

LTspice

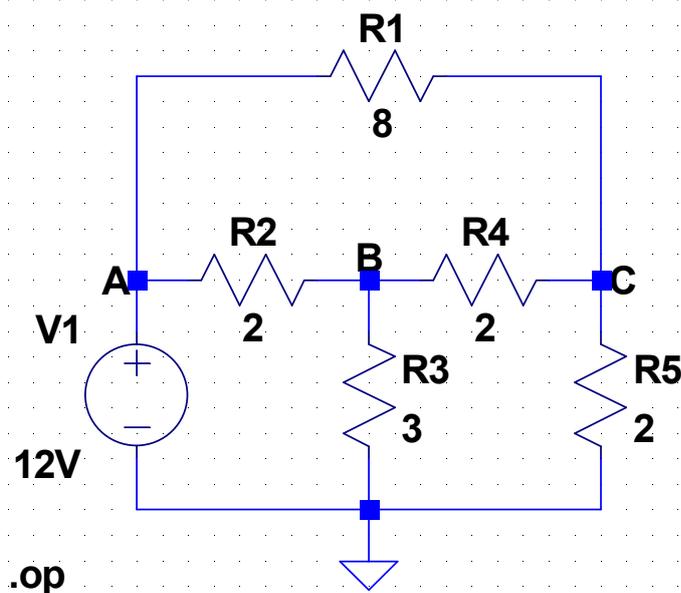
Analisi in continua

Circuiti resistivi lineari

www.die.ing.unibo.it/pers/mastri/didattica.htm
(versione del 14-3-2018)

1-DCop.asc

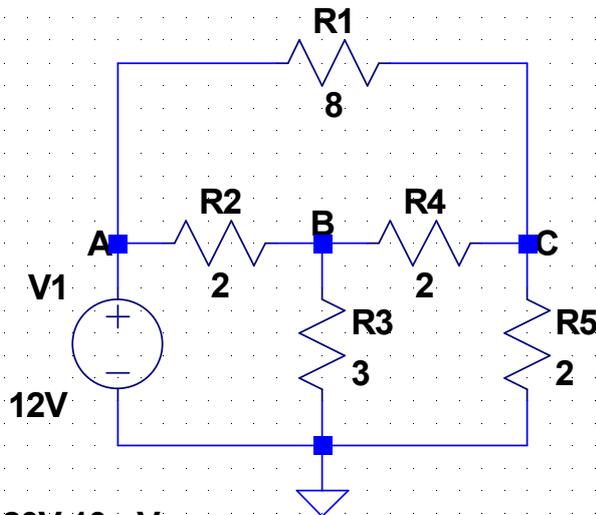
DC op: calcolo del punto di funzionamento in continua



La simulazione produce una tabella con i valori delle tensioni di nodo e delle correnti dei componenti. Posizionando il cursore su un nodo è possibile leggere il valore della tensione nella barra di stato. Posizionando il cursore su un componente è possibile vedere nella barra di stato la sua corrente e la potenza assorbita (dissipation).

2-DCsweep.asc

DC sweep: determinazione della risposta in continua al variare degli ingressi



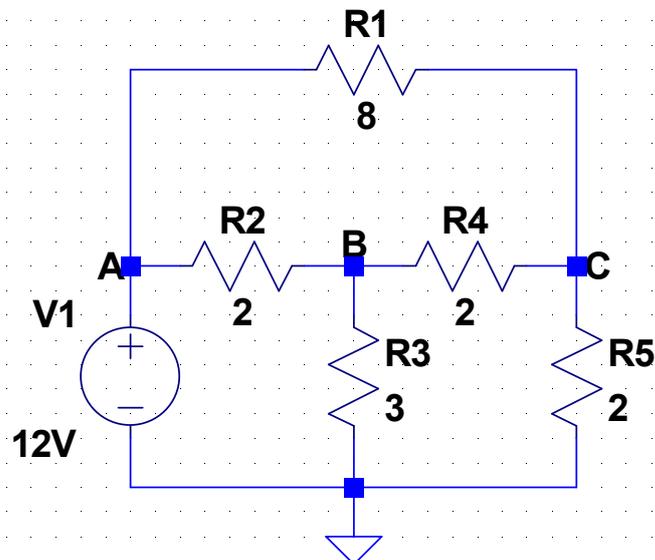
`.dc V1 0V 20V 10mV`

La tensione del generatore V1 varia tra 0 V e 20 V a passi di 10 mV.
Il valore assegnato al generatore non viene utilizzato.
(E' comunque obbligatorio assegnare un valore al generatore.)

3

3-DCtran.asc

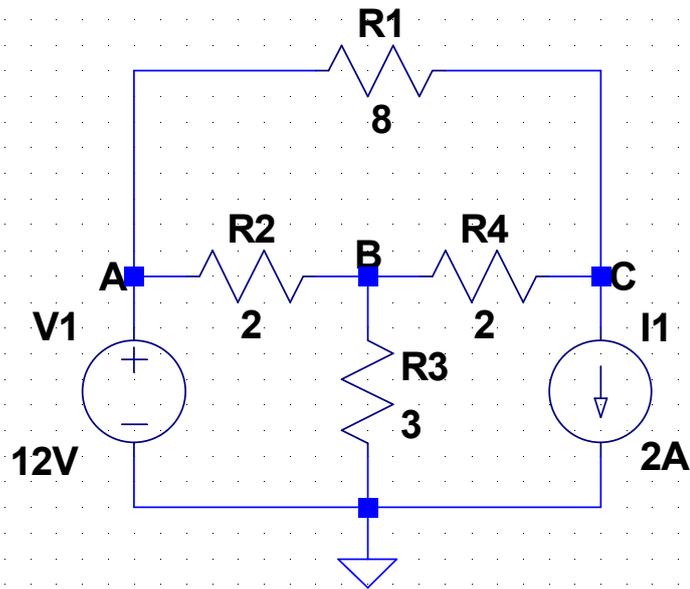
Circuito in continua analizzato con `.tran` (transitorio)
per potere usare il "waveform viewer"



`.tran 1` Il valore usato per lo "stop time" è irrilevante
e può essere scelto arbitrariamente.

4

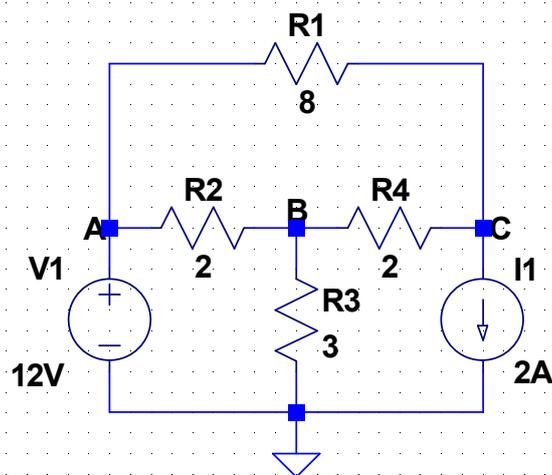
Circuito in continua con generatore di corrente



.tran 1

Dato che la corrente del generatore è uguale alla corrente di R5 dell'esempio precedente le tensioni e le correnti non cambiano. (Teorema di sostituzione)

Circuito in continua con generatore di corrente

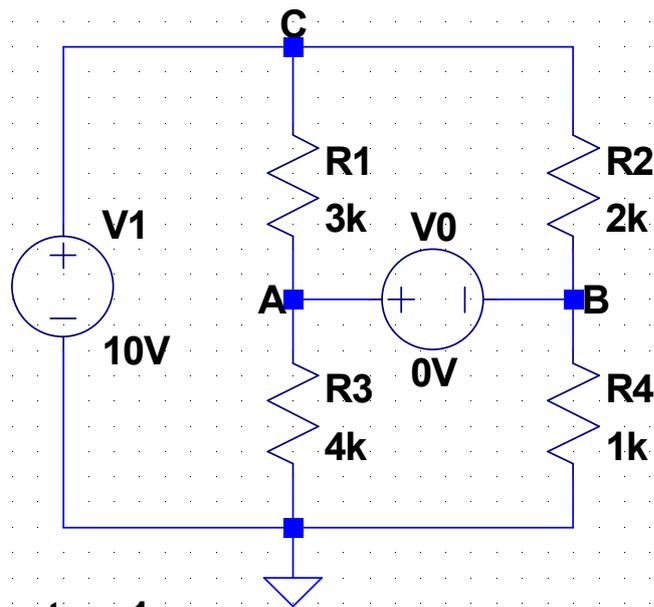


.dc V1 0V 20V 10mV I1 0A 5A 1A

L'analisi viene ripetuta facendo variare V1 da 0 a 20 V con passo 10 mV
I1 da 0 a 5 A con passo 1 A.
Il Waveform Viewer mostra una curva in funzione di V1 per ogni valore della corrente I1.

6-Cortocircuito.asc

Corrente di cortocircuito



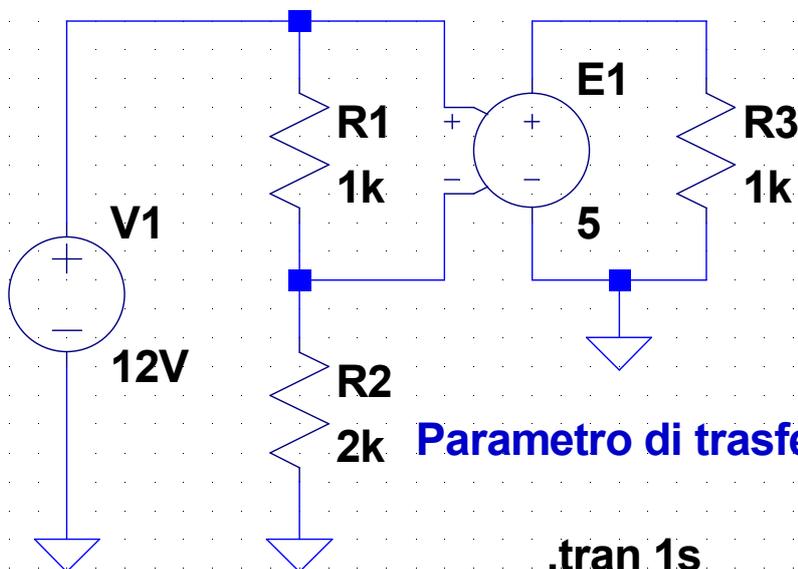
.tran 1s

Per determinare la corrente in un cortocircuito si può usare un generatore di tensione con $V = 0V$.
Il programma non accetta resistori con $R = 0$.
Alla corrente viene attribuito verso dal terminale positivo a quello negativo (convenzione dell'utilizzatore)

7

7-GVV.asc

Componente E : Generatore di tensione pilotato in tensione

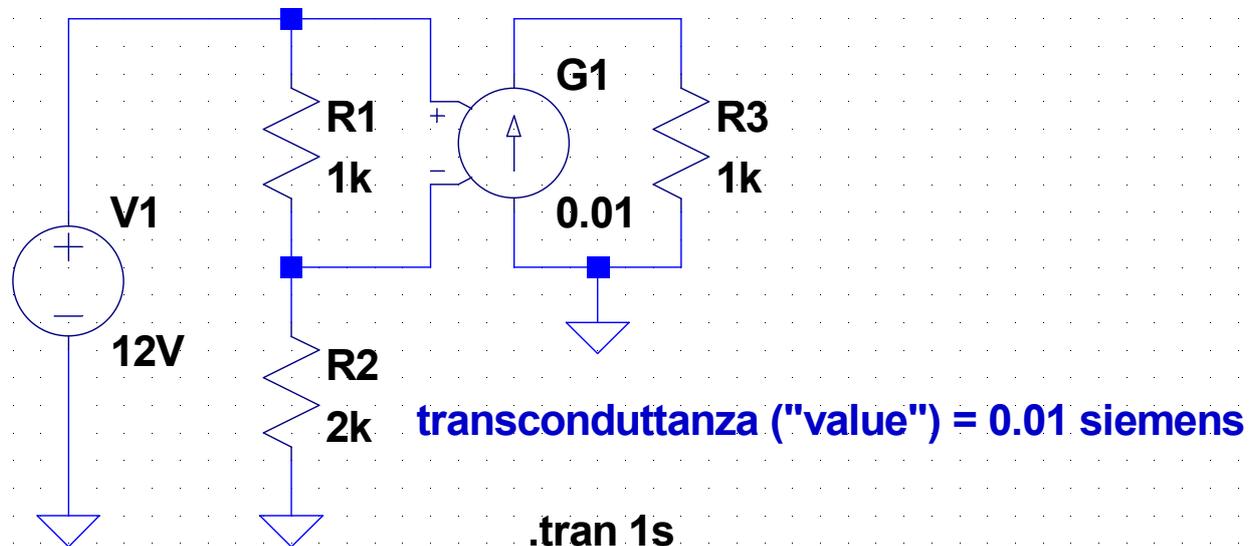


Parametro di trasferimento ("value") = 5

.tran 1s

8

Componente G : Generatore di corrente pilotato in tensione



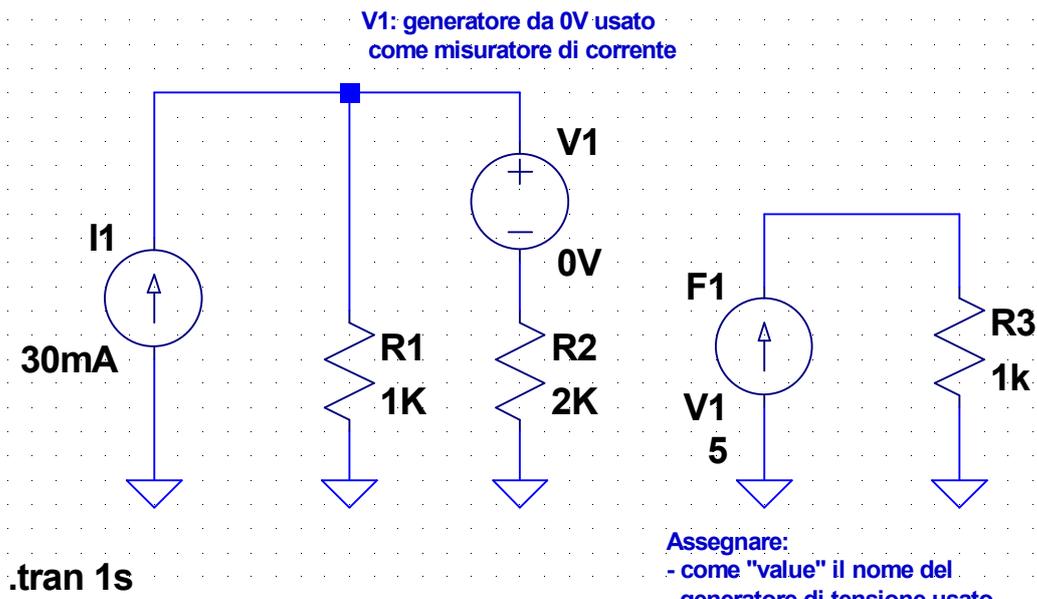
9

Generatori dipendenti pilotati in corrente

- Per rendere disponibili durante la simulazione le correnti che pilotano i generatori dipendenti è necessario utilizzare dei generatori di tensione (che comportano l'introduzione delle loro correnti nelle equazioni del circuito come variabili ausiliarie)
- Si inserisce, in serie al ramo in cui scorre la corrente che pilota il generatore dipendente, un generatore di tensione $V = 0$ (usato come misuratore di corrente)
- Negli attributi del componente occorre assegnare
 - ◆ come "Value" il nome del generatore usato per misurare la corrente
 - ◆ come "Value2" il parametro di trasferimento del generatore
 - ◆ per rendere visibile sullo schema il parametro di trasferimento occorre attivare la casella "Vis." (doppio click)

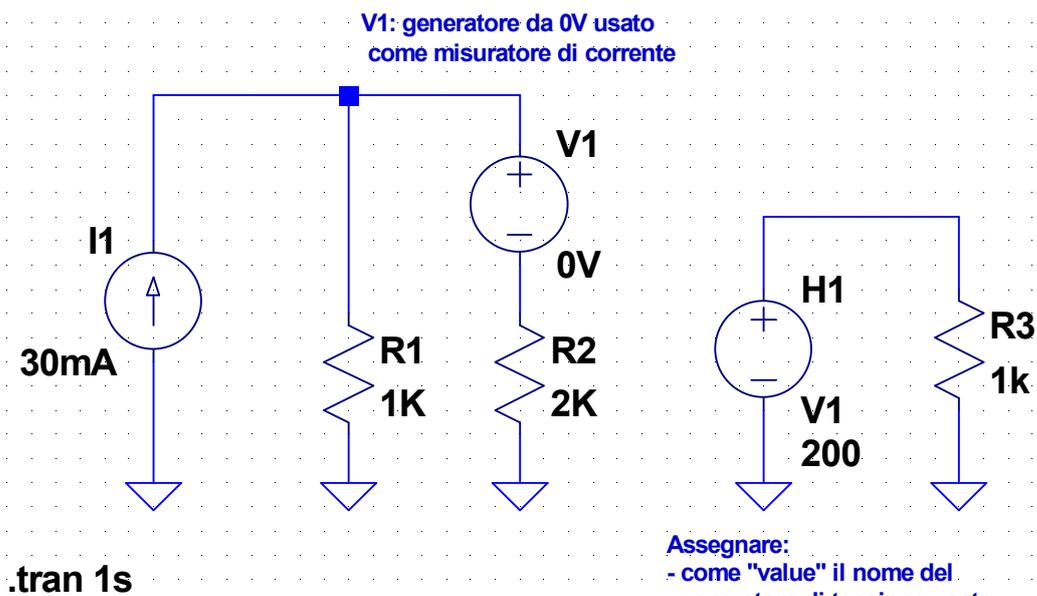
10

Componente F: Generatore di corrente pilotato in corrente



Assegnare:
 - come "value" il nome del generatore di tensione usato per misurare la corrente
 - come "value2" il parametro di trasferimento
 Per rendere visibile il parametro di trasferimento attivare la casella di trasferimento nella colonna Vis. (doppio click)

Componente H: Generatore di tensione pilotato in corrente

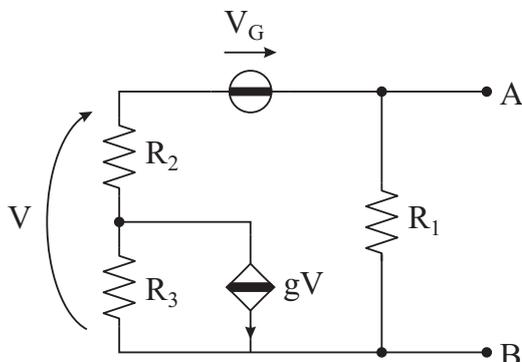


Assegnare:
 - come "value" il nome del generatore di tensione usato per misurare la corrente
 - come "value2" il parametro di trasferimento (transresistenza)
 Per rendere visibile il parametro di trasferimento attivare la casella nella colonna Vis. (doppio click)

Bipoli equivalenti di Thévenin e Norton

Si prende come esempio uno degli esercizi proposti nel corso di Elettrotecnica

Esercizio n. 20



$$\begin{aligned}R_1 &= 30 \Omega \\R_2 &= 20 \Omega \\R_3 &= 10 \Omega \\g &= 0.1 \text{ S} \\V_G &= 15 \text{ V}\end{aligned}$$

Determinare i parametri dei bipoli equivalenti di Thévenin e Norton del bipolo A-B.

Risultati

$$V_0 = 10 \text{ V}$$

$$R_{\text{eq}} = 10 \Omega$$

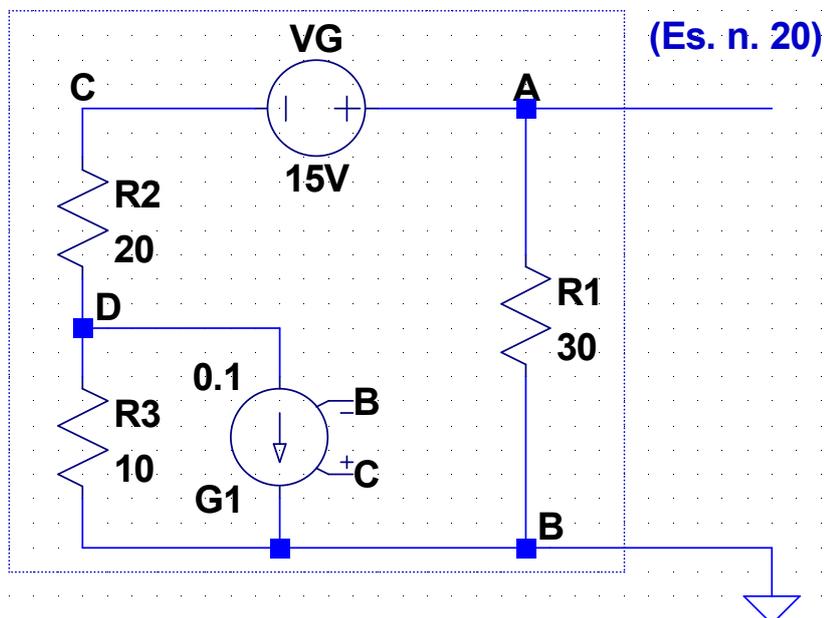
$$I_{\text{cc}} = 1 \text{ A}$$

13

11a-Thévenin-Norton-V0.asc

Determinazione dei parametri dei bipoli equivalenti di Thévenin e Norton 1 - Tensione a vuoto

.tran 1

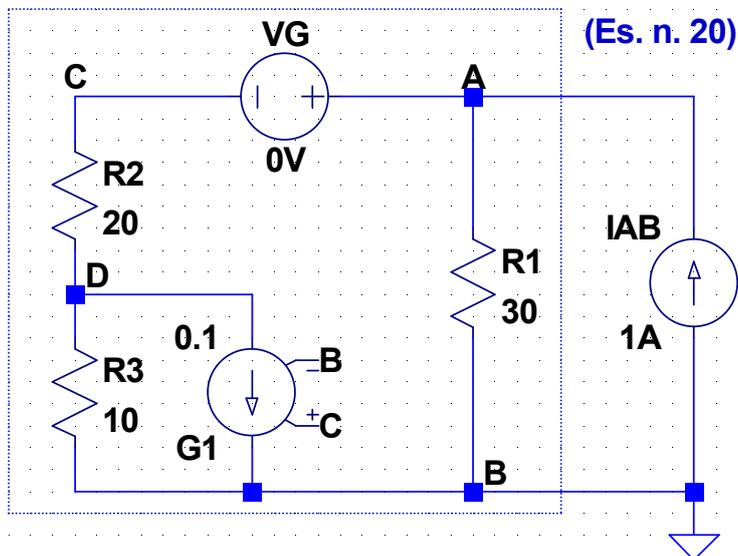


14

11b-Thévenin-Norton-Req.asc

Determinazione dei parametri dei bipoli equivalenti di Thévenin e Norton
2 - Resistenza equivalente

.tran 1



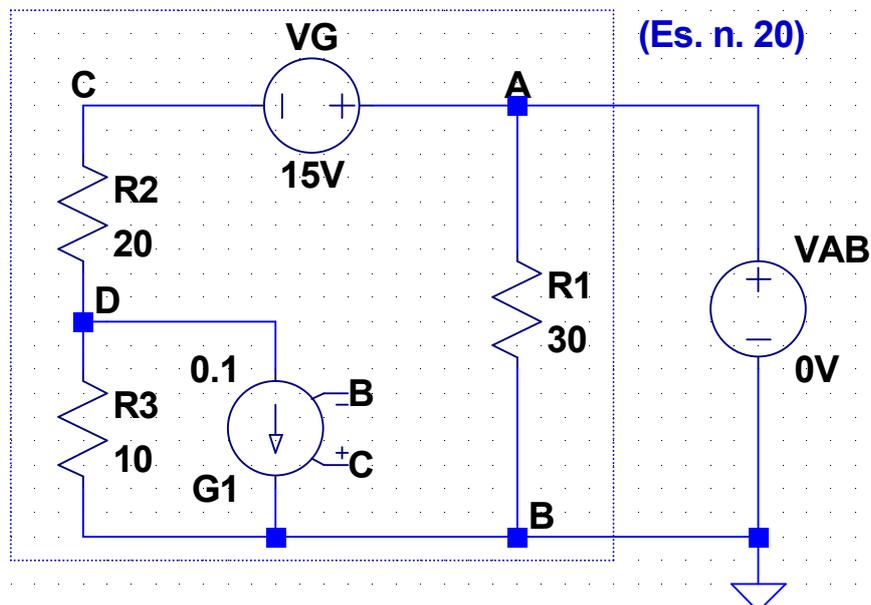
Il valore numerico della resistenza equivalente coincide con quello della tensione $V(A)$

15

11c-Thévenin-Norton-Icc.asc

Determinazione dei parametri dei bipoli equivalenti di Thévenin e Norton
3 - Corrente di cortocircuito

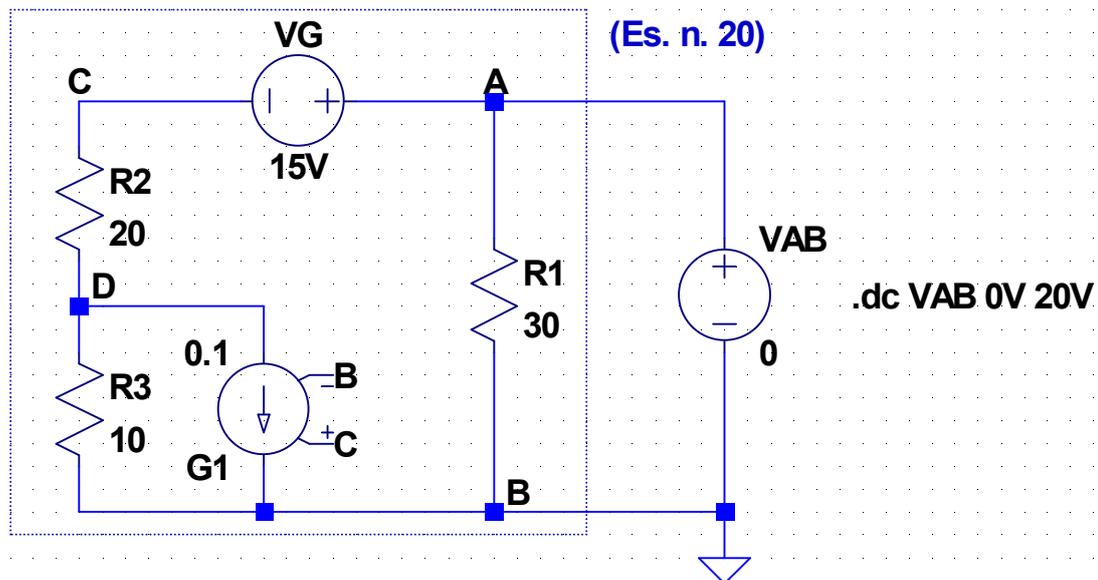
.tran 1



La corrente di cortocircuito è $I(VAB)$

16

Determinazione dei parametri dei bipoli equivalenti di Thévenin e Norton mediante analisi DC sweep



Esaminare l'andamento della corrente del generatore VAB.

- Il valore della corrente per $VAB = 0$ è I_{cc}
- Il valore di VAB per cui la corrente si annulla è V_0
- La pendenza della retta è $-G_{eq} = -1/R_{eq}$ ($R_{eq} = V_0/I_{cc}$)

17

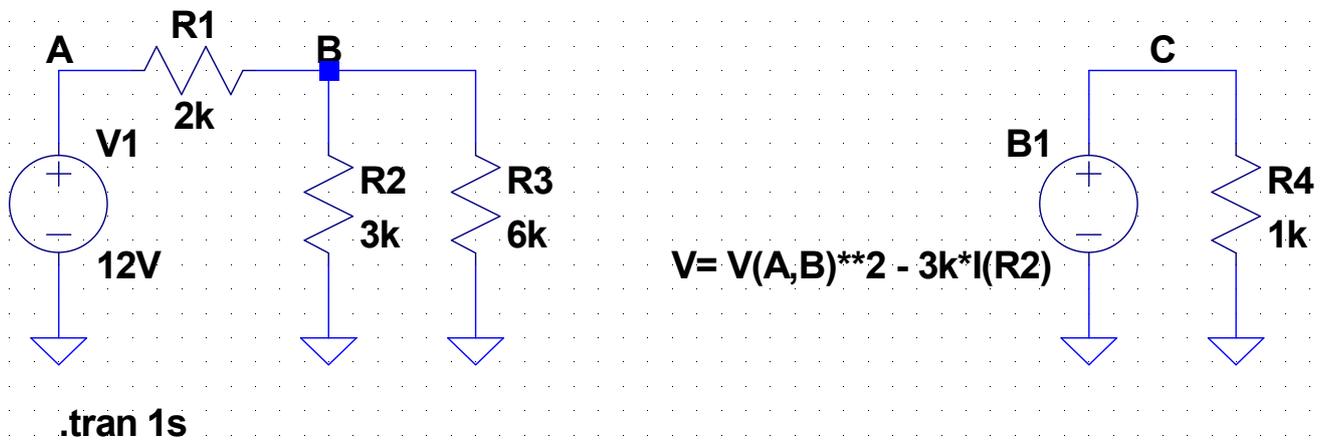
Componenti BV e BI

- I componenti BV e BI (*arbitrary behavioral voltage and current sources*) sono generatori, rispettivamente di tensione e di corrente, definiti mediante funzioni arbitrarie
- La tensione o la corrente può essere espressa come funzione delle tensioni di nodo, delle correnti dei componenti e del tempo (time)
- L'espressione della funzione può essere scritta utilizzando le funzioni e gli operatori descritti nella sezione *Waveform Arithmetic* della guida del *Waveform Viewer*
- I componenti BV e BI possono essere utilizzati al posto dei generatori dipendenti, ma con alcune limitazioni
- In particolare, se nell'espressione di V o di I si utilizza la corrente di un componente, bisogna che questa corrente non dipenda dal generatore BV o BI, altrimenti si possono ottenere risultati non corretti oppure l'analisi può fallire

18

13-BV.asc

Componente BV: generatore di tensione definito mediante funzione arbitraria



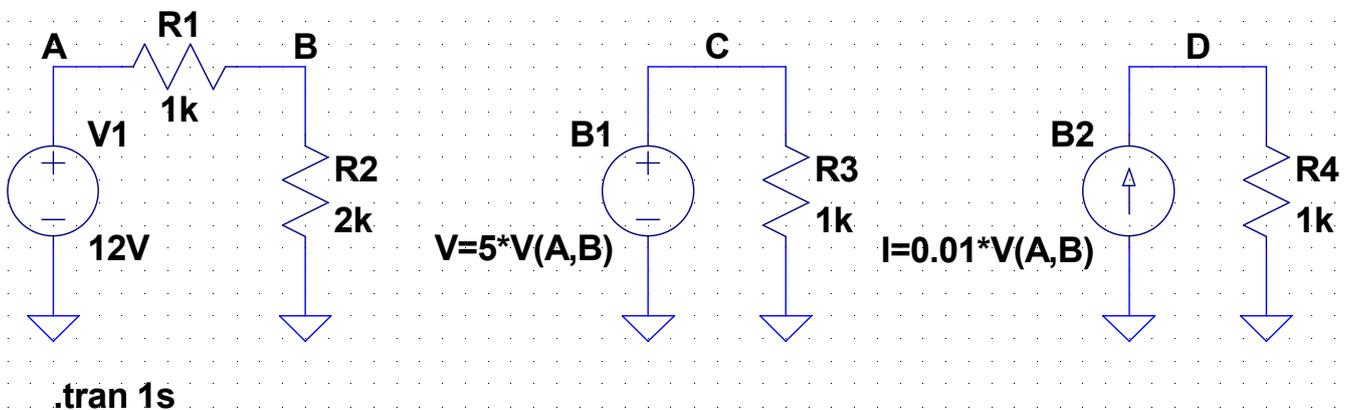
La tensione del generatore BV può essere una funzione arbitraria delle tensioni di nodo, delle correnti dei componenti e del tempo

19

14-BV-BI-1.asc

Componente BV: generatore di tensione definito mediante funzione arbitraria

Componente BI: generatore di corrente definito mediante funzione arbitraria

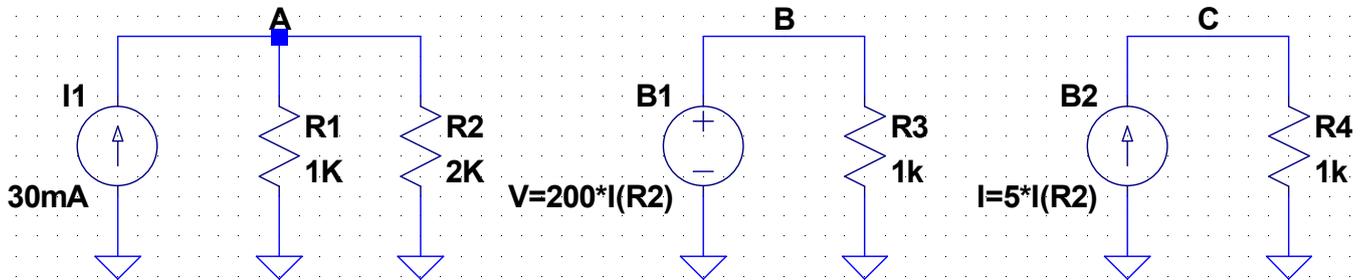


In questo esempio il componente BV viene utilizzato per realizzare un generatore di tensione pilotato in tensione e il componente BI viene utilizzato per realizzare un generatore di corrente pilotato in tensione

20

15-BV-BI-2.asc

Componente BV: generatore di tensione definito mediante funzione arbitraria
Componente BI: generatore di corrente definito mediante funzione arbitraria



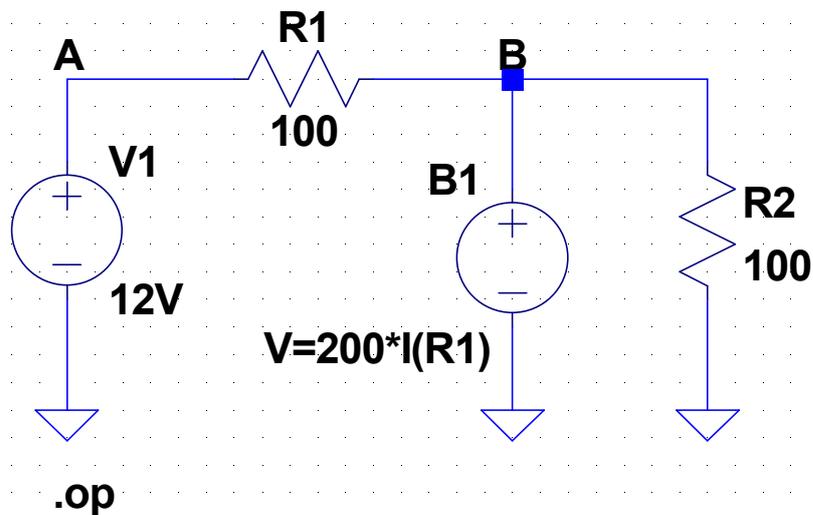
.tran 1s

In questo esempio il componente BV viene utilizzato per realizzare un generatore di tensione pilotato in corrente e il componente BI viene utilizzato per realizzare un generatore di corrente pilotato in corrente

21

16-Dip-1.asc

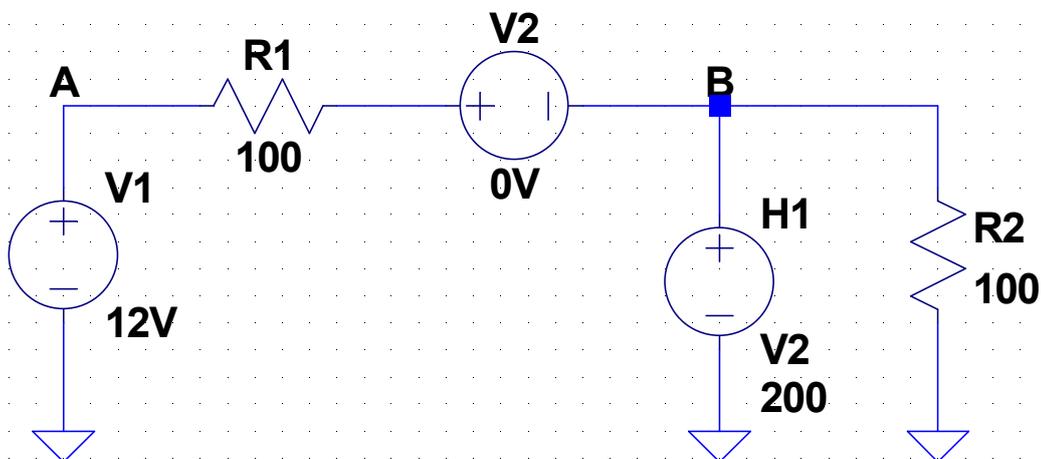
Componente BV utilizzato come GVI



La tensione V del generatore BV è funzione di $I(R1)$, che però dipende dalla tensione V . Il programma non riesce a trovare la soluzione.

22

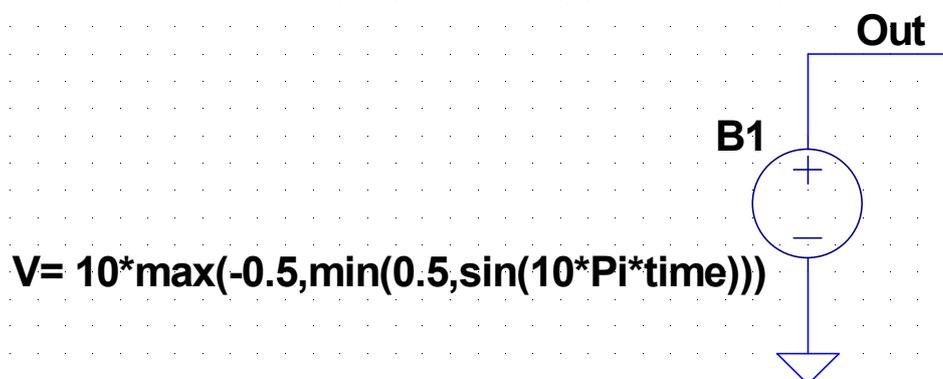
Circuito dell'esempio precedente con GIV



.op

In questo caso il programma riesce a calcolare la soluzione.

Componente BV usato come generatore indipendente di tensione

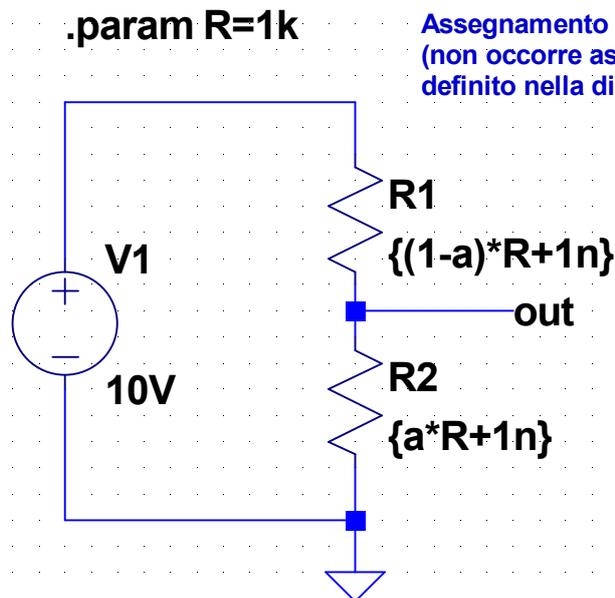


.tran 1s

E' possibile definire la tensione come funzione arbitraria del tempo

Punto di funzionamento in continua: analisi parametrica

Partitore di tensione con fattore di partizione variabile (potenziometro)



Assegnamento del valore al parametro R
(non occorre assegnare il valore di a
definito nella direttiva .step)

Definizione dei valori di R1 e R2
in funzione dei parametri a e R

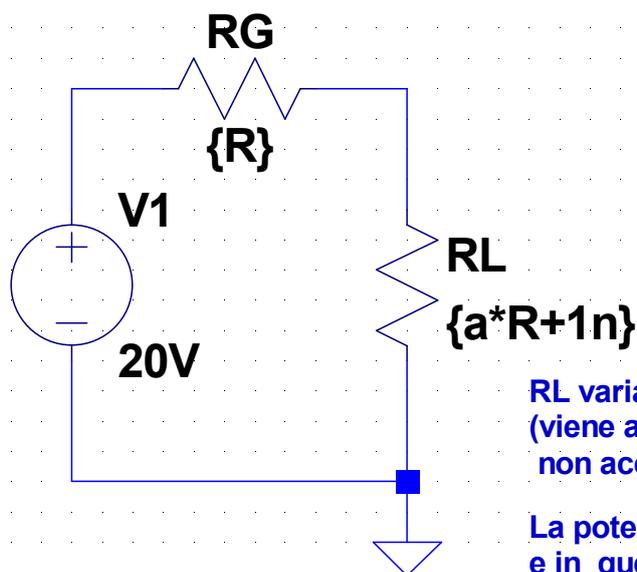
Ai valori dei resistori viene aggiunto 1 nanoohm
per evitare che si annullino per $a=0$ o $a=1$
(il programma non accetta resistori con $R=0$)

.op

.step param a 0 1 0.1

L'analisi viene ripetuta con il parametro a
variabile da 0 a 1 con passo 0.1

Potenza assorbita dal carico al variare della sua resistenza



.op

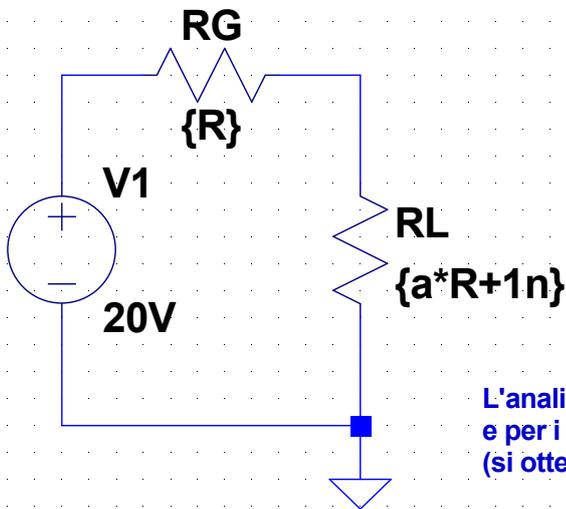
.param R=10

.step param a 0. 5 0.1

RL varia da 0 ohm a 50 ohm a passi di 1 ohm
(viene aggiunto 1 nanoohm perché il programma
non accetta resistenze nulle)

La potenza assorbita da RL è massima per $a = 1$
e in questa condizioni coincide con la potenza
disponibile del bipolo V1-RG (=10 W)

Potenza assorbita dal carico al variare della sua resistenza



```
.op
.param R=10
.step param a 0. 5 0.1 V1 list 5 10 20
```

L'analisi viene ripetuta variando il valore di a tra 0 e 5 a passi di 0.1 e per i 3 valori di $V1$ indicati nella lista nella direttiva `.step` (si ottengono 3 curve, una per ciascun valore di $V1$)

27

Direttiva `.step`

- La direttiva `.step` può essere usata per ripetere l'analisi al variare di
 - ◆ parametri globali
 - si deve indicare come variabile il nome del parametro preceduto da **param**
 - ◆ tensioni o correnti di generatori indipendenti
 - si deve indicare come variabile il nome del generatore
 - ◆ temperatura
 - si deve indicare come variabile **temp**
 - ◆ parametri di modelli (si vedrà in seguito)
- I valori possono essere assegnati indicando:
 - ◆ *variabile minimo massimo incremento* per variazioni lineari
 - ◆ **oct** *variabile minimo massimo numero di punti per ottava* oppure **dec** *variabile minimo massimo numero di punti per decade* per variazioni logaritmiche
 - ◆ *variabile list elenco di valori*

28

Direttiva .step

- Se la quantità che viene variata è un parametro, è possibile costruire la direttiva anche automaticamente, mediante una finestra di dialogo
- In questo caso è sufficiente scrivere nella direttiva solo .step e posizionarla sullo schema
- Cliccando sulla scritta .step con il pulsante destro del mouse si apre una finestra di dialogo che permette di selezionare il parametro da variare, il tipo di variazione e gli altri dati necessari

29

Esempi

.step param a 0 1 10m

- parametro globale a variabile linearmente da 0 a 1 con passo 0.01

.step dec param a 1 1Meg 10

- variazione logaritmica del parametro a da 1 a 10^6 con 10 punti per decade

.step param a list 1 3 4 6 12

- al parametro a vengono assegnati in sequenza i valori 1 3 4 6 12

.step I1 10mA 50mA 1mA

- corrente del generatore I1 variabile linearmente da 10 a 50 mA con passo 1 mA

.step oct I1 1mA 16mA 4

- variazione logaritmica della corrente I1 da 1 a 16 mA con 4 punti per ottava

30