



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

Δρ. Ζιούζιος Δημήτρης

dziouzios@uowm.gr



Οδηγός σπουδών

Τίτλος Μαθήματος	Μικροεπεξεργαστές
ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	Προπτυχιακό
ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	E22
ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	6 ^ο
ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	4 (2 θεωρία & 2 εργαστήριο)
ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	5 ECTS
ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Υποχρεωτικό / Ειδικού Υποβάθρου



Περιεχόμενο μαθήματος

Το μάθημα αφορά την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας και προγραμματισμού μικροεπεξεργαστών και γενικότερα μεγάλης κλίμακας ψηφιακών κυκλωμάτων.

Περιλαμβάνει εκτενή αναφορά στην αρχιτεκτονική και προγραμματισμό των μικροελεγκτών AVR και συγκεκριμένα του ATmega328, στους διάφορους αισθητήρες και ενεργοποιητές, καθώς και στα ηλεκτρονικά που χρειάζονται προκειμένου όλα αυτά να ενοποιηθούν σε ένα ενιαίο ενσωματωμένο σύστημα.

Επιπρόσθετα θα εξεταστούν θέματα αρχιτεκτονικής και προγραμματισμού των μικροεπεξεργαστών BCM2835 της Broadcom.



Μαθησιακά αποτελέσματα

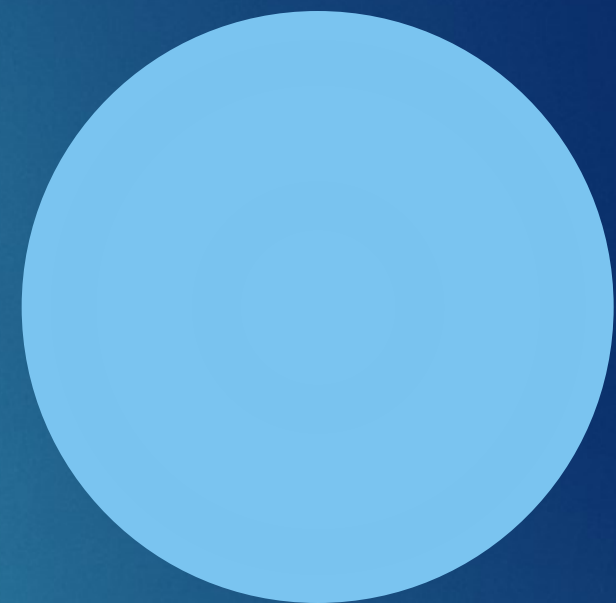
Με την ολοκλήρωση του μαθήματος ο/η φοιτητής/τρια αναμένεται να αποκτήσει γνώση και κατανόηση των παρακάτω θεμάτων:

- Κατανόηση της αρχιτεκτονικής των μικροελεγκτών και μικροεπεξεργαστών
- Κατανόηση του τρόπου προγραμματισμού των μικροελεγκτών και μικροεπεξεργαστών σε γλώσσα μηχανής, της διαδρομής δεδομένων στους επεξεργαστές, της σύνδεση των περιφερειακών και αισθητήρων με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, των διαύλων, της λειτουργίας της μνήμης, του ελέγχου του επεξεργαστή μέσω εντολών assembly
- Προγραμματισμό σε γλώσσα assembly
- Προγραμματισμός και αποσφαλμάτωσης σε γλώσσα assembly για τους ARM επεξεργαστές και AVR μικροελεγκτές,
- της εισόδου/εξόδου σε γλώσσα assembly στους μικροελεγκτές AVR και ARM μικροεπεξεργαστές,
- της χρήσης των διακοπών λογισμικού και υλικού,
- της δημιουργίας συναρτήσεων χειρισμού εξαιρέσεων σωρού και τρόπους διευθυνσιοδότησης προσπέλασης της μνήμης.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

1. Εσωτερική οργάνωση μικροεπεξεργαστή
2. Συμβολική γλώσσα assembly
3. Επικοινωνία μικροεπεξεργαστή με εξωτερικές συσκευές
4. Εισαγωγή στον προγραμματισμό μικροεπεξεργαστών
5. Ανάπτυξη βασικών εφαρμογών
6. Σχεδίαση και ανάπτυξη προσομοιωτή assembly
7. Προγραμματισμός των μικροελεγκτών AVR





ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Πογαρίδης Δημητριος, Σχεδιαση Συστηματων Μικροεπεξεργαστων, Μούργκος Ιωάννης, Έκδοση: 2/2010, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΔΙΣΙΓΜΑ, ISBN 9789609935067, Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 77120054
- Πογαρίδης Δ., Σχεδίαση Συστημάτων Μικρουπολογιστών, Μαρια Παρικου, Έκδοση: 1η/2013, ΜΑΡΙΑ ΠΑΡΙΚΟΥ & ΣΙΑ ΕΠΕ, ISBN 9789605080822, Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 33153176
- Παπάζογλου Παναγιώτης, Μικροεπεξεργαστές, Εκδοσεις Α. Τζιολα, Έκδοση: 2η/2022, ISBN 9789604189069, Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 102071792
- Καλοφωλιάς Δημήτριος, Προγραμματισμός Του Μικροελεγκτή Avr Atmega328, Εκδοσεις Α. Τζιολα, Έκδοση: 1η/2017, ISBN 9789604186594, Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 68369856
- Ν. Πετρελλης, Γ. Αλεξιου, Μικροεπεξεργαστες Και Σχεδιασμος Μικροϋπολογιστικων Συστηματων, Κλειδαριθμος, Έκδοση: 2η/2012, ISBN 9789604615001, Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22768243



Λογισμικό

❖ PicsimLab -> βρίσκεται στο eclass

❖ AVR Studio (Atmel) -> <https://www.microchip.com/en-us/tools-resources/archives/avr-sam-mcus>

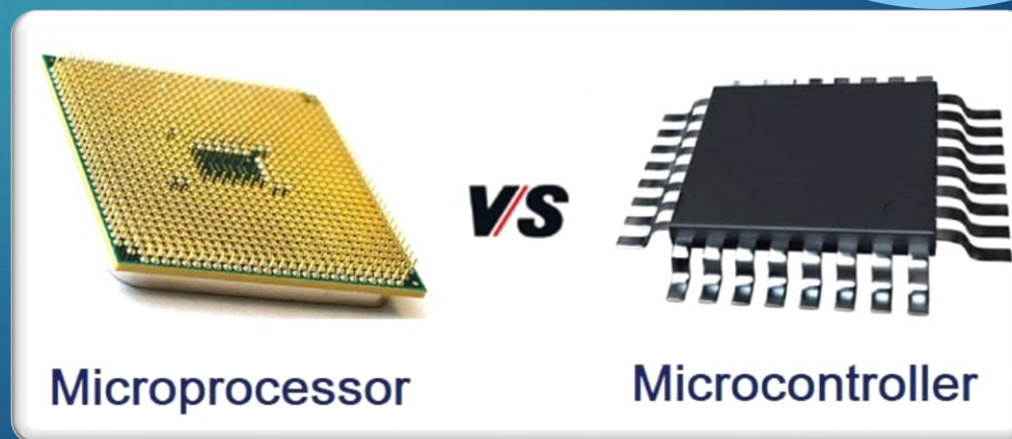


Εισαγωγικά



Μικροεπεξεργαστές vs Μικροελεγκτές

Οι μικροεπεξεργαστές (microprocessors) και οι μικροελεγκτές (microcontrollers) είναι και οι δύο ολοκληρωμένα κυκλώματα (ICs) που περιλαμβάνουν μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU), αλλά έχουν σημαντικές διαφορές στον σχεδιασμό, τη λειτουργία και τη χρήση τους.





Μικροεπεξεργαστές (Microprocessors)

Πρόκειται για μια μονάδα CPU σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Βασικά χαρακτηριστικά:

- Δεν περιλαμβάνει μνήμη RAM, ROM ή περιφερειακές μονάδες εισόδου/εξόδου (I/O) μέσα στο ίδιο το τσιπ.
 - Χρειάζεται εξωτερικά εξαρτήματα (RAM, ROM, I/O controllers) για να λειτουργήσει.
 - Χρησιμοποιείται κυρίως σε συστήματα γενικού σκοπού, όπως υπολογιστές, λάπτοπ, και σε συστήματα υψηλής επεξεργαστικής ισχύος.
- ✓ Παραδείγματα: Intel Core i7, AMD Ryzen, ARM Cortex-A.



Μικροελεγκτές (Microcontrollers)

Πρόκειται για ένα "υπολογιστικό σύστημα σε ένα τσιπ" που ενσωματώνει CPU, RAM, ROM (ή flash memory), και περιφερειακά σε μία μονάδα.

Βασικά χαρακτηριστικά:

- Περιλαμβάνει μνήμη (RAM, ROM/Flash) και μονάδες εισόδου/εξόδου μέσα στο ίδιο τσιπ. Σχεδιάζεται για συγκεκριμένες εφαρμογές και real-time λειτουργίες.
 - Χρησιμοποιείται σε ενσωματωμένα συστήματα, όπως συσκευές IoT, αυτοκίνητα, ιατρικές συσκευές, βιομηχανικό αυτοματισμό.
- ✓ Παραδείγματα: Arduino (ATmega328), ESP32, STM32, PIC16F877A.



Σύγκριση Μικροεπεξεργαστή vs Μικροελεγκτή

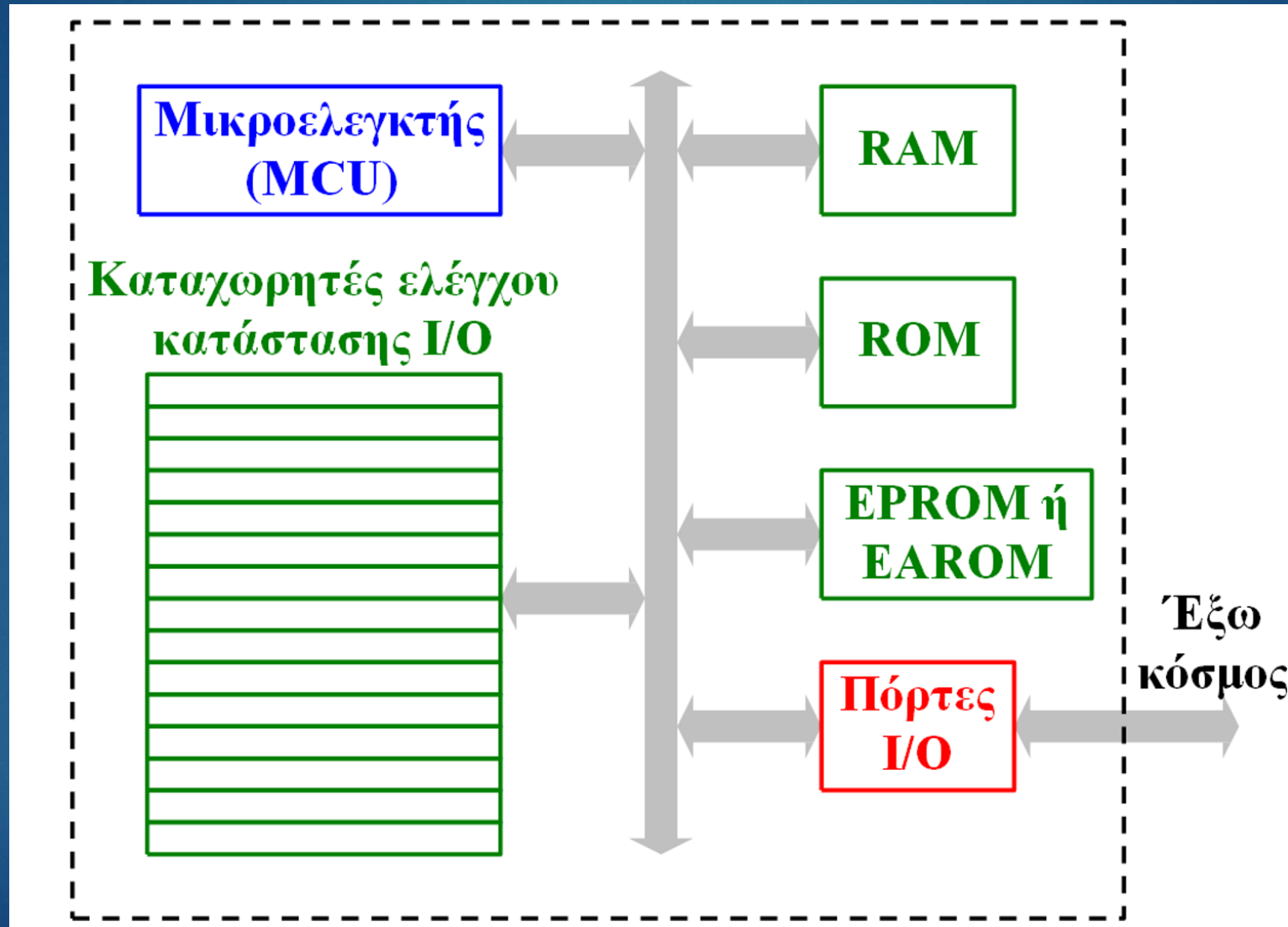
Χαρακτηριστικό	Μικροεπεξεργαστής	Μικροελεγκτής
CPU	Ναι	Ναι
RAM/ROM	Όχι (χρειάζεται εξωτερικά)	Ναι (ενσωματωμένα)
I/O περιφερειακά	Όχι (πρέπει να συνδεθούν ξεχωριστά)	Ναι (ενσωματωμένα)
Εφαρμογή	Υπολογιστές, servers, κινητά	Ενσωματωμένα συστήματα, IoT, αυτοματισμοί
Ενεργειακή κατανάλωση	Υψηλή	Χαμηλή

Συμπέρασμα:

- Αν χρειάζεσαι μεγάλη επεξεργαστική ισχύ και ευελιξία, τότε ένας μικροεπεξεργαστής είναι η καλύτερη επιλογή.
- Αν θέλεις μια ολοκληρωμένη λύση με μνήμη, είσοδο/έξοδο και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, τότε ο μικροελεγκτής είναι πιο κατάλληλος.



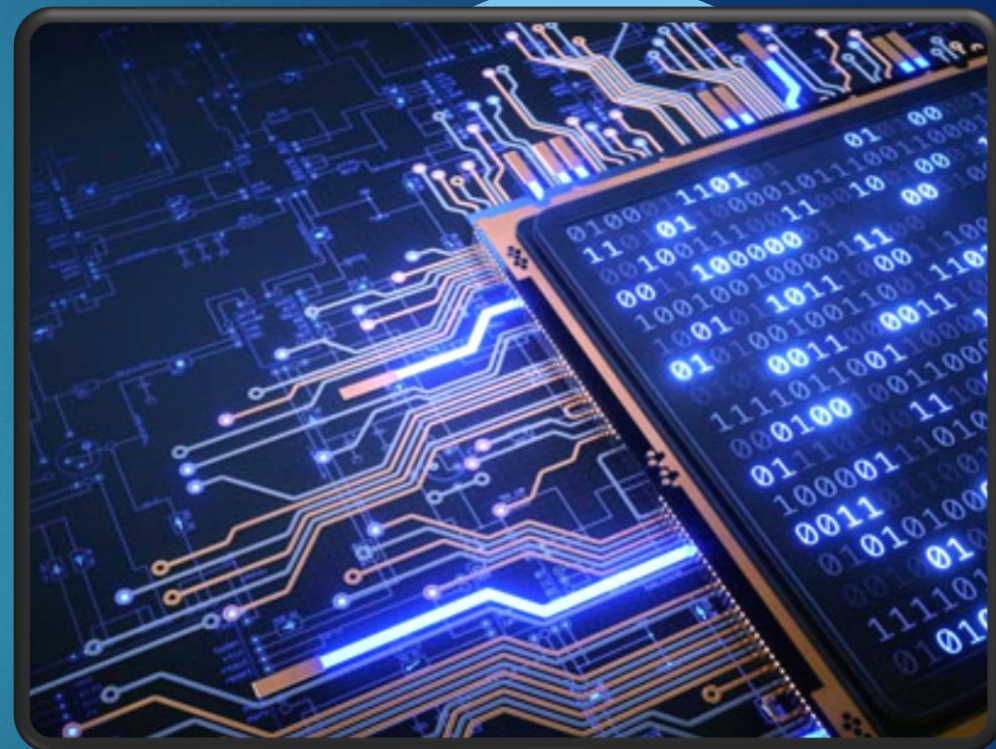
Ένας τυπικός Μικροελεγκτής





Εφαρμογές

1. Βιομηχανικές Εφαρμογές
2. Καταναλωτικά Ηλεκτρονικά
3. Αυτοκινητοβιομηχανία
4. Ιατρικές Συσκευές
5. Συστήματα Έξυπνου Σπιτιού (Smart Home)
6. Ενσωματωμένα Συστήματα σε Τηλεπικοινωνίες
7. Αεροδιαστημικές και Αμυντικές Εφαρμογές
8. Εκπαιδευτικές και Πειραματικές Εφαρμογές





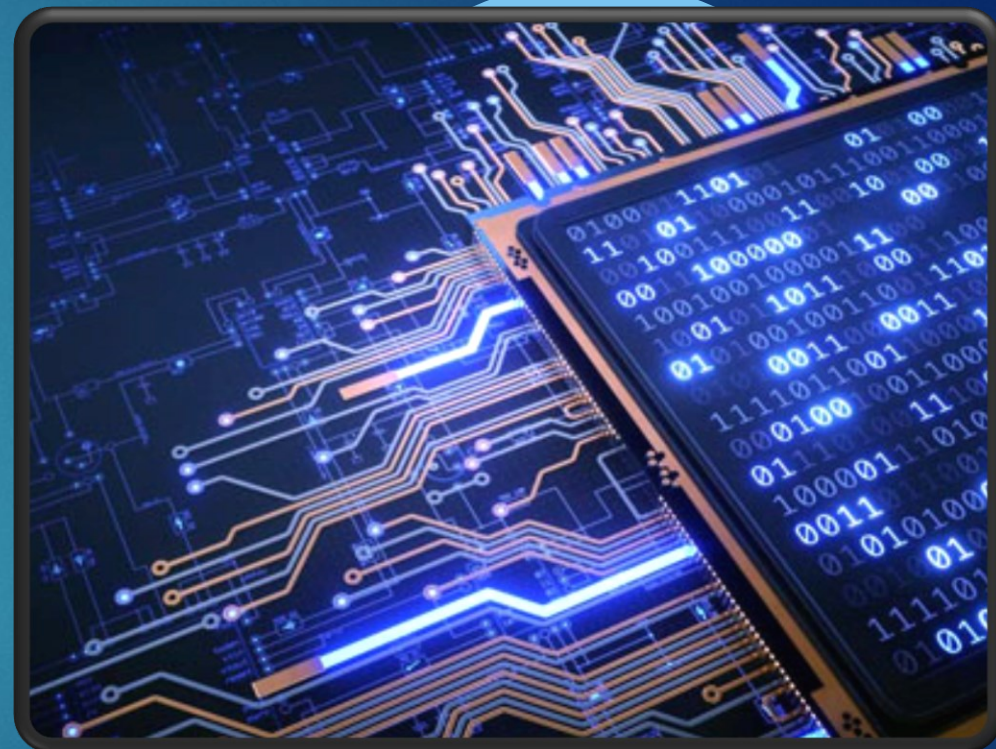
Οι μικροελεγκτές AVR

- ❑ Οικογένεια μικροελεγκτών, ευρέως διαδεδομένοι, που αναπτύχθηκαν από την εταιρεία Atmel από το 1996.
- ❑ Από τις πρώτες οικογένειες που χρησιμοποίησαν μνήμη flash ως αποθήκευση (program storage) αντί για τις one-time programmable ROM, EPROM, ή EEPROM που χρησιμοποιούνταν ως τότε
- ❑ Ακρωνύμιο: Alf (Egil Bogen) and Vegard (Wollan)'s RISC processor
- ❑ Πολλές εφαρμογές στα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems) γενικότερα
- ❑ Χρησιμοποιούνται επίσης στα πολύ δημοφιλή κιτ Arduino (Genuino εκτός US)
- ❑ Αισθητήρες / ενεργοποιητές (sensors / actuators)



Εφαρμογές

1. Βιομηχανικές Εφαρμογές
2. Καταναλωτικά Ηλεκτρονικά
3. Αυτοκινητοβιομηχανία
4. Ιατρικές Συσκευές
5. Συστήματα Έξυπνου Σπιτιού (Smart Home)
6. Ενσωματωμένα Συστήματα σε Τηλεπικοινωνίες
7. Αεροδιαστημικές και Αμυντικές Εφαρμογές
8. Εκπαιδευτικές και Πειραματικές Εφαρμογές





Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU)

Μια Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU) διαθέτει έναν αριθμό καταχωρητών. Η CPU χρησιμοποιεί **καταχωρητές** για την προσωρινή αποθήκευση πληροφοριών. Οι πληροφορίες μπορεί να είναι δύο τιμές προς επεξεργασία ή η διεύθυνση της τιμής που χρειάζεται να ληφθεί από τη μνήμη. Οι καταχωρητές εντός της CPU μπορούν να είναι καταχωρητές 8 bit, 16 bit, 32 bit ή ακόμα και 64 bit, ανάλογα με τη CPU. Σε γενικές γραμμές, όσο μεγαλύτεροι είναι οι καταχωρητές, τόσο καλύτερη είναι η CPU. Το μειονέκτημα των όλο και μεγαλύτερων καταχωρητών είναι το αυξημένο κόστος μιας τέτοιας CPU.



Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU)

Η CPU έχει επίσης το ονομαζόμενο ALU - Arithmetic Logic Unit (Αριθμητική / Λογική Μονάδα). Το τμήμα ALU της CPU είναι υπεύθυνη για την εκτέλεση αριθμητικών λειτουργιών, όπως η πρόσθεση, η αφαίρεση, ο πολλαπλασιασμός και η διαίρεση, καθώς και για λογικές λειτουργίες όπως οι AND, OR και NOT.

Η CPU έχει το ονομαζόμενο μετρητή προγράμματος (Program Counter). Η λειτουργία του μετρητή προγράμματος είναι να δείχνει τη διεύθυνση της επόμενης εντολής που θα εκτελεστεί. Καθώς εκτελείται κάθε εντολή, ο μετρητής προγράμματος αυξάνεται ώστε να δείχνει τη διεύθυνση της επόμενης εντολής που θα εκτελεστεί. Τα περιεχόμενα του μετρητή προγράμματος τοποθετούνται στο δίαυλο διεύθυνσης για να βρεθεί και να ληφθεί η επιθυμητή εντολή. Στον υπολογιστή IBM, ο μετρητής προγράμματος είναι ένας κατάλογος που ονομάζεται IP (Instruction Pointer) ή ο δείκτης εντολής.



Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU)

Η λειτουργία του αποκωδικοποιητή εντολής (Instruction Decoder) ασχολείται με την ερμηνεία της εντολής που παραλαμβάνεται στη CPU. Κάποιος μπορεί να σκεφτεί τον αποκωδικοποιητή εντολής ως ένα είδος λεξικού, καταγράφοντας το νόημα κάθε εντολής και ποια βήματα πρέπει να εκτελέσει η CPU με τη λήψη μιας δεδομένης εντολής. Ακριβώς όπως ένα λεξικό απαιτεί περισσότερες σελίδες με τις περισσότερες λέξεις που ορίζει, μια CPU ικανή να κατανοήσει περισσότερες οδηγίες απαιτεί περισσότερα τρανζίστορ για να σχεδιαστεί.



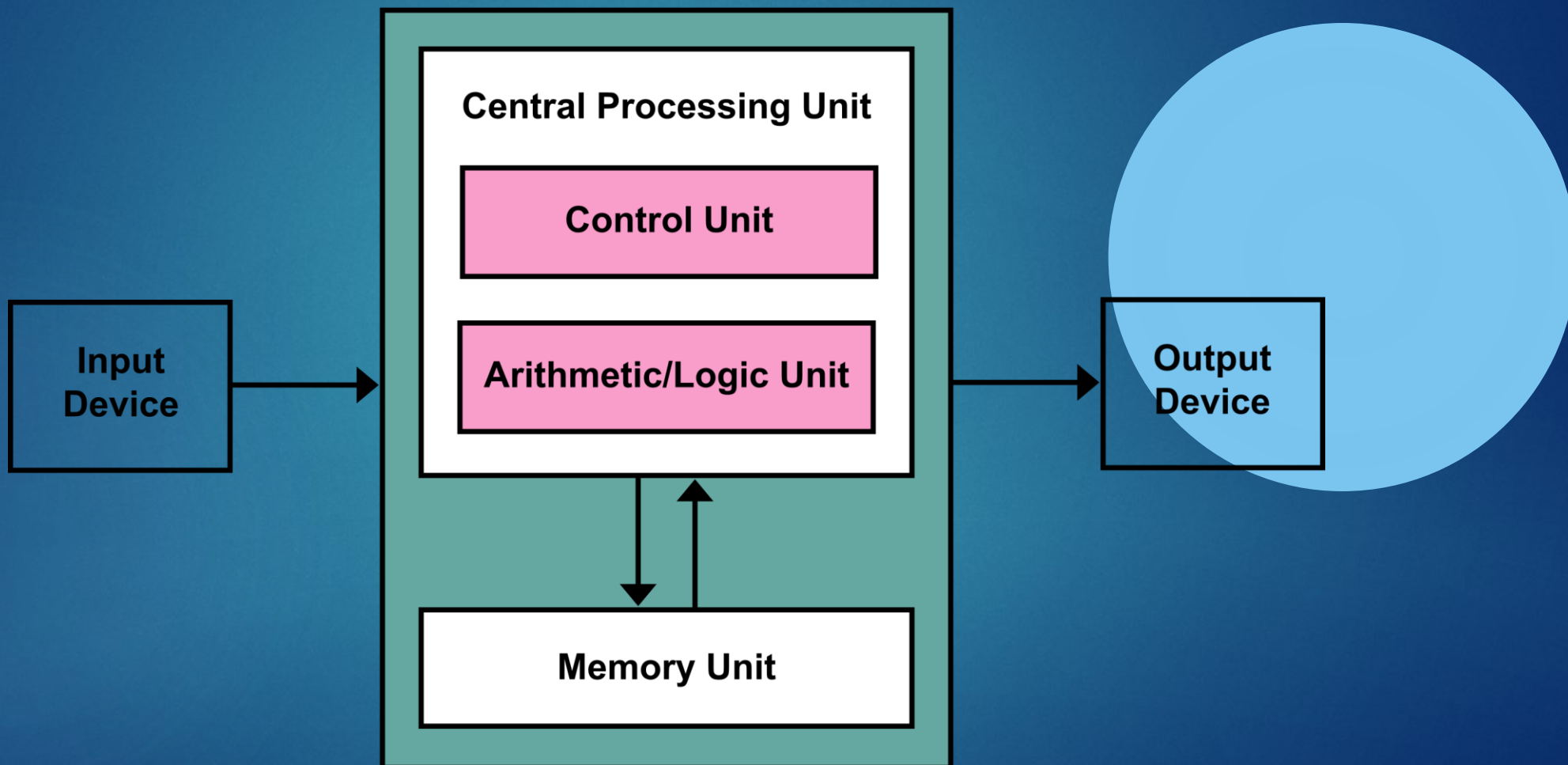
Αρχιτεκτονική Von Neumann

Κάθε μικροεπεξεργαστής πρέπει να διαθέτει χώρο μνήμης για την αποθήκευση του προγράμματος (code) και των δεδομένων (data). Ενώ ο κώδικας παρέχει οδηγίες στην CPU, τα δεδομένα παρέχουν τις πληροφορίες προς επεξεργασία. Η CPU χρησιμοποιεί διαδρόμους (ίχνη καλωδίων) για πρόσβαση στους χώρους μνήμης ROM και δεδομένων μνήμης RAM. Οι πρώτοι υπολογιστές χρησιμοποιούσαν τον ίδιο δίαυλο για πρόσβαση στον κώδικα και στα δεδομένα. Μια τέτοια αρχιτεκτονική αναφέρεται γενικά ως αρχιτεκτονική Von Neumann.

Αυτό σημαίνει ότι για τους υπολογιστές αρχιτεκτονικής von Neumann, η διαδικασία πρόσβασης στον κώδικα ή στα δεδομένα θα μπορούσε να τους προκαλέσει να φτάσουν ο ένας στον άλλο και να επιβραδύνουν την ταχύτητα επεξεργασίας της CPU, επειδή κάθε ένας έπρεπε να περιμένει τον άλλο να τελειώσει.



Αρχιτεκτονική Von Neumann





Αρχιτεκτονική Harvard

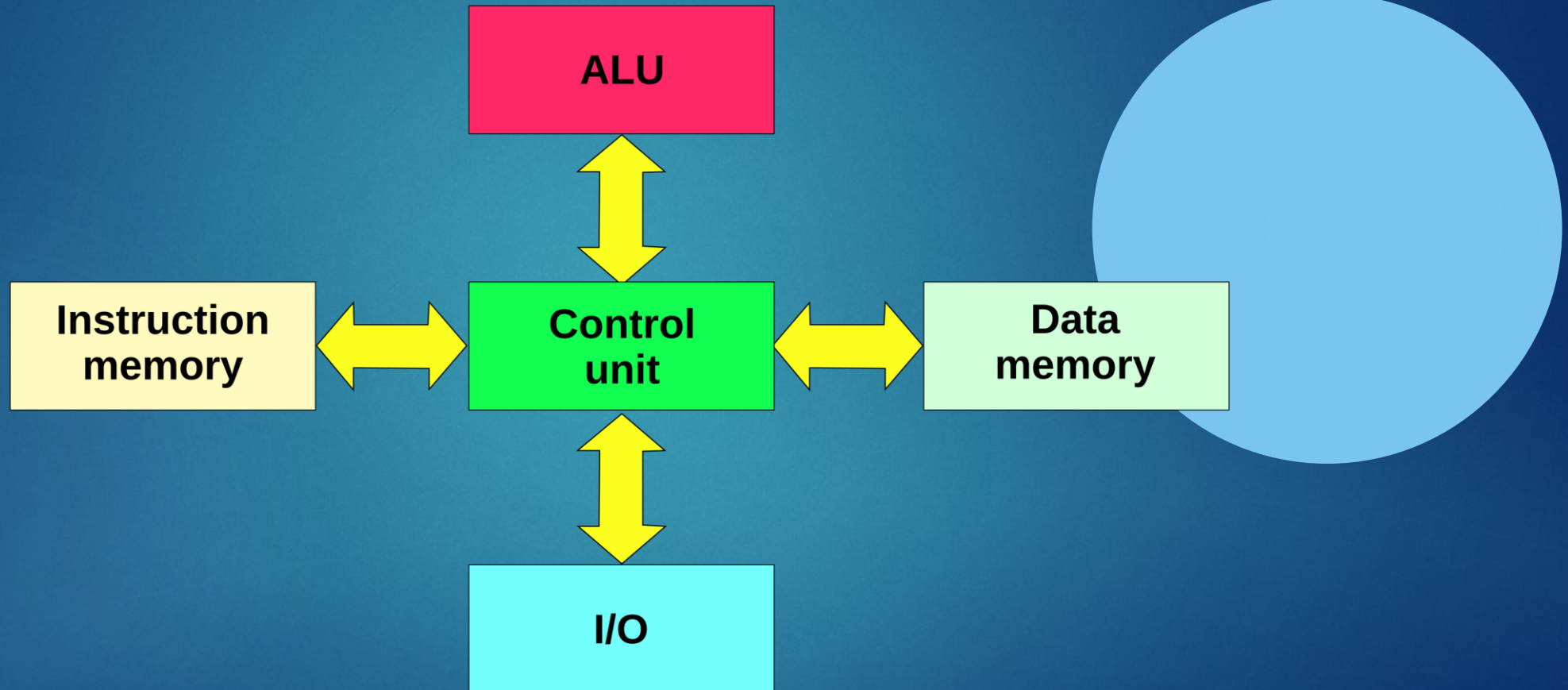
Για να επιταχυνθεί η διαδικασία εκτέλεσης του προγράμματος, κάποιες CPU χρησιμοποιούν αυτό που ονομάζεται αρχιτεκτονική Harvard.

Στην αρχιτεκτονική Harvard, έχουμε ξεχωριστούς διαύλους για τη μνήμη αποθήκευσης εντολών και δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι χρειαζόμαστε τέσσερις συνολικά διαύλους:

- (1) μια σειρά διαύλων δεδομένων για τη μεταφορά δεδομένων προς και από την CPU,
- (2) ένα σύνολο διαύλων διεύθυνσης για την πρόσβαση στα δεδομένα,
- (3) ένα σύνολο διαύλων δεδομένων για τη μεταφορά των εντολών στην CPU και
- (4) ένα δίαυλο διευθύνσεων για την πρόσβαση των εντολών.



Αρχιτεκτονική Harvard





Αρχιτεκτονική Harvard

Αυτό είναι εύκολο να εφαρμοστεί μέσα σε ένα Ολοκληρωμένο Κύκλωμα (Integrated Circuit - IC), όπως ένας μικροελεγκτής όπου και η ROM αλλά και η μνήμη RAM είναι εσωτερικοί (on-chip) και οι αποστάσεις είναι στην κλίμακα μικρόν και χιλιοστών.

Η εφαρμογή της αρχιτεκτονικής Harvard για συστήματα όπως οι υπολογιστές τύπου x86 IBM PC είναι πολύ δαπανηρή επειδή οι μνήμες RAM και η ROM που περιέχουν και τον κώδικα και τα δεδομένα είναι εξωτερικά της CPU.

Για παράδειγμα, για έναν μικροεπεξεργαστή Pentium με ένα δίαυλο δεδομένων 64 bit και έναν δίαυλο διεύθυνσης 32 bit, θα χρειαστούμε περίπου 100 καλώδια στη μητρική πλακέτα εάν είναι σε αρχιτεκτονική Von Neumann (96 για διεύθυνση και δεδομένα και μερικά άλλα για έλεγχο σημάτων ανάγνωσης και εγγραφής και ούτω καθεξής). Ο αριθμός των καλωδίων θα διπλασιαστεί σε 200, αν χρησιμοποιήσουμε την αρχιτεκτονική του Harvard, και θα απαιτήσει μεγάλο αριθμό ακροδεκτών (pins)



Αρχιτεκτονική Harvard και Von Neumann

Για αυτό το λόγο οι μικροελεγκτές όπως το AVR χρησιμοποιούν την αρχιτεκτονική Harvard εσωτερικά, αλλά χρησιμοποιούν την αρχιτεκτονική Von Neumann εάν χρειάζονται εξωτερική μνήμη για χώρο του κώδικα και των δεδομένων.

Η αρχιτεκτονική Von Neumann αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Princeton, ενώ η αρχιτεκτονική του Harvard ήταν έργο του Πανεπιστημίου του Harvard.

Τέλος 1ης διάλεξης

Δρ. Δημήτρης Ζιούζιος

dziouzos@uowm.gr