



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ**

ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΝΗΜΕΣ DDR ΚΑΙ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΚΩΔΙΚΑ VHDL ΣΕ ΜΝΗΜΗ DDR2»

ΘΩΜΑ ΒΑΡΒΑΡΑ

Επιβλέπων: ΜΑΡΙΑΤΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	06
---------------	----

Κεφάλαιο 1

1.1 Ιστορική αναδρομή στα μέσα αποθήκευσης δεδομένων.....	07
1.1.1 Διάτρητη κάρτα.....	07
1.1.2 Διάτρητη ταινία.....	08
1.1.3 Λυχνία.....	09
1.2 Μαγνητικά μέσα.....	10
1.2.1 Μαγνητική ταινία.....	10
1.2.2 Κασέτα μαγνητικής επαφής.....	11
1.2.3 Μαγνητικός κύλινδρος.....	12
1.2.4 Δισκέτα.....	13
1.3 Σκληρός δίσκος	15
1.4 Οπτικά μέσα.....	18
1.5 Άλλες μνήμες	20
1.6 Το μέλλον.....	24

Κεφάλαιο 2

2.1 Μνήμη τυχαίας προσπέλασης(RAM).....	25
2.2 Στατική RAM (SRAM).....	30
2.2.1 Σύγχρονες μνήμες SRAM	31
2.2.2 Εναλλακτικές αρχιτεκτονικές μνημών SRAM.....	36
2.3 Δυναμική RAM (DRAM).....	37
2.3.1 Λειτουργία μνημώνDRAM	39
2.3.2 Μέθοδοι ανανέωσης μνημών DRAM.....	40

Κεφάλαιο 3

3.1 Σύγχρονες μνήμες (SDRAM)	43
3.1.1 Λειτουργία μνημών SDRAM.....	43
3.1.2 Αρχιτεκτονική εξέλιξη μνημών SDRAM	44
3.2 Double Data Rate SDRAM (DDR).....	45
3.3 DDR2 SDRAM.....	47
3.4 DDR3 SDRAM.....	48
3.5 DDR4 SDRAM.....	49

Κεφάλαιο 4

4.1 Η γλώσσα VHDL.....	51
4.2 Επεξήγηση κώδικα VHDL.....	56
Βιβλιογραφία.....	69

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα μελετήσουμε τις μνήμες τυχαίας προσπέλασης RAM , την εξέλιξη τους καθώς και την χρήση τους στην καθημερινότητα των ανθρώπων.

Αρχικά, γίνεται λεπτομερής ιστορική αναδρομή στα μέσα αποθήκευσης δεδομένων.Γίνεται λεπτομερής αναφορά σε όλα τα είδη από το πρώτο μέσο αποθήκευσης που είναι η διάτρητη κάρτα έως και σήμερα στις σύγχρονες κάρτες μνήμης.

Στη συνέχεια αναφερόμαστε διεξοδικά στις μνήμες RAM καθώς και στην εξέλιξη τους που είναι η στατική και η δυναμική RAM.

Επίσης, μελετάμε την σύγχρονη εξέλιξη της RAM σε DDR μνήμες φτάνοντας μέχρι και σε αυτές που θα υπάρχουν στο εμπόριο στο μέλλον.

Τέλος, διεξάγεται λεπτομερής μελέτη σε κώδικα που αναφέρεται στις μνήμες DDR.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΑ ΜΕΣΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

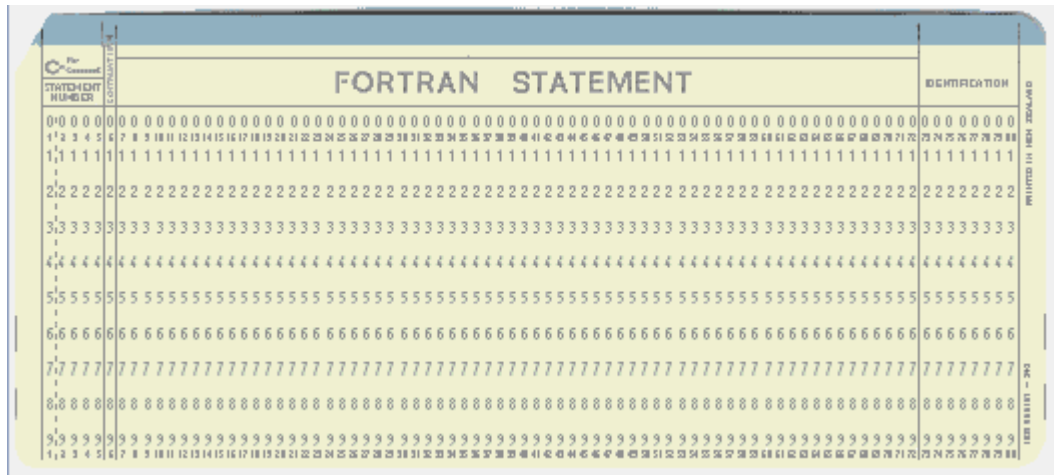
Τα μέσα αποθήκευσης δεδομένων είναι συσκευές χρήσιμες για την αποθήκευση δεδομένων και πληροφοριών. Στην επιστήμη υπολογιστών συνήθως θεωρούνται ως η δευτερεύουσα - μνήμη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, κατ' αντιδιαστολή με την πρωτεύουσα κύρια μνήμη.

1.1.1 ΔΙΑΤΡΗΤΗ ΚΑΡΤΑ

Η αρχαιότερη γνωστή μορφή αποθηκευτικού μέσου χρονολογείται στο 1725 και αποτελεί εφεύρεση του Μπαζίλ Μπουσόν (*Basile Bouchon*), ο οποίος χρησιμοποίησε διάτρητο χαρτί με επαναλαμβανόμενο μοτίβο, με σκοπό να σώσει διάφορα πατρόν για ρούχα.

Ωστόσο η πρώτη αληθινή πατέντα για αποθήκευση δεδομένων χρονολογείται στις 23 Σεπτεμβρίου 1884 και ανήκει στον Χέρμαν Χόλλεριθ (*Herman Hollerith*). Η εφεύρεση του Χόλλεριθ χρησιμοποιήθηκε για 9 δεκαετίες, έως και τα τέλη του 1970. Το όνομα της: διάτρητη κάρτα ή *punched card*, γνωστή και ως *κάρτα Χόλλεριθ*.

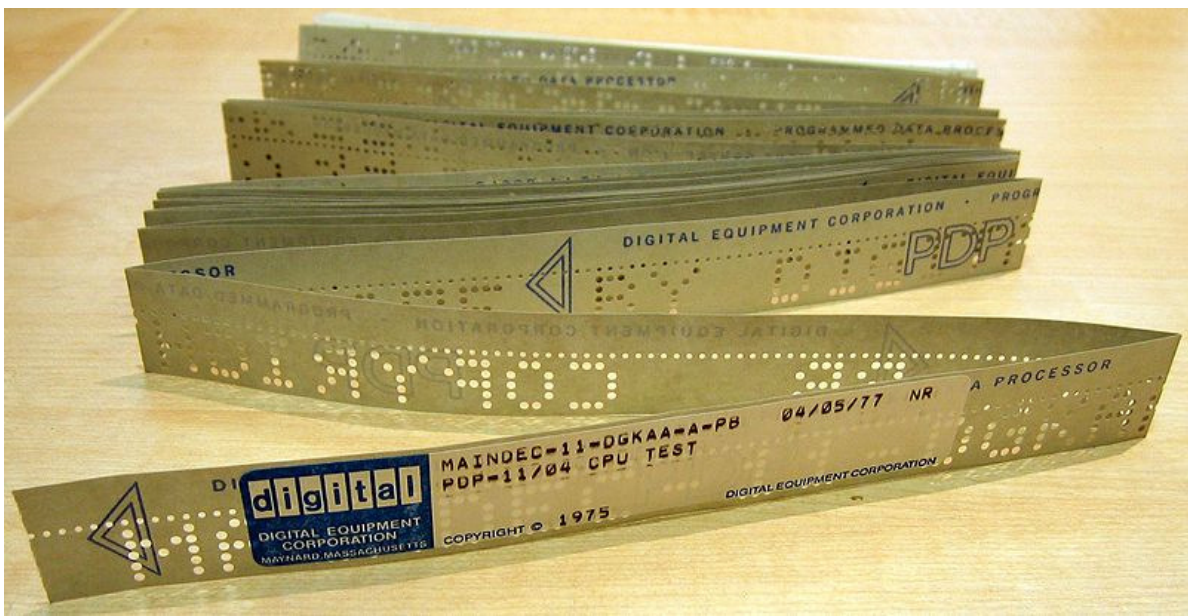
Η φωτογραφία παρουσιάζει ένα δείγμα μίας διάτρητης κάρτας. Είναι μία κάρτα 90 στηλών η οποία κυκλοφόρησε στις αρχές της δεκαετίας του '70. Επειδή η ποσότητα δεδομένων, η οποία μπορούσε να αποθηκευτεί στις διάτρητες κάρτες δεν ήταν αρκετή, η κύρια λειτουργία της κάρτας δεν ήταν η αποθήκευση μεγάλου αριθμού δεδομένων, αλλά η αποθήκευση ρυθμίσεων και εντολών για διάφορες μηχανές.



Εικόνα 1.1 Διάτρητη κάρτα

1.1.2 ΔΙΑΤΡΗΤΗ ΤΑΙΝΙΑ

Η πρώτη γνωστή απόπειρα χρησιμοποίησης διάτρητης ταινίας (*paper tape*), ήταν το 1864 από τον Αλεξάντερ Μπείν (*Alexander Bain*), εφευρέτη του φαξ και του ηλεκτρικού τηλέγραφου. Κάθε γραμμή της ταινίας αντιπροσώπευε ένα χαρακτήρα. Καθώς υπήρχε η δυνατότητα αναδίπλωσης της ταινίας, η δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων αυξήθηκε σημαντικά, συγκριτικά με τις διάτρητες κάρτες.



Εικόνα 1.2 Διάτρητη ταινία

1.1.3 ΛΥΧΝΙΑ

Η ηλεκτρονική λυχνία ή λυχνία κενού ή θερμιονική βαλβίδα, είναι μια διάταξη που επιτρέπει την ελεγχόμενη μεταβλητή ροή ηλεκτρονίων μέσα σε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα και αποτέλεσε την αρχή των σύγχρονων ηλεκτρονικών συστημάτων. Οι λυχνίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ανορθωτές, ενισχυτές ή διακόπτες καθώς και σε άλλα κυκλώματα που σχετίζονται με τη μεταφορά ηλεκτρικών σημάτων. Οι λυχνίες κενού βασίζονται στη θερμιονική εκπομπή ηλεκτρονίων από ένα σύρμα ή μια θερμή κάθοδο. Χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται περιορισμένα πλέον, για την κατασκευή ραδιοφώνων, τηλεοράσεων, ενισχυτών ισχύος, ραντάρ και σε αναλογικούς και ψηφιακούς υπολογιστές. Το 1946 η RCA (Radio Corporation of America) ξεκίνησε την ανάπτυξη της λυχνίας (*selectron tube*), μια προγενέστερη μορφή μνήμης υπολογιστή με μέγιστο μέγεθος 10 ίντσες και μέγιστη χωρητικότητα 4096 bits. Καθώς η τιμή των λυχνιών αυτών ήταν απαγορευτική για την εποχή τους, η ανταπόκριση από την αγορά δεν ήταν θερμή.



Εικόνα 1.3 Λυχνίες

1.2 ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

1.2.1 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΤΑΙΝΙΑ

Πρόκειται για ταινία πλαστική, χάρτινη ή μεταλλική η οποία είναι καλυμμένη με λεπτό μαγνητιζόμενο οξείδιο του σιδήρου. Χρησιμοποιείται για εγγραφή και αναπαραγωγή εικόνας και ήχου αλλά και για αποθήκευση στοιχείων στον Η/Υ. Οι μαγνητικές ταινίες έφεραν την επανάσταση στις βιομηχανίες ραδιοφωνικής μετάδοσης, διότι στην εποχή που διεξάγονταν ζωντανά οι ραδιοφωνικές και έπειτα οι τηλεοπτικές εκπομπές επέτρεπαν την προεγγραφή της εκπομπής. Το μείζον πλεονέκτημα των μαγνητικών ταινιών είναι ότι επιτρέπουν τη μαζική αποθήκευση των δεδομένων ενός Η/Υ και τη διατήρησή τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Οι μαγνητικές ταινίες είναι ευρέως διαδεδομένες στην αρχαιακή αποθήκευση με την μορφή καρουλιών, επειδή παρέχουν ικανοποιητικές δυνατότητες και αποτελούν ένα από τα οικονομικότερα μέσα αποθήκευσης. Το μειονέκτημα των μαγνητικών ταινιών είναι ότι για την ανάκτηση ενός συγκεκριμένου στοιχείου ή αρχείου θα πρέπει να προηγηθεί διαδοχική αναζήτηση στην επιφάνεια της ταινίας. Στις αρχές του 1950, μαγνητικές ταινίες πρωτοχρησιμοποιήθηκαν από την IBM για αποθήκευση δεδομένων. Ο αποθηκευτικός χώρος των μαγνητικών ταινιών ήταν 10.000 φορές μεγαλύτερος των καρτών, γεγονός το οποίο συντέλεσε στην άμεση επιτυχία του μέσου και το καθιέρωσε ως το δημοφιλέστερο αποθηκευτικό μέσο της δεκαετίας του 1980.



Εικόνα 1.4 Μαγνητική ταινία

1.2.2 ΚΑΣΕΤΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΓΓΡΑΦΗΣ

Η **κασέτα** είναι μαγνητικό μέσο αποθήκευσης και αποτελείται από μια πλαστική θήκη μικρών διαστάσεων, μέσα στην οποία βρίσκεται μαγνητική ταινία στην οποία εγγράφονται κυρίως ηχητικές πληροφορίες και δευτερευόντως/μεταγενέστερα (πρακτική που πλέον έχει ξεπεραστεί) αρχεία υπολογιστών. Η κασέτα είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί με τύλιγμα/ξετύλιγμα της μαγνητικής ταινίας σε μικρές ενσωματωμένες μπομπίνες και να τοποθετείται σε ειδική ηλεκτρονική συσκευή, με κεφαλή ανάγνωσης, που καλείται κασετόφωνο. Παρότι ο όρος κασέτα μπορεί να αναφέρεται σε διάφορες μορφές μαγνητικών μέσων αποθήκευσης που περικλείονται σε σκληρό περίβλημα, στα Ελληνικά με τον όρο αυτό συνήθως εννοούμε το μέσο που ακολουθεί τις προδιαγραφές (διαστάσεις περιβλήματος, πάχος ταινίας κλπ) του προτύπου Compact Cassette (συμπαγής κασέτα).

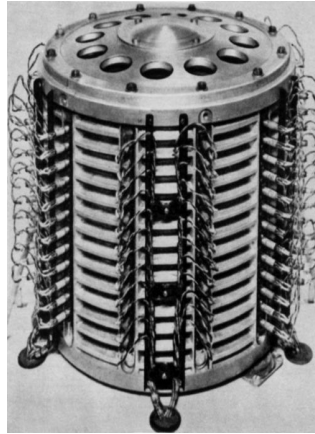
Η κασέτα μαγνητικής εγγραφής (*compact cassette*) ανήκει στην κατηγορία των μαγνητικών ταινιών. Ωστόσο αξίζει ειδικής μνείας μιας και χρησιμοποιήθηκε πάρα πολύ. Η κασέτα κυκλοφόρησε το 1963 από την Philips. Χρειάστηκαν όμως 17 χρόνια για να γίνει το γνωστό και δημοφιλές μέσο αποθήκευσης. Η κυκλοφορία των υπολογιστών ZX Spectrum, Commodore 64 και του Amstrad CPC συντέλεσε κατά πολύ στην διάδοση της. Μία κασέτα 90 λεπτών μπορούσε να αποθηκεύσει περίπου 700 kB έως και 1 MB δεδομένων στην κάθε της πλευρά. Για την αποθήκευση δεδομένων ενός DVD θα χρειαζόνταν δηλαδή 4500 κασέτες και 281 μέρες.



Εικόνα 1.5 Κασέτες μαγνητικής εγγραφής

1.2.3 ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ

Ο 16 ιντσών περιστρεφόμενος μαγνητικός κύλινδρος (*magnetic drum*) με δυνατότητα 12.500 περιστροφών το λεπτό, πρωτοχρησιμοποιήθηκε στον υπολογιστή IBM 650 στα μέσα του '50. Είχε δυνατότητα αποθήκευσης 10.000 χαρακτήρων.



Εικόνα 1.6 Μαγνητικός κύλινδρος

1.2.4 ΔΙΣΚΕΤΑ

Η δισκέτα κατασκευάστηκε από την αμερικάνικη εταιρεία **IBM** το 1971 και ήταν διαστάσεων 8 ιντσών με δικαίωμα ανάγνωσης (όχι εγγραφής) και ο αποθηκευτικός της χώρος ήταν της τάξης των 80KB. Στα επόμενα χρόνια η IBM και εταιρείες όπως οι Memorex, Shugart Associates και Burroughs Corporation προσπάθησαν να φτιάξουν μια πιο καλή έκδοση της δισκέτας. Το 1976 η Shugart Associates κατασκεύασε την πρώτη FDD των 5¼ ιντσών, πρότυπο που ακολούθησαν περισσότερες από 10 εταιρείες. Το 1984 η IBM έφερε στην αγορά την πρώτη δισκέτα διπλής όψης χωρητικότητας 1.2 Megabyte, η οποία ωστόσο δεν είχε μεγάλη απήχηση. Δύο χρόνια αργότερα η IBM κυκλοφόρησε μια δισκέτα 3.5 ιντσών και 720KB χωρητικότητα για τους φορητούς υπολογιστές. Μετά από λίγο καιρό κυκλοφόρησαν από την ίδια εταιρεία η δισκέτα χωρητικότητας 1,44MB η οποία και χρησιμοποιήθηκε ευρέως. Συνέχισε λίγα χρόνια αργότερα, το 1988, με μία καινούργια

δισκέτα χωρητικότητας 2,88 MB η οποία τελικά ήταν μεγάλη εμπορική αποτυχία.

Η δισκέτα των 1,44MB καθιερώθηκε γιατί εκτός από το μικρότερο μέγεθος, σε σχέση με τις 5¼ , προσέφεραν μεγαλύτερη αντοχή σε παράγοντες όπως η σκόνη, η υγρασία, οι γρατσουνιές, θερμοκρασία κτλ. Τέλος και άλλες εταιρείες στη συνέχεια προσπάθησαν να βγάλουν μια καλύτερη έκδοση της δισκέτας όμως για διάφορους λόγους δεν πέτυχαν εμπορικά. Μερικά παραδείγματα είναι η δισκέτα της Insite Peripherals, το 1991, με το όνομα **Floptical** και χωρητικότητα 21 MB, η δισκέτα **SuperDisk** από τις εταιρείες Matsushita (Panasonic) και Imation, χωρητικότητας 120 MB και ένα χρόνο αργότερο, το 1997, η Sony παρουσίασε την **HiFD** χωρητικότητας 150MB.

Την δεκαετία του 2000, και ειδικά με την είσοδο άλλων αποθηκευτικών μέσων όπως το CD, η χρήση της δισκέτας άρχισε να μειώνεται δραματικά. Με τα χρόνια πολλές εταιρείες σταμάτησαν την παραγωγή κάτι που έκανε τελικά και η Sony το 2011, η μεγαλύτερη εταιρεία σε παραγωγή δισκέτας, και οδήγησε και πρακτικά στο "θάνατο" της.



Εικόνα 1.7 Δισκέτες

1.3 ΣΚΛΗΡΟΣ ΔΙΣΚΟΣ

Ο **σκλήρως δίσκος** είναι ένα μαγνητικό αποθηκευτικό μέσο - συσκευή που χρησιμοποιείται στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, στις ψηφιακές βιντεοκάμερες, στα φορητά MP3 players, στα επιτραπέζια ψηφιακά βίντεο, στις κονσόλες παιχνιδομηχανών, στους ψηφιακούς επίγειους και δορυφορικούς τηλεοπτικούς δέκτες κλπ. Ένας σκλήρως δίσκος αποθηκεύει μεγάλες ποσότητες δεδομένων και η χωρητικότητα των σκληρών δίσκων που κυκλοφορούν στο εμπόριο ξεκινά από τα 160 GB και φτάνει έως τα 3 TB. Για μεγαλύτερες χωρητικότητες που αγγίζουν τα 8 TB (terabyte) χρησιμοποιούνται κυκλώματα πολλαπλών σκληρών δίσκων, με τη μορφή συρταρωτής διάταξης. Η ταχύτητα προσπέλασης των δεδομένων είναι ταχύτερη από το DVD/R/RW αλλά πολύ πιο αργή από τη μνήμη του υπολογιστή.

Οι σκληροί δίσκοι χρησιμοποιούνται στους υπολογιστές για την αποθήκευση δεδομένων, κυρίως προγραμμάτων και αρχείων που είναι απαραίτητο να διατηρηθούν, σε αντίθεση με την μνήμη RAM όπου τα δεδομένα διαγράφονται με την διακοπή τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης όλοι οι σκληροί δίσκοι πλέον, έχουν ενσωματωμένη κρυφή μνήμη (cache RAM) για προσωρινή αποθήκευση που η χωρητικότητά της ξεκινά από τα 8MB(ελάχιστοι πλέον) και φτάνει τα 64MB.

Σταδιακά οι σκληροί δίσκοι δίνουν τη θέση τους σε δίσκους στερεάς κατάστασης (SSD, Solid State Drives), οι οποίοι εξελίσσονται με ραγδαίο ρυθμό κυρίως λόγω της χαμηλής τους κατανάλωσης σε ρεύμα (που οφείλεται στην παντελή έλλειψη ηλεκτροκινητήρα) και το φθινό σχετικά κόστος παραγωγής. Από τον Οκτώβριο του 2010 λόγω της τεχνολογίας SSD είναι δυνατή η λειτουργία των NetBooks για χρονικό διάστημα περίπου 10 ωρών συνεχόμενα.



Εικόνα 1.8 Σκληρός δίσκος

Η χρήση άκαμπτων υλικών και η σφράγιση της μονάδας προσδίδει πολύ μεγαλύτερη αντοχή στους δίσκους σε σχέση με τις δισκέτα. Κατά συνέπεια, οι σκληροί δίσκοι μπορούν να αποθηκεύσουν, να προσπελάσουν και να μεταφέρουν πολύ περισσότερα δεδομένα και σε λιγότερο χρόνο από ότι οι δισκέτες:

- Τον Ιανουάριο του 2008, ένας τυπικός σκληρός δίσκος για επιτραπέζιο υπολογιστή (desktop), μπορούσε να αποθηκεύσει από 120 έως 1000 GB δεδομένων, να περιστραφεί με ταχύτητες 5.400 έως 10.000 rpm και να μεταφέρει δεδομένα με ρυθμό 1 Gbit/s ή ταχύτερο. (1 GB = 10^9 B; 1 Gbit/s = 10^9 bit/s).
- Τον Ιούλιο του 2008, η μέγιστη χωρητικότητα έφτασε το 1,5 TB ενώ το Σεπτέμβριο του 2009 ένας δίσκος έχει χωρητικότητα μέχρι και 2 TB.
- Ο ταχύτερος σκληρός δίσκος επαγγελματικών προδιαγραφών περιστρέφεται με 10.000 έως 15.000 rpm, και μπορεί να επιτύχει μεταφορά δεδομένων με ρυθμό πάνω από 1,6 Gbit/s και σταθερή ταχύτητα μεταφοράς μέχρι 125 Mbytes/sec. Οι δίσκοι που περιστρέφονται με αυτήν την ταχύτητα έχουν μικρότερα platters λόγω της αντίστασης του αέρα και κατά συνέπεια έχουν και μικρότερη χωρητικότητα από την αντίστοιχη

των δίσκων για επιτραπέζιους υπολογιστές.

- Το Σεπτέμβριο του 2009 ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων αυξήθηκε στα 6Gbit/s με τη χρήση διπλού καναλιού SATA 3Gbit/s (από ανακοινώσεις κατασκευαστών) διπλασιάζοντας με αυτό το τρόπο και την σταθερή ταχύτητα μεταφοράς στα 300Mbps.
- Οι σκληροί δίσκοι για φορητούς υπολογιστές, που είναι συγκριτικά μικρότεροι σε μέγεθος από αυτούς για επιτραπέζιους ή τους επαγγελματικούς, τείνουν να είναι και πιο αργοί αλλά και με λιγότερη χωρητικότητα. Ένας τυπικός δίσκος για φορητό υπολογιστή περιστρέφεται με 5.400 rpm, ενώ τα μοντέλα που περιστρέφονται με 7.200 είναι ελαφρώς πιο ακριβά. Εξαιτίας του μικρού μεγέθους τους, αυτοί οι δίσκοι έχουν αρκετά μικρότερη χωρητικότητα από τους μεγάλους δίσκους για επιτραπέζιους υπολογιστές.

Ένας σκληρός δίσκος αποτελείται από:

- **μαγνητικούς δίσκους** κατασκευασμένους από μέταλλο ή πλαστικό και επικαλυμμένους από ένα λεπτό στρώμα οξειδίου του σιδήρου ή άλλο μαγνητικό υλικό.
- τον **άξονα κίνησης** γύρω από τον οποίο περιστρέφονται οι μαγνητικοί δίσκοι με την ίδια ταχύτητα.
- **κεφαλές ανάγνωσης/εγγραφής** επάνω σε βραχίονες πάνω και κάτω από κάθε επιφάνεια δίσκου, που μετακινούνται εμπρός-πίσω. Ο συνδυασμός της κίνησης των βραχιόνων με την κίνηση των δίσκων, επιτρέπουν στις κεφαλές να έχουν πρόσβαση σε όλα τα σημεία των δίσκων.
- τον **βηματικό ηλεκτροκινητήρα** που είναι υπεύθυνος για την ακριβή τοποθέτηση των κεφαλών ανάγνωσης/εγγραφής στο σωστό σημείο έτσι ώστε να είναι εφικτή η εγγραφή ή/και η ανάγνωση των δεδομένων από τις κεφαλές.

- **ηλεκτρονικά εξαρτήματα** που εξυπηρετούν τη λειτουργία του σκληρού δίσκου, επικοινωνώντας με τον υπολογιστή και αναλαμβάνοντας την κίνηση των κεφαλών και τη μεταφορά των δεδομένων.

1.4 ΟΠΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

- **LASERDISC**

Το 1958 επινοήθηκε η τεχνολογία του laserdisc(δίσκος μεγάλου μεγέθους με αναλογική αποθήκευση δεδομένων), ωστόσο πέρασαν αρκετά χρόνια μέχρι την πρώτη παρουσίαση του σε κοινό (1972). Το προϊόν ήταν διαθέσιμο στην αγορά το 1978. Δεν ήταν δυνατή η αποθήκευση δεδομένων στο laserdisc παρά μόνο η αποθήκευση εικόνας και βίντεο σε αυξημένη ποιότητα συγκριτικά με τις τότε διαθέσιμες τεχνικές (VHS).

- **CD / CD-R / CD-RW**

Το compact disk (CD) είναι το πρώτο ψηφιακό μέσο για αναπαραγωγή μουσικής. Αναπτύχθηκε σε συνεργασία των Sony και Philips το 1979 και έφτασε στην αγορά το 1982. Στα μέσα της δεκαετίας του '80 έγινε δημοφιλές και στους υπολογιστές, ενώ με την εγγράψιμη του μορφή (CD-R) και την επανεγγράψιμη (CD-RW) και την παρουσίαση των αντίστοιχων συσκευών εγγραφής/επανεγγραφής κατέκλυσε κυριολεκτικά την αγορά καλύπτοντας μια μεγάλη γκάμα χρήσεων. Ένα τυπικό CD μπορεί να αποθηκεύσει 700MB δεδομένων, ενώ υπάρχει και έκδοση που φτάνει τα 800MB.

- **BLUE-RAY DISC**

Η μάχη για την επικράτηση του σημερινού(2008) μέσου πραγματοποιήθηκε το 2007-2008 ανάμεσα σε δυο "μονομάχους", το Blu-Ray και το HD DVD.

Τόσο το HD DVD όσο και το Blu-Ray βασίζονται στην τεχνολογία του blue-violet laser και προσφέρουν πολλαπλές δυνατότητες αποθήκευσης συγκριτικά με τα σύγχρονα DVD, επειδή το μήκος κύματος του laser που χρησιμοποιείται είναι μικρότερο σε σχέση με το κόκκινο των DVD. Ωστόσο, τα δύο format είναι πλήρως ασύμβατα μεταξύ τους. Το HD DVD είναι χωρητικότητας 15GB σε δίσκους ενός layer και η δομή του είναι αντίστοιχη με τα σημερινά DVDs. Το Blu-Ray φτάνει τα 25GB, ενώ η δομή του εγγράψιμου layer το φέρνει πολύ πιο κοντά στο laserdisc.

Στις 19 Φεβρουαρίου 2008 η Toshiba, ο κύριος υποστηρικτής και δημιουργός του HD-DVD ανακοίνωσε τη διακοπή της παραγωγής των HD-DVD καθώς και των HD-DVD Drives αφού το Blu-Ray Disk είχε ήδη νικήσει-όπως είχε γίνει κάποτε μεταξύ VHS και BETA - τα δύο μαγνητικά format που μάχονταν για την επικράτησή τους στα γνωστά βίντεο των δεκαετιών του '80 και '90. Κάτι παρόμοιο είχε γίνει και με τα DVD, αφού παρουσιάστηκαν τρία format (DVD-R, DVD+R και DVD-RAM) αλλά τελικά επικράτησαν δύο.

- **DVD**

Το DVD (Digital Versatile Disc) είναι ένα CD το οποίο χρησιμοποιεί μία διαφορετική μέθοδο τεχνολογίας laser. Το μήκος κύματος του laser χρησιμοποιεί υπέρυθρη ακτινοβολία στα 780nm (Το CD χρησιμοποιεί 625 με 650nm) γεγονός το οποίο δίνει την δυνατότητα στο DVD να αποθηκεύσει περισσότερα δεδομένα στον ίδιο χώρο. Ένα DVD έχει χωρητικότητα 4,7 GB ενώ τα Dual Layer DVD (διπλής επίστρωσης) έχουν χωρητικότητα 8.5GB. Χρειάζονται περίπου 6000 δισκέτες για να αποθηκεύσουν τα δεδομένα ενός DVD, ή 4.500 κασέτες με χρόνο εγγραφής 280 ημερών.



Εικόνα 1.9 Laser Disc (αριστερά) Dvd (δεξιά)

1.5 ΑΛΛΕΣ ΜΝΗΜΕΣ

Υπάρχουν πολλές άλλες μορφές αποθηκευτικών μέσων, όπως κάρτες μνήμης (SD, Flash κτλ).

- **SD & MINI SD**

Η κάρτα SD είναι μια κάρτα μνήμης Flash μικρών διαστάσεων με χωρητικότητα έως 16

GB, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές και συσκευές αναπαραγωγής MP3. Το όνομα ολογράφως στα αγγλικά είναι Secure Digital Memory Card. Ο συντελεστής ασφάλειας οφείλεται στη διαχείριση ψηφιακών δικαιωμάτων της κάρτας που, μέσω ενός κλειδιού που είναι αποθηκευμένο σε προστατευμένη περιοχή της μνήμης, εμποδίζει τη μη εξουσιοδοτημένη αναπαραγωγή προστατευμένων αρχείων πολυμέσων

Εκτός από τις κάρτες SD, υπάρχουν και οι πολύ μικρές κάρτες miniSD και microSD. Η κάρτα miniSD έχει διαστάσεις 20 × 21,5 × 1,4 mm, δηλαδή το μισό μέγεθος μιας κάρτας SD. Η κάρτα microSD, με διαστάσεις 11 × 15 × 1 mm, είναι ακόμα μικρότερη. Τόσο οι κάρτες miniSD όσο και κάρτες microSD μπορούν να μετατραπούν με έναν προσαρμογέα σε κάρτες SD. Και μια κάρτα microSD μπορεί, επίσης, να μετατραπεί σε κάρτα miniSD με τη βοήθεια προσαρμογέα. Η μέγιστη χωρητικότητα περιορίζεται στα 32 GB.

- **SD, SDHC και SDXC**

Εκτός από τις κοινές κάρτες SD μέγιστης χωρητικότητας 16 GB, από το 2006 διατίθεται ήδη ο διάδοχός τους, οι κάρτες SDHC (Secure Digital High Capacity που στα ελληνικά σημαίνει «ασφαλής ψηφιακή κάρτα μνήμης με μεγάλη χωρητικότητα»). Μια σημαντική διαφορά τους είναι η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων.

Στις κάρτες SDHC (που ονομάζονται και SD 2.0), η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων αναγράφεται, σε αντίθεση με τις κλασικές κάρτες SD, σε ένα τυπωμένο κύκλο, και μπορεί να φτάσει έως και τα δέκα Megabyte το δευτερόλεπτο (MB/s). Έχουν καθοριστεί οι παρακάτω κατηγορίες καρτών:

- Class 2: 16 Mbit/s (2 MB/s)

- Class 4: 32 Mbit/s (4 MB/s)
- Class 6: 48 Mbit/s (6 MB/s)
- Class 10: 80 Mbit/s (10 MB/s) (έχει καθοριστεί στην έκδοση 3.0)

Επιπλέον, οι κάρτες SDHC διαφοροποιούνται από τις κάρτες SD ως προς τη διαμόρφωσή τους. Οι κάρτες SDHC είναι διαμορφωμένες με το σύστημα αρχείων FAT32 και δεν είναι, για παράδειγμα, συμβατές με παλαιότερες φωτογραφικές μηχανές, οι οποίες χρησιμοποιούν το σύστημα αρχείων FAT16 που συνηθίζεται στις κλασικές κάρτες SD. Οι κάρτες SD μπορούν να διαμορφωθούν σε FAT32, ωστόσο συχνά οι τελικές συσκευές δεν θα επικοινωνούν πλέον με το μέσο αποθήκευσης δεδομένων.

Από τα τέλη του 2009 διατίθεται η σύγχρονη τεχνολογία SDXC (SD eXtended Capacity, στα ελληνικά «διευρυμένη χωρητικότητα»). Οι κάρτες αυτές, οι οποίες ονομάζονται και κάρτες τύπου SD 3.0, αγγίζουν ταχύτητες εγγραφής της τάξης των 35 MB/s και ταχύτητες ανάγνωσης έως 60 MB/s. Διαβάζουν επομένως δύο φορές πιο γρήγορα από τις κάρτες SDHC με το USB 2.0. Οι κάρτες SDXC έχουν προς το παρόν μέγιστη χωρητικότητα 64 GB, θεωρητικά όμως μπορούν να φτάσουν μέχρι τα δύο Terabyte (περίπου 2.000 GB).

Οι κάρτες SDXC χρησιμοποιούν το σύστημα αρχείων exFAT της Microsoft. Δεν είναι επομένως συμβατές με τις συσκευές ανάγνωσης καρτών SDHC ή SD. Επιπλέον, οι ταχύτητες που διαθέτουν για τη μεταφορά δεδομένων ξεπερνούν τις δυνατότητες του προτύπου USB 2.0, γεγονός που καθιστά απαραίτητη τη χρήση συσκευών με USB 3.0. Για παράδειγμα, τα νέα iMacs της Apple διαθέτουν ήδη υποδοχές για κάρτες SDXC. Οι κάρτες SDHC και SDXC είναι κατάλληλες για τις σύγχρονες βιντεοκάμερες HD. Λόγω της υψηλής ταχύτητας μεταφοράς δεδομένων και της μεγάλης χωρητικότητας που τις χαρακτηρίζει, οι κάρτες SDHC

και SDXC είναι ιδιαίτερες κατάλληλες για τις σύγχρονες βιντεοκάμερες HD, τις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές SLR και τις φωτογραφικές μηχανές 3D.



Εικόνα 1.10 Κάρτα μνήμης SD

1.6 TO ΜΕΛΛΟΝ

Μία καινούργια τεχνολογία η οποία παρουσιάζει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον είναι η ιδέα των Holographic Versatile Discs (HVD). Χρησιμοποιώντας την τεχνική της ταυτόγραμμης ολογραφίας (*collinear holography*), 2 laser, ένα μπλε-πράσινο και ένα κόκκινο, εστιάζουν ως μία ακτίνα στο ίδιο σημείο. Με την τεχνική αυτή το HVD καταφέρνει να αυξήσει κατά πολύ την χωρητικότητα ενός δίσκου, συγκριτικά με τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται στα HD DVD όσο και το Blu-Ray (Χωρητικότητα: 3.6 TB ή αλλιώς το περιεχόμενο 160 Blu-Ray discs).

Επίσης μια άλλη τεχνολογία έχει ως βάση το φθορισμό. Σύμφωνα με αυτή σε ένα δισκάκι θα μπορούν να υπάρχουν ως και 10 στρώσεις (layers) σε αντίθεση με τους σημερινούς δίσκους που έχουν το πολύ δύο, αφού αυξάνοντας τις στρώσεις αυξάνεται εκθετικά η απώλεια δεδομένων στις ανώτερες στρώσεις. Έτσι θα μπορούμε να δούμε χωρητικότητες της τάξης

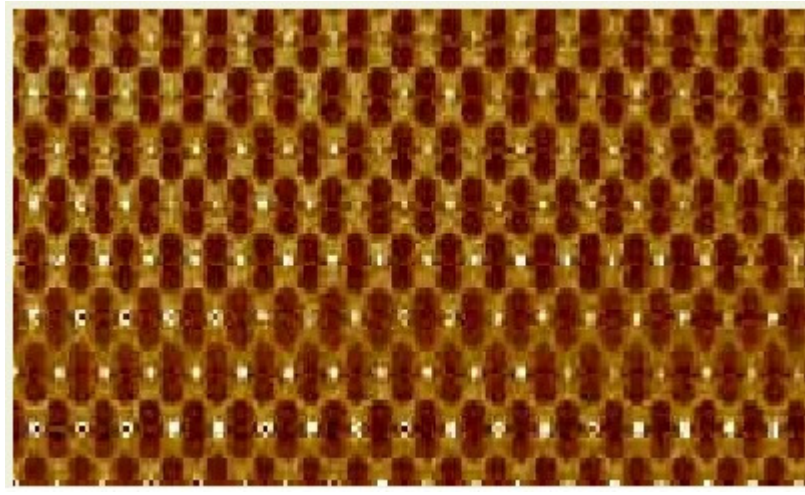
των 47 GB (από ένα single layer DVD) έως και 500 GB (από dual layer Blu-ray), δηλαδή 5TB.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΜΝΗΜΗ ΤΥΧΑΙΑΣ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗΣ (RAM)

Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM, Random access memory) είναι όρος που χρησιμοποιούμε για ηλεκτρονικές διατάξεις προσωρινής αποθήκευσης ψηφιακών δεδομένων (μνήμη_υπολογιστή), οι οποίες επιτρέπουν πρόσβαση στα αποθηκευμένα δεδομένα στον ίδιο χρόνο οπουδήποτε και αν βρίσκονται αυτά, δηλαδή με «τυχαία πρόσβαση». Σε αντιδιαστολή βρίσκονται συσκευές_αποθήκευσης_δεδομένων, όπως οι μαγνητικές_ταινίες, οι μαγνητικοί δίσκοι («σκληροί» ή «εύκαμπτοι»), στα οποία η πρόσβαση στα δεδομένα μπορεί να γίνει μόνο με κάποιον προκαθορισμένο τρόπο, συνήθως σειριακά, λόγω του τρόπου κατασκευής τους. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι RAM : η δυναμική RAM (DRAM) και η στατική RAM (SRAM). Η DRAM είναι η πιο κοινή μορφή αλλά πρέπει να «ανανεώνεται» (refresh) χιλιάδες φορές ανά δευτερόλεπτο, ενώ η SRAM δεν χρειάζεται κάτι τέτοιο. Η SRAM, ως διάταξη, είναι πιο δαπανηρή στην κατασκευή της - και επομένως στην αγορά της - σε σχέση με την DRAM.

Μια μονάδα μνήμης στην ουσία είναι ένα σύνολο από δυαδικά κύτταρα αποθήκευσης (τα δυαδικά κύτταρα μπορούν να αποθηκεύσουν είτε την τιμή "0", είτε την τιμή "1"). Πάνω στην κάρτα της μνήμης υπάρχουν και διάφορα ολοκληρωμένα κυκλώματα που ελέγχουν τη λειτουργία της (τρόπος αποθήκευσης και διαχείρισης της πληροφορίας, μεταφορά πληροφοριών από και προς αυτή). Για την καλύτερη κατανόηση της RAM θα μπορούσαμε να τη φανταστούμε ως ένα δυσδιάστατο πίνακα (n γραμμές και m στήλες), όπου σε κάθε κελί αποθηκεύεται η ελάχιστη πληροφορία, δηλαδή ένα bit "0" ή "1". Κάθε γραμμή του πίνακα έχει μια ξεχωριστή "**διεύθυνση**", που βοηθάει στην άμεση προσπέλαση της πληροφορίας που είναι αποθηκευμένη στα στοιχεία της γραμμής.



Εικόνα 2.1: Τα κελιά της μνήμης όπως φαίνονται με μικροσκόπιο

Στην επιστήμη υπολογιστών με τον όρο RAM αναφερόμαστε στην κύρια ή κεντρική μνήμη ενός υπολογιστικού συστήματος αρχιτεκτονικής φον Νόιμαν, δηλαδή τη μνήμη στην οποία αποθηκεύονται προγράμματα και δεδομένα, προκειμένου είτε να εκτελεστούν είτε να υποστούν επεξεργασία αντίστοιχα. Τμήμα, επίσης, της κεντρικής μνήμης είναι και η μνήμη Μνήμη μόνο ανάγνωσης (ROM), η οποία επίσης επιτρέπει την τυχαία προσπέλαση. Η βασική διαφορά των δύο τύπων μνήμης είναι ότι η μεν RAM διατηρεί τα περιεχόμενά της μόνο όσο της επιτρέπει ο χρήστης ή το λογισμικό που εκτελείται και μόνο εφόσον το υπολογιστικό

σύστημα τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια. Σε αντίθετη περίπτωση, τα περιεχόμενά της είτε αντικαθίστανται από άλλα είτε χάνονται ολοσχερώς. Αν οι όροι που έχουν επικρατήσει ήταν απόλυτα ακριβείς, η μνήμη RAM έπρεπε να αναφέρεται ως «μνήμη τυχαίας προσπέλασης εγγραφής / ανάγνωσης», ενώ η μνήμη ROM ως «μνήμη τυχαίας προσπέλασης μόνο ανάγνωσης».

Η ονομασία RAM προέρχεται από τη σύντμηση των λέξεων "**Random Access Memory-Μνήμη τυχαίας προσπέλασης**" και περιγράφει στην ουσία τον τρόπο λειτουργίας της RAM. Έτσι, οποιαδήποτε αίτηση (ανάκληση ή αποθήκευση πληροφοριών) για τη RAM συνοδεύεται και από τη διεύθυνση, στην οποία θα εκτελεστεί η αίτηση. Επειδή μπορεί να γίνει προσπέλαση σε οποιαδήποτε διεύθυνση για μεταφορά πληροφορίας, προέκυψε το όνομα "**μνήμη τυχαίας προσπέλασης**" που συντέθηκε στον αγγλικό όρο RAM.

Οι δυαδικές πληροφορίες αποθηκεύονται σαν ομάδες από bits, που είναι γνωστές ως "**λέξεις**" ("**words**"). Τα bits κάθε λέξης μεταφέρονται μέσα και έξω από τη μνήμη, όλα μαζί ως μια ομάδα. Το περιεχόμενο κάθε λέξης είναι ένα σύνολο από "0" ή "1" και μπορεί να αντιπροσωπεύει έναν αριθμό, μια εντολή, έναν ή περισσότερους αλφαριθμητικούς χαρακτήρες ή ακόμα, οποιαδήποτε πληροφορία κωδικοποιημένη σε δυαδικό σύστημα. Συνήθως, μια ομάδα των 8 bits χαρακτηρίζεται ως 1 byte. Οι περισσότερες μνήμες υπολογιστών χρησιμοποιούν λέξεις που έχουν μήκος πολλαπλάσιο των 8 bits. Έτσι, μια λέξη των 16 bits περιλαμβάνει 2 bytes, μια λέξη των 32 bits περιλαμβάνει 4 bytes κ.ά.

που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα υπολογιστικό σύστημα. Τα υπολογιστικά συστήματα ξεκίνησαν με πολύ μικρές χωρητικότητες RAM (από 12 bytes έως 3 Kbytes). Από γενιά σε γενιά και καθώς η τεχνολογία και η ηλεκτρονική έκαναν γιγαντιαία άλματα, η μνήμη RAM αυξανόταν διαρκώς σε μέγεθος. Σήμερα (2012) η μνήμη RAM σε μεγάλα υπολογιστικά συστήματα ή υπερυπολογιστές διαθέτει χωρητικότητες αρκετών TeraBytes, ενώ στα μικρότερα συστήματα ανέρχεται σε κάποια Gbytes (από 1 έως 48 Gbytes, ανάλογα με το σύστημα).

Καθοριστικό, επίσης, είναι το μέγεθος της χωρητικότητας της μνήμης RAM για τη σταθερότητα και την ομαλή λειτουργία ενός υπολογιστικού συστήματος.

Χρόνος προσπέλασης

Ανάμεσα στη στιγμή εκκίνησης μιας αίτησης για ένα byte ή λέξη από τη μνήμη, μέχρι αυτό να προσκομιστεί πραγματικά στον επεξεργαστή και να αποθηκευθεί σε κάποιον καταχωρητή του, μεσολαβεί κάποιο χρονικό διάστημα το οποίο ονομάζεται **υστέρηση** ή **χρόνος προσπέλασης**. Ο χρόνος αυτός μπορεί να ιδωθεί ως το διάστημα από τη στιγμή που ζητείται μια διεύθυνση στη μνήμη μέχρι τη στιγμή που τα αντίστοιχα δεδομένα θα είναι διαθέσιμα για χρήση. Αποτελεί θεμελιώδες μέτρο ταχύτητας της μνήμης: όσο μικρότερη η υστέρηση τόσο μεγαλύτερη η ταχύτητα της μνήμης.

Η υστέρηση δεν θα πρέπει να συγχέεται με το **εύρος μνήμης**, το μέγεθος του διαύλου (bus) της RAM σε μπιτ, με το οποίο μετράται η διαμεταγωγή της μνήμης. Είναι πιθανό μια προηγμένη τεχνολογία μνήμης να έχει αυξημένο εύρος μνήμης αλλά, παράλληλα, και αυξημένο χρόνο προσπέλασης. Για παράδειγμα η μνήμη **DDR**, η εμφάνιση της οποίας στην αγορά προηγείται χρονικά της μνήμης **DDR2**, έχει μικρότερη υστέρηση αν και πρόκειται για παλαιότερη τεχνολογία.

Κόστος

Το κόστος των αρθρωμάτων μνήμης τυχαίας προσπέλασης είναι αρκετά ευμετάβλητο και

εξαρτάται από την τρέχουσα αγορά μητρικών πλακετών. Μνήμες οι οποίες πριν μερικούς μήνες είχαν τιμές πολύ μικρές σήμερα μπορεί να στοιχίζουν πανάκριβα λόγω σταματήματος της παραγωγής τους και μνήμες οι οποίες στοίχιζαν ακριβά μπορεί σήμερα να στοιχίζουν πολύ φθηνά επειδή μπορεί να χρησιμοποιούνται ευρέως.

Μεγάλη επιρροή στη διαφοροποίηση της τιμής έχει και το μέγεθος ενός μεμονωμένου αρθρώματος. Πολλές φορές αρθρώματα διπλάσιας μνήμης στοιχίζουν λιγότερο από 2 ίδια με τη μισή μνήμη και σε άλλες περιπτώσεις στοιχίζουν περισσότερο.

2.2 ΣΤΑΤΙΚΗ RAM (SRAM)

Η **στατική RAM (Static RAM - SRAM)** είναι ένας τύπος μνήμης RAM που έχει την ικανότητα να διατηρεί αναλλοίωτα τα περιεχόμενά της για όσο χρονικό διάστημα τροφοδοτείται με ρεύμα, χωρίς να απαιτείται κάποια επιπλέον εξωτερική επέμβαση. Στις SRAMs χρησιμοποιούνται ειδικοί **διακόπτες (switches)**, που μπορεί να είναι ανοικτοί ή κλειστοί (on/off). Ο τρόπος κατασκευής της SRAM μοιάζει περισσότερο με την τεχνολογία που εφαρμόζεται στους επεξεργαστές: πολλά ολοκληρωμένα κυκλώματα, που έχουν τοποθετηθεί πάνω σε μια μικρή πλακέτα πυριτίου. Για την αποθήκευση κάθε bit στη μνήμη SRAM, απαιτούνται τέσσερα με έξι transistors, για αυτό και το μέγεθος της SRAM είναι μεγαλύτερο από το μέγεθος της DRAM (κάθε bit χρειάζεται μόνο έναν πυκνωτή). Η πολυπλοκότητα και ο μεγάλος αριθμός transistors που χρησιμοποιούνται για τη μνήμη SRAM, είναι ο βασικότερος λόγος, εξαιτίας του οποίου η μνήμη SRAM έχει μεγαλύτερο κόστος από την DRAM.

Τα βασικά σήματα διασύνδεσης της μνήμης αυτής είναι:

Οι γραμμές διευθύνσεων **ADDRESS** (είσοδος στη μνήμη). Με n γραμμές

προσπελαύνονται $2n$ λέξεις. Οι κλασσικές μνήμες SRAM διατίθενται σε
μεγέθη από 32KB-2MB.

Οι γραμμές δεδομένων **DQ** (είσοδος/έξοδος). Ο αριθμός τους είναι ίσος με
το εύρος της αποθηκευόμενης λέξης (8-72bits, δεδομένα +parity bits).

Γραμμή επιλογής μνήμης **CS#** (chip select, είσοδος, ενεργή LOW). Σήμα
ελέγχου, το οποίο επιλέγει το συγκεκριμένο chip μνήμης.

Γραμμή επίτρεψης εγγραφής **WE#** (write-enable, είσοδος, ενεργή LOW).
Σήμα ελέγχου, υποδηλώνει τον τύπο προσπέλασης (ενεργό =εγγραφή,
ανενεργό= ανάγνωση).

Γραμμή επίτρεψης εξόδου **OE#** (output-enable, είσοδος, ενεργή LOW). Το
σήμα αυτό επιτρέπει στα κυκλώματα εξόδου να εμφανίσουν τα περιεχόμενα
της μνήμης στις γραμμές δεδομένων. Πρακτικά καθορίζει μαζί με το WE#
την κατεύθυνση (είσοδος, έξοδος ή υψηλή εμπέδηση) των γραμμών δεδομένων.

Τυπικός χρόνος προσπέλασης δεδομένων για πρόσφατες μνήμες SRAM είναι τα
10ns. Η τυπική κατανάλωση ισχύος κυμαίνεται μεταξύ 40-150mA όταν η μνήμη είναι
ενεργή, ενώ με CS#=HIGH (μη επιλεγμένη μνήμη – λειτουργία standby) η κατανάλωση

ισούται με 100μΑ έως 5mA.

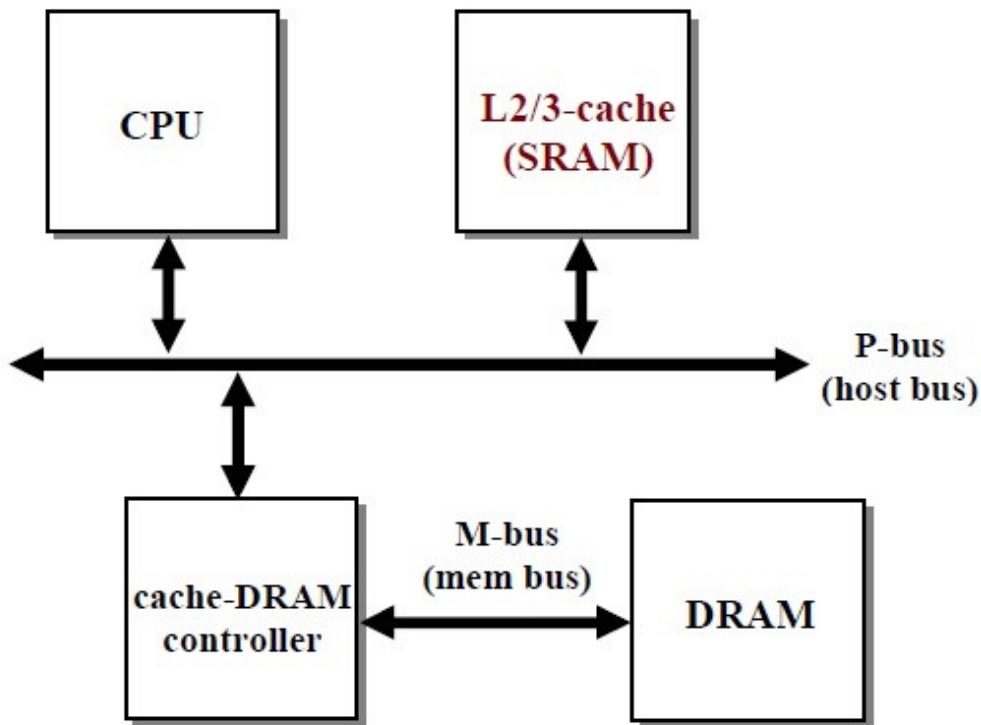


Εικόνα 2.3: Ένα chip στατικής μνήμης RAM (SRAM)

2.2.1 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΝΗΜΕΣ SRAM

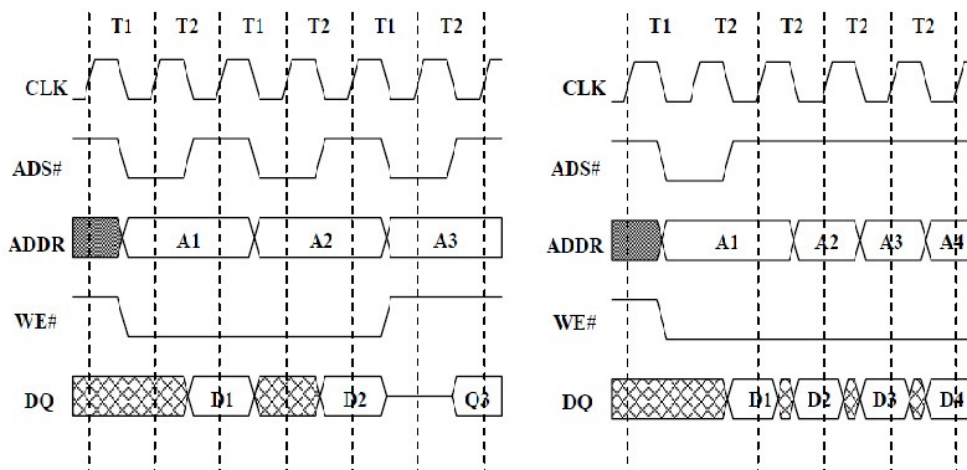
Σε νεώτερα υπολογιστικά συστήματα (με επεξεργαστές Pentium ή PowerPC) η στατική μνήμη RAM χρησιμοποιείται κυρίως ως cache, στη συνδεσμολογία της εικόνας 2.4.

Ο επεξεργαστής επικοινωνεί μέσω ενός πολύ γρήγορου διαύλου (host-bus) με την cache και με τον ελεγκτή cache-DRAM. Ο δίαυλος αυτός χρονίζεται με ένα σήμα ρολογιού (σύγχρονη μεταφορά δεδομένων) και έτσι αναπτύχθηκε ένα ομοίως σύγχρονο interface επικοινωνίας με τη μνήμη SRAM (σύγχρονες SRAM). Στις σύγχρονες (synchronous) SRAM, όλες οι λειτουργίες χρονίζονται με τη βοήθεια ενός σήματος CLK.



Εικόνα 2.4

Για να γίνει κατανοητή η ανάγκη ενός σύγχρονου interface μνήμης, στις εικόνες 2.5 απεικονίζονται δύο τυπικές περιπτώσεις προσπέλασης δεδομένων από επεξεργαστές υψηλών επιδόσεων (Pentium κ.ά.)



Εικόνα 2.5

Κάθε προσπέλαση συντελείται σε 2 φάσεις (states). Όλες οι λειτουργίες συγχρονίζονται με ένα σήμα ρολογιού. Ο επεξεργαστής παράγει τη διεύθυνση στην πρώτη φάση και η μεταφορά των δεδομένων ολοκληρώνεται στη δεύτερη. Στο δεξιότερο σχήμα απεικονίζεται μία μεταφορά δεδομένων σε **ριπή** (burst), όπου μετακινούνται πολλαπλά δεδομένα από συνεχόμενες (γειτονικές) διευθύνσεις. Οι μεταφορές δεδομένων σε ριπές είναι τυπικές για την εισαγωγή δεδομένων σε μνήμες cache. Ο επεξεργαστής ενδεχομένως να παρέχει τις συνεχόμενες διευθύνσεις A2, A3 και A4, αυτό όμως δεν είναι αναγκαίο, διότι οι σύγχρονες SRAM διαθέτουν εσωτερικούς μετρητές διεύθυνσης ριπής και δεν χρειάζονται παρά μόνον τη πρώτη διεύθυνση A1. Η επιλογή της μεταφοράς σε ριπές ρυθμίζεται από πρόσθετα σήματα ελέγχου του διαύλου. Οι σύγχρονες SRAM έχουν βελτιωθεί αρχιτεκτονικά για μεγιστοποίηση του ρυθμού παροχής δεδομένων:

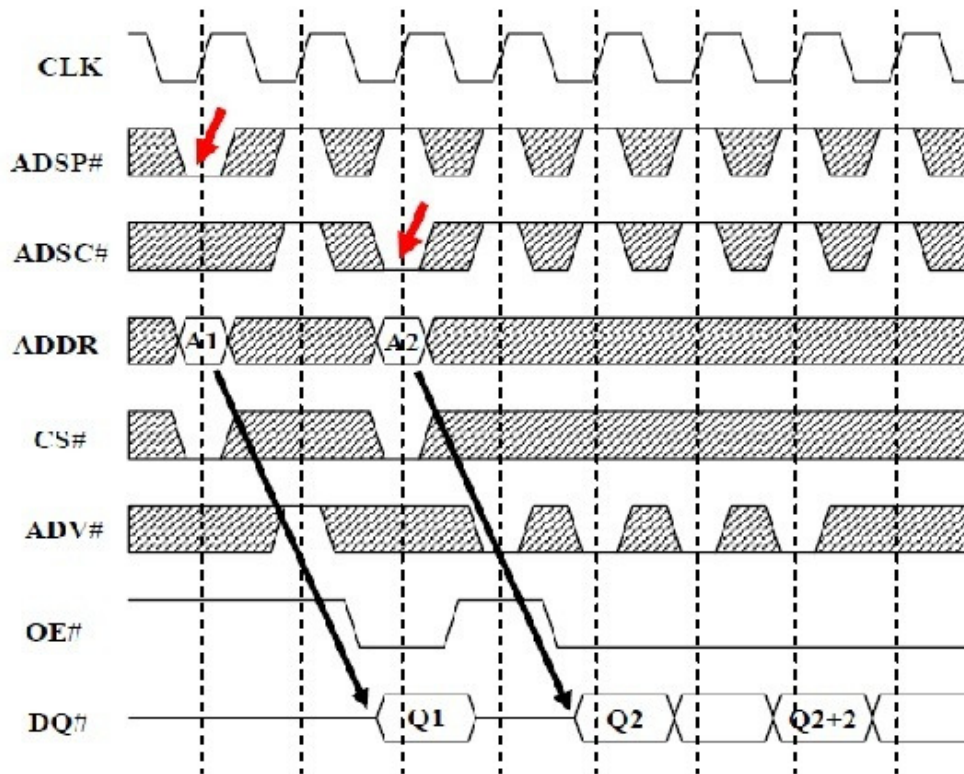
Λειτουργία pipeline. Στο 1ο στάδιο η SRAM δειγματοληπτεί τα σήματα εισόδου. Σε 2ο στάδιο προσπελαύνει τη συστοιχία κυττάρων. Στο 3ο στάδιο εμφανίζει τα δεδομένα στην έξοδό της. Σε κάθε κύκλο είναι δυνατή η εκτέλεση διαφορετικών προσπελάσεων σε κάθε στάδιο.

Η μνήμη είναι χωρισμένη σε **τμήματα** (banks) με επικαλυπτόμενη λειτουργία το κάθε ένα.

τα δεδομένα μεταφέρονται σε **ριπές** (bursts). Ταιριάζει στη μεταφορά γραμμών cache.

Οι αρχιτεκτονικές αυτές βελτιώσεις επιτρέπουν συνεχόμενους κύκλους προσπέλασης ανά 2,5ns ή και ακόμα μικρότερους χρόνους. Η πρώτη προσπέλαση μίας pipelined SRAM απαιτεί 3 κύκλους, ενώ στη συνέχεια τα δεδομένα μπορούν να μετακινηθούν σε κάθε επόμενο κύκλο. Υπάρχουν και μνήμες με ενοποιημένα το 2ο και 3ο στάδιο pipeline (παραλλαγή flow-through). Οι μνήμες αυτές απαιτούν 2 κύκλους για την πρώτη προσπέλαση, πρέπει όμως να

διαθέτουν ειδικά κυκλώματα έτσι ώστε, αν ζητηθεί η λέξη που μόλις έχει μπει στη μνήμη για εγγραφή, να επιστρέφουν τη νέα τιμή (μηχανισμός bypass). Στο σχήμα 2.6 εμφανίζονται τα βασικά σήματα για την προσπέλαση δεδομένων (ανάγνωση) σε μία pipelined burst σύγχρονη (PBS) SRAM.



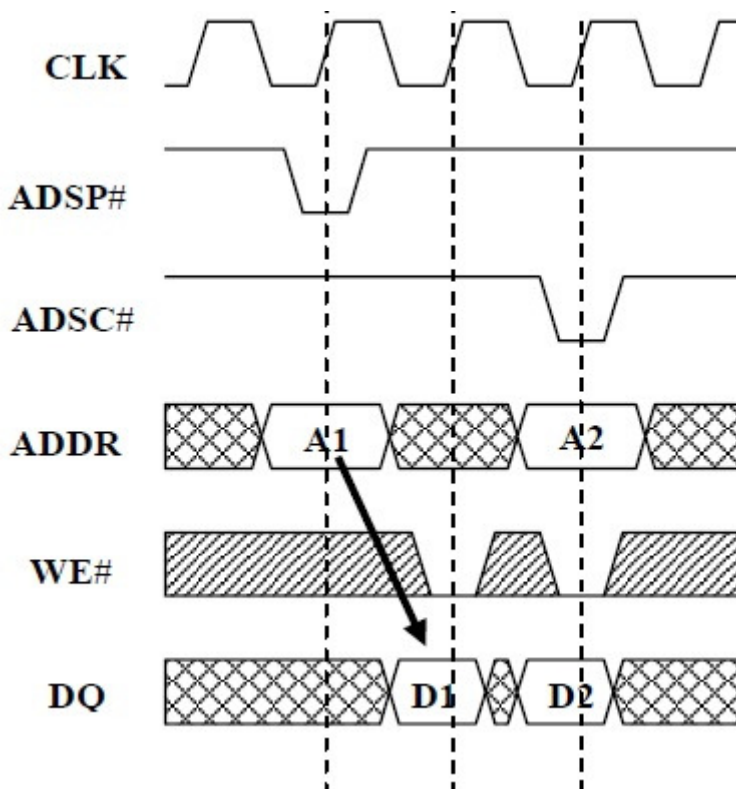
Εικόνα 2.6

Το σήμα ρολογιού CLK χρονίζει κάθε προσπέλαση. Οι εισοδοί δειγματοληπτούνται στην **ανερχόμενη** ακμή του CLK και οι έξοδοι είναι επίσης συγχρονισμένες με την ίδια ανερχόμενη ακμή.

Δύο σήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν (ανεξάρτητα το ένα από το άλλο) για την έναρξη μίας προσπέλασης, τα **ADSP#** και **ADSC#**. Τα σήματα αυτά σηματοδοτούν την ύπαρξη νέας διεύθυνσης στις γραμμές ADDR. Η διαφορά των σημάτων αυτών θα εξηγηθεί αργότερα. Τα

σήματα ελέγχου CS#, OE# και WE# επιτελούν τις γνωστές λειτουργίες, δειγματοληπτούνται όμως μόνο στις ανερχόμενες ακμές του ρολογιού. Έπειτα από την εισαγωγή της διεύθυνσης A1, τα δεδομένα Q1 εμφανίζονται μετά από 2 πρόσθετους κύκλους (λόγω του pipeline). Στη περίπτωση της προσπέλασης του A2 απεικονίζεται μία μεταφορά σε ριπή (burst). Εδώ το σήμα ADV# (burst address advance) ειδοποιεί τη μνήμη ότι εκτός από τα δεδομένα Q2 ζητούνται και οι επόμενες 3 λέξεις. Η μεταφορά σε ριπή δεν χρειάζεται την παροχή νέας διεύθυνσης μετά την A2. Η μνήμη διατηρεί έναν εσωτερικό μετρητή διεύθυνσης, ο οποίος αυξάνεται με κάθε νέο σήμα ADV#.

Στο σημείο αυτό εξηγείται η διαφορά του σήματος ADSP# (address status processor) από το σήμα ADSC# (address status controller).



Εικόνα 2.7: Διαφορά σήματος ADSP από το σήμα ADSC

Ο επεξεργαστής χρησιμοποιεί κύκλους προσπέλασης δύο φάσεων, είτε πρόκειται για

ανάγνωση είτε για εγγραφή. Στην περίπτωση της εγγραφής ειδικότερα, η χρήση του ADSP# ειδοποιεί τη μνήμη ότι τα δεδομένα εγγραφής θα εμφανιστούν στον **επόμενο κύκλο** ρολογιού. Η εγγραφή αυτή χαρακτηρίζεται ως “καθυστερημένη” (late write –A1 και D1). Άλλα ολοκληρωμένα κυκλώματα, όπως ένας ελεγκτής cache, προτιμούν για λόγους απλούστερης σχεδίασης να εμφανίζουν ταυτόχρονα τη διεύθυνση και τα δεδομένα προς εγγραφή. Τα κυκλώματα αυτά χρησιμοποιούν το σήμα ADSC# για να ειδοποιήσουν τη μνήμη ότι τα δεδομένα εμφανίζονται στον **ίδιο κύκλο**. Η εγγραφή αυτή ονομάζεται “πρώιμη” (early-write –A2 και D2).

2.2.2 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΜΝΗΜΩΝ SRAM.

Το σύγχρονο interface των μνημών SRAM αναπτύχθηκε για να υποστηρίξει κυρίως τους επεξεργαστές στην επικοινωνία τους με την cache. Η μεταφορά σε ριπές και σε μεγάλα τμήματα δεδομένων πριν ο δίαυλος αλλάξει κατεύθυνση (από εγγραφή σε ανάγνωση και αντίστροφα) επιτρέπει τη μέγιστη αξιοποίηση του διαύλου. Σε εφαρμογές όμως όπου εμφανίζονται συνεχείς αλλαγές κατεύθυνσης (αναγνώσεις-εγγραφές-αναγνώσεις κλπ), δεν αξιοποιείται η πλήρης χωρητικότητα του διαύλου, διότι υπάρχουν κενοί χρόνοι στη μεταφορά. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα όταν η ανάγνωση μετά από εγγραφή απαιτεί 2 κενούς κύκλους (με early write) ή 1 κενό κύκλο (με late write) μέχρι την εμφάνιση των δεδομένων. Η ανάπτυξη νέων συσκευών, εκτός από τους κλασσικούς υπολογιστές, όπως οι δικτυακές συσκευές (routers και switches για ATM ή Gbit Ethernet), οι οποίες από μη συνεχόμενες διευθύνσεις, οδήγησε στη σχεδίαση σύγχρονων μνημών με “μηδενικό χρόνο” αλλαγής διεύθυνσης.

Οι μνήμες αυτές συναντώνται με ονομασίες zero-bus-turnaround (ZBT) και no-

buslatency (noBL). Οι αρχιτεκτονικές βελτιώσεις στις μνήμες αυτές επιτρέπουν την ανάγνωση-εγγραφή σε συνεχόμενους κύκλους χωρίς τη δημιουργία κενών χρόνων στις γραμμές δεδομένων. Αυτό επιτυγχάνεται με την εξίσωση (matching) των κύκλων που χωρίζουν διεύθυνση-δεδομένα, τόσο για την εγγραφή όσο και για την ανάγνωση.

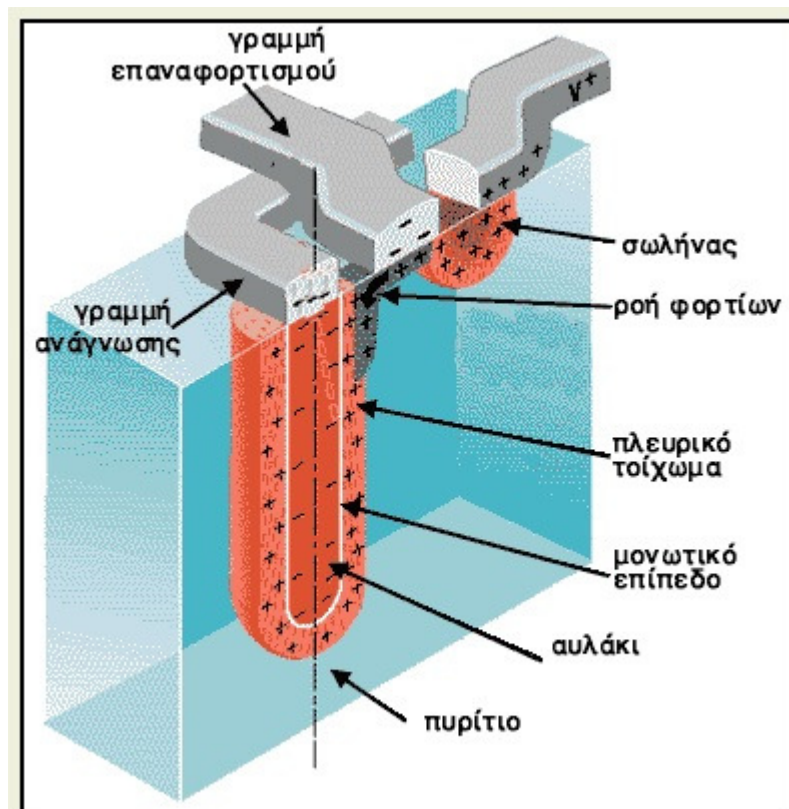
2.3 ΔΥΝΑΜΙΚΗ RAM (DRAM)

Η **δυναμική RAM (Dynamic RAM - DRAM)** είναι ένας τύπος RAM, που μπορεί να διατηρήσει αναλλοίωτα τα περιεχόμενά της, μόνο αν γίνεται συνεχής αναζωογόνηση σε αυτά από ένα ειδικό κύκλωμα που ονομάζεται **refresh circuit (κύκλωμα αναζωογόνησης)**. Το κύκλωμα αναζωογόνησης διαβάζει με μεγάλη συχνότητα τα περιεχόμενα κάθε πυκνωτή (σε κάθε πυκνωτή μπορούμε να αποθηκεύσουμε ένα bit), ανεξάρτητα αν τα περιεχόμενα του πυκνωτή χρησιμοποιούνται ή όχι εκείνη τη στιγμή. Εξαιτίας του τρόπου κατασκευής του κυκλώματος αναζωογόνησης, το διάβασμα των περιεχομένων των πυκνωτών έχει ως αποτέλεσμα και τη διατήρησή τους. Αν το κύκλωμα αναζωογόνησης δεν υπήρχε, τότε τα περιεχόμενα της μνήμης θα χάνονταν ακόμα και όταν ο υπολογιστής τροφοδοτούνταν με ρεύμα. Η DRAM ονομάζεται δυναμική RAM, εξαιτίας της διαδικασίας αναζωογόνησης των περιεχομένων της.

Όλοι οι υπολογιστές χρησιμοποιούν για κύρια μνήμη την DRAM αντί της SRAM, παρόλο που η DRAM είναι σημαντικά αργότερη και απαιτεί το κύκλωμα αναζωογόνησης. Ο λόγος που χρησιμοποιείται η DRAM είναι απλός: είναι πολύ πιο φθηνή από την SRAM, ενώ το chip της έχει μέγεθος περίπου ίσο με το 1/4 του μεγέθους του chip της SRAM.

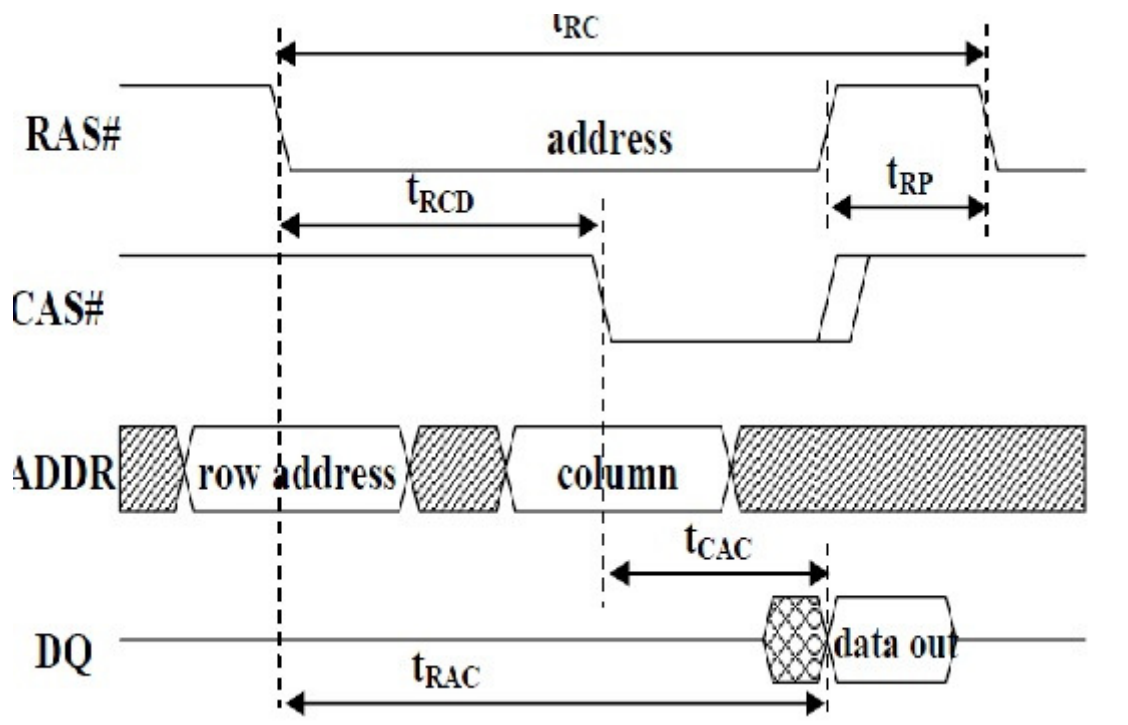
Οι μνήμες DRAM είναι μικρότερες σε μέγεθος και φθηνότερες από τις SRAMs, εξαιτίας του τρόπου κατασκευής τους. Στις SRAMs, για την αποθήκευση ενός μόνο bit απαιτούνται τέσσερα με έξι transistors, ενώ στις DRAMs για κάθε bit χρησιμοποιείται μόνο ένας

πυκνωτής. Όταν ενεργοποιηθεί ο πυκνωτής κρατά ένα ηλεκτρικό φορτίο εάν πρέπει να αποθηκεύσει την πληροφορία "1", ενώ δεν έχει ηλεκτρικό φορτίο αν πρέπει να αποθηκεύσει την πληροφορία "0". Τα transistors χρησιμοποιούνται για να διαβάσουν το περιεχόμενο των πυκνωτών. Το βασικό πρόβλημα με τους πυκνωτές είναι ότι, μπορούν να διατηρήσουν το ηλεκτρικό φορτίο μόνο για μικρό χρονικό διάστημα, ενώ στη συνέχεια αποφορτίζονται. Το κύκλωμα αναζωογόνησης διαβάζει τα περιεχόμενα του πυκνωτή (παρουσία φορτίου για την τιμή "1" και απουσία φορτίου για την τιμή "0") και πριν προλάβουν αυτά να αλλοιωθούν, τα αναζωογονεί (δηλαδή αν αντιληφθεί ηλεκτρικό φορτίο, το επαναφέρει σε μια ορισμένη ένταση, ενώ αν δεν αντιληφθεί ηλεκτρικό φορτίο, δεν κάνει τίποτα).



Εικόνα 2.8: Ένας πυκνωτής που χρησιμοποιείται στις δυναμικές RAM (DRAM)

2.3.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΜΝΗΜΩΝ DRAM



Εικόνα 2.9

Η ιδιομορφία των μνημών DRAM είναι ότι η διεύθυνση εισάγεται στη μνήμη σε δύο μέρη:

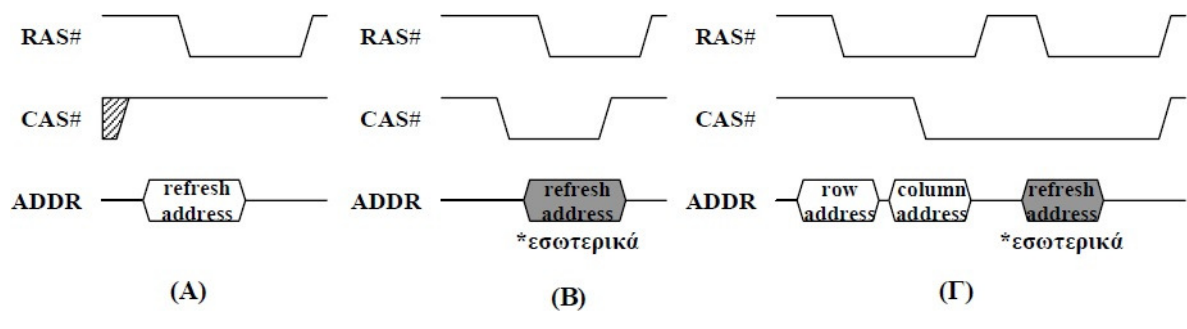
1. Πρώτα εισάγεται η **διεύθυνση γραμμής** (row address) σηματοδοτούμενη από το σήμα **RAS#** (είσοδος, ενεργή low).
2. Στη συνέχεια εισάγεται η **διεύθυνση στήλης** (column address) σηματοδοτούμενη από το σήμα **CAS#** (είσοδος, ενεργή low). Τα δύο μέρη της διεύθυνσης δεν έχουν κατ'ανάγκη το ίδιο μέγεθος, χρησιμοποιούν όμως τις ίδιες γραμμές ADDR. Η εισαγωγή της διεύθυνσης σε 2 μέρη επιτρέπει τη μείωση των απαιτούμενων ακροδεκτών διεύθυνσης της μνήμης.

Στην εικόνα 2.9 απεικονίζονται οι βασικοί χρονισμοί για τη λειτουργία ανάγνωσης. Πρώτα ενεργοποιείται το **RAS#**, έπειτα από χρόνο t_{RCD} (RAS-to-CAS delay) το **CAS#**. Τα δεδομένα εμφανίζονται σε χρόνο t_{RAC} μετά την ενεργοποίηση του RAS# και t_{CAC} μετά το CAS#.

Η ανάγνωση μπορεί να επαναληφθεί μετά από χρόνο t_{RC} . Επισημαίνεται ότι στον χρόνο

αυτόν περιλαμβάνεται το διάστημα που απαιτείται για την προφόρτιση των στηλών (**tRP**). Η διεύθυνση στήλης επιλέγει τα δεδομένα εξόδου, στους αισθητήρες-ενισχυτές όμως μετά από κάθε προσπέλαση υπάρχουν δεδομένα από όλη την επιλεγμένη γραμμή (π.χ. 512 bits). Τα δεδομένα αυτά σχηματίζουν μία σελίδα (page), η οποία μπορεί να προσπελαστεί διαδοχικά εισάγοντας μόνο διεύθυνση στήλης μετά την πρώτη προσπέλαση. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται επαναλαμβανόμενες ενεργοποιήσεις του CAS# μόνο (fast page mode - FPM).

2.3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ ΜΝΗΜΩΝ DRAM



Εικόνα 2.10: Ανανέωση περιεχομένων DRAM

Η ανανέωση (refresh) των περιεχομένων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους (εικόνα 2.10):

A) Η παλαιότερη μέθοδος ονομάζεται **RAS-only refresh**. Κατά τη μέθοδο αυτή διενεργείται μία ανάγνωση με εισαγωγή της διεύθυνσης γραμμής, χωρίς όμως να ενεργοποιηθεί το CAS# και χωρίς την εισαγωγή της διεύθυνσης στήλης. Έτσι τα δεδομένα της γραμμής “κατεβαίνουν” στους αισθητήρες-ενισχυτές και επανεισάγονται στις θέσεις αποθήκευσης ενισχυμένα, χωρίς όμως να εμφανίζονται δεδομένα εξόδου.

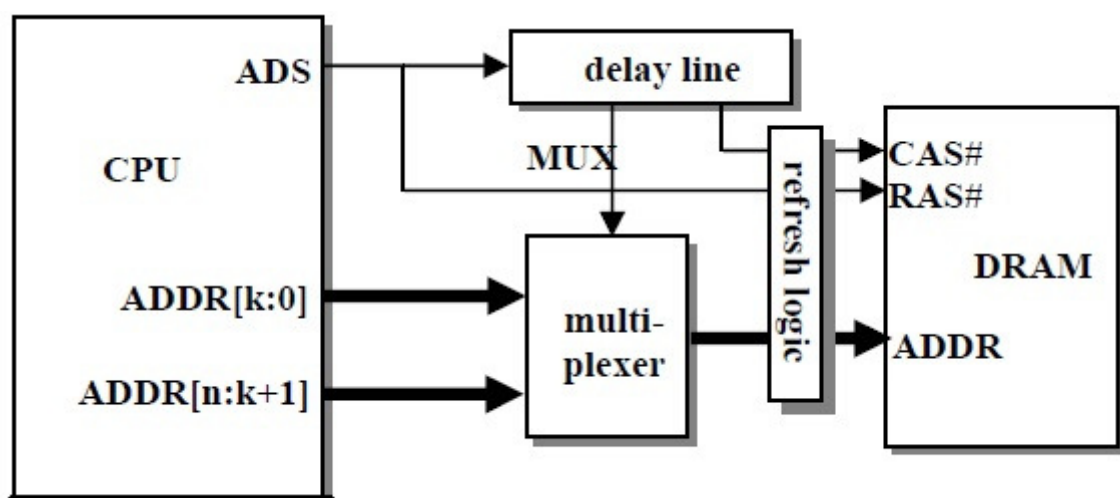
B) Οι νεώτερες μνήμες DRAM χρησιμοποιούν τη μέθοδο ανανέωσης **CAS-before-RAS refresh**. Εδώ η μνήμη διατηρεί έναν εσωτερικό μετρητή και παράγει η ίδια την επόμενη

διεύθυνση ανανέωσης. Το μόνο που χρειάζεται είναι ένας τρόπος εξωτερικής σηματοδότησης για το **πότε** θα συμβεί η επόμενη ανανέωση γραμμής. Αυτό επιτυγχάνεται με την ενεργοποίηση του σήματος **CAS# πριν** από το **RAS#** (κάτι που **δεν συμβαίνει** στις κανονικές λειτουργίες ανάγνωσης και εγγραφής).

Γ) Ένας επίσης παλαιότερος τρόπος ανανέωσης είναι το **hidden refresh**. Εδώ η μνήμη εκτελεί εσωτερικά έναν κύκλο ανανέωσης μετά από την κανονική προσπέλαση. Το **CAS#** παραμένει ενεργό μετά την προσπέλαση και η ανανέωση ξεκινά με την δεύτερη ενεργοποίηση του **RAS#**. Η μέθοδος αυτή εκμεταλλευόταν τον κενό χρόνο μεταξύ διαδοχικών προσπελάσεων και δεν χρησιμοποιείται πλέον σήμερα με τους γρήγορους σύγχρονους επεξεργαστές.

Λόγω του ιδιόμορφου τρόπου προσπέλασης των μνημών DRAM, δεν είναι δυνατή η άμεση σύνδεσή τους στις γραμμές διεύθυνσης/δεδομένων ενός μικροεπεξεργαστή. Για την προσπέλαση χρησιμοποιούνται ειδικά ολοκληρωμένα κυκλώματα ελεγκτών μνήμης DRAM.

Πριν την εμφάνιση των ελεγκτών μνήμης DRAM, η διαδικασία προσπέλασης και ανανέωσης απαιτούσε τη χρήση αρκετών εξωτερικών κυκλωμάτων για τη διασύνδεση μνημών DRAM. Η εικόνα 2.11 απεικονίζει σε γενικές γραμμές το απαιτούμενο κύκλωμα:



Εικόνα 2.11: Διασύνδεση μνημών

Ένας πολυπλέκτης ελεγχόμενος με σήμα από ένα κύκλωμα καθυστέρησης (delay line) εμφάνιζε στην είσοδο της μνήμης πρώτα το ένα μέρος της διεύθυνσης ως row address και μετά το άλλο ως column address. Το ίδιο κύκλωμα καθυστέρησης ενεργοποιούσε πρώτα το RAS και μετά το CAS. Τα παραπάνω συμπλήρωνε ένα κύκλωμα για τη λογική refresh, το οποίο για παράδειγμα εκτελούσε ανανέωση CAS-before-RAS.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΝΗΜΕΣ DRAM (SDRAM)

Οι απαιτούμενοι υψηλοί ρυθμοί μεταφοράς δεδομένων οδήγησαν όπως και στις SRAM στην

ανάπτυξη μνημών DRAM με **σύγχρονο** interface. Εδώ, οι λειτουργίες χρονίζονται με την ανερχόμενη ακμή σήματος ρολογιού. Τα τέσσερα σήματα RAS#,CAS#, CS#, WE# συνθέτουν μία εντολή, η οποία καθορίζει την επόμενη λειτουργία της σύγχρονης DRAM (SDRAM). Οι μνήμες SDRAM διαθέτουν πολλαπλά τμήματα για επικαλυπτόμενη παράλληλη λειτουργία (π.χ. όταν το ένα τμήμα προσπελαύνεται, το άλλο μπορεί να φορτίζεται) και pipeline 4 σταδίων. Διαθέτουν επίσης καταχωρητές, στους οποίους αποθηκεύονται παράμετροι σχετικές με τη λειτουργία της μνήμης. Παρά το σύγχρονο interface, οι μνήμες SDRAM λειτουργούν εσωτερικά σε ασύγχρονη βάση. Η ασύγχρονη λειτουργία καθορίζει τους απαιτούμενους κύκλους ρολογιού για κάθε χρονική παράμετρο της μνήμης.

3.1.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΜΝΗΜΩΝ SDRAM

1) Η διαδικασία για την προσπέλαση μίας θέσης μνήμης SDRAM αρχίζει με την εντολή PRECHARGE, η οποία προφορτίζει τις στήλες στο επιλεγμένο τμήμα. Ένα bit της διεύθυνσης, το οποίο συμβολίζεται ως BS ή BA, καθορίζει ποιο τμήμα προσπελαύνεται (για μνήμες με περισσότερα τμήματα η επιλογή γίνεται με περισσότερα bits).

2) Στη συνέχεια επιλέγεται μία γραμμή εισάγοντας τη διεύθυνση γραμμής (row address) και την εντολή ACTIVE (αντιστοιχεί στην ασύγχρονη φάση RAS#).

3) Αμέσως μετά εισάγεται η διεύθυνση στήλης με την εντολή READ ή WRITE (αντιστοιχεί στην ασύγχρονη φάση CAS#).

Η μνήμη μπορεί να εκτελέσει και άλλες λειτουργίες, όπως ανανέωση ή αρχικοποίηση καταχωρητών τρόπου λειτουργίας (mode registers).

3.1.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΝΗΜΩΝ SDRAM

Στα μοντέρνα υπολογιστικά συστήματα οι απαιτήσεις στον ρυθμό μεταφοράς δεδομένων από/προς την κύρια μνήμη (SDRAM) είναι πολύ μεγάλες. Ο ρυθμός αυτός βρίσκεται σήμερα (2004) στις 533MT/s (T=μεταφορές) και χρησιμοποιεί και τις δύο ακμές του ρολογιού (ανερχόμενη και κατερχόμενη) για τη μεταφορά δεδομένων. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι κάθε μεταφορά έχει στη διάθεσή της χρονικό διάστημα που προσεγγίζει το 1ns, με τους αντίστοιχους χρόνους ανόδου και καθόδου των σημάτων στην κλίμακα των ps. Η σχεδίαση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων μνήμης, αλλά και των τυπωμένων κυκλωμάτων που τις φιλοξενούν (DIMMs), πρέπει να γίνεται με προηγμένες μεθόδους για να μπορούν να ανταπεξέλθουν στον υψηλό ρυθμό μεταφοράς:

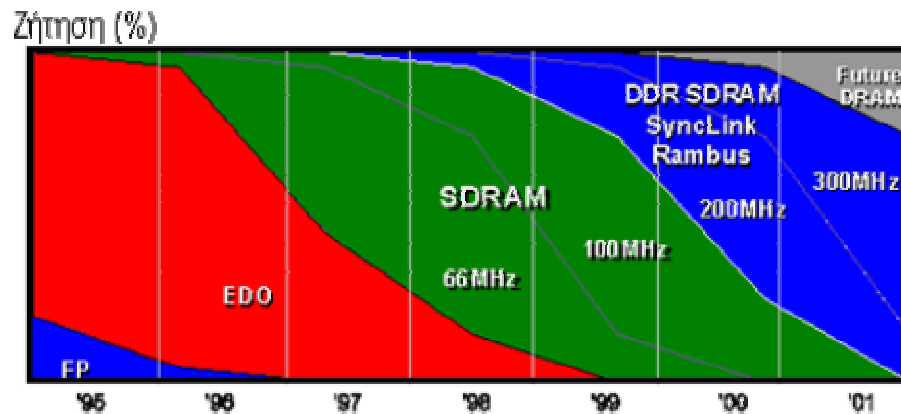
Το σήμα ρολογιού μεταφέρεται διαφορικά (με ζεύγος CK, CK#) για την καλύτερη ποιότητα του σήματος και την ακρίβεια του χρονισμού.

Υπάρχουν πρόσθετα σήματα χρονισμού (strokes) τα οποία συνοδεύουν ομάδες των γραμμών δεδομένων (π.χ. ανά 8 γραμμές DQ) και υποβοηθούν τον χρονισμό της μεταφοράς από και προς τη μνήμη.

Διατάξεις διαμόρφωσης του ηλεκτρικού σήματος (επιλεγόμενος τερματισμός των γραμμών, ρύθμιση της οδηγητικής ικανότητας των εξόδων, συγχρονισμός και ενίσχυση των σημάτων εισόδου) βελτιστοποιούν την ποιότητα των σημάτων και επιτρέπουν τον μέγιστο ρυθμό μεταφοράς. Οι λειτουργίες αυτές υποστηρίζονται αντίστοιχα από τους ελεγκτές της κύριας μνήμης.

Τα τυπωμένα κυκλώματα που περιέχουν τα κυκλώματα μνήμης (DIMMs, σήμερα με 200 ή 240 ακροδέκτες), παρουσιάζουν προς το σύστημα ένα τυποποιημένο interface με 64 (+8 για διόρθωση λαθών) ακροδέκτες δεδομένων, ακροδέκτες διεύθυνσης και σημάτων ελέγχου.

Επιπλέον διαθέτουν μνήμη EEPROM με σειριακό interface, η οποία περιέχει όλες τις χαρακτηριστικές παραμέτρους λειτουργίας και χρονισμού των κυκλωμάτων μνήμης (πληροφορία serial presence detect – SPD). Με βάση την πληροφορία αυτή κατά την εκκίνηση του συστήματος ρυθμίζεται η επικοινωνία μεταξύ μνήμης και ελεγκτή.



Εικόνα 3.1: Εξέλιξη της ζήτησης για διάφορους τύπους SDRAM

3.2 Double Data Rate SDRAM (DDR)

Οι μνήμες SDRAM αντικατέστησαν τις ασύγχρονες DRAMs (EDO και FPM), επειδή οι δεύτερες δεν μπορούσαν να ανταπεξέλθουν σε συστήματα με συχνότητα διαύλου μνήμης μεγαλύτερη ή ίση των 75 MHz. Καθώς η ταχύτητα του διαύλου μνήμης αυξάνεται, τόσο και η χρήση της SDRAM τείνει να δημιουργεί προβλήματα. Έτσι, έχει προταθεί για στάνταρ, ένας νέος τύπος μνήμης που ονομάστηκε **DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM)** και που πολύ γρήγορα πρόκειται να αντικαταστήσει τους παραδοσιακούς τύπους SDRAM.

Η DDR SDRAM έχει τον ίδιο περίπου τρόπο λειτουργίας, όπως και μια συνηθισμένη SDRAM, αλλά έχει διπλασιαστεί το εύρος ζώνης της μνήμης, αφού η μεταφορά των δεδομένων γίνεται δυο φορές μέσα στη διάρκεια ενός κύκλου (παλμού) ρολογιού. Συγκεκριμένα, το σήμα του ρολογιού που παράγεται κατά τη διάρκεια ενός παλμού αλλάζει

τιμή από "0" σε "1" και στη συνέχεια ξανά σε "0". Σε όλους τους προηγούμενους τύπους μνημών, κατά τη διάρκεια ενός παλμού, γίνονταν μόνο μια προσπέλαση στη μνήμη για ανάγνωση ή γραφή. Στη μνήμη DDR SDRAM, κατά τη διάρκεια ενός παλμού, μεταφέρεται η διπλάσια ποσότητα δεδομένων (μια μεταφορά κατά την αλλαγή του σήματος του ρολογιού από "0" σε "1" και μια μεταφορά κατά την αλλαγή από "1" σε "0"). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ο διπλασιασμός του εύρους ζώνης (bandwidth) της μνήμης.

Αποτελεί επέκταση της SDRAM με μεγαλύτερες ταχύτητες λειτουργίας και ταχύτερη εγγραφή / ανάγνωση δεδομένων. Σε έναν κύκλο ρολογιού εκτελείται μία εντολή που διαβάζει και γράφει τα διπλάσια δεδομένα (128 bits), καθώς μεταφέρονται δεδομένα και κατά την ακμή ανόδου και την ακμή καθόδου του σήματος του ρολογιού του συστήματος. Έτσι, σχεδόν διπλασιάζεται ο ρυθμός μεταφοράς χωρίς να χρειάζεται αύξηση της συχνότητας του διαύλου. Οι ενδεικτικές ταχύτητές της είναι είναι DDR-200, DDR-233, DDR-333 έως DDR-400.

Η λειτουργία μίας τέτοιας μνήμης είναι παρεμφερής με αυτή της απλής SDRAM. Στην περίπτωση όμως μίας DDR το **Bandwidth** είναι σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό της SDRAM αφού μπορούν να μεταφερθούν δεδομένα τόσο στη θετική όσο και στην αρνητική ακμή του ρολογιού. Αυτό ουσιαστικά σχεδόν διπλασιάζει το ρυθμό μεταφοράς χωρίς όμως να χρειασθεί να αυξηθεί η συχνότητα λειτουργίας. Έτσι μία DDR μνήμη που λειτουργεί στα 133 MHz "ισοδυναμεί" (αν μας επιτραπεί να γίνει μία τέτοια σύγκριση) με μία SDRAM η οποία λειτουργεί στα 266 MHz.



Εικόνα 3.2:DDR

3.3 DDR2 SDRAM



Εικόνα3.3Αρθρωμα μνήμης

Δεν έχει ιδιαίτερες διαφορές από την DDR SDRAM εκτός από την αύξηση της συχνότητας. Σε κάθε κύκλο λειτουργίας εγγράφονται 256 bit δεδομένων. Έχει τάση λειτουργίας 1,8V. Οι ενδεικτικές ταχύτητές της έως επί του παρόντος είναι DDR2-400, DDR2-533, DDR2-667, DDR2-800 και DDR2-1066.

Η DDR2 SDRAM είναι παρόμοια με τη DDR SDRAM, αλλά διπλασιάζει το ελάχιστο να διαβάσει ή να γράψει σε 4 συνεχόμενες λέξεις.

Τυπικές τιμές DDR2 SDRAM ρολόι είναι 200, 266, 333 ή 400 MHz (περιόδους 5, 3,75, 3 και 2,5 ns), περιγράφεται γενικά ως DDR2-400, DDR2-533, DDR2-667 και DDR2-800 (περίοδοι της τάξεως του 2,5, 1.875, 1,5 και 1,25 ns). Αντίστοιχες, 240-pin DIMMS γνωστή ως PC2-3200 μέσω PC2-6400. DDR2 SDRAM είναι τώρα διαθέσιμες των 533 MHz. Περιγράφεται

γενικά ως DDR2-1066 και τα αντίστοιχα DIMMs είναι γνωστά ως PC2-8500 (που ονομάζονται επίσης PC2-8600 ανάλογα με τον κατασκευαστή).

Σημειώστε ότι οι εσωτερικές λειτουργίες είναι το 1 / 2 του ρυθμού του ρολογιού, DDR2-400 μνήμη (εσωτερικό ρυθμό του ρολογιού 100 MHz) έχει λίγο μεγαλύτερη καθυστέρηση από ό, τι η DDR-400 (εσωτερικό ρυθμό του ρολογιού 200 MHz).

3.4 DDR3



Εικόνα 3.4:DDR3

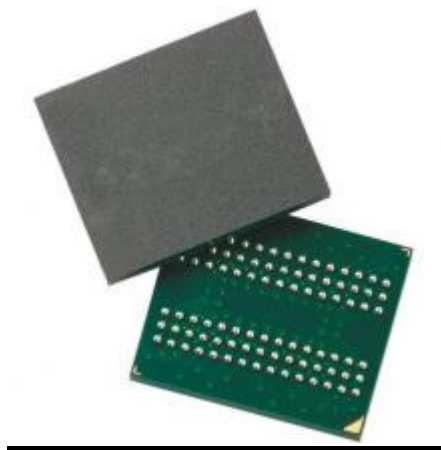
Λειτουργεί σε ταχύτητες από 800MHz έως 1600MHz και σε κάθε κύκλο λειτουργίας εγγράφονται 512 bit δεδομένων. Έχει τάση λειτουργίας 1,5V και ενδείκνυται ιδιαίτερα στους φορητούς υπολογιστές αφού καταναλώνει αρκετά λιγότερη ενέργεια. Η συγκεκριμένη μνήμη αξιοποιείται περισσότερο στις κάρτες γραφικών όπου οι απαιτήσεις είναι αυξημένες.

Οι DDR3 έχουν την ίδια τεχνολογία με τις DDR2, χρησιμοποιούν τα λεγόμενα refetch buffers

για να πάρουν τα data πιο γρήγορα στο interface. Οι DDR2 δουλεύουν με prefetch 4, ενώ οι DDR3 με prefetch 8, που εξηγεί και τα παραπάνω latencies στις τελευταίες (χρειάζονται πιο πολύ ώρα για να κάνουν buffer τα data). Σε μερικά benchmark οι DDR3 είναι καλύτερες αλλά όχι με μεγάλη διαφορά. Είναι πιο ακριβές γιατί στην ουσία δεν είναι mainstream ακόμα και όταν τις συγκρίνεις με mainstream DDR2 έχουν μεγάλη διαφορά, αλλά υπάρχουν και DDR2 σε παρόμοιες τιμές. Άλλες διαφορές είναι η μείωση κατανάλωσης κατά περίπου 25%. Επίσης παρόλο που έχουν τα ίδια pin, οι DDR3 μπαίνουν σε διαφορετικά slot.

3.5 DDR4

Η επόμενη γενιά μνήμης DDR4-SDRAM θα αγγίξει τα 4266MHz!



Εικόνα 3: DDR4

Ο οργανισμός **JETEC** αναμένεται να οριστικοποιήσει τις προδιαγραφές του νέου τύπου μνήμης για διακομιστές, σταθμούς εργασίας, υπολογιστές desktop αλλά και φορητούς υπολογιστές μέσα στο 2011 ενώ τα πρώτα αρθρώματα μνήμης τύπου **DDR4-SDRAM** αναμένεται να διατεθούν μέσα στο 2012.

Η μαζική παραγωγή, και μιλούμε για ολοκληρωτική μετάβαση στην νέα τεχνολογία μνήμης

αναμένεται να συμβεί μέσα στο 2015. Δεν βρισκόμαστε και πολύ μακριά χρονικά λοιπόν από αυτές τις ημερομηνίες και επομένως είναι σχετικά εύκολο να διαρρέουν σχετικές πληροφορίες ή να γίνονται ακόμα και ανακοινώσεις για τον νέο τύπο μνήμης.

Στο συνέδριο Memcon που πραγματοποιήθηκε στο Τόκιο, στην Ιαπωνία, ο κος. Bill Gervasi, Vice President of Engineering στην US Modular και μέλος του διοικητικού συμβουλίου του οργανισμού **JEDEC**, είπε ότι οι προδιαγραφές θα αφορούν σε chip με συχνότητα λειτουργίας από 2133MHz έως και 4266MHz με τάση λειτουργίας από 1.1V έως 1.2V (υπάρχει προοπτική να πέσει χαμηλότερα η τάση λειτουργίας, στο 1.05V για ακόμα χαμηλότερη κατανάλωση πάντως).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Η ΓΛΩΣΣΑ VHDL

Η VHDL (**hardware description language** ή **γλώσσα περιγραφής υλικού VHSIC**) είναι μια γλώσσα περιγραφής υλικού που χρησιμοποιείται στον αυτοματισμό ηλεκτρονικών σχεδιάσεων (electronic design automation) για την περιγραφή ψηφιακών και μεικτών (mixed-signal) συστημάτων, όπως οι συστοιχίες επιτόπια προγραμματιζόμενων πυλών (FPGA) και τα ολοκληρωμένα κυκλώματα.

· ΙΣΤΟΡΙΑ

Η VHDL αναπτύχθηκε αρχικά από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ για την τεκμηρίωση των κυκλωμάτων ASIC που χρησιμοποιούσαν οι εταιρείες-προμηθευτές στον εξοπλισμό τους. Η VHDL δημιουργήθηκε δηλαδή σαν εναλλακτική λύση αντί των μεγάλων και πολύπλοκων εγχειριδίων που βασίζονταν στις λεπτομέρειες της εκάστοτε υλοποίησης.

Η ιδέα της προσομοίωσης της τεκμηρίωσης οδήγησε στην ανάπτυξη λογικών προσομοιωτών που μπορούσαν να διαβάσουν τα αρχεία VHDL. Το επόμενο βήμα ήταν η ανάπτυξη εργαλείων λογικής σύνθεσης που διάβαζαν την VHDL και παρήγαγαν έναν ορισμό της φυσικής υλοποίησης του κυκλώματος.

Επειδή το Υπουργείο Άμυνας απαιτούσε η σύνταξη να βασίζεται στην Ada, ώστε να μην χρειαστεί να επανεφευρευθούν ιδέες που είχαν ήδη δοκιμαστεί την ανάπτυξη της Ada, η VHDL δανείζεται πολλά χαρακτηριστικά από την Ada, όσον αφορά τις έννοιες και τη σύνταξη.

Η αρχική έκδοση της VHDL, που σχεδιάστηκε για να αποτελέσει το πρότυπο 1076-1987 του IEEE, περιλάμβανε αρκετούς τύπους δεδομένων όπως τους αριθμητικούς ακεραίους (integer) και πραγματικούς (real) τους λογικούς (bit and boolean) χαρακτήρες (character) και χρόνο(time) καθώς και πίνακες από bit (bit vector) και από (string).

Ένα πρόβλημα που έμεινε άλυτο σε αυτήν την έκδοση ήταν η χρήση "λογικής πολλαπλών τιμών" ("multi-valued logic"), όπου λαμβάνονται υπόψη το σθένος οδήγησης ενός σήματος (μηδενικό, ασθενές ή ισχυρό) και οι άγνωστες τιμές. Αυτό απαιτούσε το πρότυπο IEEE 1164, που όριζε τύπους λογικής 9 τιμών: τον βαθμωτό std_ulogic και την ανυσματική έκδοσή του std_ulogic_vector.

Το ανανεωμένο IEEE 1076 του 1993, ανάμεσα σε άλλες αλλαγές, έκανε την σύνταξη πιο συνεπή, επέτρεψε μεγαλύτερη ευελιξία στα ονόματα που χρησιμοποιούνταν, επέκτεινε τον τύπο character για να επιτρέπει τους εκτυπώσιμους χαρακτήρες του ISO-8859-1, πρόσθεσε τον τελεστή xnor.

Μικρές αλλαγές του προτύπου (το 2000 και το 2002) πρόσθεσαν την ιδέα των προστατευμένων τύπων (που είναι παρόμοιοι με την έννοια των κλάσεων της C++) και αφαίρεσαν κάποιους περιορισμούς από τους κανόνες αντιστοίχισης θυρών (port mapping rules).

Εκτός από το πρότυπο IEEE 1164, εμφανίστηκαν πολλά θυγατρικά πρότυπα που επέκτειναν την λειτουργικότητα της γλώσσας. Το πρότυπο IEEE 1076.2 πρόσθεσε καλύτερο χειρισμό

τύπων δεδομένων πραγματικών και μιγαδικών αριθμών. Το πρότυπο IEEE 1076.3 εισήγαγε τους τύπους με πρόσημο και χωρίς πρόσημο (signed/unsigned types) για τη διευκόλυνση των αριθμητικών λειτουργιών σε διανύσματα. Το πρότυπο IEEE 1076.1 (γνωστό και ως VHDL-AMS) περιλαμβάνει επίσης επεκτάσεις για τη σχεδίαση αναλογικών και μεικτών κυκλωμάτων.

Κάποια άλλα πρότυπα υποστηρίζουν ευρύτερη χρήση της VHDL, όπως το VITAL (VHDL Initiative Towards ASIC Libraries) και οι επεκτάσεις για σχεδίαση κυκλωμάτων μικροκυμάτων.

Τον Ιούνιο του 2006, η Τεχνική Επιτροπή της VHDL (VHDL Technical Committee) της Accellera (στην οποία είχε ανατεθεί από τον IEEE η εργασία για την επόμενη αναθεώρηση του προτύπου) ενέκρινε το αποκαλούμενο Draft 3.0 της VHDL-2006. Διατηρώντας πλήρη συμβατότητα με τις παλιότερες εκδόσεις, το προτεινόμενο αυτό πρότυπο παρέχει διάφορες επεκτάσεις που διευκολύνουν τη συγγραφή και τη διαχείριση κώδικα σε VHDL. Βασικές αλλαγές είναι η ενσωμάτωση θυγατρικών προτύπων (1164, 1076.2, 1076.3) στο βασικό πρότυπο 1076, ένα μεγαλύτερο σύνολο τελεστών, πιο ευέλικτη χρήση των εντολών *case* και *generate*, ενσωμάτωση του VHPI (διεπαφής προς τις γλώσσες C και C++) και ένα υποσύνολο της PSL (Property Specification Language). Οι αλλαγές αυτές βελτιώνουν την ποιότητα του παραγόμενου κώδικα VHDL, κάνουν τα testbenches πιο ευέλικτα και επιτρέπουν τη χρήση της VHDL σε ένα ευρύτερο πεδίο περιγραφών επιπέδου συστήματος.

Τον Φεβρουάριο του 2008 η Accellera ενέκρινε την VHDL 4.0 (ανεπίσημα γνωστή και ως VHDL 2008), η οποία αντιμετώπιζε πάνω από 90 προβλήματα που είχαν ανακαλυφθεί κατά τη δοκιμαστική περίοδο της έκδοσης 3.0 και περιλαμβάνει εμπλουτισμένους γενικούς τύπους (enhanced generic types). Το 2008 η Accellera διένειμε την VHDL 4.0 στον IEEE

προσπαθώντας να την περιλάβει στο πρότυπο IEEE 1076-2008. Το πρότυπο IEEE 1076-2008 της VHDL δημοσιεύτηκε τον Ιανουάριο του 2009.

ΣΧΕΔΙΑΣΗ

Η VHDL συνήθως χρησιμοποιείται για τη συγγραφή μοντέλων σε κείμενο που περιγράφουν ένα λογικό κύκλωμα. Ένα πρόγραμμα σύνθεσης μπορεί να επεξεργαστεί ένα τέτοιο μοντέλο μόνο αν είναι μέρος της λογικής σχεδίασης, επομένως χρησιμοποιείται ένα πρόγραμμα προσομοίωσης για να δοκιμαστεί η λογική σχεδίαση χρησιμοποιώντας μοντέλα προσομοίωσης που αναπαριστούν τα λογικά κυκλώματα που αντιστοιχούν στη σχεδίαση. Η συλλογή αυτή από μοντέλα προσομοίωσης συνήθως αποκαλείται *testbench*.

Η VHDL έχει δομές που χειρίζονται τον παραλληλισμό που υπάρχει στις σχεδιάσεις υλικού, αλλά αυτές οι δομές (*διεργασίες* ή *processes*) διαφέρουν στη σύνταξη σε σύγκριση με τις παράλληλες δομές της Ada (*εργασίες* ή *tasks*). Όπως και η Ada, η VHDL έχει ισχυρούς τύπους (*strongly typed*) και δεν κάνει διάκριση μεταξύ κεφαλαίων και μικρών γραμμμάτων. Για την απευθείας αναπαράσταση συχνών λειτουργιών του υλικού, υπάρχουν πολλά χαρακτηριστικά της VHDL που δεν υπάρχουν στην Ada, όπως ένα μεγαλύτερο σύνολο από λογικές πράξεις όπως η **nand** και η **nor**. Η VHDL επιτρέπει επίσης τη δεικτοδότηση πινάκων σε σειρά από μικρότερο προς μεγαλύτερο δείκτη ή αντίστροφα - και οι δύο συμβάσεις χρησιμοποιούνται στο υλικό, ενώ στην Ada και στις περισσότερες άλλες γλώσσες προγραμματισμού χρησιμοποιείται μόνο ο πρώτος τρόπος δεικτοδότησης.

Η VHDL έχει δυνατότητες εισόδου και εξόδου σε αρχεία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν γλώσσα γενικών καθηκόντων για επεξεργασία κειμένου, αλλά τα αρχεία χρησιμοποιούνται συνήθως από ένα *testbench* προσομοίωσης για τον ορισμό διεγέρσεων (*stimuli*), αλληλεπίδραση με τον χρήστη και για τη σύγκριση των ληφθέντων δεδομένων με τα

επιθυμητά δεδομένα. Παρόλα αυτά, οι περισσότεροι σχεδιαστές αφήνουν αυτήν την εργασία στον προσομοιωτή.

Για έναν προγραμματιστή χωρίς εμπειρία είναι σχετικά εύκολο να παράγει κώδικα που προσομοιώνεται με επιτυχία αλλά δε μπορεί να παραχθεί σαν πραγματική υλοποίηση, ή είναι πολύ μεγάλος για να χρησιμοποιηθεί στην πράξη.

Η σχεδίαση του υλικού μπορεί να γίνει σε ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης για VHDL (για υλοποίηση FPGA τέτοια είναι το Xilinx ISE, το Altera Quartus, το Synopsys Synplify και το Mentor Graphics HDL Designer), ώστε να παραχθεί το σχηματικό διάγραμμα RTL του επιθυμητού κυκλώματος. Μετά από αυτό, το παραγόμενο σχηματικό διάγραμμα μπορεί να επαληθευτεί με χρήση λογισμικού προσομοίωσης που δείχνει τις κυματομορφές των εισόδων και των εξόδων του κυκλώματος μετά την δημιουργία του κατάλληλου testbench. Η δημιουργία του σωστού testbench για ένα κύκλωμα ή έναν κώδικα σε VHDL απαιτεί τον σωστό ορισμό των εισόδων.

Όταν ένα μοντέλο σε VHDL μεταφράζεται σε "πύλες και γραμμές" που αντιστοιχίζονται σε μια προγραμματιζόμενη λογική συσκευή όπως ένα CPLD ή ένα FPGA, τότε το πραγματικό υλικό είναι αυτό που ρυθμίζεται και δεν "εκτελείται" ο κώδικας VHDL σε κάποιου τύπου επεξεργαστή.

· Πλεονεκτήματα

Το βασικό πλεονέκτημα της VHDL, όταν αυτή χρησιμοποιείται για σχεδίαση συστημάτων, είναι ότι επιτρέπει την περιγραφή (μοντελοποίηση) και την επαλήθευση (προσομοίωση) του επιθυμητού συστήματος, πριν τα εργαλεία σύνθεσης μεταφράσουν τη σχεδίαση σε πραγματικό υλικό (πύλες και γραμμές).

Ένα άλλο όφελος της VHDL είναι ότι επιτρέπει τον ορισμό ταυτόχρονων συστημάτων (concurrent systems). Η VHDL είναι γλώσσα ροής δεδομένων, σε αντίθεση με τις διαδικαστικές γλώσσες προγραμματισμού όπως η BASIC, η C και η συμβολική γλώσσα, οι οποίες εκτελούνται ακολουθιακά, με κάθε εντολή να ακολουθεί την προηγούμενη.

Ένα έργο σε VHDL έχει πολλές εφαρμογές. Ένα μπλοκ υπολογισμού (calculation block) δημιουργείται μια φορά αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλα έργα. Μπορούν επίσης να ρυθμιστούν διάφορες παράμετροι διαμόρφωσης και λειτουργίας του μπλοκ (παράμετροι χωρητικότητας, το μέγεθος της μνήμης, η βάση των στοιχείων (element base), η σύνθεση μπλοκ και η δομή διασύνδεσης).

Ένα έργο σε VHDL είναι επίσης μεταφέρσιμο. Αν έχει δημιουργηθεί για μια βάση στοιχείων, μπορεί να μεταφερθεί σε μια άλλη βάση, για παράδειγμα σε ένα VLSI με διάφορες τεχνολογίες.

ΣΥΝΤΙΘΕΜΕΝΕΣ ΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ VHDL

Η VHDL συχνά χρησιμοποιείται για δυο σκοπούς: την προσομοίωση ηλεκτρονικών σχεδιάσεων και τη σύνθεσή τους. Η σύνθεση είναι η διαδικασία της μεταγλώττισης της VHDL και η αντιστοίχιση της με μια τεχνολογία υλοποίησης όπως τα FPGA ή τα ASIC. Πολλοί κατασκευαστές FPGA διαθέτουν δωρεάν (ή φτηνά) εργαλεία σύνθεσης VHDL για χρήση στα τσιπ τους, ενώ τα εργαλεία ASIC είναι συχνά πολύ ακριβά.

Δεν είναι όλες οι δομές της VHDL κατάλληλες για σύνθεση. Για παράδειγμα, πολλές δομές που ασχολούνται με το χρονισμό (όπως η wait for 10 ns;) δεν μπορούν να συντεθούν, αν και ισχύουν στην προσομοίωση. Αν και διαφορετικά εργαλεία σύνθεσης έχουν διαφορετικές δυνατότητες, υπάρχει ένα κοινό υποσύνολο της VHDL, το οποίο μπορεί να συντεθεί και ορίζει ποιες δομές της γλώσσας και ποια ιδιώματα αντιστοιχούν σε κοινό υλικό για πολλά

1.Init-Ακολουθια για τη RAM

2.Αυτοματη write-ακολουθία (γράφει 16 datawords για κάθε 64bit της RAM)

3.Αυτοματη read-ακολουθία (διαβάζει το πρώτο dataword της RAM)

4.Εμφανίζει το dataword σε 8Bit Leds

Switch-0 :

=====

>Το SW0 χρησιμοποιείται ως διακόπτης-reset

Switch-1 έως 3:

=====

>Το SW1 έως το SW3 επιλέγουν ποιο μέρος του dataword θα εμφανιστεί στα LEDs

Κουμπί north :

=====

>προσαυξάνει τον Addresspointer

Κουμπί south :

=====

>μειώνει τον Addresspointer

κουμπί east:

=====

Διαβάζει ένα απλο(64 Bit) από την πραγματική διεύθυνση

Κουμπί west :

=====

>γράφει ένα σταθερό dataword(64 bit) σε μια πραγματική διεύθυνση

LED κατάστασης :

=====

>Το LED μόνιμα αναβοσβήνει

Χαρακτηριστικά του Project

Platform : XILINX Spartan-3A

FPGA : XC3S700A-FGG484

Γλώσσα : VHDL

ISE : ISE-Design-Suite V:13.1

IP-Core : MIG V:3.6.1

DDR2-SDRAM : MT47H32M16 (64 MByte)

Περιορισμός

Burst Length = 4

Data Width = 16 Bit

>με αυτές τις ρυθμίσεις κάθε Data access διαβάζει (και γράφει)

ένα Dataword 64Bit (4 x 16 Bit)

Ταχύτητα γραφής/ανάγνωσης (read/write)

Read :

=====

>για να διαβάσει ένα dataword (64 Bit) χρειάζονται 22 κύκλοι ρολογιού

Write :

=====

>για να γράψει ένα dataword (64 Bit) χρειάζονται 25 κύκλοι ρολογιού

Project : Prj_12_DDR2

Σκοπός : DDR2-SDRAM at a Spartan-3A Board

DDR2-RAM : MT47H32M16 (64 MByte)

Ημερομηνία : 19.08.2011

Έκδοση : 7.0

Plattform : XILINX Spartan-3A

FPGA : XC3S700A-FGG484

Γλώσσα : VHDL

ISE : ISE-Design-Suite V:13.1

IP-Core : MIG V:3.6.1

Συγγραφή : UB

Mail : Becker_U(at)gmx.de

=====

Ενότητες:

=====

=====

>Το σύνολο της DDR2_RAM_Core σε αυτό το project είναι βασισμένο στην Xilinx MIG

3.6.1 tool

>Ρυθμίσεις του MIG :

-Typ = DDR2-SDRAM

-Frq = 133MHz

-Write Pipe Stages = 4

-Memory Part = MT47H32M16XX-3 (για την Spartan-3A Board)

-Data Width = 16

-Data-Mask = Ja

-SystemClock = Single-Ended

-Σήματα σε: Bank3 (ολοκλήρωση), Bank2(V12)

-Bank2 = System-Clock / Bank3 = Adress-Control+Data+System-Control

-όλα τα υπόλοιπα : “Default”

>Υπόδειξη : DDR2_RAM_CORE :

-μόνο τα αρχεία VHDL από το “User_Designed/RTL” χρησιμοποιούνται

-τα άλλα αρχεία που δημιουργούνται από το MIG δεν χρειάζονται

>Υπόδειξη : DDR2 UCF-File :

-οι ρυθμίσεις στον φάκελο UCF είναι πολύ σημαντικές για το σωστό χρονισμό και

Τη λειτουργία της RAM

-Ο αυθεντικός φάκελος UCF είναι κατεβασμένος από την Xilinx για τη Spartan-3A

Board από τη διεύθυνση :

http://www.xilinx.com/products/boards/s3astarter/reference_designs.html

-Έχουν γίνει μερικές αλλαγές (π.χ. για τη διαδρομή)

>Λειτουργία του Project :

=====

>Switch-0 (SW0) είναι ο διακόπτης-Reset (High = Reset)

>Τα “TOP_Modul” είναι οι διαδρομές όλων των σημάτων μεταξύ των ενοτήτων

>Τα “Buttons_VHDL” χρησιμεύουν για τους διακόπτες και τα κουμπιά και δημιουργεί ένα “rising_edge” σήμα για τέσσερα κουμπιά

>Το “DDR2_Control” έχει ένα state machine με τις ακόλουθες λειτουργίες :

Board από τη διεύθυνση :

http://www.xilinx.com/products/boards/s3astarter/reference_designs.html

-Έχουν γίνει μερικές αλλαγές (π.χ. για τη διαδρομή)

>Λειτουργία του Project :

=====

>Switch-0 (SW0) είναι ο διακόπτης-Reset (High = Reset)

>Τα “TOP_Modul” είναι οι διαδρομές όλων των σημάτων μεταξύ των ενοτήτων

>Τα “Buttons_VHDL” χρησιμεύουν για τους διακόπτες και τα κουμπιά και δημιουργεί ένα “rising_edge” σήμα για τέσσερα κουμπιά

>Το “DDR2_Control” έχει ένα state machine με τις ακόλουθες λειτουργίες :

$SW3=0 + SW2=1 + SW1=0$ -> εμφανίζει τα Databits (D23...D16)

$SW3=0 + SW2=1 + SW1=1$ -> εμφανίζει τα Databits (D31...D24)

$SW3=1 + SW2=0 + SW1=0$ -> εμφανίζει τα Databits (D39...D32)

$SW3=1 + SW2=0 + SW1=1$ -> εμφανίζει τα Databits (D47...D40)

$SW3=1 + SW2=1 + SW1=0$ -> εμφανίζει τα Databits (D55...D48)

$SW3=1 + SW2=1 + SW1=1$ -> εμφανίζει τα Databits (D63...D56)

Τα επιλεγμένα Databits εμφανίζονται σε 8 LEDs στο FPGA-Board

>η “DDR2_Read” έχει ένα state machine να διαβάζει ένα dataword (64Bit) από τη δεδομένη διεύθυνση

>η “DDR2_Write” έχει ένα state machine να γράφει ένα dataword (64Bit) από τη δεδομένη

διεύθυνση

Τα περιεχόμενα της Ram Data μετά την αυτόματη write ακολουθία :

>Μετά την αυτόματη write ακολουθία το περιεχόμενο από τα πρώτα 16 Datawords είναι :

ADR 0 = 0123456789ABCDEF

ADR 1 = 123456789ABCDEF0

ADR 2 = 23456789ABCDEF01

ADR 3 = 3456789ABCDEF012

ADR 4 = 456789ABCDEF0123

ADR 5 = 56789ABCDEF01234

ADR 6 to ADR 15 = 639CC6398C7318E7

Διαδικασία μετά το ξεκίνημα :

>μετά τη RAM-INIT και το γράψιμο 16 datawords η πρώτη RAM-Adress διαβάζει και εμφανίζεται στα LEDs

>τα κουμπιά north και “south” αλλάζουν το σταθερό δείκτη διεύθυνσης

>για να διαβάσει μια διεύθυνση χρησιμοποιεί το κουμπί “east”

>για να γράψει ένα dataword "31CE629DC43B8877" χρησιμοποιεί το κουμπί “west”

Πληροφορίες-RAM :

=====

>το μέγεθος της DDR2-RAM είναι 512MBit (64MByte)

>διαίρεται σε 4 Blocks (Banks)

Κάθε Block έχει 8192 σειρές και 1024 στήλες

Ένα απλό datacell έχει 16bit εύρος

$$4 \times 8192 \times 1024 \times 16 \text{bit} = 512 \text{Mbit}$$

>η Bank-Adress χρειάζεται 2Bit

Η ROW-Adress χρειάζεται 13Bit

Η COL-Adress χρειάζεται 10 Bit

>ο adresspointer μοιάζει :

ADR = ROW & COL & BANK

Η ολοκλήρωση του ADR-Pointer χρειάζεται 25Bit

Περιορισμοί του project :

=====

>το “Burst-Mode” έχει σταθερά σύνολο “4” και έτσι το dataword έχει εύρος 64Bit

>κάθε διαδικασία read διαβάζει 64Bit και κάθε write διαδικασία γράφει 64Bit

>για να αποφύγουμε λάθη στον COL-Adress πρέπει να προσαυξάνουμε και να μειώνουμε με πολλαπλάσια του '4' (π.χ. 0,4,8,12,...)

Ταχύτητα :

=====

>κάθε απλή read διαδικασία (των 64Bit) χρειάζεται 22 κύκλους ρολογιού

(at 133MHz -> 165 ns => 46 MByte/sec)

>για να γράψει ένα data word (64 Bit) χρειάζονται 25 κύκλοι ρολογιού

(at 133MHz -> 188 ns => 40 MByte/sec)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΕΙΑ

1. el.wikipedia.org/
2. www.ntua.gr
3. <http://www.osha.gov>
4. <http://www.epa.gov>
5. <http://nikipress.gr>
6. www.google.com
7. www.embeddedstar.com
8. www.livinginternet.com
9. Digital Logic and Microprocessor Design with VHDL, Enoch O. Hwang (2006)
10. www.ibm.com
11. VHDL Programming By Example (2003) 4th Edition, Douglas L. Perry.

