

TRABAJO DE LABORATORIO 2

ETAPAS CON TRANSISTORES DISCRETOS

Objetivo:

Analizar el funcionamiento de una etapa amplificadora con un transistor en EC/SC o BC/GC. Medir, calcular manualmente y obtener por simulación sus parámetros característicos. Analizar la influencia sobre su funcionamiento al intercalar entre la señal de excitación y su entrada una etapa en configuración seguidor por E/S.

Finalmente se analizará el funcionamiento de una etapa en conmutación (trabajando entre corte y saturación) y el de un oscilador senoidal básico.

Material de trabajo:

El Trabajo de Laboratorio 2 consiste en una placa de circuito impreso sobre la que hay montado un transistor y componentes asociados al mismo. Mediante jumpers se puede hacer trabajar al dispositivo en cualquiera de sus configuraciones y variar en forma discreta los valores de los componentes asociados, según la tabla.

El circuito puede ser polarizado mediante una o dos fuentes de continua.

Desarrollo:

La Práctica consiste, en su parte "A", en la resolución de **una** pregunta de la lista indicada en las páginas siguientes en el ítem "Preguntas".

Las preguntas serán asignadas por los docentes para cada grupo.

En su parte "B" (optativa), se analizará el comportamiento de un TBJ NPN trabajando en conmutación, obteniendo los tiempos de retardo de encendido y apagado.

Finalmente en la parte "C", se analizará el funcionamiento de un oscilador senoidal básico.

Componentes de la placa experimental

R_{B1}: hay 2 valores disponibles

R_{B11} = 82KΩ ± 5% (carbón)

R_{B12} = 820KΩ ± 5% (carbón)

R_{B2}: hay 2 valores disponibles

R_{B21} = 10KΩ ± 5% (carbón)

R_{B22} = 100KΩ ± 5% (carbón)

R_C: hay 2 valores disponibles

R_{C1} = 1KΩ ± 5% (carbón)

R_{C2} = 4,7KΩ ± 5% (carbón)

R_E: hay 2 valores disponibles

R_{E1} = 470Ω ± 5% (carbón)

R_{E2} = 1KΩ ± 5% (carbón)

R_{LC}: hay 2 valores disponibles

R_{LC1} = 4,7KΩ ± 5% (carbón)

R_{LC2} = 10KΩ ± 5% (carbón)

R_{LE} = 4,7KΩ ± 5%

C_S = 2 μF ± 10% (cerámico)

C_E = 100 μF ± 20% (electrolítico)

C_{LC} = 2 μF ± 10% (cerámico)

C_{LE} = 2 μF ± 10% (cerámico)

Transistor TBJ = BC548B o BC558B
MOS = BS170

5. Obtenga un circuito amplificador con $|A_v| > 5$ o lo más cercano posible. Calcule A_v , R_i , R_o . Halle la dispersión de estas variables considerando solo la tolerancia de las fuentes V_{cc} y V_{ee} . Tolerancia fuentes de continua $\pm 10\%$.
6. Obtenga un circuito EC/SC o BC/GC realimentado en alterna. Obtenga A_v . Halle la respuesta en frecuencia y su dispersión si los capacitores electrolíticos poseen una tolerancia del $\pm 10\%$. Compare con el caso no realimentado.
7. Obtenga un circuito amplificador con R_L acoplada en alterna que tenga una $|A_v| > 50$ o lo más cercano posible. Obtenga A_v , R_i , R_o . Recalcule si $T_{\text{Transistor}} = T_{\text{amb}} + 20^\circ\text{C}$.
8. Obtenga un circuito en configuración EC/SC con $|A_v| > 10$ o lo más cercano posible. Analizar cualitativamente su variación con la temperatura, $\pm 30^\circ\text{C}$, debido a la deriva en los resistores y verificarlo mediante PSpice. Obtener la respuesta en frecuencia.
9. Obtenga un circuito en configuración EC/SC con $|A_v| > 10$ o lo más cercano posible. Halle su variación debido a la dispersión de los valores de los componentes del circuito: transistor y resistencias. Obtener la respuesta en frecuencia.
10. Obtenga un circuito en configuración EC/SC $|A_v| > 10$ o lo más cercano posible. Halle su variación debido a la dispersión del $\pm 15\%$ en la tensión de alimentación. Obtener la respuesta en frecuencia.
11. **Obtenga un circuito con $|A_v| > 20$, $R_i < 100 \Omega$, V_o pico $> 1V$ sin distorsión apreciable. Obtenga R_o y f_i .**
12. Polarice un EC/SC realimentado por Emisor/Source para alterna. Obtenga la amplificación de tensión. Obtenga V_i max. Obtenga que pasa con V_i max si se agrega un capacitor del Emisor/Source a común.
13. Obtenga una configuración que brinde $R_i > 10K\Omega$, $A_v = \pm 50$ o lo más cercano posible.
14. Obtenga una configuración que brinde $R_i > 10K\Omega$, $R_o < 400\Omega$.
15. Obtenga un circuito para tener $R_i > 10K$ y V_i max $> 400mV$. ¿Cuánto vale A_v , R_i , R_o ?
16. Obtenga un circuito EC/SC sin R_L para tener $|A_v| > 10$. ¿Cuánto vale R_i , R_o ?
17. Obtenga un circuito de modo de tener aproximadamente $0V$ en el colector. ¿Cuánto vale A_v , R_i , R_o ?. ¿Varía A_v si se acopla la carga mediante C_k o en forma directa?
18. Obtener un circuito con $|A_v| > 10$, con R_L y acoplado mediante Capacitor. Obtener la respuesta en frecuencia. Graficar $V_{ce}(t)$, $V_o(t)$ para $f = f_l$ y frecuencias medias.
19. Para un EC/SC o BC/GC realimentado en alterna. Obtenga A_v y V_o pico. Halle R_i , R_o , $Z_i(f)$ y $Z_o(f)$ para frecuencias $f = (1K, 10K, 100KHz)$.
20. Obtenga un circuito con $|A_v| > 30$. Obtenga la respuesta en frecuencia. Proponga la mínima cantidad de modificaciones a realizar para duplicar la A_v . Ventajas y desventajas de continua y de alterna de los cambios realizados.

(PONELE) ←

¿Y en esta parte qué hay que hacer entonces? ¿Medir la ganancia, R_{in} y R_{out} ? ¿Y la rta en frec?

Parte B) TRANSISTOR EN CONMUTACIÓN (optativo)

Objetivo:

Realizar la medición del tiempo de conmutación de un transistor bipolar para diferentes valores de la señal de excitación, extrayendo conclusiones mediante la comparación con las hojas de datos, y la verificación por simulación con PSPICE.

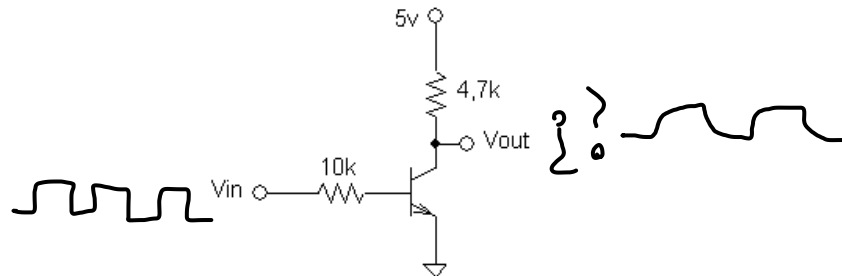
Desarrollo:

Para la realización del trabajo práctico, se utilizará un transistor bipolar BC548 en configuración inversor, que será alimentado con 5 V, y el cual será excitado por una onda cuadrada de distintas frecuencias: entre 1kHz y 10kHz, entre 50kHz y 100kHz y a 500kHz; y amplitud comprendida entre cero volts y un valor $V_{imáx}$. Analizar el funcionamiento del circuito.

- ✓ Indicar para qué tensiones se asegura el comportamiento de conmutador y por qué (con tensiones extremas de salida entre 0 y 5 V aproximadamente).

De la observación de la forma de onda de salida en el osciloscopio, estimar los diferentes tiempos de retardo en la conmutación del circuito (*tiempos de propagación*), para $V_{imáx} = 5$ V.

- ✓ Utilizar puntas de prueba 10X (¿por qué?).
- ✓ Analizando la hoja de datos, justificar si reemplazando el BC548 por el BS170, se reducirán o aumentarán los tiempos de retardo.



Parte C) Oscilador senoidal por desplazamiento de fase

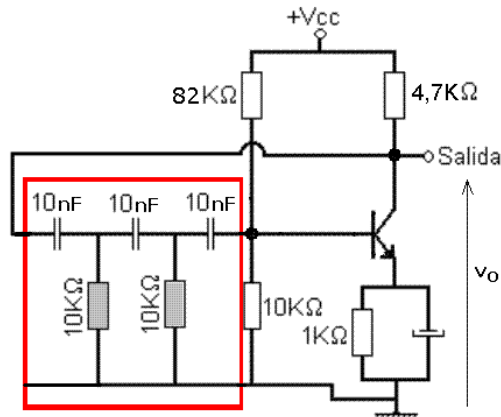
Objetivo:

Comprender el funcionamiento de un oscilador básico.

Desarrollo:

A partir de la placa con el TBJ NPN, polarizado como se indica en la figura, conectar la red RC indicada. Ajustar V_{CC} alrededor de los 20V y observar mediante el osciloscopio, (con punta directa 1X) la tensión de señal en el terminal de salida.

Teoría: el transistor en mad descarga los capacitores, pero cuando llega a corte ya no tienen por donde descargarse y la batería los carga.
????



- ✓ Explicar cualitativamente por qué la señal v_o resulta ser periódica (forma cuasi senoidal). Utilizar los conceptos generales de realimentación para demostrar, recorriendo el lazo, que la realimentación es positiva.
- ✓ Sin obtener una expresión analítica, justificar a partir del análisis del comportamiento de la realimentación, cómo se relaciona aproximadamente la frecuencia de la señal v_o con los valores de la red RC.

$$f = 1/\tau = 1/R.C, \text{ la tire'}$$

Preguntas optativas:

- Simular y obtener mediante PSPICE, la descomposición de Fourier de la señal de salida. Obtener de la simulación el porcentaje de distorsión.
- De acuerdo con los resultados (medidos y simulados) ¿Por qué este oscilador se lo utiliza en el rango de frecuencias bajas (hasta audio)?.
- ¿Cuál será el valor mínimo aproximado de V_{CC} para el cual se detiene la oscilación?.
- Si se reemplaza la red RC formada por tres **derivadores**, por otra formada por tres **integradores**, ¿También oscilará?. ¿A la misma frecuencia?.

???

TRABAJO DE LABORATORIO 3

ETAPAS CON TRANSISTORES INTEGRADOS

Objetivo:

Analizar las características principales de una etapa amplificadora formada por dos transistores de tecnología metal-óxido-semiconductor (MOSFET), en configuración "cascode" (source común - gate común), extrayendo conclusiones mediante el cálculo analítico, la medición en laboratorio y la verificación por simulación con PSPICE.

Desarrollo:

Para la realización de este trabajo, se utilizará un circuito impreso provisto por el Laboratorio, en base al MOSFET de doble gate BF966, que pueden configurarse como un circuito equivalente de dos transistores NMOSFET de canal preformado. El diagrama circuital de la etapa amplificadora es el de la Fig. 1:

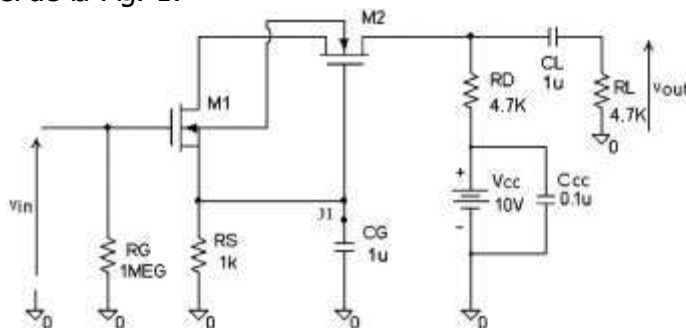


Figura 1

Y el circuito montado en el pcb (doble faz) visto del lado de los componentes, es el de la Fig. 2:

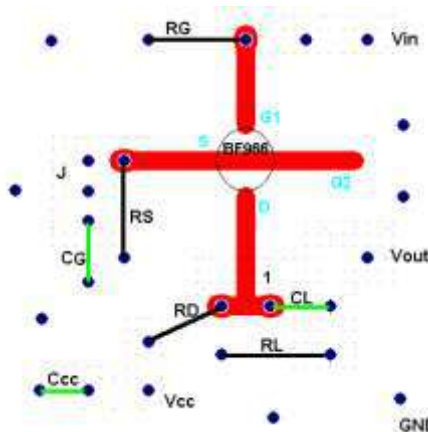


Figura 2

El "Dual Gate BF966" posee una configuración interna como la indicada en la Fig. 3a (ver hoja de datos). Su funcionamiento puede asimilarse al del macromodelo indicado en la Fig. 3b, donde los parámetros no especificados de los transistores se admiten despreciables (por ejemplo: $\lambda = 0$, $\gamma = 0$, etc.).

A los fines de este Trabajo de laboratorio, se utilizará un macromodelo más simplificado, que se indica en la Fig. 3c, donde los parámetros para simulación mediante Pspice no especificados de los MOSFET, son los tomados por defecto según los modelos del programa.

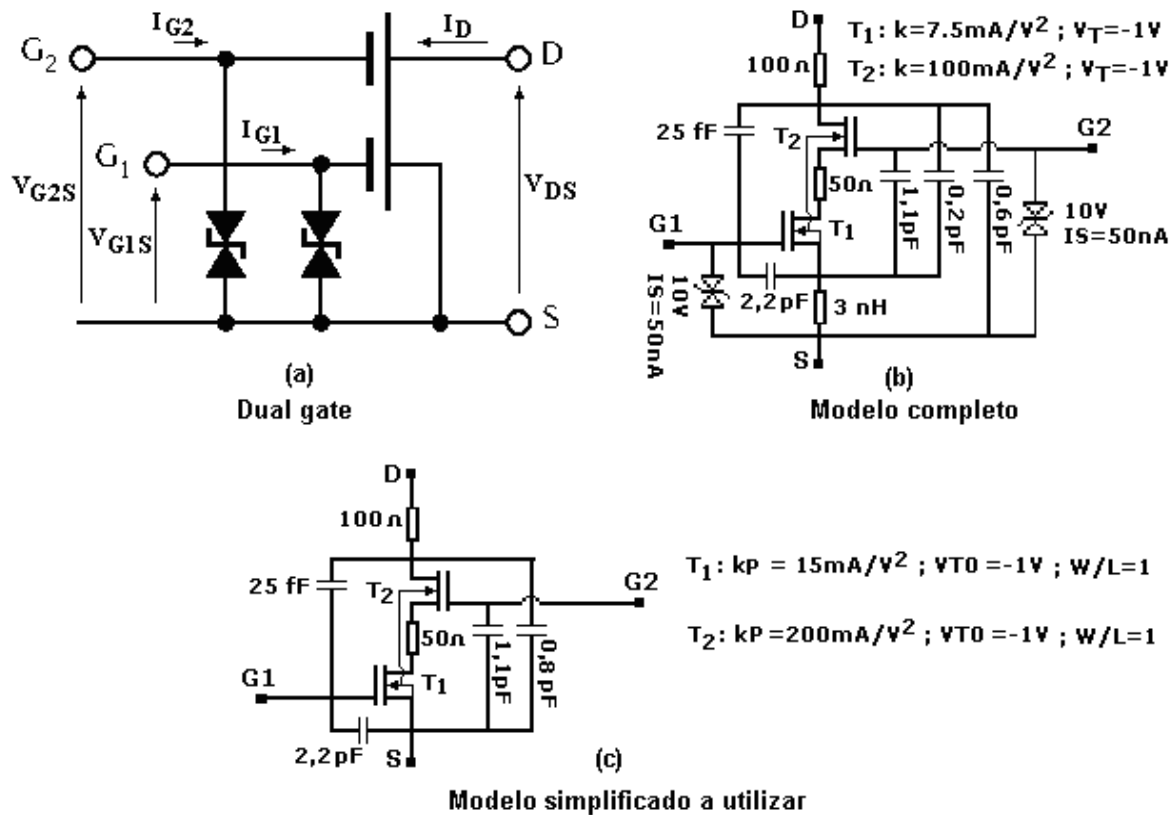


Figura 3

La nomenclatura utilizada en la figura 3b corresponde a la ecuación del MOSFET escrita como:

$$I_D = k \cdot (V_{GS} - V_T)^2, \text{ donde } k = (\mu C_{ox}'/2) \cdot (W/L); \text{ con } k' = (\mu C_{ox}'/2)$$

La nomenclatura de la figura 3c corresponde a la ecuación del MOSFET utilizada en PSPICE:

$$I_D = (k_P/2) \cdot (W/L) \cdot (V_{GS} - V_T)^2; \text{ donde } k_P = (\mu C_{ox}') = 2 \cdot k'$$

Calcular en forma aproximada por inspección, verificar por simulación y comprobar por medición, comparando los resultados y extrayendo conclusiones:

1. Valores de reposo.

2. Amplificación de tensión total (A_v) a frecuencias medias.

3. Resistencia de entrada y salida. Prestar atención a la influencia del instrumental de medición en los valores obtenidos para R_i (resistencia-capacitancia punta de prueba del osciloscopio). Verificar si extrayendo dicha influencia de los valores medidos, se alcanza el valor de R_i calculado y obtenido por simulación inicialmente esperado.

4. Máxima excursión de señal a la salida sin recorte y el $\hat{V}_{om\acute{a}x}$ admitiendo baja distorsión.

Se estima que existe baja distorsión cuando $\Delta V_{GS} \ll (V_{GSQ} - V_T)/2$. **Justificar esta expresión.**

La distorsión, para la señal de salida sin recorte, se evaluará de dos modos:

- En forma aproximada, utilizando la función FFT del osciloscopio digital.
- Por simulación, mediante un análisis de las componentes de Fourier obtenidas mediante el comando .FOUR de PSpice.

5. Respuesta en frecuencia para A_{vs} . (Siendo $A_{vs} = v_o/v_s$, donde v_o es la tensión de salida sobre la carga R_L y v_s la tensión que entregaría el generador de señal en vacío -tensión de Thévenin-). Prestar especial atención a la influencia del instrumental en los valores obtenidos para la frecuencia de corte superior, f_h (capacitancia punta de prueba-osciloscopio, influencia del cableado y conectores). Considerar dichos efectos en el análisis manual y mediante simulación para poder comparar los resultados. Verificar si extrayendo dicha influencia de los valores medidos, se alcanza el valor de f_h calculado y obtenido por simulación inicialmente esperado.

Volver a realizar la medición de f_h utilizando una **punta de prueba activa**, que posee una capacitancia de entrada mucho menor que las pasivas convencionales, lo que atenúa la influencia de la capacitancia punta de prueba-osciloscopio. Sus características aproximadas son las indicadas en la Fig. 4.

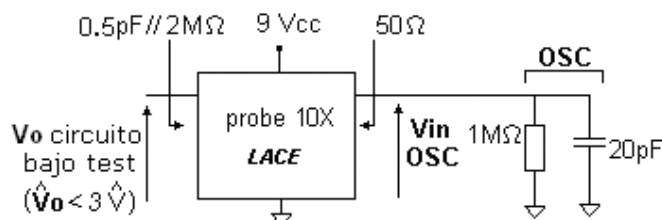


Figura 4

Pasos básicos para medir la respuesta en alta frecuencia de la amplificación del cascode

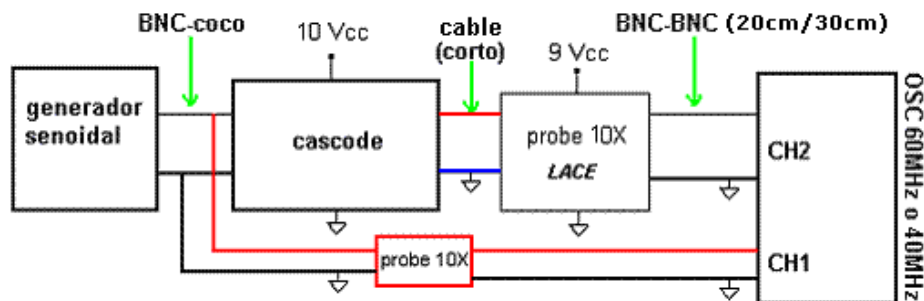


Figura 5

- Armar el banco de medición como se indica en la figura 5 y barrer en frecuencia, desde 100kHz a 10 MHz para obtener la frecuencia de corte superior (la punta activa posee una frecuencia de corte inferior en los alrededores de 500Hz).
- Fijar una amplitud de entrada que entregue una salida del amplificador inferior a 1,5 V pico a frecuencias medias, para asegurar baja distorsión (del amplificador como de la punta activa).
- Observar que, siendo la capacitancia de entrada de la punta activa de décimas de pF, es de esperar que pueda medirse un ancho de banda superior al medido con la punta pasiva compensada (10X) conectada a la salida del amplificador, cuya capacitancia punta-osciloscopio resulta en los 17pF.
- Obtener el ancho de banda del amplificador restando la influencia de la capacitancia de la punta activa. **¿Influye la punta 10X conectada a la entrada? Analizar la influencia del cableado y conectores utilizados.**
- Si se elimina el desacople C_G , se esperaría un aumento del ancho de banda. **¿Por qué?**