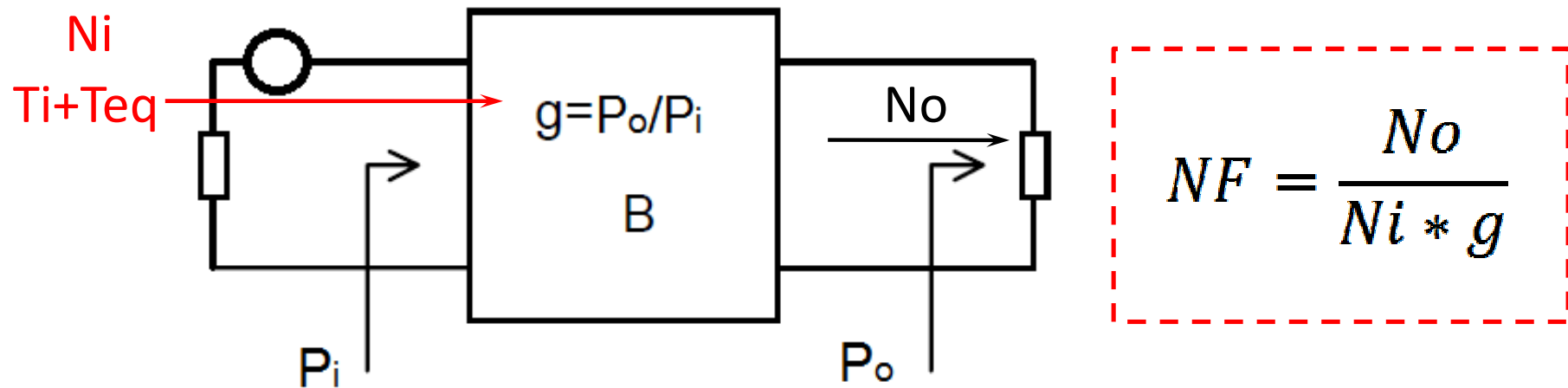
### 2. Temperaturas de ruido equivalentes:

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

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

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

## Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales

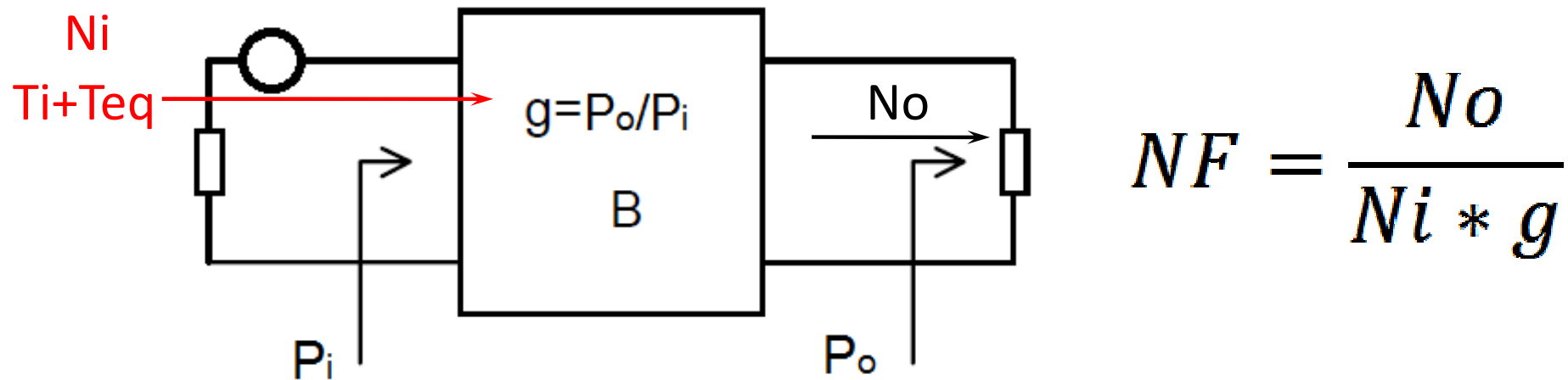


### *2. Temperaturas de ruido equivalentes:*

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

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

## Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales

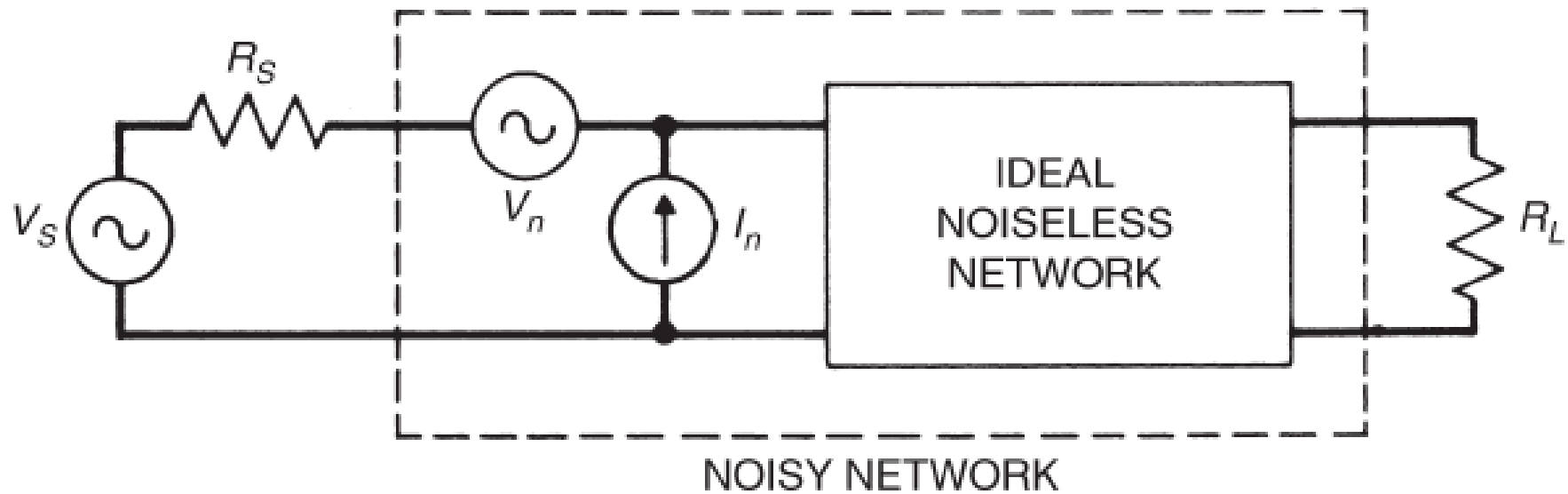


$$NF = \frac{T_i + T_{eq}}{T_i} = 1 + \frac{T_{eq}}{T_i}$$

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

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

### 3. Modelo de fuentes de tensión y de corriente de ruido

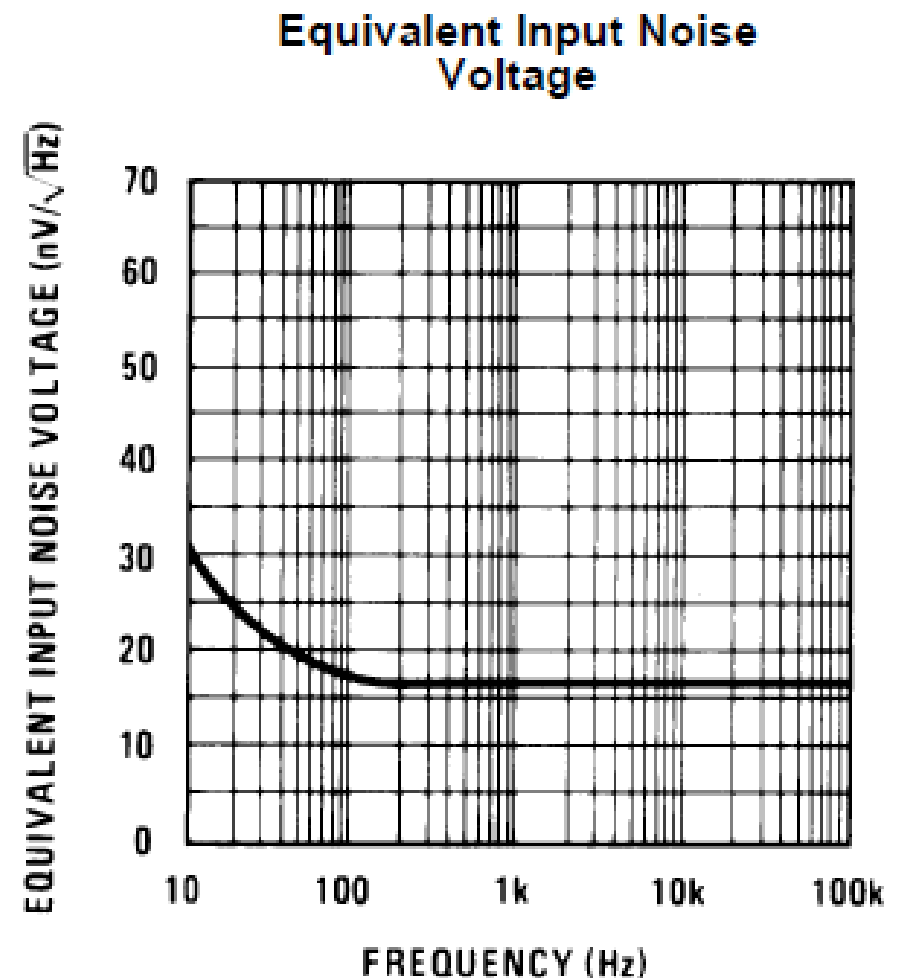


# TL082 Wide Bandwidth Dual

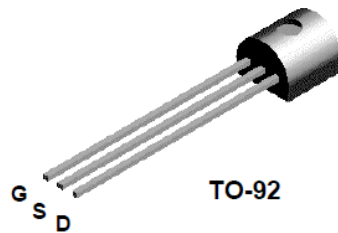
Check for S

## 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/ $\sqrt{\text{Hz}}$



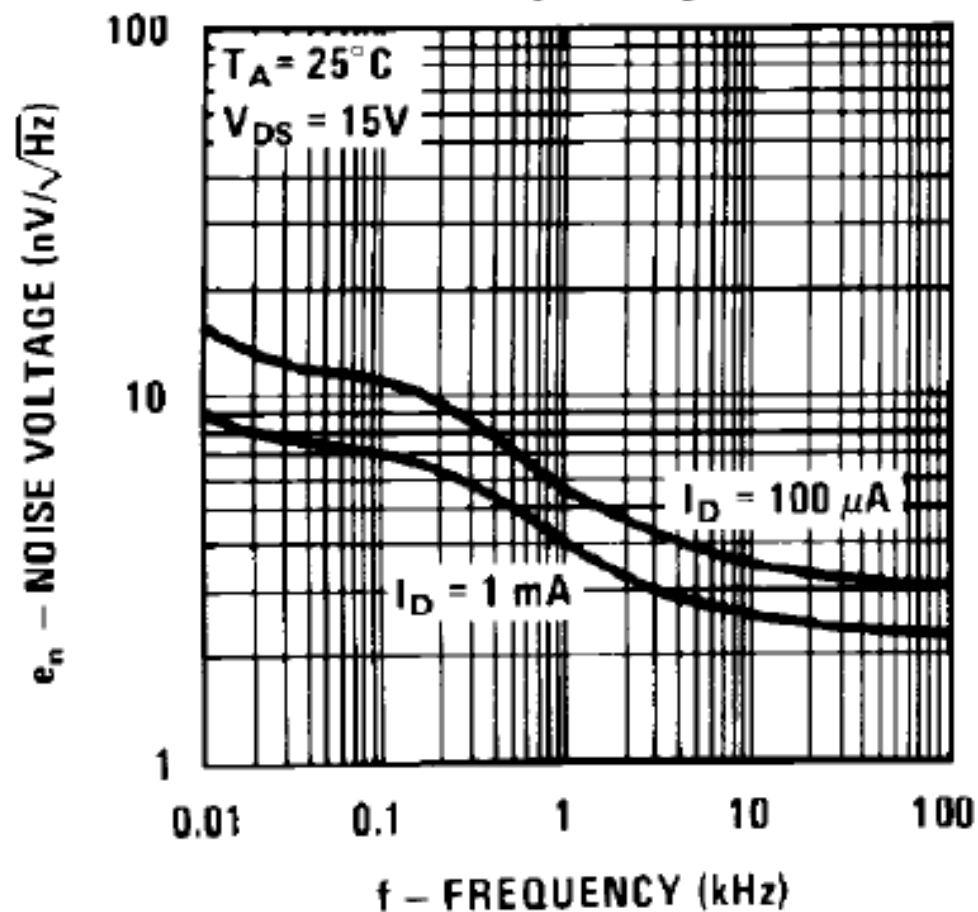
2N5457  
2N5458  
2N5459



TO-92

N-Channel General Purpose Amp

## Noise Voltage vs. Frequency



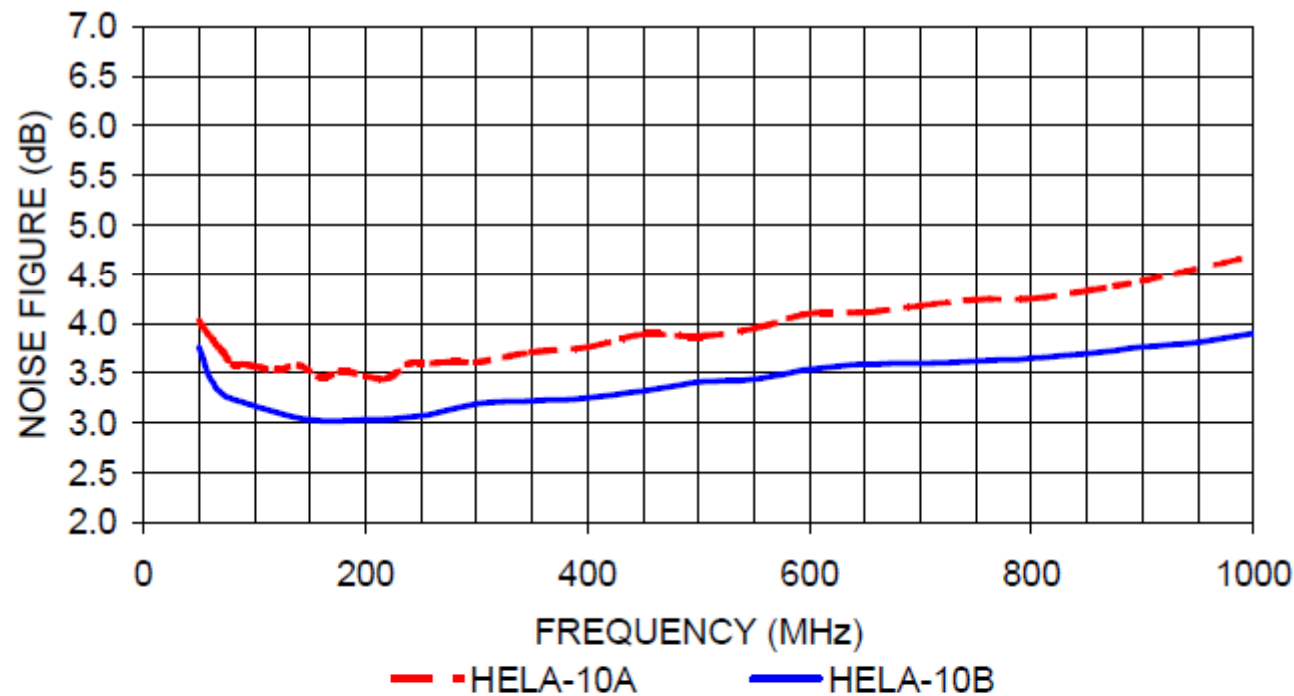
|    |              |                                                                                                          |
|----|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NF | Noise Figure | $V_{DS} = 15\text{ V},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

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**