



Εικονικό Εργαστήριο #1

Τεχνολογία TTL και Εξοικείωση με τον προσομοιωτή Logisim Evolution

Εισαγωγή στις τεχνολογίες σχεδίασης λογικών διατάξεων

Ένα ψηφιακό κύκλωμα, στηρίζεται στη βοήθεια ειδικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (Integrated Circuit – IC), τα οποία παρουσιάζονται στο εμπόριο σε ειδικές συσκευασίες που ονομάζονται Chip, και υπάρχουν διαθέσιμα στο εμπόριο με βάση την εκτυπωμένη σε αυτά περιγραφή. Ανάλογα με τον αριθμό της εσωτερικής κλίμακας ολοκλήρωσης που περιέχεται μέσα σε αυτά ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες.

- SSI: Μικρή κλίμακα ολοκλήρωσης. Υλοποίηση δομών της τάξης των λίγων δεκάδων τρανζίστορ. MSI: Μεσαία κλίμακα ολοκλήρωσης. Υλοποίηση δομών της τάξης των 100 τρανζίστορ. Τα ολοκληρωμένα που θα χρησιμοποιήσουμε ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.
- LSI: Μεγάλη κλίμακα ολοκλήρωσης. Υλοποίηση δομών της τάξης των 1000 τρανζίστορ.
- VLSI: Πολύ μεγάλη κλίμακα ολοκλήρωσης. Υλοποίηση δομών με εκατομμύρια τρανζίστορ. Τα μεγαλύτερα ολοκληρωμένα το 2024 έχουν πολλές δεκάδες δισεκατομμύρια τρανζίστορ.

Οι πιο διαδεδομένες οικογένειες:

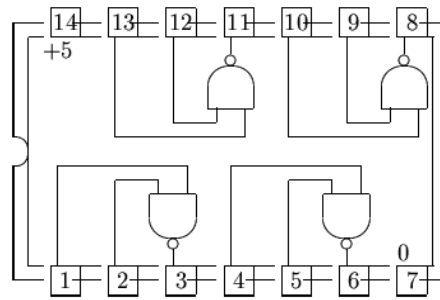
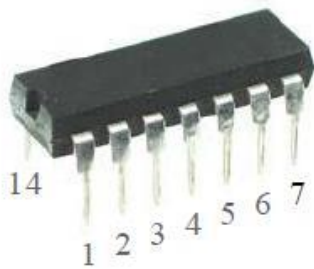
- TTL – Transistor–Transistor Logic
- MOS – Metal–Oxide Semiconductor
- CMOS – Complimentary MOS

Η οικογένεια TTL αποτελείται από αρκετές υποοικογένειες ή σειρές:

Σειρά TTL	Πρόθεμα	Παράδειγμα
Standard TTL	74	7400
Υψηλής ταχύτητας TTL	74H	74H00
Χαμηλής ισχύος TTL	74L	74L00
Χαμηλής ισχύος Shottky TTL	74LS	74LS00
Προηγμένη Shottky TTL	74AS	74AS00
Προηγμένη χαμηλής ισχύος Shottky TTL	74ALS	74ALS00

Περισσότερες πληροφορίες για την σειρά 74 μπορείτε να βρείτε στο https://en.wikipedia.org/wiki/7400-series_integrated_circuits

Παρακάτω μπορείτε να βρείτε μια φωτογραφία του 7400, ενός τυπικού ολοκληρωμένου TTL και το λογικό διάγραμμα των κυκλωμάτων που περιέχει, δηλαδή 4 πύλες NAND. Στο συγκεκριμένο ολοκληρωμένο ο ακροδέκτης 7 (pin 7) είναι η γείωση, ενώ ο ακροδέκτης 14 (pin 14) είναι η τροφοδοσία. Η αρίθμηση των ακροδεκτών στο ολοκληρωμένο γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο. Μια από τις δύο «στενές» πλευρές του ολοκληρωμένου έχει ένα σημάδι μία τελεία ή ένα ημικύκλιο. καθώς κοιτάμε το ολοκληρωμένο από πάνω με τους ακροδέκτες προς τα κάτω σε οριζόντια διάταξη με την σημαδεμένη πλευρά προς τα αριστερά, ο ακροδέκτης 1 είναι στην κάτω και ο 14 στην πάνω (αριστερή) γωνία, και η αρίθμηση των υπόλοιπων ακροδεκτών γίνεται αντίστροφα με την φορά του ρολογιού.



Εικονικό Εργαστήριο 1

Εξοικείωση με ολοκληρωμένα TTL και το εργαλείο Logisim Evolution

Σκοπός είναι η πρώτη επαφή σας με λογικά κυκλώματα TTL. Η άσκηση θα διεξαχθεί στο εργαλείο Logisim Evolution χρησιμοποιώντας τρία ολοκληρωμένα κυκλώματα TTL, διακόπτες και ενδεικτικές λυχνίες LED. Συγκεκριμένα θα χρησιμοποιήσετε ένα 74LS00 (με τέσσερις πύλες NAND δύο εισόδων), ένα 74LS02 (με τέσσερις πύλες NOR δύο εισόδων), και ένα 74LS04 (με έξι πύλες NOT).

Προετοιμασία και διεξαγωγή του εργαστηρίου

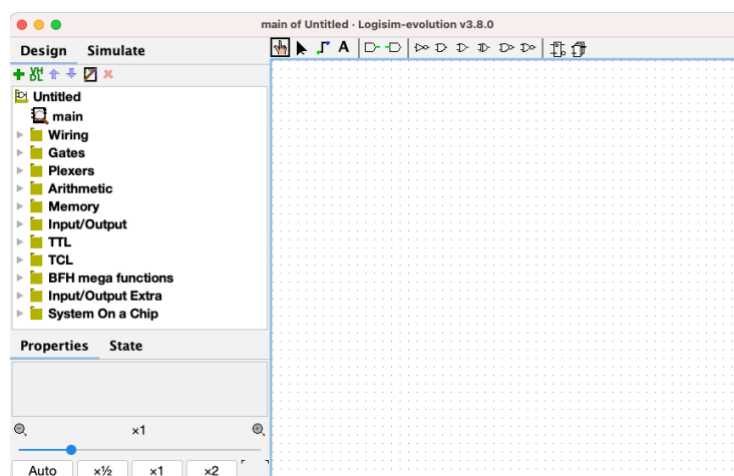
Θυμηθείτε τα βασικά της άλγεβρας Boole από το μάθημα ΛΣΨΣ. Δείτε τα εγχειρίδια των ολοκληρωμένων. Προσέξτε την αρίθμηση των ακροδεκτών και την εσωτερική συνδεσμολογία (ποιος ακροδέκτης είναι είσοδος και ποιος έξοδος).

Τα διαγράμματα των ολοκληρωμένων βρίσκονται παρακάτω, αλλά αναφέρουμε και εδώ ότι στα ολοκληρωμένα TTL με 14 ακροδέκτες ο ακροδέκτης 7 (pin 7) είναι η γείωση, ενώ ο ακροδέκτης 14 (pin 14) είναι η τροφοδοσία.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Στις NAND (74LS00) έχουμε έξοδο στον ακροδέκτη 3 με εισόδους στους ακροδέκτες 1 και 2, ενώ στην NOR (74LS02) έχουμε έξοδο στον ακροδέκτη 1 με εισόδους στους ακροδέκτες 2 και 3. Αντίστοιχη συνδεσμολογία έχουμε και για τις υπόλοιπες πύλες των ολοκληρωμένων.

Εργαλείο Logisim Evolution

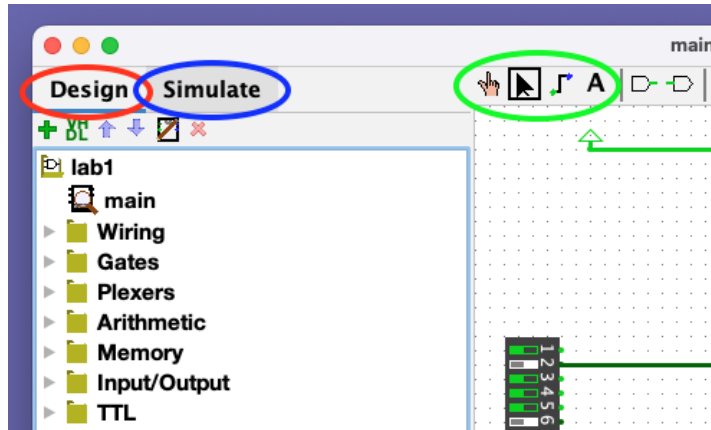
Διαθέσιμο στο: <https://github.com/logisim-evolution/logisim-evolution>



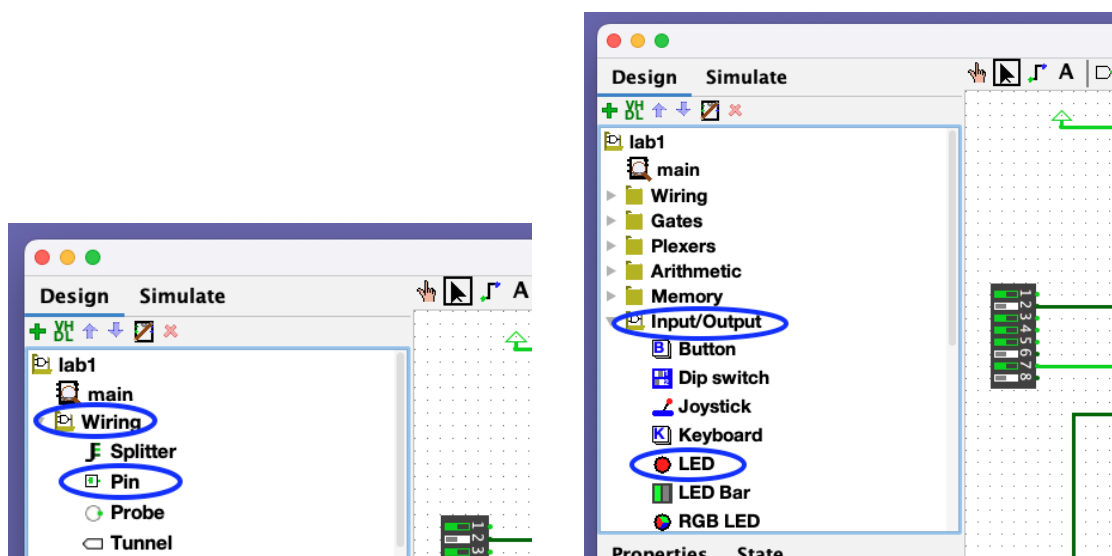
Λειτουργίες άμεσου ενδιαφέροντος

Τρόποι (mode) λειτουργίας: **Design** για δημιουργία κυκλώματος, **Simulate** για την προσομοίωση της λειτουργίας.

Εργαλεία: χεράκι (αλλαγή τιμών του κυκλώματος), δείκτης (επιλογή εξαρτημάτων), καλώδιο (πρόσθεση καλωδίων)



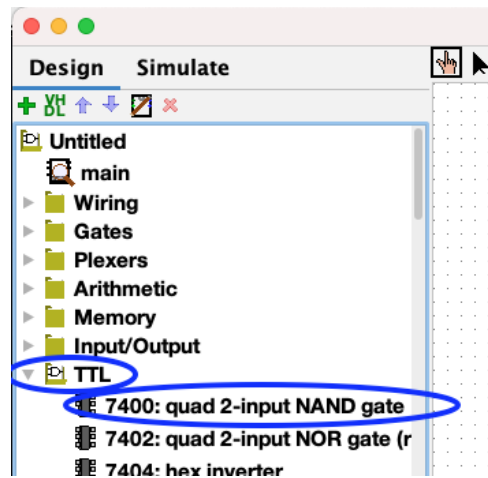
Βήμα 1. Σύνδεση διακοπών. Επιλέξτε Wiring->Pin και δημιουργήστε δυο στιγμιότυπα διακοπών. Μπορείτε να τους ονομάσετε X και Y: χρησιμοποιώντας το βελάκι, πατήστε με ποντίκι δυο φορές και θα ανοίξει παράθυρο διαλόγου για την ετικέτα. Το ίδιο ισχύει για όλα τα εξαρτήματα στην σχεδίαση σας. Συνδέστε τα απευθείας σε ενδεικτικές λυχνίες (Input/Output->LED). Για να δείτε την λειτουργία τους θα πρέπει (α) να πάτε στο tab Simulate, και να επιλέξετε το «χεράκι». Τότε πατήστε έναν από τους διακόπτες (η και τους δύο). Θα παρατηρήσετε αλλαγή της κατάστασης του διακόπτη αλλά όχι στο κύκλωμα που ακολουθεί (δηλαδή στην λυχνία). Για να προχωρήσει η προσομοίωση πρέπει να πατήσετε το «play» ή το «step» (πάνω αριστερά).



Αν πατήσετε το «play» η προσομοίωση προχωράει στην επόμενη λογική κατάσταση. Αν πατήσετε με το χεράκι έναν διακόπτη η νέα τιμή διαδίδεται άμεσα στο κύκλωμα.

Αν πατήσετε το «step», η προσομοίωση δείχνει την διάδοση της νέας πληροφορίας στο κύκλωμα. Με το πρώτο πάτημα η νέα τιμή «πηγαίνει» από τον διακόπτη στο καλώδιο και την είσοδο του ολοκληρωμένου. Θα χρειαστεί και ένα δεύτερο πάτημα ώστε να δείτε της νέα τιμή της πύλης να φτάνει στον ακροδέκτη εξόδου του ολοκληρωμένου. Αν η έξοδος αυτή πηγαίνει σε είσοδο άλλης πύλης θα χρειαστεί να πατήσετε το «step» περισσότερες φορές.

Βήμα 2. Συνδέστε την έξοδο μιας πύλης NAND (TTL->7400, ...), μιας πύλης NOR και μιας πύλης NOT σε τρία LED, αντίστοιχα. Συνδέστε διαδοχικά τους διακόπτες Button 1+, Button 2+ στις εισόδους μιας πύλης NAND και κατόπιν μιας πύλης NOR των οποίων η έξοδος είναι ήδη συνδεδεμένη με τα LED, καθώς και τον διακόπτη Button 1+ στην είσοδο μιας πύλης NOT της οποίας η έξοδος είναι επίσης συνδεδεμένη σε LED. Επιβεβαιώστε τον πίνακα αληθείας καθεμίας από τις πύλες.



Βήμα 3. Υλοποιήστε χρησιμοποιώντας τα ολοκληρωμένα που έχετε διαθέσιμα τις συναρτήσεις $F = x \text{ XOR } y$. Θυμίζουμε ότι είναι ορισμένη σε δύο μεταβλητές ως $x'y + x y'$.

Υλοποιήστε την συνάρτηση F (Exclusive OR) στην κανονική της αναπαράσταση με πύλες AND και OR, με είσοδο από τους διακόπτες Button 1+, Button 2+ και με έξοδο προς ενδεικτική λυχνία.

Υλοποιήστε τις απαιτούμενες πύλες AND αποκλειστικά με πύλες NAND και αντιστροφείς, και αντίστοιχα την πύλη OR χρησιμοποιώντας πύλη NOR ακολουθούμενη από αντιστροφή.

Η αντιστροφή των μεταβλητών (x' , y') πρέπει να γίνει με χρήση αντιστροφέων.

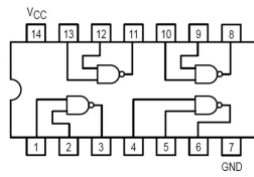
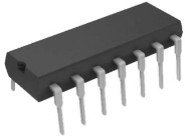
Δοκιμάστε το κύκλωμα με διαδοχικές εισόδους για να επιβεβαιώσετε την ορθή λειτουργία του κυκλώματος σας.

Προσέξτε την χωροθέτηση του κυκλώματος σας. Όσο απλούστερη είναι, τόσο πιο εύκολη είναι η διαδικασία της σχεδίασης και η απεντόμωση (debugging) σε περίπτωση σφάλματος.

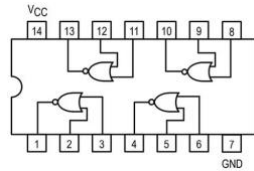
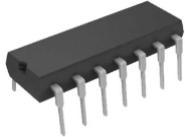
Η αντιστροφή ενός σήματος μπορεί να γίνει με αντιστροφέα ή ισοδύναμα χρησιμοποιώντας πύλες NAND ή NOR ($(x*x)' = x'$ και $(x+x)' = x'$). Σας είναι χρήσιμη αυτή η παρατήρηση και αν ναι, γιατί

Διαγράμματα των ολοκληρωμένων που θα χρησιμοποιήσετε

1. 74LS00



2. 74LS02



3. 74LS04

