

[analógico.com](#)(//www.analog.com)

[IngenieroZona](#)(//ez.analog.com)

[Cosa análoga](#)[Diálogo](#)(//www.analog.com/en/analog-dialogue.html)

[myAnalog](#) (//my.analog.com/)

[Iniciar sesión](#)(/university/courses/alm1k/alm-lab-1?do=login§ok=)

ANALOG
DEVICES

(/start)

AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

wiki

[Recursos y herramientas](#) (/resources)

[Contenido educativo](#) (/university/courses/tutorials/index)

[Ayuda wiki](#) (/wiki/help)

[Herramientas wiki](#)

buscar wiki

Esta versión (03 de noviembre de 2021 20:20) fue *aprobada* por Doug Mercer [https://ez.analog.com/members/d Mercer] .
La versión aprobada previamente (/university/courses/alm1k/alm-lab-1?rev=1568226202) (11 de septiembre de 2019 20:23) está disponible.

Actividad: Amplificadores operacionales simples, para ADALM1000

Objetivo:

https://wiki.analog.com/university/courses/alm1k/alm-lab-1

1/7

En esta práctica de laboratorio, presentamos el amplificador operacional (op amp), un circuito activo que está diseñado con ciertas características (alta resistencia de entrada, baja resistencia de salida y una gran ganancia diferencial) que lo convierten en un amplificador casi ideal y un bloque de construcción útil en muchas aplicaciones de circuitos. En esta práctica de laboratorio, aprenderá sobre la polarización de CC para circuitos activos y explorará algunos de los circuitos de amplificadores operacionales funcionales básicos. También utilizaremos este laboratorio para continuar desarrollando habilidades con el hardware del laboratorio.

Notas:

Como en todos los laboratorios de ALM, usamos la siguiente terminología cuando nos referimos a las conexiones al conector M1000 y la configuración del hardware. Los rectángulos sombreados en verde indican las conexiones al conector de E/S analógicas del M1000. Los rectángulos sombreados en azul indican las conexiones al conector de E/S digital M1000.

Los pines del canal de E/S analógica se denominan CA y CB. Cuando se configura para forzar voltaje/medir corriente - V (voltio) se agrega como en CA - V (voltio) o cuando se configura para forzar corriente/medir voltaje -I se agrega como en CA-I. Cuando un canal está configurado en el modo de alta impedancia para medir solo voltaje -H se agrega como CA-H.

Las trazas del osciloscopio se denominan de manera similar por canal y voltaje/corriente. Como CA - V (voltio) , CB- V (voltio) para las formas de onda de voltaje y CA-I, CB-I para las formas de onda de corriente.

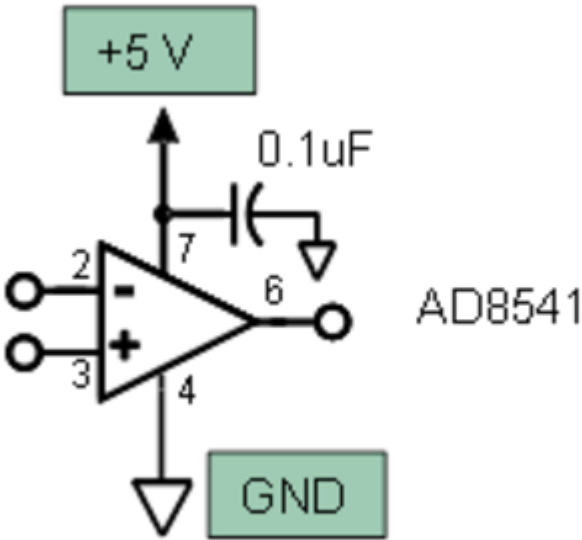
Materiales:

- Módulo de hardware ADALM1000 Protoboard
- sin soldadura y juego de cables puente
- 1 - Resistencia de 1 kΩ
- 3 - Resistencias de 4,7 kΩ
- 2 - Resistencias de 10 kΩ
- 1 - Resistencia de 20 kΩ
- 2 - AD8541 (amplificador CMOS de riel a riel)
- 2 - Condensadores de 0,1 uF (cable radial)

1.1 Conceptos básicos del amplificador operacional

Primer paso: Conexión de alimentación de CC:

Los amplificadores operacionales siempre deben recibir alimentación de CC y, por lo tanto, es mejor configurar primero estas conexiones antes de agregar cualquier otro componente del circuito. La Figura 1.1 muestra una posible disposición de energía en su placa de prueba sin soldadura. Usamos dos de los rieles largos para el voltaje de suministro positivo y tierra, y uno para las conexiones de suministro medio de 2,5 V (voltio) que pueden ser necesarias. Se incluyen los llamados capacitores de "desacoplamiento de suministro" conectados entre la fuente de alimentación y los rieles de tierra. Es demasiado pronto para discutir en gran detalle el propósito de estos condensadores, pero se utilizan para reducir el ruido en las líneas de suministro y evitar oscilaciones parásitas. Se considera una buena práctica en el diseño de circuitos analógicos incluir siempre pequeños capacitores de derivación cerca de los pines de suministro de cada amplificador operacional en su circuito.



(/_detail/university/courses/alm1k/alm-lab1_f1.png?id=university%3Acourses%3Aalm1k%3Aalm-lab-1)

Figura 1.1 Conexiones de alimentación

Inserte el amplificador operacional en su tablero y agregue los cables y los capacitores de suministro como se muestra en la figura 1.1. Para evitar problemas más adelante, puede colocar una pequeña etiqueta en la placa para indicar qué rieles corresponden a +5 V (voltio) , +2,5 V y tierra. La codificación por colores de los cables, rojo para +5 V (voltio) , negro para +2,5 V (voltio) y verde

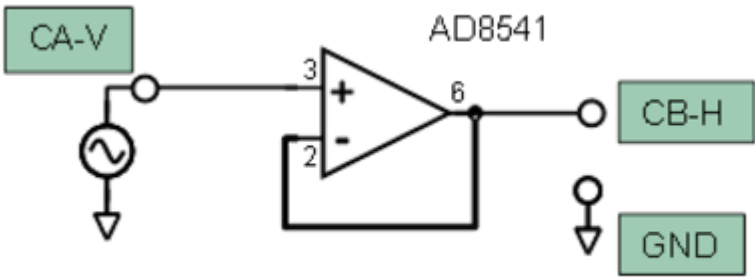
para tierra, también puede ayudar a mantener las conexiones organizadas.

A continuación, conecte el suministro de +5 V (voltio) y las conexiones GND de la placa ALM1000 a los terminales de su placa de pruebas. Use cables de puente para alimentar los rieles. Recuerde, el terminal GND de la fuente de alimentación será la referencia de "tierra" de nuestro circuito. Una vez que tenga sus conexiones de suministro, puede usar un DMM para sondear los pines del IC directamente para asegurarse de que el pin 7 esté a +5 V (voltio) y el pin 4 esté a 0 V (voltio) (tierra).

Recuerda que debes tener el ALM1000 conectado al puerto USB (Bus serie universal) antes de medir los voltajes con el voltímetro.

Amplificador de ganancia unitaria (seguidor de voltaje):

Nuestro primer circuito de amplificador operacional es simple, como se muestra en la figura 1.2. Esto se denomina búfer de ganancia unitaria o, a veces, simplemente un seguidor de voltaje, definido por la función de transferencia $V_{out} = V_{in}$. A primera vista, puede parecer un dispositivo inútil, pero como mostraremos más adelante, encuentra uso debido a su alta resistencia de entrada y baja resistencia de salida.



(/_detail/university/courses/alm1k/alm-lab1_f2.png?id=university%3Acourses%3Aalm1k%3Aalm-lab-1)

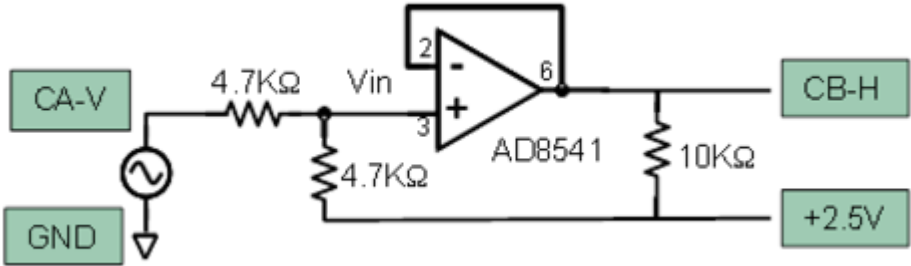
Figura 1.2 Seguidor de ganancia unitaria

Usando su tablero y las fuentes de alimentación ALM1000, construya el circuito que se muestra en la figura 1.2. Tenga en cuenta que las conexiones de alimentación no se han mostrado explícitamente aquí; se supone que esas conexiones deben realizarse en cualquier circuito real (como lo hizo en el paso anterior), por lo que no es necesario mostrarlas en el esquema a partir de este punto. Utilice cables de puente para conectar la entrada y la salida a la salida del generador de forma de onda, CA - V (voltio) y la entrada del osciloscopio CB-H.

Use el generador de voltaje del canal A ajustado a un valor mínimo de 1,0 V (voltio) y un valor máximo de 4,0 V (voltio) (3 V_{p-p} (voltios pico a pico) centrado en 2,5 V), onda sinusoidal de 500 Hz. Configure el osciloscopio de modo que la traza de la señal de entrada se muestre CA - V (voltio) y la traza de la señal de salida se muestre CB- V (voltio) . Exporte un gráfico de las dos formas de onda resultantes e inclúyalo en su informe de laboratorio, anotando los parámetros de las formas de onda (valores máximos y el período de tiempo fundamental o la frecuencia). Sus formas de onda deben confirmar la descripción de esto como un circuito de "ganancia unitaria" o "seguidor de voltaje".

Ejemplo de almacenamiento en búfer:

La alta resistencia de entrada del amplificador operacional (corriente de entrada cero) significa que hay muy poca carga en el generador; es decir (en otras palabras) , no se extrae corriente del circuito fuente y, por lo tanto, no cae voltaje en ninguna resistencia interna (Thevenin). Por lo tanto, en esta configuración, el amplificador operacional actúa como un "amortiguador" para proteger la fuente de los efectos de carga de otras partes del sistema. Desde la perspectiva del circuito de carga, el búfer transforma una fuente de voltaje no ideal en una fuente casi ideal. La figura 1.3 describe un circuito simple que podemos usar para demostrar esta característica de un búfer de ganancia unitaria. Aquí, el búfer se inserta entre un circuito divisor de voltaje y alguna resistencia de "carga", la resistencia de 10 KΩ.



(/_detail/university/courses/alm1k/alm-lab1_f3.png?id=university%3Acourses%3Aalm1k%3Aalm-lab-1)

Figura 1.3 Ejemplo de búfer

Desconecte las fuentes de alimentación y agregue las resistencias a su circuito como se muestra en la figura 1.3 (tenga en cuenta que no hemos cambiado las conexiones del amplificador operacional aquí, solo hemos volteado el símbolo del amplificador operacional en relación con la figura 1.2 para organizar mejor los cables).

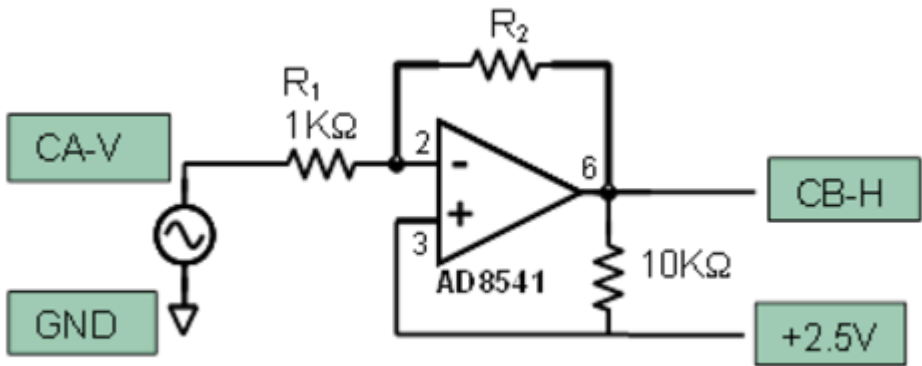
Vuelva a conectar las fuentes de alimentación y configure el generador de formas de onda en una onda sinusoidal de 500 Hz configurada en un valor mínimo de 0,5 V y un valor máximo de 4,5 (voltio)V (voltio) (4 V_{p-p} (voltios pico a pico) centrado en 2,5 V). Observe simultáneamente V_{in} , CA - V (voltio) y V_{out} CB-H y registre las amplitudes en su informe de laboratorio. Utilice la entrada de osciloscopio CB-H para medir también la amplitud de la señal que se ve en el pin 3 del amplificador operacional.

Retire la carga de 10 KΩ y sustituya una resistencia de 1 KΩ en su lugar. Registre la amplitud. Ahora mueva la carga de 1 KΩ entre el pin 3 y +2,5 V (voltio) , de modo que esté en paralelo con la resistencia de 4,7 KΩ. Registre cómo ha cambiado la amplitud de salida. ¿Puedes predecir la nueva amplitud de salida?

1.2 Configuraciones de amplificador simple

Amplificador inversor:

La figura 1.4 muestra la configuración del amplificador inversor convencional con una resistencia de "carga" de 10 KΩ en la salida.



(/_detail/university/courses/alm1k/alm-lab1_f4.png?id=university%3Acourses%3Aalm1k%3Aalm-lab-1)

Figura 1.4 Configuración del amplificador inversor

Ahora ensamble el circuito amplificador inversor que se muestra en la figura 1.4 usando $R_2 = 4.7\text{k}\Omega$. Recuerde desconectar la fuente de alimentación antes de montar un nuevo circuito. Corte y doble los conductores de la resistencia según sea necesario para mantenerlos planos contra la superficie de la placa y use los cables de puente más cortos para cada conexión (como en la figura 1.1). Recuerda, la protoboard te da mucha flexibilidad. Por ejemplo, los cables de la resistencia R_2 no necesariamente tienen que hacer un puente sobre el amplificador operacional desde el pin 2 al pin 6; en su lugar, podría usar un nodo intermedio y un cable de puente para rodear el dispositivo.

Vuelva a conectar las fuentes de alimentación y observe el consumo de corriente para asegurarse de que no haya cortocircuitos accidentales. Ahora ajuste el generador de forma de onda a una onda sinusoidal de 500 Hz establecida en un valor mínimo de 2,1 V (voltio) y un valor máximo de 2,9 V (voltio) (0,8 Vp-p (voltios pico a pico) centrado en 2,5 V) y vuelva a mostrar tanto la entrada como la salida en el osciloscopio. Mida y registre la ganancia de voltaje de este circuito y compárelo con la teoría que se discutió en clase. Exporte un gráfico de las formas de onda de entrada/salida para incluirlo en su informe de laboratorio.

Este es un buen punto para comentar sobre la depuración de circuitos. En algún momento de esta clase, es probable que tenga problemas para que su circuito funcione. Eso no es inesperado, nadie es perfecto. Sin embargo, no debe simplemente suponer que un circuito que no funciona debe implicar una pieza o un instrumento de laboratorio que no funciona correctamente. Eso casi nunca es cierto; El 99% de todos los problemas de circuitos son errores simples de cableado o suministro de energía. Incluso los ingenieros experimentados cometerán errores de vez en cuando y, en consecuencia, aprender a "depurar" los problemas de los circuitos es una parte muy importante del proceso de aprendizaje. NO es responsabilidad del TA diagnosticar los errores por usted, y si confía en otros de esta manera, se está perdiendo un punto clave del laboratorio y es poco probable que tenga éxito en el trabajo de curso posterior. A menos que salga humo de su amplificador operacional o haya marcas de quemaduras marrones en sus resistencias o su capacitor haya explotado, sus componentes probablemente estén bien, de hecho, la mayoría de ellos pueden tolerar un poco de abuso antes de que se produzca un daño significativo. Lo mejor que puede hacer cuando las cosas no funcionan es simplemente desconectar las fuentes de alimentación y buscar una explicación simple antes de culpar a las piezas o al equipo. El DMM puede ser una valiosa herramienta de depuración en este sentido.

Saturación de salida:

Ahora cambie la resistencia de retroalimentación R_2 en la figura 1.5 de 4.7 KΩ a 10 KΩ. ¿Cuál es la ganancia ahora? Aumente lentamente la amplitud de la señal de entrada a 2 voltios todavía centrada en 2,5 V (voltio) y exporte las formas de onda a su cuaderno de laboratorio. El voltaje de salida de cualquier amplificador operacional está limitado en última instancia por los voltajes de suministro y, en muchos casos, los límites reales son mucho más pequeños que los voltajes de suministro debido a las caídas de voltaje internas en el circuito. Cuantifique las caídas de voltaje internas en el AD8541 según sus medidas anteriores. Si tiene tiempo, intente sustituir el amplificador OP97 u OP27 por el AD8514 y compare los voltajes de salida mínimos y máximos que puede producir.

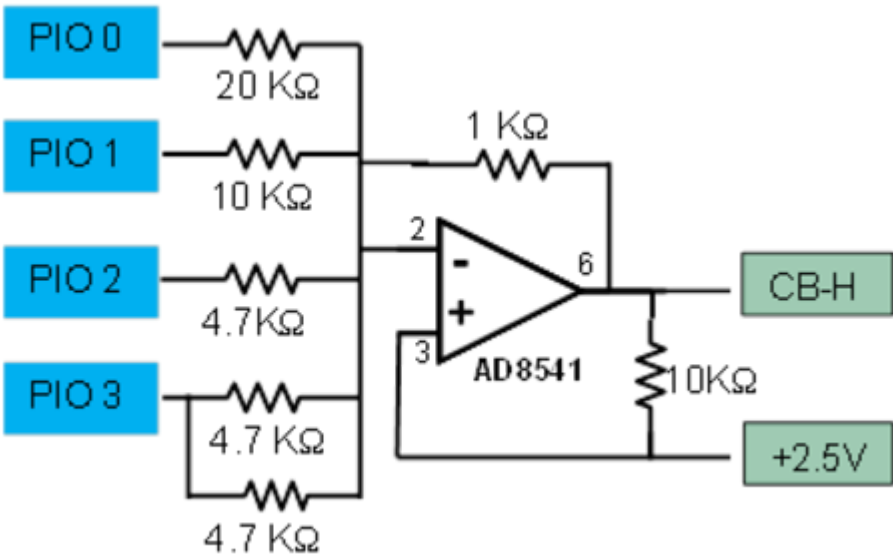
Circuito amplificador sumador:

El circuito de la figura 1.5 es un amplificador inversor básico con cuatro entradas, llamado amplificador “sumador”. La figura 1.5 está configurada de manera ligeramente diferente a lo que puede ver en los libros de texto debido al voltaje de suministro positivo único disponible del ALM1000. La entrada no inversora (+) del amplificador está conectada a +2,5 V (voltio) , que es la mitad del voltaje de suministro, en lugar de tierra. Esto cambia las ecuaciones del amplificador sumador. Los voltajes de entrada, que aparecen a través de las resistencias de entrada, ahora se toman con respecto al llamado nivel de modo común de +2,5 V (voltio). Se les debe restar los 2,5 V (voltio) para que 0 V (voltio) en se convierta en -2,5 V y +3,3 V en se convierta en +0,8 V. El voltaje de salida también debe tomarse con respecto a los +2,5 V (voltio) nivel. Para que la ecuación convencional resulte correcta,

al voltaje de salida también se le restará el nivel de modo común de 2,5 V (voltio) Otra forma de pensar en esto es considerar el caso en el que todas las entradas están a +2,5 V (voltio) (o se dejan flotando). No fluiría corriente en ninguna de las resistencias de entrada (tienen 0 V (voltio) a través de ellas) y, como resultado, la resistencia de retroalimentación tampoco tendría flujo de corriente (tiene 0 V (voltio) a través de ella). La salida sería de 2,5 V (voltio)

Para este circuito, utilizará las cuatro salidas digitales, PIO 0-3 como fuentes de voltaje de entrada. Cada salida digital tiene una salida "baja" cerca de 0 V (voltio) o una salida "alta" cerca de 3,3 V (voltio) Usando la superposición (y corrigiendo el nivel de modo común de 2,5 V (voltio)), podemos mostrar que V_{out} es una suma lineal de $V_{(voltio)PIO0}$, $V_{(voltio)PIO1}$, $V_{(voltio)PIO2}$ y $V_{(voltio)PIO3}$, cada uno con su propia ganancia única o factor de escala establecido por la relación de 1 Resistencia de retroalimentación $K\Omega$ dividida por sus respectivas resistencias.

PIO 0 tiene el valor más alto y tendrá el cambio más pequeño en la salida (bit menos significativo) y PIO 3 tiene el valor más bajo y tendrá el cambio más grande en la salida (bit más significativo). Observe que la resistencia POI 3 está hecha de 2 resistencias de 4,7 $K\Omega$ en paralelo.



(/_detail/university/courses/alm1k/alm-lab1_f5.png?id=university%3Acourses%3Aalm1k%3Aalm-lab-1)

Figura 1.5 Configuración del amplificador sumador

Con la energía desconectada, modifique su circuito amplificador inversor como se muestra en la figura 1.5. Vuelva a conectar la alimentación y utilizando los controles de salida digital, complete las dos tablas siguientes. En la primera tabla, registre los voltajes "bajo" y "alto" para cada salida digital. Use la entrada del osciloscopio CB-H en modo Hi-Z para hacer esto. En la segunda tabla, registre el voltaje de salida para las 16 combinaciones de 1 y 0 para PIO 3-0. También debe confirmar que el voltaje de salida es de hecho +2,5 V cuando los cuatro bits están flotando o en el estado de alta z [X].

	V (voltio) "bajo"	V (voltio) "alto"
PIO0		
PIO1		
PIO2		
PIO3		

tabla 1

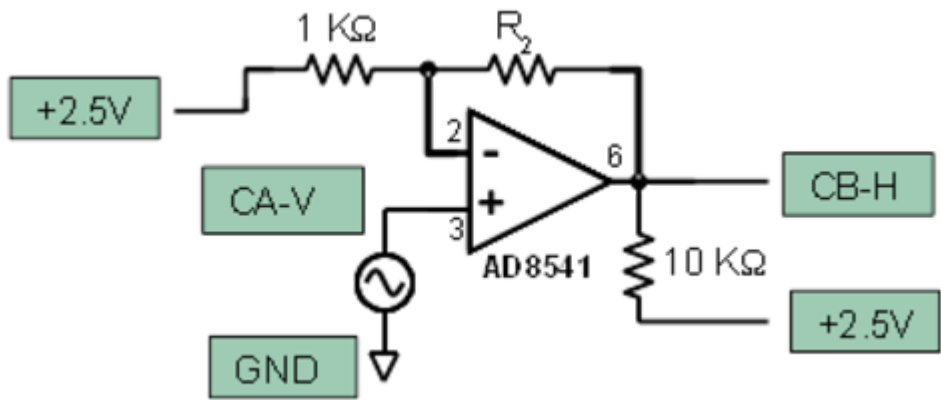
Bits digitales	V (voltio) SALIDA
P3, P2, P1, P0	
0000	
0001	
0010	
0011	
0100	
0101	
0110	
0111	
1000	
1001	
1010	
1011	
1100	
1101	
1110	
1111	

Tabla 2

Usando los valores de la resistencia, calcule el voltaje de salida esperado para cada combinación de entrada y compárelo con sus valores medidos.

Amplificador no inversor:

La configuración del amplificador no inversor se muestra en la figura 1.6. Al igual que el búfer de ganancia unitaria, este circuito tiene la propiedad (generalmente) deseable de alta resistencia de entrada, por lo que es útil para almacenar fuentes no ideales, sin embargo, con una ganancia mayor que uno.



(/_detail/university/courses/alm1k/alm-lab1_f6.png?id=university%3Acourses%3Aalm1k%3Aalm-lab-1)

Figura 1.6 Amplificador no inversor con ganancia

Ensamble el circuito amplificador no inversor que se muestra en la figura 1.6. Recuerde apagar las fuentes de alimentación antes de montar el nuevo circuito. Comience con $R_2 = 1\text{ K}\Omega$.

Aplique una onda sinusoidal de 500 Hz de CA - V (voltio) establecida en un valor mínimo de 2,0 V (voltio) y un valor máximo de 3,0 V (voltio) (1 Vp-p (voltios pico a pico) centrado en 2,5 V) y muestre las formas de onda de entrada y salida en el osciloscopio. Mida la ganancia de voltaje de este circuito y compárelo con la teoría discutida en clase. Exporte un gráfico de las formas de onda e inclúyalo en su informe de laboratorio.

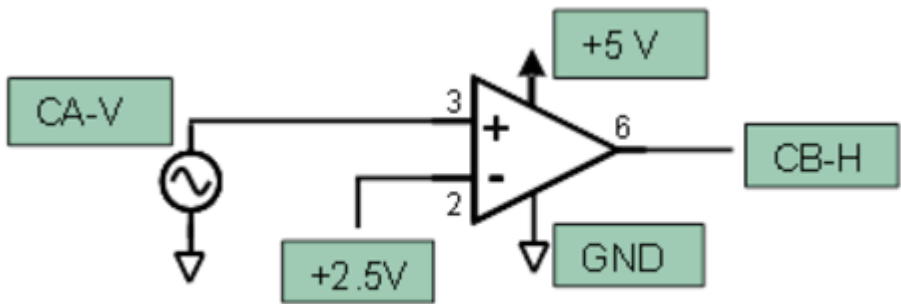
Aumente la resistencia de retroalimentación (R_2) de 1 K Ω a aproximadamente 4,7 K Ω . Recuerde que es posible que deba reducir la amplitud de la entrada para evitar que la salida se sature (recorte). ¿Cuál es la ganancia ahora?

Aumente aún más la resistencia de retroalimentación hasta el inicio del recorte, es decir, hasta que los picos de la señal de salida comiencen a aplanarse debido a la saturación de salida. Registre el valor de la resistencia donde esto suceda. Ahora aumente la resistencia de retroalimentación a 100 K Ω . Describe y dibuja formas de onda en tu cuaderno. ¿Cuál es la ganancia teórica en este punto? ¿Qué tan pequeña tendría que ser la señal de entrada para mantener el nivel de salida a menos de 5 V dada esta ganancia? Intente ajustar el generador de forma de onda a este valor. Describa el resultado obtenido.

El último paso subraya una consideración importante para los amplificadores de alta ganancia. La alta ganancia implica necesariamente una salida grande para un nivel de entrada pequeño. A veces, esto puede conducir a una saturación involuntaria debido a la amplificación de algún ruido o interferencia de bajo nivel, por ejemplo, la amplificación de señales perdidas de 60 Hz de las líneas eléctricas que a veces pueden captarse. Los amplificadores amplificarán cualquier señal en los terminales de entrada... ¡lo quieras o no!

1.3 Uso de un amplificador operacional como comparador

La alta ganancia intrínseca del amplificador operacional y los efectos de saturación de salida se pueden aprovechar configurando el amplificador operacional como un comparador como en la figura 1.7. Este es esencialmente un circuito de toma de decisiones de estado binario: si el voltaje en el terminal "+" es mayor que el voltaje en el terminal "-", $V_{in} > V_{ref}$, la salida se vuelve "alta" (se satura en su valor máximo) . Por el contrario, si $V_{in} < V_{ref}$, la salida se vuelve "baja". El circuito compara los voltajes en las dos entradas y genera una salida basada en los valores relativos. A diferencia de todos los circuitos anteriores, no hay retroalimentación entre la entrada y la salida; decimos que el circuito está operando en “bucle abierto”.



(/_detail/university/courses/alm1k/alm-lab1_f7.png?id=university%3Acourses%3Aalm1k%3Aalm-lab-1)

Figura 1.7 Op-Amp como comparador

Los comparadores se usan de diferentes maneras y en futuras secciones los veremos en acción en varios laboratorios. Aquí usaremos el comparador en una configuración común que genera una onda cuadrada con un ancho de pulso variable.

Comience por desconectar las fuentes de alimentación y monte el circuito. Utilice la salida fija de 2,5 V (voltio) para la fuente de CC en la entrada inversora, Vref.

Configure nuevamente el generador de forma de onda CA - V (voltio) en la entrada no inversora, para un valor mínimo de 2 V y una onda triangular de valor máximo de 3 V (centrada en 2,5 V (voltio)) a 500 Hz. Con la fuente de alimentación reconectada, exporte las formas de onda de entrada y salida.

Ahora desplace lentamente el centro de la onda triangular aumentando (desplazamiento positivo) o disminuyendo (desplazamiento negativo) los valores mínimo y máximo y observe lo que sucede en la salida. ¿Puede explicar esto?

Repita lo anterior para formas de onda de entrada de onda sinusoidal y diente de sierra y registre sus observaciones para su informe de laboratorio.

Crédito adicional

Para los experimentadores que terminan antes o quieren un desafío adicional, vea si puede modificar el circuito del comparador usando sus LED rojo y verde en la salida para que el LED rojo se encienda para voltajes negativos y el LED verde para voltajes positivos. Baje la frecuencia a unos pocos Hz (o menos) para que pueda verlos encenderse y apagarse en tiempo real. No olvide que los LED necesitarán una resistencia limitadora de corriente para que la corriente a través de ellos no supere los 20 mA.

¡Felicidades! Ahora ha completado la actividad de laboratorio 1

Como se señaló en la práctica de laboratorio anterior: ¡conservar todos los componentes eléctricos sobrantes!

Elementos de discusión específicos para el informe de laboratorio

- Algunas ideas específicas para el informe pueden ser las siguientes:
- Velocidad de respuesta: discuta cómo midió y calculó la velocidad de respuesta en la configuración del búfer de ganancia unitaria y compárela con el valor que se muestra en la hoja de datos OP97.
- Almacenamiento en búfer: explique por qué el amplificador de búfer en la figura 1.6 permitió que el circuito divisor de voltaje funcionara perfectamente con diferentes resistencias de carga.
- Saturación de salida: explique sus observaciones de la saturación del voltaje de salida en la configuración del amplificador inversor y su estimación de las caídas de voltaje interno. ¿Qué tan cerca llega la salida a los rieles de suministro en este experimento y también más tarde cuando se usa como comparador con diferentes voltajes de suministro de energía? ¿Puede adivinar cuál sería la oscilación del voltaje de salida para un amplificador operacional que se anuncia como un dispositivo de "riel a riel"?
- Circuito sumador: utilizando la superposición, obtenga la característica de transferencia esperada para el circuito de la figura 1.6; es decir, encuentre el voltaje de salida en términos de Vin1 y Vin2. Compara las predicciones de la relación ideal con tus datos.
- Comparador: discuta sus medidas y qué sucedería si se invierte la polaridad de Vref.

Recursos:

- Archivos LTSpice: basic_config_opamp_ltspace [https://analogdevicesinc.github.io/DownGit/#/home?url=https://github.com/analogdevicesinc/education_tools/tree/master/mlk/ltspace/basic_config_opamp_ltspace]
- Fritzing archivos: basic_config_opamp_bb [https://analogdevicesinc.github.io/DownGit/#/home?url=https://github.com/analogdevicesinc/education_tools/tree/master/mlk/fritzing/basic_config_opamp_bb]

Para lectura adicional:

Amplificador [https://en.wikipedia.org/wiki/Operational_amplifier]
operacional Aplicaciones de amplificador operacional [https://en.wikipedia.org/wiki/Operational_amplifier_applications]
Configuraciones de amplificador comúnmente utilizadas [https://www.analog.com/media/en/news-marketing-collateral/product-selection-guide/Op_Amps_SG_2011-12_equations.pdf]

Regresar a Introducción a la actividad de laboratorio de ingeniería eléctrica (/university/labs/intro_ee)
Tabla de contenido Regresar a la actividad de laboratorio de circuitos
(/university/courses/alm1k/alm_circuits_lab_outline) Tabla de contenido
Regresar a la actividad de laboratorio de electrónica Tabla de contenido (/university/courses/alm1k/alm-labs-list)