

Trabajo Práctico 6

Problema 3

Amplificador de potencia clase C con transistor

Cátedra: CIRCUITOS ELECTRÓNICOS II

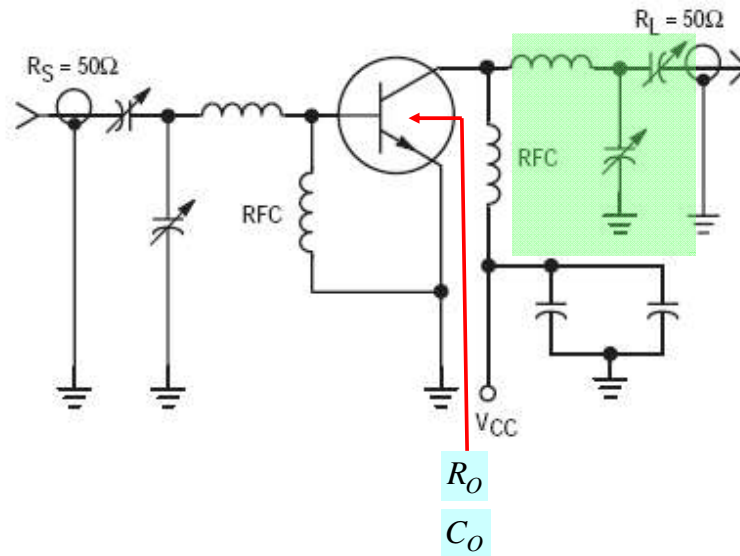
Problema 3:

Utilizando las expresiones y/o tablas de la [nota de aplicación AN267](#) de Motorola y un transistor MRF 233 con los siguientes datos:

- Resistencia de carga: 50 Ohms.
 - Frecuencia de trabajo: 90 MHz
 - Tensión de fuente: 12V
 - Potencia de salida: 15W
 - Ganancia de potencia mínima del transistor: 10db
 - Rendimiento de la etapa: 55%
 - Capacidad de colector: 150pf
- a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga.
 - b) Adoptando una $PI = -0,2$ dB, calcular el Qd del inductor.
 - c) Calcular la Potencia de excitación necesaria para lograr la P_s especificada.
 - d) Calcular el consumo de corriente de batería.

- a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Circuito propuesto



Nota de aplicación AN282A MOTOROLA

- a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN282A MOTOROLA

~~Diseño de etapas de pequeña señal~~

- ~~• Modelo de pequeña señal~~
- ~~• Parámetros de dos puertos~~

Transistor 2N3948

	CLASS A Small-Signal Amplifier $V_{CE} = 15 \text{ Vdc};$ $I_C = 80 \text{ mA};$ 300 MHz	CLASS C Power Amplifier $V_{CE} = 13.6 \text{ Vdc};$ $P_O = 1 \text{ W}$
Input resistance	9 Ohms	38 Ohms
Input capacitance or inductance	0.012 μH	21 pF
Transistor output resistance	199 Ohms	92 Ohms
Output capacitance	4.6 pF	5.0 pF
GPE	12.4 dB	8.2 dB

a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN282A MOTOROLA

~~Diseño de etapas de pequeña señal~~

- ~~• Modelo de pequeña señal~~
- ~~• Parámetros de dos puertos~~

Diseño de etapas de potencia

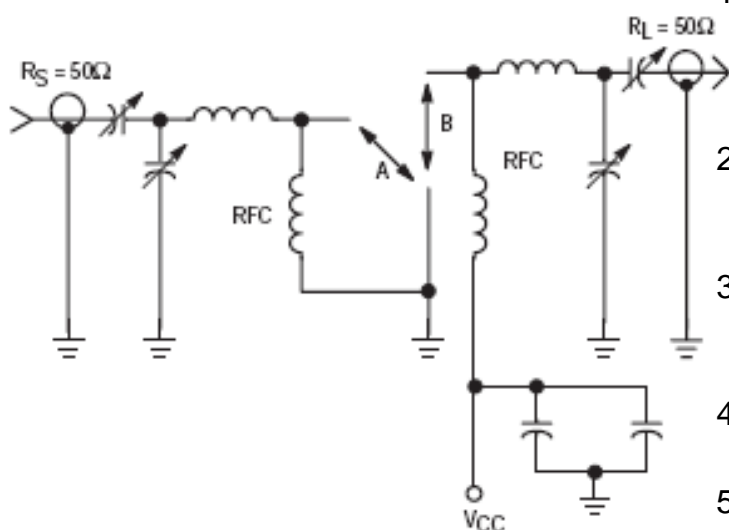
- Impedancia de entrada de gran señal
- Impedancia de salida de gran señal

Son los parámetros de resistencia y reactancia paralelo, obtenidos en un circuito de prueba con el transistor adaptado a la entrada y a la salida, con los valores de tensión de alimentación y potencia de salida deseados

a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN282A MOTOROLA

Procedimiento del fabricante para obtener impedancia de gran señal



1. Se construye un circuito de prueba con los valores de tensión de alimentación y potencia de salida deseados
2. Se sintoniza a la entrada y a la salida para obtener la máxima potencia de salida..
3. Se retira el transistor, la alimentación, la carga y la fuente de señal.
4. Se miden las impedancias de entrada (A) y salida (B).
5. Las impedancias del transistor son las conjugadas de las que se midieron.

a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN282A MOTOROLA

Diseño de etapas de potencia

- Impedancia de entrada de gran señal
- Impedancia de salida de gran señal

Normalmente la hoja de datos entregan los valores paralelos equivalentes:

- $R_{ENTRADA}$
- $C_{ENTRADA}$
- C_{SALIDA}

Se debe obtener:

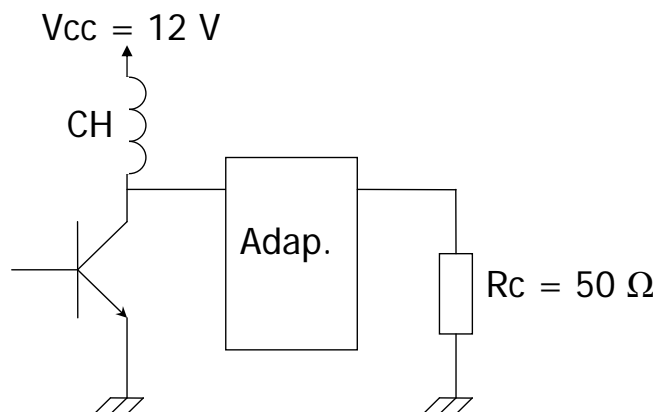
- R_{SALIDA}

R y C corresponden a circuitos equivalentes paralelos.

a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN282A MOTOROLA

- Cálculo de R_{SALIDA}



a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN282A MOTOROLA

- Cálculo de R_{SALIDA}

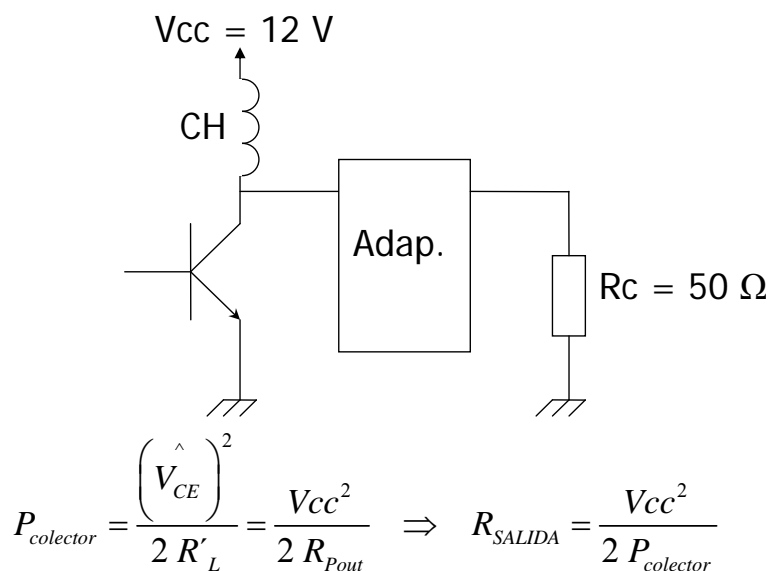
Suposiciones

1. Circuito sintonizado a la salida => Tensión senoidal de 2 Vcc de amplitud
2. $V_{CESAT} = 0$
3. El filtro tiene suficiente Q para mantener tensión senoidal independientemente del ángulo de conducción del transistor
4. La caída de tensión de continua en el circuito de colector es 0.
5. La impedancia de carga es 0 para todas las armónicas

a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN282A MOTOROLA

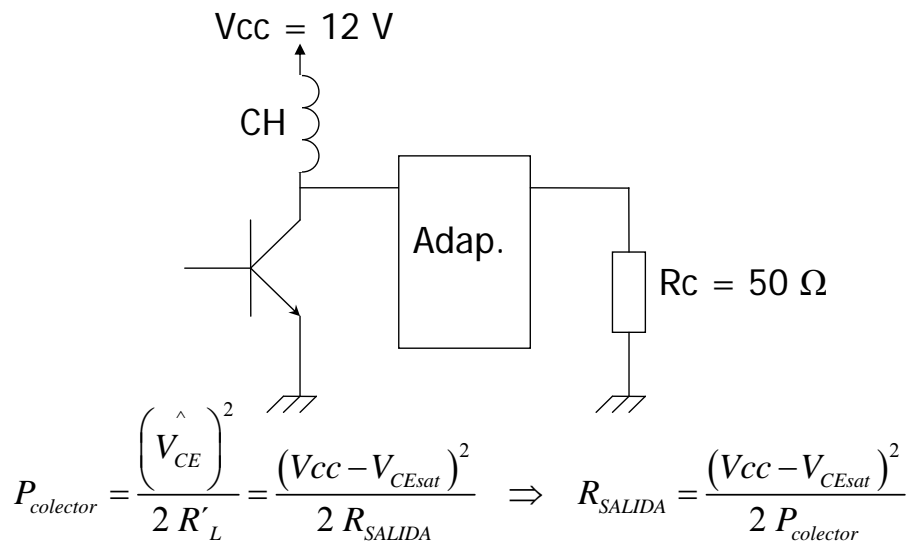
- Cálculo de R_{SALIDA}



a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN282A MOTOROLA

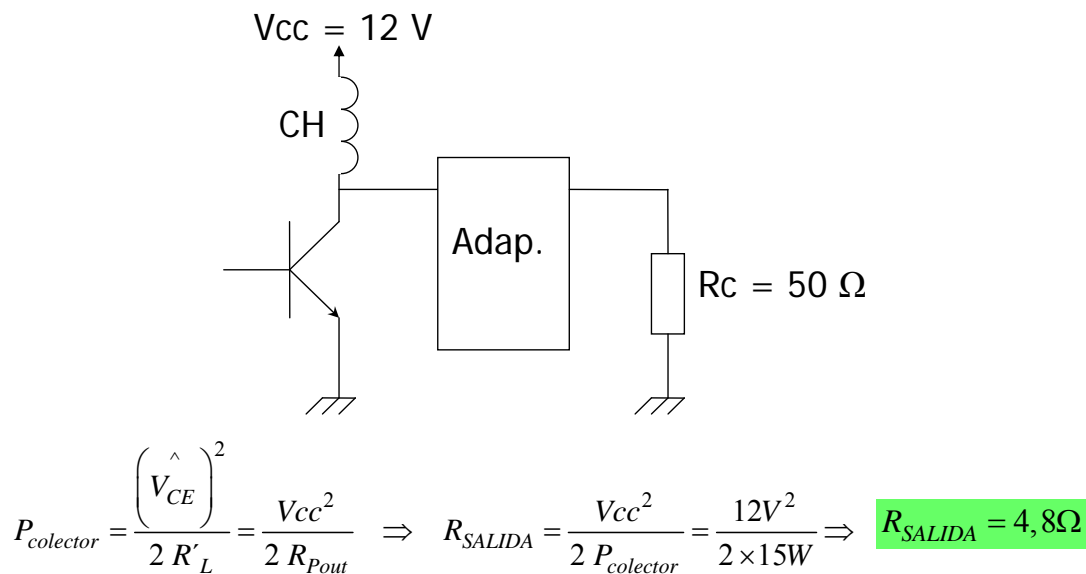
- Cálculo de R_S teniendo en cuenta $V_{CE(SAT)}$



a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN282A MOTOROLA

- Cálculo de R_{SALIDA}



- a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

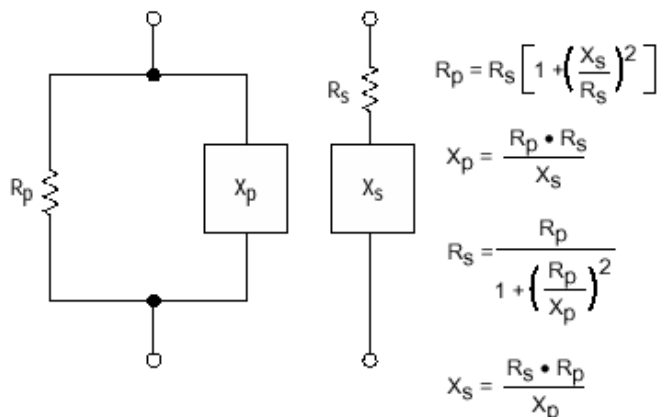
Nota de aplicación AN282A MOTOROLA
Apéndice A

Tenemos R_{OP} y C_{OP} paralelos .

Si para calcular la red de adaptación necesitamos R_{OS} y C_{OS} serie

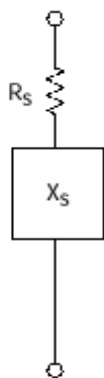
Utilizamos las expresiones de conversión:

**PARALLEL-TO-SERIES AND SERIES-TO-PARALLEL
 IMPEDANCE CONVERSION EQUATIONS**



- a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN282A MOTOROLA
Apéndice A



$$X_p = \frac{1}{\omega C_{out_p}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 90 \text{ MHz} \cdot 150 \text{ pF}} = 11,8 \Omega$$

$$R_s = \frac{R_p}{1 + \left(\frac{R_p}{X_p} \right)^2} \quad \therefore R_s = \frac{4,8 \Omega}{1 + \left(\frac{4,8 \Omega}{11,8 \Omega} \right)^2} = 4,1 \Omega$$

$$X_s = R_s \frac{R_p}{X_p} = 4,1 \Omega \frac{4,8 \Omega}{11,8 \Omega} = 1,67 \Omega$$

$$\Rightarrow C_s = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 90 \text{ MHz} \cdot 1,67 \Omega} = 1,06 \text{ nF}$$

$$R_s = 4,1 \Omega$$

$$X_s = 1,67 \Omega$$

$$C_s = 1,06 \text{ nF}$$

- a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN267 MOTOROLA

Diseño del adaptador de salida:

1. Seleccionar tipo de red de adaptación de acuerdo a valor de la carga y parámetros de salida del transistor

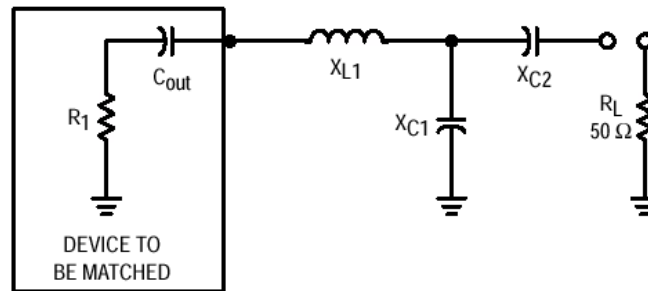


Figure 1. Network A

- a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN267 MOTOROLA

Diseño del adaptador de salida:

2. Se obtienen los valores de impedancia serie equivalente del transistor

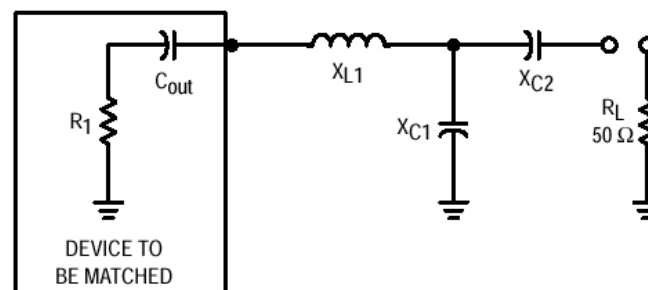


Figure 1. Network A

$$R_1 = R_s = 4,1 \Omega$$

$$C_{OUT} = C_s = 1,06 nF$$

- a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN267 MOTOROLA

Diseño del adaptador de salida:

3. Se debe seleccionar el Q cargado deseado de la etapa de salida para obtener los valores de los elementos de la red por tabla o mediante las ecuaciones disponibles.
- Q mas alto → Aumenta selectividad
 - Q mas bajo → Mejora el rendimiento

- a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN267 MOTOROLA

Diseño del adaptador de salida:

Se elige un Q cargado de 10

$$PI = 1 - \frac{Q_c}{Q_d}$$

$$PI = -0,2 \text{ dB} \equiv 0,95$$

$$Q_c = 10$$

$$\therefore Q_d = \left(\frac{Q_c}{1 - PI} \right) = \left(\frac{10}{1 - 0,95} \right) = 200$$

(Difícil de cumplir, muy exigente !!)

a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN267 MOTOROLA

Diseño del adaptador de salida:

Entonces disminuimos el Q cargado, eligiendo un valor de 4

$$PI = 1 - \frac{Q_c}{Q_d}$$

$$PI = -0,2 \text{ dB} \equiv 0,95$$

$$Q_c = 4$$

$$\therefore Q_d = \left(\frac{Q_c}{1 - PI} \right) = \left(\frac{4}{1 - 0,95} \right) = 80$$

Ahora tenemos un inductor realizable

a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN267 MOTOROLA

Diseño del adaptador de salida:

$$\text{Elegimos: } Q = 4$$

Calculamos:

$$A = \sqrt{\frac{R_1(1+Q^2)}{R_L}} - 1 = \sqrt{\frac{4,1\Omega(1+4^2)}{50\Omega}} - 1 = 0,63$$

$$B = R_1(1+Q^2) = 4,1\Omega(1+4^2) = 69,7\Omega$$

$$\Rightarrow \begin{cases} A = 0,63 \\ B = 69,7\Omega \end{cases}$$

a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN267 MOTOROLA

Diseño del adaptador de salida:

$$X'_{L1} = X_{L1} + X_{Cout} = Q \cdot R_1 + X_{Cout} \Rightarrow X'_{L1} = 4 \cdot 4,1 + 1,67 \, \Omega = 18,1 \, \Omega$$

$$L'_1 = \frac{X'_{L1}}{2 \cdot \pi \cdot f_0} = \frac{18,1 \, \Omega}{2 \cdot \pi \cdot 90 \, \text{MHz}} = 32 \, \text{nHy}$$

$$X_{C2} = A \cdot R_L = 0,63 \cdot 50 \, \Omega = 31,5 \, \Omega \Rightarrow C_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 90 \, \text{MHz} \cdot 31,5 \, \Omega} = 56 \, \text{pF}$$

$$X_{C1} = \frac{B}{Q - A} = \frac{69,7 \, \Omega}{4 - 0,63} = 20,7 \, \Omega \Rightarrow C_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 90 \, \text{MHz} \cdot 20,7 \, \Omega} = 85 \, \text{pF}$$

$$L'_1 = 32 \, \text{nHy}$$

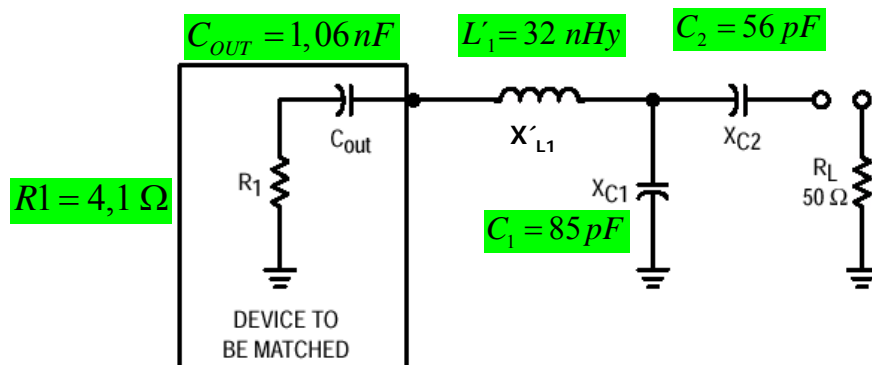
$$C_1 = 85 \, \text{pF}$$

$$C_2 = 56 \, \text{pF}$$

a) Dibujar el circuito propuesto y calcular el filtro de adaptación a la carga

Nota de aplicación AN267 MOTOROLA

Diseño del adaptador de salida:



b) Adoptando una PI de 0,2 dB calcular el Q_D del inductor

Como ya calculamos con la elección de un Q cargado de valor 4:

$$PI = 1 - \frac{Q_c}{Q_d}$$

$$PI = -0,2 \text{ dB} \equiv 0,95$$

$$Q_c = 4$$

$$\therefore Q_d = \left(\frac{Q_c}{1 - PI} \right) = \left(\frac{4}{1 - 0,95} \right) = 80$$

c) Calcular la P_{exc} necesaria para lograr la P_s especificada

En la carga se requiere:

$$P_s = 15 \text{ W} \Rightarrow P_{exc} = ?$$

En el colector:

$$P_{s_{colector}} = \frac{P_s}{PI_{adaptador}} = \frac{15}{0,95} = 15,8 \text{ W} \approx 16 \text{ W}$$

$$GP_{mín_{Transistor}} = \frac{P_{s_{colector}}}{P_{exc}} = 10 \text{ dB} \equiv 10 \text{ veces}$$

$$\Rightarrow P_{exc} = \frac{P_{s_{colector}}}{GP_{mín}} = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ W}$$

d) Calcular el consumo de corriente de batería

$$\eta = \frac{P_{colector}}{P_{cc}} \Rightarrow P_{cc} = \frac{P_{colector}}{\eta} = \frac{16}{0,55} \cong 29W$$

$$\Rightarrow I_{bat} = I_{cc} = \frac{P_{cc}}{V_{cc}} = \frac{29W}{12V} = 2,42A \Rightarrow I_{bat} = I_{cc} \cong 2,4A$$