

Εργασία Ψηφιακά HW II

Μετρητής και Σύγχρονη Μνήμη FIFO σε System Verilog



Ασημακίδης Σταμάτιος 9711

Email: [asimakid@ece.auth.gr](mailto:asimakid@ece.auth.gr)

## 1ο τμήμα εργασίας

Στο συγκεκριμένο τμήμα ζητείται η κατασκευή ενός μετρητή 16 bit, με δυνατότητες για πάνω και κάτω μέτρηση, καθώς και για απευθείας φόρτωση μιας τιμής, ο οποίος έχει ασύγχρονο reset. Αρχικά το ασύγχρονο reset συνεπάγεται την εμφάνιση του στην λίστα ευαισθησίας για το procedural block για την περιγραφή του κυκλώματος. Επίσης το ότι το σήμα επίτρεψης φόρτωσης έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα σε σχέση με το σήμα επίτρεψης μέτρηση συνεπάγεται ότι εμφανίζεται πρώτο στην if για την περιγραφή του κυκλώματος και μετά ακολουθεί το σήμα επίτρεψης μέτρησης.

Για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του κυκλώματος δημιουργήθηκαν οι αντίστοιχες ιδιότητες όπως αυτές ορίζονται από την εκκώνηση και συγκεκριμένα

- 1) Για την πρώτη ιδιότητα που αφορά τον μηδενισμό της εξόδου όταν ενεργοποιείται (ενεργό χαμηλά) το σήμα reset χρησιμοποιήθηκε ένα differed immediate assertion που ελέγχει την συγκεκριμένη απαίτηση. Η χρήση του differed immediate ήταν απαραίτητη καθώς ο συγκεκριμένος μετρητής υλοποιείται με ασύγχρονο reset, ανεξάρτητο δηλαδή από το ρολόι (επομένως δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί concurrent assertion)
- 2) Για τον έλεγχο ότι η έξοδος παραμένει σταθερή για ανενεργά σήματα επίτρεψη χρησιμοποιήθηκε ένα concurrent assertion και ο τελεστής \$stable. Εφόσον για σήματα που αλλάζουν στην ακμή του ρολογιού ισχύει ότι δειγματολειτουργούν λίγο πριν την ακμή του ρολογιού και εφόσον ζητείται να ελεγχθεί ότι παραμένει σταθερά για τον επόμενο κύκλο του ρολογιού τα δεδομένα θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το non-overlapping operator (δηλαδή |=>).
- 3) Με παρόμοιους λογικούς με το 2 δημιουργήθηκαν οι αναλογικές ιδιότητες για έλεγχο της ορθής μέτρησης με χρήση αυτή την φορά της \$past και εδώ για τον ίδιο λόγο με πριν του non overlapping operator.

Οι ιδιότητες στο 2,3 απενεργοποιούνται για ενεργοποίηση του σήματος reset.

Για την δημιουργία του κατάλληλου testbench δημιουργήθηκαν τα κατάλληλα διανύσματα εισόδου που αφορούν τις ιδιότητες που περιγράφηκαν παραπάνω. Στο testbench έγινε επίσης το binding του module με το property module. Το testbench συγκεκριμένα θέτει τέτοιες εισόδους ώστε να πραγματοποιούνται με την σειρά με την οποία αναφέρονται τα παρακάτω:

α) reset μετρητή

β) φόρτωση τιμής

γ) μετρη πάνω και κάτω (δηλαδή έχοντας απενεργοποιημένο το σήμα φόρτωσης και ενεργοποιημένο το σήμα μέτρησης)

δ) reset μετρητή και συνέχιση μέτρησης με τα το reset

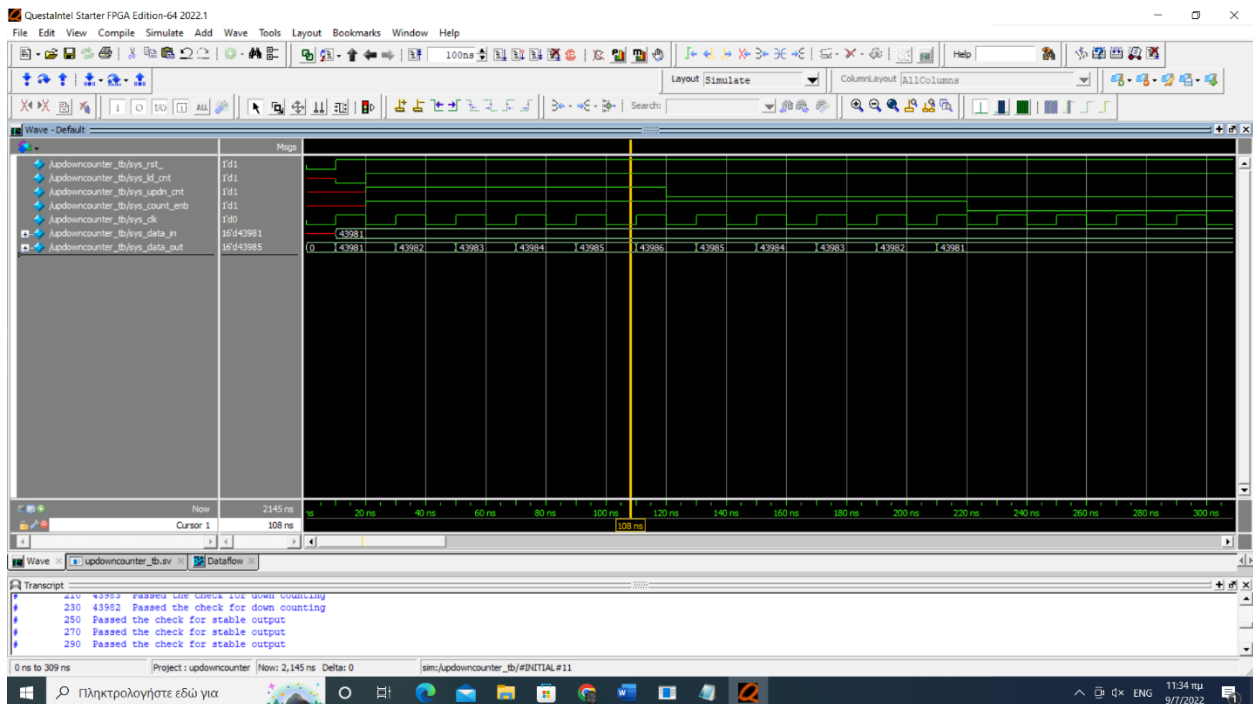
ε) απενεργοποίηση σημάτων επίτρεψης για να παραμείνει η έξοδος σταθερή

στ)reset μέτρηση πάνω

ζ)ενεργοποίηση φόρτωσης εν όσω το sigma επίτρεψης μέτρησης παραμένει ενεργό για να βεβαιωθεί οτι το sigma επίτρεψης φόρτωσης έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα.

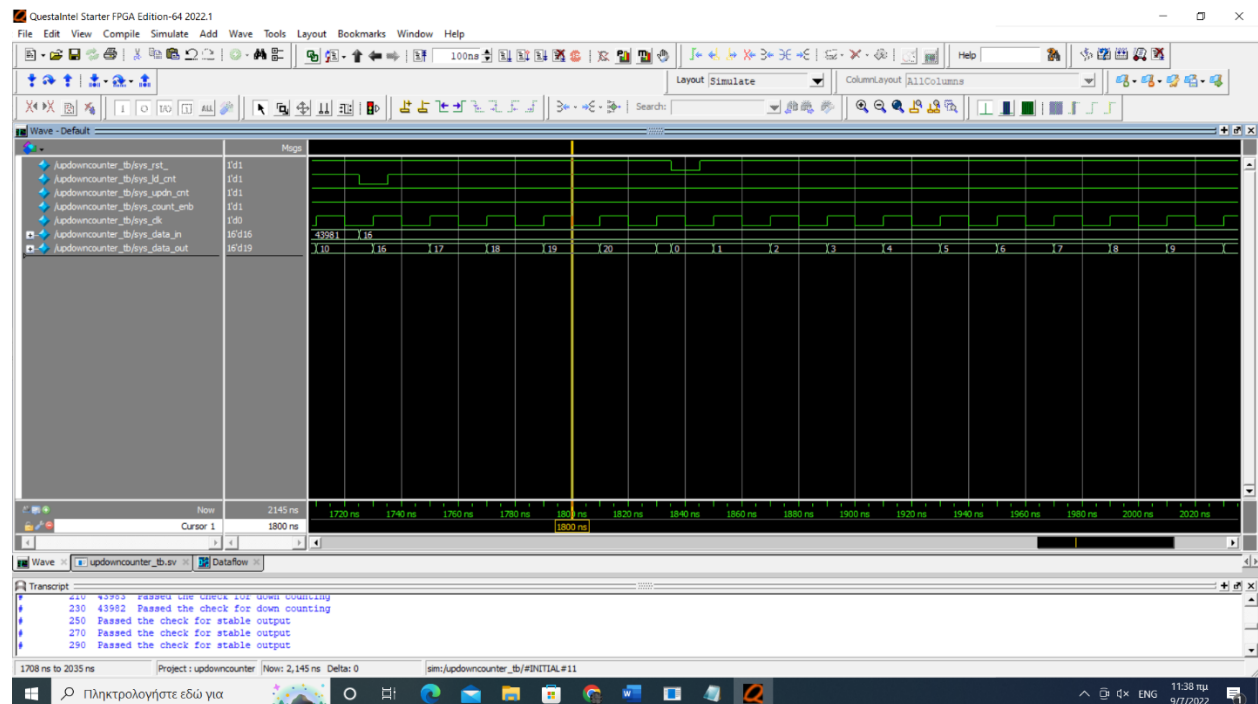
Στην συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα screenshot απο τις κυματομορφές κατα την διαδικασία της προσομοίωσης που επιβεβαιώνουν την ορθή λειτουργία του κυκλώματος.

## Σωστή λειτουργία για reset,φόρτωση και μέτρηση





## Reset και συνέχεια μέτρησης μετα το reset



Στην συνέχεια δίνεται τα αποτελέσματα απο τα assertions όπως αυτά εμφανίζονται στην γραμμή εντολών του εργαλείου προσομοίωσης για το συγκεκριμένο testbench, απο όπου φαίνεται οτι όλες οι ιδιότητες επιτυγχάνουν όσες φορές αυτές ενεργοποιούνται( και αν δηλαδή δεν απανεργοποιηθούν).

Passed reset check

- # 50 43981 Passed the check for up counting
- # 70 43982 Passed the check for up counting
- # 90 43983 Passed the check for up counting
- # 110 43984 Passed the check for up counting
- # 130 43985 Passed the check for up counting
- # 150 43986 Passed the check for down counting
- # 170 43985 Passed the check for down counting
- # 190 43984 Passed the check for down counting

# 210 43983 Passed the check for down counting  
# 230 43982 Passed the check for down counting  
# 250 Passed the check for stable output  
# 270 Passed the check for stable output  
# 290 Passed the check for stable output  
# 310 Passed the check for stable output  
# 330 Passed the check for stable output  
# 350 43981 Passed the check for down counting  
# 370 43980 Passed the check for down counting  
# 390 43979 Passed the check for down counting  
# 410 43978 Passed the check for down counting  
# Passed reset check  
# 450 0 Passed the check for up counting  
# 470 1 Passed the check for up counting  
# 490 2 Passed the check for up counting  
# 510 3 Passed the check for up counting  
# 530 4 Passed the check for up counting  
# 550 5 Passed the check for up counting  
# 570 6 Passed the check for up counting  
# 590 7 Passed the check for up counting  
# 610 8 Passed the check for up counting  
# 630 9 Passed the check for up counting  
# 650 10 Passed the check for up counting  
# 670 11 Passed the check for up counting  
# 690 12 Passed the check for up counting  
# 710 13 Passed the check for up counting  
# 730 14 Passed the check for up counting

#	750	15	Passed the check for up counting
#	770	16	Passed the check for up counting
#	790	17	Passed the check for up counting
#	810	18	Passed the check for up counting
#	830	19	Passed the check for up counting
#	850	20	Passed the check for up counting
#	870	21	Passed the check for up counting
#	890	22	Passed the check for up counting
#	910	23	Passed the check for up counting
#	930	24	Passed the check for up counting
#	950	25	Passed the check for down counting
#	970	24	Passed the check for down counting
#	990	23	Passed the check for down counting
#	1010	22	Passed the check for down counting
#	1030	21	Passed the check for down counting
#	1050	20	Passed the check for down counting
#	1070	19	Passed the check for down counting
#	1090	18	Passed the check for down counting
#	1110	17	Passed the check for down counting
#	1130	16	Passed the check for down counting
#	1150	15	Passed the check for down counting
#	1170	14	Passed the check for down counting
#	1190	13	Passed the check for down counting
#	1210	12	Passed the check for down counting
#	1230	11	Passed the check for down counting
#	1250	10	Passed the check for down counting
#	1270	9	Passed the check for down counting

#	1290	8	Passed the check for down counting
#	1310	7	Passed the check for down counting
#	1330	6	Passed the check for down counting
#	1350	5	Passed the check for down counting
#	1370	4	Passed the check for down counting
#	1390	3	Passed the check for down counting
#	1410	2	Passed the check for down counting
#	1430	1	Passed the check for down counting
#	1450	0	Passed the check for up counting
#	1470	1	Passed the check for up counting
#	1490	2	Passed the check for up counting
#	1510	3	Passed the check for up counting
#	1530	4	Passed the check for up counting
#	1550		Passed the check for stable output
#	1570		Passed the check for stable output
#	1590		Passed the check for stable output
#	1610		Passed the check for stable output
#	1630		Passed the check for stable output
#	1650	5	Passed the check for up counting
#	1670	6	Passed the check for up counting
#	1690	7	Passed the check for up counting
#	1710	8	Passed the check for up counting
#	1730	9	Passed the check for up counting
#	1770	16	Passed the check for up counting
#	1790	17	Passed the check for up counting
#	1810	18	Passed the check for up counting
#	1830	19	Passed the check for up counting



#	1870	0	Passed the check for up counting
#	1890	1	Passed the check for up counting
#	1910	2	Passed the check for up counting
#	1930	3	Passed the check for up counting
#	1950	4	Passed the check for up counting
#	1970	5	Passed the check for up counting
#	1990	6	Passed the check for up counting
#	2010	7	Passed the check for up counting
#	2030	8	Passed the check for up counting
#	2050	9	Passed the check for up counting
#	2070	10	Passed the check for up counting
#	2090	11	Passed the check for up counting
#	2110	12	Passed the check for up counting
#	2130	13	Passed the check for up counting

## 2ο τμήμα εργασίας

Εδώ ζητείται η σχεδίαση μια μνήμης fifo με παραμετρικό μέγεθος τόσο ως προς το πλήθος όσο και ως προς το μήκος των λέξεων που αυτή χωράει. Η μνήμη περιέχει 3 εσωτερικά σήματα τους 2 pointers για εγγραφή και ανάγνωση στη μνήμη, καθώς και ένα σήμα που μετράει πόσα στοιχεία έχουν τοποθετηθεί σε αυτή. Το μήκος των συγκεκριμένων διανυσμάτων θα πρέπει να είναι για τους 2 pointers ο λογαριθμος του 2 του πλάτους της μνήμης, ενώ για το εσωτερικό σήμα που μετράει το πόσα στοιχεία έχουν τοποθετηθεί στην μνήμη απαιτείται ένα επιπλέον bit, καθώς θέλουμε να μετρήσουμε από 0 έως και το πλάτος της μνήμης, ενώ χωρίς το επιπλέον αυτό bit μπορούμε να μετρήσουμε από 0 έως πλάτος -1. Δηλαδή για τις συνθήκες της εκφώνησης και πλάτος μνήμης 16, οι δυο pointers είναι 4 bit, ενώ ο μετρητής 5 bit. Και εδώ χρησιμοποιήθηκε ασύγχρονο reset. Η έξοδος που υποδεικνύει το αν η μνήμη είναι πλήρης ή άδεια οδηγείται από ένα συνδυαστικό υποκυκλώμα του module, το οποίο περιγράφεται σε ένα ξεχωριστό always\_comb block, καθώς επίσης για την περιγραφή της ακολουθιακής συμπεριφοράς του κυκλώματος χρησιμοποιήθηκε ένα always\_ff block.

Για τον έλεγχο του κυκλώματος δημιουργήθηκαν τα ανάλογα properties όπως ορίζονται από την εκφώνηση της εργασίας, συγκεκριμένα:

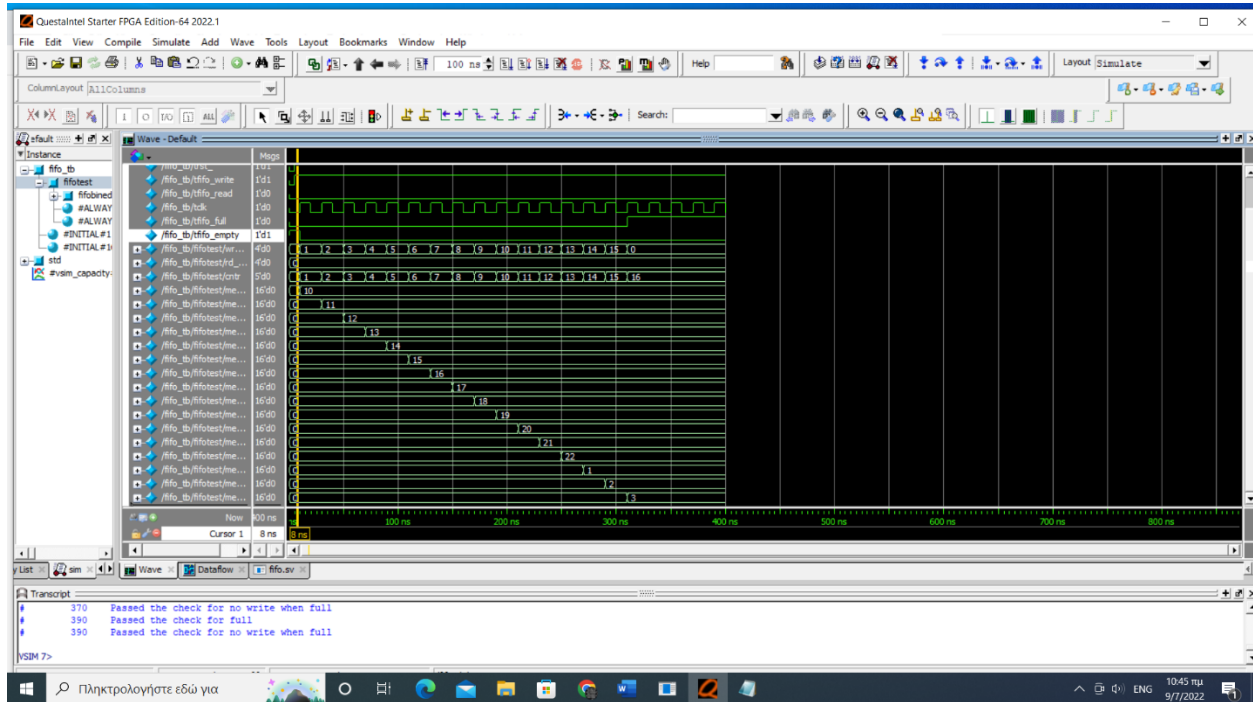
- 1) Για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του ασύγχρονου reset χρησιμοποιήθηκε και εδώ ένα differed immediate assertion για τους ίδιους λόγους που περιγράφηκαν στο πρώτο τμήμα της εργασίας
- 2) Στις ιδιοτητες για το ότι τα σήματα εξόδου για το αν η μνήμη είναι άδεια ή γεμάτη χρησιμοποιήθηκε overlapping τελεστής και concurrent assertion, καθώς θέλουμε να ελέγξουμε ότι στο ίδιο sampling edge ικανοποιείται αυτή η απαίτηση. (σημείωση: εδώ ελέγχουμε αποκλειστικά για τις περιπτώσεις που η μνήμη αδειάζει αποκλειστικά μέσω διαδοχικών αναγνώσεων, η περίπτωση όπου η μνήμη αδειάζει μέσω του reset καλύπτεται ότι η έξοδος empty γίνεται αληθής καλύπτεται από την πρώτη ιδιότητα)
- 3) Για τις δυο τελευταίες ιδιοτητες, ότι δηλαδή δεν επιτρέπονται αναγνώσεις και εγγραφές σε κενή ή πλήρη μνήμη αντίστοιχα χρησιμοποιήθηκαν concurrent assertions και nonoverlapping τελεστή καθώς και το \$stable για να ελεγχθεί ότι οι δείκτες εγγραφής και ανάγνωσης παραμένουν σταθεροί σε αυτές τις περιπτώσεις. (η χρήση του non overlapping τελεστή και σε αυτή την περίπτωση εξηγήθηκε στο τμήμα 1 της αναφοράς).

Και εδώ στο testbench έγιναν bind το module με το property module. Με την χρήση του bind εξασφαλίστηκε ότι πλέον το property module (τα δέχεται σαν εισόδους) μπορεί να αναφερθεί και σε εσωτερικά σήματα του module, δηλαδή τους pointers και τον μετρητή. Στο testbench δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες είσοδοι που δοκιμάζουν την λειτουργία του κυκλώματος και συνοπτικά ακολουθείται η εξής διαδικασία:

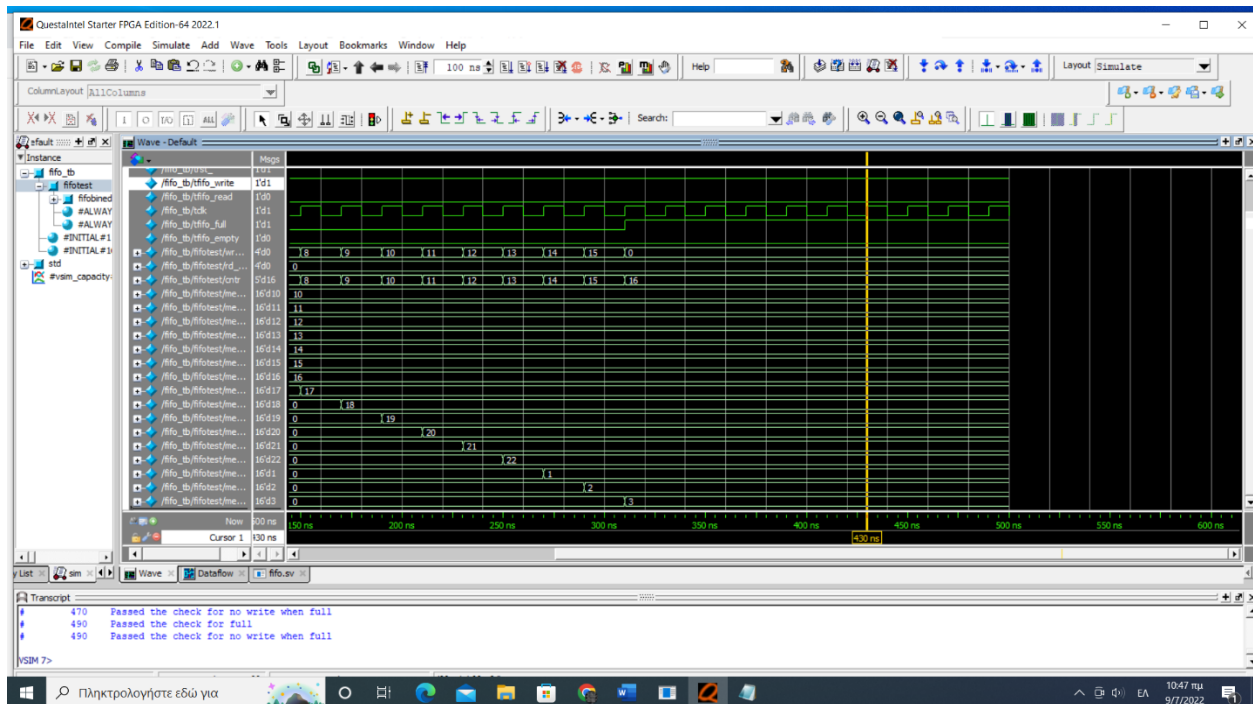
- α) reset μνήμης
- β) εγγραφές μέχρι να γεμίσει, δοκιμή ότι δεν επιτρέπεται εγγραφή σε γεμάτη μνήμη
- γ) μερικές αναγνώσεις
- δ) reset μνήμης
- ε) εγγραφές και αναγνώσεις χωρίς να γεμίσει ή να αδειάσει η μνήμη
- στ) reset μνήμης
- ζ) δοκιμή ότι δεν επιτρέπεται ανάγνωση από άδεια μνήμη
- η) αναγνώσεις και εγγραφές

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένες κυματομορφές από την διαδικασία της προσομοίωσης που αποδεικνύουν την σωστή λειτουργία του κυκλώματος

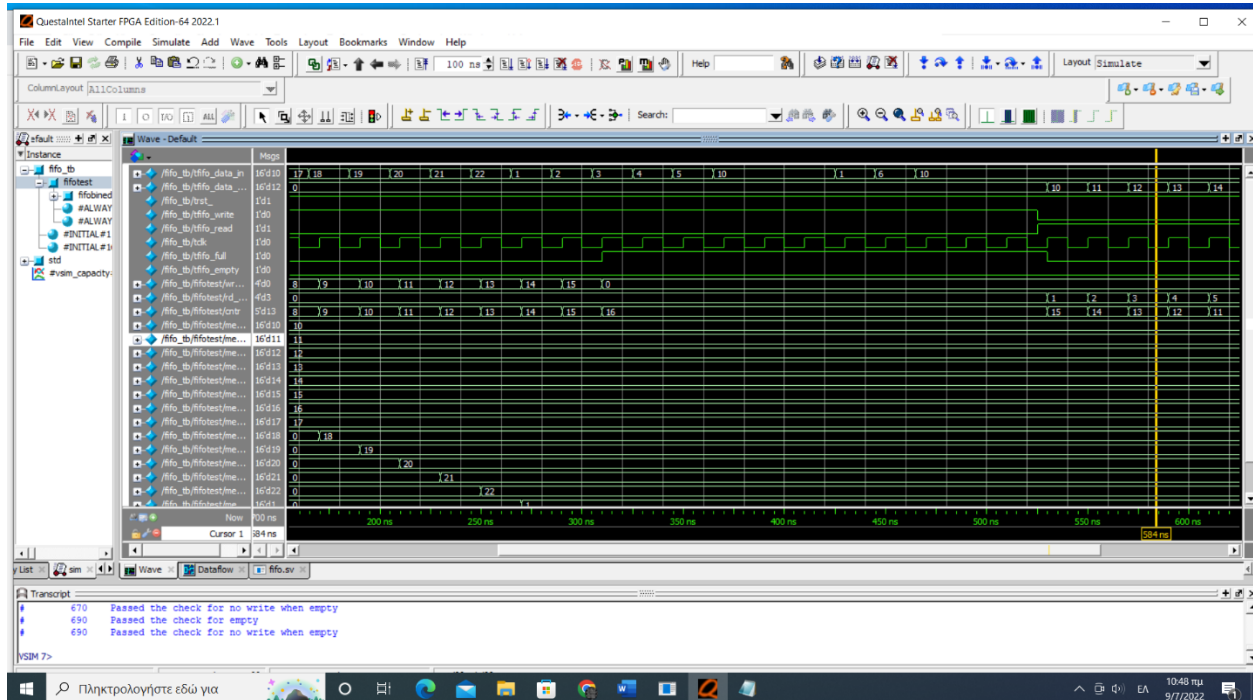
## Reset και σωστή αρχικοποίηση



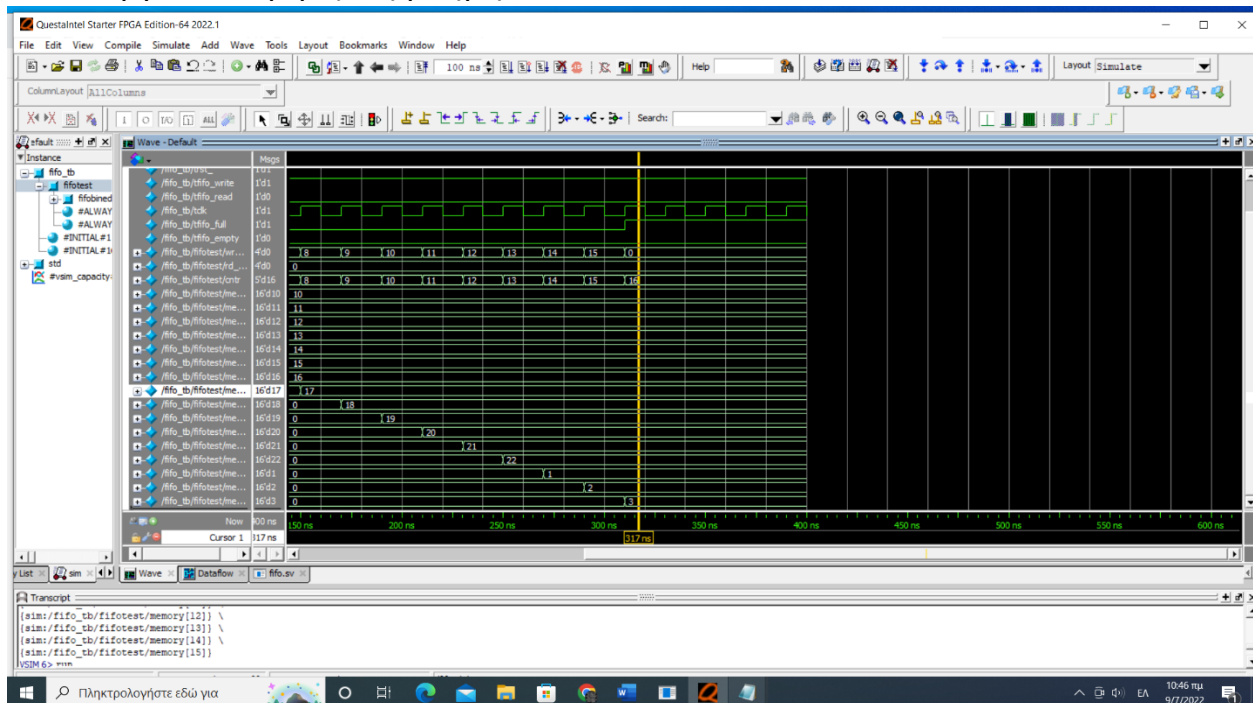
## Όχι εγγραφές στην γεμάτη μνήμη



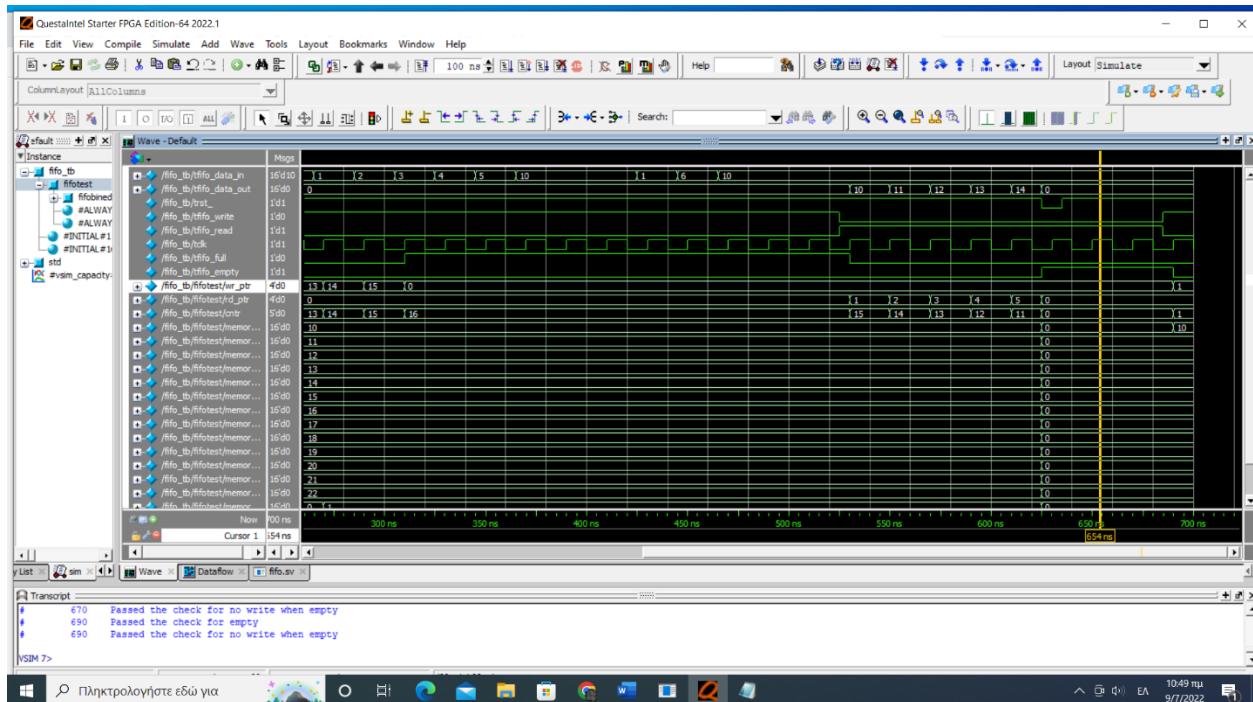
## Αναγνώσεις απο μνήμη



## Full ενεργό όταν γεμίζει η μνήμη



## Reset μνήμης και δεν επιτρέπονται αναγώσεις από αδεια μνήμη



Τέλος παρατίθενται τα όσα τυπώνονται από τα assertions που υποδεικνύουν ότι όλες οι ιδιότητες επιτυγχάνουν.

Passed reset check

- |       |   |
|-------|---|
| # 10  | Passed the check for empty              |
| # 330 | Passed the check for full               |
| # 350 | Passed the check for full               |
| # 350 | Passed the check for no write when full |
| # 370 | Passed the check for full               |
| # 370 | Passed the check for no write when full |
| # 390 | Passed the check for full               |
| # 390 | Passed the check for no write when full |
| # 410 | Passed the check for full               |
| # 410 | Passed the check for no write when full |
| # 430 | Passed the check for full               |
| # 430 | Passed the check for no write when full |
| # 450 | Passed the check for full               |

#	450	Passed the check for no write when full
#	470	Passed the check for full
#	470	Passed the check for no write when full
#	490	Passed the check for full
#	490	Passed the check for no write when full
#	510	Passed the check for full
#	510	Passed the check for no write when full
#	530	Passed the check for full
#	530	Passed the check for no write when full
# Passed reset check		
#	650	Passed the check for empty
#	670	Passed the check for empty
#	670	Passed the check for no write when empty
#	690	Passed the check for empty
#	690	Passed the check for no write when empty
# Passed reset check		
#	930	Passed the check for empty
#	950	Passed the check for empty
#	950	Passed the check for no write when empty
#	970	Passed the check for empty
#	970	Passed the check for no write when empty
#	990	Passed the check for empty
#	990	Passed the check for no write when empty
#	1010	Passed the check for empty
#	1010	Passed the check for no write when empty
#	1030	Passed the check for empty
#	1030	Passed the check for no write when empty
#	1050	Passed the check for empty
#	1050	Passed the check for no write when empty

#	1070	Passed the check for empty
#	1070	Passed the check for no write when empty
#	1090	Passed the check for empty
#	1090	Passed the check for no write when empty
#	1110	Passed the check for empty
#	1110	Passed the check for no write when empty
#	1130	Passed the check for empty
#	1130	Passed the check for no write when empty
#	1150	Passed the check for empty
#	1150	Passed the check for no write when empty
#	1170	Passed the check for empty
#	1170	Passed the check for no write when empty
#	1190	Passed the check for empty
#	1190	Passed the check for no write when empty
#	1210	Passed the check for empty
#	1210	Passed the check for no write when empty
#	1230	Passed the check for empty
#	1230	Passed the check for no write when empty
#	1250	Passed the check for empty
#	1250	Passed the check for no write when empty
#	1270	Passed the check for empty
#	1270	Passed the check for no write when empty
#	1290	Passed the check for empty
#	1290	Passed the check for no write when empty
#	1310	Passed the check for empty
#	1310	Passed the check for no write when empty
#	1330	Passed the check for empty
#	1330	Passed the check for no write when empty
#	1650	Passed the check for full

#	1670	Passed the check for full
#	1670	Passed the check for no write when full
#	1690	Passed the check for full
#	1690	Passed the check for no write when full
#	1710	Passed the check for full
#	1710	Passed the check for no write when full
#	1730	Passed the check for full
#	1730	Passed the check for no write when full