



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

11 Φεβρουαρίου 2013

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
Εξετάσεις Κανονικής Περιόδου Ακ. Έτους 2012-2013

Η εξέταση γίνεται με κλειστά βιβλία και σημειώσεις. Μπορείτε να έχετε μαζί σας μόνο μία κόλλα Α4. Διάρκεια εξέτασης 2 ώρες. Ο βαθμός του διαγωνίσματος είναι το 50% του τελικού βαθμού προαγωγής στο μάθημα.

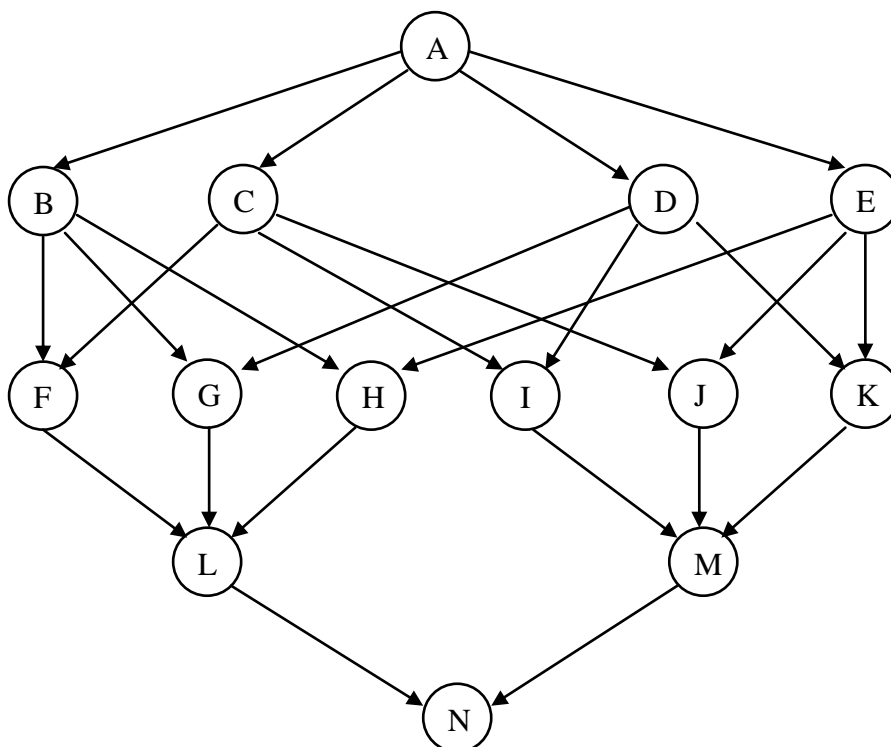
Θέμα 1ο (15%):

Ο υπερυπολογιστής Sequoia (Top500 N° 1 Ιούνιος 2012, N° 2 Νοέμβριος 2012) έχει 98304 κόμβους διασυνδεδεμένους σε έναν 5-διάστατο τόρο (96 κριώματα, 1024 κόμβοι ανά κριώμα).

- Ποια είναι η *διάμετρος* και ποιος ο *βαθμός κόμβου* στον Sequoia; (5%)
- Ποια θα ήταν τα αντίστοιχα μεγέθη αν το σύστημα ήταν διασυνδεδεμένο σε υπερκύβο; (5%)
- Σχολιάστε την επιλογή των σχεδιαστών του συστήματος. (5%)

Θέμα 2ο (25%):

Δίνεται ο παρακάτω γράφος εξαρτήσεων:



- i. Δώστε ψευδοκώδικα που παραλληλοποιεί τον παραπάνω γράφο χρησιμοποιώντας fork-join (εναλλακτικά μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα constructs των OpenMP, ή Cilk, ή TBBs). (10%)
- ii. Επιτύχατε το μέγιστο δυνατό παραλληλισμό; Περιγράψτε σχήμα με ψευδοκώδικα (κατά προτίμηση) ή με λόγια που να αξιολογεί όλο τον παραλληλισμό του παραπάνω γράφου. (15%)

Θέμα 3^ο (10%):

Φοιτητής που περνούσε έξω από την αίθουσα την ώρα του μαθήματος άκουσε ότι με ένα απλό `#pragma omp parallel for` μπορεί να παραλληλοποιήσει έναν σειριακό κώδικα μέσα σε ένα λεπτό. Το εφάρμοσε στον κώδικά του, το εκτέλεσε σε ένα σύστημα με πολλαπλούς πυρήνες, αλλά δεν κατέγραψε καμία εμφανή αλλαγή χρόνου. Εξηγήστε (του) που μπορεί να οφείλεται αυτό (παραθέστε όλους τους πιθανούς λόγους).

Θέμα 4^ο (50%):

Δίνεται το παρακάτω κομμάτι κώδικα:

```
for (k=0; k<N; k++)
  for (i=0; i<N; i++)
    for (j=0; j<N; j++)
      A[k+1][i][j] = f(A[k][i][j], A[k][i-1][j-1],
                      A[k][i-1][j], A[k][i][j-1]);
```

όπου ο πίνακας A περιέχει πραγματικούς αριθμούς διπλής ακρίβειας (8 bytes).

A. Ο παραπάνω κώδικας εκτελείται σε επεξεργαστή με ισχύ 4GFLOP/sec και bandwidth διαδρόμου μνήμης 6GByte/sec. Η συνάρτηση f εκτελεί 3 πράξεις κινητής υποδιαστολής (FLOP) στα δεδομένα που παίρνει σαν παραμέτρους. Θεωρήστε $N=1000$.

- i. Χρησιμοποιείτε το κλασικό μοντέλο πρόβλεψης για να υπολογίσετε το χρόνο εκτέλεσης του αλγορίθμου. (5%)
- ii. Ομοίως με πριν, χρησιμοποιώντας το μοντέλο roofline. Συγκρίνετε το αποτέλεσμα σε σχέση με το κλασικό μοντέλο και σχολιάστε ποιο θεωρείτε πιο αξιόπιστο (5%)

B. Εντοπίστε τις εξαρτήσεις του αλγορίθμου και επισημάνετε τα loop που είναι παράλληλα. (5%)

Γ. Σχεδιάστε την επικοινωνία του αλγορίθμου στο μοντέλο ανταλλαγής μηνυμάτων, συγκεκριμένα:

- i. Επιλέξτε μονοδιάστατο ή διδιάστατο πλέγμα επεξεργαστών και δικαιολογήστε την απάντησή σας (θεωρήστε ότι το δίκτυο διασύνδεσης μπορεί να στέλνει παράλληλα μηνύματα από διαφορετικά ζεύγη επεξεργαστών) (5%)
- ii. Για δεδομένο πλέγμα περιγράψτε τρόπο μείωσης του συνολικού αριθμού των μηνυμάτων (5%)

Δ. Δώστε παράλληλη υλοποίηση σε ψευδοκώδικα του παραπάνω αλγορίθμου στο μοντέλο της κοινής μνήμης (5%). Με βάση τα αποτελέσματα του ερωτήματος A, τι αναμένετε για την κλιμάκωση του αλγορίθμου; (5%)

Ε. Δώστε παράλληλη υλοποίηση σε ψευδοκώδικα του παραπάνω αλγορίθμου στο μοντέλο της ανταλλαγής μηνυμάτων. (15%)