

# Επεξεργαστής για το χειρισμό γράφων

Μάθημα: Γλώσσες Περιγραφής Υλικού I (CST304 / 2009-2010)

Διδάσκων: Νικόλαος Καββαδίας

[nkavn@uop.gr](mailto:nkavn@uop.gr)

29/03/2010

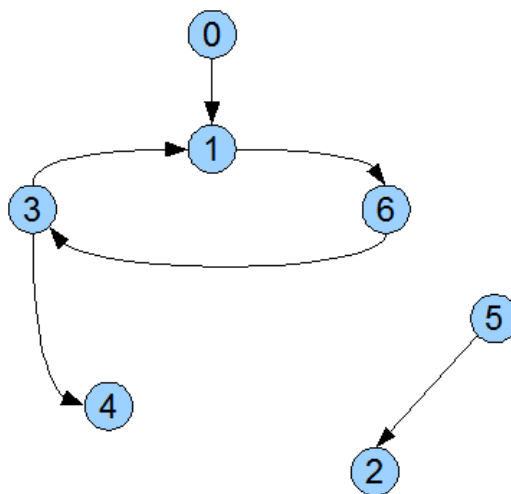
## Αντικείμενο της εργασίας

Αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η περιγραφή σε Verilog HDL ενός επεξεργαστή χειρισμού γράφων. Ο επεξεργαστής θα έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης της λίστας ακμών (edge list) ενός δοθέντος γράφου και την εφαρμογή τροποποιήσεων πάνω στα περιεχόμενα του γράφου.

Οι γράφοι θεωρείται ότι είναι κατευθυνόμενοι. Κατευθυνόμενος γράφος (directed graph) είναι ένα διατεταγμένο ζεύγος  $G = \langle V, E \rangle$  όπου  $V(G)$  είναι το σύνολο κορυφών του  $G$  και  $E(G)$  είναι το σύνολο ακμών του  $G$ . Κάθε ακμή είναι ένα διατεταγμένο ζεύγος (ordered pair) αποτελούμενο από δύο κορυφές. Για την ακμή  $(u, v)$ , η κορυφή  $u$  αποτελεί την ουρά της, ενώ η κορυφή  $v$  την κεφαλή της. Μία κορυφή ονομάζεται ισοδύναμα και κόμβος (node) ή κάθεταιος (vertex).

Ως παράδειγμα δίνεται ο κυκλικός κατευθυνόμενος γράφος του Σχήματος 1 ο οποίος έχει τις εξής κορυφές και ακμές:

- Σύνολο κορυφών:  $V = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$
- Σύνολο ακμών  $E = \{(0,1), (1,3), (1,6), (2,5), (3,4), (3,6)\}$



**Σχήμα 1:** Παράδειγμα κατευθυνόμενου γράφου

Ένας τρόπος αναπαράστασης του γράφου είναι η λεγόμενη λίστα ακμών (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1:** Λίστα ακμών για το γράφο του Σχήματος 1

# Ακμή	Κορυφή 1 (v1)	Κορυφή 2 (v2)
1	0	1
2	1	3
3	1	6

4	2	5
5	3	4
6	3	6

Η λίστα ακμών αντιστοιχεί σε επίπεδο υλικού με αντίστοιχη μονάδα μνήμης με τη δυνατότητα αποθήκευσης καταχωρήσεων της μορφής (v1, v2).

Ο επεξεργαστής τον οποίο καλείται να σχεδιάσει ο φοιτητής πρέπει να υποστηρίζει τέσσερις θεμελιώδεις λειτουργίες (ή εντολές) οι οποίες είναι απαραίτητες για τη δημιουργία και την τροποποίηση ενός γράφου.

#### Λειτουργία ADD EDGE

Στη λειτουργία αυτή δίνονται από εισόδους του κυκλώματος δύο τιμές που αντιστοιχούν σε κορυφές. Η πληροφορία αυτή αποθηκεύεται ως μία νέα ακμή του γράφου.

#### Λειτουργία ADD NODE

Στη λειτουργία αυτή προστίθεται ένας νέος κόμβος (κορυφή) από είσοδο του κυκλώματος. Η τιμή του αποθηκεύεται σε αντίστοιχη μνήμη που χρησιμοποιείται για τη διατήρηση των αριθμητικών τιμών που αντιστοιχούν στους κόμβους (μνήμη κόμβων).

#### Λειτουργία REMOVE EDGE

Στη λειτουργία αυτή, διαγράφεται μία υπάρχουσα ακμή του γράφου. Αυτό σημαίνει ότι γίνεται διαγραφή της αντίστοιχης καταχώρησης στη μνήμη της λίστας ακμών.

#### Λειτουργία REMOVE NODE

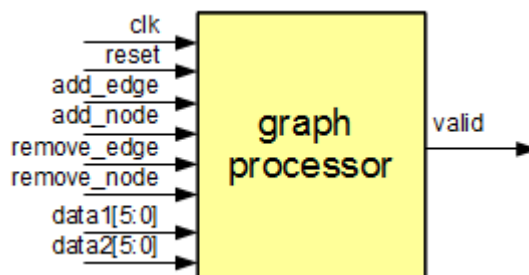
Στη λειτουργία αυτή, διαγράφεται μία υπάρχουσα κορυφή του γράφου. Προκειμένου να γίνει αυτό χρειάζεται:

- να διαγραφούν όλες οι ακμές στις οποίες ο εν λόγω κόμβος αποτελεί κορυφή ή ουρά
- να σβηστεί η καταχώρησή της τιμής του κόμβου από τη μνήμη κόμβων

Οι λειτουργίες ενεργοποιούνται από αντίστοιχα σήματα ελέγχου από την είσοδο του κυκλώματος.

Άλλα χαρακτηριστικά του επεξεργαστή γράφων είναι:

- ζητείται να υποστηριχθούν γράφοι με αριθμό κορυφών (N) από 0 μέχρι 32 και αριθμό ακμών από 0 μέχρι τη μέγιστη τιμή  $(N \times (N - 1)) / 2$  δηλαδή 496
- να θεωρηθεί ότι η απουσία κορυφής (σε μνήμη λίστας ακμών ή σε μνήμη κορυφών) σημειώνεται με -1 στο αριθμητικό σύστημα του συμπληρώματος ως προς 2



**Σχήμα 2:** Η διεπαφή του επεξεργαστή γράφων

**Πίνακας 2:** Θύρες εισόδου και εξόδου για το κύκλωμα

Θύρα	Εύρος	Κατευθυντικότητα	Περιγραφή
clk	1	Είσοδος	Είσοδος ρολογιού
reset	1	Είσοδος	Επανατοποθέτηση
add edge	1	Είσοδος	Αίτημα για προσθήκη ακμής
add node	1	Είσοδος	Αίτημα για προσθήκη κορυφής

Θύρα	Εύρος	Κατευθυντικότητα	Περιγραφή
remove edge	1	Είσοδος	Αίτημα για διαγραφή ακμής
remove node	1	Είσοδος	Αίτημα για διαγραφή κορυφής
data1	6	Είσοδος	Αριθμητική τιμή της ουράς μιας ακμής ή αριθμητική τιμή μιας νέας κορυφής
data2	6	Είσοδος	Αριθμητική τιμή της κεφαλής μιας ακμής
valid	1	Έξοδος	Οι μεταβολές στα περιεχόμενα των μνημών ολοκληρώθηκαν

Στο Σχήμα 2 δίνεται ενδεικτική διεπαφή του επεξεργαστή γράφων, ενώ στον Πίνακα 2 συνοψίζονται τα σήματα (θύρες) εισόδου και εξόδου.

Για την περίπτωση που είναι χρήσιμη, δίνεται υλοποίηση της συνάρτησης  $\log_2(x)$  ως function στη Verilog HDL από το διδάσκοντα. Η  $\log_2(x)$  υπολογίζει τον πλησιέστερο μεγαλύτερο ακέραιο (ceiling) στο λογάριθμο ως προς 2 ενός ακεραίου  $x$ . Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του μέγιστου εύρους bit που χρειάζεται για τη διευθυνσιοδότηση σε μία σειρά δεδομένων όταν είναι γνωστός ο μέγιστος αριθμός των στοιχείων που την απαρτίζουν.

### **Παράδοση και βαθμολόγηση της εργασίας**

Στην εργασία του μαθήματος, ο φοιτητής καλείται

- να παραδώσει την περιγραφή του κυκλώματος που σχεδίασε σε Verilog HDL
- να αναπτύξει σε κείμενο την περιγραφή της λειτουργίας του κυκλώματος
- να παρουσιάσει αποτελέσματα (π.χ. κυματομορφές, αρχεία εισόδου/εξόδου) τα οποία να αποδεικνύουν τη σωστή λειτουργία του κυκλώματος

Η εργασία παραδίδεται σε τυπωμένη μορφή (με το συνολικό κώδικα Verilog HDL) και υποβάλλεται σε ηλεκτρονική μορφή (PDF της εργασίας + αρχεία κώδικα) στο email του διδάσκοντα. Οι φοιτητές μπορούν να παραδώσουν τις εργασίες τους το αργότερο μέχρι και την ημέρα των εξετάσεων της περιόδου Ιουνίου-Ιουλίου 2010. Εργασία η οποία θα παραδοθεί μετά το πέρας αυτής της ημερομηνίας, δεν θα βαθμολογηθεί ώστε να ληφθεί υπόψη για τις εξετάσεις της περιόδου Ιουνίου-Ιουλίου.

Μια εργασία βαθμολογείται με άριστα το 1.25. Μη εμπρόθεσμη παράδοση εργασίας συνεπάγεται το βαθμό μηδέν (0).

Η εργασία του μαθήματος είναι υποχρεωτική.