

HY-120 - Ψηφιακή Σχεδίαση: Περιγραφή του Μαθήματος

Στόχος του Μαθήματος:

Οι υπολογιστές (και οι αυτόνομοι και οι ενσωματωμένοι σε άλλες μηχανές, π.χ. αυτοκίνητα, τηλεοράσεις, ιατρικές συσκευές, κλπ), τα δίκτυα (π.χ. Internet), και οι τηλεπικοινωνίες (τηλέφωνα, κινητά, ασύρματοι, κλπ) είναι όλα κατασκευασμένα, σήμερα πιά, από μικροηλεκτρονικά chips που στην συντριπτική τους πλειοψηφία είναι **ψηφιακά**. Αυτό το μάθημα μιλάει για τα ψηφιακά συστήματα –για τη βάση δηλαδή όλης της σύγχρονης τεχνολογίας της πληροφορίας.

Ο στόχος του μαθήματος είναι να διδάξει στη νέα φοιτήτρια και φοιτητή των υπολογιστών το τι είναι ψηφιακό κύκλωμα, τις βασικές και απαραίτητες έννοιες και στοιχεία της ψηφιακής σχεδίασης, και πώς με αυτά μπορεί να φτιάξει κανείς ένα σημαντικό και κεντρικό παράδειγμα ψηφιακού κυκλώματος: έναν απλούστατο υπολογιστή. Βέβαια, ο υπολογιστής που θα φτιάξουμε σε αυτό το πρώτο μάθημα θα είναι υπεραπλουστευμένος (γι' αυτό και εξαιρετικά αργός) αλλά παρ' όλα αυτά θα είναι ένας υπολογιστής!

Η συνέχεια του μαθήματος αυτού είναι το μάθημα "[Οργάνωση Υπολογιστών](#)" ([HY-225](#)), (εαρινά εξάμηνα), όπου ο φοιτητής θα ακούσει για το πώς είναι οι πραγματικοί σημερινοί υπολογιστές (όχι οι εδώ υπεραπλουστευμένοι), πώς είναι η γλώσσα μηχανής τους, η κατασκευή του επεξεργαστή και της μνήμης τους, και πώς λειτουργεί η επικοινωνία τους με τον έξω κόσμο. Το παρόν μάθημα (HY-120) και το HY-225 είναι τα δύο μαθήματα "κορμού" (υποχρεωτικά) του Τμήματός μας στην περιοχή του υλικού (hardware) των υπολογιστών και εν γένει των ψηφιακών συστημάτων, και διδάσκουν όσα όλοι οι απόφοιτοι πληροφορικής πρέπει να ξέρουν από αυτή την περιοχή σαν ελάχιστη βασική γνώση. Για αυτούς που επιθυμούν να μάθουν περισσότερα γύρω από το υλικό (hardware), υπάρχουν τα μαθημάτα *επιλογής*:

- [HY-220](#) "Εργαστήριο Ψηφιακών Κυκλωμάτων" (ακολουθεί το 120, δεν προϋπ. το 225),
- [HY-425](#) "Αρχιτεκτονική Υπολογιστών" (προϋποθέτει το HY-225), και
- [HY-428](#) "Εργαστήριο Ενσωματωμένων Επεξεργαστών" (προϋποθέτει το HY-225),

Περιεχόμενο του Μαθήματος:

- **Μάθημα Κορμού** Επιστήμης Υπολογιστών (δηλ. υποχρεωτικό).
- Διδακτικές Μονάδες: **Οκτώ (8) ECTS**.
- **Προαπαιτούμενα:** Κανένα.
- Περιεχόμενο:
- **Εισαγωγή:** ταχεία επανάληψη των ηλεκτρικών κυκλωμάτων· διακόπτες

και οι λογικές πράξεις ΚΑΙ-Ή-ΟΧΙ· πολύπλεξη και η δομή της μνήμης (αρχικά της ROM)· συνδυασμοί και αποκωδικοποίηση· αντιστροφή ενός αποκωδικοποιητή δένδρου ηλεκτρονόμενων για το σχηματισμό ενός πολυπλέκτη· αναλογικά και ψηφιακά συστήματα, πλεονεκτήματα και εφαρμογές των ψηφιακών συστημάτων· απλά κυκλώματα με ηλεκτρονόμους (relays), ανάδραση και μνήμη.

- **Συνδυαστικά Κυκλώματα:** πράξεις AND-OR-NOT, πίνακες αληθείας, παραδείγματα, λογικές πύλες, IC chips, Άλγεβρα Boole, διαγράμματα Venn, χάρτες Karnaugh, απλοποίηση.
- **Δυαδικοί Ακέραιοι Αριθμοί και Προσαφαιρέσεις:** πλήθος συνδυασμών και δυαδική αρίθμηση, μη προσημασμένοι ακέραιοι, δυαδική πρόσθεση, συνδυαστικά κυκλώματα αθροιστή. Πολλαπλασιασμός / διαίρεση / υπόλοιπο με δυνάμεις του 2, δηλ. επιλογή πεδίων από bits. Προσημασμένοι αριθμοί: συστροφή (wrap-around), αναπαράσταση σε συμπλήρωμα ως προς 2, προσημασμένη πρόσθεση, αντίθετος αριθμού, κύκλωμα αθροιστή/αφαιρέτη.
- **Μνήμη:** ανάδραση, ασταθή και δισταθή κυκλώματα, ταλαντωτές· μανταλωτές (latches) τύπων RS και D, μονόμπιτοι και πολύμπιτοι· RAM, οργάνωση κατά λέξεις και κατά bits, διευθύνσεις και αποκωδικοποίηση διευθύνσεων.
- **Ακολουθιακά Κυκλώματα:** αναχρησιμοποίηση υλικού, ανάγκη σημάτων χρονισμού, διφασικά ρολόγια, παραδείγματα (μετρητής, ολίσθηση, μεταφορά καταχωρητών), flip-flops αφέντη-σκλάβου.
- **Datapath:** καταχωρητές, πολυπλέκτες, ALU's, παραδείγματα απλών datapaths· τρικατάστατοι οδηγητές, λεωφόροι (buses)· μνήμες SRAM, έλεγχος εγγραφής και ενεργοποίηση εξόδου, κατασκευή μεγαλύτερων μνημών από πολλαπλά chips SRAM.
- **Ένας απλός Επεξεργαστής:** παράδειγμα datapath ενός απλού επεξεργαστή με ένα συσσωρευτή, γλώσσα μηχανής και assembly του απλού επεξεργαστή & παραδείγματα προγραμμαμάτων assembly: σειριακός κώδικας, διακλαδώσεις και βρόχοι, έμμεσες προσπελάσεις και πίνακες.
- **FSM και Έλεγχος:** μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων (FSM) και παραδείγματα: ελεγκτής κυκλοφορίας, δέκτης σειριακής επικοινωνίας, FSM ελέγχου επεξεργαστή.
- **Τεχνολογία:** σύντομη εισαγωγή στα ολοκληρωμένα κυκλώματα CMOS, κόστος, ταχύτητα, κατανάλωση ενέργειας, και παράγοντες που τα επηρεάζουν.

Εργαστήριο:

Το μάθημα περιλαμβάνει εβδομαδιαίες δυομισάωρες εργαστηριακές ασκήσεις με χρήση breadboard, διακοπών, LED, ηλεκτρονόμενων, chips (TTL, CMOS), και ενός απλού datapath ενός υπολογιστή τύπου συσσωρευτή με δύο χωριστές μνήμες (εντολών, δεδομένων) και πλήθος ενδείκτικων λυχνιών 7-segment για την παρακολούθηση της κατάστασής του, το οποίο οι φοιτητές μετατρέπουν σε στοιχειώδη υπολογιστή υλοποιώντας τον έλεγχό του στο breadboard.

- Υπάρχουν 13 δίωρες εργαστηριακές ασκήσεις, **μία ανά εβδομάδα** (εργ. 0 έως και 12). Οι ασκήσεις είναι **ατομικές**: κάθε φοιτητής εργάζεται μόνος.
- Κάθε άσκηση από την 1 ως και την 12 **βαθμολογείται** ως προς την

κατανόηση της σχετικής θεωρίας, προετοιμασία, εκτέλεση, και ποιότητα η άσκηση 0 είναι εισαγωγική και δεν βαθμολογείται. Απουσία από άσκηση βαθμολογείται με μηδέν. Όμως, ο τελικός βαθμός εργαστηρίου προκύπτει ως ο μέσος όρος **των 11 καλύτερων** βαθμών ασκήσεων, άρα μέχρι μία απουσία εργαστηρίου το εξάμηνο δεν έχει συνέπειες (συμφέρει πάντως να μην απουσιάσετε στα σημαντικά εργαστήρια, που έχουν υψηλότερο συντελεστή βάρους βαθμολογίας –βλ. παρακάτω, ενότητα "Βαθμολογία").

- Όλοι οι νέοι εγγεγραμμένοι στο μάθημα υποχρεούνται να συμμετάσχουν στα εργαστήρια. Για τους επανεγγραφόμενους, η υποχρέωση ή μη εξαρτάται από τη χωρητικότητα του εργαστηρίου, και ο σχετικός κανονισμός αλλάζει από έτος σε έτος –βλ. www.csd.uoc.gr/~hy120/lab/
- Κάθε εργαστηριακό τμήμα περιλαμβάνει **έως 26 φοιτητές**, και εποπτεύεται και βαθμολογείται από δύο βοηθούς, μεταπτυχιακούς φοιτητές ή ΔΕΠΡΟΦΟΙΤ, υπό την επίβλεψη και συντονισμό του κ. Νίκου Κρασσά.

Ευχαριστούμε το Ινστιτούτο Πληροφορικής του ΙΤΕ, και ιδιαίτερα τους Μιχαήλ Λυγεράκη και Γεώργιο Καλοκαιρινό, γιά τη σχεδίαση και μεγάλο μέρος της κατασκευής του εργαστηριακού εξοπλισμού του μαθήματος. Επίσης ευχαριστούμε την εταιρεία [**Altera \(University Program\)**](http://Altera (University Program)) γιά τη δωρεά υλικών αξίας 10.000 Ευρώ στο εργαστήριο του μαθήματος.

We deeply appreciate [**Altera University Program**](http://Altera University Program)'s donation of 10 thousand Euro worth of hardware to this course's lab.



Βιβλία:

Οι φοιτητές του μαθήματος έχουν επιλογή ανάμεσα στα εξής τέσσερα βιβλία:

- William J. Dally, R. Curtis Harting: "Ψηφιακή Σχεδίαση", Cambridge Univ. Press (2012), Ελληνική μετάφραση: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (2015), ISBN 978-960-524-445-3. [Σύγγραμμα αριθμός 32998377 στο σύστημα "Εύδοξος": service.eudoxus.gr/search/#a/id:32998377/0]
- John Wakerly: "Ψηφιακή Σχεδίαση: Αρχές και Πρακτικές", 5η έκδοση, Pearson (2018), Ελληνική μετάφραση: εκδόσεις Κλειδάριθμος (2019), ISBN 978-960-645-001-3. [Σύγγραμμα αριθμός 86195856 στο σύστημα "Εύδοξος": service.eudoxus.gr/search/#a/id:86195856/0]
- M. Morris Mano, Michael D. Ciletti: "Ψηφιακή Σχεδίαση", 6η έκδοση, Αγγλικό πρωτότυπο: "Digital Design" (Pearson, 2018, ISBN: 9780134549897), Ελληνική μετάφραση: εκδόσεις Παπασωτηρίου (2018), ISBN 978-960-491-113-4. [Σύγγραμμα αριθμός 68406394 στο σύστημα "Εύδοξος": service.eudoxus.gr/search/#a/id:68406394/0]
- Stephen Brown, Zvonko Vranesic: "Σχεδίαση Ψηφιακών Συστημάτων με τη Γλώσσα VHDL", 4η έκδοση, McGraw Hill, Ελληνική μετάφραση: Εκδόσεις Τζιόλα, 2024, ISBN 978-618-221-003-1. [Σύγγραμμα αριθμός 112706646 στο σύστημα "Εύδοξος": service.eudoxus.gr/search/#a/id:112706646/0]

Ο διδάσκων συνιστά ένθερμα το *πρώτο* βιβλίο, των Dally και Harting (ή ίσως και το *δεύτερο*, του Wakerly). Παρ' ότι το επίπεδο του πρώτου βιβλίου είναι

υψηλότερο από εκείνο του δικού μας μαθήματος, όμως το βιβλίο αυτό είναι εξαιρετικό, θα κοσμίει τη βιβλιοθήκη σας, και θα αποτελεί ένα θαυμάσιο εγχειρίδιο αναφοράς για σας για αρκετά χρόνια στη μελλοντική σας σταδιοδρομία· είναι σύγχρονο, και γραμμένο από έναν διεθνή ηγέτη της τεχνολογίας (Chief Scientist της NVIDIA και καθηγητή στο Stanford).

Εάν αναζητάτε ένα βιβλίο ευκολότερο στο διάβασμα, τότε διαλέξτε το τρίτο ή το τέταρτο –ενδεχομένως και το δεύτερο. Το δεύτερο, του Wakerly, έχει μεγαλύτερη ευρύτητα ύλης και βαθύτερη/ωριμότερη παρουσίαση από τα άλλα δύο, άρα πλησιάζει περισσότερο στο πρώτο (του Dally) (ίσως λίγο πιο ευκολοδιάβαστο από του Dally?). Το τρίτο, του Mano, είναι πολύ δημοφιλές σαν απλό και ευκολοδιάβαστο διδακτικό βιβλίο, και για εμάς εδώ στο Παν. Κρήτης και στο ΙΤΕ-ΙΠ, έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιεί τη γλώσσα Verilog που και εμείς χρησιμοποιούμε (σε άλλα μαθήματα και στην έρευνά μας), όπως επίσης κάνουν και τα 1ο και 2ο (Dally, Wakerly), έναντι της VHDL του τέταρτου.

Και τα τέσσερα βιβλία καλύπτουν τα περισσότερα θέματα του μαθήματος, εκτός –κυρίως– τους ηλεκτρονόμεους, τα διφασικά ρολόγια, και αρκετά παραδείγματα που θα χρησιμοποιήσουμε –ιδιαίτερα το παράδειγμα απλού επεξεργαστή του μαθήματος. Από την άλλη, το μάθημα δεν περιλαμβάνει μερικά από τα θέματα στα βιβλία, και θα επιμένει λιγότερο σε αρκετά ειδικευμένα θέματα που διδάσκονται στο HY-220 ή αλλού. Για τους λόγους αυτούς, συνιστάται ένθερμα στους εγγεγραμμένους φοιτητές **να παρακολουθούν ανελλιπώς τις διαλέξεις του μαθήματος**, οι οποίες πιστεύεται ότι θα τους βοηθήσουν σημαντικά περισσότερο απ' όσο τα βιβλία στην κατανόηση των εννοιών και της χρήσης τους. Σημαντικό βοήθημα αποτελούν οι διαφάνειες διδασκαλίας, οι λεπτομερείς εκφωνήσεις των εργαστηριακών ασκήσεων, και οι βιντεοσκοπημένες διαλέξεις του φθινοπώρου 2020.

Πρόγραμμα Διδασκαλίας, Εξέτασης Προόδου:

- **Εβδομαδιαία:** Δευτέρες, Τετάρτες, και Παρασκευές 11:15 - 13:00 στο Αμφιθέατρο "Στέλιος Ορφανουδάκης". Οι περισσότερες εβδομάδες του εξαμήνου θα περιλαμβάνουν τρία δώρα διαλέξεων (ΔεΤεΠα), ενώ μερικές δύο – δείτε την [ιστοσελίδα](#) του μαθήματος για τον προγραμματισμό.
- Το Φθινόπ. 2020 το μάθημα είχε **βιντεοσκοπηθεί**, και τα σχετικά video διατίθενται μέσω της [ιστοσελίδας](#) του μαθήματος. Φέτος, το μάθημα θα είναι αρκετά παρόμοιο με τότε, άρα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα video αυτά. Μία ιδέα είναι –ιδιαίτερα όσοι φοιτητές δυσκολεύονται περισσότερο– να τα παρακολουθούν **πριν** από το μάθημα, και στο μάθημα να ρωτούν τις ερωτήσεις που τους γεννώνται.
- **Εξέταση Προόδου:** το Σάββατο 1 Νοεμβρίου 2025, ώρα 11-1 (βδομάδα 6). Η συμμετοχή των φοιτητών είναι υποχρεωτική κατά την έννοια ότι ο βαθμός αυτής της εξέτασης *πάντα* μετράει –χωρίς όμως να υπάρχει ελάχιστο όριο αυτού του βαθμού που να απαιτείται για να περάσει ο φοιτητής το μάθημα.

Βαθμολογία:

- **30 %** από τον μέσο βαθμό **Εργαστηρίου**, αρκεί αυτός να είναι τουλάχιστο τέσσερα (**4.0**) (φοιτητές που είχαν κάνει το Εργαστήριο πέρυσι ή πρόπερσι με σχετικά καλό βαθμό έχουν την επιλογή να κρατήσουν τον πιο πρόσφατο τότε βαθμό τους, αλλά με αυξημένο κατώφλι τελικής εξέτασης –λεπτομέρεις στο www.csd.uoc.gr/~hy120/lab/)
- **20 %** από τον βαθμό της εξέτασης **Προόδου**, και
- **50 %** από τον βαθμό **τελικής εξέτασης** (Α' ή Β' περιόδου), αρκεί αυτός να είναι τουλάχιστο τρισήμισυ (**3.5**). Το κάτω αυτό όριο αυξάνεται κατά μία (1) μονάδα για όσους επιλέξουν να κρατήσουν βαθμό εργαστηρίου από προηγούμενο έτος.

Βαθμός εργαστηρίου κάτω του 4.0 ή βαθμός τελικής εξέτασης κάτω του 3.5 (ή κάτω του 4.5 με βαθμό εργαστηρίου προηγούμενου έτους) προκαλεί αποτυχία στο μάθημα. Οι εξετάσεις (προόδου & τελική) είναι με κλειστές σημειώσεις. Κάθε αντιγραφή τιμωρείται αυστηρά. Συνιστάται ένθερμα στους εγγεγραμμένους στο μάθημα να διαβάζουν το μάθημα **καθ' όλη τη διάρκεια του εξαμήνου** –όχι μόνο κατά την εξεταστική περίοδο– και να το περάσουν κατά την **Α' εξεταστική περίοδο** –η εμπειρία του διδάσκοντα δείχνει ότι τα μαθήματα περνιούνται πολύ ευκολότερα τότε, όταν η ύλη είναι ακόμη φρέσκια στη μνήμη. Ο μέσος όρος βαθμών εργαστηρίου υπολογίζεται με συντελεστές βάρους, διαφορετικούς για διάφορα εργαστήρια:

- 0.5 για το εργαστήριο 1,
- 0.7 για το εργαστήριο 2,
- 0.8 για το εργαστήριο 3,
- 1.0 για τα εργαστήρια 4 και 5,
- 0.9 για τα εργαστήρια 6, 7, 8,
- 1.2 για το εργαστήριο 9,
- 1.3 για το εργαστήριο 10,
- 1.4 για τα εργαστήρια 11 και 12.

Ο ακριβής τύπος υπολογισμού του μέσου βαθμού εργαστηρίων είναι: $\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^{12} W_i \cdot B_i}{\sum_{i=1}^{12} B_i}$ για $i=1,..,12$, μείον $\text{Minimum}(W_i \cdot B_i)$ για $i=1,..,12$, και όλο διά έντεκα (11.0), όπου W_i είναι ο συντελεστής βάρους του εργαστηρίου i , και B_i είναι ο βαθμός του εργ. i . Επομένως συμφέρει να μην απουσιάζετε κατά τα εργαστήρια με μεγαλύτερο συντελεστή βάρους.

Διδάσκων, Υπεύθυνος Εργαστηρίου & Διαχείρισης, Βοηθοί:

- [Μανόλης Γ.Η. Κατεβαίνης](#), Ομότιμος Καθηγητής, CSD, UoC – τηλ: 2810-39.3564 – ώρες γραφείου (συνήθως) Δευτέρες - Τετάρτες μετά το μάθημα, ή και άλλες, πάντα μετά από ηλτά/τηλ. επιβεβαίωσης, στο γραφείο K329 –ή στο αμφιθέατρο κατά τα διαλείματα του μαθήματος.
- [Νικόλαος Κρασσάς](#), μέλος ΕΤΕΠ (Ειδικό Τεχνικό Εργαστηριακό Προσωπικό), CSD, UoC: Υπεύθυνος Εργαστηρίου και Οργανωτικής Διαχείρισης – ηλ-ταχ: nkrassas – Γραφείο: B217 – Τηλέφωνο: 2810-39.3595

- Βοηθοί – Μεταπτυχιακοί ή και Διακεκριμένοι Προπτυχιακοί Φοιτητές (ΔΕΠΡΟΦΟΙΤ), CSD, UoC:
 - Αθανασιάδης, Αναστάσιος
 - Δαμιανάκης, Αστρινός
 - Δασκαλάκης, Βαρδής
 - Δρενοβιάδης, Κωνσταντίνος
 - Μεταξάκης, Νικόλαος
 - Μηλολιδάκη, Ευαγγελία
 - Ντόκα, Χριστίνα
 - Πετράκης, Σταύρος
 - Πέτσης, Ιωάννης
 - Σαρίογλου, Κωνσταντίνος
 - Τζονευράκης, Ιωάννης-Ραφαήλ

Ηλεκτρονική Επικοινωνία:

- Ιστοσελίδα μαθήματος: <https://www.csd.uoc.gr/~hy120/>
- Κατάλογος ηλ-ταχ. βοηθών, υπευθ. Εργ., διδάσκοντα: hy120.papaki@csd.uoc.gr
- Κατάλογος ηλ-ταχ. φοιτητών, βοηθών, υπευθ. Εργ., και διδάσκοντα: hy120-list.papaki@csd.uoc.gr
Εγγραφείτε στέλνοντας e-mail στο majordomo.papaki@csd.uoc.gr που να περιέχει στο σώμα του μηνύματος (όχι στο θέμα) τη γραμμή "subscribe hy120-list"
Η αποστολή μηνυμάτων πρέπει να γίνεται με φειδώ.
- Το **Θέμα** όλων των μηνυμάτων πρέπει να είναι της μορφής: **Subject: [120] σαφής και σύντομος ορισμός θέματος - Α.Μ. Ονοματεπώνυμο** όπου "Α.Μ." είναι ο αριθμός μητρώου του ενδιαφερομένου (4 ψηφία), και το "σαφής και σύντομος ορισμός θέματος" **δεν** μπορεί να είναι απλώς π.χ. "βαθμός", αλλά πρέπει να είναι π.χ. "βαθμός εργ. 3 τμήμα Α4 γιατί μόνο 5?".

[Up to the Home Page of CS-120](#)

© copyright University of Crete, Greece.
last updated: 28 Oct. 2025, by [M. Katevenis](#).