



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
www.cslab.ece.ntua.gr

## 2η ΑΣΚΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ακ. έτος 2012-2013, 5ο Εξάμηνο Σχολή ΗΜ&ΜΥ

Τελική Ημερομηνία Παράδοσης: 13/01/2013

### ΘΕΜΑ 1

Σχεδιάστε ένα σύστημα παράστασης αριθμών κινητής υποδιαστολής MyFP48, στο οποίο διατίθενται 48 bit για την παράσταση ενός αριθμού, κατ' αναλογία με το πρότυπο IEEE 754.

Για το σύστημα MyFP48 να δοθούν:

- Οι τύποι αποτίμησης της τιμής ενός αριθμού
- Το εύρος παράστασης των αριθμών
- Η μέγιστη ακρίβεια (δηλ. η ελάχιστη διαφορά ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς αριθμούς)

Το πρόβλημα επιδέχεται διαφορετικές αποδεκτές λύσεις, ανάλογα με το σχετικό βάρος που θέλει να δώσει κανείς στην ακρίβεια και στο εύρος παράστασης του συστήματος MyFP48. Μία λύση έχει ως εξής:

#### A. Ορισμός πεδίων

s	e	f
1 bit	10 bit	37 bit

Η πόλωση p είναι η μεσαία τιμή που μπορεί να παρασταθεί από τα ψηφία του e.

$$P = 511 \text{ (επειδή } 2^{10} - 1 = 1023)$$

B. Η τιμή του αριθμού V ορίζεται ως εξής:

- Εάν  $0 < e < 1023$ , τότε  $V = (-1)^S * 2^{(e-511)} * (1, f)$
- Εάν  $e = 1023$  και  $f \neq 0$ , τότε  $V =$  μη-αριθμός NaN ("NotANumber")
- Εάν  $e = 1023$  και  $f = 0$  και  $s = 1$ , τότε  $V = -\infty$
- Εάν  $e = 1023$  και  $f = 0$  και  $s = 0$ , τότε  $V = +\infty$
- Εάν  $e = 0$  και  $f \neq 0$ , τότε  $V = (-1)^S * 2^{-510} * (0, f)$  ("SubNormal")
- Εάν  $e = 0$  και  $f = 0$  και  $s = 1$ , τότε  $V = -0$ ;
- Εάν  $e = 0$  και  $f = 0$  και  $s = 0$ , τότε  $V = 0$ ;

Γ. Το εύρος παράστασης των αριθμών καθορίζεται από τον μικρότερο και μεγαλύτερο αριθμό που μπορούν να παρασταθούν. Για τη λύση αυτή έχουμε:

$$V_{\min} = \pm 1.0 * 2^{1-511} = \pm 2^{-510}$$
$$V_{\max} = \pm (1,111\dots1) * 2^{1022-511} \approx \pm 2 * 2^{511} = \pm 2^{512}$$

**Δ. Η ελάχιστη διαφορά ανάμεσα σε διαδοχικούς αριθμούς προκύπτει στην περίπτωση των SubNormal, ήτοι:**

$$D_{\min} = 2^{-510} * (0,000...01) = 2^{-510} * 2^{-37} = 2^{-547}$$

## ΘΕΜΑ 2

Δίνεται ο παρακάτω κώδικας :

```

Loop:    add   $3, $2, $1
         lb    $3, ($3)
         muli $3, $3, 10
         subi $1, $1, 1
         add  $4, $3, $1
         sb   $4, ($4)
         subi $1, $1, 1
         bnez $1, Loop
    
```

Exit:

Υποθέτουμε ότι η αρχική τιμή του \$1 είναι 40 και ότι ο κώδικας εκτελείται σε έναν επεξεργαστή MIPS με αρχιτεκτονική σωλήνωσης (pipeline) 5 σταδίων (IF, ID, EX, MEM, WB), όπου η εγγραφή σε κάποιον καταχωρητή γίνεται στο πρώτο μισό ενός κύκλου, ενώ η ανάγνωση από τον ίδιον καταχωρητή στο δεύτερο μισό του ίδιου κύκλου. Υποθέτουμε επίσης ότι όλες οι αναφορές στη μνήμη ικανοποιούνται από την κρυφή μνήμη σε 1 κύκλο (δεν υπάρχουν δηλαδή αστοχίες), ενώ η απόφαση για μια εντολή διακλάδωσης λαμβάνεται στο στάδιο MEM.

**Με βάση τη συνθήκη ελέγχου, το Loop θα εκτελεστεί 40/2 = 20 φορές.**

**A)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
add \$3, \$2, \$1	F	D	X	M	W																					
lb \$3, (\$3)		F	D	-	-	X	M	W																		
muli \$3, \$3, 10			F	-	-	D	-	-	X	M	W															
subi \$1, \$1, 1						F	-	-	D	X	M	W														
add \$4, \$3, \$1									F	D	-	-	X	M	W											
sb \$4, (\$4)										F	-	-	D	-	-	X	M	W								
subi \$1, \$1, 1													F	-	-	D	X	M	W							
bnez \$1, Loop																F	D	-	-	X	M	W				
add \$3, \$2, \$1																						F	D	X	M	W

**Συνολικά, για την εκτέλεση του βρόχου απαιτούνται 19\*21+22 = 421 κύκλοι.**

**B)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
add \$3,\$2,\$1	F	D	X	M	W												
lb \$3,(\$3)		F	D	X	M	W											
muli \$3,\$3,10			F	D	-	X	M	W									
subi \$1,\$1,1				F	-	D	X	M	W								
add \$4,\$3,\$1						F	D	X	M	W							
sb \$4,(\$4)							F	D	X	M	W						
subi \$1,\$1,1								F	D	X	M	W					
bnez \$1,Loop									F	D	X	M	W				
add \$3,\$2,\$1												F	D	X	M	W	

**Συνολικά, για την εκτέλεση του βρόχου απαιτούνται  $19 \cdot 12 + 13 = 241$  κύκλοι.**

**Γ)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
add \$3,\$2,\$1	F	D	M	X	W													
lb \$3,(\$3)		F	D	-	M	X	W											
muli \$3,\$3,10			F	-	D	M	X	W										
subi \$1,\$1,1					F	D	M	X	W									
add \$4,\$3,\$1						F	D	M	X	W								
sb \$4,(\$4)							F	D	-	M	X	W						
subi \$1,\$1,1								F	-	D	M	X	W					
bnez \$1,Loop										F	D	M	X	W				
add \$3,\$2,\$1													F	D	M	X	W	

**Συνολικά, για την εκτέλεση του βρόχου απαιτούνται  $19 \cdot 13 + 14 = 261$  κύκλοι.**

Δ)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
add \$3,\$2,\$1	F	D	M	X	W											
subi \$1,\$1,1		F	D	M	X	W										
lb \$3,(\$3)			F	D	M	X	W									
mul \$3,\$3,10				F	D	M	X	W								
add \$4,\$3,\$1					F	D	M	X	W							
subi \$1,\$1,1						F	D	M	X	W						
sb \$4,(\$4)							F	D	M	X	W					
bnez \$1,Loop								F	D	M	X	W				
add \$3,\$2,\$1												F	D	M	X	W

Συνολικά, για την εκτέλεση του βρόχου απαιτούνται  $19 \cdot 11 + 12 = 221$  κύκλοι.