

## Analisi dei fenomeni transitori nel circuito RC

### Scopo dell'esperimento

Lo scopo di questo esperimento è quello di studiare quantitativamente il processo di carica e scarica di un condensatore, posto in serie ad un resistore. Si andrà a verificare, inoltre, mediante un fit dei dati sperimentali, con l'aiuto della soluzione teorica, che la costante di tempo del circuito è, entro gli errori sperimentali, compatibile con il valore tabulato.

### Teoria del circuito RC

Il circuito RC di base è composto da un condensatore (in questo caso di capacità  $C = 470 \mu F$ ) e da una resistenza (in questo caso  $R = 10 k\Omega$ ), posti in serie; un possibile schema del circuito è mostrato nella figura 1.

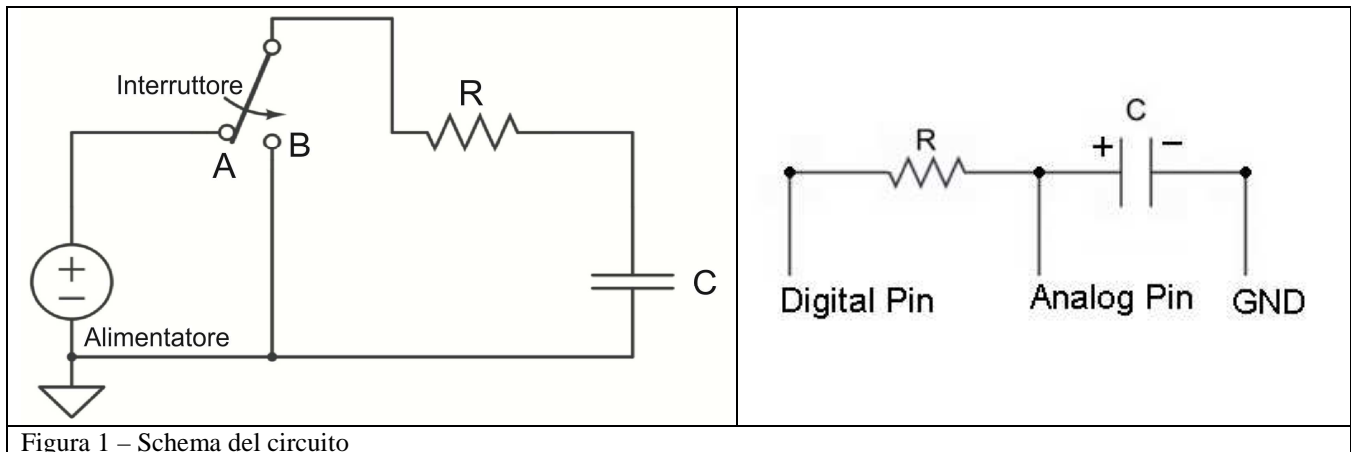


Figura 1 – Schema del circuito

#### Il processo di carica di un condensatore

La *seconda legge di Kirchhoff*, applicata ad un circuito RC, ci dice che durante la fase di carica (con l'interruttore nella posizione A), sulle armature del condensatore si viene a depositare una carica  $q$ , definita attraverso l'equazione differenziale:

$$V_{\text{fem}} - R \frac{dq(t)}{dt} - \frac{1}{C} q(t) = 0$$

dove  $V_{\text{fem}}$  è la tensione dell'alimentatore. Da questa si ricava (con la condizione iniziale  $q(0) = 0$ , cioè con la condizione di condensatore inizialmente scarico):

$$q(t) = CV_{\text{fem}} (1 - e^{-t/\tau})$$

dove  $\tau = RC$  è detta **costante di tempo** del circuito. La tensione ai capi del condensatore è definita dalla seguente espressione:

$$V(t) = \frac{q(t)}{C} = V_{\text{fem}} (1 - e^{-t/\tau})$$

#### Il processo di scarica di un condensatore

Sempre utilizzando la *seconda legge di Kirchhoff*, applicata ad un circuito RC, possiamo vedere come varia la tensione ai capi del condensatore durante la fase di scarica (con l'interruttore nella posizione B). L'equazione che dà la carica in funzione del tempo è:

$$\frac{1}{C} q(t) + R \frac{dq(t)}{dt} = 0$$

La soluzione è

$$q(t) = q_0 e^{-t/\tau}$$

dove  $q_0$  è la carica iniziale sul condensatore e  $\tau = RC$  è la costante di tempo definita sopra. La tensione ai capi del condensatore è definita dalla seguente espressione:

$$V(t) = \frac{q(t)}{C} = V_0 e^{-t/\tau}$$

dove  $V_0$  è tensione iniziale ai capi del condensatore.

## Esecuzione dell'esperimento

La prima cosa che ci serve, nell'esecuzione dell'esperimento, è costruire il sistema di acquisizione dati. Si utilizzerà una scheda **Arduino uno R3** su cui verrà caricato lo *sketch* in grado di alimentare il circuito con una tensione  $V_{\text{fem}}$  di 5 V e di leggere il voltaggio ai capi del condensatore, in funzione del tempo. Per alimentare il circuito si utilizzerà una porta **digitale** della scheda Arduino, mentre per leggere il voltaggio ai capi del condensatore si utilizzerà una delle porte **analogiche**. Quest'ultima è in grado sia di misurare un segnale di tensione. Il segnale deve stare nel *range* da **0 a 5 V**. Il valore misurato, dal *convertitore analogico/digitale* (ADC) restituisce un numero intero da **0 a 1023** (10 bits). Per ottenere il valore in Volt dobbiamo quindi prendere il valore letto dalla porta e moltiplicarlo per **5V / 1023**.

Il circuito va costruito sulla breadboard a disposizione e il suo schema è dato in figura 1. **Attenzione alla polarità del condensatore sul bordo è indicato il segno meno.**

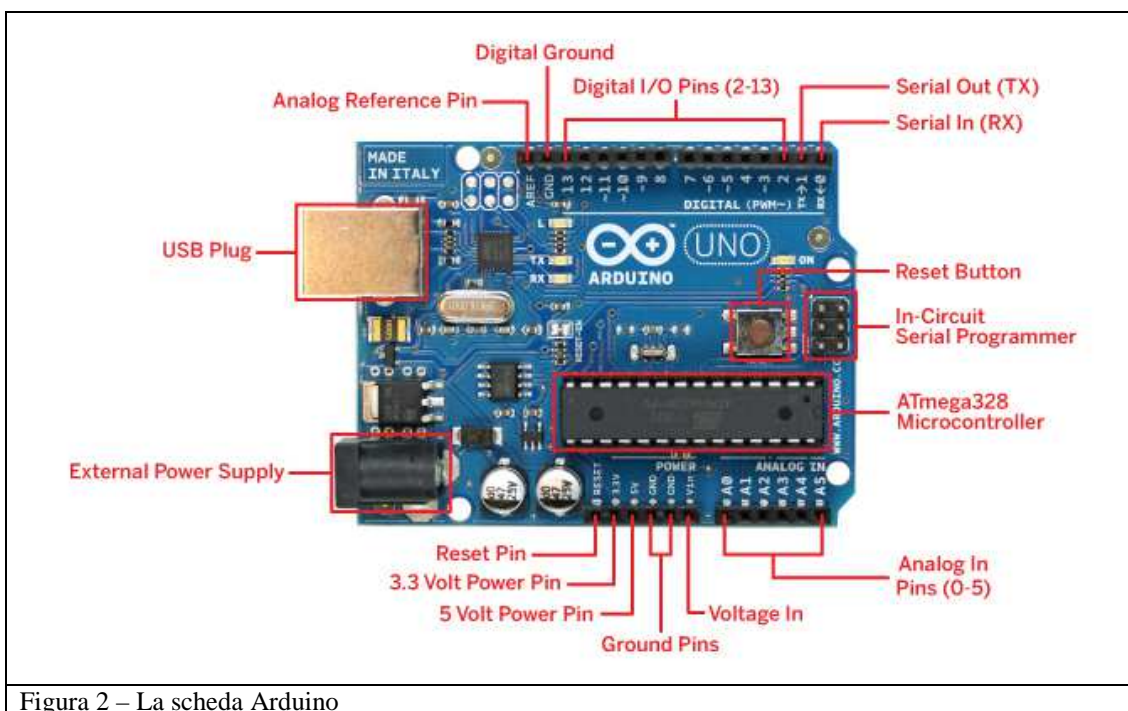


Figura 2 – La scheda Arduino

## Sketch per Arduino per la carica del condensatore

### //DEFINIAMO LE PORTE UTILIZZATE

/\*SELEZIONIAMO UNA DELLE PORTE ANALOGICHE (Analog In Pins (0-5)) PER LA MISURA DELLA TENSIONE AI CAPI DEL CONDENSATORE (IN QUESTO CASO LA 0)\*/

#define analogPin 0

/\*SELEZIONIAMO UNA DELLE PORTE DIGITALI (Digital I/O Pins 2-13) PER LA CARICA DEL CONDENSATORE (IN QUESTO CASO LA 13)\*/

#define chargePin 13

### //DICHIARIAMO LE VARIABILI SCALARI UTILIZZATE

int i; // indice del numero di misure

```
int Nmis = 101; // numero di misure che si vogliono effettuare, in questo caso 101
int deltaT = 200; // intervallo di tempo in ms tra due misure successive, in questo caso 200 ms
int b=1; //variabile intera utilizzata per mettere in standby Arduino
```

### **//IMPOSTIAMO NEL MODO CORRETTO LE PORTE UTILIZZATE**

```
void setup()
{
pinMode(chargePin, OUTPUT); //Imposta la porta digitale in uscita
digitalWrite(chargePin, LOW); //Imposta la porta digitale a 0 Volt, per scaricare il condensatore
Serial.begin(9600); //Impostiamo la velocità di trasmissione dati a 9600 baud
}
```

### **/\*DICHIAMO LE VARIABILI VETTORIALI UTILIZZATE E SCRIVIAMO IL PROGRAMMA DI ESECUZIONE DELLA MISURA\*/**

```
void loop()
{
double t[Nmis]; // vettore dei tempi in cui si effettuano le misure
double Vout[Nmis]; // vettore dei valori di tensione misurati
```

#### *//INFORMAZIONI VARIE SULLO STATO DELLA MISURA*

```
Serial.println("STO ASPETTANDO 30 S PER FAR SCARICARE COMPLETAMENTE IL CONDENSATORE");
```

```
delay(30000); //tempo di attesa in ms per essere certi di aver scaricato completamente il condensatore
```

```
Serial.println("INIZIO IL PROCESSO DI CARICA E LA MISURA");
```

```
digitalWrite(chargePin, HIGH); // Si imposta la porta digitale a 5 Volt, per la carica del condensatore
```

#### */\*INIZIO DELLA MISURA VERA E PROPRIA, SI INIZIA IL CICLO DI NMIS MISURE.*

*L'INTERVALLO DI TEMPO TRA UNA MISURA E L'ALTRA È DEFINITO DALLA VARIABILE DELTAT. LA TENSIONE AI CAPI DEL CONDENSATORE VIENE LETTA IN CANALI (COMANDO ANALOGREAD) E CONVERTITA IN VOLT (L'ADC LEGGE AL MASSIMO 5 V E HA 1024 CANALI, DAL CANALE 0 AL 1023!)\**

```
for(i=0;i<Nmis;i++)
```

```
{
Vout[i] = analogRead(analogPin)*5.0/1023.0; //lettura del valore di tensione e conversione da canali a Volt
t[i] = millis( ); // istante in cui viene fatta la misura da quando è iniziato lo sketch in millisecondi
delay(deltaT); // Aspetto deltaT ms prima della prossima misura
}
```

```
digitalWrite(chargePin, LOW); // Si imposta la porta digitale a 0 Volt, per scaricare il condensatore
```

### **//SCRIVIAMO I DATI SUL MONITOR SERIALE**

```
for(i=0;i<Nmis;i++)
```


```
{
Serial.print((t[i]-t[0])/1000, 3); //scrive il valore dell'istante in cui è stata fatta la misura in secondi con 3 decimali
Serial.print(";");
Serial.println(Vout[i], 4); //scrive il valore della differenza di potenziale con 4 decimali
}
Serial.println("HO FINITO DI STAMPARE LE MISURE");
```

```
while(b=1) {} //Mettiamo l'Arduino in standby, in modo che non esca dal ciclo loop e ricominci la misura
```


```
}
```

## **Installazione dello sketch su Arduino e inizio della misura.**

Per caricare gli sketch su Arduino si usa il software *Arduino* che si trova sul *desktop*. Una volta aperto appare la schermata di figura 3 bisogna copiare lo sketch precedente al suo interno e poi salvare il file su una cartella (il comando salva si trova dentro il sottomenu File). Una volta salvato, si può verificare

la corretta scrittura del codice con il pulsante *compila* 

Effettuare i collegamenti dei fili con *Arduino*. Ricordarsi di collegare anche la porta USB.

Se la compilazione è andata a buon fine si può caricare il programma sulla scheda *Arduino* con il pulsante *carica* .

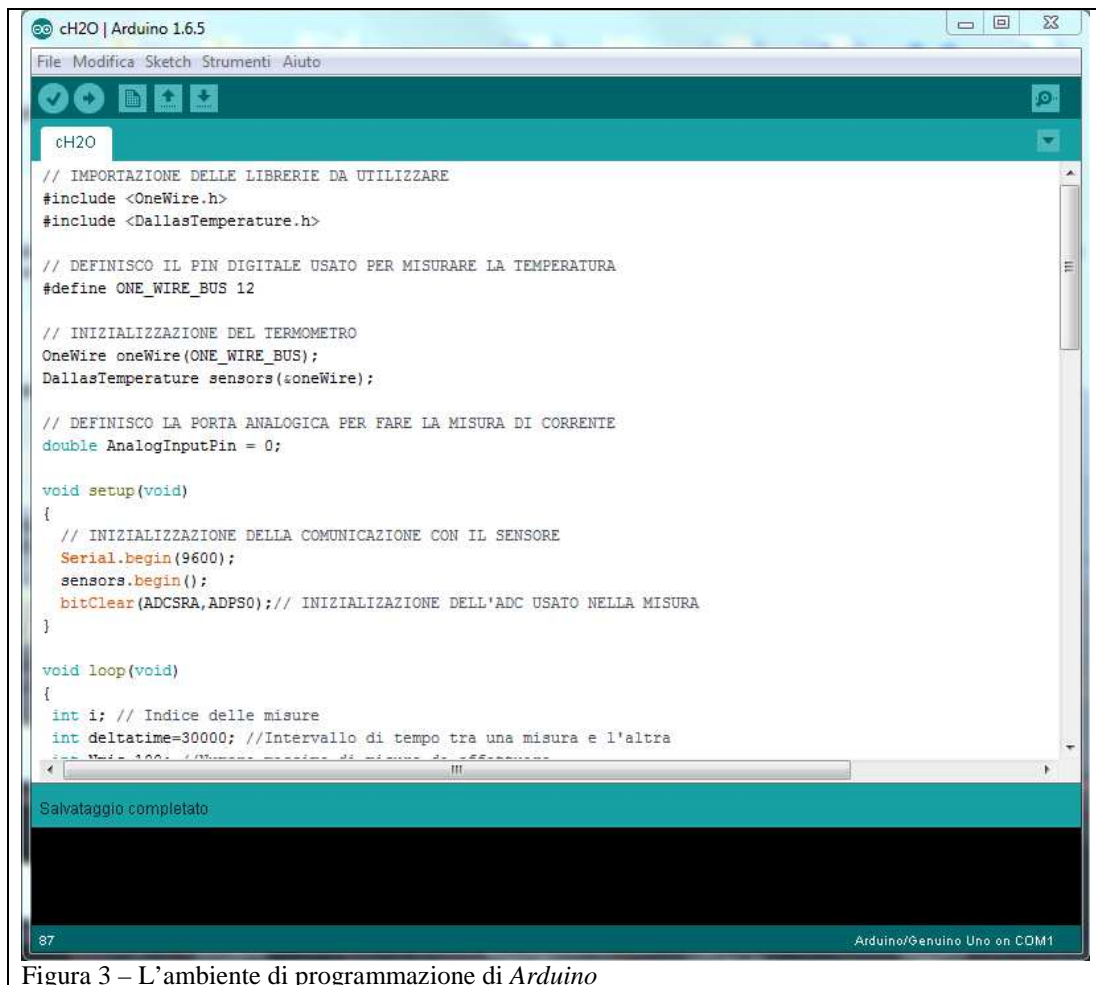


Figura 3 – L’ambiente di programmazione di *Arduino*

Per prima studiamo la carica del condensatore per cui non dobbiamo fare alcuna modifica allo sketch indicato sopra.

Per avviare l’esecuzione dello sketch cliccare su *Strumenti* e quindi su *Monitor seriale* (vedi figura 4)



Figura 4 – Il menu *Strumenti* e il *Monitor seriale*

Attendere quindi le istruzioni che indicano la fine della stampa delle misure: HO FINITO DI STAMPARE LE MISURE.

Sul Monitor seriale vengono stampati due valori per ogni riga, sono: il tempo dall'inizio della misura e la differenza di potenziale agli estremi del condensatore separati da punto e virgola.

I dati che appaiono sul Monitor seriale vanno salvati in un file di testo per la successiva rielaborazione. Per fare ciò:

- 1) Aprire *Blocco Note* di Windows.
- 2) Marcare i dati sul Monitor seriale e utilizzare il comando *copia* .
- 3) Posizionare il mouse nel Blocco Note e con il comando *incolla* trasferire i dati.
- 4) Salvare il file dandogli un nome: carica\_e\_scarica\_condensatore\_GNN (NN è il numero del gruppo: 01,02, 03, ecc.)..

### **Elaborazione dati**

Per l'elaborazione dati:

- 1) Aprite un foglio Excel in una pagina intitolata "carica"
- 2) Importate i dati come indicato nel punto 2 (pag. 5) della scheda RAPPRESENTAZIONE GRAFICA E ANALISI DEI DATI SPERIMENTALI CON EXCEL.
- 3) Fate il grafico dei dati come indicato nel punto 1 (pag. 1) della stessa scheda.
- 4) Linearizzare la funzione (vedi punto 4 a pag. 11 della scheda RAPPRESENTAZIONE GRAFICA E ANALISI DEI DATI SPERIMENTALI CON EXCEL)
- 5) Fate la regressione lineare dei dati come indicato nel punto 3 della scheda (pag. 8).
- 6) Calcolate il valore di  $\tau$  .
- 7) Confrontare il valore ottenuto con quello teorico aspettato.
- 8) Salvare il foglio Excel con il nome carica\_e\_scarica\_condensatore\_GNN (NN è il numero del gruppo: 01,02, 03, ecc.).

**Modificando opportunamente lo sketch studiare la scarica del condensatore. Inserire i dati in un'altra pagina dello stesso foglio Excel (chiamatela "scarica") e alla fine salvare il foglio con lo stesso nome.**

**Modificare il circuito inserendo un altro condensatore e/o resistenza in serie e/o in parallelo e ripetere le misure.**