

# **SPICE**

**S**imulation **P**rogram  
with **I**ntegrated **C**ircuit **E**mphasis

University of California - Berkeley (anni '70)

## **Simulazione circuitale**

- indispensabile al crescere delle dimensioni e della complessità dei circuiti (come alternativa a calcoli “a mano” (!))
- indispensabile in alternativa a prove in laboratorio su *breadboard*:
  - capacità e induttanze parassite di valori sensibilmente diversi da quelli reali;
  - mancato funzionamento di montaggi “volanti”;
  - possibile esito catastrofico della prova;
  - spreco di tempo e denaro !!!
- analisi di effetti delle perturbazioni;
  - temperatura, parametri circuitali.

## **SPICE - Punti di forza**

- di facile impiego
- esteso ad un vasto campo di applicazioni
- altamente efficiente dal punto di vista del calcolo
- continua ad essere il più usato in ogni campo
- disponibile su PC, VMS-VAX, UNIX, LINUX, . . .
- numerose versioni, per usi specifici
- è divenuto uno *standard*

## DESCRIZIONE DEL CIRCUITO:

Struttura generale del file **NOMEFILE.CIR**

titolo	<i>obbligatorio!!</i>
[ descrizione del circuito	<i>come è fatto il circuito?</i>
[ istruzioni di controllo	<i>che tipo di analisi?</i>
*	<i>commento</i>
<b>.END</b>	<i>ultima riga!</i>

## MODELLI:

### resistenze:

[R]XXXXXXXX N1 N2 VAL <TC=TC1<,TC2>>

es.:

R12 1 2 1k

RCC 11 12 100 TC=0.001,0.015

### induttanze, capacità (anche non lineari):

[L|C]XXXXXXXX N1 N2 VAL <IC=ICCOND>

es.:

CEQ 1 0 1n

CSER 3 4 1u IC=3V

LB 21 12 1u

L12 1 2 100m IC=15MA

**induttori accoppiati (induttanze mutue):**

KXXXXX LYYYYY LZZZZZ VAL

es.:

K51 L1 L2 0.95

**generatori indipendenti:**

[V|I]XXXXXXX N+ N- <<DC> DC/TRAN VAL> <AC <ACAMP>  
<ACFASE>>>

es.:

VCC 4 0 DC 12

IG 4 0 AC 10m

VS 13 2 0.001 AC 1 SIN(0 1 1MEG)

SIN(VOFFS VAMP FREQ RIT SMORZ)

PULSE(V1 V2 TD TR TF PW PER)

PWL(T1 V1<T2 V2 T3 V3 ...>)

EXP(V1 V2 TD1 TAU1 TD2 TAU2)

**generatori dipendenti:**

EXXXX N+ N- NC+ NC- VAL (gen. tens. contr. tens.)

FXXXX N+ N- VCON VAL (gen. corr. contr. corr.)

GXXXX N+ N- NC+ NC- VAL (gen. corr. contr. tens.)

HXXXX N+ N- VCON VAL (gen. tens. contr. corr.)

es.:

E1 3 4 1 2 1E5

**modelli di dispositivi:**

```
.MODEL MODELNAME DEVICE-TYPE (par=val par=val...)  
  D..      D          (diode)  
  Q..      NPN        (trans. npn, 40 parameters)  
  Q..      PNP        (trans. pnp)  
  M..      NMOS       (MOSFET a can. n, 48 parameters)  
  M..      PMOS       (MOSFET a can. p)  
  J..      NJF        (JFET a can. n, 14 parameters)  
  J..      PJF        (JFET a can. p)
```

es.:

```
.MODEL Q2N2222 Q NPN IS=14.340000E-15 BF=255.9  
+VAF=74.03 CJE=22.010000E-12 ...
```

**sottocircuiti:**

```
.SUBCKT SUBNOME NOD01 NOD02 NOD03 ...
```

...

```
.ENDS SUBNOME
```

## Analisi

**Analisi in CC** - Determinazione del punto di riposo (C aperti, L in corto circuito), anche al fine della determinazione dei parametri differenziali; determinazione delle correnti erogate dai generatori e delle potenze dissipate.

**Funzione di trasferimento per piccoli segnali** - rapporto ingresso/uscita, impedenza d'ingresso e d'uscita, previa linearizzazione dei modelli di dispositivi non lineari nell'intorno del punto di riposo.

**Sensitività dei piccoli segnali** - variazione delle grandezze d'uscita rispetto ai parametri circuitali (scenario peggiore).

**Curve di trasferimento in CC** - caratteristica di trasferimento.

**Analisi del rumore** - rumore termico (resistenze), *shot* e *flicker* (semiconduttori).

**Analisi della distorsione** - distorsione armonica ( $2 \times f_0$ ,  $3 \times f_0, \dots$ ) e intermodulazione ( $f_1 + f_2$ ).

**Analisi di Fourier** - Scomposizione secondo Fourier delle risposte transitorie.

## Elementi circuitali

- Resistenze;
- Capacità;
- Induttanze;
- Induttanze accoppiate;
- Linee di trasmissione;
- Generatori di tensione indipendenti;
  - costanti
  - sinusoidali (smorzati)
  - impulsivi
  - esponenziali (a tratti)
  - lineari a tratti
  - sinusoidali modulati in frequenza
- Generatori di corrente indipendenti;
- Generatori di tensione/corrente controllati:
  - in corrente
  - in tensione
- Diodi;
- Transistori bipolari;
- JFET, MOSFET;
- *Sottocircuiti.*

## Altri parametri

- Variazioni con la temperatura:

$$R(T) = R_0(1 + \alpha_1\Delta T + \alpha_2\Delta T^2)$$

- Capacità e resistenza dei collegamenti;
- Capacità integrate:  $C_{ox} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{d_{ox}}$
- Valori iniziali (correnti nelle induttanze e tensioni sulle capacità)
- Capacità dipendenti dalla tensione:

$$C = C_0 + C_1V + C_2V^2 + C_3V^3 + \dots$$

- Induttanze dipendenti dalla corrente:

$$L = L_0 + L_1I + L_2I^2 + L_3I^3 + \dots$$

### Output:

- Tabelle;
- Diagrammi



## **ANALISI:**

**.DC SOURCE START STOP INCR:**            analisi in CC.

- punto di riposo del circuito (C aperti, L cortocircuitate);
- preliminare al calcolo di transitorio (condizioni iniziali);
- preliminare all'analisi in AC (parametri per le variazioni);
- caratteristica di trasferimento per grandi segnali;

**.AC SCALA NPOINTS FSTART FSTOP**    analisi in CA.

- grandezza in uscita (CA) in funzione della frequenza;
- può richiedere preliminarmente **.DC**;

**.TRAN TSTEP TSTOP (TSTART TINCR UIC)**

analisi di transitorio.

- grandezza in uscita in funzione del tempo;
- richiede preliminarmente **.DC**;

**.FOURIER:** analisi armonica;

**.NOISE**: effetti del rumore;

**.DISTO**: distorsioni;

**.TF OUTPUTVAR INPUTVAR**

funzione di trasferimento per piccoli segnali.

**.TEMP VAL1 (VAL2, VAL3 ...)** analisi a differenti temperature.

**.IC V(N)=VALUE1 V(I, J)=VALUE2** (condizioni iniziali)

**.STEP (TYPE) STEPVAR START STOP INCR**

(grandezze parametriche)

## **OUTPUT:**

**.PRINT**: tabella;

**.PLOT**: in forma grafica con caratteri ASCII;

**.PROBE**: postprocessore, interfaccia grafica.