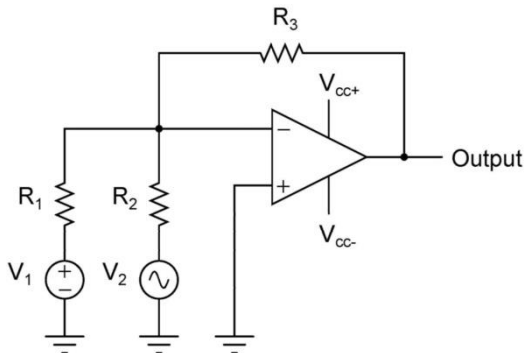
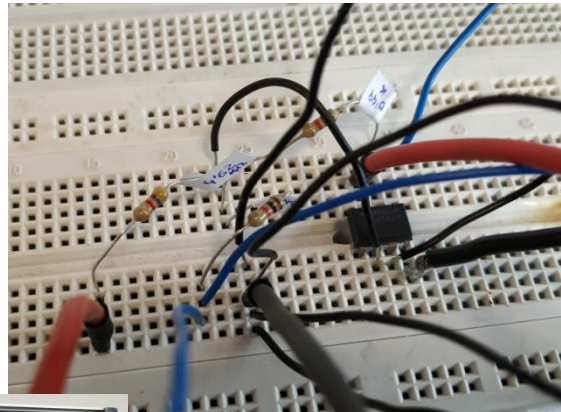


## Memoria. Sesión 6: Sumador de señales y conversor Digital-Analógico.

Para empezar, conectaremos el terminal negativo de S1 con el terminal positivo de S2 y este con el terminal negativo de la salida con tensión fija de 5 V en la fuente. Al hacerlo los tres terminales se encuentran al mismo voltaje. Con S1 generaremos una señal de 2V y con S2 una señal de 5V. De este modo la salida + de S1 proporciona 2V, la salida - de S2 proporciona -5V, la salida + de la fuente fija proporciona +5V y la salida - de la fuente fija proporciona la tierra del circuito. Una vez hecho esto, montaremos el circuito, con  $R_1 = 4.7k\Omega$ ,  $R_2 = 1k\Omega$  y  $R_3 = 1k\Omega$ .

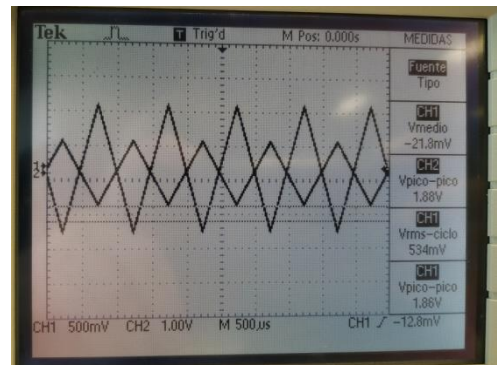


Circuito 1



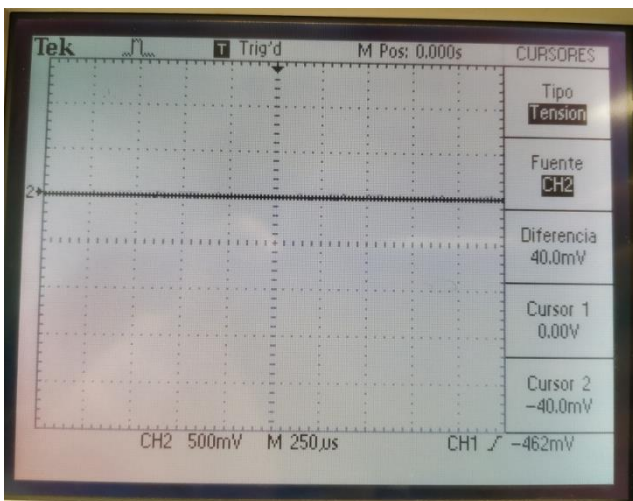
La onda triangular de entrada será generada usando el generador de funciones. Fijamos una frecuencia de 1 kHz, una amplitud de 1 V, un ciclo de trabajo del 50% y un "DC offset" nulo. Medimos la señal de salida ( $V_{out}$ ) y la señal  $V_2$  usando los canales CH1 y CH2 del osciloscopio. Medimos los valores de tensión mínimo, máximo y promedio de la señal de salida y de la señal  $V_2$ . Medimos también la señal de voltaje en la entrada inversora del amplificador operacional con el osciloscopio para comprobar la validez del Principio de Cortocircuito Virtual ( $V_+ = V_-$ ). Estos son los valores obtenidos:

$V_{out}$ :	$V_{min} = -1.40V$	$V_{max} = 460mV$
	$V_{medio} = -540mV$	
$V_2$ :	$V_{min} = -940mV$	$V_{max} = 980mV$
	$V_{medio} = -47.8mV$	



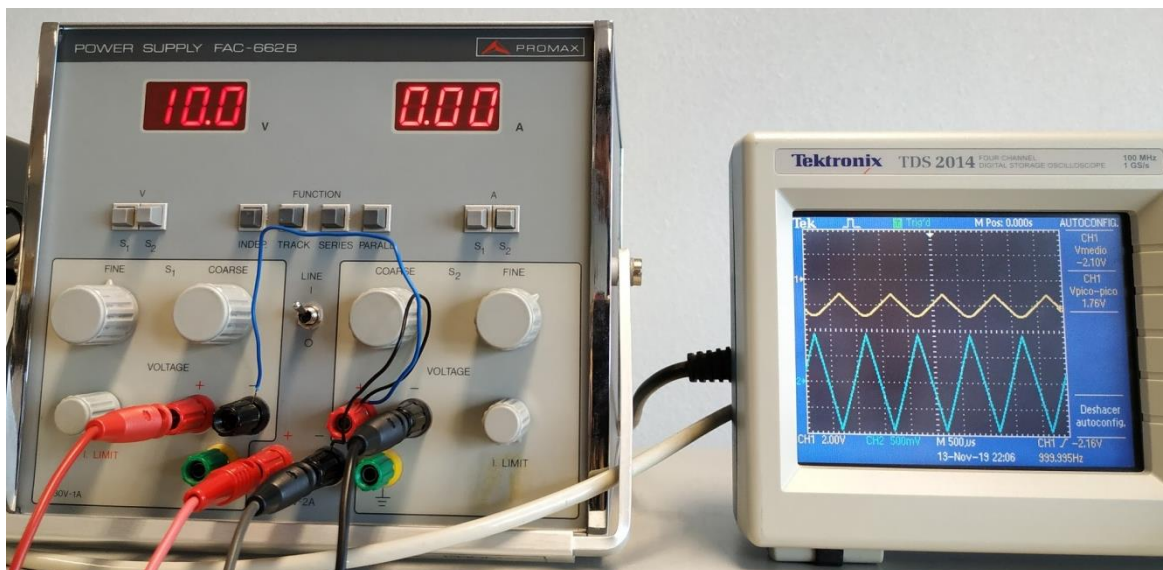
Los valores fueron obtenidos usando el menú measure del osciloscopio y los cursores. Comparamos con la teoría, y

vemos que los valores se aproximan a los obtenidos ( $V_{outmax} = 0.549V$ ,  $V_{outmin} = -1.408V$ ,  $V_{outmedio} = -0.429V$ ), aunque no son exactamente los mismos valores. La diferencia se debe principalmente a la diferencia entre el valor real y el nominal de las resistencias, ya que el cálculo teórico previo fue realizado con los valores nominales, que no coinciden con los reales; y a que el amplificador operacional usado no es ideal, cosa que suponemos en los cálculos teóricos. También existe una pequeña desviación debida al error humano en las medidas, ya que el máximo y el mínimo fueron medidos con los cursores y la precisión de medida con estos no es absoluta, y en los valores del voltaje medio ya que el menú measure puede oscilar entre varios valores sin llegar a fijarse en un resultado final exacto. Otro factor que puede afectar a la toma de resultados es el ruido añadido a la señal en la pantalla del osciloscopio, que aunque puede reducirse, muchas veces provoca que no se distinga con precisión el punto donde fijar los cursores.



Comprobamos la validez del principio de cortocircuito virtual, por el que, cuando hay retroalimentación negativa en el amplificador operacional, el voltaje en la entrada inversora y en la no inversora es igual. Aquí podemos ver que, aunque no sale exactamente igual, la diferencia es mínima, de 40mV, que pueden ser debidos a que el amplificador operacional no es ideal y un error de precisión del menú measure del osciloscopio, que no es exacto debido al ruido de la señal.

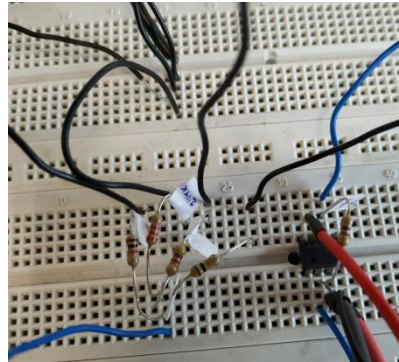
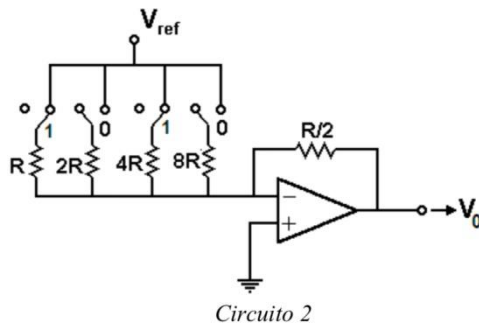
Ahora determinaremos experimentalmente los valores máximo y mínimo de  $V_1$  que podemos añadir a la señal  $V_2$  sin que sature el AO. Para determinar el valor mínimo, cambiaremos las conexiones hechas en la fuente para poder obtener valores  $V_1$  negativos.



Sabemos que el AO se satura cuando el pico de la señal triangular empieza a tener forma redondeada en vez de ser un pico. Como podemos ver en la imagen, el AO se satura para un valor

de  $V_1$  igual a 10V. La saturación negativa (cambiando la conexión de positivo a negativo para producir voltajes negativos) ocurre para un valor de  $V_1$  igual a -14.7 V.

A continuación, construiremos en el panel de la entrenadora el circuito 2, que funcionará como un



Convertidor Digital-Analógico de 4 bits.

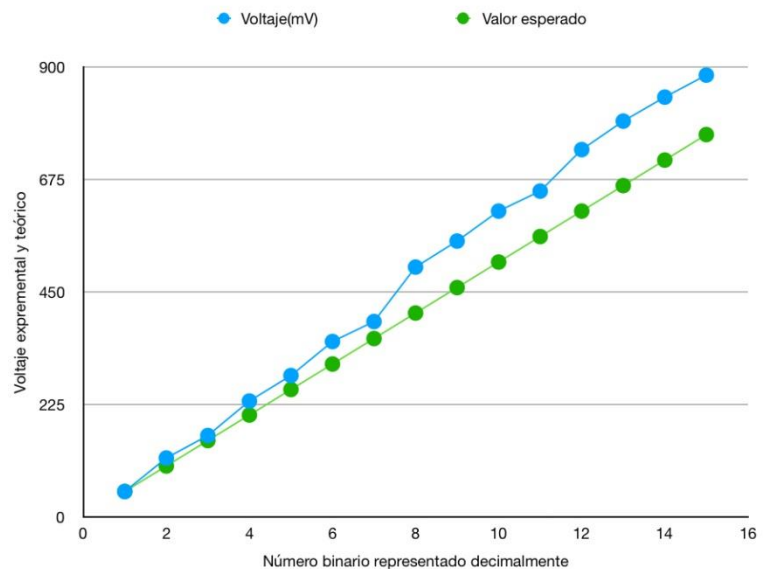
La cifra más significativa está representada por el conmutador conectado a la resistencia  $R$ , mientras que la menos significativa está representada por el conmutador conectado a la resistencia  $8R$ . Para representar los bits conectaremos la resistencia a la tensión  $V$  para añadir una corriente adicional cuando el bit sea '1', y cuando el bit sea '0', dejaremos el circuito abierto sin conectar a tierra.

Vamos a usar la resistencia de 1 K $\Omega$  como  $R$  y las resistencias de 2.2 k $\Omega$ , 4.7 k $\Omega$ , 10 k $\Omega$  y 470  $\Omega$ , como  $2R$ ,  $4R$ ,  $8R$  y  $R/2$  respectivamente.

Ahora reproduciremos los números binarios entre 0000 y 1111 con un paso de 1 bit usando los

Tabla 1

Número binario	Número decimal	Voltaje(mV)	Valor esperado
0b0000			
0b0001	1	51	51
0b0010	2	118	102
0b0011	3	163	153
0b0100	4	232	204
0b0101	5	283	255
0b0110	6	351	306
0b0111	7	391	357
0b1000	8	500	408
0b1001	9	552	459
0b1010	10	612	510
0b1011	11	652	561
0b1100	12	735	612
0b1101	13	792	663
0b1110	14	840	714
0b1111	15	884	765



conmutadores y mediremos los valores de tensión en la salida del circuito.

Como podemos observar, obtenemos una recta a la salida, que era el resultado esperado, ya que para 0010 (2) el resultado debe ser aproximadamente el doble del obtenido para 0001 (1), para 0011

(3) debe ser el triple, y así sucesivamente. Podemos observar que la gráfica obtenida experimentalmente se acerca bastante a la teórica, sobre todo al principio, y se empieza a distanciar a partir del 8. Esto se debe a que para representar el 8 la secuencia es 1000, lo que significa que únicamente usamos la resistencia de  $8R$ . Para representar esta resistencia en la práctica hemos usado una de  $10k\Omega$  en lugar de  $8k\Omega$ , y es esta diferencia la que provoca ese primer salto que podemos ver en la gráfica. Dado que para todas las siguientes secuencias esta resistencia estará conectada, los valores obtenidos se alejarán de los teóricos a partir de aquí. El siguiente salto más importante se produce en el 12, que aquí están conectadas la resistencia de  $10k\Omega$ , y la que debería ser de  $4k\Omega$  y en realidad es de  $4.7k\Omega$ , ya que este valor también se aleja bastante del teórico. Como a partir del 12 esta resistencia estará siempre conectada, la gráfica se seguirá alejando más de la teórica.