

## 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 μαθήματα *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· τρικάτάστατοι 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 προγραμμάτων 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, και παράγοντες που τα επηρεάζουν.

## Εργαστήριο:

Το μάθημα περιλαμβάνει εβδομαδιαίες δίωρες εργαστηριακές ασκήσεις με χρήση breadboard, διακοπών, LED, ηλεκτρονόμων, 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 έλεγχο 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 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 σαν 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 ανεξαιρέτως οι εγγεγραμμένοι στο μάθημα υποχρεούνται να συμμετάσχουν στα εργαστήρια, ανεξαρτήτως τυχόν παλαιότερης εγγραφής στο μάθημα. **Κανείς βαθμός** εργαστηρίου από **προηγούμενα έτη** δεν μεταφέρεται.
- Κάθε εργαστηριακό τμήμα περιλαμβάνει **έως 26 φοιτητές**, και εποπτεύεται και βαθμολογείται από δύο βοηθούς - μεταπτυχιακούς φοιτητές υπό την επίβλεψη και συντονισμό του κ. Νίκου Κρασσά.
- **Ελεύθερες Ώρες Εργαστηρίου:** κάθε Δευτέρα και Τρίτη, για αρκετές ώρες, ο χώρος του εργαστηρίου παραμένει ανοικτός και διαθέσιμος για οιοδήποτε φοιτητή του μαθήματος (μέχρι μεγίστου 30 κάθε φορά) επιθυμεί να προετοιμαστεί (ελεύθερα και χωρίς βαθμολόγηση) πριν το κανονικό του δίωρο εργαστήριο της βδομάδας (όπου βαθμολογείται). Συνιστάται να κάνουν χρήση της ελεύθερης αυτής προετοιμασίας κυρίως οι πρωτοετείς φοιτητές που αισθάνονται λιγότερο εξοικειωμένοι, από το Γυμνάσιο-Λύκειο, με τα ηλεκτρικά κυκλώματα ή με εργασία σε εργαστήριο.
- **Για όσους ενδιαφέρονται παραπάνω:** για ηλεκτρονικά, κατασκευές, μικρο-ελεγκτές, κλπ. θα οργανωθεί μία μικρή, προαιρετική, εθελοντική ομάδα.
- [Οργάνωση και Κανονισμός του Εργαστηρίου](#)

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

We deeply appreciate [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](http://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](https://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](https://service.eudoxus.gr/search/#a/id:68406394/0)]
- Stephen Brown, Zvonko Vranesic: "Σχεδίαση Ψηφιακών Συστημάτων με τη Γλώσσα VHDL", McGraw Hill (2011), Ελληνική μετάφραση: Εκδόσεις Τζιόλα, ISBN 978-960-418-340-1. [Σύγγραμμα αριθμός 18548944 στο σύστημα "Εύδοξος": [service.eudoxus.gr/search/#a/id:18548944/0](https://service.eudoxus.gr/search/#a/id:18548944/0)]

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-Π, 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 ηλεκτρονόμους, 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 επιμείνει 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 θα αποτελέσουν και οι λεπτομερείς εκφωνήσεις των εργαστηριακών ασκήσεων.

## Πρόγραμμα Διδασκαλίας, Εξέτασης Προόδου:

- **Εβδομαδιαία:** Δευτέρες, Τετάρτες, και Παρασκευές 12:15 - 14:00 στο Αμφιθέατρο "Στέλιος Ορφανουδάκης". Οι περισσότερες εβδομάδες του εξαμήνου θα περιλαμβάνουν τρία δίωρα διαλέξεων (ΔεΤεΠα), ενώ μερικές δύο – δείτε την [ιστοσελίδα](#) του μαθήματος για τον προγραμματισμό.
- Το Φθινόπ. 2013 το μάθημα είχε **βιντεοσκοπηθεί**, και τα σχετικά video διατίθενται στο youtube [goo.gl/jY4qVk](https://goo.gl/jY4qVk) και στον ιστότοπο: [elearn.uoc.gr/course/view.php?id=232](https://elearn.uoc.gr/course/view.php?id=232) (δεν χρειάζεται password: μπορείτε να μπείτε σαν "επισκέπτης"). Φέτος, το μάθημα θα είναι 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 γεννήθηκαν.
- **Διαγωνισμός Προόδου:** το Σάββατο 2 Νοεμβρίου 2019, ώρα 10-12 ή 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 (φειτεινό) μέσο βαθμό **εργαστηρίου**, αρκεί αυτός να είναι τουλάχιστο τέσσερα (**4.0**) [κανείς βαθμός εργαστηρίου από προηγούμενα έτη δεν μεταφέρεται],
- **20 %** από τον βαθμό του διαγωνισμού **Προόδου**, και
- **50 %** από τον βαθμό **τελικής εξέτασης** (Α' ή Β' περιόδου), αρκεί αυτός να είναι τουλάχιστο

### τρισήμιση (3.5).

Βαθμός εργαστηρίου κάτω του 4.0 ή βαθμός τελικής εξέτασης κάτω του 3.5 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 περνούν 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: Άθροισμα( $W_i * B_i$ ) για  $i=1,..,12$ , μείον  $\text{Minimum}(W_i * B_i)$  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, Βοηθοί:

- [Μανόλης Γ.Η. Κατεβαίνης](#), Καθηγητής, Τμ. Επ. Υπολογιστών, Πανεπ. Κρήτης - ηλτά: kateveni - τηλ: 3564 - ώρες γραφείου (συνήθως) Δευτέρες 11:00 - 11:20 και Δευτέρες-Τετάρτες 15:00 - 15:40 (ή και άλλες), κατά προτίμηση μετά από ηλτά/τηλ επιβεβαίωσης, στο γραφείο K329.
- Νικόλαος Κρασσάς, μέλος ΕΤΕΠ/ΕΔΙΠ, Τμ. Επ. Υπολογιστών, Πανεπ. Κρήτης: Υπεύθυνος Εξοπλισμού, Επίβλεψης, και Συντονισμού Βαθμολόγησης Εργαστηρίου - ηλ-ταχ: nkrassas - Γραφείο: B217 - Τηλέφωνο: 2810.39.3595
- **Βοηθοί** - Μεταπτυχιακοί Φοιτητές, Τμ. Επ. Υπολογιστών, Πανεπ. Κρήτης:
  - Γιαουρτάς, Μιχαήλ – giaourtas
  - Ζέρβας, Γεώργιος – csd3456
  - Καλαεντζής, Γεώργιος Σάββας – kalaentzis
  - Κατεβαίνης Μπίτζος, Γεώργιος – csd3573
  - Κιοστεράκης, Χαρίδημος – charkio
  - Λυδάκης, Γεώργιος – csd3581
  - Ματζουράνης, Γεώργιος Μιχαήλ – matzouranis τελεία george παπάκι gmail τελεία com
  - Μουσούρος, Ορέστης – csd3474
  - Ξανθάκης, Γεώργιος – csd3556
  - Παπαγιάννης, Αναστάσιος – apapag
  - Παυλιδάκης, Εμμανουήλ – manospavl
  - Σκορδαλάκης, Εμμανουήλ – mskordal
- Εθελοντές: Γεώργιος-Αλέξανδρος Κονταξάκης (csd3614), Εύα Αναστασιάδη (csd3910), Ιωάννης Μακρής (makrisj παπάκι ics στο forth.gr)

### Ηλεκτρονική Επικοινωνία:

- Ιστοσελίδα μαθήματος: <http://www.csd.uoc.gr/~hy120/>
- Κατάλογος ηλ-ταχ. βοηθών και διδάσκοντα: [hy120 παπάκι csd.uoc.gr](mailto:hy120@csd.uoc.gr)
- Κατάλογος ηλ-ταχ. φοιτητών, βοηθών, και διδάσκοντα: [hy120-list παπάκι csd.uoc.gr](mailto:hy120-list@csd.uoc.gr)  
Εγγραφείτε στέλνοντας e-mail στο [majordomo παπάκι csd.uoc.gr](mailto:majordomo@csd.uoc.gr) που να περιέχει στο σώμα του μηνύματος (όχι στο θέμα) τη γραμμή "subscribe hy120-list"