

# Εισαγωγή στους Η/Υ

Γιώργος Δημητρίου

Μάθημα 2: Σύνολα Εντολών (ISA)

# Σύνολα Εντολών

- Οι εντολές που εκτελεί ο κάθε επεξεργαστής (ή οικογένεια επεξεργαστών)
  - MIPS (R4400, R10000)
  - ARM (ARM11, Cortex A9)
  - SPARC (UltraSparc III, Niagara)
  - PowerPC (601, 740)
  - IA-32 (Pentium4, i7, Opteron)
- Συμβατότητα συνόλων εντολών

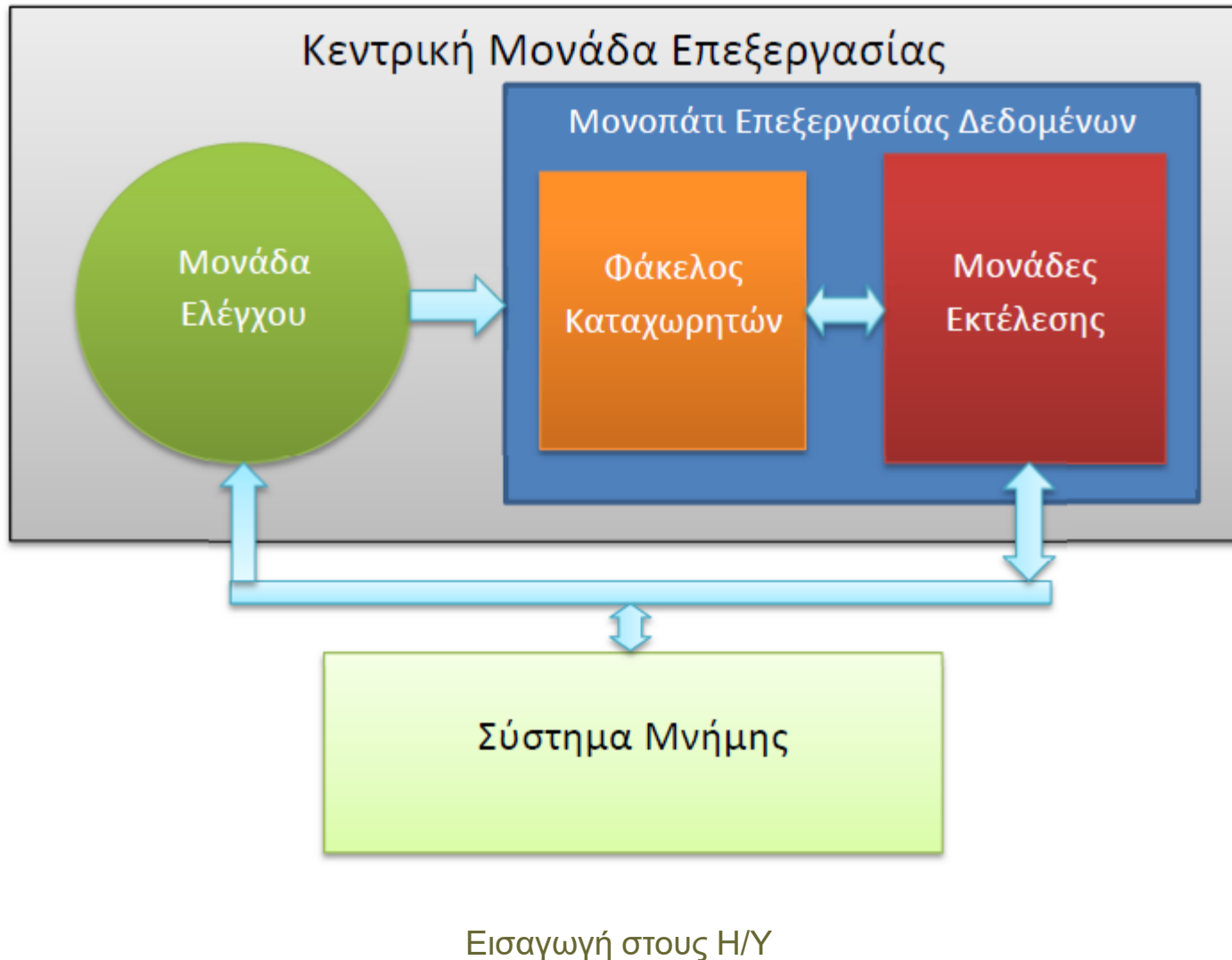
# Αρχιτεκτονική Συνόλου Εντολών

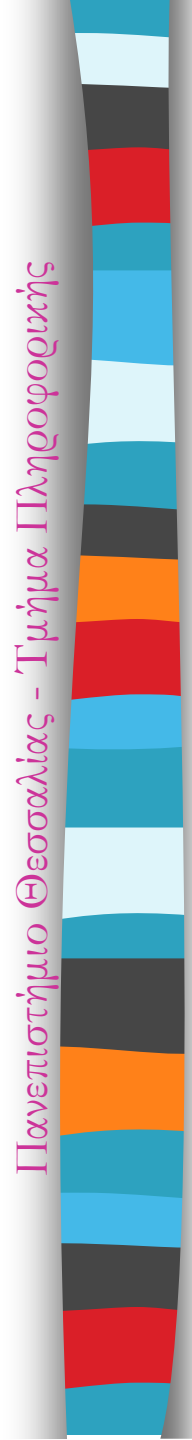
- Τα αρχιτεκτονικά στοιχεία που ορίζονται μέσα από το σύνολο εντολών
  - Ο αριθμός και η οργάνωση καταχωρητών
  - Οι λειτουργικές μονάδες που απαιτούνται
  - Οι διευθυνσιοδοτήσεις των τελούμενων και ιδιαίτερα της μνήμης
  - Ο μετρητής προγράμματος, τα άλματα και οι προορισμοί τους

# Βασικές Έννοιες

- Εντολές μηχανής
  - Κωδικός λειτουργίας (ή και τελεστή)
  - Τελούμενα
- Διευθυνσιοδότηση τελούμενων
  - Διευθυνσιοδότηση μνήμης
- Αρχιτεκτονικές συσσωρευτή
- Αρχιτεκτονικές στοίβας
- Αρχιτεκτονικές καταχωρητών γενικού σκοπού

# Αρχιτεκτονικές ΚΓΣ





# Αρχιτεκτονικές ΚΓΣ τύπου φόρτωσης-αποθήκευσης

- Φάκελος καταχωρητών για προσωρινή αποθήκευση τιμών
- Όλες οι εντολές αριθμητικών και λογικών πράξεων ενεργούν σε καταχωρητές
- Ξεχωριστές εντολές για προσπέλαση της μνήμης και μόνο για μεταφορά από και προς καταχωρητές

# Αρχιτεκτονική MIPS

- Δύο φάκελοι καταχωρητών:
  - 32 καταχωρητές γενικού σκοπού (ΚΓΣ) για ακέραιες τιμές και τιμές σταθερής υποδιαστολής
  - 32 καταχωρητές κινητής υποδιαστολής
- Πολλαπλές μονάδες εκτέλεσης:
  - Αριθμητική και λογική μονάδα
  - Μονάδα ολίσθησης
  - Μονάδες πολλαπλασιασμού και διαίρεσης
  - Μονάδες κινητής υποδιαστολής

# Εντολές Μηχανής MIPS

- Κωδικός λειτουργίας (opcode) που καθορίζει τι κάνει η εντολή
  - Κωδικός τελεστή
- Τελούμενα (ή τελεστέοι ή ορίσματα - operands)
  - Τελούμενα εισόδου
  - Τελούμενο εξόδου
- Ψηφία ελέγχου



# Τελούμενα Εισόδου

- Κατ' ευθείαν τελούμενα
  - Καταχωρητές
- Άμεσα τελούμενα (immediates)
  - Σταθερές
  - Μετατοπίσεις (offsets)
- Τελούμενα μνήμης
  - Μόνο στις εντολές προσπέλασης μνήμης

# Διευθυνσιοδότηση Μνήμης

- Όχι κατ' ευθείαν διευθυνσιοδότηση
  - Στο μοντέλο αρχιτεκτονικών ΚΓΣ δε γνωρίζουμε απόλυτες διευθύνσεις παρά μόνο σχετικές
- Έμμεση διευθυνσιοδότηση μέσω καταχωρητή και μετατόπιση
  - Διεύθυνση σχετική με την αρχή ενός χώρου δεδομένων όπου μας δείχνει κάποιος καταχωρητής
  - Αυτή η διευθυνσιοδότηση καλύπτει σχεδόν όλες τις ανάγκες των αρχιτεκτονικών ΚΓΣ

# Μορφή Εντολών MIPS

- Λέξη εντολής 32 bits
  - Ξεχωριστές εντολές ακεραίων/σταθερής υποδιαστολής από κινητής υποδιαστολής
- Κωδικός λειτουργίας τα 6 πιο σημαντικά bits
  - Κωδικός τελεστή τα 6 λιγότερο σημαντικά bits
- 2 ή 3 καταχωρητές (πεδία rs, rt και rd)
  - Πόσα bits απαιτούνται για επιλογή καθενός από τους 32 καταχωρητές;
- Άλλα πεδία

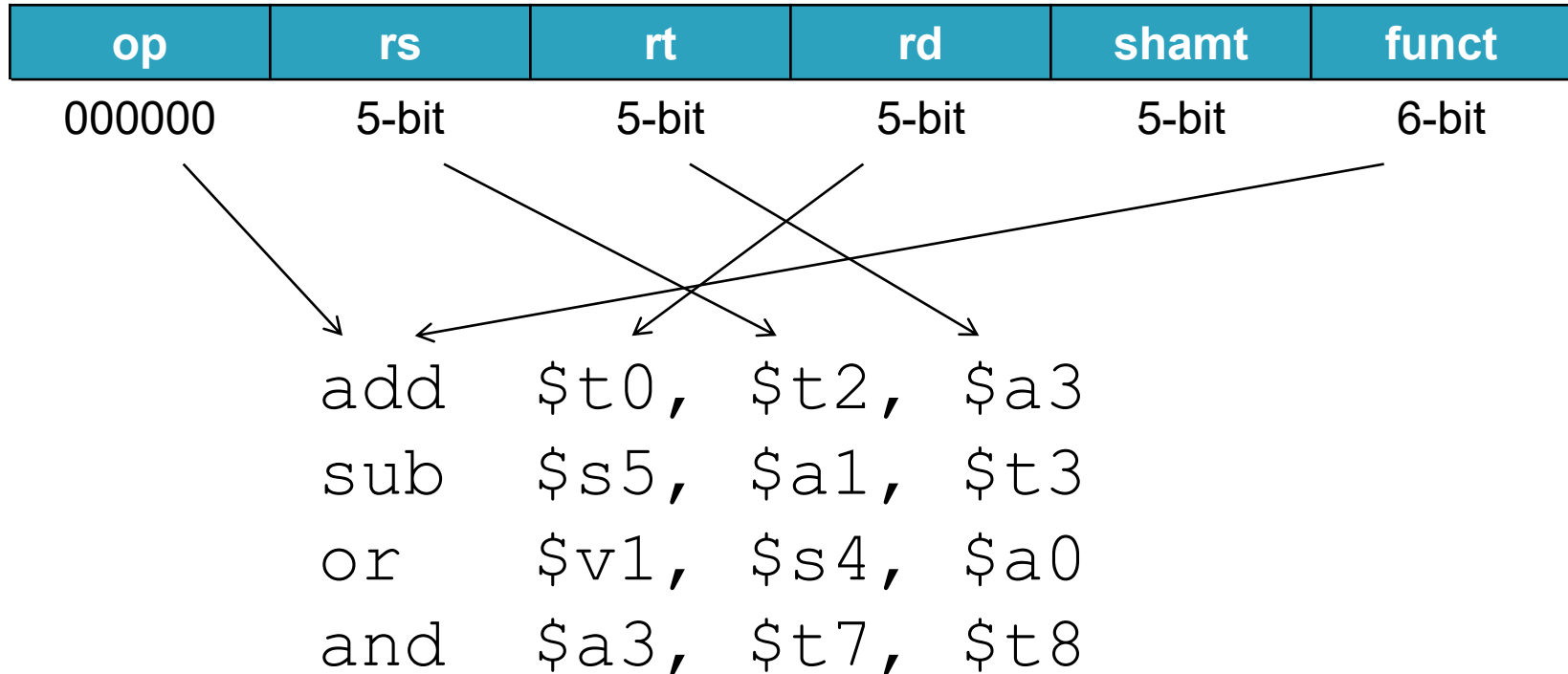
# Συμβολική Γλώσσα MIPS

- Συμβολισμός εντολής από κωδικό λειτουργίας και κωδικό τελεστή
  - Συντμήσεις αγγλικών λέξεων
- Συμβολικά ονόματα καταχωρητών
  - Συντμήσεις των συνηθισμένων χρήσεων των καταχωρητών
  - Πρόθεμα '\$'
- Συμβολισμός αριθμητικών σταθερών
  - Βάση συστήματος

# Συμβολικά Ονόματα ΚΓΣ

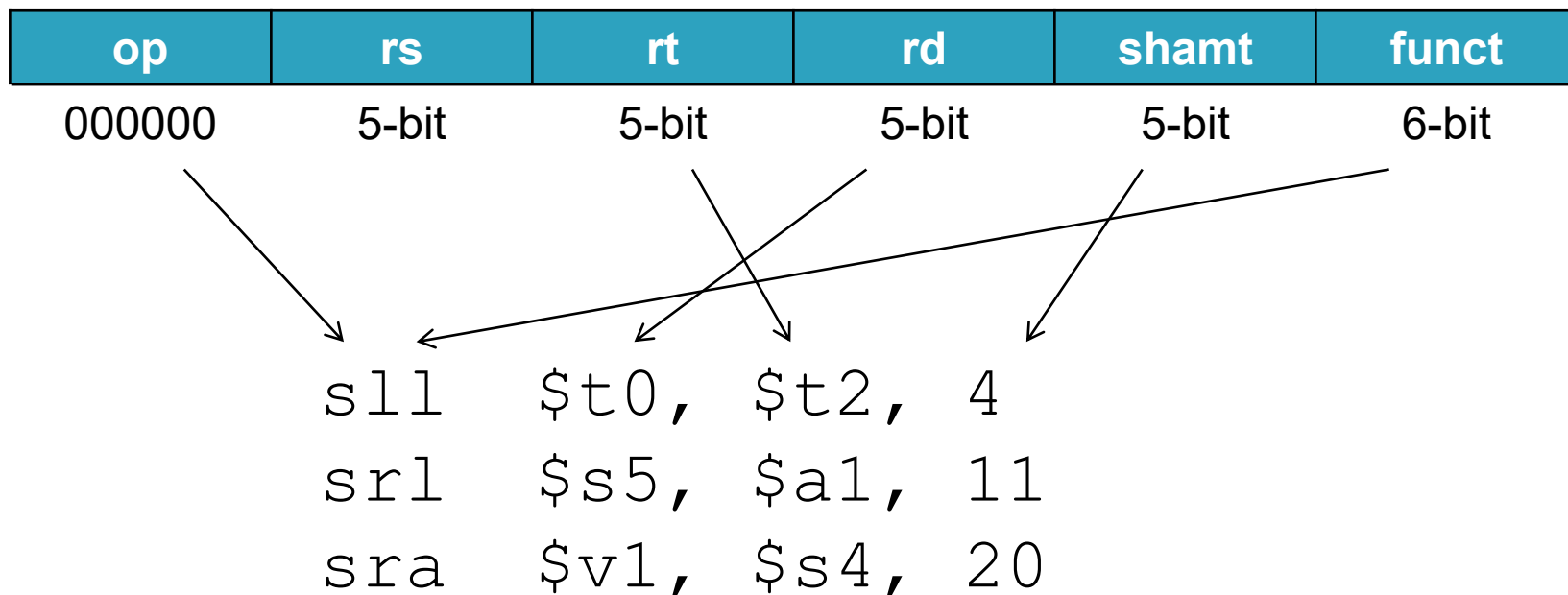
- \$zero (αριθμός καταχωρητή: 0)
  - Σταθερή τιμή 000000000000000000000000000000000000
  - Στην ουσία δεν είναι καταχωρητής!
- \$a0 - \$a3 (4-7)
  - Παράμετροι συναρτήσεων
- \$t0 - \$t9 (8-15, 24-25)
  - Προσωρινές τιμές
- \$s0 - \$s7 (16-23)
  - Τιμές με μεγάλη διάρκεια ζωής
- \$v0 - \$v1 (2-3), \$gp, \$sp, \$fp, \$ra (28-31)
  - Ειδικές λειτουργίες
- \$at, \$k0 - \$k1
  - Δεσμευμένοι από το σύστημα

# Εντολές R-type



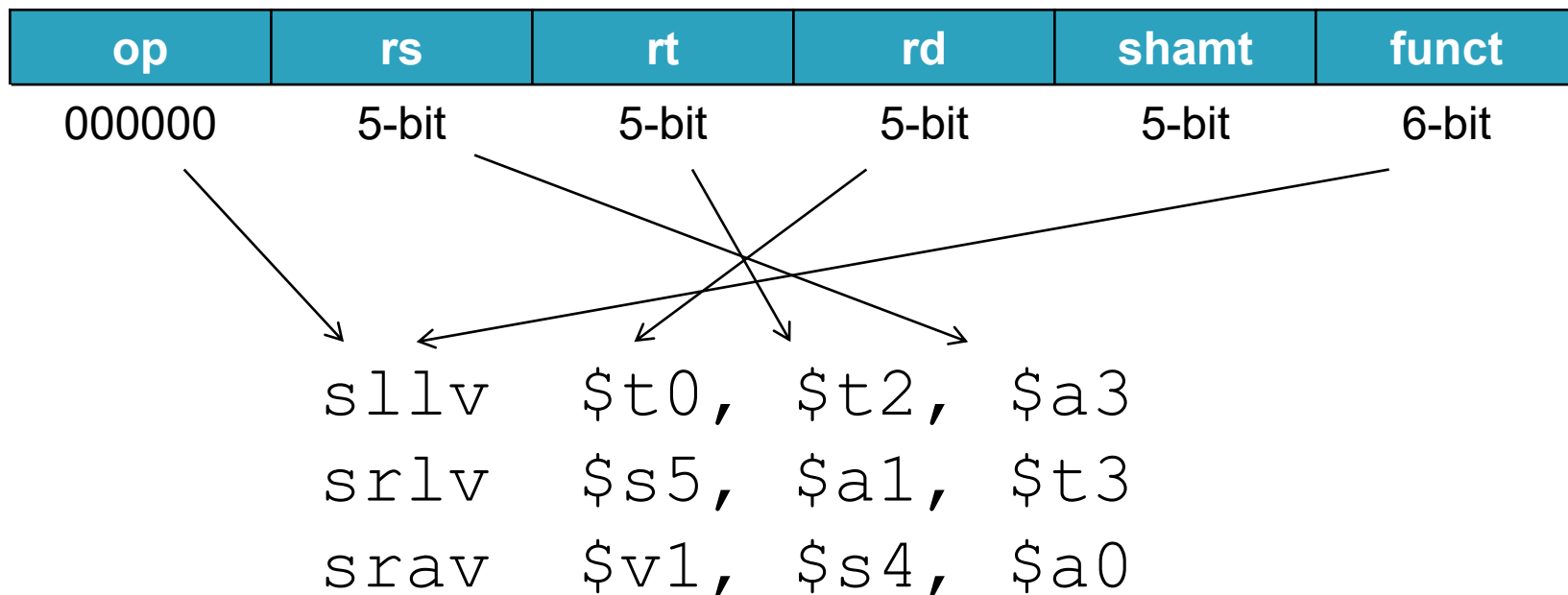
- Αριθμητικές και λογικές πράξεις με μόνο κατ' ευθείαν τελούμενα

# Εντολές R-type – Ολισθήσεις



- Ολισθήσεις με σταθερό πλήθος ψηφίων ολίσθησης
  - Αριστερή, δεξιά λογική, δεξιά αριθμητική

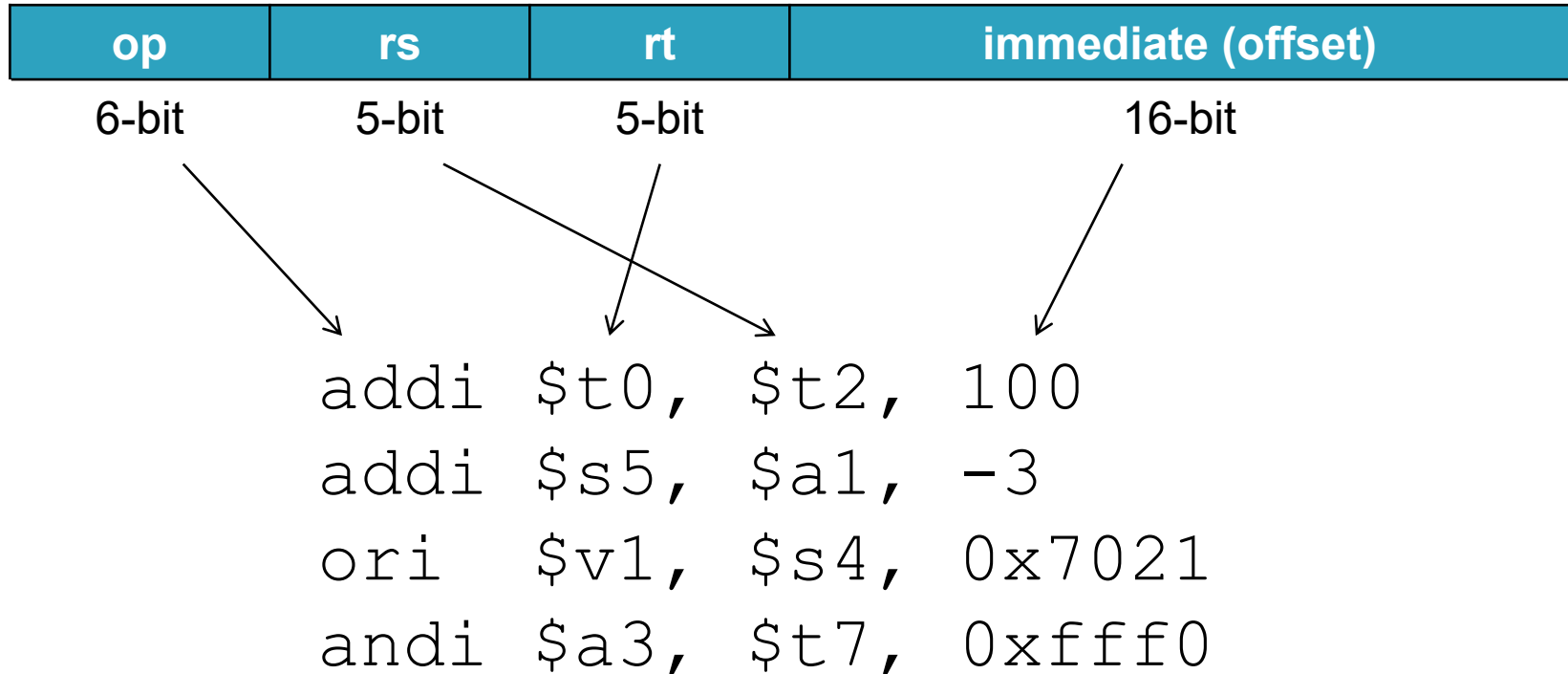
# Εντολές R-type – Ολισθήσεις



- Ολισθήσεις με μεταβλητό πλήθος ψηφίων ολίσθησης

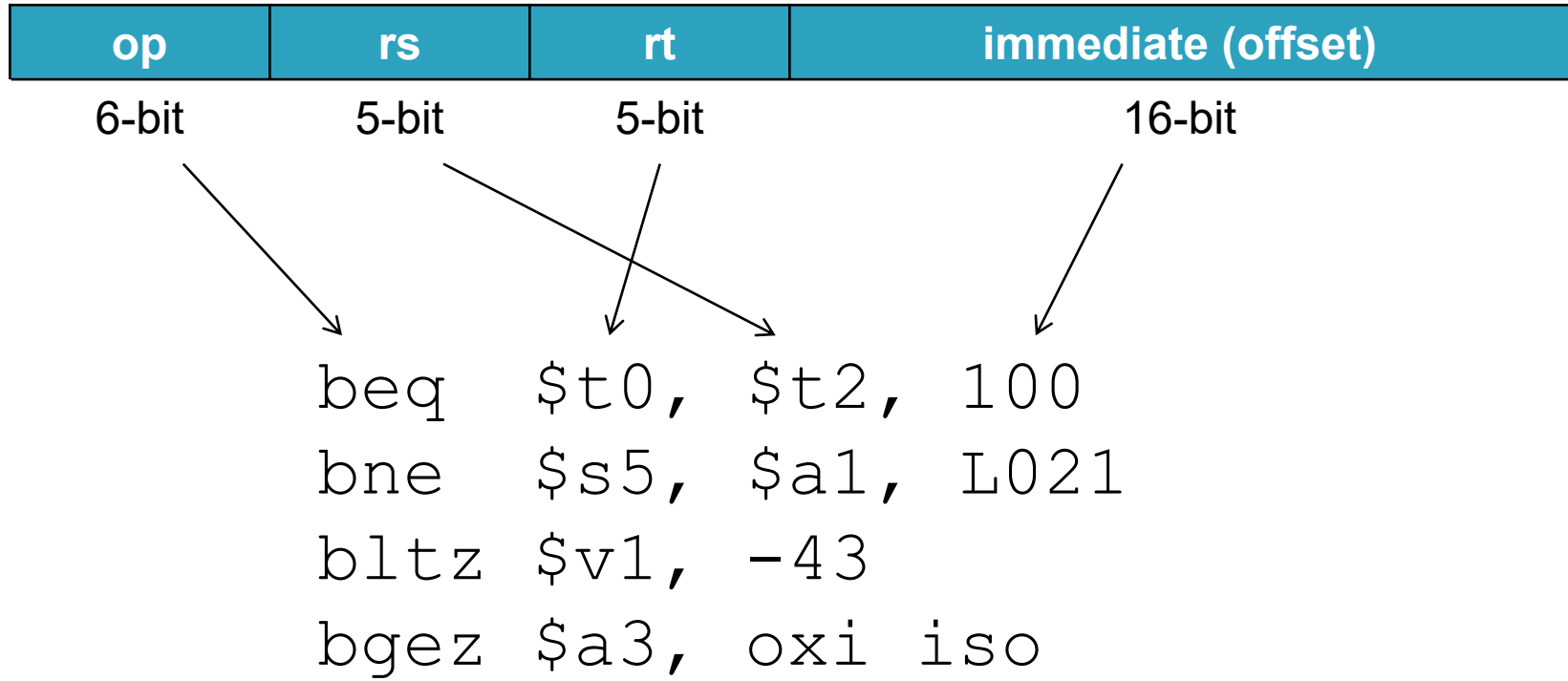


# Εντολές I-type



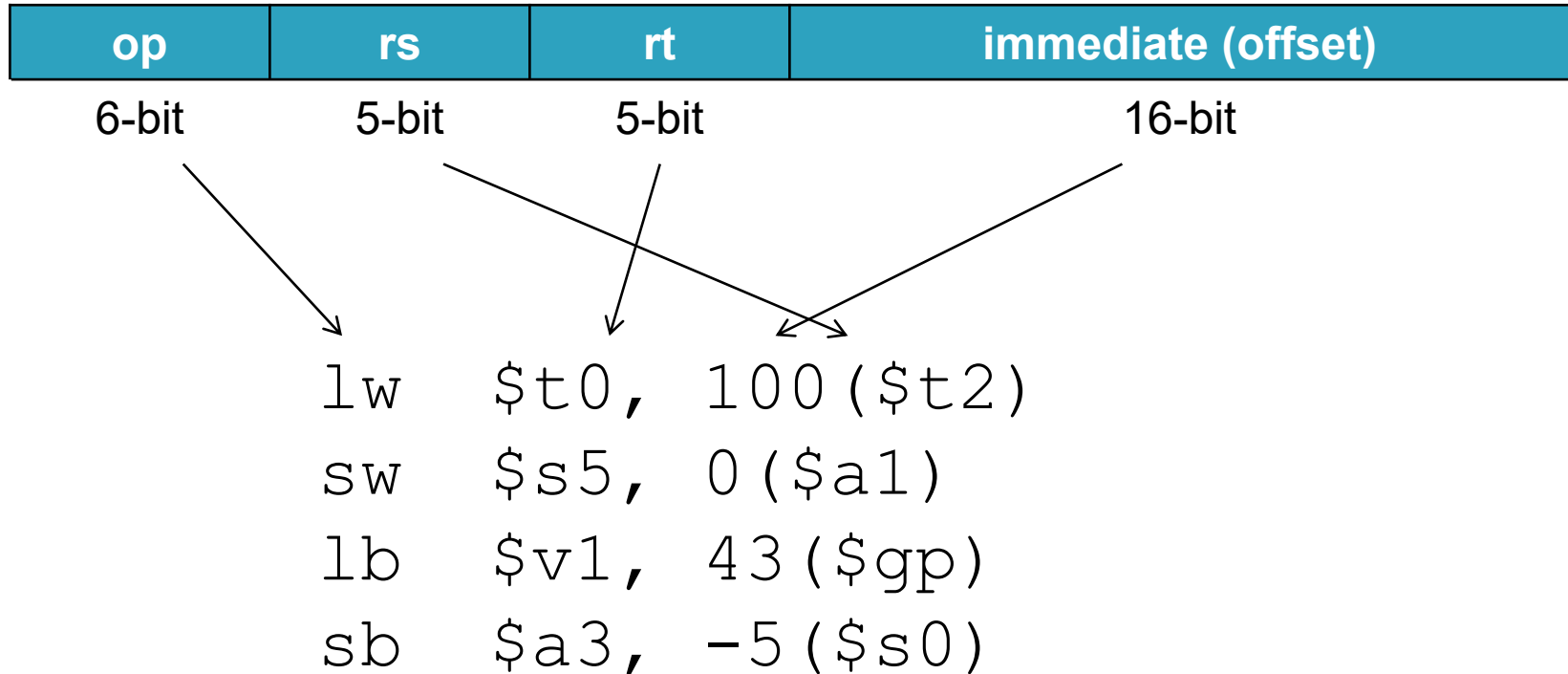
- Αριθμητικές και λογικές πράξεις με ένα άμεσο τελούμενο

# Εντολές I-type – Διακλαδώσεις



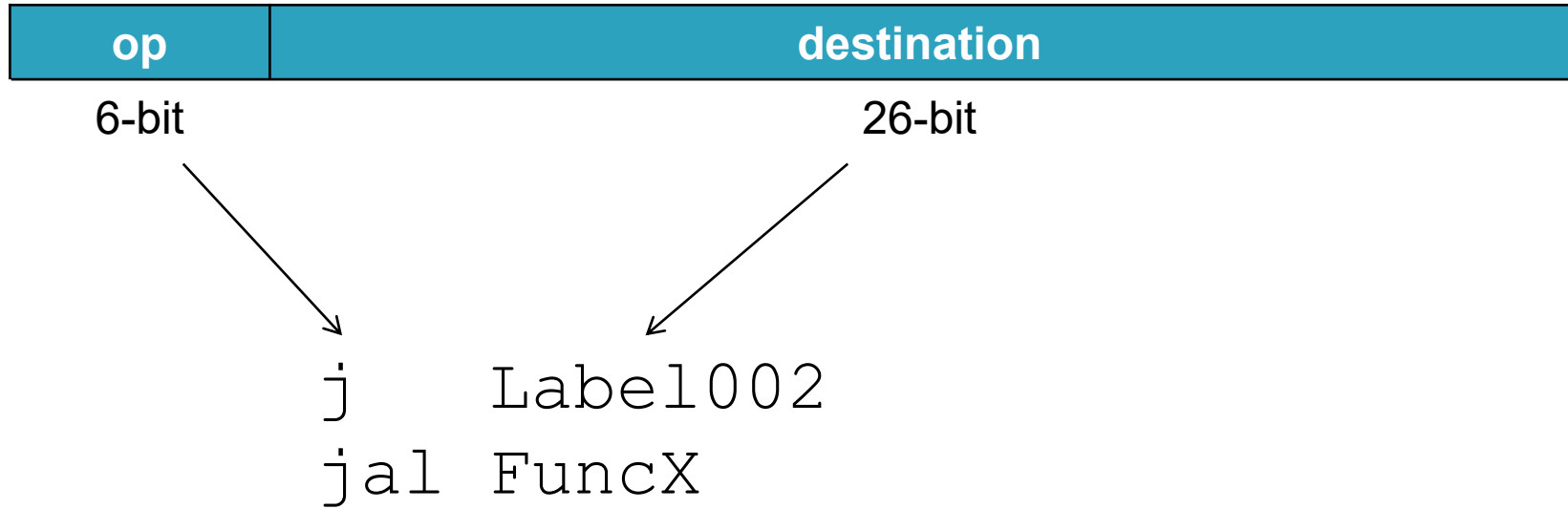
- Διακλαδώσεις = Άλματα υπό συνθήκη
  - Προορισμός σχετικός με επόμενη εντολή

# Εντολές I-type – Μνήμη



- Φορτώσεις και αποθηκεύσεις
  - Τελική διεύθυνση προσπέλασης

# Εντολές J-type



- Άλματα χωρίς συνθήκη
  - Υπολογισμός διεύθυνσης προορισμού
- Σύνδεση
  - Μέσω καταχωρητή \$ra

# Παράδειγμα 1

- Αύξηση όλων των στοιχείων ενός διανύσματος ακεραίων κατά τη σταθερά 3

```
addi    $t0, $sp, 24    #αρχική θέση
L:      lw     $t1, 0($t0) #φόρτωση στοιχείου
        addi   $t1, $t1, 3    #πρόσθεση
        sw     $t1, 0($t0)    #αποθήκευση
        addi   $t0, $t0, 4    #επόμενη θέση
        bne   $t0, $t2, L     #επανάλαβε
```

- όπου η θέση του διανύσματος είναι 24 bytes μετά τη θέση που δείχνει ο \$sp, και το διάνυσμα εκτείνεται μέχρι τη θέση που δείχνει ο \$t2

# Παράδειγμα 2

- Αναζήτηση και αντικατάσταση χαρακτήρα σε συμβολοσειρά ASCII

```
    addi    $t2, $gp, 32    #αρχική θέση
L1: lb     $t0, 0($t2)     #φόρτωση χαρακτήρα
    beq     $t0, $zero, E   #έλεγχος τερματισμού
    bne     $t0, $s0, L2    #αναζήτηση
    sb     $s1, 0($t2)     #αντικατάσταση
L2: addi    $t2, $t2, 1    #επόμενη θέση
    j      L1              #επανάλαβε
E:  ...                  #οποιαδήποτε εντολή
```

- όπου η συμβολοσειρά βρίσκεται 32 bytes μετά τη θέση που δείχνει ο \$gp και τερματίζεται με '\0', ο χαρακτήρας αναζήτησης βρίσκεται στον \$s0 και ο χαρακτήρας αντικατάστασης βρίσκεται στον \$s1

# Πλατφόρμα SPIM

- Συμβολομεταφραστής
  - Πραγματικές εντολές και ψευδοεντολές
- Προσομοιωτής
  - Φάκελος καταχωρητών, μνήμη και εκτέλεση εντολών
- Είσοδος / Έξοδος
  - Μέσω της εντολής syscall
- Περισσότερα θα δείτε στο εργαστήριο