

Μάθημα 3B

ΜΝΗΜΗ RAM

Στόχος του Μαθήματος 3B είναι να κατανοήσει ο μαθητής τον τρόπο μεταφοράς δεδομένων μεταξύ επεξεργαστή και μνήμης RAM, να γνωρίσει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μνημών RAM, που χρησιμοποιούνται στους προσωπικούς υπολογιστές και να διακρίνει τα είδη τους.

Μαθησιακά αποτελέσματα:

Μετά την ολοκλήρωση του Μαθήματος 3B, ο μαθητής θα είναι σε θέση να:

Γνώσεις	- Περιγράφει τα είδη μνημών RAM. - Περιγράφει τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μνημών RAM. - Αναφέρει τις συσκευασίες των μνημών RAM και τον τρόπο που διακρίνονται.
Δεξιότητες	- Τοποθετεί μνήμη RAM σε άρθρωμα μητρικής πλακέτας.
Ικανότητες	- Εντοπίζει την κατάλληλη συσκευασία RAM για συγκεκριμένο άρθρωμα της μητρικής πλακέτας και αντίστροφα.

Λέξεις κλειδιά

- ▲ RAM (Random Access Memory)
- ▲ Διεύθυνση μνήμης (Memory address)
- ▲ Διάδρομος διευθύνσεων (Address Bus)
- ▲ Διάδρομος δεδομένων (Data Bus)
- ▲ Διάδρομος ελέγχου (Control Bus)
- ▲ Προσπέλαση μνήμης
- ▲ Αρθρώματα μνήμης (Memory modules)
- ▲ SDRAM (Synchronous Dynamic RAM)
- ▲ DDR (Double Data Rate)
- ▲ Βάσεις μνήμης (Memory slots)
- ▲ DIMM (Dual In-line Memory Modules)
- ▲ Dual channel

Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

Το θεωρητικό μέρος του Μαθήματος 3B περιλαμβάνει τρεις ενότητες. Στην πρώτη ενότητα αναφέρονται τα βασικά θεωρητικά ζητήματα που αφορούν στις μνήμες RAM. Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται τα είδη των μνημών RAM και στην τρίτη ενότητα περιγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Στο πρακτικό μέρος, οι μαθητές εντοπίζουν τα χαρακτηριστικά της RAM, ενός υπολογιστή, με τη χρήση benchmark. Στη συνέχεια εντοπίζουν, από το Διαδίκτυο, το είδος και τα τεχνικά χαρακτηριστικά μνήμης RAM, που μπορεί να υποστηρίξει συγκεκριμένο μοντέλο μητρικής πλακέτας, που τους δίδεται. Κατόπιν, αξιολογούν την επάρκεια μνήμης ενός υπολογιστή, βάσει των αναγκών συγκεκριμένου χρήστη. Τέλος, τοποθετούν αρθρώματα μνήμης σε μητρική πλακέτα.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

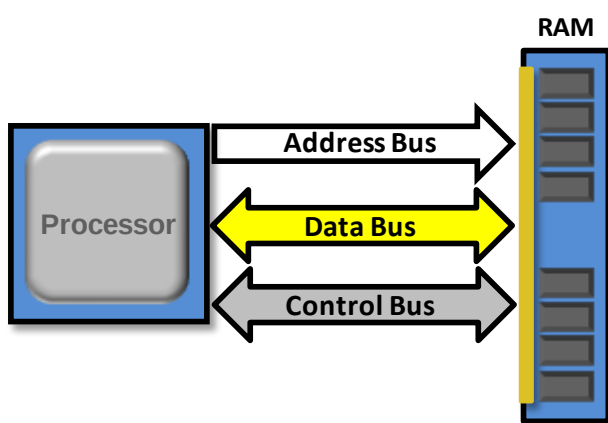
3B.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ο κεντρικός επεξεργαστής, κατά τη λειτουργία του, χρειάζεται ένα «χώρο» στον οποίο θα αποθηκεύει, τόσο το λειτουργικό σύστημα και τα προγράμματα εφαρμογών, όσο και τα δεδομένα. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιεί την κύρια μνήμη **RAM (Random Access Memory)** του συστήματος. Τα περιεχόμενα της RAM, είτε προκύπτουν από την επεξεργασία των δεδομένων, είτε μεταφέρονται σε αυτήν, από τον σκληρό δίσκο ή άλλο μέσο μόνιμης αποθήκευσης. Όταν σβήσει ο υπολογιστής τα περιεχόμενα της RAM χάνονται.

Οι μνήμες, χονδρικά, είναι οργανωμένες στις λεγόμενες «θέσεις». Σε κάθε θέση μνήμης μπορεί να αποθηκεύεται ένα δεδομένο σε δυαδική μορφή. Λόγου χάρη, μια μνήμη RAM μπορεί να έχει 512, 1024 ή περισσότερες θέσεις αποθήκευσης. Οι θέσεις αποθήκευσης ή θέσεις μνήμης είναι «αριθμημένες» και σε κάθε θέση αντιστοιχεί ένας μοναδικός αριθμός που ονομάζεται **διεύθυνση μνήμης (Memory address)**. Για να εντοπίσει ο επεξεργαστής κάποιο δεδομένο μέσα στη μνήμη, πρέπει απαραίτητως να γνωρίζει τη θέση στην οποία είναι αποθηκευμένο, δηλαδή τη διεύθυνσή του. Επίσης, εάν πρόκειται να αποθηκευθεί κάποιο δεδομένο στη μνήμη, πρέπει προηγουμένως ο επεξεργαστής, να ορίσει τη διεύθυνση μνήμης, δηλαδή τη θέση στην οποία θα αποθηκευτεί. Στην πράξη, τα ζητήματα αυτά τα χειρίζονται το λειτουργικό σύστημα και τα προγράμματα εφαρμογών, χωρίς ο χρήστης να εμπλέκεται στις διαδικασίες.

Τα δεδομένα που αποθηκεύονται σε κάθε θέση μνήμης αποτελούνται από ένα συγκεκριμένο αριθμό bits. Έτσι έχουμε μνήμες των 32bits, των 64bits κλπ, ο αριθμός αυτός αποκαλείται και «**μήκος**» θέσης μνήμης. Παραδείγματος χάρη, εάν σε μια θέση μνήμης 32bit θέλουμε να αποθηκευτεί ο δυαδικός αριθμός 101, συμπληρώνεται, μπροστά από αυτόν, ο απαραίτητος αριθμός μηδενικών, ώστε το σύνολο να αποτελείται από 32bits, δηλαδή 0000000000000000000000000000101. Σε μια συγκεκριμένη μνήμη RAM, όλες οι θέσεις μνήμης έχουν τον ίδιο αριθμό bits, δηλαδή το ίδιο μήκος.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι μεταξύ του επεξεργαστή και της μνήμης RAM, εκτός από τα δεδομένα, διακινούνται και άλλες πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν στις διευθύνσεις μνήμης και στα απαραίτητα σήματα ελέγχου, που αποστέλλονται, κατά βάση, από τον επεξεργαστή προς την μνήμη RAM. Στην Εικόνα 3B.1 απεικονίζεται ένα απλοποιημένο χονδρικό διάγραμμα, στο οποίο ο επεξεργαστής του υπολογιστή συνδέεται με την κεντρική μνήμη RAM, μέσω τριών «διαδρόμων».



Εικόνα 3B.1 Διάδρομοι επικοινωνίας

(Bus) αναφερόμαστε σε μια ομάδα αγωγών που μεταφέρουν ομοειδείς ψηφιακές πληροφορίες, με τη μορφή ηλεκτρικών σημάτων. Στην πράξη, μεταξύ του επεξεργαστή και της μνήμης RAM μεσολαβεί ένα κύκλωμα που ονομάζεται **ελεγκτής μνήμης**.

Από τον **διάδρομο διευθύνσεων (Address Bus)**, ο επεξεργαστής στέλνει (σε δυαδική μορφή) τη διεύθυνση μνήμης, στην οποία θέλει να γίνει η εγγραφή ή ανάγνωση δεδομένων.

Αν το «μήκος» ή «εύρος» αυτού του διαδρόμου είναι 64bits, δηλαδή αν αποτελείται από 64 ξεχωριστούς αγωγούς, τότε ο μέγιστος αριθμός θέσεων

μνήμης που προκύπτει είναι 2^{64} .

Ένας άλλος ανεξάρτητος διάδρομος είναι ο **διάδρομος δεδομένων (Data Bus)**. Μέσω αυτού του διαδρόμου διακινούνται από και προς τον επεξεργαστή τα δυαδικά δεδομένα (περιεχόμενα) της μνήμης. Αν ο διάδρομος αυτός έχει μήκος 64bits, τότε κάθε φορά μπορούν να μετακινούνται, από και προς τη μνήμη, 64bits συγχρόνως, ως ένα ενιαίο σύνολο. Προφανώς, το εύρος του διαδρόμου δεδομένων επηρεάζει την ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων, από τον επεξεργαστή στη RAM και αντίστροφα και κατά συνέπεια την απόδοση ολόκληρου του συστήματος.

Επίσης, μεταξύ επεξεργαστή και μνήμης RAM διακινούνται ηλεκτρικά σήματα ελέγχου, μέσω αγωγών, όπου όλοι μαζί αποτελούν ένα σύνολο που ονομάζεται **διάδρομος ελέγχου (Control Bus)**. Τα σήματα ελέγχου αφορούν, κυρίως, στις εντολές εγγραφής ή ανάγνωσης δεδομένων.

Συχνά χρησιμοποιούμε τις λέξεις **εγγραφή** ή **φόρτωση** ή **αποθήκευση δεδομένων** στη μνήμη, όταν θέλουμε να δηλώσουμε την ενέργεια τοποθέτησης δεδομένων στη μνήμη. Επίσης με τη λέξη **ανάγνωση δεδομένων**, εννοούμε την ανάκληση δεδομένων από τη μνήμη και τη χρησιμοποίησή τους από τον επεξεργαστή. Όταν γίνεται ανάγνωση των δεδομένων της μνήμης, τα δεδομένα δεν επηρεάζονται, δηλαδή δεν αλλοιώνονται.



Εικόνα 3B.2 Άρθρωμα μνήμης RAM

Με τον όρο **προσπέλαση μνήμης** εννοούμε τη διαδικασία ορισμού, από τον επεξεργαστή, μιας συγκεκριμένης διεύθυνσης μνήμης (την οποία τοποθετεί στον διάδρομο διευθύνσεων) και την ανάγνωση (ή εγγραφή) δεδομένου από την θέση που αντιστοιχεί στη διεύθυνση, με τη βοήθεια των κατάλληλων σημάτων ελέγχου.

Η μνήμη RAM του ηλεκτρονικού υπολογιστή αποτελείται από ολοκληρωμένα κυκλώματα, που είναι τοποθετημένα πάνω σε μικρές παραλληλόγραμμες πλακέτες τυπωμένου κυκλώματος (Εικόνα 3B.2), μήκους περίπου 133mm και ύψους 30mm και ονομάζονται **αρθρώματα μνήμης (Memory modules)**. Οι μνήμες RAM

δεν είναι ενσωματωμένες στη μητρική πλακέτα, για να υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης των αρθρωμάτων, σε περίπτωση βλάβης ή πιο συχνά για να γίνεται η αναβάθμιση της μνήμης, προσθέτοντας επιπλέον αρθρώματα ή αντικαθιστώντας τα υπάρχοντα με άλλα μεγαλύτερης χωρητικότητας.

3B.2 ΕΙΔΗ RAM

Ανάλογα με τον επεξεργαστή και τη μητρική πλακέτα του συστήματος, χρησιμοποιείται και το αντίστοιχο είδος μνήμης.

3B.2.1 SDRAM

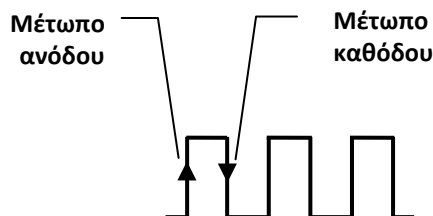
Οι μνήμες RAM που χρησιμοποιούν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές στηρίζονται στην τεχνολογία **SDRAM (Synchronous Dynamic RAM)**. Τα περιεχόμενα της μνήμης αυτού του είδους, χάνονται μόλις διακοπεί η τροφοδοσία των κυκλωμάτων της μνήμης με ρεύμα. Οι SDRAM έχουν την ιδιότητα να συγχρονίζονται με την CPU του συστήματος.

Η SDRAM αποτελείται από στοιχειώδεις πυκνωτές. Στην περίπτωση της SDRAM, ο φορτισμένος πυκνωτής αντιστοιχεί σε «λογικό 1» και ο αφόρτιστος σε «λογικό 0». Επειδή οι στοιχειώδεις πυκνωτές της μνήμης RAM, χάνουν το φορτίο τους, με την πάροδο του χρόνου (φαινόμενο εκφόρτισης), κάθε μνήμη SDRAM συνοδεύεται από ένα κύκλωμα ανανέωσης του φορτίου των πυκνωτών της. Στην πράξη, η **ανανέωση (refresh)** γίνεται αυτόματα, με την περιοδική ανάγνωση των δεδομένων της μνήμης.

Οι μνήμες SDRAM κατασκευάζονταν σε αρθρώματα των 168 επαφών και χωρίζονταν σε τρεις τύπους: PC-66, PC-100 και PC-133. Οι αριθμοί σχετίζονται με τη συχνότητα (σε MHz) λειτουργίας τους. Οι ταχύτερες μνήμες ήταν συμβατές με τις πιο αργές, δηλαδή η μνήμη PC-133 μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αντί της PC-66. Το εύρος του διαύλου της SDRAM έφτανε τα 64bit ή 72bit, σε περίπτωση που εφαρμοζόταν η τεχνική ECC (Error Correction Code). Οι SDRAM λειτουργούσαν με τάση 3,3V. Αυτό το είδος μνήμης RAM το διαδέχτηκαν οι μνήμες DDR.

3B.2.2 DDR

Οι DDR (Double Data Rate) είναι μνήμες SDRAM που χρησιμοποιούν όμως και τα δύο μέτωπα (ανόδου - καθόδου) του ωρολογιακού παλμού χρονισμού τους (Εικόνα 3B.3), για την μεταφορά δεδομένων. Έτσι, στη διάρκεια ενός ωρολογιακού παλμού, μπορεί να γίνει δύο φορές ανάγνωση ή εγγραφή μνήμης. Με άλλα λόγια, αν μια μνήμη SDRAM μπορεί να προσκομίσει 1 bit, στη διάρκεια ενός ωρολογιακού παλμού, η μνήμη DDR μπορεί να προσκομίσει 2 bits. Αυτό το χαρακτηριστικό της DDR ισοδυναμεί με διπλασιασμό της συχνότητας λειτουργίας της, π.χ. μια μνήμη DDR που λειτουργεί με ωρολογιακούς παλμούς συχνότητας 200MHz, στην πράξη θεωρείται ότι λειτουργεί με συχνότητα 400MHz. Οι μνήμες DDR έχουν δίαυλο 64bits και λειτουργούν στα 2,5/2,6V.



Εικόνα 3B.3 Ωρολογιακοί παλμοί

3B.2.3 DDR2

Οι μνήμες DDR2, όπως και οι DDR, χρησιμοποιούν και τα δύο μέτωπα του ωρολογιακού παλμού. Όμως, έχουν τη δυνατότητα, σε κάθε μέτωπο παλμού, να προσκομίζουν 2 bits, δηλαδή συνολικά 4 bits. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στην εσωτερική δομή του τσιπ της μνήμης και στα ειδικά κυκλώματα ενδιάμεσης κράτησης δεδομένων (buffers), τα οποία στην προκειμένη περίπτωση είναι τέσσερα, αντί των δύο που είναι στις μνήμες DDR. Έτσι στις μνήμες DDR2, στη βασική συχνότητα των παλμών, έχουμε μεταφορά τεσσάρων bits, έναντι των δύο bits που έχουμε στις μνήμες DDR και του ενός bit στις μνήμες SDRAM. Για τον λόγο αυτό οι μνήμες DDR2 έχουν διπλάσιο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων, σε σχέση με τις μνήμες DDR, για την ίδια συχνότητα. Η ελάχιστη τιμή της τάσης με την οποία μπορεί να λειτουργούν οι μνήμες DDR2 είναι τα 1,8V. Στους σύγχρονους υπολογιστές χρησιμοποιούνται οι μνήμες DDR3 και DDR4.

3B.2.4 DDR3

Οι μνήμες DDR3 αποτελούν την εξέλιξη των μνημών DDR2 και έχουν την δυνατότητα να προσκομίζουν 8 bits, στην διάρκεια ενός ωρολογιακού παλμού (4 bits κατά το μέτωπο ανόδου του παλμού και 4 bits κατά το μέτωπο καθόδου). Με τον τρόπο αυτό οι μνήμες DDR3 επιτυγχάνουν, θεωρητικά, διπλάσιο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων, σε σχέση με τις μνήμες DDR2, για την ίδια συχνότητα. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι οι μνήμες DDR3 είναι ταχύτερες των υπολοίπων. Οι μνήμες DDR3 έχουν ως ελάχιστη τάση λειτουργίας τους τα 1,35V.

3B.2.5 DDR4

Οι μνήμες DDR4 δεν έχουν καταφέρει να διπλασιάσουν τον ρυθμό μεταφοράς δεδομένων, σε σχέση με τις DDR3 και ο αριθμός των bits που μπορούν να προσκομίσουν έχει παραμείνει 8. Όμως, έχουν βελτιώσει τους χρόνους προσπέλασης, σε σχέση με τα προηγούμενα είδη. Οι μνήμες DDR4 έχουν ως ελάχιστη τάση λειτουργίας τους τα 1,2V.

Τόσο στις μνήμες DDR4, όσο και στα προηγούμενα είδη, η βελτίωση της τεχνολογίας ολοκλήρωσης οδήγησε στην κατασκευή μνημών που λειτουργούν με μικρότερη τάση και κατά συνέπεια χρειάζονται λιγότερη ενέργεια, ενώ θερμαίνονται λιγότερο. Οι μνήμες που χρειάζονται μικρότερη τάση, μπορούν να λειτουργούν και σε υψηλότερες συχνότητες, σε σχέση με αυτές που απαιτούν μεγαλύτερη τάση και με τον τρόπο αυτό αυξάνεται ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων.

Πίνακας 3B.1

ΕΙΔΟΣ ΜΝΗΜΗΣ	ΤΥΠΟΣ ΑΡΘΡΩΜΑΤΟΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΠΑΛΜΩΝ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ
DDR - 333	PC - 2700	166MHz	6ns	166MHz (x2)	2,7GB/sec
DDR - 400	PC - 3200	200MHz	5ns	200MHz (x2)	3,2GB/sec
DDR2 - 400	PC2 - 3200	200MHz	5ns	100MHz (x4)	3,2GB/sec
DDR2 - 533	PC2 - 4200	266MHz	3,75ns	133MHz (x4)	4,2GB/sec
DDR2 - 667	PC2 - 5300	333MHz	3ns	166MHz (x4)	5,3GB/sec
DDR2 - 800	PC2 - 6400	400MHz	2,5ns	200MHz (x4)	6,4GB/sec
DDR2-1066	PC2 - 8500	533MHz	1,88ns	266MHz (x4)	8,5GB/sec
DDR3 -1066	PC3 - 8500	533MHz	1,88ns	133MHz (x8)	8,5GB/sec
DDR3 -1333	PC3 -10666	667MHz	1,5ns	166MHz (x8)	10,6GB/sec
DDR3 -1600	PC3 -12888	800MHz	1,25ns	200MHz (x8)	12,8GB/sec
DDR3 -1866	PC3 -14900	933MHz	1,07ns	233MHz (x8)	14,9GB/sec
DDR3 -2133	PC3 -17000	1066MHz	0,94ns	266MHz (x8)	17,0GB/sec
DDR4 -1600	PC4 -12888	800MHz	1,25ns	200MHz (x8)	12,8GB/sec
DDR4 -1866	PC4 -14900	933MHz	1,07ns	233MHz (x8)	14,9GB/sec
DDR4 -2133	PC4 -17000	1066MHz	0,94ns	266MHz (x8)	17,0GB/sec
DDR4 -2400	PC4 - 19200	1200MHz	0,83ns	300MHz (x8)	19,2GB/sec
DDR4 -2666	PC4 - 21300	1333MHz	0,75ns	333MHz (x8)	21,3GB/sec
DDR4 -3200	PC4 - 25600	1600MHz	0,63ns	400MHz (x8)	25,6GB/sec

Στον Πίνακα 3B.1 εμφανίζονται τα βασικά είδη μνημών DDR, ο εμπορικός τους τύπος, η συχνότητα χρονισμού τους, η αντίστοιχη περίοδος των παλμών και ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων. Στην πρώτη στήλη του πίνακα, ο αριθμός που εμφανίζεται, μετά τη δήλωση του είδους μνήμης, είναι η ονομαστική συχνότητα λειτουργίας της. Π.χ. ο κωδικός **DDR3-1600** υποδηλώνει μνήμη τεχνολογίας DDR3, με ονομαστική συχνότητα λειτουργίας 1600MHz. Η συχνότητα αυτή είναι πάντα διπλάσια από την (πραγματική) συχνότητα χρονισμού, η οποία στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι 800MHz. Συχνά, αντί για το είδος της μνήμης, αναφέρεται ο αντίστοιχος τύπος του αρθρώματος (εμπορικός τύπος), δηλαδή **PC3-12888** (δεύτερη στήλη). Με τον τρόπο αυτό δηλώνεται μια μνήμη DDR3, με ρυθμό μεταφοράς δεδομένων 12,8GB/sec (ή 12888MBytes/sec). Οι δύο προαναφερόμενοι κωδικοί (DDR3-1600 και PC3-12888) είναι ισοδύναμοι και αφορούν στην ίδια μονάδα μνήμης RAM. Πρέπει ωστόσο να σημειωθεί, ότι ο δηλωμένος για κάθε μνήμη ρυθμός μεταφοράς δεδομένων είναι ένα μέγιστο νούμερο, που επιτυγχάνεται μόνο σε περιπτώσεις αδιάλειπτης μεταφοράς δεδομένων, από τη μνήμη, πράγμα που πρακτικά είναι εξαιρετικά σπάνιο. Στην τρίτη στήλη εμφανίζεται η συχνότητα χρονισμού, για το κάθε είδος μνήμης. Η συχνότητα αυτή, είναι η συχνότητα που επικρατεί μεταξύ της μνήμης RAM και του ελεγκτή μνήμης, ονομάζεται επίσης συχνότητα διαύλου (bus) ή συχνότητα FSB. Στην τέταρτη στήλη του πίνακα, βρίσκεται η περίοδος των παλμών χρονι-

σμού, η οποία προκύπτει από τον τύπο $T=1/F$. Π.χ. για συχνότητα χρονισμού 200MHz, η αντίστοιχη περίοδος των παλμών είναι 5ns ($=1/200.10^6\text{Hz}$).

3B.3 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ RAM

3B.3.1 Χωρητικότητα

Η χωρητικότητα της RAM εκφράζει την ποσότητα των δεδομένων που μπορούν να αποθηκευτούν σε αυτήν και μετρείται σε GBytes. Συχνά, αντί για χωρητικότητα μνήμης, χρησιμοποιείται ο αντίστοιχος όρος «μέγεθος μνήμης». Η ποσότητα μνήμης RAM που μπορεί να διαχειριστεί ένα υπολογιστικό σύστημα εξαρτάται από το αν είναι 32 ή 64bits και από το αντίστοιχο λειτουργικό του σύστημα. Οι 32μπιτοι υπολογιστές μπορεί να διαχειριστούν μνήμη μέχρι 4GB (2^{32}), ενώ στην πράξη το σύστημα αναγνωρίζει, συνήθως, από 3 έως 3,8GB. Για αυτούς τους υπολογιστές, κατώτερο όριο μνήμης θεωρείται το 1GB. Οι 64μπιτοι υπολογιστές μπορεί να διαχειριστούν ένα πολύ μεγαλύτερο ποσό μνήμης, το οποίο θεωρητικά είναι 2^{64} θέσεις μνήμης ή 16ExaBytes, όπως αλλιώς εκφράζεται. Αυτός ο αριθμός είναι εξαιρετικά μεγάλος (περίπου 16 εκατομμύρια TeraBytes) και αποτελεί το όριο θέσεων μνήμης που μπορεί να διαχειριστούν οι επεξεργαστές της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Για τα 64μπιτα συστήματα, με το αντίστοιχο λειτουργικό σύστημα, κατώτερο όριο μνήμης RAM θεωρούνται τα 4GB, ενώ προσφέρονται αρθρώματα με μέγιστη χωρητικότητα 128GB.

3B.3.2 Μήκος θέσης

Όπως έχει αναφερθεί, κάθε μονάδα μνήμης αποτελείται από ένα πλήθος θέσεων μνήμης. Σε κάθε θέση μνήμης αποθηκεύεται συγκεκριμένος αριθμός bits, ο οποίος ονομάζεται και **μήκος θέσης**. Σε μια δεδομένη μνήμη όλες οι θέσεις έχουν το ίδιο μήκος, δηλαδή δέχονται τον ίδιο αριθμό από bits. Το μήκος θέσης των μνημών RAM είναι 64bits (παλαιότερα 32bits). Ουσιαστικά, το μήκος θέσης μνήμης, εκφράζει και το εύρος του διαδρόμου δεδομένων.

3B.3.3 Συχνότητα

Η συχνότητα λειτουργίας της μνήμης είναι ένα μέτρο της ταχύτητας, με την οποία μπορεί να κάνει ανάγνωση ή εγγραφή δεδομένων, χωρίς να είναι ο μοναδικός παράγοντας που την επηρεάζει. Η ονομαστική συχνότητα της μνήμης RAM είναι διπλάσια από τη συχνότητα των ωρολογιακών παλμών που την χρονίζουν. Η συχνότητα στην οποία θα λειτουργήσει μια μνήμη RAM, εκτός από τα δικά της χαρακτηριστικά εξαρτάται και από τη μέγιστη συχνότητα μνήμης που μπορεί να υποστηρίξει η εκάστοτε μητρική πλακέτα. Η ονομαστική συχνότητα των μνημών κυμαίνεται από 400MHz μέχρι περίπου τα 4000MHz.

3B.3.4 Ρυθμός μεταφοράς δεδομένων

Ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων (ή διαμεταγωγή) μιας μνήμης RAM είναι ανάλογος της ονομαστικής συχνότητας λειτουργίας της. Μια 64μπιτη μνήμη, που λειτουργεί στα 400MHz, μεταφέρει 25.600.000.000 bits ($=400.000.000\text{Hz} \times 64\text{bits}$) το δευτερόλεπτο ή 25,6Gbps. Για να βρούμε τον ρυθμό μεταφοράς δεδομένων σε Bytes, διαιρούμε αυτό τον αριθμό δια του 8 ($25.600.000.000 / 8$) και έχουμε 3,2GBytes/sec ή 3,2GBps (βλέπε Πίνακα 3B.1). Ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων αναφέρεται επίσης και ως bandwidth.

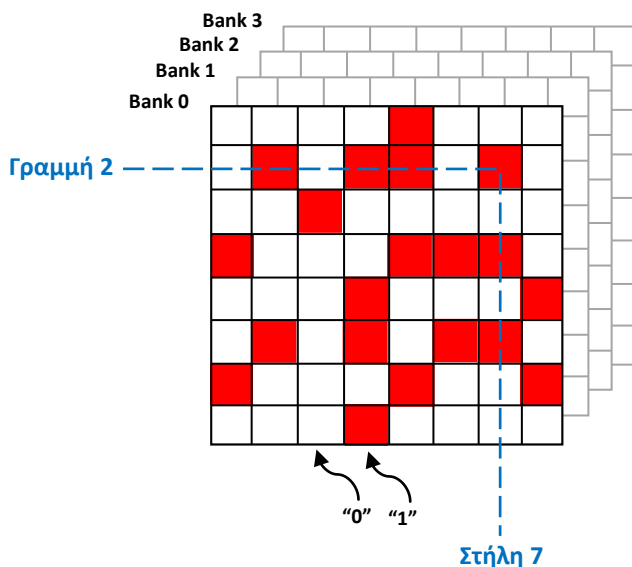
3B.3.5 Χρονισμός

Για την ανάγνωση ή την εγγραφή δεδομένων στη μνήμη, χρειάζεται να γίνουν κάποιες προκαθορισμένες λειτουργίες από τον ελεγκτή μνήμης. Κάθε μια από αυτές τις λειτουργίες απαιτεί ένα συγκεκριμένο

χρονικό διάστημα, για την ολοκλήρωσή της. Αυτά τα χρονικά διαστήματα ονομάζονται **χρόνοι υστέρησης (Latency times)** και σχετίζονται με την ταχύτητα λειτουργίας της μνήμης. Συνήθως, οι κατασκευαστές δίνουν τέσσερεις χρόνους υστέρησης, με τη μορφή τεσσάρων αριθμών που χωρίζονται μεταξύ τους με μία παύλα, π.χ. **15-15-15-35** ή **16-18-18-39**. Αν και οι αριθμοί αυτοί πρέπει να συνδυαστούν με τη συχνότητα χρονισμού της μνήμης, εντούτοις όσο πιο μικροί είναι τόσο το καλύτερο.

Για να αποσαφηνιστεί η έννοια των χρόνων υστέρησης, πρέπει να γίνει, στοιχειωδώς, αναφορά στην εσωτερική δομή της μνήμης RAM.

Τα τσιπ της μνήμης αποτελούνται από ομάδες «κελιών». Οι ομάδες αυτές ονομάζονται **banks**. Τα κελιά της κάθε bank είναι διατεταγμένα σε σχήμα πλέγματος (Εικόνα 3B.4). Σε κάθε κελί μπορεί να αποθηκευτεί ένα bit. Τα κελιά είναι οργανωμένα σε γραμμές (Rows) και σε στήλες (Columns). Για να εντοπιστεί η θέση ενός bit, ο ελεγκτής μνήμης πρέπει να ορίσει διεύθυνση γραμμής, διεύθυνση στήλης και ομάδα. Στο παράδειγμα της Εικόνας 3B.4, η θέση του bit βρίσκεται στη γραμμή 2, στήλη 7 και bank 0.



Εικόνα 3B.4 Εσωτερική δομή μνήμης RAM

- **CAS Latency (Column Access Strobe) ή CL**

Είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται, από την στιγμή που θα ζητηθεί η ανάγνωση ενός δεδομένου από τη μνήμη, μέχρι την έναρξη της μεταφοράς.

- **tRCD (RAS to CAS Delay)**

Είναι το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί, από την ενεργοποίηση μιας γραμμής, μέχρι να ζητηθούν τα δεδομένα της στήλης.

- **tRP (RAS Precharge)**

Είναι ο χρόνος που απαιτείται για την απενεργοποίηση μιας γραμμής και την ενεργοποίηση μιας άλλης.

- **tRAS (Row Access Strobe)**

Είναι το ελάχιστο χρονικό διάστημα που πρέπει να παραμείνει ενεργή μια γραμμή.

Οι τέσσερεις προαναφερόμενοι χρόνοι υστέρησης, είναι αυτοί που δίνονται από τους κατασκευαστές μνημών. Με άλλα λόγια οι τέσσερεις αριθμοί (π.χ. 15-15-15-35) αντιστοιχούν στους χρόνους:

$$\text{CAS Latency} - \text{tRCD} - \text{tRP} - \text{tRAS}.$$

Για να εντοπιστούν οι χρόνοι υστέρησης θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί κάθε ένας από τους τέσσερεις αριθμούς, με την περίοδο των παλμών χρονισμού, η οποία προκύπτει από την συχνότητα χρονισμού της μνήμης. Δηλαδή για μια μνήμη με χρονισμό π.χ. 10-10-10-30 και συχνότητα 1600MHz, οι χρόνοι υστέρησης θα είναι:

$$1600\text{MHz}/2=800\text{MHz}, T=1/800.10^6 = 1,25\text{ns}$$

$$(10-10-10-30) \cdot 1,25\text{ns} = 12,5\text{ns} - 12,5\text{ns} - 12,5\text{ns} - 37,5\text{ns}$$

Με τον τρόπο που αναπτύχθηκε παραπάνω μπορεί να γίνει η σύγκριση δύο μνημών RAM, ως προς την ταχύτητά τους, συνδυάζοντας την συχνότητα χρονισμού με τους χρόνους υστέρησης.

Ορισμένοι κατασκευαστές δίνουν μόνο τον πρώτο αριθμό, από τους τέσσερεις, με την ένδειξη CL ή CAS Latency. Είναι γεγονός ότι ο αριθμός αυτός έχει μεγαλύτερη βαρύτητα από τους άλλους, διότι αντιστοιχεί στο χρόνο που η μνήμη θα «παραδώσει» τα δεδομένα.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι κάποιες φορές δίνεται και μια πέμπτη παράμετρος **CR (Common Rate)**, η οποία αφορά στο χρόνο που απαιτείται για την ενεργοποίηση του τσιπ μνήμης (chip select) και της έναρξης αποστολής της πρώτης εντολής. Η παράμετρος αυτή έχει δύο τιμές 1T (1 κύκλος ρολογιού) ή 2T (2 κύκλοι ρολογιού).

3B.3.6 Τάση λειτουργίας

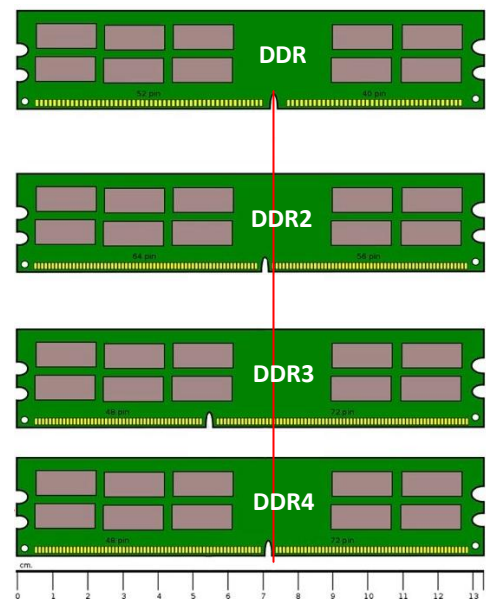
Στην ενότητα 3B.2 δόθηκαν οι ελάχιστες τιμές τάσης λειτουργίας, για τα διάφορα είδη μνημών. Όμως, για το κάθε είδος υπάρχουν και DIMM που μπορεί να λειτουργούν σε ελαφρώς μεγαλύτερη τάση. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε, σε ποια τάση λειτουργούν οι βάσεις μνήμης μιας συγκεκριμένης μητρικής πλακέτας, πριν προβούμε στην προμήθεια ή την αντικατάστασή τους.

3B.3.7 Συσκευασίες μνήμης

Τα αρθρώματα της RAM προσφέρονται σε συσκευασία DIMM (Dual In-line Memory Module) και κυκλοφορούν σε διάφορες παραλλαγές (Εικόνα 3B.5), ανάλογα με το είδος της μνήμης (DDR4, DDR3 κλπ) και με τον αντίστοιχο αριθμό επαφών που φαίνονται στον Πίνακα 3B.2.

Πίνακας 3B. 2

ΕΙΔΟΣ ΜΝΗΜΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΑΦΩΝ
DDR	184
DDR2	240
DDR3	240
DDR4	288



Εικόνα 3B.5 Αρθρωμα τύπου DIMM

Τα αρθρώματα των μνημών DDR3, αν και έχουν τον ίδιο αριθμό επαφών με αυτά των DDR2, δεν είναι συμβατά μεταξύ τους και δεν μπορεί να τοποθετηθούν στις ίδιες βάσεις.

Τα αρθρώματα των μνημών φέρουν εγκοπές στο κάτω μέρος τους, χάρη στις οποίες, αποσοβείται ο κίνδυνος λανθασμένης τοποθέτησής τους. Καθένα από τα αρθρώματα τοποθετείται, με συγκεκριμένη φορά, πάνω στις αντίστοιχες βάσεις της μητρικής πλακέτας.



Εικόνα 3B.6 Αρθρωμα DIMM με ψύκτρα

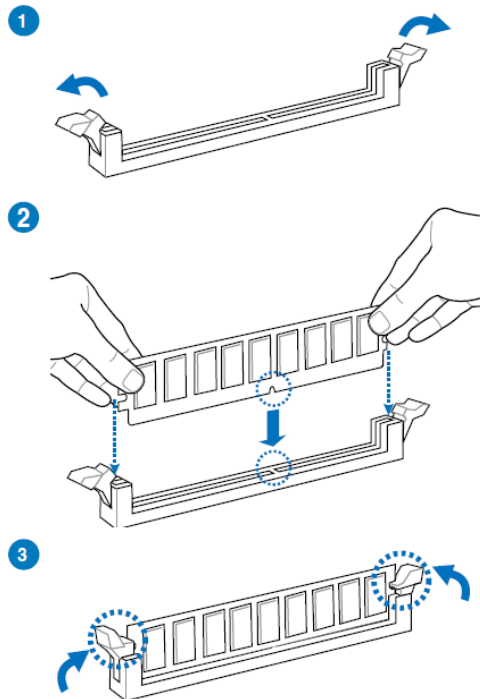
Ορισμένα αρθρώματα φέρουν πλευρικές ψύκτρες αλουμινίου (Εικόνα 3B.6), για την απαγωγή της θερμότητας που αναπτύσσεται πάνω στα ο.κ. της μνήμης. Στις

περιπτώσεις αυτές καλό είναι να προσέχουμε, όταν πρέπει, για οποιονδήποτε λόγο, να έρθουμε σε επαφή με τα αρθρώματα αυτά, μετά από πολύωρη λειτουργία του υπολογιστή.

3B.3.8 Οι Βάσεις της μνήμης RAM

Πάνω στη μητρική πλακέτα υπάρχουν ειδικές βάσεις (ή αρθρώσεις) μνήμης (Memory Slots) για την τοποθέτηση των αρθρωμάτων. Για κάθε τύπο αρθρώματος υπάρχει ξεχωριστή βάση. Οι βάσεις για

αρθρώματα μνήμης DIMM έχουν στο εσωτερικό τους μία προεξοχή, η οποία ανάλογα με το είδος της μνήμης βρίσκεται σε διαφορετικό σημείο και θηλुकώνει με την αντίστοιχη εγκοπή του αρθρώματος (Εικόνα 3B.7).



Εικόνα 3B.7 Αρθρώμα και βάση DIMM

ξάνεται το εύρος θέσης από 64bits σε 128bits και κατά συνέπεια και ρυθμός μεταφοράς δεδομένων. Π.χ. αν αντί για ένα DIMM 4GB, με ρυθμό μεταφοράς δεδομένων 10,6GB/sec, χρησιμοποιηθούν δύο DIMM των 2GB, σε λειτουργία dual channel, ο ρυθμός μεταφοράς θα αυξηθεί (θεωρητικά) σε 21,2GB/sec.

Πάνω στη μητρική πλακέτα, οι βάσεις του ενός ζεύγους (DIMM A1,B1) έχουν διαφορετικό χρώμα, από τις βάσεις του άλλου ζεύγους (DIMM A2,B2), ώστε να ξεχωρίζουν μεταξύ τους (Εικόνα 3B.8). Σε λειτουργία dual channel τοποθετούμε τα δύο αρθρώματα στις βάσεις με το ίδιο χρώμα. Μπορεί επίσης να συνδεθεί και δεύτερο ζεύγος, με τον ίδιο τρόπο.

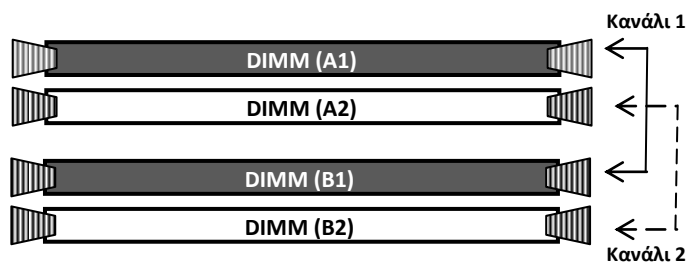
Οι αρθρώσεις των RAM μπορούν επίσης να συνδεθούν, εκτός από dual channel και ως triple channel (σπανιότερα), αλλά και ως quad channel, ανάλογα με τις δυνατότητες της μητρικής πλακέτας.

Όπως έχει αναφερθεί, τα αρθρώματα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε λειτουργία dual channel πρέπει να έχουν όλα τα χαρακτηριστικά τους ίδια. Για τον σκοπό αυτό, οι κατασκευαστές προσφέρουν τα αρθρώματα αυτά σε συσκευασία ζεύγους (dual channel kit) ή σε συσκευασία τετράδας (quad channel kit).

Για την τοποθέτηση ενός αρθρώματος μέσα στη βάση, τραβάμε προς τα έξω τους μοχλούς εκτίναξης (Ejectors) της βάσης, βάζουμε το DIMM με την σωστή φορά, μέσα στους οδηγούς της βάσης, ώστε η εγκοπή του αρθρώματος να βρίσκονται στο αντίστοιχο σημείο με την προεξοχή της βάσης και πιέζουμε κάθετα, με τους δύο αντίχειρές μας, τις δύο άκρες του αρθρώματος. Όταν το άρθρωμα εισέλθει μέσα στην βάση, αυτόματα μαζεύονται οι μοχλοί εκτίναξης προς τα μέσα και ασφαλίζουν το άρθρωμα. Αν επιθυμούμε να αφαιρέσουμε το άρθρωμα πιέζουμε ταυτόχρονα προς τα κάτω τους μοχλούς.

3B.3.9 Λειτουργία πολλαπλού καναλιού

Οι περισσότερες μητρικές πλακέτες παρέχουν την δυνατότητα τοποθέτησης των αρθρώματων κατά ζεύγη (Dual Channel). Εξυπακούεται ότι στη λειτουργία dual channel πρέπει να χρησιμοποιηθούν δύο αρθρώματα, που να είναι πανομοιότυπα. Με τον τρόπο αυτό αυ-



Εικόνα 3B.8 Βάσεις μνημών Dual Channel

Β. ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ - ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Όνοματεπώνυμο:	Ημερομηνία:
----------------	-------------

Μέρος 1^ο

Εντοπισμός των βασικών χαρακτηριστικών μνήμης RAM, ενός προσωπικού υπολογιστή, με τη βοήθεια benchmark.

Με τη βοήθεια του λογισμικού CPU-Z, εντοπίστε τα χαρακτηριστικά της μνήμης RAM, ενός προσωπικού υπολογιστή και σημειώστε τα στον παρακάτω πίνακα.

Είδος μνήμης RAM				
Ολική χωρητικότητα				
Λειτουργία dual channel				
Συχνότητα χρονισμού				
Χρονισμός	- - -			
Αριθμός αρθρωμάτων				
	Slot 1	Slot 2	Slot 3	Slot 3
Χωρητικότητα αρθρώματος				
Μέγιστη συχνότητα χρονισμού αρθρώματος				
Κωδικοποιημένη ονομασία είδους (π.χ. DDR4 -3200)				
Εμπορικός τύπος (π.χ. PC4 - 25600)				
Τάση λειτουργίας				

Μέρος 2^ο

Εντοπισμός των βασικών χαρακτηριστικών μνήμης RAM, που μπορεί να υποστηρίξει συγκεκριμένο μοντέλο μητρικής πλακέτας.

- ▲ Σημειώστε το μοντέλο μητρικής που σας δίδεται:
- ▲ Εντοπίστε το εγχειρίδιο χρήσης της μητρικής από το Διαδίκτυο.
- ▲ Βρείτε και σημειώστε τα παρακάτω χαρακτηριστικά μνήμης RAM, που υποστηρίζει το συγκεκριμένο μοντέλο :

Είδος μνήμης		
Αριθμός βάσεων DIMM		
Συχνότητες RAM, που υποστηρίζει η μητρική (Σημειώστε μέχρι 5 τιμές συχνότητας, από τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη)	F5	
	F4	
	F3	
	F2	
	F1	

- ▲ Για κάθε μια συχνότητα, εντοπίστε και σημειώστε τα παρακάτω στοιχεία για άρθρωμα 4GB.

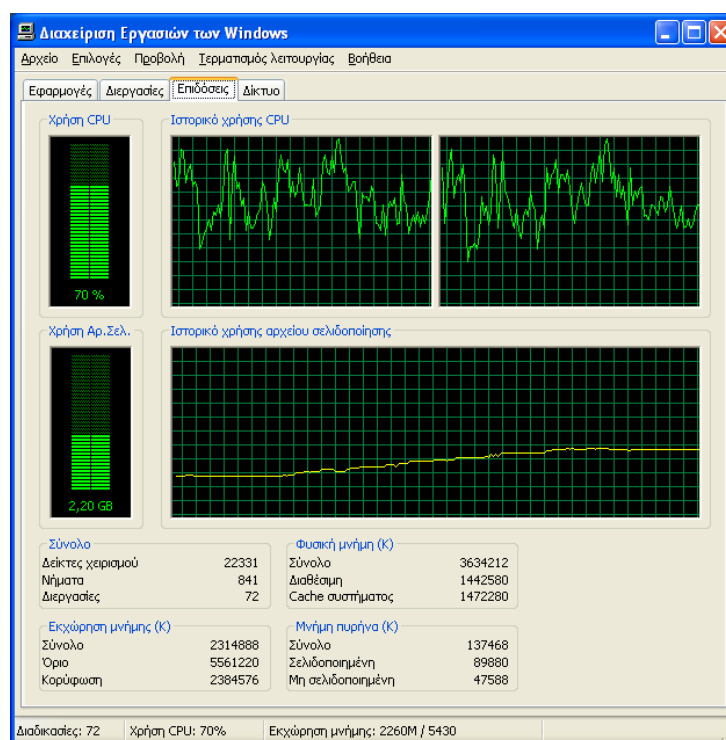
	Συχνότητα	Προμηθευτής	Part Number	Χρονισμός	Τάση
F5					
F4					
F3					
F2					
F1					

Μέρος 3^ο

Εντοπισμός επάρκειας μνήμης RAM, ενός προσωπικού υπολογιστή.

Η μέθοδος που θα ακολουθηθεί είναι απλή και προσεγγιστική.

Σε συγκεκριμένο υπολογιστή, ενεργοποιείτε ταυτόχρονα κάποιες απαιτητικές εφαρμογές. Ανοίξτε την «Διαχείριση Εργασιών των Windows» πατώντας συγχρόνως τα πλήκτρα **Ctrl + Alt + Del**. Επιλέξτε την καρτέλα «Επιδόσεις». Παρατηρείστε το σύνολο της φυσικής μνήμης και συγκρίνετέ το, με το ποσό της διαθέσιμης RAM, τη δεδομένη στιγμή. Εάν το ποσοστό της χρησιμοποιούμενης μνήμης (συνολική - διαθέσιμη) είναι μεγαλύτερο από το 80% της συνολικής μνήμης, τότε η επάρκεια της RAM είναι οριακή.

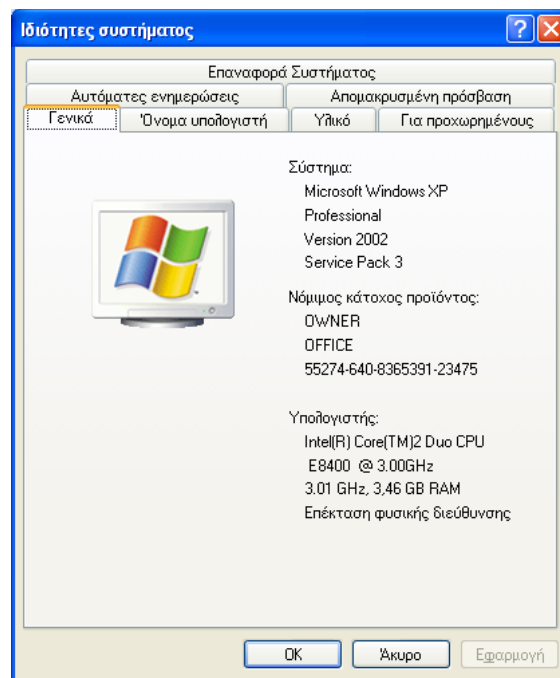


Μέρος 4^ο

Τοποθέτηση αρθρωμάτων μνήμης RAM, σε μητρική πλακέτα.

- ▲ Απενεργοποιείτε τον προσωπικό υπολογιστή, αποσυνδέστε τον ρευματολήπτη.
- ▲ Αναγνωρίστε το είδος και τον τύπο των αρθρωμάτων μνήμης.
- ▲ Εντοπίστε την χωρητικότητά τους.
- ▲ Βεβαιωθείτε ότι είναι κατάλληλα για την συγκεκριμένη μητρική.
- ▲ Φορέστε αντιστατικό βραχιόλι και συνδέστε το στη γείωση.

- ▲ Τοποθετήστε τα αρθρώματα σε θέση dual channel, βάσει των πληροφοριών των παραγράφων 3B.3.7, 3B.3.8 και 3B.3.9.
- ▲ Ενεργοποιήστε τον υπολογιστή.
- ▲ Παρατηρήστε, εάν κατά την εκκίνηση, αναγνωρίζεται η μνήμη RAM, από τον αυτοδιαγνωστικό έλεγχο που εκτελεί το POST.
- ▲ Κάντε δεξί κλικ στο «Ο Υπολογιστής μου» και επιλέξτε «Ιδιότητες». Στην καρτέλα «Γενικά» εντοπίστε την μνήμη RAM που έχει αναγνωρίσει ο υπολογιστής.



Ένα μέρος της συνολικής μνήμης δεσμεύεται για τις ανάγκες του λειτουργικού συστήματος. Εάν ο επεξεργαστής διαθέτει υποσύστημα γραφικών και είναι ενεργοποιημένο, τότε και αυτό θα δεσμεύσει ένα επιπλέον ποσό μνήμης.