**2η ΣΕΙΡΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ**

Παπαδόπουλος Χαράλαμπος

03120199

1. Χωρίς προώθηση

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Κύκλος | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| LW $t4, 8($t2) | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t2, $t4, $t6 |  | IF | ID |  |  | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |
| SW $t2, 8($t4) |  |  | IF |  |  | ID |  |  | EX | MEM | WB |  |  |  |  |
| ADD $t5, $t5, $t3 |  |  |  |  |  | IF |  |  | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |
| LW $t6, 0($t5) |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID |  |  | EX | MEM | WB |
| SW $t6, 4($t2) |  |  |  |  |  |  |  |  |  | IF |  |  | ID |  |  |
| ADD $t6, $t6, $t5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | IF |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Κύκλος | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| SW $t6, 4($t2) | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t6, $t6, $t5 | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |
| ADDΙ $t9, $t9, -4 | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |
| BNEZ $t9, LOOP |  | IF | ID |  |  | EX | MEM | WB |  |  |  |
| LW $t4, 8($t2) |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |

Η αρχική τιμή του $t9 στο δεκαδικό σύστημα είναι 4\*162 άρα ο αλγόριθμος θα πραγματοποιήσει 162 = 256 επαναλήψεις.

Άρα, συνολικά θα έχουμε 255\*21 + 23 = 5.378 κύκλους

Κίνδυνοι/Αντιμετώπιση:

* Stalls στους κύκλους 4, 5, γιατί ο $t4 για την εντολή add $t2,$t4,$t6 γίνεται διαθέσιμος στο τέλος του κύκλου 5 από την εντολή lw
* Stalls στους κύκλους 7, 8, γιατί ο $t2 για την εντολή sw $t2,8($t4) γίνεται διαθέσιμος στο τέλος του κύκλου 8 από την εντολή add
* Stalls στους κύκλους 11, 12, γιατί ο $t5 για την εντολή lw $t6,0($t5) γίνεται διαθέσιμος στο τέλος του κύκλου 12 από την εντολή add
* Stalls στους κύκλους 14, 15, γιατί ο $t6 για την εντολή sw $t6,4($t2) γίνεται διαθέσιμος στο τέλος του κύκλου 15 από την εντολή lw
* Stalls στους κύκλους 19, 20, γιατί ο $t9 για την εντολή bnez $t9, Loop γίνεται διαθέσιμο στο τέλος του κύκλου 20 από την εντολή addi
* Το δεύτερο στιγμιότυπο της εντολής lw $t4, 8($t2) αρχίζει να εκτελείται από τον κύκλο 22, γιατί η απόφαση για την διακλάδωση ελήφθη στον κύκλο 21

1. Με προώθηση

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Κύκλος | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| LW $t4, 8($t2) | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t2, $t4, $t6 |  | IF | ID |  | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| SW $t2, 8($t4) |  |  | IF |  | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t5, $t5, $t3 |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |
| LW $t6, 0($t5) |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |
| SW $t6, 4($t2) |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t6, $t6, $t5 |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |
| ADDΙ $t9, $t9, -4 |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |
| BNEZ $t9, LOOP |  |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |
| LW $t4, 8($t2) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |

Συνολικά θα έχουμε 255\*12 + 14 = 3.074 κύκλους

1. Κάθε στάδιο θα έχει μέγεθος όσο η μεγαλύτερη καθυστέρηση, δηλαδή 480ps + 20ps = 500ps

Άρα, συνολικά η διάρκεια του κύκλου σωλήνωσης θα είναι 5\*500 = 2500ps

1. Εάν σπάσουμε το στάδιο MEM, τότε η διάρκεια κάθε σταδίου θα είναι πλέον 380ps + 20ps = 400ps και η συνολική διάρκεια του κύκλου σωλήνωσης θα είναι 6\*400 = 2400ps.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Κύκλος | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| LW $t4, 8($t2) | IF | ID | EX | MEM1 | ΜΕΜ2 | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t2, $t4, $t6 |  | IF | ID |  |  | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |
| SW $t2, 8($t4) |  |  | IF |  |  | ID | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t5, $t5, $t3 |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |  |  |  |  |
| LW $t6, 0($t5) |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |  |  |  |
| SW $t6, 4($t2) |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX |  | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |  |
| ADD $t6, $t6, $t5 |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID |  | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |
| ADDΙ $t9, $t9, -4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | IF |  | ΙD | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |
| BNEZ $t9, LOOP |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM1 | MEM2 | WB |
| LW $t4, 8($t2) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | MEM1 |

Συνολικά θα έχουμε 255\*14 + 17 = 3.587 κύκλους. Ο συνολικός χρόνος μειώθηκε από 500ps\*3.074=1.537.000ps σε 400ps\*3.587=1.434.800ps, το οποίο σημαίνει πως έχουμε βελτίωση της επίδοσης του επεξεργαστή.

5) Αναδιαταγμένος κώδικας:

lw $t4,8($t2)

add $t5, $t5, $t3

add $t2, $t4, $t6

sw $t2, 8($t4)

lw $t6, 0($t5)

addi $t9, $t9, -4

sw $t6, 4($t2)

add $t6, $t6, $t5

bnez $t9, Loop

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Κύκλος | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| LW $t4, 8($t2) | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t2, $t4, $t6 |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| SW $t2, 8($t4) |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t5, $t5, $t3 |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |
| LW $t6, 0($t5) |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |  |
| SW $t6, 4($t2) |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t6, $t6, $t5 |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |  |
| ADDΙ $t9, $t9, -4 |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |  |
| BNEZ $t9, LOOP |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |  |  |  |
| LW $t4, 8($t2) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM | WB |

Συνολικά θα έχουμε 255\*11 + 13 = 2.816 κύκλους και συνολικό χρόνο 2.816 \* 500ps = 1.408.000ps.

Προφανώς επιτυγχάνουμε αισθητά μεγαλύτερη βελτίωση της επίδοσης αλλάζοντας τον κώδικα συγκριτικά με την αλλαγή του υλικού.

6)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Κύκλος | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| LW $t4, 8($t2) | IF | ID | EX | MEM1 | ΜΕΜ2 | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t2, $t4, $t6 |  | IF | ID | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| SW $t2, 8($t4) |  |  | IF | ID |  | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |  |  |  |  |  |
| ADD $t5, $t5, $t3 |  |  |  | IF |  | ID | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |  |  |  |  |
| LW $t6, 0($t5) |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |  |  |  |
| SW $t6, 4($t2) |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |  |  |
| ADD $t6, $t6, $t5 |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |  |
| ADDΙ $t9, $t9, -4 |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX | MEM1 | MEM2 | WB |  |  |
| BNEZ $t9, LOOP |  |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID |  | EX | MEM1 | MEM2 | WB |
| LW $t4, 8($t2) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | IF | ID | EX |

Έχουμε συνολικά 255\*13 + 16 = 3.331 κύκλους και συνολικό χρόνο 3.331\*400ps = 1.332.400ps.

Καταλήγουμε πως αυτός είναι ο βέλτιστος τρόπος.