Proyecto de Equipos de Radio Definidos por Software

Sistema de comunicación en de transmisiones BFSK

18 de enero de 2018

Ander Doncel Llamas

Daniel Montesano

Tabla de contenido

[1. Especificaciones de proyecto 3](#_Toc502830000)

[2. Comunicación Monoportadora 4](#_Toc502830001)

[2.1. Transmisor 4](#_Toc502830002)

[2.2. Canal 4](#_Toc502830003)

[2.3. Receptor 4](#_Toc502830004)

[2.3.1. Filtrado Paso Banda & Detección de Envolvente 4](#_Toc502830005)

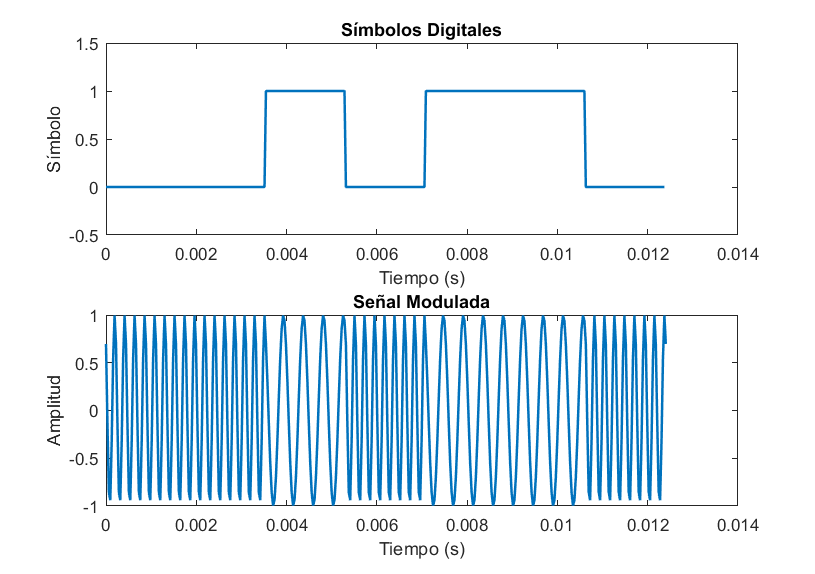
[2.3.2. Demodulación de Portadora & Filtrado Paso Banda & Detección de Envolvente 4](#_Toc502830006)

[2.3.3. Demodulación Coherente Utilizando PLLs sintonizados. 4](#_Toc502830007)

[2.4. Comunicación de espectro ensanchado 4](#_Toc502830008)

# Especificaciones de proyecto

Este documento describe el proceso de diseño e implementación de un sistema de comunicación basado en transmisiones BFSK desarrollado en MATLAB. Este esquema de modulación implementa una variación en frecuencia sobre la de la señal portadora para transmitir los símbolos, de manera que se utilicen diferentes frecuencias para transmitir cada uno de los mismos. Dado que este caso se corresponde a la implementación binaria de una modulación en frecuencia FSK, los símbolos a transmitir se corresponderán únicamente a ‘1’s y ‘0’s. La siguiente figura ilustra el concepto de modulación BFSK.



Los parámetros que describen el sistema de comunicaciones a implementar se describen a partir de los siguientes valores:

* Velocidad binaria (Rb) = 564,48 bps.
* Frecuencia de la portadora (fc) =
* Los símbolos ‘1’ estarán compuestos por 7 ciclos a frecuencia f1 utilizada.
* Los símbolos ‘0’ estarán compuestos por 8 ciclos a frecuencia f0 utilizada.
* Separación de frecuencias (Δf) = f1 - f0 = 564,48 Hz.
* Duración de símbolo (Tb) = = 1,77ms.

Los valores de f1 y f0 utilizados se detallarán en las posteriores secciones para cada uno de los escenarios de diseño implementados, ya que vendrán definidos de la frecuencia de la señal portadora escogida.

En primer lugar, el sistema deberá mostrar un comportamiento tolerante ante los siguientes posibles efectos producidos por el canal de transmisión:

* Retardo de propagación arbitrario.
* Ruido blanco y gaussiano.
* Dispersión de hasta 180 μs de exceso de retardo.
* Presencia de perturbación de banda estrecha intencionada.

Por otro lado, el sistema deberá tolerar posible diferencias en las frecuencias de portadora (fc) o de símbolo (f1 o f0) en el transmisor y en el receptor de acuerdo a unas tolerancias dadas. Estas posibles variaciones vienen dadas a partir de las siguientes indicaciones de tolerancia:

* Velocidad binaria (Rb) = 564,48 bps ± 2,5%.
* Separación de frecuencias (Δf) = 564,48 Hz ± 7%.

# Comunicación Monoportadora

En primer lugar se llevará a cabo el diseño de un transmisor nominal y un receptor para portadora fija. Para ello, los valores utilizados desde el punto de vista de las prestaciones de transmisión vienen definidos a partir de los siguientes requisitos:

* La frecuencia portadora (fc) utilizada deberá ser igual a 7.5·Rb = 4.233 kHz.
* La frecuencia de los símbolos ‘1’ deberá ser igual a 7·Rb = 3.951 kHz.
* La frecuencia de los símbolos ‘1’ deberá ser igual a 8·Rb = 4.515 kHz.
* La separación de frecuencias (Δf) deberá ser igual a la velocidad binaria (Rb) del sistema.
* La frecuencia de muestreo (fs) utilizada será de 56·Rb = 31.611 kHz.

A lo largo de las siguientes secciones se describirá la arquitectura y el funcionamiento del sistema implementado.

## Transmisor

Una vez definidos tanto el mensaje de ‘0’s y ‘1’s a transmitir como las frecuencias de símbolo, el transmisor transformará la información binaria en una señal modulada en frecuencia. Además, se impondrá la condición de que en las transiciones entre pulsos la fase deberá ser continua, por lo que será necesario llevar el seguimiento de la misma.

Para llevar a cabo este procedimiento, se ha optado por llevar a cabo el seguimiento de la fase de la señal para cada uno de los símbolos, de manera que la fase inicial del siguiente símbolo sea la final del anterior símbolo. Para ello, se computará la variación de fase entre intervalos de muestreo de la siguiente manera:

= ω1

= ω0

Una vez calculada esta variación de fase, se establecerá de manera arbitraria la fase inicial de la señal a transmitir y el transmisor procederá a la generación un vector que contenga la fase de la señal para cada instante temporal de muestreo. Conocida la duración de cada símbolo (Tb), el parámetro de variación de fase correspondiente al símbolo a transmitir se irá sumando al estado de fase anterior un determinado número de veces en base a la cantidad de instantes de muestreo contenidos en este intervalo de duración del símbolo Tb. La última actualización de fase del símbolo anterior se corresponderá a la fase inicial del siguiente símbolo, independiente de si es un ‘1’ o un ‘0’. Este proceso se realizará iterativamente hasta finalizar la generación del vector de fase de la señal. Por último, la señal modulada se podrá obtener simplemente a partir del coseno del vector obtenido.

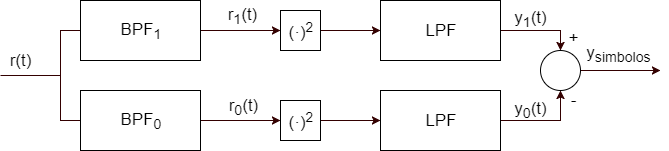
## Canal

## Receptor

Tras pasar por el canal de transmisión, la señal se recibirá en el receptor, que tratará de recuperar los símbolos enviados por el transmisor. Para ello, se han estudiado las 3 diferentes alternativas de recepción que se describen en los siguientes apartados.

### Filtrado Paso Banda & Detección de Envolvente

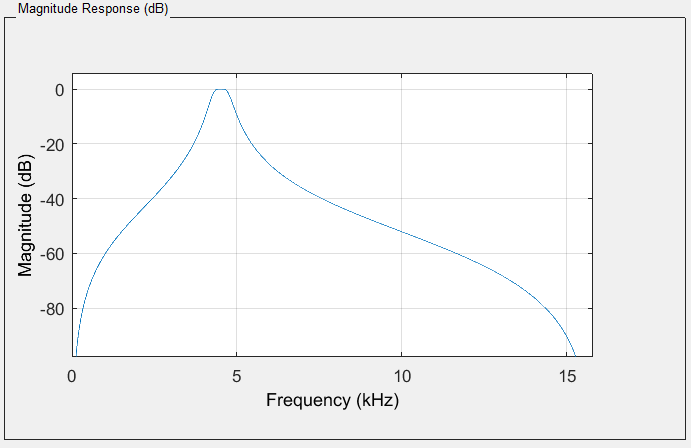
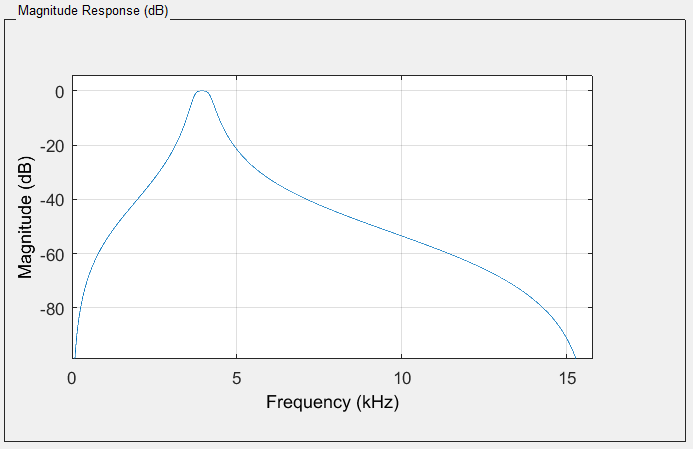
Este método de recepción realizará una detección homodina no coherente de la señal. La siguiente figura esquematiza la implementación de este modo de recepción.

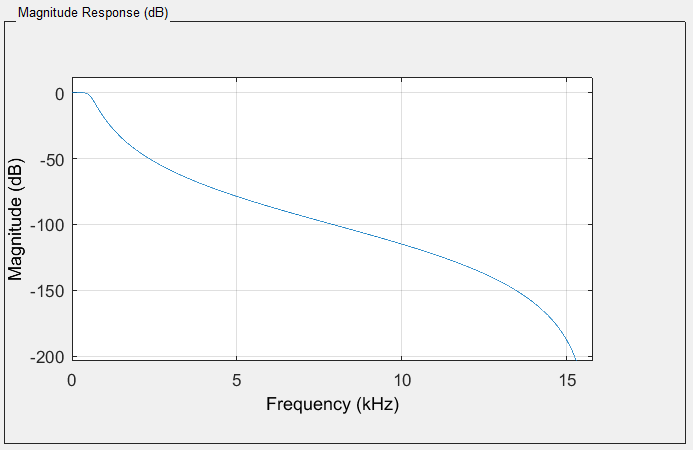


En primer lugar se implementarán filtros paso banda para cada una de las frecuencias de símbolo. La señal recibida se filtrará de manera independiente con ambos filtros, de manera que se obtengan dos señales diferentes en las cuales estará contenida únicamente la señal correspondiente a uno de los dos símbolos. Finalmente, se buscará la envolvente de los símbolos utilizando un detector de ley cuadrática que combina una etapa de nolinealidad y un filtro paso bajo.

Las características de los 3 filtros implementados (el filtro paso bajo será el mismo para las dos señales) se resumen en la siguiente tabla:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Filtro Pasobanda ‘1’ | Filtro Pasobanda ‘0’ | Filtro Pasobajo |
| Orden | 2 | 2 | 2 |
| fcorte,1 (Hz) | fc-Rb | fc | Rb |
| fcorte,2 (Hz) | fc | fc+Rb | - |





### Demodulación de Portadora & Filtrado Paso Banda & Detección de Envolvente

### Demodulación Coherente Utilizando PLLs sintonizados.

Detección coherente.

## Comunicación de espectro ensanchado