



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Proyecto N°1

GENERADOR DE ONDA TRIANGULAR

ALUMNO:

Juan Andrés Tapia Rozas

DOCENTE

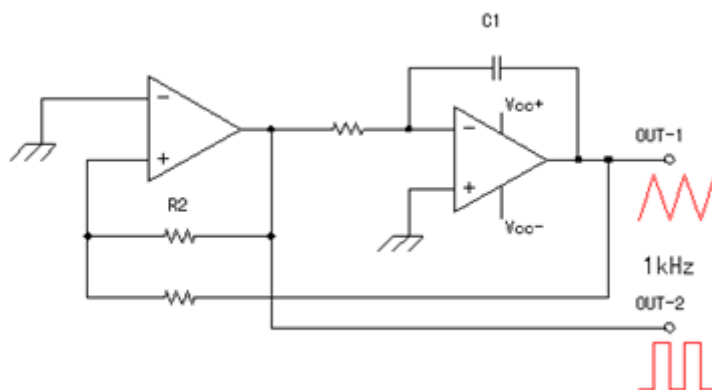
Krzysztof Herman

FECHA ENTREGA

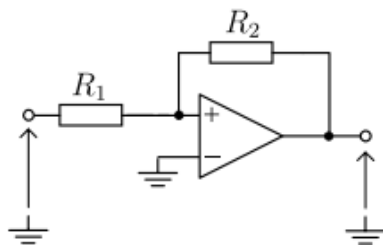
22/12/2015



Para este proyecto el modelo de generador de onda triangular en el cual me basare y posteriormente diseñare es el siguiente:

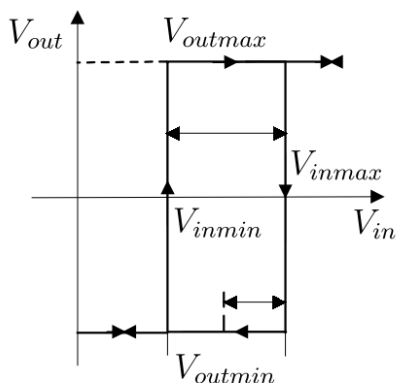


Si analizamos el circuito por parte nos damos cuenta que al lado izquierdo de este tenemos un Comparador o Disparador de Schmitt para el cual tenemos que:



$$V_{inmax} = -\frac{R_1}{R_2} V_{outmax}$$

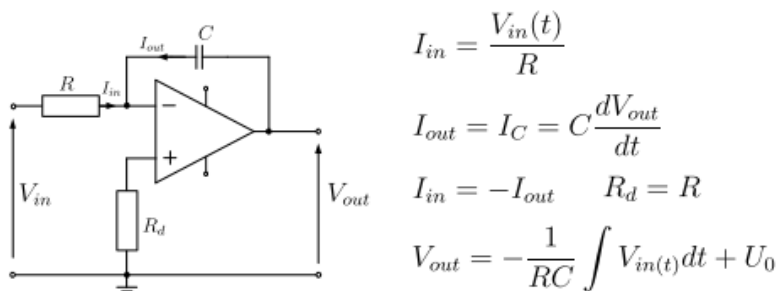
$$V_{inmin} = -\frac{R_1}{R_2} V_{outmin}$$





Donde en nuestro caso V_{inmax} será el voltaje de la señal triangular que es retroalimentado para ser comparado y V_{outmax} será el voltaje a la salida del amplificador donde para el caso ideal sería +12 v o -12 v pero haciendo un análisis más crítico usaremos 10.5 v en los cálculos debido a una caída de tensión aproximada provocada por los amplificadores.

En el lado derecho del circuito general tenemos un circuito integrador como el siguiente:



Esta parte del circuito integrara la salida en forma de onda cuadrada que sale del circuito comparador, observar que la integral es negativa es por esto que veremos en las simulaciones que al llegar al valor constante ya sea positivo o negativo para la onda triangular tiene un gran efecto.

Cálculos:

Comenzamos el análisis con la parte del circuito comparador, donde teníamos que:

$$V_{inMax} = -\frac{R1}{R2} * V_{outMax}$$

$$V_{inMin} = -\frac{R1}{R2} * V_{outMin}$$

Aproximare una caída de tensión debido de los amplificadores de 1.5v. Tenemos entonces que $V_{outMax} = 10.5v$ (voltaje a la salida del comparador), supondré que necesito que la amplitud de la onda triangular con una amplitud pico a pico de 19v, es decir $V_{intmax} = 9.5v$ (voltaje a la salida del integrador), también asumiré el valor de una de las resistencias, $R2 = 8k$.

$$R2 = \frac{V_{outMax}}{V_{inMax}} * R1$$



$$R1 = \frac{9.5}{10.5} * 8k = 7k$$

Ahora sabiendo que el periodo de la onda triangular es:

$$T = \frac{4 * C * R1 * R3}{R2}$$

$$F = \frac{R2}{4 * C * R1 * R3}$$

Con $C = 0.05\mu f$ y asumiendo una frecuencia de trabajo de $F = 1.3KHz$ podemos encontrar el valor de la resistencia R3 faltante:

$$R3 = \frac{R1}{4 * C * R2 * F}$$

$$R3 = \frac{8k}{4 * 0.05\mu * 1.3k * 7k} = 4.3k$$

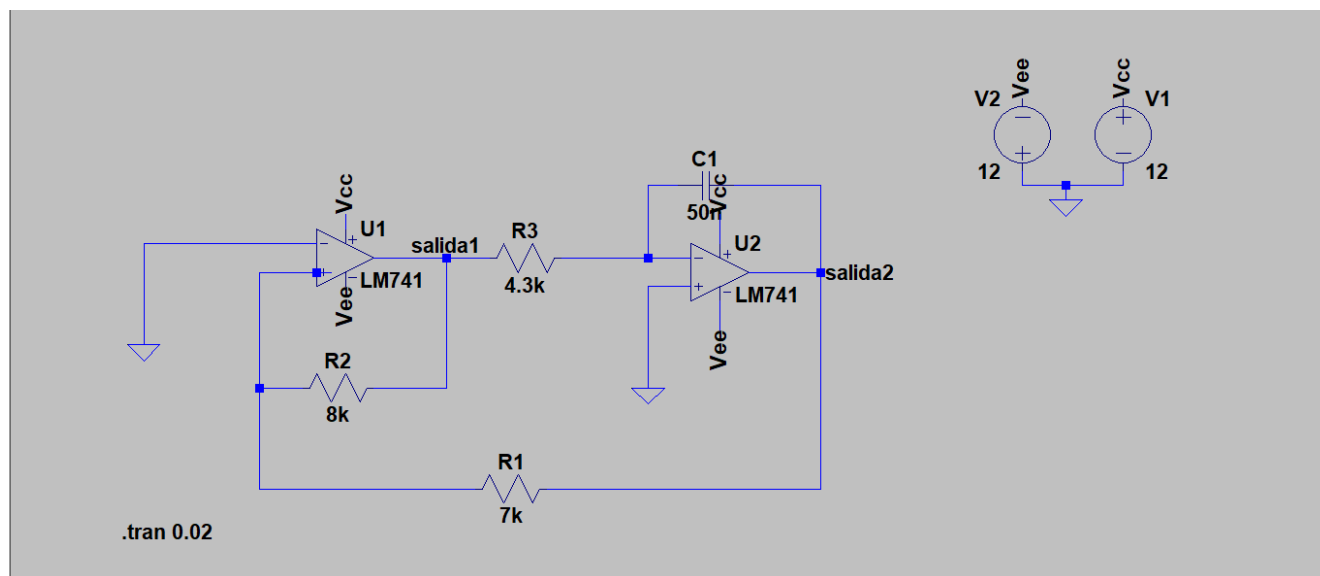
Si no damos cuenta existe una relación entre la frecuencia de trabajo y el voltaje de alimentación, al hacer el cálculo de R1 se hace con respecto al voltaje de alimentación y a un voltaje de referencia al que queremos que llegue la onda triangular, luego esa resistencia es usada para el cálculo de la frecuencia o en este caso también el valor de R3 al asumir una frecuencia a la que opere el circuito.

Entonces teniendo R1 y R3 constantes podemos hacer variar el valor de la resistencia R2 cambiando las fuentes de alimentación y con ello lograr variar la frecuencia de trabajo.

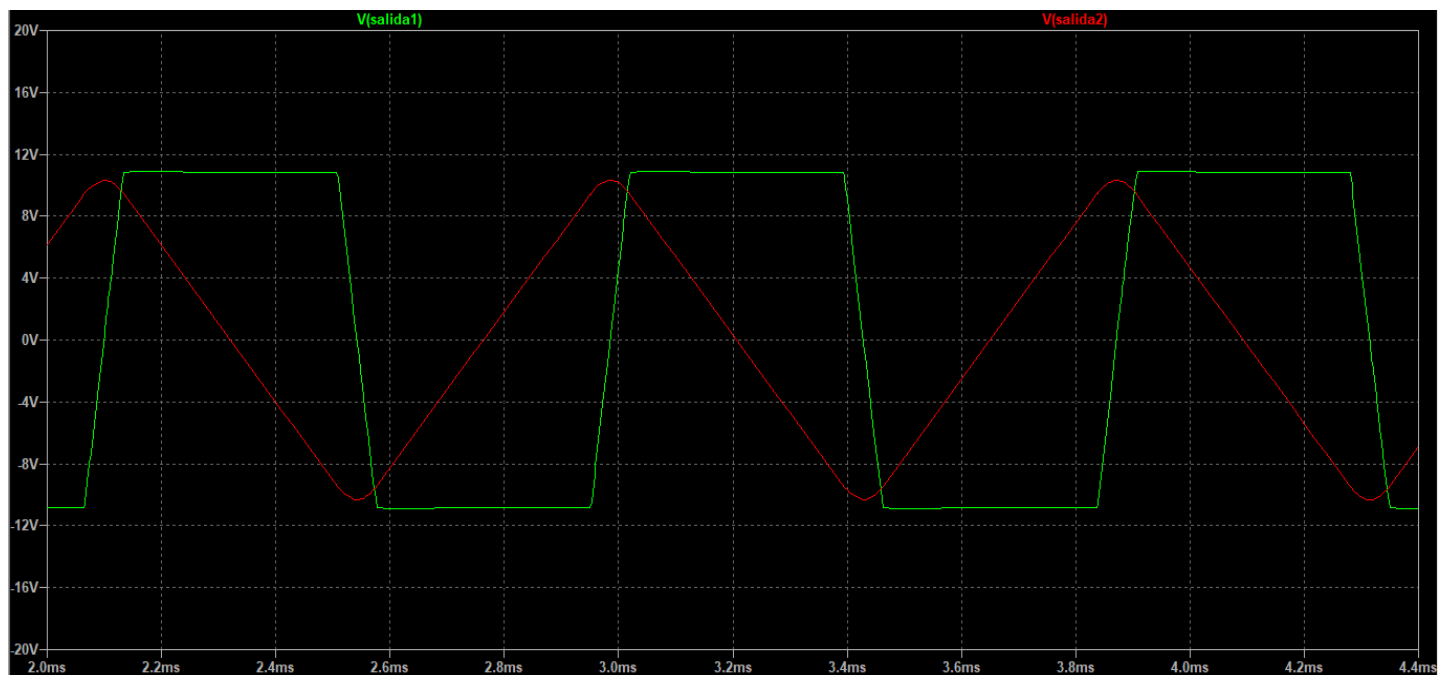


Simulaciones:

Estas simulaciones se realizaron con el amplificador LM471



Circuito en LTspice con valores



Simulación N°1 en LTspice

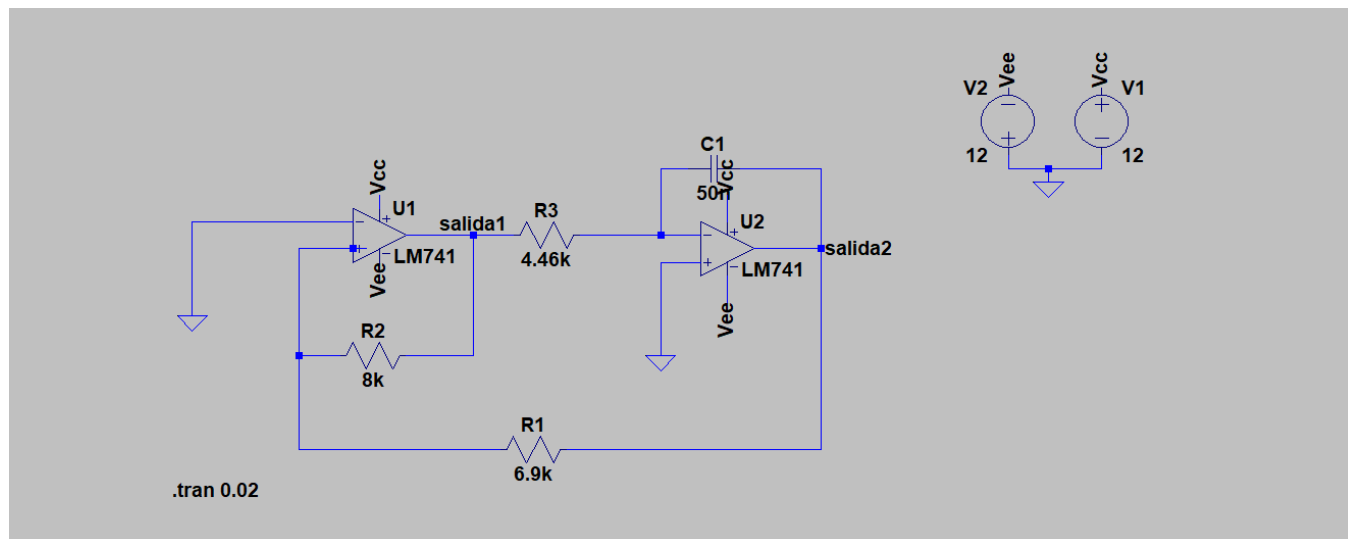


Si recordamos el signo negativo del circuito integrador, nos damos cuenta de porque el comportamiento de la onda triangular es así. Cuando la onda cuadrada llega a su Peak (positivo supongamos) la señal es estable por corto tiempo donde podemos decir que su valor es contante y como sabemos la integral de una constante es una recta, producto de esto además del signo negativo que tiene la integral es que tenemos una recta con pendiente negativa cuando el valor de la onda cuadrada llega a su Peak positivo y con pendiente positiva cuando la onda cuadrada llegue a su Peak negativo.

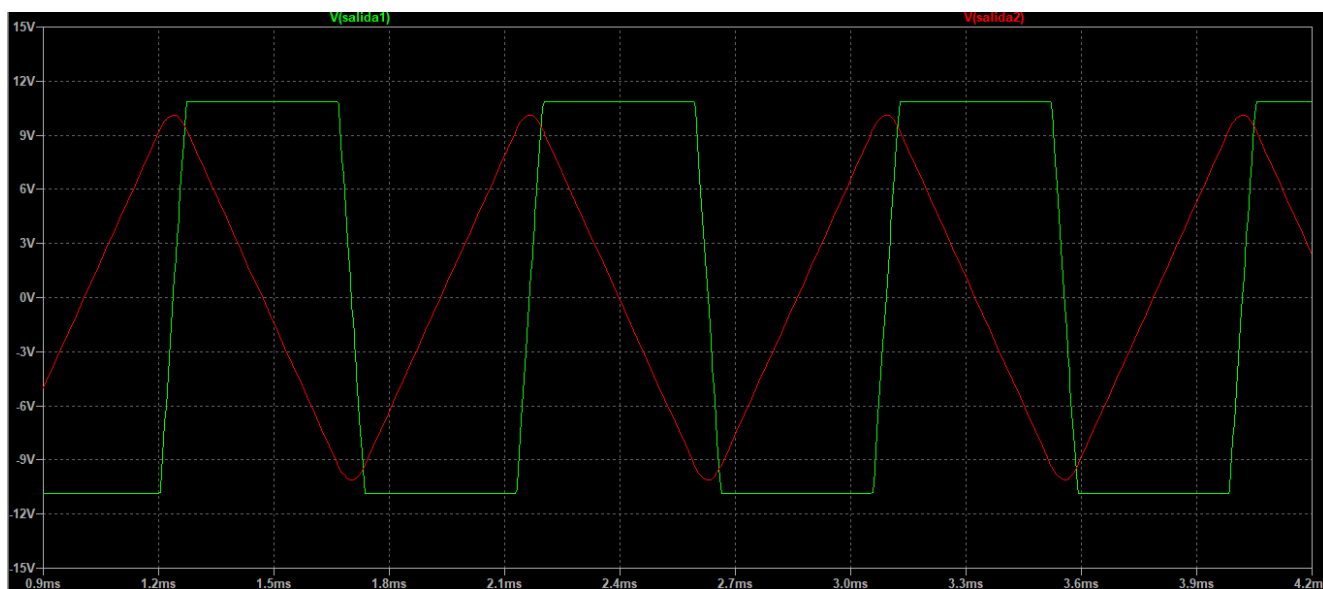
Podemos ver en la gráfica que la onda triangular alcanza un Peak positivo de aproximadamente 10.5v y uno negativo de aproximadamente a los -10.5v, es decir el valor pico a pico es más de lo esperado (aprox. 20v, un volt mas), pero si analizamos el pico a pico de la onda cuadrada esta es aproximadamente en 22.v por lo que tendríamos un Peak de 11v que igual es más de lo esperado considerando una caída de tensión de 1.5v, debido a esto y a las aproximaciones en los valores de las resistencias que se percibe este error.

Recalculando:

Considerando ahora una caída de tensión de 1v, por lo cual tendríamos un **$V_{inmax} = 9.5v$** y **$V_{outmax} = 11v$** . Ahora recalculando los valores de resistencias tenemos que: **$R_2 = 8K$** , **$R_3 = 4.5k$** y **$R_1 = 6.9k$** .



Circuito con valores recalculados



Simulación 2 en LTspice

En esta simulación con los valores recalculados es posible notar la amplitud de salida de la onda triangular se asemeja aún más a la esperada, llegando a un valor cercano a 10v aproximadamente 9.9v y lo esperado es 9.5v. Es probable que sabiendo exactamente el valor de la caída de tensión que provoca el LM471 el valor Peak sea aún más exacto y cercano al valor teórico

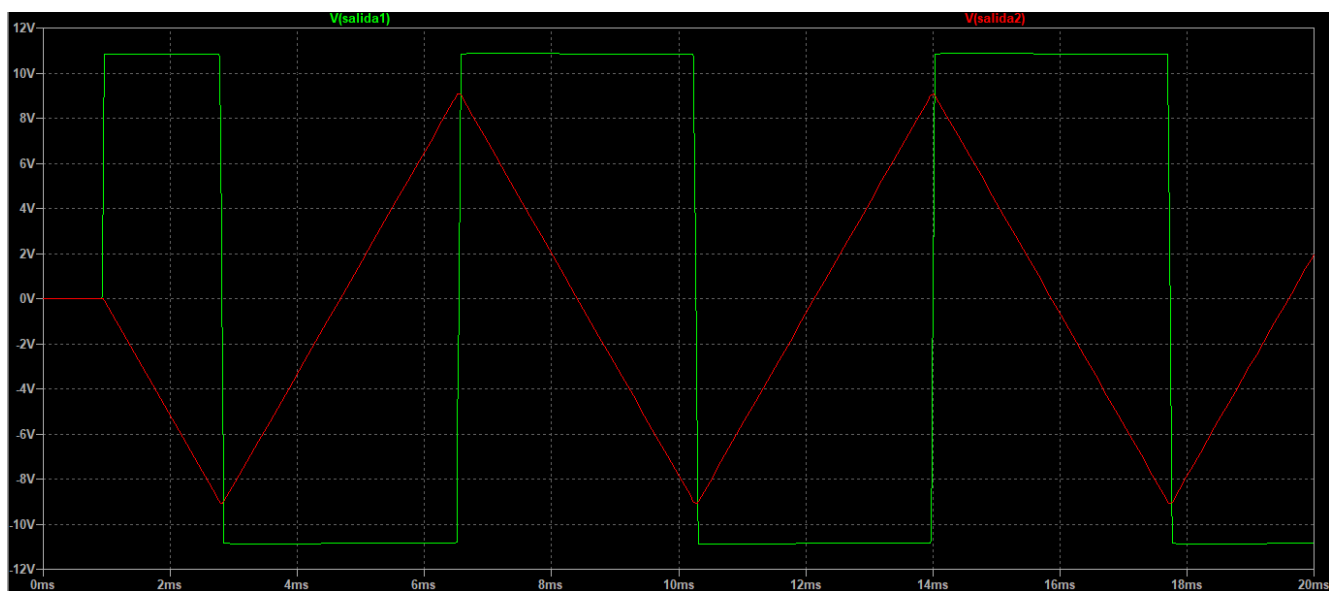
Parte práctica:

Para la parte práctica se usó el amplificador LM741

- $R1 = 6.76 K$
- $R2 = 8.11 K$
- $R3 = 4.65 K$
- $C = 475 nF$

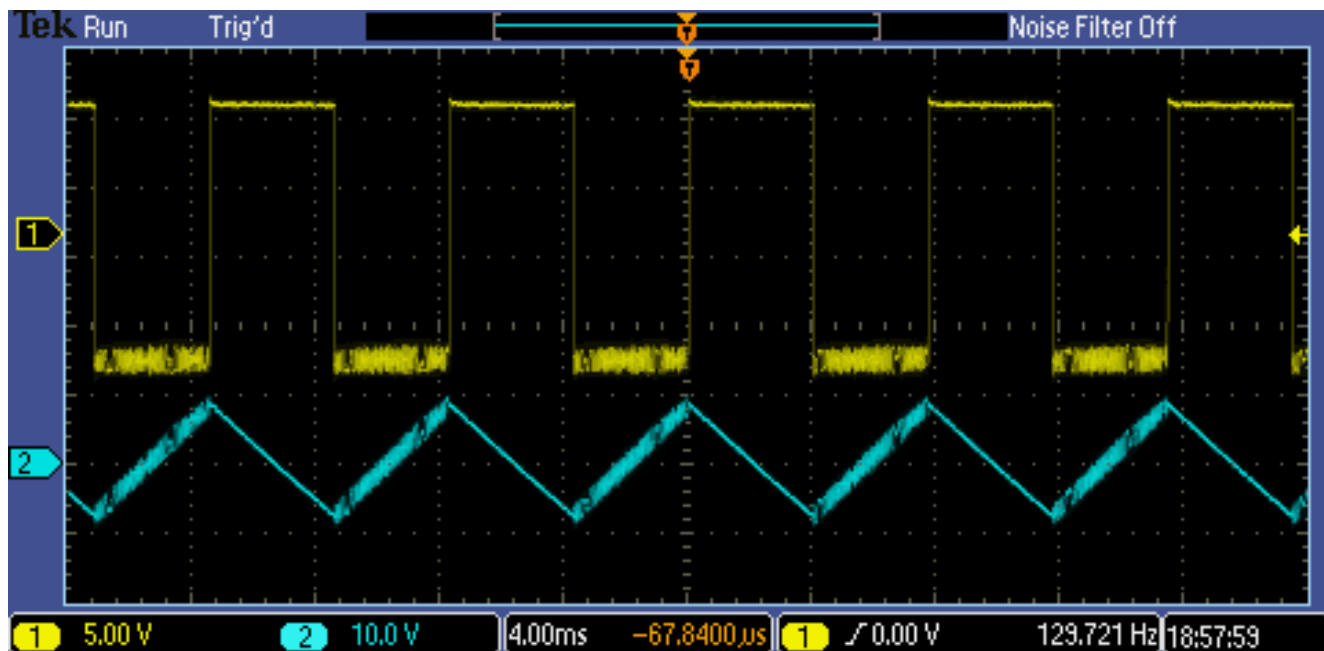
Con estos valores la frecuencia de trabajo se nos modifica y tenemos que:

$$F = \frac{8.11K}{4 \cdot 475 \cdot 10^{-9} \cdot 6.76K \cdot 4.65K} = 135.78 \text{ HZ}$$



Simulación con valores prácticos

En la simulación con los valores que fueron usados en la práctica se ve también que la amplitud máxima de la señal triangular es prácticamente la misma que los 9.5v que deseábamos al comienzo y que usamos para los cálculos prácticos.



Grafica en osciloscopio



Como vemos en la parte experimental la frecuencia es $F = 129.27 \text{ Hz}$ y la teórica $F = 135.7 \text{ Hz}$.

También las amplitudes en comparación con las simulaciones son prácticamente los mismo, en la señal cuadrada se ve una caída de tensión de aproximadamente 0.5v y la señal triangular llega a un Peak de aproximadamente 9.6v. Este error puede corregirse más si sabemos exactamente la caída de tensión que provoca el amplificador.

En esta parte también se comprobó la relación que existe entre el voltaje de alimentación y la frecuencia de trabajo, disminuyendo o aumentando esta última al variar la alimentación.

También vemos oscilación en la imagen del osciloscopio producto de la alta frecuencia, esto se podría solucionar agregando por ejemplo un condensador de alrededor 10 pF en paralelo con las resistencias que se unen a la entrada positiva del primer amplificador