



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Πολυτεχνική Σχολή

*Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών*



Ανάπτυξη λογισμικού για τη δημιουργία σηματικού σε αυτοματοποιημένη διαδικασία παραγωγής ψηφιακών κυκλωμάτων

του Ευαγγελόπουλου Νικόλαου
Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ Μηνάς Δασυγένης

08/07/2020

Περίγραμμα

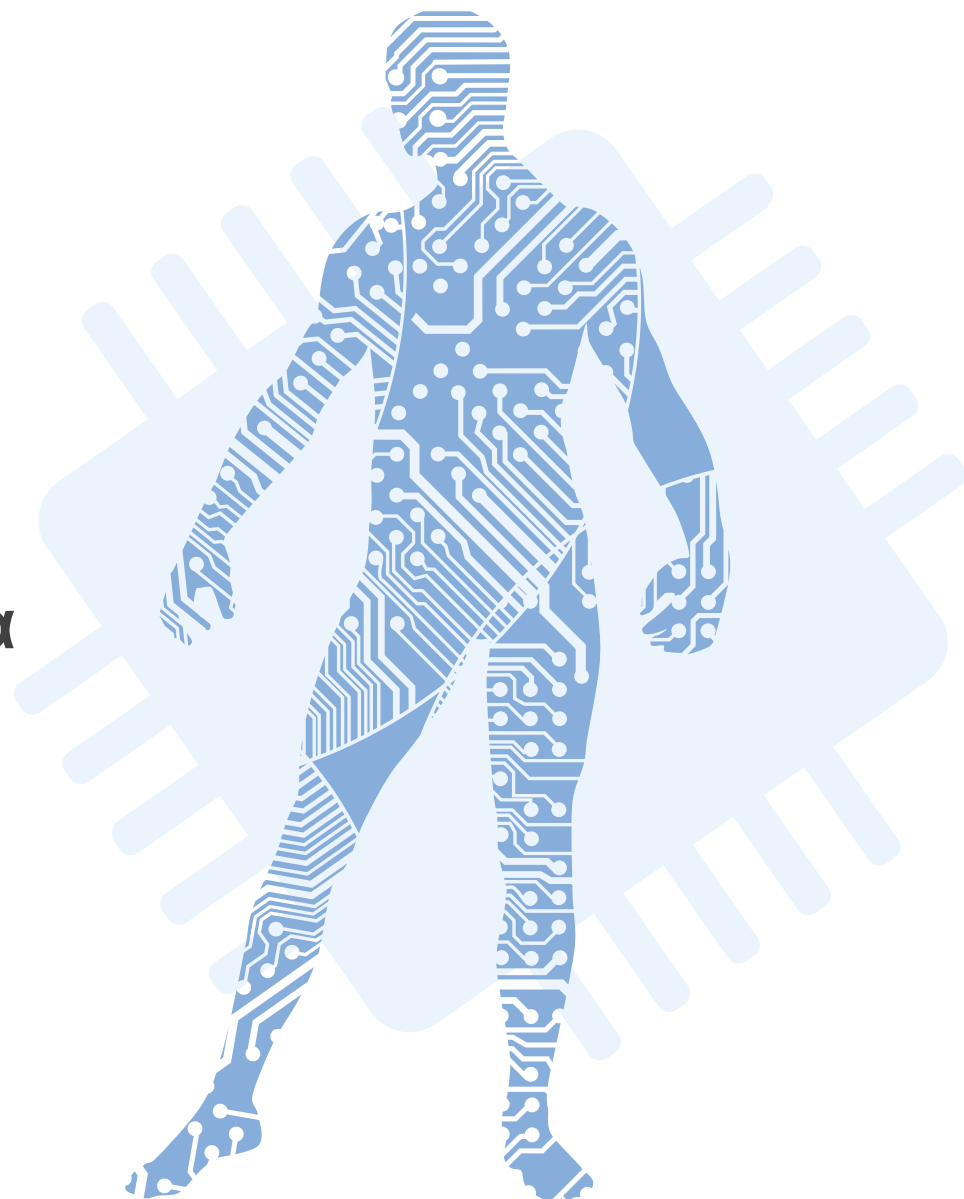
Εισαγωγή

Ο αλγόριθμος

Εκτέλεση και αποτελέσματα

Συμπεράσματα

Μελλοντικές επεκτάσεις





Εισαγωγή

Δημιουργήθηκε εργαλείο γραμμής εντολών που δημιουργεί και βελτιστοποιεί σχηματικά ψηφιακών κυκλωμάτων

- Δέχεται σαν είσοδο ένα αρχείο (.dot) που περιέχει τα κυκλωματικά στοιχεία και τις διασυνδέσεις τους
- Σαν έξοδο έχουμε ένα αρχείο (.circ) που περιέχει το κύκλωμα και είναι συμβατό με το λογισμικό Logisim
- Στο αρχείο (.dot) μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα βασικά στοιχεία του Logisim και custom στοιχεία
- Η βελτιστοποίηση γίνεται με την χρήση γενετικού αλγόριθμου

Παράδειγμα αρχείου (.dot)

```
//1. Components
```

```
Pin
```

```
Pin
```

```
AndGate
```

```
Pin[output=true]
```

```
//2. Interconnections
```

```
output{0:0}\inport{2:0}
```

```
output{1:0}\inport{2:1}
```

```
output{2:0}\inport{3:0}
```

Ο αλγόριθμος

01 Αναπαράσταση

των κυκλωματικών στοιχείων

02 Ομαδοποίηση

έτσι ώστε το κύκλωμα να είναι δομημένο

03 Τμηματοποίηση του χώρου

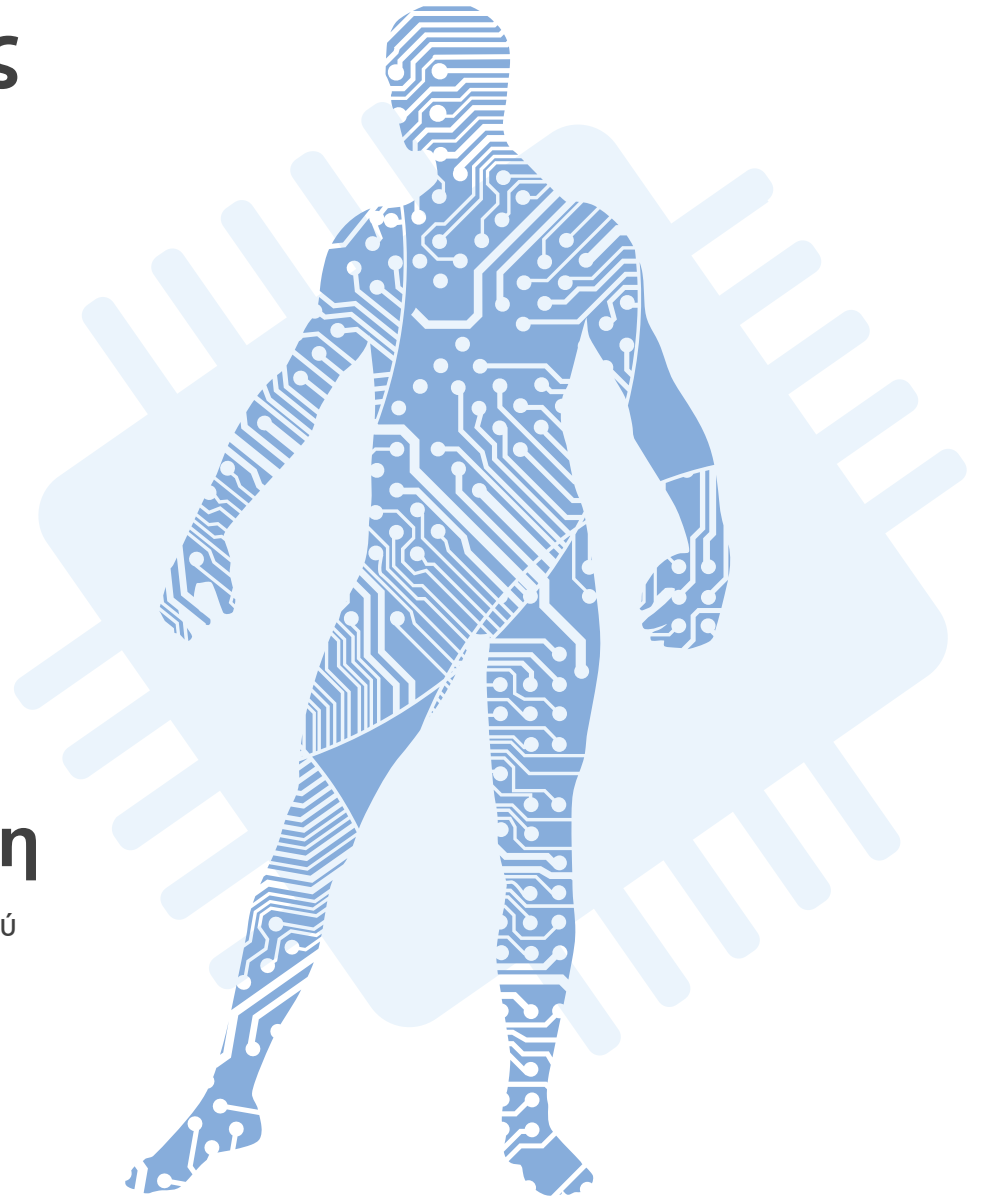
Υπολογισμός των φυσικών μεγεθών των τμημάτων και του χώρου συνολικά

04 Τοποθέτηση και διασύνδεση

Δίνεται τυχαία θέση στο καθένα και γίνονται οι διασυνδέσεις μεταξύ τους με τον αλγόριθμο A*

05 Βελτιστοποίηση

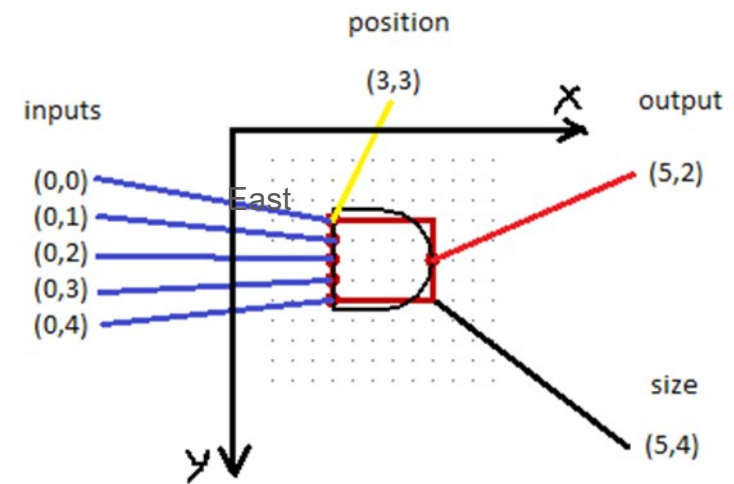
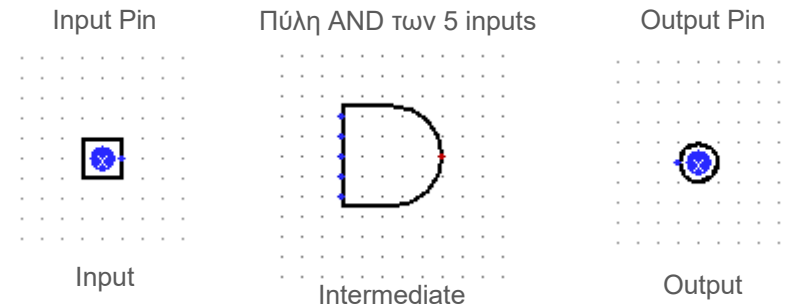
μεγεθών του ψηφιακού κυκλώματος με γενετικό αλγόριθμο





01 Αναπαράσταση των στοιχείων

- Όλα τα στοιχεία θεωρούμε ότι είναι ορθογώνια παραλληλόγραμμα
- Έχουν θέση
- Μέγεθος
- Προσανατολισμό
- Σχετικές θέσεις των inputs/outputs pins
- Και γνωρίζουμε αν είναι input/intermediate/output στοιχείο



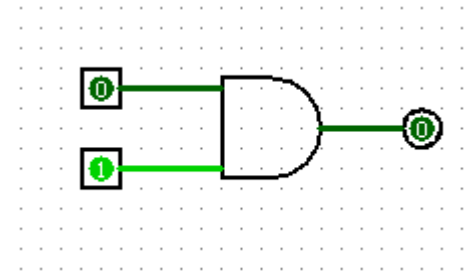


01 Η Ομαδοποίηση

Η ομαδοποίηση γίνεται με έναν αλγόριθμο ελάχιστων αλμάτων

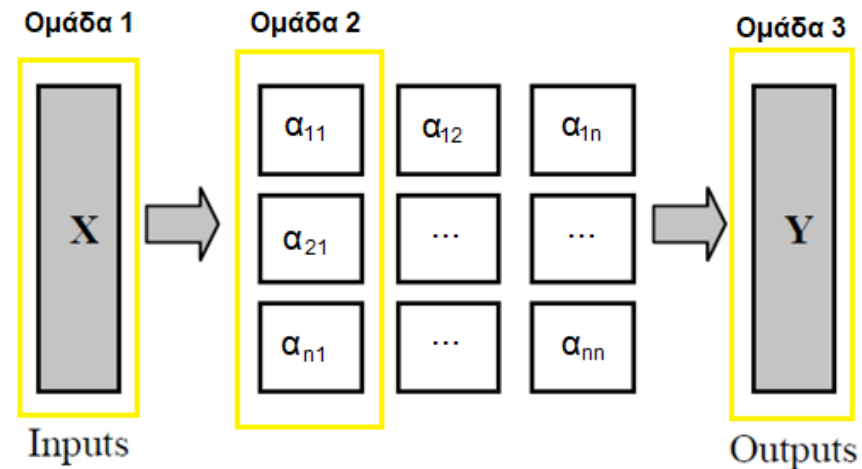
- Όλα τα Inputs εισέρχονται στην πρώτη ομάδα.
- Για καθένα από αυτά βρίσκουμε με ποιο στοιχείο συνδέεται.
- Αν το στοιχείο δεν έχει εισαχθεί, τότε μπαίνει στην καινούργια ομάδα.
- Όταν ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία τότε η καινούργια ομάδα γίνεται η τωρινή και συνεχίζουμε μέχρι όλα τα στοιχεία να έχουν εισαχθεί σε κάποια ομάδα.

Παράδειγμα



Τα inputs 0 και 1 θα μπουν στην πρώτη ομάδα. Η πύλη AND θα μπει στη δεύτερη. Το output 0 θα μπει στην τρίτη ομάδα.

Γενικά





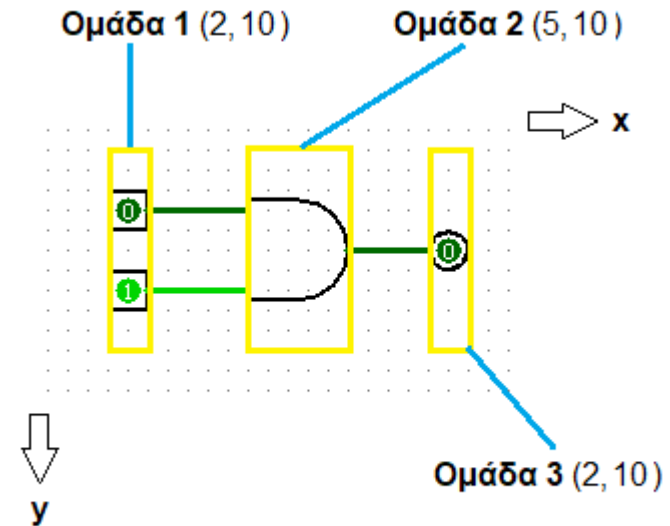
02 Η Τμηματοποίηση του χώρου

Υπολογισμός των φυσικών μεγεθών των ομάδων

- Το x είναι μεταβλητό και ισούται με την μεγαλύτερη πλευρά απ' όλα τα στοιχεία της ομάδας
- Το y είναι σταθερό και ισούται με το μεγαλύτερο του αθροίσματος των μεγαλύτερων πλευρών του κάθε στοιχείου επί 2

Υπολογισμός του συνολικού χώρου

(το άθροισμα όλων των x των ομάδων, y)



Άθροισμα μεγαλύτερων πλευρών:

Ομάδας 1: $2+2=4$

Ομάδας 2: 5

Ομάδας 3: 3

Άρα: $y = 5 * 2 = 10$



03 Τοποθέτηση και διασύνδεση

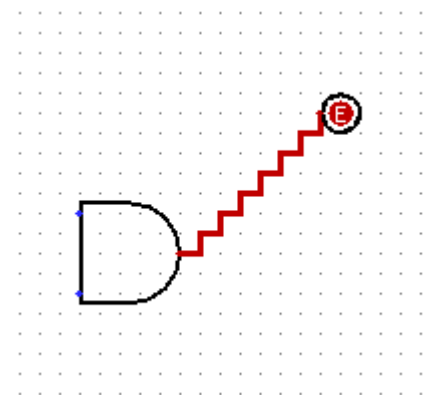
Η τοποθέτηση γίνεται με τυχαίο τρόπο

- Δίνονται τυχαία x, y μέσα στην ομάδα που ανήκει το κάθε στοιχείο, έως ότου υπάρξει διαθέσιμη θέση, όπου και γίνεται η εισαγωγή

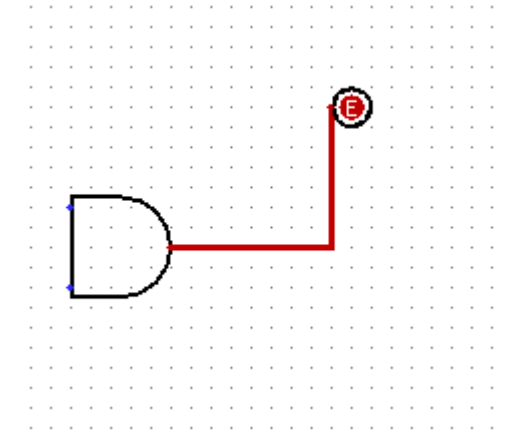
Διασύνδεση των στοιχείων με τον αλγόριθμο A* δύο σταδίων

1. Εύρεση συντομότερου μονοπατιού
2. με τις λιγότερες δυνατές αλλαγές κατεύθυνσης
3. και υπό τους περιορισμούς του Logisim για τις καλωδιώσεις

1° Στάδιο



2° Στάδιο





Γενετικοί αλγόριθμοι

Βασικές έννοιες

- Γονίδιο
- Χρωμόσωμα
- Άτομο
- Πληθυσμός

Ο αλγόριθμος

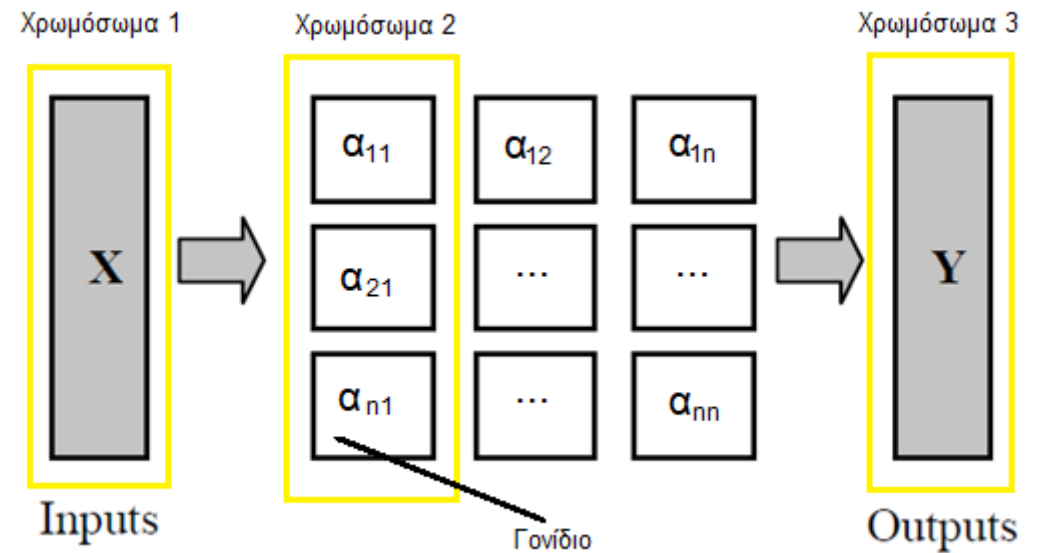
START
Generate the initial population
Compute fitness
Repeat
 Selection
 Crossover
 Mutation
 Compute fitness
UNTIL the population has reached
the maximum generation
STOP

Τα 4 βήματα σε ένα γενετικό αλγόριθμο

- 1. Επιλογή:** Σε κάθε άτομο του πληθυσμού δίνεται μία πιθανότητα επιλογής με βάση την τιμή αξιολόγησης
- 2. Διασταύρωση (πιθανότητα):** Επιλέγονται άτομα για δημιουργήσουν απόγονους
- 3. Μετάλλαξη (πιθανότητα) :** Η διαδικασία κατά την οποία μεταλλάσσεται τυχαία ένα γονίδιο
- 4. Συνάρτηση αξιολόγησης:** είναι μία διαδικασία αξιολόγησης του ατόμου

Αντιστοίχιση των βασικών εννοιών του γενετικού αλγόριθμου στο ψηφιακό κύκλωμα

- Κυκλωματικό στοιχείο - Γονίδιο
- Ομάδα - Χρωμόσωμα
- Κύκλωμα - Άτομο
- Πληθυσμός κυκλωμάτων – Πληθυσμός ατόμων





Τα 4 βήματα σε ένα γενετικό αλγόριθμο (ειδικά)

- 1. Επιλογή:** Σε κάθε άτομο του πληθυσμού δίνεται μία πιθανότητα επιλογής με βάση την τιμή αξιολόγησης
- 2. Διασταύρωση (πιθανότητα) :** Επιλέγονται δύο κυκλώματα για να δημιουργήσουν ένα τρίτο που θα έχει για ομάδες ένα συνδυασμό των ομάδων των γονέων
- 3. Μετάλλαξη (πιθανότητα) :** Η διαδικασία κατά την οποία δίνονται τυχαία, νέα θέση και νέος προσανατολισμός σε ένα στοιχείο στην ίδια ομάδα
- 4. Συνάρτηση αξιολόγησης:** είναι μία διαδικασία αξιολόγησης του κυκλώματος

Η Συνάρτηση αξιολόγησης

$$= (\quad + \quad + \quad - \quad)$$

Όπου:

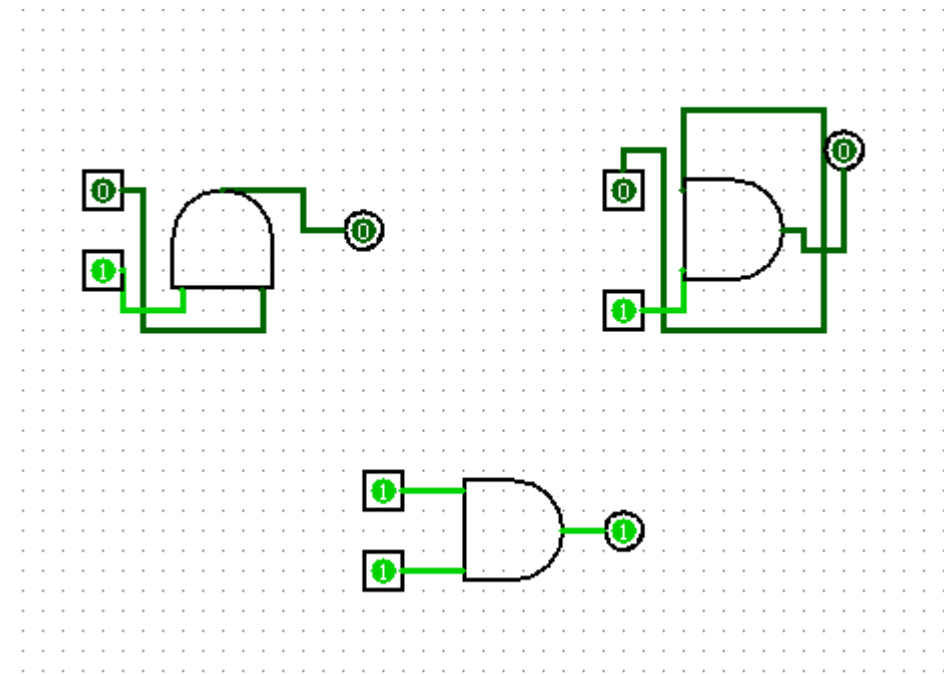
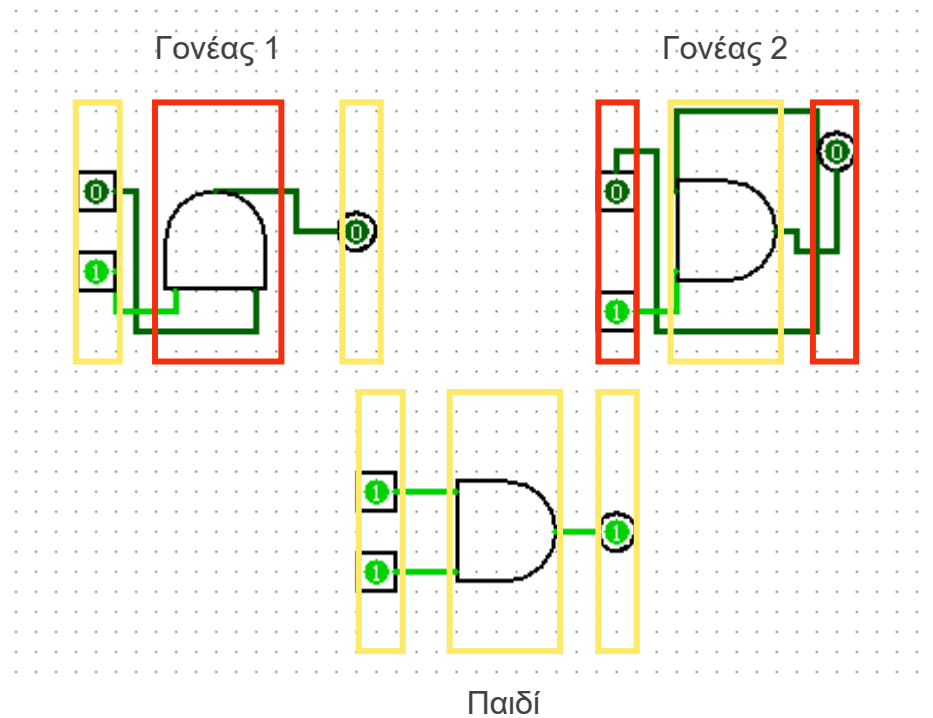
A - Ο Λόγος των εμβαδών κυκλώματος (ιδεατό / πραγματικό)

B - Αριθμός καλωδιώσεων που το μήκος τους εμπίπτει στο εύρος [μικρότερο, μεγαλύτερο]

C - Αριθμός ευθυγραμμισμένων καλωδίων

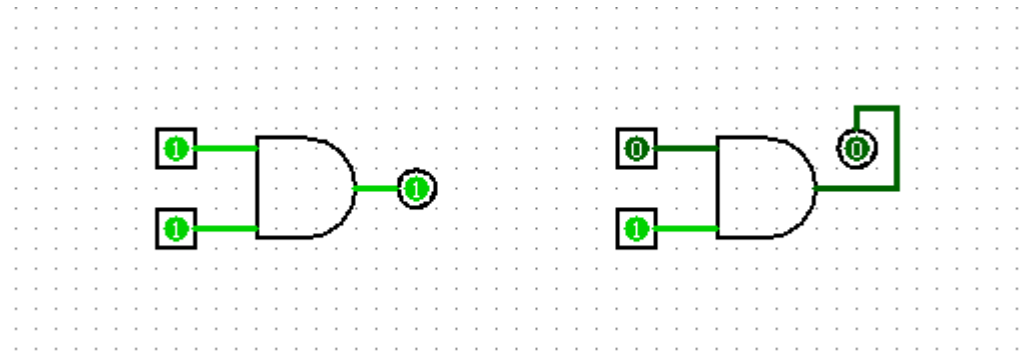
D - Τυπική απόκλιση καλωδιώσεων

Παράδειγμα διασταύρωσης



Παράδειγμα μετάλλαξης

Δίνεται νέα τυχαία θέση και προσανατολισμός σε ένα στοιχείο στην ίδια ομάδα





Εκτέλεση και αποτελέσματα

Το (.dot) αρχείο του πλήρη αθροιστή

```
//1. Components
```

```
Pin
```

```
Pin
```

```
Pin
```

```
XorGate
```

```
AndGate
```

```
XorGate
```

```
AndGate
```

```
OrGate
```

```
Pin[output=true]
```

```
Pin[output=true]
```

```
//2. Interconnections
```

```
outport{0:0}\inport{3:0}
```

```
outport{1:0}\inport{3:1}
```

```
outport{0:0}\inport{4:0}
```

```
outport{1:0}\inport{4:1}
```

```
outport{2:0}\inport{6:1}
```

```
outport{3:0}\inport{5:0}
```

```
outport{4:0}\inport{7:1}
```

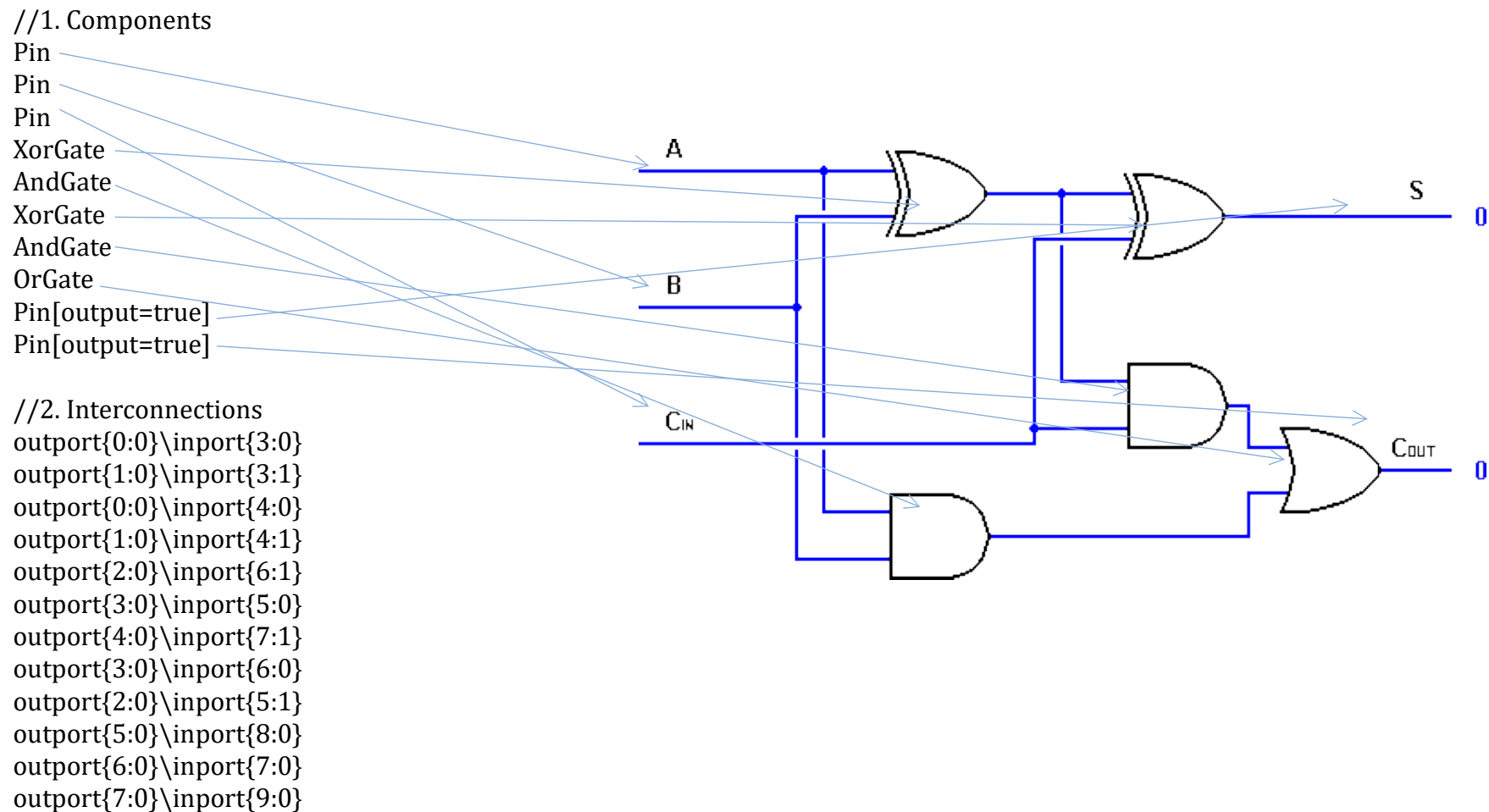
```
outport{3:0}\inport{6:0}
```

```
outport{2:0}\inport{5:1}
```

```
outport{5:0}\inport{8:0}
```

```
outport{6:0}\inport{7:0}
```

```
outport{7:0}\inport{9:0}
```



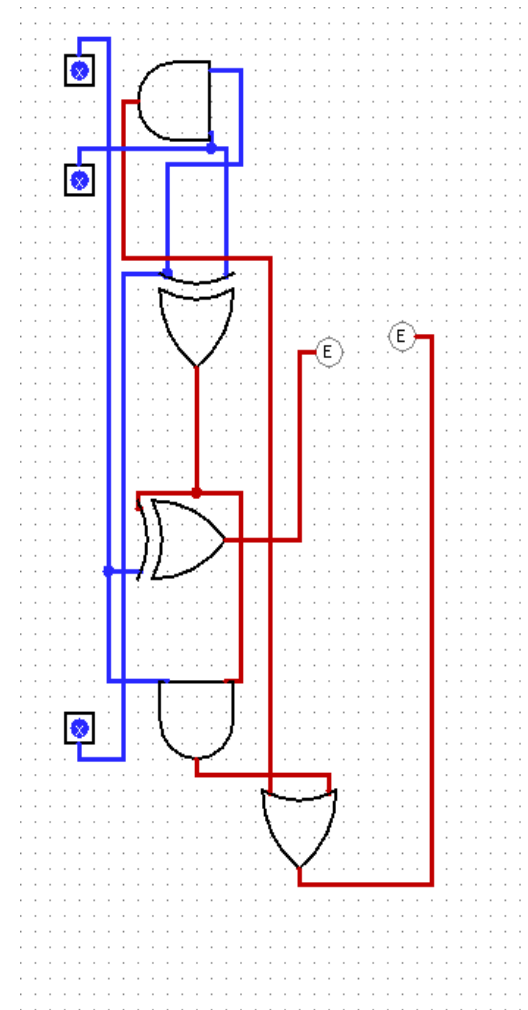


Εκτέλεση και αποτελέσματα

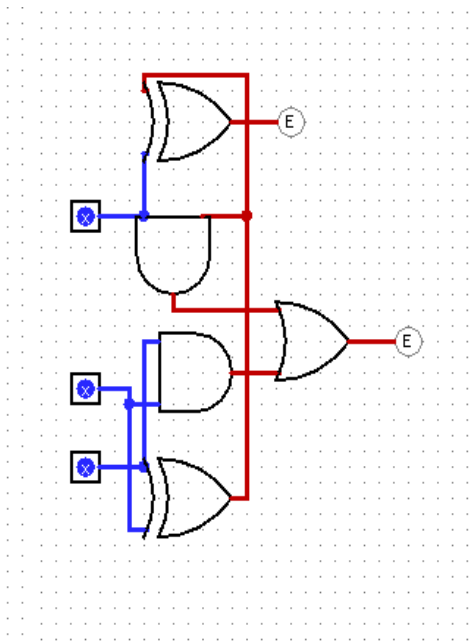
Για το κύκλωμα του πλήρη αθροιστή

- Εκτελέσαμε το πρόγραμμα για 1000 κυκλώματα ανά πληθυσμό και για 700 γενιές.
- Πιθανότητα διασταύρωσης 0,7 και πιθανότητα μετάλλαξης 0,15
- Ένα από τα πρώτα κυκλώματα που δημιουργήθηκαν (Αρχικό) με τιμή συνάρτησης αξιολόγησης 210 ($0 < 1000$)
- Κατά την ολοκλήρωση το καλύτερο κύκλωμα (Τελικό) με τιμή συνάρτησης αξιολόγησης 750
- Χρόνος εκτέλεσης: 6,47 λεπτά
- CPU: AMD Ryzen 7 1700, 8 cores, 3Ghz, 16 Logical Processors, RAM: 16GB

Αρχικό

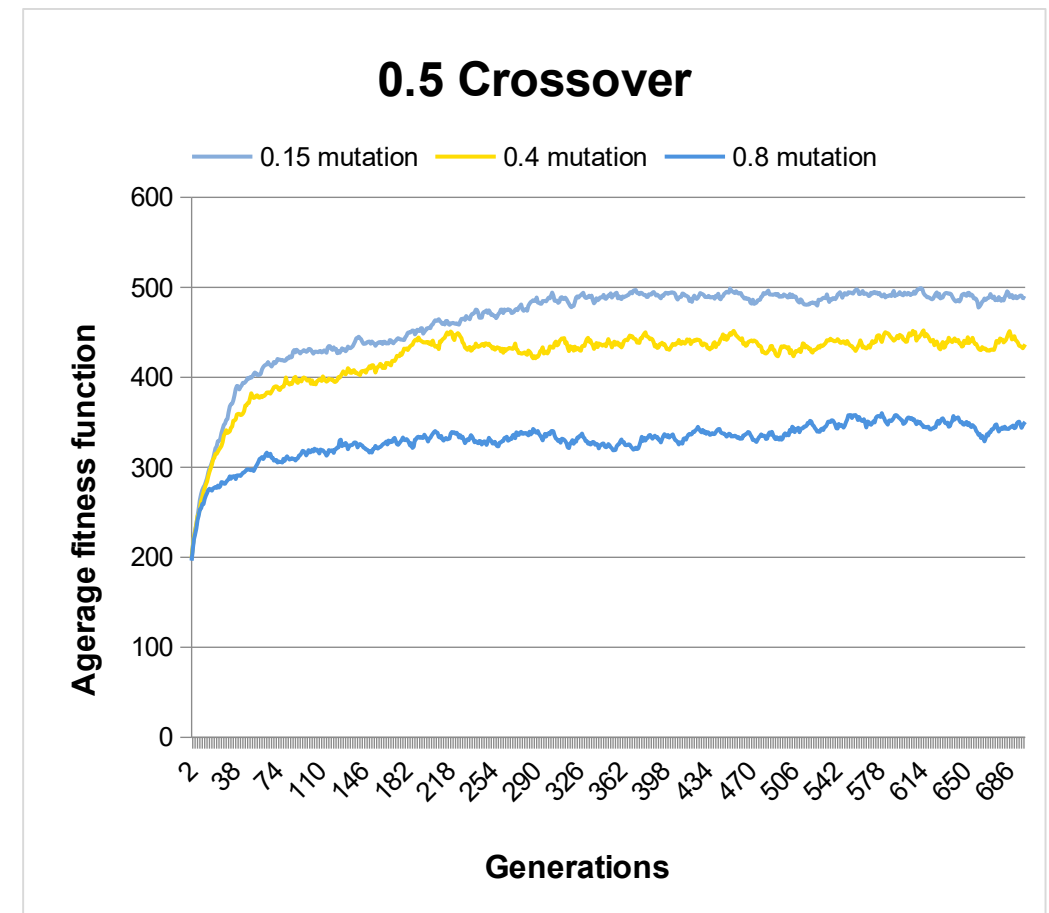
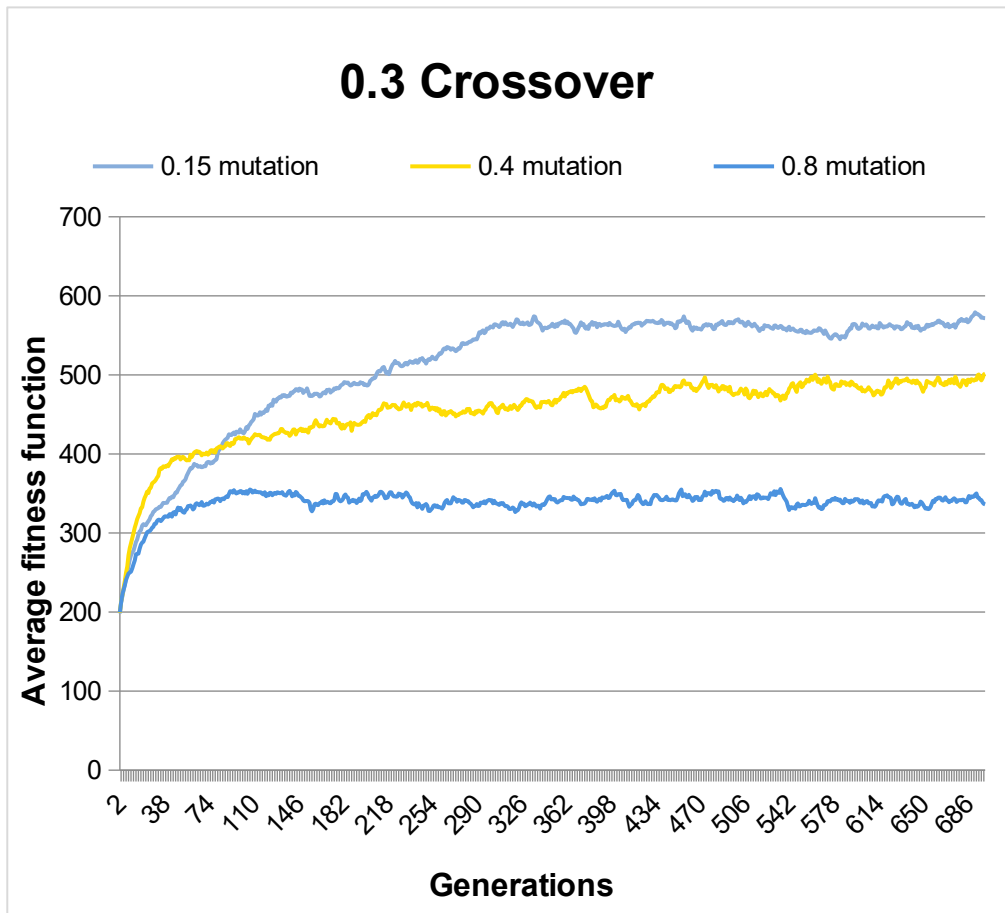


Τελικό



AI Πιθανότητα μετάλλαξης και διασταύρωσης

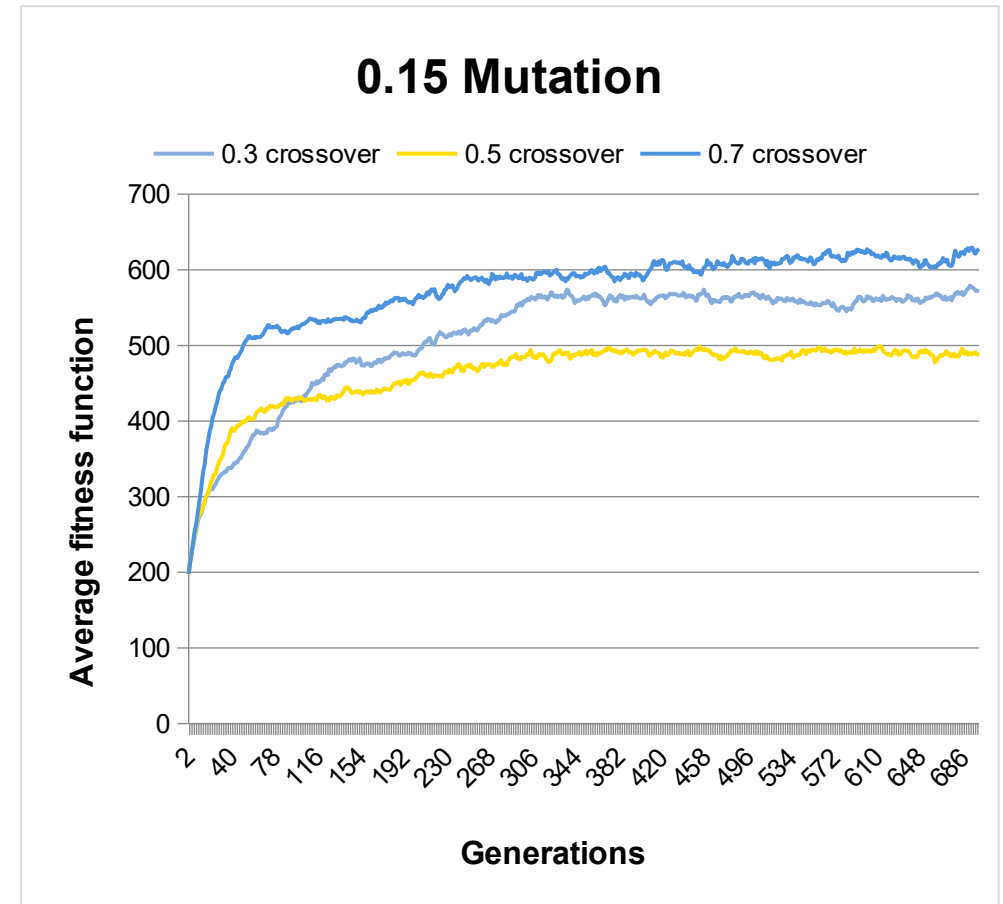
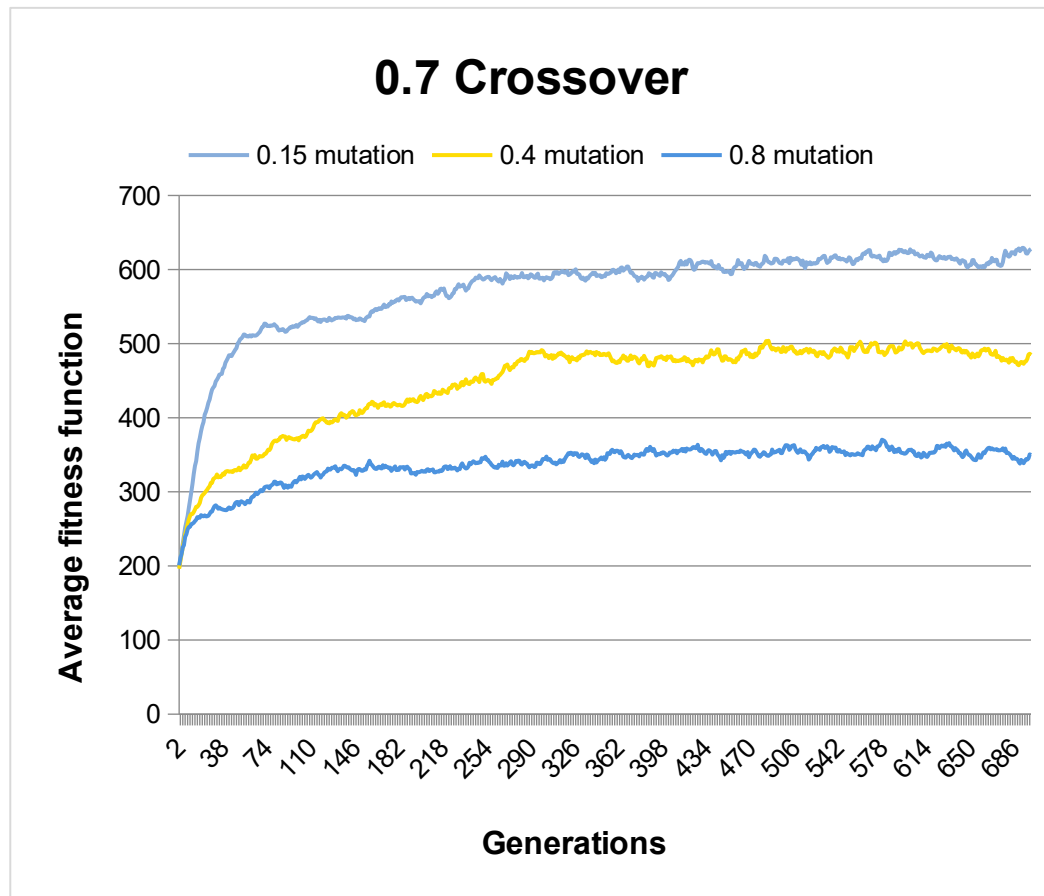
Εκτελούμε για διάφορες πιθανότητες μετάλλαξης και διασταύρωσης





Πιθανότητα μετάλλαξης και διασταύρωσης

Εκτελούμε για διάφορες πιθανότητες μετάλλαξης και διασταύρωσης





Συμπεράσματα

- 1. Επιβεβαίωση πιθανοτήτων μετάλλαξης και διασταύρωσης:** Επιβεβαιώνεται ότι για σχετικά μικρές πιθανότητες μετάλλαξης και σχετικά μεγάλες πιθανότητες διασταύρωσης έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα, όχι μόνο από άποψη βελτιστοποίησης αλλά και ταχύτητας
- 2. Η βελτιστοποίηση επετεύχθη:** Το πρόβλημα έχει εκθετική χρονική πολυπλοκότητα και οι έλεγχοι των περιορισμών είναι κοστοβόροι. Το λογισμικό δεν δοκιμάστηκε σε κυκλώματα μεγάλης κλίμακας, αλλά είμαι πεπεισμένος ότι με ορισμένες βελτιώσεις θα ανταπεξέλθει. Παρόλα αυτά σε κυκλώματα μικρής κλίμακας η βελτιστοποίηση που στοχεύαμε επιτυγχάνεται
- 3. Συμβατότητα με το Logisim(2.7.1):** Έχουν ενσωματωθεί και υποστηρίζονται στην πλειοψηφία τους τα βασικά κυκλωματικά στοιχεία του Logisim (~95%) . Δεν υποστηρίζονται κάποια όπως splitter μεγαλύτερος από 1:3. Το σχηματικό του κυκλώματος είναι σε μορφή XML.
- 4. Υποστήριξη Custom Components:** Μία εύκολη εναλλακτική αντιμετώπιση της χρονικής πολυπλοκότητας του προβλήματος είναι η υποδιαίρεση του κυκλώματος σε μικρότερα και η χρήση αυτών αντί ενός μεγάλου με πολλά στοιχεία. Γι αυτόν τον λόγο υπάρχει η δυνατότητα χρήσης κυκλωμάτων ως στοιχεία, με την χρήση βιβλιοθήκης.



Μελλοντικές επεκτάσεις

Βελτιώσεις

- 1. Δυνατότητα κατανεμημένης εκτέλεσης:** Το λογισμικό που δημιουργήθηκε είναι πλήρως παράλληλο και υπάρχει η δυνατότητα στο μέλλον για χρήση Open MPI για κατανεμημένη εκτέλεση
- 2. Δυνατότητα αλλαγής αλγόριθμου βελτιστοποίησης:** Θα μπορούσαμε επιπλέον να χρησιμοποιήσουμε και κάποιον άλλο αλγόριθμο βελτιστοποίησης και να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα μεταξύ τους (π.χ. Προσομοιωμένη ανόπτηση – Simulated annealing).
- 3. Δυνατότητα βελτίωσης του υπάρχοντος αλγόριθμου:** Μία βελτίωση του απλού γενετικού αλγόριθμου είναι ο Προσαρμοσμένος γενετικός αλγόριθμος (Adaptive genetic algorithm). Ο οποίος προσαρμόζει τις πιθανότητες μετάλλαξης και διασταύρωσης ανάλογα με την κατάσταση του πληθυσμού.
- 4. Δυνατότητα συνένωσης με άλλο λογισμικό που παράγει (.dot) αρχεία**

Τέλος παρουσίασης

Σας ευχαριστώ θερμά!

