

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



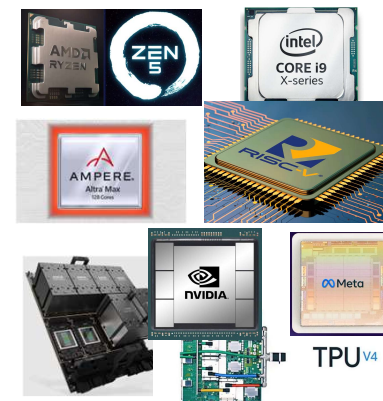
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
—ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837—

Εισαγωγή στην Πληροφορική και
στις Τηλεπικοινωνίες 2025-2026

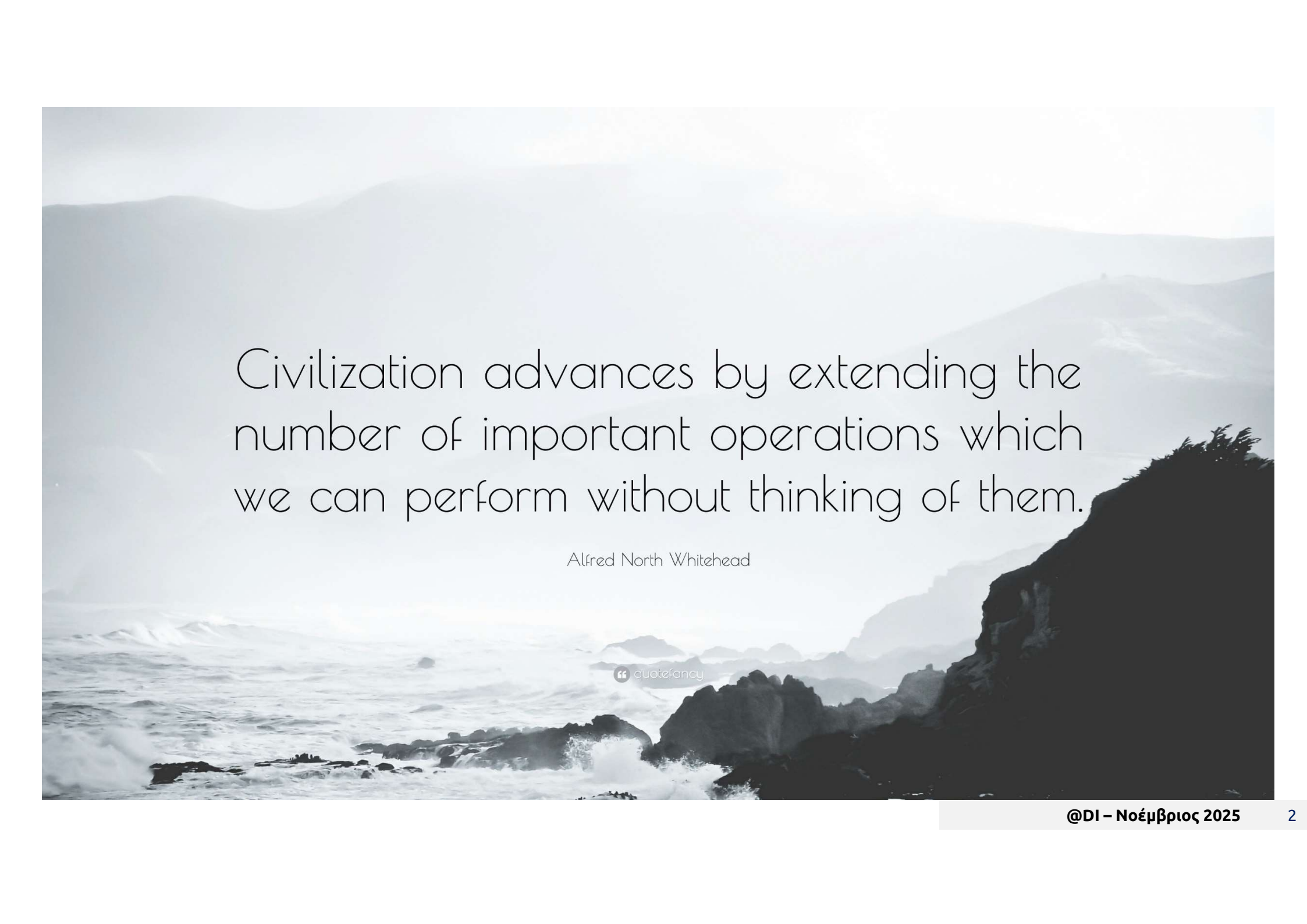
Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Δημήτρης Γκιζόπουλος
Καθηγητής

<http://www.di.uoa.gr/~dgizop>
<http://cal.di.uoa.gr>



Νοέμβριος 2025



Civilization advances by extending the
number of important operations which
we can perform without thinking of them.

Alfred North Whitehead

“ quotez.fancy



To measure is to know.

Lord Kelvin

 quote fancy

Αριθμοί και πράξεις

- Θέλω να υπολογίσω το $X + Y + Z$ στο Excel
 $(X + Y) + Z = X + (Y + Z)$ – **ισχύει?**

X	Y	Z	$(X + Y) + Z$	$X + (Y + Z)$
15869	75866	155	91890	91890

X	Y	Z	$(X + Y) + Z$	$X + (Y + Z)$
989877210000000000	-989877210000000000	155	155	160

X	Y	Z	$(X + Y) + Z$	$X + (Y + Z)$
409871300000000000	-409871300000000000	2	2	0

X	Y	Z	$(X + Y) + Z$	$X + (Y + Z)$
980000000000000000	-980000000000000000	9876	9876	9872

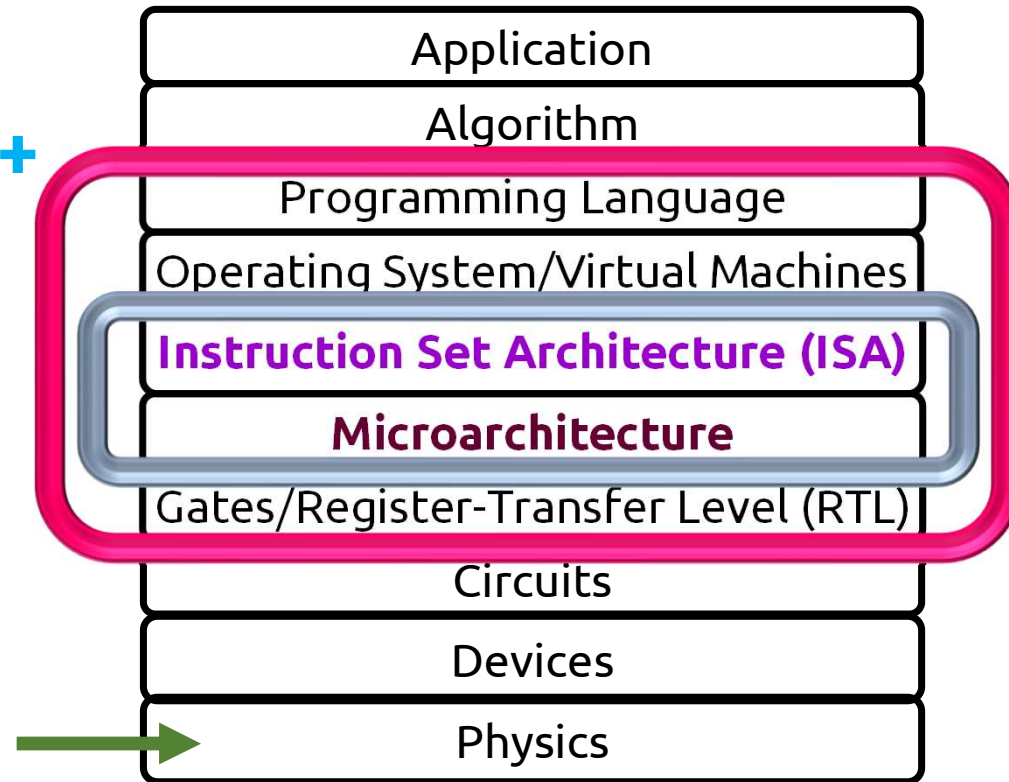
Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

- **Αρχιτεκτονική Υπολογιστών είναι η σχεδίαση των επιπέδων αφαίρεσης (abstraction layers)** που μας επιτρέπει να υλοποιήσουμε εφαρμογές επεξεργασίας πληροφορίας (information processing applications) με αποδοτικό τρόπο χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες τεχνολογίες κατασκευής.
- **Γιατί χρειάζονται επίπεδα αφαίρεσης;**
- **Διότι η απόσταση μεταξύ της εφαρμογής και της φυσικής συσκευής που θα την εκτελέσει είναι πολύ μεγάλη!!**

Επίπεδα Αφαίρεσης

- Στα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα

[$\sim 10^1$] 32 / 60 keywords in C / C++
[$\sim 10^2$] 300 system calls
[$\sim 10^3$] 3684 instructions in x86
[$\sim 10^2$] 354 instructions in Arm
[$\sim 10^4$] 10 000 hardware blocks
[$\sim 10^9$] 1 billion gates
[$\sim 10^{10}$] 6.7 billion transistors



Τι απασχολεί την Αρχιτεκτονική Υπολογιστών;

- **Ορθή Σχεδίαση**

- Πόσο εύκολα και σωστά σχεδιάζεται;

- **Υψηλή Απόδοση – Performance**

- Πόσο γρήγορα εκτελείται;

- **Χαμηλή Ενέργεια/Ισχύς – Energy/Power**

- Πόσο καταναλώνει;

- **Χαμηλό Κόστος**

- Εξαρτάται από το σύστημα

- **Υψηλή Αξιοπιστία**

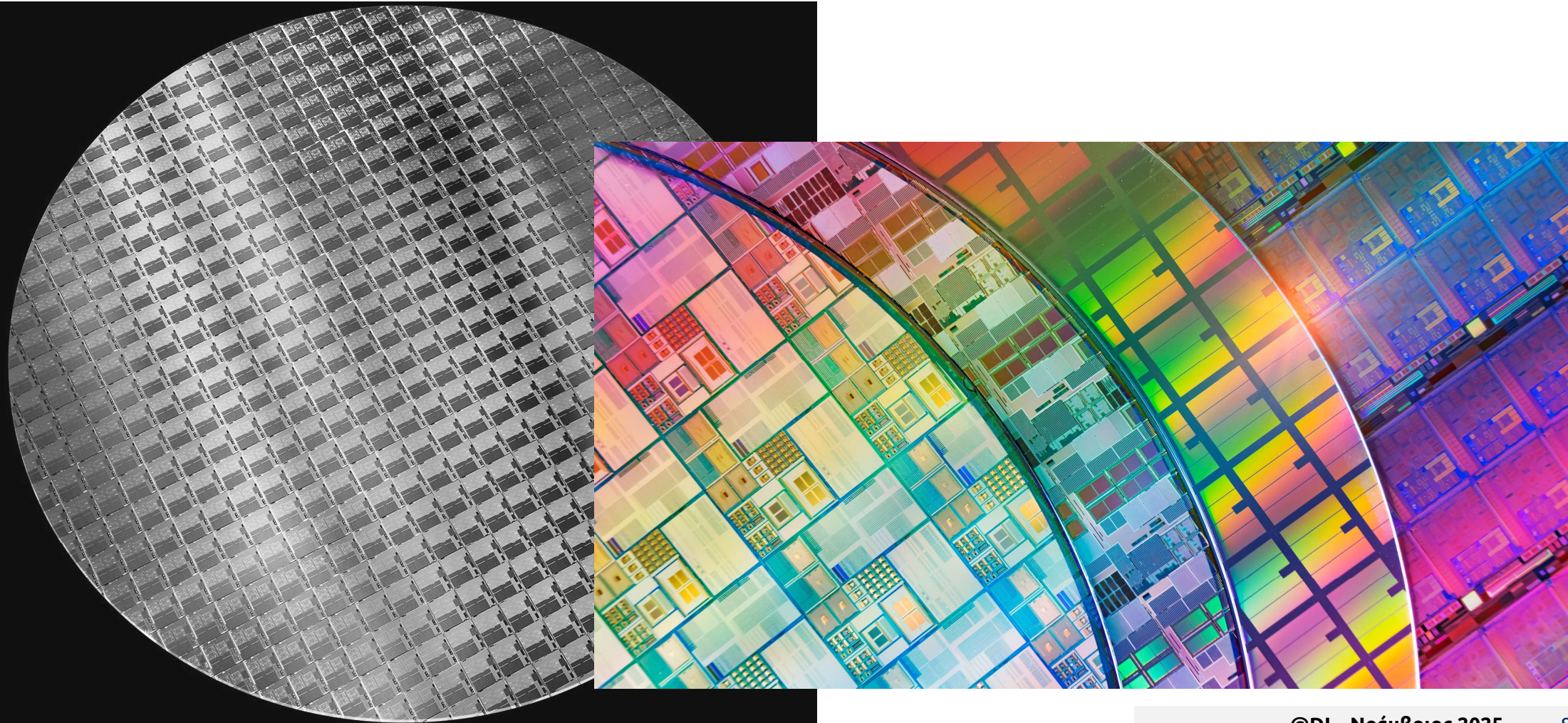
- Ατέλειες κατασκευής

- **Υψηλή Ασφάλεια**

- Ευαίσθητα δεδομένα



Τση Πυριτίου

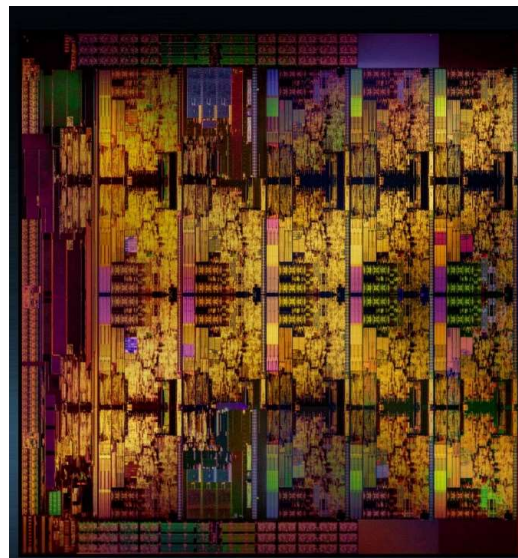


Central Processing Units (CPUs)

High-End Desktop (HEDT) CPU

Intel Core i9-7980XE (Skylake-X),
September 2017

14 nm
18 cores
6–7 B transistors
484 mm² die area



Server CPU

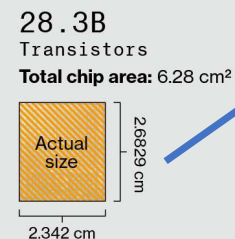
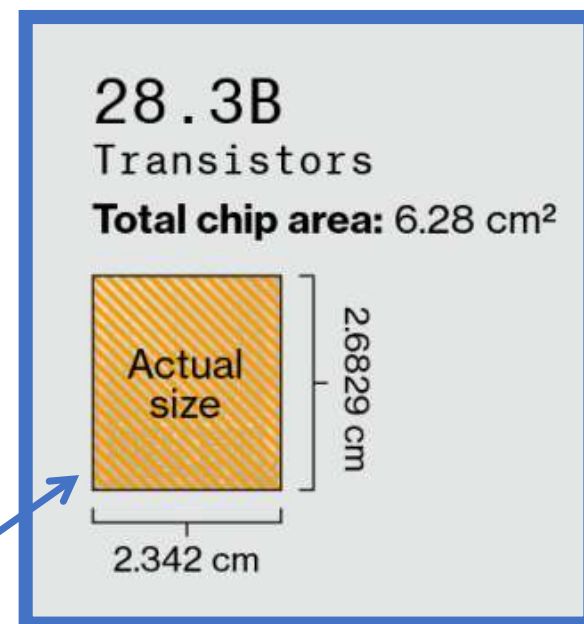
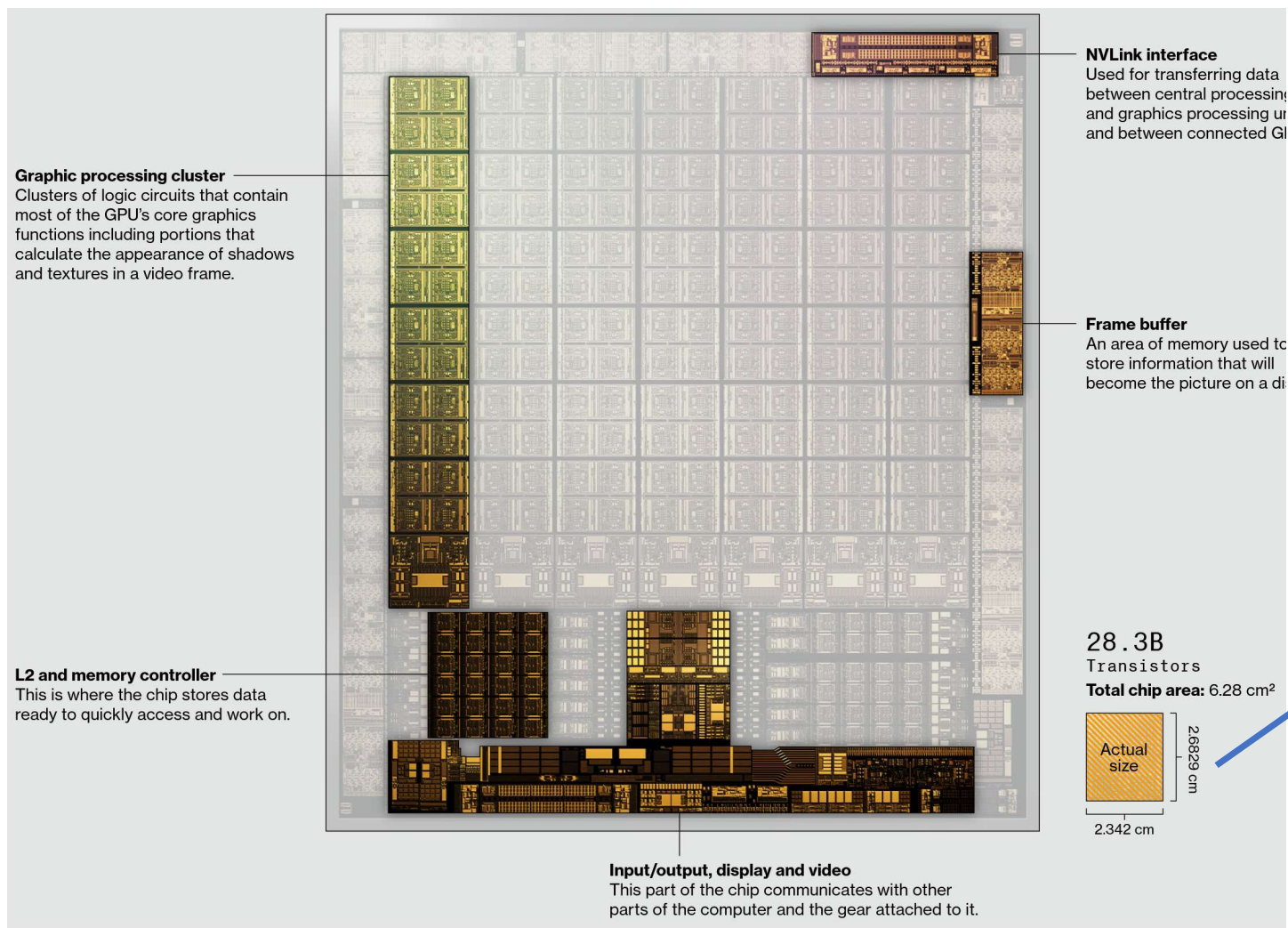
Intel Xeon Platinum 8180
[Skylake Purley Extreme
Core Count (XCC)],
July 2017

14 nm
28 cores
~8.4–10 B transistors
698 mm² die area

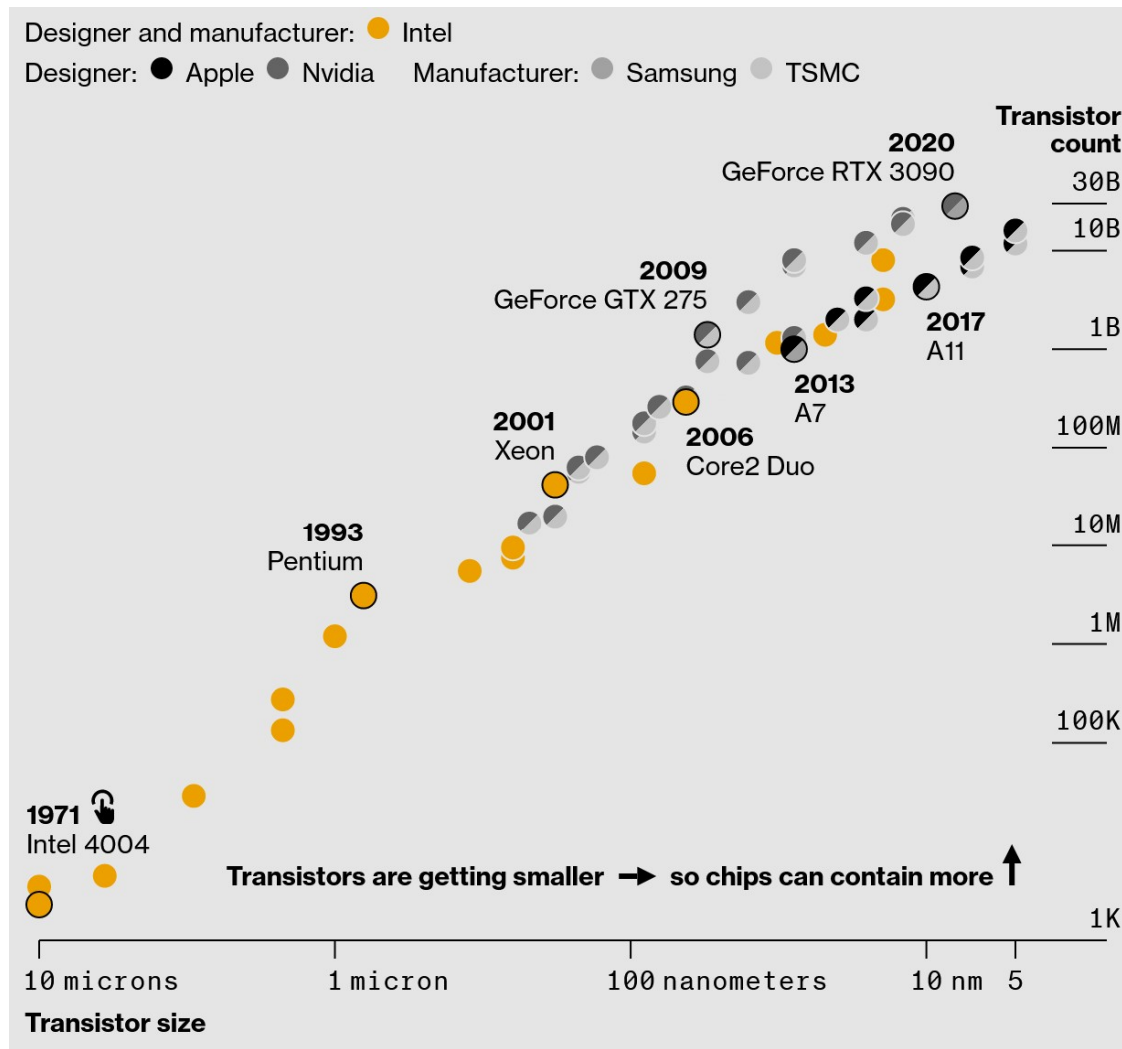


Images courtesy of Intel Corp.

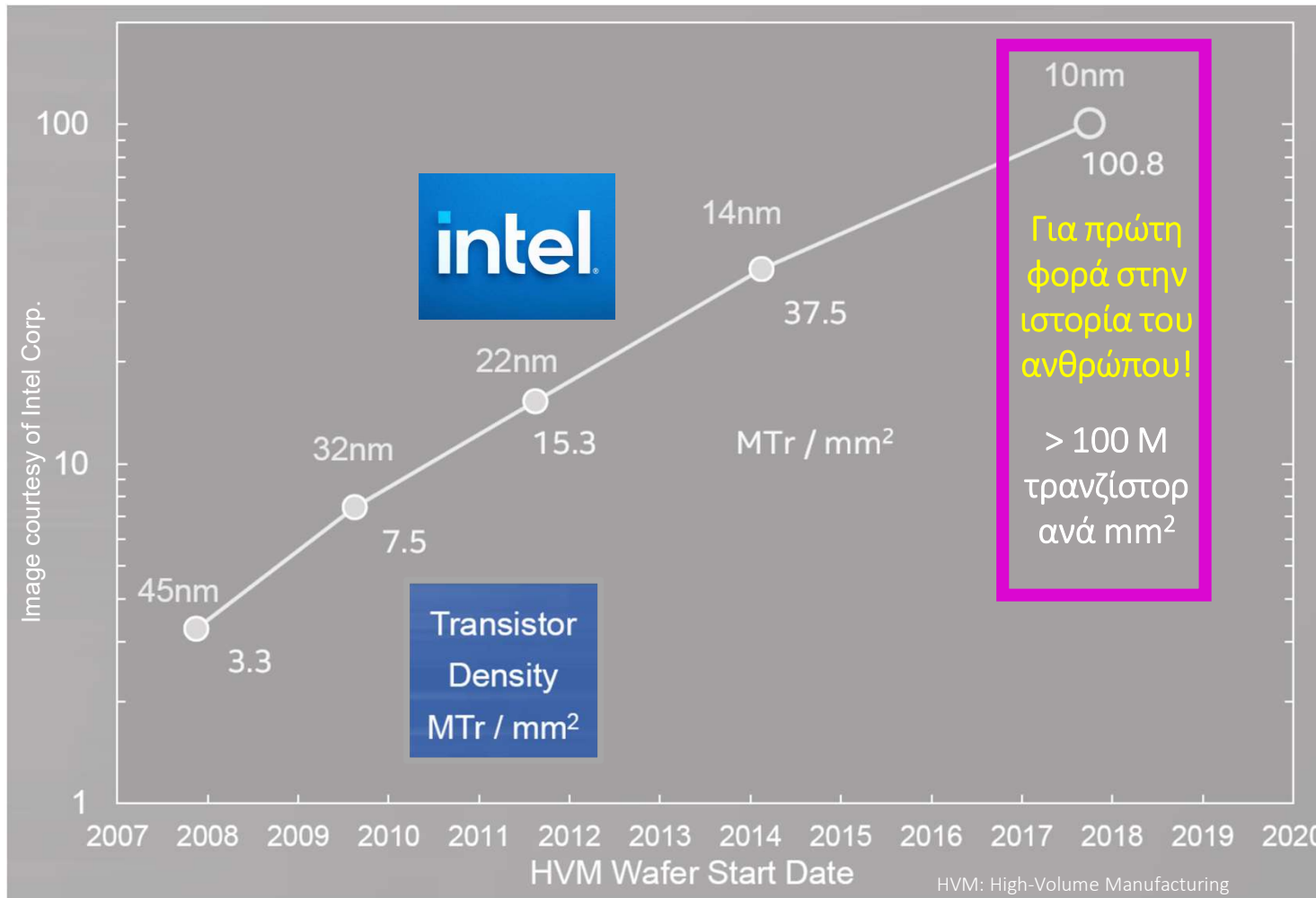
Graphics Processing Units (GPUs)



Εξέλιξη κατασκευής CPU/GPU



Χρονιά Σταθμός – 2018



Από το 2020
κατασκευάζουμε
τσιπ στα 5 nm
 $= 5 \times 10^{-9} \text{ m} =$
0.000000005 m

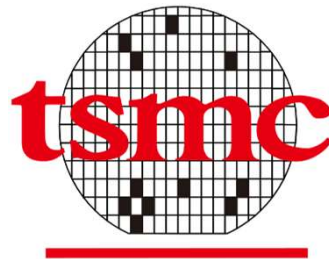
οι διαστάσεις ενός
τρανζίστορ

10 “Insane Facts” για τα Τσιπ Πυριτίου

Ο κόσμος των ημιαγωγών (semiconductors) είναι ο κόσμος των άκρων! Ακρίβεια (precision), Κόστος, (cost), και Διαστάσεις/Κλίμακα (scale) που ξεπερνούν την φαντασία.

Δέκα παραδείγματα το αποδεικνύουν.

- 1. Τα πιο ακριβά εργοστάσια στη Γη!** Τα πιο καινούριο εργοστάσιο της TSMC στην Taichung της Ταϊβαν για τσιπ τεχνολογίας 1.4nm κοστίζει \$49 δις δολάρια — περισσότερο από τρία αεροπλανοφόρα
- 2. Περισσότερα τρανζίστορ από κύτταρα στο ανθρώπινό σώμα!** Παράγονται >2.7 quadrillion (τετράκις εκατομμύρια) τρανζίστορ κάθε μέρα, πολύ περισσότερα από τα 37 trillion (τρισεκατομμύρια) κύτταρα στο σώμα σας.



10 “Insane Facts” για τα Τσιπ Πυριτίου

3. **Οι πιο πολύπλοκες μηχανές!** Οι μηχανές EUV (Extreme Ultraviolet lithography) της ASML είναι ότι πιο πολύπλοκο έχει κατασκευάσει ποτέ ο άνθρωπος – Κάθε “high-NA EUV scanner” περιέχει 700 000 μέρη, ζυγίζει 180 τόνους, και κοστίζει \$370 εκατομμύρια. Μόνο μία εταιρεία στη Γη τις κατασκευάζει: η ASML (Advanced Semiconductor Materials Lithography)

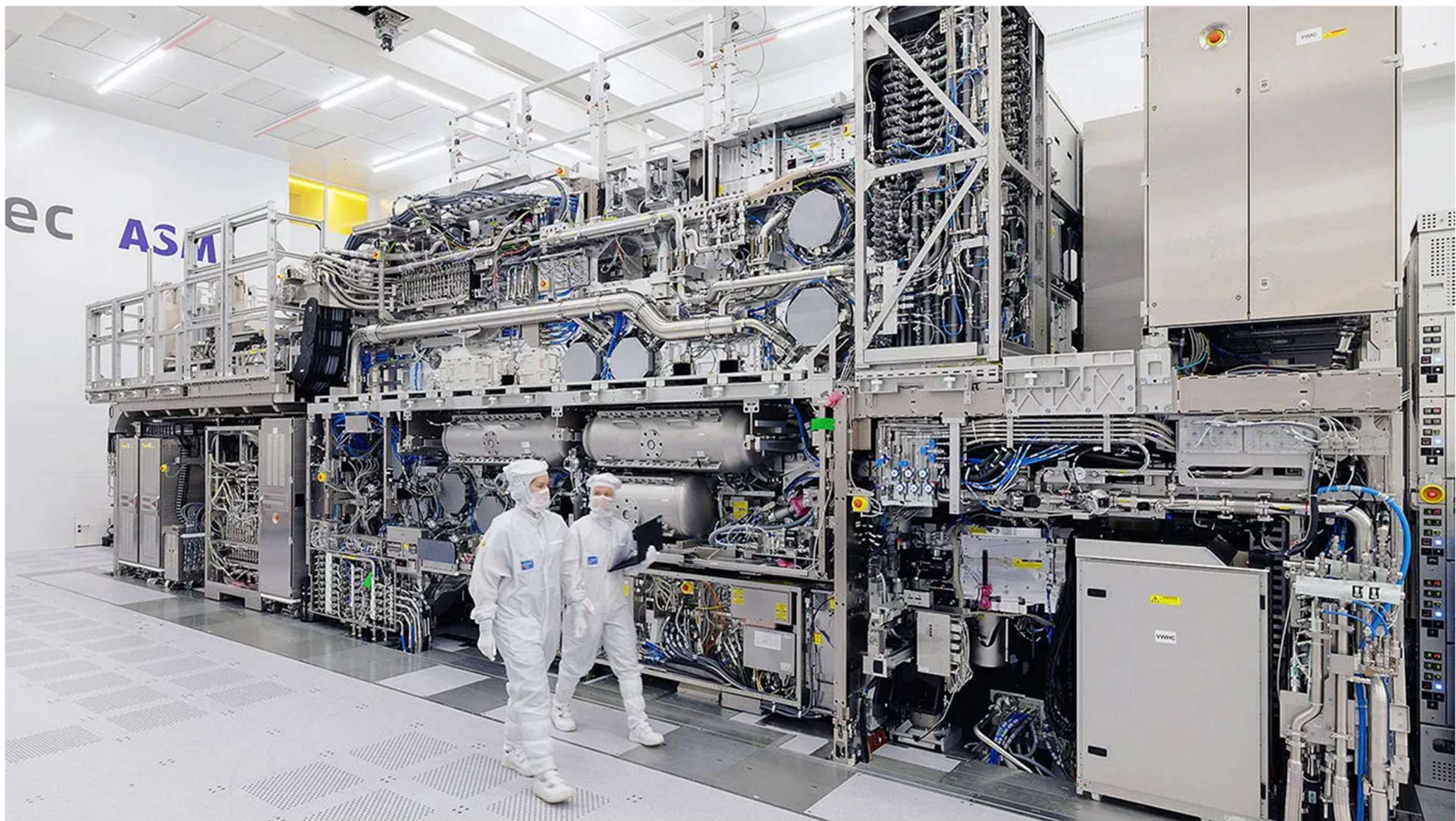


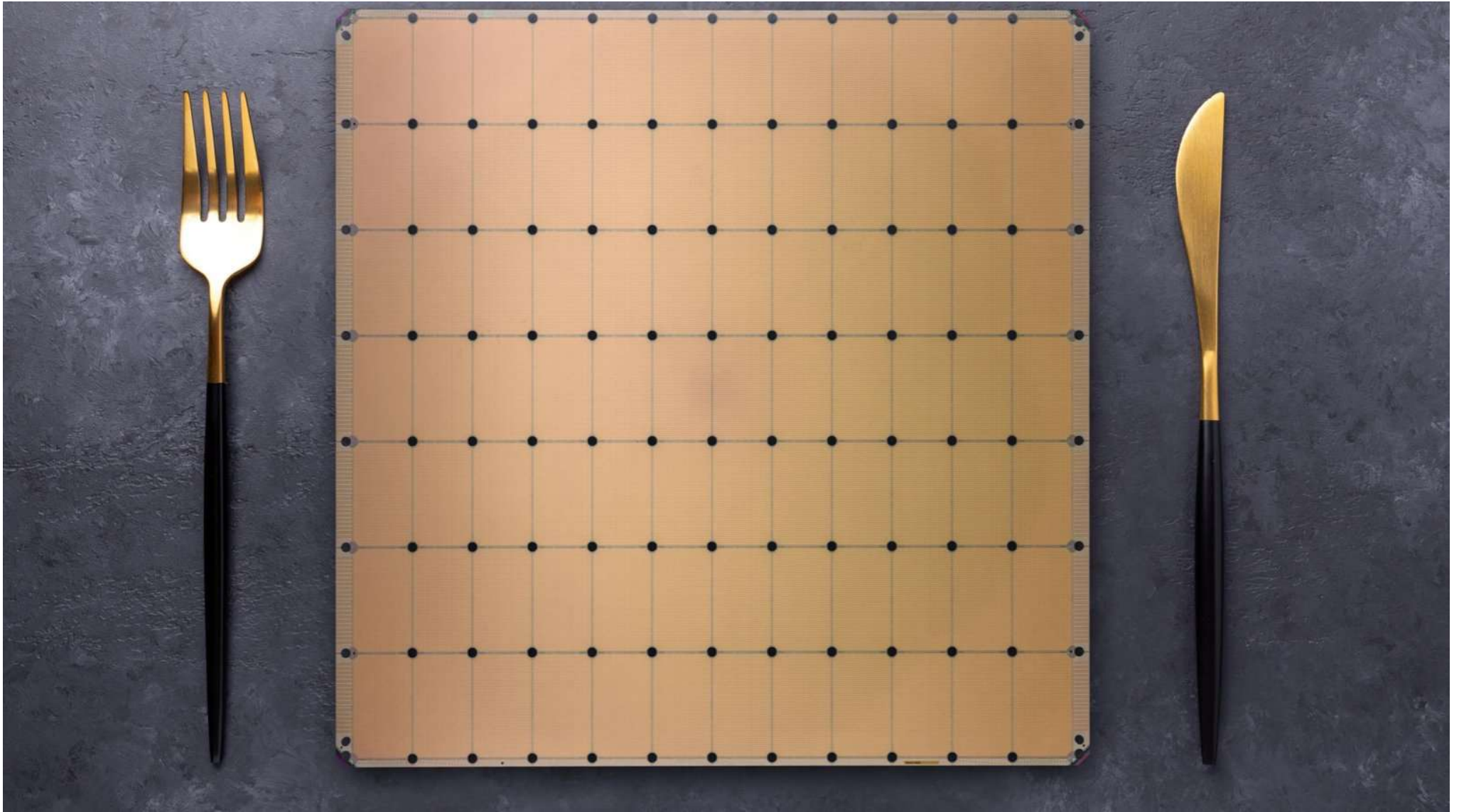
4. **Το μεγαλύτερο τσιπ που έχει κατασκευαστεί ποτέ!** Το Wafer Scale Engine (WSE) της εταιρείας Cerebras περιέχει 4 τρισεκατομμύρια τρανζίστορ σε ένα τσιπ μεγέθους ολόκληρου πλακιδίου (wafer) — τα περισσότερα τρανζίστορ που κατασκευάστηκαν μαζί σε πυρίτιο.



5. **Δύο μεγάλα μονοπώλια!** Μόνο μία εταιρεία (ASML) κατασκευάζει μηχανές EUV. Μόνο μία εταιρεία (TSMC) κατασκευάζει >90% των προηγμένων τσιπ του κόσμου.







10 “Insane Facts” για τα Τσιπ Πυριτίου

6. **Τα τρανζίστορ είναι αδιανόητα μικρά!** Ένα τρανζίστορ τεχνολογίας 2nm έχει πλάτος 12–15nm — χωρούν 5000 τρανζίστορ στο πλάτος μιας ανθρώπινης τρίχας.
7. **Οι απαιτήσεις σε νερό!** Ένα προηγμένο εργοστάσιο ημιαγωγών χρησιμοποιεί 5 εκατομμύρια γαλόνια νερό την ημέρα — περισσότερα από μια πόλη 50 000 κατοίκων.
8. **Οι ημιαγωγοί τροφοδοτούν την παγκόσμια οικονομία!** Σχεδόν 37% του παγκόσμιου ΑΕΠ εξαρτάται άμεσα από τα τσιπ και τα συστήματα που βασίζονται σε αυτά

10 “Insane Facts” για τα Τσιπ Πυριτίου

9. Προσεγγίζουμε τα όρια των νόμων της Φυσικής! Ένα άτομο πυριτίου έχει πλάτος 0.2 nm — αυτό σημαίνει ότι απέχουμε μόλις 60 άτομα από τα φυσικά όρια της κλιμάκωσης (scaling) των τρανζίστορ.
10. Πιο καθαρά από θαλάμους εγχειρήσεων! Ένα προηγμένο εργοστάσιο ημιαγωγών είναι 10 000 φορές πιο καθαρό από ένα χειρουργική αίθουσα νοσοκομείου — ένα μοναδικό σωματίδιο σκόνης μπορεί να καταστρέψει εκατομμύρια τρανζίστορ!

Ταχύτητα εκτέλεσης (=Απόδοση)

- www.top500.org – Top 500 Υπερυπολογιστές (Supercomputers)

Rank	Site	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	DOE/NNSA/LLNL United States	El Capitan - HPE Cray EX255a, AMD 4th Gen EPYC 24C 1.8GHz, AMD Instinct MI300A, Slingshot-11, TOSS HPE	11,039,616	1,742.00	2,746.38	29,581
2	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	Frontier - HPE Cray EX235a, AMD Optimized 3rd Generation EPYC 64C 2GHz, AMD Instinct MI250X, Slingshot-11, HPE Cray OS HPE	9,066,176	1,353.00	2,055.72	24,607
3	DOE/SC/Argonne National Laboratory United States	Aurora - HPE Cray EX - Intel Exascale Compute Blade, Xeon CPU Max 9470 52C 2.4GHz, Intel Data Center GPU Max, Slingshot-11 Intel	9,264,128	1,012.00	1,980.01	38,698

2 746 380 000 000 000 000
(~2.7 πεντάκις εκατομμύρια)
πράξεις πραγματικών αριθμών
το δευτερόλεπτο

2.7 Exaflops!

Τόση απόδοση? Για σπουδαία προβλήματα!



Search



IBM Nordic Blog

[Home](#)

[About us](#)

[Contributors](#)

[Archive](#)

[Categories](#)

Technology

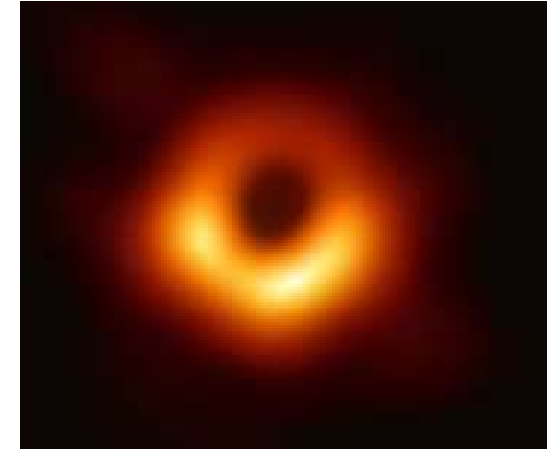
IBM Supercomputer Summit Attacks Coronavirus...



Κι άλλα ...

THE INSIDE STORY OF THE FIRST PICTURE OF A BLACK HOLE

Here's how the Event Horizon Telescope team pieced together the now-famous image of a black hole



Crunching Numbers Into Pictures

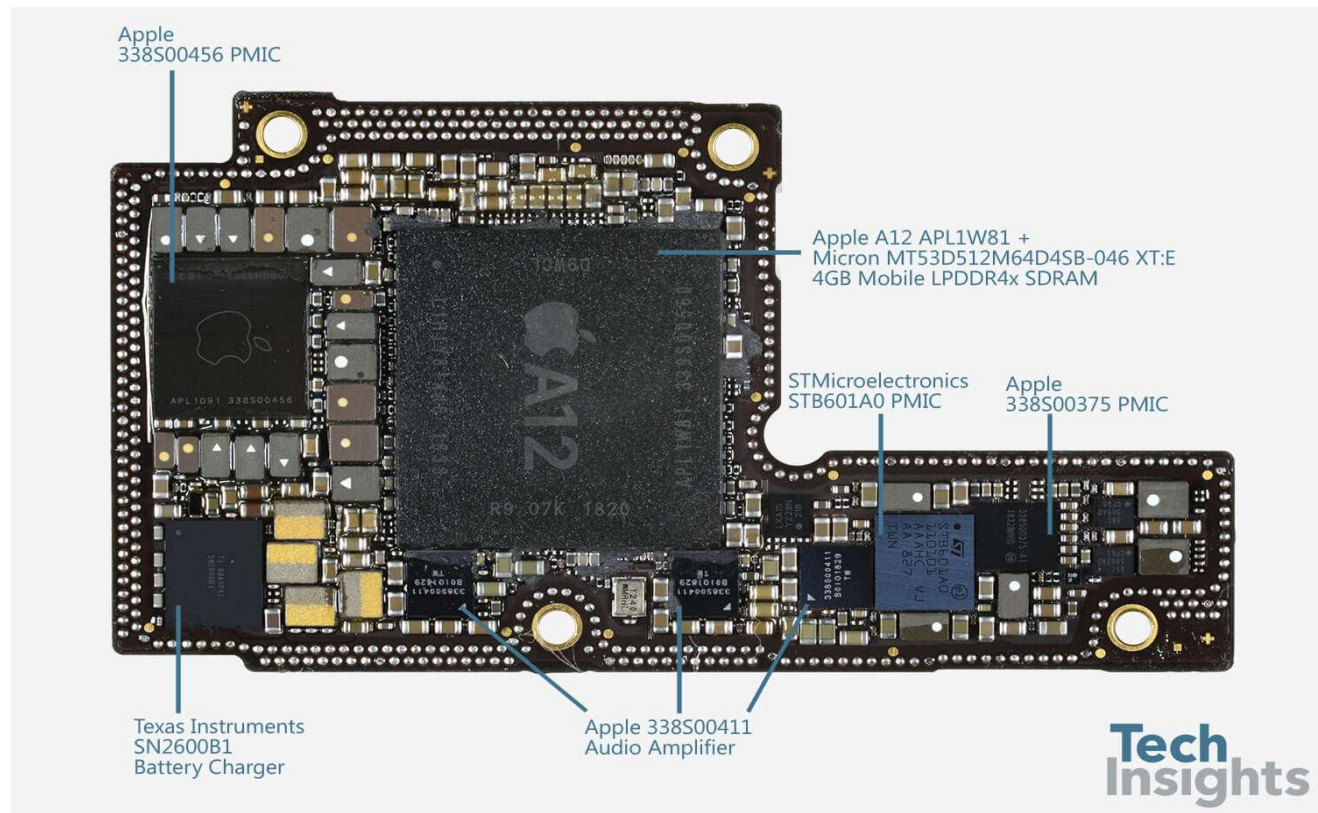
THE MEASUREMENTS TAKEN TO CONSTRUCT THESE IMAGES OF A BLACK HOLE CAME FROM SEVEN RADIO TELESCOPES SPREAD AROUND THE WORLD. AN EIGHTH (AT THE SOUTH POLE) AIDED IN THE CALIBRATION OF THESE MEASUREMENTS. NEWLY DEVELOPED ALGORITHMS AND SUPERCOMPUTERS WERE USED TO CORRELATE THE OBSERVED SIGNALS TO MAKE MEASUREMENTS AND RECONSTRUCT THE IMAGES FROM THESE MEASUREMENTS.

Our group—made up of more than 200 scientists and engineers in 20 countries—combined eight of the world's most sensitive radio telescopes, a network of synchronized atomic clocks, two custom-built supercomputers, and several new algorithms in computational imaging. After more than 10 years of work, this collective effort, known as the Event Horizon Telescope (EHT) project, was finally able to illuminate one of the greatest mysteries of nature.

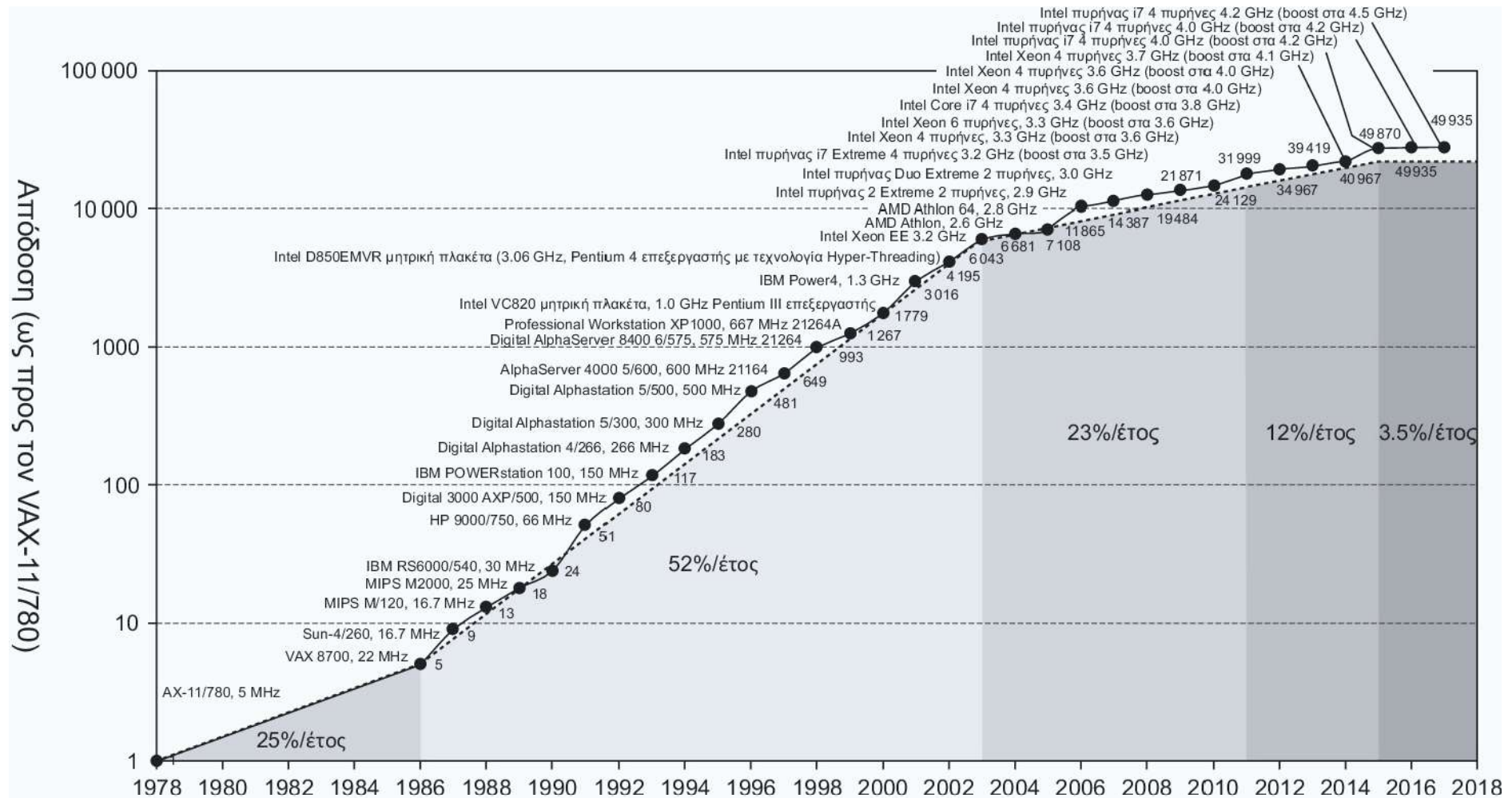
<https://spectrum.ieee.org> (February 2020)

Υπερυπολογιστές «Τσέπης»

- Apple iPhone X Max
 - 2018
 - 2.49 GHz
 - 7 nm technology
 - 6.9 Billion transistors
 - 83 mm²
 - 2 731 000 000 πράξεις
 - (2.7 δισεκατομμύρια πράξεις πραγματικών αριθμών το δευτερόλεπτο)



Απόδοση Ενός Πυρήνα CPU



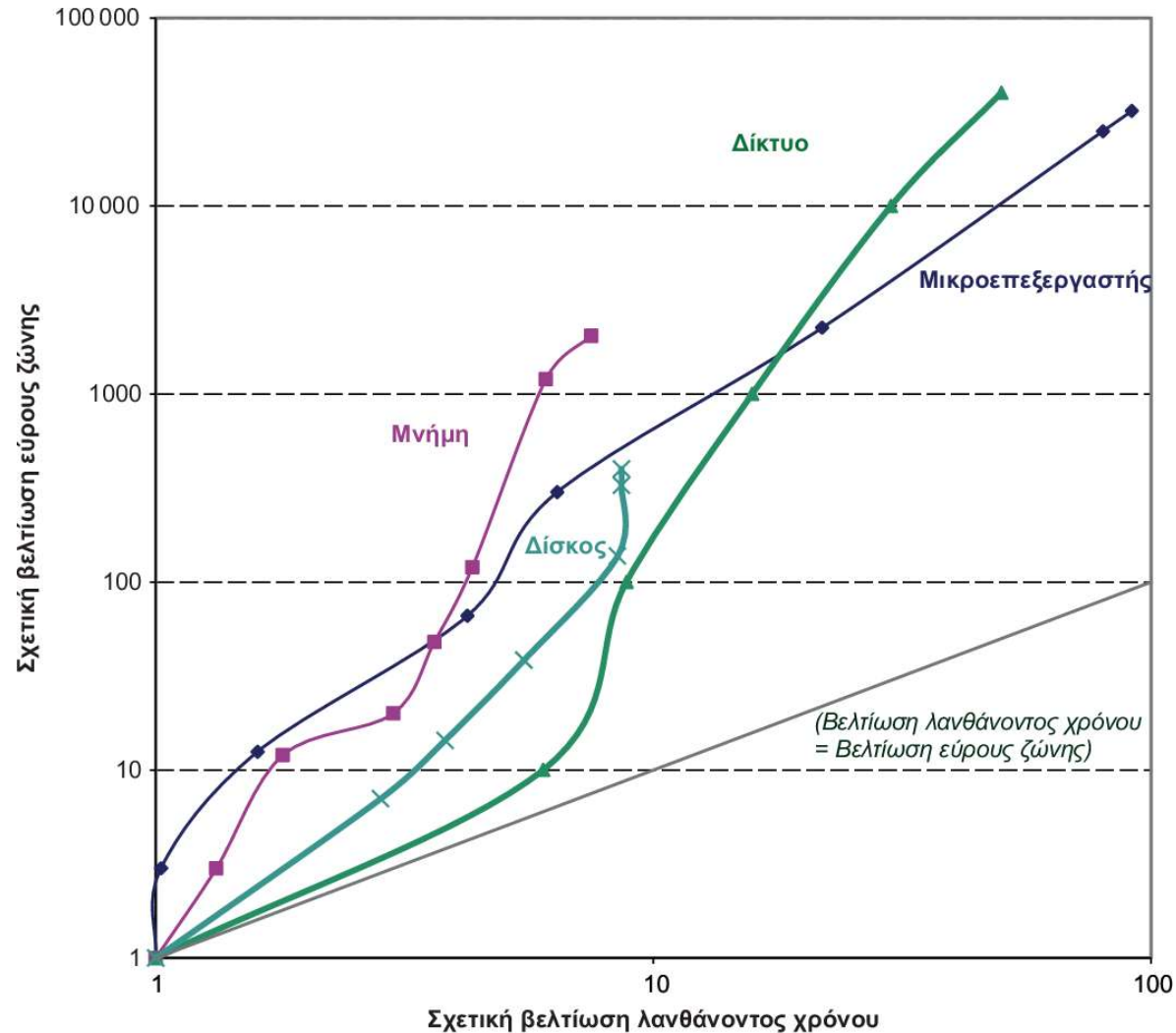
Μορφές Παραλληλίας

- Μειώνεται η εκμετάλλευση της παραλληλίας επιπέδου εντολής (**Instruction-Level parallelism – ILP**)
 - Η τεράστια βελτίωση της απόδοσης του μονού επεξεργαστή τελείωσε το 2003
- Νέα μοντέλα για απόδοση:
 - Παραλληλία επιπέδου δεδομένων (**Data-level parallelism – DLP**)
 - Παραλληλία επιπέδου νήματος (**Thread-level parallelism – TLP**)
 - Παραλληλία επιπέδου αιτήματος (**Request-level parallelism – RLP**)
- Αυτά απαιτούν ρητή αναδόμηση (εκ νέου συγγραφή) της εφαρμογής (κώδικα)

Latency vs. Bandwidth

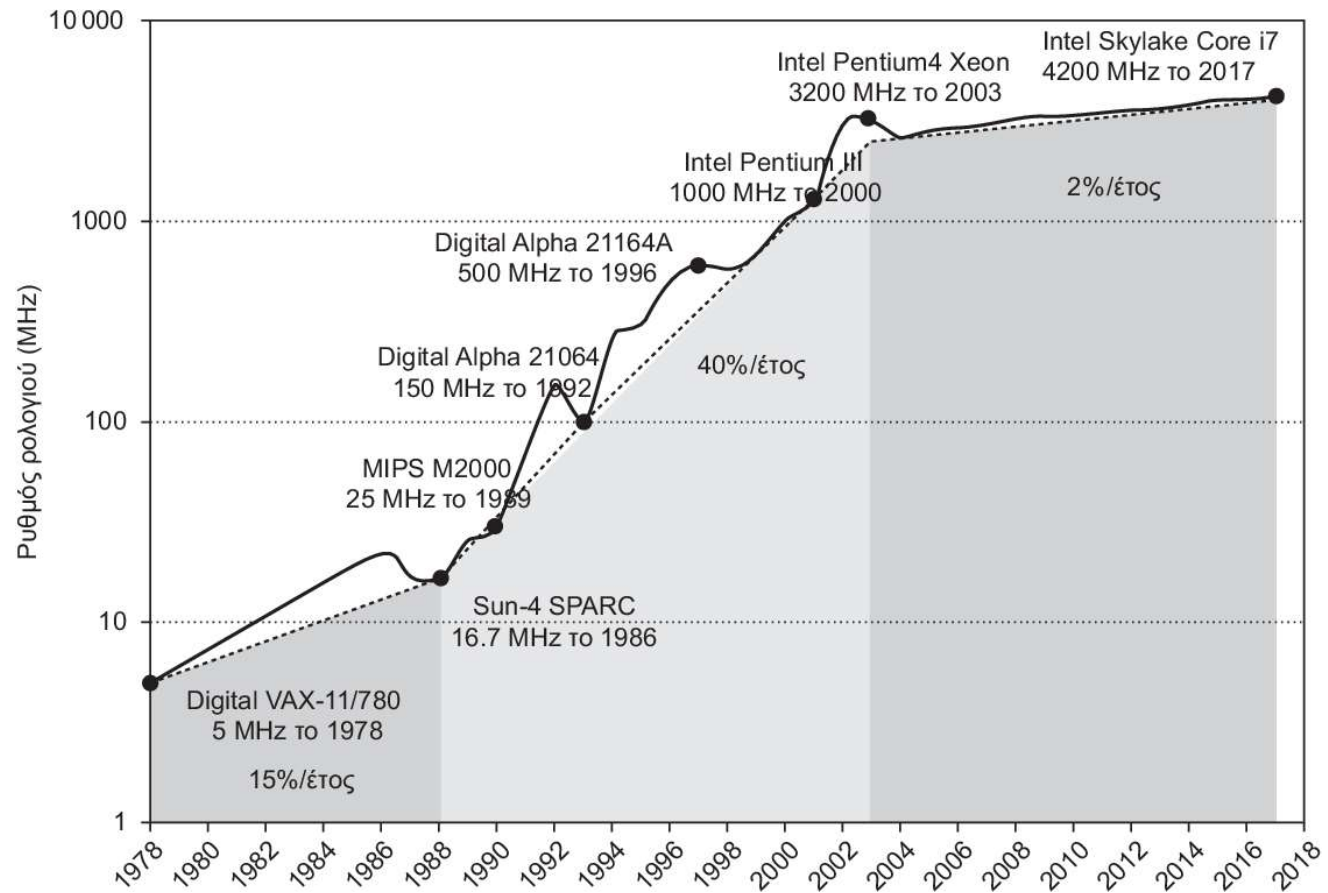
- **Latency** (Λανθάνων Χρόνος): χρονική διάρκεια μίας λειτουργίας
 - Εκτέλεση μίας εντολής
 - Ανάγνωση μιας λέξης μνήμης
 - Μεταφορά ενός μπλοκ δίσκου
 - Μεταφορά ενός πακέτου στο δίκτυο
- **Bandwidth** (Εύρος ζώνης): πλήθος λειτουργιών στη μονάδα του χρόνου
 - Εντολές ανά δευτερόλεπτο
 - Αναγνώσεις ανά δευτερόλεπτο
 - Μεταφορές από το δίσκο ανά λεπτό
 - Μεταφορές πακέτων ανά λεπτό

Εξέλιξη Latency vs. Bandwidth

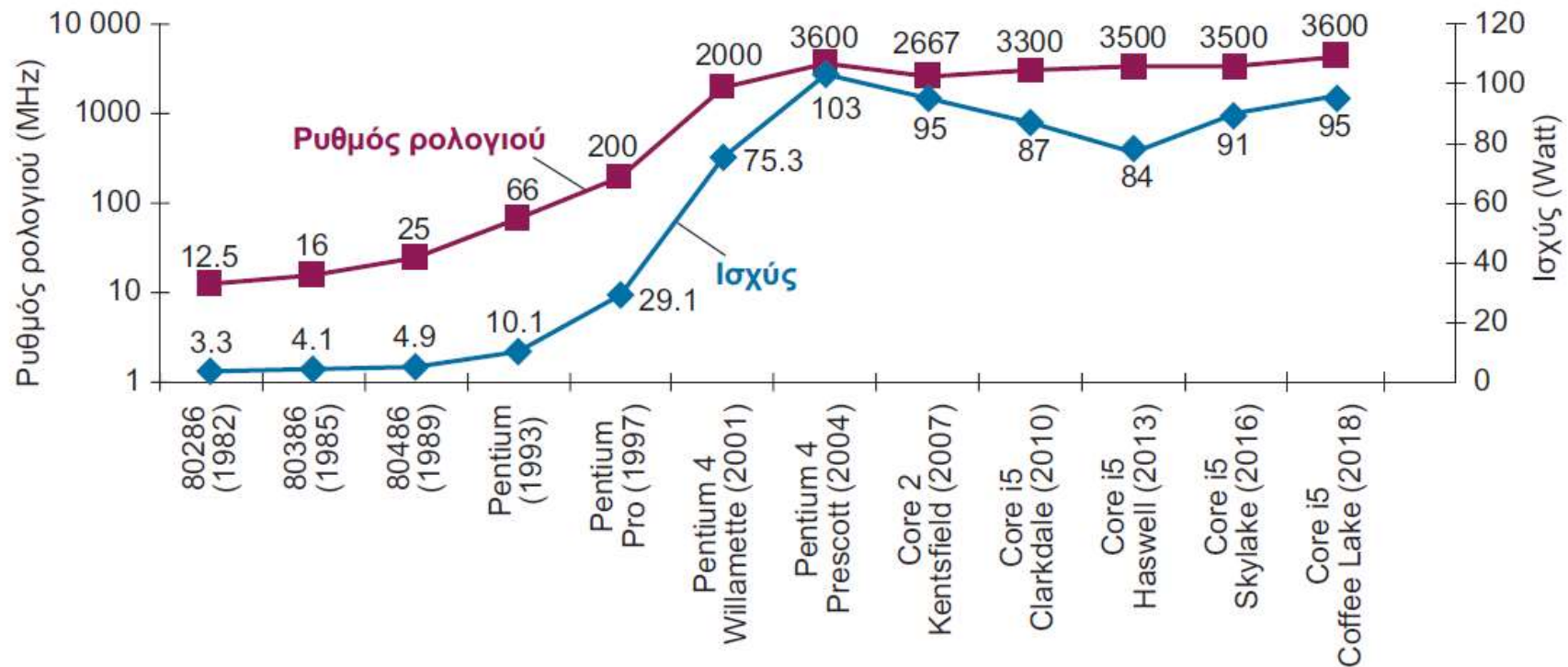


Ρυθμός Ρολογιού + Ηλεκτρική Ισχύς (Power)

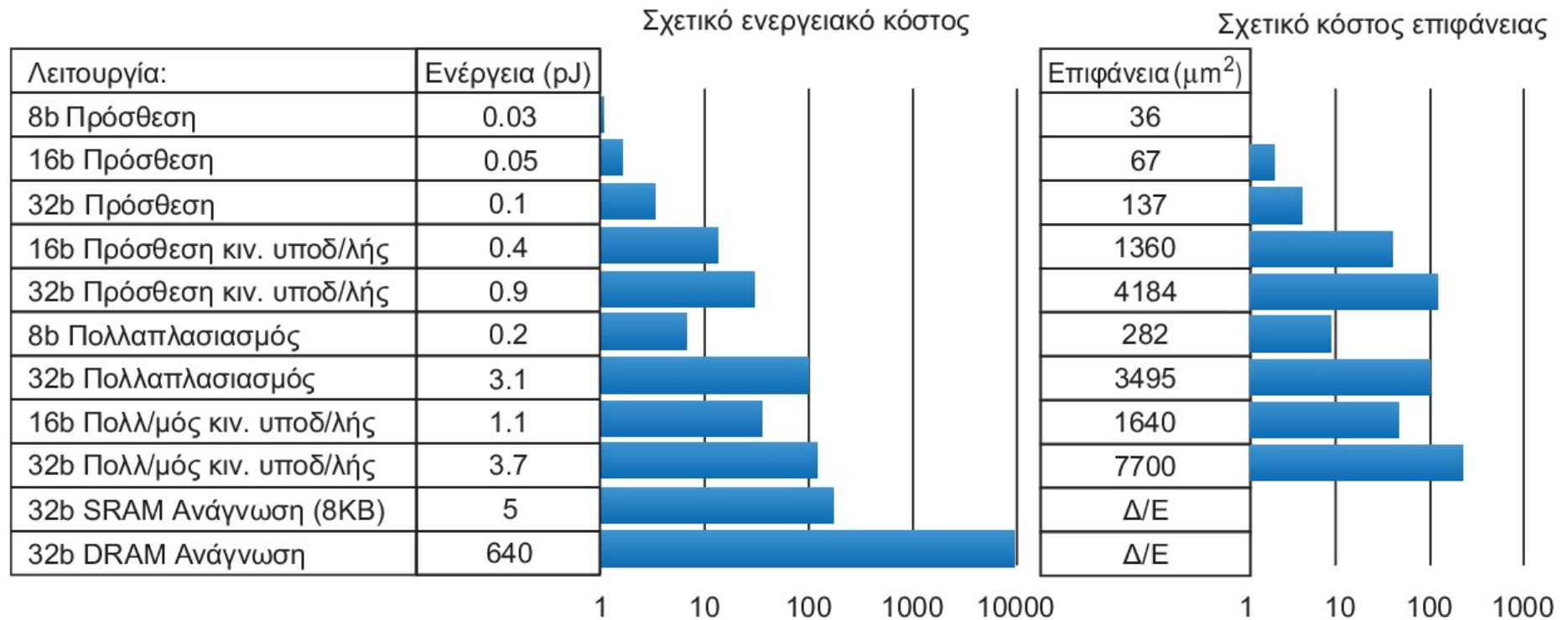
- Ο Intel 80386 κατανάλωνε ~ 2 W
- Ο Intel Core i7 στα 3.3 GHz καταναλώνει 130 W
- Η θερμότητα πρέπει να απάγεται από ένα τσιπ διαστάσεων 1.5 x 1.5 cm
- Αυτό είναι το όριο για το τι μπορεί να ψυχθεί μέσω αέρα



«Τείχος Ισχύος» (Power Wall)

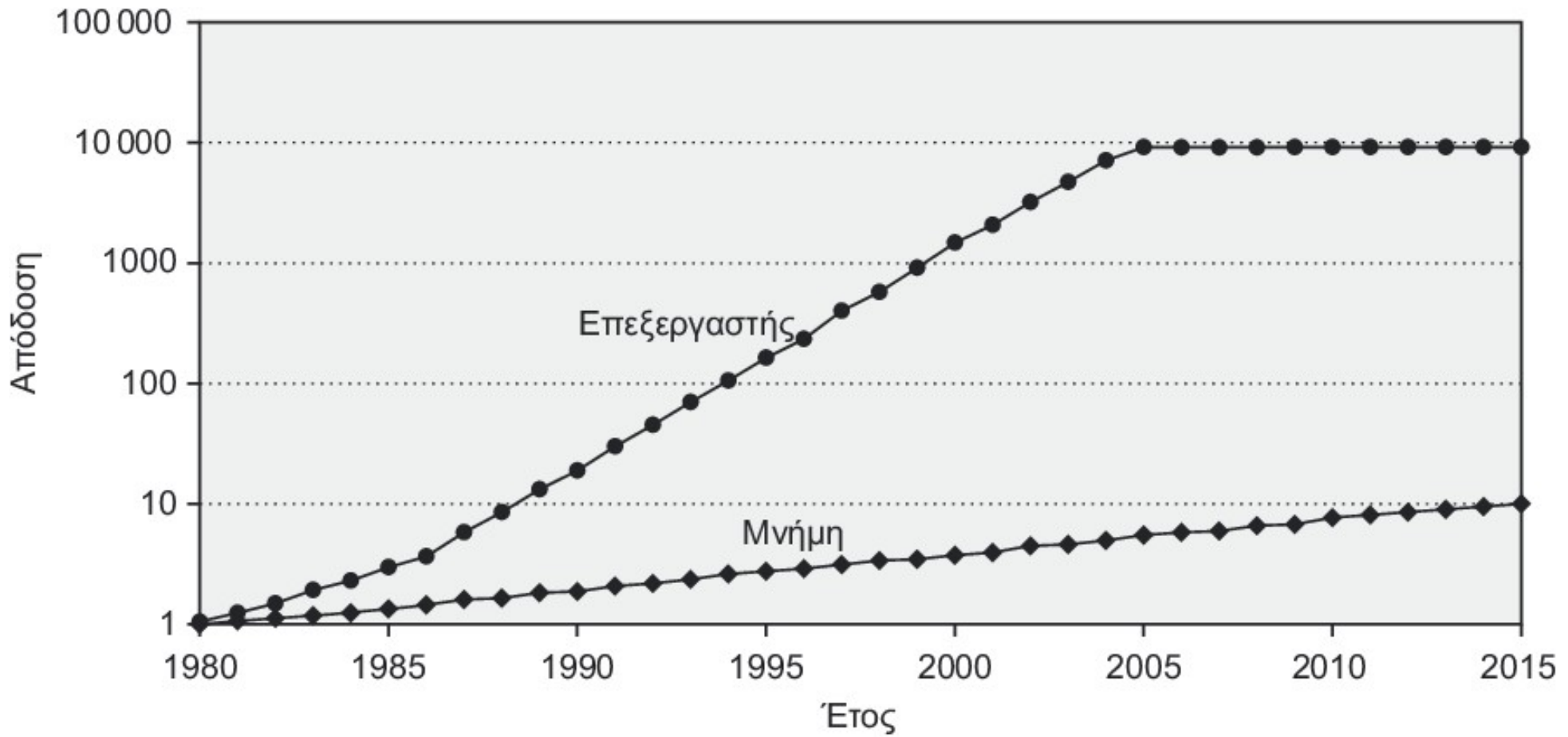


Που καταναλώνεται η Ενέργεια;

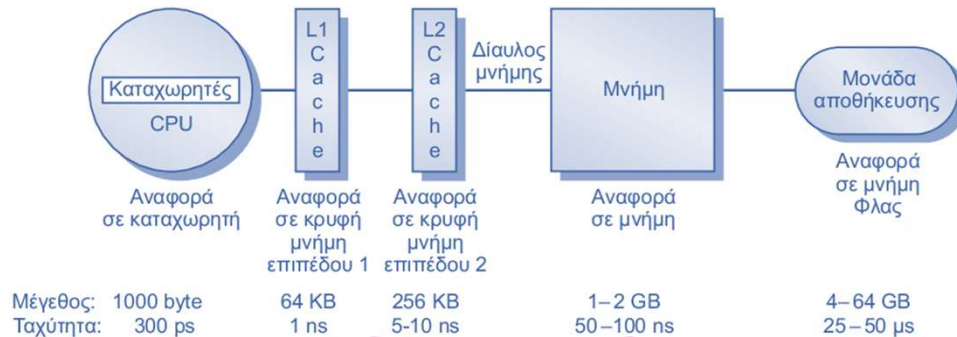


Οι τιμές της ενέργειας είναι από το *Computing's Energy problem (and what we can do about it)* του Mark Horowitz. ISSCC 2014
 Οι τιμές της επιφάνειας είναι αποτέλεσμα αυτόματης σύνθεσης (automatic synthesis) με τη χρήση του Design compiler σε τεχνολογία 45nm της TSMC. Οι μονάδες κινητής υποδιαστολής χρησιμοποιούν την DesignWare Library.

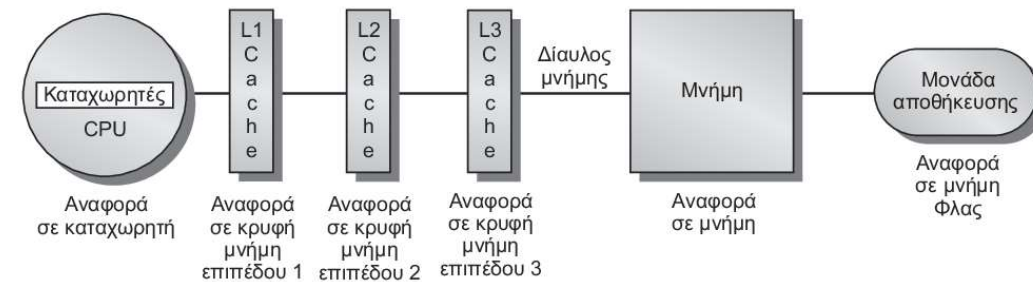
Χάσμα Απόδοσης CPU – Μνήμης



Ιεραρχία Μνήμης

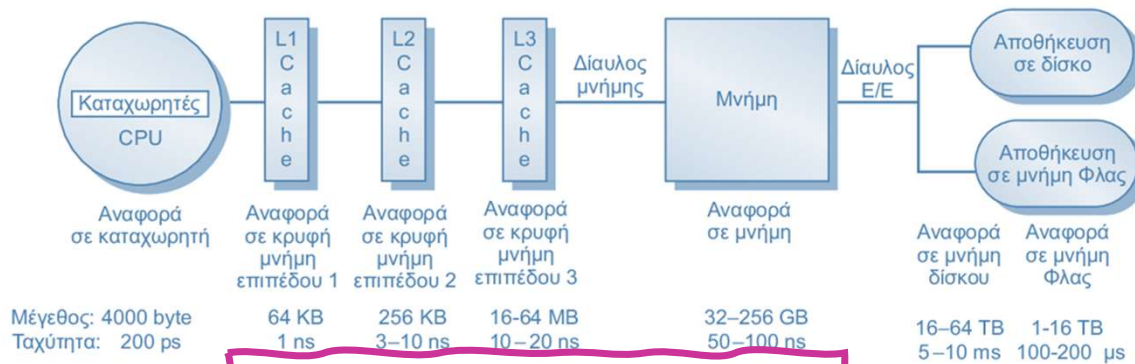


Ιεραρχία μνήμης για προσωπική φορητή συσκευή



Φορητός	Μέγεθος: 1000 byte Ταχύτητα: 300 ps	64 KB 1 ns	256 KB 3-10 ns	4-8 MB 10-20 ns	4-16 GB 50-100 ns	256 GB-1 TB 50-100 μs
Επιτραπέζιος υπολογιστής	Μέγεθος: 2000 byte Ταχύτητα: 300 ps	64 KB 1 ns	256 KB 3-10 ns	8-32 MB 10-20 ns	8-64 GB 50-100 ns	256 GB-2 TB 50-100 μs

Ιεραρχία μνήμης για φορητό ή επιτραπέζιο υπολογιστή



Ιεραρχία μνήμης για διακομιστή

7 Σπουδαίες Ιδέες στην Αρχιτεκτονική



ΑΦΑΙΡΕΣΗ



ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΑ



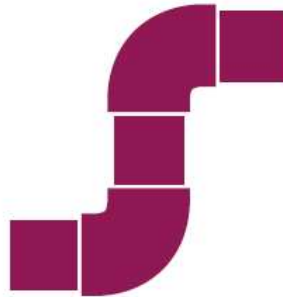
ΠΡΟΒΛΕΨΗ



ΦΕΡΕΓΓΥΟΤΗΤΑ



ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ
ΤΗΣ ΠΙΟ ΚΟΙΝΗΣ
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ



ΔΙΟΧΕΤΕΥΣΗ



ΙΕΡΑΡΧΙΑ

Γιατί χρειάζεται η γνώση της Μηχανής;

- Για να εκτελούνται ταχύτερα τα προγράμματά μας 😊

Πολλαπλασιασμός Πινάκων (1)

- Python

4 γραμμές κώδικα

```
for i in xrange(n):  
    for j in xrange(n):  
        for k in xrange(n):  
            C[i][j] += A[i][k] * B[k][j]
```

Πολλαπλασιασμός Πινάκων (2)

■ C

```
1. void dgemm (int n, double* A, double* B, double* C)
2. {
3.     for (int i = 0; i < n; ++i)
4.         for (int j = 0; j < n; ++j)
5.             {
6.                 double cij = C[i+j*n]; /* cij = C[i][j] */
7.                 for( int k = 0; k < n; k++ )
8.                     cij += A[i+k*n] * B[k+j*n]; /* cij += A[i][k]*B[k][j] */
9.                 C[i+j*n] = cij; /* C[i][j] = cij */
10.            }
11. }
```

11 γραμμές κώδικα

Πολλαπλασιασμός Πινάκων (3)

- Παραλληλία επιπέδου δεδομένων (Data Level Parallelism)
- (Διανυσματικές επεκτάσεις - Vector extensions)
- AVX512 (x86)

15 γραμμές κώδικα

```
1. #include <x86intrin.h>
2. void dgemm (int n, double* A, double* B, double* C)
3. {
4.     for (int i = 0; i < n; i+=8)
5.         for (int j = 0; j < n; ++j)
6.             {
7.                 __m512d c0 = _mm512_load_pd(C+i+j*n); // c0 = C[i][j]
8.                 for( int k = 0; k < n; k++ )
9.                     { // c0 += A[i][k]*B[k][j]
10.                        __m512d bb = _mm512_broadcastsd_pd(_mm_load_sd(B+j*n+k));
11.                        c0 = _mm512_fmadd_pd(_mm512_load_pd(A+n*k+i), bb, c0);
12.                    }
13.                _mm512_store_pd(C+i+j*n, c0); // C[i][j] = c0
14.            }
15. }
```

Πολλαπλασιασμός Πινάκων (4)

- Παραλληλία επιπέδου εντολών (Instruction Level Parallelism)
- Ξετύλιγμα βρόχου (loop unrolling)

```
1  #include <x86intrin.h>
2  #define UNROLL (4)
3
4  void dgemm (int n, double* A, double* B, double* C)
5  {
6      for (int i = 0; i < n; i+=UNROLL*8)
7          for (int j = 0; j < n; ++j){
8              m512d c[UNROLL];
9              for (int r=0;r<UNROLL;r++)
10                 c[r] = _mm512_load_pd(C+i+r*8+j*n); //[ UNROLL];
11
12                 for( int k = 0; k < n; k++ )
13                 {
14                     __m512d bb = _mm512_broadcastsd_pd(_mm_load_sd(B+j*n+k));
15                     for (int r=0;r<UNROLL;r++)
16                         c[r] = _mm512_fmadd_pd(_mm512_load_pd(A+n*k+r*8+i), bb, c[r]);
17                 }
18
19                 for (int r=0;r<UNROLL;r++)
20                     _mm512_store_pd(C+i+r*8+j*n, c[r]);
21             }
22 }
```

22 γραμμές κώδικα

Πολλαπλασιασμός Πινάκων (5)

- Βελτιστοποίηση ιεραρχίας μνήμης
- Blocking (διαχωρισμός κρυφής μνήμης – cache – σε μπλοκ

31 γραμμές κώδικα

```
1  #include <x86intrin.h>
2  #define UNROLL (4)
3  #define BLOCKSIZE 32
4  void do_block (int n, int si, int sj, int sk,
5                double *A, double *B, double *C)
6  {
7      for ( int i = si; i < si+BLOCKSIZE; i+=UNROLL*8 )
8          for ( int j = sj; j < sj+BLOCKSIZE; j++ ) {
9              __m512d c[UNROLL];
10             for (int r=0;r<UNROLL;r++)
11                 c[r] = __mm512_load_pd(C+i+r*8+j*n); //[ UNROLL];
12
13             for( int k = sk; k < sk+BLOCKSIZE; k++ )
14             {
15                 __m512d bb = __mm512_broadcastsd_pd(__mm_load_sd(B+j*n+k));
16                 for (int r=0;r<UNROLL;r++)
17                     c[r] = __mm512_fmadd_pd(__mm512_load_pd(A+n*k+r*8+i), bb, c[r]);
18             }
19
20             for (int r=0;r<UNROLL;r++)
21                 __mm512_store_pd(C+i+r*8+j*n, c[r]);
22         }
23     }
24
25 void dgemm (int n, double* A, double* B, double* C)
26 {
27     for ( int sj = 0; sj < n; sj += BLOCKSIZE )
28         for ( int si = 0; si < n; si += BLOCKSIZE )
29             for ( int sk = 0; sk < n; sk += BLOCKSIZE )
30                 do_block(n, si, sj, sk, A, B, C);
31 }
```

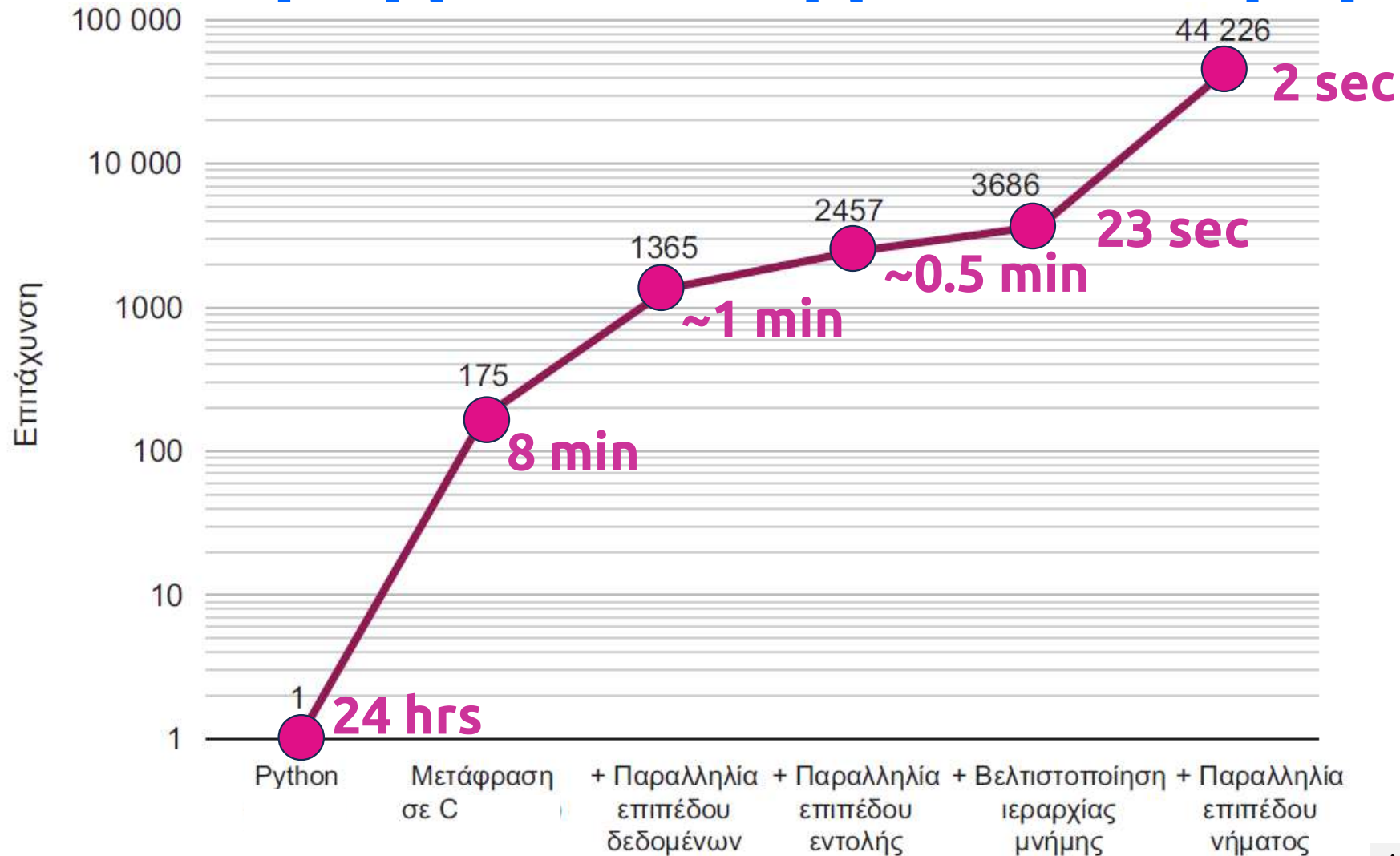
Πολλαπλασιασμός Πινάκων (6)

- Παραλληλία επιπέδου νήματος (Thread Level Parallelism)
- Πολλαπλοί πυρήνες (OpenMP – open multi-processor)

32 γραμμές κώδικα

```
1  #include <x86intrin.h>
2  #define UNROLL (4)
3  #define BLOCKSIZE 32
4  void do_block (int n, int si, int sj, int sk,
5                double *A, double *B, double *C)
6  {
7      for ( int i = si; i < si+BLOCKSIZE; i+=UNROLL*8 )
8          for ( int j = sj; j < sj+BLOCKSIZE; j++ ) {
9              m512d c[UNROLL];
10             for (int r=0;r<UNROLL;r++)
11                 c[r] = mm512_load_pd(C+i+r*8+j*n); //[ UNROLL];
12
13             for( int k = sk; k < sk+BLOCKSIZE; k++ )
14             {
15                 m512d bb = mm512_broadcastsd_pd( mm_load_sd(B+j*n+k));
16                 for (int r=0;r<UNROLL;r++)
17                     c[r] = _mm512_fmadd_pd(_mm512_load_pd(A+n*k+r*8+i), bb, c[r]);
18             }
19
20             for (int r=0;r<UNROLL;r++)
21                 _mm512_store_pd(C+i+r*8+j*n, c[r]);
22         }
23     }
24
25 void dgemm (int n, double* A, double* B, double* C)
26 {
27     #pragma omp parallel for
28     for ( int sj = 0; sj < n; sj += BLOCKSIZE )
29         for ( int si = 0; si < n; si += BLOCKSIZE )
30             for ( int sk = 0; sk < n; sk += BLOCKSIZE )
31                 do_block(n, si, sj, sk, A, B, C);
32 }
```

Βελτίωση της Απόδοσης – 44 226 φορές!!



Υπολογιστική Μεγάλης Κλίμακας

- Κέντρα Δεδομένων (Data Centers)
 - 11 000+ παγκοσμίως
 - 100 000 m² καθένα
 - 100 000 υπολογιστές καθένα
- #1 -> China Telecom
 - = 223 γήπεδα – Κόστος \$3B
- OpenAI: 5 GigaWatt / center
 - 5 πυρηνικοί αντιδραστήρες
 - όλο το Miami
 - 100x ενός σημερινού



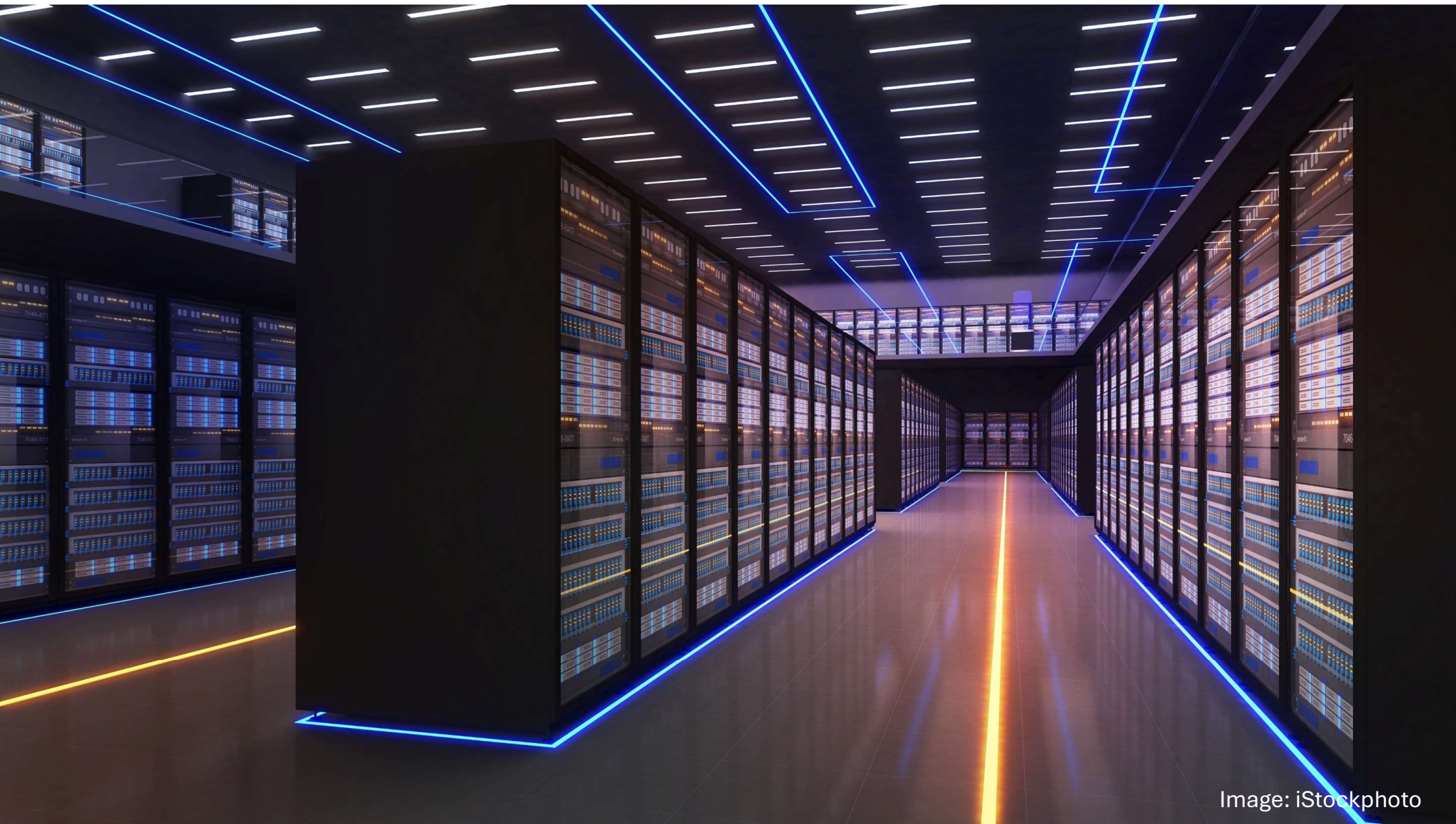


Image: iStockphoto



Source: Meta Platforms Inc. Q1 2023





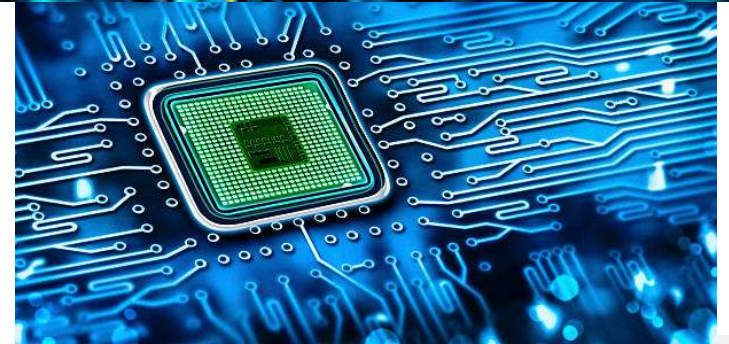
Monthly active people : 3.98 Billion



Monthly active people : 4.87 Billion

Silent Errors – Σιωπηλά Σφάλματα

- Εκτέλεση προγράμματος μέχρι τέλους
- Παράγεται αποτέλεσμα
- Καμία ένδειξη λάθους
- Αποτέλεσμα θεωρείται σωστό αλλά δεν είναι! (*data corruption*)
- **Κανείς δεν ξέρει τι συνέβη ☹️**
(σιωπηλό – *silent*)
- Διαδίδεται το λάθος σε κλίμακα (at scale)
- **εβδομάδες, μήνες μέχρι να ανιχνευθεί ☹️, ίσως ποτέ!**



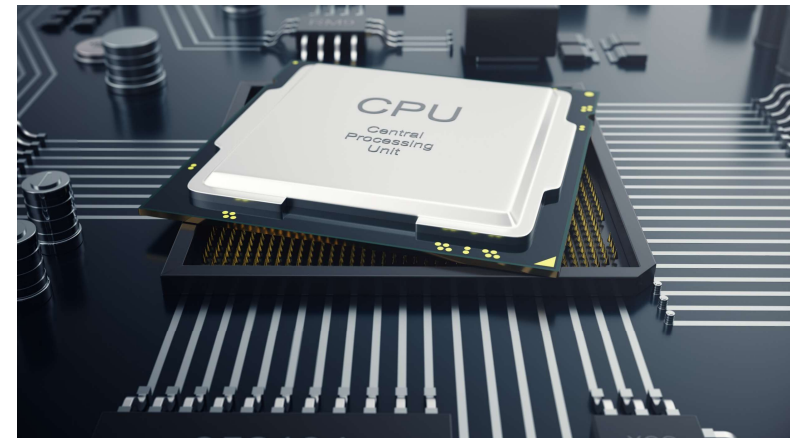
Τι ακριβώς συμβαίνει;

Λάθος αποτελέσματα σε πράξεις

+ - x /

$$1.1^{53} = 0$$

... αντί για το σωστό 156.24 ...



Λάθος πράξεις;

+

$$5 + 6 = 11 \text{ (!)}$$

$$5 + 6 = \mathbf{11}$$

x

$$5486 \times 1293 = 7\,093\,278$$

$$5486 \times 1293 = \mathbf{7\,093\,398}$$

/

$$1.0375 / 4.325 = 0.2398521$$

$$1.0375 / 4.325 = \mathbf{0.2398844}$$

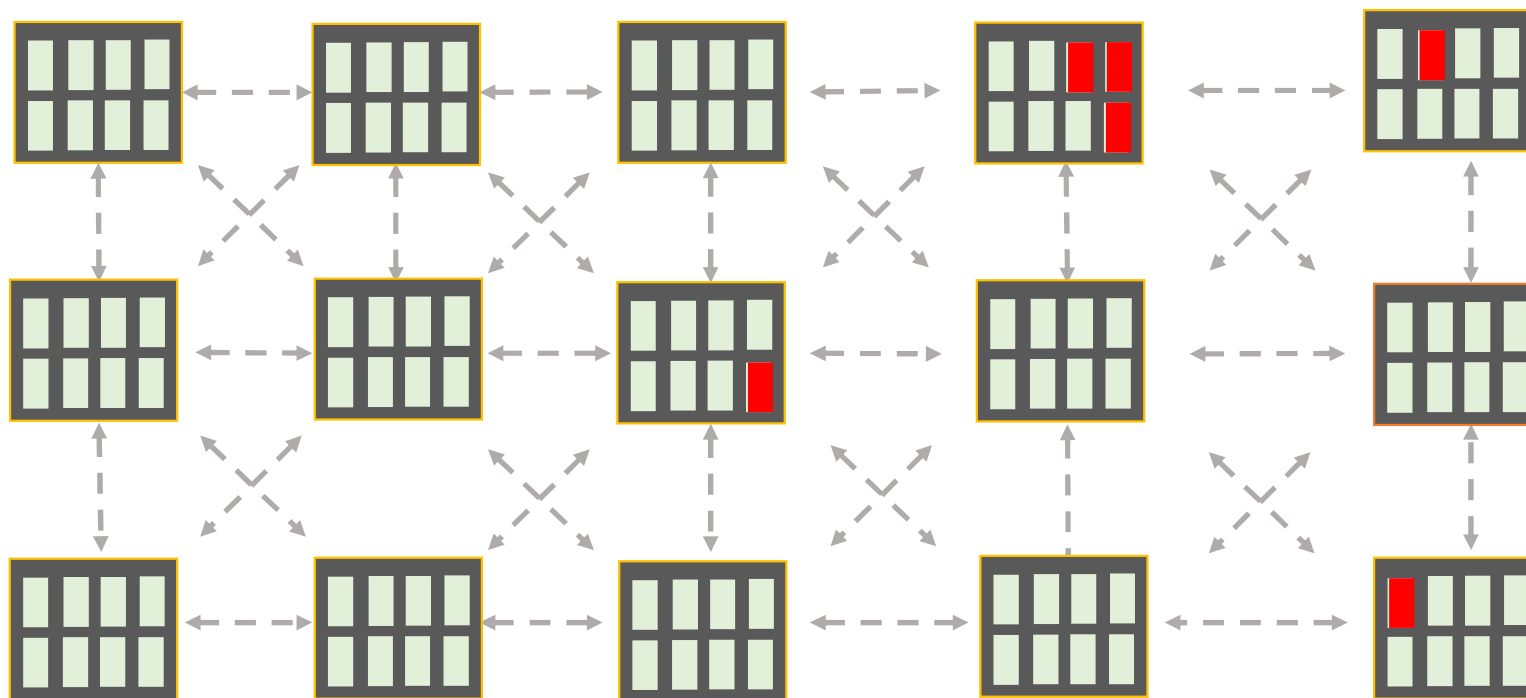
Ταξινόμηση Αριθμών

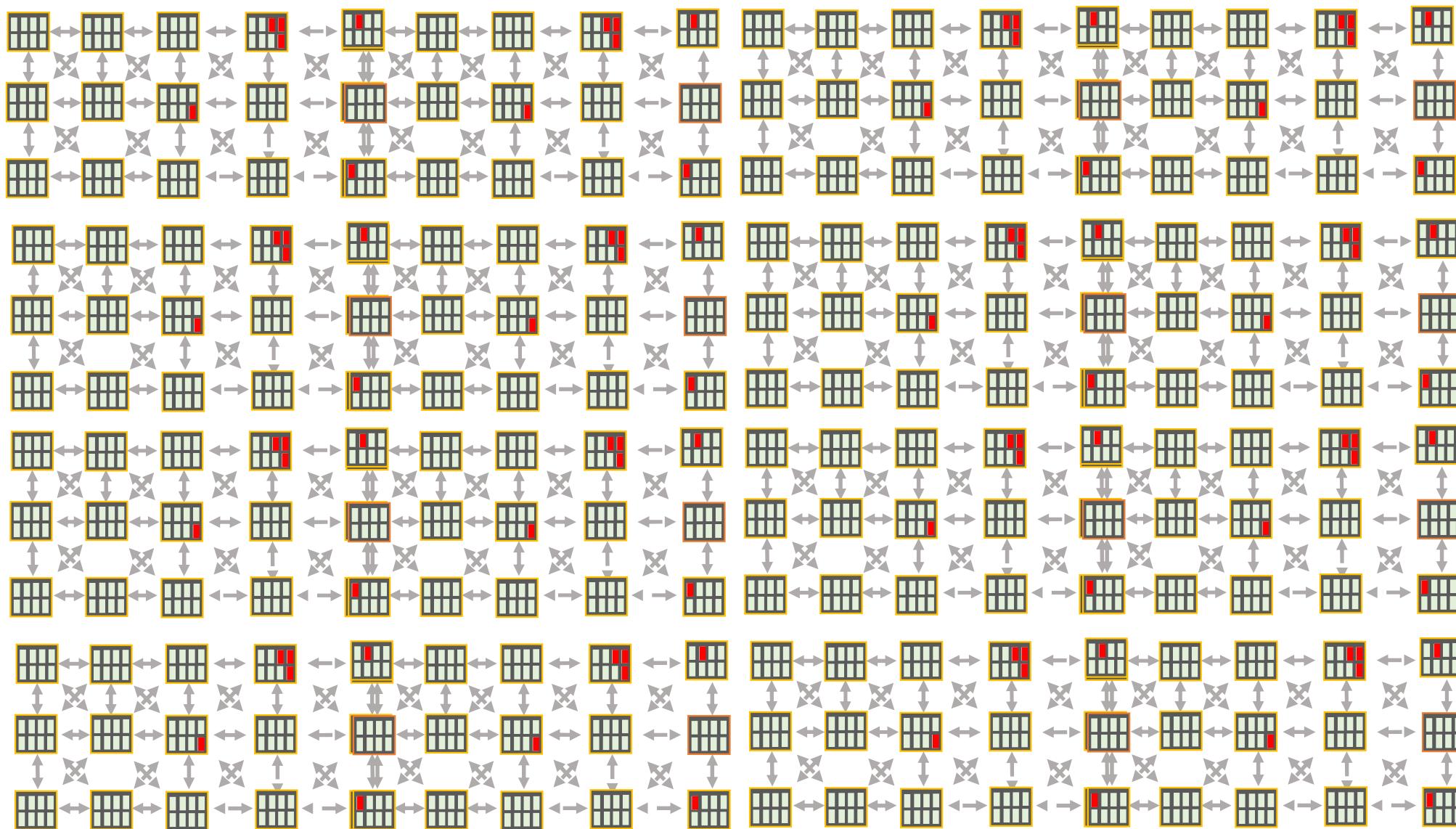
410	16	451	121	3	64	210	408	288	27	153	423	268	277	318	245	91
449	231	88	51	322	155	429	444	404	394	492	64	240	96	90	226	66
308	327	81	210	225	14	116	78	324	371	453	132	331	381	317	114	
108	44	448	109	168	393	418	233	7	424	127	306	193	194	214	234	
335	257	126	347	116	200	162	155	272	331	342	172	29	333	266	56	
214	447	447	11	38	323	435	403	74	392	323	246	439	1	389	137	52
492	383	187	450	310	316	417	132	175	495	404	171	230	192	388		
368	33	113	264	382	386	77	476	390	126	211	245	312	312	477	329	
250	296	115	342	311	94	227	116	182	115	254	86	166	193	39	73	
424	168	372	496	262	269	342	216	353	406	450	133	464	2	224	37	
360	114	231	210	162	295	159	433	296	195	195	330	329	499	21	482	
273	414	42	344	93	421	469	319	155	85	386	353	308	51	452	339	
453	85	289	7	432	66	133	453	180	120	355	12	165	314	340	498	453
150	61	117	279	74	473	470	471	391	411	59	460	324	444	289	48	
207	148	142	31	299	463	164	144	178	292	126	128	270	325	188	225	
448	492	228	29	460	37	164										

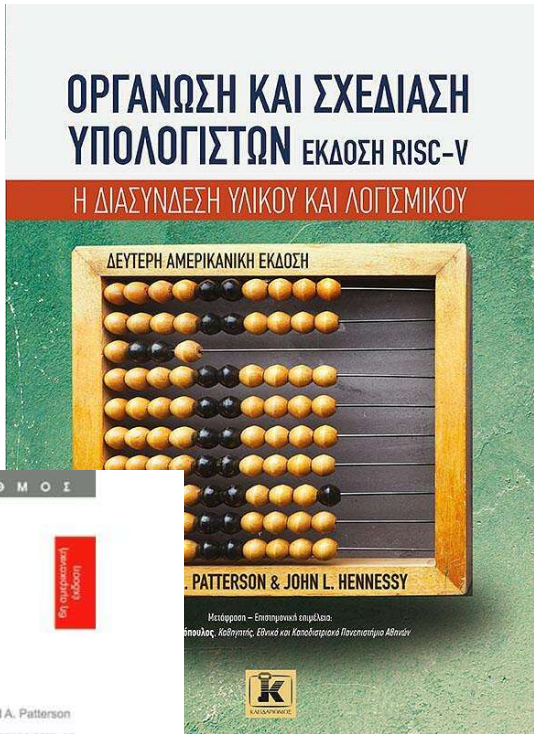
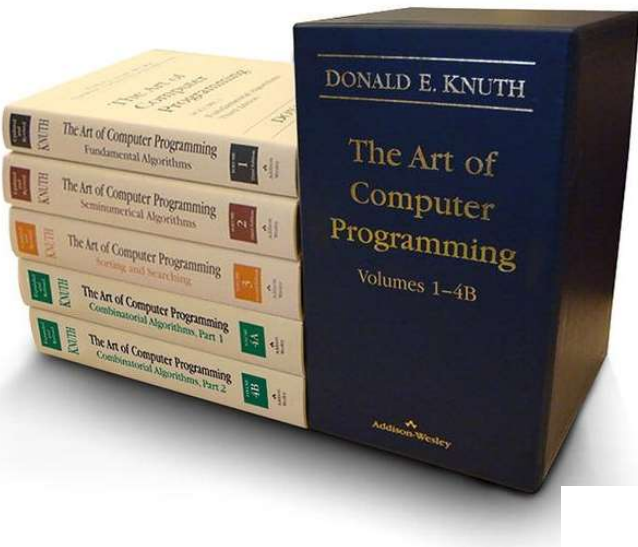
1	2	3	7	7	11	12	14	16	21	27	29	29	31	33	37	37	38	39	42	44
48	51	51	52	56	59	61	64	64	66	66	73	74	74	77	78	81	85	85	86	
88	90	91	93	94	96	108	109	113	114	114	115	115	116	116	116					
117	120	121	126	126	126	127	128	132	132	133	133	137	142	144						
148	150	153	155	155	155	159	162	162	164	164	165	166	168	168						
171	172	175	178	180	182	187	188	192	193	193	194	195	195	200						
207	210	210	210	211	214	214	216	224	225	225	226	227	228	230						
231	231	233	234	240	245	245	246	250	254	257	262	264	266	268						
269	270	272	273	277	279	288	289	289	292	295	296	296	299	306						
308	308	310	311	312	312	314	316	317	318	319	322	323	323	324						
324	325	327	329	329	330	331	331	333	335	339	340	342	342	342						
344	347	353	353	355	360	368	371	372	381	382	383	386	386	388						
389	390	391	392	393	394	403	404	404	406	408	410	411	414	417						
418	421	423	424	424	429	432	433	435	439	444	444	447	447	448						
448	499	449	450	450	451	452	453	453	453	453	460	460	463	464						
469	470	471	473	476	477	482	492	492	492	495	496	498								

ο μεγαλύτερος

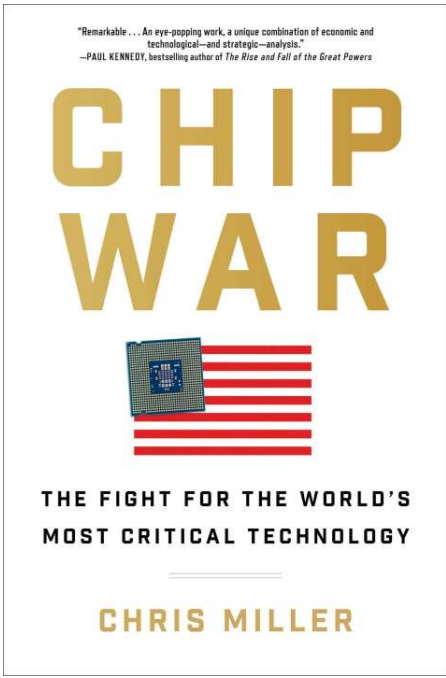
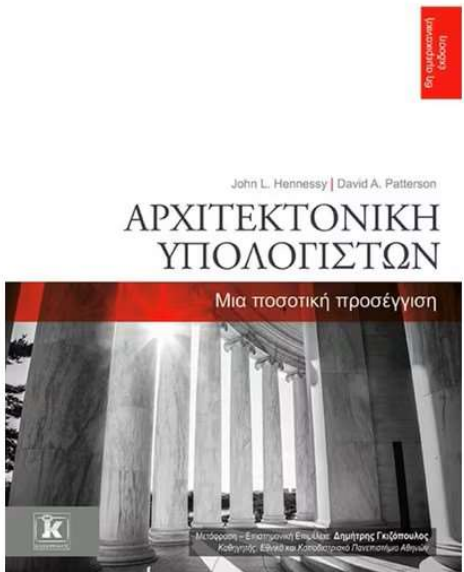
@DI – Νοέμβριος 2025







ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
—ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837—



Ευχαριστώ

Δημήτρης Γκιζόπουλος

<http://www.di.uoa.gr/~dgizop>

<http://cal.di.uoa.gr>

