

# LABORATORIO

## MODULACION DIGITAL

### ASK Amplitude Shift Keying

#### Prof. Sergio Mora

El objetivo del ejercicio es desarrollar algoritmos de modulación y decodificación para los dos tipos de modulación digital: Amplitude Shift Keying (ASK). El ejercicio consistirá en construir un modulador y decodificador ASK simple.

#### Modulación ASK (Amplitude Shift Keying)

Hay dos tipos de modulación ASK: On Off Keying (OOK) y Amplitude Shift Keying (ver Fig.1)

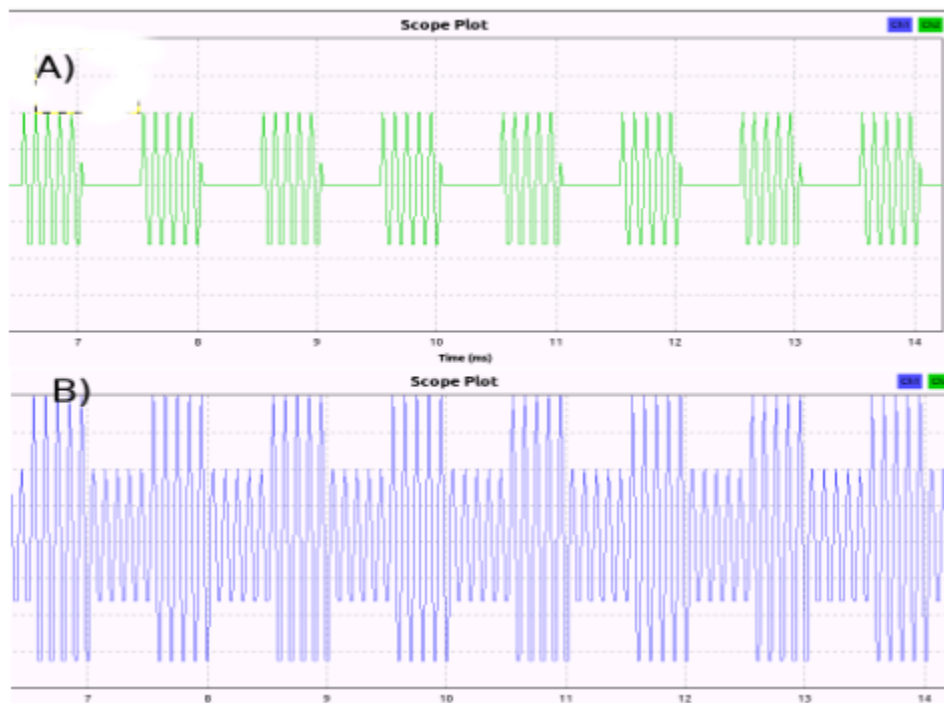


Fig.1: Ejemplos de señales moduladas digitalmente (A) modulación OOK (On-Off Keying), (B) Modulación ASK (Amplitude Shift Keying)

La Figura 1 muestra una onda cuadrada ( $f_m = 1 \text{ kHz}$ ) modulada por el método OOK (Figura 1a) y ASK (Figura 1b). La señal portadora es una señal sinusoidal con una frecuencia  $f_c = 10 \text{ KHz}$ . La principal diferencia entre los dos métodos de modulación es que, en el caso de la señal modulada ASK, la portadora se emite durante cada símbolo (incluso para 'Cero'), ver fig. 1b. Para la modulación OOK, la señal portadora no se transmite durante el símbolo 'Cero'.

### Modulador OOK / ASK

La principal diferencia es la forma de la señal moduladora y el método de decodificación (en el caso de señales moduladas digitalmente se habla de modulación y decodificación). La señal de modulación ahora tiene una forma binaria - 0 y 1 (en el caso general puede ser n-VALOR, donde  $n > 2$ , por ejemplo, 0,1,2,3,4 - entonces es posible codificar en un símbolo n valores).

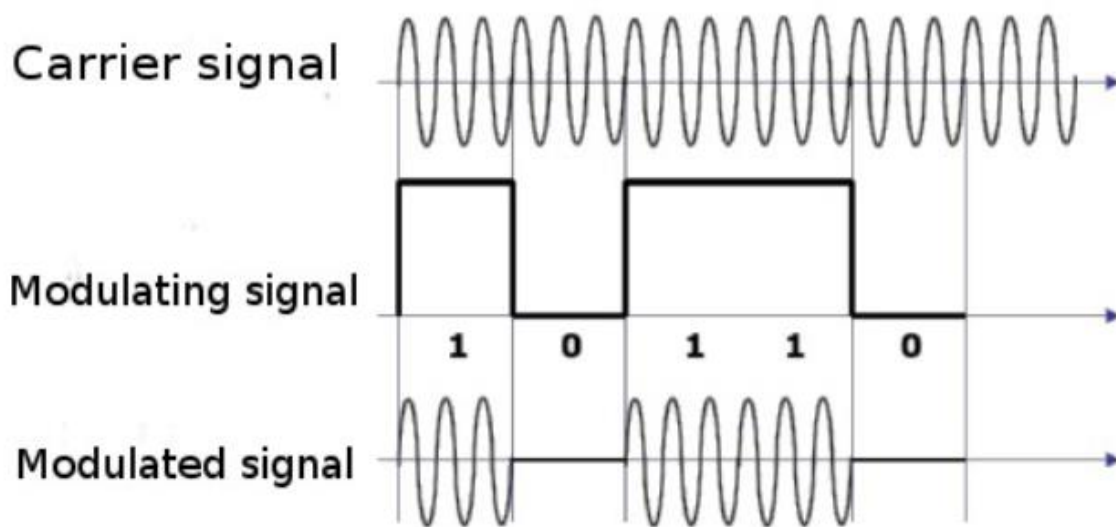


Fig. 2 Modulación de codificación on-off.

En el caso de la modulación digital, la señal moduladora es una señal digital. Puede tomar los valores 0 y 1 o -1 y 1. En el caso de moduladores de m-valores, el alfabeto de entrada puede ser mayor y contener exactamente m-valores. La figura 2 muestra la modulación de una señal binaria (valores 0 y 1) mediante modulación OOK. Como se puede ver, en el tiempo de símbolo 0 la señal no se transmite.

## ¿Cómo hacer una modulación ASK / OOK en GnuRadio?

- Agregue dos fuentes de señal: señal portadora (tipo de onda: seno, frecuencia = 10 KHz) y señal moduladora (tipo de onda: cuadrada, frecuencia = 100 Hz). Para ajustar la frecuencia, utilice el componente "QT GUI RANGE" (agregue dos componentes "QT GUI RANGE". Uno para la frecuencia portadora (10KHz - 100KHz) y el segundo para la frecuencia de la señal moduladora (10-1000Hz)).
- Multiplique estas dos señales por sí mismas.
- Muestre los resultados de la modulación de la señal (QT GUI TIME SINK). Esta es la modulación OOK.  
Para cambiar a la modulación ASK, debe cambiar los niveles de amplitud de la señal modulada (de 0 y 1 a, por ejemplo, 1 y 2). Se puede hacer agregando un valor constante a la señal modulada (Componente "**Add const**").
- Muestra los resultados de la modulación de la señal (QT GUI TIME SINK). Esta es la modulación ASK.

## Modelo de canal

El modelo de canal de transmisión se utiliza para reproducir mejor el comportamiento de la señal durante la transmisión, en forma de onda electromagnética. Para generar interferencias y ruido se utiliza AWGN (Aditivo White Gaussian Noise). Es un modelo del canal en el que el ruido es constante y también la densidad de potencia espectral (vatios/Hz) con una distribución de amplitud gaussiana. Este modelo está representado por el componente "**Channel Model**". Este parámetro le permite ajustar la intensidad del ruido y se denomina "Voltaje de ruido". Debe estar regulado por la GUI (QT GUI RANGE) en el rango de 0 ... 1V (preferiblemente en mV), el valor predeterminado debe ser 0V.

## Decodificación OOK / ASK

Esta vez el objetivo es recuperar (decodificar) los símbolos 0 y 1. La señal de salida debe tener exactamente la misma forma que la señal de entrada (aunque puede cambiar en el momento).

- Para filtrar todas las demás señales, utilice **"Frequency Xlating FIR Filter"**. Este bloque requiere de un parámetro para aplicar el filtro (variable filtro\_taps). Cree una variable denominada filtro\_taps, cuyo valor será el siguiente:

**firdes.low\_pass(1, samp\_rate, fc, 25000, firdes.WIN\_HAMMING, 6.76)**

- Compare los nombres de los parámetros de las características típicas del filtro con los parámetros de la variable 'filtro\_taps', fc es la frecuencia de la portadora.
- A continuación, calculamos el módulo al cuadrado del vector formado por la parte real y el componente de señal imaginario mediante el componente **"Complex Mag ^ 2"**.
- El siguiente paso es decodificar el símbolo. Cada símbolo tiene una duración fija, que asciende a tk. En nuestro caso será igual al doble de la frecuencia de la señal moduladora (en un período del símbolo hay dos símbolos 0 y 1). Para decodificar los símbolos utilice el componente **"ClockRecovery MM"**. El "Omega", que es un factor de número de muestras por símbolo, establecido en 1 (tasa de bits igual a la velocidad de los símbolos).
- Muestre los resultados de la modulación de la señal (QT GUI TIME SINK). Compare con la señal modulada original (vea la Figura 4).
- Compruebe cómo se comporta cuando la señal de entrada aumenta el nivel de ruido.
- Para mejorar la decodificación se puede utilizar un filtro de paso bajo para filtrar el ruido. Colóquelo entre **"Complex Mag ^ 2"** y **"Clock Recovery MM"**. Ajuste los parámetros del filtro para obtener los mejores resultados (para ajustar la frecuencia de corte del filtro, utilice el componente "QT GUI RANGE", TransitionWith establecido en 100 Hz)

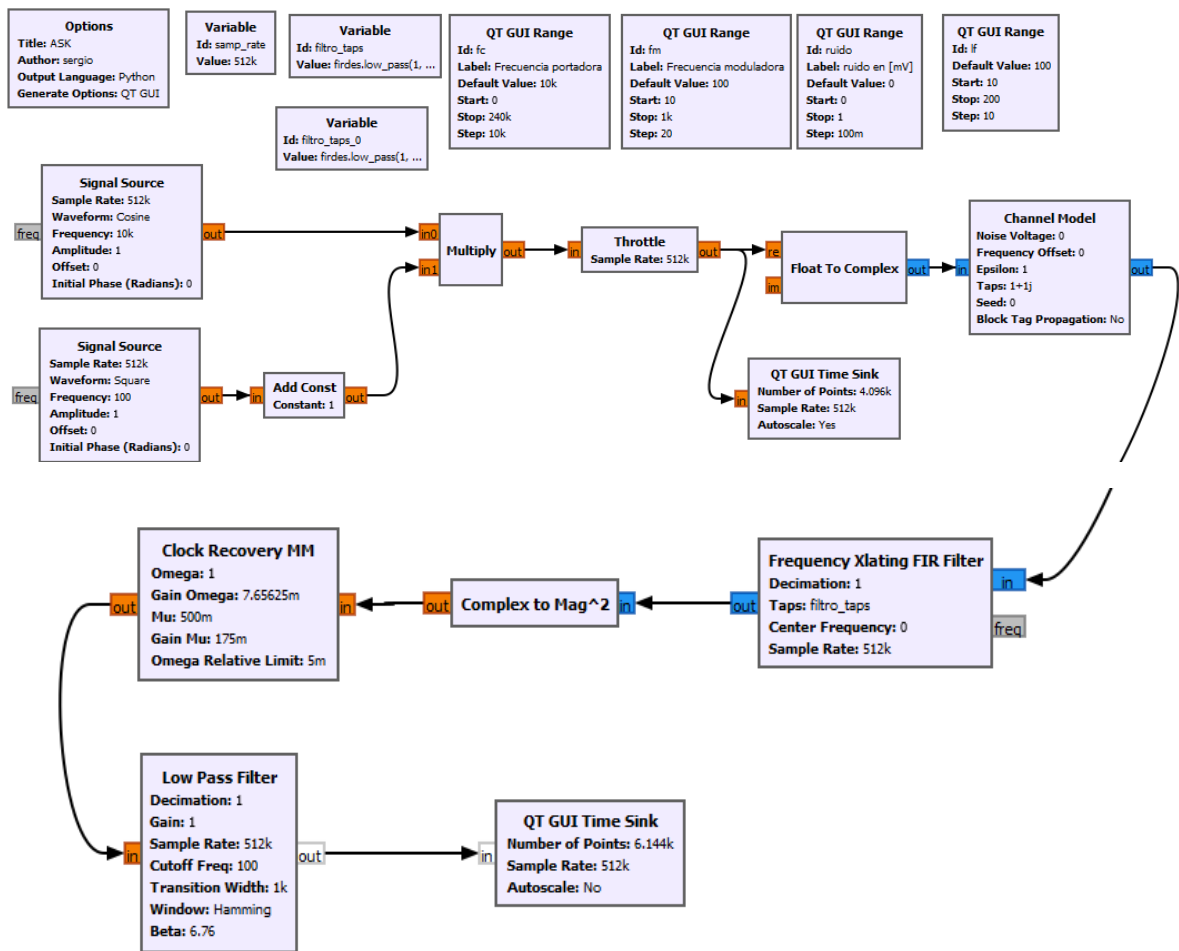


Fig. 3 Diagrama de flujo final de la modulación y demodulación ASK (con modelo de canal).

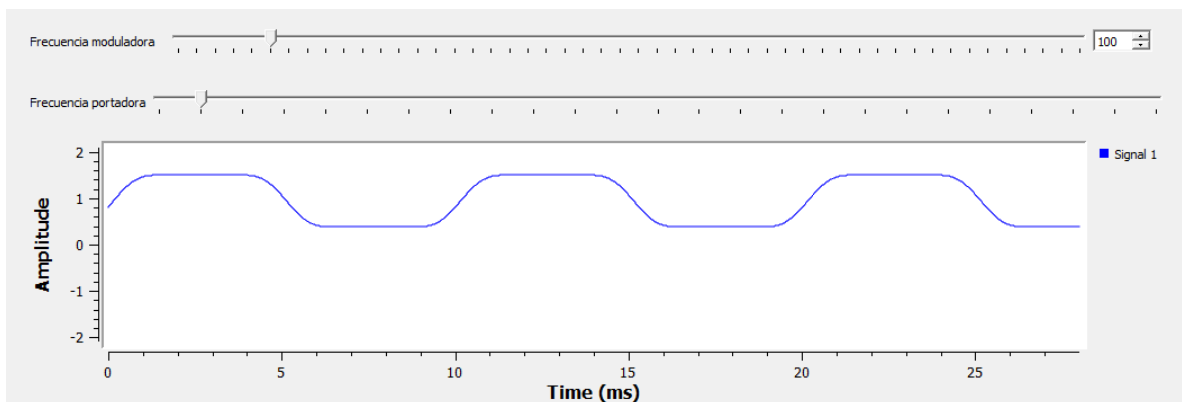


Fig.4: Señal ASK recuperada

## M-ASK

La codificación de modulación de amplitud (OOK, ASK) en la sección anterior permitía dos niveles de amplitud: el primer nivel representaba el primer símbolo del alfabeto y el segundo nivel de amplitud, el segundo símbolo. Esta es la versión de la modulación binaria ASK / OOK, a veces llamado B-ASK (B-OOK). El alfabeto contiene solo dos símbolos, para 0 y 1. Sin embargo, se puede aumentar el tamaño del alfabeto. Por ejemplo, el alfabeto puede contener 3, 4 o más símbolos. En este caso, mediante un símbolo puede enviar más información.

Hay dos parámetros principales que determinan la velocidad de transmisión: **Symbol Rate** y **BitRate**. **Symbol Rate** significa el número de cambios en el medio de transmisión por segundo (por ejemplo, cuántas veces se cambió la amplitud de la señal (en un segundo)) y se mide en baudios. **BitRate** se mide en bits por segundo. Se puede calcular de la siguiente manera:

$$K = V * \log_2 (n)$$

donde:

V - velocidad de símbolo (en baudios)

n - señal de valencia (binaria - 2, octal - 8, etc.).

### Ejemplo:

Si la tasa de símbolo = 1000 baudios y la señal de valencia = 2 (señal binaria), la tasa de bit = 1000 bit/s.

Si la tasa de símbolo = 1000 baudios y la señal de valencia = 4, la tasa de bits = 2000 bit/s.

- Genere una señal modulada en M-ASK, suficiente para cambiar una señal modulada. Ahora debería tener al menos 3 amplitudes diferentes. Puede hacerlo agregando dos señales cuadradas, por ejemplo.  
primera señal: frecuencia = 100 Hz, amplitud = 1,  
segunda señal: frecuencia = 200 Hz, amplitud = 2.
- Muestre los resultados de la modulación de la señal. Compare con la señal modulada original.
- ¿Es esta la señal más sensible al ruido? (Puede usar el diagrama de constelación - "Diagrama de constelación / sumidero").