



Τσαμπάζη Μαρία
Α.Μ. : 031 15716

Στην παρούσα άσκηση, καλούμαστε να πειραματιστούμε με τις παραμέτρους `dispatch_width` (αριθμός εντολών που μπορούν να γίνουν `issue` ταυτόχρονα `-superscalar` επεξεργαστές-) και `window_size` (μέγεθος του ROB – Re-order buffer). Για τους διαφόρους συνδυασμούς αυτών των τιμών και συνεπώς για το πλήθος των επεξεργαστών που θα προκύψουν, ως προς την αξιολόγηση της απόδοσης και επίδοσής τους, θα πραγματοποιήσουμε προσομοιώσεις, με τη βοήθεια ειδικών εργαλείων, των παρακάτω SPEC 2006CPU benchmarks:

• gcc • mcf • zeusmp • cactusADM • gobmk • soplex • hammer • sjeng
• GemsFDTD • omnetpp • astar • xalancbmk

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε είναι ο προσομοιωτής Sniper Multicore Simulator (που αξιοποιεί το εργαλείο pin), το McPAT (Multi-core Power, Area, Timing) που περιλαμβάνεται στον sniper για τη μοντελοποίηση των χαρακτηριστικών ενός επεξεργαστή (κατανάλωση ενέργειας, μέγεθος που καταλαμβάνουν στο chip διάφορες μονάδες του επεξεργαστή), ενώ για την εκτέλεση κάθε benchmark θα χρησιμοποιήσουμε το κατάλληλο pinball (simpoints, checkpoints, χαρακτηριστικά για τα benchmarks - χρησιμοποιούνται ως input στα pintools), κι αυτό διότι η εκτέλεση με sniper καθυστερεί, γι'αυτό και θα αποφευχθεί να τρέξουν ολόκληρα, οπότε κερδίζουμε ταχύτητα και χρόνο ως προς την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

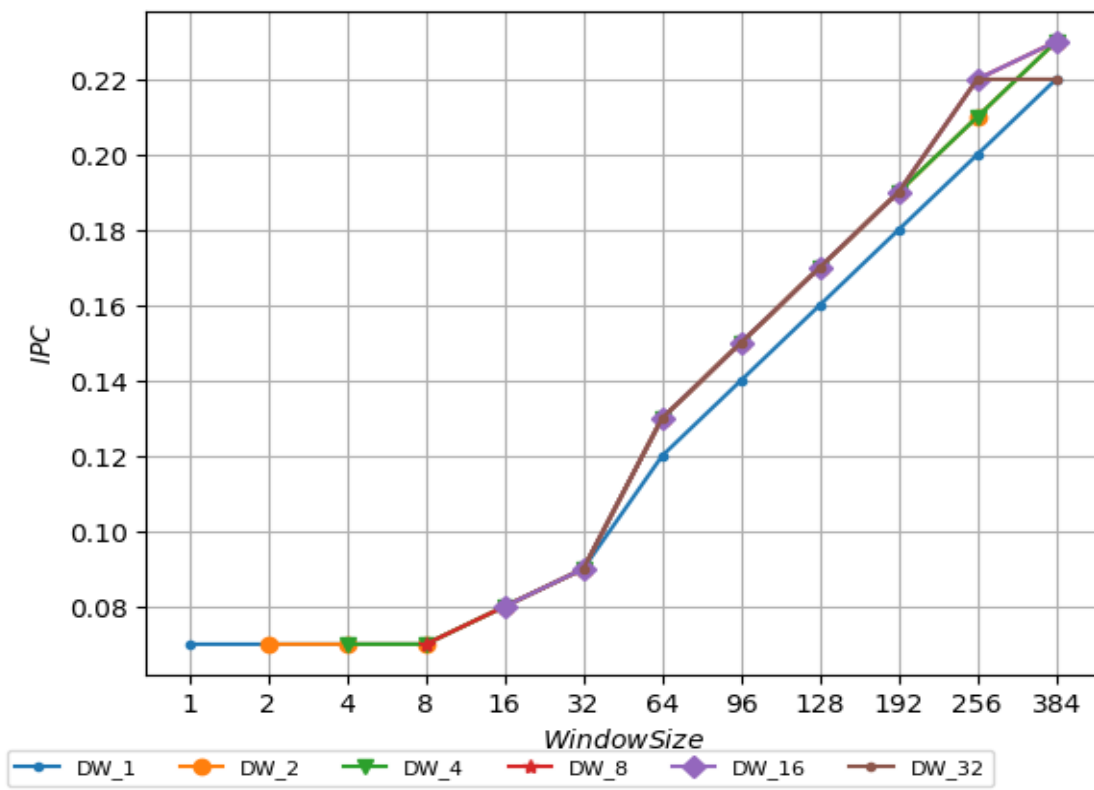
Ως μετρικές απόδοσης χρησιμοποιούμε το IPC (Instructions Per Cycle), για την αξιολόγηση της επίδοσης του επεξεργαστή (κατανάλωση ενέργειας) χρησιμοποιείται ως μετρική το EDP (energy-delay product), ενώ επιπλέον παρατηρούμε πως οι παράμετροι ενδιαφέροντος που μελετάμε στην άσκηση επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας και το μέγεθος του chip του επεξεργαστή.

Πειραματική Αξιολόγηση

Συνολικά, το πλήθος των συνδυασμών κι άρα το πλήθος των διαφορετικών επεξεργαστών με βάση τις τιμές `dispatch_width` και `window_size` που μας δίνονται είναι $6 \times 12 = 72$.

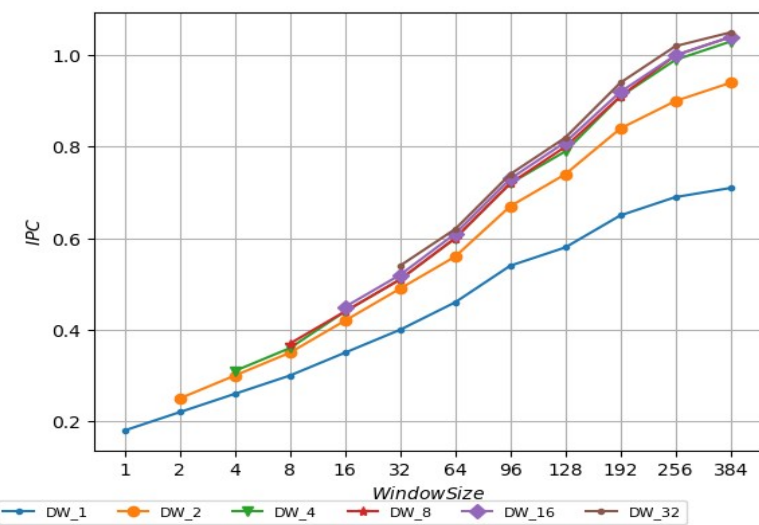
i)

Σύμφωνα με τον αλγόριθμο Tomasulo, στο `issue stage` (στάδιο 1) οι εντολές θα γίνουν `issued` για εκτέλεση εάν όλα τα operands και οι reservation stations είναι σε κατάσταση `ready`, αλλιώς θα γίνουν `stalled`. Λαμβάνεται το instruction από το instruction queue το οποίο θα γίνει `issue` μόνο εάν υπάρχει υπάρχει ελεύθερο reservation station και ελεύθερο entry στο ROB. Συνεπώς, θα παραλείψουμε τις προσομοιώσεις για τις οποίες το μέγεθος του ROB είναι μικρότερο από το πλήθος των εντολών τις οποίες κάνουμε `issue` ταυτόχρονα, δηλαδή όλες τις προσομοιώσεις για τις οποίες ισχύει ότι $window_size < dispatch_width$. Εκτελώντας όλες τις προσομοιώσεις, εστιάζουμε την προσοχή μας στα $dispatch_width=1, 2, 4, 8$ για το `soplex`, και παρατηρούμε ότι το `ipc` για ορισμένο `dispatch width` μένει στα ίδια επίπεδα με το αμέσως μικρότερο `dispatch width` μέχρι το μέγεθος του ROB να γίνει μεγαλύτερο ίσο του `dispatch width`.

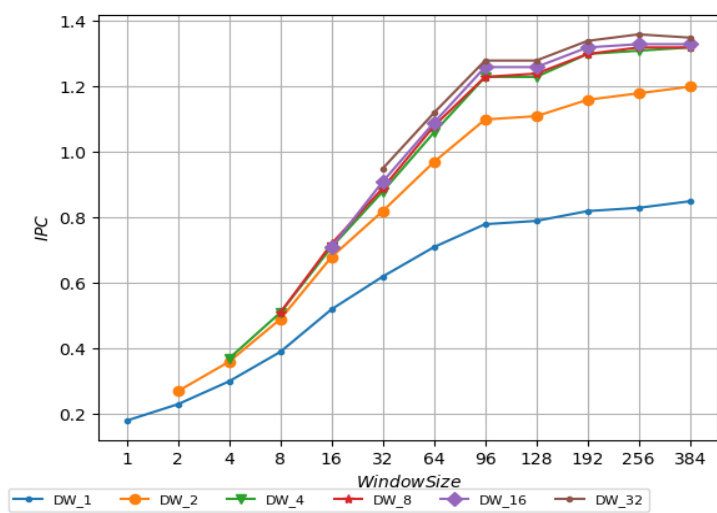


ii)

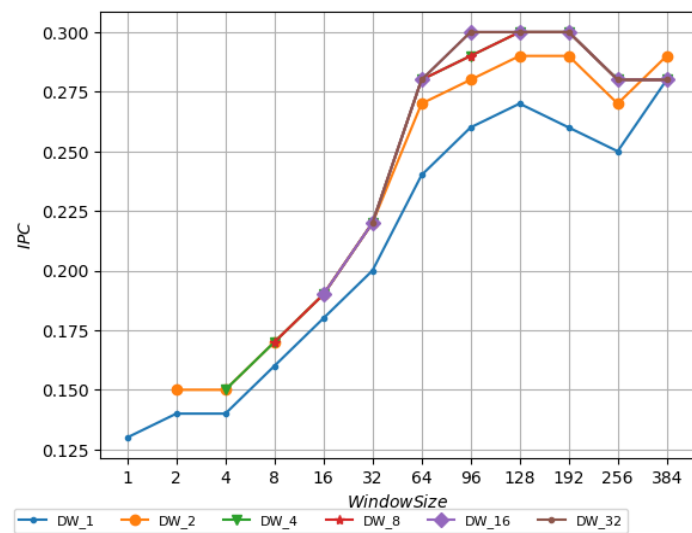
-GemsFDTD



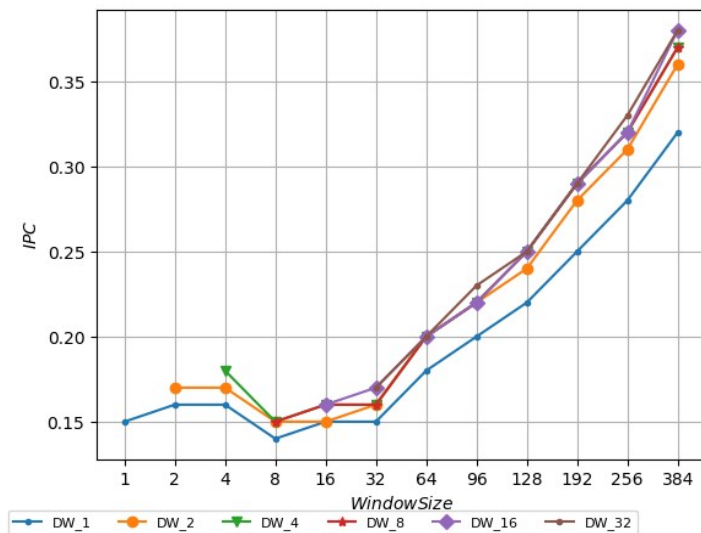
-cactusADM



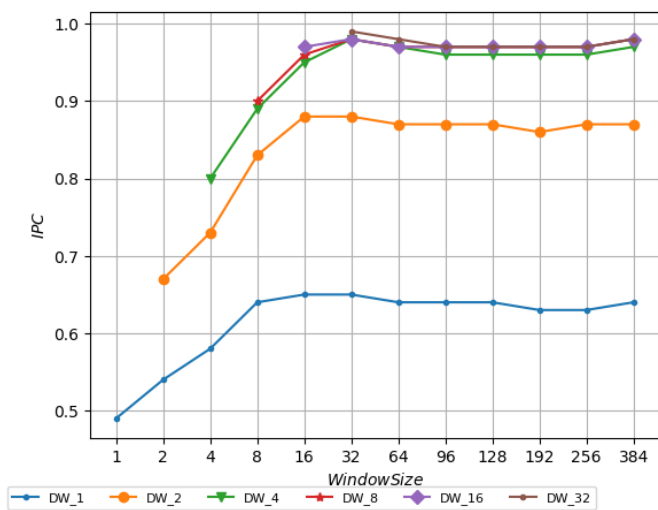
-omnetpp



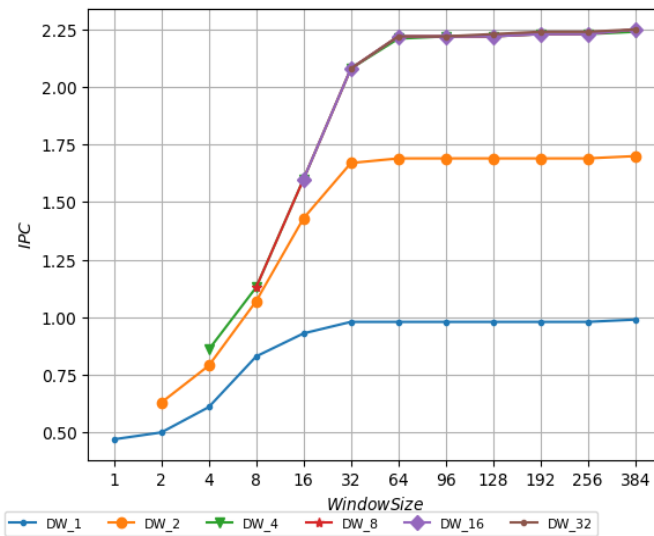
-astar



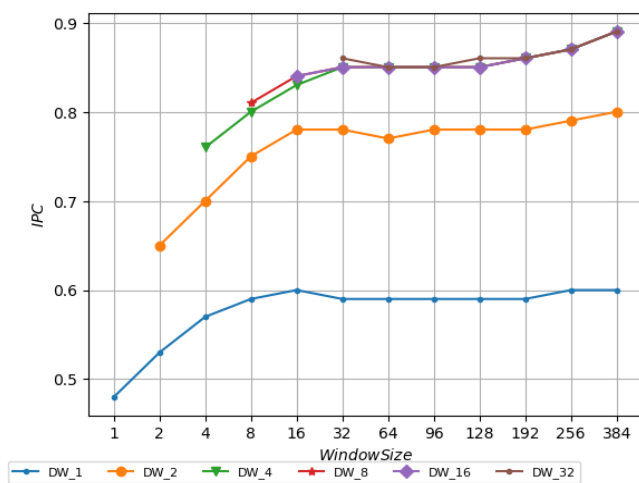
-gobmk



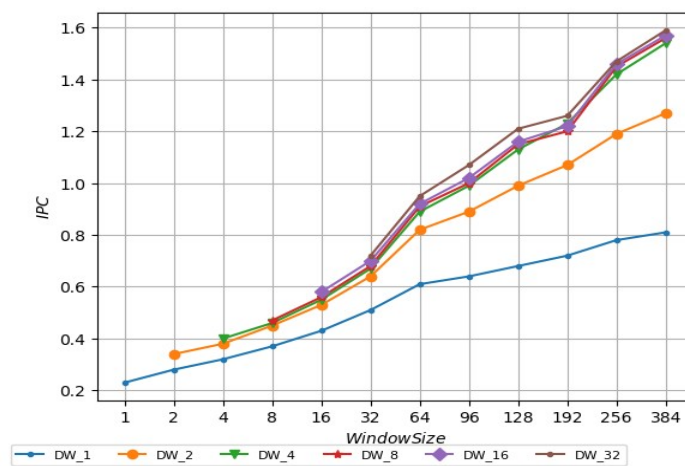
-hmmer



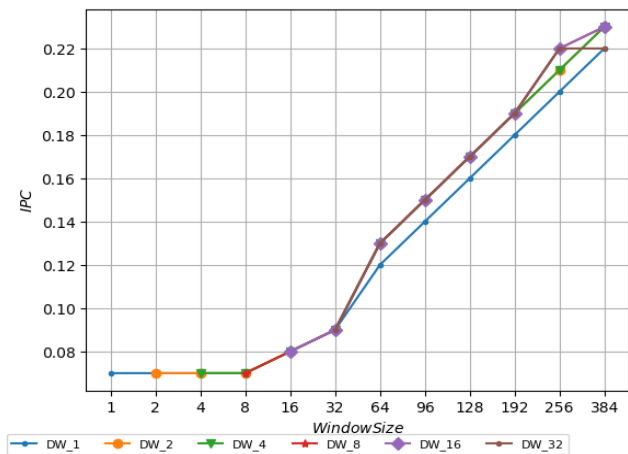
-gcc



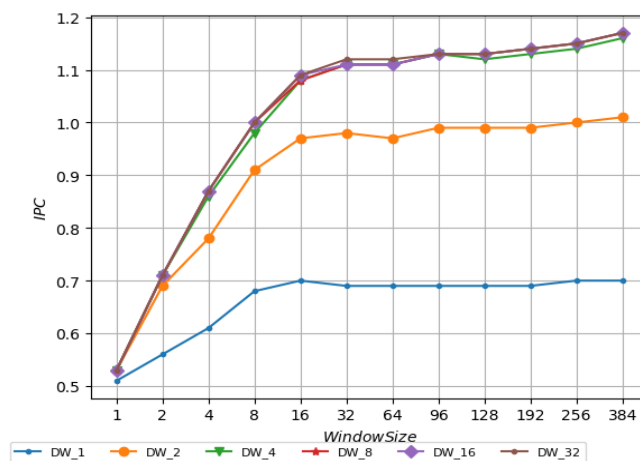
-zeusmp



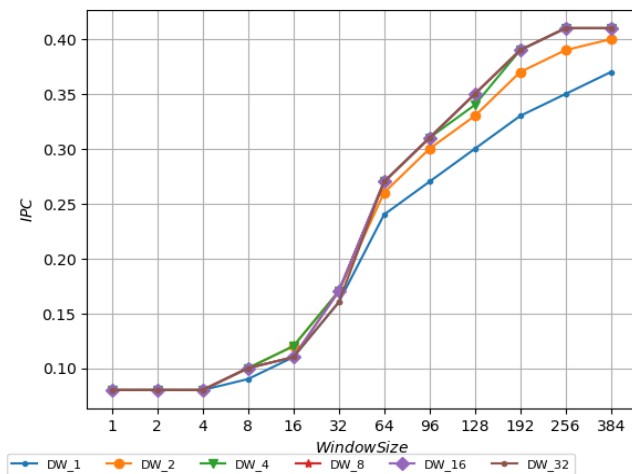
soplex



-sjeng



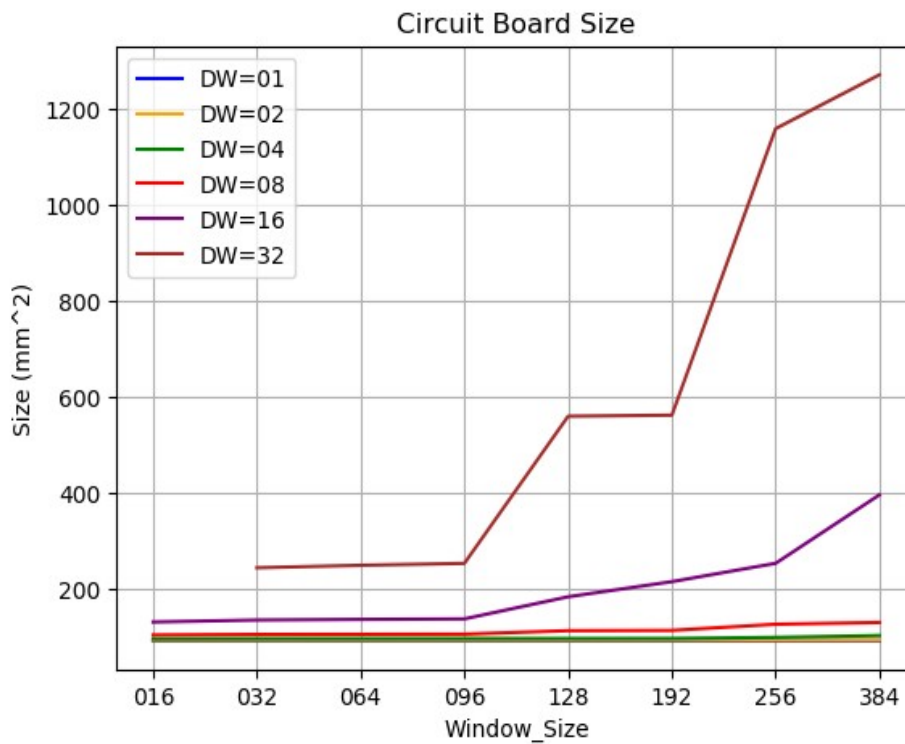
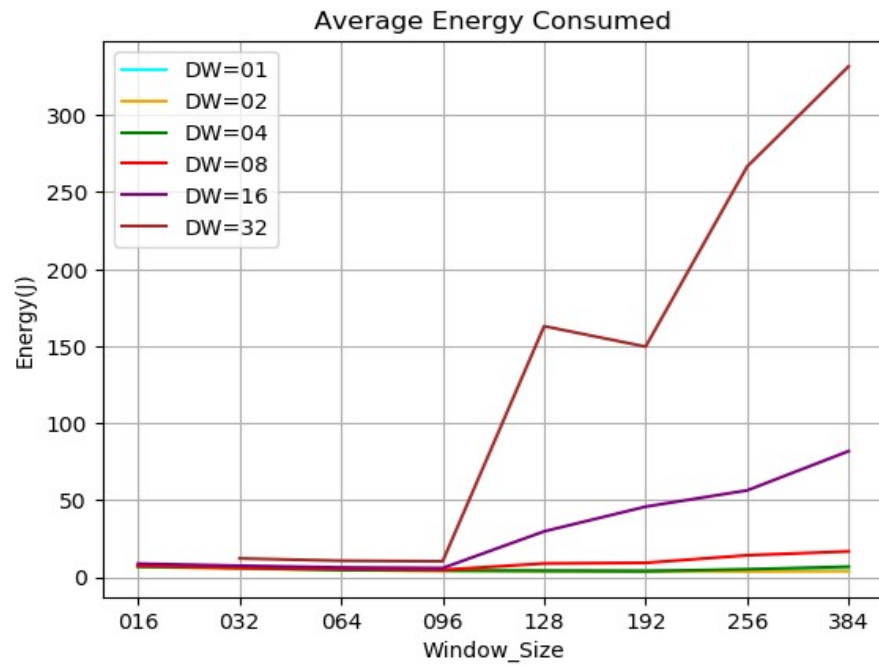
-mcf



Σε κάποια από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι όταν η παράμετρος DW (dispatch width) μεταβάλλεται από 1 σε 2 υπάρχει αξιοσημείωτη μεταβολή και στο IPC, ενώ επιπλέον αύξησή του δεν επηρεάζει σημαντικά το IPC, κι άρα την απόδοση, αλλά επιφέρει μικρή βελτίωση. Σχετικά με το μέγεθος του ROB και την παράμετρο window size, σε ορισμένα διαγράμματα παρατηρούμε ότι η μορφή των καμπυλών προσομοιάζει την εκθετική, καθώς συναντάμε σημαντική αύξηση του IPC. Γενικότερα, όμως, παρατηρούμε αύξηση του IPC για DW μέχρι 4 ενώ επιπλέον αύξησή του δεν επηρεάζει την απόδοση. Ακόμα, σε κάποια από τα παραπάνω διαγράμματα υπάρχει προσεγγιστικά γραμμική αύξηση της απόδοσης μέχρι ενός ορίου από το οποίο και μετά δεν επηρεάζεται η απόδοση (παρά τις όποιες ενδεχομένες αλλαγές στο DW). Παρατηρούμε, τέλος, σε κάποια άλλα διαγράμματα σχετικά με το window size απότομη αύξηση της, ενώ παρατηρείται επίσης ελαφρά πτώση στο IPC για το μέγιστο μέγεθος window size.

Συμπεραίνουμε συνεπώς, ότι για DW μεγαλύτερο από 4 δε βελτιώσαμε σημαντικά την απόδοση και με 2 εντολές issue ταυτόχρονα έχουμε πολύ καλή απόδοση γενικότερα. Σχετικά με το dispatch width οι πιο συμφέρουσες σχεδιαστικές επιλογές λαμβάνοντας υπόψη το trade-off απόδοσης-σχεδιαστικής πολυπλοκότητας μοιάζουν να είναι οι 2 εντολές αν εστιάσουμε στην απλότητα και οι 4 αν εστιάσουμε στην απόδοση. Σε ότι αφορά το window size στην πλειοψηφία των περιπτώσεων παρατηρούμε ότι υπάρχει αναλογική αύξηση της απόδοσης με την αύξηση του ROB ενώ σε κάποιες περιπτώσεις αύξησή του πάνω από ένα κατώφλι δε βελτιώνει την απόδοση. Οπότε, επιλέγουμε αρκετά μεγάλο μέγεθος ROB, δηλαδή 256 ή 384 entries για μέγιστη απόδοση ή 128-192 αν θέλουμε να κάνουμε οικονομία στο υλικό.

iii)



Μέγεθος του chip:

Αρχικά, αξίζει να αναφερθεί πως το υλικό παραμένει το ίδιο, καθώς το μόνο που αλλάζει είναι τα benchmarks. Για μικρές τιμές του dispatch width έχουμε χαμηλές απαιτήσεις σε υλικό, ενώ επιπλέον το window size δεν οδηγεί σε αύξηση της απαιτούμενης επιφάνειας υλικού. Αντίθετα για το μεγαλύτερο dispatch width, υπάρχει αύξηση της επιφάνειας του chip με την αύξηση του window size. Εξάλλου, σε επεξεργαστές με μεγάλες τιμές window size και dispatch width υπάρχει και αυξημένη

κατανάλωση ενέργειας (πέρα από υψηλή απόδοση). Εδώ διαφαίνεται πως η οικονομία στο υλικό μπορεί να οδηγήσει και σε οικονομία ενέργειας.

Κατανάλωση ενέργειας:

Χρησιμοποιώντας ως μετρική το EDP για τη μελέτη της απόδοσης με βάση την κατανάλωση ενέργειας παρατηρούμε ότι για dispatch width 8 έχουμε αισθητή αύξηση του EDP για window size πάνω από 96. Για δεδομένο dispatch width παρατηρούμε αύξηση του EDP με window size, με την κλίση να αυξάνεται σχετικά για μεγαλύτερο dispatch width. Γίνεται κατανοητό πως οικονομία στο υλικό επιφέρει και μείωση ενεργειακής κατανάλωσης.

iv)

Intel Sky Lane

window_size = 224, dispatch_width = 8

Παρατηρούμε ότι οι τιμές αυτές είναι παρόμοιες με τις τιμές που λάβαμε κι εμείς στις προσομοιώσεις μας. Δε θέλουμε μεγαλύτερη τιμή για dispatch width, αφού δε θα είχαμε βελτίωση στην απόδοση, ενώ παράλληλα θα είχαμε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Οι σχεδιαστές λάβανε υπόψη τους παραμέτρους όπως κατανάλωση ενέργειας, κόστος και πολυπλοκότητα υλικού. Για την επιλογή της ακριβής τιμής του window size πρέπει να κοιτάζουμε συγκεκριμένα το πλήθος σε entries του ROB ή ενδεχομένως άλλα components που σχετίζονται με αυτόν και το execution.
