

Universidad Nacional de Rosario  
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura  
Escuela de Ingeniería Electrónica



---

## Fundamentos de las Comunicaciones Electrónicas

---

### **Trabajo Práctico**

Modulación Digital

#### **Autor:**

José L. Coronel

[coronel@cifasis-conicet.gov.ar](mailto:coronel@cifasis-conicet.gov.ar)

[jcoronel@fceia.unr.edu.ar](mailto:jcoronel@fceia.unr.edu.ar)

Abril  
2024

# Trabajo Práctico

## Modulación Digital

### 1.- Objetivos

Que el alumno se familiarice con el modelado de sistemas en el entorno Simulink / Matlab.

Aplicar los conocimientos teóricos de modulación digital (ASK, PSK, FSK).

Analizar los resultados obtenidos en las simulaciones (formas de onda), identificando las formas de ondas características de la modulación digital ASK, PSK, FSK.

### 2.- Material

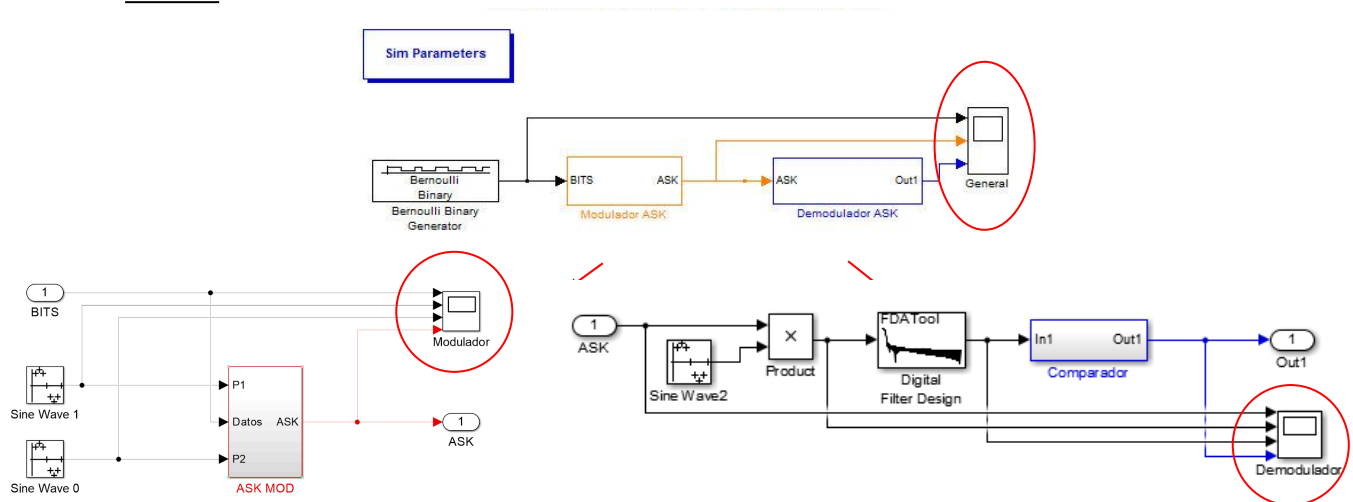
Se proveen los modelos Simulink de los sistemas a ensayar en el trabajo práctico.

- modelos xxxx\_m70.mdl compatibles con MatLab 7.0/R2007b
- modelos xxxx.mdl compatibles con MatLab 7.11/R2010b

### 3.- Desarrollo, interpretación de formas de ondas

#### 3.1.- Modulación ASK (Amplitude-shift keying)

Modelo: *ask.mdl*



#### Objetivos:

Simular el sistema e interpretar las formas de ondas.

Analizar las salidas de los distintos bloques: Generador, Modulador (dentro del bloque Modulador ASK) y Demodulador (dentro del bloque Demodulador ASK).

#### Parámetros: (bloque *Sim Parameters*)

Sim Time;	% tiempo de simulación
Source Sample Time;	% tiempo de muestreo de la fuente de Bernoulli
Freq. Factor;	% factor de multiplicación de frecuencia de las ondas
Mod. - Amp Sine 1;	% amplitud onda senoidal 1
Mod. - Amp Sine 2;	% amplitud onda senoidal 2

#### Procedimiento:

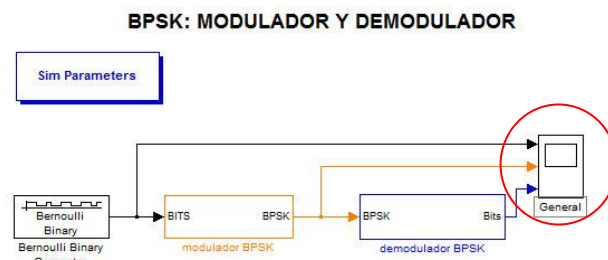
Modificar los parámetros y analizar las formas de ondas resultantes, explicar. Sugerencia modificar los parámetros de a uno para facilitar la interpretación. Ejemplo: realice simulaciones para valores de  $Amp.1 < Amp.2$ ,  $Amp.1 \approx Amp.2$ , y  $Amp.1 > Amp.2$ . Además, evalúe simulaciones con distinto factor de frecuencia (Freq. Factor).

#### Cuestionario:

- Explique brevemente la modulación dig. ASK (según teoría).
- Interprete y explique brevemente las formas de ondas visualizadas. *Visualizar formas de ondas (internas) de los bloques de modulación y demodulación ASK.*
  - ¿Cómo influye en el modelo el parámetro Freq. Factor ?
  - Que sucede para amplitudes pequeñas (situación de gran atenuación en el medio), es posible recuperar la señal en el receptor ?
  - Interprete las señales de las distintas etapas del bloque demodulador ASK.

### **3.2.- Modulación BPSK (Binary Phase-shift keying)**

Modelo: *bpsk.mdl*



#### Objetivo:

Simular el sistema e interpretar las formas de ondas que lo caracterizan. Analizar las salidas de los distintos bloques: Generador, Modulador (dentro del bloque Modulador BPSK) y Demodulador (dentro del bloque Demodulador BPSK)

#### Parámetros: (bloque *Sim Parameters*)

Sim Time;	% tiempo de simulación
Source Sample Time;	% tiempo de muestreo de la fuente de Bernoulli
Freq. Factor;	% factor de multiplicación de frecuencia de onda
Mod. - Amp Sine;	% amplitud onda senoidal

#### Procedimiento:

Modificar los parámetros y analizar las formas de ondas resultantes, explicar. Sugerencia modificar los parámetros de a uno para facilitar la interpretación de los resultados. Realice simulaciones para distintos valores del factor de frecuencia (Freq. Factor) y analice que sucede para valores bajos de amplitud (equivalentes a una fuerte atenuación).

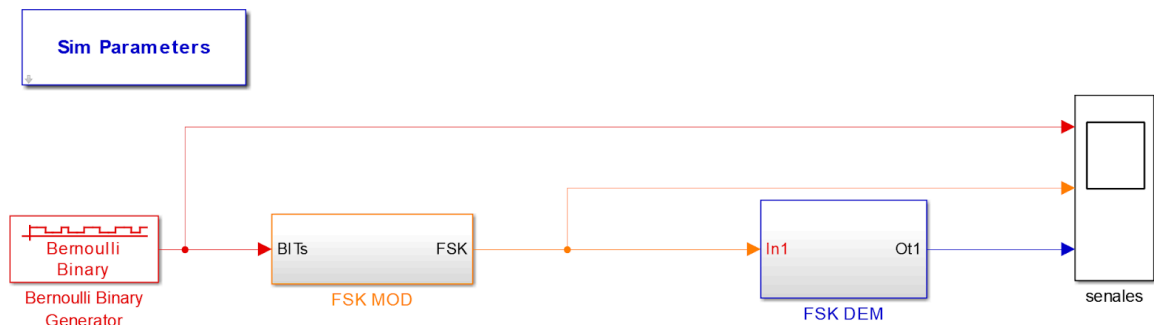
#### Cuestionario:

- Explique brevemente la modulación dig. BPSK (según teoría)
- Interprete y explique brevemente las formas de ondas visualizadas.
  - ¿Cómo influyen en el modelo los parámetros Freq. Factor, Amp Sine ?

- b2- Que sucede para amplitudes pequeñas (situación de gran atenuación en el medio), es posible recuperar la señal en el receptor ?
- b3- Interprete las señales de las distintas etapas del bloque demodulador.
- b4- Compare estos resultados con los obtenidos para la modulación ASK.

### 3.3.- Modulación FSK (Frequency-shift keying)

Modelo: *fsk.mdl*



#### Objetivo:

Simular el sistema e interpretar las formas de ondas que lo caracterizan.  
Analizar salidas del bloque Generador, Modulador con Ruido y Demodulador.

#### Parámetros: (bloque *Sim Parameters*)

Sim Time;	% tiempo de simulación
Source Sample Time;	% tiempo de muestreo de la fuente de Bernoulli
Freq. Sine 1;	% frecuencia de onda senoidal 1
Amp. Sine 1;	% amplitud onda senoidal 1
Freq. Sine 2;	% frecuencia de onda senoidal 2
Amp. Sine 2;	% amplitud onda senoidal 2

#### Procedimiento:

Modificar parámetros, analizar las formas de onda de la modulación FSK y de su espectro de frecuencia, explicar resultados obtenidos. Sugerencias realizar simulaciones para valores de  $\text{Frec.1} < \text{Frec.2}$ ,  $\text{Frec.1} \approx \text{Frec.2}$ , y  $\text{Frec.1} > \text{Frec.2}$ . Analice que sucede para valores bajos de amplitud (equivalentes a una fuerte atenuación).

#### Cuestionario:

- Explique brevemente la modulación dig. FSK (según teoría)
- Interprete y explique brevemente las formas de ondas visualizadas.
  - ¿Cómo influyen en el modelo las modificaciones de las frecuencias ?
  - Que sucede para amplitudes pequeñas (situación de gran atenuación en el medio), es posible recuperar la señal en el receptor ?

## 5.- Bibliografía Recomendada

- Guía de usuario de *MatLab*.
- Guía de usuario del *Toolbox Communication Systems*.
- Minh Nguyen. *Digital & Analog Modulation*.

<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/30770-digital-analog-modulation>

- Simon Haykin. *Communication Systems 4/e*. Ed. John Wiley & Sons, Inc. (2001).
- Leslie Murray. *Apuntes de Clase*.
- John G. Proakis, Masoud Salehi, Gerhard Bauch. *Contemporary Communication Systems Using MATLAB - 2ed*. Ed. CL-Engineering. (2003)