

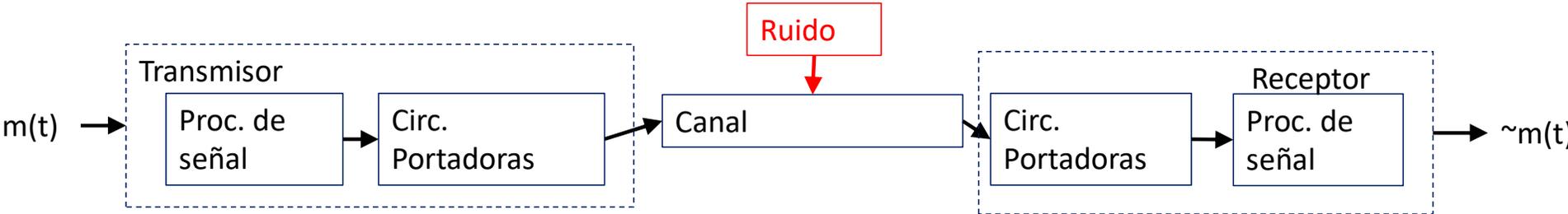


Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Haedo
Departamento de Ingeniería Electrónica

SISTEMAS DE COMUNICACIONES

Ruido

Componentes de un SC



...

Definición

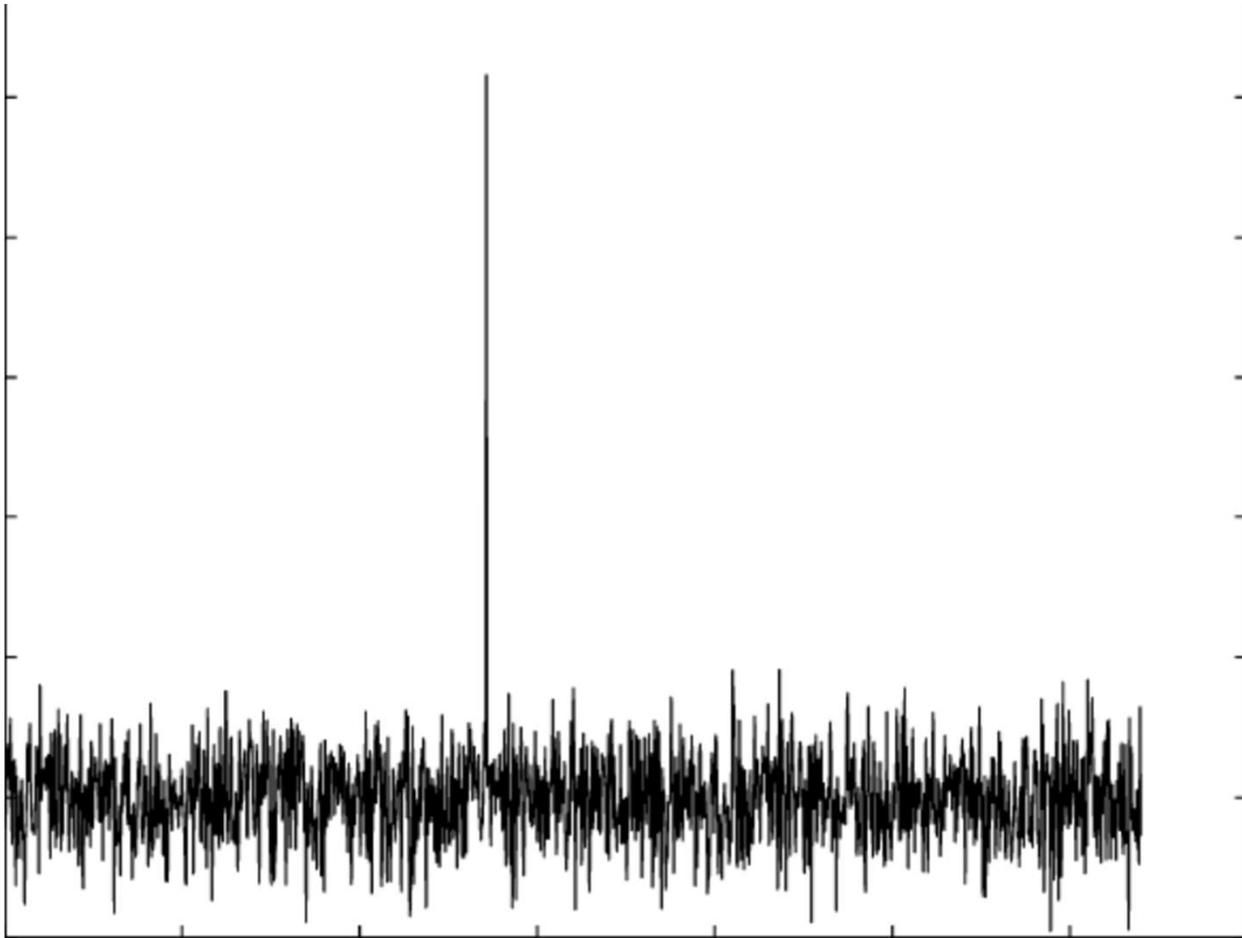
Ruido:

Toda señal espuria no relacionada con la información

Impulsivo: debido a descargas atmosféricas y las producidas por motores,

Estadístico: del cual se reconocen 3 tipos, El ruido térmico, el ruido diódico o “shot noise” o “ruido de fritura” y el ruido flicker o ruido $1/f$

Ruido impulsivo + estadístico



Impulse noise plus Gaussian noise in time domain

Ruido térmico

Física:

Todo conductor eléctrico produce una tensión irregularmente variable a través de sus terminales, como resultado de la moción aleatoria de los electrones libres en el mismo, sujetos a la agitación térmica.

$$\overline{eth^2} = 4kT \int_{f_1}^{f_2} Rdf$$

Donde:

k = constante de Boltzmann; $k = 1.374 \times 10^{-23}$ joule/°K

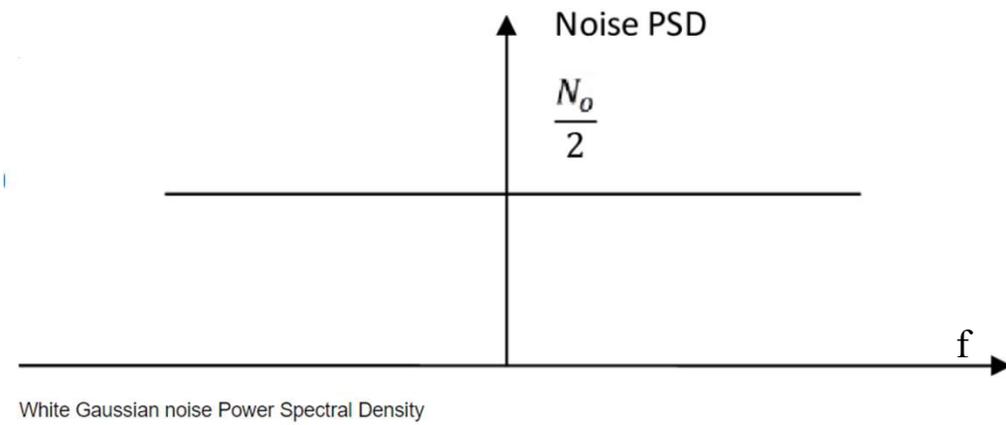
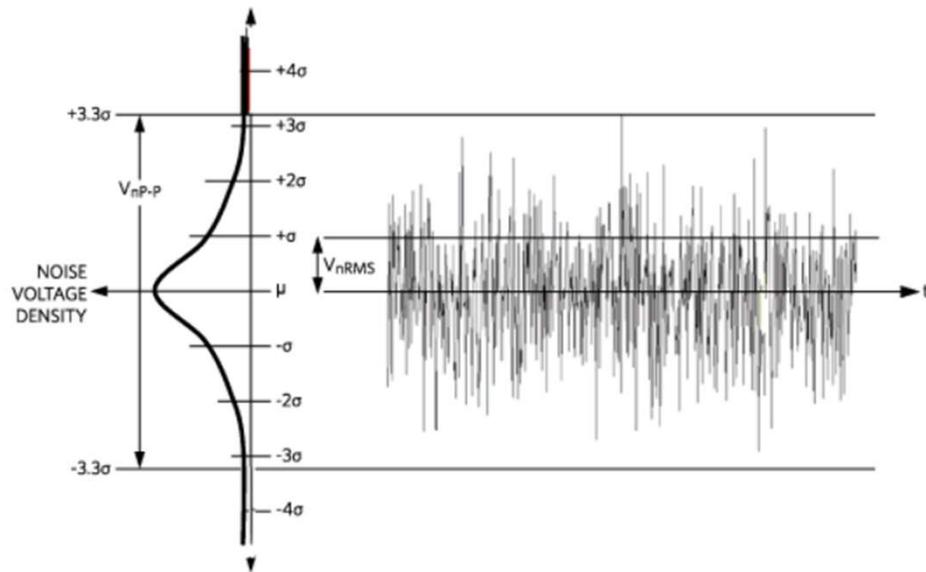
T = temperatura en °K

f = frecuencia

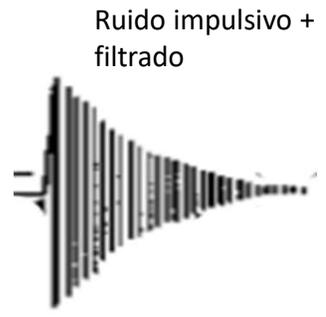
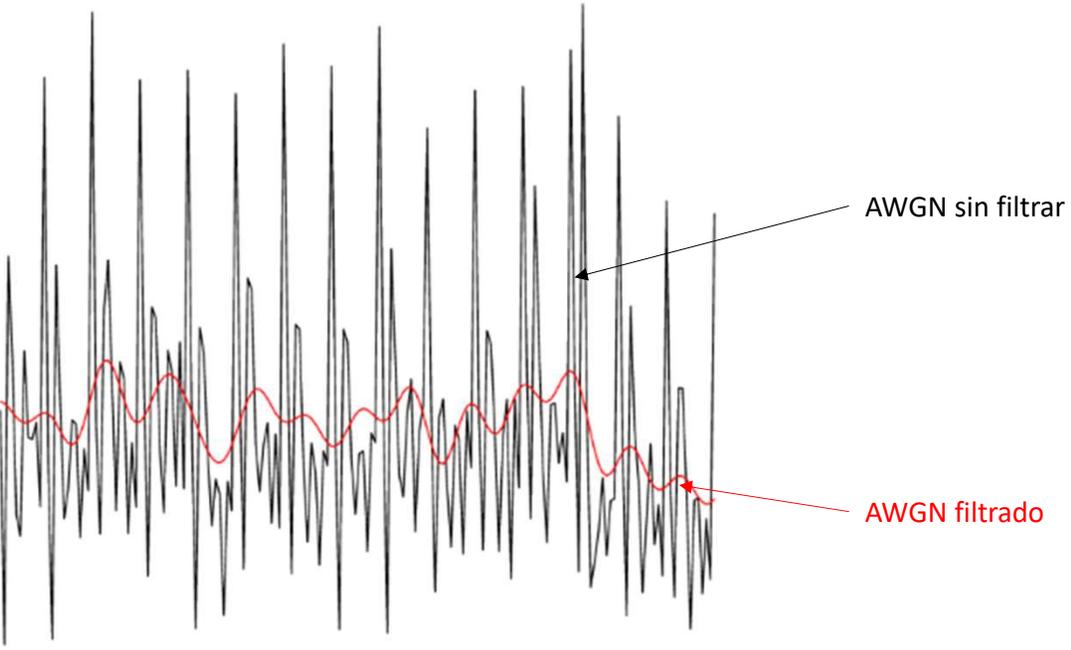
R = valor de la componente resistiva de la impedancia a través de la cual se produce la agitación térmica (función de la frecuencia en el caso general)

$$\overline{eth^2} = 4kTR(f_2 - f_1) = 4kTR\Delta f = 4kTRBeq$$

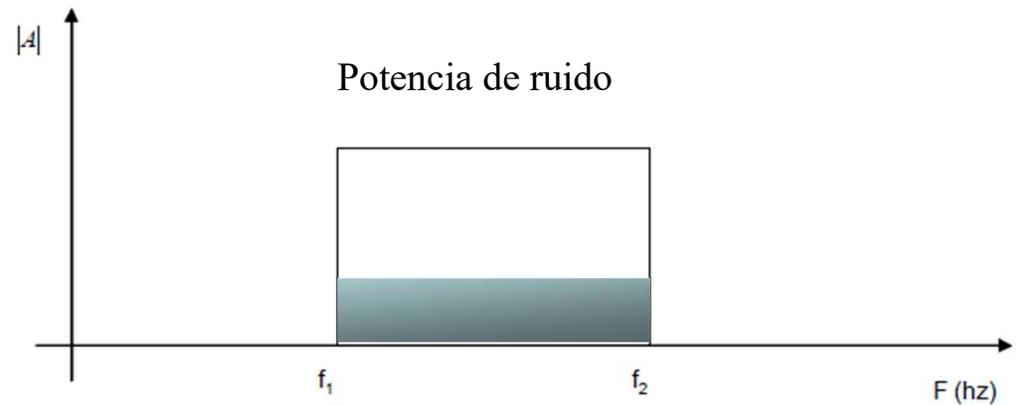
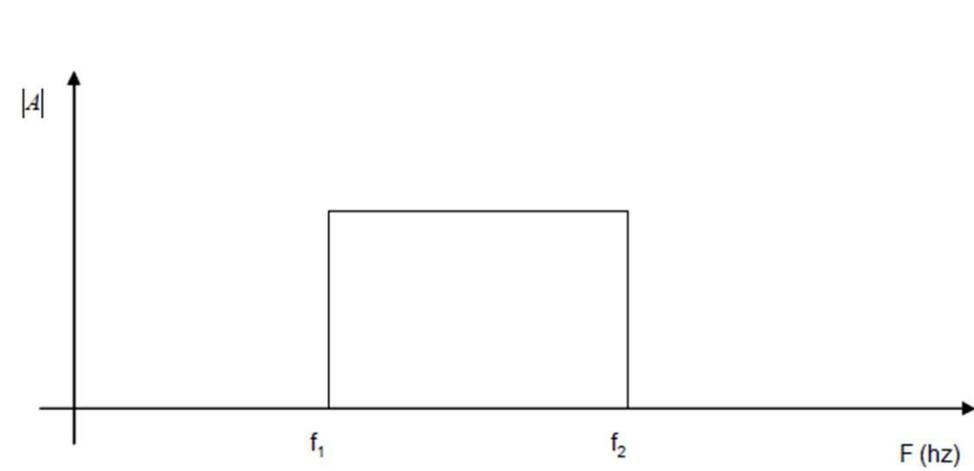
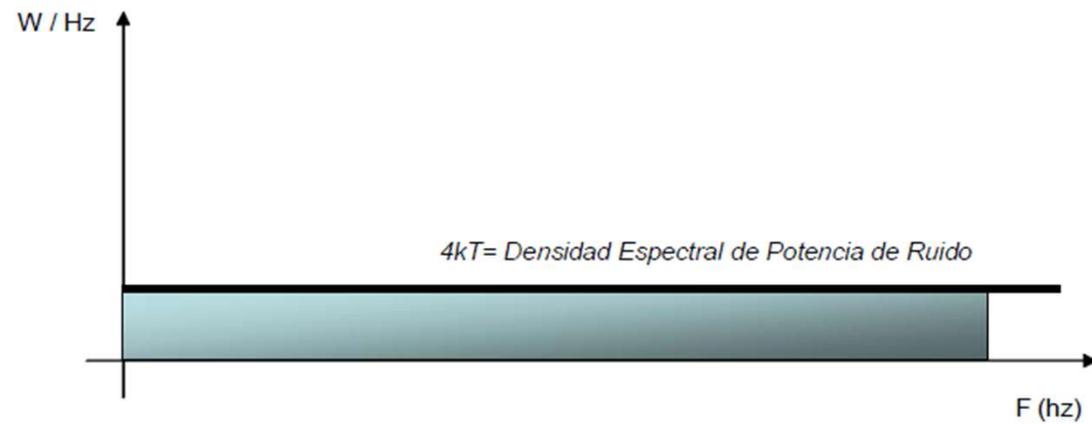
Ruido térmico: AWGN



Ruido impulsivo + AWGN filtrado

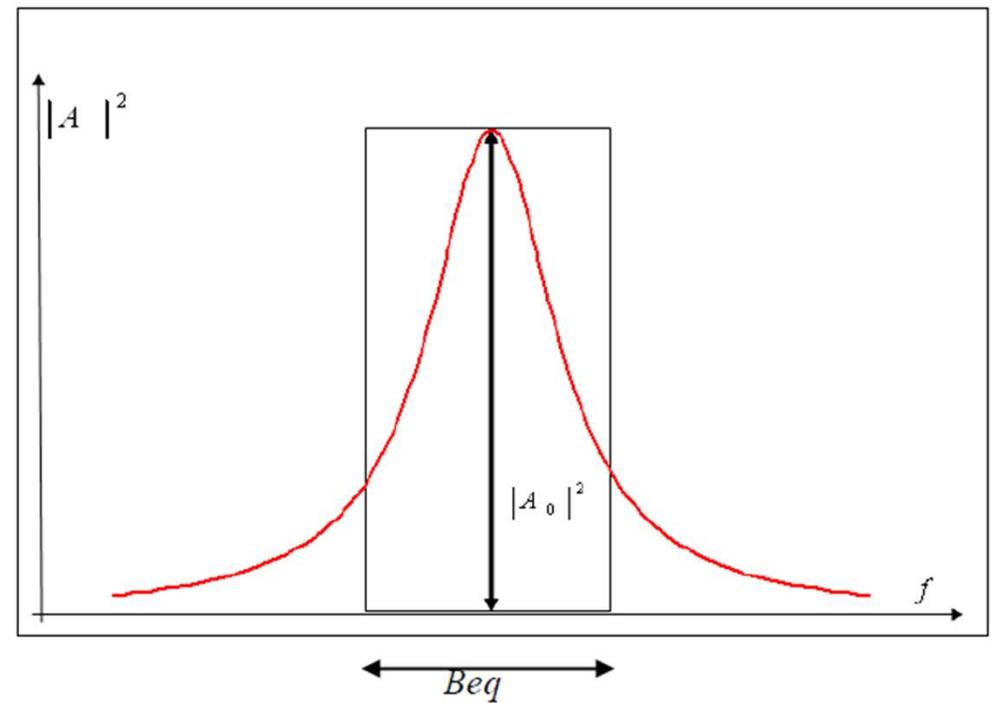


Ancho de Banda Equivalente de Ruido

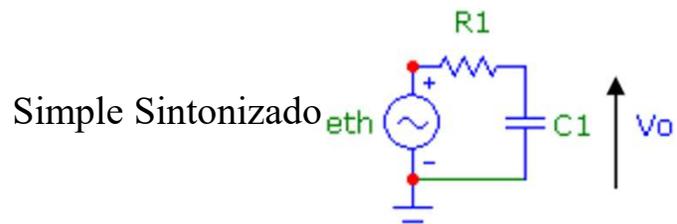


Ancho de Banda Equivalente de Ruido

$$Beq = \frac{\int_0^{\infty} |A|^2 df}{|A_0|^2}$$



Ancho de Banda Equivalente de Ruido



$$B_{eq} = \frac{\pi}{2} B$$

Simple Sintonizado

$$B_{eq} = B \frac{\pi}{2}$$

Doble Sintonizado con $kQ=1$

$$B_{eq} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} B_{ds}$$

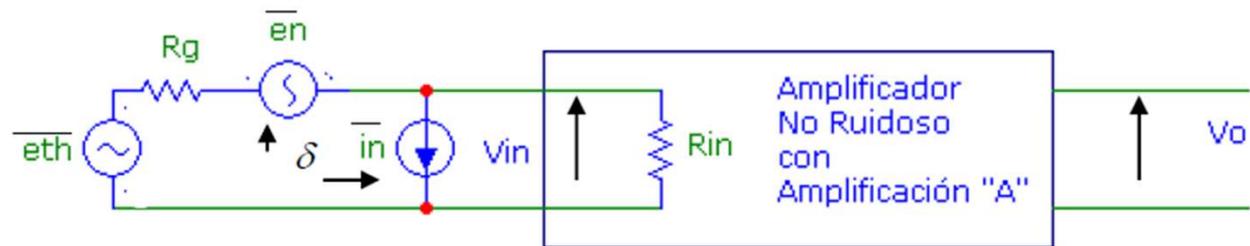
Shot noise

Física:

Se debe al movimiento fluctuante en medio de un campo como el existente en la zona de carga espacial (o de vaciamiento) de cada juntura.

$$\overline{ish^2} = 2qIdcBeq, \text{ o sea } \overline{ish^2} = 2qIdc(f_2 - f_1)$$

Ruido, en Amplificadores



Cifra de Ruido

$$F = \frac{\text{Potencia Total de Ruido a la Salida}}{\text{Potencia de Ruido debida solamente a la Resistencia del Generador, a la Salida}}$$

Temperatura de ruido

Potencia disponible de ruido, “Pa”, es la máxima potencia que se puede extraer (es el mismo concepto que M.A.P.= Maximun Available Power),

$$Pa = \frac{V^2}{4R};$$

$$V_n^2 = 4kTRBeq$$

$$Pa = \frac{4kTRbeq}{4R} = kTBeq$$

La Temperatura de Ruido, en cualquier punto de una red, se define como una fuente de ruido, que tiene como potencia disponible a Pa en un pequeño intervalo de frecuencia y esto provoca una temperatura de ruido equivalente

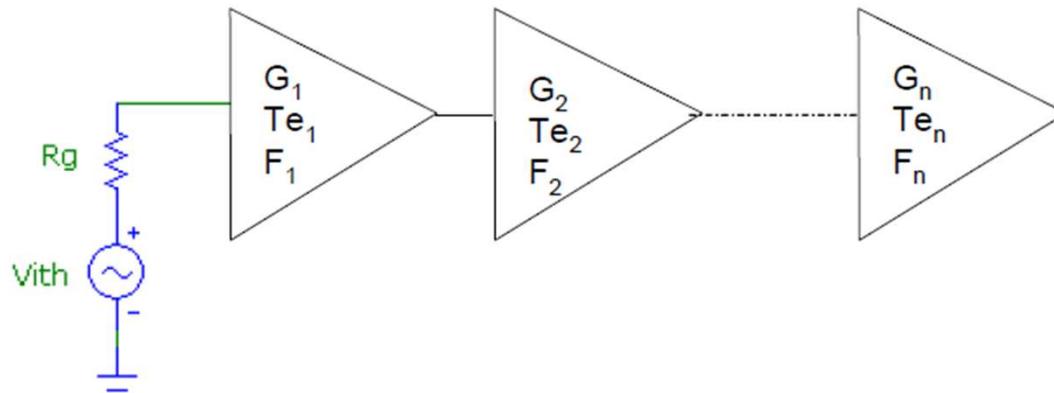
$$Te = \frac{Pa}{kBeq}$$

Cifra de Ruido

$$F = \frac{\text{Potencia Total de Ruido a la Salida}}{\text{Potencia de Ruido debida solamente a la Resistencia del Generador, a la Salida}}$$

$$F = \frac{S_i/N_i}{S_o/N_o} = \frac{P_{no}}{P_{ni}} = \frac{G(f)k(T + T_e)B_{eq}}{G(f)kTB_{eq}} = 1 + \frac{T_e}{T}$$

Cadena de Ruido



$$Te_{1..n} = Te_1 + \frac{Te_2}{G_1} + \frac{Te_3}{G_1 G_2} + \dots + \frac{Te_n}{(G_1 G_2 \dots G_{n-1})}$$

Cadena de Ruido

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_N - 1}{\prod_{m=1}^{n-1} G_m}$$

Fórmula de Friis

Condiciones:

- Igual temperatura en todos los componentes
- BW igual o descendente o mínimo en última etapa
- adaptado a MTE
- transferencias de potencia

Cifra de Ruido de un atenuador (Stremmer)

$$N_o = kT_0BG_p + kT_cBG_p.$$

$$N_o = kT_0B(1/\alpha) + kT_cB(1/\alpha).$$

Considerando las terminales de salida, el atenuador resulta enteramente resistivo y tiene una temperatura T_0 de manera que

$$N_o = kT_0B.$$

Igualando estas dos expresiones, se obtiene

$$T_c = (\alpha - 1)T_0.$$

Y la ecuación (4.76) da

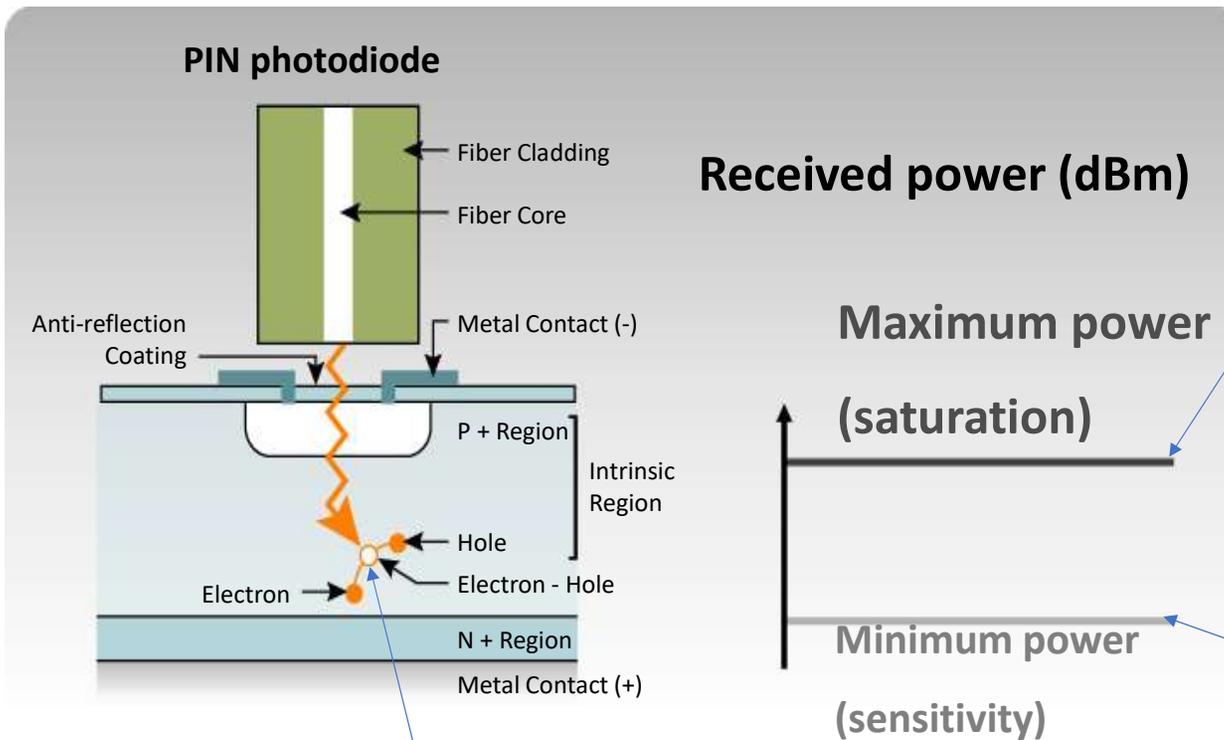
$$F = \alpha.$$

$$F = 1 + \frac{T_c}{T_0}.$$

$$F = \alpha.$$

La cifra de ruido de un atenuador es su atenuación

Ruido en un fotodetector PIN

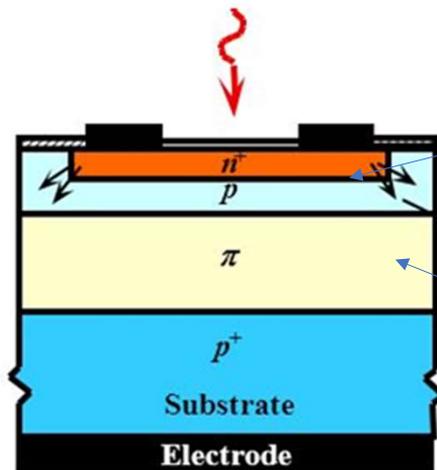


Se generan tantas cargas que no se llegan a desalojar entre un bit y otro. Similar a la distorsión por corte diagonal en un receptor de envolvente de AM. No se distinguen los "0".

El Rx no puede distinguir un "1" débil de la corriente causada por el ruido.

Este efecto también puede ser causado, en forma espontánea, por la agitación térmica => Ruido

Ruido en un fotodetector APD



Zona de multiplicación: zona de campo electrico concentrado. Acelera las cargas creadas en la zona de detección. El impacto de estas puede generar nuevas cargas por efecto avalancha provocando un efecto multiplicador.

Avalanche breakdown

Zona de detección: Idem fotodiodo PIN: pares de cargas generadas por la interacción de fotones, o por **agitación térmica**.

El factor de **multiplicación** no es constante sino **estadístico**

En el umbral de detección, no se pueden distinguir simbolos debiles, poco amplificados, de ruido muy amplificado

