



ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Προγραμματισμός με τεχνικές GPGPU

Φοιτητής:
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΟΦΙΑΝΟΣ
Α.Μ: 031053

Επόπτης:
Κ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΠΑΡΔΗΣ

28 Σεπτεμβρίου 2014

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	III
1 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.1.1 X _Y TeX	1
1.1.2 Texmaker	1
1.1.3 TortoiseGit	2
1.1.4 Github	2
2 Υλοποιήσεις	5
2.1 Ιστορία	5
2.2 CUDA	6
2.2.1 Εισαγωγή	6
2.2.2 Πλεονεκτήματα	7
2.2.3 Περιορισμοί	8
2.3 OpenCL	9
2.3.1 Εισαγωγή	9
2.3.2 Επισκόπηση	9
2.3.3 Ιστορία	10
3 Εφαρμογές	13
3.1 Εισαγωγή	13
3.2 Κρυπτογράφηση	13
3.3 Βιοπληροφορική	14
3.3.1 Εισαγωγή	14
3.3.2 Μοριακή δυναμική	15
3.4 Αστροφυσική	16
3.5 Άδεια χρήσης	16
3.5.1 Εισαγωγή	16
3.5.2 Επιλογή	18
3.6 Βιβλιογραφικές αναφορές	19

Εισαγωγή

τεστ τεστ δοκιμή

Γιώργος

Ιστορία του GPGPU Programming: Τα αρχικά GPGPU πηγάζουν από την φράση General Purpose computation on Graphics Processing Units, ή αλλιώς γνωστή ως GPU Computing, δηλαδή υπολογισμός γενικής χρήσης σε μονάδες επεξεργασίας γραφικών. Οι GPUs, είναι επεξεργαστές υψηλών επιδόσεων με δυνατότητα πολύ υψηλού υπολογισμού και διεκπεραιωτικότητας δεδομένων. Σχεδιασμένες αρχικά για γραφικά υπολογιστών με αρκετές δυσκολίες στον προγραμματισμό τους, οι σημερινές μονάδες επεξεργασίας γραφικών είναι παράλληλοι επεξεργαστές γενικής χρήσης με υποστήριξη για προσβάσιμες προγραμματιστικές διεπαφές και βιομηχανικά πρότυπα γλωσσών όπως η C. Οι προγραμματιστές που μεταφέρουν τις εφαρμογές τους σε GPUs συνήθως πετυχαίνουν ταχύτητες πολλαπλάσιες από ότι μια αντίστοιχη εφαρμογή ειδικά βελτιστοποιημένη για κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU). Ο όρος GPGPU δημιουργήθηκε από τον Mark Harris το 2002 όταν συνειδητοποίησε ότι αναπτυσσόταν μια τάση για χρήση των μονάδων επεξεργασίας γραφικών για εφαρμογές που δεν είχαν σχέση με γραφικά.

Από το 2012, οι GPU έχουν αναπτυχθεί σε συστήματα πολυπύρηνων επεξεργαστών παράλληλου υπολογισμού δίνοντας μας την δυνατότητα για πολύ αποδοτικό χειρισμό μεγάλου όγκου δεδομένων. Αυτός ο σχεδιασμός είναι πιο αποδοτικός από ότι οι κεντρικές μονάδες επεξεργασίας (CPU) για αλγόριθμους όπου η επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων γίνεται παράλληλα, όπως σε αλγορίθμους sort μεγάλων λιστών, μετασχηματισμό κυμάτων δυο διαστάσεων, προσομοίωση βιολογικών δυναμικών.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν

1.1 Εισαγωγή

Για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν αρκετά εργαλεία για λόγους ευχρηστίας αλλά και για εκπαιδευτικούς σκοπούς, σε μια προσπάθεια να αποκτηθούν γνώσεις για τεχνολογίες που πιστεύω πως χρειάζονται σε έναν απόφοιτο πληροφορικής.

1.1.1 X_YTeX

Το X_YTeX είναι μια μηχανή τυπογραφίας τύπου TeX η οποία χρησιμοποιεί κωδικοποίηση Unicode και υποστηρίζει σύγχρονες τεχνολογίες γραμματοσειρών όπως οι Opentype, Graphite και Apple Advanced Typography. Έχει σχεδιαστεί από τον Jonathan Kew και διανέμεται κάτω από την ελεύθερη άδεια λογισμικού X11. Ενώ δημιουργήθηκε αποκλειστικά για το Mac OS X, πλέον είναι διαθέσιμο για όλες τις γνωστές πλατφόρμες. Υποστηρίζει κωδικοποίηση Unicode και τα αρχεία κειμένου είναι εξαρχής σε μορφή UTF-8. Το X_YTeX μπορεί να χρησιμοποιήσει τις γραμματοσειρές που είναι εγκατεστημένες στο σύστημα, και να κάνει χρήση των ανεπτυγμένων τυπογραφικών δυνατοτήτων τους. Υποστηρίζει και μικρο-τυπογραφία, δηλαδή μια σειρά από μεθόδους που βελτιώνουν την αισθητική του κειμένου και το καθιστούν πιο ευανάγνωστο. Οι μέθοδοι συμπεριλαμβάνουν την μείωση μεγάλων κενών μεταξύ των λέξεων (expansion), την επέκταση των γραμμών όταν τελειώνουν με κάποιο μικρό σύμβολο, όπως η τελεία ή ένα στρογγυλό γράμμα όπως το "ο" (protrusion), και ο χωρισμός γραμμών (hyphenation). Αν και το X_YTeX είναι υποδεέστερο του L^ATeX στην μικρο-τυπογραφία, επιλέχτηκε για αυτήν την πτυχιακή εργασία λόγω των πολλών άλλων πλεονεκτημάτων, όπως η χρήση unicode χαρακτήρων αλλά και η ευκολία διαχείρισης γραμματοσειρών. Το X_YTeX

1.1.2 Texmaker

Το Texmaker είναι ένα επεξεργαστής κειμένου για L^ATeX και X_YL^ATeX. Είναι cross-platform ανοιχτού κώδικα με ενσωματωμένο PDF Viewer. Το Texmaker είναι μια εξολοκλήρου εφαρμογή Qt. Ο επεξεργαστής κειμένου έχει άρτια υποστήριξη unicode, λειτουργία ελέγχου ορθογραφίας, αυτόματη συμπλήρωση κειμένου, κ.α. Επίσης υποστηρίζει regular expressions για την

εύρεση και αντικατάσταση κειμένου.

Το Texmaker περιέχει λειτουργίες για αυτόματη χρήση των παρακάτω λειτουργιών:

Παραγωγή νέου εγγράφου, γράμματος, βιβλίου, κ.α Παραγωγή πινάκων, περιβάλλοντος σχημάτων, κ.α Εξαγωγή κειμένου σε HTML ή ODT διάταξης Μερικές από τις ετικέτες L^AT_EX και μαθηματικά σύμβολα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ένα click. Ο Texmaker βρίσκει αυτόματα τα λάθη και προειδοποιήσεις και τα εμφανίζει στο αρχείο καταγραφής.

1.1.3 TortoiseGit

Το TortoiseGIT είναι μια εφαρμογή που υλοποιεί ένα σύστημα διαχείρισης εκδόσεων λογισμικού. Το σύστημα αυτό, είναι ένα υποσύνολο του ελέγχου αναθεωρήσεων. Ο έλεγχος αναθεωρήσεων χρησιμοποιείται για την διαχείριση των αλλαγών σε κείμενα, προγράμματα υπολογιστών, ιστοσελίδες, και άλλες συλλογές απο πληροφορίες. Οι αλλαγές συνήθως αναγνωρίζονται απο έναν αριθμό η απο ένα γράμμα, το οποίο ονομάζεται αριθμός αναθεώρησης. Για παράδειγμα, αν τα αρχεία είχαν αρχικό αριθμό το "αναθεώρηση 1", μετά τις αλλαγές θα αποκτήσει τον αριθμό "αναθεώρηση 2", κτλ. Κάθε αναθεώρηση σχετίζεται με μια χρονοσήμανση, και με το άτομο το οποίο πραγματοποίησε την αλλαγή. Οι αναθεωρήσεις μπορούν να συγκριθούν, να αποκαθιστούν, και με κάποιους τύπους αρχείων, να συγχωνευτούν.

Η ανάγκη για ένα λογικό τρόπο οργάνωσης και ελέγχου αναθεωρήσεων υπάρχει σχεδόν απο τότε που εφευρέθηκε η γραφή, αλλά ο έλεγχος αναθεωρήσεων έγινε πιο σημαντικός και πολύπλοκος όταν ξεκίνησε η εποχή των υπολογιστών. Η αρίθμηση των εκδόσεων βιβλίων είναι ένα απο τα παραδείγματα της προηγούμενης εποχής. Σήμερα, τα πιο πολύπλοκα εργαλεία ελέγχου αναθεωρήσεων είναι αυτά που χρησιμοποιούνται στην δημιουργία λογισμικού, στα οποία μια ομάδα απο ανθρώπους μπορεί να αλλάξει τα ίδια αρχεία.

Μπορεί το σύστημα ελέγχου να είναι ένα ξεχωριστό πρόγραμμα, αλλά ο έλεγχος αναθεωρήσεων βρίσκεται ενσωματωμένος και μέσα σε διάφορους τύπους λογισμικού όπως οι επεξεργαστές κειμένου, αλλά και συστήματα διαχείρισης περιεχομένου π.χ Wikipedia, Wordpress, κ.α.

Ο έλεγχος αναθεωρήσεων δίνει την δυνατότητα να επαναφέρουμε ένα κείμενο σε μια προηγούμενη αναθεώρηση, το οποίο είναι πολύ σημαντικό για να υπάρχει έλεγχος στις αλλαγές, να διορθώνονται τα λάθη, και να προστατεύεται το περιεχόμενο από βανδαλισμό και ανεπιθύμητα μηνύματα.

1.1.4 Github

Το Github είναι μια διαδικτυακή υπηρεσία αποθηκευτικού χώρου Git, που επιτρέπει πλήρη κατανεμημένο έλεγχο αναθεωρήσεων και διαχείριση πηγαίου κώδικα μέσω Git, ενώ προσθέτει επιπλέον λειτουργίες σε αυτό. Το Github προσφέρει ένα web-based γραφικό περιβάλλον, εφαρμογές σταθερών υπολογιστών, αλλά και εφαρμογές κινητών συσκευών. Επίσης παρέχει έλεγχο πρόσβασης και αρκετά χαρακτηριστικά συνεργασίας, όπως wiki, δια-

χείριση έργων, παρακολούθηση λαθών, και αιτήματα χαρακτηριστικών για κάθε σχέδιο.

Η ανάπτυξη του Github ξεκίνησε το 2007. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε είναι η Ruby on Rails και η Erlang. Η ιστοσελίδα ανακοινώθηκε τον Απρίλιο του 2008 από τον Tom Preston-Werner, τον Chris Wanstrath, και τον Pj Hyett.

Το Github παρέχει δωρεάν λογαριασμούς, που συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται για έργα λογισμικού ανοιχτού κώδικα. Ως το 2014, οι χρήστες του φτάνουν τα 3.4 εκατομμύρια, καθιστώντας το το μεγαλύτερο αποθηκευτικό χώρο πηγαίου κώδικα στον πλανήτη.



Σχήμα 1.1: Λογότυπο Github

Υλοποιήσεις

2.1 Ιστορία

Παραδοσιακά, η σειρά αγωγών των γραφικών, αποτελείται από τις καταστάσεις μετατροπή και φωτισμός, συναρμολόγηση αρχέγονων, μετατροπή σε pixels, και σκίαση. Οι πρώτες GPU είχαν όλες τις λειτουργίες που χρειάζονται για να εκτελεστεί η σειρά αγωγών, αλλά με τον καιρό όλο και περισσότερες καταστάσεις έγιναν δυνατό να προγραμματιστούν με την έλευση ειδικών επεξεργαστών, όπως επεξεργαστές κορυφών και τεμάχια επεξεργαστών, που κατέστησαν κάποιες λειτουργίες πιο ευέλικτες.

Όταν οι τιμές συνέχισαν να πέφτουν ενώ η υπολογιστική δύναμη αυξανόταν, η ερευνητική κοινότητα σκέφτηκε τρόπους να αξιοποιηθεί αυτή η δύναμη για τον υπολογισμό δύσκολων λειτουργιών. Όμως, καθώς η δυνατότητα των επεξεργαστών ήταν περιορισμένη και η διεπαφή προγραμματιστικής διεπαφής (API) των οδηγών γραφικών ήταν σχεδιασμένη για να υλοποιεί συγκεκριμένα την σειρά αγωγών, έπρεπε να ληφθούν υπόψιν πολλές παραμέτροι. Για παράδειγμα, όλα τα δεδομένα έπρεπε να κωδικοποιηθούν σε υφές ως πίνακες δυο διαστάσεων που αναπαριστούν pixel, με περιεχόμενο τιμές χρωμάτων και κάποιο κανάλι alpha για την διαφάνεια. Επιπλέον, οι υφές είναι αντικείμενα μόνο προσπελάσιμα, και δεν επαναγράφονταν, κάτι που ανάγκαζε τους προγραμματιστές να αποθηκεύουν κάθε φορά καινούρια υφή με τις αλλαγές. Τέλος, οι περισσότερες GPU υποστήριζαν μόνο λειτουργίες μόνις κινητής υποδιαστολής, αναγκάζοντας τους προγραμματιστές να προσομοιώνουν λογικές λειτουργίες.

Αυτοί οι περιορισμοί, ήταν ο μεγαλύτερος λόγος που ώθησε τους κατασκευαστές GPU (AMD, NVIDIA, INTEL), να δημιουργήσουν προγραμματιστικές διεπαφές ειδικές για την κοινότητα του GPGPU και να εξελίξουν τις συσκευές τους για καλύτερη υποστήριξη.

Το πεδίο του προγραμματισμού γενικής χρήσης έχει αναπτυχθεί με ταχύτατους ρυθμούς τα τελευταία χρόνια, έτσι ώστε τώρα υπάρχουν αρκετές υλοποιήσεις για τον προγραμματισμό των μονάδων επεξεργασίας γραφικών. Πρόσφατα, έχουν γίνει προσπάθειες δημιουργίας προτύπων. Ο προγραμματισμός των GPUs αναπτύχθηκε όταν το CUDA και το Stream κατέφθασαν στο τέλος του 2006. Αυτές οι διεπαφές και οι γλώσσες, σχεδιάστηκαν από τις εταιρίες κατασκευής των GPUs σε πολύ κοντινή σχέση με το υλικό, το οποίο αποτέλεσε μεγάλο βήμα προς ένα πιο εύχρηστο, ταιριαστό και μελλοντικά-ασφαλές προγραμματιστικό μοντέλο. Η ανοιχτή γλώσσα προ-

γραμματισμού (OpenCL) δημιουργήθηκε για να παρέχει ένα γενικό API ετερογενή υπολογισμού σε διάφορες μορφές παράλληλων συσκευών, συμπεριλαμβανομένου μονάδων επεξεργασίας γραφικών, πολυπύρηνων κεντρικών μονάδων επεξεργασίας, κ.α

2.2 CUDA

2.2.1 Εισαγωγή

Το CUDA είναι μια πλατφόρμα παράλληλου υπολογισμού, που δημιουργήθηκε από την NVIDIA και υλοποιήθηκε στις κάρτες γραφικών τις οποίες παράγει η ίδια. Το CUDA δίνει στους προγραμματιστές άμεση πρόσβαση στο σετ εικονικών εντολών και την μνήμη των στοιχείων του παράλληλου υπολογισμού σε κάρτες γραφικών NVIDIA.

Αξιοποιώντας το CUDA, οι κάρτες γραφικών(GPU) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υπολογισμό γενικής χρήσης (δηλαδή όχι αποκλειστικά για γραφικά).Οι GPU έχουν μια αρχιτεκτονική παράλληλης εξόδου η οποία δίνει έμφαση στην εκτέλεση πολλών threads με μικρή ταχύτητα, σε αντίθεση με τις CPU όπου εκτελείται ένα thread με μεγάλη ταχύτητα.



Σχήμα 2.1: Βιολογία και πληροφορική

Η πλατφόρμα CUDA είναι προσβάσιμη στους προγραμματιστές μέσω βιβλιοθηκών, εντολών μεταγλώττισης, και προεκτάσεων σε γλώσσες προγραμματισμού βιομηχανικής κλίμακας, όπως η C, C++ και Fortran. Οι προγραμματιστές της C/C++, χρησιμοποιούν το CUDA C/C++, μεταγλωττισμένο με το nvcc, έναν LLVM βασισμένο μεταγλωττιστή, και οι προγραμματιστές της Fortran χρησιμοποιούν το CUDA Fortran, μεταγλωττισμένο με τον μεταγλωττιστή PGI CUDA Fortran από το The Portland Group. Εκτός από τα παραπάνω, η πλατφόρμα CUDA υποστηρίζει και άλλες διεπαφές υπολογισμού, όπως το OpenCL του Khronos Group, το DirectCompute της Microsoft, και το C++ AMP.

Στην βιομηχανία των υπολογιστών, οι GPUs δεν χρησιμοποιούνται μόνο για τα γραφικά αλλά και στους υπολογισμούς φυσικής παιχνιδιών (π.χ καπνός,

φωτιά, ροή υγρών). Γνωστά παραδείγματα αποτελούν οι μηχανές PhysX και n Bullet. Το CUDA επίσης χρησιμοποιείται για να επιταχύνει μη-γραφικές εφαρμογές στην βιοπληροφορική, στην κρυπτογραφία, και σε πολλά άλλα πεδία.

Γενικότερα, η υπολογιστική δύναμη της GPU, βασίζεται στην παράλληλη αρχιτεκτονική της. Για αυτό, η πλατφόρμα του CUDA παρουσιάζει το νήμα(thread) ως το μικρότερο στοιχείο παραλληλισμού. Όμως, σε σύγκριση με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, τα νήματα της GPU έχουν μικρότερο κόστος χρήσης πόρων και μικρότερο κόστος δημιουργίας και αντικατάστασης. Σημειώνεται ότι οι GPU είναι αποτελεσματικές, μόνο όταν τρέχει μεγάλος αριθμός από τέτοια νήματα. Μια ομάδα από νήματα, που εκτελούνται παράλληλα, επικοινωνούν και συγχρονίζονται μεταξύ τους ονομάζεται block. Ο μέγιστος αριθμός των νημάτων σε ένα block είναι ένας περιορισμός που υπάρχει στην κάθε μονάδα γραφικής επεξεργασίας. Τέλος, μια ομάδα από blocks τα οποία έχουν την ίδια διάσταση και εκτελούνται από το ίδιο πρόγραμμα CUDA παράλληλα, ονομάζεται πλέγμα.

Για να επιτρέψει βέλτιστη επίδοση για διαφορετικά πρότυπα, το CUDA εκτελεί ένα ιεραρχικό μοντέλο μνήμης, αντίθετα με τα παραδοσιακά μοντέλα που συναντάμε συνήθως στους υπολογιστές. Ο υπολογιστής και η συσκευή, έχουν τις δικές τους περιοχές μνήμης, τις οποίες ονομάζουν host memory και device memory, αντίστοιχα. Το CUDA παρέχει βελτιστοποιημένες λειτουργίες για να μεταφέρει δεδομένα από και προς αυτούς τους ξεχωριστούς χώρους. Κάθε νήμα κατέχει το δικό του αρχείο καταχώρησης, το οποίο μπορεί να προσπελαστεί και να εγγραφεί. Επιπλέον, μπορεί να προσπελάσει το δικό του αντίγραφο της τοπικής μνήμης. Όλα τα νήματα στο ίδιο πλέγμα μπορούν να προσπελάσουν και να γράψουν στην περιοχή της κοινόχρηστης μνήμης (shared memory). Για να αποφευχθούν κίνδυνοι από ταυτόχρονη προσπέλαση, μηχανισμοί συγχρονισμού νημάτων πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Η κοινόχρηστη μνήμη, είναι οργανωμένη σε ομάδες που ονομάζονται τράπεζες, οι οποίες μπορούν να προσπελαστούν παράλληλα. Όλα τα νήματα έχουν επίσης πρόσβαση στον χώρο μνήμης που ονομάζεται καθολική μνήμη (global memory) και στις περιοχές που ονομάζονται μνήμη σταθερών (constant memory) και μνήμη υφής (texture memory).

2.2.2 Πλεονεκτήματα

Το CUDA έχει τα εξής πλεονεκτήματα σε σχέση με τους παραδοσιακούς τρόπους υπολογισμού γενικής χρήσης που εκτελούνται μέσω προγραμματιστικών διεπαφών γραφικών: Διασκορπισμένες προσπελάσεις - ο κώδικας μπορεί να διαβαστεί από αυθαίρετες διευθύνσεις στην μνήμη. Ενοποιημένη εικονική μνήμη (CUDA 6) Κοινόχρηστη μνήμη - το CUDA εκθέτει μια γρήγορη περιοχή κοινόχρηστης μνήμης (μέχρι 48KB για κάθε επεξεργαστή) η οποία μπορεί να μοιραστεί ανάμεσα στα threads. Αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν κρυφή μνήμη διαχειρίσιμη από τον χρήστη, επιτρέποντας μεγαλύτερο εύρος δεδομένων από ότι είναι δυνατό με τις προσπελάσεις υφών. Πιο γρήγορες μεταφορτώσεις και προσπελάσεις από και προς την GPU Πλήρης υποστήριξη για ακέραιες και bitwise λειτουργίες, για παράδειγμα τις προσπελάσεις υφών.

Feature support (unlisted features are supported for all compute capabilities)	Compute capability (version)
--------------------------------------------------------------------------------	------------------------------

2.2.3 Περιορισμοί

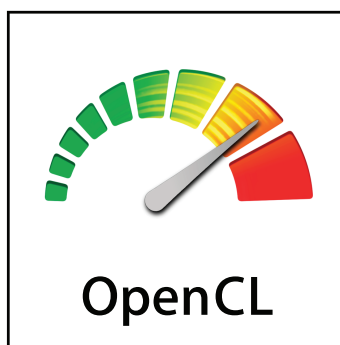
Το CUDA δεν υποστηρίζει ολόκληρο το πρότυπο της γλώσσας C, καθώς τρέχει μέσω ενός μεταγλωττιστή C++, ο οποίος εμποδίζει συγκεκριμένα μέρη της γλώσσας C να μεταγλωττιστούν.

2.3 OpenCL

2.3.1 Εισαγωγή

Το OpenCL είναι ένα πλαίσιο για κατασκευή εφαρμογών που εκτελούνται σε ετερογενή συστήματα που αποτελούνται από κεντρικές μονάδες επεξεργασίας(CPU), μονάδες επεξεργασίας γραφικών(GPU), επεξεργαστές ψηφιακών σημάτων(DPS), συστοιχίες προγραμματιζόμενων θυρίδων(FPGA), και άλλους επεξεργαστές. Το OpenCL περιέχει μια γλώσσα, υποσύνολο του ISO C99 με επεκτάσεις, για τον προγραμματισμό αυτών των συσκευών, προγραμματιστικές διεπαφές εφαρμογών(API) για τον έλεγχο της πλατφόρμας και την εκτέλεση προγραμμάτων στις υπολογιστικές συσκευές. Το OpenCL παρέχει παράλληλο υπολογισμό χρησιμοποιώντας παραλληλισμό διεργασιών και δεδομένων.

Αποτελεί το πρώτο ανοιχτό, ελεύθερο από τέλη αδειών πρότυπο για cross-platform, παράλληλο προγραμματισμό μοντέρνων επεξεργαστών, που χρησιμοποιούνται συνήθως σε προσωπικούς υπολογιστές, διακομιστές, και φορητές/ενσωματωμένες συσκευές. Το OpenCL (Open Computing Language) βελτιώνει αισθητά την ταχύτητα και την απόκριση μεγάλου εύρους εφαρμογών σε διάφορες κατηγορίες αγορών από παιχνίδια και ψυχαγωγία, μέχρι επιστημονικές εφαρμογές και εφαρμογές υγείας. Συντηρείται από το μή-κερδοσκοπικό τεχνολογικό συνεταιρισμό Khronos Group. Έχει υιοθετηθεί από πολλές μεγάλες εταιρίες όπως η Apple, Intel, Qualcomm, AMD, Nvidia, Samsung, ARM Holdings.



Σχήμα 2.2: Λογότυπο OpenCL

2.3.2 Επισκόπηση

Το OpenCL ορίζει μια διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών με την οποία επιτρέπει στα προγράμματα που τρέχουν στον οικοδεσπότη να εκτελέσουν πυρήνες στην συσκευή υπολογισμού, και να διαχειριστούν την μνήμη της συσκευής, που είναι ξεχωριστή από την μνήμη του οικοδεσπότη. Τα προγράμματα του OpenCL είναι σχεδιασμένα ώστε να μεταγλωττίζονται την ώρα της εκτέλεσης, και με αυτόν τον τρόπο γίνεται δυνατό να εκτελεστούν σε διάφορες συσκευές. Το πρότυπο του OpenCL ορίζει διεπαφές προγραμματισμού για γλώσσα C και C++. Διεπαφές επίσης υπάρχουν και για άλλες

γλώσσες, όπως Python, Julia, και Java. Μια εφαρμογή του OpenCL προτύπου συνίσταται από μια βιβλιοθήκη που υλοποιεί την διεπαφή για C και C++, και έναν μεταγλωττιστή OpenCL για τις συσκευές υπολογισμού.

Ιεραρχία μνήμης

Το OpenCL ορίζει ιεραρχία τεσσάρων επιπέδων για την μνήμη των συσκευών υπολογισμού:

- Καθολική μνήμη: διαμοιράζεται σε όλες τις συσκευές υπολογισμού, αλλά έχει μεγάλη καθυστέρηση απόκρισης
- Μνήμη προσπέλασης: μικρότερη, χαμηλή καθυστέρηση απόκρισης, εγγράφητη από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας του οικοδεσπότη, αλλά όχι των συσκευών υπολογισμού.
- Τοπική μνήμη: διαμοιράζεται σε πολλά στοιχεία υπολογισμού μιας συσκευής
- Ιδιωτική μνήμη στοιχείου (καταχωρητές)

Δεν είναι απαραίτητο για όλες τις συσκευές να υλοποιήσουν την ιεραρχία της μνήμης στο υλικό. Η συνέπεια στα διάφορα επίπεδα της ιεραρχίας είναι χαλαρή, και επιβάλλεται μόνο από κατηγορηματικά στοιχεία συγχρονισμού, όπως τα εμπόδια.

2.3.3 Ιστορία

Το OpenCL δημιουργήθηκε αρχικά από την Apple Inc., η οποία κατέχει τα πνευματικά δικαιώματα, και εξευγενίστηκε σε αρχική πρόταση σε συνεργασία με τεχνικές ομάδες της AMD, IBM, Qualcomm, Intel, και Nvidia. Η Apple καταχώρησε την πρόταση στο Khronos Group, και τον Ιούνιο του 2008 διαμορφώθηκε το Khronos Compute Working Group με αντιπροσώπους από εταιρίες επεξεργαστών, μονάδων υλικού γραφικών, ενσωματωμένων επεξεργαστών, και λογισμικού. Αυτό το group εργάστηκε για 5 μήνες ώστε να φέρει σε πέρας τον πρώτο προσδιορισμό για το OpenCL 1.0, ο οποίος κυκλοφόρησε τον Δεκέμβριο του 2008.

OpenCL 1.0

Η AMD, αν και αρχικά εργαζόταν πάνω στο πρότυπο Close to Metal, αποφάσισε να στραφεί και να υποστηρίξει το OpenCL. Η Nvidia ανακοίνωσε πλήρης υποστήριξη στην εργαλειοθήκη υπολογισμού GPU. Το 2009, η IBM κυκλοφόρησε την πρώτη έκδοση του μεταγλωττιστή της με υποστήριξη για OpenCL

OpenCL 1.1

Το OpenCL 1.1 επικυρώθηκε από το Khronos Group τον Ιούνιο του 2010, και προσθέτει σημαντικές λειτουργίες για βελτιωμένη ευελιξία παράλληλου προγραμματισμού, λειτουργικότητα, και επιδόσεις.

OpenCL 1.2

Το OpenCL 1.2 ανακοινώθηκε τον Νοέμβριο του 2011 από το Khronos Group, το οποίο προσθέτει αρκετές λειτουργίες σε σχέση με τις προηγούμενες εκδόσεις όσον αφορά τις επιδόσεις και χαρακτηριστικά για παράλληλο προγραμματισμό.

OpenCL 2.0

Το OpenCL 2.0 επικυρώθηκε και κυκλοφόρησε τον Νοέμβριο του 2013 από το Khronos Group και αποτελεί την τελευταία έκδοση του OpenCL.

Εφαρμογές

3.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία περίπου 20 χρόνια οι εταιρίες παραγωγής υλικού γραφικών έχουν εστιάσει στην προσπάθεια να παράγουν γρήγορες μονάδες γραφικής επεξεργασίας (GPU), ειδικότερα για την κοινότητα των gamer. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πρόσφατα να δημιουργηθούν συσκευές οι επιδόσεις των οποίων ξεπερνούν τις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας (CPU), σε συγκεκριμένες εφαρμογές, ειδικότερα σε μετρήσεις εκατομμυρίων εντολών το δευτερόλεπτο (MIPS). Έτσι, καθιερώθηκε μια κοινότητα για να αξιοποιήσει αυτήν την μεγάλη δύναμη των GPU για υπολογισμούς γενικής χρήσης (GPGPU). Τα τελευταία δύο χρόνια έχουν εξαλειφθεί οι περισσότεροι περιορισμοί που υπήρχαν όσον αφορά το σετ εντολών και την διαχείριση μνήμης, με την ενσωμάτωση ενοποιημένων υπολογιστικών μονάδων στις κάρτες γραφικών, δίνοντας έτσι την δυνατότητα στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν ένα πλήθος από προγράμματα με εφαρμογές σε πολλούς τομείς.

3.2 Κρυπτογράφηση

Στο πεδίο της ασύμμετρης κρυπτογράφησης, η ασφάλεια όλων των πρακτικών κρυπτοσυστημάτων βασίζεται στην δυσκολία υπολογισμού προβλημάτων, εξαρτημένη από την επιλογή των παραμέτρων. Με την όποια αύξηση των παραμέτρων όμως (συνήθως στο εύρος 1024-4096 bits), οι υπολογισμοί γίνονται όλο και πιο απαιτητικοί για τον εκάστοτε επεξεργαστή. Σε σύγχρονο υλικό, ο υπολογισμός μιας μονής εντολής κρυπτογράφησης δεν είναι κρίσιμος, όμως σε ένα σύστημα επικοινωνίας πολλών-προς-ένα, για παράδειγμα ένας κεντρικός server στο κέντρο δεδομένων μιας εταιρίας, μπορεί να αντιμετωπίσει ταυτόχρονα εκατοντάδες η και χιλιάδες ταυτόχρονες συνδέσεις και εντολές κρυπτογράφησης. Ως αποτέλεσμα, η πιο συνήθης λύση για ένα τέτοιο σενάριο είναι η χρήση καρτών επιτάχυνσης κρυπτογράφησης. Λόγω της μικρής αγοράς, η τιμή τους φτάνει συνήθως αρκετά χιλιάδες ευρώ η δολάρια.

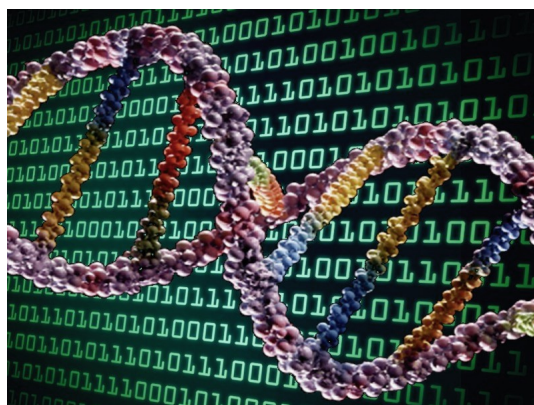
Τελευταία, η ερευνητική κοινότητα έχει αρχίσει να εξερευνά τεχνικές για επιτάχυνση των αλγορίθμων κρυπτογράφησης με χρήση της GPU.

3.3 Βιοπληροφορική

3.3.1 Εισαγωγή

Η συνεχής αύξηση της ποσότητας βιολογικών δεδομένων, η ανάγκη για ανάλυση τους και το συνεχές ενδιαφέρον από την επιστημονική κοινότητα για την κατανόηση των δομικών λειτουργιών των βιολογικών μορίων, αποτέλεσαν τους κύριους λόγους για την ανάπτυξη της βιοπληροφορικής. Για να κατανοήσουμε τις κυτταρικές και βιομοριακές λειτουργίες, τα βιολογικά δεδομένα πρέπει να συνενωθούν για να σχηματίσουν μια ακριβής εικόνα. Οι ερευνητές της βιοπληροφορικής, έχουν αναπτύξει υπολογιστικές τεχνικές για την επεξεργασία των βιολογικών δεδομένων, όπως νουκλεοτιδικές αλληλουχιών, αλληλουχίες αμινο οξέων, τρισδιάστατων δομών, όπως επίσης βιολογικών σημάτων και εικόνων. Μεγάλες ερευνητικές προσπάθειες του πεδίου συμπεριλαμβάνουν αναγνώριση προτύπων, ευθυγράμμιση αλληλουχιών, ανάλυση πρωτεϊνικών δομών, φυλογενετική ανάλυση, μοριακή δυναμική, ανάλυση γονιδιώματος, σχεδιασμός φαρμάκων και ανάπτυξη φαρμάκων. Επίσης, υπάρχουν προφητικές τεχνικές ειδικές για τις εκφράσεις γονιδίων, και την αλληλεπίδραση πρωτεϊνών.

Η Βιοπληροφορική παίζει μεγάλο ρόλο σε πολλές πτυχές της βιολογίας.



Σχήμα 3.1: Βιολογία και πληροφορική

Στην πειραματική μοριακή βιολογία, οι τεχνικές βιοπληροφορικής όπως επεξεργασία εικόνας και σήματος, επιτρέπει την εξόρυξη χρήσιμων αποτελεσμάτων από μεγάλο όγκο δεδομένων. Στο πεδίο της γενετικής και γονιδιοματικής, συμβάλλει στην αλληλουχία και υποσημείωση γονιδιωμάτων και την παρατήρηση των μεταλλάξεων τους. Παίζει μεγάλο ρόλο στην εξόρυξη τεχνικών όρων και στην κατασκευή βιολογικών και γονιδιακών οντολογιών για την οργάνωση και αναζήτηση βιολογικών δεδομένων. Έχει επίσης μεγάλο ρόλο στην ανάλυση των γονιδίων και στην ρύθμιση πρωτεϊνών. Τα εργαλεία της Βιοπληροφορικής συμβάλουν στην σύγκριση γενετικών και γονιδιακών δεδομένων και γενικότερα στην κατανόηση των αναπτυξιακών πτυχών της μοριακής βιολογίας. Σε πιο εσωτερικό επίπεδο, συμβάλει στην ανάλυση και κατηγοριοποίηση των βιολογικών διαδρόμων και δικτύων τα οποία είναι σημαντικό κομμάτι της συστημικής βιολογίας. Στην Δομική βιολογία, συμβάλει στην εξομίωση και μοντελισμό του DNA, RNA, και δομές πρωτεϊνών όπως

και μοριακών αλληλεπιδράσεων.

3.3.2 Μοριακή δυναμική

Η Βιοπληροφορική είναι ένα επιστημονικό πεδίο που εστιάζει στην εφαρμογή της τεχνολογίας υπολογιστών στην διαχείριση βιολογικών δεδομένων. Με το πέρασμα του χρόνου, οι εφαρμογές βιοπληροφορικής έχουν χρησιμοποιηθεί για να αποθηκεύσουν, αναλύσουν και να ενσωματώσουν βιολογικές και γενετικές πληροφορίες, χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο εύρος μεθοδολογιών. Μια από τις πλέον γνωστές τεχνικές για την κατανόηση των φυσικών κινήσεων των ατόμων και των μορίων, είναι η μοριακή δυναμική. Η μοριακή δυναμική είναι μια μέθοδος εξομοίωσης των φυσικών κινήσεων των ατόμων και των μορίων κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Έχει ρόλο κλειδί σε επιστήμες όπως η βιολογία, η χημεία, η φυσική, ιατρική. Λόγω της πολύπλοκότητάς τους, οι υπολογισμοί της μοριακής δυναμικής χρειάζονται μεγάλες ποσότητες μνήμης και υπολογιστικής δύναμης, και για αυτό η εκτέλεσή τους είναι συχνά μεγάλο πρόβλημα.

Οι εξομοιώσεις της μοριακής δυναμικής χρησιμοποιούν πολύπλοκους αριθμητικούς υπολογισμούς, που πολλές φορές οδηγούν σε αριθμητικά λάθη. Πριν την ανακάλυψη του προγραμματισμού γενικής χρήσης, οι GPU χρησιμοποιούνταν μόνο για διαδικασίες απεικόνισης των μοριακών δομών, και η εκτέλεση των αλγορίθμων μοριακής δυναμικής μπορούσε να διαρκέσει από ώρες, έως και μέρες. Η λύση προήλθε από το GPGPU, καθώς οι GPU έχουν πολλές αριθμητικές μονάδες που μπορούν να εκτελεστούν παράλληλα.

Στο πεδίο της μοριακής δυναμικής, έχουν αναπτυχθεί πολλές εφαρμογές εφαρμογές βασισμένα στο GPGPU, που υποστηρίζουν εξομοιώσεις σε πολλαπλές μονάδες. Αυτή η καινοτομία δημιουργεί ευκαιρίες για το μέλλον, ειδικά για μικρότερες ερευνητικές ομάδες. Μειώνει τον χρόνο που απαιτείται για διαδικασίες και τα απαραίτητα κονδύλια για έρευνα-ανάπτυξη, προάγει την ανάπτυξη καινούριων εφαρμογών και την πρόοδο

Μετάβαση από CPU σε GPU

Η διαφορά στην αρχιτεκτονική μεταξύ CPU και GPU, είναι ότι στην τελευταία είναι δυνατή η εκτέλεση πολλαπλών παράλληλων διεργασιών, κάτι που επιτρέπει την καλύτερη εκτέλεση πολύπλοκων αλγορίθμων και καλύτερη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων. Επίσης, μια μονάδα επεξεργασίας γραφικών έχει λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις, έτσι η δημιουργία υπερ-υπολογιστών με χρήση GPU εξαλείφει την ανάγκη για τεράστιους χώρους γεμάτους με υπολογιστές. Η εγκατάσταση μιας επιπλέον μονάδας, αντιγράφει τον παραλληλισμό του προγραμματισμού, χωρίς καμία επιπλέον ενέργεια. Επιπλέον, η GPU έχει εντυπωσιακές δυνατότητες υπολογισμού floating point και μεγάλο εύρος ζώνης μνήμης, δίνοντας την δυνατότητα για βελτιστοποιημένη πρόσβαση στην μνήμη, ελεγχόμενη εκτέλεση επιλογών, και διαχείριση πόρων, με χρήση λίγων γραμμών κώδικα. Συγκεκριμένα, οι εφαρμογές μοριακής δυναμικής, κβαντικής χημείας, η απεικόνιση των αποτελεσμάτων τους, τρέχουν μέχρι και 5 φορές πιο γρήγορα. Από την αρχή του GPU προγραμματισμού μέχρι και σήμερα, η προγραμ-

ματιστική ανάπτυξη συνεχίζεται αδιάκοπα. Ο αριθμός των εφαρμογών βασισμένων σε αρχιτεκτονικές GPU, φτάνουν τις 200, το οποίο είναι αύξηση της τάξεως πάνω από 60% μέσα σε δύο χρόνια. Οι καλύτερες εφαρμογές βασισμένες σε GPGPU έχουν σχεδιαστεί για την μοριακή δυναμική, τον σχεδιασμό φαρμάκων, κβαντική χημεία, το κλίμα, την φυσική σύμφωνα με την Nvidia[bioinformatics-2]

3.4 Αστροφυσική

Οι πρώτες καταγραφές της θεωρητικής αστρονομίας χρονολογούνται το 1550-1292 π.Χ. Οι υπολογισμοί που βρέθηκαν σχηματισμένοι σε αιγυπτιακούς τάφους δείχνουν ότι υπήρχαν τεχνικές για την αναγνώριση και την καταγραφή προτύπων στον ουρανό, ένα πεδίο της αστρονομίας που είναι χρήσιμο ακόμα και σήμερα για την καταγραφή και χαρτογράφηση. Μπορεί οι σημερινοί ερευνητές να μην χρησιμοποιούν τα αρχαία εργαλεία, αλλά η ανάπτυξη τους έγινε σταδιακά.

Το μέγεθος των τηλεσκοπίων χρειάστηκε 400 χρόνια για να μεγαλώσει από 1 τετραγωνικό μέτρο σε 110 τετραγωνικά μέτρα. Οι ψηφιακοί υπολογιστές εμφανίστηκαν στο τέλος του 1940 με υπολογιστική ταχύτητα περίπου 100 floating point λειτουργιών το δευτερόλεπτο (FLOPS), και εξελίχθηκαν σε περίπου $3 * 10^{16}$ FLOPS σε λιγότερο από 65 χρόνια. Αυτή η επανάσταση των υπολογιστών συνεχίζεται ακόμα και σήμερα, και έχει οδηγήσει σε ένα καινούριο κομμάτι έρευνας στο οποίο οι εγκαταστάσεις δεν βρίσκονται στο ψηλότερο βουνό του κόσμου, αλλά στο διπλανό δωμάτιο. Οι Αστρονόμοι κατανόησαν γρήγορα ότι μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους υπολογιστές για να καταγράψουν, αναλύσουν, αρχειοθετήσουν, τις τεράστιες ποσότητες πληροφοριών που καταγράφονται από τις εκστρατείες παρατηρητών.

Την μεγαλύτερη όμως επίδραση στον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζουν



Σχήμα 3.2: Αστροφυσική

οι αστρονόμοι τα αναπάντητα ερωτήματα τους, έχει το πεδίο της εξομώωσης. Με την χρήση των υπολογιστών, είναι δυνατόν να μελετήσουμε την λειτουργία του Διαγαλαξιακού κενού, την φυσική των μαύρων τρυπών, κ.α

3.5 Άδεια χρήσης

3.5.1 Εισαγωγή

Η άδεια χρήσης λογισμικού, είναι ένα νομικό μέσο (συνήθως της μορφής του δικαίου των συμβάσεων) το οποίο ορίζει την χρήση και την διαμοίραση του λογισμικού. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό νόμο, όταν κάποιος γράφει ένα λογισμικό, η πνευματική ιδιοκτησία για αυτό το έργο προστατεύεται

από τον νόμο, όπως ένα έργο λογοτεχνίας ή τέχνης. Ο νόμος της πνευματικής ιδιοκτησίας, δίνει στον ιδιοκτήτη του έργου συγκεκριμένα δικαιώματα, και βάζει όρια στο πώς οι άλλοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν το έργο. Η πνευματική ιδιοκτησία στο λογισμικό προέρχεται από την προστασία των γραπτών έργων, και είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι το λογισμικό του υπολογιστή αντιμετωπίζεται από τον νόμο σαν ένα έργο λογοτεχνικό. Η ιδιοκτησία πνευματικών δικαιωμάτων ενός έργου, είτε βιβλίου είτε λογισμικού, σημαίνει ότι ο ιδιοκτήτης, δηλαδή ο εκδότης ή ο εργοδότης, αποφασίζει για το ποιος μπορεί να το αντιγράψει, να το τροποποιήσει και να το διανέμει. Εξ αρχής, μόνο ο ιδιοκτήτης μπορεί να το κάνει αυτό. **[EUPL-guideline]** Όποιος αντιγράφει, τροποποιήσει ή διανέμει έργο που ανήκει σε κάποιον άλλον χωρίς την άδεια του, μπορεί να βρεθεί αντιμέτωπος με τον νόμο.

Για να αποκτήσει κάποιος άδεια για τα παραπάνω, έχουμε συγκεκριμένες άδειες που θεωρούνται συμβόλαια, μεταξύ του εκδότη του λογισμικού και του χρήστη, ο οποίος μπορεί να το χρησιμοποιήσει όπως αναγράφεται στους όρους της άδειας χρήσης. Σημείωση: σε περίπτωση που δεν συμφωνεί ο χρήστης με τους όρους της άδειας, δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει, αντιγράψει, τροποποιήσει, ή διανέμει το λογισμικό. Σε αντίθετη περίπτωση, παραβιάζει τον νόμο περί πνευματικών δικαιωμάτων.

Συνήθως οι άδειες χρήσης λογισμικού εντάσσονται σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες, ενώ η διαφορά τους βρίσκεται στους όρους με τους οποίους ο τελικός χρήστης μπορεί στην συνέχεια να διαμοιράσει το λογισμικό.

Άδειες αποκλειστικής ιδιοκτησίας

Το σήμα κατατεθέν του λογισμικού αποκλειστικής ιδιοκτησίας είναι ότι ο εκδότης επιτρέπει την χρήση μιας ή περισσότερων αντίτυπων του λογισμικού, κάτω από μια συμφωνητικού τύπου άδεια χρήσης (EULA), αλλά η ιδιοκτησία των αντίτυπων παραμένει στον εκδότη. Αυτό το χαρακτηριστικό αυτής της άδειας, σημαίνει ότι συγκεκριμένα δικαιώματα σχετικά με το λογισμικό έχουν παρακρατηθεί από τον εκδότη του λογισμικού. Γιαυτό είναι συνηθισμένο, στις EULA να υπάρχουν όροι που ορίζουν της χρήσεις του λογισμικού, όπως ο αριθμός των εγκαταστάσεων που επιτρέπονται από τους όρους της διανομής.

Η μεγαλύτερη επίδραση αυτού του τύπου άδειας, είναι ότι, αν η ιδιοκτησία του λογισμικού παραμένει στον εκδότη, τότε ο τελικός χρήστης πρέπει να αποδεχτεί την άδεια του λογισμικού, ενώ σε περίπτωση που δεν το κάνει, δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει το λογισμικό. Σε αυτού του τύπου άδειες περιέχεται συνήθως και μια εκτενής λίστα με λειτουργίες που απαγορεύονται, όπως για παράδειγμα reverse engineering, ταυτόχρονη χρήση λογισμικού από πολλούς χρήστες, κ.α

Άδειες ελεύθερου και ανοιχτού κώδικα

Οι άδειες ελεύθερου και ανοιχτού κώδικα, κατατάσσονται σε μια από τις δύο κατηγορίες:

- **Permissive άδειες** - Αυτές οι άδειες έχουν λιγότερες απαιτήσεις για το πώς θα χρησιμοποιηθεί και διανεμηθεί το λογισμικό. Παράδειγμα permissive άδειας είναι η άδεια BSD και η άδεια MIT, που δίνουν απόλυτη ελευθερία

για χρήση, μελέτη, και ιδιωτική τροποποίηση του λογισμικού, και περιέχει μόνο ελάχιστες απαιτήσεις για την διανομή. Αυτό δίνει σε κάποιον την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τον κώδικα σαν μέρος ενός λογισμικού κλειστού κώδικα, ή λογισμικού αποκλειστικής ιδιοκτησίας.



Σχήμα 3.3: Λογότυπο Open Source Initiative

- Copyleft άδειες - Αυτές οι άδειες έχουν ως στόχο να διατηρήσουν τις ελευθερίες που δίνονται στον χρήστη. Ένα παράδειγμα copyleft άδειας χρήσης λογισμικού, είναι το GPL. Αυτή η άδεια, στοχεύει στο να δώσει στους χρήστες την ελευθερία για χρήση, μελέτη, και ιδιωτική τροποποίηση του λογισμικού, και αν ο χρήστης εμμένει στους όρους και προϋποθέσεις του GPL, ελευθερία για διανομή του λογισμικού και κάθε τροποποίησης που έχει γίνει σε αυτό. Για παράδειγμα, κάθε τροποποίηση που γίνεται από τον χρήστη πρέπει να συνοδεύεται από τον πηγαίο κώδικα των αλλαγών όταν το λογισμικό διανεμηθεί, και η άδεια για οποιαδήποτε παράγωγο του έργου να μην έχει τους οποιεσδήποτε περιορισμούς εκτός από αυτούς που το GPL ορίζει.



Σχήμα 3.4: Λογότυπο Free Software Foundation

3.5.2 Επιλογή

Μετά από εκτενή αναζήτηση και έρευνα πάνω στις άδειες χρήσεις λογισμικού, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν δύο άδειες για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας. Μία για τον πηγαίο κώδικα και μία για το τελικό αποτέλεσμα.

Πηγαίος κώδικας

Η άδεια χρήσης EURL 1.1 κρίθηκε η καλύτερη επιλογή για την πτυχιακή εργασία. Η EURL είναι μια άδεια λογισμικού ελεύθερου, ανοιχτού κώδικα. Έχει εγκριθεί το 2009 από το Open Source Initiative, καθώς εκπληρώνει τις προϋποθέσεις του Open Source Definition (OSD)[1]. Η άδεια εκπληρώνει επίσης τις προϋποθέσεις του Free Software Foundation (FSF) κάτι το οποίο μπορεί να συνοψίσει τέσσερις σημαντικές ελευθερίες στην άδεια

- Ελευθερία για χρήση ή εκτέλεση για οποιαδήποτε χρήση και για οποιονδήποτε αριθμό χρηστών
- Ελευθερία απόκτησης του πηγαίου κώδικα (για μελέτη του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί το λογισμικό)
- Ελευθερία αναδιανομής αντιτύπων του λογισμικού
- Ελευθερία μετατροπής, προσαρμοσης, βελτίωσης του λογισμικού σύμφωνα με συγκεκριμένες ανάγκες, και αναδιανομή αυτών των μετατροπών.

Βιβλίο

Για την επιλογή της άδειας χρησιμοποιήθηκε ο οδηγός στο site της creativecommons <http://creativecommons.org/choose/> Επέλεξα την άδεια Attribution-ShareAlike 4.0 International © ⓘ γιατί θεωρώ ότι η πτυχιακή εργασία μου μπορεί να βοηθήσει στο μέλλον και άλλους φοιτητές να γνωρίσουν την τεχνολογία του L^AT_EX, αλλά ταυτόχρονα είναι και συμβατή με την άδεια χρήσης του πηγαίου κώδικα.

Το περιεχόμενο του παρόντος κειμένου υπάγεται σε Άδεια Χρήσης Creative Commons Attribution 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

3.6 Βιβλιογραφικές αναφορές

Η πρώτη βιβλιογραφική αναφορά είναι: [2], ενώ η δεύτερη είναι [3].

Βιβλιογραφία

- [1] Open Source Initiative. *The Open Source Definition (Annotated)*. Online; accessed 7-September-2014. 2014. URL: <http://opensource.org/docs/osd> (see p. 18).
- [2] Frank Mittelbach. *Is a PDF output from a LaTeX document, a “derived work” from the LPPL standard packages?* Online; accessed 6-September-2014. 2012. URL: <http://tex.stackexchange.com/questions/82713/is-a-pdf-output-from-a-latex-document-a-derived-work-from-the-lppl-standard-p> (see p. 19).
- [3] European Parliament. *Directive 2009/24/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the legal protection of computer programs*. Online; accessed 6-September-2014. 2009. URL: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/;ELX_SESSIONID=9zyGJMmVgxnf3yVpTg8B1rSJchKv390981438?uri=CELEX:32009L0024 (see p. 19).