

## SCHEDA PER LO STUDENTE

CARICA E SCARICA DI UN CONDENSATORE AL LABORATORIO RTL

### I

#### Titolo dell'esperienza

## CARICA E SCARICA DI UN CONDENSATORE AL LABORATORIO RTL

#### Autori

**Paola Cattaneo, Savina Ieni, Lorella Liberatori e Marco Litterio**

Docenti del **L.S.S. Labriola (Ostia, Roma)**

### II

#### Descrizione del fenomeno fisico

L'esperienza consiste nel misurare la variazione di tensione ai capi di un condensatore di capacità  $C$  inserito in un circuito con alimentazione in tensione continua  $\Delta V_A$  e resistenza  $R$ . Come è noto, a circuito chiuso, le armature del condensatore si caricano fino a che fra di esse non si stabilisce una differenza di potenziale (ddp) opposta a quella dell'alimentazione. A regime nel circuito non circola corrente, la ddp del condensatore è costante e sulle armature del condensatore si è depositata una carica totale  $Q = C \cdot \Delta V_A$ . In questa esperienza studiamo però le due fasi di carica e di scarica del condensatore.

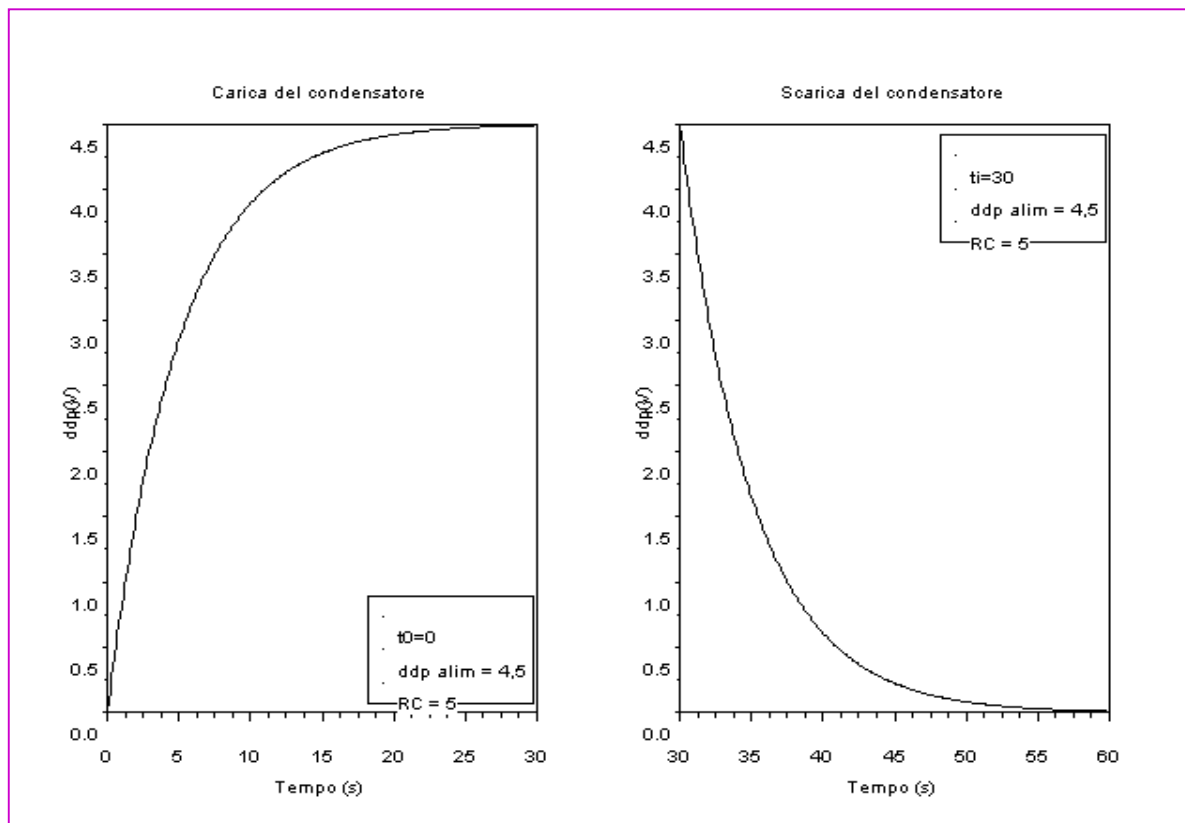
1. **Fase di carica:** il condensatore è inizialmente scarico, il circuito aperto; all'istante  $t_0 = 0$  il circuito viene chiuso, si stabilisce una corrente elettrica inizialmente pari a  $\Delta V_A / R$  e via via decrescente, la ddp ai capi del condensatore aumenta. Il modello matematico prevede un comportamento esponenziale asintotico con un tempo caratteristico regolato dal prodotto dei valori  $RC$ , con legge di equazione:

$$\Delta V = \Delta V_A [1 - \exp(-\frac{t}{RC})]. \quad (\text{Eq.1})$$

2. **Fase di scarica:** una volta che il condensatore è carico si apre il circuito, si elimina l'alimentazione e si richiude il circuito all'istante  $t_i$ . Il condensatore si scarica con tempo di nuovo caratterizzato dal prodotto  $RC$  e con la legge di equazione:

$$\Delta V = \Delta V_A \exp(-\frac{t-t_i}{RC}). \quad (\text{Eq.2})$$

Le figure qui sotto mostrano i grafici che si ottengono dalle equazioni Eq.1 e Eq.2 e rappresentano l'andamento teorico del fenomeno.



### III Obbiettivi

1. Ottenere i grafici sperimentali della tensione ai capi di un condensatore nelle fasi di carica e di scarica del condensatore e confrontarli con quelli teorici
2. Ricavare dall'analisi del grafico il valore della costante di tempo del circuito RC e verificare che tale valore è lo stesso nella fase di carica ed in quella di scarica

### IV Materiali occorrenti

- Una resistenza:  $R = 10 \text{ k}\Omega$
- Un condensatore di capacità  $C = 500 \text{ }\mu\text{F}$
- Una batteria da 4,5 V
- Un interruttore
- Materiali per realizzare il circuito: 4 cavi elettrici per le connessioni, 8 coccodrilli, basetta
- Il CBL (fig. 1)
- La calcolatrice Ti92+ (fig. 2)
- Sonda di tensione (fig. 3): portata  $\pm 10\text{V}$ , sensibilità 0,02 V

## Foto dei vari materiali e del loro assemblaggio

fig. 1



fig. 2



fig. 3



fig. 4



fig. 5



fig. 6



fig. 7



fig. 8



## V Accorgimenti

1. Attenzione: i condensatori elettrolitici, per ragioni costruttive, hanno una polarizzazione che va rispettata altrimenti vengono danneggiati.
2. Nella scelta del numero delle misure da acquisire e dell'intervallo di tempo  $\Delta t$  fra una misura e l'altra occorre tener presente che il  $\Delta t$  deve essere: 1) abbastanza piccolo da consentire di avere un numero adeguato di dati durante le fasi iniziali della carica e della scarica, quelle in cui l'evoluzione temporale è più rapida; 2) non troppo piccolo perché altrimenti la durata complessiva dell'acquisizione diventa inutilmente lunga e si rischia di raccogliere più dati di quanti ne possa immagazzinare la memoria della calcolatrice. Il modo di regolarsi è il seguente: noto  $T=RC$ , la durata complessiva può essere pari a alcune volte il valore di  $T$  (diciamo 6 volte) in modo da avere un quadro abbastanza completo dell'evoluzione del fenomeno, e l'intervallo può essere una frazione di  $T$  scelta in modo da avere alcune decine di misure in un tempo  $T$  (diciamo 50). Ovviamente sono numeri indicativi. Nel nostro caso  $T=5$  s, da cui  $\Delta t=0,1$  s.
3. Occorre controllare che il valore  $\Delta V_A$  della ddp della batteria sia effettivamente 4,5 V.

## VI Istruzioni per l'assemblaggio

Alimentate il CBL col suo trasformatore (fig. 4) o con le sue batterie. Collegate: il CBL alla calcolatrice tramite l'apposito cavetto (fig. 5); il sensore di tensione al canale CH1 del CBL (fig. 6). La fig. 7 mostra la configurazione finale dei collegamenti fra i dispositivi. Realizzare il circuito collegando in serie la resistenza ed il condensatore (fig. 8). I due puntali della sonda vanno collegati ai due capi del condensatore.

### Esecuzione delle misure

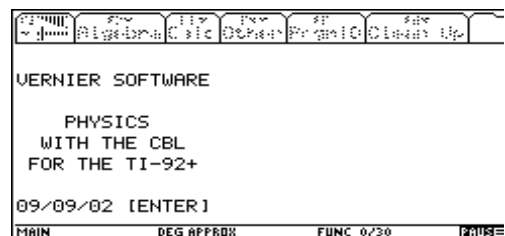
Al prompt della calcolatrice digitare physics() e premere <ENTER>



Dopo qualche secondo di apparente inattività (la scritta <BUSY> in basso a destra indica che la calcolatrice sta caricando il software) compare la schermata per la selezione del modello di calcolatrice: selezionare Ti92+ e premere <ENTER>



La schermata successiva dà informazioni sul software: premere <ENTER>



Compare il menù principale e la prima operazione da compiere è predisporre la sonda



Selezionare il numero (1)



Impostare la sonda di tensione



Procedere a collegare il sensore in CH1 del CBL qualora non fosse stato già fatto precedentemente

```
1:C. MAGNETICO
2:TENSIONE
3:SONDA 0-50
4:TENSIONE diff.
5:CORRENTE
6:TEMPERATURA
7:TERMOCOPIA
8:ALTRO
```

\*\*SCELTA SONDE\*\*

MAIN RAD APPROX FUNC 25/30

**NON** ricalibrare il sensore.



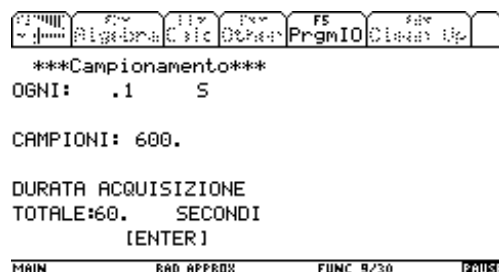
Ricompare il menù principale e si procede con l'acquisizione dei dati



In questo esperimento vogliamo gli andamenti in funzione del tempo delle grandezze fisiche: selezioniamo la modalità GRAFICO vs TEMPO.



Successivamente viene proposto di fissare l'intervallo di tempo fra le misurazioni ed il numero totale dei dati da acquisire. Dato che  $RC = 5$  s è sufficiente misurare per 30 secondi (circa sei volte RC) la salita della ddp durante la fase di carica, e per successivi altri 30 la discesa nella fase di scarica. Volendo acquisire ogni 0,1 s (vedi il punto due della sezione "Accorgimenti") ne segue che il numero totale dei campioni deve essere posto uguale a 600.



Se tutto è ok premere ENTER

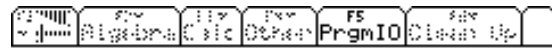
I dati possono essere visualizzati durante l'acquisizione. Se si sceglie questa opzione le schermate successive richiedono i valori minimo e massimo e la suddivisione della scala dell'asse delle ordinate.

Tipicamente la scala delle tensioni andrà dal valore minimo zero al valore della batteria (5V) con divisioni di 0,5.

Se tutto è in ordine si procede all'esecuzione dell'esperimento.

Alla fine dell'acquisizione dovrebbe comparirti sullo schermo un grafico simile a quello qui a fianco.

Terminata l'acquisizione compare una schermata riassuntiva che informa che la prima colonna (L1) di dati è il tempo, la seconda (L2) la grandezza misurata dal sensore collegato al canale CH1 del CBL, nel nostro caso la tensione.

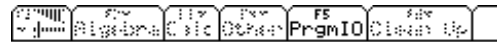


```
*QUANDO TRACCIO?*
```

```
1: DOPO ACQUIS.
```

```
2: DURANTE ACQUIS.
```

MAIN RAD APPROX FUNC 25/30



ESTREMI ASSE Y e unit. mis.

```
ymin?
```

```
0
```

```
ymax?
```

```
5
```

```
yscl?
```

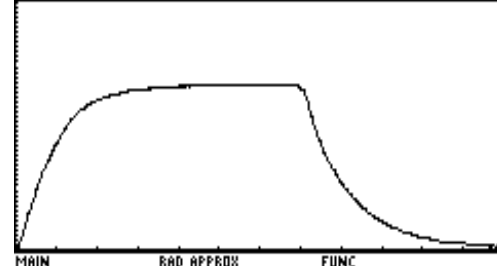
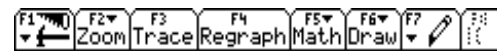
```
.5
```

MAIN RAD APPROX FUNC 9/30



Premi [ENTER] per iniziare...  
Eventualmente premi  
il tasto [+] per interrompere

MAIN RAD APPROX FUNC 9/30 2018



TEMPO IN L1  
DATI IN L2

MAIN RAD APPROX FUNC 9/30 2018

Con la schermata successiva si può selezionare la grandezza di cui visualizzare il grafico. Ovviamente nel nostro caso si tratta della grandezza ottenuta sul canale 1



Si ottiene il grafico delle curve di carica e di scarica già apparso durante l'acquisizione. Spostandosi col mouse lungo la curva si possono leggere i dati misurati e procedere alla loro elaborazione.

**ATTENZIONE:** per procedere con la relazione dovrai utilizzare il grafico che hai appena ottenuto, quindi non spegnere la calcolatrice e non utilizzarla in alcun altro modo.

## VII

### Guida all'elaborazione ed all'analisi dei dati

I dati possono essere letti direttamente dai grafici spostando il cursore col mouse. Si può assumere come incertezza sulle misure la minima variazione che si ottiene in questo modo e la chiameremo in seguito **sensibilità di lettura**. Per indicare l'incertezza sulla grandezza X utilizza il simbolo  $E(X)$ .

Sulla base delle indicazioni che seguono completa la tabella sottostante:

1. Sul grafico che hai ottenuto leggi la ddp ai capi del condensatore quando raggiunge il valore massimo  $\Delta V_M$  (incertezza  $E(\Delta V_M)$  = sensibilità di lettura)
2. Utilizzando un'altra calcolatrice calcola il numero  $\Delta V_* = \Delta V_M (1 - \frac{1}{e})$ , dove  $e$  indica il numero di Nepero [calcola l'incertezza con la formula  $E(\Delta V_*) = E(\Delta V_M) * (1 - \frac{1}{e})$ ]
3. Sul grafico che hai ottenuto individua il punto di ordinata  $\Delta V_*$  nel tratto di salita e ricava il valore  $t_*$  della corrispondente ascissa (incertezza  $E(t_*)$  = sensibilità di lettura)
4. Sul grafico che hai ottenuto trova il valore dall'istante di tempo  $t_i$  in cui ha inizio la fase di scarica ed il valore  $\Delta V_i$  della corrispondente ddp. (incertezza = le rispettive sensibilità di lettura per entrambi i valori)
5. Utilizzando un'altra calcolatrice calcola il numero  $\Delta V_{**} = \frac{\Delta V_i}{e}$  [calcola l'incertezza con la formula  $E(\Delta V_{**}) = E(\Delta V_i) * \frac{1}{e}$ ]
6. Sul grafico che hai ottenuto trova il punto di ordinata  $\Delta V_{**}$ , nel tratto di curva che corrisponde alla fase di scarica, e da questo il  $t_{**}$  corrispondente. (incertezza  $E(t_{**})$  = sensibilità di lettura)
7. Calcola  $\Delta t_{**} = t_{**} - t_i$  [l'incertezza è la **somma** delle incertezze  $E(\Delta t_{**}) = E(t_{**}) + E(t_i)$ ]

**Tabella 1: valori derivati dal grafico sperimentale**

Grandezza Fisica	$\Delta V_M$ (V)	$\Delta V_*$ (V)	$t_*$ (s)	$t_i$ (s)	$\Delta V_i$ (V)	$\Delta V_{**}$ (V)	$t_{**}$ (s)	$\Delta t_{**}$ (s)
Valore								
Incertezza								

Utilizzando le indicazioni contenute nella sezione “Materiali occorrenti”, completa la tabella successiva (fai attenzione a scrivere i valori numerici usando la notazione scientifica ed il corretto numero di cifre significative)

**Tabella 2: valori di riferimento**

GRANDEZZA FISICA	SIMBOLO	VALORE	INCERTEZZA
Resistenza elettrica	R		$E(R) = \pm 5\% R$
Capacità	C		$E(C) = \pm 15\% C$
ddp di alimentazione	$\Delta V_A$		$E(\Delta V_A)$
Tempo caratteristico RC	$T = R C$		$E(T) = T \left( \frac{E(R)}{R} + \frac{E(C)}{C} \right)$

## VIII

### Conclusioni (confronto tra risultati ottenuti e aspettati)

- a) Quali elementi devi prendere in considerazione per decidere se il modello teorico è applicabile ai dati da te ottenuti?

.....

.....

- b) Confronta qualitativamente il grafico dei dati sperimentali che hai ottenuto con i due grafici combinati insieme di Eq.1 e Eq.2.

.....

.....

- c) Confronta i valori di T,  $t_*$  e  $\Delta t_{**}$

.....

.....



d) Confronta o valori di  $\Delta V_A$  e  $\Delta V_M$

.....

.....

e) In definitiva, i risultati da te ottenuti corrispondono a quelli aspettati sulla base di Eq.1 e Eq.2? Giustifica la tua risposta.

.....

.....

f) Se hai ottenuto risultati del tutto inaspettati, indica qual è stato, secondo te, il problema e quali accorgimenti prenderesti nel caso tu ripetessi da capo l'esperimento.

.....

.....

### IX Questionario di verifica

1. Considera la funzione matematica così definita:

$$y = \begin{cases} a \cdot (1 - e^{-bx}) & \text{se } 0 < x < x_* \\ a \cdot e^{-b(x-x_*)} & \text{se } x > x_* \end{cases}$$

Essa è equivalente all'insieme delle equazioni date in Eq.1 e Eq.2 se fra i simboli utilizzati vale la seguente corrispondenza (completa la tabella)

y	x	$x_*$	a	b	e
$\Delta V$	t				

2. Data la funzione definita alla domanda precedente, quali valori numerici devono avere a, b e  $x_*$  perché l'equazione corrisponda al grafico dei dati sperimentali?

a = ..... ; b = .....  $x_*$  = .....

3. Se sostituissi solo la resistenza da 10 k $\Omega$  con una da 10 M $\Omega$  cosa accadrebbe:

I. Alla ddp massima del condensatore  $\Delta V_M$ ?.....

- II. Alla capacità del condensatore  $C$ ?.....
  - III. Alla costante di tempo caratteristica  $T$ ?.....
  - IV. All'intensità di corrente  $I$ ? .....
  - V. Alla carica finale  $Q$ ? .....
4. Se sostituissi solo la ddp di alimentazione da 4,5V con una da 9V cosa accadrebbe:
- I. Alla ddp massima del condensatore  $\Delta V_M$ ?.....
  - II. Alla capacità del condensatore  $C$ ?.....
  - III. Alla costante di tempo caratteristica  $T$ ?.....
  - IV. All'intensità di corrente  $I$ ? .....
  - V. Alla carica finale  $Q$ ? .....
5. Se sostituissi la capacità di 500  $\mu\text{F}$  con una di 50 pF, che valore dovrebbe avere la resistenza in modo tale che la costante di tempo caratteristica restasse invariata?
- I.  $R =$  .....
6. Se dovessi utilizzare una capacità più grande lasciando invariati gli altri parametri, che modifiche ti aspetteresti alla curva dei dati sperimentali?
- .....
- .....