

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL  
GUÍAS DE PRÁCTICAS

**PRÁCTICA N.º 7**

TEMA: Modulación por Desplazamiento de Frecuencia (FSK)

**I. OBJETIVOS**

- Analizar las características del modulador BFSK construido a partir de dos moduladores OOK.
- Estudiar el funcionamiento del esquema básico de BFSK y cómo influye la selección de frecuencias.
- Explorar la implementación de un modulador y demodulador 4FSK con cuatro niveles de frecuencia.

**II. INSTRUCCIONES**

- Conformar equipos de 2 a 3 estudiantes.
- Revisar la teoría de la modulación FSK y sus variantes básicas.
- Simular los circuitos en Multisim o Proteus según corresponda.
- Registrar y analizar las formas de onda y resultados obtenidos en cada experimento.

**III. EQUIPOS, MATERIALES Y RECURSOS**

- Computadora con Multisim o Proteus instalado.
- Osciloscopio digital.
- Fuentes de alimentación ( $\pm 12$  V, 5 V y 3 V).
- Resistencias: 10 k $\Omega$ , 5 k $\Omega$ , 2.1 k $\Omega$ , 1 k $\Omega$ .
- Amplificadores operacionales 741.
- Integrados CMOS 4066 y 4051.
- Transistores BC648BP.
- Potenciómetros de 10 k $\Omega$ .
- Capacitores (100 pF, 10 nF, 0.1  $\mu$ F).
- Diodos 1N4004, 1N4007 y 1N4148.

- Compuertas lógicas NOT.

#### **IV. PROCEDIMIENTO**

##### ***Experimento #1: Generador BFSK (sumatoria de dos OOK)***

1. Configurar dos moduladores OOK en el simulador y combinar sus salidas mediante un sumador.
2. Establecer las frecuencias portadoras en 2 kHz y 4 kHz, con una señal moduladora de 250 Hz.
3. Observar en el osciloscopio la señal BFSK resultante y verificar la frecuencia de conmutación.

##### ***Experimento #2: Modulador BFSK básico***

1. Diseñar el circuito BFSK con dos fuentes de frecuencia en 30 kHz y 60 kHz.
2. Utilizar una señal portadora de referencia de 500 Hz para el control del modulador.
3. Visualizar la forma de onda y medir el desplazamiento entre los diferentes niveles de frecuencia.

##### ***Experimento #3: Implementación 4FSK***

1. Configurar cuatro sonidos portadores con amplitud constante y offset de 4 V: 5 kHz, 40 kHz, 50 kHz y 150 kHz.
2. Generar una secuencia digital y multiplexar las frecuencias para crear la señal 4FSK.
3. Emplear el demodulador 4FSK para recuperar la información y comparar la señal demodulada con la original.

#### **V. RESULTADOS OBTENIDOS**

- La simulación confirma el correcto desempeño del modulador BFSK derivado de OOK.
- El circuito BFSK básico muestra un claro desplazamiento de frecuencia entre los niveles.
- El esquema 4FSK permite transmitir más bits por símbolo y demuestra su viabilidad en simulación.

#### **VI. CONCLUSIONES**

1. El uso de dos moduladores OOK combinados facilita la generación de un multiplexor BFSK.
2. La separación adecuada de frecuencias garantiza una demodulación confiable en BFSK básico.
3. La modulación 4FSK incrementa la eficiencia espectral a costa de mayor complejidad del demodulador.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Variar las frecuencias de portadora para estudiar su impacto en la selectividad del demodulador.
2. Incorporar filtros de banda adecuados para mejorar la separación de frecuencias en BFSK.
3. Analizar el rendimiento de 4FSK bajo condiciones de ruido para evaluar su robustez.

## **VALIDACIÓN DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS**