



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Ψηφιακή Λογική Σχεδίαση

Επιμέλεια:

Γεώργιος Θεοδωρίδης, Επίκουρος Καθηγητής

Ανδρέας Εμερετλής, Υποψήφιος Διδάκτορας

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη Δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό αναπτύχθηκε στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πατρών.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Μνήμη

- Εισαγωγή
- Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (Random Access Memory – RAM)
- Αποκωδικοποίηση μνήμης
- Μνήμη ανάγνωσης μόνο (Read Only Memory – ROM)

- Η μνήμη είναι μία κυκλωματική μονάδα όπου μπορούμε να:
 - αποθηκεύσουμε δεδομένα (λειτουργία εγγραφής – **write operation**)
 - ανακτήσουμε δεδομένα (λειτουργία ανάγνωσης – **read operation**)

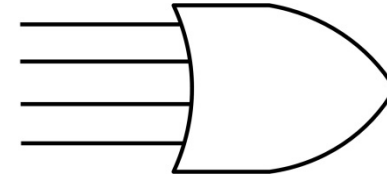
- Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι μνημών:
 - Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (Random Access Memory – RAM)
 - Μνήμη ανάγνωσης μόνο (Read Only Memory – ROM)

- Οι μνήμες **RAM** επιτρέπουν **ανάγνωση & εγγραφή** των δεδομένων

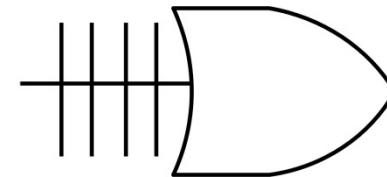
- Οι μνήμες **ROM** επιτρέπουν **μόνο ανάγνωση** των δεδομένων

- Οι σύγχρονες μνήμες είναι μεγάλου μεγέθους (της τάξης των GBs)

➤ Για λόγους απλοποίησης των σχημάτων ακολουθείται ο εξής συμβολισμός για πολλαπλών εισόδων πύλες



➤ Οι είσοδοι αντικαθίστανται από μία γραμμή εισόδου με πολλαπλές κάθετες γραμμές



- Εισαγωγή
- Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (Random Access Memory – RAM)
- Αποκωδικοποίηση μνήμης
- Μνήμη ανάγνωσης μόνο (Read Only Memory – ROM)

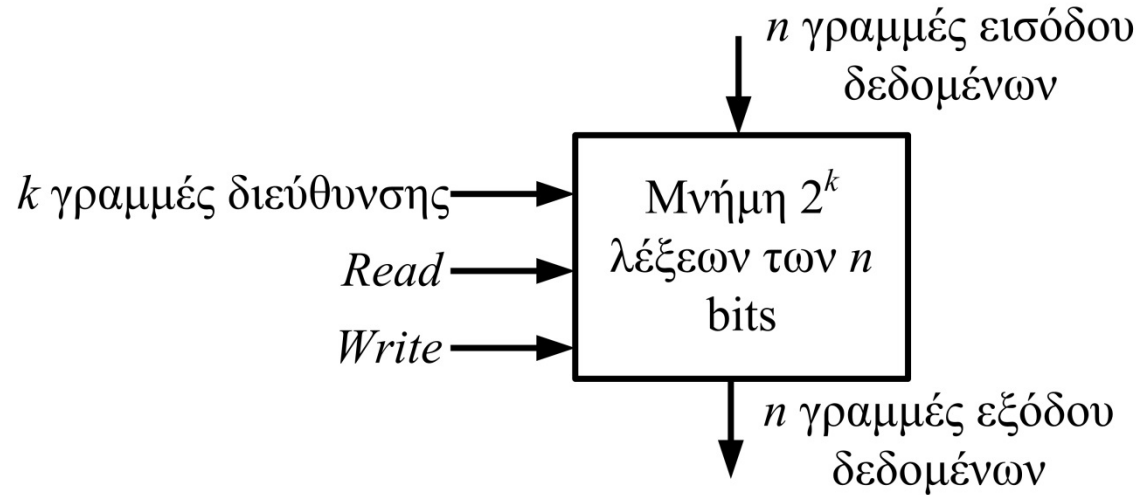
- Μία μνήμη RAM (όπως και κάθε μνήμη) περιέχει :
 - κύτταρα (κυκλώματα) αποθήκευσης των δεδομένων
 - κυκλώματα για την εγγραφή / ανάγνωση των δεδομένων

- Ο χρόνος ανάγνωσης/εγγραφής δεδομένων σε μία θέση μνήμης καλείται **χρόνος προσπέλασης (access time)**

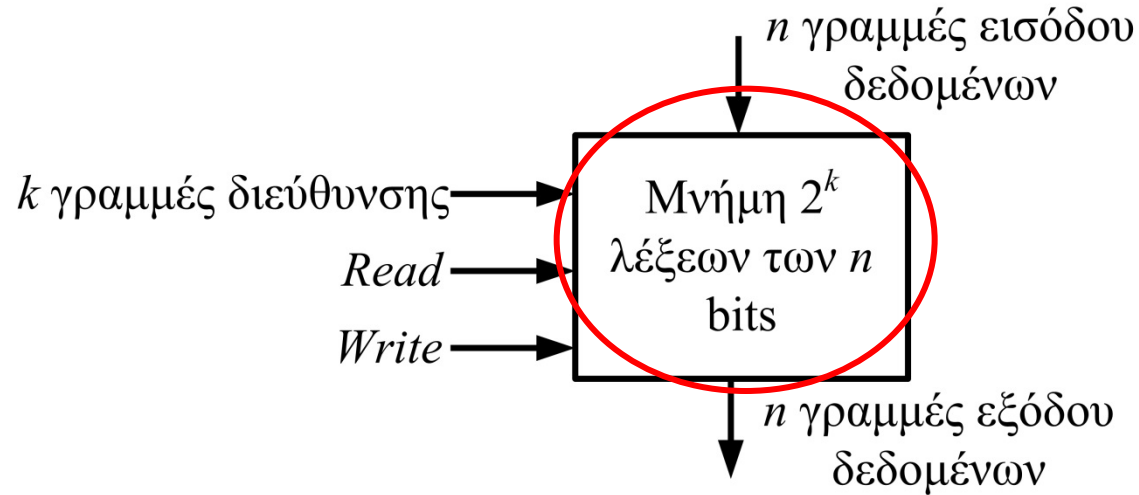
- Ο χρόνος προσπέλασης σε μία μνήμη RAM είναι ίδιος για οποιαδήποτε θέση της μνήμης
 - Για αυτό καλείται τυχαίας προσπέλασης

- Τα δεδομένα οργανώνονται σε ομάδες ψηφίων που καλούνται **λέξεις (words)**
 - Το μήκος λέξης είναι συνήθως ίσο με δύναμη του 2
 - Για παράδειγμα 8-, 16-, 32-, 64-bit λέξεις

Δομικό Διάγραμμα – Διεπαφή Μνήμης RAM

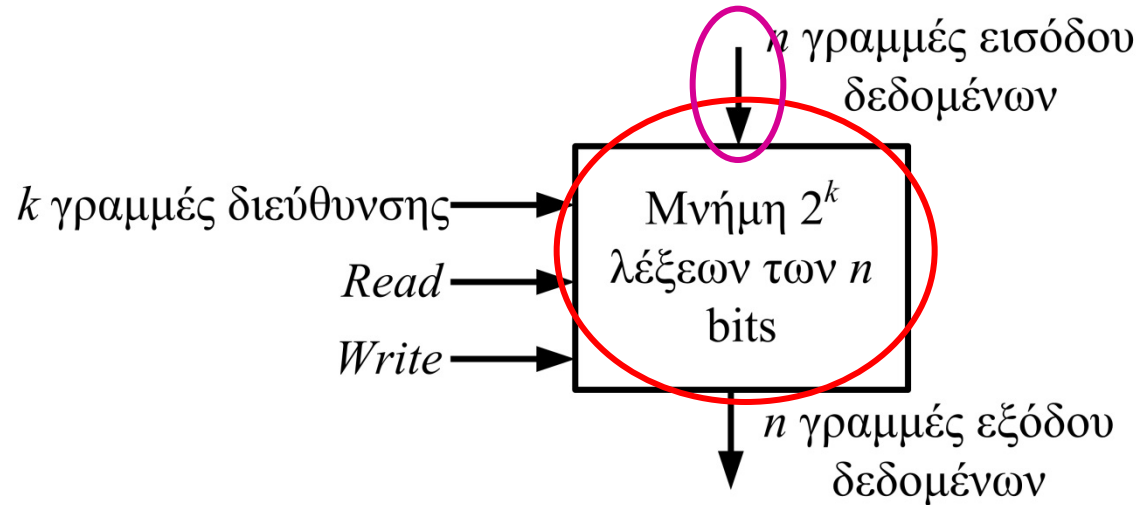


Δομικό Διάγραμμα – Διεπαφή Μνήμης RAM



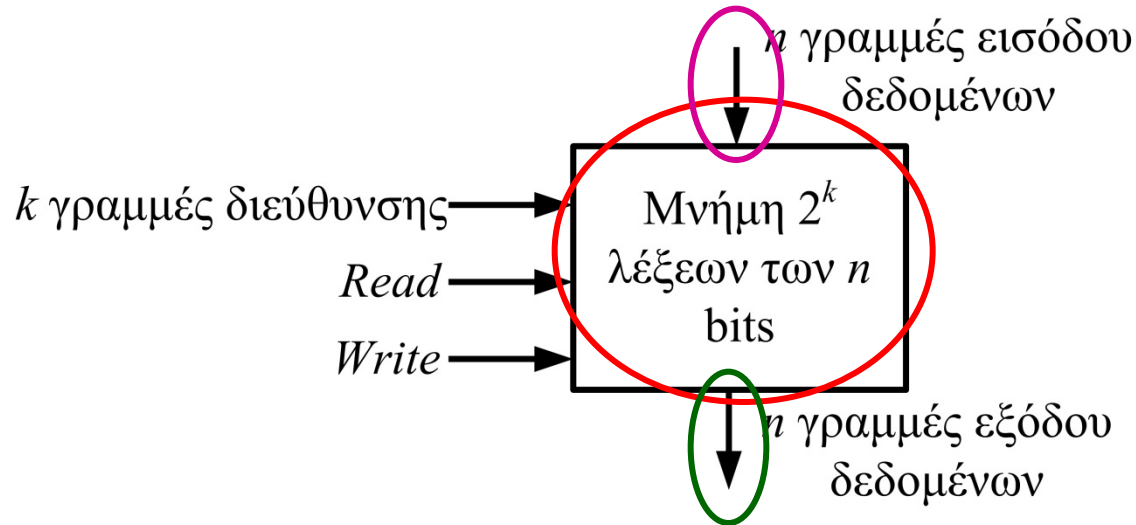
➤ Κυκλώματα αποθήκευσης πληροφορίας

Δομικό Διάγραμμα – Διεπαφή Μνήμης RAM



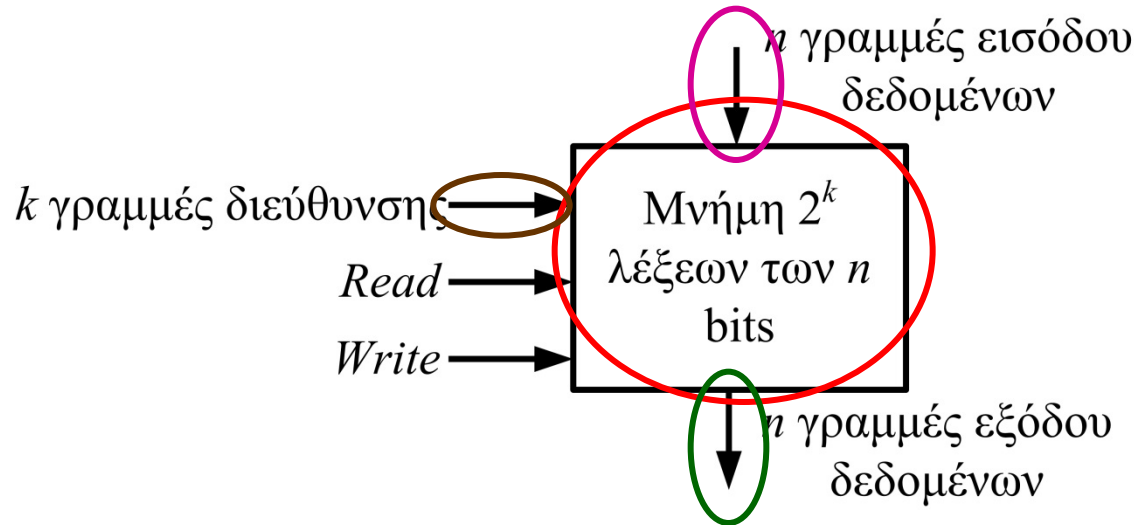
- Κυκλώματα αποθήκευσης πληροφορίας
- Σήματα εισόδου – εξόδου διεπαφής (interface) με το εξωτερικό περιβάλλον
 - Γραμμές εισόδου δεδομένων – λειτουργία εγγραφής (write operation)

Δομικό Διάγραμμα – Διεπαφή Μνήμης RAM

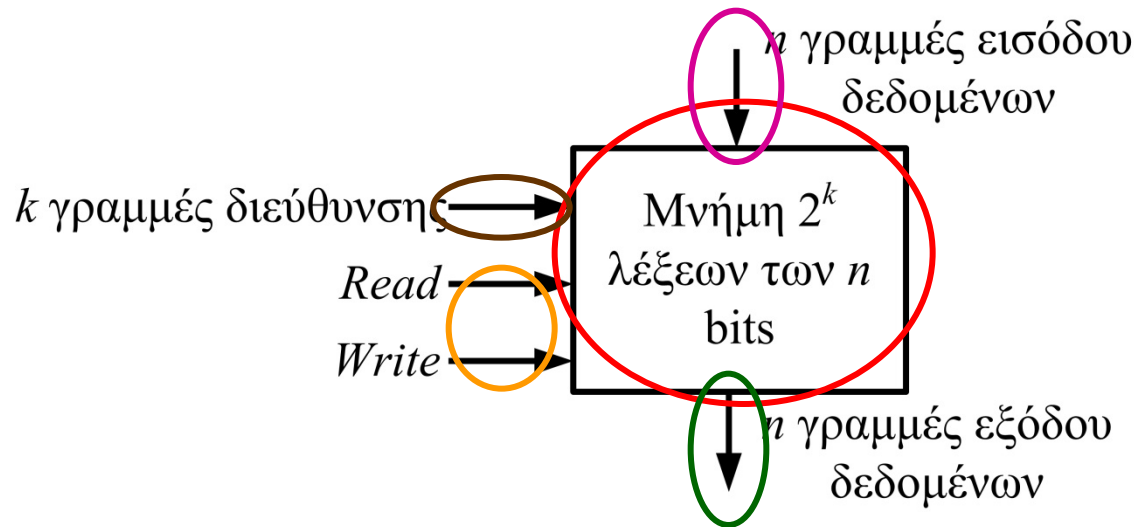


- Κυκλώματα αποθήκευσης πληροφορίας
- Σήματα εισόδου – εξόδου διεπαφής (interface) με το εξωτερικό περιβάλλον
 - Γραμμές εισόδου δεδομένων – λειτουργία εγγραφής (write operation)
 - Γραμμές εξόδου δεδομένων – λειτουργία ανάγνωσης (read operation)

Δομικό Διάγραμμα – Διεπαφή Μνήμης RAM

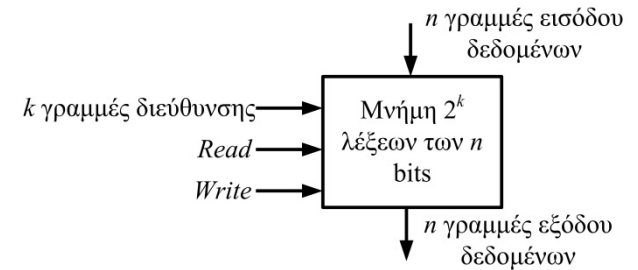


- Κυκλώματα αποθήκευσης πληροφορίας
- Σήματα εισόδου – εξόδου διεπαφής (interface) με το εξωτερικό περιβάλλον
 - Γραμμές εισόδου δεδομένων – λειτουργία εγγραφής (**write operation**)
 - Γραμμές εξόδου δεδομένων – λειτουργία ανάγνωσης (**read operation**)
 - Γραμμές **διευθυνσιοδότησης** για τον εντοπισμό της λέξης/ θέσης μνήμης

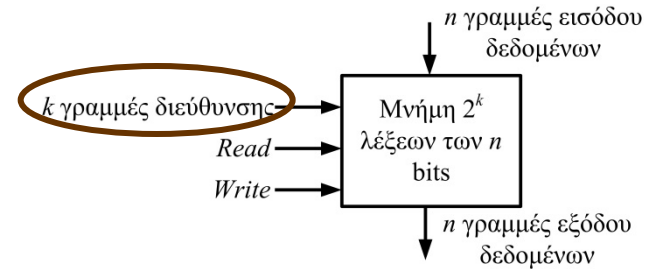


- Κυκλώματα αποθήκευσης πληροφορίας
- Σήματα εισόδου – εξόδου διεπαφής (interface) με το εξωτερικό περιβάλλον
 - Γραμμές εισόδου δεδομένων – λειτουργία εγγραφής (**write operation**)
 - Γραμμές εξόδου δεδομένων – λειτουργία ανάγνωσης (**read operation**)
 - Γραμμές **διευθυνσιοδότησης** για τον εντοπισμό της λέξης/ θέσης μνήμης
 - **Γραμμές ελέγχου** για τον καθορισμό της λειτουργίας (ανάγνωση/εγγραφή, επιλογή ολοκληρωμένου, κλπ.)

- Οι λέξεις (δεδομένα) αποθηκεύονται σε θέσεις μνήμης
- Σε κάθε θέση μνήμης αντιστοιχεί ένας μοναδικός αριθμός αναγνώρισης που καλείται **διεύθυνση (address)**

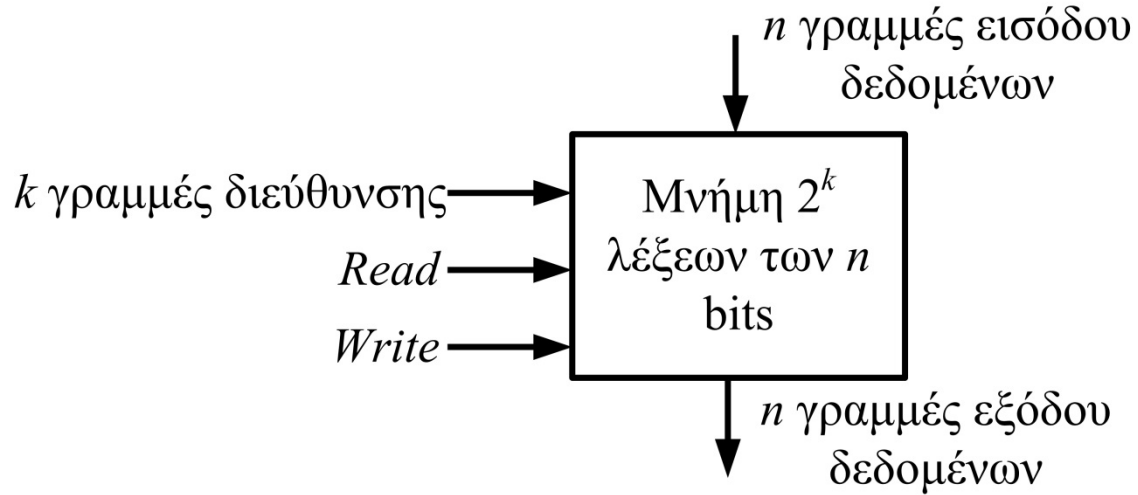


- Οι λέξεις (δεδομένα) αποθηκεύονται σε θέσεις μνήμης
- Σε κάθε θέση μνήμης αντιστοιχεί ένας μοναδικός αριθμός αναγνώρισης που καλείται **διεύθυνση (address)**
- Αν χρησιμοποιούνται **k γραμμές διευθ.** $\Rightarrow 2^k$ θέσεις μνήμης μπορούν να διευθυνσιοδοτηθούν
- Χρήση αποκωδικοποιητή (decoder) για την ενεργοποίηση της θέσης
 - Δέχεται ως είσοδο τη διεύθυνση και με κατάλληλο σήμα εξόδου ενεργοποιεί την αντίστοιχη θέση μνήμης

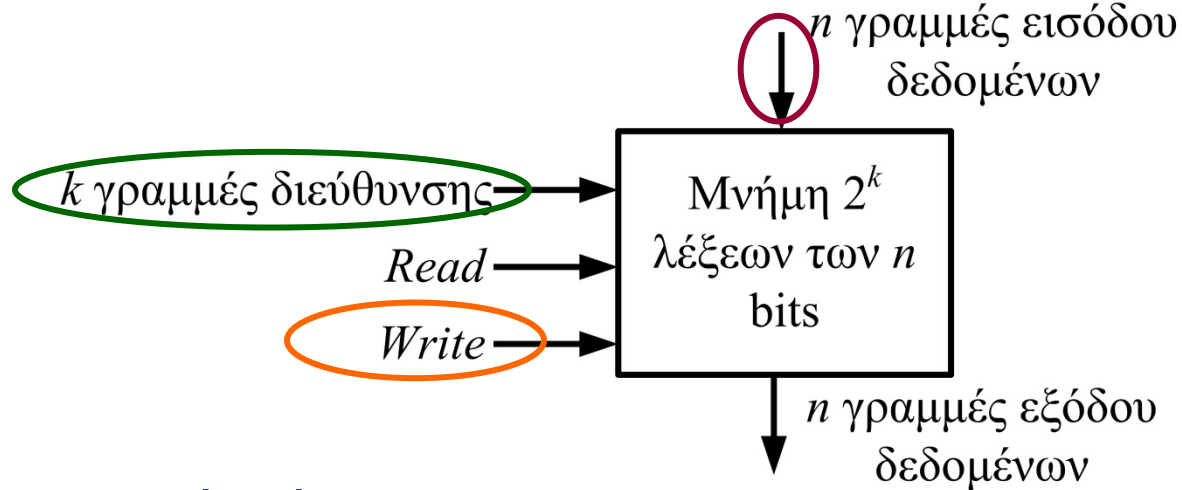


- Το μέγεθος της μνήμης καθορίζεται από:
 - πλήθος των θέσεων μνήμης
 - πλήθος των ψηφίων (λέξη) ανά θέση μνήμης
- Συνήθως το μέγεθος μετριέται σε ψηφιολέξεις (bytes) – 1 byte = 8 bits
- Αν χρησιμοποιούνται k γραμμές διευθ. $\Rightarrow 2^k$ θέσεις μνήμης μπορούν να διευθυνσιοδοτηθούν
 - Για m θέσεις μνήμης απαιτούνται τουλάχιστον $\lceil \log_2 m \rceil$ σήματα διευθύνσεων
- Παράδειγμα: μια μνήμη 1Kx16bits
 - Γραμμές διευθύνσεων: 10 ($2^{10} = 1\text{K}$ θέσεις)
 - Μέγεθος λέξης: 2 bytes
 - Μέγεθος μνήμης: 2KB (K Bytes) – (1K θέσεις) x (2 bytes/θέση)

Λειτουργία Εγγραφής



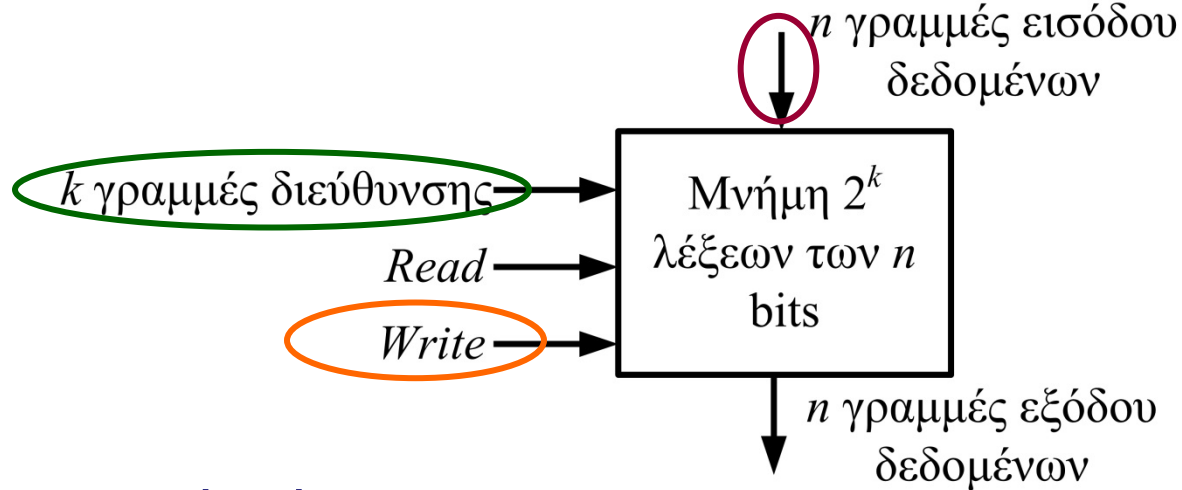
Λειτουργία Εγγραφής



➤ Για την εγγραφή πρέπει να:

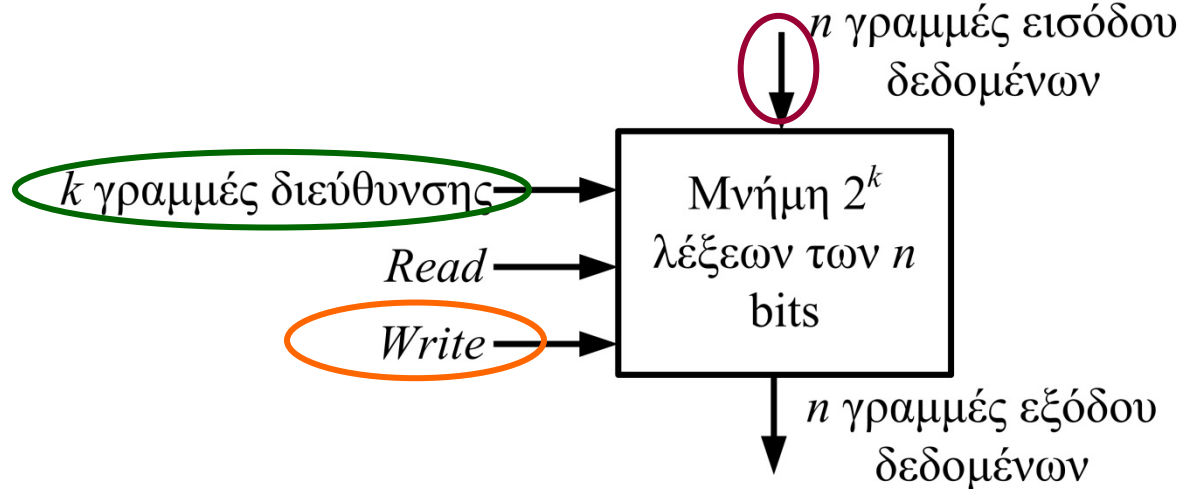
- Εφαρμόσουμε τη λέξη διεύθυνσης στο δίαυλο διευθύνσεων (address bus)
- Εφαρμόσουμε τα δεδομένα προς εγγραφή στο δίαυλο δεδομένων (data bus)
- Ενεργοποιήσουμε το σήμα εγγραφής write

Λειτουργία Εγγραφής



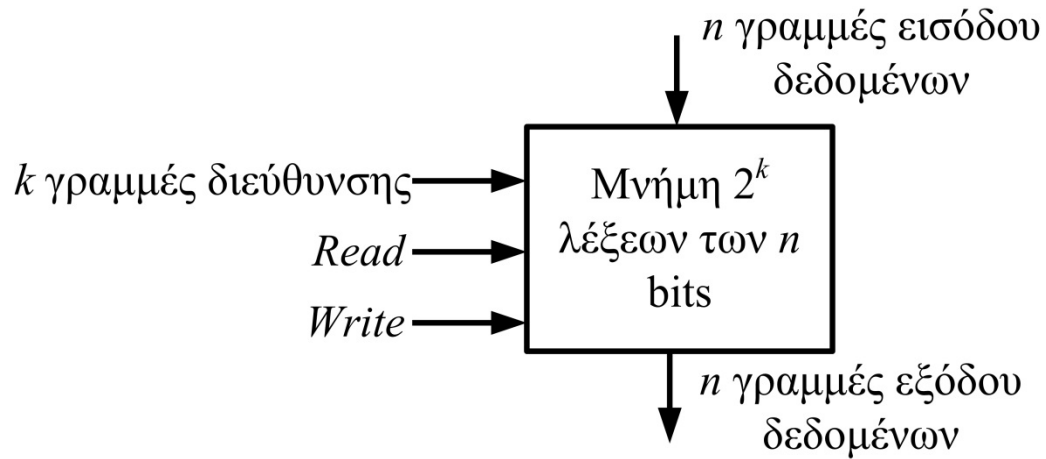
- Για την εγγραφή πρέπει να:
 - Εφαρμόσουμε τη λέξη διεύθυνσης στο δίαυλο διευθύνσεων (address bus)
 - Εφαρμόσουμε τα δεδομένα προς εγγραφή στο δίαυλο δεδομένων (data bus)
 - Ενεργοποιήσουμε το σήμα εγγραφής write
- Μετά από καθυστέρηση τα δεδομένα αποθηκεύονται στη θέση μνήμης

Λειτουργία Εγγραφής

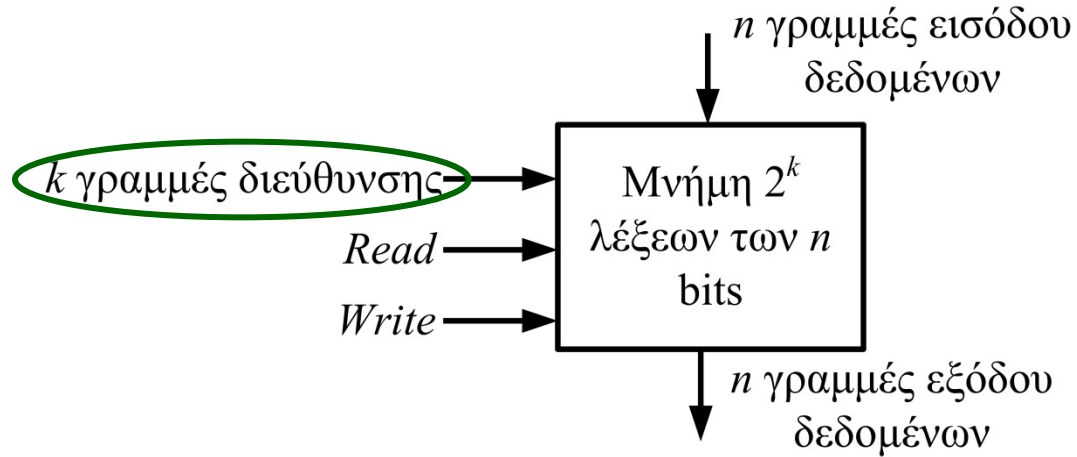


- Για την εγγραφή πρέπει να:
 - Εφαρμόσουμε τη λέξη διεύθυνσης στο δίαυλο διευθύνσεων (address bus)
 - Εφαρμόσουμε τα δεδομένα προς εγγραφή στο δίαυλο δεδομένων (data bus)
 - Ενεργοποιήσουμε το σήμα εγγραφής write
- Μετά από καθυστέρηση τα δεδομένα αποθηκεύονται στη θέση μνήμης
- Καθ' όλη τη διάρκεια:
 - Το σήμα ανάγνωσης read πρέπει να είναι ανενεργό
 - Οι γραμμές εξόδου δεδομένων είναι αχρησιμοποίητες

Λειτουργία Ανάγνωσης

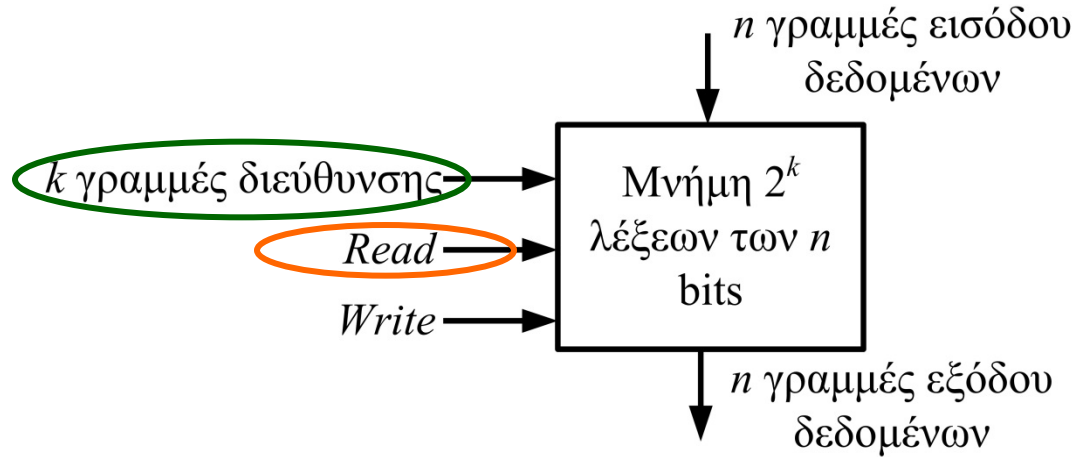


Λειτουργία Ανάγνωσης



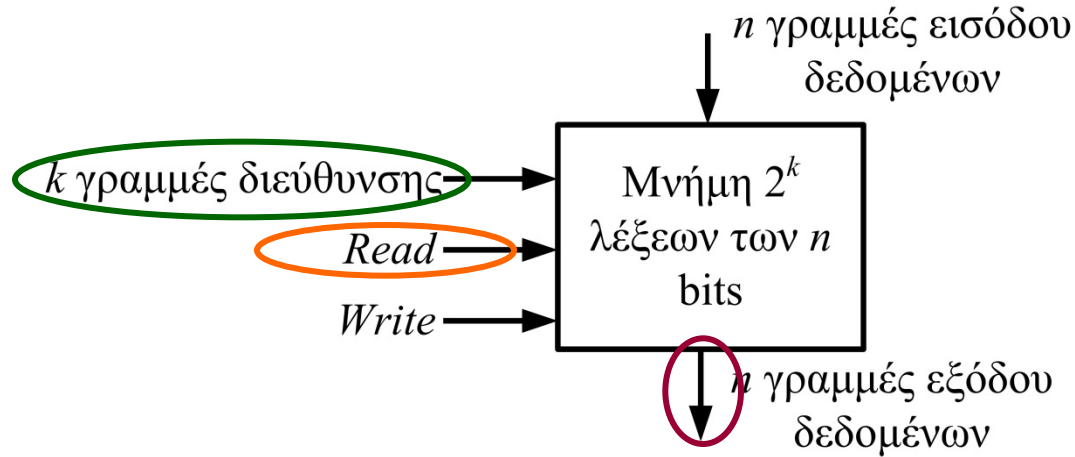
- Εφαρμόζουμε τη λέξη διεύθυνσης στο δίαυλο διευθύνσεων (address bus)

Λειτουργία Ανάγνωσης



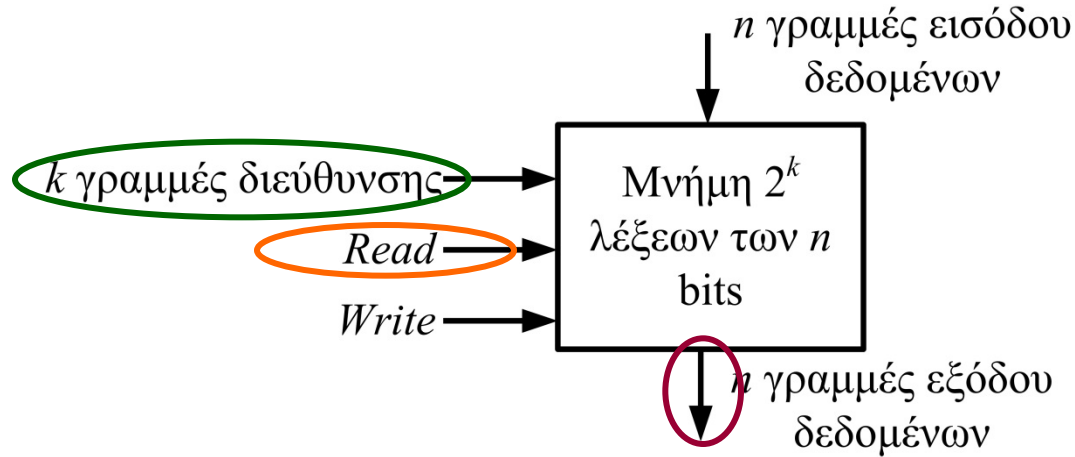
- Εφαρμόζουμε τη λέξη διεύθυνσης στο δίαυλο διευθύνσεων (address bus)
- Ενεργοποιούμε το σήμα ανάγνωσης write

Λειτουργία Ανάγνωσης



- Εφαρμόζουμε τη λέξη διεύθυνσης στο δίαυλο διευθύνσεων (address bus)
- Ενεργοποιούμε το σήμα ανάγνωσης write
- Μετά από καθυστέρηση τα δεδομένα τοποθετούνται στο δίαυλο εξόδου δεδομένων

Λειτουργία Ανάγνωσης



- Εφαρμόζουμε τη λέξη διεύθυνσης στο δίαυλο διευθύνσεων (address bus)
- Ενεργοποιούμε το σήμα ανάγνωσης write
- Μετά από καθυστέρηση τα δεδομένα τοποθετούνται στο δίαυλο εξόδου δεδομένων
- Καθ' όλη τη διάρκεια:
 - Το σήμα ανάγνωσης write πρέπει να είναι ανενεργό
 - Οι γραμμές εισόδου δεδομένων είναι αχρησιμοποίητες

Διεπαφή Μνήμης – Επέκταση

- Για λόγους κατασκευής δεν μπορούν να κατασκευαστούν μνήμης μεγάλου μεγέθους
– μια μεγάλη μνήμη αποτελείται από έναν αριθμό ολοκληρωμένων (Integrated Circuits –ICs)
- Όμως κάθε φορά μια θέση προσπελαύνεται => ένα IC πρέπει να ενεργοποιηθεί => χρήση σήματος ελέγχου **ενεργοποίηση μνήμης (mem enable)**
- Επίσης, **δε μπορεί να γίνει ταυτόχρονα ανάγνωση και εγγραφή => χρήση ενός σήματος rd / wr'**
- Ένας δίαυλος δεδομένων δύο κατευθύνσεων (είσοδος/έξοδος)
– Οικονομία ακροδεκτών, καλωδίων και επιφάνειας – Μείωση της πολυπλοκότητας

Memory Enable	Read/Write	Λειτουργία
0	X	Καμία
1	0	Εγγραφή
1	1	Ανάγνωση

- Ανάλογα με τον τρόπο προσπέλασης:
 - τυχαίας προσπέλασης – Μνήμες RAM
 - σειριακής προσπέλασης – Μαγνητικοί δίσκοι, μαγνητικές ταινίες, οπτικοί δίσκοι

- Ο χρόνος προσπέλασης στις RAM είναι σταθερός

- Ο χρόνος προσπέλασης στις σειριακές μνήμες είναι μεταβλητός – Εξαρτάται από τη απόσταση της θέσης μνήμης σε σχέση με:
 - την τρέχουσα θέση της κεφαλής
 - την αρχή του τμήματος μνήμης (sector)

- Ανάλογα με τα κυκλώματα υλοποίησης
- Κατηγορίες μνημών RAM: **στατικές** (static –SRAM) , **δυναμικές** (dynamic – DRAM)
- Οι **στατικές RAM** χρησιμοποιούν κυκλώματα μανδαλατών (latches) για την αποθήκευση των δεδομένων
 - Μεγάλη ταχύτητα
 - Μεγάλη επιφάνεια (6 τρανζίστορ / κύτταρο)
 - Χρήση για on-chip memory (cache)
- Οι **δυναμικές RAM** χρησιμοποιούν πυκνωτές για την αποθήκευση των δεδομένων
 - Μικρή επιφάνεια (1 τρανζίστορ / κύτταρο)
 - Ρεύματα διαρροής αλλοιώνουν την πληροφορία (φορτίο πυκνωτή) => κυκλώματα ανανέωσης (refresh circuits)
 - Χρήση για μεγάλες εξωτερικές μνήμες – main computer memory

- Ανάλογα με τη διατήρηση των δεδομένων με τη διακοπή της τροφοδοσίας: **πτητικές (volatile)**, **μη πτητικές (non-volatile)**

- Οι **πτητικές μνήμες χάνουν τα δεδομένα με τη διακοπή της πληροφορίας**
 - Παράδειγμα: RAM

- Οι **μη πτητικές μνήμες διατηρούν τα δεδομένα με τη διακοπή της πληροφορίας** – Παράδειγμα χρήσης κυκλώματα BIOS
 - ROM
 - EPROM (Electrically Programmable ROM)
 - EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM)
 - FLASH

- Κυκλώματα για την αποθήκευση / ανάγνωση δεδομένων

- Σήματα διεπαφής
 - Data in – Data out (συνήθως ένα δίαυλος δύο κατευθύνσεων)
 - Σήματα διευθυνσιοδότησης – επιλογή μια συγκεκριμένης θέσης μνήμης, k
σήματα διεύθ. $\Rightarrow 2^k$ θέσεις μνήμης
 - Σήματα ελέγχου (επιλογή IC, rd/wr')

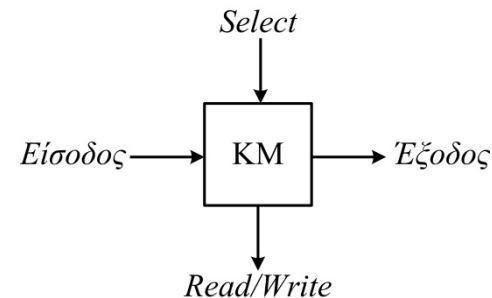
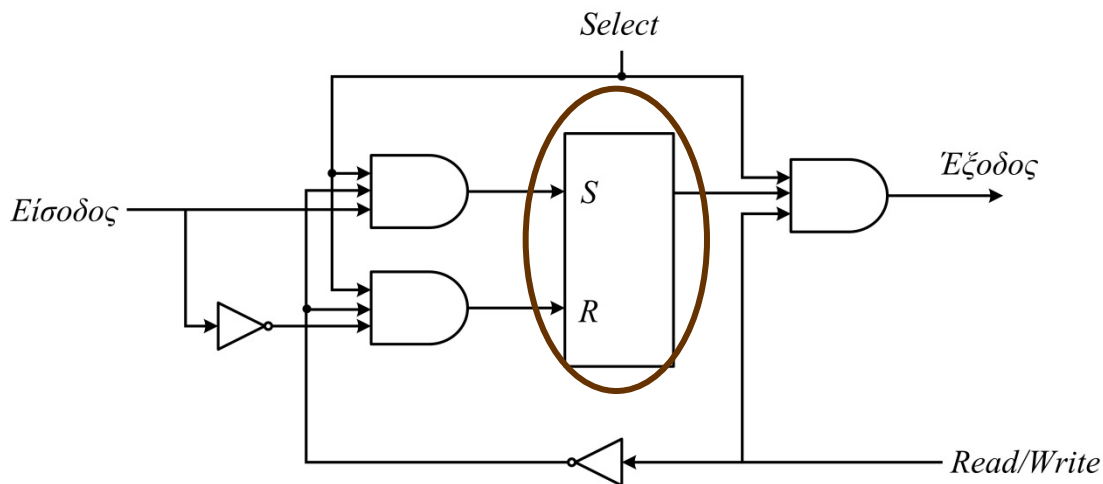
- Λειτουργίες ανάγνωση / εγγραφής δεδομένων
 - Διαγράμματα χρονισμού

- Κατηγορίες μνημών
 - Τρόπο προσπέλασης (RAM, serial)
 - Κυκλώματα υλοποίησης (δυναμικές, στατικές)
 - Διατήρηση δεδομένων (πτητικές, μη πτητικές)

- Εισαγωγή
- Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (Random Access Memory – RAM)
- Αποκωδικοποίηση μνήμης
- Μνήμη ανάγνωσης μόνο (Read Only Memory – ROM)

- Για την επιλογή της θέσης μνήμης από την (στην) οποία διαβάζονται (γράφονται) δεδομένα απαιτείται η αποκωδικοποίηση της εφαρμοζόμενης διεύθυνσης
- Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κυκλώματα αποκωδικοποιητών (decoders)
- Μπορεί να χρησιμοποιηθούν:
 - Αποκωδικοποιητές πολύπλεξης διεύθυνσης
 - Ιεραρχικά οργανωμένοι αποκωδικοποιητές

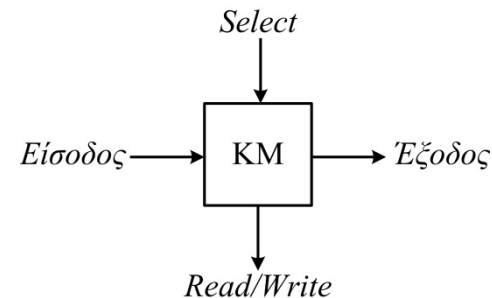
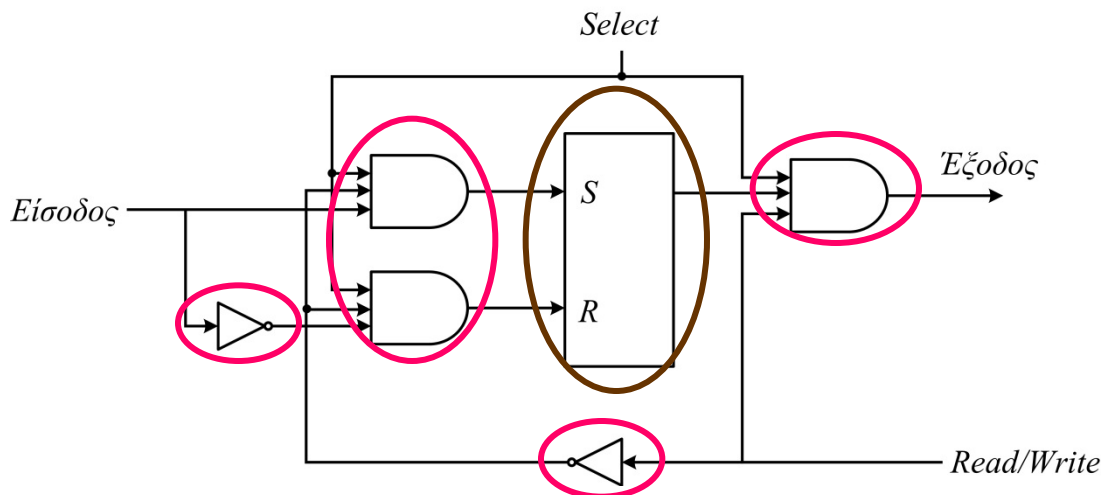
Εσωτερικό Κύτταρο Μνήμης (1/3)



➤ Για την αποθήκευση χρησιμοποιείται ένα flip-flop

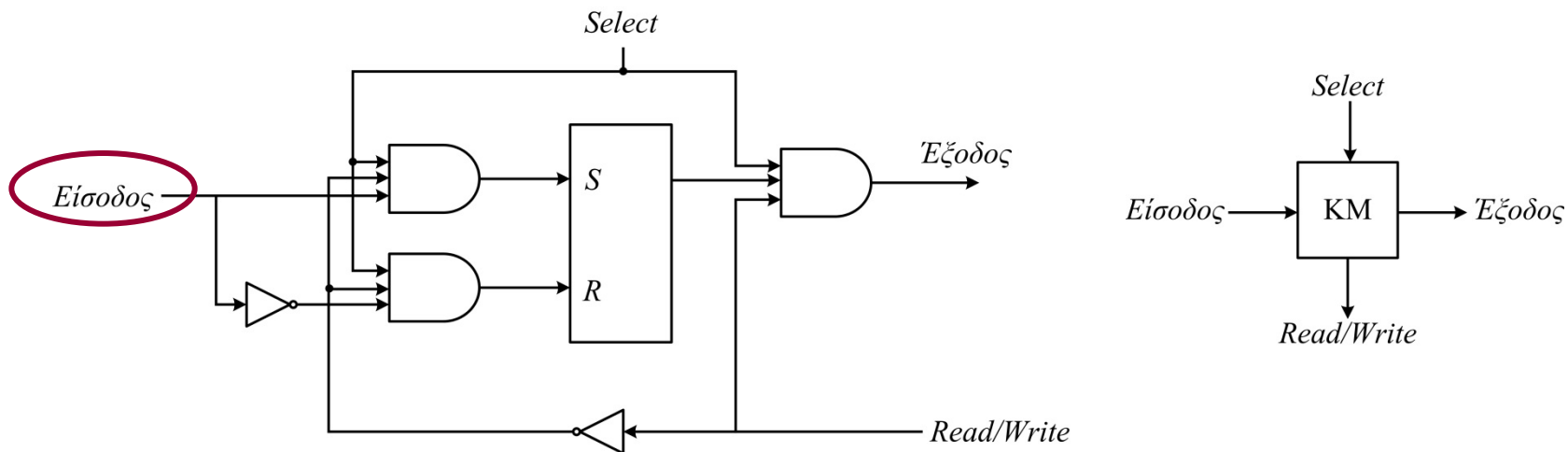
– Στην πράξη, για μείωση της επιφάνειας, υλοποιείται με ειδικό κύκλωμα από τρανζίστορ που επιτελεί τη λειτουργία του flip-flop

Εσωτερικό Κύτταρο Μνήμης (1/3)

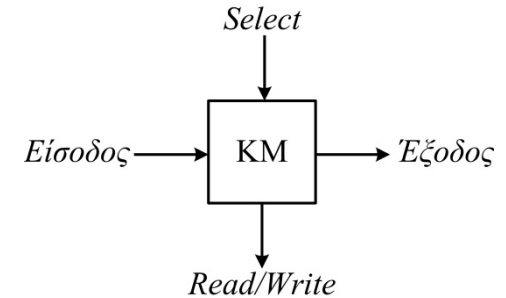
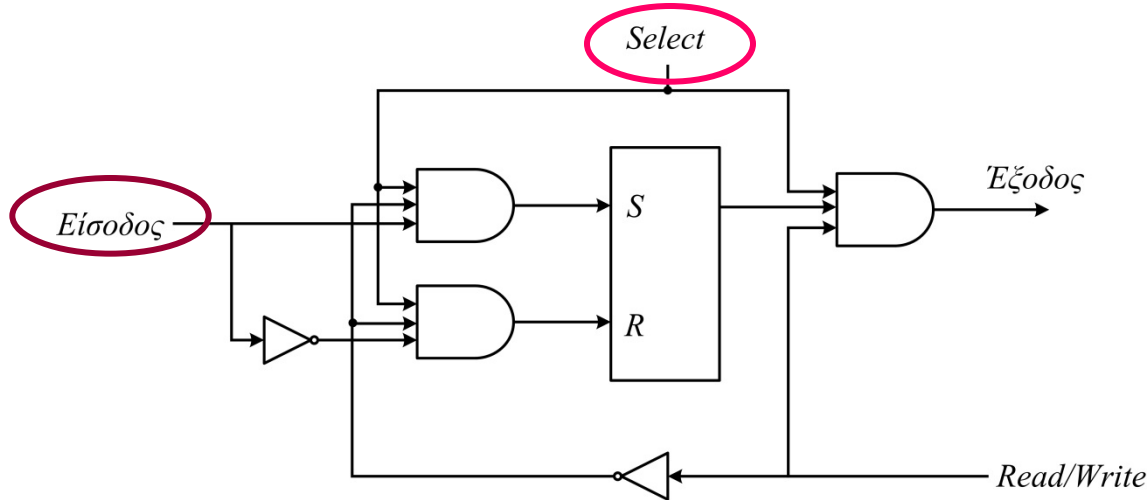


- Για την αποθήκευση χρησιμοποιείται ένα flip-flop
 - Στην πράξη, για μείωση της επιφάνειας, υλοποιείται με ειδικό κύκλωμα από τρανζίστορ που επιτελεί τη λειτουργία του flip-flop
- Επιπλέον συνδυαστική λογική για την διεκπεραίωση των λειτουργιών
 - επιλογής κυττάρου
 - ανάγνωσης - εγγραφής

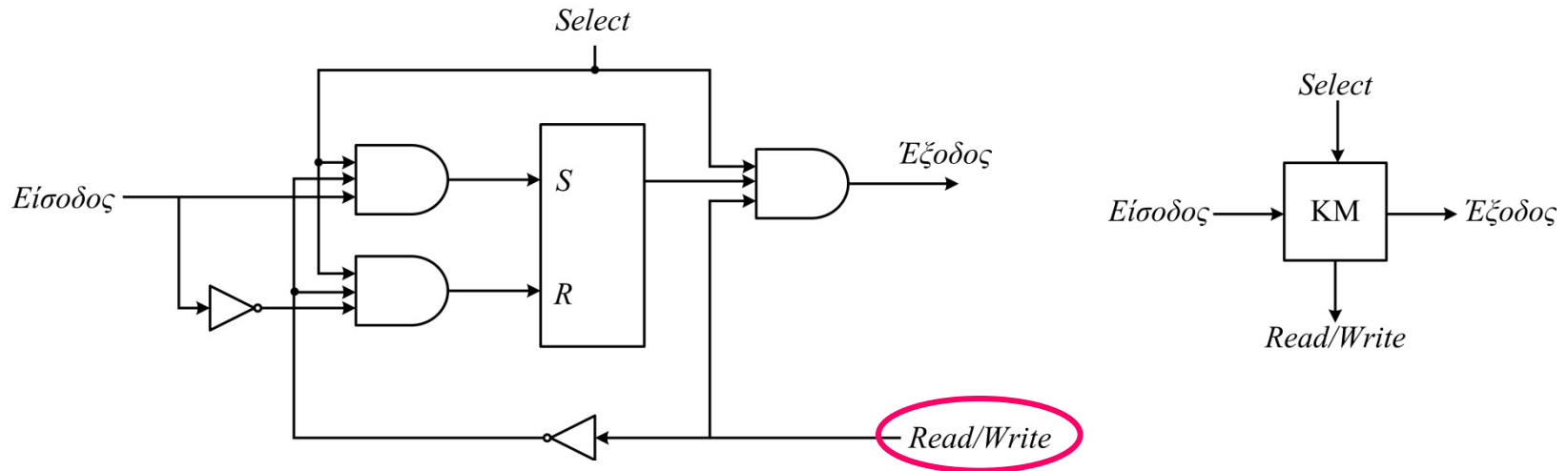
Εσωτερικό Κύτταρο Μνήμης (2/3)



- Η είσοδος εφαρμόζεται και στις δύο εισόδους του F/F
 - Οι είσοδοι του F/F είναι συμπληρωματικές για αποφυγή race
 - In=1 \Rightarrow S=1 & R=0 \Rightarrow Q=1 (F/F is set)
 - In=0 \Rightarrow S=0 & R=1 \Rightarrow Q=0 (F/F reset)

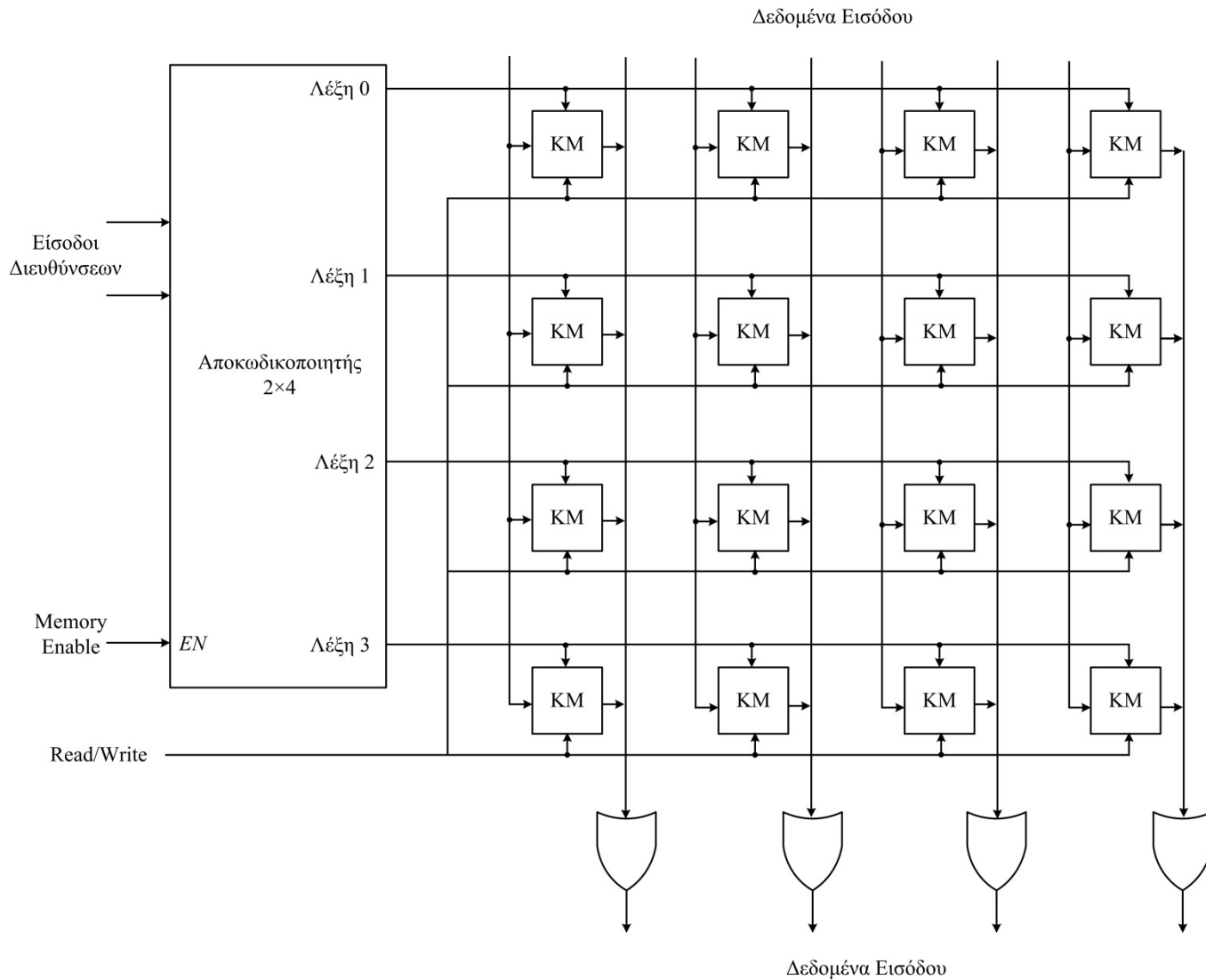


- Η είσοδος εφαρμόζεται και στις δύο εισόδους του F/F
 - Οι είσοδοι του F/F είναι συμπληρωματικές για αποφυγή race
 - In=1 \Rightarrow S=1 & R=0 \Rightarrow Q=1 (F/F is set)
 - In=0 \Rightarrow S=0 & R=1 \Rightarrow Q=0 (F/F reset)
- Με το σήμα select επιλέγεται το κύτταρο
 - Αν select = 0 όλες οι πύλες AND δίνουν έξοδο 0
 - Το F/F διατηρεί την τιμή (S=R=0)
 - Το σήμα output = 0

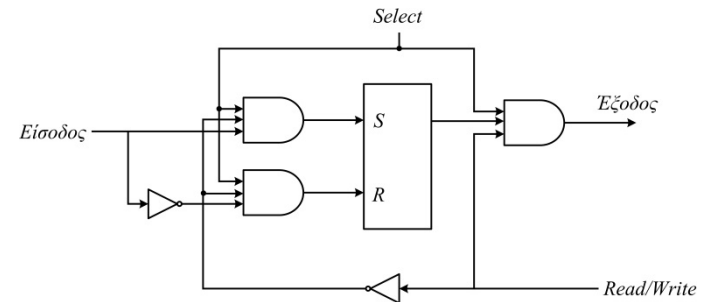
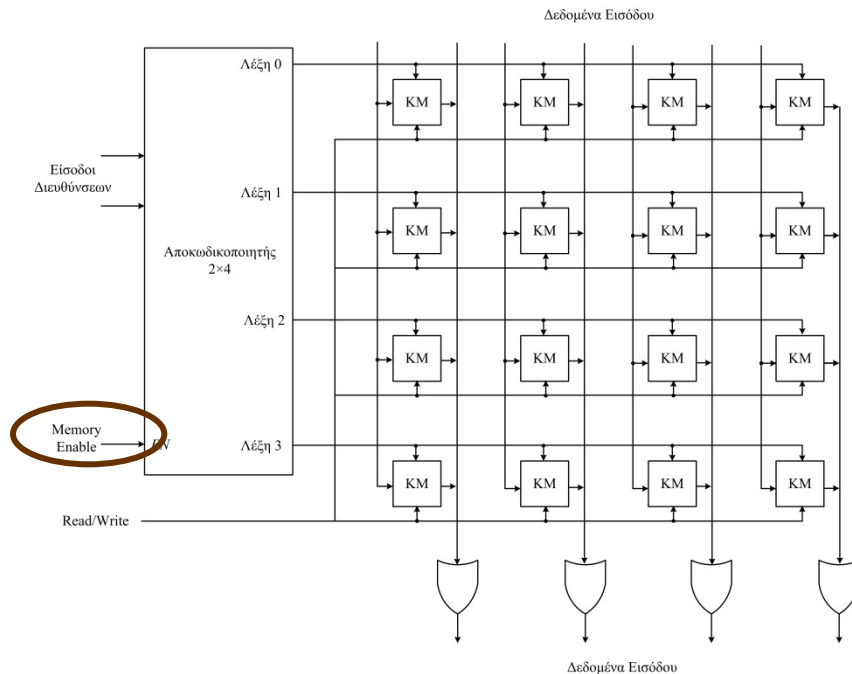


- Με βάση την τιμή του σήματος read/write εκτελείται ανάγνωση/εγγραφή
- Αν $read/write = 1$ (ανάγνωση)
 - Οι πύλες εισόδου δίνουν έξοδο 0 $\Rightarrow S=R=0 \Rightarrow$ το F/F διατηρεί την κατάσταση
 - Δεδομένου ότι $select=1 \Rightarrow$ η έξοδος Q του F/F περνά στην έξοδο του κυττάρου, $out = Q \text{ AND } sel \text{ AND } Read/write = Q \text{ AND } 1 \text{ AND } 1 \Rightarrow out = Q$
- Αντίστοιχα για την εγγραφή $out = Q \text{ AND } sel \text{ AND } Read/write = Q \text{ AND } 1 \text{ AND } 0 \Rightarrow out = 0$

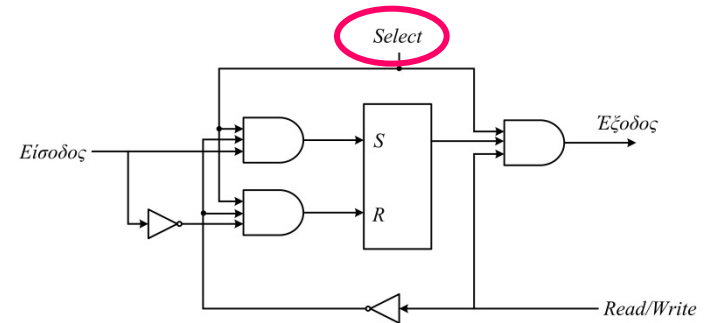
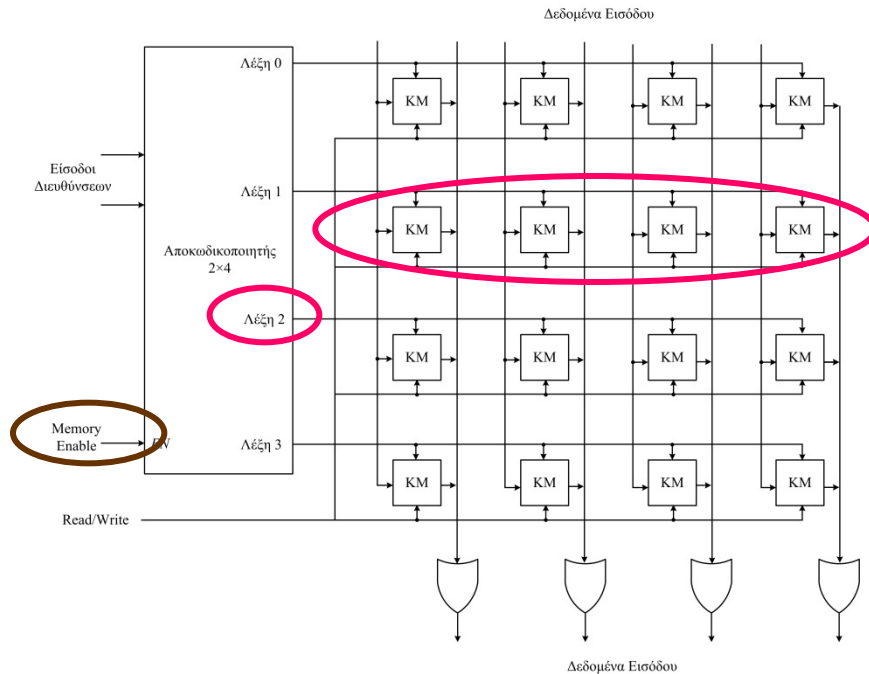
Δομικό – Διάγραμμα Μνήμης



Αποκωδικοποίηση – Λειτουργία Μνήμης

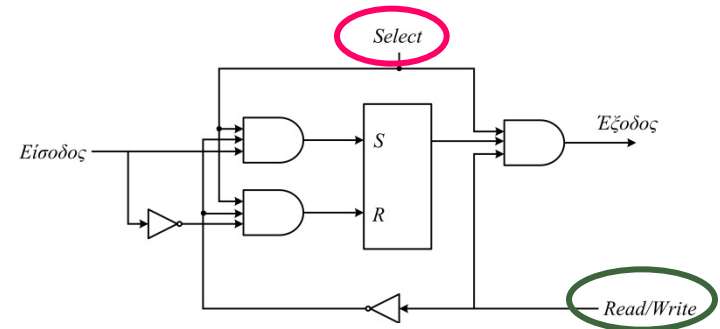
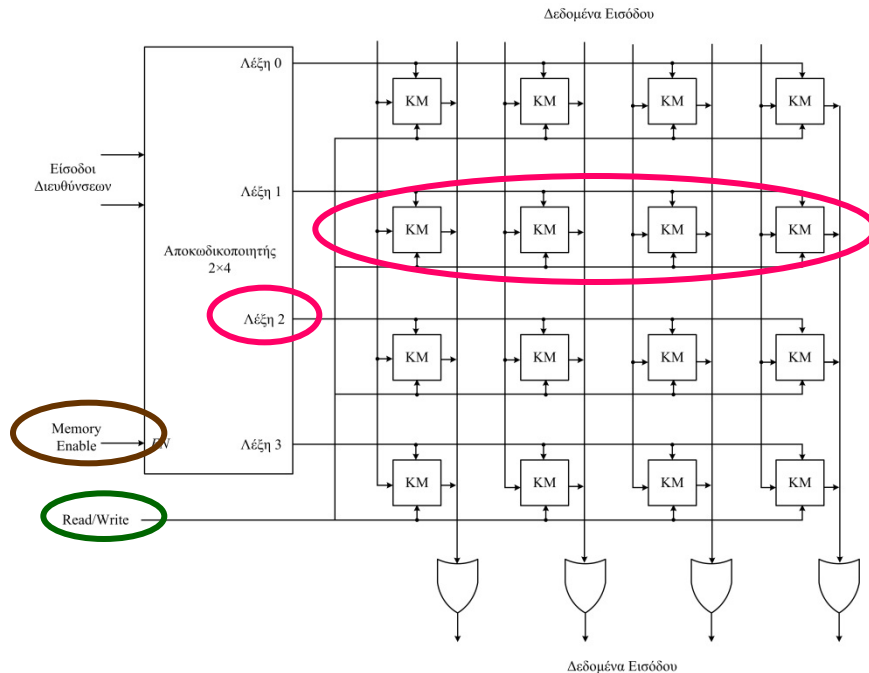


- Με μη ενεργό το σήμα Memory Enable ο αποκωδικοποιητής είναι ανενεργός
 - Όλες οι έξοδοι του αποκωδικοποιητή είναι 0



- Με μη ενεργό το σήμα **Memory Enable** ο αποκωδικοποιητής είναι ανενεργός
 - Όλες οι εξόδους του αποκωδικοποιητή είναι 0
- Με ενεργό το σήμα **Memory Enable** και με βάση την τιμή της διεύθυνσης ενεργοποιείται μια από τις εξόδους του αποκωδικοποιητή => **ενεργοποίηση μιας και μόνο μίας** γραμμής κυττάρων της μνήμης

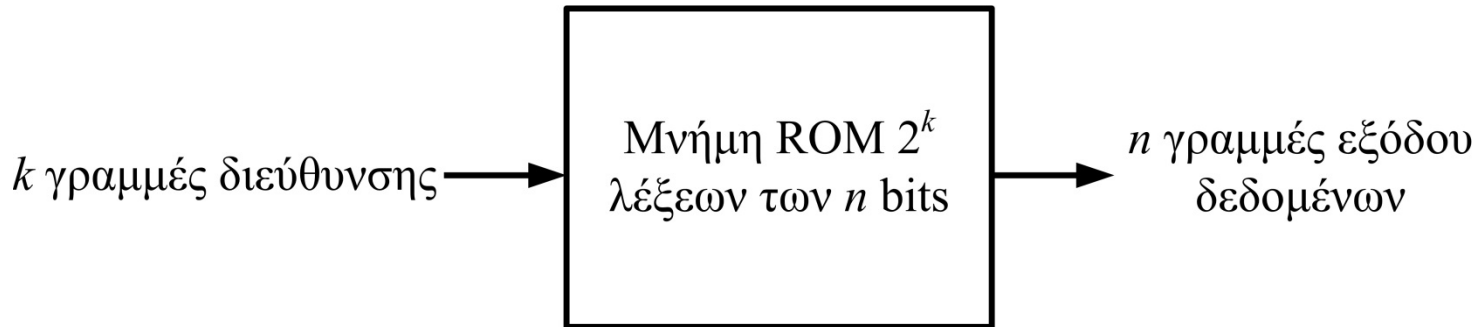
Αποκωδικοποίηση – Λειτουργία Μνήμης



- Με μη ενεργό το σήμα **Memory Enable** ο αποκωδικοποιητής είναι ανενεργός
 - Όλες οι εξόδους του αποκωδικοποιητή είναι 0
- Με ενεργό το σήμα **Memory Enable** και με βάση την τιμή της διεύθυνσης ενεργοποιείται μια από τις εξόδους του αποκωδικοποιητή => **ενεργοποίηση μιας και μόνο μίας** γραμμής κυττάρων της μνήμης
- Ανάλογα με την τιμή του σήματος **rd/wr** γίνεται ανάγνωση/εγγραφή

- Εισαγωγή
- Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (Random Access Memory – RAM)
- Αποκωδικοποίηση μνήμης
- Μνήμη ανάγνωσης μόνο (Read Only Memory – ROM)

- Η μνήμη ανάγνωση μόνο (Read Only Memory – ROM) είναι μία μονάδα που χρησιμοποιείται για τη μόνιμη αποθήκευση πληροφοριών
- Τα αποθηκευμένα δεδομένα διατηρούνται και μετά τη διακοπή της τροφοδοσίας
- Χρησιμοποιείται για την ανάγνωση και εκτέλεση προγραμμάτων κατά την εκκίνηση του συστήματος (π.χ. BIOS – Basic Input Output System)
 - Σε ένα computer με την εκκίνηση πρώτα εκτελούνται BIOS ρουτίνες
 - υπεύθυνες για την ανάγνωση και αποθήκευση στη RAM βασικών προγραμμάτων όπως το λειτουργικό σύστημα



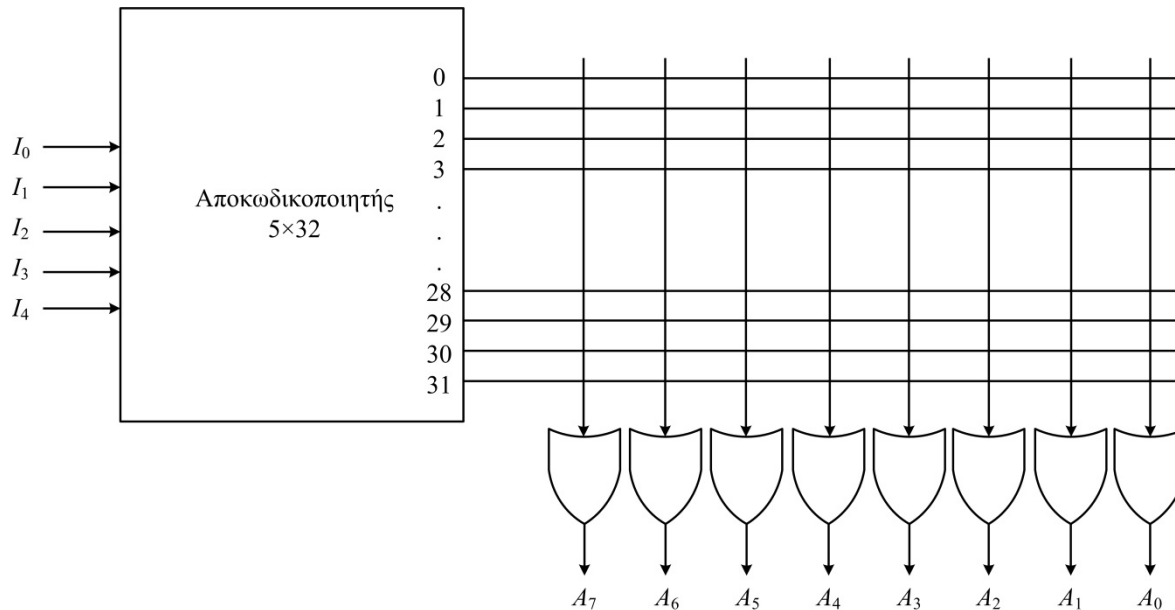
➤ Περιλαμβάνει

- Κύτταρα αποθήκευσης σε δομή οργάνωση πίνακα (array structure)
- Δίαυλο διευθύνσεων και δίαυλο ανάγνωσης (εξόδου) δεδομένων
- Σήματα επιλογής

➤ Δεν περιλαμβάνει

- Δίαυλο εγγραφής (εισόδου) δεδομένων
- Σήματα rd/wr'

ROM 32x8 –Εσωτερικό Δομικό Διάγραμμα



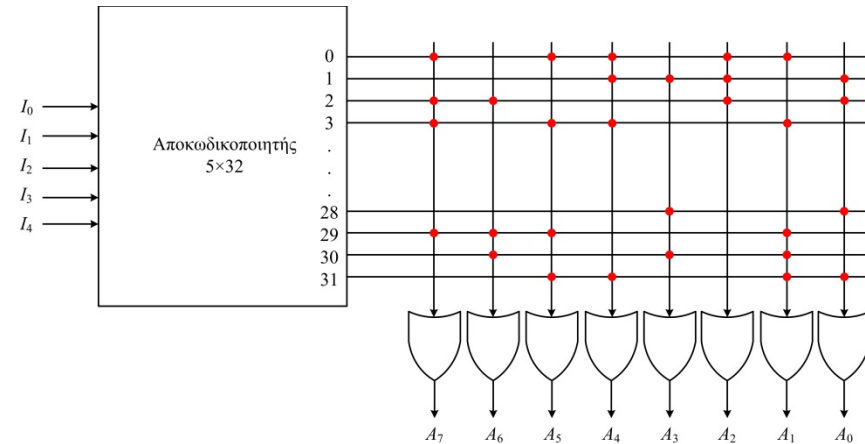
- Αποκωδικοποιητής 8 σε 32 και 8 ORs των 8 εισόδων
- Με βάση τη διεύθυνση μόνο μία από τις εξόδους του αποκωδικοποιητή τίθεται στην τιμή 1 και ενεργοποιεί την αντίστοιχη γραμμή της μνήμης
- Στις εισόδους κάθε OR έρχονται τα δεδομένα της ενεργοποιημένης γραμμής και 31 "0" από τις μη ενεργοποιημένες γραμμές μνήμης

- Για την εγγραφή δεδομένων χρησιμοποιούνται μίας χρήσεως προγραμματιζόμενες διασυνδέσεις μεταξύ γραμμών
 - Μία προγραμματιζόμενη διασύνδεση ισοδυναμεί με ένα διακόπτη

- Η προγραμματιζόμενη διασύνδεση μεταξύ γραμμών καλείται **σημείο διασταύρωσης (cross point)**

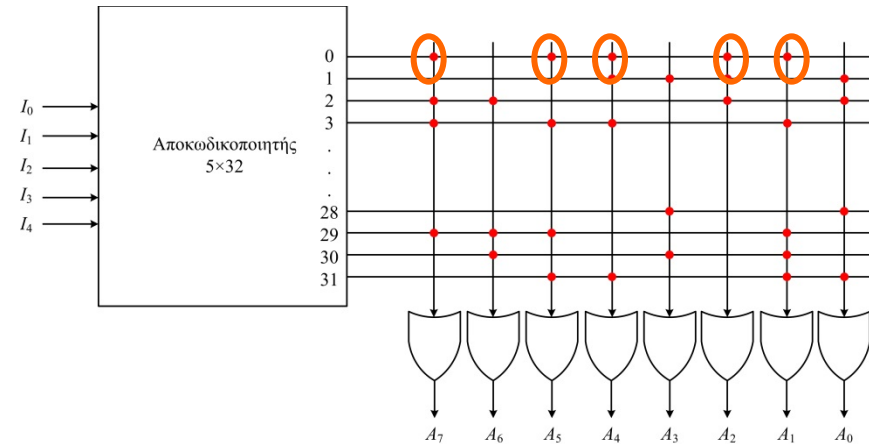
- Για την υλοποίηση τους χρησιμοποιούνται ημιαγωγικές τήξιμες ασφάλειες (αντί-ασφάλειες)
 - Εκ' κατασκευής συνδέουν δύο σημεία διασταύρωσης (κλειστός διακόπτης)
 - Εφαρμογή παλμού τάσης => καταστροφή μονωτικού => άνοιγμα διακόπτη

Είσοδος					Έξοδος							
I_4	I_3	I_2	I_1	I_0	A_7	A_6	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0
		⋮						⋮				
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1



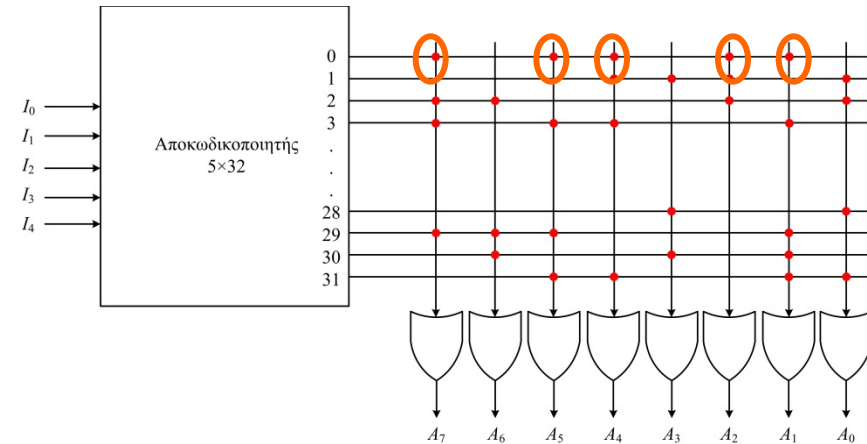
- Έστω ο πίνακας που δηλώνει τα δεδομένα της κάθε θέσης μνήμης
 - Για κάθε τιμή των εισόδων (διεύθυνση) δείχνονται οι τιμές των ψηφίων της λέξης (Δείχνονται οι 4 πρώτες και τελευταίες γραμμές)
- Ο προγραμματισμός συνεπάγεται το κάψιμο των ασφαλειών
 - το σύμβολο x δηλώνει ένωση γραμμών

Είσοδος					Έξοδος							
I_4	I_3	I_2	I_1	I_0	A_7	A_6	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0
		⋮						⋮				
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1



- Έστω ο πίνακας που δηλώνει τα δεδομένα της κάθε θέσης μνήμης
 - Για κάθε τιμή των εισόδων (διεύθυνση) δείχνονται οι τιμές των ψηφίων της λέξης (Δείχνονται οι 4 πρώτες και τελευταίες γραμμές)
- Ο προγραμματισμός συνεπάγεται το κάψιμο των ασφαλειών
 - το σύμβολο x δηλώνει ένωση γραμμών
- Παράδειγμα: στην 1^η διεύθυνση πρέπει να αποθηκευθεί η λέξη 1011 0110
 - οι συνδέσεις γίνονται στις θέσεις που αντιστοιχούν στα ψηφία που έχουν τιμή 1

Είσοδος					Έξοδος							
I_4	I_3	I_2	I_1	I_0	A_7	A_6	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0
		⋮										
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1



- Για την ανάγνωση των δεδομένων της 1^{ης} γραμμής εφαρμόζεται η διεύθυνση 00001
- Τότε μόνο η έξοδος Q_0 του αποκωδικοποιητή έχει την τιμή 1
 - Επομένως η τιμή των ORs θα καθορίζεται μόνο από τα δεδομένα της 1^{ης} γραμμής
- Λόγω του προγραμματισμού των διασυνδέσεων η έξοδος $Q_0=1$ μεταφέρεται μόνο στα ψηφία (A_7, A_5, A_4, A_2, A_1)
 - Επομένως η έξοδος είναι 1011 0110

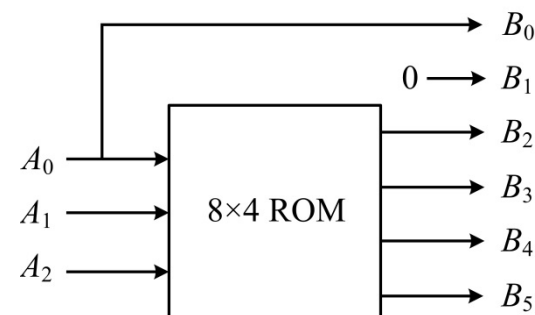
- Η μνήμη ROM μπορεί να χρησιμοποιηθεί (εκτός από μνήμη) και για την υλοποίηση συνδυαστικών συναρτήσεων
- Σε κανονική μορφή (canonical form) μία λογική συνάρτηση είναι ένα άθροισμα ελαχιστόρων (sum of minterms)
- Οι ελαχιστόροι προκύπτουν από τον αποκωδικοποιητή
 - Η κάθε έξοδος του αποκωδικοποιητή αντιστοιχεί σε έναν ελαχιστόρο
- Οι ελαχιστόροι της συνάρτησης οδηγούνται στις ORs gates

Υλοποίηση Συνδυαστικών Συναρτήσεων με ROMs (2/2)

Είσοδος			Έξοδος						
A_2	A_1	A_0	B_5	B_4	B_3	B_2	B_1	B_0	Δεκαδικός
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
0	1	0	0	0	0	1	0	0	4
0	1	1	0	0	1	0	0	1	9
1	0	0	0	1	0	0	0	0	16
1	0	1	0	1	1	0	0	1	25
1	1	0	1	0	0	1	0	0	36
1	1	1	1	1	0	0	0	1	49



A_2	A_1	A_0	B_5	B_4	B_3	B_2
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	1	0
1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	1	1	0	0



- Ο προγραμματισμός των διασυνδέσεων μπορεί να γίνει με 4 τρόπους
- Προγραμματισμός με χρήση μασκών
 - Γίνεται στον εργοστάσιο κατά το τελευταίο στάδιο κατασκευής του IC
 - Ο χρήστης πρέπει να παραδώσει τον πίνακα δεδομένων στον κατασκευαστή
- Για λόγους ευελιξίας και οικονομίας (μικρός αριθμός μνημών) μπορούν να χρησιμοποιηθούν **Programmable Read Only Memories – PROM**
 - Οι μνήμες κατασκευάζονται με όλα τα σημεία διασταύρωσης συνδεδεμένα
 - Ο χρήστης με μία κατάλληλη συσκευή (ROM programmer) εφαρμόζει παλμούς τάσης για την καταστροφή των συνδέσεων (κάψιμο ασφαλειών)

- Οι προηγούμενες δύο διαδικασίες είναι μη αντιστρεπτές
- Η χρήση των Erasable ROM (EPROM) Electrically Erasable (EEROM) επιτρέπουν τον επανα-προγραμματισμό του IC
- **Erasable ROM (EPROM)**
 - Τα δεδομένα διαγράφονται εφαρμόζοντας υπεριώδη ακτινοβολία
- **Electrically Erasable (EEROM)**
 - Η διαγραφή των δεδομένων δίνεται με εφαρμογή ηλεκτρικών σημάτων on the board
- **Flash memories** η τελευταία εξέλιξη των EEROM
 - Εφαρμογή παλμών μικρού εύρους πλάτους
 - Μεγάλη πυκνότητα ολοκλήρωσης
 - Πολύ υψηλή ταχύτητα

- Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών,
Νίκος Φακωτάκης, Γεώργιος Θεοδωρίδης,
«Ψηφιακή Λογική Σχεδίαση».
Έκδοση: 1.0 Πάτρα 2015
- Διαθέσιμο στη διαδικτυακή διεύθυνση
<https://eclass.upatras.gr/courses/EE890/>

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου των διδασκόντων καθηγητών.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ