



Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Electrónica Analógica III

Trabajo Práctico N° 1

Nombre	DNI
Clemenzen Jeremías	43449566

Docentes	Ing. Rodrigo Bruni
	Ing. José Amado
	Ing. Federico Dadam

Córdoba, República Argentina
29 de marzo de 2024

Índice

1. Introducción	4
2. Marco teórico	5
2.1. Circuito resonante RLC	5
2.2. Condición para la reflexion de impedancias	8
3. Desarrollo	9
3.1. Rerequerimientos	9
3.2. Diseño del inductor	9
3.2.1. Calculo de resistencias	10
3.2.2. Calculo de los capacitores	11
3.3. Simulacion	13
3.4. Seleccin de componentes y armado	14
3.5. Mediciones	15
3.5.1. Medicion de f_o	15
3.5.2. Medicion de BW	17
3.5.3. Medicion de R_p	17
3.5.4. Medicion de Z_{in}	18
3.5.5. Medicion de Z_{out}	19
4. Conclusiones	21

Índice de figuras

1.	Circuito resonante RLC	5
2.	Circuito de acoplamiento interetapas RLC modificado	6
3.	Auto transformador	6
4.	Esquema de relación de transformación	7
5.	Circuito reflejado	7
6.	Circuitos equivalentes	8
7.	Curva de Nagaoka	10
8.	Circuito simulado en LTSpice	13
9.	Respuesta en frecuencia del circuito simulado	13
10.	Análisis de montecarlo	14
11.	PCB montada	14
12.	PCB montada	15
13.	Medición de f_{o1}	16
14.	Medición de f_{o2}	16
15.	Medición de BW	17
16.	Medición de R_p	18
17.	Medición de V_g	18
18.	Medición de V_{in}	19
19.	Medición de V_{out} sin carga	19
20.	Medición de V_{out} con carga	20

Índice de tablas

1. Introducción

En el trabajo práctico N° 1 se realizará el estudio de un circuito de acoplamiento interetapas. Los circuitos interetapa se utilizan en sistemas de comunicación para adaptar impedancia y sintonizar en una frecuencia determinada, permitiendo máxima transferencia de energía entre etapas. En el práctico construiremos el circuito resonante, montando la bobina y utilizando capacitores comerciales, donde tendremos que cumplir valores de frecuencia central, ancho de banda, factor de calidad e impedancia de entrada y salida.

2. Marco teórico

2.1. Circuito resonante RLC

Un circuito resonante esta compuesto por una resistencia, bobina y un capacitor (Figura 1), en el cual se produce una resonancia en una frecuencia determinada. La frecuencia de resonancia es aquella en la cual la reactancia inductiva y la reactancia capacitiva son iguales, por lo que la impedancia del circuito es puramente resistiva.

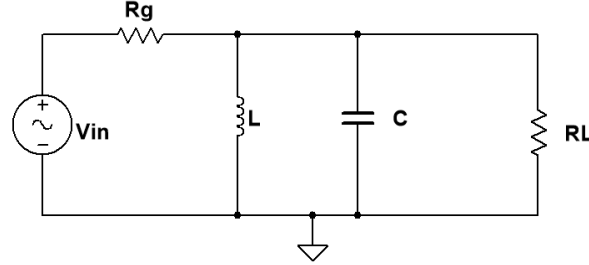


Figura 1: Circuito resonante RLC

La frecuencia de resonancia o frecuencia central (f_0) caracteriza al circuito resonante, y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Donde:

- f_0 es la frecuencia central
- L es la inductancia
- C es la capacidad

En la ultima ecuacion podemos observar que la frecuencia central depende de la inductancia L y la capacidad C . A partir de la f_0 podemos definir el factor de calidad cuando el circuito esta cargado (Q_c) y cuando el circuito esta descargado (Q_d). Se pueden calcular mediante las siguientes ecuaciones:

$$Q_c = \frac{f_0}{BW} = \frac{R_T}{X_L} \quad (2)$$

$$Q_d = \frac{R_P}{X_L} \quad (3)$$

Donde:

- R_T es la resistencia total
- R_P es la resistencia paralelo
- X_L es la reactancia inductiva
- BW es el ancho de banda

La variable R_T es la resistencia total del circuito, la cual determinara el factor de calidad cargado del circuito. El inductor real tendra perdidas parasitas, esta resistencia se encuentra en paralelo con el inductor de la figura 1 y se denomina resistencia en paralelo (R_P). La resistencia total del circuito R_T se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R_T = R_P \parallel R_L \parallel R_g \quad (4)$$

Donde:

- R_P es la resistencia paralelo

- R_L es la resistencia de carga
- R_g es la resistencia del generador

En este trabajo practico se pretende diseñar un circuito resonante a una determinada frecuencia central y ancho de banda. Por lo tanto realizaremos una modificacion el circuito de la figura 1, para obtener el circuito de acoplamiento interetapas (Figura 2).

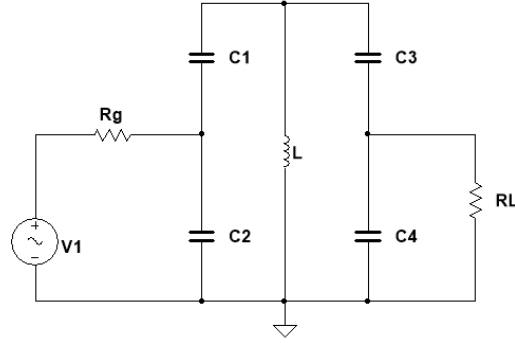


Figura 2: Circuito de acoplamiento interetapas RLC modificado

El circuito de la figura 2 tiene la misma frecuencia central que el circuito de la figura 1. Si calculamos la capacidad total, obtendremos la misma que la del circuito de la figura 1.

$$C_T = \frac{C1 \cdot C2}{C1 + C2} + \frac{C3 \cdot C4}{C3 + C4} = \frac{C}{2} + \frac{C}{2} \quad (5)$$

Analizando la salida del circuito de la figura 2, podemos trazar un paralelismo con el autotransformador, donde podemos reflejar las impedancias tanto del generador como de la carga al primario. Y donde cada capacitor o la suma de ellos es el bobinado del autotransformador.

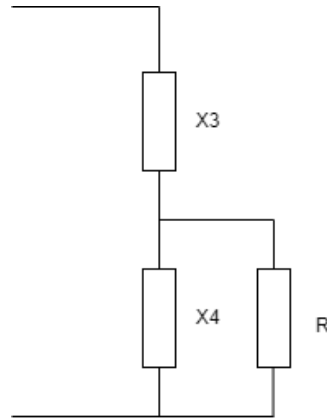


Figura 3: Auto transformador

Del autotransformador podemos obtener la relación de transformación:

$$R'_L = \left(1 + \frac{C_3}{C_4}\right)^2 \cdot R_L \quad (6)$$

$$R'_g = \left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right)^2 \cdot R_g \quad (7)$$

Finalmente, el circuito reflejado de la figura 2 queda como se muestra en la figura 5:

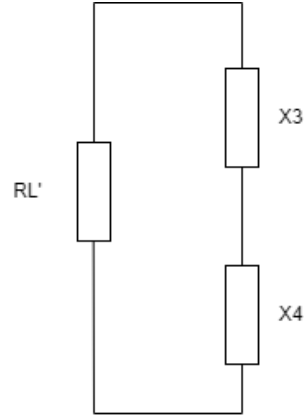


Figura 4: Esquema de relación de transformación

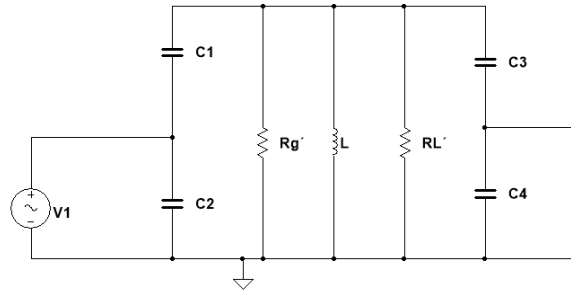


Figura 5: Circuito reflejado

Donde nos queda una resistencia total de:

$$R_T = R'_g \parallel R'_L \parallel R_P \quad (8)$$

Donde:

- R'_g es la resistencia del generador reflejada
- R'_L es la resistencia de carga reflejada
- R_P es la resistencia paralelo

Con el circuito reflejado, las resistencias R'_g y R'_L dependerán de los capacitores $C1$, $C2$, $C3$ y $C4$, lo que nos permitira adaptar las impedancias de entrada y salida del circuito. Podemos realizar la siguiente asignacion de valores, donde seguiremos cumpliendo la condicion de la ecuacion 7:

$$R_T = X_L \cdot Q_c = R'_g \parallel (R'_L \parallel R_P) = 2R_T \parallel 2R_T \quad (9)$$

Finalmente, luego de este desarrollo nos quedara un sistema de ecuaciones con 4 incognitas, las cuales son $C1$, $C2$, $C3$ y $C4$, que nos serviran para el diseño del circuito de acoplamiento.

$$\left\{ \begin{array}{l} R'_L = \left(1 + \frac{C_3}{C_4}\right)^2 \cdot R_L \\ R'_g = \left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right)^2 \cdot R_g \\ \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{C}{2} \\ \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = \frac{C}{2} \end{array} \right. \quad (10)$$

2.2. Condición para la reflexion de impedancias

La demostracion de la reflexion de impedancias se parte de un circuito mixto y se lo lleva a otro paralelo. En la siguiente figura se muestran la forma que queremos expresar el circuito.

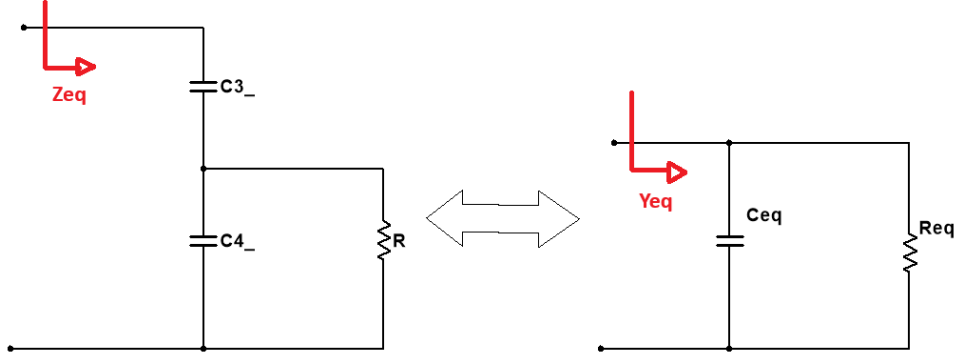


Figura 6: Circuitos equivalentes

La impedancia equivalente del circuito mixto se puede expresar como:

$$Z_{eq} = X_{C3} + X_{C4} // R \quad (11)$$

Desarrollando la ecuacion anterior, obtenemos:

$$Z_{eq} = \frac{R \cdot (1 + \frac{C4}{C3}) - j \cdot \frac{1}{2\pi f C3}}{1 + j \cdot R \cdot 2\pi f C4} \quad (12)$$

Luego para pasar al modelo equivalente paralelo podremos expresar la impedancia como admitancia para mayor facilidad de calculo:

$$Y_{eq} = \frac{1}{Z_{eq}} = \frac{1 + j \cdot R \cdot 2\pi f C4}{R \cdot (1 + \frac{C4}{C3}) - j \cdot \frac{1}{2\pi f C3}} \quad (13)$$

Racionalizando la expresión:

$$Y_{eq} = \frac{1}{Z_{eq}} = \frac{1 + j \cdot R \cdot 2\pi f C4}{R \cdot (1 + \frac{C4}{C3}) - j \cdot \frac{1}{2\pi f C3}} \cdot \frac{R \cdot (1 + \frac{C4}{C3}) + j \cdot \frac{1}{2\pi f C3}}{R \cdot (1 + \frac{C4}{C3}) + j \cdot \frac{1}{2\pi f C3}} \quad (14)$$

Finalmente, obtenemos la expresión de la admitancia equivalente:

$$Y_{eq} = \frac{R + j \cdot (2\pi)^2 \cdot f^2 \cdot C4 \cdot (1 + \frac{C4}{C3})}{R^2 \cdot (1 + \frac{C4}{C3})^2 + \frac{1}{4\pi^2 f^2 C3^2}} \quad (15)$$

Tomando la parte real de la admitancia para obtener la conductancia equivalente:

$$G_{eq} = Re(Y_{eq}) = \frac{R}{R^2 \cdot (1 + \frac{C4}{C3})^2 + \frac{1}{4\pi^2 f^2 C3^2}} \quad (16)$$

Simplificando e invirtiendo la expresión, obtenemos la R_{eq} que es la resistencia equivalente del circuito paralelo que inicialmente queremos:

$$R_{eq} = R \cdot (1 + \frac{C4}{C3})^2 + \frac{1}{R \cdot 4\pi^2 f^2 C3^2} \quad (17)$$

El segundo termino de la ecuacion 17 hace que no se cumpla la reflexion de impedancias. Para solucionar este problema, se debe cumplir la siguiente condicion:

$$R \cdot 4\pi^2 f^2 C3^2 \gg 10 \quad (18)$$

El parametro que podremos variar para cumplir la condicion de la ecuacion 18 es la capacidad de C3.

3. Desarrollo

3.1. Rerequerimientos

Para este trabajo practico se nos solicita realizar un circuito resonante que cumpla con las siguientes especificaciones:

- Frecuencia de resonancia: $f_0 = 16MHz$
- Ancho de banda: $BW = 1,6MHz$
- Factor de calidad con el circuito cargado: $Q_c = 10$
- Impedancia de entrada: $Z_{in} = 50\Omega$
- Impedancia de salida: $Z_{out} = 1k\Omega$

3.2. Diseño del inductor

El primer paso para construir el circuito resonante es realizar los calculos del inductor. Para ello, se utilizara la siguiente formula:

$$L = D^3 \cdot N_s^2 \cdot k \cdot 10^{-3} [\mu Hy] \quad (19)$$

Donde:

- D es el diametro externo del inductor en cm
- N_s es el numero de espiras por unidad de longitud en espiras/cm
- k es la constante que depende de la relacion de longitud con diametro l/D

Para comenzar fijaremos parametros que podamos ajustarlos o determinarlos. Elegimos los siguientes valores:

- $D = 2,21$ cm
- diametro del conductor: $d = 2,1$ mm
- separacion entre espiras: $S = 3$ mm

El valor del diametro D es el diametro interno del inductor D_o mas el diametro del conductor d . El diametro interno del inductor D_o es de 20 mm se eligio por comodidad para el bobinado. El cilindro para enrollar el inductor de diametro 20 mm se obtuvo mediante una impresora 3D.

Con estos valores, se puede calcular el numero de espiras por unidad de longitud N_s :

$$N_s = \frac{1}{S + d} = \frac{10}{3 + 2,1} = 1,96 \approx 2 \text{ espiras/cm} \quad (20)$$

Para seguir con los calculos necesitaremos seleccionar un valor de longitud del inductor l . En la planilla de calculo se definieron valores de longitud con un paso de 0.1 cm, desde 1 cm a 6 cm. Finalmente seleccionamos:

- $l = 3,8$ cm

Calculamos la cantidad de espiras, este valor tiene que ser un numero entero por lo tanto redondeamos:

$$N = N_s \cdot l = 2 \cdot 3,8 \approx 7 \text{ espiras} \quad (21)$$

Tenemos que tener en cuenta que redondeamos para N_s de 1.96 a 2. Ahora calculamos la relacion de longitud con diametro:

$$\frac{l}{D} = \frac{3,8}{2,21} = 1,72 \quad (22)$$

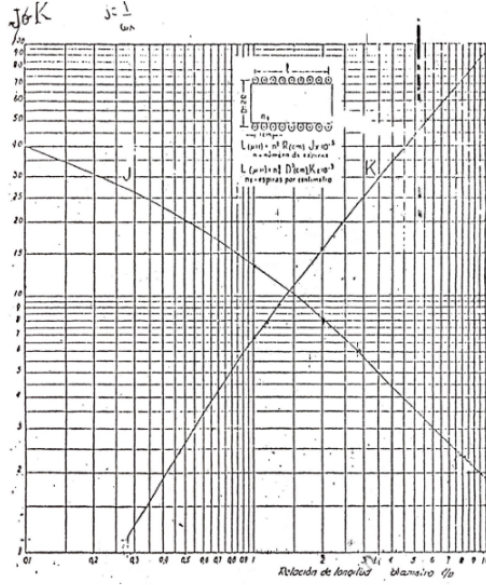


Figura 7: Curva de Nagaoka

Ahora tendremos que calcular la *constante* k , para utilizaremos la formula de Nagaoka. Tambien podemos extraer el valor de la siguiente grafica de la curva de K:

Nosotros utilizaremos la siguiente formula, que es la funcion de la curva de Nagaoka:

$$k = K \cdot \pi^2 \cdot \frac{L}{D} \quad (23)$$

Donde K se calcula mediante la siguiente formula:

$$K = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \frac{D}{2L} - 2 \cdot 10^{-2} \left(\frac{D}{2L} \right)^2} \quad (24)$$

Sustituyendo los valores obtenemos:

$$K = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \frac{2,21}{2 \cdot 3,8} - 0,2 \cdot 10^{-2} \left(\frac{2,21}{2 \cdot 3,8} \right)^2} = 0,79 \quad (25)$$

Y el factor de Nagaoka:

$$k = 0,79 \cdot \pi^2 \cdot 1,72 = 13,5 \quad (26)$$

Con todos estos parametros calculados, podemos calcular el valor de la inductancia:

$$L = D^3 \cdot N_s^2 \cdot k \cdot 10^{-3} = 2,21^3 \cdot (1,96)^2 \cdot 13,5 \cdot 10^{-3} \quad (27)$$

$$\boxed{L = 0,56 \mu H} \quad (28)$$

3.2.1. Calculo de resistencias

Para el calculo de las resistencias necesitaremos calcular el *factor de calidad sin carga* Q_d , con la siguiente formula:

$$Q_d = 8850 \cdot \frac{D \cdot l}{102 \cdot l + 45 \cdot D} \cdot \sqrt{f_0} \quad (29)$$

Donde:

- l es la longitud del inductor en cm

- D es el diametro del inductor en cm
- f_0 es la frecuencia de resonancia en MHz

Sustituyendo los valores obtenemos:

$$\boxed{Q_d = 610,4} \quad (30)$$

La *reactancia del inductor* X_L es:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 16 \cdot 10^6 \cdot 0,56 \cdot 10^{-6} \approx 56 \, \Omega \quad (31)$$

Con X_L y Q_d podemos calcular la *resistencia paralela* R_p :

$$R_p = Q_d \cdot X_L = 610,4 \cdot 56 \quad (32)$$

$$\boxed{R_p = 34,3 \, k\Omega} \quad (33)$$

Con Q_C y X_L podemos calcular la *resistencia total* R_T :

$$R_T = Q_c \cdot X_L \quad (34)$$

$$\boxed{R_T = 560 \, \Omega} \quad (35)$$

Con los valores calculados podremos calcular la resistencia de carga reflejada R'_L y la resistencia del generador reflejada R'_g , para esto tenemos que despejar R'_L y R'_g de la ecuacion 8:

$$R'_L // R_P = 2 \cdot R_T \quad (36)$$

$$R'_g = 2 \cdot R_T \quad (37)$$

Despejando R'_L obtenemos:

$$R'_L = \frac{2 \cdot R_T \cdot R_P}{R_P - 2 \cdot R_T} \quad (38)$$

Sustituyendo los valores obtenemos:

$$R'_L = \frac{2 \cdot 560 \cdot 34300}{34300 - 2 \cdot 560} = 1161,8 \, \Omega \quad (39)$$

$$\boxed{R'_L = 1161,8 \, \Omega} \quad (40)$$

Y calculando R'_g :

$$R'_g = 2 \cdot 560 \quad (41)$$

$$\boxed{R'_g = 1123 \, \Omega} \quad (42)$$

3.2.2. Calculo de los capacitores

Con la *frecuencia de resonancia* $f_0 = 16 \, MHz$ y el valor de la inductancia calculado, podemos calcular el valor de la *capacidad total* C_T con la siguiente formula:

$$C_T = \frac{1}{L \cdot (2 \cdot \pi \cdot f_0)^2} = \frac{1}{0,56 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 16 \cdot 10^6)^2} \quad (43)$$

$$\boxed{C_T = 177 \, pF} \quad (44)$$

Con las ecuaciones del sistema de ecuaciones 13, podemos calcular C_1 , C_2 , C_3 y C_4 :

$$C_2 = \frac{C}{2} \cdot \sqrt{\frac{R'_g}{R_g}} \quad (45)$$

Entonces C_1 sera igual a:

$$C_1 = \frac{C_2}{\sqrt{R'_g/R_g - 1}} \quad (46)$$

Con C_4 y C_3 nos queda:

$$C_4 = \frac{C}{2} \cdot \sqrt{\frac{R'_L}{R_L}} \quad (47)$$

$$C_3 = \frac{C_4}{\sqrt{R'_L/R_L - 1}} \quad (48)$$

Remplazando los valores obtenemos:

$$\boxed{C_1 = 112 \text{ pF}} \quad (49)$$

$$\boxed{C_2 = 420 \text{ pF}} \quad (50)$$

$$\boxed{C_3 = 1225 \text{ pF}} \quad (51)$$

$$\boxed{C_4 = 95 \text{ pF}} \quad (52)$$

3.3. Simulacion

Para comprobar el correcto funcionamiento de nuestro circuito, se realizo una simulacion en LTSpice. A continuacion se muestra el circuito simulado:

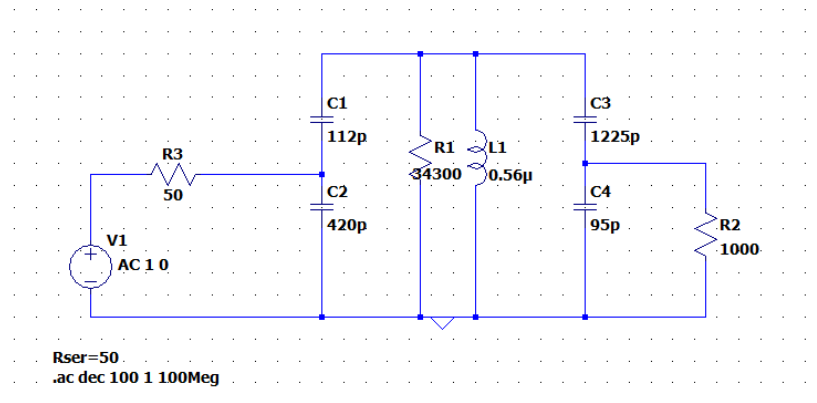


Figura 8: Circuito simulado en LTSpice

La respuesta en frecuencia obtenida del circuito simulada es la siguiente:

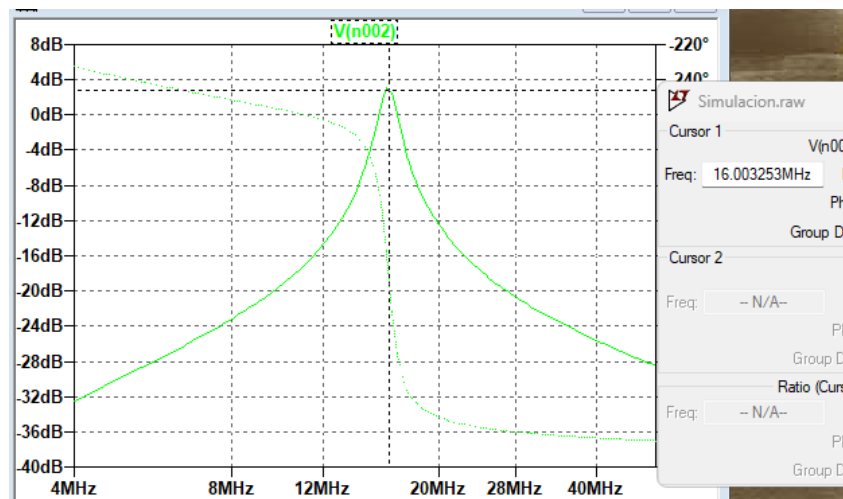


Figura 9: Respuesta en frecuencia del circuito simulado

Se observa que la *frecuencia de resonancia es de 16MHz* con una ganancia de *2dB*. Ademas:

- frecuencia de corte inferior: *15,2MHz*
- frecuencia de corte superior: *16,8MHz*
- ancho de banda: *1,6MHz*
- $Q_c = 10$

3.4. Selección de componentes y armado

El primer paso será determinar que capacitores utilizaremos para el circuito. Los capacitores seleccionados son:

- $C_1 = 100 \text{ pF}$
- $C_2 = 330 + 100 = 430 \text{ pF}$
- $C_3 = 1000 + 100 + 100 = 1200 \text{ pF}$
- $C_4 = 100 \text{ pF}$

La capacidad total será:

$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} \quad (53)$$

$$C_T = 173,4 \text{ pF} \quad (54)$$

El resultado obtenido con los capacitores obtenidos, haciendo un análisis de montecarlo:

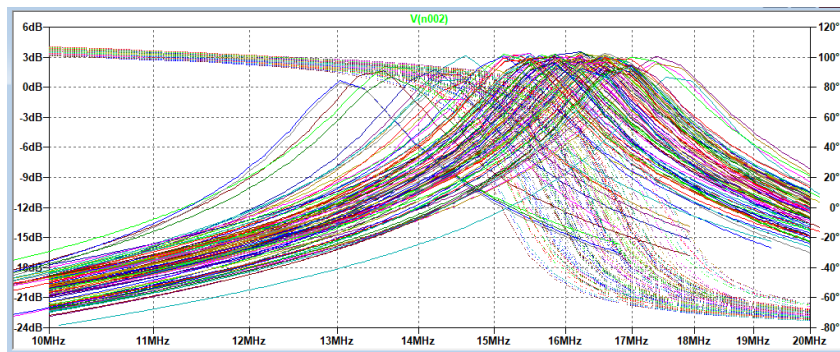


Figura 10: Analisis de montecarlo

Vemos que la tolerancia y los capacitores utilizados hace que f_0 varíe entre 13MHz y $17,2\text{MHz}$. El inductor y los capacitores montados en la PCB finalmente nos queda:

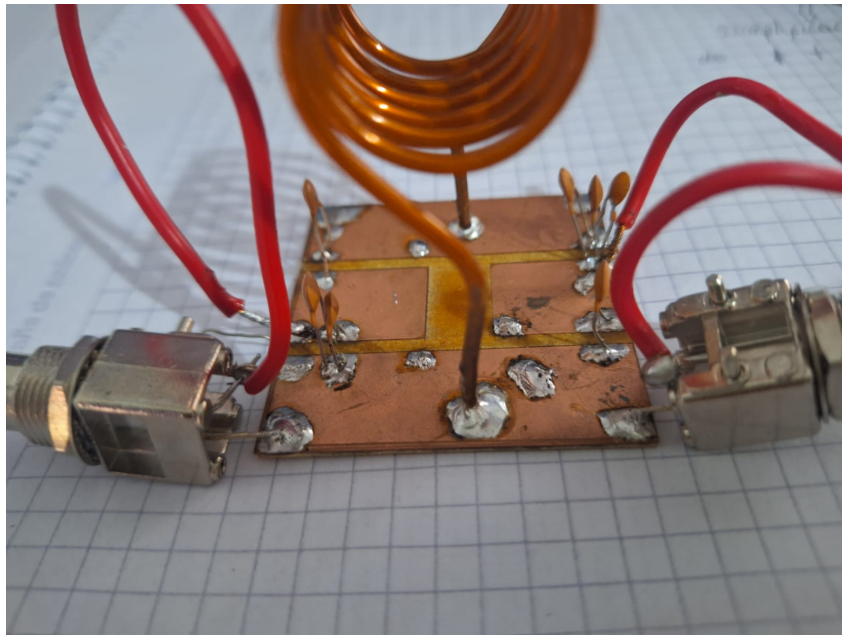


Figura 11: PCB montada

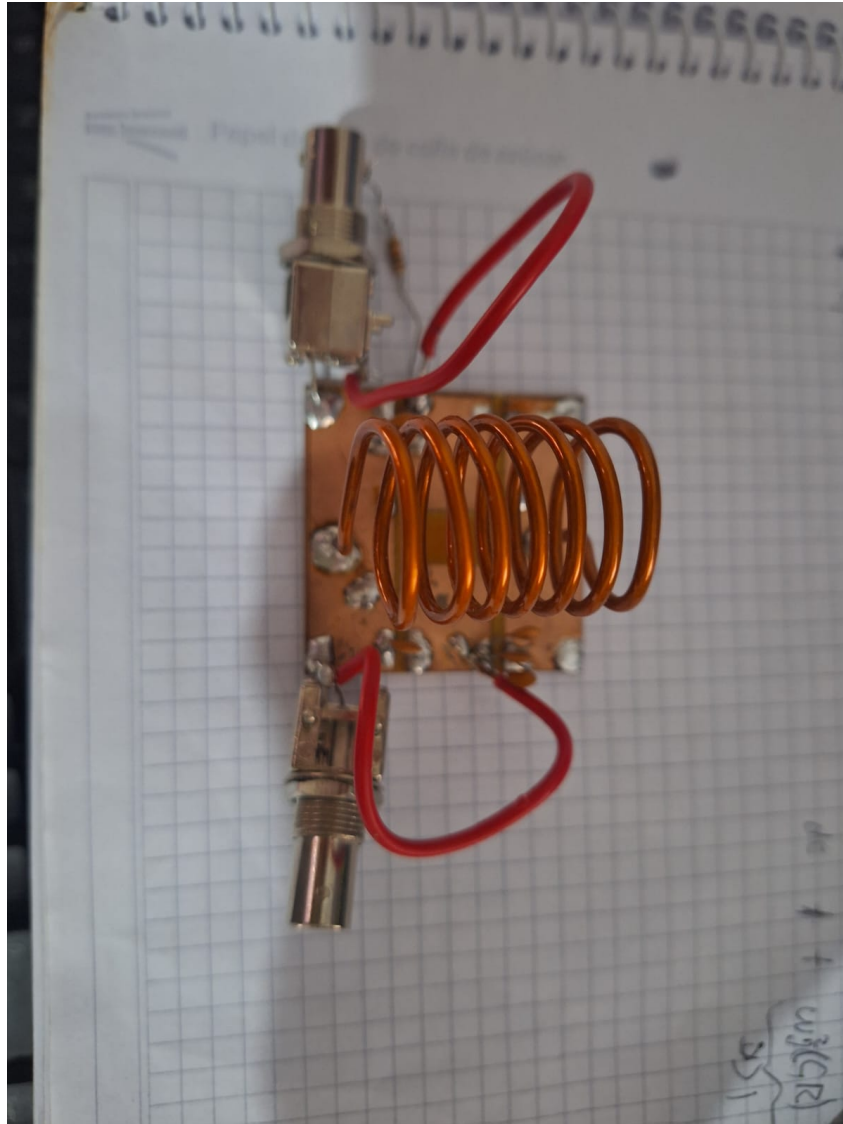


Figura 12: PCB montada

3.5. Mediciones

Para la medición de los parámetros del circuito, se utilizará:

- Generador de señales
- Osciloscopio
- 3 cables BNC
- BNC-T

3.5.1. Medición de f_o

Para la medición de la frecuencia de resonancia, se conecta el circuito a tope. El esquema es el siguiente:

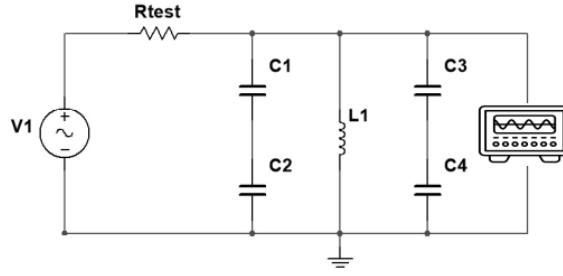


Figura 13: Medición de f_{o1}

La resistencia R_{test} tiene que ser del orden de R_p , por lo tanto, inicialmente se utilizó una resistencia de $1\text{ k}\Omega$. Una vez realizada la conexión, se varía la frecuencia del generador de señales de menor a mayor hasta encontrar la frecuencia de resonancia. Debemos considerar que el osciloscopio tiene una capacidad de entrada, por lo tanto, esta capacidad parásita puede afectar la medición de la frecuencia de resonancia. La medición f_{o1} :

$$f_{o1} = 12\text{ MHz} \quad (55)$$

A continuación mediremos la frecuencia de resonancia f_{o2} , para esto se utilizara una resistencia de $1\text{ k}\Omega$ y además, se agrega el capacitor C_F en paralelo al inductor y los capacitores. El esquema es el siguiente:

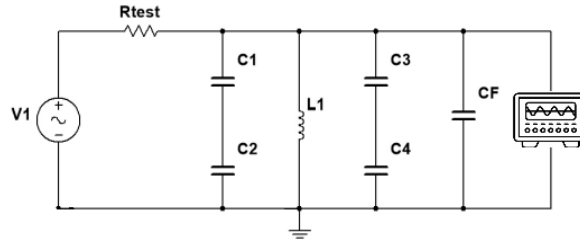


Figura 14: Medición de f_{o2}

Donde el capacitor C_F es de 100 pF .

La medición f_{o2} :

$$f_{o2} = 10,5\text{ MHz} \quad (56)$$

Para obtener la frecuencia de resonancia f_o se debe obtener C_o a partir de estas ecuaciones:

$$f_{o1} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_T + C_o)}} \quad (57)$$

$$f_{o2} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_T + C_o + C_F)}} \quad (58)$$

Donde C_T es igual 177 pF . Despejando C_o de estas ecuaciones obtenemos:

$$\left(\frac{f_{o1}}{f_{o2}}\right)^2 = \frac{C_T + C_o + C_F}{C_T + C_o} \quad (59)$$

$$C_o = \frac{C_T \cdot (f_{o2}^2 - f_{o1}^2) + C_F f_{o2}^2}{f_{o1}^2 - f_{o2}^2} \quad (60)$$

El capacitor C_F es de 100 pF y C_o es de:

$$C_o = 149,7\text{ pF} \quad (61)$$

Con este valor, dimensionamos la capacidad agregada del osciloscopio, cables BNC, soldaduras, etc., y es comparable a la del circuito, por lo tanto, modificará la medición y afectará el resultado. Ahora determinaremos el valor de la inductancia L :

$$L = \frac{1}{(2\pi f_o)^2} \cdot \frac{1}{C_T + C_o} \quad (62)$$

$$L = 0,538 \mu H y \quad (63)$$

Con este valor determinamos el valor de la *frecuencia de resonancia* f_o :

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_T}} \quad (64)$$

$$f_o = 16,3 MHz \quad (65)$$

3.5.2. Medicion de BW

Para la medicion del ancho de banda, se utiliza el esquema de la figura 15:

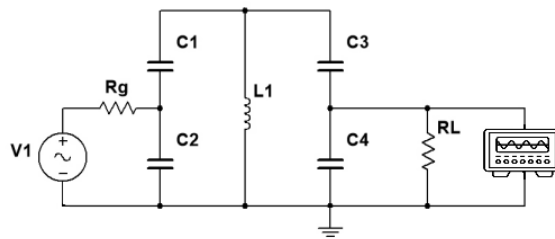


Figura 15: Medicion de BW

La medicion del ancho de banda variaremos la frecuencia hasta encontrar el pico maximo de amplitud en la salida, una vez encontrado el pico maximo, buscaremos -3 dB de la amplitud maxima. La diferencia entre la frecuencia de corte superior y la inferior nos dara el ancho de banda. Las mediciones son las siguientes:

Medicion	Amplitud	Ancho de banda
Frecuencia de corte inferior	2.87 V	12.2 MHz
Frecuencia central	4.06 V	12.6 MHz
Frecuencia de corte superior	2.87 V	13 MHz

El ancho de banda es:

$$BW = 13 - 12,2 = 0,8 MHz \quad (66)$$

3.5.3. Medicion de R_p

Para la medicion de la resistencia de perdida, se utiliza el esquema de la figura 16:

Tenemos que colocar la frecuencia del generador de onda en la frecuencia de resonancia f_o , ya que la reactancia inductiva y capacitiva se anulan. Por lo tanto nos quedara la resistencia de test $R_{test} = 1k\Omega$ en serie con la resistencia de perdida R_p . Por lo tanto realizando el divisor resistivo:

$$V_{osciloscopio} = V_{B1} \cdot \frac{R_p}{R_p + R_{test}} \quad (67)$$

Y despejando R_p obtenemos:

$$R_p = \frac{R_{test} \cdot V_{osciloscopio}}{V_{B1} - V_{osciloscopio}} \quad (68)$$

Las mediciones son las siguientes:

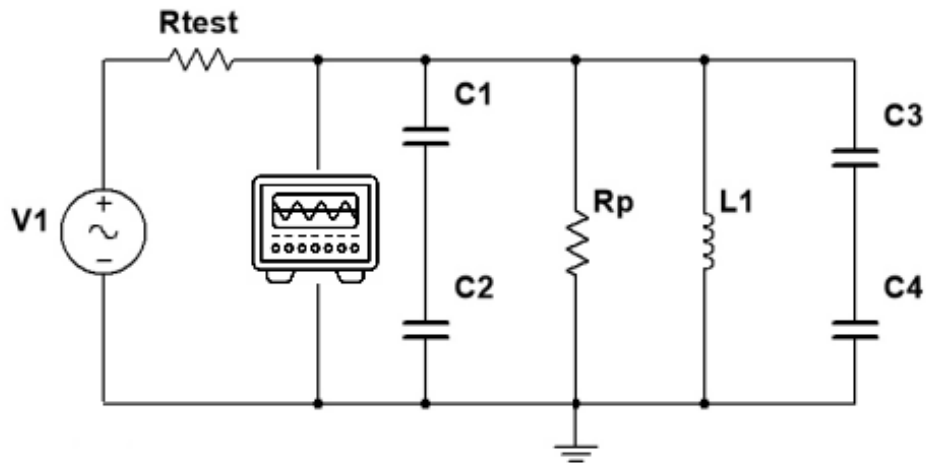


Figura 16: Medicion de R_p

- $V_{osciloscopio} = 2V$
- $V_{B1} = 1,76V$
- $R_p = 7,3k\Omega$

3.5.4. Medicion de Z_{in}

Para la medicion de la impedancia de entrada, se utiliza el esquema de la figura 17 y la 18

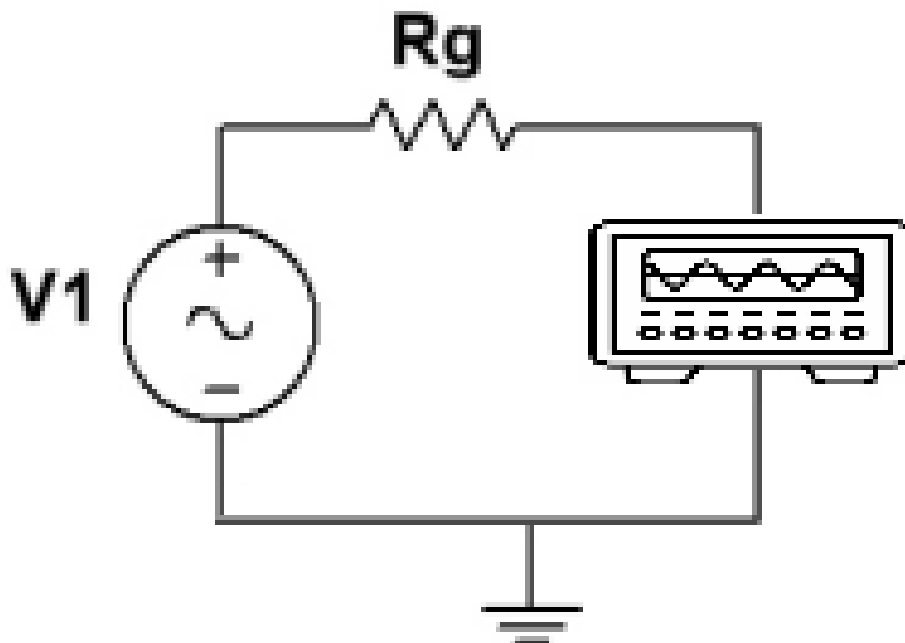


Figura 17: Medicion de V_g

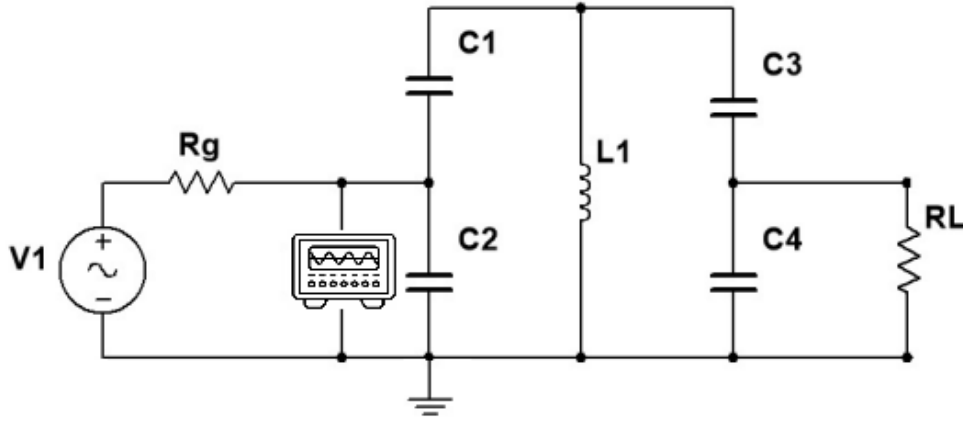


Figura 18: Medicion de V_{in}

Con estas dos mediciones podemos calcular la impedancia de entrada. Las mediciones son las siguientes:

Medicion	Valor
V_g	2.3 V
V_{in}	0.7 V

Debido a que medimos en resonancia, la reactancia inductiva y capacitiva se anulan. Por lo tanto podemos plantear el divisor resistivo:

$$V_{in} = V_g \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_g} \quad (69)$$

Despejando Z_{in} obtenemos:

$$Z_{in} = R_g \cdot \frac{V_{in}}{V_g - V_{in}} \quad (70)$$

Remplazando los valores obtenemos:

$$Z_{in} = 22 \, \Omega \quad (71)$$

3.5.5. Medicion de Z_{out}

Para la medicion de la impedancia de salida, se utiliza el esquema de la figura 19 y la figura 20.

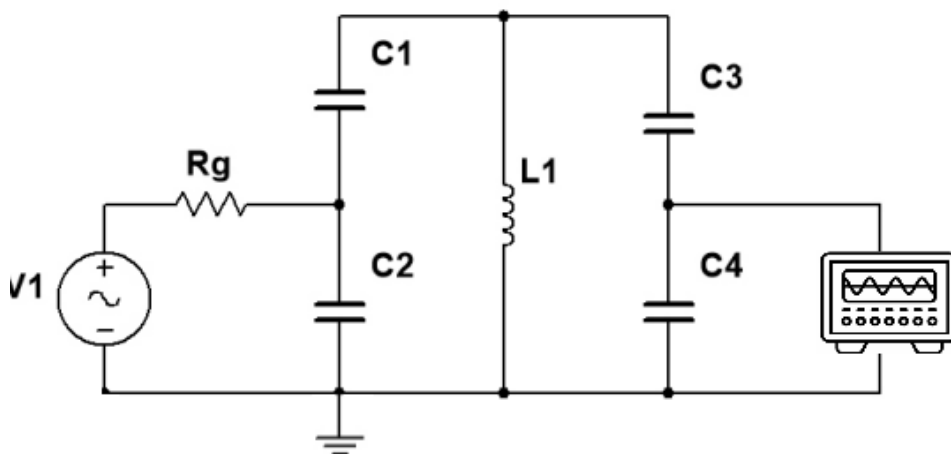


Figura 19: Medicion de V_{out} sin carga

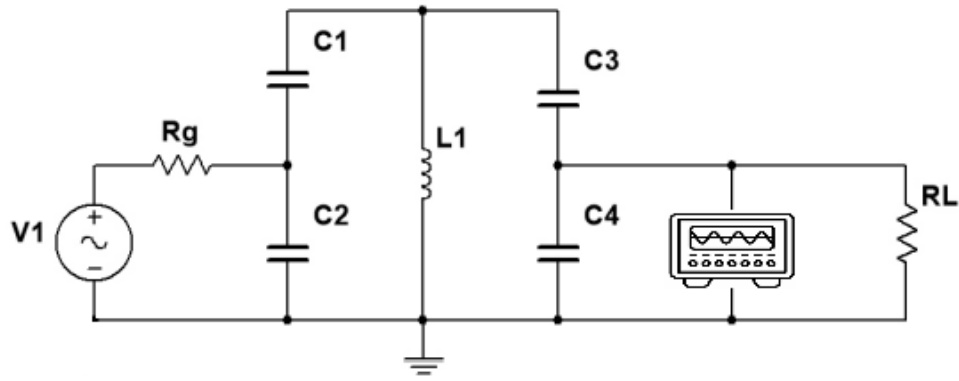


Figura 20: Medicion de V_{out} con carga

Realizando estas dos mediciones podemos calcular la impedancia de salida. Las mediciones son las siguientes:

Medicion	Valor
V_{out} sin carga	1.05 V
V_{out} o V_L con carga	2.4 V

Planteando el divisor resistivo:

$$V_L = V_{out} \cdot \frac{Z_L}{Z_{out} + Z_L} \quad (72)$$

Despejando Z_{out} obtenemos:

$$Z_{out} = Z_L \cdot \frac{V_{out} - V_L}{V_L} \quad (73)$$

Remplazando los valores obtenemos:

$$Z_{out} = 1285 \, \Omega \quad (74)$$

4. Conclusiones

En el trabajo practico N° 1 se realizara el estudio de un circuito de acoplamiento interetapas. Los circuitos interetapa se utilizan en sistemas de comunicacion para adaptar impedancia y sintonizar en una frecuencia determinada, permitiendo maxima transferencia de energia entre etapas. En el practico construiremos el circuito resonante, armando la bobina y utilizando capacitores comerciales, donde tendremos que cumplir valores de frecuencia central, ancho de banda, factor de calidad e impedancia de entrada y salida.