

Απλός επεξεργαστής για το χειρισμό γράφων

Μάθημα: Γλώσσες Περιγραφής Υλικού I (CST304 / 2010-2011)

Διδάσκων: Νικόλαος Καββαδίας

nkavn@uop.gr

11/04/2011

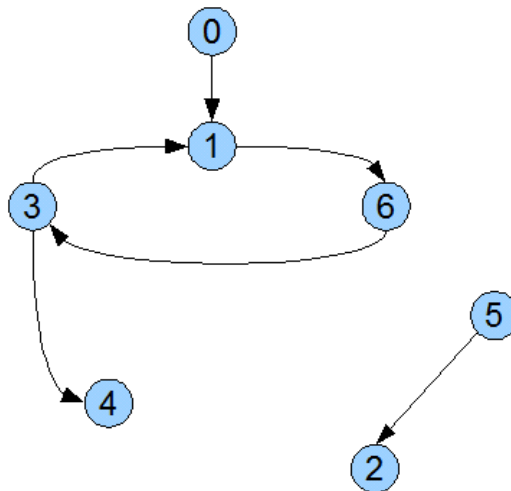
Αντικείμενο της εργασίας

Αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η περιγραφή σε Verilog HDL ενός απλού 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. Ο επεξεργαστής διαθέτει μία μνήμη δεδομένων τύπου RAM με ασύγχρονη ανάγνωση. Στη μνήμη αυτή αποθηκεύονται κατά σειρά (ξεκινώντας από τη διεύθυνση 0) τα εξής:

- ο αριθμός κορυφών του γράφου NV (θέση 0),
- ο αριθμός ακμών του γράφου NE (θέση 1),
- οι τιμές των διαδοχικών κορυφών του γράφου (θέσεις 2 ως NV+1) και
- οι διαδοχικές ακμές του γράφου (θέσεις NV+2 ως NV+2*NE+1) καθώς κάθε ακμή χρειάζεται δύο θέσεις αποθήκευσης.

Το κύκλωμα θα πρέπει να διαθέτει και έναν απαριθμητή για τη διευθυνσιοδότηση της μνήμης του γράφου.

Λειτουργία ADD NODE

Στη λειτουργία αυτή προστίθεται ένας νέος κόμβος (κορυφή) από είσοδο του κυκλώματος. Η τιμή της κορυφής δίνεται από την είσοδο data1 και αποθηκεύεται στη μνήμη. Ο απαριθμητής αυξάνεται κατά ένα και η λειτουργία αυτή διαρκεί ένα κύκλο μηχανής.

Λειτουργία ADD EDGE

Στη λειτουργία αυτή δίνονται από τις εισόδους του κυκλώματος data1 και data2, δύο τιμές που αντιστοιχούν σε κορυφές (ουρά και κεφαλή μιας ακμής). Η πληροφορία αυτή αποθηκεύεται σε κατάλληλη θέση μνήμης ως μία νέα ακμή του γράφου. Ο απαριθμητής αυξάνεται κατά ένα. Για λόγους απλότητας, η λειτουργία αυτή διαρκεί ένα κύκλο μηχανής κατά τον οποίο γίνεται ταυτόχρονη εγγραφή σε δύο διαδοχικές θέσεις της μνήμης.

Λειτουργία REMOVE EDGE

Στη λειτουργία αυτή, διαγράφεται μία υπάρχουσα ακμή του γράφου. Αυτό σημαίνει ότι γίνεται διαγραφή των αντίστοιχων δύο καταχωρήσεων για την ουρά και την κεφαλή της συγκεκριμένης ακμής. Για την υλοποίηση της λειτουργίας αυτής, αρχικοποιείται ο απαριθμητής στη διεύθυνση NV+2 και αυξάνεται κάθε νέο κύκλο κατά ένα. Όταν ικανοποιηθεί η συνθήκη data1 == mem[i] και data2 == mem[i+1] για i ανάμεσα στο NV+2 και NV+2*NE+1, τότε γίνεται η διαγραφή της ακμής. Η διαγραφή πραγματοποιείται με αποθήκευση στις αντίστοιχες θέσεις της μεγαλύτερης απρόσημης τιμής (π.χ. 6'b111111).

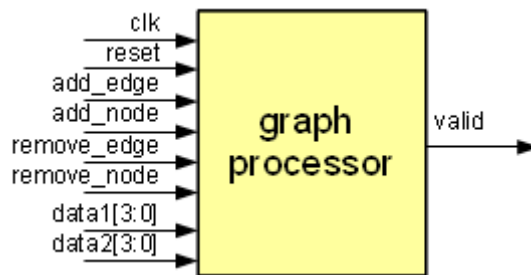
Λειτουργία REMOVE NODE

Στη λειτουργία αυτή, διαγράφεται μία υπάρχουσα κορυφή του γράφου. Προκειμένου να γίνει αυτό χρειάζεται να σβηστεί η καταχώρηση της τιμής του κόμβου από τη μνήμη.

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 14 και αριθμό ακμών από 0 μέχρι τη μέγιστη τιμή $N*(N-1)$ δηλαδή 210. Επομένως η μνήμη χρειάζεται $2 + 15 + 2*210 = 437$ θέσεις αποθήκευσης και μπορεί να χρησιμοποιεί διάνυσμα διευθυνσιοδότησης των 9-bit, ενώ κάθε καταχώρηση αποτελεί διάνυσμα των 4-bit.
- να θεωρηθεί ότι η διαγραφή μιας θέσης στη μνήμη γίνεται με αποθήκευση σε αυτή τη θέση του -1 στο αριθμητικό σύστημα του συμπληρώματος ως προς 2 (δηλαδή όλα τα ψηφία της καταχώρησης είναι ίσα με 1, που είναι και η αντίστοιχη μεγαλύτερη απρόσημη τιμή).



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
remove_edge	1	Είσοδος	Αίτημα για διαγραφή ακμής
remove_node	1	Είσοδος	Αίτημα για διαγραφή κορυφής
data1	4	Είσοδος	Αριθμητική τιμή της ουράς μιας ακμής ή αριθμητική τιμή μιας νέας κορυφής
data2	4	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.

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 2011. 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 10. Μη εμπρόθεσμη παράδοση εργασίας συνεπάγεται το βαθμό μηδέν (0).

Η εργασία του μαθήματος είναι υποχρεωτική.