

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE
TELECOMUNICACIONES APLICADAS A LA MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN
DIGITAL A TRAVÉS DE LA HERRAMIENTA MATLAB/SIMULINK

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

MERCEDES ALICIA TILLERIA CABRERA

mercedes.tilleria@epn.edu.ec

DIRECTOR: Msc. FABIO MATÍAS GONZÁLEZ GONZÁLEZ

fabio.gonzalez@epn.edu.ec

Quito, Noviembre, 2016

DECLARACIÓN

Yo Mercedes Tilleria, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Mercedes Alicia Tilleria Cabrera

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mercedes Alicia Tilleria Cabrera, bajo mi supervisión.

Ing. Fabio González

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la fuerza y a mis padres porque han estado a mi lado apoyándome para culminar mi carrera, un peldaño más en esta dura pero hermosa tarea que me propuse y sé que aún me queda mucho por alcanzar y con el apoyo de mis seres queridos y la ayuda de Dios iré cumpliendo cada objetivo propuesto con tesón y perseverancia.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi esposo Carlos Romo y a mi hija Arianne Romo quienes han sabido comprender mis desvelos y mis días de estudio para que yo pueda culminar mi meta, ahora me queda mucho por hacer en mi vida académica y así como he cumplido con uno de mis tantos objetivos y seguiré adelante logrando todas y cada una de las metas propuestas y así ser un ejemplo para mi amada hija.

ÍNDICE

1.	Introducción	- 1 -
2.	Objetivos	- 1 -
1.	Objetivo general	- 1 -
2.	Objetivos específicos	- 1 -
3.	Marco conceptual.....	- 2 -
3.1	Fundamentos teóricos sobre modulación digital.....	- 2 -
3.1.1	Modulación digital.....	- 2 -
3.1.1.1	Modulación por desplazamiento de amplitud ASK	- 2 -
3.1.1.2	Modulación por desplazamiento de frecuencia FSK	- 4 -
3.1.1.3	Modulación por desplazamiento de fase PSK	- 6 -
3.1.1.3.1	Modulación por desplazamiento de fase binaria BPSK.....	- 8 -
3.1.1.3.2	Modulación por desplazamiento de fase MPSK.....	- 9 -
3.1.1.3.3	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura QPSK.....	- 9 -
3.2	Descripción de Matlab y Simulink	- 10 -
3.2.1	Comandos utilizados	- 10 -
3.2.2	Bloques utilizados para la simulación	- 12 -
3.3	Aplicaciones en Matlab	- 13 -
4.	Ejecución	- 13 -
4.1	Plataforma de simulación.....	- 13 -
4.1.1	Toolboxes para comunicaciones	- 13 -
4.1.2	Principales funciones de las herramientas de comunicaciones	- 14 -
4.2	Descripción del sistema.....	- 14 -
4.2.1	Parámetros de la simulación	- 14 -
4.4	Manejo de las simulaciones desde Matlab/Simulink	- 21 -
4.5	Prácticas	- 23 -
4.5.1	Práctica No. 1.....	- 23 -
3.5.2	Práctica No. 2.....	- 28 -
3.5.3	Práctica No. 3.....	- 32 -
5.	Resultados obtenidos	- 41 -
5.1	Tema: Modulación por desplazamiento de amplitud ASK.....	- 41 -
7.	Conclusiones.....	- 44 -
8.	Recomendaciones	- 45 -
9.	Bibliografía.....	- 45 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Desplazamiento de Amplitud ASK	- 4 -
Figura 2 Desplazamiento de Frecuencia FSK.....	- 5 -
Figura 3 Cuadro Comparativo PSK.....	- 7 -
Figura 4 Desplazamiento de Fase PSK.....	- 7 -
Figura 5 Diagrama de Bloques en Simulink en ASK	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6 Diagrama de Bloques en Simulink en FSK	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7 Diagrama de Bloques en Simulink de BPSK.....	- 22 -
Figura 8 Diagrama de Bloques en Simulink de QPSK.....	- 22 -
Figura 9 Diagrama de Bloques en Simulink de 8-PSK.....	- 22 -
Figura 10 Diagrama de Bloques en Simulink de 16-PSK.....	- 23 -
Figura 11 Resultado del Código ASK.....	- 24 -
Figura 12 Resultado de la Modulación ASK, prueba 1	- 26 -
Figura 13 Resultado de la Modulación ASK prueba 2	- 27 -
Figura 14 Resultado del Código FSK	- 29 -
Figura 15 Resultado de la Modulación FSK, prueba 1	- 30 -
Figura 16 Resultado de la Modulación FSK, prueba 2.....	- 31 -
Figura 17 Resultado del Código PSK.....	- 33 -
Figura 18 Resultado de la Modulación BPSK.....	- 34 -
Figura 19 Resultado de la Modulación QPSK	- 36 -
Figura 20 Resultado de la Modulación 8-PSK.....	- 37 -
Figura 21 Resultado de la Modulación 16-PSK.....	- 38 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Recursos utilizados	- 40 -
Tabla 2 Cronograma ejecutado	- 40 -

1. Introducción

El proyecto se refiere a la modulación digital, es necesario realizar prácticas de laboratorio para afianzar los conocimientos teóricos adquiridos y así analizar las señales obtenidas de cada una de las técnicas de modulación estudiadas, de esta forma poder cambiar las condiciones variando la amplitud, frecuencia, fase y la relación señal a ruido de cada tipo de modulación y observar cómo cambian las señales ASK, FSK Y PSK.

En la modulación digital las características de la señal portadora se modifican en función de la señal moduladora, si se desea transmitir información digital ésta se encuentra en banda base, la modulación digital brinda inmunidad frente al ruido, se obtienen valores discretos en el tiempo.

El concepto de modulación se basa en controlar la variación de algunos parámetros amplitud, frecuencia o fase de la señal portadora.

Para la elaboración de este proyecto es necesario definir los métodos específicos de la modulación digital y modificar los parámetros que definen la onda portadora para cada técnica de modulación.

2. Objetivos

1. Objetivo general

Diseñar e implementar prácticas de laboratorio de Telecomunicaciones II aplicadas a la modulación y demodulación Digital, a través de la herramienta Matlab/Simulink.

2. Objetivos específicos

1. Analizar los fundamentos teóricos, tipos y aplicaciones de la modulación digital.

2. Analizar la herramienta Matlab/Simulink.
3. Desarrollar prácticas de modulación y demodulación digital ASK, FSK y PSK.
4. Programar el código de cada técnica de modulación digital usando Matlab/Simulink.
5. Simular en bloques cada técnica de modulación digital utilizando Matlab/Simulink.
6. Evaluar los resultados obtenidos en las prácticas.

3. Marco conceptual

3.1 Fundamentos teóricos sobre modulación digital

3.1.1 Modulación digital

La modulación digital es el proceso de cambiar las características a partir de una señal portadora analógica basada en información digital (ceros y unos).

Las técnicas de señalización pasa banda como ASK, FSK y PSK consisten en la modulación de una señal de banda base analógica o digital dentro de una portadora. [1]

3.1.1.1 Modulación por desplazamiento de amplitud ASK

Esta técnica de modulación digital es la más sencilla ya que es una técnica de modulación en amplitud y doble banda lateral, la señal moduladora es digital.

En la técnica modulación ASK, la frecuencia y la fase permanecen constantes mientras que la amplitud cambia, se varía la señal portadora para representar un 1 y 0 binario los cuales se representan por dos valores diferentes de la misma. [2]

Expresión matemática de una señal modulada ASK

$$V_{ask}(t) = [1 + V_m(t)] \left[\frac{A}{2} \cos(W_c * t) \right]$$

Donde:

$V_m(t)$ = señal modulante [voltios]

W_c = frecuencia de la portadora en radianes por segundo

$\frac{A}{2}$ = amplitud de la onda no modulada [voltios]

El dígito binario “1” se representa mediante la presencia de la portadora a una amplitud constante, siendo sensible a cambios repentinos de la ganancia, mientras que el otro dígito binario “0” se representa en ausencia de la señal portadora, por tal motivo ésta es una técnica de modulación ineficaz. [2]

$$x(t) \begin{cases} A \cos(2\pi fct) & 1 \text{ binario} \\ 0 & 0 \text{ binario} \end{cases}$$

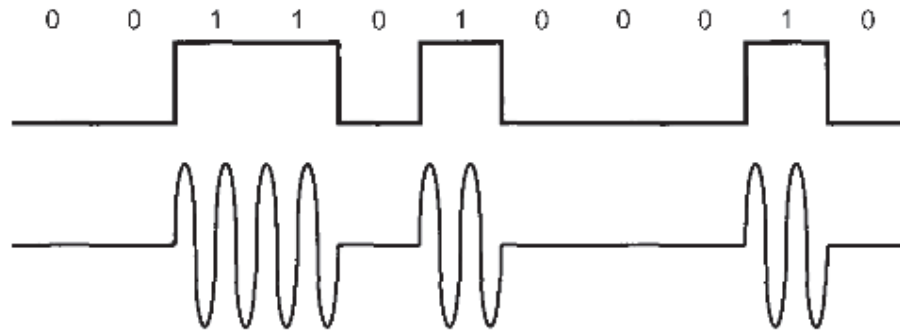


Figura 1 Desplazamiento de Amplitud ASK [2]

Dentro de las aplicaciones en ASK se tiene:

- Transmisiones con fibra óptica, ya que la fibra soporta las desventajas de la modulación de amplitud, ya que ésta presenta atenuación muy baja. [2]

3.1.1.2 Modulación por desplazamiento de frecuencia FSK

Para la modulación por desplazamiento de frecuencia **FSK**, la frecuencia de la señal portadora cambia para representar un “0” o un “1” binario, mientras que la frecuencia durante la duración de bit permanece constante, la amplitud y la fase permanecen constantes. Los valores binarios “1” y “0” se representan mediante dos frecuencias diferentes a la de la portadora. [2]

Expresión matemática de una señal modulada

$$X(t) = Vc \cos\{2\pi[fc + Vm(t)\Delta f]t\}$$

Donde:

Vc = amplitud de la portadora [Voltios]

fc = frecuencia central de la portadora [Hz]

$V_m(t)$ = señal modulante (± 1)

Δf = desviación máxima de frecuencia [Hz]

$$X(t) \begin{cases} A \cos(2\pi f_1 t) & 1 \text{ binario} \\ A \cos(2\pi f_2 t) & 0 \text{ binario} \end{cases}$$

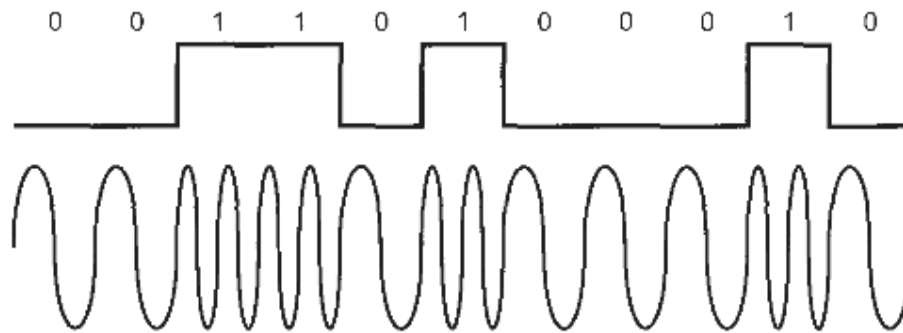


Figura 2 Desplazamiento de Frecuencia FSK [2]

Donde f_1 y f_2 pertenecen a desplazamientos de la frecuencia portadora f_c con igual magnitud pero en sentidos opuestos se puede decir que es la combinación de dos espectros ASK, por tal razón FSK es menos sensible a errores que ASK. [2]

El ancho de banda para FSK es:

$$BW = (f_2 + f_1) * N_{\text{baudio}}$$

Dentro de las aplicaciones con modulación FSK se tiene:

- La modulación FSK se emplea generalmente en enlaces asíncronos.
- Es un sistema ideal para operar a bajas velocidades.
- La modulación FSK es muy usada en radiocomunicaciones “estaciones de radiodifusión pública”.

La modulación digital tiene la gran desventaja que consume gran ancho de banda.

FSK es menos sensible a errores que ASK, es utilizada en líneas de calidad telefónica utiliza velocidades de hasta 1200 bps. Es usada también en transmisión de radio a altas frecuencias que van desde 3 MHz hasta 30 MHz, también es usada en redes de área local que utilicen cable coaxial. [2]

3.1.1.3 Modulación por desplazamiento de fase PSK

La modulación por desplazamiento de fase es una modulación angular la cual consiste en variar la fase de la portadora entre un número “n” de valores discretos posibles. La señal moduladora es una señal digital que tiene un número de estados limitados.

En la modulación PSK la potencia es constante simplificando el diseño de etapas receptoras y amplificadores reduciendo costos. Como se puede observar en el cuadro comparativo de la figura 3, si se analiza desde el punto de vista de protección frente a errores las técnicas de modulación BPSK y QPSK son recomendables.

En la técnica de modulación y demodulación PSK la fase de la señal portadora representa cada símbolo de información de la señal moduladora, un “0” binario se representa mediante la transmisión de una señal con la misma fase de la señal antes enviada, un “1” binario se representa mediante la transmisión de una señal cuya fase está en oposición de fase respecto a la señal precedente. [2]

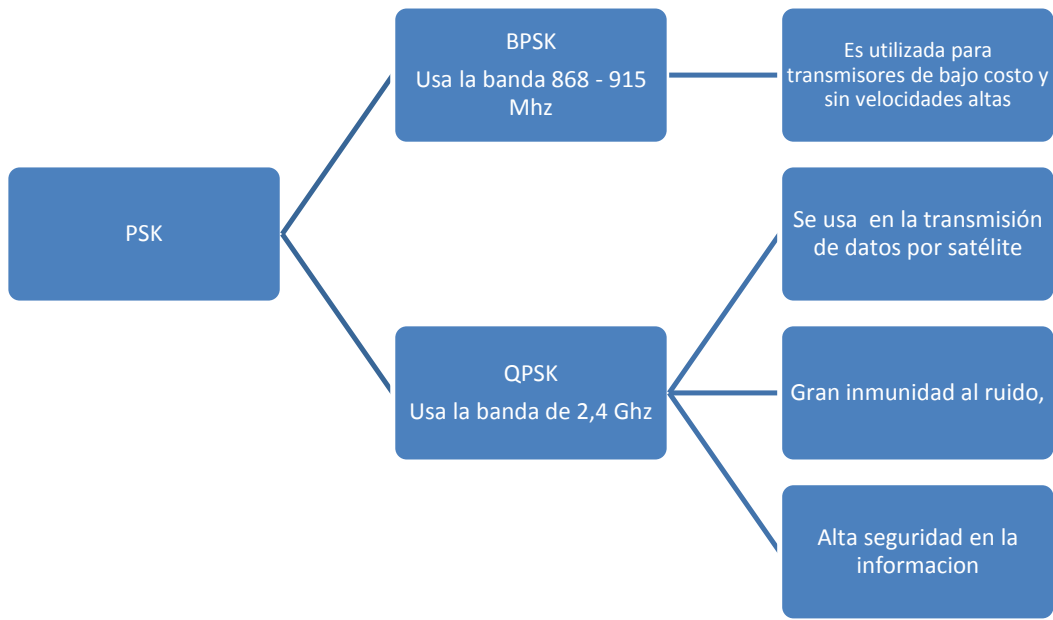


Figura 3 Cuadro Comparativo PSK

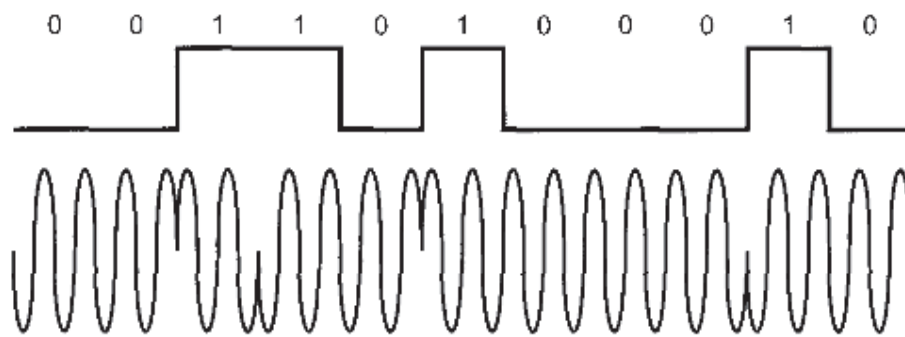


Figura 4 Desplazamiento de Fase PSK [2]

Entre las aplicaciones más importantes con la modulación PSK se tiene:

- Transmisión de señales de televisión de alta definición HDTV
- El espectro de potencia de la señal PSK es muy usado dentro de las empresas que proveen el servicio de televisión satelital ya que mientras mayor sea la potencia menor es el tamaño de las antenas parabólicas. [2]

3.1.1.3.1 Modulación por desplazamiento de fase binaria BPSK

- BPSK es una modulación de onda cuadrada con portadora suprimida, es utilizada para transmisores que no requieren altas velocidades y de bajo costo.
- BPSK tiene dos fases de salida y una sola frecuencia, las cuales representan 1 y 0 lógico respectivamente.
- El espectro de frecuencia que se obtiene a la salida de un modulador BPSK es una señal de doble banda lateral con portadora suprimida, las frecuencias laterales están separadas de la frecuencia portadora por un valor igual a la mitad de la razón de bit. [3]

Expresión matemática de una señal modulada BPSK

$$S_n(t) = \sqrt{\frac{2Eb}{Tb}} \cos(2\pi * fc * t + \pi(1 - n)); \quad n \in \{1,0\}$$

Donde:

$S_n(t)$ = forma de onda binaria BPSK

Eb = energía de bit

Tb = periodo de bit

fc = frecuencia de la señal portadora

n = número de niveles de la señal digital

3.1.1.3.2 Modulación por desplazamiento de fase MPSK

MPSK es una técnica de modulación multinivel donde la fase de la señal portadora toma N valores posibles de forma secuencial separados por un ángulo $\theta = \frac{2\pi}{N}$.

Para el caso de N=4 se tiene 4PSK o QPSK. [1]

3.1.1.3.3 Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura QPSK

En la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura se tiene un tren de bits, los cuales se los divide en pares dándole la denominación de dibits. Cada bit se codifica como un cambio de fase con respecto al elemento de la señal anterior.

La fase de la señal se modula con el objetivo de codificar bits de información digital para cada cambio de fase. [3]

Expresión matemática de una señal modulada QPSK

$$S_n(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}} \cos\left(2\pi * fc + (2n - 1)\frac{\pi}{4}\right) \quad n \in \{1, 2, 3, 4\}$$

Donde:

$S_n(t)$ = forma de onda de QPSK

E_s = energía de símbolo

T_s = periodo de símbolo

n = número de niveles de la señal digital

fc = frecuencia de onda portadora

3.2 Descripción de Matlab y Simulink

Matlab es un sistema de programación y cálculo que se basa en el uso de matrices, su nombre proviene de la abreviación Matrix Laboratory. Por tanto, consiste en considerar los elementos tanto matemáticos como gráficos como matrices de tal modo que se pueda usar el álgebra matricial y otras herramientas para ahorrar tiempo.

En Matlab se puede trabajar directamente por medio de la invocación de comandos en la ventana Command Window, o también mediante procesos estructurados como rutinas o funciones, en todos los casos se puede incluir otras ventanas de despliegue de resultados o gráficas.

Todos los comandos de Matlab corresponden a rutinas propias del lenguaje, aunque algunas pueden ser implementaciones de lenguajes como C o Java.

Matlab es un lenguaje de cálculo técnico y científico el cual dispone de un código básico y de librerías especializadas y una gran cantidad de funciones predefinidas que ayudan tanto en la realización de cálculos de cualquier tipo, como en la visualización de datos y resultados.

Una característica muy importante de Matlab es su capacidad de crecimiento que permite al usuario crear sus propias aplicaciones adaptándolas a sus necesidades.

La manera más sencilla de mirar a Matlab es como en una calculadora totalmente equipada para realizar cálculos tanto sencillos como complejos. [4]

3.2.1 Comandos utilizados

disp = salida de datos.

fprintf = escritura de datos.

plot = dibuja la gráfica de abscisas “x” y coordenadas “y”, grafica la función en línea continua.

subplot(m,n,p) = puede dividir una figura en subgráficos, divide la ventana gráfica en m filas y n columnas y hace que la ventana p sea actual.

axis = corrige la escala del gráfico actual.

xlabel('x') = rotule el eje horizontal.

ylabel('y') = rotule el eje vertical.

title = incluye un título en el gráfico.

hold on = superponer gráficos.

hold off = deshabilitar opción anterior.

figure = puede tener varias figuras abiertas.

X = zeros(n) = retorna un valor de n para n matriz de ceros.

x = ceil (A) = redondea los elementos de (A), a los enteros más próximos mayores o iguales a (A).

y = round (X) = redondea cada elemento de X al entero más cercano.

disp(msg) = Información sobre el error, se especifica como una cadena. Este mensaje se muestra como mensaje de error.

rand = La función rand genera matrices de números aleatorios cuyos elementos están distribuidos de manera uniforme en el intervalo (0,1).

length = calcula la longitud de un vector o una matriz.

q = trapz (x, y) = integra "y" con un espaciado mínimo de "x", por defecto, trapz opera en la primera dimensión de "y" cuyo tamaño no es igual a 1.

La longitud (x) debe ser igual al tamaño. Si "x" es un escalar, entonces trapz (x, y) es equivalente a $x * \text{trapz}(y)$. [4]

3.2.2 Bloques utilizados para la simulación

Generador de Bernoulli: genera un número binario aleatorio de Bernoulli.

AWGN Channel: añade ruido blanco gaussiano a la señal de entrada. La señal de entrada puede ser real o compleja. Este bloque es compatible con múltiples canales.

Modulator Baseband FSK: modula la señal de entrada usando el método de modulación por desplazamiento de frecuencia.

Demodulator Baseband FSK: demodula la señal de entrada usando el método de modulación por desplazamiento de frecuencia.

Modulator Baseband BPSK: modula la señal de entrada usando el método de modulación por desplazamiento de fase binaria.

Demodulator Baseband BPSK: demodula la señal de entrada usando el método de modulación por desplazamiento de fase binaria.

Modulator Baseband MPSK: modula la señal de entrada usando el método de modulación por desplazamiento de fase.

Demodulator Baseband MPSK: demodula la señal de entrada usando el método de modulación por desplazamiento de fase.

Error Rate Calculation: calcula la tasa de error de los datos recibidos por comparación con un retardo de los datos transmitidos.

Delay: retardo de entrada por un número variable o fijo de muestras.

Relational Operator: se aplica el operador relacional seleccionado a las entradas y envía el resultado.

Display: pantalla numérica de valores de entrada.

Scope: osciloscopio.

Sine Wave: salida de una onda sinusoidal. [4]

3.3 Aplicaciones en Matlab

- Cálculo matemático.
- Desarrollo de algoritmos.
- Adquisición de datos.
- Modelado.
- Simulación.
- Prototipos.
- Análisis y visualización de datos.
- Gráficos.
- Desarrollo de aplicaciones e interfaces gráficas de usuario (GUI).

4. Ejecución

4.1 Plataforma de simulación

Matlab/Simulink proporciona al usuario paquetes de extensión llamados “toolboxes” para aplicaciones específicas, como por ejemplo las que se van a utilizar durante el desarrollo del proyecto que son las de “comunicaciones”, los cuales poseen librerías de funciones de Matlab esto ayuda a resolver problemas específicos.

4.1.1 Toolboxes para comunicaciones

- Communications Toolbox (Herramienta de comunicaciones).
- Filter Design Toolbox (Herramienta de Filtrado de señales).
- Image Processing Toolbox (Herramienta de procesamiento de imágenes).

- Signal Processing Toolbox (Herramienta de procesamiento de señales).
- Statistics Toolbox (Herramienta estadística).

Además, Matlab/Simulink posee librerías para el tratamiento digital de señales:

- Signal Processing Toolbox (Herramienta de procesamiento de señales).
- Communications Toolbox (Herramienta de comunicaciones).

4.1.2 Principales funciones de las herramientas de comunicaciones

- Generación de señales aleatorias.
- Análisis de errores.
- Codificación de la fuente (escalar, diferencial).
- Codificación para el control de errores (convolucional, codificación lineal de fuentes).
- Filtrado mediante filtros especiales.

4.2 Descripción del sistema

4.2.1 Parámetros de la simulación

- **Configuración de parámetros ASK**
 - Amplitud 1 = [v]
 - Amplitud 2 = [v]
 - Frecuencia modulante = 6 [Hz]
 - Tiempo de la muestra = 1 segundo
 - Símbolos = binarios

- Muestras por símbolo = 20
- **Configuración de parámetros FSK**
 - Número M-ario = 8
 - Símbolos de entrada = binario
 - Frecuencia modulante = 6 [Hz]
 - Tiempo de la muestra = 1 segundo
 - Símbolos = binarios
 - Muestras por símbolo = 20
- **Configuración de parámetros BPSK**
 - Desplazamiento de fase = 180°
 - Tiempo de la muestra = 1 segundo
 - Símbolos = binarios
- **Configuración de parámetros MPSK**
 - Desplazamiento de fase = 180°
 - Tiempo de la muestra = 1 segundo
 - Símbolos = binarios

4.2.2 Parámetros de codificación

- **Configuración de parámetros ASK**
 - Periodo de bit = $1 \text{e-}6$ [seg]
 - Amplitud1 = 5 [V]
 - Amplitud2 = 10 [V]
 - Frecuencia = 1 [MHz]
 - Frecuencia de la portadora = 10 [MHz]
 - Velocidad de bit = 1 [baudio]

- **Configuración de parámetros FSK**

- Periodo de bit = 1e-6 [seg]
- Amplitud de la portadora = 5 [V]
- Frecuencia1 = 8 [MHz]
- Frecuencia2 = 16 [MHz]
- Velocidad de bit = 1[baudio]

- **Configuración de parámetros PSK**

- Periodo de bit = 1e-6 [seg]
- Amplitud = 5 [V]
- Frecuencia de la portadora = 16 [MHz]
- Velocidad de bit = 1[baudio]

4.3 Códigos para la modulación y demodulación digital

- **Código modulación y demodulación ASK [5]**

```
4 %código de MATLAB para la modulación y demodulación binaria ASK
5
6
7 clc;
8 clear all;
9 close all;
10
11
12 x=[ 1 0 1 1 0 1]; %información binaria
13 %x=input(' Ingresar el valor : ');
14 %fprintf('\n\n\n');
15 periodo_bit=0.000001; % periodo de bit
16 disp(' Información binaria en el transmisor :');
17 disp(x);
18
19
20 %representación de la transmisión de información binaria como señal
digital
21 bits=[];
22 for n=1:length(x)
23     if x(n)==1;
24         senal=ones(1,100);
25     else x(n)==0;
26         senal=zeros(1,100);
27     end
28     bits=[bits senal];
29
30 end
31
32 t1=periodo_bit/100:periodo_bit/100:100*length(x)*(periodo_bit/100);
33 subplot(3,1,1);
34 plot(t1,bits,'lineWidth',2.5);grid on;
35 axis([ 0 periodo_bit*length(x) -2 2]);
36 ylabel('amplitud[voltios]');
```



```

37 xlabel(' tiempo[segundos]');
38 title('transmisión de información como señal digital');
39
40 %Modulación binaria ASK
41 A1=10; % Amplitud de la señal portadora de
información 1
42 A2=5; % Amplitud de la señal portadora de
información 0
43 vb=1/periodo_bit; % velocidad de
bits
44 fp=vb*10; % Frecuencia de
portadora
45 t2=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit;
46 ss=length(t2);
47 m=[];
48 for (i=1:length(x))
49 if (x(i)==1)
50 y=A1*cos(2*pi*fp*t2);
51 else
52 y=A2*cos(2*pi*fp*t2);
53 end
54 m=[m y];
55 end
56
57 t3=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit*length(x);
58 subplot(3,1,2);
59 plot(t3,m);
60 xlabel(' tiempo[segundos]');
61 ylabel('amplitud[voltios]');
62 title('Forma de onda para la modulación binaria ASK ');
63
64
65 %Demodulación binaria ASK
66 mn=[];
67 for n=ss:ss:length(m)
68 t=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit;
69 y=cos(2*pi*fp*t); % Señal de
portadora
70 mm=y.*m((n-(ss-1)):n);
71 t4=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit;
72 z=trapz(t4,mm) %
Integración
73 zz=round((2*z/periodo_bit))
74 if (zz>7.5) % nivel lógico =
(A1+A2)/2=7.5
75 a=1;
76 else
77 a=0;
78 end
79 mn=[mn a];
80 end
81 disp(' Información binaria en el receptor :');
82 disp(mn);
83
84
85 %Representación de información binaria como señal digital ASK
después de la demodulación
86 bits=[];
87 for n=1:length(mn);
88 if mn(n)==1;
89 senal=ones(1,100);
90 else mn(n)==0;
91 senal=zeros(1,100);
92 end
93 bits=[bits senal];
94
95 end
96 t4=periodo_bit/100:periodo_bit/100:100*length(mn)*(periodo_bit/100);
97 subplot(3,1,3)
98 plot(t4,bits,'lineWidth',2.5);grid on;
99 axis([ 0 periodo_bit*length(mn) -2 2]);
100 ylabel('amplitud[voltios]');
101 xlabel(' tiempo[segundos]');
102 title('Forma de onda para la demodulación binaria ASK ');
103
104
105

```

```
106 %fin del programa
```

• Código modulación y demodulación FSK [5]

```

4 %código de MATLAB para la modulación y demodulación binaria FSK
5
6 clc;
7 clear all;
8 close all;
9
10
11 x=[ 1 0 0 1 1 0 1]; % Información binaria
12 %x=input(' Ingresar el valor : ');
13 %fprintf('\n\n\n');
14 periodo_bit=0.000001; % Periodo de bit
15 disp(' Información binaria en el transmisor :');
16 disp(x);
17
18 %representación de la transmisión de información binaria como señal
digital
19 bits=[];
20 for n=1:length(x)
21     if x(n)==1;
22         senal=ones(1,100);
23     else x(n)==0;
24         senal=zeros(1,100);
25     end
26     bits=[bits senal];
27
28 end
29 t1=periodo_bit/100:periodo_bit/100:100*length(x)*(periodo_bit/100);
30 subplot(3,1,1);
31 plot(t1,bits,'lineWidth',2.5);grid on;
32 axis([ 0 periodo_bit*length(x) -2 2]);
33 ylabel('amplitud[voltios]');
34 xlabel(' tiempo[segundos]');
35 title('Representación de la transmisión de información binaria como
señal digital');
36
37
38 %Modulación binaria FSK
39 A=5; % Amplitud de la señal portadora
40 vb=1/periodo_bit; % velocidad de bit
41 f1=vb*8; %frecuencia de la señal portadora de información 1
42 f2=vb*2; %frecuencia de la señal portadora de información 0
43 t2=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit;
44 ss=length(t2);
45 m=[];
46 for (i=1:length(x))
47     if (x(i)==1)
48         y=A*cos(2*pi*f1*t2);
49     else
50         y=A*cos(2*pi*f2*t2);
51     end
52     m=[m y];
53 end
54 t3=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit*length(x);
55 subplot(3,1,2);
56 plot(t3,m);
57 xlabel('tiempo[segundos]');
58 ylabel('amplitud[voltios]');
59 title('Forma de onda para la modulación binaria FSK ');
60
61
62 %Demodulación binaria FSK
63 mn=[];
64 for n=ss:ss:length(m)
65     t=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit;
66     y1=cos(2*pi*f1*t); % Amplitud de la señal portadora de
información 1
67     y2=cos(2*pi*f2*t); % Amplitud de la señal portadora de
información 0
68     mm=y1.*m((n-(ss-1)):n);
69     mmm=y2.*m((n-(ss-1)):n);
70     t4=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit;

```

```

71     z1=trapz(t4,mm)           % Integración
72     z2=trapz(t4,mmm)        % Integración
73     zz1=round(2*z1/periodo_bit)
74     zz2= round(2*z2/periodo_bit)
75     if (zz1>A/2)           % nivel lógico = (0+A)/2 ó (A+0)/2 o 2.5 ( en
este caso)
76         a=1;
77     else(zz2>A/2)
78         a=0;
79     end
80     mn=[mn a];
81 end
82 disp(' Información binaria en el receptor :');
83 disp(mn);
84
85
86 % representación de la información binaria después de la modulación
87 bits=[];
88 for n=1:length(mn);
89     if mn(n)==1;
90         senal=ones(1,100);
91     else mn(n)==0;
92         senal=zeros(1,100);
93     end
94     bits=[bits senal];
95
96 end
97 t4=periodo_bit/100:periodo_bit/100:100*length(mn)*(periodo_bit/100);
98 subplot(3,1,3)
99 plot(t4,bits,'LineWidth',2.5);grid on;
100 axis([ 0 periodo_bit*length(mn) -2 2]);
101 ylabel('amplitud[voltios]');
102 xlabel(' tiempo[segundos]');
103 title('Forma de onda para la demodulación binaria FSK');
104
105
106
107 %fin del programa
108

```

• Código modulación y demodulación PSK [5]

```

4     %código de MATLAB para la modulación y demodulacion binaria PSK
5
6     clc;
7     clear all;
8     close all;
9
10
11     x=[ 1 0 0 1 1 0 1];           % Información binaria
12     %x=input(' Ingresar el valor : ');
13     %fprintf('\n\n\n');
14     periodo_bit=.000001;         % periodo de bit
15     disp(' Información binaria en el transmisor :');
16     disp(x);
17
18     %representación de la transmisión de información binaria como señal
digital
19     bits=[];
20     for n=1:length(x)
21         if x(n)==1;
22             se=ones(1,100);
23         else x(n)==0;
24             se=zeros(1,100);
25         end
26         bits=[bits se];
27
28     end
29     t1=periodo_bit/100:periodo_bit/100:100*length(x)*(periodo_bit/100);
30     subplot(3,1,1);
31     plot(t1,bits,'lineWidth',2.5);grid on;
32     axis([ 0 periodo_bit*length(x) -2 2]);
33     ylabel('amplitud[Votios]');
34     xlabel(' tiempo[segundos]');
35     title('transmisión de información como señal digital');

```

```

36
37
38 %Modulación PSK
39 A=5; % Amplitud de la señal portadora
40 vb=1/periodo_bit; % velocidad de bit
41 f=vb*2; % Frecuencia de portadora
42 t2=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit;
43 ss=length(t2);
44 m=[];
45 for (i=1:length(x))
46     if (x(i)==1)
47         y=A*cos(2*pi*f*t2);
48     else
49         y=A*cos(2*pi*f*t2+pi); %A*cos(2*pi*f*t+pi) means -
A*cos(2*pi*f*t)
50     end
51     m=[m y];
52 end
53 t3=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit*length(x);
54 subplot(3,1,2);
55 plot(t3,m);
56 xlabel('tiempo[segundos]');
57 ylabel('amplitud[Voltios]');
58 title('Forma de onda para la modulación PSK ');
59
60
61 %Demodulación PSK
62 mn=[];
63 for n=ss:ss:length(m)
64     t=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit;
65     y=cos(2*pi*f*t); % señal portadora
66     mm=y.*(n-(ss-1)):n;
67     t4=periodo_bit/99:periodo_bit/99:periodo_bit;
68     z=trapz(t4,mm) % integración
69     zz=round((2*z/periodo_bit))
70     if (zz>0) % nivel lógico = (A+A)/2=0
71         %porque A*cos(2*pi*f*t+pi) significa -A*cos(2*pi*f*t)
72         a=1;
73     else
74         a=0;
75     end
76     mn=[mn a];
77 end
78 disp(' Informacion binaria recibida :');
79 disp(mn);
80
81
82 %Representación de la información binaria como señal digital
83 %después de la demodulation PSK
84 bits=[];
85 for n=1:length(mn);
86     if mn(n)==1;
87         senal=ones(1,100);
88     else mn(n)==0;
89         senal=zeros(1,100);
90     end
91     bits=[bits senal];
92 end
93
94 t4=periodo_bit/100:periodo_bit/100:100*length(mn)*(periodo_bit/100);
95 subplot(3,1,3)
96 plot(t4,bits,'LineWidth',2.5);grid on;
97 axis([ 0 periodo_bit*length(mn) -2 2]);
98 xlabel(' tiempo[segundos]');
99 ylabel('amplitud[Voltios]');
100 title('Forma de onda para la modulación PSK');
101
102 %fin del programa

```

4.4 Manejo de las simulaciones desde Matlab/Simulink

Tema: Modulación por desplazamiento de amplitud ASK

Simulación ASK

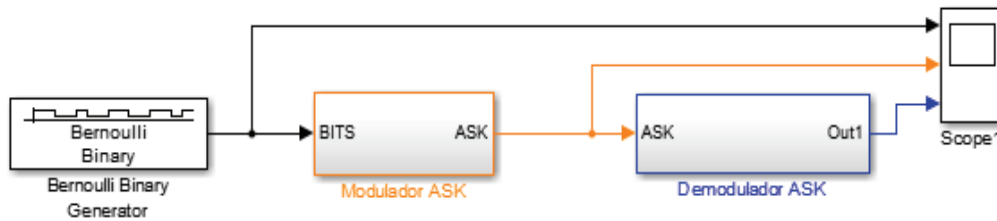


Figura 5 Diagrama de bloques en simulink de ASK [6]

Tema: Modulación por desplazamiento de frecuencia FSK

Simulación FSK

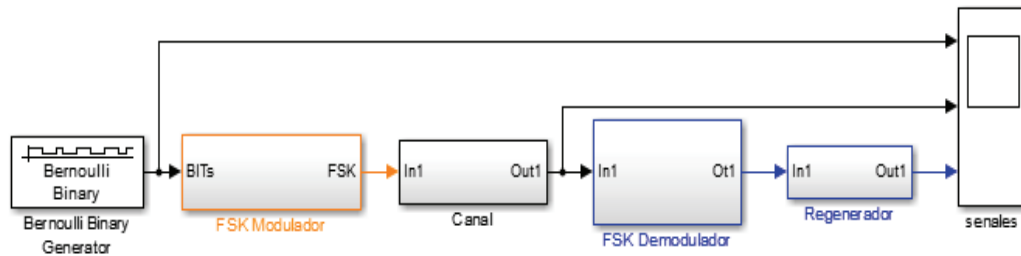


Figura 6 Diagrama de Bloques en Simulink de FSK [6]

Tema: Modulación por desplazamiento de fase PSK

Simulación BPSK

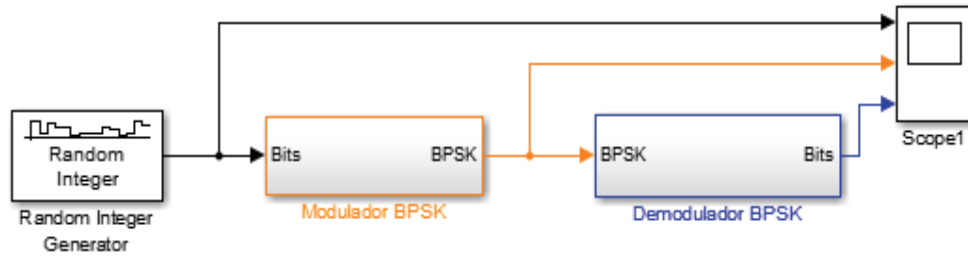


Figura 7 Diagrama de Bloques en Simulink de BPSK [6]

Simulación QPSK

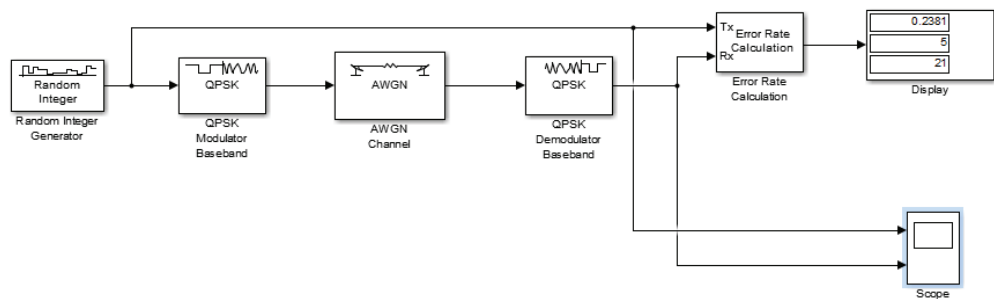


Figura 8 Diagrama de Bloques en Simulink de QPSK [5]

Simulación 8-PSK

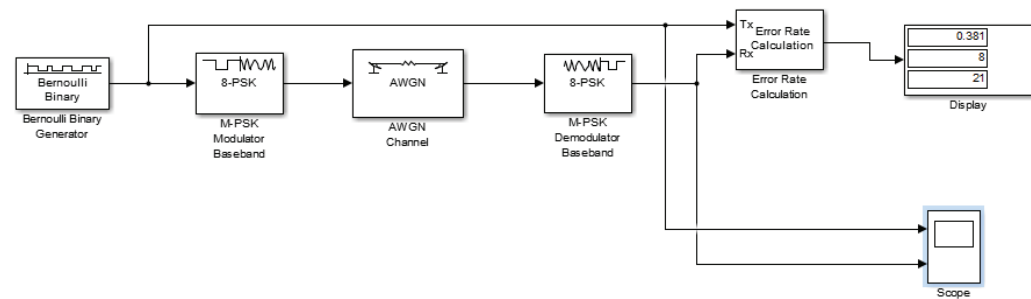


Figura 9 Diagrama de Bloques en Simulink de 8-PSK [5]

Simulación 16-PSK

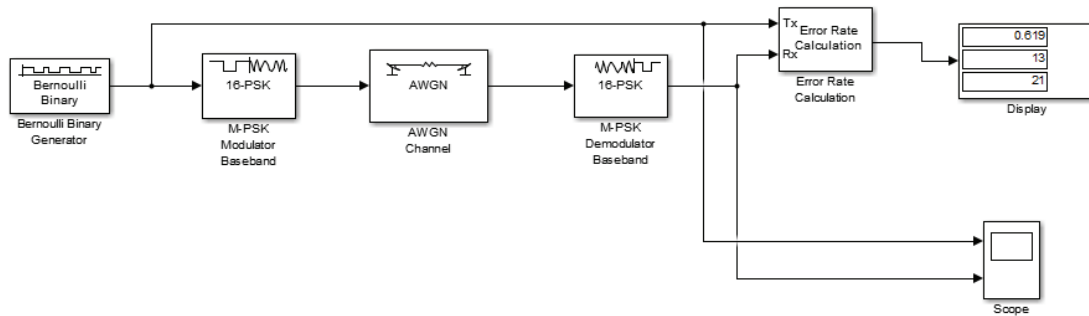


Figura 10 Diagrama de Bloques en Simulink de 16-PSK [5]

4.5 Prácticas

4.5.1 Práctica No. 1

Tema: Modulación por desplazamiento de amplitud ASK

Objetivo general: Familiarizar al estudiante con la técnica de modulación por desplazamiento de amplitud ASK

Objetivos específicos:

- Observar las formas de onda obtenidas mediante la técnica de modulación ASK.
- Analizar las formas de onda resultado de la modulación.
- Comprender el principio de la modulación y demodulación ASK.

Desarrollo de la práctica:

- Compilar el programa de modulación y demodulación ASK.
- Correr la simulación de modulación y demodulación ASK.
- Detallar las características de las formas de onda obtenidas.

Datos de código:

- En el código no se añadirá ruido gaussiano para obtener formas de onda ideales.
- Periodo de bit = $1 \text{e-}6$ [seg].
- Amplitud1 = 5 [V].
- Amplitud2 = 10 [V].
- Frecuencia de la portadora = 10 [MHz].
- Velocidad de bit = 1[MHz].

Resultados del código

De acuerdo al código de modulación por desplazamiento de amplitud de la página 18:

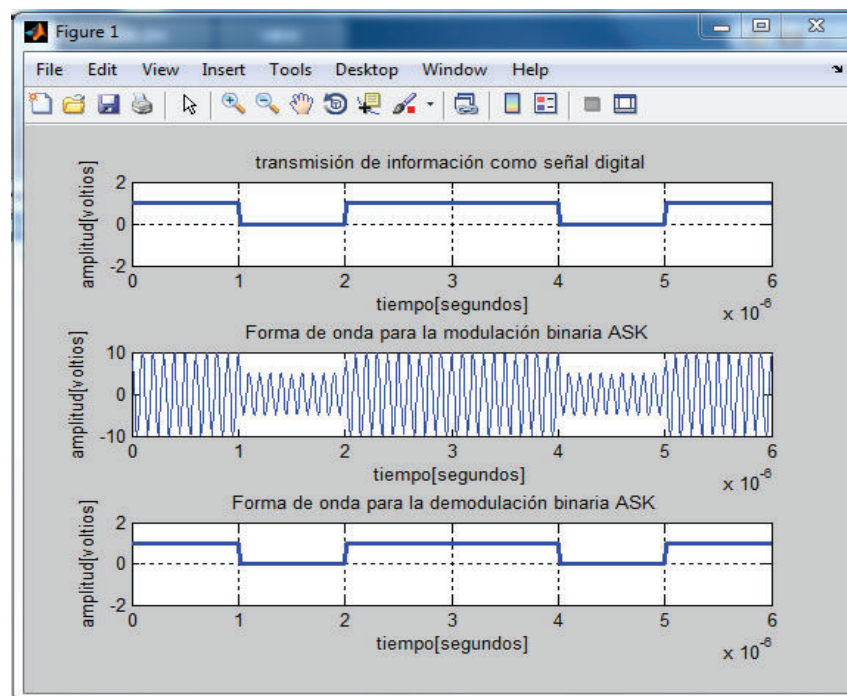


Figura 11 Resultado del Código ASK

2da. Parte simulación ASK

- Configuración de bloques:

- Para calcular las muestras por periodo se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{Muestras por periodo} = 2 * \pi / (\text{Frecuencia} * \text{Tiempo de la muestra}).$$

- Para el cálculo del número de muestras de offset se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Número de muestras de offset} = (\text{fase} * \text{muestras por periodo}) / 2\pi.$$

Prueba 1:

- Datos de la simulación:

- Frecuencia modulante = 100 [Hz].
- Tiempo de la muestra = 0.05 [seg].
- Amplitud1= 2 [V].
- Amplitud2= 0,5 [V].
- Símbolos de entrada = binario.

- Ejecutar la simulación:

Simulación modelo 1 (prueba 1):

De acuerdo con la figura 5 se puede observar el resultado obtenido en el siguiente gráfico:

Resultados obtenidos de la simulación:

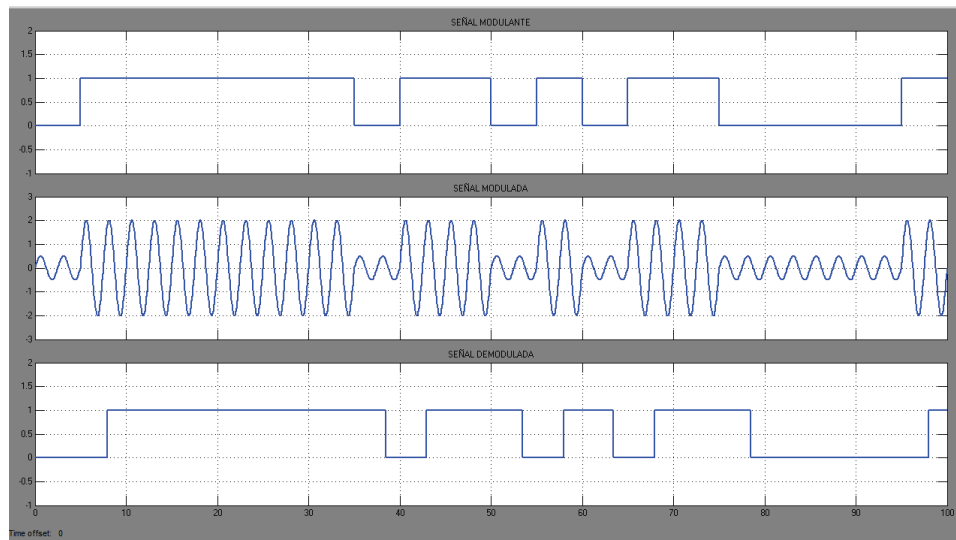


Figura 12 Resultado de la Modulación ASK (prueba 1)

Análisis de resultados ASK:

La portadora modulada toma dos valores el primero es 2 que representa el 1 lógico, el segundo valor es 0,5 representando el 0 lógico.

Prueba 2:

- Datos de la simulación:
 - Frecuencia modulante = 200 [Hz].
 - Amplitud1= 4 [V].
 - Amplitud2= 0 [V].
 - Símbolos de entrada = binario.
- Ejecutar la simulación.
- Analizar las formas de onda resultantes.

Simulación modelo 1 (prueba 2):

De acuerdo con la figura 5 se puede observar el resultado obtenido en el siguiente gráfico:

Resultados obtenidos de la simulación:

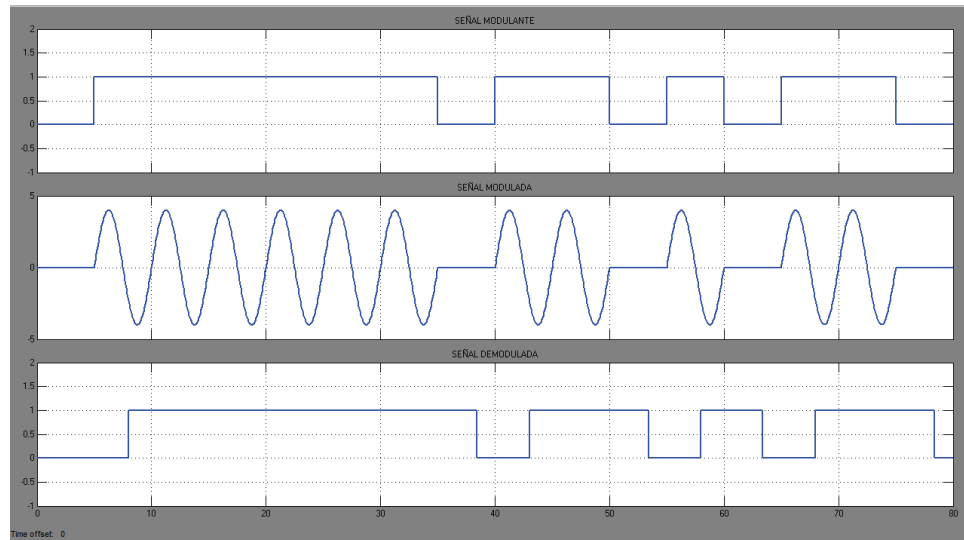


Figura 13 Resultado de la Modulación ASK, Modelo 1, (prueba 2)

Análisis de resultados ASK:

La portadora modulada toma dos valores el primero es 4 que representa el 1 lógico, el segundo valor es 0 representando el 0 lógico.

Al observar el resultado de la prueba 2 en la figura 13 se tiene la técnica OOK, cuando la amplitud toma el valor 0 para representar el 0 lógico, se puede observar la ausencia de portadora.

Cuestionario

1. ¿En qué consiste la modulación ASK?

Consiste en establecer una variación de la amplitud de la portadora según los estados significativos de la señal de datos. El dígito binario 1 se

representa mediante la presencia de la portadora mientras que el dígito binario 0 se representa mediante la ausencia de la misma.

2. ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias entre la modulación AM y ASK?

- Ambas son modulaciones lineales.
- Las dos modulaciones son sensibles a distorsiones causadas por el ruido atmosférico.
- La modulación AM es analógica mientras que la modulación ASK es digital.

3. ¿Cuál es el ancho de banda mínimo para la transmisión ASK?

El ancho de banda mínimo necesario para la transmisión ASK es igual a la tasa de Baudio (número de símbolos por segundo necesarios para representar los bits).

3.5.2 Práctica No. 2

Tema: Modulación por desplazamiento de frecuencia FSK

Objetivo general: Familiarizar al estudiante con la técnica de modulación por desplazamiento de frecuencia FSK

Objetivos específicos:

- Observar las formas de onda obtenidas mediante la técnica de modulación FSK.
- Analizar las formas de onda resultado de la modulación FSK.
- Comprender el principio de modulación y demodulación FSK.
- Compilar el programa de modulación y demodulación FSK.
- Correr la simulación de modulación y demodulación FSK.

- Detallar las características de las formas de onda obtenidas.

Desarrollo de la práctica:

- Compilar el programa de modulación y demodulación FSK.
- Correr la simulación de modulación y demodulación FSK.
- Detallar las características de las formas de onda obtenidas.

- **Datos del código:**

- En el código no se añadirá ruido gaussiano para obtener formas de onda en condiciones ideales.
- Periodo de bit = $1e-6$ [seg].
- Amplitud = 5 [V].
- Frecuencia1 = 8 [MHz].
- Frecuencia2 = 16 [Mhz].
- Frecuencia de la portadora = 10 [MHz].
- Velocidad de bit = 1[baudio].

Resultados obtenidos del código:

De acuerdo al código de modulación por desplazamiento de fase de la página 19:

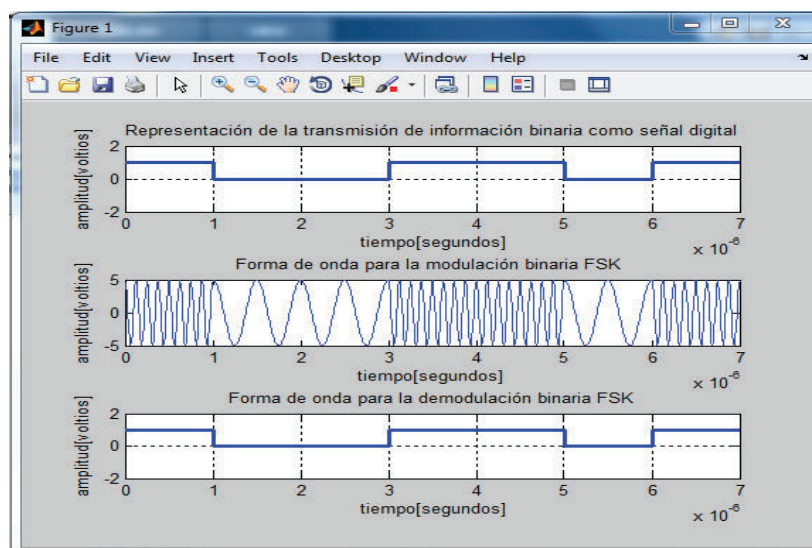


Figura 14 Resultado del Código FSK

2da. Parte Simulación FSK

Construcción del modelo FSK

- Configuración de bloques:
 - Para el cálculo de la frecuencia se debe ingresar los valores en radianes por segundo [rad/seg].

Prueba 1:

- Datos de la simulación:
 - Periodo de bit = 0.05 [seg]
 - Amplitud = 1 [V]
 - Frecuencia 1 = $2\pi * 8$ [rad/seg]
 - Frecuencia 2 = $2\pi * 12$ [rad/seg]
- Ejecución de la simulación.

Simulación prueba:

De acuerdo con la figura 6 se puede observar el resultado obtenido en el siguiente gráfico.

Resultados obtenidos de la simulación:

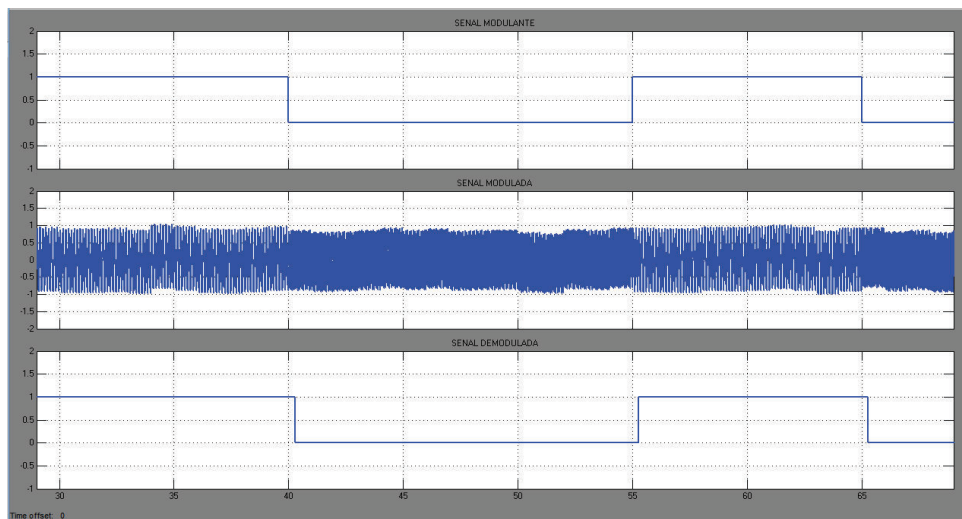


Figura 15 Resultado de la Modulación FSK, (prueba 1)

Análisis de resultados FSK:

El 0 binario se representa con una frecuencia 100 MHz y el 1 binario se representa con una frecuencia diferente 1000 MHz.

Prueba 2:

- Datos de la simulación:
 - Periodo de bit = 0.05 [seg]
 - Amplitud = 2 [V]
 - Frecuencia 1 = 100 [MHz]
 - Frecuencia 2 = 800 [MHz]
- Ejecución de la simulación

Simulación prueba 2:

De acuerdo con la figura 6 se puede observar el resultado obtenido en el siguiente gráfico.

Resultados obtenidos de la simulación:

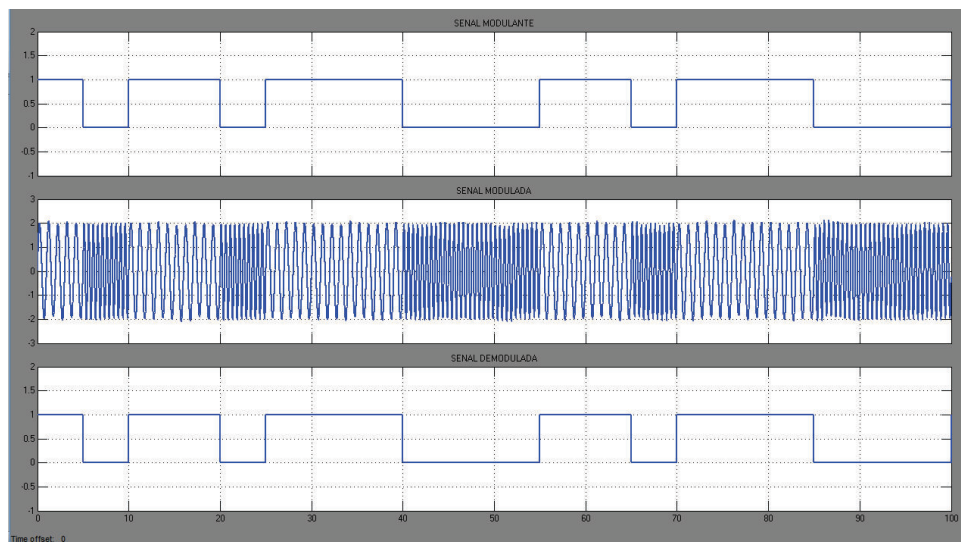


Figura 16 Resultado de la Modulación FSK, (prueba 2)

Análisis de resultados FSK:

Se puede observar que el resultado de la señal modulada de la figura 16 es más clara ya que las frecuencias ingresadas son menores que las frecuencias usadas en la prueba 1, como se puede observar en la figura 15.

Cuestionario

1. Explicar cómo se transmite la forma de onda de una señal modulada FSK.

Cuando se transmite un 1 (uno) binario se deja pasar la señal sinusoidal de mayor frecuencia, cuando se quiere transmitir un 0 (cero) binario se deja pasar la señal sinusoidal de menor frecuencia.

2. ¿Qué es la velocidad de bit?

La velocidad de bit es la velocidad o cantidad de símbolos por segundo, en FSK la velocidad de bit = velocidad de baudio.

3.5.3 Práctica No. 3

Tema: Modulación por desplazamiento de fase PSK

Objetivo general: Familiarizar al estudiante con la técnica de modulación por desplazamiento de fase PSK.

Objetivos específicos:

- Observar las formas de onda obtenidas mediante la técnica de modulación PSK.
- Analizar las formas de onda resultado tanto en el código como en la simulación.
- Comprender el principio de modulación y demodulación PSK.
- Compilar el programa de modulación y demodulación PSK.

- Correr el programa de modulación y demodulación PSK.
- Detallar las características de las formas de onda obtenidas.

Desarrollo de la práctica:

Datos código en Matlab:

- En el código no se añadirá ruido gaussiano para obtener formas de onda en condiciones ideales.
- Periodo de bit = $1 \text{e-}6$ [seg]
- Amplitud = 5 [V]
- Frecuencia de la portadora = 16 [MHz]
- Velocidad de bit = 1[MHz]

Pruebas:

Resultados del código

De acuerdo al código de modulación por desplazamiento de fase de la página 21:

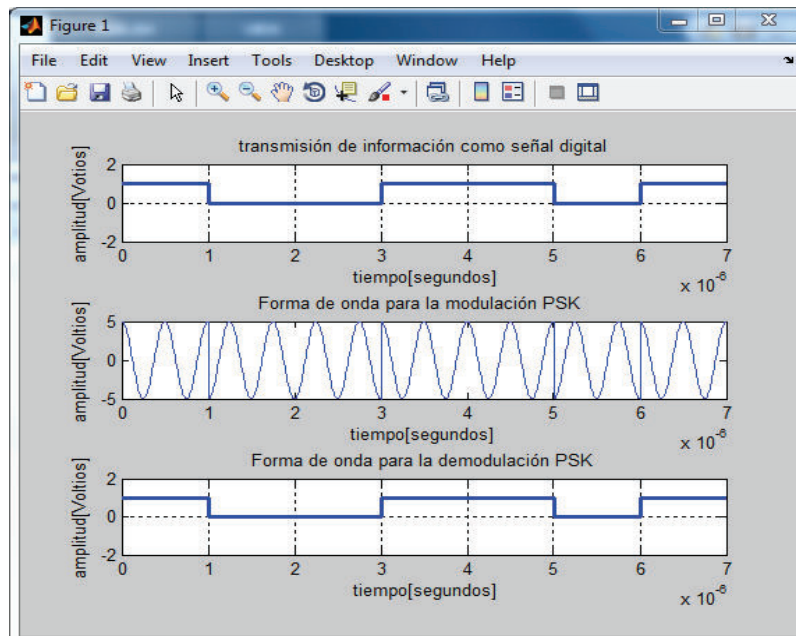


Figura 17 Resultado del Código PSK

2da. Parte simulación BPSK

Construcción del modelo BPSK

- Configuración de bloques:
 - Para el cálculo del número de muestras de offset se aplica la siguiente ecuación para cambiar la fase:

$$\text{Número de muestras de offset} = (\text{fase} * \text{muestras por periodo}) / 2\pi.$$

Prueba 1:

- Datos de la simulación:
 - Desplazamiento de fase = 180°
 - Tiempo de la muestra = 0.05 [seg]
 - Símbolos = binarios
- Ejecutar la simulación

Simulación prueba 1:

De acuerdo con la figura 7 se puede observar el resultado obtenido en el siguiente gráfico.

Resultados obtenidos de la simulación:

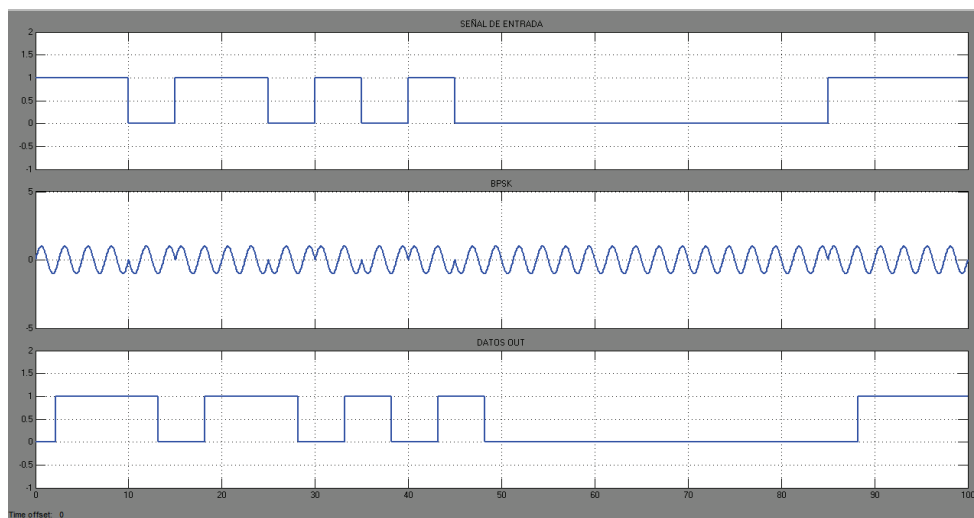


Figura 18 Resultado de la Modulación BPSK, (prueba 1)

Análisis de resultados BPSK:

Mientras la señal digital cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos desfasados 180° .

Construcción del modelo QPSK

- Abrir el navegador simulink library e insertar los siguientes bloques:
 - Bloque Bernoulli Binary Generator
 - Bloque QPSK modulador en banda base
 - Bloque canal AWGN
 - Bloque QPSK demodulador en banda base
 - Bloque error rate calculation
- Configuración de los parámetros QPSK
 - Hacer doble click en AWGN Channel y establecer señal a ruido indicada en los datos de simulación
 - Hacer doble click en el bloque de cálculo de tasa de error y configurar lo siguiente:
 - ✓ Establecer los datos de salida (output data) a port
 - ✓ Marcar la casilla para simulación (stop simulation)

Prueba 2:

- Datos de la simulación:
 - Desplazamiento de fase = 180°
 - Señal a ruido = 4,2 dB
 - Tiempo de la muestra = 1 [seg]
 - Símbolos = binarios
- Ejecutar la simulación

Simulación prueba 2:

De acuerdo con la figura 8 se puede observar el resultado obtenido en el siguiente gráfico.

Resultados obtenidos de la simulación:

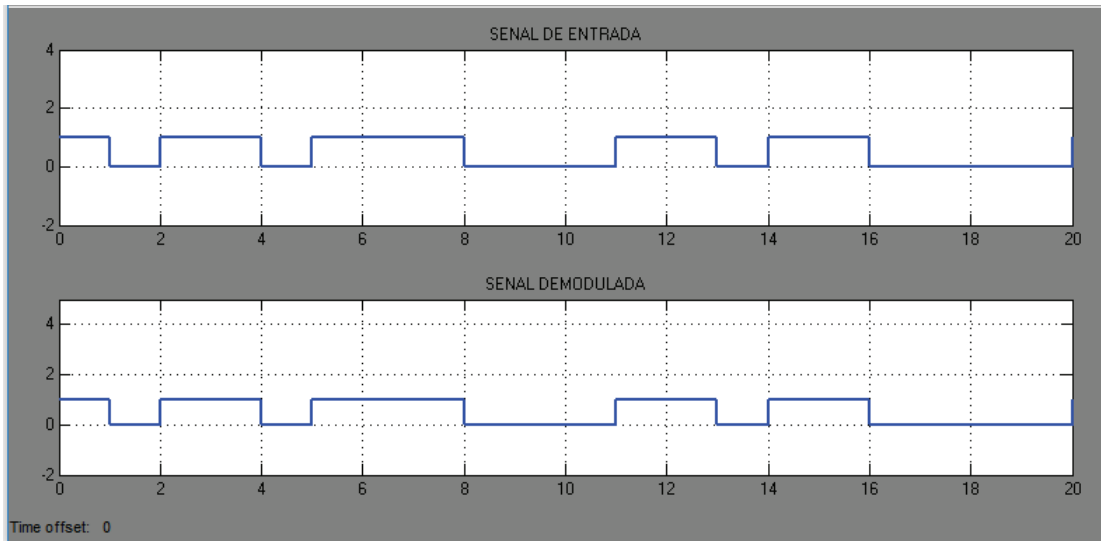


Figura 19 Resultado de la Modulación QPSK, Modelo 2, (prueba 2)

Análisis de resultados QPSK:

La fase de la portadora cambia en cuatro posiciones separadas 90° entre ellas, teniendo como valores de salto de fase 45° , 135° , 225° y 315° .

3ra. Parte simulación MPSK

Construcción del modelo MPSK

- Abrir el navegador simulink library e insertar los siguientes bloques:
 - Bloque Bernoulli Binary Generator
 - Bloque MPSK modulador en banda base
 - Bloque canal AWGN
 - Bloque MPSK demodulador en banda base
 - Bloque error rate calculation

- Configuración de los parámetros MPSK
 - Hacer doble click en AWGN Channel y establecer señal a ruido indicada en los datos de simulación
 - Hacer doble click en el bloque de cálculo de tasa de error y configurar lo siguiente:
 - ✓ Establecer los datos de salida (output data) a port
 - ✓ Marcar la casilla para simulación (stop simulation)

Prueba 3:

- Datos de la simulación:
 - Número M-ario = 8
 - Señal a ruido = 10 dB
 - Tiempo de la muestra = 1 segundo
- Ejecutar la simulación

Simulación prueba 3:

De acuerdo con la figura 9 se puede observar el resultado obtenido en el siguiente gráfico.

Resultados obtenidos de la simulación:

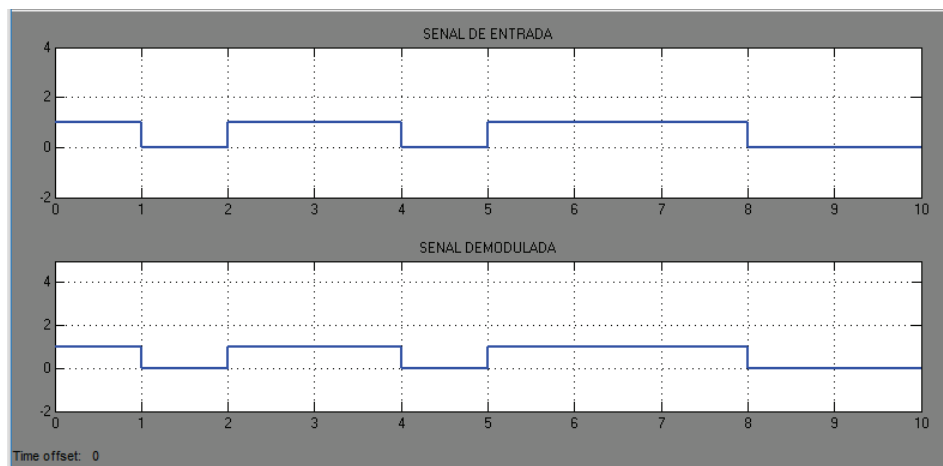


Figura 20 Resultado de la Modulación 8-PSK, (prueba 3)

Prueba 4:

- Datos de la simulación:
 - Número M-ario = 16
 - Señal a ruido = 4,2 dB
 - Tiempo de la muestra = 1 [seg]
- Ejecutar la simulación

Simulación modelo 4 (prueba 4)

De acuerdo con la figura 10 se puede observar el resultado obtenido en el siguiente gráfico.

Resultados obtenidos de la simulación:

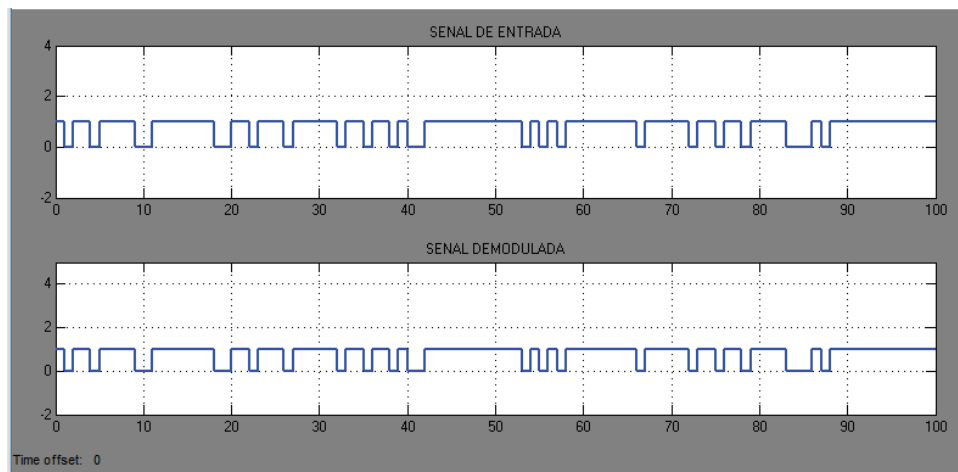


Figura 21 Resultado de la Modulación 16-PSK, (prueba 4)

Cuestionario

1. ¿En qué consiste la modulación por desplazamiento de fase?

Es una modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos.

2. ¿A qué se refiere la variación de fase?

La variación de fase se refiere a la fase de la portadora sin modular donde se tiene en cuenta los desplazamientos de fase.

3. ¿Cuál es la principal característica de la modulación PSK?

La fase de la señal modulante representa cada símbolo de información de la señal moduladora con un valor angular que el modulador elige entre un conjunto discreto de “n” posibles valores.

4. ¿Cuáles son las variaciones derivadas de PSK más óptimas?

Las variaciones BPSK Y QPSK son óptimas desde el punto de vista de protección frente a errores, es decir la diferencia entre distintos símbolos asociados es máxima para la potencia y ancho de banda, no pasa lo mismo con otras variantes de 8-PSK o superiores.

5. ¿Cuál es la ventaja más importante en la modulación PSK?

La gran ventaja de la modulación PSK es que la potencia de todos los símbolos es la misma, por lo que el diseño de amplificadores y etapas receptoras se simplifica, esto significa una reducción de costos ya que la potencia de la fuente es constante.

3.6 Recursos utilizados

Tabla 1 Recursos utilizados

RECURSOS						
		HORA	DIA	SEMANA	MES	TOTAL
RECURSO HUMANO		4,00	16,00	80,00	320,00	1280,00
RECURSO TECNOLÓGICO						
	INTERNET	0,20	0,80	4,00	80,00	320,00
		[KW] HORA	[KW] DIA	[KW] SEMANA	[KW] MES	TOTAL
	CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA	0,02	0,02	0,08	2,40	9,6
	COMPUTADOR					800,00
	SOFTWARE					10,00
RECURSO FINANCIERO					TOTAL	2419,60

3.7 Cronograma ejecutado

Tabla 2 Cronograma ejecutado

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES							
	MES	MES	MES	MES			
	1	2	3	4			
Analizar los fundamentos teóricos, tipos y aplicaciones de la modulación digital.							
Analizar la herramienta Matlab/Simulink.							

Desarrollar la estructura de las prácticas de modulación y demodulación digital ASK, FSK, PSK.									
Programar el código de cada técnica de modulación digital utilizada usando Matlab/Simulink.									
Simular en bloques cada técnica de modulación digital utilizando Matlab/Simulink.									
Evaluar los resultados obtenidos en las prácticas.									
Redacción del texto									

5. Resultados obtenidos

5.1 Tema: Modulación por desplazamiento de amplitud ASK

- **Resultados obtenidos de la simulación ASK:**

Según los resultados obtenidos en las figuras 12 y 13, la señal portadora modulada puede ser representada en el dominio del tiempo, son dos los diferentes valores que toma la portadora modulada.

Tema: Modulación por desplazamiento de frecuencia FSK

- **Resultados obtenidos de la simulación FSK:**

De acuerdo con la figura 15 y 16, la señal FSK es una senoide de amplitud constante 1 que cambia entre dos frecuencias diferentes.

La señal modulante es un flujo de pulsos binarios entre dos niveles discretos de voltaje. Conforme cambia la señal binaria de “0” lógico a “1” lógico y viceversa la salida del FSK se desplaza entre dos frecuencias , formando un tren de pulsos donde uno significa un “1” o marca y el otro representa un “0” o espacio.

5.2 Tema: Modulación por desplazamiento de fase PSK

- **Resultados obtenidos de la simulación BPSK:**

De acuerdo con la figura 18, con la transmisión por desplazamiento de fase binaria BPSK, son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora, una fase de salida representa un “1” lógico y la otra un cero lógico.

- **Resultados obtenidos de la simulación QPSK:**

Según con lo obtenido en la figura 19, es otra forma de modulación angular de amplitud constante, con esta modulación son posibles cuatro fases de salida diferentes.

- **Resultados obtenidos de la simulación 8-PSK:**

Según los resultados obtenidos en la figura 20, un PSK de ocho fases es una técnica de codificación en donde $M=8$ es decir que en el modulador existen ocho posibles fases de salida.

- **Resultados obtenidos de la simulación 16-PSK:**

De acuerdo con los resultados obtenidos en la figura 21, un PSK de dieciséis fases de salida.

6. Análisis de resultados

Análisis de resultados:

- **ASK**

La presencia de la portadora indica un 1 y la ausencia de portadora indica un 0. La señal portadora modulada puede ser representada

en el dominio del tiempo, son dos los diferentes valores que toma la portadora modulada el primero toma el valor de A y fase 0° y representa el 1 lógico, el segundo toma el valor de $A/2$ y fase 0° y representa el 0 lógico.

➤ **FSK**

La señal FSK es una senoide de amplitud constante A que salta entre dos frecuencias diferentes f_1 y f_2 . La señal modulante es un flujo de pulsos binarios entre dos niveles discretos de voltaje. Conforme cambia la señal binaria de “0” lógico a “1” lógico y viceversa la salida del FSK se desplaza entre dos frecuencias , formando un tren de pulsos donde uno significa un “1” o marca y el otro representa un “0” o espacio. El 0 binario se representa con una frecuencia f_1 y el 1 binario se representa con una frecuencia diferente f_2 .

➤ **BPSK**

Conforme la señal digital cambia de estado la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos desfasados 180° .

➤ **QPSK**

En QPSK se codifica un número entero de bits con cuatro fases diferentes, la diferencia entre los símbolos asociados a cada una de las fases es máxima para el ancho de banda y la potencia utilizada.

➤ **MPSK**

Es una técnica de modulación M-ario en la cual M es un dígito que representa el número de condiciones posibles para la codificación.

➤ **8-PSK**

Para codificar las fases de un 8-PSK los bits que están entrando se consideran grupos de tres bits a los que se denomina tribits $2^3 = 8$.

➤ **16-PSK**

Para codificar las fases diferentes de un 16-PSK los bits que están entrando se consideran grupos de cuatro bits a los que se denomina quadbits $2^4 = 16$.

7. Conclusiones

- Para la modulación ASK un dígito binario es representado por medio de la portadora con amplitud constante y el otro dígito binario es representado mediante la ausencia de la portadora, de tal manera que la frecuencia y la fase son constantes.
- Las frecuencias “f1” y “f2” de FSK corresponden a desplazamientos de igual magnitud pero sentidos opuestos en relación a la frecuencia de la señal portadora.
- BPSK es la técnica que presenta mayor inmunidad al ruido porque la diferencia máxima entre símbolos es 180°.
- Para el caso de n=4 se le da el nombre de QPSK, la señal toma 4 posibles valores que producirán 4 desplazamientos de fases los cuales proporcionarán 4 fases distintas.
- Al incrementar “n” en M-PSK se tiene un aumento en la velocidad de transmisión sin cambiar el ancho de banda puesto que no se ha aumentado la velocidad de modulación.

8. Recomendaciones

- Se recomienda para proyectos posteriores hacer un estudio sobre modulación en cuadratura.
- Se recomienda usar Matlab/Simulink versión profesional ya que la versión estudiantil es limitada y no se puede acceder a algunas funciones.

9. Bibliografía

- [1] W. STALLINGS, de *Comunicaciones y redes de computadores*, Madrid, Prentice Hall, 2013, p. 135.
- [2] W. Math, «<http://www.matpic.com/>,» [En línea]. [Último acceso: 2016].
- [3] B. Forouzan, «Transmisión de datos y Redes de Comunicaciones,» Madrid, Mc-Graw Hill, 4ta. Edición, 2011.
- [4] «Couch León,» de *Digital and Analog Communication Systems*, México, English Pearson Education S.A, 8th. Edition, 2013.
- [5] H. Moore, « Matlab para Ingenieros,» 3ra. Edición, 2014.