

1) SIMULACIÓN PREVIA

Trabajamos sobre el siguiente circuito(F1), del cual obtenemos la posterior gráfica(F3):

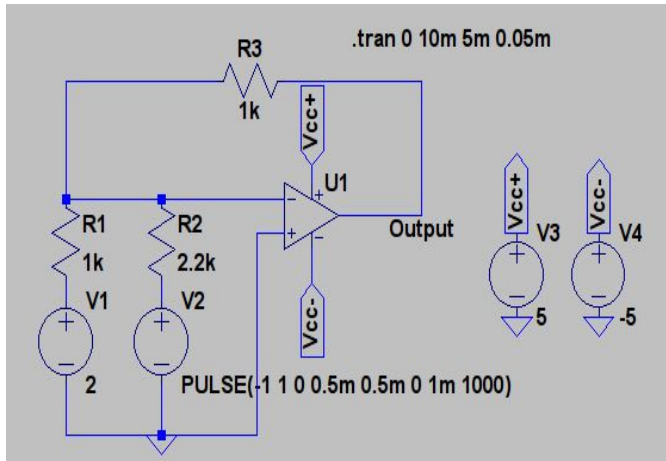


FIGURA 1

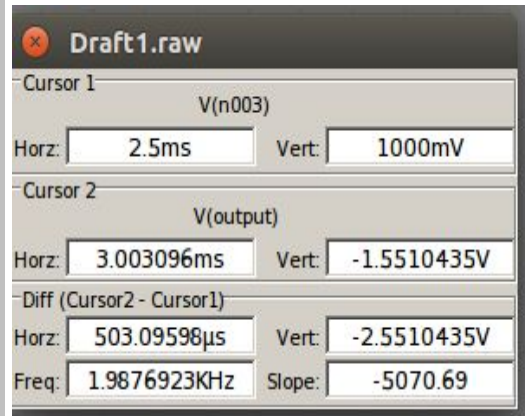


FIGURA 2

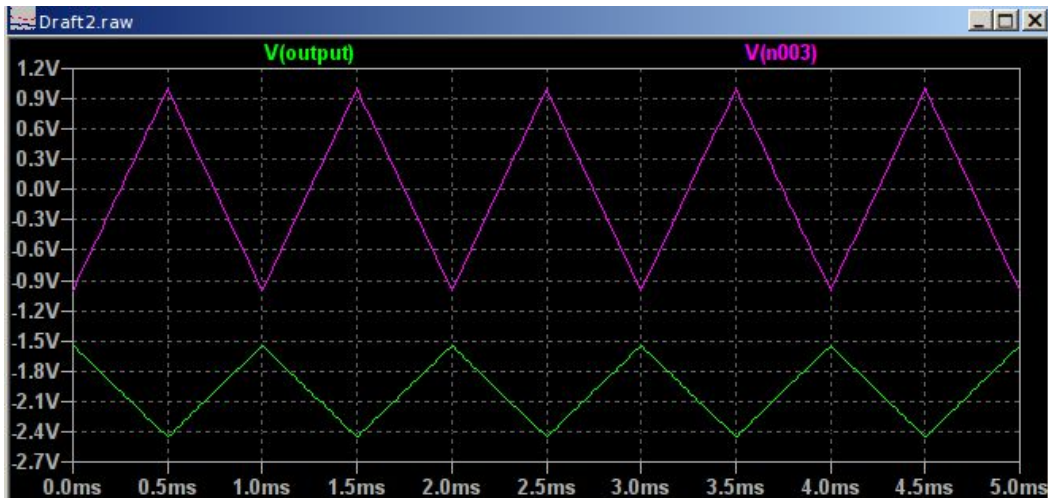


FIGURA 3

En la gráfica anterior, el trazado rosa corresponde a V2, es decir, la señal triangular que se genera en la fuente del mismo nombre. El trazado verde corresponde a la señal de salida.

- a) Colocando el cursor en los diferentes puntos de la línea verde (Voutput) obtenemos los siguientes valores para la tensión de salida:

Vmax (V)	Vmin (V)	Vm (V)
-1,56	-2,45	-2,005

- b) También con ayuda del cursor (FIGURA 2), medimos los siguientes desfases (en segundos), en la gráfica. El primer cursor se situaba sobre V2 y el segundo sobre Voutput: la diferencia de tiempo obtenida, de 503.1µs, corresponde en este caso a un desfase de 180.55°. Observando la gráfica es probable que el desfase real en segundos sea de 0.5 ms, que sería igual a 180°. Con los cursores no se ha podido ajustar más los valores presentes en la imagen anterior.

c)

Como estamos trabajando en régimen lineal, conocemos que $V_+ = V_-$, que en este caso es 0, y que $I_+ = I_- = 0$.

Si denotamos como I_3 a la corriente que pasa por R_3 , I_2 a la corriente que pasa por R_2 e I_1 a la corriente que pasa por R_1 , tenemos que

$$\begin{aligned} V_{out} &= -R_3 I_3 \\ &= -R_3 \cdot (I_1 + I_2) \\ &= -R_3 \cdot \left(\frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2} \right) \\ &= -1000 \cdot \left(\frac{2}{1000} - \frac{V_2}{2200} \right) \end{aligned}$$

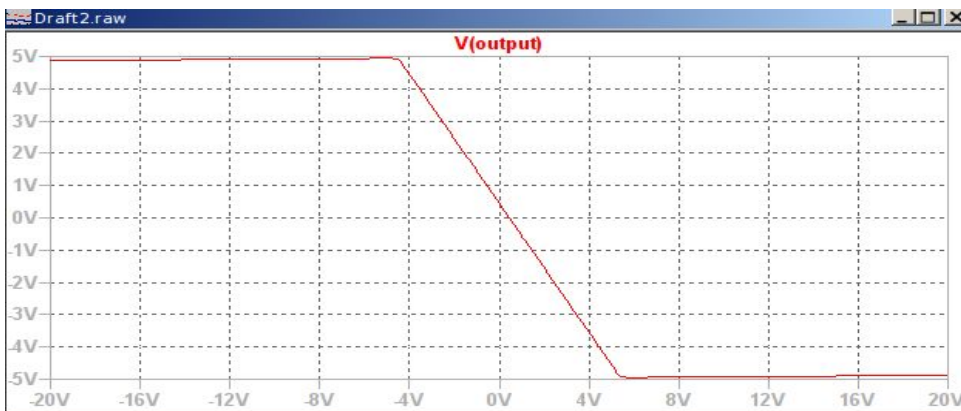
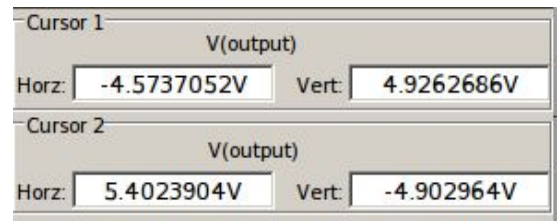
Para distintos valores que puede tomar V_2 , tenemos:

V_2 (V)	V_{out} (V)
1	-2.45
0	-2
-1	-1.54

Los valores teóricos apenas difieren de los que se extraen en la simulación. -2.45 V y -2.45 V respectivamente en el caso máximo y -1.54 y 1.56 en el caso mínimo .

d) Con un barrido de frecuencia continua donde V_1 toma valores entre -20V y 20V (comando **.dc V1 -20 20 0.1**) comprobamos a qué valores se satura el amplificador operacional. Colocando el cursor 1 al comienzo del tramo decreciente y el cursor 2 al final, obtenemos que el AO se satura con valores de V_1 menores a -4,57 V y mayores a 5.40V (Figura 4).

FIGURA 4



Esta es la gráfica que resulta de la simulación anterior y a partir de la cual se han extraído los datos presentes en la Figura 4.

FIGURA 5

2) EXPERIMENTAL

1. Primer circuito:

Tras realizar las conexiones indicadas en la salida de la fuente de alimentación para poder generar tensiones negativas y así alimentar el amplificador operacional al mismo tiempo que se utiliza como fuente de corriente continua, se procede con la toma de datos.

- a) Con el osciloscopio, obtenemos que V_{out} oscila entre los valores de -1.56V y -2.48V, con un valor promedio de -2.03V. Esto coincide con los valores teóricos (V_{out} oscila entre -1.54V y -2.45V) y tampoco difiere apenas de los valores de la simulación (-1.55V y -2.55V). Además, el desfase obtenido del montaje es de 180° , el mismo que el obtenido en la simulación de LTSpice.

Vmax (V)	Vmin (V)	Vm (V)	Desfase(s)	Desfase($^\circ$)
-1.56	-2.48	-2.03	0,0005	180

- b) La señal V_+ está conectada a GND, por lo cual su valor es conocido: 0 V. Según el principio de cortocircuito virtual, $V_- = V_+$ por lo que V_- debería ser 0. Como se muestra en la siguiente tabla, los valores entre los que oscila V_+ son muy cercanos a 0 y de hecho su valor medio es de decenas de micro voltios (prácticamente nulo): por tanto, el principio se cumple casi con total precisión.

V-max (V)	V-min (V)	V-m (V)
0,00144	-0,00152	0,000045

- c) Hacemos oscilar V_1 entre los valores de -5V y 5V, y observamos que la señal empieza a saturarse (gráficamente, vemos que comienzan a “achatarse” los picos de la gráfica dibujada por el osciloscopio) para valores de V_1 inferiores a -3.6V y superiores a 2.4V. Cabe destacar que para generar un voltaje variable negativo fue necesario volver a modificar las conexiones de la fuente de alimentación.
- d) Las tensiones de saturación las medimos comprobando a qué valores de V_1 la gráfica de V_{out} dibujada por el osciloscopio es prácticamente indistinguible a simple vista de una línea recta. Esto se da para los valores de V_1 inferiores a -4.6V y superiores a 3.4V. El valor inferior coincide con el que comprobamos en la simulación (-4.57V). Sin embargo, el valor superior que hemos medido es considerablemente inferior al que obtuvimos en la simulación (5.40V).

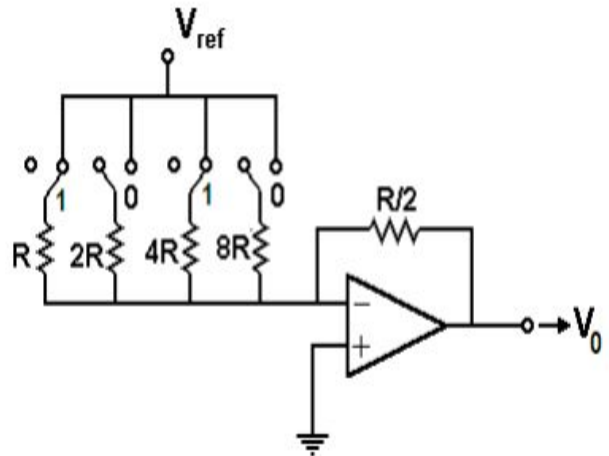
La siguiente tabla ilustra los resultados de los apartados c) y d), siendo V el voltaje máximo y mínimo de salida que puede tomar la señal de AC sin que se comience a saturar y siendo $V_{saturacion}$ los valores máximo y mínimo donde la señal de salida ya ha sido saturada por completo (línea recta).

	V (V)	$V_{saturacion}$ (V)
Mínimo	-3,6	-4,6
Máximo	2,4	3,4

2. Convertidor Digital-Analógico de 4 bits.

El circuito sobre el que se va a trabajar es similar al siguiente. Sin embargo, como no se disponía de resistencias con relaciones entre sí como las de la imagen, se han utilizado las siguientes, cuyos valores se aproximan bastante:

Valor en la imagen	R utilizada (Ω)
R/2	470
R	1000
2R	2200
4R	4700
8R	10000



Tomando -1V como V_{ref} , los valores de V_o obtenidos son los presentes en la columna $V_{teorico}$ de la siguiente tabla. Por otro lado, en la tercera columna se muestran los valores teóricos calculados para cada combinación.

*Cálculos Teóricos:

Sabemos que la intensidad que pasa por cada resistencia es de $I_k = \frac{V_- - V_{ref}}{R_k}$ A si está conectada o 0 A si no lo está. (Todas se definen en sentido ascendente según el dibujo adjunto)

Por el Principio de Cortocircuito Virtual sabemos además que $V_- = V_+ = 0$, lo que simplifica la fórmula anterior.

Si llamamos I_T a la intensidad que pasa por la resistencia de 470 Ohmios, sabemos que:

$$I_T = \sum_{k=1}^4 I_k$$

Entonces, como:

$$V_o = V_- + I_T \cdot 470 = I_T \cdot 470$$

Podemos calcular los valores teóricos de V_o para cada combinación. (Columna $V_{teorico}$).

Codigo Binario	V_o (mV)	$V_{teorico}$ (mV)
0 0 0 0	12,6	0
0 0 0 1	55	47
0 0 1 0	106	100
0 0 1 1	150	147
0 1 0 0	211	214
0 1 0 1	265	261
0 1 1 0	321,5	314
0 1 1 1	361,4	361
1 0 0 0	480,4	470
1 0 0 1	525	517
1 0 1 0	574	570
1 0 1 1	622	617
1 1 0 0	681	684
1 1 0 1	724,6	730
1 1 1 0	783	784
1 1 1 1	837,4	831

*Conclusión:

Comprobando los valores medidos con los teóricos, vemos que la medida que se ha tomado con ninguna resistencia conectada es considerablemente superior al valor esperado (0V), esto puede ser

debido a una confusión con el ruido interno del sistema. Por otro lado, excluyendo ese valor, los valores tomados son muy próximos a los esperados. Como el valor real las resistencias utilizadas puede variar ligeramente con respecto al nominal, es normal que haya pequeñas variaciones en el resultado pero en general se trata de datos considerablemente precisos.