

Μέσα στερεάς κατάστασης

Πηγή: <http://www.ipet.gr>

Τα αποθηκευτικά μέσα στερεής κατάστασης είναι συσκευές αποθήκευσης δεδομένων κλειστού τύπου, χωρίς κινούμενα μέρη, στις οποίες τα δεδομένα αποθηκεύονται ηλεκτρονικά σε κυκλώματα μνήμης, παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων πριν και μετά την επεξεργασία τους από τον κεντρικό επεξεργαστή ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, κοινός γνωστός και ως RAM (Random Access Memory – Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης) [140].

Η κύρια διαφοροποίησή της μνήμης που χρησιμοποιείται στα αποθηκευτικά μέσα στερεής κατάστασης, σε σχέση με τη μνήμη RAM που χρησιμοποιείται σήμερα στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, έγκειται στο χαρακτηριστικό της να διατηρεί τα αποθηκευμένα σε αυτή δεδομένα και μετά την παύση τροφοδοσίας της με ηλεκτρική ενέργεια. Αντιθέτως, η μνήμη RAM των ηλεκτρονικών υπολογιστών χάνει τελείως το περιεχόμενό της, όταν αυτή δε τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια. Η διαφοροποίηση αυτή ήταν η αιτία χαρακτηρισμού της κοινής μνήμης RAM σε ασταθή μνήμη και της μνήμης που διατηρεί τα δεδομένα της χωρίς τη σπατάλη επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας, σε μη ασταθή μνήμη.

Τα πλεονεκτήματα των αποθηκευτικών μέσων στερεής κατάστασης έναντι των συμβατικών αποθηκευτικών μέσων όπως οι σκληροί και οι οπτικοί δίσκοι είναι πολλά. Μερικά από αυτά είναι η μεγάλη τους αντοχή σε ισχυρά χτυπήματα, δονήσεις και πτώσεις, οι χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις για τη λειτουργία τους, το μικρό τους μέγεθος και βάρος σαν αποθηκευτική συσκευή και μέσο αποθήκευσης ταυτόχρονα, η υψηλή ταχύτητα πρόσβασης στα δεδομένα τους και η αθόρυβη λειτουργία τους. Ωστόσο η μικρή τους χωρητική ικανότητα και το υψηλό τους κόστος σε σχέση με αυτή, καθιστά τα αποθηκευτικά μέσα στερεής κατάστασης μια αρκετά ακριβή λύση και περιορίζει τη χρήση τους μόνο σε ιδιικές εφαρμογές, κυρίως όπου απαιτείται μια φορητή, ελαφριά και ενεργειακά οικονομική αποθηκευτική συσκευή.

Η πρώτη μορφή μη ασταθούς μνήμης εμφανίστηκε το 1967 στη μορφή της μνήμης μόνο για ανάγνωση (ROM - Read Only Memory). Το μειονέκτημα της μνήμης ROM είναι πως για την αποθήκευση των δεδομένων απαιτείται ιδιόκτος εξοπλισμός, ενώ η διαγραφή της ήταν αδύνατη. Το 1971 ένας νέος τύπος μνήμης ROM έκανε την εμφάνισή του, ο οποίος είχε την ιδιότητα να χάνει τα δεδομένα του μετά την έκθεσή του σε υπερϊώδη ακτινοβολία. Συνεπώς, η χρήση ιδιόκτου εξοπλισμού για την εγγραφή και διαγραφή της μνήμης αυτού του τύπου ήταν για ακόμα μια φορά αναγκαία. Ωστόσο, το 1983 πρωτοπαρουσιάστηκε ένας νέος τύπος μη ασταθούς μνήμης ROM, ο οποίος είχε την ιδιότητα να χάνει τα δεδομένα του ηλεκτρονικά. Έτσι η εγγραφή και διαγραφή των δεδομένων μπορούσε πια να γίνει, μέσω ιδιόκτου λογισμικού, από την ίδια τη συσκευή που κάνει χρήση της μνήμης αυτής, χωρίς τη χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού. Η μνήμη αυτού του τύπου ονομάστηκε EEPROM (Electronic Erasable Programmable ROM – ηλεκτρονικά ικανή να σβηστεί προγραμματιζόμενη ROM) και η διαγραφή της επιτυγχάνονταν με την εφαρμογή του κατάλληλου ηλεκτρικού πεδίου σε κάθε ένα από τα κελιά δεδομένων, γεγονός που την καθιστούσε πολύ αργή για πολλές εφαρμογές. Οι κατασκευαστές γρήγορα αντιλήφθηκαν τα πολλά πλεονεκτήματα της επανεγγράψιμης μη ασταθούς μνήμης και έτσι ανταποκρίθηκαν στο πρόβλημα της μικρής ταχύτητας διαγραφής των μνημών EEPROM, παρουσιάζοντας μια παραλλαγή τους, η οποία έχει το χαρακτηριστικό να σβήνονται τα δεδομένα της αστραπιαία. Προς χάριν της ιδιότητας αυτής, ο συγκεκριμένος τύπος μη ασταθούς μνήμης ονομάστηκε «μνήμη αστραπή» (Flash Memory) [113],[114].

Flash Memory (“Μνήμη Αστραπή”)

Η μνήμη φλας αποτελεί σήμερα το πιο διαδεδομένο αποθηκευτικό μέσο στερεής κατάστασης και χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλές εφαρμογές. Απόκοινές ηλεκτρονικές συσκευές όπως οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, τα PDA (Personal Digital Assistant – Προσωπικός Ψηφιακός Βοηθός), οι προσωπικοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι παιχνιδιομηχανές κλπ., μέχρι και σε ιδικό εξειδικευμένο εξοπλισμό για την καταγραφή δεδομένων για επιστημονικές και στρατιωτικές εφαρμογές.

Οι απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής υπαγορεύουν την επιλογή του κατάλληλου τύπου μνήμης φλας. Προς το παρόν υπάρχουν εμπορικά διαθέσιμοι τέσσερις διαφορετικοί τύποι μνήμης φλας, ο καθένας εκ των οποίων παρουσιάζει τις ανάλογες ιδιότητες. Αυτοί οι τύποι είναι [\[157\]](#):

- NOR. Η μνήμη φλας τύπου NOR είναι μια από τις προγενέστερες του είδους, η οποία, αν και ενεργειακά πιο απαιτητική σε σχέση με τις άλλες μορφές μνήμης φλας, παρουσιάζει γρήγορες επιδόσεις στην εγγραφή και ανάγνωση των δεδομένων. Ωστόσο το μεγάλο μέγεθος των αποθηκευτικών της στοιχείων και η δυσκολία που παρουσιάζεται στην αύξηση της χωρητικότητας τους, έχουν περιορίσει τη χωρητική της ικανότητα στο πλαίσιο μεταξύ 64 Kilobytes με 8 Megabytes.
- NAND. Είναι μνήμες ανθεκτικές και ενεργειακά οικονομικές, οι οποίες απαρτίζονται από αποθηκευτικά στοιχεία μικρού μεγέθους και απαντώνται σε πακέτα χωρητικότητας από 500 Kilobytes μέχρι 8 Megabytes. Ωστόσο υστερούν στις επιδόσεις τους, λόγω του σειριακού τρόπου πρόσβασης στα δεδομένα.
- DINOR. Πρωτοπαρουσιάστηκαν από την Mitsubishi, είναι αρκετά γρήγορες στην πρόσβαση και διαγραφή των αποθηκευμένων δεδομένων, έχουν μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και η χωρητική τους ικανότητα προς το παρόν κυμαίνεται μεταξύ 1 και 2 Megabytes.
- AND. – Είναι η μνήμη που συνδυάζει κάποια από τα καλά χαρακτηριστικά των μνημών τύπου NAND και NOR. Πρωτοπαρουσιάστηκε από τη Hitachi και χαρακτηρίζεται από την υψηλή ταχύτητα διαγραφής και τυχαίας προσπέλασης των δεδομένων, τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, το μικρό της μέγεθος και τη μεγάλη χωρητική της ικανότητα. Χρησιμοποιείται ευρέως σε συσκευές μεγάλης χωρητικότητας, η οποία ξεκινά από τα 32 Megabytes και να φτάνει μέχρι και μερικά Gigabytes.

Στο εμπόριο οι μνήμες φλας είναι διαθέσιμη σε διάφορα πακέτα, από διάφορες εταιρίες και το καθένα με τα ανάλογα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά. Παρά τις ομοιότητες στον τρόπο λειτουργίας τους και τα ίδια δομικά τους στοιχεία, οι διάφορες μορφές μνήμης φλας που κυκλοφορούν στο εμπόριο διαφέρουν στον τρόπο διασύνδεσης και επικοινωνίας με τη συσκευή που έχει ανάγκη τον αποθηκευτικό τους χώρο, όπως επίσης και στις επιδόσεις, το μέγεθος και τη χωρητικότητά τους. Τα πιο διαδεδομένα μέσα μη ασταθούς μνήμης είναι:



Compact Flash

Διαστάσεις: 36mm μήκος, 43mm πλάτος, πάχος 3,3mm (τύπος I) και 5,5mm (τύπος II).
 Χωρητικότητα: 8 MB -8 GB.
 Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων: 2 – 20 MB/sec.
 Ταχύτητα προσπέλασης δεδομένων: 0,05 χιλιοστά του δευτερολέπτου.
 Τύπος μνήμης: NAND



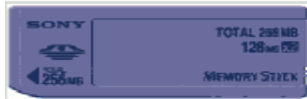
DiskOnChip

Διαστάσεις: 43mm μήκος, 18mm πλάτος, 6mm πάχος.
 Χωρητικότητα: 16 MB -1 GB.
 Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων: 0,6–1,1 MB/sec.
 Ταχύτητα προσπέλασης δεδομένων: <0,03 χιλιοστά του δευτερολέπτου.
 Τύπος μνήμης: NAND



Flash Disk

Διαστάσεις: 100mm μήκος, 70mm πλάτος, 10-40mm πάχος.
 Χωρητικότητα: 128 MB -90 GB.
 Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων: 40–100 MB/sec.
 Ταχύτητα προσπέλασης δεδομένων: <0,02 χιλιοστά του δευτερολέπτου.
 Τύπος μνήμης: NAND



Memory Stick

Διαστάσεις: 21.5mm μήκος, 50mm πλάτος, 2,8mm πάχος.
 Χωρητικότητα: 8 MB -4 GB.
 Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων: 1 – 20 MB/sec.
 Ταχύτητα προσπέλασης δεδομένων: 0,07
 Τύπος μνήμης: NAND



Multimedia Card (MMC)

Διαστάσεις: 32mm μήκος, 24mm πλάτος, πάχος 1,4mm.
 Χωρητικότητα: 8 MB -512 MB.
 Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων: 2 – 3 MB/sec.
 Ταχύτητα προσπέλασης δεδομένων: 0,08
 Τύπος μνήμης: NAND



PCMCIA disk

Διαστάσεις: 85,6mm μήκος, 54mm πλάτος, πάχος 3,3mm (τύπος I) 5mm (τύπος II) 10,5mm (τύπος III).
 Χωρητικότητα: 8 Megabytes -8 Gigabytes.
 Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων: 16-20MB/sec
 Ταχύτητα προσπέλασης δεδομένων: 2-400 χιλιοστά του δευτερολέπτου.
 Τύπος μνήμης: NAND



Secure Digital

Διαστάσεις: 32mm μήκος, 24mm πλάτος, πάχος 2,1mm.
 Χωρητικότητα: 8 MB -2GB.
 Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων: 2-10 MB/sec.
 Ταχύτητα προσπέλασης δεδομένων:
 Τύπος μνήμης: NAND



Smart Media

Διαστάσεις: 45mm μήκος, 37mm πλάτος, 0,76mm πάχος.
 Χωρητικότητα: 2 MB -512 MB.
 Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων:
 Ταχύτητα προσπέλασης δεδομένων: 0,05 χιλιοστά του δευτερολέπτου.
 Τύπος μνήμης: NAND



USB stick

Διαστάσεις: 90mm μήκος, 30mm πλάτος, 12mm πάχος.
 Χωρητικότητα: 2 MB -1 GB.
 Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων: 0,5-15MB/sec
 Ταχύτητα προσπέλασης δεδομένων:
 Τύπος μνήμης: NAND



xD Memory

Διαστάσεις: 20mm μήκος, 25mm πλάτος, 1,7mm πάχος.
 Χωρητικότητα: 2 MB -512 MB.
 Ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων: 1-15MB/sec
 Ταχύτητα προσπέλασης δεδομένων: 0,01 χιλιοστά του δευτερολέπτου.
 Τύπος μνήμης: NAND

Σιδηροηλεκτρική μνήμη (FeRAM)

Η σιδηροηλεκτρική μνήμη FeRAM (Ferro-electric Random Access Memory – Σιδηροηλεκτρική μνήμη τυχαίας προσπέλασης) πιθανότατα να αποτελέσει τον αντικαταστάτη της μνήμης φλας στο πολύ κοντινό μέλλον. Είναι μη ασταθής μνήμη, η οποία σε σχέση με τη μνήμη τύπου φλας είναι πολύ πιο γρήγορη, η ταχύτητά της πλησιάζει αυτή της μνήμης DRAM, όπως επίσης και πολύ πιο ενεργειακά οικονομική. Οι ιδιότητές της αυτές την καθιστούν ιδανική λύση αποθήκευσης για φορητές συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες.

Στη μνήμη αυτού του τύπου η πληροφορία αποθηκεύεται με τη χρήση σιδηροηλεκτρικών κρυστάλλων, στους οποίους όταν εφαρμοστεί ηλεκτρικό πεδίο, τότε το κεντρικό άτομο τους μετακινείται προς αυτό, ανάλογα με την πολικότητα του. Με τη διακοπή του ηλεκτρικού πεδίου, το κεντρικό άτομο δεν αλλάζει θέση και με τον τρόπο αυτό γίνεται εφικτή η αποθήκευση της πληροφορίας [141].

Μαγνητική μνήμη (MRAM)

Η μαγνητική μνήμη MRAM (Magnetoresistive Random Access Memory – Μαγνητοανθεκτική Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης) είναι μια νεοεμφανιζόμενη τεχνολογία πρωτογενούς αποθήκευσης δεδομένων, στην οποία η αποθηκευμένη πληροφορία έχει τη μορφή μαγνητικών πεδίων. Δεν είναι όμως η πρώτη φορά που χρησιμοποιούνται μαγνητικά πεδία για την πρωτογενή αποθήκευση δεδομένων. Οι μαγνητικοί κύλινδροι, που εμφανίστηκαν το 1950, ήταν οι πρώτες συσκευές πρωτογενούς αποθήκευσης δεδομένων που έκαναν χρήση μαγνητικών πεδίων για την έκφραση των αποθηκευμένων δεδομένων. Ωστόσο η αργή τους απόκριση στις κλήσεις του κεντρικού επεξεργαστή ήταν η κυριότερη αιτία εξαφάνισής τους. Οι συστοιχίες ζευγών ημιαγωγού ή τρανζίστορ και πυκνωτή είχαν τη δυνατότητα να τροφοδοτούν πολύ γρηγορότερα τον κεντρικό επεξεργαστή με δεδομένα και έτσι επικράτησαν έναντι των μαγνητικών κυλίνδρων, παρά το μεγάλο τους μειονέκτημα να χάνεται το περιεχόμενό τους όταν σταματήσει η τροφοδοσία τους με ηλεκτρική ενέργεια.

Οι ημιαγωγοί μνήμης που χρησιμοποιούνται σήμερα στους περισσότερους ηλεκτρονικούς υπολογιστές είναι τύπου ασταθούς μνήμης και για τη διατήρηση των πληροφοριών τους απαιτούν τη συνεχή τροφοδοσία τους με ηλεκτρική ενέργεια, γεγονός που τους καθιστά ενεργειακά απαιτητικούς. Σε συσκευές όπου είναι επιθυμητή η αποθήκευση πληροφορίας και η διατήρησή της χωρίς την περαιτέρω σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας, όπως για παράδειγμα σε φορητές συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες, γίνεται χρήση μη ασταθούς μνήμης (flash memory) η οποία είναι πολύ πιο αργή από την ασταθή μνήμη (ram), αλλά μπορεί να διατηρεί για μερικά χρόνια τα δεδομένα που αποθηκεύονται σε αυτή, χωρίς την ανάγκη τροφοδοσίας της με ηλεκτρική ενέργεια.

Η μαγνητική μνήμη έρχεται να προσφέρει λύση στο πρόβλημα της ταχύτατης μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων, συνδυάζοντας τα πλεονεκτήματα της ασταθούς και της μη-ασταθούς μνήμης σε ένα νέο είδος μικροτσιπ αποθήκευσης. Τα μικροτσιπ μαγνητικής μνήμης έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των μικροτσιπ μνήμης ασταθούς και μη ασταθούς (φλας) τύπου. Το κυριότερο πλεονέκτημά τους είναι η ικανότητα να διατηρούν τα αποθηκευμένα δεδομένα τους χωρίς να τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια, με αποτέλεσμα να τις καθιστούν περισσότερο αξιόπιστες και λιγότερο απαιτητικές σε ηλεκτρική ενέργεια από τις μνήμες ασταθούς τύπου. Επίσης θα παρουσιάζουν παρόμοια πυκνότητα δεδομένων με τις ασταθείς μνήμες τύπου DRAM, όπως επίσης και την ιδιότητα να στοιβάζονται πολλαπλά στρώματα μαγνητικής μνήμης στο ίδιο πακέτο, με

επακόλουθο την περαιτέρω συμπίκνωση του φυσικού όγκου που καταλαμβάνουν τα δεδομένα. Όσον αφορά την ταχύτητα αποθήκευσης και ανάκτησης δεδομένων που θα επιδεικνύει η μαγνητική μνήμη, εικάζεται από τις κατασκευάστριες εταιρίες πως αυτή θα ξεπερνά κατά πολύ αυτή της μνήμης DRAM.

Η μαγνητική μνήμη είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία, αφού τα πολυαναμενόμενα χαρακτηριστικά της θα οδηγήσουν στην εμφάνιση νέου τύπου ηλεκτρονικών συσκευών, οι οποίες θα έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν μεγάλο όγκο δεδομένων ταχύτατα και χωρίς την απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας για τη διατήρησή του. Στο πολύ κοντινό μέλλον, η χρήση της αποτελεί την αποφυγή της χρονοβόρου διαδικασίας που λαμβάνει μέρος μαγνητικής μνήμης στους προσωπικούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές θα έχει ως κατά την εκκίνηση και τερματισμό της λειτουργίας του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Έτσι με το που θα τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα ο ηλεκτρονικός μας υπολογιστής θα έρχεται σε πλήρη λειτουργική κατάσταση μέσα σε κλάσματα του δευτερολέπτου, όπως συμβαίνει και με το ραδιόφωνο ή την τηλεόραση. Συνάμα, θα μπορούμε να θέσουμε τον υπολογιστή εκτός λειτουργίας χωρίς να ανησυχούμε για την εγγραφή των αρχείων της εργασίας μας στον σκληρό δίσκο, αφού η κύρια μνήμη του υπολογιστή δε θα χάνει τα δεδομένα της και έτσι την επόμενη φορά που θα τον θέσουμε σε λειτουργία όλα θα είναι έτσι όπως τα αφήσαμε πριν διακόψουμε τη λειτουργία του. Η ιδιότητα αυτή της μαγνητικής μνήμης δεν έχει στόχο μόνο την άνεση του χρήστη, ταυτόχρονα αποσκοπεί και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, από την απαλλαγή της χρονοβόρου διαδικασίας μεταφοράς δεδομένων, απαραίτητων για τη λειτουργία του ηλεκτρονικού υπολογιστή, από την αργή μόνιμη μνήμη (σκληρό δίσκο) στην ταχύτατη προσωρινή (ασταθή μνήμη τύπου DRAM), αλλά και από τη συνεχή τροφοδοσία της με ηλεκτρική ενέργεια, για τη διατήρησή τους [\[143\]](#).

Ovonic Unified Memory (OUM)

Η μνήμη OUM είναι μια διαφορετική προσέγγιση στη δημιουργία μη ασταθούς μνήμης υψηλής ταχύτητας, η οποία βασίζεται στην αρχή λειτουργίας των επανεγγράψιμων οπτικών δίσκων. Παρά το ότι ακόμα βρίσκεται σε θεωρητικό επίπεδο και δεν έχει κατασκευαστεί κάποιο πρωτότυπο, τα χαρακτηριστικά της αναμένονται αρκετά ελκυστικά. Τα βασικότερα από αυτά είναι: η μεγάλη ταχύτητα πρόσβασης και ανάκτησης των δεδομένων, η οποία αν και δε θα φτάνει την ταχύτητα της μνήμης MRAM ωστόσο θα είναι αρκετά γρήγορη και κατάλληλη για πολλές εφαρμογές, το μικρό κόστος κατασκευής, η μεγάλη αντοχή στη συνεχόμενη χρήση, το μικρό τους μέγεθος και πολλά άλλα που αναμένετε να δούμε στο κοντινό μέλλον [\[142\]](#).