3. Componenti adinamici (resistivi)

Sistema risolvente di un circuito. Relazione costitutiva di un componente. Classificazioni: componente lineare/non lineare, adinamico/dinamico, con memoria/senza memoria, tempo invariante/tempo variante, omogeneo/non omogeneo, impressivo/non impressivo, passivo, dissipativo, inerte, attivo.
Bipoli adinamici. Bipoli in serie, bipoli in parallelo. Resistore, resistore non lineare. Resistori in serie, partitore di tensione. Resistori in parallelo, partitore di corrente. Generatore di tensione indipendente. Generatore di tensione indipendente in serie con un resistore. Generatori di tensione indipendenti in serie. Generatori di tensione indipendenti in parallelo. Generatore di corrente indipendente. Generatore di corrente indipendente in parallelo con un resistore. Generatori di corrente indipendenti in parallelo. Generatori di corrente indipendenti in serie. Corto circuito, circuito aperto. Generatori pilotati, generatore di tensione pilotato in corrente, generatore di corrente pilotato in corrente, generatore di tensione pilotato in tensione, generatore di corrente pilotato in tensione.

Sistema risolvente di un circuito

All'interno di un circuito il cui grafo ha R rami e N nodi si individuano R correnti di ramo e R tensioni di ramo, per un totale di $2R$ incognite da determinare. A questo scopo sono necessarie $2R$ equazioni che costituiscono il sistema risolvente del circuito.

Circuito di topologia assegnata R rami, N nodi

incognite

R correnti di ramo
R tensioni di ramo

$2R$ incognite

equazioni

$2R$ equazioni:

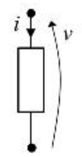
- R eq.:
  - $N-1$ LKC $\leftarrow$ **T i = 0**
  - $R-(N-1)$ LKT $\leftarrow$ **L v = 0**
- R eq.: **Rel. cost. comp.**

Per completare il sistema risolvente sono necessarie R relazioni costitutive dei componenti presenti, ossia R equazioni che tengono conto della natura specifica degli stessi.

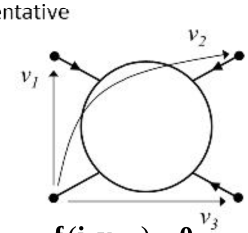
Le relazioni costitutive essere compatibili con le equazioni topologiche, ossia esse non debbono nè violare nè replicare le LKC e le LKT.

Relazioni costitutive e classificazione dei componenti

Si consideri un componente n-polare ($n \geq 2$), caratterizzato da n-1 correnti rappresentative e da n-1 tensioni rappresentative. Si definisce relazione costitutiva del componente n-polare l'insieme di n-1 equazioni matematiche che coinvolgono le correnti e le tensioni rappresentative



$$f(i, v, \ldots) = 0$$



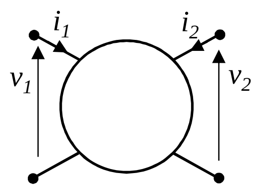
$$\mathbf{f}(\mathbf{i}, \mathbf{v}, \ldots) = \mathbf{0}$$

$$\begin{cases} f_1(v_1, v_2, v_3, i_1, i_2, i_3, \ldots) = 0 \\ f_2(v_1, v_2, v_3, i_1, i_2, i_3, \ldots) = 0 \\ f_3(v_1, v_2, v_3, i_1, i_2, i_3, \ldots) = 0 \end{cases}$$

$$\mathbf{v} = [v_1, v_2, v_3]^t \qquad \mathbf{f} = [f_1, f_2, f_3]^t$$

$$\mathbf{i} = [i_1, i_2, i_3]^t$$

Nel caso di componente a m-porte le relazioni costitutive sono date da m equazioni matematiche che coinvolgono le m correnti e le m tensioni di porta



$$\mathbf{f}(\mathbf{i}, \mathbf{v}, \ldots) = \mathbf{0}$$

$$\begin{cases} f_1(v_1, v_2, i_1, i_2, \ldots) = 0 \\ f_2(v_1, v_2, i_1, i_2, \ldots) = 0 \end{cases}$$

$$\mathbf{v} = [v_1, v_2]^t \qquad \mathbf{f} = [f_1, f_2]^t$$

$$\mathbf{i} = [i_1, i_2]^t$$

3

Le equazioni costitutive possono coinvolgere le derivate delle correnti o delle tensioni . Inoltre possono dipendere da alcune grandezza impresse, omogenee con delle correnti o con delle tensioni ($\mathbf{i}_0$, $\mathbf{v}_0$). Possono altresì dipendere esplicitamente dal tempo. Infine possono dipendere da eventuali altri parametri (e.g. temperatura, pressione, campo magnetico …)

$$\mathbf{f}(\mathbf{v}, \mathbf{i}, \frac{d}{dt}\mathbf{v}, \frac{d}{dt}\mathbf{i}, \mathbf{v}_0, \mathbf{i}_0, t, \ldots) = \mathbf{0}$$

Sussiste la seguente classificazione dei componenti

		Rel. Cost.	esempio
Linearità	Lineare	È lineare	$v = R\,i,\ v = L\,di/dt$
	Non lineare	Non è lineare	$i = i_0(e^{\sim v}J1)$
Memoria	Adinamico (resistivo, senza memoria)	Non coinvolge le derivate	$v = R\,i$ $i = i_0(e^{\sim v}J1)$
	Dinamico (con memoria)	Coinvolge le derivate	$v = L\,di/dt$ $i = [k/(v_0Jv)^{1/2}]\,dv/dt$
Tempo invarianza	Tempo invariante	Non dipende esplicitamente dal tempo	$v = R\,i,\ i = i_0(e^{\sim v}J1)$, $v = L\,di/dt$
	Tempo variante	Dipende esplicitamente dal tempo	$v = (R_0 + R\cos\mu t)\,i$

Sulla base della classificazione introdotta sono possibili 8 tipologie di componenti

4

È inoltre possibile un'ulteriore suddivisione dei componenti in non impressivi (o omogenei) e impressivi (o non omogenei) a seconda che la reazione costitutiva coinvolga oppure no un termine noto (che in generale può dipendere dal tempo)

non impressivi	impressivi
$v = R\,i$ $i = G\,v$	$v = v_0(t)$ $v = -R\,i + v_0(t)$ $i = i_0(t)$ $i = -G\,v + i_0(t)$

Se il termine noto (grandezza impressa) è dimensionalmente omogeneo con una corrente allora il componente è un **generatore indipendente di corrente**, invece è dimensionalmente omogeneo con una tensione allora il componente impressivo è un **generatore indipendente di tensione**. Se la grandezza impressa è costante nel tempo allora il generatore indipendente (di corrente o di tensione) è tempoinvariante ed è anche detto **stazionario**.

Si noti che, nonostante la (eventuale) linearità della parte omogenea, le relazioni costitutive dei componenti impressivi sono, dal punto di vista matematico, non lineari. Ciononostante un circuito che contenga componenti impressivi è detto comunque circuito lineare.

Sulla base della classificazione introdotta per i componenti sussiste la seguente classificazione dei circuiti

Linearità	Circuito lineare	Contiene solo componenti lineari e/o componenti impressivi (generatori indipendenti)
	Circuito non lineare	Contiene almeno un componente non lineare diverso da un componente impressivo
Memoria	Circuito adinamico (resistivo)	Non contiene componente dinamici (L,C)
	Circuito dinamico	Contiene almeno un componente dinamico (L,C)
Tempo invarianza	Circuito tempo invariante	Non contiene componenti tempovarianti
	Circuito tempo variante	Contiene almeno un componente tempovariante

Sulla base di questa classificazione sono possibili 8 tipologie di circuiti

Classificazione energetica dei componenti

Si consideri un generico componente soggetto ad un dato insieme di correnti $[i_1, i_2, \ldots]$ e di tensioni $[v_1, v_2, \ldots]$. Le possibili correnti e tensioni soddisfano necessariamente le relazioni costitutive del componente.

La potenza p_a assorbita dal componente è (convenzione da utilizzatore)

$$p_a(t) = vi \qquad p_a(t) = \sum_{k=1}^{n-1} v_k i_k \qquad p_a(t) = \sum_{k=1}^{m} v_k i_k$$

bipolo n-polo m-porte

L'energia assorbita dal componente dalla creazione del circuito fino all'istante presente t è

$$w_a(t) = \int_{-\infty}^{t} p_a(t')\,dt'$$

Componente passivo: per qualunque insieme di correnti e tensioni compatibili con la relazione costitutiva l'energia complessivamente assorbita risulta in ogni istante positiva o al più nulla

$$w_a(t) \geq 0 \quad \forall t$$

Si noti che un componente passivo può assorbire una potenza negativa ($p_a \leq 0$), ossia può erogare energia, in un dato intervallo, supponiamo da a t_0 a t. Risulta però:

$$\int_{-\infty}^{t_0} p_a(t')\,dt' + \int_{t_0}^{t} p_a(t')\,dt' \geq 0 \Rightarrow \int_{-\infty}^{t_0} p_a(t')\,dt' - \int_{t_0}^{t} p_e(t')\,dt' \geq 0 \Rightarrow \int_{t_0}^{t} p_e(t')\,dt' \leq \int_{-\infty}^{t_0} p_a(t')\,dt'$$

L'energia erogata dal componente passivo in un dato intervallo è sempre minore o uguale a quella complessivamente assorbita in precedenza.

Componente dissipativo: per qualunque insieme di correnti e tensioni compatibili con la relazione costitutiva la potenza assorbita risulta in ogni istante è positiva o al più nulla

$$p_a(t) \geq 0 \quad \forall t$$

In questo caso il flusso di energia (se non nullo) è diretto sempre verso il componente, non esiste nessun intervallo (o istante) nel quale può esso può erogare energia.
Un componente dissipativo è necessariamente passivo.

Un bipolo risulta dissipativo se la corrente e la tensione sono sempre concordi (ad esempio non è ammesso sfasamento nel caso di regime periodico).

Componente inerte: per qualunque insieme di correnti e tensioni compatibili con la relazione costitutiva la potenza assorbita risulta in ogni istante nulla

$$p_a(t) = 0 \quad \forall t$$

Un bipolo risulta inerte se almeno una grandezza tra la corrente e la tensione è nulla in ogni istante. Un componente a due porte è inerte, ad esempio, se tra le correnti e le tensioni di porta sussistono le seguenti relazioni: $v_1 = v_2$ e $i_2 = -i_1$

Componente attivo: esiste almeno un insieme di correnti e tensioni compatibili con la relazione costitutiva per le quali l'energia complessivamente assorbita risulta in ogni istante negativa

$$w_a(t) \le 0 \quad \forall t$$

Un componente attivo può assorbire una potenza positiva ($p_a \ge 0$), ossia può assorbire energia, in un dato intervallo, supponiamo da a t_0 a t. Risulta però

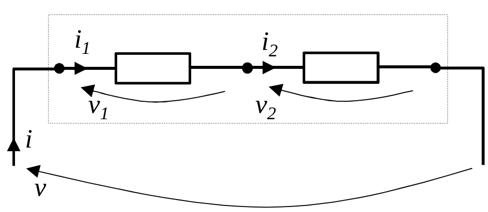
$$\int_{-\infty}^{t_0} p_a(t')\,dt' + \int_{t_0}^{t} p_a(t')\,dt' \le 0 \Rightarrow \int_{-\infty}^{t_0} p_a(t')\,dt' - \int_{t_0}^{t} p_e(t')\,dt' \le 0 \Rightarrow \int_{t_0}^{t} p_a(t')\,dt' \le \int_{-\infty}^{t_0} p_e(t')\,dt'$$

L'energia assorbita dal componente passivo in un dato intervallo è sempre minore o uguale a quella complessivamente erogata in precedenza.

Nota: Si consideri per semplicità un bipolo. Questo è attivo se per tutte le coppie v-i che non violano la relazione costitutiva ne esiste almeno una per la quale risulta $w_a \le 0$. Ciò comporta che se relazione $w_a \le 0$ è soddisfatta all'interno di un circuito può risultare non soddisfatta all'interno di un altro (si pensi ad esempio ad un generatore di tensione o di corrente). Esistono tuttavia bipolo per i quali $w_a \le 0$ è soddisfatta per tutte le possibili coppie v-i (ad esempio resistori con $R<0$).

Bipoli in serie

Due bipoli si dicono collegati in serie se condividono un nodo al quale non afferisce nessun altro componente



Due bipoli in serie sono attraversati dalla stessa corrente

LKC: $i_1 = i_2 = i$

Due bipoli in serie sono soggetti ad una tensione complessiva data dalla somma delle due tensioni

LKT: $v = v_1 + v_2$

Ai fini esterni possono essere concepiti come un unico bipolo equivalente caratterizzato da un'unica tensione v e da un'unica corrente i

Se le relazioni costitutive dei due bipoli possono essere poste nella forma $v_1 = f_1(i_1)$ e $v_2 = f_2(i_2)$ allora risulta

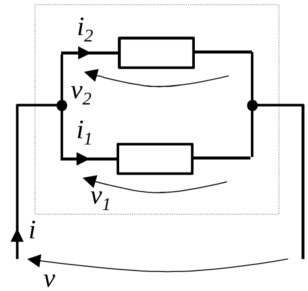
$$v = v_1 + v_2 = f_1(i_1) + f_2(i_2) = f_1(i) + f_2(i)$$

La relazione v-i del bipolo equivalente è data dalla somma delle relazioni v-i dei singoli bipoli

Ciò sussiste anche nel caso di bipoli dinamici che ammettono la corrente i come variabile di stato

Bipoli in parallelo

Due bipoli si dicono collegati in parallelo se condividono entrambi i nodi



Due bipoli in parallelo sono soggetti alla stessa tensione

LKT: $v_1 = v_2 = v$

Due bipoli in parallelo sono attraversati da una corrente complessiva data dalla somma delle due correnti

LKT: $i = i_1 + i_2$

Ai fini esterni possono essere concepiti come un unico bipolo equivalente caratterizzato da un'unica corrente i e da un'unica tensione v

Se le relazioni costitutive dei due bipoli possono essere poste nella forma $i_1 = f_1(v_1)$ e $i_2 = f_2(v_2)$ allora risulta

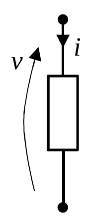
$$i = i_1 + i_2 = f_1(v_1) + f_2(v_2) = f_1(v) + f_2(v)$$

La relazione *i*-*v* del bipolo equivalente è data dalla somma delle relazioni *i*-*v* dei singoli bipoli

Ciò sussiste anche nel caso di bipoli dinamici che ammettono la tensione v come variabile di stato

Nel seguito si introducono alcuni **bipoli adinamici (o resistivi)** ossia bipoli caratterizzati da una relazione costitutiva che non coinvolge le derivate, i.e.

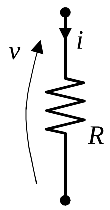
$$f(v, i, t) = 0$$



Sia assume che i versi di riferimento per la tensione e per la corrente siano sempre associati secondo la convenzione dell'utilizzatore.

I bipoli adinamici sono anche detti bipoli resistivi

Resistore



$v = R\,i$

$i = G\,v$

$G = 1/R$

Il parametro di definizione R è detto resistenza ed è per definizione limitato e diverso da zero ($0 < |R| < \infty$). Il bipolo è anche definibile attraverso un ulteriore parametro $G=1/R$, detto conduttanza, anch'esso limitato e diverso da zero ($0 < |G| < \infty$).

L'unità di misura della resistenza è l'Ohm [Ω]=[V]/[A]
L'unità di misura della conduttanza è il Siemens [S]=[Ω^{-1}]=[A]/[V]

La potenza p assorbita da un resistore è

$$p(t) = v(t)i(t) = R\,i(t)^2 = G\,v(t)^2$$

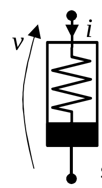
Risulta

$$p(t) \geq 0 \quad \forall t, v, i \quad \text{se } R, G > 0 \quad \longleftarrow \text{ bipolo dissipativo}$$

$$p(t) \leq 0 \quad \forall t, v, i \quad \text{se } R, G < 0 \quad \longleftarrow \text{ bipolo attivo}$$

Il resistore è un bipolo adinamico, lineare e tempo invariante. Può essere tempovariante se la resistenza varia nel tempo con legge assegnata.

Sono inoltre di interesse i resistori non lineari

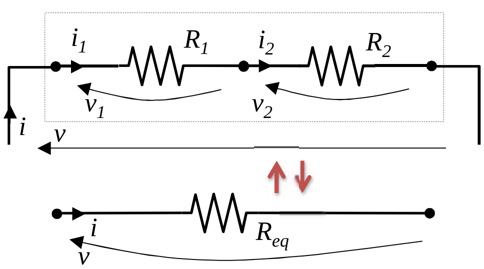


simbolo

$v = f(i)$
oppure
$i = f(v)$

relazione costitutiva

Resistori in serie



LKC: $i_1=i_2=i$

LKT: $v=v_1+v_2$

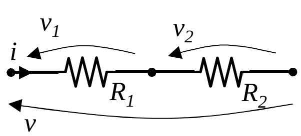
$$v = v_1 + v_2 = R_1\,i_1 + R_2\,i_2 = (R_1 + R_2)i$$

$$R_{eq} = \frac{v}{i} = R_1 + R_2$$

In generale la resistenza equivalente di N resistori in serie è data dalla somma delle singole resistenze

$$R_{eq} = \frac{v}{i} = R_1 + R_2 + \ldots + R_N$$

Ripartizione della tensione: nota la tensione complessiva ai capi dei resistori in serie si vuole calcolare la tensione ai capi di ciascuno



$$v_1 = R_1\,i = R_1\,\frac{v}{R_{eq}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}v$$

In generale per N resistori in serie

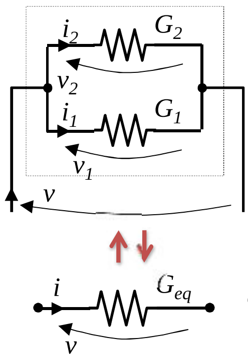
$$v_i = R_i\,i = R_i\,\frac{v}{R_{eq}} = \frac{R_i}{R_1 + R_2 + \ldots + R_N}v$$

formula del partitore di tensione

Resistori in parallelo

LKT: $v_1 = v_2 = v$

LKC: $i = i_1 + i_2$



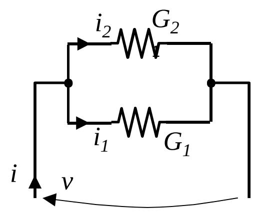
In generale la conduttanza equivalente di N resistori in parallelo è data dalla somma delle singole conduttanze

$$i = i_1 + i_2 = G_1 v_1 + G_2 v_2 = \left(G_1 + G_2\right) v$$

$$G_{eq} = \frac{i}{v} = G_1 + G_2 \qquad \left(R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

$$G_{eq} = \frac{v}{i} = G_1 + G_2 + \ldots + G_N$$

Ripartizione della corrente: nota la corrente complessiva che attraversa i resistori in parallelo si vuole calcolare la corrente di ciascuno di essi



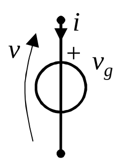
$$i_1 = G_1 v = G_1 \frac{i}{G_{eq}} = \frac{G_1}{G_1 + G_2} i \qquad \left(i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i\right)$$

In generale per N resistori in paralello

$$i_i = G_i v = G_i \frac{i}{G_{eq}} = \frac{G_i}{G_1 + G_2 + \ldots + G_N} i$$

formula del partitore di corrente

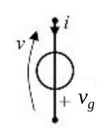
Generatore di tensione indipendente



$$v(t) = v_g(t) \quad \forall i$$

tensione impressa

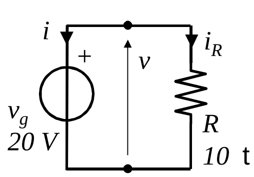
Il verso della tensione v è scelto ad arbitrio. Può essere concorde o discorde con la tensione v_g impressa dal generatore



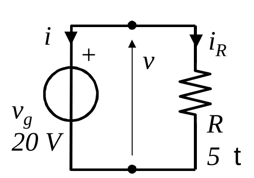
$$v(t) = -v_g(t) \quad \forall i$$

Il generatore di tensione indipendente è un bipolo adinamico, lineare e non omogeneo. È tempovariante nel caso in cui la tensione impressa v_g vari nel tempo.

La corrente i del generatore è indeterminata. Non è possibile determinarla in funzione della tensione v. Può essere determinata solo utilizzando la LKC in combinazione con la caratteristica del bipolo complementare.



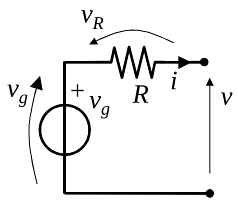
LKC: i = Ji_R = J v/R = J 2 A



LKC: i = Ji_R = J v/R = J 4 A

La corrente i non è una proprietà del generatore, varia a seconda del bipolo ad esso collegato

Il generatore di tensione indipendente in serie con un resistore schematizza un generatore di tensione reale (batteria) per il quale la tensione in uscita varia al variare della corrente fornita al carico



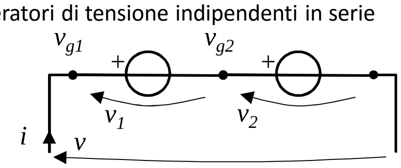
LKT

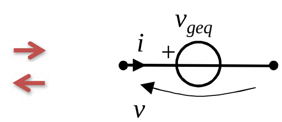
$v = v_g$ J $v_R = v_g$ J $R\, i$

$i = G\,(v_g$ J $v)$

Relazione v-i invertibile. La corrente i è determinabile sulla base della sola tensione v ai capi della serie (componente aggregato) e viceversa

generatori di tensione indipendenti in serie



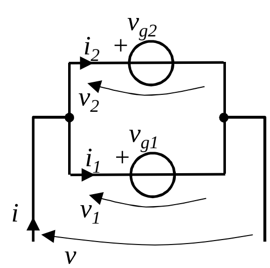


$$v = v_1 + v_2 = v_{g_1} + v_{g_2} \qquad \forall i$$

$$v_{g_{eq}} = v_{g_1} + v_{g_2}$$

Due generatori di tensione indipendenti in serie si comportano come un unico generatore la cui tensione impressa è data dalla somma delle due

generatori di tensione indipendenti in parallelo



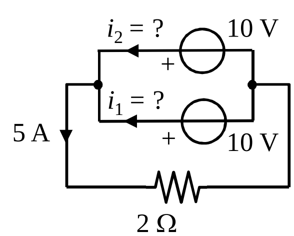
non ammissibile

$$\begin{cases} v_1 - v_2 = 0 \\ v_1 = v_{g_1} \\ v_2 = v_{g_2} \end{cases}$$

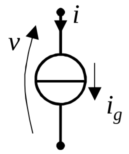
Il collegamento in parallelo di due generatori di tensione indipendenti risulta non ammissibile (patologico) in quanto

- Se $v_{g2} \neq v_{g1}$ allora si viola la LKT. Il circuito è impossibile.
- Se $v_{g2} = v_{g1}$ non si viola ma si replica la LKT. Non risulta quindi possibile determinare la ripartizione della corrente complessiva i tra i due generatori (correnti i_1 e i_2). Il circuito è indeterminato.

Nel comporre il modello circuitale di un sistema reale occorre evitare di disporre due generatori di tensione in parallelo.



Generatore di corrente indipendente

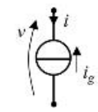


$$i(t) = i_g(t) \quad \forall v$$

↓

corrente impressa

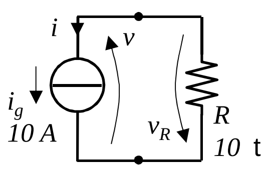
Il verso della corrente i è scelto ad arbitrio. Può essere concorde o discorde con la corrente i_g impressa dal generatore



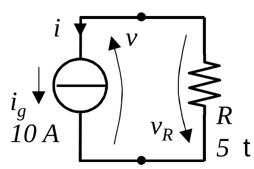
$$i(t) = -i_g(t) \quad \forall v$$

Il generatore di corrente indipendente è un bipolo adinamico, lineare e non omogeneo. È tempovariante nel caso in cui la corrente impressa i_g vari nel tempo.

La tensione v del generatore è indeterminata. Non è possibile determinarla in funzione della corrente i. Può essere determinata solo utilizzando la LKT in combinazione con la caratteristica del bipolo complementare.



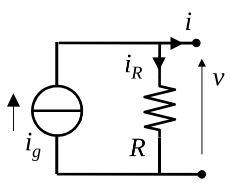
LKT: v = Jv_R = J $R\,i$= J 100 V



LKT: v = Jv_R = J $R\,i$= J 50 V

La tensione v non è una proprietà del generatore, varia a seconda del bipolo ad esso collegato

Il generatore di corrente indipendente in parallelo con un resistore schematizza un generatore di corrente reale (alimentatore in corrente) per il quale la corrente in uscita varia al variare della tensione fornita al carico



LKC

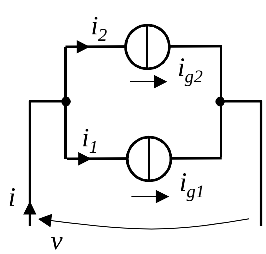
$i = i_g$ J $i_R = i_g$ J $G\,v$

↕

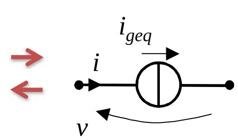
$v = R\,(i_g$ J $i\,)$

Relazione i-v invertibile. La tensione v è determinabile sulla base della sola corrente i complessiva del parallelo e viceversa

generatori di corrente indipendenti in parallelo

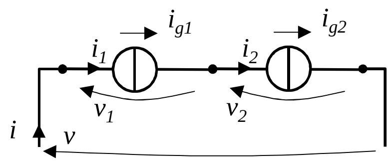


$$i = i_1 + i_2 = i_{g1} + i_{g2} \quad \forall v$$



$$i_{g\,eq} = i_{g1} + i_{g2}$$

Due generatori di corrente indipendenti in parallelo si comportano come un unico generatore la cui corrente impressa è data dalla somma delle due generatori di corrente in serie

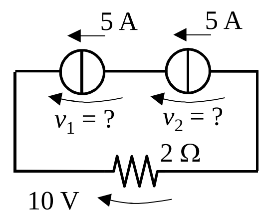


non ammissibile

$$\begin{cases} i_1 - i_2 = 0 \\ i_1 = i_{g1} \\ i_2 = i_{g2} \end{cases}$$

Il collegamento in serie di due generatori di corrente indipendenti risulta non ammissibile (patologico) in quanto

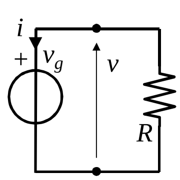
- Se $i_{g2} \neq i_{g1}$ allora si viola la LKC. Il circuito è impossibile.
- Se $i_{g2} = i_{g1}$ non si viola ma si replica la LKC. Non risulta quindi possibile determinare la ripartizione della tensione complessiva v tra i due generatori (tensioni v_1 e v_2). Il circuito è indeterminato.



Nel comporre il modello circuitale di un sistema reale occorre evitare di disporre due generatori di corrente in serie.

Potenza di un generatore di tensione indipendente

Possono esistere condizioni di funzionamento in termini di v e i per le quali l'energia assorbita risulta in ogni istante negativa. Il generatore di tensione è dunque un ("può comportarsi da") componente attivo.

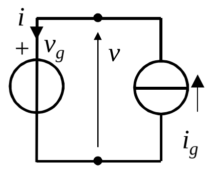


$$i = -v/R = -v_g/R$$

$$p_{a_g} = vi = -v_g^2/R \quad < 0 \ \forall t$$

$$w_{a_g}(t) = \int_{-\infty}^{t} p_{a_g} \, dt' < 0 \ \forall t$$

Se il bipolo complementare è dissipativo (o passivo) il generatore si comporta necessariamente da componente attivo. L'energia complessivamente erogata al resto del circuito è sempre positiva.



circuito di ricarica

$$i = i_g$$

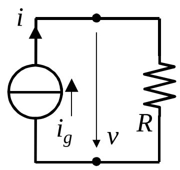
$$p_{a_g} = vi = v_g \, i_g \quad > 0 \ \forall t$$

$$w_{a_g}(t) = \int_{-\infty}^{t} p_{a_g} \, dt' > 0 \ \forall t$$

Non è tuttavia detto che un generatore di tensione (componete attivo) possa solo erogare energia. In determinate condizioni l'energia complessivamente erogata al resto del circuito può risultare negativa (assorbita).

Potenza di un generatore di corrente indipendente

Possono esistere condizioni di funzionamento in termini di v e i per le quali l'energia assorbita risulta in ogni istante negativa. Il generatore di corrente è dunque un ("può comportarsi da") componente attivo.

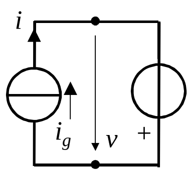


$$v = -R\,i_g$$

$$p_{ag} = vi = -R\,i_g^2 \quad < 0 \ \forall t$$

$$w_{ag}(t) = \int_{-\infty}^{t} p_{ag}\, dt' < 0 \ \forall t$$

Se il bipolo complementare è dissipativo (o passivo) il generatore si comporta necessariamente da componente attivo. L'energia complessivamente erogata al resto del circuito è sempre positiva.



circuito di ricarica

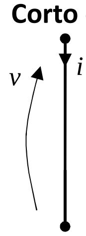
$$v = v_g$$

$$p_{ag} = vi = v_g\, i_g \quad > 0 \ \forall t$$

$$w_{ag}(t) = \int_{-\infty}^{t} p_{ag}\, dt' < 0 \ \forall t$$

Non è tuttavia detto che un generatore di corrente (componete attivo) possa solo erogare energia. In determinate condizioni l'energia complessivamente erogata al resto del circuito può risultare negativa (assorbita).

Corto circuito

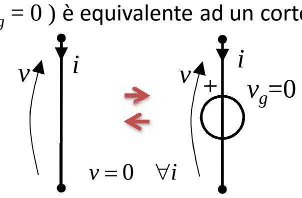


$$v = 0 \quad \forall i$$

La corrente i del corto circuito può essere determinata solo attraverso il bipolo complementare.

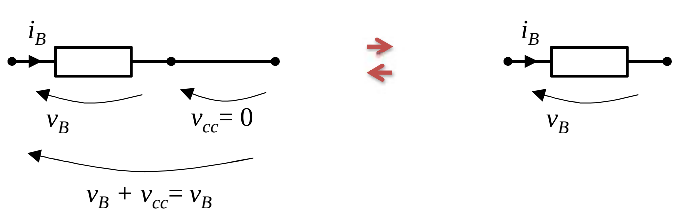
La potenza assorbita è identicamente nulla.
Il corto circuito è un componente inerte.

Un generatore di tensione spento (i.e. con tensione impressa $v_g = 0$) è equivalente ad un corto circuito

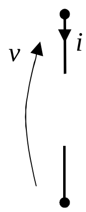


$$p(t) = v(t)\, i(t) = 0 \quad \forall t$$

un corto circuito in serie a qualunque bipolo può essere ignorato



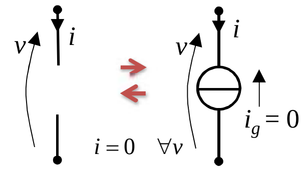
Circuito aperto



$$i = 0 \quad \forall v$$

La tensione *v* del circuito aperto può essere determinata solo attraverso il bipolo complementare.

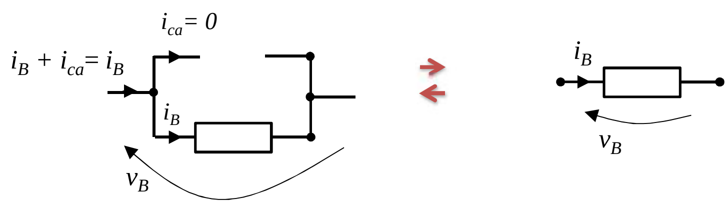
Un generatore di corrente spento (i.e. con corrente impressa $i_g = 0$) è equivalente ad un circuito aperto



La potenza assorbita è identicamente nulla.
Il circuito aperto è un componente inerte.

$$p(t) = v(t)\,i(t) = 0 \quad \forall t$$

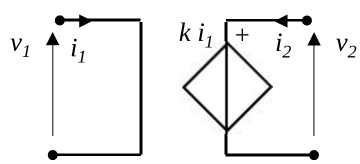
un circuito aperto in parallelo a qualunque bipolo può essere ignorato



Generatori pilotati

Esistono quattro tipi di generatori pilotati. Questi sono 2-porte (doppi bipoli) adinamici lineari e omogenei caratterizzati da un parametro di definizione k. Una delle due porte (detta porta di pilotaggio) è sempre costituita da un corto circuito oppure da un circuito aperto. Sono componenti attivi. In genere sono tempo invarianti.

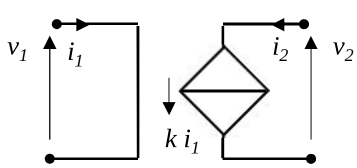
Generatore di tensione pilotato in corrente



$$\begin{cases} v_1 = 0 \\ v_2 = k\,i_1 \end{cases} \qquad \left[\begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ k & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} \right]$$

k ha le dimensioni di una resistenza [Ω]

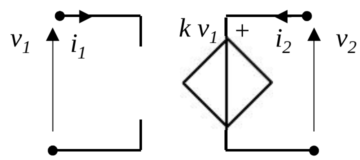
Generatore di corrente pilotato in corrente



$$\begin{cases} v_1 = 0 \\ i_2 = k\,i_1 \end{cases} \qquad \left[\begin{pmatrix} v_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ k & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ v_2 \end{pmatrix} \right]$$

k è adimensionale

Generatore di tensione pilotato in tensione

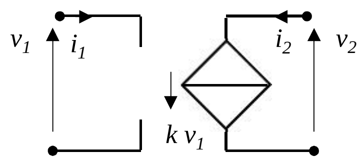


$$\begin{cases} i_1 = 0 \\ v_2 = k\,v_1 \end{cases}$$

$$\left[\begin{pmatrix} i_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ k & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ i_2 \end{pmatrix} \right]$$

k è adimensionale

Generatore di corrente pilotato in tensione



$$\begin{cases} i_1 = 0 \\ i_2 = k\,v_1 \end{cases}$$

$$\left[\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ k & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} \right]$$

k ha le dimensioni di una conduttanza [S]

Si ribadisce che un corto circuito in serie a qualunque componente può essere ignorato. Analogamente un circuito aperto in parallelo a qualunque componente può essere ignorato. Ciò comporta che in pratica la porta di pilotaggio non sia indicata in esplicito, ma si assumono come variabili di pilotaggio la corrente di un generico ramo del circuito oppure la tensione di una generica coppia di nodi