



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA



TESIS

**INSTRUMENTACIÓN DE FILTROS ACTIVOS
UTILIZANDO MATLAB HUMUSOFT AD-622**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTA:

MIGUEL MORA BAUTISTA

ASESOR:

**DR. CIENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA
GILBERTO GONZÁLEZ ÁVALOS**

MORELIA, MICHOACÁN, FEBRERO DEL 2014

RESUMEN

En este trabajo de tesis se presenta algunas formas para instrumentar filtros activos. Ya sea creando un filtro activo con componentes analógicos como resistencias, capacitores, amplificadores operacionales, etc. calculando los componentes por medio de diferentes ecuaciones. También se realiza la instrumentación de filtros activos por medio de la tarjeta de adquisición de datos Humusoft AD-622 que es a lo que está más enfocado este trabajo.

Podremos visualizar las diferentes tipos de entradas o salidas de la tarjeta de adquisición de datos Humusoft AD-622 y sus parámetros para un correcto funcionamiento.

Podremos ver porque se tiene que introducir un tiempo de muestreo, que diferencia hay entre una señal de un filtro activo con componentes analógicos y una señal de filtros activos implementado en simulink.

También se da una breve introducción a Real Time Toolbox que es la biblioteca con la que instrumentamos la tarjeta de adquisición de datos Humusoft AD-622 y para que la podemos utilizar.

PALABRAS CLAVE: Filtros activos, Matlab, Simulink, Humusoft AD-622

ABSTRACT

This thesis presents some ways to implement active filters. Whether creating an active filter with analog components as resistors, capacitors, analog amplifiers, etc. calculating the components by different equations. Implementing active filters is also performed by the data acquisition card Humusoft AD-622 which is what this work is more focused.

We can visualize the different types of inputs or outputs of the data acquisition card Humusoft AD-622 and its parameters for proper operation.

We can see why it has to introduce a sampling time, what is the difference between a signal of an active filter with analog components and a sign of active filters implemented in Simulink.

It also gives a brief introduction to Real Time Toolbox that it is the library with which we instrument the data acquisition card Humusoft AD-622 and for that we can use.

KEYWORDS: Active filters, Matlab, Simulink, Humusoft AD-622

Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 LA INSTRUMENTACIÓN DE SISTEMAS	1
1.2 OBJETIVO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.3 JUSTIFICACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.4 METODOLOGÍA.....	4
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES DE INSTRUMENTACIÓN	5
2.1 BOSQUEJO HISTÓRICO.....	5
2.2 SENSORES.....	9
2.2.1 <i>Tipos de sensores</i>	10
2.3 ETAPA DE TRASDUCCIÓN.....	11
2.4 ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO.....	12
2.5 ADQUISICIÓN DE DATOS	1¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CAPÍTULO 3. INSTRUMENTACIÓN BASADA EN MATLAB	
HUMUSOFT AD-622	16
3.1 INTRODUCCIÓN.....	16
3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA HUMUSOFT AD-622.....	16
3.3 SIMULINK	16
3.4 REAL TIME TOOLBOX	17
3.5 BIBLIOTECA DE BLOQUES DE SIMULINK.....	17
3.5.1 <i>uso de bloques de real time toolbox</i>	17
3.5.2 <i>tipos de dispositivos de entrada</i>	25
3.5.3 <i>tipos de dispositivos de salida</i>	29
CAPÍTULO 4. LOS FILTROS ACTIVOS EN MATLAB HUMUSOFT AD-	
622	33
4.1 INTRODUCCIÓN.....	33

4.2 FILTRO PASA ALTAS.....	33
4.2.1 Implementación de un filtro pasa altas de segundo orden analógico.....	3 ¡Error! Marcador no definido.
4.2.2 Filtro pasa altas de octavo orden en Humusoft AD-622 ...	36
4.3 FILTRO PASA BAJAS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.7
4.3.1 Implementación de un filtro pasa bajas de segundo orden analógico.....	48
4.3.2 Filtro pasa bajas de octavo orden en humusoft AD-622	¡Error! Marcador no definido.0
4.4 FILTRO PASA BANDA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.9
4.4.1 Implementación de un filtro pasa banda de segundo orden analógico.....	60
4.4.2 Filtro pasa banda de octavo roden en humusoft AD-622..	63
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1 CONCLUSIONES	77
5.2 RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	79

Capítulo 1

Introducción

1.1 La instrumentación de sistemas

La instrumentación de sistemas permite controlar con precisión las variables que los definen. Esto es de suma importancia cuando priman los requisitos de seguridad, fiabilidad y robustez.

Los sistemas de instrumentación están ampliamente categorizados tanto en sistemas de medida como en sistemas de control. En un sistema de medida una magnitud es medida y su valor es conveniente visualizado. En los sistemas de control la información acerca de la magnitud que se está siendo medida es usada para controlar la magnitud, de manera que su valor medido iguale un valor deseado. El valor medido puede ser visualizado o no.

La instrumentación trata los sistemas integrados cuya finalidad es medir magnitudes físicas de un sistema externo, elaborar la información asociada a ellas y presentarla a un operador.

Las características por las que la tecnología electrónica es la más utilizada por los sistemas de instrumentación, son:

- Las señales eléctricas permiten manejar señales en un rango dinámico de tiempos muy amplio, desde los picosegundos hasta horas.
- Las señales eléctricas pueden ser transmitidas muy fácilmente a través de conductores eléctricos, sistemas radiados o fibra óptica.
- Las señales eléctricas pueden ser amplificadas por circuitos electrónicos de forma muy eficientes, y pueden manejarse rangos de señal muy amplios.
- Los sistemas electrónicos permiten complejas transformaciones funcionales de las señales eléctricas.

- Las señales eléctricas (electrónicas) pueden ser introducidas en los computadores, los cuales representan el medio más potente de registro, transformación y presentación de la información.

Actualmente muchos de los equipos de instrumentación están basados en una computadora.

La computadora resuelve todos los aspectos relativos al procesado de la señal, al registro, a la transferencia y a la presentación de la información. A estos equipos basados en computadora, se suelen llamar instrumentación inteligente.

La principal diferencia entre un equipo de instrumentación convencional, y un equipo inteligente es que mientras que en el convencional los datos de medida son generados uno a uno y deben ser interpretado e interpretados por el operador, en la instrumentación inteligente se puede registrar grandes cantidades de información de forma automática y luego presentarla de forma integrada y amigable al operador.

La instrumentación computarizada requiere el uso de transductores y circuitos analógicos que acondicionen la señal a los niveles adecuados para ser codificada en las mejores condiciones por el convertido A/D, sin embargo el procesado, elaboración y presentación del resultado en la medida se realizan utilizando software.

Con la incorporación del computador, las señales que se adquieren pueden ser procesadas sin límite de complejidad y sofisticación utilizando técnicas numéricas, a fin de acondicionarla y extraer de ella la información. Así mismo, la información puede ser procesada utilizando métodos estadísticos.

La computadora proporciona una amplia gama de recursos para almacenar la información que se adquiere, así como para presentarla utilizando técnicas numéricas y gráficas.

La incorporación de la computadora presenta grandes ventajas:

- La mayor capacidad para procesar, almacenar y presentar la información que se obtiene al poder utilizar métodos numéricos.
- Menor costo que resulta de la estandarización del hardware que se requiere para construir los equipos.
- El incremento en la facilidad para diseñar y mantener los equipos que requieren mas de expertos de programación y procesado numérico de señales y menos de expertos en electrónica analógica.

Un esquema de instrumentación de un sistema típico se ilustra en la figura 1.1.



Figura 1.1 sistema de instrumentación

1.2 Objetivo

El objetivo de este proyecto es explicar y realizar una guía de cómo utilizar Matlab simulink y como introducir variables con Matlab-Humusoft AD-622, así mismo la instrumentación de sistemas utilizando estas herramientas para poder visualizar y controlar los datos por medio de matlab simulink.

1.3 Justificación

La realización de este proyecto es para facilitar la lectura y control de un sistema, es decir para que el usuario pueda visualizar y realizar el control de un sistema físico en una computadora y poder variar los valores de referencia como el usuario desea, se pueden tener varios beneficios como tener la comodidad de visualizar las variaciones del sistema sin tener que estar en el lugar de origen y al mismo tiempo poder manipular los datos obtenidos.

1.4 Metodología

La metodología que se sigue para este proyecto es:

Primeramente se va a obtener la señal física, la vamos a pasar por una etapa llamada trasducción que se encarga de convertirnos la señal física en una corriente o voltaje mínima para poderla manipular, esto se puede hacer por medio de un sensor. En seguida esta señal se va acondicionar, es decir se va amplificar, filtrar, etc. esto para facilitarnos el manejo de esta señal. Después la señal acondicionada la vamos a pasar por la tarjeta de adquisición de datos Humusoft-AD622 para poderla visualizar y manejar en Matlab-Simulink. Por ultimo vamos a tener una retroalimentación de este sistema desde la tarjeta de adquisición de datos hasta el sistema físico, esto para poder controlar desde matlab-simulink.

Capítulo 2

Antecedentes de instrumentación

2.1 Bosquejo Histórico

Antes de 1920, las mediciones se efectuaban localmente. Los sistemas de instrumentación y control eran dispositivos manuales mecánicos y no existía la transmisión. Todo se realizaba con el operador trabajando junto al proceso. No existían métodos formales ni modelos matemáticos para poder controlar las variables: predominaban los métodos heurísticos, mediante la prueba y el error o la causa y el efecto. Los únicos modos de control utilizados eran los de lazo abierto y el de dos posiciones.

De 1930 a 1940, continuó la evolución de sistemas más confiables. Se construyeron los primeros servomecanismos, se utilizaron los primeros dispositivos neumáticos y se desarrollaron los primeros analizadores. Con respecto a los sistemas de control, se desarrollaron los primeros controladores industriales que utilizaban aproximaciones a los algoritmos Proporcional-Integral-Derivativos (PID). Así mismo, se desarrollaron los primeros controladores lógicos programables. En este periodo comenzó la utilización de la transmisión neumática que permitía transmitir a locaciones remotas señales representando variables de los procesos, lo que permitía la instalación de cuartos de control donde se centralizaba la operación de los procesos mediante tableros de control. El operador ya no necesitaba de trabajar junto a los procesos, reduciéndose los riesgos que esto le implicaba.

Entre los años 1940 y 1950, las plantas alcanzaron grandes capacidades de producción, aumentando su tamaño y complejidad. En este periodo se desarrollaron los primeros instrumentos electrónicos, basados principalmente en potenciómetros. Se construyeron los primeros transmisores y las primeras celdas de presión diferencial.

En este periodo los ingenieros Ziegler y Nichols propusieron las primeras técnicas de entonamiento basado en el método de la "Última sensibilidad", antes de estos desarrollos el ajuste y estabilización de los circuitos de control se efectuaba por métodos heurísticos. Por estos logros se considera a John Ziegler y Nathaniel Nichols como los pioneros del control automático. Al mismo tiempo se dieron los primeros pasos de la teoría moderna del control automático por parte de

Wiener, dentro del marco de la segunda guerra mundial que en si misma fue un hito en el desarrollo de los sistemas de instrumentación y control para aplicaciones industriales. En esta década surgió la transmisión eléctrica la que aún no se normaba, existiendo en ese entonces diferentes tipos de modulaciones con diferentes rangos.

En la década de los 50, se introdujo la cromatografía de gases y se desarrollaron nuevos principios de medición, tales como los electromagnéticos, los ultrasónicos y el coriolis, aunque este último fue utilizado intensivamente hasta los años 90, cuando la electrónica pudo satisfacer los requerimientos establecidos por este principio.

Con el advenimiento de la era digital, se definieron las bases de control supervisorio y del control digital directo. A través del comité SP50 de la ISA se estandarizo la transición eléctrica en el rango de 4 a 20mA, iniciándose con estos la migración de la telemetría neumática a la eléctrica, obteniendo así importantes beneficios en la operación y mantenimiento de los sistemas de instrumentación y control.

En la década de los 60, se desarrollaron nuevos controladores electrónicos analógicos con el concepto “alta densidad”, más capaces, nuevos tipos de válvulas de control, mejorándose considerablemente el desempeño de los Circuitos de Control. En este periodo se dio un importante auge a los cuartos de control, centralizándose cada vez más operaciones en los tableros de control.

Se definieron las bases del control distribuido y se desarrollaron los primeros PLC's de tipo digital. También se desarrollaron los primeros sistemas de telemedición, utilizándose en patios de tanques de almacenamiento ubicados en áreas remotas.

De 1970 a 1980, surge un avance tecnológico que revolucionaria muchos campos del quehacer humano y que encontró la aplicación inmediata en los sistemas de instrumentación y control industrial: el microprocesador. En 1975 se funda la ISA-México, como la “Sociedad de Instrumentistas de América sección México A.C.” con la misma misión y objetivos que la ISA. Actualmente ISA-México está clasificada como la sección central México.

Los microprocesadores se aplicaron en los sistemas de control distribuido a mediciones de esta década, aumentándose considerablemente su capacidad, funcionalidad y confiabilidad. Así mismo, se dieron los primeros desarrollos de la instrumentación inteligente. Los controladores lógicos programables (PLC's) se digitalizaron aumentando su capacidad y confiabilidad a precios reducidos. Las comunicaciones mejoraron considerablemente con la introducción de la fibra

óptica, pudiéndose manejar distancias mucho mayores con menores velocidades y pérdidas reducidas en la señal. Esto permitió la aplicación de topologías en los sistemas de control para la centralización de operaciones en los años 90.

En la década de los 80, se construyeron instrumentos con mejor exactitud y confiabilidad, a precio reducido, introduciéndose el concepto de instrumentos “desechables”, debido a que resultaba más barato comprar nuevos que repararlos. Esto, aunado a la aparición de garantías de hasta 5 años en algunos instrumentos, tales como las celdas de presión diferencial. En esta década se desarrollaron también las primeras aplicaciones del control avanzado. Esto es, por primera vez se aplicaron exitosamente algunos de los conceptos establecidos en la teoría moderna del control automático a los procesos industriales, reflejándose su efecto como un aumento de la estabilidad, controlabilidad, productividad y eficiencia de estos procesos.

En este periodo las estrategias de control se aplicaban a través de mini computadoras interconectadas a los sistemas de control distribuido, lo que en esa época no resultaba una tarea fácil y aunado al alto costo de aplicaciones de los esquemas de control avanzado, se requería un cambio en la culturalización de los directivos y del personal de operación, para que estos pudieran aceptar los altos costos y dificultades implicados en su aplicación, justificándose mediante los beneficios obtenidos.

En la telemetría, los avances se originaron hacia las comunicaciones digitales, definiéndose los primeros protocolos de las comunicaciones digitales, al mismo tiempo que se hacía más común la utilización de redes.

En la década de los 90, se ha observado principalmente la continuación de las tendencias iniciadas en las décadas anteriores. Así por ejemplo la instrumentación es cada vez más precisa y confiable, con la funcionalidad multivariable, con precios reducidos. Se aplican extensivamente nuevos principios de medición y se desarrollan analizadores cada vez más confiables capaces de medir en línea componentes que antes era imposible. Se inicia la aplicación de nuevos esquemas de control avanzado, tales como las estrategias multivariables, las estrategias de ingeniería artificial, las redes neuronales y los agentes múltiples adaptivos.

Por otro lado se aplican con mayor frecuencia esquemas superiores de control tales como el control de optimización, el control gerencial, lo que permite obtener mayor productividad y beneficios financieros de los procesos mediante la utilización de herramientas tales como los simuladores en línea para optimización y capacitación, así como la integración de los sistemas de control en redes

gerenciales para el manejo integral de la información y la aplicación de bases de datos financieros tales como el SAP.

De esta misma forma, se desarrollan paquetes para permitir un programa sistematizado para el mantenimiento de las instalaciones industriales y los sistemas de instrumentación y control, basados en la información recopilada por los sistemas de control digital, utilizando base de datos relaciones y algoritmos predictivos.

Los sistemas de control digital se benefician por el aumento en la capacidad de procesamiento de nuevos microprocesadores, por el aumento en la capacidad de los dispositivos de memoria, por el desarrollo de periféricos mejorados, por la aplicación de sistemas operativos y paquetes de programación más confiables y funcionales, así como por la introducción de protocolos uniformizados, lo que permite el desarrollo de los conceptos de la interconectividad y la interoperabilidad entre los sistemas de instrumentación y control industrial.

Durante la década de los 90, se ha dado mayor importancia a los sistemas instrumentados de seguridad(SIS), para la protección de las instalaciones industriales y de su personal, desarrollándose normas cada vez más estrictas por las presiones ejercidas por la opinión pública y por las compañías aseguradoras.

Así mismo se han desarrollado sistemas de instrumentación y estrategias de control que permiten cumplir con las cada vez más astringentes normas ambientales.

La automatización de un equipo o proceso industrial consiste en la incorporación de un dispositivo tecnológico que se encarga de controlar su funcionamiento en base a una serie de elementos definidos con anterioridad.

El sistema que se crea con la incorporación del dispositivo denominado genéricamente automatismo, es capaz de reaccionar ante las situaciones que se presentan, ejerciendo las funciones de control para la que han concebido. La evolución tecnológica ha permitido la realización de automatismos cada vez más complejos.

Un sistema automático es capaz de realizar sus funciones, es capaz de dirigirlas y controlarlas, presidiendo de cualquier intervención exterior por parte del operador. Las tecnologías aplicadas a los automatismos pueden ser de dos tipos: lógica cableada y lógica programada.

En la actualidad existen muchos casos de instrumentación de sistemas, como por ejemplo ya han realizado la instrumentación de un invernadero, en este se implementó un sistema de instrumentación en el invernadero de la unidad

agroecológica de Aldana de la universidad del Quindío en Colombia, con el fin de medir las variables de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo. El sistema consta de seis sensores de temperatura y dos de humedad relativa que fueron acondicionados y agrupados en una tarjeta central con el fin de obtener el promedio de cada uno de ellos. El sensor de humedad del suelo fue caracterizado con diferentes tipos de tierra, para luego ser acondicionado y llevado a la tarjeta central. La señal del sensor de humedad, el promedio de los sensores de temperatura y el promedio de los sensores de humedad relativa, son adquiridos y luego visualizados en una pantalla LCD, permitiéndole a los investigadores conocer el estado de estas variables en cualquier instante de tiempo.

En la actualidad para llevar acabo la instrumentación de sistemas utilizamos: sensores, transductores, acondicionadores, y una unidad de adquisición de datos que en nuestro caso es la tarjeta HUMUSOFT AD622 que vamos a guiar hasta un ordenador.

2.2 Sensores

Sensor: es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, etc.

Los sensores pueden estar conectados a un ordenador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc.

2.2.1 Tipos de sensores

a) Posición lineal o angular. Está pensado para la medida de posición angular mediante tecnología magnética. Es decir, contamos con dos elementos un detector y un emisor, el emisor es principalmente un imán que al variar su posición, también lo harán sus polos. Por este principio de funcionamiento, contamos con un sensor de ángulo absoluto.

b) Desplazamiento y deformación. Están pensados para realizar medidas de desplazamiento lineal o posición lineal, de una forma automatizada. Generalmente la medida se realiza en magnitudes de distancia como pueden ser metros o pulgadas.

c) Velocidad lineal y angular. Estos sensores pueden detectar la velocidad de un objeto tanto sea lineal como angular, pero la aplicación más conocida de este tipo de sensores es la medición de la velocidad angular de los motores

d) Aceleración. Están pensados para realizar la medida de aceleración o vibración, proporcionan una señal eléctrica según la variación física, en este caso la variación física es la aceleración o la vibración.

e) Fuerza y par. se emplean para la comprobar o medir la cantidad de presión unidad de superficie que se ejerce en un control o ensayo. Estos sensores de fuerza transforman la magnitud mecánica en magnitud eléctrica, fuerza ejercida en voltaje.

f) Presión. Los sensores de presión se utilizan para el control y la vigilancia en miles de aplicaciones de uso diario. Los sensores de presión también se pueden utilizar para medir otras variables tales como líquido, flujo de gas, velocidad, nivel de agua, y la altitud.

g) Caudal. Recogen las velocidades del flujo de aire o líquidos. Los sensores de caudal usan diferentes principios de medición. Los sensores de caudal para líquidos funcionan por ejemplo sobre la base de ultrasonidos. Esta medición sin contacto tiene la ventaja que los sensores no están expuestos a golpes de ariete y medios sólidos.

h) Temperatura. Trabaja como un diodo zener cuyo voltaje de ruptura es directamente proporcional la temperatura que llegue a la superficie. Por cada grado de temperatura, varía su voltaje en mV.

i) Sensores de presencia. Se utilizan para detectar la presencia de un objeto.

j) Sensores táctiles. El término **sensor táctil** por lo general se refiere a un transductor que es sensible al tacto, de fuerza o presión. Los sensores táctiles se emplean donde las interacciones entre la superficie de contacto y el medio ambiente deben ser medidos y registrados.

k) Sensor de proximidad. Es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor.

l) Sensor acústico. Los micrófonos son los sensores que facilitan la conversión de una señal acústica en eléctrica.

m) Sensor de luz. Es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

2.3 Etapa de Transducción

Transductor es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente a la salida.

El nombre del transductor ya nos indica cual es la transformación que realiza (por ejemplo electromecánica, transforma una señal eléctrica en mecánica o viceversa). Es un dispositivo usado principalmente en la industria, en la medicina, en la agricultura, en robótica, en aeronáutica, etc. para obtener la información de entornos físicos y químicos y conseguir (a partir de esta información) señales o impulsos eléctricos o viceversa. Los transductores siempre consumen algo de energía por lo que la señal medida resulta debilitada.

Un transductor es, en general, un dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente pero de otra forma física distinta. Es decir, convierte un tipo de energía en otro.

Al medir una fuerza, por ejemplo, se supone que el desplazamiento del transductor es despreciable, o sea, que no se “carga” al sistema, ya que de lo

contrario podría suceder que este último, fuera incapaz de aportar la energía necesaria para el desplazamiento. En la traducción siempre se extrae una cierta energía del sistema donde se mide, por lo que es importante garantizar que esto no lo perturba.

Dado que hay seis tipos de señales: mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares (químicas), cualquier dispositivo que convierta una señal de un tipo en una señal de otro tipo debería considerarse un transductor, y la señal de salida podría ser de cualquier forma física “útil”.

En la práctica, generalmente los transductores ofrecen una señal de salida eléctrica, debido al interés de este tipo de señales en la mayoría de procesos de medida. Los sistemas de medida electrónicos ofrecen, entre otras, las siguientes ventajas:

Debido a la estructura electrónica de la materia, cualquier variación de un parámetro no eléctrico de un material viene acompañada por la variación de un parámetro eléctrico. Eligiendo el material adecuado, esto permite realizar transductores con salida eléctrica para cualquier magnitud física no eléctrica.

Dado que en el proceso de medida no conviene extraer energía del sistema donde se mide, lo mejor es amplificar la señal de salida del transductor. Con amplificadores electrónicos se pueden obtener fácilmente ganancias de potencia de 1010 en una sola etapa, a baja frecuencia.

Además de la amplificación, hay una gran variedad de recursos, en forma de circuitos integrados, para acondicionar o modificar las señales eléctricas. Incluso hay transductores que incorporan físicamente en un mismo encapsulado parte de estos recursos.

Existen también numerosos recursos para presentar o registrar información si se hace electrónicamente, pudiéndose manejar no sólo datos numéricos, sino también textos, gráficos y diagramas.

La transmisión de señales eléctricas es más versátil que la de señales mecánicas, hidráulicas o neumáticas, y si bien no hay que olvidar que éstas pueden ser más convenientes en determinadas circunstancias.

2.4 Etapa de Acondicionamiento

Los acondicionadores de señal, adaptadores o amplificadores, en sentido amplio, son los elementos del sistema de medida que ofrecen, a partir de la señal

de salida de un sensor electrónico, una señal apta para ser presentada o registrada o que simplemente permita un procesamiento posterior mediante un equipo o instrumento estándar. Normalmente, son circuitos electrónicos que ofrecen, entre otras funciones las siguientes:

- Amplificación.
- Filtrado.
- Adaptación de impedancias
- Modulación
- Demodulación.

Si se considera, por ejemplo, el caso en que una de las etapas de tratamiento de la señal de medida es digital, si la salida del sensor es analógica, que es lo más frecuente, hará falta un convertidor A/D. Estos tienen una impedancia de entrada limitada, exigen que la señal aplicada sea continua o de frecuencia de variación lenta, y que su amplitud este entre unos límites determinados, que no suelen exceder de 10 voltios. Todas estas exigencias obligan a interponer un acondicionador de señal entre el sensor, que muchas veces ofrece señales de apenas unos milivoltios, y el convertidor A/D.

La presentación de los resultados puede ser de forma analógica (óptica o acústica) o numérica (óptica). El registro puede ser magnético o sobre papel, e incluso electrónico (memorias eléctricas), y exige siempre que la información de entrada este en forma eléctrica.

La adquisición de datos o adquisición de señales: consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Consiste en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora o PAC. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de adquisición de datos (DAQ).

2.5 Adquisición de Datos

La **adquisición de datos** o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas

y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (**DAQ**).

La adquisición de datos se inicia con el fenómeno físico o la propiedad física de un objeto (objeto de la investigación) que se desea medir. Esta propiedad física o fenómeno podría ser el cambio de temperatura o la temperatura de una habitación, la intensidad o intensidad del cambio de una fuente de luz, la presión dentro de una cámara, la fuerza aplicada a un objeto, o muchas otras cosas. Un eficaz sistema de adquisición de datos pueden medir todas estas diferentes propiedades o fenómenos.

Un sensor es un dispositivo que convierte una propiedad física o fenómeno en una señal eléctrica correspondiente medible, tal como tensión, corriente, el cambio en los valores de resistencia o condensador, etc. La capacidad de un sistema de adquisición de datos para medir los distintos fenómenos depende de los transductores para convertir las señales de los fenómenos físicos mensurables en la adquisición de datos por hardware. Transductores son sinónimo de sensores en sistemas de DAQ. Hay transductores específicos para diferentes aplicaciones, como la medición de la temperatura, la presión, o flujo de fluidos. DAQ también despliega diversas técnicas de acondicionamiento de Señales para modificar adecuadamente diferentes señales eléctricas en tensión, que luego pueden ser digitalizadas.

Las señales pueden ser digitales (también llamada señales de la lógica) o analógicas en función del transductor utilizado.

El acondicionamiento de señales suele ser necesario si la señal desde el transductor no es adecuado para la DAQ hardware que se utiliza. La señal puede ser amplificada o desamplificada, o puede requerir de filtrado, o un cierre patronal, en el amplificador se incluye para realizar demodulación. Varios otros ejemplos de acondicionamiento de señales podría ser el puente de conclusión, la prestación actual de tensión o excitación al sensor, el aislamiento, linealización, etc. Este pre tratamiento del señal normalmente lo realiza un pequeño módulo acoplado al transductor.

DAQ hardware son por lo general las interfaces entre la señal y una computadora. Podría ser en forma de módulos que pueden ser conectados a la computadora de los puertos (paralelo, serie, USB, etc...) o ranuras de las tarjetas conectadas a (PCI, ISA) en la placa madre. Por lo general, el espacio en la parte posterior de una tarjeta PCI es demasiado pequeño para todas las conexiones necesarias, de modo que una ruptura de caja externa es obligatoria. Las tarjetas DAQ a menudo contienen múltiples componentes (multiplexores, ADC, DAC, TTL-IO, temporizadores de alta velocidad, memoria RAM). Estos son accesibles a través de un bus por un micro controlador, que puede ejecutar pequeños

programas. El controlador es más flexible que una unidad lógica dura cableada, pero más barato que una CPU de modo que es correcto para bloquear con simples bucles de preguntas.

Driver software normalmente viene con el hardware DAQ o de otros proveedores, y permite que el sistema operativo pueda reconocer el hardware DAQ y dar así a los programas acceso a las señales de lectura por el hardware DAQ. Un buen driver ofrece un alto y bajo nivel de acceso.

Capítulo 3

Instrumentación basada en Humusoft AD-622

3.1 Introducción

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).

3.2 Descripción general de la HUMUSOFT AD 622

La tarjeta de adquisición de datos humusoft AD 622 está diseñada para conectar a la computadora señales del mundo real. La AD 622 contiene 8 canales rápidos de 14 bits de convertidor A/D con circuito muestreador/retenedor simultáneo, 8 convertidores D/A independientes de 14 bit, un puerto de entrada digital de 8 bit y un puerto de salida digital de 8 bit. La tarjeta es diseñada para aplicaciones de control y adquisición de datos estándar y esta optimizada para usarse con Real Time Toolbox para Simulink. La AD 622 cuenta totalmente con una arquitectura de 32 bits para un rendimiento rápido.

3.3 Simulink

Es un entorno de programación visual, que funciona sobre el entorno de programación Matlab.

Es un entorno de programación de más alto nivel de abstracción que el lenguaje interpretado Matlab (archivos con extensión .m). Simulink genera archivos con extensión .mdl (de "model").

Simulink es un entorno de diagrama de bloques para la simulación multidominio y diseño basado en modelos. Es compatible con el diseño a nivel de sistema, la simulación, la generación automática de código y prueba continua y verificación de sistemas embebidos.

Simulink ofrece un editor gráfico, bibliotecas de bloques personalizables y solucionadores de modelado y simulación de sistemas dinámicos. Está integrado con MATLAB, lo que le permite incorporar algoritmos de MATLAB en modelos y exportar los resultados de simulación de MATLAB para el análisis.

3.4 Real Time Toolbox

Es un paquete para conectar simulink al mundo real. Este agrega la capacidad de adquisición de datos en tiempo real, procesándolo inmediatamente por un modelo de simulink y enviándolo de regreso al mundo real. El concepto de los controladores de hardware cargables permite servir prácticamente a cualquier tarjeta I / O sin la necesidad de conocer los detalles de hardware.

El Real Time Toolbox contiene una librería de bloques con apoyo de entrada y salida en tiempo real. Todas las características son implementadas como bloques de simulink con una interfaces grafica estándar, que provienen de dos fáciles comienzos para principiantes y trabajo de alta productividad para usuarios con más experiencia. Ejemplos de demostración de sistemas básicos están disponibles.

3.5 Biblioteca de bloques de simulink

En esta parte voy a explicar paso a paso como trabajar con la librería de bloques de **Real Time Toolbox**. La librería Real time resulta de la simulación del medio ambiente en tiempo real en simulink. Para que sea permitido trabajar con el producto, deberás aprender cómo usar los diferentes tipos de bloques de entrada y salida(input/output) de real-time, conectándolos al sistema y definir sus parámetros dependiendo en el tipo del sistema. Todos los pasos necesarios para realizar esas tareas se describirán a continuación.

3.5.1 Uso de bloques de Real Time Toolbox

La descripción básica de bloques para un comienzo rápido la voy describir en esta sección.

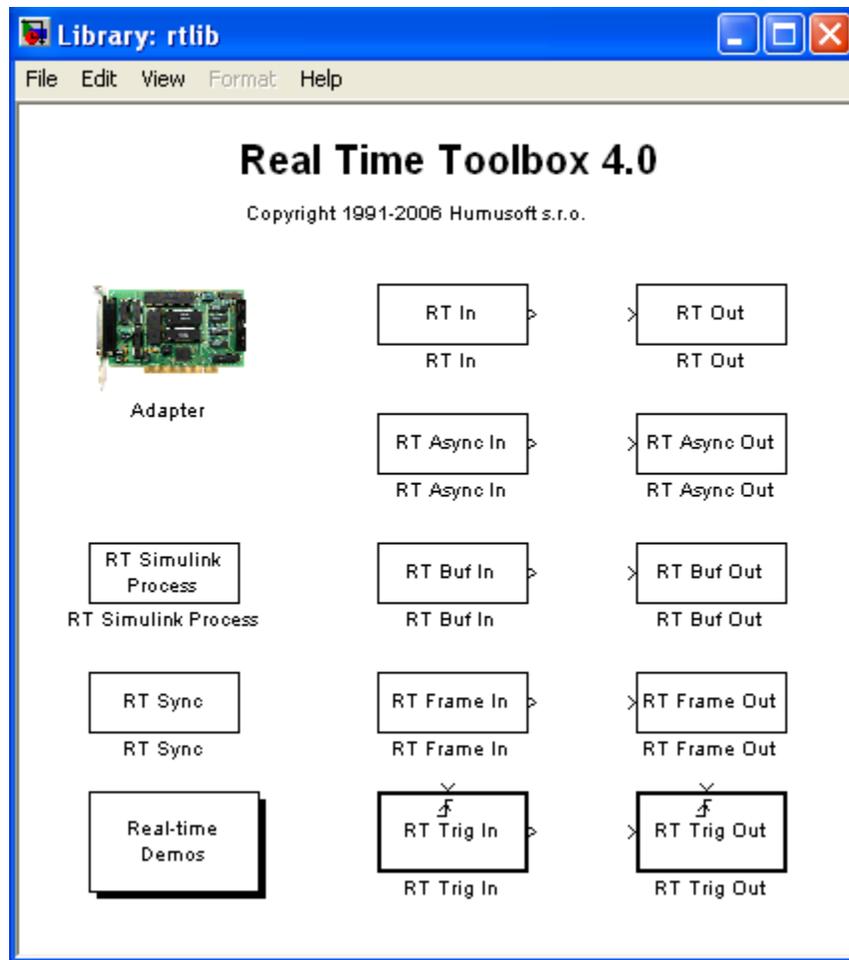


Figura 3.1 Biblioteca Real Time Toolbox

3.5.1.1 Acceso a la biblioteca Real Time Toolbox

Para abrir la ventana de la biblioteca Real Time Toolbox inserta:

```
>>rtlib
```

en la ventana de comando de MATLAB. Aparecerá la ventana de la biblioteca de Real Time Toolbox como se muestra en la **figura 3.1**. También se puede abrir esta biblioteca desde el buscador de biblioteca de simulink, insertando:

```
>>Simulink
```

en la ventana de comando de MATLAB como se muestra en la **figura 3.2**

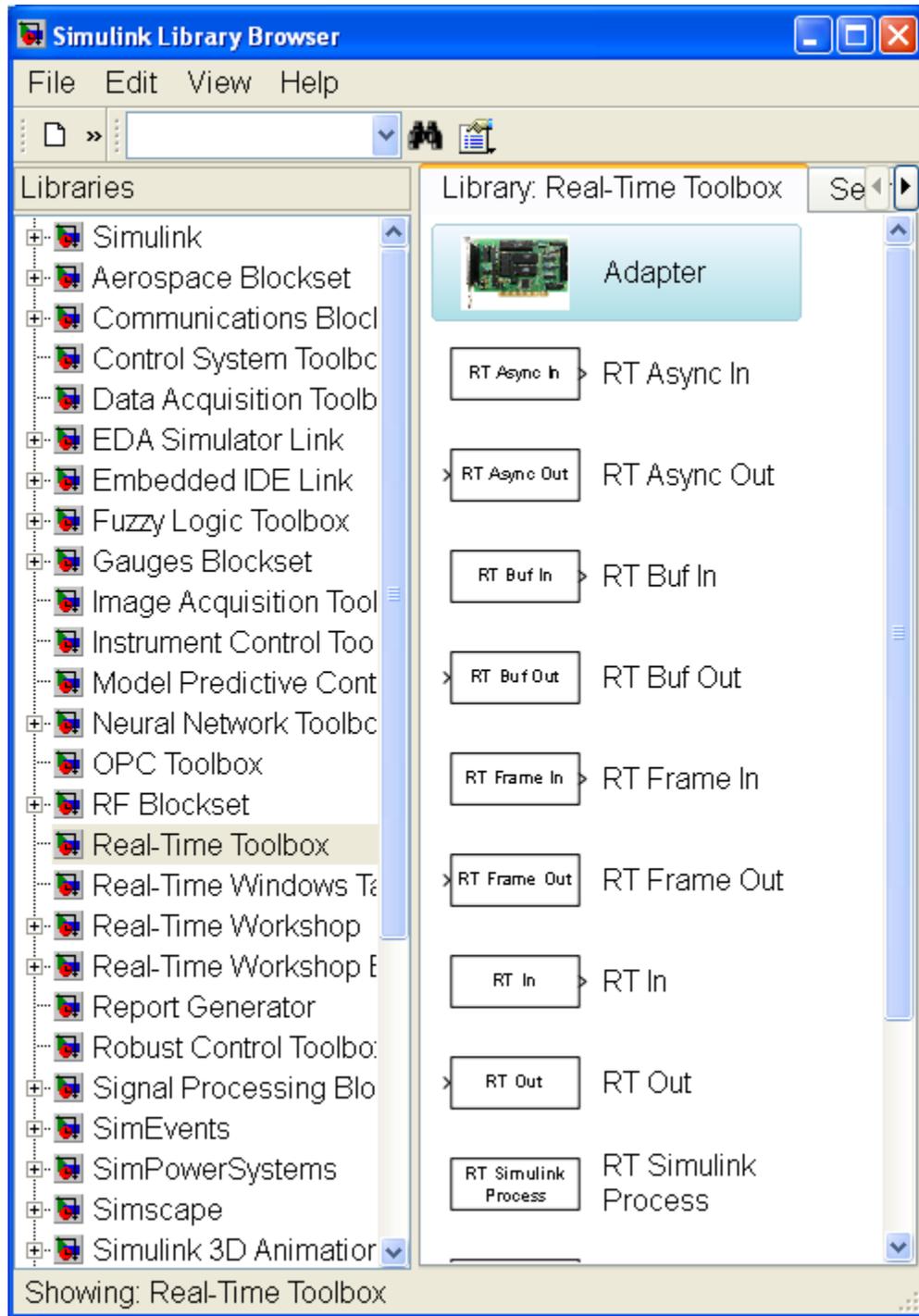


Figura 3.2 Biblioteca Real Time Toolbox en el buscador de bibliotecas de simulink

3.5.1.2 Selección del hardware del Adaptador

El hardware del **Adaptador** es un bloque que representa el tablero de entradas y salidas en tu computadora usado como dispositivos de entrada y salida de tiempo real. Este bloque realiza la carga del controlador del hardware del Real Time Toolbox y la interface del núcleo de tiempo real a tu tarjeta de adquisición de datos. La configuración y carga apropiada es la acción clave para la comunicación con la tarjeta. Este puede ayudarte si tienes un manual práctico de la tarjeta de adquisición de datos mientras aprendes como cargar un controlador. El controlador del hardware es una parte del Real Time Toolbox, transportado específicamente para relacionar tu hardware de adquisición de datos.

El **Adaptador** es un bloque especial que carga el controlador del hardware, pero no realiza ninguna acción durante la simulación del mismo. Para este no existe entradas ni salidas. Si le damos doble clic en el bloque del **Adaptador** nos va a mandar a la ventana que se muestra en la **figura 3.3** después le damos doble clic en el folder que dice Humusoft y seleccionamos MF622. La ventana con la configuración del tablero aparecerá.

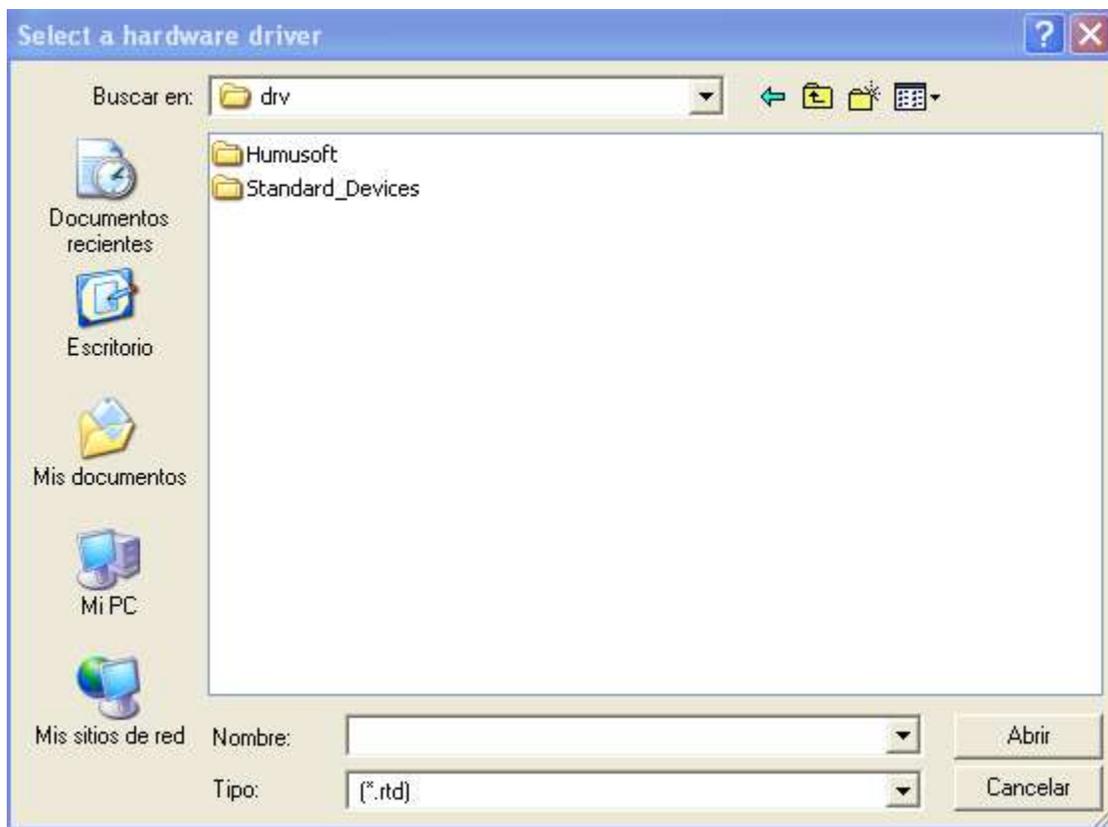


Figura 3.3 Selección de un controlador del hardware

En esta ventana vamos a seleccionar los parámetros. El contenido de la ventana varía de controlador a controlador, pero usualmente hay controles para seleccionar la configuración del periférico y otros parámetros importantes.

En el caso de la tarjeta Humusoft AD-622 la ventana se ve como la **figura 3.4**. Los valores por default se despliegan en la ventana correspondiente al factor por default en tu tarjeta de adquisición de datos, así que si no quieres cambiar tu configuración de fábrica solo dale **OK** y habrás terminado.



Figura 3.4 Selección de parámetros del controlador del hardware

Después de presionar **OK** la ventana desaparecerá y el controlador estará configurado. El driver no se está cargando en ese momento. Esto significa que puedes configurar tu modelo de simulink incluso para tarjetas que no están actualmente instaladas sin marcar error. El controlador es cargado después cuando la simulación ha empezada y si la tarjeta no está disponible y el controlador despliega **“Device not found”** (dispositivo no encontrado) y el error es reportado en ese momento. El controlador puede no cargar porque el dispositivo no está instalado o porque no está trabajando correctamente.

Después de cargar el controlador el nombre del bloque **Adapter** cambia y muestra el nombre del controlador y la dirección. Si tu abres el bloque **Adapter** y puedes re direccionar la ventana desplegada en la **figura 3.4** y puedes cambiar los parámetros del controlador. Si después quieres cambiar el controlador, debes eliminar el bloque **Adapter** de tu modelo, y puedes colocar un nuevo bloque **Adapter** de la biblioteca Real Time en lugar de la que estaba anteriormente y la configuras nuevamente.

Usando varios bloques del adaptador con diferentes nombres y diferentes controladores puedes usar más de una tableta de adquisición de datos en un modelo de simulink. Puedes también usar más de una tarjeta del mismo tipo usando múltiples bloques del adaptador.

3.5.1.3 Uso de bloques de entrada

Los bloques de entrada son usados para leer canales de entrada en un modelo de simulink en tiempo real. Hay varios tipos de bloques de entradas de tiempo real en la biblioteca Real Time: bloques de entrada planos, bloques de entrada amortiguados, bloques de entrada asíncronos, bloques de entrada activada y bloques de entrada basados en marcos. Para cada bloque de entrada se debe de especificar la frecuencia de muestreo, el adaptador usado como dispositivo de entrada, tipo de entrada y canales del adaptador usados para la adquisición de datos. Se puede especificar un canal de entrada simple y obtener una salida en escalar o puedes especificar un vector de canales de entrada y obtener un vector en la salida. El número de canales es relativo al número de canales dentro de cada controlador del hardware y dentro de cada grupo del canal de entrada en cada controlador del hardware. Así que en cada bloque de entrada se selecciona el adaptador para especificar el dispositivo de entrada, se selecciona la entrada analógica, digital encoder, como contador o cualquier otra entrada y luego el número de canal dentro de la selección del tipo de entrada.

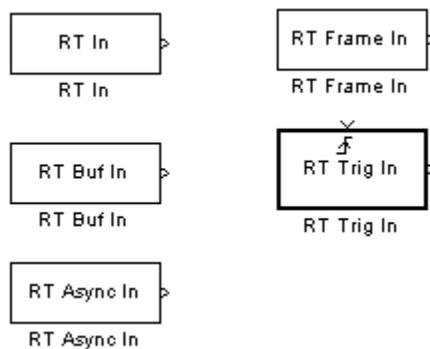


Figura 3.5 Fuentes de tiempo real

Los bloques de entrada lisos (**RT In**) son adecuados para aplicaciones como control en tiempo real, donde cada muestra de entrada debe ser procesada inmediatamente muestra por muestra para obtener la salida del sistema adecuado sin amortiguar o retrasar. Los bloques de entrada del amortiguado y del basado en marco (**RT Buf In**) son diseñados para la adquisición de datos y aplicaciones de procesamiento de señal donde todos los datos deben ser capturado en tiempo real, pero también puede ser almacenado y procesado por simulink. El

amortiguamiento puede incrementar el rendimiento del sistema significativamente y lograr una tasa de muestreo más alta sin perder muestras.

El marco basado en bloques de entrada (**RT Frame In**) es adecuado para la adquisición de datos y aplicaciones de procesamiento de señales con frecuencias de muestreo rápidas.

3.5.1.4 Uso de bloques de salida

Los bloques de salida son usados para definir canales de salida en tiempo real un modelo de simulink. Hay varios tipos de bloques de salida en tiempo real en la biblioteca Real Time: bloques de salida lisos, boques de salida asíncronos, bloques de salida amortiguados, bloques de salida enmarcados y bloques de salida activados. Para cada bloque de salida se debe de especificar frecuencia de muestreo, se debe de especificar el adaptador usado como dispositivo de salida y el canal del adaptador usado para la adquisición de datos. Puedes especificar un canal de salida simple y obtener un bloque con una entrada escalar o puedes especificar un vector como salida en un canal y obtener un bloque con un vector de entrada. El número de canales son relativos al número de canales dentro de cada driver del hardware y dentro de cada grupo de canales de salida en cada driver del hardware. Así que en cada bloque de salida se selecciona el adaptador y especificas el dispositivo de salida.

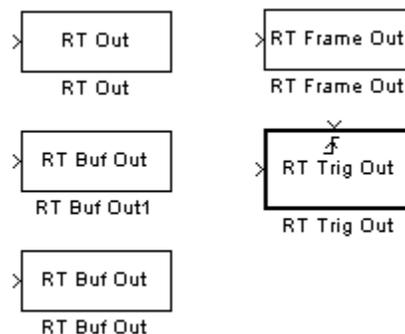


Figura 3.6 Sumideros en tiempo real

Los bloques de salida planos (**RT Out**) son adecuados para aplicaciones como control en tiempo real, donde cada muestra de salida debe de ser procesada inmediatamente. En cada sistema con entradas y salidas se debe crear un

ventana de tiempo entre entradas y salidas en lo que todos los cálculos son realizados. Este es usualmente realizado en los bloques de salida por un tiempo de muestreo específico con offset.

Los bloques de salida de amortiguamiento (**RT Buf Out**) son diseñados para conocer las demandas del generador de señales y aplicaciones de procesamiento de salidas donde los datos pueden ser computarizados y enviados a accesos de muestra de salida en tiempo real.

En las aplicaciones de procesamiento de señales donde típicamente son usadas las entradas y salidas, la señal del bloque de salida de amortiguamiento es retrasada por el tamaño del amortiguamiento al crear una ventana de tiempo entre entradas y salidas.

Los bloques de salida basados en marcos (**RT Frame Out**) son diseñados para la adquisición de datos y aplicaciones de procesamiento de señales con frecuencias de muestreo rápidas. Estos usan amortiguamiento y proporcionan marcos de datos para procesamiento rápido basado en marcos. Este bloque es diseñado para aplicaciones donde la señal de salida es requerida continua o repetitivamente.

3.5.1.5 Uso de bloques de sincronización

El bloque de sincronización (**RT Sync**) es un bloque diseñado para la sincronización de una señal en tiempo real sin realizar alguna operación de entrada o salida. Para cada bloque RT Sync se debe especificar la frecuencia de muestreo, pero no el nombre o canal del adaptador. Este bloque es usado solo en el timer de Real Time Toolbox, pero no en el hardware del adaptador o el controlador. El bloque no tiene entradas o salidas. Este es puesto en el modelo y sincroniza las operaciones de simulink al tiempo real.

Los bloques de sincronización (**RT Sync**) son adecuados para experimentos en tiempo real sin ninguna entrada o salida, pero con el correcto tiempo de sincronización de las señales y animaciones en la pantalla.

3.5.1.6 Bloque de procesos de simulink

RT Simulink Process es un bloque diseñado para el control de prioridad de las tareas de simulación. Este bloque permite especificar los principales sistemas de procesos para el proceso de simulink que corre en un modelo de tiempo real.

Una más alta prioridad significa un mejor rendimiento de la ejecución de tareas. Una mayor prioridad, cuando se selecciona, puede disminuir el rendimiento del sistema operativo u otra operación significativa al nivel de convertirse insensible, así que se debe de usar los ajustes con cuidado.

3.5.2 Tipos de dispositivos de entrada

Los bloques de entrada te permiten el acceso a diferentes tipos de dispositivos de entrada como entradas analógicas, digitales, contadores y más. Para cada tipo de entrada se pueden ajustar diferentes parámetros. Para cada tipo de entrada tienes que usar un bloque de entrada separado. Mientras puedes acceder a todos los convertidores A/D por un bloque de entrada configurado como entrada analógica, tú tienes que usar un bloque de entrada separado por ejemplo para una entrada digital. Cada dispositivo de adquisición de datos puede apoyar uno o más tipos de entradas.

Entrada analógica

Una entrada analógica es usada por dispositivos como convertidores A/D, joysticks, ratones y dispositivos similares.

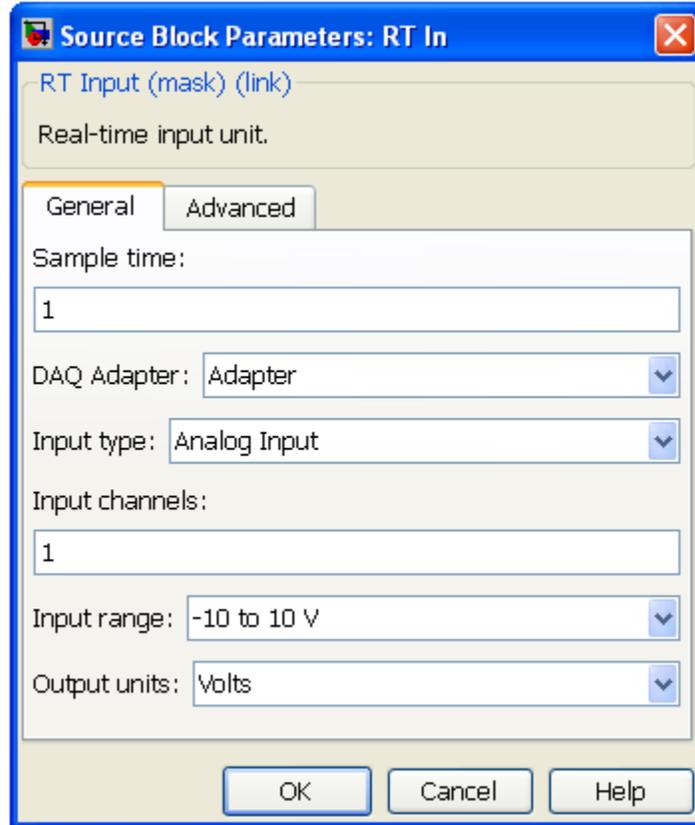


Figura 3.7 Dispositivo de entrada analógica

Las entradas analógicas permiten configurar rangos de entrada. Aunque en algunos casos se fija rango de entrada, hay algunos dispositivos con múltiples rangos de entrada. Las escalas disponibles se enumeran en el cuadro de dialogo. Las configuraciones del rango de entrada son independientes de las unidades de salida del bloque. Además los volts puedes utilizar salidas de bloques normalizados, o puedes obtener la lectura de valores directamente del dispositivo de entrada. Usando este formato de datos puede requerir un conocimiento más profundo de la arquitectura del dispositivo y el formato de datos y no es recomendado.

Si el dispositivo ofrece algunas configuraciones especiales de dispositivos específicos como entradas diferenciales, filtrado o alguna otra función, esos puedes ser establecido en el driver del dispositivo a través del bloque del adaptador.

3.5.2.2 Entrada digital

La entrada digital es utilizada por dispositivos como entradas digitales TTL o entradas de optoacoplador.

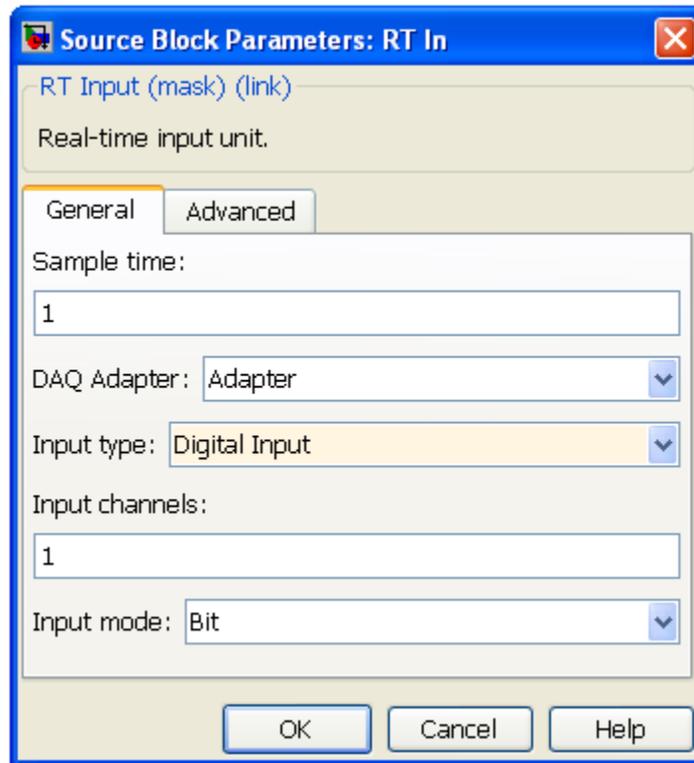


Figura 3.8 Dispositivo de entrada digital

Las entradas digitales te permiten seleccionar la operación de bit o byte. Cada puerto de entrada puede ser direccionado individualmente como un simple canal de entrada en el modo de bits. El valor del bloque de salida es 0 o 1. En el modo de byte de 8 puertos de entrada consecutivos comenzando con el canal de entrada seleccionado se leen y se guardan en un solo byte en salida. En el modo de byte el bloque de salida es un número en el rango de 0 a 255. Si tiene un dispositivo de entrada digital de 16 bit, se puede leer primero los 8 puertos de entrada por el canal de lectura 1 in el modo de byte.

Si el dispositivo ofrece alguna configuración especial de un dispositivo específico como dirección del puerto, estos se pueden ajustar en el controlador de dispositivo a través del bloque del adaptador.

3.5.2.3 Entrada contador

La entrada contador es usada por dispositivos como contadores de eventos basados en AM9513, 18254 u otros chips.

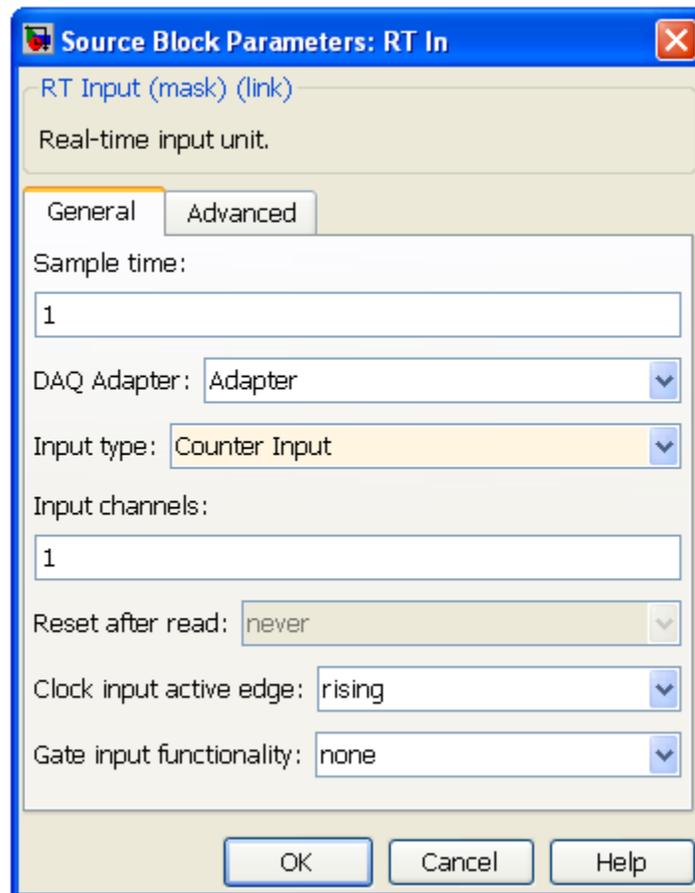


Figura 3.9 Dispositivo de entrada de contador

Dependiendo en el chip contador usado en entradas contador puede permitir configuraciones de reloj borde activo y la funcionalidad de entrada de la puerta. Una configuración adicional puede ser permitida en el controlador del dispositivo a través del bloque adaptador.

3.5.3 Tipos de dispositivos de salida

Los bloques de salida permiten el acceso a diferentes tipos de dispositivos de salida como salidas analógicas, salidas digitales y más. Para cada tipo de salida diferente pueden ser seleccionados diferentes parámetros. Para cada tipo de salida tienes que usar un bloque de salida separado. Mientras puedes acceder a todos los convertidores D/A por una selección de bloque de salida como salida analógica, tienes que usar un bloque de salida separado por ejemplo para salidas digitales. Cada dispositivo de adquisición de datos puede soportar una o más tipos de salida. Los dispositivos de solo entrada pueden no soportar algunas salidas.

Salida analógica

La salida analógica es usada por dispositivos como convertidores D/A y dispositivos similares.

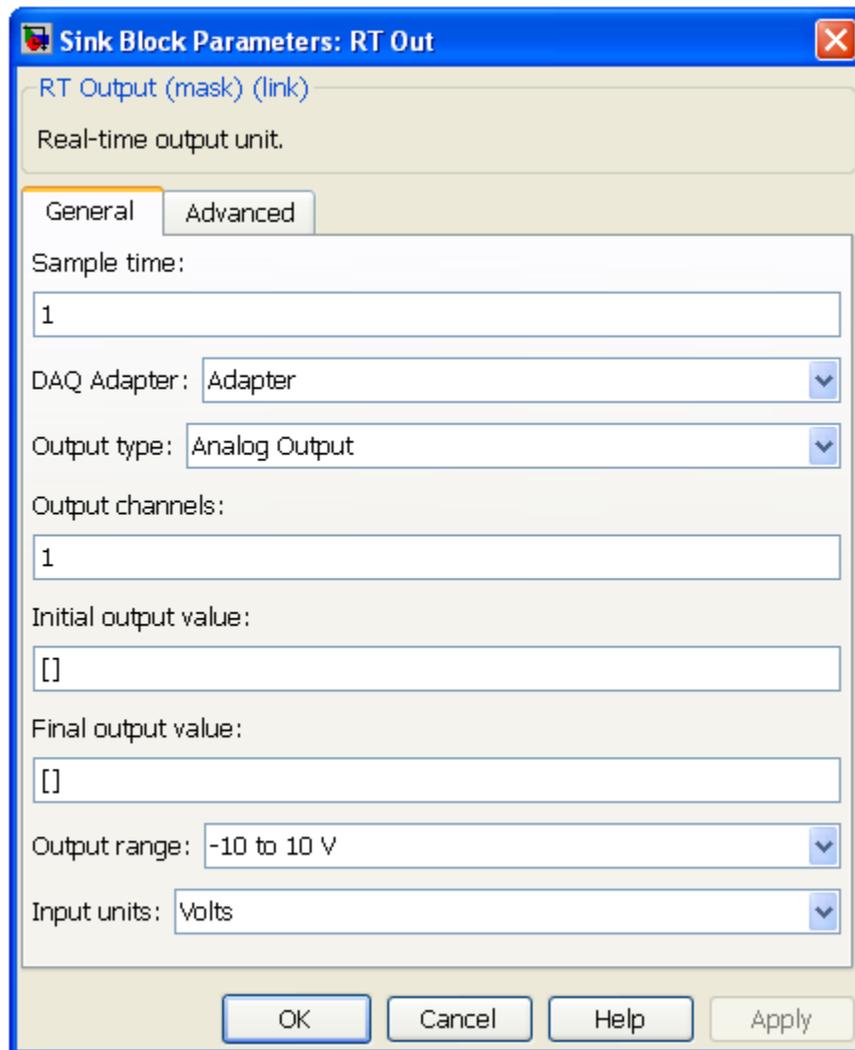


Figura 3.10 Dispositivo de salida analógica

Las salidas analógicas permiten seleccionar rangos de salida. Aunque en algunos casos el rango de salida es fijado, también hay algunos dispositivos con múltiples rangos de salida. Las escalas permitidos están enumeradas en el cuadro de dialogo. La configuración de las escalas de salida es independiente de las unidades del bloque de entrada. Además para los volts puedes usar entradas de bloques normalizados, o puedes usar valores en bruto escrito directamente al dispositivo de salida. Utilizando el formato de los datos en bruto puede requerir profundo conocimiento de la arquitectura de dispositivos y formatos de datos y no está recomendado.

3.5.3.2 Salida Digital

La salida digital es usada por dispositivos de salida digital TTL, relevadores u optoacopladores.

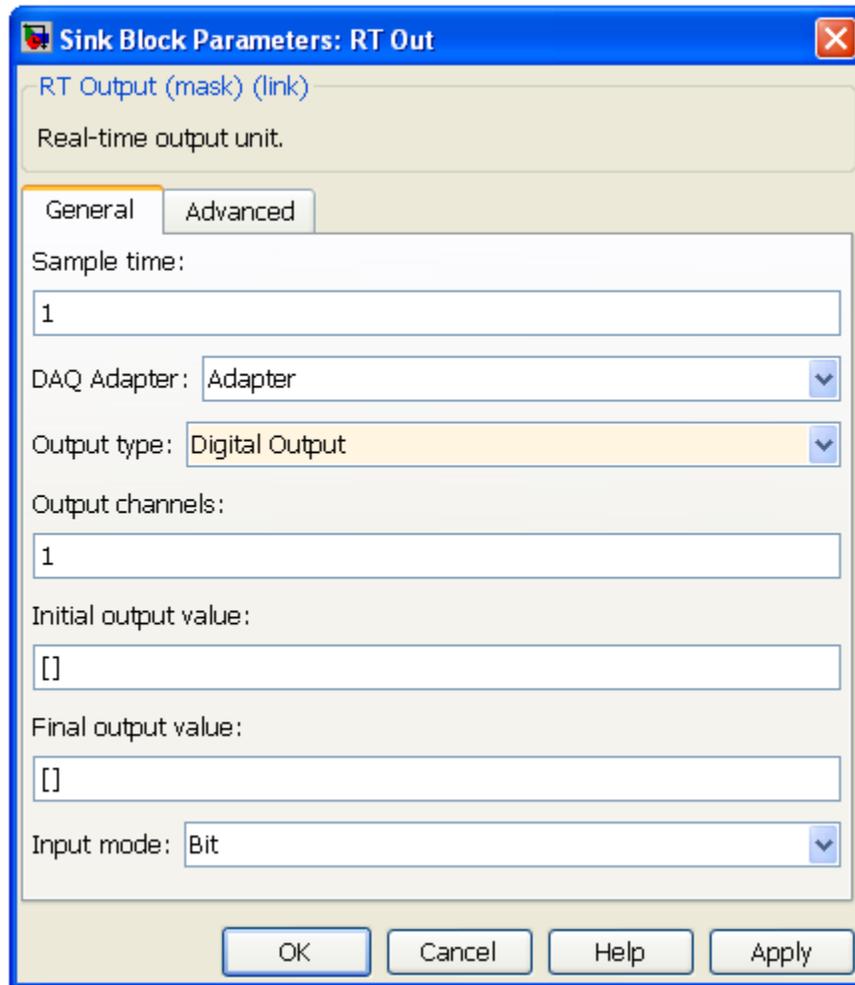


Figura 3.11 Dispositivo de salida digital

Las salidas digitales te permiten seleccionar la operación bit o byte. Cada puerto de salida puede ser tratado individualmente como un único canal de salida en el modo de bits. El valor del bloque de entrada debe de ser 0 o 1. En el modo de byte el valor del bloque de entrada es escrito como un byte de 8 puertos de salida comenzando con el canal de salida seleccionado. En el modo de byte el bloque de entrada debe de ser un número en el rango de 0 a 255. Si tienes un dispositivo de salida digital de 16 bit, puedes escribir los primeros 8 puertos de

salida escribiendo canal 1 en el modo de byte. Escribiendo canal 9 en el modo byte se escriben los siguientes 8 puertos de salida.

Capítulo 4

Los filtros activos en Matlab Humusoft AD-622

4.1 Introducción

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 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.

El tipo de filtro que vamos a utilizar es el filtro tipo butterworth. El **filtro de Butterworth** es uno de los filtros electrónicos más básicos, diseñado para producir la respuesta más plana que sea posible hasta la frecuencia de corte. En otras palabras, la salida se mantiene constante casi hasta la frecuencia de corte, luego disminuye a razón de $20n$ dB por década.

El filtro Butterworth más básico es el típico filtro pasa bajas de primer orden, el cual puede ser modificado a un filtro pasa altas o añadir en serie otros formando un filtro pasa banda o elimina banda y filtros de mayores órdenes.

Según lo mencionado antes, la respuesta en frecuencia del filtro es extremadamente plana (con mínimas ondulaciones) en la banda pasante. Visto en un diagrama de Bode con escala logarítmica, la respuesta decae linealmente desde la frecuencia de corte hacia menos infinito. Para un filtro de primer orden son -20 dB por década.

Se pueden implementar filtros pasa bajas, pasa altas, pasa banda, rechaza banda:

4.2 Filtro Pasa Altas:

Un **filtro paso altas** es un tipo de filtro electrónico en cuya respuesta en frecuencia se atenúan las componentes de baja frecuencia pero no las de alta

frecuencia, éstas incluso pueden amplificarse en los filtros activos. La alta o baja frecuencia es un término relativo que dependerá del diseño y de la aplicación.

Un diagrama común de un filtro pasa altas se muestra en la figura 4.1

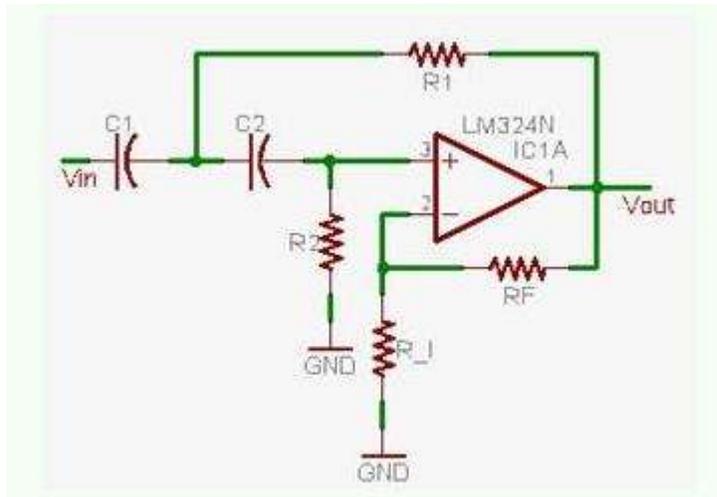


FIGURA 4.1 Filtro pasa altas de orden 2

4.2.1 Implementación de un filtro pasa altas de segundo orden analógico

El filtro deberá tener las siguientes condiciones:

- Frecuencia de corte $F_H = 15.9155Hz$
- Ganancia unitaria $A_F = 1$

Tenemos que

$$Q = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (4.1)$$

$$Q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \quad (4.2)$$

$$C_1 = C_2 \quad (4.3)$$

$$F_H = \frac{1}{4\pi C_2 R_1} \quad (4.4)$$

Para facilitarnos el cálculo ponemos,

$$C_1 = C_2 = 0.01\mu F \quad (4.5)$$

Entonces queda de la siguiente manera,

$$R_1 = \frac{1}{4\pi C_2 F_H} = \frac{1}{4\pi(0.01\mu F)(15.9155Hz)} \quad (4.6)$$

$$R_1 = 499,999.8212\Omega \approx 500k\Omega \quad (4.7)$$

Ahora tenemos que

$$Q = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \quad (4.8)$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{4}{2} = 2$$

$$R_2 = 2R_1 = 1M\Omega \quad (4.9)$$

Para calcular R_F y R_i

$$A_F = 1 + \frac{R_F}{R_i} \quad (4.10)$$

$$A_F = 1$$

$$\frac{R_F}{R_i} = 0$$

$$R_F = 0$$

Los elementos del filtro quedarían

- $R_1 = 500k\Omega$
- $R_2 = 1M\Omega$
- $C_1 = C_2 = 0.01\mu F$
- $R_i = 1k\Omega$
- $R_F = Gnd$

4.2.2 Filtro pasa altas de 8^o orden en Humusoft AD-622

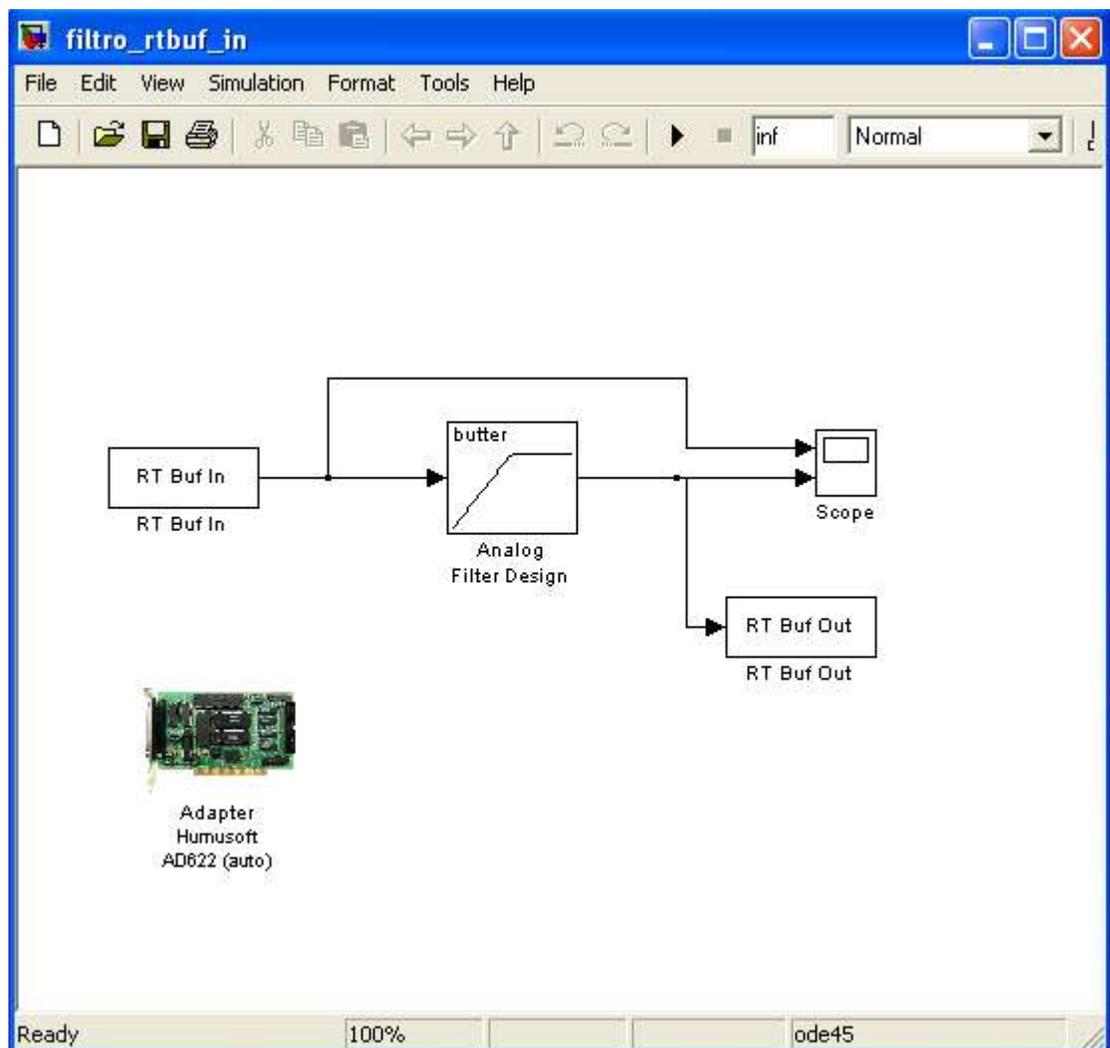


Figura 4.2 Diseño de filtro pasa altas

Para un filtro pasa altas de octavo orden en humusoft AD622 como se muestra en la **figura 4.2** se siguen los siguientes pasos:

- a) Se selecciona el bloque **RT Buf In** de **Real Time Toolbox** para que la señal externa se pueda introducir a la computadora por medio de la tarjeta Humusoft AD622. Se asignan los parámetros a este bloque como se muestra en la **figura 4.3** que en este caso el tiempo de muestreo es de 0.001 segundos, el canal de entrada es el 2 y es un tipo de entrada analógica.

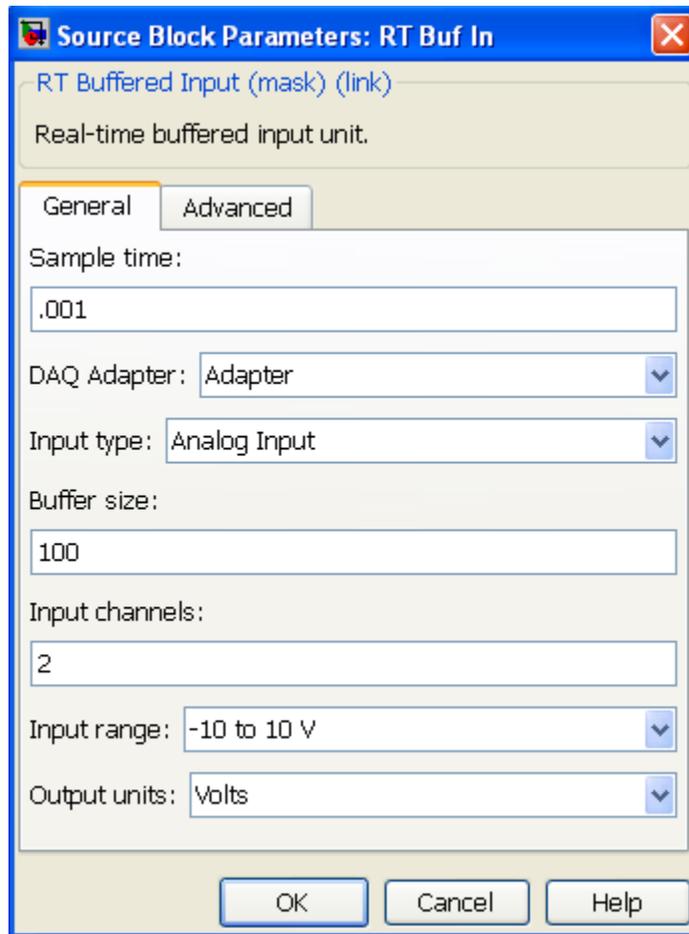


Figura 4.3 Parámetros de RT Buf In

- b) Se selecciona el bloque **Analog Filter Design** que sirve para filtrar una señal y se le asignan los parámetros correspondientes como se muestra en la **figura 4.4** que en este caso el método del filtro es Butterworth, El filtro es de 8^o orden con una frecuencia angular

$$\omega_H = 2\pi F_H = 100 \text{ Rad/seg} \quad (4.11)$$

$$F_H = \frac{100}{2\pi} = 15.9155\text{Hz}$$

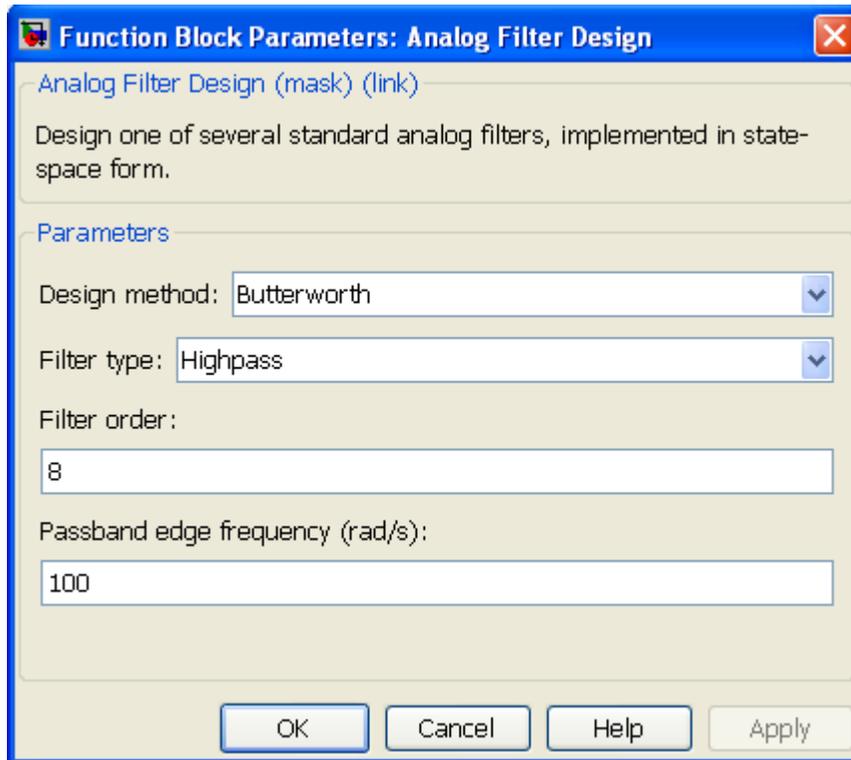


Figura 4.4 Parámetros del filtro pasa altas

- c) Seleccionamos el bloque **RT Buf Out** de **Real Time Toolbox** para que la señal que tenemos en la computadora se pueda visualizar en un osciloscopio externo y se le asignan los parámetros como se muestra en la **figura 4.5** que en este caso el tiempo de muestreo es de 0.001 segundos, el canal 2 es la salida, al igual que en la entrada es una salida analógica.

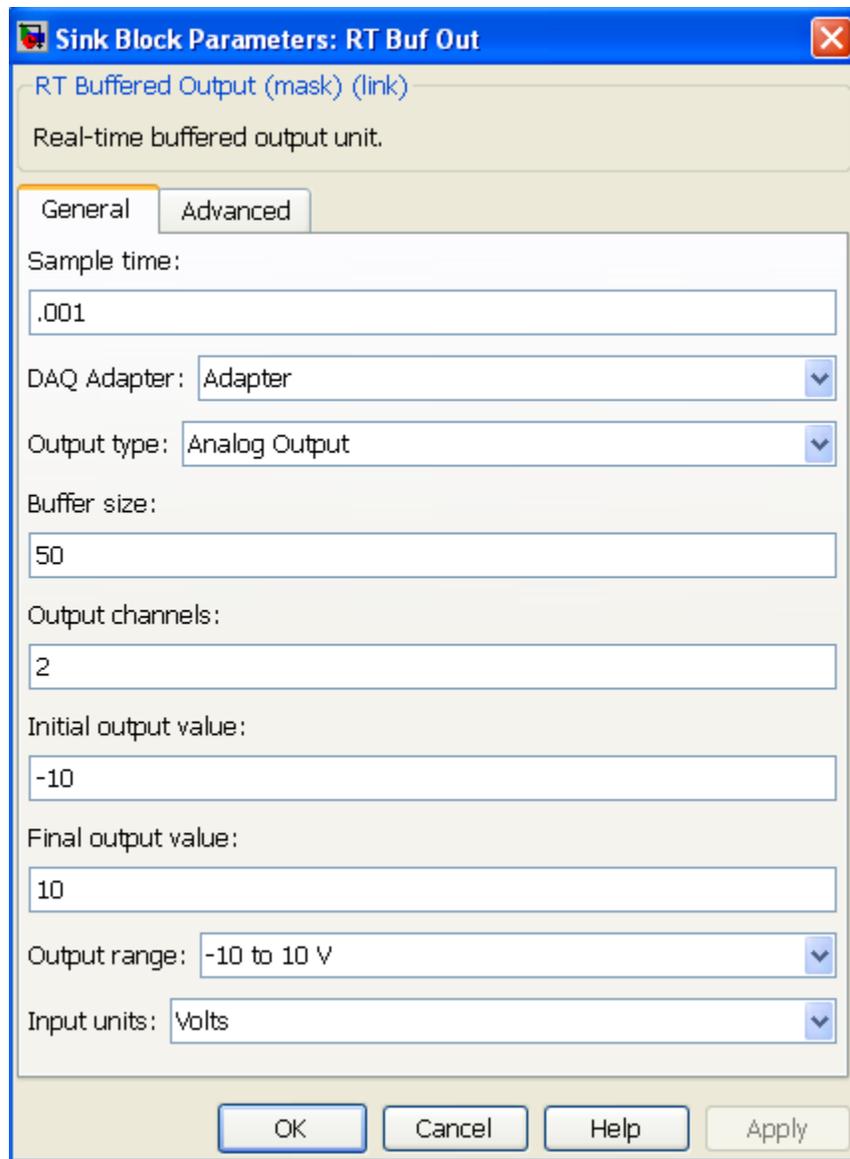


Figura 4.5 Parámetros de RT Buf Out

- d) En la entrada 2 de la tarjeta de adquisición de datos Humusoft AD622 se conecta el generador de señales y el canal 1 del osciloscopio, y en la salida 2 de la tarjeta se conecta el canal 2 del osciloscopio.
- e) Se comienza la simulación del diagrama mostrado en la **figura 4.2** y en este caso los resultados fueron los siguientes:
- 1) La primer frecuencia introducida es de 8Hz, con un voltaje de pico a pico de 480mV y como es un filtro pasa altas y la frecuencia de corte

$F_H = 15.9155\text{Hz}$, el filtro atenúa la salida para frecuencias bajas como se muestra en la **figura 4.6** y el voltaje de pico a pico en la salida es de 21mV.

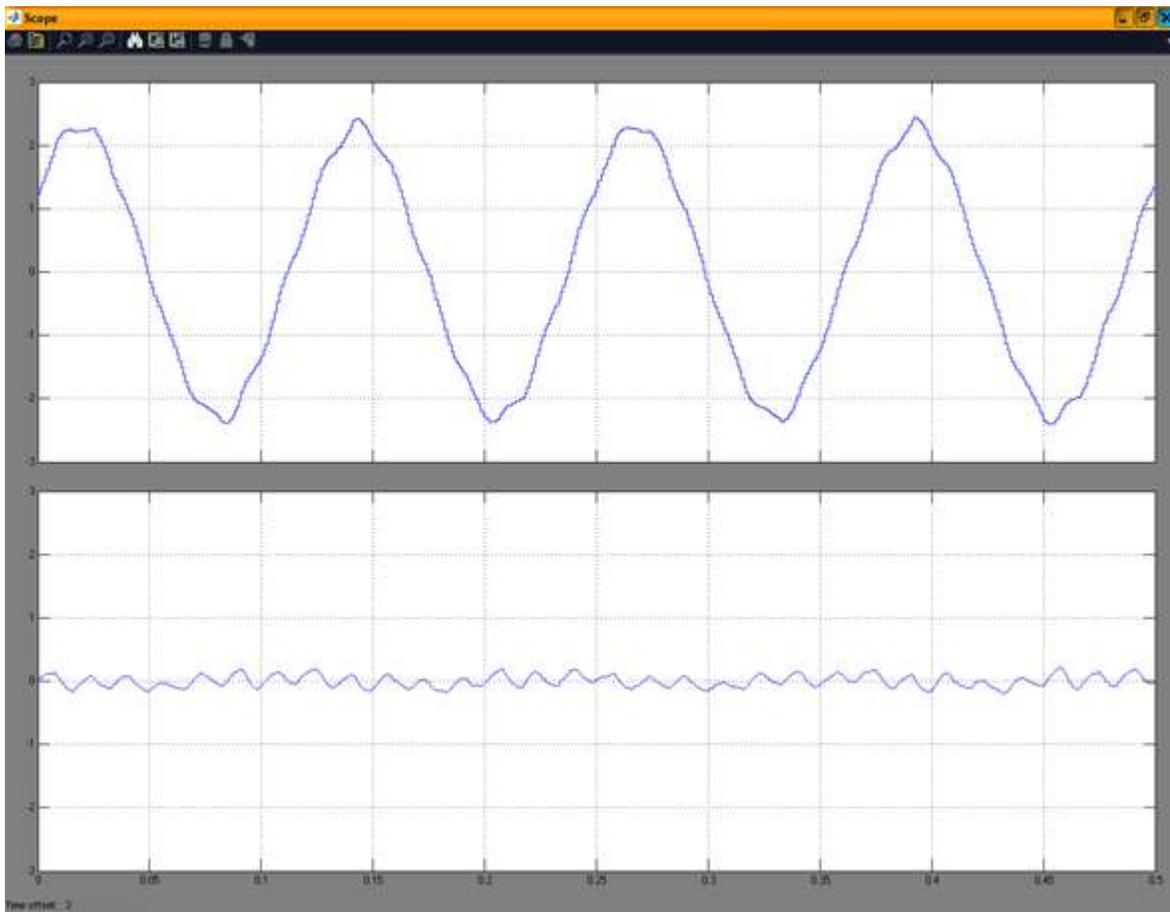


Figura 4.6: Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 8\text{Hz}$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.7**

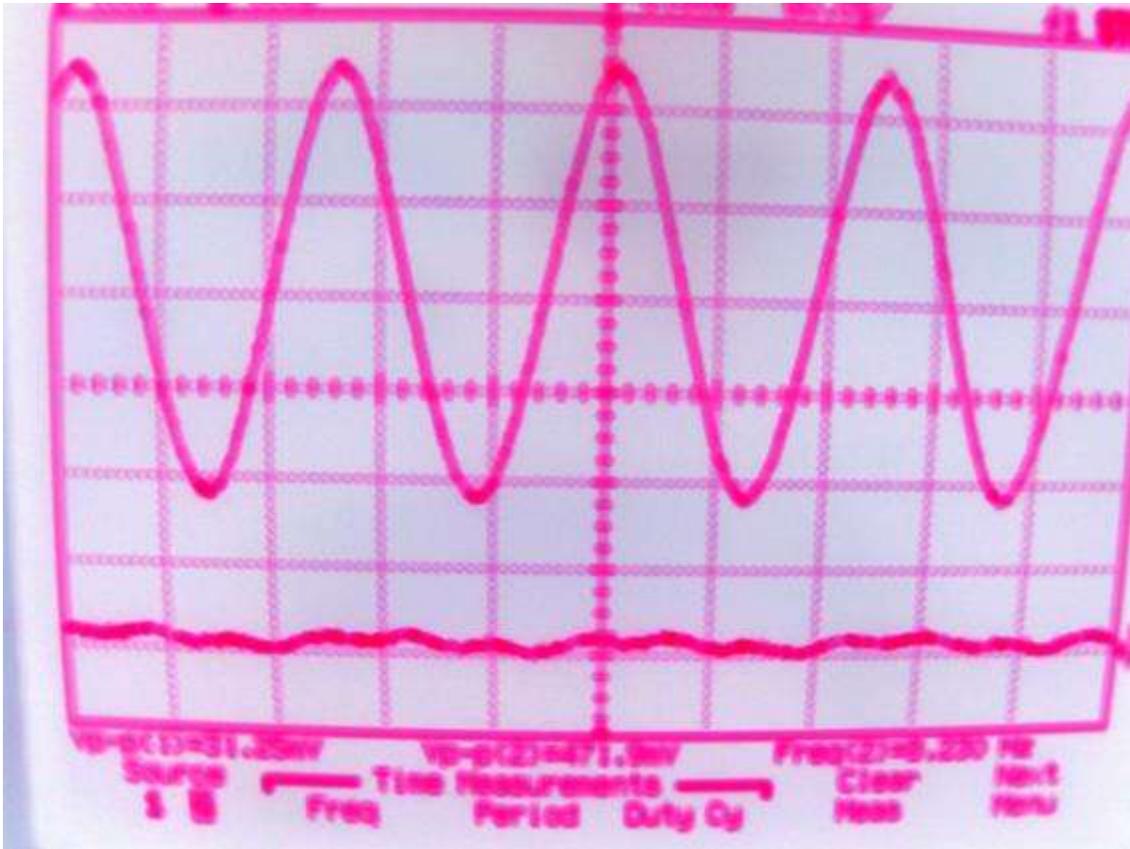


Figura 4.7 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 8Hz

- 2) La segunda frecuencia introducida es de 12Hz, con un voltaje de pico a pico de 480mV, en la salida se obtuvo un voltaje de pico a pico de 84mV en esta se puede notar que el voltaje de pico a pico aumento en comparación de la primer frecuencia introducida, en la **figura 4.8** se puede notar la salida con respecto a la entrada de la señal.

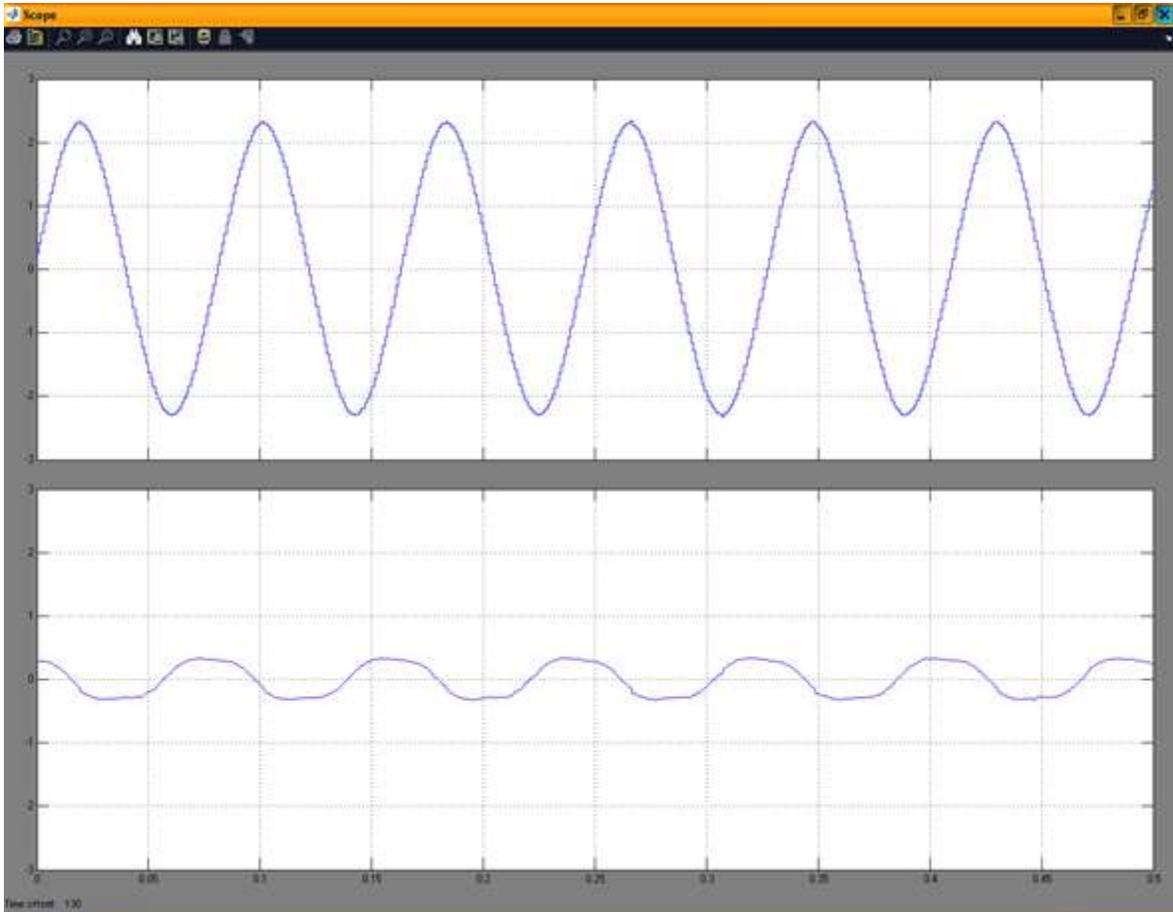


Figura 4.8 Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 12Hz$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.9**

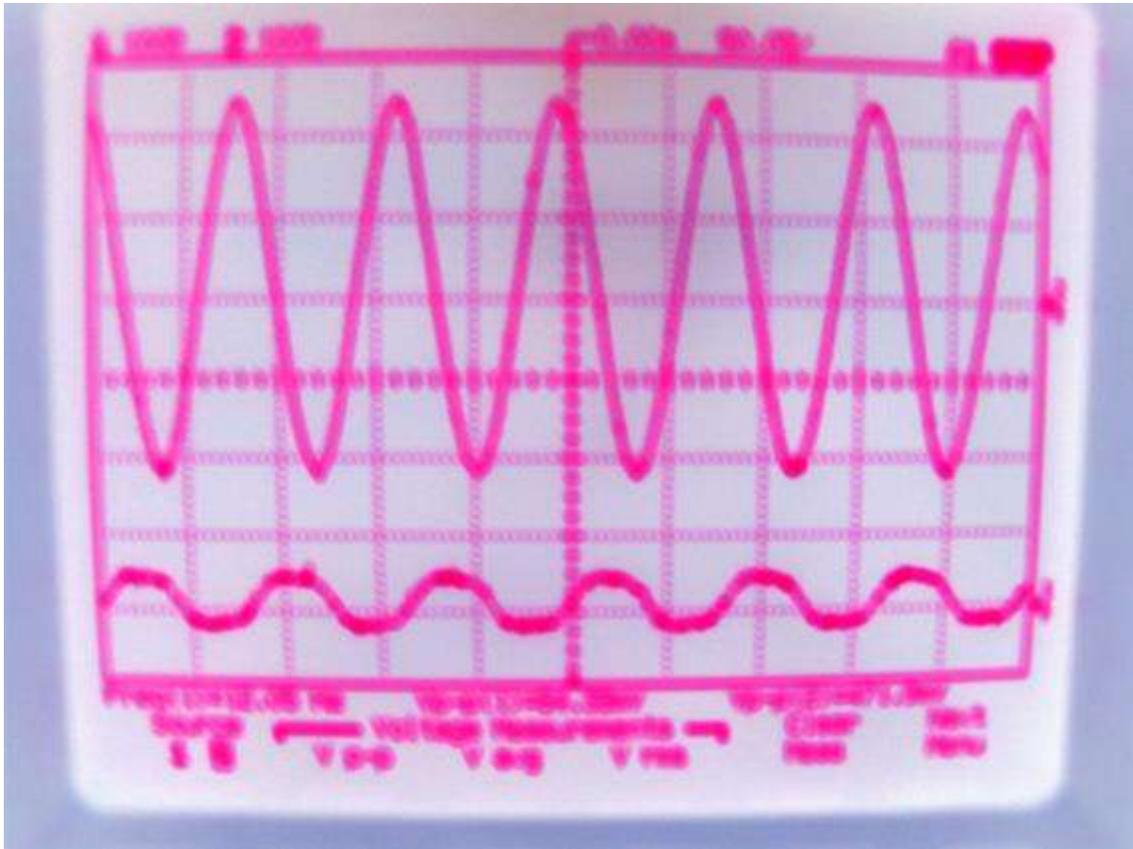


Figura 4.9 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 12Hz

- 3) La tercera frecuencia introducida es de 15Hz, con un voltaje de pico a pico de 480mV, en la salida se obtuvo un voltaje de pico a pico de 275mV en esta se puede notar que el voltaje de pico a pico aumento en comparación de la segunda frecuencia introducida, en la **figura 4.10** se puede notar la salida con respecto a la entrada de la señal.

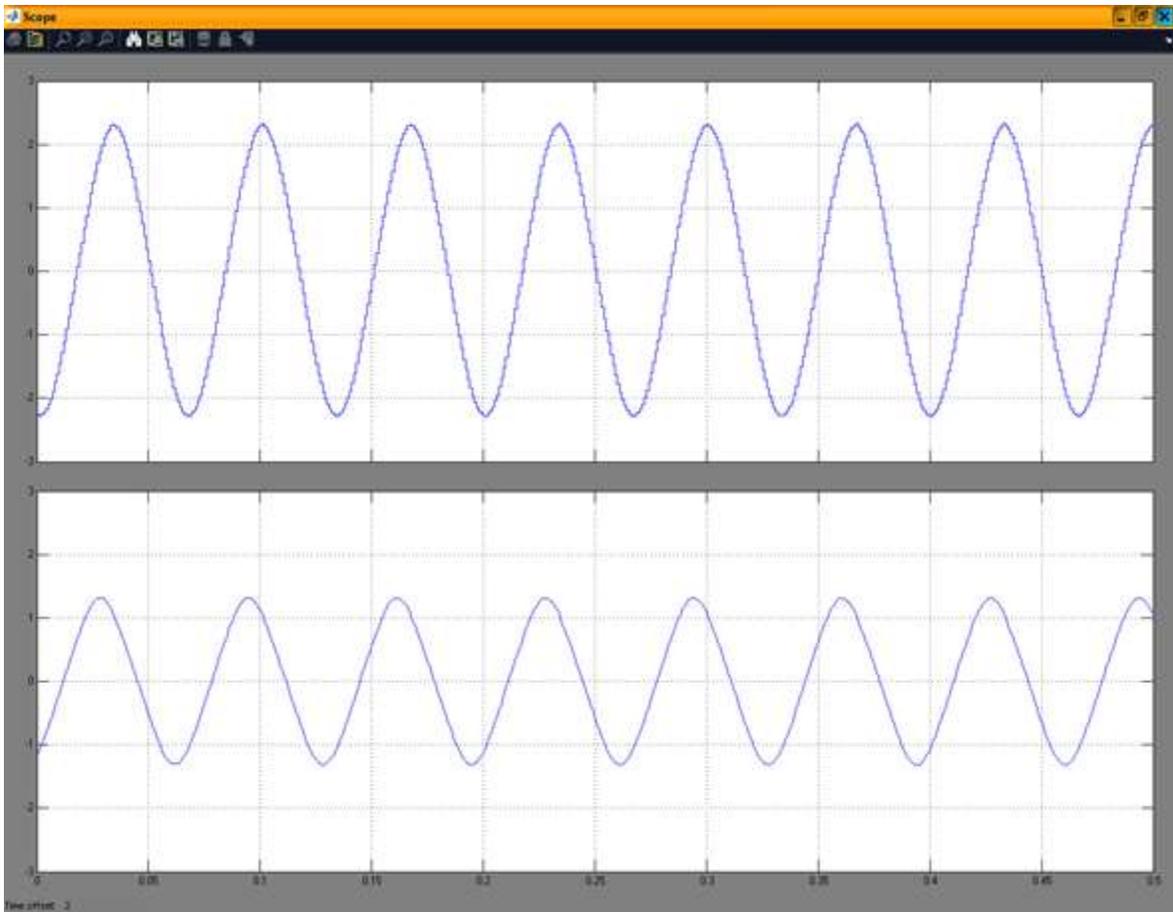


Figura 4.10 Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 15Hz$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.11**

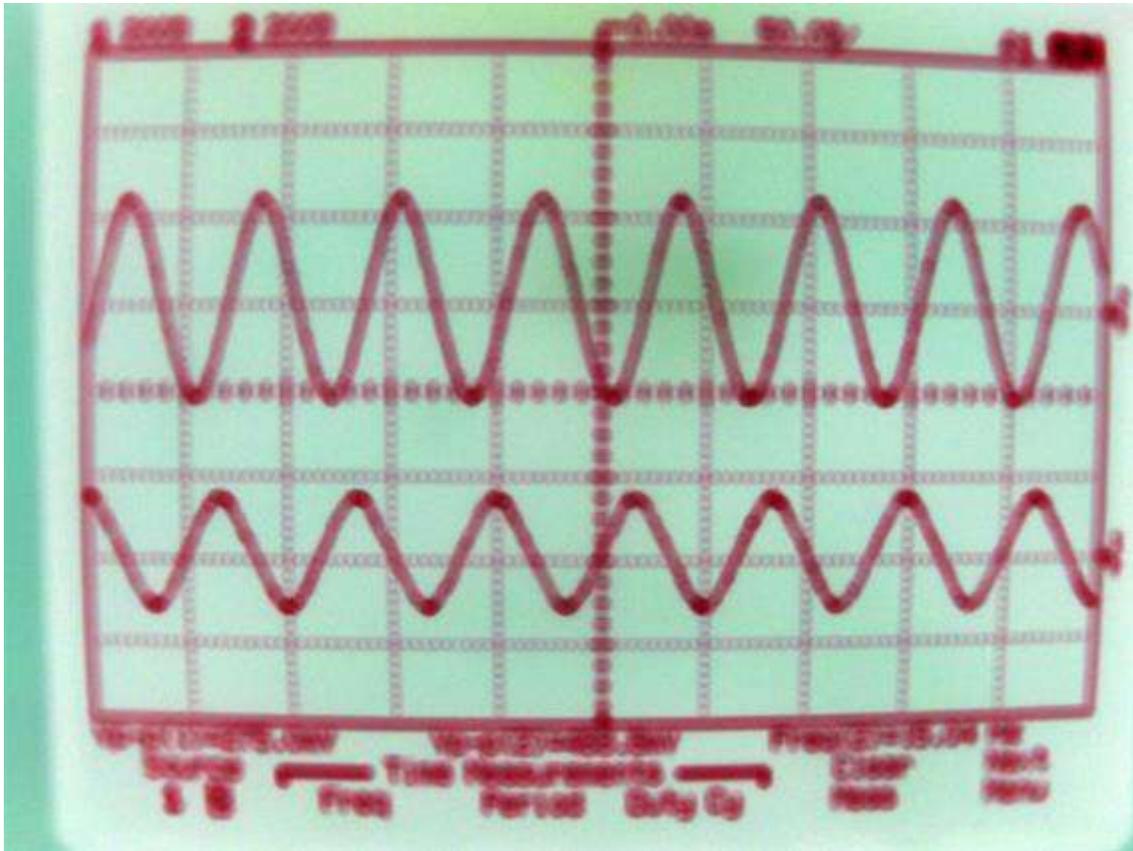


Figura 4.11 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 15Hz

- 4) La cuarta frecuencia introducida es de 15Hz, con un voltaje de pico a pico de 480mV, en la salida se obtuvo un voltaje igual que el de la entrada, como es un filtro pasa altas esto nos indica que el filtro esta funcionando correctamente ya que en las frecuencias mas altas tiene que dejar pasar la señal de entrada tal y como es. En la **figura 4.12** se puede notar la salida con respecto a la entrada de la señal.

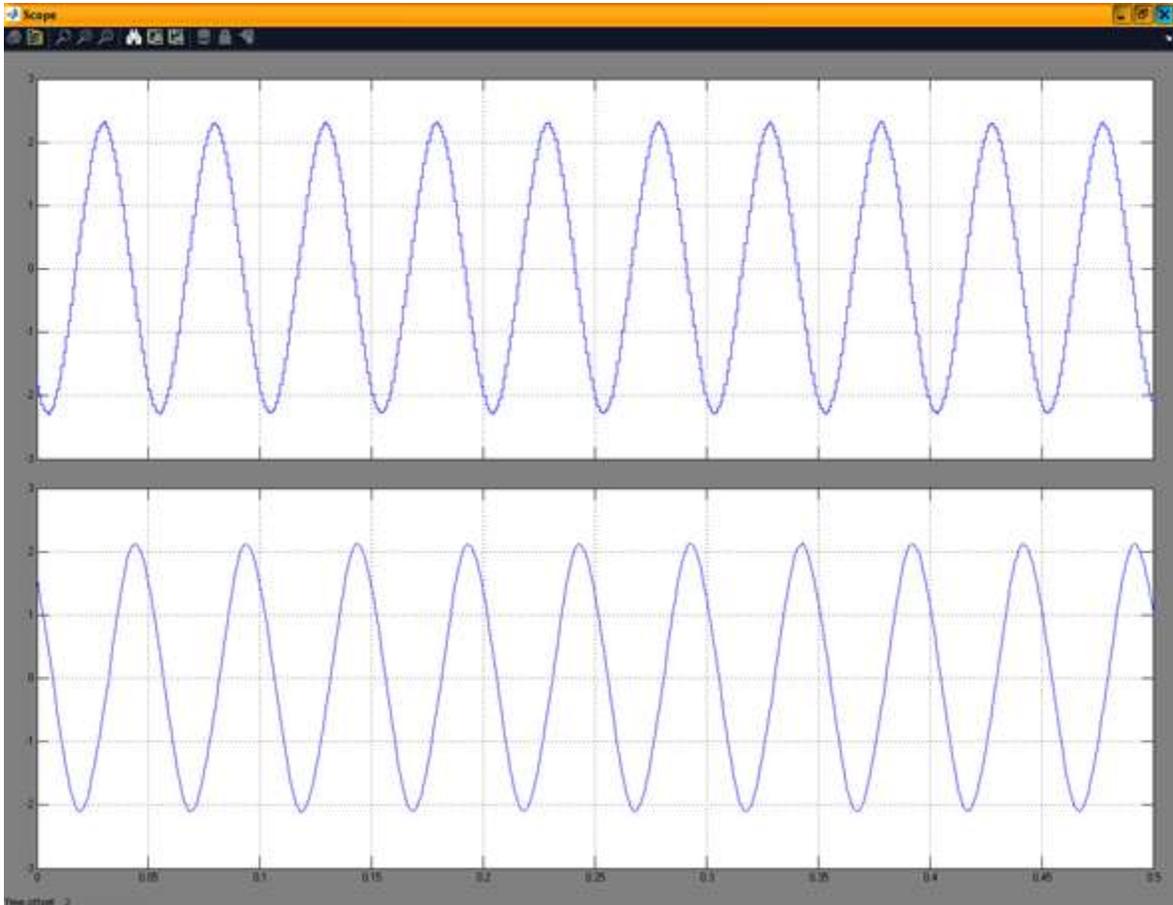


Figura 4.12 Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 30\text{Hz}$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.13**

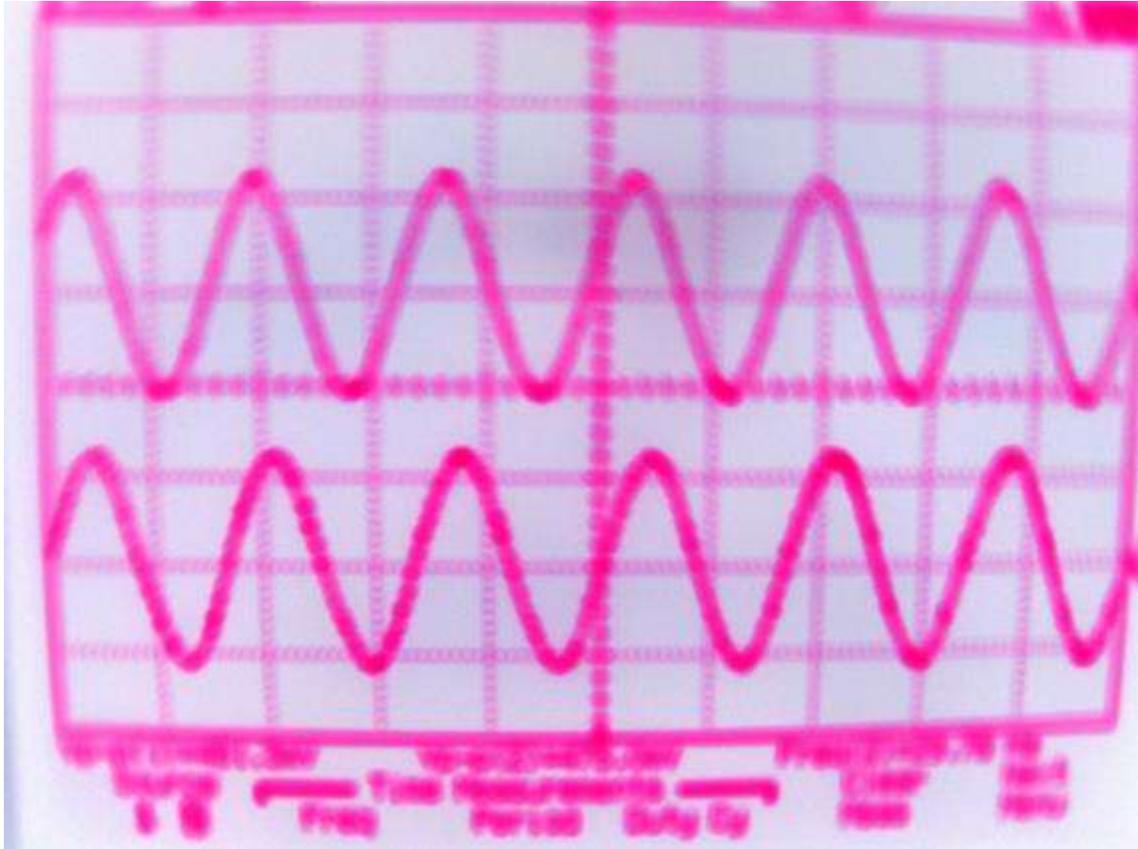


Figura 4.13 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 30Hz

4.3 Filtro Pasa Bajas:

Un filtro pasa bajas corresponde a un filtro caracterizado por permitir el paso de las frecuencias más bajas y atenuar las frecuencias más altas. El filtro requiere de dos terminales de entrada y dos de salida, de una caja negra, también denominada cuadripolo o bipuerto, así todas las frecuencias se pueden presentar a la entrada, pero a la salida solo estarán presentes las que permita pasar el filtro.

De la teoría se obtiene que los filtros están caracterizados por sus funciones de transferencia, así cualquier configuración de elementos activos o pasivos que consigan cierta función de transferencia serán considerados un filtro de cierto tipo.

Un diagrama común de un filtro pasa bajas lo podemos observar en la **figura 4.14**

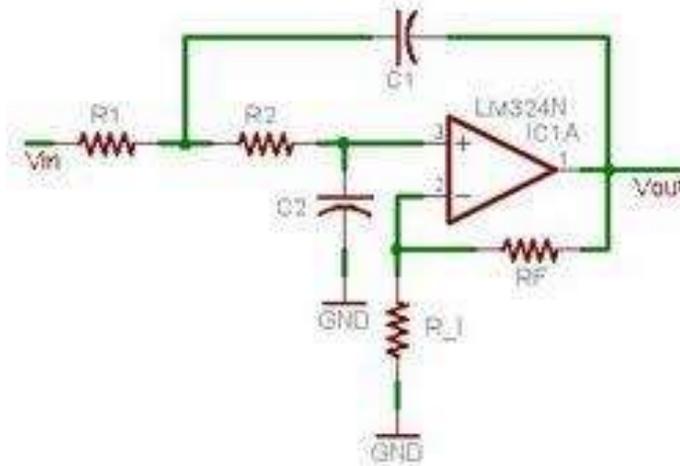


FIGURA 4.14 Filtro pasa bajas de orden 2

4.3.1 Implementación de un filtro pasa bajas de segundo orden analógico

El filtro deberá tener las siguientes condiciones:

- Frecuencia de corte de 7.9577Hz
- Ganancia Unitaria

Primeramente con el diseño que tenemos en la **figura 4.14** tenemos las siguientes ecuaciones:

$$Q = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.7071 \quad (4.12)$$

$$Q = \frac{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}{R_1 C_1 (1 - A_F) + C_2 (R_1 + R_2)} \quad (4.13)$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}{R_1 C_1 (1 - A_F) + C_2 (R_1 + R_2)} \quad (4.14)$$

Donde:

- Q es el factor de calidad de nuestro filtro
- A_F es la ganancia del filtro

Ahora como se requiere una ganancia unitaria la ecuación nos queda:

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}{C_2 (R_1 + R_2)} \quad (4.15)$$

Seleccionando $R_1 = R_2$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{C_1 C_2}}{2C_2} \quad (4.16)$$

$$\frac{2}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{C_1 C_2}}{C_2}$$

$$\frac{4}{2} = \frac{C_1}{C_2}$$

$$C_1 = 2C_2$$

Por ultimo tenemos que:

$$\omega_H = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} = \frac{1}{R \sqrt{2C_2 C_2}} = \frac{1}{\sqrt{2} R C_2} \quad (4.17)$$

Al capacitor 2 le asignamos el valor de $C_2 = 0.01\mu F$

Entonces, tenemos que $C_1 = 2C_2 = 0.02\mu F$

$$\omega_H = 2\pi f_H = \frac{1}{\sqrt{2} R C_2} \quad (4.18)$$

$$R = \frac{1}{2\sqrt{2}\pi f_H C_2} = \frac{1}{2\sqrt{2}\pi(7.9577\text{Hz})(0.01\mu F)} \quad (4.19)$$

$$R = 1,414,221.395\Omega \approx 1.4M\Omega$$

Como queremos una ganancia unitaria entonces:

$$A_F = 1 + \frac{R_F}{R_i} = 1 \quad (4.20)$$

$$\frac{R_F}{R_i} = 0$$

$$R_F = 0$$

Los valores de los elementos resultan en:

- $R_1 = R_2 = 1.4M\Omega$
- $C_1 = 0.02\mu F$

- $C_2 = 0.01\mu F$
- $R_i = 1k\Omega$
- $R_F = Gnd$

Donde:

- ω_H es la frecuencia de corte angular
- f_H es la frecuencia de corte

4.3.2 Filtro pasa bajas de 8º orden en Humusoft AD-622

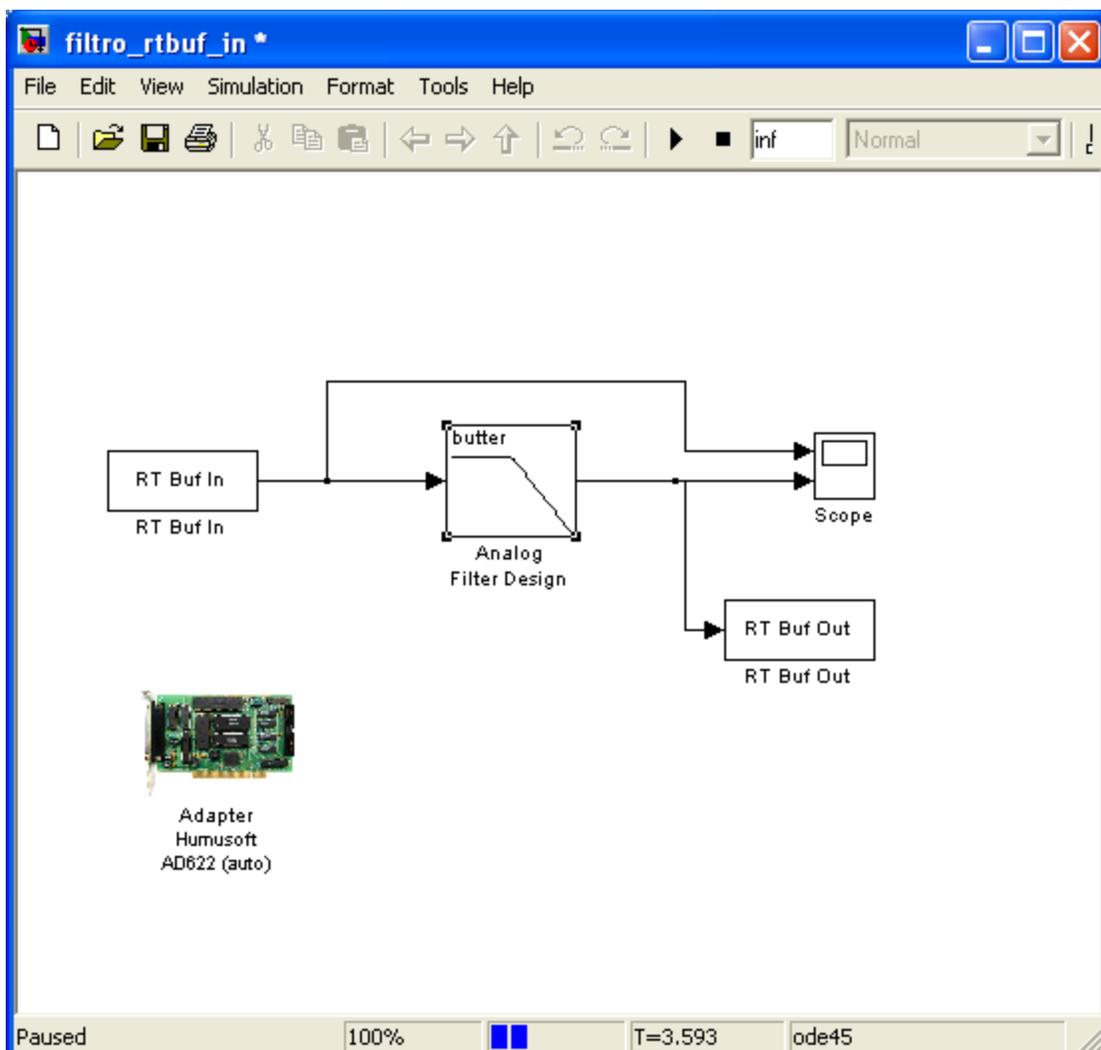


Figura 4.15 Diseño de filtro pasa bajas en Humusoft AD622

Para un filtro pasa bajas de octavo orden en humusoft AD622 como se muestra en la **figura 4.15** se sigue el mismo procedimiento que en el filtro pasa altas que se mostró anteriormente y son los siguientes pasos:

- a) Se selecciona el bloque **RT Buf In** de **Real Time Toolbox** para que la señal externa se pueda introducir a la computadora por medio de la tarjeta Humusoft AD622. Se asignan los parámetros a este bloque como se muestra en la **figura 4.16** que en este caso el tiempo de muestreo es de 0.001 segundos, el canal de entrada es el 2 y es un tipo de entrada analógica.

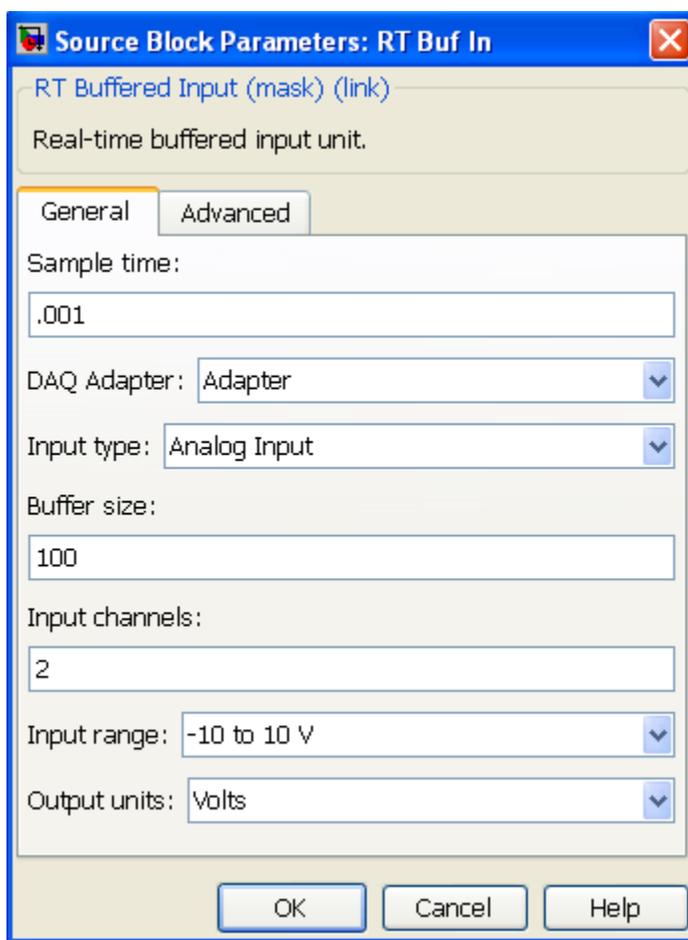


Figura 4.16 Parámetros de RT Buf In

- b) Se selecciona el bloque **Analog Filter Design** que sirve para filtrar una señal y se le asignan los parámetros correspondientes como se muestra en la **figura 4.17** que en este caso el método del filtro es Butterworth, El filtro

es de 8º orden con una frecuencia de corte angular de 50 radianes sobre segundo, y utilizando la **ecuación 4.11** se tiene

$$\omega_L = 2\pi F_L = 50 \text{ Rad/seg} \quad (4.11)$$

$$F_L = \frac{50}{2\pi} = 7.9577 \text{ Hz}$$

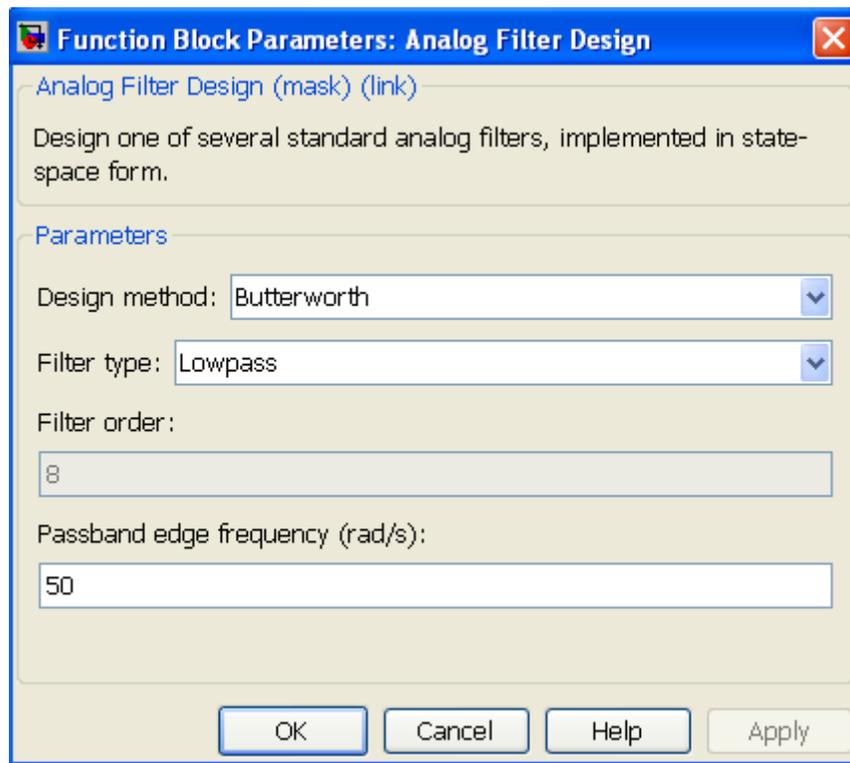


Figura 4.17 Parámetros de filtro pasa bajas

- c) Seleccionamos el bloque **RT Buf Out** de **Real Time Toolbox** para que la señal que tenemos en la computadora se pueda visualizar en un osciloscopio externo y se le asignan los parámetros como se muestra en la **figura 4.18** que en este caso el tiempo de muestreo es de 0.001 segundos, el canal 2 es la salida, al igual que en la entrada es una salida analógica.

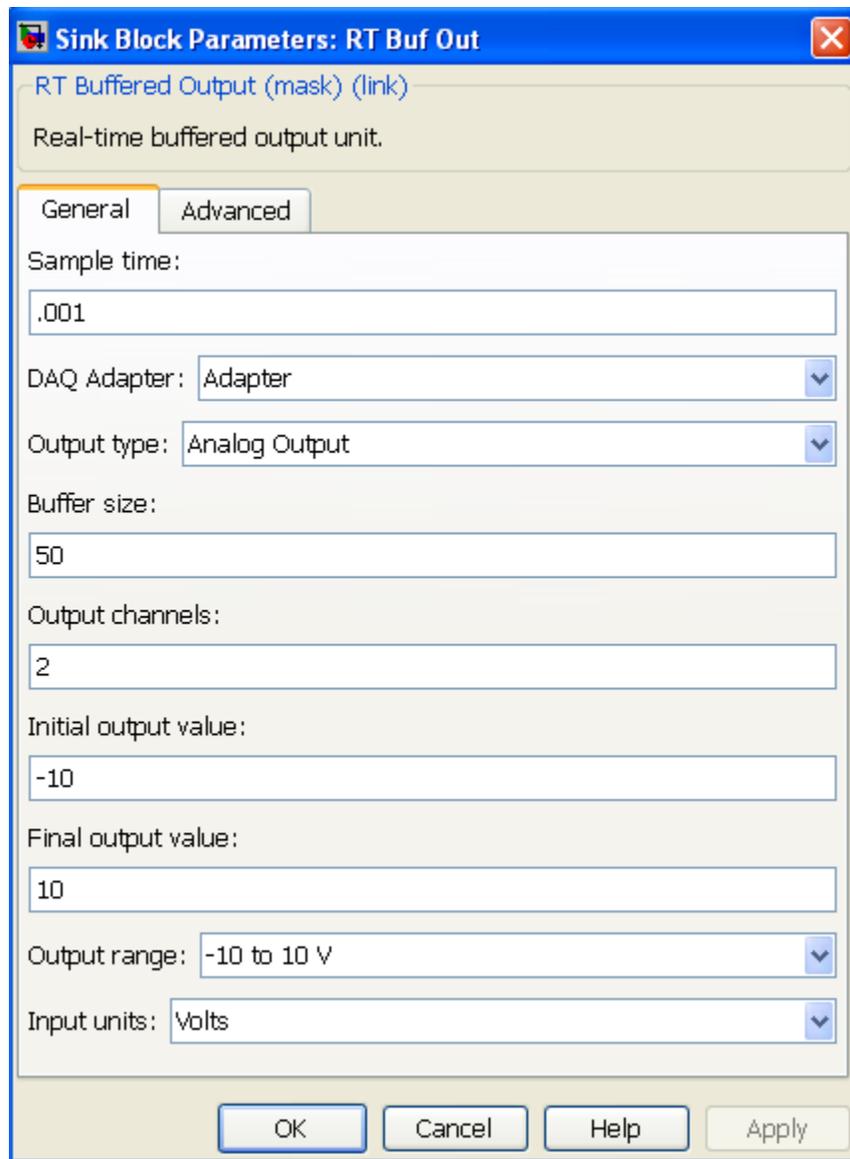


Figura 4.18 Parámetros de RT Buf Out

- d) En la entrada 2 de la tarjeta de adquisición de datos Humusoft AD622 se conecta el generador de señales y el canal 1 del osciloscopio, y en la salida 2 de la tarjeta se conecta el canal 2 del osciloscopio.
- e) Se comienza la simulación del diagrama mostrado en la **figura 4.15** y en este caso los resultados fueron los siguientes:
- 1) La primer frecuencia introducida es de 4Hz, con un voltaje de pico a pico de 480mV y como es un filtro pasa bajas y la frecuencia de corte

$F_L = 7.9577Hz$, el filtro deja pasar todas las frecuencias tal y como entran antes de la frecuencia de corte y en este caso la frecuencia introducida es menor a la frecuencia de corte esto indica que tiene que dejarla pasar tal y como entra como se muestra en la **figura 4.19** y el voltaje de pico a pico en la salida es de 480mV.

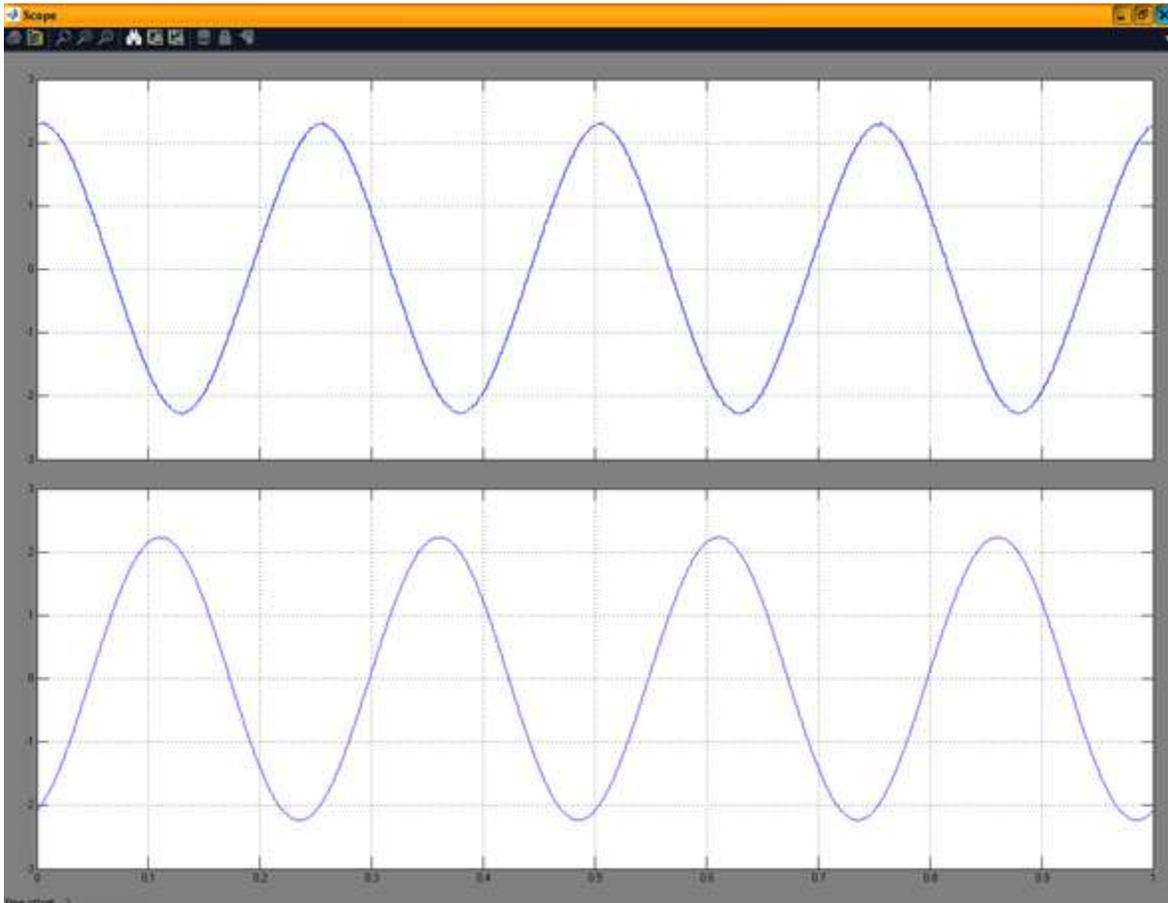


Figura 4.19 Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 4Hz$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.20**

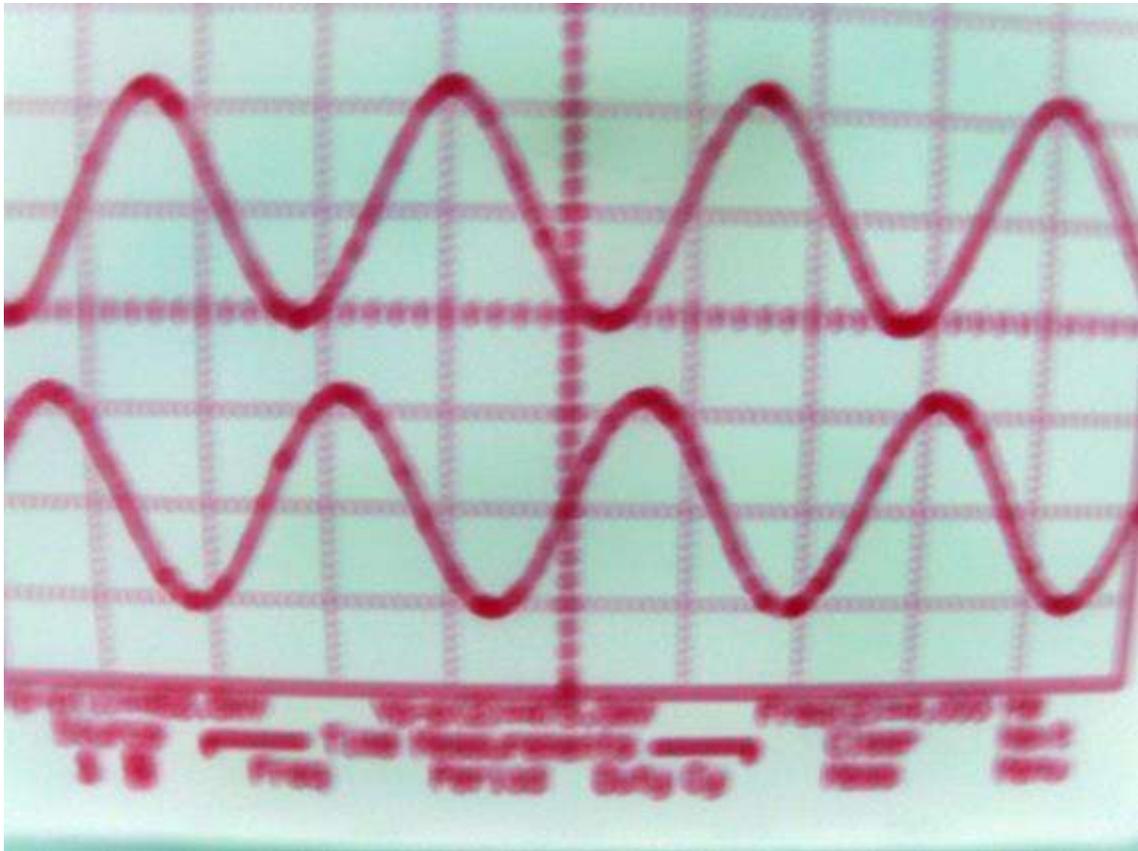


Figura 4.20 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 4Hz

- 2) La segunda frecuencia introducida es de 7.93Hz, con un voltaje de pico a pico de 480mV, en la salida se obtuvo un voltaje de pico a pico de 331mV en esta se puede notar que el voltaje de pico a pico disminuyo en comparación de la primer frecuencia introducida, y notamos que ésta es la frecuencia de corte el cual a partir de aquí se tienen que atenuar las siguientes frecuencias más altas, la entrada y la salida se muestran en la **figura 4.21**

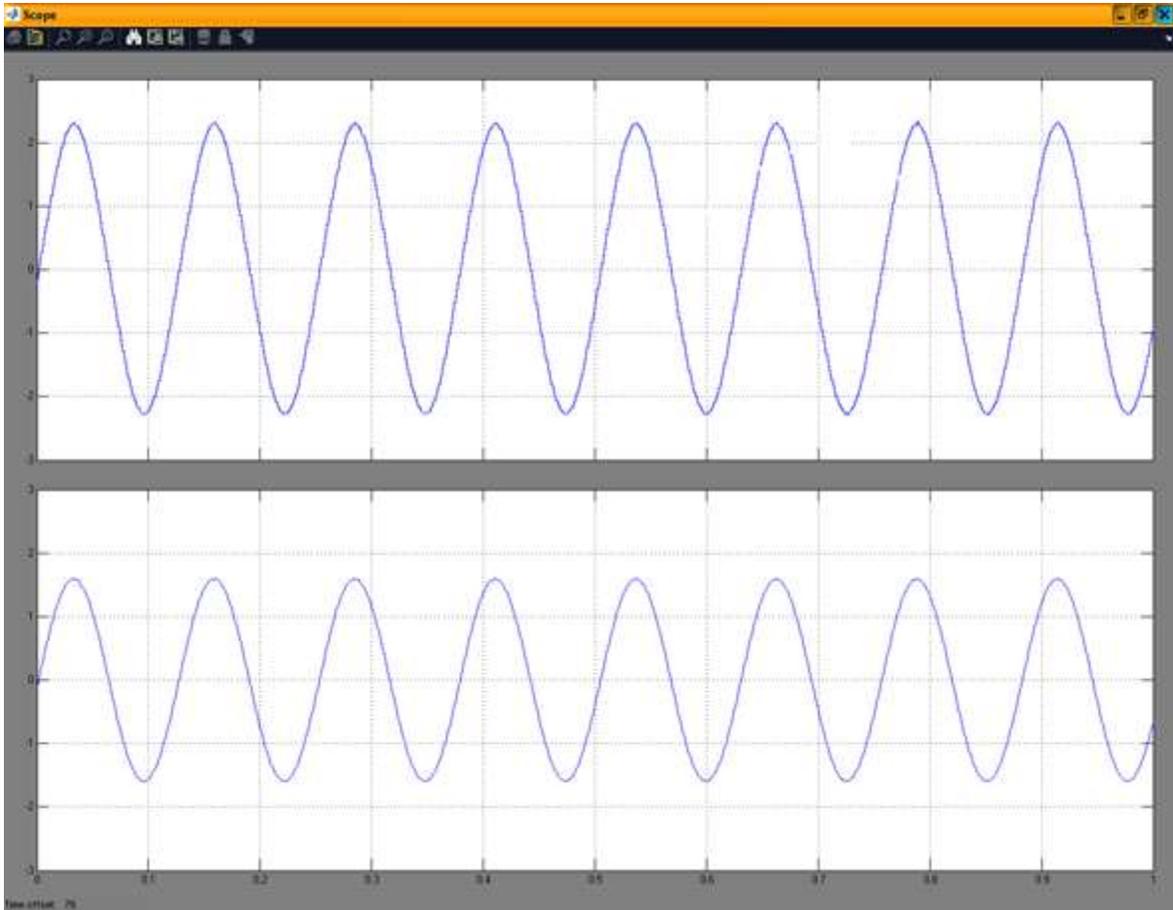


Figura 4.21 Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 7.93\text{Hz}$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.22**

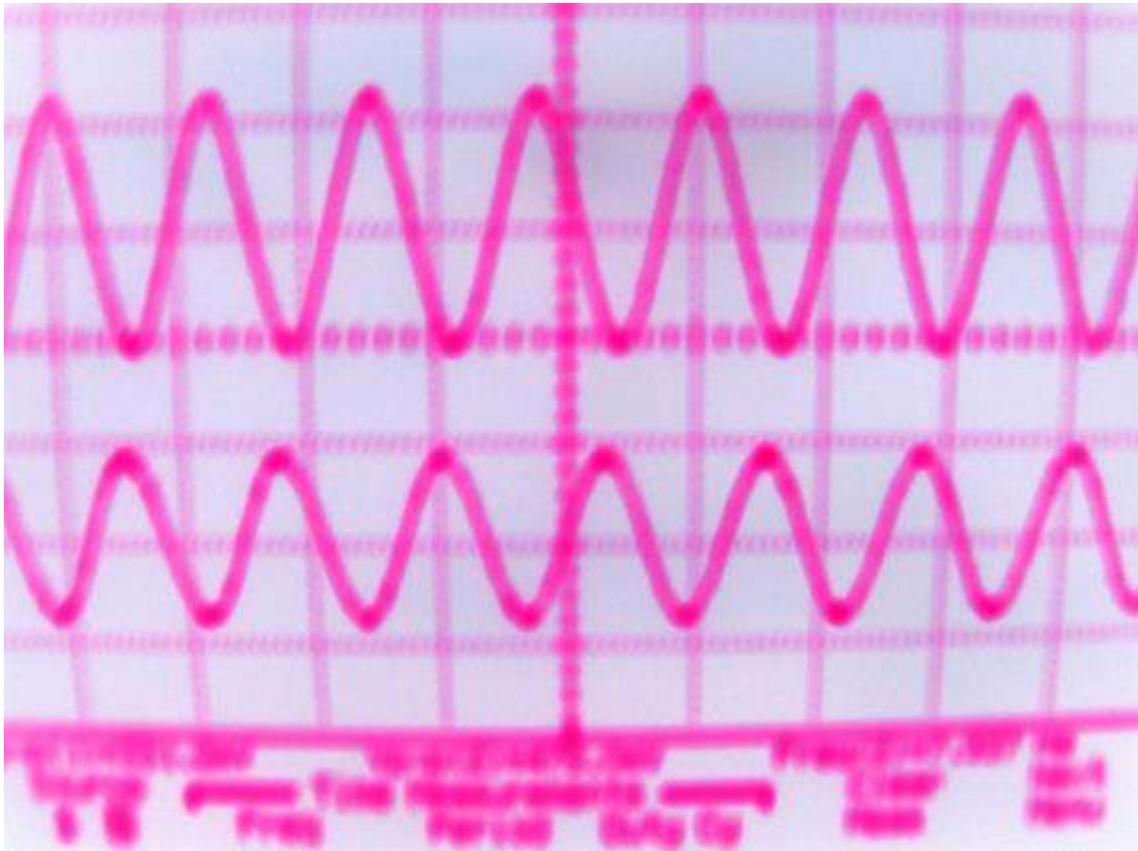


Figura 4.22 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 7.93Hz

- 3) La tercera frecuencia introducida es de 15Hz, con un voltaje de pico a pico de 480mV, en la salida se obtuvo un voltaje de pico a pico de 31mV en esta se puede notar que la amplitud se atenuó por completo como se muestra en la **figura 4.23** y de igual forma pasa con las demás frecuencias altas.

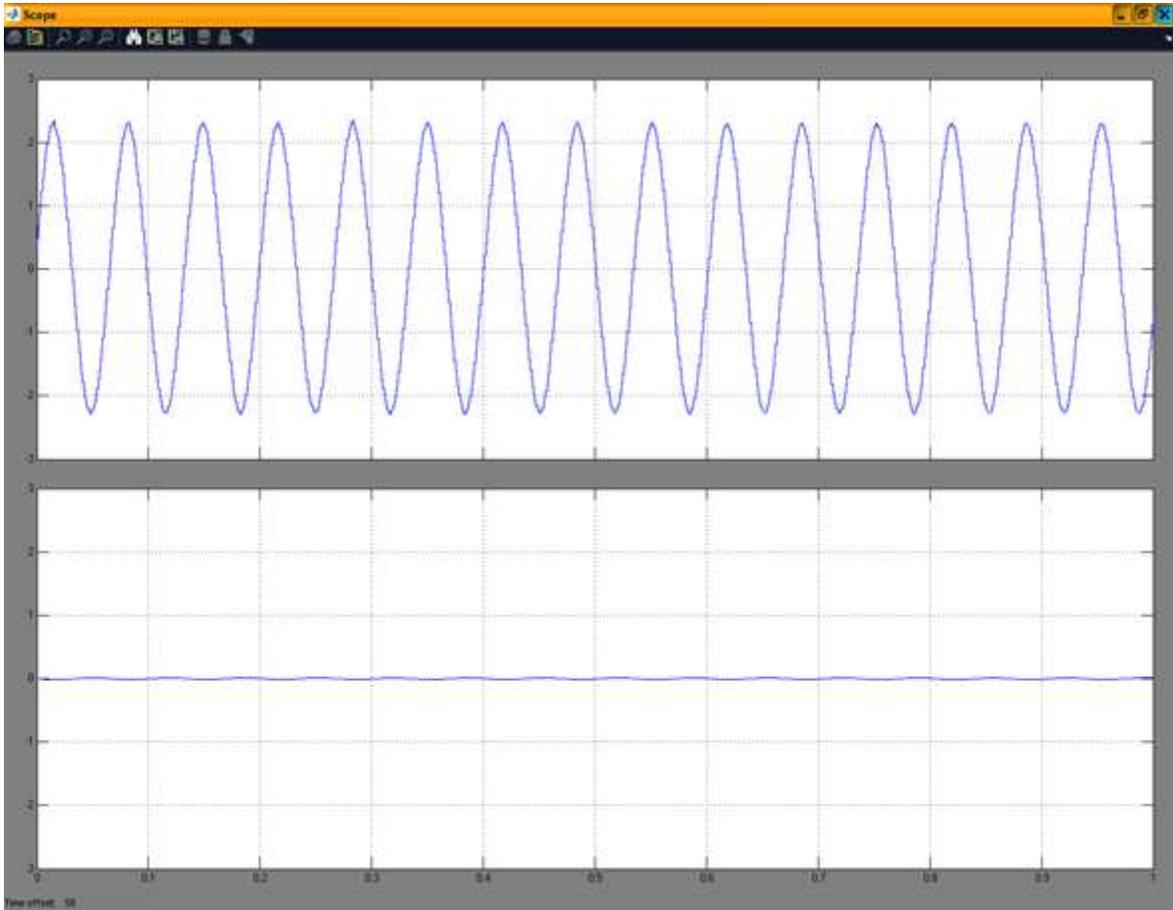


Figura 4.23 Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 15Hz$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.24**

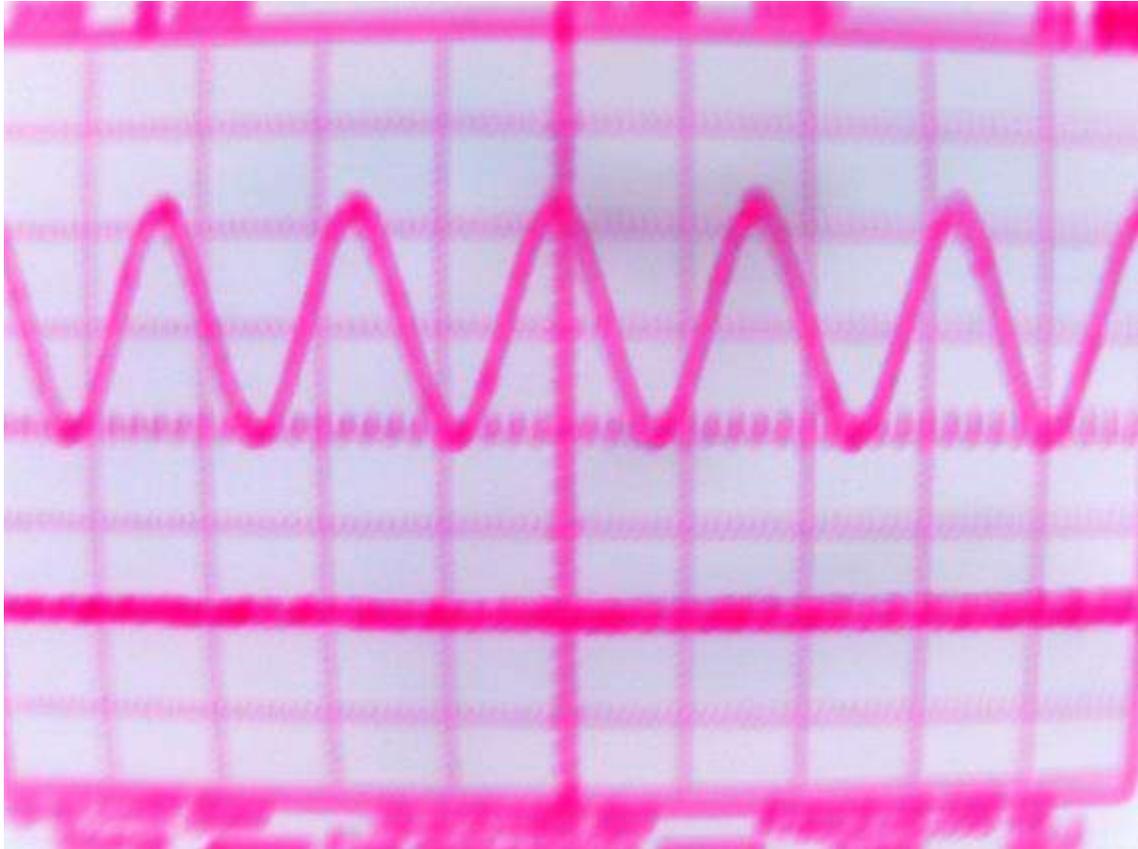


Figura 4.24 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 15Hz

4.4 Filtro Pasa Banda:

Un **filtro paso banda** es un tipo de filtro electrónico que deja pasar un determinado rango de frecuencias de una señal y atenúa el paso del resto. Un filtro ideal sería el que tiene unas bandas pasante y de corte totalmente planas y unas zonas de transición entre ambas nulas, pero en la práctica esto nunca se consigue, siendo normalmente más parecido al ideal cuando mayor sea el orden del filtro, para medir cuanto de "bueno" es un filtro se puede emplear el denominado factor Q. En filtros de órdenes altos suele aparecer un rizado en las zonas de transición conocido como efecto Gibbs.

Un diagrama común de un filtro pasa banda lo podemos observar en la **figura 4.25**

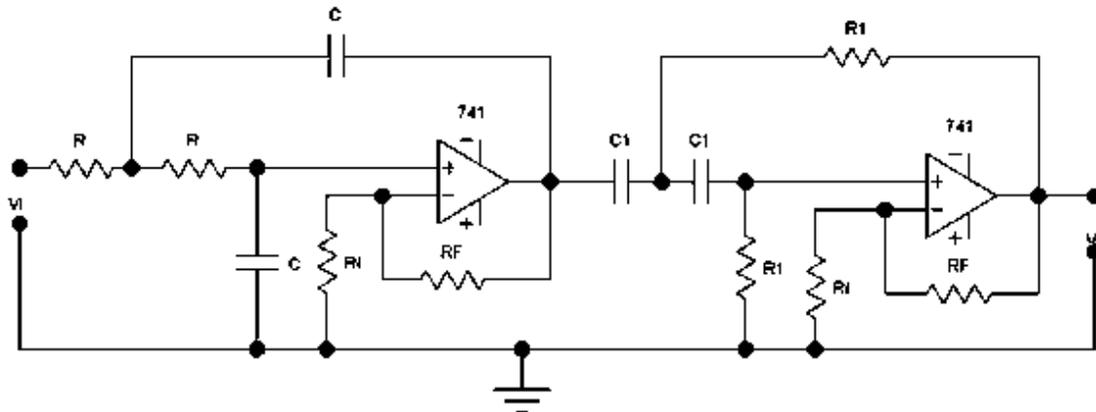


FIGURA 4.25 Filtro pasa banda de orden 2

4.4.1 Implementación de un filtro pasa banda de 2º orden analógico

El filtro deberá tener las siguientes condiciones:

- Que deje pasar una banda de frecuencia entre 7.9577 y 15.9155Hz
- Ganancia unitaria

Primero que nada vemos que un filtro pasa banda se puede implementar conectando en cascada un filtro pasa bajas y un filtro pasa altas, el filtro pasa bajas deberá tener una frecuencia de corte de 10kHz y el filtro pasa altas deberá tener una frecuencia de corte de 2kHz.

a) Implementación del filtro pasa bajas

$$Q = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.7071 \quad (4.21)$$

$$Q = \frac{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}{R_1 C_1 (1 - A_F) + C_2 (R_1 + R_2)} \quad (4.22)$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}{R_1 C_1 (1 - A_F) + C_2 (R_1 + R_2)} \quad (4.23)$$

Dónde:

- Q es el factor de calidad de nuestro filtro
- A_F es la ganancia del filtro

Ahora seleccionando una ganancia unitaria la ecuación nos queda:

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}{C_2 (R_1 + R_2)} \quad (4.24)$$

Seleccionando $R_1 = R_2$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{C_1 C_2}}{2C_2} \quad (4.25)$$

$$\frac{2}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{C_1 C_2}}{C_2} \quad (4.26)$$

$$\frac{4}{2} = \frac{C_1}{C_2} \quad (4.27)$$

$$C_1 = 2C_2 \quad (4.28)$$

Por ultimo tenemos que:

$$\omega_H = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} = \frac{1}{R \sqrt{2C_2 C_2}} = \frac{1}{\sqrt{2} R C_2} \quad (4.29)$$

Al capacitor 2 le damos el valor de $C_2 = 0.01\mu F$

Entonces tenemos que $C_1 = 2C_2 = 0.01\mu F$

$$\omega_H = 2\pi f_H = \frac{1}{\sqrt{2} R C_2} \quad (4.30)$$

$$R = \frac{1}{2\sqrt{2}\pi f_H C_2} = \frac{1}{2\sqrt{2}\pi(15.9155Hz)(0.01\mu F)} \quad (4.31)$$

$$R = 707,106.53\Omega \approx 707k\Omega$$

Como queremos una ganancia unitaria entonces:

$$A_F = 1 + \frac{R_F}{R_i} = 1 \quad (4.32)$$

$$\frac{R_F}{R_i} = 0$$

$$R_F = 0$$

b) Implementación del filtro pasa altas

Con un factor de calidad de

$$Q = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (4.33)$$

$$Q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{R_4}{R_3}} \quad (4.34)$$

$$C_3 = C_4 \quad (4.35)$$

$$F_H = \frac{1}{4\pi C_4 R_3} \quad (4.36)$$

Para facilitarnos el cálculo seleccionamos

$$C_3 = C_4 = 0.01\mu F \quad (4.37)$$

Entonces nos queda que

$$R_1 = \frac{1}{4\pi C_4 F_H} = \frac{1}{4\pi(0.01\mu F)(7.9577Hz)} \quad (4.38)$$

$$R_3 = 1,000,093.9\Omega \approx 1M\Omega$$

Ahora tenemos que

$$Q = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \quad (4.39)$$

$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{4}{2} = 2 \quad (4.40)$$

$$R_4 = 2R_3 = 2M\Omega \quad (4.41)$$

Para calcular R_{F2} y R_{i2}

$$A_F = 1 + \frac{R_F}{R_i} \quad (4.42)$$

$$A_F = 1$$

$$\frac{R_{F2}}{R_{i2}} = 0 \quad (4.43)$$

$$R_{F2} = 0$$

Los valores de los elementos nos quedarían:

- $R_1 = R_2 = 707k\Omega$
- $C_1 = 0.02\mu F$
- $C_2 = 0.01\mu F$

- $R_i = 1k\Omega$
- $R_F = Gnd$
- $R_3 = 1M\Omega$
- $R_4 = 2M\Omega$
- $C_3 = C_4 = 0.01\mu F$
- $R_{i2} = 1k\Omega$
- $R_{F2} = Gnd$

4.4.2 Filtro pasa banda de 8° orden en Humusoft AD-622

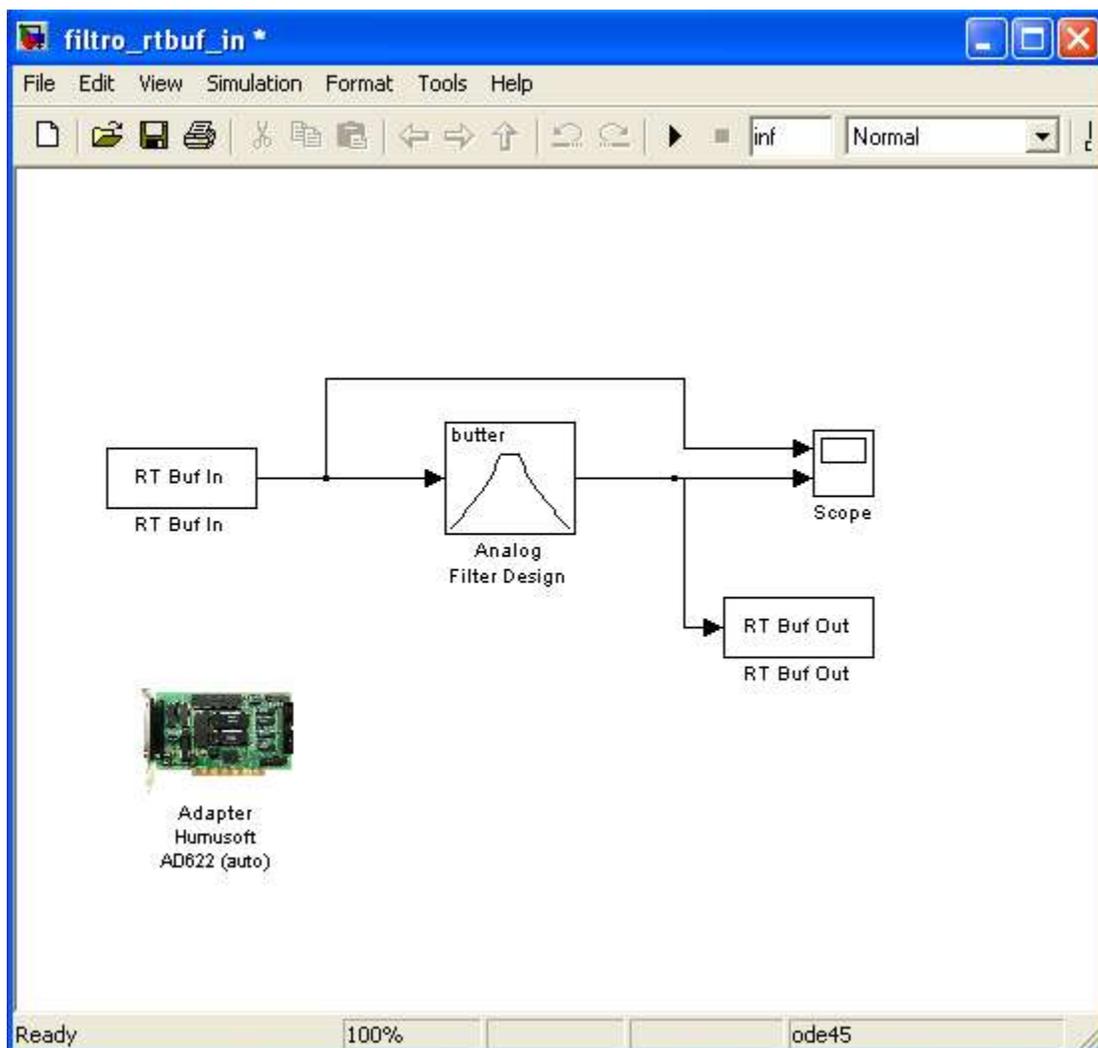


Figura 4.26 Diseño de filtro pasa banda en Humusoft AD622

Para un filtro pasa banda de octavo orden en humusoft AD622 como se muestra en la **figura 4.26** se sigue el mismo procedimiento que en los filtros anteriormente mostrados y son los siguientes pasos:

- a) Se selecciona el bloque **RT Buf In** de **Real Time Toolbox** para que la señal externa se pueda introducir a la computadora por medio de la tarjeta Humusoft AD622. Se asignan los parámetros a este bloque como se muestra en la **figura 4.27** que en este caso el tiempo de muestreo es de 0.001 segundos, el canal de entrada es el 2 y es un tipo de entrada analógica.

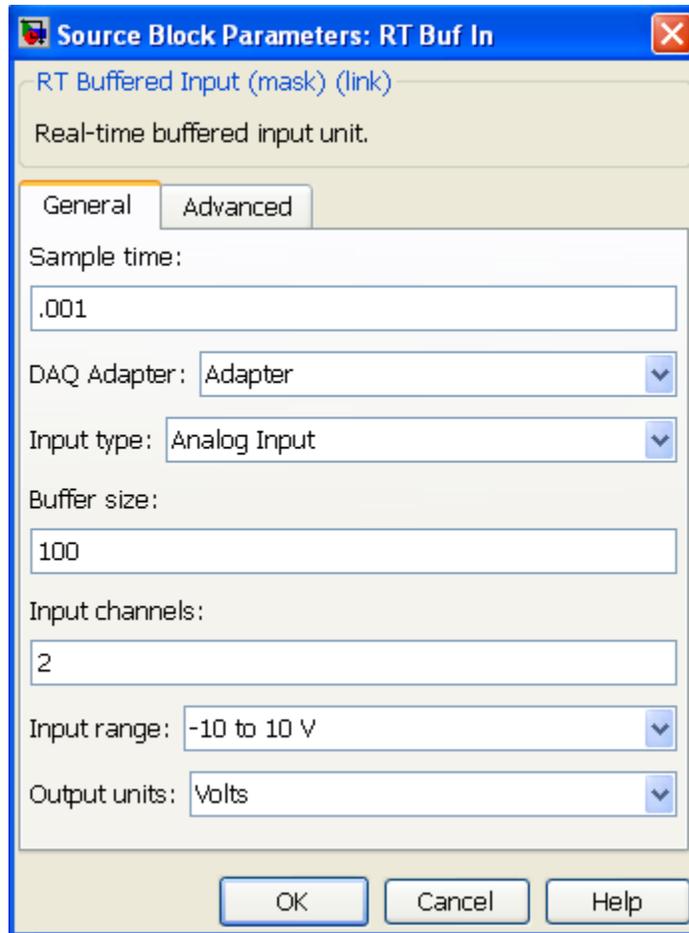


Figura 4.27 Parámetros de RT Buf In

- b) Se selecciona el bloque **Analog Filter Design** que sirve para filtrar una señal y se le asignan los parámetros correspondientes como se muestra en la **figura 4.28** que en este caso el metodo del filtro es Butterworth, El filtro es de 8° orden con una frecuencia de corte angular de entre 50 radianes sobre segundo y 100 radianes sobre segundo esto quiere decir que solo va dejar pasar frecuencias que estén en un intervalo de 50 a 100 radianes

sobre segundo o que es lo mismo en Hertz de 7.9577 a 15.9155 utilizando la **ecuación 4.11** se tiene

$$\omega_H = 2\pi F_H = 50 \text{ Rad/seg} \quad (4.11)$$

$$F_H = \frac{50}{2\pi} = 7.9577 \text{ Hz}$$

$$\omega_L = 2\pi F_L = 100 \text{ Rad/seg} \quad (4.11)$$

$$F_L = \frac{50}{2\pi} = 15.9155 \text{ Hz}$$

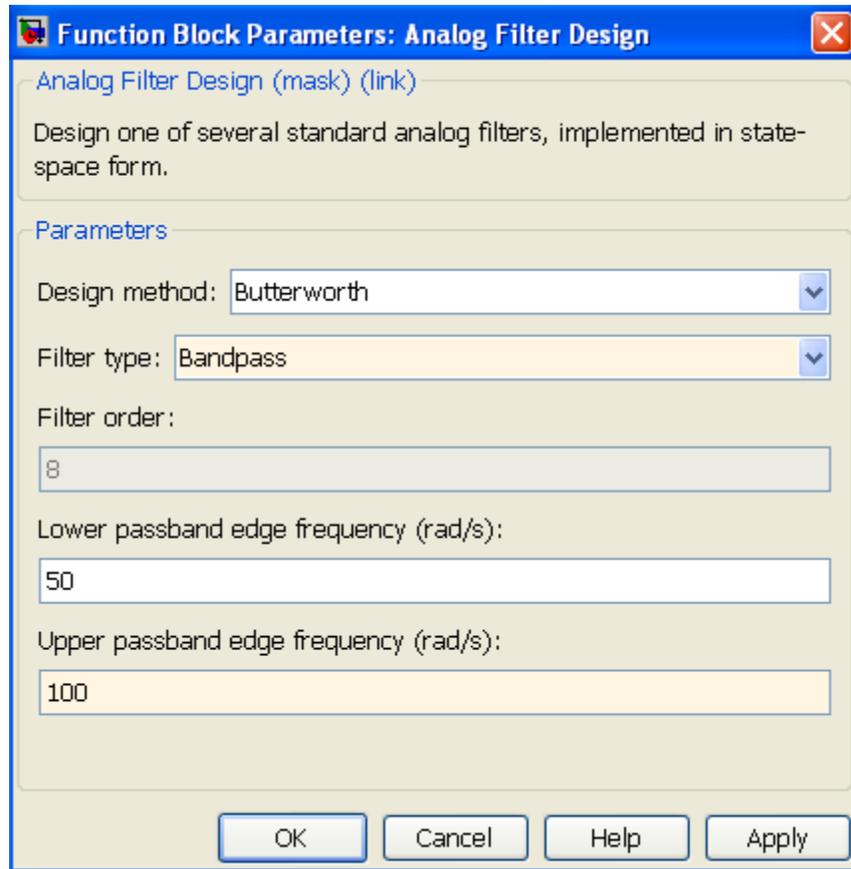


Figura 4.28 Parámetros de filtro pasa banda

- c) Seleccionamos el bloque **RT Buf Out** de **Real Time Toolbox** para que la señal que tenemos en la computadora se pueda visualizar en un osciloscopio externo y se le asignan los parámetros como se muestra en la **figura 4.29** que en este caso el tiempo de muestreo es de 0.001 segundos, el canal 2 es la salida, al igual que en la entrada es una salida analógica.

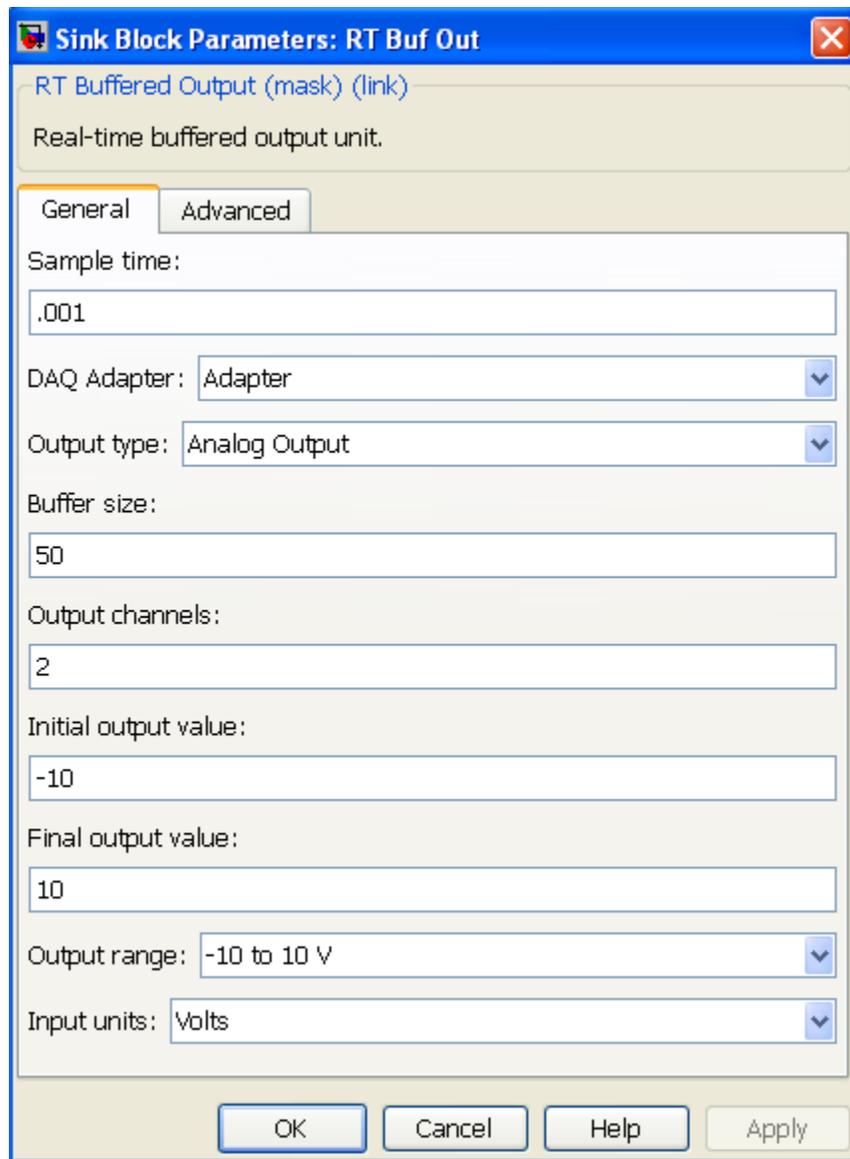


Figura 4.29 Parámetros de RT Buf Out

- d) En la entrada 2 de la tarjeta de adquisición de datos Humusoft AD622 se conecta el generador de señales y el canal 1 del osciloscopio, y en la salida 2 de la tarjeta se conecta el canal 2 del osciloscopio.
- e) Se comienza la simulación del diagrama mostrado en la **figura 4.26** y en este caso los resultados fueron los siguientes:
 - 1) La primer frecuencia introducida es de 6Hz, con un voltaje de pico a pico de 480mV y como es un filtro pasa banda y las frecuencias de corte son

$F_H = 7.9577\text{Hz}$ y $F_H = 15.9155\text{Hz}$ el filtro deja pasar todas las frecuencias que están en este rango, y en este caso la frecuencia introducida esta fuera del rango de frecuencias esto indica que la señal se atenúa como se muestra en la **figura 4.30** y el voltaje de pico a pico en la salida es de 37mV.



Figura 4.30 Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 6\text{Hz}$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.31**

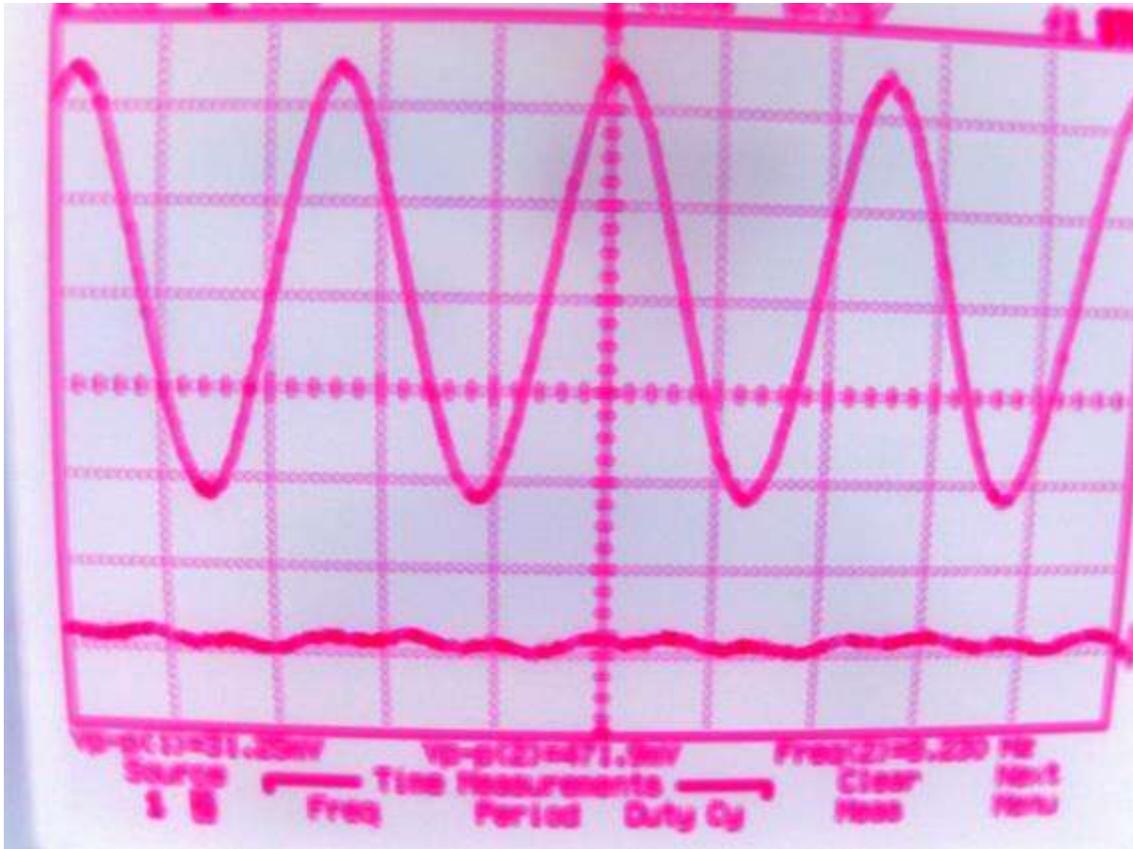


Figura 4.31 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 6Hz

- 2) La segunda frecuencia introducida es de 8Hz, con un voltaje de pico a pico de 470mV, en la salida se obtuvo un voltaje de pico a pico de 343mV en esta se puede notar que el voltaje de pico a pico aumentó porque ya está dentro del rango del filtro en el que tiene que dejar las frecuencias, la **figura 4.32** nos muestra la relación de señales.



Figura 4.32 Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 8Hz$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.33**

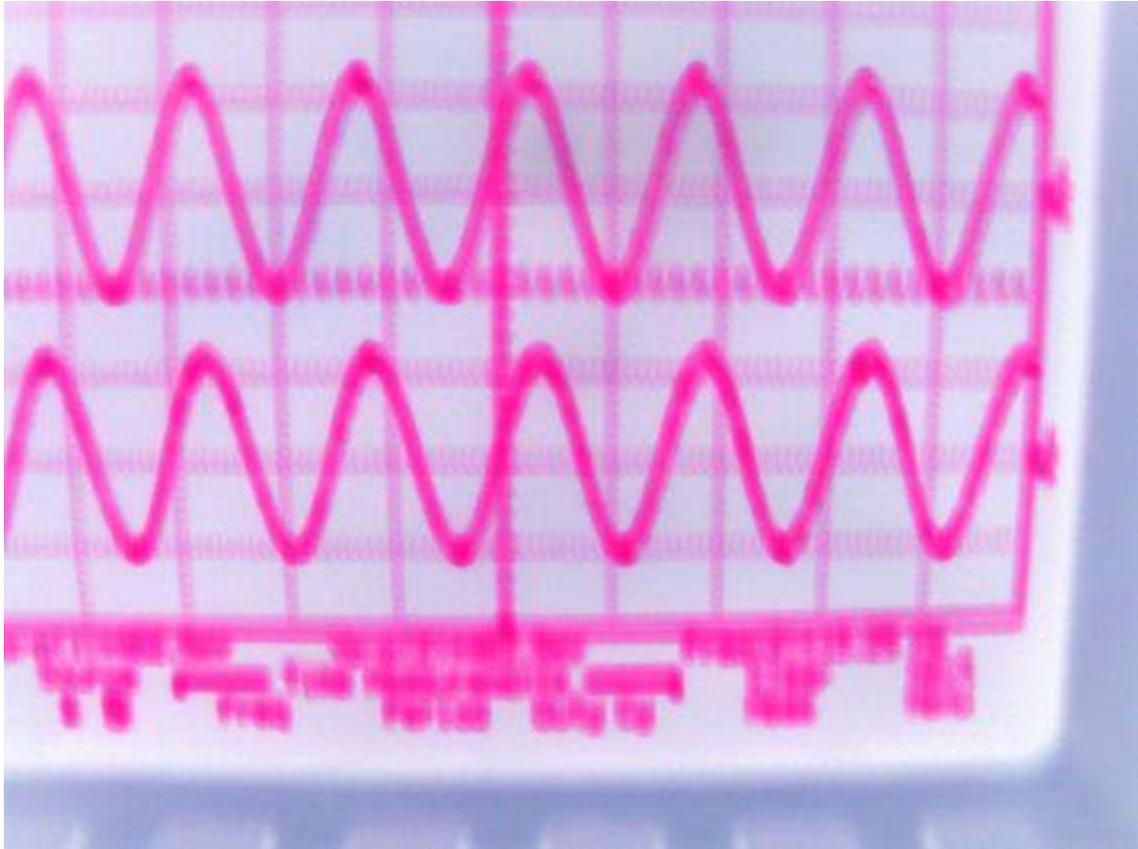


Figura 4.33 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 8Hz

- 3) La tercera frecuencia introducida es de 13Hz, con un voltaje de pico a pico de 470mV, en la salida se obtuvo un voltaje de pico a pico de 470mV en esta se puede notar que es la misma señal tanto en la entrada como en la salida, en la **figura 4.34** se muestra la relación de la salida con respecto a la entrada.



Figura 4.34 Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 13Hz$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.35**

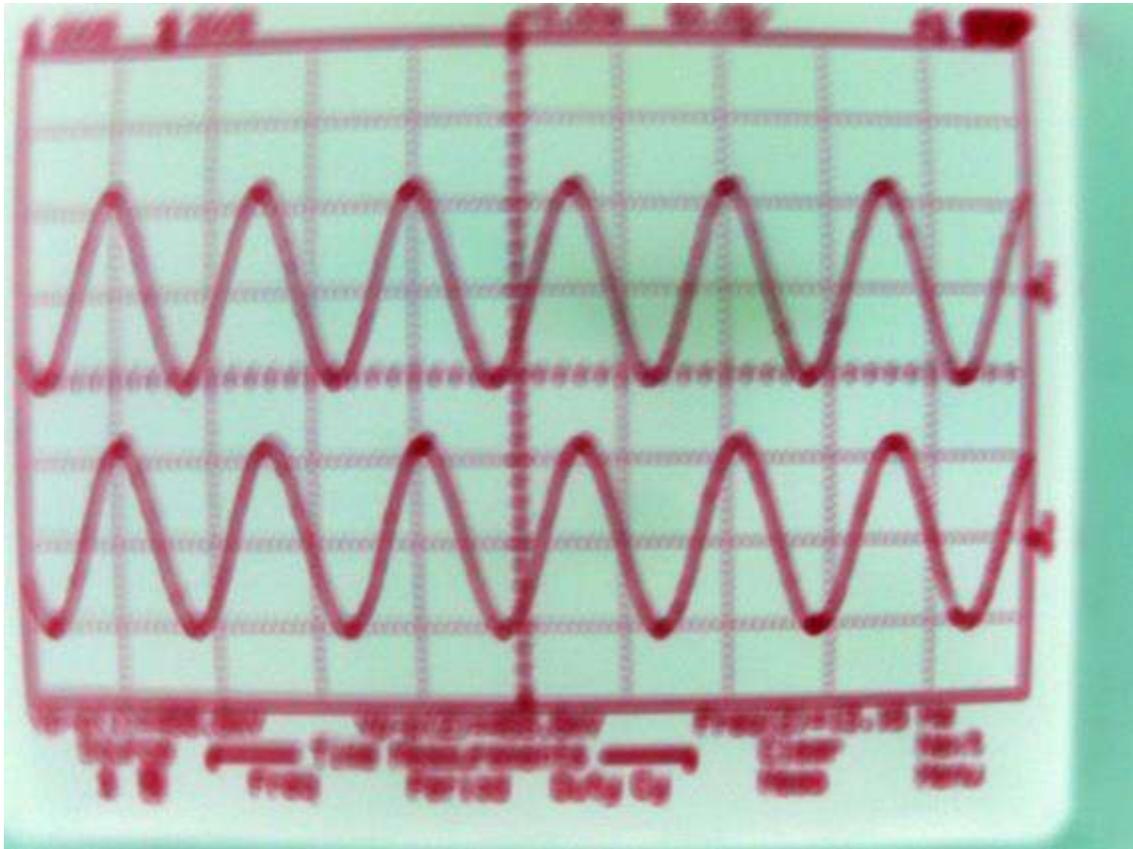


Figura 4.35 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 13Hz

- 4) La cuarta frecuencia introducida es de 15.5Hz con un voltaje de pico a pico de 470mV, esta frecuencia es muy cercana a la frecuencia de corte baja así que a partir de aquí las frecuencias se atenúan ya que no estaría en el rango que permite la banda de paso, el voltaje a la salida es de 393, se puede notar que ya empezó a atenuarse un poco ya que solo en un filtro ideal la frecuencia de corte sería exacta. La **Figura 4.36** muestra la relación de la salida con respecto a la entrada.



Figura 4.36 Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 15.5Hz$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.37**

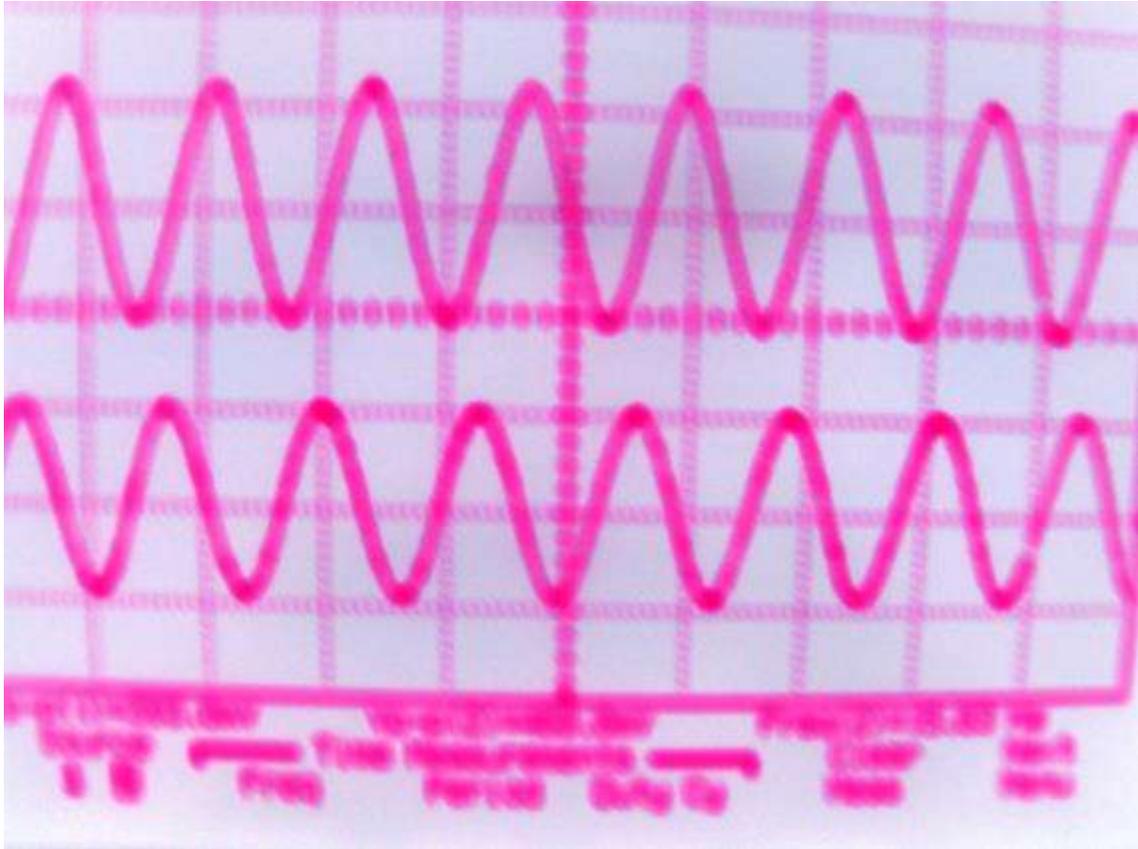


Figura 4.37 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 15.5Hz

- 5) La quinta y última frecuencia introducida es de 20Hz con un voltaje de pico a pico de 470mV en la entrada, se puede notar que esta frecuencia ya está fuera del rango de la banda de paso así que el filtro atenúa por completo la señal y en la salida nos muestra una señal con tan solo un voltaje de pico a pico de 25mV. La **Figura 4.38** muestra la relación de la señal de salida con respecto de la entrada.

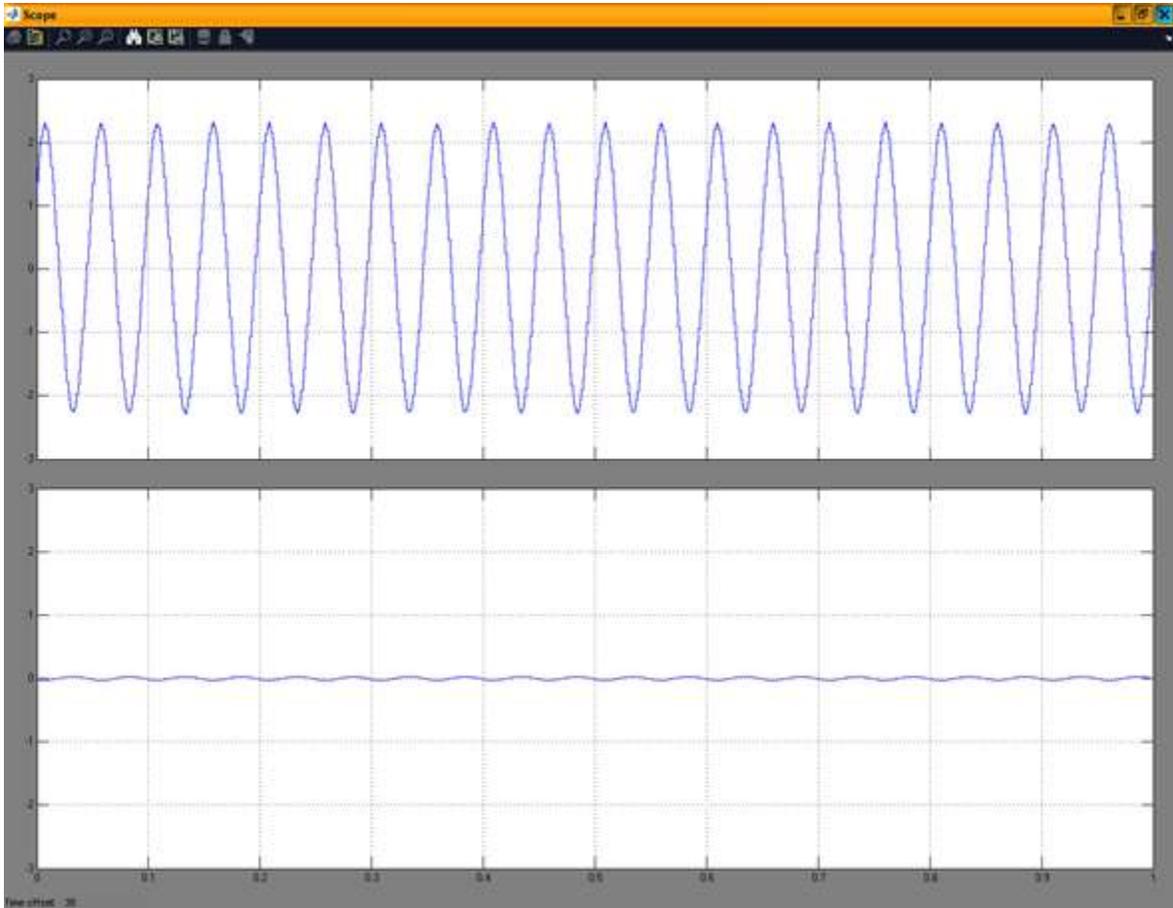


Figura 4.38 Entrada y salida del filtro vista en el osciloscopio de simulink con una $F = 20Hz$

También se nota la misma grafica en el osciloscopio externo esto indica que los bloques de entrada y salida de la tarjeta Humusoft AD622 están en correcto funcionamiento como se muestra en la **figura 4.39**

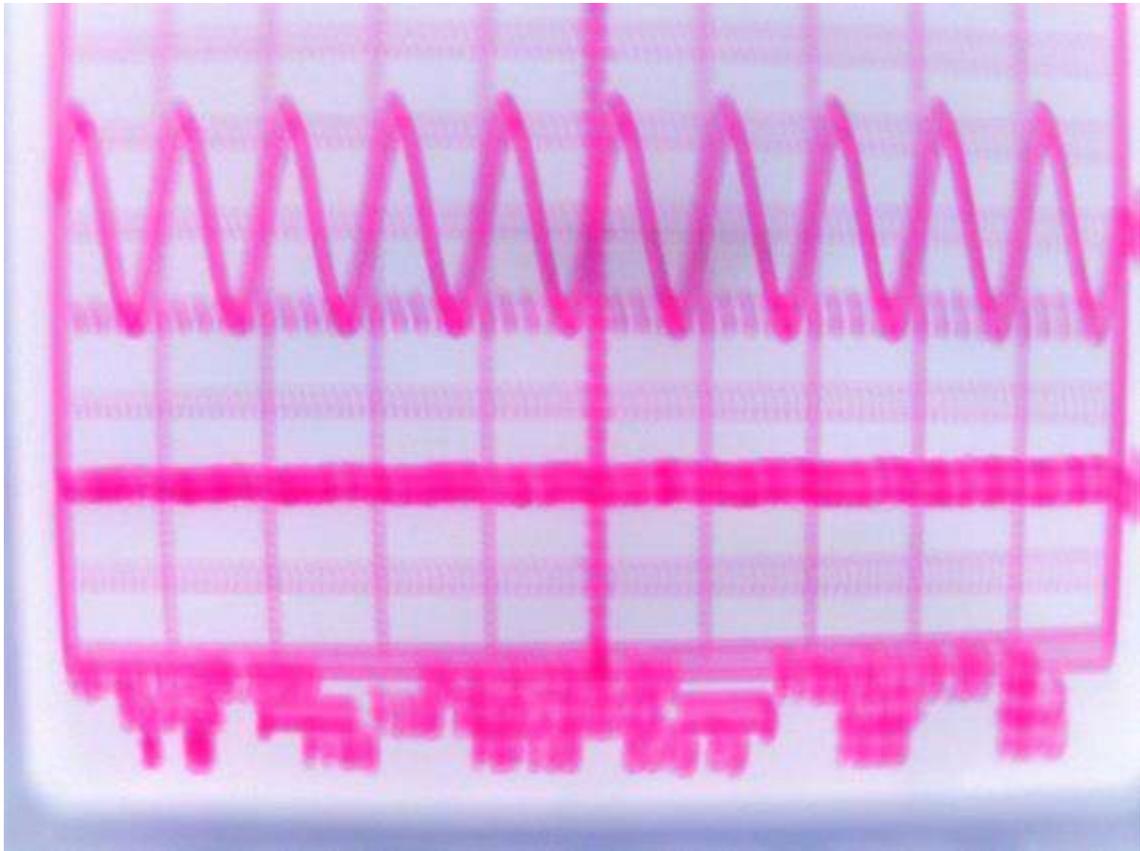


Figura 4.39 Entrada y salida de la tarjeta Humusoft vista en osciloscopio externo con una frecuencia de 20Hz

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

A lo largo del trabajo desarrollado en esta tesis se le da al usuario una forma de implementar filtros activos con una herramienta muy útil que es la tarjeta de adquisición de datos Humusoft AD-622 que trabaja con Matlab Simulink.

Es muy sencillo utilizarla ya que simulink tiene las herramientas necesarias para implementar cualquier tipo de filtro, con esto se pueden ahorrar muchos pasos y cálculos, ya que con un solo bloque se tiene un filtro ya sea pasa bajas, pasa altas, pasa banda o rechaza banda.

Un filtro activo implementado con amplificadores operacionales puede generar muchos gastos si se requiere modificaciones o si se requiere implementar un filtro de orden avanzado, sin embargo con la tarjeta de adquisición de datos se puede hacer tantas modificaciones como sean necesarias y se puede implementar un filtro de orden bastante alto. Incluso para hacer los cálculos de los componentes de un filtro activo con amplificadores operacionales, capacitores y resistencias resulta ser más tedioso que implementando un filtro con la tarjeta Humusoft AD-622.

Sin embargo podemos tener complicaciones debido a que se requiere un muestreo para cada señal introducida a la tarjeta de adquisición de datos esto quiere decir que al momento de la salida podemos tener una señal diferente a la original, ya que esta tarjeta de adquisición de datos trabaja a una velocidad no muy alta ya que el tiempo de muestreo más bajo que se logró manejar fue de 0.01 segundos. Pero el tiempo de muestreo no afecta tanto si se manejan señales con frecuencias bajas es decir, entre más baja sea la frecuencia, el tiempo de muestreo afecta menos a la señal.

Para poder manejar señales con frecuencias muy altas se requiere una tarjeta de adquisición de datos más rápida, siendo más rápida la tarjeta de adquisición de datos se podría tener un tiempo de muestreo más pequeño. Lo ideal sería que el tiempo de muestreo fuera cero pero no se puede tener un tiempo de muestreo cero ya que a la computadora no podemos introducir señales completamente analógicas con esto me refiero a que siempre deben de tener un

tiempo de muestreo, así sea muy pequeño; entre más rápida sea la tarjeta de adquisición de datos, más aumenta el precio de esta.

Finalmente, se puede concluir que el objetivo de la tesis fue alcanzado, es decir, diseñar, simular e implementar filtros analógicos utilizando la tarjeta de adquisición de datos Humusoft AD-622 y Matlab simulink.

5.2 Recomendaciones

Si se requieres una precisión extremadamente exacta en la señal que se desea instrumentar es mejor realizar la instrumentación con filtros analógicos ya que con la tarjeta de adquisición de datos AD-622 siempre habrá pequeñas perdidas debido al tiempo de muestreo, pero si se requiere instrumentar una señal con una frecuencia baja y que se requiera una sola buena precisión es posible realizar la instrumentación con la tarjeta de adquisición de datos AD-622.

La tarjeta de adquisición de datos AD-622 es una buena opción ya que en raras ocasiones se requiere de extrema precisión en las señales, y con la AD-622 se pueden estar cambiando los filtros o modificando las señales como sea requerido sin mover un solo cable o desoldar algún componente y la podemos visualizar, ya sea en computadora o externamente.

Esta tarjeta es perfecta para hacer un control de algún sistema de instrumentación ya que se podrían modificar los parámetros desde la computadora.

Bibliografía

- I) Instrumentation and Control systems
W. Bolton

- II) Amplificadores Operacionales y filtros activos
Antonio Pertence Junior
McGraw Hill

- III) REAL TIME TOOLBOX for use with simulink version 4.0
USER'S MANUAL
Humusoft
Texas Instruments

- IV) AD-622 DATA ACQUISITION CARD
USER'S MANUAL
Humusoft
Texas Instruments

- V) Amplificadores Operacionales y circuitos integrados lineales
Robert F. Coughlin & Frederick F. Driscoll
Prentice Hall

- VI) Circuitos electrónicos con amplificadores operacionales
Juan José de la Rosa

VII) Simulink
User's Guide
Version R2009

VIII) Matlab
User's Guide
Version R2009

PAGINAS WEB

- I) <http://www.ctr.unican.es>
- II) <http://www.sensores-de-medida.es>
- III) <http://miguelangelpes.wikispaces.com>

