

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Η/Υ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Διάρθρωση

1. Ύλη μαθήματος
2. Υπολογιστής, Αρχιτεκτονική, Γλώσσα προγραμματισμού, Εικονική μηχανή
3. Επίπεδα οργάνωσης υπολογιστή και μετατροπή προγραμμάτων
4. Γενιές υπολογιστών
5. Εξέλιξη – Νόμος του Moore



Ύλη του Μαθήματος

- Εισαγωγή
 - Εισαγωγή, Εξέλιξη, Βασική δομή επεξεργαστών/συστημάτων
- Οργάνωση Υπολογιστών
 - Επεξεργαστές, Πρωτεύουσα-δευτερεύουσα μνήμη, Περιφερειακά
- Ψηφιακή Λογική
 - Λογικά Κυκλώματα, Μνήμες, Δίαυλοι
- Μικροαρχιτεκτονική
 - Γλώσσα μηχανής, Μικροαρχιτεκτονική, Μικροπρογραμματισμός, Κρυφή μνήμη, Διοχέτευση
- Αρχιτεκτονική Συνόλου Εντολών
 - Τύποι εντολών, Τύποι δεδομένων, Δρομολόγηση
- Μηχανή Λειτουργικού Συστήματος
 - Εικονική μνήμη, Σελιδοποίηση
- Αναπαράσταση Αριθμών
 - Αναπαράσταση ακέραιων και πραγματικών αριθμών



Ο Υπολογιστής

- Η κυρίαρχη εικόνα που έχουμε για τον υπολογιστή, ιδιαίτερα από την αλληλεπίδρασή μας μαζί τους ως προγραμματιστές, είναι αυτή μιας μηχανής που έχει την δυνατότητα να εκτελεί εντολές κάποιας γλώσσας όπως η C, η Java κ.α.
- Στην πράξη όμως οι υπολογιστές δεν μπορούν να εκτελέσουν απ' ευθείας αυτές τις εντολές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι από τη φύση τους μπορούν να ανταποκριθούν σε μια πολύ πιο απλοϊκή γλώσσα.
- Οι γλώσσες που χρησιμοποιούν για τον προγραμματισμό οι άνθρωποι έχουν αναπτυχθεί για να καλύπτουν τις δικές τους ανάγκες, δηλ. να είναι εύκολες στην κατανόηση και τη διαχείρισή τους και να πλησιάζουν όσο το δυνατό στη φυσική τους γλώσσα. Θα τις χαρακτηρίσουμε ως *γλώσσες υψηλού επιπέδου*.
- Οι γλώσσες των υπολογιστών (*γλώσσες μηχανής*) είναι προσαρμοσμένες στην δυαδική τους φύση και είναι δύσκολα διαχειρίσιμες από τους ανθρώπους. Θα τις χαρακτηρίσουμε ως *γλώσσες χαμηλού επιπέδου*.



Η Αρχιτεκτονική

- Για να επιτευχθεί η επιθυμητή λειτουργία του υπολογιστή σύμφωνα με τις εντολές που δίνονται σε αυτόν (σε υψηλό επίπεδο), θα πρέπει να υπάρξει μια κατάλληλη δομή και οργάνωση που θα την ονομάσουμε *αρχιτεκτονική* του υπολογιστή.
- Επιπρόσθετα απαιτείται η δυνατότητα *μετατροπής* ενός προγράμματος από την υψηλή γλώσσα στη γλώσσα μηχανής.
- Το νέο πρόγραμμα στη γλώσσα μηχανής είναι αυτό που θα εκτελεστεί τελικά από τον υπολογιστή.
- Ο προγραμματιστής χωρίς να αντιλαμβάνεται αυτή τη μετατροπή (και δεν πρέπει να την αντιλαμβάνεται) θα δει το πρόγραμμά του να εκτελείται. Βλέπει δηλ. τον υπολογιστή σαν μια *εικονική μηχανή* (*virtual machine*) που χρησιμοποιεί την ίδια με αυτόν γλώσσα υψηλού επιπέδου.



Μετατροπή Προγράμματος 1

Χρησιμοποιούνται δύο τρόποι μετατροπής ενός προγράμματος από μια γλώσσα L1 σε ένα ισοδύναμο πρόγραμμα σε μια γλώσσα L0:

- η μετάφραση (compilation / translation) και
- η ερμηνεία (intepretation)

➤ Χρήση προγράμματος σε γλώσσα L0 που δέχεται ως δεδομένα εισόδου προγράμματα γραμμένα σε γλώσσα L1 τα οποία διεκπεραιώνει εξετάζοντας κάθε εντολή με τη σειρά και εκτελώντας την ισοδύναμη ακολουθία εντολών της γλώσσας L0.

Ένας υπολογιστής που θα είχε ως γλώσσα μηχανής την L1 δεν θα χρειαζόταν την ύπαρξη των μετατροπών προγράμματος. Όμως αυτός ο υπολογιστής θα χαρακτηριζόταν από:

- υψηλό κόστος κατασκευής και
- χαμηλή ταχύτητα λειτουργίας



Μετατροπή Προγράμματος 2

- Για να είναι υλοποιήσιμη και αποδοτική η μετατροπή ενός προγράμματος μεταξύ δύο γλωσσών L0 και L1, θα πρέπει αυτές να **μην** διαφέρουν σημαντικά.
- Στην πράξη επιθυμούμε οι γλώσσες υψηλού επιπέδου να είναι κοντά στη φυσική γλώσσα για την ευκολία του χρήστη στον προγραμματισμό, ενώ οι γλώσσες χαμηλού επιπέδου (γλώσσες μηχανής) να είναι κοντά στη δυαδική φύση του υπολογιστή. Εύκολα γίνεται κατανοητό ότι **το χάσμα είναι τεράστιο**.
- Για να λυθεί το πρόβλημα έχει επιλεγεί η χρήση πολλαπλών ενδιάμεσων σταδίων μετατροπής του προγράμματος (**ενδιάμεσες γλώσσες**).
- Από αυτή την οπτική γωνία, ο υπολογιστής μπορεί να ειπωθεί ως ένα σύνολο επιπέδων όπου:
 - κάθε επίπεδο έχει τη δική του γλώσσα μηχανής και
 - ανάμεσα στα επίπεδα γίνεται μετατροπή του προγράμματος.



Εισαγωγή

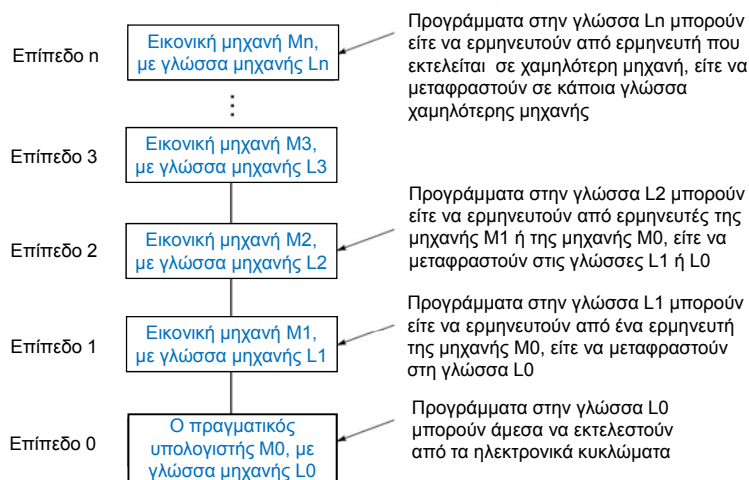
7

Γλώσσες, Επίπεδα, Εικονικές Μηχανές



Maurice Wilkes
1913 – 2010
(microprogramming)
(subroutine libs)
(macros)
(password encryption)
(multi-user OS)
(distributed computing)

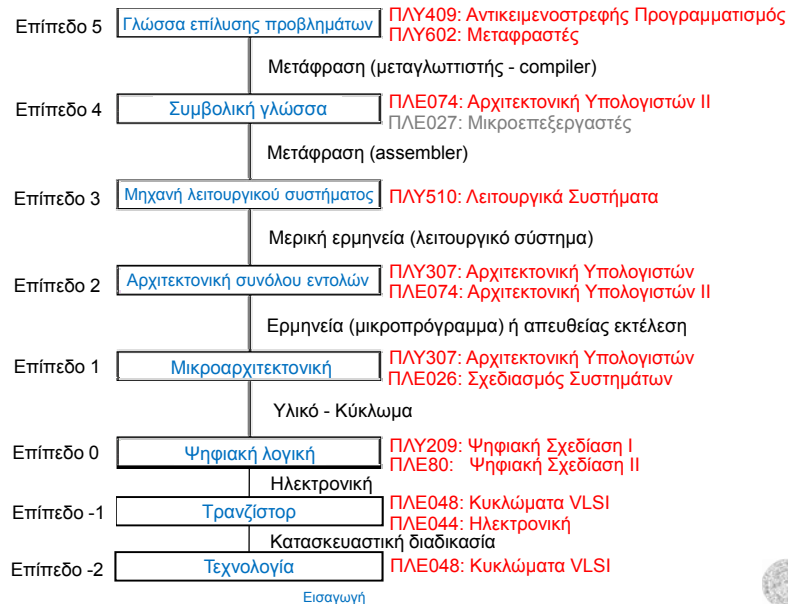
EDSAC – 2



Εισαγωγή

8

Υπολογιστής Πολλαπλών Επιπέδων



Μικροπρόγραμμα

- Αρχικά οι υπολογιστές είχαν δύο επίπεδα, το επίπεδο της *αρχιτεκτονικής συνόλου εντολών (Instruction Set Architecture - ISA)* και το επίπεδο *υλικού*.
- Για την απλοποίηση του υλικού αναπτύχθηκε ένα ενδιάμεσο επίπεδο (Wilkes – 1950) το οποίο ήταν στην ουσία ένας ενσωματωμένος και αμετάβλητος ερμηνευτής (*μικροπρόγραμμα*) με αποστολή την εκτέλεση των προγραμμάτων του επιπέδου της αρχιτεκτονικής συνόλου εντολών με ερμηνεία.
- Καθώς με την παρουσία του μικροπρογράμματος το υλικό θα περιοριζόταν στην εκτέλεση ενός σχετικά μικρού συνόλου εντολών σε σχέση με το σύνολο εντολών ISA, θα ήταν πιο απλό και συνεπώς μικρότερου κόστους κατασκευής (και ίσως πιο αξιόπιστο).
- Με το χρόνο τα μικροπρογράμματα επεκτάθηκαν ώστε να περιλαμβάνουν περισσότερες εντολές και έγιναν πιο πολύπλοκα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι μηχανές κατά την λειτουργία τους να μην εκμεταλλεύονται πλήρως την ισχύ τους.

Λειτουργικό Σύστημα

- Για να διευκολυνθεί ο χρήστης στο χειρισμό του υπολογιστή, αναπτύχθηκε το **λειτουργικό σύστημα** ως ένα πρόγραμμα που παρέμενε μόνιμα στη κύρια μνήμη του υπολογιστή και αναλάμβανε τη διαχείριση των μονάδων του.
- Με το χρόνο προστέθηκαν σε αυτό εντολές, υπηρεσίες και χαρακτηριστικά με αποτέλεσμα να μεταμορφωθεί σε ένα ξεχωριστό επίπεδο της δομής του υπολογιστή.



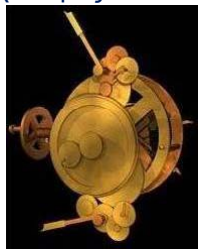
Εισαγωγή

11

Μηχανικοί Υπολογιστές

- Ο μηχανισμός των Αντικυθήρων

100 π.Χ.



- Υπολογιστική μηχανή του Pascal



Pascaline



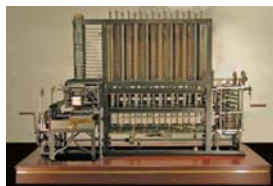
Blaise Pascal
1623 - 1662

- Η μηχανές του Babbage



Charles Babbage
1791 - 1871

100 π.Χ. – 1900 μ.Χ.



Διαφορική Μηχανή
Differential Engine



Αναλυτική Μηχανή
Analytical Engine



Ada Augusta Lovelace
1815 - 1852



Εισαγωγή

12

Ηλεκτρομηχανικοί Υπολογιστές

• Atanasoff-Berry Computer (ABC)



John Atanasoff
1903 - 1995



Χρήση δυναμικής μνήμης πυκνωτών



Clifford Berry
1918 - 1963

• Mark I & II (IBM)



Χρήση μαγνητικής μνήμης

1900 - 1945



Howard Aiken
1900 - 1973



Grace Hopper
1906 - 1992
(debugging)



Εισαγωγή



Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές με Λυχνίες

• Automatic Computing Engine (ACE) & Colossus



Alan Turing
1912 - 1954

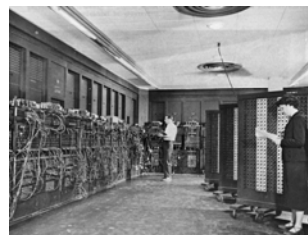
• ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)



Presper Eckert
1919 - 1995



John Mauchly
1907 - 1980



- 18.000 λυχνίες
- 6.000 διακόπτες
- 30 τόνους
- 140KW
- 20 καταχωρητές

• UNIVAC

1940 - 1955

• IBM 704 & 709

➤ Μονάδα κινητής υποδιαστολής

Εισαγωγή



Η Μηχανή von Neumann - IAS



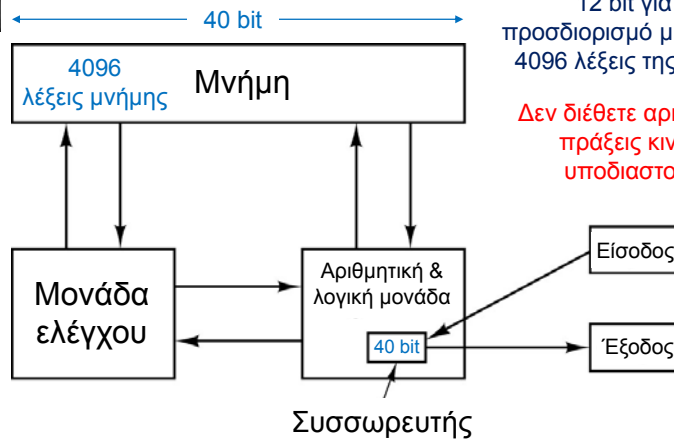
John von Neumann
1903 - 1957

Κάθε λέξη μνήμης περιείχε:

- είτε 2 εντολές των 20 bit
- είτε 1 40 bit προσημασμένο ακέραιο

Κάθε εντολή χρησιμοποιούσε 8 bit για τον προσδιορισμό του τύπου της εντολής και 12 bit για τον προσδιορισμό μιας από τις 4096 λέξεις της μνήμης.

Δεν διέθετε αριθμητικές πράξεις κινητής υποδιαστολής.



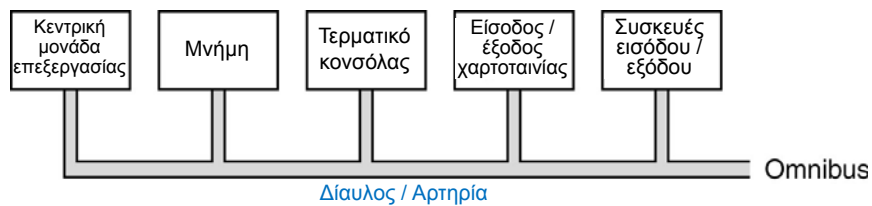
1949 - 1952

Εισαγωγή

15

Ο Δίαυλος Omnibus του PDP-8

(Υπολογιστές Διακριτών Τρανζίστορ)



- Χρήση *διαύλου (bus)* δηλ. ενός συστήματος παράλληλων αγωγών για την διασύνδεση των μονάδων ενός υπολογιστή !



DEC PDP-8



1965

Εισαγωγή

16

IBM System/360

(Υπολογιστές με Κυκλώματα Χαμηλής Κλίμακας Ολοκλήρωσης)

- Οικογένεια υπολογιστών για διαφορετικές εφαρμογές.
- Πολυπρογραμματισμός.
- Εξομοίωση άλλων υπολογιστών.
- 16 32-bit καταχωρητές .
- Οργάνωση μνήμης σε bytes.
- Χώρος διευθύνσεων των 2^{24} byte (16 MB).



IBM S/360 – Model 50

Ιδιότητα	Model 30	Model 40	Model 50	Model 65
Σχετική απόδοση	1	3.5	10	21
Χρόνος κύκλου (nsec)	1000	625	500	250
Μέγιστη μνήμη (KB)	65,536	262,144	262,144	524,288
Προσκομιζόμενα byte ανά κύκλο	1	2	4	16
Μέγιστος # καναλιών δεδομένων	3	3	4	6



1964 – 1980

Εισαγωγή



DEC PDP-11 & VAX

(Υπολογιστές με Κυκλώματα Χαμηλής Κλίμακας Ολοκλήρωσης)

- Οικογένεια υπολογιστών.
- Unibus – Q-bus.
- Υποστήριξη διακοπών (interrupts) από το υλικό.
- Μαθηματικός συνεπεξεργαστής
- 8 16-bit καταχωρητές .
- Διευθύνσεις των 16-bit (64KB). Επέκταση έως 4MB.
- Τερματικό VT-100.
- Ύπαρξη κλώνων στην αγορά.
- Χρήση Unix



DEC PDP-11 / 40



DEC VAX-11 / 780

- Unibus
- 16 32-bit καταχωρητές.
- Γλώσσες προγραμματισμού (Fortran-77, Cobol, Basic, Pascal κ.α.)



1964 – 1980

Εισαγωγή



Cray-1

(Υπολογιστές με Κυκλώματα Υψηλής Κλίμακας Ολοκλήρωσης)

Ο ταχύτερος υπολογιστής 1976-1982

- \$ 8,8 εκατ.
- 64MB μνήμη
- 40KB καταχωρητές
- ~ 1εκατ. πύλες NAND
- 80MHz ρολόι
- 115KW κατανάλωση ισχύος!

Σε μια σχετικά ξεπερασμένη τεχνολογία στα 130nm (2001):

- 64MB μνήμη → 17mm²
- 40KB καταχωρητές → 0.26mm²
- 1 εκατ. πύλες NAND → 8.5mm²

μπορούν να παραδοθούν σε ένα 5mm x 5mm ολοκληρωμένο, με ρολόι στα 3GHz και κάποια mW κατανάλωση ισχύος.



Cray-1



Seymour Cray
1925 - 1996



1980 - 1990

Εισαγωγή

19

Υπερυπολογιστές

(Υπολογιστές με Κυκλώματα Πολύ Υψηλής Κλίμακας Ολοκλήρωσης)



- Fujitsu - K Supercomputer
- 80.000 υπολογιστικοί κόμβοι
 - 8 petaflops (Pflops=8×10¹⁵ flops)



IBM - Sequoia Supercomputer

1990 - Σήμερα

Sequoia packaging hierarchy focuses on simplicity and low-power consumption



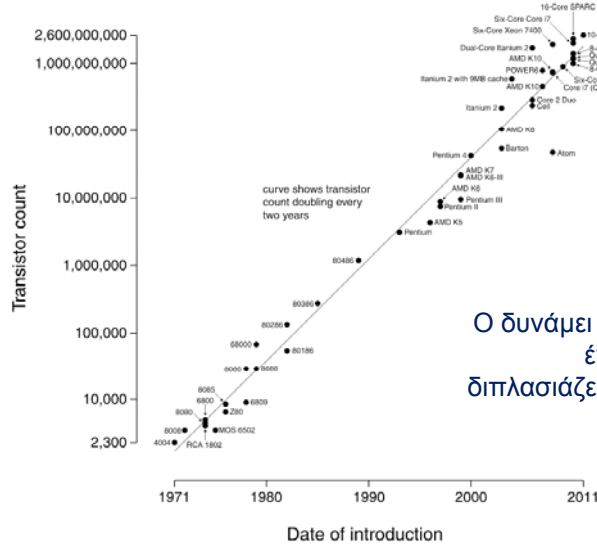
- 98.304 υπολογιστικοί κόμβοι (1,5 εκατ. επεξεργαστές)
- 16,32 Pflops
- 7,9 MW
- 1,6 PB μνήμη



Εισαγωγή

20

Ο Νόμος του Moore



Gordon Moore
1929 -

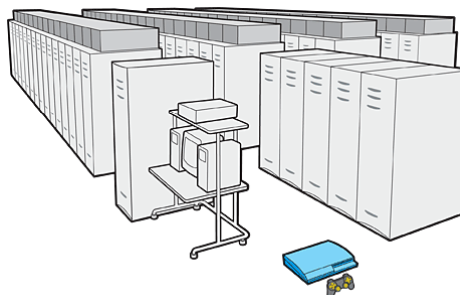
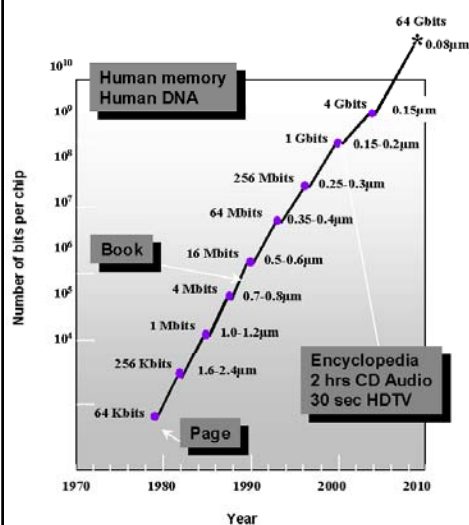
Ο δυνάμει αριθμός των τρανζίστορ σε ένα ολοκληρωμένο διπλασιάζεται κάθε 24 μήνες περίπου !



Εισαγωγή

21

Εξέλιξη



Supercomputer vs Game Console!

	SANDIA LAB'S ASCI RED	SONY PLAYSTATION 3
DATE OF ORIGIN	1997	2006
PEAK PERFORMANCE	1.8 teraflops	1.8 teraflops*
PHYSICAL SIZE	150 square meters	0.08 square meter
POWER CONSUMPTION	800 000 watts	<200 watts

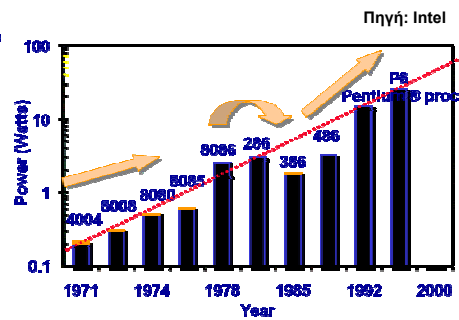
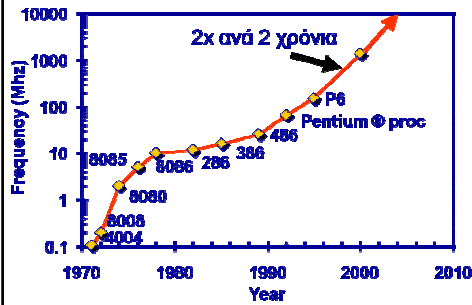
IEEE Spectrum - 2011



Εισαγωγή

22

Συχνότητα - Ισχύς

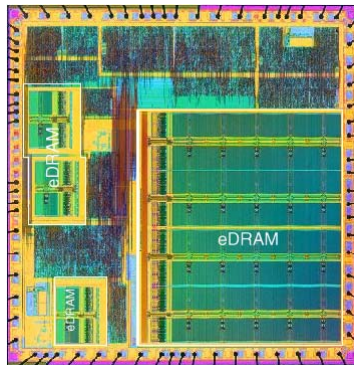


Εισαγωγή

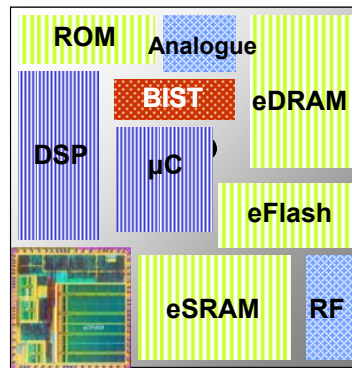
23

System-on-a-Chip

130 nm CMOS
eDRAM
ROM



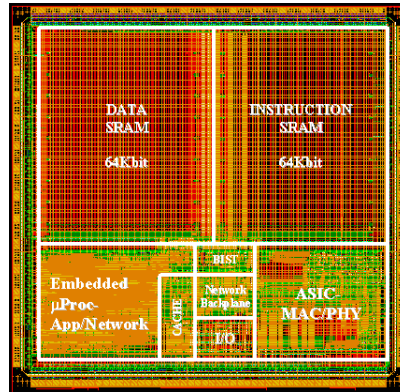
32 nm CMOS



Εισαγωγή

24

Ενσωματωμένα Συστήματα



Συσχεδίαση Υλικού – Λογισμικού
Hardware – Software Codesign



Εισαγωγή

25

Ο Νόμος του Nathan

«Το λογισμικό όπως και τα αέρια και εκτείνεται για να καταλάβει όλο το διαθέσιμο χώρο»

Η διαπίστωση αυτή μας υπενθυμίζει ότι όσο και αν εξελίσσεται η τεχνολογία πάντα θα προσθέτουμε στα συστήματά μας νέες λειτουργίες που θα εξαντλούν όλους τους διαθέσιμους πόρους.

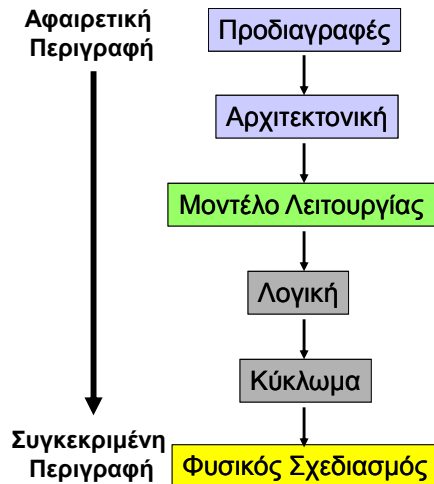


Εισαγωγή

26

Επίπεδα Σχεδίασης & Αρχιτεκτονική

- Επίπεδα αφαιρετικής περιγραφής
- Ιεραρχικός σχεδιασμός



Εισαγωγή

27

Η Αρχιτεκτονική picoJava-II

- Ανάπτυξη από τη SUN της γλώσσας προγραμματισμού *Java* για την εκτέλεση δυαδικών προγραμμάτων μέσω Internet.
- Για να καταστούν τα δυαδικά προγράμματα Java φορητά σε διαφορετικές μηχανές, η SUN όρισε μια αρχιτεκτονική εικονικής μηχανής την *JVM* (*Java Virtual Machine – Εικονική Μηχανή Java*).
- Η μηχανή αυτή έχει μνήμη με λέξεις των 32 bit και υποστηρίζει 256 εντολές.
- Για να γίνουν φορητά τα προγράμματα Java αναπτύχθηκε μεταγλωττιστής από Java σε JVM. Επίσης αναπτύχθηκε σε C ερμηνευτής της JVM για την εκτέλεση των προγραμμάτων.
- Η ερμηνεία των προγραμμάτων JVM είναι αργή διαδικασία. Έτσι εκτός από τις υλοποιήσεις της μηχανής JVM σε λογισμικό, η JVM υλοποιήθηκε σε υλικό. Μια από τις αρχιτεκτονικές για αυτό το υλικό είναι η *picoJava-II* που εκτελεί απευθείας δυαδικά προγράμματα JVM χωρίς να χρειάζεται ενδιάμεσο επίπεδο ερμηνείας.



Εισαγωγή

28

Βιβλιογραφία

- Η Αρχιτεκτονική των Υπολογιστών (Μια δομημένη προσέγγιση)
[Andre Tanenbaum](#), Εκδ. Κλειδάριθμος, 2002.
- Οργάνωση και Σχεδίαση Υπολογιστών (Η διασύνδεση υλικού και λογισμικού)
[David A. Patterson](#), [John L. Hennessy](#), Εκδ. Κλειδάριθμος, 2010.
- Η Αρχιτεκτονική των Υπολογιστών
[Δημήτρης Νικολός](#), Εκδ. Νικολός, 2012.
- Οργάνωση και Αρχιτεκτονική Ηλεκτρονικών Υπολογιστών
[Carl Hammacher](#), [Zvonko Vranesic](#), [Safwat Zaky](#), Εκδ. Επίκεντρο, 2009.
- Οργάνωση και Αρχιτεκτονική Υπολογιστών
[William Stallings](#), Εκδ. Τζιόλας, 2003.

