

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA**



**DISEÑO DE UN GENERADOR DE SEÑALES APLICADO  
AL LABORATORIO DE ELECTRONICA, ELECTRICIDAD  
Y AUTOMATIZACIÓN**

**Proyecto de grado presentado para la obtención del Grado de Técnico Universitario  
Superior**

**POR: RUBEN FLORES VILLCA**

**TUTOR: Ing. MARCO ANTONIO ROMAY OSSIO**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**Febrero, 2017**

## **Dedicatoria**

Dedico esta investigación a mi familia.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a las autoridades de la Facultad de Tecnológica de la Universidad Mayor de San Andrés, quienes con empeño y dedicación hacen posible una enseñanza pública de calidad.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Portada .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii

### CAPITULO I

#### DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos .....	5
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4.1. Justificación Académica .....	6
1.4.2. Justificación Social .....	6
1.4.3. Justificación Económica .....	6

### CAPITULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 SEÑAL ELECTROMAGNÉTICA.....	7
2.2. GENERADOR DE SEÑALES .....	10
2.2.1. Osciladores y formas de onda.....	11
2.2.2. Generador de señal cuadrada.....	12
2.2.3. Generador de impulsos .....	14
2.2.4. Variación de la frecuencia de salida.....	20
2.2.5. Oscilador controlado por tensión .....	22
2.3. OSCILOSCOPIO .....	27

CAPITULO III  
INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. MONTAJE DEL CIRCUITO.....	29
3.2. VERIFICACIÓN DEL CIRCUITO .....	37
3.3. REALIZACIÓN .....	39
3.3.1. Medida de una señal de continua.....	40
3.3.2. Funcionamiento del generador de señales.....	40

CAPITULO IV  
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES .....	42
4.2. RECOMENDACIONES .....	44

BIBLIOGRAFÍA

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

	Pág.
Grafico 1. Generador de señales .....	4
Grafico 2. Formas de Señales de Onda.....	9
Grafico 3. Tipos de Generadores de Señal.....	10
Fig. 1. Distintas formas de onda .....	12
Fig. 2. Generador de señal cuadrada .....	13
Fig. 3. Señal proporcionada por un generador de impulsos. ....	15
Fig. 4. Generador de impulsos.....	16
Fig. 5. Señales en un generador de impulsos.....	16
Fig. 6. Generador de impulsos de anchura variable .....	18
Fig. 7. El potenciómetro como ajuste de los tiempos de carga y descarga .....	19
Fig. 8. Variación de la anchura del impulso .....	19
Fig. 9. Generador de impulsos de frecuencia variable, independiente del ancho del impulso.....	21
Fig. 10. Conversión tensión-frecuencia para la transmisión por fibra óptica .....	23
Fig. 11. Oscilador controlado por tensión .....	23
Fig. 12. Señales en los distintos -V puntos del V.C.O.....	24
Fig. 13. Forma del generador de señal .....	29
Fig. 14. Señales de salida.....	30
Fig. 15. Circuito del Generador de señales.....	31
Fig. 16. Kit del Generador de señales.....	32
Fig. 17. Soldadura de los componentes no polarizados de menor altura .....	32
Fig. 18. Soldadura de los condensadores electrolíticos los diodos y los circuitos integrados U1 y U2 .....	33
Fig. 19. Introducción de los circuitos integrados en sus zócalos correspondientes .....	33
Fig. 20. Colocado de los potenciómetros de ajuste .....	34
Fig. 21. Utilización de cables de diferentes colores para las conexiones .....	34

Fig. 22. Conector con cable coaxial ..... 35  
Fig. 23. Utilización de fusible para proteger al generador ..... 35  
Fig. 24. Conector para futuras ampliaciones ..... 36

**GENERADOR DE SEÑAL**  
**CAPITULO I**  
**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

**INTRODUCCIÓN**

Un generador de señal produce una señal dependiente del tiempo con unas características determinadas de frecuencia, amplitud y forma.

Algunas veces estas características son externamente controladas a través de señales de control: el oscilador controlado por tensión (VCO por sus siglas en inglés) es un claro ejemplo, pues en muchas ocasiones se necesita un oscilador cuya frecuencia (o periodo) se pueda variar de acuerdo con una tensión de control. También se denominan Generadores de señales analógicos.

Otro tipo de generadores de señal son los digitales en los cuales que se emplea algún tipo de realimentación conjuntamente con dispositivos que tengan características dependientes del tiempo (normalmente condensadores). De este tipo de generadores de señal existen: los osciladores sinusoidales y los osciladores de relajación.

Los osciladores sintonizados emplean un sistema que en teoría crea pares de polos conjugados exactamente en el eje imaginario para mantener de una manera sostenida una oscilación sinusoidal. Los osciladores sinusoidales están basados en amplificadores realimentados.

Los osciladores de relajación emplean dispositivos biestables tales como conmutadores, disparadores Schmit, puertas lógicas, comparadores y flip flops que rápidamente cargan y descargan condensadores. Las formas de onda



típicas que se obtiene con este último método son del tipo triangular, cuadrada, exponencial o de pulso. Estos circuitos basan su funcionamiento en la carga y descarga cíclica de un condensador.

## **1.1 ANTECEDENTES**

La generación de señales es una faceta muy importante en la verificación, reparación y desarrollo electrónico, el generador de señales se utiliza para proporcionar condiciones de prueba conocidas para la evaluación adecuada de varios sistemas como ser los electrónicos, eléctricos y automáticos verificando las señales faltantes en los mismos sistemas que se analizan para la reparación de los mismos.

Existen varios tipos de generadores de señales, los cuales tienen diversas características en común, primero la frecuencia de señal debe ser estable y conocerse con exactitud, segundo se ha de controlar la amplitud desde valores muy pequeños hasta relativamente altos y por último la señal debe estar libre de distorsión.

Los generadores de señal se clasifican según las señales que producen, la frecuencia de las mismas, su construcción y por algunas características especiales que les incorporan sus fabricantes.

Es tan amplio el espectro, que podemos encontrar desde un generador de onda cuadrada que nosotros mismos podemos fabricar con dos transistores, unas cuantos resistores y condensadores hasta sofisticados generadores programables con micro-controladores, interface para computadora, teclado y pantalla, entre otros.

La mayoría de los generadores de señales tienen la capacidad de modular tanto en frecuencia como en amplitud, con un índice o porcentaje de modulación conocido. La modulación de amplitud se puede aplicar al generador de señales nivelado electrónicamente por medio de la modulación del atenuador de diodo PIN con la señal modulada. Un generador de señales es un instrumento versátil que genera diferentes formas de onda cuyas frecuencias son ajustables en un amplio rango donde las salidas más frecuentes son senoidales cuadradas y triangulares las frecuencias de estas ondas pueden ser ajustadas desde una fracción de Hertz hasta cientos de kilo Hertz. Es un instrumento que proporciona señales eléctricas. En concreto, se utiliza para obtener señales periódicas (la tensión varía periódicamente en el tiempo) controlando su periodo (tiempo en que se realiza una oscilación completa) y su amplitud (máximo valor que toma la tensión de la señal). Típicamente, genera señales de forma cuadrada, triangular y la sinusoidal, que es la más usada.

Sus mandos de control más importantes son:

- Selector de forma de onda (cuadrada, triangular o sinusoidal) (Fig. 1, nº 1).
- Selector de rango de frecuencias (botones) y de ajuste continuo de éstas (mando rotatorio) (Fig. 1, nº 2). La lectura de la frecuencia en el mando rotatorio es tan sólo indicativa. La medida de tal magnitud debe realizarse siempre en el osciloscopio.
- Mando selector de amplitud sin escala (Fig. 1, nº 3). La amplitud debe medirse en el osciloscopio.
- Atenuador de 20 dB, que reduce en un factor 10 la amplitud de la señal generada (no en todas las fuentes). Este mando suele encontrarse en la parte trasera del generador.

- Mando DC-offset, que permite ajustar el nivel de continua de la señal. Este mando suele encontrarse también en la parte trasera del generador.

El generador presenta dos salidas con conectores tipo BNC: la salida de la señal (OUTPUT) (Fig. 1, nº 4) y otra salida que da una señal estándar llamada TTL (es una señal cuadrada de control) (Fig. 1, nº 5).

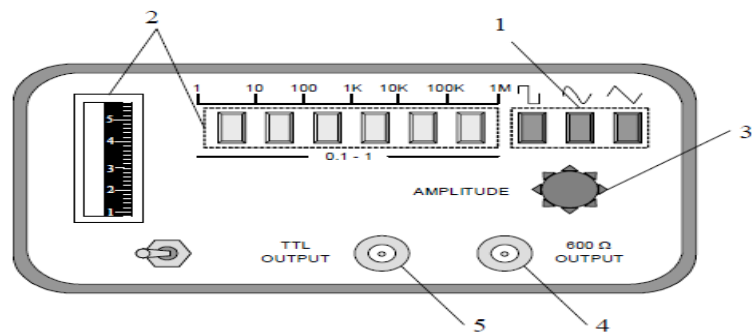


Grafico 1. Generador de señales

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Carrera de Electromecánica de la Facultad de Tecnología de la U.M.S.A., cuenta con un número limitado de generadores de señal. Es común observar que al momento de que los docentes enseñan a detectar los problemas de un determinado circuito ya sea en los laboratorios de electrónica, electricidad y automatización surge el problema de la escasez de generadores de señales. Esto ocasiona que los alumnos tengan que compartir instrumentos con el consiguiente mal aprendizaje. Por otro lado, el costo de importación de este instrumento es elevado lo que genera costos adicionales a la carrera de electromecánica.

En este contexto la presente investigación tiene como objetivo proponer la Implementación de un circuito generador de señales para el uso de la comunidad

estudiantil y a la carrera de electromecánica de la Facultad de Tecnología de la UMSA, porque cuenta con todos los componentes y accesorios necesarios para un funcionamiento óptimo y eficiente. En este sentido la pregunta de investigación es la siguiente:

¿Cómo se puede contribuir a la enseñanza de la comunidad estudiantil que está en proceso de aprender a detectar fallas de los diferentes circuitos?

La respuesta a esta pregunta es el objetivo general de la presente investigación. Objetivo general que guía ésta monografía.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Proponer la implementación un generador de señales diseñado en la Carrera de Electromecánica de la Facultad de Tecnología de la Universidad Mayor de San Andrés para que la comunidad estudiantil se beneficie en el aprendizaje de detección de fallas de diferentes circuitos.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Construir la fuente de alimentación de energía
- Calculo del generador
- Armar la placa
- Montar el circuito
- Diseñar el Prototipo

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

### **1.4.1. Justificación Académica**

Desde un punto de vista académico se aplican los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de electromecánica, es decir se va de la teoría a la práctica.

### **1.4.2. Justificación Social**

Desde un punto de vista social se beneficia a los estudiantes de la carrera de electromecánica porque se puede utilizar sin restricciones el presente prototipo.

### **1.4.3. Justificación Económica**

Es sabido que las importaciones de estos instrumentos son costosas y los estudiantes de la carrera de electromecánica tienen la capacidad de diseñar este prototipo de esta forma se estaría reduciendo costos y ampliando beneficios tanto para la carrera de electromecánica como para los estudiantes.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. SEÑAL ELECTROMAGNÉTICA**

Una señal es un fenómeno electromagnético que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo en función del tiempo.

La naturaleza física de las señales puede tener matices diferentes pero todas ellas representan características básicas comunes.

Una señal se define como función univaluada del tiempo es decir a cada instante de tiempo (la variable independiente) corresponde un valor único de la función (variable dependiente)

Este valor de la función puede ser real o compleja o sea que la señal puede ser real o compleja donde la variable temporal es siempre real.

La notación compleja de una señal es conveniente para describir fenómenos bidimensionales, tales como el movimiento circular, la propagación de ondas en el plano etc. en función del tiempo.

Debido a la limitación de una sola variable dependiente todas las señales que correspondan a cantidades físicamente observables deben ser de naturaleza real.

Una señal eléctrica puede ser una onda de voltaje o de corriente que puede describirse matemáticamente, el interés radica en las variaciones de las señales



con el tiempo, sea este de voltaje o de corriente, luego la señal eléctrica es simplemente una función univaluada del tiempo que puede emplearse para representar un voltaje o una corriente en una situación específica.

En ocasiones puede aparecer excepciones particulares en análisis que impliquen los conceptos de energía y de potencia, en estos casos es conveniente considerar que la señal se le aplique un resistor para todos los cálculos de energía y de potencia asociada a la señal.

Las señales son funciones de una o más variables independientes y contienen información sobre la naturaleza o comportamiento de algún fenómeno

En el análisis de las señales se usa el principio de los métodos de Fourier, el que consiste en la descomposición de las señales en sumatorias de componentes senoidales, esto proporciona la descripción de una señal dada en componentes senoidales en función de la frecuencia, un objetivo importante de la descomposición señalada es la descripción de la distribución de la energía o de la potencia de una señal dada y la respuesta en términos de tales frecuencias cualquier descripción de la respuesta a una señal , ilustra las características del sistema.

El análisis de Fourier debe su nombre a Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) matemático y físico francés.

Si bien muchas personas contribuyeron a su desarrollo, Fourier es reconocido por sus descubrimientos matemáticos y su visión en el uso práctico de las técnicas, su interés se centraba en la propagación de calor, presentado en 1807 un trabajo en el Instituto Francés

Sobre el uso de funciones senoidales para representar distribuciones de temperatura.

La forma habitual de hacer esta transformación es tomar muestras a intervalos regulares de tiempo, a este proceso se le llama muestreo de la señal.

La velocidad a que se toman esas muestras, medida normalmente en número de muestras por segundo, se le llama velocidad de muestreo y su elección es muy importante para no perder la información que contiene la señal, en los gráficos pueden verse diferentes señales y diferentes puntos que representan el muestreo hecho.

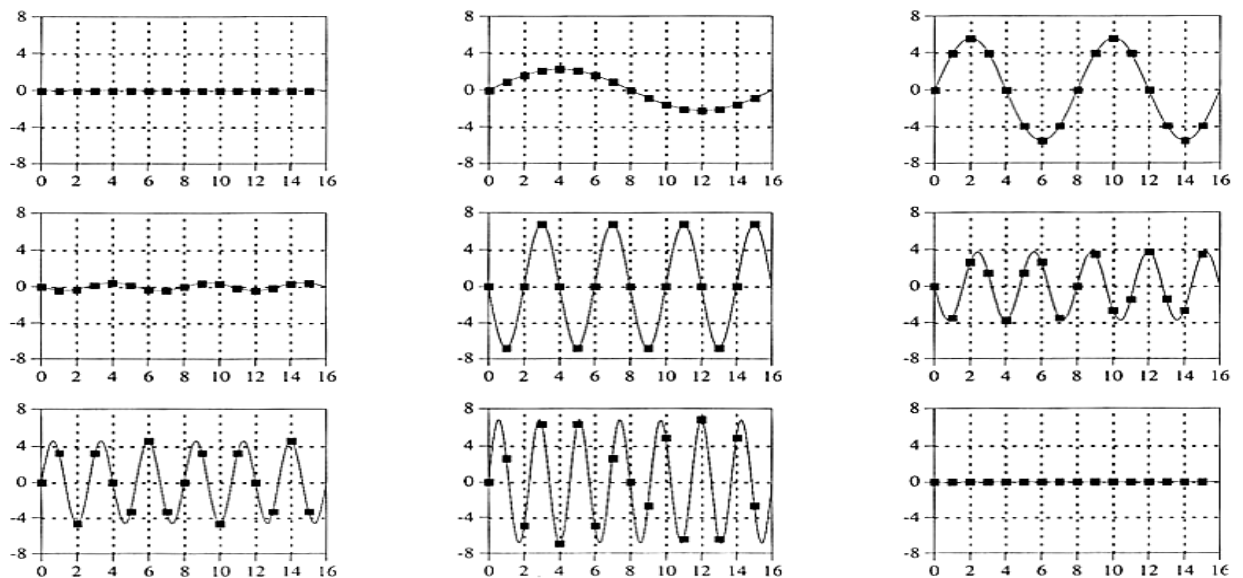


Grafico 2. Formas de Señales de Onda

Los sistemas responden a señales dadas produciendo otras señales. Así se tiene que las señales eléctricas son de voltaje o corriente que están en función del tiempo.



## 2.2. GENERADOR DE SEÑALES

Un generador de señales es un instrumento que es utilizado en área de electrónica y ramas afines.

Este instrumento sirve para generar o simular señales específicas con determinadas características.

Por ejemplo, crear o simular una señal cuadrada, sinusoidal de una determinada frecuencia, y una determinada amplitud, de esta forma podemos aplicar esta señal generada a un circuito para analizar su respuesta y sacar conclusiones de su funcionamiento. Un generador de señales tiene frecuencias

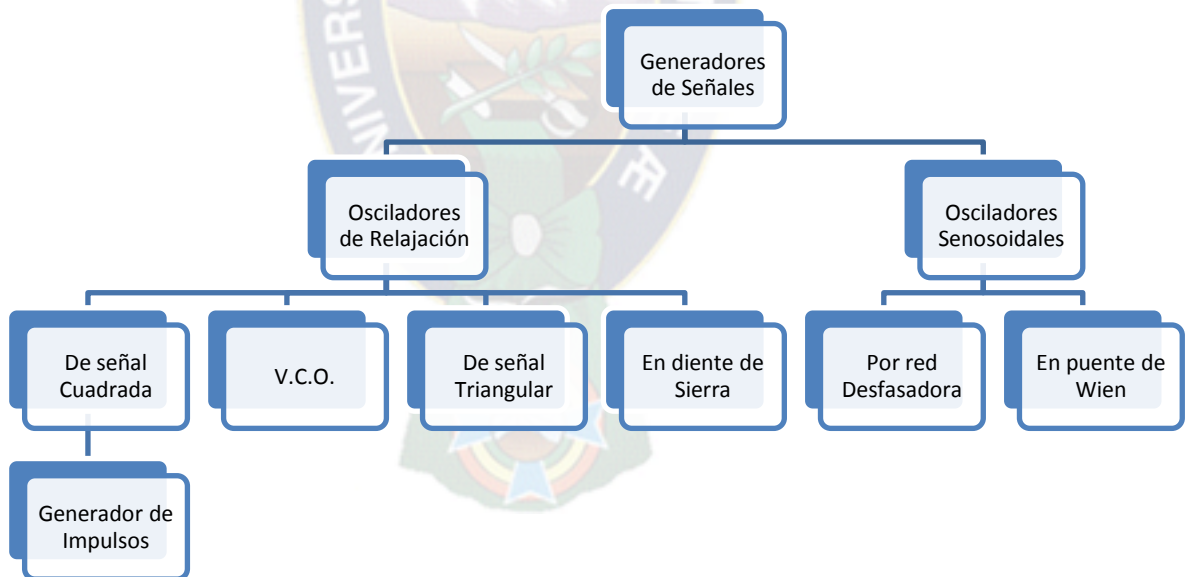


Grafico 3. Tipos de Generadores de Señal

Muchos dispositivos electrónicos necesitan para su correcto funcionamiento señales que varíen su amplitud en función del tiempo de forma repetitiva. Este tipo de señales las producen los llamados **osciladores o generadores de**

**Señal.** Este tipo de circuitos forma parte de un gran número de equipos, desde los receptores de radio comunes hasta los más complejos sistemas de radar y IQS superordenadores, pasando por instrumentos de laboratorio utilizados para ajustar, examinar o reparar otros equipos electrónicos.

Existen diferentes montajes con amplificadores operacionales que proporcionan a su salida distintas formas de señal para cada caso concreto.

### **2.2.1. Osciladores y formas de onda**

Los dispositivos que se estudian reciben los nombres de oscilador o generador de señal, según las preferencias de los diferentes autores.

En este caso, utilizaremos uno u otro término de forma indistinta.

“Un oscilador es un circuito capaz de proporcionar a su salida una señal periódica de frecuencia y amplitud determinadas”.

La frecuencia de salida viene determinada por el valor de los componentes utilizados en el circuito. En algunos montajes específicos puede variar en función de una magnitud aplicada desde el exterior, que puede ser; por ejemplo, un nivel de tensión.

El funcionamiento de todos los osciladores se basa en la realimentación positiva de un amplificador. Esto obliga a la salida del amplificador a variar su valor entre dos niveles de tensión extremos, de forma alterativa con el uso de un sistema de conmutación.

Según la forma de la señal de salida (fig. 1), se puede clasificar los osciladores en dos grupos, ya que la estructura de los circuitos utilizados en ambos es claramente distinta.

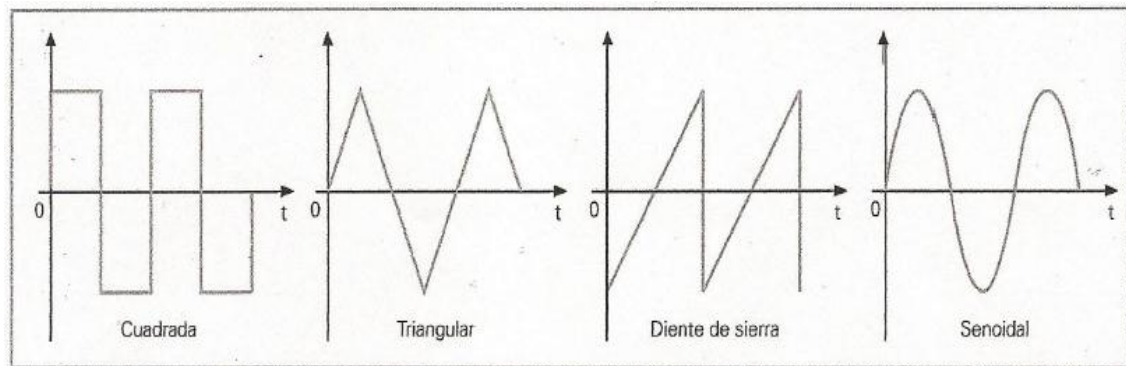


Fig. 1. Distintas formas de onda

En el primer grupo están los osciladores que generan formas de onda cuadradas, triangulares, en diente de sierra, etc. Se les denomina osciladores de relajación y basan su funcionamiento en la carga y descarga de un condensador a través de una resistencia.

En el segundo grupo tenemos los osciladores que proporcionan una forma de onda senoidal, llamados osciladores armónicos.

### 2.2.2. Generador de señal cuadrada

Mediante el uso de un solo amplificador operacional se puede obtener un circuito que proporcione una señal cuadrada, con una amplia gama de frecuencias. Se pueden conseguir desde valores inferiores a 1 Hz hasta otros relativamente altos (unos pocos MHz), según cuáles sean las características del tipo de operacional elegido. El circuito en cuestión es el que se muestra en la figura 2.

En la figura 2, el amplificador operacional forma, junto a  $R_2$  y  $R_t$ , una báscula de Schmitt, en la que la tensión de entrada se toma de los bornes de un condensador.

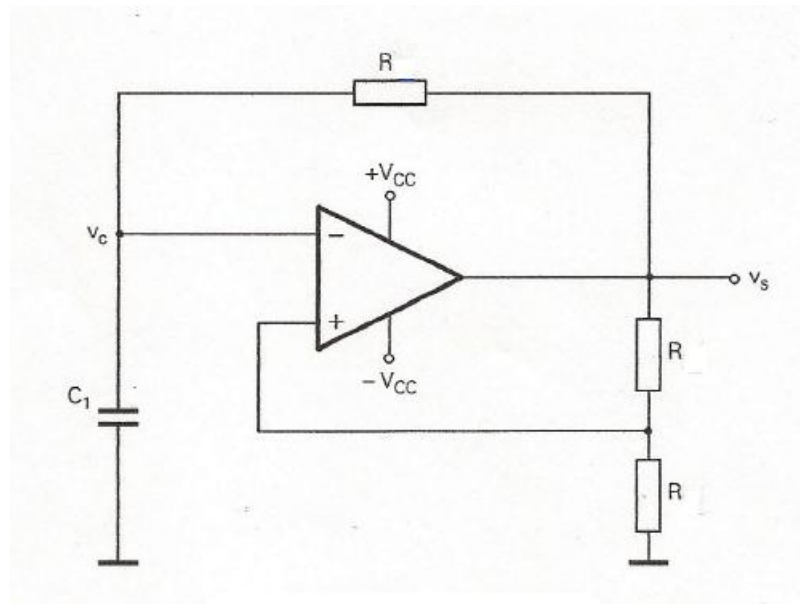


Fig. 2. Generador de señal cuadrada

Cuando el circuito es accionado, el offset natural del dispositivo sirve como arranque automático de tensión.

La tensión de salida  $V_o$  va a ser positiva o negativa, y la realimentación también lo será a través de  $R_2$  y  $R_1$ , llevando la salida a saturarse.

Por ejemplo, si el nivel de salida  $V_o$  es alto, entonces el condensador  $C_1$  se cargará a través de  $R_3$  hasta que el nivel de tensión en la entrada (-) exceda el de la entrada no inversora. En ese preciso instante, la salida se conmutará a la polaridad contraria, y el condensador entonces se descargará y cargará hasta que de nuevo alcance el nivel de la entrada no inversora, continuando la oscilación.

Corno los niveles de salida positivos y negativos son de la misma duración, resultarán semiciclos del 50% del tiempo completo; el período T será:

$$T=2R_3C\ln (1+2R_1/R_2)$$

Esta fórmula puede simplificarse considerablemente para los siguientes casos particulares:

- Si  $R_1=R_2$ ;  $T \sim 2R_3C_1$
- Si  $R_2=10R_1$ ;  $T \sim 0,36R_3C_1$
- Si  $R_1=10R_2$ ;  $T \sim 6R_3 C_1$

### 2.2.3. Generador de impulsos

En ocasiones, el tiempo en estado alto tiene que ser menor que el bajo o viceversa (fig.). Entonces incluimos sobre el circuito base del generador de señal cuadrada unas variantes, para que los dos semiciclos de la señal de salida no sean de igual duración.

Un generador de impulsos proporciona a la salida una señal de forma cuadrada y distinta duración para cada uno de los dos semiciclos.

La duración de éstos puede ser fija o variable mediante la actuación sobre alguno de sus componentes.

Al observar la figura 3, apreciamos que la resistencia por la que accede la corriente al condensador del circuito primitivo ha sido sustituida por dos ramas.

Cada una de éstas está constituida por una resistencia y un diodo. Estos últimos, D1 y D2, están polarizados inversamente uno respecto del otro, de tal forma que, cuando uno conduce, el otro permanece bloqueado.

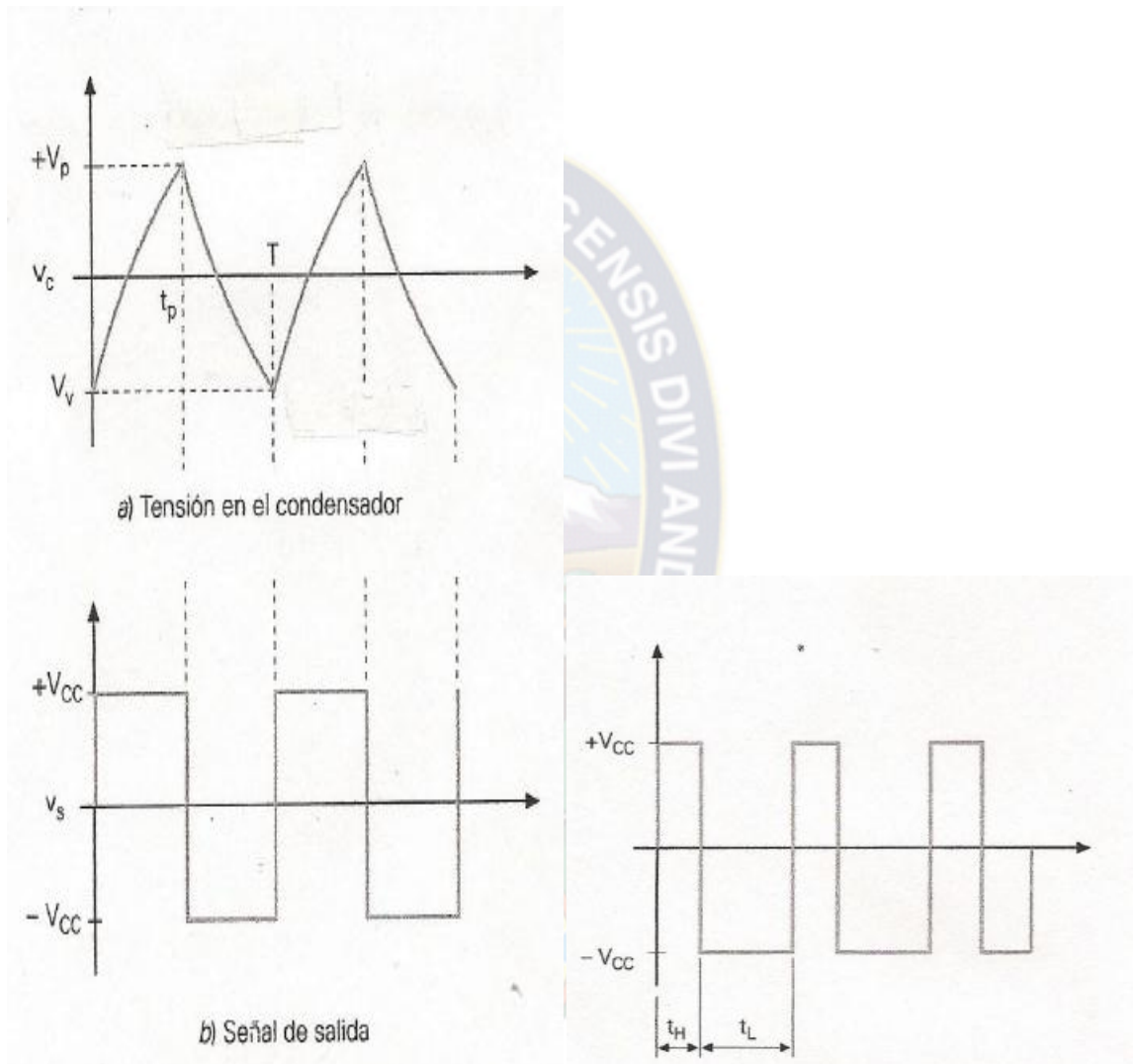


Fig. 3. Señal proporcionada por un generador de impulsos.

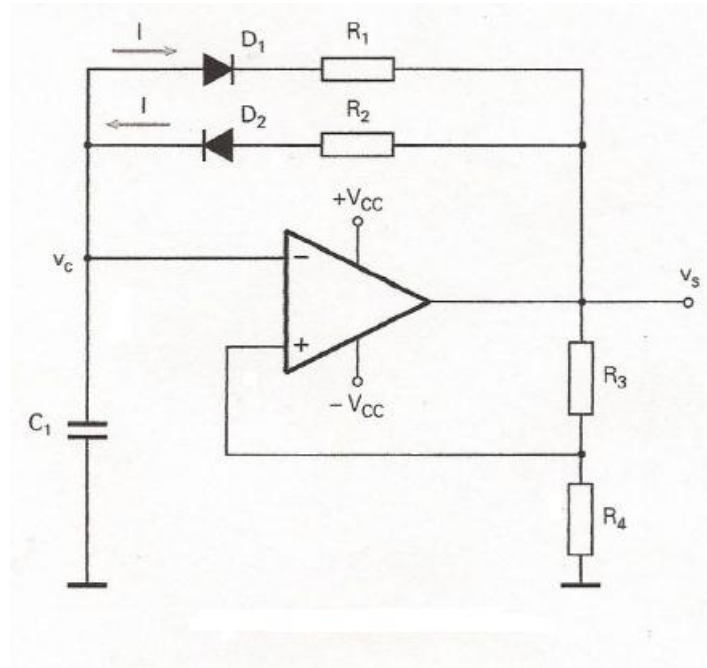


Fig. 4. Generador de impulsos.

Con esta variación conseguimos que la corriente de carga del condensador en un sentido sea independiente de la corriente en sentido contrario (fig. 5).

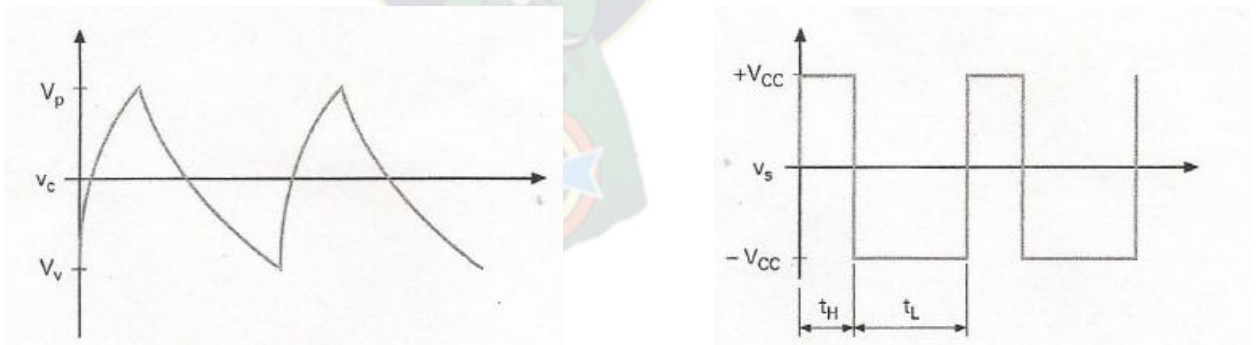


Fig. 5. Señales en un generador de impulsos.

Cuando la salida  $V_s$  está en estado alto ( $t_H$ ), el condensador se carga a un valor positivo a través del diodo  $D_2$  y la resistencia  $R_2$ , mientras que la circulación de corriente por la otra rama permanece bloqueada. Por el contrario, cuando la



salida pasa a nivel bajo (td, deja de conducir la rama de D<sub>2</sub> y son D, y R, los que controlan la carga del condensador.

Para calcular los tiempos t<sub>H</sub> y t<sub>L</sub>, recordamos la fórmula general cuando éstos eran iguales.

$$T = 2 \cdot R \cdot C \cdot \ln (1 + 2 \cdot R_1/R_2) \quad [1]$$

Sabemos que:

$$T = t_H + t_L$$

Por lo tanto:

$$t_H + t_L = 2 \cdot R \cdot C \cdot \ln (1 + 2 \cdot R_1/R_2)$$

Esta expresión la descomponemos en dos, una para cada tiempo, con los valores de resistencia correspondientes. Adaptamos los componentes a nuestro circuito y obtenemos:

$$t_H = R_2 \cdot C_1 \cdot \ln (1 + 2 \cdot R_4/R_3) \quad [2]$$

$$t_L = R_1 \cdot C_1 \cdot \ln (1 + 2 \cdot R_4/R_3) \quad [3]$$

La frecuencia total es:

$$f = 1/t_H + t_L$$

Variación de la anchura de impulso La relación entre el tiempo que dura el impulso a nivel alto (t<sub>H</sub>) y el que permanece la salida en estado bajo (t<sub>L</sub>) puede hacerse variable sin que por ello varíe la frecuencia de la señal. Para ello recurrimos al circuito de la figura 6.



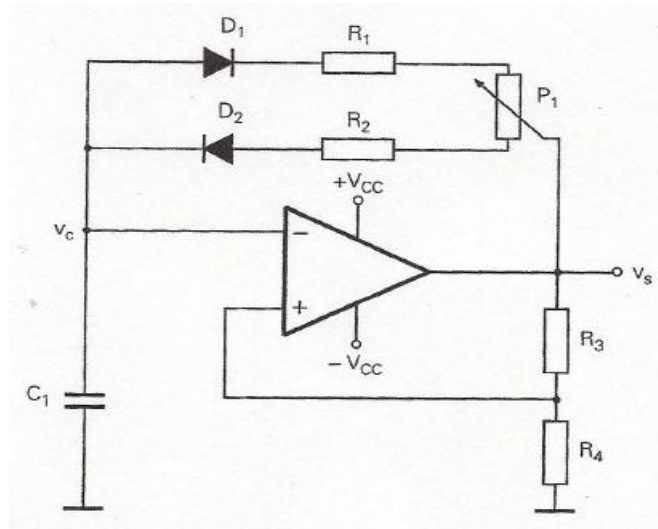


Fig. 6. Generador de impulsos de anchura variable.

Denominamos relación de ciclo a la que existe entre el tiempo alto y el total del ciclo.

Se expresa en %.

Así, si disponemos de una señal en la que los dos tiempos, alto y bajo, son iguales, la relación de ciclo es del 50% para los dos.

Mediante la actuación sobre el potenciómetro P, conseguimos que la corriente que circula por las ramas sea variable. Dicho potenciómetro se comporta como dos resistencias en serie con una toma central (fig. 9), de tal forma que, cuando movemos el cursor y hacemos menor la resistencia de un extremo, la que hay en el otro aumenta de igual forma. Por lo tanto, cuando por una de las ramas se permite un mayor paso de corriente, por la otra decrece en la misma medida.

De este modo, el tiempo total de un ciclo permanece constante (fig. 10), por lo que el potenciómetro varía la relación de ciclo y no la frecuencia.

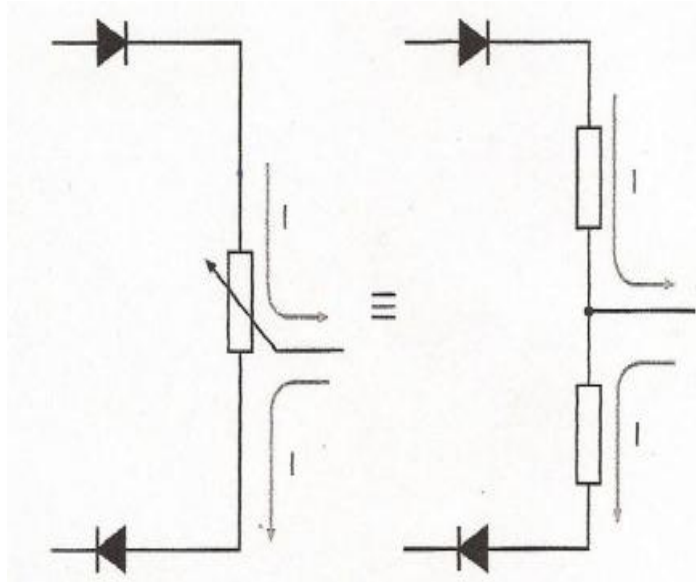


Fig. 7. El potenciómetro como ajuste de los tiempos de carga y descarga.

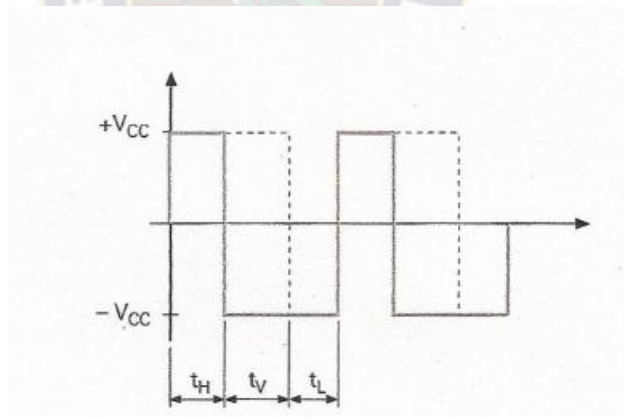


Fig. 8. Variación de la anchura del impulso.

Para obtener los valores de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$ , así como del potenciómetro  $P''$  despejamos la resistencia de carga del condensador en la fórmula del tiempo parcial de un ciclo [2] o [3]:

$$R = t/C_1 \ln (1 + 2 \cdot R_4/R_3)$$

Dividimos la duración total de un ciclo en tres partes,  $t_H$ ,  $t_v$  y  $t_L$ , que equivalen, según se muestra a continuación, a:

$t_H$  = tiempo mínimo del impulso.

$t_v$  = diferencia entre el tiempo del impulso máximo y mínimo.

$t_L$  = tiempo mínimo en estado bajo.

Con  $t_L$  calculamos  $R_1$ :

$$R_1 = t_L/C_1 \ln (1 + 2 \cdot R_4/R_3) \quad [5]$$

La variación en el tiempo del impulso ( $t_v$ ) está marcada por el valor del potenciómetro; por consiguiente:

$$P_1 = t_v/C_1 \ln (1 + 2 \cdot R_4/R_3) \quad [6]$$

Finalmente, con el valor mínimo del estado alto:

$$R_2 = t_H/C_1 \ln(1+2R_4/R_3) \quad [7]$$

#### **2.2.4. Variación de la frecuencia de salida**

Sí nos encontramos ante la necesidad de diseñar un generador de impulsos variable en el que la frecuencia pueda modificarse entre dos valores, podemos optar por dos soluciones.

Cuando la anchura máxima y mínima del impulso deban tener valores de tiempo concretos, recurrimos al montaje de la figura 9.

En este circuito partimos de la premisa de que la anchura del impulso no debe modificarse al cambiar de frecuencia. Por lo tanto, si queremos variar esta última, tenemos que actuar sobre la rama que marca el tiempo en estado bajo. Para alterar este tiempo colocamos un potenciómetro  $P_2$  en serie con  $R_1$ .

Cuando el potenciómetro  $P_2$  tiene un valor de resistencia cero, el circuito genera la frecuencia máxima ( $f_m$ ). En esta situación tenemos que calcular el resto de los componentes según lo expuesto anteriormente.

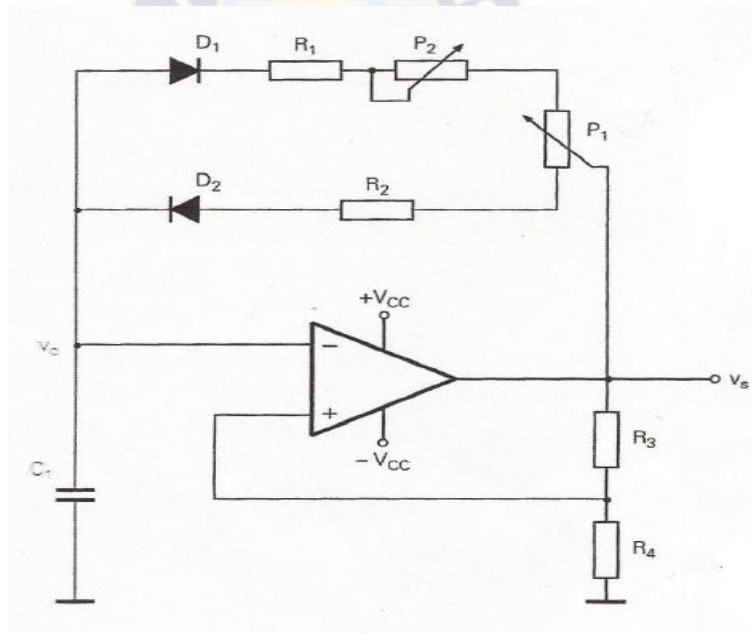


Fig. 9. Generador de impulsos de frecuencia variable, independiente del ancho del impulso

Obtenemos la frecuencia mínima cuando el potenciómetro  $P_2$  está a su máximo valor. Para calcular  $P_2$ , tomamos  $R_1$  y  $P_2$  como una resistencia única que denominamos  $R'$ .

$$R' = R_1 + P_2$$

Ahora calculamos  $R'$  según indica la fórmula [5], de acuerdo con la frecuencia mínima y el tiempo en estado bajo  $tL'$ .

$$f_{\min} = 1/T' \quad T' = tH + tL'$$
$$R' = tL'/C_1 \ln (1 + 2 \cdot R_4 / R_3)$$

El valor del potenciómetro es igual a la resistencia que hemos obtenido menos la  $R_1$  ya calculada de la forma expuesta anteriormente:

$$P_2 = R' - R_1$$

### 2.2.5. Oscilador controlado por tensión

En algunas ocasiones, se precisa una señal cuadrada cuya frecuencia se pueda variar en función de un nivel de tensión aplicado a la entrada. Para ello se emplean los osciladores controlados por tensión, también conocidos por las siglas inglesas V.C.O. (Voltaje Control/ed Oscilador).

Un oscilador controlado por tensión es un circuito generador de señal cuadrada en el que su frecuencia de salida depende del valor de tensión en que se encuentre la entrada de control.

Una aplicación clásica de este tipo de circuitos se da en la modulación FM y en la transmisión de una señal analógica a través de una línea en la que sólo sean posibles o convenientes dos estados o niveles de tensión. Es el caso, por ejemplo, de la fibra óptica (fig. 10).

El V.C.O. es el convertidor de tensión a frecuencia que se encuentra al principio de la línea.

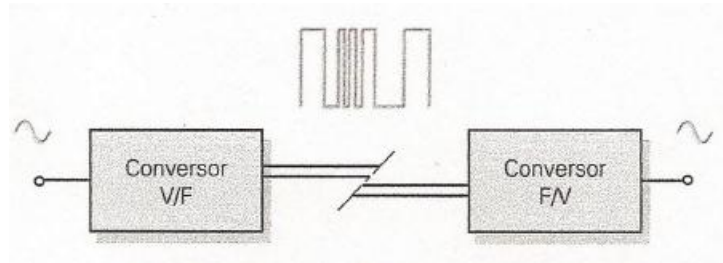


Fig. 10. Conversión tensión-frecuencia para la transmisión por fibra óptica.

En la figura 11. Tenemos un montaje típico de V.C.O. mediante amplificadores operacionales. En él observamos tres bloques bien diferenciados. En primer lugar, el constituido por  $A_1$  que realiza la función de un amplificador; seguidamente, un integrador formado por  $A_2$  y, finalmente,  $A_3$ , en configuración de báscula de Schmitt.

$$R_1=R_2=R_3=R_4=R$$

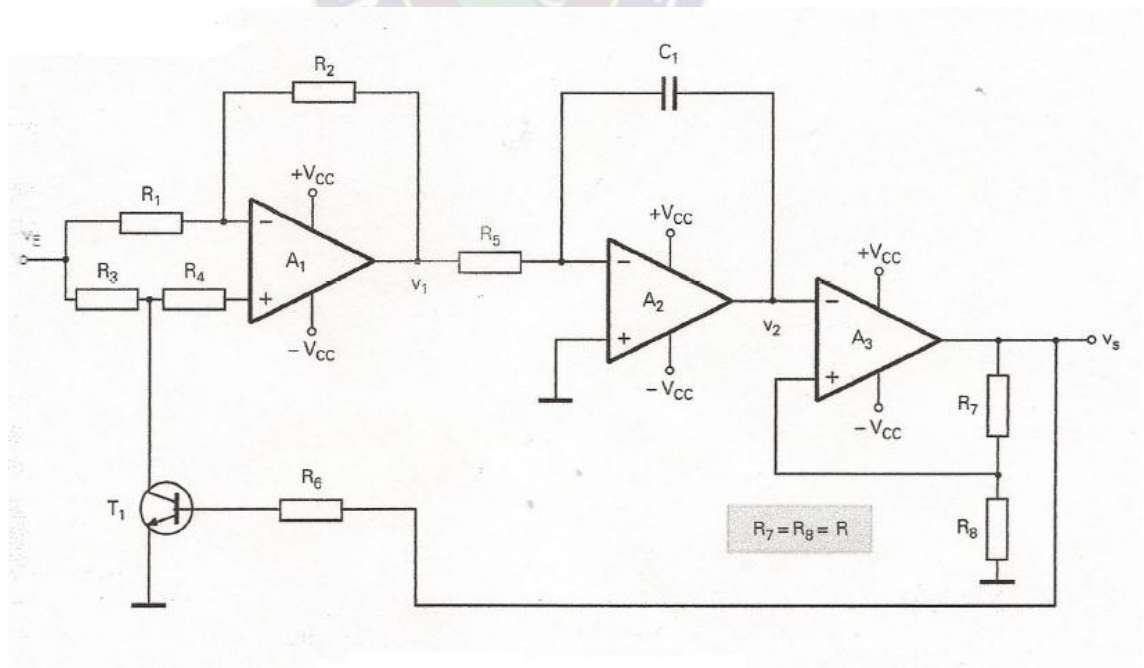


Fig. 11. Oscilador controlado por tensión.

Analicemos el funcionamiento mediante las señales mostradas en la figura 16, que son las existentes en los distintos puntos del circuito. Hay que indicar que la tensión de entrada ( $V_E$ ) debe ser positiva para que el circuito funcione. Si esto no fuera así, deberá corregirse mediante un circuito sumador.

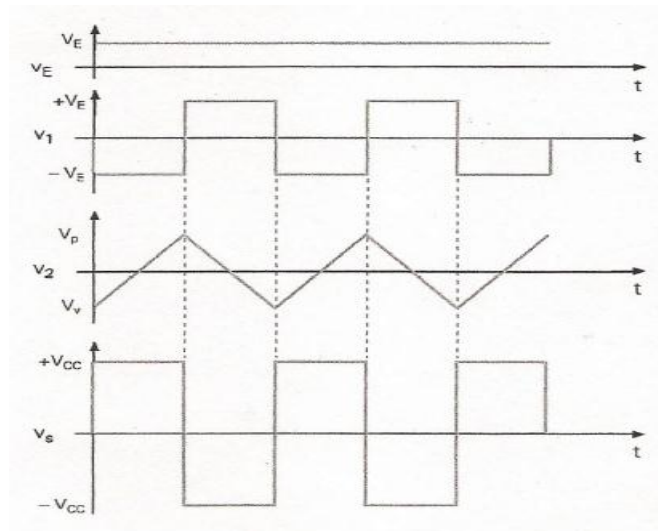


Fig. 12. Señales en los distintos -V puntos del V.C.O.

Partimos de la suposición de que la báscula  $A_3$  tiene su salida a  $+V_{cc}$ , por lo que el transistor  $T$ , está saturado. El operacional  $A_1$  se comporta como un amplificador inversor de ganancia unidad, ya que  $R_1 = R_2$  y la entrada (+) está conectada a masa mediante  $R_4$  y  $T_1$ .

En la salida  $v_1$  hay una tensión que aplicamos al integrador  $A_2$  y que es igual a la introducida en  $V_E$ , pero de signo contrario. En la salida  $V_2$  obtenemos una rampa ascendente que, al alcanzar un nivel igual al existente en la entrada (+) de  $A_3$ , provoca que la salida de éste cambie a  $-V_{cc}$ .

Al pasar  $v_1$  a un valor negativo, el transistor  $T$ , deja de conducir. Si  $T$ , no conduce,  $A_1$  se comporta como un amplificador diferencial, puesto que existe un cierto nivel de tensión en sus dos entradas. La salida se corresponde con la



suma de las señales de cada una de las entradas con sus correspondientes ganancias.

La ganancia de la entrada no inversora (+) es igual a:

$$R_1 + R_2/R_1$$

Y la de la entrada inversora (-):

$$-R_2/R_1$$

Por lo tanto, la tensión de salida del amplificador diferencial es la siguiente:

$$V_1 = V_E (R_1 + R_2) / R_1 - V_E R_2 / R_1$$

Dado que  $R_1 = R_2$ :

$$V_1 = 2 \cdot V_E - V_E$$

$$V_1 = V_E$$

Por tanto, ahora  $V_1$  es igual a  $V_E$ , y produce en el integrador una rampa descendente. La tensión en la salida del integrador desciende hasta alcanzar un valor negativo similar al que hay en la entrada (+) de  $A_3$ . Entonces la báscula cambia de estado y  $V_s$  pasa a  $+V_{cc}$ , que es el nivel del que hemos partido en nuestro examen, con lo que el ciclo se repite indefinidamente.

La frecuencia a la que se producen estos cambios depende del tiempo de carga y descarga de  $C$ , que depende a su vez del valor de  $V_E$ . Con ello se demuestra que la frecuencia de oscilación está en función de la tensión de control  $V_E$ .



A partir de la expresión de la tensión de salida del integrador, obtenemos la relación entre la frecuencia de salida y la tensión de control.

$$V_c = (V_E/R_5 C_1) \cdot t \quad [8]$$

La tensión  $V_c$  es la variación del nivel de tensión en el condensador. Está limitada por las tensiones de pico y de valle de la báscula de Schmitt. Para simplificar el cálculo, se asigna a  $R_7$  y  $R_8$  el mismo valor. De esta forma,  $V_p$  y  $V_v$  se corresponden con la mitad de la tensión de alimentación. Como la tensión en el condensador va del máximo valor negativo ( $V_v$ ) al máximo positivo ( $V_p$ ), entonces:

$$\Delta V_c = 2 \cdot V_v = 2 \cdot V_p = 2 \cdot 1/2 V_{cc} = V_{cc}$$

Sustituimos esta expresión en la fórmula [8].

$$V_{cc} = (V_1/R_5 \cdot C_1) \cdot t_s \quad [9]$$

El tiempo  $t_s$ , es la mitad del período total, ya que corresponde a un semiciclo. La frecuencia es igual a  $1/(2 \cdot t_s)$ , por lo que, si despejamos  $t_s$ :

$$t_s = T/2 = 1/2 \cdot f$$

Sustituimos  $t$  en [9]:

$$V_{cc} = (V_E/R_5 \cdot C_1) \cdot (1/2 \cdot f)$$

Despejamos la frecuencia:

$$f = V_E/2 \cdot R_5 \cdot C_1 \cdot V_{cc}$$

La frecuencia de oscilación depende linealmente de la tensión de entrada; por lo tanto:

$$f=K \cdot V_i$$

Donde K es la constante que nos indica la frecuencia de salida para cada voltio de entrada. Su valor es:

$$K = \frac{1}{2} \cdot R_5 \cdot C_1 \cdot V_{CC} \quad [10]$$

### 2.3. OSCILOSCOPIO

Es un aparato que nos permite visualizar tensiones eléctricas que varían en el tiempo. Cuando una señal de tensión es aplicada al terminal de entrada (INPUT) del osciloscopio, en la pantalla del mismo aparecerá una representación gráfica de la tensión en función del tiempo (siempre que los mandos de control del osciloscopio estén bien ajustados). Normalmente, los osciloscopios sólo permiten visualizar señales que son periódicas en el tiempo, pero esto es suficiente en la inmensa mayoría de las aplicaciones.

El osciloscopio no sólo permite visualizar la señal, sino también medir su periodo y su amplitud. Para ello se utilizan las escalas horizontal y vertical situadas en la pantalla. Los mandos adyacentes nos indican a qué cantidad de tiempo o de tensión equivale cada una de las divisiones de dicha escala.

El osciloscopio dispone de un sistema llamado Base de tiempos. Consiste en que, cuando el dibujo de la señal llega al final de la pantalla, comienza de nuevo a dibujarse desde el principio de la misma. Naturalmente, para que el nuevo punto de partida de la señal coincida con el primero, el tiempo que se tarda en dibujar la pantalla completa debe ser un múltiplo entero del periodo de la señal.

Sin embargo, esto no siempre ocurre, lógicamente. Por ello existe un control llamado TRIGGER, éste obliga a la base de tiempos a “esperar” hasta que la señal alcance la posición de partida para volver a dibujarla.



## CAPITULO III

### INGENIERÍA DEL PROYECTO

#### 3.1. MONTAJE DEL CIRCUITO

Este montaje permite generar señales de forma cuadrada, triangular y sinusoidal. Los márgenes de frecuencia y amplitud de las señales son fácilmente ajustables mediante los mandos del panel frontal.



Fig. 13. Forma del generador de señal

El montaje tiene tres bloques bien diferentes: el generador de señal, el adaptador de niveles y la fuente de alimentación. El circuito se basa en el generador de formas de onda de precisión ICL8038 de INTERSIL.

La frecuencia principal de oscilación viene determinada por las redes de resistencia conectadas a las patillas 4,5 y al condensador conectado a la patilla 10. Esta frecuencia de oscilación, a su vez es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada entre la alimentación positiva (+12V) y la patilla 8 del circuito.

Mediante el conmutador SW2 cambiamos las distintas capacidades que producen la frecuencia principal de oscilación por décadas (1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 KHz, 10 KHz y 100 KHz). Y, mediante el potenciómetro R3, la tensión en VSW para ajustar la frecuencia que deseemos.

La salida de los tres tipos de forma de onda pasa a SW<sub>1</sub> donde seleccionamos una de las entradas al adaptador del nivel donde es amplificada mediante U4a. a la salida del mismo se ha dispuesto un divisor resistivo (R<sub>29</sub>, R<sub>30</sub>) que nos permite seleccionar el nivel máximo de señal mediante S<sub>4</sub>. El ajuste fino de señal de salida se realiza mediante R<sub>32</sub>.

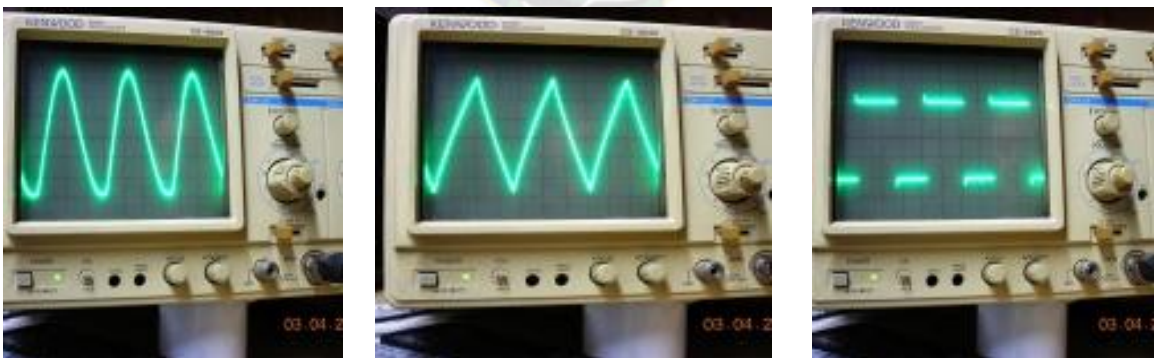


Fig. 14. Señales de salida

Como las señales de salida del ICL8038 son simétricas respecto a masa, se ha dispuesto una segunda etapa inversora donde mediante  $R_{31}$  se puede ajustar el nivel de continua de nuestro generador.

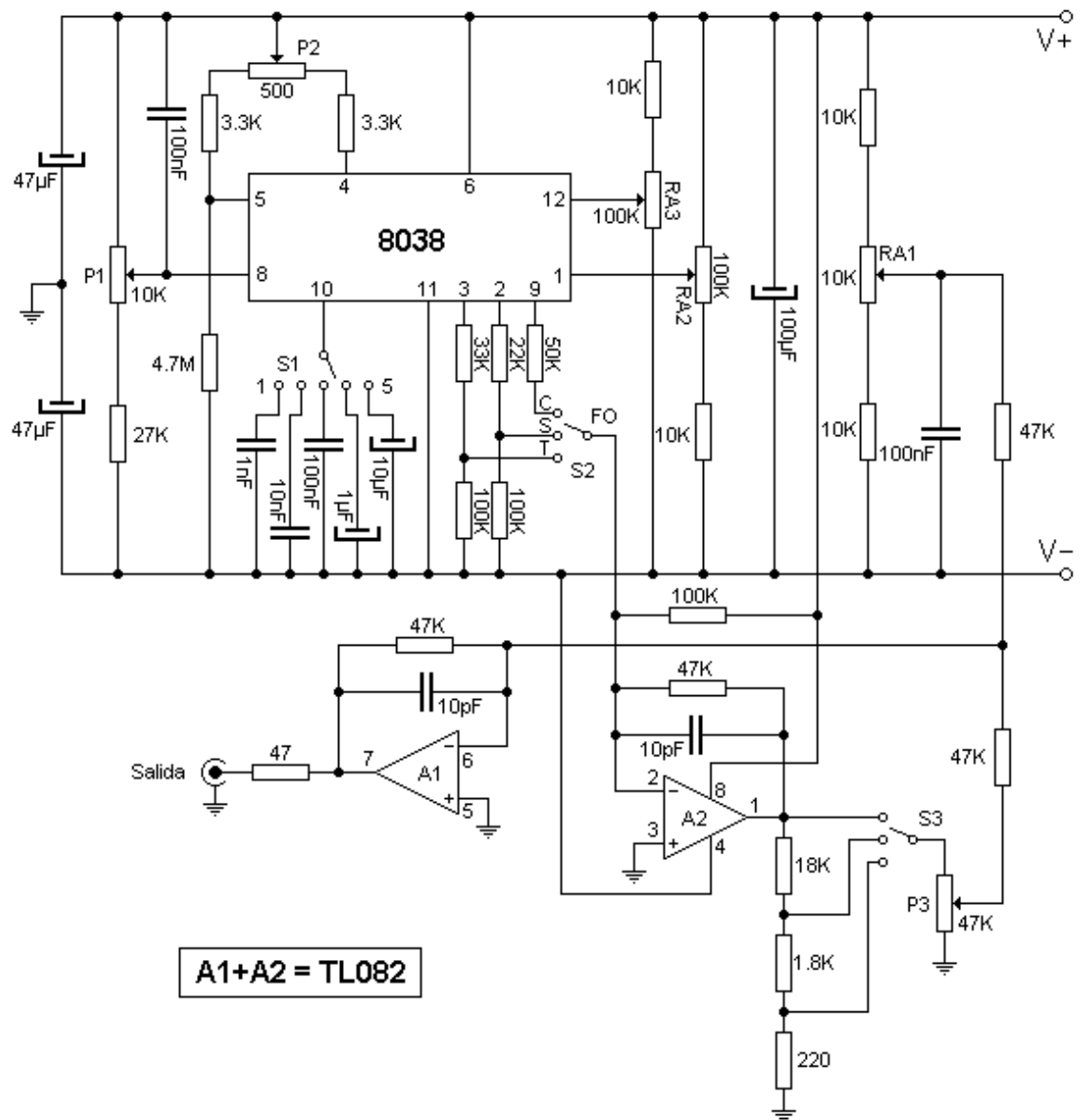


Fig. 15. Circuito del Generador de señales



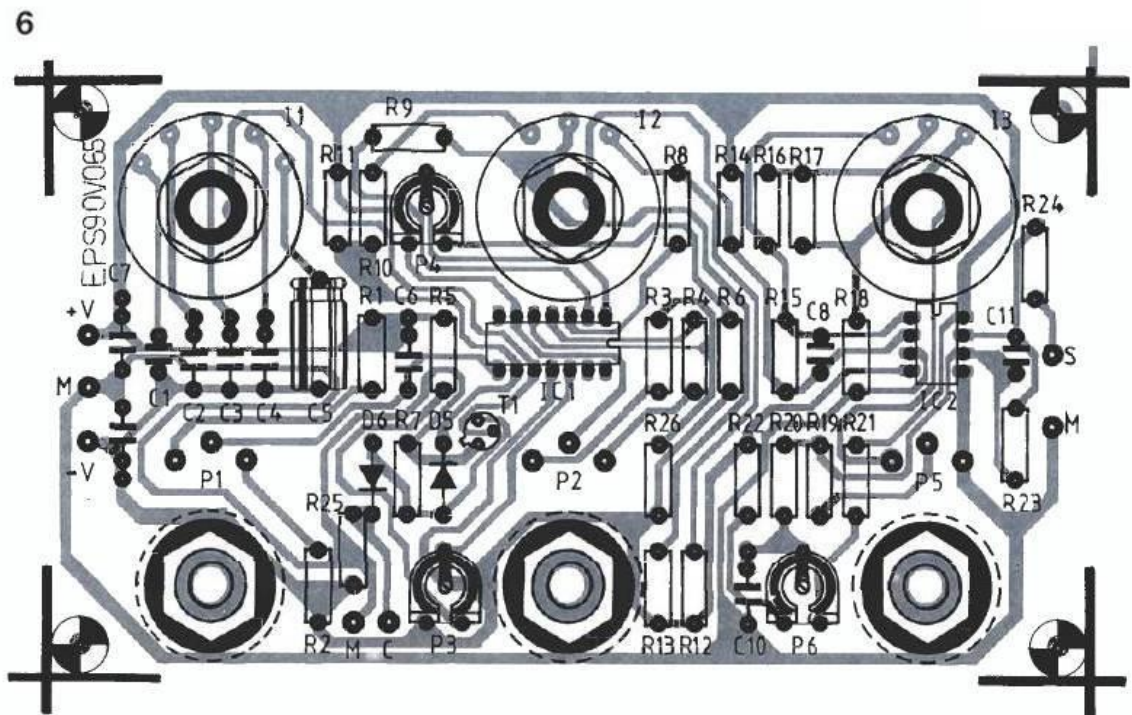


Fig. 16. Kit del Generador de señales

- a. Comenzaremos soldando los componentes no polarizados de menor altura: resistencias, condensadores no electrolíticos y zócalos.

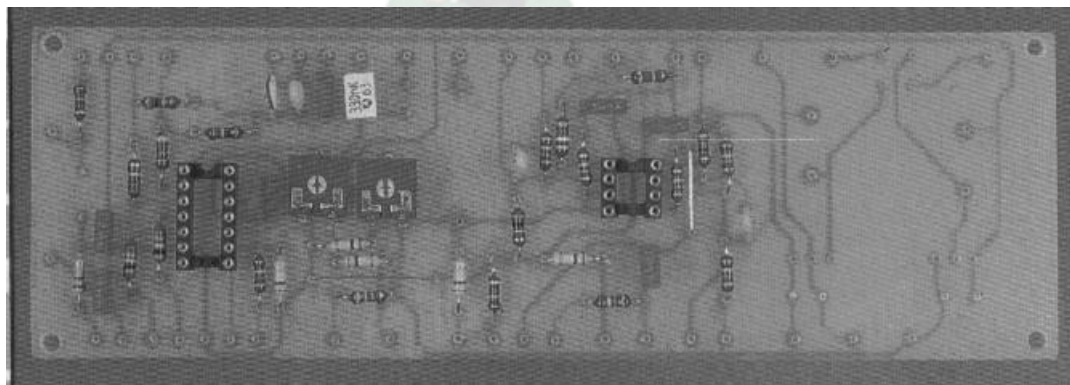


Fig. 17. Soldadura de los componentes no polarizados de menor altura

- b. Continuamos con los condensadores electrolíticos los diodos y los circuitos integrados U1 y U2, es conveniente dotarles de sendos radiadores que les permite disparar mejor su potencia.

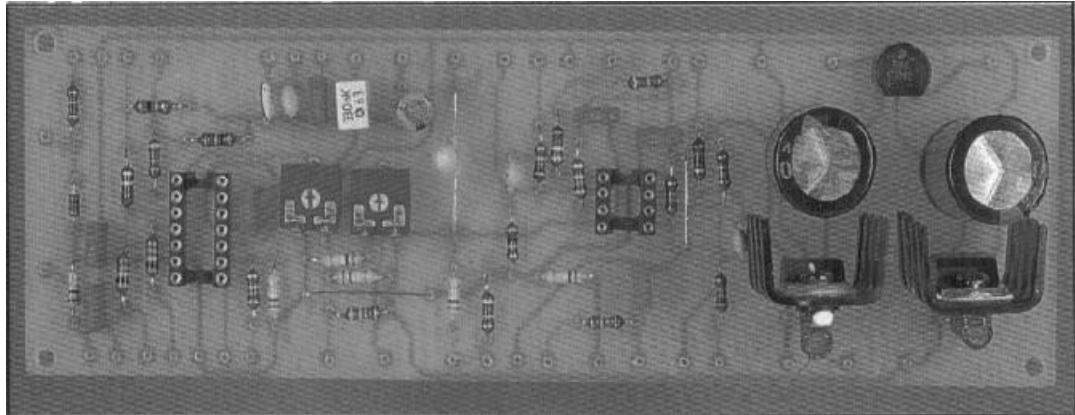


Fig. 18. Soldadura de los condensadores electrolíticos los diodos y los circuitos integrados U1 y U2

- c. A continuación, se soldarán los espadines e introduciremos los circuitos integrados en sus zócalos correspondientes. Se debe prestar mucha atención a la posición de los mismos.

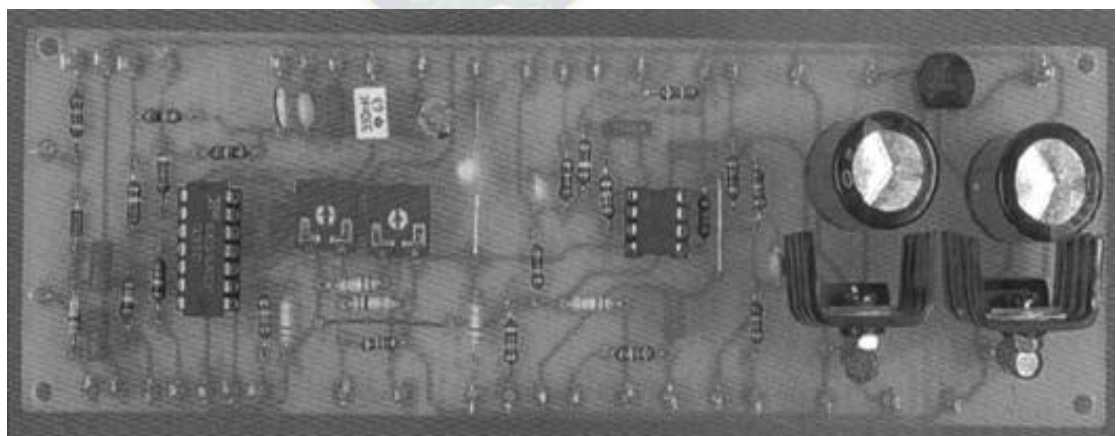


Fig. 19. Introducción de los circuitos integrados en sus zócalos correspondientes



- d. En el panel frontal se realiza el mecanizado según la caratula. Se colocan los potenciómetros para ajuste de NIVEL OFFSET, FRECUENCIA, Y CICLO DE TRABAJO, los conmutadores de TIPO DE SEÑAL, RANGO DE FRECUENCIAS, variación del CICLO DE TRABAJO, NIVEL MÁXIMO y el interruptor de red, el LED y el conector BNC de salida.

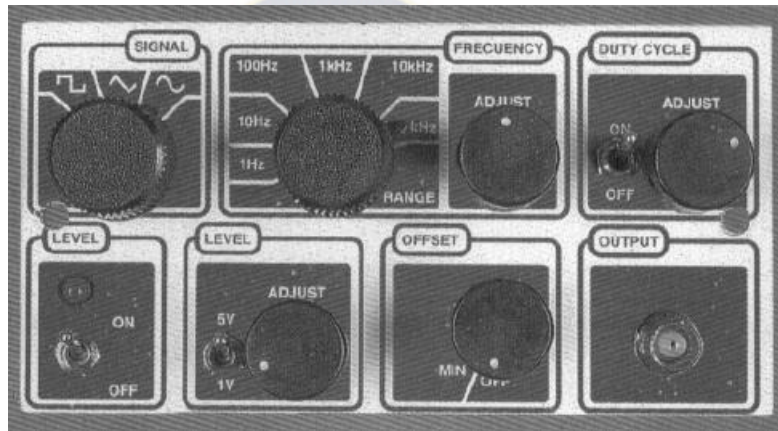


Fig. 20. Colocado de los potenciómetros de ajuste

- e. Para realizar las conexiones emplearemos cables de diferentes colores a fin de lograr una fácil identificación de los mismos. Para el potenciómetro de ajuste de nivel y el conector de salida se empleará un cable coaxial, el cual evitará que se introduzca ruido que pueda degradar la señal.

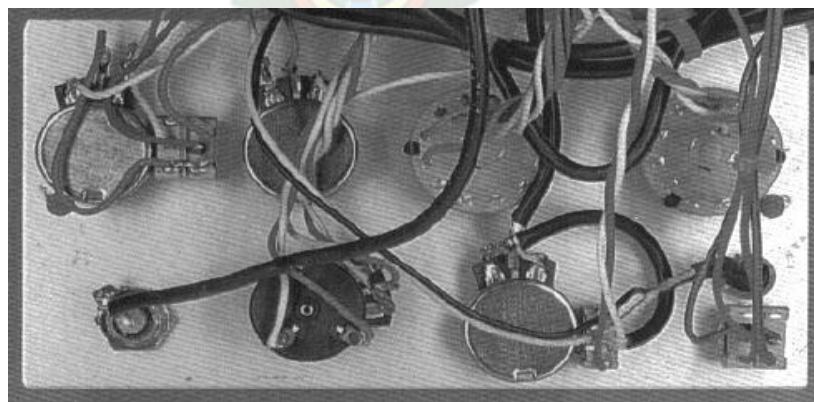


Fig. 21. Utilización de cables de diferentes colores para las conexiones

- f. El conector BNC y el conmutador deben cablearse con cable coaxial, por los mismos argumentos expuestos para el conector de salida. Los cables de alimentación que van al conector auxiliar deberán ser de diferentes colores para su mejor identificación.

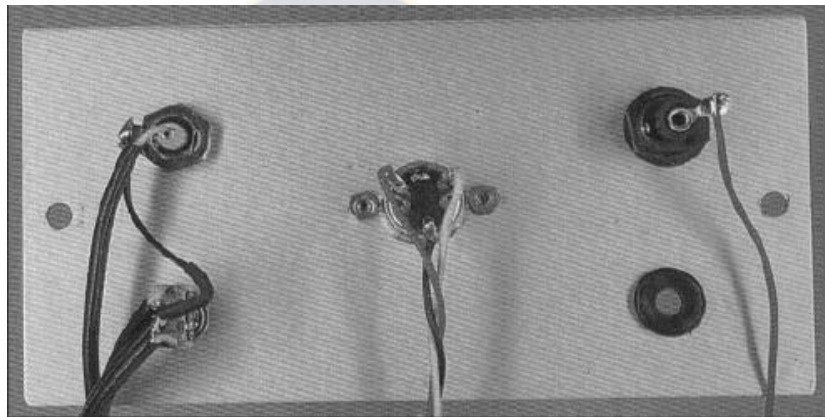


Fig. 22 Conector con cable coaxial

- g. El conector BNC (VCO-IN) nos servirá para poder variar la frecuencia de nuestro generador con tensión extrema, el conector auxiliar está pensando para facilitar posibles ampliaciones del generador. El fusible se encarga de proteger al generador contra posibles cortocircuitos o errores de montaje.

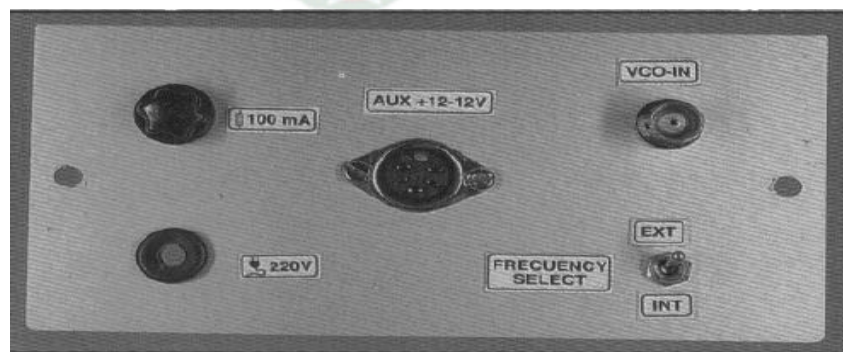


Fig. 23 Utilización de fusible para proteger al generador

Una vez montados los componentes en el circuito impreso comprobaremos que no han existido errores, que todas las soldaduras son correctas y que no hay cortocircuitos entre pistas. Seguidamente mecanizaremos los paneles frontal y posterior para instalar los componentes correspondientes, tal y como se indica en la lista de materiales.

La interconexión eléctrica comenzará por el panel frontal, para lo cual utilizaremos el plano de conexiones. Comenzaremos por el conmutador de tipo de señal ( $SW_2$ ) y, a continuación, seguiremos con el conmutador de radio de frecuencia. En ambos casos comenzaremos por el punto común de los mismos ( $t_{25}$ , y  $T_{44}$  respectivamente) y seguiremos por cada una de las posiciones. Continuaremos con el resto de los conmutadores. Los cables de color nos servirán para identificar claramente las conexiones.

En el conector auxiliar del panel trasero se deben respetar las conexiones indicadas en el plano para facilitar futuras ampliaciones.

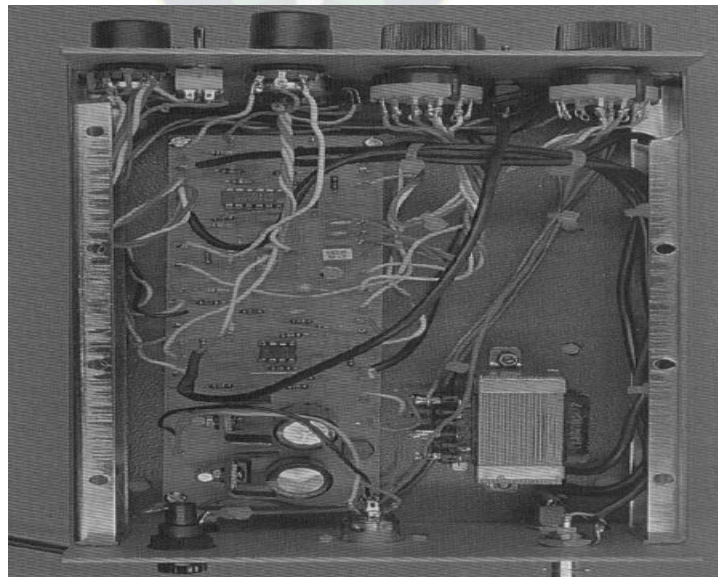


Fig. 24. Conector para futuras ampliaciones

### 3.2. VERIFICACIÓN DEL CIRCUITO

Una vez cableado todo el equipo, se debe realizar una inspección visual de que todo el conexionado es correcto, es especial los cables de red, interruptor, fusible y las conexiones al transformador.

Para una correcta puesta a punta del equipo son necesarios un osciloscopio y un polímetro. Para facilitar las medidas se puede utilizar un frecuencímetro, aunque no es imprescindible.

Antes de conectar a la red eléctrica se debe verificar que:

- El interruptor de red está en la posición OFF.
- El conmutador del panel trasero FREQUENCY en la posición INT.
- El conmutador DUTY CYCLE en la posición OFF.
- El potenciómetro de OFFSET en la posición de OFF.
- El conmutador SIGNALTYPE en sinusoidal.
- El conmutador FREQUENCY RANGE en la posición 1KHz.
- El conmutador de MAX LEVEL en 5V.
- Los restantes mandos conviene que se encuentren en su posición central, así como las resistencias variables del circuito impreso.

Con el osciloscopio conectado en OUT conectaremos el generador a la red y pasaremos el interruptor a la posición ON. En ese momento del diodo LED deberá iluminarse indicando que el circuito está alimentado. Si el LED no se ilumina habrá que apagar el generador, desconectarlo de la red y verificar el montaje con un voltímetro comprobaremos que las tensiones de alimentación en



la placa son las correctas, para lo que podremos utilizar los terminales  $T_{46}$ ,  $T_{47}$ ,  $T_{48}$  conectados a AUXILIAR.

En el osciloscopio veremos una señal aproximadamente sinusoidal y de una frecuencia próxima a 5 KHz. Mediante las resistencias variables  $R_{11}$  y  $R_{12}$  haremos que esta senoide sea perfecta.

Se varía el potenciómetro de nivel, se podrá comprobar como señal aumenta y disminuye de tamaño. No hay que olvidar que el osciloscopio presenta la amplitud temporal de la señal y, por lo tanto, la tensión de pico de la senoide. En la posición 1V, la amplitud pico a pico de la señal debe 2,8 V; y en la posición 5V dicha amplitud será 14 V.

Conéctese el potenciómetro de OFFSET y, con el osciloscopio en la posición DC, se comprobará que la señal aumenta y disminuye su nivel de continua, aunque mantiene su amplitud constante. El margen de variación debe ser el especificado de +/- 4V.

Pasado SINGAL TYPE a la posición triangular y cuadrada, en el osciloscopio veremos dichas formas de onda en la misma frecuencia que la señal sinusoidal. Cambiando la frecuencia del generador mediante el conmutador y, con el potenciómetro, comprobado que se cubren todos los rasgos de frecuencia.

La posición de la onda cuadrada poned el conmutador DUTY CYCLE en la posición ON y gira el potenciómetro, se podrá ver como varia el ciclo de trabajo de la señal (la parte positiva de la onda se ensancha y estrecha), manteniéndose el periodo de la señal.

Por último, conectaremos fuente de alimentación de tensión variable al conector VCO-IN del panel trasero. Ajustaremos la tensión de la fuente a 9 voltios. El

terminal positivo debe ir conectado a patilla central del BNC, cambiando el conmutador de frecuencia a la posición EXT y variando la tensión de la fuente entre +6V y +11V.

Comprobaremos que la frecuencia del generador varía dentro del rango de frecuencias que tengamos seleccionado con el conmutador FREQUENCY RANGE.

### **3.3. REALIZACIÓN**

Insistimos en que el osciloscopio es un instrumento de medida, y por tanto, cualquier manipulación que se haga en los controles del mismo no afecta a la señal. Sin embargo, las modificaciones que se hagan en el generador sí afectan a la señal.

La pantalla del osciloscopio presenta unas divisiones mayores (que corresponden a las cuadrículas) además de unas subdivisiones menores en los ejes principales que corresponden a  $1/5$  del tamaño de una de las divisiones mayores (es decir, a 0.2 partes de las divisiones mayores).

Cualquier medida que se haga consistirá siempre en determinar cuántas divisiones y subdivisiones “ocupa” la señal (igual que medir con una regla). No obstante, a diferencia de lo que pasa con una regla, las escalas del osciloscopio pueden variarse mediante los mandos de control. De este modo, se puede controlar la escala de voltaje y de tiempo para ajustarla al “tamaño” de la señal y así optimizar su visualización. La manera óptima de visualizar una señal en el osciloscopio es ampliando al máximo la parte de la señal que se quiere medir.

El error cometido en la medida es siempre la subdivisión mínima (0.2 divisiones) convertida en unidad de tensión o de tiempo (según lo que se esté midiendo). Por ejemplo, si la escala es de 2V/div, el error de una medida será:

$$\Delta V = 0.2 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} = 0.4 \text{ V}$$

### 3.3.1. Medida de una señal de continua

Conmutando el mando de control de entrada a GD se sitúa el nivel de referencia de 0 voltios (tierra) en la línea inferior de la pantalla del osciloscopio.

Posteriormente, para realizar la medida, conmute este mando a la posición DC:

- Fije la escala de tensiones en 1 V/div.
- Conecte la sonda del osciloscopio a la pila y apunte el resultado junto con su correspondiente error en la medida.
- Repita esta medida con otra escala de tensión, por ejemplo 2 V/div.

### 3.3.2. Funcionamiento del generador de señales

- Conecte la sonda a la salida del generador de señales (la de 600  $\Omega$  de impedancia).
- Seleccione señal cuadrada en el generador.
- Sitúe la escala de tensión y la base de tiempos del osciloscopio en 5 V/div y 10  $\mu\text{s}/\text{div}$  respectivamente.
- Gire el mando de amplitud del generador de señales hasta su valor máximo y fije la frecuencia en 16 kHz.
- Mida el periodo de la señal con su error y calcule su frecuencia exacta.



- Varíe los mandos de amplitud y frecuencia del osciloscopio. ¿Qué efecto producen en la señal que se visualiza en el osciloscopio?
- Repita la operación con una señal triangular y una sinusoidal.



## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1. CONCLUSIONES**

Se concluye que el funcionamiento del generador de señales es de la siguiente forma: mientras la tensión en el condensador esté comprendida entre  $1/3V_{cc}$  y  $2/3V_{cc}$ , las señales R (“reset”) y S (“set”) son cero y no provocan cambios en la salida. Cuando se alcanzan  $2/3V_{cc}$ , la salida de C1, la señal R, pasa a estado alto y la salida negada del biestable de poner a 1, con lo que la salida [3] se pone a cero. Como la salida negada es 1, el transistor T entra en saturación (0,1 ó 0,2 V entre [7] y tierra) y C se descarga por RB y la resistencia dinámica de T (prácticamente nula), la constante de tiempo de descarga es RBC.

Por esto, gracias a los generadores se puede analizar el funcionamiento de los contadores digitales, verificar los niveles de detección de comparadores, determinar la velocidad de respuesta ante perturbaciones en las fuentes de alimentación y en un elevado número de circuitos que son ampliamente utilizados en la actualidad.

Muchos dispositivos electrónicos necesitan para su correcto funcionamiento señales que varíen su amplitud en función del tiempo de forma repetitiva. Este tipo de señales las producen los llamados osciladores o generadores de señal.

Este tipo de circuitos forma parte de un gran número de equipos, desde los receptores de radio comunes hasta los más complejos sistemas de radar y IQS superordenadores, pasando por instrumentos de laboratorio utilizados para ajustar, examinar o reparar otros equipos electrónicos.

La presente investigación trata sobre un tipo de montaje con amplificadores operacionales que proporcionan a su salida distintas formas de señal, aclarando que existen muchos más los cuales se pueden escoger para cada caso concreto. El dispositivo estudiado recibe en algunos libros los nombres de oscilador o generador de señal, según las preferencias del autor. En nuestro caso, utilizaremos uno u otro término de forma indistinta.

Un oscilador es un circuito capaz de proporcionar a su salida una señal periódica de frecuencia y amplitud determinadas.

La frecuencia de salida viene determinada por el valor de los componentes utilizados en el circuito. En algunos montajes específicos puede variar en función de una magnitud aplicada desde el exterior, que puede ser; por ejemplo, un nivel de tensión.

El funcionamiento de todos los osciladores se basa en la realimentación positiva de un amplificador. Esto obliga a la salida del amplificador a variar su valor entre dos niveles de tensión extremos, de forma alternativa con el uso de un sistema de conmutación.

Según la forma de la señal de salida, se puede clasificar los osciladores en dos grupos, ya que la estructura de los circuitos utilizados en ambos es claramente distinta.

En el primer grupo están los osciladores que generan formas de onda cuadradas, triangulares, en diente de sierra, etc. Se les denomina osciladores de relajación y basan su funcionamiento en la carga y descarga de un condensador a través de una resistencia.

En el segundo grupo tenemos los osciladores que proporcionan una forma de onda senoidal, llamados osciladores armónicos.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

Las Recomendaciones se basan en dos ámbitos; el ámbito social y el ámbito técnico.

En el ámbito social, se recomienda a las autoridades de la Facultad de Tecnología, implementar un sistema que permita a los egresados a proponer circuitos de diferente utilidad, para que estos diseños puedan ser utilizados por los estudiantes de las distintas carreras de nuestra facultad, puesto que actualmente los equipos de laboratorio son importados y su funcionamiento es simple. De esta forma se estará cumpliendo con el rol de la Universidad Mayor de San Andrés el cual es “impulsar la investigación”.

Además, en este tiempo de cambios sociales y políticos, se impone un nacionalismo impulsado desde E.E. U.U., con su consecuente proteccionismo que parecía superado, es decir, que los países del primer mundo se han dado cuenta que la globalización no es la respuesta para resolver los problemas económicos (entre ellos todo lo referente al área de la investigación).

Siguiendo esta línea, las autoridades de la Facultad de Tecnología deben –de una vez- dar prioridad a las investigaciones que se realizan en esta Casa de Estudios Superiores, para fomentar el espíritu investigativo, de los estudiantes que -demás está decirlo- tienen las competencias y habilidades intelectuales para realizar investigaciones a nivel superior.

Respecto a las recomendaciones técnicas:

Para poder utilizar el generador necesitamos disponer de un cable apantallado con un BNC macho en un extremo y con pinzas en el otro. Se recomienda emplear piezas de dos colores (Roja para el vivo, negra para la mesa).

Antes de conectar el generador a la placa bajo pruebas se debe ajustar, mediante un osciloscopio, la frecuencia que se desea introducir en la placa de pruebas. Para ellos solucionaremos, en primer lugar, la posición del conmutador SIGNAL TYPE en la forma que nos interese conseguir; a continuación, FRENQUENCY RANGE y, posteriormente, el potenciómetro FRENQUECY ADJUST.

Una vez fijada la frecuencia ajustaremos el nivel de señal necesario.

Si el nivel es inferior a 1V, en conmutador deberá ponerse en la posición 1V, pues obtenemos mayor sensibilidad para el ajuste mediante el potenciómetro.

Si la señal que necesitamos debe ser solamente positiva (diseños con TTL, CMOS, etc.), utilizaremos el ajuste de OFFSET para fijar el valor de la señal a los márgenes adecuados (por ejemplo: entre 0 y 5 V).

No olvidemos que la máxima corriente del generador es de 25mA. Por lo que se recomienda no cargar la salida con impedancias de entrada menores de 600 ohmios para no producir saturaciones de la etapa de salida.

Se recomienda:

- Verificar las conexiones externas para evitar hacer corto circuitos.
- Para las señales se debe verificar que el switch este en ON y observarse que la luz piloto indique que los sensores estén encendidos.
- Revisar que los canales monitorean las señales ya sea de corriente (i) o voltaje (v).



## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Textos Consultados:**

- Apuntes de materia electrónica II
- Apuntes de materia electrónica integrada
- Coughlin, R. F. y Driscoll, F.F., Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales, 4ª edición, Prentice-Hall hispanoamericana. México, 1993.
- González de la Rosa, J.J., Circuitos Electrónicos con Amplificadores Operacionales.
- Malik, N. R. Electronic circuit: analysis, simulation and design, Prentice Hall international editions, 1995.
- Problemas, fundamentos teóricos y técnicas de identificación y análisis, Marcombo, Boixareu Editores, Barcelona, 2001.

### **Páginas Web Consultadas:**

- [http://www.itlp.edu.mx/publica/tutoriales/electronica/tem1\\_3.htm](http://www.itlp.edu.mx/publica/tutoriales/electronica/tem1_3.htm)
- <http://webdiee.cem.itesm.mx/web/servicios/archivo/tutoriales/generador/index.html>
- <http://www.youtube.com/watch?v=DzjwjDt2W1I>