

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ - OpenMP

### ΣΕΤ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

**ΑΣΚΗΣΗ :** α) Έστω  $\Omega = (0, L_x) \times (0, L_y)$  ένα διδιάστατο χωρικό πλέγμα και  $\Omega \times (0, T]$  ένα 2+1 χωροχρονικό πλέγμα. Το πρόβλημα αρχικών τιμών για μια κυματική εξίσωση με σταθερούς συντελεστές σε καρτεσιανές συντεταγμένες γράφεται

$$u_{tt} - c^2 (u_{xx} + u_{yy}) = f(x, y, t), \quad (x, y) \in \Omega, \quad t \in (0, T]$$

με αρχικές τιμές

$$u(x, y, 0) = I(x, y), \quad (x, y) \in \Omega$$

$$u_t(x, y, 0) = V(x, y), \quad (x, y) \in \Omega$$

και συνοριακές τιμές

$$u = S(x, y, t), \quad (x, y) \in \partial\Omega, \quad t \in (0, T]$$

Να βρεθεί η λύση της κυματικής εξίσωσης με

$$I(x, y) = x(L_x - x)y(L_y - y)$$

$$V(x, y) = \frac{1}{2}x(L_x - x)y(L_y - y)$$

$$S(x, y, t) = 0$$

και

$$f(x, y, t) = 2c^2 \left(1 + \frac{1}{2}t\right) [y(L_y - y) + x(L_x - x)]$$

με  $L_x = L_y = 10$  και  $c = 1$ . Χρησιμοποιήστε κεντρικές διαφορές δεύτερης τάξης με  $N_x = N_y = 40$  σημεία και κατάλληλο χρονικό βήμα  $\Delta t$ . Η χρονική εξέλιξη να γίνει μέχρι το χρόνο  $T = 20$ . Αφού γράψετε ένα σειριακό πρόγραμμα, επαληθεύστε την αριθμητική λύση, συγκρίνοντάς τη με την αναλυτική λύση

$$u(x, y, t) = x(L_x - x)y(L_y - y) \left(1 + \frac{1}{2}t\right)$$

Σχεδιάστε ως επιφάνεια την αριθμητική και την αναλυτική λύση  $u(x, y)$  στις χρονικές στιγμές  $t = 0$ ,  $t = 5$ ,  $t = 10$  και  $t = 20$ .

β) Μετατρέψτε το σειριακό πρόγραμμα σε OpenMP και εκτελέστε το με 1, 2, 4, 8 threads. Δείξτε σε έναν πίνακα την τελική τιμή στο κέντρο του πλέγματος  $u(N_x/2, N_y/2)$  και το χρόνο εκτέλεσης για διαφορετικό αριθμό threads. Υπολογίστε την *επιτάχυνση παράλληλης επεξεργασίας* και την *απόδοση παράλληλης επεξεργασίας* για κάθε εκτέλεση και δημιουργήστε διαγράμματα αυτών ως προς τον αριθμό των threads.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** α) Αναφέρετε τον επεξεργαστή που χρησιμοποιήσατε και τον αριθμό των πυρήνων (cores). β) Ως *επιτάχυνση* παράλληλης επεξεργασίας (parallel speedup) ορίζουμε τον λόγο του χρόνου εκτέλεσης σε ένα πυρήνα προς τον χρόνο εκτέλεσης σε πολλούς πυρήνες. Η ιδανική επιτάχυνση είναι ίση με τον αριθμό των πυρήνων. γ) Ως *απόδοση* παράλληλης επεξεργασίας (parallel efficiency) ορίζουμε τον χρόνο εκτέλεσης ως ποσοστό του χρόνου εκτέλεσης σε ένα πυρήνα διαιρεμένο με τον αριθμό των πυρήνων. Η ιδανική απόδοση είναι 100%.

**ΥΠΟΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΕΤ ΑΣΚΗΣΕΩΝ:** Δημιουργήστε ένα λογαριασμό στο Github και ανεβάστε τους κώδικες (μόνο πηγαίο κώδικα, όχι τα εκτελέσιμα αρχεία) καθώς και την εργασία σε ένα **private** repository. Δώστε δικαίωμα ανάγνωσης στο χρήστη niksterg1@gmail.com και ειδοποιείτε με μέσω email.