



## Laboratorio – Circuitos Lineales con Amplificador Operacional

### Objetivos

- Construir con un operacional, un amplificador de alterna, uno diferencial y una fuente de corriente.
- Observar el funcionamiento de diferentes circuitos lineales.

### Textos de Referencia

- Principios de Electrónica, Capítulo 20. Malvino, 6ta ed.
- Dispositivos Electrónicos, Capítulos 13 y 14. T. Floyd, 3ra ed.

### Listado de Componentes

Cantidad	Componentes
1	LM741 (8 patas mini-DIP)
1	Resistencia de 100 $\Omega$ - 1/4W
1	Resistencia de 330 $\Omega$ - 1/4W
2	Resistencias de 1 k $\Omega$ - 1/4W
3	Resistencias de 2,2 k $\Omega$ - 1/4W
2	Resistencias de 10 k $\Omega$ - 1/4W
1	Resistencia de 22 k $\Omega$ - 1/4W
3	Capacitor de poliéster (o cerámico) de 0,1 $\mu$ F/50V
3	Capacitor electrolíticos de 1 $\mu$ F/50V
1	Un transistor PNP BC327
1	LED
1	Preset multivuelas de 10 k $\Omega$

### Listado de Instrumental

- Kit de experimentación EXPUN
- Osciloscopio
- Generador de señales
- Multímetro digital

#### 1. Amplificador no inversor de alterna

- 1.1. Armar el circuito de la Figura 1.
- 1.2. Calcular la ganancia del amplificador a frecuencias medias  $A_V$ . Anotar este valor en la Tabla 1.
- 1.3. Calcular las tres frecuencias de corte inferiores  $f_{C1}$ ,  $f_{C2}$  y  $f_{C3}$ .
- 1.4. ¿Cuál de ellas es la frecuencia de corte inferior dominante  $f_{Cinf}$ ? Anotar el valor en la Tabla 1.
- 1.5. Calcular la frecuencia de corte superior  $f_{2(CL)}$ . Anotar este valor en la Tabla 1.
- 1.6. Medir la ganancia del amplificador a frecuencias medias (1 kHz). Anotar dicho valor en la Tabla 1 y calcular el error porcentual.



- 1.7. Usando el generador de señales y el osciloscopio, medir las frecuencias de corte inferior (la que es dominante) y superior. Anotar los valores en la Tabla 1 y calcular el error porcentual.

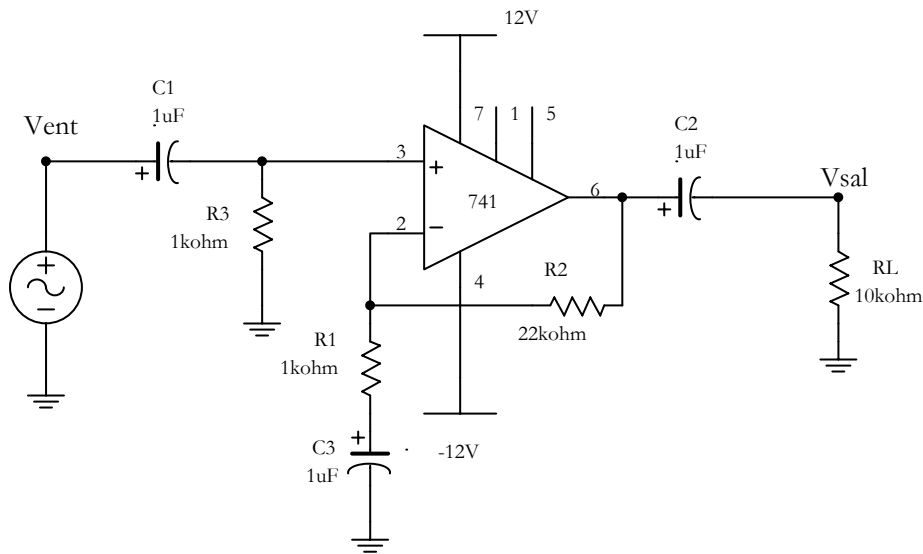


Figura 1

- 1.8. Dibujar el diagrama de Bode de la respuesta en frecuencia del amplificador.  
 1.9. Medir la máxima tensión senoidal de salida pico a pico, que se puede tener sin distorsión a 1 kHz.  
 1.10. Armar el circuito de la Figura 2.

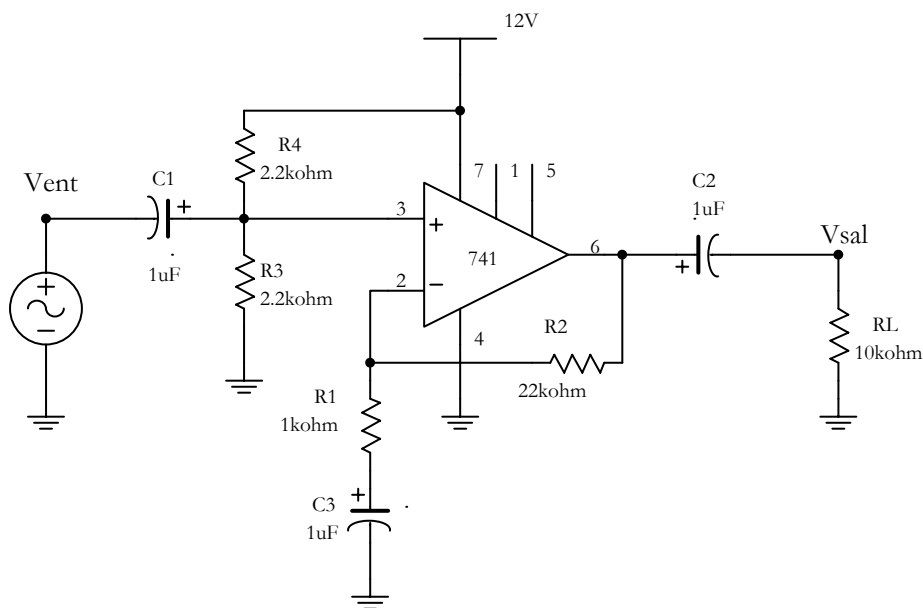


Figura 2

- 1.11. El circuito anterior es similar al de la Figura 1, aunque se ha alimentado el operacional con una sola fuente. Notar que se ha invertido la polaridad de C1. ¿Por qué se realizó este último cambio?  
 1.12. Observar en el osciloscopio las señales de entrada y salida. Medir la máxima tensión de salida pico a pico que se puede tener sin distorsión a 1 kHz.  
 1.13. ¿Por qué hay una diferencia entre este último valor y el medido en el punto 1.9?



## 2. Amplificador diferencial

### 2.1. Armar el circuito de la Figura 3

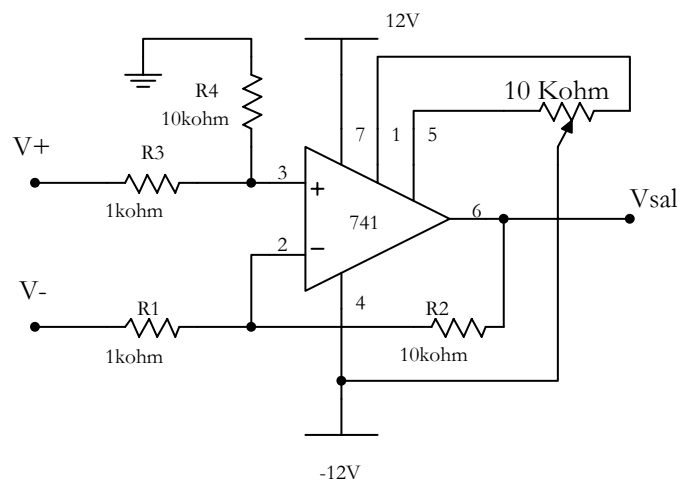


Figura 3

- 2.2. Con las dos entradas a tierra, corregir el offset de salida.
- 2.3. ¿Cuál es el valor esperado de la ganancia diferencial?
- 2.4. Medir la ganancia diferencial usando un generador de señales.
- 2.5. Medir la ganancia en modo común.
- 2.6. ¿Cuál sería entonces el valor de la relación de rechazo al modo común?
- 2.7. Sin desarmar el circuito de la Figura 3, armar el de la Figura 4.

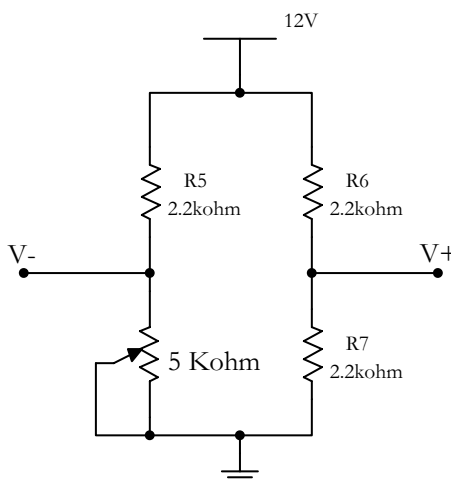


Figura 4

- 2.8. Usar el circuito anterior, para introducir una señal diferencial continua en la entrada del amplificador de la figura 3.
- 2.9. Fijar el valor del potenciómetro para que la entrada diferencial tome los valores previstos en la Tabla 2. Para cada uno de ellos, medir con el multímetro la tensión de salida.
- 2.10. Calcular el valor de la tensión de salida esperada y el error porcentual, para cada una de las entradas previstas en la Tabla 2.

## 3. Fuente de corriente

### 3.1. Armar el circuito de la Figura 5.

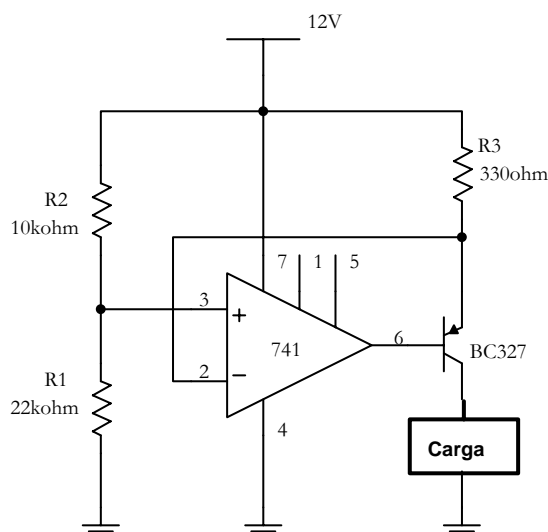


Figura 5

- 3.2. Calcular el valor de corriente  $I$  que debería proporcionar la fuente anterior. Anotar el resultado en la Tabla 3
- 3.3. ¿Cuál sería entonces el valor de la máxima resistencia de carga  $R_{Lma}$ , que no afectaría el valor de corriente establecido? Anotar el resultado en la Tabla 3.
- 3.4. Usando el multímetro como única carga, medir el valor de corriente  $I$ . Anotar el resultado en la Tabla 3 y calcular el error porcentual.
- 3.5. Usando como carga un potenciómetro de 1 kΩ en serie con el multímetro, determinar cuál es el valor de  $R_{Lma}$ .
- 3.6. Finalmente, observar como la fuente es capaz de encender el LED, cuando este último es colocado como la única carga.

#### 4. Circuito desfasador (opcional)

- 4.1. Armar el circuito de la Figura 6.

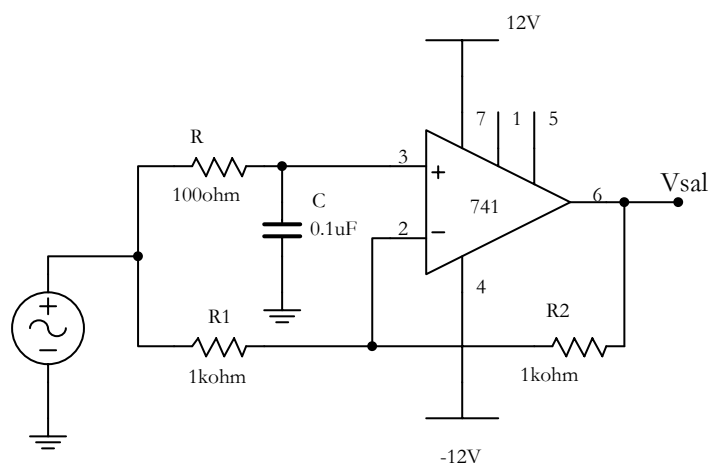


Figura 6

- 4.2. Calcular la frecuencia de corte del circuito de la Figura 6. Anotar dicho resultado en la Tabla 4.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$



- 4.3. A continuación medir la frecuencia de corte (ayuda: observe en el osciloscopio las señales de entrada y salida en el modo X/Y). Anotar dicho resultado en la Tabla 4 y calcular el error porcentual.
- 4.4. Para las frecuencias previstas en la Tabla 4, calcule el ángulo de fase usando la siguiente fórmula:

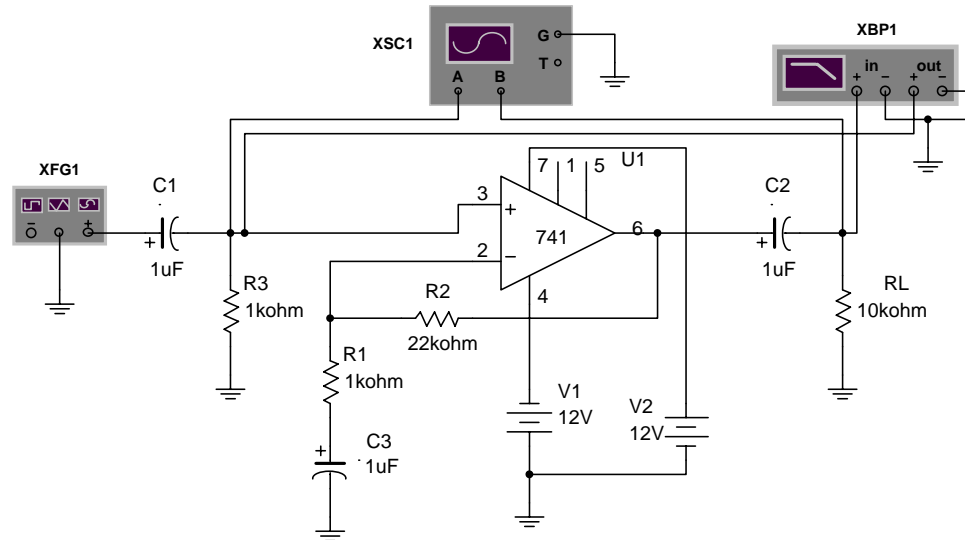
$$\phi = -2 \arctan \frac{f}{f_c}$$

- 4.5. Medir el ángulo de fase para estas mismas frecuencias. Anotar dicho resultado en la Tabla 4 y calcular el error porcentual.
- 4.6. En el circuito de la Figura 6 intercambie las posiciones de R y C. Luego de comparar la señal de entrada con la de salida, ¿qué cambio observa? Justifique.

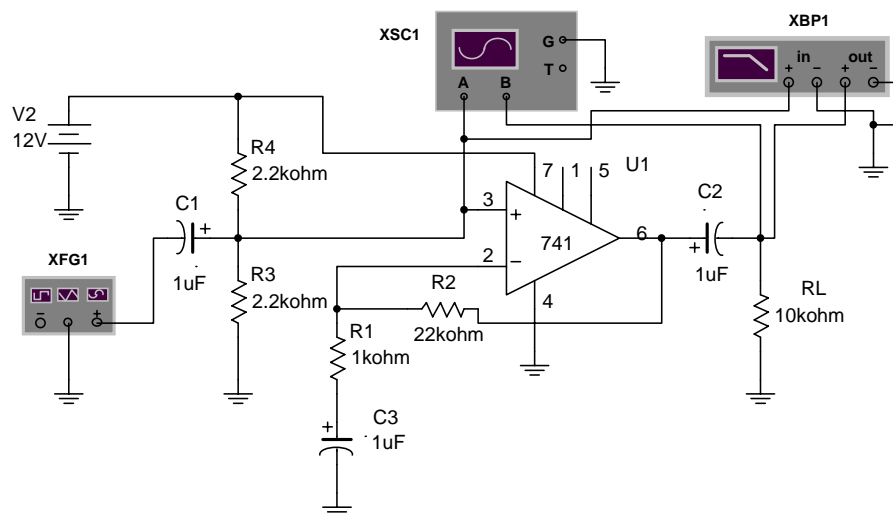
## Simulación – Circuitos Lineales con AO

### 1. Amplificador no-inversor de alterna

1.1 Cargar el circuito que se encuentra en el archivo noinversor.msm



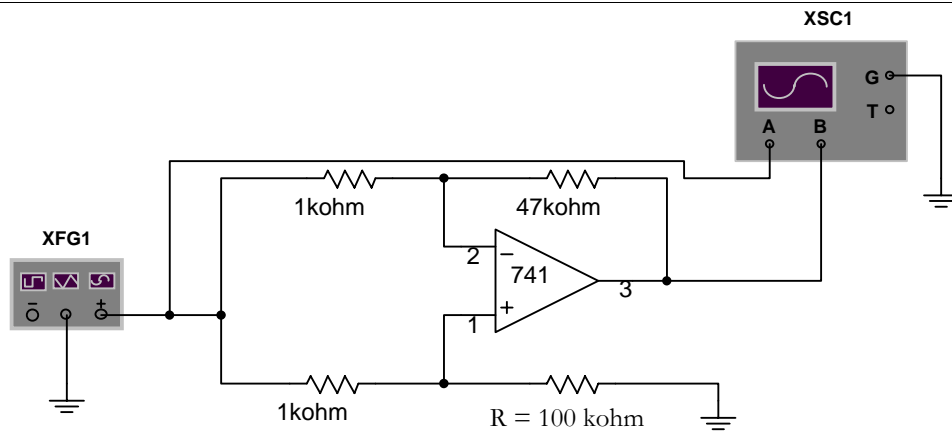
- 1.2. ¿Cuánto vale la ganancia de tensión a frecuencias medias?
- 1.3. Usando el Bode Plotter, medir las frecuencias de corte inferior  $f_{Cinf}$  y superior  $f_{2(CL)}$ .
- 1.4. Reemplazar la resistencia de realimentación de 22 kΩ por una de 47 kΩ. ¿Cuáles de las cantidades medidas en los dos puntos anteriores han cambiado? Explicar.
- 1.5. Luego de restituir la resistencia de 22 kΩ, reemplazar el capacitor de acoplo de entrada por uno de 10 μF. ¿Qué cambios observa en la respuesta en frecuencia? Explicar.
- 1.6. Cargar el circuito que se encuentra en el archivo noinversor2.msm



- 1.7. Al alimentar el amplificador con una fuente, ¿ha cambiado su comportamiento con la frecuencia? Explicar.
- 1.8. ¿Cuál es el mayor cambio observado? Ayuda: medir la máxima tensión de salida pico a pico.

### 2. Amplificador Diferencial

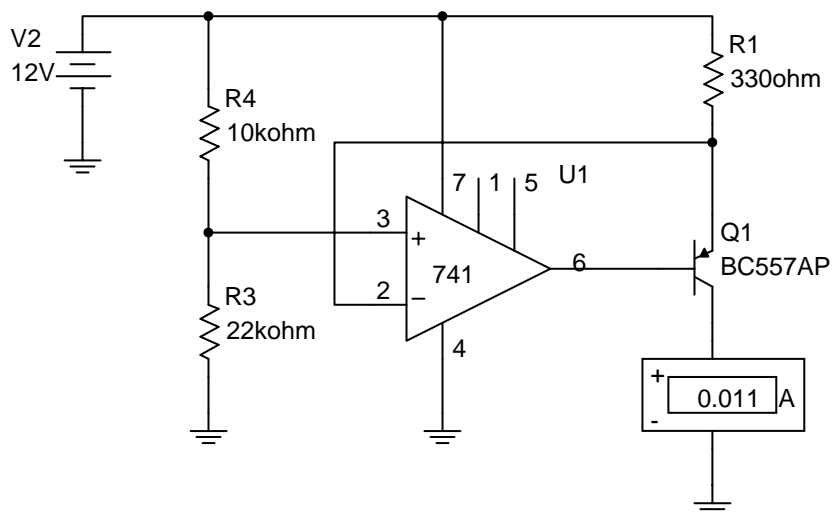
2.1. Cargar el amplificador diferencial que se encuentra en el archivo difamp.msm



- 2.2. ¿Cómo está aplicada la señal de entrada?
- 2.3. Observar en el osciloscopio la señal de salida superpuesta a la señal de entrada.
- 2.4. Variar la resistencia R hasta obtener la menor ganancia posible. ¿Qué valor de resistencia cumple este objetivo? Justificar.
- 2.5. Aplicar la misma señal de entrada pero en forma diferencial (aplíquela en la entrada no-inversora con la inversora a tierra). Medir la ganancia diferencial.
- 2.6. ¿Se modifica la ganancia diferencial si se varía levemente el valor de R? ¿Por qué?
- 2.7. ¿Cuál es entonces la función de la resistencia R?

### 3. Fuente de Corriente

- 3.1. Cargar el circuito que se encuentra en el archivo fuentecorr.msm



- 3.2. Medir la corriente por la carga.
- 3.3. ¿Cuánto vale la tensión colector-emisor cuando la carga es un cortocircuito?
- 3.4. Colocar de carga un potenciómetro de 1 kΩ.
- 3.5. ¿Cuánto vale la máxima resistencia de carga que no afecta el valor de corriente establecido?
- 3.6. ¿Por qué la resistencia de carga no puede ser mayor que este valor? Explicar.
- 3.7. Manteniendo el mismo valor de corriente, realice algunas modificaciones en el circuito para que la resistencia de carga máxima pueda ser de al menos 1 kΩ.



## Resultados – Amplificador Operacional

### Ejercicios de Laboratorio

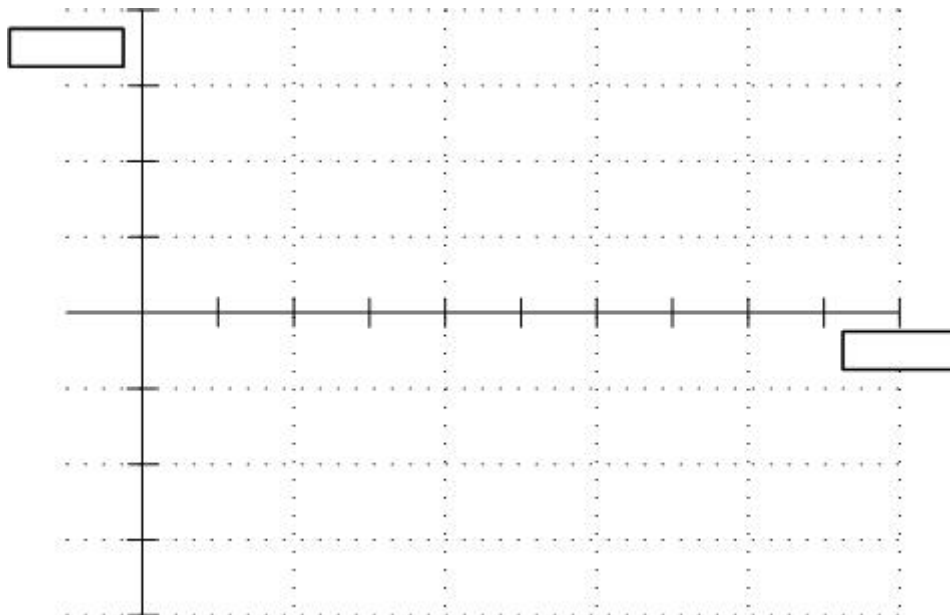
#### 1. Amplificador no inversor de alterna

1.3.  $f_{C1}$ :  $f_{C2}$ :  $f_{C3}$ :

Medida	Valor calculado	Valor Medido	Error %
$f_{Cinf}$			
$A_v$			
$f_{2(CL)}$			

Tabla 1

1.8.



1.9.  $V_{PPmax}$ :

1.11.

.....

.....

1.12.  $V_{PPmax}$ :

1.13.

.....

.....

#### 2. Amplificador Diferencial

	$A_v$
Calculado	
Medido	





2.5.  $A_{CM} =$

2.6.  $RRMC =$

$V_{ent}$ (volt)	$V_{sal}$ Calculada	$V_{sal}$ Medida	Error %
0,2			
0,5			
0,8			

Tabla 2

### 3. Fuente de corriente

Medida	Valor Medido	Valor Esperado	Error %
I			
$R_{Lmax}$			

Tabla 3

### 4. Circuito desfasador (opcional)

Medida	Valor Medido	Valor Esperado	Error %
$f_c$			
$\Phi$ (1 KHz)			
$\Phi$ (10 KHz)			
$\Phi$ (100 KHz)			

Tabla 4

4.6.

.....  
 .....



## Resultados – Circuitos Lineales con AO

### Ejercicios de Simulación

#### 1. Amplificador no-inversor de alterna

$A_v$	$f_{Cinf}$	$f_{2(CL)}$

1.4.

.....

.....

1.5.

.....

.....

1.7.

.....

.....

1.8.

.....

.....

#### 2. Amplificador Diferencial

2.2.

.....

.....

2.4.

.....

.....

2.5.  $A_v =$

2.6.

.....

.....

2.7.

.....

.....

#### 3. Fuente de Corriente

$I$	$V_{CE}$	$R_{Lmax}$

3.6.

.....

.....