

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών  
Υπολογιστών

Συστήματα Παράλληλης Επεξεργασίας  
1η Εργαστηριακή Άσκηση  
9ο Εξάμηνο - Ακαδημαϊκό Έτος 2020-2021

Γιαννόπουλος Εμμανουήλ - 03117031  
Παγώνης Γεώργιος - 03117030

5 Νοεμβρίου 2021

# 1 Conway's Game of Life

Στην άσκηση αυτή ασχοληθήκαμε με την ανάπτυξη ενός παράλληλου προγράμματος στο μοντέλο κοινού χώρου διευθύνσεων με την χρήση του OpenMP. Εφαρμόσαμε:

```
#pragma omp parallel for shared(previous,current,N) private(nbrs,i,j)
```

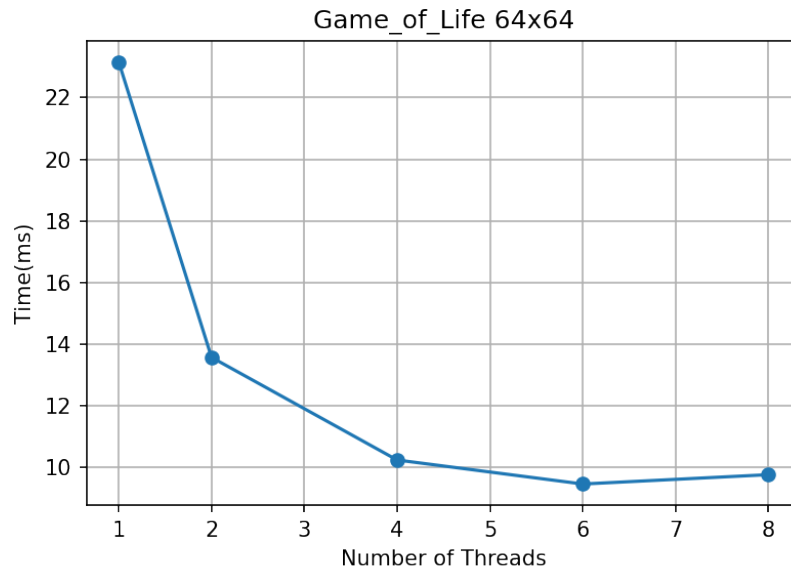
στο δεύτερο nested loop για να παραλληλοποιήσουμε τον υπολογισμό των κελιών του πίνακα.

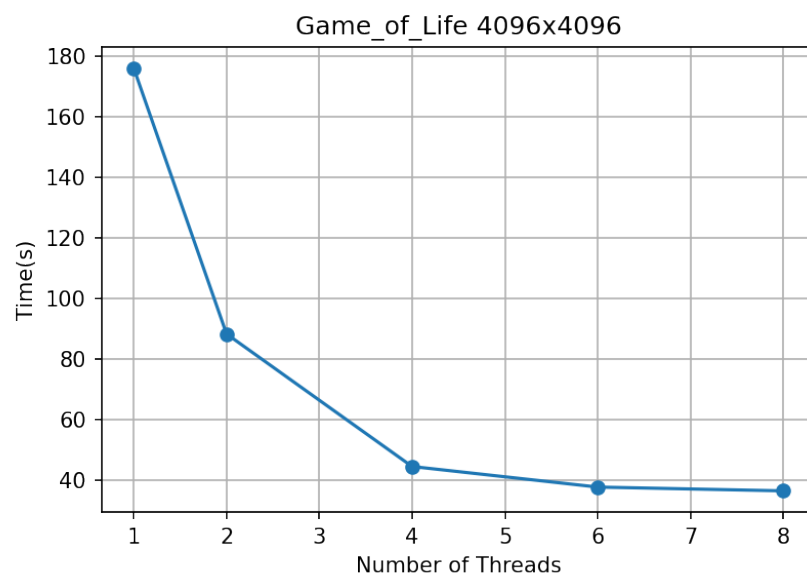
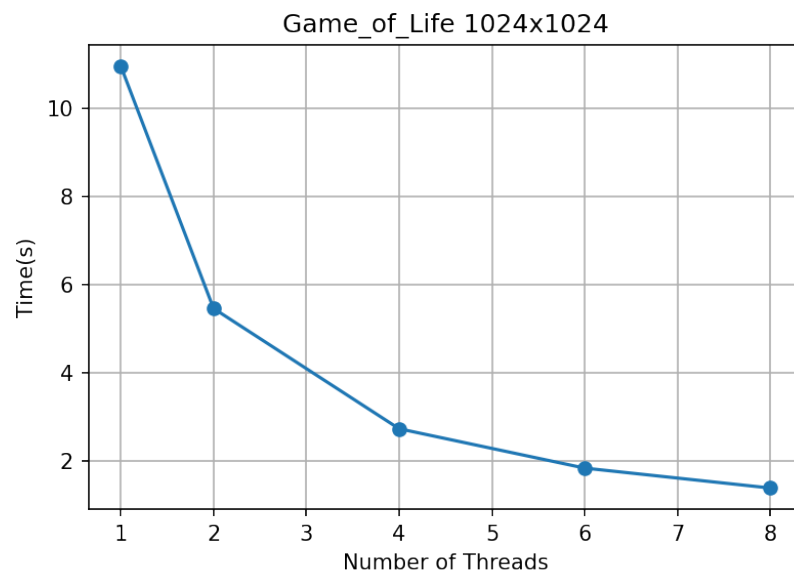
Τρέξαμε το Game-of-Life για μέγεθος πίνακα 64, 1024, 4096 και για χρονικά βήματα 1000. Το καθένα από τα παραπάνω το τρέξαμε για επίπεδο παραλληλισμού 1,2,4,6,8 thread.

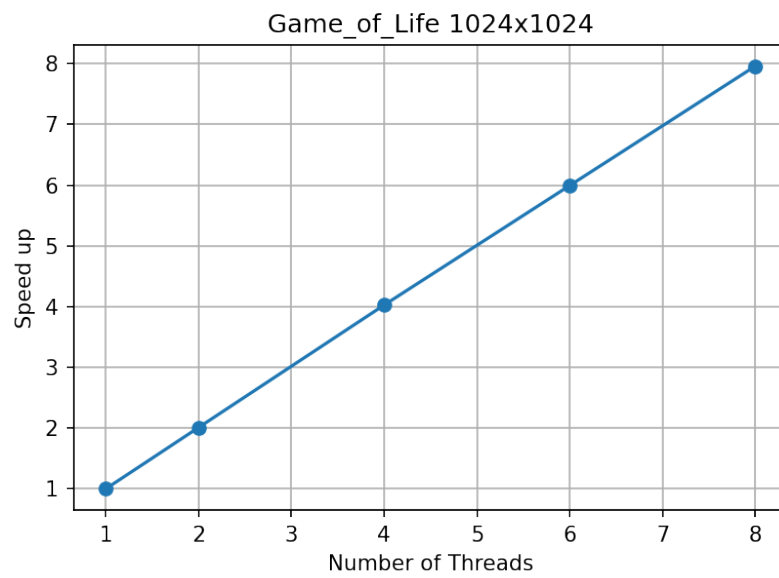
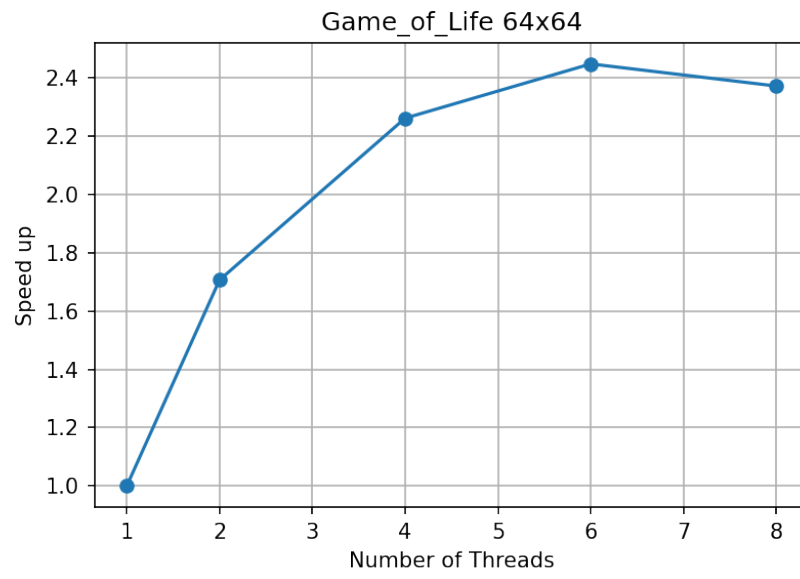
## 2 Αποτελέσματα

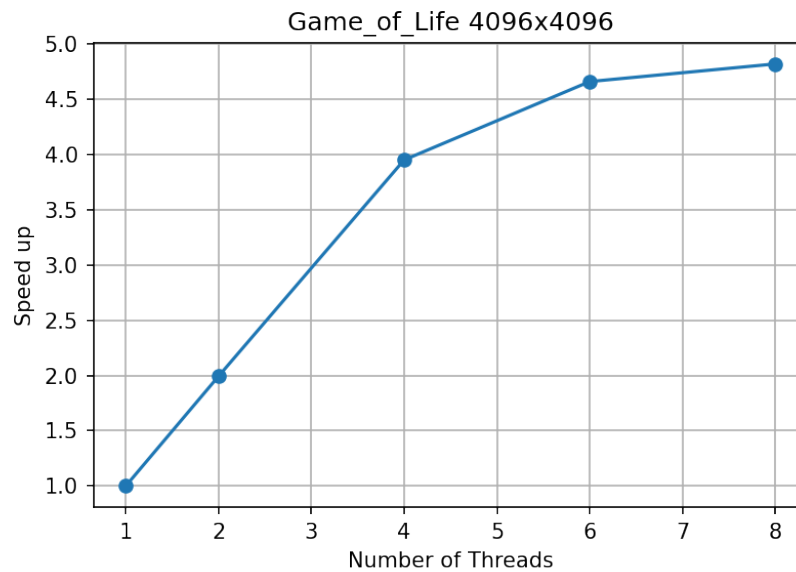
Παρακάτω φαίνονται σε πίνακες και διαγράμματα τα αποτελέσματα για τη χρονική βελτίωση της εκτέλεσης του προγράμματος (σε seconds) αλλά και το speedup(=  $\frac{T_s}{T_p}$ )

Threads \ Board Size	Board Size		
	64 × 64	1024 × 1024	4096 × 4096
1	0.023157	10.964657	175.912381
2	0.013574	5.456587	88.246838
4	0.010245	2.723736	44.529642
6	0.009466	1.829653	37.751660
8	0.009769	1.377606	36.500144









### 3 Σχόλια

Παρατηρούμε ότι έχουμε διαφορές στο speedup :

- Board Size 64x64: typical speedup (το scalability σπάει μετά τα 6 threads)
- Board Size 1024x1024: linear speedup (οριακά superlinear για 2,4 threads)
- Board Size 4096x4096: typical speedup

#### 3.1 Board Size 64x64

Για το μικρότερο Board Size υποθέτουμε ότι «χωράνε» και οι 2 πίνακες στην cache ενός πυρήνα. Έτσι, όταν προσθέτουμε περισσότερα threads βελτιώνεται ο χρόνος εκτέλεσης, αλλά όχι γραμμικά αφού σπαταλάμε χρόνο στην επικοινωνία και το συγχρονισμό του shared memory μεταξύ των threads, που δε θα σπαταλούσε ένα thread. Για τον ίδιο λόγο παρατηρούμε ότι για μέγεθος πίνακα 64, με 6 threads η εκτέλεση ολοκληρώνεται σε ένα συγκεκριμένο χρόνο, ενώ όταν χρησιμοποιούμε 8 threads ο χρόνος ολοκλήρωσης αυξάνεται («σπάει» το scalability).

#### 3.2 Board Size 1024x1024

Για μέγεθος πίνακα 1024 παρατηρούμε μια γραμμική αύξηση του speed up ανάλογα με τα threads μέχρι και τα 8. Λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι δεν έχουμε παραλληλοποιήσει όλο το πρόγραμμα άλλα μόνο τα 2 inner loops στο στάδιο του computation και σε συνδυασμό με το Νόμο του Amdahl, συμπεραίνουμε ότι στην επίτευξη γραμμικού (και οριακά superlinear) speedup σίγουρα έχει συνεισφέρει και το μεγαλύτερο μέγεθος accumulated cache όταν χρησιμοποιούμε περισσότερους πυρήνες.

#### 3.3 Board Size 4096x4096

Για μέγεθος πίνακα 4096, έχουμε linear speedup μέχρι τα 4 threads, (για τον ίδιο λόγο που σχολιάσαμε και παραπάνω), ενώ πέρα από τα 4 threads υπάρχει δυσανάλογη αύξηση του speedup. Για

αυτό ευθύνεται όπως αναφέραμε και παραπάνω ο χρόνος που χρειάζεται για να μεταφερθούν τα shared δεδομένα στο κοινό memory bus.

## 4 Ενδιαφέρουσες αρχικοποιήσεις

Στο αρχείο υποβολής, έχουμε προσθέσει στο zip και 2 GIFs για 2 αρχικές καταστάσεις που θεωρήσαμε ενδιαφέρουσες.