



## Laboratorio 5: Modulación Digital

Nombre: Juan Arredondo  
Alberto Rodríguez  
Curso: Redes de Computadores  
Sección 0-L-1  
Profesor: Carlos González  
Ayudante: Nicole Reyes

12 de Julio de 2019



# Tabla de contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Marco teórico</b>	<b>2</b>
2.1. Modulación Digital . . . . .	2
2.2. Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK) . . . . .	2
2.3. Modulación digital de amplitud (OOK) . . . . .	3
<b>3. Desarrollo de la experiencia</b>	<b>4</b>
3.1. Herramientas Utilizadas . . . . .	4
3.2. Secuencia de bits . . . . .	4
3.3. Modulación digital . . . . .	5
3.4. Demodulación digital . . . . .	7
<b>4. Análisis de los resultados</b>	<b>8</b>
4.1. Modulación de señales . . . . .	8
4.2. Comparación de las modulaciones . . . . .	9
<b>5. Conclusiones</b>	<b>10</b>
<b>6. Referencias</b>	<b>11</b>

# Índice de figuras

1.	Modulación ASK. . . . .	3
2.	Modulación OOK. . . . .	3
3.	Sucesión de bits. . . . .	5
4.	Secuencia de bits [1,0,0,0,1,1,0,1,0]. . . . .	6
5.	Secuencia de bits [1,1,0,0,1,1,0,0,1,0]. . . . .	6
6.	Secuencia de bits [0,0,1,1,1,0,0,1,0,0]. . . . .	7
7.	Secuencia de bits [1,1,0,0,1,1,0,0,1,0]. . . . .	7

# 1. Introducción

Con la llegada de la revolución industrial, comenzó una creación exponencial de herramientas tecnológicas que modificarían la actividad humana en el siglo xx, uno de esos artefactos electrónicos fue la radio. La radio para transmitir sus señales utiliza ondas electromagnéticas, las cuales oscilan dentro de una frecuencia determinada para ser escuchada de forma correcta por los humanos. Sin embargo, en un comienzo ésta sufría complicaciones en sus transmisiones ya que no tenían la suficiente potencia ni se adaptan al medio de transmisión, para solucionar ese problema es que en el año 1907 nace la modulación de ondas de radio, permitiendo crear ondas de alta potencia en la transmisión.

La modulación en telecomunicaciones, es aquella técnica que se aplica en el transporte de datos sobre ondas portadoras. Gracias a estas técnicas, es posible aprovechar el canal comunicativo de la mejor manera para transmitir un mayor caudal de datos de manera simultánea.

De esa manera, utilizando la teoría vista en clases, el laboratorio número cinco nos propone el desafío de representar modulación de señales al igual que en laboratorio cuatro, donde al contrario de aquella vez, ahora deberemos modular señales digitales que se representan como una secuencia de bits (0 y 1). Donde veremos el comportamiento que adquieren las señales al aplicar ésta técnica. Para aquello utilizaremos las herramientas clásicas del laboratorio, como lo son el lenguaje de programación Python y sus librerías Numpy, Matplotlib y Scipy, que nos permitirán la facilidad de importar una señal de audio y experimentar con ella.

Finalmente, analizaremos los resultados obtenidos al modular la secuencia de bits y sacaremos conclusiones de ello comparándolo con la teoría.

## **2. Marco teórico**

### **2.1. Modulación Digital**

La modulación son una serie de técnicas la cual se usan para transportar información sobre una onda portadora. Consiste en una alteración sistemática de una onda portadora de acuerdo con el mensaje (señal modulada) y puede ser también una codificación.

La modulación digital con portadora analógica se utiliza cuando se desea transmitir datos digitales a una frecuencia diferente o con un ancho de banda menor, esta se puede realizar utilizando cambios de amplitud, frecuencia o fase de la señal portadora.

La ventaja de usar la modulación es :

- Facilita la propagación de la señal de la información por cable o por el aire.
- Ordena el radio espectro, distribuyendo canales a cada información distinta
- Disminuye dimensiones de las antenas y optimiza el ancho de banda del canal
- Evita la interferencias entre canales.

Existen tipos de Modulación digital, la modulación por desplazamiento de amplitud (ASK), modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) y modulación por desplazamiento de fase. Para este laboratorio se analizará el tipo ASK y su forma OOK.

### **2.2. Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK)**

Es una modulación de amplitud donde la señal moduladora (datos) es digital. Los dos valores binarios (0 y 1) se representan con dos amplitudes diferentes. La amplitud de una señal portadora analógica varía conforme a la corriente de bit, manteniendo frecuencia y la fase constante. Se usa el nivel de la amplitud para representar lo valores binarios 0s y 1s. Como la modulación AM, ASK es también lineal y sensible al ruido atmosférico, distorsiones, entre otros factores.

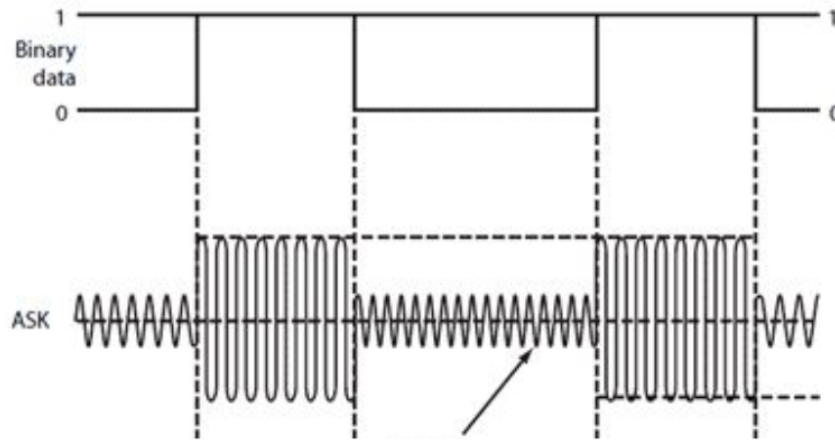


Figura 1: Modulación ASK.

### 2.3. Modulación digital de amplitud (OOK)

Conocida como OOK (On-Off Keying o manipulación encendido-apagado), denota la forma más sencilla de modulación ASK que presenta los datos con la presencia o ausencia de una señal portadora. En la señal modulada, el valor lógico 0 es representado por la ausencia de una portadora, mientras que el valor lógico 1 es representado por la presencia de la señal portadora.

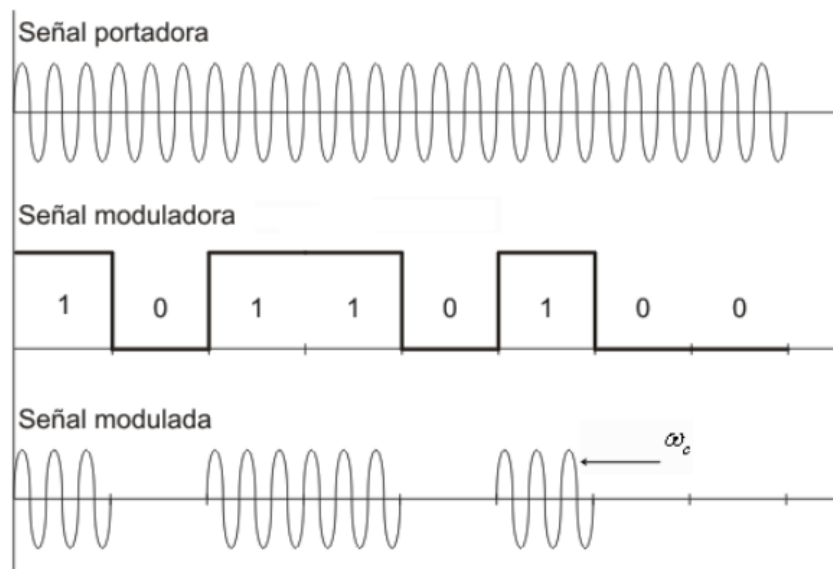


Figura 2: Modulación OOK.

## 3. Desarrollo de la experiencia

### 3.1. Herramientas Utilizadas

Primeramente, antes de comenzar la experiencia debemos tener instaladas las herramientas básicas para un correcto funcionamiento del programa, estas herramientas son:

- **Python:** Es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible. Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma.
- **Numpy:** Es una extensión de Python, que le agrega mayor soporte para vectores y matrices, constituyendo una biblioteca de funciones matemáticas de alto nivel para operar con esos vectores o matrices.
- **Scipy:** Es una biblioteca open source de herramientas y algoritmos matemáticos para Python. Además contiene módulos para optimización, álgebra lineal, integración, interpolación, funciones especiales, FFT, procesamiento de señales y de imagen y otras tareas para la ciencia e ingeniería.
- **Matplotlib:** Es una biblioteca para la generación de gráficos a partir de datos contenidos en listas o arrays.

### 3.2. Secuencia de bits

Al comenzar con la experiencia lo primero que debemos hacer será crear una representación de la secuencia de bits que se ingresarán como entrada al sistema. Para aquello lo hacemos de forma eficiente creando una lista donde se irán almacenando aleatoriamente números (0 o 1). Cada uno de estos números representará un pulso del voltaje en la señal.



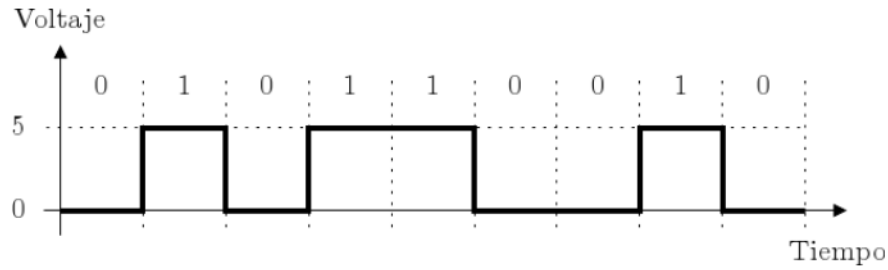


Figura 3: Sucesión de bits.

### 3.3. Modulación digital

Para realizar la conversión de la cadena de bits, primeramente debemos seleccionar qué modulación digital realizaremos.

Para aquello la modulación digital seleccionada fue la ASK, basándonos en el caso particular de la la señal OOK, donde la amplitud de la señal en los bits ceros será nula y en caso contrario, donde el bit es igual a uno, utiliza la señal  $B \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot t)$ , donde B es la amplitud de la señal.

Para representar ésta modulación creamos una función que recibirá por parámetro la lista de bits y las amplitudes de ambas señales, además de la frecuencia del carrier, la cual asignamos con un valor de 16384 y  $T_b$  que será definida por  $T_b = 1/2 \cdot f_c$ , que será el intervalo en que oscila la señal por ese pulso de volt. Teniendo dichos valores, creamos dos portadoras (una con amplitud cero) y recorremos la lista que contiene la secuencia de bits ceros y unos. Luego si el valor en la posición de la lista es igual a cero se agrega en una lista nueva el valor de cero ( mil muestras) utilizando la función `extend()` que toma un solo argumento (una lista) y lo agrega al final. En caso contrario, si el bit es igual a uno entonces guarda un muestreo de mil valores del coseno en la nueva lista.

Los resultados que se obtienen al aplicar ésta funcionalidad y graficarla es la siguiente:

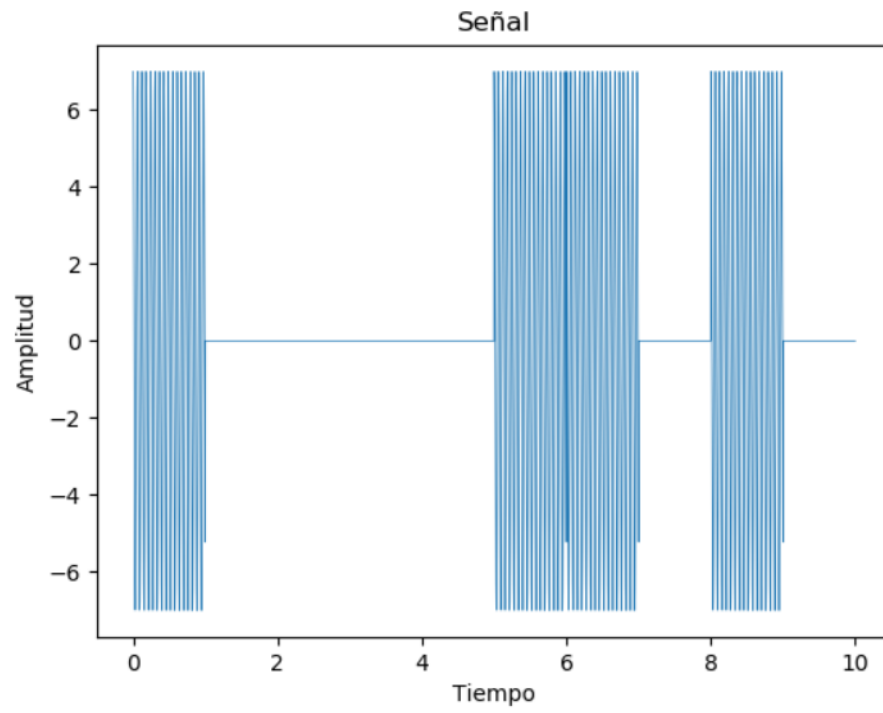


Figura 4: Secuencia de bits  $[1,0,0,0,0,1,1,0,1,0]$ .

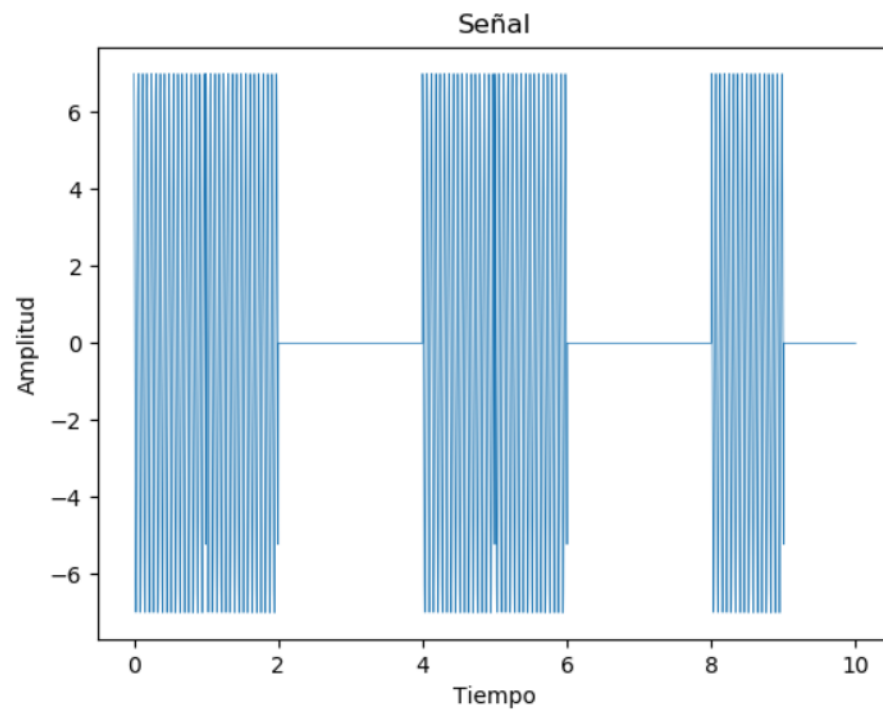


Figura 5: Secuencia de bits  $[1,1,0,0,1,1,0,0,1,0]$ .

### 3.4. Demodulación digital

La demodulación por su parte, es el proceso inverso al realizado anteriormente, por lo tanto se utiliza el arreglo obtenido anteriormente y se demodula cada uno de sus valores. Donde en los casos en que el valor es igual a cero, se guarda en un nuevo arreglo, en caso contrario donde la señal es mayor a cero, se multiplica por inversa y se agrega un bit con valor igual a uno.

Algunos de los resultados que se lograron conseguir fueron los siguientes:

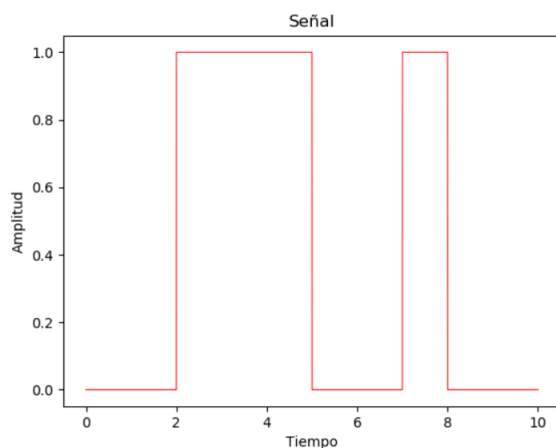


Figura 6: Secuencia de bits [0,0,1,1,1,0,0,1,0,0].

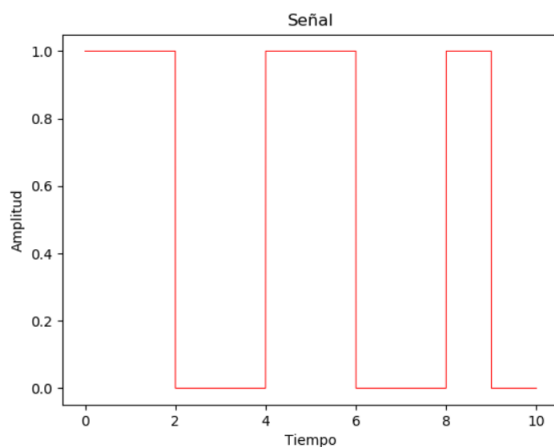


Figura 7: Secuencia de bits [1,1,0,0,1,1,0,0,1,0].

## 4. Análisis de los resultados

La experiencia arrojó varios resultados que se logran visualizar de manera explícita a través de gráficas con funciones del tiempo, algunas cosas que se pueden deducir de estos resultados son:

### 4.1. Modulación de señales

Los resultados arrojados por cada una de las gráficas fue totalmente satisfactorio con los contenidos vistos en cátedra ya que cumplen los fenómenos físicos asociados a la modulación digital.

- **Modulación ASK / OOK :** Luego de tomar una secuencia de bits, se nota que es consecuente con la multiplicación de las señales, ya que ésta eleva sus amplitudes en los casos de que el bit sea igual a uno y disminuye cuando el bit es cero. Además, al variar la amplitud de la señal, los resultados cambian obteniendo señales con amplitudes mayores o menores, proporcionalmente a la señal de entrada.
- **Demodulación ASK:** En nuestro caso, decidimos seleccionar la demodulación ASK, la cual se ve gráficamente que funciona exitosamente, debido que se obtiene de igual manera la señal de entrada, con pulsos de voltaje en los ceros y unos.
- **¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la modulación digital?:** Es la modulación digital más simple de implementar, lo de igual manera hace que sea poco eficiente, obteniendo variaciones en la potencia. Por otra parte, las desventajas que tiene ASK es que requieren más ancho de banda, siendo sensible al ruido atmosférico y la velocidad de transmisión está limitada por las características del medio.
- **¿De qué depende la tasa de errores de un sistema de comunicación digital?:** La tasa de error en las señales podemos ver que depende de pequeñas variaciones ocasionadas por interferencias, ruido o el incorrecto funcionamiento de alguno de los equipos que componen el canal, donde para solucionar estos problemas existen multitud de protocolos de detección y corrección de errores que establecen un conjunto de normas para sincronizar y ordenar las tramas de datos.

## 5. Conclusiones

Luego de la experiencia realizada pudimos analizar y entender de mejor manera los conceptos relacionados con la modulación de señales digitales en amplitud y frecuencia, especialmente la modulación OOK que fue la implementada por nosotros. Para aquello esta vez se utilizó una lista de bits que representan los pulsos de voltaje en la señal, donde se pudo aplicar modulación digital, variando la desviación de frecuencias, obteniendo diferentes resultados de señales que modifican su frecuencia para adaptarse al medio de comunicación.

Para aquello se seleccionó una lista de bits en que dependiendo el valor se iba generando una nueva lista con los datos modulados, en que para valores igual cero generaba un coseno con amplitud cero, en caso contrario generaba el coseno, dicha lista fue graficada y se obtuvieron resultados satisfactorios.

Posteriormente, para demodular se realizó el proceso inverso, tomando los valores obtenidos de la señal modulada, donde de igual manera la graficamos y obtuvimos resultados satisfactorios que eran consecuente con la lista de bits ingresada.

De ésta forma al analizar las salidas obtenidas, pudimos comprobar la materia vista en clases, en que claramente se ve la aplicación de la modulación en señales, donde una función de entrada que sería la secuencia de bits se ve modificada por una función intermedia (portadora), para obtener la función final que sería la señal modulada. Por lo que podemos decir que al aplicar los conocimientos aprendidos en cátedra y laboratorio en la elaboración del programa, se rectifican totalmente con los fundamentos físicos que existen detrás.

Finalmente, podemos decir que gracias al laboratorio número cinco hemos reforzado nuestros conocimientos acerca de las señales eléctricas y de igual manera nuestros conocimientos en el área de la programación. Sin embargo la experiencia no logró ser concretada en su totalidad debido a falta de tiempo para su elaboración, por lo que se espera que en cursos superiores seguir complementando los conocimientos vistos en este laboratorio con otras nuevas enseñanzas de las clases.

## 6. Referencias

- Anónimo. (2008). Modulación ASK . Disponible en:  
[https://www.ecured.cu/Modulaci%C3%B3n\\_ASK](https://www.ecured.cu/Modulaci%C3%B3n_ASK) Disponible  
en:<https://unipython.com/transformada-de-fourier/>
- Anónimo. (2005). Modulación Digital. Disponible en:  
<https://www.uv.es/~hertz/hertz/Docencia/teoria/Trasmdigital.pdf>