

Sesión 4

Corriente Alterna

- I. Medida de impedancias elementales R, L, C
- II. Impedancia de un circuito RC en serie

Laboratorio de circuitos

Departamento de Física Aplicada I

Universidad de Sevilla

I. Medida de impedancias elementales R, L, C

Ley de Ohm en corriente alterna

$$\tilde{V} = \tilde{Z}\tilde{I}$$

Impedancia:

$$\tilde{Z} = \frac{\tilde{V}}{\tilde{I}}$$

Impedancia de un circuito RLC en serie

$$\tilde{Z} = R + j\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)$$

Impedancia de una resistencia

$$\tilde{Z} = R$$

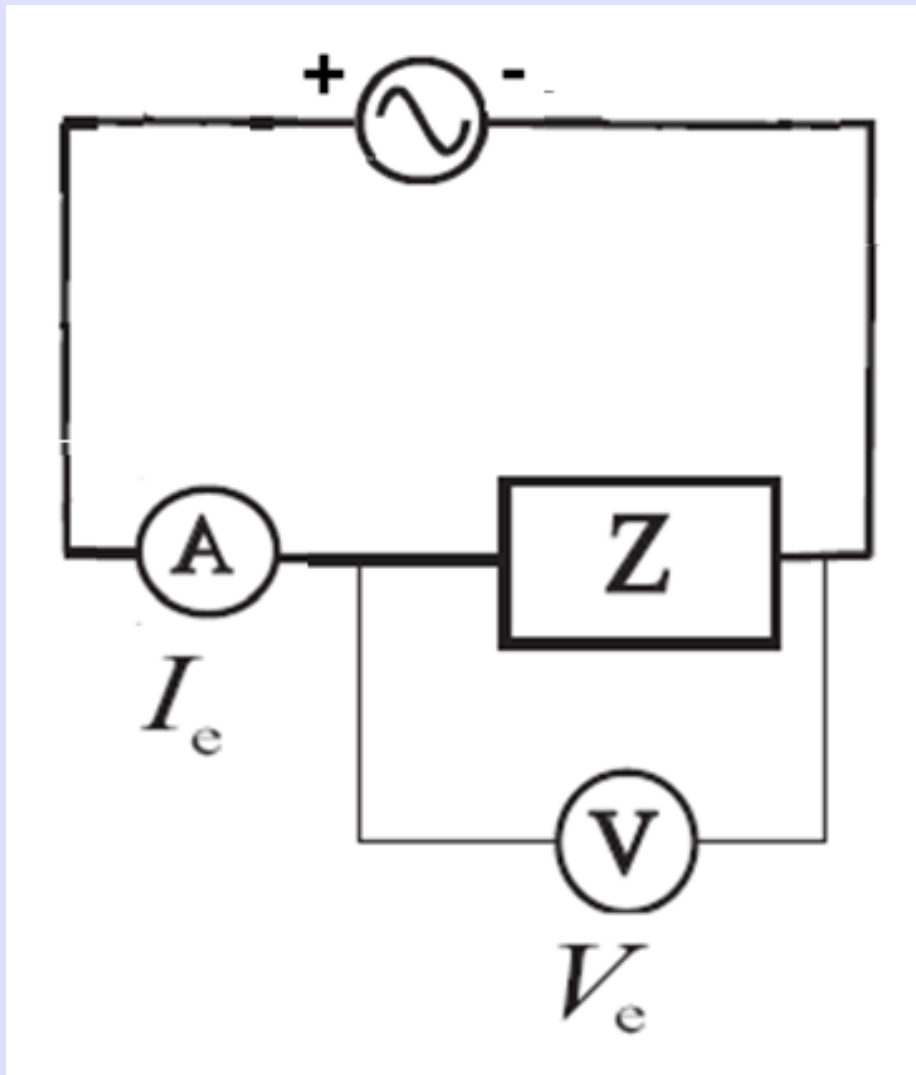
Impedancia de un condensador

$$\tilde{Z} = -\frac{1}{j\omega C}$$

Impedancia de una bobina

$$\tilde{Z} = j\omega L$$

I. ESTUDIO DE IMPEDANCIAS ELEMENTALES



$$\tilde{Z} = \frac{\tilde{V}}{\tilde{I}} \Rightarrow |\tilde{Z}| = \frac{|\tilde{V}|}{|\tilde{I}|} \Rightarrow |\tilde{Z}| = \frac{V_{\text{máx}}}{I_{\text{máx}}}$$

$$V_e = \frac{V_{\text{máx}}}{\sqrt{2}} \quad ; \quad V_e = \frac{V_{\text{máx}}}{\sqrt{2}}$$

$$|\tilde{Z}| = \frac{V_e}{I_e}$$

Medida del módulo de la impedancia

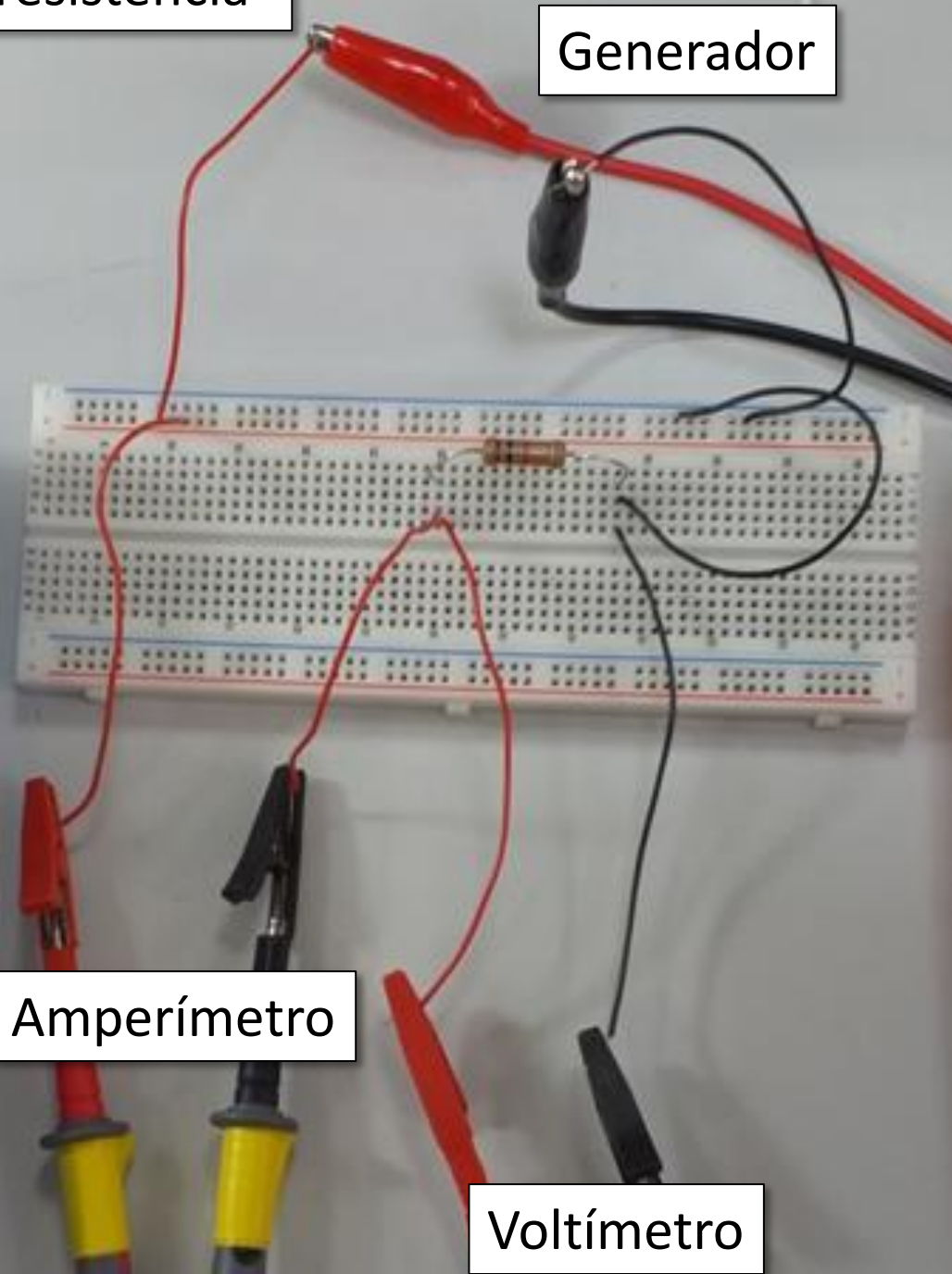
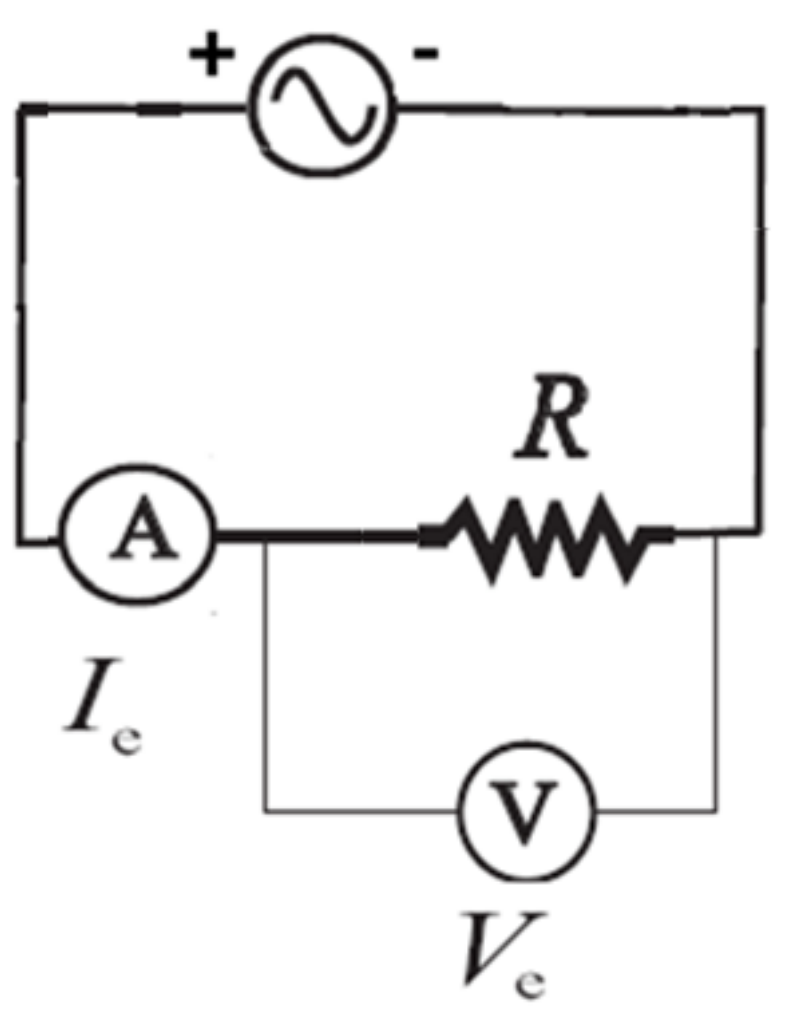
- Medimos V_e e I_e con los polímetros
- Calculamos el módulo de la impedancia:

GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA

Seleccione frecuencia inicial $f=1000$ Hz



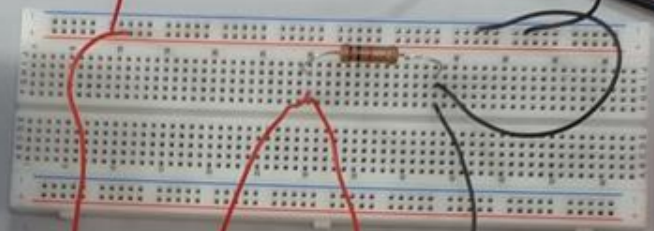
Detalle del montaje siendo Z una resistencia



Medida de V_e e I_e

$I_e = 4.18\text{mA}$

$V_e = 4.26\text{V}$



Obención de $|Z|$ experimental

$$|\tilde{Z}| = \frac{V_e}{I_e} = \frac{4.26 \text{ V}}{4.18 \text{ mA}} \left(\frac{10^3 \text{ mA}}{1 \text{ A}} \right) = 1019.13 \Omega$$

Redondeamos a las tres cifras significativas de V_e e I_e o a las cifras de la medida que tiene menos

$$|\tilde{Z}| = 1020 \Omega$$

Teóricamente $|Z|=R$. Compruébelo:

- Extraiga la resistencia.
- Cambie el voltímetro a ohmímetro y mida R

$$|Z|=R=998 \Omega$$

Anote ambas en la hoja de trabajo

Cambie la frecuencia en el generador a $f=2000$ Hz

GW INSTEK SFG-2004 Synthesized Function Generator

WAVE

2.0000

kHz

SHIFT

0

POWER

⏏ | ⏏ | ⏏



TTL / CMOS

5V 15V
TTL CMOS ADJ



OFFSET

ADJ
CAL

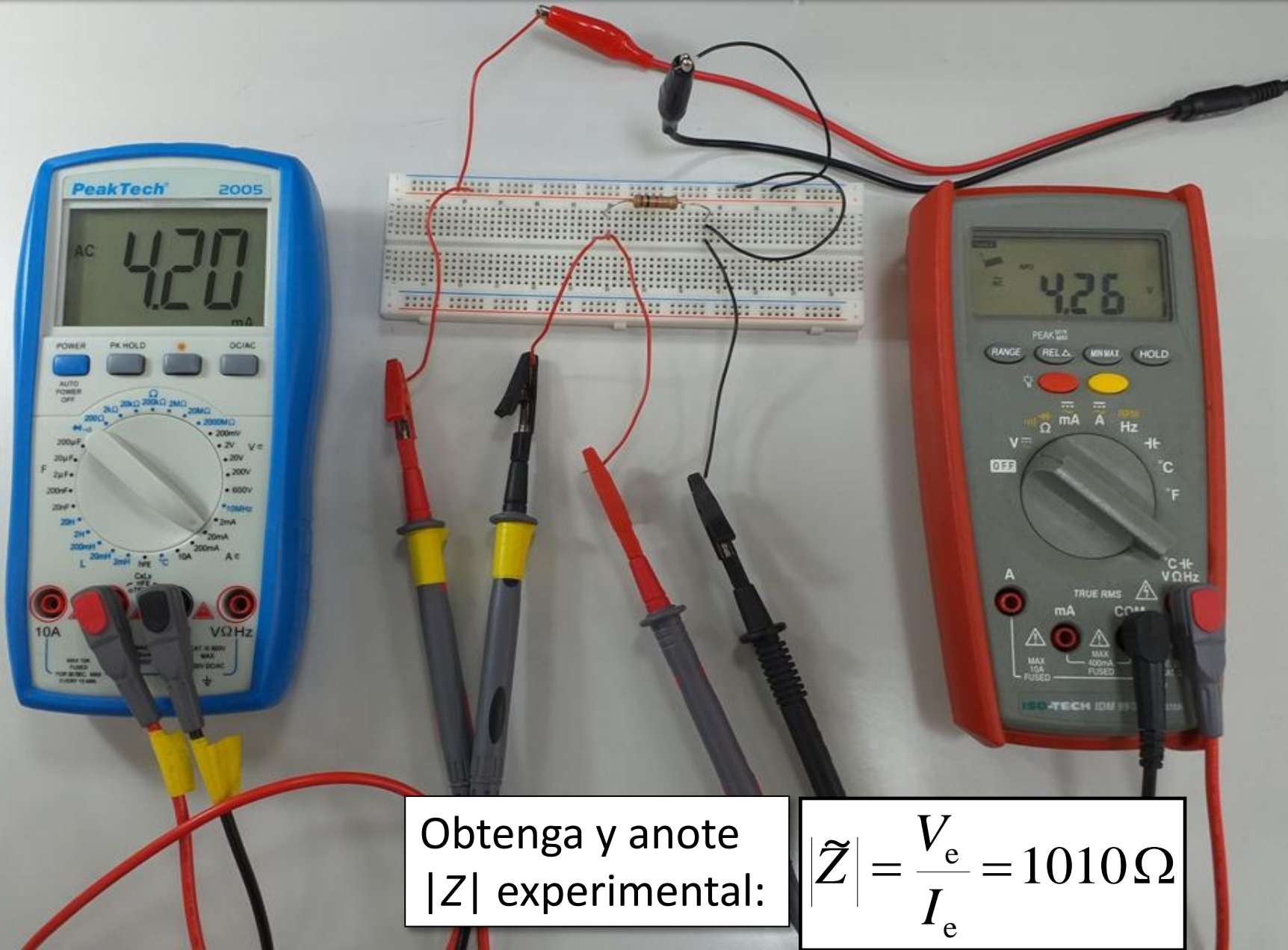


AMPL

MIN MAX
-20dB
ADJ



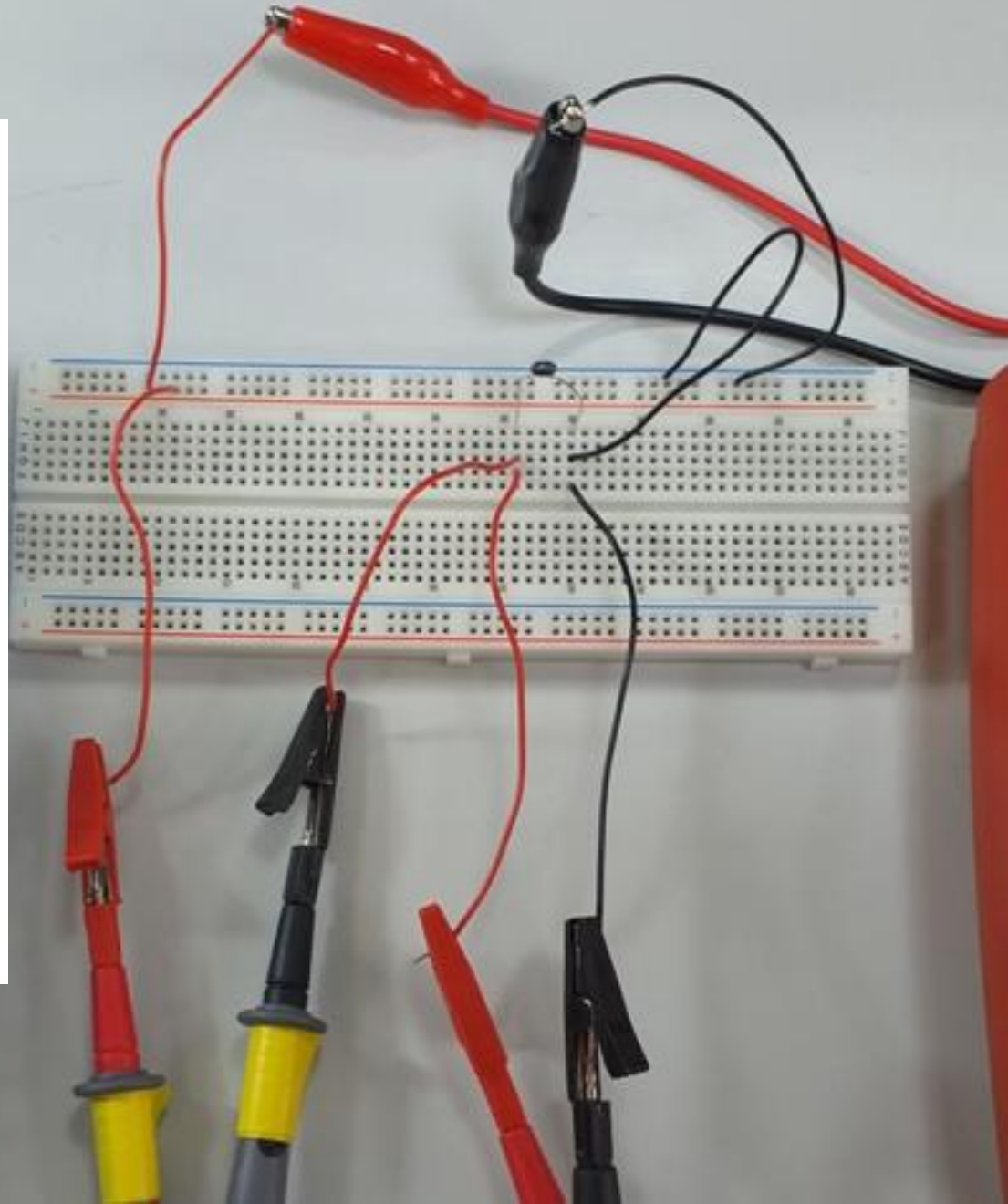
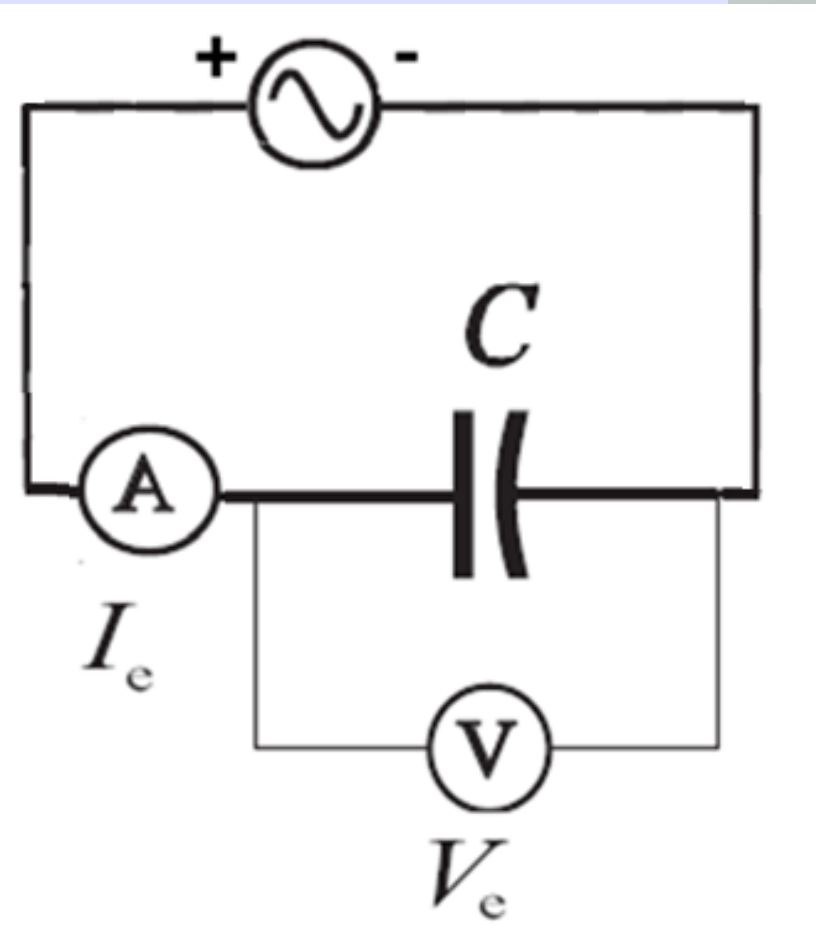
Mida de nuevo V_e e I_e en la resistencia y obtenga la impedancia experimental de la resistencia para $f=2000$ Hz



Obtenga y anote
 $|Z|$ experimental:

$$|\tilde{Z}| = \frac{V_e}{I_e} = 1010 \Omega$$

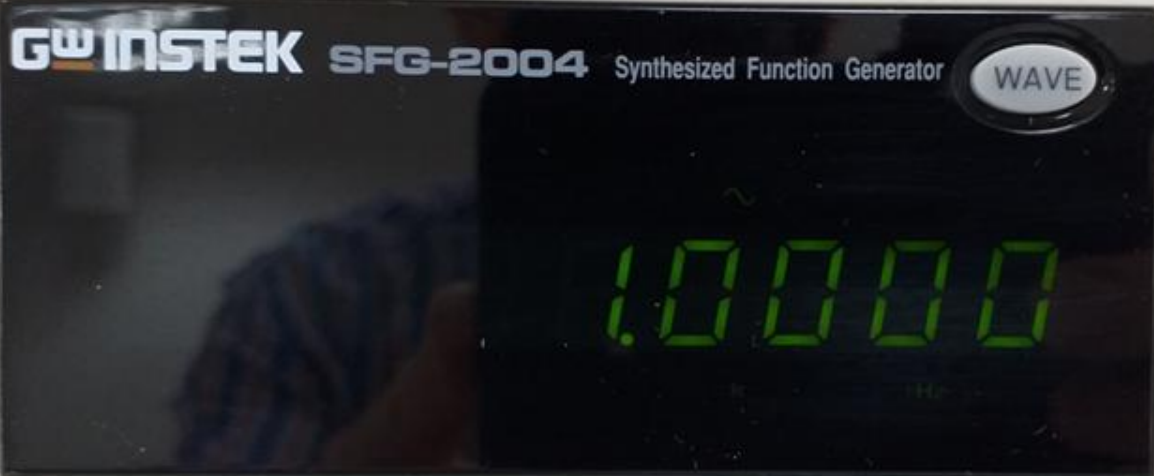
Cambie la resistencia por un condensador de capacidad $C=1.00\ \mu\text{F}$



Cambie de nuevo a la frecuencia inicial $f=1000$ Hz

GW INSTEK SFG-2004 Synthesized Function Generator

WAVE



SHIFT

DUTY	-20dB	
7	8	
4	5	
0	1	2
DEFAULT	RE	

POWER

A circular knob with a white top and a grey bottom, used for power control.

TTL / CMOS

A rotary knob with a white top and a grey bottom, used for selecting TTL or CMOS output levels.

5V 15V
CMOS ADJ
TTL

OFFSET

A rotary knob with a white top and a grey bottom, used for adjusting the offset.

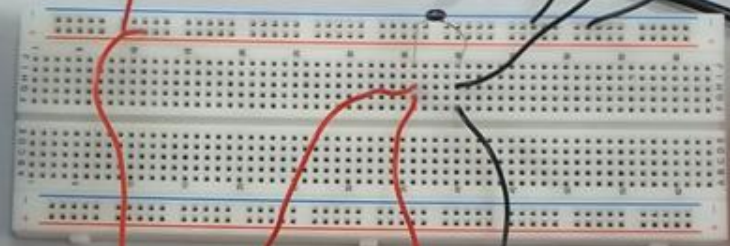
- +
ADJ
CAL

AMPL

A rotary knob with a white top and a grey bottom, used for adjusting the amplitude.

MIN MAX
-20dB
ADJ

Medida de V_e e I_e en el condensador a $f=1000$ Hz



Obtenga y anote $|Z|$ experimental:

$$|\tilde{Z}| = \frac{V_e}{I_e} = 150. \Omega$$

Cambie la frecuencia en el generador a $f=2000$ Hz

GW INSTEK SFG-2004 Synthesized Function Generator

WAVE

2.0000

kHz

SHIFT

0

POWER

■ | ■ ○



TTL / CMOS



5V 15V

CMOS ADJ

TTL

OFFSET



ADJ

CAL

AMPL



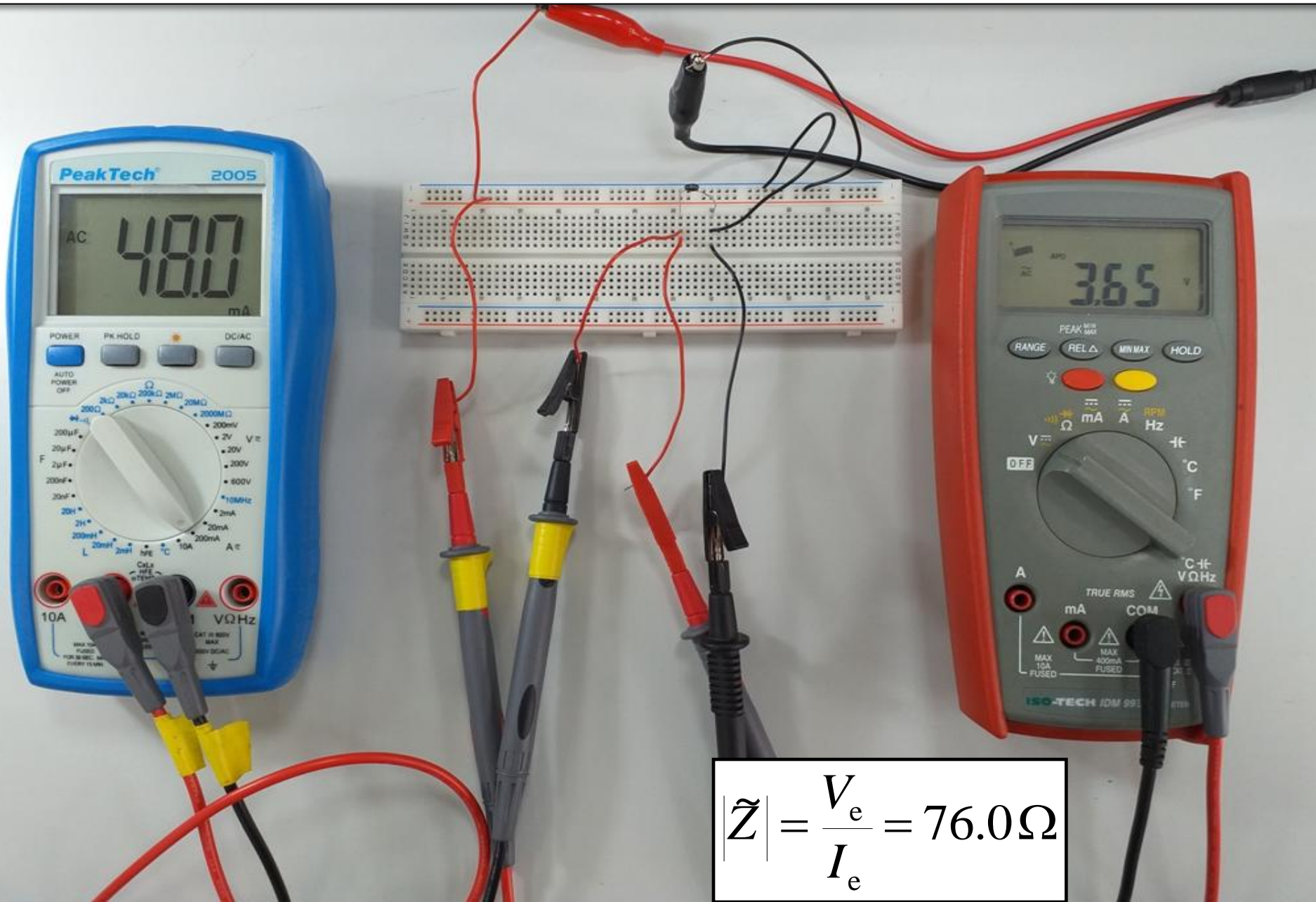
MIN

MAX

-20dB

ADJ

Mida de nuevo V_e e I_e en el condensador y obtenga la impedancia experimental del condensador para $f=2000$ Hz



$$|\tilde{Z}| = \frac{V_e}{I_e} = 76.0 \Omega$$

Calcule las impedancias teóricas del condensador para las dos frecuencias:

CONDENSADOR $C=1.00 \mu\text{F}$

$$f=1000 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 2000 \pi \text{ rad/s}$$

$$|\tilde{Z}| = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2000\pi \text{ rad/s} \times 1.00 \times 10^{-6} \text{ F}} \Rightarrow \boxed{|\tilde{Z}| = 150. \Omega}$$

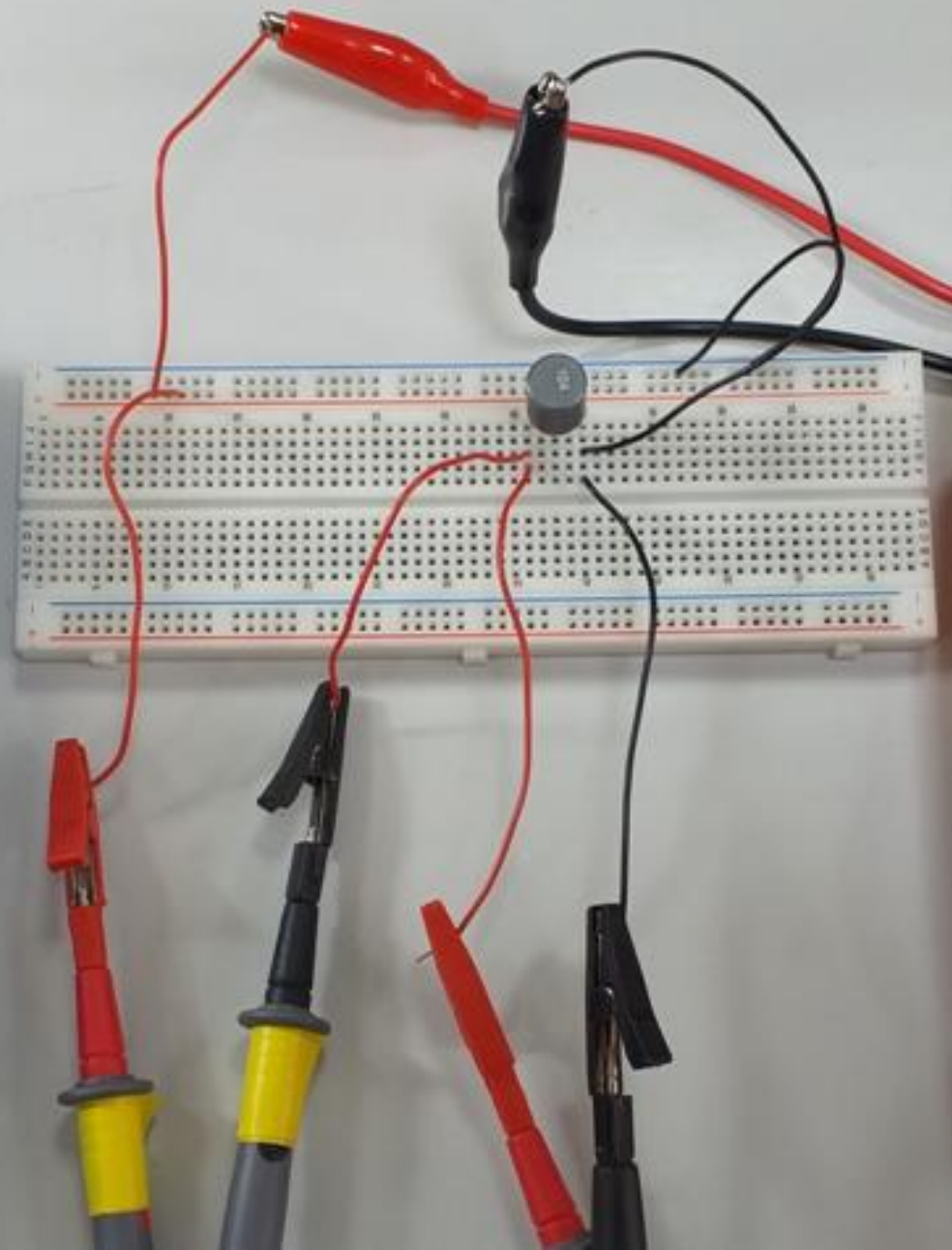
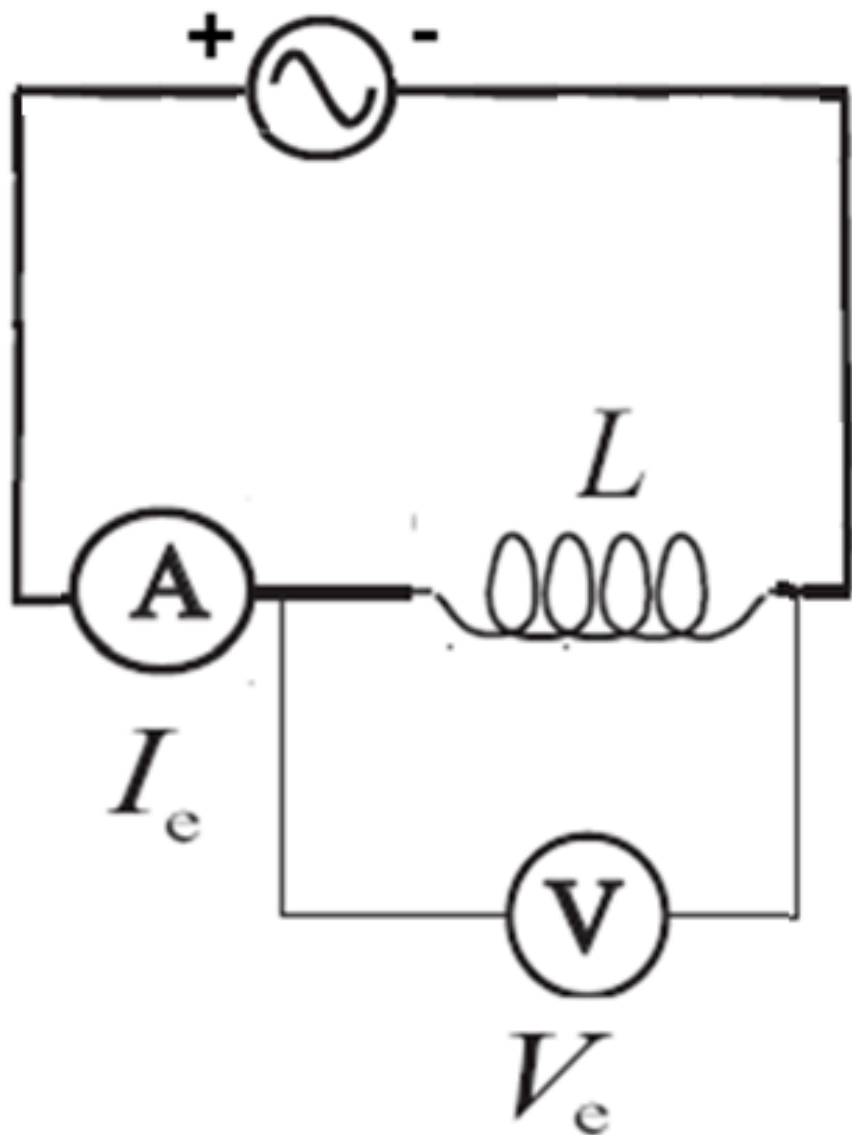
$$f=2000 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 4000 \pi \text{ rad/s}$$

$$|\tilde{Z}| = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{4000\pi \text{ rad/s} \times 1.00 \times 10^{-6} \text{ F}} \Rightarrow \boxed{|\tilde{Z}| = 75.1 \Omega}$$

Anote los resultados en el sitio correspondiente de la hoja de trabajo

Cambie el condensador por una bobina de autoinducción $L=100$ mH



Seleccione de nuevo la frecuencia inicial $f=1000$ Hz

GW INSTEK SFG-2004 Synthesized Function Generator

WAVE

10000

SHIFT

DUTY

-20dB

7

8

.

4

5

DEFAULT

0

1

2

POWER

⏏ | ⏏ | ⏏

⏏

TTL / CMOS

5V 15V

CMOS
TTL

OFFSET

- +

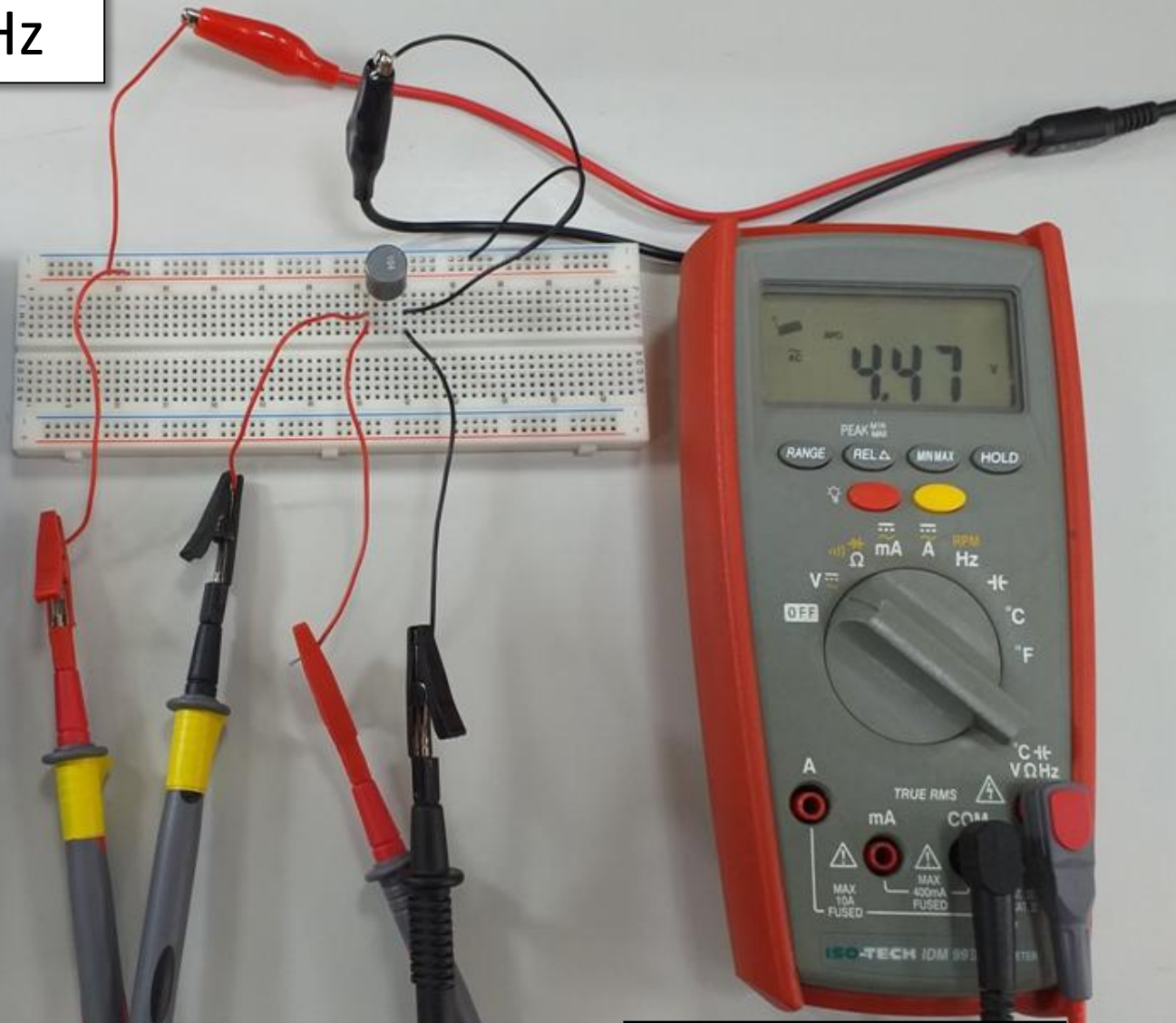
ADJ
CAL

AMPL

MIN MAX

-20dB
ADJ

Medida de V_e e I_e en la bobina a $f=1000$ Hz



Obtenga y anote $|Z|$ experimental:

$$|\tilde{Z}| = \frac{V_e}{I_e} = 657 \Omega$$

Cambie la frecuencia en el generador a $f=2000$ Hz

GW INSTEK SFG-2004 Synthesized Function Generator

WAVE

2.0000

kHz

SHIFT

0

POWER

⏏ | ⏏ | ⏏



TTL / CMOS

5V 15V
TTL CMOS ADJ



OFFSET

ADJ
CAL

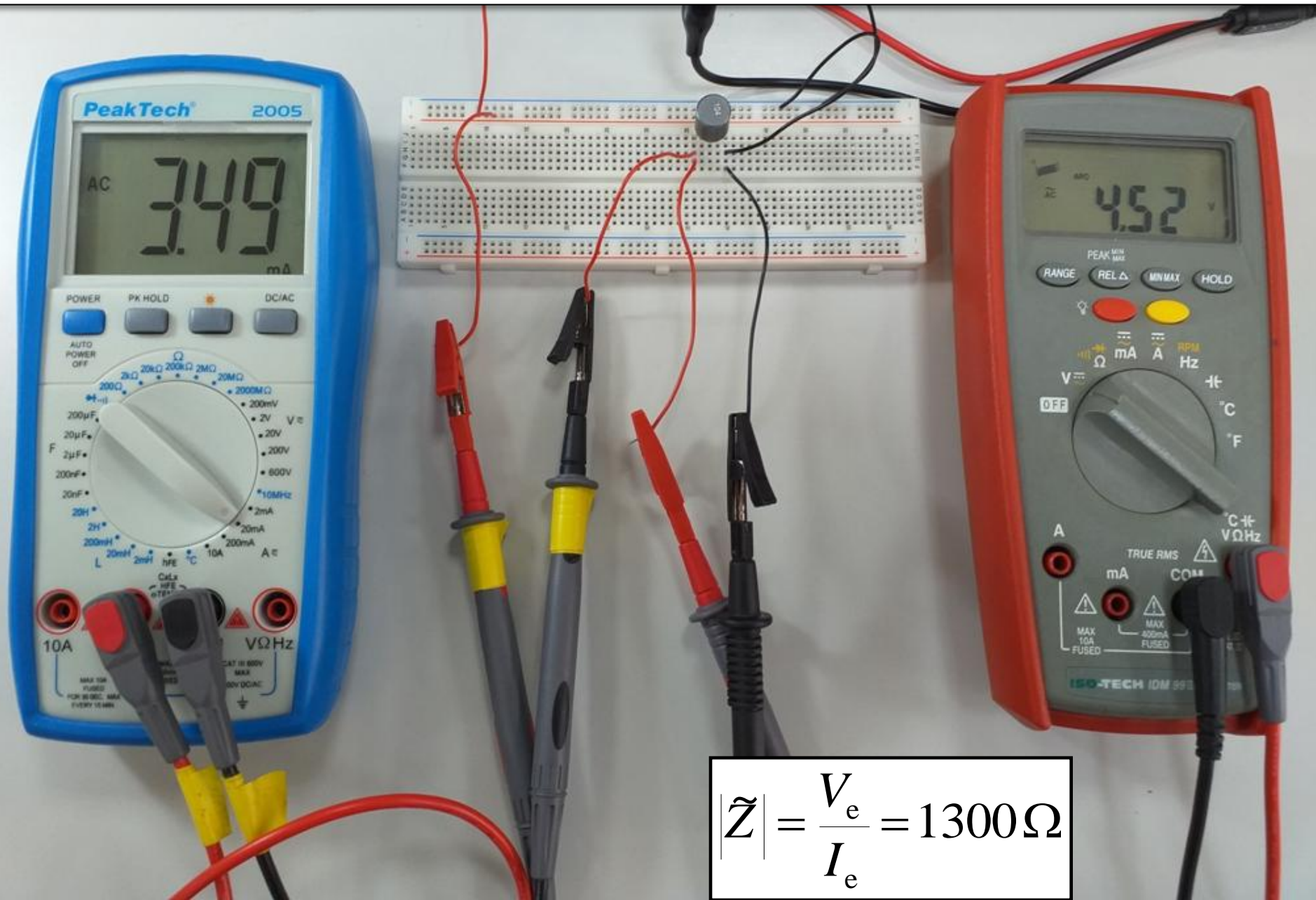


AMPL

MIN MAX
-20dB
ADJ



Mida de nuevo V_e e I_e en la bobina y obtenga la impedancia experimental de la bobina para $f=2000$ Hz



$$|\tilde{Z}| = \frac{V_e}{I_e} = 1300 \Omega$$

Calcule las impedancias teóricas de la bobina para las dos frecuencias:

BOBINA: $L=100. \text{ mH}$

$$f=1000 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 2000\pi \text{ rad/s}$$

$$|\tilde{Z}| = \omega L = 2000\pi \text{ rad/s} \times 100 \times 10^{-3} \Rightarrow |\tilde{Z}| = 628. \Omega$$

$$f=2000 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 4000\pi \text{ rad/s}$$

$$|\tilde{Z}| = \omega L = 4000\pi \text{ rad/s} \times 100 \times 10^{-3} \Rightarrow |\tilde{Z}| = 1260 \Omega$$

Anote los resultados en el sitio correspondiente de la hoja de trabajo

Complete la hoja de trabajo calculando R, C y L a partir de las impedancias experimentales

Puntos con * dejar para el final se va mal de tiempo.

$$C = 1,00 \mu F, L = 100, \text{ mH}, R = 998 \Omega$$

I. Estudio de impedancias elementales.

	f=1kHz	f=2kHz
$\omega=2\pi f$	2000 π rad/s	4000 π rad/s

En el cuadro superior izquierdo de la tabla correspondiente a cada elemento anote su valor medido.

R=	1 kHz	$ Z = V_e / I_e$	$ Z = R$	2 kHz	$ Z = V_e / I_e$	$ Z = R$
V_e (voltios)	4,26	experimental	Teórico	4,26	experimental	teórico
I_e (mA)	4,18	1020 Ω	998 Ω	4,20	76,0 Ω	998 Ω

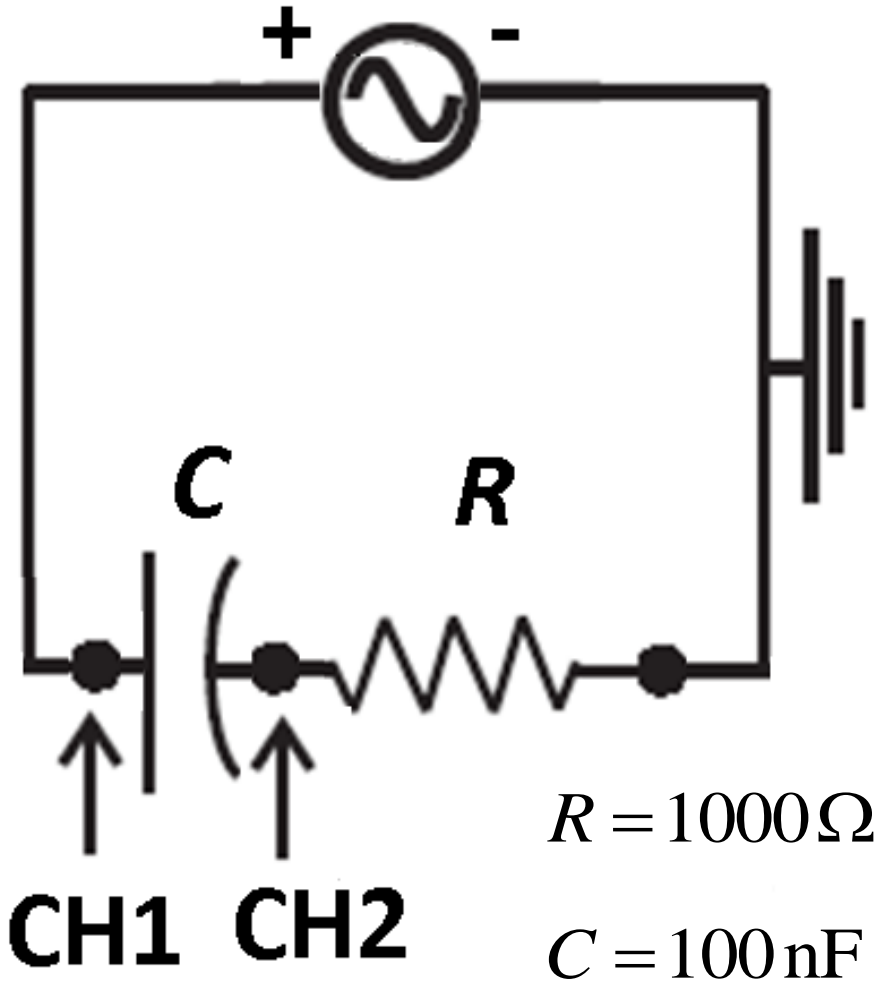
C=	1 kHz	$ Z = V_e / I_e$	$ Z = 1/(\omega C)$	2 kHz	$ Z = V_e / I_e$	$ Z = 1/(\omega C)$
V_e (voltios)	4,22	experimental	Teórico	3,65	experimental	teórico
I_e (mA)	28,1	150, Ω	150, Ω	48,0	76,0 Ω	75,1 Ω

L=	1 kHz	$ Z = V_e / I_e$	$ Z = \omega L$	2 kHz	$ Z = V_e / I_e$	$ Z = \omega L$
V_e (voltios)	4,47	experimental	Teórico	4,52	experimental	teórico
I_e (mA)	6,80	657 Ω	628, Ω	3,49	1300 Ω	1260 Ω

Valores de R, C y L calculados utilizando los resultados de $|Z| = V_e / I_e$ a 1 kHz :

- * Resistencia $V_e / I_e = R \Rightarrow R = V_e / I_e = 1020 \Omega$
- * Capacidad $V_e / I_e = 1/(\omega C) \Rightarrow C = I_e / (\omega V_e) = 1,06 \mu F$
- * Autoinducción $V_e / I_e = \omega L \Rightarrow L = V_e / (\omega I_e) = 105 \text{ mH}$

II. Impedancia de un circuito RC en serie usando el osciloscopio



Los canales del osciloscopio miden desde tierra

$$\tilde{V}_{\text{CH1}} = \tilde{V} \quad ; \quad \tilde{V}_{\text{CH2}} = \tilde{V}_R$$

Medida indirecta de la intensidad en CH2:

$$\tilde{I} = \frac{\tilde{V}_R}{R} = \frac{\tilde{V}_R}{1000 \Omega}$$

• **V/A=mA**, por lo que a cada voltio en V_R le corresponde 1 mA de I

- $V_R(t)$ está en fase con $I(t)$
- $V_R(t)$ en V es $I(t)$ en mA
- Tomamos $I(t)$ con fase inicial 0

$$I(t) = I_{\text{máx}} \cos(\omega t)$$

Seleccione la frecuencia inicial $f=1000$ Hz



Montaje del circuito

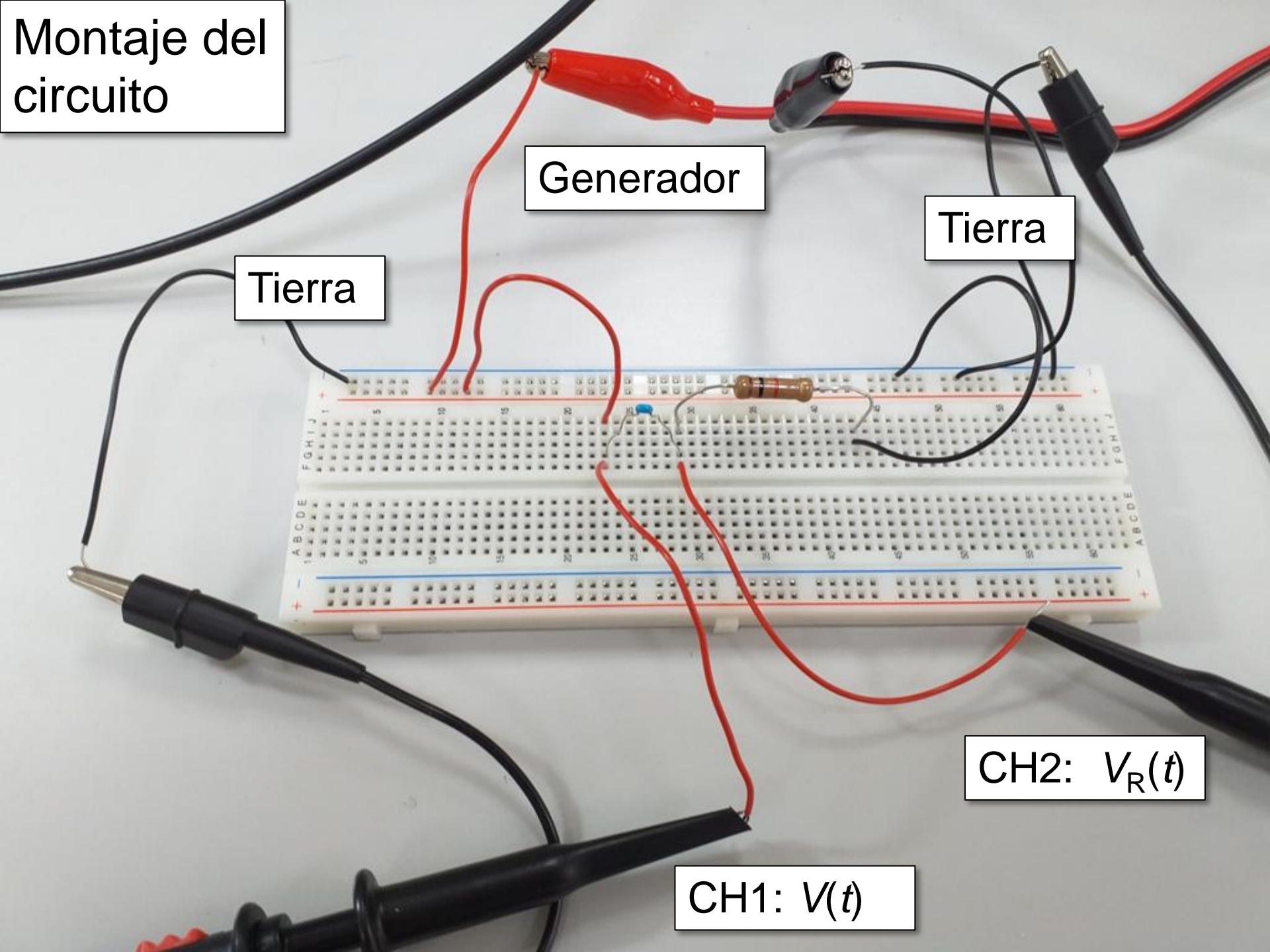
Generador

Tierra

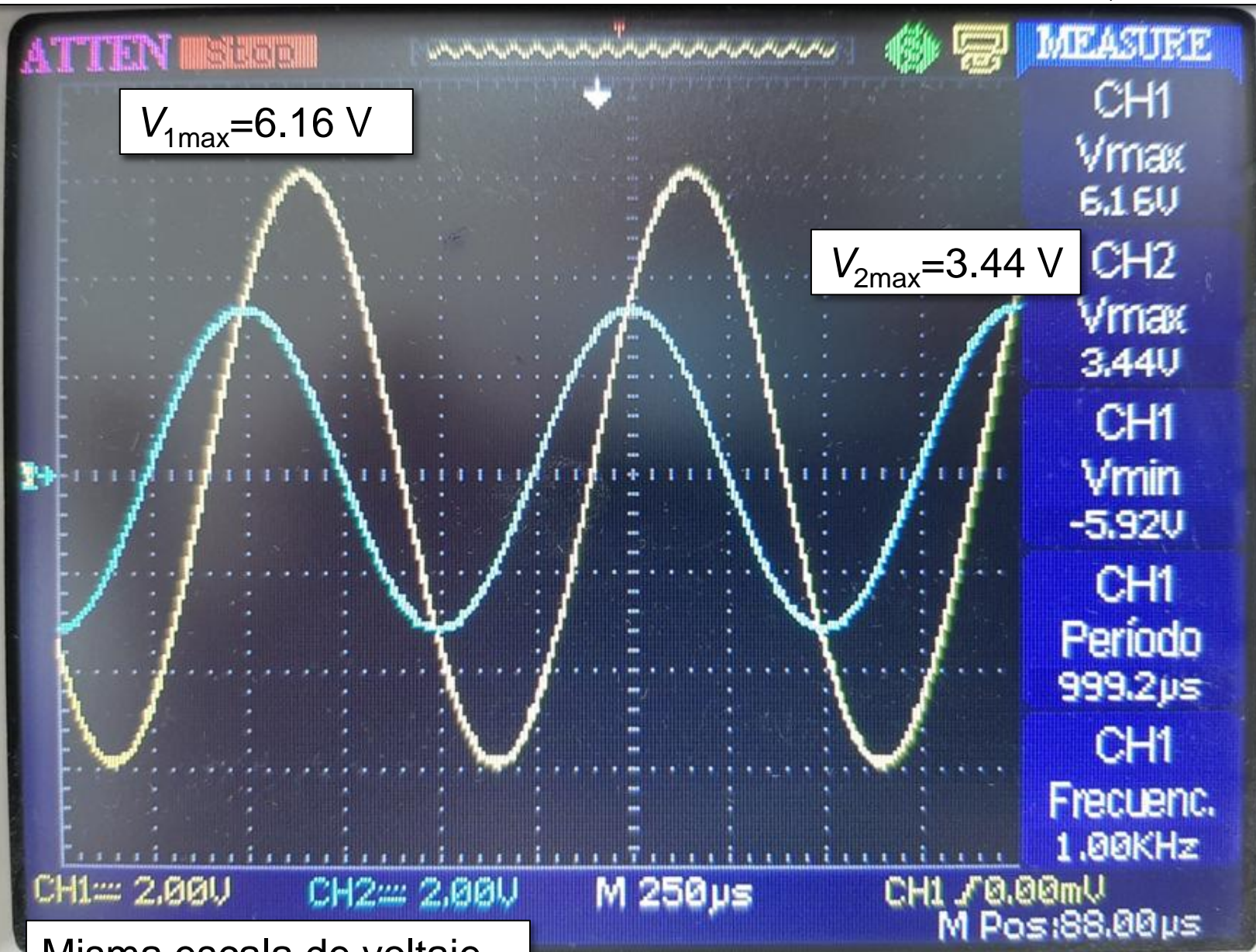
Tierra

CH2: $V_R(t)$

CH1: $V(t)$

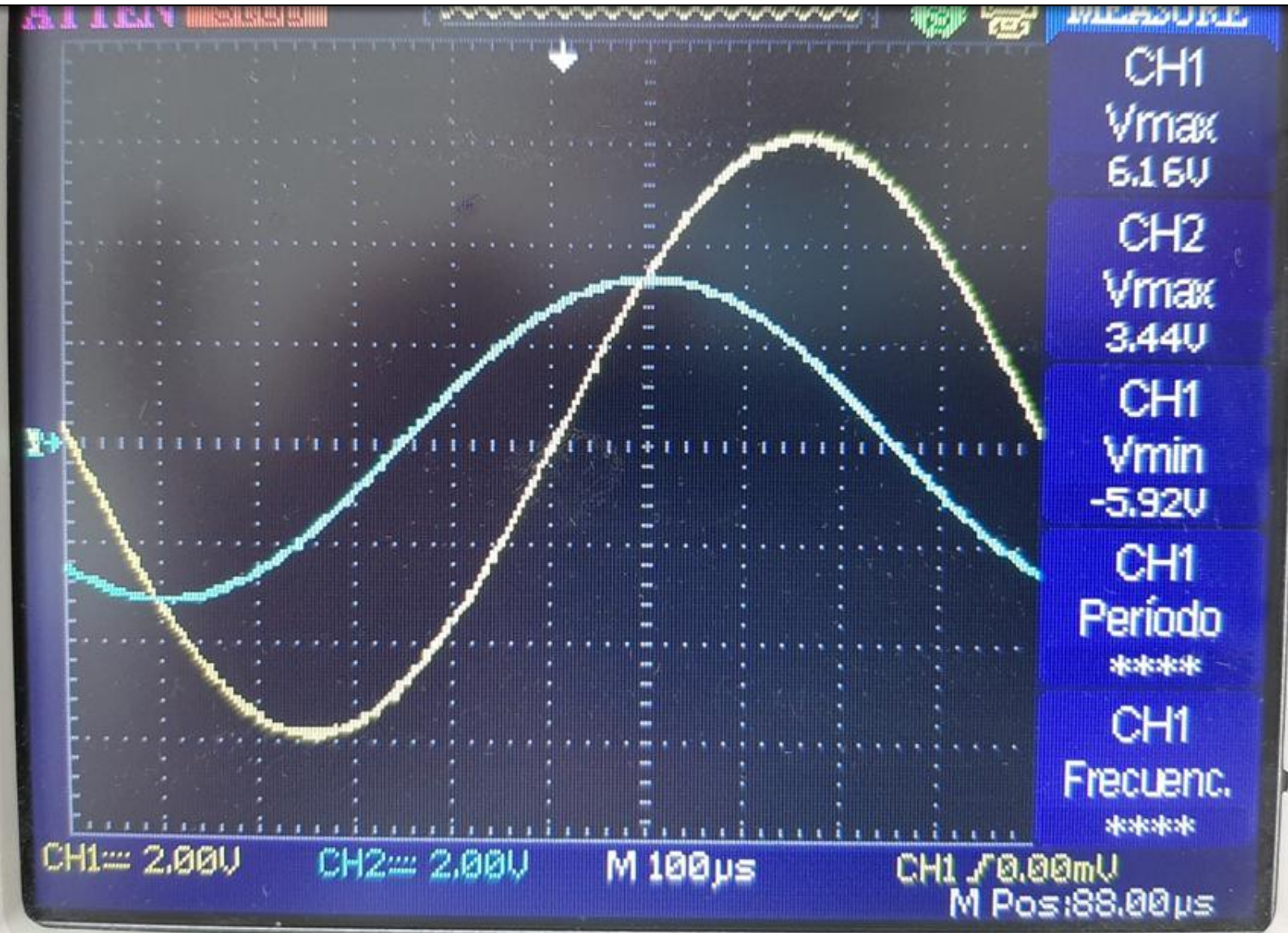


Usando *Measure* mida V_{\max} en CH1 (V_{\max}) y CH2 ($V_{R,\max}$)

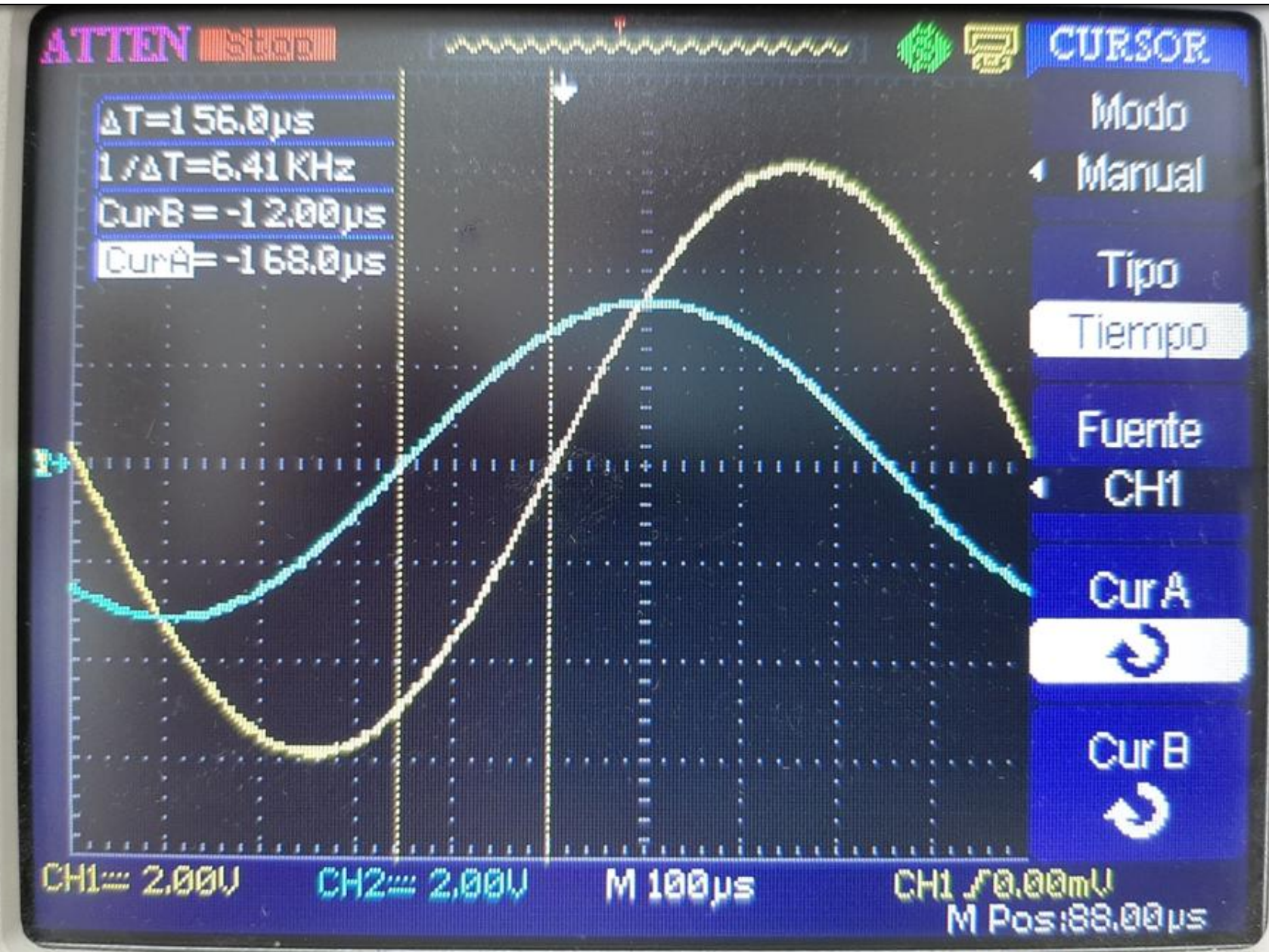


Misma escala de voltaje en CH1 y CH2

Disminuya la escala de tiempos para ver mejor el desfase
Observe que $V(t)$ en CH1 atrasa respecto a $V_R(t)$ en CH2

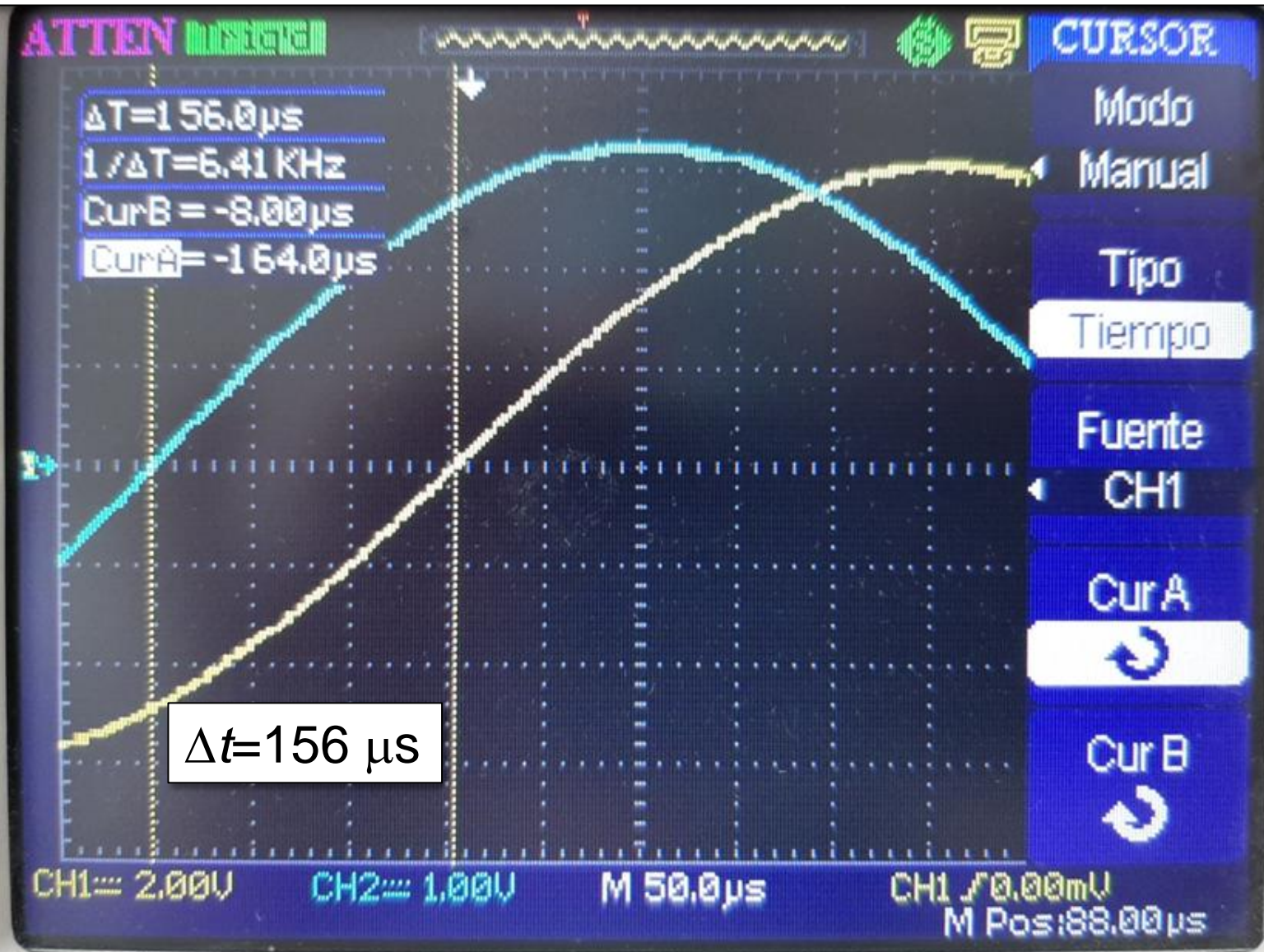


Coloque los cursores en tipo tiempo (verticales)

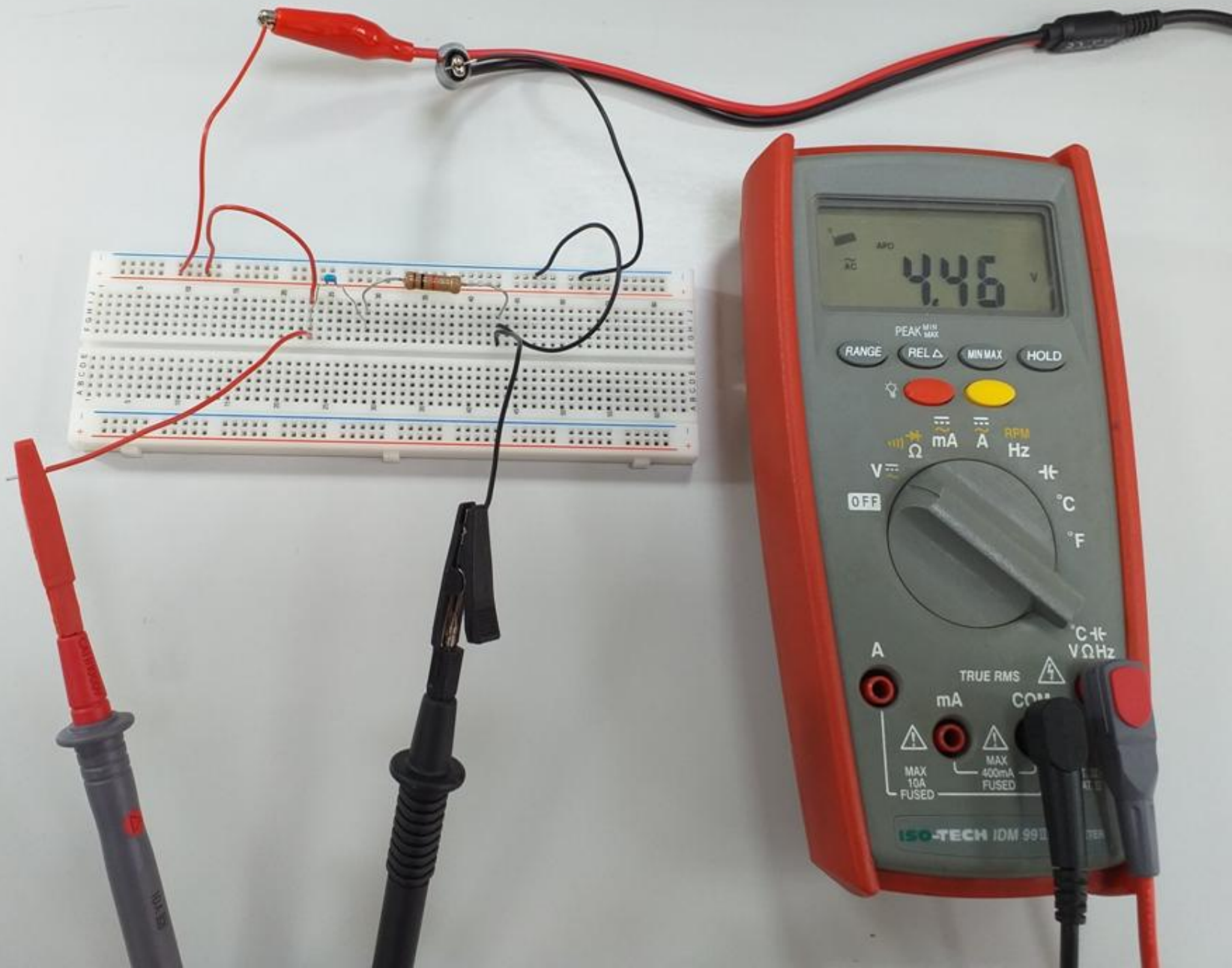


Disminuya la escala de tiempo.

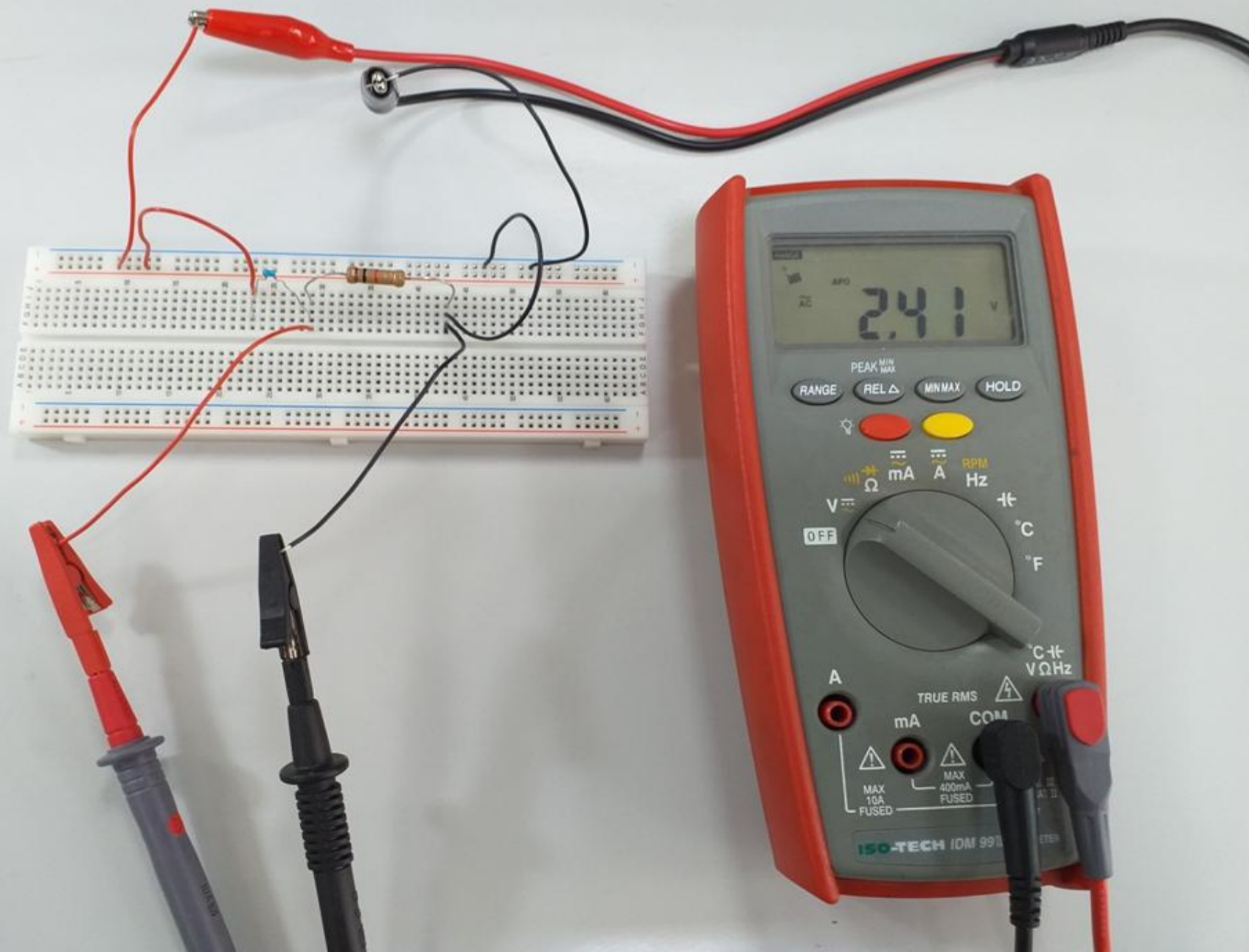
Mida el atraso Δt de CH1 [V(t)] respecto de CH2 [$V_R(t)$]



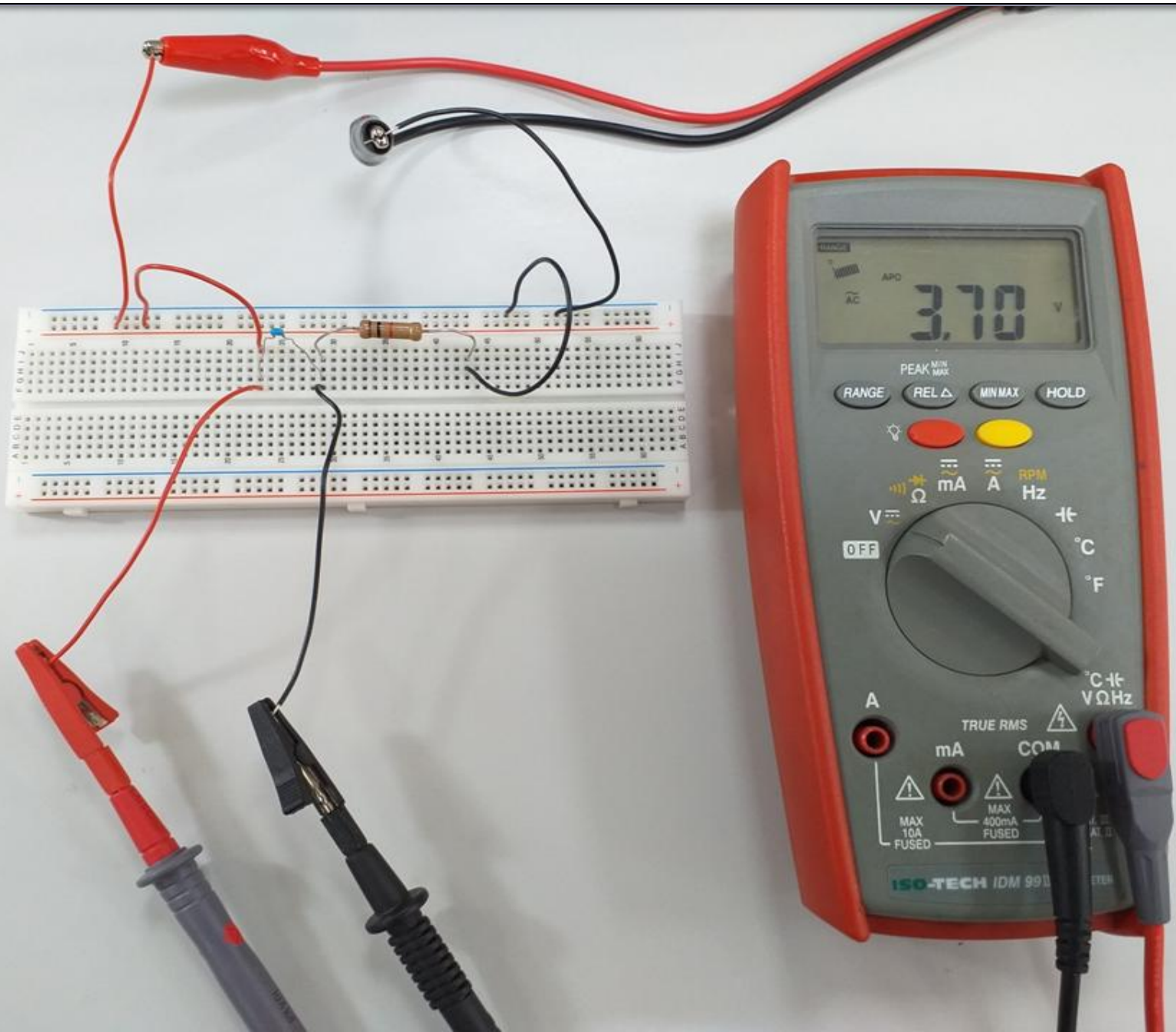
Retire las sondas del osciloscopio. Mida V_e con el voltímetro



Mida V_{Re} con el voltímetro



Mida V_{C_e} con el voltímetro



Sustituya en la hoja de trabajo, calcule la impedancia, así como los fasores indicados. Realice la gráfica indicada.

II. Impedancia de un circuito RC serie

Nominales: $R_{NOM} = 1 \text{ k}\Omega$ $C_{NOM} = 100 \text{ nF}$ $f = 1 \text{ kHz}$
 Medidos: $R =$ $C =$ $f = 1,00 \text{ kHz}$

Medidas de las amplitudes mediante el menú *measure*:

$$V_{\max}(\text{CH1}) = 6,16 \text{ V} \quad V_{\max}(\text{CH2}) = 3,44 \text{ V}$$

$$*I_{\max}(\text{mA}) = V_{\max}(\text{CH2})/R = 3,44 \text{ mA}$$

$$*Valor \text{ del módulo de la impedancia } |Z| = V_{\max}(\text{CH1}) / I_{\max} = 1790 \Omega$$

Medida del adelanto o retraso del $V_1(t)$ respecto del $V_2(t)$ mediante los cursores: $\Delta t = 0,275 \mu\text{s} = 2,75 \mu\text{s}$
 Δt (con signo menos si se retrasa) = $-156 (\pm 3) \mu\text{s}$ $\phi = 156 \times 10^{-6} \times 2000\pi$

Obtenga el desfase ϕ_z en radianes y en grados usando el factor de conversión $\frac{180^\circ}{\pi \text{ rad}}$

$$Valor \text{ del argumento de la impedancia } \phi_z = \omega \Delta t = -0,312 \pi \text{ rad} = -56,2^\circ$$

$$*Calcular \text{ el valor experimental de } Z = |Z| \cos \phi_z + j |Z| \sin \phi_z = 1790 \cos(-56,2) - j 1790 \sin(-56,2) =$$

$$*Calcular \text{ el valor teórico de } Z = R - j/(\omega C) = 998 - j1590 \Omega \quad \underline{Z_{teor} = 996 - j1589 \Omega}$$

III. Diagrama de fasores:

Medidas de los voltajes (ddp) eficaces total, en R y en C utilizando el voltímetro (para diagrama de fasores):

$$V_e = 4,46 \text{ V} \quad V_{R,e} = 2,91 \text{ V} \quad V_{C,e} = 3,70 \text{ V}$$

Calcule los fasores para los tres potenciales, suponiendo fase cero para la intensidad (en grados) y usando que el valor máximo es: $V_{\max} = \sqrt{2} V_e$ y un fasor V adelanta respecto a I el argumento de la impedancia correspondiente:

$$V = 6,31 \text{ V} \angle -56,2^\circ \quad V_R = 4,14 \text{ V} \angle 0^\circ \quad V_C = 5,23 \text{ V} \angle -90^\circ$$

a) Dibujar el diagrama de fasores para V_R y V_C suponiendo fase cero para V_R y obtención del fasor suma V . b) Determinación de V_0 y ϕ_z de dicho diagrama; d) Realice una tabla con el valor eficaz y argumento de V obtenido en el diagrama (gráfico) y los experimentales

$$V_0 = 4,46 \text{ V}$$

Obtenga el fasor V como suma de de fasores y mida su módulo y ángulo con el eje horizontal. Realice una tabla con los valores obtenidos gráficamente y experimentalmente.

