

## 942. Παράλληλη Επεξεργασία και Βελτιστοποίηση

### 1. ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	942	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	9
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	Παράλληλη Επεξεργασία και Βελτιστοποίηση		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διάφορες μορφές διδασκαλίας		4	5
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	Επιστημονικής Περιοχής, Ανάπτυξης Δεξιοτήτων		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>	--		
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	Ελληνική		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	Όχι		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	eclass/courses/		

### 2. ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

<b>Μαθησιακά Αποτελέσματα</b>
<p>Στόχος του πρώτου σκέλους του μαθήματος είναι η εκμάθηση και εξοικείωση του φοιτητή με γλώσσες, βιβλιοθήκες και τεχνικές παράλληλου προγραμματισμού σε συστήματα βασισμένα σε ετερογενείς πολυπύρηνους επεξεργαστές και στις τεχνικές βελτιστοποίησης στην αξιοποίηση πόρων και απαιτήσεων του λογισμικού. Το μάθημα δίνει έμφαση σε νέες μεθόδους παράλληλου προγραμματισμού που αποσκοπούν στη βελτίωση της επίδοσης του συστήματος, καθώς και στη βελτίωση της παραγωγικότητας του προγραμματιστή, εστιάζοντας στα χαρακτηριστικά της οργάνωσης πολυπύρηνων επεξεργαστών με ετερογενείς πυρήνες που συνεργάζονται αλλά διαφέρουν ουσιαστικά από τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά συμβατικών πολυπύρηνων επεξεργαστών με ομοιογενείς πυρήνες. Οι φοιτητές εκπαιδεύονται στη διάκριση μεταξύ σειριακών και παράλληλων διεργασιών και κατανοούν τις έννοιες του καταμερισμού και δρομολόγησης εργασιών μεταξύ ομοιογενών και ετερογενών πυρήνων, της υποκρυπτόμενης και ρητής επικοινωνίας μεταξύ πυρήνων, της τοπικότητας της πρόσβασης στα δεδομένα, καθώς και του συγχρονισμού των εργασιών πολυπύρηνων επεξεργαστών της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPUs) και αυτών των ετερογενών πυρήνων των μονάδων επεξεργασίας γραφικών (GPUs). Πέραν από την επισκόπηση των σύγχρονων πολυπύρηνων αρχιτεκτονικών και κατηγοριοποίησή τους με βάση την αρχιτεκτονική και ομοιογένεια των πυρήνων, την ιεραρχία μνήμης και τους μηχανισμούς επικοινωνίας και συγχρονισμού που διαθέτουν, το μάθημα εστιάζει στη μελέτη και εφαρμογή μοντέλων προγραμματισμού για ετερογενείς αρχιτεκτονικές (CUDA). Οι φοιτητές εξοικειώνονται στη χρήση της γλώσσας «CUDA C» και αναπτύσσουν κώδικες παράλληλου προγραμματισμού με ταυτόχρονη εκτέλεση της εργασίας αυτών από πολλαπλούς πυρήνες μονάδων επεξεργασίας γραφικών (GPUs). Για το σκοπό αυτό οι φοιτητές εξοικειώνονται επίσης στη συνεργία κεντρικών μονάδων επεξεργασίας (CPUs) και μονάδων επεξεργασίας γραφικών (GPUs) και τον έλεγχο με ανάπτυξη κώδικα «CUDA C» της βέλτιστης κατανομής μνήμης και βέλτιστης διακίνησης δεδομένων μεταξύ CPU και GPU.</p> <p>Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος οι φοιτητές θα είναι σε θέση να:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• διακρίνουν διεργασίες που μπορούν να εκτελεστούν παράλληλα από τις σειριακές διεργασίες.</li> <li>• καταθέτουν μνήμη σε CPUs και GPUs.</li> <li>• μεταφέρουν δεδομένα από τα CPUs στα GPUs και αντίστροφα.</li> <li>• αναπτύσσουν κώδικα CUDA C για τα παραπάνω.</li> <li>• υπολογίζουν τον βέλτιστο δυνατό αριθμό πυρήνων, νημάτων και ψηφίδων για την εκτέλεση μιας παράλληλης εργασίας.</li> <li>• αναπτύσσουν Kernels - κώδικες σε CUDA C για την εκτέλεση της παράλληλης εργασίας από του πυρήνες του GPU.</li> <li>• απελευθερώνουν τις δεσμευμένες μνήμες μετά το τέλος της παράλληλης εργασίας.</li> <li>• εκμεταλλεύονται στο βέλτιστο το σύνολο των δυνατοτήτων που παρέχονται από υπερυπολογιστικές διατάξεις.</li> <li>• αξιοποιούν την χρήση πινάκων στη σχεδίαση βελτιστοποιημένων παράλληλων αλγορίθμων τεχνικού προγραμματισμού.</li> <li>• εναρμονιστούν με τη σύγχρονη μετάβαση της φιλοσοφίας των υπολογιστών από την ελαχιστοποίηση του χρόνου εκτέλεσης μίας διεργασίας από ένα πυρήνα (latency) στην εκτέλεση πολλαπλών ταυτόχρονων διεργασιών από πολλαπλούς πυρήνες (throughput).</li> </ul>
<b>Γενικές Ικανότητες</b>
<p>Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών                      Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις                      Λήψη αποφάσεων                      Αυτόνομη εργασία                      Ομαδική εργασία                      Σχεδιασμός και διαχείριση έργων                      Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής                      Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης</p>

### 3. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Εισαγωγή στον Ετερογενή Παράλληλο Προγραμματισμό, Φορητότητα (Portability) και Επεκτασιμότητα (Scalability) στον Ετερογενή Παράλληλο Προγραμματισμό

- Επισκόπηση της CUDA C,
  - α) Παραλληλισμός Δεδομένων (Data Parallelism) και Νήματα (Threads),
  - β) Κατανομή μνήμης και διακίνηση δεδομένων με συναρτήσεις διεπαφής προγραμματισμού εφαρμογών (application programming interface-API)
- Πολυπύρνοι επεξεργαστές με ομοιογενείς πυρήνες, Πολυπύρνοι επεξεργαστές με ετερογενείς πυρήνες, Μονάδες επεξεργασίας γραφικών
- Μεθοδολογία Παράλληλου Προγραμματισμού βασισμένου σε πυρήνες (Kernel-based),
  - α) Ενιαίος κώδικας πολλαπλών δεδομένων (single program, multiple data - SPMD) Παράλληλου Προγραμματισμού βασισμένου σε πυρήνες (Kernel-based),
  - β) Πολυδιάστατη Ρύθμιση του Πυρήνα,
  - γ) Εφαρμογή σε Απλό Πολλαπλασιασμό Πινάκων,
  - δ) Χρονοδρομολόγηση Νημάτων
- Μοντέλο μνήμης, Τοπικότητα, και μνήμες CUDA
- Χρήση Ψηφίδων (Tiling) για Εξοικονόμηση στο Εύρος Ζώνης της Μνήμης (Memory Bandwidth),
  - α) Παράλληλοι Αλγόριθμοι με Ψηφίδες,
  - β) Εφαρμογή Πολλαπλασιασμού Πινάκων με χρήση Ψηφίδων,
  - γ) Σχεδίαση κώδικα πυρήνα για Πολλαπλασιασμό Πινάκων με χρήση Ψηφίδων,
- Διαχείριση Συνοριακών Συνθηκών, Διαχείριση Συνοριακών Συνθηκών στη χρήση Ψηφίδων, Σχεδίαση κώδικα πυρήνα με χρήση ψηφίδων για τη διαχείριση Πινάκων τυχαίων διαστάσεων
- Εξέταση Απόδοσης, Εύρος ζώνης δυναμικής μνήμης τυχαιάς πρόσβασης (DRAM bandwidth), Ενοποίηση μνήμης (Memory Coalescing)
- Τεχνικές Βελτιστοποίησης Διαχείρισης Πόρων και Διακίνησης Δεδομένων μεταξύ Ετερογενών Επεξεργαστών
- Βελτιστοποίηση Απόδοσης Παράλληλων Αλγορίθμων

#### 4. ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

<b>ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ</b>	Πρόσωπο με πρόσωπο θεωρητική διδασκαλία. Εργασίες σε μικρές ομάδες φοιτητών. Εργαστηριακές ασκήσεις εφαρμογών ετερογενους παράλληλου προγραμματισμού σε μικρές ομάδες φοιτητών. Εργαστηριακή εκπαίδευση σε υπολογιστές που φέρουν κατάλληλο λογισμικό.	
<b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b>	Χρήση λογισμικού παρουσίασης διαφανειών. Επικοινωνία με τους φοιτητές μέσω πλατφόρμας ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης. Χρήση λογισμικού VisualStudio για την ανάπτυξη κατανεμημένων και παράλληλων εφαρμογών λογισμικού σε πολλαπλές συσκευές. Χρήση CUDAC, CUDAC++, CUDAPython, OpenACC για ανάπτυξη παράλληλων αλγορίθμων σε ετερογενή υπολογιστικά συστήματα.	
<b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>Δραστηριότητα</b>	<b>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</b>
	Διαλέξεις	39
	Εκπόνηση Ασκήσεων Εφαρμογών σε Μικρές Ομάδες	16
	Εκπόνηση Εργαστηριακών Εργασιών	13
	Συγγραφή Ατομικών Εργασιών, Ομαδικών Ασκήσεων Εφαρμογών και Εξετάσεις	26
	Ατομική Μελέτη	52
	Εξετάσεις	4
	<b>Σύνολο Μαθήματος</b>	<b>150</b>
<b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b>	I. Γραπτή τελική εξέταση (ΓΕ) (50%) - Επίλυση προβλημάτων/υπολογισμοί - Συγκριτική αξιολόγηση στοιχείων θεωρίας - Ανάπτυξη και ανάλυση παράλληλου κώδικα σε CUDA C II. Δοκιμασίες Πολλαπλής Επιλογής (ΠΕ) (20%) - Δύο δοκιμασίες πολλαπλών επιλογών (10% και 10%, αντίστοιχα) III. Εργασίες Εφαρμογών (ΕΕ) (30%) - Τρεις εργασίες εφαρμογών (5%, 10% και 15%, αντίστοιχα) Ο βαθμός του μαθήματος ( $ΓΕ*0,5 + ΠΕ*0,2 + ΕΕ*0,3$ ) πρέπει να είναι τουλάχιστον 5. Ο βαθμός καθενός από τα I, II, III πρέπει να είναι τουλάχιστον πέντε (5). Τα κριτήρια αξιολόγησης είναι προσβάσιμα στους φοιτητές από την ηλεκτρονική σελίδα του μαθήματος και ανακοινώνονται στο πρώτο μάθημα.	

#### 5. ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Προτεινόμενη Βιβλιογραφία:

Ελληνικά ή μεταφρασμένα διδακτικά συγγράμματα:

- Προγραμματισμός μαζικά παράλληλων επεξεργαστών, David B. Kirk, Wen-mei W. Hwu, επιμέλεια: Δημήτρης Γκιζόπουλος, μετάφραση: Κώστας Καρανικολός, Γεώργιος Στάμου, Δημήτρης Καρτσακλής, Εκδότης: Κλειδάριθμος, 2010, 340 σελ. ISBN 978-960-461-423-3, Κωδ. Κλειδάριθμος: 39022
- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ, Στέλιος Παπαδάκης, Κώστας Διαμαντάρας, Εκδότης: Κλειδάριθμος, ISBN: 978-960-461-446-2, Κωδ. Έυδοξος: 12532275, Κωδ. Κλειδάριθμος: 39025
- Προγραμματισμός σε σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα, MPI, OPENMP, PTHREADS, CUDA, Γ. Γραββάνης, Κ. Μ. Γιαννουτάκης, Χ. Παπαδόπουλος – Φιλέλης, Εκδότης: Παπασωτηρίου, ISBN10: 9604910582, ISBN13: 9789604910588, Αρ. Σελίδων: 336, Δεκ. 2012, Αρ. Προϊόντος: 2000501843

Ξενόγλωσσα διδακτικά συγγράμματα:

- Programming Massively Parallel Processors, A Hands-on Approach, David B. Kirk, Wen-mei W. Hwu, Εκδότης: Elsevier Science & Technology, Έκδοση: 2 Rev ed, ISBN10: 0124159923, ISBN13: 9780124159921, Αρ. Σελίδων: 514, Έτος Έκδοσης: 20 Δεκεμβρίου 2012 Οδηγός Σπουδών ΠΜΣ “Ηλεκτρονικά Συστήματα Τηλεπικοινωνιών & Αυτοματισμών”  
32
- Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach (Applications of GPU Computing Series) - 2nd Edition , by David Kirk and Wen-mei Hwu, published by Morgan Kaufmann (Elsevier), ISBN 0123814723, 2010
- CUDA by Example, An Introduction to General-Purpose GPU Programming, Jason Sanders, Edward Kandrot, Εκδότης: Pearson Education (US), ISBN10: 0131387685, ISBN13: 9780131387683, Αρ. Σελίδων: 312, Έτος Έκδοσης: 16 Ιουλίου 2010
- The CUDA Handbook, A Comprehensive Guide to GPU Programming, by Nicholas Wilt, Εκδότης: Pearson Education (US), ISBN10: 0321809467, ISBN13: 9780321809469, Αρ. Σελίδων: 528, Έτος Έκδοσης: 12 Ιουνίου 2013
- Multicore and GPU Programming, An Integrated Approach, by Gerassimos Barlas, Εκδότης: Elsevier Science & Technology, ISBN10: 0124171370, ISBN13: 9780124171374, Αρ. Σελίδων: 608, Pub date: Jan 02, 2015
- CUDA Application Design and Development, by Rob Farber, Εκδότης: Elsevier Science & Technology, ISBN10: 0123884268, ISBN13: 9780123884268, Αρ. Σελίδων: 336, Έτος Έκδοσης: 13 Δεκεμβρίου 2011
- CUDA Programming, A Developer’s Guide to Parallel Computing with GPUs, Shane Cook, Εκδότης: Elsevier Science & Technology, ISBN10: 0124159338, ISBN13: 9780124159334, Αρ. Σελίδων: 600, Έτος Έκδοσης: 7 Δεκεμβρίου 2012
- GPU Computing GEMs - Jade Edition, by Wen-Mei Hwu, 2011
- GPU Computing Gems Emerald Edition, by Wen-Mei Hwu, 2011

- Συναφή επιστημονικά περιοδικά:

IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 5 year Impact Factor 2.03  
IET Computers & Digital Techniques, 5 year Impact Factor 0.45