

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES

22.42 LABORATORIO DE ELECTRÓNICA

Trabajo práctico 4

Grupo 7

GONZÁLEZ ORLANDO, Tomás Agustín	57090
PARRA, Rocío	57669
PIERDOMINICI, Matías Nicolás	57498
STEWART HARRIS, María Luz	57676

Profesores

COSSUTTA, Pablo Martín
WEILL, María Alejandra
SALVATI, Matás Damián

Presentado: 01/11/2018

Índice

1	Comparación de los metodos de medición de equilibrio de puentes	2
2	Puente de Wien	3
2.1	Diseño del puente	3
2.1.1	Elección de componentes	3
2.1.2	Análisis de sensibilidades	3
2.1.3	Mediciones	6
2.1.4	Convergencia del puente	6
2.1.5	Conclusión	7
3	Medición de capacitores	7
3.1	Elección de componentes	7
3.2	Análisis de sensibilidades	8
3.3	Calculo del error	8
3.4	Convergencia	9
3.5	Manual de uso	10
3.6	Mediciones	10
3.6.1	Analizador de impedancia	10
3.6.2	Puente	11
3.7	Conclusión	12

1 Comparación de los metodos de medición de equilibrio de puentes

Osciloscopio

El osciloscopio es un instrumento que permite visualizar una tensión en el tiempo, por ende nos permite visualizar el punto de equilibrio del puente. Se varían las variables de ajuste de tal manera de que la amplitud de la señal de salida del puente sea lo menor posible. Pero el equipo es sensible al ruido, provocando que sea difícil encontrar el mínimo. Sin embargo, se podría medir en vez de la tensión, el cambio abrupto de fase provocado en el equilibrio, otorgando una mayor precisión.

Multímetro de precisión

En contraposición con el osciloscopio, no permite visualizar la señal en el tiempo. Sin embargo, se puede medir el valor RMS de la señal de salida, y variando las variables de ajuste permite encontrar el mínimo de la señal. Como el equipo obtiene el valor medio de la señal, es menos susceptible al ruido. Además no se depende del observador para hallar gráficamente el mínimo de la señal, debido a que el multímetro devuelve números. Sin embargo no permite detectar el cambio de fase que ocurre en el equilibrio.

Amplificador de Instrumentación

Por sí solo no permite medir el equilibrio, sino que se lo tiene que utilizar con alguno de los equipos ya mencionados. Este dispositivo permite eliminar las señales de modo común que provienen del circuito, por ejemplo el ruido. Por ende permite mejorar la medición. Combinándose con el osciloscopio otorgaría una mejor medición de la tensión de salida y además se podría observar las fase.

2 Puente de Wien

2.1 Diseño del puente

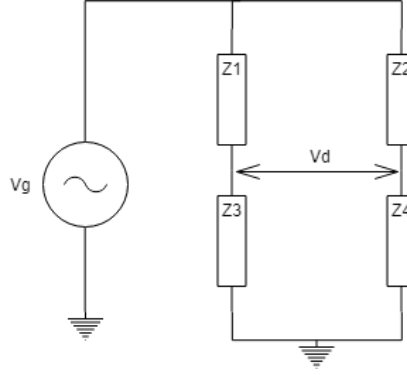


Figura 1: Puente con impedancias genéricas

La tensión de salida del puente de la figura 1 es $V_d = V_g \frac{Z_3 Z_2 - Z_1 Z_4}{(Z_1 + Z_3)(Z_2 + Z_4)}$. En el equilibrio ($V_d = 0$), se cumple que $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$. En el caso del puente de Wien $Z_1 = R_1 + \frac{1}{sC_1}$, $Z_2 = R_2$, $Z_3 = R_3 + \frac{1}{sC_3}$ y $Z_4 = R_4$. En el equilibrio se cumple que $\frac{C_3 R_1}{C_1 R_3} = \frac{R_2}{R_4}$ y $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_3 C_1 C_3}}$. Si $R = R_1 = R_3$, $C = C_1 = C_3$ y $R_2 = 2R_4$ entonces $f = \frac{1}{2\pi RC}$.

2.1.1 Elección de componentes

Asumiendo que $R = R_1 = R_3$, $C = C_1 = C_3$ y $R_2 = 2R_4$, se obtuvo que $f = \frac{1}{2\pi RC}$. El intervalo de frecuencias que se desea medir es $f \in [10KHz, 100KHz]$. Fijando $C = 820pF$, $R_2 = 20K\Omega$ y $R_4 = 10K\Omega$ entonces $R \in \left[\frac{1}{2\pi f_{max} C}, \frac{1}{2\pi f_{min} C}\right] = [1941\Omega, 19409\Omega]$. Para conseguir dichos valores de R se utilizó un preset de $25K\Omega$.

2.1.2 Análisis de sensibilidades

Tal como ya fue mencionado, $R = R_1 = R_3$ y dichas resistencias se implementaron con una resistencia de $1.5K\Omega$ en serie con un preset de $25K\Omega$. El preset es de 25 vueltas y suponiendo que lo mínimo que se puede girar es un cuarto de vuelta, definimos nuestro $\Delta R = 250\Omega$. Además se supuso que la máxima diferencia entre una resistencia de ajuste era $\Delta R = 250\Omega$. De esta manera se graficaron las sensibilidades de V_d respecto de R_1 y R_3 variando R en el rango indicado en la sección anterior. Además se analizó la sensibilidad de V_d respecto a las mismas resistencias, pero variando la frecuencia en el rango de medición del puente.

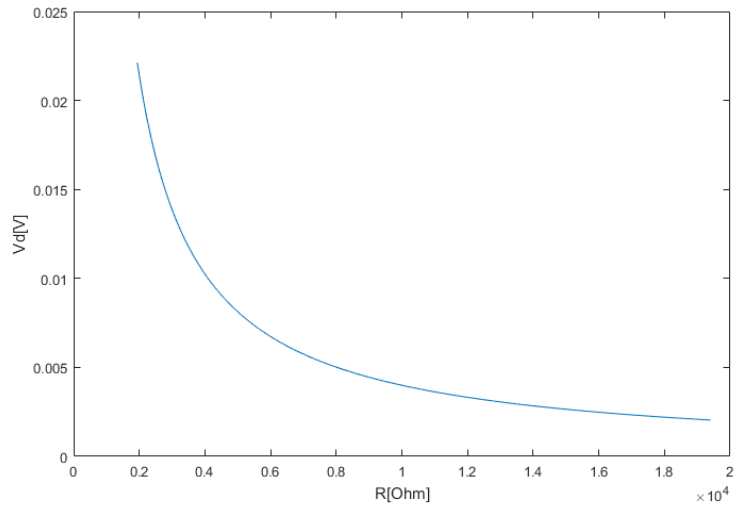


Figura 2: Sensibilidad de V_d respecto a R_3

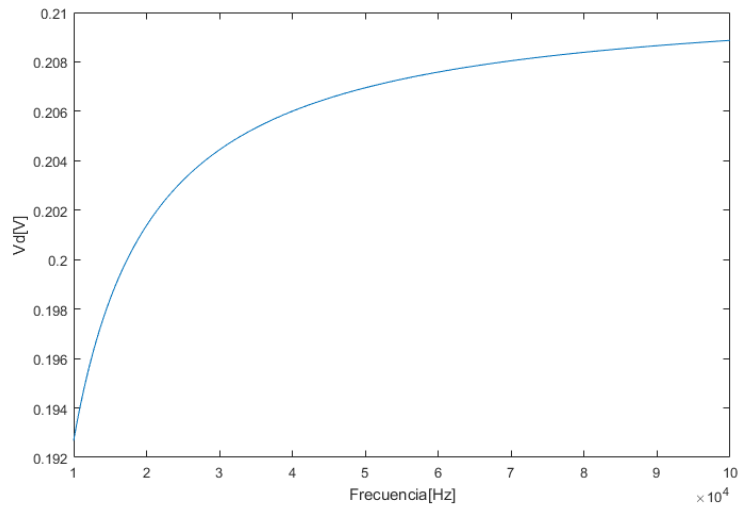


Figura 3: Sensibilidad de V_d respecto a R_3 variando f

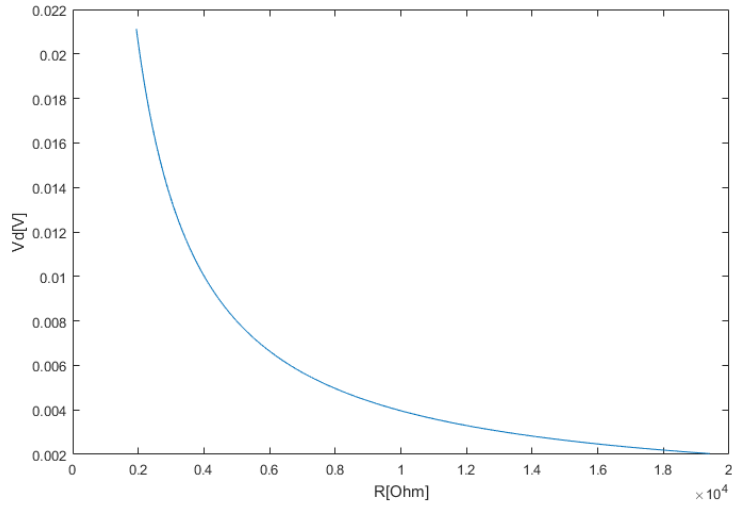


Figura 4: Sensibilidad de V_d respecto a R_1

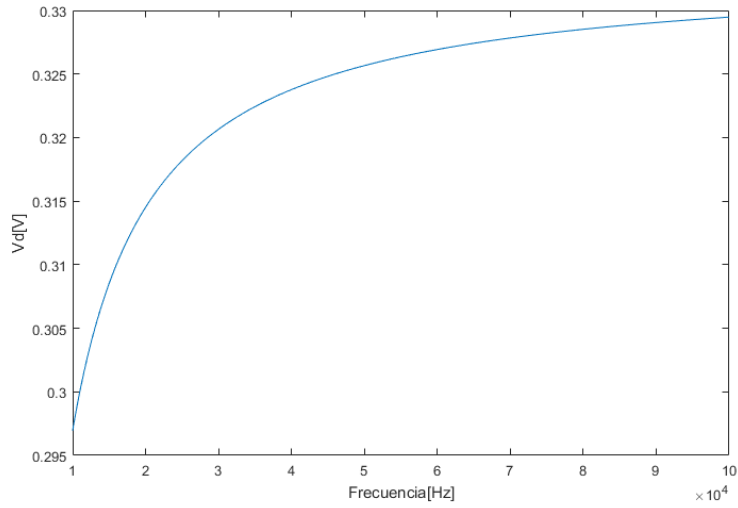


Figura 5: Sensibilidad de V_d respecto a R_1 variando f

Tal como se observa en ambas imágenes la sensibilidad de V_d respecto a ambas resistencias es prácticamente la misma, por ende una resistencia no enmascara a la otra. Además la sensibilidad de ambas resistencias empeora al aumentar la frecuencia.

2.1.3 Mediciones

Se midieron las siguientes frecuencias:

Frecuencia generador [KHz]	$R_1 [K\Omega]$	$R_3 [K\Omega]$	Frecuencia calculada [KHz]	Error [%]
9.7	19.4	19.4	10	3.1
28.4	6.5	6.5	29.8	5.1
37.7	4.85	4.85	40	6.1
54.6	3.34	3.34	58.1	6.4
75.5	2.76	2.76	70	6.8
106.5	1.94	1.94	99	8.7

Table 1: Mediciones de frecuencias.

2.1.4 Convergencia del puente

Para analizar la convergencia del puente, se realizó un grafico de $V_d(R, f)$ en matlab variando R y f en los intervalos correspondientes.

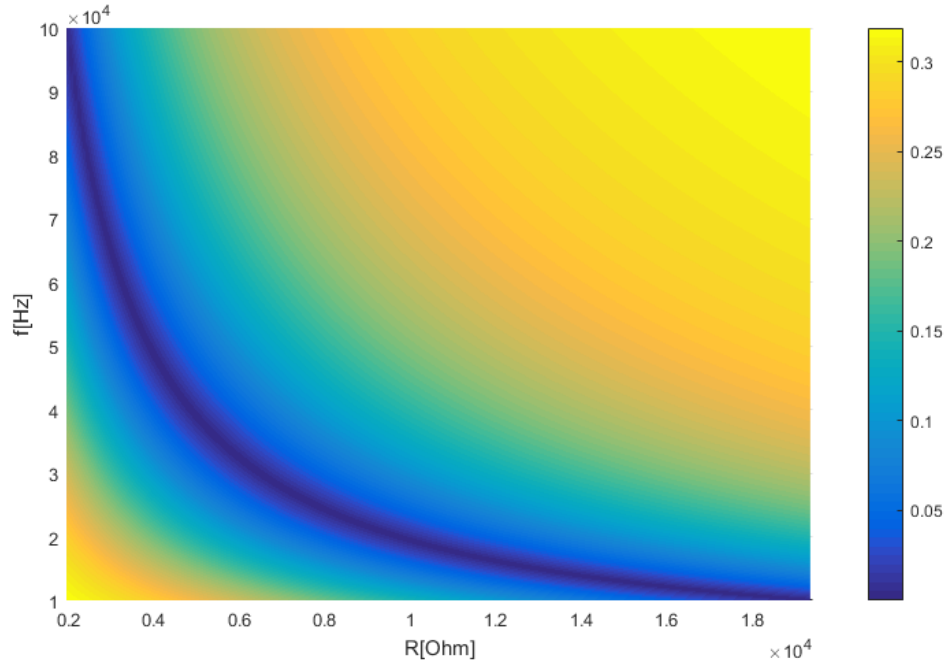


Figura 6: Gráfico $V_d(R, f)$

Como se observa en la figura 6, hay una única franja violeta (mínimo). Esto quiere decir, que existe

un único valor de R para cada frecuencia f que genera un mínimo de V_d .

2.1.5 Conclusión

Como la convergencia del puente es única para cada valor de resistencia el puente no necesita un manual para su utilización. En cuanto al error que obtuvimos en la medición, lo atribuimos a que la medición se realizó con el osciloscopio y sin amplificador de instrumentación, además de a las tolerancias del 10% en los capacitores. También puede estar entrando en juego el hecho que al aumentar la frecuencia aumenta la sensibilidad frente a las variables de ajuste. Dicho fenómeno se observa en el hecho de que el error aumenta con el aumento de la frecuencia.

3 Medición de capacitores

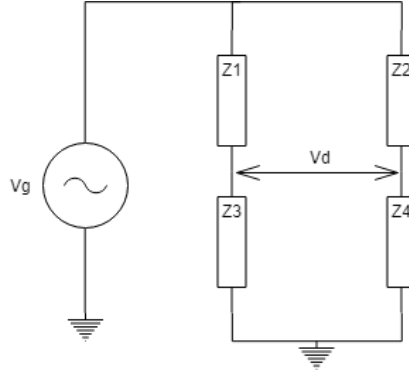


Figura 7: Puente con Impedancias genéricas

Se diseñó un puente que permita medir capacitores en un rango de capacidad $C \in [10nF, 100nF]$ y en un rango de factor de disipación $D \in [0.015, 0.09]$, para una frecuencia de 10KHz.

Partiendo del puente de la figura 7, donde $V_d = \frac{Z_3}{Z_1 + Z_3} - \frac{Z_4}{Z_2 + Z_4}$, en el equilibrio $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$. Reemplazando $Z_1 = R_1 + \frac{1}{sC_1}$, $Z_2 = R_x + \frac{1}{sC_x}$, $Z_3 = R_3$ y $Z_4 = R_4$. En el equilibrio se cumple que $C_x = \frac{C_1 R_3}{R_4}$, $R_x = \frac{R_1 R_4}{R_3}$ y $D_x = 2\pi f C_1 R_1$.

3.1 Elección de componentes

Fijando $C_1 = 3nF$ y $R_3 = 1K\Omega$, y a partir de las ecuaciones $C_x = \frac{C_1 R_3}{R_4}$ y $D_x = 2\pi f C_1 R_1$, se obtuvieron los valores de las variables de ajuste, $R_1 \in \left[\frac{D_{min}}{2\pi f C_1 R_1}, \frac{D_{max}}{2\pi f C_1 R_1} \right] = [79.5\Omega, 477.46\Omega]$ y $R_4 \in \left[\frac{C_1 R_3}{C_{xmax}}, \frac{C_1 R_3}{C_{xmin}} \right] = [30\Omega, 300\Omega]$.

La resistencia R_1 se implementó con una resistencia de 68Ω en serie con dos presets de 200Ω y la resistencia R_4 se implementó con una resistencia de 20Ω en serie con un preset de 200Ω y otro de 100Ω .

3.2 Análisis de sensibilidades

Para analizar la sensibilidad del puente, se graficó el cociente de la sensibilidad de V_d respecto de R_1 y R_2 . El objetivo es que dicho cociente se encuentre lo mejor posible distribuido entre 0 y 1.

Con los valores de los componentes indicados anteriormente se obtuvo el siguiente gráfico del cociente de las sensibilidades

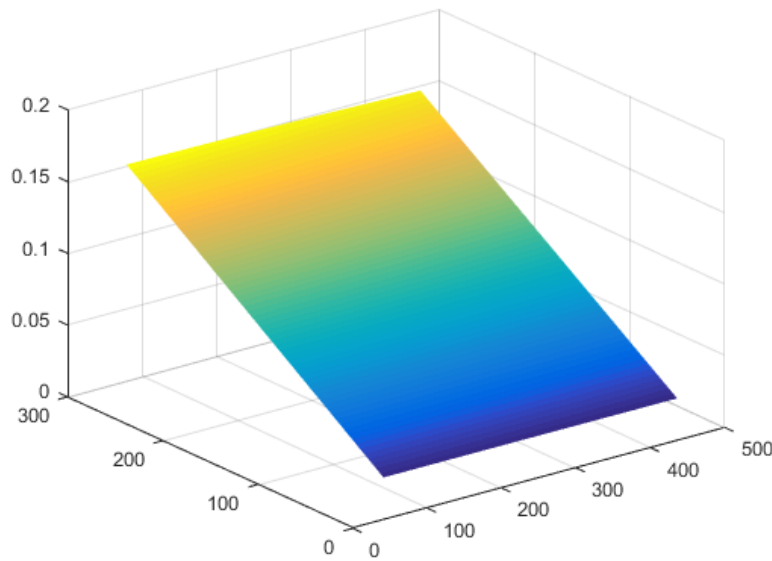


Figura 8: Cociente de sensibilidades

Como se observa en el gráfico, al variar R_1 y R_4 se obtuvo una superficie acotada entre 0 y 1.

3.3 Cálculo del error

Para calcular el error en la medición se tuvo que distinguir cuáles fueron las fuentes de error en la medición. Supusimos que el error en analizador de impedancias es despreciable.

Las fuentes de error que supusimos fueron las siguientes:

- El error en la medición de las resistencias por parte del óhmetro lo consideramos de 1Ω

- Como V_d nunca llega a cero, y como la medición se realizó con el voltímetro de banco consideramos que el error en la medición de V_d es de 1mV

Conociendo que constructivamente R_1 y R_4 se realizaron con presets de 200Ω , estimamos el $\Delta R_1 = \Delta R_2 = 2\Omega$ (un cuarto de vuelta del preset).

$$S_{R_1}^{V_d} \Delta R_1 = \Delta V_d$$

$$\Delta R_1 = 8\Omega$$

Considerando el peor caso cuando se suman los errores, para $\Delta R_1 = 8\Omega$, ahora calculamos para C_x .

$$\Delta C_x = C_1 R_3 \frac{\Delta R_4}{R_4^2}$$

Como en el peor caso $R_4 = 30\Omega$

$$\Delta C_x = 3nF$$

Y por último, hay que hallar el error en D_x . Como $D_x = 2\pi f C_1 R_1$, entonces:

$$\Delta D_x = 2\pi f C_1 \cdot \Delta R_1$$

$$\Delta D_x = 0.0009$$

3.4 Convergencia

Se analizó si el puente convergía para un único valor de R_1 a un único D_x y R_4 a un único C_x . Para ello se graficó V_d en función de C_x y R_4 en un caso y R_1 , D_x para el otro.

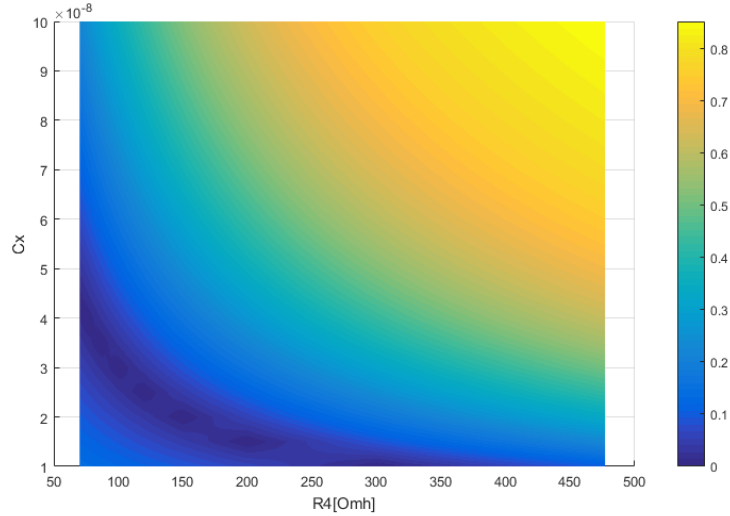


Figura 9: Convergencia de V_d respecto de R_4 y C_x

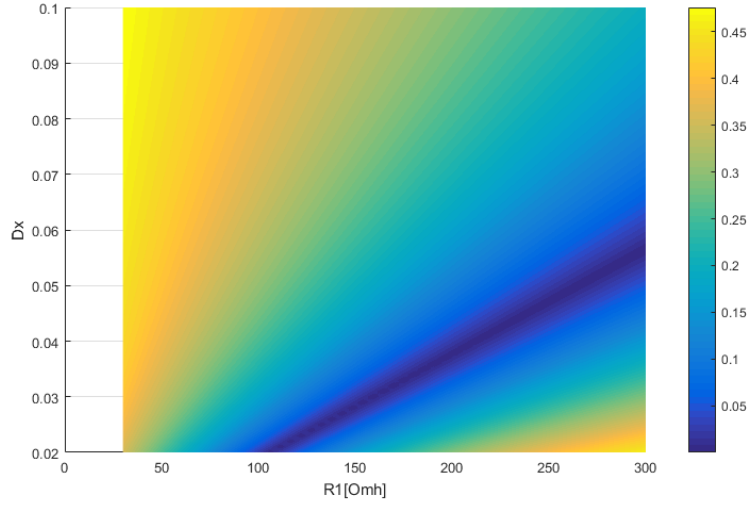


Figura 10: Convergencia de V_d respecto de R_1 y D_x

Como se observa en ambas figuras hay una unica franja violeta (mínimo) de V_d , por ende la convergencia del puente es unica para cada C_x y D_x .

3.5 Manual de uso

Para poder medir en el puente, se recomienda primero ajustar el preset correspondiente a R_4 , debido a que la sensibilidad del puente es mayor respecto a dicha resistencia, encontrando el mínimo de V_d . Después variar R_1 para minimizar aún mas V_d . Posteriormente desconectar todos los elementos del puente y medir las resistencias R_4 y R_1 . Finalmente con las ecuaciones anteriormente mencionadas se obtiene el valor del capacitor medido, donde $C_x = \frac{C_1 R_3}{R_4}$, $R_x = \frac{R_1 R_4}{R_3}$ y $D_x = 2\pi f C_1 R_1$.

3.6 Mediciones

Se midieron los capacitores con el analizador de impedancias y con el puente.

3.6.1 Analizador de impedancia

Frecuencia	C	D
1KHz	9.8nF	0.015
10KHz	9.6nF	0.023
100KHz	9.3nF	0.085

Table 2: Capacitor mínimo

Frecuencia	C	D
$1KHz$	47.24nF	0.019
$10KHz$	26nF	0.003
$100KHz$	43.56nF	0.08

Table 3: Capacitor medio

Frecuencia	C	D
$1KHz$	108nF	0.018
$10KHz$	108nF	0.024
$100KHz$	102nF	0.083

Table 4: Capacitor máximo

Frecuencia	C	D
$1KHz$	186nF	0.01
$10KHz$	181nF	0.016
$100KHz$	171nF	0.08

Table 5: Capacitor doble del máximo

3.6.2 Puente

Se midió V_d con el voltímetro de banco

Frecuencia	C	D
$1KHz$	9.87nF	0.005
$10KHz$	9.9nF	0.013
$100KHz$	9.58nF	0.1

Table 6: Capacitor mínimo

Frecuencia	C	D
$1KHz$	44.8nF	0.0013
$10KHz$	45.5nF	0.012
$100KHz$	42.4nF	0.13

Table 7: Capacitor medio

Frecuencia	C	D
$1KHz$	108nF	0.0013
$10KHz$	108nF	0.013
$100KHz$	89.6nF	0.14

Table 8: Capacitor máximo

Frecuencia	C	D
$1KHz$	115nF	0.003
$10KHz$	115nF	0.037
$100KHz$	115nF	0.3

Table 9: Capacitor doble del máximo

3.7 Conclusión

Como era de esperarse la medicion del capacitor al doble del maximo, no se pudo medir debido que el preset llegó a su maximo. En cuanto a la medicion del D del capacitor en todos los casos nos dio mal, esto atribuimos a un errado analisis de sensibilidades, y esto implicó que al variar el preset correspondiente al D no se pudiese apreciar una variacion en el V_d . Además para mejorar la medición se tendria que haber medido con un amplificador de instrumentación.