

I CIRCUITI ELETTRICI

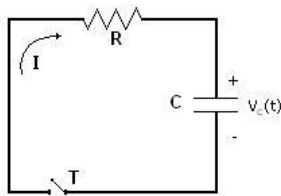
IL CIRCUITO RC

Un **circuito RC** è un circuito elettrico del primo ordine basato su una resistenza R e sulla presenza di un elemento dinamico, il condensatore C .

Per le sue caratteristiche questo circuito è basilare per funzioni quali la pulizia di un segnale e nei sintetizzatori¹. Sfruttando il principio di carica e scarica del condensatore, questa configurazione è utilizzata per la generazione di segnali di clock², e se opportunamente abbinato permette di creare segnali digitali. Tuttavia, vista la variabilità dei comportamenti del condensatore in funzione delle condizioni ambientali, questa configurazione è utilizzata nelle applicazioni in cui la temporizzazione non necessita grande precisione.

COME FUNZIONA UN CIRCUITO RC

Si chiama Circuito RC in evoluzione libera il circuito mostrato in figura composto da una resistenza e da un condensatore carico di capacità C . Evoluzione libera significa che il circuito non ha sorgenti esterne di tensione o di corrente, la corrente circolante è dovuta solo al movimento di cariche dovute all'energia immagazzinata nel condensatore.



Fase di carica

Abbassando l'interruttore T , mettiamo in collegamento una batteria ideale di f.e.m. con un circuito RC in serie cioè con una resistenza R e un condensatore C . Al chiudersi del circuito cominciano a fluire delle cariche, cioè fluisce corrente elettrica la quale incrementa la differenza di potenziale $V_C(t) = \frac{q}{C}$

Quando quest'ultima raggiunge la differenza di potenziale presente ai capi della batteria cioè la f.e.m., la corrente si annulla.

Per esaminare anche matematicamente il processo di carica applichiamo il teorema delle maglie percorrendo la maglia in senso orario a partire dalla batteria.

Si ha:

$$f.e.m. - iR - \frac{q}{C} = 0$$

¹ È un apparato in grado di generare autonomamente segnali audio, sotto il controllo di un [musicista](#) o di un [sequencer](#). Si tratta di strumenti che possono generare imitazioni di strumenti musicali reali o creare suoni non esistenti in natura. Si possono avere anche sintetizzatori software, che assolvono a questo compito interamente a livello software

² In elettronica il termine clock indica un segnale periodico, generalmente un'onda quadra, utilizzato per sincronizzare il funzionamento dei dispositivi elettronici digitali. Può essere generato da qualsiasi oscillatore, si usa generalmente il tipo a quarzo per l'alta stabilità di oscillazione di questo

Tale equazione non può essere risolta perché contiene due variabili i e q ; pertanto, preliminarmente esprimo una in funzione dell'altra attraverso la relazione

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Da cui:

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = f.e.m.$$

Dividendo tutto per R , ottengo

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{f.e.m.}{R}$$

Si tratta di una equazione differenziale del I ordine non omogenea.

La soluzione generale di questo tipo di equazione differenziale è della forma:

$$q = q_p + K e^{-at}$$

Dove q_p rappresenta una soluzione particolare dell'equazione differenziale, K è una costante che va cercata in base alle condizioni al contorno (problema di Cauchy). Tralasciando i passaggi matematici che esulano da questo contesto, si ottiene una soluzione del tipo:

$$q = C \cdot f.e.m. \cdot (1 - e^{-t/RC})$$

La corrente si ricava per derivazione della funzione appena scritta:

$$i = \left(\frac{f.e.m.}{R} \right) e^{-t/RC}$$

e:

$$V = \frac{q}{C} = f.e.m. \cdot (1 - e^{-t/RC})$$

Il prodotto RC appare in tutte queste equazioni; questo prodotto ha le dimensioni di un tempo e prende il nome di tempo caratteristico o anche costante di tempo capacitiva e si indica spesso come

$$\tau = RC$$

Fase di scarica

Assumiamo ora che il condensatore in figura sia completamente carico con $V = f.e.m.$

Grafico del potenziale in funzione del tempo

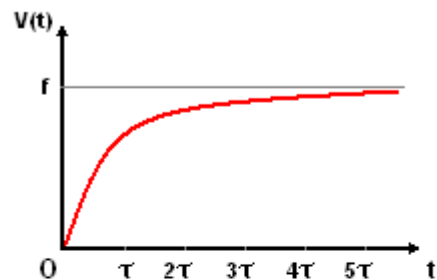
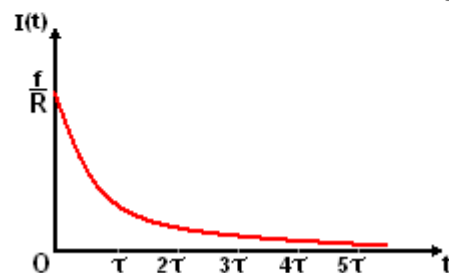


Grafico della corrente I(t) in funzione del tempo



Se sollevo l'interruttore permetto al condensatore C di scaricarsi attraverso la resistenza R. Troviamo le equazioni che regolano come variano nel tempo la carica nel condensatore e la corrente.

Se l'interruttore è aperto la f.e.m. è nulla. Pertanto, si ha:

$$R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

Divido per R

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0$$

e separo le variabili

$$\frac{dq}{q} = - \frac{dt}{RC}$$

Integro entrambi i membri, ottenendo:

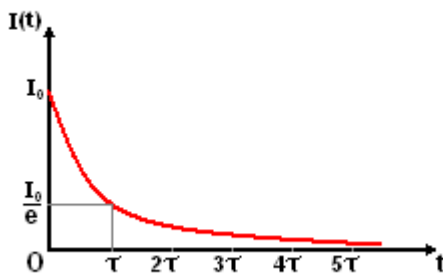
$$q = q_0 e^{-t/RC}$$

La corrente sarà:

$$i = \frac{dq}{dt} = - \frac{q_0}{RC} e^{-t/RC}$$

Da questa relazione si evince che la corrente decresce esponenzialmente col tempo.

Grafico della corrente in funzione del tempo



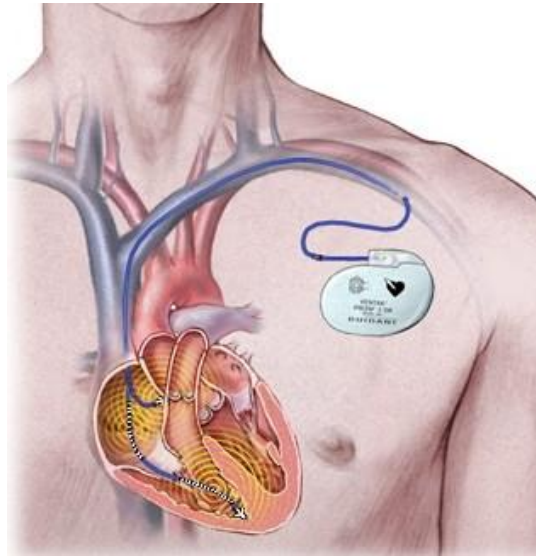
FISICA E REALTA'

Il pacemaker

Ogni ciclo cardiaco inizia con un impulso elettrico di stimolazione da parte di un gruppo di fibre nervose. Alcuni malati di cuore hanno, tuttavia, necessità di essere aiutati da uno stimolatore esterno. Si fa uso allora di un circuito elettrico alimentato a batteria che invia gli stimoli al cuore.

Un apparecchio del genere prende il nome di pacemaker: si tratta di uno stimolatore cardiaco che è un generatore di impulsi elettrici autonomi o triggerati (cioè stimolati da una causa naturale). Questi devono indurre eccitazione negli atri o nei ventricoli causandone la contrazione, consentendo al cuore di svolgere il suo normale lavoro di pompa. Gli impulsi vengono applicati tramite un elettrocattetero introdotto attraverso la vena succlavia destra o la vena brachiocefalica sinistra e condotto nelle cavità cardiache. Gli elettrodi possono essere bipolari (anodo e catodo entrambi interni al cuore) o monopolari (catodo nel cuore ed anodo solitamente costituito dalla custodia metallica dello stesso stimolatore cardiaco). I circuiti, la batteria e gli altri componenti interni dello stimolatore sono racchiusi in una cassa ermetica realizzata in titanio. Il dispositivo viene impiantato, per via chirurgica, sotto cute fino a quando, esaurita la batteria interna, deve venire espantato e sostituito con uno nuovo.

Le dimensioni fisiche dello stimolatore cardiaco sono molto contenute: peso circa 21 gr., 7x6x1 cm. Funziona alimentato da particolari batterie, solitamente Litio-Iodio, con un'autonomia di circa 7/8 anni (il dato è puramente indicativo in quanto la longevità può variare anche sensibilmente, in relazione alla modalità di programmazione del dispositivo, alla tipologia, alle condizioni cliniche del paziente, etc.)



I tergicristalli delle automobili

Il tutto avviene tramite un semplice circuito elettronico: scelta la capacità di un condensatore e una resistenza in parallelo che lo scarica ecco che hai una costante di tempo. Il prodotto $R C$ ti dà il tempo del ciclo. In pratica carichi un condensatore C , e lo fai scaricare su una resistenza R . Quando C è scarico fai scattare il relais del motorino del tergicristallo. Poi ripeti il ciclo. Il livello di carica del condensatore lo rilevi misurando la tensione ai suoi capi. Il circuito RC è un oscillatore: puoi scegliere se lo scatto debba avvenire allo zero, o al massimo. Comunque intorno all' RC ci sono un po' di componenti che si "occupano" (circuitalmente si parla di "trigger") di far scattare il relais quando il condensatore è ad uno specifico punto, non si usa l'energia contenuta nel condensatore, ne servirebbe uno inutilmente grosso e costoso.