

Resistenza di un condensatore nel circuito a corrente alternata

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA CAPACITIVA IN FUNZIONE DI CAPACITÀ E FREQUENZA

- Determinazione di ampiezza e fase della resistenza capacitiva in funzione della capacità.
- Determinazione di ampiezza e fase della resistenza capacitiva in funzione della frequenza.

UE3050111

04/18 UD

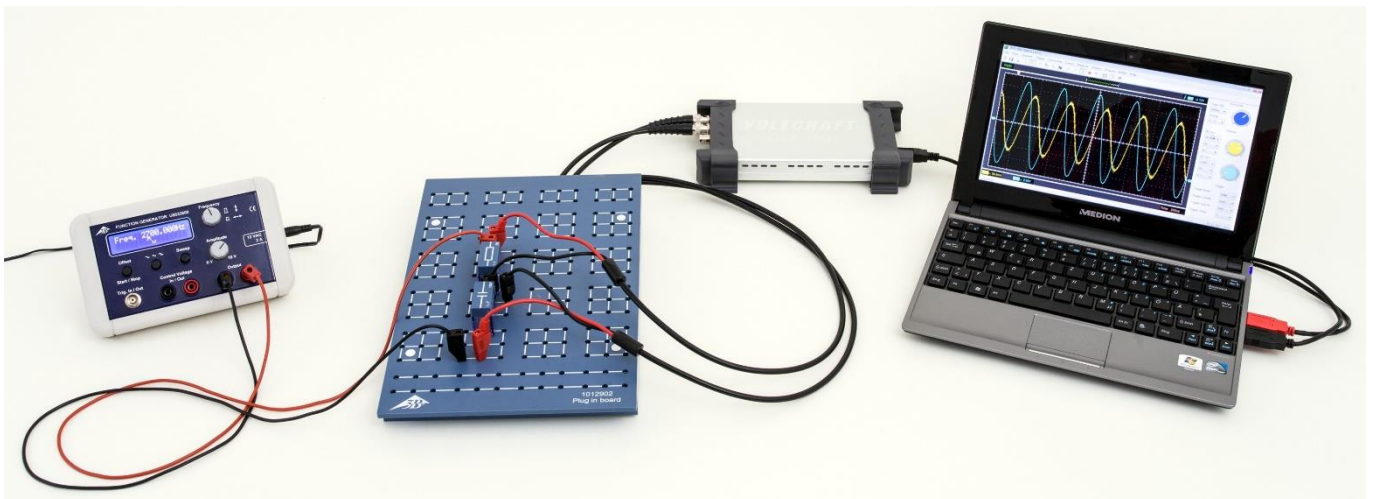


Fig. 1: Disposizione per la misurazione

BASI GENERALI

Qualsiasi variazione della tensione su un condensatore provoca una corrente attraverso il condensatore. Se viene applicata tensione alternata, fluirà corrente alternata con uno spostamento di fase rispetto alla tensione. Matematicamente, questa relazione è descrivibile con più semplicità utilizzando corrente, tensione e resistenza come grandezze complesse e osservandone le parti reali.

Dall'equazione del condensatore segue direttamente

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

I : Corrente, U : Tensione, C : Capacità

L'applicazione di una tensione

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

provoca quindi la corrente

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

ed è possibile assegnare alla capacità C la resistenza complessa

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

Misurabile è rispettivamente la parte reale di queste grandezze, quindi

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

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

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

Nell'esperimento, un generatore di funzione fornisce tensione alternata con frequenze fino a 5 kHz. Un oscilloscopio a due canali registra corrente e tensione, in modo che vengano rilevate ampiezza e fase di entrambe le grandezze. La corrente attraverso il condensatore corrisponde alla caduta di tensione di una resistenza di misura R il cui valore è trascurabile rispetto alla resistenza capacitiva.

Come opzione, è possibile registrare la corrente e la tensione anche con il logger di dati VinciLab, il software Coach 7 e i sensori di tensione.

ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Scheda per componenti	1012902 (U33250)
1	Resistenza 1 Ω , 2 W, P2W19	1012903 (U333011)
1	Resistenza 10 Ω , 2 W, P2W19	1012904 (U333012)
3	Condensatore 1 μF , 100 V, P2W19	1012955 (U333063)
1	Condensatore 0,1 μF , 100 V, P2W19	1012953 (U333061)
1	Generatore di funzione FG 100 @230V	1009957 (U8533600-230)
0		
1	Generatore di funzione FG 100 @115V	1009956 (U8533600-115)
1	Set di 15 cavi per esperimenti, 1 mm ²	1002840 (U13800)
1	Oscilloscopio PC, 2x25 MHz	1020857 (U11830)
2	Cavo ad alta frequenza, connettore 4 mm / BNC	1002748 (U11257)
opzionale		
1	VinciLab	1021477 (UCMA-001)
1	Coach 7, licenza per le scuole 5 anni	1021522 (UCMA-18500)
0		
1	Coach 7, licenza per le università 5 anni	1021524 (UCMA-185U)
2	Sensore di tensione 10 V, differenziale	1021680 (UCMA-0210i)
1	Sensore di tensione 500 mV, differenziale	1021681 (UCMA-BT32i)
1	Cavo del sensore	1021514 (UCMA-BTsc1)

MONTAGGIO E ESECUZIONE

- Realizzare la disposizione per la misurazione (Fig. 1) secondo lo schema elettrico (Fig. 2) con la resistenza $R=1\ \Omega$ e uno dei condensatori $C=1\ \mu\text{F}$.
- Collegare la linea di misura per rilevare l'andamento della tensione $U_R(t) = R \cdot I(t)$ attraverso la resistenza di misura sul canale CH1, e collegare la linea di misura per rilevare l'andamento della tensione $U_C(t)$ attraverso il condensatore al canale CH2 dell'oscilloscopio.

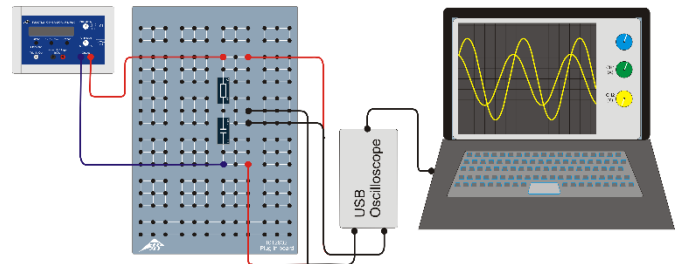
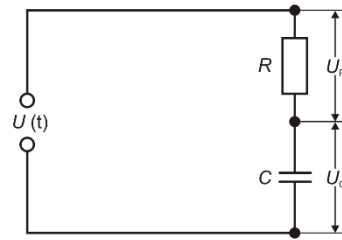


Fig. 2: Schema elettrico (sopra) e schizzo schematico del montaggio (sotto).

- Impostare sull'oscilloscopio PC i seguenti parametri:

Orizzontale:	
Base tempo:	50 $\mu\text{s}/\text{div}$
Posizione trigger orizzontale:	0.0 ns
Verticale:	
CH1:	
Divisione scala tensione:	50 mV/div CC
Posizione punto zero:	0,0 divs
CH2:	
Divisione scala tensione:	1 V/div CC
Posizione punto zero:	0,0 divs
Trigger:	
Single (non Alternate)	
Sorgente:	CH2
Modalità:	Edge
Fronte:	Rise
Soglia:	0.000 mV
TrigMode:	Auto
- Eventualmente, adeguare i parametri Time/DIV e Volts/DIV durante le serie di misurazione, per poter rappresentare i segnali in maniera ottimale.
- Impostare la frequenza $f = 4000\ \text{Hz}$.
- Selezionare il segnale di forma sinusoidale nel generatore di funzione e impostare l'ampiezza del segnale di ingresso a $U_0 = 4\ \text{V}$. Impostare il regolatore di ampiezza in modo che corrisponda al massimo e/o al minimo del segnale sinusoidale sul canale CH2 dell'oscilloscopio (con 1 V / quadrato) 4 quadranti.

Dato che il valore della resistenza di misura R rispetto alla resistenza capacitiva X_C nelle frequenze osservate è trascurabile, vale in buona approssimazione $U_{C0} \approx U_0 = 4\ \text{V}$.

Spostamento di fase tra corrente e tensione

- Osservare e annotare la posizione relativa degli andamenti della tensione $U_C(t)$ e $U_R(t)$ attraverso il condensatore e la resistenza di misura.

Dipendenza della resistenza capacitiva dalla capacità

- Utilizzando il condensatore 0,1 μF e i collegamenti in serie e in parallelo dei tre condensatori 1 μF , generare le capacità della Tabella 1, leggere sull'oscilloscopio le ampiezze U_{R0} e inserire i dati nella Tabella 1.

Dipendenza della resistenza capacitiva dalla frequenza

- Utilizzare il condensatore 1 μF e la resistenza 10 Ω come resistenza di misura.
- Nel generatore di funzione, impostare in sequenza le frequenze della Tabella 2, leggere sull'oscilloscopio le ampiezze U_{R0} e inserire i dati nella Tabella 2.

ESEMPIO DI MISURAZIONE E ANALISI

Spostamento di fase tra corrente e tensione

Il segnale della corrente è spostato verso destra di un quarto di periodo, rispetto al segnale della tensione (Fig. 3).

La corrente nel condensatore precede la tensione nel condensatore nella fase di 90° , in quanto la corrente di carica (segno positivo) e la corrente di scarica (segno negativo) sono al massimo quando la tensione raggiunge il proprio passaggio attraverso lo zero.

Tab. 1: Dipendenza della resistenza capacitiva dalla capacità, $f = 4000 \text{ Hz}$, $R = 1 \Omega$, $U_0 = 4 \text{ V}$.

C μF	U_{R0} mV	$1/C$ $1/\mu\text{F}$	$I_0 = U_{R0}/R$ mA	$X_C = U_0/I_0$ Ω
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: Dipendenza della resistenza capacitiva dalla frequenza, $C = 1 \mu\text{F}$, $R = 10 \Omega$, $U_0 = 4 \text{ V}$.

f Hz	U_{R0} mV	$1/f$ 1/kHz	$I_0 = U_{R0}/R$ mA	$X_C = U_0/I_0$ Ω
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

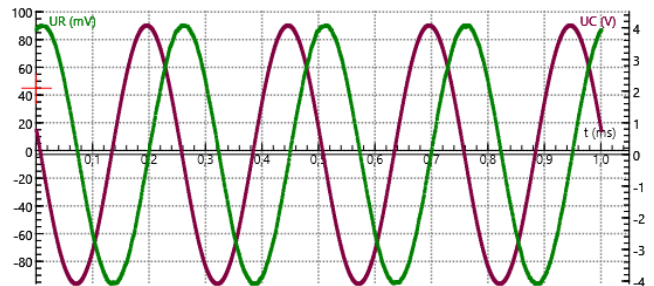
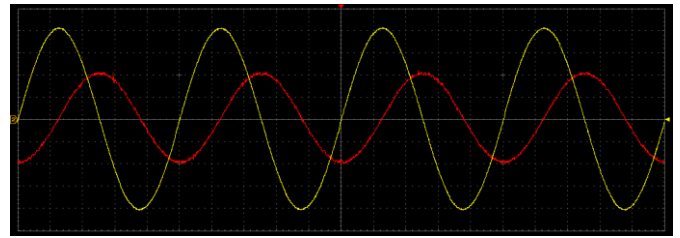


Fig. 3: Condensatore nel circuito a corrente alternata: andamento di corrente e tensione. Sopra: Registrazione con oscilloscopio per PC (corrente: rosso, tensione: giallo). Sotto: Registrazione con VinciLab / Coach7 (corrente: verde, tensione: viola).

Dipendenza della resistenza capacitiva dalla capacità e dalla frequenza

- Applicare le resistenze capacitive X_C ai valori reciproci della capacità (Tab. 1, Fig. 4) e frequenza (Tab. 2, Fig. 5).

Secondo l'equazione (4), la resistenza capacitiva X_C è proporzionale al reciproco della frequenza f e al reciproco della capacità C . Nei diagrammi corrispondenti, i valori di misurazione si trovano pertanto su una retta di origine nei limiti della precisione di misurazione.

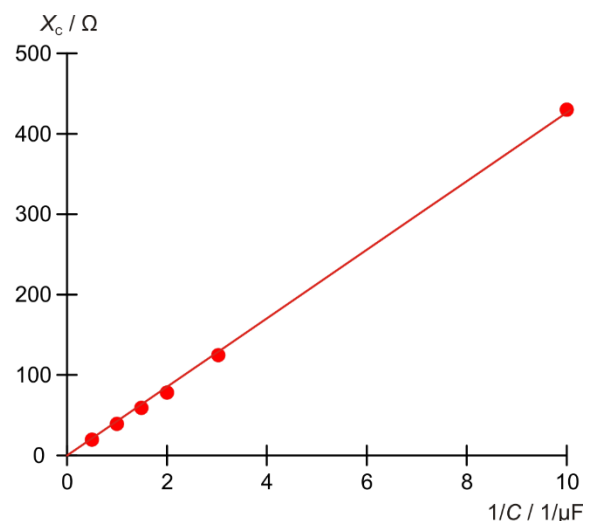


Fig. 4: Resistenza capacitiva X_C come funzione del reciproco della capacità C .

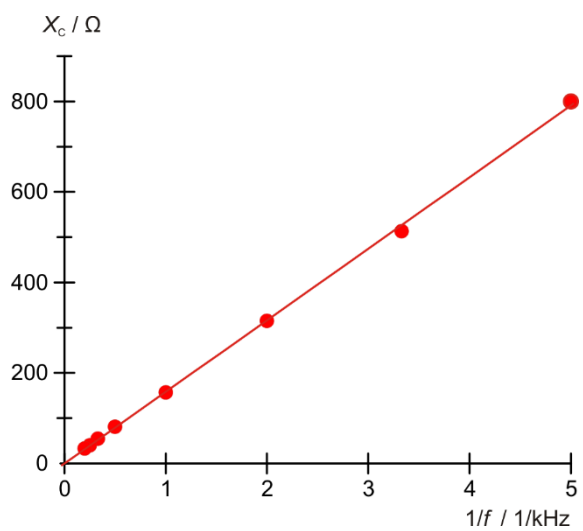


Fig. 5: Resistenza capacitiva X_c come funzione del reciproco della frequenza f .