

APLICACIONES DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL

**Objetivos**

- Familiarizar al estudiante con distintas aplicaciones del amplificador operacional tales como el integrador, el sumador inversor, el comparador y el oscilador.

**Preparación**

1.- Dado el circuito de la Figura 4.1, deduzca en forma literal la expresión de la función de transferencia entre la salida y la entrada (dominio s) y la expresión del voltaje de salida en función del voltaje de entrada en función el tiempo.

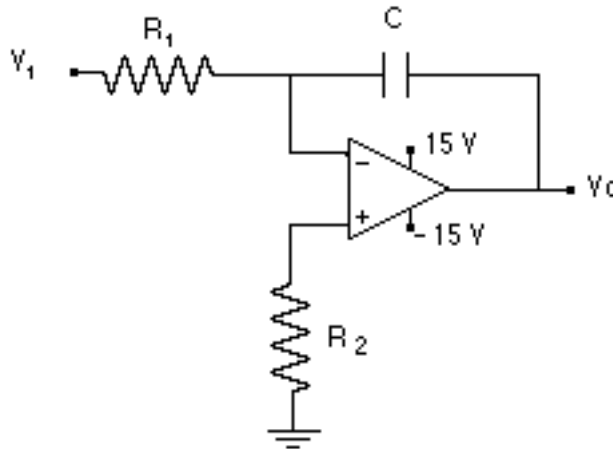


Figura 4.1.- Amplificador integrador

- 2.- Para los valores de C,  $R_1$  y  $R_2$  dados por su profesor, haga un gráfico de la señal de salida indicando cuidadosamente su magnitud, frecuencia y fase con respecto a la señal de entrada si a la entrada se aplica:
- a) Una señal cuadrada de la magnitud, frecuencia y voltaje DC indicados por su profesor.
  - b) Una señal sinusoidal de la magnitud, frecuencia y voltaje DC indicados por su profesor.
- 3.- Con el programa apropiado, haga el diagrama circuital completo del amplificador integrador.
- 4.- Realice una simulación en SPICE para el amplificador integrador, aplicando cada una de las señales indicadas por su profesor. Lleve los resultados al Laboratorio.
- 5.- Haga el diagrama de cableado del circuito que va a montar en el laboratorio e indique cómo va a conectar los instrumentos para medir la amplitud del voltaje de salida y el desfase entre la salida y la entrada del integrador utilizando la calibración del eje horizontal del osciloscopio.

6.- Utilizando la hoja de cálculo, prepare las tablas para registrar en forma ordenada todas las mediciones que va a tomar en el Laboratorio. Incluya en dichas tablas el valor teórico esperado y las fórmulas de cálculo cuando sea procedente, para facilitar las comparaciones con los resultados experimentales. Tenga en cuenta que para medir la amplitud de la ganancia de voltaje ( $v_o/v_i$ ) y el desfase entre  $v_o$  y  $v_i$  va a colocar en la entrada señales de 100 mV de amplitud y frecuencias de 100Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz y 1MHz, (amplitudes y frecuencias medidas con el osciloscopio), producidas por el generador de funciones.

7.- Describa cómo opera un comparador diseñado con la configuración básica de un amplificador operacional.

8.- Dado el circuito de la Figura 4.2, deduzca en forma literal la expresión de la función de salida en función de todas las entradas.

9.- Indique cuál es la razón para conectar la resistencia  $R_x$  en el circuito de la Figura 4.2 y determine el valor de la misma en función de las otras resistencias del circuito.

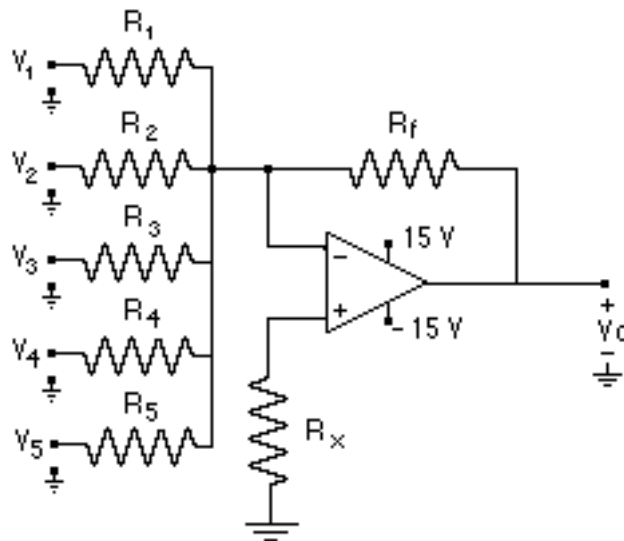


Figura 4.2.- Amplificador sumador inversor

10.- El sumador inversor y el comparador pueden utilizarse para realizar una aplicación sencilla pero de utilidad práctica. Vamos a diseñar una máquina de votación para la junta directiva de una compañía formada por cinco socios, cada uno de los cuales tiene un porcentaje de participación diferente y por lo tanto un peso específico distinto al realizarse las votaciones para definir las políticas de la compañía. El socio A tiene el 30%, el socio B el 25%, el socio C el 20% , el socio D el 15% y el socio E el 10%. Cada socio va a disponer de un interruptor, que colocará en la posición SI si está a favor de una propuesta, y en la posición NO en caso contrario. La máquina de votación va a encender un LED si el porcentaje a favor de la propuesta es mayor al 50%. El circuito de la máquina de votación es el presentado en la Figura 4.3. Explique la operación de dicho circuito, calcule el valor de  $R_x$ , compruebe que los porcentajes de los socios son los correctos, determine el valor de  $V_i$  que debe colocarse para que el LED encienda cuando el porcentaje de votos positivos sea igual o mayor al 50% y evalúe para qué valor de la fuente de entrada (superior a 1V) el operacional sumador puede entrar en saturación, distorsionando los resultados. Su profesor le indicará el tipo LED que debe utilizar y el valor de la resistencia de protección  $R_p$ .

11.- Con el programa apropiado, haga el diagrama circuital completo de la máquina de votación.

12.- Haga el diagrama de cableado del circuito que va a montar en el laboratorio e indique cómo va a conectar los instrumentos para realizar las mediciones necesarias a fin de comprobar el buen funcionamiento del circuito.

13.- Utilizando la hoja de cálculo, prepare las tablas para registrar en forma ordenada todas las mediciones que va a tomar en el Laboratorio.

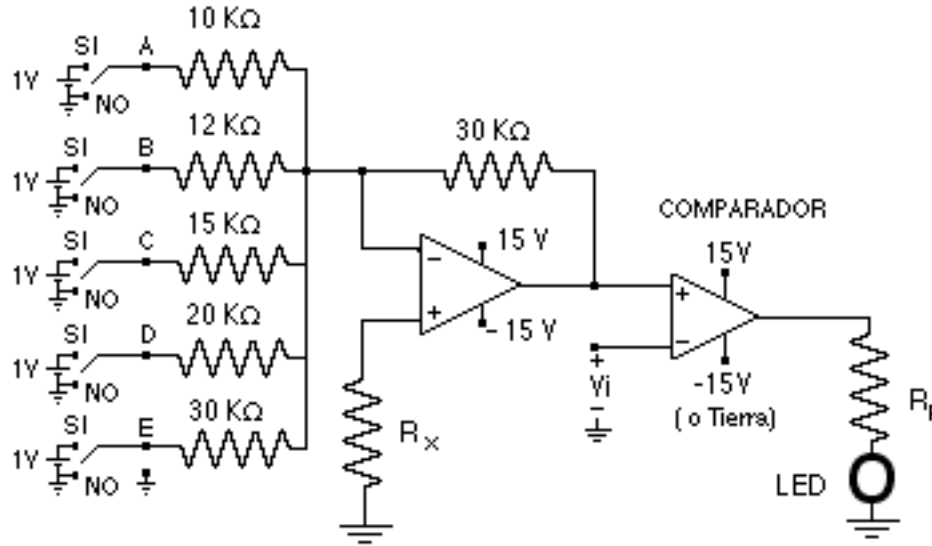


Figura 4.3.- Máquina de votación

14.- El circuito mostrado en la Figura 4.4 es un oscilador de onda cuadrada. En este caso el lazo de realimentación no se conecta a la entrada negativa sino a la entrada positiva. Explique brevemente el funcionamiento del circuito.

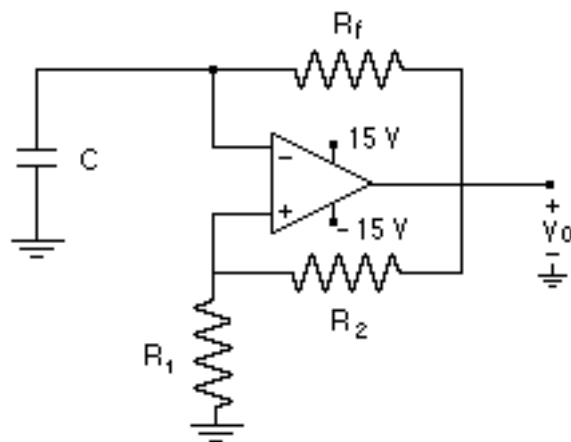


Figura 4.4.- Oscilador de onda cuadrada

15.- Con el programa apropiado, haga el diagrama circuital completo del oscilador de onda cuadrada.

16.- Haga el diagrama de cableado del circuito que va a montar en el laboratorio e indique cómo va a conectar los instrumentos para realizar las mediciones necesarias a fin de comprobar el buen funcionamiento del circuito.

17.- Utilizando la hoja de cálculo, prepare las tablas para registrar en forma ordenada todas las mediciones que va a tomar en el Laboratorio.

18.- Realice la simulación en SPICE del oscilador de onda cuadrada. Lleve los resultados al Laboratorio.

**RECUERDE LLEVAR PAPEL MILIMETRADO AL LABORATORIO PARA REGISTRAR LAS FORMAS DE ONDA OBSERVADAS EN EL OSCILOSCOPIO CON MAYOR PRECISIÓN.**

### **Laboratorio**

1.- Recuerde firmar la hoja de asistencia en la posición correspondiente al mesón que ocupa.

2.- Nada más llegar al laboratorio, debe encender el mesón y el osciloscopio. Este es un hábito que debe practicar siempre que trabaje con equipos basados en tubos de rayos catódicos. Si al iniciar la práctica encuentra faltas ó fallas en el equipo o en partes del mesón de trabajo que le corresponde (equipos de medición, cables, computador, monitor, ratón, Variac, portafusibles, fusibles, puntas del osciloscopio, interruptores, tomacorrientes, fuente de poder DC, generador de funciones, etc.), notifíquelo inmediatamente al profesor.

3.- Monte el circuito de la Figura 4.1. Aplique la forma de onda cuadrada con las características dadas por su profesor. Dibuje las formas de onda observadas en el osciloscopio (entrada y salida del integrador), anotando la magnitud, frecuencia y desfase entre ambas.

4.- Aplique diferentes formas de onda, cuadradas y triangulares, cambiando la amplitud, la frecuencia y la componente DC agregada a la señal de entrada. Dibuje las formas de onda observadas en el osciloscopio (entrada y salida del integrador), anotando la magnitud, frecuencia y desfase entre ambas. Incluya cualquier observación que juzgue de interés para explicar los resultados obtenidos.

5.- En el mismo circuito de la Figura 4.1, aplique ahora la forma de onda sinusoidal con las características dadas por su profesor. Dibuje las formas de onda observadas en el osciloscopio (entrada y salida del integrador), anotando la magnitud, frecuencia y desfase entre ambas.

6.- Aplique las formas de onda sinusoidales con las magnitudes y frecuencias especificadas en el punto 5 de la Preparación y realice las mediciones correspondientes para determinar la respuesta en frecuencia del integrador. Incluya cualquier observación que juzgue de interés para explicar los resultados obtenidos.

**NOTA: AL TERMINAR ESTA PARTE, NO DESMONTE EL CIRCUITO INTEGRADOR.**

7.- Monte la parte correspondiente al circuito sumador inversor de la Figura 4.3 y compruebe que funciona correctamente aplicando distintas combinaciones de entradas. Anote los resultados obtenidos en las tablas preparadas e incluya cualquier observación que juzgue de interés para explicar dichos resultados.

8.- Complete el circuito de la máquina de votación presentado en la Figura 4.3 montando el comparador y la salida con el LED y la resistencia de protección. Compruebe que funciona correctamente aplicando

distintas combinaciones de entradas. Anote los resultados obtenidos en las tablas preparadas e incluya cualquier observación que juzgue de interés para explicar dichos resultados.

9.- Monte el circuito oscilador de onda cuadrada de la Figura 4.4 y compruebe que funciona correctamente. Registre la amplitud, la frecuencia y el ciclo de trabajo para la señal obtenida con el conjunto de valores de  $C$ ,  $R_f$ ,  $R_1$  y  $R_2$  utilizado inicialmente. Incluya cualquier observación que juzgue de interés para explicar dichos resultados.

10.- Modifique los valores del condensador y las resistencias y anote la amplitud, la frecuencia y el ciclo de trabajo para cada caso en las tablas preparadas. Incluya cualquier observación que juzgue de interés para explicar dichos resultados.

11. Conecte la salida del oscilador de onda cuadrada a la entrada del integrador, para obtener así un oscilador con onda cuadrada y onda triangular (dos de las tres señales que produce el generador de funciones). Observe simultáneamente la salida del generador de onda cuadrada y del integrador. Dibuje estas formas de onda e incluya cualquier observación que juzgue de interés para explicar las señales observadas.

12.- Al finalizar todas las mediciones, muéstreselas a su profesor.

13.- Recuerde dejar el mesón ordenado al terminar la práctica y coloque los taburetes en su sitio.

## **Informe**

**NOTA: Todo Informe debe atenerse a las normas generales establecidas.**

I.- En el Marco Teórico, haga un resumen de máximo tres páginas sobre las características más resaltantes del amplificador integrador, el comparador, el sumador inversor y el oscilador de onda cuadrada.

II.- En la Metodología, describa muy brevemente los procedimientos y circuitos utilizados, indicando los valores nominales de los componentes empleados.

III. En los Resultados:

1.- Coloque los datos y los gráficos de formas de onda obtenidos en el laboratorio.

2.- Haga un gráfico de la amplitud de la ganancia de voltaje,  $v_o/v_i$ , vs la frecuencia de operación,  $f$ , en escala logarítmica para el amplificador integrador. Observe que necesita una escala logarítmica de por lo menos 4 décadas.

3.- Haga un gráfico del desfase entre  $v_o$  y  $v_i$  vs la frecuencia de operación,  $f$ , en escala logarítmica para el amplificador integrador, siguiendo las recomendaciones anteriores.

IV. En el Análisis de Resultados:

1.- Comente y justifique los resultados obtenidos durante las mediciones realizadas sobre el amplificador integrador.

2.- Comente y justifique los resultados obtenidos durante las mediciones realizadas sobre el sumador inversor.

3.- Comente y justifique los resultados obtenidos durante las mediciones realizadas sobre la máquina de votación.

4.- Comente y justifique los resultados obtenidos durante las mediciones realizadas sobre el oscilador de onda cuadrada.

5.- Comente y justifique los resultados obtenidos durante las mediciones realizadas sobre el oscilador de onda cuadrada y onda triangular.

V. En las Conclusiones: Escriba sus conclusiones finales sobre la práctica realizada, los procedimientos de medición utilizados y los resultados obtenidos. Haga un breve comentario sobre la aplicabilidad de los circuitos estudiados.

VI. En los Comentarios finales: Describa las dificultades que se le presentaron en las etapas de montaje y medición de los circuitos en el laboratorio, analice las causas de los problemas, indique cómo los resolvió y haga un comentario sobre los procesos que debe seguir para tratar de prevenir o evitar dichas dificultades. Evalúe el grado en que Ud. considera que ha alcanzado los objetivos de la práctica.

VII. Recuerde anexar la Preparación.

### **Referencias**

1.- Laboratorios de Circuitos Electrónicos, Guía Teórica, 2ª versión o versión electrónica, en la página <http://www.labc.usb.ve/mgimenez/Ec1181ele/index.html>. Prof. María Isabel Giménez de Guzmán. USB.

2.- Hojas de especificaciones de los componentes seleccionados.