



Maestría en Ingeniería Eléctrica especialización Telecomunicaciones

Comunicaciones Digitales

## Tarea #5

***Luis Emilio Tonix Gleason***

***Fernando Alberto Madera Torres***

*26/04/2022*

***Dr. Ramon Michel Parra***

## Tabla de contenido

Ejercicio 1.....	3
Programa de comunicación BPSK con filtro formador y filtro acoplado .....	3
TRANSMISOR .....	3
RECEPECCION CON RUIDO .....	4
RECEPTOR CON FILTRO ACOPLADO .....	4
DISPOSITIVO DE DECISION .....	4
GRAFICACION BER TEORICO Y SIMULADO .....	5
Ejercicio 2.....	6
QPSK Modulación and Demodulación without consideración of noise .....	6
QPSK modulación.....	7
QPSK demodulación.....	8
Ejercicio 3.....	10
Programa de comunicación BPSK con filtro formador y filtro acoplado con 1 muestra por símbolo .	10
TRANSMISOR .....	10
RECEPECCION CON RUIDO .....	11
RECEPTOR CON FILTRO ACOPLADO .....	11
DISPOSITIVO DE DECISION .....	12
GRAFICACION BER TEORICO Y SIMULADO .....	13
Ejercicio 4.....	14
¿Porque el receptor con filtro acoplado tiene ganancia con respecto al receptor con filtrado pasa bajas en términos de la inmunidad al ruido? .....	14

## Ejercicio 1

### Programa de comunicación BPSK con filtro formador y filtro acoplado

Esta rutina genera la simulation de un sistema de comunicaciones BPSK utilizando filtro formador, un filtro acoplado y un SNR predefinida.

```
clear all; close all;
```

#### TRANSMISOR

Se genera una serial BPSK con los datos aleatorios. Y los parametros indicados  
**num\_bits** : especifica el numero de bits a transmitir, debe ser numero par y mayor a 100

**srate**:  $f_s$

**filt** : especifica si se utiliza un filtro

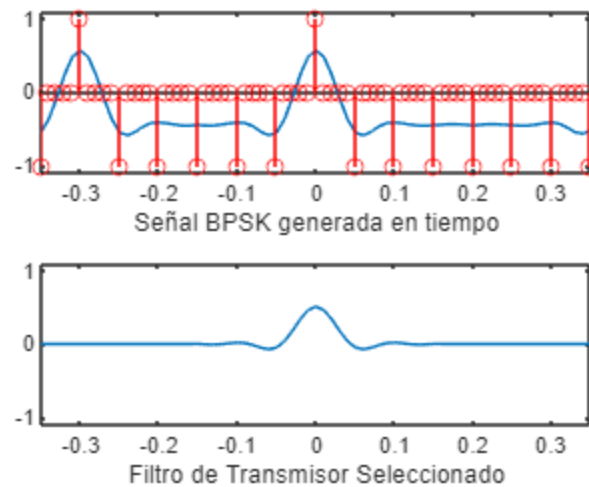
1. 'cosa' para coseno alzado,
2. 'sqrt' para raiz de coseno alzado
3. 'rect' para un filtro rectangular

**muest\_porbit** : especifica el numero de muestras por bit que se utilizaran en la simulacion, debe ser numero impar

```
num_bits = 100000;%Numero de bits a transmitir
srate=.01;        %Intervalo de muestreo equivalente a fs
filt='sqrt';      %Tipo de filtro transmisor, tambien puede ser cosa y rect
muest_porbit=5;   %Numero de muestras por bit
[filtrotrans,senalBPSK,t,senaldig]=BPSK_pb(num_bits,srate,filt,muest_porbit);
```

Warning: rcosine will be removed in a future release. Use rcosdesign instead.

Warning: rcosfir will be removed in a future release. Use rcosdesign instead.



## RECEPCION CON RUIDO

La señal es pasada a travez de un filtro acoplado al filtro de transmisor para maximizar la relacion senal a ruido.

```
SNR_deseado_dB = 5;
senal_masruido = awgn(SNR_deseado_dB,senalBPSK);
```

## RECEPTOR CON FILTRO ACOPLADO

La señal es pasada a travez de un filtro acoplado al filtro de transmisor para maximizar la relacion senal a ruido.

Awgn toma una señal trans y le suma una componente de ruido aditivo gaussiano con varianza especificada tal que cumple con la SNR deseada en dB; se considera que el filtro de transmisor estan normalizados con energia unitaria solo se necesita variar la potencia del ruido para especificar una cierta relacion señal a ruido.

```
senal_recib=matched_filter(filtrotrans,senal_masruido);
```

## DISPOSITIVO DE DECISION

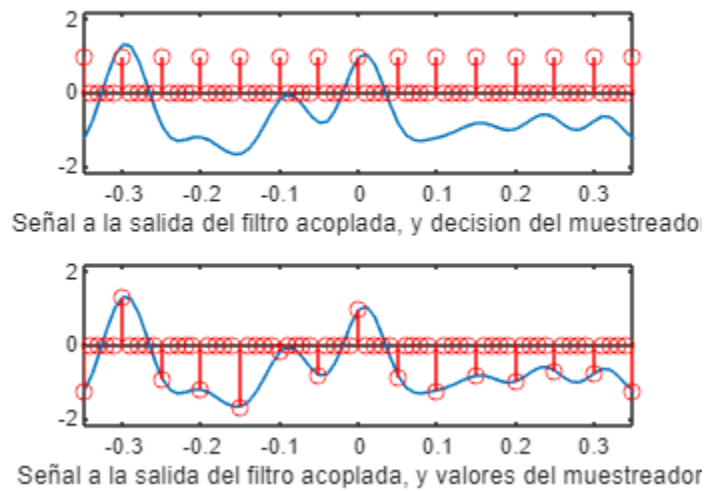
La señal recibida es pasada por el circuito de decision que regresa el vector de bits detectados, asi como el numero de bits erroneos contados. Decide en base al umbral, el valor del bit recibido y a señal detectada.

Necesita el número de bits y el numero de muestras por bit para sincronizarse a partir de cero.

Regresa tambien el numero de bits erroneos

```
umbral=0;
[num_bits_erroneos, bits_detectadosj]=decision(umbral,senal_recib,num_bits,muest_p
orbit,t,senaldig,srate);
```

```
num_bits_erroneos = 574
```

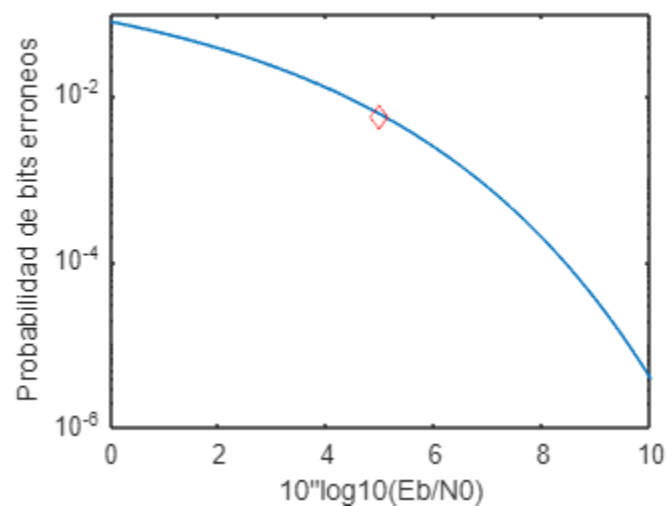


## GRAFICACION BER TEORICO Y SIMULADO

Los bits con error se grafican sobre la curva teórica. La señal recibida es pasada por el circuito de decisión que regresa el vector de bits detectados, así como el número de bits erróneos contados. Se grafica la curva de BER contra relacion serial a ruido teorica, asi como el punto de la simulación obtenida.

```
grafica_BERySNR(SNR_deseado_dB, num_bits_erroneos, num_bits);
```

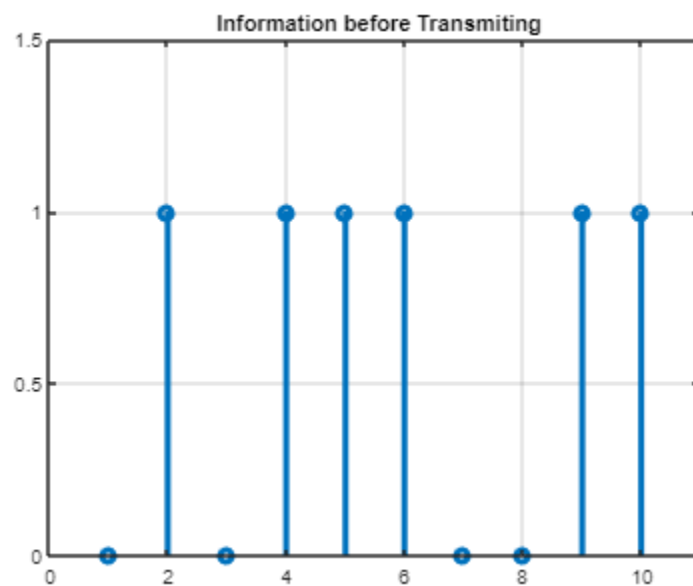
```
pber_sim = 0.0057
```



## Ejercicio 2

### QPSK Modulación and Demodulación without consideración of noise

```
data=[0 1 0 1 1 1 0 0 1 1]; % information
%Number_of_bit=1024;
%data=randint(Number_of_bit,1);
figure(1)
stem(data, 'linewidth',3), grid on;
title(' Information before Transmiting ');
axis([ 0 11 0 1.5]);
```



```
data_NZR=2*data-1; % Data Represented at NZR form for QPSK modulation
s_p_data=reshape(data_NZR,2,length(data)/2); % S/P conversion of data
```

```
br=10.^6; %Let us transmission bit rate 1000000
f=br; % minimum carrier frequency
T=1/br; % bit duration
t=T/99:T/99:T; % Time vector for one bit information
```

## QPSK modulación

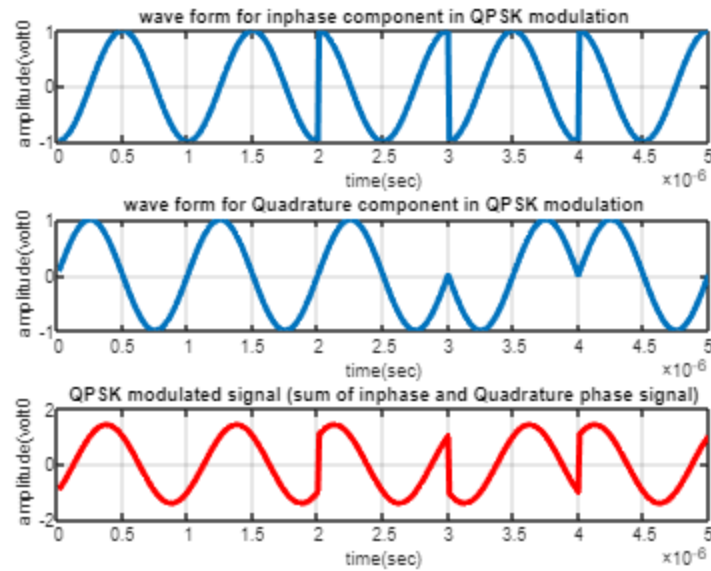
```
y=[];
y_in=[];
y_qd=[];
for(i=1:length(data)/2)
    y1=s_p_data(1,i)*cos(2*pi*f*t); % inphase component
    y2=s_p_data(2,i)*sin(2*pi*f*t) ;% Quadrature component
    y_in=[y_in y1]; % inphase signal vector
    y_qd=[y_qd y2]; %quadrature signal vector
    y=[y y1+y2]; % modulated signal vector
end
Tx_sig=y; % transmitting signal after modulation
tt=T/99:T/99:(T*length(data))/2;

figure(2)

subplot(3,1,1);
plot(tt,y_in,'linewidth',3), grid on;
title(' wave form for inphase component in QPSK modulation ');
xlabel('time(sec)');
ylabel(' amplitude(volt0)');

subplot(3,1,2);
plot(tt,y_qd,'linewidth',3), grid on;
title(' wave form for Quadrature component in QPSK modulation ');
xlabel('time(sec)');
ylabel(' amplitude(volt0)');

subplot(3,1,3);
plot(tt,Tx_sig,'r','linewidth',3), grid on;
title('QPSK modulated signal (sum of inphase and Quadrature phase signal)');
xlabel('time(sec)');
ylabel(' amplitude(volt0)');
```



## QPSK demodulación

```

Rx_data=[];
Rx_sig=Tx_sig; % Received signal
for(i=1:1:length(data)/2)

    %%XXXXXX inphase coherent detector XXXXXXX
    Z_in=Rx_sig((i-1)*length(t)+1:i*length(t)).*cos(2*pi*f*t);
    % above line indicat multiplication of received & inphase carried signal

    Z_in_intg=(trapz(t,Z_in))*(2/T);% integration using trapizodial rull
    if(Z_in_intg>0) % Decession Maker
        Rx_in_data=1;
    else
        Rx_in_data=0;
    end

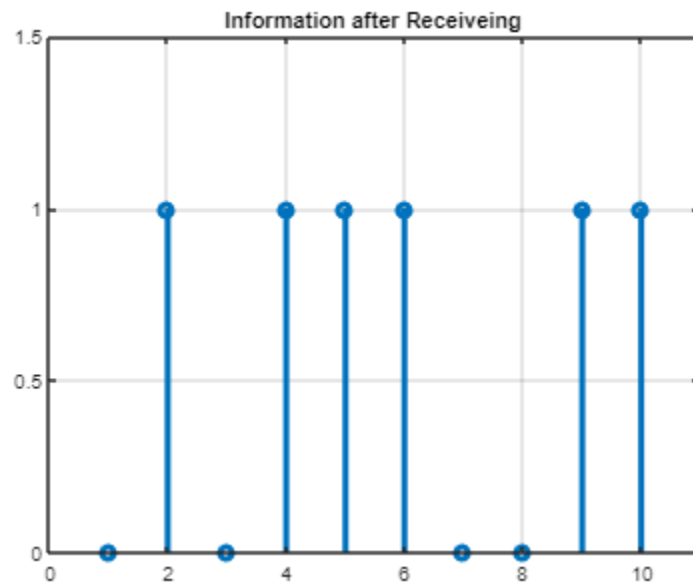
    %%XXXXXX Quadrature coherent detector XXXXXXX
    Z_qd=Rx_sig((i-1)*length(t)+1:i*length(t)).*sin(2*pi*f*t);
    %above line indicat multiplication ofreceived & Quadphase carried signal

    Z_qd_intg=(trapz(t,Z_qd))*(2/T);%integration using trapizodial rull
    if (Z_qd_intg>0)% Decession Maker
        Rx_qd_data=1;
    else
        Rx_qd_data=0;
    end
    Rx_data=[Rx_data Rx_in_data Rx_qd_data]; % Received Data vector
end

```



```
figure(3)
stem(Rx_data,'linewidth',3)
title('Information after Receiveing ');
axis([ 0 11 0 1.5]), grid on;
```



## Ejercicio 3

### Programa de comunicación BPSK con filtro formador y filtro acoplado con 1 muestra por símbolo

Esta rutina genera la simulación de un sistema de comunicaciones BPSK utilizando filtro formador, un filtro acoplado y un SNR predefinida.

```
clear all; close all;
```

#### TRANSMISOR

Se genera una serial BPSK con los datos aleatorios. Y los parametros indicados

num\_bits : especifica el numero de bits a transmitir, debe ser numero par y mayor a 100

srate:

filt : especifica si se utiliza un filtro

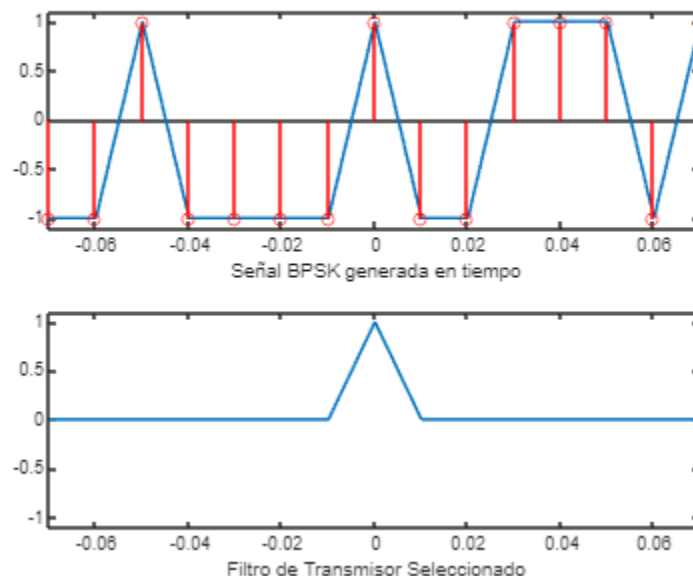
'cosa' para coseno alzado,

'sqrt' para raiz de coseno alzado

'rect' para un filtro rectangular

muest\_porbit : especifica el numero de muestras por bit que se utilizaran en la simulacion, debe ser numero impar

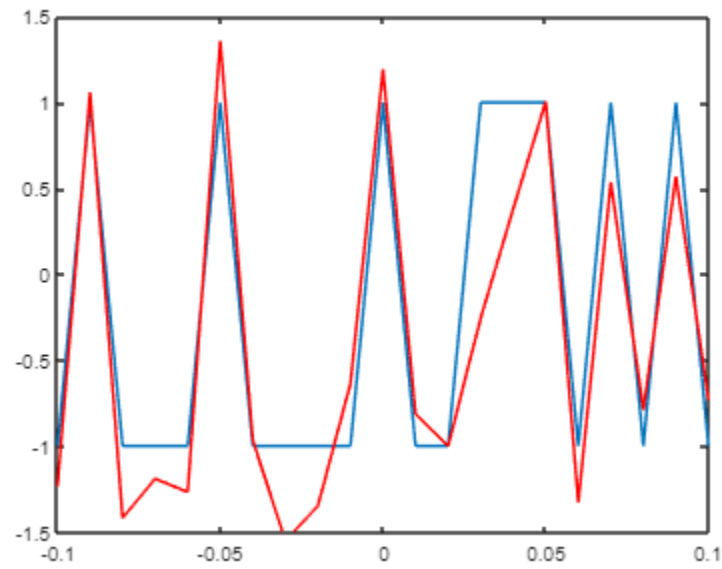
```
num_bits = 100;           %Numero de bits a transmitir
srate=.01;                %Intervalo de muestreo equivalente a fs
filt='rect';              %Tipo de filtro transmisor, tambien puede ser cosa y rect
muest_porbit=1;           %Numero de muestras por simbolo? o bit?
% Generacion de BPSK
[filtrotrans,senalBPSK,t,senaldig]=BPSK_pb(num_bits,srate,filt,muest_porbit);
```



## RECEPECCION CON RUIDO

La señal es pasada a través de un filtro acoplado al filtro de transmisor para maximizar la relación señal a ruido.

```
SNR_deseado_dB = 5;  
senal_masruido = awgn(SNR_deseado_dB, senalBPSK, t);
```

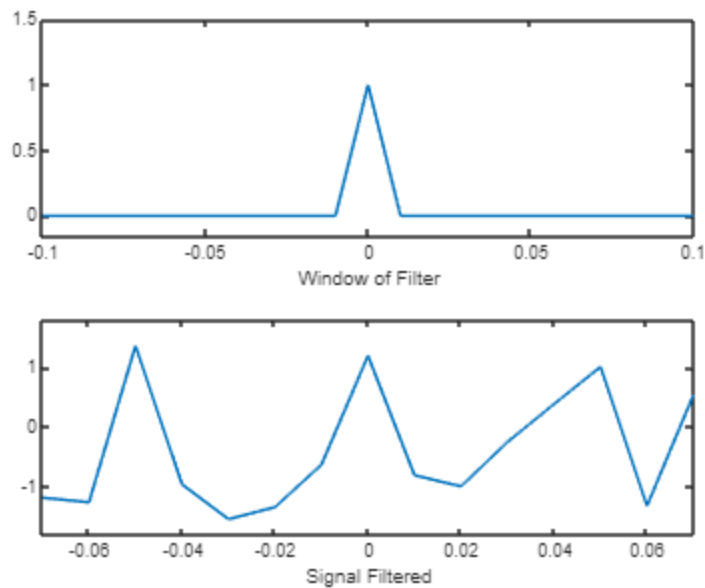


## RECEPTOR CON FILTRO ACOPLADO

La señal es pasada a través de un filtro acoplado al filtro de transmisor para maximizar la relación señal a ruido.

Awgn toma una señal trans y le suma una componente de ruido aditivo gaussiano con varianza especificada tal que cumple con la SNR deseada en dB; se considera que el filtro de transmisor están normalizados con energía unitaria solo se necesita variar la potencia del ruido para especificar una cierta relación señal a ruido.

```
senal_recib=matched_filter(filtrotrans, senal_masruido, t);
```



## DISPOSITIVO DE DECISION

La señal recibida es pasada por el circuito de decisión que regresa el vector de bits detectados, así como el número de bits erróneos contados. Decide en base al umbral, el valor del bit recibido y a señal detectada.

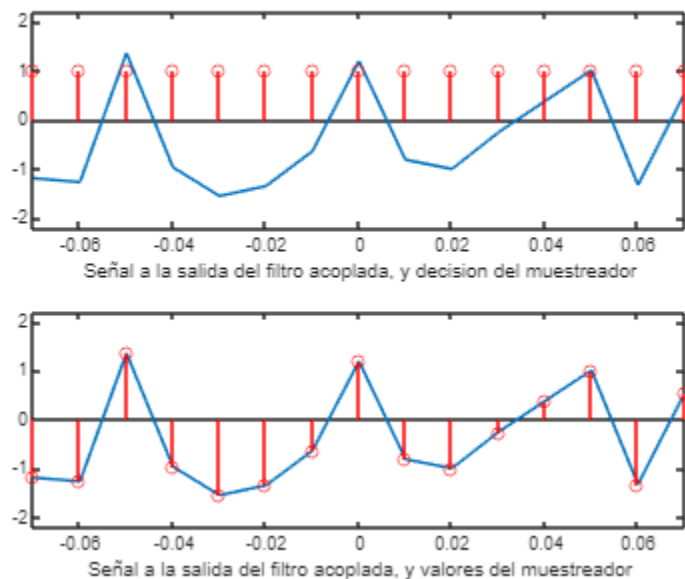
Necesita el número de bits y el número de muestras por bit para sincronizarse a partir de cero.

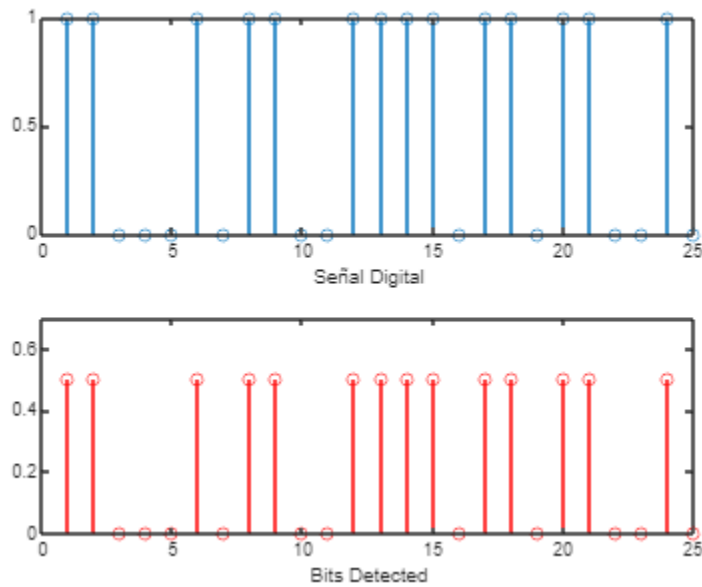
Regresa también el número de bits erróneos

```
umbral=0;
```

```
[num_bits_erroneos,bits_detectadosj]=decision(umbral,senal_recib,num_bits,muest_p  
orbit,t,senaldig,srate);
```

```
num_bits_erroneos = 1
```

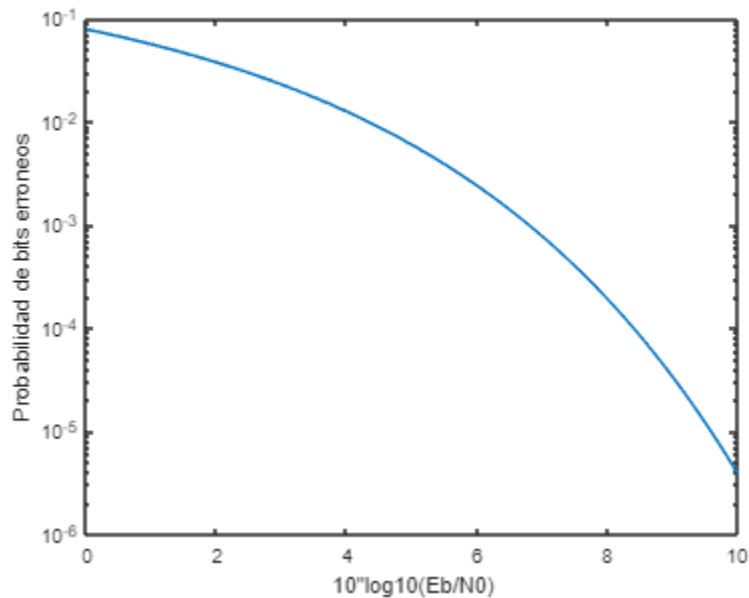




## GRAFICACION BER TEORICO Y SIMULADO

Los bits con error se grafican sobre la curva teórica. La señal recibida es pasada por el circuito de decisión que regresa el vector de bits detectados, así como el número de bits erróneos contados. Se grafica la curva de BER contra relación serial a ruido teórica, así como el punto de la simulación obtenida.

```
grafica_BERySNR(SNR_deseado_dB, num_bits_erroneos, num_bits);
pber_sim = 0.0100
```



## Ejercicio 4

### ¿Porque el receptor con filtro acoplado tiene ganancia con respecto al receptor con filtrado pasa bajas en términos de la inmunidad al ruido?

En principio de funcionamiento del Filtro Acoplado es poder reducir al máximo el ruido aditivo gaussiano, así se puede llegar a saber mediante análisis matemático cual es la relación señal a ruido máximo obtenido por un filtro acoplado y un filtro pasa bajas.

Después de un análisis matemático explicado más adelante, podemos obtener la conclusión de que la utilización de un filtro acoplado dará cero interferencias Inter simbólica, minimizando el gasto de ancho de banda utilizada y maximizando la relación señal a ruido en canales con ruido AWGN.

El filtro acoplado es un filtro que tiene la propiedad de reducir al mínimo el efecto del ruido al mismo tiempo que incrementa al máximo la señal.

$$E\{n_0^2(t)\} = \int G_n(f)H(f)^2 df \quad \text{Energía de la Señal de Entrada con Ruido}$$

$$f_0(T_m) = \int F(f)H(f)e^{j2\pi f T_m} df \quad \text{Señal de salida del Filtro}$$

$$\frac{|f_0(T_m)|^2}{E\{n_0^2(t)\}} = \frac{\left| \int F(f)H(f)e^{j2\pi f T_m} df \right|^2}{\frac{N_0}{2} \int |H(f)|^2 df} \quad \text{Relación de potencia instantánea de la señal sobre}$$

**potencia de ruido**

La relación Señal a Ruido se simplifico a la siguiente ecuación

$$\left(\frac{S}{N}\right)_T \leq \frac{2 \int |F(f)|^2}{N_0}$$

la igualdad de Schwartz se mantiene cuando

$$H(f) = cF^*(f)e^{-2j\pi f T_m}$$

$$h(t) = cf(T_m - t)$$

La aplicación de filtro puede hacerse y de cualquier forma se conocerá su forma de onda.

El filtro acoplado no conserva la forma de onda de la señal de entrada, porque lo que importa es distorsionar la forma de onda de la señal de entrada y **filtrar el ruido** de tal modo que en el instante de muestreo  $t_0$ , el nivel de la señal de salida sea tan grande como sea posible con respecto al nivel de ruido de salida en RMS.

La representación de la Máxima Relación Señal a ruido que se puede obtener

$$\max\left(\frac{S}{N}\right)_T = \frac{2E}{N_0}$$

E representa la energía de la señal a la entrada del filtro

$$E = \int F(f)^2$$

```
E = 5;
alpha = 0.5;
N0 = 1;
```

La varianza del ruido a la salida del filtro

$$\sigma_0^2 = \frac{N_0 E}{2}$$

la salida del filtro tiene aún así ruido gaussiano, la muestra de la señal en tiempo optimo es E (Potencia instantánea E^2)

hace el filtro una detección independiente de la forma de onda, solo reacciona a la energía de la señal contra la energía promedio del ruido.

El mejor receptor que maximiza la relación señal a ruido en presencia de AWGN es el filtro acoplado

$$P_{eFPB} = Q\left(\frac{E}{(1+\alpha)2N_0}\right) \quad \text{Filtro Pasa bajas}$$

```
pe_fpb = Qfunc(E / ( (1+alpha) * 2 * N0) )
```

```
pe_fpb = 0.0478
```

$$P_{eMF} = Q\left(\sqrt{\frac{E}{2N_0}}\right) \quad \text{Filtro Acoplado}$$

```
pe_fms = Qfunc( sqrt( E/(2*N0) ) )
```

```
pe_fms = 0.0569
```

Como se obtiene en los resultados la potencia de señal de salida del filtro acoplado tiende a ser mayor al del filtro pasa bajas.

para que el filtro acoplado funcione debe de ser el mismo filtro que el transmisor (un filtro con respuesta al impulso par)