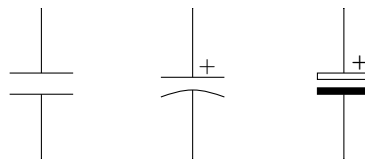


Condensatori

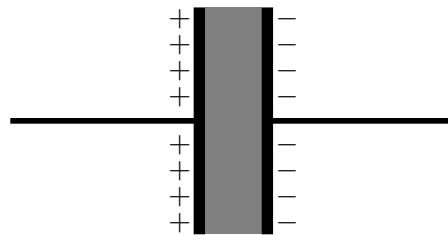
1 Condensatori

Un altro componente passivo molto importante, oltre alla resistenza, è il **condensatore**, che serve a immagazzinare energia elettrica, ed può essere indicato negli schemi elettrici con vari simboli (alcuni dei quali rappresentano però tipi particolari di condensatori, che verranno dettagliati più avanti):



Un condensatore è formato sostanzialmente da due piastre di materiale conduttore separate da un materiale *dielettrico* (isolante, cioè che non conduce corrente: aria, plastica, vetro, ceramica, ecc.), e funziona nel modo seguente:

1. Quando viene collegato ai poli di una batteria (o, in generale, di un generatore di tensione), la corrente che scorre nel circuito *carica* le piastre: quella collegata al polo positivo della batteria si carica positivamente (diminuisce la concentrazione di elettroni sulla piastra), mentre quella collegata al polo negativo si carica negativamente (aumenta la concentrazione di elettroni).

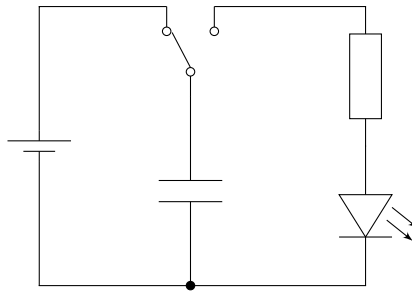


Si forma così tra le due piastre un campo elettrico, la cui intensità aumenta gradualmente man mano che il condensatore si carica.

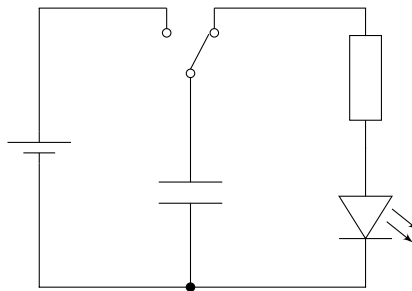
2. A un certo punto, il campo elettrico raggiunge una tensione esattamente pari a quella fornita dalla batteria, e allora il flusso di corrente si arresta. Da questo momento, l'energia accumulata viene mantenuta potenzialmente per sempre (supponendo di considerare un condensatore ideale, senza perdite, che in realtà non esiste), anche se si scollega il condensatore dalla batteria.

3. Il condensatore carico può essere usato collegato ad altri componenti per alimentarli utilizzando l'energia immagazzinata. Nel fare ciò, il condensatore si scarica, fino a tornare allo stato iniziale (con una concentrazione di elettroni uguale su entrambe le piastre).

Ad esempio, si può costruire un circuito in cui un condensatore viene collegato alternativamente a una batteria o a un LED (un componente che emette luce quando viene attraversato da una corrente) mediante un *commutatore* (un interruttore che realizza due collegamenti diversi a seconda della sua posizione). Quando viene collegato alla batteria il condensatore si carica:



Azionando poi il commutatore, si collega il condensatore al LED, che si accende grazie all'energia immagazzinata nel condensatore (finché quest'ultimo non si scarica):



Nota: In questo circuito è presente anche una resistenza, che, come si vedrà più avanti, serve a limitare la corrente nel LED per evitare di bruciarlo.

2 Valori caratteristici di un condensatore

Il principale valore caratteristico di un condensatore è la sua **capacità** C , che indica quanta energia è in grado di immagazzinare, ed è misurata in **farad** (F). In pratica, una capacità di 1 F è estremamente elevata, quindi si usano più spesso i microfarad ($1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$), nanofarad ($1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$) e picofarad $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$.

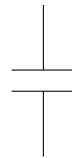
Un'altra caratteristica importante di un condensatore è la tensione massima (V_{max}) che è in grado di sopportare: oltre tale tensione, il dielettrico non riesce più a funzionare da isolante, e avviene una scarica elettrica che fa passare della corrente tra le due piastre, degradando / bruciando il condensatore e potenzialmente gli altri componenti del circuito a cui è collegato (perché questi si trovano a ricevere una corrente che non è stata considerata in fase di progettazione del circuito).

Tipicamente, a valori più alti di capacità e tensione massima corrispondono maggiori dimensioni fisiche, ma questo varia notevolmente in base al tipo di condensatore.

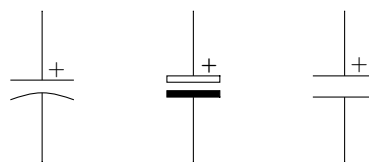
3 Tipi di condensatori

Esistono tanti tipi diversi di condensatori: ciascuno di essi ha diverse proprietà, che lo rendono più adatto a determinati usi.

- I condensatori “normali”, formati da piastre di materiale conduttivo separate da un materiale dielettrico, hanno in genere capacità piuttosto basse (si trovano comunemente con valori dai picofarad fino a qualche microfarad), ma sono molto affidabili e non sono polarizzati (possono essere usati in entrambe le direzioni). Negli schemi elettrici, essi sono indicati con il simbolo



- I condensatori **elettrolitici** fanno uso di una reazione chimica interna per formare il dielettrico, permettendo di raggiungere valori di capacità notevolmente più alti (ad esempio 1000 μF) senza aumentare eccessivamente le dimensioni fisiche. In compenso, essi sono polarizzati (possono essere usati in una sola direzione¹) come indicato dai simboli usati per rappresentarli negli schemi elettrici:



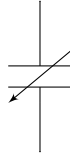
Se si inverte la polarità di un condensatore elettrolitico, o se si supera la sua tensione massima, le sostanze chimiche presenti al suo interno iniziano a generare gas, fino a provocare uno scoppio più o meno violento dell'involucro del condensatore, che nei casi peggiori viene sparato come un proiettile. Al fine di ridurre questo rischio, l'involucro è solitamente chiuso da un *disco di rottura*, pensato per rompersi

¹La polarità di un condensatore elettrolitico è sempre chiaramente indicata sull'esterno del condensatore.

prima che la pressione interna diventi eccessiva e rilasciare il gas in maniera più controllata. Nonostante ciò, quando si alimenta per la prima volta un circuito è fortemente consigliato tenere gli occhi ben lontani dai condensatori elettrolitici.

- I **supercondensatori** hanno capacità altissime (ad esempio 1 F), a costo di tensioni massime piuttosto basse (ad esempio 2.5 V).

Infine, esistono condensatori a capacità regolabile,



usati soprattutto in passato nei circuiti radio.

4 Condensatori in serie e in parallelo

Quando vengono messi in serie o in parallelo, i condensatori si comportano in modo esattamente opposto alle resistenze:

- quando li si collega **in parallelo** le loro capacità si sommano:

$$C_{TOT} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

- quando li si collega **in serie** vale la formula

$$\frac{1}{C_{TOT}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

e, nel caso particolare di due soli condensatori,

$$C_{TOT} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Per quanto riguarda invece le tensioni massime, nel collegamento in parallelo vale la V_{max} più bassa tra quelle dei singoli condensatori, mentre con il collegamento in serie si ottiene una tensione massima più alta, ma calcolarla non è banale. Per semplicità e prudenza, quando possibile, conviene collegare in serie o in parallelo condensatori aventi tutti la stessa V_{max} , e considerare quest'ultima anche come tensione massima dell'intero "gruppo" di condensatori.

4.1 Esempi di calcolo

- Mettendo in parallelo tre condensatori da $10\ \mu\text{F}$, $1\ \mu\text{F}$ e $0.1\ \mu\text{F}$, si ottiene la capacità totale:

$$C_{TOT} = 10\ \mu\text{F} + 1\ \mu\text{F} + 0.1\ \mu\text{F} = 11.1\ \mu\text{F}$$

- Mettendo un condensatore di capacità $1000\ \mu\text{F}$ e tensione massima $25\ \text{V}$ in parallelo a un altro da $22\ \mu\text{F}$ e $450\ \text{V}$ si ottengono una capacità di $1022\ \mu\text{F}$ e una tensione massima di $25\ \text{V}$.
- Due condensatori da $1\ \mu\text{F}$ collegato in serie danno una capacità totale di

$$C_{TOT} = \frac{1\ \mu\text{F} \cdot 1\ \mu\text{F}}{1\ \mu\text{F} + 1\ \mu\text{F}} = \frac{1}{2}\ \mu\text{F} = 0.5\ \mu\text{F}$$

5 Indicazione dei valori

Mentre i valori delle resistenze vengono di fatto rappresentati sempre allo stesso modo, usando il codice colore (almeno nel caso di resistenze per il montaggio a fori passanti), esistono tanti modi diversi per indicare i valori dei condensatori:

- alcuni (soprattutto quelli elettrolitici, o comunque quelli fisicamente abbastanza grandi) riportano i valori di capacità e tensione massima scritti per intero (ad esempio “ $22\ \mu\text{F}\ 450\ \text{V}$ ”);
- altri, ormai però rari, usano un codice colore;
- più spesso si trovano vari tipi di sigle o codici numerici, che possono essere difficili da interpretare.

In molti casi, quindi, piuttosto che sforzarsi a capire le diciture presenti sui condensatori, risulta più semplice munirsi di un tester che sia in grado di misurare direttamente i valori di capacità.