

Σχεδίαση ψηφιακών κυκλωμάτων με το λογισμικό TINA PRO

1. Εισαγωγή

Το TINA PRO είναι λογισμικό της **TEXAS INSTRUMENTS** για τη σχεδίαση, ανάλυση και προσομοίωση κυκλωμάτων. Διατίθεται στο εμπόριο από την εταιρεία **Designsoft**.

Το TINA μπορεί να αντικαταστήσει τον πίνακα συνδεσμολογιών του εργαστηρίου προσφέροντας ποικιλία ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και ηλεκτρονικών στοιχείων για το σχεδιασμό αναλογικών, ψηφιακών και μικτών ηλεκτρονικών διατάξεων. Η βιβλιοθήκη του περιλαμβάνει πλήθος παθητικών και ενεργητικών εξαρτημάτων και δίνει τη δυνατότητα κατασκευής προσωπικών τροποποιημένων ή πρωτότυπων κυκλωμάτων.

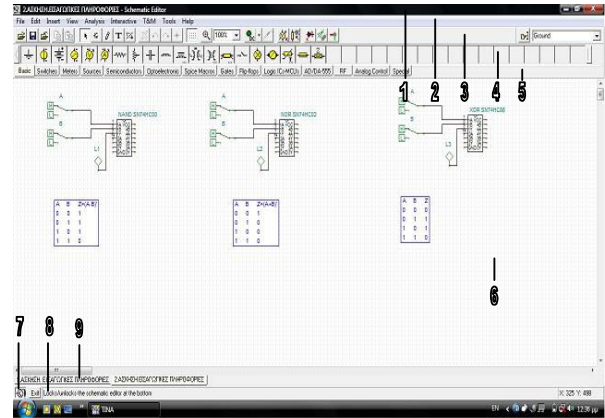
Στο σχεδιασμό της διάταξης μπορούν να ενσωματωθούν πλαίσια κείμενου και διαγράμματα για το σχολιασμό και τη δημιουργία παρουσιάσεων.

Επίσης επιτρέπει την επαλήθευση της λειτουργίας του σχεδιασμένου κυκλώματος σε πραγματικό χρόνο και δίνει τη δυνατότητα ανίχνευσης σφαλμάτων και ενεργοποίησης βλαβών.

Η σειρά οργάνων και εργαλείων του TINA επιτρέπει την ανάλυση των κυκλωμάτων και τη μελέτη της λειτουργίας τους σε διαφορετικές συνθήκες. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων μπορούν να αποδοθούν σε αντίστοιχα διαγράμματα και να απεικονιστούν σε εικονικά όργανα.

Το περιβάλλον εργασίας του TINA είναι οικείο στο χρήστη και η γραμμή βοήθειας μαζί με τα παραδείγματα διευκολύνουν τη γρήγορη εκμάθησή του χωρίς να απαιτούνται γνώσεις προγραμματισμού.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αναλογική, ψηφιακή, μικτή σχεδίαση συστημάτων. Το κύριο παράθυρο εργασίας του λογισμικού φαίνεται στην επόμενη εικόνα.

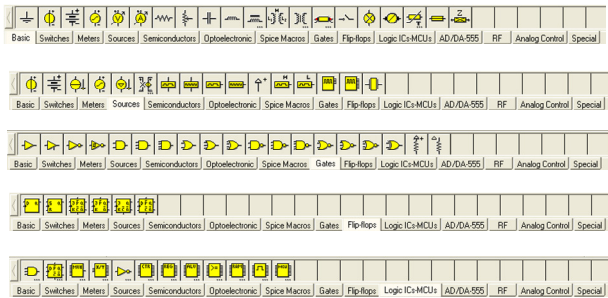


Εικόνα 1.1. Το κεντρικό παράθυρο του σχηματικού επεξεργαστή του TINA.

Το κεντρικό παράθυρο του Σχηματικού Επεξεργαστή του TINA παρουσιάζεται στο παραπάνω σχήμα (**Εικόνα 1.1**), όπου:

1. **Γραμμή Τίτλου!** παρουσιάζει η ονομασία του κυκλώματός μας.
2. **Γραμμή Μενού!** περιέχει εντολές για τη διαχείριση των αρχείων και εντολές για την επεξεργασία των κυκλωμάτων.
3. **Γραμμή Εργαλείων!** περιέχει εικονίδια εντολών που χρησιμοποιούνται συχνά π.χ. για το σχεδιασμό αγωγών, εισαγωγή κειμένου, αποθήκευση αρχείου κ.τ.λ.
4. **Γραμμή Εξαρτημάτων και Οργάνων!** περιέχει όργανα μέτρησης και ομαδοποιημένα εξαρτήματα.
5. **Ετικέτες!** περιέχουν ομάδες εξαρτημάτων που εμφανίζονται στην γραμμή εξαρτημάτων μετά το πάτημά τους. Στα Βασικά υπάρχουν εξαρτήματα όπως η αντίσταση και ο πυκνωτής. Στους ημιαγωγούς υπάρχουν δίοδοι, τρανζίστορς κ.τ.λ.
6. **Παράθυρο Σχεδίασης!** αποτελεί το φύλλο σχεδίασής μας.
7. **Γραμμή Κατάσταση!** παρουσιάζει την τρέχουσα κατάσταση του ενεργού παραθύρου. Το πάτημα του πλήκτρου που βρίσκεται αριστερά κλειδώνει ή ξεκλειδώνει το σχηματικό επεξεργαστή ώστε να παρουσιάζει ή να αποκρύπτει τα διάφορα εικονικά όργανα ή παράθυρα.
8. **Γραμμή Βοήθειας!** παρουσιάζει σύντομες επεξηγήσεις για το εικονίδιο πάνω στο οποίο βρίσκεται ο δείκτης του ποντικιού.
9. **Ετικέτες Ανοιχτών Αρχείων!** παρουσιάζει τα ανοιχτά αρχεία.

Μερικές από τις παλέτες εργαλείων του TINA που μας ενδιαφέρουν στα ψηφιακά ηλεκτρονικά φαίνονται στην **Εικόνα 1.2**.



Εικόνα 1.2. Παραδείγματα από παλέτες εργαλείων σχεδίασης.

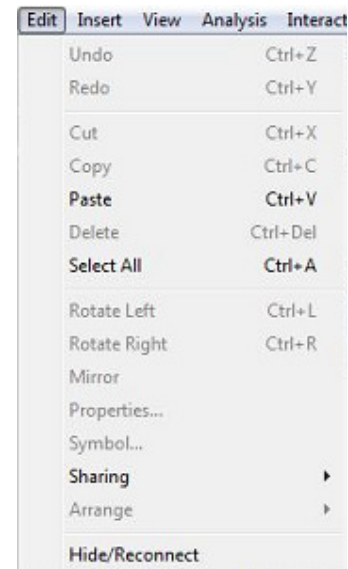
Η Γραμμή Μενού (**Εικόνα 1.3**) περιλαμβάνει τις παρακάτω εντολές:

File/ Αρχείο (Εικόνα 1.3): Στο μενού αυτό περιέχονται οι εντολές για τη διαχείριση αρχείων.

- **New (Δημιουργία)**! ανοίγουμε νέα σελίδα σχεδίασης στο Σχηματικό Επεξεργαστή.
- **Open (Άνοιγμα)/ Close (Κλείσιμο)**! ανοίγουμε ή κλείνουμε μία υπάρχουσα σελίδα σχεδίασης.
- **Open Examples (Παραδείγματα)**! ανοίγουμε ένα υπάρχον παράδειγμα.
- **Save (Αποθήκευση)**! αποθηκεύουμε μία υπάρχουσα ή νέα σελίδα σχεδίασης.
- **Save As (Αποθήκευση Ως)**! δημιουργούμε ένα αντίγραφο ή μια νέα έκδοση της σχεδίασής μας.
- **Export (Εξαγωγή)**! εξάγουμε το αρχείο του κυκλώματός μας σε διαφορετικές μορφές.
- **Import (Εισαγωγή)**! εισάγουμε αρχεία κυκλωμάτων σε διαφορετικές μορφές.
- **Bill of Materials (Κατάλογος Υλικών)**! εισάγουμε αντίστοιχο κατάλογο υλικών από ένα κύκλωμα.
- **Enter Macro (Άνοιγμα και Κλείσιμο Μακροεντολής)**! ελέγχουμε το άνοιγμα και κλείσιμο μακροεντολών.
- **Page Setup (Διαμόρφωση Σελίδας)/ Print Preview (Προεπισκόπηση)/ Print (Εκτύπωση)**! μας επιτρέπει να διαμορφώσουμε τη σελίδα σχεδίασης και να την εκτυπώσουμε.



Εικόνα 1.3.



Εικόνα 1.4.

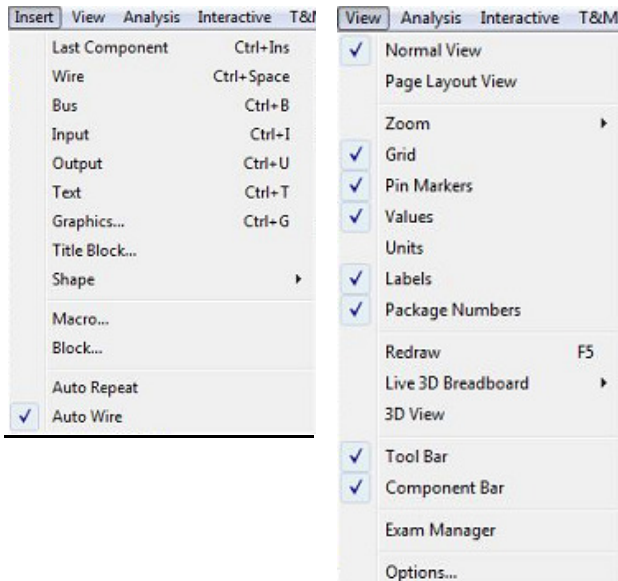
Edit/ Επεξεργασία (Εικόνα 1.4): Στο μενού αυτό περιέχονται οι εντολές για την επεξεργασία κυκλωμάτων.

- **Undo (Αναίρεση)/ Redo (Επανάληψη)/ Cut (Αποκοπή), Copy (Αντιγραφή)/ Paste (Επικόλληση)/ Delete (Απαλοιφή)/ Select All (Επιλογή Όλων)**!
- **Rotate Left (Περιστροφή Αριστερά)/ Rotate Right (Περιστροφή Δεξιά)/ Mirror (Κατοπτρισμός)**! τοποθετούμε κατάλληλα τα εξαρτήματα στη σελίδα σχεδίασης
- **Properties (Ιδιότητες)**! προβάλλονται οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του επιλεγμένου εξαρτήματος.
- **Symbol (Σύμβολο)**! εισάγουμε ή δημιουργούμε ένα σύμβολο.

- **Sharing (Διανομή)**| δημιουργούμε διαφορετικές εκδόσεις ή κλειδώνουμε ένα κύκλωμα.
- **Arrange (Διάταξη)**| ορίζουμε τη διάταξη στη σελίδα σχεδίασης.

Insert/ Εισαγωγή (Εικόνα 1.5): Στο μενού αυτό περιέχονται οι εντολές για την εισαγωγή αντικειμένων στη σελίδα σχεδίασης.

- **Last Component (Τελευταίο Εξάρτημα)**| εισάγουμε το εξάρτημα που χρησιμοποιήθηκε τελευταία.
- **Wire (Αγωγός)/ Bus (Διάυλος)/ Input (Είσοδος)/ Output (Εξοδος)/ Text (Κείμενο)/ Graphics (Γραφικά)/ Macro (Μακροεντολή)/ Block**| εισάγουμε τα αντίστοιχα εξαρτήματα/ εντολές.
- **Auto Repeat (Αυτόματη Επανάληψη)**| επαναλαμβάνουμε την εισαγωγή εξαρτήματος στη σελίδα σχεδίασης.
- **Auto Wire (Αυτόματος Αγωγός)**| μετακινούμε εξάρτημα που έχει σύνδεση αγωγού χωρίς να επανασχεδιάσουμε τον αγωγό.



Εικόνα 1.5.

Εικόνα 1.6.

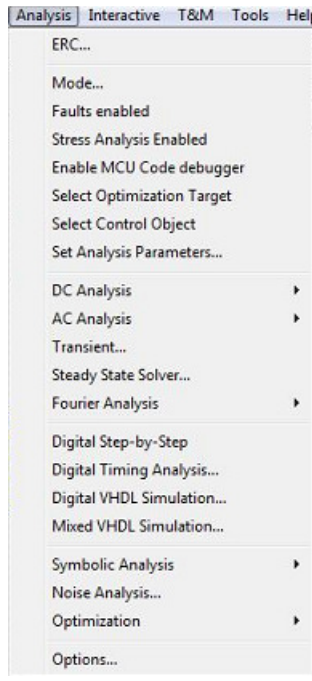
View/ Προβολή (Εικόνα 1.6): Στο μενού αυτό περιέχονται οι εντολές για τον τρόπο παρουσίασης του σχηματικού επεξεργαστή.

- **Normal View (Κανονική Προβολή)**| προβάλλουμε το Σχηματικό Επεξεργαστή όπως στο αρχικό σχήμα.

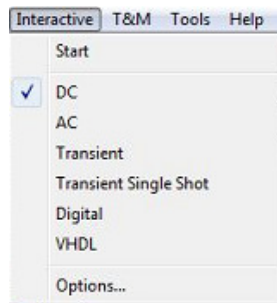
- **Page Layout View (Προβολή Διάταξης Σελίδας)**| προβάλλουμε το Σχηματικό Επεξεργαστή σε μορφή σελίδας.
- **Zoom (Μεγέθυνση)**| επιλέγουμε από το υπομενού τον τρόπο μεγέθυνσης του κυκλώματος.
- **Grid (Πλέγμα)/ Pin Markers (Δείκτες Pin)/ Values (Τιμές)/ Labels (Ετικέτες)/ Tool Bar (Γραμμή Εργαλείων)/ Component Bar (Γραμμή Εξαρτημάτων)**| προβάλλουμε ή αποκρύπτουμε το περιεχόμενό τους.
- **Redraw (Επανασχεδίαση)**| καθαρίζουμε και επανασχεδιάζουμε το κύκλωμα.
- **Live 3D Breadboard (Τρισδιάστατος Πίνακας Συνδεσμολογίας)**| προβάλλουμε το Σχηματικό Επεξεργαστή σε μορφή πίνακα συνδεσμολογίας.
- **3D View (Τρισδιάστατη Προβολή)**| προβάλλουμε τρισδιάστατα το κύκλωμά μας.
- **Options (Επιλογές)**| επιλέγουμε τις ιδιότητες των προβολών.

Analysis/ Ανάλυση (Εικόνα 1.7): Στο μενού αυτό περιέχονται οι εντολές για τη διαμόρφωση και την επιλογή της ανάλυσης.

- **ERC (ΕHK)**| ελέγχουμε αν έχουμε πραγματοποιήσει κανονικές συνδέσεις σε ένα κύκλωμα.
- **Mode (Τρόπος)**| επιλέγουμε τον τρόπο της ανάλυσης.
- **Faults Enabled (Ενεργοποίηση Βλαβών)**| ενεργοποιούμε βλάβες.
- **DC Analysis (Ανάλυση DC)/ AC Analysis (Ανάλυση AC)/ Transient (Μεταβατική Ανάλυση)/ Fourier Analysis (Ανάλυση Fourier)/ Digital Step-by-Step (Ψηφιακή Ανάλυση Βήμα προς Βήμα)/ Digital Timing Analysis (Ψηφιακή Χρονική Ανάλυση)/ Symbolic Analysis (Συμβολική Ανάλυση)/ Noise Analysis (Ανάλυση Θορύβου)**| επιλέγουμε το είδος της ανάλυσης.
- **Options (Επιλογές)**| επιλέγουμε τις ιδιότητες των αναλύσεων.



Εικόνα 1.7.



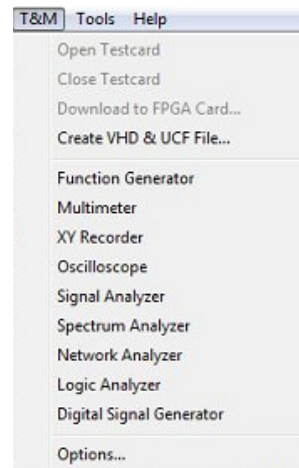
Εικόνα 1.8.

Interactive (Εικόνα 1.8): Στο μενού αυτό περιέχονται οι εντολές για τον έλεγχο της λειτουργίας του κυκλώματος.

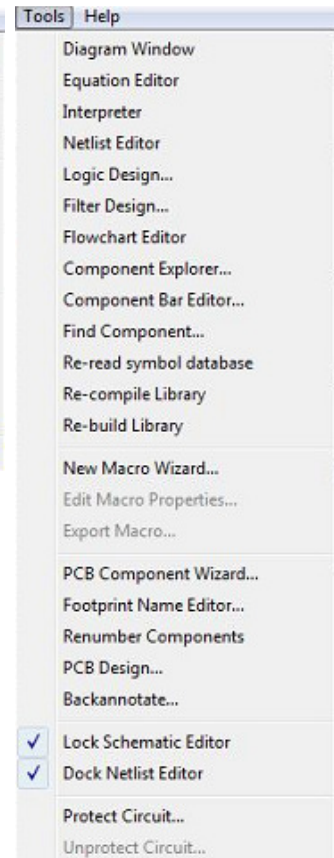
- **Start (Εναρξη)** επιλέγουμε την έναρξη ή λήξη του ελέγχου.
- **DC/ AC/ Transient/ Transient Single Shot/ Digital/ VHDL** επιλέγουμε το είδος του ελέγχου.
- **Options (Επιλογές)** επιλέγουμε τις ιδιότητες του ελέγχου.

T&M/ E&M (Εργαλεία & Μετρήσεις) (Εικόνα 1.9): Στο μενού αυτό περιέχονται τα εικονικά όργανα και οι εντολές για τη διεξαγωγή μετρήσεων.

- **Function Generator (Παλμογεννήτρια)/ Multimeter (Πολύμετρο)/ XY Recorder (Καταγραφέας XY)/ Oscilloscope (Παλμογράφος)/ Signal Analyzer (Αναλυτής Σήματος)/ Spectrum Analyzer (Αναλυτής Φάσματος)/ Network Analyzer (Αναλυτής Δικτύων)/ Logic Analyzer (Λογικός Αναλυτής)/ Digital Signal Generator (Ψηφιακή Γεννήτρια Σήματος)** επιλέγουμε όργανα μετρήσεων.
- **Options (Επιλογές)** επιλέγουμε τις ιδιότητες των μετρήσεων.



Εικόνα 1.9.



Εικόνα 1.10.

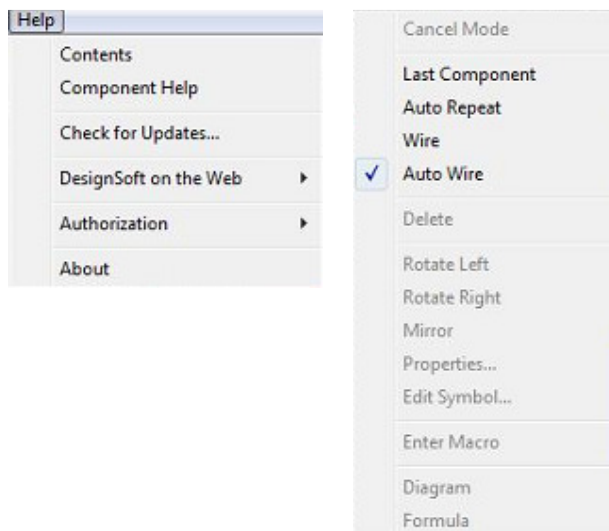
Tools/ Εργαλεία (Εικόνα 1.10): Στο μενού αυτό περιέχονται οι εντολές για την επεξεργασία αποτελεσμάτων, κυματομορφών κτλ.

- **Diagram Window (Παράθυρο Διαγραμμάτων)** προβάλλουμε και επεξεργαζόμαστε τις κυματομορφές των αναλύσεων μας.
- **Equation Editor (Επεξεργαστής Εξισώσεων)** προβάλλουμε τα αποτελέσματα της συμβολικής ανάλυσης και δημιουργούμε μαθηματικές εξισώσεις.
- **Component Bar Editor (Επεξεργαστής Γραμμής Εξαρτημάτων)** δημιουργούμε μια νέα γραμμή εξαρτημάτων με εξαρτήματα της επιλογής μας.
- **New Macro Wizard (Οδηγός Νέας Μακροεντολής)** δημιουργούμε ένα σύμβολο για τη μακροεντολή μας.
- **Edit Macro Properties (Επεξεργασία Μακροεντολής)** επεξεργαζόμαστε τη μακροεντολή μας.
- **Export Macro (Εξαγωγή Μακροεντολής)** αποθηκεύουμε τη μακροεντολή μας.
- **Lock Schematic Editor (Κλείδωμα του Σχηματικού Επεξεργαστή)** κλειδώνουμε ή ξεκλειδώνουμε το σχηματικό επεξεργαστή

ώστε να παρουσιάζει ή να αποκρύπτει τα διάφορα εικονικά όργανα ή παράθυρα.

Help/ Βοήθεια (Εικόνα 1.11): Από το μενού αυτό παρέχεται η Αναζήτηση Βοήθειας.

- **Contents (Περιεχόμενα)** ανοίγουμε το αντίστοιχο παράθυρο.
- **Component Help (Βοήθεια Εξαρτημάτων)** προβάλλουμε το html περιβάλλον των πληροφοριών σχετικά με τα εξαρτήματα.
- **Check for Updates (Ενημερώσεις)** ελέγχουμε για ενημερώσεις στο διαδίκτυο.
- **DesignSoft on the WEB (DesignSoft στο WEB)** ανοίγουμε την ιστοσελίδα της Designsoft.
- **Authorization (Εξουσιοδότηση)** εξασφαλίζουμε την άδεια για τη χρήση του Tina.
- **About (Πληροφορίες)** εμφανίζουμε την έκδοση του προγράμματος.



Εικόνα 1.11.

Εικόνα 1.12.

Μενού Συντόμευσης (Εικόνα 1.12): Πατώντας το δεξί πλήκτρο του ποντικιού πάνω στο χώρο σχεδίασης προβάλλεται το μενού συντόμευσης. Αυτό περιέχει συχνά χρησιμοποιούμενες εντολές από διάφορα μενού.

2. Ψηφιακή χρονική ανάλυση

Επιλέγουμε την ετικέτα Gates. Από τη γραμμή εξαρτημάτων που εμφανίζεται πατάμε την πύλη OR και τη μεταφέρουμε στη σελίδα σχεδίασης. Επιλέγουμε την ετικέτα Sources. Από τη γραμμή εξαρτημάτων πατάμε την πηγή παλμών και τη μεταφέρουμε στη σελίδα σχεδίασης.

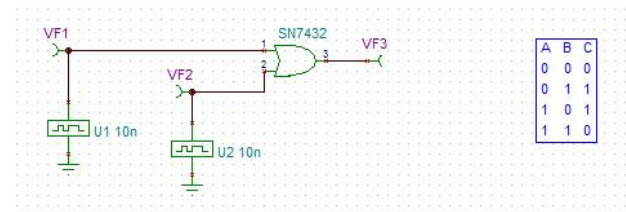
Επαναλαμβάνουμε για τη δεύτερη πύλη. Από τη γραμμή εξαρτημάτων της ετικέτας Basic, μεταφέρουμε τις γειώσεις στο κύκλωμα και από τη γραμμή εξαρτημάτων της ετικέτας Meters, τα ripple τάσης . Τοποθετώντας το δείκτη στους ακροδέκτες των εξαρτημάτων σχεδιάζουμε τους αγωγούς. Για να εισάγουμε πλαίσιο κειμένου πατάμε το κουμπί στη γραμμή εργαλείων. (Η παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιείται για να σχεδιάσουμε το κύκλωμα της **Εικόνας 2.1**).

Με βάση τον πίνακα αληθείας της πύλης OR ορίζουμε τις Πηγές Παλμών U1 και U2. Διπλοπατάμε την Πηγή Παλμών U1 και στο πλαίσιο διαλόγου που ανοίγει πατάμε στο πεδίο του Pattern. (**Εικόνα 2.2**).

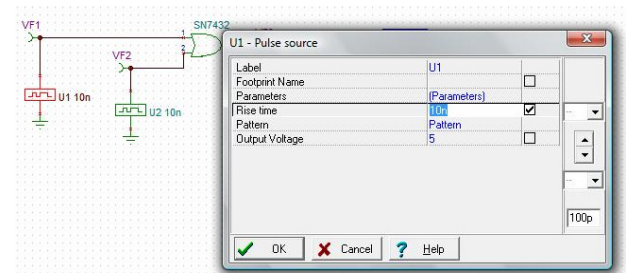
Στη συνέχεια πατάμε το κουμπί για να προβάλλουμε το πλαίσιο διαλόγου ρυθμίσεων της πηγής παλμών. (**Εικόνα 2.3**)

Ορίζουμε τις στιγμές και τα επίπεδα των παλμών όπως το παραπάνω σχήμα και με το κουμπί Add New προσθέτουμε όσες χρονικές στιγμές επιθυμούμε. Προκαθορισμένη εκκίνηση της παλμοσειράς, Low, Στιγμή#1 10 (sec), Επίπεδο #1 High κτλ. Η παλμοσειρά που προκύπτει αντιστοιχεί στο 0101 Low -High της τάσης εισόδου U1. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία για την Πηγή Παλμών U2 και ορίζουμε το U2 σε 0101.

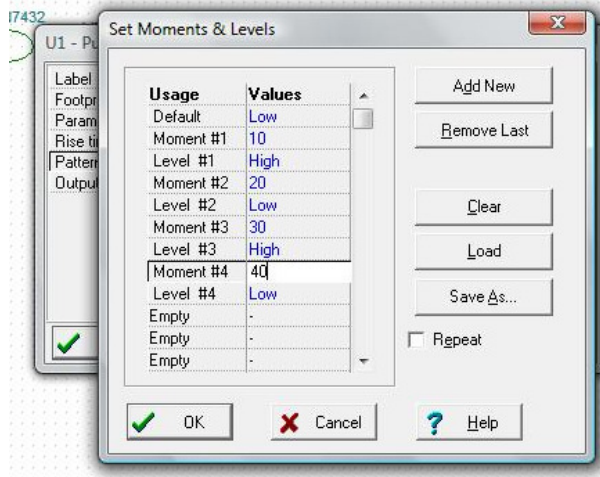
Από το Μενού Analysis επιλέγουμε Digital Timing Analysis και τελικό χρόνο αυτόν των παλμοσειρών, 40 sec. (**Εικόνα 2.4**)



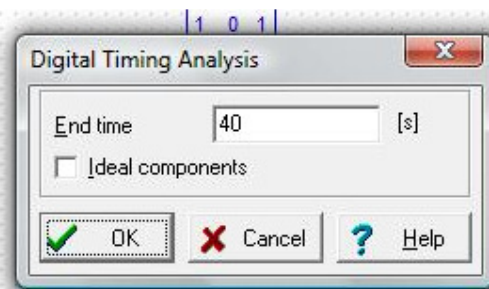
Εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.2.

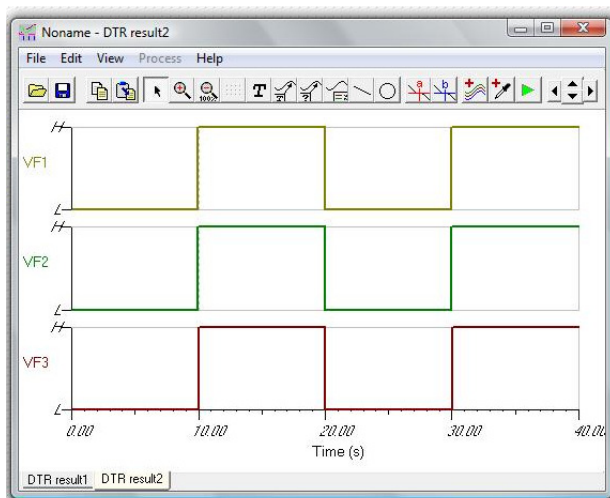


Εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.4.

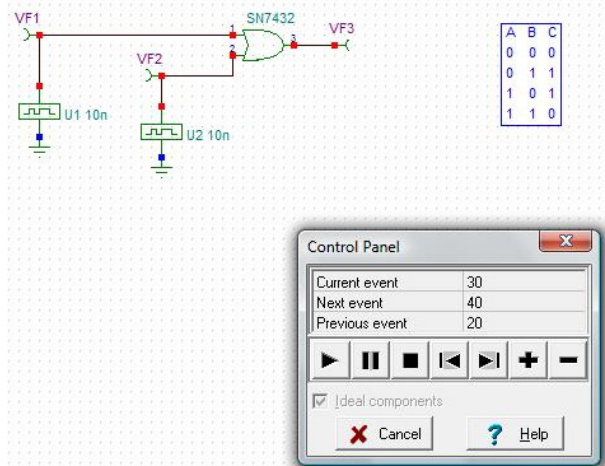
Πατάμε OK και εμφανίζονται οι παλμοσειρές των εισόδων U1 και U2 και της εξόδου της πύλης OR, οι οποίες συμφωνούν με το αναμενόμενο αποτέλεσμα της πύλης OR. (Εικόνα 2.5)



Εικόνα 2.5.

3. Ψηφιακή χρονική ανάλυση βήμα προς βήμα

Το TINA μας δίνει τη δυνατότητα να παρουσιάσουμε τις καταστάσεις High και Low βήμα προς βήμα. Για το κύκλωμα της Εικόνας 3.1, από το μενού Analysis επιλέγουμε Digital Step-by-Step. Στο Control Panel, πατώντας τα αντίστοιχα πλήκτρα, αναγνωρίζουμε τις καταστάσεις High και Low σε οποιοδήποτε σημείο του κυκλώματος. Σε κάθε κόμβο εμφανίζεται ένα μικρό τετράγωνο το οποίο δηλώνει τη λογική κατάσταση του κυκλώματος: κόκκινο για high, μπλε για low, πράσινο για high z και μαύρο για απροσδιόριστο.

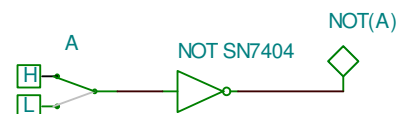


Εικόνα 3.1.

4. Βασικές πύλες ψηφιακής λογικής

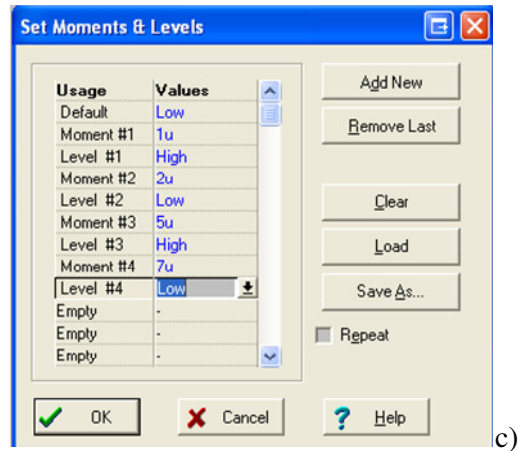
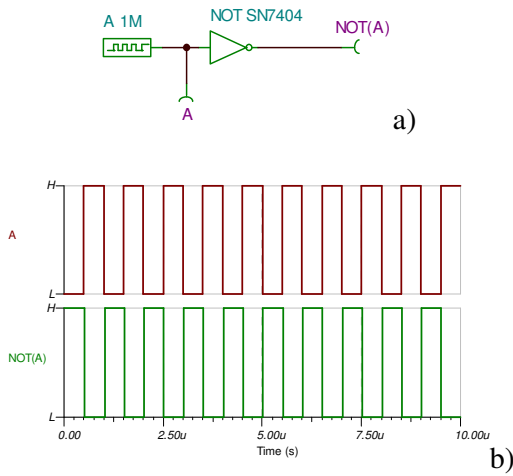
4.1. Προσομοίωσης της λειτουργίας μιας πύλης αντιστροφέα

Στην Εικόνα 4.1.1 παρουσιάζουμε ένα παράδειγμα προσομοίωσης της λειτουργίας μιας πύλης αντιστροφέα. Χρησιμοποιούμε έναν διακόπτη (A), μια πύλη NOT SN7404 και έναν δείκτη λογικής NOT(A).



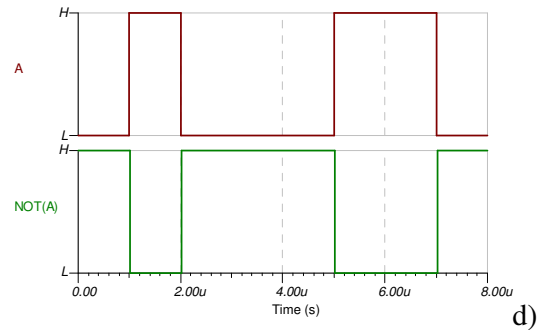
Εικόνα 4.1.1. Παράδειγμα προσομοίωσης της λειτουργίας μιας πύλης αντιστροφέα.

Στην Εικόνα 4.1.2 φαίνεται η χρήση ρολογιού (A) συχνότητας 1MHz και ακροδεκτών ελέγχου (A, NOT(A)).

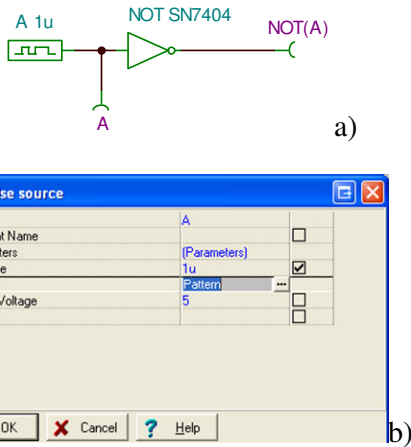


Εικόνα 4.1.2. α) Η χρήση ρολογιού (A) συχνότητας 1MHz και ακροδεκτών ελέγχου (A, NOT(A)). β) Διάγραμμα χρονισμού.

Στην **Εικόνα 4.1.3** φαίνεται η χρήση παλμογεννήτριας (A). Πρέπει να κάνουμε διπλό κλικ πάνω στη γεννήτρια παλμών και να εισάγουμε το σχέδιο παλμών που επιθυμούμε. Επιλέγουμε Pattern με κλικ πάνω στις τρεις τελείες **...**. Εισάγουμε την ακολουθία παλμών πατώντας κάθε φορά Add New για να προσθέσουμε αλλαγή και γράφοντας την κατάλληλη χρονική στιγμή της αλλαγής (Το u αντιστοιχεί στο ελληνικό μ και σημαίνει micro-sec).

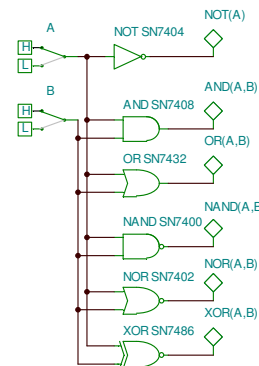


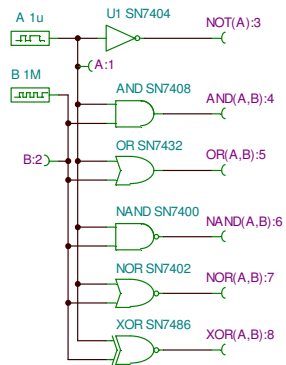
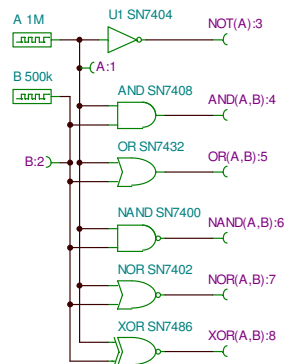
Εικόνα 4.1.3. α) Χρήση γεννήτριας παλμών. β) Κάνουμε διπλό κλικ πάνω στη γεννήτρια παλμών και να εισάγουμε το σχέδιο παλμών που επιθυμούμε. γ) Εισάγουμε την ακολουθία παλμών πατώντας κάθε φορά Add New. δ) Παράδειγμα διαγράμματος χρονισμού.



4.2. Άσκηση 1

Εκτελέστε τις προσομοιώσεις των επόμενων κυκλωμάτων (**Εικόνα 4.2.1**) και επαληθεύστε την ορθότητα των αποτελεσμάτων σας με βάση τις τιμές του πίνακα αληθείας κάθε πύλης.





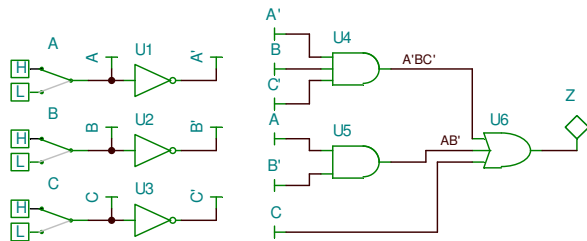
Εικόνα 4.2.1. a) με χρήση διακοπτών, b) με χρήση ρολογιού, c) με χρήση παλμογεννητριών.

4.3. Άσκηση 2

Να σχεδιαστεί και να προσομοιωθεί το κύκλωμα της λογικής συνάρτησης $Z = A' B C' + A B' + C$ με λογική σχεδίασης AND-OR.

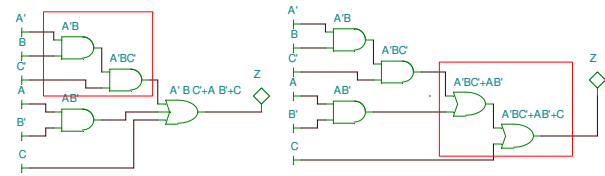
Λύση.

Η σχεδίαση και η προσομοίωση φαίνεται στη συνέχεια (**Εικόνα 4.3.1**).



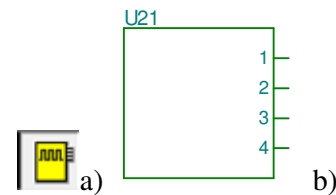
Εικόνα 4.3.1. $Z = A' B C' + A B' + C$ με λογική σχεδίασης AND-OR.

Μπορούμε να υλοποιήσουμε την AND τριών εισόδων με δύο AND δύο εισόδων και αντίστοιχα την OR τριών εισόδων με δύο OR δύο εισόδων. (**Εικόνα 4.3.2**).



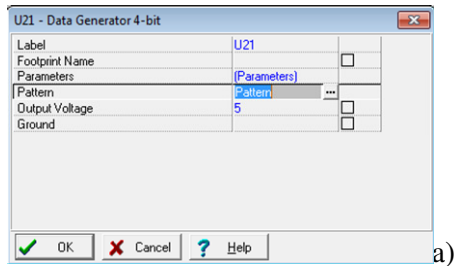
Εικόνα 4.3.2. Μπορούμε να υλοποιήσουμε την AND τριών εισόδων με δύο AND δύο εισόδων και αντίστοιχα την OR τριών εισόδων με δύο OR δύο εισόδων.

Για μια προσομοίωση, χωρίς να «βάλουμε με το χέρι» όλους τους συνδυασμούς μέσω των διακοπτών A, B, C, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη γεννήτρια 4bit (**Εικόνα 4.3.3**) που βρίσκεται στην παλέτα **Sources**.

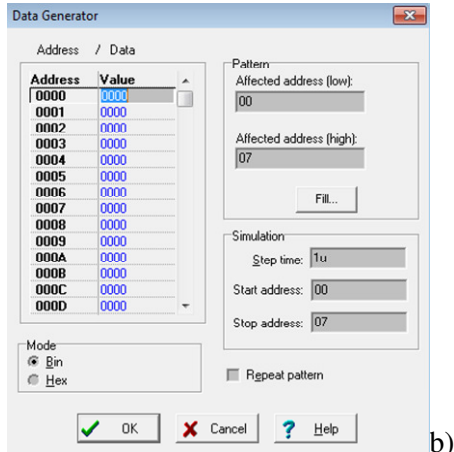


Εικόνα 4.3.3. a) Γεννήτρια 4bits από την παλέτα Sources. b) Γεννήτρια 4bit (σχηματικό).

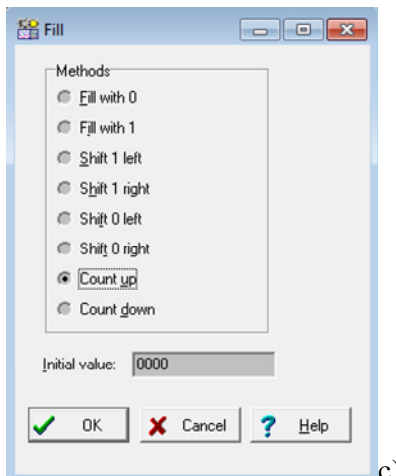
Τοποθετούμε ένα αντίγραφο της στην επιφάνεια σχεδίασης του TINA και κάνουμε διπλό κλικ πάνω της. Στη συνέχεια επιλέγουμε **Pattern** πατώντας πάνω στις τελίτσες (...). (**Εικόνα 4.3.4a**) Στο νέο πλαίσιο διαλόγου που προκύπτει σος **Affected address (low)** βάζουμε 00 και στο **Affected address (high)** βάζουμε 07 (γιατί με τρεις μεταβλητές έχουμε 8 περιπτώσεις από το 000 μέχρι το 111). Παρατηρούμε ότι στο **Simulation** το **Step time** είναι 1u δηλαδή 1μs ανά βήμα. (**Εικόνα 4.3.4b**) Πατάμε το κουμπί **Fill** και στη συνέχεια τσεκάρουμε το **Count Up** και πατάμε **OK**. (**Εικόνα 4.3.4c**) Επιστρέφοντας στο προηγούμενο πλαίσιο διαλόγου βλέπουμε ότι οι διευθύνεις έχουν γεμίσει με τους συνδυασμούς 000 μέχρι 111. (**Εικόνα 4.3.4d**)



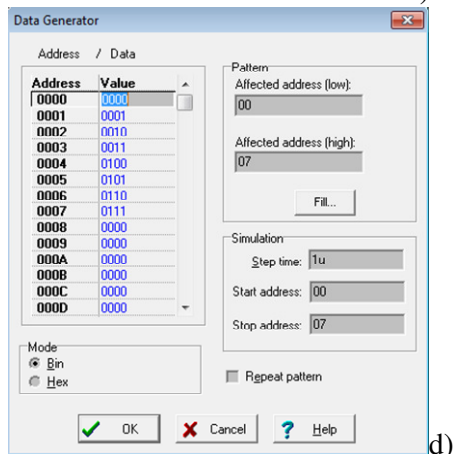
a)



b)

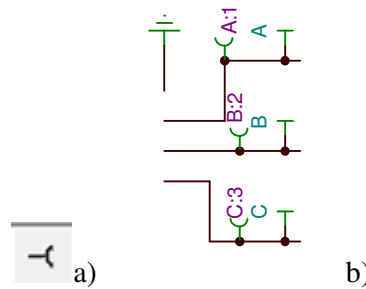


c)



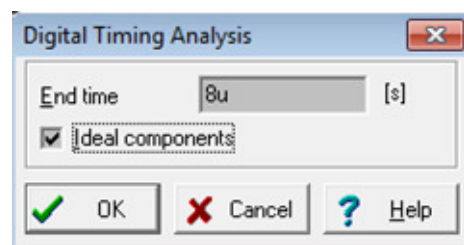
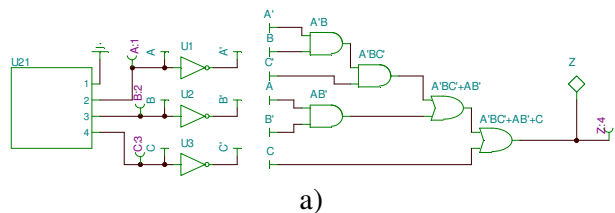
d)

Για να δουμε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης σε διάγραμμα χρονισμού, πρέπει στο κύκλωμα μας να βάλουμε σημεία-εξόδου (**voltage pins**). Πρόκειται για σημεία μέτρησης της τάσης. Το TINA έχει ειδικό εργαλείο για αυτή τη δουλειά στην παλέτα **Meters**. Τοποθετούμε τα voltage pins όπου θέλουμε να καταγράψουμε τιμές τάσης. Με αριθμηση, με άνω-κάτω τελεία και αριθμό, μετά το όνομα του voltage pin επιλέγουμε τη σειρά με την οποία θα εμφανίζονται τα αποτελέσματα στο διάγραμμα χρονισμού (**Εικόνα 4.3.5**).



Εικόνα 4.3.5. a) Voltage pin απο την παλέτα Meters. b) Σημεία στο κύκλωμα που βάλμα το Voltage pin. Με τις αριθμήσεις A:1, B:2, C:3, τα αποτελέσματα της χρονικής ανάλυσης θα προκύψουν με τη σειρά που θέλουμε.

Το τελικό κύκλωμά μας με τις προσθήκες και τις αλλαγές είναι έτοιμο. Για να πάρουμε το διάγραμμα χρονισμού επιλέγουμε **Analysis** → **Digital Timing Analysis** και εισάγουμε δυ για χρόνο προσομοίωσης (**Εικόνα 4.3.6**).



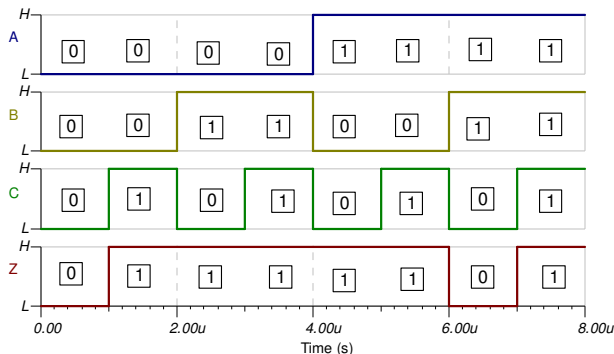
b)

Εικόνα 4.3.4. a) Γεννήτρια 4bit. b) Εισαγωγή δεδομένων. c) Επιλογές για αυτόματο γέμισμα διευθύνσεων. d) Μετά το αυτόματο γέμισμα.

Εικόνα 4.3.6. a) Το τελικό κύκλωμα έτοιμο για προσομοίωση. b) Με Analysis → Digital

Timing Analysis επιλέγουμε τον τελικό χρόνο προσομοίωσης και τσεκάρουμε **Ideal components** για να μη ληφθούν υπόψη καθυστερήσεις στη λειτουργία των πυλών.

Το διάγραμμα χρονισμού που προκύπτει φαίνεται στη συνέχεια (**Εικόνα 4.3.7**).



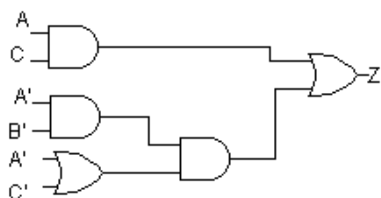
Εικόνα 4.3.7. Το αποτέλεσμα της χρονικής ανάλυσης.

Από το διάγραμμα χρονισμού προκύπτει πολύ εύκολα ο πίνακας αληθείας του κυκλώματος που φαίνεται στη συνέχεια.

A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

4.4. Άσκηση 3

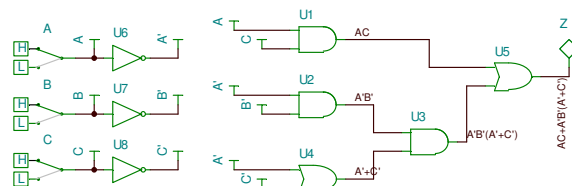
Να βρεθεί η έξοδος του λογικού κυκλώματος της **Εικόνα 4.4.1**.



Εικόνα 4.4.1. Κύκλωμα άσκησης 3.

Λύση.

Στην **Εικόνα 4.4.2** φαίνεται η υλοποίηση του κυκλώματος στο TINA και οι έξοδοι των πυλών.



Εικόνα 4.4.2. Η υλοποίηση του κυκλώματος στο TINA.

Παρατηρούμε ότι:

$$Z = AC + A'B'(A'+C') = AC + A'B'A' + A'B'C'$$

Επειδή $xy = yx$ και $x\bar{x} = 0$ θα είναι $A'B'A' = A'A'B' = A'B'$, οπότε:

$$Z = AC + A'B' + A'B'C' = AC + A'B'(1+C')$$

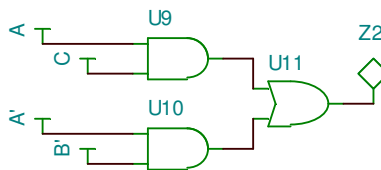
Επειδή $1+x=1$ και $1x=x$ προκύπτει:

$$Z = AC + A'B'(1+C') = AC + A'B'1 = AC + A'B'$$

Δηλαδή:

$$Z = AC + A'B'(A'+C') = AC + A'B'$$

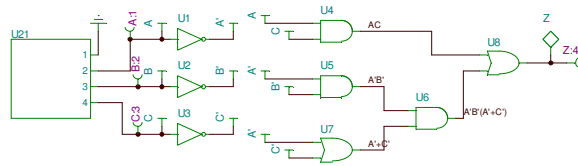
Αυτό σημαίνει ότι το αρχικό κύκλωμα, είναι ισοδύναμο με το επόμενο (**Εικόνα 4.4.3**).



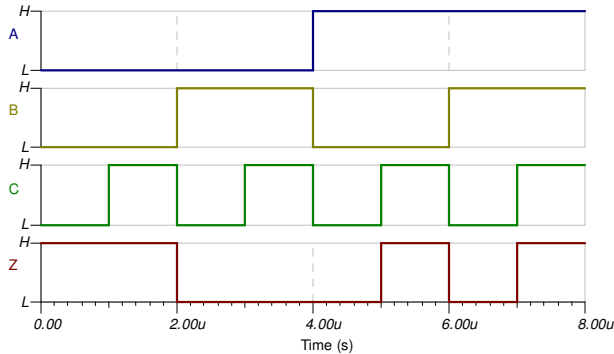
Εικόνα 4.4.3. Τελικό απλοποιημένο κύκλωμα.

Ισοδύναμο σημαίνει ότι έχουν ακριβώς τον ίδιο πίνακα αληθείας, δηλαδή εκτελούν ακριβώς τις ίδιες λειτουργίες. Μπορούμε να προσομοιώσουμε τη λειτουργία τους στο TINA για όλες τις τιμές και συνδυασμούς τιμών εισόδων A, B, C και να επιβεβαιώσουμε την ισοδυναμία τους.

Στην **Εικόνα 4.4.4** έχουμε το κύκλωμα έτοιμο για προσομοίωση με χρήση παλμογεννήτριας και στην **Εικόνα 4.4.5** τα αποτελέσματα σε διάγραμμα χρονισμού.



Εικόνα 4.4.4. Το κύκλωμα έτοιμο για προσομοίωση χρονισμού.



Εικόνα 4.4.5. Το διάγραμμα χρονισμού.

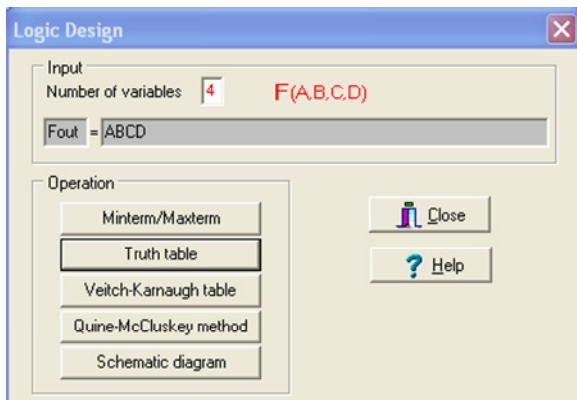
5. Παραγωγή απλοποιημένης λογικής συνάρτησης με το εργαλείο Logic Design του TINA

Έστω ότι θέλουμε να απλοποιήσουμε την επόμενη λογική συνάρτηση που δίνεται ως άθροισμα ελαχιστόρων και ζητάμε και τη μορφή της ως γινόμενο μεγιστόρων.

$$F(A,B,C,D) = \Sigma(0,1,2,5,8,9,10)$$

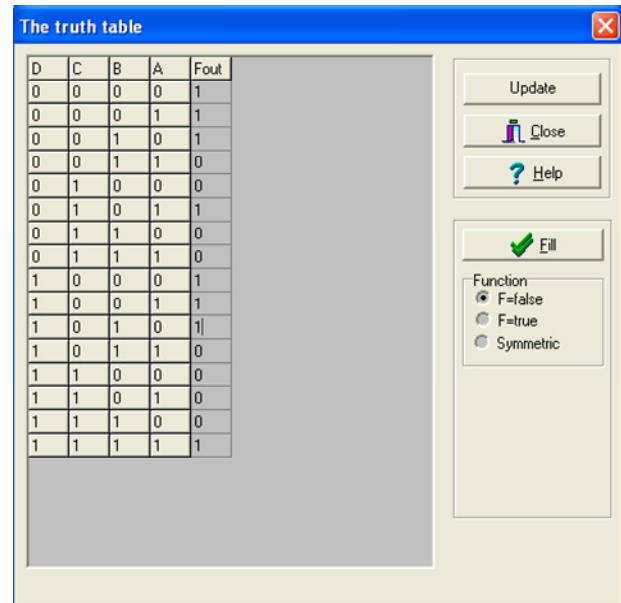
Πρόκειται για συνάρτηση 4 μεταβλητών.

Από το μενού επιλογών του TINA διαλέγουμε **Tools** → **Logic Design**. Στο παράθυρο που αναδύεται επιλέγουμε το πλήθος των μεταβλητών της συνάρτησης (Number of variables) ίσο με 4. (**Εικόνα 5.1**)



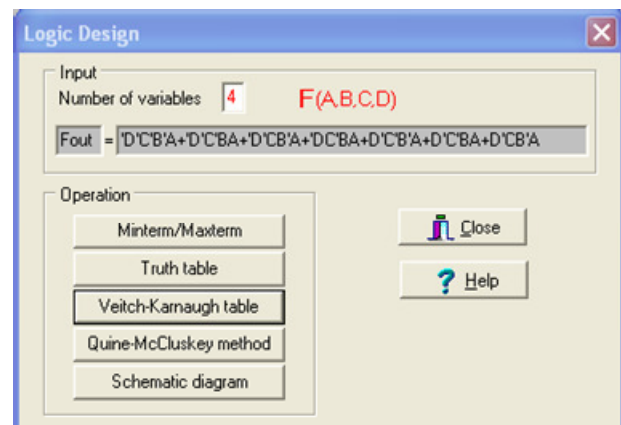
Εικόνα 5.1. Εκκίνηση του Logic Design και εισαγωγή του πλήθους μεταβλητών της λογικής συνάρτησης.

Στη συνέχεια πατάμε στο πλήκτρο **Truth table** και συμπληρώνουμε στον πίνακα αληθείας τους 1 στις θέσεις 0, 1, 2, 5, 8, 9, 10 και αμέσως μετά πατάμε το πλήκτρο **Update** για να οριστικοποιήσουμε τις αλλαγές μας (**Εικόνα 5.2**).



Εικόνα 5.2. Εισαγωγή των στοιχείων 1 και 0 στον πίνακα αληθείας. Προσοχή: πρέπει να πατήσουμε το Update για να γίνει η ανανέωση.

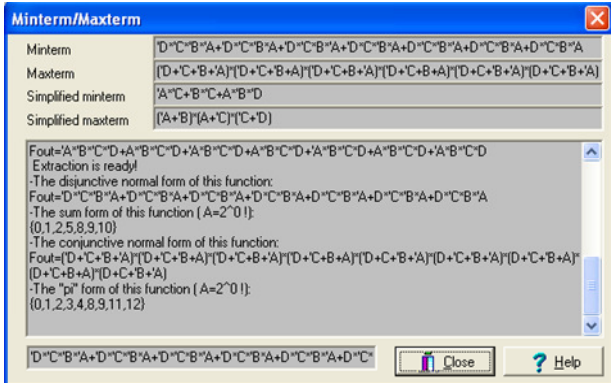
Αμέσως μετά το πάτημα του **Update**, παρατηρούμε ότι η **Fout** αλλάζει στην κανονική μορφή της συνάρτησης όπως προκύπτει από τον πίνακα αληθείας (μια παρατήρηση εδώ είναι ότι οι αξίες στα σύμβολα είναι D, C, B, A και όχι με τη σειρά A, B, C, D, που θεωρούμε συνήθως) (**Εικόνα 5.3**).



Εικόνα 5.3. Μετά το πάτημα του Update, στην αρχική εικόνα του Logic Design παρουσιάζεται

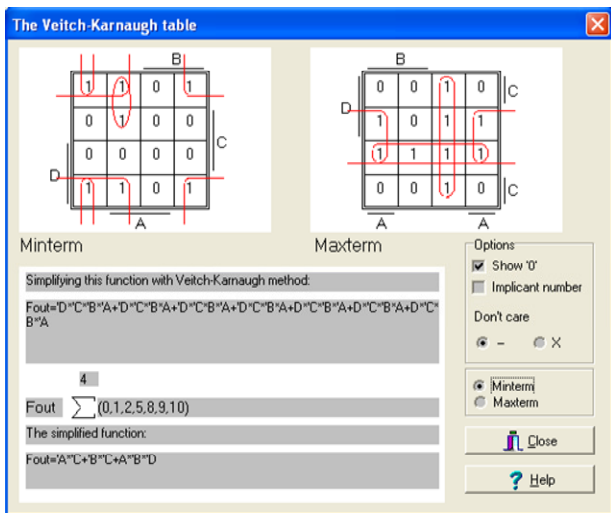
η κανονική μορφή της λογικής συνάρτησης ως άθροισμα ελαχιστόρων.

Πατώντας **Minterm/Maxterm**, βλέπουμε διάφορες πληροφορίες για τη λογική συνάρτηση, όπως την απλοποιημένη μορφή ελαχιστόρων (Simplified minterm) ή την απλοποιημένη μορφή μεγιστόρων (Simplified maxterm) (Εικόνα 5.4).

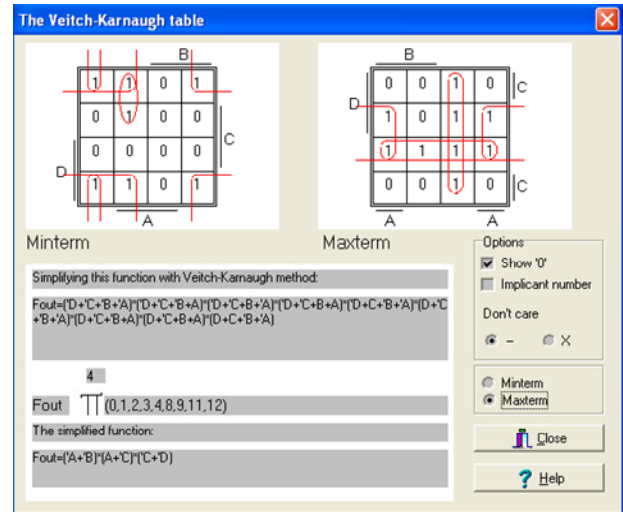


Εικόνα 5.4. Πατώντας Minterm/Maxterm, βλέπουμε διάφορες πληροφορίες για τη λογική συνάρτηση.

Πατώντας **Veitch – Karnaugh table** παραγεται ο χάρτης Karnaugh (XK) και οι απλοποιήσεις της λογικής συνάρτησης. Για ελαχιστόρους πρέπει να έχουμε κάνει κλικ στο Minterm (Εικόνα 5.5). Για μεγιστόρους πρέπει να έχουμε κάνει κλικ στο Maxterm (Εικόνα 5.6).

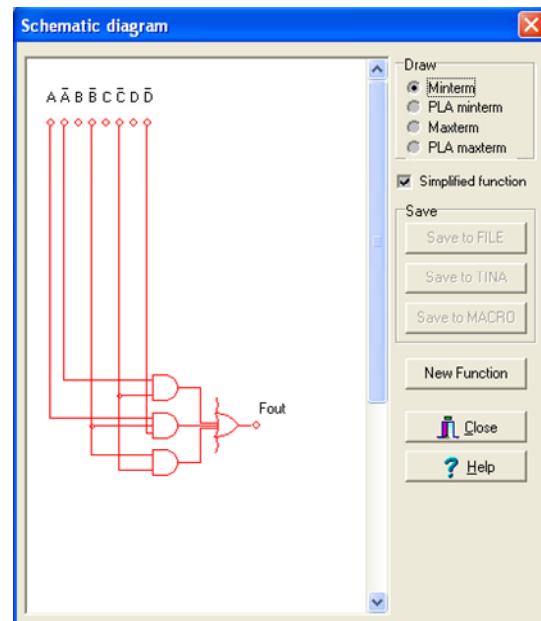


Εικόνα 5.5. Πατώντας Veitch – Karnaugh table παραγεται ο XK και οι απλοποιήσεις της λογικής συνάρτησης. Για ελαχιστόρους πρέπει να έχουμε κάνει κλικ στο Minterm.

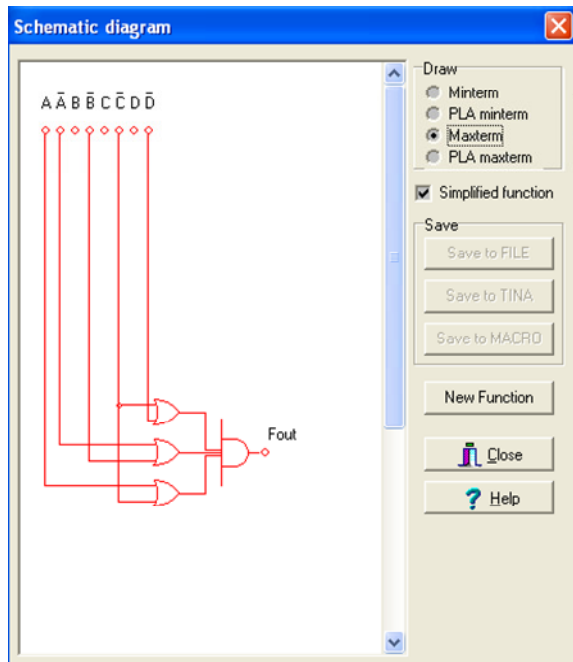


Εικόνα 5.6. Πατώντας Veitch – Karnaugh table παραγεται ο XK και οι απλοποιήσεις της συνάρτησης λογικής. Για μεγιστόρους πρέπει να έχουμε κάνει κλικ στο Maxterm.

Πατώντας **Schematic Diagram** και στη συνέχεια με κλικ στο **Minterm** έχουμε το λογικό διάγραμμα της απλοποιημένης μορφής της συνάρτησης λογικής (Εικόνα 5.7). Με κλικ στο **Maxterm** έχουμε το λογικό διάγραμμα της απλοποιημένης μορφής της συνάρτησης λογικής (Εικόνα 5.8).



Εικόνα 5.7. Πατώντας Schematic Diagram και στη συνέχεια με κλικ στο Minterm έχουμε το λογικό διάγραμμα της απλοποιημένης μορφής της συνάρτησης λογικής.



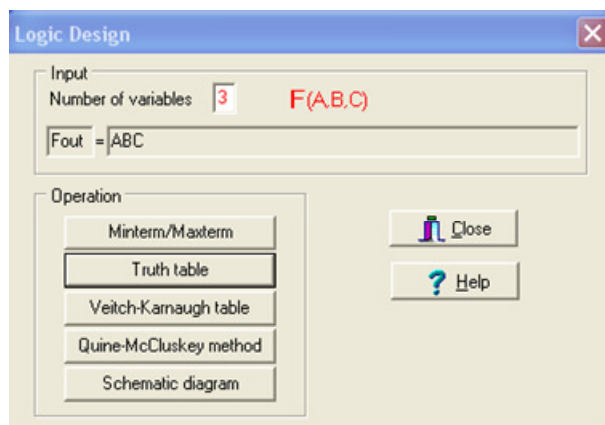
Εικόνα 5.8. Πατώντας **Schematic Diagram** και στη συνέχεια με κλικ στο **Maxterm** έχουμε το λογικό διάγραμμα της απλοποιημένης μορφής της συνάρτησης λογικής.

5.1. Άσκηση 4

Χρησιμοποιείτε το εργαλείο **Tools** → **Logic Design** του **TINA**, για να σχεδιάσετε το απλοποιημένο κύκλωμα της $F=(0,3,4,5,7)$.

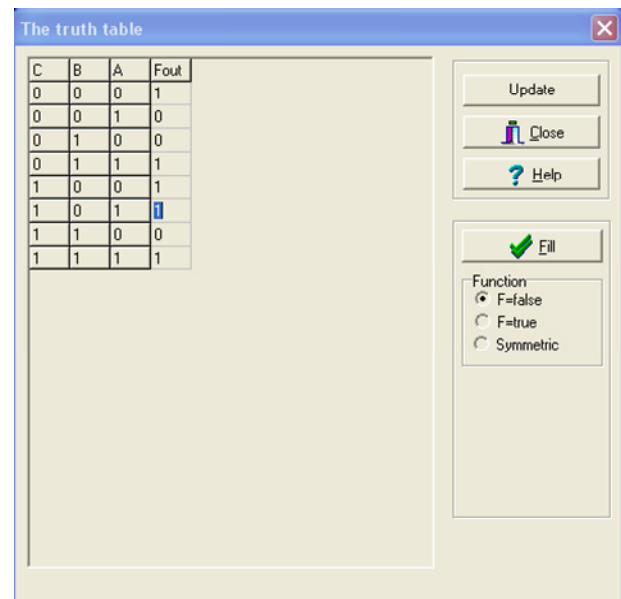
Λύση.

Εκκινούμε το εργαλείο **Logic Design** από το μενού **Tools**. Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου της **Εικόνας 5.1.1**. Εισάγουμε 3 στο κουτάκι **Number of variables**.



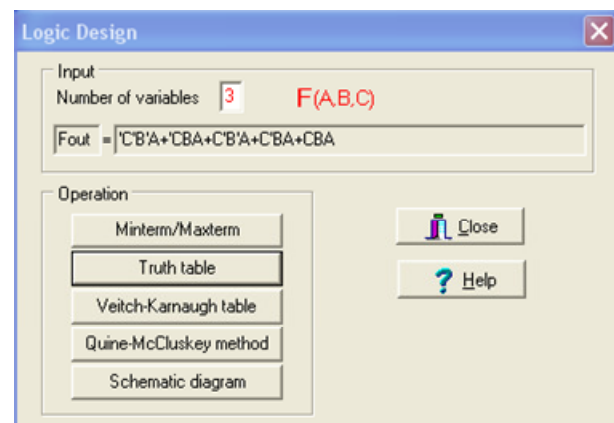
Εικόνα 5.1.1.

Επιλέγουμε το κουμπί **Truth Table**. Στο παράθυρο με τον πίνακα αληθείας που εμφανίζεται (**Εικόνα 5.1.2**), εισάγουμε τους 1 της F , στις θέσεις 0, 3, 4, 5, 7.



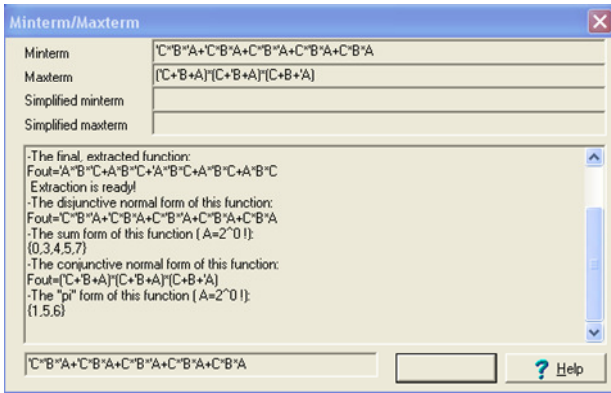
Εικόνα 5.1.2.

Επιλέγουμε **Update**, οπότε στο αρχικό παράθυρο του **Logic Design**, στη θέση **Fout** εμφανίζεται η κανονική μορφή της F , όπως στην **Εικόνα 5.1.3**.



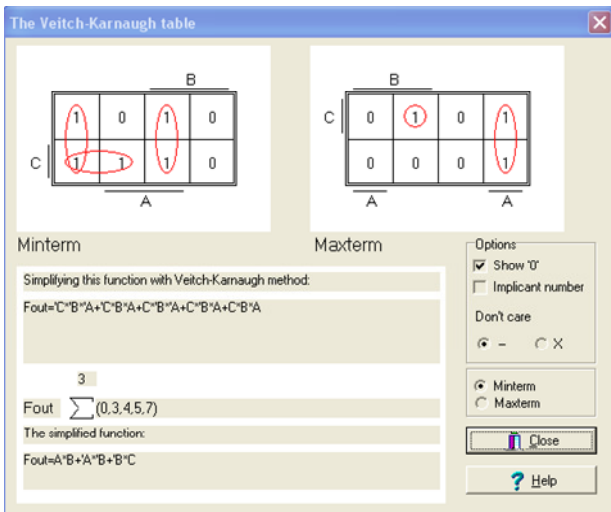
Εικόνα 5.1.3.

Στην **Εικόνα 5.1.4**, βλέπουμε το αποτέλεσμα της επιλογής **Minterm/Maxterm**.



Εικόνα 5.1.4.

Στην Εικόνα 5.1.5, το αποτέλεσμα της επιλογής Veitch-Karnaugh table.



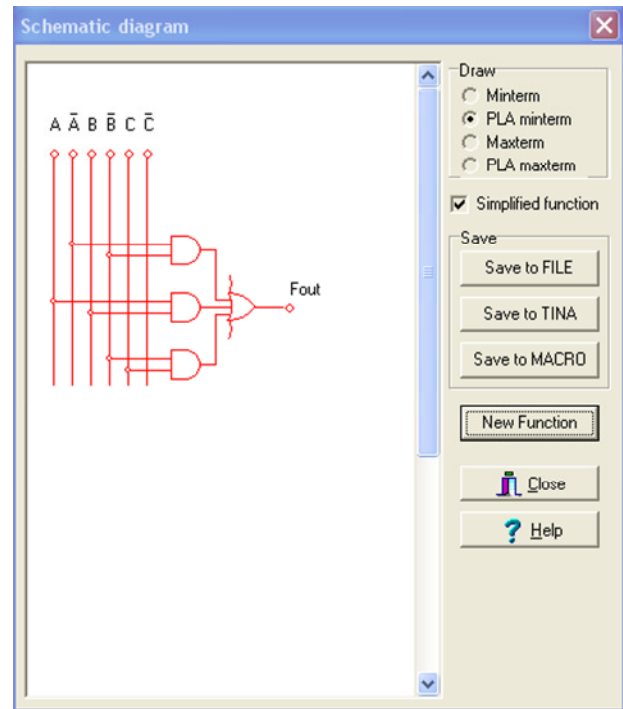
Εικόνα 5.1.5.

Στην Εικόνα 5.1.6, το αποτέλεσμα της επιλογής Quine-McCluskey method.



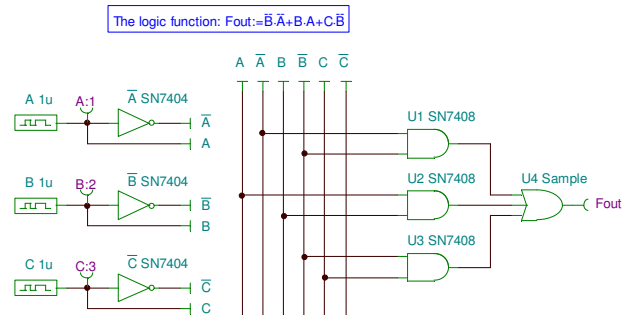
Εικόνα 5.1.6.

Στην Εικόνα 5.1.7, το αποτέλεσμα της Schematic diagram, που είναι το σχέδιο της απλοποιημένης έκφρασης της F.



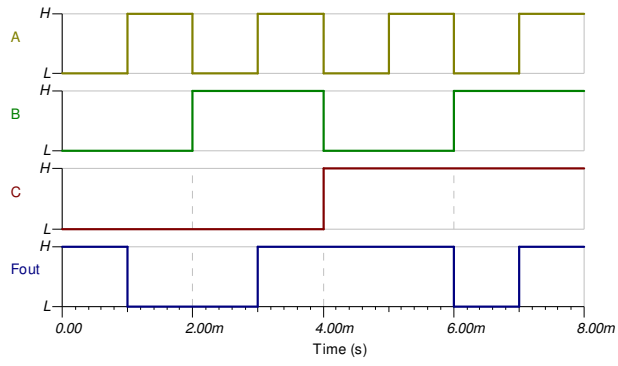
Εικόνα 5.1.7.

Επιλέγουμε Save to TINA, οπότε παράγεται ένα φύλλο σχεδίου όπως της Εικόνας 5.1.8, με το απλοποιημένο κύκλωμα, έτοιμο για προσομοίωση.



Εικόνα 5.1.8.

Με την εντολή Analysis → Digital Timing Analysis, παράγεται το διάγραμμα χρονισμού της Εικόνας 5.1.9.



Εικόνα 5.1.9.