

LTspice

Introduzione

www.die.ing.unibo.it/pers/mastri/didattica.htm
(versione del 25-2-2016)

Spice

- **Spice** (**S**imulation **P**rogram with **I**ntegrated **C**ircuit **E**mphasis) è un programma di simulazione circuitale sviluppato a partire dagli anni 70 presso l'Università di Berkley in California e distribuito in forma *open source*
- A partire dal programma originale, la cui ultima versione risale al 1985, sono stati sviluppati vari simulatori commerciali
- In questo corso verrà utilizzato **LTspice**, sviluppato da Linear Technology (LTC) e distribuito gratuitamente
- Un'altra versione commerciale molto diffusa è Pspice, sviluppata da MicroSim e attualmente distribuita da Cadence
 - ◆ E' stata la prima versione di Spice disponibile per PC
 - ◆ Ne esistono edizioni gratuite con limitazioni sulle dimensioni e la complessità dei circuiti simulabili

Principali tipi simulazione disponibili in Spice

- **Analisi in continua**

- ◆ E' utilizzabile anche per circuiti non lineari
- ◆ I condensatori e gli induttori sono trattati, rispettivamente come circuiti aperti e cortocircuiti

- **Analisi di transitori**

- ◆ E' utilizzabile anche per circuiti non lineari
- ◆ Il programma esegue, in via preliminare, un'analisi in continua all'istante $t = 0$ per determinare le condizioni iniziali

- **Analisi in regime sinusoidale**

- ◆ E' utilizzabile solo per circuiti lineari
- ◆ Se il circuito è non lineare, viene linearizzato nell'intorno del *punto di lavoro*, determinato mediante un'analisi in continua
 - ➔ i risultati sono validi nell'ipotesi di regime di *piccoli segnali* (piccole variazioni nell'intono del punto di lavoro)

3

Cenno sui metodi di analisi

- I circuiti sono analizzati con il metodo dell'*analisi nodale modificata*
 - ◆ il sistema risolvibile è ottenuto applicando la legge di Kirchhoff per le correnti ai nodi del circuito
 - ◆ per i componenti comandati in tensione, le correnti sono espresse in funzione delle tensioni dei nodi rispetto a un nodo di riferimento (che deve essere specificato dall'utente)
 - ◆ in presenza di componenti non comandati in tensione (come i generatori di tensione) vengono introdotte incognite ausiliarie (correnti) e equazioni ausiliarie
- Per l'analisi in condizioni transitorie, le equazioni differenziali del circuito vengono discretizzate, cioè convertite in equazioni alle differenze finite
 - ◆ Il passo di discretizzazione è variato in modo automatico dal programma e quindi viene adattato alle forme d'onda dei segnali presenti nel circuito

4

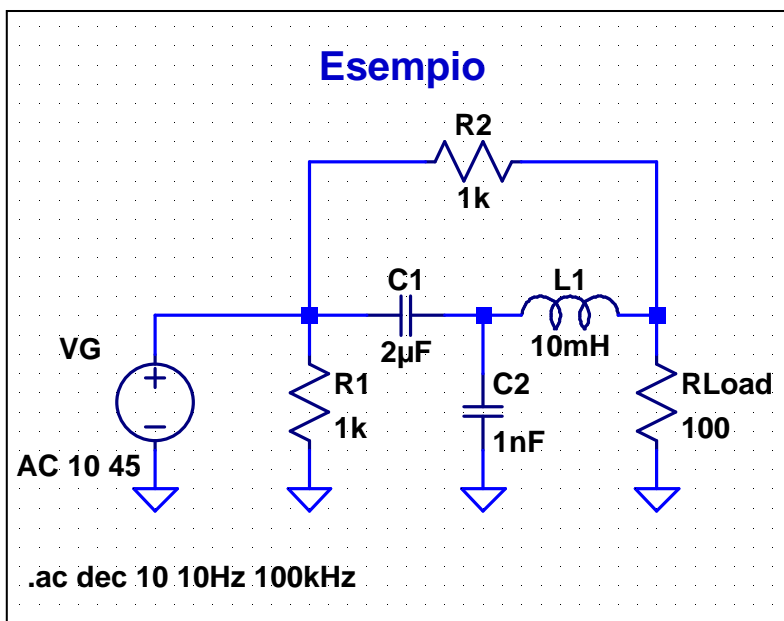
Netlist

- Nel programma originale i dati di ingresso (descrizione del circuito e direttive per la simulazione) venivano forniti mediante un file di testo (**netlist**) e i risultati venivano scritti in un file di testo
- Nelle versioni attuali, normalmente la netlist viene generata mediante un editor schematico (**Schematic Capture**) e i risultati possono essere visualizzati mediante un post-processore grafico (**Waveform Viewer**)
- I file di ingresso e uscita rimangono comunque accessibili anche nelle versioni attuali
- Le netlist possono essere utilizzate per trasferire dati tra versioni diverse del simulatore
- Inoltre le netlist vengono utilizzate per la definizione di modelli di componenti e di sottocircuiti

5

Esempio Netlist generata dall'editor schematico di LTspice

Schema



Netlist

```
* C:\Users\Lab\esempio.asc
R1 N001 0 1k
C1 N001 N003 2µF
L1 N003 N002 10mH
C2 N003 0 1nF
RLoad N002 0 100
R2 N001 N002 1k
VG N001 0 AC 10 45
.ac dec 10 10Hz 100kHz
* Esempio
.backanno
.end
```

6

Netlist

- La netlist può contenere istruzioni di tre tipi
 - ◆ **definizioni di componenti**: il primo elemento dell'istruzione è il nome del componente che può essere scelto in modo arbitrario ma deve iniziare con una lettera che indica il tipo del componente: "R" per i resistori, "C" per i condensatori, "L" per gli induttori, ecc.
 - ◆ **direttive per la simulazione**: il primo carattere è un punto, per questo le direttive sono anche dette *dot commands*
 - ◆ **commenti**: il primo carattere è un asterisco
- Il programma non distingue tra lettere minuscole e maiuscole
- La prima linea della netlist è destinata a contenere un titolo e viene sempre trattata come un commento
- L'ultima linea deve essere la direttiva ".end"
- A parte questo, l'ordine delle istruzioni è arbitrario
- Un'istruzione molto lunga può essere divisa in più linee
 - ◆ le linee di continuazione devono iniziare con il carattere "+"

7

Netlist

- In LTspice, quando si utilizza l'editor schematico per generare la netlist
 - ◆ le definizioni dei componenti vengono generate automaticamente a partire dallo schema del circuito
 - ◆ è possibile scrivere istruzioni di definizione di componenti sullo schema (di solito questo si fa per definire modelli o sottocircuiti)
 - ◆ le direttive in alcuni casi vengono costruite mediante finestre di dialogo e quindi posizionate sullo schema, in altri casi vengono scritte direttamente sullo schema
 - ◆ sullo schema deve essere sempre presente la direttiva che specifica il tipo di analisi da eseguire
 - ◆ è possibile scrivere i commenti sullo schema
 - ◆ il programma attribuisce automaticamente dei nomi ai nodi, è comunque possibile modificarli inserendo delle etichette (*labels*) sullo schema
 - ◆ si deve indicare obbligatoriamente il nodo di riferimento mediante l'apposito simbolo (*ground*)

8

Suffissi per i fattori di scala

- I valori numerici possono essere inseriti o usando la notazione esponenziale (es. $1.5e3 = 1.5 \times 10^3$) oppure utilizzando i suffissi riportati nella tabella
- Per i suffissi possono essere utilizzate indifferentemente lettere maiuscole o minuscole
- I suffissi vanno scritti di seguito al numero senza lasciare spazi (es. $1.5k = 1.5K = 1.5 \times 10^3$)
- Lettere diverse da quelle indicate in tabella, scritte di seguito al numero o dopo il suffisso, vengono ignorate e possono essere utilizzate per indicare le unità di misura

Suffisso	Fattore Moltiplicativo
f	10^{-15}
p	10^{-12}
n	10^{-9}
u (o μ)	10^{-6}
m	10^{-3}
k	10^3
Meg	10^6
G	10^9
T	10^{12}

9

Note

- Il programma non distingue tra maiuscole e minuscole, quindi sia 1m che 1M indicano 10^{-3} , per indicare 10^6 si deve scrivere 1Meg
- Le unità di misura possono essere inserite per comodità dell'utente ma sono ignorate dal programma, quindi di può scrivere indifferentemente: per es., 10p o 1pF, 1k o 1kohm, 50 o 50Hz, ecc.
- Si deve fare attenzione a non utilizzare come unità di misura lettere che indicano suffissi:
per es. 1F non significa 1 farad ma 1 femtofarad = 10^{-15} farad

Principali tipi di file utilizzati da LTspice

- **Schema**: nome.asc
 - ◆ file di testo generato dall'editor schematico
- **Netlist**: nome.cir
 - ◆ file di testo
 - ◆ può essere generato dall'editor schematico o prodotto con un editor di testo
 - ◆ vengono riconosciute anche le estensioni .net e .sp
- **Logfile**: nome.log
 - ◆ file di testo contenente informazioni sull'esecuzione della simulazione
- **Risultati**: nome.raw
 - ◆ file binario contenente i risultati della simulazione e utilizzato dal Waveform Viewer

Ulteriori informazioni

- L'*help* di LTspice contiene il manuale del programma
- In particolare:
 - ◆ la sezione **Schematic Capture** descrive l'editor schematico
 - ◆ la sezione **Waveform Viewer** descrive il post-processore grafico
 - ◆ la sezione **LTspice** descrive il simulatore
 - nella sottosezione **Circuit Elements** sono descritti i modelli dei componenti disponibili, i loro parametri e la sintassi delle istruzioni di dichiarazione dei componenti
 - nella sottosezione **Dot Commands** sono descritte le direttive di simulazione