

## Εργασία #2 (GPU programming)

### Πολλαπλασιασμός πινάκων με CUDA (50%)

Με χρήση του CUDA Runtime API, γράψτε ένα πρόγραμμα το οποίο θα πραγματοποιεί πολλαπλασιασμό πινάκων ( $C = A \times B$ ) χρησιμοποιώντας τα CUDA blocks και threads της GPU. Οι πίνακες  $A$  και  $B$  θα πρέπει να μεταφερθούν στη μνήμη της GPU με τις κατάλληλες κλήσεις της CUDA ενώ το αποτέλεσμα  $C$  να πρέπει να μεταφερθεί από τη GPU στην κύρια μνήμη του συστήματος. Οι υπολογισμοί θα γίνονται με τη χρήση μιας kernel function, με το εξής πρωτότυπο:

```
__global__ void matmul(int *A, int *B, int *C, int N);
```

όπου οι πίνακες είναι διάστασης  $N \times N$  (αλλά μεταφέρονται ως ένας συνεχόμενος χώρος μνήμης με  $N^2$  στοιχεία). Στο τέλος θα πρέπει να απελευθερωθεί όλη η μνήμη που έχει δεσμευτεί στη GPU. Στον επεξεργαστή θα πρέπει να γίνεται έλεγχος ότι το αποτέλεσμα είναι σωστό.

Παραθέστε αποτελέσματα χρονομέτρησης και γραφικές παραστάσεις για 128, 256 και 512 threads, και μεγέθη  $N = 512, 1024, 2048$ . Το πλήθος των blocks θα πρέπει να υπολογίζεται αυτόματα από το πλήθος των στοιχείων και το πλήθος των threads, π.χ. για  $N = 1024$  και χρήση 128 threads, θα έχουμε πλήθος blocks ίσο με  $1024 \times 1024 / 128 = 8192$ .

### Φίλτρο Sobel στην GPU με OpenMP offloading (50%)

Το φίλτρο Sobel αποτελεί μια τεχνική ανίχνευσης ακμών (edge detection) σε εικόνες. Σας παρέχεται ένα σειριακό πρόγραμμα που εφαρμόζει το φίλτρο Sobel σε μία εικόνα. Η συνάρτηση που εκτελεί το φιλτράρισμα είναι η `sobel_serial()`, η οποία δέχεται ως είσοδο την εικόνα `imgin` και παράγει ως έξοδο τη φιλτραρισμένη εικόνα `imgout`.

Σας ζητείται να γίνεται η εφαρμογή του φίλτρου Sobel στη GPU χρησιμοποιώντας OpenMP ως εξής:

- Θα πρέπει συμπληρώσετε τη συνάρτηση `sobel_omp_device()` ώστε με τις κατάλληλες οδηγίες για offloading (βλ. Λεπτομέρειες παρακάτω), το φιλτράρισμα να γίνεται στην GPU.
- Η συσκευή CUDA που σας παρέχεται διαθέτει 30 streaming multiprocessors με 128 πυρήνες ο καθένας. Θα πρέπει να πειραματιστείτε με όλα τα διαφορετικά πλήθη ομάδων και νημάτων ανά ομάδα με τους παρακάτω περιορισμούς:
  - Το πλήθος νημάτων ανά ομάδα που θα χρησιμοποιήσετε στην οδηγία OpenMP θα πρέπει να είναι πάντα πολλαπλάσιο του 32
  - Το πλήθος ομάδων θα πρέπει πάντα να είναι τέτοιο ώστε να χρησιμοποιούνται όλοι οι πυρήνες της συσκευής.

### Λεπτομέρειες

#### Απαιτούμενα

- Θα πρέπει να παραδώσετε πλήρη αναφορά, περιλαμβάνοντας και γραφικές παραστάσεις χρονομετρήσεων καθώς και συζήτηση γύρω από τα αποτελέσματα, συγκρίνοντας και με τον αντίστοιχο σειριακό κώδικα.
- Τα προγράμματά σας (πηγαίοι κώδικες + αναφορά) θα πρέπει να τα παραδώσετε με `turnin set2@mye023`. Πληροφορίες στην ιστοσελίδα του μαθήματος.
- Για τη χρονομέτρηση του φίλτρου Sobel μπορείτε να χρησιμοποιήσετε κλήσεις χρονομέτρησης που παρέχει το ίδιο το OpenMP (`omp_get_wtime()` κλπ) ή την `gettimeofday()`.

- Το πρόγραμμα του φίλτρου Sobel θα πρέπει να συνδυάζει κατάλληλα τις οδηγίες `target`, `teams`, `distribute` και `parallel for collapse(2)`. Δοκιμάστε εμφωλευμένες οδηγίες (η μία μέσα στην άλλη) αλλά και συνδυασμένες οδηγίες (όπου σε μία γραμμή συνδυάζονται περισσότερες από μία οδηγίες). Βλέπετε κάποια διαφορά στους χρόνους εκτέλεσης;
- Για κάθε περίπτωση, ένα πρόγραμμα θα εκτελείται τουλάχιστον 4 φορές και ο τελικός χρόνος θα είναι ο μέσος όρος των τεσσάρων χρόνων.

### Παρατηρήσεις

1. Η ανάπτυξη των προγραμμάτων σας μπορεί να γίνει οπουδήποτε αλλά η εκτέλεση και χρονομέτρηση των πειραμάτων σας θα πρέπει να γίνει στον υπολογιστή `parallax` χρησιμοποιώντας τους προσωρινούς κωδικούς και τις οδηγίες που σας έχουν δοθεί. Στην ιστοσελίδα του μαθήματος υπάρχουν οι σχετικές οδηγίες.
2. Τα αντίστοιχα σειριακά προγράμματα μπορείτε να τα βρείτε στην ιστοσελίδα του μαθήματος. Για τον πολλαπλασιασμό πινάκων, μην χρονομετρήσετε το μέρος του κώδικα που διαβάζει / γράφει στα αρχεία.
3. Το αρχείο πηγαίου κώδικα του προγράμματος πολλαπλασιασμού πινάκων πρέπει να έχει κατάληξη `.cu` ή `.c`.
4. Για την εφαρμογή του φίλτρου Sobel δίνεται στην ιστοσελίδα του μαθήματος εικόνα με ανάλυση  $500 \times 500$ ,  $1000 \times 1000$  και  $1500 \times 1500$ . Πειραματιστείτε με όλες, αλλά δώστε αποτελέσματα μόνο για την μεγαλύτερη εικόνα.

### Προθεσμία παράδοσης:

Τρίτη, 12 Μαΐου 2026

Βασίλειος Δημακόπουλος