

ΗΥ 134

Εισαγωγή στην Οργάνωση και
στον Σχεδιασμό Υπολογιστών I

Διάλεξη 12

Πολλαπλασιασμός
Κινητής Υποδιαστολής,
Εντολές MIPS

Νίκος Μπέλλας

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ, Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων

Πολλαπλασιασμός κινητής υποδιαστολής

Παράδειγμα τετραψήφιου δεκαδικού: $(\pm F1 \times 2^{E1}) \times (\pm F2 \times 2^{E2}) = \pm F3 \times 2^{E3}$

$$(1,110 \times 10^{10}) \times (9,200 \times 10^{-5})$$

1. Πρόσθεση εκθετών

$$\text{Νέος Εκθέτης} = 10 + -5 = 5$$

2. Πολλαπλασιασμός significands

$$1,110 \times 9,200 = 10,212 \Rightarrow 10,212 \times 10^5$$

3. Κανονικοποίηση αποτελέσματος και έλεγχος overflow/underflow

$$1,0212 \times 10^6$$

4. Στρογγυλοποίηση και (αν ξαναχρειαστεί) κανονικοποίηση

$$1,021 \times 10^6$$

5. Προσδιορισμός προσήμου με βάση τα πρόσημα των τελεστών

$$+1,021 \times 10^6$$

Πολλαπλασιασμός κινητής υποδιαστολής

Παράδειγμα τετραψήφιου δυαδικού (δηλ. μπορούμε να αποθηκεύσουμε μόνο 4 σημαντικά ψηφία σε κάθε χρονική στιγμή)

$$0.5 \times -0.4375 = 1,000_2 \times 2^{-1} \times -1,110_2 \times 2^{-2}$$

1. Πρόσθεση εκθετών

$$\text{Χωρίς πόλωση: } -1 + -2 = -3$$

$$\text{Με πόλωση : } -3 + 127 = 124$$

2. Πολλαπλασιασμός σημαντικών

$$1,000_2 \times 1,110_2 = 1,110000 = 1,110_2 \Rightarrow 1,110_2 \times 2^{-3}$$

3. Κανονικοποίηση αποτελέσματος και έλεγχος overflow/underflow

$$1,110_2 \times 2^{-3} \text{ (καμία αλλαγή) γιατί } -126 \leq -3 \leq 127$$

4. Στρογγυλοποίηση και (αν ξαναχρειαστεί) κανονικοποίηση

$$1,110_2 \times 2^{-3} \text{ (καμία αλλαγή)}$$

5. Προσδιορισμός προσήμου $+ \times - \Rightarrow -$

$$-1,110_2 \times 2^{-3} = -0,21875$$

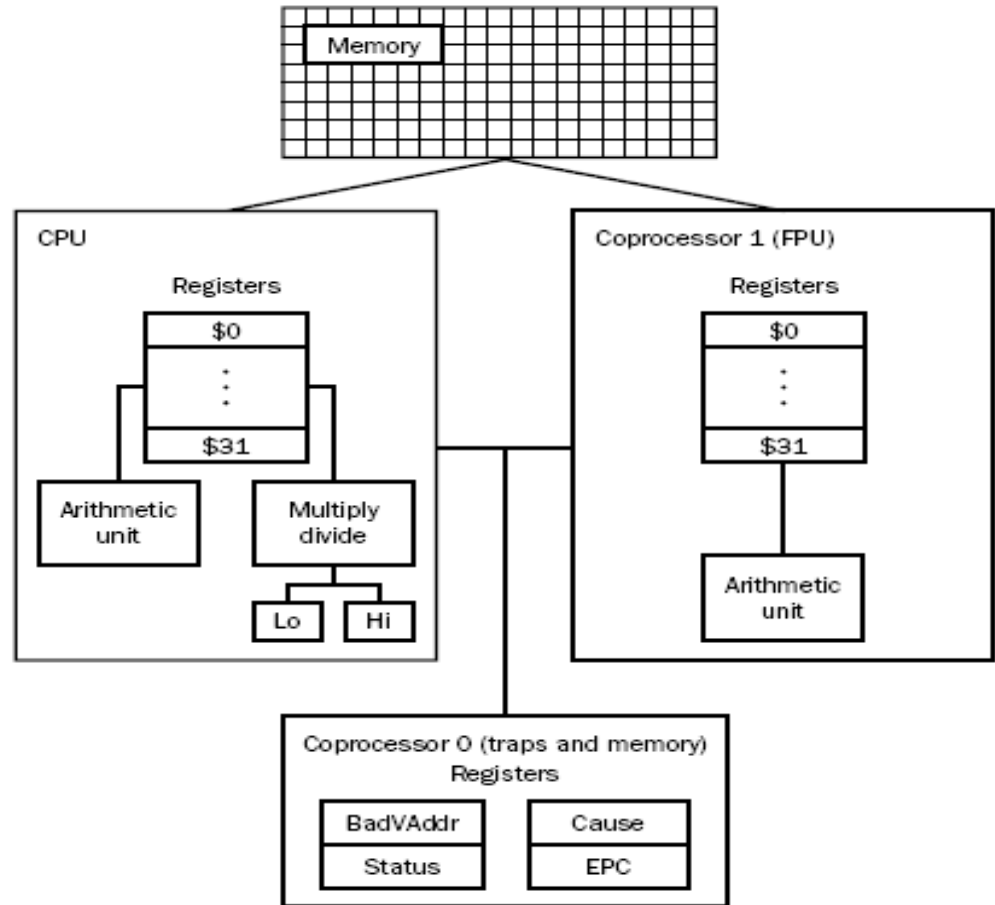
Εισαγωγή στους H/Y (HY134)

Αριθμητική μονάδα κινητής υποδιαστολής

- Ο πολ/στής είναι παρόμοιας πολυπλοκότητας με τον αθροιστή
 - Αλλά χρησιμοποιεί πολλαπλασιαστή για τα significands αντί για αθροιστή
- Η αριθμητική μονάδα κινητής υποδιαστολής συνήθως κάνει:
 - Πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμό, διαίρεση, αντίστροφο, ρίζα
 - Μετατροπή από πραγματικό σε ακέραιο και το αντίθετο
- Οι εντολές συνήθως παίρνουν αρκετούς κύκλους

Εντολές κινητής υποδιαστολής στο MIPS

- Το υλικό κινητής υποδιαστολής είναι ο συνεπεξεργαστής 1
 - Επεκτείνει το ISA
- Ξεχωριστοί κατ/τές κινητής υποδιαστολής
 - 32 απλής ακρίβειας: \$f0, \$f1, ... \$f31
 - Σε ζεύγη για διπλή ακρίβεια: \$f0/\$f1, \$f2/\$f3,



Εντολές κινητής υποδιαστολής στο MIPS

- Οι εντολές κινητής υποδιαστολής λειτουργούν μόνο σε καταχωρητές κινητής υποδιαστολής
 - Το προγράμματα γενικά δεν κάνουν ακέραιες πράξεις σε δεδομένα κινητής υποδιαστολής και αντίστροφα.
- Εντολές φόρτωσης και αποθήκευσης αριθμών κινητής υποδιαστολής

Απλή ακρίβεια

`lwc1 $f1, 54($s2) # $f1 = Memory[$s2+54]`

`swc1 $f1, 58($s4) # Memory[$s4+58] = $f1`

Διπλή ακρίβεια

`ldc1 $f2, 54($s2) # ($f2, $f3) = Memory[$s2+54]`

`sdc1 $f24, 58($s4) # Memory[$s4+58] = ($f24, $f25)`

Εντολές κινητής υποδιαστολής στο MIPS

- Αριθμητική απλής ακρίβειας
 - `add.s`, `sub.s`, `mul.s`, `div.s`
 - `add.s $f0, $f1, $f6`
- Αριθμητική διπλής ακρίβειας
 - `add.d`, `sub.d`, `mul.d`, `div.d`
 - `mul.d $f4, $f4, $f6`
- Σύγκριση απλής & διπλής ακρίβειας
 - `c.xc.s`, `c.xc.d` (`xc` είναι `eq`, `lt`, `le`, ...)
 - Θέτει ή μηδενίζει το το bit κωδικού συνθήκης FP
 - `c.lt.s $f3, $f4`
- Διακλάδωση ανάλογα με τον κωδικό συνθήκης FP
 - `bc1t`, `bc1f`
 - `bc1t TargetLabel`
- Μετατροπή μεταξύ κινητής υποδιαστολής και ακεραίων
 - `cvt.w.s` # από κιν. υποδιαστολής απλής ακρίβειας σε ακέραιο
 - `cvt.w.s $f0, $f1`

Συνεπεξεργαστής κινητής υποδιαστολής στο MIPS

- Ποια είναι τα ΥΠΕΡ και τα ΚΑΤΑ του να έχουμε ξεχωριστό σύνολο καταχωρητών για αριθμητική κινητής υποδιαστολής
 - Διπλάσιους καταχωρητές χωρίς να ξοδεύουμε bits στην αποκωδικοποίηση της εντολής (αλλιώς θα χρειαζόμασταν μέχρι και 3 επιπλέον bits)
 - ΑΛΛΑ, χρειαζόμαστε ένα καινούργιο σύνολο εντολών για να κάνουμε φόρτωση και αποθήκευση (load/store) στους καταχωρητές αυτούς

Παράδειγμα: °F σε °C

- Κώδικας C:

```
float f2c (float fahr) {  
    return ((5.0/9.0)*(fahr - 32.0));  
}
```

- `fahr` στον `$f12`, αποτέλεσμα στον `$f0`, σταθερές στο `global memory space`
- Αντίθετα με τους καταχωρητές ακεραίων, ο `$f0` μπορεί να περιέχει έναν αριθμό
- Υποθέτουμε ότι ο μεταγλωττιστής τοποθετεί τις τρεις σταθερές 5, 9, 32 στο `.data section` για να είναι προσπελάσιμες από τον καθολικό δείκτη `$gp`.

Παράδειγμα: °F σε °C

- Μεταγλωττισμένος κώδικας MIPS:

επίσης

```
f2c: lwc1    $f16, const5($gp)
      lwc1    $f18, const9($gp)
      div.s   $f16, $f16, $f18
      lwc1    $f18, const32($gp)
      sub.s   $f18, $f12, $f18
      mul.s   $f0,  $f16, $f18
      mov.s   $f12, $f0
      li     $v0, 2
      syscall
      jr     $ra
```

li	\$t0, 5
mtc1	\$t0, \$f16
cvt.s.w	\$f16, \$f16