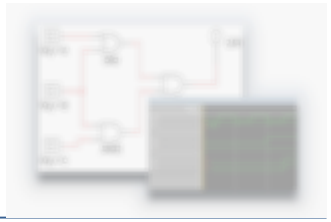


ECE119 – Ψηφιακή Σχεδίαση

Διδάσκοντες Εργαστηρίου: Δ. Καραμπερόπουλος
Α. Φεύγας

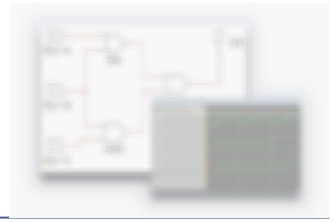
- Lab 1: Multisim Circuit Simulation and Basic Gates

Προεπισκόπηση Εργαστηριακού Μαθήματος



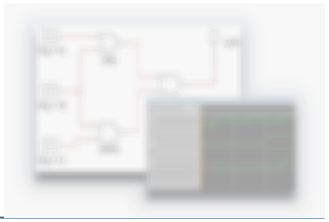
- Εισαγωγή
- **Lab 1: Multisim Circuit Simulation and Basic Gates**
- Lab 2: Truth Tables and Basic Logic Gates
- Lab 3: Logic Gates Explored and Boolean Algebra
- Lab 4: Karnaugh Maps
- Lab 5: Binary Conversion and Adders
- Lab 6: Encoders and Decoders
- Lab 7: Multiplexers and Demultiplexers
- Lab 8: Latches and Sequential Logic Circuits
- Lab 9: Flip-Flops
- Lab 10: Sequential Circuits – FSM (1ο)
- Lab 11: Sequential Circuits – FSM (2ο)

Lab 1: Multisim Circuit Simulation and Basic Gates



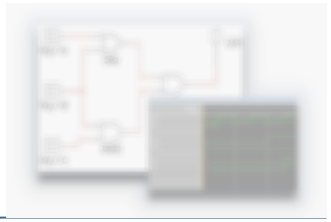
- In this lab, you will learn to use simulation software to simulate the behavior of digital circuits.
- This offers many advantages to the student, such as being able to experiment with circuits and components before needing to build the circuit.
- Using the ***Multisim*** environment, you will be able to simulate basic and advanced circuits to learn fundamental concepts of digital electronics without needing physical components such as wires, probes, and chips.

What is MultiSim ?



- **A virtual circuit simulator** for both analog and digital design
- Allows you to test circuits without having to physically builds them.

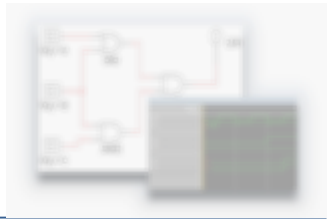
Learning Objectives



In this lab, students will:

- Open pre-configured circuits in Multisim.
- Configure and build circuits in Multisim.
- Simulate simple digital circuits.

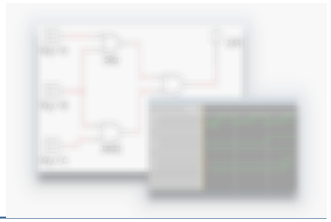
Expected Deliverables



In this lab, you will collect the following deliverables:

- Analysis of gate behavior
- Comments on the inputs of LEDs
- Conclusion questions
- True Tables of the gates
- Saved circuit with Multisim
- Exercise with gates in Multisim

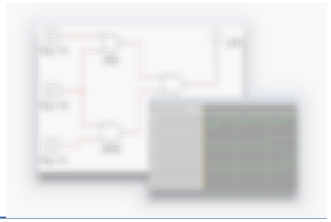
Εισαγωγή στο Multisim



- Το Multisim είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον προσομοίωσης της συμπεριφοράς αναλογικών και ψηφιακών κυκλωμάτων και αποτελεί μέλος μίας μεγαλύτερης οικογένειας σχεδιαστικών προγραμμάτων στο χώρο της αυτοματοποιημένης σχεδίασης κυκλωμάτων (Electronics Design Automation -- **EDA**).

- Αρχικά δημιουργήθηκε από την εταιρία Electronics Workbench, η οποία είναι πλέον τμήμα της **National Instruments**.

Εισαγωγή στο Multisim

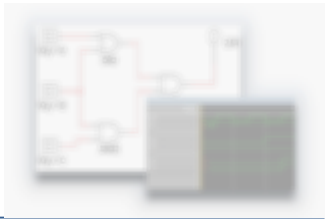


- Διαθέτει όλα τα απαιτούμενα εργαλεία για τη γρήγορη, αποτελεσματική και αξιόπιστη **σχεδίαση, μελέτη** και **εξομοίωση** των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων καθώς επίσης και τη δυνατότητα εξαγωγής σχεδίων για την δημιουργία τυπωμένων κυκλωμάτων (Printed Circuit Board -- **PCB**) με τη χρήση του προγράμματος NI Ultiboard.

- Χρησιμοποιείται ευρέως τόσο από τον **ακαδημαϊκό χώρο** όσο και από την **βιομηχανία**.

- Στα πλαίσια του εργαστήριου θα χρησιμοποιήσουμε την εκπαιδευτική έκδοση του προγράμματος.

Εκκίνηση του Multisim

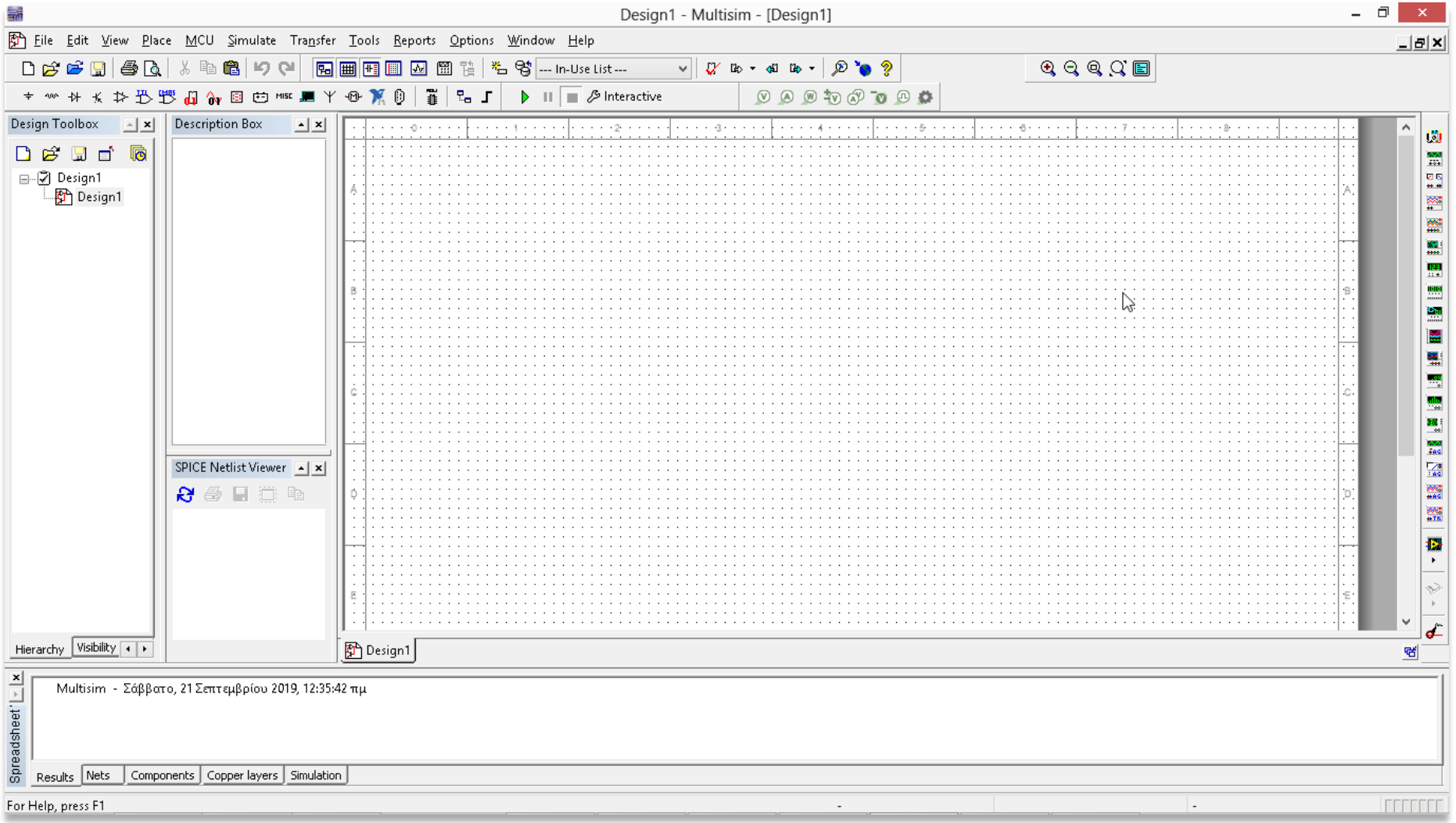


- Για να εκκινήσουμε το πρόγραμμα ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

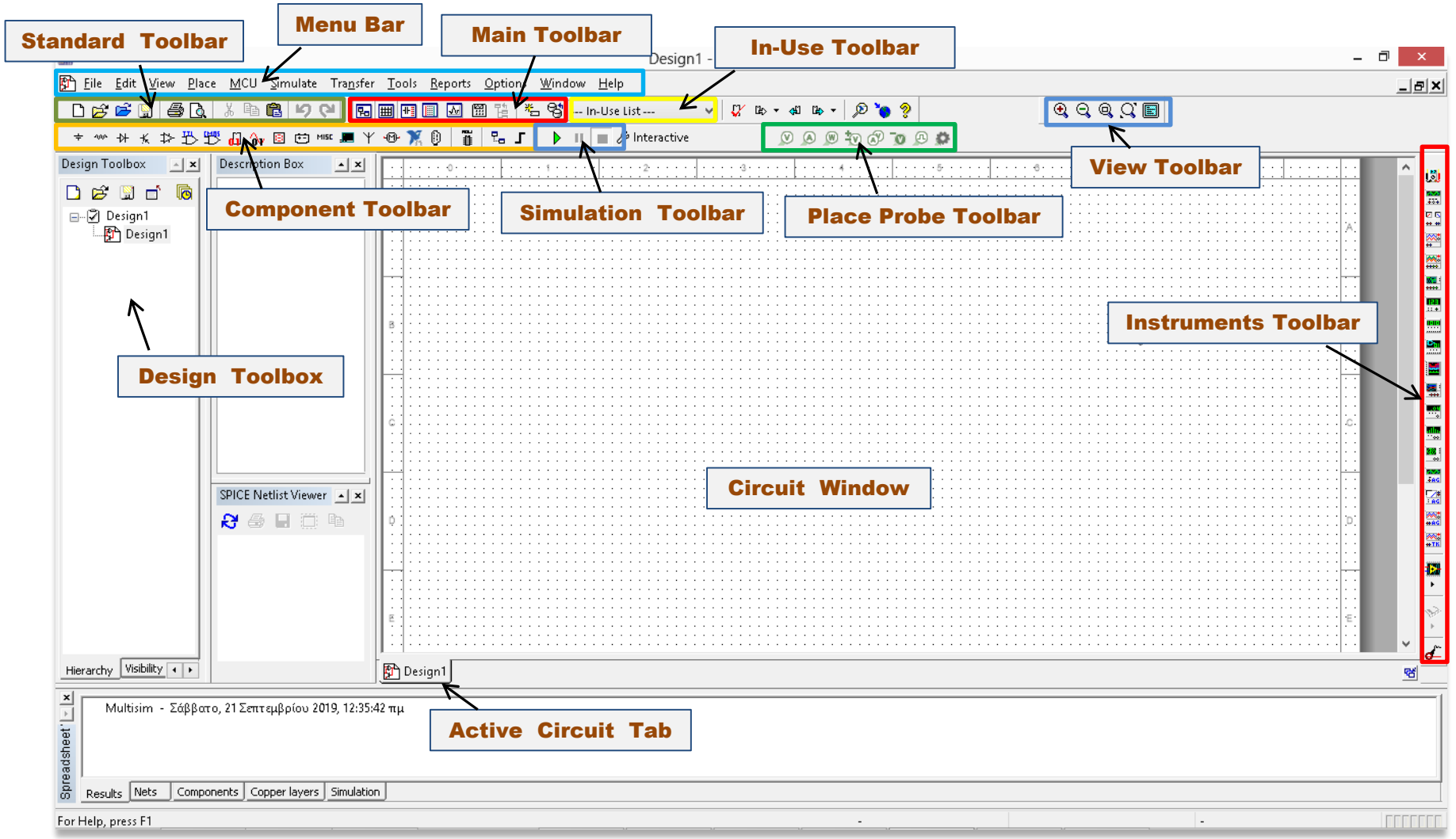
  Έναρξη → Όλα τα προγράμματα → National Instruments → Circuit Design Suite 14.0 → Multisim 14.0.

- Το Multisim ανοίγει προβάλλοντας το προεπιλεγμένο περιβάλλον όπως απεικονίζεται στην επόμενη εικόνα.

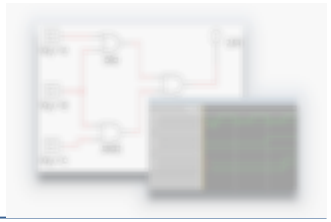
Εκκίνηση του Multisim



Multisim Interface



Άνοιγμα / Δημιουργία κυκλώματος

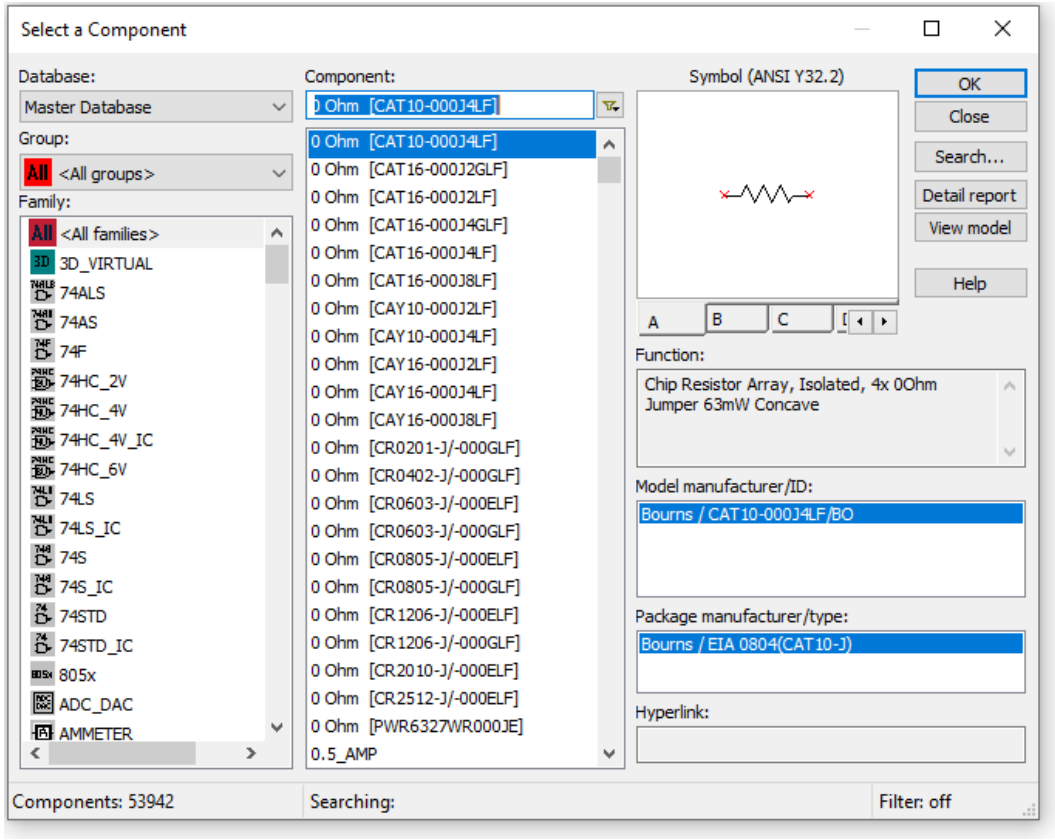


Όταν εκκινούμε το Multisim δημιουργείται αυτόματα ένα κενό κυκλωματικό διάγραμμα.

- Για να δημιουργήσουμε ένα καινούριο κύκλωμα επιλέγουμε **File → New**
- Για να αποθηκεύσουμε το κύκλωμα που έχουμε υλοποιήσει επιλέγουμε **File → Save As** και στη συνέχεια τον προορισμό αποθήκευσης.
- Για να ανοίξουμε ένα υπάρχον σχέδιο επιλέγουμε **File → Open**.

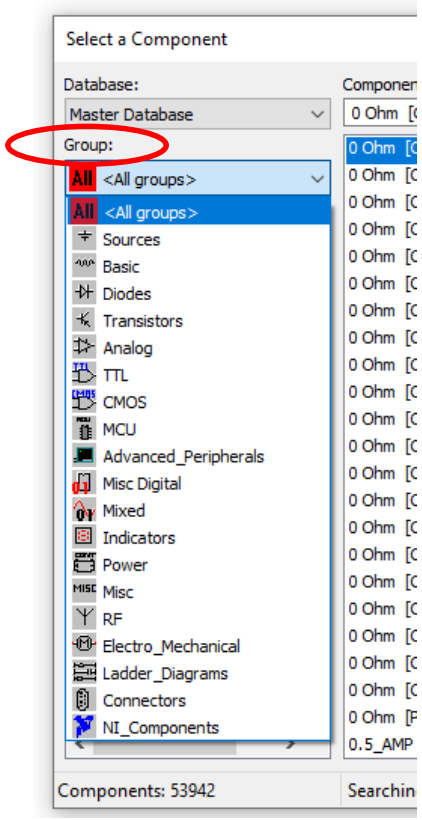
Εισαγωγή κυκλωματικών στοιχείων

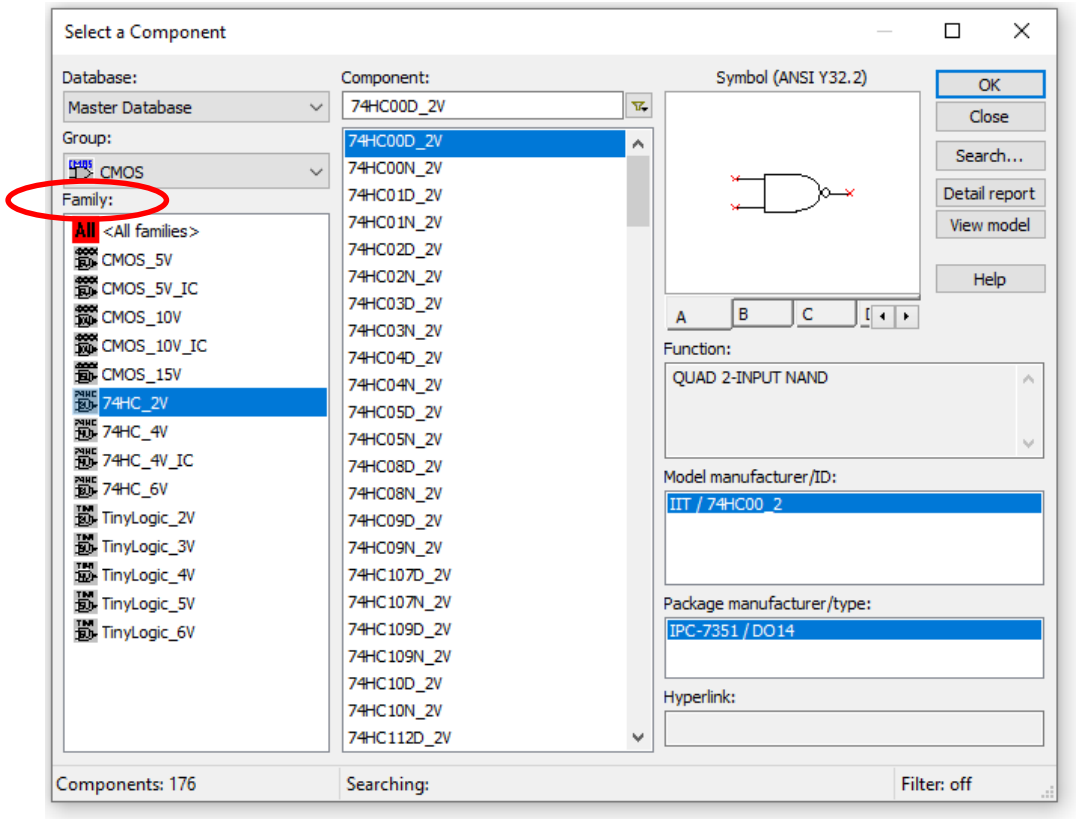
- Για να εισάγουμε τα κυκλωματικά στοιχεία που μας ενδιαφέρουν πηγαίνουμε στο **Place → Component** και στη συνέχεια μας εμφανίζεται το βασικό παράθυρο εισαγωγής.



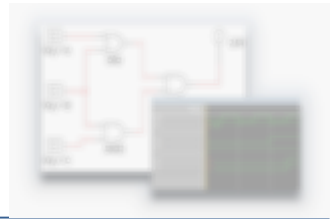
Εισαγωγή κυκλωματικών στοιχείων

- Για να διευκολυνθεί η αναζήτηση το Multisim διαχωρίζει τα στοιχεία σε λογικές ομάδες (**Group**).
- Κάθε Group περιλαμβάνει οικογένειες συναφών στοιχείων (**Family**).

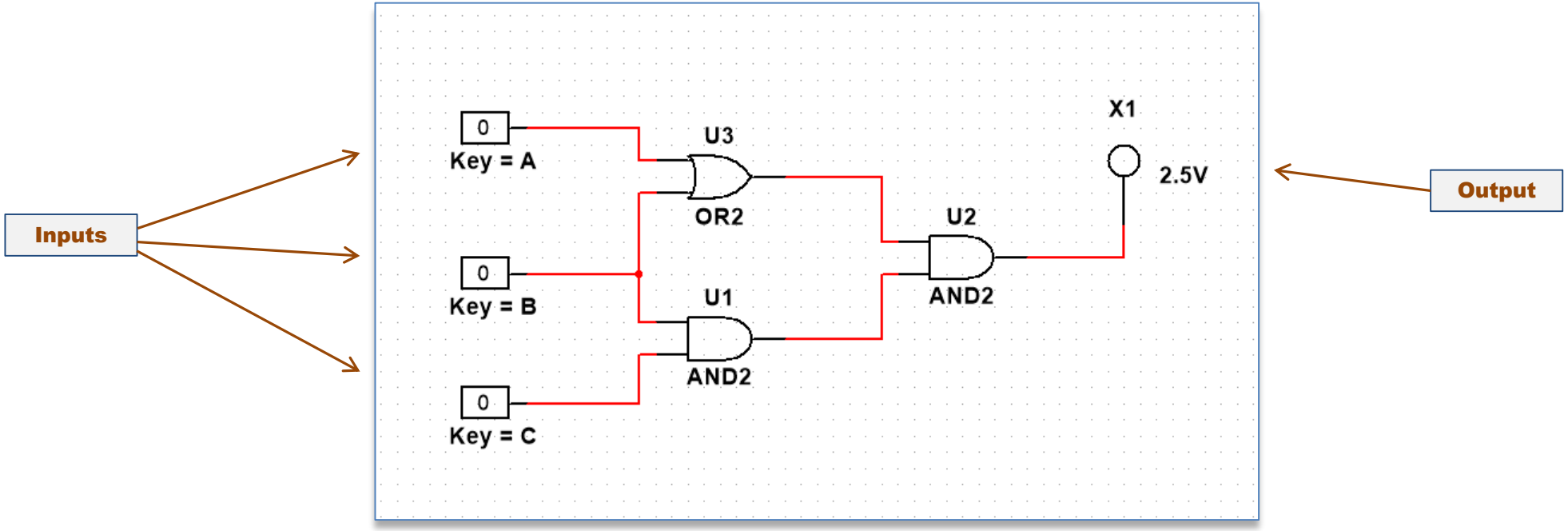




Υλοποίηση κυκλώματος



- Υλοποίηση του παρακάτω κυκλώματος.

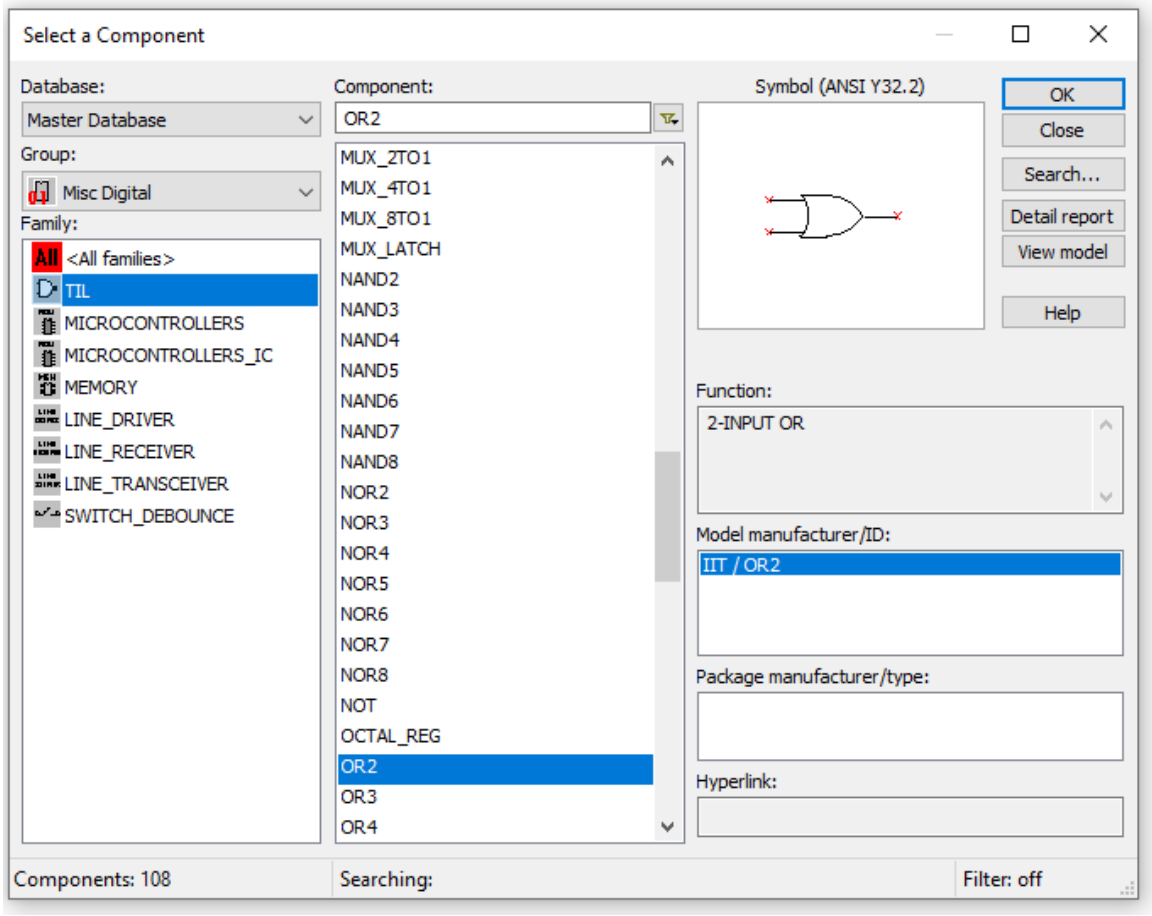


- Τα βήματα που ακολουθούμε είναι τα εξής:

Εισαγωγή πύλης OR

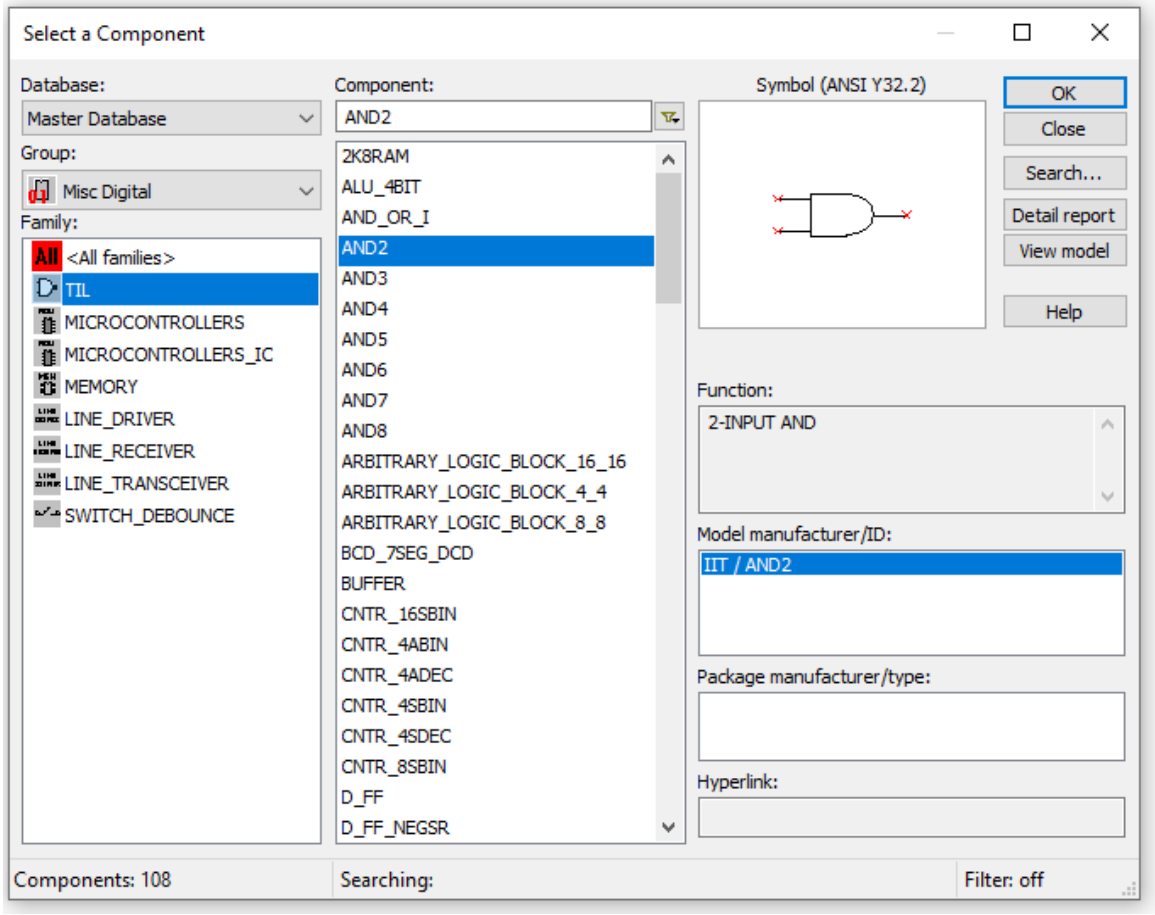
- Πηγαίνουμε στο **Place → Component**.
- Στο πεδίο **Group** επιλέγουμε **Misc Digital**.
- Στο πεδίο **Family** επιλέγουμε **TIL**.
- Στο πεδίο **Component** επιλέγουμε το στοιχείο **OR2.**

- Πατάμε **OK**, τοποθετούμε την πύλη στο σημείο που επιθυμούμε στο circuit window και στη συνέχεια παρατηρούμε ότι ανοίγει ξανά το παράθυρο για εισαγωγή νέων στοιχείων.



Εισαγωγή πυλών AND

- Παραμένουμε στο ίδιο **Group** και **Family**.
- Στο πεδίο **Component** επιλέγουμε το στοιχείο **AND2**.



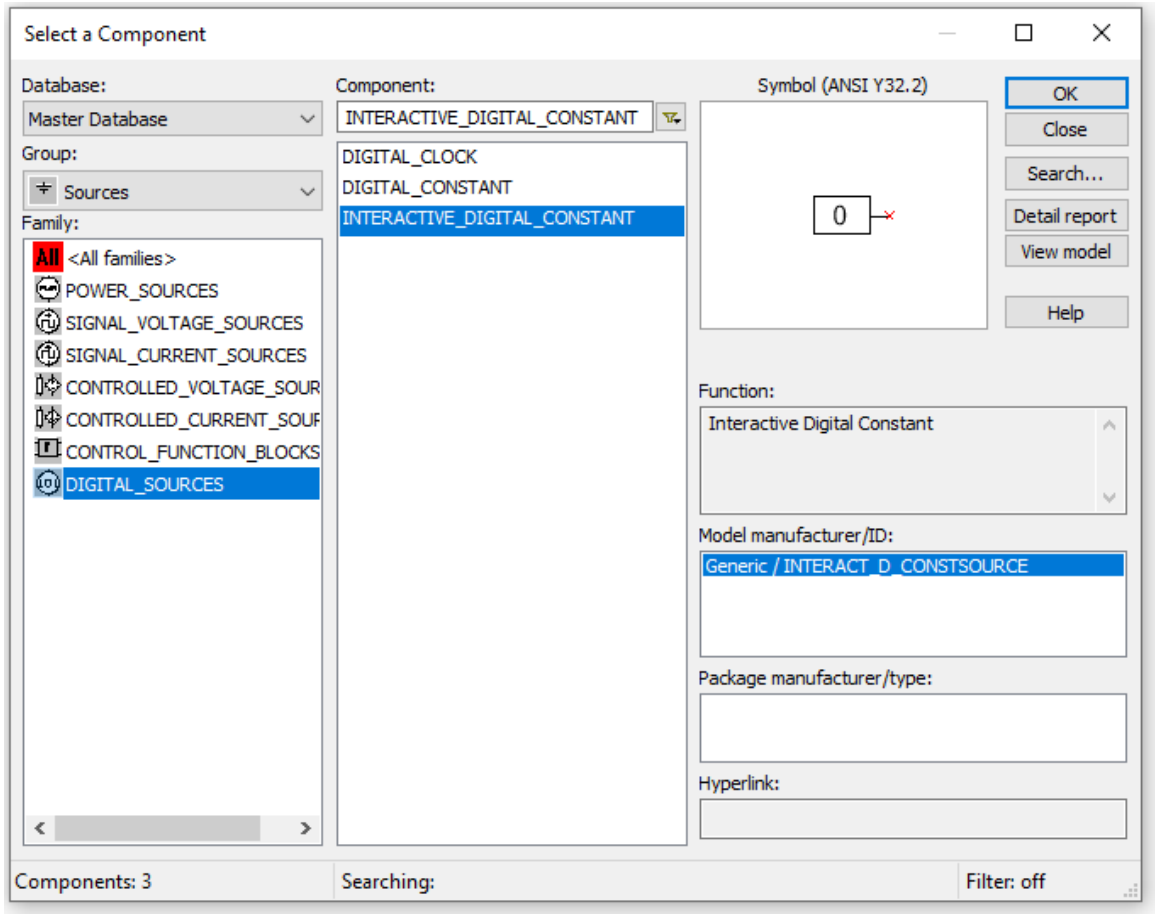
- Πατάμε **OK**, τοποθετούμε την πύλη στο σημείο που επιθυμούμε
- Μόλις ανοίξει ξανά το παράθυρο για εισαγωγή νέων στοιχείων, πατάμε πάλι **OK** στην ίδια πύλη .

Εισαγωγή διαδραστικών ψηφιακών εισόδων

- Στο πεδίο **Group** επιλέγουμε **Sources**.
- Στο πεδίο **Family** επιλέγουμε **DIGITAL_SOURCES**.
- Στο πεδίο **Component** επιλέγουμε το στοιχείο **INTERACTIVE_DIGITAL_CONSTANT**.

- Τοποθετούμε τρία **INTERACTIVE_DIGITAL_CONSTANT** αριστερά των πυλών.

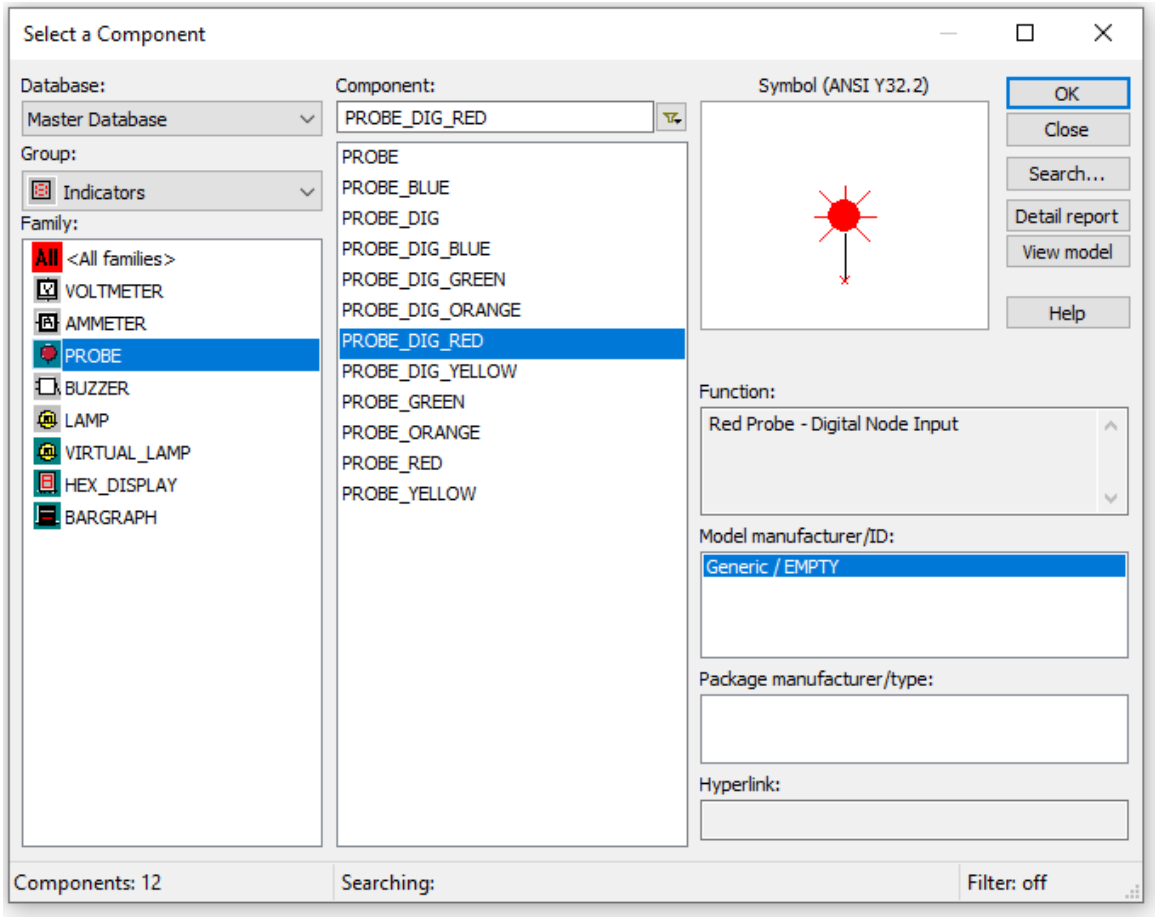
(Αυτές οι είσοδοι μπορούν να μεταβάλλονται είτε πατώντας πάνω τους το ποντίκι, είτε με κάποιο πλήκτρο που θα επιλέξουμε)



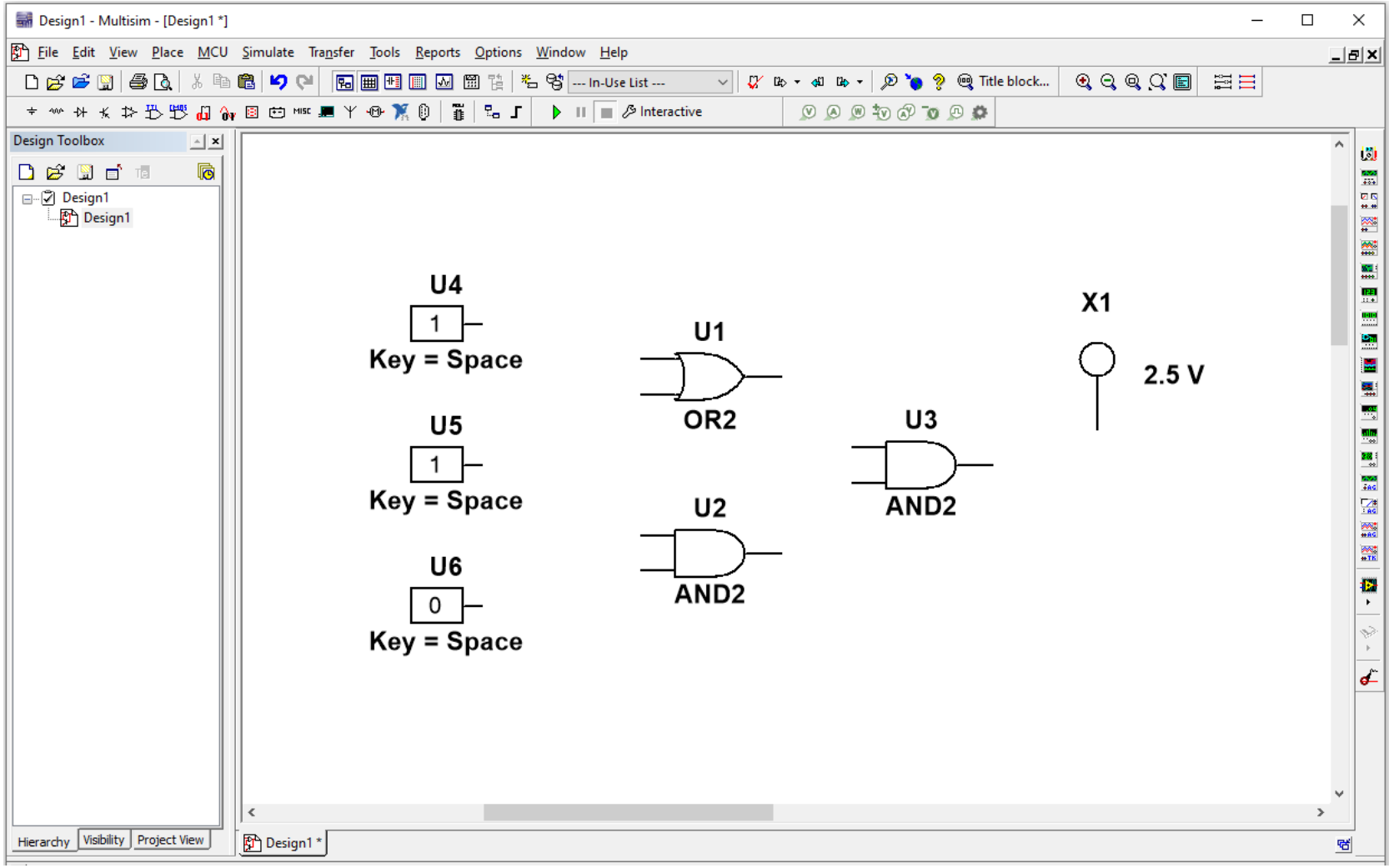
Εισαγωγή ενδεικτικού εξόδου

- Στο πεδίο **Group** επιλέγουμε **Indicators**.
- Στο πεδίο **Family** επιλέγουμε **PROBE**.
- Στο πεδίο **Component** επιλέγουμε το στοιχείο **PROBE_DIG_RED**.

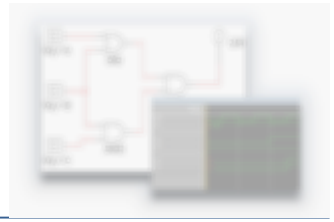
- Το τοποθετούμε δεξιά των πυλών.
- Πατάμε **Close** για να κλείσει το παράθυρο εισαγωγής νέων στοιχείων.



Στοίχιση των στοιχείων

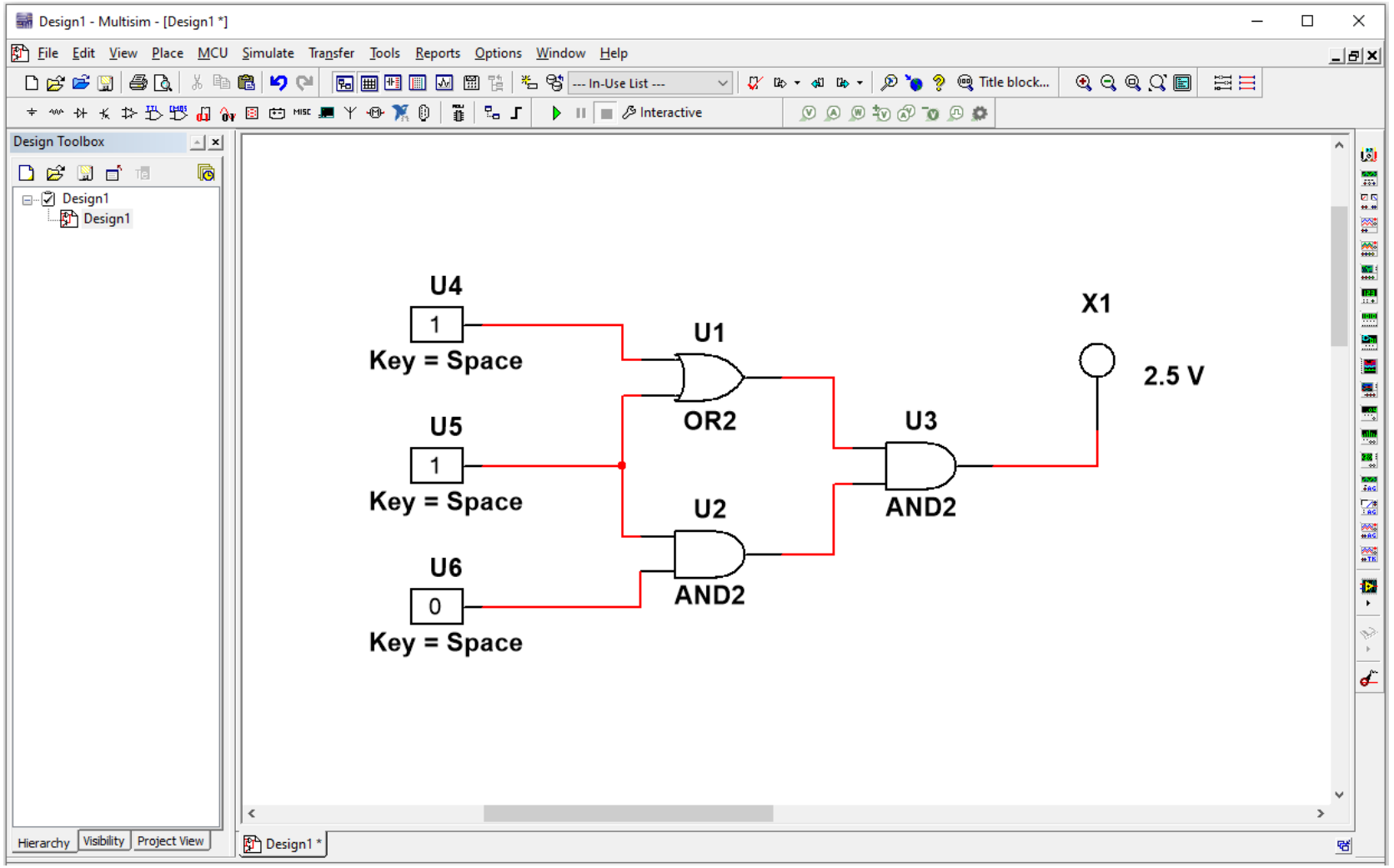


Διασύνδεση των στοιχείων



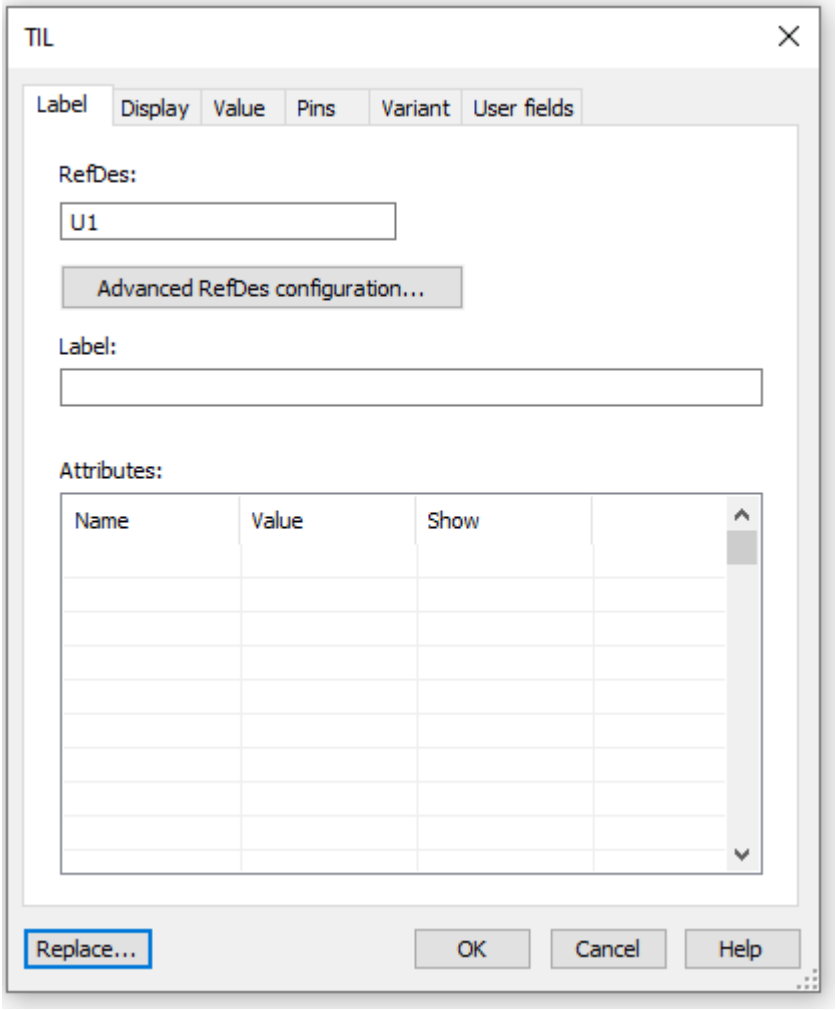
- Στο σημείο αυτό είμαστε έτοιμοι να συνδέσουμε τα στοιχεία του κυκλώματός μας με καλώδιο.
- Πηγαίνουμε στο **Place → Wire** και αρχίζουμε να συνδέουμε τα στοιχεία μας.
- Η σύνδεση μπορεί επίσης να επιτευχθεί εάν πάμε το ποντίκι πάνω από το τερματικό άκρο ενός στοιχείο και στη συνέχεια το σύρουμε προς το άκρο ενός άλλου στοιχείου.
- Για να διαγράψουμε μία λανθασμένη καλωδίωση απλώς κάνουμε κλικ με το ποντίκι πάνω της και πατάμε **delete**.

Διασύνδεση των στοιχείων



Ιδιότητες στοιχείων

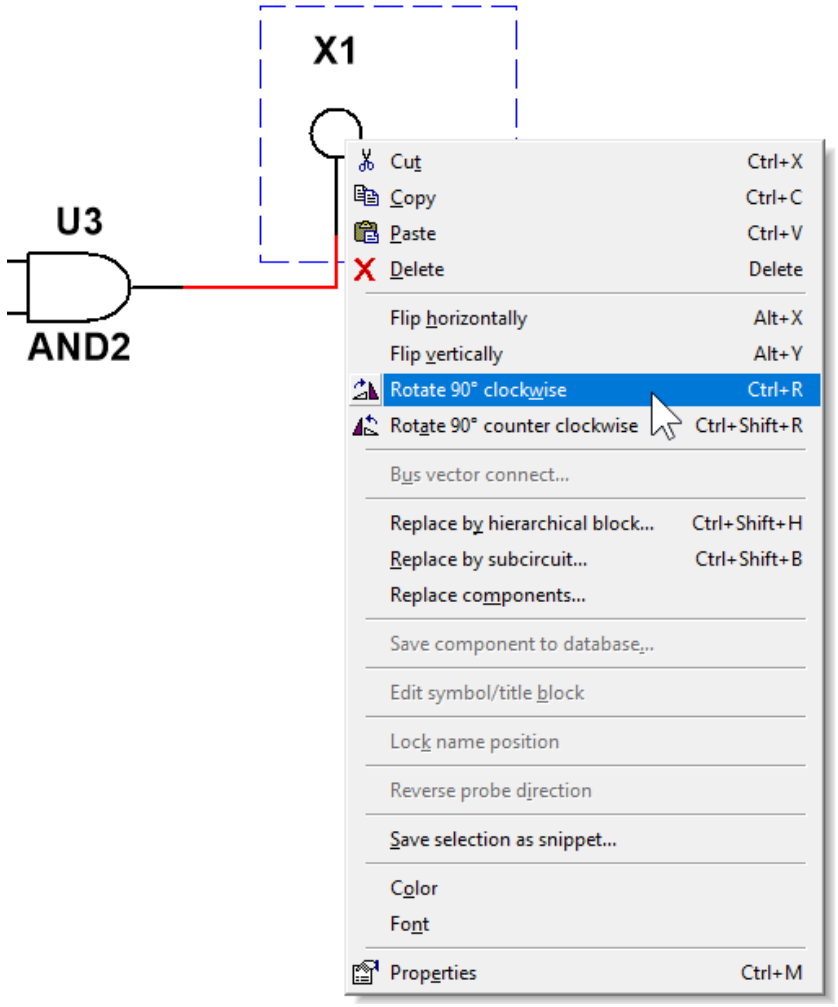
- Πατώντας **διπλό κλικ** σε οποιοδήποτε από τα στοιχεία του κυκλώματος εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου στο οποίο μπορούμε να αλλάξουμε τις τιμές τους.



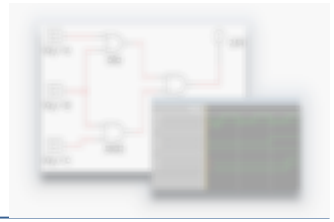
Περιστροφή στοιχείων

- Επιπλέον έχουμε την δυνατότητα να περιστρέψουμε οποιοδήποτε στοιχείο του κυκλώματος επιθυμούμε πατώντας δεξί κλικ και στη συνέχεια επιλέγοντας “**Rotate 90 Clockwise**” ή “**Rotate 90 Counter Clockwise**”.

- Μπορούμε επίσης να το περιστρέψουμε εάν το επιλέξουμε και πατήσουμε “**Ctrl+R**”

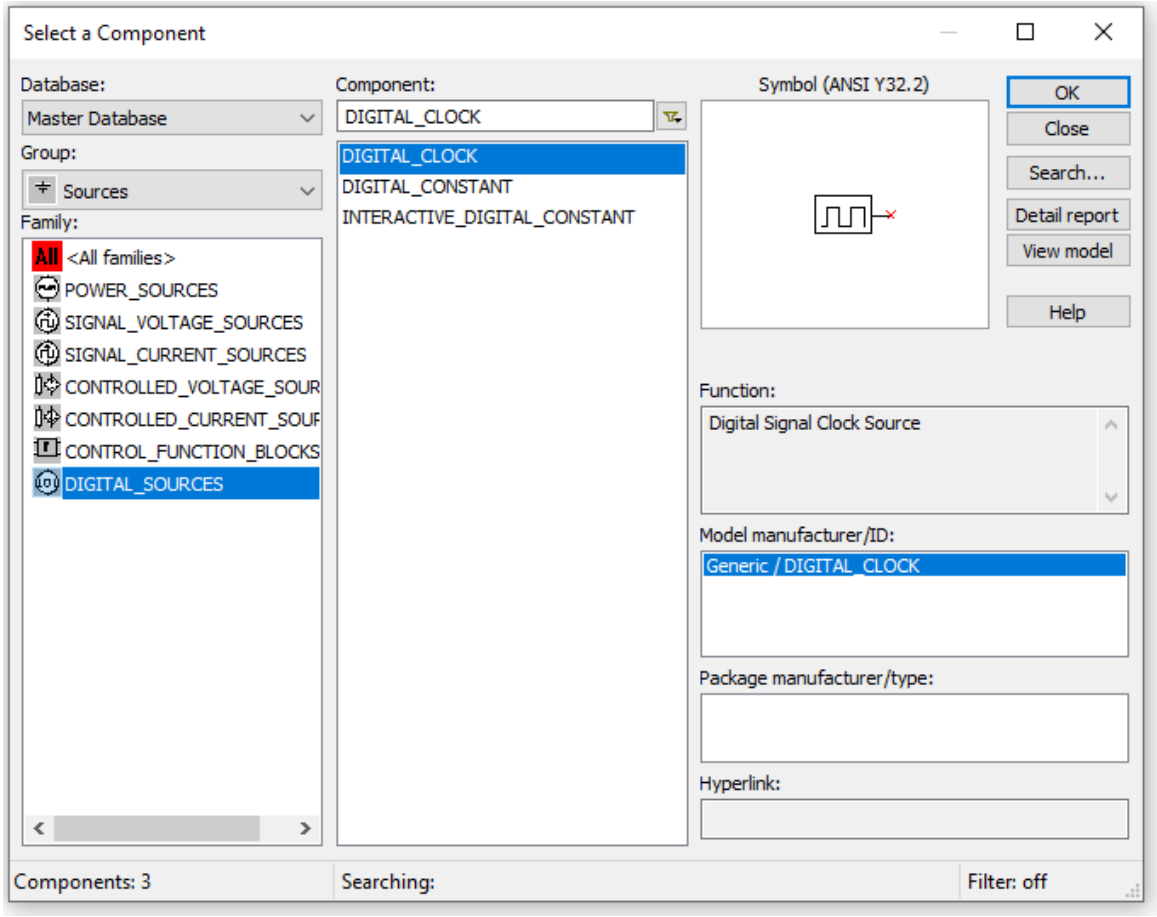


Εισαγωγή ρολογιού παραγωγής τετραγωνικών παλμών

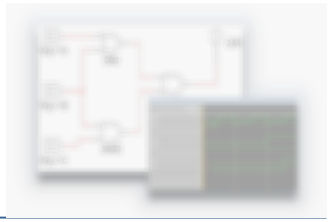


- Εάν θέλουμε κάποια είσοδος να αλλάζει τιμή αυτόματα από ‘0’ σε ‘1’ περιοδικά, θα χρησιμοποιήσουμε ένα **Clock**.

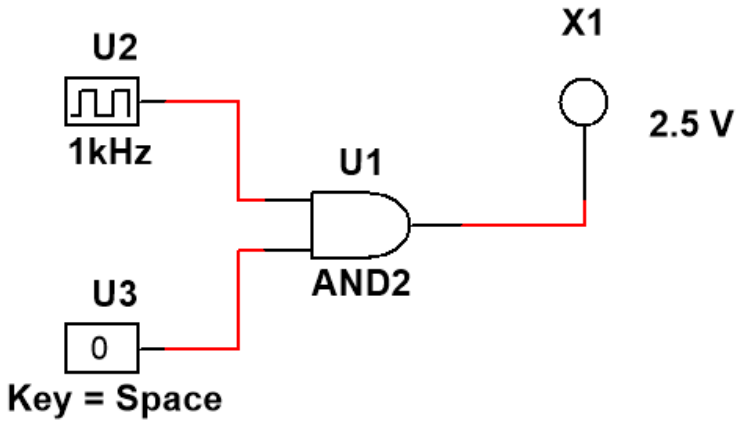
- Στο πεδίο **Group** επιλέγουμε **Sources**.
- Στο πεδίο **Family** επιλέγουμε **DIGITAL_SOURCES**.
- Στο πεδίο **Component** επιλέγουμε το στοιχείο **DIGITAL_CLOCK**.



Εισαγωγή ρολογιού παραγωγής τετραγωνικών παλμών

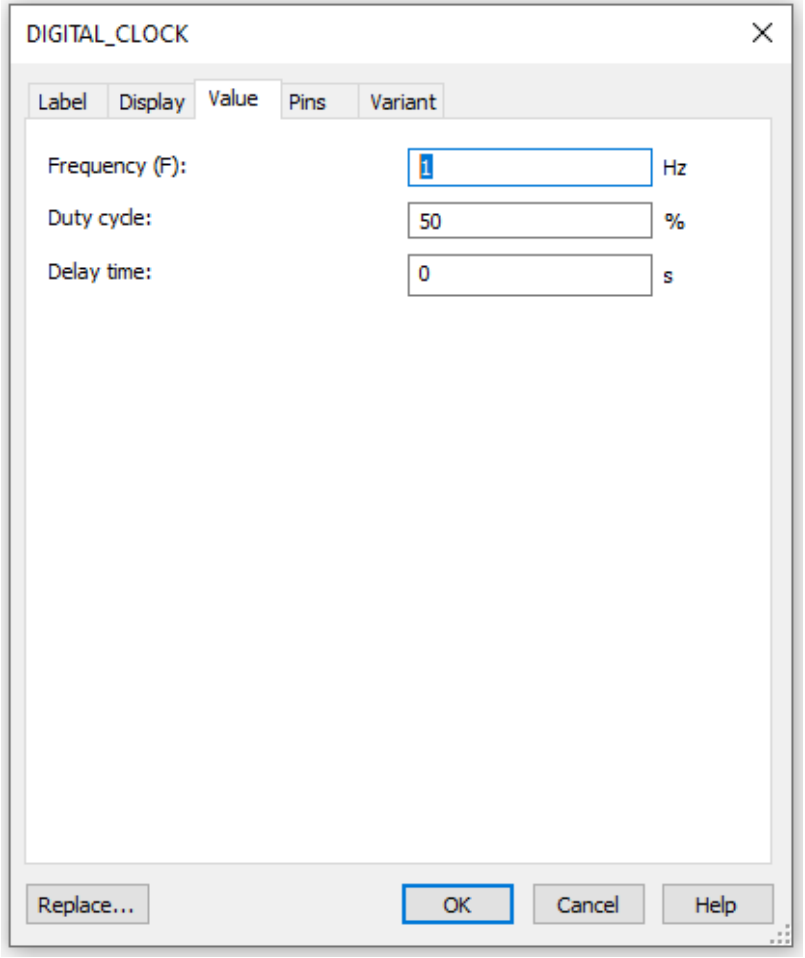


- Πατώντας **διπλό κλικ** πάνω στο Clock μπορούμε να αλλάξουμε την συχνότητα του στο 1Hz, ώστε να προλαβαίνουμε να παρακολουθούμε τις αλλαγές.

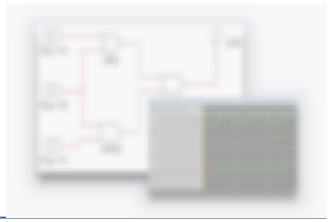


Το **clock** είναι μία γεννήτρια σήματος όπου εναλλάσσει την τιμή του από “0” σε “1” επαναληπτικά στην συχνότητα που το έχουμε ορίσει

Ουσιαστικά είναι ένα άλλο **ηλεκτρονικό κύκλωμα** που παράγει μία έξοδο που μεταβάλει συνεχώς την τιμή της σε “0” και “1”



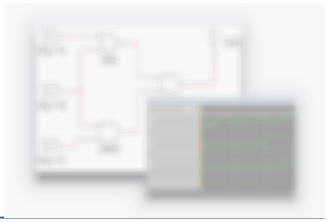
Εικονικά Όργανα



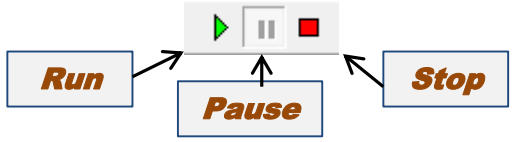
- Το Multisim διαθέτει ευρεία ποικιλία **εικονικών οργάνων** (βολτόμετρα, αμπερόμετρα, παλμογράφους, γεννήτριες συναρτήσεων κ.α.) χάρη στα οποία μας δίνεται η δυνατότητα να μελετήσουμε και να απεικονίσουμε πλήθος παραμέτρων του κυκλώματός μας.

- Στο παράδειγμά μας θα χρησιμοποιήσουμε έναν **παλμογράφο** για να απεικονίσουμε τις μεταβολές στην έξοδο του κυκλώματος, συναρτήσει του χρόνου.

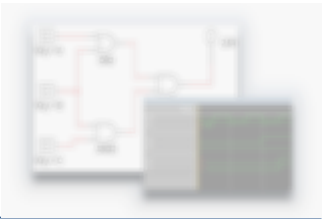
Εισαγωγή Παλμογράφου – Εκτέλεση Προσομοίωσης

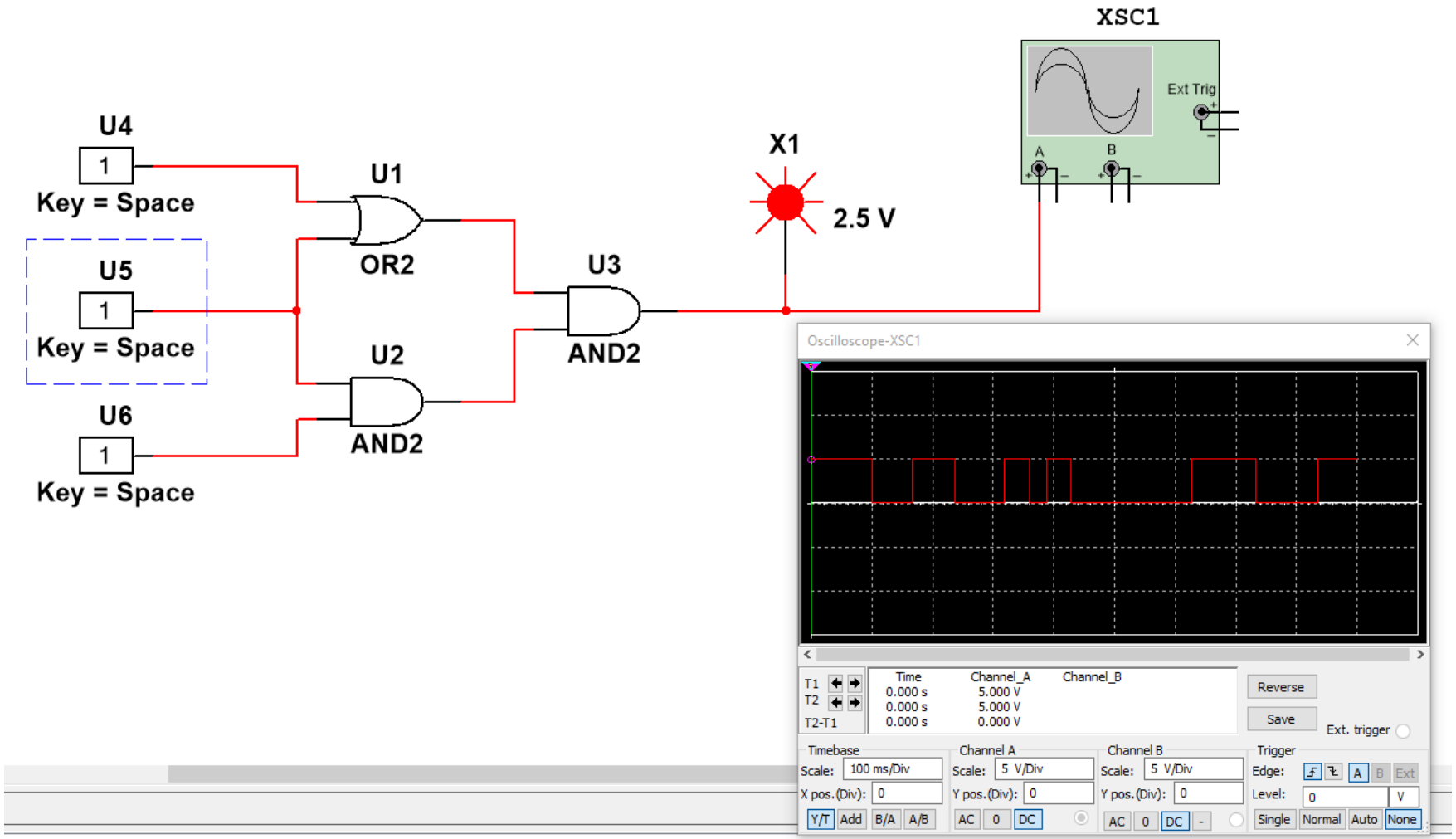


- Πηγαίνοντας στο **Instrument toolbar → Oscilloscope** επιλέγουμε τον παλμογράφο.
  - Ο παλμογράφος αυτός μπορεί να διαχειριστεί δύο σήματα (είσοδοι Α και Β).
  - Συνδέουμε το (+) της εισόδου Α στην έξοδο του κυκλώματος μας.
  - Στη συνέχεια πηγαίνουμε στο **Simulation toolbar → κουμπί "run"** για να ξεκινήσει η προσομοίωση της λειτουργίας του κυκλώματος.
  - Με το ποντίκι μεταβάλλουμε τις τιμές στην είσοδο σε '0' ή '1'.
  - Όποτε θελήσουμε μπορούμε να διακόψουμε ή να τερματίσουμε την προσομοίωση πατώντας τα αντίστοιχα κουμπιά από το Simulation toolbar.

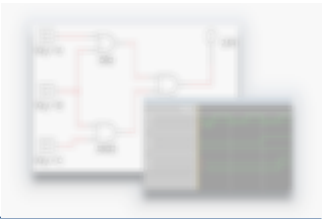


Ανάλυση του κυκλώματος





Εισαγωγή στο Multisim

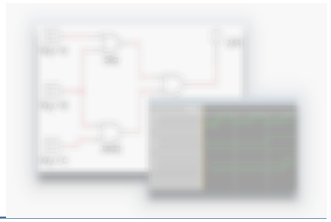


- Αντιλαμβανόμαστε τις εκτεταμένες δυνατότητες που μας παρέχει το MultiSim ως προς την σχεδίαση, μελέτη και προσομοίωση των κυκλωμάτων μας καθώς επίσης και την σημασία του να γνωρίζει κάποιος που ασχολείται με ηλεκτρονικά συστήματα τις λειτουργίες και τον τρόπο χρήσης του.

- Για μία σαφώς **πιο λεπτομερή και βαθύτερη ανάλυση** των δυνατοτήτων και των λειτουργιών του προγράμματος συνίσταται να μελετηθεί το εγχειρίδιο χρήσης του Multisim το οποίο μπορούμε να το βρούμε ως εξής:

- **Έναρξη → Όλα τα προγράμματα → National Instruments → Circuit Design Suite 14.0 → Documentation → Getting Started**.

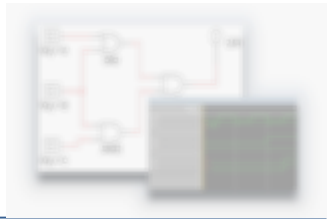
Εισαγωγή στο Multisim



- Επιπλέον μπορούμε να επισκεφθούμε το site της εταιρίας National Instruments http://www.ni.com/multisim/ και να ενημερωθούμε μέσα από χρήσιμα άρθρα και βίντεο σχετικά με το πρόγραμμα.

- Τέλος πραγματοποιώντας μία αναζήτηση στο Διαδίκτυο μπορούμε να βρούμε πληθώρα πηγών οι οποίες μπορούν να μας προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες για τον τρόπο λειτουργίας και χρήσης του MultiSim.

Simulate: Circuits in Multisim (AND Gate)



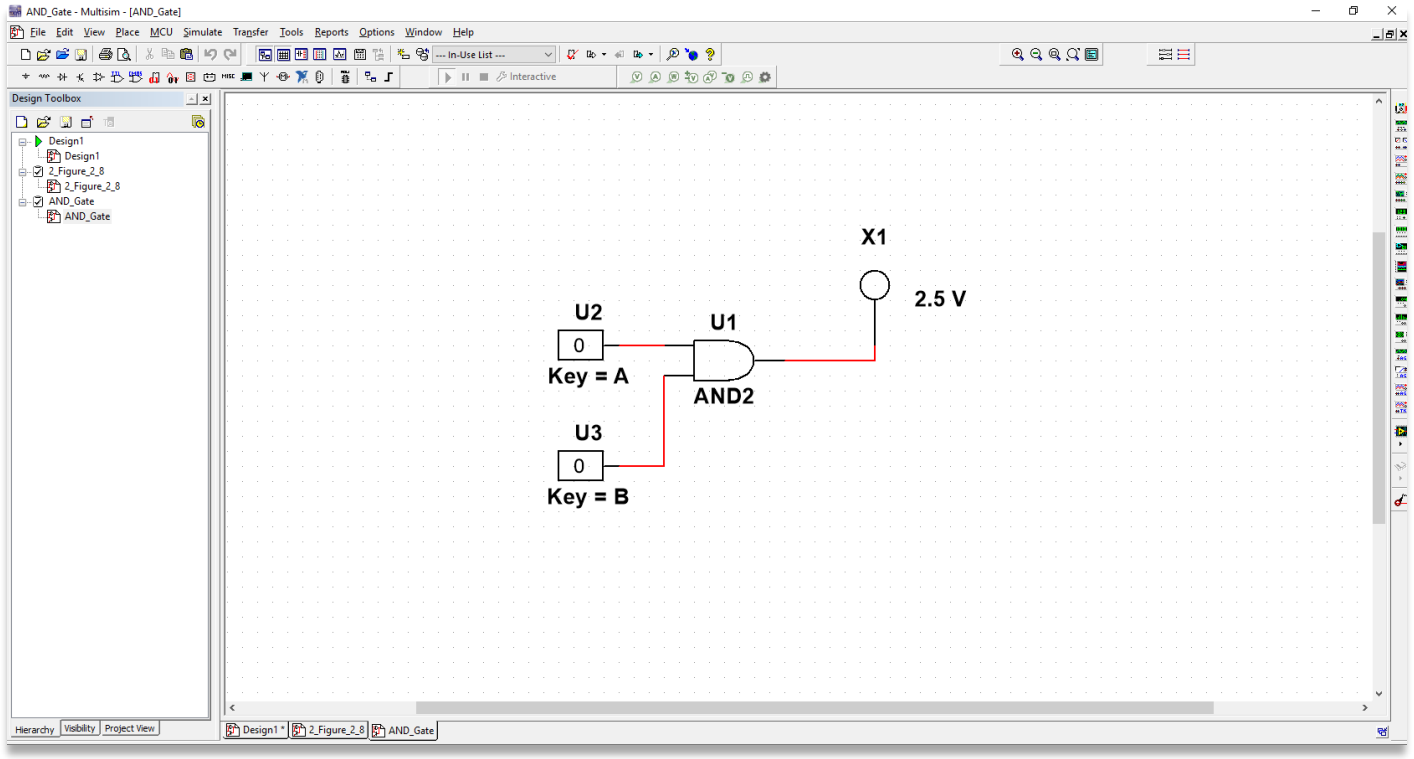
Open the circuit file:

https://cf-ts.mythinkscape.com/ckeditor/AND_Gate_2.ms14

(You can also find it on Eclass)

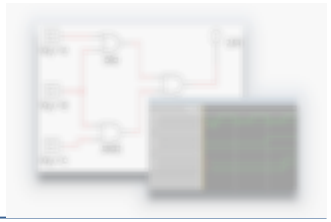
- Note: the file name is **AND_Gate.ms14**
- Select **File>>Open**, and then browse to the location where the files for this lab have been saved.
- This circuit takes two digital inputs, wires them into an AND gate, and wires the output to a probe. Using Multisim, we can explore the behavior of this circuit.

Simulate: Circuits in Multisim (AND Gate)



- Click the **Run button** to begin simulating the circuit.
- Press the '**A**' or '**B**' keys on the keyboard to change the values of the inputs to **0** or **1**.
- When you're done, stop the simulation by clicking the **Stop button**.

Exercise: Creating a New Multisim Circuit (OR Gate)



Create a Circuit

Now create a similar circuit for yourself, following the instructions below.

- Select **File >> New**
- In the menu that appears, select **Blank** and click **Create**.

Placing an OR Gate

- Click the Place **Misc Digital button** along the top bar.
- In the window that appears, select **TIL** from the Family and scroll down to find **OR2** in the Component box.
- Click **OK** and place the component in the middle of the diagram.

Exercise: Creating a New Multisim Circuit (OR Gate)



Placing Circuit Components

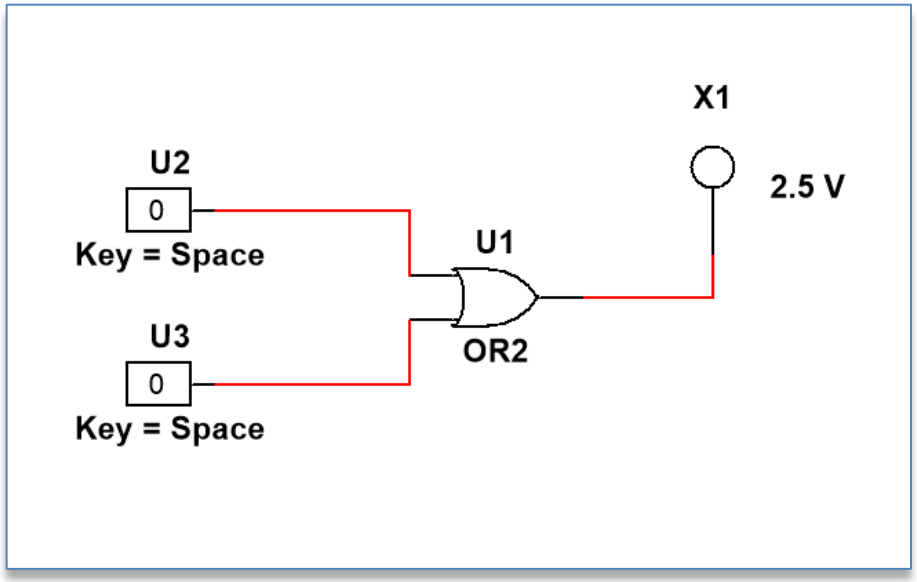
- The window will temporarily go away and then come back. When it comes back, select **Sources** from the Group drop-down, then select the **DIGITAL_SOURCES** family, and the **INTERACTIVE_DIGITAL_CONSTANT** component.
- Place two **INTERACTIVE_DIGITAL_CONSTANT** to the left of the OR gate.
- Select Indicators in the Group drop-down, then select the **PROBE** family, and the **PROBE_DIG_RED** component.
- Place this to the right of the OR gate.
- Click the **Close** button when the window reappears.

Exercise: Creating a New Multisim Circuit (OR Gate)

Wiring a Circuit

Note: To wire the components together, click the end of the wire for one component and then for another component. This will create a wire between them.

- Wire the two Digital Constants into the OR gate and then wire the OR gate into the Probe.

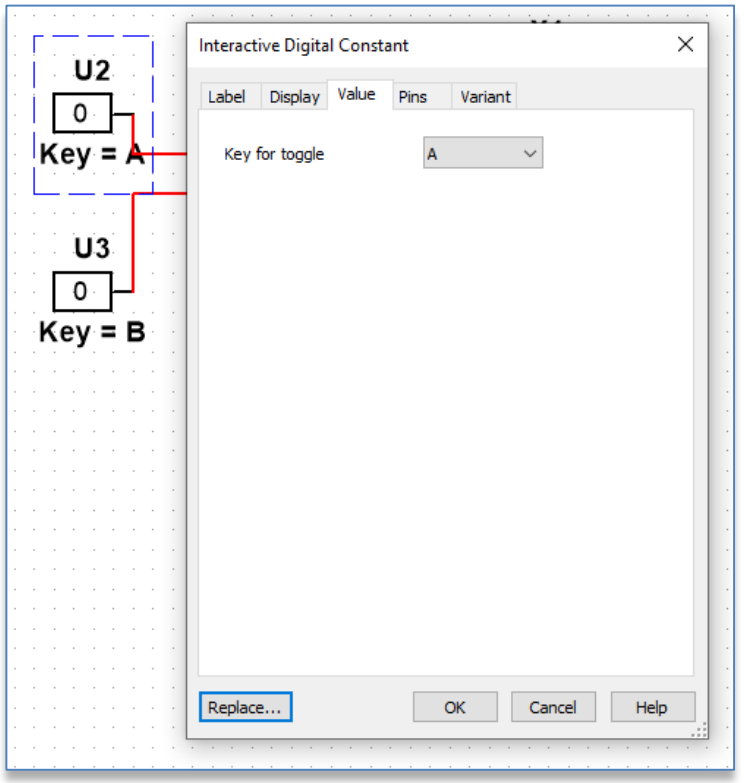


Exercise: Creating a New Multisim Circuit (OR Gate)

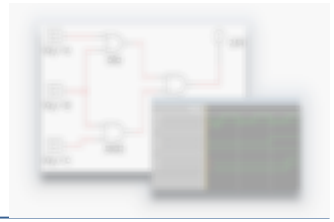
Configuring Digital Constants

Notice that the two constants both use the Space key to change their value. To configure components in the diagram, **double-click them** to change their settings.

- Double-click the top **Digital Constant**.
- In the window that appears, select '**A**' from the Key for toggle dropdown.
- Change the second constant to toggle with the '**B**' key.



Ολοκληρωμένα κυκλώματα



- Τα ψηφιακά κυκλώματα που χρησιμοποιούνται σήμερα σχεδόν σε όλες τις ηλεκτρονικές συσκευές κατασκευάζονται με ολοκληρωμένα κυκλώματα.

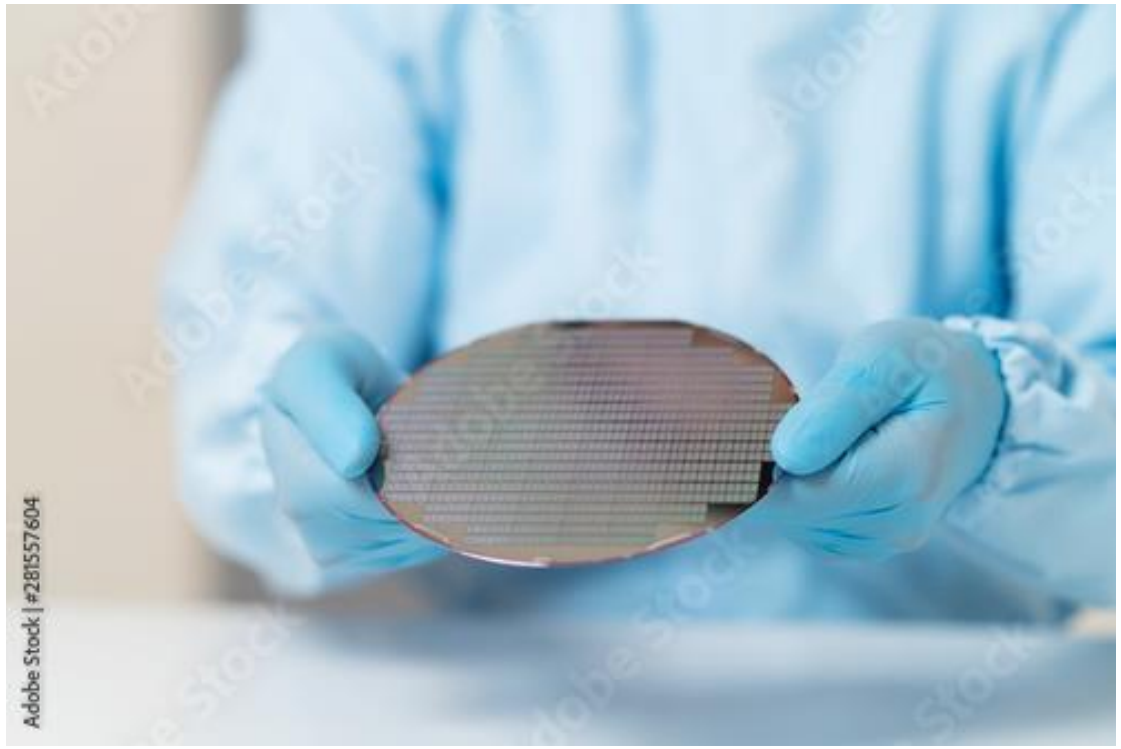
- Ένα **ολοκληρωμένο κύκλωμα** (Integrated Circuit - IC) είναι μία πλήρης λειτουργική μονάδα με μικρές διαστάσεις, δημιουργημένο πάνω σε ένα φύλλο ημιαγωγού, κατά κύριο λόγο πυριτίου, το οποίο ονομάζεται «**chip**» (έτσι προκύπτει μια εναλλακτική ονομασία του ολοκληρωμένου κυκλώματος.)

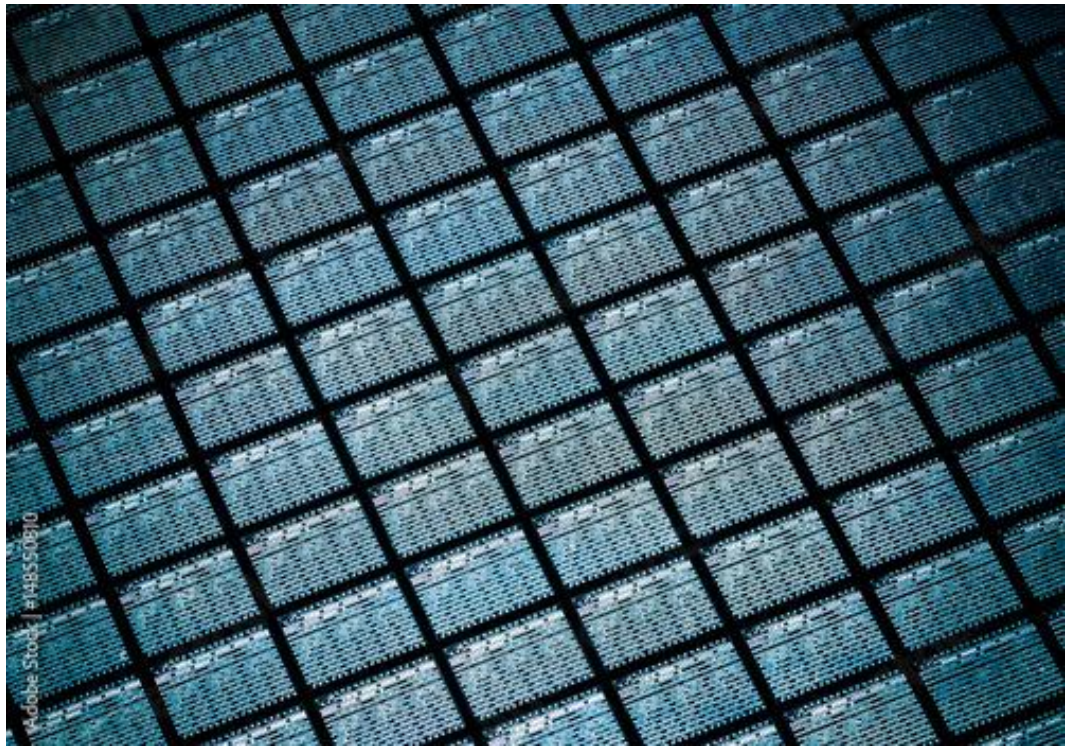
- Πάνω στο υπόστρωμα αυτό έχει σχηματιστεί το επιθυμητό κύκλωμα συνδεδεμένων λογικών πυλών.

- Το chip τοποθετείται σε ένα κεραμικό ή πλαστικό περίβλημα και οι επαφές του συνδέονται και συγκολλούνται με εξωτερικούς ακροδέκτες «pins», για να σχηματιστεί το ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Ολοκληρωμένα κυκλώματα

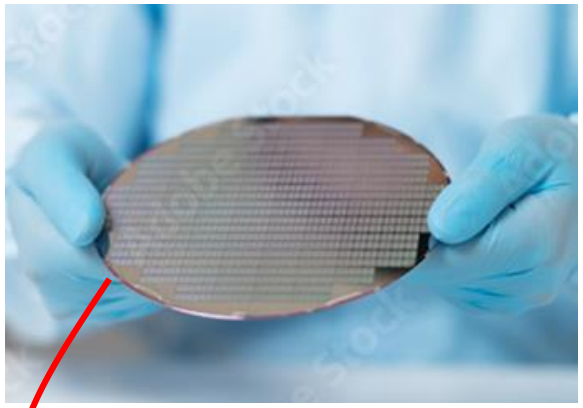
- **Silicon Wafer**

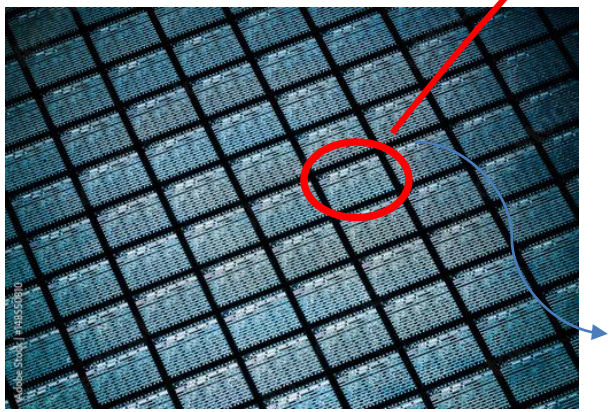


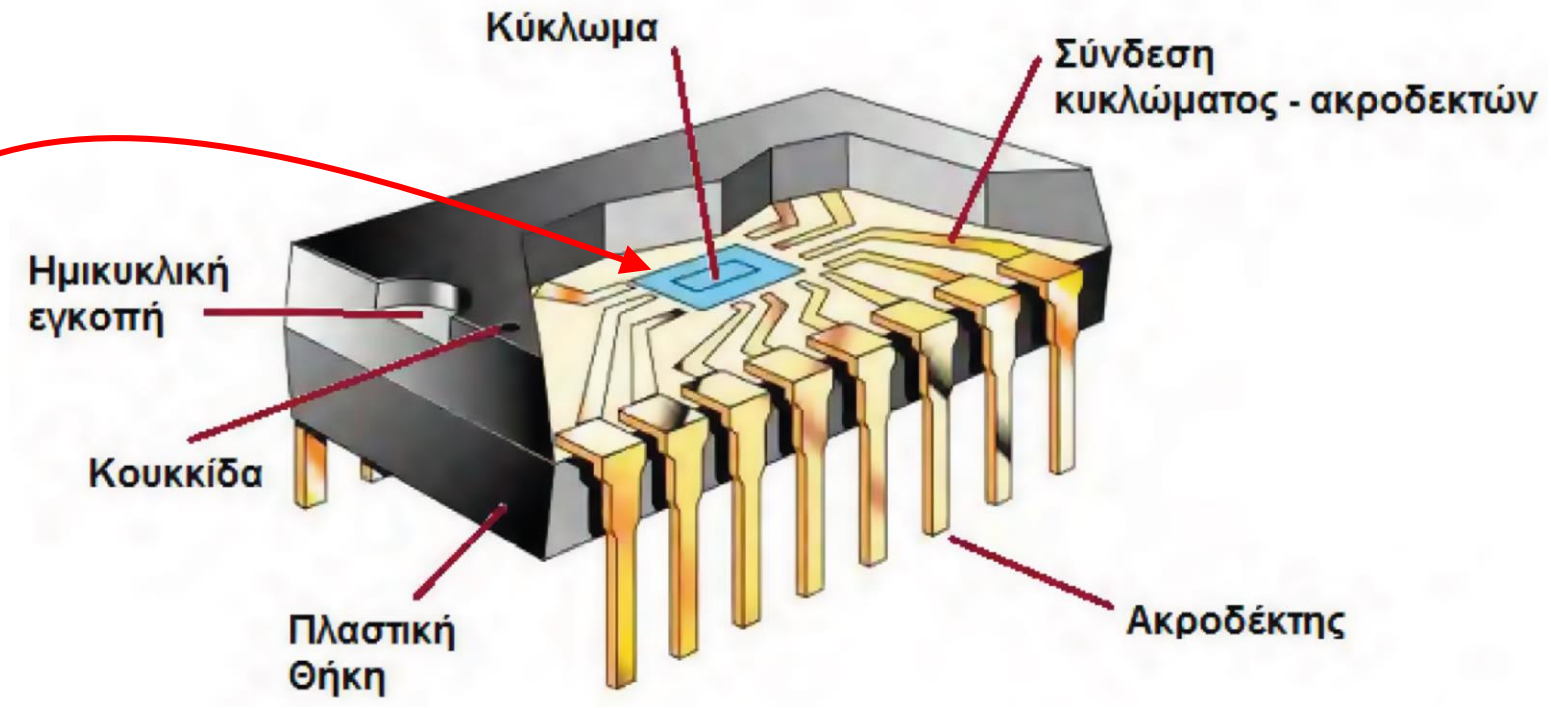


Ολοκληρωμένα κυκλώματα

- **Εσωτερική όψη** ολοκληρωμένου κυκλώματος σε συσκευασία ακροδεκτών διπλής σειράς.

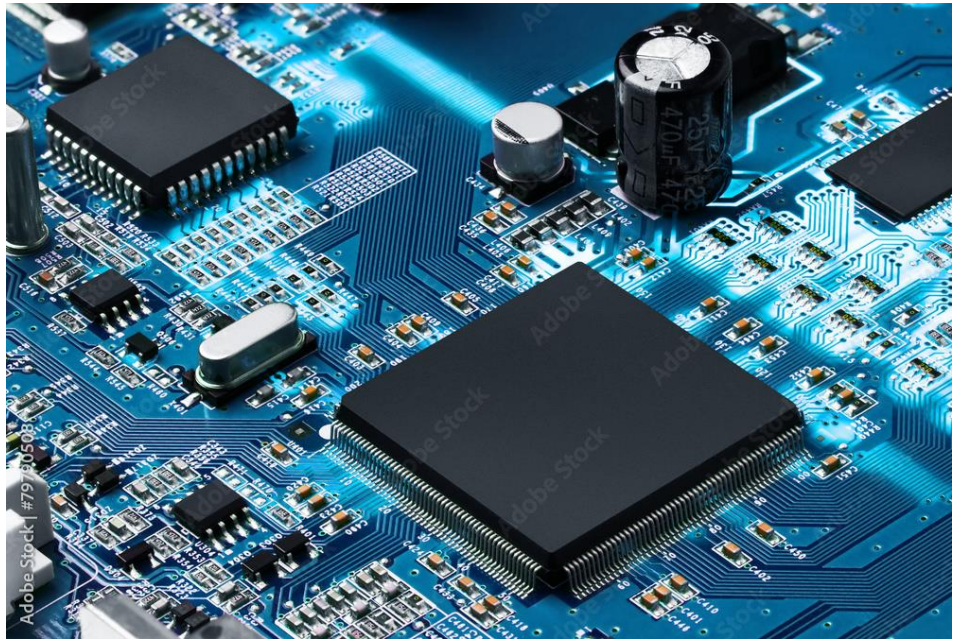




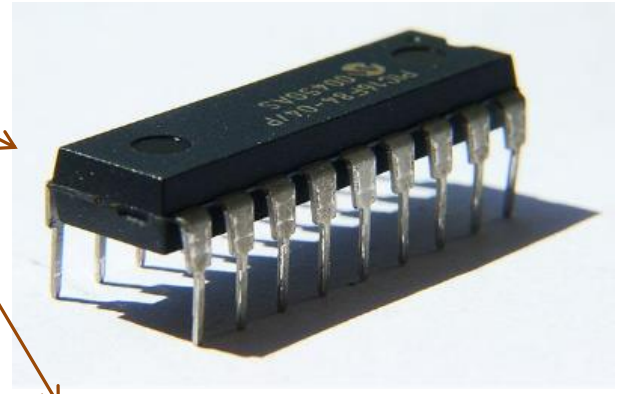


Ολοκληρωμένα κυκλώματα

Συσκευασίες ICs



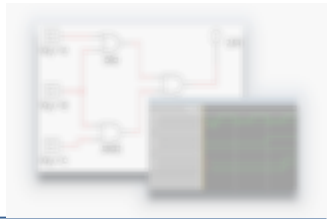
Κοινά ICs εμπορίου







Ολοκληρωμένα κυκλώματα



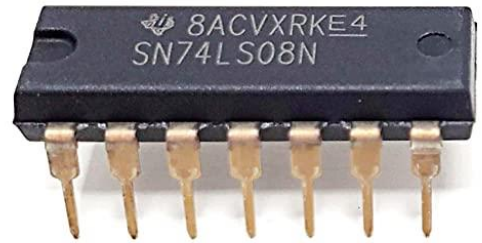
- Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα, με βάση τα χαρακτηριστικά τους, κατατάσσονται σε **λογικές οικογένειες**.
- Κάθε λογική οικογένεια αποτελείται από ένα σύνολο ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που έχουν **κοινά χαρακτηριστικά**, υλοποιούν όμως διαφορετικές λογικές συναρτήσεις.
- Οι πρώτες οικογένειες που εμφανίστηκαν ήταν η **RTL** (Resistor-Transistor Logic) και η **DTL** (Diode- Transistor Logic), οι οποίες σήμερα δεν χρησιμοποιούνται.
- Άλλες οικογένειες είναι: **ECL** (Emitter Coupled Logic), η **HTL** (High Threshold Logic), η **TTL** (Transistor-Transistor Logic), η **MOS** (Metal Oxide Semiconductor) και η **CMOS** (Complementary MOS).

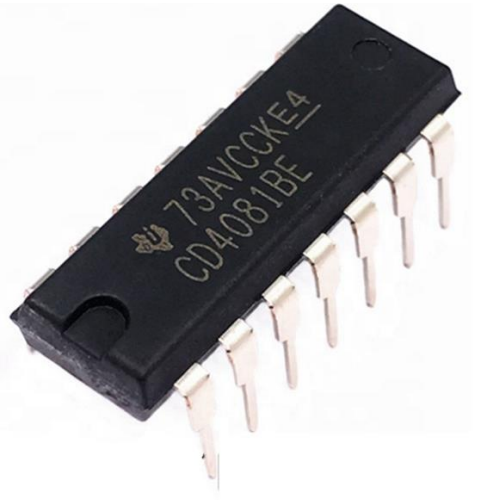
Ολοκληρωμένα κυκλώματα

- Τις δύο τελευταίες δεκαετίες κυκλοφόρησαν αρκετές ακόμα σειρές της οικογένειας **CMOS**, με πιο ευέλικτες τη σειρά **VHC** (Very High-speed CMOS) και τη σειρά **VHCT** (Very High-speed CMOS, TTL compatible).

- Όλα τα ολοκληρωμένα κυκλώματα φέρουν πάνω τους ένα συγκεκριμένο αριθμό που είναι ο χαρακτηριστικός αριθμός της λογικής οικογένειας στην οποία ανήκουν.

- Η λογική οικογένεια **TTL** χρησιμοποιεί αριθμούς που ξεκινούν από το **7400**, ενώ η **CMOS** χρησιμοποιεί αριθμούς που ξεκινούν από το **4000**.

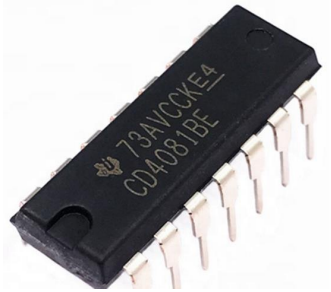


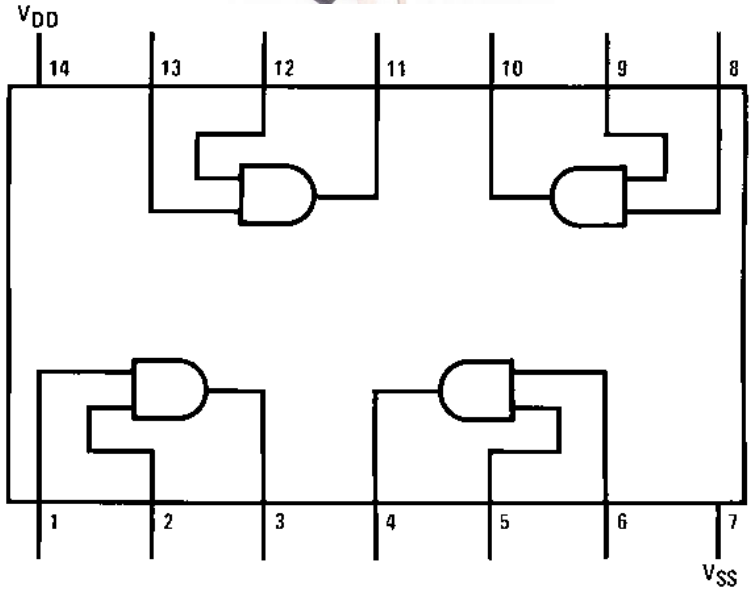


Ολοκληρωμένα κυκλώματα
7408 (πάνω) και 4081 (κάτω)

Ολοκληρωμένα κυκλώματα

Τεχνολογία CMOS

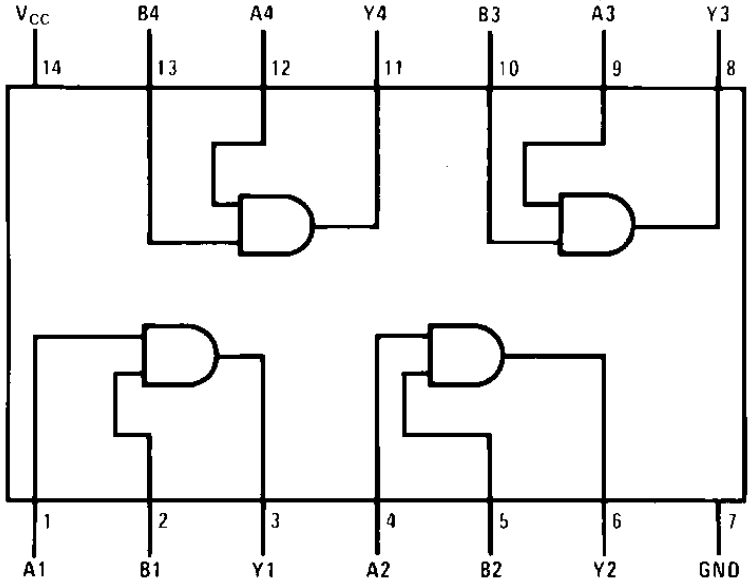




CD4081

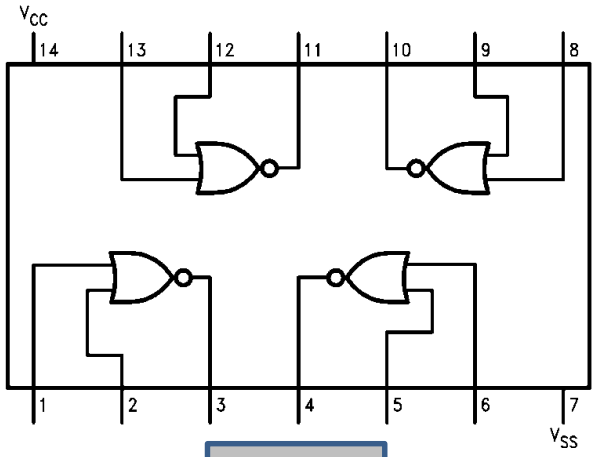
Τεχνολογία TTL



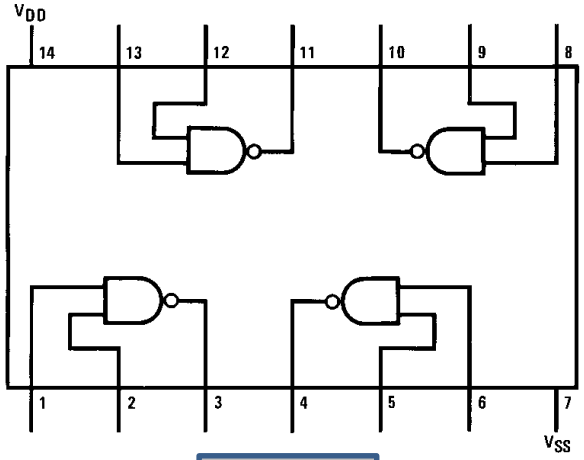


74LS08

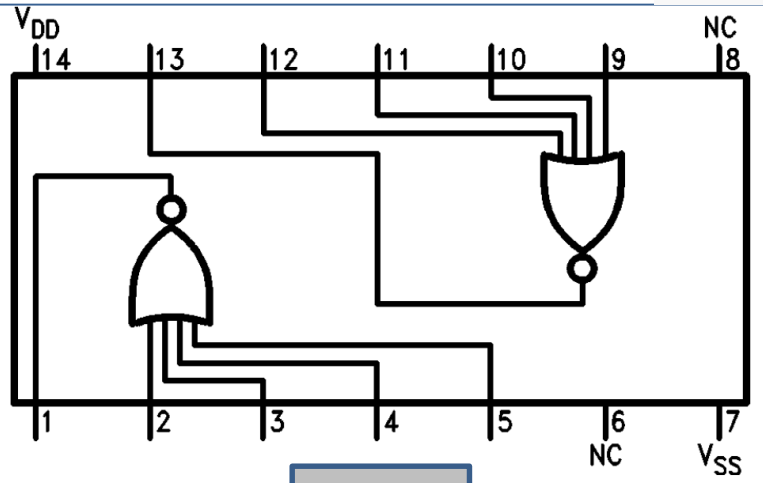
Ολοκληρωμένα κυκλώματα



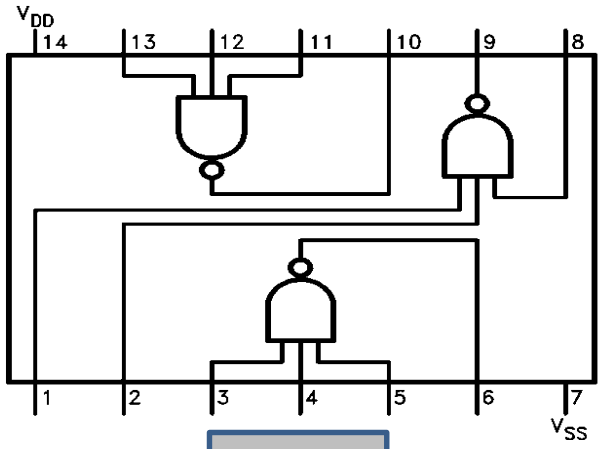
CD4001



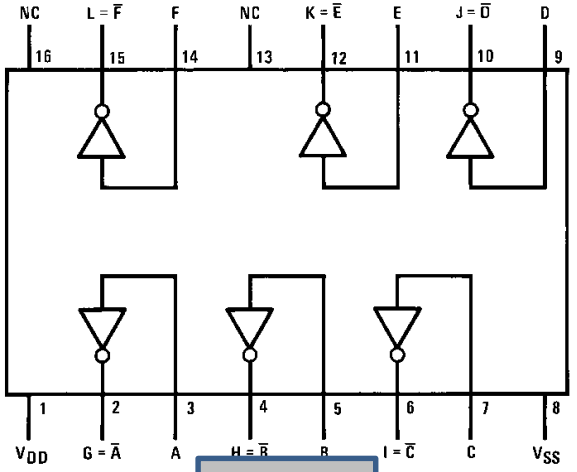
CD4011



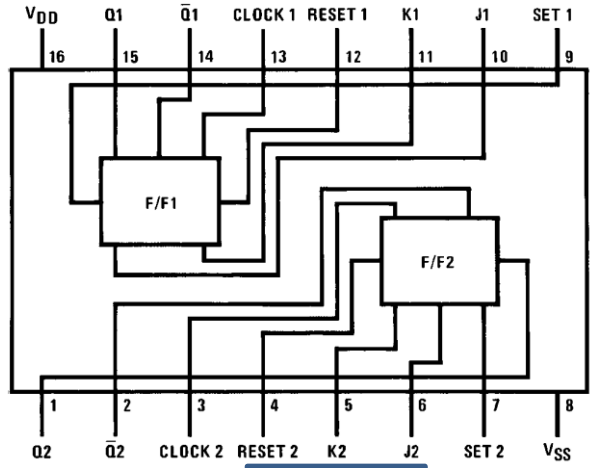
CD4002



CD4023



CD4049

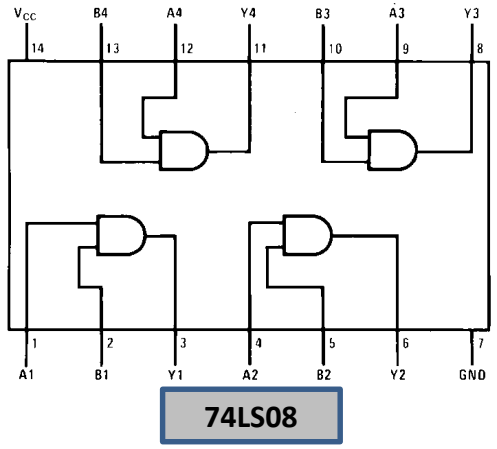


CD4027

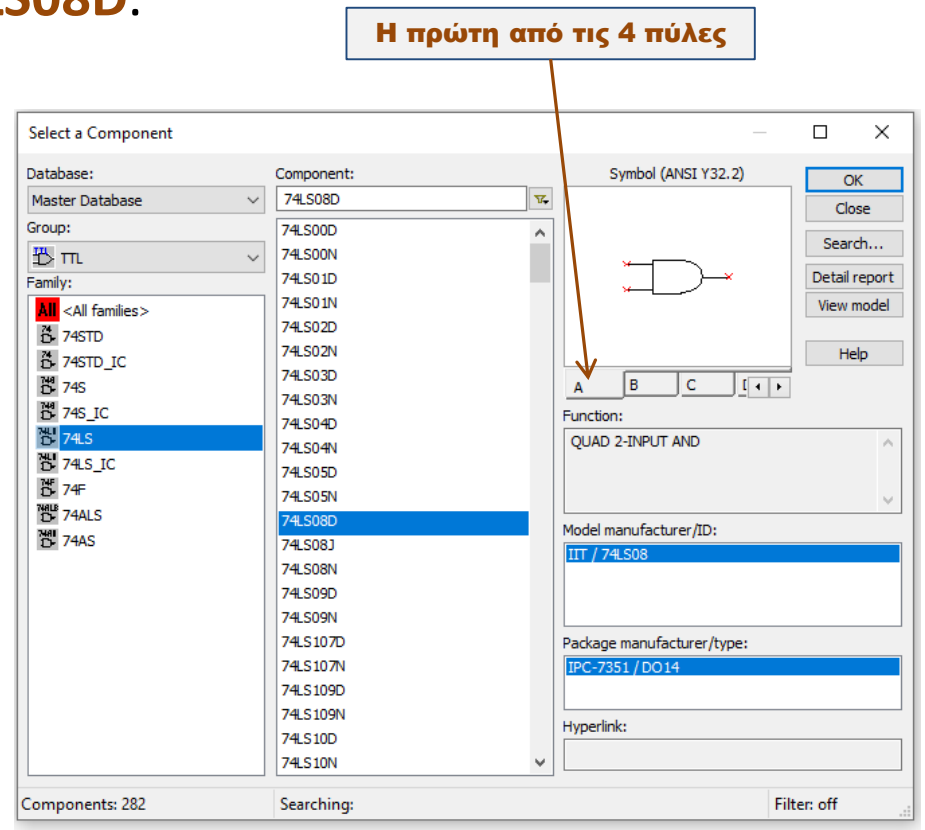
Ολοκληρωμένα κυκλώματα στο Multisim

- Για να εισάγουμε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα π.χ. τεχνολογίας TTL (74LS08), επιλέγουμε **Group: TTL**, **Family: 74LS** και **Component: 74LS08D**.

- Το ολοκληρωμένο περιέχει 4 πύλες
- Χαρακτηρίζονται σαν A, B, C, D.

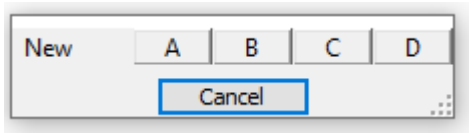


74LS08

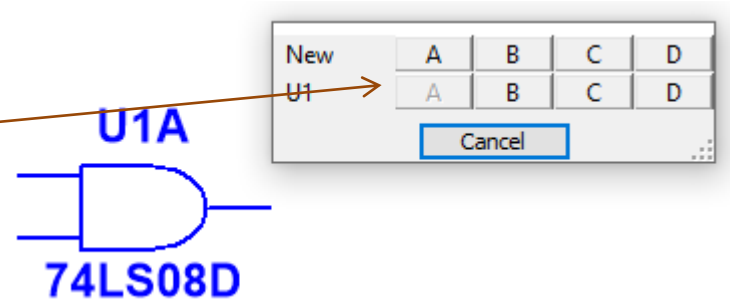


Ολοκληρωμένα κυκλώματα στο Multisim

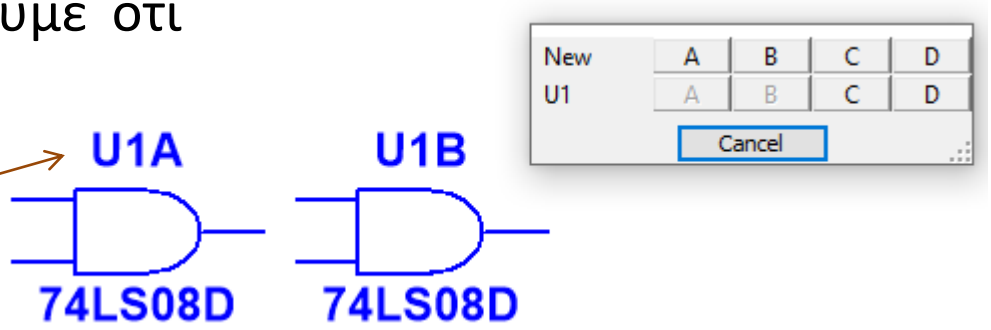
- Όταν πατήσουμε ΟΚ καλούμαστε να επιλέξουμε ποια από τις τέσσερις πύλες θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε.



- Εάν επιλέξουμε την «Α» και την τοποθετήσουμε στο κύκλωμα, θα διαπιστώσουμε ότι πλέον δεν είναι διαθέσιμη.

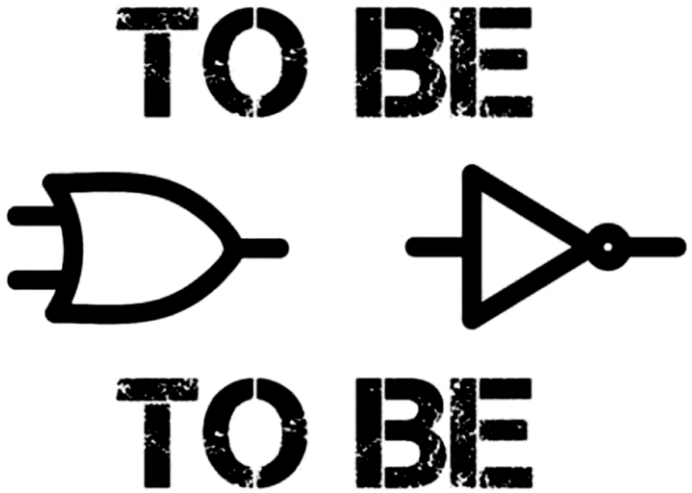


- Εάν επιλέξουμε έπειτα και την «Β», θα διαπιστώσουμε ότι πλέον και αυτή δεν είναι διαθέσιμη.
- Το ολοκληρωμένο είναι το U1 και έχουν χρησιμοποιηθεί οι πύλες «Α» και «Β».



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

- **Ερωτήσεις / Απορίες ;**



Επικοινωνία: ece119.uth@gmail.com