

# Práctica 3. LABORATORIO

Electrónica de Potencia

Convertidor DC/AC (inversor) de 220Hz controlado por ancho de pulso con modulación sinusoidal SPWM

## 1. Diagrama de Bloques

En esta práctica, el alumnado debe implementar un convertidor DC/AC en configuración de doble batería. En la Figura 1 se muestra el diagrama de bloques del circuito completo, incluyendo el circuito generador de SPWM, el acoplamiento con aislamiento galvánico, el «driver» para controlar los interruptores, y el circuito de potencia. Puesto que el circuito tiene bastantes componentes, sea

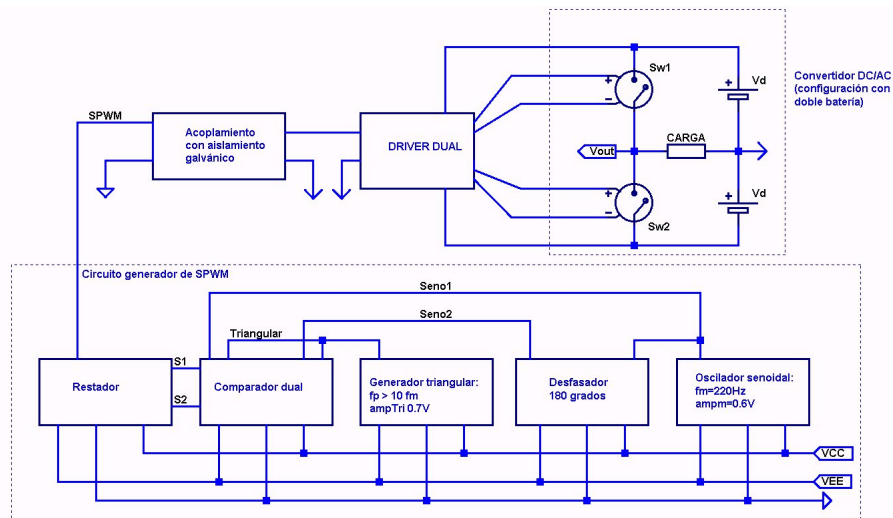


Figura 1: Diagrama de bloques del circuito completo

ordenado al colocar los diferentes elementos en la «proto-board». Es muy importante que siga el orden descrito en este documento, y hasta que no verifique el correcto funcionamiento de un bloque, no monte el siguiente.

## 2. Generador de SPWM

El generador de SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation) se compone de cinco bloques: oscilador sinusoidal, desfasador de 180 grados, generador de señal portadora triangular, comparador de dos canales y restador.

## 2.1. Oscilador sinusoidal

Este circuito ha sido visto en la asignatura Instrumentación Electrónica, donde se describe con detalle su funcionamiento. Siga el siguiente orden para su implementación:

- Usando uno de los cuatro operacionales del integrado TL084, monte el circuito de la Figura 2.

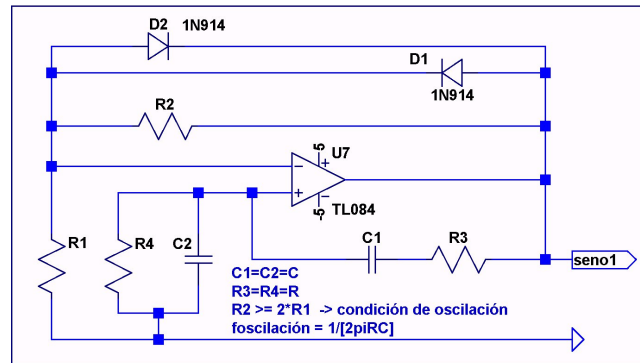


Figura 2: Oscilador sinusoidal.

La resistencia  $R2$  debe ser algo mayor que  $R1=1k\Omega$  para que se produzca la oscilación, pero cuanto mayor sea, más se distorsiona la señal sinusoidal. En la práctica  $R2$  es un potenciómetro de  $5k\Omega$  que se regulará para obtener una sinusoidal lo mejor posible. La frecuencia de oscilación depende del producto  $RC$  (ver Figura 2). Utilice los condensadores de  $330nF$  y los resistores de  $2.2k\Omega$ . Mida los valores con el multímetro y anote los valores:

- $R=$         $C=$         $f_m =$

- Alimente los operacionales con  $\pm 5V$ . Visualice la tensión *Seno1* en el osciloscopio. Regule el potenciómetro hasta conseguir que la señal sinusoidal tenga una amplitud en torno a los  $0.6V$  y tenga la menor distorsión posible. Mida el valor de la frecuencia en el osciloscopio y compárelo con el valor teórico.

## 2.2. Desfasador de 180 grados

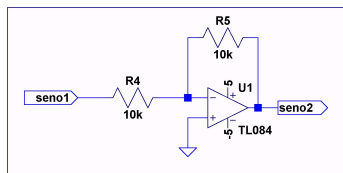


Figura 3: Inversor.

El circuito que desfasa la señal *Seno1* 180 grados se implementa con un operacional en configuración de amplificador inversor con ganancia unitaria. Usando el segundo operacional del integrado TL084 monte el circuito de la Figura 3. Para verificar el correcto funcionamiento del mismo, visualice la señal *Seno1* en el canal uno del osciloscopio, y la señal *Seno2* en el segundo canal del osciloscopio. Active el modo dual.

### 2.3. Generador de portadora

Para obtener la señal triangular portadora, se utilizará directamente el generador de señales. Disponga el mismo con salida triangular. Para la correcta configuración de la amplitud y de la frecuencia, visualice en el canal uno del osciloscopio la señal *Seno1* y en el canal dos la salida del generador de señales. Las escalas de voltaje de ambos canales del osciloscopio deben ser iguales. Regule la amplitud de la triangular hasta que sea ligeramente superior a la sinusoidal. Tenga en cuenta que para un correcto funcionamiento del convertidor, es necesario que la frecuencia de la triangular debe ser al menos 10 veces superior a la frecuencia de la sinusoidal. Pero si la frecuencia de la triangular es demasiado elevada, el comparador puede tener problemas para operar correctamente. El margen de frecuencias utilizables es  $2,5\text{kHz} \leq f_{tri} \leq 20\text{kHz}$

### 2.4. Comparador de dos canales

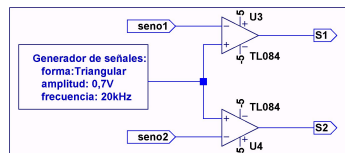
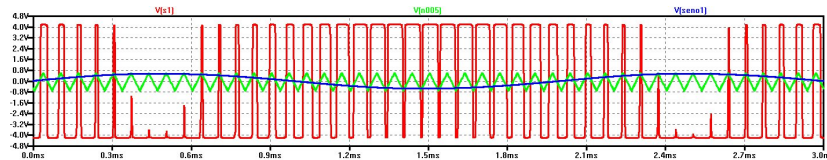


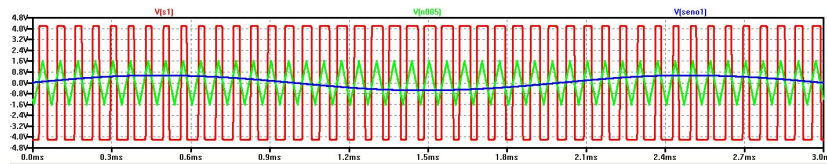
Figura 4: Comparador.

En este circuito se usan el tercer y cuarto operacional del integrado TL084. Directamente se conecta la señal triangular a la entrada no inversora de ambos operacionales. La señal *Seno1* se conecta a la entrada inversora del tercer operacional, y la señal *Seno2* a la entrada inversora del cuarto operacional, tal y como se indica en la Figura 4.

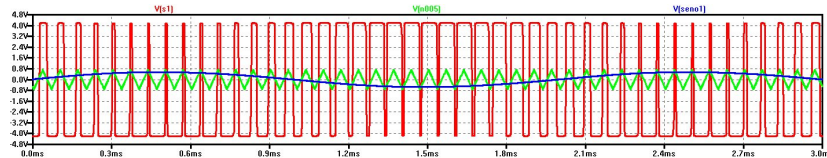
La salida del tercer operacional la denominamos *S1*. Es una señal cuadrada bipolar con valores entre  $\pm 4\text{V}$ , y cuya frecuencia coincide con la de la triangular.



(a) Amplitud de la triangular insuficiente



(b) Amplitud de la triangular excesiva



(c) Amplitud de la triangular correcta

Figura 5: Efecto de la relación de amplitudes entre la sinusoidal y la triangular.

Visualice la señal  $S1$  en el canal dos del osciloscopio, y la señal  $Seno1$  en el canal uno. Debería ver algo parecido a la Figura 5 (salvo la triangular). Modifique ligeramente la amplitud de la triangular en el generador de señales para ver el efecto en  $S1$ . Tenga en cuenta que la proporción correcta entre la amplitud de  $Seno1$  y la amplitud de la triangular es la que se muestra en la Figura 5(c). ¡No se puede ver correctamente  $S1$  y  $S2$  al mismo tiempo en el osciloscopio!

## 2.5. Restador

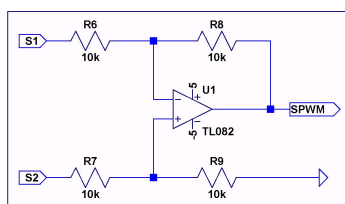


Figura 6: Restador.

El restador se implementa el operacional del TL081. Monte el circuito de la Figura 6. La salida del restador es  $S2 - S1$ , que ya es la SPWM. Esta señal tiene una frecuencia que es el doble de la que tienen  $S1$  y  $S2$ . Pero además, introduce un subarmónico de la misma frecuencia que la señal  $Seno1$ . Para poder visualizar correctamente la señal SPWM, mantenga en el canal uno del osciloscopio la señal  $Seno1$  y conecte SPWM al canal dos. Debería ver algo parecido a la Figura 7.

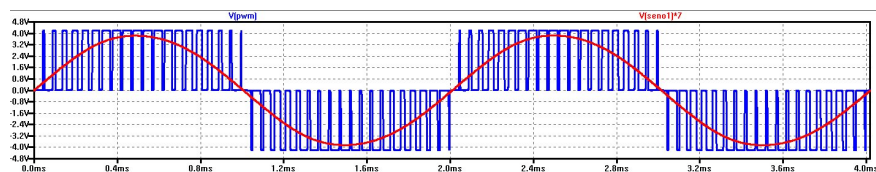


Figura 7: SPWM.

## 3. Acoplamiento y etapa de potencia

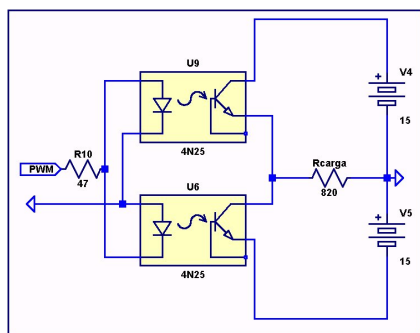


Figura 8: Acoplamiento óptico y etapa de potencia.

El acoplamiento entre el circuito generador de SPWM y el convertidor DC/AC se realiza mediante opto acopladores. La salida de cada opto acopladores es un BJT de señal, que soporta unos 30V y no más de 30 mA. Sin embargo, para simplificar el circuito, se utilizarán estos BJT como interruptores. La resistencia de carga se ha elegido para que el circuito convertidor no consuma mas de esa corriente.

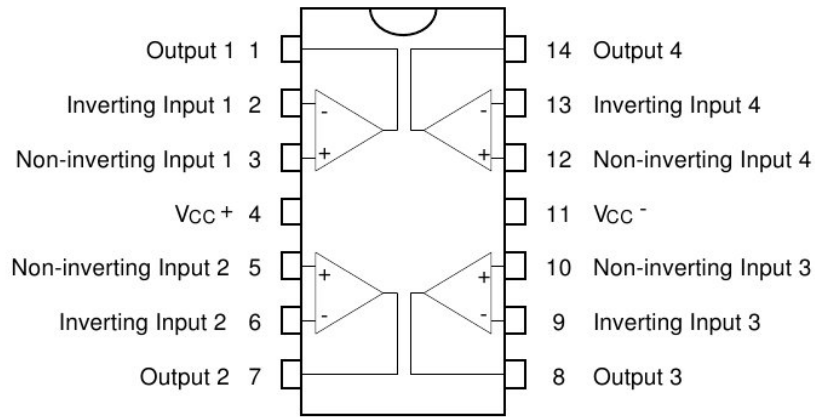
Monte el circuito de la Figura 8. Use dos fuentes de alimentación de 15V diferentes a la que utiliza para alimentar el circuito generador de SPWM. Visualice en el osciloscopio la

tensión de salida del convertidor. ¡LAS TIERRAS DEL CIRCUITO DE CONTROL Y DEL CIRCUITO DE POTENCIA ESTÁN AISLADAS. NO DEBE VISUALIZAR LOS DOS CIRCUITOS AL MISMO TIEMPO EN EL OSCILOSCOPIO! Verifique que la señal de salida es una SPWM entre  $\pm 15V$ . Añada ahora un filtro paso bajo: un condensador de  $470nF$  en paralelo con la resistencia de carga. Verifique que la salida ahora es una sinusoidal de  $220Hz$  y unos  $14V$  de amplitud. Mida la frecuencia de rizado.

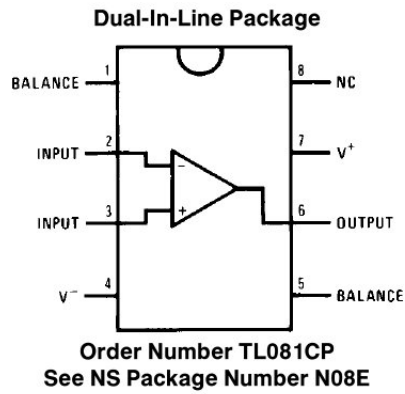
---

**Listado de componentes:**

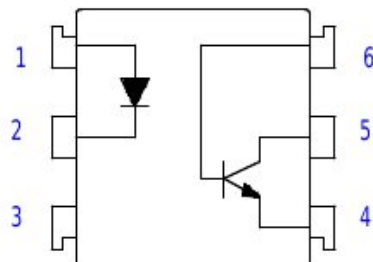
COMPONENTE	VALOR	U
IC	TL084	x 1
IC	TL081	x 1
Diodo	1N914	x 2
Potenciómetro	$5k\Omega$ (multivuelta)	x 1
Resistor	$47\Omega$ (250mW)	x 1
Resistor	$10k\Omega$ (250mW)	x 6
Resistor	$820\Omega$ (1W)	x 1
Resistor	$2.2k\Omega$ (250mW)	x 2
Capacitor	$330nF$	x 2
Capacitor	$470nF$	x 1
Opto acoplador	4N25	x 2



(a) TL084



(b) TL081



(c) 4N25 ó 4N35 ó TIL111