



Práctica PF4

AMPLIFICACIÓN DE VOLTAJE CON TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO

OBJETIVOS

- Conocer y entender el funcionamiento de circuitos que utilizan transistores de efecto de campo en aplicaciones de amplificación de voltaje y corriente. Para cumplir con este objetivo se emplean herramientas analíticas, de simulación por computadora y experimentales.
- Analizar teóricamente circuitos amplificadores con transistores de efecto de campo con el objetivo de determinar zona de operación, ganancia de corriente, ganancia de voltaje, impedancia de entrada e impedancia de salida.
- Comparar los resultados arrojados analíticamente y/o mediante simulación por computadora con los obtenidos al realizar mediciones directamente en los circuitos bajo prueba.

1.1 INTRODUCCIÓN

Una de las aplicaciones importantes de los transistores de efecto de campo es la capacidad de amplificar pequeñas señales de corriente y/o voltaje variantes en el tiempo. Por ejemplo, los amplificadores con JFET se emplean como amplificadores de bajo nivel en una primera etapa en receptores de radiocomunicación; o en circuitos de alarma de contacto, por citar algunos ejemplos. Dada su polarización eficiente también son utilizados en amplificadores de potencia y en circuitos de conmutación. En el caso de amplificación de señales sin distorsión se requiere que el transistor opere en la región activa. Existen tres configuraciones básicas de amplificadores JFET de una sola etapa: amplificador en fuente común, amplificador en drenador común y amplificador en compuerta común. En esta práctica se estudiara la primera de ellas.

Circuito equivalente de pequeña señal. La Figura 1(a) ilustra el modelo equivalente de un JFET, donde r_{gs} es la resistencia interna entre compuerta y fuente, entre drenador y fuente aparece una fuente de corriente dada por $g_m v_{gs}$. Además se incluye la resistencia entre drenador y fuente r_{ds} . La Figura 1(b) muestra un modelo simplificado donde se ha considerado que los resistores r_{gs} y r_{ds} son extremadamente grandes.

Amplificador en fuente común

Un amplificador en fuente común es aquel en el que se aplica una señal de entrada de CA a la compuerta y la señal de salida de CA se toma de la terminal del drenador. La terminal de fuente es común tanto para la señal de entrada como para la de salida. Las configuraciones básicas para este amplificador pueden incluir un resistor de fuente R_S ; o dos resistores R_S en serie ($R_S = R_{S1} + R_{S2}$), donde sólo uno de ellos cuenta con un capacitor en derivación (conectado en paralelo a este); o puede ser una configuración donde $R_S = 0$. Un ejemplo de este tipo de amplificador que utiliza dos resistores R_S se ilustra en la Figura 2. El circuito utiliza un JFET canal N polarizado mediante un divisor de voltaje. Si este circuito se modifica de tal forma que $R_1 = \infty$ (circuito abierto), entonces la polarización del amplificador cambia a la de un JFET autopolarizado. La resistencia de carga R_L así como la fuente de

señal de CA v_s se encuentran acoplados a la red de polarización mediante capacitores (denominados capacitores de acoplamiento).

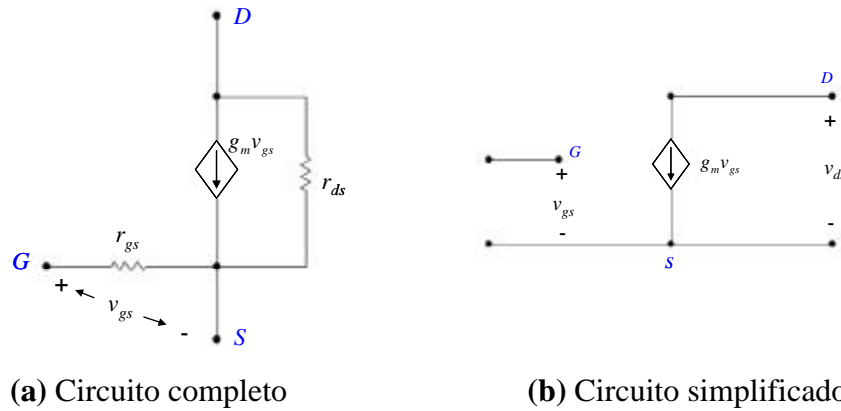


Figura 1. (a) Circuito equivalente del JFET en el que se ilustra su resistencia entre compuerta y fuente r_{gs} , y su resistencia entre drenador y fuente r_{ds} . (b) Circuito equivalente del JFET simplificado.

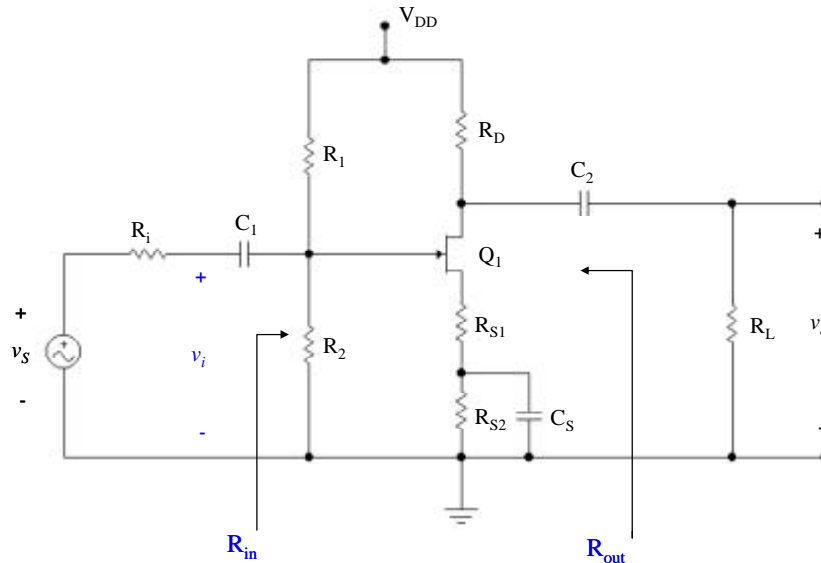


Figura 2. Ejemplo de amplificador fuente común con JFET canal N.

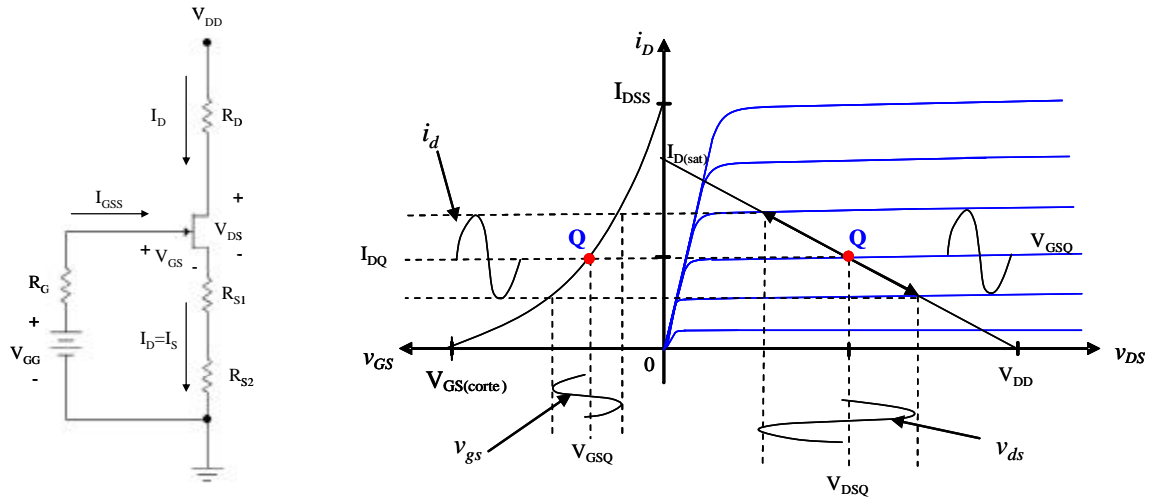
Análisis de CD. El circuito que se ilustra en la Figura 3(a) muestra el circuito equivalente de CD para el amplificador fuente común de la Figura 2. En el análisis de CD se considera la impedancia de los capacitores como infinita de tal forma que estos actúan como circuitos abiertos. También la red de polarización de la compuerta se ha simplificado mediante la aplicación del teorema de Thevenin, las ecuaciones para la red de la compuerta se presentan enseguida.

La resistencia de compuerta es dada por: $R_G = R_1 \parallel R_2$. Generalmente I_{GSS} es muy pequeña por lo que para efectos prácticos se considera como $I_{GSS}=0$, el resistor R_G mantiene a la compuerta en aproximadamente V_{GG} volts de CD. V_{GG} se obtiene aplicando un divisor de voltaje:

$$V_{GG} = V_{DD} \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$

En el caso de un red de autopolarización donde $R_1=\infty$, las ecuaciones son $R_G=R_2$ y $V_{GG}=0V$. El análisis de la malla compuerta-fuente arroja la ecuación:

$$V_{GG} = V_{GS} + I_D(R_{S1} + R_{S2})$$



(a) Circuito equivalente de CD

(b) Curvas características y punto de operación.

Figura 3. (a) Circuito equivalente de CD para el amplificador fuente común. (b) Curvas características que ilustran un punto de operación Q y la operación de las señales de CA que son procesadas por el amplificador.

De esta relación se despeja el voltaje V_{GS} y se sustituye en la ecuación de Shockley

$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(corte)}} \right)^2$. La ecuación resultante es de tipo cuadrática que se resuelve para I_D , esta

arroja dos soluciones: I_{D1} e I_{D2} ; cuando el circuito opera en la zona activa, generalmente una de ellas es descartada ya que no cumple con las condiciones para esta zona de operación. El valor de la corriente drenador de operación real debe encontrarse en el intervalo $0 < I_{DQ} < I_{DSS}$ y el voltaje de compuerta-fuente, para esta corriente I_{DQ} de operación, debe cumplir con la condición $V_{GS(corte)} < V_{GSQ} < 0$. Una vez determinada I_{DQ} se analiza la malla drenador-fuente:

$V_{DD} = I_D R_D + V_{DS} + I_D (R_{S1} + R_{S2})$	Ecuación de la línea de carga de CD.
---	--------------------------------------

Si además de las condiciones anteriores, el voltaje drenador-fuente de operación cumple con la condición $V_{DSQ} > V_{DS(saturación)}$, entonces se puede afirmar que el amplificador opera en la zona activa donde I_{DQ} , V_{DSQ} y V_{GSQ} definen los puntos de operación sobre las curvas características, tal y como lo muestra la Figura 3(b).

En esta figura se observa que la señal de voltaje de entrada v_s hace que el voltaje de compuerta a fuente v_{gs} excursione por encima y por debajo de su valor en el punto Q (V_{GSQ}), lo que provoca una excursión correspondiente en la corriente de drenador la cual excursiona por arriba y por debajo de su valor en el punto Q en fase con el voltaje de compuerta a fuente. El voltaje entre drenador y fuente v_{ds} excursiona por encima y por debajo del punto Q (V_{DSQ}) y se desfaza 180° con respecto al voltaje entre compuerta y fuente v_{gs} .

Análisis de CA. La Figura 4 muestra el circuito equivalente de CA para el amplificador fuente común que se ilustra en la Figura 2. Para obtener este circuito se consideran los capacitores en corto circuito al igual que la fuente de CD. Enseguida se reemplaza el modelo simplificado del JFET mostrado en la Figura 1(b).

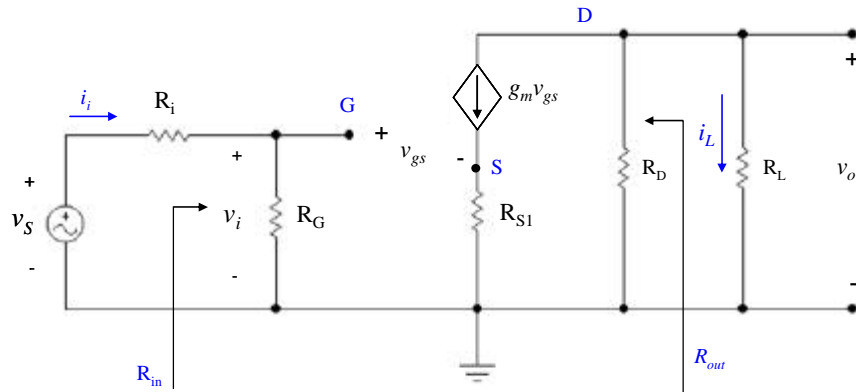


Figura 4. Circuito equivalente de pequeña señal para el amplificador fuente común.

Las ecuaciones para el cálculo de la ganancia de voltaje, ganancia de corriente, resistencia de entrada y resistencia de salida se presentan a continuación.

Ganancia de voltaje	Ganancia de corriente
$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \left(\frac{-R_G}{R_i + R_G} \right) \left(\frac{R_D \parallel R_L}{1/g_m + R_{S1}} \right)$	$A_i = \frac{-R_G R_D}{(R_D + R_L)(1/g_m + R_{S1})}$
Resistencia de entrada	Resistencia de salida
$R_{in} \sim R_G$	$R_{out} \sim R_D$

Bibliografía

Libro de Texto:

- Microelectronics; Circuit Analysis and Design (*Chapter 5 and 6*)
Donal A. Neamen, McGraw Hill, 3rd Edition, 2007

Libros de Consulta:

- Electronic Devices (*Chapter 4 and 6*)
Thomas L. Floyd, Prentice Hall, 6th Edition, 2002
- Electronic Devices and Circuits (*Chapter 8, 9 and 10*)
Robert T. Paynter, Prentice Hall, 7th Edition, 2006
- Electronic Circuits; Analysis, Simulation, and Design (*Chapter 7*)
Norbert R. Malik, Prentice Hall, 1995

1.2 ACTIVIDAD PREVIA

Instrucciones

Siga detalladamente las instrucciones para cada uno de los puntos que se presentan en la presente actividad. Conteste y/o resuelva lo que se le pide en los espacios correspondientes para cada pregunta. Hágalo de manera ordenada y clara. En el reporte agregue en el espacio asignado gráficas comparativas, análisis de circuitos, simulaciones en computadora, ecuaciones, referencias bibliográficas, ejemplos, aplicaciones, según sea el caso.

No olvide colocar una portada con sus datos de identificación así como los datos relacionados con la práctica en cuestión, como número de práctica, título, fecha, etc.

Desarrollo de la actividad previa

Lea detenidamente el capítulo correspondiente de su libro de texto, y en los libros de consulta, los temas relacionados con amplificadores de voltaje con JFETs; y conteste lo siguiente.

I) Determine los voltajes y corrientes de operación para el amplificador fuente común que se ilustra en la Figura 2, considere los siguientes datos $R_1 = \infty$, $R_2 = R_G = 27 \text{ K}\Omega$, $R_i = 12 \text{ }\Omega$, $R_D = 10 \text{ K}\Omega$, $R_{S1} = 100 \text{ }\Omega$, $R_{S2} = 330 \text{ }\Omega$, $R_L = 2.7 \text{ K}\Omega$ y $V_{DD} = 20\text{V}$; se utiliza un JFET canal N con $I_{DSS} = 2\text{mA}$ y $V_{GS(\text{corte})} = -2\text{V}$. Trace una aproximación de las líneas de carga y curvas característica e indique el punto de operación Q. Además, calcule ganancias de voltaje y corriente, y resistencias de entrada y salida. Si lo desea, puede corroborar los resultados mediante una simulación por computadora.

II) La Figura 5 ilustra un amplificador en configuración drenador común. ¿Que características lo diferencian de la configuración fuente común?

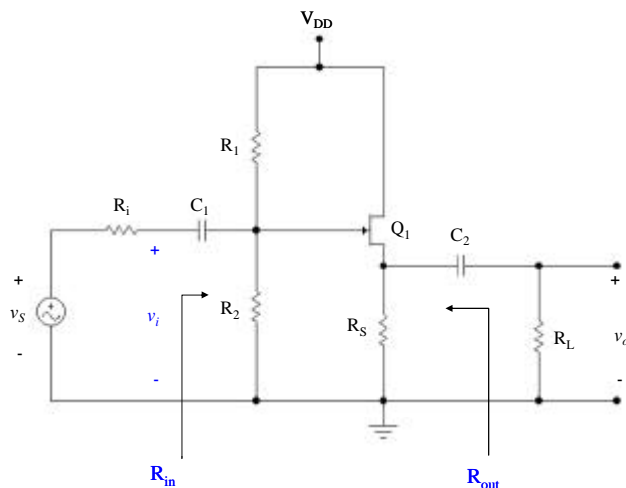


Figura 5. Amplificador en configuración drenador común

III) Para el amplificador en configuración drenador común que se ilustra en la Figura 5 determine lo siguiente: a) Dibuje su circuito equivalente de CA para pequeña señal b) Demuestre que las ecuaciones

para su ganancia de voltaje, ganancia de corriente, impedancia de entrada y salida son las que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla I. Ecuaciones para la configuración drenador común.

<p>Ganancia de voltaje</p> $A_v = \left(\frac{R_G}{R_i + R_G} \right) \left(\frac{R_S \parallel R_L}{1/g_m + R_S \parallel R_L} \right)$	<p>Ganancia de corriente</p> $A_i = \frac{R_S R_G}{(R_S + R_L)(1/g_m + R_S \parallel R_L)}$
<p>Resistencia de entrada</p> $R_{in} = R_G$	<p>Resistencia de salida</p> $R_{out} = r_{ds} \parallel R_S$ <p>Nota: Si $r_{ds} \gg R_S$ entonces $R_{out} \sim R_S$</p>

1.3 PROCEDIMIENTO

En esta sección se analiza un amplificador con transistor de efecto de campo en configuración Fuente Común y se determina a partir de las mediciones realizadas: el punto de operación Q, la transconductancia del transistor g_m o factor de amplificación, la ganancia de voltaje, la ganancia de corriente, la resistencia de entrada y la resistencia de salida. Este análisis se llevara a cabo realizando mediciones de voltaje y corriente en varios puntos de interés del circuito utilizando la interfase gráfica del Laboratorio Remoto de Electrónica (eLab). Se realiza también un análisis teórico del circuito y se comparan posteriormente estos resultados con los que arrojan las mediciones del mismo.

Para cada una de las mediciones y/o cálculos efectuados se deben agregar enseguida las unidades respectivas, por ejemplo: para mediciones de voltaje utilizar V, mV, V (rms), etc; para las de corriente A, mA, A (rms), etc; para frecuencia utilizar Hz o rad/s, según el caso; etc.

Análisis de un circuito amplificador en configuración Fuente Común

A continuación se presenta el procedimiento que servirá de guía durante el análisis del circuito amplificador en configuración Fuente Común que se ilustra en la Figura 6. Observe que en el circuito se utilizan dos relevadores, el relevador SW1 se utilizará para acoplar la entrada v_s al amplificador a través de la resistencia R_i , esto permitirá medir la resistencia de entrada del circuito. Por su parte, el relevador SW2 en la salida del circuito, desconectará la carga R_L y conectará una carga R_Z , la cual servirá para medir la resistencia de salida del amplificador (R_{out}). Los valores exactos de los componentes (resistores), se encuentran disponibles dentro de la interfase gráfica del Laboratorio Remoto de Electrónica (eLab). El valor exacto de la fuente de alimentación V_{DD} se medirá durante el desarrollo de la práctica.

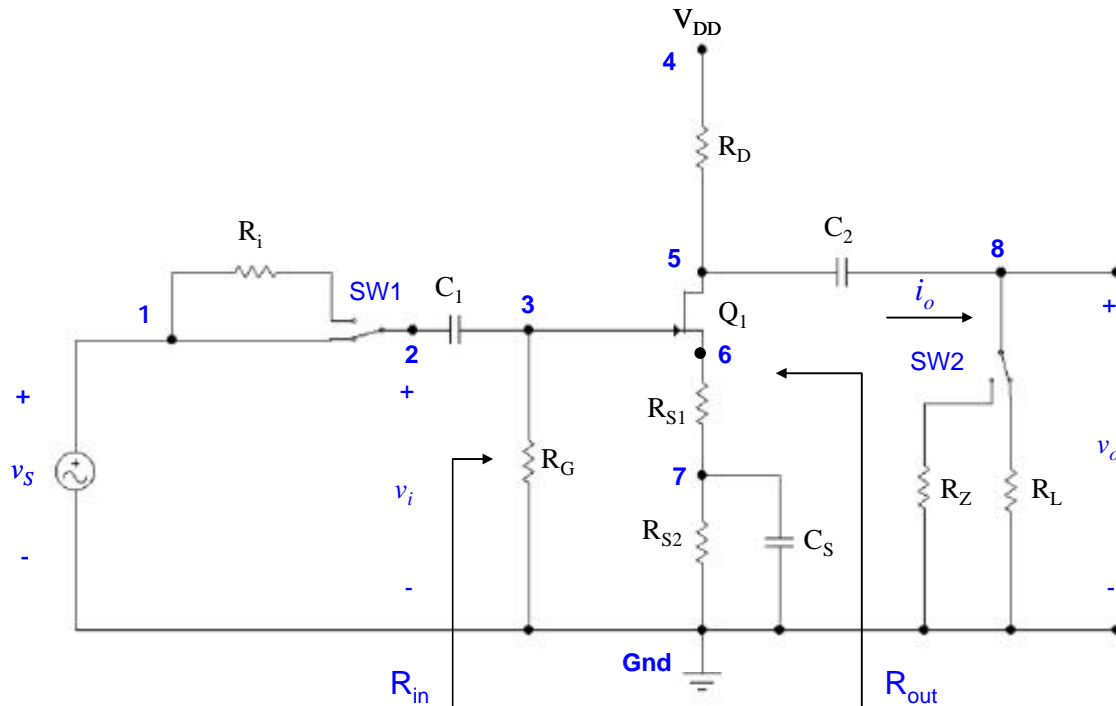


Figura 6. Circuito amplificador en configuración Fuente Común con JFET canal N.

La Tabla II muestra los valores exactos de resistores y capacitores utilizados en el amplificador.

Tabla II. Valores exactos de resistores y capacitores para el amplificador que se ilustra en la Figura 6.

Resistor	Valor exacto		Capacitor	Valor exacto
$R_G=R_2$	99.4 K Ω ,		C_1	0.33 μ F
R_D	2.69 K Ω		C_2	10 μ F
R_{S1}	47.8 Ω		C_S	100 μ F
R_{S2}	466 Ω			
R_L	22.4 K Ω			

El transistor utilizado es el 2N4220A.

A continuación se llevarán a cabo las mediciones de voltaje y corriente para el circuito de la Figura 6, con los resultados de estas mediciones se deberá determinar la zona de operación del transistor de efecto de campo, sus ganancias de corriente y voltaje; y las resistencias de entrada y salida.

I) Zona de operación del transistor de efecto de campo

En esta parte del procedimiento se realizarán las mediciones necesarias para determinar la zona de operación del transistor de efecto de campo.

a) Configuración de la fuente de señal v_s . Antes de iniciar con las mediciones respectivas realice el siguiente procedimiento: utilizando la instrumentación apropiada disponible en el eLab configure la

fuelle de voltaje de corriente alterna v_s con un voltaje de cero volts de amplitud y con una frecuencia de 1000 Hz. Asegúrese que los relevadores de entrada y salida que habilitan los resistores R_i y R_L se encuentren en la posición que muestra la Figura 6.

b) Medición del voltaje de alimentación V_{DD} . En este punto del procedimiento mida el voltaje de la fuente de alimentación V_{DD} y coloque el resultado exacto de esta medición enseguida. Este dato es importante ya que se utilizará posteriormente en los cálculos analíticos.

Voltaje de la fuente de alimentación.	$V_{DD} =$
---------------------------------------	------------

c) Medición del voltaje Compuerta-Fuente de operación, V_{GSQ} . Con el medidor de voltaje de corriente directa mida el voltaje en las terminales Compuerta-Fuente del transistor. A partir de estas mediciones obtenga el voltaje compuerta fuente de operación V_{GSQ} . Anote el valor medido en la casilla “Resultado de la medición”. Posteriormente realice un análisis del circuito y coloque el resultado de este voltaje en la casilla “Resultado analítico”. Coloque en la casilla denominada “Hoja de datos” el intervalo de este voltaje que el fabricante proporciona en sus hojas de especificaciones para este modelo de transistor.

	Hoja de datos	“Resultado analítico”	“Resultado de la medición”
Voltaje Compueta- Fuente $V_{GSQ} = V_{(\text{nodo } 3)} - V_{(\text{nodo } 6)}$	$\text{_____} < V_{GS} < \text{_____}$	$V_{GSQ} =$	$V_{GSQ(\text{medido})} =$

- Compare el valor medido para el voltaje V_{GSQ} con los voltajes de operación proporcionados por el fabricante y con su resultado analítico. Describa sus comparaciones enseguida.

(Coloque aquí el procedimiento analítico para el cálculo del voltaje V_{GSQ})

d) Medición del voltaje de Drenador a Fuente V_{DSQ} . Utilizando el medidor de voltaje de CD realice las mediciones adecuadas en el circuito y a partir de ellas determine el voltaje entre las terminales drenador-fuente (V_{DSQ}). Coloque los valores medidos en la casilla “Resultado de la medición”. Enseguida, y utilizando el resultado de la medición obtenida para V_{DD} (realizada en un punto anterior), determine analíticamente el valor de estos voltajes, coloque el resultado de sus análisis en la casilla denominada “Resultado analítico”.

	“Resultado analítico”	“Resultado de la medición”
Voltaje de Drenador a Fuente:	$V_{DSQ} =$	$V_{DSQ} =$

Realice el análisis del circuito en el siguiente espacio:

(Coloque aquí el procedimiento analítico para el cálculo de los voltajes V_{DSQ} y V_{GDS})

e) Medición de las corrientes de operación. Realice las mediciones adecuadas en el circuito y determine las corrientes I_{DQ} (corriente drenador de operación), I_{SQ} (corriente fuente de operación) e I_{GQ} (corriente de compuerta). Coloque los valores de estas corrientes en la casilla “Resultado de la medición”. Posteriormente, determine analíticamente el valor de estas mismas corrientes, coloque estos resultados en la casilla “Resultado analítico”

	“Resultado analítico”	“Resultado de la medición”
Corriente de Drenador: $I_{DQ} = \frac{V_{R_D}}{R_D} = \frac{V_{DD} - V_{DQ}}{R_D}$	$I_{DQ} =$	$I_{DQ} =$
Corriente de fuente: $I_{SQ} = \frac{V_{RS2}}{R_{S2}} = \frac{V_{RS1}}{R_{S1}} = \frac{V_S}{R_{S1} + R_{S2}}$	$I_{SQ} =$	$I_{SQ} =$
Corriente de Compuerta: $I_{GQ} = \frac{V_{R_G}}{R_G} = \frac{V_G}{R_G}$	$I_{GQ} =$	$I_{GQ} =$

Realice el análisis del circuito en el siguiente espacio:

(Coloque aquí el procedimiento analítico para el cálculo de I_{DQ} , I_{SQ} e I_{GQ})

- Compare el valor medido de I_{DQ} con el del I_{SQ} . ¿Que observa en estos valores? ¿Su diferencia es considerable? Describa sus resultados a continuación:

- Compare el valor medido de la corriente de compuerta I_{GQ} con el dato que proporciona el fabricante; coloque este último en la siguiente tabla.

	“Hoja de datos”
Corriente de compuerta I_{GQ}	$I_{GSS} =$

Escriba sus comentarios a continuación:

f) Cálculo de la transconductancia g_m para el punto de operación. Tomando en cuenta el valor del voltaje compuerta fuente de operación V_{GSQ} medido en incisos anteriores determine la transconductancia del transistor de efecto de campo para este punto de operación. Coloque sus operaciones y el resultado en la casilla “Resultado de la medición”. A partir de los resultados analíticos calcule este valor de transconductancia y coloque su resultado en la casilla “Resultado analítico”. En la casilla denominada “Hoja de datos” coloque el intervalo para el valor de g_m que proporciona el fabricante en la hoja de especificaciones para este modelo de transistor de efecto de campo.

	“Hoja de datos”	“Resultado analítico”	“Resultado de la medición”
Transconductancia g_m : $g_m = \frac{2I_{DSS}}{ V_{GS(corte)} } \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_{GS(corte)}} \right)$	$\text{—} < g_m = Y_{21s} = g_{fs} \text{—}$	$g_m =$	$g_m =$

Nota.- Los valores I_{DSS} y $V_{GS(corte)}$ son datos del JFET proporcionados por el fabricante.

- ¿Existen diferencias de consideración entre el resultado analítico obtenido para g_m y el resultado derivado de las mediciones? ¿El valor de g_m se encuentra dentro del intervalo que marca el fabricante? Conteste estas preguntas en el siguiente espacio justificando debidamente sus respuestas.

g) Polarización de la juntas Compuerta-Fuente y Compuerta-drenador Observe los resultados obtenidos directamente de las mediciones y determine la polarización de las juntas Compuerta-Fuente y Compuerta-Drenador.

	Tipo de polarización
Junta Compuerta-Fuente	$J_{GS}:$
Junta Compuerta-Drenador	$J_{GD}:$

II) Análisis del Amplificador en corriente alterna

En la presente sección se aplica una forma de onda senoidal (de amplitud y frecuencia específica) a la entrada del amplificador y se procede a realizar mediciones encaminadas a la obtención de las ganancias de voltaje y corriente, y resistencias de entrada y salida respectivamente.

a) Configuración de la fuente de señal v_s . Utilizando la instrumentación apropiada disponible en el eLab configure la fuente de corriente alterna v_s de la siguiente forma: establezca un voltaje de forma de onda senoidal con valor de amplitud pico (voltaje máximo) de 0.2 volts y con una frecuencia de 1000 Hz.

b) Impedancia de los capacitores. Calcule la impedancia de los capacitores de acoplamiento, desacoplamiento y derivación de la siguiente forma: $Z_C = 1/(j2\pi fC)$, donde “ f ” es la frecuencia de la señal de entrada de CA v_s y “ C ” es el valor del capacitor. Realice el cálculo en el siguiente espacio y coloque los resultados en la casilla respectiva.

(Realice aquí el cálculo de la impedancia de los capacitores)

Impedancia de capacitor C1	Impedancia de capacitor C2	Impedancia de capacitor C _s
$Z_{C1} =$	$Z_{C2} =$	$Z_{Cs} =$
Valor calculado	Valor calculado	Valor calculado

- ¿Considera despreciable la impedancia que presentan estos condensadores a la frecuencia de operación de la fuente de señal v_s ? Justifique su respuesta.

c) Forma de onda de la fuente de señal v_s . Utilizando el osciloscopio, observe y mida la forma de onda de salida de la fuente de señal v_s (disponible en el nodo 1 del circuito). Anexe esta señal en el siguiente recuadro.

(Agregue aquí la forma de onda de la fuente v_s)

Figura 7. Forma de onda de la fuente de señal v_s

d) Observe la forma de onda anterior y mida el valor de voltaje pico (voltaje máximo).

Valor de voltaje pico para v_s .	v_s (pico) =
------------------------------------	----------------

e) A partir del voltaje pico, calcule analíticamente su valor efectivo (eficaz o rms), coloque este resultado en la casilla “Resultado analítico”. Enseguida, utilizando la instrumentación del eLab, mida

este valor efectivo y coloque el valor medido en la casilla “Resultado de la medición”. Anote sus operaciones y el valor medido en los siguientes recuadros.

	Resultado analítico	Resultado de la medición
Voltaje efectivo (rms) para v_s .	$v_s \text{ (rms)} =$	$v_s \text{ (rms)} =$

f) Medición de la forma de onda en la compuerta del transistor v_G . Ahora mida la forma de onda en la compuerta (v_G) del transistor. Anexe esta señal en el siguiente recuadro.

(Agregue aquí la forma de onda para el voltaje de compuerta v_G correspondiente al nodo 3 del circuito)

Figura 8. Forma de onda en la compuerta del transistor

- Compare la forma de onda obtenida en la compuerta del transistor (v_G) con la señal medida directamente de la fuente de señal v_s . ¿Cuáles son las principales diferencias? ¿Considera usted que los voltajes de polarización afectan a la forma de onda? ¿Que papel desempeñan los capacitores en estas diferencias? Escriba sus conclusiones y justificación de sus respuestas en las siguientes líneas.

h) Ganancia de voltaje (A_v). Para obtener la ganancia de voltaje de este amplificador se requiere la medición del voltaje de salida v_o (voltaje en las terminales de la carga R_L) y de la fuente de señal de entrada v_s . Por lo tanto, utilizando el osciloscopio mida los voltajes y anéxelos en el siguiente recuadro.

(Agregue aquí la forma de onda correspondiente al voltaje de salida v_o)

Figura 9. Forma de onda correspondiente a los voltajes de salida v_o y de entrada v_s

- i)** Observe estas formas de onda y compárelas. Mida el ángulo de desfase entre estas dos señales y anote el resultado en el siguiente recuadro.

Ángulo de desfase entre las señales de entrada (v_s) y salida (v_o) del amplificador.	$\phi_{v_o - v_s} =$
---	----------------------

- ¿Que relación tiene este ángulo de desfaseamiento con el signo negativo presente en la ecuación que describe la ganancia de voltaje de la configuración fuente común? Justifique su respuesta.

k) Con los datos obtenidos directamente de las mediciones de voltaje pico, tanto para la señal de entrada v_s , así como para la señal de salida v_o . Calcule la ganancia de voltaje del amplificador.

	Resultado de la medición
Ganancia de voltaje del amplificador	$A_v = - \frac{v_o(pico)}{v_s(pico)} =$

l) Ahora utilizando la ecuación para la ganancia de voltaje del amplificador fuente común, calcule teóricamente esta ganancia, utilice los datos proporcionados en la práctica para los valores de resistores y el valor de g_m calculado directamente a partir de las mediciones (**Ver sección I, inciso (f)**).

	“Resultado analítico”
Ganancia de voltaje del amplificador	$A_v = - \frac{R_D \parallel R_L}{1/g_m + R_{S1}} =$

m) **Voltaje en la terminal de drenador.** Utilizando el osciloscopio observe la forma de onda presente en la terminal de drenador v_d y compárela con la forma de onda en las terminales de la carga R_L (voltaje v_o). En el siguiente recuadro inserte la forma de onda medida en la terminal del drenador.

(Agregue aquí la forma de onda correspondiente al voltaje en la terminal de drenador v_d)

Figura 10. Forma de onda correspondiente al voltaje en el drenador $v_d(t)$.

- En las siguientes líneas escriba las diferencias observadas entre la señal de voltaje en el drenador (v_d) y la señal de voltaje de salida (v_o). ¿Cuál considera que se la causa principal de estas diferencias? ¿Considera usted que los voltajes de polarización afectan a la forma de onda en el drenador? ¿Que

papel desempeña el capacitor C2 en estas diferencias? Escriba sus conclusiones y justificación de sus respuestas en las siguientes líneas.

ñ) Máxima oscilación simétrica para el voltaje de salida v_o (pico-pico). A continuación se presenta el procedimiento para determinar la máxima oscilación simétrica del voltaje de salida. Utilizando la instrumentación apropiada disponible en el eLab realice incrementos de 0.1 Volts a la fuente de voltaje de corriente alterna v_s . Asegúrese que la frecuencia de ésta permanezca en 1KHz. Para cada incremento en el voltaje de v_s , observe la señal de voltaje (v_o) en la salida del amplificador. Realice este procedimiento hasta que observe una deformación, distorsión o recorte en la forma de onda de salida; capture una forma de onda con distorsión y anéxela en el siguiente espacio.

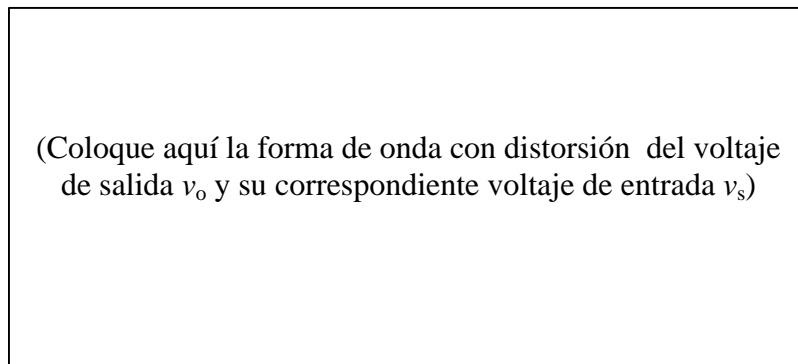


Figura 11. Distorsión en el voltaje salida $v_o(t)$.

- ¿Proporcione una explicación respecto a las causas que dan origen a esta distorsión? ¿Que zona de operación del transistor esta involucrada en esto? Tome en cuenta que la señal de salida se encuentra invertida 180° en relación a la señal de entrada.

o) Enseguida ajuste el nivel de voltaje de la fuente v_s justo antes de que se presente esta distorsión en la señal de salida $v_o(t)$. Mida el voltaje pico a pico para esta señal, este voltaje corresponde al de la máxima variación simétrica sin distorsión que puede proporcionar el amplificador al resistor de carga R_L . Coloque el resultado en la siguiente casilla.

	“Valor medido”
Máxima variación simétrica sin distorsión para el voltaje de salida.	v_o (pico-pico)=

1.4 ACTIVIDADES Y CONCLUSIONES FINALES

1) Basado en los resultados de las mediciones especifique la zona de operación en la que se encuentra operando el transistor de efecto de campo. Para ello se le pide que grafique una aproximación de la curva característica y de su característica de transferencia, e indique en ella el punto de operación Q con los valores respectivos de V_{GSQ} , V_{DSQ} , I_{DQ} , y g_m . Trace la línea de carga de CD e indique los valores con los que dicha curva intersecta el eje “y” (de la corriente) y el eje “x” (del voltaje). La gráfica de la cual se solicita su trazo se ilustra en la Figura 3(b). Dibuje esta grafica en el siguiente espacio.

(Dibuje aquí la curva característica e indique el punto de operación)

2) Realice una tabla comparativa que muestre los resultados obtenidos directamente de las mediciones contra los obtenidos por procedimientos analíticos. Si lo desea puede realizar una simulación del amplificador estudiado en esta práctica y agregar los resultados obtenidos a la tabla comparativa.

3) Anote enseguida sus conclusiones generales de la presente práctica:
