



## Εργαστήριο 3

Εαρινό Εξάμηνο 2010-2011

### Στόχοι του εργαστηρίου

---

- Εντολές προσπέλασης της μνήμης
- Χρήση πινάκων

### Χρήση μνήμης

---

Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε ξεχωριστό τμήμα μνήμης το οποίο χρησιμοποιείται αποκλειστικά για αυτό το σκοπό. Γι' αυτό τον λόγο η δήλωση του πίνακα, που θα χρησιμοποιήσετε, πρέπει να γίνει στο τμήμα **.data**. Ο τρόπος δήλωσης του πίνακα και η σύνταξη των εντολών **load (lw)** και **store (sw)**, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την μεταφορά δεδομένων μεταξύ μνήμη και καταχωρητή, εξηγούνται παρακάτω.

#### Δήλωση πίνακα

```
.data                # στο τμήμα .data πρέπει να δηλωθεί ο πίνακας  
  
Name_array: .space X    # Name_array: δώστε ότι όνομα  
                        # θέλετε στον πίνακα  
                        # .space X: δηλώνει ότι θέλουμε να  
                        # κρατήσουμε χώρο ίσο με X byte για  
                        # τον πίνακα Name_array
```

#### Εντολή load (lw)

Η εντολή αυτή αποθηκεύει δεδομένα σε καταχωρητή, τα οποία έχει πάρει από συγκεκριμένη διεύθυνση της μνήμης.

Σύνταξη: <b>lw Rt, Address (Rs)</b>	Σημασία: <b>Rt=Memory[Address+Rs]</b>
-------------------------------------	---------------------------------------

**Προσοχή:** όπου Rt, Rs είναι καταχωρητές και όπου Address είναι το όνομα του πίνακα (label) που δώσατε στο τμήμα .data.

Με βάση την παραπάνω δήλωση (στο τμήμα .data) θα έπρεπε να γράψουμε:  
**lw Rt, Name\_array(Rs)**

Από την σύνταξη της εντολής αυτής γίνεται κατανοητό ότι ζητάμε τα δεδομένα της μνήμης στην διεύθυνση [Name\_array+Rs] και τα οποία θα αποθηκευτούν στον καταχωρητή Rt.

### Εντολή store (sw)

Η εντολή αυτή αποθηκεύει δεδομένα από έναν καταχωρητή σε συγκεκριμένη διεύθυνση στη μνήμη.

Σύνταξη: <b>sw Rt, Address(Rs)</b>	Σημασία: <b>Memory [Address+Rs]=Rt</b>
------------------------------------	--

Ο τρόπος λειτουργίας είναι παρόμοιος με την εντολή **lw(load word)**. Η λειτουργία που υλοποιεί αυτή η εντολή είναι: Αποθήκευσε τα περιεχόμενα του καταχωρητή Rt στην μνήμη και συγκεκριμένα στην διεύθυνση **[Address+Rs]**.

Η διάφορα με την πρώτη εντολή είναι ότι η sw αποθηκεύει δεδομένα στην μνήμη ενώ η lw διαβάζει τα δεδομένα της μνήμης.

### Ευθυγράμμιση

Όπως γνωρίζετε από την θεωρία ο MIPS είναι ένας 32bit επεξεργαστής. Αυτό συνεπάγεται ότι όλοι οι καταχωρητές του έχουν μέγεθος 32 bits ή αλλιώς 4 bytes. Ορίζουμε σαν **word** τα δεδομένα μεγέθους 4 bytes τα οποία χωράνε σε έναν register.

Όταν ορίζουμε έναν πίνακα στην μνήμη με την εντολή **.space** καθορίζουμε το μέγεθος του ίσο με έναν αριθμό από **bytes** όπως παρουσιάστηκε πριν. Εφόσον όμως τα στοιχεία που αποθηκεύονται σε αυτόν θα είναι μεγέθους 4 bytes το καθένα, πρέπει να καθορίσετε το μέγεθος του πίνακα να είναι πολλαπλάσιο του 4. Έτσι το πρώτο στοιχείο του πίνακα βρίσκεται στα bytes 0 έως 3. Αν θέλετε να το κάνετε load θα πρέπει να συντάξετε την εντολή lw Rt,Address(Rs) με τον Rs να έχει περιεχόμενο 0. Αν τώρα θέλετε το δεύτερο στοιχείο του πίνακα αυτό βρίσκεται στα bytes 4 έως 7. Για να το κάνετε load θα πρέπει να γράψετε την ίδια εντολή αλλά ο Rs θα πρέπει να έχει περιεχόμενο τον αριθμό 4.

**Σημείωση:** Όταν ορίζετε έναν πίνακα πρέπει να δηλώνετε και τι μέγεθος θα έχουν τα δεδομένα που θα αποθηκεύονται σε αυτόν. Αυτό γίνεται με την εντολή **.align n** όπου **n** έναν ακέραιος που θα δώσετε εσείς. Η εντολή αυτή σημαίνει ότι τα στοιχεία του πίνακα έχουν μέγεθος **2<sup>n</sup>**. Έτσι για έναν πίνακα 10 θέσεων με λέξεις 4 bytes πρέπει να συντάξετε την εντολή:

<code>.align 2</code>	#μέγεθος στοιχείου 4 bytes
<code>label: .space 40</code>	#μέγεθος πίνακα 40 bytes = 10 στοιχεία

## Ένα παράδειγμα χρήσης μνήμης

---

```
.data
.align 2          # λέξεις 4 bytes
vector: .space 24  # πίνακας 6 θέσεων

.text
# ...

li $t1,4          # ένας τρόπος πρόσβασης στο 2° στοιχείο
lw $t0,vector($t1) # του πίνακα

# ...

la $t2,vector     # ακόμα ένας τρόπος για πρόσβαση στο 2°
lw $t3,4($t2)     # στοιχείο του πίνακα

# ...

la $t2,vector     # ακόμα ένας τρόπος για πρόσβαση στο 2°
addi $t2,$t2,4    # στοιχείο του πίνακα
lw $t0,0($t2)
```

**Για το επόμενο εργαστήριο έχετε να υλοποιήσετε τις 2 παρακάτω εργαστηριακές ασκήσεις. Την ώρα του εργαστηρίου θα εξετασθείτε προφορικά πάνω στους κώδικες που θα παραδώσετε.**

## Άσκηση 1 (5 μονάδες)

---

Να γραφεί πρόγραμμα το οποίο ζητάει από τον χρήστη  $N$  ακέραιους και τους τοποθετεί σε έναν πίνακα (το  $N$  θα δίνεται από τον χρήστη). Στην συνέχεια ζητάει άλλο έναν ακέραιο  $X$  και ψάχνει στον πίνακα να διαπιστώσει εάν ο  $X$  υπάρχει στον πίνακα. Αν δεν υπάρχει, εμφανίζει σχετικό μήνυμα στην οθόνη και το πρόγραμμα τερματίζει. Αν υπάρχει, σβήνει την πρώτη εμφάνιση του  $X$  από τον πίνακα και μετατοπίζει όλα τα στοιχεία που βρισκόταν δεξιά του μία θέση αριστερά. Η τελευταία θέση συμπληρώνεται με μηδενικό στοιχείο. Τέλος, το πρόγραμμα εμφανίζει στην οθόνη τα περιεχόμενα του τροποποιημένου πίνακα.

### Παράδειγμα:

Αρχικός πίνακας:

10	5	-8	9	2	1	4	7	5	1
----	---	----	---	---	---	---	---	---	---

Αν  $X = 3$  τότε εμφανίζει «Number 3 not found!» και τερματίζει.

Αν  $X = 5$  τότε εμφανίζει τον νέο πίνακα:

10	-8	9	2	1	4	7	5	1	0
----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

## Άσκηση 2 (5 μονάδες)

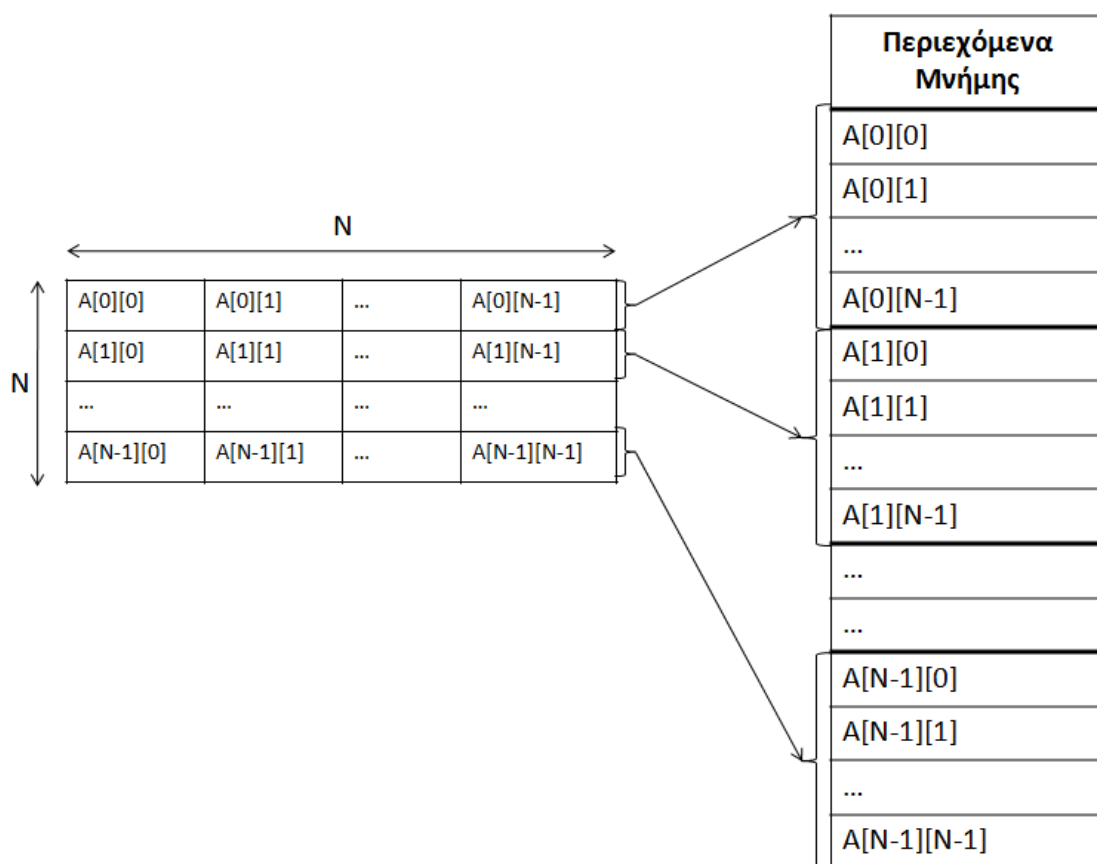
---

Να αναπτύξετε ένα πρόγραμμα που θα ζητάει από τον χρήστη τα στοιχεία 2 πινάκων  $A$  και  $B$ ,  $N \times N$  (το  $N$  θα δίνεται από τον χρήστη) και στην συνέχεια θα υπολογίζει το γινόμενο του  $C = AB$  και θα το εμφανίζει στην οθόνη. Η εμφάνιση θα πρέπει να γίνει έτσι ώστε σε κάθε σειρά να εκτυπώνεται και μία γραμμή του πίνακα. Μπορείτε να θεωρήσετε ότι το  $N$  είναι μέχρι και 6.

### Υπόδειξη:

Έχουμε συζητήσει στην τάξη για το ότι μονοδιάστατοι πίνακες αποθηκεύονται στην μνήμη έτσι ώστε το στοιχείο  $A[i]$  να βρίσκεται αμέσως μετά το στοιχείο  $A[i-1]$  του πίνακα. Η αποθήκευση ενός πίνακα  $A$  δύο διαστάσεων γίνεται με το να αποθηκεύεται η γραμμή  $i$  αμέσως πριν την γραμμή  $i-1$ .

*Παράδειγμα πίνακα δύο διαστάσεων στην μνήμη ( $N \times N$ ):*



Πολλαπλασιασμός πινάκων:

Αν έχουμε δύο πίνακες  $A$  και  $B$ , το γινόμενο  $AB$  ορίζεται **μόνο** αν ο αριθμός των στηλών του  $A$  ισούται με τον αριθμό των γραμμών του  $B$ . Αν ο  $A$  είναι πίνακας  $M \times P$  και ο  $B$  πίνακας  $P \times N$ , το γινόμενο  $C=AB$  είναι πίνακας  $M \times N$ , με στοιχεία

$$C_{i,j} = (AB)_{i,j} = \sum_{k=1}^p A_{ik}B_{kj}$$

όπου  $1 \leq i \leq M$  είναι ο δείκτης γραμμής και  $1 \leq j \leq N$  είναι ο δείκτης στήλης. Με άλλα λόγια, το στοιχείο  $C_{i,j}$  ισούται με το εσωτερικό γινόμενο της γραμμής  $i$  του πίνακα  $A$  και της στήλης  $j$  του πίνακα  $B$ .

Παράδειγμα για δύο πίνακες  $2 \times 2$ :

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11}B_{11} + A_{12}B_{21} & A_{11}B_{12} + A_{12}B_{22} \\ A_{21}B_{11} + A_{22}B_{21} & A_{21}B_{12} + A_{22}B_{22} \end{bmatrix}$$

Η άσκηση σας ζητάει να λύσετε το γενικό πρόβλημα του πολλαπλασιασμού πινάκων για οποιοδήποτε τιμή του  $N$ , έστω και εάν για πρακτικούς λόγους θα δεσμεύσετε χώρο μόνο για πίνακες  $N \leq 6$ .

Για την επίλυση της άσκησης, θεωρείστε ότι το γινόμενο δύο 32-bit αριθμών σε οποιοδήποτε στάδιο του πολλαπλασιασμού δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 32 bits σε

μήκος. Αυτή η παραδοχή δεν ισχύει στην γενική περίπτωση πολλαπλασιασμού, αλλά θεωρείστε ότι ισχύει για τους πίνακες A και B του προβλήματος μας.

Θα πρέπει να στέλνετε με email τις λύσεις των εργαστηριακών ασκήσεων σας στους διδάσκοντες στο [ce134lab@gmail.com](mailto:ce134lab@gmail.com).

Το email σας θα πρέπει να περιέχει ως attachment **ένα zip file** με τον κώδικα σας.

Κάθε διαφορετική άσκηση στην εκφώνηση θα βρίσκεται και σε διαφορετικό asm file. **Το όνομα των asm files θα ΠΡΕΠΕΙ να αρχίζει με το ΑΕΜ σας.**

*Για παράδειγμα*, το lab2.zip θα περιέχει 3 asm files, ένα για κάθε μία από τις ασκήσεις του lab2, με ονόματα 999\_lab2a.asm, 999\_lab2b.asm, 999\_lab2c.asm για τον φοιτητή με ΑΕΜ 999.

Το email σας θα έχει Subject: CE134, lab N, Section X (N ο αριθμός του lab, N=2 ..., και X=1 έως 7).

Το email σας θα έχει body: το όνομα σας και το ΑΕΜ σας.

Θα πρέπει να στέλνετε το email σας πριν βγείτε από την εξέταση του εργαστηρίου.