

## Άσκηση 5: Γλώσσα Μηχανής, Format Εντολών

Προθεσμία έως Δευτέρα 22 Μαρτίου 2004, ώρα μαθήματος (βδομάδα 5)

### 5.1 Περίληψη Θεμάτων Γλώσσας Μηχανής του MIPS:

Εσωτερικά, ο υπολογιστής λειτουργεί μόνο με δυαδικές τιμές και σύμβολα. Έτσι, για να μπορέσει να εκτελεστεί ένα πρόγραμμα Assembly πρέπει αυτό να μεταφραστεί σε *Γλώσσα Μηχανής*, δηλ. σε δυαδικά σύμβολα. Τη μετάφραση αυτή κάνει ένα πρόγραμμα, ο *Assembler*.

Όλες οι εντολές του MIPS, όπως και των άλλων υπολογιστών στυλ RISC, έχουν σταθερό μέγεθος 32 bits. Μέσα τους περιέχουν από 2 έως 6 πεδία (fields). Υπάρχουν 3 διαφορετικές μορφές που οι εντολές μπορεί να έχουν. Η μορφή (format) της κάθε εντολής καθορίζεται από το πρώτο πεδίο της εντολής, που ονομάζεται **op**, έχει μέγεθος 6 bits, και είναι πάντα στην ίδια θέση (MS bits) για όλες τις εντολές. Φυσικά, με τα 6 bits που έχει, το πεδίο αυτό καθορίζει, εκτός από το format της εντολής, και ένα μέρος ή και ολόκληρο το **opcode** της εντολής, δηλαδή το τι πράξη ή ενέργεια πρέπει να εκτελέσει αυτή η εντολή. Οι τρεις μορφές εντολών είναι:

#### R-format:

Αυτό φαίνεται στη σελίδα 118 του βιβλίου (επάνω), και αποτελείται, μετά το πεδίο **op**, από τρία πεδία των 5 bits καθένα που επιλέγουν έναν από τους 32 καταχωρητές καθένα, ένα πεδίο των 5 bits που δεν θα το χρησιμοποιήσουμε εμείς στο υποσύνολο των εντολών που θα μελετήσουμε, και ένα πεδίο μεγέθους 6 bits που αποτελεί επέκταση του **op** και λέγεται **funct** (function code).

#### I-format:

Αυτό φαίνεται στη σελίδα 118 του βιβλίου (κάτω), και αποτελείται, μετά το πεδίο **op**, από δύο πεδία των 5 bits καθένα που επιλέγουν έναν από τους 32 καταχωρητές καθένα, και ένα πεδίο μεγέθους 16 bits που λέγεται **imm** (immediate, ή offset, ή constant, ή address) και που περιέχει μία "άμεση" σταθερή ποσότητα.

#### J-format:

Αυτό φαίνεται στη σελίδα 148 του βιβλίου (επάνω), και περιέχει, μετά το πεδίο **op**, ένα πεδίο "**target**" μεγέθους 26 bits που προσδιορίζει μεγάλο μέρος μιάς πλήρους διεύθυνσης μνήμης.

Οι εντολές του MIPS, το format τους, και τα opcodes τους φαίνονται στις σελίδες A-53 έως A-75 του παραρτήματος A του βιβλίου. Ο τρόπος που το format και το opcode καθορίζονται από τα πεδία **op** και **funct** με μία κωδικοποίηση μεταβλητού μεγέθους αποτελεί αντικείμενο της άσκησης 5.2.

### Άσκηση 5.2: Γλώσσα Μηχανής και Κώδικες Μεταβλητού Μήκους

Σ' αυτή την άσκηση θα μελετήσετε τον τρόπο που το format και το opcode στον MIPS καθορίζονται από τα πεδία **op** και **funct** με μία κωδικοποίηση μεταβλητού μεγέθους. Για να μην παιδευόμαστε όμως με μεγάλο πλήθος εντολών, θα χρησιμοποιήσουμε ένα δικό μας, φανταστικό format εντολών, ενός φανταστικού υπολογιστή, του MIPS\_8. Όλες οι εντολές του MIPS\_8 έχουν μέγεθος 8 bits. Ο MIPS\_8 έχει μόνο 8 καταχωρητές, τους \$0, \$1, ..., \$7, και οι σταθερές του ποσότητες (immediates) μπορούν να είναι μόνο οι 32 μη-αρνητικοί ακέραιοι 0, 1, 2, ..., 31. Οι εντολές του MIPS\_8 έχουν μόνον έναν τελεστέο --είτε καταχωρητή είτε σταθερή ποσότητα immediate-- και έχουν μόνο δύο format, τα εξής:

**R-format:**

- **op** (3 MS bits): πρώτο μέρος του opcode,
- **R** (3 επόμενα bits): ο καταχωρητής - τελεστής,
- **funct** (2 LS bits): δεύτερο μέρος του opcode.

**I-format:**

- **op** (3 MS bits): ο (μοναδικός) opcode,
- **Imm** (5 LS bits): η σταθερά - τελεστής.

**5(a):** Εστω ότι "ξοδεύουμε" και τους οκτώ (8) διαθέσιμους συνδυασμούς του πεδίου **op** για 8 εντολές I-format, τις εντολές **ki**, **li**, **mi**, **ni**, **pi**, **qi**, **ri**, **si**. Σ' αυτή την περίπτωση, μπορούμε να έχουμε καμία εντολή R-format; Γιατί όχι; Έστω πως επιμέναμε να έχουμε την εντολή R-format "**LL**" με **op**=001 και **funct**=10. Τότε, η εντολή "**LL** \$5" με ποιάν άλλη εντολή I-format (και με τι τελεστή) θα ήταν ίδια κι απαράλλακτη, με συνέπεια να μη μπορούμε να τις έχουμε και τις δύο στον MIPS\_8; Αποδείξτε εν συντομία αλλά με "μαθηματική" ακρίβεια και σαφήνεια ότι το ίδιο θα ίσχυε για οιαδήποτε άλλη δυνατή εντολή R-format.

**5(b):** Εστω τώρα ότι "ξοδεύουμε" μόνο τους 7 από τους 8 διαθέσιμους συνδυασμούς του πεδίου **op** --τους 000, 001, 010, 011, 100, 101, και 110-- για 7 εντολές I-format --τις **ki**, **li**, **mi**, **ni**, **pi**, **qi**, **ri**. Σ' αυτή την περίπτωση, πόσες εντολές R-format μπορούμε να έχουμε; Τι κώδικες **op** και **funct** θα έχει καθεμιά τους; Γιατί δεν μπορούμε να έχουμε περισσότερες από τόσες εντολές R-format;

**5(c):** Για την περίπτωση 5(b), σχεδιάστε ένα συνδυαστικό κύκλωμα, χρησιμοποιώντας πύλες AND, OR, NOT (μόνο τέτοιες, και όχι έτοιμους αποκωδικοποιητές), που να δέχεται σαν είσοδο μίαν εντολή (8 bits) και να παράγει σαν εξόδους:

- ένα σήμα I που ανάβει όταν και μόνον όταν η εντολή είναι I-format,
- ένα σήμα R που ανάβει όταν και μόνον όταν η εντολή είναι R-format,
- 7 σήματα, ένα για κάθε εντολή I-format, που να ανάβει όταν και μόνον όταν βλέπει τη συγκεκριμένη εντολή, και
- ένα σήμα για κάθε εντολή R-format, που να ανάβει όταν και μόνον όταν βλέπει τη συγκεκριμένη εντολή.

**5(d):** Ανάλογη ερώτηση με την 5(b), αλλά έστω ότι τώρα έχουμε μόνο 6 εντολές I-format. Πόσες εντολές R-format μπορούμε να έχουμε; Γράψτε τα opcodes όλων των εντολών, και των δύο format. Προσπαθήστε να επιλέξετε τα opcodes έτσι ώστε να απλοποιείται η αποκωδικοποίηση των σημάτων I και R (κατ' αναλογία προς την ερώτηση 5(c)).

**Τρόπος Παράδοσης:**

Δώστε όλες τις απαντήσεις σας **σε χαρτί**, κατά την ώρα του μαθήματος. (Εάν γράψετε την απάντηση σε υπολογιστή, παρακαλείστε να την τυπώσετε και να παραδώσετε μόνο χαρτί, για λόγους ομοιομορφίας και διευκόλυνσης της διόρθωσης).