



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán  
Ingeniería en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica  
Departamento de Ingeniería  
Sección Electrónica

Manual de prácticas de:

**COMUNICACIONES DIGITALES**



**Clave de la carrera:** 130

**Clave de la asignatura:** 1710

**Autores:**

M en DTI. Jorge Ramírez Rodríguez

M en DTI. Jorge Alberto Vázquez Maldonado

Ing. Juan González Vega

**Fecha de revisión:** junio de 2024

**Semestre:** 2025-2

# ÍNDICE

CONTENIDO	1
PRÁCTICA 1. Introducción I a la tarjeta Emona DATEx (Temas de Teoría I)	7
PRÁCTICA 2. Introducción II a la tarjeta Emona DATEx (Temas de Teoría I)	10
PRÁCTICA 3. Modulación por Amplitud de Pulsos PAM (Temas de Teoría I)	20
PRÁCTICA 4. Muestreo y Reconstrucción. (Temas de Teoría, II)	27
PRÁCTICA 5. Codificación PCM (Temas de Teoría III, IV)	33
PRÁCTICA 6. PCM y Multiplicación por división de tiempo (TDM) (Temas de Teoría III, IV)	41
PRACTICA 7. Codificación de línea y regeneración de la señal de reloj (Temas de Teoría V, VI)	48
PRÁCTICA 8. Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) (Temas de Teoría III, V)	56
PRÁCTICA 9. Modulación binaria por cambio de fase (BPSK) (Temas de Teoría III, V)	61
PRÁCTICA 10. Modulación binaria por cambio de fase (QPSK) (Temas de Teoría III, V)	66
ANEXO 1 Conexión de la tarjeta Emona DATEx para el NI ELVIS II	70
ANEXO 2 Configuración del osciloscopio SCOPE NI ELVIS II	71
ANEXO 3 Configuración Analizador de Señales Dinámicas (DSA)	72
ANEXO 4 <b>LAB-VOLT</b>	79



## CONTENIDO

### **INTRODUCCIÓN**

Las Comunicaciones Digitales han presentado un avance dinámico en los últimos años debido a las grandes ventajas que presenta sobre la comunicación analógica logrando una mayor cobertura y mejor calidad fortaleciendo el desarrollo económico y educativo, así como el entretenimiento.

Este manual pretende que los alumnos de la asignatura de comunicaciones digitales reafirmen los conocimientos teóricos adquiridos en clase mediante la realización de 10 prácticas.

### **OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA**

El alumno conocerá los fundamentos de los sistemas de comunicaciones digitales; así como las expresiones fundamentales que permitan analizar y diseñar enlaces de comunicaciones digitales.

### **OBJETIVO DEL CURSO EXPERIMENTAL**

Construir e integrar las diferentes etapas que intervienen en un Sistema de Comunicaciones Digitales.

Notas Importantes para el uso del equipo EMONA DATEx ELVIS II.

1. Utilizar únicamente los cables suministrados con el equipo NI ELVIS II.
2. Detener los instrumentos virtuales (STOP) antes de la desconexión de los cables entre cada punto y al final de la práctica.
3. La tarjeta EMONA DATEx ELVIS II es un equipo sensible a descargas electrostáticas.

**i) Antes de realizar cualquier conexión o desconexión asegúrese de apagar el interruptor que alimenta la tarjeta, este se encuentra en la parte superior izquierda del NI ELVIS II.**

**ii) No tocar los conectores de la tarjeta con las manos aun estando apagada ya que esto puede ocasionar una descarga electrostática y dañar la tarjeta.**





	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA SECCIÓN ELECTRÓNICA</b>
	<b>REGLAMENTO INTERNO DE LABORATORIOS</b>

El presente reglamento de la sección electrónica tiene por objetivo establecer los lineamientos para el uso y seguridad de laboratorios, condiciones de operación y evaluación, que deberán de conocer y aplicar, estudiantes y profesores en sus cuatro áreas: comunicaciones, control, sistemas analógicos y sistemas digitales.

1. Queda estrictamente prohibido, al interior de los laboratorios
  - a) Correr, jugar, gritar o hacer cualquier otra clase de desorden.
  - b) Dejar basura en las mesas de trabajo y/o pisos.
  - c) Fumar, consumir alimentos y/o bebidas.
  - d) Realizar o responder llamadas telefónicas y/o el envío de cualquier tipo de mensajería.
  - e) La presencia de personas ajenas en los horarios de laboratorio.
  - f) Dejar los bancos en desorden y/o sobre las mesas.
  - g) Mover equipos o quitar accesorios de una mesa de trabajo.
  - h) Usar o manipular el equipo sin la autorización del profesor.
  - i) Rayar y/o sentarse en las mesas del laboratorio.
  - j) Energizar algún circuito sin antes verificar que las conexiones sean las correctas (polaridad de las fuentes de voltaje, multímetros, etc.).
  - k) Hacer cambios en las conexiones o desconectar el equipo estando energizado.
  - l) Hacer trabajos pesados (taladrar, martillar, etc.) en las mesas de trabajo.
  - m) Instalar software y/o guardar información en los equipos de cómputo de los laboratorios.
  - n) El uso de cualquier aparato o dispositivo electrónico ajeno al propósito para la realización de la práctica.
  - o) Impartir clases teóricas, su uso es exclusivo para las sesiones de laboratorio.
2. Es responsabilidad del profesor y de los estudiantes revisar las condiciones del equipo e instalaciones del laboratorio al inicio de cada práctica (encendido, dañado, sin funcionar, maltratado, etc.). El profesor deberá generar el reporte de fallas de equipo o de cualquier anomalía y entregarlo al responsable de laboratorio o al jefe de sección.
3. Los profesores deberán de cumplir con las actividades y tiempos indicados en el “cronograma de actividades de laboratorio”.
4. Es requisito indispensable para la realización de las prácticas que el estudiante:
  - a) Descargue el manual completo y actualizado al semestre en curso, el cual podrá obtener en ([http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\\_ingenieria/](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/))
  - b) Presente su circuito armado en la tableta de conexiones para poder realizar la práctica (cuando aplique), de no ser así, tendrá una evaluación de cero en la sesión correspondiente.
  - c) Realizar las actividades previas y entregarlas antes del inicio de la sesión de práctica, de no ser así, tendrá una evaluación de cero en la sesión correspondiente.
5. Estudiante que no asista a la sesión de práctica de laboratorio será evaluado con cero.



6. La evaluación de cada sesión debe realizarse con base en los criterios de evaluación incluidos en los manuales de prácticas de laboratorio y no podrán ser modificados. En caso contrario, el estudiante deberá reportarlo al jefe de sección.
7. La evaluación final del estudiante en los laboratorios será con base en lo siguiente:
  - a) **(Aprobado)** Cuando el promedio total de todas las prácticas de laboratorio sea mayor o igual a 6 siempre y cuando tengan el 90% de asistencia y el 80% de prácticas acreditadas con base en los criterios de evaluación.
  - b) **(No Aprobado)** No cumplió con los requisitos mínimos establecidos en el punto anterior.
  - c) **(No Presentó)** Cuando no asistió a ninguna sesión de laboratorio o que no haya entregado actividades previas o reporte alguno.
8. Profesores que requieran hacer uso de las instalaciones de laboratorio para realizar trabajos o proyectos, es requisito indispensable que las soliciten por escrito al jefe de sección. Siempre y cuando no interfiera con los horarios de los laboratorios.
9. Estudiantes que requieran realizar trabajos o proyectos en las instalaciones de los laboratorios, es requisito indispensable que esté presente el profesor responsable del trabajo o proyecto. En caso contrario no podrán hacer uso de las instalaciones.
10. Correo electrónico del buzón para quejas y sugerencias para cualquier asunto relacionado con los laboratorios ([seccion\\_electronica@cuautitlan.unam.mx](mailto:seccion_electronica@cuautitlan.unam.mx)).
11. El incumplimiento a estas disposiciones faculta al profesor para que instruya la salida del infractor y en caso de resistencia, la suspensión de la práctica.
12. A los usuarios que, por su negligencia o descuido inexcusable, cause daños al laboratorio, materiales o equipo deberá cubrir los gastos que se generen con motivo de la reparación o reposición, indicándose en el reporte de fallas correspondiente.
13. Los usuarios de laboratorio que sean sorprendidos haciendo uso indebido de equipos, materiales, instalaciones y demás implementos, serán sancionados conforme a la legislación universitaria que le corresponda, según la gravedad de la falta cometida.
14. Los casos no previstos en el presente reglamento serán resueltos por el Jefe de Sección, de acuerdo con los lineamientos generales para el uso de los laboratorios en la Universidad Nacional Autónoma de México.

SECCIÓN ELECTRÓNICA  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Estado de Méx. a 18 de junio de 2024



## INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACION DEL REPORTE

- a) Los reportes deberán basarse en la metodología utilizada en los manuales de prácticas de laboratorio.
- b) Ejemplo de portada de prácticas (obligatoria)

**U. N. A. M.**  
**F. E. S. C**

Laboratorio de: COMUNICACIONES DIGITALES Grupo: \_\_\_\_\_

Profesor: \_\_\_\_\_

Alumno: \_\_\_\_\_

Nombre de Práctica: \_\_\_\_\_ No. de Práctica: \_\_\_\_\_

Fecha de realización: \_\_\_\_\_ Fecha de entrega: \_\_\_\_\_

Semestre: 2025-2

LABORATORIO DE COMUNICACIONES DIGITALES		
No. de Criterio	Criterio de Evaluación	Porcentaje
C1	Actividades previas indicadas en el manual de practicas	20%
C2	Habilidad en armado y funcionalidad de los sistemas	10%
C3	Toma de lecturas correctas	20%
C4	Reporte entregado con todos los puntos indicados en el manual de prácticas	50%

### BIBLIOGRAFIA:

- Antonio Artés Rodríguez, Fernando Pérez González, *Comunicaciones Digitales*, 1ª edición, Pearson Educación, 2007.
- Wayne, Tommasi, *Sistemas de Comunicación Electrónica*, Editorial Pearson, 4ª Edición, México, 2003.
  - J. G. Proakis, *Digital Communications*, 5th edition, Mc. Graw-Hill. USA 2007.
  - Leon W. Couch, *Sistemas de Comunicaciones Digitales y Analógicos*, PEARSON-Prentice Hall, 2006.
  - Frenzel, Louis, *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones*, Alfa Omega Grupo Editor S.A., México, 2003.
  - B. Sklar, *Digital Communications. Fundamentals and Applications*. Prentice-Hall, USA, 2001.
  - Haykin, Simon., *Sistemas de Comunicación*, Noriega, México, 2006.
  - Huidobro Moya José Manuel, Millán Tejedor Ramón J., Roldán Martínez David, *Tecnologías de Telecomunicaciones*, Alfaomega, 2006.
  - Barry John R. Messerschmitt David G., *Digital Communications*, 3Th edition Klawer, Academic Publishers, 2004.

### SITIOS WEB RECOMENDADOS

- <http://www.ni.com/ni-elvis/esa/>
- <http://www.dgbiblio.unam.mx> (librunam, tesiuam, bases de datos digitales)
- <http://www.copernic.com>



## **PRÁCTICA 1: "INTRODUCCIÓN I A LA TARJETA EMONA DATEx"**

### **OBJETIVO**

- Conocer y operar la tarjeta Emona DATEx para el NI ELVIS II

### **INTRODUCCIÓN**

La tarjeta Emona DATEx para el NI ELVIS II se utiliza para ayudar a los alumnos a aprender acerca de los principios de telecomunicaciones, esta tarjeta contiene módulos que se pueden interconectar para la implementación de sistemas de comunicaciones. En esta práctica se comprenderá el funcionamiento de seis módulos: Master Signals, Speech, Amplifier, Adder, Phase Shifter y Oscilador Controlado por Voltaje. Cada uno es una introducción a uno o más de los módulos analógicos de la DATEx.

La Tarjeta tiene la opción de poderse controlar mediante la PC cambiando el interruptor del modo de control de la tarjeta DATEx (esquina superior derecha) a la posición de control de PC.

### **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA**

- Leer toda la practica
- Hacer una investigación acerca de la tarjeta Emona DATEX y los módulos utilizados en esta práctica.

### **EQUIPO**

Computadora personal con el software apropiado ya instalado.  
NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Tarjeta emona DATEx.

### **MATERIAL**

Dos cables conectores BNC a banana 2mm.  
Cables banana-banana 2mm  
Set de audífonos (estéreo)

#### **¡Precaución!**

*Antes de realizar cualquier conexión o desconexión asegúrese de apagar el interruptor que alimenta la tarjeta, este se encuentra en la parte superior derecha del NI ELVIS II.*



## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 1.1 CONEXIÓN DE LA TARJETA EMONA DATEx PARA EL NI ELVIS II.

Ver anexo 1.

### 1.2 EL MÓDULO MASTER SIGNALS.

El módulo de Señales Maestras *MASTER SIGNALS* es un generador de señal de CA o un oscilador, este módulo dispone de seis salidas:

- Analógicas
  - Onda seno 100 KHz
  - Onda coseno 100KHz
  - Onda seno 2KHz
- Digitales
  - Onda digital 2KHz
  - Onda digital 8KHz
  - Onda digital 100 KHz

Cada señal está disponible en un conector en la placa frontal del módulo que está indicado, es importante destacar que todas las señales se sincronizan.

1. Conectar al CH0 del osciloscopio una señal de 2KHz SINE (Figura 1.1).

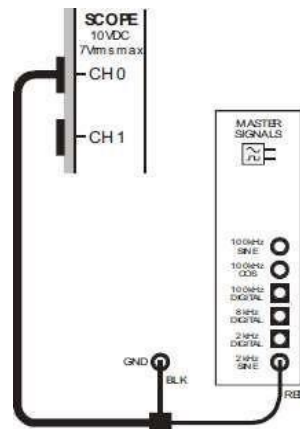


Figura 1.1

2. Iniciar el Osciloscopio *SCOPE NI ELVIS II*, y configurar de acuerdo con el Anexo 2.

3. Medir la amplitud y la frecuencia de las salidas analógicas del Módulo de Señales Maestro y registrarlas en la tabla 1.1.

	Vpp [V]	Frecuencia [Hz]
2KHz seno		
100KHz coseno		
100KHz seno		

Tabla 1.1





Es fundamental para el funcionamiento de varios sistemas de comunicación y de telecomunicaciones que haya dos (o más) ondas sinusoidales con frecuencias idénticas, pero fuera de fase entre sí. Dos salidas de 100 KHz del módulo de señales maestras cumplen con este requisito y son 90° fuera de fase.

4. Conectar al CH0 del osciloscopio una señal senoidal de 100KHz y al CH1 una señal coseno de 100KHz como se muestra (Figura 1.2), graficar las señales.

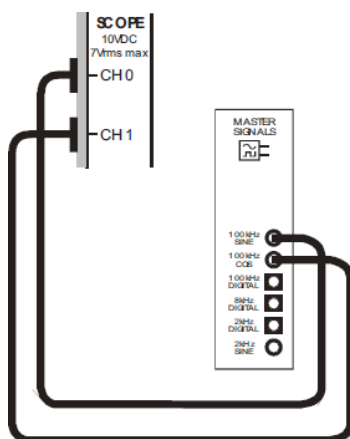


Figura 1.2

Se puede notar que las dos señales sinusoidales se ven distorsionadas debido a que se opera el NI ELVIS II en los límites de su especificación.

### 1.3 EL MÓDULO SPEECH.

Las ondas senoidales son excelentes señales de prueba, sin embargo, uno de los propósitos de los equipos de comunicación es la transmisión de la voz; también es útil probar la operación de este equipo usando señales generadas por el habla en lugar de ondas sinusoidales.

1. Conectar el CH0 del Osciloscopio a la salida Speech, (Figura 1.3).

2. Producir sonidos (voz y música) ante el micrófono mientras se observa la pantalla del osciloscopio, anote sus comentarios y graficar la señal.

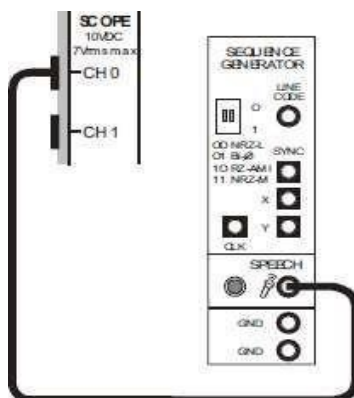


Figura 1.3

#### 1.4 EL MÓDULO AMPLIFICADOR (AMPLIFIER).

Los amplificadores se utilizan ampliamente en los equipos de telecomunicaciones, además son usados como una interfaz entre dispositivos.

1. Localice el módulo Amplificador y ajuste el control de ganancia (*GAIN*) a una tercera parte de su recorrido, el control *MODE*, debe de estar en modo manual.
2. Conectar a la entrada del Amplificador una señal senoidal de 2KHz, observar en el CH0 del Osciloscopio la entrada al amplificador y en el CH1 la salida del mismo (Figura 1.4).

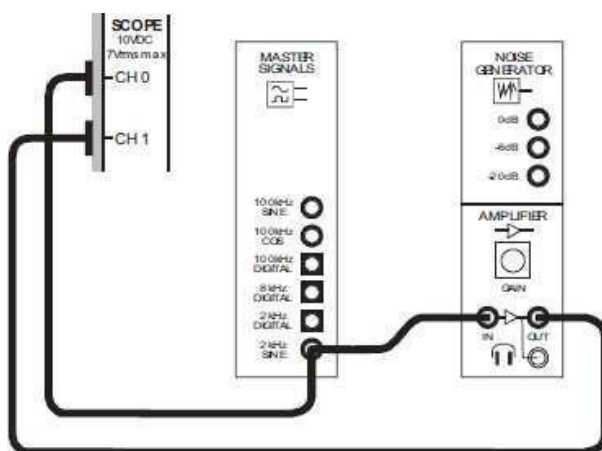


Figura 1.4

3. Observar las señales en el Osciloscopio y medir la amplitud (pico a pico) de la entrada y de la salida del Módulo Amplificador, registrar sus mediciones en la tabla 1.2 y graficar las señales.

Voltaje de entrada	Voltaje de salida	Ganancia	Ganancia dB

Tabla 1.2

Como la ganancia del módulo Amplificador es variable, se puede ajustar de manera que el voltaje de salida sea menor que el voltaje de entrada (atenuación).

4. Ajustar la ganancia para tener  $V_e=V_s$ , observar ambos canales en el osciloscopio, y anotar los valores obtenidos en la tabla 1.3 girar el control de ganancia del módulo amplificador totalmente hacia la izquierda y posteriormente girar hacia la derecha poco a poco hasta que pueda distinguir una onda sinusoidal sin recorte, después gire totalmente hacia la derecha.



5. Anotar los valores faltantes en la tabla 1.3.

Caso	Voltaje de entrada	Voltaje de salida	Ganancia	Ganancia dB
$V_e=V_s$				
Totalmente izquierda				
Ganancia máxima sin distorsión				
Totalmente derecha				

Tabla 1.3

La fuente de alimentación de CC limita el tamaño de la salida del amplificador, si el amplificador se ve obligado a tratar de enviar una señal que es más grande que el voltaje de alimentación, las partes superiores e inferiores de la señal son cortadas, este tipo de distorsión de la señal se llama recorte.

NOTA: Los audífonos no deben ser conectados directamente a la salida de otros módulos en el Emona DATEx debido a que son dispositivos con una impedancia baja queronda los  $50\Omega$ . La mayoría de los circuitos electrónicos no están diseñados para tener impedancias tan bajas conectadas a su salida.

El módulo amplificador ha sido diseñado específicamente para manejar impedancias bajas, por lo tanto, puede actuar como un amortiguador entre las salidas delos módulos y los audífonos, por lo que te permiten escuchar señales.

6. Girar el control de ganancia del módulo amplificador totalmente hacia la izquierda antes de conectar cualquier señal.

7. Sin tener los audífonos en los oídos, insertar el conector en la entrada de 3.5mm del módulo amplificador.

8. Girar hacia la derecha el control de ganancia del módulo amplificador y escuchar la señal (no colocarse los audífonos en los oídos para evitar daño). Anotar sus comentarios.

9. Desconectar los cables de la salida SINE 2 KHz del módulo Señales Maestras y conectarlos a la salida del módulo de voz.



10. Hablar en el micrófono y escuchar la señal (en este punto debe colocarse los audífonos en los oídos), anotar sus comentarios.
11. Sin tener los audífonos en los oídos y con el control de ganancia totalmente hacia la izquierda desconectar los cables de la salida del módulo de voz y conectarlos en la señal SINE 100 KHz, girar hacia la derecha el control de ganancia del módulo amplificador. Anotar sus comentarios.
12. Girar el control de ganancia del módulo amplificador totalmente hacia la izquierda.
13. Variar El Control de ganancia del módulo amplificador para ajustar su voltaje de salida a 2V.
14. Anote sus observaciones
15. , Desconectar los cables de la tarjeta, y apagar el equipo

## **CUESTIONARIO**

1. Mencione las ventajas de las comunicaciones digitales sobre las comunicaciones analógicas.
2. ¿Cuál es el espectro de la voz Humana?
3. ¿Cuál es el espectro de la señal de Audio?

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**



## **PRÁCTICA 2: "INTRODUCCIÓN II A LA TARJETA EMONA DATEx"**

### **OBJETIVO**

- Conocer y operar los módulos de la tarjeta Emona DATEx para el NI ELVIS II

### **INTRODUCCIÓN**

La DATEx está provista de un software en el cual se visualiza el "panel frontal" este sistema electrónico contiene todos los controles que el usuario puede ajustar para variar el rendimiento del sistema.

El Multímetro y Osciloscopio del NI ELVIS II, son instrumentos sin ningún control físico, se operan por el uso de los botones y mandos virtuales en pantalla de computadora, la Fuente de alimentación variable y el Generador de funciones NI ELVIS II pueden controlarse de la misma forma.

### **ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA**

- Leer toda la práctica
- Hacer una investigación acerca de los módulos que contiene la tarjeta Emona DATEX mediante un análisis previo indicar que resultados espera obtener en esta práctica.

### **EQUIPO**

Computadora personal con el software apropiado ya instalado.  
NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Tarjeta Emona DATEx.

### **MATERIAL**

Dos cables conectores BNC a banana 2mm.  
Cables banana-banana 2mm  
Set de audífonos (estéreo)

#### **¡Precaución!**

*Antes de realizar cualquier conexión o desconexión asegúrese de apagar el interruptor que alimenta la tarjeta, este se encuentra en la parte superior derecha del NI ELVIS II.*



## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 2.1 EL MÓDULO SUMADOR (ADDER)

Los sistemas de telecomunicaciones requieren que las señales puedan sumarse.

1. Verificar que la tarjeta este en el modo de control manual
2. Localizar el módulo Sumador y en modo manual girar su control g (para entrada B) totalmente a la izquierda.
3. Ajustar el control G (para la entrada A) aproximadamente la mitad de su recorrido.
4. Conectar una señal 2KHz SINE a la entrada A, observar en el CH0 del Osciloscopio la entrada y en el CH1 la salida  $G_A+g_B$ ; (Figura 2.1).

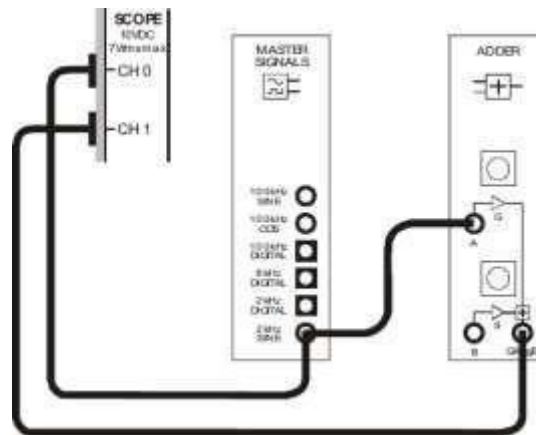


Figura 2.1

5. Variar el control G del módulo Sumador de izquierda a derecha y observar el efecto. Anotar la máxima ganancia de G.
6. Conectar una señal 2KHz SINE a las entradas A y B, varié el control G y luego el control g, observar y graficar la salida  $G_A+g_B$ .

▪

7. Desconectar los cables.

### 1.1 EL MÓDULO DESFASADOR (PHASE SHIFTER).

Varios sistemas de comunicaciones y telecomunicaciones requieren que la señal a transmitir (voz, música y / o vídeo) sea desplazada en fase.

1. Localizar el módulo Phase Shifter y establecer su cambio de fase del interruptor a la posición de  $0^\circ$ .



2. En el módulo Phase Shifter Ajuste el control de fase cerca de la mitad de su recorrido.
3. Conectar una señal 2KHz SINE a la entrada del módulo Phase Shifter y observar en el CH0 del Osciloscopio la entrada y en el CH1 la salida del mismo, ambos a la misma escala, (Figura 2.2).

Nota. El led se utiliza para indicar que el módulo se ha ajustado de forma automática a la entrada de baja frecuencia.

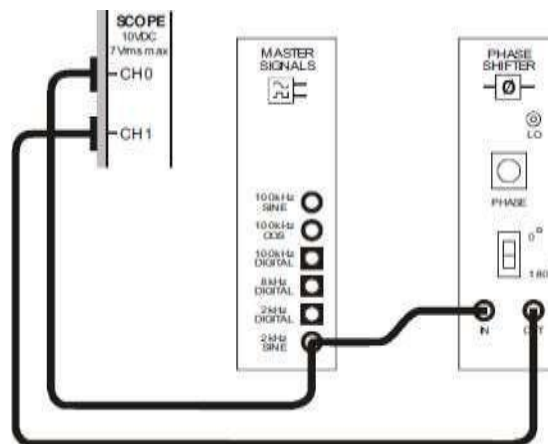


Figura 2.2

4. Variar el control de Ajuste de Fase del módulo Phase Shifter a la izquierda y la derecha y observe el efecto en las dos señales, graficar.
5. Ajustar el control de cambio de fase del módulo Phase Shifter a la posición de  $180^\circ$  y repetir el punto anterior.
6. Cambiando de posición el switch de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  y viceversa, observar lo que ocurre en el osciloscopio. Anote sus comentarios.
7. Ajustar los dos controles Phase Shifter en tarjeta de la tarjeta mientras ve sus señales de entrada y de salida en la pantalla del Osciloscopio.





8. Ajustar el módulo Phase Shifter para una señal de salida con un desplazamiento de fase que sea lo más cercano a  $180^\circ$  como se pueda conseguir.
9. Ajustar el control en tarjeta de fase del módulo Phase Shifter sobre la mitad de su recorrido.
10. Conectar una señal 2KHz SINE a la entrada del PHASE SHIFTER y esta misma a la entrada A del Sumador, la salida del PHASE SHIFTER conectarla a la entrada B del sumador y observar en el Osciloscopio la señal de 2KHz SINE y la salida del PHASE SHIFTER (Figura 2.3).

La ecuación es la siguiente:

Salida del módulo sumador = señal A + B de la señal (con cambio de fase)

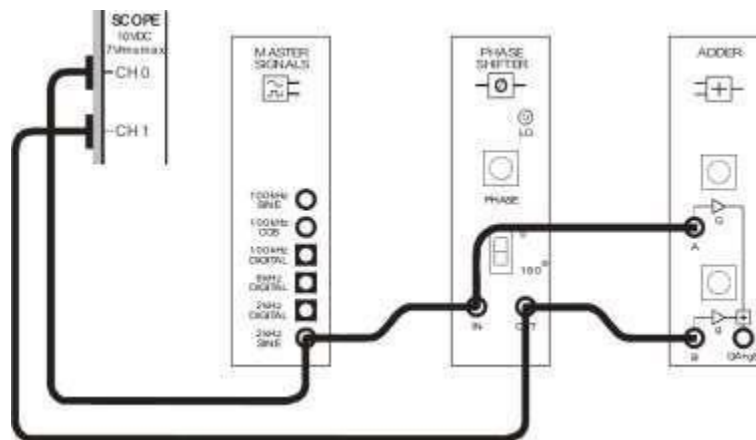


Figura 2.3

Dos entradas del módulo Sumador siguen siendo la misma señal: a 2 KHz senoidal 4Vp-p. Así, con valores de la ecuación es: Salida del módulo sumador =  $4V_{pp}$  (2 KHz SINE) +  $4V_{pp}$  (2 KHz SINE con desplazamiento de fase).

Como las dos señales tienen la misma amplitud y la frecuencia, si el desplazamiento de fase es exactamente  $180^\circ$  entonces, sus voltajes en cualquier punto en la forma de onda son siempre exactamente opuestos. Es decir, cuando una onda sinusoidal es 1V, el otro es -1V. Cuando uno es 3.75V, el otro es -3.75V y así sucesivamente. Esto significa que, cuando la ecuación anterior se resuelve, obtenemos:

Salida del módulo sumador =  $0V_{pp}$

11. Ajustar el control de fase del módulo PHASE SHIFTER hasta que sus señales de entrada y de salida parezcan que están a unos  $180^\circ$  fuera de fase entre sí, y los controles del módulo sumador a la mitad de su recorrido.



12. Desconectar el CH1 del Osciloscopio de la salida del módulo PHASE SHIFTER y conectarlo a la salida del módulo Sumador.

13. Medir la amplitud de salida del módulo Sumador, registrar la medición en la tabla

Voltaje de salida

Tabla 2.1

El siguiente procedimiento puede utilizarse para ajustar los módulos Sumador (ADDER) y Desfasador (PHASE SHIFTER) de manera que la configuración tenga una salida nula. Es decir, una salida que está cerca de cero volts.

14. Ajustar el control a la izquierda y la derecha un poco, observar el efecto de la salida del módulo Sumador y anotar sus comentarios.

15. Ajustar el control para obtener un voltaje de salida más pequeña desde el módulo Sumador.

16. Variar el control G en pantalla del módulo sumador a la izquierda y a la derecha un poco y observar el efecto de la salida del módulo sumador.

17. Hacer los ajustes finos necesarios en pantalla al control G del módulo de sumador para obtener un voltaje de salida más pequeño.

.

## 2.2 OSCILADOR CONTROLADO POR VOLTAJE (VCO).

Un VCO es un oscilador con una frecuencia de salida ajustable que está controlado por una fuente de tensión externa, es un circuito muy útil para las comunicaciones y los sistemas de telecomunicaciones, la operación del generador de funciones de NI ELVIS II puede ser modificado por la Emona DATEx para funcionar como un VCO si es necesario.

1. Ajustar los controles de la Fuente de alimentación Variable NI ELVIS II (cerca de la parte superior derecha de la unidad) de la siguiente manera:

Voltaje positivo a la posición 0V (totalmente hacia la izquierda) y Voltaje Negativo a la posición 0V (totalmente hacia la izquierda).

2. Iniciar y ejecutar el Generador de funciones del NI ELVIS II (FGEN) a 5000 Hz y 4Vpp, tipo de modulación FM, esto pone al generador de funciones en el modo VCO.

3. Conectar la salida del generador de funciones al CH0 del Osciloscopio

4. Medir en el osciloscopio la frecuencia de salida, el voltaje RMS y el Vpp del generador de funciones. Registrar sus mediciones en la tabla 2.2.

	Frecuencia	$V_{RMS}$	V p p
Salida del Generador deFunciones			

Tabla 2.2

5. Iniciar la Fuente de Alimentación Variable (VPS) en el modo manual.

6. Conectar la salida positiva de la Fuente Variable a la entrada **VCC** de Modulo FUNCTIONGENERATOR, (Figura 2.4).

7. Observar en el osciloscopio el voltaje de entrada de CC del generador de funciones, así como su voltaje de salida de CA.

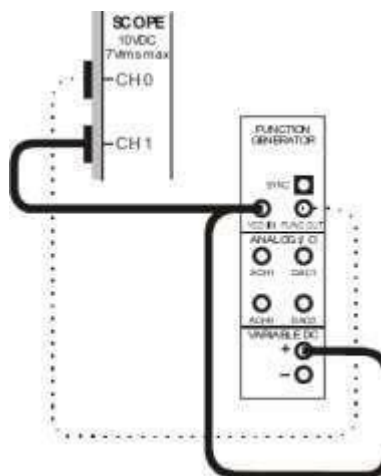


Figura 2.4

8. Establecer en el CH1 del osciloscopio en acoplamiento DC.



9. Aumentar el voltaje de salida positiva de la Fuente de alimentación variable mientras ve la pantalla del osciloscopio.

¿Qué le sucede a la salida del generador de funciones cuando se aumenta su voltaje positivo de entrada de CC?

10. Ajustar el voltaje positivo de la fuente de alimentación variable y llenar la tabla 2.3.

Voltaje (V)	Frecuencia (Hz)	Voltaje (V)	Frecuencia (Hz)
2		6	
4		8	

Tabla 2.3

11. Cambiar la salida positiva a la salida negativa de la fuente de voltaje variable.

12. Aumentar el voltaje negativo de la fuente de alimentación variable mientras ve la pantalla del osciloscopio.

¿Qué le sucede a la salida del generador de funciones cuando se aumenta su voltaje negativo de entrada de CC?

### **CUESTIONARIO**

1. Que es un oscilador controlado por tensión (VCO) cual es un ejemplo de su uso
- 2.- ¿Cuál es la ventaja de poder utilizar los módulos virtuales?

### **CONCLUSIONES**

### **BIBLIOGRAFÍA**



## **PRÁCTICA 3: “MODULACIÓN POR AMPLITUD DE PULSOS PAM”**

### **OBJETIVOS**

- Familiarizarse con las características espectrales de las señales PAM, así como técnicas empleadas para modular y demodular dichas señales.
- Observar y verificar los efectos de la distorsión sobre la señal reconstruida.

### **INTRODUCCIÓN**

En Modulación por Amplitud de pulsos (PAM) se emplea un tren de pulsos de anchura constante para muestrear una señal analógica. La amplitud de cada pulso es proporcional a la amplitud de la señal del mensaje en el momento del muestreo.

Para una señal PAM producida por muestreo natural, la señal muestreada sigue la forma de onda de la señal de entrada durante el tiempo en que se toma la muestra.

Una señal PAM es generada por medio de un tren de pulsos, denominada la señal de muestreo (o señal de reloj) para accionar un conmutador electrónico, esto produce muestras de la señal de mensaje analógico.

Una vez que se ha transmitido una señal PAM a su destino, debe ser recibida y demodulada, la señal del mensaje debe ser recuperada con la menor distorsión y ruido adicional posible. Al proceso de recuperar la señal de mensaje se le llama reconstrucción.

El teorema de muestreo enuncia que una señal muestreada puede ser reconstruida sin distorsión si la frecuencia de muestreo es por lo menos 2 veces la frecuencia máxima de la señal analógica (velocidad de Nyquist). En la práctica, las señales de mensaje generalmente no tienen limitación de banda estricta, de modo que usualmente se encuentra cierta distorsión debido al aliasing en la señal recuperada. Se puede emplear pre filtrado de la señal de mensaje para reducir esta distorsión.

La reconstrucción satisfactoria de la señal de mensaje también depende de las características del receptor, estas características deben escogerse detenidamente para reducir lo más posible la distorsión en la señal recuperada. Debido a que las características del receptor nunca son ideales, la frecuencia de muestreo utilizada debe ser siempre mayor que la velocidad de Nyquist para garantizar una demodulación correcta.

La técnica más empleada para demodular señales PAM es el filtrado de paso bajo. Un filtrado de paso bajo tiene el efecto de promediar o “suavizar” la señal PAM, el resultado es una reconstrucción de la señal del mensaje original en base a muestras de la señal PAM.

La demodulación adecuada de la señal PAM produce una reconstrucción exacta de la señal de mensaje original, esto es posible sólo cuando se cumplen las siguientes condiciones: la señal de mensaje tiene limitación de banda, la frecuencia de muestreo es suficientemente alta y las características del filtro fueron seleccionadas correctamente.



Cuando los pulsos de la señal de muestreo son estrechos, el método de muestreo empleado (natural o de cúspide plana) tiene poco efecto sobre la señal PAM.

### ACTIVIDADES PREVIAS

- Leer toda la práctica.
- Leer anexo 4 LABVOLT FESTO (LVVL),
- Realizar una investigación sobre la modulación y demodulación de una señal PAM y sus componentes.

### MATERIAL

- Computadora con el software LVVL de FESTO ya instalado.

### EQUIPOS DENTRO DEL SOFTWARE

- Mesa de trabajo
- 9401 - Fuente de alimentación/Amplificador doble
- 9402 - Generador de funciones doble
- 9407 - Interfaz de equipamiento virtual de prueba
- 9420 - Chasis/Regulador de voltaje
- 9426 - Filtro de audio pasa bajo.
- 9427 - Generador de audio sincrónico
- 9428 - Interruptor/Selector de señales
- 9440 - Generador MIA/MDA

### INSTRUMENTOS DENTRO DEL SOFTWARE

- Osciloscopio
- Frecuencímetro
- Analizador de espectro

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

#### 3.1 MUESTREO DE LA SEÑAL ANALÓGICA

1. Instalar los módulos como se muestra en la figura 3.1 Asegurándose de que todos los controladores de nivel se encuentran en la posición MIN y los que tengan, desmarcar la casilla "variable" (*esto se hace haciendo zoom en cada equipo y dando clic al botón variable*), encender la fuente de alimentación, el generador doble de funciones y la interfaz del equipamiento virtual de prueba.  
**(Véase anexo 4 para identificación del equipo)**

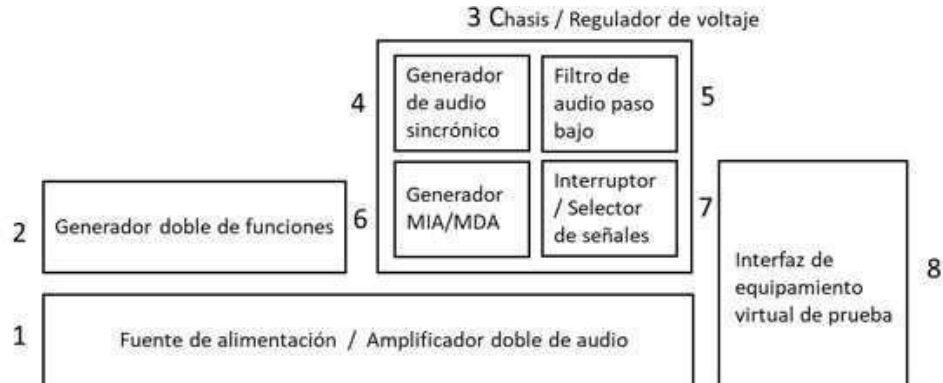


Figura 3.1

2. Abrir el osciloscopio y hacer los siguientes ajustes:  
Base de tiempo:  $50\mu s/DIV$   
Escala Canal 1:  $1V/DIV$   
Disparo fuente: Posición 1
3. Encender la fuente de alimentación y ajustar los controles del GENERADOR DOBLE DE FUNCIONES de la siguiente manera:  
Seleccionar el Canal B (señal de muestreo).  
Seleccionar la función pulso.  
Frecuencia de 32 kHz, (*seleccionar la gama de frecuencias correcta, cada vuelta del potenciómetro equivale al 10% del valor máximo*).  
Atenuador: 0dB.  
Nivel de salida B: MAX (100%)  
Duración de pulso B: 50%



Figura 3.2

4. Realizar las conexiones cómo se muestra en la figura 3.3



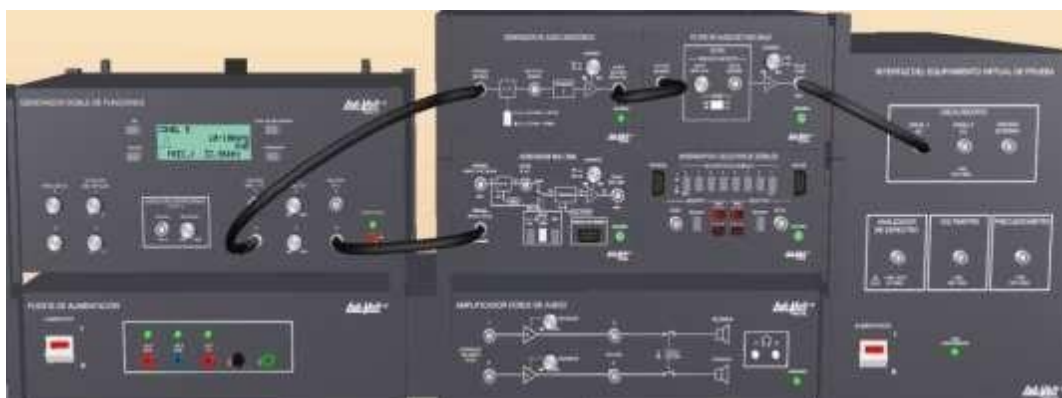


Figura 3.3

5. De la salida *SINC. /TTL* del **GENERADOR DOBLE DE FUNCIONES**, conectar a la entrada de reloj del **GENERADOR DE AUDIO SINCRONO**, de la salida de audio del **GENERADOR DE AUDIO SINCRONO**, conectar a la entrada de audio del **FILTRO DE AUDIO DE PASO BAJO**, conectar el **OSCILOSCOPIO** a la salida de audio del **FILTRO DE AUDIO DE PASO BAJO**.
6. En el **GENERADOR DE AUDIO SINCRONO**, seleccionar  $N=10$  (botón afuera), y en el **GENERADOR MIA/MDA** el **MODO MIA** seleccionar “**PLANA**”.
7. En el **FILTRO DE AUDIO DE PASO BAJO**, seleccionar **FILTRO** de 4to. Orden, girar el botón de **AJUSTE DE LA FRECUENCIA DE CORTE** hasta que la amplitud de la señal en el canal del osciloscopio sea aproximadamente  $2V_{pp}$ .
8. Realizar las conexiones como se ve en la figura 3.4



Figura 3.4

9. Habilitar el canal 2 del osciloscopio con los siguientes ajustes:  
Base de tiempo:  $50\mu s/DIV$ , Escala Canal 1:  $1 V/DIV$ , Posición 2

10. Observar el Osciloscopio las señales Analógica y PAM,
11. disminuir la frecuencia de muestreo y ajustar los parámetros de medición. Describir observaciones y dibujar la señal PAM.
12. Variar el ciclo de trabajo de la señal de muestreo al 20% y al 80%.  
Dibuje las señales, para ambos casos.  
¿Qué ocurre con la señal PAM, en cada caso?
13. Reestablecer el ciclo de trabajo de la señal de muestreo a 50%.

Ubicándose en el módulo INTERRUPTOR/SELECTOR DE SEÑALES, mediante el botón selector 2, observar en el osciloscopio las 8 diferentes señales (Para las señales 2 y 5 ajustar el osciloscopio).  
Dibuje cada una de las señales indicando cuales son.

### 3.2 RECONSTRUCCIÓN DE LA SEÑAL ANALÓGICA

1. Quitar todas las conexiones, agregar otro chasis e instalar los módulos como lo indica la figura 3.5, el filtro de audio de paso bajo se utilizará para demodular las señales PAM.

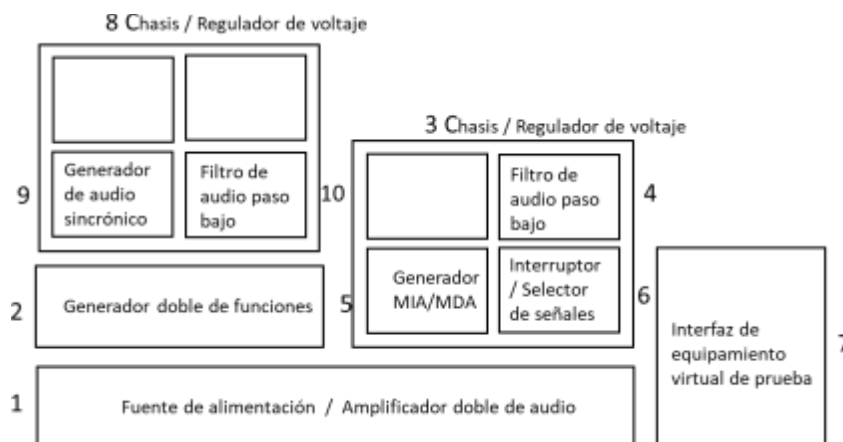


Figura 3.5

- 2.. Ajustar el generador de función del modo siguiente:

Canal B (señal de muestreo)  
Función Pulso, ciclo de trabajo del 50 %  
Frecuencia:8KHz  
Atenuador: 0dB  
Nivel de salida: MAX (100%)



3. Hacer los siguientes ajustes en el osciloscopio:

Base de tiempo: 5 ms  
Escala Canal 1: 1 V/DIV  
Escala Canal 2: 1 V/DIV  
Disparo fuente: Posición E

4. Realizar las siguientes conexiones mostradas en la figura 3.6.



Figura 3.6

5. En el selector 2 del INTERRUPTOR/SELECTOR DE SEÑALES, seleccionar la señal 1 (señal del mensaje). Esta señal se observará en el canal 2 del osciloscopio.

En el Generador de Audio Síncrono, poner el interruptor en  $N = 10$ . Esto hace que la frecuencia  $f_m$  de la señal de mensaje sea igual a la frecuencia de muestreo  $f_s$  dividida entre 10. En este caso

$$f_m = \left(\frac{8\text{kHz}}{10}\right) = 800\text{Hz}.$$

En el primer FILTRO DE AUDIO DE PASO BAJO (10), seleccionar FILTRO de 4to. Orden, girar el botón de AJUSTE DE LA FRECUENCIA DE CORTE al mínimo (este no tiene que ser 0) y ajustar la ganancia hasta que la amplitud de la señal de mensaje de onda sinusoidal sea de 2 Vpp.

6. Abrir el frecuencímetro y ajustar la frecuencia de corte del segundo FILTRO DE AUDIO DE PASO BAJO (4) en 8kHz (máximo). Seleccionar FILTRO de 4to. Orden. Verificar que en el GENERADOR MIA/MDA el MODO MIA este seleccionado "PLANA". Describa lo sucedido y adjuntar imagen.
7. Disminuir lentamente la frecuencia de corte del segundo FILTRO DE AUDIO DE PASO BAJO (4) a 3.4 kHz. Describa lo que ocurrió con la señal del filtro y dibuje la señal.
8. Varíe el ciclo de trabajo de la señal de muestreo, observe y explique lo sucedido.



9. Regresar nuevamente el ciclo de trabajo al 50%.

Ubicándose en el módulo INTERRUPTOR/SELECTOR DE SEÑALES, mediante el botón selector 2, observar en el osciloscopio las 8 diferentes señales (Para las señales 2 y 5 ajustar el osciloscopio).

Dibuje cada una de las señales indicando cuales son.

## **CUESTIONARIO**

1. Enuncie y demuestre el teorema de muestreo.
2. ¿En qué condiciones son atenuadas las frecuencias más altas de la señal de mensaje debido a distorsión de apertura?
3. ¿Cuál sería el efecto de un filtrado insuficiente en un receptor PAM?
4. ¿Qué factores determinan la elección de una velocidad de muestreo para un sistema en particular?

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## PRÁCTICA 4: "MUESTREO Y RECONSTRUCCIÓN"

### OBJETIVOS

- Muestrear un mensaje usando un muestreo natural y muestreo con retención, utilizar la tarjeta Emona DATEX examinando las señales en el dominio de la frecuencia con el Analizador Dinámico de Señal
- Reconstruir el mensaje de la señal muestreada examinando el efecto aliasing.

### INTRODUCCIÓN

La transmisión digital está reemplazando a la analógica rápidamente en aplicaciones de comunicación, ya que las señales y sistemas digitales resisten la interferencia causada por el ruido eléctrico.

En los sistemas de transmisión la información a enviar (llamada mensaje) que es señal analógica (voz, audio, etc.), debe de ser convertida primero a digital, esto implica que el muestreo de las señales analógicas se realice a intervalos regulares de tiempo.

La figura **1a** muestra una señal senoidal que representa el mensaje, una señal de muestreo digital usada para

muestrearla y una señal muestreada a la velocidad fijada por la señal de muestreo. Este tipo de muestreo es natural porque durante el tiempo que la señal analógica es medida, cualquier cambio en su voltaje también es medido. En la figura **1b** se muestra un sistema alternativo donde la amplitud de la muestra está fijada en el instante en que la señal es medida, esto se conoce como esquema de muestreo y retención.

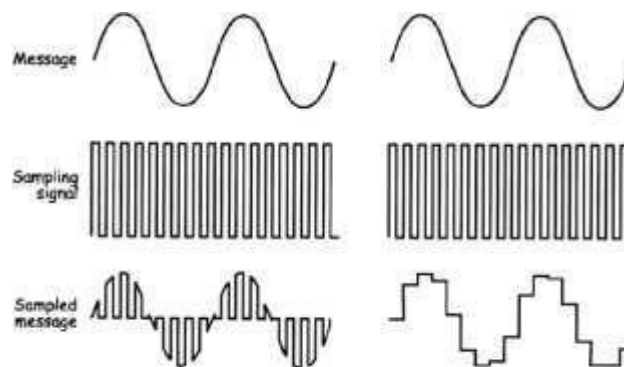


Figure 1a

Figure 1b

Independientemente del método de muestreo utilizado, puede recobrase el mensaje.

La señal muestreada es la multiplicación de la señal de muestreo con el mensaje.

Está formada por:

- Una onda senoidal a la misma frecuencia que el mensaje
- Un par de ondas senoidales que son la suma y la diferencia de la fundamental y las frecuencias del mensaje.
- Muchos otros pares de ondas senoidales que son la suma y la diferencia de las señales de muestreo de armónicos y el mensaje.

Esto termina siendo muchas ondas senoidales, pero una de ellas tiene la misma frecuencia que el mensaje. Entonces para recobrar el mensaje, se hace pasar la señal muestreada a través de un filtro pasa bajas.



Para evitar el aliasing, teóricamente la frecuencia mínima de la señal de muestreo es dos veces la frecuencia máxima del mensaje (la frecuencia del mensaje es una señal de banda base). Esto es conocido como la velocidad de muestreo de Nyquist y ayuda a asegurar que la frecuencia de las de bandas laterales en la señal muestreada sea más alta que la frecuencia del mensaje. En la práctica la frecuencia de la señal de muestreo necesita ser un poco más alta que la velocidad de muestreo de Nyquist.

## ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

- Leer toda la practica
- Hacer una investigación acerca del Muestreo y Retención e indicar que resultados espera obtener en esta práctica (mediante un análisis previo).

## EQUIPO

Computadora personal con el software apropiado ya instalado.  
NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Tarjeta Emona DATEx.

## MATERIAL

Dos cables conectores BNC a banana 2mm.  
Cables banana-banana 2mm

### **¡Precaución!**

*Antes de realizar cualquier conexión o desconexión asegúrese de apagar el interruptor que alimenta la tarjeta, este se encuentra en la parte superior derecha del NI ELVIS II.*

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 4.1 CONEXIÓN DE LA TARJETA EMONA DATE<sub>x</sub> PARA EL NI ELVIS II.

Ver anexo 1

### 4.2 MUESTREO DE UN MENSAJE SIMPLE.

La tarjeta Emona DATE<sub>x</sub> tiene un módulo de interruptor analógico doble (DUAL ANALOG SWITCH MODULE) designado para muestreo utilizando dos técnicas.

1. Conectar una onda 2KHz Sine en la entrada 2 del DUAL ANALOG SWITCH MODULE y una onda 8KHz Digital al control 2 (Figura 4.1).

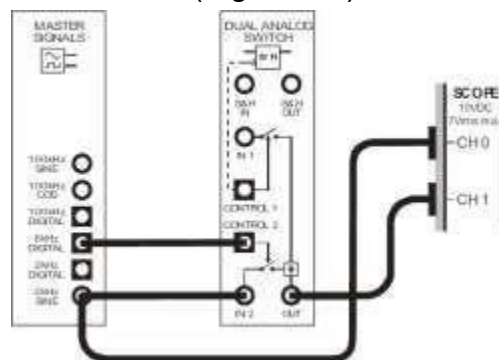


Figura 4.1

2. Con ayuda del Osciloscopio grafique las señales de entrada analógica, pulsos de muestreo y señal muestreada (PAM).
3. En el Módulo DUAL ANALOG SWITCH conecte la señal de 2KHz SINE a la entrada S&H IN y la señal de 8KHz DIGITAL a la entrada CONTROL 1 (Figura 4.2).

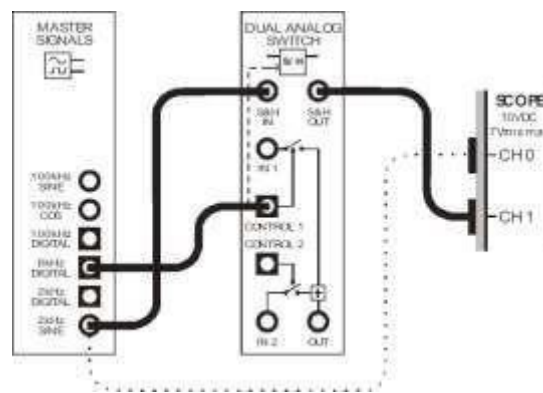


Figura 4.2

4. Con ayuda del Osciloscopio graficar: i) la señal de entrada analógica, ii) pulsos de muestreo y iii) señal muestreada y retenida.





#### 4.3 MUESTREO DE VOZ.

Hasta ahora se ha muestreado una señal senoidal. En la siguiente parte de la práctica se muestreará una señal de voz.

1. Hacer un muestreo PAM para una señal de voz con una frecuencia de muestreo de 8KHz y graficar la señal de voz y la señal muestreada.
2. Repetir el punto anterior utilizando muestreo y retención (S&H).

#### 4.4 OBSERVACIONES Y MEDICIONES DEL MENSAJE MUESTREADO EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.

1. Desconecte las salidas del módulo SPEECH y reconéctelas en el Módulo de Señales Maestras en la salida de 2KHz senoidal.
2. Inicie el Analizador Dinámico de Señales (DSA).
3. Ajuste los controles del Analizador de Señales de acuerdo al Anexo 3.
4. Observar la señal senoidal en el Analizador de Señales DSA.
5. Activa los cursores del Analizador de señales seleccionando *Cursors On* en la esquina inferior izquierda.
6. Mueva C2 al extremo izquierdo de la pantalla y alinear C1 con la cresta de mayor amplitud.  
Anotar la lectura de la diferencia de frecuencia ( $d_f$ ) y la magnitud ( $dB V_{rms}$ ).
7. Observar la señal muestreada S&H en el DSA.  
Todas esas sumas y diferencias de senoidales en la señal muestreada son propiamente conocidas como aliasing.
8. Medir amplitud y frecuencia de las primeras seis bandas, registrar las mediciones en la tabla 4.1.

Ban da	Frecuenc iaHz	Amplitu d ( $dB V_{rms}$ ).	Ban da	Frecuenc iaHz	Amplitud ( $dB V_{rms}$ ).
1			4		
2			5		
3			6		

Tabla 4.1

#### 4.5 – RECONSTRUYENDO UN MENSAJE MUESTREADO.

1. Detenga la operación del Analizador de Señales y reinicie el Osciloscopio.
2. Localiza el Módulo TUNEABLE LPF (Filtro Pasa bajas Ajustable) en la DATEX SPF y configura el control GAIN hasta la mitad de su carrera.
3. Gire el control de ajuste de frecuencia de corte ( $f_c$ ) del Módulo TUNEABLE LPF completamente a la izquierda.
4. Conectar a la entrada del LPF la señal muestreada y retenida (Figura 4.3).

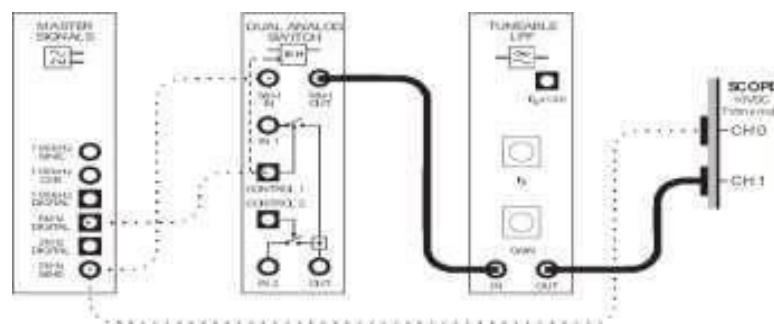


Figura 4.3

5. Graficar la señal analógica y la señal a la salida del LPF.  
Hasta aquí no debe haber nada fuera del Módulo Filtro Pasa Bajas Ajustable. Esto porque ha sido configurado para rechazar casi todas las frecuencias incluso el mensaje. Sin embargo, la frecuencia de corte puede ser incrementada girando el control de ajuste  $f_c$  del módulo.
6. Lentamente gire el control  $f_c$  del Módulo de Filtro pasa bajas Ajustable en sentido horario y deténgase cuando la señal del mensaje ha sido reconstruida y esté aproximadamente en fase con el mensaje original, graficar la señal analógica y la reconstruida.

#### 4.6 ALIASING.

La siguiente parte de la práctica permite variar la frecuencia de la señal de muestreo para observar el aliasing.

1. Inicie el Generador de Funciones del ELVIS II.
2. Ajuste la salida del generador de funciones a una frecuencia de 8KHz.
3. Cambiar la señal 8KHz DIGITAL por SYNC del generador de funciones (Figura 4.4).

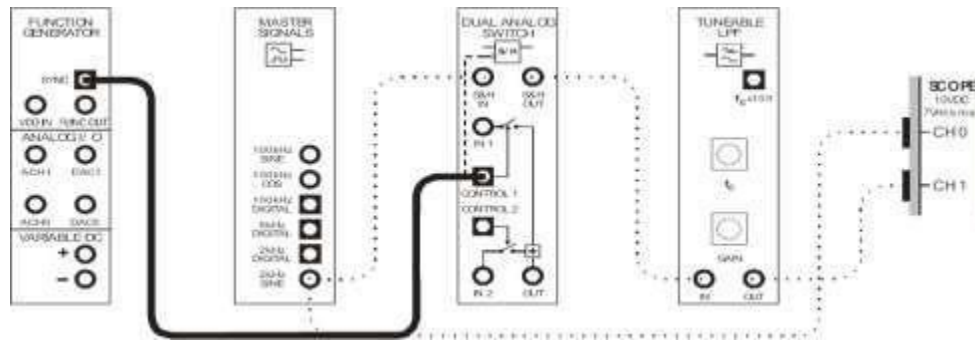


Figura 4.4

4. Observar la señal analógica y la señal reconstruida a la salida del LPF.
5. Reducir la frecuencia de salida del generador de frecuencias hasta 1000Hz y comentar el efecto que tiene en la señal reconstruida.
6. Observar en el Osciloscopio la señal analógica y la salida S&H del módulo Dual Analog Switch, anotar sus comentarios.
7. Observar en el Analizador de Señales DSA las señales anteriores y graficarlas.
8. Aumente la frecuencia de muestreo hasta que la señal analógica pueda ser reconstruida por el LPF (Frecuencia de Nyquist).
9. Registra esta frecuencia en la tabla 4.2.

	Frecuencia (Hz)
Frecuencia de muestreo mínima	

Tabla 4.2

10. Observar en el DSA y graficar la señal de muestreo a la salida S&H del módulo Dual Analog Switch.

### CUESTIONARIO

1. ¿Cómo se representa una señal periódica?
2. ¿Cuál es diferencia entre las modulaciones PAM, PWM y PPM)?
3. ¿Qué es la densidad espectral de potencia?
4. ¿Cuál es la diferencia entre muestreo natural y muestreo y retención?

### CONCLUSIONES

### BIBLIOGRAFÍA



## **PRÁCTICA 5: "CODIFICACIÓN PCM"**

### **OBJETIVOS**

- Comprender la transmisión de señales PCM.
- Familiarizarse con las conversiones paralelo y serie usadas en un sistema PCM.
- Analizar las dos leyes de compresión usadas en sistemas PCM.

### **INTRODUCCIÓN**

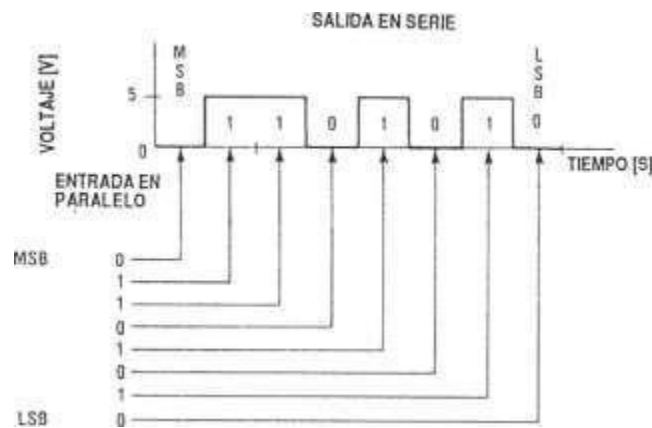
La modulación por pulsos codificados (PCM) es una forma de transmisión digital. Las señales PCM se pueden transmitir desde un codificador a un decodificador de una o dos formas: bien por transmisión en paralelo o por transmisión en serie. En la transmisión en paralelo, cada bit de una palabra de código se transmite simultáneamente, para una transmisión en paralelo de 8 bits, requerirán 8 líneas de una señal y una línea a tierra, en la transmisión en serie, cada bit de una palabra de código se transmite secuencialmente así que se requiere solamente un par de líneas.

Se prefiere la transmisión en serie sobre la de paralelo cuando las señales PCM se deben transmitir a larga distancia. El costo se reduce considerablemente debido a las pocas líneas necesarias, y, en muchos casos, las líneas de comunicación existentes se pueden usar, sin embargo, la mayoría de los convertidores A/D y D/A usan señales en paralelo. A fin de transmitir señales PCM en serie el codificador PCM necesita un convertidor paralelo-serie, en el otro lado de la línea de transmisión, el decodificador PCM necesita un convertidor serie-paralelo.

Todos los sistemas PCM sufren de errores de cuantificación de ruido y la relación señal a ruido es proporcional a la amplitud de la señal de mensaje, la relación señal a ruido es más baja para señales de mensaje de amplitud baja. Una de las mayores ventajas de los sistemas PCM es su inmunidad al ruido y a la distorsión sumada a la señal en el canal de transmisión. Si una señal PCM se vuelve demasiado ruidosa y distorsionada durante la transmisión, al canal se le pueden adicionar repetidores para regenerar una nueva serie de pulsos, regenerando la señal PCM a lo largo del canal, se pueden remover fácilmente los efectos de ruido y distorsión de la señal.

#### **Conversión paralelo-serie y serie-paralelo**

Aunque es preferible cuando se transmite a larga distancia, la transmisión en serie es más lenta que la transmisión en paralelo puesto que cada bit de la palabra código se debe transmitir en orden secuencial antes que simultáneamente. Sin embargo, la transmisión en serie permite que el usuario modifique las señales digitales, por ejemplo, convirtiendo a códigos especiales para detección de error, aumentando el tiempo y control de las señales, etc.



Conversión paralelo-serie

## ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

- Leer toda la practica
- Investigue los métodos de compresión logarítmica.
- Defina los siguientes conceptos: convertidor paralelo-serie, convertidor serie-paralelo.

## EQUIPO

- Computadora con el software LVVL de FESTO ya instalado.

## EQUIPO DENTRO DEL SOFTWARE

- Mesa de trabajo
- 9401 - Fuente de alimentación/Amplificador doble
- 9402 - Generador de funciones doble
- 9407 - Interfaz de equipamiento virtual de prueba.
- 9420 - Chasis/Regulador de voltaje
- 9444 - Codificador MIC (PCM)
- 9425 - Voltímetro cc /Fuente cc
- 9424 - Analizador lógico
- 9445 - Decodificador MIC (PCM)

## INSTRUMENTOS DENTRO DEL SOFTWARE

- Osciloscopio
- Frecuencímetro
- Analizador de espectros.



## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 5.1 TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN CON UN SISTEMA PCM.

1. Instalar los módulos como se muestra en la figura 5.1  
**Véase anexo 4 para identificación del equipo.**

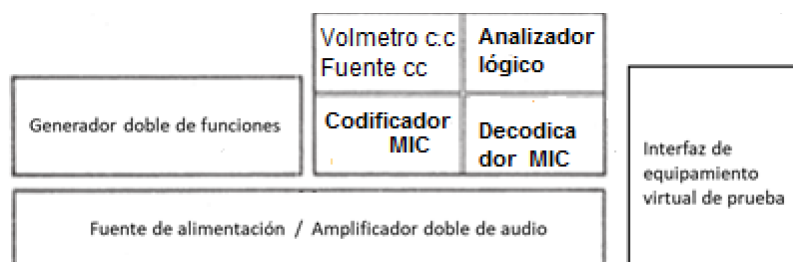


Figura 5.1 Organización de módulos

2. Hacer los siguientes ajustes en los equipos:

9402- Generador doble de funciones:

Canal A

FUNCION: Onda cuadrada

FRECUENCIA: 8KHz

ATENUADOR: 0 dB

NIVEL SALIDA: 1/4 de vuelta en sentido horario

9424- Analizador lógico:

MODO VISUALIZACION: DATO EN LA ENTRADA

9425- Voltímetro cc/ Fuente cc:

VISUALIZACION VOLTAJE: FUENTE

9444- Codificador MIC (PCM):

LEY DE COMPRESION: DIR (directa)

En el osciloscopio:

BASE DE TIEMPO: 50 $\mu$ s/DIV

CANAL 1: 5 V/DIV

CANAL 2: 5 V/DIV

Cursores: posición V

DISPARO: posición E

3. Realizar las siguientes conexiones cómo se muestra en la figura 5.2 incluyendo el

- conector T BNC en la salida A del Generador doble de funciones.

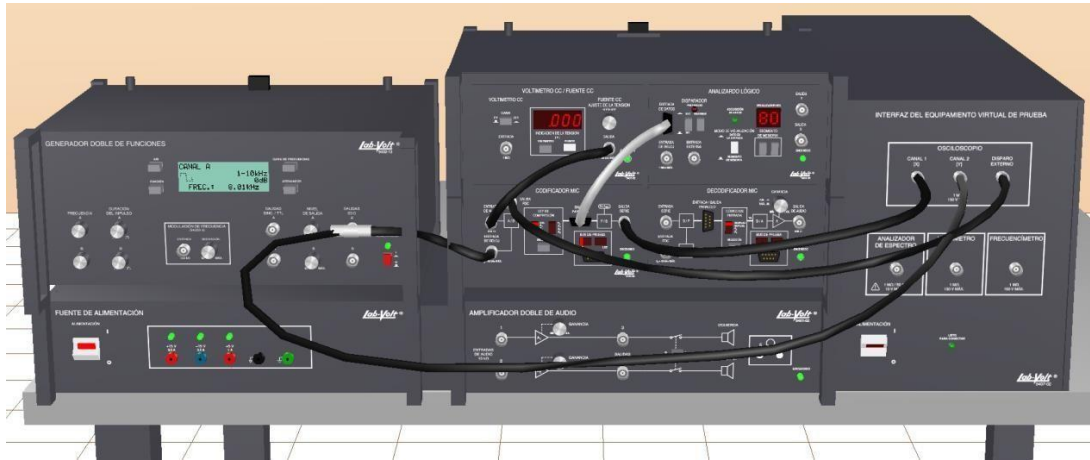


Figura 5.2 Conexiones en software

- Mover la perilla AJUSTE DE LA TENSION del Voltímetro cc/Fuente cc para obtener una lectura de 0V en la VISUALIZACIÓN VOLTAJE (encienda los canales del osciloscopio). La pantalla del osciloscopio debe parecerse ahora a la Figura 5.3, dibuje la señal obtenida.  
En términos de palabras de código describa la salida del Codificador PCM.

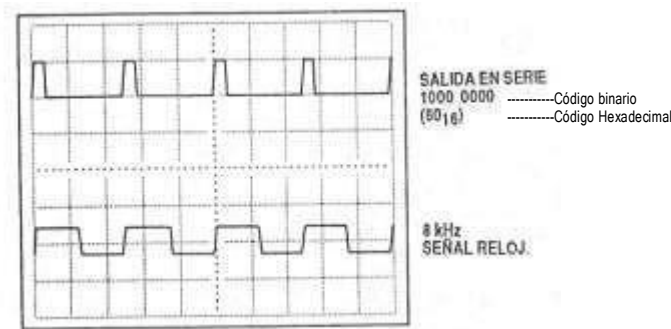
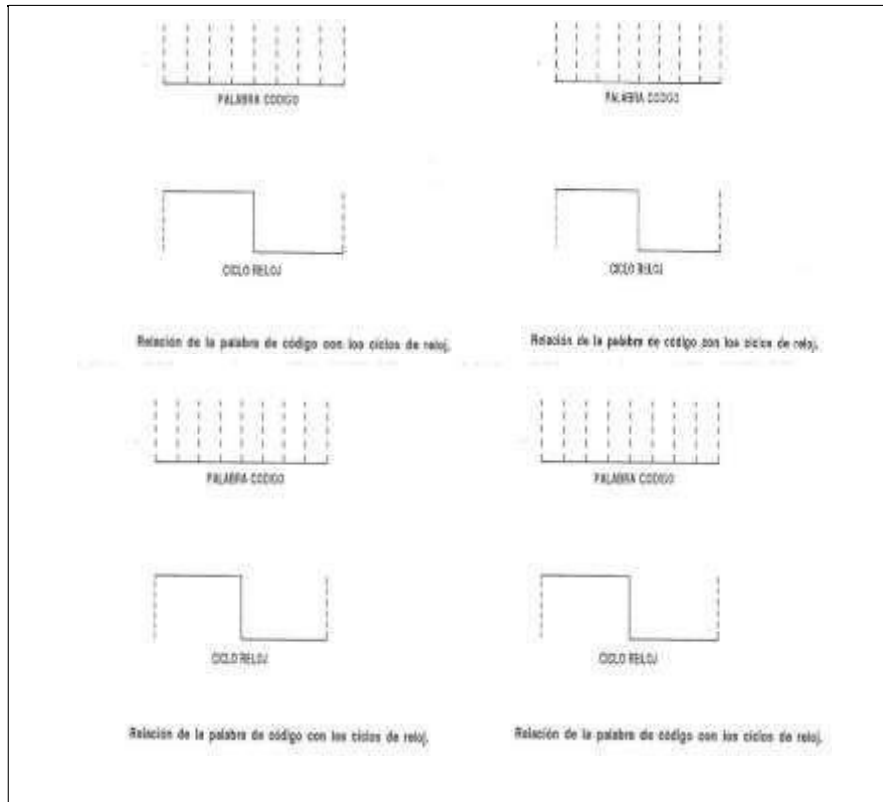


Figura 5.3 Palabra de código 10000000 (80 en Hexadecimal)

- Mover la perilla AJUSTE DE LA TENSION del Voltímetro cc/Fuente cc hasta que en la visualización hexadecimal del Analizador Lógico se lea 8 1. Dibuje la señal obtenida en el osciloscopio indicando el código binario correspondiente en la gráfica 1 de código PCM.
- Repetir el paso 5 para otros 3 valores hexadecimales y llenar la gráfica 1 de código PCM.



Grafica 1 código PCM

¿Cuántos ciclos de reloj se necesitan para cada palabra de código?

8. Modificar las conexiones como se muestra en la figura 5.4.

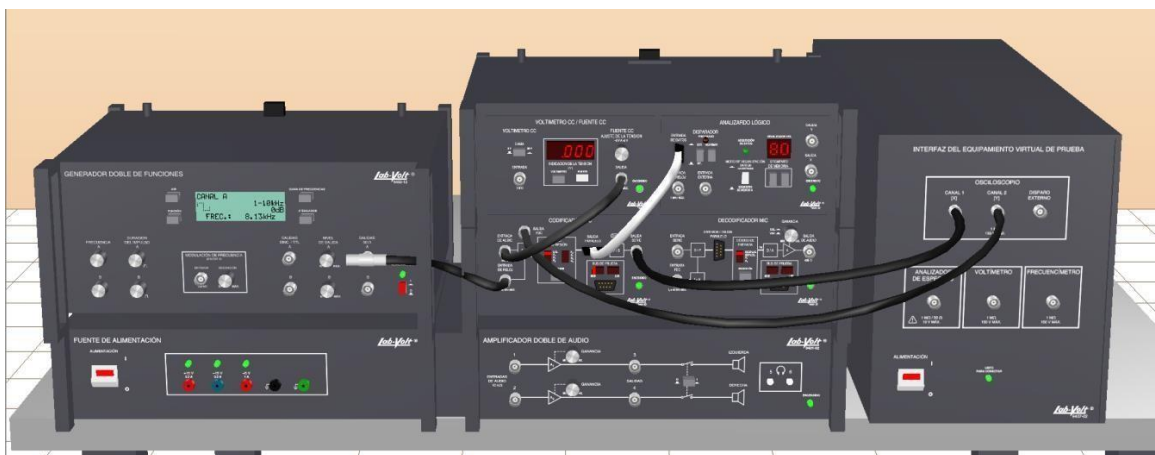


Figura 5.4 Conexiones en software



9. Mover la perilla AJUSTE DE LA TENSION del Voltímetro cc/Fuente cc para obtener en la visualización hexadecimal del Analizador Lógico un valor de 80. La visualización en el osciloscopio debe parecerse ahora a la figura 5.5.

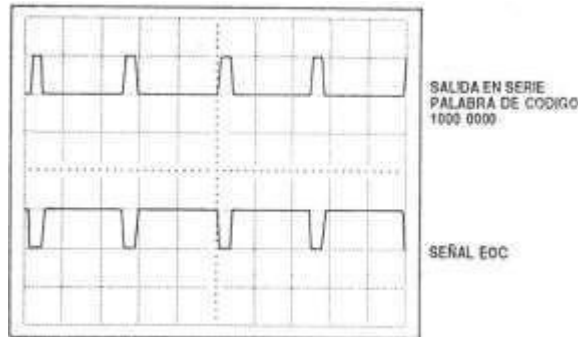


Figura 5.5 Palabra de código 1000 0000 y la señal FDC (EOC) del Codificador PCM.

10. Variar en repetidas ocasiones la palabra de código hexadecimal observando la relación entre la palabra de código en la salida en serie y la señal fin de código FDC (EOC), anotar lo observado.

## 5.2 LEYES DE COMPRESIÓN

1. Realice las conexiones de la figura 5.6 y los siguientes ajustes:
- Instale en el conector T BNC una carga de  $600 \Omega$  en la SALIDA AUDIO del Decodificador PCM

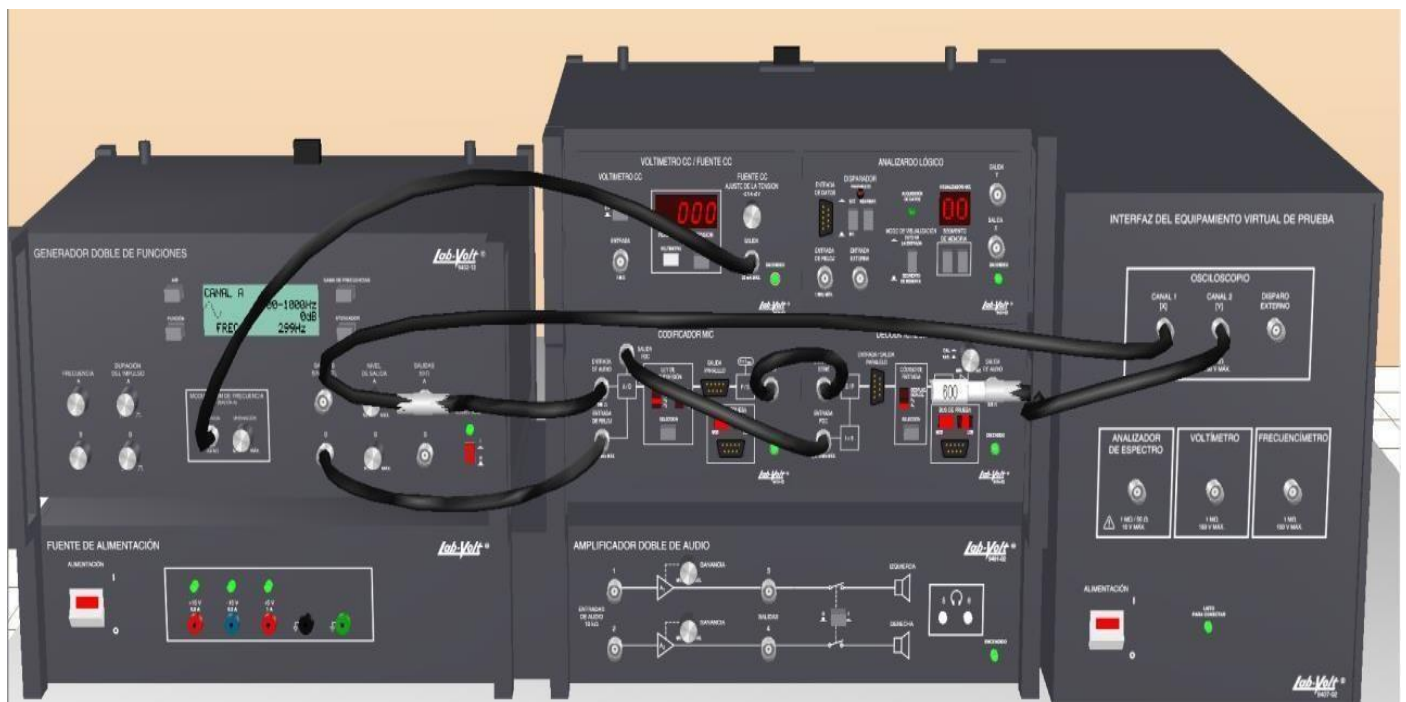


Figura 5.6 Conexiones en software



Realice los siguientes ajustes en:

El Generador Doble de  
Funciones Canal A  
FUNCION: Onda  
Seno FRECUENCIA:  
300Hz

Canal B  
Únicamente FRECUENCIA a 40KHz

El Codificador PCM (MIC)  
LEY DE COMPRESIÓN:  
A1

El Osciloscopio  
BASE DE TIEMPO:  
0.5mS/DIV DISPARO:  
FUENTE 1  
ESCALA: 0.5V/Div para ambos  
canales

**¡NOTA!**

*Guardar hasta aquí la práctica, ya que la respuesta del programa puede tardar algunos segundos, y en caso de falla, abrirla de nuevo.*

- i. Ajuste el NIVEL DE SALIDA del Canal A del Generador Doble de Funciones, hasta que la señal reconstruida se vea justamente antes de que ocurra la sobremodulación. Dibuja las señales obtenidas en el osciloscopio.
- ii. Gire la perilla DESVIACION en la Sección MODULACION FRECUENCIA del Generador Doble de Funciones APROXIMADAMENTE  $\frac{1}{4}$  de vuelta en el sentido de las manecillas del reloj. Mover la perilla AJUSTE DE LA TENSION del voltímetro cc/fuente cc, para estabilizar la señal reconstruida de onda seno.

¿Se parece la señal reconstruida a la señal original? ¿Por qué?

Seleccione la LEY DE COMPRESION  $\mu 2$  en el codificador PCM (MIC) y en la sección CODIGO ENTRADA del Decodificador PCM. Dibuja las señales obtenidas en el osciloscopio.

- iii. Seleccione la LEY DE COMPRESION DIR en el codificador PCM y en la sección CODIGO ENTRADA DESPLAZADO del Decodificador PCM. Dibuja las señales obtenidas en el osciloscopio. Esta señal muestra la señal original y la reconstruida de un sistema que usa cuantificación lineal.



Explique la diferencia entre las señales reconstruidas de ley A1,  $\mu_2$  y de cuantificación lineal.

---

---

### **CUESTIONARIO**

1. ¿Qué es un modulador PCM?
2. ¿Cuáles son las ventajas de una señal en serie en un sistema de comunicaciones PCM?
3. Explique cada una de las etapas en una modulación PCM.
4. ¿En qué consiste la compresión logarítmica de ley  $\mu$  y de ley A?
5. ¿Dónde se usan las leyes de compresión más comúnmente?

### **CONCLUSIONES**

### **BIBLIOGRAFÍA**



## ***PRÁCTICA 6: "PCM Y MUTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDM)"***

### **OBJETIVOS**

- Establecer un sistema de comunicación de PCM de un solo canal.
- Modelar un sistema de telecomunicaciones para transmitir y reconstruir dos señales en modo TDMA de doble canal.

### **INTRODUCCIÓN**

Hay una gran cantidad de comunicaciones electrónicas que tienen lugar de forma inalámbrica. Para empezar, todas las emisoras de radio y las estaciones de televisión. Luego están los sistemas de radio de dos vías, también hay comunicaciones náuticas y aeronáuticas, teléfonos inalámbricos, teléfonos celulares, dispositivos Bluetooth, redes inalámbricas, equipos de radioaficionados la lista sigue y sigue. Es importante destacar que estas comunicaciones se pueden tener simultáneamente, ya que comparten el canal mediante la fragmentación de su espectro.

Esta es la multiplexación por división de frecuencia (FDM) e implica a la asignación de cada usuario una frecuencia portadora y una porción del espectro de frecuencias de radio a cada lado de ella, el usuario a continuación superpone su mensaje en la portadora usando el esquema de modulación apropiado para la creación de una señal que ocupa una porción asignada del espectro; Los usuarios ocupan su frecuencia portadora asignada y ancho de banda.

Multiplexación por división de tiempo (TDM) es otro método de compartir el canal que es especialmente adecuado para las comunicaciones digitales. Como su nombre implica TDM consiste en dar a múltiples usuarios acceso exclusivo a todo el canal (o a una frecuencia portadora TDM si se utiliza en conjunción con FDM) sólo una fracción de tiempo un usuario tras otro es importante destacar que, siempre la duración de acceso es extremadamente corta y la tasa de la conexión es rápida, los usuarios parecen tener acceso simultáneo y continuo al canal.

TDM (o TDMA para Time División Multiple Access) se ha utilizado ampliamente en telecomunicaciones con datos digitales PCM, así que vamos a considerar la implementación de TDM con más detalle a través del PCM. Las muestras de señales analógicas PCM se convierten a números binarios proporcionales, los números binarios son transmitidos a continuación en serie en tramas que por lo general contienen un bit o más adicionales para sincronización de trama por el decodificador PCM, el reloj del codificador PCM y el tamaño de la trama determinan la frecuencia de muestreo; Por ejemplo, un reloj de 100 KHz y una trama de 8 bits dan una frecuencia de muestreo de 12.5KMuestras/s ( $100K/8 = 12.5K$ ). A su vez, la frecuencia de muestreo de Nyquist determina la frecuencia máxima del mensaje que se puede recuperar en el receptor sin



aliasing. Una frecuencia de muestreo 12.5KHz permitirá una frecuencia teórica máxima del mensaje de 6.25KHz.

Supongamos que el decodificador PCM sólo lee y decodifica el contenido de cada trama alterna en los datos en serie, el efecto de esto es el mismo que reducir a la mitad la frecuencia de muestreo, por lo tanto, la frecuencia máxima de mensaje también se redujo a la mitad (3.125KHz). El beneficio de leerlo sólo cada dos tramas es que las tramas no leídas son libres de ser llenadas con los datos PCM para un segundo mensaje que tiene una frecuencia máxima igual a la primera, el decodificador PCM debe ser diseñado para leer los cuadros alternos como conjuntos separados de datos.

Los módulos “Codificador PCM” y “Decodificador PCM” pueden operar como un sistema PCM de un solo canal o como un sistema PCM-TDM de doble canal.

## ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

- Leer toda la practica
- Hacer una investigación acerca de la Multiplexación TDM e indicar que resultados espera obtener en esta práctica. (Mediante un análisis previo)

## EQUIPO

Computadora personal con el software apropiado ya instalado.

NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.

Tarjeta Emona DATEX.

## MATERIAL

Dos cables conectores BNC a banana 2mm.

Cables banana-banana 2mm

Un conjunto de auriculares (estéreo)

### **¡Precaución!**

*Antes de realizar cualquier conexión o desconexión asegúrese de apagar el interruptor que alimenta la tarjeta, este se encuentra en la parte superior derecha del NI ELVIS II.*

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para esta práctica, vamos a usar el Emona DATEX para establecer un sistema de comunicación de PCM de un solo canal. Después de lo cual, se le activan los módulos Codificador y decodificador PCM en el modo TDM para transmitir dos conjuntos de datos PCM entre los módulos (uno para la señal y otro para 0V). A continuación, investigar la frecuencia de muestreo y sus efectos sobre el sistema en términos de aliasing. Por último, deberá modificar la configuración de transmitir y reconstruir dos señales para modelar un sistema de telecomunicaciones TDMA de doble canal.

### 6.1 CONEXIÓN DE LA TARJETA EMONA DATEx PARA EL NI ELVIS II.

Ver anexo 1

### 6.2 CONFIGURACIÓN DEL ESQUEMA DE CODIFICACIÓN-DECODIFICACIÓN PCM.

Antes de la multiplexación por división de tiempo (TDM), primero se configura un sistema único de codificación-decodificación de canal PCM.

1. Ajuste el Generador de Funciones para una salida con las siguientes especificaciones:

Forma de onda: Sine, Frecuencia: 3 KHz, Amplitud: 4Vpp, DC Offset: 0 V

2. Localice el módulo Filtro de paso bajo ajustable y ajuste su control de ganancia al valor máximo.

3. Ajuste la frecuencia de corte del módulo Filtro de paso bajo lo más alto que es de 15KHz.

4. Ajuste el interruptor del módulo PCM ENCODER a la posición PCM.

5. Conecte la salida de 100KHz digital a las entradas CLK de los Módulos PCM ENCODER y PCM DECODER, de estos módulos conecte FS y PCM DATA entre ellos, la salida del Generador de Funciones FUNC OUT a INPUT 1 del PCM ENCODER, y la salida OUTPUT del Módulo PCM DECODER a la entrada del filtro Ajustable LPF. (Figura6.1).

Figura 6.1

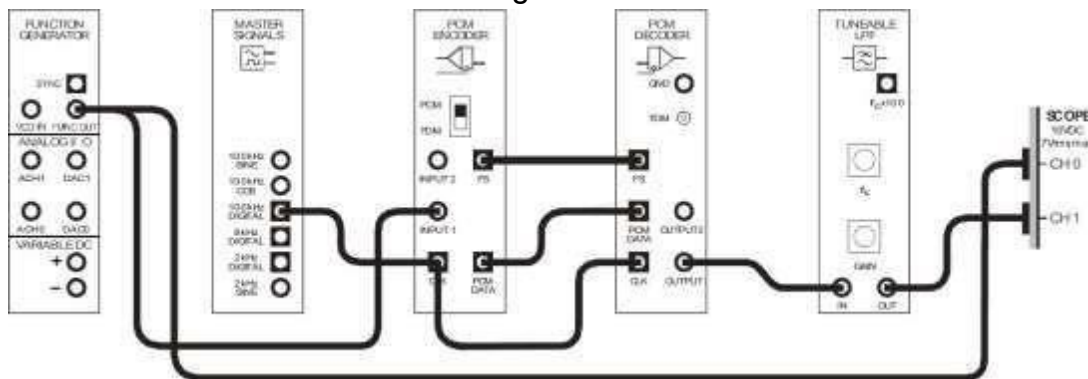


Figura 6.1

6. Observar en el Osciloscopio la señal en la salida del módulo de Filtro Ajustable, así como el mensaje (la salida del Generador de Funciones).

7. Usted debe ver una copia distorsionada del mensaje en la salida del filtro de reconstrucción. Esta distorsión es debido a las componentes de alta frecuencia en la salida del módulo decodificador PCM que pasa a través del filtro.



8. Grafique la señal de entrada (Generador de Funciones) y la de salida (LPF).
9. Poco a poco reducir la frecuencia de corte del filtro de reconstrucción hasta que su salida ya no este distorsionada.  
Deje este ajuste en el momento de obtener una copia limpia del mensaje (sin importar el cambio de fase).

### 6.3 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO Y MUESTREO.

La multiplexación por división de tiempo (TDM) implica necesariamente una reducción de la frecuencia de muestreo del sistema PCM. Para una frecuencia de reloj y una trama de determinado tamaño, un sistema TDM de dos canales a la mitad de la velocidad de muestreo, un sistema TDM de cuatro canales reduce la frecuencia de muestreo en tres cuartas partes y así sucesivamente.

1. Ajuste el interruptor del módulo codificador PCM a la posición de TDM, para cambiar el PCM Encoder-Decoder en un sistema PCM-TDM de doble canal.  
Ahora, cada dos tramas de datos sobre la salida del módulo decodificador PCM se utiliza para el mensaje conectado a la entrada del módulo codificador PCM INPUT 1 (la onda senoidal 3KHz). Las otras tramas se utilizan para los datos PCM generados por la señal en la entrada 2 del módulo codificador PCM, como la segunda señal no está conectada a la entrada PCM 2, el codificador PCM transmitirá los datos PCM para 0V. Una vez hecho esto, usted debe ver que el mensaje reconstruido se distorsiona nuevamente.

2. *Para el análisis en el dominio de la frecuencia.* Regrese la frecuencia de corte del filtro de reconstrucción al máximo.

3. Vuelva el interruptor del módulo codificador PCM ENCODER a la posición del PCM.

El reloj del sistema PCM Encoder-Decoder es 100KHz y su tamaño de trama es de ocho bits. Esto nos da una frecuencia de muestreo de 12.5Kmuestras/s. Utilice esta información para calcular las frecuencias de los dos primeros aliasing en la señal PCM decodificada por un mensaje de 3KHz.

4. Suspnda el funcionamiento del Osciloscopio.

5. Inicie y ejecute el Analizador de Señales (DSA), ajuste los controles de acuerdo al Anexo 3 con el siguiente cambio: FTT: Frequency Span a 20000.

6. Observar y graficar la señal de salida del FPF en el DSA, seleccionando el canal adecuado.

7. Reduzca lentamente la  $f_c$  del LPF hasta el mínimo, observe salida del FPF en el DSA anote sus comentarios.



8. Ajuste el LPF hasta que su salida ya no se distorsione, para esto puede hacer uso del Osciloscopio.

9. Establecer el interruptor del módulo codificador PCM a la posición TDM.

El PCM Encoder-Decoder ahora implementa un sistema PCM-TDM de doble canal, esto significa que, aunque la frecuencia de reloj y tamaño de trama no han cambiado, la frecuencia de muestreo se redujo a 6.25KHz.

10. Grafique la señal obtenida en el Analizador de Señales.

11. Ajustar frecuencia de corte del filtro de reconstrucción para ver si se pueden quitar la distorsión del mensaje reconstruido.

¿Por qué no se puede eliminar la distorsión?

### 5.1 LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DOS CANALES PCM-TDM.

Hasta el momento, la configuración es un sistema PCM-TDM de dos canales, pero con una señal analógica conectada a una sola de las entradas. La siguiente parte de la práctica consigue conectar las señales analógicas a las dos entradas del módulo codificador PCM para completar el sistema PCM-TDM.

1. Regrese la frecuencia de corte del filtro de reconstrucción al máximo.

2. Ajuste el Generador de Funciones para una salida de 2KHz.

3. Poco a poco reducir la frecuencia de corte del filtro de reconstrucción hasta no tener la distorsión en mensaje, *para esto hacer uso del Osciloscopio.*

4. Graficar la señal del Generador de Funciones y la señal de salida del Filtro Ajustable LPF.

5. Conectar una onda senoidal de 2KHz desde el Módulo MASTER SIGNALS a la entrada INPUT2 del PCM ENCODER, Conectar la salida 2 (OUTPUT2) del a la entrada del filtro Ajustable LPF (Figura 6.2).



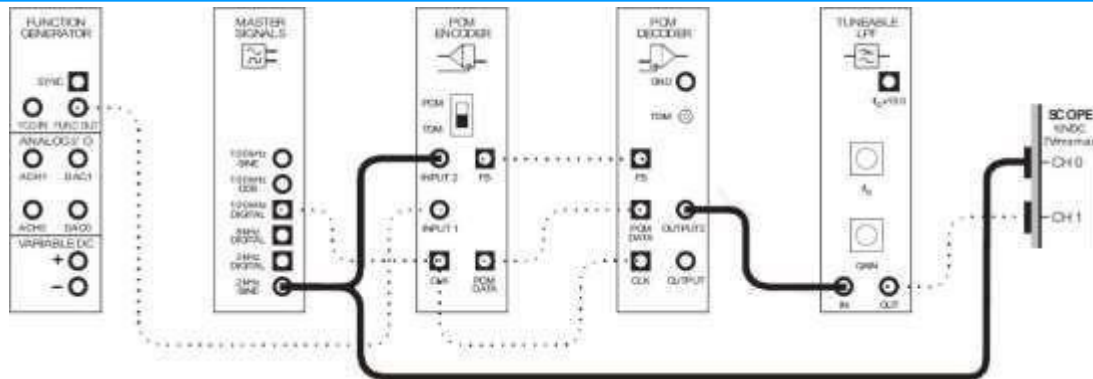


Figura 6.2

El sistema PCM-TDM codifica ahora, transmite y decodifica dos señales analógicas en lugar de uno solo.

6. Comparar la reconstrucción del mensaje 2 con la versión reconstruida del mensaje 1, estos deben ser semejantes.
7. Conectar la salida del filtro Ajustable LPF a la entrada del Módulo AMPLIFIER, como se muestra en la figura 6.3, dejando las conexiones del Osciloscopio.

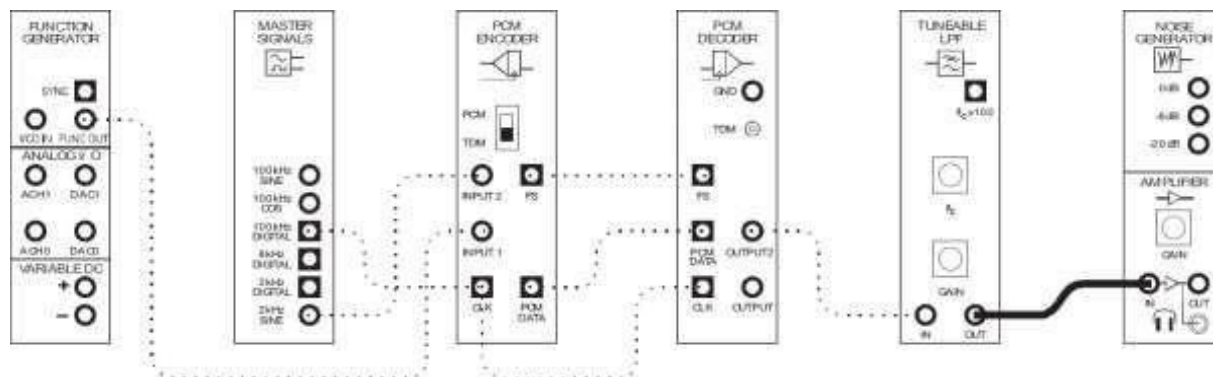


Figura 6.3

8. Ajuste el Generador de Funciones para una salida de 1KHz.
9. Gire los controles de ganancia del módulo amplificador y del LPF totalmente hacia la izquierda para reducirlo al mínimo y póngase los auriculares.
10. Ajuste las ganancias lentamente hasta que pueda escuchar **cómodamente** la versión reconstruida del mensaje 1.
11. Localice el cable conectado a la entrada del filtro de reconstrucción y cambie su otro extremo de la salida OUTPUT 2 a la salida OUTPUT 1 del módulo decodificador

PCM. Ahora vamos a estar escuchando la versión reconstruida del mensaje 2 y debe sonar con una mayor frecuencia.

La codificación y decodificación PCM ha sido utilizada ampliamente en las telecomunicaciones, una de las funciones principales de las telecomunicaciones es permitir a la gente hablar unos con otros. Vamos a ver cómo su sistema PCM-TDM lo realiza cuando una de las señales de mensaje de voz.

12. Cambie la onda senoidal del Generador de Funciones por la salida del módulo de voz, a través del CHANNEL MODULE en la conexión de BASEBAND LPF. Observe que la señal de voz es de banda limitada a 2KHz utilizando el módulo LPF banda base. Esto evita a los componentes de alta frecuencia de la señal de voz, la producción de aliasing dentro de la banda de paso del filtro de reconstrucción, (Figura 6.4).

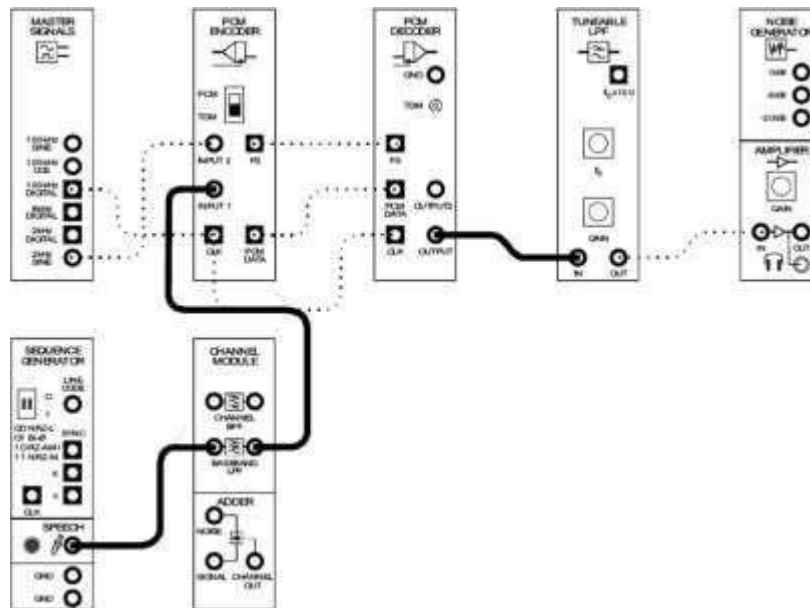


Figura 6.4

13. Observe en el Osciloscopio el mensaje de voz reconstruido mientras habla por el micrófono.

## CUESTIONARIO

1. Explique la multiplexación por división de tiempo (TDM).
2. ¿Cómo determinamos la velocidad de Nyquist en un TDM?
3. Muestre el espacio de comunicación, tiempo - frecuencia en el sistema de multiplexaje por división por tiempo.
4. ¿Cuál es la principal ventaja de un TDM sobre un FDM?

## CONCLUSIONES

## BIBLIOGRAFÍA



## PRÁCTICA 7 “CODIGOS DE LINEA Y REGENERACIÓN DE LA SEÑAL DE RELOJ”

### INTRODUCCION

La lógica 0 y la lógica 1 en sistemas digitales están representados por voltajes asignados, por ejemplo, la lógica TTL-0 está representado por 0V y la lógica TTL-1 está representado por 5V (o por voltajes aceptables relativamente cerca de 0V y 5V). Los niveles lógicos de otras familias como CMOS, ECL, etc. no son necesariamente 0V y 5V, esto nos dice que los niveles lógicos pueden ser representados por cualquier par de voltajes, la elección de qué voltajes de uso no es tan arbitraria como pueda parecer, por ejemplo -5V y 5V, por lo general es una decisión de ingeniería realizada para conferir alguna ventaja. Esto también es cierto para la elección de los voltajes utilizados en el envío de señales digitales a través de líneas de transmisión, esto se conoce como códigos de línea. Cuatro de ellos son:

*Código No retorno a cero - Nivel (bipolar) (NRZ-L).*

Como se puede ver en la figura, este código es una simple escala y nivel de desplazamiento de la señal digital original. La lógica 1 se representa con un nivel alto de voltaje y la lógica 0 se representa con un nivel bajo de voltaje durante todo el tiempo del bit.

*Código Manchester (Bi $\Phi$ -L también conocido como Bi-fase –de Nivel).*

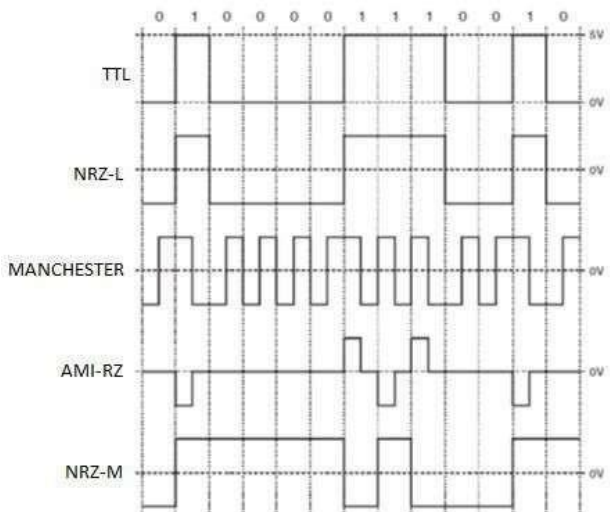
La figura muestra que este código cambia de estado de +V a -V en la mitad del período de bits para todos los 1's lógicos y cambios de -V a +V en medio del período de bit para todos los 0's lógicos.

*Código Inversión de marca alternativa Retorno a cero (AMI -RZ).*

La figura muestra que este código se utiliza para representar la lógica 0 con 0V y la lógica 1 con pulsos positivos y negativos en forma alternada de medio bit.

*Código No retorno a cero de marca (bipolar) (NRZ-M).*

La figura muestra que el código cambia de estado para cada nueva lógica 1 y no cambia de estado para cualquier lógica 0.





La siguiente tabla compara los requisitos mínimos de ancho de banda para la propagación de estos códigos a lo largo de las líneas de transmisión, también muestra la utilidad de la línea de código para la regeneración de la señal de reloj.

Código de Línea	Ancho de Banda mínimo	Regeneración de bit de reloj
NRZ-L	$\frac{f_b}{2}$	Pobre
MANCHESTER	$f_b$	Muy Buena
AMI-RZ	$\frac{f_b}{2}$	Buena
NRZ-M	$\frac{f_b}{2}$	Pobre

Como puede ver, AMI-RZ ofrece el mejor compromiso de los cuatro entre ancho de banda y regeneración de bit de reloj por lo que es ampliamente utilizado.

#### *REGENERACIÓN DE BITS DE RELOJ.*

En las comunicaciones digitales, una vez que la señal transmitida ha sido demodulada por el receptor y la señal de datos digital limpiada, se leen los bits de datos, cualquiera que sea el circuito o dispositivo que hace la lectura, debe tener un bit de reloj que se sincroniza con el bit de reloj de los datos digitales originales, si no, algunos bits se leen más de una vez y/o otros bits no se leen en absoluto, esto puede resultar en errores de datos.

La sincronización de bits-reloj se consigue simplemente con robar el bit de reloj usando un patch cord, esto obviamente no es posible en la práctica para comunicaciones inalámbricas y es poco práctico para las comunicaciones de línea de transmisión, ya que se necesita una línea adicional. Como tal, es necesario un método de sincronización de forma remota para los dos relojes de bits. Este es el objetivo de bit- regeneración de reloj (BCR).

Hay muchas formas de implementar la regeneración de bits de reloj, para entender los métodos de lazo abierto del BCR, usted tiene que entender que la composición espectral de la señal de datos digitales consiste en armónicos fundamentales que son submúltiplos y múltiplos del bit original de reloj de datos, de manera útil, la composición espectral de códigos de línea, como Bi-fase – de Nivel (código Manchester) consiste en una armónica significativa en el bit del reloj original, en cuyo caso, esta armónica se puede recuperar mediante un apropiado filtro de pasa banda selectivo.

Una vez que la onda sinusoidal de la frecuencia de reloj de bits se ha filtrado, se envía a un comparador a convertirla en una señal digital y es entonces cuando está lista para



ser utilizada como el bit de reloj local (Sin perjuicio de otras cuestiones de regeneración bit-reloj como jitter).

## OBJETIVOS

- Examinar los cuatro códigos de línea equivalentes de una señal de datos TTL estándar en el dominio del tiempo y compararlos con su forma de onda predicha teóricamente.
- Examinar las señales en el dominio de la frecuencia para establecer que uno de ellos es diferente a los otros tres en términos de su composición espectral.

## ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

- Leer toda la práctica
- Hacer una investigación acerca de los códigos de línea y e indicar que resultados espera obtener en esta práctica. (Mediante un análisis previo)

## EQUIPO

- Computadora personal con el software apropiado ya instalado.
- NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.
- Tarjeta Emona DATEx.

## MATERIAL

- Dos cables conectores BNC a banana 2mm.
- Cables banana-banana 2mm

### **¡Precaución!**

*Antes de realizar cualquier conexión o desconexión asegúrese de apagar el interruptor que alimenta la tarjeta, este se encuentra en la parte superior derecha del NI ELVIS II.*

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 7.1 CONEXIÓN DE LA TARJETA EMONA DATEx PARA EL NI ELVIS II.

Ver Anexo 1

### 7.2 OBSERVACIONES DE LOS CODIGOS DE LINEA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO.

1. Inicie el software NI ELVISmx.

Todos los ajustes se harán de manera manual en la tarjeta.

2. Inicie el programa DATEx SFP

3. Localice el módulo generador de secuencias en el DATEx SFP y establecer sus interruptores DIP con el código seleccionado de acuerdo con la tabla 8.1

Combinación interruptores DIP	Códigos de Línea
00	NRZ-L
01	MANCHESTER (BiΦ-L)
10	AMI-(RZ)
11	NRZ-M

Tabla 7.1

4. Seleccione el código de línea NRZ-L.

5. Conecte la señal 2KHz DIGITAL a la entrada CLK del Módulo Generador de Secuencia, conecte la salida SYNC a trigger (TRIG), observe en el Osciloscopio la salida X y la salida LINE CODE (Figura 8.1).

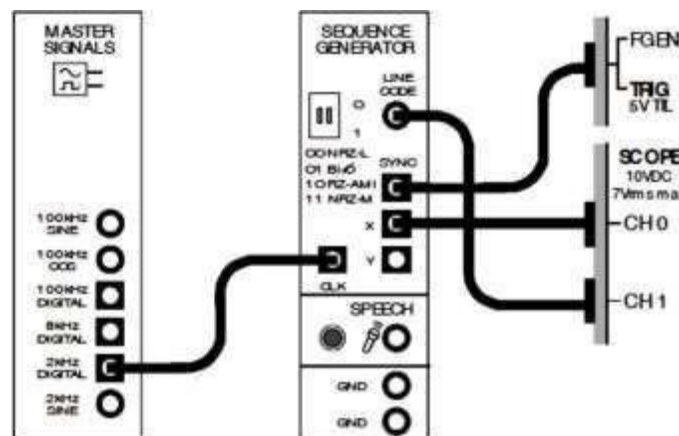


Figura 7.1

La salida de 2KHz DIGITAL del Módulo de Señales Maestro se utiliza para proporcionar bits de reloj del módulo generador de secuencias.

La salida X del módulo generador de secuencias es un número binario de 31 bits secuenciales continuos.

La salida de código de línea (LINE CODE) del módulo generador de secuencias es una copia de la salida X utilizando el esquema código de línea fijado por los interruptores DIP. La salida SYNC es un pulso que corresponde con la secuencia de salida del primer bit en cada repetición y se utiliza para el trigger en el Osciloscopio.

6. Ejecutar y configurar el Osciloscopio de acuerdo al Anexo 2, con los siguientes cambios.

Acoplamiento a CD, Trigger Type: Digital, Ajustar el Time base y la posición convenientemente.



7. Graficar la señal binaria (salida X) e indicar el código binario correspondiente (1's y 0's) y su código de línea.
8. Seleccione el código de línea MANCHESTER, repetir el punto 7.
9. Seleccione el código de la línea AMI-RZ, repetir el punto 7
10. Seleccione el código de línea NRZ-M, repetir el punto 7.
11. Comparar cada una de las señales de código de acuerdo con las normas que los sustentan y los resultados obtenidos.

### 7.3 OBSERVACIONES DE LOS CÓDIGOS DE LÍNEA EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA

Para la siguiente parte de esta práctica tenga en cuenta las cuatro salidas de código de línea Emona DATEx en el dominio de la frecuencia.

1. Seleccione nuevamente el código de línea NRZ-L.
2. Poner en marcha y ejecutar el Analizador de Señal Dinámica de acuerdo al Anexo 3, con los siguientes cambios:  
Source Channel 1, Frequency Span a 10,000, Resolution 200.
3. Con ayuda de los cursores C1 y C2 medir y anotar la lectura de la diferencia de frecuencia ( $d_f$ ) y la magnitud ( $dB V_{rms}$ ) de la primera banda, anotarlo en la tabla 7.2.
4. Graficar la señal obtenida.
5. Repita los pasos 3 y 4 para los otros tres códigos.

Código de Línea	$d_f$ (Hz)	Magnitud $dB V_{rms}$
NRZ-L		
MANCHESTER		
AMI-RZ		
NRZ-M		

Tabla 7.2

6. Comparar la composición espectral de los cuatro códigos de línea. Usted debe observar que, si bien los cuatro códigos exhiben el patrón mencionado, su composición espectral es diferente. Esta es una de las razones para elegir el uso de un código sobre otro.



#### 7.4 REGENERACION DE LA SEÑAL DE RELOJ SIN CUADRATURA

Los códigos de línea contienen un espectro significativo componente a la frecuencia de la señal de reloj, la regeneración de reloj consiste en el simple uso de un filtro pasa banda para recoger la componente de reloj, esta es una onda sinusoidal, pero puede ser convertida fácilmente en una onda cuadrada con un comparador y se utiliza como un bit de reloj local.

Los códigos de línea varían en función de la importancia de su componente de reloj.

1. La primera banda en el espectro de la señal de código de línea está en la frecuencia de reloj, observada anteriormente.
2. Convertir los dBVrms obtenidos en la tabla 7.2 (Componente de la Señal de Reloj) aVrms con la ecuación:

$$A_{Vrms} = \text{Log}^{-1} \left( \text{dB} \frac{Vrms}{20} \right)$$

y anotarlos en la tabla 7.3.

Código de Línea	Componente de la Señal de Reloj(Vrms)
NRZ-L	
MANCHESTER	
AMI-RZ	
NRZ-M	

Tabla 7.3

#### 7.5 REGENERACION DE LA SEÑAL DE RELOJ CON CUADRATURA.

Para los códigos de línea sin un componente espectral significativo en la frecuencia de reloj, la regeneración de reloj implica necesariamente la cuadratura de la señal, esto genera un espectro más significativo componente a la frecuencia de reloj que puede ser lo suficientemente importante para ser filtrada y fácilmente limpiado con un comparador para su uso como un reloj local.

1. Ajuste el módulo generador de secuencias para dar salida al código de línea NRZ-L.
2. Localice el módulo Filtro de paso bajo Ajustable en el DATEx SFP y establezca su ganancia cerca de la mitad de su recorrido.
3. Conecte la salida LINE CODE del Generador de Secuencia a la entrada del Filtro Ajustable (LPF), la salida de este conéctela a las entradas YDC y XDC del módulo MULTIPLIER, observe en el canal 1 la salida kXY (Figura 7.2).



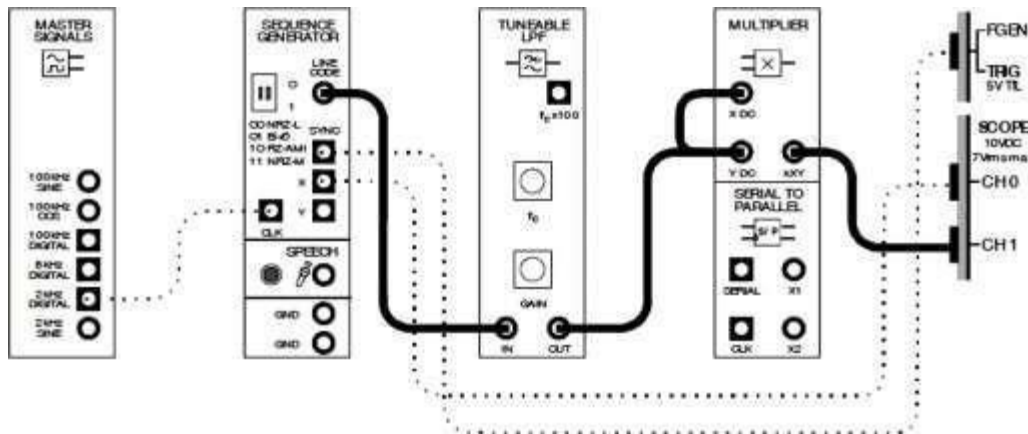


Figura 7.2

El Módulo de filtro de paso bajo Ajustable se utiliza para modelar la forma de la señal para reducir el ancho de banda.

El módulo multiplexor se utiliza para multiplexar la señal de código de línea consigo misma y de manera efectiva elevarla al cuadrado, esto multiplica cada onda senoidal de la señal entre sí produciendo una multitud de frecuencias, algunas de estas son ondas sinusoidales de la misma frecuencia que la componente de la señal en la frecuencia de reloj de la señal de datos original y así añadir y aumentarla.

4. Con el Analizador de Señales, a una Frequency Span de 10000, gire la Frecuencia de corte del módulo Filtro paso bajo Ajustable  $f_c$ , ajuste hasta ver la máxima amplitud que corresponde con la frecuencia de reloj.
5. Utilice el cursor C2 para Determinar el tamaño relativo  $dB V_{rms}$  del componente en el espectro de la señal del código de línea en cuadratura que está a la frecuencia de reloj.
6. Registrar el valor en la tabla 7.4, observar en el osciloscopio la misma señal, graficar las señales y anotar sus comentarios.
7. Determinar el tamaño relativo de la componente a la frecuencia de reloj en los otros tres códigos de línea.

Código de Línea	Componente de la Señal de Reloj( $dB V_{rms}$ )
NRZ-L	
MANCHESTER	
AMI-RZ	
NRZ-M	

Tabla 7.4



## **CUESTIONARIO**

- 1.-Explicar la transmisión unipolar y bipolar.
- 2.- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de c/u de los códigos vistos en esta práctica?
- 3.- Codificar una señal binaria en código RZ polar, Manchester diferencial y HDB-3
- 4.- Codificar en MATLAB los códigos RZ polar y AMI-NRZ.

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**



## PRÁCTICA 8: "MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA (FSK)"

### OBJETIVOS

- Generar una señal FSK a través del módulo Generador de Secuencias.
- Recuperar los datos mediante el uso de un filtro y un demodulador usando un detector de envolvente.
- Observar la distorsión de señal demodulada FSK utilizando un comparador para restaurar los datos.

### INTRODUCCIÓN

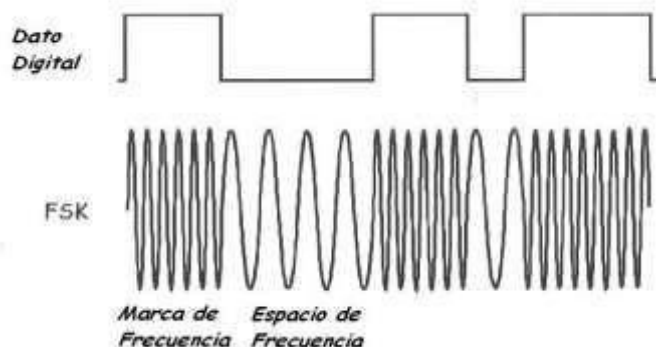
Multiplexación por división de frecuencia (FDM) permite que un canal se reparta entre un conjunto de usuarios.

Esto se logra mediante la superposición de los mensajes sobre una señal portadora dentro de la parte del usuario asignado del espectro de radiofrecuencia. La modulación de frecuencia se conoce como modulación binaria por desplazamiento de frecuencia (BFSK o más comúnmente sólo FSK).

Una de las razones para el uso de FSK es la ventaja tener menor inmunidad al ruido que la modulación ASK. El ruido se manifiesta como variaciones en la amplitud de la señal transmitida, estas variaciones pueden ser removidas por los receptores de FM/FSK (por un circuito llamado limitador) sin afectar adversamente el mensaje recuperado.

En la figura 1 se muestra a una modulación por desplazamiento de frecuencia FSK con el tiempo coincidente con el signo digital que se ha utilizado para generarla.

Observe que la señal FSK cambia entre dos frecuencias, la frecuencia de la señal que corresponde con la lógica 0 en los datos digitales (frecuencia de espacio) es por lo general más baja que la frecuencia portadora nominal del modulador, la frecuencia de la señal que corresponde con la lógica 1 en los datos digitales (frecuencia de marca) es por lo general más alta que la frecuencia portadora nominal del modulador.



La generación de FSK puede ser manejada por los circuitos moduladores de FM convencionales y el oscilador controlado por voltaje (VCO) se utiliza comúnmente, del mismo modo, la demodulación FSK puede ser manejado por demoduladores de FM convencionales, tales como el detector de cruce por cero y el bucle de phase-Locked,



alternativamente, si se pasa la señal FSK través de un filtro adecuado, las dos ondas senoidales que lo componen se pueden recoger individualmente considerando cada una de las señales como una señal ASK ya lo que los datos pueden ser recuperados a través de un detector de envolvente.

## ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

- Leer toda la practica
- Hacer una investigación acerca de la modulación FSK e indicar que resultados espera obtener en esta práctica. (Mediante un análisis previo)

## EQUIPO

Computadora personal con el software apropiado ya instalado.  
NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Tarjeta Emona DATEx.

## MATERIAL

Tres cables conectores BNC a banana 2mm.  
Cables banana-banana 2mm

### ¡Precaución!

*Antes de realizar cualquier conexión o desconexión asegúrese de apagar el interruptor que alimenta la tarjeta, este se encuentra en la parte superior derecha del NI ELVIS II.*

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 8.1 CONEXIÓN DE LA TARJETA EMONA DATEx PARA EL NI ELVIS II.

Ver anexo 1

### 8.2 GENERANDO UNA SEÑAL FSK.

1. Ajuste el Generador de Funciones para una salida con las siguientes especificaciones:  
Forma de onda: **Sine**, Frecuencia **10 KHz**, Amplitud **4Vpp**, DC Offset: **0V**, Tipo de modulación: **FM**
2. Conecte una señal 2KHz DIGITAL a la entrada CLK del Módulo Generador de Señales, conectar la salida LINE CODE del Módulo Generador de Secuencia a la entrada VCO IN del Módulo Generador de Funciones y la salida SYNC a la entrada del TRIG. (Figura 8.1).

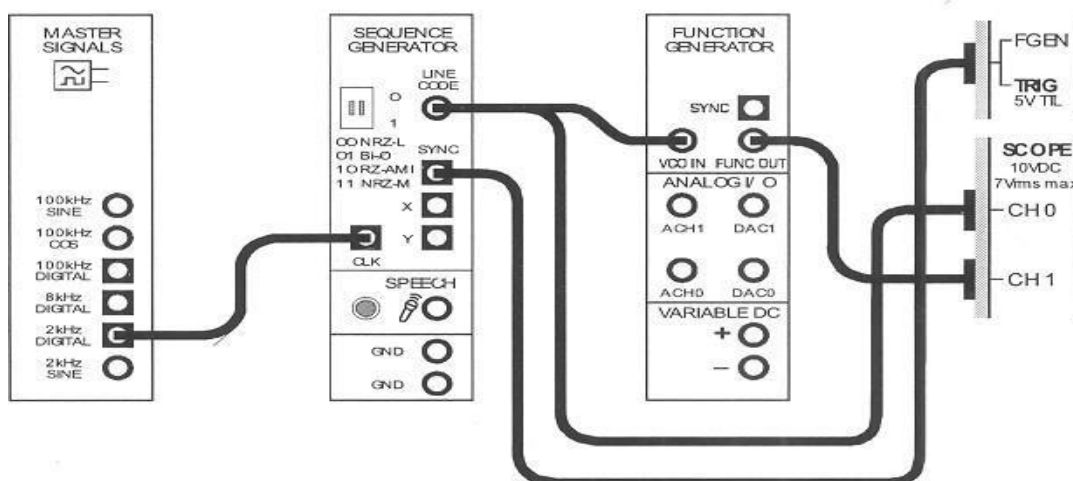


Figura 8.1

El Módulo Generador de Secuencias se utiliza para modelar una señal digital y su salida de sincronismo SYNC se utiliza para activar el trigger que proporciona una visualización estable.

El VCO del Generador de Función se utiliza para generar la señal FSK.

3. Localice el módulo Generador de Secuencias y seleccione el código NRZ-M.
4. Iniciar el Osciloscopio de acuerdo con el anexo 2 con la siguiente modificación: Trigger en modo control digital, Timebase en la posición  $500\mu s/div$ .
5. Observar en el Osciloscopio el código de línea y la señal de salida FSK del Generador de Funciones, y grafique las señales.
6. Observe en el Analizador Dinámico de Señales DSA la señal FSK, graficar e indicar frecuencia de marca y de espacio.

### 8.3 DEMODULACION DE UNA SEÑAL FSK UTILIZANDO UN FILTRO Y UN DEMODULADOR ENVOLVENTE.

1. Localizar el módulo Filtro de paso bajo Ajustable LPF (TUNEABLE **LPF**) y girar el control de frecuencia de corte  $f_c$  completamente hacia la derecha.
2. Gire el control de ganancia GAIN del módulo Filtro paso bajo *ajustable* totalmente hacia la derecha.
3. Conecte ahora la salida del Generador de Funciones a la entrada del Filtro Ajustable LPF, la salida de este a la entrada DIODE & RC LPF del módulo UTILITIES, observe en el Osciloscopio el código de línea y la salida del Filtro Ajustable (Figura 8.2).

El módulo de Filtro de paso bajo Ajustable LPF se utiliza para seleccionar una de las dos ondas sinusoidales de la señal FSK y el DIODE RC & LPF en el módulo Utilidades forma el detector de envolvente para completar la demodulación de la señal FSK.





2. En el módulo de UTILITIES La salida DIODE & RC LPF conectarla a la entrada IN del comparador, el voltaje positivo de la fuente de alimentación variable (0V) conectarlo a la entrada REF, observar en el Osciloscopio el código de línea y del comparador (Figura 8.4).

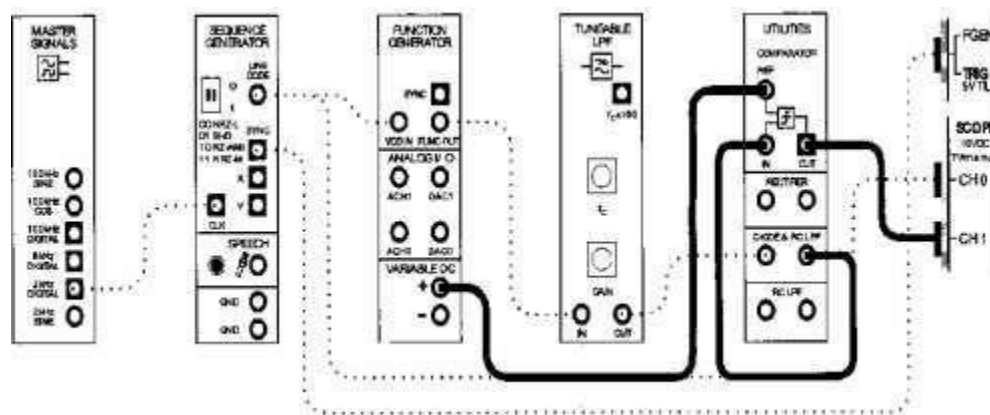


Figura 8.4

3. Comparar las señales, si no es la misma, ajustar el control de salida positiva de la fuente de alimentación variable hasta que estén iguales, esto requerirá un ajuste fino (hacerlo manual) en el voltaje de referencia a cero volts, graficar las señales y anotar sus comentarios.

## CUESTIONARIO

- 1.- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la modulación FSK sobre la ASK?
- 2.- ¿Qué es un BAUDIO?
- 3.- Defina: Índice de Modulación, desviación de frecuencia, frecuencia de Marca, frecuencia de Espacio.

## CONCLUSIONES

## BIBLIOGRAFÍA

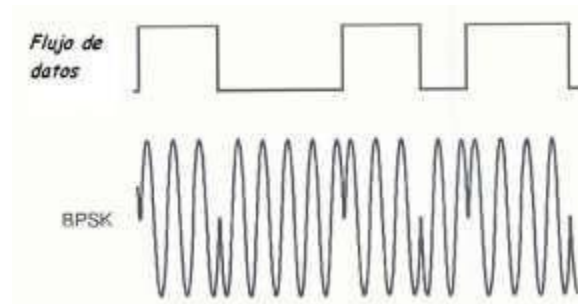
## PRÁCTICA 9: "MODULACIÓN BINARIA POR CAMBIO DE FASE (BPSK)"

### OBJETIVOS

- Generar una señal BPSK usando el módulo multiplexor de la Emona DATEX, implementando sus modelos matemáticos. Los datos digitales para mensajes son modulados por el módulo generador de secuencias.
- Recuperar los datos con otro módulo multiplexor y observar su distorsión.
- Usar un comparador para restaurar los datos.

### INTRODUCCIÓN

La modulación ASK utiliza los datos digitales 1s y 0s para cambiar por dos amplitudes juntas. FSK utiliza 1s y 0s para cambiar una portadora entre dos frecuencias. Una alternativa a estos dos métodos es el uso del flujo de datos de 1s y 0s para cambiar la portadora entre dos fases. Esto se llama Modulación binaria por cambio de fase (BPSK). La Figura muestra que una señal BPSK está en fase con la señal digital que se ha utilizado para generarla.



Observe que, cuando el cambio en el nivel lógico hace que la fase de la señal BPSK para cambiar, lo hace por  $180^\circ$ .

Se puede dar cuenta de que la alternancia de mitades de los sobres de la señal BPSK tiene la misma forma que el mensaje. Esto indica que BPSK es en realidad una modulación doble banda lateral de portadora suprimida (DSBSC). Siendo ese el caso, la generación de BPSK y la recuperación de los datos pueden ser manejadas por DSBSC (técnicas convencionales de modulación y de demodulación).

Con una selección de ASK, FSK y BPSK. Se piensa que todos están en igualdad de circunstancias, BPSK es el mejor sistema de rendimiento en términos de su capacidad de ignorar el ruido y por lo que produce menos errores en el receptor, el siguiente es FSK y es mejor que ASK. Sobre esa base, se espera que BPSK sea el sistema preferido. Sin embargo, no es necesariamente el más fácil de implementar y por lo que en algunas situaciones FSK o ASK podrían ser utilizados, ya que son más baratos de implementar. De hecho, FSK se utiliza por ser económicos en módems de acceso telefónico.





## ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

- Leer toda la practica
- Hacer una investigación acerca de la modulación BPSK e indicar que resultados espera obtener en esta práctica. (Mediante un análisis previo)

## EQUIPO

Computadora personal con el software apropiado instalado.  
NI ELVIS II, cable USB y cables de alimentación.  
Tarjeta Emona DATEX.

## MATERIAL

Tres cables conectores BNC a banana 2mm.  
8 cables banana-banana 2mm

### **¡Precaución!**

*Antes de realizar cualquier conexión o desconexión asegúrese de apagar el interruptor que alimenta la tarjeta, este se encuentra en la parte superior derecha del NI ELVIS II.*

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

*9.1 CONEXIÓN DE LA TARJETA EMONA DATEX PARA EL NI ELVIS II. Ver anexo 1*

*9.2 GENERACIÓN DE UNA SEÑAL BPSK.*

Una señal BPSK se generará mediante la aplicación del modelo matemático para la modulación DSBSC.

1. Localice el módulo SEQUENCE GENERATOR en el DATEX SFP y seleccione el código NRZ-M.
2. Conectar una señal de 8KHz DIGITAL a la entrada CLK del SEQUENCE GENERATOR, una señal 100KHz COS a la entrada YDC del MULTIPLIER, la salida LINE CODE del SEQUENCE GENERATOR a la entrada XDC del MULTIPLIER, la salida SYNC se conecta a la entrada TRIG (Figura 9.1).

El módulo generador de secuencias se utiliza para modelar una señal digital y su salida de sincronismo se utiliza para activar el Osciloscopio y así proporcionar una visualización estable. El módulo multiplexor se utiliza para generar la señal BPSK mediante la implementación de su Modelo matemático.

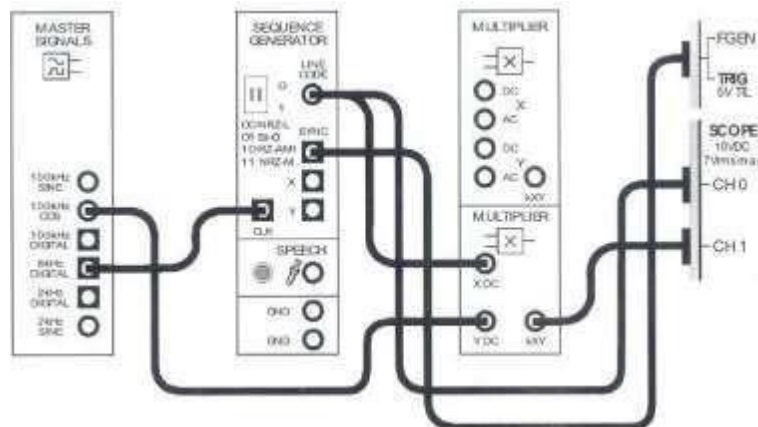


Figura 9.1

3. Poner en marcha y ejecutar el Osciloscopio de acuerdo con el anexo 2 con las siguientes modificaciones:

La escala del CH1 a  $2V/div$ , *Input Coupling* en ambos canales a DC.

El control *Timebase* a  $100 \mu s/div$ .

El control *Trigger Type* a *Digital*.

4. Observar en el Osciloscopio el código de línea NRZ-M (LINE CODE) y la señal BPSK a la salida del módulo MULTIPLIER (KXY), graficar las señales.

Podemos observar que algo sucede cuando la señal digital cambia el nivel lógico, pero es difícil verlo con exactitud. Los siguientes pasos le permiten obtener una mejor visión.

5. Cambiar el reloj a una señal 100KHz DIGITAL (Figura 9.2).

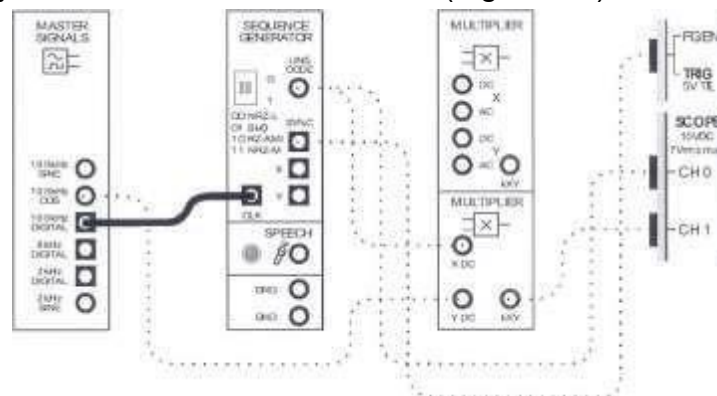


Figura 9.2

6. Ajuste el control del Osciloscopio y graficar las señales.

El NI ELVIS II está siendo operado cerca de los límites de sus especificaciones y así la señal de  $100 kHz$  *cos* se ve un poco triangular. Sin embargo, la pantalla es suficiente para ver lo que ocurre cuando la salida del módulo Generador de Secuencias cambia el nivel lógico.

¿Qué sucede con la señal BPSK en las transiciones lógicas de la secuencia de datos?

### 9.3 DEMODULANDO UNA SEÑAL BPSK UTILIZANDO UN DETECTOR DE PRODUCTO.

Como BPSK es realmente sólo DSBSC (con un mensaje digital en lugar de palabras o la música), se puede recuperar mediante cualquiera de los esquemas de demodulación DSBSC. La siguiente parte de la práctica permite hacerlo usando un detector de producto.

1. Regrese la entrada SECUENCE GENERATOR CLK de 100KHz a 8 KHz señal digital Del módulo MASTER SIGNAL.
2. Ajuste el control *Timebase* del Osciloscopio a 200  $\mu$ s/div.
3. Localice el Filtro *Ajustable LPF* en el DATEx SFP y girar su ajuste  $f_c$  del control completamente hacia la derecha.
4. Ajuste el control de *GAIN* del Filtro *Ajustable LPF* cerca de la mitad de su recorrido.
5. Conecte la misma señal 100 kHz *cos* a la entrada YDC de un segundo MULTIPLIER, la salida KXY del primer módulo MULTIPLIER conectarla a la entrada XDC del segundo MULTIPLIER, la salida de este conectarla a la entrada del Filtro Ajustable LPF. (Figura 9.3).

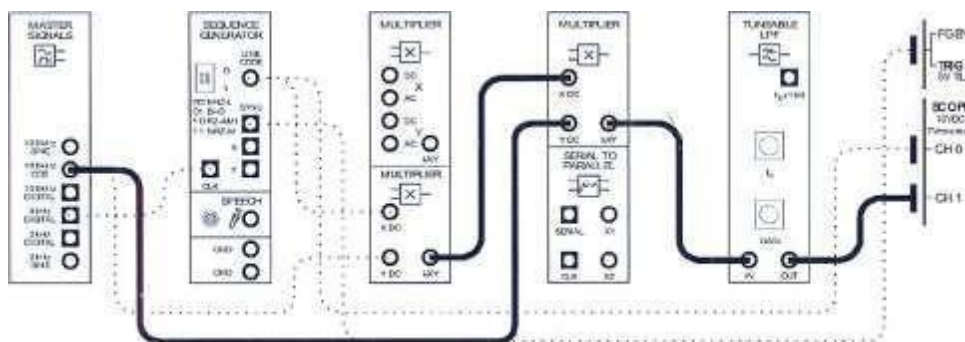


Figura 9.3

El segundo multiplexor y el módulo de Filtro *Ajustable LPF* se utilizan para poner en práctica un detector de producto para recuperar los datos digitales desde la señal BPSK.

6. Observar en el Osciloscopio la salida LINE CODE y la señal a la salida del segundo módulo MULTIPLIER, graficar las señales, y compararlas.
7. Observar en el Osciloscopio la salida LINE CODE y la señal recuperada de BPSK a la salida del filtro Ajustable LPF, graficar las señales, y compararlas.

¿Por qué es la señal digital recuperada no es una copia perfecta del original?

¿Qué se puede utilizar para "limpiar" la señal digital recuperada?

#### 9.4 RESTAURACION DE LOS DATOS RECUPERADOS UTILIZANDO UN COMPARADOR.

La siguiente parte de la práctica le permite utilizar un comparador para limpiar la señal demodulada BPSK.

1. Poner en marcha y ejecutar la Fuente de Alimentación Variable (VPS).
2. La salida del Filtro *Ajustable LPF* conectarla a la entrada REF del COMPARADOR, en la entrada IN de este conectar el voltaje positivo (0V) de la fuente de alimentación variable (VPS) (Figura 9.4).
3. Observar en el Osciloscopio la salida LINE CODE y la salida del Comparador, graficar y comparar las señales.

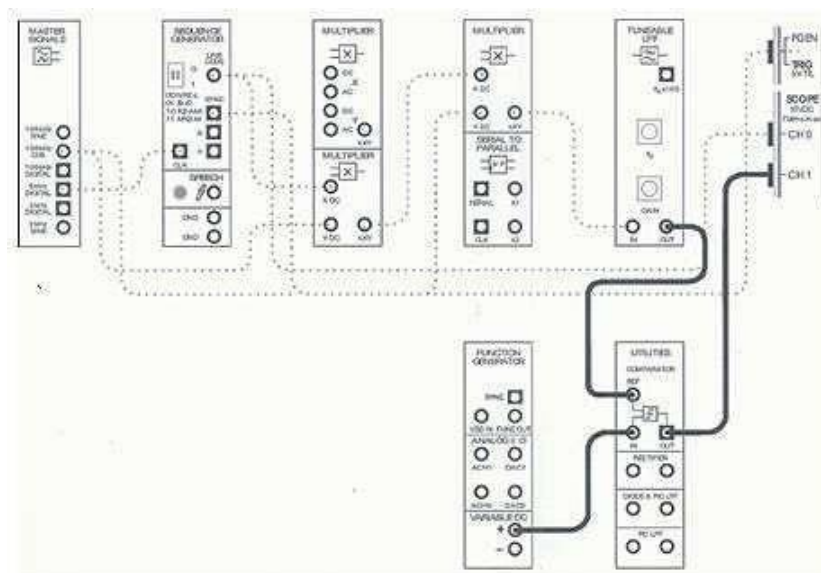


Figura 9.4

4. Comparar las señales. Si no es lo mismo, ajustar la fuente de alimentación variable de salida positiva hasta que lo estén.

### CUESTIONARIO

- 1.- ¿Cuál es relación de Baudios y bps para este tipo de Modulación Digital?
- 2.- Hacer un diagrama de constelación con resultados obtenidos en esta práctica.
- 3.- ¿Cuál es diferencia entre la modulación B-PSK y las modulaciones Q-PSK y 8-PSK?
- 4.- ¿Cómo se calcula la capacidad de un canal?

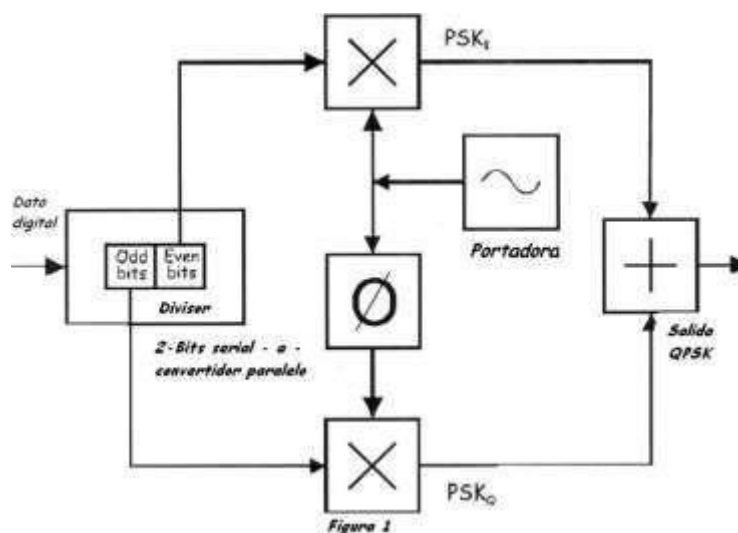
### CONCLUSIONES BIBLIOGRAFÍA

## PRÁCTICA 10 "MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE FASE EN CUADRATURA (QPSK)"

### INTRODUCCIÓN

Como su nombre indica, modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), es una variación de cambio de fase binaria BPSK, es básicamente una modulación DSBSC con un esquema de información digital para el mensaje, aunque, la información digital se envía un bit a la vez, QPSK es también una modulación esquema DSBSC, pero esta envía dos bits de información digital al mismo tiempo (sin el uso de alguna frecuencia portadora).

Reducir a la mitad la velocidad de bits de datos tiene una ventaja significativa, la cantidad del espectro de radiofrecuencias necesaria para transmitir QPSK es confiablemente un medio que requiere para señales BPSK. Esto a su vez da cabida a más usuarios en el canal.



La figura 1 muestra en la entrada del modulador, que los bits pares de los datos digitales se separan por un "divisor de bit" y son multiplicados con una portadora para generar una señal BPSK (llamada  $PSK_I$ ). Al mismo tiempo, los bits impares de los datos se separan del flujo de datos y son multiplicados con la misma portadora para generar una segunda señal BPSK (llamada  $PSK_Q$ ). Sin embargo, la portadora de la señal  $PSK_Q$  es desplazada en fase  $90^\circ$  antes de ser modulada.

Las dos señales BPSK son simplemente sumadas para transmitirse, como tienen la misma frecuencia de portadora, ocupan la misma porción del espectro de radiofrecuencia. El cambio de fase de  $90^\circ$  entre las portadoras permite a las bandas laterales ser separados por el receptor utilizando discriminación de fase.



## OBJETIVO

- Generar una señal QPSK utilizando la tarjeta Emona DATEx

## ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRÁCTICA

- Leer toda la practica
- Hacer una investigación acerca de la modulación QPSK e indicar que resultados espera obtener en esta práctica. (Mediante un análisis previo)

## EQUIPO

Computadora personal con el software adecuado instalado

NI ELVIS II

Tarjeta Emona DATEx

Tres cables BNC a 2mm

Cables banana-banana 2 mm

### ¡Precaución!

Antes de realizar cualquier conexión o desconexión asegúrese de apagar el interruptor que alimenta la tarjeta, este se encuentra en la parte superior derecha del NI ELVIS II.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 10.1 CONEXIÓN DE LA TARJETA EMONA DATEx PARA EL NI ELVIS II. Ver anexo 1

### 10.2 GENERAR UNA SEÑAL QPSK

1. Conecte como se muestra en la figura 10.1.

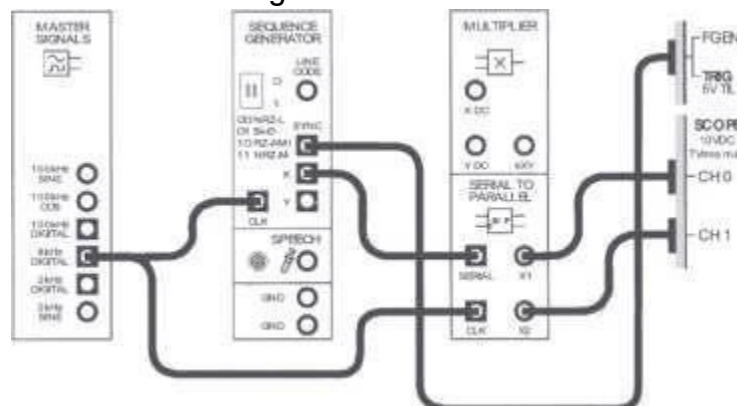


Figura 10.1

El módulo generador de secuencias se utiliza para obtener los datos digitales, el módulo convertidor de serie a paralelo de 2 bits se utiliza para dividir los bits de datos hasta en un flujo de bits pares y nones.

2. Activar los canales de entrada del osciloscopio para observar las dos salidas del módulo convertidor de serie a paralelo.
3. Comparar y graficar las señales  $PSK_I$  y  $PSK_Q$ .
4. Modificar la configuración como se muestra en la figura 10.2. Las líneas punteadas muestran los cables ya existentes.

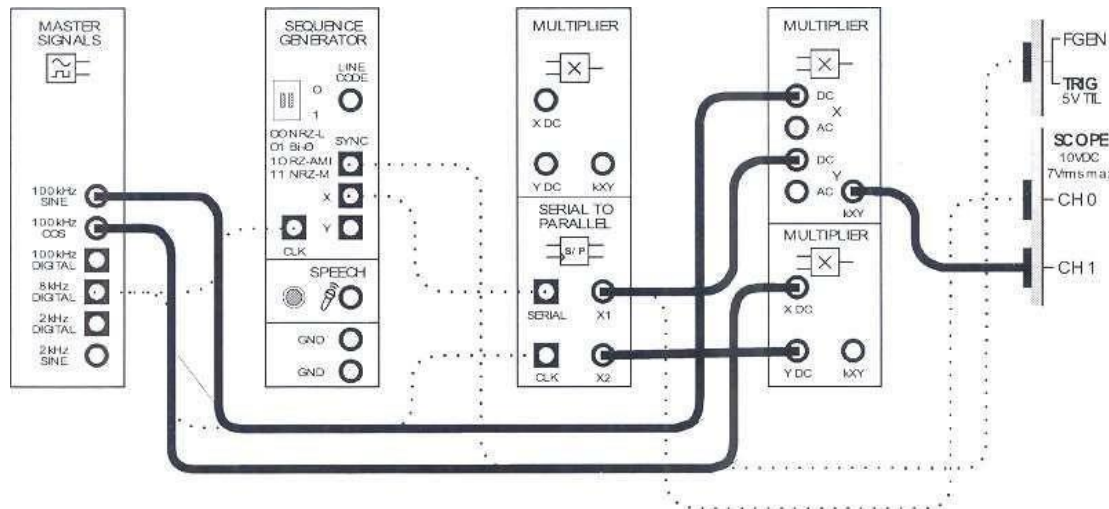


Figura 10.2

Las dos salidas del divisor de bit se conectan a los módulos Multiplicador independiente, la otra entrada a los módulos de multiplicador es una onda sinusoidal de 100 KHz, sin embargo, las señales están fuera de fase una con la otra por  $90^\circ$ , que es un requisito de QPSK.

5. Ajustar el Osciloscopio y compara los bits pares de datos con la salida del módulo multiplicador ( $PSK_I$ ), graficar las señales.
6. Examinar la portadora y ver la forma en que cambia en las transiciones de la secuencia.
7. Observar en el CH0 del Osciloscopio la salida  $PSK_Q$  (X2) comparar y graficar los bits pares de datos con la salida del módulo multiplicador.
8. Examinar la portadora y ver la forma en que cambia en las transiciones de la secuencia.
9. Modificar la configuración como se muestra en la figura 10.3, las líneas punteadas muestran los cables ya existentes.  
El módulo sumador se utiliza para agregar las señales  $PSK_I$  y  $PSK_Q$  para obtener la señal QPSK.





10. Comparar con la señal digital que se está modulando (serial del módulo S/P), cambiar la señal digital de 8KHz a 100KHz para poder apreciar los cambios de fase.

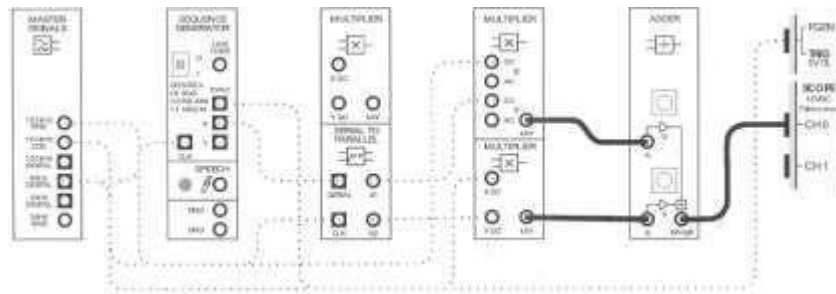


Figura 10.3

11. Desconectar la entrada A del módulo sumador y ajustar el control "g" hasta obtener un voltaje de 4Vpp-p.
12. Volver a conectar el cable a la entrada A del módulo sumador.
13. Desconectar la entrada B del módulo sumador y ajustar el control "G" hasta obtener un voltaje de 4Vpp-p.
14. Volver a conectar el cable a la entrada B del módulo sumador.
15. Graficar la señal QPSK obtenida.

### 10.3 ANCHO DE BANDA QPSK EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA

1. Ajustar el analizador de señales para poder ver el ancho de banda de la señal QPSK.
2. Desconectar y conectar una entrada del módulo sumador y observar los cambios en tiempo y frecuencia, graficar y anotar sus comentarios.

### CUESTIONARIO

2. ¿Cuál es la relación entre la velocidad de bits de las señales digitales  $PSK_I$  Y  $PSK_Q$ ?
3. ¿Qué característica de la salida del multiplicador sugiere que se trata de una señal BPSK?
4. ¿Qué tipo de señal se presenta en la salida del multiplicador?
5. ¿Qué tipo de transmisión de la señal digital está presente en la salida del módulo sumador?
6. ¿Qué es la modulación OQPSK?

### CONCLUSIONES BIBLIOGRAFÍA





## ANEXO 1

### CONEXIÓN DE LA TARJETA EMONA DATEX PARA EL NI ELVIS II

1. Asegúrese de que el interruptor ubicado en la parte trasera del NI ELVIS II esté apagado.
2. Conecte con cuidado la Tarjeta Emona DATEx en el NI ELVIS II.
3. Coloque el interruptor de modo de control en la tarjeta DATEx (esquina superior derecha) en Manual.
4. Conecte el NI ELVIS II a la PC mediante el cable USB y la fuente de poder.
5. Encienda el interruptor de alimentación NI ELVIS II en la parte trasera de la unidad, encender el interruptor de alimentación de la placa de prototipos en la esquina superior derecha, cerca del indicador de energía.
6. Inicie el software NI ELVISmx ubicado en el escritorio de la PC.  
Si el software NI ELVISmx se ha iniciado con éxito, la ventana llamada " ELVIS - Instrumento Launcher" será visible.

### **Notas Importantes para el uso del equipo EMONA DATEx ELVIS II.**

1. Utilizar únicamente los cables suministrados con el equipo ELVIS II.
2. Detener los instrumentos virtuales (STOP) antes de la desconexión de los cables entre cada punto y al final de la práctica.
3. La tarjeta EMONA DATEx es un equipo sensible a cargas electrostáticas.
  - i) Antes de realizar cualquier conexión o desconexión asegúrese de apagar el interruptor que alimenta la tarjeta, este se encuentra en la parte superior derecha del NI ELVIS II.
  - ii) No tocar los conectores de la tarjeta con las manos aun estando apagada ya que esto puede ocasionar una descarga electrostática y dañarla.

## ANEXO 2

### CONFIGURACIÓN DEL OSCILOSCOPIO NI ELVIS II - INSTRUMENTO VIRTUAL

1. Ejecute el Osciloscopio (SCOPE) NI ELVIS II, si se ejecuta correctamente el instrumento será visible, ver figura 1.

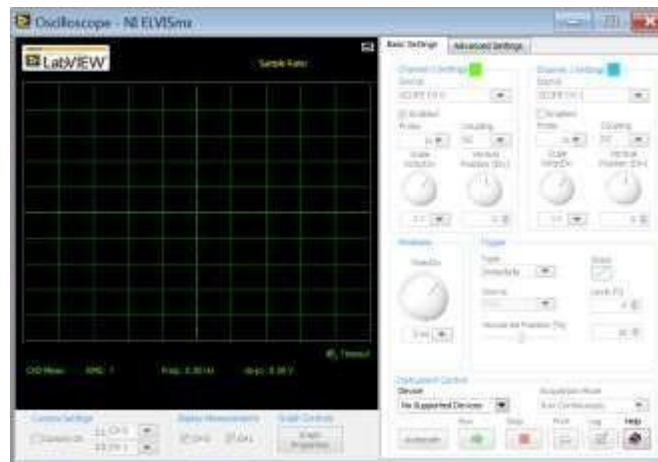


Figura 1

El Osciloscopio NI ELVIS II es operado en los controles del instrumento virtual.

#### 1.1 Configurar el Osciloscopio NI ELVIS II

##### General

- i) Comprobar que la selección de *Cursors On* no este seleccionada (esquina inferior izquierda)
- ii) Comprobar que el control *Source* del canal 0 este fijado a *SCOPE CH 0* y el control *Source* del canal 1 este fijado a *SCOPE CH 1*.
- iii) Comprobar que el control *Probe* este fijado a *1x* para ambos canales.
- iv) Comprobar que el control *Coupling* a *AC* para ambos canales.
- v) Comprobar que el control *Scale Volts/Div* este fijado a *1V* para ambos canales.
- vi) *Comprobar que el control "Vertical Positon" se encuentre a la mitad de su carrera para ambos canales.*

##### Timebase

- i) Fijar el control *Time/Div* a la posición de *500μs*.

##### Trigger

- i) Fijar el control *Type* a *Edge*.
- ii) Comprobar que el control *Level* este fijado a *0*.
- iii) Comprobar que el control *Slope* este fijado en la posición  $\nearrow$ .
- iv) Asegurar que el control *Surce* este fijado a *CH0*.



## ANEXO 3

### CONFIGURACIÓN DEL ANALIZADOR DE SEÑALES DINÁMICAS (DSA):

#### Configuración de entrada

- Voltage Range a  $\pm 10V$

#### FTT Settings

- Frequency Span a 40,000
- Resolution a 400
- Window a 7 Term B-Harris

#### Averaging

- Mode a RMS
- Weighting -a- Exponential
- # de Averages a 3

#### Trigger Settings

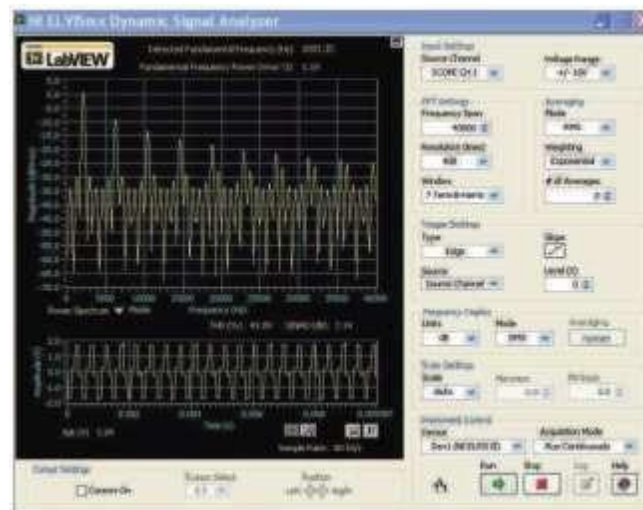
- Type an Edge

#### Frequency Display

- Units a dB
- Mode a RMS
- Scale a Auto
- Cursors On deseleccionados

Este dispositivo realiza un análisis matemático llamado Transformada Rápida de Fourier (FTT) eso permite que las ondas sinusoidales individuales que conforman una forma de onda compleja sean mostradas por separado en una gráfica en el dominio de la frecuencia.

Nota: El Osciloscopio y el analizador de señales comparten recursos y no pueden operar simultáneamente.



El Analizador tiene dos pantallas, una grande en la parte superior y una pequeña en la parte inferior. La pequeña es la representación de la entrada en el dominio del tiempo (la pantalla es como un osciloscopio).

La pantalla grande es la representación en el dominio de la frecuencia de la forma de onda compleja en la entrada (el mensaje muestreado). Las crestas representan las ondas senoidales y, como se puede ver, el mensaje muestreado consiste en muchas de ellas. Por otro lado, esas crestas solo deben ser líneas rectas, sin embargo, la implementación de la práctica de FFT no es como se espera teóricamente.

El analizador Dinámico de Señales tiene dos cursores verticales C1 y C2 por defecto al lado izquierdo de la pantalla, se pueden colocar al tomar las líneas verticales con el ratón y moviendo el ratón hacia la izquierda o hacia la derecha.

El control fino sobre la posición del cursor es obtenido usando el control de posición de cursores que se encuentra en el área de Cursor Settings (debajo de la pantalla).

El Analizador Dinámico de Señales incluye una herramienta que mide las diferencias en magnitud y frecuencia entre los dos cursores. Esta información es desplegada en color verde entre la parte superior e inferior de la pantalla.



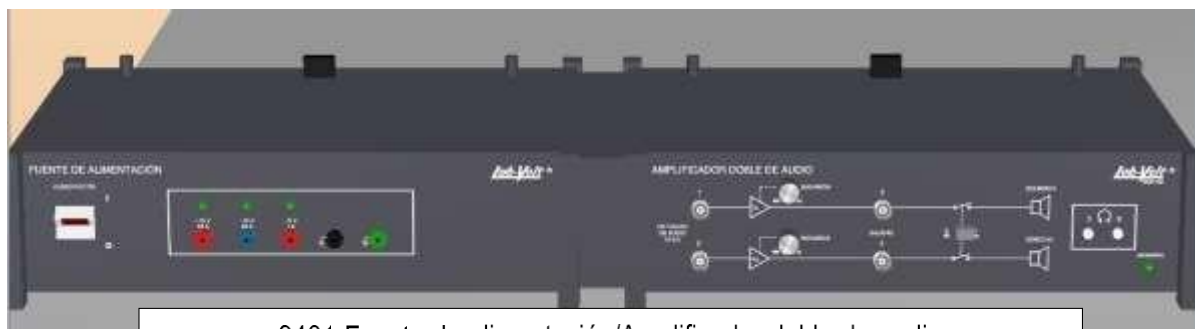
## ANEXO 4 LAB-VOLT



Mesa de trabajo



Equipo virtual completo



9401 Fuente de alimentación/Amplificador doble de audio



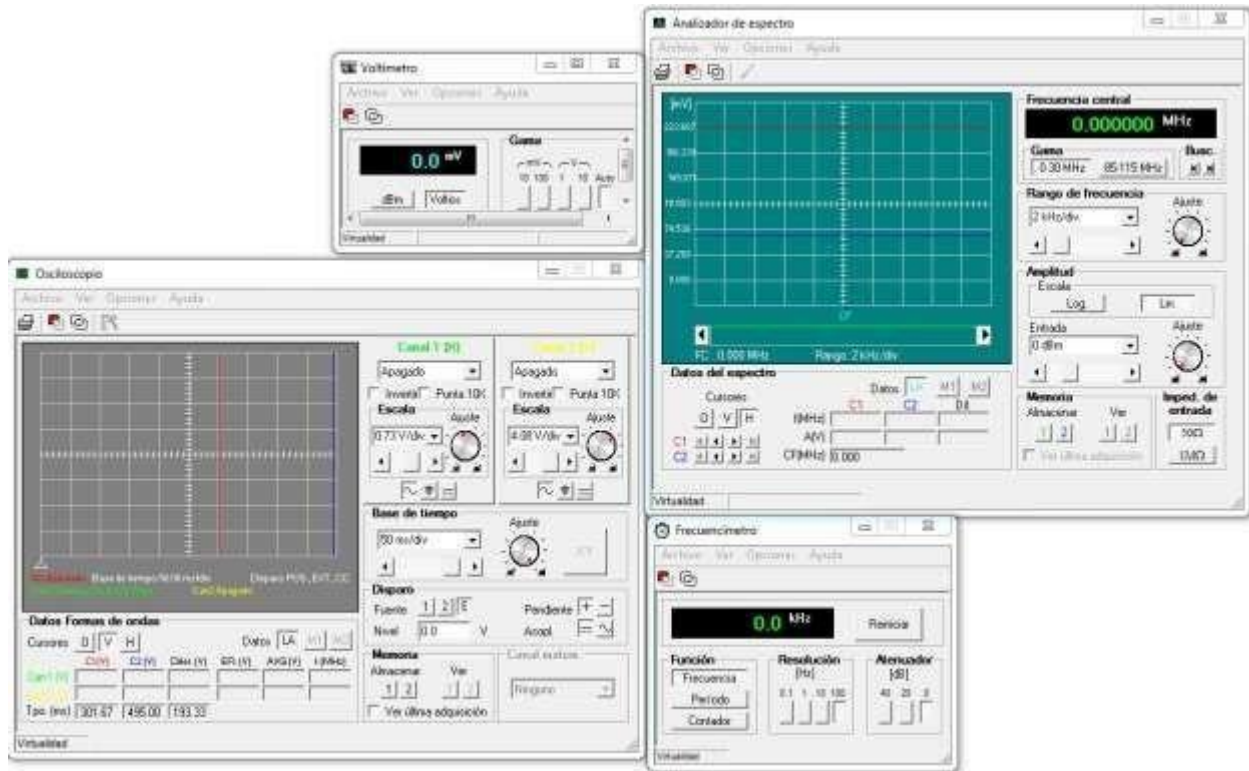
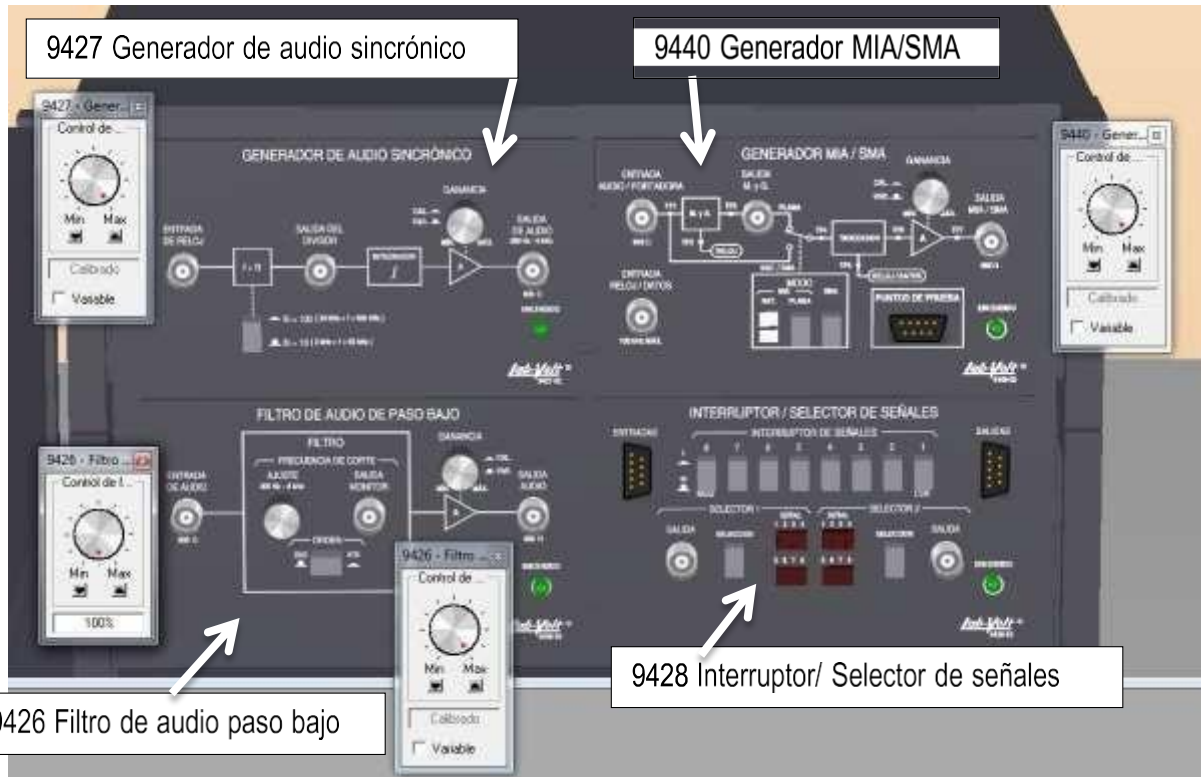
9402 Generador doble de funciones



9407 Interfaz de acoplamiento virtual de prueba



9420 Chasis/Regulador de voltaje



Instrumentos basados en computadora