



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

PRACTICAS DE INSTRUMENTACION VIRTUAL
PARA EL LABORATORIO
DE MEDICION E INSTRUMENTACION

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N:

JOSÉ IVÁN SANDOVAL MALDONADO

IVÁN ARTURO VÁZQUEZ VERGARA

ASESOR: ING. JUAN GASTALDI PÉREZ

ENERO 2010





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS.

JOSE IVAN SANDOVAL MALDONADO

A mi madre, por confiar con fe ciega en mí.

A mi padre, porque sé que siempre puedo contar con él.

A Zyanya, mi hermana, por el apoyo que me há brindado en todos los sentidos.

A mis hermanos, porque sé que están ahí cuando los necesite.

A mi carnal, por lo que representó para mí por todo el tiempo que estuve estudiando y que aún lo representa.

IVAN ARTURO VAZQUEZ VERGARA

A mis padres que nunca han dejado de apoyarme y siempre han estado para ayudarme a corregir mi camino y han tenido paciencia para ello.

A mi hermana Itzel que nos falta mucho por madurar y un gran camino por recorrer.

A una pequeña que siempre está a mi lado.

A mi asesor que tuvo mucha paciencia para la realización de esta tesis.

Y a todos los compañeros de nuestra generación.

INDICE

	Pag.
Índice.....	1
Introducción.....	3
Capítulo 1	
Instrumentación Virtual.....	5
Definición de Instrumento.....	5
El concepto de instrumentación virtual.....	5
Componentes de un instrumento virtual.....	6
Capítulo 2	
Tarjetas de adquisición de datos.....	10
Características de las tarjetas de adquisición de datos.....	11
Capítulo 3	
LABVIEW.....	14
Programar en LabVIEW o en PASCAL.....	16
Programación Modular y Estructurada.....	18
Capítulo 4	
PRACTICA N° 1	
CONOCIMIENTO Y MANEJO DEL SISTEMA “NI ELVIS”.....	25
PRACTICA N° 2	
DIVISOR DE VOLTAJE Y DE CORRIENTE.....	29
PRACTICA N° 3:	
MANEJO DE UN CIRCUITO RC.....	34
PRACTICA N° 4	
TERMOMETRO DIGITAL.....	39
PRACTICA N° 5	
CIRCUITOS CON CORRIENTE ALTERNA.....	44
PRACTICA N° 6	
FILTROS (1ª. Parte).....	49

PRACTICA Nº 7 FILTROS (2ª. Parte).....	56
PRACTICA Nº 8 OPTOELECTRÓNICA.....	64
PRACTICA Nº 9 ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS MEDICIONES ELECTRÓNICAS. GENERADOR DE FUNCIONES Y OSCILOSCOPIO.....	70
PRACTICA Nº 10 ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS MEDICIONES ELECTRÓNICAS. DIODOS: PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS.....	76
PRACTICA Nº 11 ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS MEDICIONES ELECTRÓNICAS. CIRCUITOS INTEGRADOS.....	83
Bibliografía.....	88

INTRODUCCION

Desde la antigüedad, se han utilizado una gran diversidad de instrumentos con el propósito de producir un efecto el cual, si es observado, se tiene la capacidad de controlarlo para razonar y comprender lo que ocurre a nuestro alrededor. Es por ello, que teniendo como base una gran diversidad de herramientas las cuales son utilizadas con distintos objetivos de trabajo se puede hablar de una **instrumentación virtual** ya que en ésta época es fundamental contar con programas computacionales con el objetivo de facilitar el procesamiento, análisis, comunicación, almacenamiento, distribución y despliegue de los datos o información relacionados con la medición de una o varias señales específicas. Es decir, la computadora involucra y revoluciona la interfaz hombre-máquina para un mejor desempeño y por lo tanto un resultado con mayor rapidez y exactitud.

La instrumentación virtual es un concepto introducido por la compañía National Instruments en el año de 1983 con la aportación de Truchard y Kodosky de National Instruments quienes crearon un software que permitía la utilización de una computadora personal (PC) que requiere una serie de elementos primordiales para su buen funcionamiento tales como:

- Software
- Hardware
- Computadora
- Transductores
- Acondicionamiento de una señal (amplificación, aislamiento y lineación)
- Circuitería de adquisición de datos
- Circuitería de análisis

Esto es con el fin de tener programas con buen funcionamiento para el usuario.

La flexibilidad, el bajo costo de mantenimiento, la personalización de cada instrumento, la rápida incorporación de cada instrumento, la rápida incorporación de nuevas tecnologías, la implementación a equipos móviles (laptops), equipos distribuidos en campo (RS-485), equipos a distancia (radio, internet, etc.) o equipos industriales (NEMA 4x, etc.); son las cualidades de contar y manejar una instrumentación virtual; además de que con éste tipo de instrumentación se pueden realizar 3 tipos de funciones básicas tales como adquisición, análisis y presentación de datos.

Para poder definir un modelo de instrumento se tiene que realizar mediante bloques donde existe un módulo llamada SCPI el cual permite una mejor descripción de cada bloque así como también se requiere de tarjetas de adquisición de datos con entradas analógicas, conversión analógica a digital,

márgenes dinámicas de entrada, sistemas de multiplexado, salidas analógicas, entradas y salidas digitales, circuitos de conteo y temporización de entrada y salida.

Con el paso de los años, llega a innovar un software de programación gráfica llamado LabView, éste simplifica y minimiza el tiempo de desarrollo de aplicaciones así como el programa de Pascal, el cual sirve de compilador de datos. Cabe mencionar que con éstas bases se realiza lo que es una programación estructurada, condicional y modular.

Por último, cabe aclarar, la instrumentación virtual y las mejorías que ha tenido a través del tiempo sirven para evaluar un pasado, concretar experiencias y aprovechar situaciones futuras, o para el perfeccionamiento de programación o métodos afines.

CAPITULO 1: INSTRUMENTACION VIRTUAL

Definición de Instrumento

Un instrumento, es una herramienta o aparato que sirve para producir un efecto; para nuestro propósito es un objeto que, si se observa y se controla, podemos usarlo para conocer y entender los fenómenos que ocurren en nuestro alrededor.

De cierta manera estamos acostumbrados a manejar instrumentos que podríamos llamarlos "rígidos" ya que no podemos amoldarlos para desarrollar alternativas de medida. De hecho, los instrumentos actuales ya están pensados para poderlos integrar en los sistemas de instrumentación, que combinan la potencia del cálculo y la flexibilidad de operación de los ordenadores, los software y los instrumentos programables.

Por lo que un instrumento puede tomar diversas formas: desde la más simple hasta la más compleja, basada en una computadora, compuesta por programas para una aplicación que necesitemos utilizar.

El concepto de instrumentación virtual.

La instrumentación virtual es un concepto introducido por la compañía National Instruments. En el año de 1983, Truchard y Kodosky, de National Instruments, decidieron enfrentar el problema de crear un software que permitiera utilizar la computadora (PC) como un instrumento para realizar mediciones. Tres años fueron necesarios para crear la primera versión del software que permitió, de una manera gráfica y sencilla, diseñar un instrumento para la PC.

De este modo se llegó a hablar sobre la "instrumentación virtual" y sus beneficios. El concepto de instrumentación virtual nace a partir del uso de la computadora personal (PC) como "instrumento" de medición de tales señales como temperatura, presión, caudal, etc.

Es decir, la PC comienza a ser utilizado para realizar mediciones de fenómenos físicos representados en señales de corriente (Ej. 4-20mA) y/o voltaje (Ej. (0-5Vdc). Sin embargo el concepto de "instrumentación virtual" va más allá de la simple medición de corriente o voltaje, sino que también involucra el procesamiento, análisis, almacenamiento, distribución y despliegue de los datos e información relacionados con la medición de una o varias señales específicas. Es decir, el instrumento virtual no se conforma con la adquisición de la señal, sino que también involucra la interfaz hombre-máquina, las funciones de análisis y procesamiento de señales, las rutinas de almacenamiento de datos y la comunicación con otros equipos.

Componentes de un instrumento virtual

Para un instrumento virtual, sólo requerimos de una PC, una tarjeta de adquisición de datos con acondicionamiento de señales (PCMCIA, ISA, XT, PCI, etc.) y el software apropiado, pero para una mejor obtención de resultados a partir de un sistema de adquisición de datos podemos considerar una serie de elementos esenciales.

1.1. El procesador.

Dependiendo del procesador que se utilice este determinara la velocidad del proceso del sistema. Si se requiere un proceso en tiempo real de señales en alta frecuencia se necesitara un procesador potente, en aplicaciones simples solo bastara un procesador que trabaje más lento.

1.2 Los transductores.

El transductor es un dispositivo capaz de sensar un fenómeno físico y suministrarle una señal eléctrica que la computadora pueda ser capaz de procesarla.

1.3 El acondicionamiento de una señal.

Cuando se obtiene una señal eléctrica generada por un transductor, por lo regular tiene que ser tratada, convertida o escalada para que el sistema de adquisición pueda aceptarla. Las formas más comunes de condicionamiento de la señal son la amplificación y el aislamiento.

a) La amplificación.

La señal debe ser amplificada de manera que la tensión máxima alcanzable sea igual al valor máximo del rango de entrada del ADC, para poder manejar una resolución máxima.

b) La linealización.

La mayoría de transductores presentan una respuesta no lineal a los cambios de la magnitud física bajo medida, por lo que para obtener una medida significativa, hay que realizar un proceso de linealización mediante módulos circuitales específicos.

c) El aislamiento.

Por seguridad del ordenador es común el aislamiento de las señales procedentes del transductor. El sistema físico del cual se esta obteniendo los datos puede presentar transitorios de alto voltaje que afectarían gravemente al sistema de adquisición o dañar la computadora. También por la razón de

asegurar que las lecturas realizadas no sean afectadas por posibles diferencias de voltajes.

Los circuitos de condicionamiento también se ocupan para filtrado de señales no deseadas, por medio de filtros pasa-bajos con el propósito de eliminar señales de alta frecuencia que puedan afectar la medición.

1.4 La circuitería de adquisición de datos.

El diagrama más sencillo contiene como base, incorporar una tarjeta que se encargue de la adquisición de la señal analógica y que realice la conversión digital.

En la tarjeta las características más relevantes son:

- Entradas analógicas. Son el número de canales analógicos que soporta la placa.
- Salidas analógicas. Es la circuitería que se necesita para proveer de estímulos al sistema de adquisición de datos.
- Entradas y salidas digitales. Son las interfaces que se utilizara en los sistemas de adquisición de datos basados en la computadora para realizar el control de procesos y posibilitar la comunicación con el equipo periférico.

1.5 La circuitería de análisis.

En el mundo actual la capacidad de las computadoras se ha incrementado. La potencia de estas ha llegado hasta el punto que pueden realizar muchas aplicaciones de adquisición de datos y de análisis de resultados. Pero hay aplicaciones que no tienen la suficiente rapidez para responder a las señales del mundo real. Por esta razón, en muchos casos se hace necesaria la utilización de módulos circuitales específicos de análisis basados en procesadores de señal. Mientras este realiza su tarea de cálculo, el procesador de la computadora ejecuta el programa de aplicación.

La potencia de cálculo de estos módulos es de mucha ayuda en cualquier aplicación que requiera alta velocidad de ejecución, como aplicaciones que traten con señales de alta frecuencia y necesiten una respuesta en tiempo real.

1.6 El software.

Los programas ayudan para que la computadora y los circuitos de adquisición de datos puedan adquirir, analizar y mostrar los resultados.

Se podría hablar de tres posibilidades a la hora de programar el hardware.

La primera posibilidad es programar directamente los registros del hardware, esta opción es la más flexible para el diseñador pero es la más cara y la que requiere más tiempo.

La segunda es la utilización de drivers. Los drivers son unos programas que simplifican el proceso de desarrollo de software para la adquisición de datos, y aportan funciones de alto nivel que pueden ser usadas por los lenguajes de programación convencionales. Con los drivers se puede tener la misma flexibilidad que en el caso anterior pero con un ahorro de tiempo considerable.

La tercera posibilidad es usar software de aplicación. Estos añaden altas capacidades de análisis y de presentación a los drivers y al mismo tiempo, permiten integrar el control de instrumentos. Un ejemplo de estos programas el más representativo lo constituye el LabVIEW, de Nacional Instruments.

En el instrumento virtual, el software es la clave del sistema, a diferencia del instrumento tradicional, donde la clave es el hardware. Con el sistema indicado anteriormente, podríamos construir un osciloscopio "personalizado", con la interfaz gráfica que uno desee, agregándole inclusive más funcionalidad. Sin embargo, este mismo sistema puede también ser utilizado en la medición de temperatura, o en el control de arranque/parada de una bomba centrífuga. Es allí donde radica uno de los principales beneficios del instrumento virtual, su flexibilidad. Este instrumento virtual no sólo me permite visualizar la onda, sino que a la vez me permite graficar su espectro de potencia en forma simultánea.

En la siguiente tabla veremos las principales diferencias entre el instrumento convencional o tradicional, y el instrumento virtual:

Instrumento Tradicional	Instrumento Virtual
Definido por el fabricante	Definido por el usuario
Funcionalidad específica, con conectividad limitada.	Funcionalidad ilimitada, orientado a aplicaciones, conectividad amplia.
Hardware es la clave.	Software es la clave
Alto costo/función	Bajo costo/función, variedad de funciones, reusable.
Arquitectura "cerrada"	Arquitectura "abierta".
Lenta incorporación de nuevas tecnología.	Rápida incorporación de nuevas tecnologías, gracias a la plataforma PC.
Bajas economías de escala, alto costo de mantenimiento.	Altas economías de escala, bajos costos de mantenimiento.

La flexibilidad, el bajo costo de mantenimiento, la personalización de cada instrumento, la rápida incorporación de nuevas tecnologías, el bajo costo por función, el bajo costo por canal, etc. son algunos de los beneficios que ofrece la instrumentación virtual.

La instrumentación virtual puede también ser implementada en equipos móviles (laptops), equipos distribuidos en campo (RS-485), equipos a distancia (conectados vía radio, Internet, etc.), o equipos industriales (NEMA 4X, etc.). Existe una tarjeta de adquisición de datos para casi cualquier bus o canal de comunicación en PC (ISA, PCI, USB, serial RS-232/485, paralelo EPP, PCMCIA, Compact PCI, PCI, etc.), y existe un driver para casi cualquier sistema operativo (WIN 3.1/95/XP/NT, DOS, Unix, MAC OS, etc.).

Un instrumento virtual puede realizar las tres funciones básicas de un instrumento convencional: adquisición, análisis y presentación de datos. Sin embargo, el instrumento virtual me permite personalizar el instrumento, y agregarle mucha más funcionalidad sin incurrir en costos adicionales. Conectividad de su instrumento con Ethernet, poder guardar datos en una tabla o archivo compatible con Excel, etc.; las posibilidades son infinitas.

CAPITULO 2: TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Un modelo genérico de instrumento.

Para poder entender con más claridad como podemos construir nuestros propios instrumentos, primero definiremos un modelo de instrumento en forma de diagrama a bloques. Este modelo incluye los más importantes módulos que han de componer un instrumento genérico. A este modelo lo llamaremos SCPI, este nos permitirá de mejor forma describir cada uno de los bloques funcionales de un instrumento genérico. Debemos mencionar que un instrumento concreto no forzosamente tiene que contener todos los bloques de este modelo, sino que puede estar diseñado solo con una parte de estos.

El modulo SCPI contiene los siguientes componentes:

- El encadenamiento de la señal. Controla la conexión de la señal de entrada a las distintas opciones que pueda tener el instrumento.
- El módulo funcional de medida de la señal se ocupa de convertir la señal analógica en una forma que pueda ser procesada por el sistema de instrumentación o por la computadora.
- El modulo de generación de señal tiene como propósito convertir los datos internos procedentes de la computadora en señales analógicas capaces de trabajar en el mundo real.
- La memoria se encarga del almacenamiento de los datos que sean necesarios.
- El modulo de formato se incorpora para representar la función de convertir los datos generados por el instrumento en una forma que pueda ser transmitida mediante un bus estándar.
- El modulo de trigger se ocupa de sincronizar las acciones del instrumento con sus propias funciones internas, con sucesos externos y con sus acciones y funciones de otros instrumentos.

Las tarjetas de adquisición de datos.

La utilización de las tarjetas de adquisición de datos ha conseguido ser parte en muchas aplicaciones por que se conecta directamente al bus de la computadora y permiten adquirir y procesar datos en tiempo real.

Cada modelo de tarjeta presenta varias funcionalidades, lo que proporciona un campo muy amplio y operatividad para las necesidades de medida y control. El objetivo final de esta flexibilidad es la posibilidad de poder adaptar la misma tarjeta a diferentes aplicaciones.

Del modelo genérico SCPI, las tarjetas de adquisición de datos contienen sólo los bloques encaminamiento de la señal, entrada, funciones de medida, funciones de generación de señal y funciones de trigger. Las funciones faltantes como lo son la de cálculo, memoria y visualización tiene que aportarlas la computadora que se utilice.

La función formato del modelo no se implementa generalmente en las tarjetas de adquisición, porque no es necesario convertir los datos adquiridos en un formato estándar para que posteriormente puedan ser enviadas al bus de comunicaciones estándar.

- En la placa de adquisición, el módulo de encaminamiento de la señal controla el camino de las señales de los diferentes canales de adquisición de entrada de la placa hacia los bloques funcionales internos.
- El módulo de entrada realiza el condicionamiento de la señal analógica antes de convertirse en datos digitales.
- El módulo de medida convierte la señal analógica en datos que la computadora pueda manipular.
- El módulo de generación de señal convierte a los datos en señales reales.
- El módulo de *trigger* permite sincronizar la placa con sucesos externos o con otras funciones, ya sean de la misma placa o de otras placas.

El bloque de entrada está constituido por amplificadores y filtros, el bloque de medida lo realizan los convertidores analógicos en digitales y los circuitos de interfaz con el bus de la computadora. Las funciones de generación de señal están realizadas mediante amplificadores, filtros, convertidores digitales a analógicos y otros circuitos de interfaz con el bus. El tipo de señal de salida puede ser en forma de voltaje o de corriente. Finalmente, el bloque de *trigger* se diseña a partir de la circuitería de temporización.

Características de las tarjetas de adquisición de datos.

Las entradas analógicas.

La tarjeta de adquisición tiene que especificar el número de canales de entradas analógicos, la velocidad máxima de muestreo, la resolución, rangos dinámicos de entrada, ruido, no linealidades, precisión y todos los aspectos que puedan afectar la calidad de la señal digitalizada. El número de canales de entrada analógicos tiene que distinguir los que permiten entrada diferencial de los de entrada unipolar. Las entradas unipolares están referenciadas a una tierra común y se utilizan en el caso de trabajar con señales de alto nivel (amplitud superior a 1 V), que provienen de fuentes que se encuentran a poca distancia del centro de adquisición (aproximadamente a 5 metros) y que tienen la misma referencia. Si se tiene que trabajar con señales que no cumplan estos criterios es conveniente utilizar las entradas diferenciales, cada entrada tiene su propia referencia y el posible ruido en modo común que se añade queda eliminado.

La conversión analógica a digital.

Las señales de entrada tienen que ser muestreadas, al menos al doble de la componente frecuencial más alta, es importante que el convertidor analógico digital pueda convertir la señal analógica en palabras digitales en el menor tiempo posible. La velocidad de muestreo determina en cuánto tiempo puede realizarse el proceso de conversión. Un muestreo rápido adquiere más valores en un tiempo determinado que un muestreo lento, y eso permite poder representar mejor la señal original.

La resolución puede darse como el número de bits que utiliza el convertidor para representar la señal analógica. A mayor resolución, mayor número de niveles o divisiones de que disponemos y, por lo tanto, menor es el incremento de tensión entre un nivel y otro.

Los márgenes dinámicos de entrada.

Los rangos de la señal de entrada hacen referencia a los niveles mínimos y máximos de tensión de entrada que el convertidor puede cuantificar. Las tarjetas de adquisición especifican las características dinámicas de sus entradas en términos de ganancia y de tensión de entrada. La mayoría de las tarjetas ofrecen la posibilidad de seleccionar diferentes ganancias y así poder configurar diferentes niveles de rangos de tensión de entrada.

Los sistemas de multiplexado.

El multiplexado es la técnica para poder medir varias señales con un único convertidor analógico digital. Consiste en el hecho de que el convertidor analógico digital toma una muestra de un canal e inmediatamente conmuta al canal de entrada siguiente. Toma una muestra de este canal y vuelve a conmutar al siguiente, y así sucesivamente. Tenemos sólo un convertidor que muestrea varios canales al mismo tiempo, eso significa que la velocidad de muestreo de cada canal individual es inversamente proporcional al número de canales muestreados.

El multiplexado de las señales de entrada hacia las funciones internas de la tarjeta se puede realizar de tres maneras diferentes:

- El método más común es el denominado muestreo continuo. Conmuta cada canal de entrada en las funciones internas en intervalos de tiempo constantes.
- Con el muestreo continuo, todos los canales de entrada se muestrean al mismo tiempo (con una diferencia de nanosegundos) ya que cada canal tiene su propia circuitería de muestreo.
- Con el muestreo a intervalos se obtienen las ventajas del muestreo simultáneo en señales de baja frecuencia y del coste del muestreo continuo. Este método permite muestrear todos los canales rápidamente (con diferencias de microsegundos) en cada barrido y después repetir el proceso en intervalos de tiempo más grandes.

Las salidas analógicas

El convertidor digital analógico determina la calidad de la señal analógica de salida. Los parámetros que miden esta calidad son, el tiempo de establecimiento, el *slew rate* y la resolución.

El tiempo de establecimiento y el *slew rate* determinan con qué rapidez puede variar el nivel de la salida del conversor digital analógico.

El tiempo de establecimiento es el tiempo que necesita la salida para llegar al grado de precisión deseado.

El *slew rate* es el valor máximo de variación de señal que el convertidor digital analógico puede generar a la salida.

La resolución de salida representa el número de bits que hay en el código digital, a partir del cual se genera la salida analógica. A medida que se incrementa el número de bits se reduce la magnitud de los incrementos de tensión de salida.

Las entradas y salidas digitales.

Se utilizan en los sistemas de adquisición basados en la computadora para poder controlar procesos, generar patrones de prueba y test, y hacen posible la comunicación con el equipamiento periférico. Los parámetros más relevantes de esta especificación son el número de líneas digitales disponibles, la cantidad y la velocidad a que los datos digitales pueden entrar y salir y la capacidad de *driver* de los canales.

El número de canales, la capacidad de transmitir los datos y las posibilidades de protocolo son los aspectos más importantes de ésta parte.

Los circuitos de conteo y temporización de entrada y salida.

Algunas aplicaciones son el conteo de ocurrencia de un hecho digital determinado, medidas temporales de pulsos digitales y la generación de señales cuadradas y pulsos.

El *trigger* se utiliza para iniciar y detener la adquisición en función de hechos externos y para sincronizar un proceso de adquisición con otros posibles.

La especificación más significativa para las operaciones de conteo y temporización es la resolución y la frecuencia de reloj. La resolución es el número de bits que utiliza el contador. La frecuencia de reloj determina la velocidad con que podemos variar los estados de la señal digital generada.

CAPITULO 3: LABVIEW

Un instrumento virtual es un módulo software que simula el panel frontal de un instrumento y apoyándose en elementos hardware que son accesibles por la computadora (tarjetas de adquisición, tarjetas DSP, instrumentos accesibles vía GPIB, VXI, RS-232), realiza una serie de medidas como si se tratara de un instrumento real.

Cuando se ejecuta un programa que funciona como instrumento virtual, el usuario observa en la pantalla un panel cuya función es idéntica a la de un instrumento físico, facilitando la visualización y el control de aparato. A partir de los datos reflejados en el panel frontal, el instrumento virtual debe estar recogiendo o generando señales.

Hasta hace poco, la tarea de construcción de un Instrumento Virtual se llevaba a cabo con paquetes software que ofrecían una serie de facilidades; sin embargo, el cuerpo del programa seguía basado en texto, lo que suponía mucho tiempo invertido en detalles de programación que nada tienen que ver con la finalidad de un Instrumento Virtual. Con la llegada del software de programación gráfica LabVIEW, el proceso de creación de un Instrumento virtual se ha simplificado notablemente, minimizándose el tiempo de desarrollo de las aplicaciones.

Cuando se crea un Instrumento Virtual en LabVIEW trabajamos con dos ventanas: Una en la que se implementa el panel frontal y otra que soporta el nivel de programación. Para la creación del panel frontal se dispone de una librería de controles e indicadores de todo tipo y la posibilidad de crear más, diseñados por el propio usuario.

Cuando un control es “pegado” desde la librería en el panel frontal se acaba de crear una variable cuyos valores vendrán determinados por lo que el usuario ajuste desde el panel; inmediatamente, aparece un terminal en la ventana de programación representándolo. El nivel de programación del Instrumento Virtual consistirá en conectar estos terminales a bloques funcionales, hasta obtener un resultado que deseemos visualizar. Los bloques funcionales son íconos con entradas y salidas que se conectan entre sí mediante cables ficticios por donde fluyen los datos, constituyendo el nivel de programación del Instrumento Virtual.

Podemos comparar la ventana de programación con una placa de circuito impreso, donde los terminales del panel frontal se cablean a bloques funcionales (circuito integrado) que se interconectan para generar los datos que se desean visualizar. A su vez, estos circuitos integrados contienen bloques circuitales conectados entre sí, al igual que un icono está formado por la interconexión de

otros iconos. La programación gráfica permite diseñar un Instrumento Virtual de manera intuitiva, poniendo las ideas directamente en un diagrama de bloques, como se haría en un pizarrón en un salón de clases.

El usuario de un sistema de medida debe ser capaz de:

- Definir el procedimiento de test.
- Seleccionar los instrumentos implicados en el test.
- Supervisar la ejecución del test.
- Proporcionar los parámetros iniciales del test.
- Analizar los resultados.

Estas características se consiguen mediante una plataforma hardware y un software, todo ello a través de una interface gráfica con el usuario (tarjeta de adquisición de datos).

El sistema de software empleado constituye una colección de objetos reutilizables que representan a instrumentos físicos, procedimientos de test, actividades de procesado de datos y elementos de interface gráfico, pudiéndose construir nuevas clases de objetos a partir de los ya existentes.

El software de control de los diferentes instrumentos, podría ser específico para cada procedimiento de test diferente, con los siguientes problemas de desarrollo y mantenimiento de la aplicación. La solución es un software que se adapte fácilmente a las diferentes necesidades de medida; estamos hablando de un programa orientado a algún objeto.

El sistema de software empleado construye una colección de objetos reutilizables que representan a instrumentos físicos, procedimientos de test, actividades de procesado de datos y elementos de interface gráfico, pudiéndose construir nuevas clases de objetos a partir de los que ya existen.

Un driver de un instrumento de laboratorio a través de la interface paralela IEEE-488 ofrece un interfaz gráfico, que simule el panel frontal del instrumento físico. Esto significa que desde la pantalla de la computadora debe controlarse el instrumento de una manera similar a como se haría manualmente. Los controles que aparezcan en la pantalla se manejan mediante el Mouse; y el funcionamiento debe ser similar al del instrumento. Este driver debe aprovechar los comandos disponibles, para implementar las funciones existentes en el modo manual, después, será necesario realizar un programa que funcione como driver del instrumento físico existente en el laboratorio.

El LabVIEW nos permite emplear las diferentes funciones de los instrumentos de laboratorio accesibles. A estos drivers de instrumento se les añadió algunas de las librerías propias del paquete de software y se han realizado diferentes instrumentos virtuales, dándoles ese nombre porque no están físicamente disponibles.

Programar en LabVIEW o en PASCAL

Un programa siempre se basa en la construcción de un algoritmo y en el empleo de estructuras de datos. Por algoritmo entendemos la descripción exacta del orden determinado en que se ejecuta un sistema de operaciones para resolver todos los problemas de un mismo tipo.

La implementación de un algoritmo nos lleva a codificar cada una de las acciones que lo constituyen a instrucciones de un lenguaje determinado, obteniendo un programa, para nuestro caso específico, en LabVIEW.

Tipo de dato

El conjunto de valores que puede asumir una variable es tan importante para su caracterización que se le llama **tipo** de la variable. Todas las variables globales deben expresarse en el encabezamiento de los programas.

Siendo la expresión en PASCAL. Var v: T donde v es el identificador de la nueva variable y T su tipo, todas las variables que aparecen en un programa deberán tener un nombre (identificador, y un tipo de dato asociado y solamente uno.)

Al elegir los controles e indicadores para LabVIEW tendremos asociados sus tipos de datos.

CLASES DE DATOS

Tenemos dos clases de datos: Los estructurados y los no estructurados (no divisibles en componentes); a éstos últimos se les llama **escalar**.

Una ventaja de usar tipos de datos es que al declarar el tipo de dato antes de usar una variable, el compilador podrá detectar los errores de empleo de operadores erróneos sobre una variable determinada.

Otra ventaja es que facilita el diseño del compilador. Cada tipo de dato se representa dentro de la memoria de la computadora en un formato determinado. Si los identificadores de tipos se cambiaran durante la ejecución de un programa, la reserva de espacio de memoria se complicaría y la ejecución del programa se alentaría.

La facilidad de diseño del compilador fue uno de los objetivos que se buscaron al diseñar en PASCAL, lo cual requiere que todos los tipos de datos estén declarados antes de usarlos. Cuando el compilador traduce el programa, puede efectuar todas las provisiones necesarias para la reserva de espacio de memoria para cada variable del programa.

En LabVIEW es automática la asignación del tipo de dato al escoger el indicador.

Las principales reglas que se aplican a los tipos de datos en PASCAL también son válidas en LabVIEW:

- Cada variable sólo puede pertenecer a un tipo de dato.
- El tipo de cada variable debe declararse antes de que la variable se use.
- Cada tipo de datos admite sólo determinados operadores.

TIPO ESCALAR

La forma general de una definición de tipo en PASCAL es type t=T donde t es el nuevo identificador, y T la descripción del tipo. Un tipo escalar se describe enumerando sus valores type día = (lunes, martes..., domingo). En la definición se especifican en orden todos sus posibles valores.

Algunos tipos de datos escalares son de uso tan frecuente que se les encuentran en todas las computadoras. Estos tipos, no necesitan definirse en el programa, se asume que el procesador los conoce. Incluyen los valores lógicos, los números enteros, reales y un conjunto de caracteres que pueden ser impresos (Boolean, Integer, Real y Char).

Las propiedades más características de los tipos de datos escalares o elementales son: La indivisibilidad de sus valores y la existencia de una relación de orden entre ellos. (Excepto en REALES donde el predecesor y el sucesor de un determinado valor no se pueden determinar con exactitud).

TIPO ESTRUCTURADO

No tiene sentido hacer referencia al i-ésimo dígito o componente de un entero, pero sí se puede hablar del i-ésimo dígito de la representación decimal de un entero, la cual no es un entero sino una sucesión de caracteres. En este caso, resulta conveniente poder referirse a la representación del número en forma global aunque conste de dígitos individuales. El conjunto de valores o variables reunidos bajo un único nombre colectivo se dice que ésta estructurada, las estructuras de datos son colecciones de datos organizados de una forma determinada. Se construyen a partir de los tipos de datos elementales que ya se han mencionado.

Una colección de datos, cuya organización se caracteriza por las funciones de acceso que se usan para almacenar y acceder a los elementos individuales de datos, es una estructura de datos.

Para las estructuras de datos incorporadas (las suministradas por el lenguaje de programación, el array), el programador puede que nunca conozca cómo se hace este acceso. Para una estructura de datos no suministrada en el lenguaje (la pila), el programador especifica un conjunto de procedimientos y

funciones que realizan las funciones de acceso. El modo de codificación de funciones y procedimientos de acceso debe ser irrelevante para los que usen el programa.

De este modo tenemos tres formas distintas de examinar una Estructura de Datos:

- Nivel Abstracto o Lógico. En este nivel dibujamos la organización y especificamos los procedimientos y funciones generales de acceso.
- Nivel de Implementación. Examinaremos cómo generar los procedimientos y funciones. Se examinarán las distintas formas en que se pueden implementar las estructuras de datos.
- Nivel de Aplicación. La implementación podría cambiarse sin que afectara al uso de la estructura de datos. Consecuentemente, esta estructura y sus funciones de acceso podrían ser usadas por otras aplicaciones con propósitos diferentes.

Programación Modular y Estructurada

Programación Estructurada

Es nuestro objetivo obtener programas lo más claros, simples y fiables posibles. Un criterio que podemos aplicar consiste en intentar que el texto del programa (estructura estática) nos dé una idea clara de la evolución seguida por el programa cuando se ejecuta (estructura dinámica).

A tal fin limitaremos el conjunto de estructuras a:

- Secuencial
- Condicional
- Iterativa

Cualquier programa lo construiremos a partir de estas tres estructuras. Cada sección, si no es elemental, puede a su vez descomponerse en otras que así lo desean. (Diseño Top-Down)

La estructura secuencial

Un proceso será secuencial cuando conste de una serie de acciones elementales, que se ejecutarán en el orden que se han escrito.

Así, para realizar el proceso PAN CON TOMATE las acciones que realizaremos serán:

Inicio_Secuencia

- | | |
|----------|-----------------|
| Acción 1 | Cortar el pan |
| Acción 2 | Abrir el tomate |
| Acción 3 | Untar el pan |

Acción 4 Poner aceite
Fin_Secuencia

La estructura condicional

La emplearemos cuando dos acciones alternativas y excluyentes dependen de una condición.

En lenguaje natural diremos SI “hace sol” ENTONCES “iré a la playa” SI NO “me quedo en casa”.

IF “hace sol” THEN “iré a la playa” ELSE “me quedo en casa”.

La condicional múltiple puede ser generada a partir de IF encadenado o mediante la instrucción CASE.

CASE <nombre variable selector> OF

Caso 1: acciones a realizar;
Caso 2, caso 3: acciones a realizar;
OTHERWISE acciones a realizar
END;

La variable selector debe ser un tipo ordinal (cada elemento tiene sucesor y predecesor y solo uno).

La estructura repetitiva o iterativa

“Mientras haya luz recoge las sillas del jardín”
“Pon las papas en la cazuela hasta que esté llena”
“Copia cien veces la lección”

Son acciones que implican la repetición sistemática de un proceso (recoger una silla, poner una papa, copiar una lección), pero existen diferencias entre ellas.

El primer caso se implementa en PASCAL como “WHILE” \ “DO”; repetimos la acción mientras la condición es cierta. Si es falsa de entrada no se ejecuta nunca.

El segundo caso se implementa en PASCAL como “REPEAT” \ “UNTIL”; repetimos la acción hasta que la condición se cumple. Si al empezar ya es cierta la condición, la acción o acciones se ejecutan como mínimo una vez.

El tercer caso se implementa en PASCAL como “FOR” \ “TO” \ “DO”; repetimos la acción o acciones tantas veces como nos indica una variable contador. También es posible construirla mediante “FOR” \ “DOWNTO” \ “DO” donde la variable contador en lugar de incrementarse se decrementa.

LabVIEW dispone de las estructuras WHILE LOOP y FOR LOOP.

Programación Modular

La programación modular es un tipo de diseño y tiende a dividir el problema total en aquellas partes que poseen personalidad propia. Diseño Top-Down.

Frecuentemente debe repetirse una cierta secuencia de sentencias en varios lugares dentro de un programa. Muchos lenguajes de programación ofrecen una posibilidad de subrutina (subprograma). Este mecanismo posibilita asignar un nombre libremente elegido a una secuencia de sentencias y entonces utilizar este nombre como una abreviatura en cualquier parte en que aparezca esta secuencia de sentencias.

La definición de la abreviatura se llama DECLARACION DE PROCEDIMIENTO o DECLARACION DE FUNCION. Su utilización en el programa se denomina LLAMADA DE PROCEDIMIENTO o LLAMADA DE FUNCION. Su nombre debe seguir la misma construcción que para las variables.

En PASCAL el procedimiento sirve como instrumento para abreviar el texto y, como un medio para hacer particiones y estructurar un programa en componentes cerrados y lógicamente coherentes. La partición es esencial en la comprensión de un programa, particularmente si es tan complejo que el texto tiene una longitud tal que sea imposible recorrerlo de un vistazo. La estructura en subrutinas, es indispensable tanto para la documentación como para la verificación del programa.

De este modo un SUBPROGRAMA es una parte autónoma del programa que realiza una misión o función definida, la cual puede ser invocada por otras partes del programa siempre que se necesite para desarrollar esa función. Cuando cierta secuencia de sentencias aparece en varios lugares del programa en forma no idéntica pero muy similar, de tal modo que la diferencia entre las ocurrencias individuales pueden eliminarse por la sustitución sistemática de identificadores o expresiones, entonces escribiremos una única secuencia de sentencias donde las entidades que se sustituirán se llamarán PARAMETROS DEL PROCEDIMIENTO o FUNCION.

Si una secuencia particular de operaciones se aplica a diferentes operandos en diferentes partes del programa, la secuencia se formula como un procedimiento, y los operandos devienen parámetros. Los identificadores introducidos en el encabezamiento del procedimiento para denotar los operandos se llaman PARÁMETROS FORMALES, (definidos tras el subprograma, están entre paréntesis).

Los objetos que sustituyen a los parámetros formales se llaman PARÁMETROS ACTUALES, y se especifican en cada llamada a procedimiento. El tipo del parámetro actual está determinado por el tipo del parámetro formal, como

está especificado en el encabezamiento del procedimiento. La correspondencia se establece por la posición que ocupa cada uno. El pase de parámetros puede ser de dos tipos: Por valor (entrada) y por variable (salida).

- VALOR (entrada): El parámetro formal toma el valor del actual, realizando el subprograma las acciones pertinentes con este valor. Pero no afectará al valor del parámetro actual.
- VARIABLE (salida): En la cabecera aparece el símbolo VAR delante del parámetro, el cuál representará el resultado de un subprograma. Afecta el valor de los parámetros actuales.

Un procedimiento puede ser referenciado simplemente escribiendo su nombre seguido de la lista opcional de parámetros. Los parámetros deben ir encerrados entre paréntesis y, si hay más de uno, separados por comas. Cuando se efectúa una llamada a procedimiento, el control se transfiere automáticamente al comienzo del mismo, transfiriendo en su caso los datos entre cada parámetro actual (incluido dentro de la referencia al procedimiento) y su parámetro formal correspondiente (definido dentro del propio procedimiento). Los parámetros actuales reemplazan a los formales, creando así un mecanismo de intercambio de información entre el procedimiento y su punto de referencia. Cuando se han ejecutado todas las acciones del procedimiento se devuelve el control automáticamente a la sentencia inmediatamente posterior a la referencia del procedimiento.

Pase por valor

Program muestra (input,output);

```
VAR a,b : integer;  
    c,d : real;
```

```
Procedure FLASH (x:integer,y:real);  
begin  
    . (*se procesan los valores de x e y *)  
end;
```

```
begin (*programa principal*)
```

```
    .  
    Flash (a,c); (primero de tipo entero y segundo de tipo real*)  
    Flash (b,d);  
    .  
end.
```

Toda llamada al procedimiento debe llevar dos parámetros actuales, el primero de los cuales debe ser de tipo entero y el segundo real. Así lo indica el encabezado del procedimiento.

Pase por variable

```
Program muestra (input,output);
VAR a,b : integer;
    c,d : real;

    Procedure Flash (VAR x:integer;VAR y:real);
    Begin
        .
    end;

Begin (*programa principal*)
    .
    .   Flash (a,c);
        Flash (b,d);
    .
end.
```

Los parámetros actuales a,c sustituyen a los formales x,y. Si el valor de x o y se altera dentro del procedimiento, se producirá la correspondiente alteración del valor de a o c en el bloque principal. Los parámetros actuales concuerdan con los formales en número y tipo, pero tienen que ser variables, no pueden ser constantes o expresiones. Permiten la transferencia de información en ambos sentidos.

Se recomienda hacer figurar siempre en la lista de parámetros formales todos los identificadores usados en el bloque interno de un procedimiento o función. Se debe evitar el uso de identificadores ya utilizados en otro bloque. Aunque sea válido usar identificadores con nombres idénticos a identificadores globales suele originar errores.

Estructura Semejante al Procedimiento la Función sólo devuelve un valor de tipo simple (integer, real, char, boolean, declarados, string, subrango y pointer) a su punto de referencia. Se referencia especificando su nombre dentro de una expresión como si fuera una variable ordinaria de tipo simple. El nombre de la función viene seguido por uno o más parámetros actuales encerrados entre paréntesis y separados por coma. Los parámetros actuales pueden ser variables, constantes o expresiones de cualquier tipo además de los simples.

Program Ecuación

```
VAR NUM1,NUM2,NUM3,NUM4: integer

FUNCTION TRINOMIO (a,b,c,x:integer):integer
Begin
    Trinomi:=a*SQR(x)+b*x+c
End;
```

```
Begin (*Program principal)
  z:=trinomio (NUM,NUM2,NUM3,NUM4)
End
```

El identificador que representa el nombre de la función debe tener asignado un valor del tipo apropiado. Pueden asignarse valores al nombre de la función en dos o más puntos dentro del bloque; pero tras una asignación no se puede alterar posteriormente con otra.

En LabVIEW, la utilización de subprogramas simplifica la programación. No existe diferencia de funciones y procedimientos. Un subVI se puede ejecutar toda la aplicación. Algo impensable en PASCAL donde un procedimiento necesita ejecutarse dentro del programa. El pase de parámetros es a través de los terminales de conexión del bloque, donde aparecen un determinado número de terminales definidos en la creación del icono correspondiente del subVI, donde los parámetros de entrada serían el pase por valor de PASCAL y los de salida el pase por variable.

Dos características fundamentales son exigibles al software:

- Debe ser capaz de controlar todo el sistema (instrumentos GPIB, VXI, comunicación serie).
- Debe permitir realizar un diseño personalizado del instrumento. El instrumento resultante será denominado *instrumento virtual*.

Así, el software de control gestiona los procedimientos de medida (enviando las órdenes que los instrumentos deben ejecutar y adquiriendo los datos medidos) y procesa los datos procedentes de los diferentes instrumentos conectados al ordenador personal. Para disminuir el tiempo de programación necesario y reducir las dificultades de desarrollo de la aplicación, han sido creadas algunas herramientas de programación orientadas al control de instrumentación. Este conjunto de herramientas constituye lo que se denomina *software de instrumentación virtual*.

La estructura típica de un programa de instrumentación virtual consta de los siguientes módulos:

- Interfaz gráfica
- Programa de control
- Adquisición de datos
- Análisis de datos

Interfaz gráfica (User Interface)

Con el editor de la interfaz de usuario se pueden construir, paneles interactivos para nuestro programa de tal manera que la interfaz gráfica se adecuará a nuestras necesidades, y gracias a ella podremos ver todo tipo de

señales y datos necesarios para la interpretación de la aplicación en curso. Para todo esto se dispone de una serie de controles, cajas de diálogo y menús.

Programa de control (Program Control)

Nos permite llevar a cabo toda la aplicación: la adquisición de los datos, el análisis de éstos y la manipulación de la interfaz gráfica. Los softwares de instrumentación virtual nos proveen de lenguajes de alto nivel, cómo pueden ser los lenguajes gráficos o el lenguaje C.

Adquisición de datos (Data Acquisition)

A la hora de adquirir datos es necesario realizar un control esmerado del proceso de adquisición y también de la tarea que debe realizar cada dispositivo (instrumento o tarjeta de adquisición) en cada momento. El software de instrumentación virtual permite realizar operaciones como la lectura o la escritura en cualquier instrumento.

Análisis de datos (Data Analysis)

Algunas de las opciones que nos proporciona el software de instrumentación virtual son el procesado de la señal, la realización de operaciones estadísticas sobre los datos, su adecuación a un tipo de formato para poder ser escritos en un fichero, etc.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ARAGÓN

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE MEDICION E INSTRUMENTACION

PRACTICA N° 1
CONOCIMIENTO Y MANEJO DEL SISTEMA NI ELVIS

OBJETIVO:

Que el alumno conozca y se familiarice con la estación de trabajo NI ELVIS mediante componentes electrónicos que son ensamblados sobre la protoboard y posteriormente analizarlos con el software NI ELVIS.

INTRODUCCION:

El sistema NI ELVIS consiste de un espacio de trabajo donde el hardware nos permite construir y experimentar mediante una comunicación con la pc que la establece el software NI ELVIS.

El software NI ELVIS creado en el Lab VIEW tiene dos principales tipos de instrumentos, los instrumentos del panel frontal (SFP) y el Lab VIEW APIs, los cuales están en el Lab VIEW VIs para empleo de control y acceso de las características de la estación de trabajo NI ELVIS.

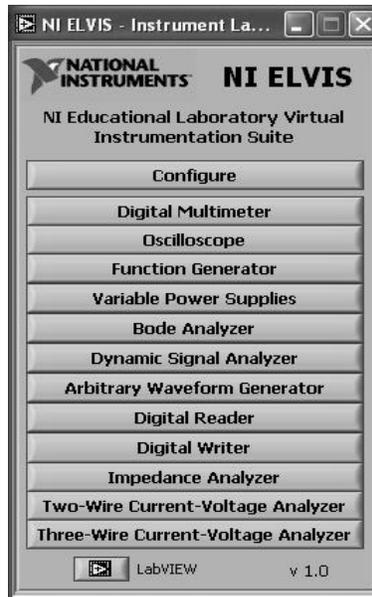


TRABAJO DE LABORATORIO.

A continuación se enumeran los pasos que el alumno debe seguir para poder llevar a cabo esta práctica en la estación de trabajo NI ELVIS:

NOTA: Cualquier duda o aclaración consulte a su instructor de laboratorio.

1. Encienda tanto computadora como monitor.
2. Encienda la estación de trabajo NI ELVIS.
3. En el monitor se desplegaran los diferentes programas que están instalados en dicha computadora. Identifique el icono correspondiente al programa NI ELVIS y haga doble clic sobre él icono.
4. La siguiente pantalla se desplegara en su monitor. NOTA: Asegúrese que la estación de trabajo NI ELVIS esta en funcionamiento.



5. Inserte dos conectores tipo banana que guíen a la entrada de corriente del DMM en el panel frontal de la estación de trabajo. Conectar el extremo al otro lado de los resistores.
6. Después de iniciar la ubicación de instrumentos sobre la pantalla de la computadora. Seleccione multímetro digital.



7. El multímetro digital puede ser usado para una variedad de operaciones, en esta practica utilizaremos la función DMM (Digital Multimeter).
8. Presione el botón ohm (Ω). Evalúe R1, R2 y R3.
9. Usando el botón de capacitor ($\text{--}\text{+}$), evalúe el capacitor (c)
10. Llene la siguiente tabla:

- R1 _____ Ω (1.0 k Ω nominal)
- R2 _____ Ω (2.2 k Ω nominal)
- R3 _____ Ω (1.0 M Ω nominal)
- C _____ (μf) (1 μf nominal)

NOTA: Si usted esta usando un capacitor electrolítico asegúrese conectar el positivo del capacitor a la corriente positiva de entrada del DMM y presione el botón electrolítico DMM.

MATERIAL DE LABORATORIO

- R1 = 1.0 k Ω (café, negro, rojo)
- R2 = 2.2 k Ω (rojo, rojo, rojo)
- R3 = 1.0 M Ω (café, negro, verde)
- C = 1 μf

PANELES FRONTALES DEL NI ELVIS A UTILIZAR:

- Ohmetro Digital (DMM [Ω])
- Medidor de capacitancia digital (DMM [$\text{--}\text{+}$])

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ARAGÓN

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE MEDICION E INSTRUMENTACION

PRACTICA N° 2
DIVISOR DE VOLTAJE Y DE CORRIENTE.

OBJETIVO:

Construir un circuito divisor de voltaje y utilización del DMM para evaluar la corriente en el NI ELVIS.

INTRODUCCION:

Para poder iniciar en el armado de circuitos sobre la estación de trabajo manejaremos algunas definiciones como son la ley de ohm y de un circuito divisor de voltaje.

La ley de Ohm establece que el voltaje entre los extremos de muchos tipos de materiales conductores es directamente proporcional a la corriente que fluye a través del material, es decir;

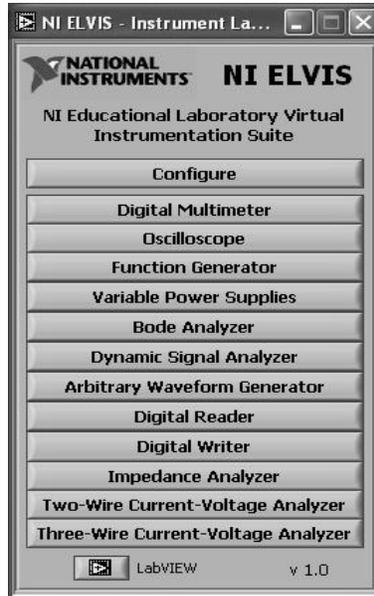
$$v = Ri$$

Donde la constante de proporcionalidad R recibe el nombre de resistencia. La unidad de resistencia es el ohm, el cual es igual a 1V/A y generalmente se simboliza por una omega mayúscula, Ω .

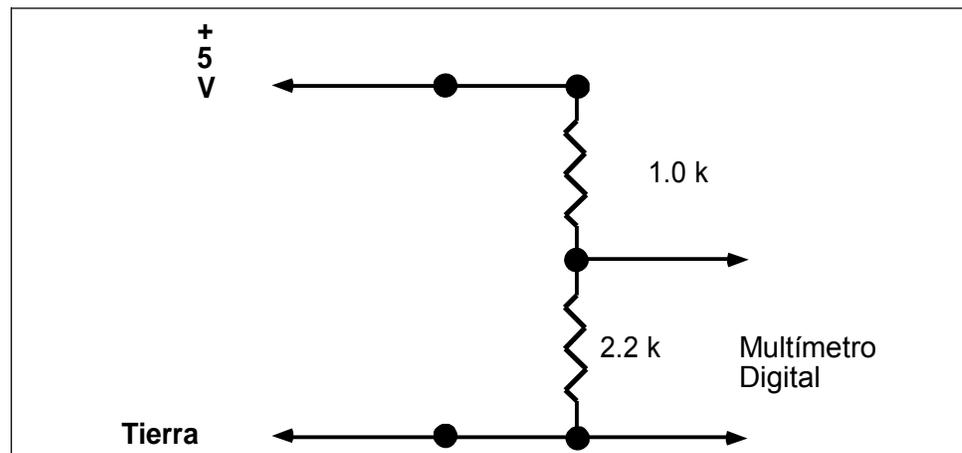
El divisor de voltaje se usa para calcular el voltaje que hay en cada uno de los tantos resistores en serie en términos del voltaje en la combinación

TRABAJO DE LABORATORIO:

11. Encienda tanto computadora como monitor.
12. Encienda la estación de trabajo NI ELVIS.
13. En el monitor se desplegarán los diferentes programas que están instalados en dicha computadora. Identifique el icono correspondiente al programa NI ELVIS y haga doble clic sobre él icono.
14. La siguiente pantalla se desplegará en su monitor. NOTA: Asegúrese que la estación de trabajo NI ELVIS está en funcionamiento.



15. Utilizando los dos resistores R1 y R2 de la práctica anterior ensamble los siguientes circuitos en el NI ELVIS.

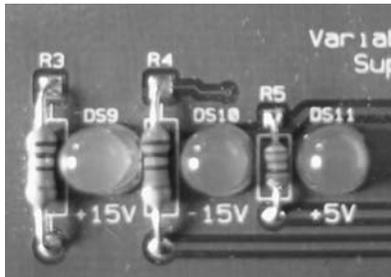


16. La entrada del voltaje V_o esta conectado al pin (+5V) y el común para el NI ELVIS (tierra). Conectando la guía externa a la entrada del voltaje DMM (HI) y (LO) en el panel frontal de la estación de trabajo NI ELVIS.



NOTA: NI ELVIS tiene entradas separadas de voltaje y corriente, asegúrese de conectarlas correctamente

17. Revise sus circuitos y encienda el switch de energía, los tres indicadores de energía LEDs +15V, -15V y 5V ahora deben parpadear.



18. Desde el panel frontal DMM conecte a la entrada del circuito (V_o) y evalúe el voltaje de entrada utilizando el DMM (V).

La salida del voltaje V_1 debe ser $R_2/(R_1+R_2)*V_o$.

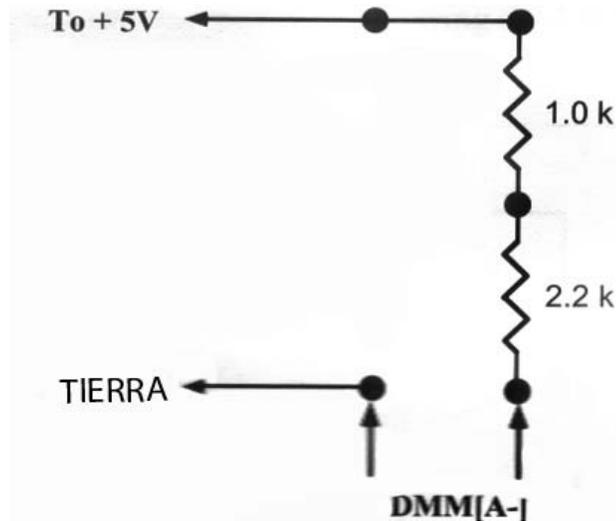
19. Utilizando los valores previamente evaluados para R_1 , R_2 y V_o , calcular V_1 . Entonces utilice el DMM (V) para poder evaluar el voltaje actual V_1 .

V_1 (calculado) _____

V_1 (evaluado) _____

¿Cuanto fue el margen de error del valor evaluado de acuerdo con su valor calculado?

20. A continuación se utilizará el DMM para evaluar la corriente y elabore el siguiente circuito:



En la ley de Ohm, la corriente I es igual a $V1/R2$ para el circuito con los valores evaluados de $V1$ y $R2$, después haga una evaluación directa, haciendo esto desde el panel frontal de la entrada de corriente DMM, con una entrada alta y baja. Conecte las salidas del circuito tal y como se muestra en el diagrama.

Seleccione la función DMM (A) y evalúe la corriente.

I (calculado) _____

I (evaluado) _____

Cuanto fue el margen de error del valor evaluado de acuerdo con su valor calculado?.

MATERIAL DE LABORATORIO

- $R1 = 1.0 \text{ k}\Omega$ (café, negro, rojo)
- $R2 = 2.2 \text{ k}\Omega$ (rojo, rojo, rojo)
- $R3 = 1.0 \text{ M}\Omega$ (café, negro, verde)

PANELES FRONTALES DEL NI ELVIS A UTILIZAR:

- Ohmetro Digital (DMM [Ω])
- Voltímetro Digital (DMM [V])

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FES ARAGON

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
LABORATORIO DE MEDICION E INSTRUMENTACION

PRACTICA N° 3:
MANEJO DE UN CIRCUITO RC

OBJETIVO:

Que el alumno implemente sobre la protoboard del NI ELVIS el circuito resistivo-capacitivo (RC) y observe el comportamiento del circuito en la gráfica.

INTRODUCCION:

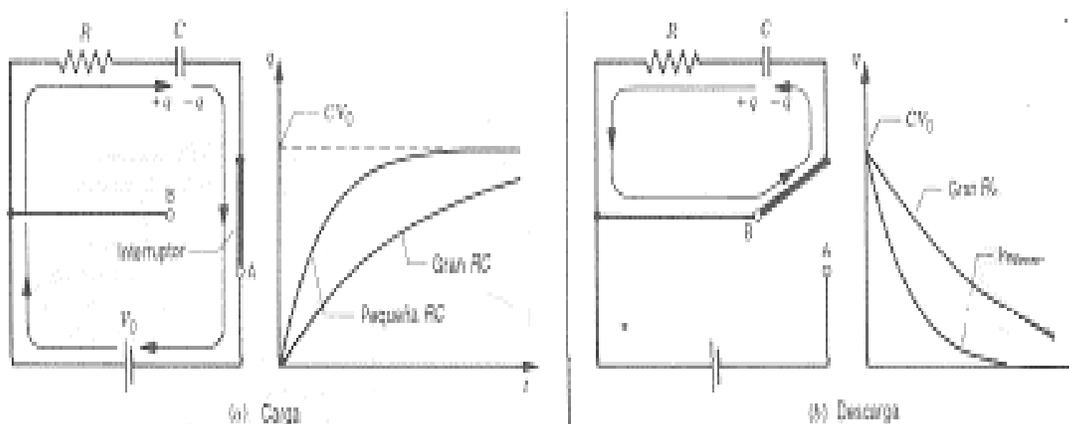
El simple acto de cargar o descargar un capacitor, se puede encontrar una situación en que las corrientes, voltajes y potencias si cambian con el tiempo, los capacitores tienen muchas aplicaciones que utilizan su capacidad de almacenar carga y energía; por eso, entender lo que sucede cuando se cargan o se descargan es de gran importancia práctica.

Muchos circuitos eléctricos contienen resistores y capacitores. La carga/descarga de un capacitor tiene muchas aplicaciones.

Por ejemplo algunos automóviles vienen equipados con un elemento mediante el cual los limpiadores del parabrisas se utilizan de manera intermitente durante una llovizna ligera. En este modo de operación los limpiadores permanecen apagados durante un rato y luego se encienden brevemente.

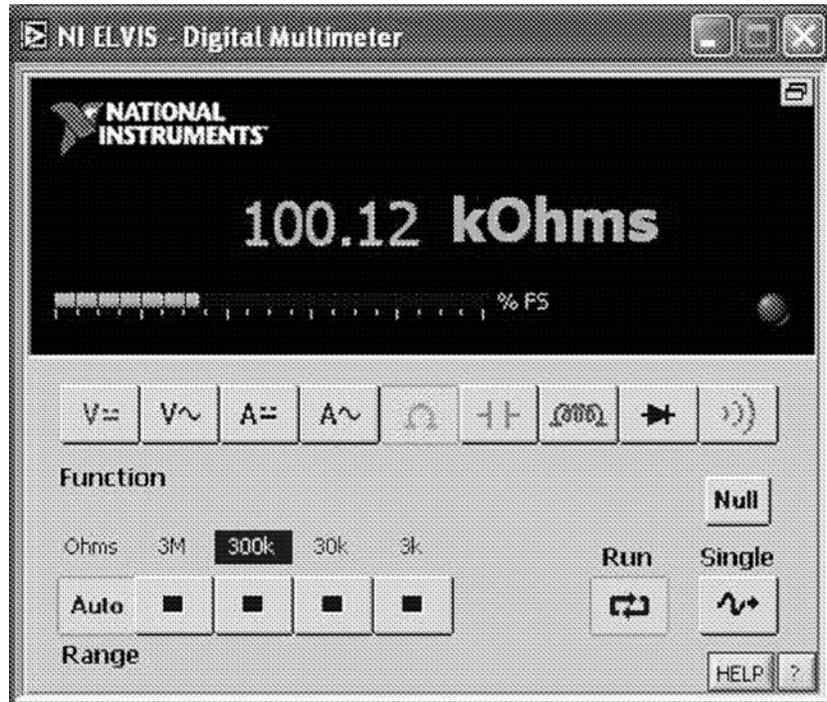
La duración del ciclo encendido/apagado es determinada por la constante de tiempo de una combinación resistor-capacitor.

La figura ilustra un ejemplo de un circuito resistor-capacitor, o circuito RC. En la parte a del dibujo un interruptor completa el circuito en el punto A, de modo que la batería puede cargar las placas del capacitor. Cuando el interruptor esta cerrado, el capacitor no se carga de inmediato. En vez de lo anterior, la carga llega gradualmente a su valor de equilibrio de $q = CV_0$, en donde V_0 es la tensión de la batería.

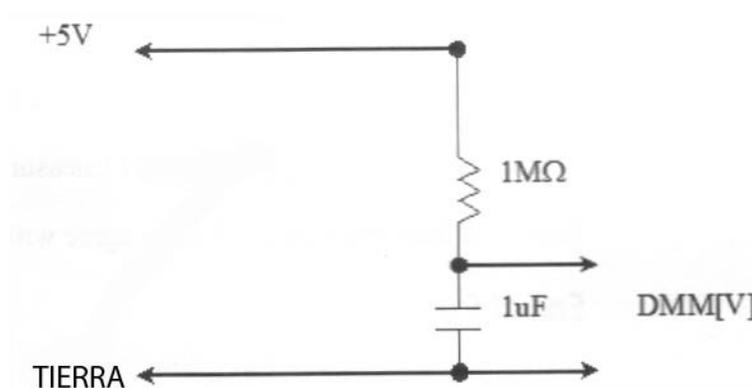


TRABAJO DE LABORATORIO:

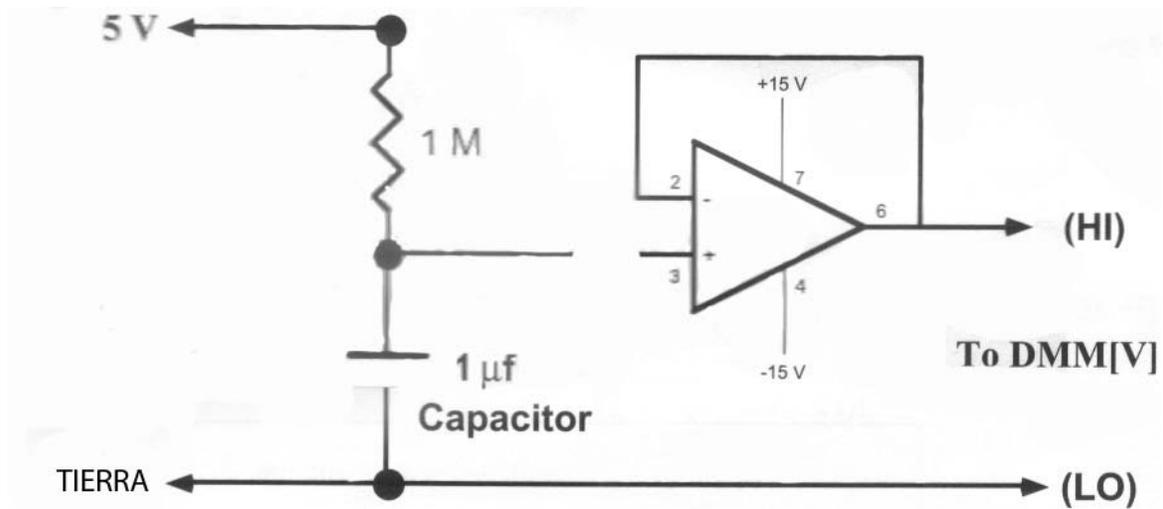
1. Construir el circuito tal y como se muestra en el diagrama, este utiliza un circuito divisor de voltaje (que fue utilizado en la práctica anterior) en donde R1 es remplazado con R3 ($1\text{M}\Omega$) y R2 es remplazado con el capacitor $1\mu\text{F}$ (C). Seleccione del panel frontal DMM (V).



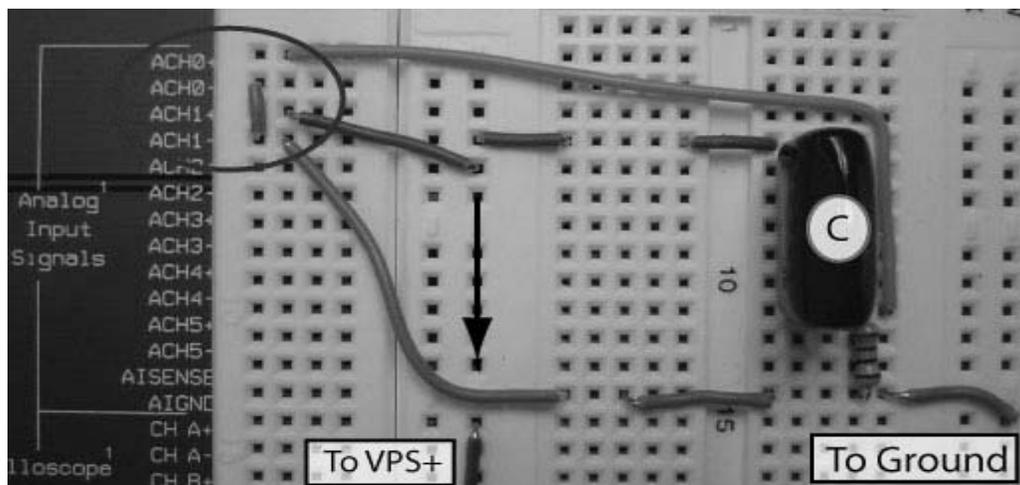
NOTA: La versión NI ELVIS 1 tiene una salida de entrada limitada ($1\text{M}\Omega$) para el canal DMM.

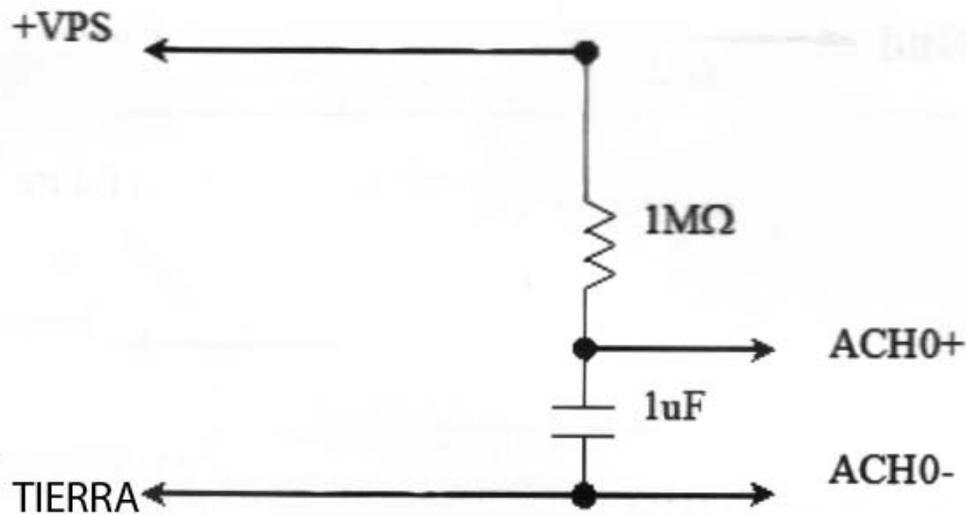


- Al polarizar el circuito y cuando el voltaje cruce el capacitor, este aumentara exponencialmente. Polarice el circuito y observe el cambio de voltaje sobre la pantalla DMM, le tomara casi 5 segundos para aumentar el valor de V_o . Cuando su circuito de energía se apaga, el voltaje a través del capacitor desciende exponencialmente a 0 volts.
- Solución de Impedancia Limitada. Utilizando un FET OPAMP (LM356), construir un circuito de unidad de ganancia y conectarlo tal como se muestra, para conectar la salida (pin6) en la salida (pin2), la ganancia de este circuito es ubicada en 1, como vemos, la impedancia de entrada + (en el pin3) es de cientos de $M\Omega$, y la salida de voltaje (en el pin6) será fielmente seguida por el voltaje del capacitor, permitiendo que la entrada de voltaje DMM lea los valores correctos.



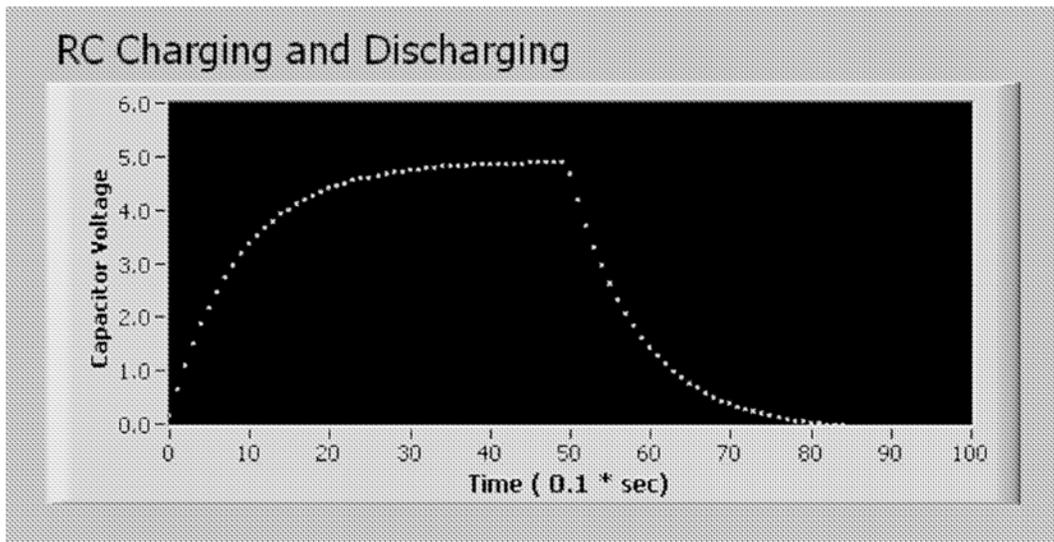
- Desconecte el voltaje de +5V y reemplácelo con un alambre conectado el pin de abastecimiento de energía variable en el pin VPS(+). Conecte la salida de voltaje V1 a ACH0(+) y ACH0(-).





5. Cierre el software NI ELVIS y abra Lab VIEW, desde NI ELVIS seleccione "RC Transcient.vi"

Este programa utiliza Lab VIEW APIs para intercambiar la energía a encendido y apagado cada 5 segundos mientras el voltaje cruza el capacitor mostrado en el Lab VIEW.



Este tipo de onda cuadrada tiene una excitación dramática la cual muestra la carga y la característica de descarga de un circuito simple RC, el tiempo del circuito constante τ esta definida como el producto de R y C .

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FES ARAGON

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
LABORATORIO DE MEDICION E INSTRUMENTACION

PRACTICA N° 4
TERMOMETRO DIGITAL

OBJETIVO:

El sistema NI ELVIS de abastecimiento de energía variable puede ser utilizado como una estación de trabajo desde un panel de control frontal con los controles virtuales en su propia pantalla, el VPS es utilizado hasta para lograr un termistor de $10k\Omega$ en un circuito de voltaje dividido, el voltaje evaluado a través de el termistor esta relacionado a su resistencia, la cual esta relacionada con la temperatura, esto demuestra como el Lab. VIEW, controla y como los indicadores junto con el NI ELVIS APIs son utilizados para construir un termómetro digital.

INTRODUCCION:

Un termistor es un dispositivo de dos alambres fabricado desde un material semiconductor. Este tiene una curva de respuesta no lineal y un coeficiente de temperatura negativo, el termistor es un sensor ideal para evaluar la temperatura con un rango dinámico amplio y además es usual en los circuitos de alarma de temperatura.

TRABAJO DE LABORATORIO:

1. Iniciar NI ELVIS, seleccione el multímetro digital y presione el botón Ohms, primero conecte el resistor $10k\Omega$ y después el termistor y evalúe los valores de los componentes:

$10k\Omega$ resistor _____ Ohms.

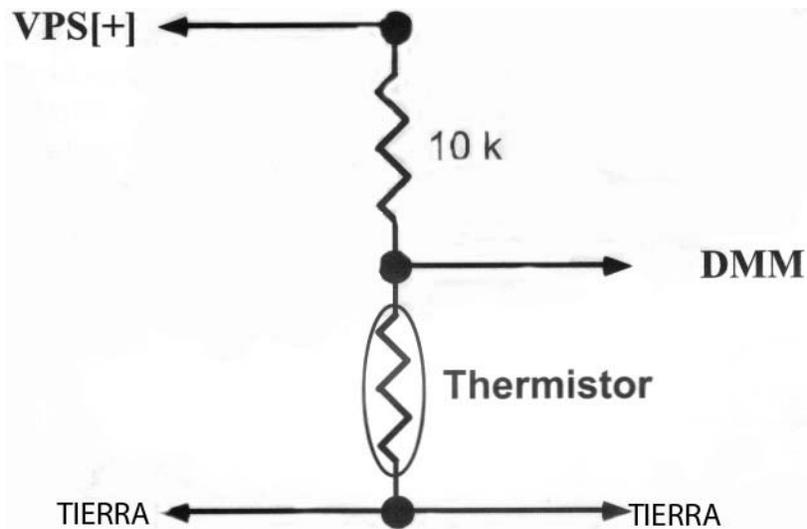
Termistor _____ Ohms.

2. Ahora coloque el termistor entre sus dedos y observe el cambio de resistencia, de hecho la resistencia decrece con un incremento de temperatura (coeficiente de temperatura negativo). Esta es una de las características claves de un termistor, los termistores están fabricados desde un material semi-conductor cuya resistencia depende exponencialmente sobre un cambio de temperatura y resultan en la siguiente respuesta no lineal.
3. Desde el panel frontal del NI ELVIS, seleccione Variable Power Supplies, en el se encuentran dos abastecedores de energía controlables por el NI ELVIS, de 0 a -12v y de 0 a +12v, cada uno con un limite de corriente de 500mA.



4. Sobre la estación de trabajo NI ELVIS ubique el switch VPS+ a manual. Se puede observar que sobre el VPS virtual los controles no pueden ser operados con el Mouse, una señal verde indicara el cambio de VPS a manual.

5. Conecte las guías desde (VPS+) y (tierra) a la estación de trabajo en las entradas de voltaje DMM, seleccione DMM (V).
6. Gire VPS manual y observe el cambio de voltaje sobre DMM (V). La posición de voltaje 0 para el control VPS+ es en el sentido contrario de las manecillas del reloj y para el control VPS- es en el sentido de las manecillas del reloj.
7. Cambie el switch de la estación de trabajo para VPS+ hacia abajo (no manual) ahora puede utilizar el control virtual VPS sobre la pantalla de la computadora y presione el voltaje de salida, el botón de RESET puede rápidamente resetear el voltaje para regresar a cero. Trabaje VPS (-) de una manera similar del tal forma que la salida de voltaje es negativa.
8. Sobre la estación de trabajo construir un circuito divisor de voltaje utilizado el resistor de 10KΩ y un termistor, la entrada del voltaje es alámbrica a (VPS+) y con sockets (a tierra), evaluando el voltaje a través del termistor con el DMM (V).



9. Asegúrese de que la estación de trabajo VPS+ este ubicada en cero y el switch este de manera manual y observe los niveles de voltaje sobre el DMM (V). Como usted incrementa el voltaje desde cero hasta +5v, el voltaje a través del termistor debe incrementarse hasta casi 2.5 volts, reduciendo el abastecimiento de energía de voltaje a +3 voltios.
10. Presione el termistor con la punta de sus dedos y observe como el voltaje decrece. Ahora podemos reajustar la ecuación divisora de voltaje estándar para calcular la resistencia permisora.

$$R_T = R_1 \cdot V_T / (3 - V_T)$$

A una temperatura ambiente de 25°C la resistencia debe ser de casi $10\text{k}\Omega$. Esta ecuación es llamada una función de escala la cual nos permite convertir el voltaje evaluado dentro de una resistencia termistora.

MATERIAL DE LABORATORIO

- $10\text{k}\Omega$ resistor R1
- $10\text{k}\Omega$ termistor Rt

PANELES FRINTALES USADOS EN ESTE LAB.

- Ohmmetro digital DMM(Ω) y el voltmetro digital DMM (V).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FES ARAGÓN

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN

PRACTICA N° 5:
“CIRCUITOS CON CORRIENTE ALTERNA”

OBJETIVO:

Que el alumno utilice las herramientas del NI ELVIS, como anteriormente las había utilizado, pero ahora manejando la corriente alterna para polarizar sus circuitos y obtenga todas las mediciones como se le pide.

INTRODUCCIÓN:

La mayoría de los circuitos electrónicos trabajan con corriente alterna (AC). Nuestra habilidad para diseñar buenos circuitos dependen de las herramientas para evaluar los componentes, evaluar las salidas y mostrar las propiedades de circuito con buenas herramientas y un poco de conocimiento de circuitos se le puede otorgar una respuesta óptima.

Con ésta práctica, evaluaremos componentes y salidas para familiarizarnos con el NI ELVIS y saber como manejarlo para futuros proyectos.

TRABAJO DE LABORATORIO:

1. Encender el instrumento NI ELVIS y seleccionar "Multímetro Digital". Utilice el DMM(Ω) para evaluar la resistencia R y utilizar DMM(C) para poder evaluar el capacitor C.

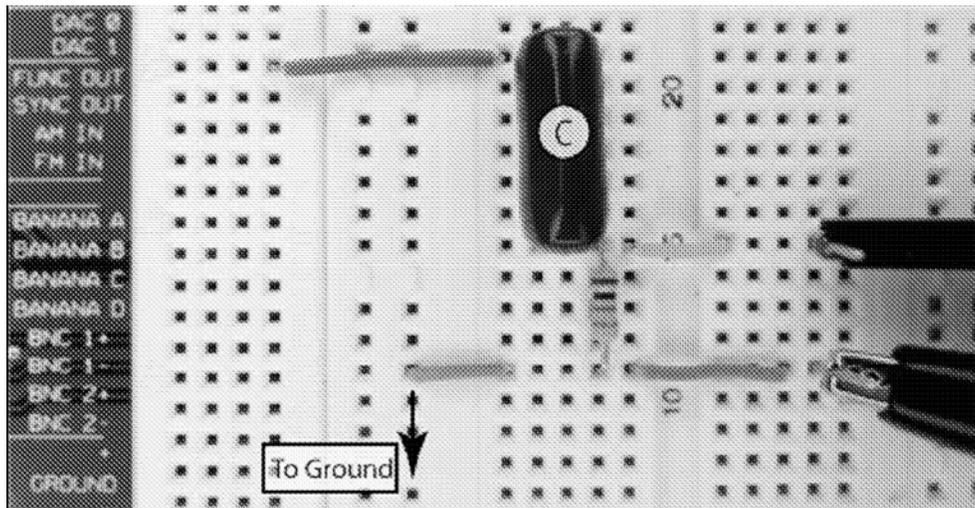
Llene los siguientes datos:

Resistencia R _____ Ω (1k Ω nominal)

Capacitor C _____ μF (1 μF nominal)

Cierre el DMM

2. En la Protoboard del NI ELVIS construir un circuito divisor de voltaje con un capacitor 1 μF y una resistencia de 1k Ω , conectar la entrada del circuito RC a (FGEN) y (Tierra) a los pines del socket de la protoboard.



3. Desde el NI ELVIS seleccione "FUNCTION GENERATOR". Cambie a control manual en pantalla LED verde sobre SFP y gris a control virtual.

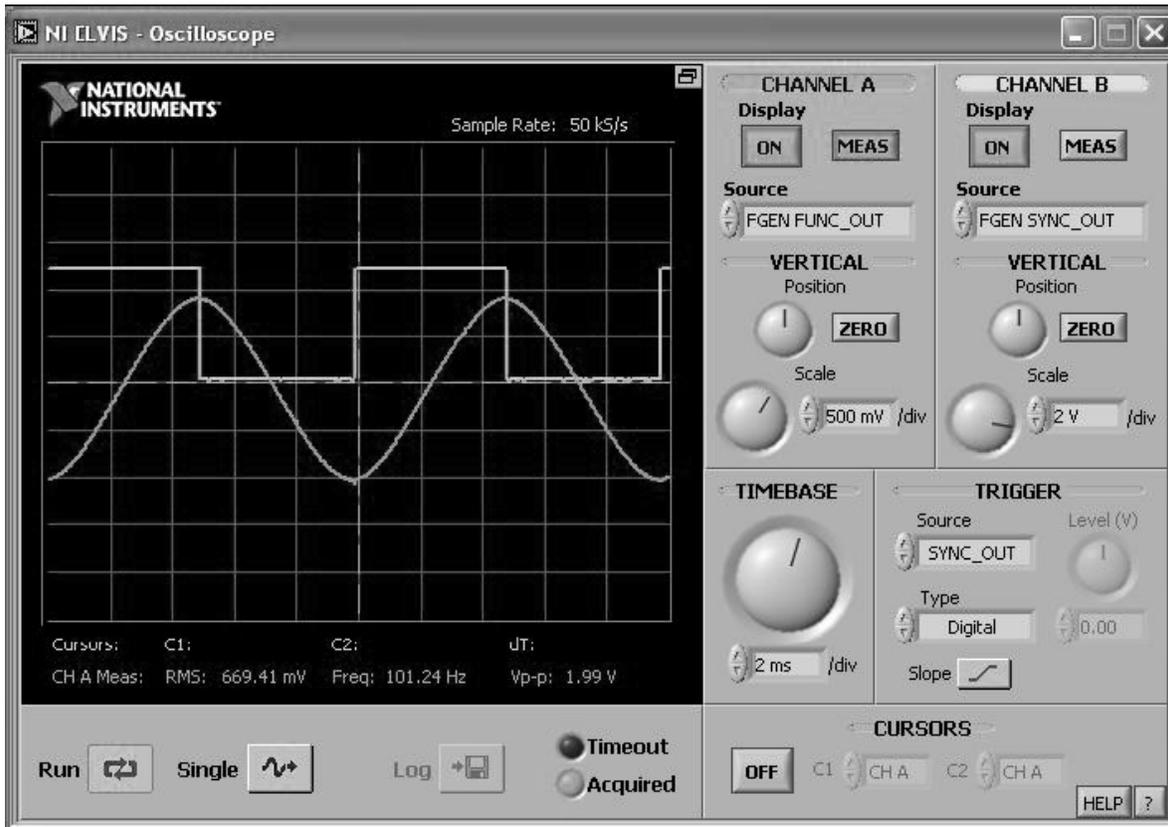


Utilizaremos el osciloscopio para poder analizar la señal de voltaje del circuito RC. El osciloscopio SFP es similar a la mayoría de los osciloscopios, pero el osciloscopio NI ELVIS puede conectarse de una manera automática en entradas a una gran variedad de fuentes. Presione sobre “CHANNEL” y observe la lista.

Ubique la fuente sobre el canal A, fuente sobre canal B Trigger (activado) y “TIMEBASE”, (esta configuración permite al osciloscopio observar la salida del generador de funciones sobre el canal A, el TTL FGEN de la señal de sincronización (SYNC-OUT) sobre el canal B y el activador con la señal SYNC-OUT, asegurarse de que haya presionado el botón RUN del FGEN SFP y sobre el OSC SFP, toque con los controles FGEN (virtual o real) y utilice los cambios sobre la ventana del osciloscopio. Existen opciones de evaluación tales como la frecuencia, amplitud P-P etc., accesadas por clickear el botón MEAS tanto para el canal A o B, las evaluaciones se muestran en la parte inferior de la pantalla del osciloscopio. Desde los cursores para canal A ó B actívese para poder medir la amplitud y el tiempo.

Ahora conecte a la protoboard BNCSCOPE entrada CH B a la resistencia de $1k\Omega$; debe de guiar la entrada del canal B a los sockets del osciloscopio CH B+ y CH B-.

Deberá de ver en la pantalla de la PC la señal



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FES ARAGON

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
LABORATORIO DE MEDICION E INSTRUMENTACION

PRACTICA N° 6 (1ª. Parte)
FILTROS

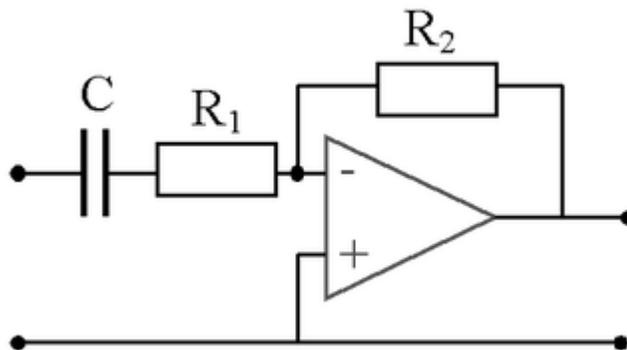
OBJETIVO:

Esta práctica utiliza el NIELVIS para evaluar las características de los diferentes tipos de filtros.

INTRODUCCION:

Un filtro activo es un filtro electrónico analógico distinguido por el uso de uno o más componentes activos (que proporcionan una cierta forma de amplificación de energía), que lo diferencian de los filtros pasivos que solamente usan componentes pasivos. Típicamente este elemento activo puede ser un tubo de vacío, un transistor o un amplificador operacional.

Un filtro activo puede presentar ganancia en toda o parte de la señal de salida respecto a la señal de entrada. En su implementación se combinan elementos activos y pasivos, siendo frecuente el uso de amplificadores operacionales, que permite obtener resonancia y un elevado factor Q sin el empleo de bobinas.



Los filtros pueden ser activos, integradores y diferenciadores. Los filtros son utilizados para dejar pasar bandas de frecuencias específicas; los filtros integradores son utilizados desde un control proporcional y los diferenciadores son utilizados en supresión de ruido y circuitos con generación de forma de onda.

Agregándole unos pocos capacitores y resistores al circuito Op Amp pueden producirse algunos circuitos análogos interesantes tales como filtros activos, integradores y diferenciadores, los filtros son utilizados para pasar bandas de frecuencias específicas, los integradores son utilizados desde un control proporcional y los diferenciadores son utilizados en supresión de ruido y circuitos con generación de forma de onda.

TRABAJO DE LABORATORIO.

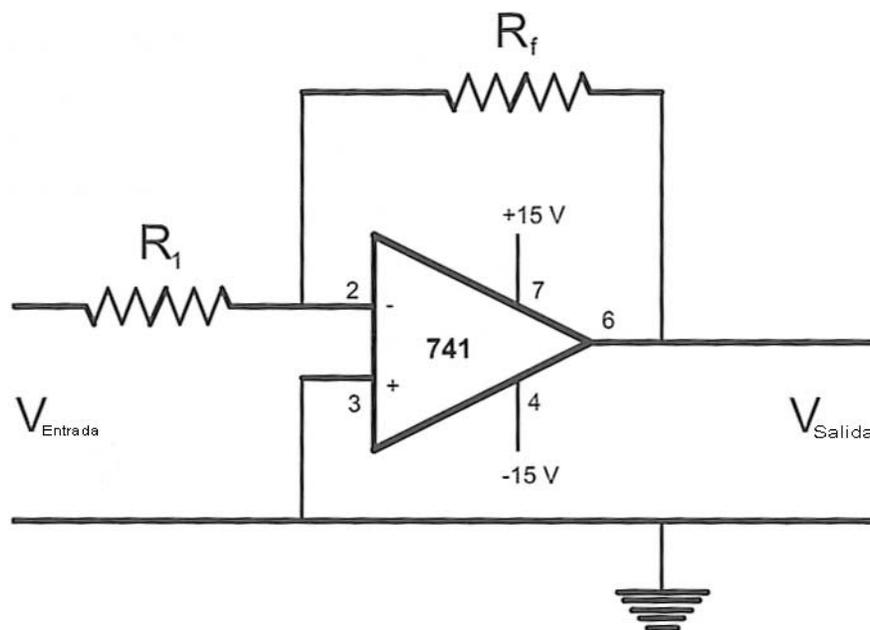
1.- Iniciar NIELVIS, seleccione Multímetro Digital y utilice el DMM (Ω) para evaluar los resistores entonces utilice el DMM (C) para evaluar los capacitores.

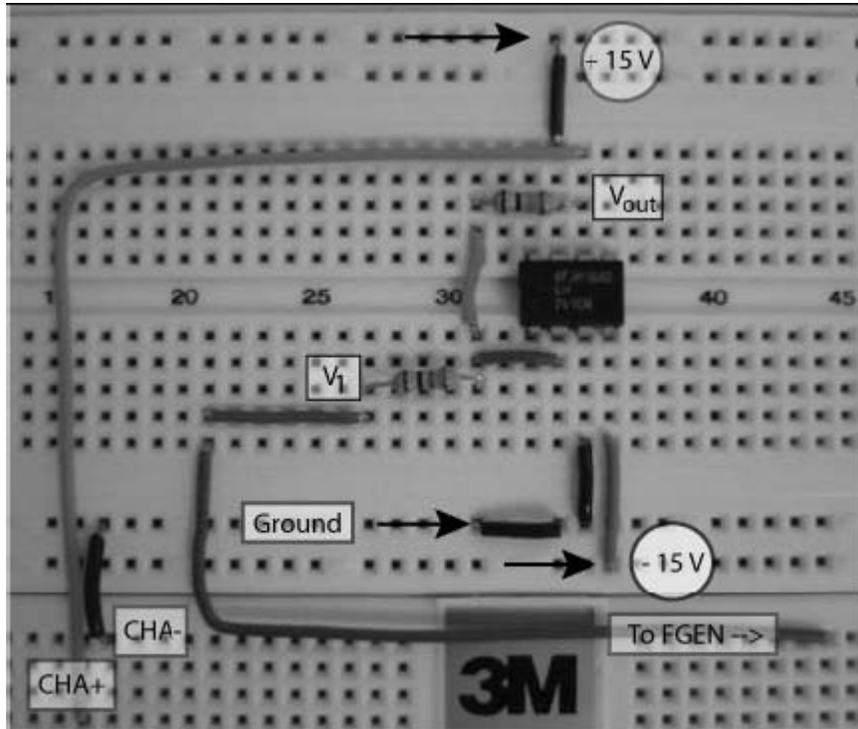
Siguiendo la siguiente tabla:

R1 _____ Ω (10k Ω nominal)
Rf _____ Ω (100 Ω nominal)
C1 _____ μF (1 μF nominal)
Cf _____ μF (.01 μF nominal)

Cerrar el DMM.

2.- Frecuencia de respuesta de un circuito básico Op Amp. En la estación de trabajo, construir un simple circuito Op Amp 741 con una ganancia de 10 como se muestra en el siguiente diagrama.





El OpAmp utiliza tanto el abastecedor de energía +15V y -15V DC estos son encontrados en el pin socket de la protoboard, conecte la entrada de voltaje OpAmp V1 (FGEN) y (Tierra), conecte el voltaje de salida OpAmp V salida a el osciloscopio en la entrada de el pin de el socket(CH A+) y (CH A-).

3.- Desde los instrumentos NI ELVIS encendidos, seleccionar la función Generador y Osciloscopio.

4.- Sobre de el panel de osciloscopio, ubicar los canales A fuente a (BNC/Board CH A). Para ver la señal de salida, ubicar la fuente de canal B (FGEN FUNC_OUT).

5.- Sobre la función del panel generador, ubicar los siguientes parámetros.

Forma de onda desde la onda.

Punto de amplitud. 1V

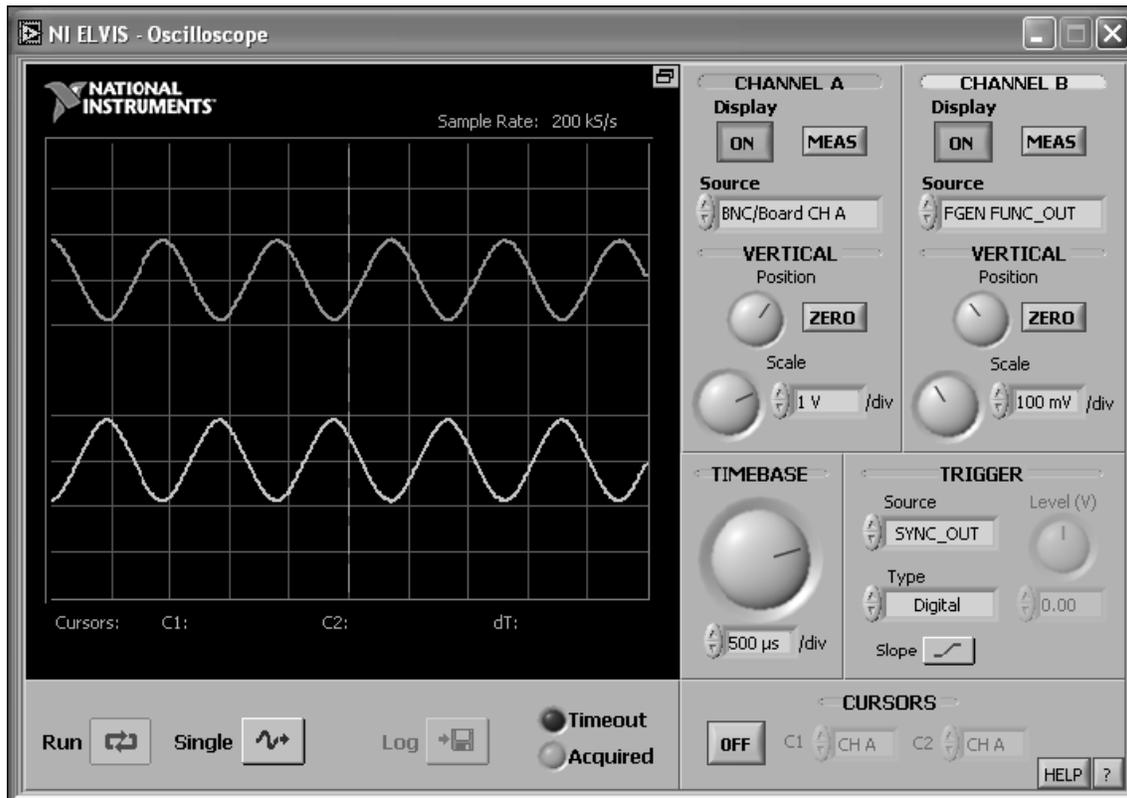
Frecuencia 1KHz

DC 0.0V.

Cheque su circuito, y encienda la proto tabla, corra continuamente FGEN y OSC.

Observe los exámenes de voltaje V1 aparecen sobre el canal B y la salida OpAmp con voltaje V salida sobre el canal A.

Desde que la señal de examen se origina desde FGEN, usted puede seleccionar SYNC_OUT.



Evalué la amplitud de el circuito de entrada OpAmp (CHB) y de salida (CH A) desde la ventana de osciloscopio, note que la señal de salida esta invertida con respecto a la entrada se espera abrir un circuito OpAmp.

Calcular el voltaje ganado intente un rango de frecuencia desde 100Hz a 10kHz ¿algún cambio?

¿Como evaluarías la ganancia teórica de R_f/R_1 ?

Cierre el FGEN y la ventana OSC.

6.- Ahora evaluaremos las características de frecuencia del OpAmp y la mejor manera de estudiar las características de respuesta de AC en su curva es la de evaluar su ploteo bode que es básicamente un ploteo de Ganancia (dB) y de fases (grados) tal como la función de la frecuencia, la función de transferencia para un circuito OpAmp esta dado por.

$$V_{\text{salida}} = - (R_f/R_1) V_1.$$

En donde V_{salida} OpAmp y V_1 es la entrada, la ganancia es justo la cantidad (R_f/R_1) note como el signo menos se invierte en la señal de salida con respecto a la señal de entrada. Sobre el ploteo bode con una línea de entrada con una magnitud de $20 \cdot \log$ (ganados) por una ganancia de 10, la amplitud de Bode debe de ser de 20 dB.

7.- Desde NI ELVIS encendido seleccione Bode Analizador.

Las señales, entrada (V_1) y de salida V (V_{salida}) deben de estar conectadas al pin de entrada análogo tal y como sigue:

V_1+	ACH1+	(desde salida FGEN)
V_1-	ACH1-	
V_{salida}	ACH0+	(desde salida OpAmp).
V_{salida}	ACH0-	

Desde el Bode Analizador, ubicar los parámetros escaneados como siguen:

Iniciar	5(Hz).
Detener	50000 (Hz).
Paso	10(por década).

Presione RUN para lotear Bode

También cheque la fase de respuesta.

MATERIAL UTILIZADO:

- 10k Ω resistor R1
- 100k Ω resistor Rf
- 1 μ F capacitor C1
- .01 μ F capacitor Cf
- 741 OpAmp.

PANELES UTILIZADOS EN ESTE LABORATORIO:

- Multímetro digital
- Generador de funciones FGEN
- Osciloscopio OSC
- Analizador de impedancia IA
- Analizador Bode

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FES ARAGON

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
LABORATORIO DE MEDICION E INSTRUMENTACION

PRACTICA N° 7 (2ª. Parte)
FILTROS

INTRODUCCIÓN:

Como ya se sabe, entre las características que determinan a una señal eléctrica se encuentra la frecuencia. En muchos casos, en la práctica, a través de un circuito, puede pasar más de una señal eléctrica, es decir, pueden pasar señales eléctricas con distinta frecuencia; sin embargo, se puede dar el caso de que en determinadas circunstancias solo interesa única y exclusivamente una de las señales que pueden circular por el circuito.

Al principio, los filtros estaban compuestos únicamente por elementos pasivos, es decir, resistencias, condensadores e inductancias. Sin embargo, la aparición del amplificador operacional ha traído consigo una mejora notable en la fabricación de los filtros, ya que se ha podido prescindir de las inductancias. La mejora conseguida con el cambio de inductancias por amplificadores operacionales es apreciable en lo que se refiere a respuesta, aprovechamiento de la energía (menor disipación), tamaño y peso, ya que las inductancias no se pueden integrar en un circuito y, por tanto, son elementos discretos con un tamaño considerable. Como desventajas de estos filtros (filtros activos RC) frente a los filtros fabricados con elementos pasivos (filtros RLC) están las limitaciones en los niveles de tensión y corriente y los efectos parásitos inducidos por los elementos activos, como por ejemplo la tensión de desplazamiento en corriente continua a la salida, la corriente de polarización en la entrada, etc. Sin embargo, en la mayoría de las aplicaciones que se dan a los filtros, las ventajas de los filtros activos RC sobre los pasivos RLC son más numerosas; de ahí que estén tomando una importancia cada vez mayor en el campo de la ingeniería. Los filtros activos son circuitos compuestos por resistencias, condensadores y amplificadores operacionales, cuya finalidad es dejar pasar a través de ellos las frecuencias para las que han sido diseñados, eliminando por tanto el resto de las frecuencias que no interesan. Esto se consigue atenuando o incluso llegando a anular aquellas cuya frecuencia no está en el margen de frecuencias admisible.

Existen básicamente cuatro tipos de filtros, que son: filtros pasa-bajas, pasa-altas, pasa-banda y filtros supresores de frecuencias o rechaza-banda.

TRABAJO DE LABORATORIO:

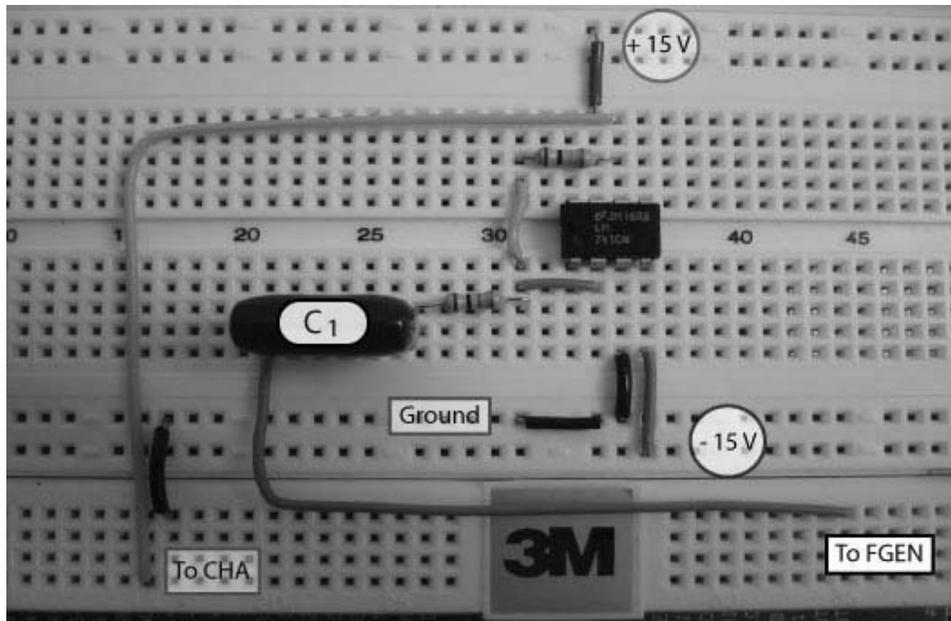
1.- Se agregara un capacitor C1 en el circuito con el resistor R1 de entrada generando un filtro de paso alto, la frecuencia de punto de corte f_L esta dada por la ecuación

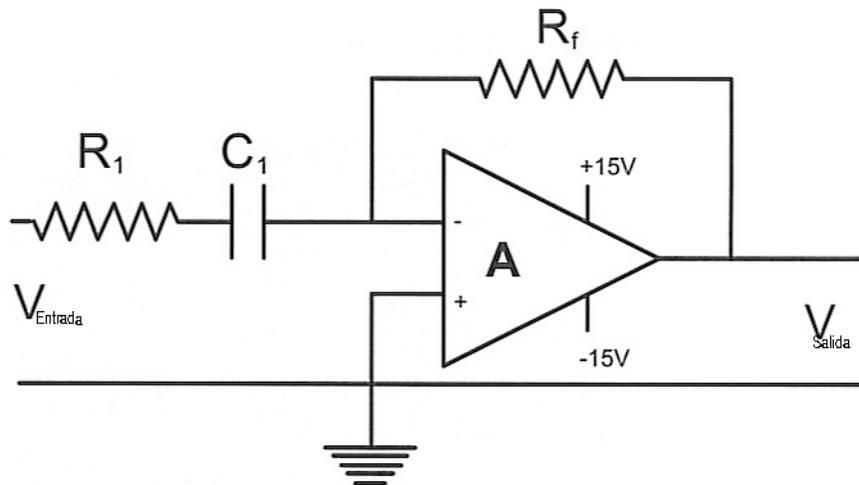
$$2\pi f_L = 1/R_1 C_1.$$

En donde f_L esta evaluado en Hertz, esta frecuencia en donde la ganancia dB ha caído por -3 dB , este punto (-3dB) ocurre cuando la impedancia de el capacitor es igual a la de el resistor. El paso alto de la ecuación de filtro OpAmp es similar. En el punto -3dB la entrada de resistor es igual a la de impedancia de entrada del capacitor.

$$R_1 = 1 / (2\pi f_L C_1) = X_c$$

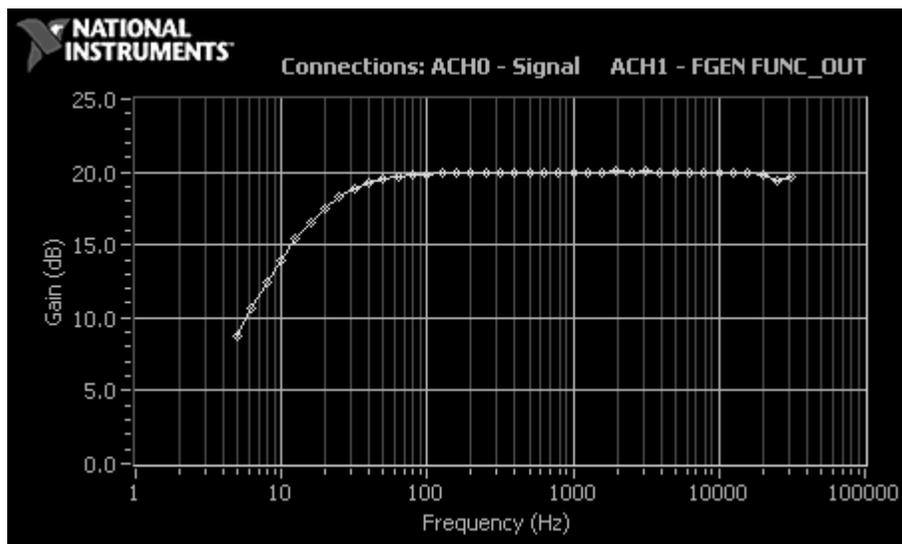
Agregando un capacitor $1\mu\text{F}$ C1 en series con resistor de entrada $1\text{k}\Omega$ R1 en el circuito OpAmp.





2.- Corra un segundo plot Bode utilizando los mismos parámetros de escaneo tal como en la práctica anterior.

3.- Observe que la frecuencia de respuesta baja es atenuada mientras que la alta frecuencia de respuesta es similar a la del ploteo básico OpAmp.



4.- Utilice la función del cursor para encontrar la frecuencia baja en el punto de corte el cual es la frecuencia en la cual la amplitud ha caído por -3dB o la fase de cambio que es de 45°

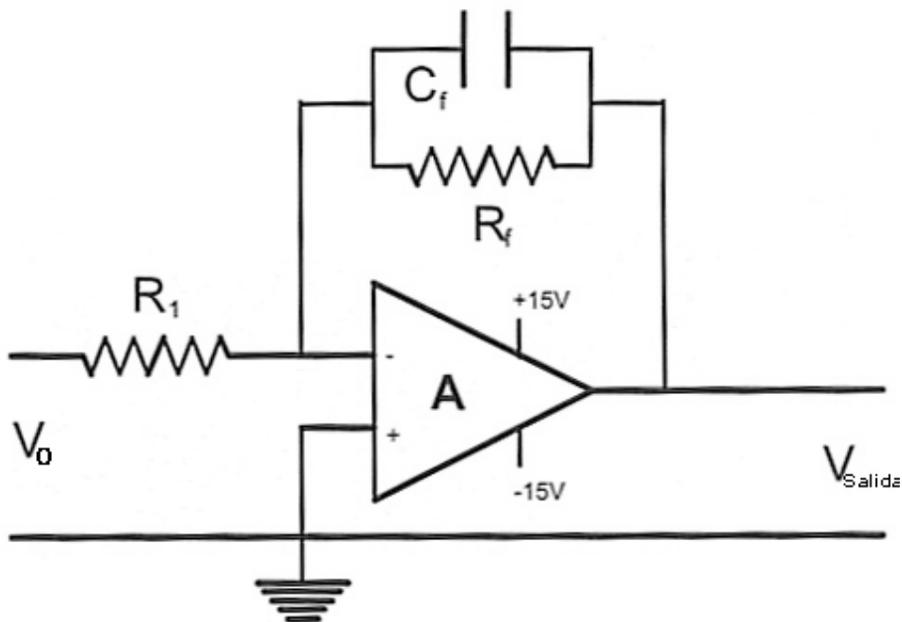
¿Como se esta de acuerdo con la predicción teórica de $2\pi fL = 1/R_1C_1$?

5.- Filtro de paso bajo.

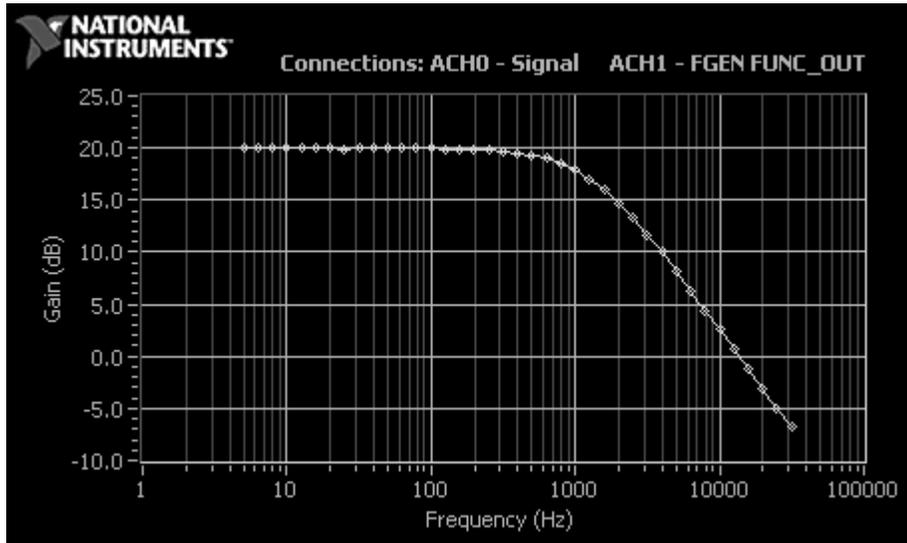
La alta frecuencia de el circuito Op Amp se debe a la capacitación interna de el chip 741 estando en paralelo con el resistor de retroalimentación R_f si agregamos un capacitor externo C_f en paralelo con el resistor de retroalimentación R_f uno puede reducir la frecuencia superior de punto de corte a f_u en cambio con este nuevo punto de corte puede ser pre dictado desde la ecuación:

$$2\pi f_u = 1/R_f C_f$$

Recortando el capacitor de entrada y agregue el capacitor de retroalimentación C_f en paralelo con la resistencia de retroalimentación de $100k\Omega$.



6.- Corra al tercer Bode lot utilizando los mismos parámetros de escaneo.



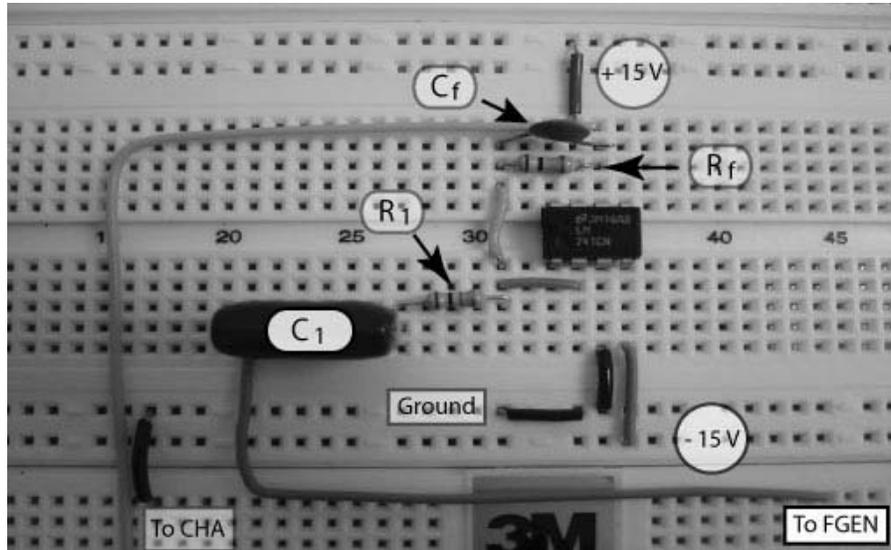
7.- Ahora usted observara que las altas frecuencia están atenuadas más que los de respuesta básica Op Amp. Utilice el cursor de la función para encontrar la más alta frecuencia de punto de corte, de esta frecuencia en la cual la amplitud ha caído por -3 dB o la fase de cambio que es de 45 grados.

Cuan cerca está de acuerdo con la predicción teórica de $2\pi f_c = 1/R_f C_f$?

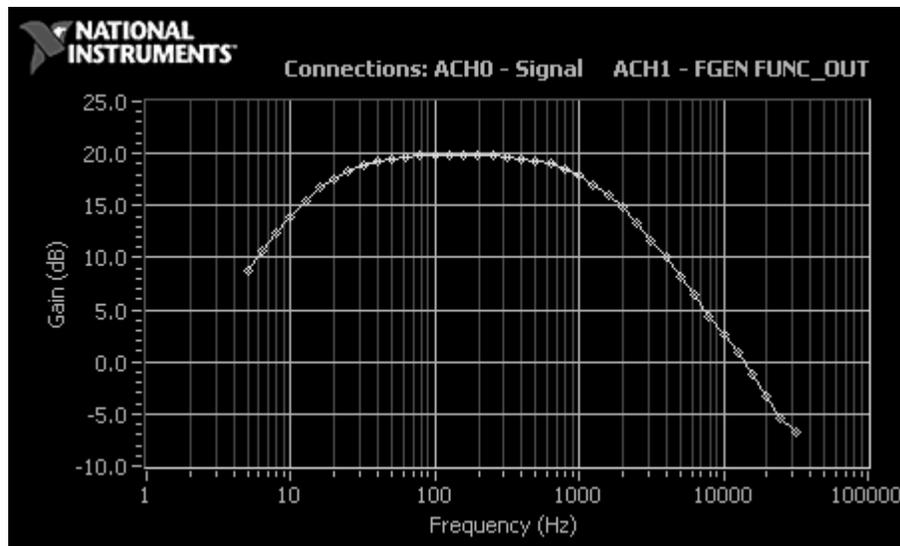
8.- Filtro de pasa banda.

Si usted permite tanto una entrada de capacitor y un capacitor de retroalimentación en el circuito OpAmp , entonces la curva de respuesta tiene una frecuencia de corte bajo f_L y una frecuencia de corte F_u , el rango de frecuencia (f_u-f_L) es llamado amplitud de banda. Por ejemplo un buen amplificador estéreo debe tener una banda amplia de al menos 20.000 Hz.

9.- El circuito de pasa bandas sobre la protoboard del NI ELVIS.



10.- Remover el corto en C1 y correr hasta un cuarto Bode plot utilizando los mismos parámetros de escaneo como antes.



Para dibujar una línea de 3 dB en la región de amplitud máxima, el rango de frecuencia contenido para todas las frecuencias de esta línea lo definen como banda de paso.

MATERIAL UTILIZADO:

- 10k Ω resistor R1
- 100k Ω resistor Rf
- 1 μ F capacitor C1
- .01 μ F capacitor Cf
- 741 OpAmp.

PANELES UTILIZADOS EN ESTE LABORATORIO:

- Multímetro digital
- Generador de funciones FGEN
- Osciloscopio OSC
- Analizador de impedancia IA
- Analizador Bode

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FES ARAGON

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
LABORATORIO DE MEDICION E INSTRUMENTACION

PRACTICA N° 8
OPTOELECTRONICA.

OBJETIVO:

Que el alumno conozca e implemente circuitos sensores o de acoplamiento mediante el uso de dispositivos opto electrónicos y la sustitución del equipo a utilizar por el sistema NI ELVIS.

INTRODUCCION:

La optoelectrónica es un campo especial de la tecnología de semiconductores que se ha tenido un notable avance durante los últimos años, ofreciendo al ingeniero una valiosa herramienta en sus diseños de laboratorio como de aplicaciones en la industria.

Nuestros dispositivos opto electrónicos están basados en la estructura de dos capas, la unión p-n que corresponde al diodo además de materiales como son el GaAsP (fósforo arseniuro de galio), GaAlAs (arseniuro de galio aluminio), GaP (fósforo de galio), etc., para formar un dispositivo capaz de convertir corriente eléctrica en luz o a partir de una cantidad de luz convertirla en señales eléctricas.

Existen tres tipos de elementos opto electrónicos:

a) Emisores:

Estos dispositivos convierten la corriente eléctrica en luz, siendo el más común el LED (Light Emitting Diode – Diodo Emisor de Luz); su principal aplicación es la de indicar en paneles o en circuitería de electrónica digital, por su rápida respuesta cuando pasa del estado de encendido al de apagado; sustituyendo a la lámpara incandescente.

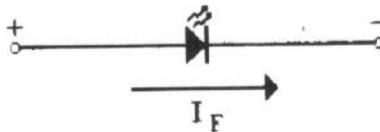


Figura 2.1.- Símbolo del LED

Existen también LEDs infrarrojos (IR-LED Infra Red LED) los cuales debido al tipo de luz emitida no es posible saber a simple vista si funcionan.

La principal aplicación de los LEDs infrarrojos se encuentra en los controles remotos de equipos electrónicos de audio y video, en entradas de casas habitación, en equipos de microondas, etc., o como un dispositivo de experimentos de laboratorio.

b) Detectores.

Conocidos como foto detectores, son sensibles a la luz respondiendo en forma inmediata para convertirla en corriente eléctrica.

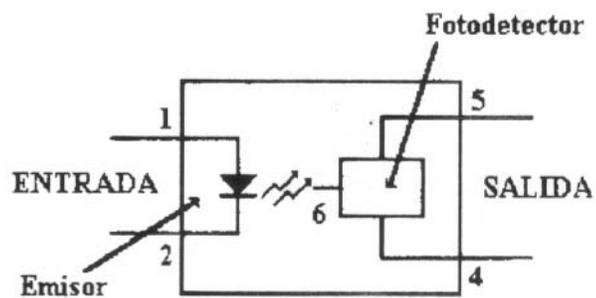
El foto detector más sencillo es el fotodiodo siendo un dispositivo semiconductor de unión p-n.



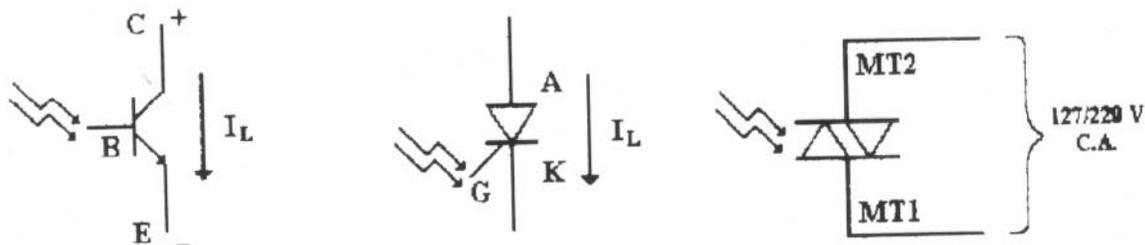
c) Optoacopladores.

Son dispositivos que contienen en un solo chip cuando menos un emisor y un fotodetector acoplados óptimamente, dentro de un medio aislado donde la transferencia de información es en un solo sentido, de emisor a fotodetector por lo cual nuestra salida no puede afectar la entrada. Esto es muy importante debido a que del lado fotodetector se manejan voltajes grandes de corriente directa o como sucede actualmente en la que se tiene cargas que demandan un voltaje de corriente alterna, el aislamiento óptico previene el daño que pudiera suceder al emisor o al circuito a su entrada debido a que la mayoría de las veces son circuitos mediante compuertas lógicas, microprocesadores o información de una computadora.

El optoacoplador algunas veces llamado optoaislador se encuentra disponible en circuitos integrados de 6 terminales, donde normalmente las terminales 1 y 2 están conectadas al emisor, mientras que las terminales 4, 5 y 6 corresponden al fotodetector.

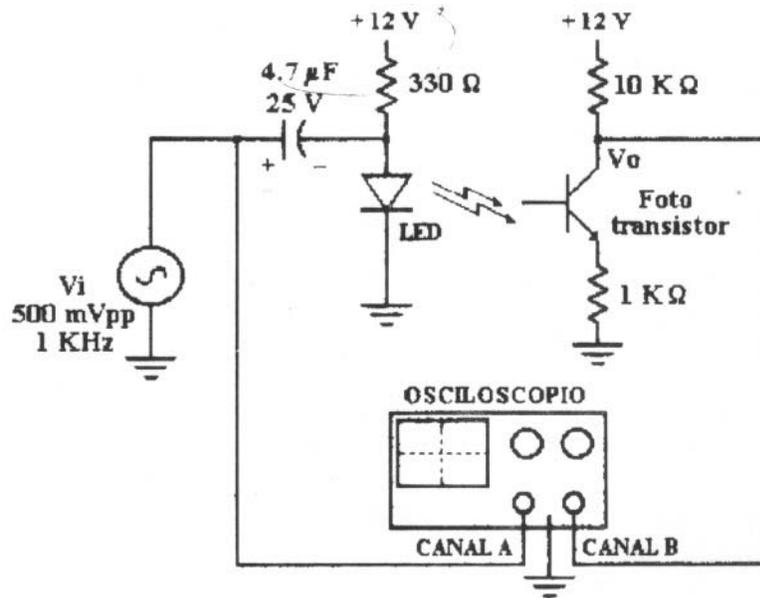


Existen otros fotodetectores que dependiendo de las aplicaciones como son: alta sensibilidad en la respuesta a la luz, voltajes y corrientes elevadas, velocidades en la conmutación encendido-apagado y en el manejo de voltajes de corriente directa y corriente alterna.



TRABAJO DE LABORATORIO:

1.- Alambre el circuito de la siguiente figura sobre la protoboard de la estación de trabajo NI ELVIS, cuidando de conectar en forma correcta las terminales de sus elementos. Utilice un LED de luz visible.



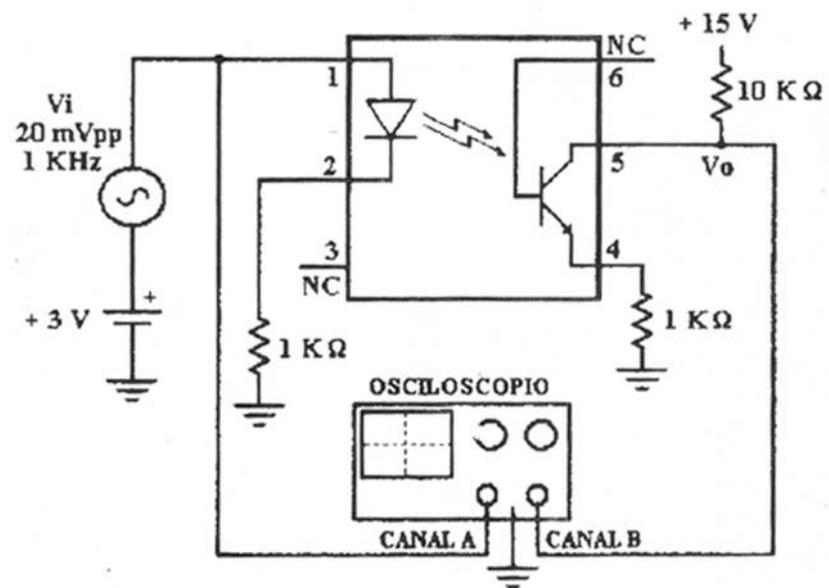
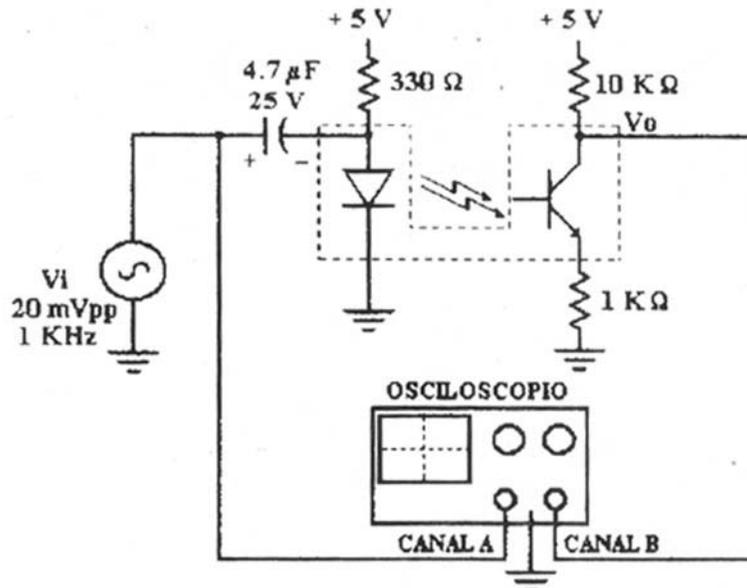
2.- Ya con el programa NI ELVIS corriendo en la computadora seleccionamos la función del osciloscopio y la ventana desplegada observaremos las formas de onda en ella, acote valores de amplitud y tiempo.

3.- Varíe la separación entre el led y fototransistor acercando o alejando el led de la ventana del fototransistor. Observe lo que sucede en la pantalla de la computadora.

4.- Mantenga fijos tanto led como fototransistor de manera que las señales en el osciloscopio permanezcan estables; posteriormente coloque una hoja de papel, o cualquier objeto opaco entre ambos dispositivos, observe en la pantalla de la computadora.

5.- Sustituya su led de luz visible por un infrarrojo y repita los pasos anteriores.

6.- Alambre el siguiente circuito en la estación de trabajo NI ELVIS.



7.- Observe las formas de onda en el osciloscopio.

8.- Coloque entre la ranura del switch óptico cualquier objeto de manera que se interrumpa la emisión del led. Anote sus observaciones y comente con su instructor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FES ARAGÓN

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN

PRACTICA N° 9
ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS MEDICIONES ELECTRÓNICAS.
GENERADOR DE FUNCIONES Y OSCILOSCOPIO.

OBJETIVO:

Que el alumno conozca las diferentes áreas de aplicación de las mediciones electrónicas y también aprenda a utilizar el generador de funciones y el osciloscopio del sistema NI ELVIS.

INTRODUCCIÓN:

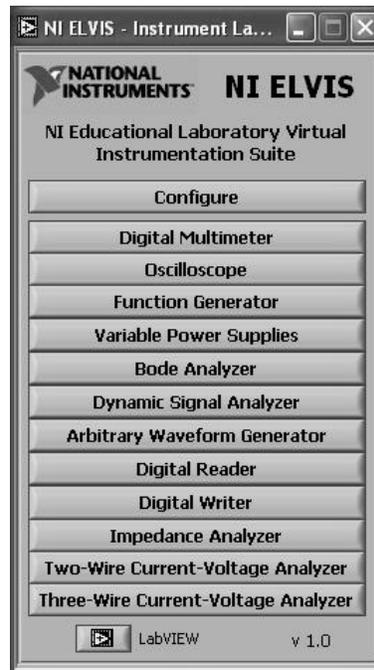
Las mediciones y la instrumentación electrónica, tienen un campo de aplicación muy amplio, ya que en la actualidad en casi todas las ciencias más de un 70% de los sistemas, transductores, controladores y medidores son electrónicos, algunas de las áreas de aplicación de la tecnología electrónica son las siguientes.

FÍSICA	FISIOLOGÍA
QUÍMICA	MEDICINA
GEOLOGÍA	ESTUDIO DEL MEDIO AMBIENTE
BIOLOGÍA	INGENIERÍA

En la ingeniería el uso de circuitos e instrumentos electrónicos es imprescindible como en el área de las comunicaciones electromagnéticas se emplean instrumentos como receptores de señal vía satélite artificial, los mismos satélites artificiales, los equipos de intercomunicación con fibra óptica y láser, todo el sistema telefónico de México o de cualquier país, los equipos de medición, como analizadores de espectro, los medidores y simuladores de jitter, analizadores de estados lógicos. En automatización, se tienen los servomecanismos, las máquinas de control numérico y los robots. En la bioingeniería se cuenta con una gran variedad de sistemas, por ejemplo de regulación y suministro de insulina empleado en la atención de los diabéticos, brazos, piernas, órganos sensoriales electrónicos que auxilian a los minusválidos. En la ingeniería de las calculadoras se cuenta con los microprocesadores, las computadoras analógicas, las computadoras digitales y todos sus periféricos.

TRABAJO DE LABORATORIO:

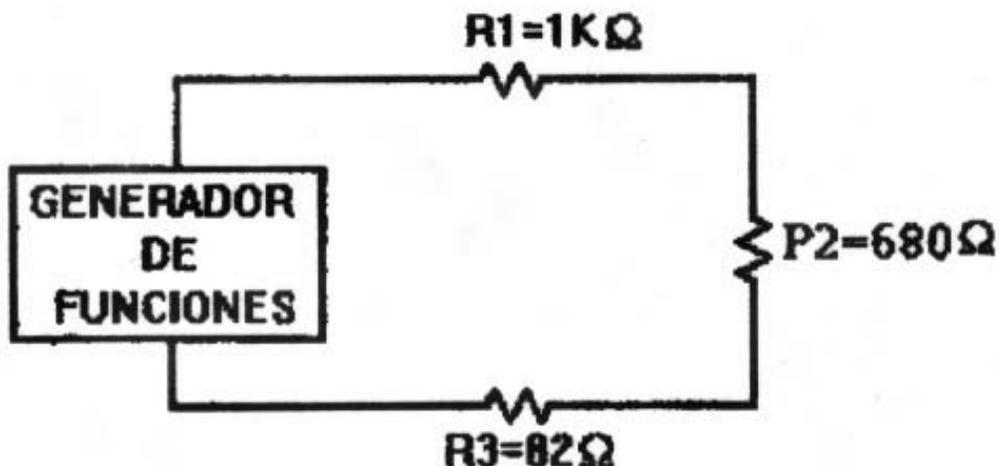
1. Encendemos la computadora y corremos el programa NI ELVIS del cual seleccionamos las funciones de osciloscopio (Oscilloscope) y generador de funciones (Function.Generator).



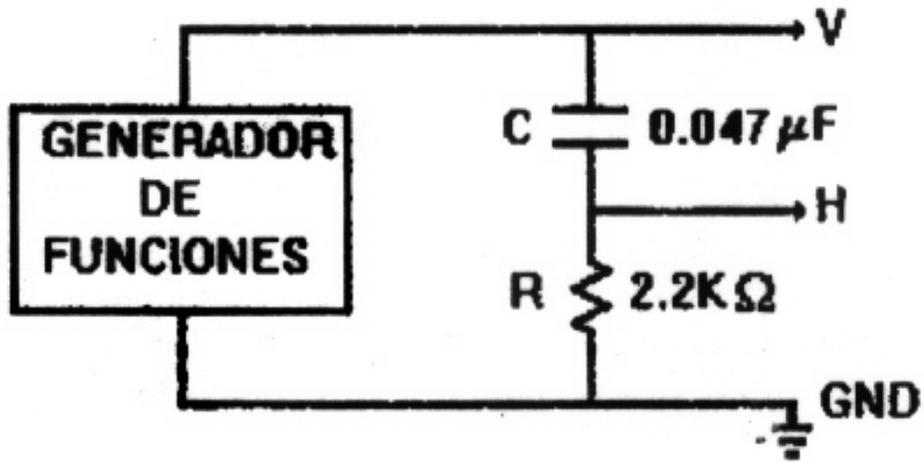
2. En la pantalla que se despliega en el monitor como en la siguiente imagen que corresponde al generador de funciones ajuste los parámetros para que nos proporcione una señal senoidal de 10 Vpp y 1000 Hz de frecuencia.



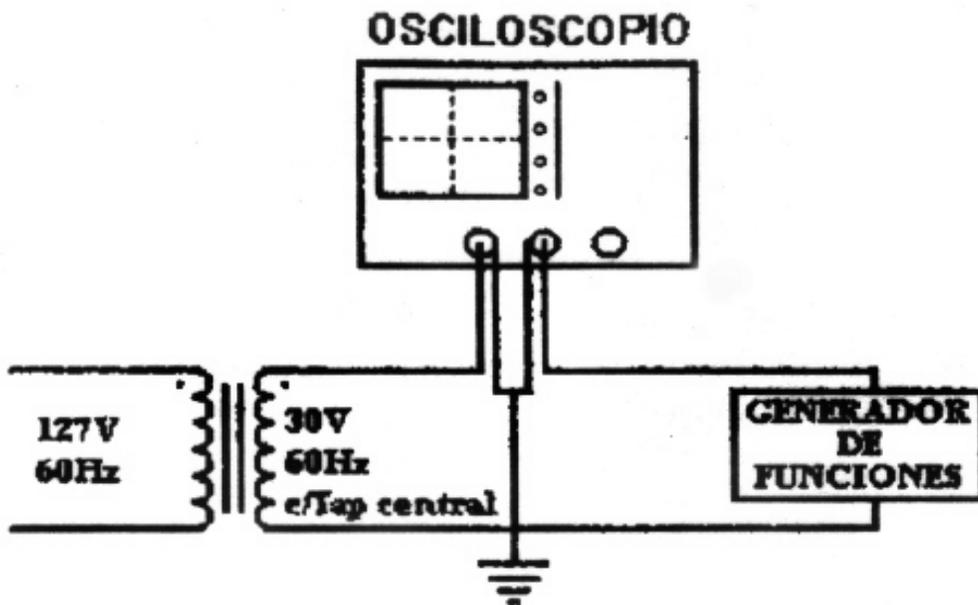
3. Introduzca esta señal en el osciloscopio y obsérvela en la pantalla del mismo. puede utilizar cualquiera de los dos canales (A ó B).
4. Gire la perilla de excitación del generador de funciones, para variar el voltaje pico a pico de la señal senoidal. Observar esta variación en el osciloscopio.
5. Accione los siguientes controles del generador de funciones, observe lo que sucede en la pantalla del osciloscopio y escriba su interpretación:
 - a) El rango de frecuencias.
 - b) Dial de frecuencias.
 - c) Selector de frecuencias.
 - d) Selector de nivel de componente de directa.
6. Accione los siguientes controles del osciloscopio, observe la acción de cada uno de ellos y escriba su interpretación:
 - a) Intensidad.
 - b) Foco.
 - c) Buscador de señal.
 - d) Posición horizontal.
 - e) Tiempo/división.
 - f) Expansor.
 - g) Botón de GND.
 - h) Nivel de disparo.
 - i) Botón de AC/DC.
7. Vuelva a ajustar el generador de funciones para que nos proporcione una señal senoidal de 10 Vpp y 1000 Hz de frecuencia.
8. Armar el circuito de la figura siguiente. Aplicar la señal del generador de funciones ajustado como se indica en el punto anterior. Medir la amplitud pico a pico de cada una de las tensiones presentes en las resistencias y registrar lo que se muestra en el osciloscopio. Utilice al canal A y, según sea el caso, también el canal B.



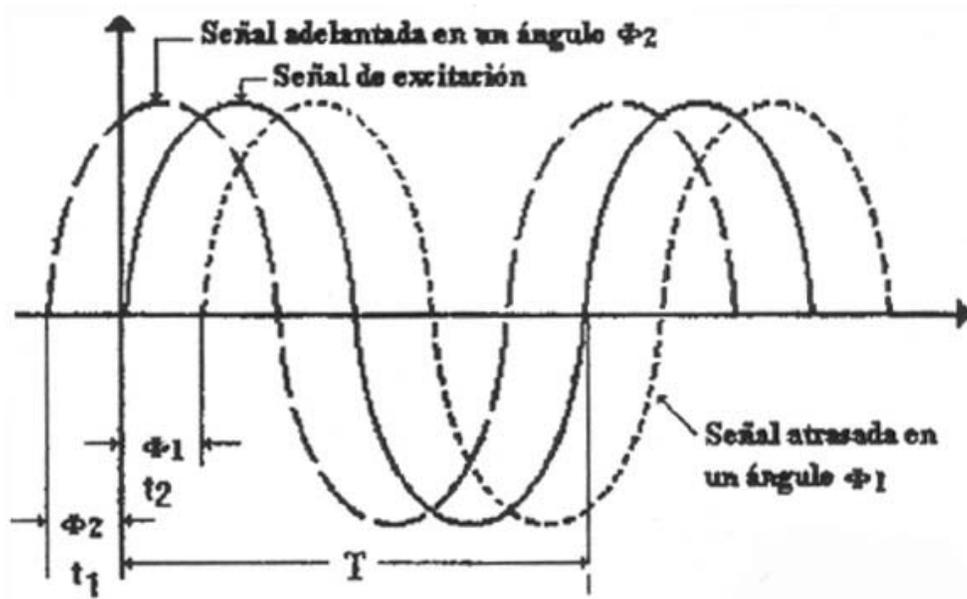
9. Armar el siguiente circuito con el generador de funciones ajustado conforme se indica en el punto 7.



10. Conecte la entrada vertical del osciloscopio a la salida "V" del circuito, la entrada horizontal a la salida "H".
11. Armar el circuito de la siguiente figura, conectando el generador con una onda senoidal sin importar su amplitud ni su frecuencia a la entrada vertical "A" del osciloscopio y el devanado secundario del transformador a la entrada horizontal.



12. Ajuste la amplitud y la frecuencia del generador de funciones, hasta poder observar los esquemas mostrados en la figura siguiente.



MATERIAL DE LABORATORIO

- 2 Resistencias de $1\text{K}\Omega$ a $\frac{1}{2}$ W.
- 2 Resistencias de 680Ω a $\frac{1}{2}$ W.
- 2 Resistencias de 82Ω a $\frac{1}{2}$ W.
- 2 Resistencias de $2.2\text{K}\Omega$ a $\frac{1}{2}$ W.
- 2 Capacitores de $0.047\ \mu\text{F}$ a 16 V.
- Transformador 127/30 a 2ª con tap central.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FES ARAGÓN

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN

PRACTICA N° 10
ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS MEDICIONES ELECTRÓNICAS.
DIODOS: PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS.

OBJETIVO:

Conocer los diferentes tipos de diodos semiconductores, sus parámetros y su región de operación en las características correspondiente de cada tipo de estos elementos básicos de la electrónica actual.

INTRODUCCIÓN:

En la electricidad-electrónica antigua, se estudiaban indistintamente los circuitos eléctricos y los electrónicos, ahí los elementos básicos eran la resistencia, el condensador, la inductancia y las fuentes de energía eléctrica; sin embargo, la necesidad de controlar intensidades de corriente operando a diferentes frecuencias, requirió de nuevos elementos y así, los ingenieros del área inventaron los bulbos de vacío o de gas, tales como el diodo, el tríodo, el tetrodo, pentodo, etc.

Con esto, la incipiente comunicación electrónica tuvo un desarrollo significativo, pero aún se presentaban problemas graves en los sistemas electrónicos a base de estos elementos. Problemas tales como el volumen, la fragilidad y el alto consumo de energía fue lo que requirió a los físicos e ingenieros buscar nuevos elementos. En 1883 Faraday y Bequerel presentan los materiales semiconductores como una posibilidad para construir elementos electrónicos que superan en mucho a los bulbos. Sin embargo, todavía se requirió de aproximadamente un siglo para que, después de la segunda guerra mundial, en 1948 los laboratorios Bell Telephone empezaran a producir a gran escala todos los productos semiconductores que en la actualidad conocemos. Posteriormente, infinidad de industrias electrónicas hicieron lo mismo, algunas de estas son: Motorola, Signetics, Nacional, Texas y otras. Productos hechos a base de semiconductores son: diodos, transistores, tiristores, amplificadores operacionales, compuertas lógicas, circuitos secuenciales, memorias, controladores lógicos programables, entre otros.

En la actualidad, los productos semiconductores se distinguen en grupos o familias dependiendo del número de elementos concentrados en una pastilla semiconductor o chip, así tenemos:

NIVEL DE INTEGRACIÓN	N° DE COMPONENTES	N° DE PUERTAS
Pequeña escala de integración (SSI)	10 a 100	1 a 10
Mediana escala de integración (MSI)	100 1000	10 a 100
Gran escala de integración (LSI)	1,000 a 10,000	100 a 1,000
Muy gran escala de integración (VLSI)	10,000 a 100,000	1,000 a 10,000
Super gran escala de integración (ULSI)	100,000 a 1,000,000	10,000 a 100,000

También se puede hablar de familias lógicas, sobre todo en circuito para electrónica digital, dependiendo del tipo de elementos empleados, así:

RTL.- Familia lógica de resistencia – transistor.

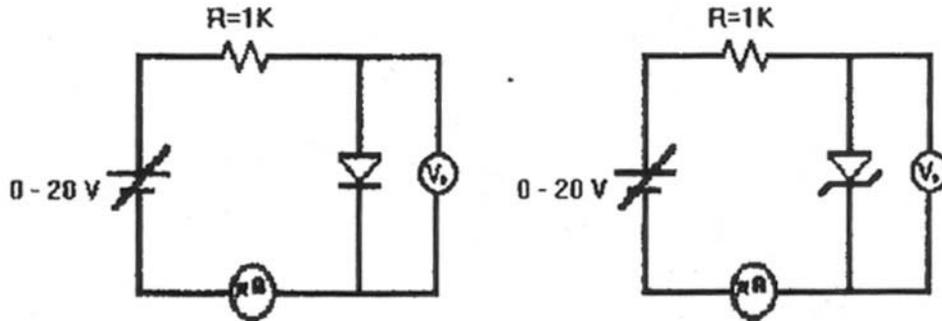
DTL.- Familia lógica de diodo – transistor.

TTL.- Familia lógica transistor – transistor.

MOS.- Tecnología a base de elementos de metal- óxido semiconductor.

TRABAJO DE LABORATORIO:

1.- Arme los siguientes circuitos sobre la protoboard del sistema NI ELVIS.



2.- Conecte uno a uno los diodos 1N4006 y tener, efectúe las siguientes indicaciones:

- a) Encienda y corra el programa NI ELVIS, seleccionamos la función de fuente y empezamos a variar el voltaje empezando por 0V, haga incrementos como lo indica la tabla 1, desplegamos la pantalla del multímetro y tomamos las lecturas del amperímetro y del voltímetro.

V_D VOLTS	0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
I_D mA IN4006									
I_D mA TZ12									

Tabla 1

- b) Apagar la fuente de voltaje e invertir los diodos, de tal manera que los circuitos queden como se muestra a continuación:

- c) Encienda y varíe nuevamente la fuente de voltaje de acuerdo a la tabla.

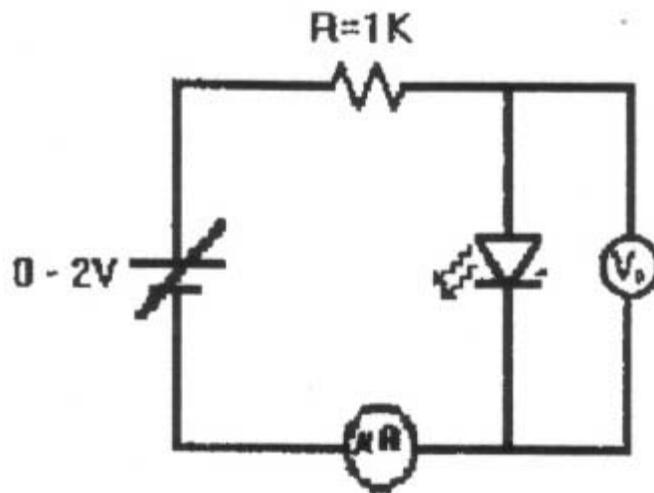
3.- Anote las lecturas de voltaje y de corriente.

V_D VOLTS	0	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20
I_D mA IN4006													
I_D mA TZ12													

Tabla 2

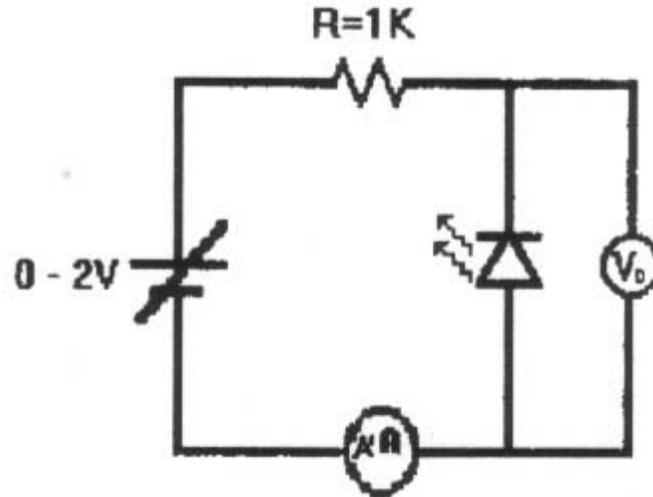
d) Trace un sistema de ejes cartesianos con los valores obtenidos en las tablas 1 y 2, las curvas características de cada uno de los diodos. Use el eje horizontal para los voltajes del diodo y el eje vertical para las corrientes. Use papel milimétrico.

4.- Repita los incisos empleando ahora un diodo emisor de luz. Llene las tablas 3 y 4.



V_D VOLTS	0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
I_D mA Led													

Tabla 3



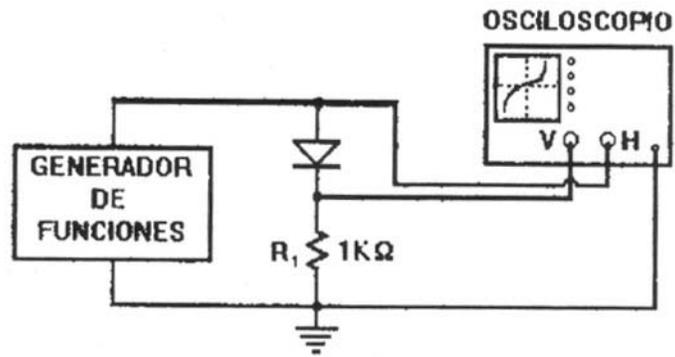
VD VOLTS	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
ID mA Led								

Tabla 4

5.- Arme el circuito de la figura 3. Ponga especial atención como se conecta el osciloscopio, este se usará con barrido horizontal externo y se aplicará el voltaje del diodo; mientras que el conector de barrido vertical se aplicara el voltaje de la resistencia de 1 KΩ.

El generador de funciones aplica un voltaje senoidal de 10 Vpp y una frecuencia pequeña de entre 50 y 100 Hz a través del diodo. La corriente del diodo I_D , se muestra como una deflexión vertical porque es proporcional al voltaje que aparece a través de la resistencia de muestreo de la corriente (R_1) del circuito. Como $R_1=1\text{ K}\Omega$, la sensibilidad vertical del voltaje de la figura en la pantalla (Volts/div), se convierte automáticamente en mA/div. R_1 limita también la máxima disipación de potencia en el diodo, así, si $V_{pp}=V_D$ entonces V_{pp}/R_1 es la corriente máxima del diodo.

La diferencia de fases entre las dos señales aplicadas a las dos placas deflectoras del osciloscopio debe ser cero para que se vea la figura, de no ser así, aparecerá una característica V-I que es una curva cerrada en lugar de una línea única. Esto se puede observar aumentando la frecuencia del oscilador a más de 10 KHz.



EQUIPO A UTILIZAR:

- 4 Diodos 1N4006.
- 2 Diodos zener TZ12, de 6 o 12 volts a 1W.
- 3 Diodos emisores de luz, (led).
- 3 Resistencias de 1KΩ a ½ W.
- Transformador 127/30 volts con tap central, 2 A.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FES ARAGÓN

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
LABORATORIO DE MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN

PRACTICA N° 11
AREAS DE APLICACIÓN DE LAS MEDICIONES ELECTRÓNICAS.
CIRCUITOS INTEGRADOS

OBJETIVO

Saber y entender cómo funciona un arreglo con circuitos integrados para el llamado "Timer" o circuito de reloj, observar sus gráficas y su comportamiento en el panel del NI ELVIS

INTRODUCCIÓN

Un circuito integrado (CI) o chip, es una pastilla muy delgada en la que se encuentra una enorme cantidad (del orden de miles o millones) de dispositivos microelectrónicos interconectados, principalmente diodos y transistores, además de componentes pasivos como resistencias o condensadores. Su área es de tamaño reducido, del orden de un cm^2 o inferior. Algunos de los circuitos integrados más avanzados son los microprocesadores, que son usados en múltiples artefactos, desde computadoras hasta electrodomésticos, pasando por los teléfonos móviles. Otra familia importante de circuitos integrados la constituyen las memorias digitales.

Existen tres tipos de circuitos integrados:

- Circuitos monolíticos: Están fabricados en un solo monocristal, habitualmente de silicio, pero también existen en germanio, arseniuro de galio, silicio-germanio, etc.
- Circuitos híbridos de capa fina: Son muy similares a los circuitos monolíticos, pero, además, contienen componentes difíciles de fabricar con tecnología monolítica. Muchos conversores A/D y conversores D/A se fabricaron en tecnología híbrida hasta que los progresos en la tecnología permitieron fabricar resistencias precisas.
- Circuitos híbridos de capa gruesa: Se apartan bastante de los circuitos monolíticos. De hecho suelen contener circuitos monolíticos sin cápsula (dices), transistores, diodos, etc, sobre un sustrato dieléctrico, interconectados con pistas conductoras. Las resistencias se depositan por serigrafía y se ajustan haciéndoles cortes con láser. Todo ello se encapsula, tanto en cápsulas plásticas como metálicas, dependiendo de la disipación de potencia

que necesiten. En muchos casos, la cápsula no está "moldeada", sino que simplemente consiste en una resina epoxi que protege el circuito. En el mercado se encuentran circuitos híbridos para módulos de RF, fuentes de alimentación, circuitos de encendido para automóvil, etc.

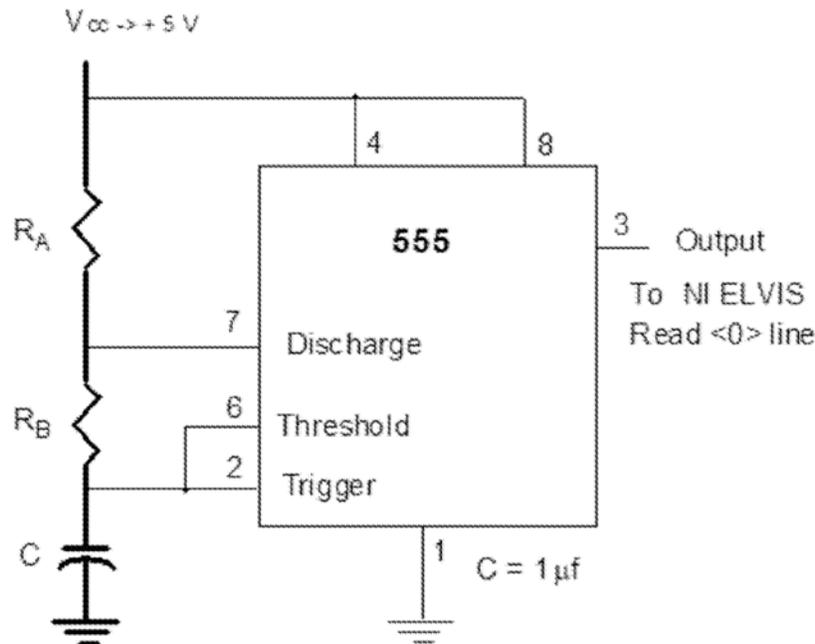
TRABAJO DE LABORATORIO

Un circuito integrado "555" junto con resistencias R_A , R_B , y un capacitor C pueden ser configurados para actuar como fuentes de reloj digital.

Utilizando el DMM Ω y el DMM C evalué los componentes de los valores y llene la siguiente tabla con los valores obtenidos:

R_A _____ Ω (10k Ω nominal)
 R_B _____ Ω (100k Ω nominal)
 C _____ μF (1 μF nominal)

Construir el circuito de reloj tal y como se muestra en la siguiente imagen:



Voltaje (+5V) va conectado a los pines 4 y 8, la tierra va conectado 1. El tiempo cambia de R_A , R_B y C , la conexión entre las resistencias va conectado al pin 7, la conexión entre R_B y C va conectado al pin 2 y 6. La salida (pin 3) a un puerto de entrada paralelo desde el NI ELVIS; seleccione "digital reader" y conecte a voltaje sobre el tablero en la estación de trabajo NI ELVIS. El lector de BUS permite un estado de corriente de entrada paralela al puerto y esta basada para ser leída sobre la demanda o continuamente, si el circuito de el reloj esta

corriendo correctamente entonces se verá el ultimo flash y si no esta corriendo continuamente utilice el DMM (V) para medir el voltaje sobre los pines de circuito integrado 555, con el circuito de reloj corriendo, ahora puede hacer mediciones correspondientes.

El circuito oscilador de tiempo tiene un periodo $T = T_{0.695} (R_A + 2R_B)$ C segundos, su frecuencia esta relacionada al periodo por: $F = 1/T$ Hertz, tiene un ciclo doble (periodo/ tiempo) de $DC = (R_A + R_B) / (R_A + 2R_B)$

Cierre todos los SFPs y seleccione el osciloscopio.

Conecte el panel frontal desde la imagen BNC CH A guía de entrada al pin 3 del circuito integrado 555 y algún otro pin a tierra, se debe de observar en la pantalla la forma de onda digital sobre el canal A del osciloscopio, seleccione la fuente CH A. Esta opción toma la señal desde el canal A y se observará en la pantalla.

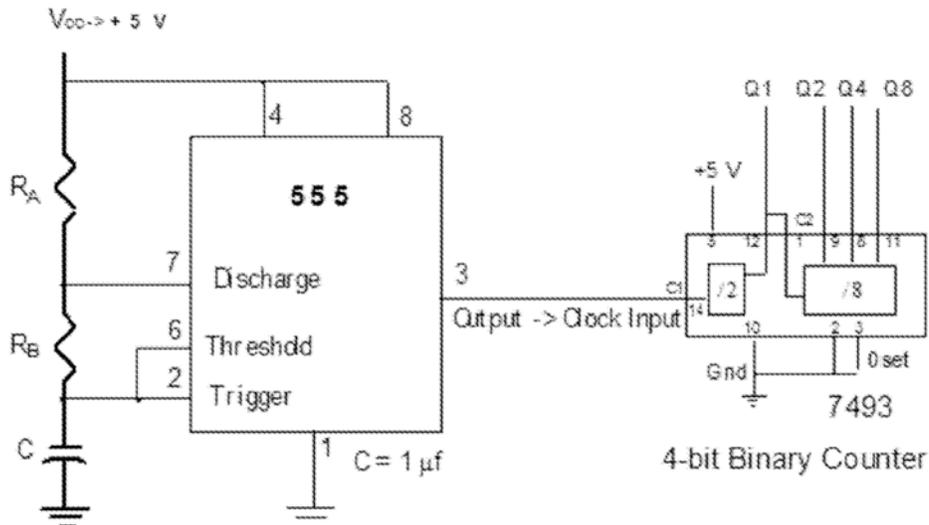
Utilice la opción MEAS para el canal A, observe la frecuencia en la imagen de ventana, cambie el CURSOR CH A del botón (ON).

Llene la siguiente tabla

T = _____ (segundos)
Ton = _____ (segundos)
DC = _____
F = _____ (HERTZ)

CONSTRUYENDO UN CONTADOR DIGITAL DE 4 bits.

Seguido al circuito de reloj digital, insertar un circuito integrado (contador binario "7493") dentro del tablero, este circuito integrado contiene un contador dividido por 2 y un contador dividido por 8. Para configurar el circuito integrado tanto como esta dividido por contador diez y seis, el pin 12 (Q1) deberá de ser saltado a pin 1 reloj 2 en el circuito integrado 7439 como se muestra a continuación:



Desde el circuito integrado del contador binario (7493), el voltaje de 5V esta conectado al pin 5 y la tierra a pin 10, asegúrese de que los pines 2 y 3 estén conectados a tierra, conecte las salidas a 5 LEDs verdes y lea el pin de socket de acuerdo al siguiente esquema:

Q1	pin 12	LED<4> y lea<4>
Q2	pin 9	LED<5> y lea<5>
Q4	pin 8	LED<6> y lea <6>
Q8	pin 11	LED<7> y lea<7>
Circuito reloj pin 3		LED<0> y lea<0>

Conectar la salida del circuito de reloj digital(pin 3) a la entrada de reloj 1(PIN 14).

Desde el NI ELVIS en marcha, seleccione "**digital reader**". Este le permitirá monitorear los estados binarios sobre la computadora al mismo tiempo ver los estados en verde LEDs.

CIERRE NI ELVIS
MATERIAL DE LABORATORIO:

- RA = 10 K Ω
- RB = 100 K Ω
- C = 1 μ F

Bibliografía

- <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/01E4BFF8EC93532086256B6000669953>
- <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/5935>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Adquisici%C3%B3n_de_datos
- <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
- Instrumentación Virtual: Adquisición, Procesado y Análisis de Señales. Antoni Manuel... México DF Alfaomega c2007
- LABVIEW: Entorno Gráfico de Programación/ José Rafael Lajara Vizcaíno, José Pelegrí Sebastia, México DF Alfaomega c2007
- Labview: 6i: Programación Gráfica para el Control de Instrumentación/ Antonio Manuel Lázaro Madrid: Paraninfo: Thomson, c2001