

carica e scarica di un condensatore

Ionut Cicio 3Binf.

31-01-2020

Obiettivo

Dimostrare e spiegare il funzionamento di carica e di scarica di un condensatore, simulando i due circuiti su qucs, ed elaborando i grafici risultanti dalla simulazione.

Strumenti

qucs versione 0.0.19 (<http://qucs.sourceforge.net/>)

Spiegazione teorica

definizione

Il condensatore ("*capacitor*" in inglese) e' un componente elettronico che ha la capacita' di immagazzinare energia sotto forma di campo elettrostatico. Tale energia, nel caso di un condensatore ideale, viene conservata all'infinito. (nel caso reale, essendo che tutto e' fatto di materiale, tutto ha una resistenza, per cui, anche se molto lentamente, il condensatore si scarica)

composizione

Il condensatore e' composto da due conduttori detti armature, o piatti, separati da un materiale isolante detto dielettrico.

In particolare, quando viene applicata una tensione ai capi delle armature, le piccole cariche all'interno del dielettrico "*ruotano*" in modo da allinearsi

con con il campo elettrico. Cio' e dimostrabile dal fatto che il condensatore si riscalda, fenomeno dovuto all'attrito generato dalla rotazione di queste cariche.

Su ogni condensatore vengono indicati la capacita' e la tensione massima supportata (figura 1) (infatti, se viene applicata una tensione troppo alta, gli elettroni del dielettrico raggiungono la banda di conduzione, per cui il dielettrico viene attraversato da una carica *disruptiva*, e il condensatore esplode; anche nel caso in cui il dielettrico sopravvive, come nei condensatori ad aria, le armature si possono comunque fondere).

Esistono diversi tipi di condensatori (figura 4): ceramici, a poliestere, variabili, ed elettrolitici; esistono piccoli condensatori che si attaccano direttamente all'PCB (figura 2, C3). In particolare c'è un discorso da fare sui condensatori elettrolitici: oltre ad essere polarizzati (quindi vanno inseriti nel verso corretto, altrimenti possono rompersi), essendo condensatori in genere molto capienti, contenenti acido, hanno una "valvola" nella parte superiore, per rilasciare la pressione nel caso di tensioni troppo elevate, in modo da non esplodere (figura 3).



figura 1



figura 2



figura 3



figura 4

formule relative al condensatore

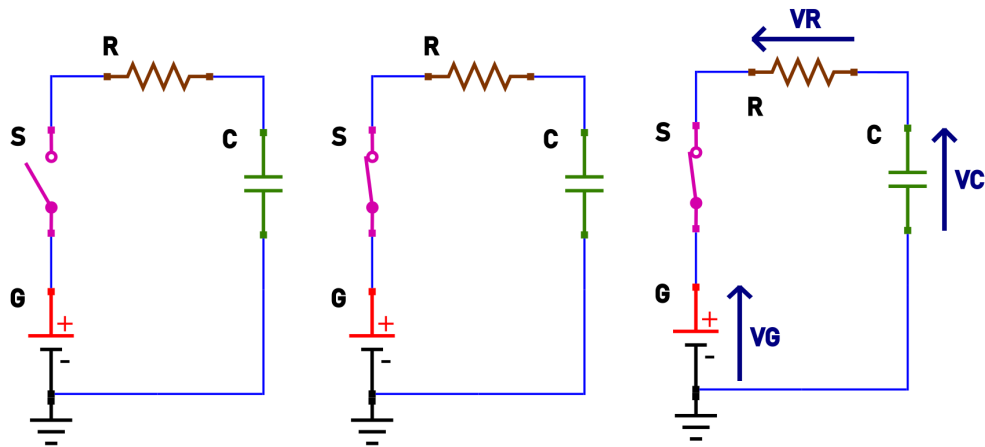
Per determinare la capacità effettiva del condensatore, basandoci sulla sua composizione fisica e chimica si usa la formula $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}$ dove ε_0 indica la *costante dielettrica nel vuoto* ($4\pi \cdot 10^{-12}$), dove ε_r indica la *costante dielettrica relativa al materiale*, S la superficie sovrapposta delle armature e d la distanza fra le armature.

Un altro dei parametri fondamentali quando si considera il condensatore all'interno del circuito è il tempo di carica, determinabile con $t = 5\tau$, dove τ , che indica la "*velocità*" di carica del condensatore, è dato dal prodotto fra la capacità C del condensatore e la resistenza totale R, vista dal condensatore: $\tau = RC$.

La curva di carica e di scarica del condensatore è di tipo esponenziale, avendo $Q(t) = \varepsilon C(1 - e^{-t/\tau})$. Sapendo che $Q = CV \Rightarrow V = \frac{Q}{C}$, si avrà $V(t) = \varepsilon(1 - e^{-t/\tau})$.

Anche la percentuale di carica del condensatore in funzione al tempo è di tipo esponenziale avendo infatti $x = 100(1 - e^{-t/\tau})$, dove x indica la percentuale di carica.

circuito di carica



Il circuito progettato per la carica del condensatore nella prima figura si possono individuare $G = 12V$, $R = 10k\Omega$, $C = 33\mu F$. Asserito ciò, si può determinare che $\tau = 1 \cdot 10^4 \cdot 33 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \tau = 0.33$, avendo infine $t = 1.65$. In particolare l'interruttore S verrà chiuso dopo 1 secondo, quindi si può ipotizzare che il condensatore sarà completamente carico a 2.65 secondi della simulazione, quindi una simulazione di 4 secondi è più che sufficiente per far raggiungere al condensatore una carica del 99% (il condensatore, al livello teorico infatti, ci mette un tempo ∞ per caricarsi al massimo)

grafici carica

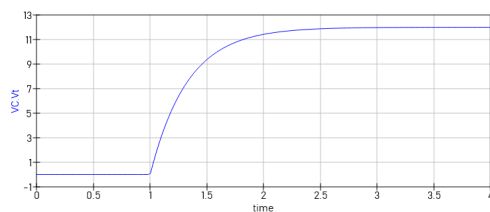


grafico VC

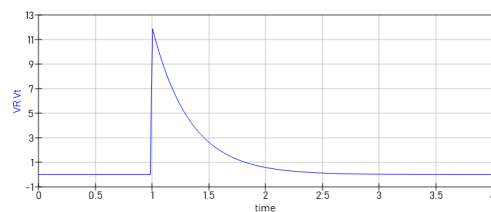
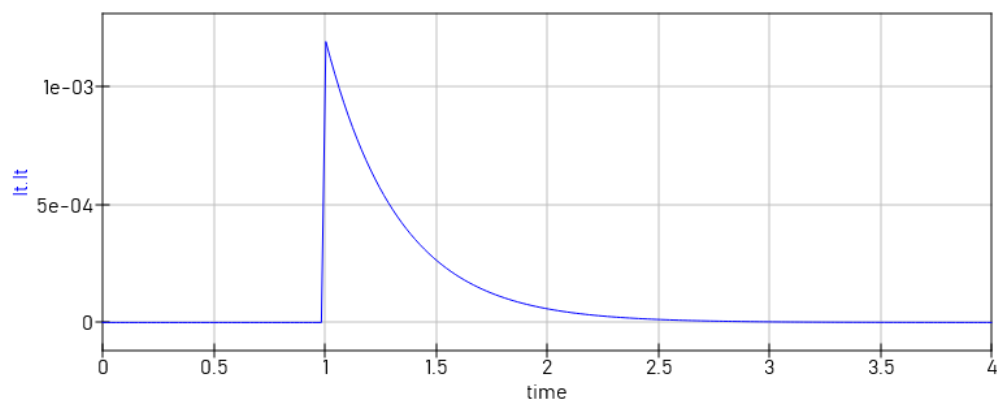


grafico VR

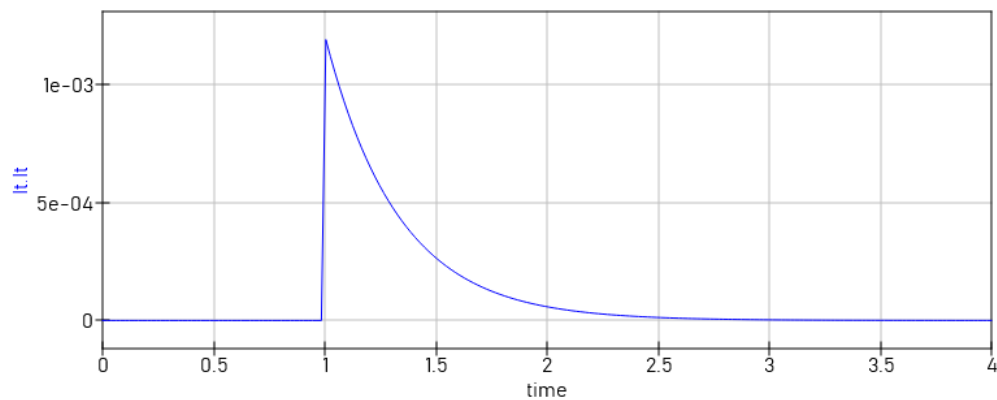
Dai grafici risultanti dalla simulazione possiamo notare i risultati ipotizzati corrispondono a quelli effettivi: l'andamento di VC è di tipo esponenziale, oltretutto si può notare che VR scende in modo esponenziale, fenomeno

che si può spiegare con la legge di Kirchhoff sulle maglie: $V_G = V_R + V_C$, quindi, se V_C aumenta, perché l'equazione sia vera, V_R deve scendere.



andamento corrente carica

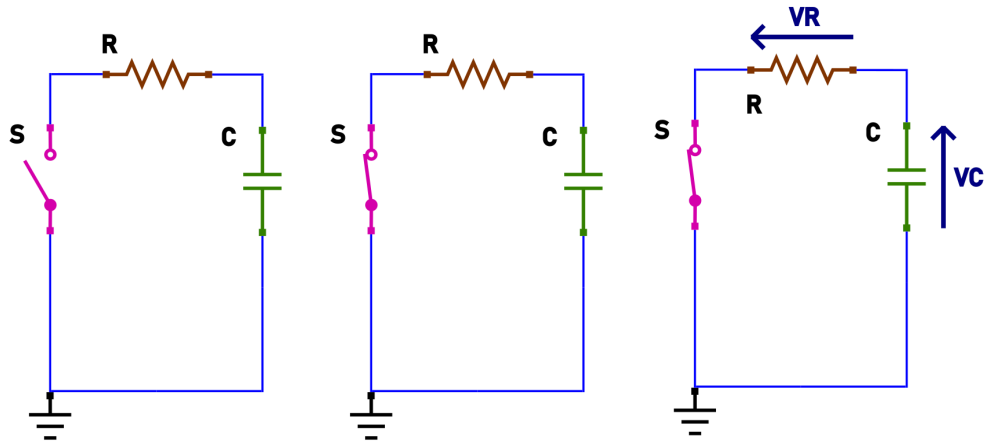
Come si può ben notare l'andamento della corrente totale scende mentre il condensatore si carica. Questo risultato è semplice da spiegare: $I = \frac{V}{R}$, e, sapendo che la tensione V_R scende con il caricarsi del condensatore, anche la corrente (inizialmente 1.2 mA) diminuisce in maniera esponenziale.



andamento corrente scarica

Anche nella scarica la corrente subisce lo stesso fenomeno.

circuito di scarica



Le stesse formule e regole applicate per il circuito di carica sono valide anche per il circuito di scarica. L'unica particolarità è che nel circuito di scarica viene rimosso il generatore, e la tensione V_C iniziale viene impostata a 12 V, avendo come risultato che il condensatore si comporta come un generatore.

grafici scarica

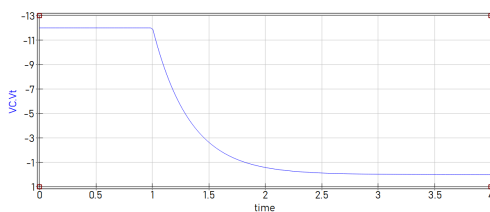


grafico V_R

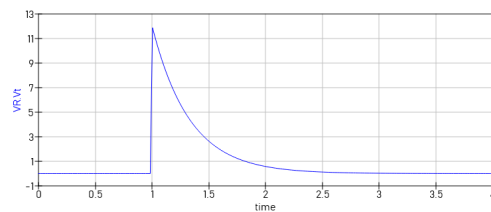


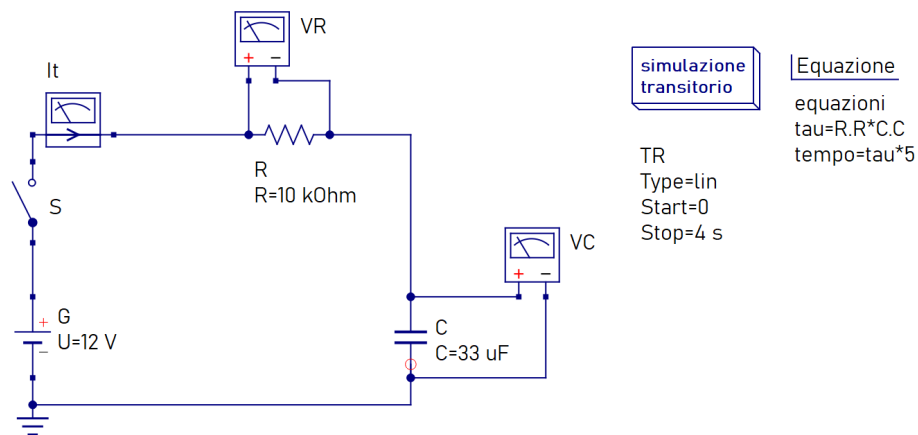
grafico V_R

Per la scarica, a differenza della carica, la tensione V_C è negativa (va da -12 a 1), e la tensione V_R scende anziché salire, perché, essendo il condensatore C l'unica sorgente di tensione, la tensione V_R scende per il fatto che C si scarica.

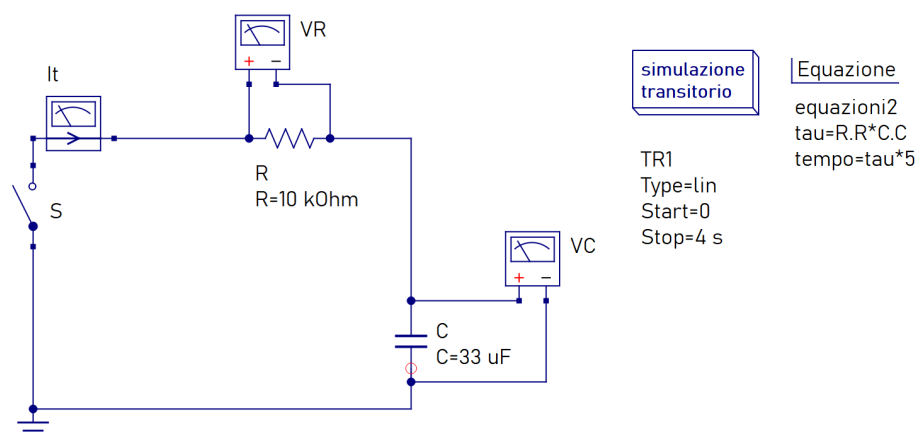
simulazione con qucs

Gli schemi precedentemente descritti, ed i grafici ottenuti, realizzati e simulati su qucs sono riproducibili con le seguenti simulazioni:

carica



scarica



conclusioni e osservazioni

La simulazione del circuito, nonostante sia andata a buon fine in entrambi i casi (carica e scarica), ha prodotto un risultato inizialmente inaspettato: il voltmetro, infatti, restituisce che la tensione VC ai capi del condensatore e' negativa, ciò può vuol dire che quando si scarica il condensatore i terminali cambiano potenziale (ipotesi poco probabile). Bisogna anche considerare che abbiamo usato 2 circuiti diversi per la carica e la scarica, quindi, l'ipotesi più probabile, anzi certa, sarebbe che qucs quando deve gestire un generatore, o condensatore inizialmente carico, imposti il potenziale dei terminali sempre nello stesso orientamento, quindi, non avendo informazioni sul come si sia caricato il condensatore, esegue la simulazione con le impostazioni convenzionali. Tale ipotesi andrebbe verificata con un circuito che si occupi sia di carica che di scarica dello stesso condensatore, in modo da verificare se il comportamento di qucs e' corretto o meno.