

# Laboratorio di Fisica

Esperienza con Arduino: circuito RC e condensatori  
– Liceo Massimo D’Azeglio di Torino –

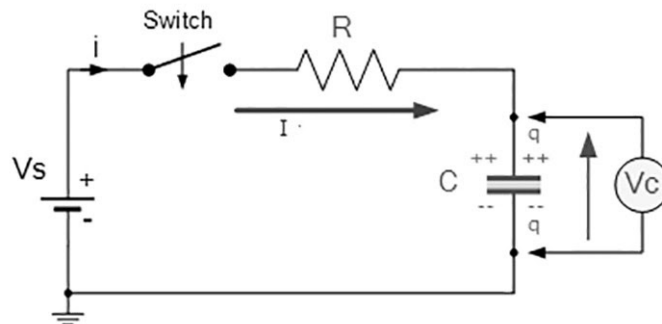
**Descrizione** Esperienza di laboratorio di fisica in cui lo studente usa Arduino per esplorare il comportamento di un condensatore all’interno di un circuito in corrente continua.

**Scopi dell’esperimento** Analizzare il comportamento di un condensatore in corrente continua; carica e scarica, funzioni matematiche; verificare le leggi per condensatori in parallelo e condensatori in serie.

**Strumenti e materiale:**

- scheda Arduino Uno e computer
- un resistore da 10 kΩ, due condensatori da 10 nF

**Richiami teorici** Il circuito RC consiste in un generatore di corrente continua, differenza di potenziale<sup>1</sup>  $V_s$ , collegato in serie ad un resistore di resistenza  $R$  e un condensatore di capacità  $C$  (come in figura). Inoltre un interruttore è necessario per aprire e chiudere il circuito e misurare la carica e la scarica del condensatore, in funzione del tempo, attraverso la misura della differenza di potenziale ai suoi capi  $V_c$ .



A interruttore aperto, la differenza di potenziale ai capi del condensatore è nulla. Appena viene chiuso il circuito, essa inizia ad aumentare secondo una legge esponenziale crescente. Se si apre il circuito ed è presente una messa a terra, la carica del condensatore passerà verso il punto a potenziale inferiore, di conseguenza la differenza di potenziale diminuirà secondo una legge esponenziale decrescente. Le espressioni matematiche sono le seguenti:

$$V_c(t) = V_s (1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad V_c(t) = V_s e^{-\frac{t}{RC}} \quad (1)$$

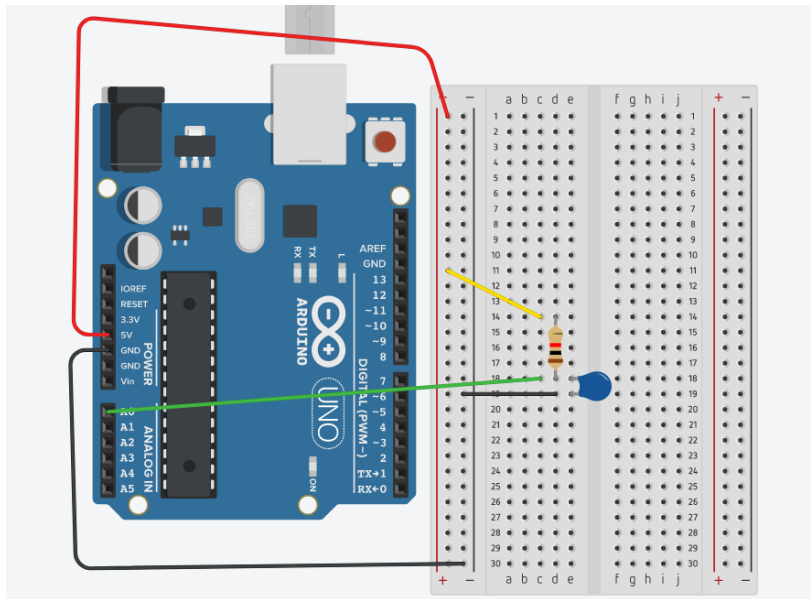
Dove il prodotto  $RC$  costituisce il tempo di carica o scarica che può essere utilizzato per misure sulla capacità del condensatore. Se si sostituisce il condensatore con una coppia di condensatori  $C_a$  o  $C_b$  in serie o in parallelo, il valore di capacità è ottenuto dalle seguenti leggi:

$$C_{parallelo} = C_a + C_b \quad C_{serie} = \frac{C_a C_b}{C_a + C_b} \quad (2)$$

<sup>1</sup>Parliamo di differenze di potenziale, ma per semplicità le indichiamo come  $V$ , anche perché Arduino misura dei valori di potenziale rispetto ad un riferimento comune, la terra o *ground* (GND).

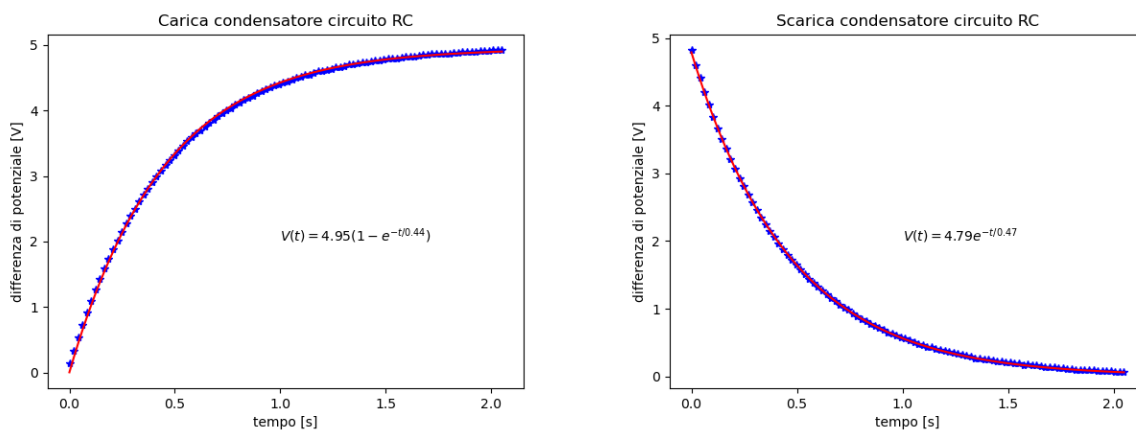
**Svolgimento: presa dati** La differenza di potenziale in ingresso  $V_s$  di 5 V è fornita dalla scheda Arduino, il valore di differenza di potenziale  $V_c$  è misurato con un qualsiasi pin analogico di Arduino.

1. Implementare un circuito analogo a quello mostrato nella seguente figura. Facendo attenzione che il piedino lungo del condensatore sia collegato al potenziale positivo e non al GND.



2. Usare il cavo rosso (potenziale positivo) come interruttore. Appena inserito, visualizzare i valori di  $V_c$  sul monitor seriale. Copiarli e incollarli su un file di testo. Assicurarsi che l'intero processo di carica sia rappresentato, in caso contrario, modificare i valori di `delay` nello sketch.
3. Scollegare il cavo rosso e collegare con un altro cavo il condensatore a terra (GND), quindi visualizzare i valori di  $V_c$  sul monitor seriale. Copiarli e incollarli su un altro file di testo.
4. Sostituire il condensatore con due condensatori in serie e poi in parallelo e ripetere quanto fatto ai punti precedenti.

**Svolgimento: analisi dati** Rappresentare su un diagramma differenza di potenziale-tempo i dati trovati usando il foglio di calcolo o Python come in figura.



Trovare la funzione matematica esponenziale che rappresenta al meglio i dati, da essa ricavare la costante di tempo  $\tau = RC$  e ricavare il valore di capacità del condensatore durante la fase di carica e la fase di scarica. Attenzione: la costante fornita dal foglio di calcolo è il reciproco di  $\tau$ .

Ripetere la procedura per i condensatori in serie e parallelo e verificare le leggi teoriche. Stimare l'incertezza cercando di tenere conto dei molteplici fattori di errore.

Trarre delle conclusioni sul confronto dei valori, sui valori di incertezza, sui possibili errori sistematici, casuali o accidentali commessi.

**Codice** Si riporta un esempio di codice. Si è fatto uso di una funzione `voltage` che misura il valore di differenza di potenziale dal pin con conversione da bit a volt. Nel `loop` compaiono tre cicli:

- il primo `while` lascia l'acquisizione spenta finché non ci sono variazioni di differenza di potenziale rispetto al valore iniziale caricato nel `setup`;
- il ciclo `for` effettua l'acquisizione per un tempo limitato e per 100 campioni (valori modificabili in caso di necessità durante l'esperimento);
- l'ultimo `while` ferma tutto al termine dell'acquisizione, per evitare di perdere i dati prima di salvarli su file.

```
float voltage(){
    return analogRead(A0)*5/1024.;
}

float firstValue;
unsigned long t0;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    firstValue = voltage();
}

void loop() {
    while ( fabs(firstValue - voltage()) < 0.1 ){
        t0 = micros();
    }

    for (int i=0; i<100; i++){
        unsigned long now = micros();
        Serial.print(now - t0);
        Serial.print(" ");
        Serial.println(voltage());
        delay(20);
    }

    while(1){
    }
}
```