

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESTIMULADOR ELECTRÓNICO

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN ELECTRONIC ESTIMULADOR

Jorge Del Carpio Salinas<sup>1</sup>, Miguel Ángel Romero Cacha<sup>2</sup>

### RESUMEN

*El proyecto se desarrollo dentro del marco y estándares que se tienen en el campo de estudios de la medicina; su arquitectura interna se diseño utilizando circuitos integrados compactos, tal es el caso del generador de señales ICL8038, quien proporciona tres tipos de señal de frecuencia variable, a esto se suma la implementación de una etapa amplificadora conformada por el CI STK086, quien mantiene la frecuencia y forma de señal a amplificarse. El estimulador electrónico implementado tiene la capacidad de generar tres tipos de señal eléctrica (senoidal, triangular y cuadrada) y a la vez estas tienen la características de variar su amplitud y frecuencia para de esta manera ser aplicado a tejidos de organismos vivos y analizar su comportamiento fisico y eléctrico.*

*Palabras clave:* Medicina, Circuitos integrados, Frecuencia, Organismos vivos

### ABSTRACT

*The project was developed within the frame and standards that are included in the field of studies of the medicine; its internal architecture designed using integrated circuits compact, so is the case of the generator of signals ICL8038, that provides three types of signal of variable frequency, to this adds the implementation of an amplifying stage conformed by CI STK086, that maintains the frequency and signal form to amplify itself. The implemented electronic estimulador has the capacity to generate three types of electrical signal (sine, triangular and square) and simultaneously these have the characteristics to vary its Amplitude and frequency for this way being applied to weaves of alive organisms and to analyze its physical and electrical behavior.*

*Key words:* Medicine, Integrated circuits, Frequency, Alive organisms

### INTRODUCCIÓN

El análisis del sistema nervioso y sus alteraciones al percibir señales eléctricas externas, sufren reacciones las que son parte de los estudios que se dan dentro de la medicina la cuál requiere con frecuencia el uso de nuevas tecnologías electrónicas para su avance y desarrollo constituyendo este trabajo un aporte para

el equipamiento de centros de investigación y/o hospitales.

El estimulador electrónico es un aporte al campo de la medicina, y su diseño es flexible a cambios que se requiera en dichos centros. Este estimulador tiene la capacidad de poder generar señales de diferentes tipos de onda y valores de amplitud capaces de estimular y

---

<sup>1</sup>Ph.D, Dr. Director del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería, <sup>2</sup>Bachiller de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería.

alterar organismos, lo que hace a este estimulador bastante aplicativo. En el Perú, se cuenta con equipos de funciones similares, con la desventaja de no poder contar con las características y requisitos que el usuario requiere, en especial cuando se emplea el equipo en labores de investigación.

### ESTIMULADOR ELECTRÓNICO

Es un sistema electrónico que tiene como función generar señales eléctricas de diversas formas, amplitud y frecuencia para ser aplicadas a materia orgánica viva.

Como una de las aplicaciones se tiene el caso del análisis de alteración nerviosa de animales frente a estas señales eléctricas, en la que se debe medir parámetros y anotar características de ciertos tejidos orgánicos.

#### Características para su construcción

Para el estimulador electrónico que desarrollaremos, se consideran los parámetros de salida como son [1, 2, 3, 4]:

Tipo de señal.- Se tiene que implementar en el estimulador la capacidad de generar cuatro tipos de señal como son senoidal, triangular, cuadrada y DC

Frecuencia de señal.- El estimulador debe tener la opción de generar las señales a frecuencia fija 60Hz y otra de variar en el rango de 30Hz a 900Hz.

Amplitud de señal.- Las señales generadas deben tener un valor de amplitud variable, por lo que se considera el rango de 0v a 20Volt (como mínimo).

Corriente de suministro.- Ya que las señales de salida serán aplicadas a cuerpos de materia viva, estos últimos tienden a tener una alta resistencia por lo que consumen bajas corrientes; entonces se consideran corrientes de consumo de 500mA máximo, no obstante nosotros diseñaremos con un rango mayor de corriente (1 Amp).

Con estas características se procede a plantear una arquitectura del sistema estimulador electrónico, Fig. 1.

Esta arquitectura plantea el diseño de tres etapas fundamentales, como son el generador, el amplificador

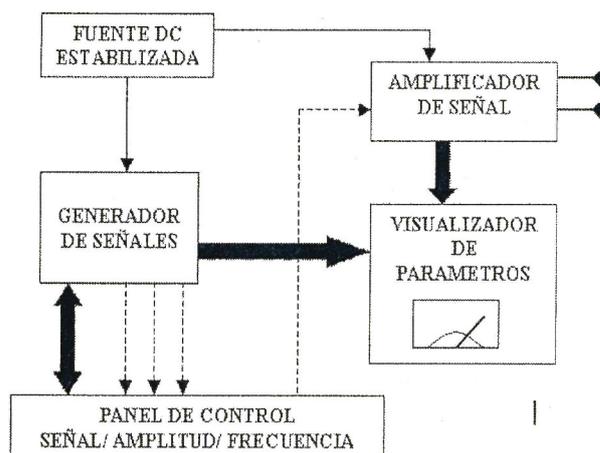


Fig. 1 Esquema de la arquitectura interna del estimulador electrónico.

#### Tecnología

La integración de la electrónica y la necesidad de hacer portátil el equipo, orienta al diseño electrónico a trabajar con circuitos integrados compactos como el ICL 8038 [5], que es un generador de señal y el STK086 [7], el cual, es un excelente amplificador.

El diseño es accesible a cambios, pudiendo adicionarse otros componentes que optimizan y amplían las características de su funcionamiento.

#### Diseño del generador de señales

El diseño de esta etapa es básica para el estimulador, pues, es donde se generan las señales y se debe tener en consideración los efectos como duty cycle, distorsión.

Se utiliza como dispositivo principal al circuito integrado ICL8038, siendo un excelente generador de señales de precisión, el cual, configuraremos en un diseño adecuado para obtener los parámetros de respuesta deseados.

Este circuito integrado tiene una buena respuesta en señal conforme varía la frecuencia, Fig. 2, teniendo como rango 10Hz- 100Khz, para sus tres tipos de señal que genera: senoidal, triangular y cuadrada.

Diseño e implementación de un estimulador electrónico

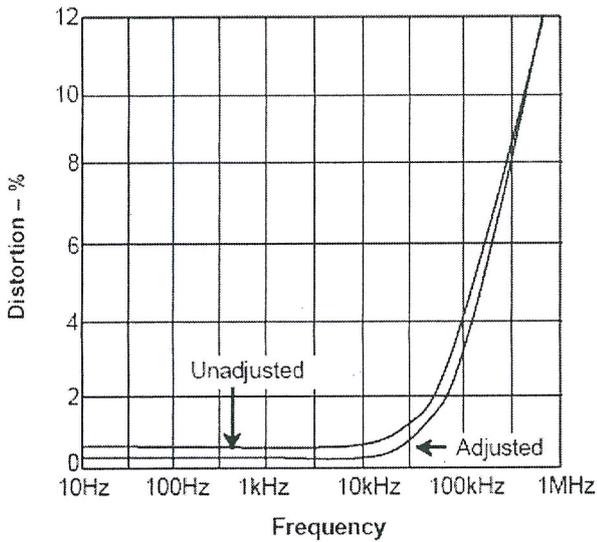


Fig. 2 Respuesta de THD vs. frecuencia, del ICL8038.

Su estructura funcional interna, esta constituida por comparadores y flip-flops y fuentes de corriente, Fig. 3.

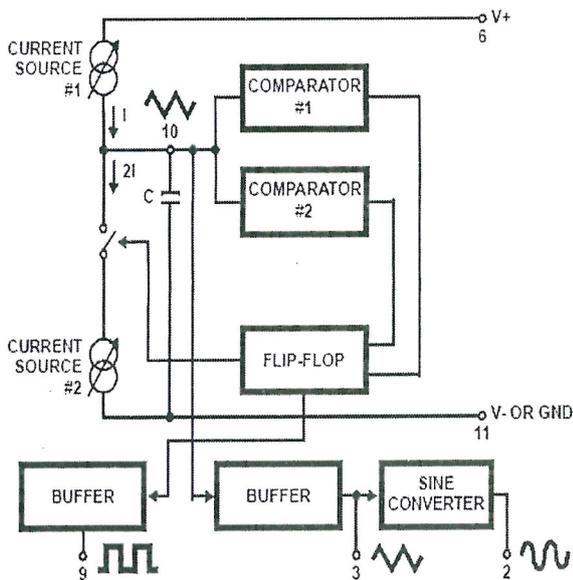


Fig. 3 Estructura funcional del ICL8038.

Toda esta estructura da una buena respuesta en generación de señales al realizar la implementación básica experimental del ICL8038, pudiéndose comprobar lo mencionado, tal como se aprecia en la Fig. 4.

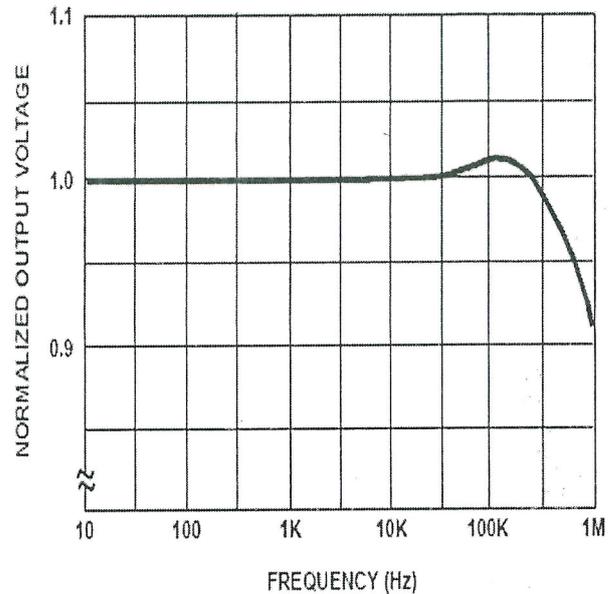


Fig. 4 Amplitud de las señales de salida vs. frecuencia de salida.

En base a las características que requiere el estimulador y teniendo a favor las ventajas del ICL8038, se desarrolla un diseño del circuito de la etapa generador de señales, Fig. 5.

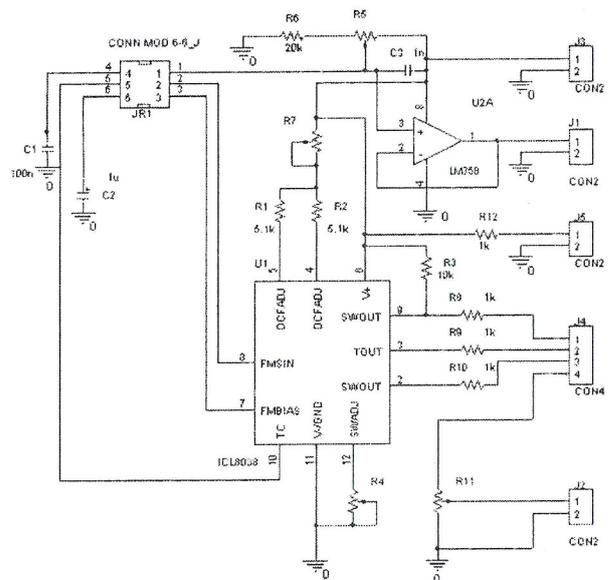


Fig. 5 Circuito generador de señales (ICL8038).

Este circuito se alimenta con 12Vdc, y las señales generadas varían su frecuencia con el potenciómetro R5 teniendo un barrido experimental en frecuencia de 33Hz a 922Hz, más la llave JR1 quien brinda la opción de seleccionar una frecuencia fija de 60Hz para las señales de salida, frecuencia fija que se regula con el potenciómetro R7. Los valores de amplitud para cada señal respectivamente, se mantienen constante conforme se varia la frecuencia (Tabla 1 valores Vpp de señales generadas en los pines del ICL8038), más aun se tiene el circuito divisor de amplitud conformado por R8, R9, R10 y el potenciómetro R11, el cual, entrega las señales al conector J2 ya estandarizadas y variables en un rango de 0- 2Vpp.

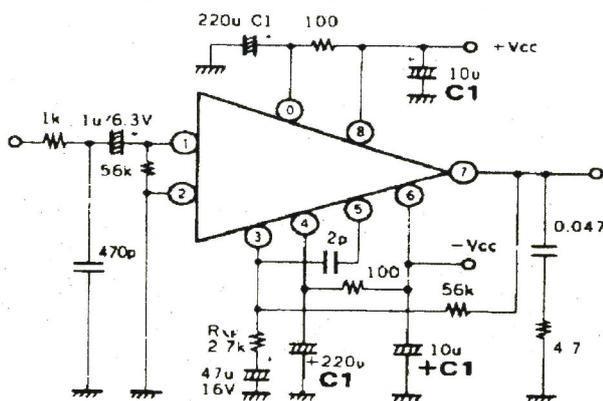
**Tabla 1.** Valores de voltaje pico pico de la señales generadas en los pines del ICL8038.

Señal	Pin del ICL8038	Vpp (Volt)
Senoidal	2	2,8
Triangular	3	3,8
cuadrada	9	11,4

La inclusión del Opam LM358 permite la captura sin alteración del voltaje proporcional a la frecuencia que se tiene en el Pin central del potenciómetro R5.

**Amplificador de señal**

En esta etapa se tiene con función principal elevar la amplitud de la señal de salida generada y seleccionada en la etapa generador de señal antes explicada. En vista de los bajos valores de frecuencia (30Hz - 900Hz) de las señales a amplificar, se procede con el diseño del circuito basado en el circuito integrado STK-086 [2, 6], el cual, es excelente amplificador de señales de baja frecuencia. Fig. 6.



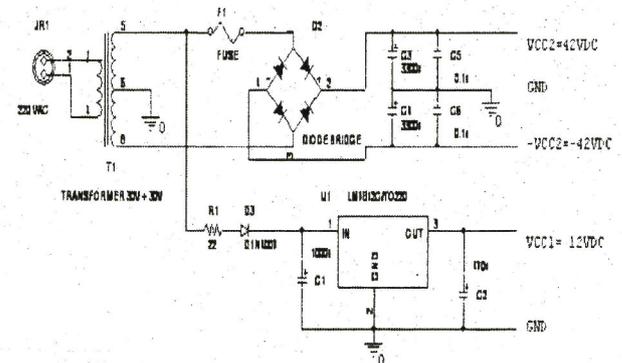
**Fig. 6** Circuito amplificador de señal.

Este circuito necesita una alimentación en voltaje alimentación en voltaje de +42Vdc/ -42Vdc, lo que le permite amplificar señales a valores de 60Vpp, sin producir distorsión en la forma y frecuencias de estas. Además este circuito está calibrado para amplificar señales de baja frecuencia, teniendo bastante cuidado en amplificar ruido u otras señales ajenas a las requeridas, por lo que hace uso de un circuito filtro paso banda a la entrada.

La corriente que puede brindar este circuito es superior a la requerida, por lo que hace ampliar las aplicaciones que se le den al estimulador. La carga de salida puede tener un valor mínimo de 8 Ohmios, valor que se puede tener en aplicaciones de señales a cuerpos húmedos o de baja resistencia (tejidos de seres vivos).

**Diseño de la fuente DC estabilizada**

Sobre la base de los niveles de tensión necesarios para el funcionamiento de las etapas se propone el siguiente circuito de fuente DC [2, 3].



**Fig. 7** Generación de tres niveles de tensión: 12Vdc, 42Vdc y -42Vdc.

**CONCLUSIONES**

El diseño propuesto para la etapa generadora de señal, con el ICL8038, es eficiente teniendo una señal estable y sin distorsión, con un rango de variación de frecuencia experimental de 33Hz a 922Hz y la opción de tener una frecuencia fija de 60 Hz.

El amplificador de señal, con el CI STK086, eleva la amplitud de la señal en el rango de 0 - 20Volv de amplitud (0-40Vpp).

La fuente de alimentación, tiene un bajo consumo y suministro de corriente al estar funcionando el

## Diseño e implementación de un estimulador electrónico

estimulador, no superando 1 Amp. La amplificación de señal no distorsiona a la misma, más aun le brinda una ganancia de corriente y amplitud.

La máxima corriente de salida, se da cuando la carga a estimular tenga un valor de resistencia dinámica de 8 Ohmios

**REFERENCIAS**

1. **Savant, C. J., Roden, M. S.**, "Diseño Electrónico, Circuitos y Sistemas", Segunda edición.
2. **Philips**, "ECG Master Replacement GUIDE", 18ª Edición.
3. **Shilling-Berlove**. "Circuitos electrónicos"
4. **Straun, L.**, "Wave Generation and Shaping"
5. **Intersil**, Generador de funciones ICL8038  
[www.intersil.com](http://www.intersil.com)
6. **Datasheet**, "localizador de información técnica."  
<http://www.datasheetlocator.com/es/>
7. **Sanyo, STK032**  
[www.datadart.com/al/sanyo/STK032.pdf](http://www.datadart.com/al/sanyo/STK032.pdf)

Recepción de Originales: Noviembre 2004

Aceptación de Originales: Abril 2005

Correspondencia: [jdelcarpio@uni.edu.pe](mailto:jdelcarpio@uni.edu.pe)