

**DISEÑO DE CIRCUITOS NO LINEALES**  
**PREINFORME ENTREGA 4: MEDICIÓN DE CALIDAD**

**GRUPO 2**

**Daniel Esteban González Zuluaga**

**Juan Diego Sánchez Parra**

**Santiago Burgos Martínez**

**14/Abril/2020**

**DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

**1. Descripción de la temática a tratar**

En esta parte se presentará la etapa de medición del funcionamiento del proyecto, midiendo y analizando la calidad de energía en salida del Inversor, esto mediante un módulo de adquisición de señales, que permita medir; voltaje y corriente RMS, y THD de voltaje y corriente con variaciones de carga.

Para realizar unas buenas mediciones en el módulo de adquisición se debe lograr que, a este, le entren las señales lo mejor posible, eliminando lo que no se quiere medir y haciendo que esta señal se adapte a los requerimientos del módulo. Con esto se quiere decir que es necesario un acondicionamiento de la señal de salida del inversor, entre estos un reductor de voltaje y un filtro que se detallarán más adelante.

**2. Alcance del diseño**

La etapa de medición de calidad y funcionamiento del proyecto lograr recopilar y realizar un análisis de las variables de voltaje y corriente de salida del Inversor. Para llevar a cabo esta tarea se plantea el uso de circuitos de acondicionamiento de señal como la implementación de un circuito de filtro pasa bajas. Las señales provenientes de los dos tipos de circuitos mencionados previamente serán ingresadas en un módulo de adquisición de National instruments el cual permitirá establecer una interfaz para el procesamiento de la información por medio de un computador.

**3. Análisis de fenómenos físicos: mecánicos, eléctricos, etc., que permitan plantear la solución en términos de ingeniería.**

Filtro Anti Aliasing: Es un tipo de filtro pasa bajos analógico, el cual está presente usualmente antes de realizar una conversión análoga/digital. Este tipo de filtro sirve para hacer una limpieza de la señal antes de hacer la conversión, para esto se tiene en cuenta la señal (Frecuencia máxima) que se quiere dejar pasar, donde idealmente después de la frecuencia de corte ya no habrá señal alguna. El valor de esta frecuencia se escoge en base a dos razones: La primera, es necesario tener en cuenta cuántos armónicos van a pasar. Para este caso se tiene como criterio de diseño que la señal medida

se asemeje lo más posible a la señal de salida del inversor (idealmente entre mayor cantidad de armónicos mejor resolución en las medidas), para este diseño se escogió pasar 9 armónicos. La segunda, es por el teorema de muestreo de Nyquist, el teorema dice que la frecuencia de corte debe ser por lo menos 2 veces menor a la frecuencia de muestreo. Para este caso, como se mencionó previamente, van a pasar 9 armónicos es decir hasta la frecuencia de corte será de 600 Hz y el doble de esta frecuencia que es igual a 1200 Hz, debe ser la mínima frecuencia de muestreo que se debe tener, por criterio se escoge 5000Hz.

## **PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

### **1. Descripción general de la solución propuesta**

La solución está compuesta por un circuito el cual acondiciona el voltaje de salida del Inversor para luego pasar por un filtro pasa bajas de orden superior a 5 el cual permitirá obtener una señal con la información necesaria para ser analizada posteriormente. Para la adquisición de los datos correspondientes a la corriente de salida del inversor se plantea el uso de una resistencia en serie a la resistencia de carga del circuito la cual cumple la función de una resistencia “SHUNT”, esta será una resistencia con un alto valor de precisión para garantizar que los datos obtenidos por medio de esta tengan la mejor resolución posible.

### **2. Análisis y justificación de la solución**

Para llevar a cabo una medición y toma de datos adecuada, se hace necesario acondicionar las señales que se van a medir teniendo en cuenta los parámetros y características del instrumento que va a realizar la toma de datos, es decir, el Módulo de adquisición. Ahora, teniendo en cuenta los límites y características de las señales que el módulo puede leer y recibir se realiza en concordancia el diseño de circuitos de acondicionamiento o de medición para ser leídos e ingresado finalmente al módulo.

En esencia, los circuitos que se implementaran y diseñarán para este parte del proyecto son para garantizar que sea posible leerlas por medio del módulo de adquisición.

**Resistencia “SHUNT”:** Esta resistencia tiene la finalidad de medir y leer el voltaje diferencial en la resistencia que se escoja. Posteriormente usando el programa del módulo de adquisición en el computador se puedan realizar los cálculos necesario para obtener el valor de la corriente que hay en la salida del Inversor, esto haciendo uso de la ley de ohm, ya se tiene el valor de la resistencia la cual se escoge previamente y leyendo el valor del voltaje en el módulo de adquisición se puede encontrar el valor de la corriente. Como se ha explicado anteriormente los bloques de acondicionamiento y filtro de corriente son los mismos que para el voltaje.

### **3. Descripción de posibles alternativas**

Se planteó realizar la medición implementando de manera análoga un circuito DAC. Sin embargo, esta propuesta fue superada/descartada desde el principio debido a las especificaciones en las que se determinaba el uso del módulo de adquisición.

#### 4. Especificaciones generales a cumplir

- Acondicionar la señal de salida del inversor para ser medida por el Módulo de adquisición.
- Medir el voltaje y corriente RMS de salida del inversor.
- Obtener la información de la distorsión total armónica “THD” tanto del voltaje como de la corriente de la salida del Inversor.

### BLOQUES FUNCIONALES

#### 1. Diagrama en bloques de la solución propuesta

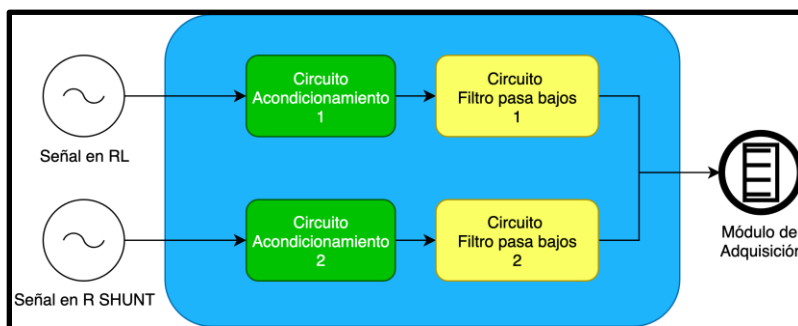


Figura 1. Diagrama en bloques etapa medición.

Se tiene en cuenta que la entrada para el circuito de acondicionamiento y resistencia SHUNT es diferente, ya que al circuito de acondicionamiento le entra la onda seno, medida sobre las dos patas del capacitor/resistencia de carga. Por el contrario, el circuito de resistencia shunt medirá el voltaje de un terminal del capacitor a un terminal de la resistencia de carga, para después poder usar otro acondicionamiento y poder medir la corriente.

#### 2. Justificación o análisis de cada uno de los bloques funcionales de la propuesta

Teniendo en cuenta la descripción de la solución propuesta, se tienen los siguientes circuitos:

**Circuito de acondicionamiento 1 y 2:** este circuito cumple la función de referenciar a una tierra común la señal seno de salida del Inversor, esto es necesario y de vital importancia debido a que, en el momento de realizar la toma de datos por medio del Módulo de adquisición, la señal debe tener la misma referencia que el módulo es decir referenciada a tierra, ya que por características internas del dispositivo este no permite el ingreso de señales flotantes.

**Circuito filtro Anti-aliasing (pasa bajas) 1 Y 2:** este circuito como su nombre lo dice permitirá el paso de las frecuencias inferiores su frecuencia de corte. La implementación de este circuito se realiza con la intención de obtener la cantidad de información necesaria para el análisis que se quiere realizar. Este circuito se ubica como etapa siguiente al circuito de acondicionamiento,

### 3. Especificaciones entrada-salida de cada bloque

Teniendo en cuenta la descripción de la solución propuesta, se tienen los siguientes circuitos:

#### Circuito de acondicionamiento 1 y 2:

Entrada: Voltaje sin referencia, proveniente del Inversor

Salida: Voltaje de la salida del inversor referenciado a una tierra común.

#### Circuito filtro Anti-aliasing (Pasa bajas):

Entrada: Tiene como entrada la salida del bloque de acondicionamiento

Salida: Señal seno con sus componentes en frecuencia, los cuales están determinados por la frecuencia de corte del filtro.

### 4. Modelo funcional de cada bloque

#### Circuito de acondicionamiento 1 y 2:

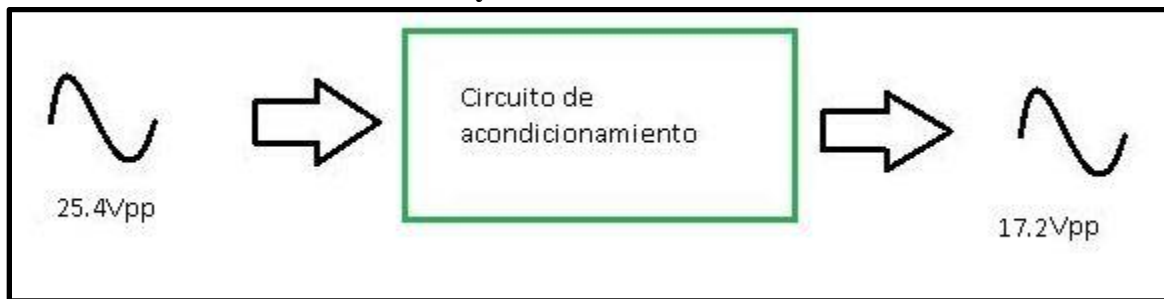


Figura 2. Modelo funcional acondicionamiento 1

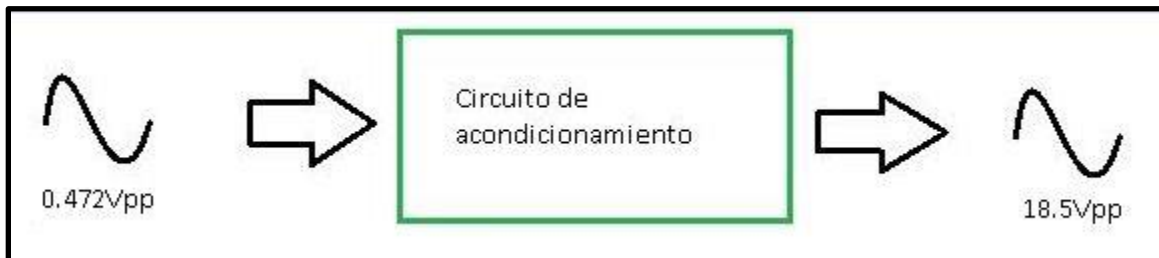


Figura 3. Modelo funcional acondicionamiento 2

#### Circuito filtro Antialiasing (pasa bajas) 1 y 2:

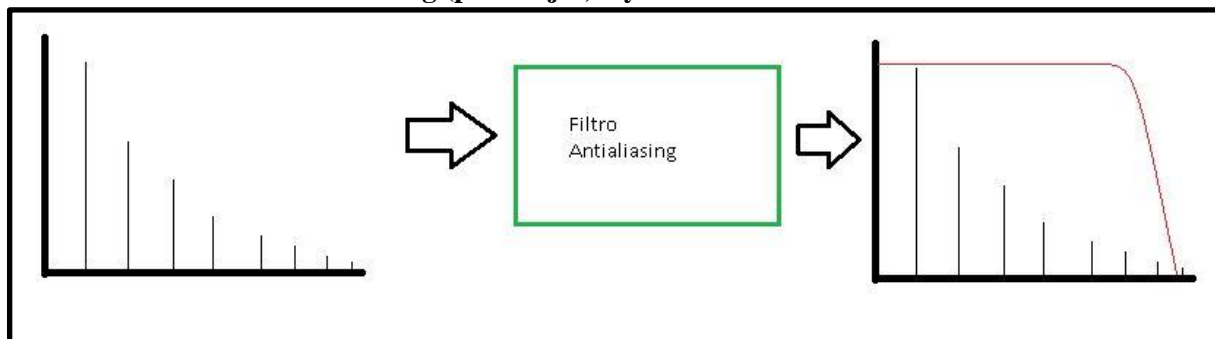


Figura 4. Modelo funcional filtro antialiasing.

## 5. Dimensionamiento de componentes (cálculos teóricos con comentarios explicativos y criterios de selección de componentes)

### Circuito de acondicionamiento:

Teniendo en cuenta [2], la ecuación característica que representa la variable de salida está dada por:

$$\frac{V_-}{R_5} = \frac{-V_{ol}}{R_3}$$

Escogemos  $R_5$  y  $R_3$  de valor de 1k.

$$V_- = -V_{ol}$$

$$\frac{-V_-}{R_4} + \frac{V_+}{R_2} = \frac{-V_{out}}{R_1}$$

Escogemos  $R_2$  y  $R_4$  de valor de 1k.

$$\frac{-V_- + V_+}{R_2} = \frac{-V_{out}}{R_1}$$

Para escoger la amplitud final que queremos meterle al DAQ escogemos  $R_1$  como 680, gracias a esta última ecuación,  $V_{source} = -V_- + V_+$ .

$$V_{out} = -\frac{R_1}{R_2} * (V_{Source})$$

partiendo de la fórmula anterior se escogieron los siguientes valores de resistencia para el circuito acondicionamiento 1

$$R_1 = 680 \Omega$$

$$R_2 = 1 K\Omega$$

$$R_3 = 1 K\Omega$$

$$R_4 = 1 K\Omega$$

$$R_5 = 1 K\Omega$$

Ahora se necesita agregar otro circuito de acondicionamiento para la medición de corriente ya que esta también se encuentra en modo diferencial. Como se puede observar es el mismo problema que se tiene con la medición del voltaje por lo tanto se usa el mismo circuito para poder referenciar la señal a tierra, con la diferencia que el valor de las resistencias del circuito deben cambiar para que la proporción de Voltaje que se está obteniendo de la resistencia SHUNT sea cercana al límite de

medición del DAQ. Para poder comenzar con este cálculo suponemos una resistencia SHUNT muy pequeña para que no altere la resistencia de carga, en este caso se escoge de 100 mΩ. Por lo tanto, el voltaje diferencial que se espera en la resistencia SHUNT es de:

$$V = I * R$$

$$V = 2.36A * 100m$$

$$V = 0.236V$$

Se necesita para sacar la máxima excursión de la señal que este voltaje se acerque a 10 Vpp por los límites del DAQ, con ayuda de la ecuación sacada para medir el voltaje diferencial obtenemos.

$$V_{out} = -\frac{R_1}{R_2} * (V_{Source})$$

$$10V \approx -\frac{R_1}{R_2} * (0.236V)$$

Para que esta condición se cumpla se escoge  $R_1 = 47k\Omega$  y  $R_2 = 1.2k\Omega$ .

$$V_{out} = -9.24V_{pp}$$

#### Circuito Anti-aliasing:

Para el diseño del filtro pasa bajas se tuvo en cuenta las siguientes características de Arquitectura de filtros y Tipos de filtros [3] :

ARCHITECTURE	ADVANTAGE(s)	DISADVANTAGE(s)
Sallen-Key	Not sensitive to component variation at unity gain	High-frequency response limited by the frequency response of the amplifier
MFB	Less sensitive to component variations and superior high-frequency response	Less simplifications available to ease design

**Tabla 1. Tipos de arquitectura de filtros juntos con sus ventajas y desventajas.(3)**

FILTER TYPE	ADVANTAGE(s)	DISADVANTAGE(s)
Butterworth	Maximum pass-band flatness	Slight overshoot in response to pulse input and moderate rate of attenuation above fc
Bessel	Constant group delay – no overshoot with pulse input	Slow rate of attenuation above fc
3-dB Chebyshev	Fast rate of attenuation above fc	Large overshoot and ringing in response to pulse input

**Tabla 2. Tipos de filtro junto con sus ventajas desventajas.**

Teniendo en cuenta las tablas previamente mostradas, se optó por una arquitectura Sallen Key, y por un filtro de tipo Bessel. Ahora, con estas dos características escogidas, debido a que el filtro a implementar debe ser mayor a orden 3, por complejidad de las ecuaciones se optó por usar la herramienta “Filter Pro” de Texas Instruments, en la cual se pueden ingresar los parámetros seleccionados además de escoger la atenuación a la que el filtro va a caer, la cual será de -100 dB/dec. Los resultados obtenidos de la aplicación “Filter Pro” se encuentran en Anexo 1.

### Operacionales:

Para el desarrollo de cada uno de los circuitos propuestos se plantea el uso del Operacional LM358 [5] a TL074 [6], los cuales permiten la polarización requerida y su disponibilidad en el mercado nacional es grande.

## 6. Simulación del sistema propuesto

En la figura 5 se muestra la simulación hecha para el circuito de acondicionamiento, la señal amarilla es la entrada diferencial de  $V_{pp} = 25.4 \text{ V}$  y la señal roja es la salida con un  $V_{pp} = 17.2 \text{ V}$ . Ambas con una frecuencia de 60 Hz.

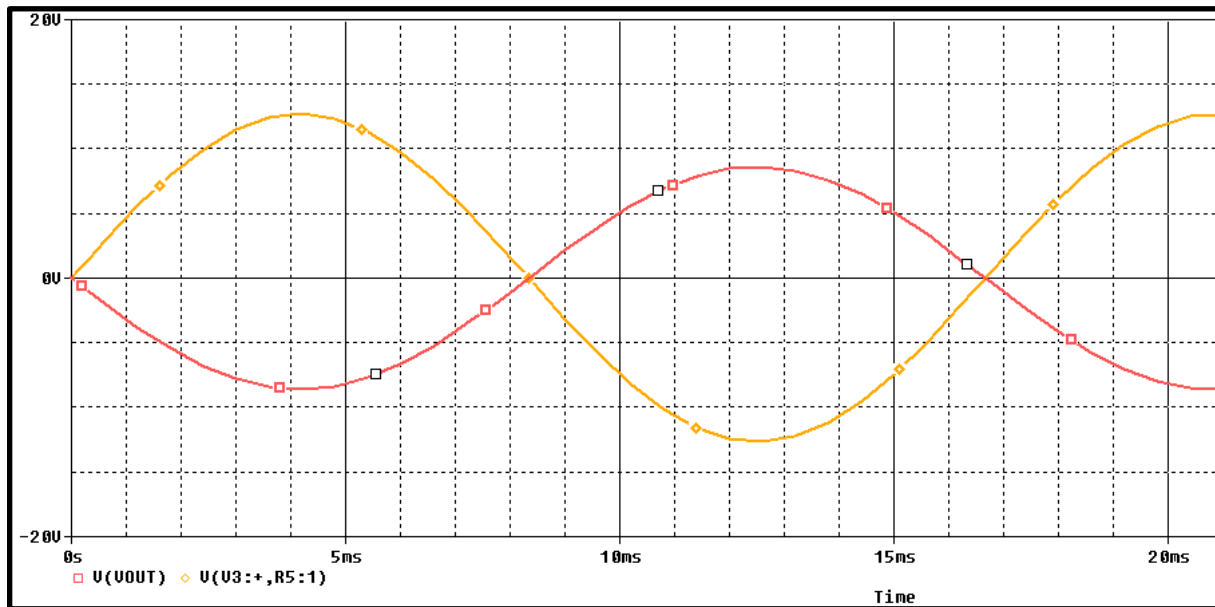


Figura 5. Simulación circuito acondicionamiento.

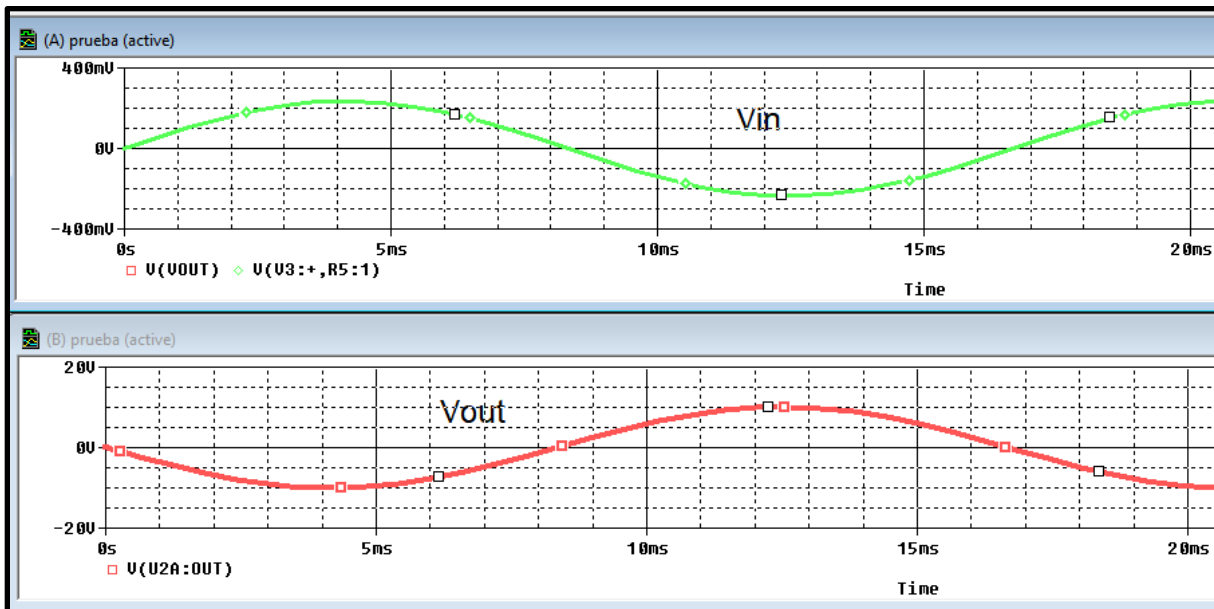


Figura 6. Simulación circuito acondicionamiento corriente.

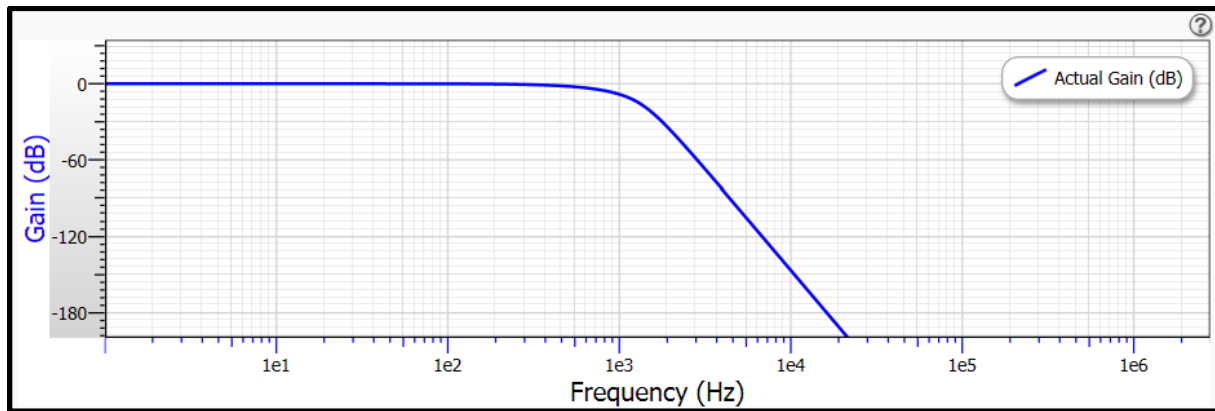


Figura 7. Salida bode del filtro en Filter pro.

## 7. Análisis de resultados de simulación, datos, gráficas, tablas, etc.

Cómo se pudo observar en la simulación (Figura 5) se va a disminuir la amplitud de la señal, además de referenciarla a una tierra común para que pueda entrar al DAQ sin dañarlo o tener resultados imprevistos. Teniendo en cuenta [1], la máxima amplitud que permite el DAQ 20 Vpp por esta razón se decidió disminuir la amplitud de la señal de 25.4 Vpp la amplitud a 17.2 Vpp, usando resistencias comerciales para el circuito. Después se observa el filtro antialiasing (Figura 6) que tiene una frecuencia de corte de 600Hz como era previsto, también se tuvo en cuenta que todos los componentes utilizados en este filtro fueran comerciales.

## 8. Consideraciones especiales o posibles problemas para tener en cuenta durante el montaje y pruebas

Para este diseño se debe tener en cuenta las interconexiones de los componentes en especial la de conexiones que llevan señal para evitar ruido que afecte el desempeño y las medidas del circuito. Además, se tiene presente las consideraciones, especificaciones y límites que presenta en el módulo de adquisición a la hora de medir de corriente y voltaje.



## BIBLIOGRAFÍA

[1] Modulo de Adquisición National Instruments 6211 <https://www.ni.com/pdf/manuals/375195d.pdf> consultado 14/Abril/2020.

[2] A Low Power, Low Cost, Differential Input to a Single-Ended Output Amplifier <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/raqs/raq-issue-145.html> consultado 14/Abril/2020.

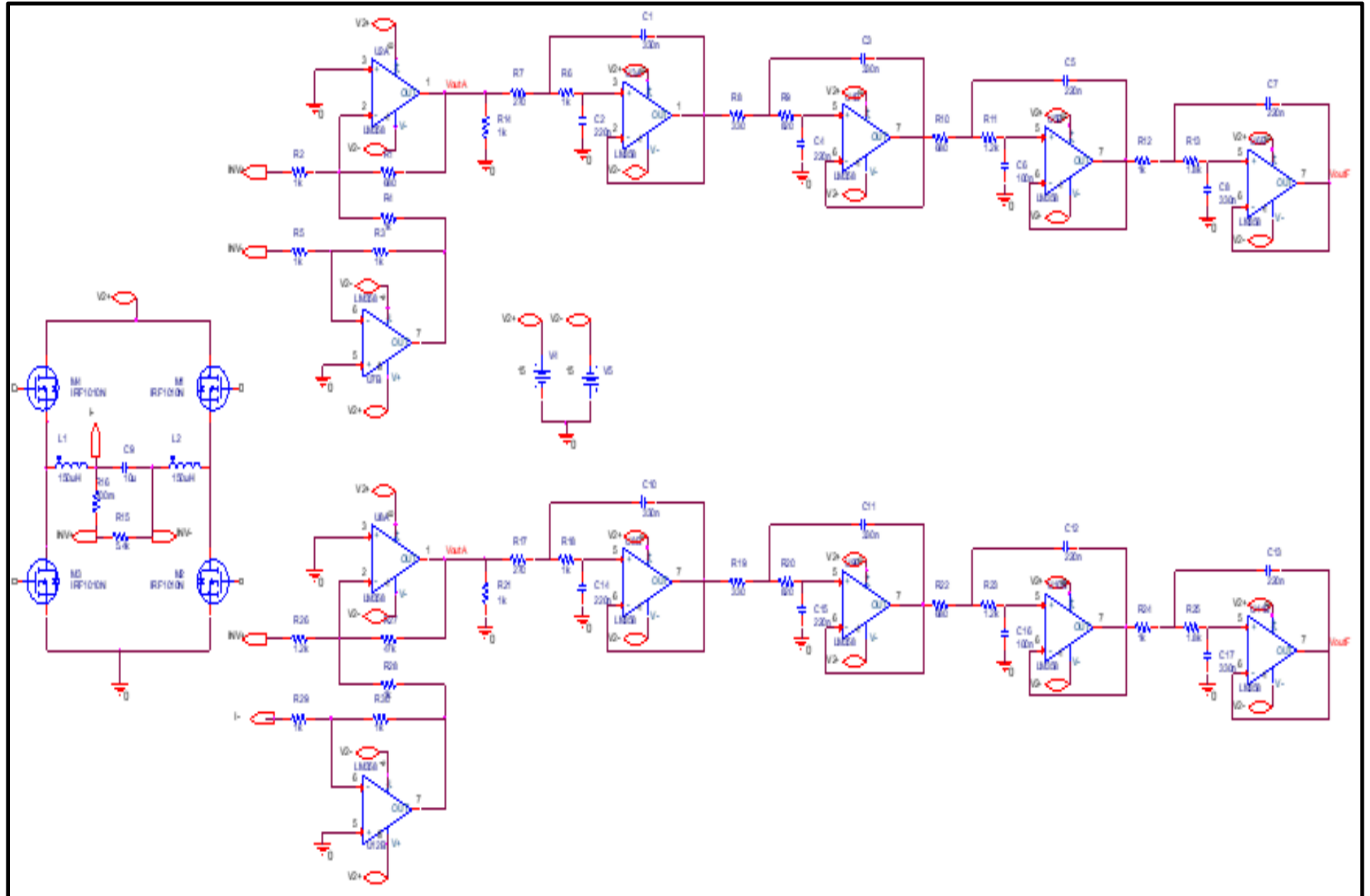
[3] Active Low-Pass Filter Design. Texas Instruments <http://www.ti.com/lit/an/sloa049b/sloa049b.pdf> consultado 14/Abril/2020.

[4] Filter Pro de Texas Instruments

[5] LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm358-n.pdf> consultado 14/Abril/2020.

[6] TL07xx Low-Noise JFET-Input Operational Amplifiers <http://www.ti.com/lit/ds/slos080n/slos080n.pdf> consultado 14/Abril/2020.

## CIRCUITO ESQUEMÁTICO COMPLETO



Anexo 1

Filtro Anti-aliasing obtenido en Filter Pro

