

UNSE

Universidad Nacional
de Santiago del Estero



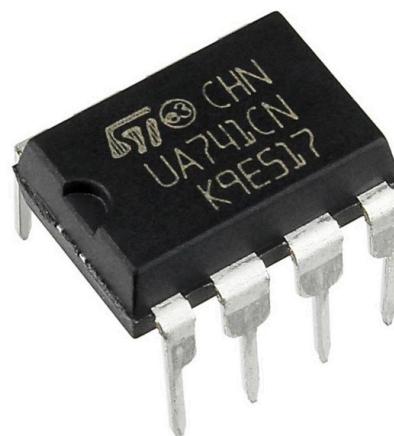
Facultad de Ciencias
Exactas y Tecnologías

Santiago del Estero, 26 de mayo del 2025

Ingeniería eléctrica

TP N° 7: Amplificador operacional

Electronica II



DOCENTES:

- Ing. Mario Gomez
- Ing. Lucas Moscatelli

ALUMNO

- Chevauchey Clément

ÍNDICE

Objetivos	3
Introducción	3
Amplificadores operacionales	3
Características ideales:	3
Modos de funcionamiento	3
Modo lineal (con realimentación negativa):	3
Modo de conmutación (con realimentación positiva):	3
Generación de onda cuadrada con OpAmps	3
Materiales usados	4
Desarrollo	4
Amplificador con ganancia 20	4
Oscilador de onda cuadrada	5
Especificaciones del enunciado	5
Fórmula de diseño	5
Desarrollo en laboratorio	7
Simulación del circuito	7
Análisis de frecuencia	7
Conclusion	9
Referencias	10

Objetivos

- Diseñar un amplificador usando un LM741 y realizar el barrido de frecuencia
- Diseñe y construya un oscilador de onda cuadrada de frecuencia variable entre un 1Khz y 10Khz, con 5v de salida.

Introducción

Amplificadores operacionales

Los amplificadores operacionales son **circuitos integrados** fundamentales en la **electrónica analógica**. Su nombre proviene de su uso original en cálculos matemáticos **analógicos** (sumas, restas, derivadas, integrales).

Características ideales:

- Ganancia diferencial infinita
- Impedancia de entrada infinita
- Impedancia de salida nula
- Ancho de banda infinito
- Salida instantánea y sin saturación

Modos de funcionamiento

Modo lineal (con realimentación negativa):

Se usan como amplificadores de señales analógicas, comparadores de precisión, filtros, etc. Ejemplos: amplificador inversor, no inversor, integrador, diferenciador.

Modo de conmutación (con realimentación positiva):

Se comportan como **comparadores**: su salida comuta bruscamente entre los voltajes de saturación cuando la entrada cruza un cierto umbral.

Ejemplos: disparadores Schmitt, osciladores de onda cuadrada, generadores de PWM.

Generación de onda cuadrada con OpAmps

Una de las aplicaciones más útiles de los OpAmps es como **generador de señal cuadrada**. Se puede lograr esto mediante un **oscilador de relajación**, que combina:

- Un OpAmp configurado como **comparador**
- Una red RC que determina la frecuencia.
- Una realimentación positiva que impone dos niveles de disparo.

Materiales usados

- Osciloscopio Rigol DS1052t
 - 2 canales
 - 50 MHz
- Protoboard
- Fuente de tensión
- AmpOp: *LM741*
- Capacitor:
 - 2.2 nF
- Resistencias:
 - 1kΩ, 19kΩ, 10kΩ, 50 kΩ, 200kΩ

Desarrollo

Amplificador con ganancia 20

Especificaciones del enunciado

- Ganancia total deseada: $A_V = 20$
- Amplificador: *LM741*
- Resistencia de entrada: $R_i = 10 \text{ k}\Omega$

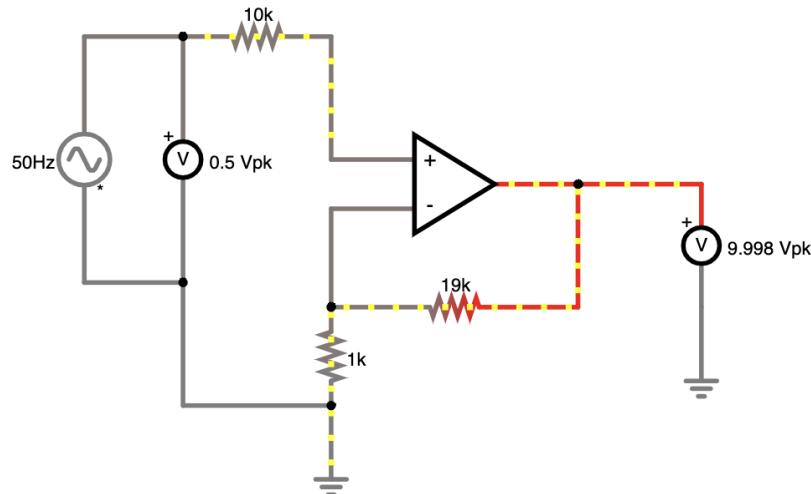
La impedancia de entrada es aproximadamente igual a la resistencia conectada en serie con la entrada no inversora (porque el opamp tiene resistencia de entrada muy alta).

Para un amplificador **no inversor**, la ganancia es:

$$A_V = 1 + \frac{R_f}{R_1} \text{ con } A_V = 20 \rightarrow \frac{R_f}{R_1} = 19$$

Se eligen

$$R_1 = 1\text{K}\Omega \text{ y } R_f = 19\text{K}\Omega = (18 + 1)\text{ K}\Omega \text{ comerciales}$$



Oscilador de onda cuadrada

Especificaciones del enunciado

- Frecuencia variable: Entre 1 KHz y 10 KHz
- Voltaje de salida: $V_{out} = 5 V$

Se usa un capacitor que se carga y descarga a través de una resistencia. El opamp actúa como comparador con histéresis, es decir, con realimentación positiva.

Fórmula de diseño

La frecuencia de oscilación para este tipo de circuito es:

$$f = \frac{1}{2 \cdot R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{1+\beta}{1-\beta}\right)}$$

Donde:

- R: resistencia de carga/descarga del capacitor
- C: capacitor de temporización
- β : Factor de histéresis

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Se parte del valor usado comúnmente $\beta = 0,5$ dando $\ln\left(\frac{1+\beta}{1-\beta}\right) = \ln(3)$

Se decide usar $R_1 = R_2 = 10 K\Omega$

$$f = \frac{0,455}{R \cdot C}$$

Para $f = 1 kHz \Rightarrow R \cdot C = 455 \mu s$

Para $f = 10 kHz \Rightarrow R \cdot C = 45,5 \mu s$

Se elige usar un capacitor $C = 10nF$

Para $f = 1 kHz \Rightarrow R = 45,5 k\Omega$

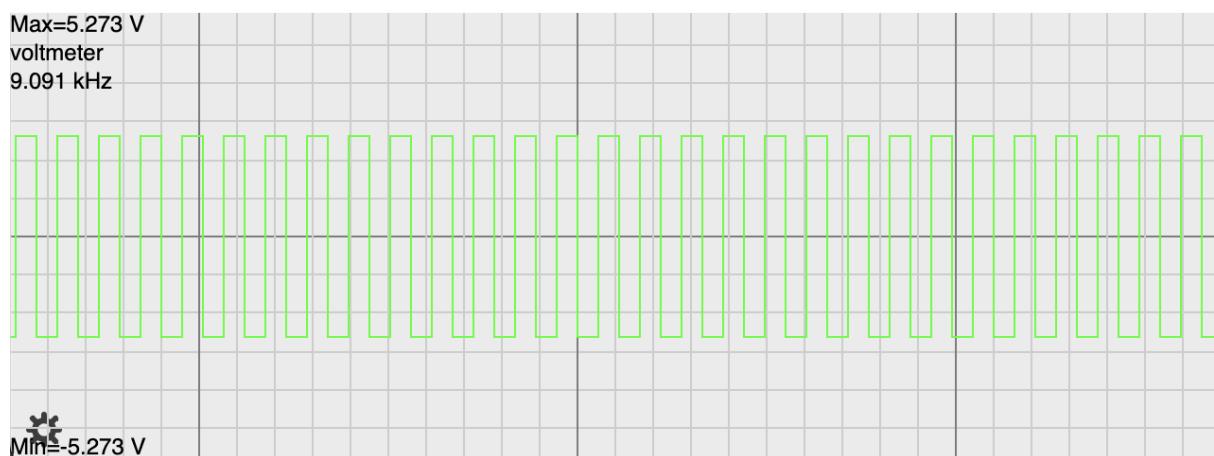
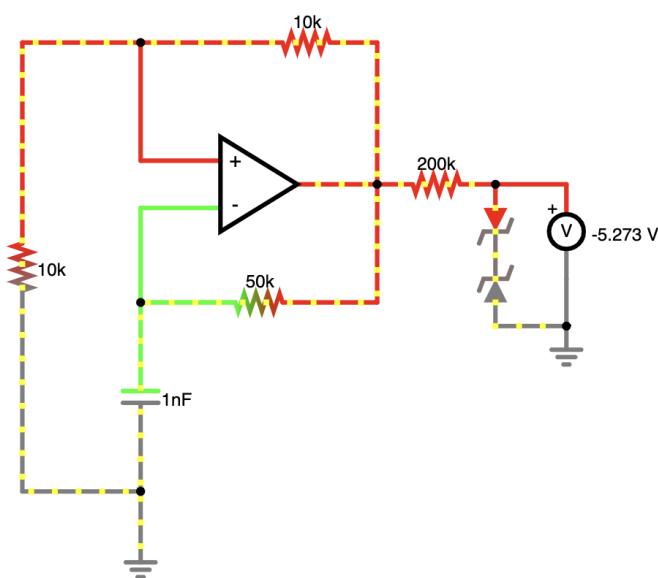
Para $f = 10 kHz \Rightarrow R = 4,55 k\Omega$

Se decide usar un potenciómetro de $50\text{ k}\Omega$ y una resistencia fija de seguridad de $4,7\text{ k}\Omega$.

Tenemos entonces:

$$R_{Max} = (4,7 + 50)\text{k}\Omega$$

$$R_{Min} = 4,7\text{ k}\Omega$$



Desarrollo en laboratorio

Simulación del circuito

Se colocaron primero las dos etapas por separado los cuales se juntaron mediante el capacitor de acoplamiento. Se conectaron los capacitores de entrada y salida según los cálculos.

Se hizo variar la frecuencia de frecuencímetro desde 20 Hz hasta 3,2 MHz obteniendo los resultados siguientes:

Se midieron las señales en los siguientes puntos:

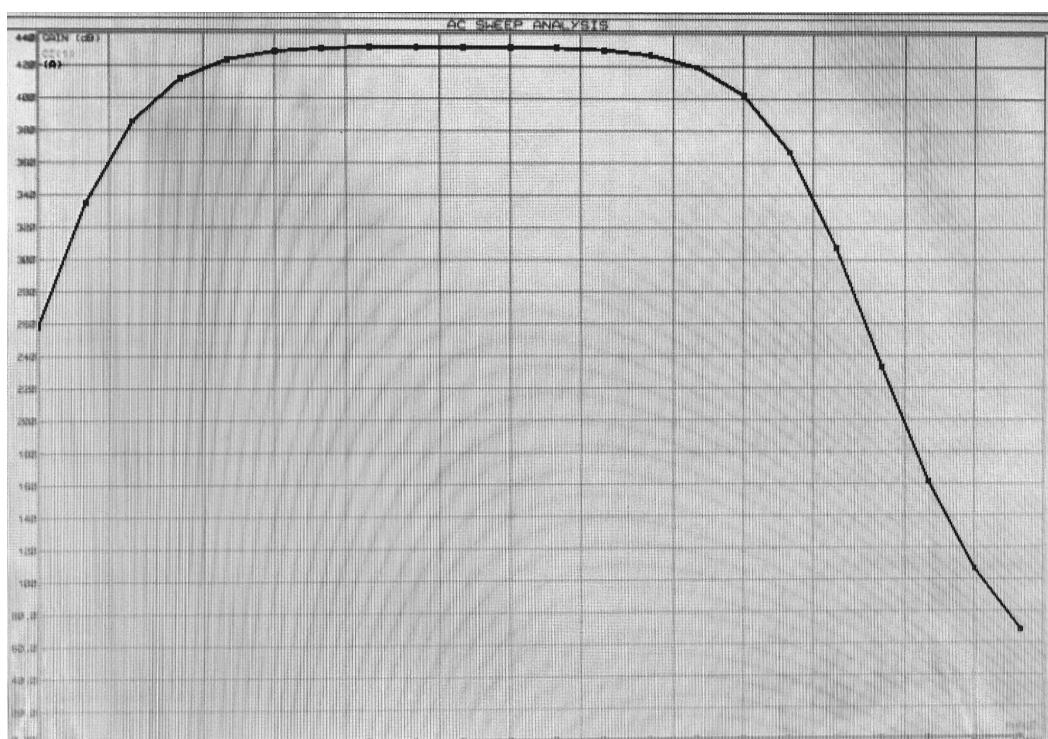
- A (entrada): señal senoidal pura
- B (colector de Q1): señal invertida respecto a entrada (confirmando ganancia negativa en etapa 1)
- C (base de Q2): señal senoidal superpuesta a polarización DC
- D (salida): señal en fase con entrada, amplificada

Esto confirma:

- Las dos etapas funcionan correctamente
- Hay doble inversión de fase → salida en fase con entrada
- Polarización adecuada en ambas etapas
- Acoplamiento correcto con CAC (capacitor interetapa)

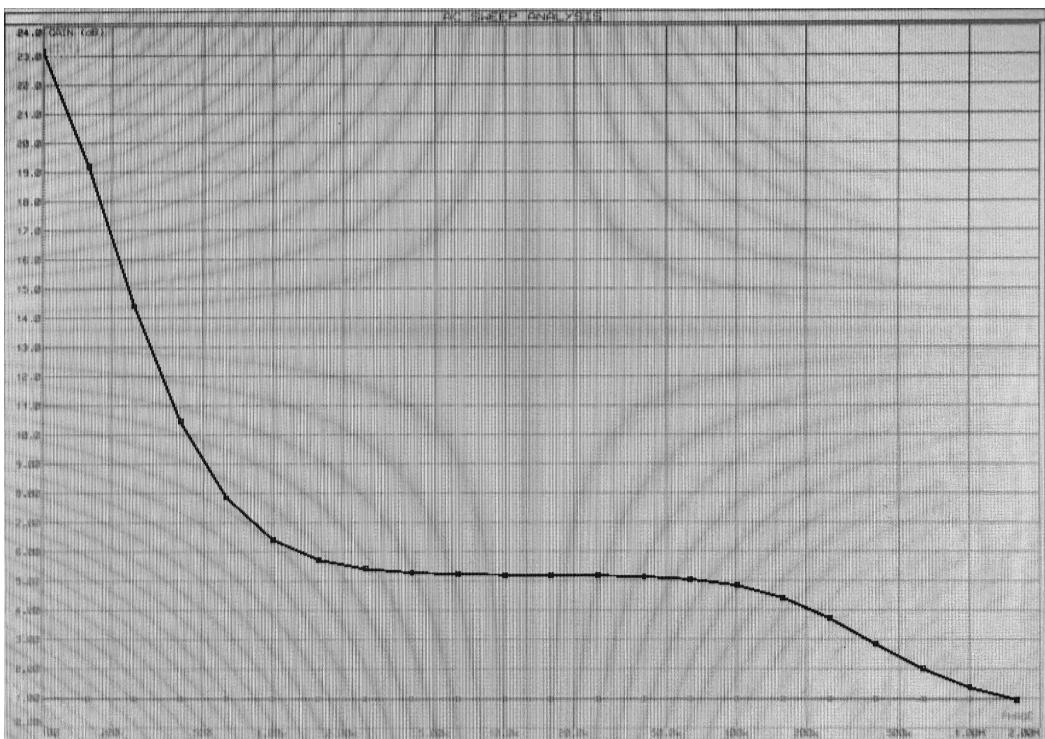
Análisis de frecuencia

Se realizó un barrido de frecuencia con análisis AC, obteniendo la siguiente respuesta:



↑ Imagen 2¹

Imagen 1² ↓



¹ Labcenter Electronics. (2024). *Proteus Design Suite 8.15* [Software de simulación electrónica]. <https://www.labcenter.com>

² Labcenter Electronics. (2024). *Proteus Design Suite 8.15* [Software de simulación electrónica]. <https://www.labcenter.com>

Conclusion

Se logró diseñar y simular un **amplificador en cascada** compuesto por dos etapas en configuración emisor común, alcanzando una ganancia total superior a los **250 requeridos**. El diseño permitió mantener a ambos transistores **polarizados** en la **región activa**, asegurando **estabilidad térmica** y correcta operación.

Durante el análisis de frecuencia, se observó que la primera etapa proporciona una ganancia lineal inicial de aproximadamente **24**, la cual decrece suavemente hasta **18,5** en frecuencias del orden de los **200 kHz**. Al conectar ambas etapas mediante un capacitor de acoplamiento, la ganancia total se estabilizó entre **260 y 430**, evidenciando el refuerzo aportado por la segunda etapa.

Se comprobó la **inversión de fase** esperada entre etapas, y se verificó que la señal de salida mantiene la fase respecto a la entrada, como resultado de **dos inversiones consecutivas**.

En conjunto, el diseño cumple con los **requisitos** del enunciado, tanto en **ganancia** como en **impedancia de salida**, y demuestra el **correcto funcionamiento** del sistema en simulación. El montaje propuesto puede ser replicado en laboratorio con los **valores comerciales** indicados.

Referencias

Labcenter Electronics. (2024). *Proteus Design Suite 8.15* [Software de simulación electrónica]. <https://www.labcenter.com>

Floyd, T. L. (2012). *Principios de circuitos eléctricos* (9.^a ed.). Pearson Educación.