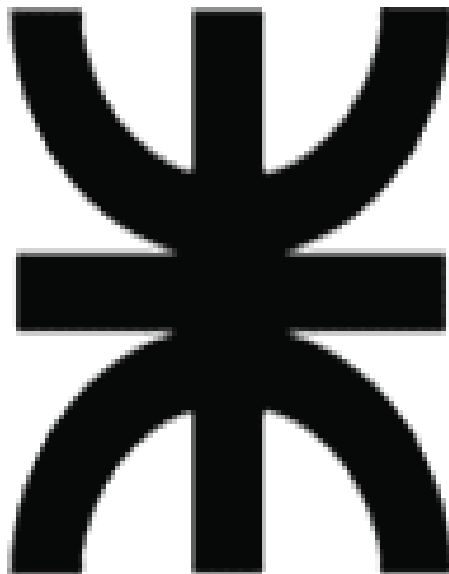


Trabajo Práctico N° 2

Amplificadores operacionales



Integrantes:

Acha Nahuel	64298
Belluzzo, Santiago	65624
Cuello Ignacio	56057
Gilardi Nicolas	51897
Silva, Javier	63882

Curso : 4R2

Año : 2016

Cátedra : Electrónica Aplicada II

Profesores : Ing. Carlos Olmos

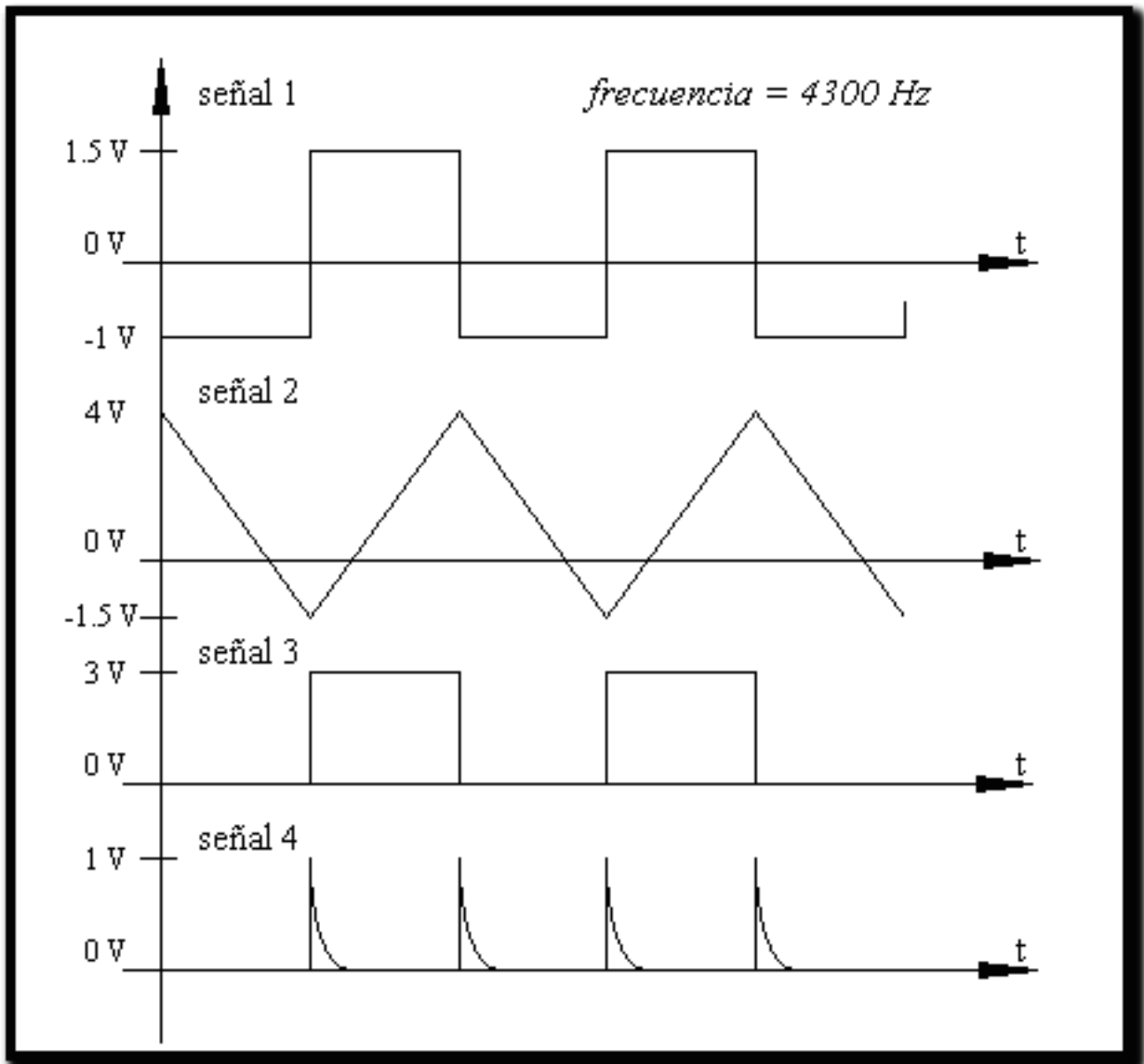


OBJETIVO

El objetivo de este trabajo práctico es obtener distintas formas de señales con distintas amplitudes y niveles de tensión a una determinada frecuencia mediante las configuraciones aprendidas de los amplificadores operacionales como se observa en la figura

Las condiciones necesarias para el diseño son las siguientes:

- Tener especial cuidado en la ubicación de los offset de cada señal
- Diseñar el circuito con una impedancia de entrada de $15\text{K}\Omega$
- La frecuencia de operación debe ser de $4,3\text{ KHz}$





PRIMERA ETAPA

En esta primera etapa se desea obtener una señal cuadrada con una amplitud de $2,5[V_{pp}]$ y un offset de 1V por debajo del cero y se le debe agregar la condición de que la impedancia de entrada sea de $15K\Omega$. Para ello se realiza la configuración de buffer, la cual tendrá una ganancia unitaria. Luego seguirá un restador el cual establecerá el nivel de la señal requerida.

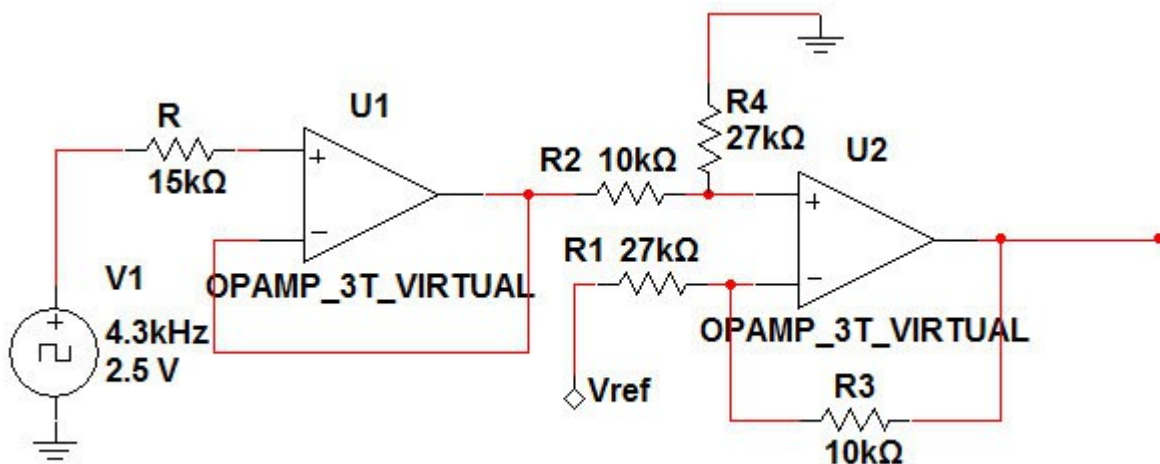
La ecuación del restador:

$$V_o = V_2 \frac{R_3}{R_2} - V_{ref} \frac{R_3}{R_1}$$

Tomando como el valor de referencia igual a 2,7 V y el paralelo de $R_3//R_1 = R_2//R_4$, entonces se ajustará en el valor de R_3 y R_2 igual a 10 K, luego la salida V_o que se necesita es de 1,5 V. Se obtiene R_1 en la siguiente ecuación

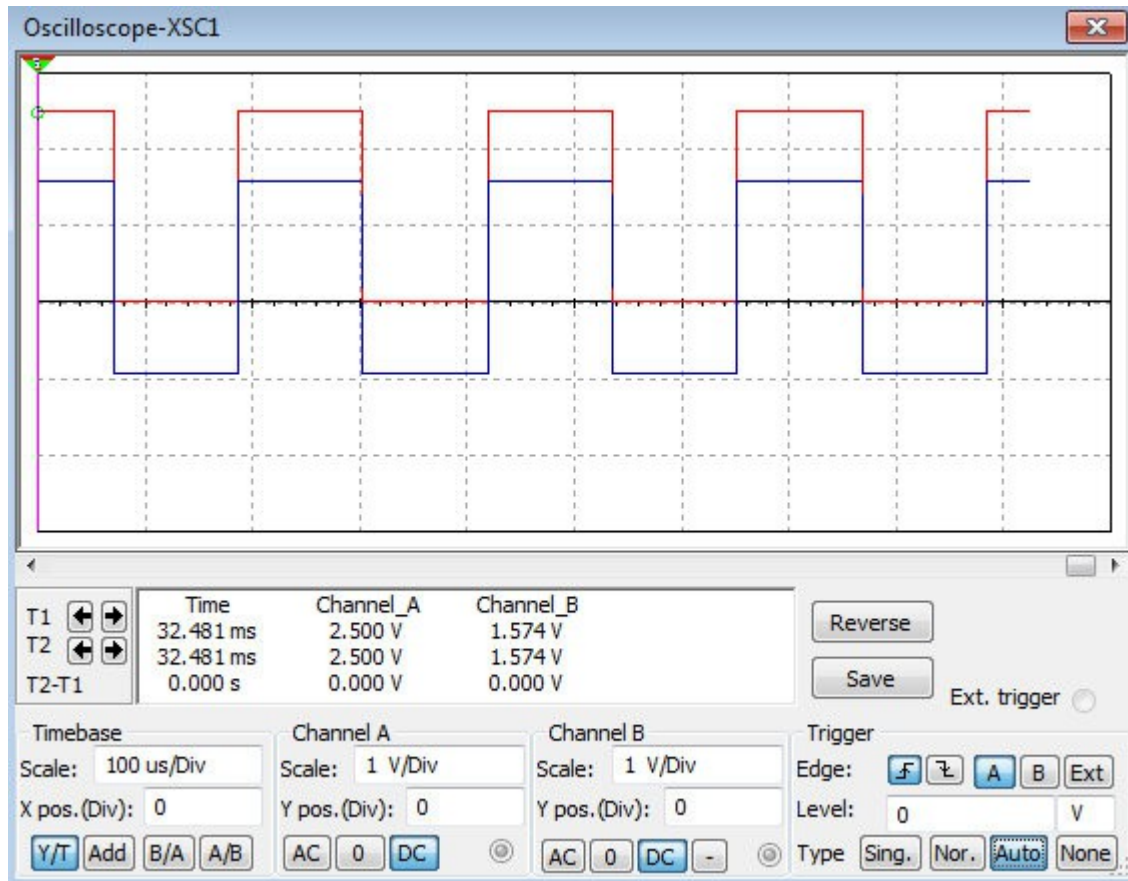
$$R_1 = \frac{V_1(R_3)}{V_{ref}(\frac{R_3}{R_2}) - V_o} \quad R_1 = \frac{2,7V(10K\Omega)}{2,5V(\frac{10K\Omega}{10K\Omega}) - 1,5V} = 27K\Omega$$

Por lo tanto el diseño en la primera etapa queda conformado como se muestra en la figura siguiente





La salida del circuito se observa desde una simulación donde se diferencia la señal de entrada en rojo y la señal de salida en azul:



SEGUNDA ETAPA

La señal que se desea en esta etapa es una onda triangular de amplitud d 5,5 [Vpp] y un valor de desplazamiento de 1,5 V por debajo del cero.

Para obtener dicha señal se construye un circuito integrador en una primera etapa y luego por medio de una segunda etapa se corrige el nivel de tensión de continua.

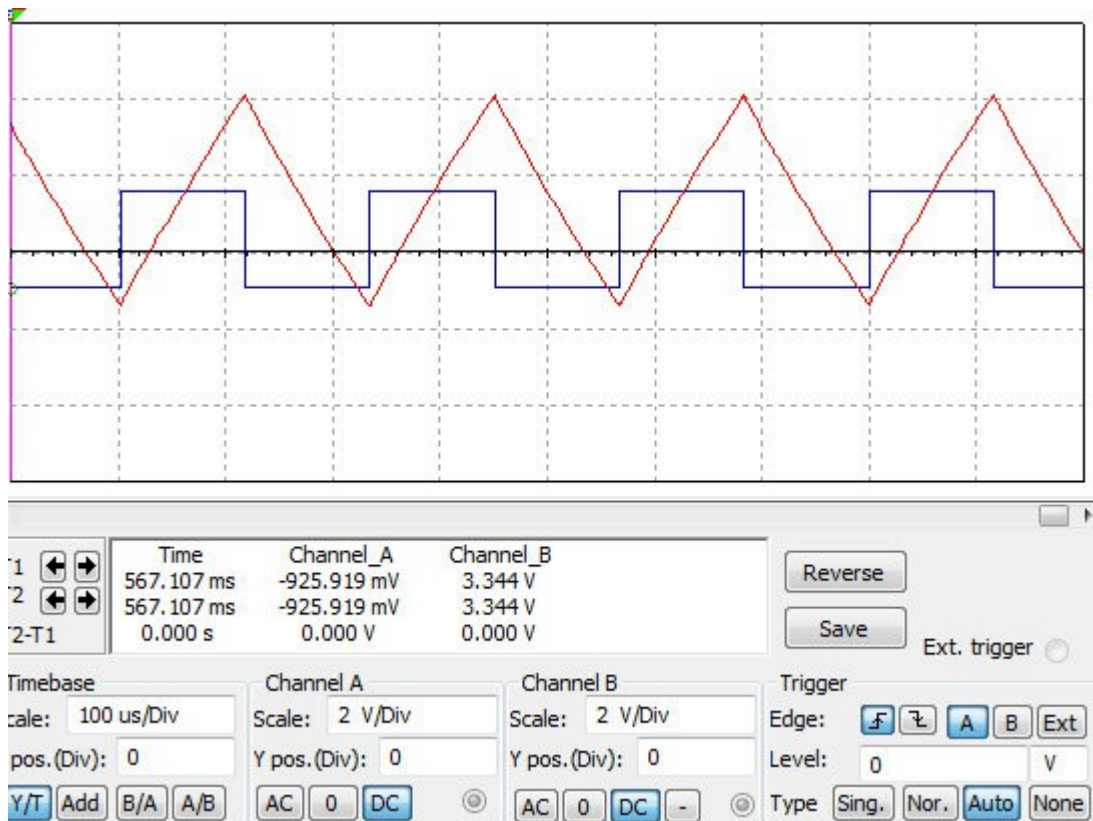
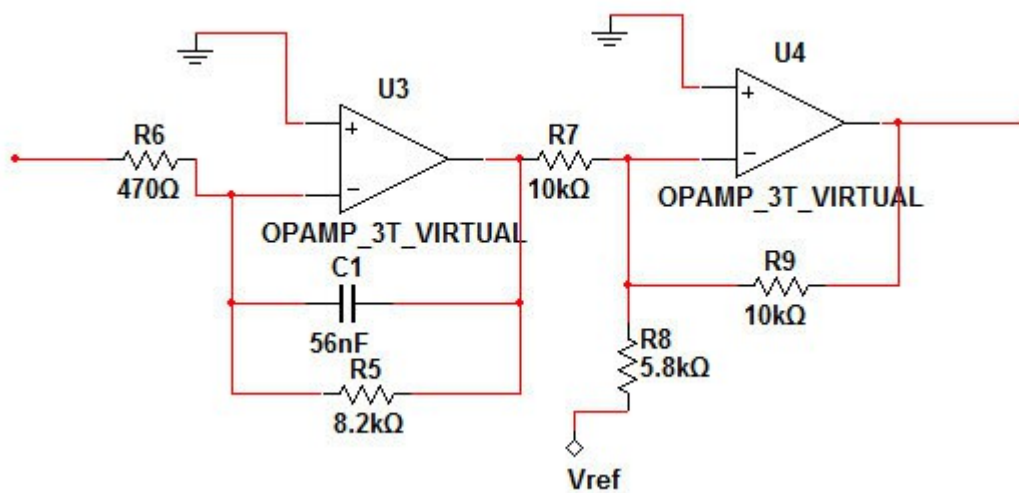
De acuerdo a las ecuaciones del integrador se calculó el valor de las resistencias fijando la capacidad arbitrariamente en 56 nF.

$$R5 \geq \frac{10}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$\frac{Vs1}{T} = - \frac{Vs2}{R6 \cdot C} \Rightarrow R6 = - \frac{Vs1}{f \cdot Vs2 \cdot C}$$



La simulación y el circuito de esta segunda etapa se muestra en las siguientes figuras





TERCERA ETAPA

La señal en esta etapa es nuevamente rectangular con una amplitud pico a pico de 3 V y un nivel de corrimiento cero.

Para lograr esta señal se implementa un circuito derivador y luego usar un sumador diferencial para disminuir la amplitud y establecer el nuevo desplazamiento.

Conociendo que la frecuencia de la señal a derivar es de $f=4,3$ KHz y que su tensión pico a pico es de $V_{s2}= 5,5V$ y además la tensión de salida es de $V_{s3}= 3V$. Se calculará los capacitores y resistencias del circuito de acuerdo a las ecuaciones que modelizan el sistema.

$$f_{\max} = 10 \cdot f \Rightarrow f_{\max} = 43KHz$$

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{10} C_2}$$

Eligiendo C_2 igual a 500 pF

$$R_{10} = \frac{1}{2\pi \cdot C_2 f_{\max}} = 7,5K\Omega$$

$$R_{11} = \frac{V_{s3}}{V_{s2} C_2 f_c}$$

$$f_c = f + 20KHz$$

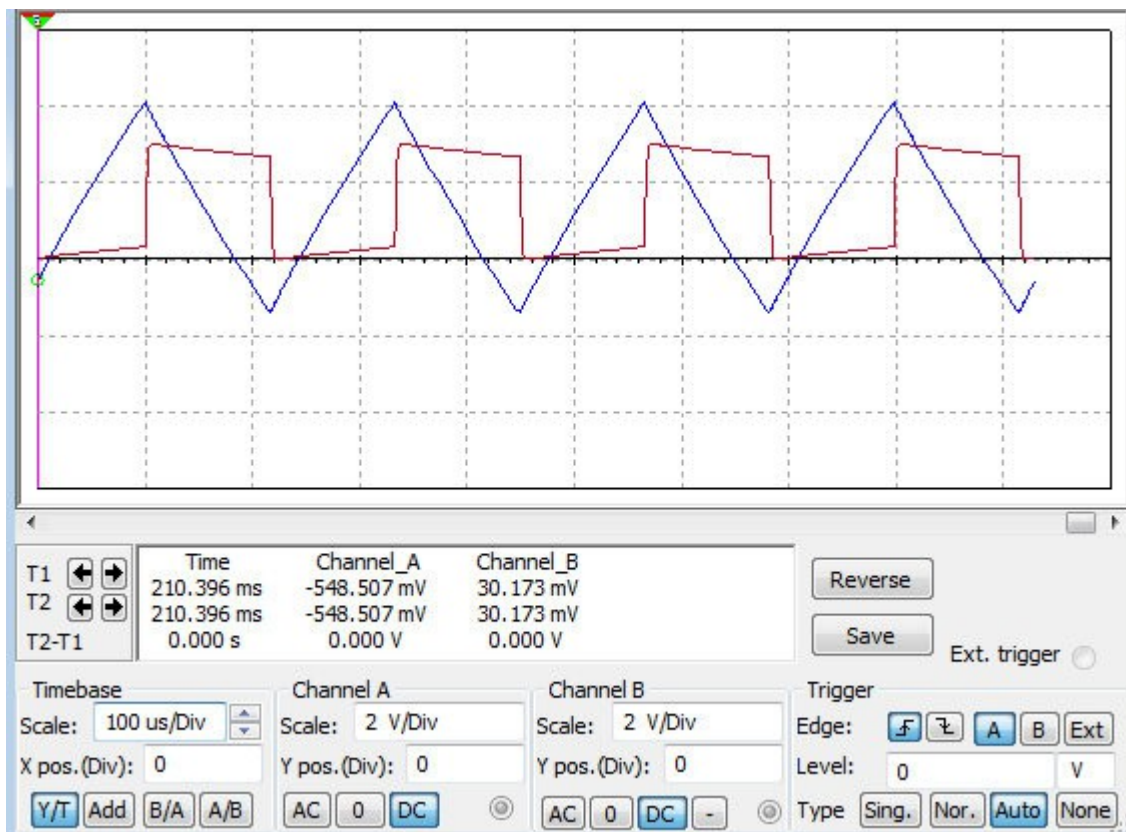
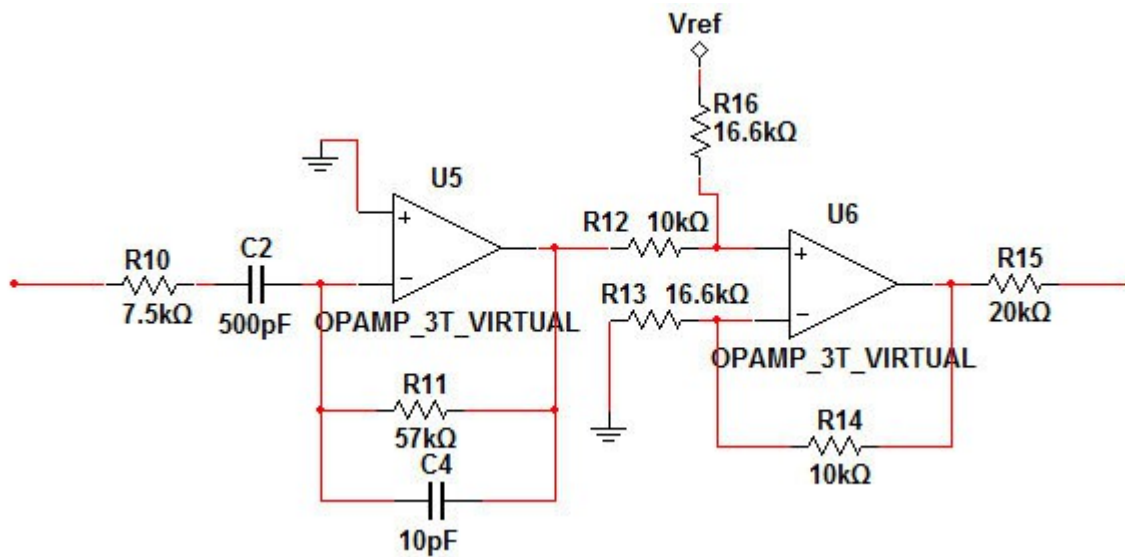
Con $R_{11} = 57 K\Omega$

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot R_{11} \cdot C_3} \Rightarrow C_3 = \frac{1}{2\pi \cdot R_{11} \cdot f_c} = 10pF$$

Teniendo los elementos para diseñar el derivador, se procede al diseño del sumador diferencial, el cual es necesario por el motivo de que el nivel que se necesita desplazará la señal hacia arriba. Al tener $R_{12}=R_{14}$ Y $R_{13}=R_{16}$ la ecuación se reduce en lo siguiente.

$$V_{s3}' = \frac{R_{13}}{R_{12}} (V_1 - V_2)$$

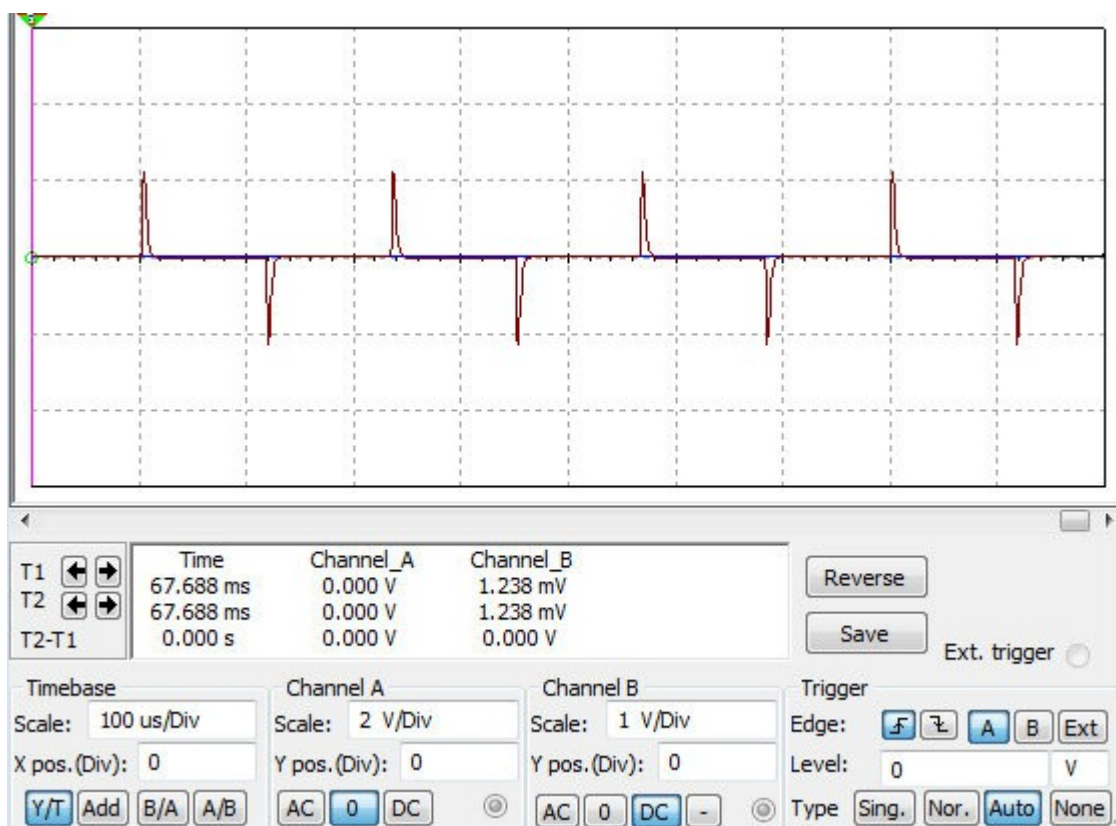
Se muestra el circuito y la simulación:





CUARTA ETAPA

La última etapa consiste en obtener impulsos positivos en cada flanco de la señal cuadrada con una amplitud de 1v. Para lograr esta señal se debe derivar la etapa anterior, donde se obtendrán impulsos positivos para los flancos en subida e impulsos negativos para flancos descendentes, como se observa en la la figura a continuación, por lo tanto se utiliza un rectificador de onda completa para obtener sólo impulsos positivos.





The screenshot shows a digital oscilloscope interface. The main display area shows a square wave signal on Channel A. The signal is periodic with a period of approximately 100 ns. The oscilloscope settings are as follows:

- Timebase:** Scale: 100 ns/Div, X pos. (Div): 0
- Channel A:** Scale: 1 V/Div, Y pos. (Div): 0
- Channel B:** Scale: 1 V/Div, Y pos. (Div): 0
- Trigger:** Edge: Falling, Level: 0 V, Type: Single

The waveform is displayed on a grid with 10 divisions horizontally and 5 divisions vertically. The signal is a square wave with a period of approximately 100 ns.



Características de los A.O

Slew Rate

Se define para señales fuertes y es la velocidad de cambio del voltaje de salida con respecto a las variaciones en el voltaje de entrada y representa la incapacidad de un amplificador para seguir variaciones rápidas de la señal de entrada. De esta forma, el slew rate limita la velocidad de funcionamiento, es decir la frecuencia máxima a la que puede funcionar el amplificador para una señal fuerte de salida. Se suele expresar en [V/ms]. Para medir el slew rate se debe armar un circuito seguidor de tensión y poner una señal cuadrada a la entrada del amplificador con una frecuencia fija (por ejemplo 1 [KHz]) y cuya amplitud no sature al amplificador. Luego con un osciloscopio se mide en la salida la pendiente de subida de la onda, es decir, la tensión que sube dividido el tiempo que tarda en hacerlo, esa relación nos da el slew rate.

Rise Time (Tiempo de crecimiento)

Se define como el tiempo que tarda la salida en variar desde el 10% hasta el 90% de su valor máximo para ganancia unitaria y señal débil. Este valor es útil para determinar la limitación de frecuencia superior del amplificador a diseñar.

El tiempo de crecimiento se mide forma similar al slew rate, se utiliza el mismo circuito y se aplica una señal cuadrada débil a la entrada. Luego se mide el tiempo que tarda la señal en crecer desde el 10% hasta el 90% de su valor máximo y por lo tanto se expresa en microsegundos [μ s].

RRMC (Relación de Rechazo de Modo Común)

La señal de modo común es normalmente ruido que se introduce en la línea de entrada entre el excitador y el amplificador. Esta señal se introduce siempre con la misma fase en las dos entradas respecto de masa. Lo ideal en esta etapa es que solo amplifique la señal diferencial V_d , pero en la práctica también se amplifica la V_{mc} . La relación de rechazo de modo común se define como la relación entre la ganancia de modo diferencial y la ganancia de modo común.

$$RRMC = A_d/A_{mc}$$

Mientras más grande sea esta relación, más despreciable será la señal de modo común, y por lo tanto, la señal de salida tendrá menor influencia del ruido.

El fabricante normalmente da el valor de esta relación en decibeles

$$RRMC = 20 \log\left(\frac{A_d}{A_{mc}}\right) [dB]$$



Tensión Compensadora de Entrada (Vos) ó Tensión de Offset

La tensión de offset es provocada por la desigualdad de las tensiones de polarización directa de la juntura base-emisor de los transistores del diferencial, y será igual a la diferencia de estos. Esta tensión es interpretada como señal diferencial por lo que aparecerá entre los colectores una V_{od} . Si esta tensión se aplicara a la entrada, este error se compensará. Existen muchos amplificadores que ya traen incorporado entradas para conectar un multivoltas y así corregir de forma más práctica la tensión de offset. Para medir la tensión de offset, se colocan las dos entradas a masa y se mide la tensión de salida, la cual suele ser de algunos milivoltios, ese valor de tensión, es la tensión de offset.

Señales de Error

Además de los parámetros recién mencionados, existen otras señales de error tales como: La desviación térmica de la tensión de offset, la corriente de offset, la corriente de polarización de entrada, el rechazo de alimentación de modo común.

Estos parámetros dependen de una tecnología a otra. En la tabla 1 se muestra una tabla con los valores típicos de cada tecnología para las características más importantes del amplificador operacional.

	dV_{os}/dt	I_{os}	i_b	Z_i	V_{os}	RRMC
Bipolar	$30 \mu V/^{\circ}C$	3 nA	70 nA	10 M Ω	2 mV	90 a 100 dB
Bi-Fet	$0,6 \mu V/^{\circ}C$	3 nA	30 nA	$10^{12} \Omega$	3 mV	100 dB
Bi-Mos	$10 \mu V/^{\circ}C$	0,5 nA	1 nA	$10^{12} \Omega$	8 mV	100 dB
Mos	$30 \mu V/^{\circ}C$	0,5 nA	1 nA	$10^{12} \Omega$	2 mV	100 dB

Dentro de los amplificadores operacionales se pueden distinguir tres grupos generales: los amplificadores de uso general, los amplificadores de instrumentación y los comparadores. Los amplificadores de uso general, tienen características que se mantienen cerca de los valores típicos indicados en la tabla 1. En algunos casos, según lo que se necesita, se pueden conseguir con mejor slew rate, menor consumo, etc. Los amplificadores de instrumentación se caracterizan por tener un elevado valor de la relación de rechazo de modo común (RRMC), un valor típico es 130 [dB].

Los comparadores deben tener un buen tiempo de respuesta, para que la comparación se efectúe rápidamente. Además es importante que el comparador tenga un buen ancho de banda, para así poder comparar señales con un amplio espectro de frecuencias.



Característica A.O TL084

El TL084 es el amplificador operacional que se ha de utilizar para el diseño de nuestro circuito, y el mismo se caracteriza por ser un operacional "cuádruple" con entrada JFET de alta velocidad, que a su vez integra en el mismo encapsulado la tecnología JFET de alto voltaje y tecnología bipolar. Este dispositivo presenta un alto slew-rate, baja polarización de entrada y corriente de offset, y un bajo coeficiente de variación por temperatura.

- **Supply voltage** (VCC+): máxima tensión de alimentación positiva (+18V).
- **Supply voltage** (VCC-): máxima tensión de alimentación negativa (-18V).
- **Differential input voltage** (VID): máxima tensión diferencial de entrada (tensión entre los terminales inversor y no inversor) (± 30 V)
- **Input voltage** (VI): máxima tensión en las entradas (± 15 V)
- **Duration of output short circuit** : tiempo máximo que la salida pueda estar en cortocircuito (masa o fuente de alimentación)
- **Continuous total power dissipation**: potencia de disipación total del dispositivo (este parámetro se ve afectado por la temperatura de trabajo del mismo, a 25 °C \Rightarrow 680mW, a 85°C \Rightarrow 490mW).
- **Operating free-air temperature range** (TA): rango de temperatura en la que puede operar el dispositivo.
- **Package thermal impedance** (θ_{JA}): impedancia térmica del encapsulado.
- **Operating virtual junction temperatura**: temperatura de funcionamiento virtual de unión.
- **Case temperature for 60 seconds** (TC): temperatura pico del encapsulado durante 1 minuto.
- **Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds**: temperatura máxima de los terminales durante 1 minuto.
- **Storage temperature range** (T stg): rango de temperatura de almacenamiento de -65°C a 150°C.
- **Input offset voltage** (VIO): es la tensión continua que se debe aplicar a la entrada para llevar la tensión de reposo de la salida a cero.
- **Temperature coefficient of input offset voltage** (α_{VIO}): es la relación entre el cambio de la tensión de offset de entrada y el cambio de la temperatura ambiente. Este es un valor promedio para un determinado rango de temperatura (18 μ V/°C).
- **Input offset current** (IIO): es la diferencia entre las corrientes que circulan por los terminales de entrada teniendo la salida a un nivel específico.
- **Input biascurrent** (IIB): es el promedio de las corrientes que circulan por los terminales de entrada mientras que la salida se encuentra a un nivel específico.
- **Common-mode input voltage range** (V ICR): el rango de tensión de entrada en modo común que, si es excedido, causa que el amplificador operacional pierda propiedades de funcionamiento.
- **Maximum peak output voltage swing** (VOM): indica para una alimentación de ± 15 V el valor de tensión mas alto que se puede esperar en la salida del A.O
El fabricante recomienda el circuito de la figura 14 para medir este parámetro en

relación a la frecuencia.

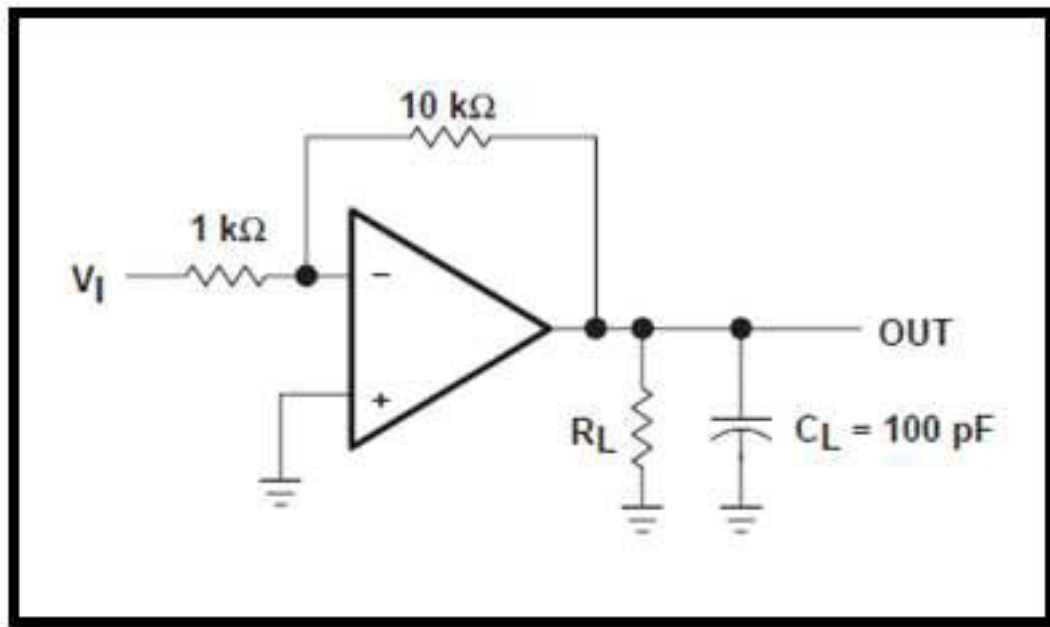


Figura 14: Circuito para medir (VOM)

- **Large Signal Voltage Gain (AVD):** ganancia de tensión para señal fuerte.
- **Unity-gainbandwidth (B1):** es el rango de frecuencia dentro del cual la ganancia a lazo abierto es mayor a 1.
- **Input resistance (RI):** resistencia equivalente vista en los terminales de entrada a lazo abierto.
- **Common-mode rejection ratio (CMRR):** es la relación entre la ganancia en modo diferencial y la ganancia en modo común. Se puede calcular según la siguiente ecuación

$$RRMC = 20 \log \left(\frac{A_d}{A_{mc}} \right) [dB]$$

Poseer la ecuación no es suficiente, por lo que necesitamos aparte de ello el circuito de donde obtener ambas ganancias. Para ello el fabricante propone el circuito de la figura 15

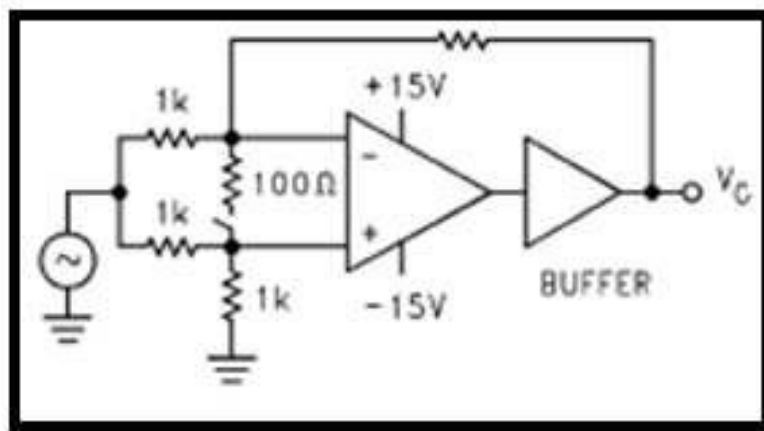


Figura 15: Circuito para medir (RRMC)

- **Supply-voltage rejection ratio** ($\Delta V_{CC} \pm / \Delta V_{IO}$) (kSV R): es el valor absoluto de la relación entre cambios de la tensión de entrada y cambios en la tensión de offset.
- **Supply current** (per amplifier) (I_{CC}): la corriente que circula a través de los terminales V_{CC+} y V_{CC-} del amplificador operacional. Este parámetro se puede medir con un amperímetro en serie con la alimentación del integrado, pasivando la entrada del circuito. El circuito propuesto por ende, será el de la figura 16.

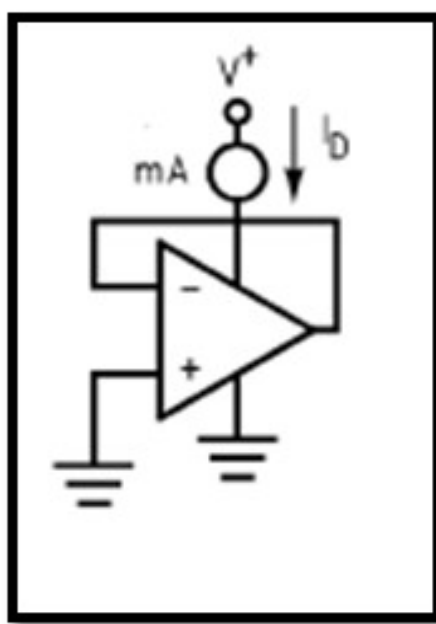


Figura 16: Circuito para medición de ICC



- **Cross talk attenuation** ($VO1/VO2$): atenuación de la diafonía. La diafonía se mide como la atenuación existente entre el circuito perturbador y el perturbado.
- **Slewrate at unitygain** (SR): es la máxima variación de la tensión de salida por unidad de tiempo. Podríamos decir que es la velocidad de respuesta del AO. Mientras mayor sea este valor de mejor calidad será nuestro AO. Se mide en $V/\mu s$, y se expresa como sigue.

$$SR = \frac{dVo}{dt}$$

- **Rise time** (tr): es el tiempo necesario para que la señal de salida varíe del 10% al 90% de su valor final.

Este parámetro se relaciona con el ancho de banda a través de la siguiente ecuación.

$$BW_{(MHz)} = \frac{0,35}{tr}$$

La causa determinante para este retardo es la estructura interna del operacional. Para medir el rise time y el slew rate el fabricante recomienda utilizar el circuito de la figura 17.

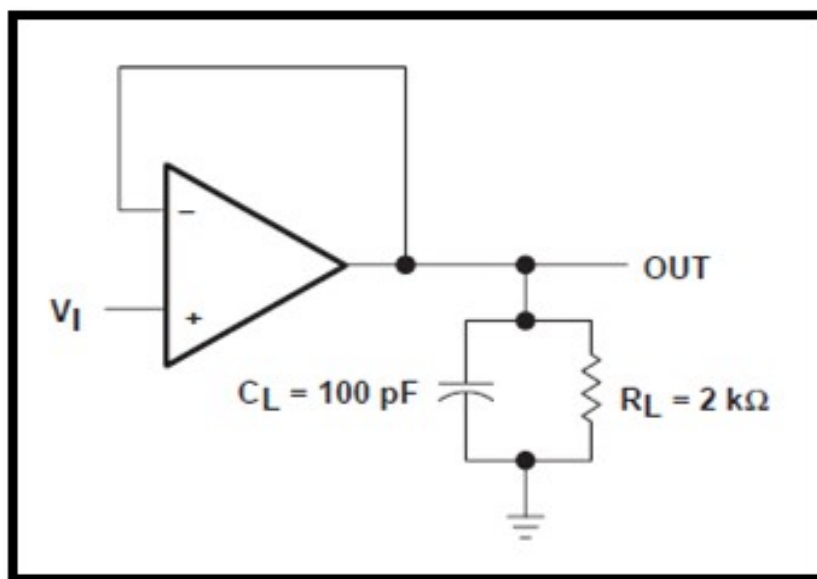


Figura 17: Medición del (SR) y (tr)

- **Over shoot factor**: es el valor en porcentaje, que nos informa de la cantidad en que se sobrepaso el nivel de salida durante la respuesta transitoria del circuito, esto es, antes de que la salida alcanzará el estado permanente. Lo podemos determinar como sigue.

$$\%vOVS = \frac{vOVS}{V_o} \cdot 100$$



- **Equivalent input noise voltage (V_n):** es el valor de una fuente de tensión ideal en serie con los terminales de entrada del dispositivo que representa el ruido generado internamente.
- **Equivalent input noise current (I_n):** es el valor de una fuente ideal de corriente en paralelo con los terminales de entrada que representa el ruido generado internamente.
- **Total harmonic distortion (THD):** es la relación entre la tensión RMS de ruido mas la tensión RMS de armónica de la señal fundamental, y la tensión RMS total de la salida.

Hoja de datos Amplificador Operacional TL08XX



TL081, TL081A, TL081B, TL082, TL082A, TL082B
TL084, TL084A, TL084B

www.ti.com

SLOS081H – FEBRUARY 1977 – REVISED JANUARY 2014

TL08xx JFET-Input Operational Amplifiers

Check for Samples: TL081, TL081A, TL081B, TL082, TL082A, TL082B, TL084, TL084A, TL084B

FEATURES

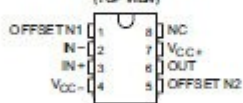
- Low Power Consumption: 1.4 mA/ch Typ
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Input Bias Current: 30 pA Typ
- Low Input Offset Current: 5 pA Typ
- Output Short-Circuit Protection
- Low Total Harmonic Distortion: 0.003% Typ
- High Input Impedance: JFET Input Stage
- Latch-Up-Free Operation
- High Slew Rate: 13 V/ μ s Typ
- Common-Mode Input Voltage Range Includes V_{CC+}

DESCRIPTION

The TL08xx JFET-input operational amplifier family is designed to offer a wider selection than any previously developed operational amplifier family. Each of these JFET-input operational amplifiers incorporates well-matched, high-voltage JFET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit. The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset-voltage temperature coefficient. Offset adjustment and external compensation options are available within the TL08x family.

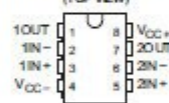
The C-suffix devices are characterized for operation from 0°C to 70°C. The I-suffix devices are characterized for operation from -40°C to 85°C. The Q-suffix devices are characterized for operation from -40°C to 125°C. The M-suffix devices are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C.

TL081, TL081A, TL081B
D, P, OR PS PACKAGE
(TOP VIEW)

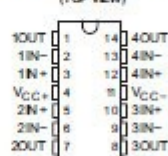


NC = No internal connection

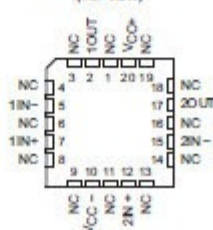
TL082, TL082A, TL082B
D, J, G, P, PS, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



TL084, TL084A, TL084B
D, J, N, NS, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)

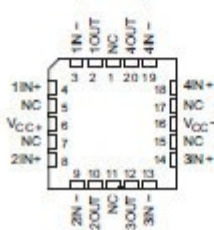


TL082M... PK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC = No internal connection

TL084M... PK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC = No internal connection



Conclusiones

Los amplificadores operacionales poseen ciertas características que los hacen muy útiles para tratar señales analógicas. Una de las más importantes es que tiene un amplificador diferencial en su entrada, por lo que logra que el ruido que se induce en las entradas sea muy poco amplificado. Además, son muy fáciles de implementar ya que con unos pocos componentes se pueden realizar diferentes operaciones como: amplificar, sumar, integrar, derivar, etc. Dado que para estas operaciones se utiliza realimentación negativa, se obtienen todas las ventajas que esta incluye.

Con el pasar de los años los amplificadores operacionales fueron evolucionando, cambiando el tipo de tecnología, pasando del uso de transistores bipolares a transistores de efecto de campo. Estas evoluciones significaron mejoras de las características como ser la impedancia de entrada, disminución de las señales de ruido, el tiempo de respuesta, entre otras.