

Capítulo 10

10.0 Funcionamiento en ca: ancho de banda Velocidad de respuesta y ruido

Las características que limitan el funcionamiento son el ruido y la respuesta en frecuencia, la velocidad de respuesta, determina si el OP-AMP será el que introduzca la distorsión

10.1 Respuesta en frecuencia del amplificador operacional

10-1.1 Compensación interna de frecuencia

Capacitor impide que el amplificador operacional oscile a altas frecuencias

Capacitor disminuye conforme aumenta la frecuencia $\propto \frac{1}{f}$

10-1.2 Curva de respuesta en frecuencia

A bajas frecuencias la ganancia en lazo abierto es muy alta

Punto A se encuentra la frecuencia de corte y donde la ganancia de voltaje está a frecuencias bajas

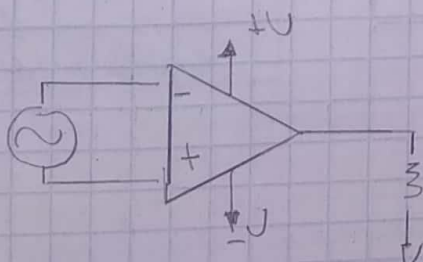
10-1.3 Ancho de banda de Ganancia unitaria

La característica del OP-AMP es la frecuencia para que la ganancia OP-AMP sea igual a la unidad

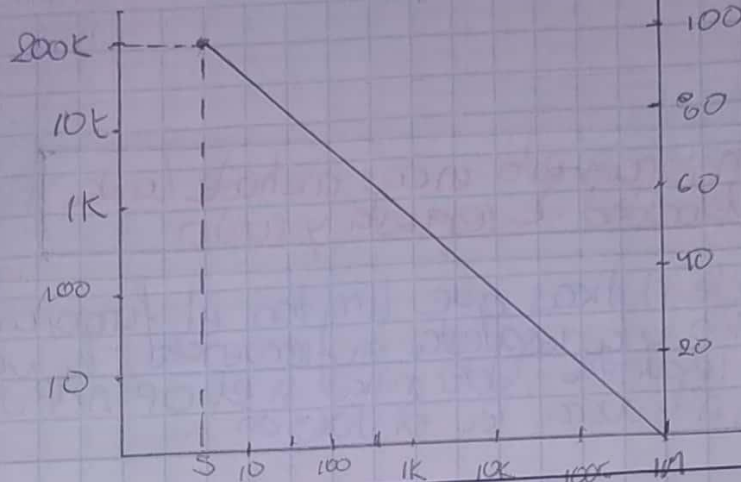
$$B = \frac{0.35}{t_{\text{de subida}}}$$

10-1.4 Tiempo de subida

Se define como el tiempo requerido para que el voltaje de la salida se eleve desde el 10 al 90% de su valor final



Gainancia del OP-AMP



Gainancia de Voltaje (dB)

10-2 Gainancia del amplificador y respuesta en frecuencia

10-2.1

Efecto de la ganancia en lazo abierto sobre la ganancia en lazo cerrado en un Amplificador que funciona en cd

La ganancia está determinada tanto por las resistencias externas como por la ganancia en lazo abierto del OP-AMP

Si A_{OL} es grande, la ganancia no depende de lazo abierto sino de las resistencias externas

$$A_{CL} = \frac{(R_f + R_i) / R_i}{1 + \frac{1}{A_{OL}} \left(\frac{R_f + R_i}{R_i} \right)}$$

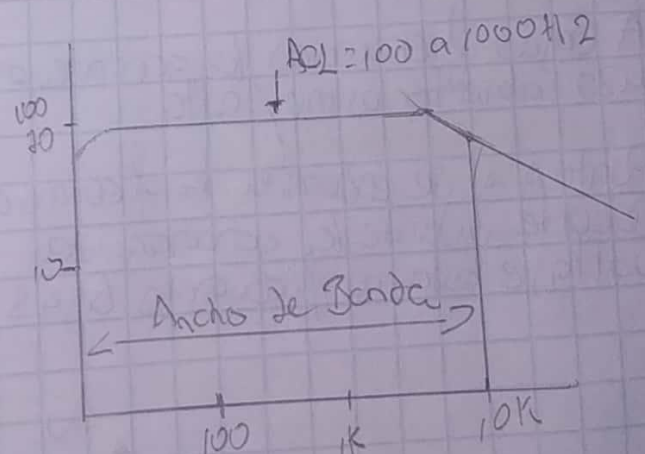
$$A_{CL} = \frac{R_f + R_i}{R_i} \quad A_{CL} = -\frac{R_f}{R_i}$$

10-2.2

Ancho de Banda para pequeña señal y límites de alta y baja frecuencia

El intervalo de frecuencia es el límite de alta frecuencia f_H y el límite de baja frecuencia f_L

En f_L y f_H , la ganancia de voltaje de baja a 0,507 veces su valor máximo o 50% abeso



"El deseo de escribir aumenta a medida que se escribe"

NOTA 7

10-2.3

Medición de la respuesta en frecuencia

- 1 Ajustar el voltaje de entrada E_i
- 2 Se fija el valor de frecuencia
- 3 Medir voltaje de media banda
- 4 Calcular la ganancia de voltaje

- 5 Calcular el valor esperado
- 6 Constante la magnitud E_i
- 7 Se lee f_H
- 8 Calcular ancho de banda

10-2.4

Ancho de Banda de amplificadores inversos y no inversores

- Tienen la misma estructura
- f_H de los OP-AMP es la dada por:

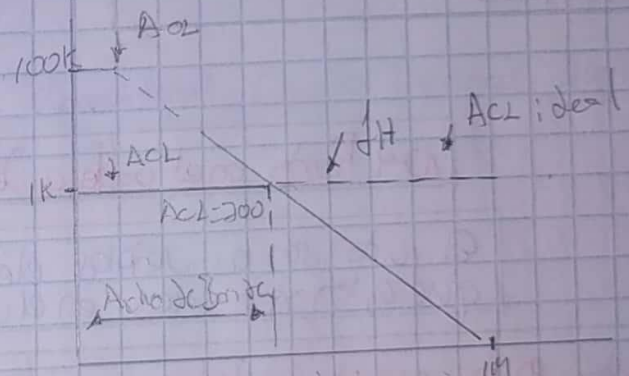
$$f_H = \frac{B}{(2f + R_i) / R_i}$$

10-2.5

Determinación del ancho de banda por el método gráfico

Todas las frecuencias por encima de f_H coinciden con las del OP-AMP

Para mayor ganancia de lazo cerrado o es necesario sacrificar el Ancho de Banda



10-3 Velocidad de Respuesta y Voltaje de Salida

La velocidad de respuesta de un OP-AMP indica lo rápido que puede cambiar su voltaje de salida

10-3.2

Causa de la limitación en la velocidad de respuesta

La relación entre la corriente máxima I , y la capacidad del capacitor de compensación C , es la velocidad de respuesta

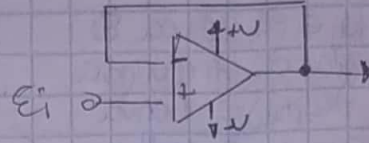
Velocidad de respuesta = Cambio en el voltaje out / tiempo

"Más se estima lo que con más trabajo se gana"

Artística

10-3.3 Límite de la velocidad de respuesta para ondas senoidales

V_o de salida para seguir a E_i pero no puede hacerlo debido a su límite de velocidad



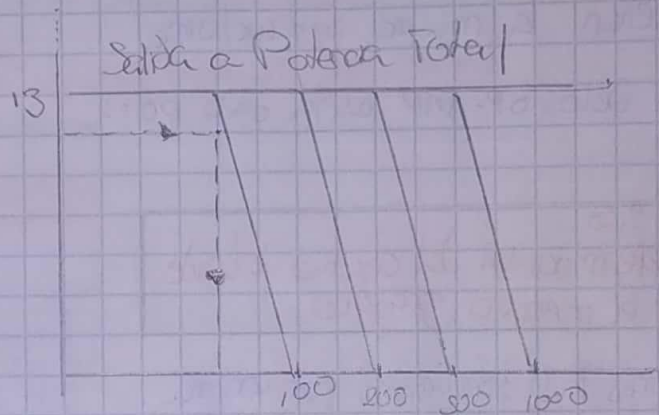
f_{max} es la frecuencia máxima en Hz, V_{op} es el máximo voltaje de salida sin distorsión en volts

$$f_{max} = \frac{\text{Velocidad respuesta}}{6,28 \times V_{op}}$$

$$\omega_p = \frac{V_{de R_{op}}}{6,28 \times f}$$

10-3.4 Método simplificado para obtener la velocidad de respuesta

Los puntos de la línea de la velocidad de respuesta muestran la máxima frecuencia senoidal permitida para el voltaje de salida pico



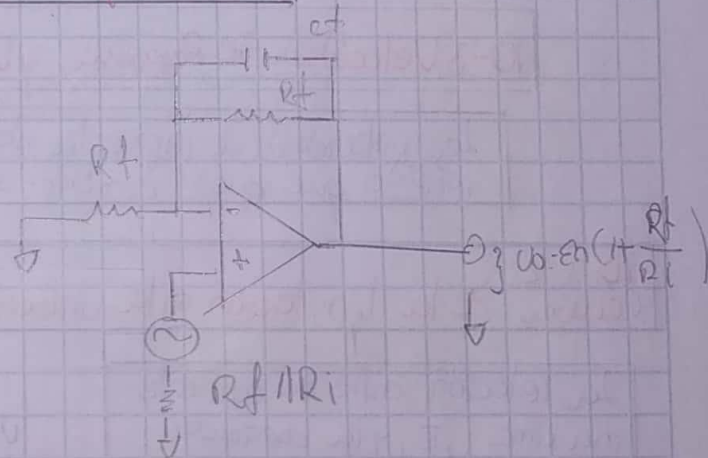
10-4 Ruido en el voltaje de salida

El ruido son las señales eléctricas no deseadas que están presentes en el voltaje de salida

10-4.1 Ruido en los circuitos de los amplificadores operacionales

Este ruido interno del op-AMP se modela fácilmente con una fuente de voltaje de ruido E_n

En se conecta en serie con la entrada C_1



10-4.3 Generación de Ruido

El voltaje de ruido se amplifica de igual manera que el voltaje de señal

La generación del voltaje de ruido es la misma que la del op-AMP no inversor

$$\text{Generación de ruido} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

El deseo de escribir aumenta a medida que se escribe.

Hoy día _____

10-4.4 Ruido en el sumador inversor

Las voltajes de entrada de la señal tienen una ganancia de 1

La ganancia de ruido vara y más el número de entradas

10-4.5 Resumen

- ① Nunca conecte un capacitor en paralelo con la resistencia de entrada
- ② Conecte siempre un capacitor pequeño en paralelo
- ③ quite utilizar resistencias con valores grandes

Bibliografía

R. Coughlin y F. Dricoll, Amplificador Operacional y Circuitos Integrados lineales, México, Plébita Hall, Hispanoamericana S.A., 1994.

Problemas

1. ¿Cuál es la ganancia en lazo abierto de un amplificador operacional en frecuencias muy bajas?

Tiene una ganancia de $200,000$ (100 dB)

2. La ganancia en lazo abierto de un OP-AMP es de $100,000$. Obtenga la ganancia en lazo abierto a su frecuencia de corte.

Según la gráfica es 10 Hz

Suponiendo que la frecuencia de entrada es 2 Hz

Ganancia lazo abierto es: $\frac{10\text{ Hz}}{2\text{ Hz}} = 5$

3. El tiempo de respuesta transitoria (ganancia unitaria) de un OP-AMP es 0.07 us . Calcule el ancho de banda para pequeña señal.

$$B = \frac{0,33}{0,07 \mu s} = 5011 \text{ Hz}$$

4. Un OP-AMP tiene un ancho de banda de ganancia unitaria para pequeña señal de 2 MHz . Obtener sugerencia en lazo abierto en 200 kHz .

$$AB \text{ de ganancia unitaria} = 2 \text{ MHz}$$

$$f = 200 \text{ kHz}$$

5. ¿Cuál es la diferencia entre la ganancia en lazo abierto y en lazo cerrado del OP-AMP?

La ganancia en lazo abierto es aquella cuando no existe ningún camino de retroalimentación entre la salida y alguna de las entradas. Mientras que la ganancia en lazo cerrado es aquella en la que parte de una salida se retroalimenta a una de las entradas y esto se hace por resistencias externas.

6. ¿Cuál es la ganancia en lazo abierto del OP-AMP del problema 4 a 2 MHz ?

$$AB = 2 \text{ MHz}$$

$$f = 2 \text{ MHz}$$

$$\text{Ganancia en lazo abierto} = \frac{AB}{f} = \frac{2 \text{ MHz}}{2 \text{ MHz}} = 1$$

7. ¿Cuál es la definición de tiempo de subida?

Lapso requerido para que el voltaje de salida se eleve desde el 10% al 90% del nivel final.

8. Un OP-AMP tiene una ganancia en lazo abierto acd de $100,000$. Se usa como un circuito

$$A_{CL} = \frac{\frac{R_f + R_i}{R_i}}{1 + \frac{1}{A_{OL}} \left(\frac{R_f + R_i}{R_i} \right)} = \frac{\frac{100 \text{ K} + 10 \text{ K}}{10 \text{ K}}}{1 + \frac{1}{100,000} \left(\frac{100 \text{ K} + 10 \text{ K}}{10 \text{ K}} \right)}$$

"El deseo de escribir aumenta a medida que se escribe"

Nombre

9. El OP-AMP del problema anterior se utiliza como un amplificador no inversor con la misma R_f y R_i . Calcule la ganancia en dB cuando in_{cd} real del amplificador

$$A_{02} = \frac{-\frac{R_f}{R_i}}{1 + \frac{1}{A_{01}} \left(\frac{R_f + R_i}{R_i} \right)} = \frac{-\frac{100k}{10k}}{1 + \frac{1}{100000} \left(\frac{100k + 10k}{10k} \right)}$$

10. ¿Cuál es el ancho de banda de pequeña señal del op-AMP, cuya frecuencia de respuesta está dada en la figura 10-1?

$$B = \frac{0,35}{\text{tiempo de subida}}$$

$$B = \frac{0,35}{0,25 \mu s} = 1,4 \text{ MHz}$$

11. El ancho de banda de ganancia unitaria de un amplificador opera a nivel de 10 MHz . Se usa para hacer un amplificador con una ganancia ideal en dB cerrada de 100 . Calcule a) el ancho de banda para pequeña señal del amplificador b) A_{cl} correspondiente a f_H

$$B = 10 \text{ MHz}$$

$$\text{Ganancia ideal} = 100$$

$$B = ?$$

$$B = \frac{0,35}{0,8 \mu s} = 437,5 \text{ kHz}$$

$$A_{cl} a f_H = \frac{10 \text{ MHz}}{100}$$

$$A_{cl} = 100 \text{ kHz}$$

12. ¿Con qué rapidez puede cambiar la salida de un op-AMP cuando cambia de $10V$ si su velocidad de respuesta es $1V/\mu s$?

$$\text{Velocidad de respuesta} = \frac{\text{Cambio en el voltaje}}{\text{tiempo}}$$

"Más se estima lo que con más trabajo se gana"

Artículo

$$\frac{1V}{\mu s} = \frac{10V}{\text{tiempo}}$$

$$\text{tiempo} = \frac{10V \cdot \mu s}{1V} = 10 \mu s$$

13 Obtenga la frecuencia máxima correspondiente a un voltaje de salida de una onda senoidal de 10V p-p utilizando un OP-AMP cuya velocidad de respuesta sea de 1V/ μ s

$$f_{\max} = \frac{\text{Velocidad de respuesta}}{6.28 \times V_{op}}$$

$$f_{\max} = \frac{1V/\mu s}{6.28 \cdot (10V_p)}$$

$$f_{\max} = 15.923 \text{ kHz}$$

14. Calcule la ganancia de ruido de un sumador inversor de cinco entradas, que tenga una ganancia de $R_f/R_i = -10$

$$\text{Ganancia de ruido} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

$$\begin{aligned} \text{Ganancia de ruido} &= 1 + (-10) \\ &= -9 \end{aligned}$$

15 ¿Cuál es la ganancia de ruido de un sumador inversor de 5 entradas?

$$\begin{aligned} \text{Ganancia} &= 1 + (\text{número de puertos}) \\ &= 1 + 5 = 6 \end{aligned}$$

"El tiempo de escribir aumenta a medida que se escribe"

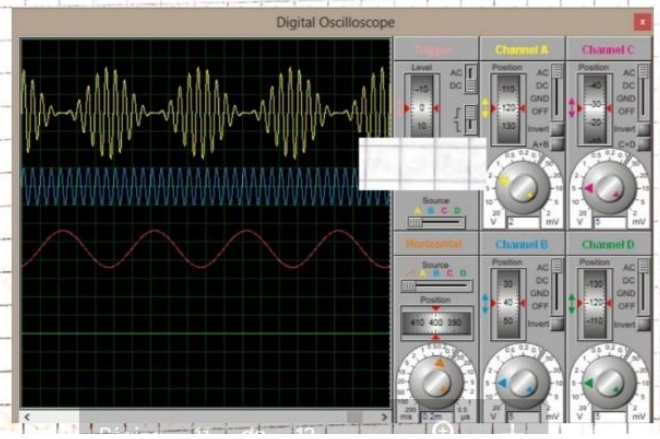
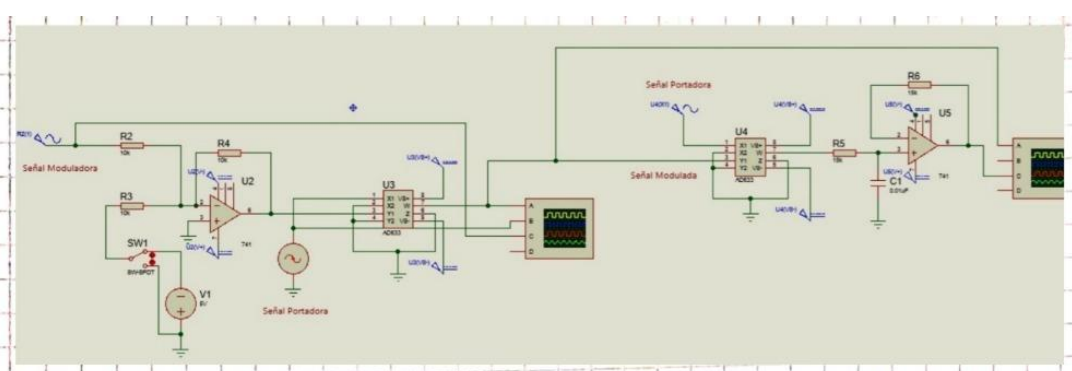
16 El op-amp al tiempo y sensibilidad por una velocidad de respuesta de $10 \mu s$. Obtenga la frecuencia máxima de salida a potencia total. Dado que $V_{max} = 10V$ pico

$$f_{max} = \frac{\text{Velocidad de respuesta}}{6.28 V_{op}}$$

$$= \frac{10 \mu s}{6.28(100)} = 15.9 kHz = 16 kHz$$

Simulación

Utilice un OP-AMP 741 y construya un amplificador no inversor con una ganancia de 2. Limite el V_{op} a $100mV$ pico con objeto de evitar la distorsión causada por el límite de velocidad de respuesta. Usted espera que V_{op} permanezca a el valor de $100mV$ pico hasta que la frecuencia del oscilador aumente a unos $500 kHz$. A esta frecuencia, V_{op} a igual a $70mV$ cuando $R_{ip} = 100mV$



Análisis

En este circuito la respuesta en frecuencia corresponde a lo que dice $R_f = 10k\Omega$ prueba. Si esto cambia a $1M\Omega$ la respuesta en frecuencia será muy distinta a los valores propuestos. Además, a medida que aumenta la frecuencia de f_{Vop} continúa siendo $100mV$ hasta un valor cercano de $20kHz$ después V_{op} puede elevarse hasta el intervalo de $100V$ a $200kH2$ aproximadamente.