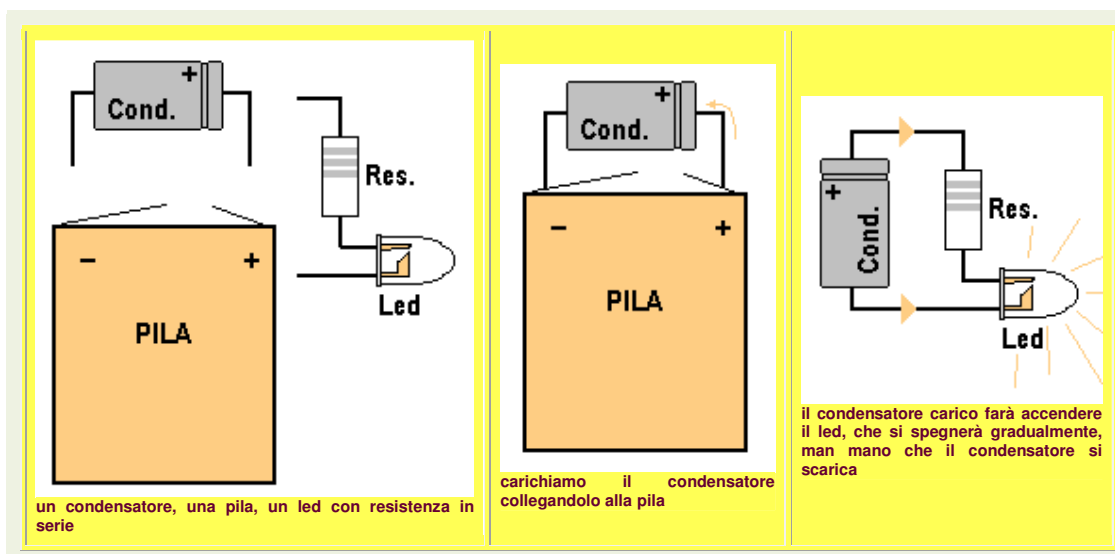


## Cosa sono i condensatori?

I condensatori sono fra i componenti più utilizzati nei circuiti elettronici. In funzione della tecnologia costruttiva e degli impieghi specifici, i condensatori si presentano nelle forme più diverse, dai grossi contenitori cilindrici degli elettrolitici da 10.000 e più  $\mu\text{F}$  alle minuscole pastiglie dei condensatori ceramici o alla forma a goccia di quelli al tantalio.

Il condensatore è un dispositivo in grado di immagazzinare energia elettrica. Possiamo vederlo praticamente con un semplice esperimento, per cui basta procurarsi una pila da 4,5 V, un condensatore elettrolitico da circa 1000  $\mu\text{F}$  ed un led cui aggiungeremo in serie una resistenza da 100 ohm (vedi figura seguente).



- 1- colleghiamo il condensatore alla pila, facendo attenzione alla polarità (il segno "+" del condensatore deve corrispondere al segno "+" della pila); dopo pochi secondi il condensatore si sarà caricato
- 2- stacciamo adesso il condensatore carico dalla pila e colleghiamolo al led, facendo attenzione alla giusta polarità dei terminali ed interponendo la resistenza da 100  $\Omega$ : per qualche istante il led si illuminerà, come se lo avessimo collegato alla pila, spegnendosi gradualmente man mano che il condensatore si scarica.

La resistenza serve per far scorrere la corrente più lentamente durante la scarica, altrimenti il led farebbe solo un rapido lampo di luce, rischiando anche di bruciarsi.

Usando condensatori di maggiore capacità, il led rimarrà acceso più a lungo.

La quantità di energia che si accumula in un condensatore dipende dalla sua capacità e dalla tensione di lavoro: se indichiamo con **Q** la quantità di carica, con **C** la capacità e con **V** la tensione, vale la formula  $Q = C \cdot V$ .

Dal punto di vista fisico, un condensatore è costituito da due superfici metalliche (ovvero conduttrici), dette **armature**, separate da un isolante, che prende il

nome di **dielettrico**; l'isolante può essere anche la semplice aria, il che equivale a dire che le due superfici metalliche si trovano una di fronte all'altra ma senza toccarsi.

Quanto più sono estese le due superfici, tanto maggiore è la capacità; analogamente, la capacità è maggiore quanto più le due superfici sono vicine.

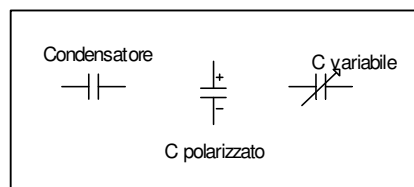
La capacità dipende poi anche dall'isolante che si trova fra le due superfici: il valore più basso si ha quando c'è solo l'aria; se il dielettrico è costituito da altri materiali, la capacità aumenta in funzione del materiale, secondo una grandezza caratteristica di ciascun materiale, che viene detta "**costante dielettrica relativa**".

Tale costante si indica col simbolo  $\epsilon_r$ , ed è stabilito per convenzione che il suo valore per l'aria sia uguale a 1; se un condensatore le cui armature sono separate dall'aria ha una certa capacità, interponendo al posto dell'aria un dielettrico come la mica, la capacità del condensatore aumenta di circa 5 volte: si dice allora che la costante dielettrica relativa della mica ha valore 5.

Nella pratica i condensatori si realizzano avvolgendo insieme due sottili lamine metalliche, separate da un film plastico dello spessore di alcuni decimi di micrometri; quando si richiedono capacità molto elevate, invece del film plastico si usa come dielettrico uno strato di ossido, formato direttamente su una superficie metallica, ed un **elettrolita** come secondo elettrodo (ecco perché si parla di **condensatori elettrolitici**).

Il parametro fondamentale che caratterizza il condensatore è il suo valore di capacità  $C$ , legato alla carica  $Q$  presente sulle sue armature e alla ddp fra di esse dalla relazione:

$$C = \frac{Q}{V}$$



La capacità si misura in Farad (F), quindi un condensatore avrà capacità di 1F se possiede su ciascuna armatura la carica di 1 Coulomb (C), quando è presente fra esse la ddp di 1 volt (V).

La carica si mantiene sulle armature finché è presente la ddp e l'isolante è in grado di separare galvanicamente le armature fra loro. Quando una carica giunge su una delle armature del Condensatore, immediatamente se ne genera una uguale, ma di segno opposto, sull'altra, grazie al fenomeno fisico studiato in elettrostatica (fisica) detto INDUZIONE elettrostatica.

## Comportamenti del condensatore

- **Alimentato in continua** il condensatore, al termine di una fase transitoria di carica (le armature diventano sede di cariche elettriche), si comporta come

un CIRCUITO APERTO, impedendo dunque la circolazione della corrente elettrica a causa della presenza del dielettrico in serie alle armature.

- **Alimentato in alternata** il condensatore esegue ciclicamente fasi di carica e scarica a causa del fatto che la ddp cambia di valore e di segno con andamento sinusoidale. Le armature invertono la loro polarità ad un ritmo pari alla frequenza della sinusoide e si rende possibile pertanto la circolazione di una corrente attraverso il componente, anch'essa di tipo alternato e della stessa frequenza della tensione applicata.

## Grandezze caratteristiche del condensatore

### Capacità nominale

E' il valore della capacità che identifica il componente. Appartiene ad una serie di valori normalizzati, a seconda della tolleranza, un po' come si è visto per i resistori.

### Tolleranza

Esprime il massimo scostamento in segno ed in valore percentuale rispetto al valore nominale che la capacità effettiva del condensatore può avere. Valori tipici sono:  $\pm 5\%$  ,  $10\% \pm$

### Tensione nominale

E' la massima tensione cui può essere fatto lavorare il componente. Oltre il valore nominale non è più garantita l'integrità, nè tanto meno il funzionamento del componente.

### Categoria di temperatura

E' il range termico nel quale è garantito il funzionamento del bipolo. E' bene che sia il più ampio possibile. Valori tipici:  $-50^\circ/+125^\circ\text{C}$ .

### Coefficiente di Temperatura

La capacità varia con la temperatura e questa dipendenza viene indicata in ppm/ $^\circ\text{C}$  (parti per milione al grado centigrado). Ad esempio un condensatore con TC=P100 vuol dire che presenta un coefficiente termico che vale  $+100$  ppm/ $^\circ\text{C}$  (P=positive ; N=negative), quindi se il suo valore nominale fosse di 1 Farad, la sua capacità aumenterà di  $100 \cdot 10^{-6} = 0,0001$  F per ogni grado. Se l'intervallo di temperatura fosse di  $50^\circ\text{C}$ , allora la capacità passerebbe da 1F a 1,005F (aumenterebbe di 5 milliFarad).

### Sottomultipli del Farad

Il Farad (F) è una unità di misura che si è rivelata nel corso dei decenni troppo grande nei confronti dei valori di capacità utilizzati in elettrotecnica e in elettronica. Si usano quindi i suoi sottomultipli, in particolare:

| Sottomultiplo     | Valore                                      | Simbolo                         | Utilizzo  |
|-------------------|---|---------------------------------|---|
| <b>MilliFarad</b> | $10^{-3}$ Farad =<br>1/1000 di Farad        | <b>mF</b>                       | Grossi condensatori elettrolitici, ad esempio per motori elettrici o rifasamento... |
| <b>MicroFarad</b> | $10^{-6}$ Farad = 1<br>milionesimo di Farad | <b><math>\mu\text{F}</math></b> | Capacità per alimentatori, piccoli motori elettrici, filtri audio ...               |

|                  |   |           |  |
|------------------|---|-----------|--|
| <b>NanoFarad</b> | 10 <sup>-9</sup> Farad = 1 miliardesimo di Farad                | <b>nF</b> | Filtri e circuiti elettronici in genere                                |
| <b>PicoFarad</b> | 10 <sup>-12</sup> Farad = 1 milionesimo di milionesimo di Farad | <b>pF</b> | Circuiti risonanti, circuiti a radio frequenza, capacità parassite ... |

## Il Condensatore Piano

Il più semplice condensatore che sia possibile costruire è detto condensatore piano ed è costituito da due armature ciascuna di **Area S**, distanziate fra loro da uno **spessore d** di materiale isolante dotato di **costante dielettrica ε**.

Si ricorda che  $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$  dove  $\epsilon_0$  rappresenta la costante dielettrica del vuoto (o aria) e vale  $8,859 \cdot 10^{-12}$  F/m, mentre  $\epsilon_r$  è un valore indicativo della sostanza che fa da dielettrico e si trova tabulato sui libri di testo ( es. Polietene=2,7 ; acqua=80 ).

La formula per il calcolo della Capacità è :

$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

Si deduce da essa che un condensatore è tanto più capace quanto più è grande l'area delle armature e quanto più esse sono vicine fra loro. Inoltre maggiore è il valore di  $\epsilon$  e più elevata risulterà la capacità.

## Le caratteristiche dei condensatori di uso più frequente

### CONDENSATORI ELETTROLITICI

Sono i più comuni. Il valore della capacità e della tensione di lavoro sono in genere stampigliati chiaramente sull'involucro; la precisione dei valori è approssimativa, essendo ammessa una tolleranza di circa  $\pm 20\%$ .

Nei condensatori elettrolitici il dielettrico è un sottilissimo strato di ossido, fatto formare direttamente sul metallo (l'alluminio) che fa da armatura e costituisce l'anodo; il tutto è immerso in un elettrolita che, essendo un sale disciolto, risulta conduttore. Il caratteristico involucro metallico di forma cilindrica che fa da contenitore, diventa, ai fini del collegamento elettrico, il terminale negativo ovvero il catodo. Proprio a causa della loro costituzione, i condensatori elettrolitici sono "polarizzati", il che vuol dire che devono necessariamente essere collegati ad una tensione continua, rispettando le polarità, positiva e negativa, indicate sull'involucro. Collegando il

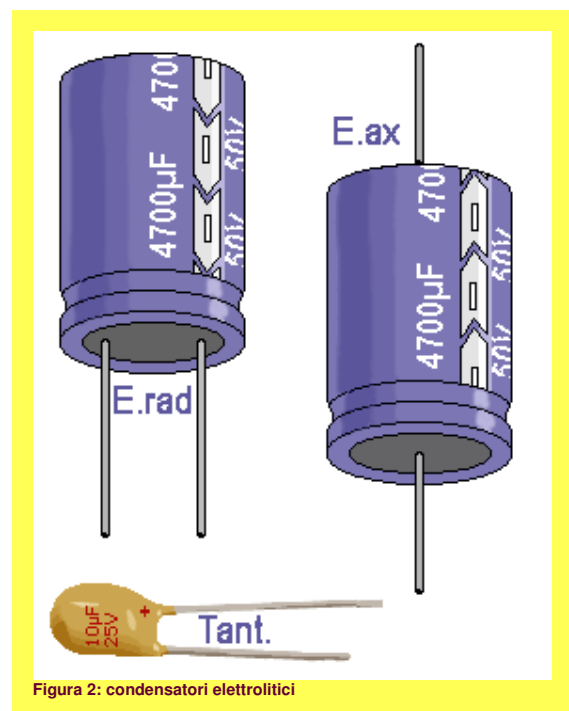


Figura 2: condensatori elettrolitici

condensatore al contrario, esso si distrugge rapidamente e rischia di esplodere. Anche l'applicazione di una tensione superiore a quella di lavoro può causare l'esplosione del condensatore.

Come gli altri tipi di condensatori, gli elettrolitici possono essere di tipo radiale (**fig.2: E.rad**), con entrambi i terminali che escono dallo stesso lato, adatti ad un montaggio in verticale, oppure di tipo assiale (**fig.2: E.ax**), con un terminale per lato, adatti al montaggio orizzontale. Una banda laterale indica la polarità di almeno uno degli elettrodi.

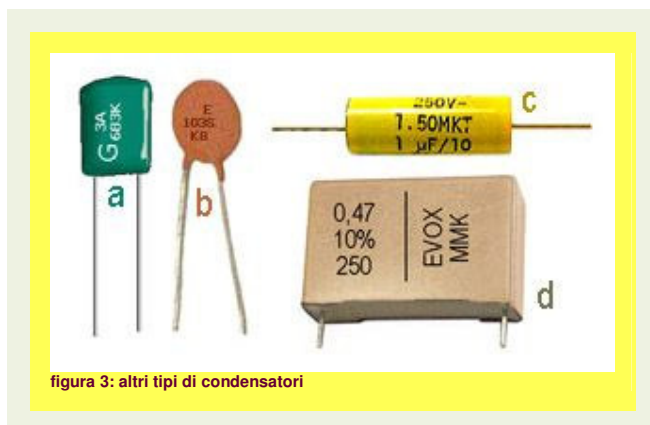
Gli elettrolitici sono condensatori di grande capacità, in grado di accumulare notevoli quantità di energia; per tale motivo trovano impiego principalmente negli alimentatori, per il livellamento della tensione e la riduzione del "ripple" (ovvero delle ondulazioni residue).

## CONDENSATORI AL TANTALIO

Sono anch'essi dei condensatori polarizzati, ma in essi il dielettrico è costituito da pentossido di tantalio (**fig.2: Tant.**). Sono superiori ai precedenti come stabilità alla temperatura ed alle frequenze elevate; sono tuttavia più costosi e la loro capacità non raggiunge valori molto elevati. Come i precedenti, devono essere montati in circuito osservando la polarità indicata in prossimità dei terminali.

## ALTRI CONDENSATORI

Tranne i condensatori elettrolitici e quelli al tantalio, tutti gli altri condensatori non sono polarizzati, per cui possono essere montati indifferentemente in circuito in un verso o nell'altro, e funzionare anche in assenza di una tensione continua di polarizzazione.



Esistono tanti tipi di condensatori, realizzati con tecnologie e dielettrici diversi. In figura 3 ne sono illustrati alcuni:

- a-** radiale in poliestere (mylar)
- b-** ceramico a disco
- c-** assiale in polipropilene
- d-** in poliestere metallizzato

I condensatori in **poliestere** vengono prodotti fino a capacità di qualche  $\mu\text{F}$  e per tensioni di lavoro fino a 1000 V; sono più adatti per l'impiego in bassa frequenza.

I condensatori in **poliestere metallizzato** sono di buona qualità e stabilità rispetto alla temperatura.

I condensatori in **polipropilene** consentono valori di capacità più precisi, con tolleranze di circa l' 1%; sono adatti ad un campo di frequenze fino a 100kHz.

I condensatori con **dielettrico in policarbonato** si trovano con valori di capacità fino a 10  $\mu\text{F}$  e per tensioni di circa 400 V; presentano una capacità molto costante, per cui possono essere vantaggiosamente utilizzati nei circuiti oscillanti.

Sempre indicati per l'uso in circuiti oscillanti sono i condensatori in **polistirolo**, caratterizzati dal valore costante di capacità e reperibili per valori fino ad 1  $\mu\text{F}$ .

I condensatori **ceramici** sono utilizzati in genere per le alte frequenze. Possono essere del tipo ad elevata costante dielettrica, così da consentire di ottenere alte capacità con ingombro limitato, oppure del tipo a bassa costante dielettrica, caratterizzati dalla capacità stabile e da perdite molto basse; per tale motivo vengono impiegati nei circuiti oscillanti di precisione. In merito all'aspetto, possono presentarsi nella classica forma a disco, o nella vecchia forma di un tubetto con i terminali alle due estremità. I ceramici a disco sono molto usati in parallelo agli elettrolitici, per fugare a massa le alte frequenze.

I **condensatori a mica argentata** sono altamente stabili ed hanno un buon coefficiente di temperatura; sono utilizzati per applicazioni di precisione, nei circuiti risonanti, nei filtri di frequenze e negli oscillatori ad alta stabilità.