

SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE COMUNICACIÓN

PRACTICAS con SPICE

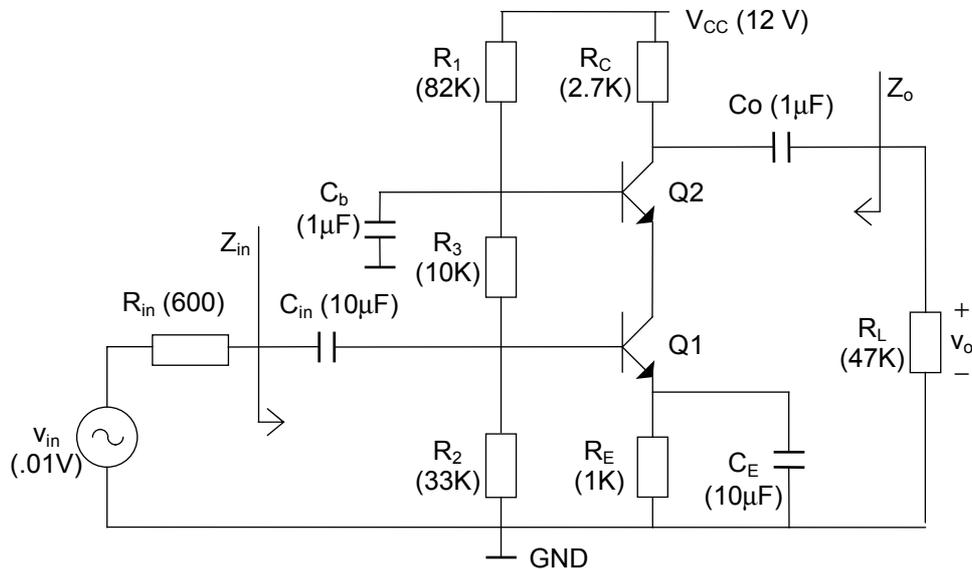
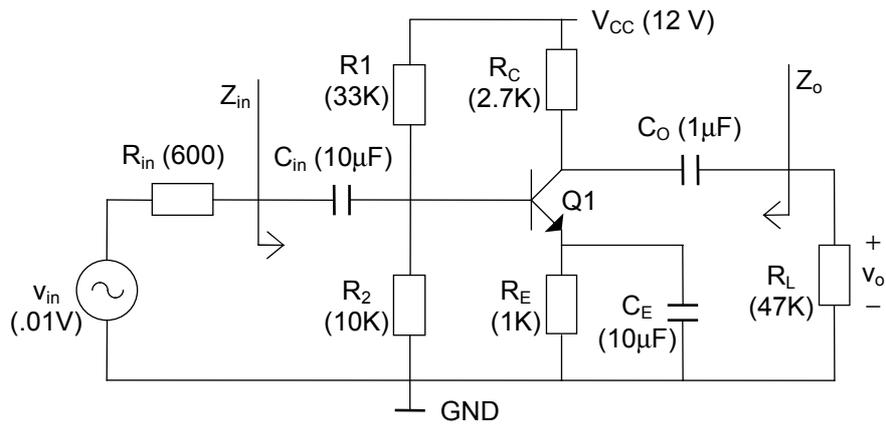
Curso 2004-05

Eugenio García Moreno
Toni Mateos Sastre

RESPUESTA FRECUENCIAL DE LOS AMPLIFICADORES

1. Para los siguientes circuitos, utilizando el modelo SPICE del BJT que se indica al final del enunciado:

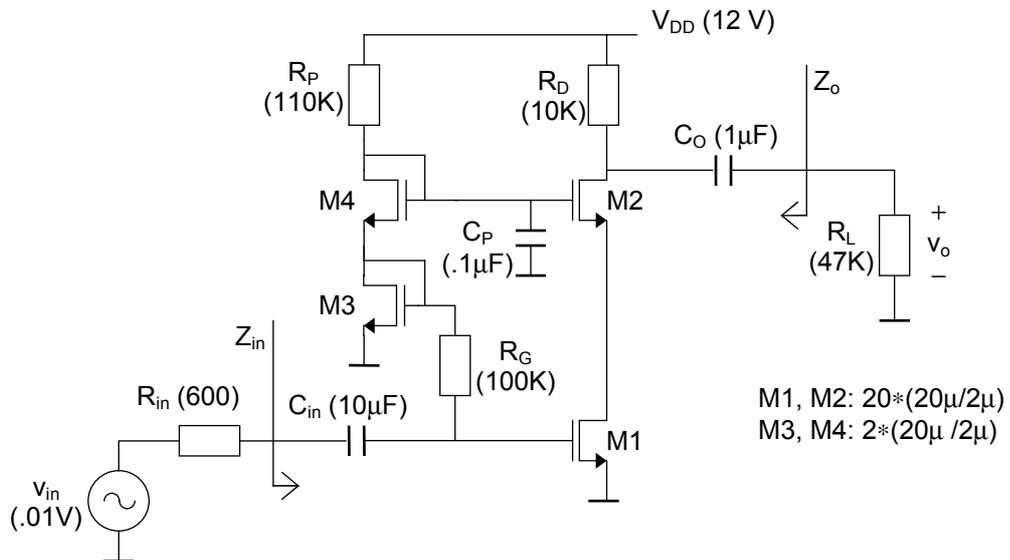
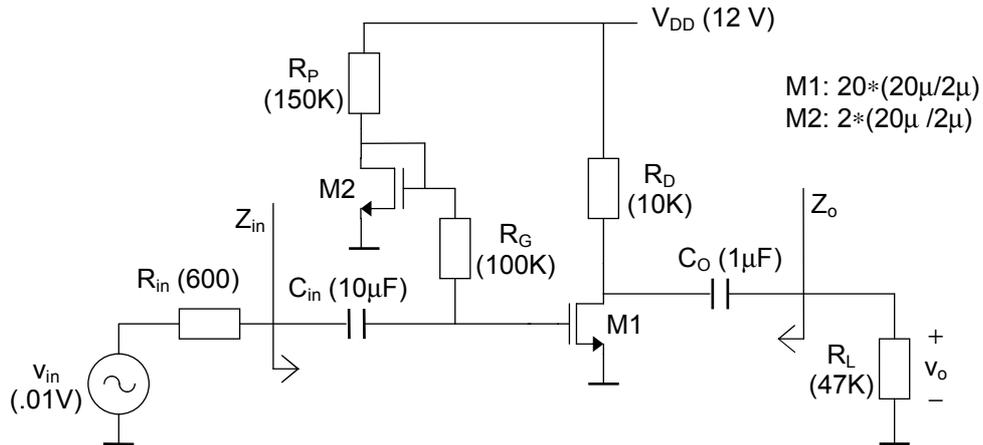
- (a) Calcular el punto de trabajo de los transistores (I_{CQ} , V_{CEQ})
- (e) Representar $v_o(t)$ si $v_{in}(t) = 0.01 \sin(2\pi \cdot 10^4 t)$
- (f) Representar el módulo y la fase de A_v , Z_{in} y Z_o en función de la frecuencia en el margen 10Hz - 100MHz



```
.model Q2N2222A NPN(Is=14.34f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=74.03 Bf=255.9
Ne=1.307
+ Ise=14.34f Ikf=.2847 Xtb=1.5 Br=6.092 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=1
+ Cjc=7.306p Mjc=.3416 Vjc=.75 Fc=.5 Cje=22.01p Mje=.377 Vje=.75
+ Tr=46.91n Tf=411.1p Itf=.6 Vtf=1.7 Xtf=3 Rb=10)
* National pid=19 case=TO18
```

2. Para los siguientes circuitos, utilizando el modelo SPICE del MOSFET que se indica al final del enunciado:

- (a) Calcular el punto de trabajo de los transistores (I_{DQ} , V_{DSQ})
- (e) Representar $v_o(t)$ si $v_{in}(t) = 0.01 \sin(2\pi \cdot 10^4 t)$
- (f) Representar el módulo y la fase de A_v , Z_{in} y Z_o en función de la frecuencia en el margen 10Hz – 1GHz

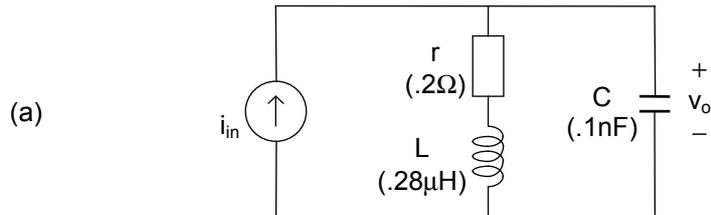


```
.model nmos_transistor NMOS(Level=3
+   Tox=170e-10 Xj=0.1u NFS=1.2e11
+   Vto=0.75 NSUB=7.0e16 Delta=0.85
+   Uo=470 Theta=0.08 Rsh=520
+   Kappa=0.001 Eta=0.0052 Vmax=1.94e5
+   LD=0.1u WD=0.05u
+   Js=1e-3
+   Cj=5.0e-4 Mj=.32 Cjsw=2.8e-10 Mjsw=0.23
+   Pb=0.68 Fc=.5 Cgso=3.1e-10 Cgdo=3.1e-10
+   KF=3e-28 AF=1)
```

AMPLIFICADORES SINTONIZADOS

3. (a) Representar en módulo y fase la función de transferencia $H(\omega) = v_o/i_{in}$ para el circuito LC de la figura (a) alrededor de su frecuencia de resonancia.

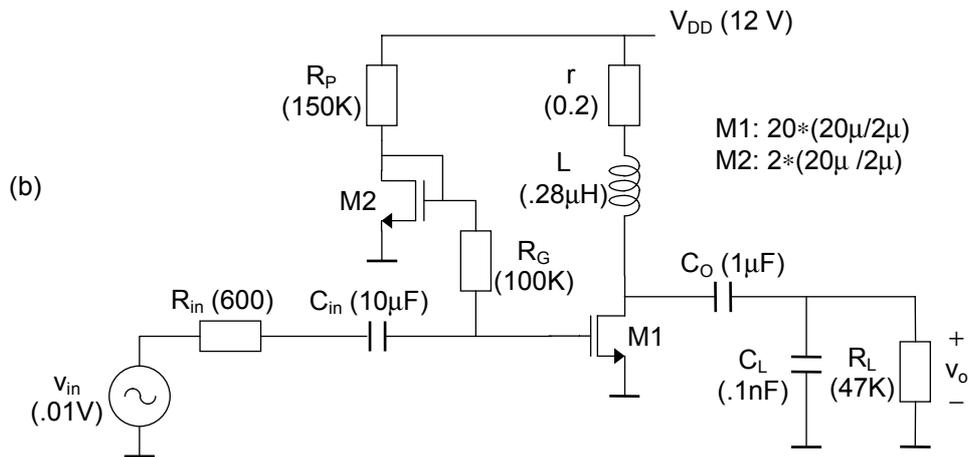
(b) Medir en la gráfica anterior la frecuencia de resonancia (ω_0), el ancho de banda a 3dB(ΔB) y el factor de calidad ($Q = \omega_0 / \Delta B$).



(c) Representar el módulo y la fase de la ganancia ($A(\omega) = v_o/v_i$) en el amplificador sintonizado de la figura (b) alrededor de su frecuencia de resonancia.

(d) Medir en la gráfica anterior la frecuencia de resonancia (ω_0), el ancho de banda (ΔB) y el factor de calidad ($Q = \omega_0 / \Delta B$).

(e) Representar $v_o(t)$ en el anterior amplificador si $v_i(t) = 0.01\sin(2\pi \cdot 30 \cdot 10^6 t)$.

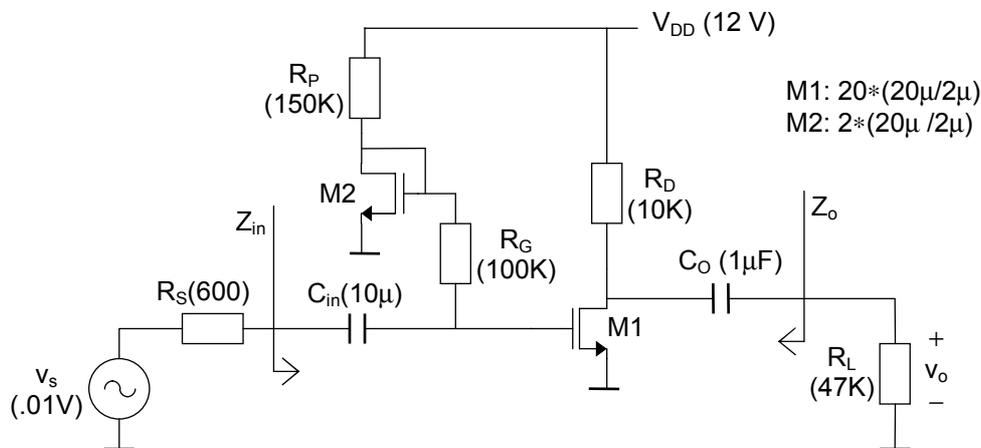


Emplear el modelo de NMOS del problema 2

RUIDO

4. En el amplificador de la figura:

- Representar la ganancia (v_o/v_s) en función de la frecuencia y medir el ancho de banda a 3dB.
- Representar la densidad espectral de ruido a la salida y hallar la potencia de ruido en el ancho de banda del amplificador medido anteriormente.
- Calcular la relación señal/ruido (en dB) a la salida del amplificador, si la entrada es $v_s(t) = 10^{-3}\sin(2\pi \cdot 10^6 t)$. Emplear la potencia de ruido calculada en (b)
- Representar las densidades espectrales de ruido equivalentes a la entrada del amplificador (e_{ni} y i_{ni}) en $V/\sqrt{\text{Hz}}$ y $A/\sqrt{\text{Hz}}$, respectivamente.



Emplear el modelo de NMOS del problema 2

DISTORSIÓN

5. En el amplificador anterior:

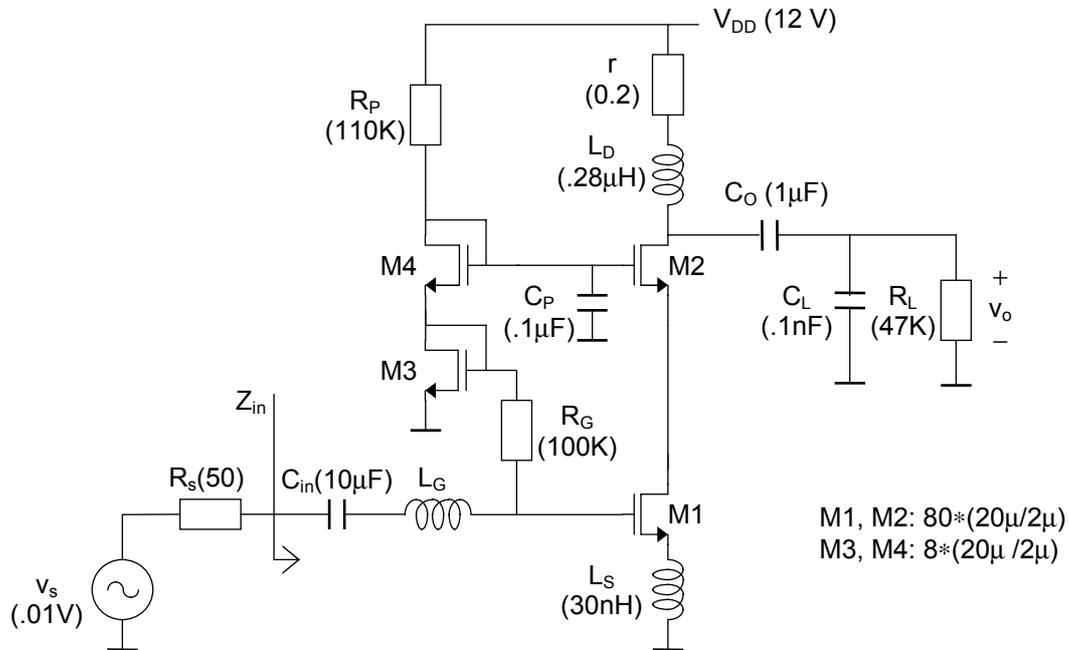
- Calcular la distorsión (P_d/P_o) en el amplificador anterior a los armónicos principales (2, 3 4 y 5), cuando la entrada es $v_s(t) = 0.1 \cdot \sin(2\pi \cdot 10^6 t)$. Utilizar la opción de SPICE análisis de Fourier.
- Representar P_o en función de P_i y determinar sobre la gráfica el P_{1dB} .
- Calcular la distorsión de intermodulación (IMR) en los armónicos ($2\omega_1 - \omega_2$) y ($2\omega_2 - \omega_1$) si las entradas son $0.1 \cdot \sin(2\pi \cdot 0.9 \cdot 10^6 t)$ y $0.05 \sin(2\pi \cdot 10^6 t)$.

Nota: para que SPICE calcule correctamente la transformada de Fourier de una señal, el análisis .trans debe extenderse hasta un múltiplo entero del periodo del término fundamental. En este caso elegir 10us.

AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO (LNA)

6. En el LNA de la figura:

- Elegir el valor de L_G para que Z_{in} sea una resistencia pura (fase = 0°) de 50Ω a 30MHz.
- Representar el módulo y la fase de A_v y Z_{in} alrededor de 30MHz, con el valor de L_G elegido.

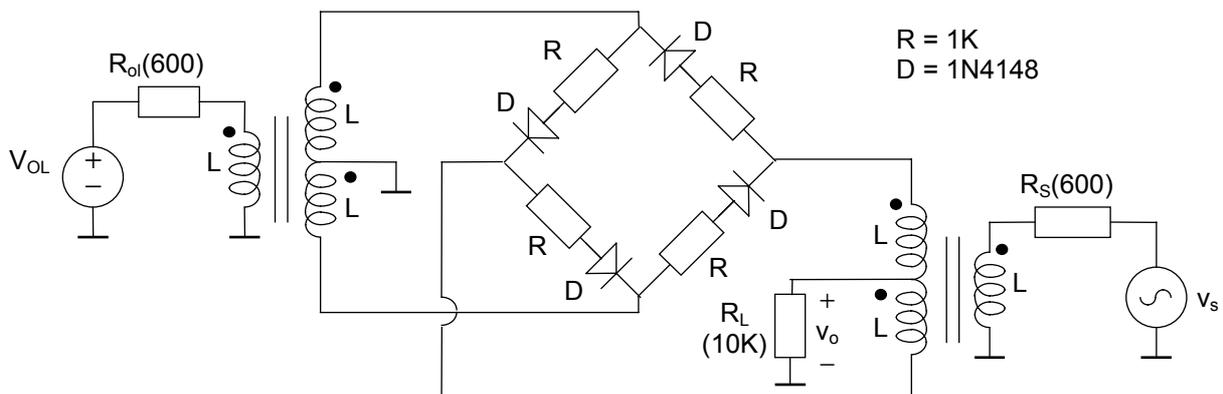


Emplear el modelo de NMOS del problema 2.

MEZCLADORES

7. El circuito siguiente es un modulador a diodos doble balanceado. Si $v_s = 2\cos(2\pi \cdot 4.5 \cdot 10^6 t)$ y V_{OL} es una señal cuadrada que oscila entre -5 y +5V a una frecuencia de 5MHz:

- Representar mediante SPICE la señal de salida en función del tiempo
- Representar mediante SPICE el espectro de la señal de salida

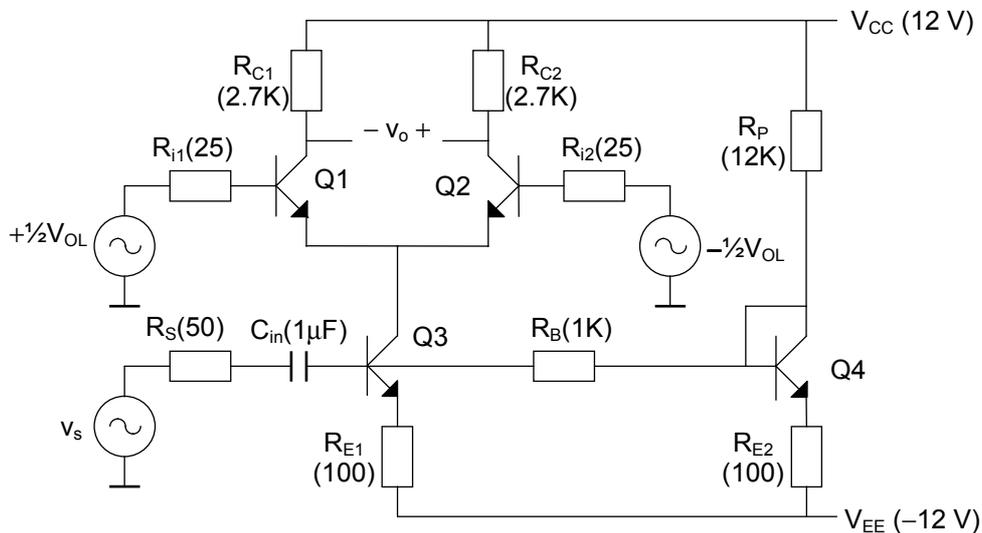


```
.model D1N4148 D(Is=2.682n N=1.836 Rs=.5664 Ikf=44.17m Xti=3 Eg=1.11
+ Cjo=4p M=.3333 Vj=.5 Fc=.5 Isr=1.565n Nr=2 Bv=100 Ibv=100u Tt=11.54n)
```

Nota : Para el análisis con SPICE sustituir los transformadores ideales por el equivalente Thevenin del circuito en el primario reflejado en el secundario.

8. Este circuito es un mezclador balanceado realizado con BJT. Si $v_s = 0.1\sin(2\pi \cdot 4.5 \cdot 10^6 t)$ y V_{OL} es una señal cuadrada que oscila entre -1 y $+1V$ a una frecuencia de 5MHz:

- (a) Representar mediante SPICE la señal de salida en función del tiempo
- (b) Representar mediante SPICE el espectro de la señal de salida

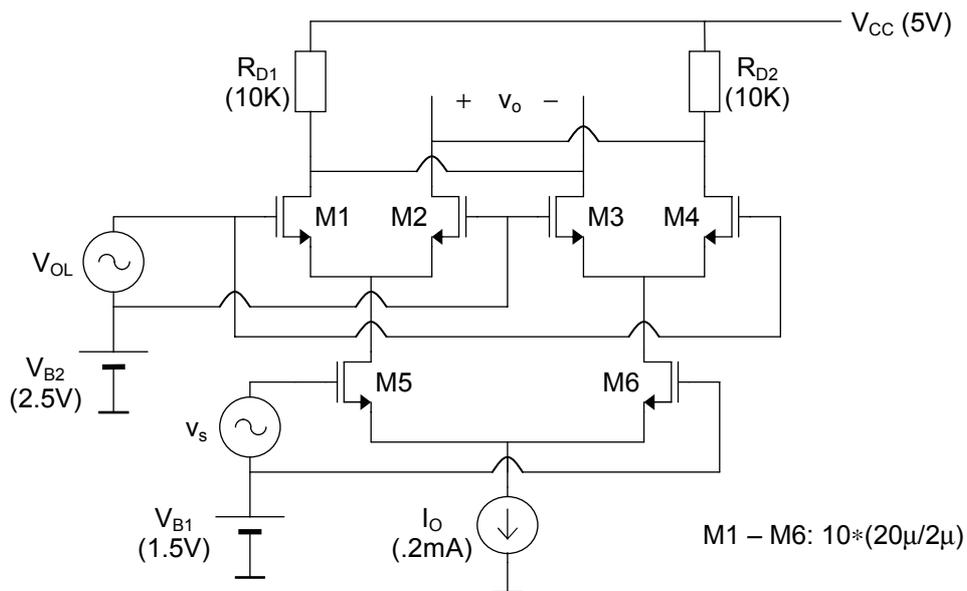


Para el BJT emplear el modelo del 2N2222A.

Nota: para que SPICE calcule correctamente la transformada de Fourier de una señal, el análisis .trans debe extenderse hasta un múltiplo entero del periodo del término fundamental.

9. El circuito de la figura, conocido como célula de Gilbert, es un mezclador doblemente balanceado, en este caso realizado con MOSFET. Si $v_s = 0.1\sin(2\pi \cdot 4.5 \cdot 10^6 t)$ y V_{OL} es una señal cuadrada que oscila entre -1 y $+1V$ a una frecuencia de 5MHz:

- (a) Representar mediante SPICE la señal de salida en función del tiempo
- (b) Representar mediante SPICE el espectro de la señal de salida

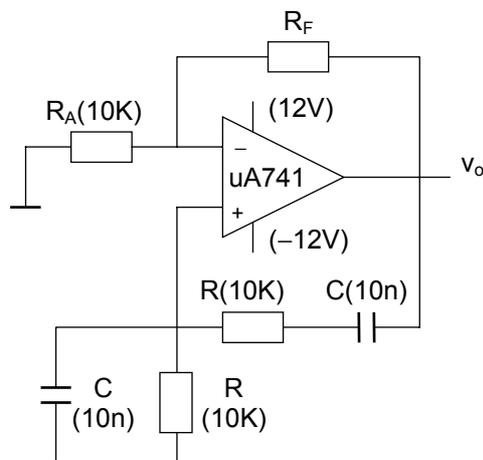


Emplear el modelo de NMOS del problema 2.

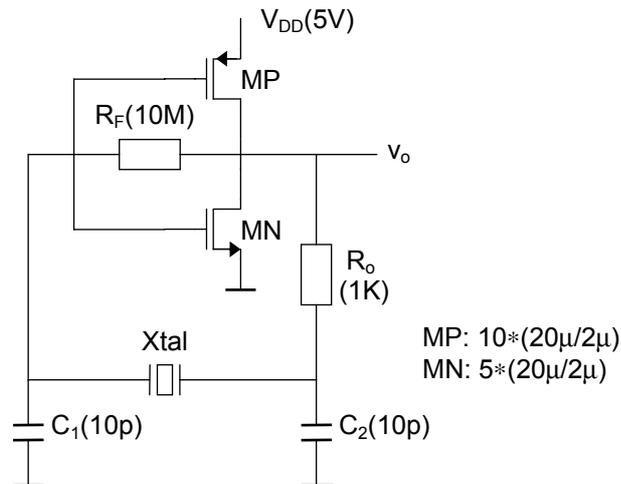
OSCILADORES

10. El circuito siguiente es un oscilador armónico.

- Calcular la frecuencia y la condición de oscilación (es decir el valor mínimo de R_F).
- Representar la salida del circuito con SPICE durante los primeros ciclos de oscilación cuando R_F es un 10% mayor del valor calculado anteriormente y cuando R_F es un 50% mayor.



11. En el oscilador a cristal de la figura, representar la salida del circuito con SPICE y medir sobre la gráfica su frecuencia de oscilación.



Debido al valor tan alto de Q en el cristal, el oscilador tarda mucho tiempo en alcanzar el régimen permanente, para reducir este tiempo es necesario inicializar algunos elementos como la corriente en la bobina ($IC=1nA$) o la tensión en los condensadores C_1 y C_2 ($IC=2.5V$). Aún así hay que analizar durante un tiempo largo (2ms) pero solo es necesario representar la salida al final (5µs). Usar la siguiente instrucción

```
.TRAN 20ns 2ms 1.995ms 100ns UIC
```

A continuación se dan las instrucciones para definir el cristal y los MOSFET

```
Xtal <n1> <n2> colorburst_crystal
* 3.579545Mhz color burst, AT cut, parallel resonant, Q=25000
.subckt colorburst_crystal 1 2
L 1 11 0.0555779237 IC=1uA
Cs 11 12 3.56169600E-14
r 12 2 50
Cp 1 2 8.90424001E-12
.ends
Mp <n1> <n2> <n3> <n4> pmos L = 2u W = 20u M = 10
Mn <n1> <n2> <n3> <n4> nmos L = 2u W = 10u M = 5
.model pmos PMOS (Kp = 10u Vto = -1V lambda = 0.04)
.model nmos NMOS (Kp = 20u Vto = 1V lambda = 0.04)
```