

## Resistencia de un condensador en un circuito de corriente alterna

### DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA CAPACITIVA EN DEPENDENCIA CON LA CAPACIDAD Y CON LA FRECUENCIA

- Determinación de la amplitud y la fase de la resistencia capacitiva en dependencia con la capacidad.
- Determinación de la amplitud y la fase de la resistencia capacitiva en dependencia con la frecuencia.

UE3050111

04/18 UD

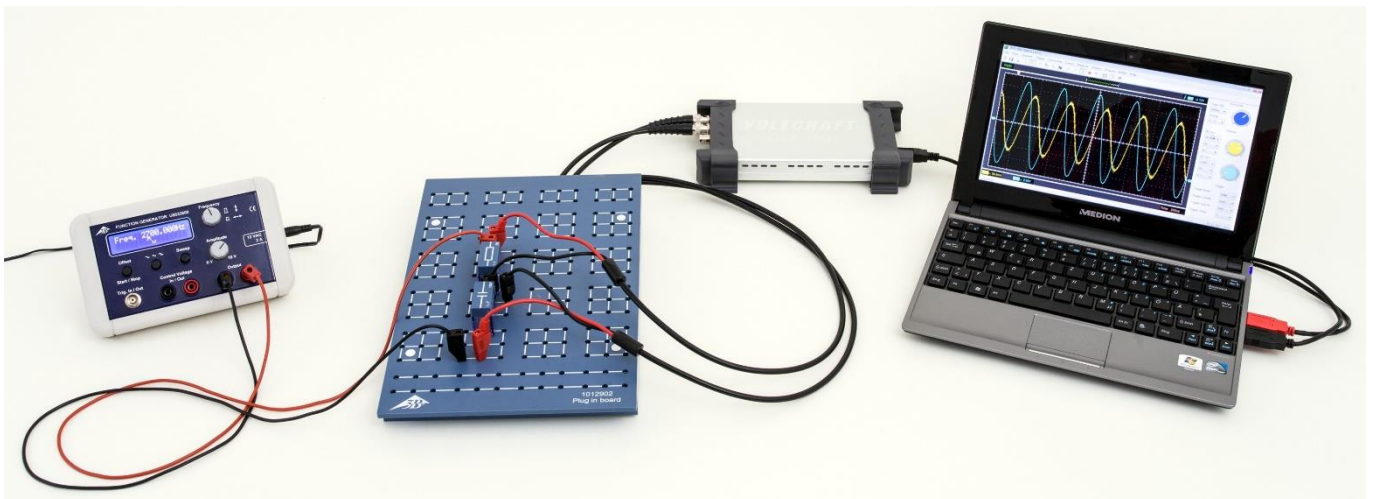


Fig. 1: Disposición de medición

### FUNDAMENTOS GENERALES

Cada cambio de la tensión en un condensador da origen a una corriente a través del condensador. Si se conecta una tensión alterna, fluye una corriente alterna con un desplazamiento de fase con respecto a la tensión. La forma más sencilla de describir matemáticamente esta relación es, cuando, la corriente, la tensión y la resistencia se consideran como magnitudes complejas y se observa la parte real.

De la ecuación del condensador se deduce directamente que:

$$(1) \quad I = C \cdot \frac{dU}{dt}$$

$I$ : Corriente,  $U$ : Tensión,  $C$ : Capacidad

La conexión de una tensión

$$(2) \quad U = U_0 \cdot \exp(j \cdot 2\pi \cdot f \cdot t)$$

da origen a la corriente

$$(3) \quad I = i \cdot \omega \cdot C \cdot U_0 \cdot \exp(j\omega t)$$

y se le puede asociar a la capacidad  $C$  la resistencia compleja:

$$(4) \quad X_c = \frac{U}{I} = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C} = \frac{1}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot C}$$

Se puede medir la parte real de cada una de esas magnitudes. Es decir:

$$(5) \quad U = U_0 \cdot \cos \omega t$$

$$(6) \quad I = \omega \cdot C \cdot U_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = I_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$(7) \quad X_c = \frac{U_0}{I_0} = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

En el experimento, un generador de funciones entrega un tensión alterna con frecuencias de hasta 5 kHz. Un osciloscopio de dos canales registra la tensión y la corriente, así que es posible captar la amplitud y la fase de ambas magnitudes al mismo tiempo. La corriente a través del condensador corresponde a la caída de tensión en una resistencia de medida  $R$ , cuyo valor es despreciable con respecto a la resistencia capacitiva.

De manera opcional también se puede determinar el registro de corriente y tensión por medio del registrador de datos VinciLab, el programa Coach 7 y los sensores de tensión.

### LISTA DE APARATOS

|                |  |                        |
|----------------|--|------------------------|
| 1              | Placa enchufable para componentes electrónicos           | 1012902 (U33250)       |
| 1              | Resistencia 1 $\Omega$ , 2 W, P2W19                      | 1012903 (U333011)      |
| 1              | Resistencia 10 $\Omega$ , 2 W, P2W19                     | 1012904 (U333012)      |
| 3              | Condensador 1 $\mu\text{F}$ , 100 V, P2W19               | 1012955 (U333063)      |
| 1              | Condensador 0,1 $\mu\text{F}$ , 100 V, P2W19             | 1012953 (U333061)      |
| 1              | Generador de funciones FG 100 @230V                      | 1009957 (U8533600-230) |
| ó              |  |                        |
| 1              | Generador de funciones FG 100 @115V                      | 1009956 (U8533600-115) |
| 1              | Juego de 15 cables de experimentación, 1 mm <sup>2</sup> | 1002840 (U13800)       |
| 1              | Osciloscopio de 2x25 MHz para PC                         | 1020857 (U11830)       |
| 2              | Cable HF, conector macho BNC / 4 mm                      | 1002748 (U11257)       |
| Opcionalmente: |  |                        |
| 1              | VinciLab   | 1021477 (UCMA-001)     |
| 1              | Coach 7, licencia de 5 años para instituto educativo     | 1021522 (UCMA-18500)   |
| ó              |  |                        |
| 1              | Coach 7, licencia de 5 años para universidad             | 1021524 (UCMA-185U)    |
| 2              | Sensor de tensión diferencial de 10 V                    | 1021680 (UCMA-0210i)   |
| 1              | Sensor de tensión diferencial de 500 mV                  | 1021681 (UCMA-BT32i)   |
| 1              | Cable de sensor  | 1021514 (UCMA-BTsc1)   |

### MONTAJE Y REALIZACIÓN

- Monte el arreglo de medición (Fig. 1) según el esquema de ensamble (Fig. 2) con la resistencia  $R=1\ \Omega$  y uno de los condensadores  $C=1\ \mu\text{F}$ .
- Conecte la línea de medición para el registro de la curva de tensión  $U_R(t) = R \cdot I(t)$  a través de la resistencia de medición por el canal CH1, mientras que la línea de medición para el registro de la curva de tensión  $U_C(t)$  se debe conectar a través del condensador en el canal CH2 del osciloscopio.

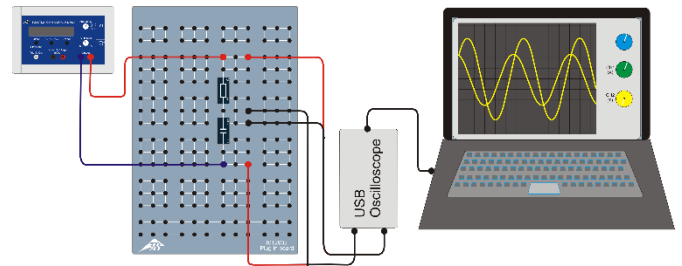
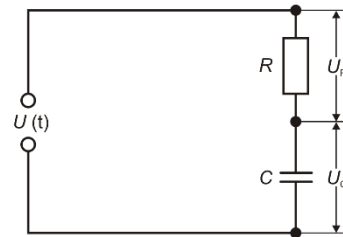


Fig. 2: Diagrama de circuito (arriba) y esquema de montaje (abajo).

- Ajuste los siguientes parámetros en el osciloscopio del PC:
 

|                                   |                             |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Horizontal:                       |                             |
| Base de tiempo:                   | 50 $\mu\text{s}/\text{div}$ |
| Posición horizontal de disparo:   | 0,0 ns                      |
| Vertical:                         |                             |
| CH1:                              |                             |
| División de la escala de tensión: | 50 mV/div CC                |
| Posición del punto cero:          | 0,0 divs                    |
| CH2:                              |                             |
| División de la escala de tensión: | 1 V/div CC                  |
| Posición del punto cero:          | 0,0 divs                    |
| Disparo:                          |                             |
| Simple (no alterno)               |                             |
| Fuente:                           | CH2                         |
| Modo:                             | Flanco                      |
| Flanco:                           | Ascendente                  |
| Umbral:                           | 0,000 mV                    |
| Modo de disparo:                  | Automático                  |
- Dado el caso, reajuste los parámetros de tiempo/DIV y de voltios/DIV durante las series de medición de manera que su representación se optimice.
- Ajuste una frecuencia de  $f = 4000\ \text{Hz}$ .
- Seleccione la forma de onda senoidal en el generador de funciones así como una amplitud de señal de entrada de  $U_0 = 4\ \text{V}$ . Para ello ajuste el regulador de amplitud de manera que un máximo o un mínimo de la señal senoidal en el canal CH2 del osciloscopio (con 1 V / división) corresponda a 4 casillas.

Dado que, con las frecuencias observadas, el valor de la resistencia de medición  $R$  frente al de la resistencia capacitiva  $X_C$  se puede despreciar, en una buena aproximación resulta válido que  $U_{C0} \approx U_0 = 4\ \text{V}$ .

#### Desfase entre corriente y tensión

- Observe y anote la posición relativa de las curvas de tensión  $U_C(t)$  y  $U_R(t)$  en función del condensador y de la resistencia de medición.

**Dependencia de la resistencia capacitiva en función de la capacitancia**

- Por medio del condensador 0,1  $\mu\text{F}$ , al igual que de los circuitos en serie y en paralelo de los tres condensadores 1  $\mu\text{F}$ , genere las capacitancias señaladas en la tabla 1, lea las amplitudes  $U_{R0}$  del osciloscopio y anótelas en la misma tabla.

**Dependencia entre la resistencia capacitiva y la frecuencia**

- Emplee el condensador 1  $\mu\text{F}$  y el resistor de 10  $\Omega$  en calidad de resistencia de medición.
- Ajuste una tras otra en el generador de funciones las frecuencias indicadas en la tabla 2, lea las amplitudes  $U_{R0}$  del osciloscopio y anótelas en la misma tabla.

**EJEMPLO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN**

**Desfase entre corriente y tensión**

La señal de corriente se encuentra desfasada en un cuarto de periodo hacia la derecha en relación con la señal de tensión (Fig. 3).

La corriente que circula por el condensador se adelanta en la fase a la tensión del condensador en  $90^\circ$  puesto que la corriente de carga (de signo positivo) y la de descarga (signo negativo) alcanzan su valor máximo cuando la tensión pasa por cero.

Tab. 1: Dependencia entre la resistencia capacitiva y la capacitancia,  $f = 4000 \text{ Hz}$ ,  $R = 1 \Omega$ ,  $U_0 = 4 \text{ V}$ .

| C<br>$\mu\text{F}$ | $U_{R0}$<br>mV | 1/C<br>1/ $\mu\text{F}$ | $I_0 = U_{R0}/R$<br>mA | $X_C = U_0/I_0$<br>$\Omega$ |
|--------------------|----------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 0,10               | 9,3            | 10,0                    | 9,3                    | 430,1                       |
| 0,33               | 32,1           | 3,0                     | 32,1                   | 124,6                       |
| 0,50               | 51,1           | 2,0                     | 51,1                   | 78,3                        |
| 0,67               | 67,8           | 1,5                     | 67,8                   | 59,0                        |
| 1,00               | 101,7          | 1,0                     | 101,7                  | 39,3                        |
| 2,00               | 204,3          | 0,5                     | 204,3                  | 19,6                        |

Tab. 2: Dependencia entre la resistencia capacitiva y la frecuencia,  $C = 1 \mu\text{F}$ ,  $R = 10 \Omega$ ,  $U_0 = 4 \text{ V}$ .

| f<br>Hz | $U_{R0}$<br>mV | 1/f<br>1/kHz | $I_0 = U_{R0}/R$<br>mA | $X_C = U_0/I_0$<br>$\Omega$ |
|---------|----------------|--------------|------------------------|-----------------------------|
| 200     | 50             | 5,00         | 5                      | 800                         |
| 300     | 78             | 3,33         | 8                      | 513                         |
| 500     | 127            | 2,00         | 13                     | 315                         |
| 1000    | 255            | 1,00         | 26                     | 157                         |
| 2000    | 493            | 0,50         | 49                     | 81                          |
| 3000    | 733            | 0,33         | 73                     | 55                          |
| 4000    | 993            | 0,25         | 99                     | 40                          |
| 5000    | 1203           | 0,20         | 120                    | 33                          |

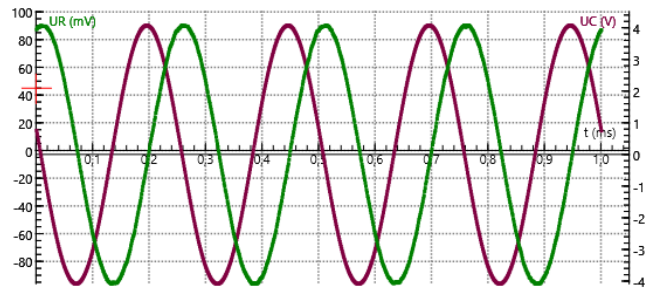
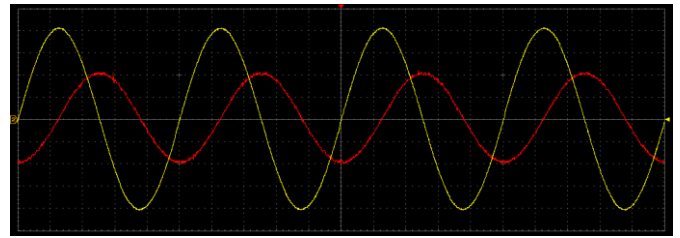


Fig. 3: Condensador en un circuito de corriente alterna: Curso de la corriente y de la tensión. Arriba: Registro del osciloscopio del PC (corriente: en rojo, tensión: en amarillo). Abajo: Registro con VinciLab / Coach7 (corriente: en verde, tensión: en violeta).

**Dependencia entre la resistencia capacitiva, la capacitancia y la frecuencia**

- Trace las resistencias capacitivas  $X_C$  en función del valor inverso de las capacitancia (tabla 1, figura 4) y de la frecuencia (tabla 2, figura 5).

De acuerdo con la ecuación (4) la resistencia capacitiva  $X_C$  es proporcional al valor inverso de la frecuencia  $f$  y al valor inverso de la capacidad  $C$ . En los diagramas correspondientes los valores de medida, dentro de los límites de exactitud, se encuentran sobre una recta que pasa por el origen de coordenadas.

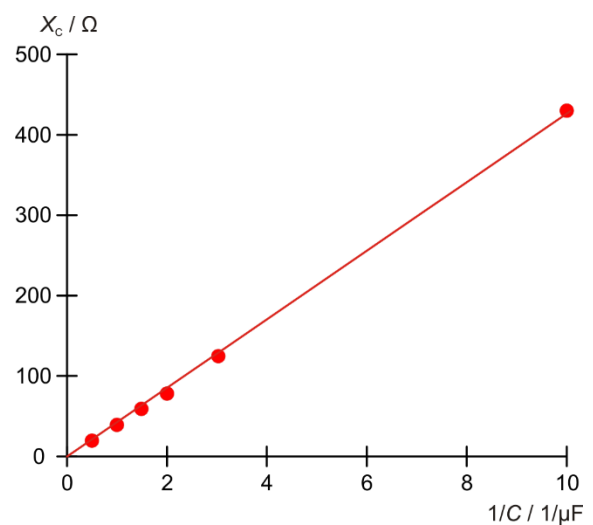


Fig. 4: Resistencia capacitiva  $X_C$  como función del valor inverso de la capacidad C.

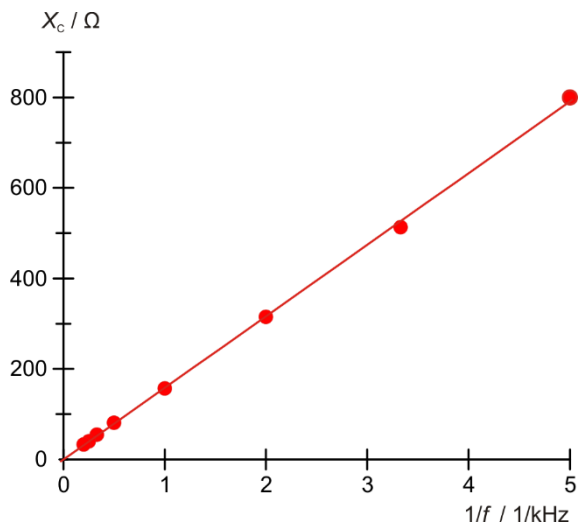


Fig. 5: Resistencia capacitiva  $X_c$  como función del valor inverso de la frecuencia  $f$ .