

TEMA 5

COMUNICACIONES ANALÓGICAS

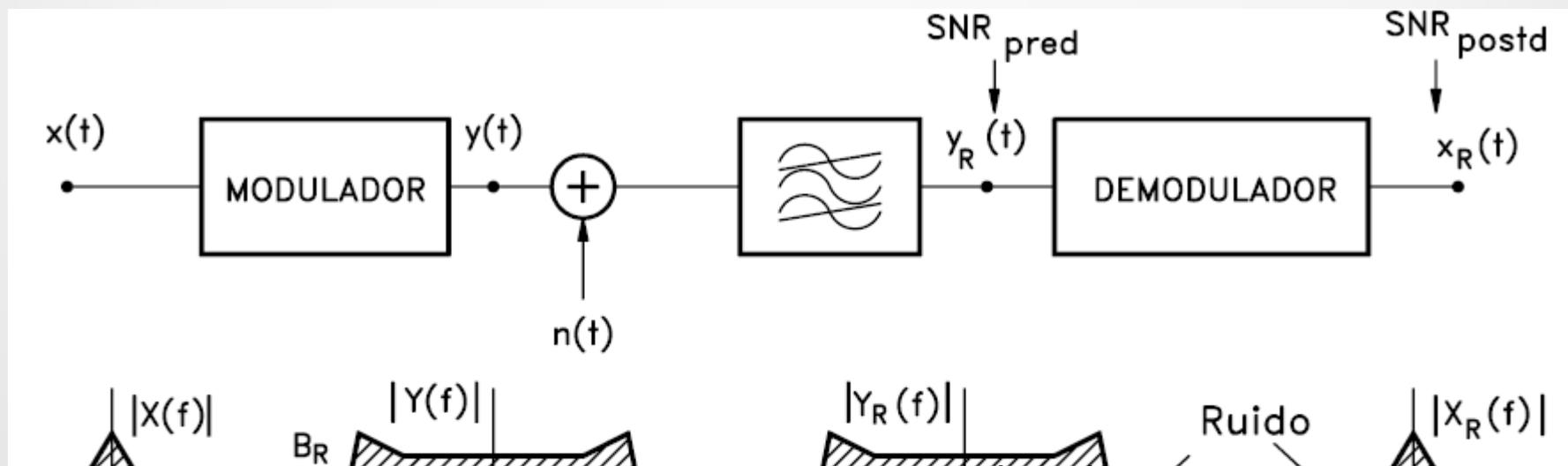
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Modulación en canales ruidosos

- Consideramos ruido gaussiano concentrado en un único punto
- Suponemos que no hay atenuación en el canal



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Modulación en canales ruidosos

- El papel del filtro (denominado *filtro de predetección*) es evidente: dado que el ruido será blanco (o al menos de banda ancha), no tiene sentido que se deje pasar todo al demodulador. El filtro limita el ancho del sistema al requerido por la señal a recibir.
- A la entrada del demodulador habrá una señal de Potencia P_R , acompañada por un ruido de densidad espectral de potencia $\eta/2$. Se trata de determinar la relación señal/ruido antes y después de la demodulación: **SNR de predetección y postdetección** respectivamente.
- La dificultad es conocer la calidad final del sistema (la de

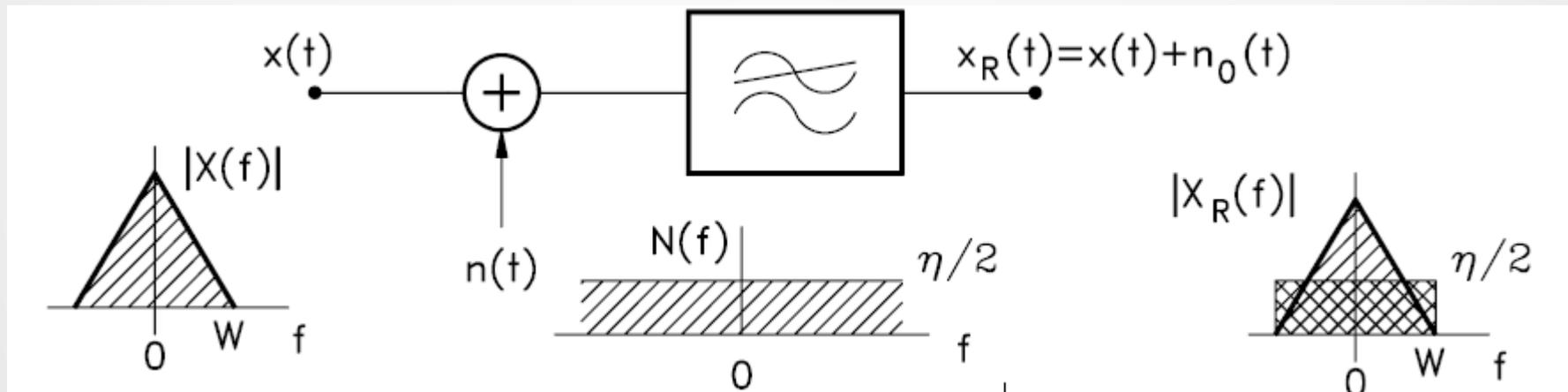
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Calidad en banda base: z

- Como elemento de comparación entre las diferentes técnicas se empleará la calidad que se obtendría si la transmisión se hiciera en banda base (sin modular).



- En este caso

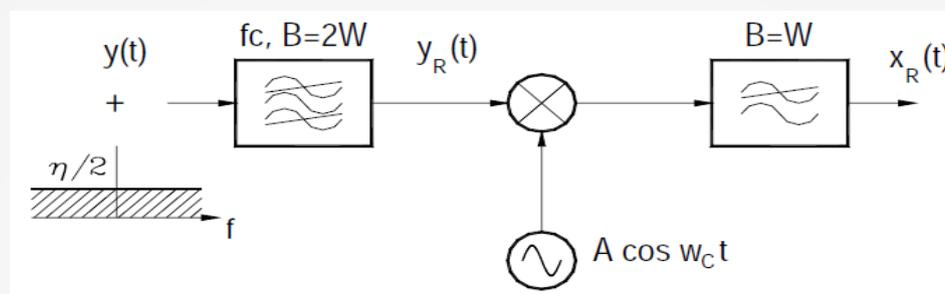
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Modulación DBL

- Analizamos la detección coherente



- A la salida del filtro

$$y_R(t) = A_c x(t) \cdot \cos \omega_c t + n_F(t) \cdot \cos \omega_c t - n_C(t) \cdot \sin \omega_c t$$

- El óptimo ancho de banda del receptor es $B=2W$. En estas condiciones, la potencia de ruido a la salida del filtro de predetección será: $N_T = 2\eta W$ (ya que $\langle n^2(t) \rangle = \langle n_F^2(t) \rangle = \langle n_C^2(t) \rangle = 2\eta W$;

- Por lo tanto, la SNR en este punto es:

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Modulación DBL

- Al demodular de forma coherente

$$\begin{aligned} y_R(t) \cdot \cos \omega_c t &= [A_c x(t) \cos \omega_c t + n_F(t) \cos \omega_c t - n_C(t) \sin \omega_c t] \cos \omega_c t = \\ &= \frac{A_c x(t) + n_F(t)}{2} + \frac{A_c x(t) + n_F(t)}{2} \cdot \cos 2 \omega_c t - \frac{n_C(t)}{2} \sin 2 \omega_c t \end{aligned}$$

- Tras el filtro paso-bajo de post-detección

$$x_R(t) = \frac{A_c}{2} x(t) + \frac{n_F(t)}{2}$$

- La demodulación coherente sólo deja pasar el ruido "en fase" con la señal, eliminando la componente en cuadratura

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Modulación DBL

- La SNR ha mejorado en 3dB respecto a la de predetección → "ganancia de detección"
- El factor 3dB se obtiene por eliminación de la componente de ruido en cuadratura.
- La mejora en detección se compensa con la necesidad de transmitir el doble de ancho de banda.
- Se ha supuesto la referencia del oscilador perfectamente coherente con la portadora. Si esto no es así, la calidad se degradará.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Resto de modulaciones

| MODULACIÓN | SNR _{POST} | Condiciones |
|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| DBL | z | - |
| AM (recepción coherente) | $E_p z$ | - |
| AM (detector de envolvente) | $E_p z$ | $SNR_{pred} > 10\text{dB}$ |
| PM | $\beta^2 \langle x_N^2 \rangle z$ | $z > z_u$ $z_u = 20 \frac{B_R}{W}$ $(SNR_{pred} > 13\text{dB})$ |
| FM | $3D^2 \langle x_N^2 \rangle z$ | $z > z_u$ $z \approx 20 \frac{B_R}{W}$ |

1
2
3

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Efecto umbral

- Algunas de las fórmulas de calidad sólo son válidas a partir de cierta relación SNR_{pred} . Si no se cumple dicha condición, la fórmula presentada no es válida, siendo la calidad real mucho peor de lo que indica la expresión → *efecto umbral*.
- Tanto en FM como en PM, se suele describir este efecto en términos de la z *umbral*, el valor de z (y por tanto de potencia recibida) que es necesario garantizar como mínimo para que el sistema funcione.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Técnica de Pre-Énfasis/ De-Énfasis

- Técnica usada en FM para mejorar la relación señal-ruido
- Se basa en una curiosa propiedad del ruido presente a la salida de un demodulador de FM, que en lugar de tener una densidad espectral plana, como es habitual, tiene una distribución de tipo parabólico
- Idea: *dado que el ruido en la parte alta de la banda de $x(t)$ es más elevado, en el transmisor se pre-distorsiona la señal "amplificando" las componentes altas de su espectro. Posteriormente, en recepción, se anula la distorsión, "atenuando" las componentes de alta*

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Técnica de Pre-Énfasis/ De-Énfasis

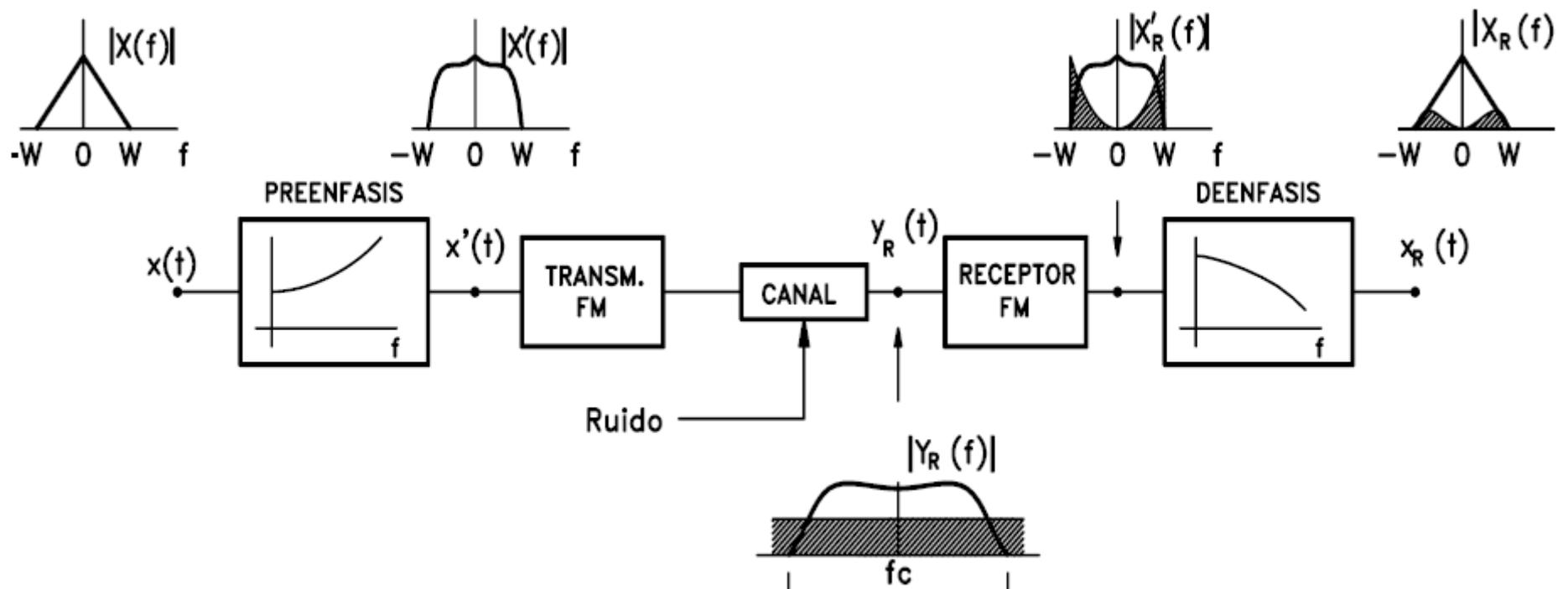
- Técnica usada en FM para mejorar la relación señal-ruido
- Se basa en una curiosa propiedad del ruido presente a la salida de un demodulador de FM, que en lugar de tener una densidad espectral plana, como es habitual, tiene una distribución de tipo parabólico
- Idea: *dado que el ruido en la parte alta de la banda de $x(t)$ es más elevado, en el transmisor se pre-distorsiona la señal "amplificando" las componentes altas de su espectro. Posteriormente, en recepción, se anula la distorsión, "atenuando" las componentes de alta*

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Técnica de Pre-Énfasis/ De-Énfasis



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Técnica de Pre-Énfasis/ De-Énfasis

- Esta técnica produce una mejora de la SNR de postdetección, dada por:

$$Mejora(dB) = 20 \cdot \log\left(\frac{W}{f_c}\right) - 4,8$$

- Siendo f_c la frecuencia de corte a 3dB del filtro RC de de-énfasis.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70