

Un DTD SGML per la generazione di codice NGSpice e CircuitikZ

Renato Battistin <rbattistin@apf.it>

GUIT Meeting
21 Ottobre 2017

Outline

- 1 Circuiti Elettronici
 - Esempi
 - Componenti Fisici di un Circuito

Outline

- 1 Circuiti Elettronici
 - Esempi
 - Componenti Fisici di un Circuito
- 2 Simulazione

Outline

- 1 Circuiti Elettronici
 - Esempi
 - Componenti Fisici di un Circuito
- 2 Simulazione
- 3 Il Linguaggio SPICE

Outline

- 1 Circuiti Elettronici
 - Esempi
 - Componenti Fisici di un Circuito
- 2 Simulazione
- 3 Il Linguaggio SPICE
- 4 Rappresentazione (Tipo)Grafica

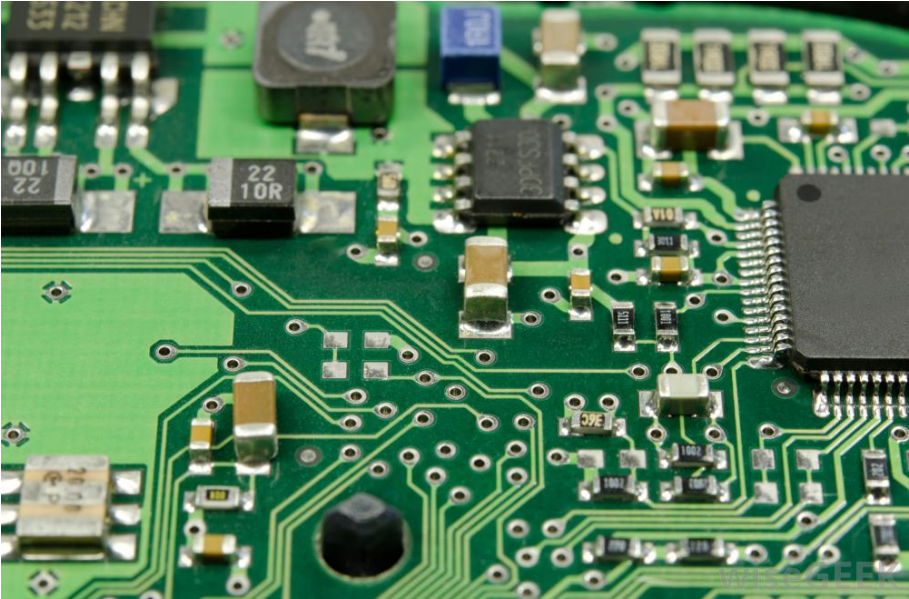
Outline

- 1 Circuiti Elettronici
 - Esempi
 - Componenti Fisici di un Circuito
- 2 Simulazione
- 3 Il Linguaggio SPICE
- 4 Rappresentazione (Tipo)Grafica
- 5 Alcuni Aspetti Implementativi

Circuiti Elettronici

Circuiti Elettronici

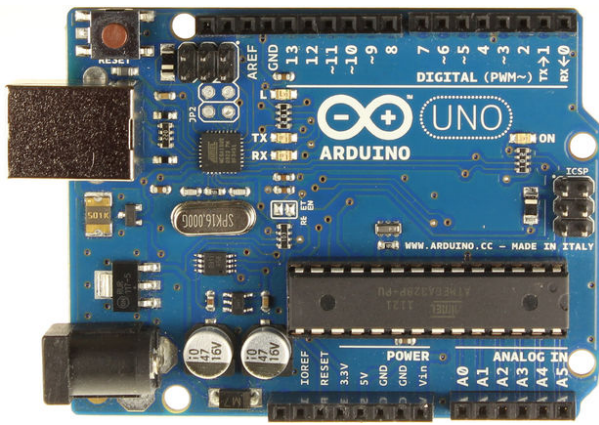
Esempio - Circuito Stampato



Esempio - Circuito Integrato



Esempio - Arduino



Esempio - Cockcroft-Walton

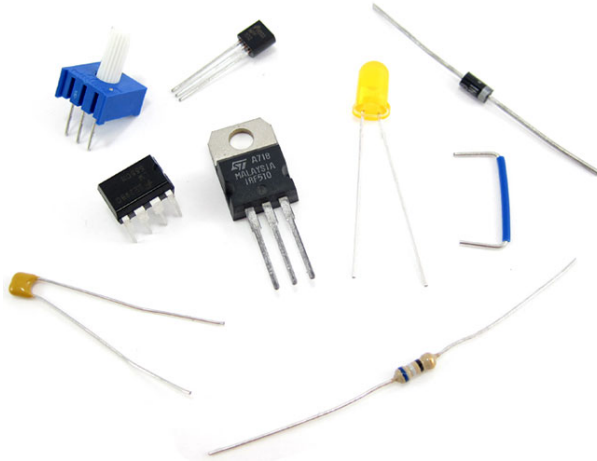


Elementi Concentrati

Un circuito elettronico può essere composto da vari tipi di *elementi concentrati*

- sorgente di corrente elettrica - mantiene un'intensità di corrente in un ramo circuitale
- sorgente di tensione - mantiene una differenza di potenziale elettrico tra due punti circuitali
- resistore - elemento passivo, dissipatore, converte energia elettrica in energia termica
- condensatore - *concentratore di campo elettrico*
- induttore - *concentratore di campo magnetico*
- transistor - elemento attivo, fondamentale, alla base di tutta l'elettronica contemporanea
- diodo - controlla il verso di conduzione della corrente elettrica in un ramo circuitale

Immagini di Elementi Concentrati

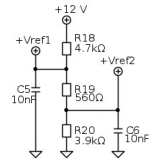
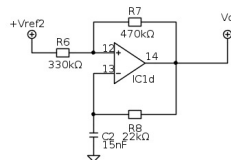
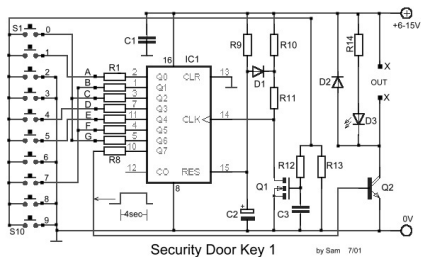
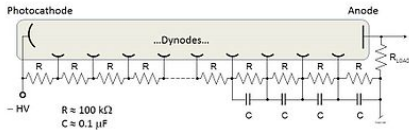
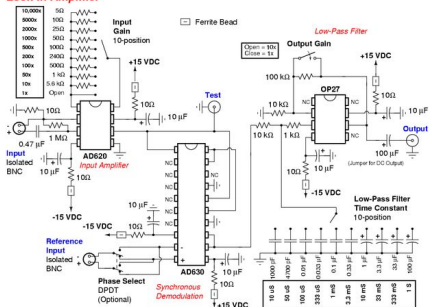


Schemi Circuitali

- Un circuito elettronico può essere rappresentato graficamente mediante uno **schema circuitale**
- Uno schema circuitale essenzialmente è un grafo sui cui rami e nodi possono essere posti degli elementi concentrati

Schemi Circuitali

Lock-In Amplifier



Simulazione

Simulazione

Comportamento Circuitale

- Un circuito elettronico concentra ed evolve temporalmente i campi elettrico e magnetico tramite i suoi elementi concentrati
- Sotto specifiche condizioni l'evoluzione temporale può essere predetta e quindi il comportamento del circuito si presta a **simulazione**
- La simulazione di un circuito elettronico può essere fatta mediante software

Software di Simulazione

- **GnuCap** - <http://www.gnu.org/software/gnuicap/>
- **NgSpice** - <http://ngspice.sourceforge.net/>
- **LTSpice** -
<http://www.linear.com/designtools/software/#LTspice>
- **TopSpice** - <http://penzar.com/demopage.htm>
- **MacSpice** - <http://www.macspice.com/Download.html>
- **PSpice** - http://www.cadence.com/products/orcad/pspice_simulation/pages/default.aspx

NGSpice



**MIXED MODE - MIXED LEVEL
CIRCUIT SIMULATOR**

BASED ON BERKELEY'S SPICE3F5

<http://ngspice.sourceforge.net/index.html>
basato su SPICE

Il Linguaggio SPICE

Il Linguaggio SPICE

SPICE - Le Origini

- *Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*, SPICE
- Sviluppato presso l'*Electronics Research Laboratory* dell'Università di California su suggerimento di Ron Rohrer e sotto la direzione di Donald O. Pederson
- Scritto originariamente in Fortran principalmente da Laurence Nagel (studente di Pederson), primo rilascio nel 1973
- SPICE 2, primo rilascio nel 1975, Fortran
- SPICE 3, primo rilascio nel 1989, C
- *1972: The release of SPICE, still the industry standard tool for integrated circuit design* di David Pescovitz, <http://engineering2.berkeley.edu/labnotes/0502/history.html>
- **Presentazione originale** <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/1973/ERL-382.pdf>

NGSpice - Capacità Simulative, I

- Analisi in Corrente Continua, *DC Analyses* - Determina il *punto di lavoro (DC operating point)* con induttori contocircuitati e condensatori sostituiti con interruzioni di circuito - **.DC**
- Analisi dei Piccoli Segnali in Corrente Alternata, *AC Small-Signal Analysis* - Limitata ai nodi analogici, fornisce la soluzione sinusoidale del sistema analogico descritta ad una particolare frequenza o insieme di frequenze. - **.AC**
- Analisi dei Transienti, *Transient Analysis* - Estensione nel dominio del tempo dell'Analisi in Corrente Continua - **.TF**
- Analisi di Poli e Zeri, *Pole-Zero Analysis* - Trova i poli e gli zeri della funzione di trasferimento del circuito - **.PZ**

NGSpice - Capacità Simulative, II

- Analisi della Distorsione dei Piccoli Segnali, *Small-Signal Distortion Analysis* - <https://en.wikipedia.org/wiki/Intermodulation> - **.DISTO**
- Analisi di Sensibilità, *Sensitivity Analysis* - Calcola la sensibilità del punto di lavoro o quella relativa ai piccoli segnali rispetto a tutte le variabili circuitali, inclusi i parametri dei modelli - **.SENS**
- Analisi del Rumore, *Noise Analysis* - Calcola i contributi al segnale di uscita provenienti dal rumore associato agli elementi del circuito - **.NOISE**
- Analisi Stato Stazionario Periodico, *Periodic Steady State Analysis* - Analisi dedicata ai segnali periodici di frequenza radio e di ampiezza non piccola - **.PSS**

NGSpice - Componenti Circuitali, I

Componenti circuitali bipolari, come il (R)esistore, il (C)ondensatore, l'induttore (L), le sorgenti di corrente (I) e tensione (V), sono descritti mediante una riga di codice che inizia con una stringa identificativa e prosegue con una coppia di identificatori dei nodi; quindi il valore della grandezza fisica caratteristica del componente; infine l'eventuale modello con i valori per i parametri fisici caratteristici:

```
RXXXXXXXX n+ n- value <ac=val> <m=val> <scale=val> <temp=val>  
+ <dtemp=val> <tc1=val> <tc2=val> <noisy=0|1>
```

Esempi:

```
RC1 12 17 1K  
R2 5 7 1K ac =2K  
RE1 1 2 800 newres dtemp=5  
.MODEL newres R tc1=0.001
```


NGSpice - Componenti Circuitali, II

Un circuito elettronico è generalmente descritto per la parte dei componenti e delle connessioni mediante una successione di righe dove la prima è il titolo con una breve descrizione

```
LPFILTER.CIR - SIMPLE RC LOW-PASS FILTER
VS 1 0 AC 1 SIN(0VOFF 1VPEAK 2KHZ)
R1 1 2 1K
C1 2 0 0.032UF
```

e prosegue con le istruzioni per la simulazione

```
* ANALYSIS
.AC DEC 5 10 10MEG
.TRAN 5US 500US
```

Rappresentazione (Tipo)Grafica

Rappresentazione (Tipo)Grafica



Requisiti

- I simboli grafici dei componenti di un circuito elettronico sono normati - IEEE Std 315-1975 (Reaffirmed 1993), ANSI Y32.2-1975 (Reaffirmed 1989), CSA Z99-1975
- La rappresentazione grafica, oltre che di simboli, è composta anche di linee rappresentanti le connessioni elettriche tra i componenti
- Spesso la rappresentazione grafica include informazioni quali i valori delle grandezze fisiche associate ai componenti ed eventuali brevi commenti
- Colori e tratteggiature possono essere necessari per evidenziare un componente o una parte del circuito rispetto alle altre

Pacchetti L^AT_EX

- MAKECirc, libreria MetaPost di Gustavo S. Bustamante Argañaraz, (2004),
<https://www.ctan.org/pkg/makecirc>
- eltex, (2009), <https://www.ctan.org/pkg/eltex>
- la libreria `pst-circ` di PSTricks, v2.14 2016-08-21,
<https://www.tug.org/PSTricks/main.cgi>
- le macro M4 (<https://www.gnu.org/software/m4/manual/m4.html>) di
Dwight Aplevich, v8.6 2017-08-28,
https://ece.uwaterloo.ca/~aplevich/Circuit_macros/CMman.pdf
- il pacchetto MetaPost `mpcirc` di Tomasz J. Cholewo,
<http://ci.louisville.edu/tom/software/LaTeX/mpcirc/>
- il pacchetto CircuiTikZ creato da Massimo A. Redaelli, v0.8.3 2017-05-28,
<https://www.ctan.org/pkg/circuitikz>

CircuitikZ - Riferimenti

Sources	/graphics/pgf/contrib/circuitikz
Documentation	 README.md  Package documentation
Home page	https://circuitikz.github.io/circuitikz/
Support	https://github.com/circuitikz/circuitikz/issues
Bug tracker	https://github.com/circuitikz/circuitikz/issues
Repository	https://github.com/circuitikz/circuitikz
Version	0.8.3 2017-05-28
License	The L^AT_EX Project Public License GNU General Public License
Maintainer	Massimo Redaelli Stefan Erhardt Stefan Lindner
TDS archive	circuitikz.tds.zip
Contained in	T_EX Live as circuitikz MiK_TE_X as circuitikz
Topics	circuit diagrams package uses PGF-TikZ

Circuiti TikZ - Autori, Compatibilità

- Circuiti TikZ fu iniziato da Massimo Redaelli (Politecnico di Milano) nel 2007 come strumento per creare esercizi per gli esami
- dal 2015 congiuntamente a Stefan Lindner e Stefan Erhardt (entrambi all'Università di Erlangen-Nürnberg, Germania)
- i comandi Circuiti TikZ sono di fatto comandi TikZ, ad esempio:

```
\tikz \draw (0,0) to[R=$R_1$] (2,0);
```

- incompatibilità con il pacchetto TikZ, risolvibile:

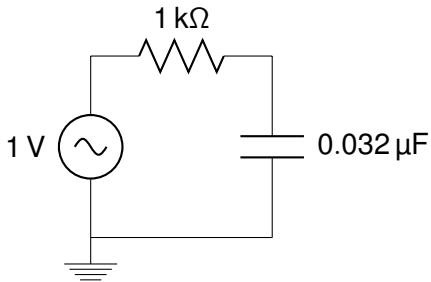
```
\usepackage[compatibility]{circuitikz}
```

SGML per NGSpice e CircuitikZ

```
1 <!doctype nspice system 'ngspice.dtd'>
2 <ngspice>
3   <title>Un semplice RC</title>
4   <circuit>
5     <ground xy-node="(0,0)">
6     <voltage name="1" node-plus="1" node-minus="0" xy-plus="(0,2)"
7       xy-minus="(0,0)" symbol="sV" label="\SI{1}{\volt}">
8     </voltage>
9     <resistor name="1" node-plus="2" node-minus="1" value="1k"
10      xy-plus="(2,2)" xy-minus="(0,2)" label="\SI{1}{\kilo\ohm}">
11     </resistor>
12     <capacitor name="1" node-plus="2" node-minus="0" value="0.032u"
13      xy-plus="(2,0)" xy-minus="(2,2)"
14      label="\SI{0.032}{\micro\farad}" label-position="_">
15     </capacitor>
16     <short-circuit xy-plus="(0,0)" xy-minus="(2,0)">
17   </circuit>
18 </end-line>
19 </ngspice>
```

Da SGML a CircuitiKZ

```
1 \begin{circuitikz}[scale=1.2,american]\draw
2 (0,0) node[ground] {}
3 (0,0) to[sV, l=\SI{1}{\volt}, ] (0,2)
4 (0,2) to[R, l=\SI{1}{\kilo\ohm}, ] (2,2)
5 (2,0) to[C, l_=\SI{0.032}{\micro\farad}, ] (2,2)
6 (2,0) to[short, l=, ] (0,0)
7 ;\end{circuitikz}
```



Da SGML a NGSpice

```
.TITLE Un semplice RC
V1 1 0 DC 1 AC 1
R1 2 1 1k
C1 2 0 0.032u
.END
```

Applicazione di NGSpice

```
renato@seira ~/Spice/Esempi $ ngspice RC.sp
```

```
*****
```

```
** ngspice-24 : Circuit level simulation program  
** The U. C. Berkeley CAD Group  
** Copyright 1985-1994, Regents of the University of California.  
** Please get your ngspice manual from http://ngspice.sourceforge.net/docs.html  
** Please file your bug-reports at http://ngspice.sourceforge.net/bugrep.html  
** Creation Date: Wed Apr 16 21:10:22 UTC 2014  
*****
```

```
Circuit: Un semplice RC
```

```
ngspice 2 -> listing  
Un semplice RC
```

```
1 : un semplice rc  
2 : .global gnd  
3 : v1 1 0 ac 1  
4 : r1 2 1 1k  
5 : c1 2 0 0.032u  
7 : .end
```

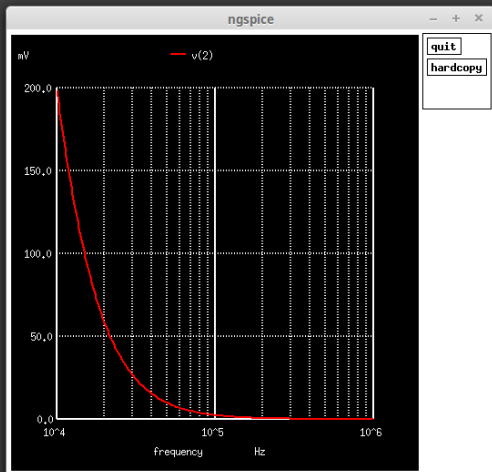
```
ngspice 2 -> ac dec 100 10k 1000k  
Doing analysis at TEMP = 27.000000 and TNOM = 27.000000
```

```
Warning: v1: has no value, DC 0 assumed
```

```
No. of Data Rows : 201
```

```
ngspice 2 -> plot v(2)
```

```
ngspice 2 -> 
```



Alcuni Aspetti Implementativi

Alcuni Aspetti Implementativi

Numeri dell'Implementazione

File	Righe
ngspice.dtd	536
ngspice.map	239
circuitikz.map	224
CIRCUITIKZentities.tex	145

Le Entità Circuitali, I

```
...
<!ENTITY varistor CDATA "varistor">
<!ENTITY photoresistor CDATA "phR">
<!ENTITY thermistor CDATA "thR">
<!ENTITY PTC-thermistor CDATA "thRp">
<!ENTITY asymmetric-fuse CDATA "afuse">

<!ENTITY empty-diode CDATA "Do">
<!ENTITY empty-shottky-diode CDATA "sDo">
<!ENTITY empty-zener-diode CDATA "zDo">
<!ENTITY empty-tunnel-diode CDATA "tDo">
<!ENTITY empty-led CDATA "leDo">

<!ENTITY battery CDATA "battery">
<!ENTITY battery-cell CDATA "battery1">
...
```

Le Entità Circuitali, II

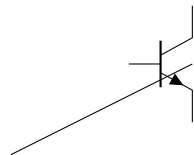
```
...
<!ENTITY full-differential-operational-amplifier CDATA "fd_op_amp">

<!ENTITY variable-inductor CDATA "vL">
<!ENTITY variable-european-inductor CDATA "variable_european_inductor">
<!ENTITY variable-american-inductor CDATA "variable_american_inductor">

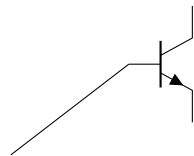
<!ENTITY adc-block CDATA "adc">
<!ENTITY dac-block CDATA "dac">
<!ENTITY dsp-block CDATA "dsp">
<!ENTITY fft-block CDATA "fft">
<!ENTITY amp-block CDATA "amp">
...
```

Connessioni Circuitali, I

```
1 \begin{circuitikz}[scale=1.2,american]\draw
2 (0,0) node[npn] (t1) {}
3 (t1) to[short, l=, ] (-2,-1)
4 ;\end{circuitikz}
```



```
1 \begin{circuitikz}[scale=1.2,american]\draw
2 (0,0) node[npn] (t1) {}
3 (t1.base) to[short, l=, ] (-2,-1)
4 ;\end{circuitikz}
```

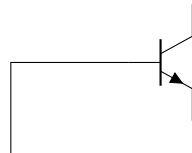


Connessioni Circuitali, II

```
1 <!doctype ngspice system 'ngspice.dtd'>
2 <ngspice>
3   <title>Esempio di connessioni ad un transistor</title>
4   <circuit>
5     <bjt name="1" collector-node="3" base-node="2" emitter-node="1"
6       model="" xy-node="(0,0)" id-node="t1">
7     </bjt>
8     <short-circuit xy-plus="(-2,-1)" xy-minus="(t1.base)">
9   </circuit>
10  <end-line>
11 </ngspice>
```


Connessioni Circuitali, III

```
1 \begin{circuitikz}[scale=1.2,american]\draw
2 (0,0) node[npn] (t1) {}
3 (-2,-1) |- (t1.base)
4 ;\end{circuitikz}
```

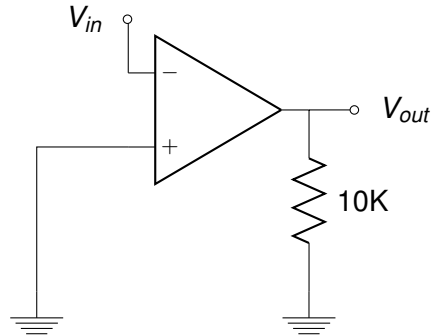


Connessioni Circuitali, IV

```
1 <!doctype ngspace system 'ngspace.dtd'>
2 <ngspace>
3   <title>Esempio di connessioni ad un transistor</title>
4   <circuit>
5     <bjt name="1" collector-node="3" base-node="2" emitter-node="1"
6       model="" xy-node="(0,0)" id-node="t1">
7     </bjt>
8     <right-angle-circuit>
9       <xy-plus>(-2,-1)</xy-plus>
10      <!-- one of (STRAIGHT VHLINE HVLIN) -->
11      <vhline>
12      <xy-minus>(t1.base)</xy-minus>
13    </right-angle-circuit>
14  </circuit>
15 <end-line>
16 </ngspace>
```

Connessioni Circuitali, V

```
1 \begin{circuitikz}[scale=1.2,american]\draw
2 (0,0) node[ground] {}
3 (2,2) node [op amp] (opamp) {}
4 (opamp.+) -| (0,0)
5 (1,3) -| (opamp.-)
6 (1,3) to[open, l^=$V_{in}$, o- ] (1,3)
7 (3,2) to[short, l=, ] (opamp.out)
8 (3,2) to[R, l^=10K, ] (3,0)
9 (3,0) node[ground] {}
10 (3.5,2) to[short, l=, ] (3,2)
11 (3.5,2) to[open, l_=$V_{out}$, o- ] (3.5,2)
12 ;\end{circuitikz}
```



Connessioni Circuituali, VI

```
1 <!doctype nspice system 'ngspice.dtd'>
2 <ngspice>
3   <title>Connessioni ad un Op Amp</title>
4   <circuit>
5     <ground xy-node="(0,0)">
6     <opamp name="opamp" node="(2,2)" label="Amp">
7     <right-angle-circuit>
8       <xy-plus>(opamp.+)</xy-plus>
9       <hvline>
10      <xy-minus>(0,0)</xy-minus>
11    </right-angle-circuit>
12    <right-angle-circuit>
13      <xy-plus>(1,3)</xy-plus>
14      <hvline>
15      <xy-minus>(opamp.-)</xy-minus>
16    </right-angle-circuit>
```

Connessioni Circuitali, VII

```
17 <open-circuit xy-plus="(1,3)" xy-minus="(1,3)" label="$V_{in}$"  
    label-position="^" to-options="o-">  
18 <short-circuit xy-plus="(3,2)" xy-minus="(opamp.out)">  
19 <resistor name="1" node-plus="" node-minus="" value="10K"  
    xy-plus="(3,0)" xy-minus="(3,2)" label="10K" label-position="^">  
20 </resistor>  
21 <ground xy-node="(3,0)">  
22 <short-circuit xy-plus="(3.5,2)" xy-minus="(3,2)">  
23 <open-circuit xy-plus="(3.5,2)" xy-minus="(3.5,2)"  
    label="$V_{out}$" label-position="_" to-options="o-">  
24 </circuit>  
25 <end-line>  
26 </ngspice>
```

GRAZIE PER L'ATTENZIONE