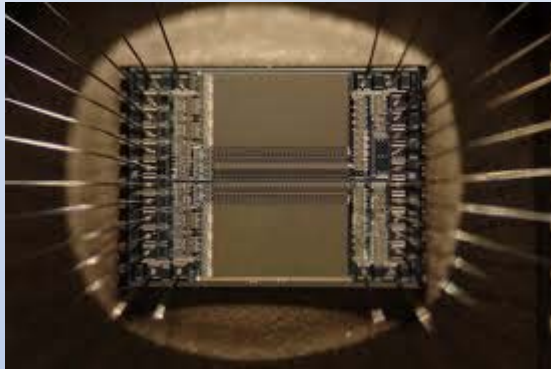


# ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ



**3ο Εξάμηνο – Τμήμα Πληροφορικής – Α.Π.Θ.**

# Οργάνωση Μαθήματος

## Διδάσκων:

*Νίκος Κονοφάος, Καθηγητής ΑΠΘ*

*email: [nkonofao@csd.auth.gr](mailto:nkonofao@csd.auth.gr)*

*Γραφείο 18, Εθνικής Αντίστασης 16, Καλαμαριά  
τηλ. 2310- 991929*

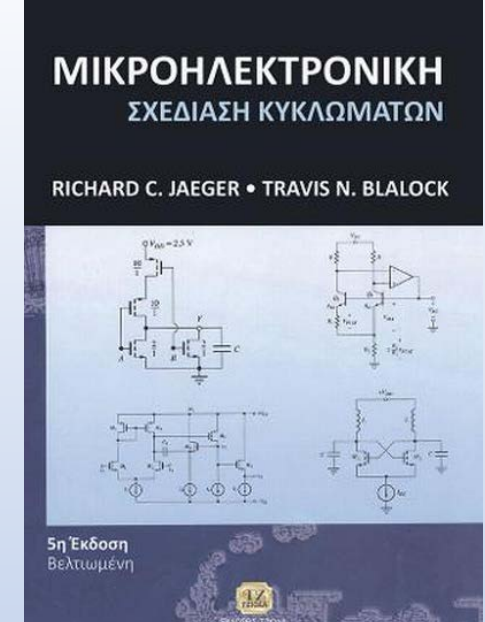
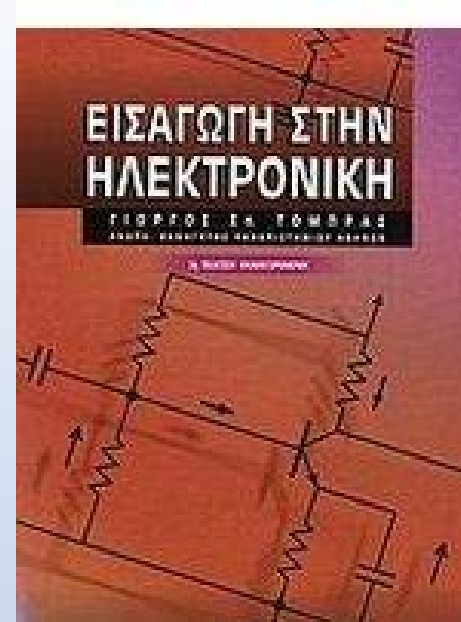
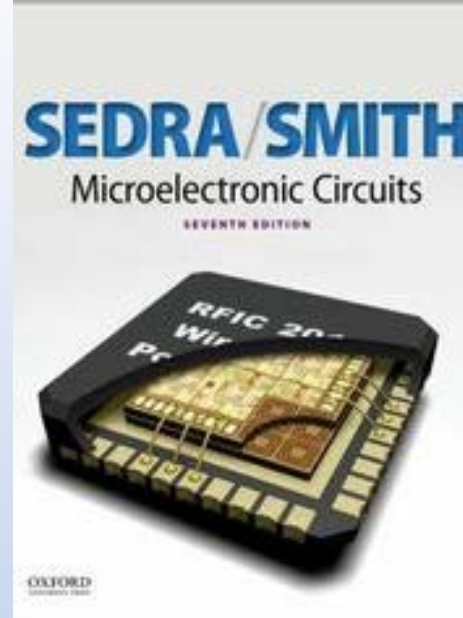


## Ιστοσελίδα μαθήματος:

*<https://elearning.auth.gr/course/view.php?id=6268>*

*Διαφάνειες & Σημειώσεις μαθήματος*

*Ανακοινώσεις / αποστολή email/ βαθμολογίες*



## Βιβλιογραφία

- «Μικροηλεκτρονική Σχεδίαση Κυκλωμάτων, 5η Έκδοση-Βελτιωμένη, Συγγραφείς: Jaeger Richard - Blalock Travis, Αλκιβιάδης Χατζόπουλος (επιμέλεια), Έκδοση: 5η Βελτιωμένη, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ, 2017
- «Βασικές Αρχές Μικροηλεκτρονικής», Έκδοση: 2η Αμερικανική, Συγγραφείς: Behzad Razavi, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, 2018
- «Μικροηλεκτρονικά Κυκλώματα», Έκδοση 7η/2017, Συγγραφείς: Sedra Adel, Smith Kenneth, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ, 2017.
- «Εισαγωγή στην Ηλεκτρονική», 2η Έκδοση, Γ.Τόμπρας, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΔΙΑΓΥΛΟΣ, 2006

Θέματα που  
θα καλυφθούν  
(προτεινόμεν  
α μαθήματα)

- Εισαγωγή στη θεωρία κυκλωμάτων + επεξεργασία σήματος (2-3 μαθήματα)
- Ημιαγωγοί (1 μάθημα)
- Επαφή p-n, δίοδος επαφής, τύποι διόδων (2 μαθήματα)
- Κυκλώματα διόδων: Ανόρθωση, ψαλιδιστές κλπ (1 μάθημα)
- Τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (MOS-Metal Oxide Semiconductor) (1 μάθημα)
- Τρανζίστορ MOS ως διακόπτης- Περιοχές λειτουργίας (1 μάθημα).
- Τεχνολογία CMOS, ψηφιακές διατάξεις και κυκλώματα, λογικές πύλες (1-2 μαθήματα)
- Κυκλώματα επεξεργασίας (1 μάθημα)
- Μνήμες RAM και ROM (1-2 μαθήματα)
- Σύγχρονες τεχνολογίες, FinFET, νανοδιατάξεις (αν υπάρξει χρόνος)

## Θέματα από την καθημερινή ζωή που θα εξηγηθούν-συζητηθούν

- 1) Τι είναι και πώς δουλεύει η μνήμη RAM ?
- 2) Γιατί τεχνολογίες που αναφέρονται σε μονάδες.... μήκους (nm) αφορούν τις επιδόσεις ενός Η/Υ ?
- 3) Γιατί σημερινές μικρές συσκευές έχουν υπολογιστική ισχύ υπερ-πολλαπλάσια αυτής συσκευών με τεράστια μεγέθη πριν από μερικές δεκαετίες?
- 4) Πρακτικά καθημερινά θέματα όπως: Τι περιέχει ο φορτιστής του laptop? Πώς λειτουργεί?
- 5) .... και άλλα διάφορα .....

## Θέματα εξέλιξης της τεχνολογίας που θα συζητηθούν

- 1) Τελικά τι είναι πιο σημαντικό το Hardware ή το Software ??
- 2) Πώς εξελίσσεται η τεχνολογία των σύγχρονων ηλεκτρονικών συσκευών και γιατί? Ποιοι παράγοντες την επηρεάζουν (πχ κόστος)
- 3) Πού οδηγείται η τεχνολογία, ποιες οι τεχνολογίες του μέλλοντος?

# Γιατί η Ηλεκτρονική ως μάθημα στην Πληροφορική ;;;

## Συναφή μαθήματα του Τμήματος

### Προπτυχιακός Κύκλος σπουδών

Ψηφιακή Σχεδίαση

Ηλεκτρονικά

Αρχιτεκτονική  
Υπολογιστών

Ψηφιακά Ηλεκτρονικά -Συστήματα  
Μικροεπεξεργαστές  
Προχωρημένα θέματα Αρχιτεκτονικής



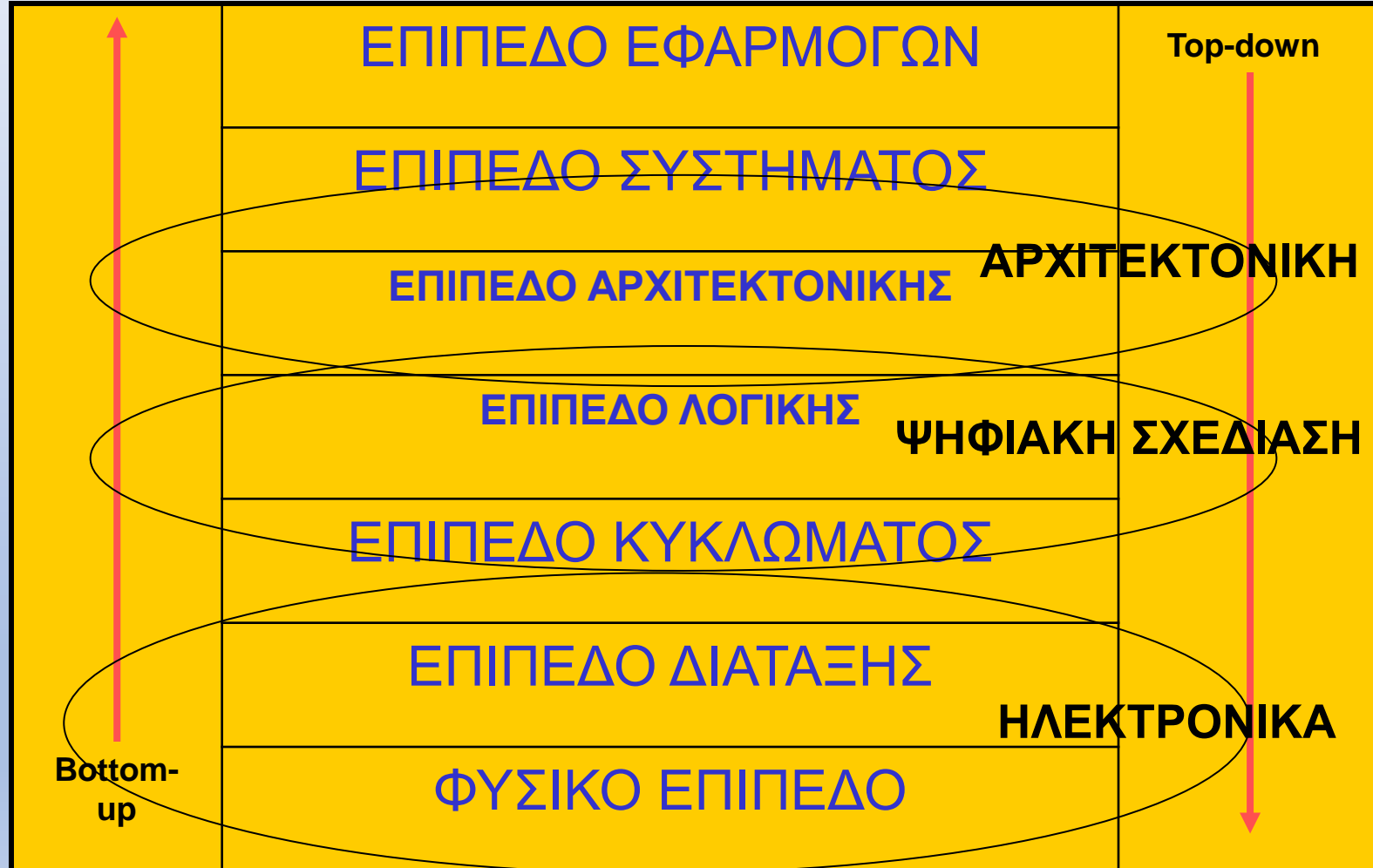
Οπτικές Επικοινωνίες  
Σήματα & Συστήματα

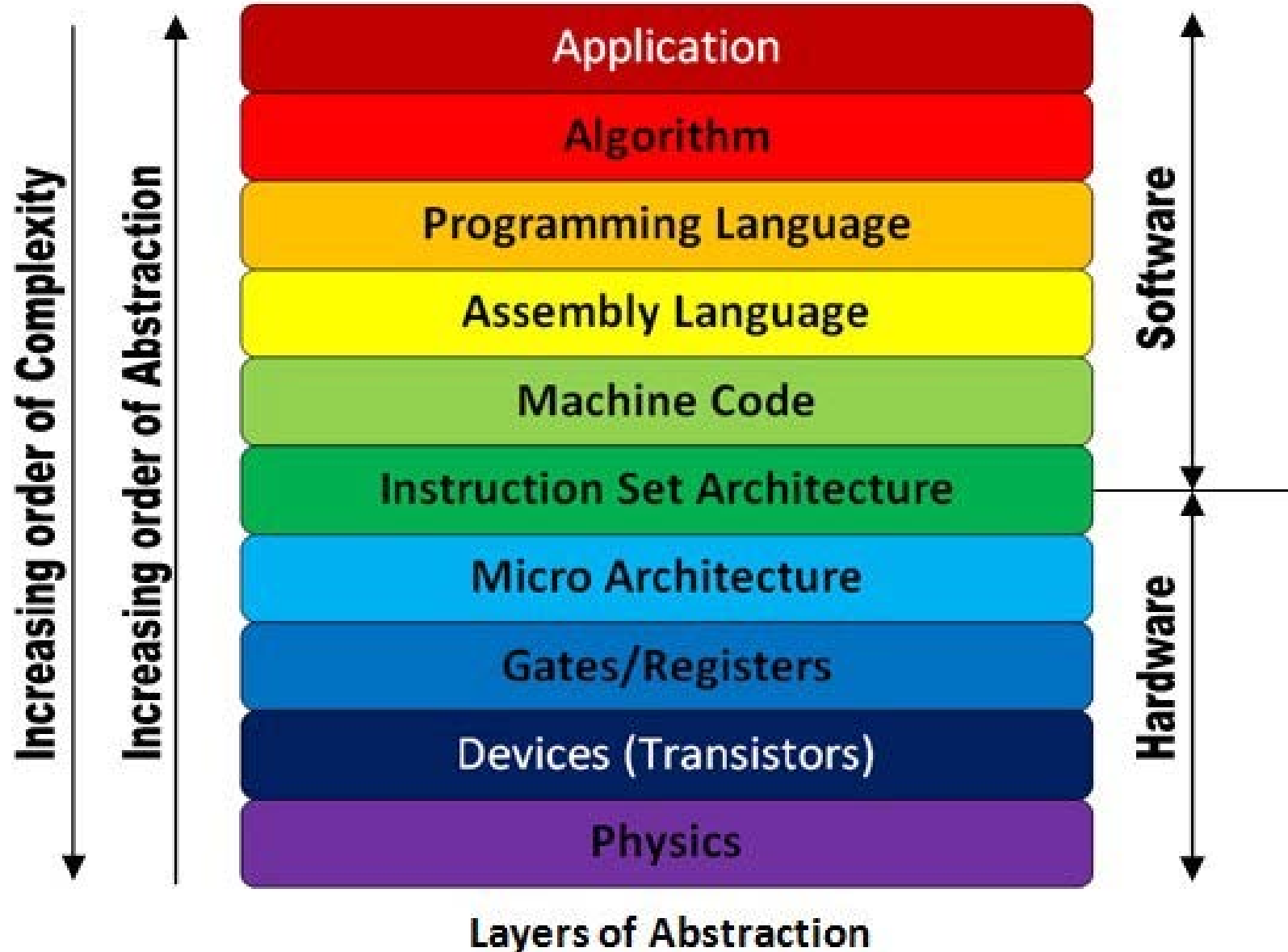
---

### Μεταπτυχιακός Κύκλος σπουδών

Συσχεδίαση Υλικού/Λογισμικού  
Ανοιχτές τεχνολογίες Υλικού Λογισμικού  
Ψηφιακή Σχεδίαση VLSI

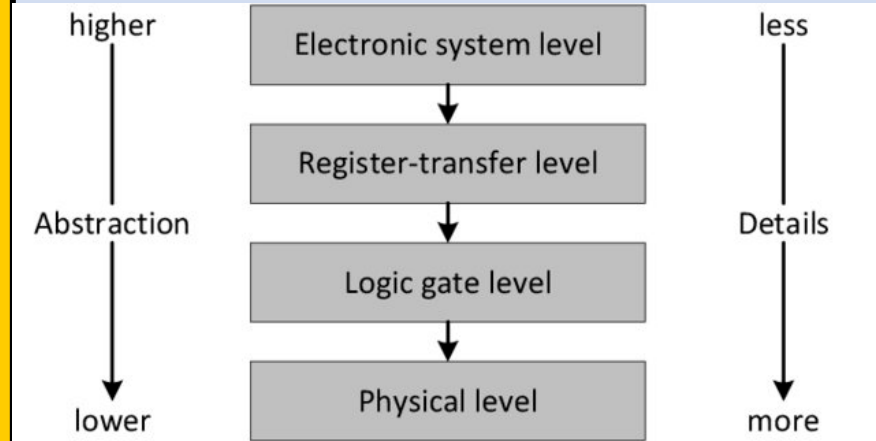
# ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ και μαθήματα κορμού του Τμήματος

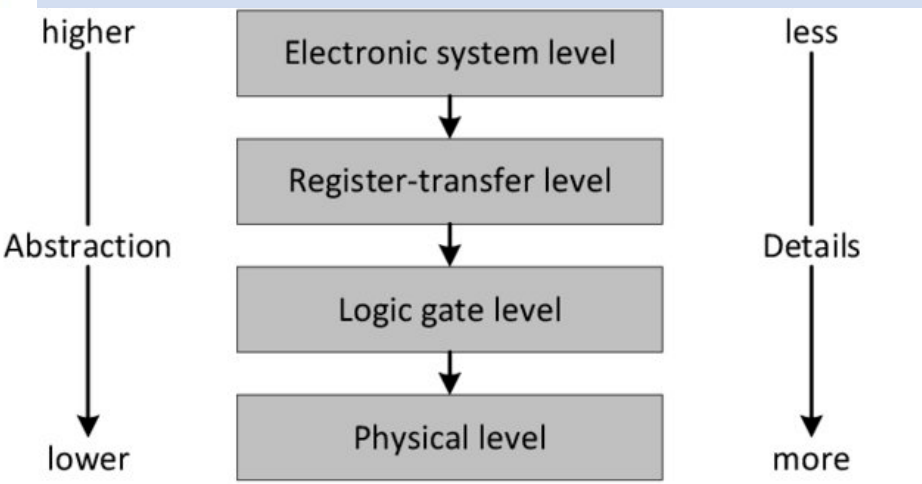
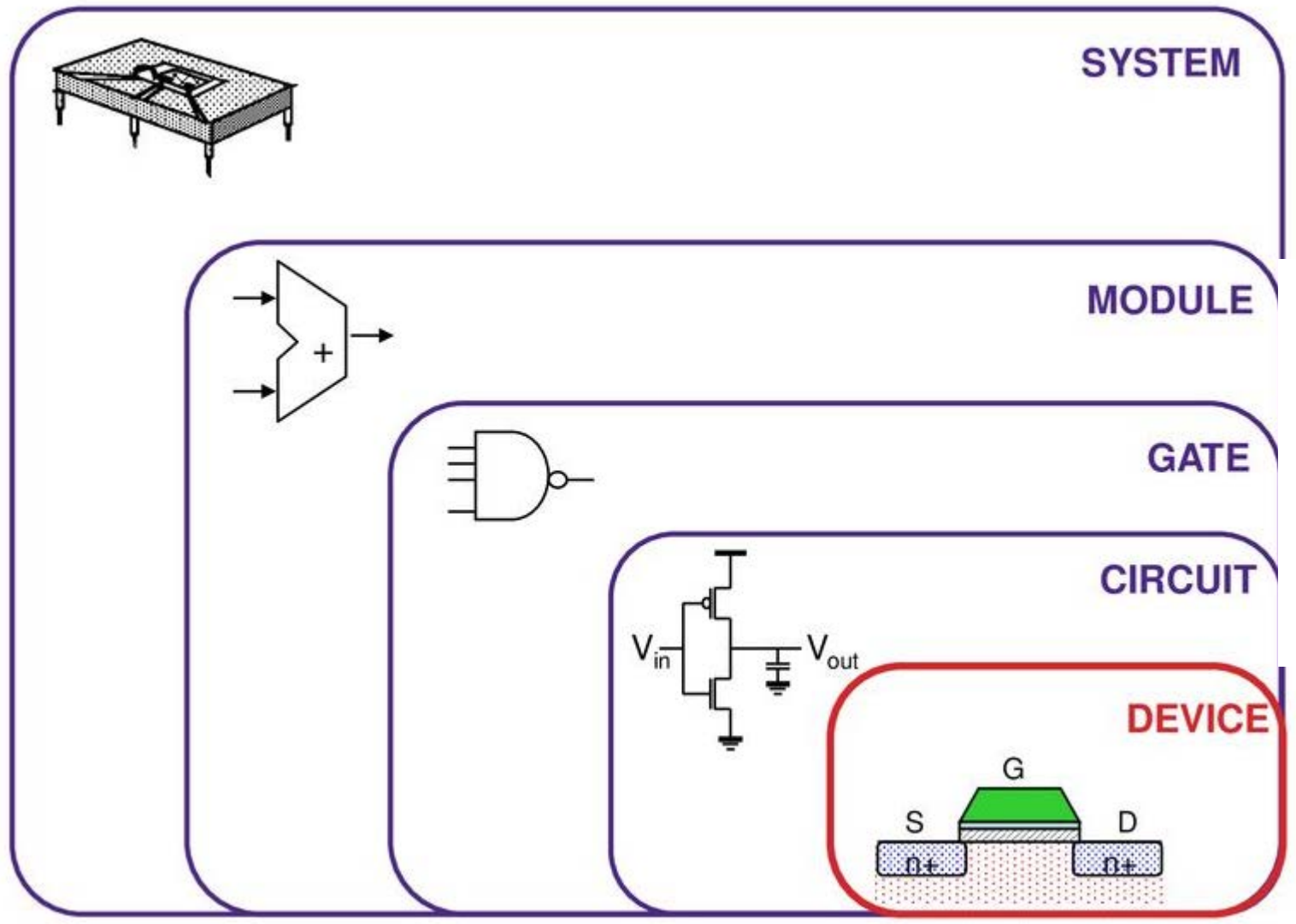






# ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ





# Συσχετισμός με Ψηφιακή Σχεδίαση

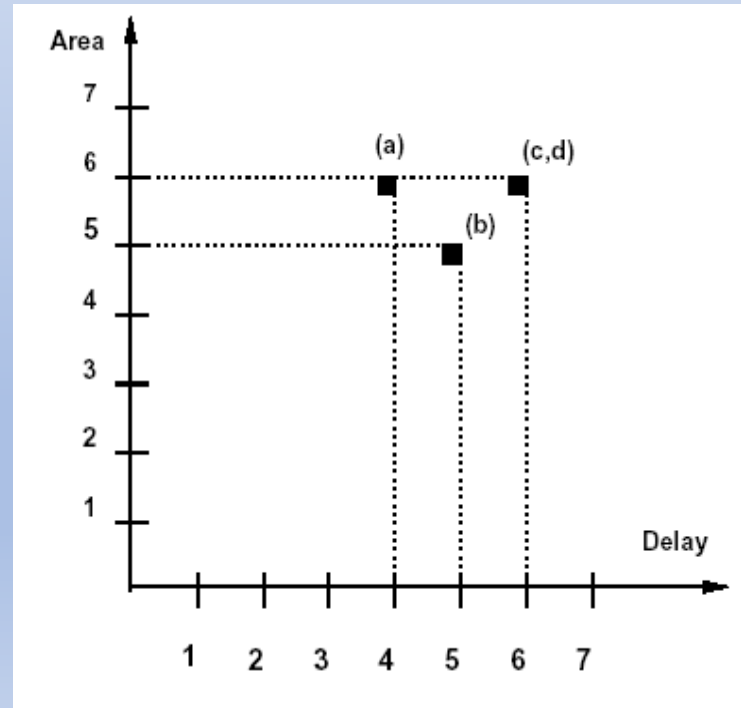
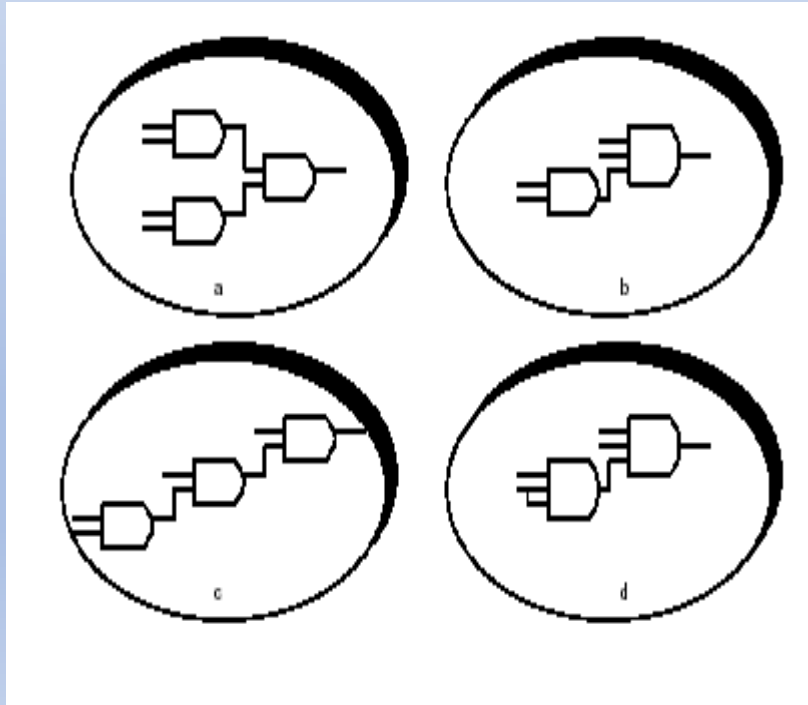
Υλοποιήστε την συνάρτηση  $f = p q r s$  με πύλες AND 2 ή 3 εισόδων.

Όλες οι λύσεις που φαίνονται παρακάτω υλοποιούν την συνάρτηση. Ποια είναι η προτιμότερη? Απάντηση: Εξαρτάται τι θέλουμε. Αν θέλουμε καλύτερη ταχύτητα ή μικρότερο μέγεθος (εμβαδόν).

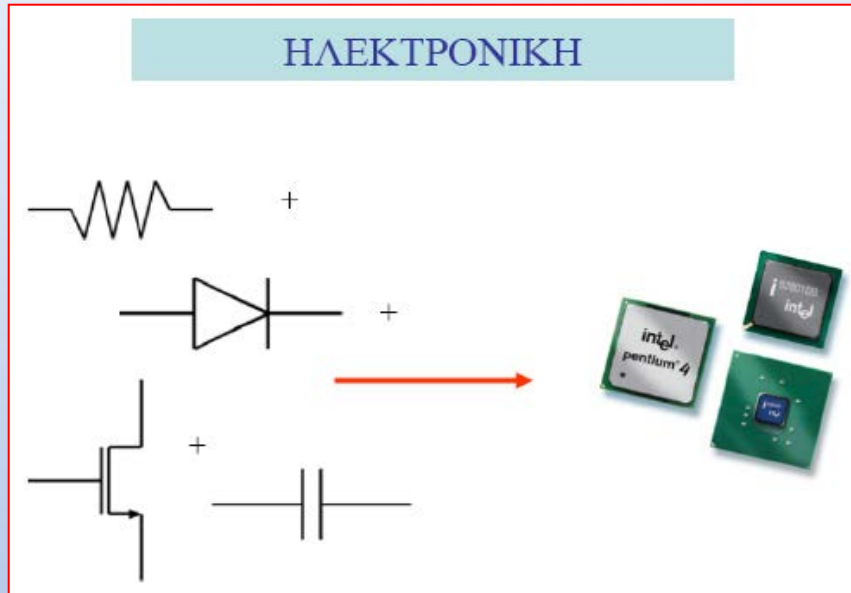
Η ταχύτητα και το εμβαδόν εξαρτώνται από τον αριθμό των εισόδων. Όσο πιο πολλές οι είσοδοι, μεγαλώνει η καθυστέρηση (άρα χειρότερη ταχύτητα) και μεγαλώνει το εμβαδόν. Άρα προκύπτει το σχήμα στα δεξιά.

Γιατί όμως ισχύει η παραδοχή για τις εισόδους?

Αυτό προκύπτει από το τι περιέχουν οι πύλες. Οι πύλες υλοποιούνται στην τεχνολογία CMOS με τρανζίστορ τύπου FET που θα τα μάθουμε στο μάθημα. Κάθε πύλη AND 2-εισόδων τεχνολογίας CMOS περιέχει 6 τρανζίστορ. Κάθε πύλη AND 3-εισόδων περιέχει 8 τρανζίστορ. Η επιφάνεια (εμβαδόν) είναι ανάλογη με τον αριθμό των τρανζίστορ. Η ταχύτητα επίσης εξαρτάται από το πόσα τρανζίστορ «ενεργοποιούνται» σε κάθε πύλη καθώς το κάθε ένα από αυτά είναι διακόπτης. Οι διακόπτες στην σειρά καθυστερούν το σήμα πιο πολύ όσο αυξάνει ο αριθμός τους, ενώ η παράλληλη σύνδεση δεν επηρεάζεται από τον αριθμό. Σε κάθε πύλη 2-εισόδων υπάρχουν 2 τρανζίστορ στην σειρά, σε 3-εισόδων 3 τρανζίστορ. Άρα επιβεβαιώνεται το αποτέλεσμα και για το εμβαδόν και για την ταχύτητα.



# Τι είναι η ηλεκτρονική?



«Το σύνολο των τεχνικών που χρησιμοποιούν τις μεταβολές ηλεκτρικών μεγεθών (π.χ. ρεύμα, αριθμό φωτονίων κ.α.) για να συλλάβουν, να διαβιβάσουν και να επεξεργαστούν μια πληροφορία»

Η Ηλεκτρονική - και η σημερινή της έκφραση η Μικρο- και η Νανο-ηλεκτρονική, αποτελεί τη βάση της τεχνολογικής εξέλιξης των Η/Υ και των Τηλεπικοινωνιών.

*Άρα δεν νοείται ένας επιστήμονας που εμπλέκεται με τη χρήση των Η/Υ να μη γνωρίζει τις αρχές της Ηλεκτρονικής, δηλ. το hardware για να μπορέσει να το εξελίξει!!!*

**Η πληροφορία ως έννοια, αποκτά φυσική σημασία και παύει να είναι μόνο μια μαθηματική οντότητα !!**

# ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ;

- **Everywhere!**



- Νανοτεχνολογία!
- Η νανοηλεκτρονική συναντά την πληροφορική (νανοδίκτυα, προσομοίωση συμπεριφοράς νευρώνων, κα)

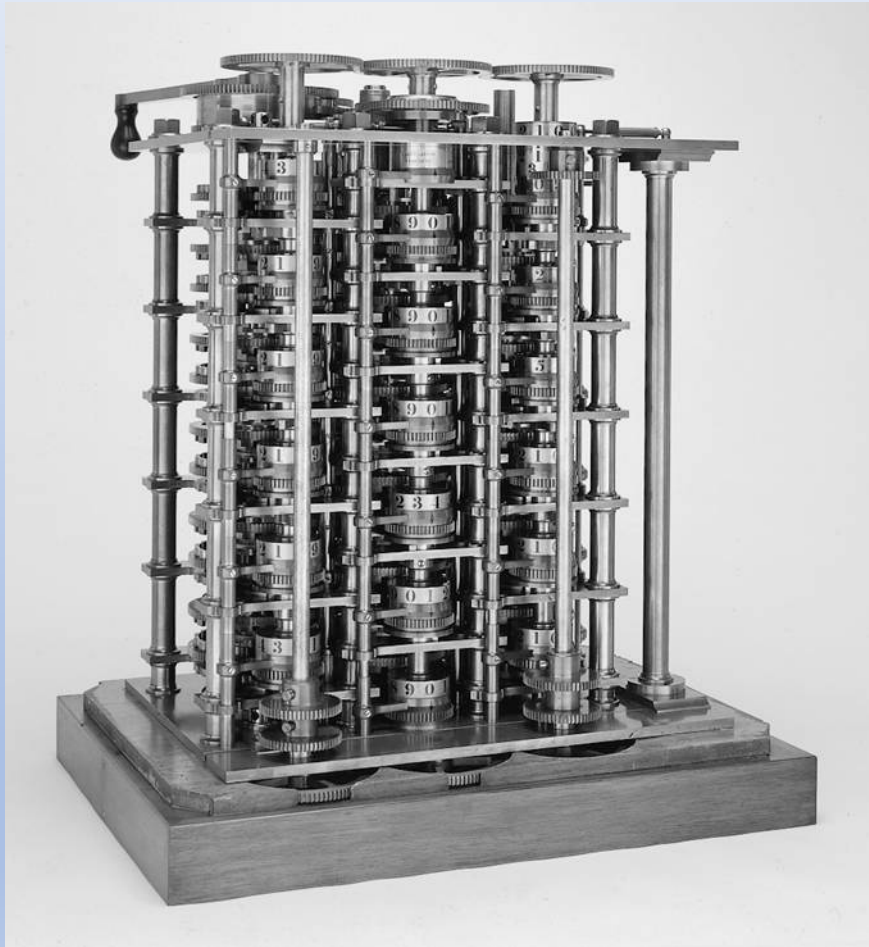
Η πληροφορία μπορεί να είναι άμεσα αντιληπτή από εμάς, όπως μια φωνή ή μια εικόνα μπορεί όμως και να την αντιλαμβανόμαστε με την βοήθεια οργάνων που εμείς έχουμε επινοήσει και κατασκευάσει όπως το ραδιόφωνο, η τηλεόραση ή και ακόμα πιο εξελιγμένες συσκευές όπως το radar ή οι δορυφόροι. Η πληροφορία, (το μήνυμα) μπορεί να είναι δημιούργημα του ανθρώπου όπως στις διάφορες τηλεπικοινωνίες, μπορεί όμως να είναι ένα μήνυμα από κάποιο φυσικό φαινόμενο, μικροσκοπικό ή μακροσκοπικό, όπως για παράδειγμα το ράδιο-αστρονομικό μήνυμα των εκπομπών από τον Ήλιο ή μηνύματα από μικροσκοπικά φαινόμενα όπως η βιολογική πληροφορία που απασχολεί τα ιατρικά ηλεκτρονικά.

Η πληροφορία ως έννοια, αποκτά φυσική σημασία και παύει να είναι μόνο μια μαθηματική οντότητα !!

Τι χρησιμοποιούμε για να πραγματοποιήσουμε όλα αυτά ;;;

Τις λεγόμενες **Ηλεκτρονικές διατάξεις και τα κυκλώματα**, τα οποία και θα μάθουμε στο μάθημα...

# Ο πρώτος σύγχρονος υπολογιστής

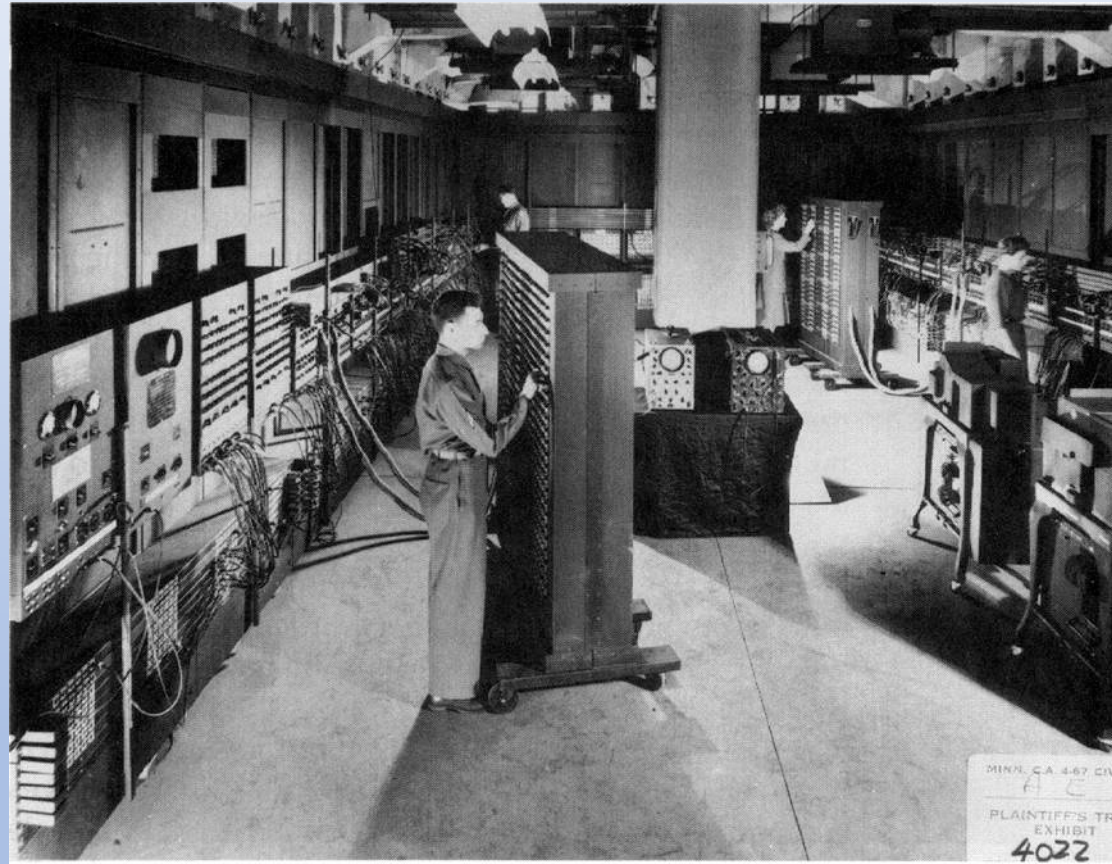


Η διαφορική μηχανή  
του Babbage  
(1832)

25.000 τεμάχια  
κόστος £17.470



# ENIAC - Ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής- Παν. της Pennsylvania (1946)



**18.000 Λυχνίες Κενού!**

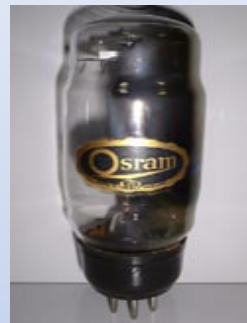


## Λίγη ιστορία...

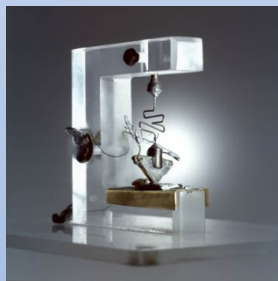
1895: Ο Marconi κάνει τις πρώτες ραδιοεκπομπές

1904: Ο Fleming εφευρίσκει τη δίοδο λυχνία κενού – αρχίζει η εποχή της Ηλεκτρονικής

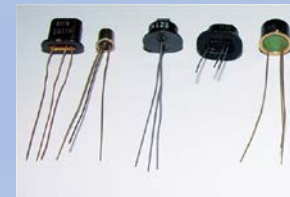
1906: Ο Deforest εφευρίσκει την τριοδική λυχνία κενού



1947: Οι Bardeen, Brattain και Shockley δημιουργούν το πρώτο διπολικό τρανζίστορ στα εργαστήρια Bell ενώνοντας δύο επαφές pn.

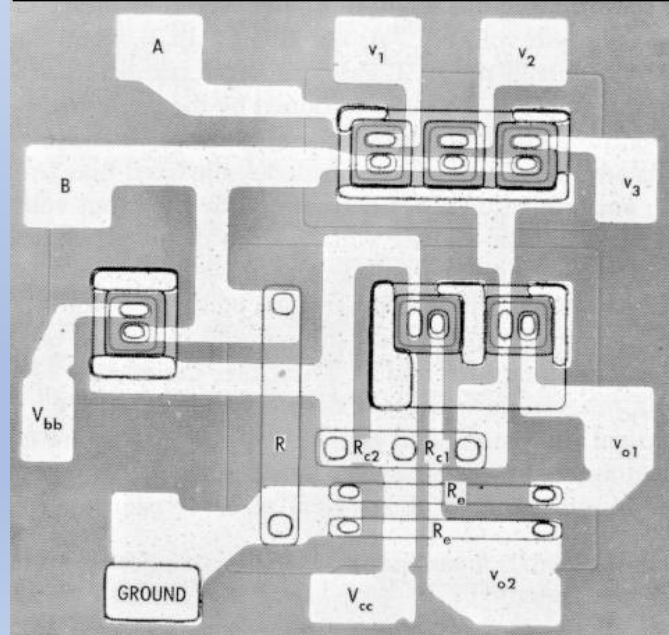


1952: Αρχίζει η εμπορική παραγωγή των διπολικών τρανζίστορ από την Texas Instruments



1956: Οι Bardeen, Brattain και Shockley λαμβάνουν το βραβείο Nobel για την εφεύρεση των διπολικών τρανζίστορ

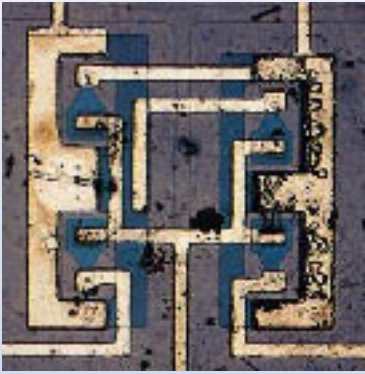
1958: Το πρώτο ολοκληρωμένο κύκλωμα αναπτύσσεται ταυτόχρονα από τον Jack Kilby που εργαζόταν στην Texas Instruments, και τους Robert Noyce και Gordon Moore στην Fairchild Semiconductor



*Διπολική λογική  
Δεκαετία 1960*

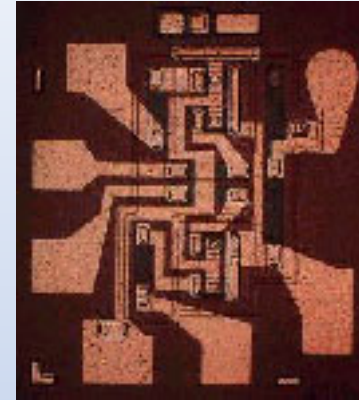
ECL Πύλη 3 εισόδων  
Motorola 1966

# Εξέλιξη των τσιπ....

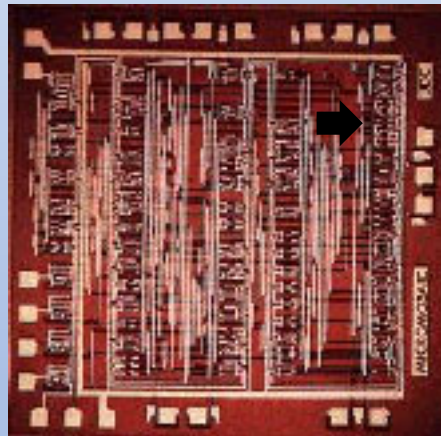


1961: Η TI και η Fairchild παρουσιάζουν τα πρώτα λογικά IC. Αυτά περιέχουν δύο flip-flop με τέσσερα τρανζίστορ

1963: Η πυκνότητα βελτιώνεται. Αυτό το ολοκληρωμένο περιέχει τέσσερα flip-flop



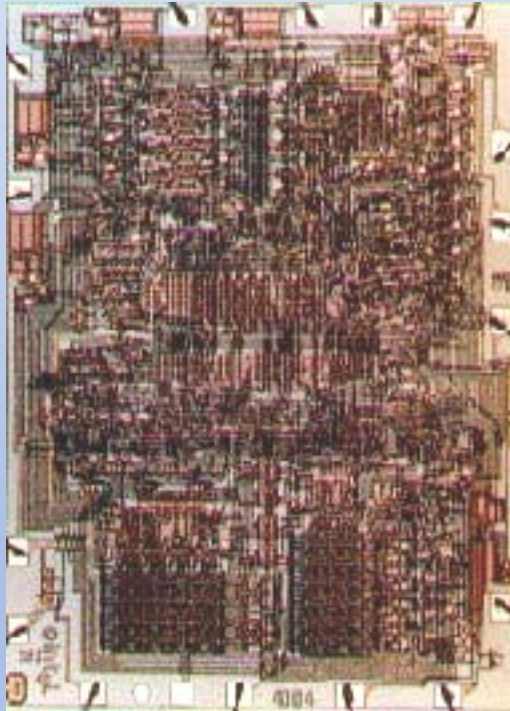
1967: Η Fairchild λανσάρει το τσίπ που φαίνεται δεξιά το οποίο περιέχει 150 λογικές πύλες.



**1968:** Ο Robert Noyce και ο Gordon Moore φεύγουν από την Fairchild για να ιδρύσουν την Intel. Δεν έχουν bussiness plan παρά μόνο μια υπόσχεση, να εξειδικευτούν στα chip μνήμης. Το 1971 η Intel είχε 500 εργαζόμενους, το 1983 21.500 εργαζόμενους και \$1.100 εκατ. πωλήσεις.

# Ορόσημα της Ηλεκτρονικής

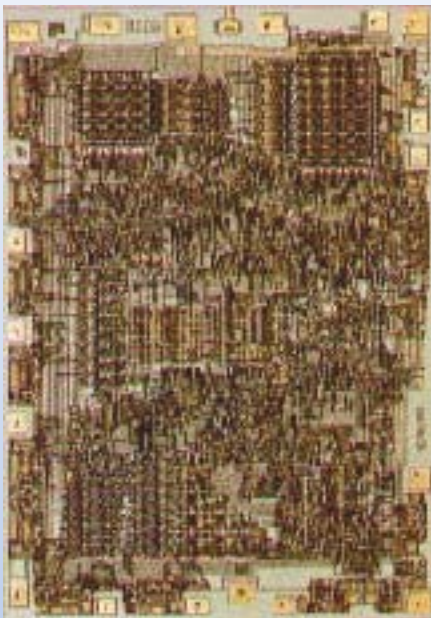
Το 1970 η Intel τηρώντας την υπόσχεση της ξεκινάει την πώληση ενός chip μνήμης 1 Kbit (128 bytes) του 1103.



Το 1971 η Intel παρουσιάζει τον πρώτο μικροεπεξεργαστή. Ο 4004 είχε διαύλους εύρους 4-bit και συχνότητα ρολογιού 108 KHz. Περιείχε 2300 τρανζίστορ και είχε κατασκευαστεί με τεχνολογία 10μm. Η αποδοχή από την αγορά περιορισμένη

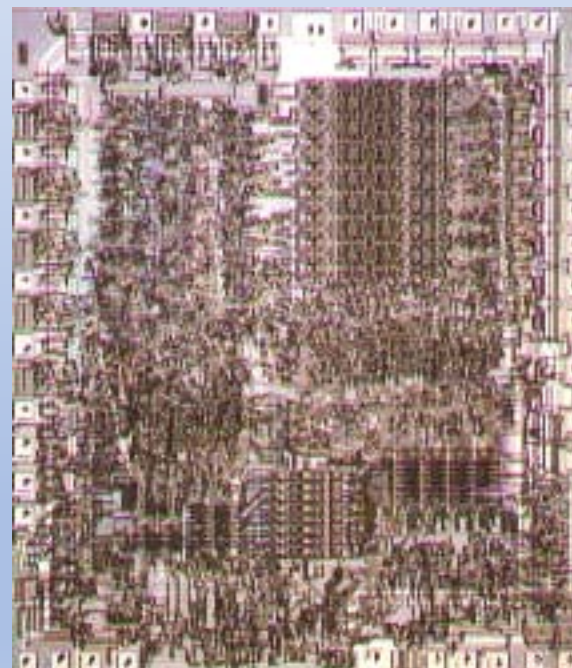


# Ορόσημα της Ηλεκτρονικής



Το 1971 παρουσιάζεται ο 8008 ο οποίος περιείχε 3.500 τρανζίστορ και είχε διαυλο δεδομένων εύρους 8-bit. Παρά τους περιορισμούς ο 8008 ήταν ο πρώτος μικροεπεξεργαστής ικανός να παίξει το ρόλο της CPU ενός υπολογιστή.

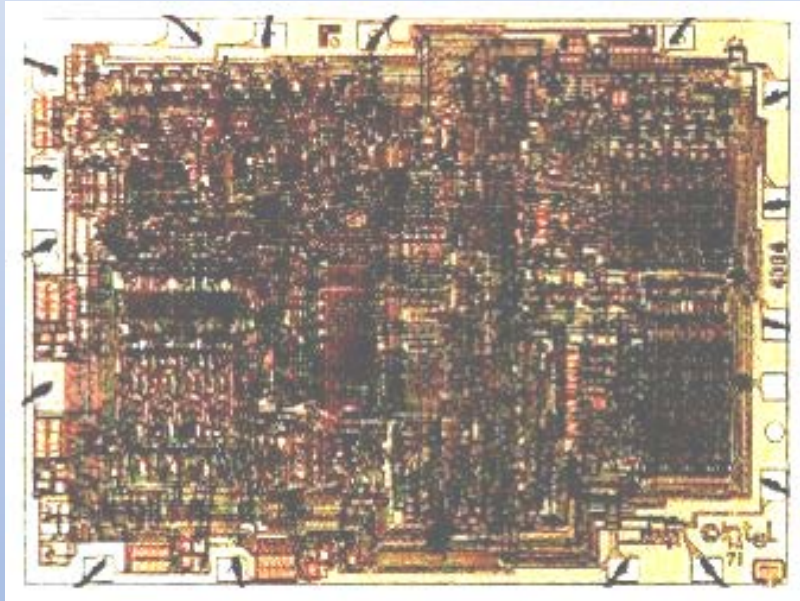
Τέλος το 1974 η Intel παρουσίασε τον 8080. Είχε 6.000 τρανζίστορ και είχε κατασκευαστεί σε τεχνολογία 6μm. Η συχνότητα του ρολογιού ήταν 2MHz, υπερ-αρκετή για να πυροδοτήσει την επανάσταση στη βιομηχανία των προσωπικών υπολο-γιστών.



# Ορόσημα της Ηλεκτρονικής

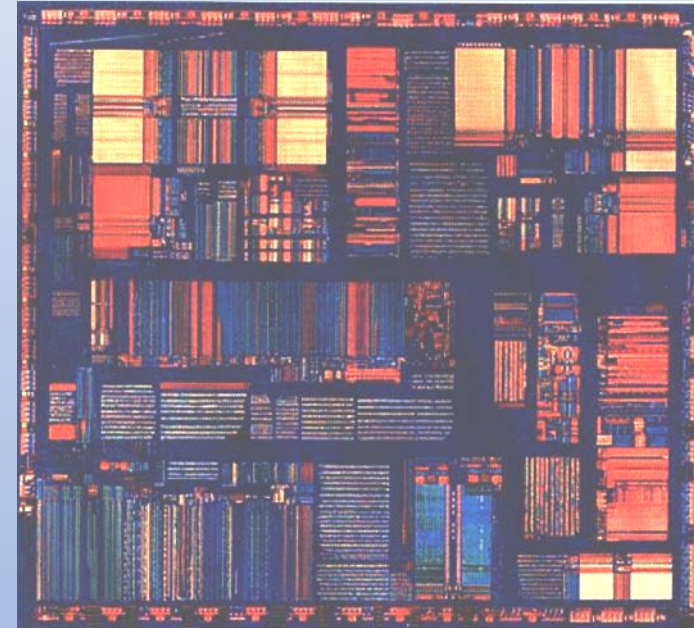
1971 1<sup>ος</sup> Μικροεπεξεργαστής

2300 Transistors (4-bits)



1994 Intel Pentium Μικροεπεξεργαστής

3.2 Εκατ. CMOS Transistors (32-bits)



2003 AMD Athlon64 Μικροεπεξεργαστής

~100 Εκατ. Transistors (64 bits)

2008 Multi-Core Μικροεπεξεργαστής

~1 Δις CMOS Transistors (64-bits)

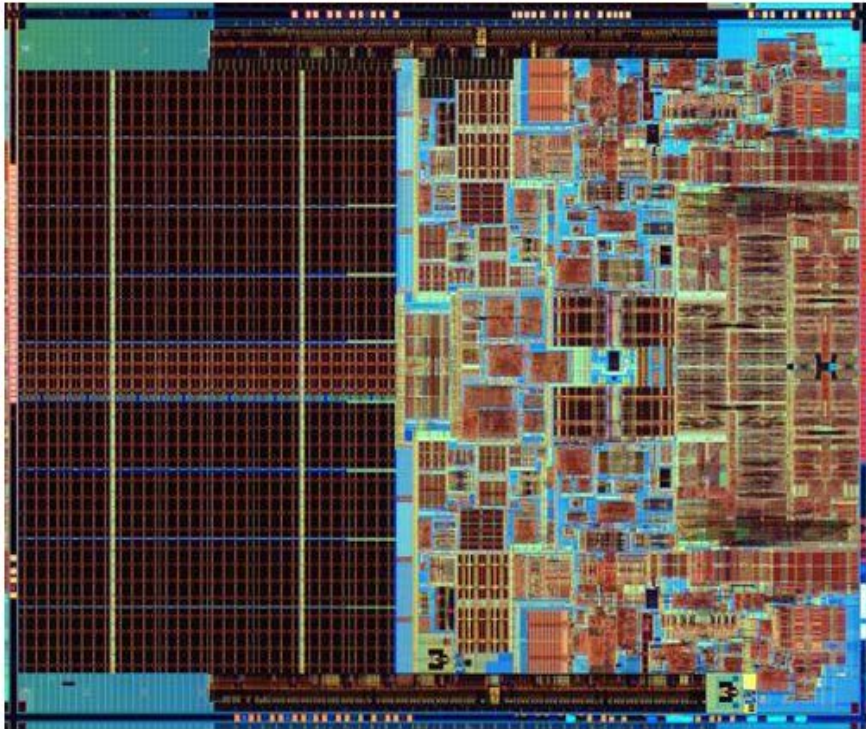
# Πρώιμοι επεξεργαστές INTEL

Όνομα	Έτος	Transistors	Μικρά	Ταχύτητα ρολογιού	Εύρος Data Bus	MIPS
8080	1974	6,000	6	2 MHz	8 bits	0.64
8088	1979	29,000	3	5 MHz	16 bits 8-bit bus	0.33
80286	1982	134,000	1.5	6 MHz	16 bits	1
80386	1985	275,000	1.5	16 MHz	32 bits	5
80486	1989	1,200,000	1	25 MHz	32 bits	20
Pentium	1993	3,100,000	0.8	60 MHz	32 bits 64-bit bus	100
Pentium II	1997	7,500,000	0.35	233 MHz	32 bits 64-bit bus	~300
Pentium III	1999	9,500,000	0.25	450 MHz	32 bits 64-bit bus	~510
Pentium 4	2000	42,000,000	0.18	1.5 GHz	32 bits 64-bit bus	~1,700



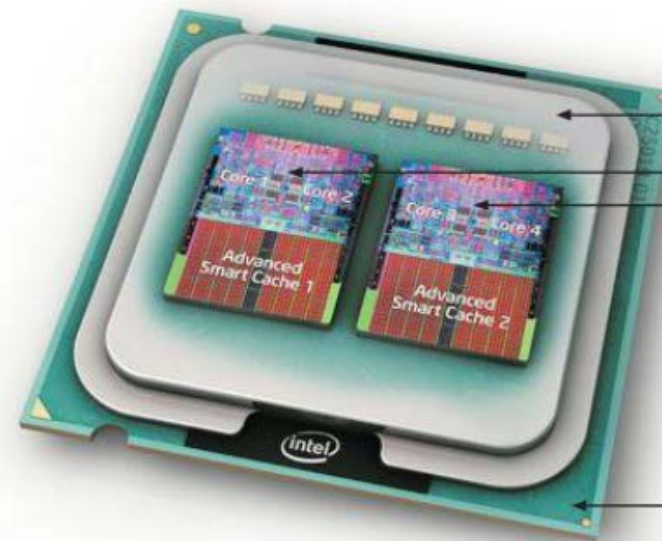
Εξελίξεις: Πολυπύρρηνοι επεξεργαστές

## Intel: Core 2 Duo



291 million transistors

## Intel: Quad Core



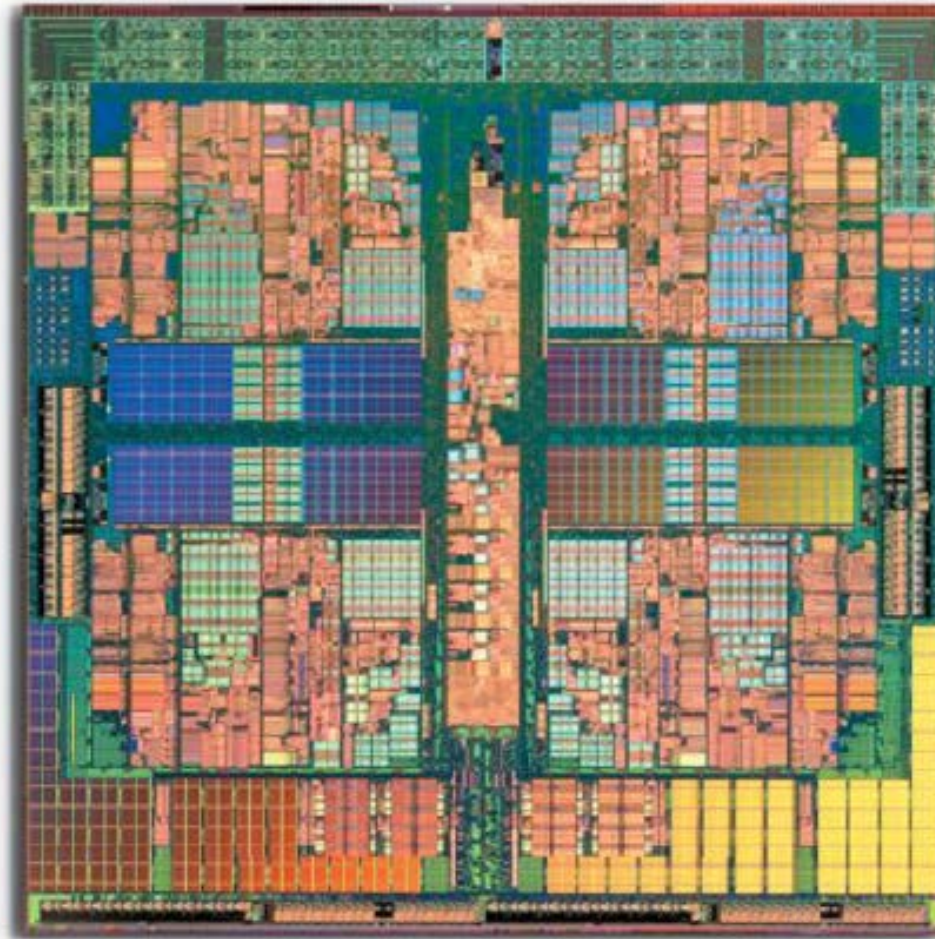
**Integrated Heat Spreader (IHS):** The integrated metal heat spreader spreads heat from the silicon chips and protects them. The IHS acts as contact for the heatsink and provides more surface area leading to better cooling.

**Silicon chips (dies):** The two dies inside the Intel® Core™ 2 Extreme quad-core processor are 143 mm<sup>2</sup> in size and utilize a whopping 291 million transistors each. The four cores are based on the Intel® Core™ Microarchitecture with innovative features like Wide Dynamic Execution, Advanced Digital Media Boost, Smart Memory Access and Intelligent Power Capability. The Advanced Smart Caches have 4 MByte capacity each.

**Substrate:** The dies are mounted directly to the substrate which facilitates the contact to the motherboard and chipset of the PC via 775 contacts and electrical connections.



## AMD: Quad Core



463 million transistors

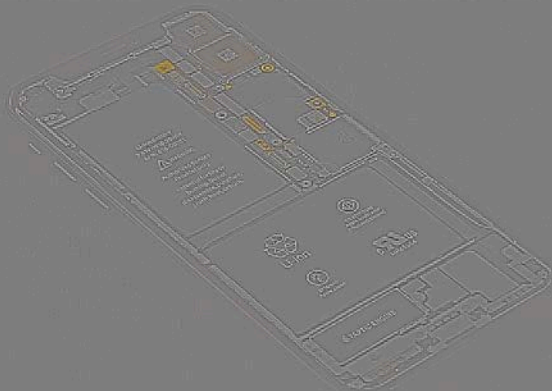
# Επίπεδα Ολοκλήρωσης

## Ιστορικές ονομασίες

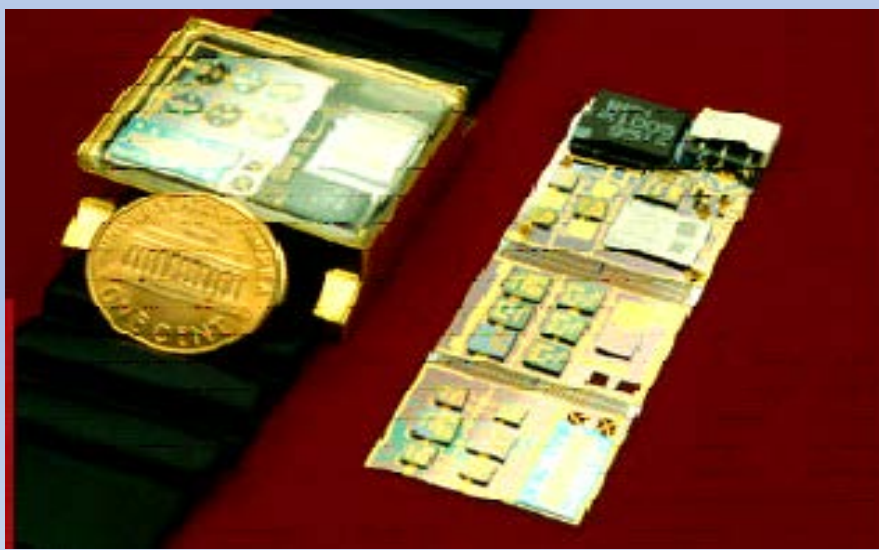
Δομικά στοιχεία/chip

1950	Διακριτά στοιχεία	1-2
1960	SSI - Small-Scale Integration	$< 10^2$
1966	MSI - Medium-Scale integration	$10^2 - 10^3$
1969	LSI - Large-Scale integration	$10^3 - 10^4$
1975	VLSI - Very-Large-Scale integration	$10^4 - 10^9$
	ULSI - Ultra-Large-Scale Integration	$> 10^9$

Κινητή  
Τηλεφωνία

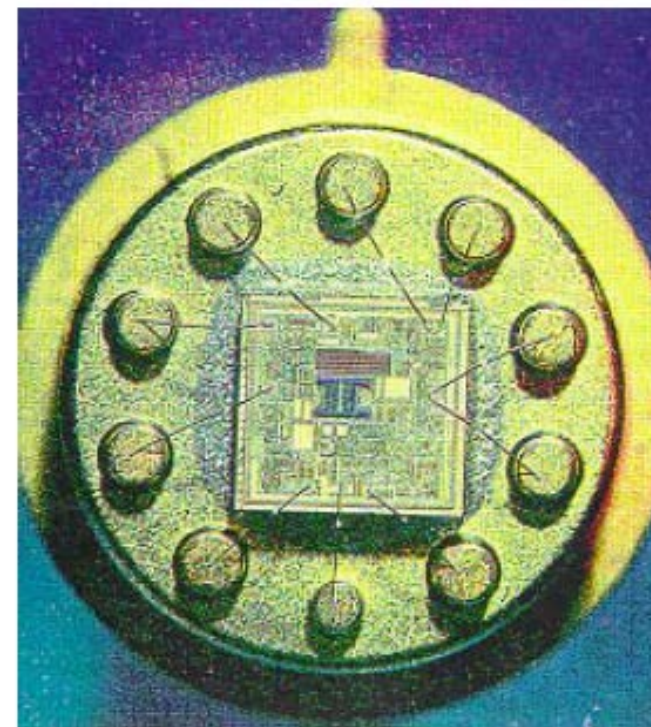


Μικροαισθητήρες - Μικροσυστήματα



Σε αυτοκίνητα, και άλλα οχήματα

## Accelerometers

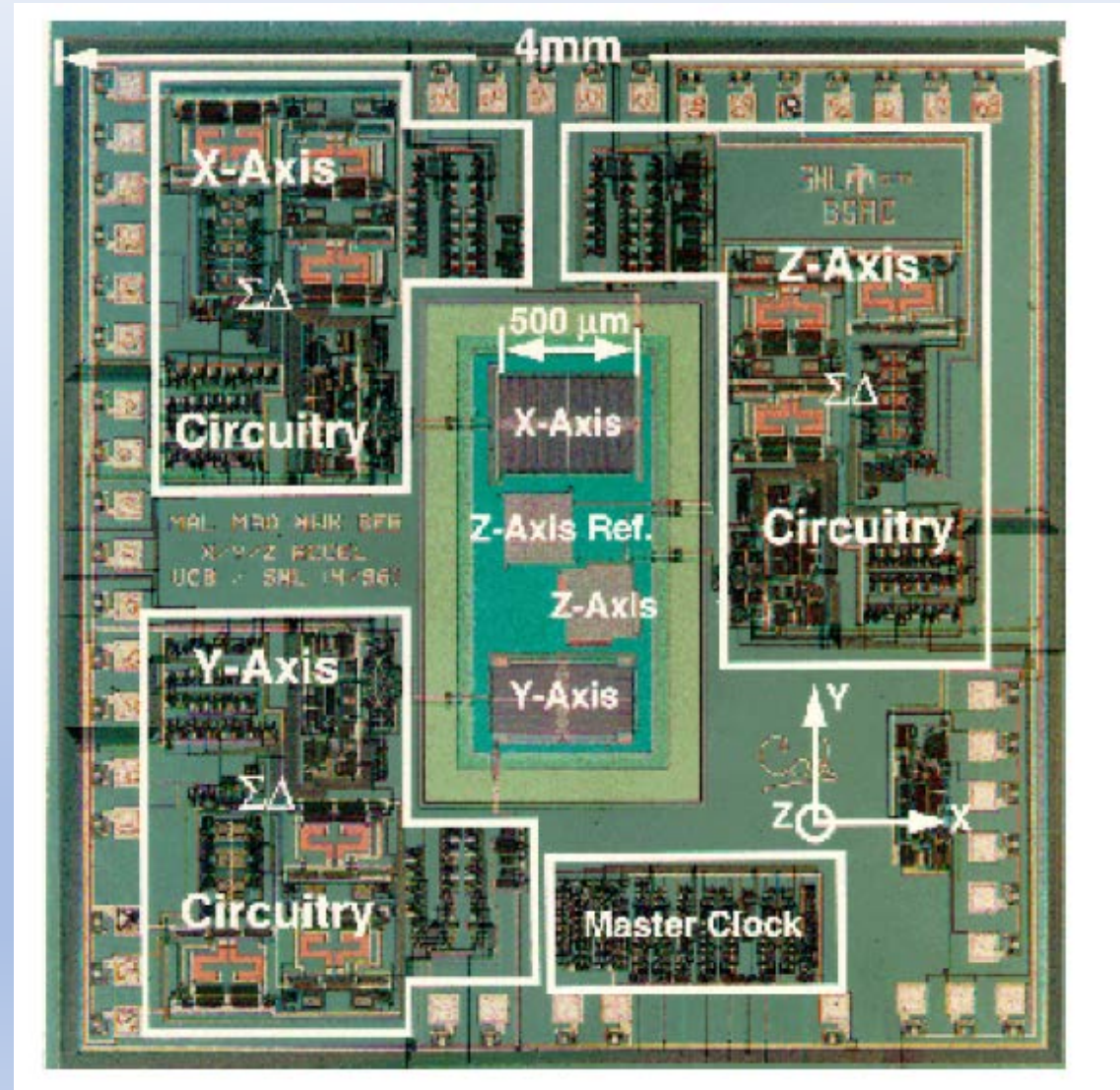


Analog Devices Accelerometer

Full range: 0-5g  
sensitivity: 200 mV/g  
resolution: 5 mg at 100 Hz



# System on a Chip



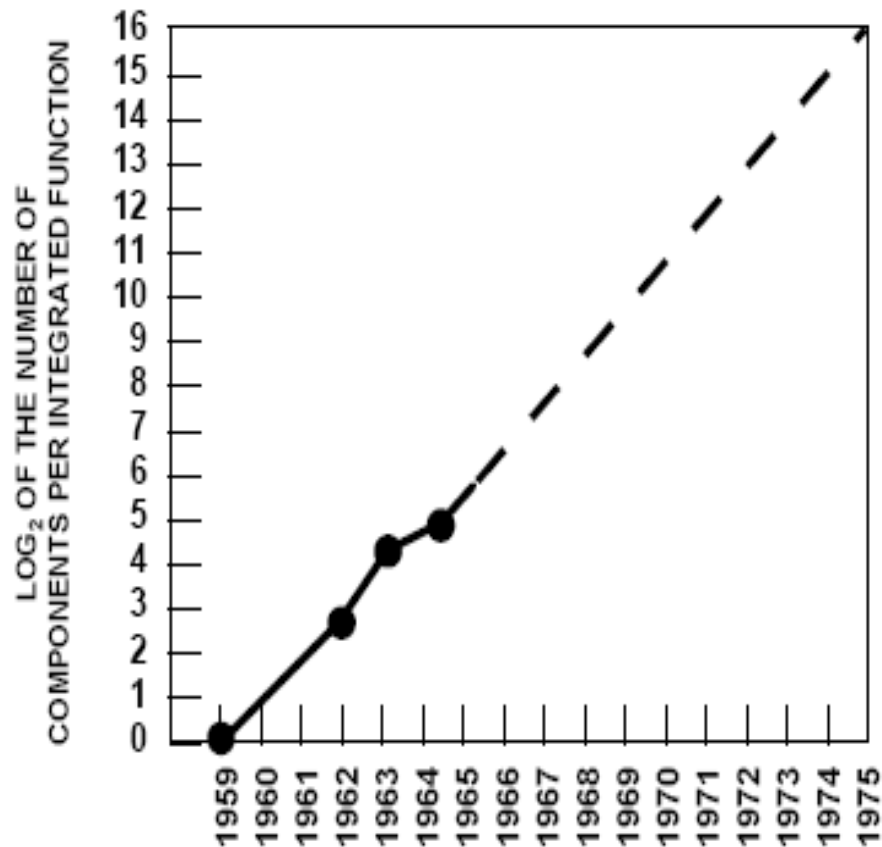
## Η ταχύτατη εξέλιξη της μικροηλεκτρονικής

- Το ολοκληρωμένο κύκλωμα εφευρέθηκε το 1958.
- Η παγκόσμια παραγωγή transistor υπερδιπλασιάζεται κάθε χρόνο τα τελευταία 20 χρόνια.
- Κάθε χρόνο παράγονται περισσότερα transistor από ό,τι σε όλα τα προηγούμενα χρόνια μαζί.
- Περίπου  $10^{18}$  transistor παρήχθησαν στη διάρκεια του πρόσφατου έτους.
- Αναλογούν 50 transistor σε κάθε μυρμήγκι στον κόσμο!

\*Πηγή: Gordon Moore's Plenary address at the 2003 International Solid-State Circuits Conference.

# Moore's Law

- In 1965, Gordon Moore noted that the number of transistors on a chip doubled every 18 to 24 months.



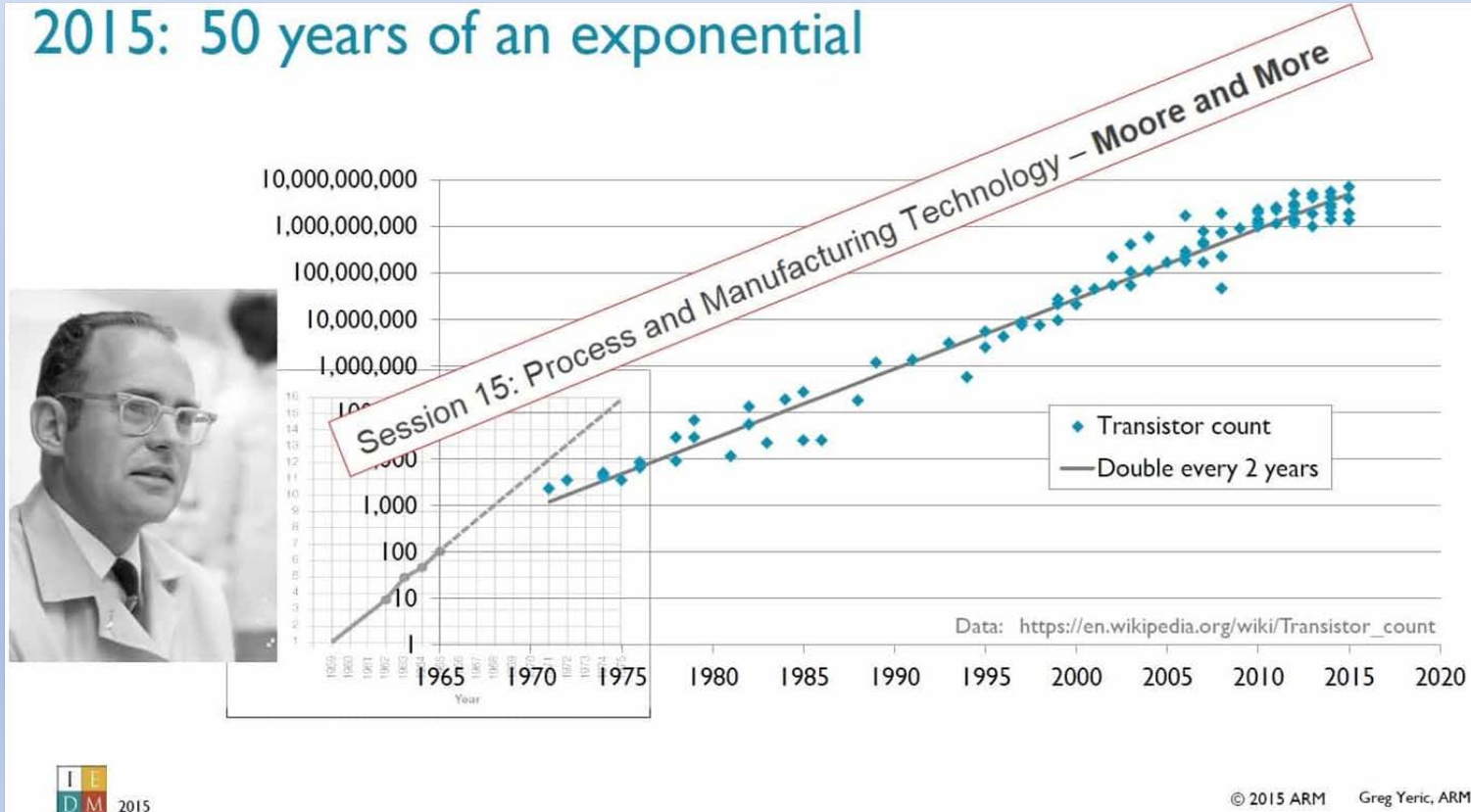
*Electronics,*  
April 19, 1965.

# Νόμος του Moore

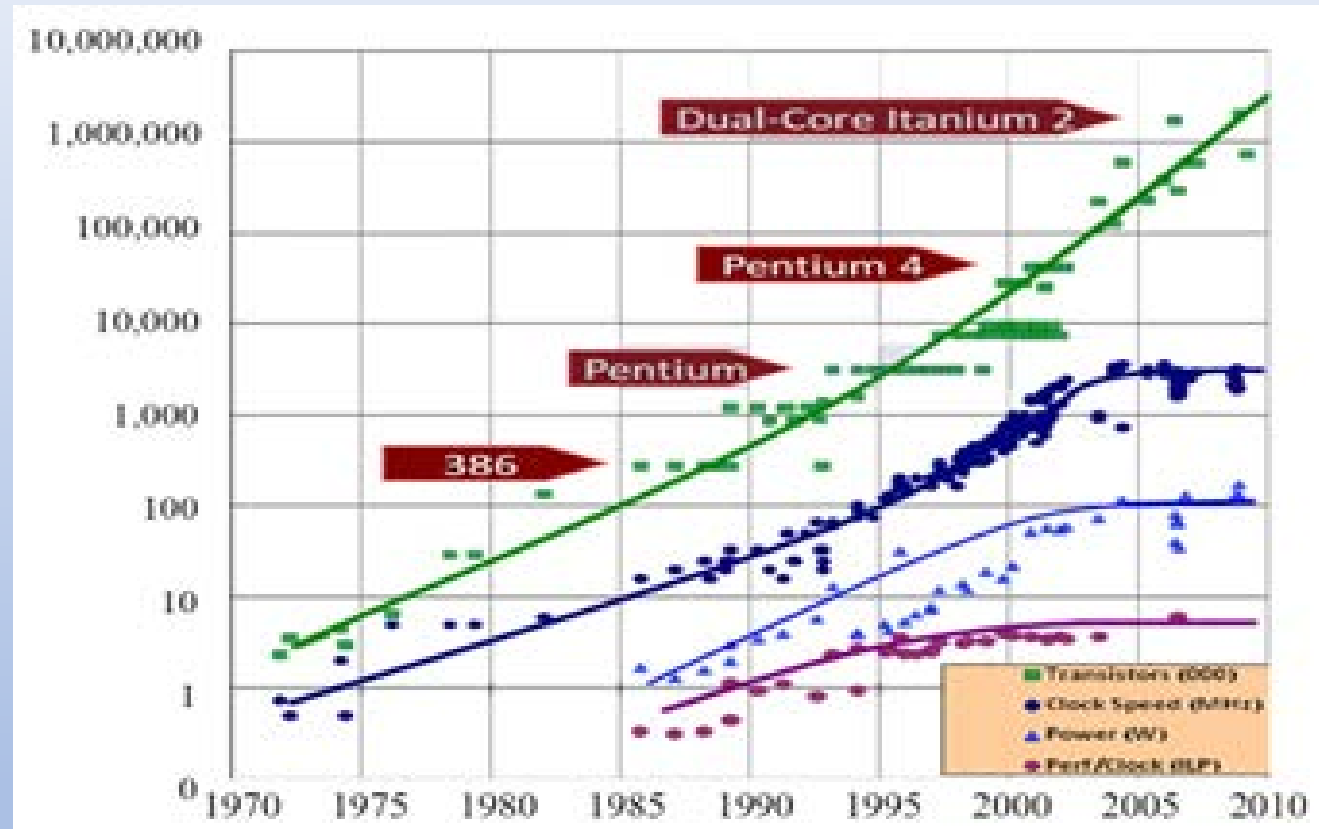
Ο Gordon Moore το 1965 παρατήρησε ότι ο αριθμός των **τρανζίστορ** διπλασιαζόταν κάθε 18-24 μήνες (εκθετική αύξηση στο χρόνο) με την **ανάπτυξη της τεχνολογίας των ημιαγωγών**.

## Τρανζίστορ ανά Ολοκληρωμένο Κύκλωμα

2015: 50 years of an exponential



- Διπλασιασμός του πλήθους των τρανζίστορ κάθε δύο χρόνια ενώ παράλληλα οι συνολικές επιδόσεις του επεξεργαστή και η κατανάλωση ενέργειάς του ακολουθούσαν ανάλογους ρυθμούς αύξησης μέχρι το 2004.

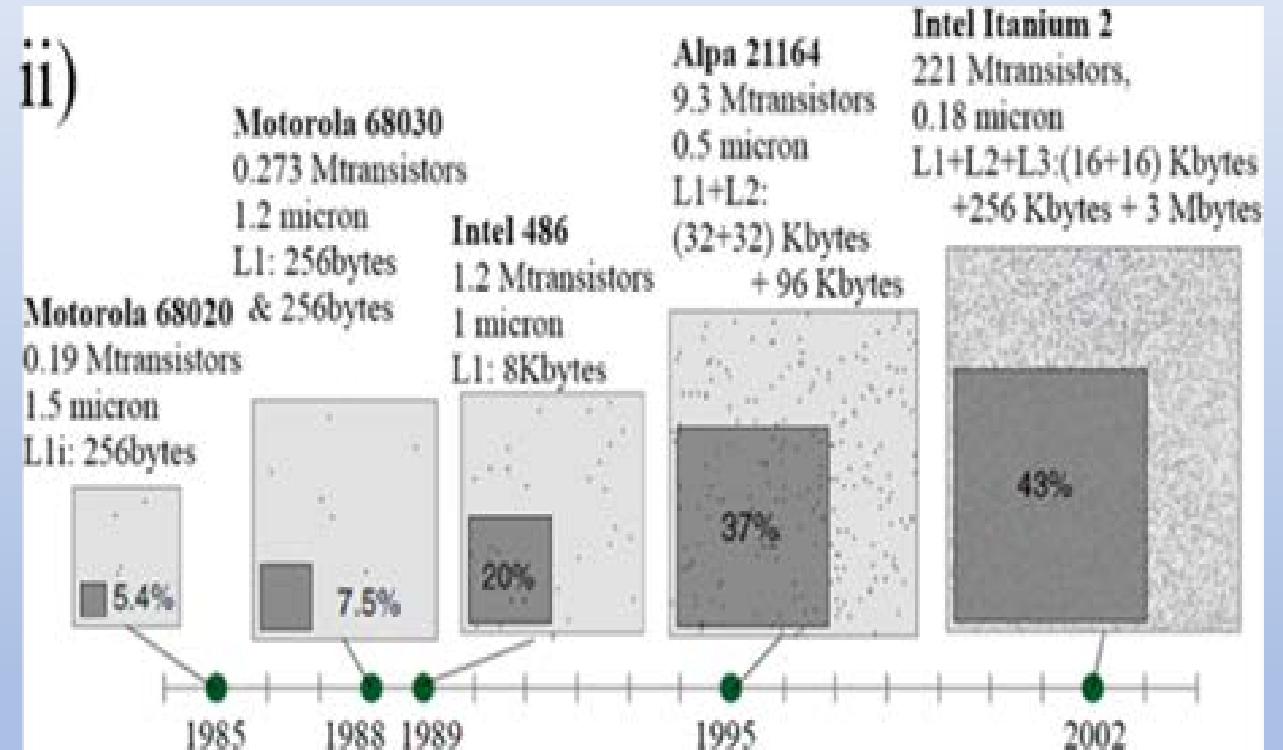
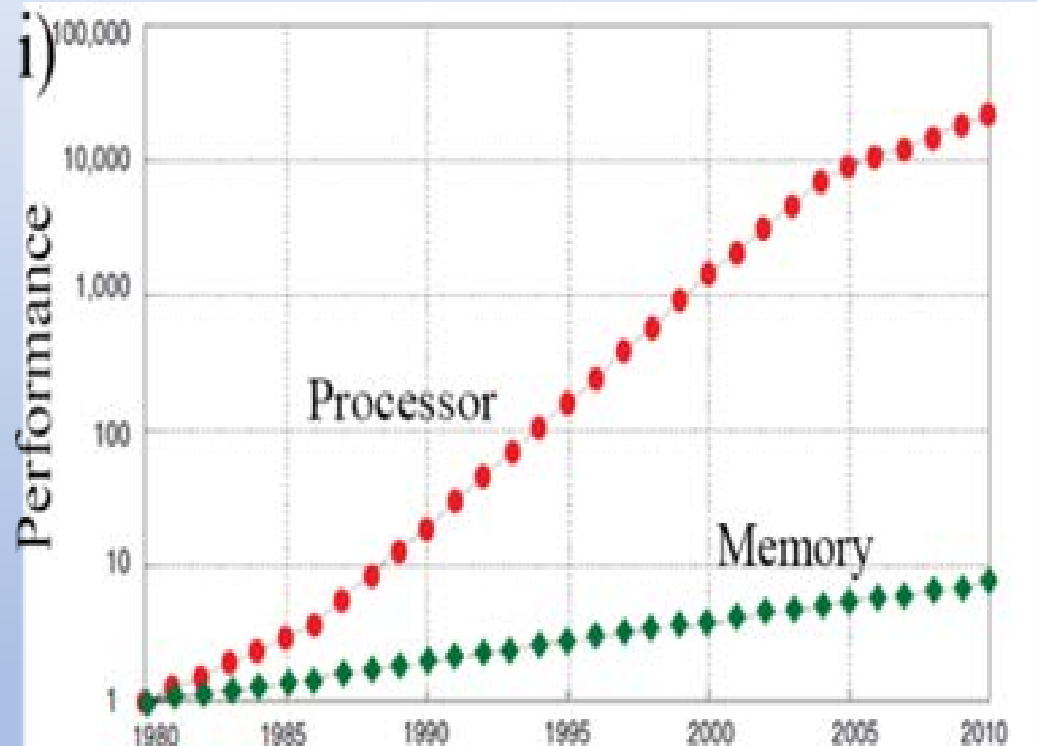


- Στα μέσα της δεκαετίας του 2000, βρεθήκαμε αντιμέτωποι με το Τείχος Επεξεργαστικής Ισχύος και η κατανάλωση ισχύος και η ταχύτητα του ρολογιού σταμάτησαν να προοδεύουν με τους ίδιους ρυθμούς.



# Άρα μέχρι σήμερα

- Για την αύξηση της επεξεργαστικής ισχύος, παρακάμπτοντας τους περιορισμούς του Τείχους Ισχύος, τόσο η Intel όσο και η AMD εισήγαγαν τους **πολυπύρηνους επεξεργαστές**.

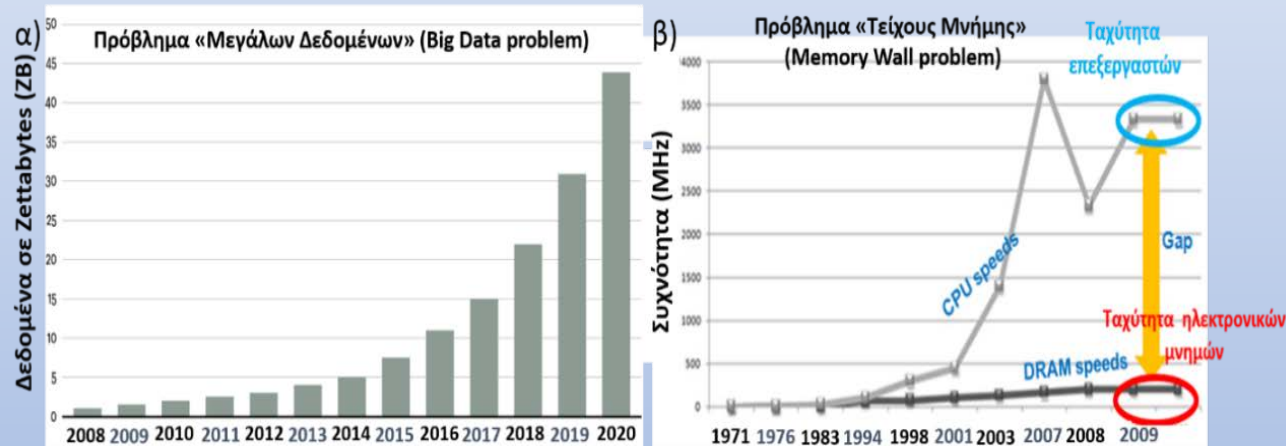


- Η κύρια μέθοδος της γεφύρωσης του χάσματος του Τείχους Μνήμης ήταν η **χρήση των κρυφών μνημών cache**, μια μικρή ειδική μνήμη, πολύ γρήγορη αλλά μικρής χωρητικότητας, που βρίσκεται ανάμεσα στον πυρήνα του CPU και την κύρια μνήμη.

# Τα θέματα προς επίλυση...

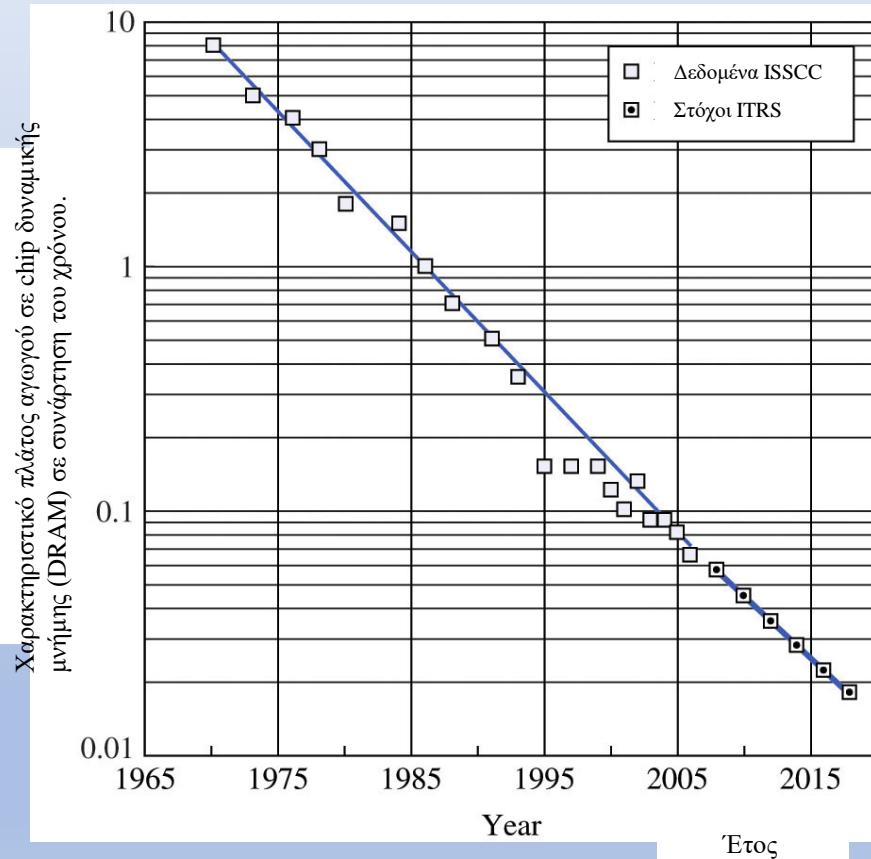
**Τείχος της μνήμης (Memory Wall):** δυσανάλογη αύξηση της υπολογιστικής ισχύος των επεξεργαστών συγκριτικά με την μνήμη.

Δηλαδή το σύστημα να λειτουργεί σε χαμηλότερες ταχύτητες, σημειώνοντας αργούς χρόνους πρόσβασης (memory access times) των δεδομένων στην μνήμη.



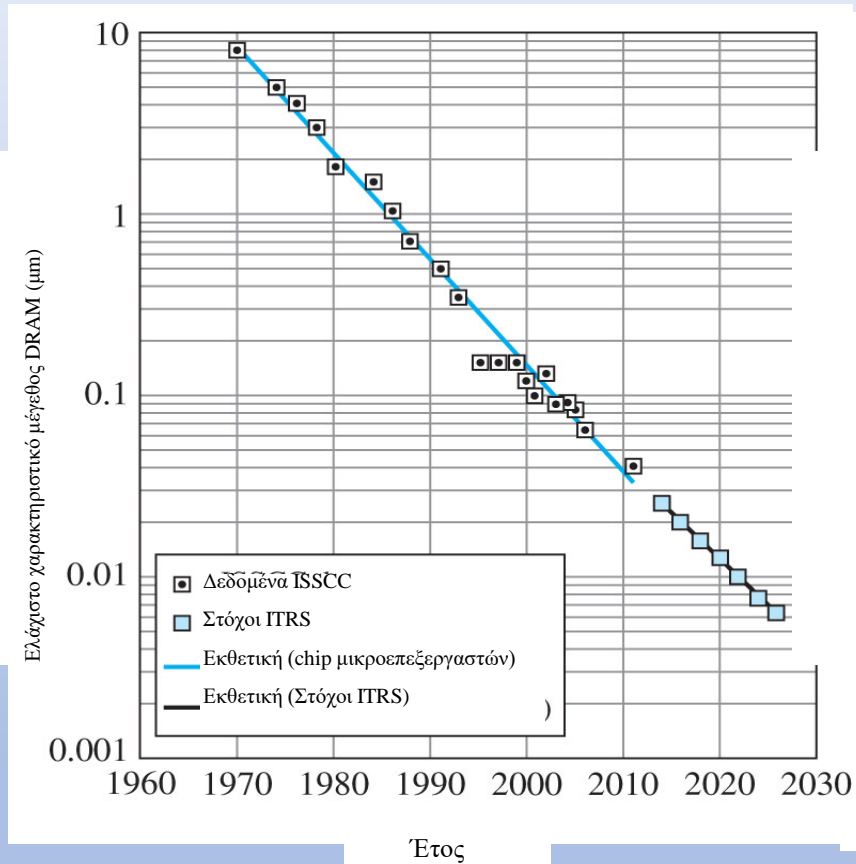
**Πρόβλημα «Μεγάλων Δεδομένων» («Big Data» Problem):** η κατασκευή Exascale ( $10^{18}$  αριθμητικών πράξεων το δευτερόλεπτο) υπερυπολογιστικών μηχανών για την επίλυση σημαντικών επιστημονικών προβλημάτων προϋποθέτει κατανάλωση ενέργειας που να μην ξεπερνάει τα 20 MW για να είναι δυνατή και συμφέρουσα η καθημερινή λειτουργία τους.

Άρα σήμερα έχουμε ραγδαία μείωση των μεγεθών των δομικών στοιχείων των κυκλωμάτων....

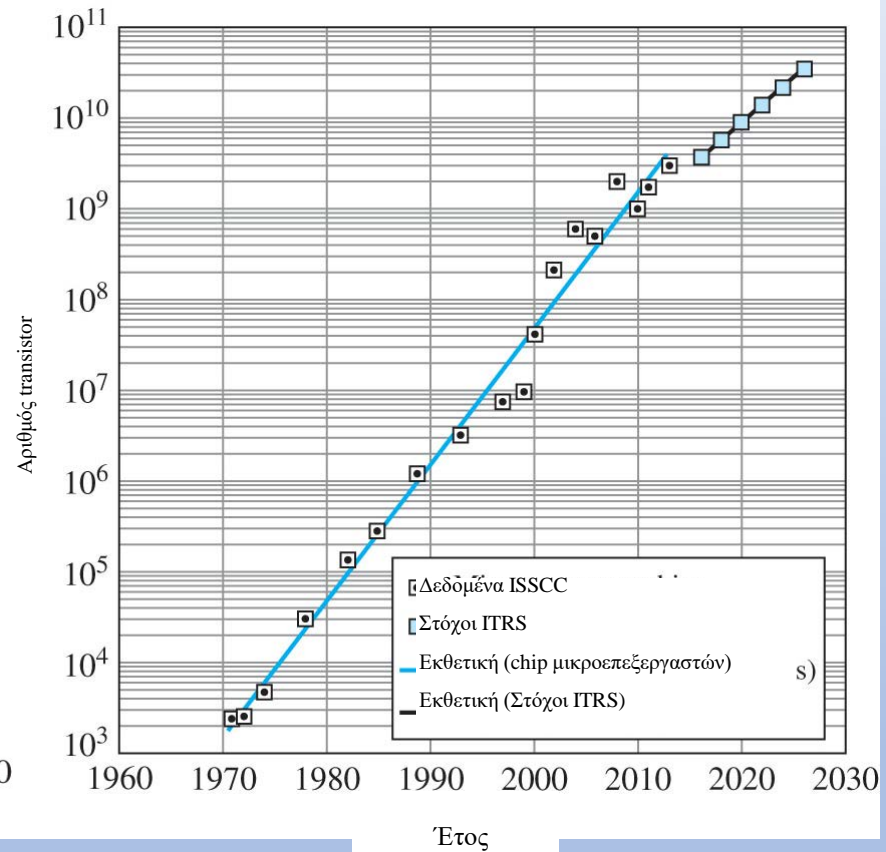


- Η μείωση στις χαρακτηριστικές διαστάσεις κατέστη δυνατή λόγω καινοτομιών στις μεθόδους παραγωγής.
- Οι μικρότερες χαρακτηριστικές διαστάσεις οδηγούν σε περισσότερα transistor ανά μονάδα επιφάνειας και συνεπώς μεγαλύτερη πυκνότητα.

# Η ταχεία αύξηση στην πυκνότητα εξαρτημάτων μικροηλεκτρονικής



Χαρακτηριστικά μεγέθη chip μνήμης έναντι του χρόνου.



Η συνθετότητα μικροεπεξεργαστών έναντι του χρόνου.

## Μπορεί να ισχύει ο νόμος του Moore για πάντα?

Όσο μικραίνουν οι διαστάσεις παρουσιάζονται προβλήματα που οφείλονται σε κβαντομηχανικά αίτια και μειώνουν την απόδοση των μικροηλεκτρονικών διατάξεων.

Σταδιακά περάσαμε από το μέγεθος των 180 nm, στα 120 nm, στα 65 nm, στα 32 nm, 22 nm, 17 nm ..... και σήμερα είμαστε στα 7 nm.

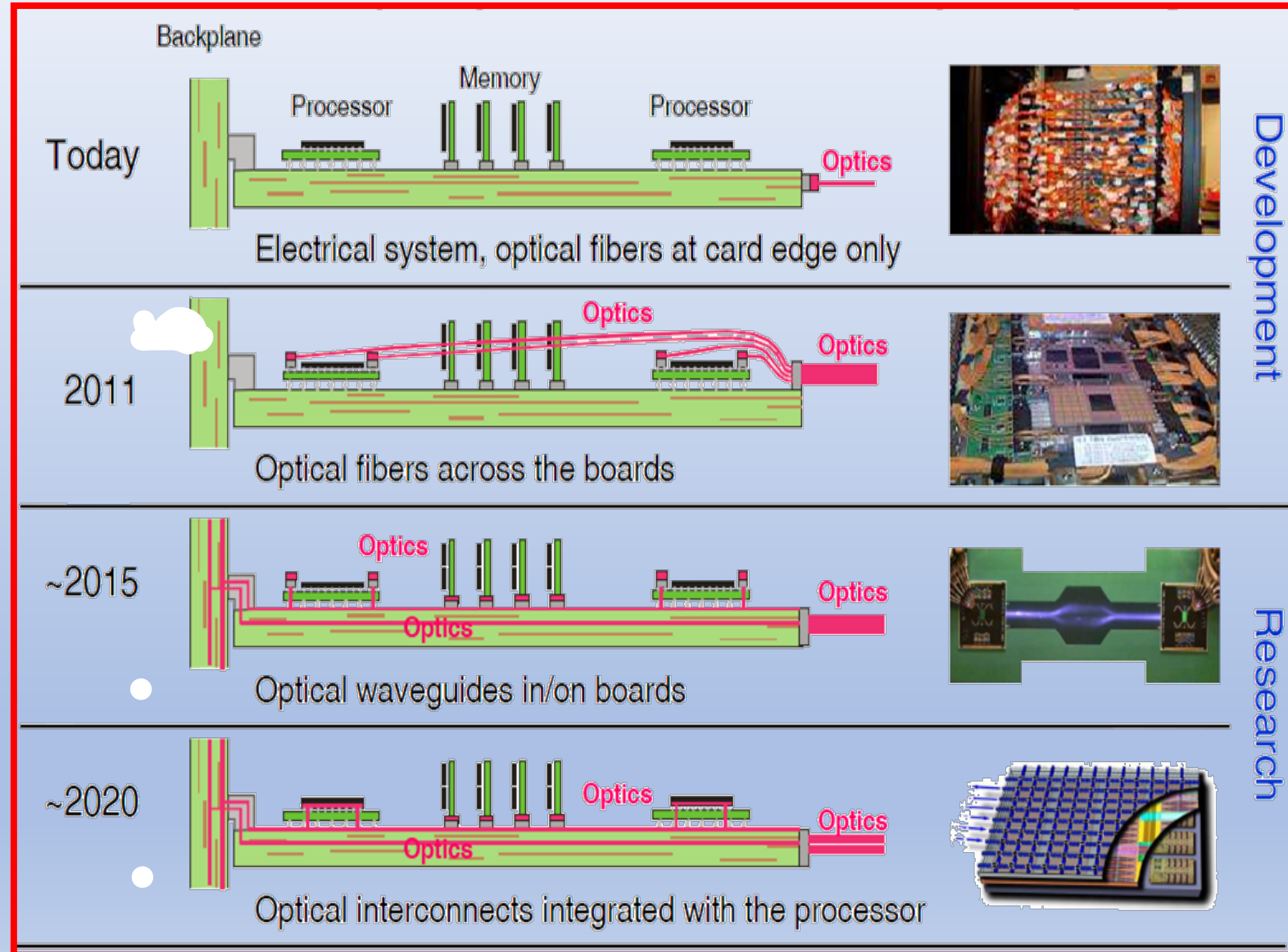
Όταν το μέγεθος των τρανζίστορ στους επεξεργαστές πέσει κάτω από τα 5nm αναμένουμε ακόμα περισσότερα προβλήματα.

**ΌΜΩΣ ΑΝΤΙΘΕΤΑ ΜΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΜΕΧΡΙ ΣΗΜΕΡΑ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ  
ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΛΥΝΟΝΤΑΙ!!!!**

## Και μετά τι?

- Μοριακοί υπολογιστές,
- Κβαντικοί υπολογιστές,
- Οπτικοί υπολογιστές
- Υβριδικοί Η/Υ
- ... ..

## Υβριδικά ηλεκτρονικά και οπτικά συστήματα

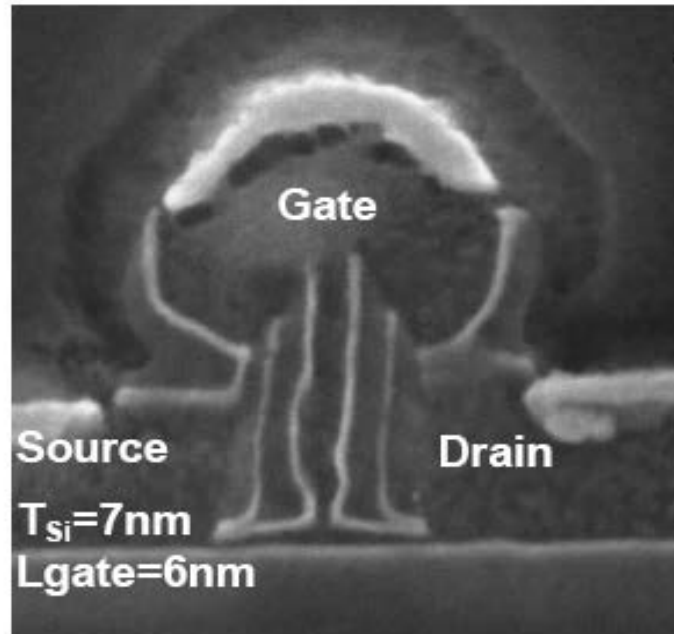


**...όλα τα παραπάνω πώς δουλεύουν ;;; Γιατί συνεχώς αυξάνονται οι επιδόσεις των υπολογιστικών συστημάτων και μειώνεται το μέγεθός τους και το κόστος τους;;;**

....απάντηση: Θα το μάθουμε στο μάθημα, μέσω της κατανόησης των εννοιών της Ηλεκτρονικής και των φυσικών νόμων που διέπουν την λειτουργία των βασικών ηλεκτρονικών διατάξεων.

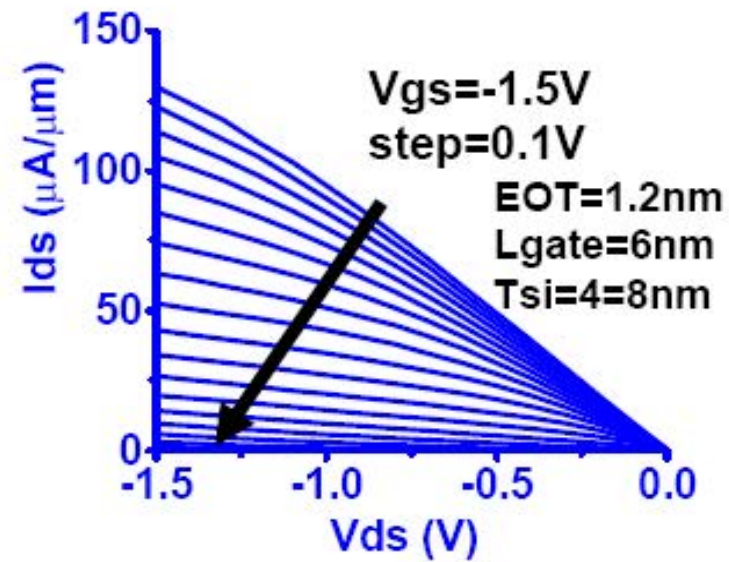
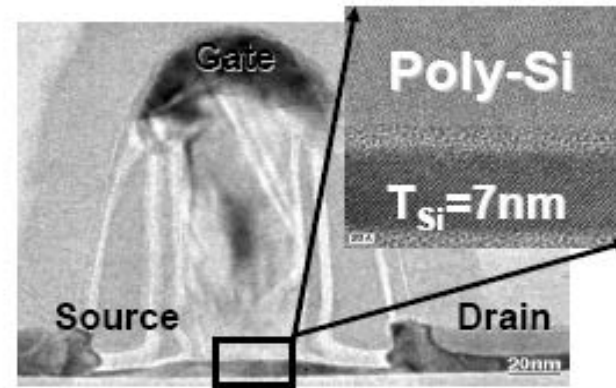


# Extremely Scaled Si FET

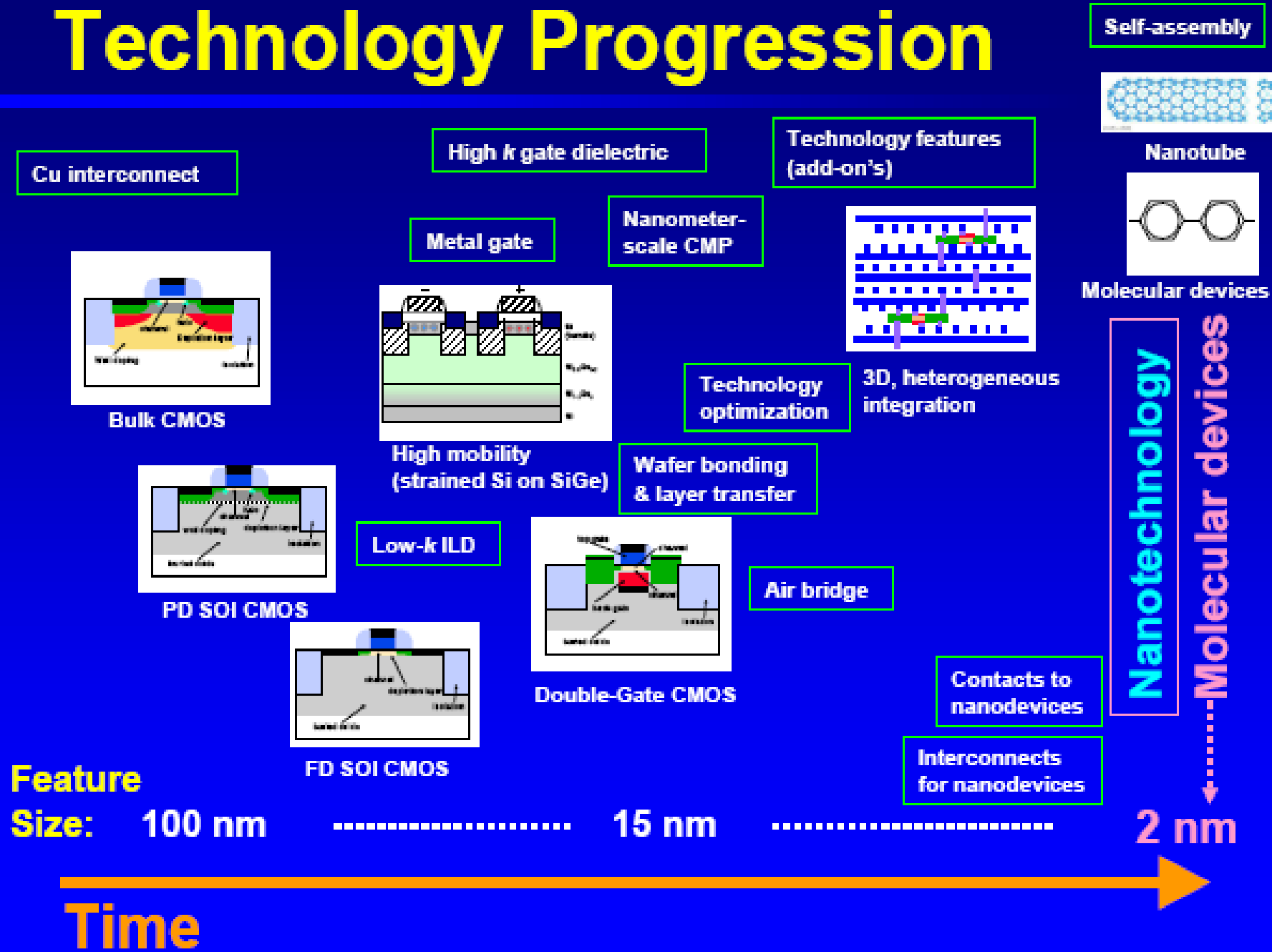


- Gate length = 6 nm

B. Doris et al., *IEDM*, p. 267, 2002.



# Technology Progression



## Συζήτηση: Ανταγωνισμός κατασκευαστών στους επεξεργαστές

**AMD:** Τον Νοέμβριο του 2006 η AMD ανακοίνωσε την ανάπτυξη του νέου επεξεργαστή της Phenom, η οποία κυκλοφόρησε στα μέσα του 2007. Αυτός ο επεξεργαστής βασίζεται στη βελτιωμένη αρχιτεκτονική του K8L Αντιμέτωπη με την νέα τεχνολογία της Intel, έπρεπε να επανασχεδιάσει την τεχνολογία και να κάνει το άλμα σε επεξεργαστές των 65nm και quad-core. Το 2008 έφτασαν τα Athlon II και Phenom II σε 45nm, τα οποία συνέχισαν να χρησιμοποιούν την ίδια βασική αρχιτεκτονική K8L. Το επόμενο βήμα πραγματοποιήθηκε με το Phenom II X6, το οποίο ξεκίνησε το 2010 και έχει έξι πυρήνες για να προσπαθήσει να αντέξει τα μοντέλα τετραπλού πυρήνα της Intel. Η αντικατάσταση του πυρήνα K8L τελικά προήλθε από το Bulldozer το 2011, μια νέα αρχιτεκτονική K10 που κατασκευάστηκε στα 32nm και επικεντρώθηκε στην προσφορά μεγάλου αριθμού πυρήνων. Το Bulldozer κάνει τους πυρήνες να μοιράζονται στοιχεία και οι εφαρμογές πολλαπλών πυρήνων ήταν το μέλλον, οπότε η AMD προσπάθησε να κάνει μια σημαντική καινοτομία για να προχωρήσει μπροστά από την Intel.

Η AMD αντιλήφθηκε την αποτυχία του Bulldozer και προχώρησε με το σχεδιασμό της νέας αρχιτεκτονικής που ονομάστηκε Zen. Η AMD εισήγαγε μια διαδικασία κατασκευής στα 14nm, η οποία είναι ένα τεράστιο βήμα προς τα εμπρός σε σύγκριση με το 32nm του Bulldozer. Αυτά τα 14nm επέτρεψαν στην AMD να προσφέρει επεξεργαστές οκτώ πυρήνων, όπως και το Bulldozer, αλλά πολύ πιο ισχυρούς και ικανούς.

Οι τρέχοντες επεξεργαστές της AMD βασίζονται στη διαδικασία κατασκευής μικροεπεξεργαστών Zen στα 14nm και 12nm με δομικά στοιχεία τα FinFET της Global Foundries. Το όνομα Zen οφείλεται σε μια βουδιστική φιλοσοφία που γεννήθηκε στην Κίνα τον 6ο αιώνα. Μετά την αποτυχία της αρχιτεκτονικής Bulldozer, η AMD εισήγαγε μια περίοδο διαλογισμού σχετικά με το ποια θα ήταν η επόμενη αρχιτεκτονική της, αυτό οδήγησε στη γέννηση της αρχιτεκτονικής Zen. **Ryzen** είναι το εμπορικό σήμα των επεξεργαστών που βασίζονται σε αυτή την αρχιτεκτονική. Η αρχιτεκτονική AMD Zen ξεκίνησε το έτος 2017 και αντιπροσωπεύει το μέλλον της AMD, το 2018 έφθασαν οι επεξεργαστές δεύτερης γενιάς AMD Ryzen και το 2019 έφτασε η τρίτη γενιά, βασισμένη σε μια εξελιγμένη αρχιτεκτονική Zen 2 που κατασκευάστηκε στα 7 nm. Αναμένεται σύντομα η 4<sup>η</sup> γενιά (Zen4).

## Συζήτηση: Ανταγωνισμός κατασκευαστών στους επεξεργαστές

**Intel:** Μεγάλη πρόοδος με την εξέλιξη του σχεδιασμού των επεξεργαστών Meteor Lake φαίνεται πως έχει κάνει η Intel και από ότι φαίνεται η εταιρεία βρίσκεται εντός χρονοδιαγράμματος για να τους παρουσιάσει μέσα στο 2023.

Οι νέοι επεξεργαστές Intel Core που έχουν το κωδικό όνομα Meteor Lake αναμένεται να σηματοδοτήσουν την είσοδο της Intel στην κλίμακα των 7nm.

Καθώς η Intel είχε προχωρήσει στην ανακοίνωση ότι έχει ξεκινήσει να εργάζεται πάνω στην ανάπτυξη των επεξεργαστών Meteor Lake για να κάνουν ντεμπούτο μέσα στο 2023, συμπεραίνουμε ότι η εταιρεία βρίσκεται μπροστά από το χρονοδιάγραμμα όσον αφορά τους 14<sup>ης</sup> γενιάς επεξεργαστές της.

Στην αγορά έχουμε την 11<sup>η</sup> γενιά των επεξεργαστών Intel Core (Rocket Lake), στα 10nm, και πρόκειται να δούμε τους Alder Lake που είναι η 12<sup>η</sup> γενιά των επεξεργαστών Intel Core. Η επόμενη γενιά, η 13<sup>η</sup> θα αποτελείται από chips που θα αποτελούν ένα «refresh» των Alder Lake με την ονομασία Raptor Lake. Η 14<sup>η</sup> γενιά των επεξεργαστών Intel Core με το κωδικό όνομα Meteor Lake σχεδιάζεται να κάνουν την εμφάνισή τους στην αγορά μέσα στο 2023 και θα κατασκευάζονται στα 7nm.

## Συζήτηση: Σημερινή κατάσταση, τεχνολογία και θέματα marketing

**Intel:** Το επόμενο εγχείρημα της εταιρείας στους επεξεργαστές φέρεται να είναι στα 10nm, το οποίο είναι ήδη πίσω από τη λιθογραφία της AMD πριν ακόμα καν ξεκινήσει η 12<sup>η</sup> γενιά Core επεξεργαστών. Ίσως αυτό που πρέπει να κάνει η Intel είναι να είναι ειλικρινής με την αγορά και να μειώσει τις τιμές της ανάλογα. Εάν η εταιρεία γνωρίζει ότι η σειρά Alder Lake δεν θα είναι σε θέση να συναγωνιστεί με αυτό που έχει ετοιμάσει η AMD για την αρχιτεκτονική Zen 4, το να προσηλωθεί για λίγο στον τομέα του «value for money» μπορεί να είναι ο δρόμος για να προχωρήσει.

**AMD:** Οι πρώτες φήμες δείχνουν ότι η αρχιτεκτονική Zen 4 της AMD θα βασίζεται στη λιθογραφία των 5nm της TSMC και θα μπορούσε να κυκλοφορήσει κάποια στιγμή στις αρχές του 2022, δίνοντας στους Alder Lake ένα μικρό παραθυράκι για την Intel να εδραιώσει τη θέση της το 2021 και μετέπειτα.