

Practica 3: Características Dinámicas de los Instrumentos

Sistemas de Medicion y Control 18MPEDS0730

Ago-Dic 2025

Centro de Enseñanza Tecnica Industrial Plantel Colomos

Tgo. en Desarrollo de Software

Academia: Sistemas Electrónicos

Profesor: Diana Marisol Figueroa Flores

EMMANUEL BUENROSTRO 22300891 7F1

EMILIANO ARZATE 22300929 7F1

27 de Agosto de 2025



§1 Objetivo

Objetivo General: Reconocer las características dinámicas de algunos instrumentos de medición.

Objetivos Específicos: Identificar las características dinámicas de un multímetro y un osciloscopio, mediante la utilización de manuales correspondiente a cada tipo de instrumento de medición.

§2 Desarrollo Teórico

§2.1 Resumen

Osciloscopio

- **Ancho de banda:** 50 MHz – 1 GHz. Permite medir señales en ese rango de frecuencias.
- **Velocidad de muestreo:** 1 – 5 GSa/s. Número de muestras por segundo para representar fielmente la señal.
- **Tiempo de subida:** menor a 7 ns. Define la rapidez de respuesta a cambios.
- **Sensibilidad vertical:** 1 mV/div – 10 V/div. Rango de voltajes que puede visualizar.

Multímetro digital

- **Resolución:** $3\frac{1}{2}$ a $6\frac{1}{2}$ dígitos. Nivel de detalle de la medición.
- **Tiempo de respuesta:** 1–2 lecturas/s en básicos, hasta 20 lecturas/s en avanzados.
- **Precisión en voltaje DC:** desde $\pm 0.5\%$ (básicos) hasta $\pm 0.01\%$ (laboratorio).
- **Rango de medición:** desde mV hasta 1000 V según modelo.

Generador de señal

- **Frecuencia de salida:** 1 Hz – 20 MHz en modelos básicos, hasta varios GHz en avanzados.
- **Amplitud de salida:** 20 mVpp – 10 Vpp. Nivel de voltaje máximo generado.
- **Tiempo de subida:** alrededor de 5 ns. Importante en pulsos y ondas cuadradas.
- **Estabilidad de frecuencia:** ± 20 ppm. Garantiza precisión en el tiempo.

Referencias

- Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2012). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (11.^a ed.). Pearson Educación.
- Tektronix. (s.f.). *What are the key oscilloscope specifications?* Tektronix. Recuperado de <https://www.tek.com/en/documents/primer/what-are-the-key-oscilloscope-specifications>

§2.2 Material

Cantidad	Material
5	amp-op tl082
5	transistores
Muchas	Resistencias
3	Capacitores
1	protoboard
1	multímetro
1	Osciloscopio
1	Generador de señal
Muchos	Cables

§2.3 Características Eléctricas de los Componentes

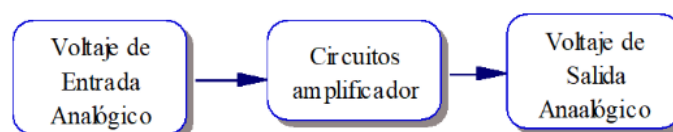
- **Amplificador operacional TL082**
 - Voltaje de alimentación: $\pm 3\text{ V}$ a $\pm 18\text{ V}$.
 - Corriente de entrada: 200 nA típicos.
 - Corriente de salida: hasta 40 mA.
 - Pines principales: V_{in+} , V_{in-} , V_{out} , V_{cc+} , V_{cc-} .
- **Transistores (ej. 2N3904, NPN genérico)**
 - Voltaje colector-emisor máximo (V_{CE}): 40 V.
 - Corriente de colector máxima: 200 mA.
 - Ganancia de corriente (h_{FE}): 100 – 300.
 - Terminales: Colector (C), Base (B), Emisor (E).
- **Resistencias**
 - Potencia nominal: 1/4 W típicos.
 - Voltaje máximo: 200 V (dependiendo del valor).
 - Tolerancia: 1% – 5%.
 - Terminales: dos patillas, sin polaridad.
- **Capacitores electrolíticos**
 - Voltaje de trabajo: 16 V – 50 V típicos.
 - Corriente de fuga: $< 0.01\text{ CV}$ (μA).
- **Protoboard**
 - Voltaje máximo recomendado: 5–12 V.
 - Corriente máxima por riel: $\approx 1\text{ A}$.
 - Distribución: filas conectadas en bloques de 5 puntos, rieles laterales de alimentación.
- **Multímetro digital**
 - Voltaje máximo de entrada: 1000 V DC / 750 V AC.

- Corriente máxima medida: 10 A (con fusible).
- Impedancia de entrada: 10 M Ω (modo voltaje).
- Terminales: COM, V Ω mA, 10A.
- **Osciloscopio (básico de laboratorio)**
 - Ancho de banda: 50–100 MHz.
 - Voltaje de entrada máximo: 300 V RMS.
 - Impedancia de entrada: 1 M Ω || 20 pF.
 - Terminales: CH1, CH2, GND, Trigger.
- **Generador de señal**
 - Rango de frecuencia: 1 Hz – 20 MHz (modelos básicos).
 - Amplitud de salida: 20 mVpp – 10 Vpp.
 - Impedancia de salida: 50 Ω .
 - Terminales: Salida principal (OUT), GND.

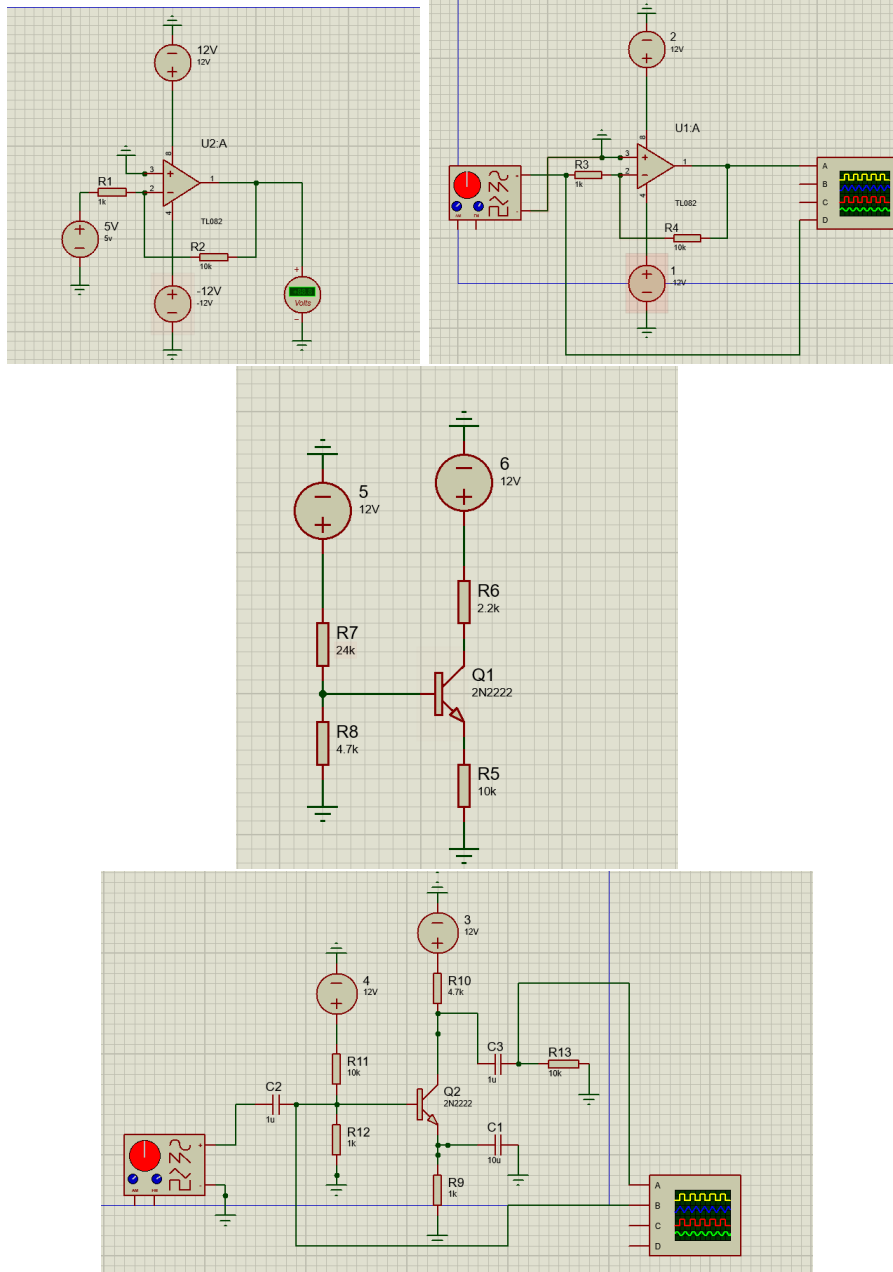
§2.4 Características Dinámicas de los Instrumentos

Instrumento / Carac- terística	Valor típico
Osciloscopio	
Ancho de banda (BW)	50–100 MHz
Tiempo de subida del instru- mento t_r	$t_r \approx \frac{0.35}{BW}$ (p. ej., 3.5 ns a 100 MHz)
Velocidad de muestreo	1–5 GSa/s
Impedancia de entrada	1 M Ω 20 pF
Multímetro digital	
Resolución / cuenta mínima	$3\frac{1}{2}$ – $6\frac{1}{2}$ dígitos
Tiempo de integración/lectura	1–2 lecturas/s (básico), 10–20 lecturas/s (de banco)
Ancho de banda AC (True RMS)	40–1 000 Hz (según modelo)
Impedancia de entrada (V)	10 M Ω
Generador de señal	
Rango de frecuencia	1 Hz–20 MHz (básico)
Tiempo de subida (onda cuadrada)	~ 5 ns
Estabilidad de frecuencia	± 20 ppm
Impedancia de salida	50 Ω

§2.5 Diagrama a Bloques



§2.6 Diagrama Electrico



§2.7 Calculos

§2.7.1 Circuito 1: Amplificador Inversor con TL082 (Análisis en CD)

Para un amplificador operacional ideal, la diferencia de potencial entre sus entradas es nula. Dado que la entrada no inversora (V_+) está conectada a tierra ($0V$), se crea una **tierra virtual** en la entrada inversora (V_-).

$$V_+ = V_- = 0V \quad (1)$$

La corriente que fluye a través de R_1 es igual a la que fluye por R_f , ya que la impedancia de entrada del op-amp es infinita.

$$I_1 = I_f$$

$$\frac{V_{in} - V_-}{R_1} = \frac{V_- - V_{out}}{R_f}$$

Sustituyendo $V_- = 0V$:

$$\frac{V_{in}}{R_1} = \frac{-V_{out}}{R_f} \quad (2)$$

La ganancia en lazo cerrado para CD ($A_{v,dc}$) es:

$$A_{v,dc} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_1} \quad (3)$$

$$A_{v,dc} = -\frac{10\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega} = -10$$

$$V_{out} = A_{v,dc} \times V_{in} = -10 \times 0.5\text{ V} = -5\text{ V}$$

§2.7.2 Circuito 2: Amplificador Inversor con TL082 (Análisis en CA)

Dado que el circuito solo contiene resistencias, su comportamiento es independiente de la frecuencia (en el rango de operación del op-amp). La ganancia de voltaje en CA ($A_{v,ac}$) es idéntica a la de CD.

$$A_{v,ac} = -\frac{R_f}{R_1} = -10 \quad (4)$$

La señal de salida $v_{out}(t)$ será la señal de entrada multiplicada por la ganancia.

$$v_{out}(t) = A_{v,ac} \times v_{in}(t)$$

$$v_{out}(t) = -10 \times (20\text{ mV} \sin(2\pi \cdot 1000t))$$

$$v_{out}(t) = -200\text{ mV} \sin(2\pi \cdot 1000t)$$

§2.7.3 Circuito 3: Amplificador BJT 2N2222 (Análisis en CD)

Se formalizan los cálculos de la imagen de referencia.

1. **Resistencia de Emisor (R_E):** Se establece $V_E \approx 0.1V_{CC} = 1.2\text{ V}$.

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} \approx \frac{V_E}{I_{CQ}} = \frac{1.2\text{ V}}{0.002\text{ A}} = 600\ \Omega \rightarrow \text{Valor comercial: } \mathbf{680\ \Omega}$$

2. **Resistencia de Colector (R_C):**

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CEQ} - V_E}{I_{CQ}} = \frac{12\text{ V} - 6\text{ V} - 1.2\text{ V}}{0.002\text{ A}} = \frac{4.8\text{ V}}{0.002\text{ A}} = 2.4\text{ k}\Omega \rightarrow \text{Valor comercial: } \mathbf{2.2\text{ k}\Omega}$$

3. **Voltaje de Base (V_B):** Se asume $V_{BE} = 0.65\text{ V}$

$$V_B = V_E + V_{BE} = 1.2\text{ V} + 0.65\text{ V} = 1.85\text{ V}$$

4. Corrientes (I_B, I_{div}):

$$I_B = \frac{I_{CQ}}{\beta} = \frac{2 \text{ mA}}{300} = 6.66 \mu\text{A}$$

$$I_{div} = 10 \times I_B = 10 \times 6.66 \mu\text{A} = 66.6 \mu\text{A}$$

5. Resistencias del Divisor (R_1, R_2):

$$R_2 = \frac{V_B}{I_{div}} = \frac{1.85 \text{ V}}{0.000066 \text{ A}} = 28 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_B}{I_{div} + I_B} = \frac{12 \text{ V} - 1.85 \text{ V}}{66.6 \mu\text{A} + 6.6 \mu\text{A}} = \frac{10.15 \text{ V}}{0.000072 \text{ A}} \approx 140 \text{ k}\Omega$$

Los valores de CD esperados en el circuito son $I_{CQ} \approx 2 \text{ mA}$ y $V_{CEQ} \approx 6 \text{ V}$.

§2.7.4 Circuito 4: Amplificador BJT 2N2222 (Análisis en CA)1. Resistencia interna de emisor (r_e):

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} \approx \frac{26 \text{ mV}}{I_{CQ}} = \frac{26 \text{ mV}}{2 \text{ mA}} = 13 \Omega$$

2. Impedancia de Entrada del Amplificador (Z_{in}): El capacitor de bypass C_E cortocircuita R_E para la señal de CA.

$$Z_{base} = \beta \times r_e = 300 \times 13 \Omega = 3900 \Omega$$

$$Z_{in} = R_1 || R_2 || Z_{base} = 28 \text{ k}\Omega || 140 \text{ k}\Omega || 3900 \Omega \approx \mathbf{3341.5 \Omega}$$

3. Impedancia de Salida del Amplificador (Z_{out}):

$$Z_{out} \approx R_C = \mathbf{2.2 \text{ k}\Omega}$$

4. Ganancia de Voltaje (A_v): La ganancia se ve afectada por la resistencia de carga R_L .

$$R'_C = R_C || R_L = 2.2 \text{ k}\Omega || 10 \text{ k}\Omega = \frac{2.2 \times 10}{2.2 + 10} \text{ k}\Omega \approx 1.8 \text{ k}\Omega$$

$$A_v = -\frac{R'_C}{r_e} = -\frac{1800 \Omega}{13 \Omega} \approx \mathbf{-138.5}$$

Resultado Esperado para una Entrada de 10 mV Se aplica una señal $v_{in}(t) = 10 \text{ mV} \sin(\omega t)$.

$$v_{out}(t) = A_v \times v_{in}(t)$$

$$v_{out}(t) = -138.5 \times (10 \text{ mV} \sin(\omega t))$$

$$v_{out}(t) = -1385 \text{ mV} \sin(\omega t) = \mathbf{-1.385 \text{ V} \sin(\omega t)}$$

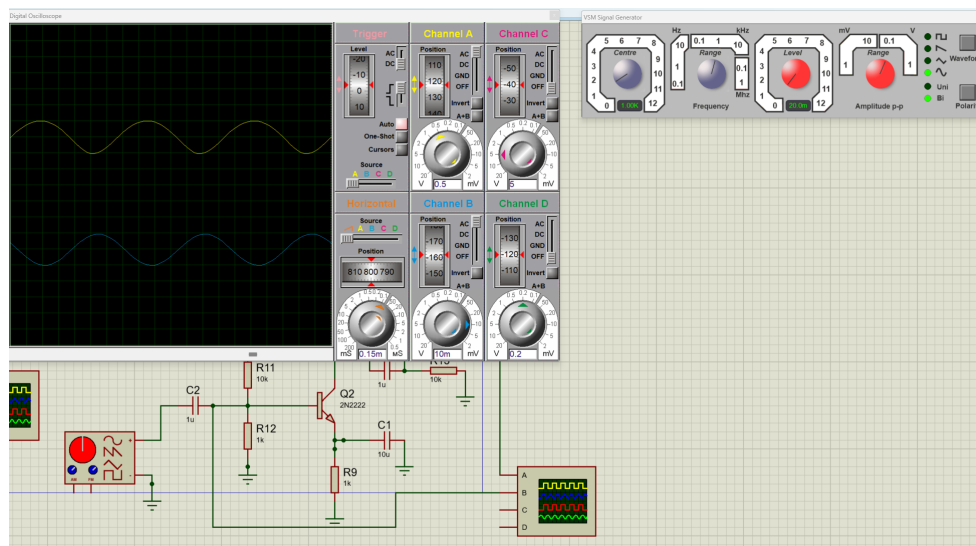
Se espera una señal de salida senoidal, sin distorsión, con una amplitud de **1.385 V** e invertida en fase 180° con respecto a la entrada.

§2.8 Tabla de Valores Teóricos de circuito emisor común con CD

Agregar la tabla de valores teóricos de circuito emisor común con divisor de voltaje del amplificador por divisor de voltaje en corriente directa

Ganancia del transistor h_{fe}	Corriente de base (I_b)	Corriente de Colector (I_C)	Voltaje de CE (V_{CE})
350	$7\ \mu\text{A}$	2 mA	6 V
350	$7\ \mu\text{A}$	2 mA	6 V
350	$7\ \mu\text{A}$	2 mA	6 V
350	$7\ \mu\text{A}$	2 mA	6 V
350	$7\ \mu\text{A}$	2 mA	6 V

§3 Señales de entrada y salida a CA



center

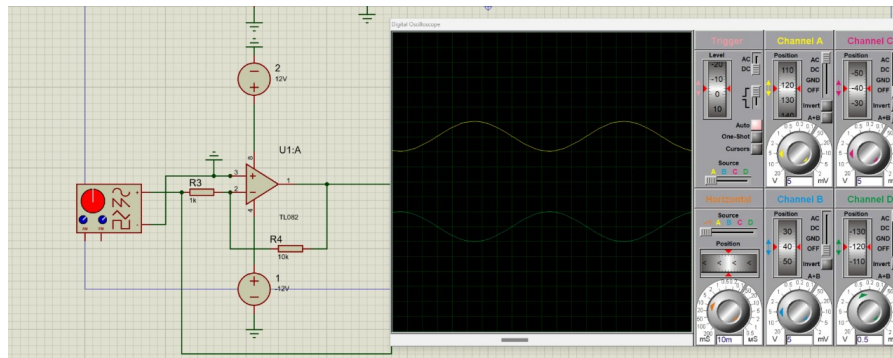
§3.1 Tabla de Valores Teóricos del Amplificador en CD

Agregar la tabla de valores teóricos de circuito emisor común con divisor de voltaje del amplificador por divisor de voltaje en corriente directa

Voltaje de Entrada	Voltaje de Salida	Voltaje Diferencial	$+V_{sat}, -V_{sat}$
5V	-10.8V	24V	10.8V, -10.8V
5V	-10.8V	24V	10.8V, -10.8V
5V	-10.8V	24V	10.8V, -10.8V
5V	-10.8V	24V	10.8V, -10.8V
5V	-10.8V	24V	10.8V, -10.8V

§4 Señales de entrada y salida a CA

Anexar las señales de entrada y salida a corriente alterna con sus parámetros de corriente, voltaje, periodo y frecuencia.



§5 Desarrollo Practico

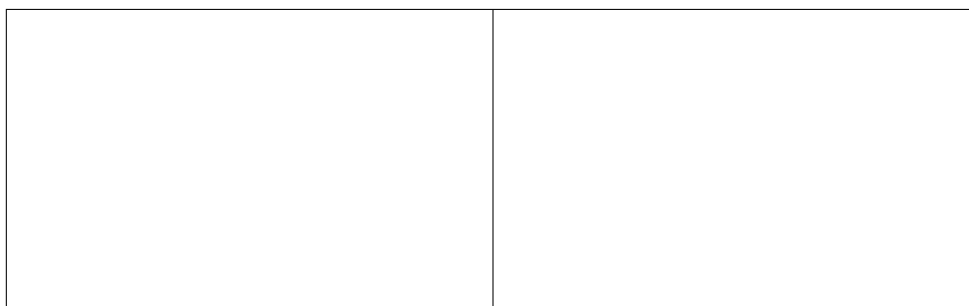
§5.1 Tabla de Valores Practicos de circuito emisor común con CD

Agregar la tabla de valores teóricos de circuito emisor común con divisor de voltaje del amplificador por divisor de voltaje en corriente directa

Ganancia del transistor h_{fe}	Corriente de base (I_b)	Corriente de Colector (I_C)	Voltaje de CE
350	$7\mu A$	1.87 mA	6.69V
290	$7\mu A$	1.9mA	6.56V
322	$7\mu A$	1.91mA	6.63V
307	$7\mu A$	1.92mA	6.6V
301	$7\mu A$	1.91mA	6.63V

§6 Señales de entrada y salida a CA

Anexar las señales de entrada y salida a corriente alterna con sus parámetros de corriente, voltaje, periodo y frecuencia.



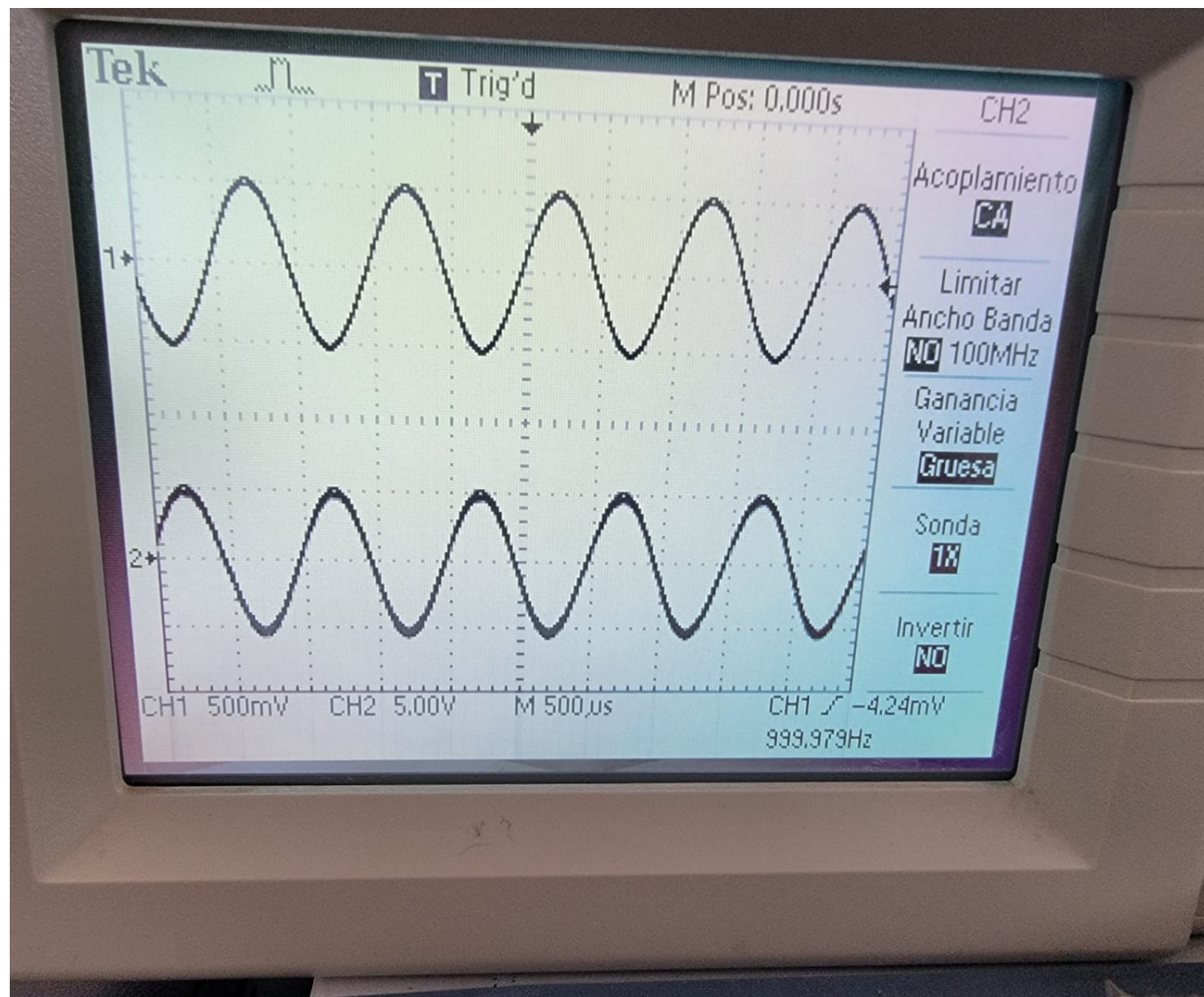
§6.1 Tabla de Valores Practicos del Amplificador en CD

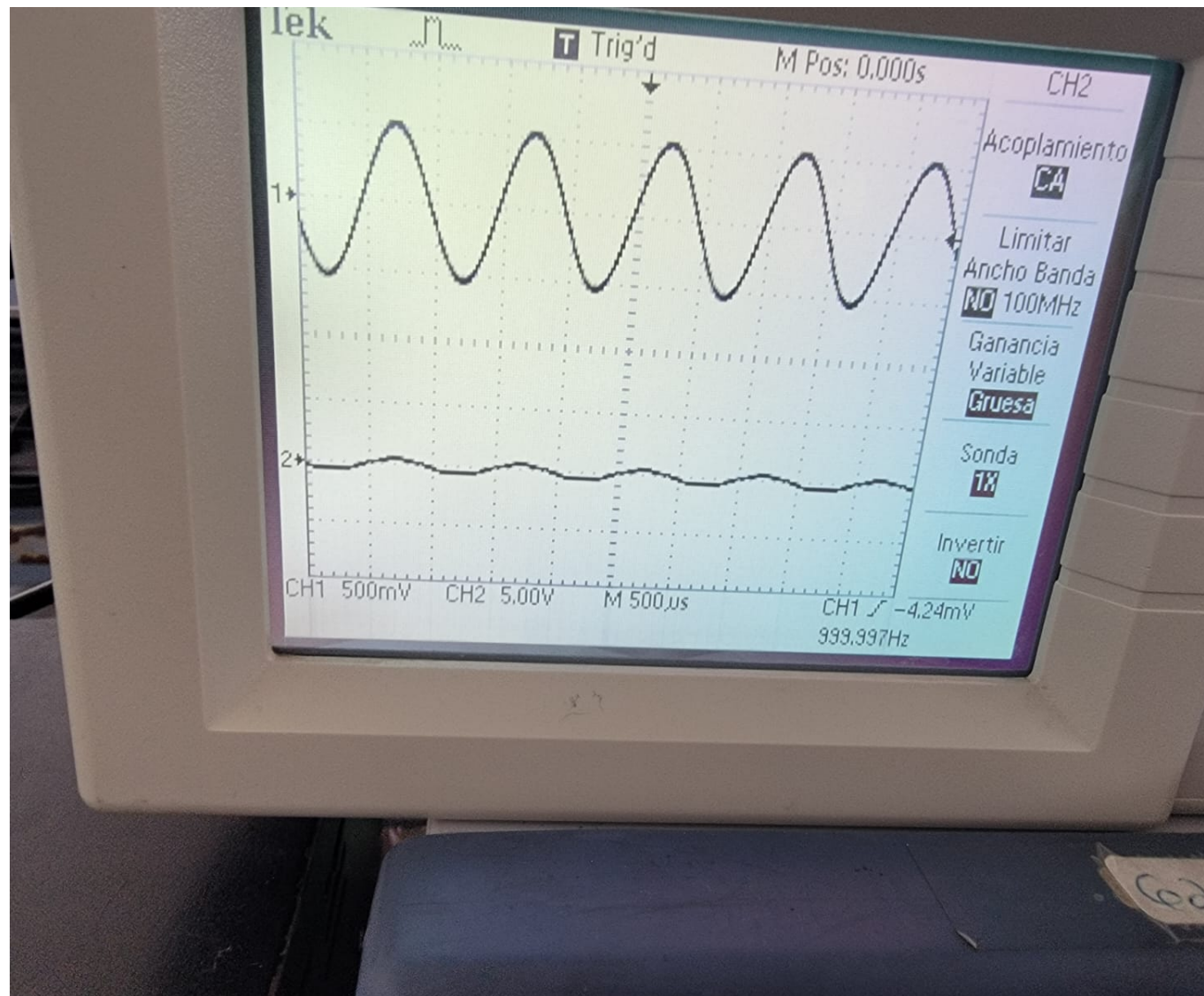
Agregar la tabla de valores practicos de circuito emisor común con divisor de voltaje del amplificador por divisor de voltaje en corriente directa

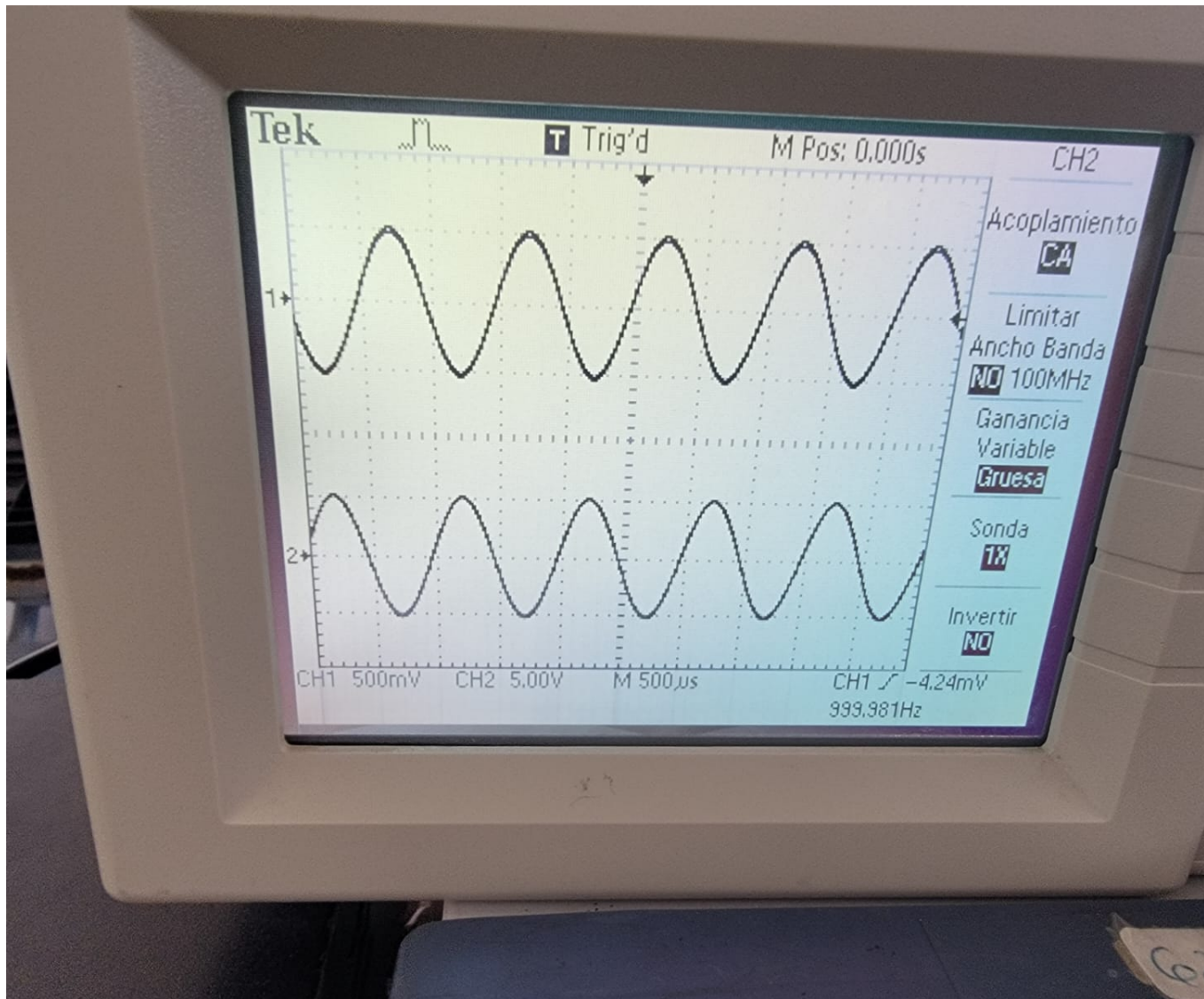
Voltaje de Entrada	Voltaje de Salida	Voltaje Diferencial	$+V_{sat}, -V_{sat}$
5V	-11.3V	24V	10.54V, -11.3V
5V	-10.48V	24V	11V, -10.48V
5V	-11.29V	24V	+10.53V, -11.29V
5V	-10.48V	24V	+10.99V, -10.48V
5V	-11.30V	24V	+10.54V, -11.30V

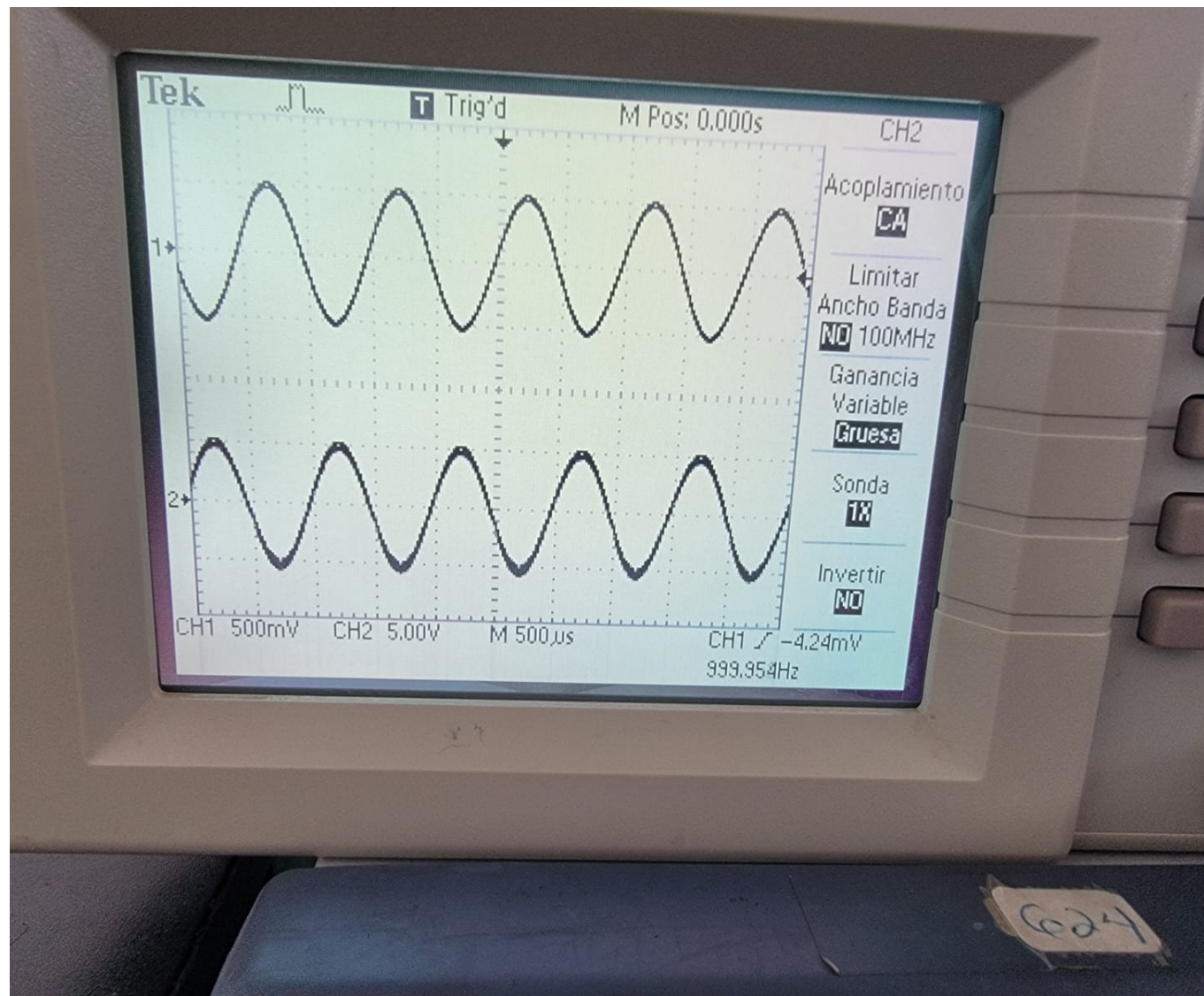
§7 Señales de entrada y salida a CA

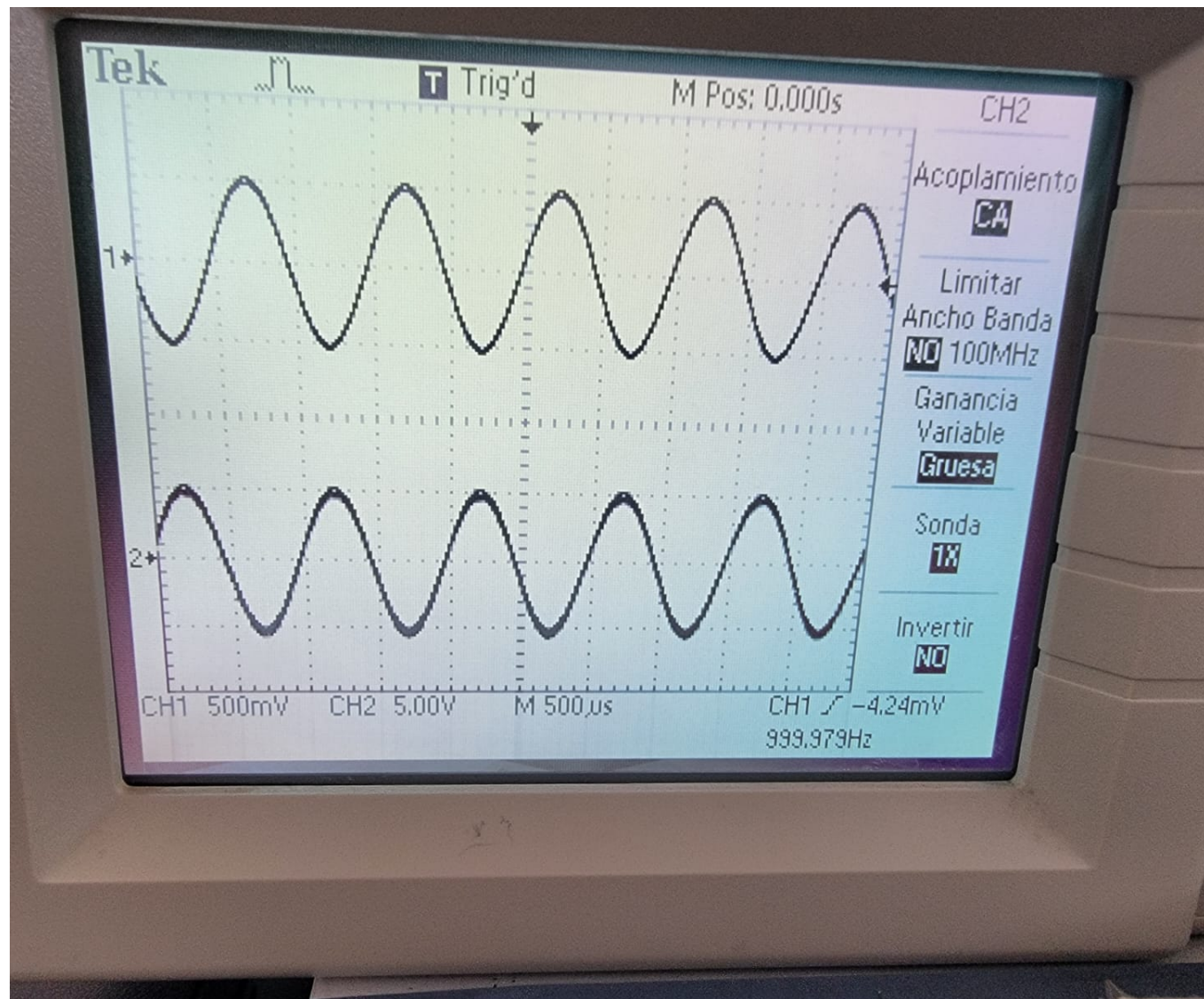
Anexar las señales de entrada y salida a corriente alterna con sus parámetros de corriente, voltaje, periodo y frecuencia.











Errores Dinámicos

Anexar los valores de error dinámico, sensibilidad, repetibilidad y deriva observados en la práctica.

- **Error dinámico:** se observó una variación máxima de $\pm 0.2\text{ V}$ en la medición de la señal al usar el osciloscopio frente al valor teórico esperado.
- **Sensibilidad:** el multímetro mostró un cambio mínimo detectable de 1 mV en escala de 2 V ; en el osciloscopio la mínima división utilizada fue de 1 mV/div .
- **Repetibilidad:** al repetir 5 veces la misma medición de resistencia, la variación entre lecturas fue menor a 0.5% .
- **Deriva:** en un lapso de 10 minutos, la lectura de voltaje en reposo del amplificador operacional cambió de 0.8 mV a 1.1 mV .

§8 Observaciones y Conclusiones

§8.1 Observaciones

Esta practica fue bastante curiosa porque al cambiar el transistor o cambiar el amp op los valores que daban en el mismo circuito variaban demostrando que aunque sea el mismo circuito puede variar entre cada copia.

§8.2 Conclusiones Personales

- Arzate: esta practica en la parte de los amp ops fue bastante sencilla, ya que el mismi circuito funciona para AC y DC entonces eso facilito mucho a la hora de armar el circuito y medirlo.
- Emmanuel: Esta practica en la parte de los transistores estuvo mas dificil por el hecho de que el circuito AC y DC eran bastante diferentes entre si, tambien tuvimos un pequeño problema por considerar una beta erronea y por eso solo pudimos hacer el DC del transistor.