

Ιόνιο Πανεπιστήμιο – Τμήμα Πληροφορικής
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Η/Υ
2025-26

Εισαγωγή στους Υπολογιστές

(αρχές λειτουργίας και τεχνολογία)

<http://mixstef.github.io/courses/csintro/>

Μ.Στεφανιδάκης



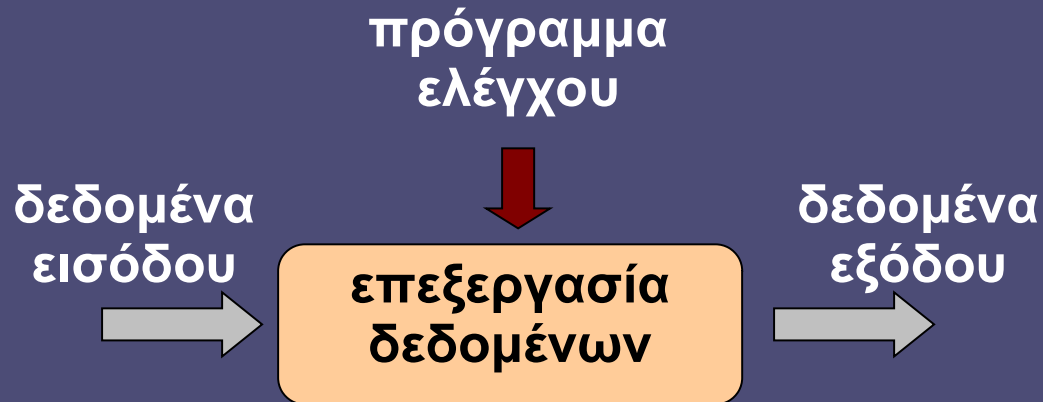
Σχετικά με το μάθημα

- Ενότητες μαθήματος
 - Αρχές λειτουργίας υπολογιστών
 - Υλικό (hardware)
 - Χειρισμός δεδομένων
 - Λογισμικό (software)
 - Αλγόριθμοι (εισαγωγικά)
 - και Δομές Δεδομένων

Σχετικά με το μάθημα

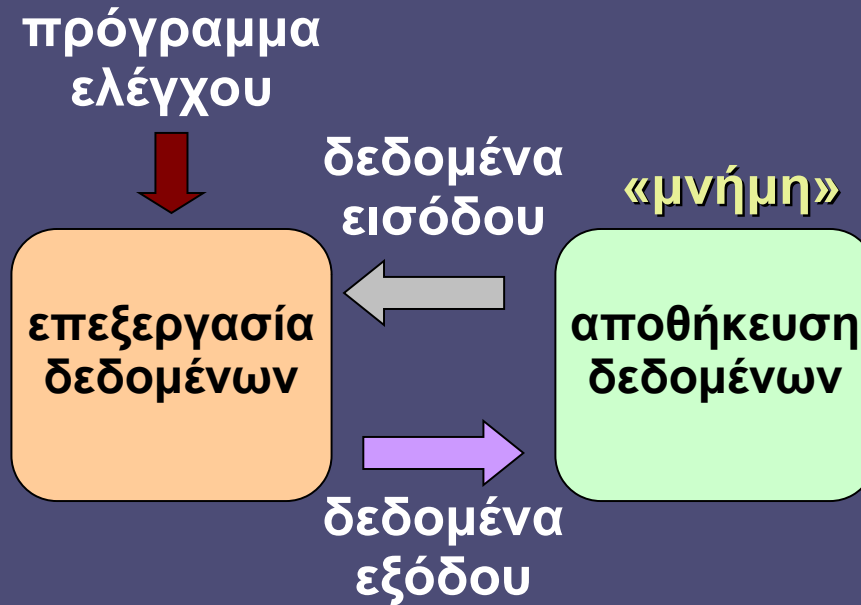
- Βαθμολόγηση
 - Με γραπτές εξετάσεις
- Βιβλία για το μάθημα
 - Behrouz A. Forouzan, “Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών”, ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, 2024.
 - Καλαφατούδης, Δροσίτης, Κοίλιας, "Εισαγωγή στις Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας", 1η έκδοση, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ, 2011.

Ο «Υπολογιστής»



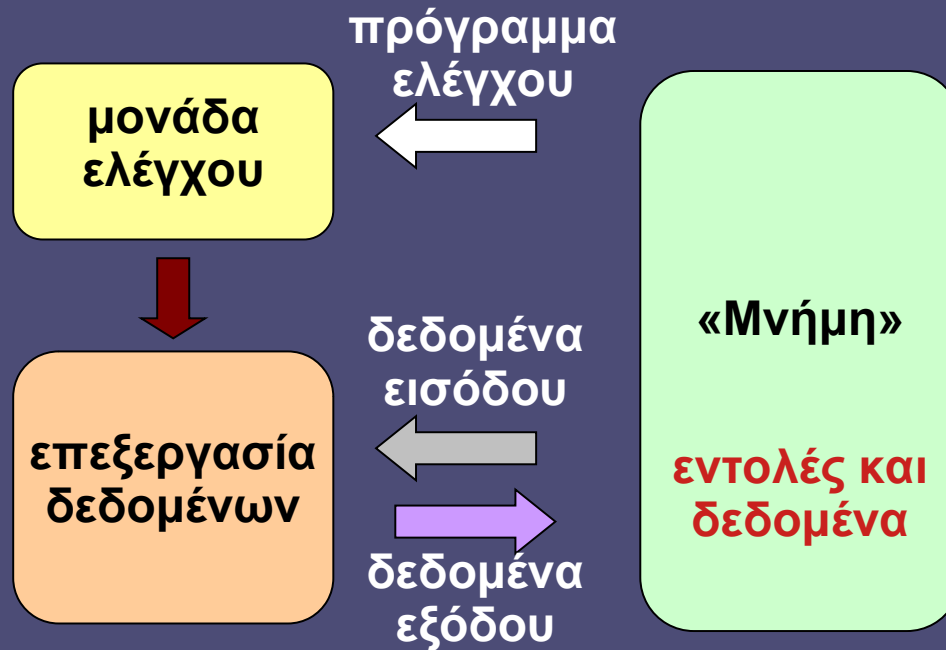
- Ο «Υπολογιστής» είναι ένα σύστημα επεξεργασίας που μετασχηματίζει δεδομένα εισόδου σε δεδομένα εξόδου, βάσει ενός προγράμματος ελέγχου
 - Τυπικός ορισμός – καλύπτει όμως όλες τις περιπτώσεις χρήσης
 - είμαστε στο fb; ρωτάμε το AI; ασχολούμαστε με το gaming; οδηγούμε; (κ.ο.κ.)

Η «μνήμη»



- Τα δεδομένα εισόδου και εξόδου αποθηκεύονται στη «μνήμη»
 - Και χρησιμοποιούνται στις επόμενες φάσεις επεξεργασίας
- Στην πραγματικότητα η «μνήμη» είναι μια ιεραρχία υποσυστημάτων
 - Κρυφές μνήμες, κύρια μνήμη

Το μοντέλο “von Neumann”



- «Υπολογιστής αποθηκευμένου προγράμματος»
 - Το πρόγραμμα ελέγχου (εντολές) αποθηκεύεται μαζί με τα δεδομένα στη μνήμη
 - Το πρόγραμμα ελέγχου είναι επίσης δεδομένα

Το πρόγραμμα ελέγχου (εντολές)

- Είναι ένα σύνολο «οδηγιών»
 - Περιγράφει την επεξεργασία που θα γίνει πάνω στα δεδομένα εισόδου
- Κάθε «οδηγία» ονομάζεται εντολή μηχανής
 - Εκτελεί μια μικρή, αυτοτελή λειτουργία
 - Το πρόγραμμα (ελέγχου) αποτελείται από πάρα πολλές εντολές μηχανής
- Η εντολή μηχανής διαφέρει από τις εντολές υψηλού επιπέδου των γλωσσών προγραμματισμού
 - Κάθε εντολή της γλώσσας προγραμματισμού μεταφράζεται (μεταγλωττίζεται) σε πολλές εντολές μηχανής

Εντολή Μηχανής (Machine Instruction)

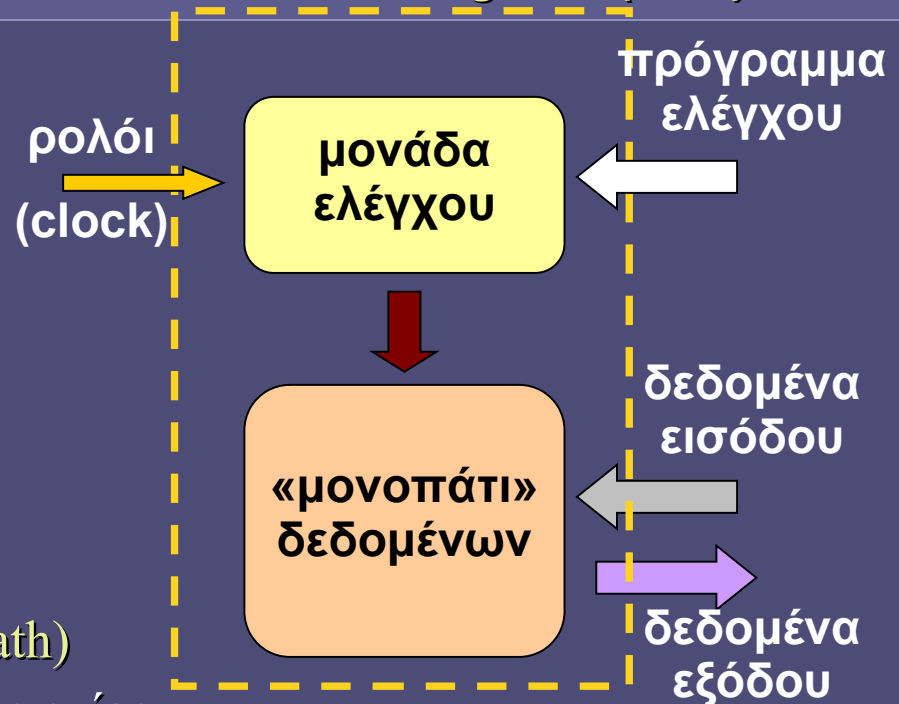
- Μικρή λειτουργία χειρισμού δεδομένων
 - Μεταφορά δεδομένων από/προς μνήμη
 - Αριθμητική πράξη μεταξύ δύο αριθμών
 - Έλεγχος αν ένας αριθμός είναι μηδέν κ.ο.κ
- Οι εντολές μηχανής εκτελούνται σειριακά
 - Η μια μετά την άλλη – από την επόμενη θέση μνήμης
- Εξαίρεση: εντολές διακλάδωσης
 - Εάν μια συνθήκη είναι αληθής, τότε γίνεται μεταφορά της εκτέλεσης σε διαφορετικό σημείο του προγράμματος (όχι στην επόμενη θέση μνήμης)
 - Εντολές `branch` (ή `jump`)
 - Θα μπορούσε να υλοποιηθεί ένα χρήσιμο πρόγραμμα εάν δεν υπήρχαν εντολές διακλάδωσης;

Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ)

Central Processing Unit (CPU)

;

Τι σημαίνει όταν λέμε ότι ένας επεξεργαστής είναι 32-bit ή 64-bit; Πώς σχετίζεται με το διπλανό σχήμα;

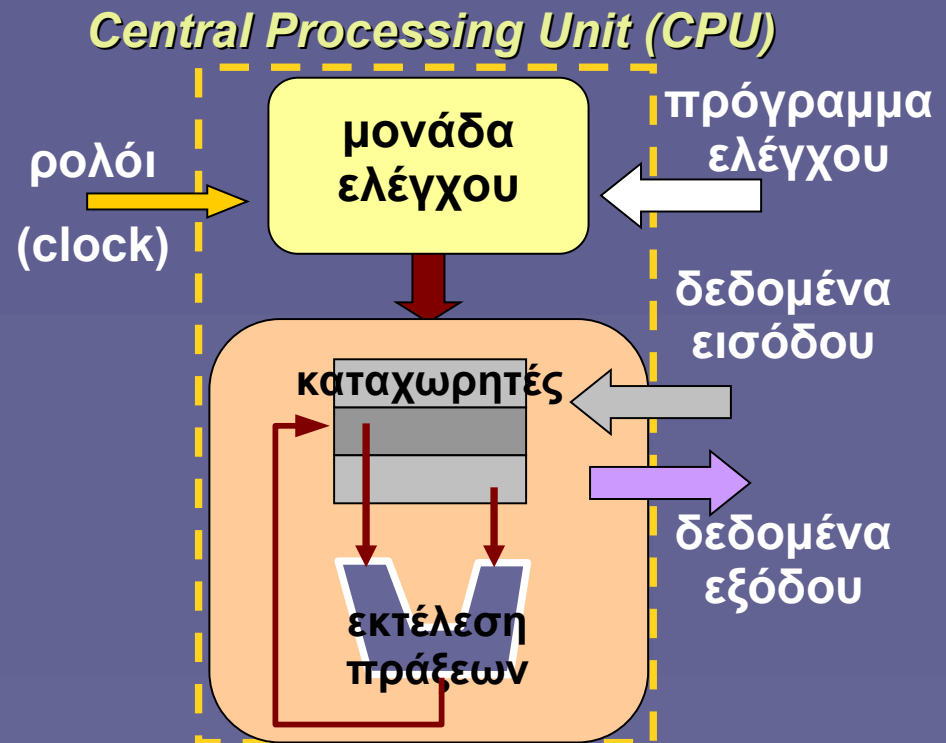


- «Μονοπάτι» δεδομένων (datapath)
 - Εκτελεί πράξεις/άλλες λειτουργίες
- Μονάδα ελέγχου (control unit)
 - Διευθύνει την εκτέλεση κάθε εντολής μηχανής
- (Συγ)χρονισμός μέσω ενός σήματος ρολογιού (clock)
 - Καθορίζει την έναρξη της επόμενης λειτουργίας

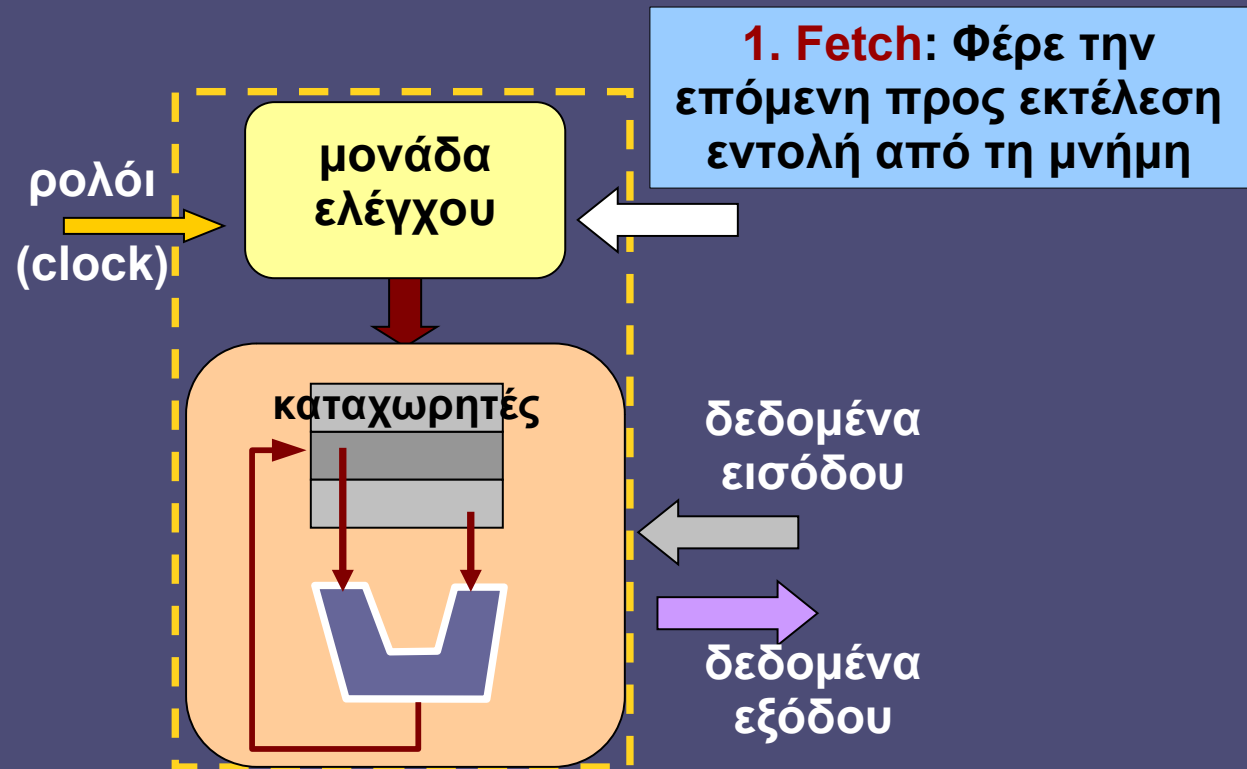
Το μονοπάτι δεδομένων (datapath)

Καταχωρητές (registers)

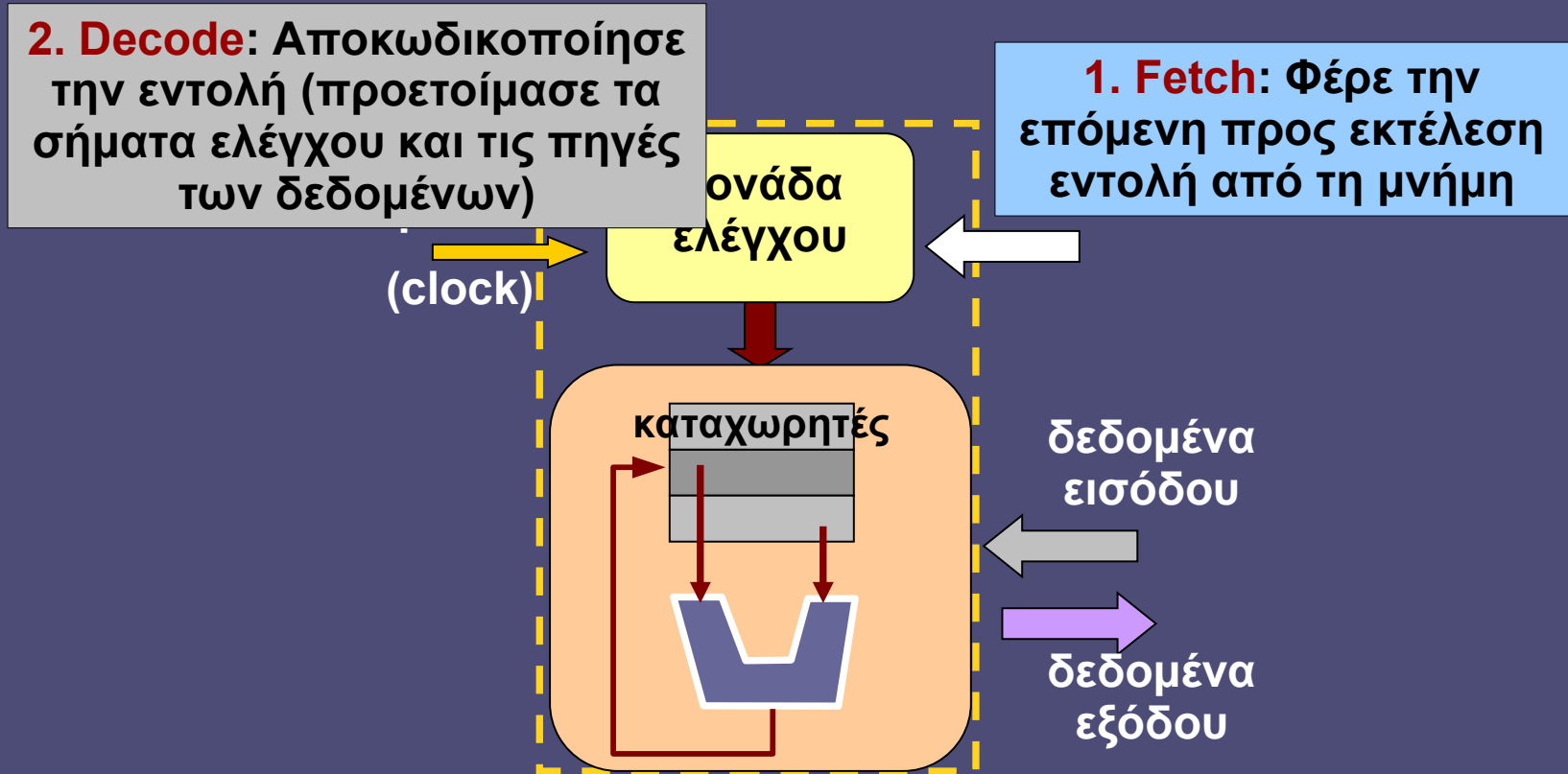
- Θέσεις προσωρινής αποθήκευσης μέσα στην ΚΜΕ, γρήγορης προσπέλασης αλλά σε περιορισμένο αριθμό
- Οι καταχωρητές παρέχουν τα **δεδομένα εισόδου** κατά την εκτέλεση των πράξεων
- Στους καταχωρητές αποθηκεύονται επίσης τα **αποτελέσματα των πράξεων**
- Οι καταχωρητές μπορούν να περιέχουν **διευθύνσεις** στη μνήμη



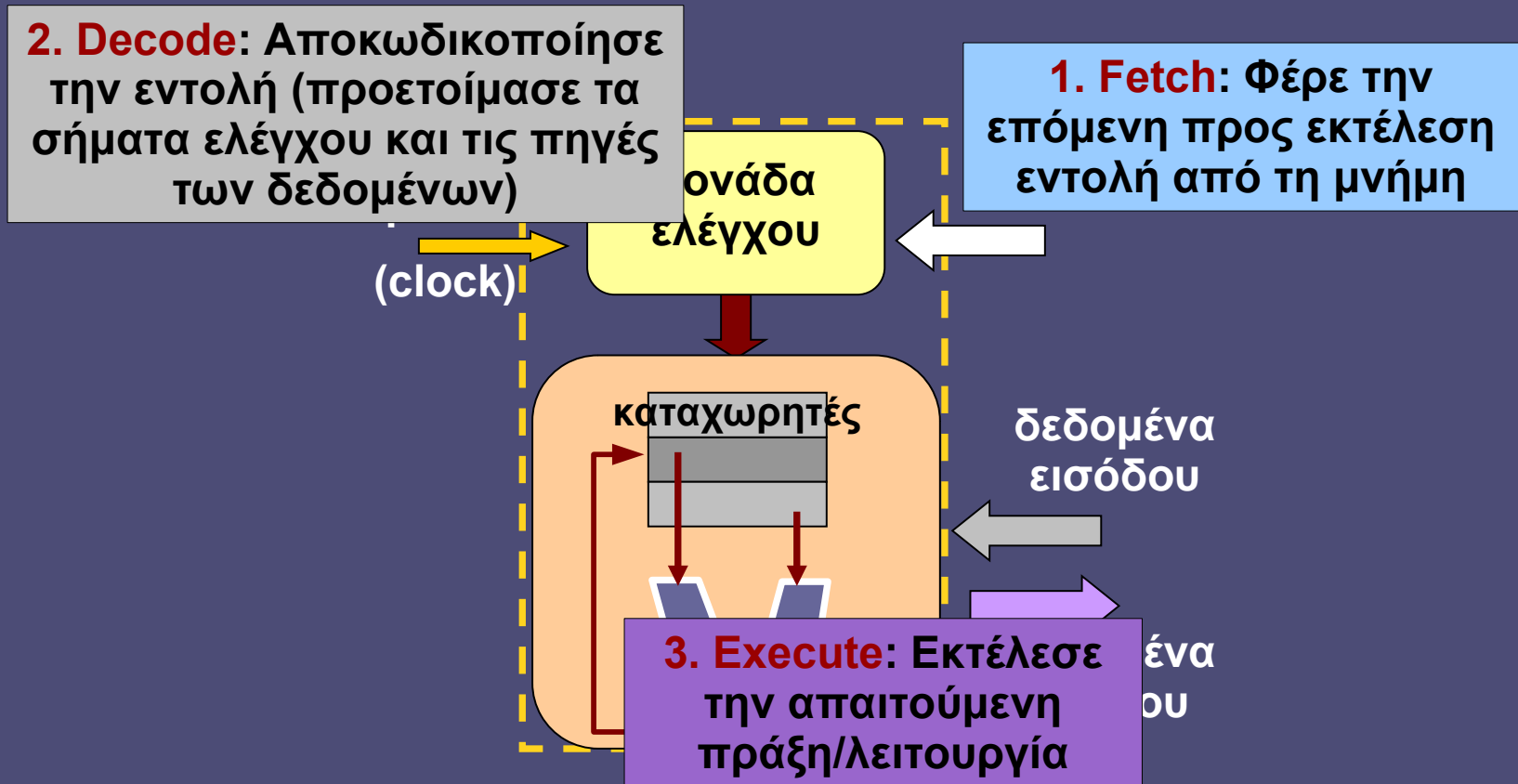
Εκτέλεση εντολών: ο κύκλος μηχανής



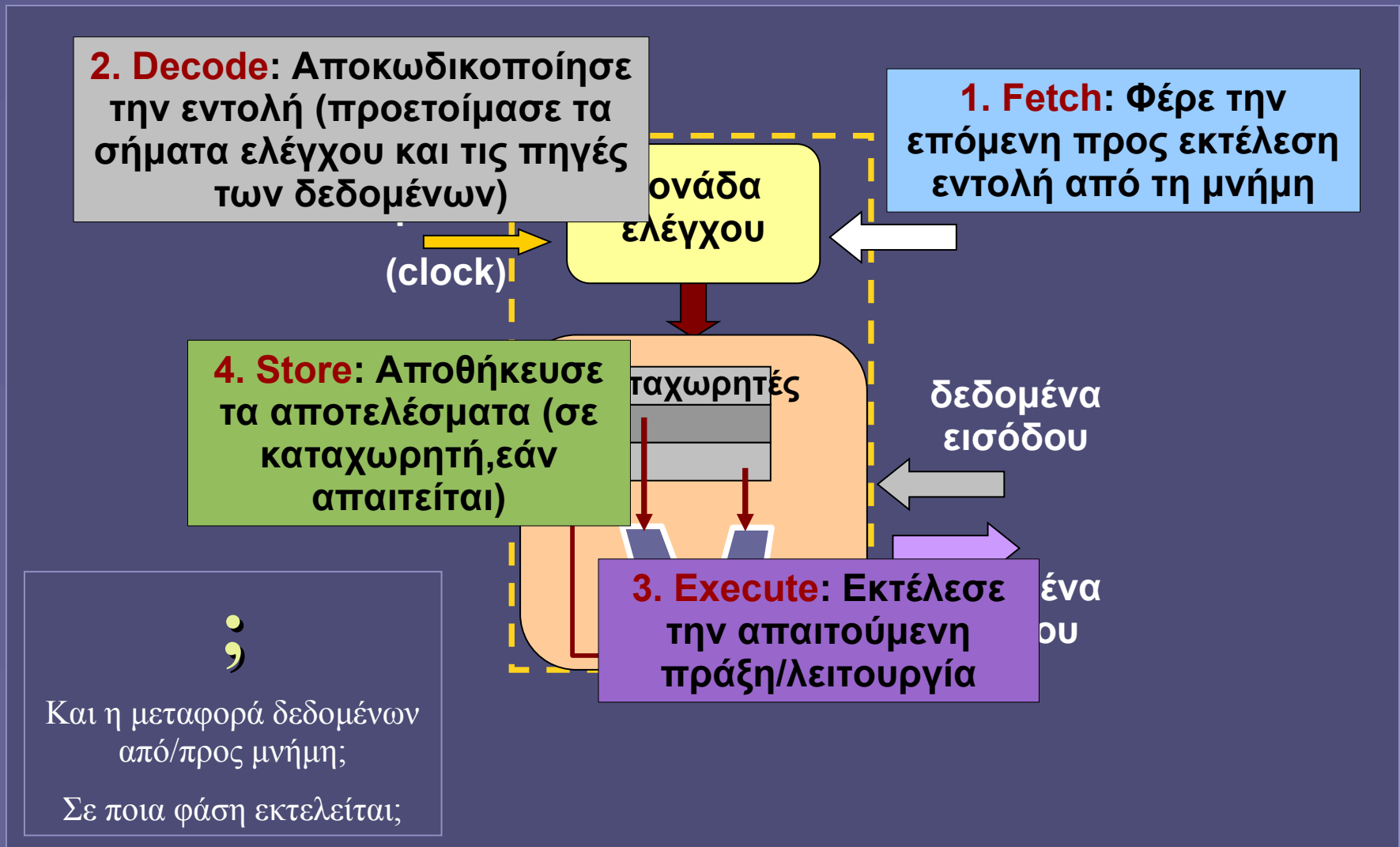
Εκτέλεση εντολών: ο κύκλος μηχανής



Εκτέλεση εντολών: ο κύκλος μηχανής



Εκτέλεση εντολών: ο κύκλος μηχανής



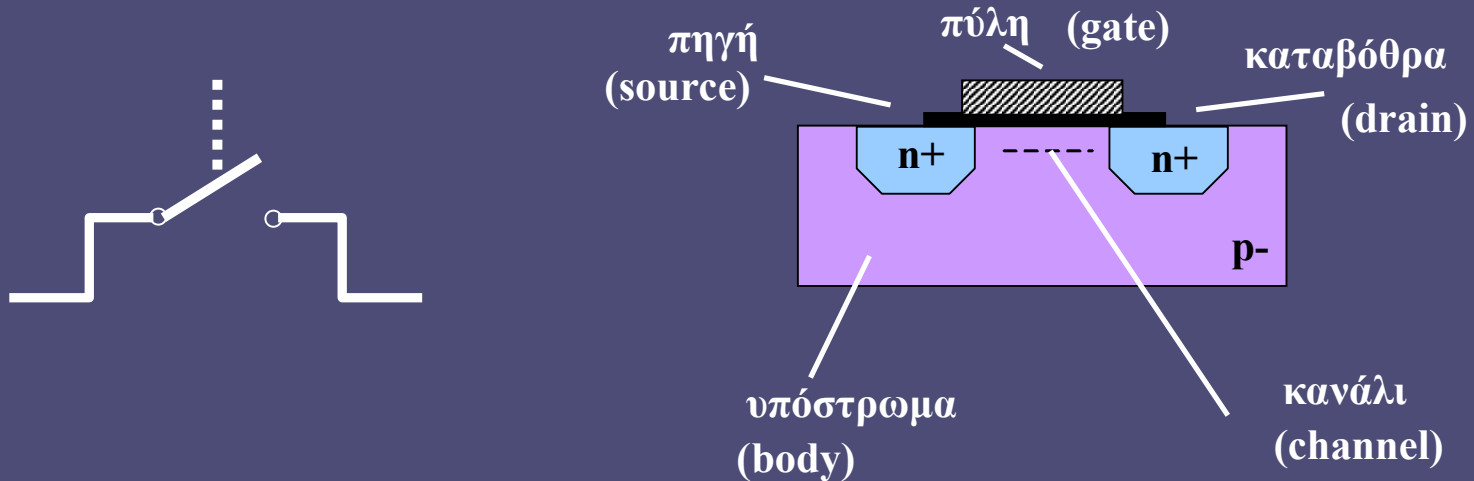
Σε ποια μορφή βρίσκονται τα δεδομένα;

- Στη μνήμη και στους καταχωρητές
- Στις μονάδες εκτέλεσης πράξεων
- Απάντηση: σε **δυαδική** μορφή
 - **Ακολουθίες από 0 και 1**
 - ή αλλιώς ON/OFF, Αληθές/Ψευδές...
- Ισχύει για κάθε είδους δεδομένα
 - Ακόμα και για μη αριθμητικά δεδομένα: κείμενο, εικόνα, ήχο...
 - Και για τις εντολές του υπολογιστή επίσης
- **Γιατί σε δυαδική μορφή;**

Η τρέχουσα τεχνολογία των υπολογιστών

- Ηλεκτρονική
 - Τα στοιχεία που συγκροτούν τους υπολογιστές λειτουργούν με στάθμες τάσης ή φορά ρεύματος
- Ψηφιακή
 - Οι επιτρεπόμενες τιμές ανήκουν σε διακριτές στάθμες
- Δυαδική
 - Δύο στάθμες, ON ή OFF, '0' ή '1'
 - Τα στοιχεία που συγκροτούν τους υπολογιστές υλοποιούν διακοπτικές λειτουργίες
 - «κλειστός διακόπτης»: περνάει ρεύμα
 - «ανοικτός διακόπτης»: δεν περνάει ρεύμα

Το τρανζίστορ MOSFET

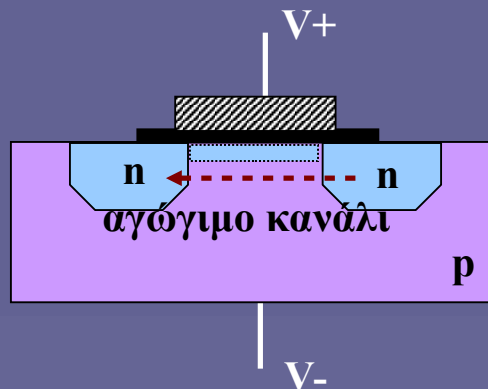
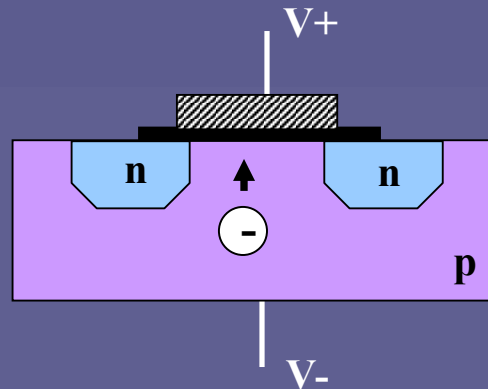


- Ο **μικροσκοπικός** διακόπτης των σύγχρονων κυκλωμάτων κατασκευασμένος από **ημιαγωγικά** υλικά
 - Η θεωρία λειτουργίας του είναι γνωστή από το 1925
 - ...αλλά τα πρώτα λειτουργικά κυκλώματα κατασκευάστηκαν τη δεκαετία του 60

Ημιαγωγοί

- Ημιαγωγοί
 - Στοιχεία με κρυσταλλική δομή (πυρίτιο, γερμάνιο...)
 - Ηλεκτρική συμπεριφορά μεταξύ αγωγών και μονωτών
 - Σε θερμοκρασία δωματίου και καθαρή μορφή: όχι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού
 - Προσμίξεις με «ακάθαρτα» υλικά (impurities)
 - “Doping”
 - Προσθήκη ελεύθερων ηλεκτρονίων (donors)
 - n-type
 - Προσθήκη «οπών» (acceptors)
 - απουσία ηλεκτρονίων
 - p-type
 - Τα χαρακτηριστικά αγωγιμότητας του ημιαγωγού αλλάζουν

Λειτουργία του τρανζίστορ MOSFET



i

Το τρανζίστορ σήμερα είναι διαφορετικό (με πτερύγια – fins) για να λειτουργεί σωστά σε πολύ μικρές διαστάσεις

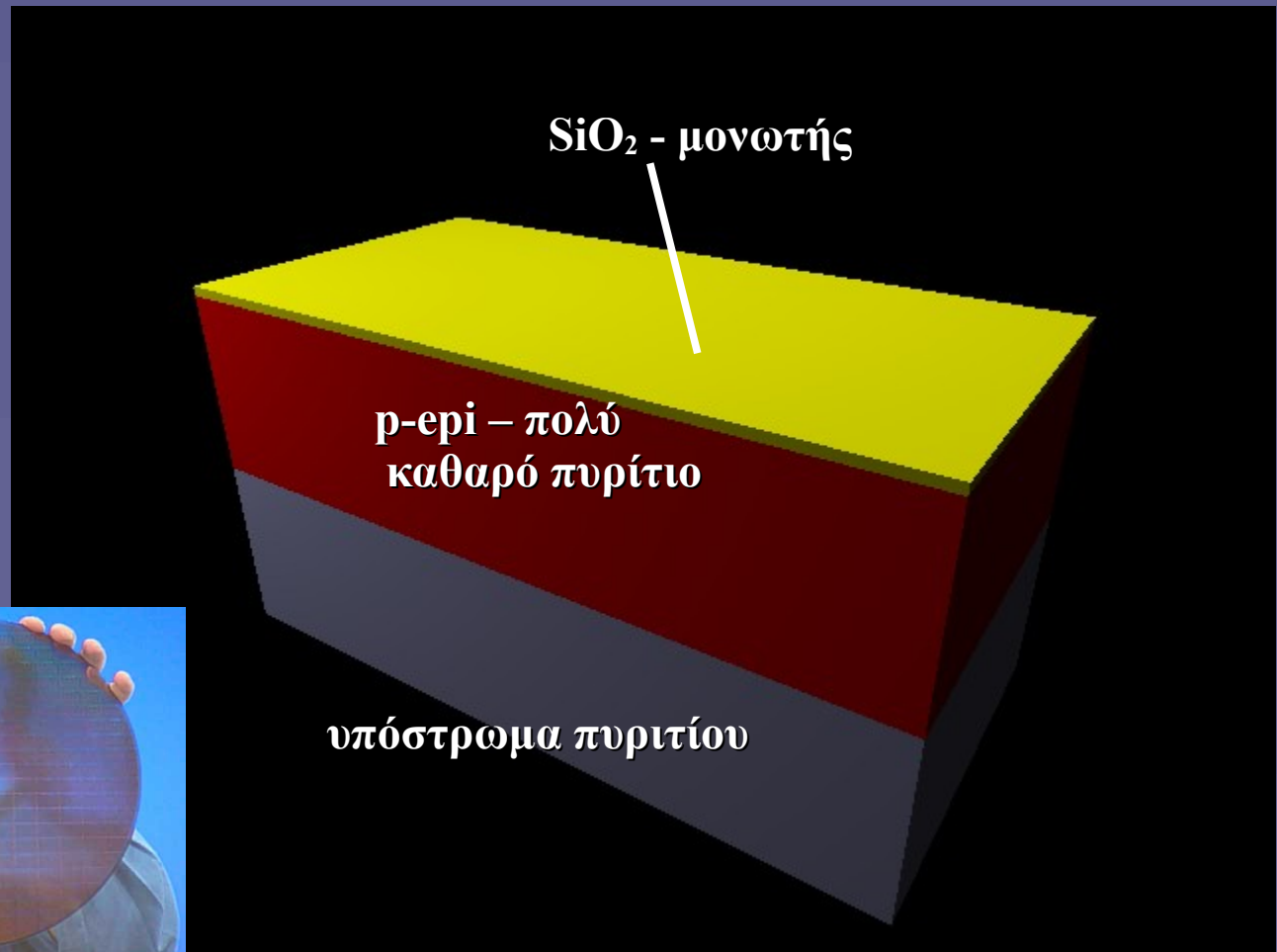
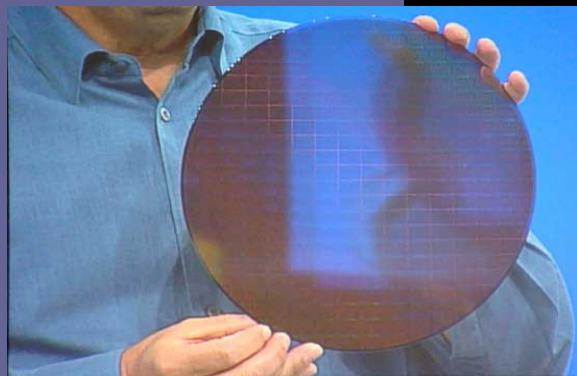
Η συρρίκνωση του τρανζίστορ

- Ένας σύγχρονος επεξεργαστής μπορεί να περιέχει **200 δις τρανζίστορ** σε μία επιφάνεια $280\text{-}400\text{mm}^2$ (συχνά σε πολλαπλά μέρη και επίπεδα)
 - Τρανζίστορ για εκτέλεση πράξεων και αποθήκευση δεδομένων
- Πλεονεκτήματα συρρίκνωσης μεγέθους τρανζίστορ
 - Ταχύτερη λειτουργία, πιο γρήγοροι χρόνοι ON-OFF
 - Μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για τον ίδιο αριθμό τρανζίστορ
 - Μεγαλύτερη ολοκλήρωση – Μείωση κόστους παραγωγής και αύξηση λειτουργικότητας
- Τρέχουσα εμπορική τεχνολογία (μαζική παραγωγή):
 - Περίπου **200εκ. τρανζίστορ/ mm^2**

Κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων

- Γραμμές παραγωγής
 - Φωτολιθογραφία με μάσκες
 - Επικάλυψη με ειδικό φωτοανθεκτικό υλικό (photoresist)
 - Έκθεση σε υπεριώδες φως (με το ανάλογο μήκος κύματος) μέσω μιας μάσκας που επιλέγει τις περιοχές επεξεργασίας
 - Απομάκρυνση photoresist από επιλεγμένες περιοχές, αφήνοντας εκτεθειμένα τα μέρη προς επεξεργασία
 - Διεργασία στα εκτεθειμένα μέρη
 - Οξείδωση, απόξεση, απόθεση μετάλλου, εμφύτευση ιόντων...
 - Ταυτόχρονα σε εκατομμύρια τρανζίστορ!
 - Επανάληψη από το βήμα της μάσκας
- Λόγω της απαιτούμενης ακρίβειας, μια γραμμή παραγωγής κοστίζει δισ. \$

Παράδειγμα: Η αρχική επιφάνεια



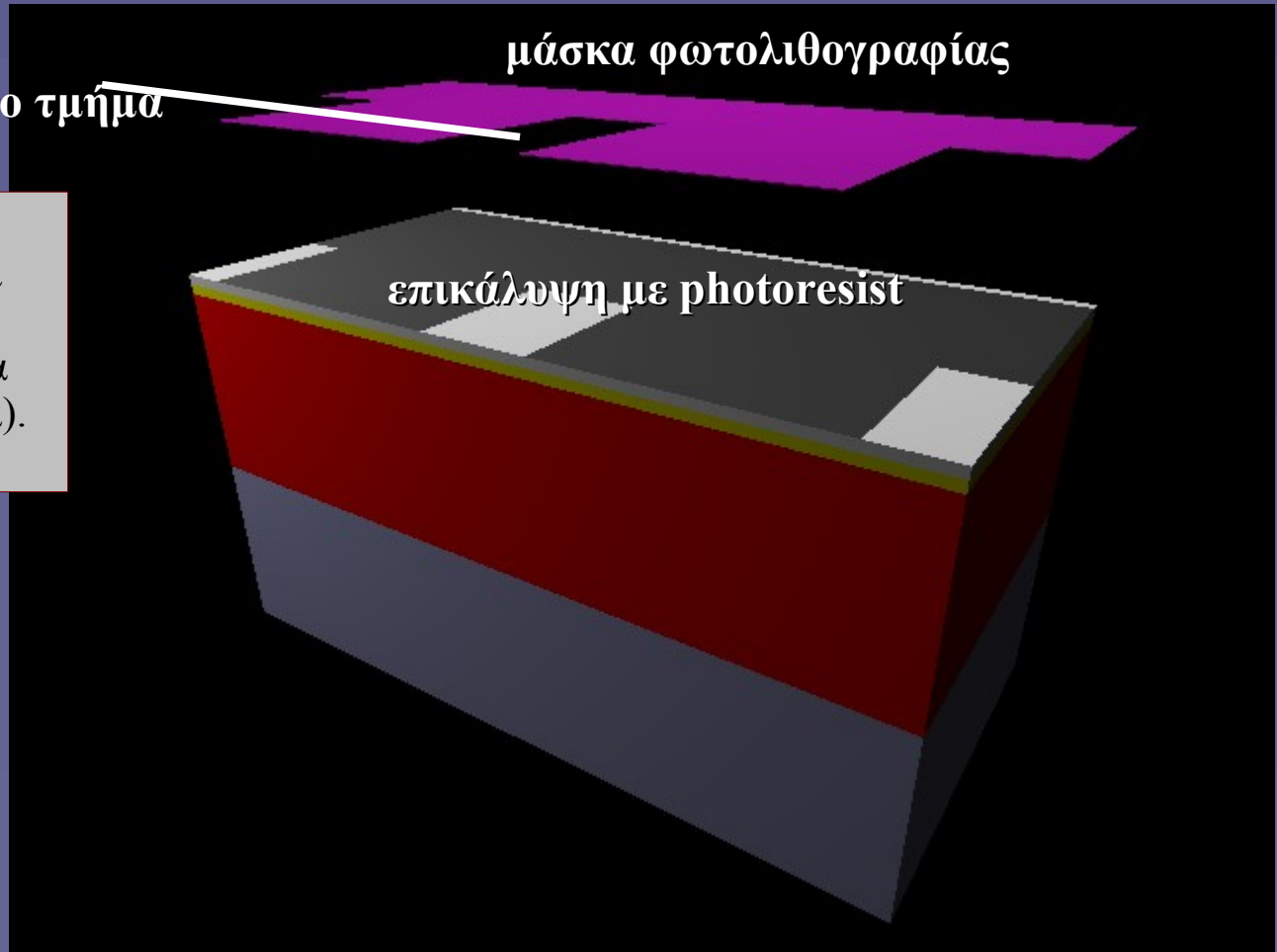
Εφαρμογή photoresist και μάσκας

εκτεθειμένο τμήμα

μάσκα φωτολιθογραφίας

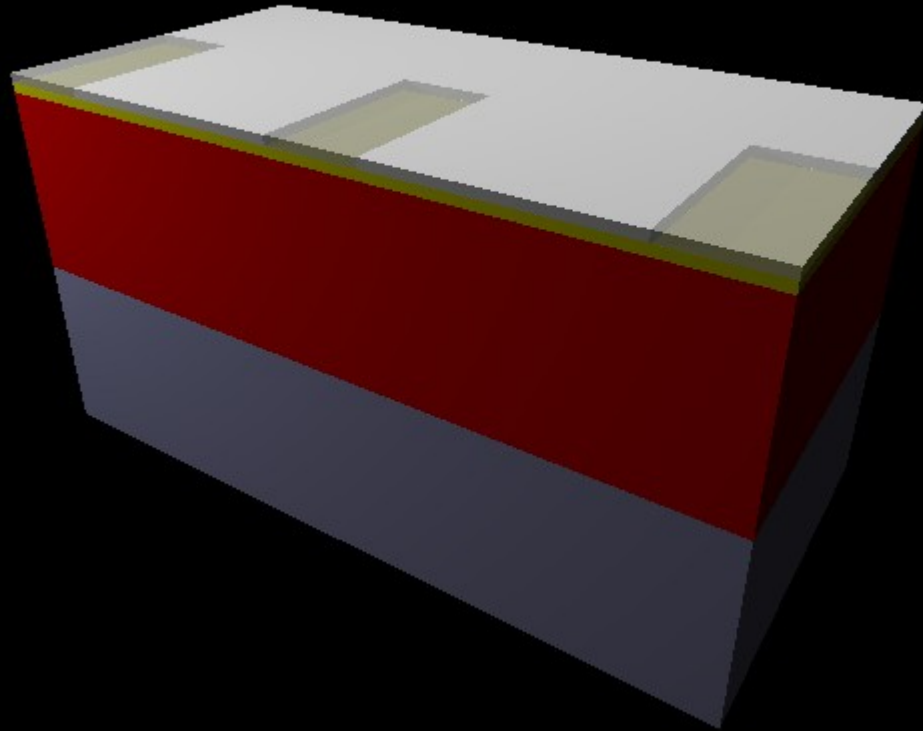
Η μάσκα της φωτολιθογραφίας είναι διαφορετική ανά βήμα επεξεργασίας (ανάλογα με το επιθυμητό σχήμα).

επικάλυψη με photoresist



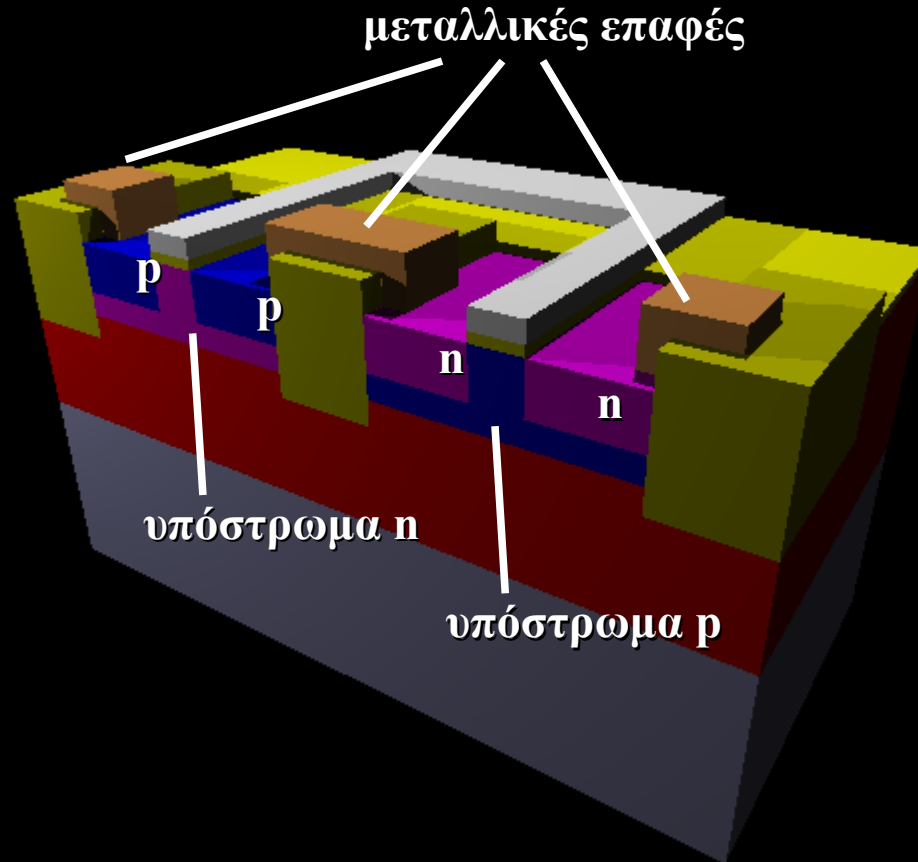
Εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας

Στα μέρη που μένουν εκτεθειμένα, μετά την υπεριώδη ακτινοβολία το photoresist γίνεται εύπλαστο. Στη συνέχεια αφαιρείται με χημικό τρόπο, αφήνοντας εκτεθειμένα μέρη για το επόμενο βήμα κατεργασίας: οξείδωση, απόξεση, απόθεση μετάλλου, εμφύτευση ιόντων κ.ο.κ



Σχηματισμός κυκλώματος σε επίπεδα

Μετά από πολλά επαναληπτικά βήματα μάσκας – επεξεργασίας σχηματίζεται το τελικό ολοκληρωμένο κύκλωμα



Διαδικασία παραγωγής

- Στην πραγματικότητα
 - Οι δημιουργούμενες επιφάνειες δεν είναι απόλυτα επίπεδες – ούτε έχουν κάθετες γωνίες
 - τα χαρακτηριστικά είναι πολύ πιο ακανόνιστα
 - Οι αναλογίες διαστάσεων είναι διαφορετικές
 - ειδικά μελετημένες για την επιθυμητή ροή ηλεκτρονίων
 - Τα επίπεδα μετάλλου είναι πολύ περισσότερα
 - καταλαμβάνουν μεγάλο μέρος του ολοκληρωμένου κυκλώματος
 - Τα βήματα κατασκευής είναι πολύ περισσότερα (40+)
 - από την απλουστευμένη εικόνα που είδαμε
 - Οι δομές που κατασκευάζονται είναι πολύπλοκότερες
 - Απαιτούν πολλαπλά στάδια επεξεργασίας