	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, F.R.C. Materia: Electrónica Aplicada III			
Grupo: Arosgegui, Gaité, Longoni, Barberis		AÑO	CURSO	HOJA
Trabajo Práctico Nº 5		2008	5R1	1 / 9

Enunciado del T. P. Nº5: AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE GRAN EFICIENCIA

Integrantes del grupo:

- 1. AROSTEGUI; Gaston**
- 2. BARBERIS; Javier J.**
- 3. GAITE; Alejandro**
- 4. LONGONI; Hugo**


1. Armar un amplificador de potencia de gran eficiencia que cumpla con las siguientes especificaciones:

Especificaciones:

- A. $\Delta f = 10\text{MHz}$, $F_o = 100\text{MHz}$
- B. $V_{cc} = 12.5\text{V}$
- C. $R_L = 50\Omega$
- D. $P_{Lmin} = 1\text{W}$
- E. $P_{in} = 5.76\text{mW}$ (salida Mod. de FM TP4)

2. Efectuar las siguientes mediciones:

- A. Potencia de la carga en función de la frecuencia.
- B. ROE en la carga

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, F.R.C. Materia: Electrónica Aplicada III			
Grupo: Aroszegui, Gaité, Longoni, Barberis		AÑO	CURSO	HOJA
Trabajo Práctico Nº 5		2008	5R1	2 / 9

AMPLIFICADOR DE POTENCIA RF

En el siguiente trabajo se plantea el diseño armado y puesta en práctica de un Amplificador de potencia en radio frecuencia de acuerdo a las especificaciones anteriormente citadas

Diseño

se plantea un amplificador de potencia de 2 etapas desarrollado con 2 transistores 2N4427 (debido a no disponer de las hojas de datos de este transistor se utiliza los datos de su equivalente MRF4427). En la primera etapa se utiliza una configuración clase A con choque en colector y la segunda etapa, etapa de potencia, utilizamos una configuración clase C.

El diseño también cuenta con 3 redes adaptadoras de impedancia [1] Generador-Entrada amplificador, [2] Primera etapa-Segunda etapa, [3] Salida Amplificador-Carga.

Por último el diseño incluye un circuito tanque con una frecuencia de resonancia de 100Mhz y un Q=6 (para poder permitirnos los 10Mhz de ancho de banda.)

Calculo de Ganancia

$$G = \frac{P_{out(W)}}{P_{in(W)}} = \frac{1W}{5.6mW} = 178.57$$

$$G_{dB} = 10 \log(178.57) = 22.5dB$$

La expresión anterior nos da la ganancia que debe tener nuestro amplificador para elevar la potencia de salida de nuestro modulador de FM a 1W que fue la potencia de salida especificada para el Amp.

Diseño de la etapa de potencia (salida)

En este punto se realizan los cálculos de la etapa de salida, para esta etapa utilizaremos una configuración en clase C

En el desarrollo se toman los datos de la hoja de datos del MRF4427 en el cual tenemos para,

$$P_{OUT(Max)} = 1.67W \text{ a } 75^{\circ}C$$

$$V_{CC}=V_{CE}= 12.5volts$$

$$I_{C(Max)}= 400mA$$

$$Frec=136Mhz$$

$$G_{dB}=18dB$$

Para Frec= 136MHz , VCC=12.5volts (no es la frec. central que habíamos fijado 100MHz pero adoptaremos esta)

$$Z_{in}= 6.2 - j11.6 [\Omega]$$


$$Z_{out}^* = 47.7 + j41.7 [\Omega]$$

$$P_{out(W)} = \frac{\hat{V}_{CE}}{\sqrt{2}} * \frac{\hat{I}_C}{\sqrt{2}} = \frac{\left(\frac{\hat{V}_{CE}}{\sqrt{2}}\right)^2}{Z_L} = \frac{\left(\frac{12.5}{\sqrt{2}}\right)^2}{47.7} = 1.63W \quad \text{Esta dentro del Rango de potencia Max}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{P_{out(W)}}{R_L}} = \sqrt{\frac{1.63W}{47.7}} = 184mA \quad \text{Corriente eficaz en el circuito de salida es } < I_{C(Max)}=400mA$$

Calculamos ahora la potencia que necesitamos para excitarlo

$$18dB = 10 \log\left(\frac{1.63W}{P_{in(W)}}\right) \Rightarrow P_{in(W)} = \frac{1.63W}{10^{18/10}} = 25mW$$

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, F.R.C. Materia: Electrónica Aplicada III			
Grupo: Arossegui, Gaité, Longoni, Barberis		AÑO	CURSO	HOJA
Trabajo Práctico N° 5		2008	5R1	3 / 9

Partiendo de P_{in} calculamos $V_{in(pico)}$

$$P_{in(W)} = \frac{\left(\frac{\hat{V}_{in}}{\sqrt{2}} \right)^2}{\text{Re}(Z_{in})} \Rightarrow \hat{V}_{in} = \sqrt{P_{in(W)} * \text{Re}(Z_{in}) * 2} = \sqrt{25mW * 6.2\Omega * 2} \approx 0.6 \text{ volts}$$

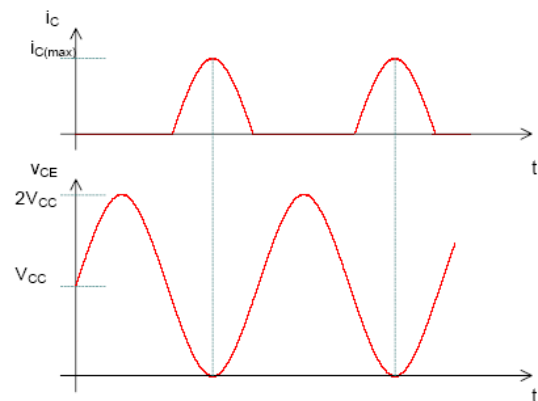
Polarización de la etapa de salida

Clase C

$V_{CEQ} = V_{CC} = 12.5 \text{ volts}$

$Z_L = \text{Re}(Z_o) = 47.7\Omega$

$$I_{C(Max)} = \frac{V_{CE}}{Z_L} = \frac{12.5}{47.7} = 262mA$$

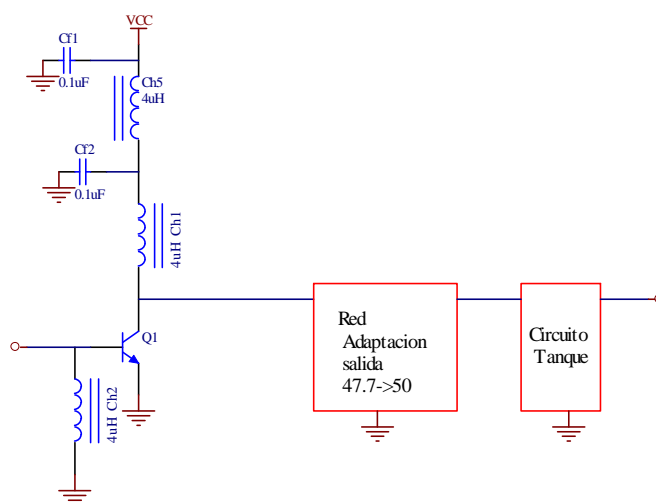



Para calcular los choques suponemos que $X_L = 10 * Z_L$ entonces $X_L = 477\Omega$ la

$$X_L = 2\pi f_{min} L \Rightarrow L = \frac{477\Omega}{2\pi * 95MHz} = 799nH$$

Usaremos choques de $4\mu H$ realizados con ferrites BK200

Con esto queda finalizado el cálculo de la ultima etapa, solo quedaría calcular la red de adaptación de salida que se calculara mas adelante



	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, F.R.C. Materia: Electrónica Aplicada III			
Grupo: Aroszegui, Gaité, Longoni, Barberis		AÑO	CURSO	HOJA
Trabajo Práctico Nº 5		2008	5R1	4 / 9

Diseño de la etapa de Entrada

Para la etapa de entrada usamos un transistor 2N4427 configurado en clase A. Utilizaremos los datos de su equivalente MRF4427

La potencia necesaria para excitar nuestra etapa de salida es de 25mW y suponiendo que la pérdida en la red de adaptación es 0.5dB la potencia de salida de la primera etapa tiene que ser :

$$G_{dB} = 10 \log(G) \Rightarrow G = 10^{0.5/10} = 1.12$$

$$\Rightarrow P_{out(W)} = 25mW * 1.12 = 28mW$$

De la hoja de datos tenemos la siguiente Información:

$V_{CE}=5$ [volts]	S_{11}	$0.79 \angle -174^\circ$	$-0.78 - j0.082$
$I_C=50$ [mA]	S_{21}	$10.7 \angle 92^\circ$	$-0.373 + j10.6$
$F=100$ MHz	S_{12}	$0.02 \angle 50^\circ$	$0.012 + j0.0153$
	S_{22}	$0.19 \angle -119^\circ$	$-0.092 - j0.166$

A partir de los parámetros S calculamos $Z_i = 6 - j 2.5$ [Ω] y $Z_o = 40 - j14$ [Ω]

$$\Rightarrow P_{out(W)} = \frac{\hat{V}_o}{\sqrt{2}} * I_{ef} = \frac{\hat{V}_o}{\sqrt{2}} * \frac{\hat{V}_o}{\sqrt{2} \operatorname{Re}(Z_o)} = \frac{\left(\hat{V}_o\right)^2}{2} * \frac{1}{\operatorname{Re}(Z_o)}$$

$$\hat{V}_o = \sqrt{2 * P_{out(W)} * \operatorname{Re}(Z_o)} = \sqrt{2 * 28mW * 40} = 1.5[\text{volts}]$$

Con el V_p podemos calcular la I_p que es igual a I_{cq} (diseñado para MES)

$$I_{cq} = \frac{\hat{V}_o}{\operatorname{Re}(Z_o)} = \frac{1.5[\text{volts}]}{40[\Omega]} = 38[mA]$$

$$\Rightarrow P_c = V_{CE} * I_{Cq} = 5[\text{volts}] * 38[mA] = 190[mW]$$

Ahora calculamos la ganancia máxima con los parámetros utilizados

$$G_{P_{\max}} = \frac{|S_{21}|^2}{(1 - |S_{11}|^2)(1 - |S_{22}|^2)} = \frac{|10.7|^2}{(1 - |0.79|^2)(1 - |0.19|^2)} \approx 316 \Rightarrow G_{P_{\max dB}} \approx 25dB$$

$$G_P = |S_{21}|^2 = |10.7|^2 \approx 114.5 \Rightarrow G_{pdB} \approx 20dB \text{ Potencia garantizada a 50mA}$$

Calculamos ahora la potencia de entrada

$$P_{in(W)} = \frac{P_c}{G_{P_{\max}}} = \frac{190mW}{316 \text{ veces}} = 0.6m \text{ Para Ganancia máxima}$$

$$P_{in(W)} = \frac{P_c}{|S_{21}|^2} = \frac{190mW}{114 \text{ veces}} = 1.9mW \text{ para ganancia garantizada a 50mA}$$

	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, F.R.C. Materia: Electrónica Aplicada III			
Grupo: Aroszegui, Gaité, Longoni, Barberis		AÑO	CURSO	HOJA
Trabajo Práctico Nº 5		2008	5R1	5 / 9

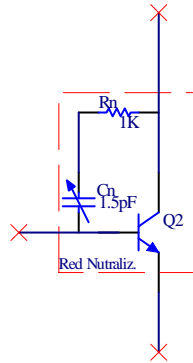
$$\hat{V}_{in} = \sqrt{2 * P_{in} * \text{Re}(Z_{in})} = \sqrt{2 * 0.6[mW] * 6[\Omega]} = 84.85[mW]$$

Análisis de estabilidad de Rollet

$$K = \frac{1 + |D|^2 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2}{2|S_{12}S_{21}|} > 1 \quad \text{donde } D = S_{11}S_{22} - S_{21}S_{12}$$

$K = 0.9147$ no se cumple que $K > 1$

Debido a no cumplirse la condición de estabilidad absoluta de Rollet se agregara al circuito una red de neutralización



Polarización Etapa de Entrada

Del calculo anterior tenemos que $I_{CQ} = 38 \text{ mA}$ y habíamos fijado $V_{CE} = 5V$

$$\Rightarrow V_{RE} = V_{CC} - V_{CE} = 12 - 5 = 7[Volts]$$

$$R_E = \frac{7[volts]}{38[mA]} = 180[\Omega]$$

De la hoja de datos de el MRF4427 tenemos el parámetro $h_{fe} = 50$


$$R_B = \frac{h_{fe} * R_E}{10} = \frac{50 * 180}{10} = 900[\Omega] \quad \text{por criterio de estabilidad de la polarizacion}$$

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + I_C R_E = \frac{39[mA]}{50} * 900[\Omega] + 0.7[V] + 39[mA] * 180[\Omega] = 8.224[V]$$

$$R_2 = \frac{R_B * V_{CC}}{V_{BB}} = \frac{900[\Omega] * 12[V]}{8.224[V]} \approx 1.3[K\Omega]$$

$$R_1 = \frac{R_B}{1 - V_{BB}/V_{CC}} = \frac{900[\Omega]}{1 - 8.224[V]/12[V]} = 2.7[K\Omega]$$

Ahora calculamos el capacitor de emisor suponiendo una reactancia F_{min} (95MHz) 10 veces menor a la R_E

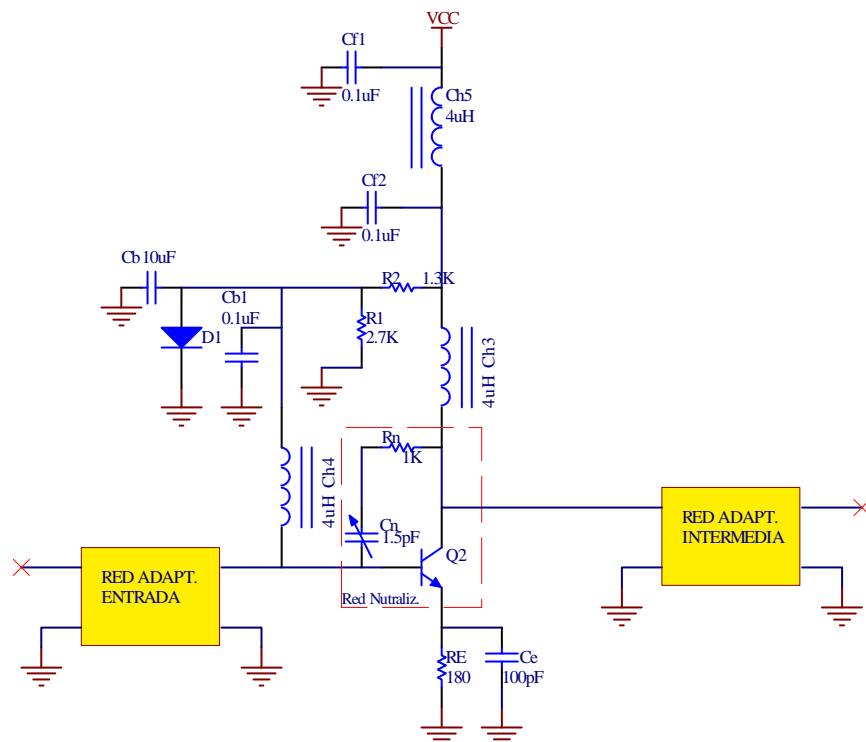
	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, F.R.C. Materia: Electrónica Aplicada III		
Grupo: Aroszegui, Gaité, Longoni, Barberis		AÑO	CURSO
Trabajo Práctico N° 5		2008	5R1
			HOJA 6 / 9

$$\Rightarrow X_{CE} = \frac{R_E}{10} = \frac{180[\Omega]}{10} = 18[\Omega]$$

$$X_{CE} = \frac{1}{2\pi * f_{\min} * C_E} = 18[\Omega]$$

$$C_E = \frac{1}{2\pi * 95[MHz] * 18[\Omega]} \approx 100[pf]$$

Los Ch ya fueron calculados anteriormente; usaremos choques de 4μH realizados con ferrites BK200

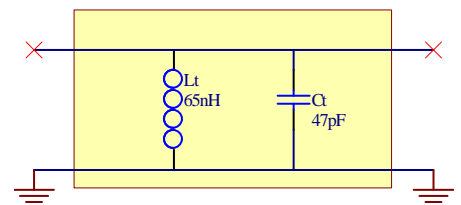


Calculo de de tanque de sintonizado de salida

$$F_o = \frac{1}{2\pi * \sqrt{L_t C_t}} = 100[MHz]$$

$$L_t C_t = \left(\frac{1}{2\pi * 100[MHz]} \right)^2 = 2.53 \times 10^{-18} \text{ si fijamos } C_t = 47[pf]$$

$$L_t = 55[nH] \approx 65[nH]$$

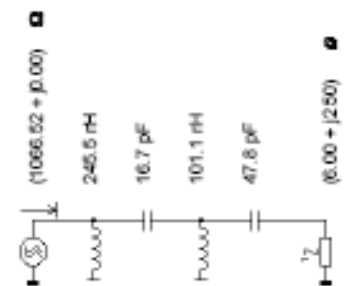
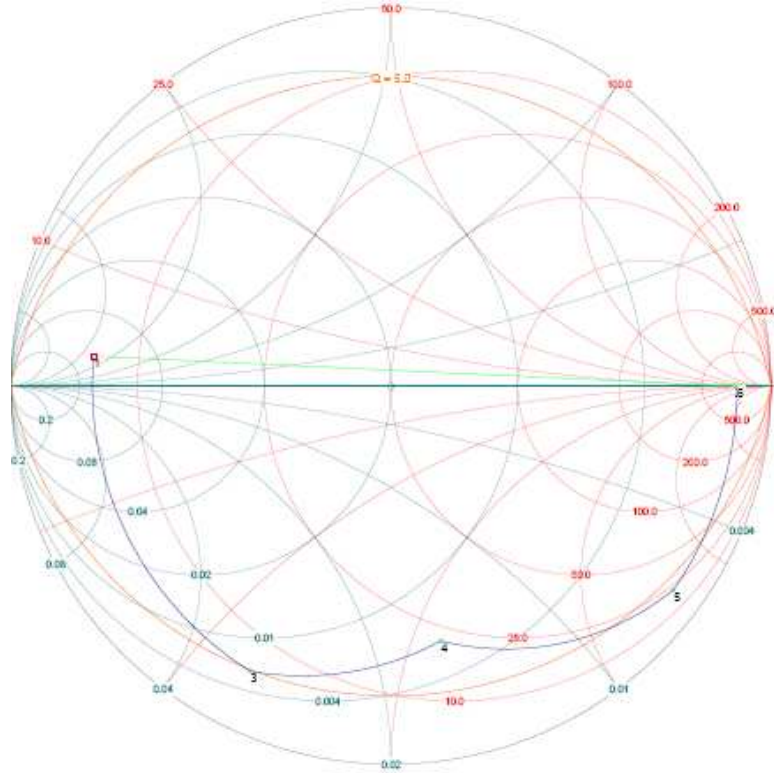


	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, F.R.C. Materia: Electrónica Aplicada III			
	Grupo: Aroszegui, Gaité, Longoni, Barberis	AÑO	CURSO	HOJA
	Trabajo Práctico Nº 5	2008	5R1	7 / 9

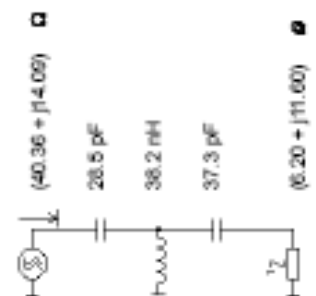
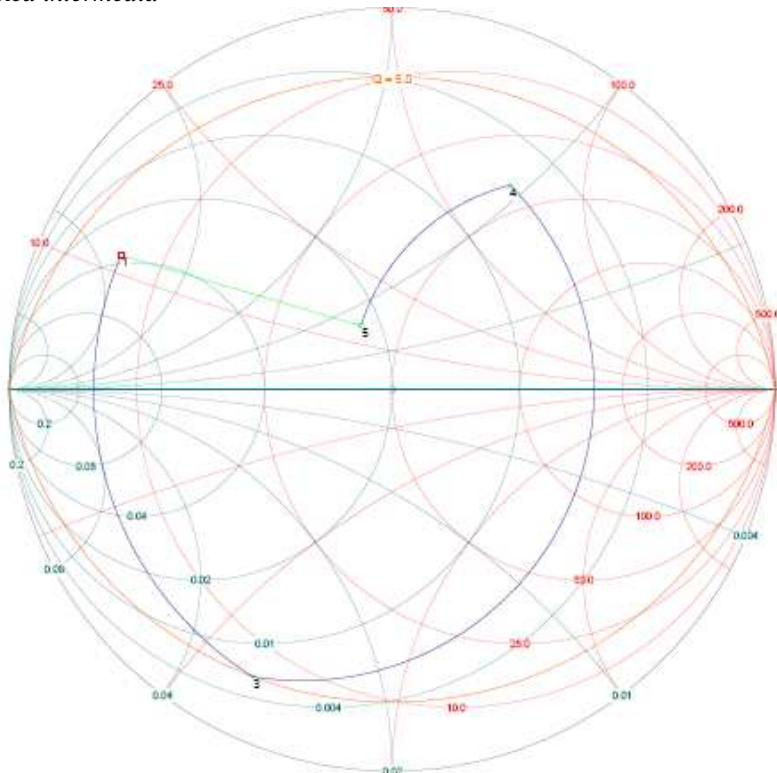
Calculo Redes de Adaptación

Para el el calculo de las redes de adaptación se utilizo el software Smith Chart y se obtuvieron los siguientes resultados

Red de entrada



Red intermedia



	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, F.R.C.			
	Materia: Electrónica Aplicada III			
	Grupo: Arossegui, Gaité, Longoni, Barberis	AÑO	CURSO	HOJA
Trabajo Práctico N° 5	2008	5R1	9 / 9	

CONCLUSIONES:

El trabajo con altas frecuencias es complicado, ya que tiende a desestabilizarse la ganancia y comenzar a oscilar. Esto último es muy peligroso ya que la clase de trabajo (C) de la última etapa es muy susceptible a ello.

Con respecto a la obtención de ganancia, es algo muy costoso, ya que para obtener ganancia hay que ajustar correctamente las redes de adaptación y para que las etapas estén bien adaptadas y para minimizar al máximo las ondas reflejadas y tratar de obtener un ROE lo más cerca posible de la unidad.

Otra parte crítica del trabajo es el cálculo y fabricación de las bobinas para las redes de adaptación ya que no se consiguen en el mercado dichas bobinas y hay que fabricarlas uno mismo.

Por último hay que hacer una mención especial en las fabricaciones de los choques ya que es muy importante para no perder señal en los circuitos de polarización. Con los choques conseguidos en los comercios locales no se pudo llegar a la potencia deseada.

