

Onda quadra su RLC-serie

Nella simulazione realizzata con il progetto di Scratch “[RLC-serie Onda Quadra](#)” si osservano le evoluzioni della corrente e delle tensioni con riferimento al circuito elettrico di figura.

Si suppone di avere un generatore di tensione ideale che alimenta il circuito con una tensione a onda quadra di valore di valori 0 e 100V e duty cycle (rapporto di intermittenza) dato da:

$$duty\ cycle = \frac{durata\ V_{max}}{periodo}$$

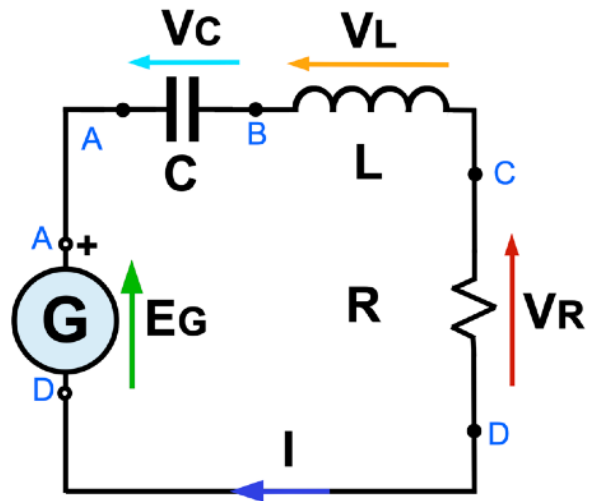
Il periodo della tensione generata è impostato a 40 s.

Sono possibili diversi esperimenti realizzati modificando i parametri in gioco e la visualizzazione dei risultati di calcolo come è stato fatto per il caso descritto nell’articolo “[RLC-serie risposta al gradino](#)”.

La tastiera viene usata per impostare diverse funzioni utili ad osservare l’esperimento come viene illustrato dall’elenco delle istruzioni richiamabile con il pulsante blu sullo stage.

In particolare si sottolineano alcune funzioni:

- con un tasto numerico si possono scegliere diversi set di valori R, L, C preimpostati;
- facendo clic sul pulsante blu [I] sullo stage si vedono le istruzioni e facendo clic si nascondono;
- con il tasto [spazio] si mette in pausa il calcolo e premuto di nuovo si riprende;
- con tasto [T] si vedono i grafici di tutte le tensioni e con altre combinazioni di tasti si possono vedere solo le tensioni che si desidera osservare;
- se si tiene premuto il tasto [V] mentre si svolge il calcolo, la velocità di esecuzione è maggiore;
- se prima di premere il tasto numerico si tiene premuto il tasto [L] si ottiene un grafico che si sviluppa per un tempo più lungo aumentando la scala dei tempi;
- con tasto [C] si continua il calcolo in un schermata successiva;
- con tasto [L] si commuta la scala dei tempi fra due valori diversi;



- con tasto [M] premuto più volte si possono vedere i valori di diversi parametri e delle variabili;
- con tasto [S] si ricalcolano le liste per calcolare il valore medio delle grandezze e si mostrano i valori massimi e minimi di ogni grandezza in gioco.

Le liste generate si possono esportare per usarle con altre applicazioni.

Il valore medio delle grandezze elettriche viene calcolato utilizzando l'ultimo periodo registrato nelle liste per evitare effetti dati dal transitorio iniziale.

Importante: usare la modalità "turbo".

I parametri elettrici sono espressi in unità SI: volt, ampere, farad, ohm, henry e il tempo in secondi.

La scala temporale è mostrata in s/passi.

Il passo è l'unità di misura usata sullo stage per le distanze e corrisponde la distanza fra due pixel in modalità editor.

Le tensioni hanno tutte la stessa scala di 1V/passi; la corrente ha scala variabile a seconda delle esigenze di visualizzazione.

In ogni caso i reporter e le liste mostrano i valori nelle unità di misura elettriche SI.

Con tasto [G] si attiva il goniometro che può essere usato per misure di lunghezza (passi) e di angoli (gradi sessadecimali).

Sono disponibili i valori di:

- smorzamento con il parametro $\alpha = R/2L$;
- pulsazione di risonanza $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$;
- pulsazione ω_0 , frequenza e periodo di risonanza;
- l'inverso di ω_0 è una costante di tempo che caratterizza il comportamento del circuito;

Fonte wikipedia: <https://it.wikipedia.org/wiki/>

I grafici vengono disegnati con i seguenti colori coerentemente con i colori usati nello schema elettrico:

- EG tensione del generatore: verde;
- I corrente del circuito: blu;
- VC sulla capacità: azzurro;
- VL sull'induttanza: arancio;
- VR sulla resistenza: rosso.

Ad ogni ascissa (tempo) si può fare la somma delle tensioni per verificare che $V_R + V_C + V_L = E_G$ (seconda legge di Kirchhoff).

Circuito_RLC Esperimenti

Gli esperimenti che seguono riprendono alcuni dei casi esaminati già negli esperimenti con sollecitazione al gradino di cui all'articolo: [RLC-serie risposta al gradino](#).

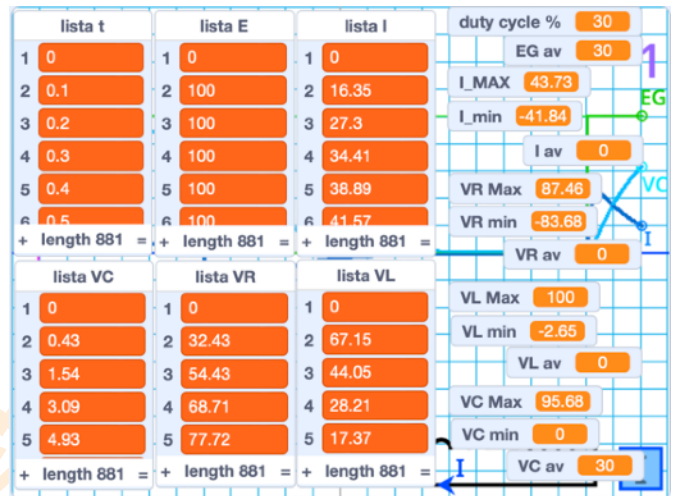
L'esame dei risultati non differisce molto da quanto si sa già a proposito della sollecitazione al gradino in quanto la forma d'onda quadra è di fatto una successione regolare di gradini positivi e negativi.

Il fatto più rilevante in questi esperimenti riguarda la possibilità di calcolare il valore medio nel periodo per constatare che solo la tensione sulla capacità ha valore medio non nullo uguale a quella del generatore anche se le due tensioni hanno forma molto diversa.

Le altre grandezze elettriche hanno tutte valore medio nullo

Con il tasto [D] si può impostare un duty cycle % a piacere prima di ogni esperimento.

Quando si preme il tasto [Q] viene avviato il calcolo a partire da valori iniziali tutti nulli per cui la parte iniziale dei grafici comprende un transitorio.



Il valore medio e altre statistiche

Una grandezza periodica $g(t)$ a regime si può descrivere sommariamente con alcune statistiche:

- periodo T : il minimo intervallo di tempo entro il quale la $g(t)$ si ripete con regolarità;
- valore massimo $G_{\max}$;
- valore minimo $G_{\min}$;

- valore medio G_{av} : definito con $G_{av} = \frac{\int_T g(t)dt}{T}$

Il periodo è un dato fissato nel codice.

Il valore medio della tensione generata è dato dall'area della tensione positiva diviso il periodo:

$$EG_{av} = \frac{EG_{MAX} * t_{on}}{T} = EG_{MAX} \frac{t_{on}}{T} = EG_{MAX} * duty\ cycle$$

dove t_{on} è la durata della tensione del generatore al valore massimo.

Per recuperare le altre grandezze con tasto [S] vengono ricompilate le liste di valori per una lunghezza sufficiente ad avere un intero periodo a regime cioè non più influenzato dal transitorio di avvio che si considera esaurito dopo 5 volte il periodo di risonanza.

Sull'ultimo periodo così reso disponibile si calcolano le statistiche sopra menzionate.

Ovviamente il calcolo numerico comporta approssimazioni che possono fare scostare il risultato calcolato da quello vero di una quantità che può essere resa minima integrando le equazioni differenziali con intervalli di tempo molto piccoli.

La grandezza che permette di verificare la bontà dell'approssimazione è il valore medio della tensione sulla capacità che deve essere uguale al valore medio della tensione sul generatore (facile da calcolare trattandosi di onda quadra).

Il valore medio della corrente e della tensione sugli altri componenti deve essere nullo.

I valori medi delle grandezze sono tutti calcolati numericamente con:

$$G_{av} = \frac{\sum_T \frac{G_{n-1} + G_n}{2} * \Delta t}{T}$$

estesa a ritroso ad un periodo a partire dall'ultimo valore in lista e dove Δt è l'intervallo di tempo che intercorre fra due campioni consecutivi calcolati e inseriti nelle liste.

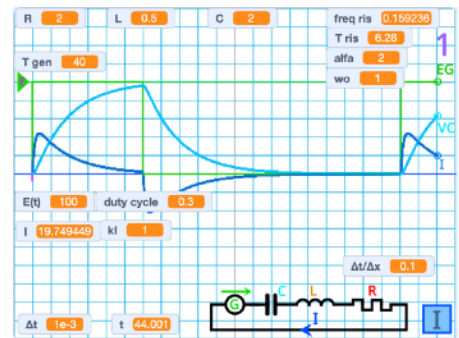
Sia il valore medio di VC che i valori nulli delle altre grandezze risultano tali anche nel calcolo numerico.

[1] circuito con smorzamento forte

Il duty cycle è abbastanza breve (30%) da non consentire alla VC di raggiungere il valore di EG_{max} .

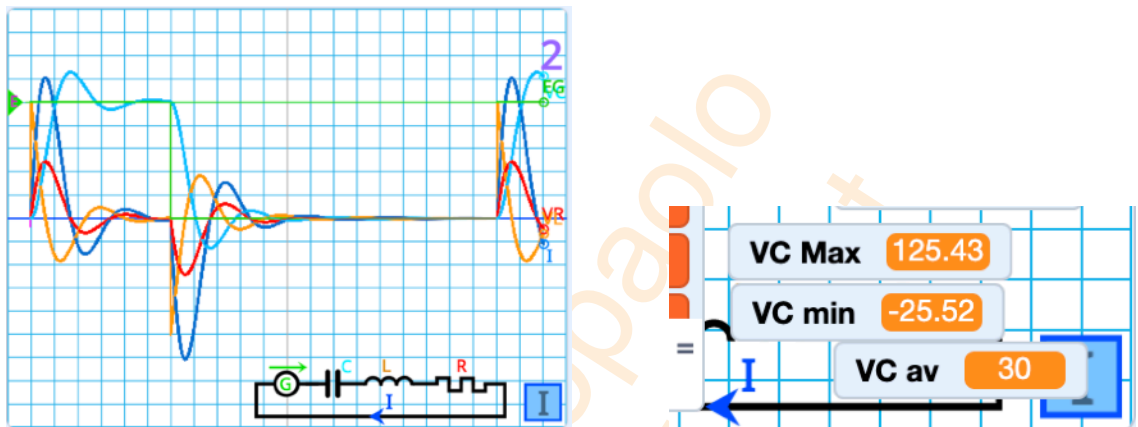
La tensione del generatore e quella sulla capacità hanno valore medio 30 V dato da:

$$EG_{av} = VC_{av} = EG_{max} * \frac{duty\ cycle\ \%}{100}$$



[2] circuito con smorzamento debole

Con basso smorzamento ($\alpha < \omega_0$) tutte le grandezze elettriche presentano oscillazioni notevoli ma il valore medio su C resta 30V.



duty cycle molto basso

Impostando con il tasto [D] un valore di duty cycle % a 5% si ottengono questi risultati:



Bibliografia

- <https://it.wikipedia.org/wiki/>
- <https://userswww.pd.infn.it/~ronchese/disp/rlc.pdf>
- <https://www.fisica.uniud.it/~cauz/lab-ingegneria/TH-3-circuitoRCL.pdf>
- <http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti/MaterialeCA1415/CA-A-08-SistemiElementari.pdf>