

## HY-120 - Ψηφιακή Σχεδίαση: Περιγραφή του Μαθήματος

### Στόχος του Μαθήματος:

Οι υπολογιστές (τόσο οι αυτόνομοι όσο και οι ενσωματωμένοι σε άλλες μηχανές, όπως αυτοκίνητα, τηλεοράσεις, κλπ), τα δίκτυα (όπως το 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 το νέο 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 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), στο εαρινό εξάμηνο του 2ου έτους, 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-121](#) "Ηλεκτρικά Κυκλώματα" (Ε1, δεν προϋποθέτει το HY-120),
- [HY-220](#) "Εργαστήριο Ψηφιακών Κυκλωμάτων" (ακολουθεί το HY-120, δεν προϋποθέτει το 225),
- [HY-325](#) "Εργαστήριο Ενσωματωμένων Επεξεργαστών" (προϋποθέτει το HY-225),
- [HY-425](#) "Αρχιτεκτονική Υπολογιστών" (προϋποθέτει το HY-225), και
- [HY-422](#) "Εισαγωγή στα Συστήματα VLSI" (προϋποθέτει το HY-225).

### Περιεχόμενο του Μαθήματος:

- **Μάθημα Κορμού** Επιστήμης Υπολογιστών (δηλ. υποχρεωτικό).
- **Πέντε (5) ΔΜ** (Διδακτικές Μονάδες) (αντιστοιχεί σε 8 μονάδες ECTS).
- **Προαπαιτούμενο:** Κανένα.

[\[Course Content in English\]](#)

Περιεχόμενο:

- **Εισαγωγή:** ταχεία επανάληψη των ηλεκτρικών κυκλωμάτων· διακόπτες και οι λογικές πράξεις ΚΑΙ· Η·ΟΧΙ· πολύπλεξη και η δομή της μνήμης (αρχικά της ROM)· συνδυασμοί και αποκωδικοποίηση· αντιστροφή ενός αποκωδικοποιητή δένδρου ηλεκτρονόμων 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 και IC chips, Αλγεβρα Boole, διαγράμματα Venn, χάρτες Karnaugh και απλοποίηση.
- **Δυαδικοί Αξέριοι Αριθμοί και Προσαφαιρέσεις:** πλήθος συνδυασμών και δυαδική αρίθμηση, μη προσημασμένοι αξέριοι, 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, ο αντίθετος ενός 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 προγραμμάτων assembly: σειριακός κώδικας, διακλαδώσεις και βρόχοι, έμμεσες προσπελάσεις και πίνακες.
- **FSM και Έλεγχος:** μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων (FSM) και παραδείγματα: ελεγκτής σημάτων κυκλοφορίας, δέκτης σειριακής επικοινωνίας, η FSM ελέγχου του απλού επεξεργαστή.
- **Τεχνολογία:** ολοκληρωμένα κυκλώματα, 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 ενδεικτικών 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** (εργαστήρια 0 έως και 12).
- Οι ασκήσεις είναι **ατομικές**: κάθε φοιτητής εργάζεται μόνος.
- Κάθε εργαστηριακό τμήμα περιλαμβάνει **έως 13 φοιτητές** και εποπτεύεται και βαθμολογείται από ένα βοηθό - μππ. φοιτητή.
- Υπάρχουν 22 [εργαστηριακά τμήματα](#). Στο εργαστήριο χωρούν έως δύο τμήματα ταυτόχρονα.
- Κάθε φοιτητής παραμένει **στο ίδιο** εργαστηριακό τμήμα καθ' όλο το εξάμηνο.
- **Χώρος Εργαστηρίου:** Λευκό Κτίριο Β (μεσαίο), Επίπεδο 0 (υπόγειο).
- **Ελεύθερες Ώρες Εργαστηρίου:** από περίπου, ορισμένες ώρες τις Δευτέρες και Τρίτες, 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.
- 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 μίαν άσκηση βαθμολογείται με μηδέν. Λόγω του πλήθους των φοιτητών και των τμημάτων **δεν** υπάρχει δυνατότητα αναπλήρωσης χαμένης άσκησης σε άλλη μέρα ή ώρα. 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 --λεπτομέρειες παρακάτω, στην 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.

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 εγγεγραμμένοι φοιτητές του μαθήματος έχουν τη δυνατότητα επιλογής ανάμεσα στα εξής δύο ή τρία βιβλία (το τρίτο βιβλίο, Brown-Vranesic, δεν ξέρω εάν το απέσυρε ο εκδότης του σαν επιλογή από τον "Εύδοξο"):

- John Wakerly: "Ψηφιακή Σχεδίαση: Αρχές και Πρακτικές", τρίτη έκδοση, Prentice Hall (2001), Ελληνική μετάφραση: εκδόσεις Κλειδάριθμος (2002), ISBN 960-209-728-0. [Σύγγραμμα αριθμός 13946 στο σύστημα "Εύδοξος": <https://service.eudoxus.gr/search/#a/id:13946/0>]
- M. Morris Mano: "Ψηφιακή Σχεδίαση", τέταρτη έκδοση, Αγγλικό πρωτότυπο: Prentice Hall (2007 - ISBN: 0-13-198924-3), Ελληνική μετάφραση: εκδόσεις Παπασωτηρίου (2010), ISBN 978-960-7182-66-1. [Σύγγραμμα αριθμός 9783 στο σύστημα "Εύδοξος": <https://service.eudoxus.gr/search/#a/id:9783/0>]
- Stephen Brown, Zvonko Vranesic: "Σχεδίαση Ψηφιακών Συστημάτων με τη Γλώσσα VHDL", McGraw Hill (2000), Ελληνική μετάφραση: Εκδόσεις Τζιόλα (2001), ISBN 960-8050-50-2. [Σύγγραμμα αριθμός 9534 στο σύστημα "Εύδοξος": <https://service.eudoxus.gr/search/#a/id:9534/0>]

Ο διδάσκων έχει μάν ελαφρά προτίμηση στο πρώτο από τα παραπάνω βιβλία (του Wakerly), λόγω μεγαλύτερης ευρύτητας ύλης και βαθύτερης/ωριμότερης παρουσίασης (ενώ μερικοί άλλοι γνωστοί του προτιμούν εκείνο του Mano)· πάντως, και τα τρία βιβλία είναι πολύ καλά. Γιά εμάς εδώ στο Παν. Κρήτης και στο ΙΤΕ-ΙΠ, το δεύτερο βιβλίο (του Mano) έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιεί τη γλώσσα Verilog που και εμείς χρησιμοποιούμε (σε άλλα μαθήματα και στην έρευνά μας), έναντι της VHDL των άλλων δύο.

Και τα τρία 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 ορισμένα από τα θέματα που υπάρχουν στα βιβλία αυτά. Επίσης, το μάθημα θα επιμείνει λιγότερο απ' όσο τα βιβλία σε αρκετά ειδικευμένα θέματα υλικού, τα οποία είναι λιγότερο χρήσιμα στο γενικό ακροατήριο του μαθήματος, και που διδάσκονται στο HY-220 ή άλλα μαθήματα επιλογής. Γιά 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, Παρασκευές, 11:15 - 13:00 στο Αμφιθέατρο Β. Ξανθόπουλου. Αρκετές από τις εβδομάδες του εξαμήνου θα περιλαμβάνουν τρία δίωρα διαλέξεων (ΔεΤεΠα), ενώ άλλες θα περιλαμβάνουν μόνο δύο δίωρα· στην τελευταία περίπτωση, συνήθως η διδασκαλία θα γίνεται Δευτέρες και Τετάρτες, όμως σε σπανιότερες περιπτώσεις θα υπάρξουν κι άλλοι συνδυασμοί, λόγω υποχρεώσεων επαγγελματικών (ερευνητικών) ταξιδιών του διδάσκοντα. Το ακριβές πρόγραμμα ημερών διαλέξεων θα ανακοινώνεται συνήθως 1-2 βδομάδες νωρίτερα.
- **Διαγωνισμός Προόδου:** Σάββατο 10 Νοεμβρίου 2012, (ώρα μάλλον 12:10 - 14:00) (βδομάδα 7). Η συμμετοχή των φοιτητών είναι υποχρεωτική.

## Βαθμολογία:

- **30 %** από τον (φειντό) 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 τρισήμισυ (**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:

- [Μανώλης Γ.Η. Κατεβαίνης](#), Καθηγητής, Τμ. Επ. Υπολογιστών, Πανεπ. Κρήτης: Διδάσκων - ηλ-ταχ: kateveni
- Νικόλαος Κρασσάς, μέλος Ε.Δ.Τ.Π., Τμ. Επ. Υπολογιστών, Πανεπ. Κρήτης: Υπεύθυνος Εξοπλισμού Εργαστηρίου - ηλ-ταχ: nkrassas
- Εμμανουήλ Α. Νεονάκης, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Επισκέπτης Τμ. Επ. Υπολογ.: Συνδρομή σε Ελεύθερες ώρες Εργαστηρίου και Επιπλέον Ερασιθεσιακές Ασκήσεις.
- **Βοηθοί** - Μεταπτυχιακοί Φοιτητές, Τμ. Επ. Υπολογιστών, Πανεπ. Κρήτης:
  - Βασιλειάδης, Γεώργιος - gvasil
  - Γαρεφαλάκης, Παναγιώτης - pgaref
  - Καφενταράκης, Ευάγγελος - kafentar
  - Λαμπρινέας, Αλέξανδρος - labrinea
  - Μανουσάκης, Ιωάννης - jmanous
  - Μόρφη, Βερονίκη - morfí
  - Παλιούρας, Κωνσταντίνος - kpaliouras
  - Παπαγιάννης, (Αναστάσιος) Τάσος - aparag
  - Πούλιος, Δημήτριος - droulios85 παπάκι gmail τελεία com
  - Προκοπίου, Ιωάννης - jprokop
  - Συμεωνίδου, Χρίστη - chsymeon
  - Χρονάκη, Κάλλια - khronaki

### Ηλεκτρονική Επικοινωνία:

- Ιστοσελίδα μαθήματος: <http://www.csd.uoc.gr/~hy120/>
- Κατάλογος ηλ-ταχ. βοηθών και διδάσκοντα: [hy120.παπάκι.csd.uoc.gr](http://hy120.παπάκι.csd.uoc.gr)
- Κατάλογος ηλ-ταχ. φοιτητών, βοηθών, και διδάσκοντα: [hy120-list.παπάκι.csd.uoc.gr](http://hy120-list.παπάκι.csd.uoc.gr)  
Εγγραφείτε στέλνοντας e-mail στο [majordomo.παπάκι.csd.uoc.gr](mailto:majordomo.παπάκι.csd.uoc.gr) που να περιέχει στο σώμα του μηνύματος (όχι στο θέμα) τη γραμμή "subscribe hy120-list". Ο κατάλογος αυτός θα χρησιμοποιηθεί κυρίως για τους φοιτητές μεγαλύτερων ετών του μαθήματος, για δε τους φοιτητές 1ου έτους αργότερα κατά το εξάμηνο, αφού αποκτήσουν λογαριασμό ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στο Τμήμα.