

Capítulo IV

Construcción del Prototipo

En este capítulo se incluye el trabajo efectuado durante el desarrollo de la construcción de este prototipo. Se presenta el diseño de la fuente de alimentación, el proceso de pruebas de funcionamiento que se lleva a cabo para cada una de las topologías. De igual manera se explican las conexiones que existen entre los dispositivos, así como su diseño tanto de la parte exterior e interior del mismo. En el Apéndice E se encuentran todos los esquemáticos utilizados para realizar los circuitos impresos.

4.1 Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación que se emplea en el prototipo transforma el voltaje de 120 V de la línea a un voltaje de ± 15 V. Los voltajes de ± 15 V se utilizan para alimentar a los amplificadores operacionales. En la Figura 4.1, se ilustra la configuración de la fuente, el cual incluye los reguladores MC7815 para la salida del voltaje positivo y MC7915 para el voltaje negativo.

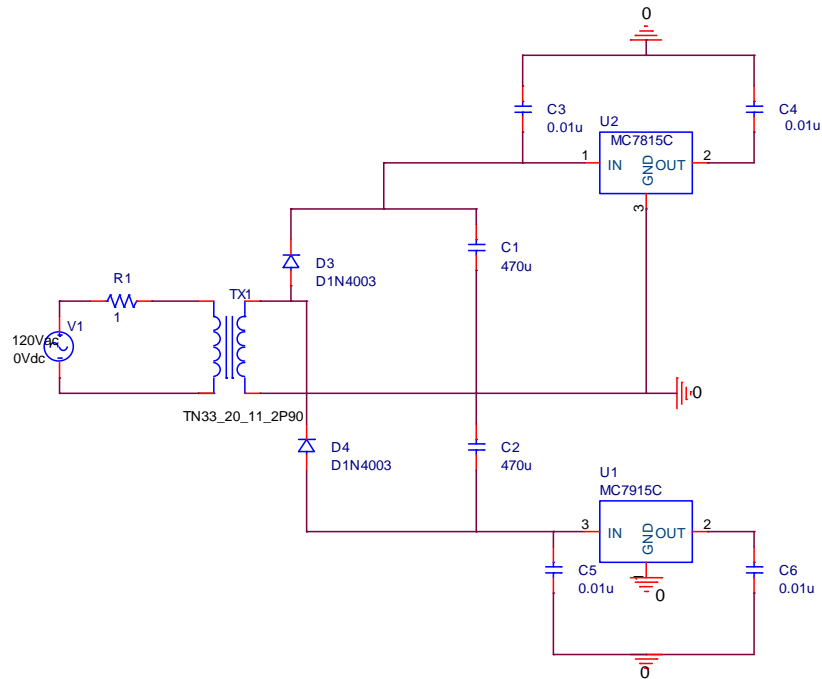


Figura 4.1 Diagrama de la fuente de alimentación.

La implementación de la fuente físicamente se puede observar en la Figura 4.2(a) y 4.2 (b). Donde se aprecia de diferentes perspectivas.



Figura 4.2 (a) Fuente de alimentación implementada.



Figura 4.2 (b) Fuente de alimentación implementada

La salida de voltaje de la terminal positiva da un valor de 15.22 V mientras que la salida de la terminal negativa da un valor constante de -14.90 V. La Figura 4.3 y 4.4 muestran estos valores.



Figura 4.3 Voltaje de salida de la terminal positiva.



Figura 4.4 Voltaje de salida de la Terminal negativa.

4.2 Implementación de las Topologías

Durante el desarrollo de la construcción del prototipo fue necesaria la implementación de las topologías en las tablas de prueba. Esto con el objetivo de verificar su buen desempeño antes de ser plasmadas sobre los circuitos impresos.

Las pruebas realizadas para cada topología se realizaron satisfactoriamente sobre la tablilla de prueba. Al ser trasladadas a los circuitos impresos se prueba nuevamente su funcionamiento, para después ser montadas en el chasis del prototipo.

4.2.1 Topología Sallen-Key con aproximación Butterworth.

Como se mencionó en el Capítulo III de Diseño, la configuración Sallen-Key es puramente demostrativa, ya que permite que el usuario pueda observar el comportamiento del filtro conforme el orden se va incrementando. Al igual que permite hacer una comparación entre el comportamiento de la aproximación máximamente plana y Chebyshev.

El diagrama de conexión para esta topología se ilustra en la Figura 4.5, mientras que su implementación sobre circuito impreso se presenta en la Figura 4.6

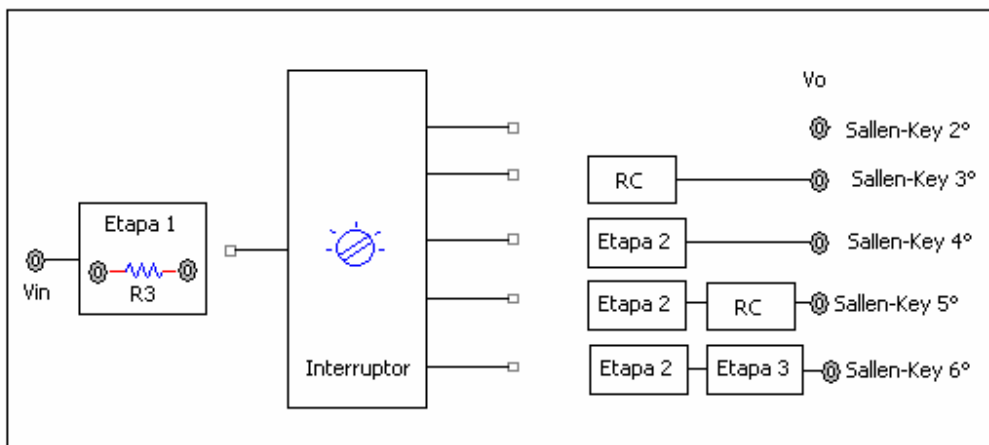


Figura 4.5 Diagrama de conexión para la Configuración Sallen-Key

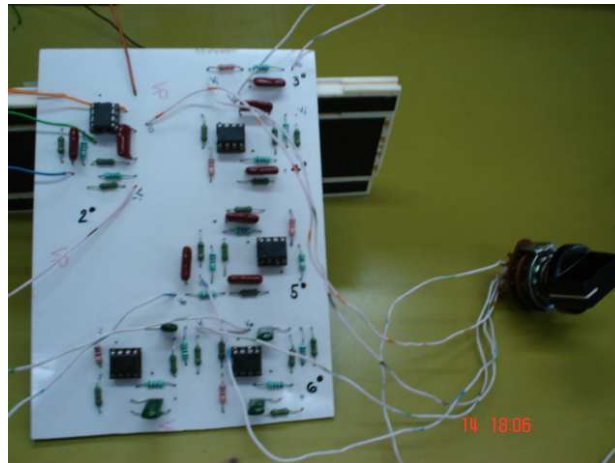


Figura 4.6 Circuito impreso para Configuración Sallen-Key que efectúa aproximación Butterworth.

Del diagrama de conexión de la Figura 4.5, el cuadro marcado como Etapa 1 consta de una configuración Sallen-Key de segundo orden. Esta etapa es la encargada de recibir la señal de entrada V_{in} . La resistencia de retroalimentación R_3 de esta etapa es variable, es decir, se dejan conectores para que el usuario cambie libremente este componente. El motivo de dejar este resistor variable corresponde a que conforme se varía el orden del filtro, la ganancia de esta etapa se modifica.

El interruptor giratorio conmuta la salida de la Etapa 1 con las demás etapas. El interruptor en su primera posición ofrece a su salida la señal de salida de la Etapa 1. La segunda posición conmuta la salida de la Etapa 1 con el RC para formar una configuración de tercer orden. Si se continúa girando el interruptor, se conmuta a las siguientes etapas.

4.2.2 Topología Sallen-Key con aproximación Chebyshev

Este caso es más sencillo que el anterior debido a que sólo se implementa para segundo orden. La Figura 4.7 muestra el diagrama de conexión circuito impreso, mientras que la Figura 4.8 ilustra el circuito impreso obtenido.



Figura 4.7 Diagrama de conexión para Configuración Sallen-Key con aproximación Chebyshev.

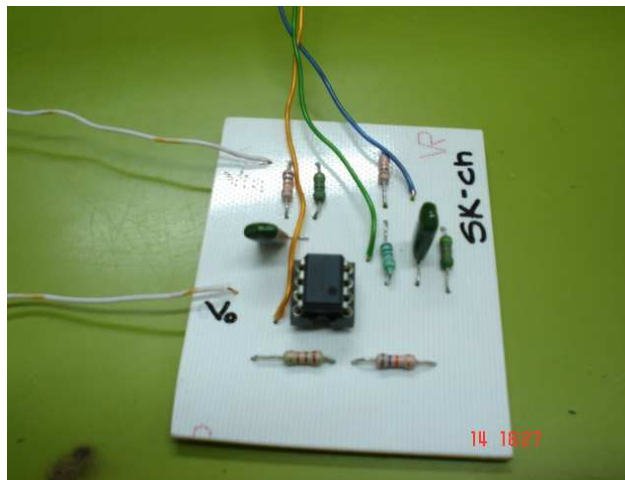


Figura 4.8 Circuito impreso de Configuración Sallen-Key que implementa Chebyshev de segundo orden.

Esta configuración tiene todos sus componentes determinados, por lo que el usuario no necesita hacer ningún cálculo. Como se mencionó anteriormente el propósito de esta configuración es simplemente comparar su respuesta con la respuesta máximamente plana.

4.2.3 Topología Variable de Estado KHN

Esta topología cuenta con dos etapas, que pueden ser cascadas entre sí en caso de ser necesario. Se brinda esta opción al usuario para que pueda realizar un filtro de orden mayor. La Figura 4.9 presenta el diagrama de conexión entre las etapas.

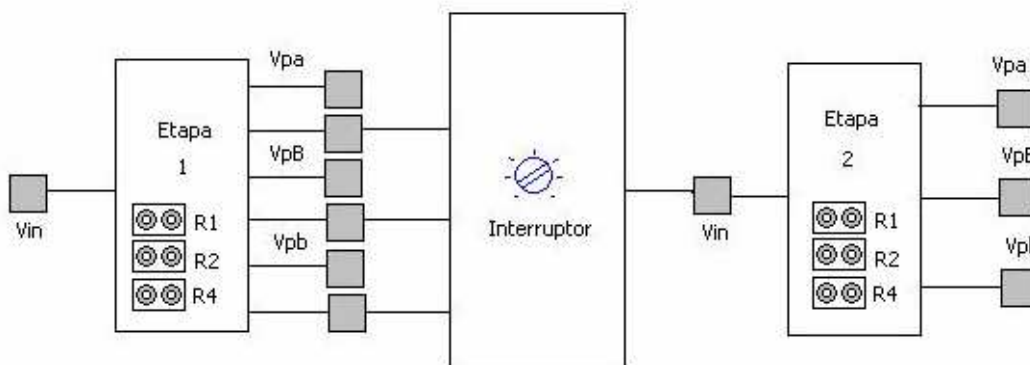


Figura 4.9 Diagrama de conexión para configuración KHN

En el diagrama de conexión de la figura anterior, se observa que éste consta de dos etapas que pueden ser cascadas entre sí por medio de un interruptor giratorio. Debido a que el usuario puede

realizar tres distintos tipos de filtrados, pasa-altas, pasa-banda o pasa-bajas, se conecta cada una de estas señales de salida a un conector del interruptor, siendo el conector común el punto de entrada (V_{in}) de la Etapa 2. Esto con el fin de otorgarle al usuario la opción de elegir la señal de salida que necesite unir a la siguiente etapa, conforme a lo que este diseñado.

Si se desea visualizar la respuesta del filtro en la Etapa 1, se colocan conectores que permiten observar el comportamiento de la señal en el punto deseado. El interruptor giratorio utilizado para esta configuración es de tres posiciones, donde la primera posición corresponde a la salida pasa-altas, la segunda a la pasa-banda y la tercera a la salida pasa-bajas. Por *default* la salida de la Etapa 1, es pasa-altas.

Los conectores R_1 , R_2 y R_4 son los puntos donde se conectan las resistencias que dependen de algún parámetro y que por lo tanto son variables.

A continuación en las Figuras 4.10 y 4.11 se ilustra la configuración KHN variable de estado, construido en la tablilla de pruebas y en el circuito impreso respectivamente.

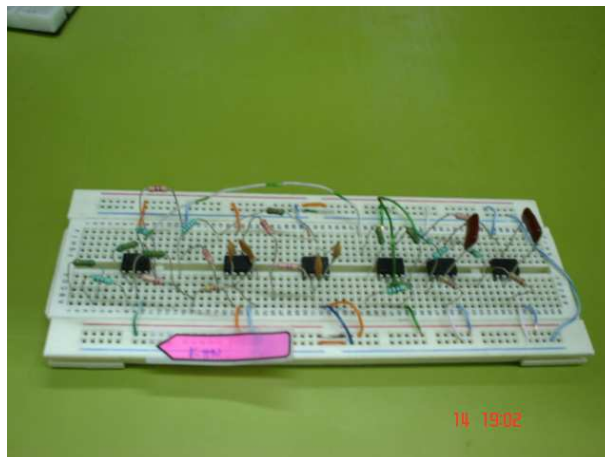


Figura 4.10 Configuración KHN en tablilla de prueba.

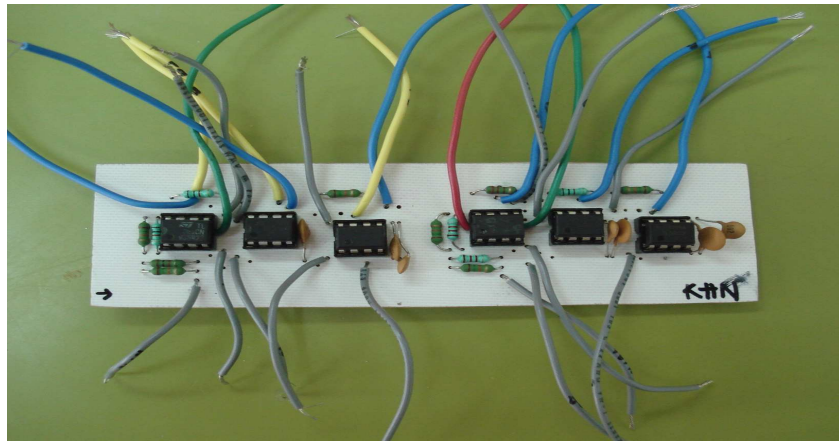


Figura 4.11 Configuración KHN en circuito impreso.

4.2.4 Topología Variable de Estado Tow-Thomas

El diagrama de conexión para la topología Tow-Thomas se muestra en la Figura 4.12.

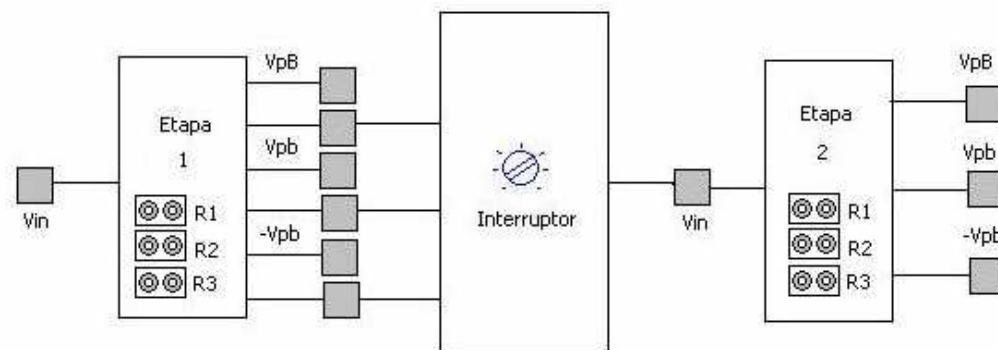


Figura 4.12 Diagrama de conexión para Topologías Tow-Thomas Variable de Estado

Al ser una configuración de variable de estado, realiza varios filtrados al mismo tiempo, por lo tanto se cascan las dos etapas por medio de un interruptor giratorio que permite al usuario seleccionar que salida de la primera etapa ya sea V_{PB} , V_{Pb+} o V_{Pb-} será la señal de entrada de la segunda. El conector común del interruptor giratorio es la entrada de la Etapa 2.

Si sólo se requiere observar el comportamiento de alguna de las señales de salida de la Etapa 1, éstas pueden ser visualizadas a través de los conectores de salida que se ofrecen.

Para cambiar las resistencias que dependan de algún parámetro de diseño se hace uso de los conectores R_1 , R_2 y R_3 , marcados en el diagrama de conexión. Dichos conectores se encuentran ligados directamente a la posición correspondiente en el circuito impreso de la topología.

La Figura 4.13 presenta la implementación de este filtro en la tablilla de pruebas, mientras que en la Figura 4.14 se ilustra esta topología en circuito impreso.

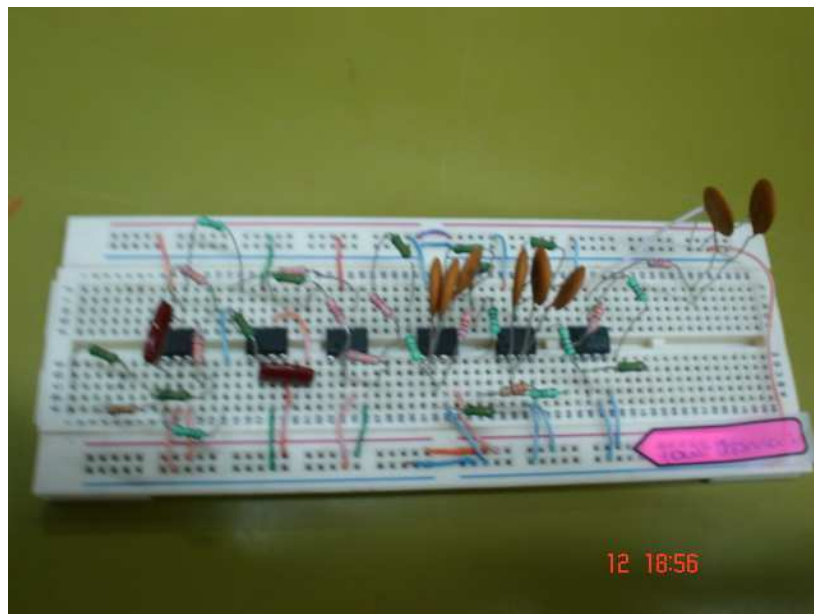


Figura 4.13 Configuración Tow-Thomas implementado en la tablilla de pruebas.

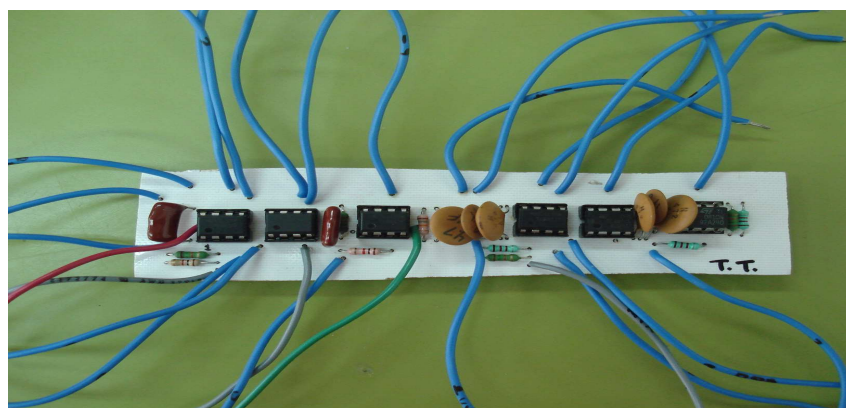


Figura 4.14 Configuración Tow-Thomas implementado en circuito impreso.

4.2.5 Topología KHN Bicuadrática.

Esta configuración puede ser realizada hasta cuarto orden, por lo cual cuenta con dos etapas que se cascan entre sí. La Figura 4.15 presenta el diagrama de conexión a bloques para este caso.

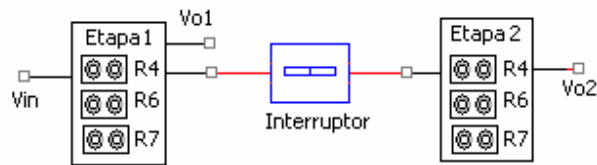


Figura 4.15 Diagrama de conexión a bloques de la Configuración KHN Bicuadrática.

Un interruptor de dos posiciones es el encargado de unir las etapas. La Etapa 1 cuenta con dos salidas una que se conecta al interruptor y la otra que permite ver el comportamiento de la señal en ese punto. Los resistores R_4 , R_6 y R_7 dependen de parámetros de diseño, por lo que se asignan conectores que permiten colocar estos componentes.

La señal de entrada de la Etapa 2 está conectada directamente a un extremo del interruptor. Mientras que para la señal salida (Vo_2) se coloca un conector que permite su visualización.

La Figura 4.16 muestra la configuración implementada sobre la tablilla de pruebas, mientras que la Figura 4.17 ilustra esta misma configuración en el circuito impreso.

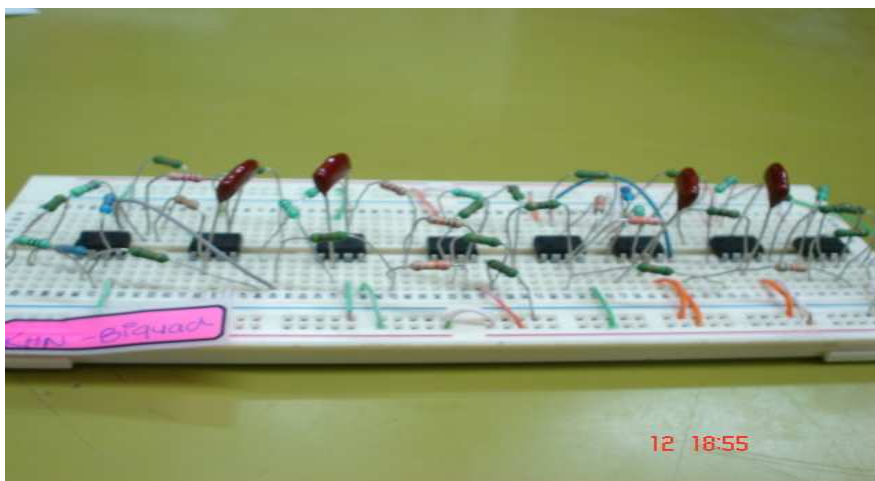


Figura 4.16 Configuración KHN-Bicuadrática implementada en tablilla de prueba.

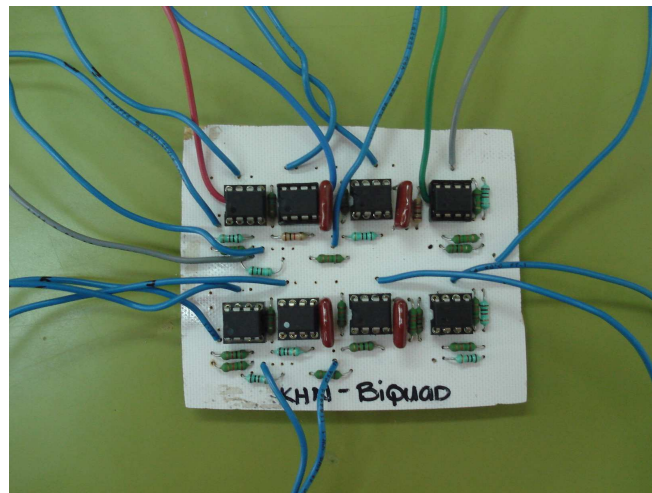


Figura 4.17 Configuración KHN-Bicuadrática implementada en circuito impreso.

4.2.6 Topología Tow-Thomas Bicuadrática.

La topología Tow-Thomas Bicuadrática cuenta con dos etapas. Su diagrama de conexión a bloques se muestra en la Figura 4.18.

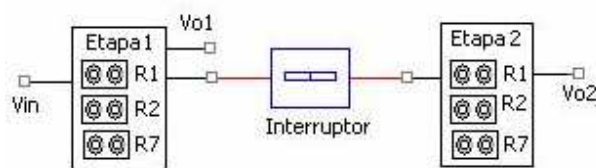


Figura 4.18 Diagrama de conexión a bloques de la Configuración Tow-Thomas Bicuadrática.

El cascar las etapas consiste en que la señal de salida de la Etapa 1 sea la señal de entrada de la Etapa 2. Para lograr esto se hace uso de interruptor de dos posiciones que permite que exista o no conexión entre una etapa y otra.

Se colocan conectores en los puntos donde se ubican las resistencias que dependen de algún parámetro. Para este caso los resistores variables son R_1 , R_2 y R_7 .

La Figura 4.19 muestra esta configuración implementada en la tablilla de pruebas, mientras que la Figura 4.20 ilustra lo obtenido en el circuito impreso.

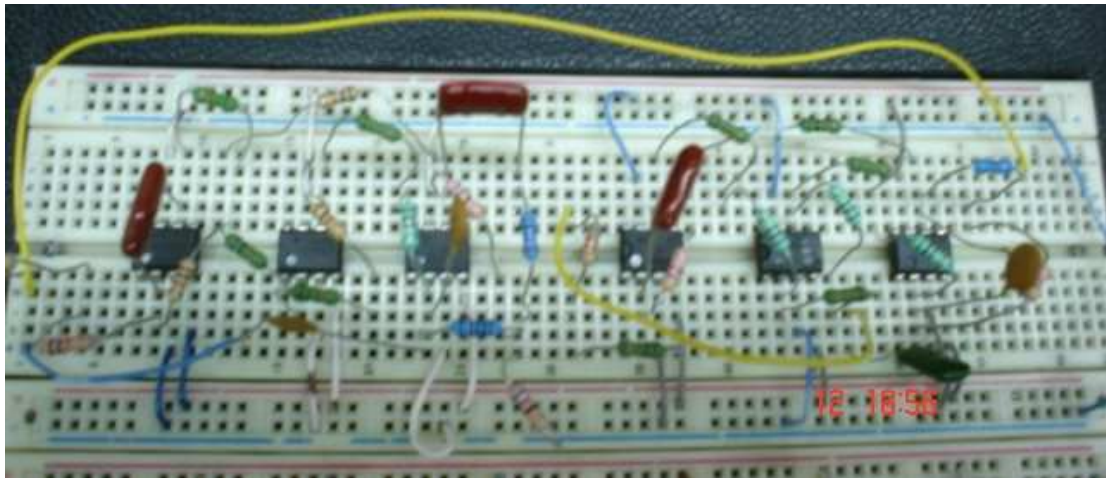


Figura 4.19 Configuración Tow-Thomas Bicuadrática implementada en tabla de prueba.

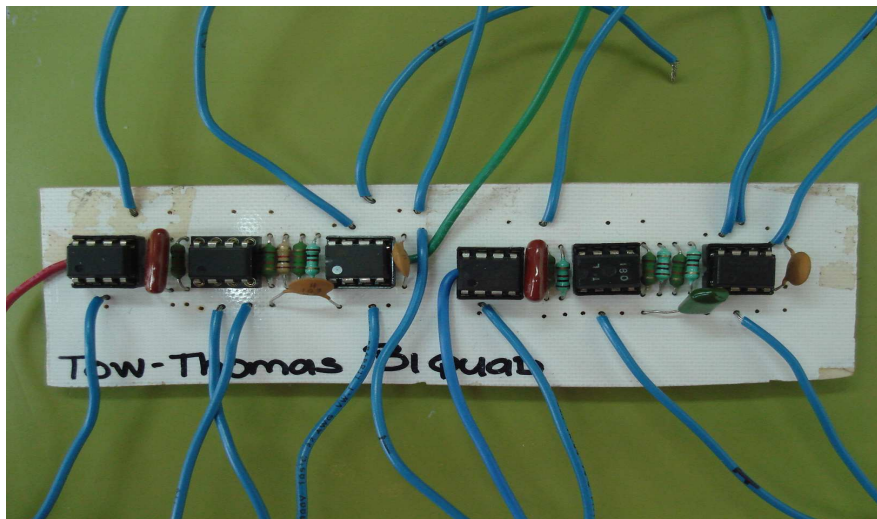


Figura 4.20 Configuración Tow-Thomas Bicuadrática implementada en circuito impreso.

4.2.7 Topología Akeberg-Mossberg Bicuadrática.

Las conexiones que se realizan para este caso se presentan en la Figura 4.21 que ilustra el diagrama de conexión a bloques de esta configuración.

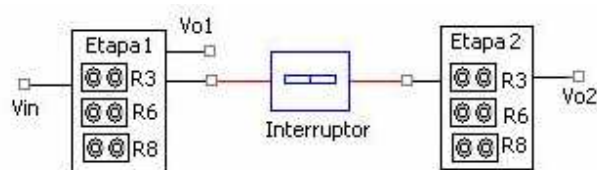


Figura 4.21 Diagrama de conexión a bloques de la Configuración Akeberg-Mossberg Bicuadrática.

Para esta topología se implementan dos etapas, que se unen entre sí por medio de un interruptor de dos posiciones. En uno de los extremos de este interruptor está conectada la salida de la Etapa 1 mientras que el otro extremo se encuentra unido a la entrada de la Etapa 2. Las resistencias R_3 , R_6 y R_8 que son variables por su dependencia a algún parámetro de diseño, están representadas por entradas conectoras.

La Figura 4.22 y 4.23 presentan la implementación de esta configuración en tablilla de prueba y en circuito impreso respectivamente.

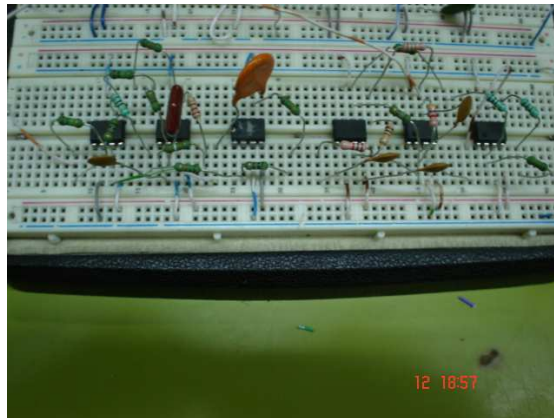


Figura 4.22 Configuración Akeberg-Mossberg implementada en tablilla de prueba.

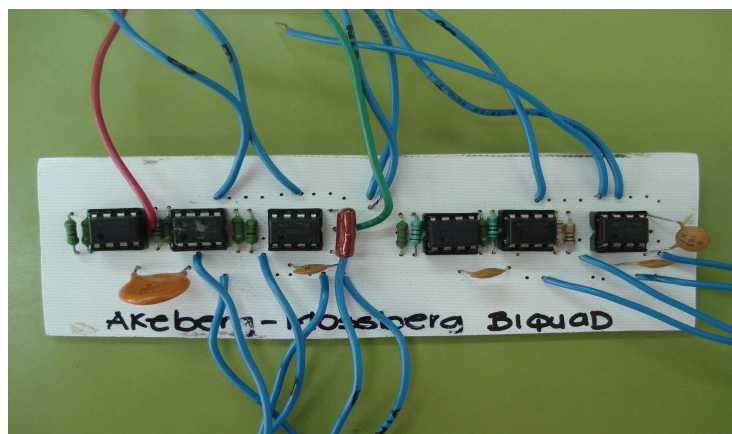


Figura 4.23 Configuración Akeberg-Mossberg implementada en circuito impreso.

4.2.8 Topología Filtro Activo Universal.

Esta configuración cuenta con dos etapas que pueden ser cascadas sí así se requiere. La Figura 4.24 presenta la manera en la que este filtro se implementa. Nótese que tanto en la primera etapa como en la segunda, las entradas están representadas por conectores, lo cual permite al usuario la posibilidad de conectar el componente a la entrada que desea, ya sea la entrada inversora o no inversora. Debido a que el filtro universal es de variable de estado, realiza simultáneamente varios filtrados, por tal motivo se coloca en la salida de cada uno de los amplificadores operacionales un conector que muestra la salida, señalados en la Figura como V_{Pa} , V_{PB} y V_{Pb} .

Las resistencias que dependen de algún parámetro de diseño y por lo tanto son variables, pueden ser intercambiadas las veces que sea necesario ya que se colocan conectores que permiten este hecho.

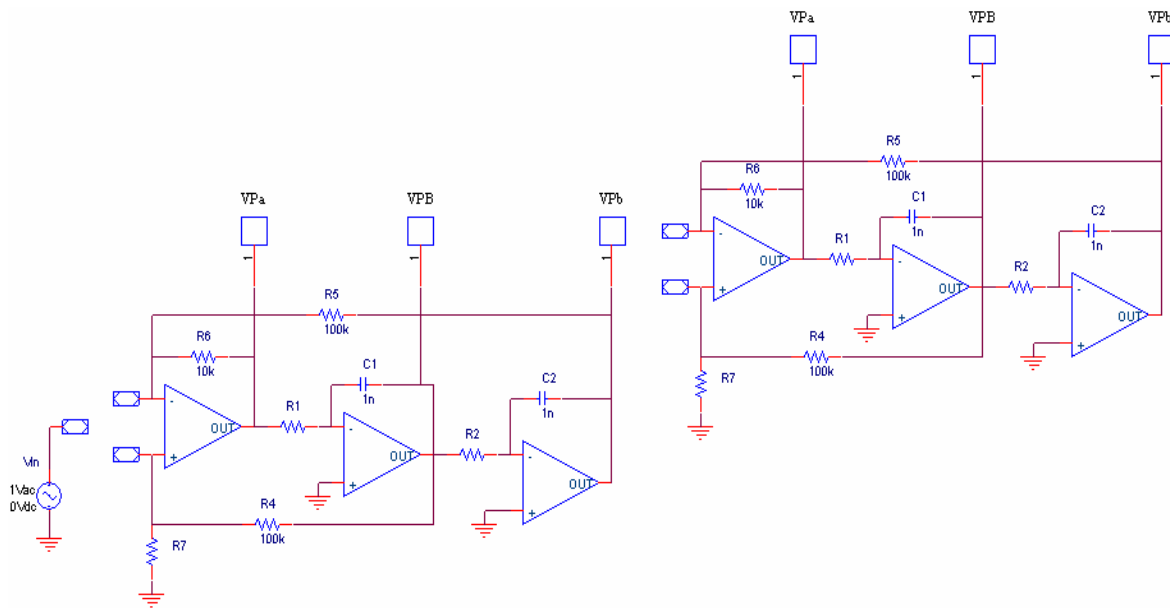


Figura 4.24 Topología compuesta por dos etapas del Filtro Activo Universal.

Esta topología se implementó primero en la tablilla de pruebas, véase Figura 4.25, así como también en circuito impreso (Figura 4.26).

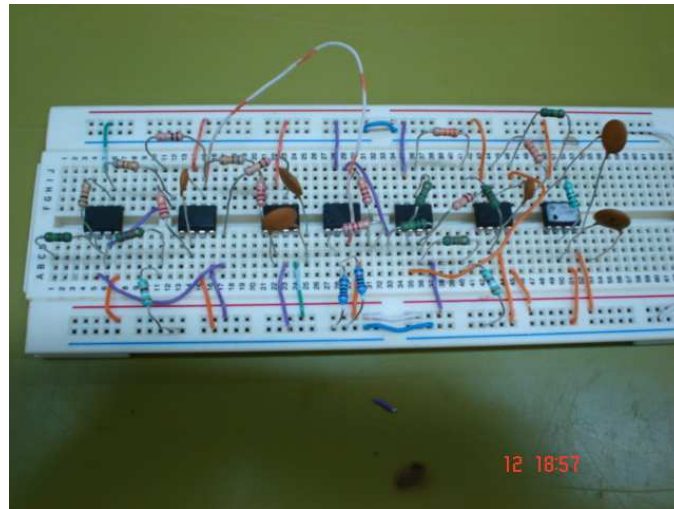


Figura 4.25 Configuración FAU implementada en tablilla de prueba

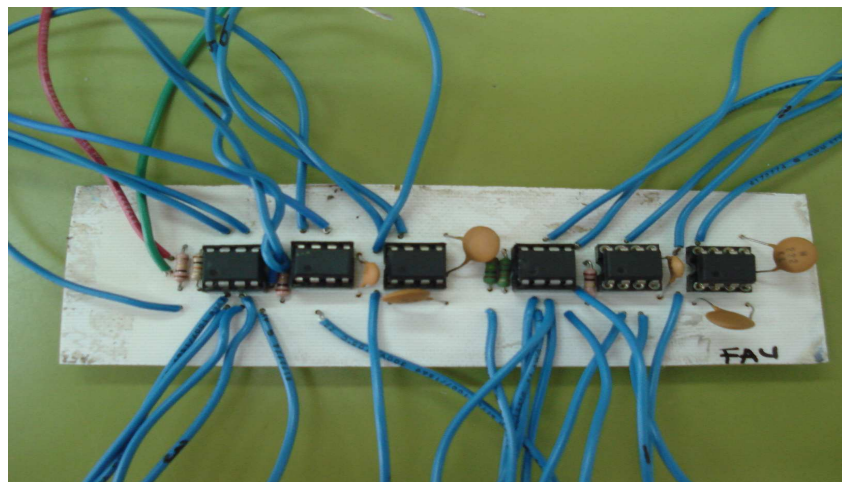


Figura 4.26 Configuración FAU implementada en circuito impreso.

4.3 Características del Prototipo.

Una de las características más importantes de “Laboratorio Analógico” es la carátula ya que es la interfaz entre el usuario y el prototipo. En la carátula se identifican las entradas conectoras para la alimentación por si se necesita alimentar *op amps* externos, bases conectoras para las señales de entrada a los circuitos, interruptores que permiten cascar las etapas entre los filtros, salidas conectoras que permiten al usuario visualizar el comportamiento del filtro en uso, entre otras. El diagrama de la Figura 1 del Apéndice C: *Manual del Usuario* muestra la forma que tiene este

prototipo. De igual manera en dicho apéndice se encuentran especificaciones correspondientes a las medidas del chasis.

Las topologías con las que cuenta este prototipo tienen que ser energizadas por el usuario, es decir, éste debe elegir cual topología va a utilizar y seleccionarlo en el banco de interruptores. Se energiza una topología a la vez, esto para evitar que decaiga el voltaje y exista suficiente corriente.

La Figura 4.27 muestra el prototipo de “Laboratorio Analógico” implementado.

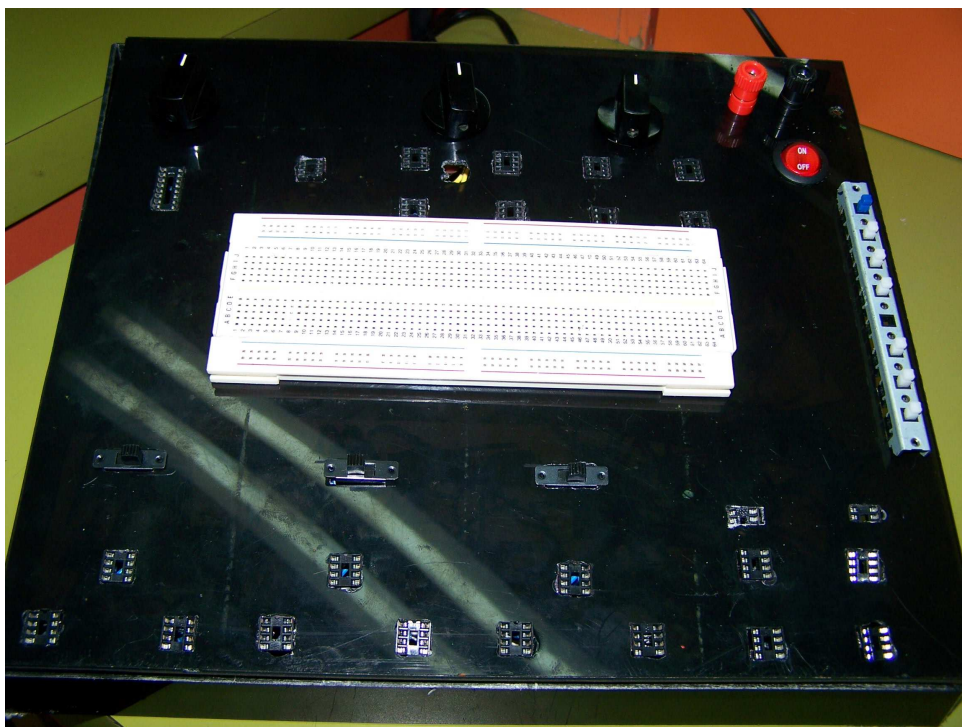


Figura 4.27 Prototipo de Laboratorio Analógico implementado

4.4 Manual del Usuario

El manual del Usuario contiene información referente a las características del prototipo, tales como la ubicación de de cada uno de los conectores con los que cuenta este prototipo, así como las medidas del mismo. De igual manera se incluyen ejercicios sugeridos para cada una de las configuraciones contenidas en este modelo. Este manual puede ser consultado en el Apéndice C.