

### Descrierea dispozitivelor analogice în programul PSPICE

Dispozitivele analogice acceptate de programul PSPICE se împart în 5 clase. Fiecărui dispozitiv îi este asociat o literă cu care începe linia de descriere a acestuia. Cele 5 clase de dispozitive analogice sunt prezentate în tabelul următor:

| Dispozitive pasive                                                                                    | Surse independente                           | Surse comandate                                                                                                                                                                  | Comutatoare ideale                                                       | Dispozitive semiconductoare                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| R - rezistorul<br>C - condensatorul<br>L - bobina<br>K - cuplajul inductiv<br>T - linia de transmisie | V - sursa de tensiune<br>I - sursa de curent | E - sursa de tensiune comandată în tensiune<br>G - sursa de curent comandată în tensiune<br>H - sursa de tensiune comandată în curent<br>F - sursa de curent comandată în curent | S - comutator controlat în tensiune<br>W - comutator controlat în curent | D - dioda<br>Q - tranzistorul bipolar<br>J - TECJ<br>M - TECMOS<br>B - TECGaAs |

### Descrierea dispozitivelor pasive

#### Rezistorul

Forma generală de descriere este următoarea:

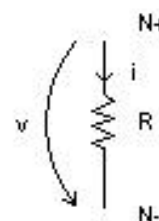
R<nume> <N+> <N-> [nume\_model] <valoare> [TC=<TC1>[,<TC2>]]

Exemple:

Rs 12 0 1.5k

R3 2 9 7.5k TC=0.015,-0.003

Rreactie 5 17 RMOD 5k



Modelul, atunci când este precizat, se descrie cu ajutorul comenzii .MODEL:

.MODEL <nume\_model> RES [parametri\_model]

Parametrii de model ai rezistorului sunt următorii:

| Parametru model | Semnificație                | Unitate de măsură       | Valoare implicită |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------|
| R               | Multiplicator de rezistență | -                       | 1                 |
| TC1             | Coef. liniar de temperatură | $^{\circ}\text{C}^{-1}$ | 0                 |

|     |                               |                         |   |
|-----|-------------------------------|-------------------------|---|
| TC2 | Coef. pătratic de temperatură | $^{\circ}\text{C}^{-2}$ | 0 |
| TCE | Coef. exponențial de temp.    | $\%/^{\circ}\text{C}$   | 0 |

În forma generală de descriere N+ și N- reprezintă nodurile din circuit la care se conectează rezistorul. Curentul pozitiv circulă prin rezistor de la nodul N+ la nodul N-. Parametrii de model TC1 și TC2 pot fi specificați și în linia de descriere a rezistorului (exemplul 2). În exemplul 3, pentru rezistor este specificat numele de model.

Dacă în linia de descriere a rezistorului este inclus [nume\_model] și parametrul TCE nu este specificat în cadrul modelului, atunci valoarea totală a rezistenței este dată de expresia:

$$R_{tot} = \langle \text{valoare} \rangle \cdot R \cdot (1 + TC1 \cdot (T - T_{nom}) + TC2 \cdot (T - T_{nom})^2).$$

Dacă printre parametrii de model este specificat parametrul TCE, atunci valoarea totală a rezistenței este dată de expresia:  $R_{tot} = \langle \text{valoare} \rangle \cdot R \cdot 1.01^{TCE \cdot (T - T_{nom})}$ , unde  $\langle \text{valoare} \rangle$  este valoarea rezistorului specificată în linia de descriere și  $T_{nom}$  reprezintă temperatura nominală.

Zgomotul:

Zgomotul este calculat într-o bandă de 1Hz. Rezistorul generează zgomot termic, cu următoarea densitate spectrală de putere (pe unitatea de bandă):  $i^2 = 4 \cdot k \cdot T / R_{tot}$ .

## Condensatorul

Forma generală de descriere este următoarea:

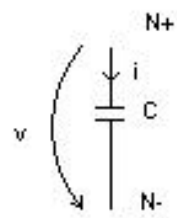
C<nume> <N+> <N-> [nume\_model] <valoare> [IC=<valoare\_inițială>]

Exemple:

Cref 12 0 220u

C5 3 8 47nF IC=2.5V

Creactie 2 24 CMOD 100pF



Modelul, atunci când este precizat, se descrie cu ajutorul comenzii .MODEL:

.MODEL <nume\_model> CAP [parametri\_model]

Parametrii de model ai condensatorului sunt următorii:

| Parametru model | Semnificație                  | Unitate de măsură       | Valoare implicită |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|
| C               | Multiplicator de capacitate   | -                       | 1                 |
| VC1             | Coef. liniar de tensiune      | $\text{V}^{-1}$         | 0                 |
| VC2             | Coef. pătratic de tensiune    | $\text{V}^{-2}$         | 0                 |
| TC1             | Coef. liniar de temperatură   | $^{\circ}\text{C}^{-1}$ | 0                 |
| TC2             | Coef. pătratic de temperatură | $^{\circ}\text{C}^{-2}$ | 0                 |

În forma generală de descriere N+ și N- reprezintă nodurile din circuit la care se conectează condensatorul și definesc tensiunea pozitivă pe condensator. Curentul pozitiv circulă prin condensator de la nodul N+ la nodul N-.

Dacă în linia de descriere nu este specificat [nume\_model], atunci <valoare> reprezintă capacitatea condensatorului în Farazi.

Dacă în linia de descriere [nume\_model] este specificat, atunci valoarea totală a capacității este dată de expresia:

$$C_{tot} = \langle \text{valoare} \rangle \cdot C \cdot (1 + VC1 \cdot V + VC2 \cdot V^2) \cdot (1 + TC1 \cdot (T - T_{nom}) + TC2 \cdot (T - T_{nom})^2).$$

Opțional, în linia de descriere poate fi specificată tensiunea inițială pe capacitate: [IC=<valoare\_inițială>], care este luată în considerație la calculul punctului static și la analiza în domeniul timp.

## Bobina

Forma generală de descriere este următoarea:

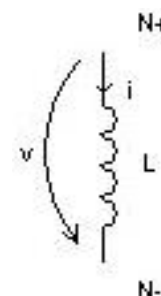
L<nume> <N+> <N-> [nume\_model] <valoare> [IC=<valoare\_inițială>]

Exemple:

Lload 16 0 22mH

L2 2 11 100uH IC=3mA

Lsec 13 17 LMOD 10uH



Modelul, atunci când este precizat, se descrie cu ajutorul comenzii .MODEL:

.MODEL <nume\_model> IND [parametri\_model]

Parametrii de model ai bobinei sunt următorii:

| Parametru model | Semnificație                  | Unitate de măsură | Valoare implicită |
|-----------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| L               | Multiplicator de inductanță   | -                 | 1                 |
| IL1             | Coef. liniar de curent        | A <sup>-1</sup>   | 0                 |
| IL2             | Coef. pătratic de curent      | A <sup>-2</sup>   | 0                 |
| TC1             | Coef. liniar de temperatură   | °C <sup>-1</sup>  | 0                 |
| TC2             | Coef. pătratic de temperatură | °C <sup>-2</sup>  | 0                 |

În forma generală de descriere N+ și N- reprezintă nodurile din circuit la care se conectează bobina și definesc tensiunea pozitivă pe bobină. Curentul pozitiv circulă prin bobină de la nodul N+ la nodul N-.

Dacă în linia de descriere nu este specificat [nume\_model], atunci valoarea efectivă a inductanței bobinei este dată de <valoare>.

Dacă în linia de descriere este specificat [nume\_model], atunci valoarea totală a inductanței este dată de expresia:

$$L_{tot} = \langle \text{valoare} \rangle \cdot L \cdot (1 + IL1 \cdot I + IL2 \cdot I^2) \cdot (1 + TC1 \cdot (T - T_{nom}) + TC2 \cdot (T - T_{nom})^2).$$

Opțional, în linia de descriere poate fi specificat curentul inițial prin bobină [IC=<valoare\_inițială>], care este luat în considerație la calculul punctului static și la analiza în domeniul timp.

## Cuplajul inductiv

Formele generale de descriere a cuplajului inductiv sunt următoarele:

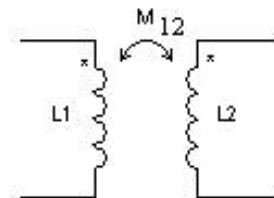
K<nume> L<nume\_bobină> <L<nume\_bobină>>\* <valoare\_cuplaj>  
K<nume> <L<nume\_bobină>>\* <valoare\_cuplaj> <nume\_model>

Exemple:

K12 L1 L2 0.95

Ktransf Lpr Lsec 1

KmieZ L1 L2 L3 L4 0.98 MODMIEZ



Cuplajul inductiv K<nume> cuplează două sau mai multe bobine. Sensul curentului prin bobinele cuplate depinde de ordinea în care au fost specificate nodurile fiecărei bobine. Astfel, considerând N1+, N1-, respectiv N2+, N2- nodurile la care se conectează două bobine L1 și L2, dacă curentul prin bobina L1 circulă de la nodul N1+ la nodul N1-, curentul prin bobina L2 va circula de la nodul N2- la nodul N2+.

Prima formă de descriere este utilizată în cazul bobinelor cuplate prin aer, iar cea de-a doua formă se folosește în cazul bobinelor cuplate pe miez magnetic.

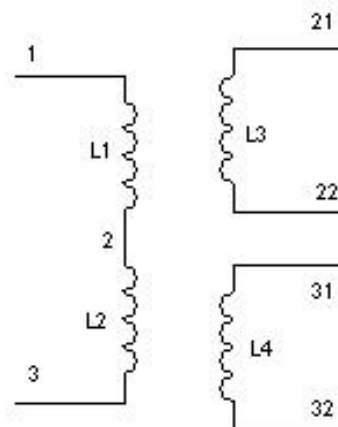
Coefficientul de cuplaj specificat în linia de descriere de <valoare\_cuplaj> ia valori între -1 și 1 și este definit de următoarea ecuație:

$$<valoare\_cuplaj> = M_{ij} / \sqrt{L_i \cdot L_j},$$

unde:  $L_i$ ,  $L_j$  reprezintă perechea de bobine cuplate, iar  $M_{ij}$  reprezintă inductanța mutuală dintre  $L_i$  și  $L_j$ .

Dacă într-un transformator există mai multe bobine, atunci trebuie definit cuplajul între toate perechile de inductanțe. Astfel, un transformator având în primar două bobine principale și două secundare va putea fi descris astfel:

```
*PRIMAR
L1 1 2 100uH
L2 2 3 100uH
*SECUNDAR
L3 21 22 100uH
L4 31 32 100uH
*CUPLAJUL MAGNETIC
K12 L1 L2 1
K13 L1 L3 1
K14 L1 L4 1
K23 L2 L3 1
K24 L2 L4 1
K34 L3 L4 1
```



Pentru același transformator, cuplajul dintre bobine poate fi descris mai simplu astfel:  
Kall L1 L2 L3 L4 1

În cazul bobinelor cuplate pe miez magnetic, pentru descrierea cuplajului trebuie specificat un model <nume\_model>. Acesta se descrie cu ajutorul comenzii .MODEL:

.MODEL <nume\_model> CORE [parametri\_model].

În cadrul acestei lucrări de laborator nu se vor studia parametrii de model ai cuplajului inductiv pe miez magnetic.

### T - Linia de transmisie

Linia de transmisie este un dispozitiv bidirecțional, prin care se propagă undele electromagnetice. În Spice există două forme generale de descriere a liniilor de transmisie: o formă pentru linia de transmisie ideală și o formă pentru linia de transmisie cu pierderi.

Linia de transmisie ideală are următoarea formă generală de descriere:

T<nume> <NA+> <NA-> <NB+> <NB-> [nume\_model]  
+Z0=<valoare> [TD=<valoare>] [F=<valoare>] [NL=<valoare>]]

Linia de transmisie cu pierderi are următoarea formă generală de descriere:

T<nume> <NA+> <NA-> <NB+> <NB-> [<nume\_model> [lungime\_electrică]]  
+LEN=<valoare> R=<valoare> L=<valoare> G=<valoare> C=<valoare>

Exemple:

T1 1 2 3 4 Z0=220 TD=115ns

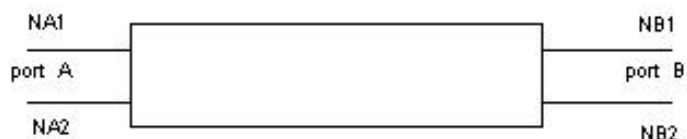
T2 10 20 30 40 Z0=220 F=2.25MHz

T3 10 11 12 13 Z0=220 F=4.5MHz

+ NL=0.5

T4 10 20 30 40 LEN=1 R=0.311 L=0.378u G=6.27u C=67.3p

T5 10 20 30 40 TMOD 1

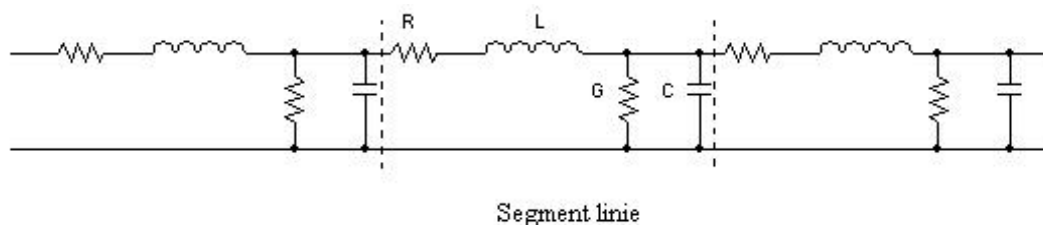


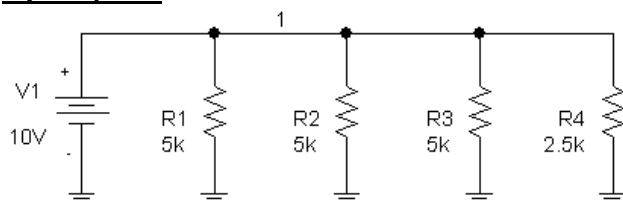
În formele generale de descriere <NA1> și <NA2> reprezintă nodurile (+) și (-) ale portului A, iar <NB1> și <NB2> reprezintă nodurile (+) și (-) ale portului B.

Pentru cazul ideal, Z0 reprezintă impedanța caracteristică. Lungimea liniei de transmisie poate fi specificată fie prin parametrul TD (întârzierea liniei exprimată în secunde), fie prin parametrii F (o frecvență pentru NL) și NL (lungimea de undă relativă la frecvența F).

Pentru cazul liniei cu pierderi, LEN reprezintă lungimea electrică iar R, L, G și C sunt valorile pe unitatea de lungime a rezistenței, inductanței, conductanței și capacității liniei pe unitatea de lungime.

Modelarea liniei de transmisie cu pierderi:



**Aplicatia 1:**

Parametrii de model, care nu au valorile implicite, ale celor 4 rezistoare sunt:

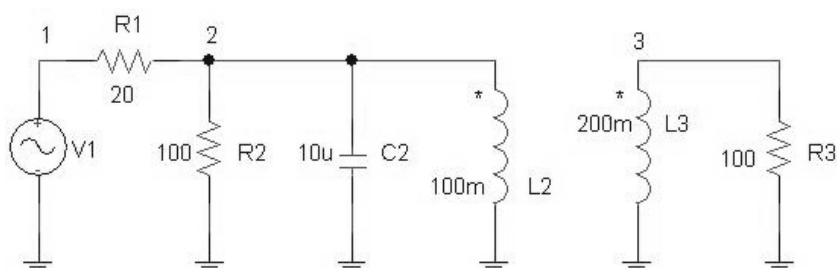
- Rezistorul R1: are parametrii de model implicați (nu are variație cu temperatura)
- Rezistorul R2: TC1=0.01;
- Rezistorul R3: TC1=0.01, TC2=-0.5e-3;
- Rezistorul R4: R=2, TCE=2.

Descrieți circuitul de mai sus în fișierul de intrare .cir și efectuați o analiză de curent continuu în care să variați temperatura în intervalul -25°C...75°C, cu un pas de variație de 2°C și afișați grafic variația rezistențelor celor 3 rezistoare în funcție de temperatură.

Sursa independentă de tensiune și comanda .DC pentru analiza de curent continuu se introduc în forma de mai jos:

```
V1 1 0 10
.DC TEMP -25 75 2
```

*Observație:* pentru a afișa grafic în Probe valoarea rezistențelor se vor reprezenta expresiile  $V(1)/I(R1)$ ,  $V(1)/I(R2)$ , șamd.

**Aplicatia 2**

Pentru condensatorul C2 valoarea tensiunii inițiale este 0.5V, iar pentru bobina L2 valoarea curentului inițial este 0.3A. Bobinele L2 și L3 se află în cuplaj inductiv, iar coeficientul de cuplaj poate lua valoarea 0 sau 1.

Considerând că sursa independentă de tensiune V1 generează în domeniul timp o formă de undă sinusoidală cu amplitudinea 1V și frecvența 500Hz, editați fișierul de intrare .cir, efectuați simularea și afișați grafic tensiunile nodurilor 1 și 3, tensiunea pe condensatorul C2 și curentul prin bobina L2. Simularea se va efectua în intervalul de timp 0...6ms.

Sursa independentă de tensiune și comanda .TRAN pentru analiza în domeniul timp se introduc în forma de mai jos:

```
V1 1 0 SIN(0 1 500)
.TRAN 0.1m 6m 0 50u
```