

Προσομοίωση κυκλωμάτων και συστημάτων μεγάλου μεγέθους

Προαπαιτούμενες γνώσεις: Προγραμματισμός σε γλώσσα C.

Επιθυμητές γνώσεις: Αριθμητική ανάλυση. Ανάλυση κυκλωμάτων.

Αντικειμενικός σκοπός: Η ανάπτυξη ενός πλήρους προγράμματος προσομοίωσης κυκλωμάτων όπως το SPICE. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στην προσομοίωση κυκλωμάτων πολύ μεγάλου μεγέθους (με αριθμό κόμβων και μεταβλητών προσομοίωσης άνω των 100,000), και οι τεχνικές που θα αναπτυχθούν εφαρμόζονται αυτούσιες στην προσομοίωση άλλων τύπων συστημάτων πολύ μεγάλου μεγέθους.

Το project ανάπτυξης του προγράμματος προσομοίωσης (ιδανικά σε ομάδες των 2 ή 3 ατόμων) χωρίζεται στα εξής ενδιάμεσα στάδια (καθένα από τα οποία εξετάζεται ξεχωριστά):

1. Λεκτική ανάλυση (parsing) του αρχείου εισόδου ενός κυκλώματος προς προσομοίωση.
2. Διαμόρφωση γραμμικού συστήματος του κυκλώματος προς προσομοίωση από το αρχείο εισόδου.
3. Επίλυση πυκνών γραμμικών συστημάτων με άμεσες μεθόδους.
4. Επίλυση πυκνών γραμμικών συστημάτων με επαναληπτικές μεθόδους.
5. Τεχνικές χειρισμού αραιών (sparse) πινάκων, και επίλυση αραιών συστημάτων με άμεσες και επαναληπτικές μεθόδους.
6. Προσομοίωση κυκλωμάτων και συστημάτων στο πεδίο του χρόνου.
7. Προσομοίωση κυκλωμάτων και συστημάτων στο πεδίο της συχνότητας.

Συγγράμματα (διαθέσιμα και σε ηλεκτρονική μορφή):

- F. Najm, *Circuit Simulation*, Wiley, 2010.

(για τα στάδια 1, 2, 3, 6)

- R. Barrett et al., *Templates for the Solution of Linear Systems*, SIAM, 1993.

(για το στάδιο 4)

- T. Davis, *Direct Methods for Sparse Linear Systems*, SIAM, 2006.

+ πακέτο χειρισμού αραιών πινάκων CSparse, και επέκταση CXSparse

(για τα στάδια 5, 7)

Λεκτική ανάλυση (parsing) αρχείου εισόδου κυκλώματος

Χαρακτηριστικά αρχείων εισόδου περιγραφής κυκλωμάτων (netlist):

- Non case-sensitive.
- Κάθε γραμμή του αρχείου εισόδου περιγράφει ένα και μόνο κυκλωματικό στοιχείο (η περιγραφή του οποίου ολοκληρώνεται στη συγκεκριμένη γραμμή).
- Μια ακολουθία από διαδοχικά spaces ή tabs γίνεται αντιληπτή ως ένα μόνο space ή tab.
- Μια γραμμή που αρχίζει με το χαρακτήρα * περιέχει σχόλια και αγνοείται.
- Δήλωση βασικών κυκλωματικών στοιχείων:

Ανεξάρτητη πηγή τάσης:

V<name> <+> <-> <value>

Ανεξάρτητη πηγή ρεύματος:

I<name> <+> <-> <value>

Αντίσταση:

R<name> <+> <-> <value>

Χωρητικότητα (πυκνωτής):

C<name> <+> <-> <value>

Αυτεπαγωγή:

L<name> <+> <-> <value>

όπου <name> : πεδίο συμβολοσειράς (string)

<+> : συμβολοσειρά (string) που χαρακτηρίζει τον κόμβο υψηλού δυναμικού

<-> : συμβολοσειρά (string) που χαρακτηρίζει τον κόμβο χαμηλού δυναμικού

<value> : πραγματική μεταβλητή (τύπου double) που δίνει την τιμή του στοιχείου

Σημαντικές παρατηρήσεις:

1. Ο κόμβος με τιμή 0 (στη θέση του <+> ή <->) αντιπροσωπεύει πάντα τον κόμβο αναφοράς ή γείωσης.
2. Οι τιμές των στοιχείων στο πεδίο <value> δίνονται χωρίς φυσικές μονάδες και χωρίς πολλαπλάσια (π.χ. η τιμή μιας αντίστασης 1KΩ γράφεται απλά 1000 ή 1e3 – το δεύτερο για μεταβλητή τύπου double σημαίνει 10^3).
3. Η ένδειξη <value> στις πηγές τάσης και ρεύματος αποτελεί στατική ή DC – δηλ. μη χρονικά μεταβαλλόμενη – τιμή (οι περιγραφές των δύο πηγών θα επεκταθούν στα στάδια 6 και 7 του project ώστε να συμπεριλάβουν και μεταβαλλόμενο μέρος στα πεδία του χρόνου και της συχνότητας).

Στάδιο 1 (Άσκηση 1.1 βιβλίου Najm)

Να υλοποιηθεί parser σε γλώσσα C ο οποίος διαβάζει ένα αρχείο εισόδου netlist και δημιουργεί μια δομή συνδεδεμένης λίστας. Στη δομή αυτή, κάθε εγγραφή της λίστας αντιστοιχεί σε ένα κυκλωματικό στοιχείο του netlist εισόδου και περιέχει τις εξής πληροφορίες:

1. Τύπος κυκλωματικού στοιχείου (μεταβλητή τύπου char με τιμές 'R' για αντίσταση, 'C' για χωρητικότητα, 'L' για αυτεπαγωγή, 'V' για πηγή τάσης, 'I' για πηγή ρεύματος).
2. Κόμβος υψηλού δυναμικού <+> (μεταβλητή τύπου string).
3. Κόμβος χαμηλού δυναμικού <-> (μεταβλητή τύπου string).
4. Τιμή κυκλωματικού στοιχείου (μεταβλητή τύπου double).

Ως παράδειγμα, να ελεγχθεί ο parser στο ακόλουθο netlist εισόδου:

```
Va1 n5 0 2
Va2 n3 n2 0.2
Va3 n7 n6 2
Ia1 n4 n8 1e-3
Ia2 0 n6 1e-3
Ra1 n1 n5 1.5
Ra2 n1 n2 1
Ra3 n5 n2 50
Ra4 n5 n6 0.1
Ra5 n2 n6 1.5
Ra6 n3 n4 0.1
Ra7 n8 0 1e3
Ra8 n4 0 10
Ca1 n1 0 2e-12
La1 n4 n6 1e-6
```