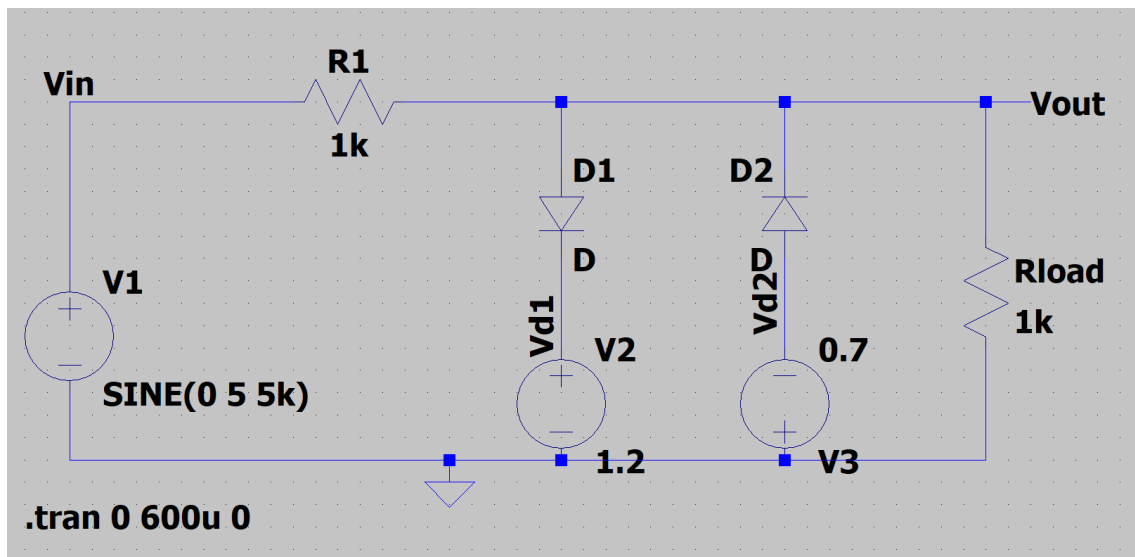


# Práctica 7: Rectificación mediante diodos

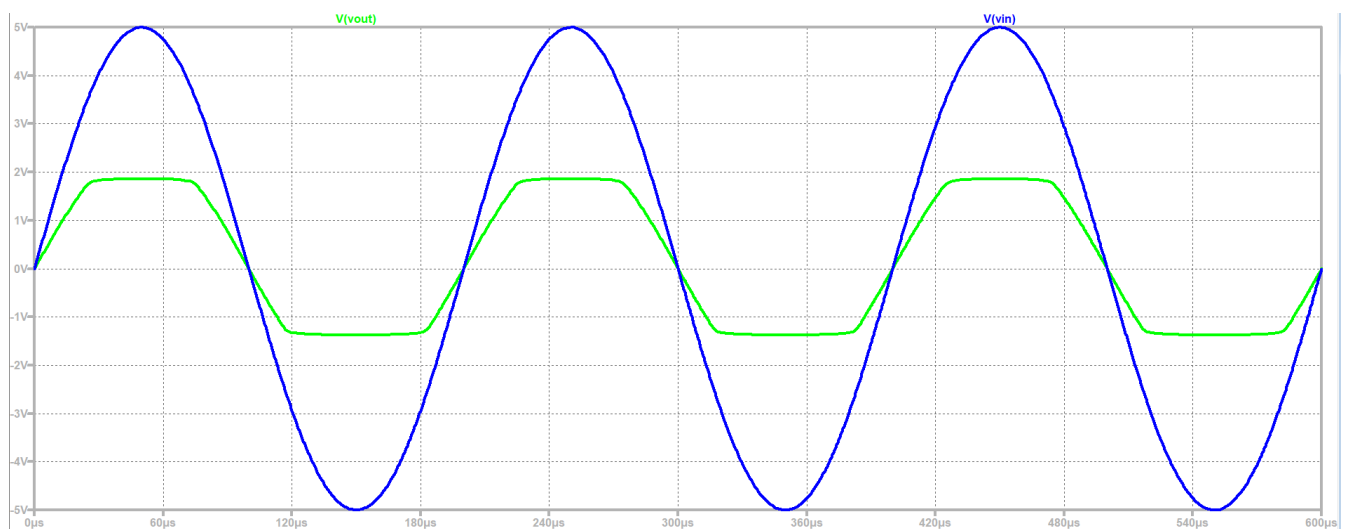
## TRABAJO PREVIO (Simulación LTSpice y cálculos teóricos)

Pablo Cuesta Sierra

a. Dibuje el circuito 1 con los valores de componentes mostrados en la figura. El circuito se conoce como circuito doble recortador o circuito limitador. Use diodos ideales D disponibles en la barra de herramientas de la aplicación LTSpice. Emplee una fuente de voltaje V1 que sea una señal sinusoidal de 5 voltios de amplitud y 5 KHz de frecuencia. Además, incluya dos fuentes de tensión continua en las ramas donde se encuentran los diodos para variar la tensión máxima y la tensión mínima que puede alcanzar el voltaje de salida de nuestro circuito Vout.



b. Fije las tensiones de V2 y V3 en 1.2 V y 0.7 V, respectivamente. Represente la tensión de salida y determine los valores máximo y mínimo con el fin de obtener, a partir de ellos, una estimación de las tensiones umbral  $V_\gamma$  de los diodos D. Asuma el modelo de tensión umbral para ambos diodos, modelo en el que el diodo se comporta como una fuente de tensión cuando conmuta de corte a conducción.



## Cálculos teóricos:

Caso (a)  $D_1, D_2$  corte  $\Rightarrow V_{out} = \frac{1}{2} V_{in} = \frac{R_1}{R_1 + R_{load}} V_{in}$

$$V_{D1} = V_{out} - V_2 = \frac{1}{2} V_{in} - V_2 < V_\gamma \Rightarrow V_1 < 2(V_2 + V_\gamma) = 3,8V$$

$$V_{D2} = -V_3 - V_{out} = -V_3 - \frac{1}{2} V_{in} < V_\gamma \Rightarrow V_1 > -2(V_3 + V_\gamma) = -2,8V$$

Caso (b)  $D_1$  corte,  $D_2$  conduce  $\Rightarrow V_{out} = -V_\gamma - V_3 = -1,4V$

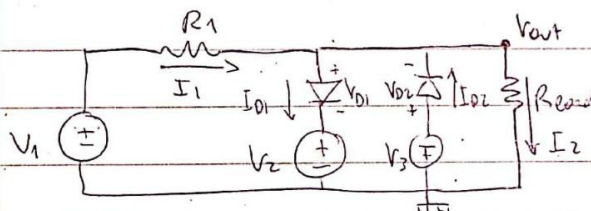
$$V_{D1} = V_{out} - V_2 < 0 < V_\gamma$$

$$I_{D2} = I_2 - I_1 = \frac{V_{out}}{R_{load}} - \left( \frac{V_{in} - V_{out}}{R_1} \right) = V_{out} \left( \frac{R_1 + R_{load}}{R_1 R_{load}} \right) - \frac{V_1}{R_1} > 0 \Rightarrow V_1 \leq 2(V_{out}) = -2(V_\gamma + V_3)$$

Caso (c)  $D_1$  conduce,  $D_2$  corte  $\Rightarrow V_{out} = V_2 + V_\gamma = 1,9V$

$$V_{D2} = -V_3 - V_{out} < 0 < V_\gamma$$

$$I_{D1} = I_1 - I_2 = \frac{V_1 - V_{out}}{R_1} - \frac{V_{out}}{R_2} > 0 \Rightarrow V_1 > V_{out} \cdot 2 = 2(V_2 + V_\gamma)$$



$$\leadsto V_{out} = \begin{cases} 1,9V & \text{si } V_1 > 2(V_2 + V_\gamma) \\ -1,4V & \text{si } V_1 \leq -2(V_3 + V_\gamma) \\ \frac{1}{2} V_1 & \text{si } V_1 \in [-2(V_3 + V_\gamma), 2(V_2 + V_\gamma)] \end{cases} \quad (*)$$

El caso en el que los dos conducen no se puede dar.

El máximo, teóricamente, debe ser de valor  $V_{max} = V_2 + V_\gamma$  (cuando solo  $D_1$  conduce, por lo que esta tensión umbral corresponde al  $D_1$ ), y el mínimo:  $V_{min} = -V_3 - V_\gamma$  (cuando solo  $D_2$  conduce, por lo que esta tensión umbral corresponde al  $D_2$ ). Los valores máximo y mínimo medidos en LTSpice son: 1,86V y -1,37V, respectivamente. Por tanto, podemos estimar la tensión umbral despejando de las expresiones anteriores:  $V_\gamma = V_{max} - V_2 = 1,86V - 1,2V = 0,66V$ ,  $V_\gamma = -V_3 - V_{min} = -0,7V + 1,37V = 0,67V$ .

Por tanto la tensión umbral de estos diodos (que debería ser igual en ambos) se encuentra entre 0,60V y 0,70V.

Medidas del valor mínimo y del máximo:

Cursor 1		
V(vout)		
Horz:	160.13072µs	Vert: -1.3729809V

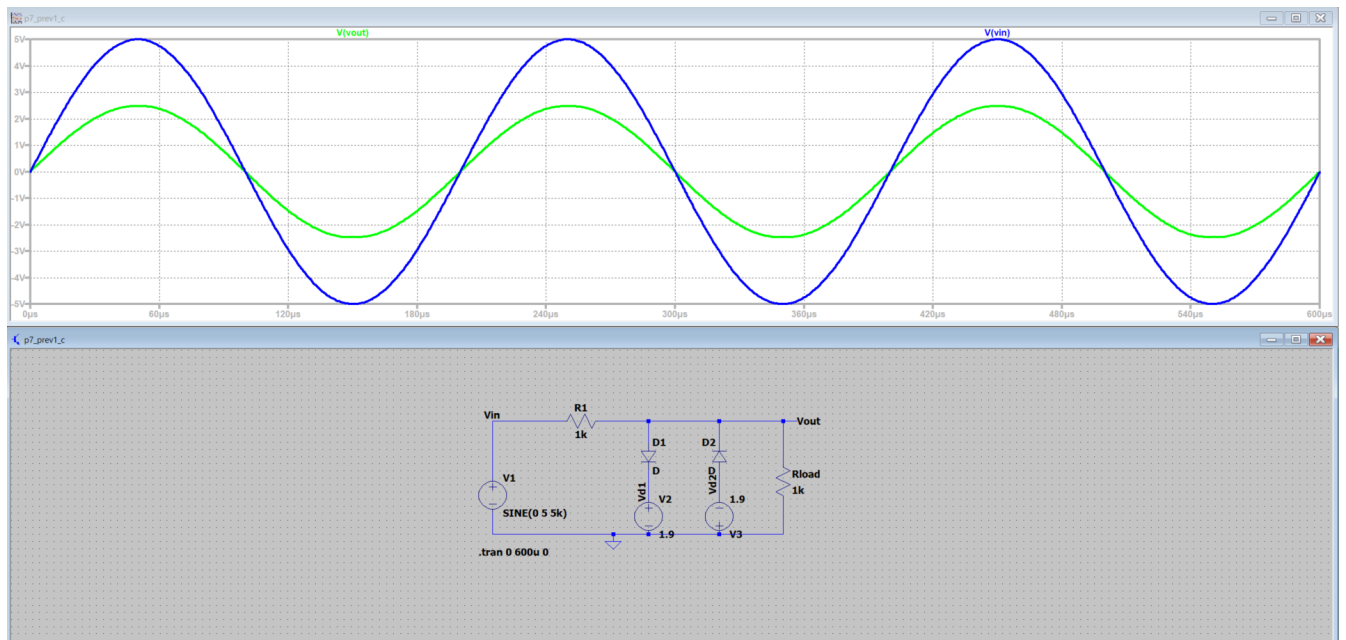
Cursor 1		
V(vout)		
Horz:	248.03922µs	Vert: 1.8612512V

c. Varíe los valores de V2 y V3 para determinar cuál es la amplitud de voltaje máxima que podríamos obtener a la salida del circuito. Justifique este valor teóricamente.

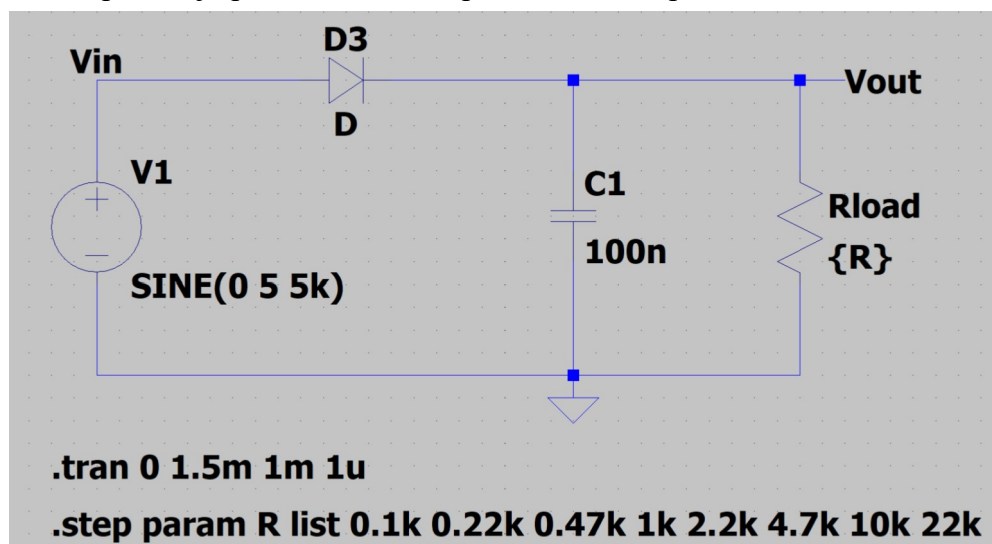
Justificación teórica:

c) Por (\*) (expresión de  $V_{out}$  según los valores de  $V_1$ )  
 La amplitud del voltaje máximo que se puede conseguir para  $V_{out}$  es  $\frac{1}{2} |V_1| = 2,5V$   
 que se obtiene cuando ningún condensador conduce, es decir:  
 $V_1 \in [-2(V_3 + V_R), 2(V_2 + V_R)]$   
 Basta tomar  $\left\{ \begin{array}{l} V_3 \geq 2,5V + V_R = 1,9V \\ V_2 \geq 2,5V - V_R = 1,9V \end{array} \right.$  (Porque hemos visto que  $V_R \approx 0,6V$ )

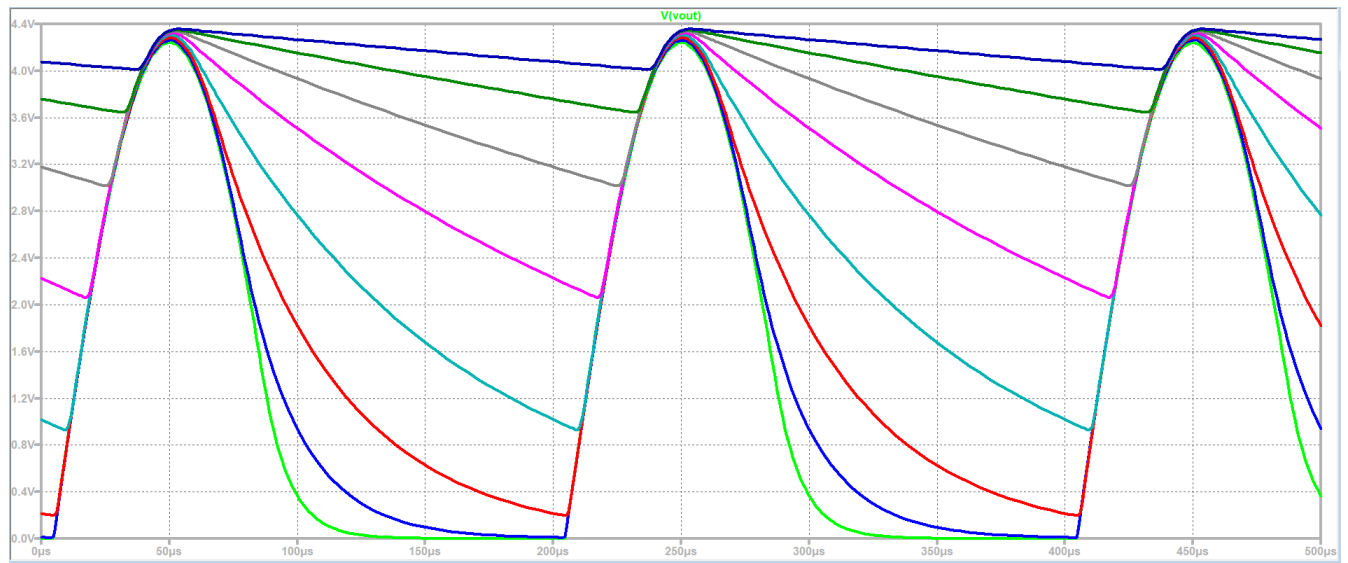
Simulación: (se puede ver que la onda que se obtiene en  $V_{out}$  es sinusoidal, de amplitud  $|V_1|/2$ , utilizando estos valores para V2 y V3)



d. Dibuje el circuito 2 con los valores de componentes mostrados en la figura. Utilice la misma fuente de tensión V1 que en el circuito 1. El circuito se conoce como circuito rectificador de media onda e incluye un filtrado paso bajo para reducir la amplitud de la componente alterna en  $V_{out}$ .



e. Represente en un mismo gráfico la señal  $V_{out}$  en función de tiempo para cada uno de los valores de la resistencia  $R_{load}$  de los que se dispone en el laboratorio (0.1, 0.22, 0.47, 1, 2.2, 4.7, 10 y 22  $k\Omega$ ). Anote los valores máximos y mínimos de la señal  $V_{out}$  para cada valor de  $R_{load}$ . Utilice un análisis paramétrico para ello, tal y cómo se describe en el tutorial de Ltspace.



Esta vez, en lugar de usar el cursor (ya que este solo seguía una de las trazas - para la resistencia de 0,1 $k\Omega$ ), he medido los máximos y los mínimos fijándome en las coordenadas del cursor que aparecen abajo a la derecha en LTSpice cuando se pasa el ratón por la gráfica (y ampliando la gráfica para ver con mayor facilidad los máximos y mínimos). Esta es la tabla de los valores:

R ( $k\Omega$ )	V <sub>mín.</sub> (V)	V <sub>máx.</sub> (V)	V <sub>rizado</sub> =(V <sub>máx</sub> -V <sub>mín</sub> )(V)
0,1	0	4,24	4,24
0,22	0	4,26	4,26
0,47	0,2	4,29	4,09
1	0,93	4,3	3,37
2,2	2,06	4,32	2,26
4,7	3,01	4,33	1,32
10	3,64	4,35	0,71
22	4,01	4,36	0,35