

Teoría de las comunicaciones

Ricardo Gallegos

7 de abril de 2021

Conocimientos necesarios para el curso

ECUACIÓN DE SHANNON

$$C = B \log_2(1 + SNR) \left[\frac{\text{bits}}{\text{segundos}} \right]$$

Donde:

B = ancho de banda

SNR = relación señal ruido

Mensaje: manifestación física de la información se le conoce como mensaje.

Transductor: se requiere cuando las fuentes de información entrega mensajes no eléctricos.

Comunicación: es el proceso por el cual se transfiere información desde un punto A llamado transmisor aún punto B llamado receptor.

Transmisor: adaptar la señal al canal el cual es el proceso más importante de la modulación.

Medio de transmisión: constituye el enlace físico entre el transmisor y el receptor la característica principal es la atenuación (decremento progresivo en la potencia).

Receptor: extrae la señal transmitida y hace operaciones contrarias para regresar la operación original y se le conoce como de modulación o detección.

Interferencias: factores indeseables, que se manifiestan en las señales modificando el contenido de la información de la señal existen de 3 tipos:

- distorsión: deformación de la señal generada por el propio sistema.
- Diafonía: perturbaciones que sufre la señal por efecto de señales ajenas al sistema.
- Ruido: señales aleatorias o impredecibles que se agregan a la señal de la información.

SEÑALES

Determinísticas: su ley de variación se conoce.

No determinística: no se pueden predecir.

Periódicas: son todas aquellas funciones que satisfacen la condición

$$f(t) = f(t + T)$$

No periódicas: no se repiten.

SERIE DE FOURIER

$$a_0 = \frac{1}{T_0} \int_{t_0}^{t_0+T_0} f(t) dt$$
$$a_n = \frac{2}{T_0} \int_{t_0}^{t_0+T_0} f(t) \cos(n\omega_0 t) dt$$
$$b_n = \frac{2}{T_0} \int_{t_0}^{t_0+T_0} f(t) \sin(n\omega_0 t) dt$$

$$g(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega_0 t) + b_n \sin(n\omega_0 t))$$

$$\phi = \arctan^{-1} \left[\frac{a_0}{b_0} \right]$$

SERIE EXPONENCIAL DE FOURIER

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n e^{jn\omega_0 t}$$

Serie exponencial de Fourier inversa

$$F_n = \frac{1}{T_0} \int_{t_0}^{t_0+T_0} f(t) e^{jn\omega_0 t} dt$$

TRANSFORMADA DE FOURIER

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{jn\omega_0 t} d\omega$$

Inversa

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-jn\omega_0 t} dt$$

Donde:

$f(t)$ es la función de densidad espectral

En el siguiente código de MATLAB se ilustran 3 funciones que serán transformadas al dominio de la frecuencia

Contents

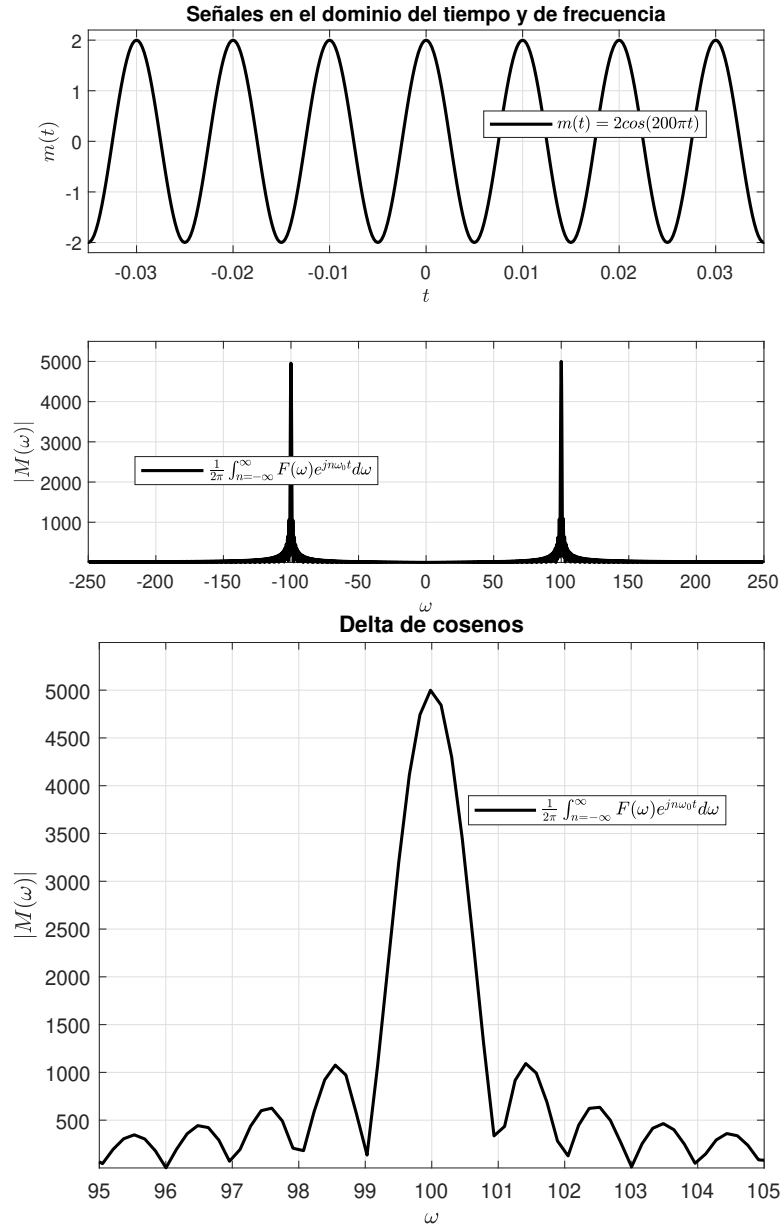
- $m(t) = 2\cos(200\pi t)$
- $m(t) = 2\cos(200\pi t) + 5\sin(600\pi t)$
- $m(t) = \sin(\frac{20\pi t}{20\pi t}) = \text{sinc}(20t)$

$$m(t) = 2\cos(200\pi t)$$

```
close all
clc
fmax = 100;
fs = 50*fmax;
ts = 1/fs;
T = 1/fmax;
t = -3*T:ts:3*T;
x = 2*cos (200*pi*t);
% Transformada
t=-50*T:ts:50*T;
M=0;
x = 2*cos (200*pi*t);
n=0;
w=-500*pi:500*pi;
for tt = t
    n =n+1;
    M= M +x(n)*exp(-j*w*tt);
end
ejex = [-.035 .035];
titulo = 'Señales en el dominio del tiempo y de frecuencia';
ejeX = '$t$';
ejeY = '$m(t)$';
simbo = '$m(t)= 2\cos(200\pi t)$';
freq = w/(2*pi);
magn = abs (M);
ejex1 = [95 105];
ejex2 = [-250 250];
titulo1 = 'Delta de cosenos';
ejeX1 = '$\omega$';
ejeY1 = '$|M(\omega)|$';
simbo1= '$\frac{1}{2\pi}\int_{n=-\infty}^{\infty}F(\omega)e^{jn\omega_0t}d\omega$';
graficar2(t, x,ejex,titulo, ejeX, ejeY, simbo, freq, magn, ejex2,ejeX1, ejeY1, simbo1)
graficar(freq,magn,ejex1,titulo1, ejeX1, ejeY1, simbo1)
```

$$m(t) = 2\cos(200\pi t)$$

En estas primeras gráficas observamos que es difícil conocer la información que porta la señal $m(t)$ en cambio su magnitud en frecuencia podemos observar las deltas correspondientes al coseno (Nota recuerda que su frecuencia está ubicada en 100 Hz porque es $\omega_0 = 2\pi f_c$)



$$m(t) = 2\cos(200\pi t) + 5\sin(600\pi t)$$

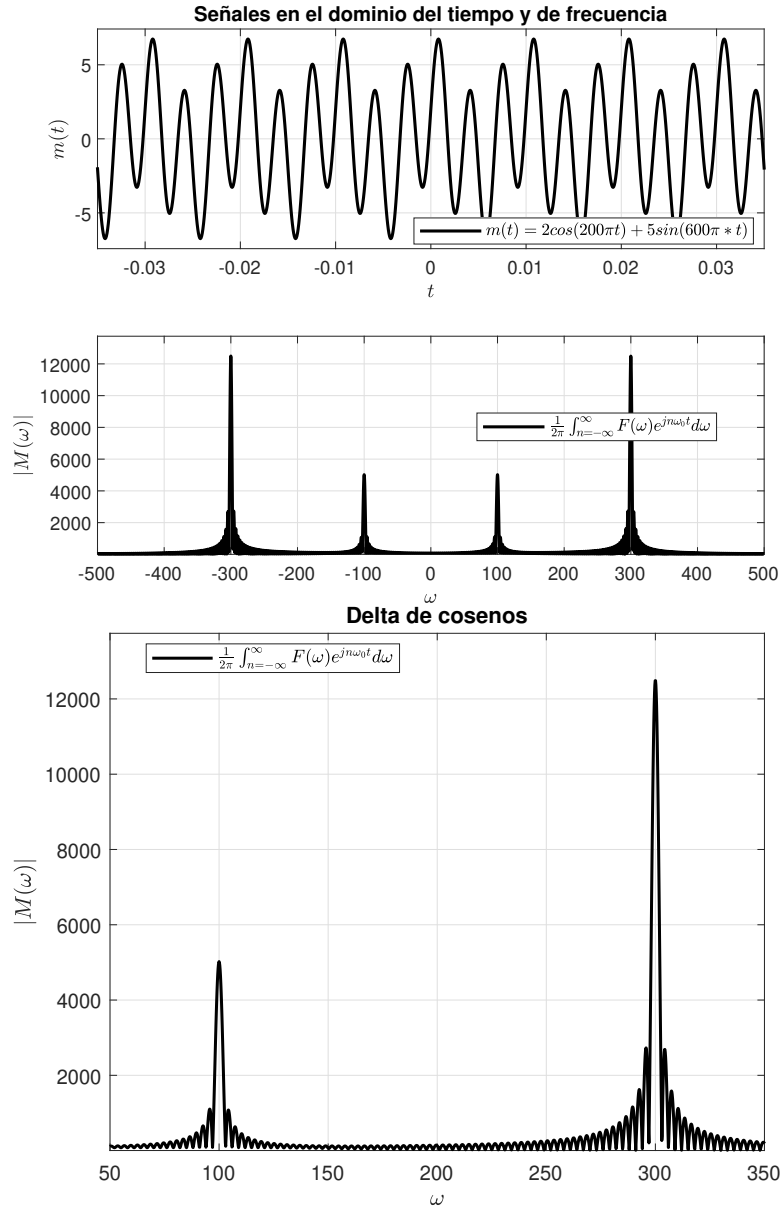
```

clear
close all
clc
fmax = 300;
fs = 50*fmax;
ts = 1/fs;
T = 1/fmax;
t = -3*T:ts:3*T;
x = 2*cos (200*pi*t) +5*sin(600*pi*t) ;
% Transformada
t=-50*T:ts:50*T;
M=0;
x = 2*cos (200*pi*t) +5*sin(600*pi*t);
n=0;
w=-1000*pi:1000*pi;
for tt = t
    n =n+1;
    M= M +x(n)*exp(-j*w*tt);
end
ejex = [-.035 .035];
titulo = 'Señales en el dominio del tiempo y de frecuencia';
ejeX = '$t$';
ejeY = '$m(t)$';
simbo = '$m(t)= 2\cos(200\pi t) + 5\sin(600\pi t)$';
freq = w/(2*pi);
magn = abs (M);
ejex1 = [50 350];
a = 500;
ejex2 = [-a a];
titulo1 = 'Delta de cosenos';
ejeX1 = '$\omega$';
ejeY1 = '$|M(\omega)|$';
simbo1= '$\frac{1}{2\pi}\int_{n=-\infty}^{\infty}F(\omega)e^{jn\omega_0t}d\omega$';
graficar2(t, x,ejex,titulo, ejeX, ejeY, simbo, freq, magn, ejex2,ejeX1, ejeY1, simbo1)
graficar(freq,magn,ejex1,titulo1, ejeX1, ejeY1, simbo1)

```

$$m(t) = 2\cos(200\pi t) + 5\sin(600\pi t)$$

Observamos que ahora es demasiado complejo conocer las componentes de la señal en el dominio del tiempo, pero en el dominio de la frecuencia observando sus magnitudes podemos darnos cuenta de las deltas y deducir su frecuencia.



$$m(t) = \sin\left(\frac{20\pi * t}{20\pi * t}\right) = \text{sinc}(20t)$$

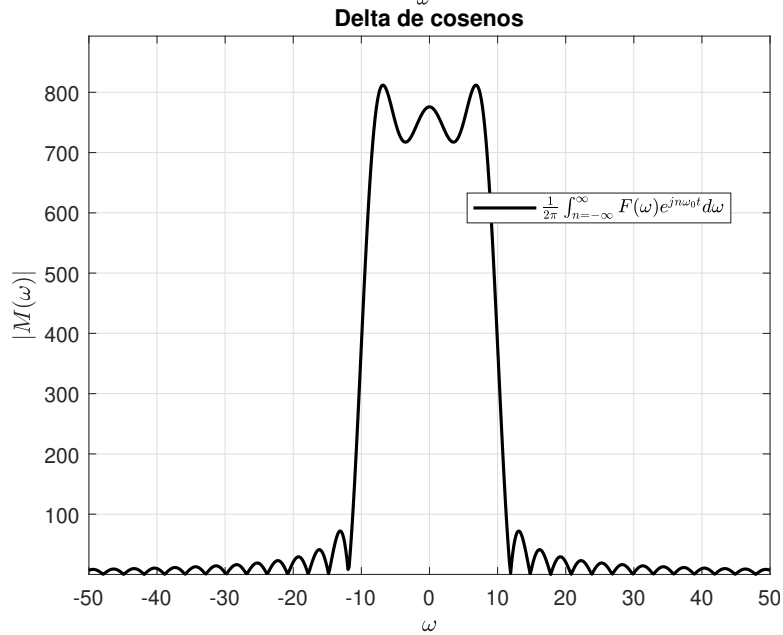
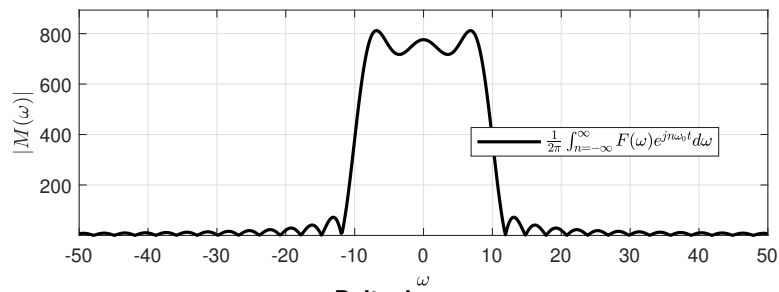
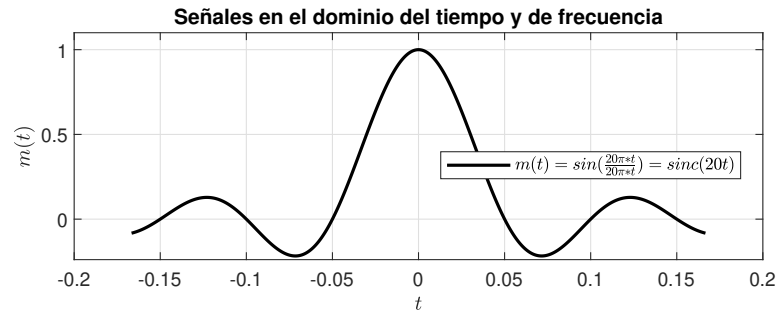
```

clear
close all
clc
fmax = 300;
fs = 50*fmax;
ts = 1/fs;
T = 1/fmax;
t = -50*T:ts:50*T;
x = sinc (20*t) ;
% Transformada
t=-50*T:ts:50*T;
M=0;
x = sinc (20*t) ;
n=0;
w=-100*pi:100*pi;
for tt = t
    n =n+1;
    M= M +x(n)*exp(-j*w*tt);
end
ejex = [-.2 .2];
titulo = 'Señales en el dominio del tiempo y de frecuencia';
ejeX = '$t$';
ejeY = '$m(t)$';
simbo = '$m(t)= \sin(\frac{20\pi *t}{20\pi *t}) = \text{sinc} (20t)$';
freq = w/(2*pi);
magn = abs (M);
ejex1 = [-50 50];
a = 50;
ejex2 = [-a a];
titulo1 = 'Delta de cosenos';
ejeX1 = '$\omega$';
ejeY1 = '$|M(\omega)|$';
simbo1= '$\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}F(\omega)e^{jn\omega_0t}d\omega$';
graficar2(t, x,ejex,titulo, ejeX, ejeY, simbo, freq, magn, ejex2,ejeX1, ejeY1, simbo1)
graficar(freq,magn,ejex1,titulo1, ejeX1, ejeY1, simbo1)

```


$$m(t) = \sin\left(\frac{20\pi * t}{20\pi * t}\right) = \text{sinc}(20t)$$

Tenemos un ejemplo curioso que pasa si mandamos una sapling en el dominio del tiempo???



El resultado en magnitud no te recuerda a la serie de Fourier de un pulso cuadrado???

Tarea: Realiza un programa que genere la serie de Fourier donde un pulso cuadrado unitario en MATLAB

```

clear all
close all
clc

```

Funciones utilizadas en los programas anteriores

```

function graficar(x,y,ejex,titulo, ejeX, ejeY, simbo)
    yy = .1*y;
    figure;
    plot (x, y,'k','LineWidth',1.5)
    title (titulo)
    xlabel (ejeX,'Interpreter','latex')
    ylabel (ejeY,'Interpreter','latex')
    axis([ejex(1) ejex(2) min(y-yy) max(y+yy)])
    legend(simbo,'Interpreter','latex','Location','Best')
    grid on
end
function graficar2(x, y,ejex,titulo, ejeX, ejeY, simbo, x1, y1, ejex1,ejeX1, ejeY1, simbo1)
    yy = .1*y;
    yy1 = .1*y1;
    figure;
    subplot(211)
    plot (x, y,'k','LineWidth',1.5)
    title (titulo)
    xlabel (ejeX,'Interpreter','latex')
    ylabel (ejeY,'Interpreter','latex')
    axis([ejex(1) ejex(2) min(y+yy) max(y+yy)])
    legend(simbo,'Interpreter','latex','Location','Best')
    grid on
    subplot(212)
    plot (x1, y1,'k','LineWidth',1.5)
    xlabel (ejeX1,'Interpreter','latex')
    ylabel (ejeY1,'Interpreter','latex')
    axis([ejex1(1) ejex1(2) min(y1-yy1) max(y1+yy1)])
    legend(simbo1,'Interpreter','latex','Location','Best')
    grid on
end

```

Índice

1. Modulación en Amplitud	14
1.1. Modulación	14
1.2. Ventajas de la modulación	14
1.3. Demodulación	15
1.4. Circuitos para generar señales AMPS	15
1.4.1. Moduladores de multiplicación	15
1.4.2. Moduladores no lineales	16
1.4.3. Moduladores en conmutación	16
1.4.4. Moduladores balanceados	16
1.4.5. Moduladores en multiplexaje en cuadratura	17
1.5. Demodulación	17
1.5.1. Demoduladores por rectificación	17
1.5.2. Demoduladores de envolvente	17
1.5.3. Receptor superheterodino	18
2. Modulación en Frecuencia	45
2.1. General	45
2.2. Ancho de banda (Carson)	47
2.3. Funciones de Bessel apropiadas para FM	47
2.4. Potencia de una señal FM	47
2.4.1. Ventajas de FM	47
2.4.2. FM indirecta	48
2.4.3. FM directa	48
2.5. Demodulación de una señal FM	49
2.5.1. Discriminador Simple RL	49
2.5.2. Discriminador entonado	49
2.5.3. Discriminador Balanceado	50
2.6. Receptor de FM (Comercial)	50
2.7. FM estéreo	50
3. Modulación Analógica de pulsos	59
3.1. Nysquist	59
3.2. Muestreo Natural	59
3.3. Muestreo Instantaneo	59
3.4. Transmision de señales	60
3.5. Filtros de un Sistema	60
3.5.1. Filtro Ideal	61
3.5.2. Filtro Pasa Baja	61
3.5.3. Filtro Pasa Alta	61
3.5.4. Filtro Pasa Banda	61
4. Distorsión de señales	62
4.0.1. Compresión	62
4.0.2. Rx expansor	62

1. Modulación en Amplitud

1.1. Modulación

El proceso de modificación se le conoce como modulación, consiste en hacer variar algún parámetro de una señal portadora de alta frecuencia en una función de una señal de banda base. existen de 2 tipos analógica y digital.

- Modulación Analógica: cuando se emplea como portadora de una señal continua.
- Modulación Digital: sí la portadora es una señal discreta.

Recuerda que los mensajes los mensajes se pueden recuperar mediante el proceso inverso o módulo demodulación.

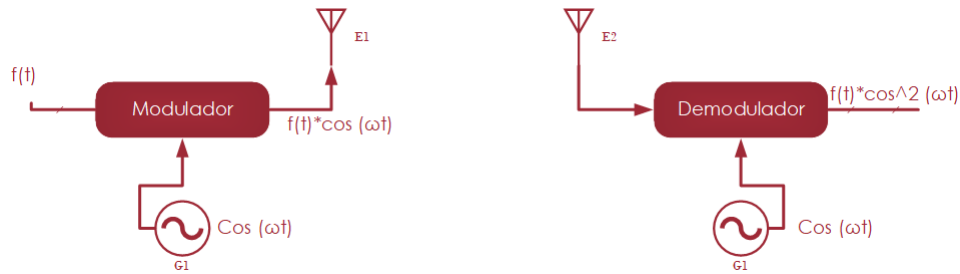
1.2. Ventajas de la modulación

- Radiación eficiente
Podemos optimizar la energía y la potencia de la señal mediante la modulación.
- Transmisión multiple
La transmisión de las señales es simultánea y por un solo canal, los espectros individuales sin traslapar se pueden recuperar individualmente en el receptor (multiplexaje).
- Combatir el ruido
La modulación nos ayuda a combatir el ruido, pero no significa que podamos quitarlo al 100
- Empleacion eficiente del espectro de frecuencias
- Superar las limitaciones del equipo Coloca la señal en el dominio de las frecuencias donde las limitaciones son mínimas.

De memoria: La banda base es la banda original de frecuencias de la señal.

Existen varios tipos de modulación analógica pero nos enfocaremos en 2 tipos:

- Modulación en amplitud (lineal)
- Modulación en ángulo (exponencial)



1.3. Demodulación

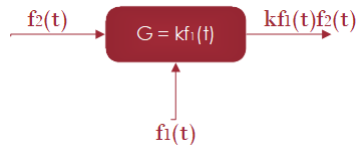
Al proceso de demodulación o retraslación de estos espectros se le conoce como detección. los procesos de recuperar $f(t)$ volviendo a multiplicar por $\cos(\omega_0 t)$ se le conoce como detección sin croma o coherente debido a que el proceso es similar al del transmisor.

Para esto debe de haber sincronía, la frecuencia y la fase de la portadora local deben ser idénticas a la frecuencia y la fase de la portadora del transmisor, se logran con circuitos de sincronía en Rx (estos logran ser complicados y costosos) o se puede usar una portadora piloto que es agrega a una portadora adicional para “amarrar” la frecuencia y la fase del oscilador local.

1.4. Circuitos para generar señales AMPS

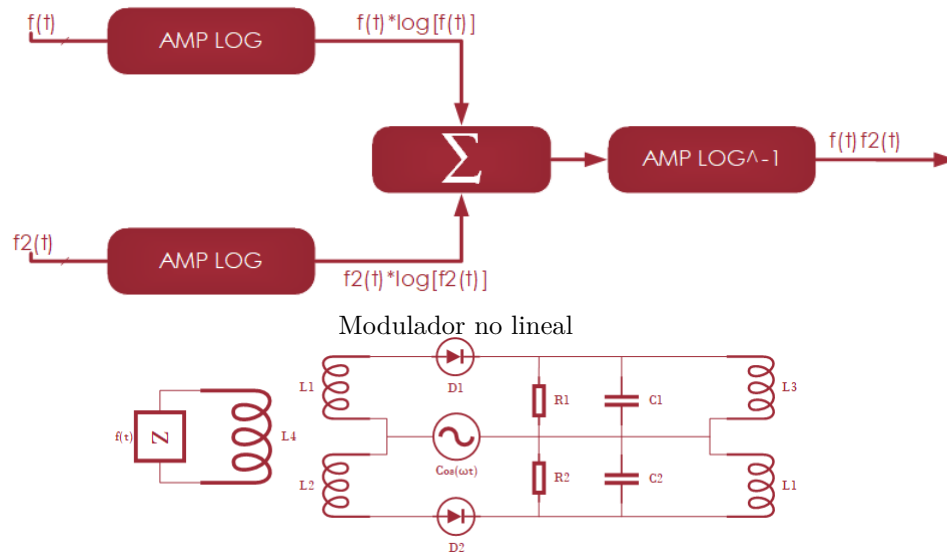
1.4.1. Moduladores de multiplicación

Un modulador de multiplicación analógico es un circuito con dos entradas que genera como salida, los aspectos a considerar para sus diseños son la magnitud, frecuencia y fase.



1.4.2. Moduladores no lineales

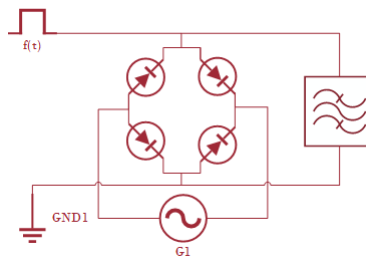
Se basan en utilizar un elemento no-lineal que contenga una componente cuadrática.



Modulador con base en diodos

1.4.3. Moduladores en conmutación

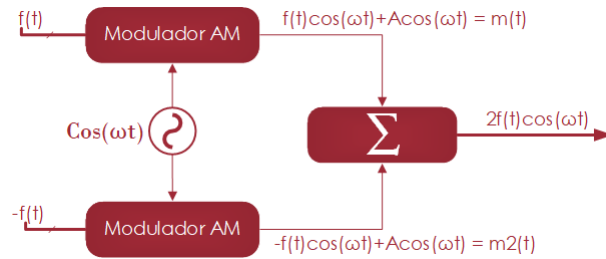
El principio es similar al del modulador multiplicativo, ya que el resultado de la conmutacion es multiplicar la señal $m(t)$ por un tren de senales rectangulares $k(t)$ de ancho $T = T_0/2$



Modulador puente paralelo

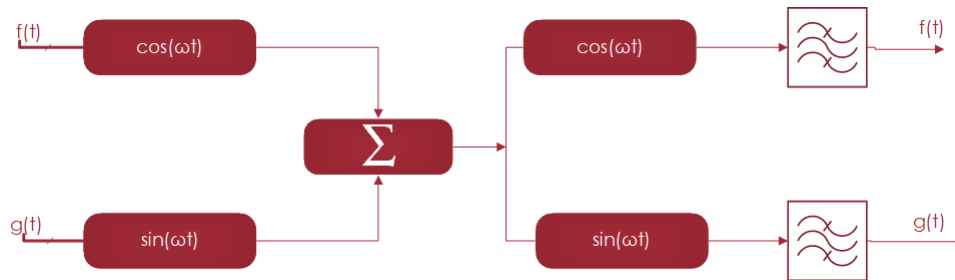
1.4.4. Moduladores balanceados

Es un dispositivo que toma la señal original que tiene dos bandas laterales y una señal portadora, y la modula para que únicamente la señal de una banda lateral esté presente en la salida del modulador balanceado.



1.4.5. Moduladores en multiplexaje en cuadratura

Transporta dos señales independientes, mediante la modulación, tanto en amplitud como en fase, de una señal portadora.



1.5. Demodulación

Demoduladores Homodinos DSB-SC:

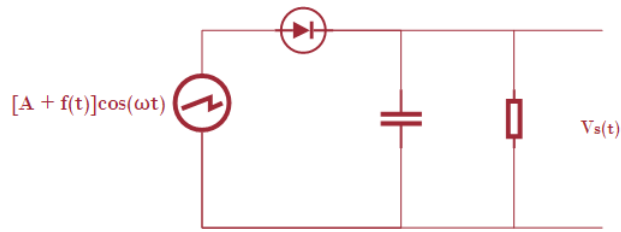
El receptor debe generar la misma portadora local con la frecuencia y fase en sincronía con la portadora del transmisor. (El proceso de demodulación es, como el de modulación, una traslación del espectro de la señal, salvo que en este caso se traslada desde ω a $\omega_c = 0$. Se consigue multiplicando por una portadora local).

1.5.1. Demoduladores por rectificación



1.5.2. Demoduladores de envolvente

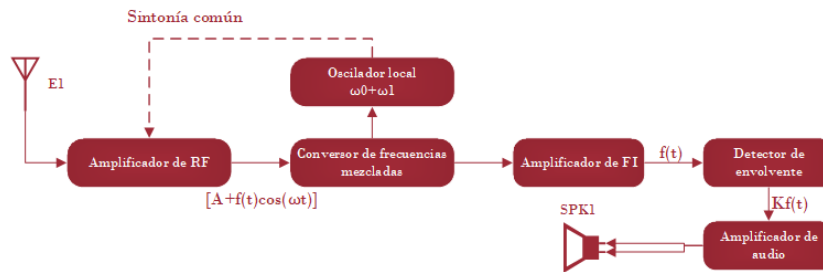
Un detector de envolvente es un circuito eléctrico que tiene como entrada una señal de alta frecuencia, y como salida la envolvente de la señal de entrada.



1.5.3. Receptor superheterodino

Suponga una frecuencia de 455 KHz frecuencia intermedia. La transmisión se efectúa multiplicando la onda de entrada por una señal generada localmente y que define de la portadora síncrona en 455 KHz. El oscilador local y el amplificador de radiofrecuencia se sincronizan en forma común para que exista la diferencia de 455 KHz entre ellos.

A este proceso se le conoce como heterodinación (traslación de frecuencia).



Contents

- MODULACION AM
- Señal $m(t)$
- Portadora $c(t)$
- Modulación Y_{AM}
- Potencia de Y_{AM} y $SNR = 10$
- Demodulacion coherente $r = y_{am}(t) * c(t)$
- Filtro pasabajas $h = 800\text{sinc}(800t)$
- Aplicacion de filtro
- Detector de envolvente
- Modulacion $Y_{usb}(\omega)$ y $Y_{lsb}(\omega)$
- Señal $m(t)$
- Portadora $c(t)$
- Modulacion $y_{dsb-sc}(t)$
- $SNR = 10$ db
- Canal = ruido + $y_{dsb-sc}(t)$
- Funcion de Hilbert
- Filtro $h(t)$ pasa bajas
- Señal $Y_{usb}(t)$
- Recuperar Señal con $r(t)$ de $y_{usb}(t)$
- Señal Recuperada de $y_{usb}(t)$
- Señal $y_{lsb}(t)$
- Recuperar Señal con $r(t)$ de $y_{lsb}(t)$
- Señal Recuperada de $y_{lsb}(t)$

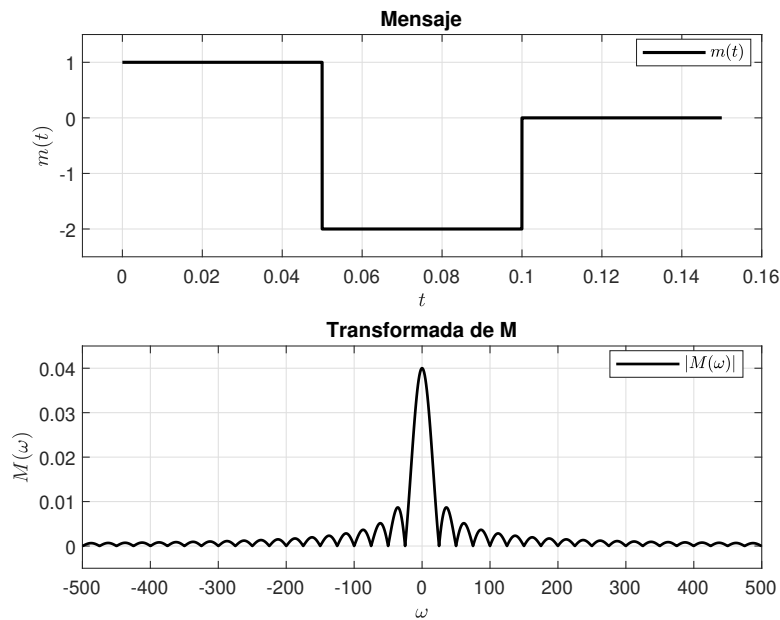
MODULACION AM

Con $\mu = .5$

```
close all
clear
clc
fs=50000;
ts=1/fs;
t0=0.15;
t=0:ts:t0;
m=1*(t>=0&t<t0/3)-2*(t>=t0/3&t<2*t0/3);
```

Señal $m(t)$

```
P=.5;
figure;
subplot (211);
plot (t,m,'k','LineWidth',1.5);
title ('Mensaje');
xlabel('$t$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$m(t)$', 'Interpreter','latex');
axis([-0.01 .16 -2.5 1.5])
grid on
legend('$m(t)$', 'Interpreter','latex','Location','Best')
subplot (212);
myTransformada (m,P);
title ('Transformada de M');
xlabel('$\omega$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$M(\omega)$', 'Interpreter','latex');
axis([-500 500 -.005 .045])
legend('$|M(\omega)|$', 'Interpreter','latex','Location','Best')
grid on
```

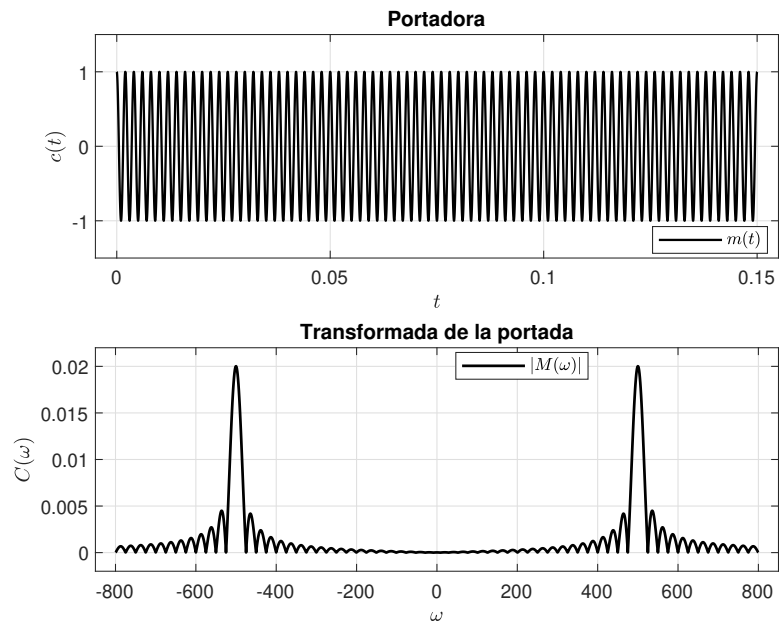


Portadora $c(t)$

```

c=cos(1000*pi*t);
P=.8;
figure;
subplot (211);
plot (t,c,'k','LineWidth',1.1);
title ('Portadora');
xlabel('$t$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$c(t)$', 'Interpreter','latex');
legend('$m(t)$', 'Interpreter','latex','Location','Best')
axis([-0.005 .155 -1.5 1.5])
grid on
subplot (212);
myTransformada (c,P);
title ('Transformada de la portada');
xlabel('$\omega$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$C(\omega)$', 'Interpreter','latex');
axis([-850 850 -.002 .022])
legend('$|M(\omega)|$', 'Interpreter','latex','Location','Best')
grid on

```

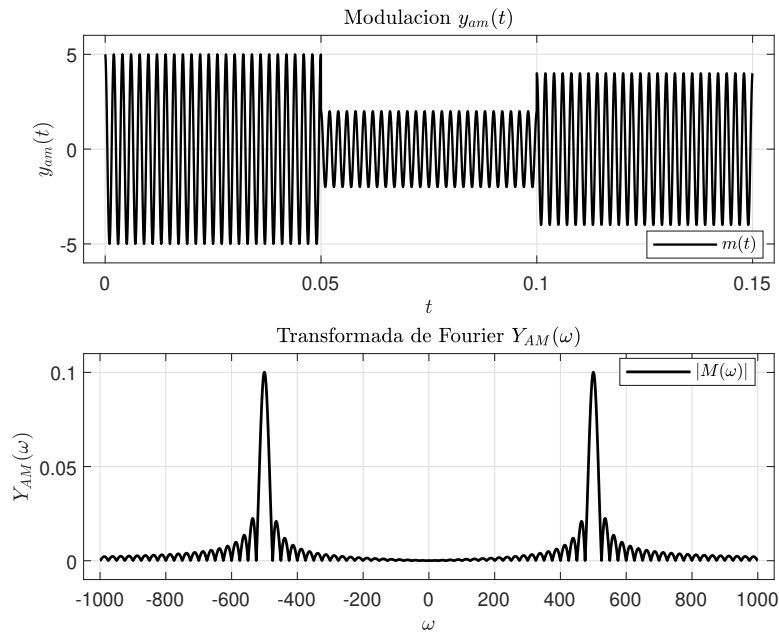


Modulación Y_{AM}

```

yam=m.*c;
mp=abs(min(yam));
mu=.5;
A=mp/mu;
yam=(A+m).*c;
P=1;
figure;
subplot (211);
plot (t,yam,'k','LineWidth',1.1);
title ('Modulacion  $y_{am}(t)$ ','Interpreter','latex');
xlabel('$t$','Interpreter','latex');
ylabel('$y_{am}(t)$','Interpreter','latex');
legend('$m(t)$','Interpreter','latex','Location','Best')
axis([-0.005 .155 -6 6])
grid on
subplot (212);
myTransformada (yam,P);
title ('Transformada de Fourier  $Y_{AM}(\omega)$ ','Interpreter','latex');
xlabel('$\omega$','Interpreter','latex');
ylabel('$Y_{AM}(\omega)$','Interpreter','latex');
legend('$|M(\omega)|$','Interpreter','latex','Location','Best')
axis([-1050 1050 -.01 .11])
grid on

```

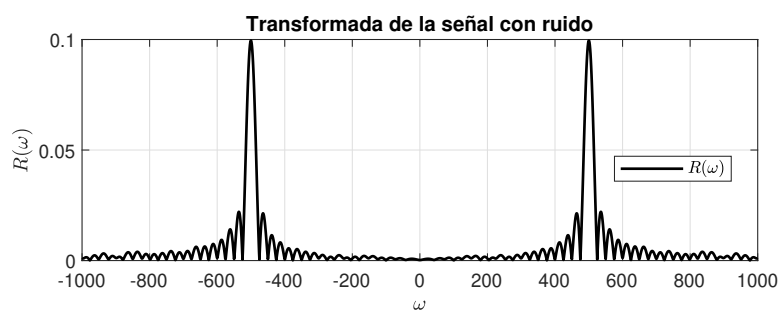
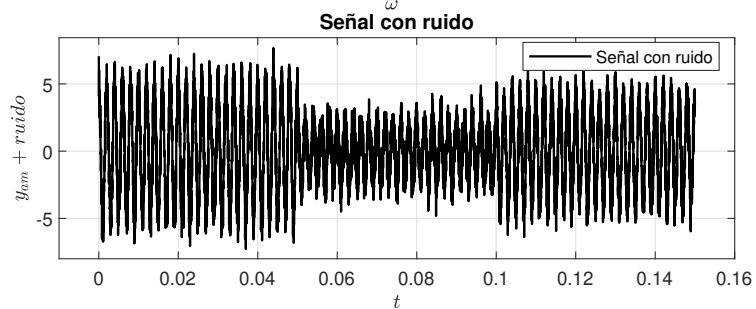
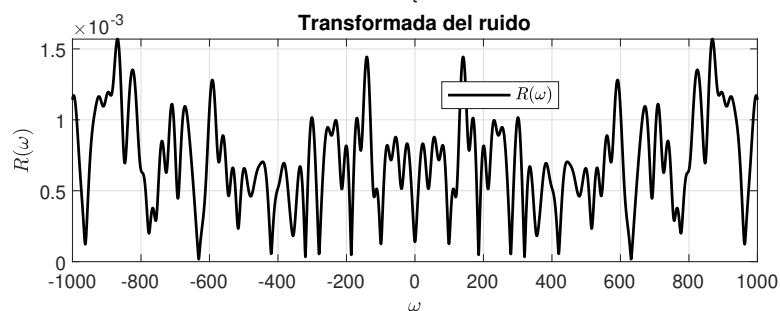
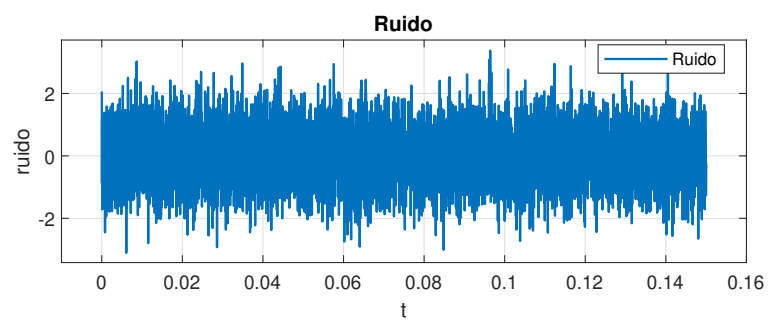


Potencia de Y_{AM} y $SNR = 10$

```

Pyam = potencia (yam);
SNR = 10;
Pr = Pyam*10^(-SNR/10);
sigma = sqrt (Pr);
ruido = sigma* randn (1, length(t));
Pruido = potencia (ruido);
figure;
subplot (211)
plot (t, ruido,'LineWidth',1.1)
title ('Ruido')
ylabel ('ruido')
xlabel ('t')
legend('Ruido','Location','Best')
axis([-0.01 .16 min(ruido+.1*ruido) max(ruido+.1*ruido)])
grid on
subplot (212);
myTransformada (ruido,P);
title ('Transformada del ruido');
xlabel('$\omega$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$R(\omega)$', 'Interpreter','latex');
legend('$R(\omega)$','Location','Best','Interpreter','latex')
grid on
mcanal = ruido + yam;
figure
subplot (211)
plot (t, mcanal,'k','LineWidth',1.1)
title ('Señal con ruido')
ylabel ('$y_{am} + ruido$', 'Interpreter','latex')
xlabel ('$t$', 'Interpreter','latex')
axis([-0.01 .16 min(mcanal+.1*mcanal) max(mcanal+.1*mcanal)])
legend('Señal con ruido','Location','Best')
grid on
subplot (212);
myTransformada (mcanal,P);
title ('Transformada de la señal con ruido');
xlabel('$\omega$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$R(\omega)$', 'Interpreter','latex');
legend('$R(\omega)$','Location','Best','Interpreter','latex')
grid on
yam = mcanal;

```

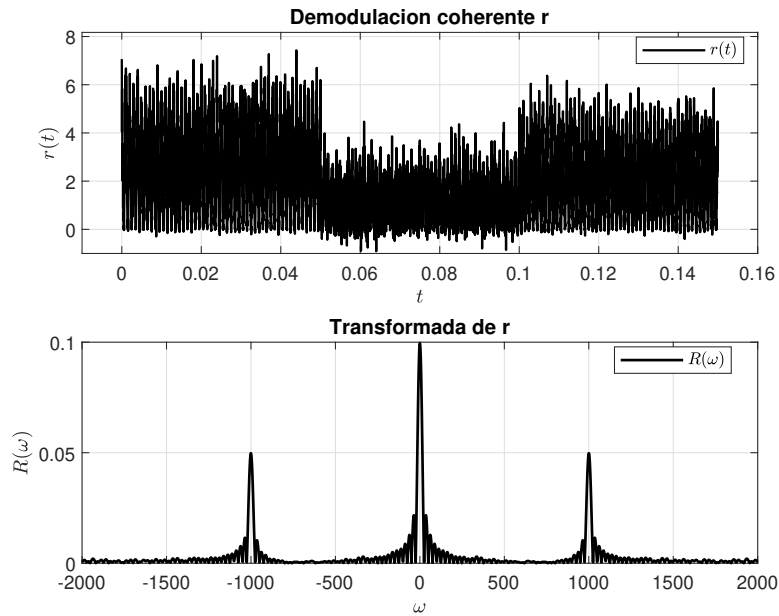



Demodulacion coherente $r = y_{am}(t) * c(t)$

```

r=yam.*c;
P=2;
figure;
subplot (211);
plot (t,r,'k','LineWidth',1.1);
title ('Demodulacion coherente r');
xlabel('$t$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$r(t)$', 'Interpreter','latex');
legend('$r(t)$', 'Location','Best', 'Interpreter','latex')
axis ([-.01 .16 min(r+.1*r) max(r+.1*r)])
grid on
subplot (212);
myTransformada (r,P);
title ('Transformada de r');
xlabel('$\omega$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$R(\omega)$', 'Interpreter','latex');
legend('$R(\omega)$', 'Location','Best', 'Interpreter','latex')
grid on

```

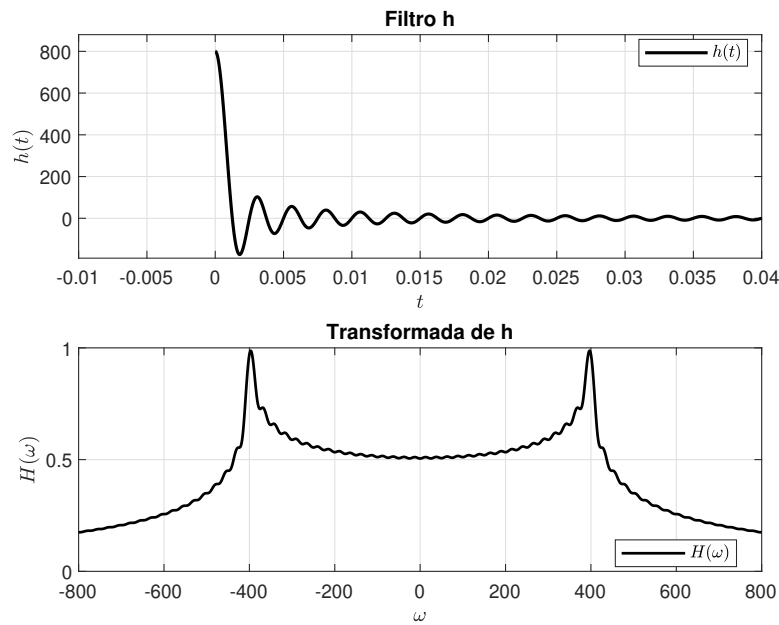


Filtro pasabajas $h = 800\text{sinc}(800t)$

```

h=800*sinc(800*t);
P=.8;
figure;
subplot (211);
plot (t,h,'k','LineWidth',1.5);
title ('Filtro h');
xlabel('$t$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$h(t)$', 'Interpreter','latex');
legend('$h(t)$', 'Location','Best', 'Interpreter','latex')
axis ([-.01 .04 min(h+.1*h) max(h+.1*h)])
grid on
subplot (212);
myTransformada (h,P);
title ('Transformada de h');
xlabel('$\omega$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$H(\omega)$', 'Interpreter','latex');
legend('$H(\omega)$', 'Location','Best', 'Interpreter','latex')
grid on

```

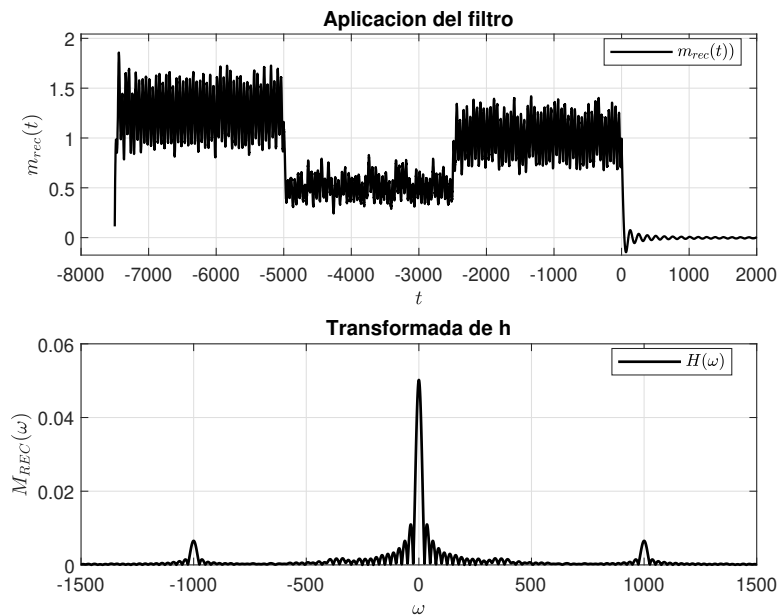


Aplicacion de filtro

```

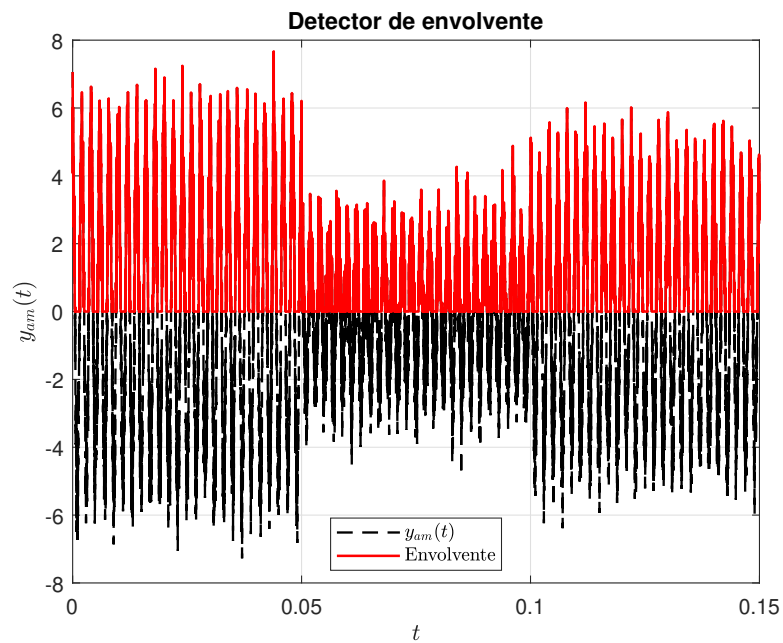
m_rec=conv(r, h)*ts;
P=1.5;
tq=-length(t):length(t);
tq1(1,:)=tq(1:15001);
tq=tq1;
figure;
subplot(211)
plot (tq,m_rec,'k','LineWidth',1.1);
title ('Aplicacion del filtro');
xlabel('$t$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$m_{rec}(t)$', 'Interpreter','latex');
axis ([-8000 2000 min(m_rec+.2*m_rec) max(m_rec+.1*m_rec)]);
legend('$m_{rec}(t)$', 'Location','Best', 'Interpreter','latex')
grid on
subplot (212);
M=myTransformada (m_rec,P);
title ('Transformada de h');
xlabel('$\omega$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$M_{REC}(\omega)$', 'Interpreter','latex');
legend('$H(\omega)$', 'Location','Best', 'Interpreter','latex')
grid on

```



Detector de envolvente

```
figure;  
r2=yam;  
I=find(r2<0);  
r2(I)=0;  
plot(t,yam,'k--','LineWidth',1.1)  
hold on  
plot(t,r2,'r','LineWidth',1.2)  
title('Detector de envolvente');  
xlabel('$t$', 'Interpreter','latex');  
ylabel('$y_{am}(t)$', 'Interpreter','latex');  
legend('$y_{am}(t)$', 'Envolvente', 'Location','Best', 'Interpreter','latex')  
grid on
```



Modulacion $Y_{usb}(\omega)$ y $Y_{lsb}(\omega)$

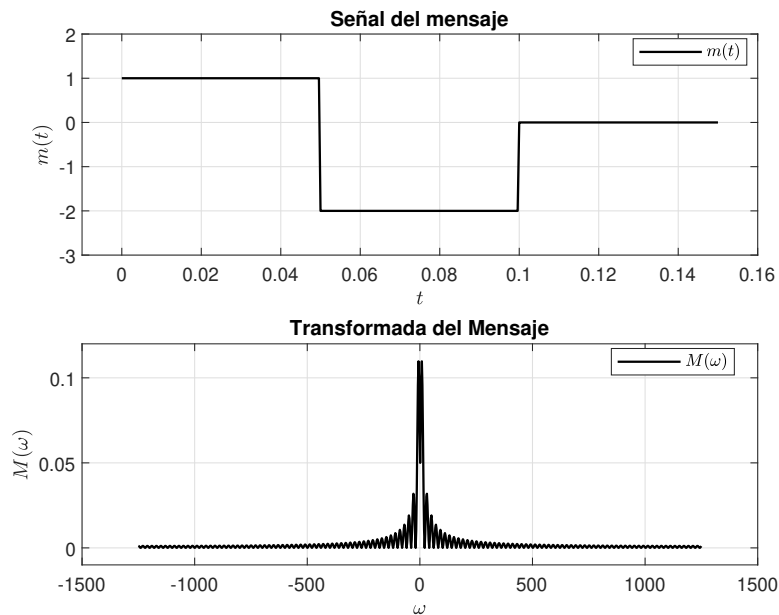
```
close all
clear
clc
fs=2500;
ts=1/fs;
t0=0.15;
t=0:ts:t0;
N=1000;
```

Señal $m(t)$

```

m=1*(t>=0&t<t0/3)-2*(t>=t0/3&t<2*t0/3);
figure
plot(t,m)
subplot (211)
plot (t,m,'k','LineWidth',1.1)
title ('Señal del mensaje');
xlabel('$t$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$m(t)$', 'Interpreter','latex');
legend('$m(t)$', 'Location','Best','Interpreter','latex')
a = -.01; b = .16;
axis([a b min(m+.5*m) max(m+1)])
grid on
subplot(212)
MyTransformada2 (m,N);
title ('Transformada del Mensaje');
xlabel('$\omega$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$M(\omega)$', 'Interpreter','latex');
legend('$M(\omega)$', 'Location','Best','Interpreter','latex')
a = 1500;
axis([-a a -.01 .12])
grid on

```

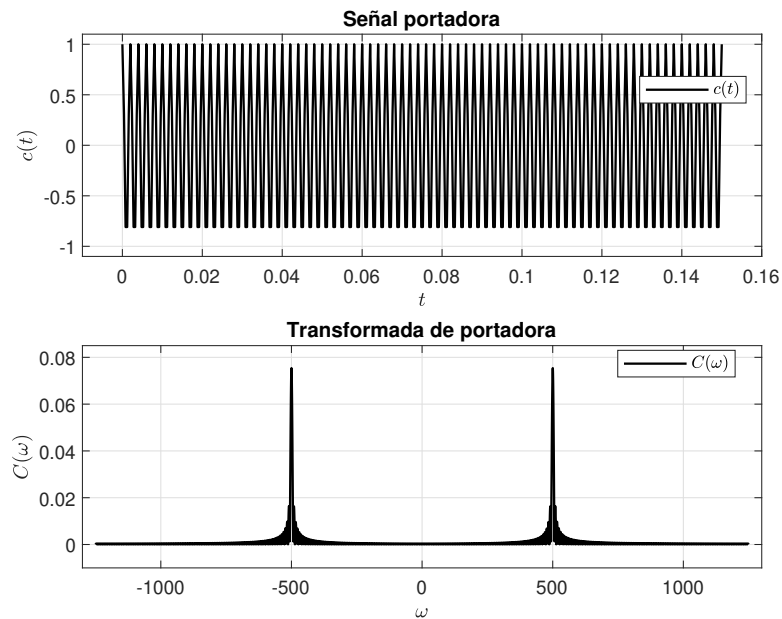


Portadora $c(t)$

```

c=cos(1000*pi*t);
N=10000;
figure;
subplot (211)
plot (t,c,'k','LineWidth',1.1)
title ('Señal portadora');
xlabel('$t$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$c(t)$', 'Interpreter','latex');
legend('$c(t)$', 'Location','Best','Interpreter','latex')
a = -.01; b = .16;
axis([a b -1.1 1.1])
grid on
subplot(212)
MyTransformada2 (c,N);
title ('Transformada de portadora');
xlabel('$\omega$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$C(\omega)$', 'Interpreter','latex');
legend('$C(\omega)$', 'Location','Best','Interpreter','latex')
a = 1300;
axis([-a a -.01 .085])
grid on

```

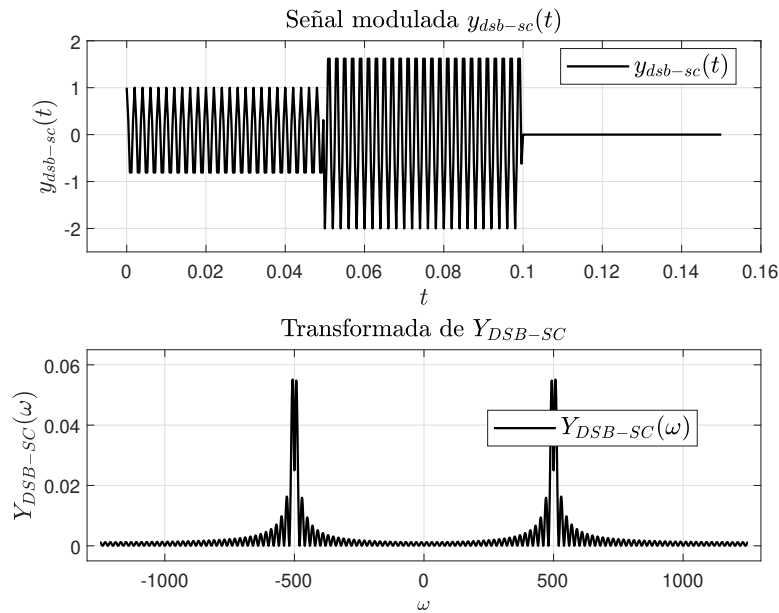


Mosulacion $y_{dsb-sc}(t)$

```

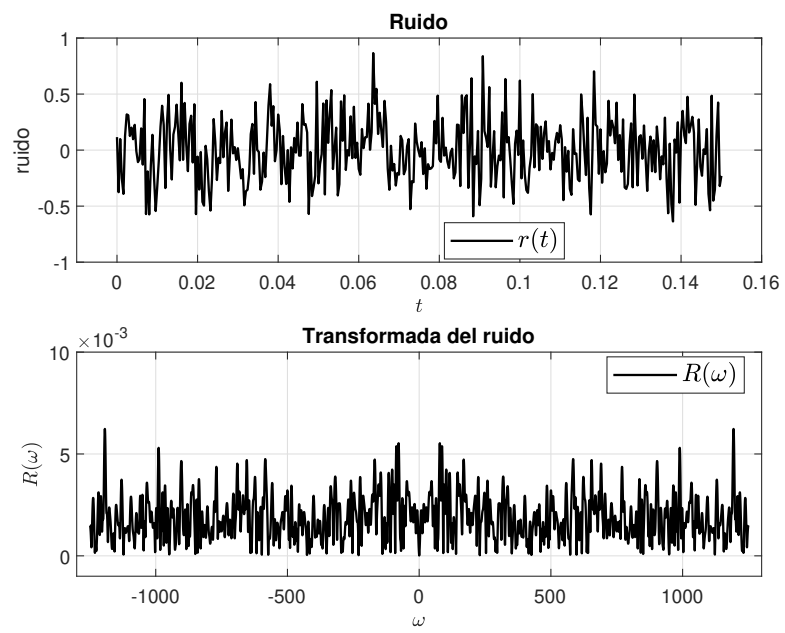
ydsb_sc = m.*c;
N=10000;
figure;
subplot (211)
plot (t,ydsb_sc,'k','LineWidth',1.1)
title ('Señal modulada  $y_{dsb-sc}(t)$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('$t$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$y_{dsb-sc}(t)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
grid on
legend('$y_{dsb-sc}(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
a = -.01;b = .16;
axis([a b -2.5 2])
subplot(212)
MyTransformada2 (ydsb_sc,N);
title ('Transformada de  $Y_{DSB-SC}$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('$\omega$','Interpreter','latex');
ylabel('$Y_{DSB-SC}(\omega)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
a = 1300;
axis([-a a -.005 .065])
grid on
legend('$Y_{DSB-SC}(\omega)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)

```



$SNR = 10$ db

```
Pydsb_sc = potencia (ydsb_sc);
SNR = 10;
P=1;
Pr = Pydsb_sc*10^(-SNR/10);
sigma = sqrt (Pr);
ruido = sigma* randn (1, length(t));
Pruido = potencia (ruido);
figure;
subplot (211)
plot (t, ruido,'k','LineWidth',1.1)
title ('Ruido')
ylabel ('ruido')
xlabel ('$t$', 'Interpreter','latex')
legend('$r(t)$', 'Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on
a = -.01;b = .16;
axis([a b -1 1])
subplot (212);
MyTransformada2 (ruido,N);
title ('Transformada del ruido');
xlabel('$\omega$', 'Interpreter','latex');
ylabel('$R(\omega)$', 'Interpreter','latex');
legend('$R(\omega)$', 'Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
a = 1300;
axis([-a a -0.001 .01])
```

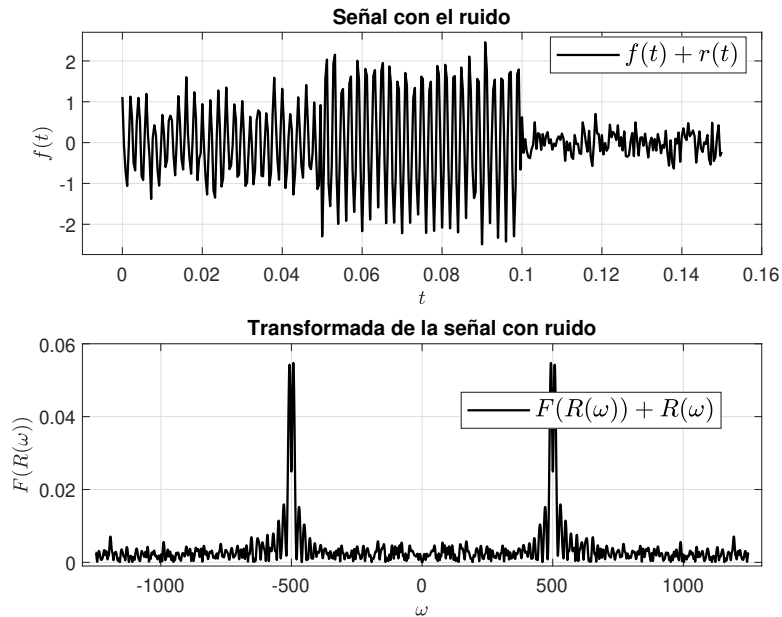


$$\text{Canal} = \text{ruido} + y_{dsb-sc}(t)$$

```

mcanal = ruido + ydsb_sc
figure;
subplot (211)
plot (t, mcanal,'k','LineWidth',1.1)
title ('Señal con el ruido')
ylabel ('$f(t)$','Interpreter','latex')
xlabel ('$t$','Interpreter','latex')
legend('$f(t)+r(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on
a = -.01;b = .16;
axis([a b min(mcanal+.1*mcanal) max(mcanal+.1*mcanal)])
subplot (212);
MyTransformada2 (mcanal,N);
title ('Transformada de la señal con ruido');
xlabel('$\omega$','Interpreter','latex');
ylabel('$F(R(\omega))$','Interpreter','latex');
legend('$F(R(\omega))+R(\omega)$','Location','Best','Interpreter',...
'latex','FontSize',12)
a = 1300;
axis([-a a -0.001 .06])

```

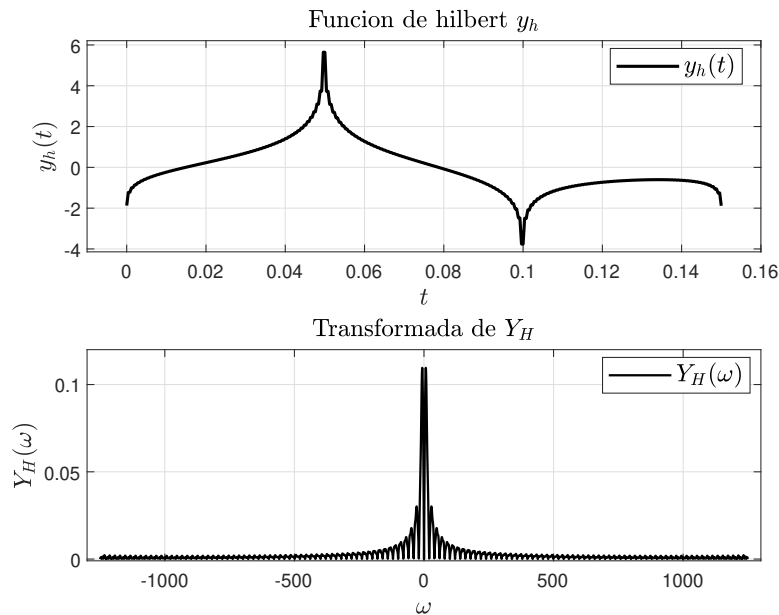


Funcion de Hilbert

```

t=0:ts:t0;
c1=sin(1000*pi*t);
yh=imag(hilbert(m));
figure;
subplot (211)
plot (t,yh,'k','LineWidth',1.5)
title ('Funcion de hilbert  $y_h$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('$t$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$y_h(t)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$y_h(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on
a = -.01;b = .16;
axis([a b min(yh+.1*yh) max(yh+.1*yh)])
subplot(212)
MyTransformada2 (yh,N);
title ('Transformada de  $Y_H$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('$\omega$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$Y_H(\omega)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$Y_H(\omega)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
a = 1300;
axis([-a a -0.001 .12])

```

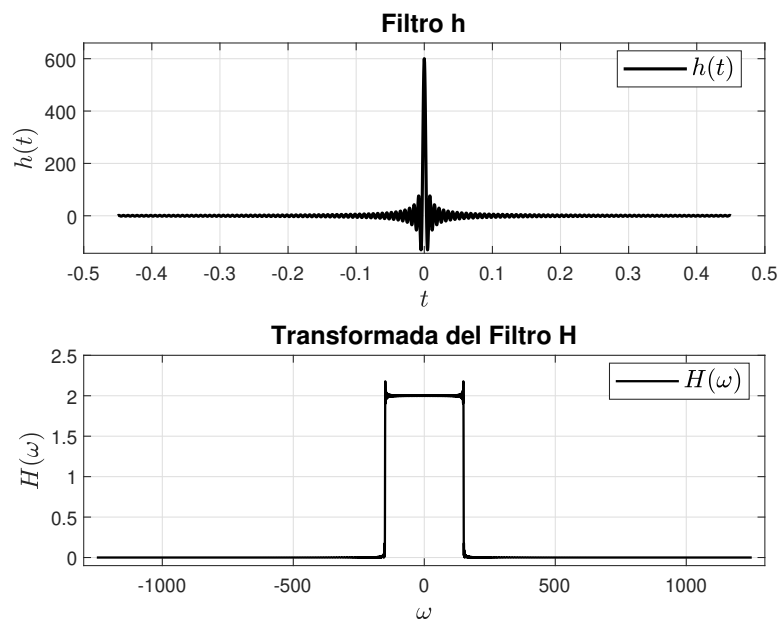


Filtro $h(t)$ pasa bajas

```

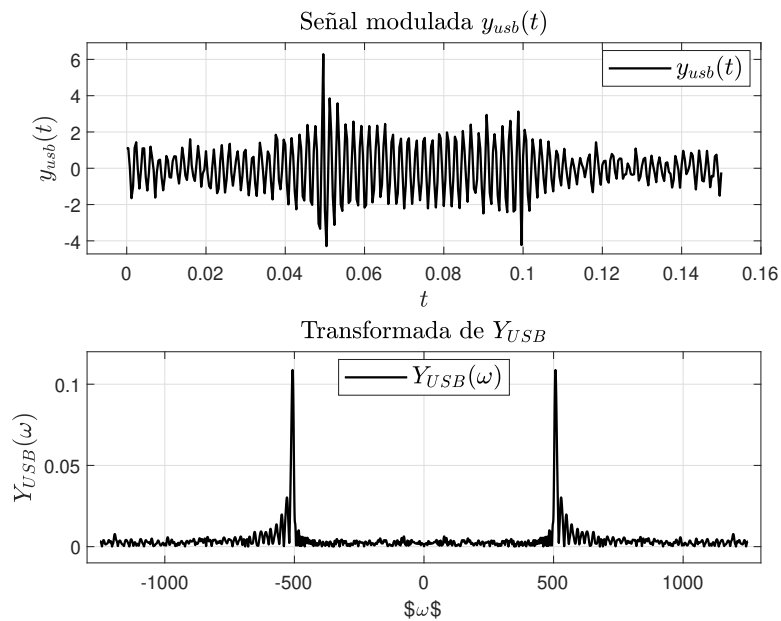
t=-3*t0:ts:3*t0;
h=600*sinc(300*t);
N=7000;
figure;
subplot (211)
plot (t,h,'k','LineWidth',1.5)
title ('Filtro h','FontSize',12);
xlabel('$t$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$h(t)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$h(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on
a = -.5;b = .5;
axis([a b min(h+.1*h) max(h+.1*h)])
subplot(212)
MyTransformada2 (h,N);
title ('Transformada del Filtro H','FontSize',12);
xlabel('$\omega$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$H(\omega)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$H(\omega)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
a = 1300;
axis([-a a -0.1 2.5])

```



Señal $Y_{usb}(t)$

```
t=0:ts:t0;
yusb = m.*c - yh.*c1 + ruido;
N=7000;
figure;
subplot (211)
plot (t,yusb,'k','LineWidth',1.1)
title ('Señal modulada  $y_{usb}(t)$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('$t$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$y_{usb}(t)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$y_{usb}(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on
a = -.01;b = .16;
axis([a b min(yusb+.1*yusb) max(yusb+.1*yusb)])
subplot(212)
MyTransformada2 (yusb,N);
title ('Transformada de  $Y_{USB}$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('$\omega$');
ylabel('$Y_{USB}(\omega)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$Y_{USB}(\omega)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
a = 1300;
axis([-a a -0.01 .12])
```

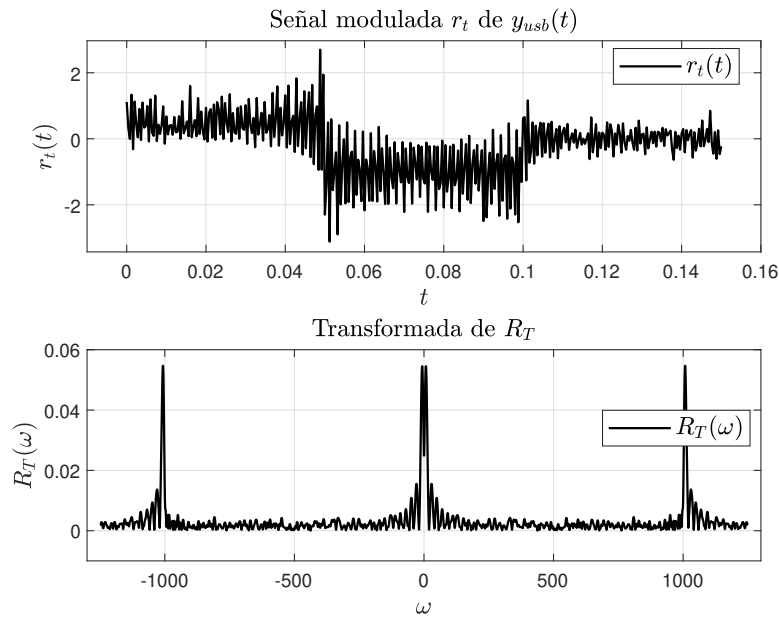


Recuperar Señal con $r(t)$ de $y_{usb}(t)$

```

t=0:ts:t0;
rt = yusb.*c;
N=7000;
figure;
subplot (211)
plot (t,rt,'k','LineWidth',1.1)
title ('Señal modulada  $r_t$  de  $y_{usb}(t)$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('$t$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$r_t(t)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$r_t(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on
a = -.01;b = .16;
axis([a b min(rt+.1*rt) max(rt+.1*rt)])
subplot(212)
MyTransformada2 (rt,N);
title ('Transformada de  $R_T$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('$\omega$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$R_T(\omega)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$R_T(\omega)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
a = 1300;
axis([-a a -0.01 .06])

```

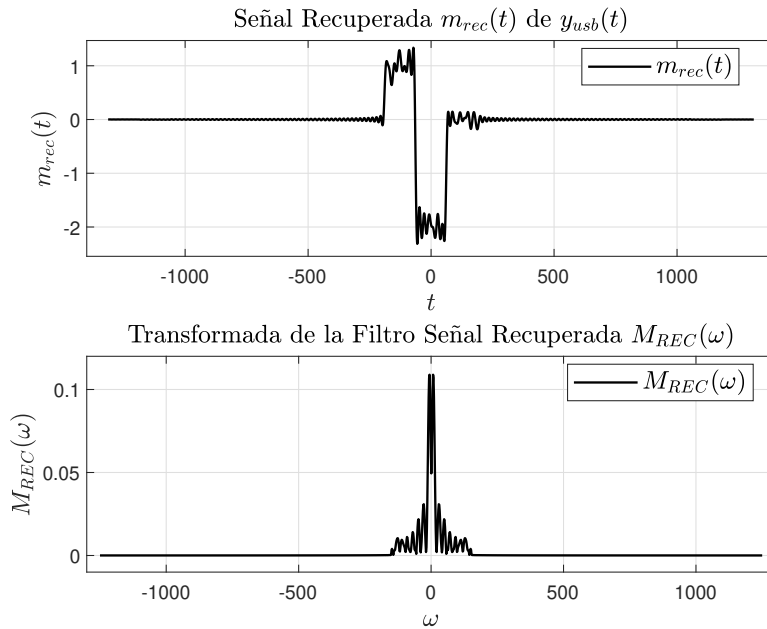


Señal Recuperada de $y_{usb}(t)$

```

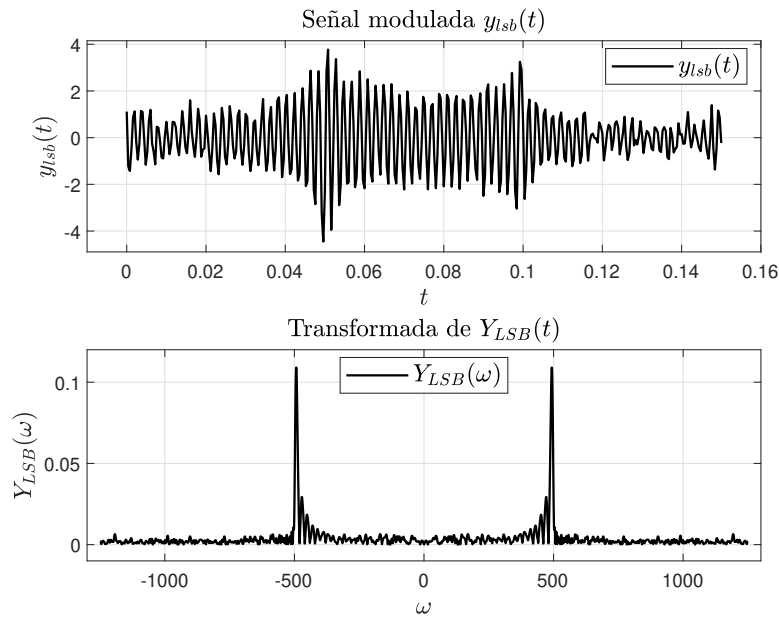
m_rec=conv(rt,h)*ts;
t1=-1313:1312;
N=1500;
figure;
subplot (211)
plot (t1,m_rec,'k','LineWidth',1.1)
title ('Señal Recuperada  $m_{rec}(t)$  de  $y_{usb}(t)$ ','Interpreter',...
'latex','FontSize',12);
xlabel('$t$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$m_{rec}(t)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$m_{rec}(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on
a = -1400;b = 1400;
axis([a b min(m_rec+.1*m_rec) max(m_rec+.1*m_rec)])
subplot(212)
MyTransformada2 (m_rec,N);
title ('Transformada de la Filtro Señal Recuperada  $M_{REC}(\omega)$ ...
(\omega)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('$\omega$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$M_{REC}(\omega)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$M_{REC}(\omega)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
a = 1300;
axis([-a a -0.01 .12])

```



Señal $y_{lsb}(t)$

```
t=0:ts:t0;
ylsb = m.*c + yh.*c1 + ruido;
N=7000;
figure;
subplot (211)
plot (t,ylsb,'k','LineWidth',1.1)
title ('Señal modulada  $y_{lsb}(t)$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('$t$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$y_{lsb}(t)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$y_{lsb}(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on
a = -.01;b = .16;
axis([a b min(ylsb+.1*ylsb) max(ylsb+.1*ylsb)])
subplot(212)
MyTransformada2 (ylsb,N);
title ('Transformada de  $Y_{LSB}(t)$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('$\omega$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$Y_{LSB}(\omega)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$Y_{LSB}(\omega)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
a = 1300;
axis([-a a -0.01 .12])
```

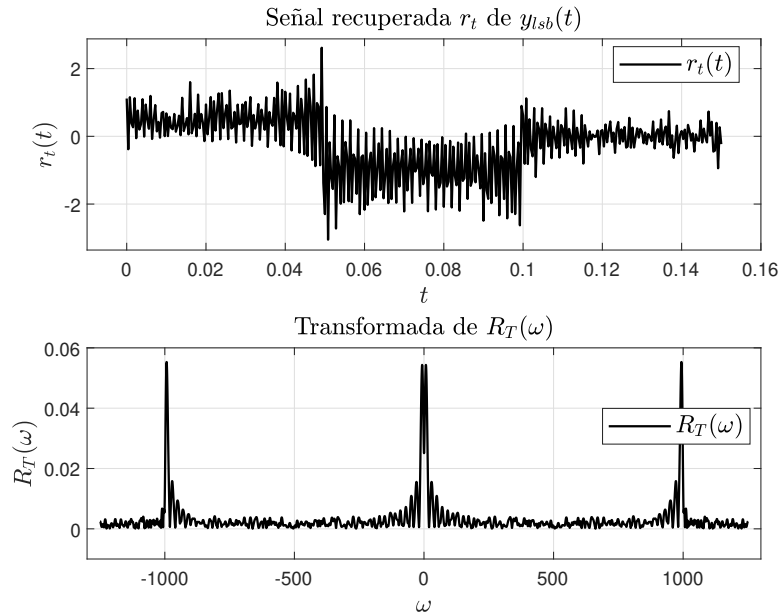


Recuperar Señal con $r(t)$ de $y_{lsb}(t)$

```

rt = ylsb.*c;
N=7000;
figure;
subplot (211)
plot (t,rt,'k','LineWidth',1.1)
title ('Señal recuperada  $r_t$  de  $y_{lsb}(t)$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('t','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('r_t(t)','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('r_t(t)','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on
a = -.01;b = .16;
axis([a b min(rt+.1*rt) max(rt+.1*rt)])
subplot(212)
MyTransformada2 (rt,N);
title ('Transformada de  $R_T(\omega)$ ','Interpreter','latex','FontSize',12);
xlabel('ω','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('R_T(ω)','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('R_T(ω)','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
a = 1300;
axis([-a a -0.01 .06])

```



Señal Recuperada de $y_{lsb}(t)$

```

m_rec=conv(rt,h)*ts;
t1=-1313:1312;
N=1500;
figure;
subplot (211)
plot (t1,m_rec,'k','LineWidth',1.1)
title ('Señal Recuperada  $m_{rec}(t)$  de  $y_{lsb}(t)$ ','Interpreter',...
'latex','FontSize',12);
xlabel('$t$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$m_{rec}(t)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$m_{rec}(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on
a = -1400;b = 1400;
axis([a b min(m_rec+.1*m_rec) max(m_rec+.1*m_rec)])
subplot(212)
MyTransformada2 (m_rec,N);
title ('Transformada de la Filtro Señal Recuperada  $M_{REC}$ ','Interpreter',...
'latex','FontSize',12);
xlabel('$\omega$','Interpreter','latex','FontSize',12);
ylabel('$M_{REC}(\omega)$','Interpreter','latex','FontSize',12);
legend('$M_{REC}(\omega)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
a = 1300;
axis([-a a -0.01 .12])
close all

```

2. Modulación en Frecuencia

2.1. General

Función senusoidal “ordinaria” $f(t)$

$$\theta \longrightarrow \theta(t) = \omega_c t + \theta_0$$

Se puede producir de 2 diferentes maneras:

- variando ω_c con $f(t)$ [FM]
- variando θ_0 con $F(t)$ y a ésta se le conoce como modulación en fase [MF]

$$\omega_i = \frac{d\theta(t)}{dt}$$

FM

$$\omega_i = \omega_0 + k_f f(t)$$

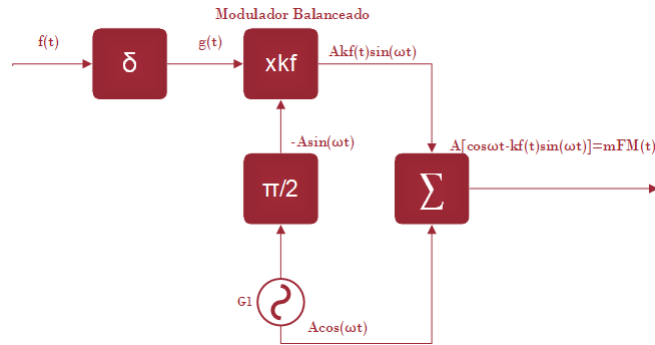
$$m_{FM}(t) = A \cos[\omega_o t + k_f \int f(t) dt + \theta_0]$$

$$m_{FM}(t) = A \cos[\omega_o t + k_f \int f(t) dt]$$

$$m_{FM}(t) = \Re \left\{ A e^{j[\omega_c t + k_f g(t)]} \right\}$$

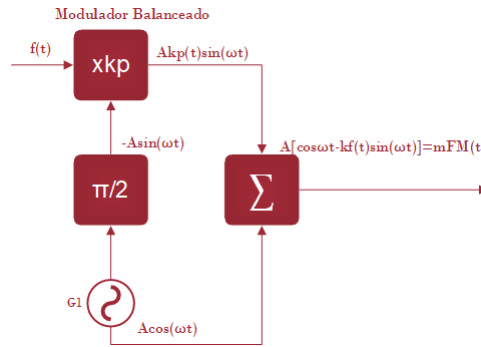
Donde:

$$g(t) = \int f(t) dt$$



MF

$$\begin{aligned}\theta(t) &= \omega_c + \theta_0 + k_p f(t) \\ m_{MF}(t) &= A \cos[\omega_c t + k_p f(t)] \\ m_{MF}(t) &= A \cos[\omega_c t + k_p f(t) + \theta_0] \\ m_{MF}(t) &= \Re \left\{ A e^{j[\omega_c t + k_p f(t)]} \right\}\end{aligned}$$



- Definimos el índice de modulación $m_p = \beta$

$$\beta = \frac{\Delta\omega}{\omega_m} = \frac{\alpha k_f}{\omega_m}$$

2.2. Ancho de banda (Carson)

La señal FM de banda ancha contiene un número infinito de componentes, las magnitudes de las componentes de mayor frecuencia son sumamente pequeñas como para ser despreciables, de modo que en la práctica existen un número finito de bandas laterales significativas.

*La potencia está contenida en un ancho de banda finito.

$$|J_n(m_f)| \geq 0,01$$

Ancho de banda:

$$AB = 2\omega_m \approx 2\beta\omega_\beta = \frac{\Delta\omega}{\omega_\beta}\omega_\beta$$

$$AB = 2\Delta\omega$$

Para una $\beta \gg$

$$AB = 2\Delta f$$

$$AB = 2\omega_m(1 + m_f)$$

$$AB = 2\omega_m(1 + \beta)$$

La diferencia entre am y FM, las magnitudes de la portadora y de las bandas laterales dependen de beta.

2.3. Funciones de Bessel apropiadas para FM

En am la portadora es fija (Miu) y sólo la segunda bandas laterales tienen variación con el índice de modulación.

2.4. Potencia de una señal FM

$$\overline{m_{FM}^2(t)} = \frac{A^2}{2}$$

2.4.1. Ventajas de FM

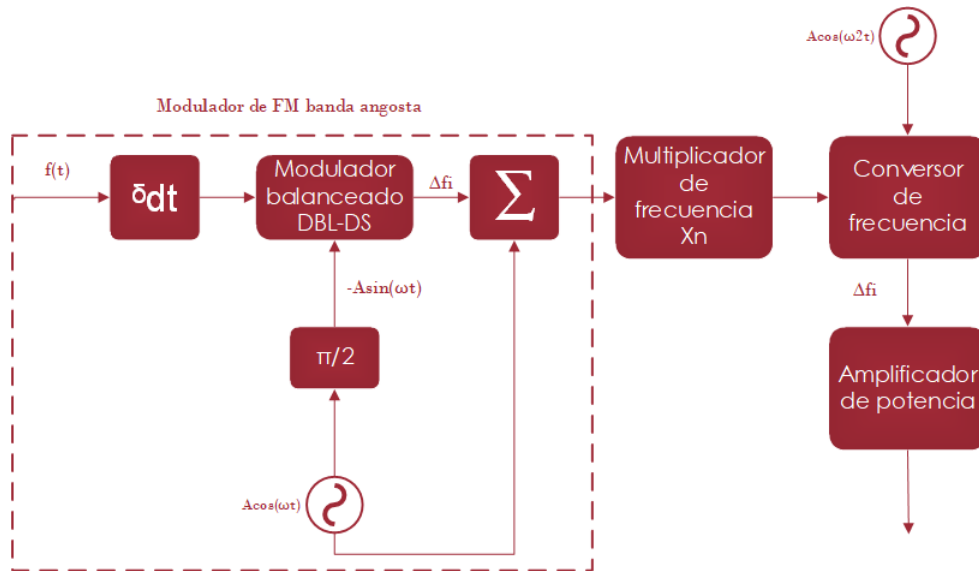
- Amplitud constante.
- Es una opción atractiva para sistemas repetidores de microondas.
- Cierta inmunidad vs el desvanecimiento rápido.
- Capaz de intercambiar SNR por el ancho de banda de transmisión.
- FM telemetría y telecomunicaciones móviles.

2.4.2. FM indirecta

$$e_0(t) = [e_i(t)]^2$$

$$e_0(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos[2\omega_0 t + k_f \int_{-\infty}^t f(z) dz]$$

Con el uso multiplicador de frecuencia: Esto puede producir portadoras muy altas para alcanzar determinado índice de modulación. Para evitar el empleo de conversores de frecuencia que controlan el valor de la frecuencia de la portadora (esencialmente son los mismos que AM).



2.4.3. FM directa

Se puede producir con los OCV (oscilador controlado por voltaje) es aquel cuya frecuencia se puede controlar mediante un voltaje externo.

- OPAMS
- oscilador en el que entregó un parámetro reactivo (LOC)

$$\omega_i = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Donde:

$$L = L_1 + L_2$$

$$C = C_0 + kf(t)$$

$$\omega_i = \frac{1}{\sqrt{LC_0} \sqrt{1 - \frac{kf(t)}{C_0}}}$$

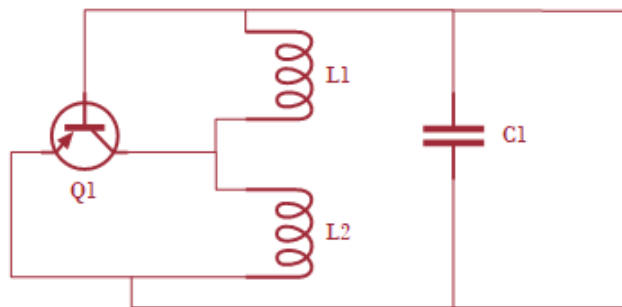
Sí

$$\frac{kf(t)}{C_0} \ll 1 \Rightarrow$$

$$\omega_i \approx \frac{1}{\sqrt{LC_0}}$$

$$k_f \approx \frac{k\omega_0}{2C_0}$$

$$\boxed{\omega_i = \omega + k_f f(t)}$$



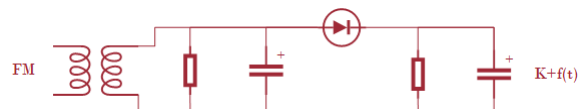
2.5. Demodulación de una señal FM

Los detectores de FM son dispositivos sensibles a la frecuencia y se les conoce como discriminadores en frecuencia, son circuitos cuya ganancia varía con la frecuencia por lo tanto es un dispositivo que se convierte en FM o en AM.

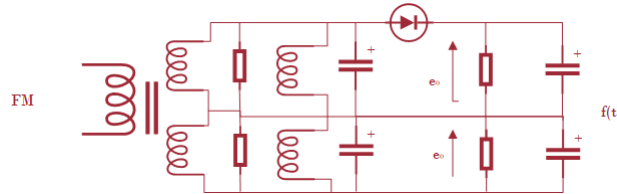
2.5.1. Discriminador Simple RL



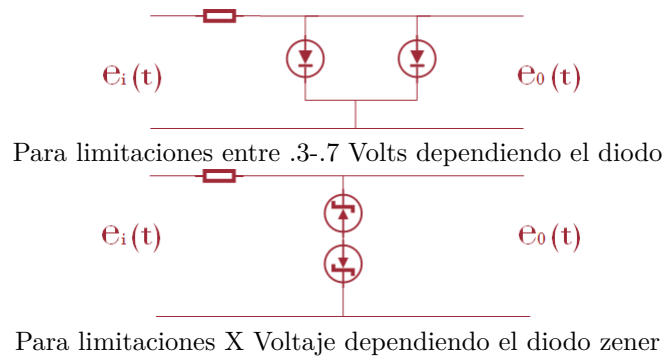
2.5.2. Discriminador entonado



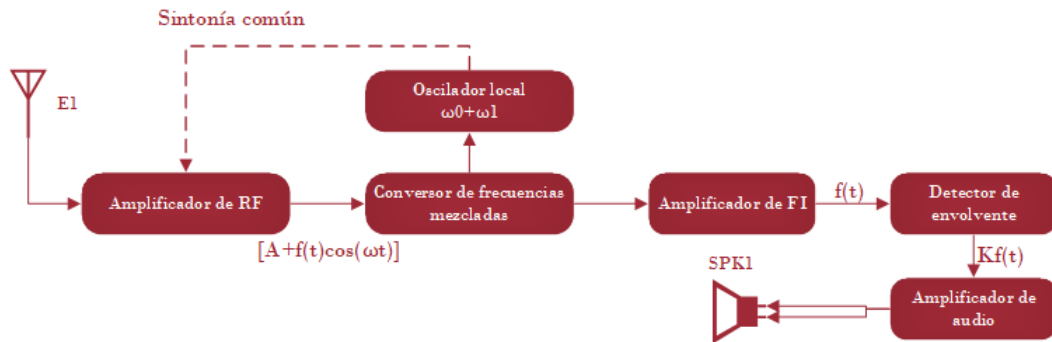
2.5.3. Discriminador Balanceado



Las desventajas de este tipo de modulador de circuito resonante es que en su salida es sensible a las variaciones de amplitud de la señal provocadas por el ruido. Por lo que se deben emplear las limitaciones de amplitud.



2.6. Receptor de FM (Comercial)



2.7. FM estéreo

En el receptor se genera un sonido más natural ya que tenemos dos canales tanto para el izquierdo o el derecho donde se envían información en el circuito observaremos como funciona.

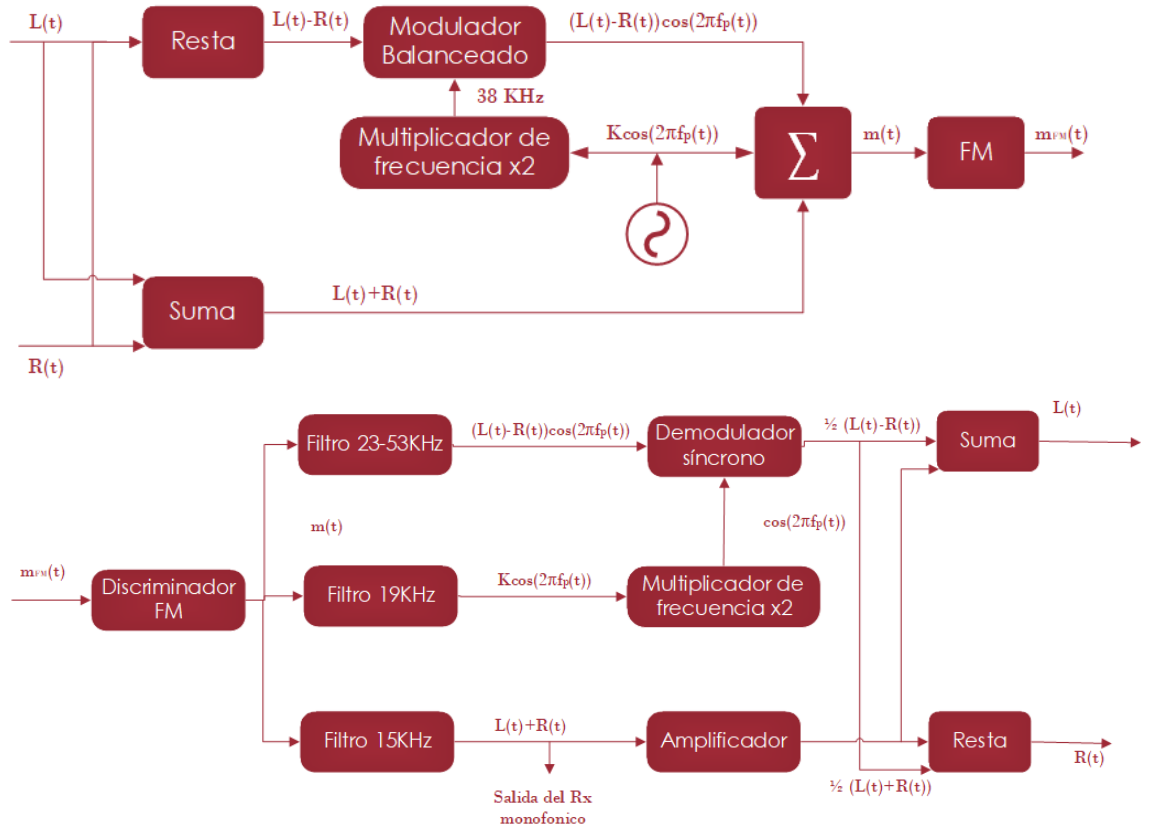
Supongamos una frecuencia piloto de

$$f_p = 19kHz$$

y una portadora de

$$f_{sp} = 2f_p = 38kHz$$

$$m(t) = \{[L(t) + R(t)] + [L(t) - R(t)]\cos(2\pi f_{sp}t) + k\cos(2\pi f_p t)\}$$



Contents

- Señal cuadrada
- Señal $m(t)$
- Modulación en FM
- Filtro pasabanda
- Detector de envolvente
- Comparacion de señales original VS recuperada

Señal cuadrada

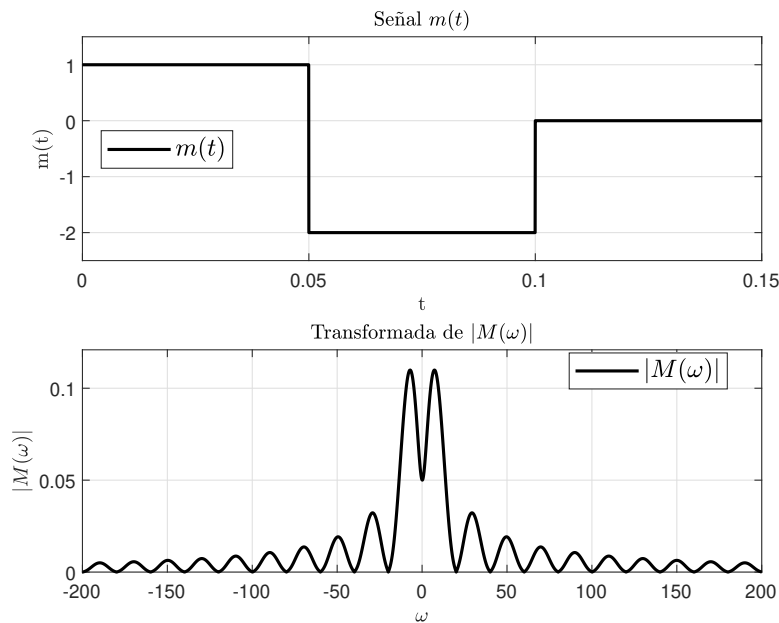
```
clear all
close all
clc
fc=500;
fs=50*fc;
ts=1/fs;
t0=0.15;
N=100000;
t=0:ts:t0;
f=linspace(-fs/2,fs/2, N);
```

Señal $m(t)$

```

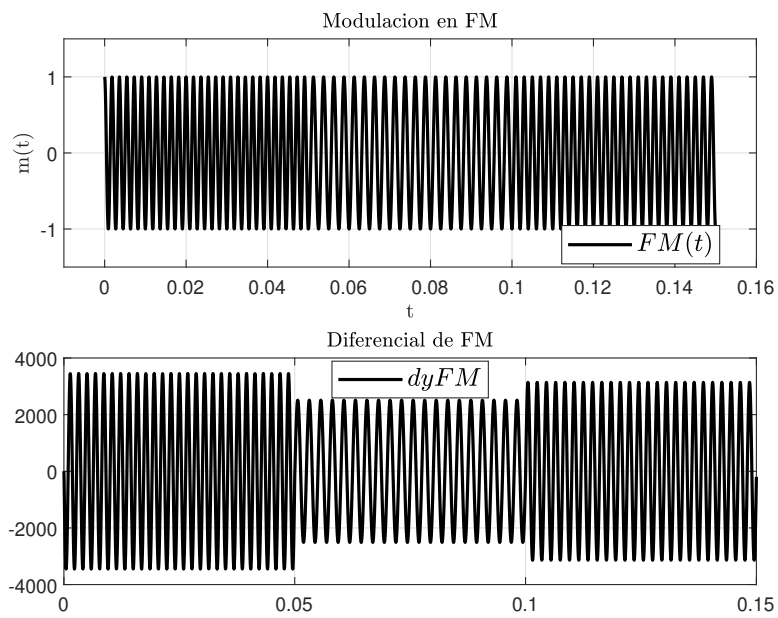
m=1*(t>=0 & t<t0/3) - 2*(t>=t0/3 & t<2*t0/3);
figure
subplot (211)
plot(t,m,'k','LineWidth',1.5)
title ('Señal  $m(t)$ ','Interpreter','latex')
ylabel (' $m(t)$ ','Interpreter','latex')
xlabel (' $t$ ','Interpreter','latex')
axis([0, t0 -2.5 1.5])
grid on
legend('$m(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
M=fftshift(fft(m,N))*ts;
subplot (212)
k=abs(M);
M=k;
plot(f, M,'k','LineWidth',1.5)
axis([-200 200 1.1*min(M) 1.1*max(M)])
title ('Transformada de  $|M(\omega)|$ ','Interpreter','latex')
ylabel (' $|M(\omega)|$ ','Interpreter','latex')
xlabel (' $\omega$ ','Interpreter','latex')
grid on
legend('$|M(\omega)|$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)

```



Modulación en FM

```
Im=cumsum(m)*ts;
kf=100*pi;
A=1;
yfm=A*cos(2*pi*fc*t + kf*Im);
figure
subplot (211)
plot(t,yfm,'k','LineWidth',1.5)
title ('Modulacion en FM','Interpreter','latex')
ylabel ('m(t)','Interpreter','latex')
xlabel ('t','Interpreter','latex')
axis ([-.01 .16 -1.5 1.5])
grid on
legend('$FM(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
% derivada
dyfm=yfm(1);
n=1;
for tt=0:ts:t0-ts
    n=n+1;
    dyfm(n)=(yfm(n)-yfm(n-1))/ts;
end
th=-3*t0:ts:3*t0;
fcor=200;
h=pi*fcor*sinc(fcor*th);
subplot (212)
plot(t,dyfm,'k','LineWidth',1.5)
title ('Diferencial de FM','Interpreter','latex')
H=fftshift(fft(h,N))*ts;
grid on
legend('$dyFM$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
```

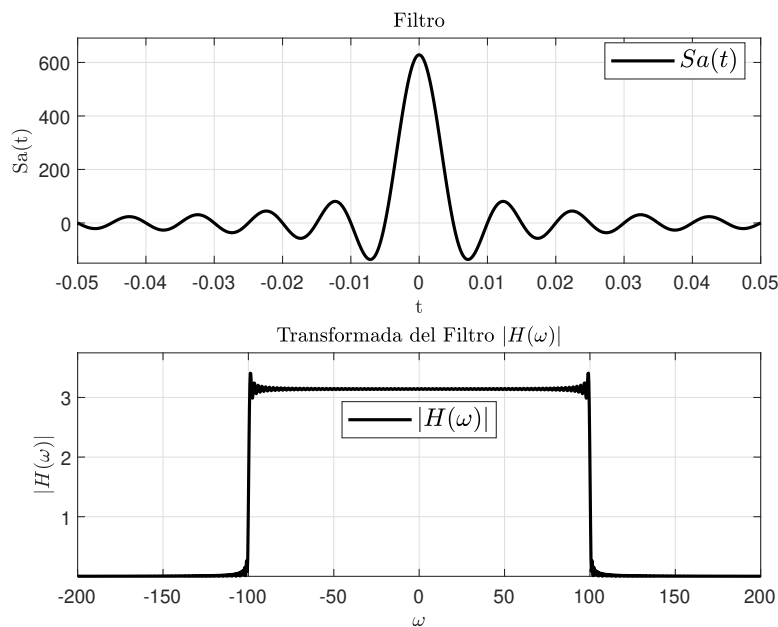


Filtro pasabanda

```

figure
subplot (211)
plot(th, h,'k','LineWidth',1.5)
axis([-0.05 .05 1.1*min(h) 1.1*max(h)])
title ('Filtro','Interpreter','latex')
ylabel ('Sa(t)','Interpreter','latex')
xlabel ('t','Interpreter','latex')
legend('$Sa(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on
subplot (212)
k=abs (H);
H=k;
plot(f, abs(H),'k','LineWidth',1.5)
axis([-200 200 1.1*min(H) 1.1*max(H)])
title ('Transformada del Filtro $|H(\omega)|$', 'Interpreter','latex')
ylabel ('$|H(\omega)|$', 'Interpreter','latex')
xlabel ('$ \omega$', 'Interpreter','latex')
grid on
legend('$|H(\omega)|$', 'Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)

```

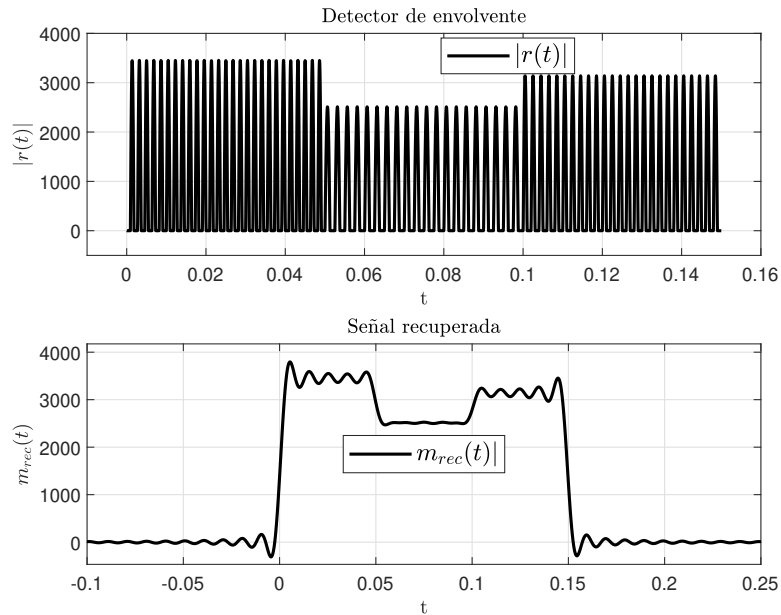


Detector de envolvente

```

r=dyfm;
I=find(r<0);
r(I)=0;
figure
subplot (211)
plot(t,r,'k','LineWidth',1.5)
title ('Detector de envolvente','Interpreter','latex')
ylabel ('$|r(t)|$', 'Interpreter','latex')
xlabel ('t','Interpreter','latex')
axis([-0.01 0.16 -500 4000])
grid on
legend('$|r(t)|$', 'Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
rr=conv(r,h)*ts;
subplot (212)
trr=th(1)+t(1):ts:th(end)+t(end);
plot(trr,rr,'k','LineWidth',1.5)
title ('Señal recuperada','Interpreter','latex')
axis([-0.1 0.25 1.5*min(rr) 1.1*max(rr)])
ylabel ('$m_{rec}(t)$', 'Interpreter','latex')
xlabel ('t','Interpreter','latex')
legend('$m_{rec}(t)|$', 'Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)
grid on

```

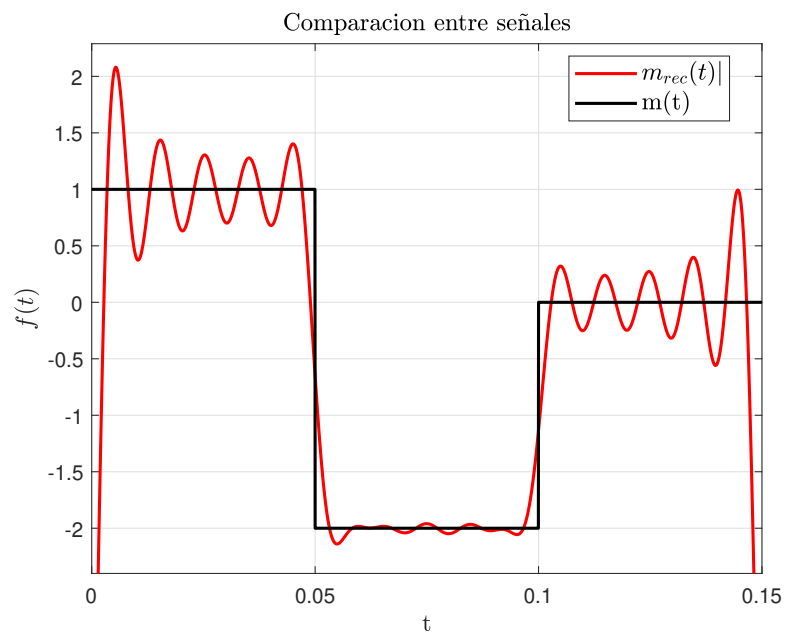


Comparacion de señales original VS recuperada

```

mrec=(rr-A*2*pi*fc)/(A*kf);
figure
plot(trr,mrec,'r','LineWidth',1.5)
axis([0, t0 -2.4 1.1*max(mrec)])
hold on
plot(t,m,'k','LineWidth',1.5)
grid on
title ('Comparacion entre se~nales','Interpreter','latex','FontSize',12)
ylabel ('$f(t)$','Interpreter','latex','FontSize',12)
xlabel ('$t$','Interpreter','latex','FontSize',12)
legend('$m_{rec}(t)$','$m(t)$','Location','Best','Interpreter','latex','FontSize',12)

```



close all

3. Modulación Analógica de pulsos

$$F_s(\omega) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F(\omega - n\omega_o)$$

con $\omega_o = 2\pi/T$ y $T \leq 1/2f_m$

3.1. Nysquist

$$F_s(\omega) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F(\omega - 2n\omega_m)$$

con

$$T = \frac{\pi}{\omega_m}$$

3.2. Muestreo Natural

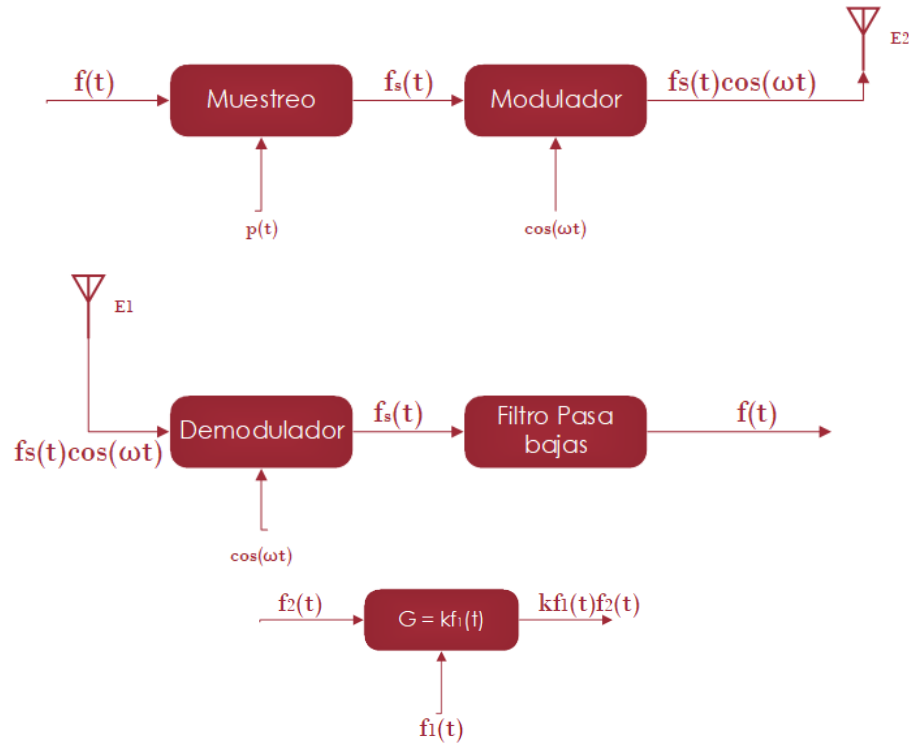
Se lleva a cabo con impulsos, tomando una muestra infinitamente pequeña.

3.3. Muestreo Instantaneo

Cada pulso de un la señal muestra $f_s(t)$ tiene una diferente forma de onda por lo que la parte superior de cada pulso adapta a la forma de onda modulada.

La modulación por amplitud de pulsos (MAP), la información se porta en la amplitud de los pulsos de muestreo. se logra manteniendo constante la amplitud. haciendo que su duración varía proporcionalmente con los valores de $f_s(t)$ en los instantes correspondientes. La información de $f_s(t)$ se imprime sobre la duración de pulsos (modulación por amplitud de pulsos).

La información de Fede te va contenida en la posición de los pulsos manteniéndose constante en su amplitud y en su duración; la posición de cada pulso cambia en proporción de los valores de la muestra.



3.4. Transmision de señales

sistema lineal: obedece el principio de superposición:

$$r(t) = f(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

Donde:

- $h(t)$ verifica y es la respuesta de cada impulso unitario.
- $H(\omega)$ un mega es la función de transferencia.

$$r(t) = \int_0^t f(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

Integral de superposición.

3.5. Filtros de un Sistema

características de un filtro del sistema se utilizan para la distorsión y el filtrado de banda ancho de banda de un sistema el intervalo de frecuencias sobre el cual Ah de omega se mantiene dentro de esta variación de 3 decibels se define como ancho de banda o un ancho de banda de potencia media.

3.5.1. Filtro Ideal

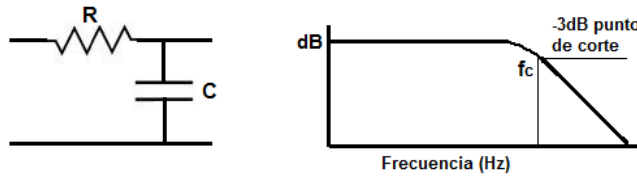
El filtro ideal debe de tener las siguientes características:

- transmitir sin distorsión
- determina la banda de frecuencias, bloquea las frecuencias restantes

3.5.2. Filtro Pasa Baja

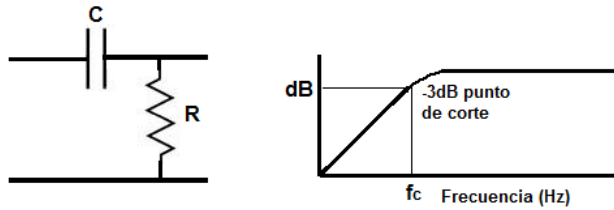
$$h(t) = \frac{W}{\pi} S_a[W(t - t_0)]$$

W hace referencia al ancho de banda



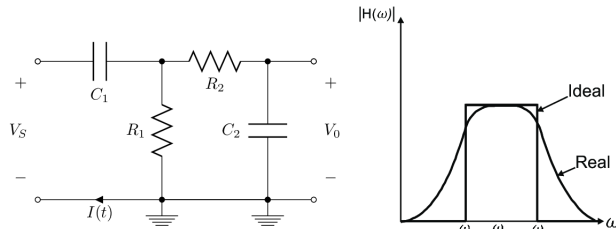
3.5.3. Filtro Pasa Alta

$$H(\omega) = [1 - P_{2W}(\omega)]e^{-j\omega t_0}$$



3.5.4. Filtro Pasa Banda

$$H(\omega) = [P_{2W}(\omega + \omega_0) + P_{2W}(\omega - \omega_0)]e^{-j\omega t_0}$$



4. Distorsión de señales

lineal: se produce por una característica no ideal (magnitud, fase o ambas) Si H de omega no es constante el sistema multiplica cada componente de frecuencia de la señal por un factor diferente para la misma fase.

distorsión no lineal

$$r = f(e)$$

donde $f(t)$ tiene series de McLaurin

$$r = b_0 + b_1 e + b_2 e^2 + \dots + b_k e^k$$

$$R(\omega) = 2\pi b_0 \delta(\omega) + \sum_k \frac{b_k}{(2\pi)^{k-1}} E(\omega) * E_2(\omega) * \dots * E_n(\omega)$$

Se produce en espectro de salida se compone de un espectro de entrada más las convolución es repetidas consigo mismas del espectro de entrada

4.0.1. Comprexpansión

comprexpansion: en telefonía se utiliza con frecuencia con el objeto de volver menos vulnerable al ruido con un compresor. compresor refuerza las magnitudes menores de la señal

4.0.2. Rx expensor

En el receptor el expensor es un proceso inverso que no afecta al ancho de banda en la telefonía MCP comprimiendo los valores de la señal analógica diferente al ancho de banda.

5. Relación Señal a Ruido

Comparamos las potencias del ruido y la señal de la potencia donde tenemos que la potencia del ruido es igual a la varianza y usualmente lo trabajamos en decibels aunque también se puede trabajar en su forma de potencia

$$\frac{P_m}{P_n}$$

Donde:

P_m es la potencia de la señal

P_n es la potencia del ruido

Conversion a decibels de SNR (Relación señal a ruido).

$$SNR = 10 \log\left(\frac{P_m}{P_n}\right)$$