

Γεννήτρια ακολουθίας hailstone

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

Διδάσκων: Νικόλαος Καββαδίας

nkavv@uop.gr

06/04/2010

Αντικείμενο της εργασίας

Αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η περιγραφή σε Verilog HDL ενός κυκλώματος για τη γέννηση της ακολουθίας hailstone (hailstone sequence). Η ακολουθία Fibonacci ορίζεται για ένα δοθέντα θετικό ακέραιο n ως εξής:

- Αν $n = 1$ τότε η ακολουθία τερματίζεται.
- Αν ο n είναι άρτιος (δηλ. το τελευταίο του δυαδικό ψηφίο είναι 0) τότε η επόμενη τιμή στην ακολουθία είναι ο $n/2$.
- Αν ο n είναι περιττός (δηλ. το τελευταίο του δυαδικό ψηφίο είναι 1) τότε η επόμενη τιμή στην ακολουθία είναι ο $3*n + 1$.

Η ακολουθία hailstone σχετίζεται με την εικασία του Collatz (Collatz conjecture) σύμφωνα με την οποία η ακολουθία hailstone για οποιονδήποτε αρχικό αριθμό, τερματίζεται.

Η ακολουθία hailstone δίνεται συνεπώς από την παρακάτω σχέση:

$$f(n) = \begin{cases} n/2 & \text{if } n \equiv 0 \pmod{2} \\ 3n + 1 & \text{if } n \equiv 1 \pmod{2} \end{cases}$$

Για παράδειγμα, με $n = 6$, παράγεται η εξής ακολουθία: 6, 3, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1, ενώ για $n = 27$, παράγεται η ακολουθία:

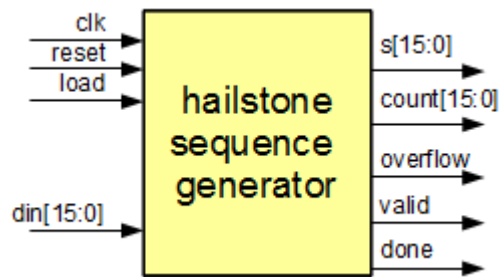
27, 82, 41, 124, ..., 8, 4, 2, 1

η οποία έχει συνολικά 112 όρους.

Προτείνεται η αριθμητική απλοποίηση της διαίρεσης $n/2$ με αντικατάστασή της από ολίσθηση του αριθμού n κατά μία θέση δεξιά ($n \gg 1$). Επίσης ο πολλαπλασιασμός $3 * n$ μπορεί να αντικατασταθεί από τον υπολογισμό $(n \ll 1) + n$.

Το κύκλωμα θα δέχεται ως είσοδο το διάνυσμα din (αντιστοιχεί στο n), εύρους 16 bit, η οποία φορτώνεται όταν $load = 1$, και θα παράγει στην έξοδό του, τον τρέχοντα όρο της ακολουθίας. Η έξοδος σημαίας $valid$ είναι 1, όταν παράγεται ένας νέος όρος της ακολουθίας hailstone, ενώ η σημαία $done$ γίνεται 1 με το πέρας της όλης διαδικασίας (δηλ. μετά την παραγωγή του όρου 1). Η έξοδος $overflow$ είναι 1 όταν γίνεται υπερχείλιση της τιμής του αποτελέσματος (έξοδος s). Επίσης το κύκλωμα θα πρέπει να παράγει και τον αριθμό των όρων, ο οποίος θα δίνεται ως η έξοδος $count$. Προτείνεται η υλοποίηση του κυκλώματος με τη βοήθεια μηχανής πεπερασμένων καταστάσεων η οποία θα ελέγχει τον αντίστοιχο χειριστή δεδομένων (αρχιτεκτονική FSM: Finite-State Machine with Datapath).

Ενδεικτική διεπαφή του κυκλώματος δίνεται στο Σχήμα 1, και οι θύρες εισόδου και εξόδου περιγράφονται αναλυτικά στον Πίνακα 1.



Σχήμα 1: Η διεπαφή της γεννήτριας ακολουθίας hailstone.

Πίνακας 1: Θύρες εισόδου και εξόδου για το κύκλωμα.

Θύρα	Εύρος bit	Κατευθυντικότητα	Περιγραφή
clk	1	Είσοδος	Είσοδος ρολογιού
reset	1	Είσοδος	Επανατοποθέτηση
load	1	Είσοδος	Φόρτωση τιμής εισόδου και έναρξη λειτουργίας του κυκλώματος
din	16	Είσοδος	Αριθμός όρων που θέλουμε να υπολογιστούν
s	16	Έξοδος	Τρέχων όρος της ακολουθίας hailstone
count	16	Έξοδος	Αριθμός όρων της ακολουθίας
overflow	1	Έξοδος	Σημαία υπερχείλισης της τιμής του s
valid	1	Έξοδος	Σημαία υπόδειξης νέου όρου της ακολουθίας
done	1	Έξοδος	Σημαία υπόδειξης του τερματισμού λειτουργίας της παραγωγής της ακολουθίας

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.