



# CIRCUITOS CON DIODOS: CONVERSION AC-DC

Diego Ismael Antolinos García  
Andrés Ruz Nieto  
Puesto C3

## 1. REALIZACIÓN PRÁCTICA

### Componentes utilizados en la práctica

- Resistencia de  $100\Omega$
- Resistencia de  $1K\Omega$
- Potenciómetro de  $1K\Omega$
- Condensador de  $100\mu F$
- 4 Diodos 1N4007
- 1 Diodo Zener 1N751

### 1.1 Consideraciones generales

En este apartado vemos cuales son las precauciones a tener en el laboratorio a la hora de usar el transformador (en el bobinado primario se aplica la tensión alterna de la red: 220 V eficaces y en el secundario disponemos de dos bobinados independientes que podemos usar como dos transformadores independientes). En los del laboratorio cuando se aplica a la entrada los 220 V de la red cada bobinado del secundario produce 7.5 V del valor eficaz (unos 10.6 V de amplitud o voltios de pico); no debemos cortocircuitar los terminales de salida del transformador. También hay que tener cuidado al emplear condensadores y conectarlos con la polaridad adecuada y sabiendo la tensión aproximada a la que van a ser cargados y la tensión máxima que soportan. Análogamente en el caso de las resistencias es conveniente tener en cuenta la potencia máxima que pueden disipar.

Para recordar el concepto de valor eficaz (también llamado rms), que es la raíz cuadrada del valor medio de la señal al cuadrado:

$$\begin{aligned}\int_0^T A^2 \sin^2(\omega t) dt &= \int_0^T A^2 \sin^2(\omega t) dt = A^2 \int_0^T \sin^2(\omega t) dt \\ A^2 \int_0^T \frac{1 - \cos(2\omega t)}{2} dt &= A^2 \left[ \frac{1}{2}t + \frac{1}{4\omega} \sin(2\omega t) \right]_0^T = A^2 \cdot \frac{T}{2} \\ \frac{\int_0^T A^2 \sin^2(\omega t) dt}{T} &= \frac{A^2}{2}\end{aligned}$$

Por la definición de valor eficaz:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\int_0^T A^2 \sin^2(\omega t) dt}{T}}$$

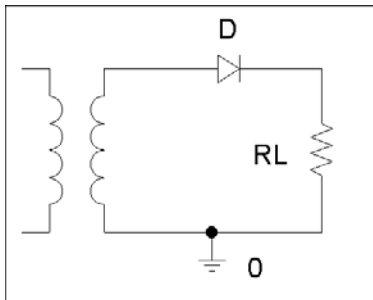
De donde obtenemos:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{A^2}{2}} = \frac{A}{\sqrt{2}} \quad \text{de donde obtenemos} \rightarrow \quad A = V_{rms} \cdot \sqrt{2}$$

## 1.2 Rectificación de media onda con un diodo y filtrado de la señal rectificada.

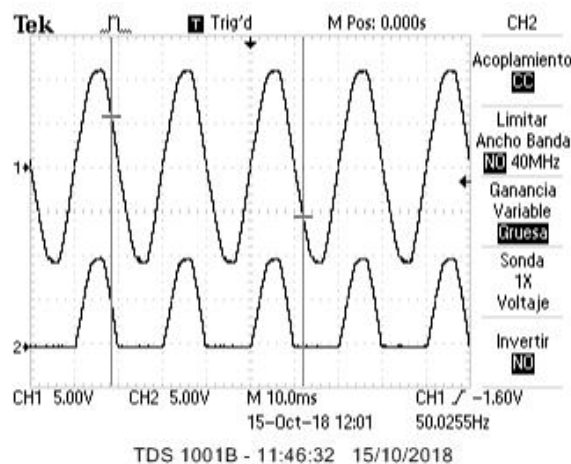
Aquí rectificaremos la tensión de la red con un rectificador de media onda aprovechando la característica no lineal del diodo.

Primero montaremos el circuito, de la figura que hay a continuación, con una resistencia de  $1k\Omega$ .



El diodo dejará pasar la parte positiva de la señal alterna, mientras que bloquea la parte negativa. Por tanto, en la señal de salida, que se toma en la resistencia de carga, solo se observa la mitad de la sinusoide. Asociado a esta parte tenemos el primer ejercicio del entregable.

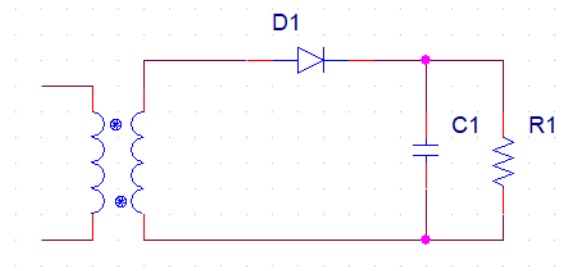
- Insertar captura de la pantalla del osciloscopio mostrando la señal de salida rectificada junto a la señal en el secundario del transformador. **\*Precaución\***: cuando utilice los dos canales del osciloscopio, como se hace en este caso, tenga en cuenta que ambos comparten la misma tierra en el interior del osciloscopio, por lo que no se pueden utilizar tierras independientes. Para evitar confusiones, conecte al circuito solamente una de las dos tierras.



Como bien observamos en la imagen se produce la rectificación de media onda que queríamos obtener.

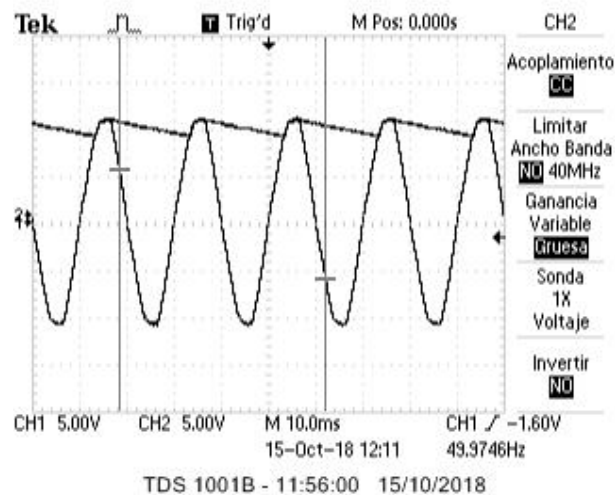
Posteriormente realizamos un filtrado de la señal de salida situando un condensador de  $100\mu F$  en paralelo con la resistencia de carga. Esto está asociado al segundo ejercicio del entregable, y

vemos como con la resistencia de carga la señal de salida presenta un grado de rizado que depende de los valores relativos de la capacidad del condensador y la resistencia.



- Filtrar la señal con un condensador e insertar nueva captura de señales.

De la siguiente captura, destacar que hemos hecho coincidir el rizado con la señal de entrada, algo que no deberíamos haber hecho.



- Medir con ayuda de los cursores el rizado de la señal y compararlo con la fórmula teórica:

Teóricamente obtenemos que el rizado de la señal de la imagen anterior es el siguiente:

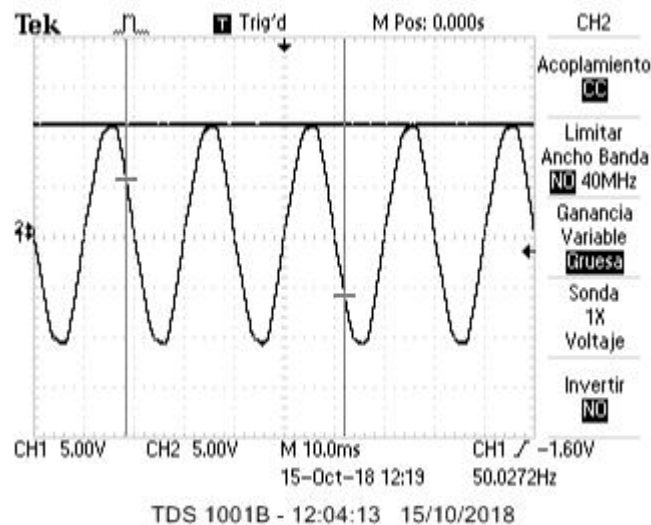
$$\Delta V = \frac{I}{C \cdot f} \rightarrow \Delta V = \frac{0.0075}{100 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = 1.50V$$

Mientras que experimentalmente el resultado es de 1.80 (V)

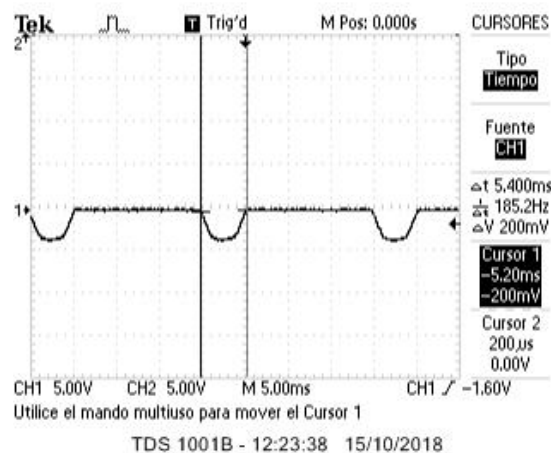
Viendo la gráfica, estimamos que la media de la tensión de salida es 8,5V. Si dividimos la tensión de rizado entre la de salida:

$$\frac{\Delta V_{medido}}{V_{out,medido}} = \frac{1,8}{8,5} = 0,21 \approx 0,2$$

Sin embargo, comprobamos que si eliminamos la resistencia de carga (y manteniendo el condensador) obtenemos una rectificación prácticamente perfecta:



- Visualización del ángulo de conducción del diodo con ayuda de una pequeña resistencia de  $100\ \Omega$  en serie (insertar captura de la caída de tensión en esta resistencia y en la salida). Esta resistencia debe situarse en serie con el secundario y con el diodo, pero debido a la necesidad de compartir la tierra con la salida, hay que introducirla en el tramo entre el secundario y la tierra. Medir el tiempo de conducción del diodo y calcular el ángulo de conducción (tiempo de conducción dividido por el periodo y multiplicado por  $2\pi$ ). Es muy importante conocer la existencia de estos picos de corriente por el diodo, ya que si se emplea un condensador de filtro muy grande, estos picos serán también muy elevados, y pueden quemar el diodo si no se toman en consideración. Esta es una de las razones por las que no se puede eliminar el rizado simplemente poniendo condensadores de filtro de capacidad elevada.



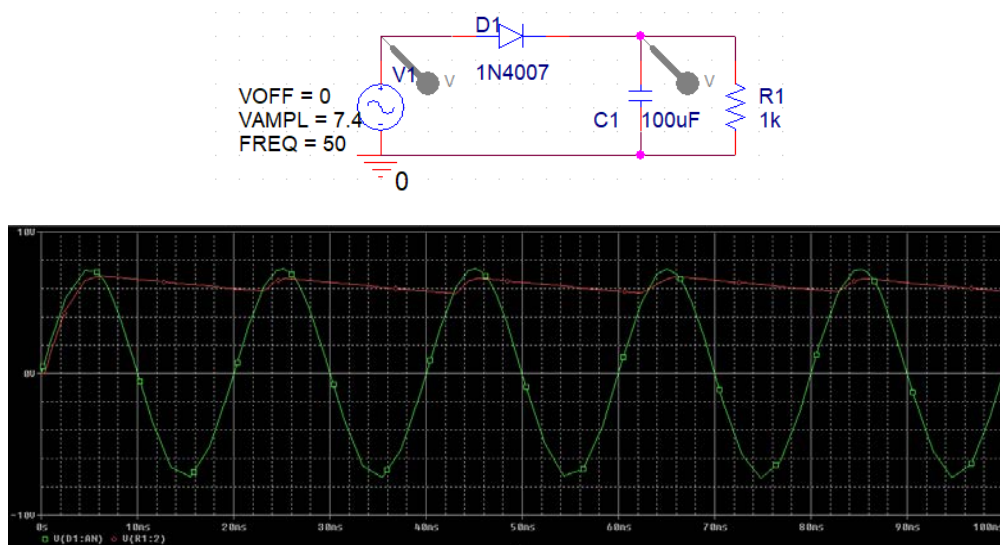
Ángulo de conducción (nos dimos cuenta de que en el entregable, subido en clase, no era el correcto, por lo que lo hemos corregido):

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{5,4ms}{20ms} = 0,27$$

Si lo queremos medir en grados, aplicando una regla de tres obtendríamos que:

$$\vartheta = 360^\circ \cdot 0,27 = 97,2^\circ$$

### Simulación en PSpice

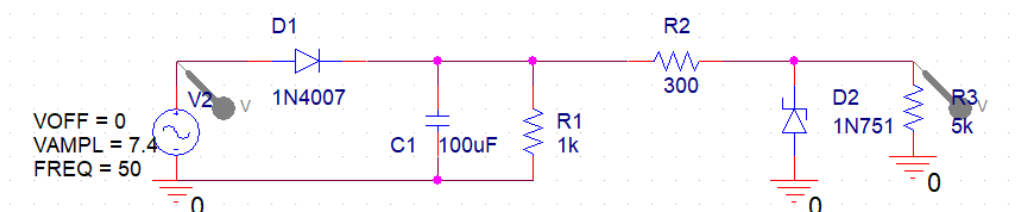


Como podemos observar obtenemos lo mismo que en el laboratorio.

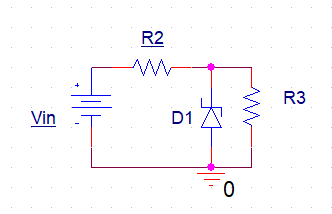
### 1.3 Estabilización con Zener

En este punto debemos realizar una extensión del circuito de rectificación de media onda, al que incorporamos una resistencia de 300Ω, y un diodo Zener de 5V, con el objetivo de estabilizar el rizado obtenido en el punto 1.2.

Como en el laboratorio de prácticas no nos dio tiempo a realizar la siguiente parte, hemos decidido simularla en PSpice.



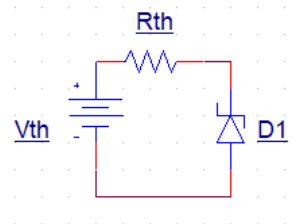
Para hacer el equivalente de Thévenin, tomaremos la parte izquierda del circuito a partir de R2 como una fuente de tensión continua no estabilizada de valor  $V_{in}$



A continuación, el equivalente de Thévenin visto desde el Zener tendría los siguientes parámetros:

$$R_{TH} = \frac{R_3 \cdot R_2}{R_3 + R_2}$$

$$V_{TH} = V_{in} \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_2}$$



La corriente que debe pasar por el Zener dependerá del valor de la resistencia de la carga. Para ello calcularla, haremos una igualdad de intensidades:

$$I_{carga} = \frac{V_z}{R_3} \text{ y } I_{generada} = \frac{V_{in} - V_z}{R_2} ; I_{generada} \geq I_{carga}$$

$$\frac{V_z}{R_3} \geq \frac{V_{in} - V_z}{R_2} \Rightarrow R_3 \geq \frac{V_z \cdot R_2}{V_{in} - V_z}$$

Potencia que debe disipar el Zener en el caso más desfavorable.

En la carga:

$$I_3 = \frac{V_z}{R_3} \Rightarrow 5 \cdot 10^{-3} = \frac{5}{R_3} \Rightarrow R_3 = 1k\Omega$$

Para determinar la resistencia  $R_2$ , el voltaje ofrecido en el caso más desfavorable será de 8V.

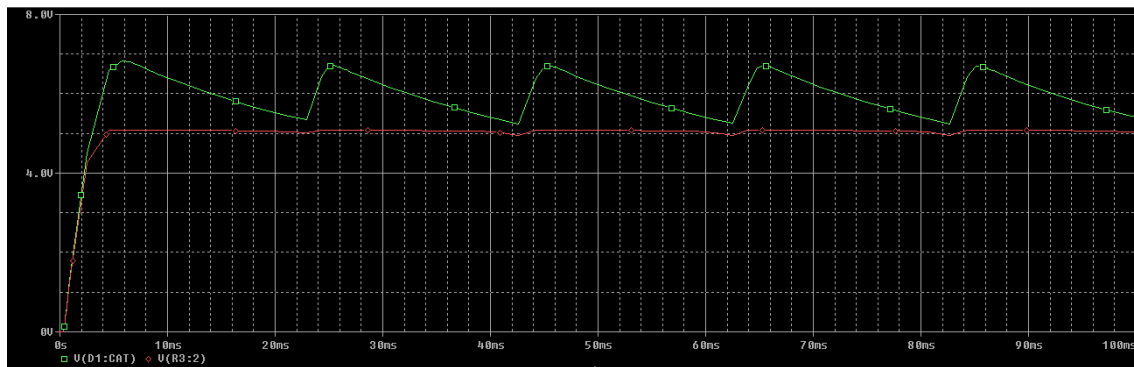
Para poder ofrecer la corriente requerida (5mA) a 8V, por la Ley de Kirchoff de las corrientes sabemos que:

$$I_z = \frac{V_{in} - V_z}{R_2} - \frac{V_z}{R_3} \Rightarrow R_2 = \frac{V_{in} - V_z}{I_3 + I_z} = \frac{8 - 5}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 300\Omega$$

Para calcular la potencia disipada por el Zener aplicaremos una 10V de tensión de entrada porque en este caso, el Zener tendrá que disipar más potencia, puesto que toda pasará por él:

$$W = V_z \cdot \frac{V_{in} - V_z}{R_2} = \frac{5 \cdot (10 - 5)}{300} = 0.083W$$

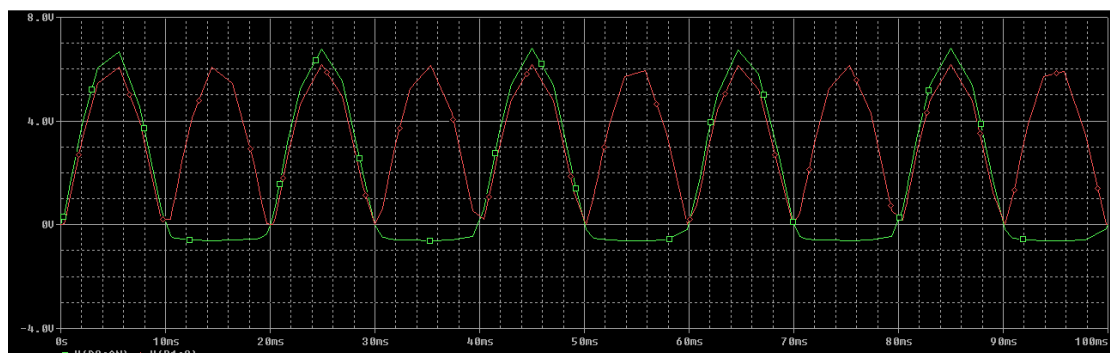
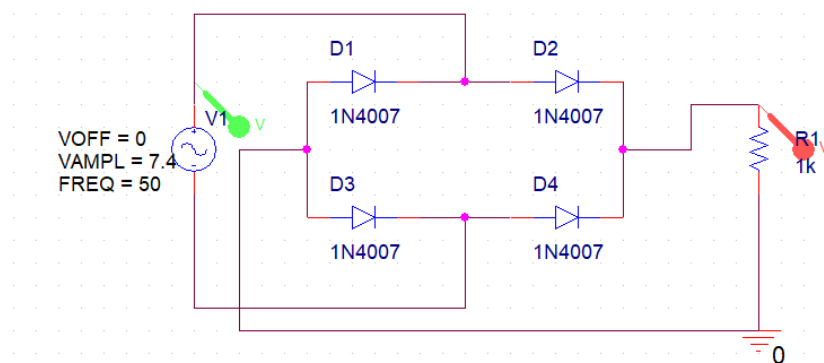
La gráfica resultante que obtenemos al medir en la entrada y salida es la siguiente:



#### 1.4 Rectificación de onda completa.

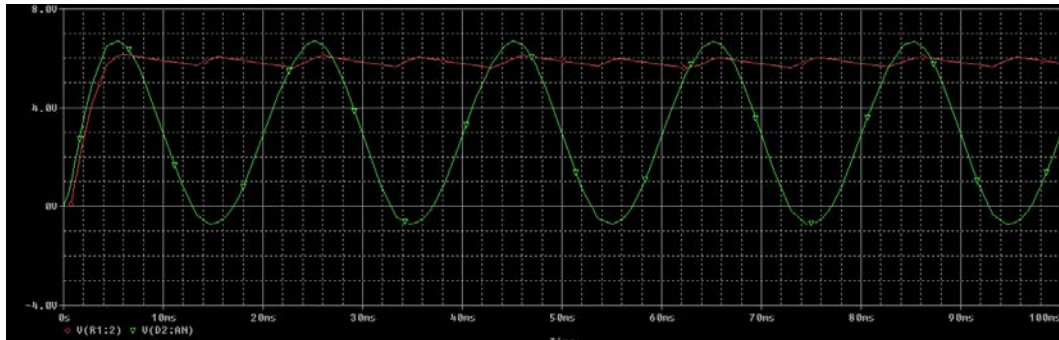
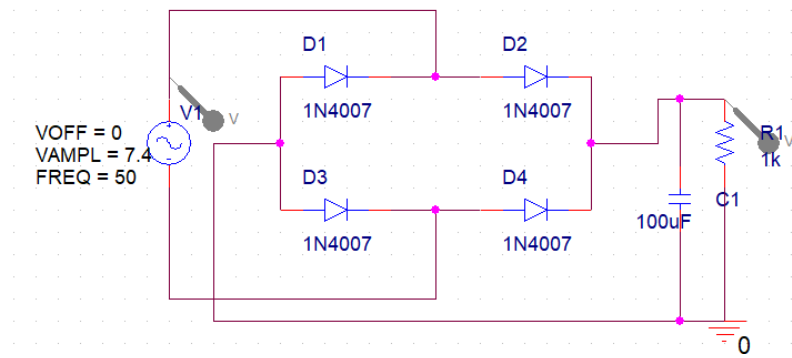
En este punto se realiza una rectificación de onda completa utilizando un puente de diodos.

Como en el laboratorio de prácticas no nos dio tiempo a realizar la siguiente parte, hemos decidido simularla en PSpice.



(Sin condensador)





(Con condensador)

El rizado observado en la rectificación de onda completa es aproximadamente la mitad que en la rectificación de media onda, ya que el periodo en el que se descarga y carga el condensador es la mitad que en el rectificador de media onda, y por esa razón, el rizado sale la mitad.

El rizado teórico para esta señal es:

$$\Delta V_0 = V_p \frac{1}{R_L \cdot f \cdot C} = 0,74V$$