

Πανεπιστήμιο Πειραιώς-Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στα
Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής

ΕΤΕΡΟΓΕΝΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Επικ.Καθηγητής Μιχάλης Ψαράκης

Τι είναι τα ετερογενή υπολογιστικά σύστημα;

2

- Συστήματα που χρησιμοποιούν υπολογιστικές μονάδες διαφορετικού τύπου



FPGAs



CPUs



GPUs

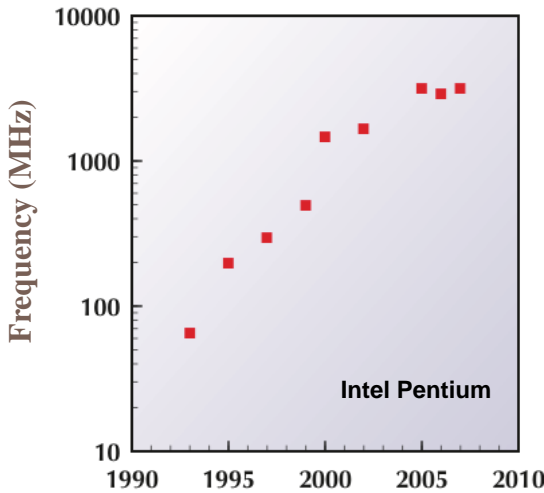


DSPs

Εξέλιξη της υπολογιστικής

3

Αυξανόμενη απόδοση των επεξεργαστών μονού πυρήνα



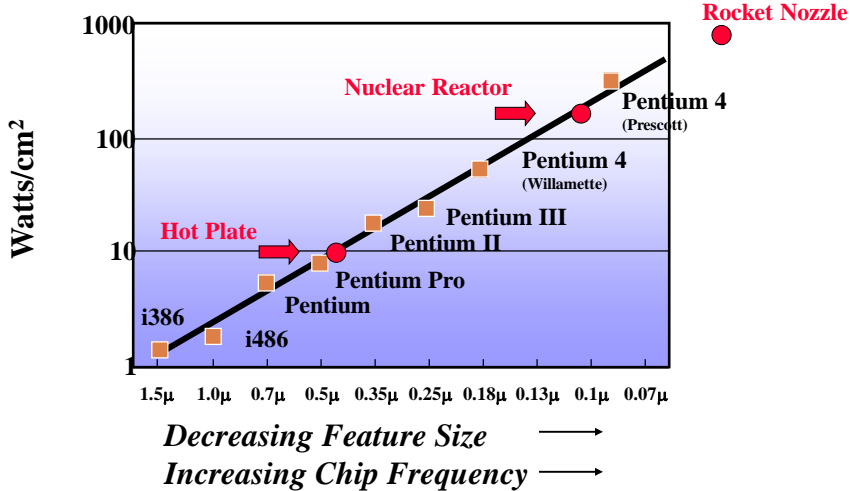
“In the past, performance scaling in conventional single-core processors has been accomplished largely through increases in clock frequency (*accounting for roughly 80 percent of the performance gains to date*).”

S. Y. Borkar et al., 2006
 Intel Corporation

Εξέλιξη της υπολογιστικής

4

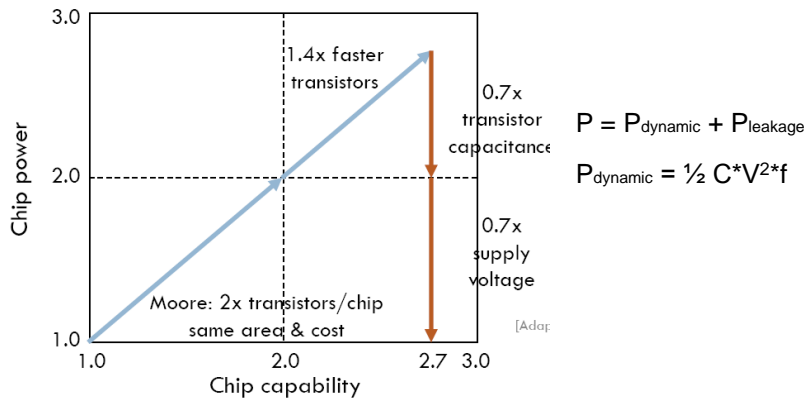
Το πρόβλημα με την εξέλιξη των επεξεργαστών μονού πυρήνα



Τυπική κλιμάκωση CMOS

5

- Νόμος του Moore (στις προηγούμενες τεχνολογίες)

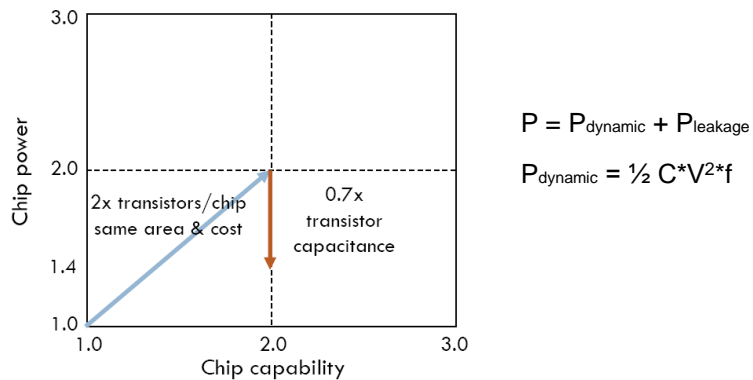


- 2x τρανζίστορ, 1.4x συχνότητα, ίδια κατανάλωση
- ▣ περιορισμός στην επιφάνεια

Τρέχουσα κλιμάκωση CMOS

6

- Νόμος του Moore (τώρα)



- 2x τρανζίστορ, ίδια συχνότητα, 1.4x κατανάλωση
- ▣ περιορισμός στην κατανάλωση

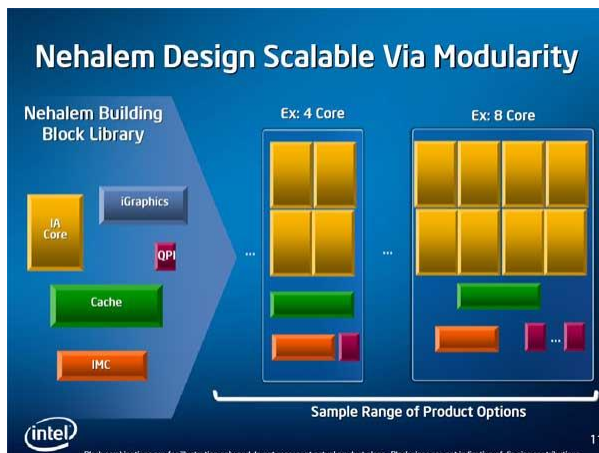
Παράλληλη υπολογιστική

7

Από τους επεξεργαστές μονού πυρήνα στους πολυπύρηνους

Intel's Nehalem

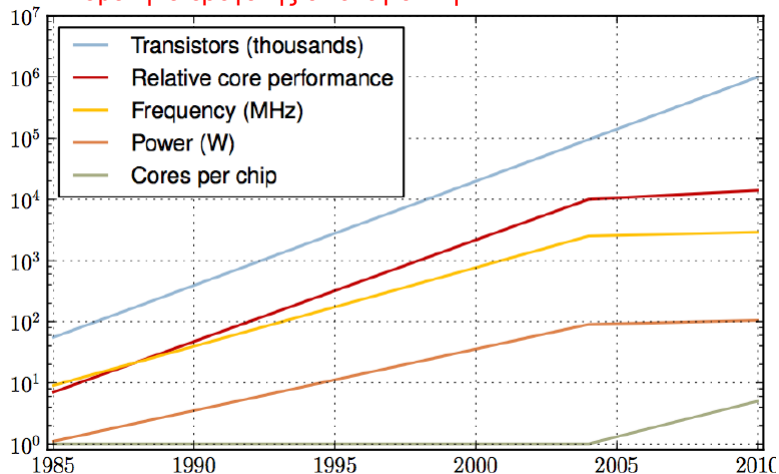
- Modular
- Up to 8 cores
- 3 levels of cache



Παράλληλη υπολογιστική

8

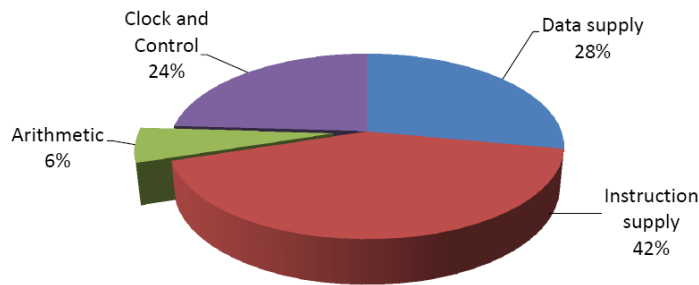
- Τρέχουσα επανάσταση: παράλληλη υπολογιστική
- Επόμενη: ετερογενής υπολογιστική



Αποδοτικότητα στην κατανάλωση

9

- Για τους επεξεργαστές γενικού σκοπού, παραπάνω από το 90% της ενέργειας καταναλώνεται σε «περιττές» λειτουργίες



Efficient Embedded Computing [Dally et al. 08]

Σύγκριση CPUs, GPUs, FPGAs

10

	CPU	GPUs			FPGA	ASIC
Model	Intel Core i7-960	Nvidia GTX285	Nvidia GTX480	ATI R5870	Xilinx V6-LX760	65nm Std. Cell
Year	2009	2008	2010	2009	2009	2007
Node	45nm	55nm	40nm	40nm	40nm	65nm
Die area	263mm ²	470mm ²	529mm ²	334mm ²	-	-
Clock rate	3.2 GHz	1.5 GHz	1.4 GHz	1.5 GHz	0.3 GHz	-

Kernels	Characteristics
Matrix-Matrix Multiplication	Compute-intensive, simple memory access pattern
Fast Fourier Transform	Complex dataflow, low arithmetic intensity

Chung, E.S.; et al., "Single-Chip Heterogeneous Computing: Does the Future Include Custom Logic, FPGAs, and GPGPUs?," *IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO)*, Dec. 2010

Σύγκριση CPUs, GPUs, FPGAs

11

	Device	GFLOP/s actual	(GFLOP/s)/mm ² norm. to 40nm	GFLOP/J norm. to 40nm
MMM	CPU-Core i7	96	0.50	1.14
	GPU-GTX480	541	1.28	3.52
	GPU-GTX285	425	2.40	6.78
	GPU-R5870	1491	5.95	9.87
	FPGA-LX760	204	0.53	3.62
	Same RTL in 65nm	694	19.28	50.73
FFT-1024	CPU-Core i7	67	0.35	0.71
	GPU-GTX285	250	1.41	4.2
	GPU-GTX480	453	1.08	4.3
	GPU-R5870	-	-	-
	FPGA-LX760	380	0.99	6.5
	Same RTL in 65nm	952	239	90

Chung, E.S.; et al., "Single-Chip Heterogeneous Computing: Does the Future Include Custom Logic, FPGAs, and GPGPUs?," *IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO)*, Dec. 2010

Το μέλλον είναι ετερογενή υπολογιστική...

12

- **AMD Fusion (Accelerated Processing Unit, APU)**
 - CPU and graphics accelerator (GPU) on a single chip
 - Sony Playstation 4, Microsoft Xbox One: 8G game consoles

6 | AMD Financial Analyst Day | November 11, 2009

Το μέλλον είναι ετερογενή υπολογιστική...

13

- Configurable Intel Atom: Intel Atom E600 processor with an Altera FPGA on a single chip

Introducing the Intel® Atom™ Processor E600C Series
 A Configurable Intel Processor

Flexibility

- Configurable with application-specific or proprietary I/O and algorithms
- Single Design supports multiple product derivatives
- Multiple functions combine into a single package for smaller form factor needs

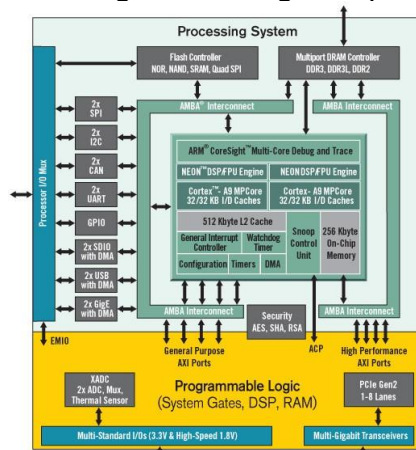
Simplicity

- Single Package reduces footprint and helps lower costs
- Ease of Design with few chips and simplified inventory
- Power of One with one supplier, one package, and one support call

Το μέλλον είναι ετερογενή υπολογιστική...

14

- Xilinx Zynq-7000: dual core ARM Cortex-A9 and Programmable Logic on a single chip



Τελευταία νέα (2015)

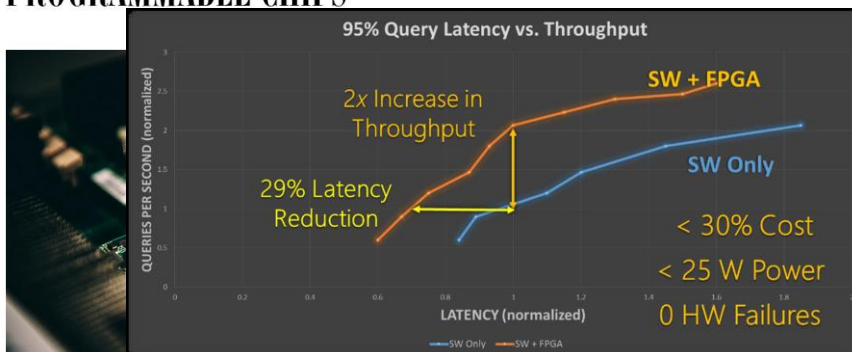
15

- Η Microsoft παρουσίασε στο συνέδριο ISCA 2014 μια εργασία (*) για την χρήση FPGAs σε datacenters για την αξιολόγηση αποτελεσμάτων εύρεσης ιστοσελίδων του εργαλείου bing
 - Επιτυγχάνει 90% περισσότερο throughput με μόνο 10% περισσότερη ενέργεια
- Η Intel ανακοίνωσε τον Ιούνιο 2014 ότι σκοπεύει να κατασκευάσει ένα υβριδικό CPU-FPGA τσιπ που θα περιέχει τον γνωστό Xeon και προγραμματιζόμενη λογική (reconfigurable logic)
- Όλοι οι 500 υπερ-υπολογιστές που βρίσκονται στην πρόσφατη λίστα των πιο ισχυρών υπολογιστών παγκοσμίως περιέχουν GPUs

(*) Putnam, Andrew, et al. "A reconfigurable fabric for accelerating large-scale datacenter services." *Computer Architecture (ISCA), 2014 ACM/IEEE 41st International Symposium on*. IEEE, 2014.

Τελευταία νέα (2016)

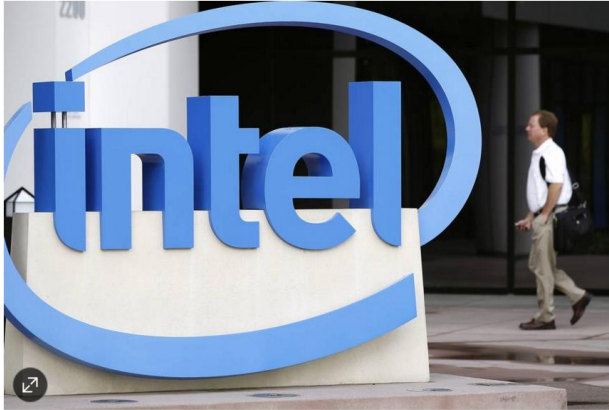
MICROSOFT SUPERCHARGES BING SEARCH WITH PROGRAMMABLE CHIPS



Τελευταία νέα (2016)

Intel Completes Acquisition of Altera

\$16.7 billion deal underscores Intel CEO's plan to expand chip maker's business



With the purchase of Altera, Intel is now the second-largest maker of chips that can be programmed after they leave the factory. PHOTO: TONY AVELAR/BLOOMBERG NEWS

Τελευταία νέα (2017)

18

- Ετερογενής υπολογιστική στο νέφος (cloud):
 - Η Amazon πρόσφατα ανακοίνωσε ότι θα παρέχει υπηρεσίες υπολογιστικής νέφους (AWS, Amazon Web Services) με χρήση FPGAs (με χρήση GPUs παρέχει ήδη)...

Amazon EC2 F1 Instances, Customizable FPGAs for Hardware Acceleration Are Now Generally Available

Posted On: Apr 19, 2017

Amazon EC2 F1 is a compute instance with field programmable gate arrays (FPGAs) that you can program to create custom hardware accelerations for your application. F1 instances are easy to program and come with everything you need to develop, simulate, debug, and compile your hardware acceleration code, including an FPGA Developer AMI and Hardware Developer Kit (HDK). Once your FPGA design is complete, you can register it as an Amazon FPGA Image (AFI), and deploy it to your F1 instance in just a few clicks. You can reuse your AFIs as many times, and across as many F1 instances as you like. You can offer AFIs you develop on the AWS Marketplace for other customers to purchase.

Amazon EC2 F1 instances are now available in two different instance sizes that include up to eight FPGAs per instance. F1 instances include the latest 16 nm Xilinx UltraScale Plus FPGA with local 64 GB DDR4 ECC protected memory, with a dedicated PCI-e x16 connection to the instance. For F1.16xlarge instances, the dedicated PCI-e fabric lets the FPGAs share the same memory space and communicate with each other across the fabric at up to 12 Gbps in each direction. The FPGAs within the F1.16xlarge share access to a 400 Gbps bidirectional ring for low-latency, high bandwidth communication.

F1 instances are available now with the following specifications:

Instance Type	vCPUs	Instance Memory (GiB)	SSD Storage (GiB)	Enhanced Networking	EBS Optimized	FPGAs
f1.2xlarge	8	122	470	Yes	Yes	1
f1.16xlarge	64	976	4 x 940	Yes	Yes	8

Περιεχόμενο μαθήματος

- Σχεδίαση με γλώσσα περιγραφής υλικού (**VHDL**)
 - VHDL for synthesis
- **Field Programmable Gate Arrays (FPGAs)**
 - FPGA architectures
 - FPGA design flow
- Σχεδίαση συστημάτων με FPGAs
 - Digital design using FPGAs (ΕΡΓΑΣΙΑ 1)
 - Combinational circuits, sequential circuits, state machines, memories, etc.
 - Embedded system design using FPGAs (ΕΡΓΑΣΙΑ 2)
 - Embedded processor, peripherals
 - FPGA-based acceleration (ΕΡΓΑΣΙΑ 2)
 - High-level synthesis
- **GPUs**
 - Αρχιτεκτονική GPU + προγραμματισμός με CUDA: σύντομη εισαγωγή

Εργαστηριακά μαθήματα/ Εργασία 1

- Υλοποίηση κυκλωμάτων με την χρήση του εργαλείου Xilinx ISE σε εκπαιδευτική FPGA πλατφόρμα
 - Εργαστήριο 1: εξοικείωση με το εργαλείο, την FPGA πλακέτα και σχεδίαση απλών συνδυαστικών κυκλωμάτων
 - Εργαστήριο 2: σχεδίαση ακολουθιακών κυκλωμάτων και μηχανών πεπερασμένων καταστάσεων
- **Εργασία 1 (20% βαθμού)**
 - Ατομική
 - Σχεδίαση απλού κυκλώματος

Εργαστηριακά μαθήματα/ Εργασία 2

- Υλοποίηση ενσωματωμένου συστήματος με τον επεξεργαστή Microblaze και το περιβάλλον Xilinx Embedded Development Kit (EDK) σε εκπαιδευτική FPGA πλατφόρμα
 - Εργαστήριο 3: σχεδίαση ενσωματωμένου συστήματος, προσθήκη περιφερειακού και ανάπτυξη κώδικα

- **Εργασία 2 (80% βαθμού)**
 - Ομάδες εργασίας
 - Πιο πολύπλοκο πρότζεκτ
 - Επιτάχυνση αλγορίθμου με χρήση FPGAs
 - Ανάπτυξη μια εφαρμογής στο ενσωματωμένο σύστημα
 - Επιτάχυνση της εφαρμογής με χρήση υλικού και σύγκριση

Επικοινωνία

22

- Μπορείτε να μου στείλετε e-mail:
 - mpsarak@unipi.gr

- ή να με βρείτε στο γραφείο:
 - Γρ.Λαμπράκη 126, γρ. 302