|  |  |
| --- | --- |
| logo_Ingenieria_JPG.jpg | Universidad de Chile  Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  Departamento de Ingeniería Eléctrica  EL3003 – Laboratorio de Ingeniería Eléctrica |

Guía de Trabajo

Modulación de Frecuencia FM

Contenido

[1. Temas a Investigar 1](#_Toc236645584)

[2. Trabajo de Laboratorio 2](#_Toc236645585)

[2.1. Principio de la Modulación de Frecuencia FM 3](#_Toc236645586)

[2.2. Conceptos de Variación de Frecuencia y Variación de Fase 4](#_Toc236645587)

[2.3. Variación de la Frecuencia de la Señal Moduladora 5](#_Toc236645588)

[2.4. Demodulación FM 6](#_Toc236645589)

[3. Anexo 7](#_Toc236645590)

# Temas a Investigar

Investigue sobre los siguientes temas relevantes para la realización de la presente experiencia de laboratorio:

* Modulación de frecuencia:
  + Principio de funcionamiento.
  + Aplicaciones
* Señal portadora y señal de modulación.
* Concepto de frecuencia instantánea.
* Conceptos de región de ampliación y región de compresión.
* Variación de frecuencia y variación de fase.
* Concepto de índice de modulación.
* Ancho de banda.

# Trabajo de Laboratorio

Para el desarrollo de esta experiencia dispone del siguiente equipamiento:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Cantidad | Descripción | Código |
| 1 | Tarjeta moduladora/demoduladora FM | SO4201-7V |
| 1 | Módulo de trabajo | SO4201-2C |
| 1 | Generador de señales |  |
| 1 | Fuente de poder |  |
| 1 | Osciloscopio |  |
|  | Cables de conexión |  |

***Montaje del equipo y ajustes iniciales:***

* Inserte la tarjeta en el módulo de trabajo SO4201-2C.
* Efectúe las conexiones de + 15V, - 15V y 0 V desde la fuente de poder a las clavijas de alimentación del módulo de trabajo SO4201-2C.
* Ajuste la escala de tiempo del osciloscopio a 10 μseg/div.
* Conecte una punta de prueba del osciloscopio entre la salida ***FMout 5Vss*** y ***GND*** en el modulador FM.
* Ajuste por medio de los potenciómetros ***Frequency*** y ***Fine Tuning*** una frecuencia de 100 kHz y ajuste la forma senoidal con los potenciómetros ***Dist.*** y ***Freq. Symmetry***.
* Gire los potenciómetros ***Frequency*** y ***Fine Tuning*** al tope hacia la derecha. En esta posición, se puede formar un salto de frecuencia. En este caso gire el potenciómetro ***Fine Tuning*** lentamente hacia la izquierda hasta que sea visible una oscilación senoidal no distorsionada en el osciloscopio. Mida esta frecuencia. *Ha de ser superior a 150 ±5 kHz.*
* Gire los potenciómetros ***Frequency*** y ***Fine Tuning*** al tope hacia la izquierda. Mida la frecuencia. *Debe ser de 50 ±5 kHz.*
* La amplitud de la señal de salida debe ser constantemente de 5V sobre todo el margen de frecuencia.
* Conecte el osciloscopio a la salida ***FMout 200mVss.***
* Con el potenciómetro ***0...200mV*** ajustado al tope hacia la derecha, se ha de medir una tensión de salida mayor a 200mV.

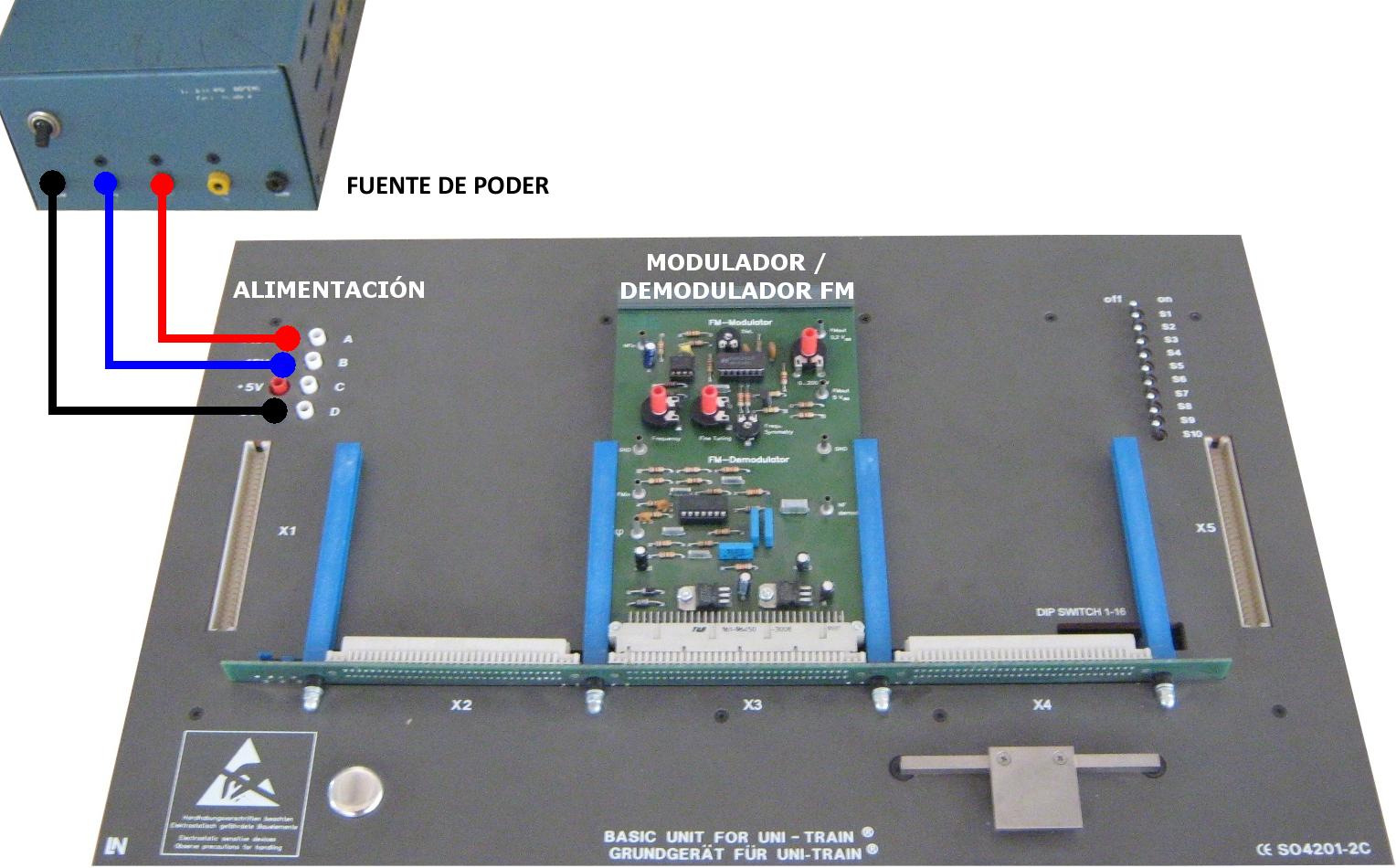


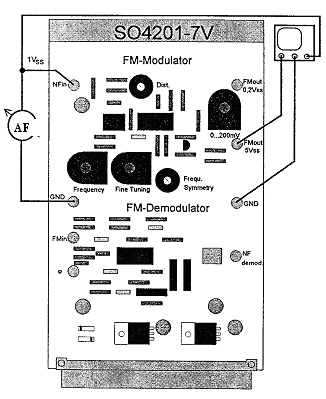
Figura - Montaje y esquema de conexión general.

## Principio de la Modulación de Frecuencia FM

En este ejercicio Ud. visualizará y analizará la modulación de la frecuencia de una señal portadora (de alta frecuencia), por una señal moduladora (señal con información que desea enviar). Como resultado se tendrá una señal modulada (señal a transmitir). El esquema de conexiones necesario para esta sección se muestra en la figura 2.2.

1. **Procedimiento**

* Conecte la punta de prueba del canal 1 del osciloscopio entre la salida ***FMout 5Vss*** y ***GND*** en el modulador FM. Esta señal corresponde a la señal modulada.
* Ajuste por medio de los potenciómetros ***Frequency*** y ***Fine Tuning*** una frecuencia de 100 kHz y ajuste la forma senoidal con los potenciómetros ***Dist.*** y ***Freq. Symmetry***. Esta frecuencia interna será usada como señal portadora.
* Ajuste el generador de señales en una frecuencia de 10kHz, con una amplitud de 1[Vpp] y aplique esta señal entre la entrada ***NFin*** y ***GND.*** Esta corresponde a la señal moduladora.
* Con el canal 2 del osciloscopio mida la señal AF (señal moduladora) ingresada entre ***NFin*** y ***GND***. *Conecte las tierras de ambas puntas de prueba del osciloscopio a un punto* ***GND*** *común.*



**Figura 1.2 - Esquema de conexiones para observar la señal modulada**

1. **Actividades**

* Describa la señal a la salida del modulador.
* Comente los resultados obtenidos y explique los términos “Frecuencia instantánea” tanto en el caso de la señal moduladora, como en el de la señal modulada.
* Reconozca la “Región de ampliación” y la “Región de Compresión”.

## Conceptos de Variación de Frecuencia y Variación de Fase

En este ejercicio se buscar determinar la variación de frecuencia en una señal FM. Además, es importante conocer los efectos de la amplitud y la frecuencia de la señal moduladora en una señal FM determinada, y su relación con las desviaciones de fase. Finalmente, es relevante lograr una familiarización con el índice de modulación. A continuación se explicitan los pasos a seguir para el desarrollo de esta sección.

* Mantenga los ajustes realizados en el ejercicio anterior, pero cambie la señal moduladora de onda senoidal a onda cuadrada.
* Refiriéndose a la señal de salida, explique el término “Variación de frecuencia”. Explique cómo puede calcularse y estime su valor para este ejercicio.
* ¿Por qué en este ejercicio es más conveniente una señal AF de onda cuadrada?
* Reduzca lentamente la amplitud de la señal moduladora ¿Cómo cambia la señal en la salida del modulador?
* Ahora incremente lentamente la frecuencia de la señal moduladora ¿Cómo cambia la señal en la salida del modulador?
* ¿Qué efectos tiene la variación de frecuencia y la frecuencia de modulación en el índice de modulación?
* ¿Cómo afecta el índice de modulación al valor de ancho de banda necesario para transmitir una señal de frecuencia modulada?
* Comente los resultados obtenidos hasta el momento, relacionándolo con la modulación realizada en la práctica con voz y música.
* Considere la señal de salida en la primera parte de este ejercicio con el generador de señales apagado. ¿Cuál es la respuesta del ángulo de fase?

***Hint:*** Use la formula: ϕ = ωt = 2π*f* t

* Ajuste la amplitud de la señal moduladora a 0,5 Vpp. Observe la señal de salida del modulador y analícela con respecto a su fase.

## Variación de la Frecuencia de la Señal Moduladora

En este ejercicio, se busca conocer en detalle la influencia de la frecuencia de la señal moduladora, en el resultado global del procedimiento de modulación de frecuencia. Luego, se entregan los pasos para el desarrollo de esta sección.

1. **Procedimiento**

* Mantenga el montaje de los ejercicios anteriores.
* Ajuste la amplitud de la señal moduladora nuevamente a 1[Vpp]. Además incremente la frecuencia de la señal moduladora a 20kHz.

1. **Actividades**

* Describa la señal a la salida del modulador.
* Comente los resultados obtenidos y explique los términos “Frecuencia instantánea” tanto en el caso de la señal moduladora, como en el de la señal modulada.
* Reconozca la “Región de ampliación” y la “Región de Compresión”.
* Repita los pasos del ejercicio 1.
* Discuta los diferentes resultados. ¿Qué nombre se le da a la diferencia entre el ángulo de fase y una señal no modulada?
* ¿Por qué, en modulación de frecuencia, es importante el parámetro ángulo de fase?
* ¿Qué otros nombres son usados para la señal moduladora por el curso característico de su fase?

## Demodulación FM

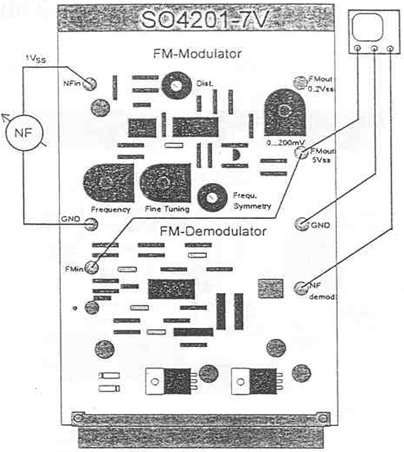
En este ejercicio, el objetivo es analizar el proceso inverso a la modulación FM, es decir, la recuperación de una señal modulada por medio de un demodulador de coincidencia. En la figura 2.3 se exhibe el esquema de conexiones utilizado para la demodulación.

1. **Procedimiento**

* Conecte la salida del modulador ***FMout 5Vss*** a la entrada del demodulador ***FMin***.
* En el osciloscopio, con el canal 2, visualice la señal de salida del demodulador ***NFdemod***.

1. **Actividades**

* Describa y comente los resultados medidos.
* Explique el principio de un demodulador coincidente.
* Con el ensamblaje indicado en la figura 2.3, use el canal 2 del osciloscopio para medir la señal en la clavija de prueba del demodulador, marcada como **ϕ**. Compárela con la señal en la entrada del demodulador, puesta en el canal 1 del osciloscopio.
* Explique los resultados medidos con respecto al funcionamiento básico del demodulador.



**Figura 2.3 - Esquema de conexiones para observar la señal demodulada**

# Anexo

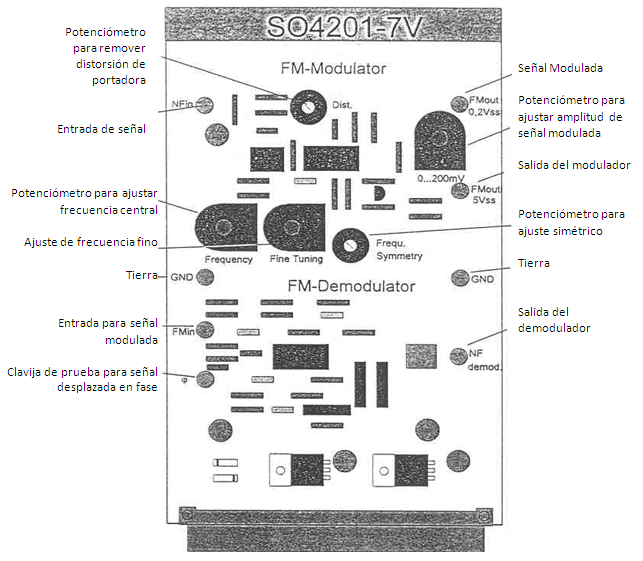


Figura - Tarjeta moduladora / demoduladora FM SO4201-7V.