

## Τελευταίο στάδιο (μεταβατική ανάλυση γραμμικών κυκλωμάτων)

Να επεκταθούν αρχικά οι δηλώσεις των ανεξάρτητων πηγών τάσης και ρεύματος ώστε να περιλαμβάνουν και (προαιρετικό) χρονικά μεταβαλλόμενο μέρος, ως εξής:

V<name> <+> <-> <value> [transient\_spec]

I<name> <+> <-> <value> [transient\_spec]

όπου [transient\_spec] είναι ένα από τα ακόλουθα:

EXP (i1 i2 td1 tc1 td2 tc2)

SIN (i1 ia fr td df ph)

PULSE (i1 i2 td tr tf pw per)

PWL (t1 i1) ... (tn in)

με αντίστοιχους τύπους:

$$\text{EXP} \quad \left\{ \begin{array}{ll} i1 & , \quad 0 \leq t \leq td1 \\ i1 + (i2 - i1) \left( 1 - e^{-(t-td1)/tc1} \right) & , \quad td1 \leq t \leq td2 \\ i1 + (i2 - i1) \left( e^{-(t-td2)/tc2} - e^{-(t-td1)/tc1} \right) & , \quad td2 \leq t \leq \text{fin\_time} \end{array} \right.$$

$$\text{SIN} \quad \left\{ \begin{array}{ll} i1 + ia \cdot \sin(2\pi \cdot ph / 360^0) & , \quad 0 \leq t \leq td \\ i1 + ia \cdot \sin(2\pi \cdot fr \cdot (t - td) + 2\pi \cdot ph / 360^0) & , \quad td \leq t \leq \text{fin\_time} \end{array} \right.$$

$$\text{PULSE} \quad \left\{ \begin{array}{ll} i1 & , \quad 0 \leq t \leq td \\ i1 \rightarrow i2 \text{ (linearly)} & , \quad td + k \cdot per \leq t \leq td + tr + k \cdot per \\ i2 & , \quad td + tr + k \cdot per \leq t \leq td + tr + pw + k \cdot per \\ i2 \rightarrow i1 \text{ (linearly)} & , \quad td + tr + pw + k \cdot per \leq t \leq td + tr + pw + tf + k \cdot per \\ i1 & , \quad td + tr + pw + tf + k \cdot per \leq t \leq td + per + k \cdot per \end{array} \right.$$

$$(k = 0, 1, 2, \dots)$$

PWL : Ζεύγη χρόνου-ρεύματος ή χρόνου-τάσης. Αν  $t1 > 0$  και/ή  $tn < \text{fin\_time}$ , τότε θεωρείται ότι οι τιμές της ανεξάρτητης πηγής για  $t1 = 0$  και  $tn = \text{fin\_time}$  είναι  $i1$  και  $in$  αντίστοιχα.

Αν δεν ορίζεται [transient\_spec] σε μία ή περισσότερες πηγές του netlist εισόδου, τότε θεωρείται ότι αυτές έχουν την DC τιμή <value> καθ'όλη τη διάρκεια της μεταβατικής ανάλυσης (για να δώσει η μεταβατική ανάλυση σωστά αποτελέσματα στην αρχή του διαστήματος προσομοίωσης θα πρέπει για κάθε πηγή με [transient\_spec] να ισχύει  $i1 = \text{value}$ ).

Να αναπτυχθεί κατόπιν τμήμα κώδικα σε C το οποίο να προσθέτει στο πρόγραμμα τη δυνατότητα εκτέλεσης μεταβατικής ανάλυσης μέσω της εντολής:

```
.TRAN <time_step> <fin_time>
```

Η εκτύπωση των αποτελεσμάτων αφορά μόνο ένα υποσύνολο μεταβλητών (τάσεων κόμβων) και γίνεται με την εντολή (που ακολουθεί πάντα μία .TRAN):

```
.PLOT V(<node>) ... [ή .PRINT V(<node>) ... ]
```

(η εκτύπωση γίνεται σε διαφορετικό αρχείο για κάθε μεταβλητή εξόδου).

Η επιλογή μεθόδου μεταβατικής ανάλυσης γίνεται με την ένδειξη:

```
.OPTIONS METHOD=TR (για Trapezoidal), ή
```

```
.OPTIONS METHOD=BE (για Backward-Euler)
```

(εάν δεν υπάρχει ένδειξη στο netlist εισόδου τότε θεωρείται ως προκαθορισμένη μέθοδος η TR).

Η αρχική συνθήκη  $\mathbf{x}_0 = \mathbf{x}(t_0)$  λαμβάνεται από την προκαταρκτική **DC ανάλυση** σημείου λειτουργίας.

Να ελεγχθεί ο κώδικας που αναπτύχθηκε στο netlist αντιστάσεων και ανεξάρτητων πηγών των προηγούμενων σταδίων, με την ύπαρξη τουλάχιστον ενός κλάδου χωρητικότητας και ενός κλάδου αυτεπαγωγής, και με την προσθήκη [transient\_spec] στις πηγές τάσης και ρεύματος, ως εξής:

```
V1 5 0 2 EXP (2 5 1 0.2 2 0.5)
```

```
V2 3 2 0.2 PULSE (0.2 1 1 0.1 0.4 0.5 2)
```

```
V3 7 6 2
```

```
I1 4 8 1e-3 SIN (1e-3 0.5 5 1 1 30)
```

```
I2 0 6 1e-3 PWL(0 1e-3) (1.2 0.1) (1.4 1) (2 0.2) (3 0.4)
```

Να πραγματοποιηθεί μεταβατική ανάλυση του κυκλώματος για διάστημα 3s με βήμα 0.1s, και να απεικονιστούν τα αποτελέσματα για τις τάσεις των κόμβων 1, 4, και 5.

Να ελεγχθεί, ει δυνατόν, η ορθότητα των αποτελεσμάτων με κάποια εμπορική έκδοση του SPICE, όπως π.χ. το LTSPICE ([www.linear.com/designtools/software](http://www.linear.com/designtools/software)) ή το AIMSPICE ([www.aimspice.com](http://www.aimspice.com)).

Προαιρετικά, να ελεγχθεί το συνολικό πρόγραμμα στα transient μοντέλα δικτύων τροφοδοσίας της IBM που υπάρχουν στο [dropzone.tamu.edu/~pli/PGBench](http://dropzone.tamu.edu/~pli/PGBench).