$N_1 = \frac{10^3}{3} \times 10^{-8}$

$$\boxed{k \cdot f_\Delta = 1} \qquad k = \frac{1}{f_\Delta} = 10^{-4}$$

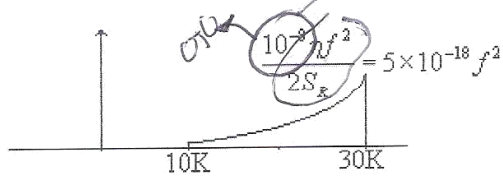
La potencia de ruido a la salida es la obtenida anteriormente multiplicada por $k^2$.

$$\Rightarrow \qquad N_1 = \frac{10^{-5}}{3}$$

$$S_1 = \overline{x_1^2} = 1 \qquad \Rightarrow \qquad \left(\frac{S}{N}\right)_1 = \frac{1}{\frac{10^{-5}}{3}} = 3 \times 10^5$$

$k^2$

Por la rama inferior, luego del BPF, la Densidad espectral de potencia del ruido es




$$N_R = 10 \times 10^{-18} \int_{10K}^{30K} f^2 df = \frac{10^{-17}}{3} f^3 \Big|_{10K}^{30K} = \frac{26}{3} \times 10^{-5}$$

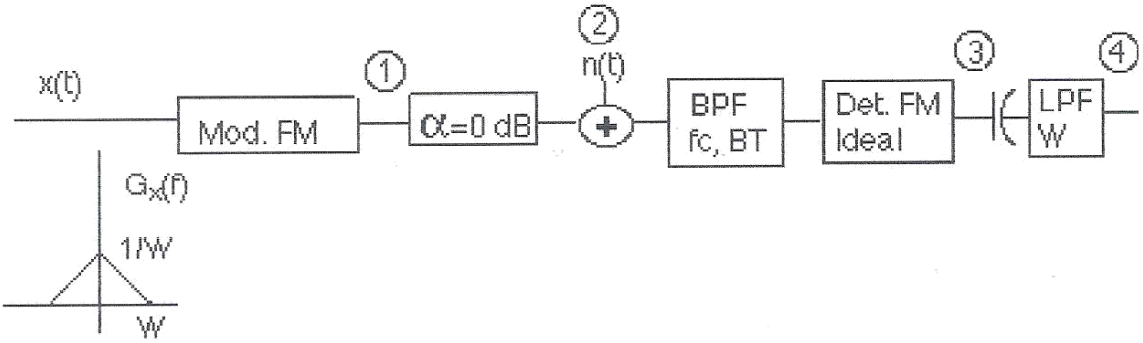
$S_{D_2} = \overline{x_2^2} = 1$ La potencia del ruido luego del detector síncrono es la misma que a la entrada: $\overline{n_2^2} = \overline{n^2}$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{D_2} = \frac{1}{\frac{26}{3} \times 10^{-5}} = \frac{3}{26} \times 10^5$$

Observe que esta SNR es peor que para $y_{D1}$. La zona más alta en frecuencia es peor! (Por la característica cuadrática del ruido).

**Problema 11**

Observe el siguiente sistema




En el sistema mostrado se cumple lo siguiente (Los subíndices se refieren a los puntos encerrados en círculo)

$$y_1(t) = \sqrt{8000}\,\mathrm{Cos}\left(2\pi f_c t + 2\pi \int_0^t x(\tau)d\tau\right)$$

$Gn2(f)=0.5\times10^{-10}$ w/Hz

$y_3(t)= f_\Delta\, x(t)$

$Gn3(f)=\eta f^2/S_R$ Para $-B_T < f < B_T$

$S_4/N_4 = 300$

Determine el ancho de banda del mensaje

**Respuesta**

De $y_1(t) \Rightarrow A_c = \sqrt{8000}$ y $f_\Delta=1$ $\left(x_{FM} = A_c \cos\left(2\pi f_c t + 2\pi f_\Delta \int_0^t x(\tau)d\tau\right)\right)$; ademas tenemos que:

$S_4/N_4 = 300$, con $S_4 = f_\Delta{}^2\,\overline{x^2}$ (De calcular la potencia en 3) y $N_4 = 2\int_0^W Gn_3 df$

$$\Rightarrow N_4 = \frac{2\eta}{S_R}\int_0^W f^2 df \Rightarrow N_4 = \frac{2\eta W^3}{3S_R}$$

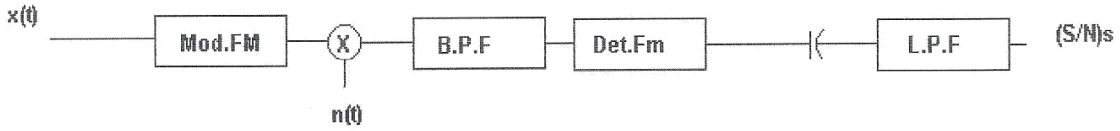
$\Rightarrow \overline{x^2} = Pot.Total = 2W\dfrac{1}{2W} = 1$ Area debajo de Gx(f)

$\Rightarrow \left(\dfrac{S}{N}\right)_4 = \dfrac{3S_R}{2\eta W^3} = 300 \rightarrow W = \sqrt[3]{\dfrac{3S_R}{2\eta.300}} = \sqrt[3]{\dfrac{12000}{2.10^{-10}.300}} = 5.85kHz$, (con $\eta=10^{-10}$ y $S_R = 8000/2 = 4000$)

**Problema 12**

Cuando un tono de de 10KHz y potencia unitaria es modulado en FM, se obtiene una potencia transmitida de 100w. Esta señal pasa por un canal ideal y a la entrada del receptor se le suma ruido blanco con densidad espectral igual a $0.5x10^{-10}$ w/Hz. El receptor, luego de filtrar apropiadamente, detecta con un detector ideal seguido de un bloqueador de DC y un filtro pasabajo ideal apropiado de tal forma que la relación señal a ruido final es de $5x10^{7}$. Determine el ancho de banda de la señal FM.

**Respuesta:**




$$x_{FM} = A_c \cos\left(2\pi f_c t + 2\pi f_\Delta \int_0^t x(\tau)d\tau\right) \text{ y } x(t) = A_m \cos\omega_m t\,,\ BW = 2(A_m f_\Delta + 2f_m)$$

$$\frac{A_c^{\,2}}{2} = 100w \Rightarrow A_c = \sqrt{200}$$

Para FM(Quitando la DC) la potencia a la salida $Ss = f_\Delta^{\,2}\overline{x^2}$ con $\overline{x^2} = 1$ (Por enunciado).

$$\Rightarrow N_s = \frac{2\eta}{S_R}\int_0^W f^2 df \Rightarrow N_s = \frac{2\eta W^3}{3S_R}$$ , con W=10 kHz y $S_R$=100

$$\Rightarrow \left(\frac{S}{N}\right)_s = \frac{3S_R f_\Delta^{\,2}}{2\eta W^3} = 5x10^7 \rightarrow f_\Delta = \sqrt{\frac{(S/N)_S.W^3.2.\eta}{3.S_R}} = \sqrt{\frac{5x10^7.(10^4)^3.10^{-10}}{300}} = 4082{,}5Hz/V$$

Por otro lado, tenemos: $P_m = \frac{A_m^{\,2}}{2} = 1 \Rightarrow A_m = \sqrt{2}$

$$\Rightarrow BW = 2(A_m f_\Delta + 2f_m) = 2\left(\sqrt{2}Vx4074{,}31Hz/V + 2x10^4\,Hz\right) = 51{,}54kHz$$

**Problema 13**

En un sistema PM cuando el mensaje es un tono de amplitud unitaria, la relación señal a ruido justo antes del detector es de 20dB. Si la sensibilidad del modulador es igual a 2, determine la relación señal a ruido detectada.

*SOLUCIÓN*

$$\left(\frac{S}{N}\right)_R = \frac{S_R}{\eta B_T} = \gamma\frac{W}{B_T}$$

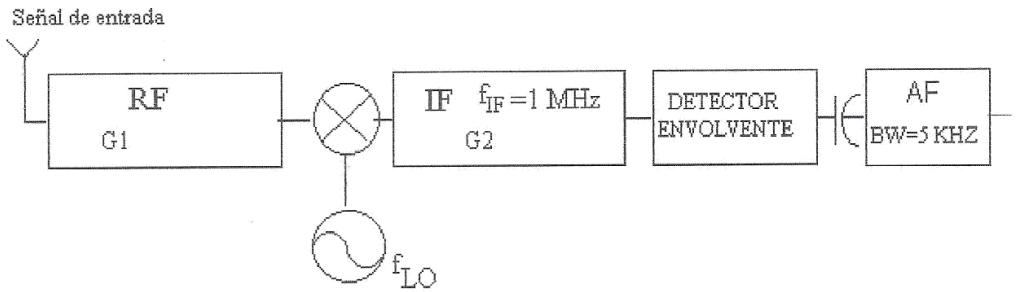
$$B_T = 2(\beta_p + 1)W \qquad \frac{B_T}{W} = 2(A_m \Phi_\Delta + 1) = 6$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_R = \frac{\gamma}{6} = 100 \qquad \Rightarrow \qquad \gamma = 600$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_D = \Phi_\Delta^2 \gamma \overline{x^2} = 4 \times 600 \times \frac{1}{2} = 1200$$

**Problema 14**

La figura ilustra un receptor superheterodino:




G1 y G2 son ganancias de voltaje

En el sistema mostrado la señal $s(t)$ que proviene de la antena es igual a

$$s(t) = \left[0.01(1 + 0.707x(t))\cos 2\pi 10^6 t + n(t)\right]$$

donde $x(t)$ es un mensaje con ancho de banda igual a $5\text{KHz}$, media cero y potencia normalizada igual a $0.1\text{w}$. Por otra parte, $n(t)$ es ruido blanco gausseano con media cero y densidad espectral constante igual a $2.5 \times 10^{-14}\,\text{w/Hz}$. Ademas, G1. G2=1000

a) Determine la mínima potencia que debe recibirse a la entrada del amplificador RF para que el detector funcione correctamente.

b) Determine la relación señal a ruido a la salida.

*SOLUCIÓN*