



Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Σ.Τ.Εφ.  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ ΜΕ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ  
ΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ 0-30V DC

(DESIGN AND DEVELOPMENT OF A DC 0-30V STABILIZED  
POWER SUPPLY)



Πτυχιακή Εργασία των σπουδαστών

ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ ΔΗΜΗΤΡΗ

ΣΧΙΖΑ ΗΛΙΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΗΡΑΚΛΗΣ ΒΥΛΛΙΩΤΗΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ 2013

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η πτυχιακή αυτή εργασία εκπονήθηκε από τους σπουδαστές του τμήματος του τμήματος Ηλεκτρολογίας του ΤΕΙ Πειραιά Καραγιάννη Δημήτρη και Σχίζα Ηλία ύστερα από εισήγηση του καθηγητή Ηρακλή Βυλλιώτη.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη και η κατασκευή ενός τροφοδοτικού ρυθμιζόμενης τάσης και ρεύματος εξόδου 0-30V (DC) 3A.

Θα ήταν παράλειψη η μη αναφορά μας στη συμβολή του εισηγητή και καθηγητή του τμήματος Ηλεκτρολογίας του ΤΕΙ Πειραιά Ηρακλή Βυλλιώτη για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Επίσης θα θέλαμε να τον ευχαριστήσουμε για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε αναθέτοντάς μας την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους φίλους μας και συναδέλφους μας για τις πολύτιμες συμβουλές τους και επισημάνσεις τους καθώς για την στήριξή τους κατά την διάρκεια της κατασκευής και ολοκλήρωσης αυτής της εργασίας.

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο πρώτο κεφάλαιο της πτυχιακής μας εργασίας αναφερόμαστε στην μετατροπή AC/DC. Παραθέτουμε γενικές πληροφορίες περί τροφοδοτικών καθώς και τα επιμέρους τμήματα (μετασχηματισμός της τάσης – ανόρθωση - φιλτράρισμα-σταθεροποίηση) στα οποία μπορούμε να τα διακρίνουμε.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στην κατασκευή του τροφοδοτικού και στην αρχή λειτουργίας του. Καταγράφουμε τη λειτουργία του κάθε τμήματος του τροφοδοτικού με άξονα τα βήματα κατασκευής του.

Στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας μας αναφερόμαστε στην μελέτη που έγινε μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος EAGLE. Αρχικά γίνεται μια παρουσίαση του προγράμματος επεξηγώντας λεπτομερώς τις βασικές εντολές και λειτουργίες του. Έπειτα γίνεται λόγος για τον τρόπο δημιουργίας βιβλιοθήκης, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη δημιουργία του ολοκληρωμένου TL081(A). Στην συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος δημιουργίας σχηματικού διαγράμματος με βάση το οποίο δημιουργήσαμε το σχέδιο του τροφοδοτικού μας. Τέλος, γίνεται μια ειδική αναφορά για τον τρόπο εμφάνισης μια πλακέτας με τη βοήθεια του προγράμματος Photoshop.

Στις τελευταίες σελίδες της εργασίας υπάρχουν τα datasheets των ολοκληρωμένων και των τρανζίστορ που χρησιμοποιήσαμε.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |     |
|--|-----|
| Πρόλογος.....  | 2   |
| Σύνοψη.....  | 3   |
| Κεφάλαιο 1:      Μετατροπή AC/DC                           |     |
| 1.1:          Γενικές πληροφορίες περί τροφοδοτικών.....   | 6   |
| 1.1.1:        Μετασχηματισμός της τάσης.....               | 6   |
| 1.1.2:        Μετασχηματιστές.....                         | 7   |
| 1.2:          Ανόρθωση.....                                | 8   |
| 1.2.1:        Κύκλωμα απλής ανόρθωσης.....                 | 8   |
| 1.2.2:        Κύκλωμα ανόρθωσης με γέφυρα.....             | 10  |
| 1.3:          Φιλτράρισμα.....                             | 12  |
| 1.3.1:        Εξομάλυνση ανορθωμένης τάσης με πυκνωτή..... | 12  |
| 1.4:          Σταθεροποίηση.....                           | 13  |
| Κεφάλαιο 2:      Μελέτη και κατασκευή τροφοδοτικού         |     |
| 2.1:          Αρχή λειτουργίας.....                        | 18  |
| 2.2:          Συνδεσμολογία Darlington.....                | 24  |
| 2.2.1:        Τεχνικά χαρακτηριστικά.....                  | 24  |
| 2.2.2:        Λίστα υλικών πλακέτας.....                   | 25  |
| Κεφάλαιο 3:      Λειτουργία στο περιβάλλον του Eagle       |     |
| 3.1:          Βασικές εντολές του Eagle.....               | 27  |
| 3.2:          Δημιουργία βιβλιοθήκης.....                  | 70  |
| 3.3:          Δημιουργία σχηματικού διαγράμματος.....      | 83  |
| 3.4:          Εμφάνιση πλακέτας με χρήση Photoshop.....    | 96  |
| Τοπογραφικό πλακέτας.....                                  | 101 |
| Ολοκληρωμένο TL081   |     |
| Τρανζίστορ BC548, NPN                                      |     |
| Τρανζίστορ 2N2219, NPN                                     |     |
| Τρανζίστορ BC557, PNP                                      |     |
| Τρανζίστορ ισχύος 2N3055, NPN                              |     |
| Δίοδος 1N4148  |     |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ   |     |

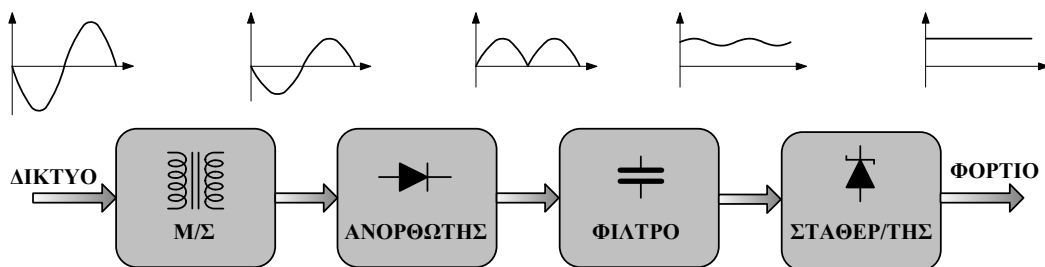
**1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

ΜΕΤΑΡΟΠΗ AC/DC

## 1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΠΕΡΙ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΩΝ

Όπως είναι γνωστό η ηλεκτρική ενέργεια μας παρέχεται από πηγές συνεχούς τάσεως ή από το δίκτυο. Οι ηλεκτρονικές συσκευές για να λειτουργήσουν χρειάζονται συνεχή τάση. Για την λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών μικρής ισχύος χρησιμοποιούνται πηγές συνεχούς τάσεως, όπως είναι οι μπαταρίες. Όμως για τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών μεγάλης ισχύος δεν είναι συμφέρουσα η χρήση μπαταριών. Αυτή η ανάγκη για παροχή μεγάλης ισχύος σε συνεχή τάση μας οδήγησε στην κατασκευή συσκευή συσκευών που μετατρέπουν την εναλλασσόμενη τάση του δικτύου σε συνεχή. Αυτές οι συσκευές είναι τα **τροφοδοτικά (power supplies)**. Ένα τροφοδοτικό μπορούμε να το διακρίνουμε σε τέσσερα επιμέρους τμήματα. Οι εργασίες που επιτελούνται σε αυτά τα επιμέρους τμήματα είναι οι εξής:

- i. Μετασχηματισμός της τάσεως
- ii. Ανόρθωση
- iii. Φιλτράρισμα
- iv. Σταθεροποίηση



Σχήμα 1: Επιμέρους τμήματα τροφοδοτικού

### 1.1.1 Μετασχηματισμός της τάσεως

Ο μετασχηματισμός της τάσεως γίνεται με έναν μετασχηματιστή. Με τον μετασχηματιστή μετατρέπουμε την εναλλασσόμενη τάση δικτύου στην κατάλληλη τιμή συνεχούς τάσης που επιθυμούμε να έχουμε στην έξοδο του τροφοδοτικού. Ένας μετασχηματιστής αποτελείται από δυο πηνία τα οποία βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους καθένα από τα οποία καταλήγει σε δυο ελεύθερα άκρα. Τα πηνία αυτά ονομάζονται τυλίγματα του μετασχηματιστή και είναι συνήθως τυλιγμένα πάνω στον ίδιο πυρήνα από σιδηρομαγνητικό υλικό και θεωρούνται συζευγμένα μεταξύ τους με την έννοια ότι κάθε τύλιγμα βρίσκεται υπό την επίδραση της μαγνητικής ροής που παράγεται από τη ροή AC ρεύματος στο άλλο. Το τύλιγμα που χρησιμοποιείται ως είσοδος του μετασχηματιστή λέγεται πρωτεύον τύλιγμα ενώ αυτό που χρησιμοποιείται σαν έξοδος λέγεται δευτερεύον τύλιγμα. Ακόμα αν το πρωτεύον

τύλιγμα αποτελείται από  $N_1$  σπείρες και το δευτερεύον από  $N_2$  σπείρες, τότε ο λόγος  $N_1/N_2$  λέγεται λόγος μεταφοράς και αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό ενός μετασχηματιστή. Ένα ακόμα βασικό χαρακτηριστικό αποτελεί ο συντελεστής απόδοσης  $\eta = p_{out}/p_{in}$  της λειτουργίας του δηλαδή ο λόγος της αποδιδόμενης ισχύος προς την προσδιδόμενη.

### 1.1.2 Μετασχηματιστές

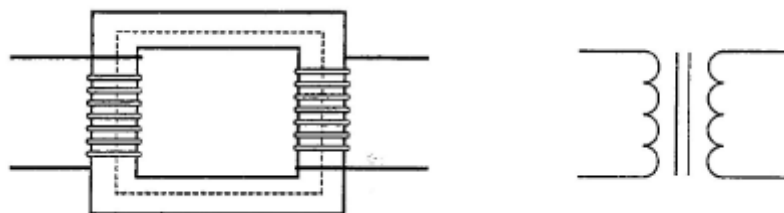
Οι μετασχηματιστές διακρίνονται σε

- μετασχηματιστές χαμηλών συχνοτήτων (μέχρι 100 kHz) και σε
- μετασχηματιστές υψηλών συχνοτήτων ( $> 100$  kHz),

ανάλογα με την περιοχή συχνοτήτων των εφαρμογών που χρησιμοποιούνται.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι μετασχηματιστές υψηλής ισχύος που χρησιμοποιούνται για τον υποβιβασμό ή την ανύψωση της τάσης του ηλεκτρικού δικτύου και οι μετασχηματιστές χαμηλής ισχύος ή ακουστικών συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται για την ζεύξη και την απόρριψη των DC συνιστωσών των τάσεων διαφόρων τύπων μετατροπέων.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν μετασχηματιστές με ή χωρίς πυρήνα που χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα συντονισμού και ζεύξης διαφόρων βαθμίδων σε διατάξεις εκπομπής και λήψης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.



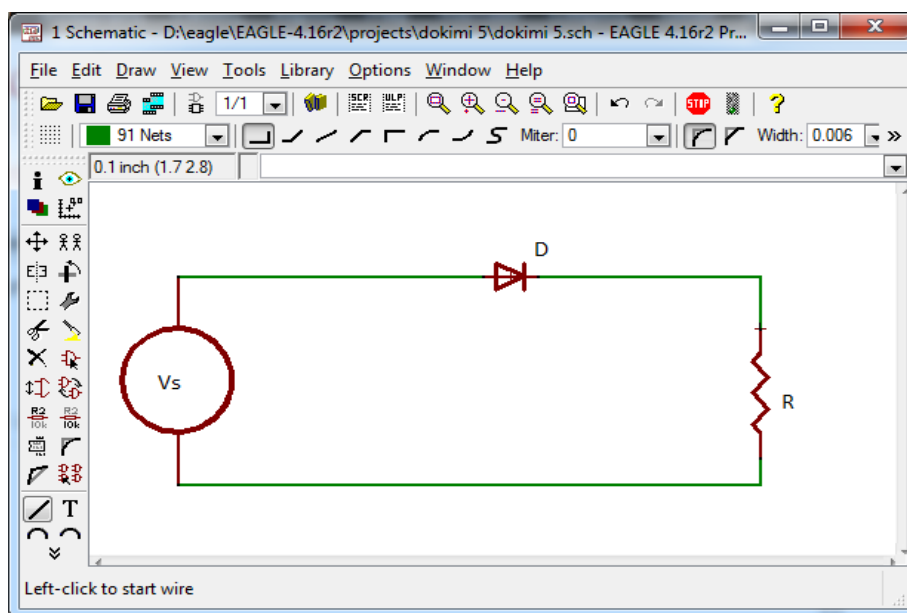
Σχήμα 2: Μετασχηματιστής με πυρήνα

## 1.2 Ανόρθωση

Ανόρθωση είναι η μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης και ρεύματος σε τάση και ρεύμα σταθερής πολικότητας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση διόδων και συνδέοντάς τες κατά διάφορους τρόπους.

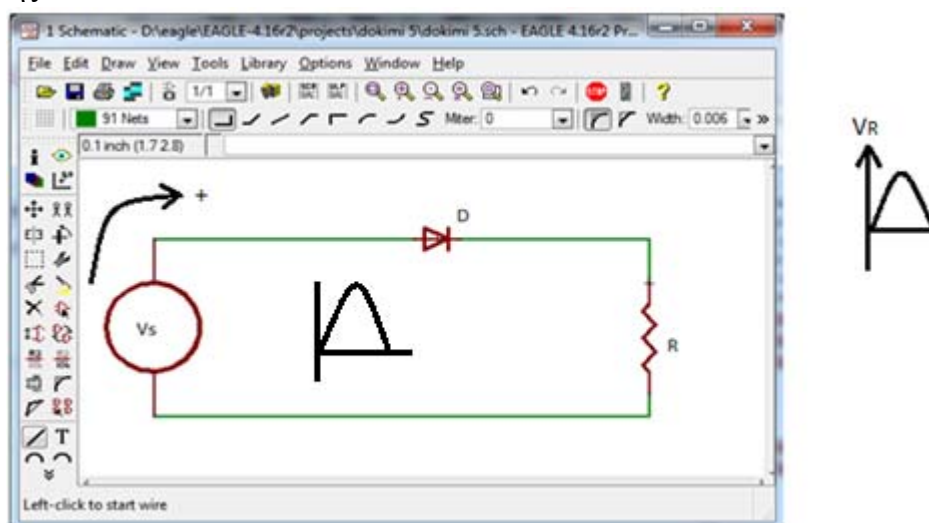
### 1.2.1 Κύκλωμα απλής ανόρθωσης (ημιανόρθωση)

Έστω ότι έχουμε το παρακάτω κύκλωμα:



Σχήμα 3

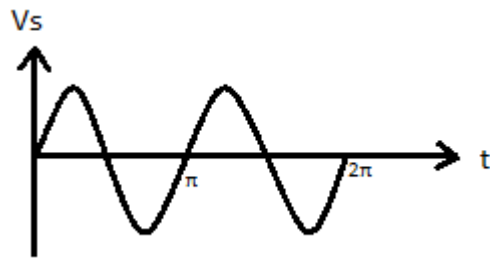
Κατά την θετική ημιπερίοδο (εικόνα α), η δίοδος πολώνεται ορθά και συνεπώς έχουμε βραχυκύκλωμα. Έτσι όλη η τάση εμφανίζεται στα άκρα του φορτίου  $R$ . Υποθέτοντας πως η δίοδος είναι πραγματική, θα έχουμε μια διαφορά δυναμικού στα άκρα της που θα είναι:  $V_R = V_S - V_D$ .



Σχήμα 4: Εικόνα α

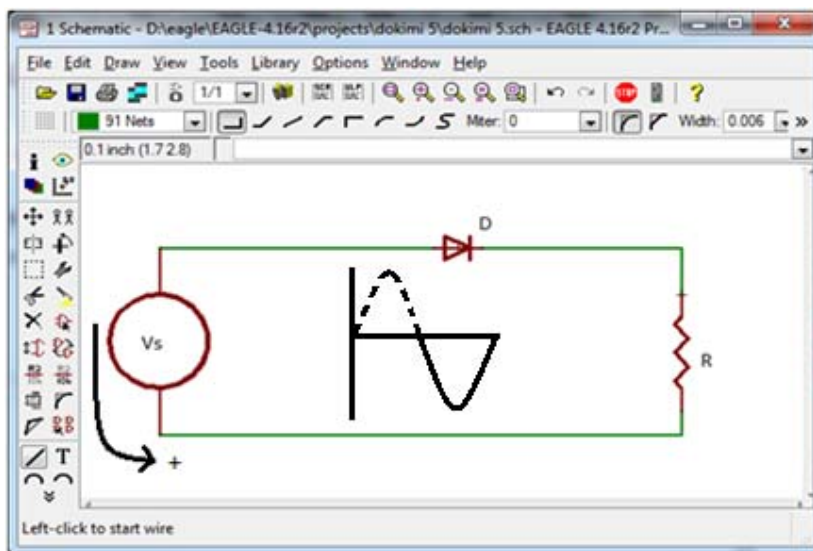


Η κυματομορφή της τάσεως είναι ίδια με την κυματομορφή της  $V_s$  όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα για διάστημα  $0-2\pi$ .



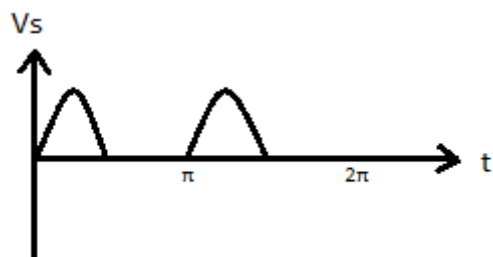
Σχήμα 5: Κυματομορφή κατά την θετική ημιπερίοδο

Κατά την αρνητική ημιπερίοδο (εικόνα β) η διόδος πολώνεται ανάστροφα. Η πτώση τάσης στα άκρα του φορτίου είναι σχεδόν μηδενική, έτσι όλη η τάση εμφανίζεται στα άκρα της διόδου.



Σχήμα 6: Εικόνα β

Η κυματομορφή της τάσεως σε αυτή την περίπτωση φαίνεται στο παρακάτω γράφημα για διάστημα  $0-2\pi$ .

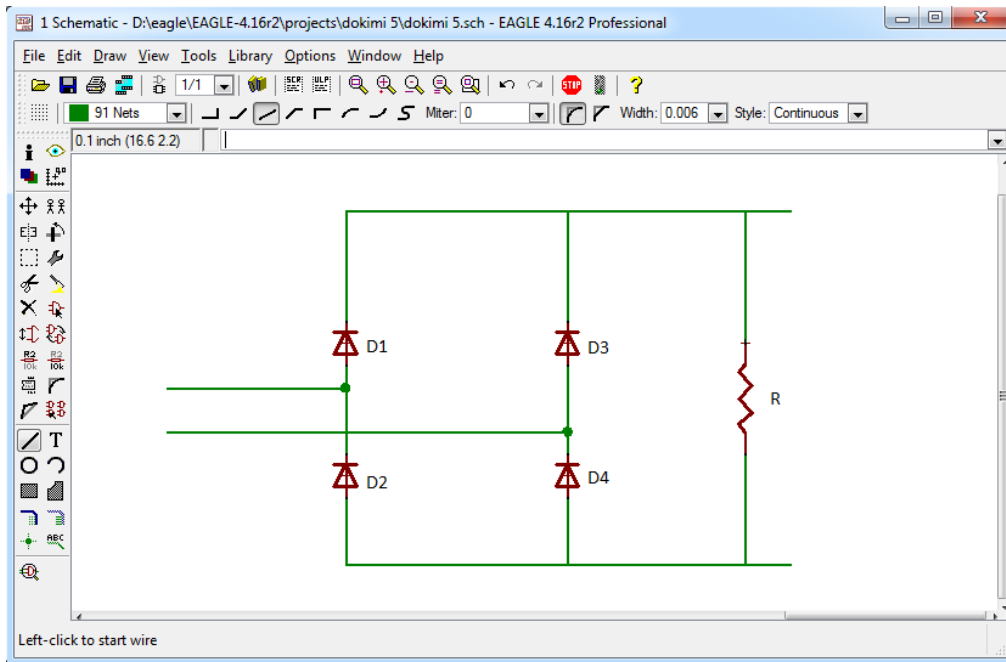


Σχήμα 7: Κυματομορφή κατά την αρνητική ημιπερίοδο

### 1.2.2 Κύκλωμα ανόρθωσης με γέφυρα

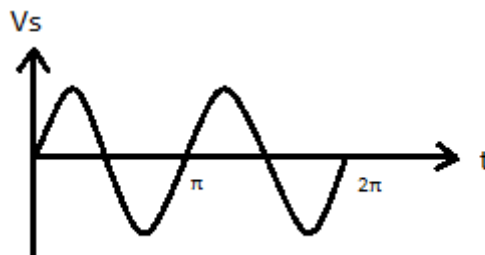
Στο κύκλωμα ανόρθωσης με γέφυρα χρησιμοποιούμε τέσσερις διόδους. Αυτή η μέθοδος ανόρθωσης είναι πιο οικονομική σε σχέση με τη χρησιμοποίηση μετασχηματιστή. Και αυτό γιατί οι διόδοι κοστίζουν κατά πολύ λιγότερο από ένα παραπάνω τύλιγμα στο δευτερεύον του μετασχηματιστή.

Έστω ότι έχουμε το παρακάτω κύκλωμα:



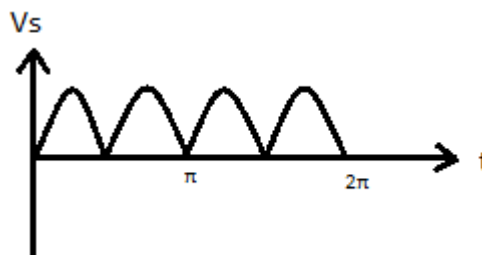
Σχήμα 8

Για ημιτονοειδή τάση εισόδου (διάστημα  $0-2\pi$ )



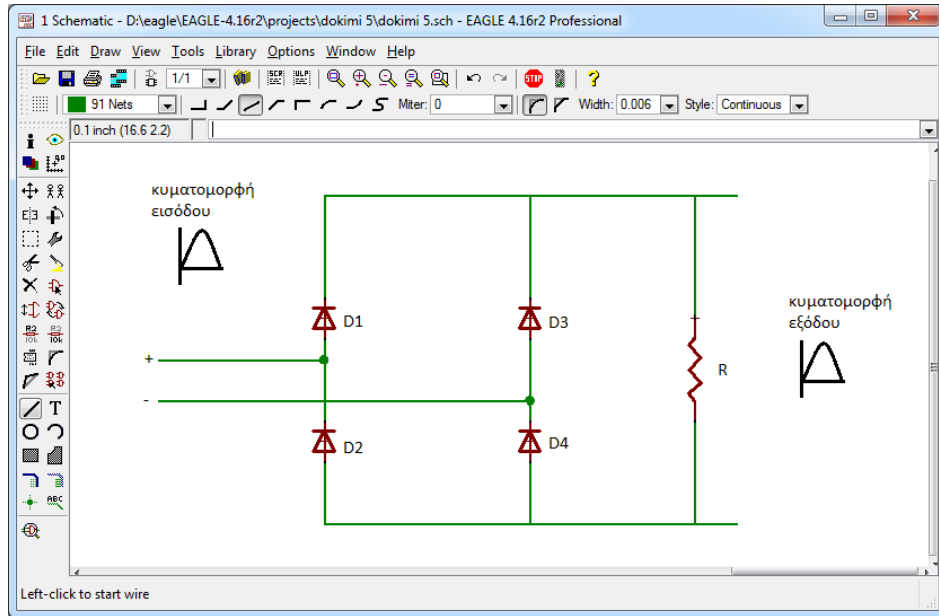
Σχήμα 9

η τάση εξόδου στα άκρα του φορτίου (διάστημα  $0-2\pi$ ) θα είναι η εξής:



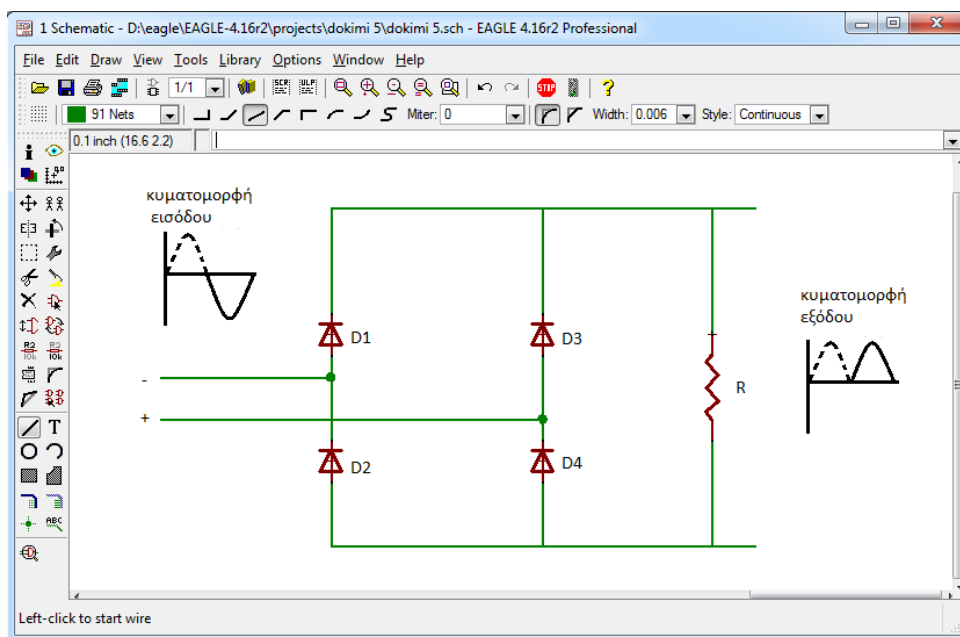
Σχήμα 10

Ας εξετάσουμε όμως αναλυτικά τι συμβαίνει στην κάθε ημιπερίοδο.  
 Αρχικά, κατά την θετική ημιπερίοδο άγουν οι δίοδοι D1 και D4 γιατί είναι ορθά πολωμένες. Αντίθετα οι δίοδοι D2 και D3 δεν άγουν καθώς είναι ανάστροφα πολωμένες. Η κυματομορφή της τάσης στα άκρα της R φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 11

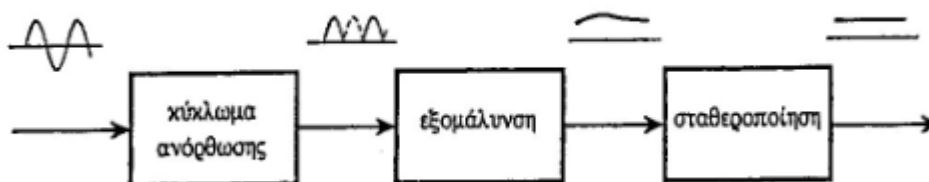
Κατά την αρνητική ημιπερίοδο, όταν δηλαδή αντιστραφεί η πολικότητα στην είσοδο, άγουν οι δίοδοι D2 και D3 γιατί είναι ορθά πολωμένες. Αντίθετα οι δίοδοι D1 και D4 δεν άγουν καθώς είναι ανάστροφα πολωμένες. Η κυματομορφή της τάσης στα άκρα της R φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 12

### 1.3 Φιλτράρισμα

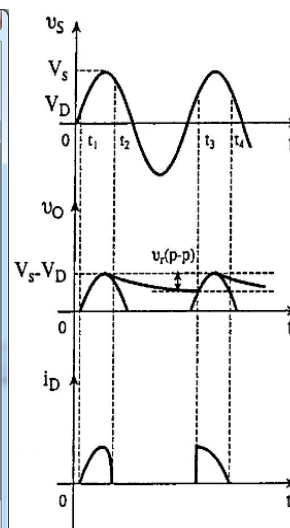
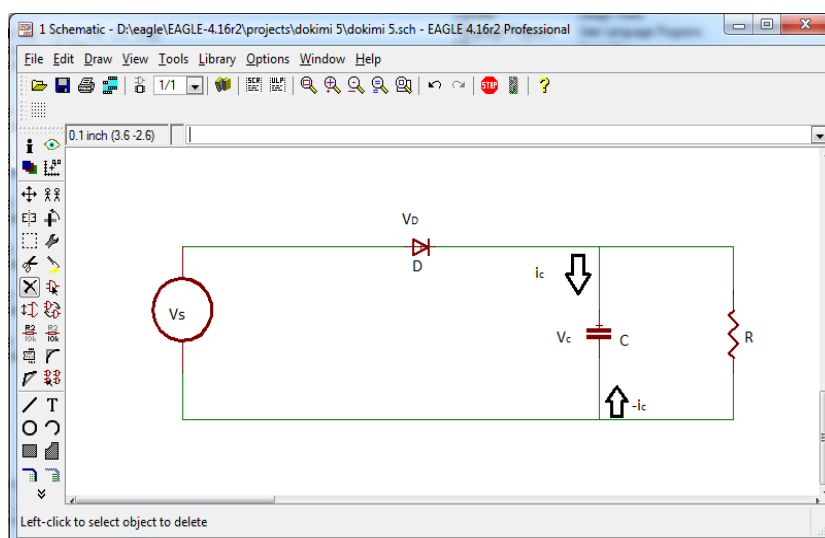
Μια από τις πιο βασικές χρήσεις των κυκλωμάτων ανόρθωσης είναι η λήψη μιας, όσο το δυνατόν, σταθερής τιμής συνεχούς τάσης εξόδου ώστε αυτή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία άλλων κυκλωμάτων. Αυτό σημαίνει ότι ανεξαρτήτως του κυκλώματος ανόρθωσης της εναλλασσόμενης τάσης η τελική τιμή της τάσης εξόδου θα πρέπει να παρουσιάζει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη μέση τιμή, δηλαδή όσο το δυνατόν τη μικρότερη κυμάτωση. Η μείωση του πλάτους κυμάτωσης μιας ανορθωμένης τάσης ονομάζεται εξομάλυνση. Με την εξομάλυνση της τάσης εξόδου πετυχαίνουμε τη μείωση του πλάτους κάθε επιμέρους ημιτονικής συνιστώσας της τάσης κυμάτωσης. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διαδικασία της εξομάλυνσης, δηλαδή η λήψη μιας συνεχούς τάσης από μια ημιτονική τάση:



Σχήμα 13

#### 1.3.1 Εξομάλυνση ανορθωμένης τάσης με πυκνωτή

Η απλούστερη και πιο συνηθισμένη μορφή φίλτρου για την εξομάλυνση μιας ανορθωμένης τάσης προκύπτει από την σύνδεση παράλληλα στο φορτίο ενός πυκνωτή, που ονομάζεται πυκνωτής εξομάλυνσης. Στο παρακάτω σχήμα έχουμε το κύκλωμα απλής ανόρθωσης με έναν πυκνωτή εξομάλυνσης καθώς και τις κιματομορφές της τάσεως εισόδου ( $V_s$ ), της τάσεως εξόδου ( $V_o=V_c$ ) και του ρεύματος ( $i_D$ ) στην διόδο, ανά θετική ημιπερίοδο της τάσεως εισόδου.



Σχήμα 14

Κατά την χρονική στιγμή  $t_1$  η διόδος είναι ορθά πολωμένη και αρχίζει να άγει, οπότε γίνεται και η φόρτιση του πυκνωτή από το ρεύμα  $i_c$  μέσω της δυναμικής αντίστασης  $r_D$  της διόδου. Η φόρτιση αυτή γίνεται με πολύ γρήγορο ρυθμό. Στην συνέχεια η τάση  $V_s$  εισόδου αρχίζει να μειώνεται, παρασύροντας σε αντίστοιχη μείωση και την τάση  $V_c$  του πυκνωτή. Η μείωση της  $V_c$  σημαίνει πως ο πυκνωτής, ακολουθώντας τη μείωση της  $V_s$ , αρχίζει να εκφορτίζεται συνεπώς το ρεύμα το ρεύμα  $i_c$ , που μέχρι τώρα τον φόρτιζε αλλάζει φορά. Το ρεύμα  $i_D$  έχει τη μορφή που φαίνει στο πιο πάνω σχήμα.

Κατά την χρονική στιγμή  $t_2$ , ο ρυθμός μείωσης της τάσης εισόδου  $V_s$  γίνεται μεγαλύτερος από τον μέχρι τότε ρυθμό εκφόρτισης του πυκνωτή, τότε το ρεύμα  $i_D$  μηδενίζεται και η διόδος σταματάει να άγει διότι η τάση  $V_c$  θα είναι πλέον μεγαλύτερη (θετικότερη) από την τάση εισόδου  $V_s$ . Έτσι το υπόλοιπο διάστημα της θετικής ημιπεριόδου η διόδος παραμένει ανάστροφα πολωμένη και δεν άγει. Ο πυκνωτής εκφορτίζεται μέσω της αντίστασης  $R$ .

Αυτή η κατάσταση διατηρείται για όσο διάστημα η τάση εισόδου  $V_s$  παραμένει μικρότερη από την τάση  $V_c$  του πυκνωτή και αλλάζει μόνο όταν κατά την επόμενη θετική ημιπερίοδο (χρονική στιγμή  $t_3$ ), η  $V_s$  γίνει αρκετά μεγαλύτερη από την  $V_c$ , οπότε η διόδος αρχίζει και πάλι να άγει μέχρι την στιγμή που έρχεται και πάλι σε αποκοπή λόγω γρηγορότερης μείωσης της  $V_s$  ως προς την  $V_c$  (χρονική στιγμή  $t_4$ ). Αποτέλεσμα της περιοδικής αυτής φόρτισης και μερικής εκφόρτισης του πυκνωτή είναι η ουσιαστική μείωση του πλάτους (peak-to-peak)  $V_r$  (p-p) της διακύμανσης της τάσης εξόδου.

#### **1.4 Σταθεροποίηση**

Σταθεροποίηση είναι η ικανότητα που έχει το τροφοδοτικό να διατηρεί σταθερή την τάση εξόδου του που ανεξάρτητα από τις μεταβολές της τάσεως του δικτύου και τις μεταβολές ρεύματος που απορροφούν τα φορτία. Η τάση εξόδου των τροφοδοτικών μεταβάλλεται επίσης εξ αιτίας των θερμοκρασιακών μεταβολών και της γήρανσης των εξαρτημάτων που το αποτελούν.

Οι διατάξεις σταθεροποίησης χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

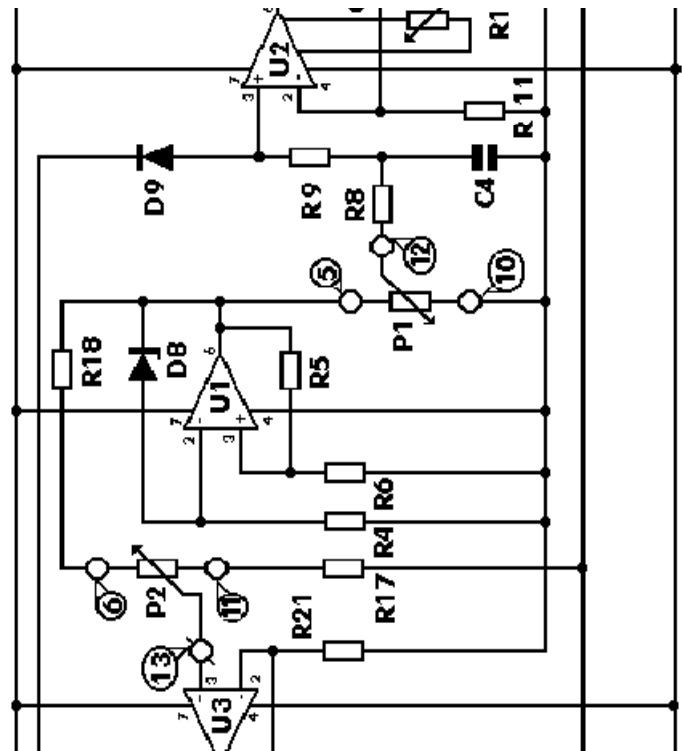
- 2 Στις διατάξεις σταθεροποίησης τάσης που συμπεριφέρονται σαν πηγές σταθερής τάσης. Στην ιδανική τους μορφή έχουν μηδενική εσωτερική αντίσταση.
- 3 Στις διατάξεις σταθεροποίησης ρεύματος που συμπεριφέρονται σαν πηγές σταθερού ρεύματος. Στην ιδανική τους μορφή έχουν άπειρη εσωτερική αντίσταση.

Η σταθεροποίηση της τάσης DC επιτυγχάνεται συνήθως με κατάλληλα κυκλώματα που συνδέονται παράλληλα ή σε σειρά με το φορτίο του τροφοδοτικού.

## **2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ**

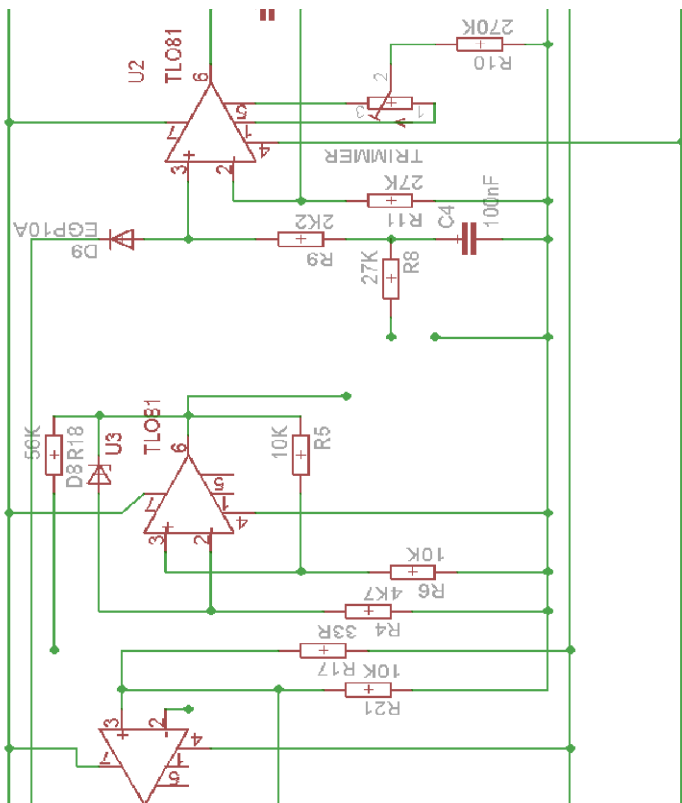
ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ 0-30V DC, 3A

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το ηλεκτρονικό διάγραμμα του τροφοδοτικού που κατασκευάσαμε:



Σχήμα 15

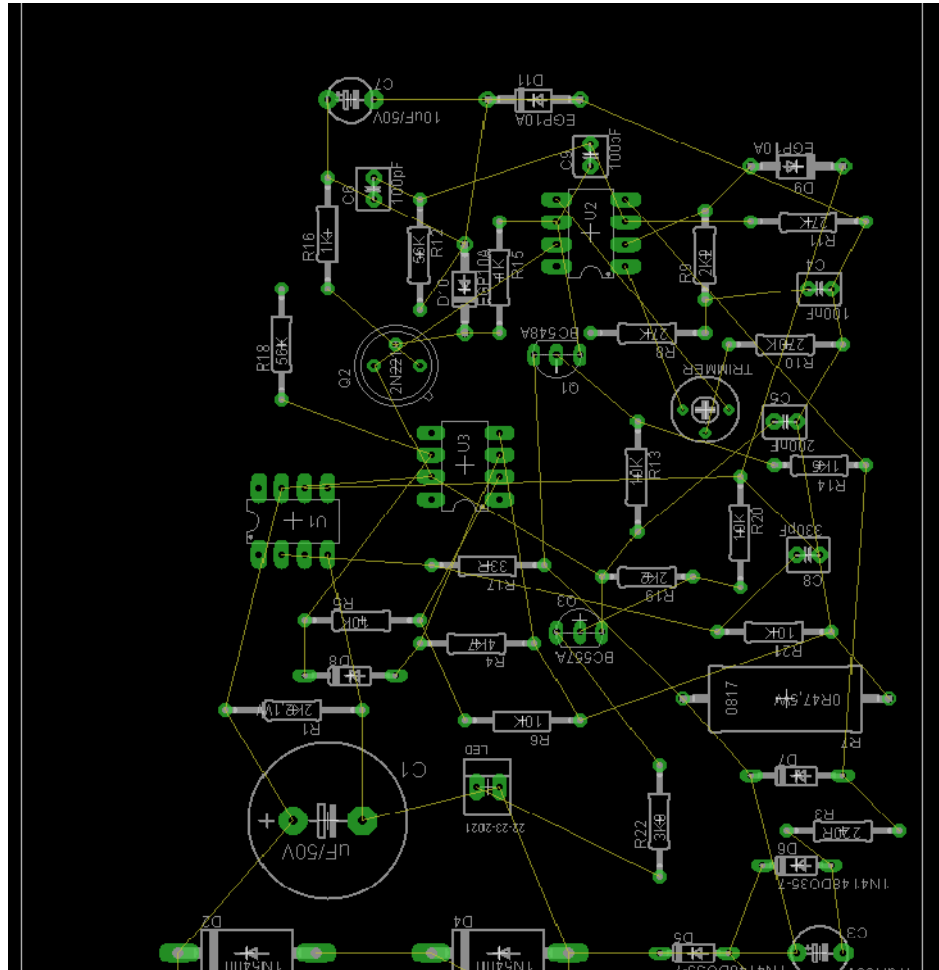
Στην δεύτερη εικόνα παρουσιάζεται το τροφοδοτικό που μελετήσαμε μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος Eagle.



Σχήμα 16

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Η σύνδεση των ηλεκτρικών στοιχείων έγινε με την εντολή **NET**. Αξίζει να αναφερθεί ότι έγινε προσπάθεια για την συνδεσμολογία των εξαρτημάτων με την εντολή **AUTO-ROUTER** αλλά υπήρξε πρόβλημα στην ολοκλήρωση του σχεδίου γεγονός που θα μας δυσκόλευε και στην κατασκευή του τροφοδοτικού. Για αυτό τον λόγο επιλέξαμε να ενώσουμε κάθε στοιχείο ξεχωριστά ώστε να έχουμε τον πλήρη έλεγχο.

Τέλος, στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το κύκλωμα οδήγησης PCB.

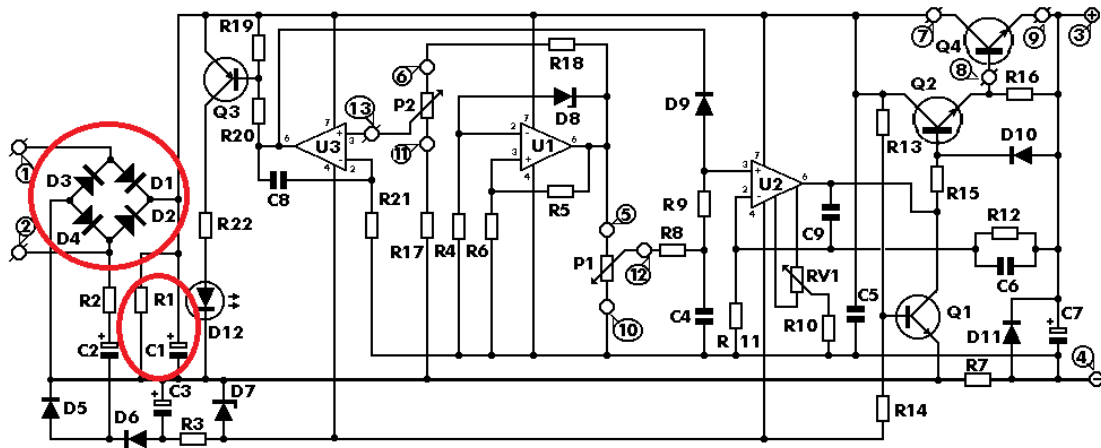


Σχήμα 17

## 2.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

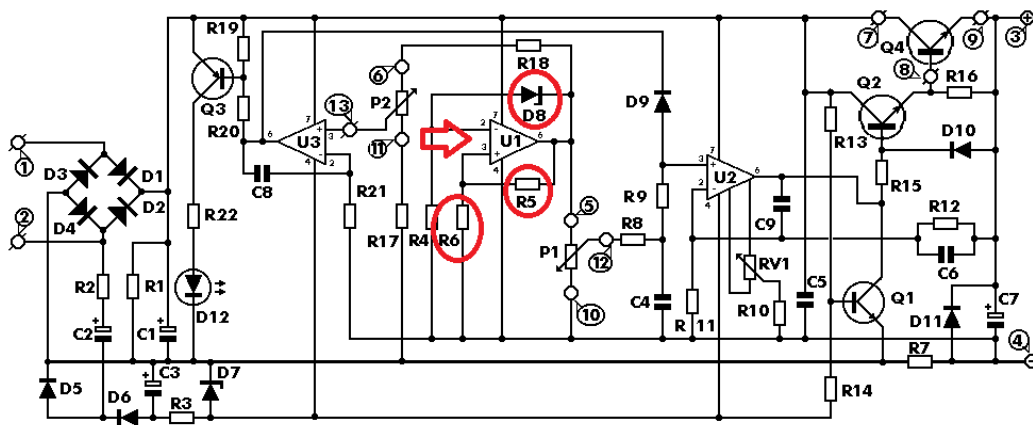
Αρχικά γίνεται η πλήρη ανόρθωση της εναλλασσόμενης τάσης από τις διόδους D1, D2, D3 και D4 και γίνεται εξομάλυνση του από το δικτύωμα R1-C1. Η αντίσταση R1 εκτός από το φιλτράρισμα λειτουργεί και σαν αντίσταση εκφόρτισης του πυκνωτή C1.





Σχήμα 18

Το κύκλωμα γύρω από το ολοκληρωμένο U1 παράγει την απαραίτητη τάση αναφοράς για την λειτουργία του κυκλώματος ηλεκτρονικής σταθεροποίησης. Η δίοδος zener 5,6V λειτουργεί ως αναφορά με ελάχιστο ρεύμα και έχει μηδενικό θερμικό συντελεστή έτσι ώστε να εξασφαλίσει την σταθερή λειτουργία του κυκλώματος. Οι αντιστάσεις R5 και R6 ρυθμίζουν την τάση εξόδου της γεννήτριας αναφοράς στα 11,2V. Η τάση εξόδου του ολοκληρωμένου U1 αυξάνει μέχρι να αρχίσει η δίοδος zener να άγει. Τότε το κύκλωμα σταθεροποιείται στα 5,8V που παρουσιάζεται στα άκρα της R5. Επειδή το ρεύμα στην αναστρέφουσα είσοδο είναι ελάχιστο, το ρεύμα διέρχεται όλο από τις αντιστάσεις R5 και R6, με αποτέλεσμα η τάση εξόδου του ολοκληρωμένου U1 να διπλασιάζεται σε σχέση με την τάση της δίοδου zener.

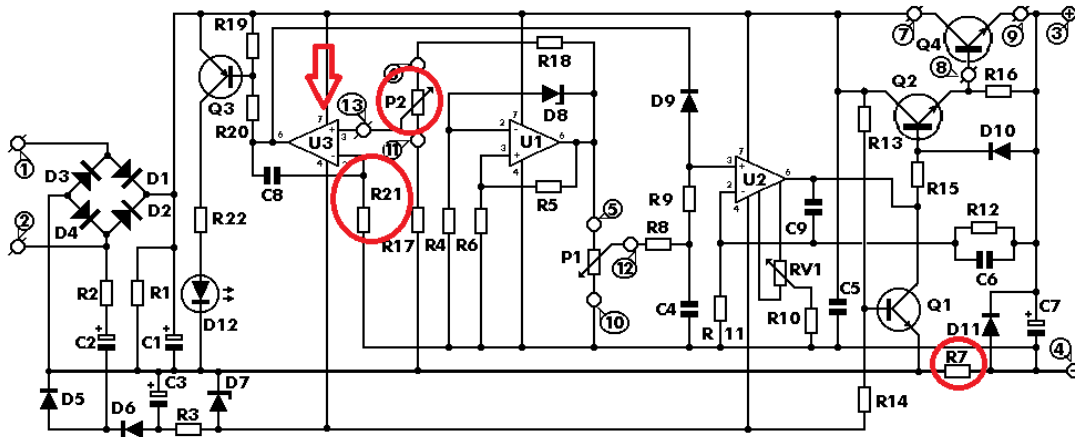


Σχήμα 19

Το ολοκληρωμένο U2 με την βοήθεια των αντιστάσεων R11 και R12 ενισχύει την τάση εξόδου 2,8 φορές. Το αποτέλεσμα είναι η τάση των 11,2V να ενισχύεται στα 30V.

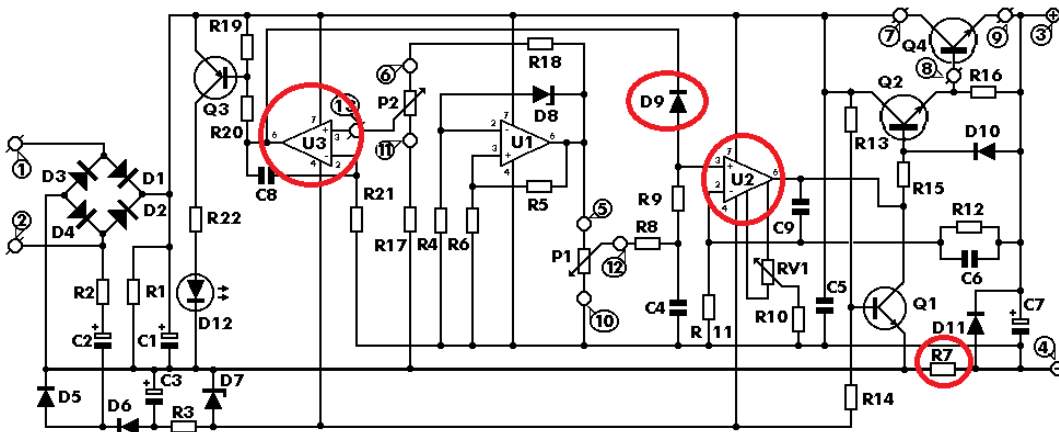


Όταν στην έξοδο του κυκλώματος συνδέσουμε ένα φορτίο, όλο το ρεύμα θα περάσει από την αντίσταση R7. Την στιγμή αυτή η αναστρέφουσα είσοδος του U3 έχει δυναμικό μηδέν και πολώνεται από την αντίσταση R21. Η μη αναστρέφουσα είσοδος του ολοκληρωμένου U3 πολώνεται με μια μικρή τάση που κυμαίνεται από 0-2V ανάλογα με την θέση που βρίσκεται ο δρομέας του ποτενσιόμετρου P2.



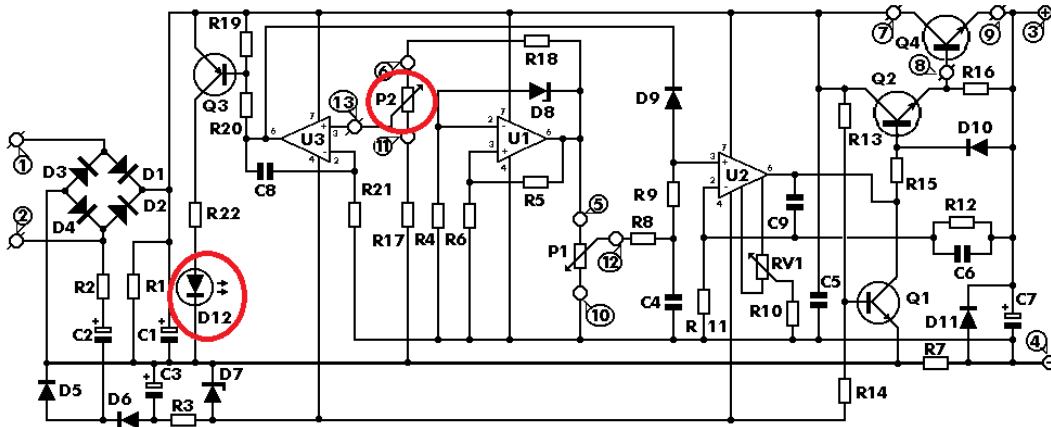
Σχήμα 22

Έστω ότι η τάση είναι 1V στο σημείο αυτό του κυκλώματος και η τάση εξόδου έχει ρυθμιστεί σε μερικά volts. Αν το φορτίο αυξηθεί τότε θα αυξηθεί και η τάση στα άκρα της αντίστασης R7, οπότε θα ενεργοποιηθεί το ολοκληρωμένο U3, και θα οδηγήσει το ολοκληρωμένο U2 μέσω της διόδου D9, και κατά συνέπεια το ολοκληρωμένο U2 ελέγχεται από μία τιμή τάσης και πάνω.



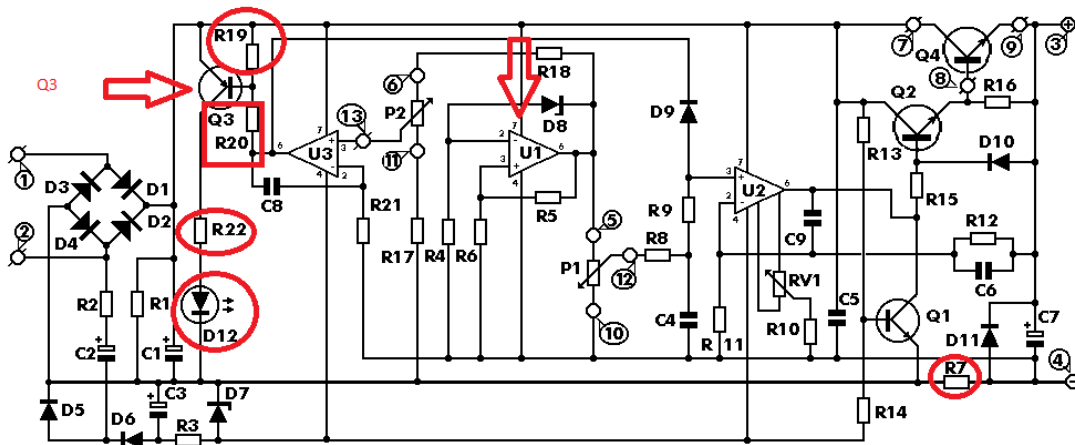
Σχήμα 23

Όσο το τροφοδοτικό δουλεύει και παρέχει σταθερή τάση η διάδος LED D12 είναι σβηστή, ενώ μόλις το ρεύμα υπερβεί την προκαθορισμένη τιμή ρεύματος από το ποτενσιόμετρο P2, ανάβει η διάδος LED D12 και το τροφοδοτικό από πηγή σταθερής τάσης λειτουργεί ως πηγή σταθερού ρεύματος και ταυτόχρονα η τάση μεταβάλλεται έτσι ώστε να διατηρηθεί σταθερό το ρεύμα για το συγκεκριμένο φορτίο.



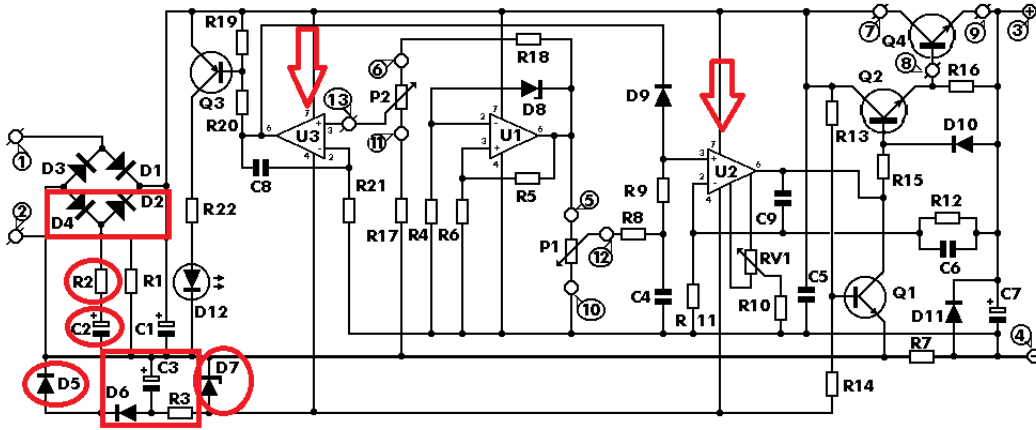
Σχήμα 24

Οι αντιστάσεις R19 και R20 ορίζουν το σημείο λειτουργίας του Q3 το οποίο ανιχνεύει τότε αρχίζει να λειτουργεί το κύκλωμα περιορισμού ρεύματος, που την συγκεκριμένη στιγμή άγει και ανάβει η διάδος LED D12. Η αντίσταση R22 ορίζει την το ρεύμα λειτουργίας της διόδου LED D12. Ο περιορισμός του ρεύματος γίνεται κυρίως από την αντίσταση R7 που χρησιμοποιείται ως αισθητήριο και η τιμή του ρεύματος που θα αρχίσει να επιδρά το κύκλωμα περιορισμού ρεύματος προκαθορίζεται από το ποτενσιόμετρο P2. Έτσι ανάλογα με την θέση του ποτενσιόμετρου P2 εμφανίζεται διαφορετική τάση στα άκρα της αντίστασης R7, και διαιρείται με την εσωτερική τάση αναφοράς του ολοκληρωμένου U1.



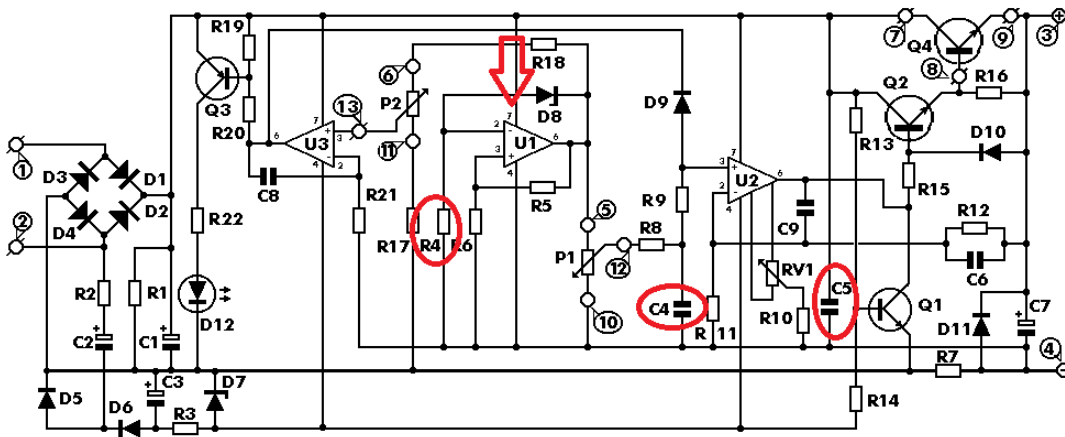
Σχήμα 25

Από τον κόμβο D2-D4 μέσω της R2 και του δικτυώματος D5,D6,C2,C3,R3, παράγεται μία αρνητική τάση απαραίτητη για την τροφοδοσία των τελεστικών U2 και U3 ώστε να λειτουργούν και στα 0Volt. Η διόδος zener D7 έχει τιμή 5,6Volt και σταθεροποιεί την τάση που οδηγείται στους ακροδέκτες 4 των ολοκληρωμένων U2 και U3.



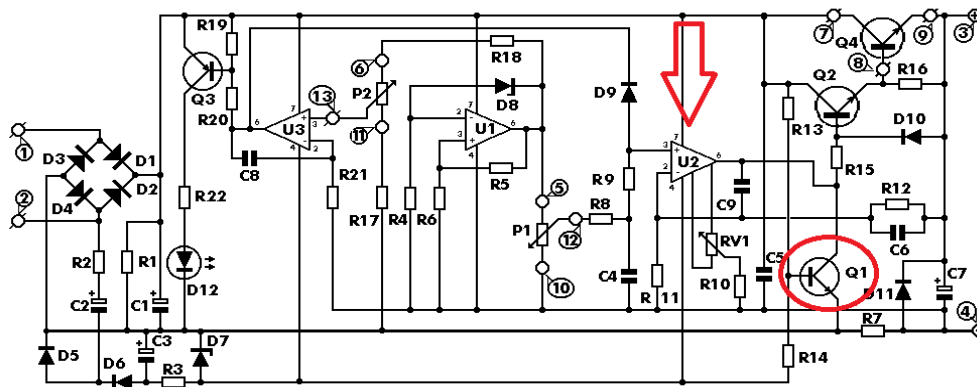
Σχήμα 26

Η αντίσταση R4 εξασφαλίζει την πόλωση του ολοκληρωμένου U1 και οι πυκνωτές C4 και C5 απαλλάσσουν το κύκλωμα από υψηλές συχνότητες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν αστάθεια στο κύκλωμα.



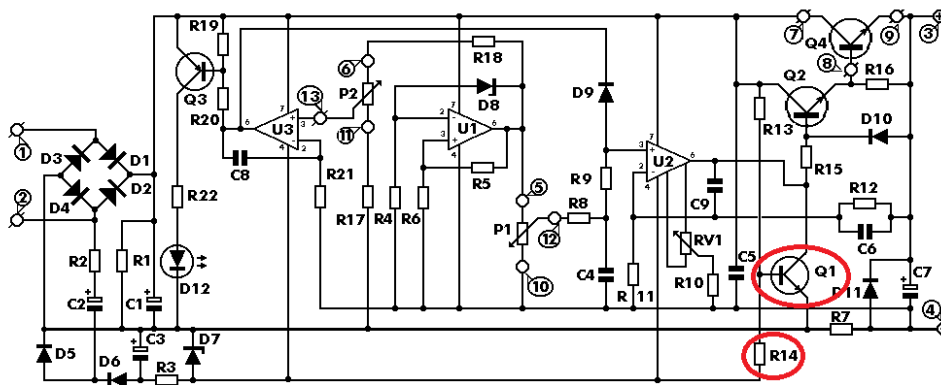
Σχήμα 27

Το τρανζίστορ Q1, προστατεύει το τροφοδοτικό από την πτώση της αρνητικής τάσης που δημιουργείται όταν κλείνει ο διακόπτης ON-OFF του τροφοδοτικού διατηρώντας την έξοδο του ολοκληρωμένου U2 χαμηλή.



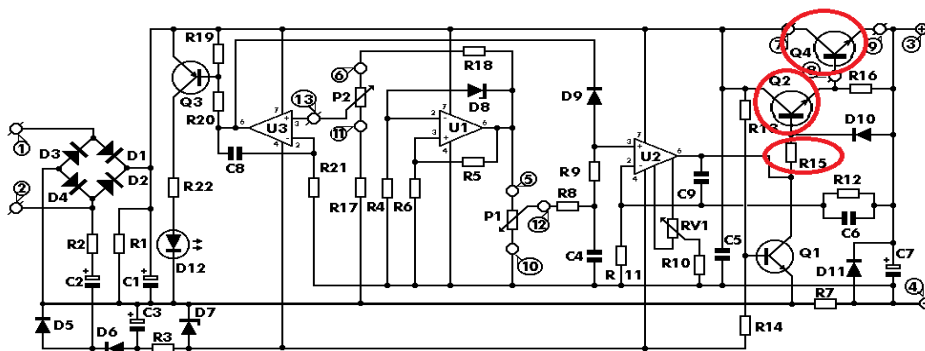
Σχήμα 28

Η αντίσταση R14 αποκόπτει το τρανζίστορ Q1 όταν το τροφοδοτικό λειτουργεί κανονικά. Η λειτουργία αυτή είναι πολύ χρήσιμη για πειραματισμούς επειδή κόβει απότομα την τάση εξόδου χωρίς να χρειάζεται να περιμένει κανείς ώσπου να ξεφορτίσει ο πυκνωτής χάνοντας έτσι πολύ χρόνο.



Σχήμα 29

Τέλος μέσω της αντίστασης R15 η τάση οδηγείται στα τρανζίστορ Q2 και Q4, τα οποία είναι σε συνδεσμολογία DARLINGTON για την ανύψωση του ρεύματος.



Σχήμα 30

## 2.2 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ DARLINGTON

Ο ενισχυτής ζεύγους Ντάρλινγκτον αποτελείται από δυο βαθμίδες ακόλουθων εκπομπού σε σειρά.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι :

- i. πολύ μεγάλη απολαβή ρεύματος.
- ii. απολαβή τάσης μικρότερη της μονάδας.
- iii. πολύ υψηλή σύνθετη αντίσταση εισόδου (χωρίς να λάβουμε υπόψη μας τις αντιστάσεις πόλωσης της βάσης του Q<sub>4</sub>).
- iv. πολύ χαμηλή σύνθετη αντίσταση εξόδου.
- v. συμφασικά σήματα εισόδου και εξόδου.

Συνήθως, το ζεύγος των τρανζίστορ κατασκευάζεται βιομηχανικά σε ένα περίβλημα με τρεις ακροδέκτες και κυκλοφορεί ως ζεύγος Ντάρλινγκτον. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της ενσωμάτωσης είναι, ότι έχουν ίδιες θερμοκρασιακές μεταβολές και ίδιες παραμέτρους.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα του ζεύγους Ντάρλινγκτον είναι, ότι το ρεύμα διαρροής του τρανζίστορ Q<sub>4</sub> ενισχύεται από το τρανζίστορ Q<sub>2</sub>. Το συνολικό ρεύμα διαρροής, πιθανώς να είναι υψηλό, γεγονός που καθιστά μια συνδεσμολογία Ντάρλινγκτον τριών ή περισσότερων τρανζίστορ πρακτικά ανεφάρμοστη.

### 2.2.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

|                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| Μετασχηματιστής       | 230V/26V                |
| Τάση εισόδου          | 24 V (AC)               |
| Ρεύμα εισόδου         | 3 A                     |
| Τάση εξόδου           | 0-30 V (DC) ρυθμιζόμενη |
| Ρεύμα εξόδου          | 5 mA- 3 A ρυθμιζόμενο   |
| κυμάτωση τάσης εξόδου | 0,01% μέγιστη           |






### 2.2.2 ΛΙΣΤΑ ΥΛΙΚΩΝ ΠΛΑΚΕΤΑΣ

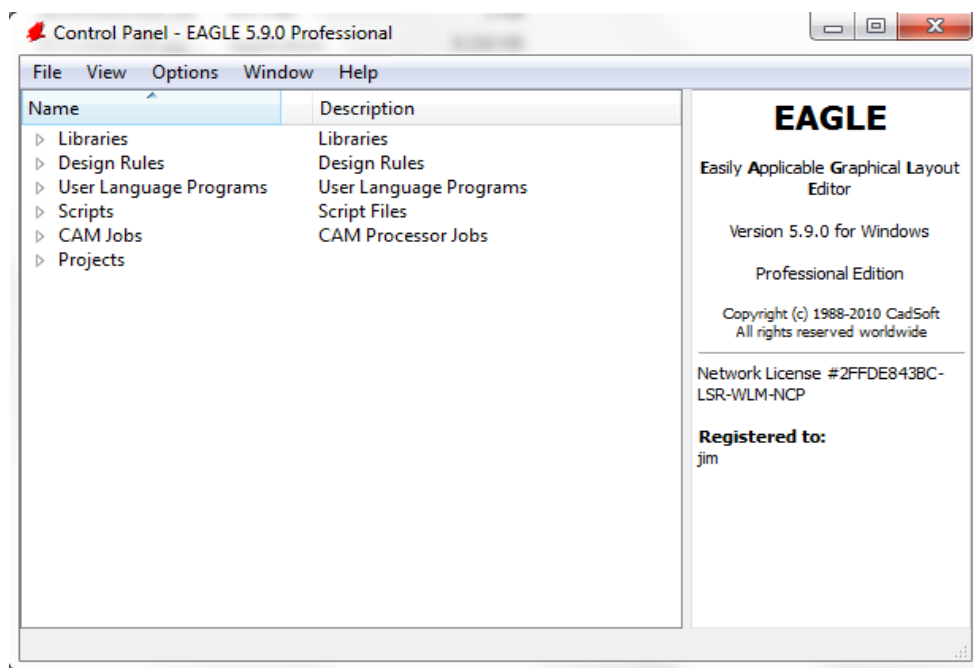
| Αντιστάσεις | Πυκνωτές  | Δίοδοι         | Τρανζίστορς | Ολοκληρωμένα |
|-------------|-----------|----------------|-------------|--------------|
| R1=2,2 ΚΩ   | C1=330 μF | D1=1N5402      | Q1=BC548    | U1=TL081     |
| R2=82 Ω     | C2=47 μF  | D2=1N5402      | Q2=2N2219   | U2=TL081     |
| R3=220 Ω    | C3=47 μF  | D3=1N5402      | Q3=BC557    | U3=TL081     |
| R4=4,7 ΚΩ   | C4=100 nF | D4=1N5402      | Q4=2N3055   |              |
| R5=10 ΚΩ    | C5=200 nF | D5=1N4148      |             |              |
| R6=10 ΚΩ    | C6=100 pF | D6=1N4148      |             |              |
| R7=0,47 Ω   | C7=10 μF  | D7=5,6 V zener |             |              |
| R8=27 ΚΩ    | C8=330 pF | D8=5,6 V zener |             |              |
| R9=2,2 ΚΩ   | C9=100 pF | D9=1N4148      |             |              |
| R10=270 ΚΩ  |           | D10=1N4148     |             |              |
| R11=27 ΚΩ   |           | D11=1N4001     |             |              |
| R12=56 ΚΩ   |           | D12=LED        |             |              |
| R13=10 ΚΩ   |           |                |             |              |
| R14=1,5 ΚΩ  |           |                |             |              |
| R15=1 ΚΩ    |           |                |             |              |
| R16=1 ΚΩ    |           |                |             |              |
| R17=33 Ω    |           |                |             |              |
| R18=56 ΚΩ   |           |                |             |              |
| R19=2,2 ΚΩ  |           |                |             |              |
| R20=10 ΚΩ   |           |                |             |              |
| R21=10 ΚΩ   |           |                |             |              |
| R22=3,9 ΚΩ  |           |                |             |              |
| RV1=100 ΚΩ  |           |                |             |              |
| P1=10 ΚΩ    |           |                |             |              |
| P2=10 ΚΩ    |           |                |             |              |

### 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ EAGLE

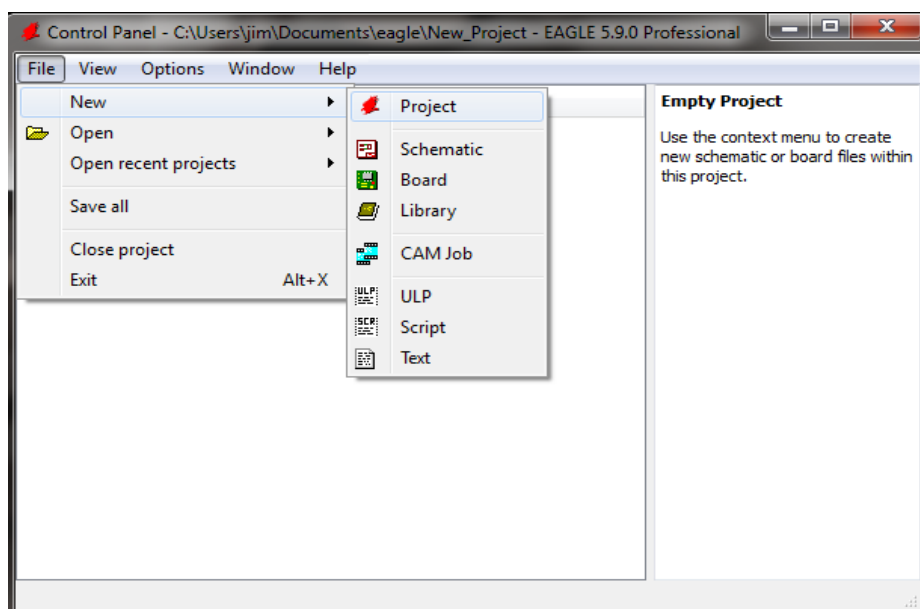
### 3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΤΟΛΕΣ ΤΟΥ EAGLE

Ξεκινάμε το EAGLE πατώντας πάνω στο εικονίδιο  και ανοίγει το ακόλουθο παράθυρο διαλόγου.



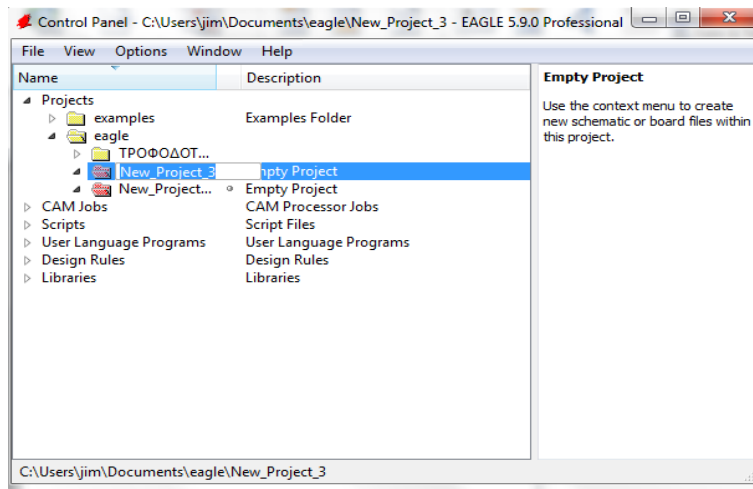
Σχήμα 31

Ξεκινάμε το EAGLE το οποίο εμφανίζεται όπως στην εικόνα 1. Επιλέγουμε FILE →NEW→PROJECT



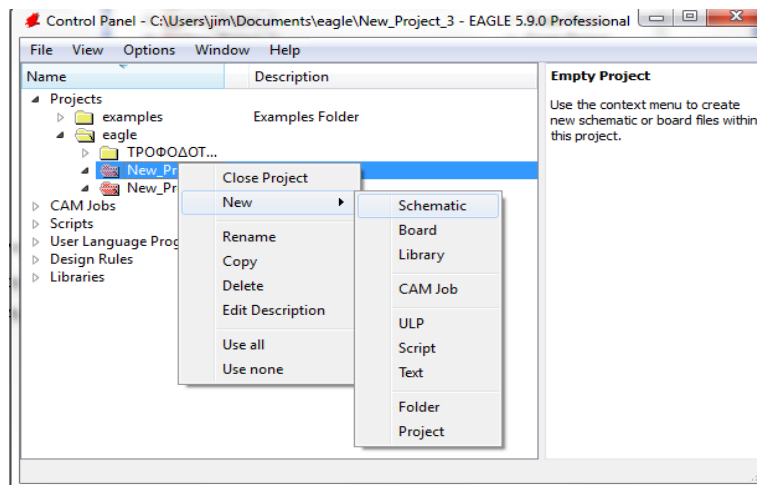
Σχήμα 32

Εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο διαλόγου:



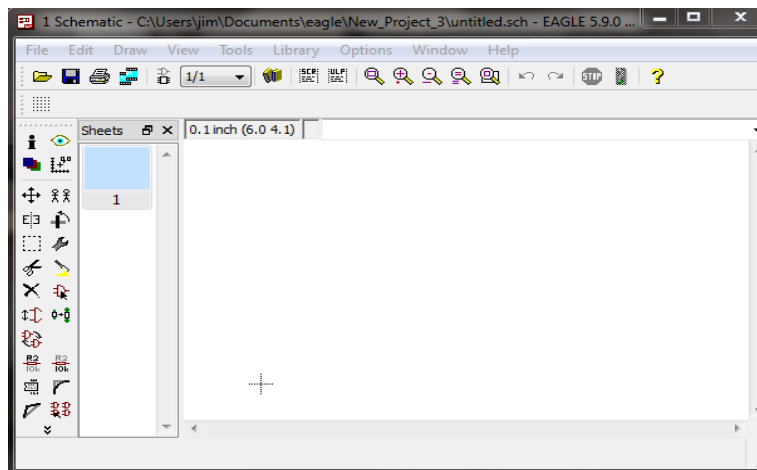
Σχήμα 33

Μπορούμε να το ονομάσουμε το νέο project `New_Project_3` απευθείας ή δεξί κλικ πάνω στο εικονίδιο και μετονομασία (rename) και πατάμε αποδοχή (ENTER). Με το δεξί κλικ του ποντικιού πατάμε πάνω στο `New_Project_3` → `New` → `Schematic`



Σχήμα 34

Εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο διαλόγου:



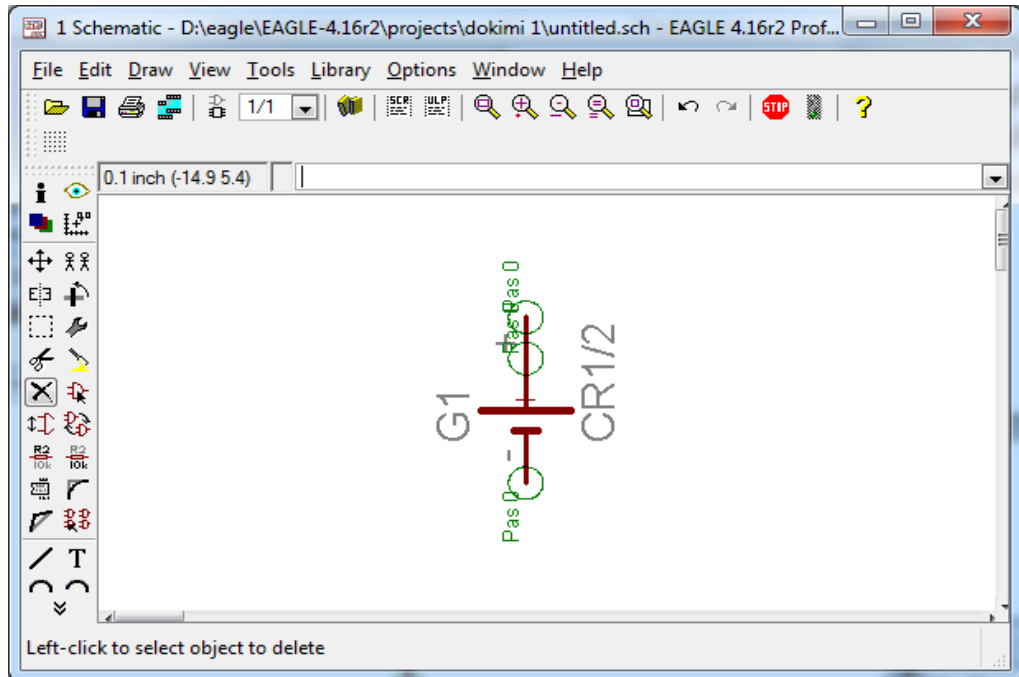
Σχήμα 35

| <i>ΣΥΜΒΟΛΑ</i> |  |         |  |
|----------------|--|---------|--|
| info           |  | show    |  |
| display        |  | mark    |  |
| move           |  | copy    |  |
| mirror         |  | rotate  |  |
| group          |  | change  |  |
| cut            |  | paste   |  |
| delete         |  | add     |  |
| pinswap        |  | replace |  |
| gateswap       |  | value   |  |
| name           |  | miter   |  |
| smash          |  | invoke  |  |
| split          |  | text    |  |
| wire           |  | arc     |  |
| circle         |  | polygon |  |
| rect           |  | net     |  |
| bus            |  | label   |  |
| junction       |  | errors  |  |
| attribute      |  |         |  |
| erc            |  |         |  |

## ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

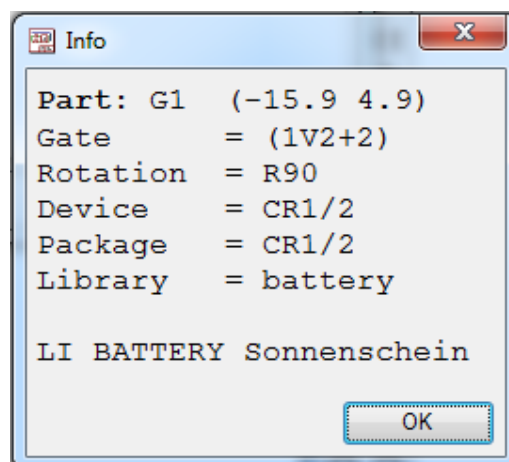
### 1. Info

Το εικονίδιο Info χρησιμοποιείται για να μας εμφανίσει τα ονόματα και τις απαραίτητες πληροφορίες στοιχείων και αντικειμένων. Ενεργοποιείται κάνοντας αριστερό κλικ εκεί που θέλουμε. Για παράδειγμα έχουμε την παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 36

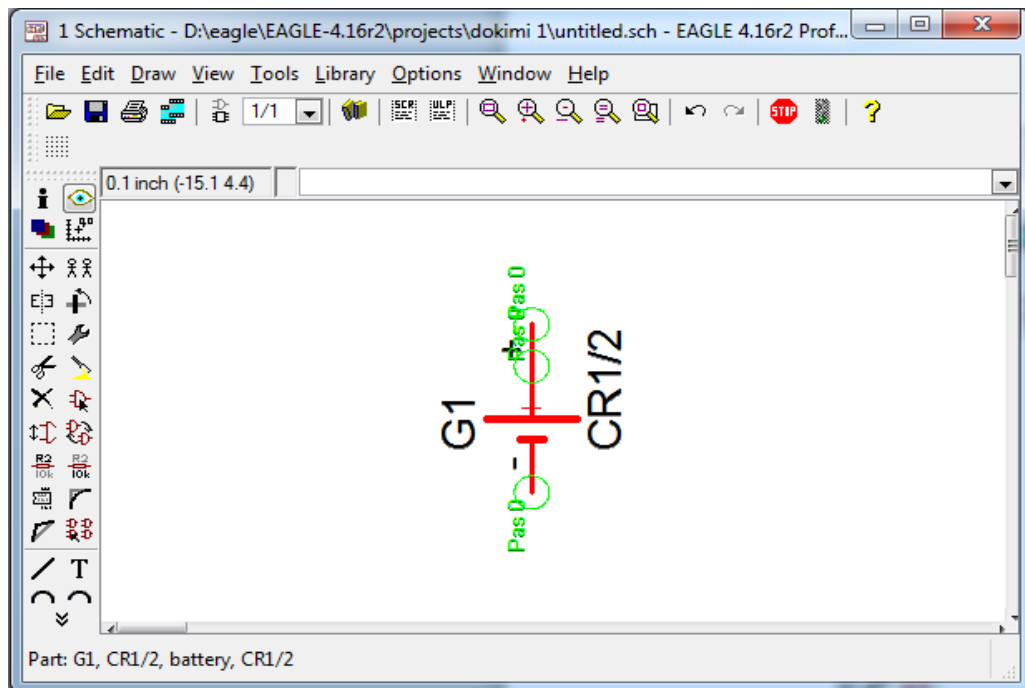
Κάνοντας αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο μας εμφανίζει το εξής παράθυρο με όλα τα δεδομένα του στοιχείου.



Σχήμα 37

## 2. Show

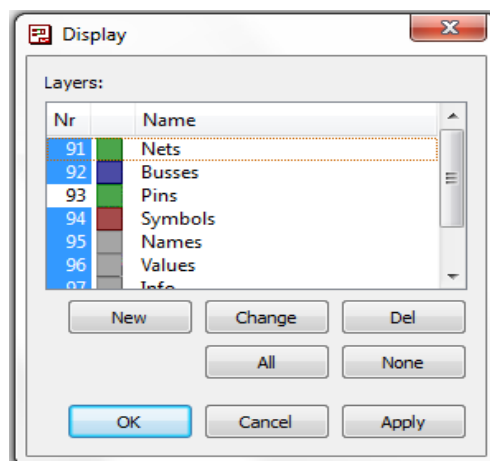
Η εντολή show χρησιμοποιείται για να "φωτίσει" εξωτερικά καλώδια, στοιχεία ή τμήματα της καλωδίωσης. Ενεργοποιείται κάνοντας αριστερό κλικ εκεί που θέλουμε. Για παράδειγμα έχουμε την ίδια εικόνα με πριν. Πατώντας την εντολή show παρατηρούμε να φωτίζεται το αντικείμενό μας.



Σχήμα 38

## 3. Display

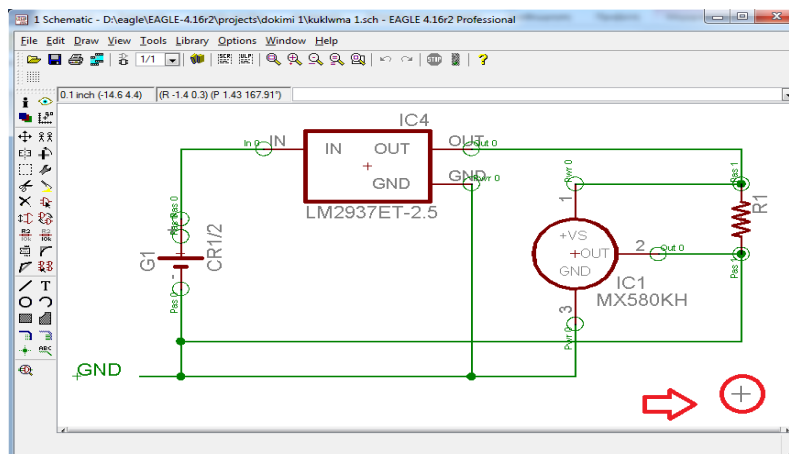
Την εντολή display την χρησιμοποιούμε για να έχουμε μία γενικά καλή συνολική εικόνα όταν ορισμένες πληροφορίες δεν είναι εμφανείς. Ενεργοποιείται κάνοντας αριστερό κλικ και εμφανίζει όλα τα επίπεδα εργασίας.



Σχήμα 39

#### 4. Mark

Την εντολή mark την χρησιμοποιούμε για να μαρκάρουμε μια περιοχή στο επίπεδο εργασίας. Αυτή η εντολή είναι πολύ χρήσιμη όταν έχουμε αρκετά κυκλώματα σε ίδιο επίπεδο εργασίας για να μην μπερδευόμαστε. Παράδειγμα την εντολής mark φαίνεται στην εξής εικόνα:

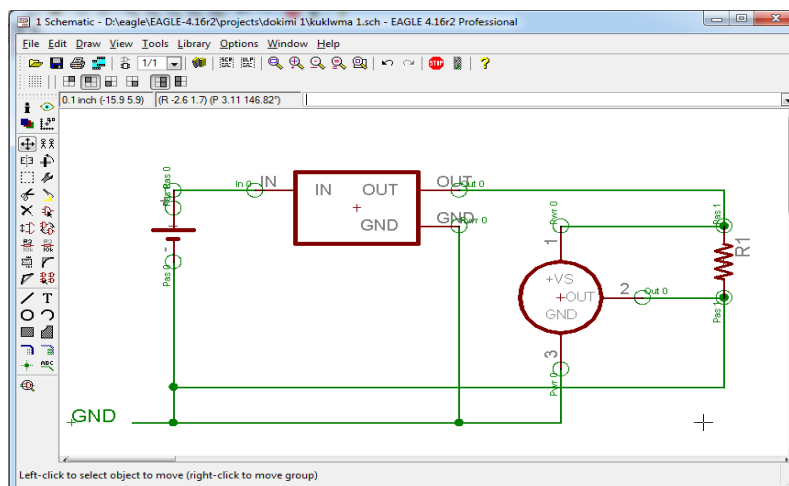


Σχήμα 40

Η εντολή ενεργοποιείται κάνοντας αριστερό κλικ πάνω στο αντίστοιχο εικονίδιο. Ύστερα πατώντας στο σημείο που θέλουμε εμφανίζεται το παραπάνω σύμβολο.

#### 5. Move

Με την εντολή move μπορούμε να μετακινήσουμε ένα στοιχείο του κυκλώματός μας πατώντας αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο και επιλέγοντας το στοιχείο ή την καλωδίωση που θέλουμε να μετακινήσουμε. Για να γίνει η μετακίνηση κρατάμε το αριστερό κλικ πατημένο μέχρι το σημείο που επιθυμούμε. Παραδείγματος χάρι αν στο κύκλωμα, που παρουσιάστηκε στην αμέσως προηγούμενη εντολή, μετακινήσουμε την πηγή τότε το κύκλωμά μας θα έχει την εξής μορφή:

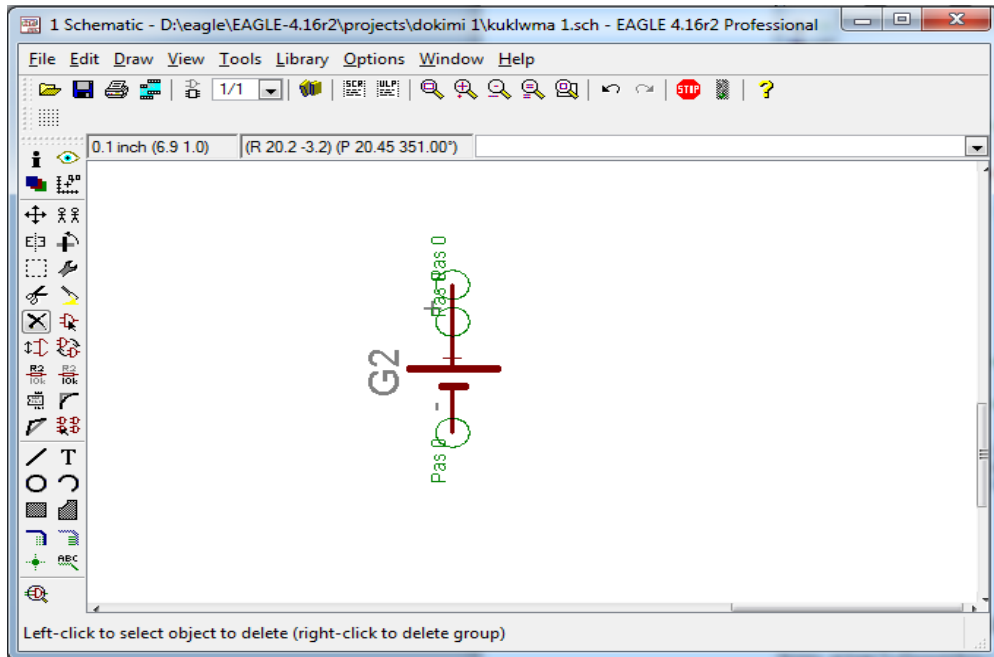


Σχήμα 41



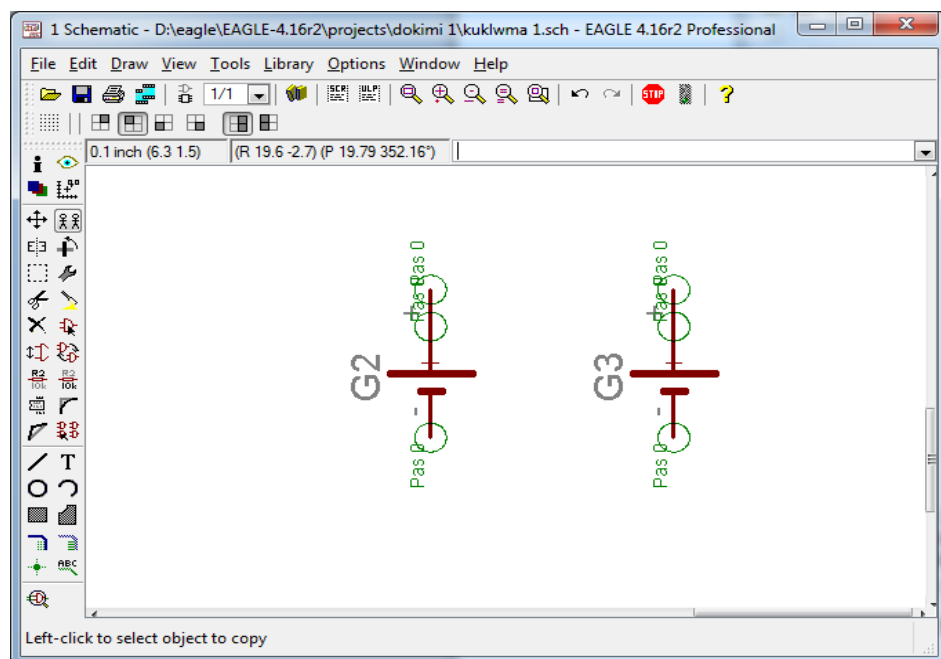
## 6. Copy

Με την εντολή copy μπορούμε να αντιγράψουμε κάποιο στοιχείο του κυκλώματος μας ή και ακόμα και τμήμα του. Πατάμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο και έπειτα επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε να αντιγράψουμε. Για παράδειγμα έχουμε μια πηγή με το όνομα G2 όπως παρουσιάζεται στην πιο κάτω εικόνα.



Σχήμα 42

Εκτελώντας την εντολή copy αντιγράφουμε το την πηγή με το όνομα G3 όπως παρουσιάζεται στο εξής σχήμα:

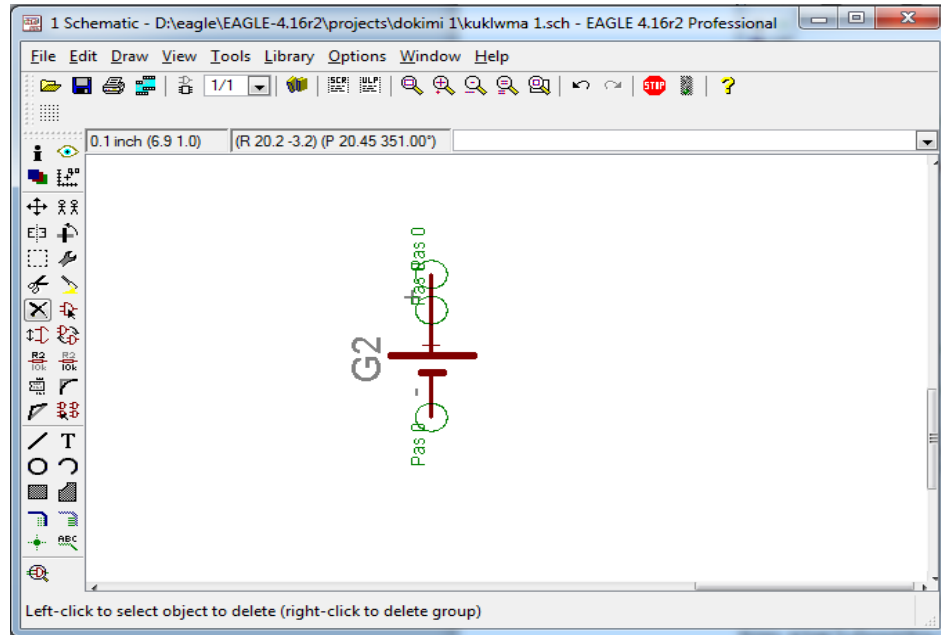


Σχήμα 43

## 7. Mirror

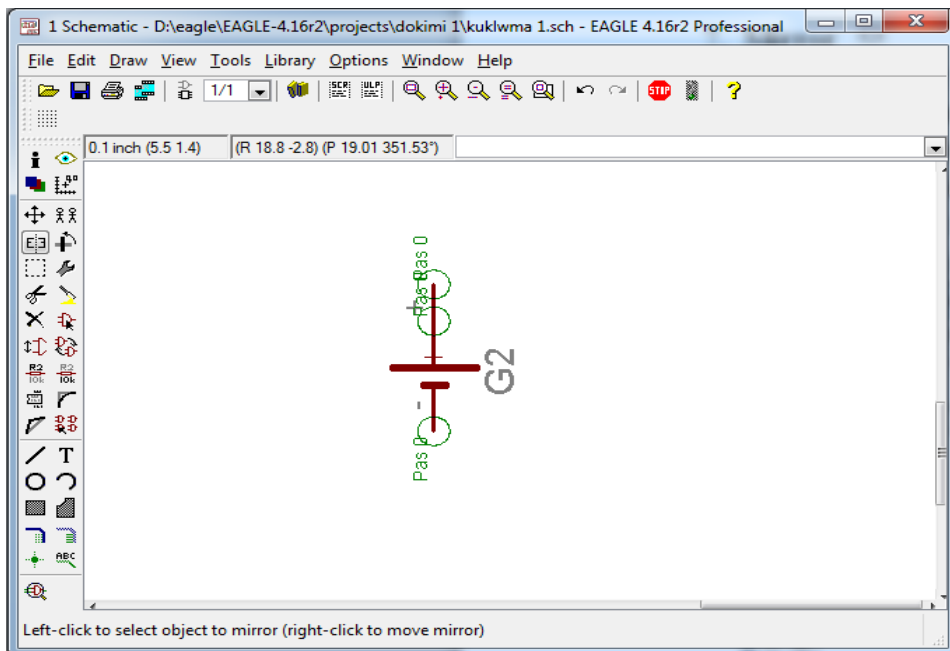
Η εντολή mirror χρησιμοποιείται για την ανεστραμμένη απεικόνιση κάποιου στοιχείου του κυκλώματος μας. Πατάμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο και έπειτα επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε να αναστρέψουμε. Για παράδειγμα χρησιμοποιούμε την πηγή G2 από την προηγούμενη εντολή.

Πριν την εντολή mirror:



Σχήμα 44

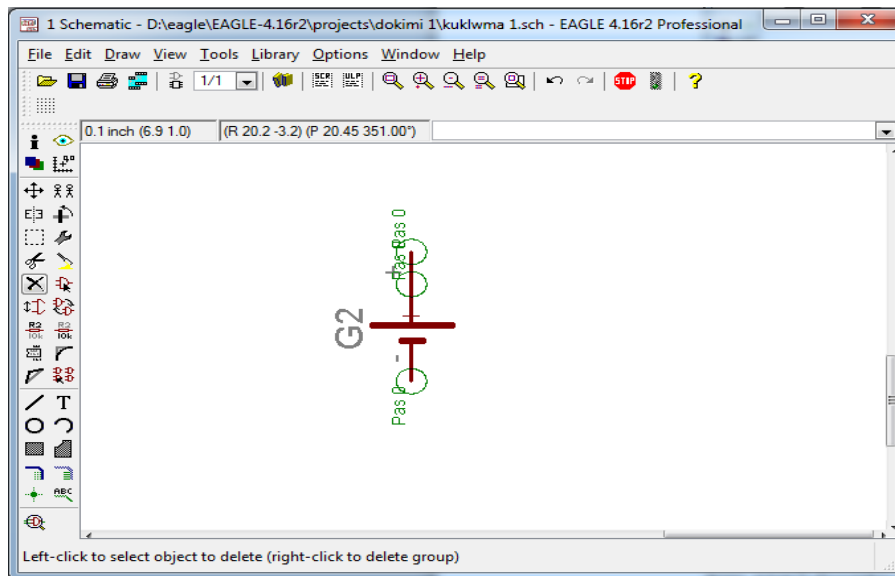
Μετά την εντολή mirror:



Σχήμα 45

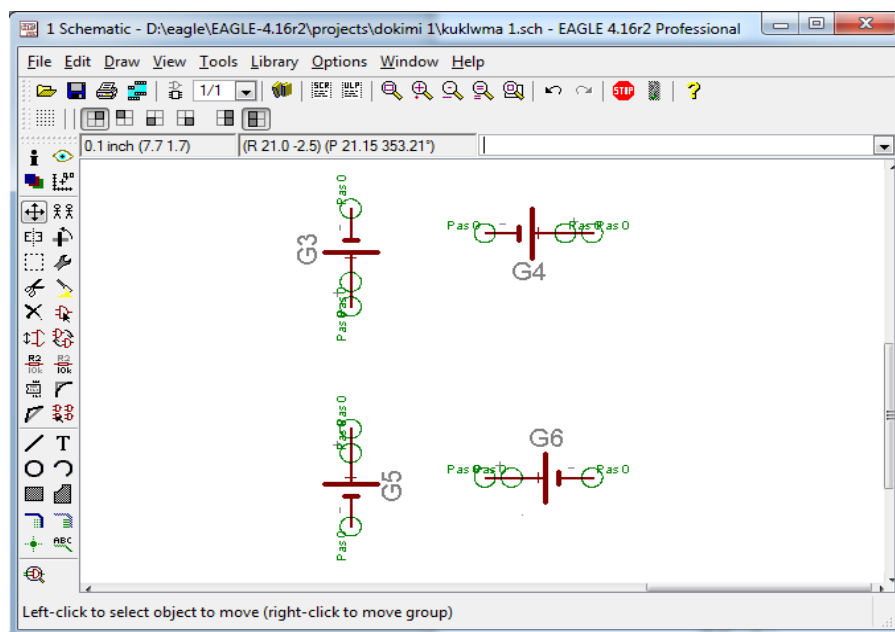
## 8. Rotate

Η εντολή rotate χρησιμοποιείται για την περιστροφή των στοιχείων του κυκλώματός μας. Πατάμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο και έπειτα επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε να περιστρέψουμε. Στην αρχική εικόνα της πηγής



Σχήμα 46

Αν εκτελέσουμε την εντολή rotate μπορούμε να περιστρέψουμε την πηγή προς όποια κατεύθυνση επιθυμούμε. Το αποτέλεσμα φαίνεται παρακάτω.

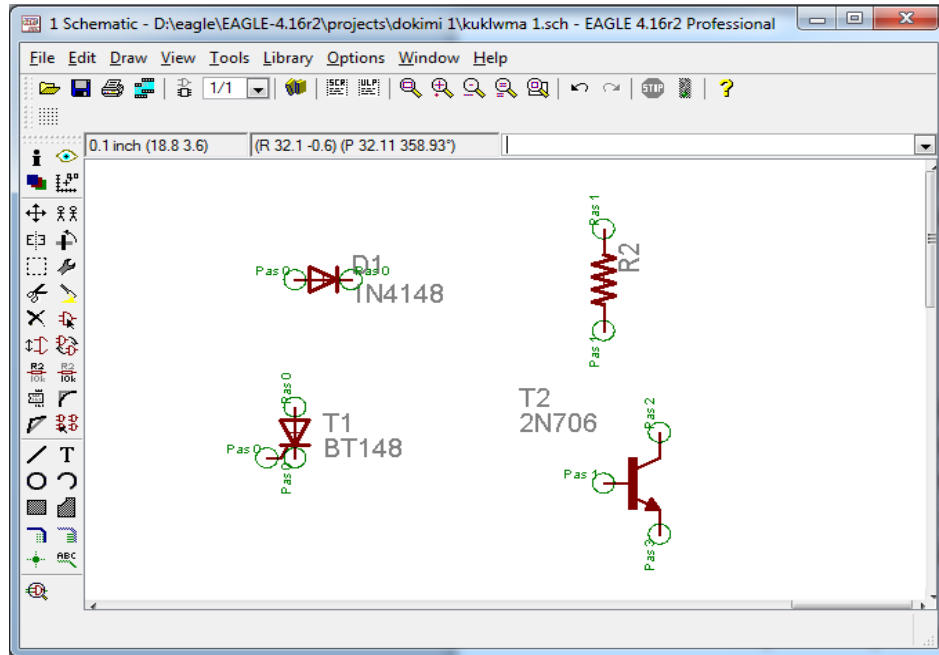


Σχήμα 47

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Για την ταυτόχρονη απεικόνιση όλων των πηγών χρησιμοποιήσαμε και την εντολή copy.

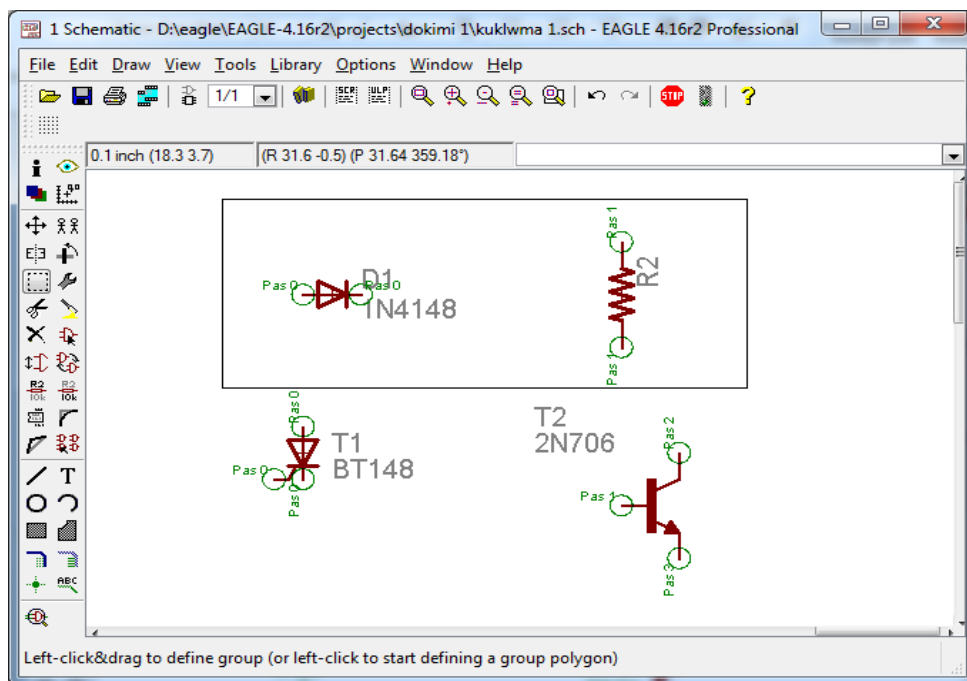
## 9. Group

Με την εντολή group μπορούμε να επιλέξουμε μια ομάδα στοιχείων μαζί με τα καλώδια που τα συνδέουν. Κρατάμε πατημένο το αριστερό κλικ μέχρι να επιλέξουμε όλα τα στοιχεία που επιθυμούμε κ ύστερα αφήνουμε το ποντίκι. Για παράδειγμα παρακάτω έχουμε μια ομάδα στοιχείων (ωμική αντίσταση, δίοδος, θυρίστορ, και τρανζίστορ τύπου NPN).



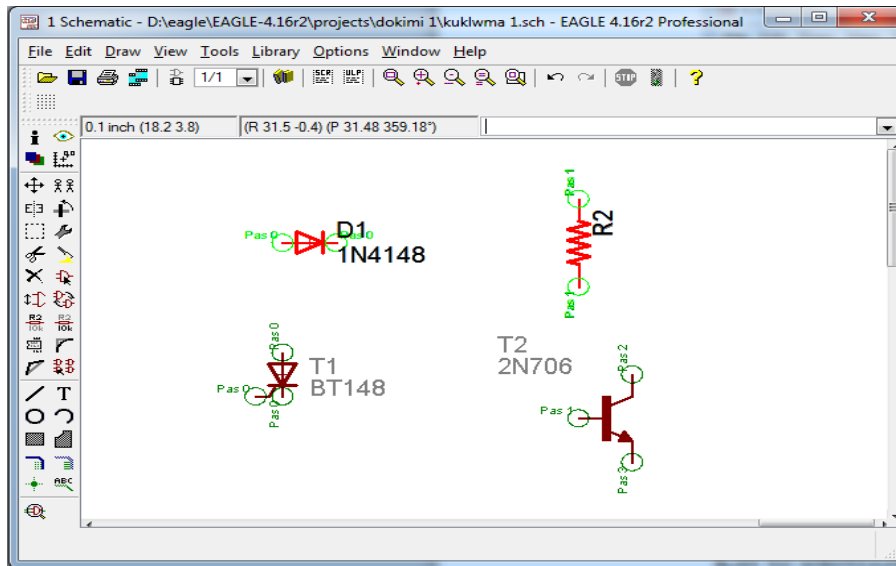
Σχήμα 48

Εκτελούμε την εντολή Group:



Σχήμα 49

Και το αποτέλεσμα μας φαίνεται παρουσιάζεται παρακάτω:

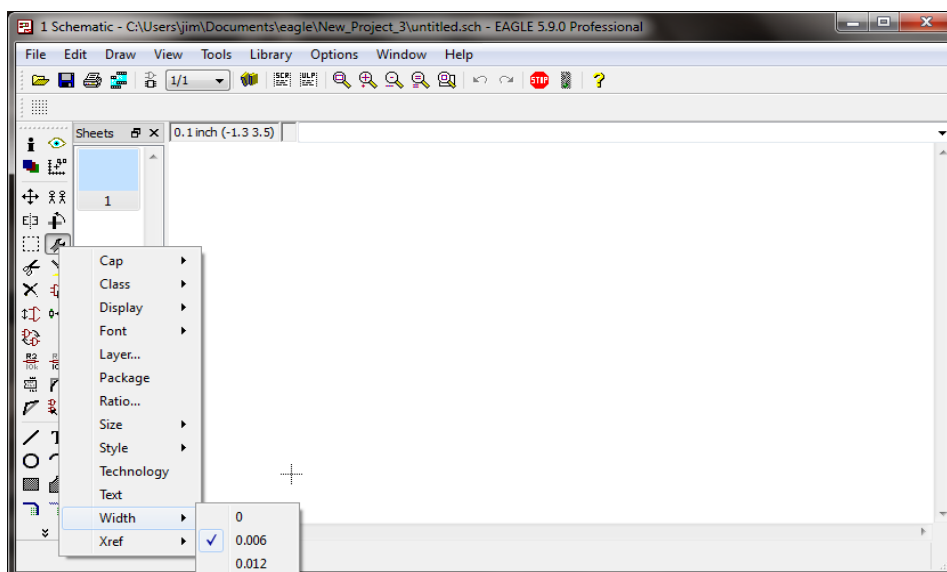


Σχήμα 50

## 10. Change

Την εντολή change την χρησιμοποιούμε για να πραγματοποιήσουμε αλλαγές στο κύκλωμά μας. Μπορούμε να επιλέξουμε το πάχος της γραμμής από το αντίστοιχο πεδίο στην γραμμή εργαλείων ή να πληκτρολογήσουμε μια νέα συγκεκριμένη τιμή που δεν είναι διαθέσιμη στο πεδίο τιμών. Ακόμα μπορούμε να αλλάξουμε και τη μορφή που θα έχει η γραμμή. Για Ενεργοποίηση κάνουμε αριστερό κλικ στο εικονίδιο και έπειτα επιλέγουμε την κατηγορία που θέλουμε να αλλάξουμε.

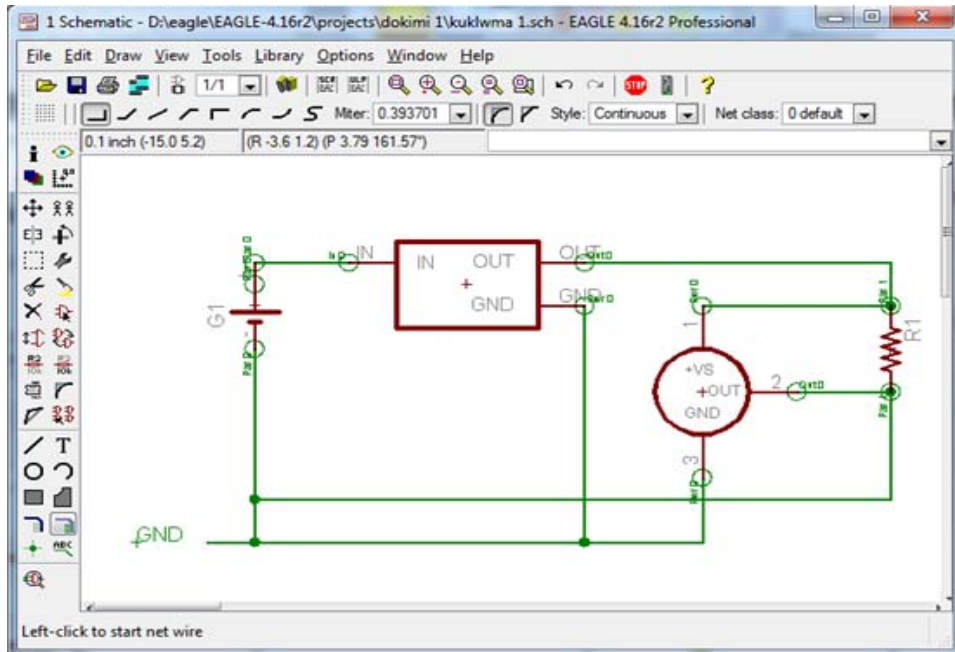
**(ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:** Για τη χρήση της εντολής change με βάση τα παραπάνω πρέπει να είναι ενεργή η εντολή wire.)



Σχήμα 51

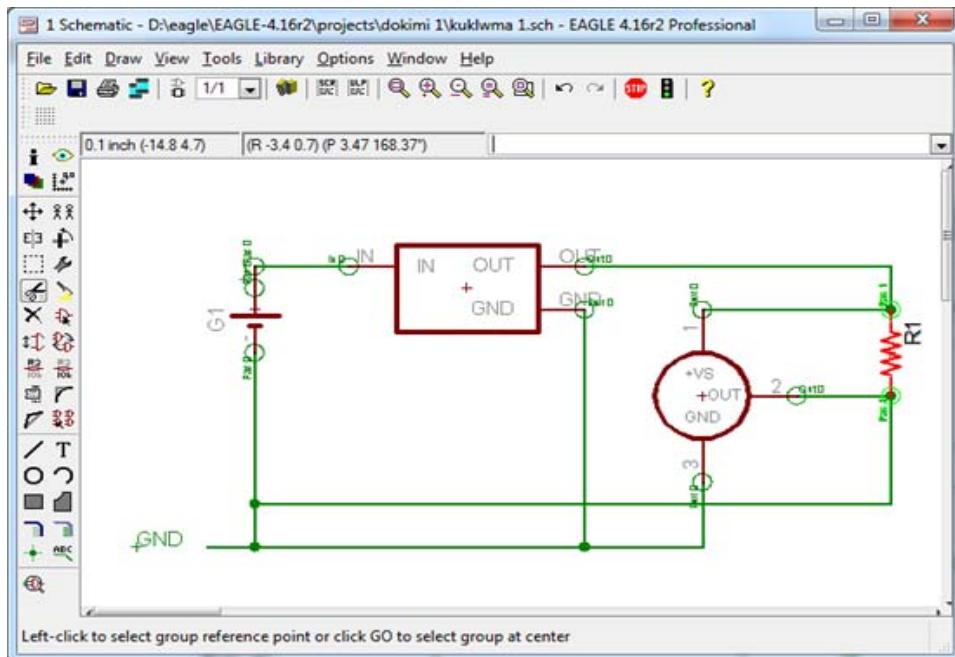
## 11. Cut

Η εντολή cut χρησιμοποιείται για την αποκοπή κάποιου στοιχείου από το κύκλωμά μας. Πατάμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο και έπειτα επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε να αποκόψουμε. Για παράδειγμα στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 52

εκτελούμε την εντολή της αποκοπής στην αντίσταση R1 και έχουμε:

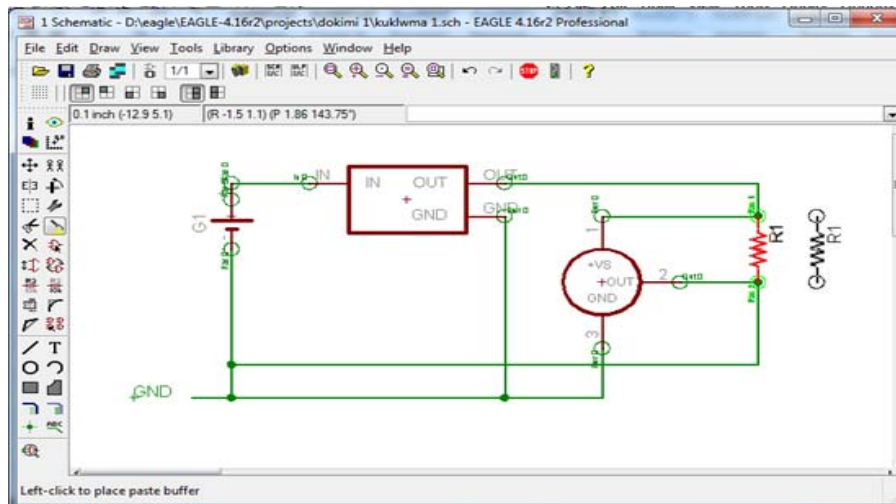


Σχήμα 53

## 12. Paste

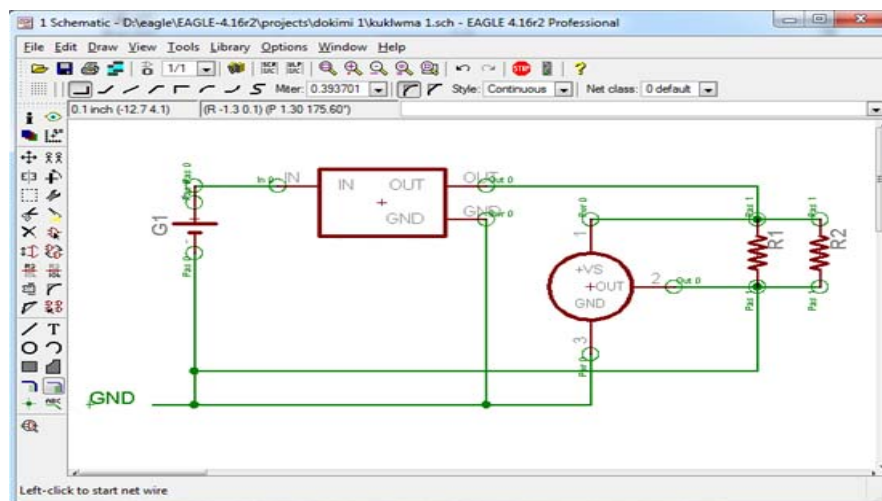


Η εντολή paste χρησιμοποιείται για την επικόλληση στοιχείων του κυκλώματος που είχαν αποκοπεί. Αφού έχουμε αποκόψει ένα στοιχείο κάνουμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο paste και επιλέγουμε το σημείο που θέλουμε να επικολλήσουμε. Με βάση την προηγούμενη εικόνα και αφού έχουμε κάνει την αποκοπή εκτελούμε την εντολή paste και εμφανίζεται η παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 54

Έπειτα πατάμε αριστερό κλικ στο σημείο που θέλουμε να επικολλήσουμε το αντικείμενο μας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση θα συνδέσουμε την αντίσταση R2 (αποκομμένη) παράλληλα στην R1 (αρχική). Συνεπώς έχουμε:



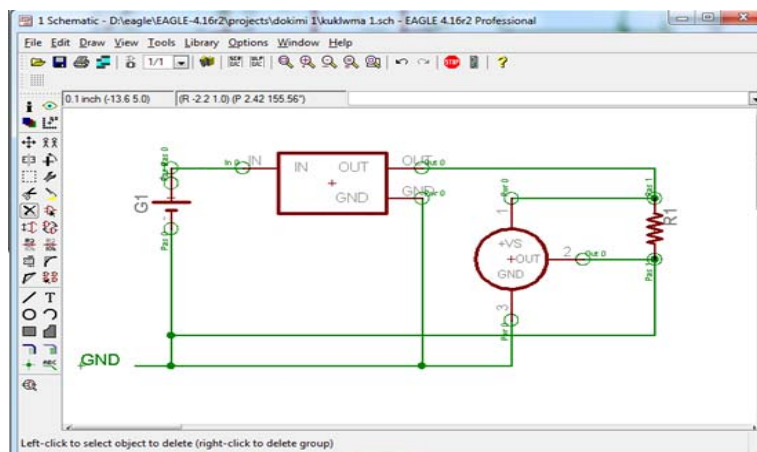
Σχήμα 55

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Η διαφοροποίηση μεταξύ της εντολής copy και cut είναι ότι στην πρώτη αφού πατήσουμε το εικονίδιο μας εμφανίζει αυτόματα το αντικείμενο που αντιγράψαμε. Στην περίπτωση του cut αφού αποκόψουμε το αντικείμενο αυτό αποθηκεύεται στην ram του υπολογιστή και για να εμφανιστεί πρέπει να εκτελέσουμε την εντολή της επικόλλησης.

### 13.Delete

Με την εντολή delete μπορούμε να διαγράψουμε μεμονωμένα στοιχεία ή ομάδες στοιχείων (μαζί με τα καλώδια που τα συνδέουν). Πατάμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο και έπειτα επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε να διαγράψουμε.

Για παράδειγμα στην ακριβώς προηγούμενη εικόνα θέλουμε να διαγράψουμε την αντίσταση R2 και τις καλωδιώσεις της. Οπότε εκτελώντας την εντολή delete έχουμε:

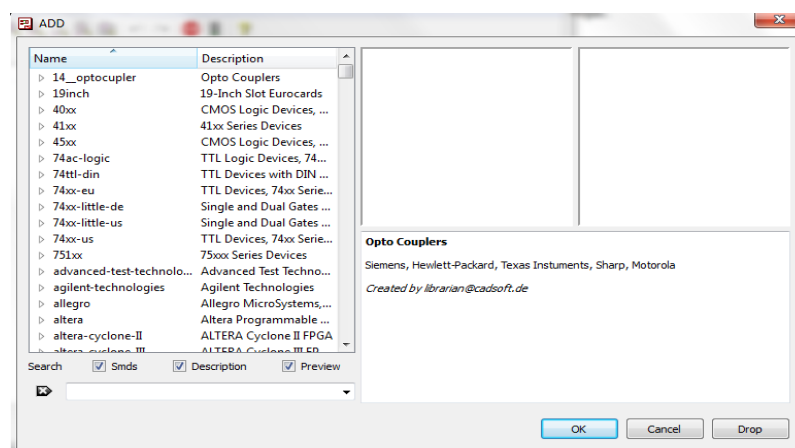


Σχήμα 56

Και έτσι προκύπτει το αρχικό μας κύκλωμα.

### 14.Add

Με την εντολή add έχουμε τη δυνατότητα να προσθέτουμε στοιχεία στο κύκλωμά μας. Αρχικά πατάμε πάνω στο εικονίδιο και στη συνέχεια στο παράθυρο που μας εμφανίζεται βάζουμε το στοιχείο που ψάχνουμε με τη μορφή \*στοιχείο\*. Τέλος πατάμε ok.



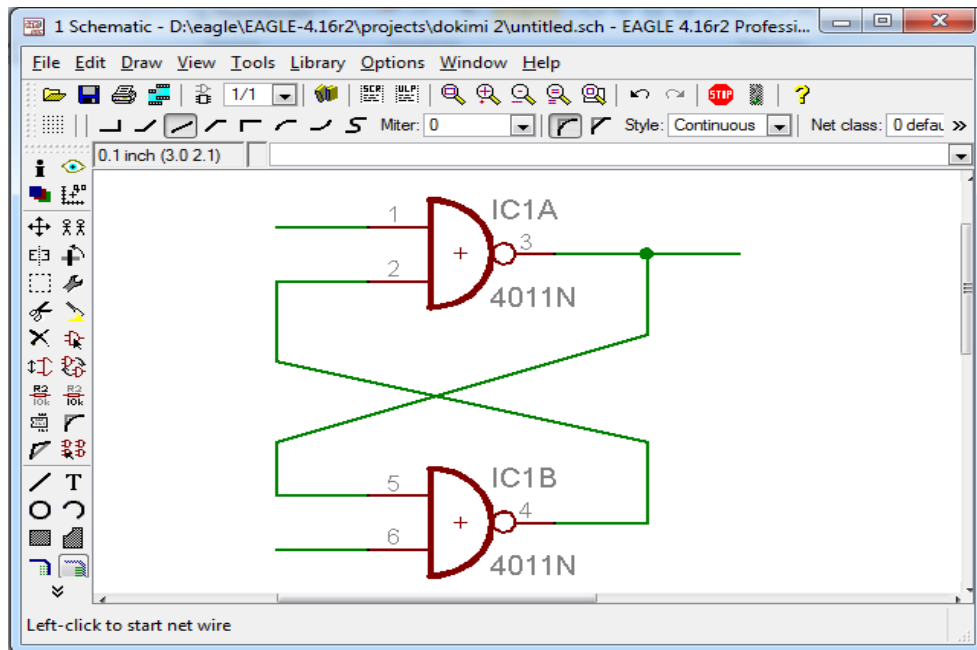
Σχήμα 57

Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου και μπορούμε να διαλέξουμε το εξάρτημα που χρειάζεται για να δημιουργήσουμε το κύκλωμα.



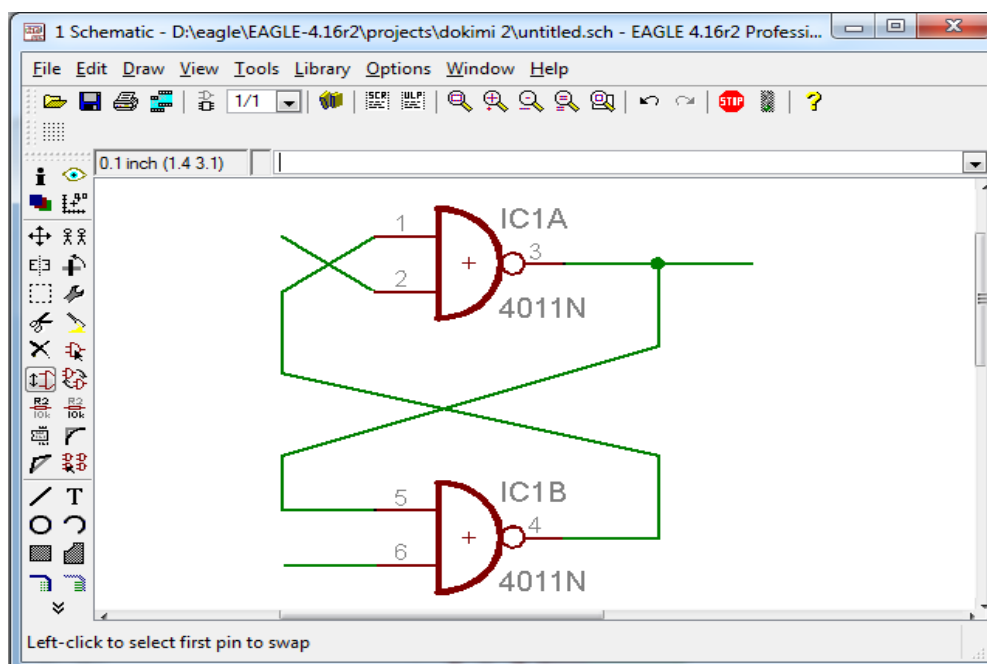
## 15. Pinswap

Η εντολή pinswap μας δίνει τη δυνατότητα όποτε χρειάζεται να ανταλλάξουμε τα άκρα ενός ολοκληρωμένου για τη σωστή λειτουργία του κυκλώματος. Για παράδειγμα έχουμε το λογικό κύκλωμα που παρουσιάζεται στην πιο κάτω εικόνα:



Σχήμα 58

Εκτελώντας την εντολή pinswap στο ολοκληρωμένο IC1A ανταλλάσσουμε το άκρο νούμερο 1 με το άκρο νούμερο 2 και έτσι έχουμε:



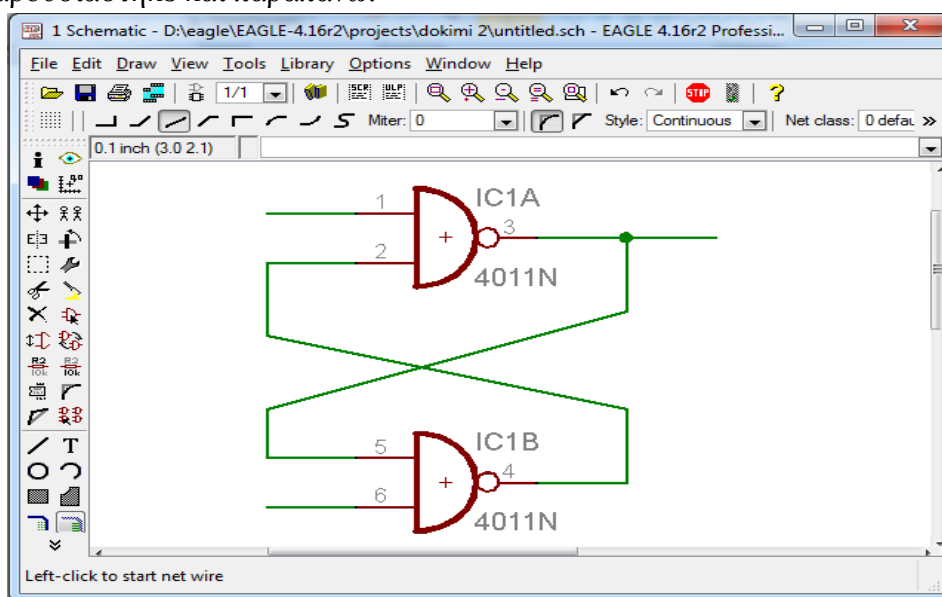
Σχήμα 59

## 16. Replace

Η εντολή replace χρησιμοποιείται μόνο αφού έχουμε ολοκληρώσει τη δρομολόγηση της πλακέτας για να αντικαταστήσουμε μεταβλητές πακέτων.

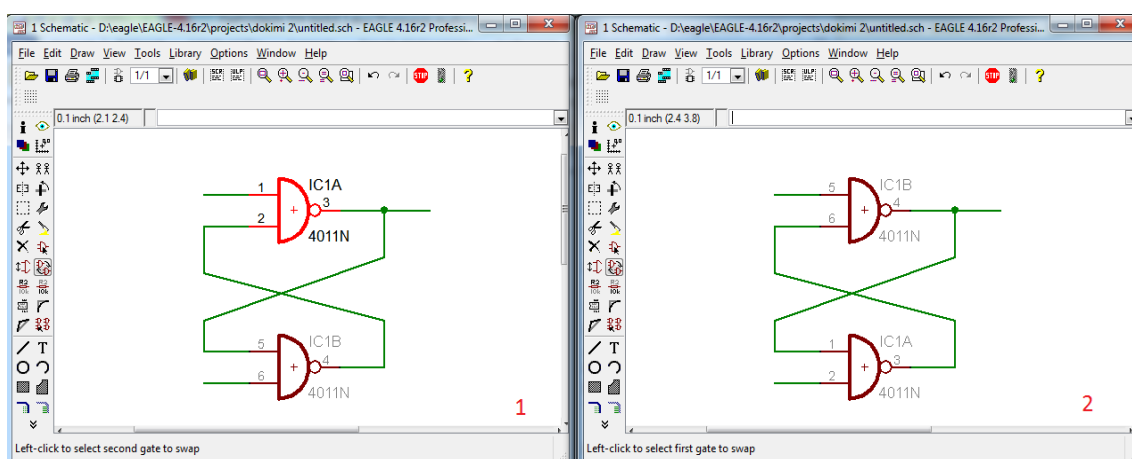
## 17. Gateswap

Η εντολή gateswap μας δίνει τη δυνατότητα να ανταλλάζουμε τα ολοκληρωμένα όποτε αυτό είναι αναγκαίο για την σωστή λειτουργία του κυκλώματος. Παραδείγματος χάρη έχουμε το λογικό κύκλωμα που παρουσιάστηκε και παραπάνω:



Σχήμα 60

Εκτελώντας την εντολή gateswap θα ανταλλάξουμε το ολοκληρωμένο IC1A με το ολοκληρωμένο IC1B. Έτσι θα έχουμε:

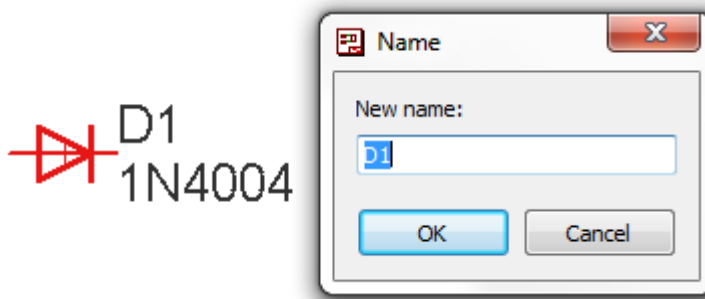


Σχήμα 61

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Για να χρησιμοποιήσουμε την εντολή gateswap απαραίτητη προϋπόθεση είναι οι πύλες να είναι ίδιες και να έχουν τιμή ίση ή μεγαλύτερη του μηδενός.

## 18. Name

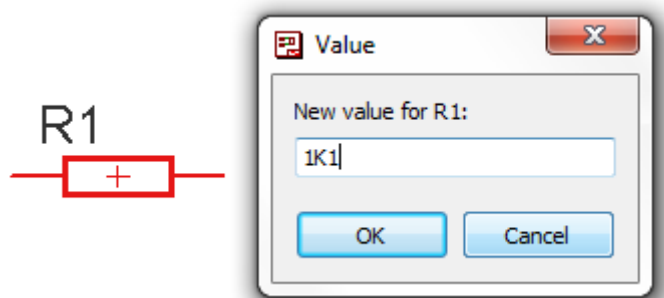
Με την εντολή name μπορούμε να αλλάξουμε την ονομασία του στοιχείου που επιθυμούμε. Πατάμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο και στο παράθυρο που μας εμφανίζεται πληκτρολογούμε το όνομα που θέλουμε.



Σχήμα 62

## 19. Value

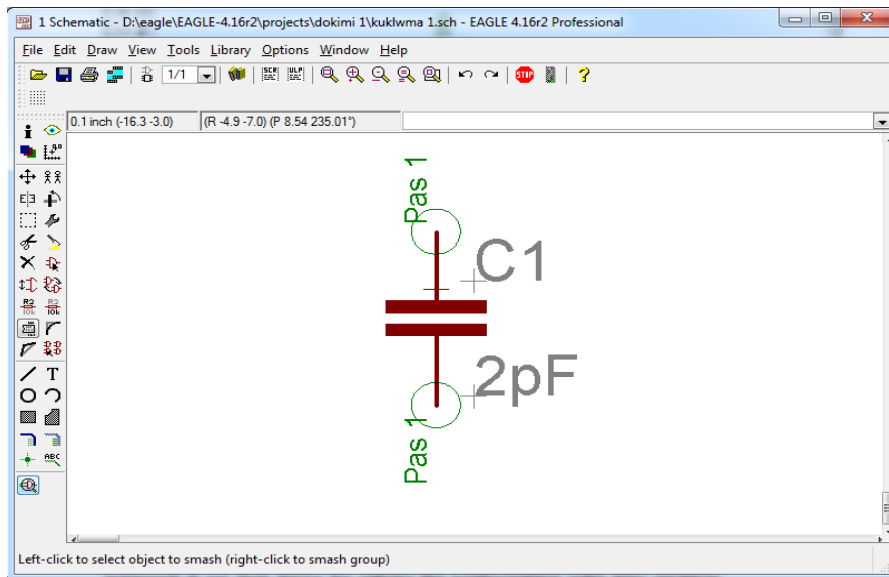
Με την εντολή value μπορούμε να αλλάξουμε τις τιμές των στοιχείων και δώσουμε τις τιμές που επιθυμούμε. Πατάμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο και στο παράθυρο που μας εμφανίζεται πληκτρολογούμε την τιμή που επιθυμούμε.



Σχήμα 63

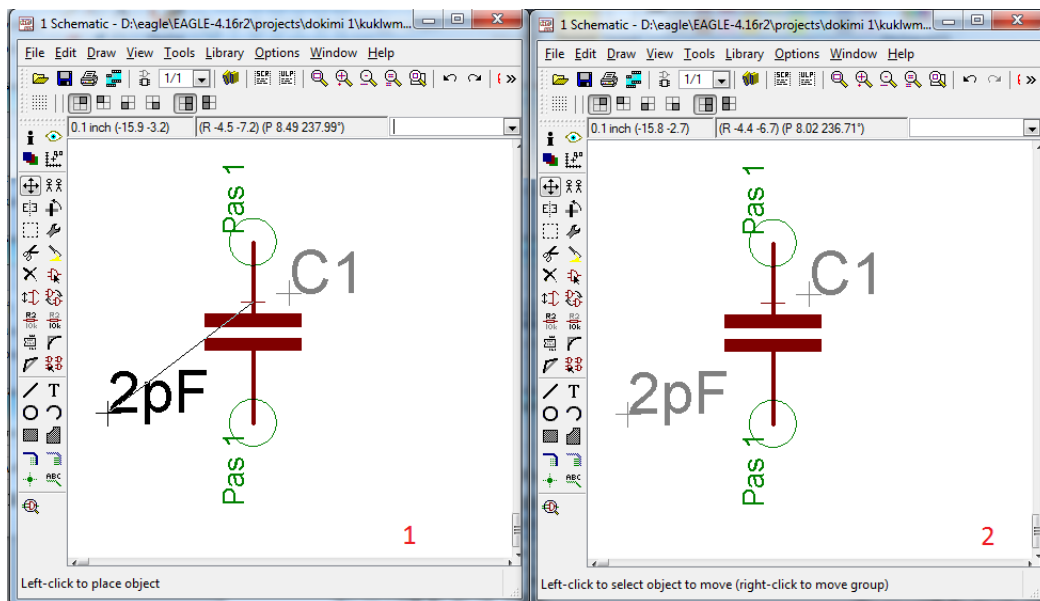
## 20. Smash

Η εντολή smash μας δίνει τη δυνατότητα να περιστρέψουμε και να μετακινήσουμε ονόματα και κείμενα τιμών (οριζόντια και κατακόρυφα) αφήνοντας τα σύμβολα αμετακίνητα στην ίδια θέση. Για να ενεργοποιήσουμε την εντολή τοποθετούμε τον δρομέα στο σύμβολο του στοιχείου. Έτσι διαχωρίζεται το σύμβολο από το κείμενο. Έπειτα πατάμε το εικονίδιο move και μετακινούμε τον δρομέα εκεί που επιθυμούμε. Για παράδειγμα έχουμε τον πιο κάτω πυκνωτή:



Σχήμα 64

και θέλουμε να μετακινήσουμε την χωρητικότητα του (2pF) χωρίς να επεμβούμε στην θέση του συμβόλου. Ακολουθώντας την διαδικασία που αναφέρθηκε πιο πάνω θα έχουμε το εξής αποτέλεσμα:

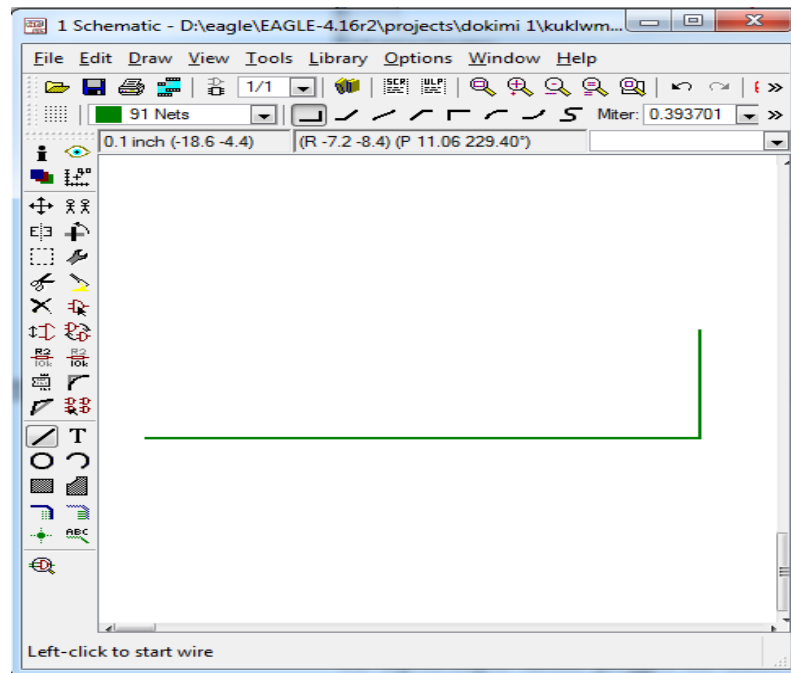


Σχήμα 65

## 21. Miter

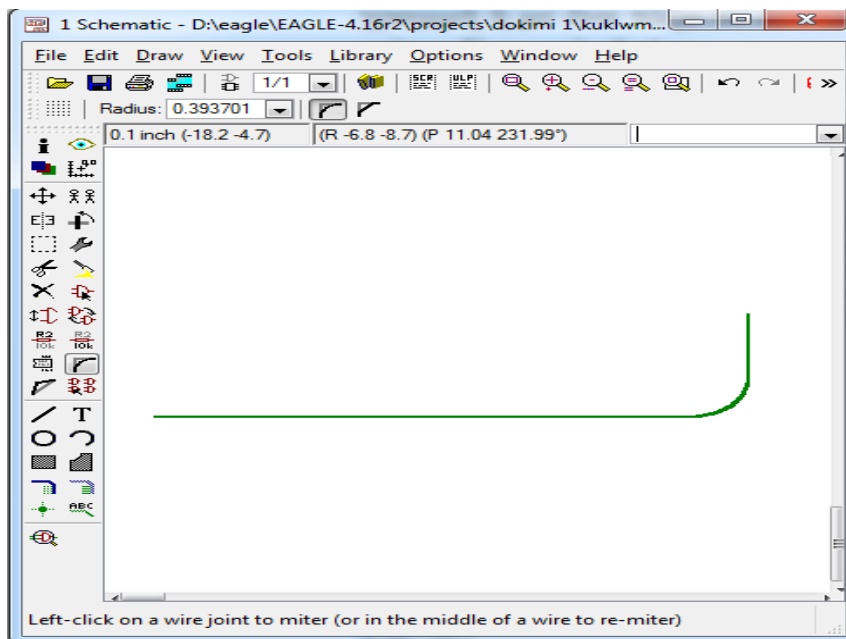


Την εντολή miter την χρησιμοποιούμε για να λοξεύσουμε καμπύλες καλωδίων. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με μια ευθεία γραμμή ή με ένα τόξο το οποίο θα καθοριστεί από την ακτίνα miter. Για να λοξεύσουμε μια γωνία κάνουμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο miter, πηγαίνουμε στην γωνία και κρατάμε πατημένο το αριστερό κλικ μέχρι το επιθυμητό σημείο. Αν υποθέσουμε ότι έχουμε μια καλωδίωση σαν και αυτή που παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 66

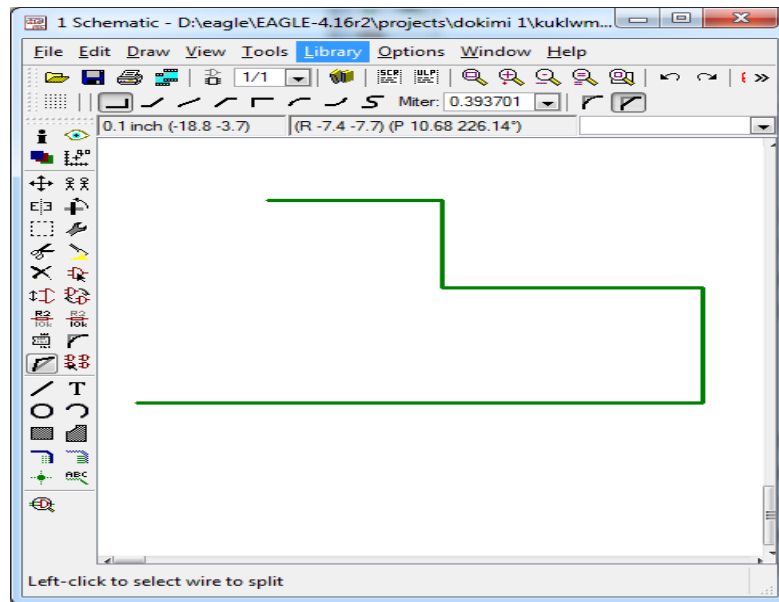
Τότε πολύ εύκολα ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία μπορούμε να φτάσουμε στο πιο κάτω αποτέλεσμα:



Σχήμα 67

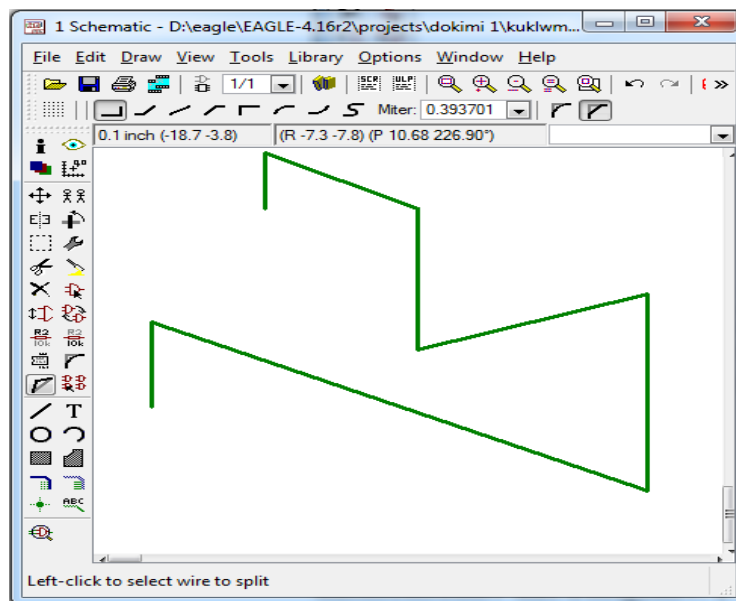
## 22. Split

Η εντολή split χρησιμοποιείται για την τακτοποίηση τμημάτων καλωδιώσεων και στοιχείων. Για ενεργοποίηση πατάμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο, ύστερα πηγαίνουμε πάνω στην γραμμή και κάνοντας ξανά αριστερό κλικ την αλλάζουμε ανάλογα με αυτό που θέλουμε. Έστω ότι έχουμε την εξής καλωδίωση:



Σχήμα 68

Κάνοντας τα βήματα που προαναφέρθηκαν η καλωδίωση μπορεί να πάρει οποιαδήποτε μορφή. Μια τυχαία μορφή παρουσιάζεται παρακάτω:

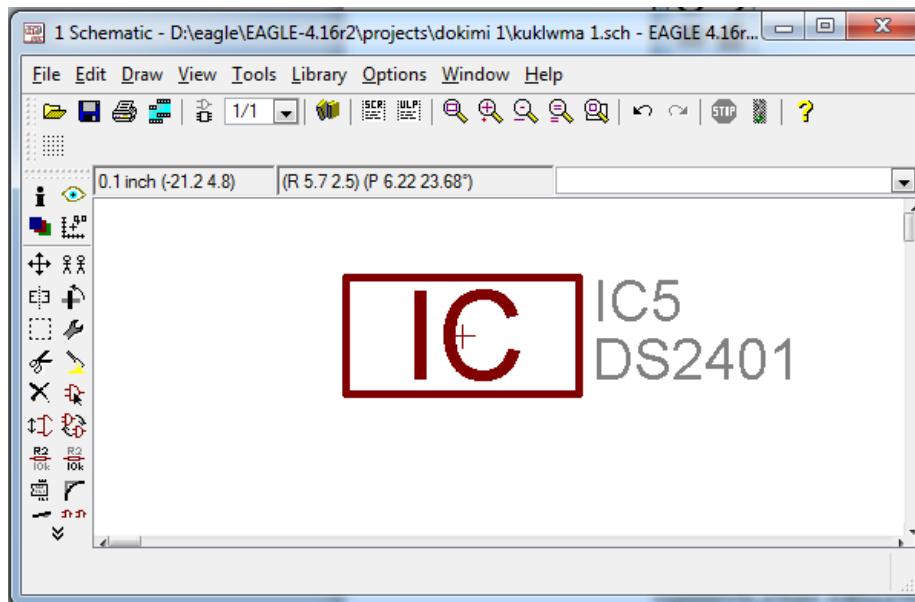


Σχήμα 69

### 23. Invoke

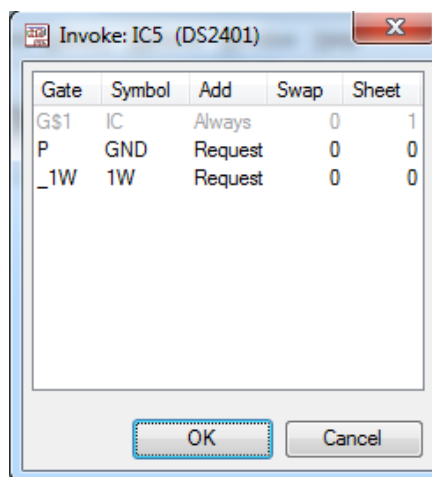
Η εντολή invoke χρησιμοποιείται για να επιτραπεί η σύνδεση ενός ενεργού στοιχείου σε πηγή τροφοδοσίας διαφορετική από Vcc και GND. Κάνουμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο, επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε επεξεργαστούμε και στο παράθυρο που μας εμφανίζεται επιλέγουμε πως θα τοποθετήσουμε τους ακροδέκτες.

Για παράδειγμα έστω ότι έχουμε το παρακάτω στοιχείο:



Σχήμα 70

Εκτελώντας την εντολή invokeμας εμφανίζεται το εξής παράθυρο:

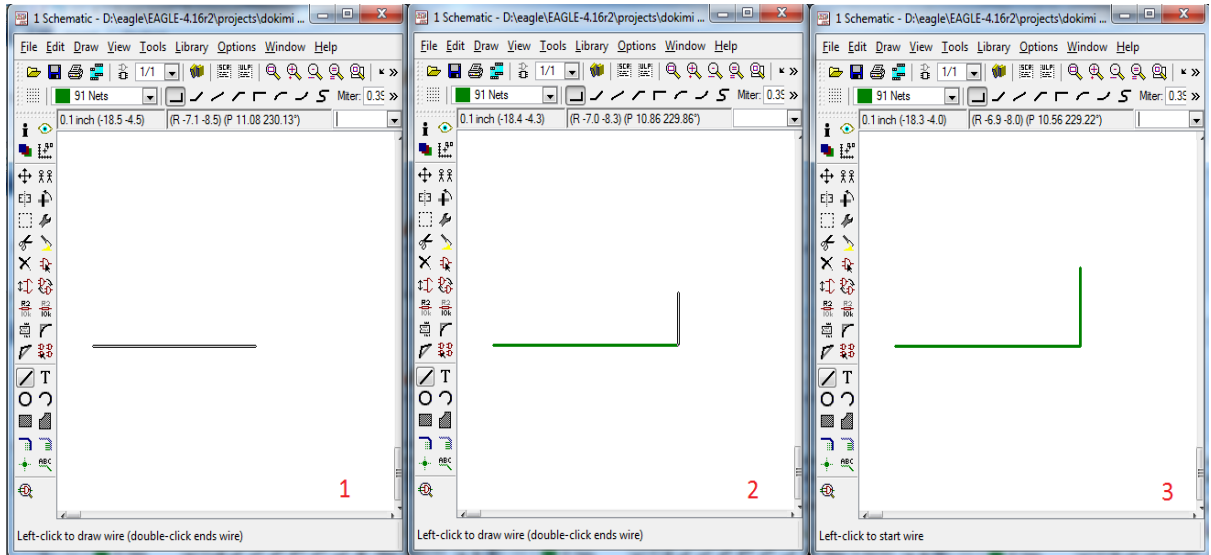


Σχήμα 71

από το οποίο μπορούμε να επιλέξουμε τι θέλουμε να κάνουμε.

## 24. Wire

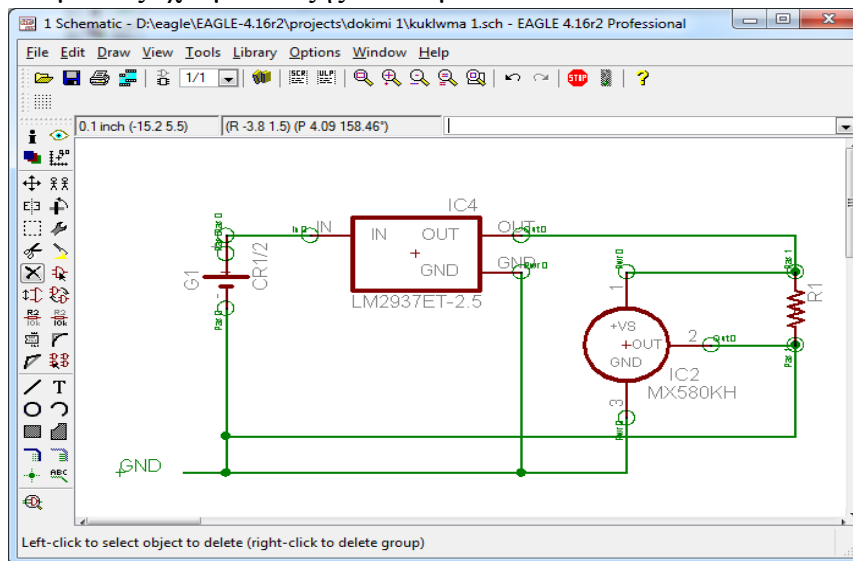
Με αυτή την εντολή μπορούμε να καθορίσουμε ένα σημείο έναρξης πάνω στο σχέδιο. Παρατηρούμε ότι μια γωνία μπορεί να πραγματοποιηθεί πατώντας το δεξί κλικ του ποντικιού. Όταν η σύνδεση εμφανιστεί υπό ορθή γωνία πατάμε αριστερό κλικ ώστε να καθορίσουμε αυτή τη θέση.



Σχήμα 72

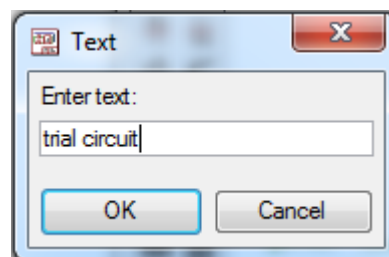
## 25. Text **T**

Η εντολή text χρησιμοποιείται για την εισαγωγή κειμένου. Πατάμε πάνω στο εικονίδιο και στο παράθυρο που μας εμφανίζεται γράφουμε το κείμενο που θέλουμε. Ύστερα το τοποθετούμε στο σημείο που επιθυμούμε. Ας υποθέσουμε πως έχουμε το εξής κύκλωμα:



Σχήμα 73

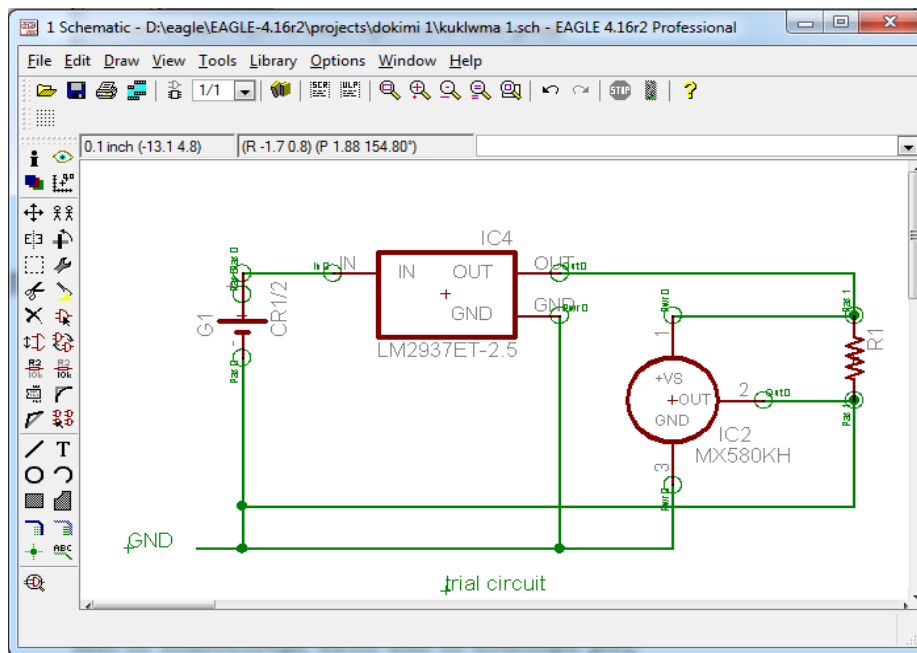
Στην συγκεκριμένη περίπτωση στο παράθυρο διαλόγου γράφουμε:



Σχήμα 74



Και το τοποθετούμε κάτω από το κύκλωμα μας.



Σχήμα 75

## 26. Circle

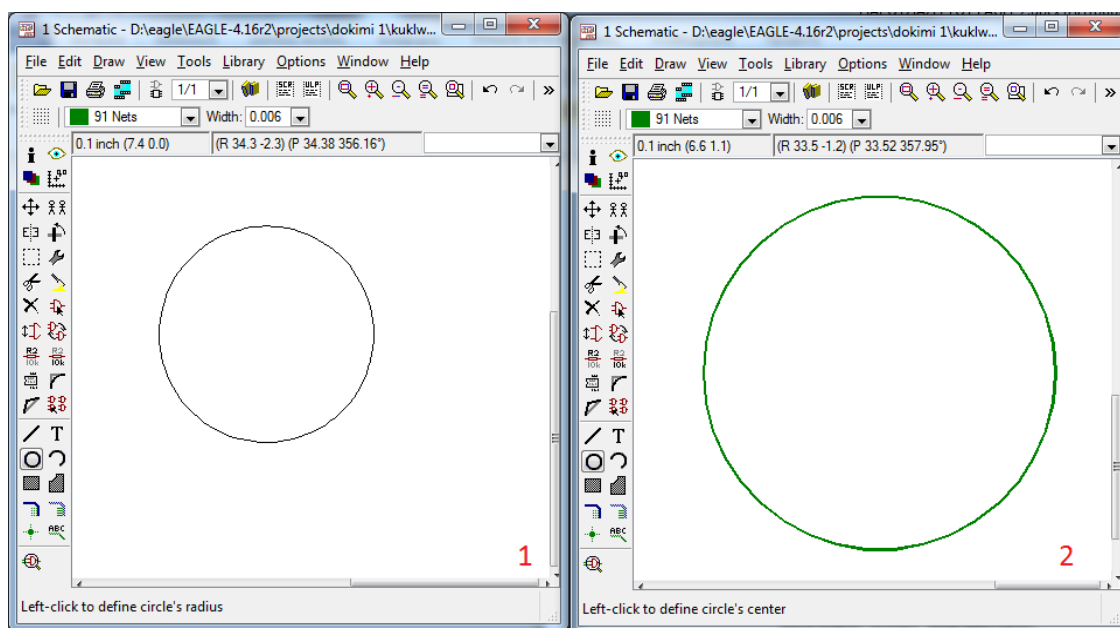
Η εντολή circle χρησιμοποιείται για το σχηματισμό κύκλων. Τοποθετούμε τον δρομέα σε οποιοδήποτε σημείο του πλέγματος πατώντας αριστερό κλικ και τον σύρουμε προς όποια κατεύθυνση επιθυμούμε. Όταν ο κύκλος αποκτήσει τη διάμετρο που θέλουμε ξαναπατάμε αριστερό κλικ και σχηματίζουμε τον κύκλο. Επιπλέον μπορούμε να σχεδιάσουμε ένα κύκλο με πλήρη στοιχεία. Αρχικά μπορούμε να ορίσουμε ένα πλέγμα είτε σε mm είτε σε inches.

Άρα: Grid inch(enter)

Π.χ: circle (2.0 2.0) (5.0 2.0)

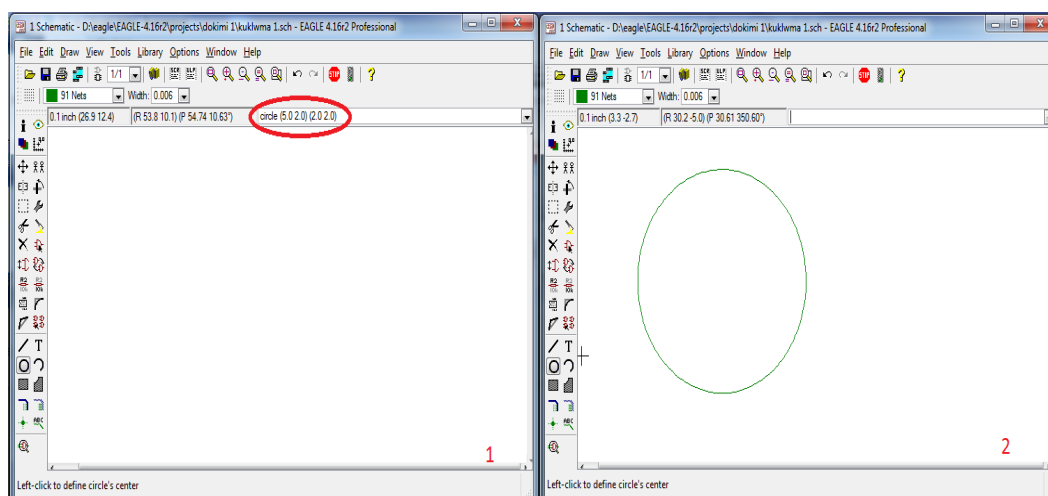
Το πρώτο ζεύγος της παραμέτρου αναφέρεται στο κέντρο και το δεύτερο στην περίμετρο.

Για την πρώτη περίπτωση μπορούμε έχουμε:



Σχήμα 76

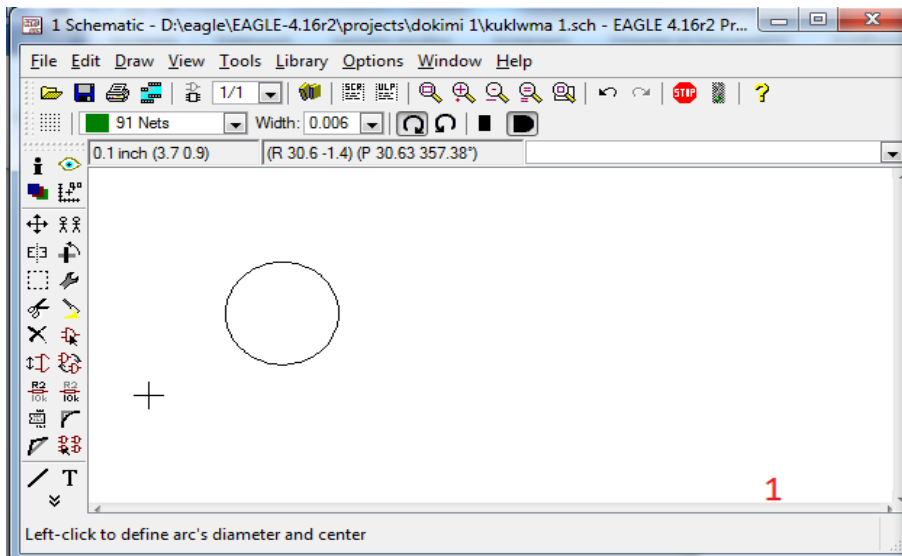
Για την δεύτερη περίπτωση (πληκτρολογώντας τα στοιχεία του κύκλου) έχουμε:



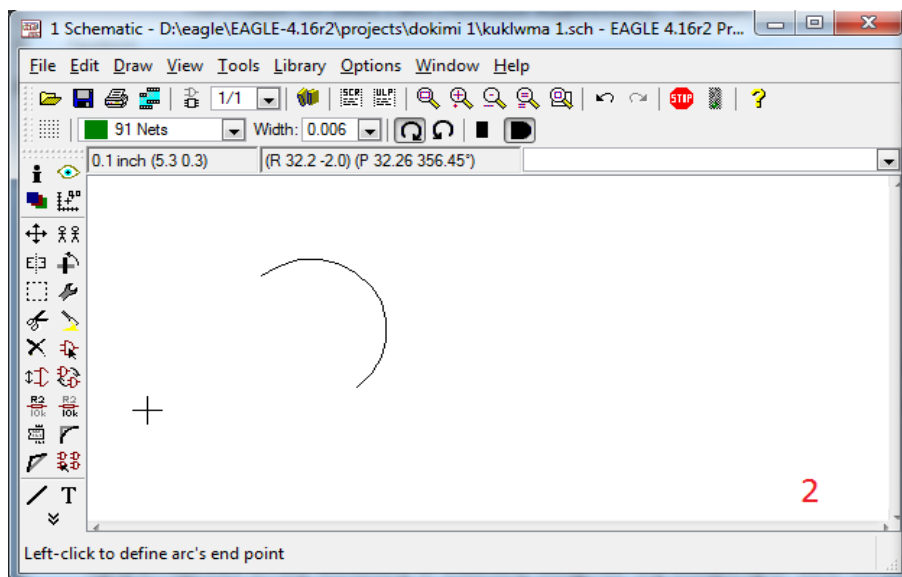
Σχήμα 77

## 27. Arc

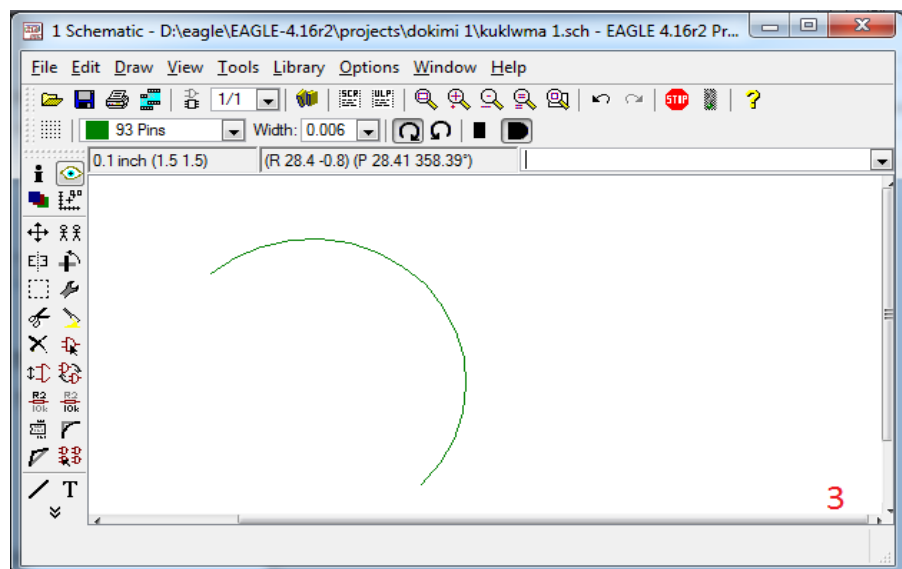
Η εντολή arc χρησιμοποιείται για τη σχεδίαση τόξων. Καθορίζεται με 3 βήματα. Το πρώτο ορίζει το σημείο εκκίνησης, το δεύτερο τη διάμετρο και το τρίτο το σημείο πέρατος. Τοποθετούμε τον δρομέα στο επιθυμητό σημείο εκκίνησης και στη συνέχεια τον μετακινούμε προς κάποια κατεύθυνση. Εκείνη τη στιγμή εμφανίζεται ένας κύκλος ο οποίος δείχνει τη διάμετρο του τόξου και ο κύκλος μετατρέπεται σε τόξο. Η κατεύθυνση του τόξου μπορεί να αλλάξει με δεξί κλικ.



Σχήμα 78



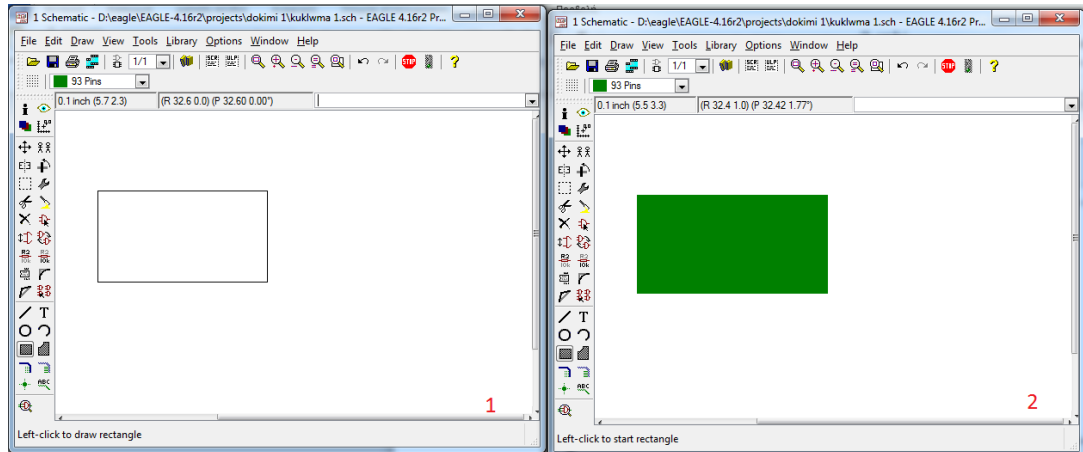
Σχήμα 79



Σχήμα 80

## 28. Rect

Η εντολή rect χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ορθογώνιου . Για τη σχεδίαση του πατάμε αριστερό κλικ μια φορά πάνω στο πλέγμα καθορίζοντας έτσι τη μια γωνία του και ξαναπατάμε αριστερό κλικ εκεί που επιθυμούμε για να καθορίσουμε την απέναντι γωνία. Το ορθογώνιο γεμίζει με το χρώμα που χρησιμοποιείται εκείνη τη στιγμή.



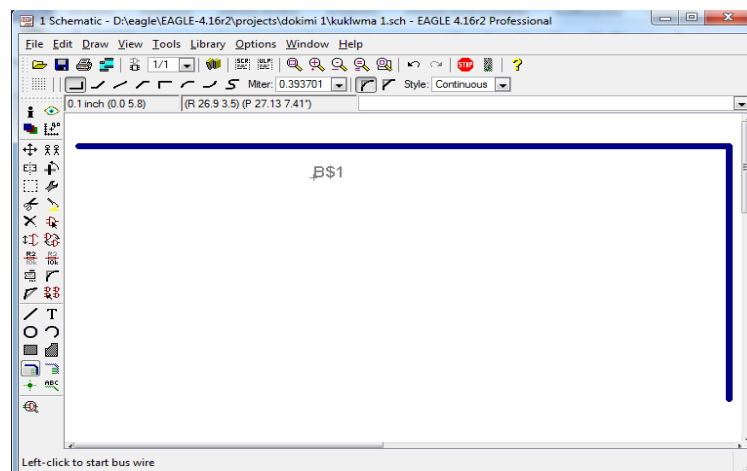
Σχήμα 81

## 29. Polygon

Η εντολή polygon μας επιτρέπει να ορίζουμε περιοχές που ανήκουν σε κάποιο σήμα, συνδέοντας όλα τα σχετικά προς αυτό το σήμα τμήματα με ενεργά σύμβολα.

## 30. Bus

Για να χρησιμοποιήσουμε τη εντολή bus πρέπει να φορτώσουμε το κυκλωματικό διάγραμμα bus.sch από την τοποθεσία /eagle/examples/tutorial. Το κυκλωματικό διάγραμμα εμφανίζεται με ένα διάυλο. Ο διάυλος σχεδιάζεται με την εντολή bus και λαμβάνει αυτόματα την ονομασία *B\$1*. Παράδειγμα σχεδιασμού με την εντολή bus:



Σχήμα 82

### 31. Net

Η εντολή net μας δίνει τη δυνατότητα να κάνουμε χρήση καλωδίου για τη σύνδεση των στοιχείων. Πάνω από τη γραμμή εντολών θα εμφανιστεί ένα μικρό μενού από το οποίο επιλέγουμε τη μορφή που θέλουμε να έχει το καλώδιο μας όταν θα σχηματίζει γωνίες. Η γωνία αλλάζει κάνοντας διαδοχικά αριστερό κλικ. Με διπλό δεξί κλικ μπορούμε να σταματήσουμε το καλώδιο και πατώντας κλικ σε άλλο σημείο να το συνεχίσουμε.

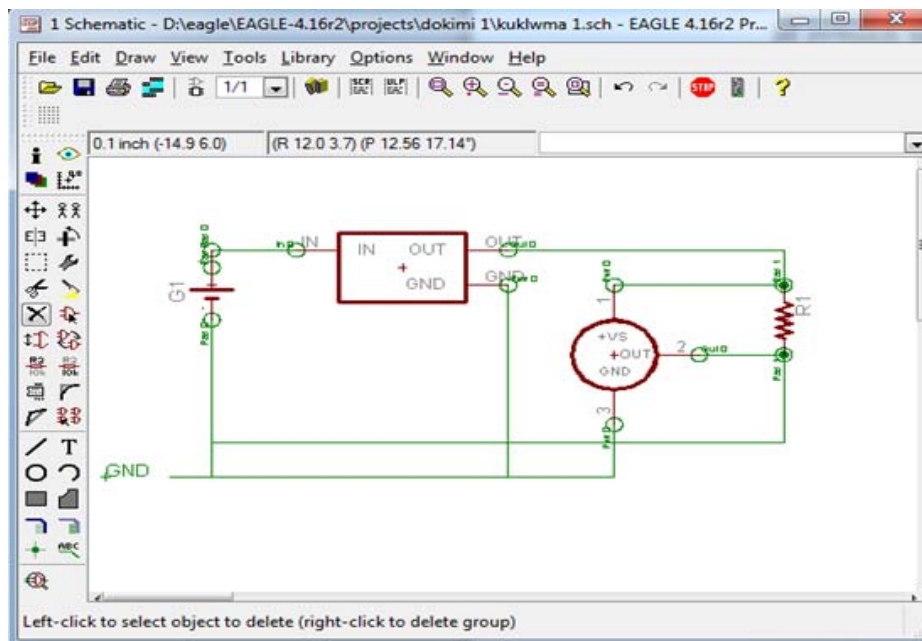


Σχήμα 83

### 32. Junction

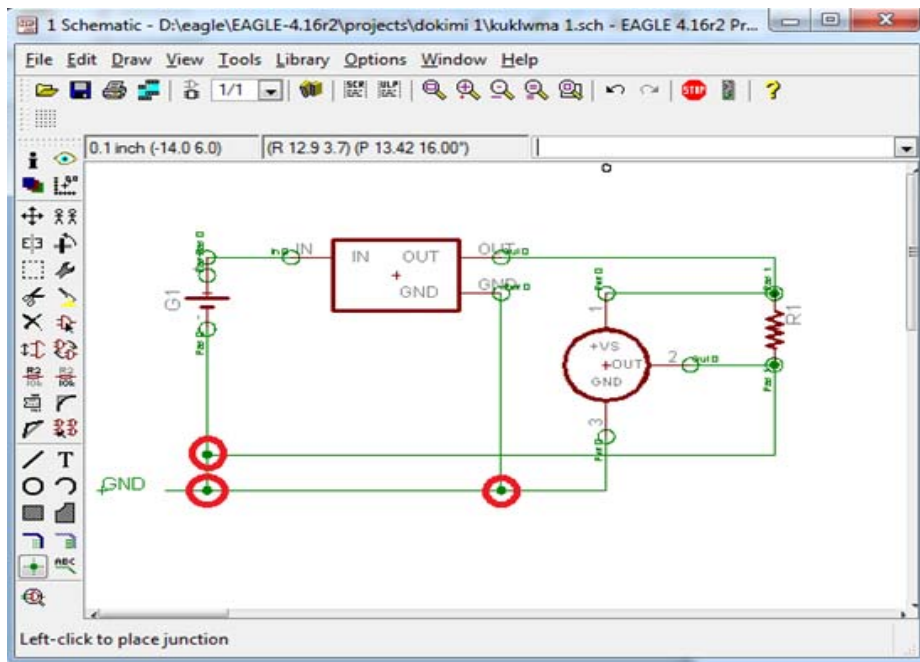
Η εντολή junction χρησιμοποιείται για τη δημιουργία κόμβων όταν η γραμμή ενός δικτύου πέφτει πάνω σε γραμμή άλλου δικτύου. Κάνουμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο και πηγαίνουμε στο σημείο που θέλουμε να τοποθετήσουμε τον κόμβο και ξαναπατάμε αριστερό κλικ. Στην παρακάτω εικόνα τοποθετούμε κόμβους εκεί που χρειάζεται.

Κύκλωμα χωρίς κόμβους:



Σχήμα 84

Κύκλωμα με κόμβους:



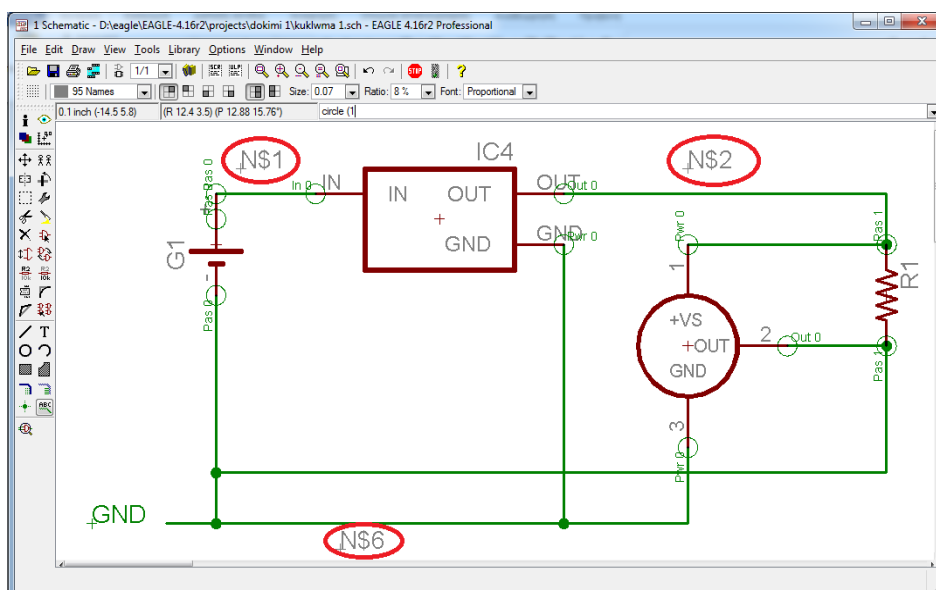
Σχήμα 85

### 33. Label



Με την εντολή label μπορούμε να τοποθετήσουμε ετικέτες με ονόματα διαύλων ή δικτυωμάτων στο κύκλωμά μας σε οποιαδήποτε θέση επιθυμούμε. Πατάμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο και έπειτα πηγαίνουμε στο στοιχείο που θέλουμε να τοποθετήσουμε ετικέτα και ξαναπατάμε αριστερό κλικ.

Έτσι στο κύκλωμά μας έχουμε:



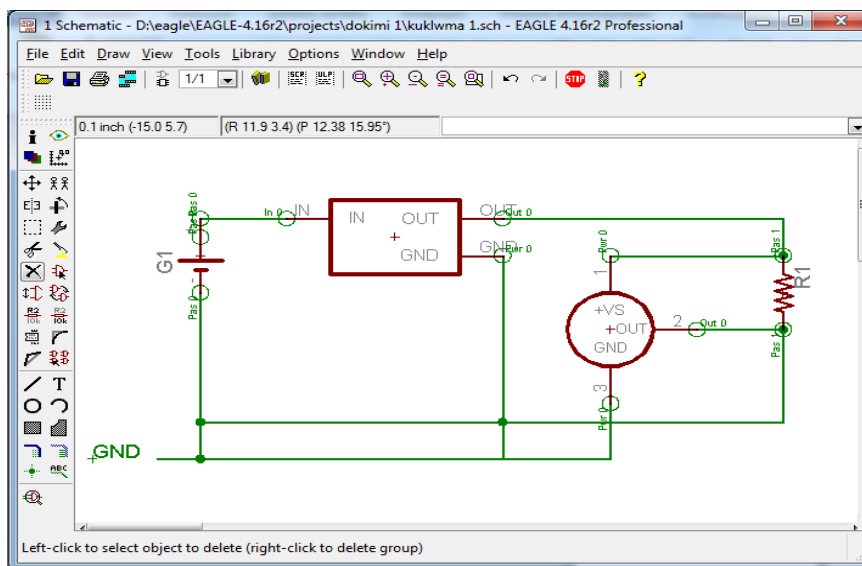
Σχήμα 86

### 34. Attribute

Με την εντολή attribute έχουμε τη δυνατότητα να βλέπουμε τα χαρακτηριστικά του κάθε ηλεκτρονικού εξαρτήματος.

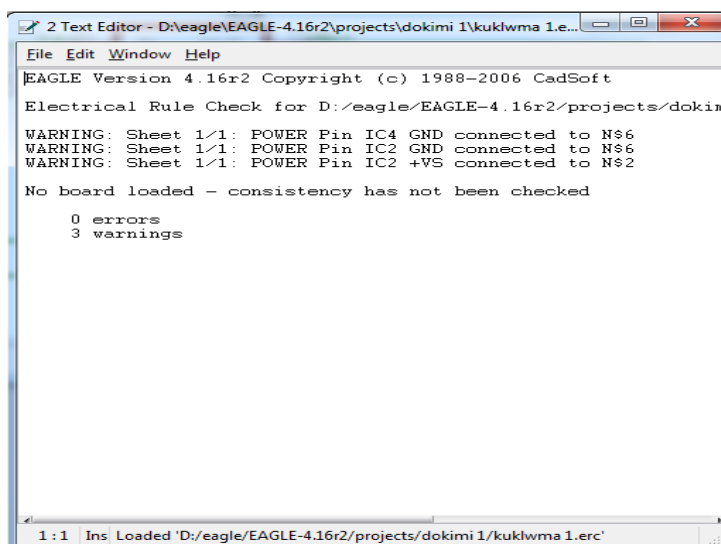
### 35. Erc

Με την εντολή erc πραγματοποιούμε έλεγχο για σφάλματα που μπορεί να έχουμε κάνει στα κυκλώματα μας. Κάνουμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο και μας εμφανίζει ένα παράθυρο που μας ενημερώνει για τα λάθη που υπάρχουν στο κύκλωμα. Στο παρόν κύκλωμα



Σχήμα 87

Πατώντας την εντολή erc εμφανίζεται το εξής παράθυρο που μας ενημερώνει για πιθανά σφάλματα που έχουμε κάνει.



```
File Edit Window Help
EAGLE Version 4.16r2 Copyright (c) 1988-2006 CadSoft
Electrical Rule Check for D:/eagle/EAGLE-4.16r2/projects/dokim
WARNING: Sheet 1/1: POWER Pin IC4 GND connected to N$6
WARNING: Sheet 1/1: POWER Pin IC2 GND connected to N$6
WARNING: Sheet 1/1: POWER Pin IC2 +VS connected to N$2
No board loaded - consistency has not been checked
0 errors
3 warnings
1 : 1 | Ins Loaded 'D:/eagle/EAGLE-4.16r2/projects/dokimi 1/kuklwma 1.erc'
```

Σχήμα 88

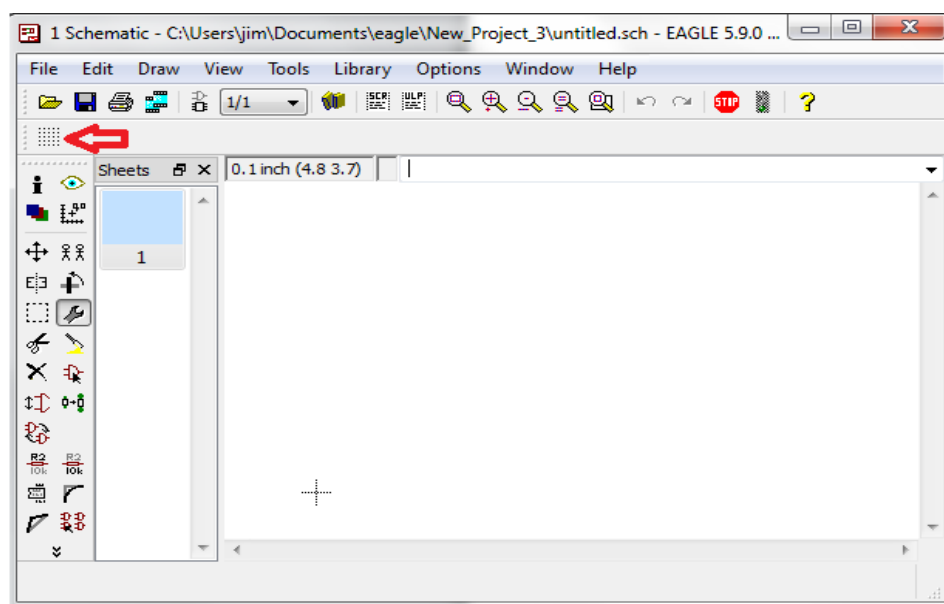
Με βάση το παραπάνω παράθυρο δεν έχουμε κάνει κάποιο σοβαρό λάθος. Ακόμα μας βγάζει 3 προειδοποιήσεις και μας δίνει τη δυνατότητα να ξαναδούμε το κύκλωμα μας.

### 36. Errors

Η εντολή errors χρησιμοποιείται μόνο αφού έχουμε ολοκληρώσει τη δρομολόγηση της πλακέτας και μας ενημερώνει για σφάλματα που έχουν γίνει. Ενεργοποιείται απλά κάνοντας ένα αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο.

### Πλέγμα (Grid)

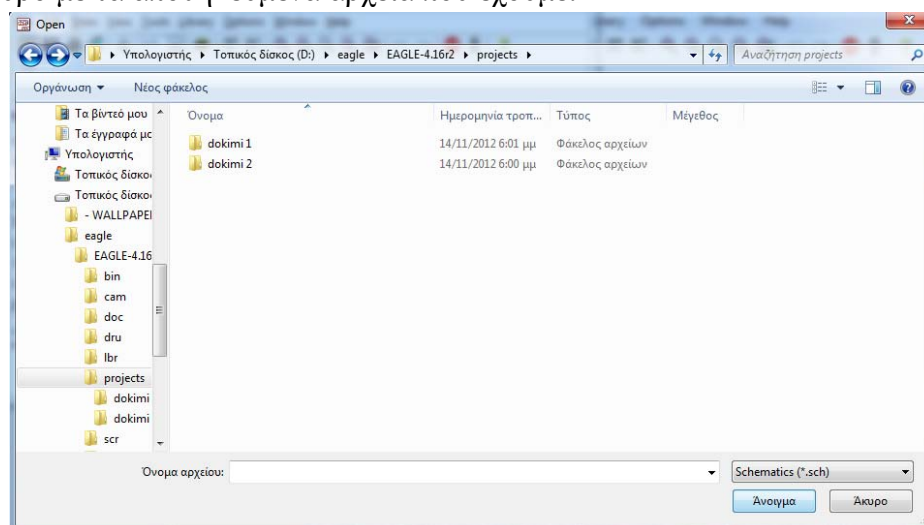
Πληκτρολογώντας την εντολή grid εμφανίζεται ένα μενού που μας επιτρέπει να εμφανίσουμε το πλέγμα κατά τη σχεδίαση καθώς και να ρυθμίσουμε την απόσταση μεταξύ των σημείων του πλέγματος.



Σχήμα 89

### Open (άνοιγμα αρχείου)

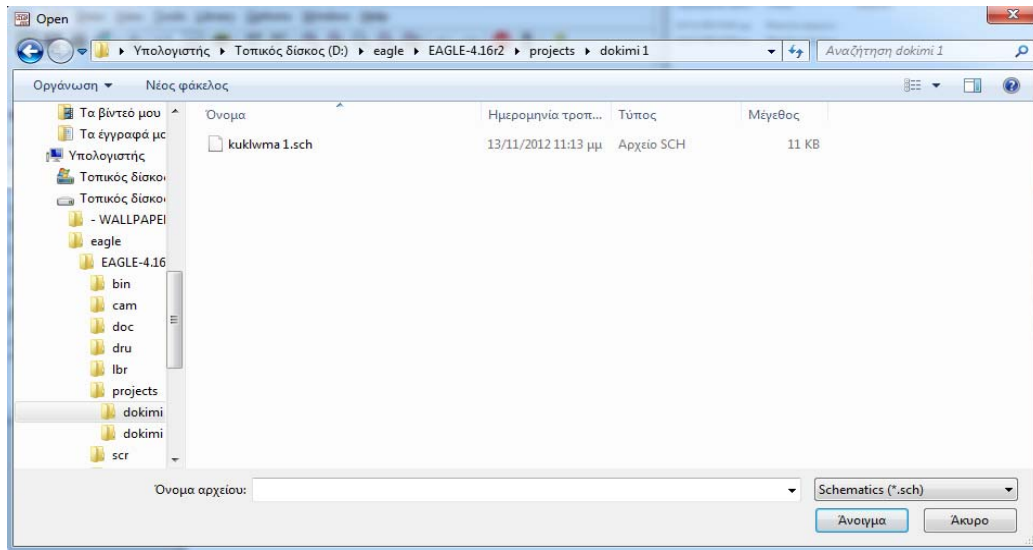
Κάνοντας αριστερό κλικ σε αυτό το εικονίδιο είμαστε σε θέση να ανοίξουμε οποιοδήποτε αρχείο επιθυμούμε. Για παράδειγμα κάνουμε κλικ και μας εμφανίζει ένα παράθυρο με τα αποθηκευμένα αρχεία που έχουμε:



Σχήμα 90

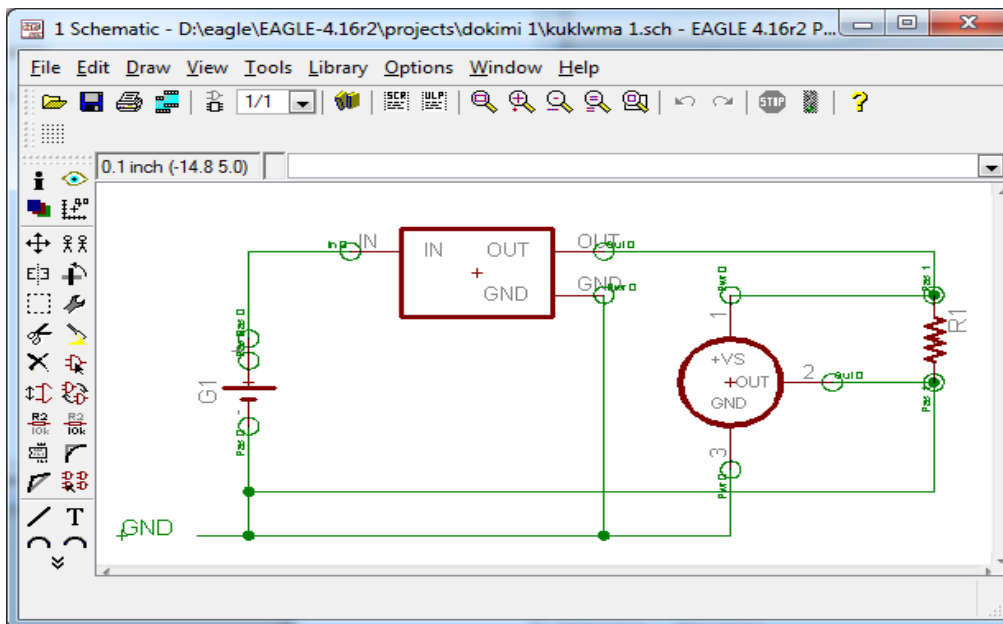


Έπειτα επιλέγουμε ποιο φάκελο θέλουμε, πατάμε άνοιγμα και μας βγάζει το αρχείο που περιέχει:



Σχήμα 91

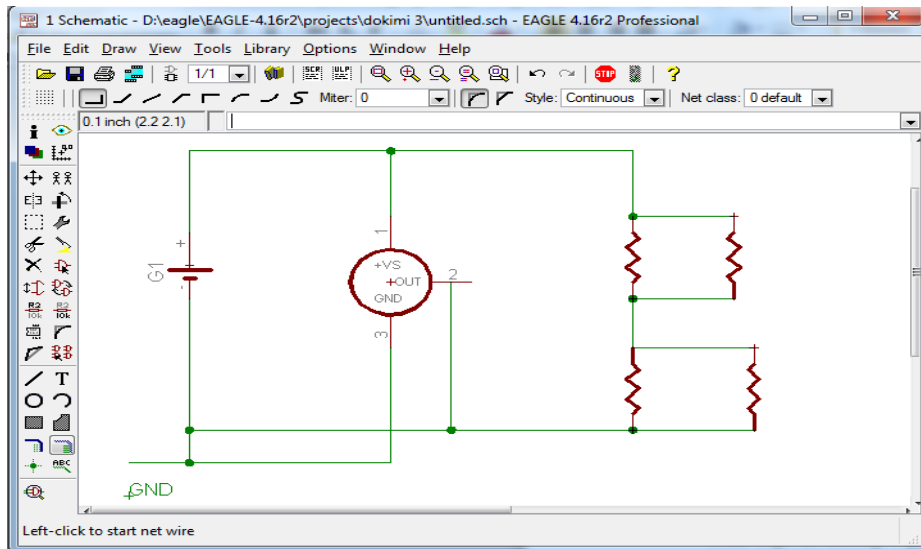
Τέλος επιλέγουμε το αρχείο, κάνουμε διπλό αριστερό κλικ και μας εμφανίζει το κύκλωμα που θέλουμε:



Σχήμα 92

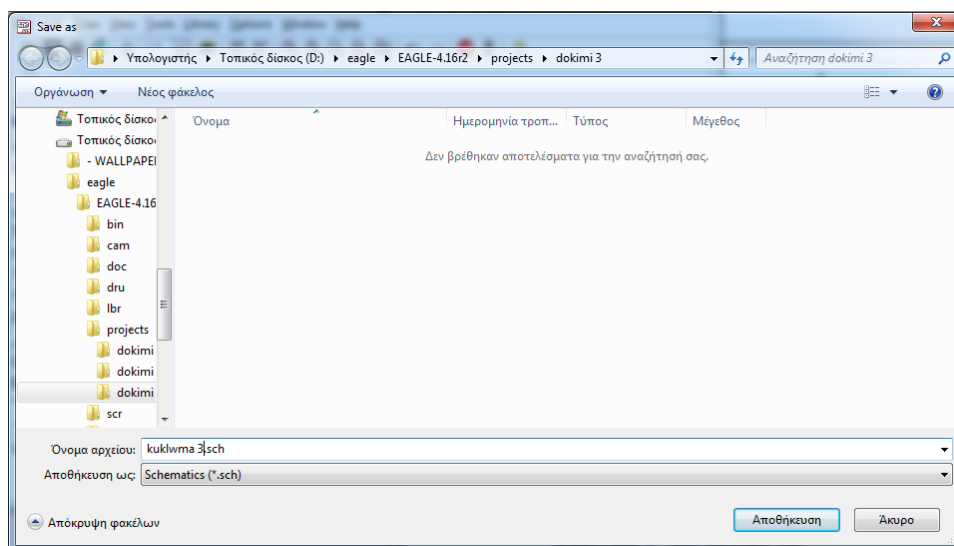
## Αποθήκευση (save)

Με την εντολή της αποθήκευσης έχουμε τη δυνατότητα να αποθηκεύσουμε τα αρχεία μας οποιαδήποτε στιγμή επιθυμούμε κατά τη διάρκεια της εργασίας μας. Για παράδειγμα έχουμε το παρακάτω κύκλωμα και θέλουμε να το αποθηκεύσουμε:



Σχήμα 93

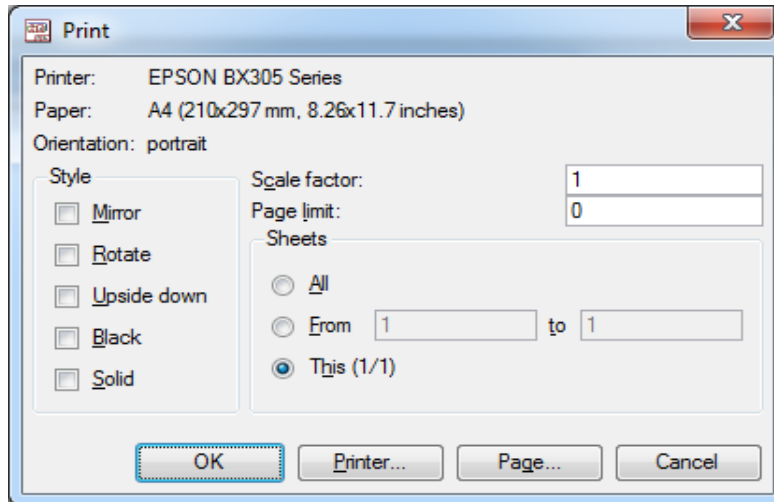
Κάνουμε αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο save και μας εμφανίζεται το εξής παράθυρο διαλόγου (save as) όπου μπορούμε να δώσουμε στο κύκλωμα μας ότι όνομα επιθυμούμε. Το ονομάζουμε “kuklwma 3” και πατάμε αποθήκευση.



Σχήμα 94

## Εκτύπωση (print)

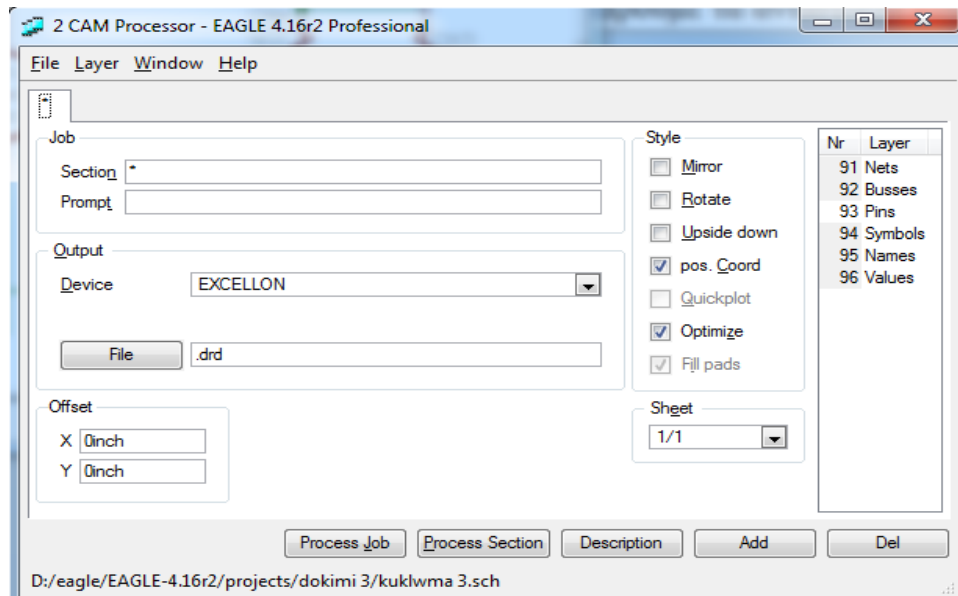
Με την εντολή print μπορούμε να εκτυπώσουμε το κύκλωμα που έχουμε δημιουργήσει. Κάνοντας αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο μας εμφανίζει το εξής παράθυρο με τις επιλογές εκτύπωσης. Ανάλογα με το τι επιθυμούμε τσεκάρουμε τα αντίστοιχα κουτάκια και πατάμε ok.



Σχήμα 95

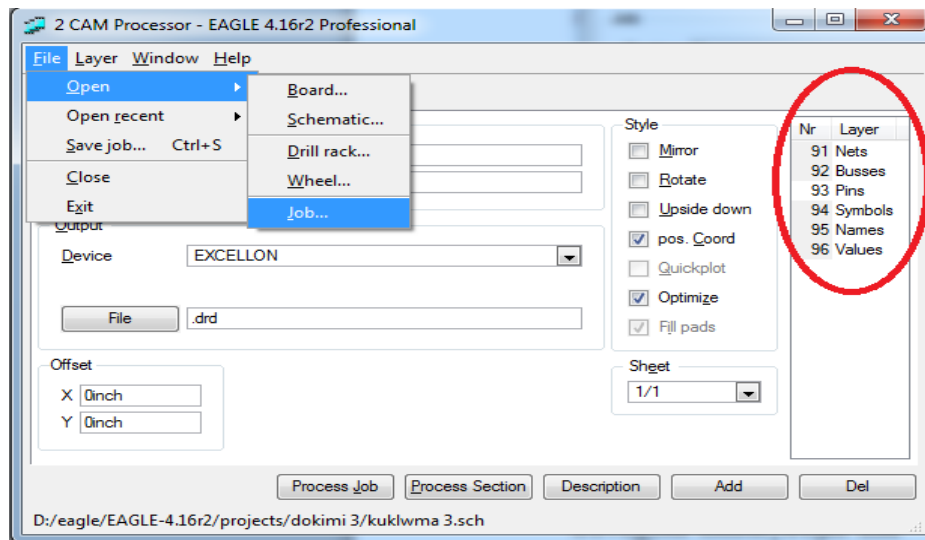
## Επεξεργαστής CAM (CAM processor)

Ο επεξεργαστής CAM μας επιτρέπει να εξάγουμε οποιοδήποτε συνδυασμό στρωμάτων (layers) σε μια συσκευή ή ένα αρχείο. Κάνοντας αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο μας εμφανίζει το παρακάτω παράθυρο:



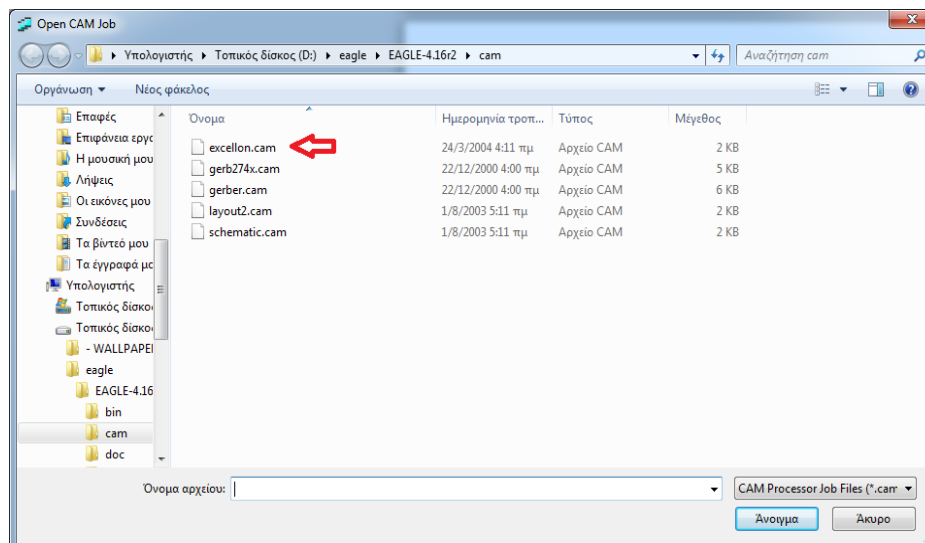
Σχήμα 96

Αρχικά επιλέγουμε τον αριθμό των στρωμάτων (layers) και στην συνέχεια επιλέγουμε file→open→job όπως φαίνεται παρακάτω:



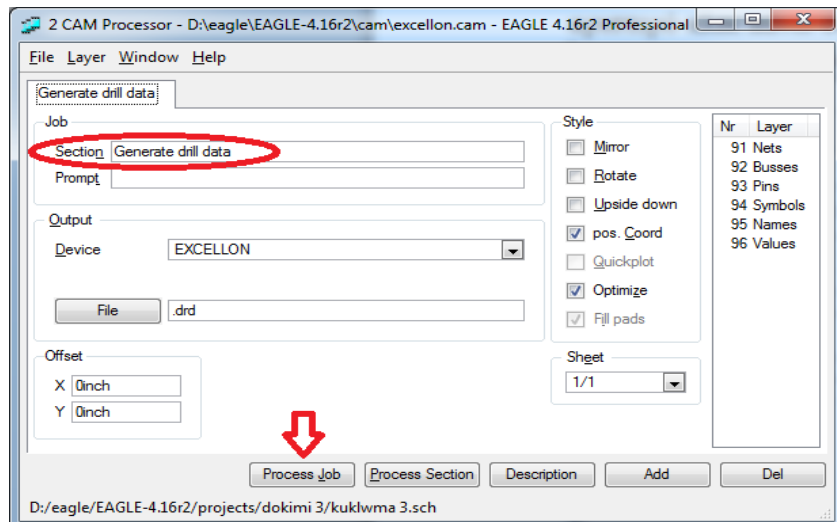
Σχήμα 97

Στο νέο παράθυρο που ανοίγει υπάρχουν τα στοιχεία με κατάληξη “.cam” όπως παρουσιάζεται πιο κάτω:



Σχήμα 98

Εμείς επιλέγουμε το στοιχείο “excellon.cam” και στη συνέχεια πατάμε άνοιγμα. Με αυτό τον τρόπο ανοίγει το παρακάτω παράθυρο:



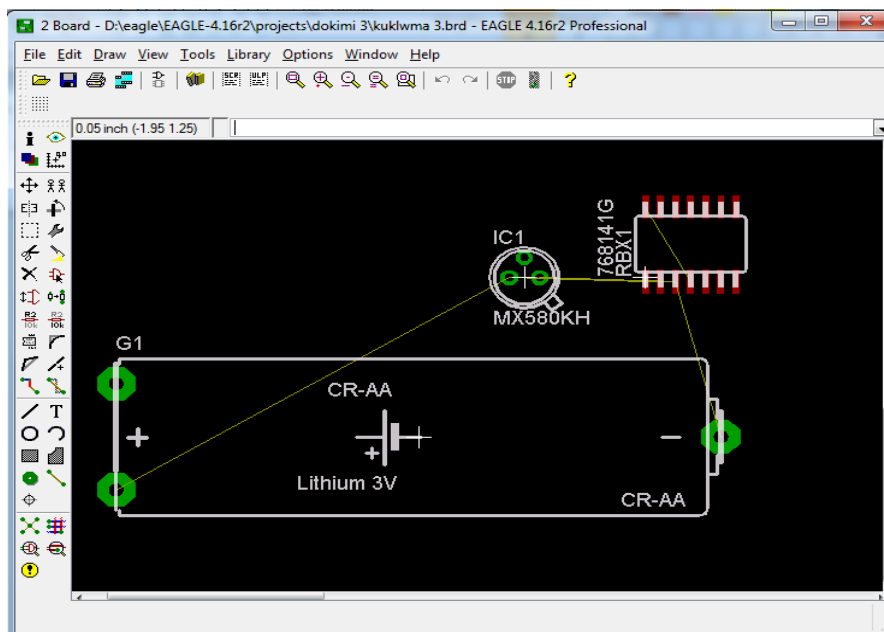
Σχήμα 99

Τέλος πατάμε process job και περιμένουμε να εμφανιστεί το τελικό αποτέλεσμα.


**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Στην περίπτωση που εξετάζουμε δεν θα έχουμε αποτέλεσμα από τον επεξεργαστή CAM διότι δεν χρησιμοποιήσαμε στρώματα εργασίας (layers) ώστε να μπορούμε να τα επιλέξουμε.

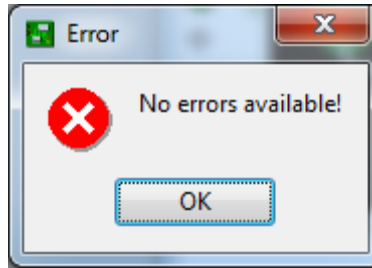
## Πλακέτα (Board)

Πατώντας αυτό το εικονίδιο ανοίγεται ένα νέο παράθυρο που μας εμφανίζει το κύκλωμά μας με ηλεκτρονικά εξαρτήματα και όχι με τα σύμβολα τους που έως τώρα χρησιμοποιούνταν.



Σχήμα 100

Στο παραπάνω κύκλωμα κάναμε και ένα έλεγχο με την εντολή errors  για πιθανά σφάλματα αλλά δεν μας επέστρεψε κάτι όπως φαίνεται:



Σχήμα 101

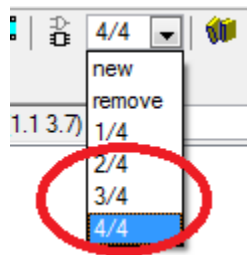
### Στρώματα εργασίας (layers-sheet) 1/1

Τα στρώματα εργασίας χρησιμοποιούνται για τη σχεδιαστική διευκόλυνσή μας. Για παράδειγμα αν είχαμε ένα πολύπλοκο κύκλωμα θα ήταν προτιμότερο να το χωρίζαμε σε τμήματα και να σχεδιάζαμε το κάθε τμήμα σε ξεχωριστό layer. Πατώντας πάνω στο εικονίδιο μας εμφανίζει τα εξής:



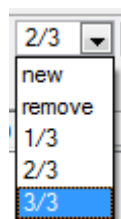
Σχήμα 102

Πατώντας new μπορούμε να προσθέσουμε νέο στρώμα ή και παραπάνω όπως φαίνεται:



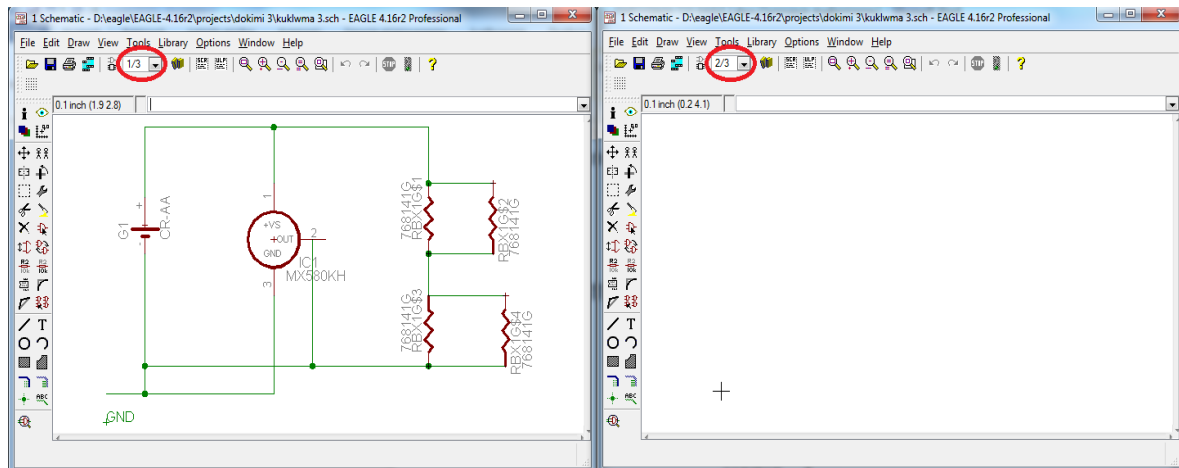
Σχήμα 103

Ακόμα μπορούμε να διαγράψουμε ένα στρώμα πατώντας το remove.



Σχήμα 104

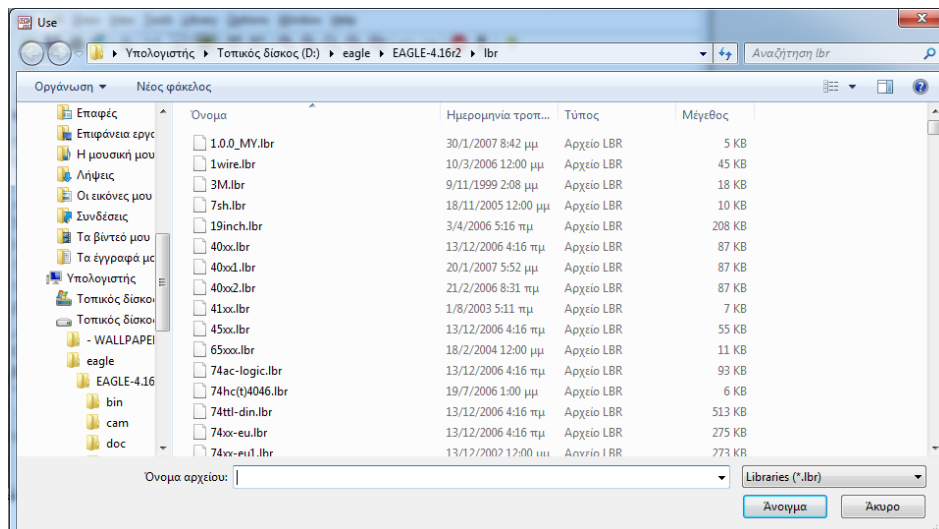
Αξίζει να σημειωθεί πως το κύκλωμά μας δεν χάνεται προσθέτοντας νέα στρώματα εργασίας. Παραμένει εκεί που ήταν και μπορούμε εύκολα να το βρούμε πηγαίνοντας στο αντίστοιχο layer.



Σχήμα 105

## Χρήση (use)

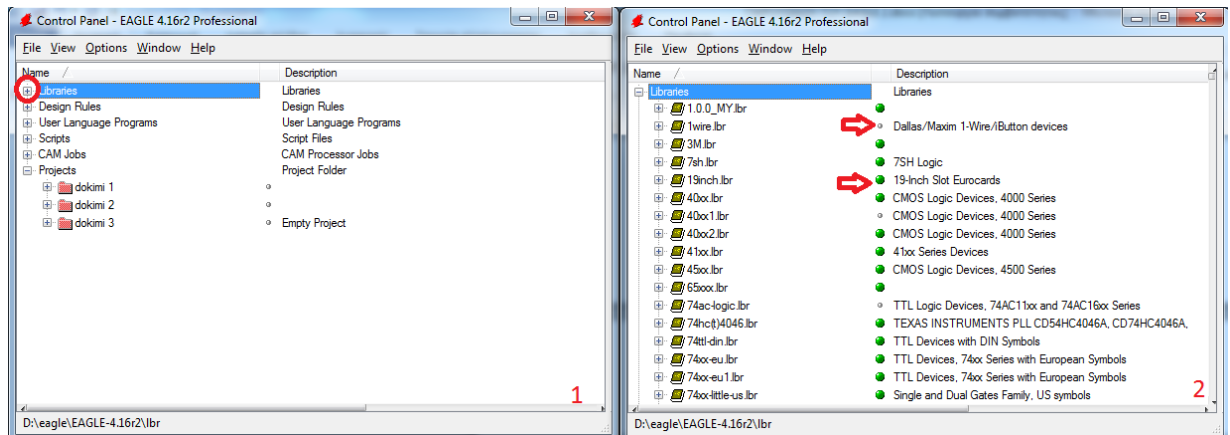
Επειδή η εντολή ADD έχει μεγάλο εύρος αναζήτησης βιβλιοθηκών (Libraries) χρησιμοποιούμε την εντολή use για να εξαιρέσουμε βιβλιοθήκες από την αναζήτηση. Χρησιμοποιείται πριν από την τοποθέτηση των στοιχείων. Για παράδειγμα αν θέλουμε να εξαιρέσουμε μια βιβλιοθήκη πατάμε στο εικονίδιο της use και μας εμφανίζεται το εξής παράθυρο:



Σχήμα 106

Από το εύρος των βιβλιοθηκών που υπάρχουν διαλέγουμε ποια δεν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε και πατάμε άνοιγμα.

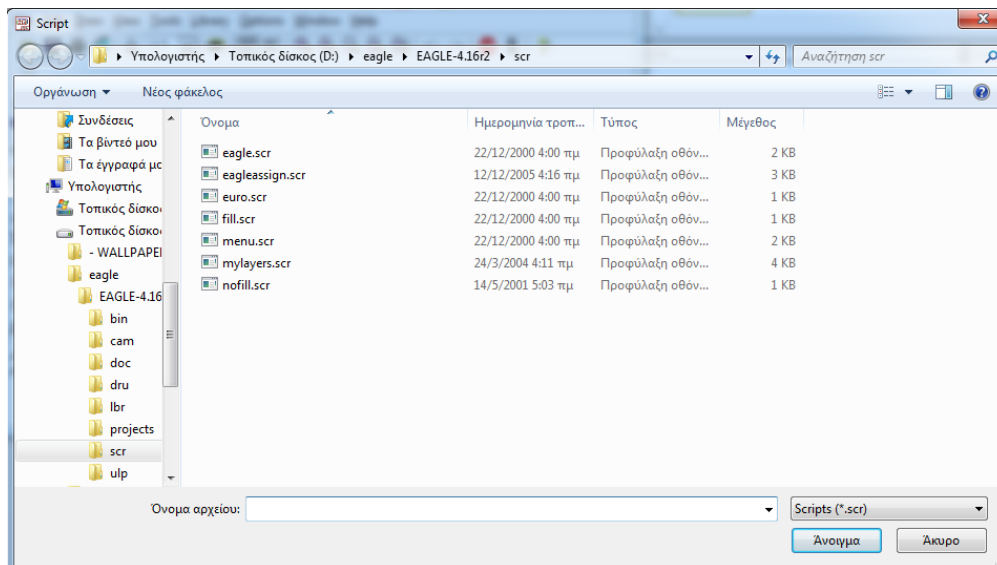
**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Είναι πιο εύρηστο να ενεργοποιούμε-απενεργοποιούμε τις βιβλιοθήκες από τον πίνακα ελέγχου (control panel). Πατώντας πάνω στο σταυρό δίπλα από τη λέξη Libraries μας εμφανίζονται όλες οι βιβλιοθήκες. Μπορούμε να επιλέξουμε ποιες θέλουμε ενεργές και ποιες όχι πολύ εύκολα κάνοντας κλικ στο κυκλάκι δίπλα από το όνομα κάθε βιβλιοθήκης. Αν είναι πράσινο τότε σημαίνει πως η βιβλιοθήκη είναι ενεργή. Αν είναι γκρι τότε σημαίνει πως η βιβλιοθήκη είναι ανενεργή. Η διαδικασία φαίνεται στη πιο κάτω εικόνα.



Σχήμα 107

## Script

Η εντολή script μας δίνει τη δυνατότητα με λίγα κλικ να εκτελέσουμε μια ακολουθία εντολών που την έχουμε δημιουργήσει εμείς ή είναι ήδη αποθηκευμένη στο σύστημα. Πατώντας πάνω στο εικονίδιο μας εμφανίζεται η παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 108

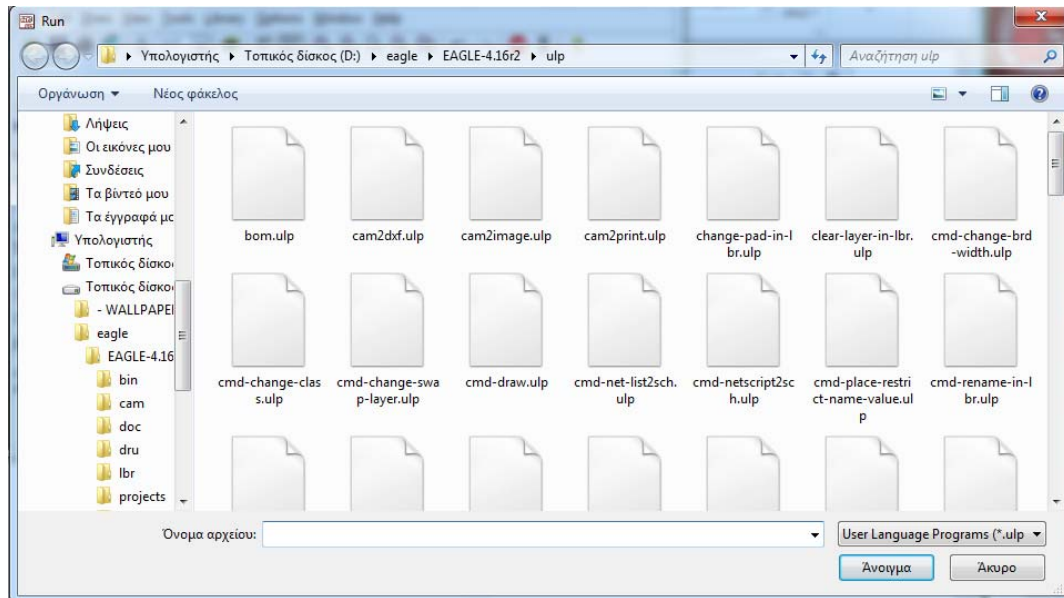
Επιλέγουμε το αρχείο που επιθυμούμε και πατάμε άνοιγμα.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Τα στοιχεία που απεικονίζονται παραπάνω είναι δοκιμαστικά και για παραδειγματική χρήση.



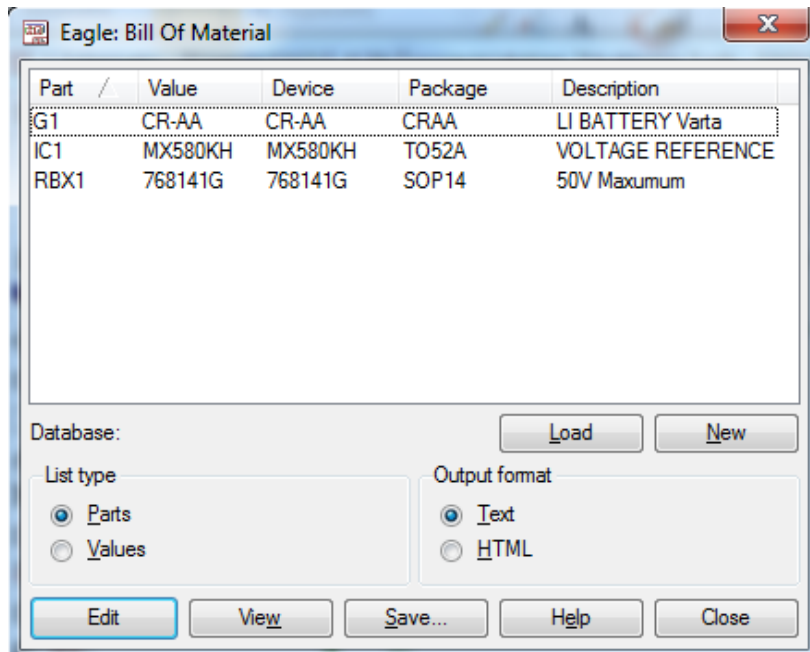
## Run (User Language Programs)

Το ULP χρησιμοποιείται για την εξαγωγή δεδομένων και για την πραγματοποίηση αυτοοριζόμενων εντολών. Για παράδειγμα, η πιο συχνά χρησιμοποιημένη εντολή είναι η εξαγωγή τιμολογίου (BOM-Bill Of Material) και θα δείξουμε πως λειτουργεί. Πατώντας στο εικονίδιο run μας βγαίνει το παράθυρο:



Σχήμα 109

Επιλέγουμε το πρώτο αρχείο (bom.ulp) και πατάμε άνοιγμα. Αν η διαδικασία είναι σωστή τότε πρέπει να εμφανίζεται το πιο κάτω παράθυρο:

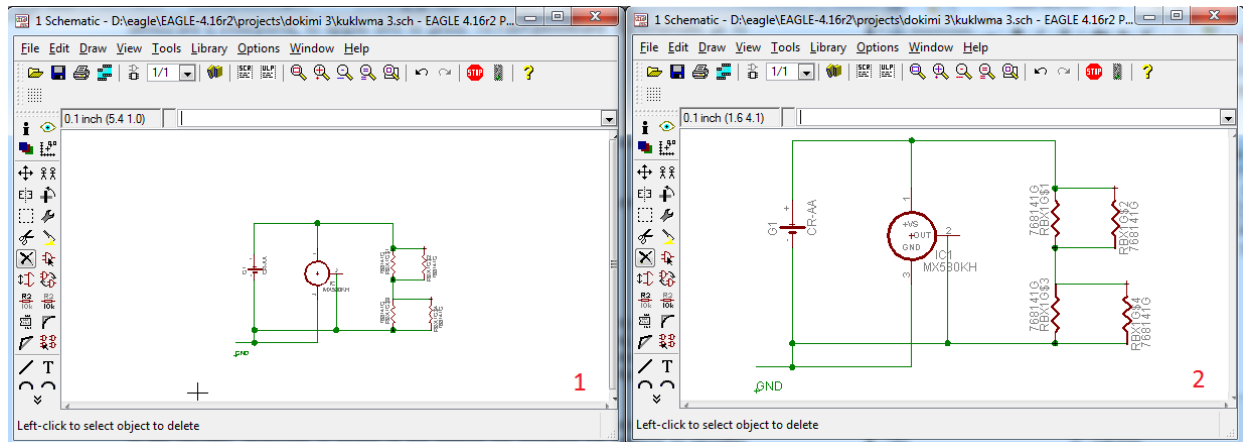


Σχήμα 110

Ακολουθώντας αυτή τη διαδικασία μπορούμε να υπολογίσουμε το κόστος των εξαρτημάτων.

## (Ταίριασμα) Fit

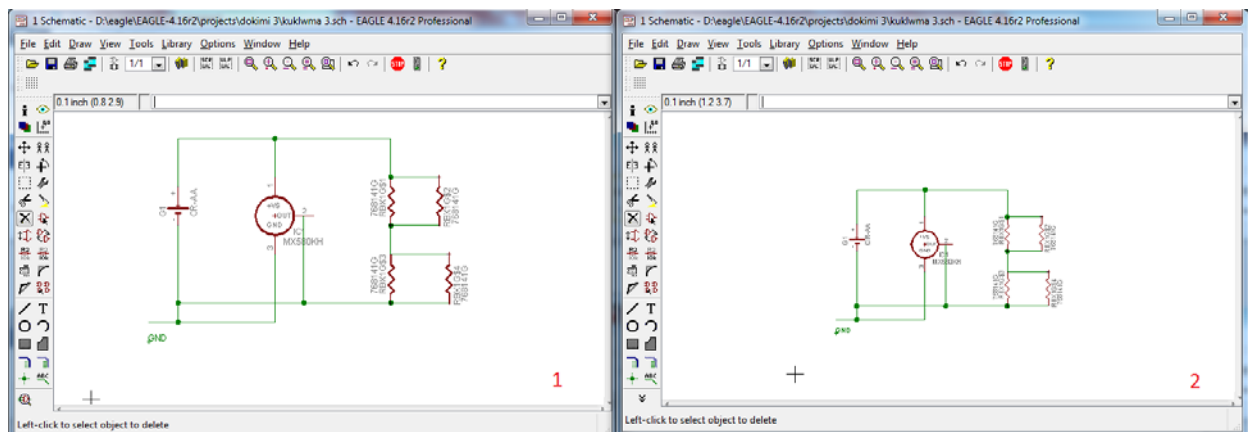
Εκτελώντας την εντολή fit μπορούμε να εμφανίσουμε σε πλήρες μέγεθος την εικόνα μας ώστε να χωράει στην ανάλυση της οθόνης.



Σχήμα 111: Εικόνα 1: Πριν την εντολή Fit - Εικόνα 2: Μετά την εντολή Fit

## Μεγέθυνση (Zoom in) – Σμίκρυνση (Zoom out)

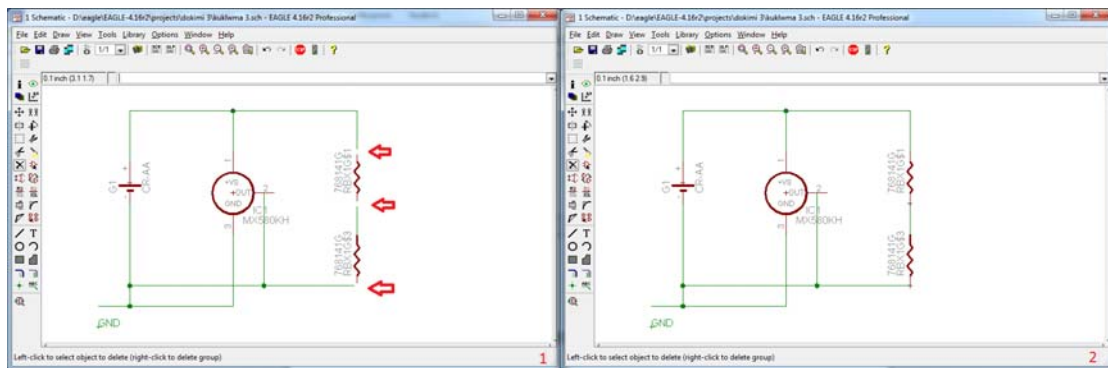
Πατώντας το εικονίδιο zoom in κάνουμε μεγέθυνση στην εικόνα που έχουμε, αντίθετα πατώντας το εικονίδιο zoom out κάνουμε σμίκρυνση της εικόνας.



Σχήμα 112: Εικόνα 1: Zoom in - Εικόνα 2: Zoom out

## Επανασχεδίαση (Redraw)

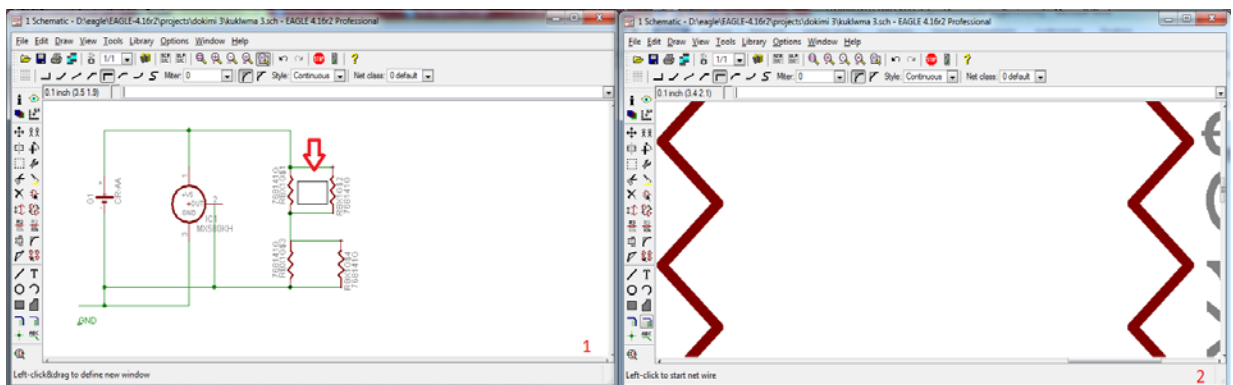
Κατά τη διάρκεια της σχεδίασης συμβαίνουν διάφορα ατυχήματα όπως να καταστρέφονται ή να εξαφανίζονται τμήματα του σχεδίου. Σε αυτή τη περίπτωση μας βοηθά η εντολή redraw, όπου εκτελώντας τη ανανεώνεται η εικόνα και διορθώνονται τυχόν ατέλειες.



Σχήμα 113

## Επιλογή (select)

Με την εντολή select έχουμε τη δυνατότητα να εστιάσουμε σε συγκεκριμένο σημείο της εικόνας μας. Πατώντας αριστερό κλικ και κρατώντας το πατημένο δημιουργούμε ένα ορθογώνιο. Αφού επιλέξουμε την περιοχή που θέλουμε να εστιάσουμε αφήνουμε το πλήκτρο του ποντικιού και εμφανίζεται η επιλεγμένη περιοχή.



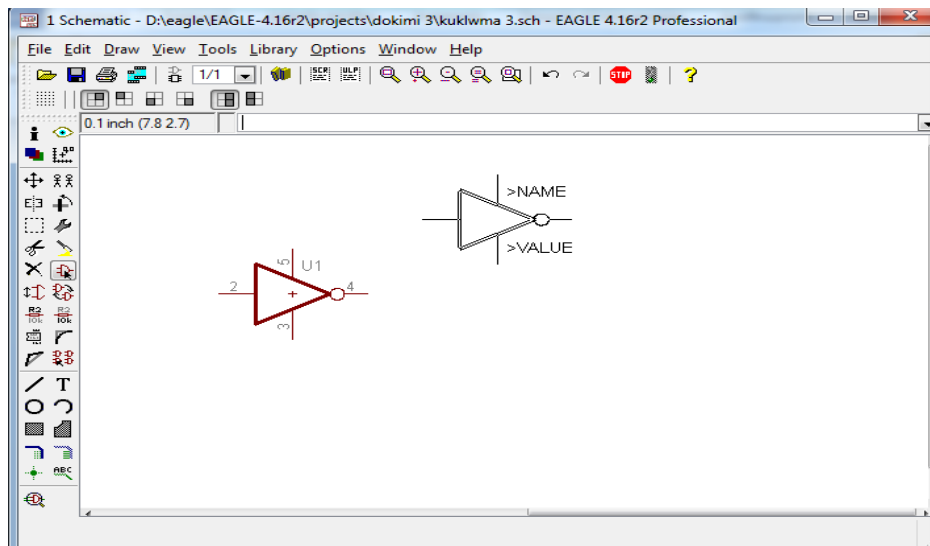
Σχήμα 114: Εικόνα 1: Διαδικασία επιλογής περιοχής - Εικόνα 2: Εμφάνιση επιλεγμένης περιοχής

## Αναίρεση (undo) – Επανάληψη (redo)

Πατώντας το αριστερό βελάκι μπορούμε να αναιρέσουμε προηγούμενες ενέργειες όσες φορές επιθυμούμε. Πατώντας το δεξί βελάκι επαναλαμβάνουμε τις ενέργειες που είχαμε αναιρέσει.

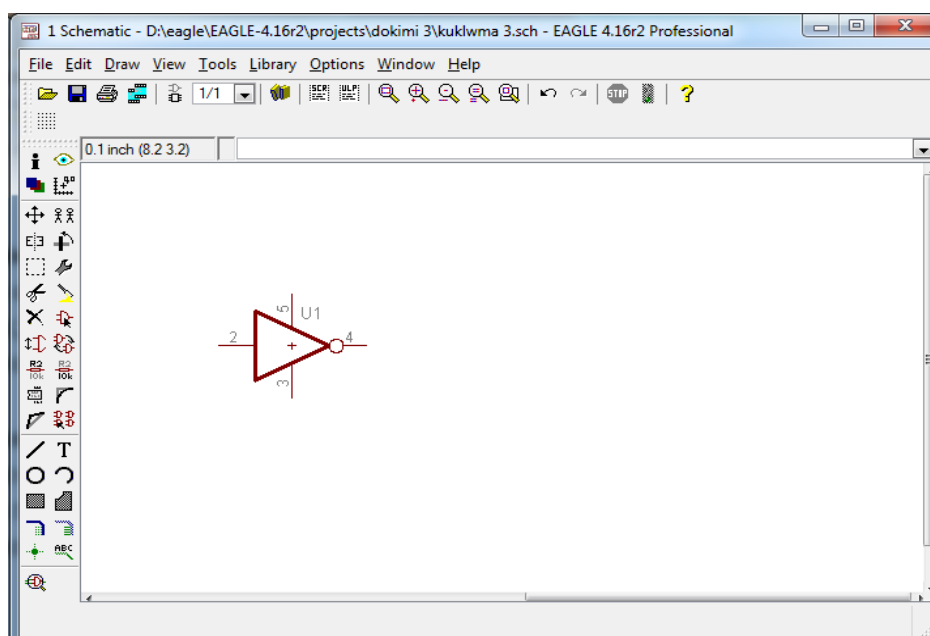
## Ακύρωση (cancel)

Πατώντας στο εικονίδιο cancel έχουμε τη δυνατότητα να ακυρώσουμε οποιαδήποτε εντολή εκτελούμε. Για παράδειγμα εκτελούμε την εντολή add για να προσθέσουμε στοιχεία στη σχεδιαστική μας επιφάνεια:



Σχήμα 115

Παρατηρούμε πως παρ' όλο που έχουμε "αφήσει" το στοιχείο στην επιφάνεια σχεδίασης ο κέρσορας του ποντικιού μας έχει ακόμα το σύμβολο. Πατώντας την εντολή ακύρωσης ελευθερώνουμε τον κέρσορα. Έτσι έχουμε:



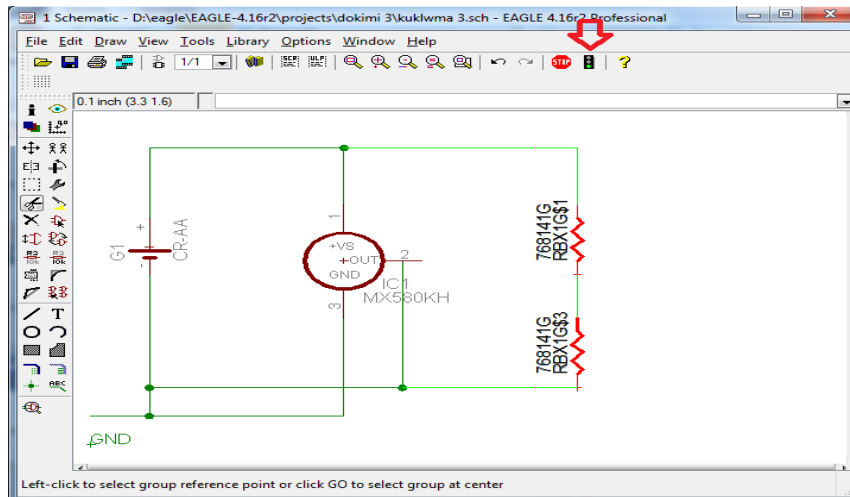
Σχήμα 116

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Η εντολή cancel μπορεί να ενεργοποιηθεί και πατώντας το πλήκτρο Escape (Esc) από το πληκτρολόγιό μας.

## Μπροστά (Go)



Πατώντας στο εικονίδιο Go μας δίνεται ή δυνατότητα να εκτελέσουμε μια εντολή. Για παράδειγμα, στη εικόνα που παρουσιάζεται παρακάτω έχουμε επιλέξει τις 2 αντιστάσεις. Πατάμε στην εντολή cut και έπειτα στην εντολή go για να ξεκινήσει η αποκοπή.

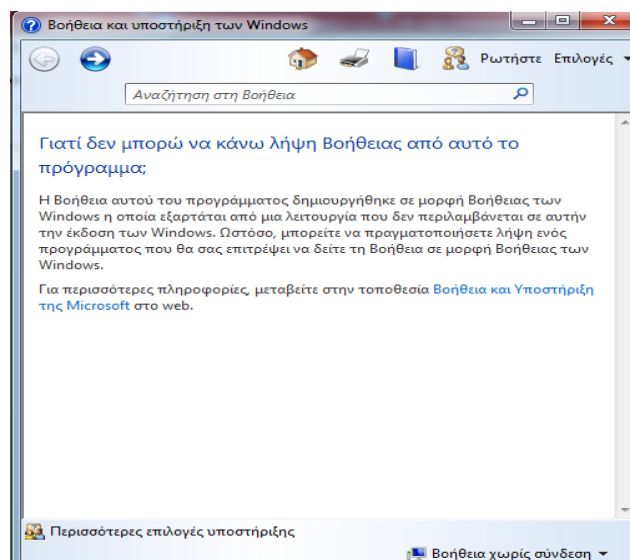


Σχήμα 117

## Βοήθεια (Help)



Με αυτή την εντολή μπορούμε να αναζητήσουμε βοήθεια στο διαδίκτυο για οποιοδήποτε πρόβλημα αντιμετωπίζουμε σχετικά με το πρόγραμμα. Κάνοντας αριστερό κλικ πάνω στο εικονίδιο μας εμφανίζει ένα παράθυρο βοήθειας της παρακάτω μορφής:



Σχήμα 118

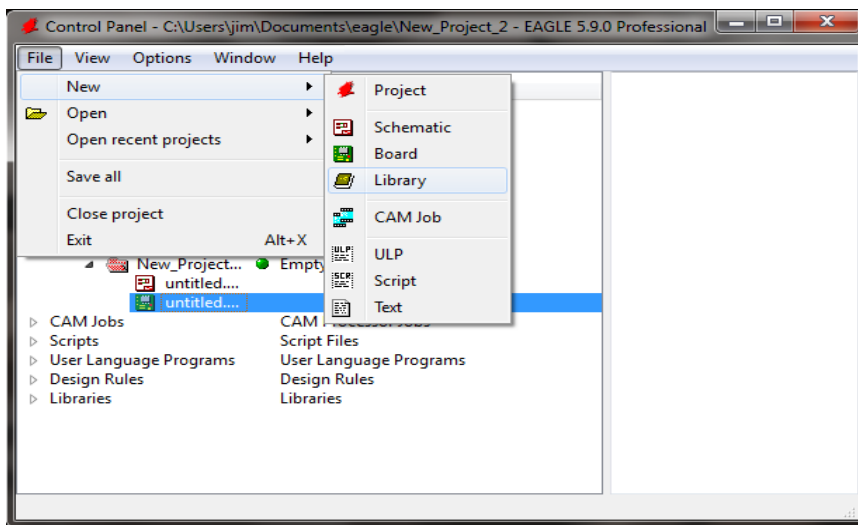
**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Στον παρών υπολογιστή δε μπορεί να εμφανιστεί η βοήθεια διότι το πρόγραμμα δεν είναι συμβατό με την συγκεκριμένη έκδοση λειτουργικού συστήματος.

## 3.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ

### ΒΗΜΑ 1

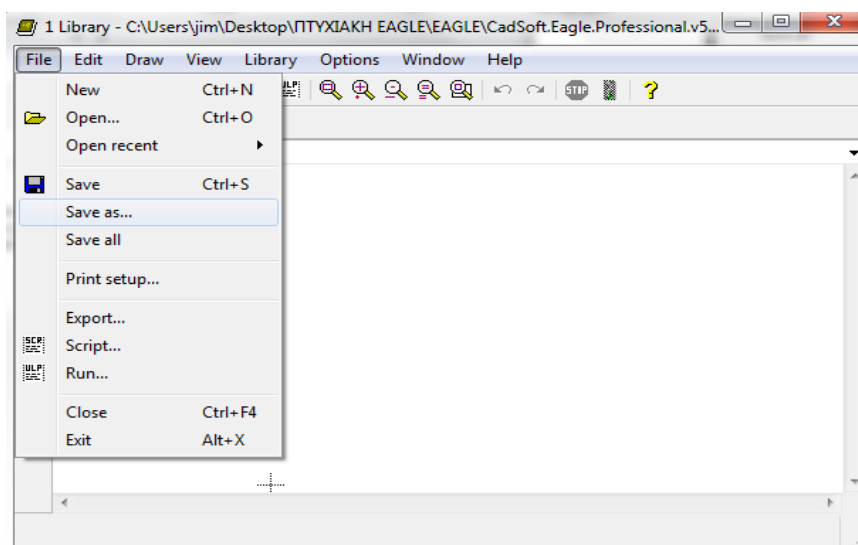
#### ❖ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΑΣ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ

Για να δημιουργήσουμε καινούργια βιβλιοθήκη ανοίγουμε το EAGLE επιλέγοντας FILE →NEW→LIBRARY.

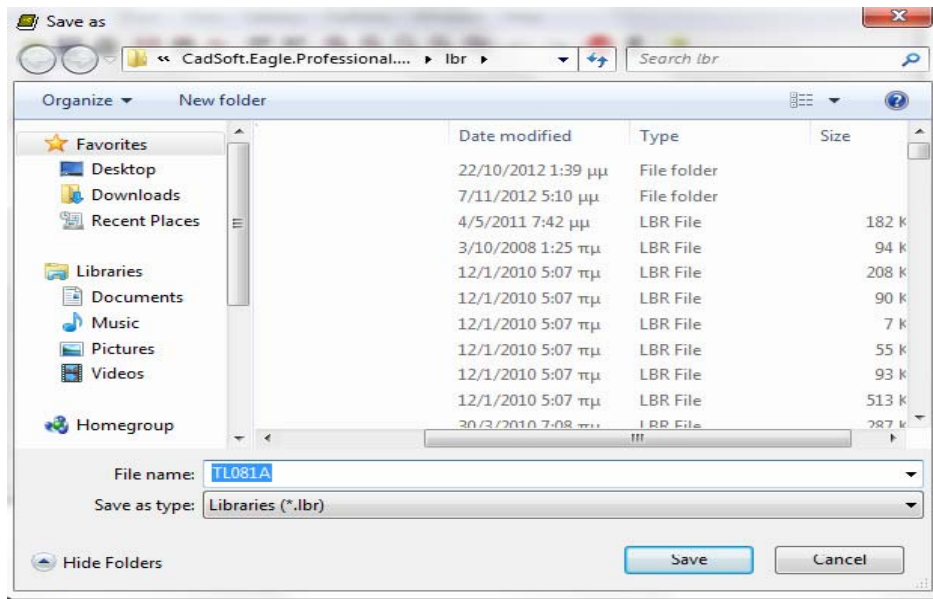


Σχήμα 119: Δημιουργία νέας βιβλιοθήκης.

Δίνουμε ένα όνομα στη βιβλιοθήκη. Στο παραδειγμά μας την ονομάζουμε TL081A



Σχήμα 120: Αποθήκευση.



Σχήμα 121: Ονομασία και τοποθέτηση.

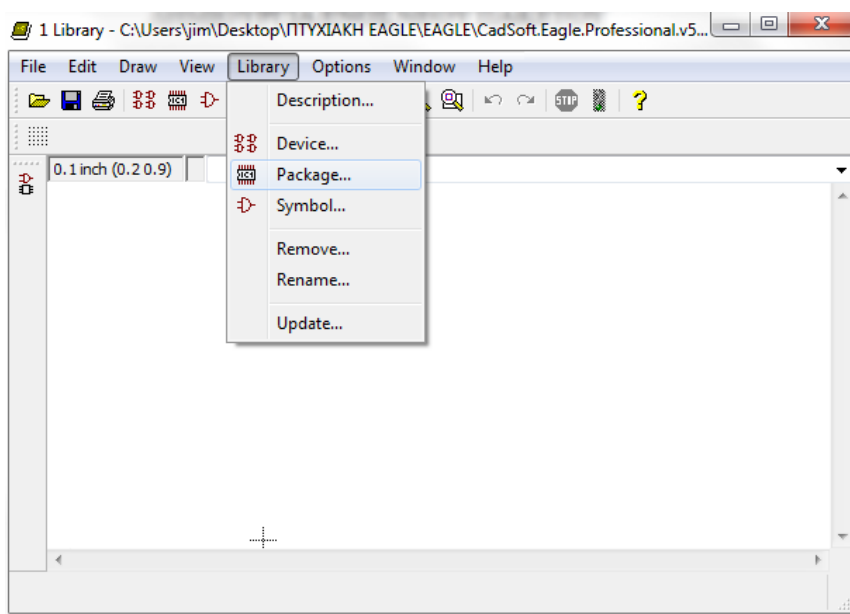
Δημιουργήσαμε μία βιβλιοθήκη με το όνομα TL081A. Μπορούμε να την βρούμε στο schematic επιλέγοντας library και την ονομασία που της έχουμε δώσει. Ακόμη είναι άδεια και θα πρέπει να τη γεμίσουμε με ένα ή περισσότερα σύμβολα

## **BHMA 2**

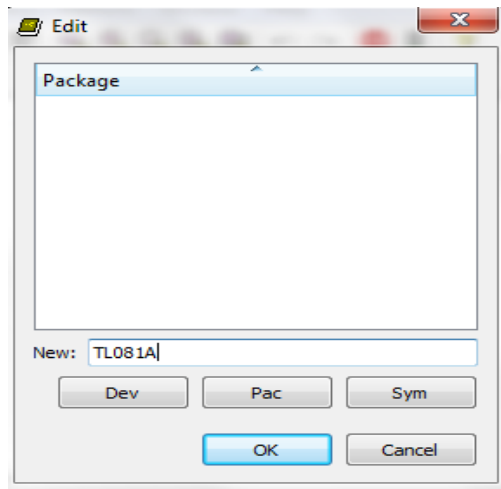
### ❖ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΝΕΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ

Πριν τη δημιουργία ενός συμβόλου θα πρέπει να ψηφιοποιηθεί το σχήμα του νέου στοιχείου μας σε ένα νέο πακέτο. Αυτό το πακέτο θα χρησιμοποιηθεί από το συμβολό μας όπως μία μάσκα, έτσι ώστε, το σύμβολό μας να έχει διάφορα πακέτα.

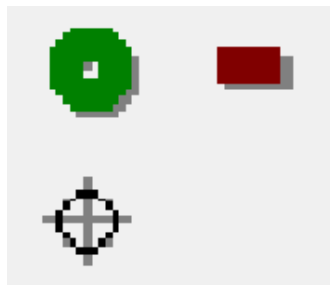
Πηγαίνουμε στο LIBRARY→PACKAGE



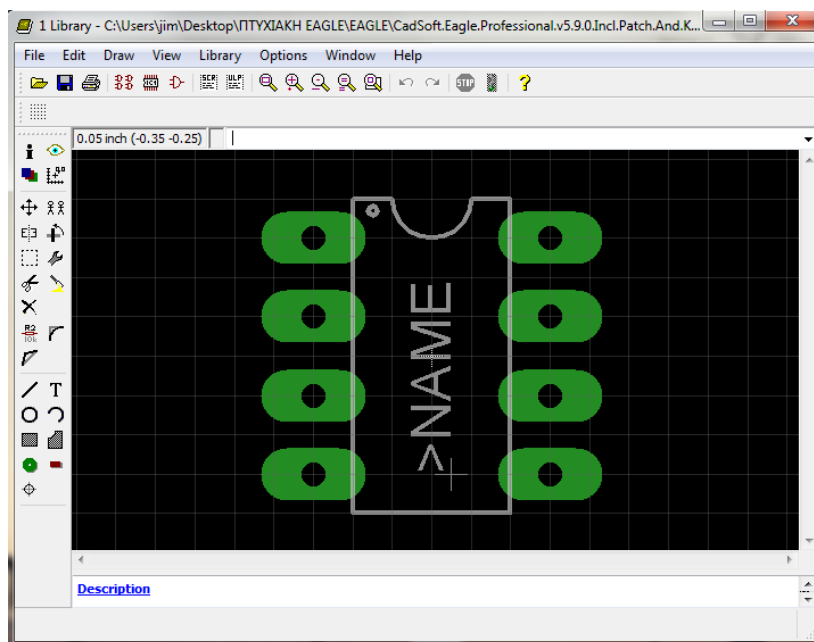
Σχήμα 122: Ανοίγουμε το εικονίδιο με ονομασία Library.



Σχήμα 123: Ανοίγουμε το παράθυρο επεξεργασίας και δίνουμε καινούριο όνομα.



Σχήμα 124: Επιλογή PAD για τη δημιουργία του σχεδίου.



Σχήμα 125: Σχεδιασμός ενός καινούριου πακέτου με αληθινές διαστάσεις.



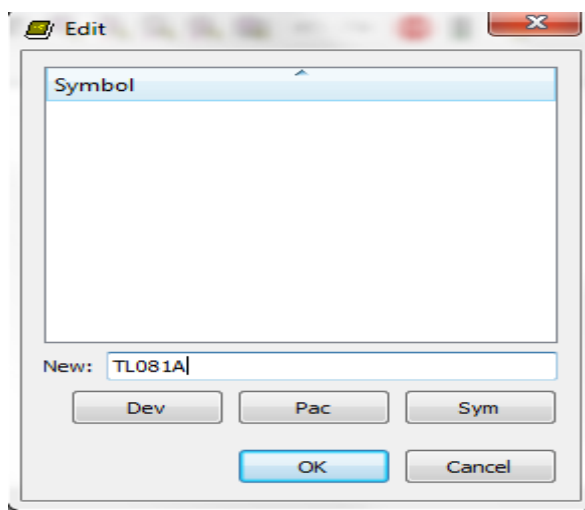
Χρησιμοποιούμε τα εργαλεία WIRE , ARC για να σχεδιάσουμε το πακέτο. Δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή στη διάσταση ανά διαίρεση διότι καθορίζει την πραγματική διάσταση του πακέτου. Για μεγαλύτερη ευκολία μπορούμε με την εντολή GRID να μετατρέψουμε τις inch σε mm.

Το νέο πακέτο έχει τελειώσει και στο επόμενο βήμα είναι η δημιουργία του νέου συμβόλου.

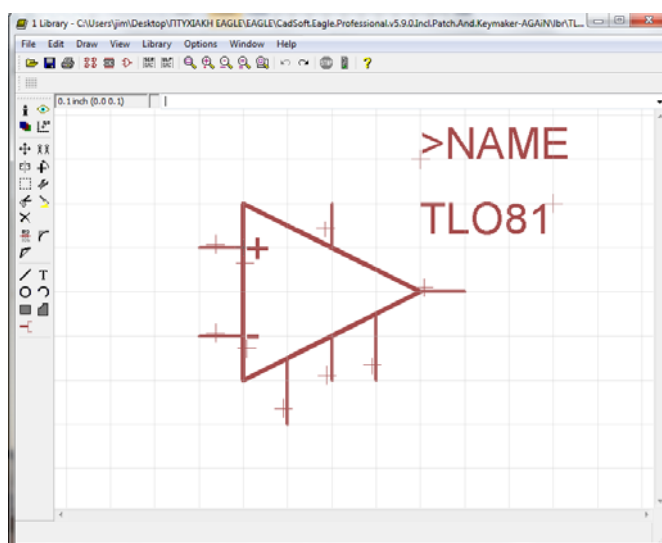
### **BHMA 3**

#### **❖ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΟΥ ΣΥΜΒΟΛΟΥ**

Τώρα μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα καινούργιο σύμβολο και να το σχεδιάσουμε ως ένα κοινό σύμβολο έτσι ώστε και άλλοι χρήστες να το εντοπίζουν.



Σχήμα 126: Ονομασία του νέου συμβόλου.



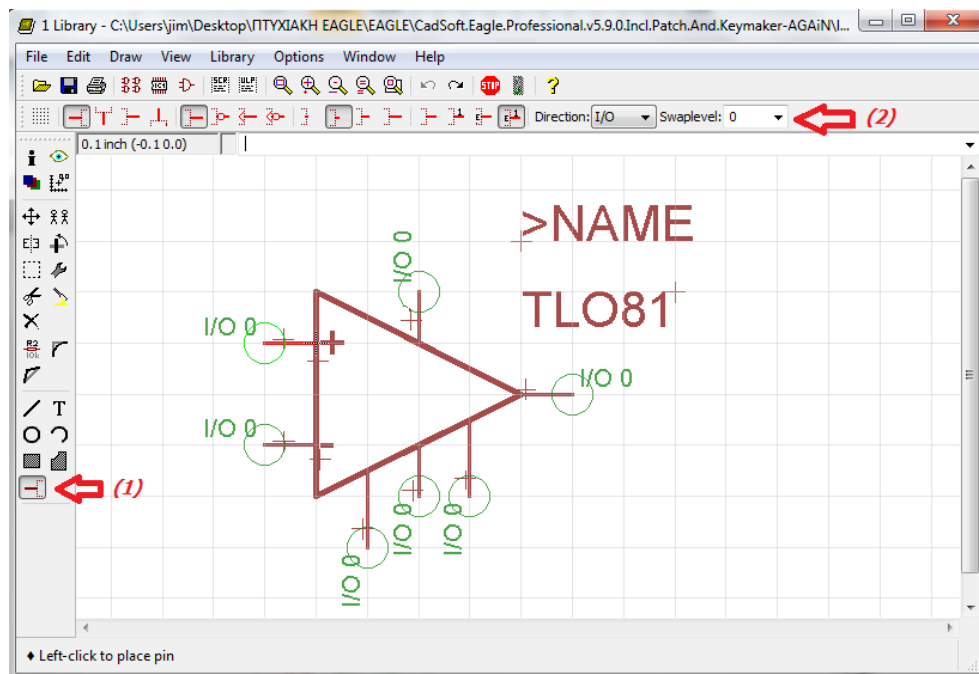
Σχήμα 127: Δημιουργία ενός νέου συμβόλου OPAMP.



Σχήμα 128: Σχεδιασμός PIN.

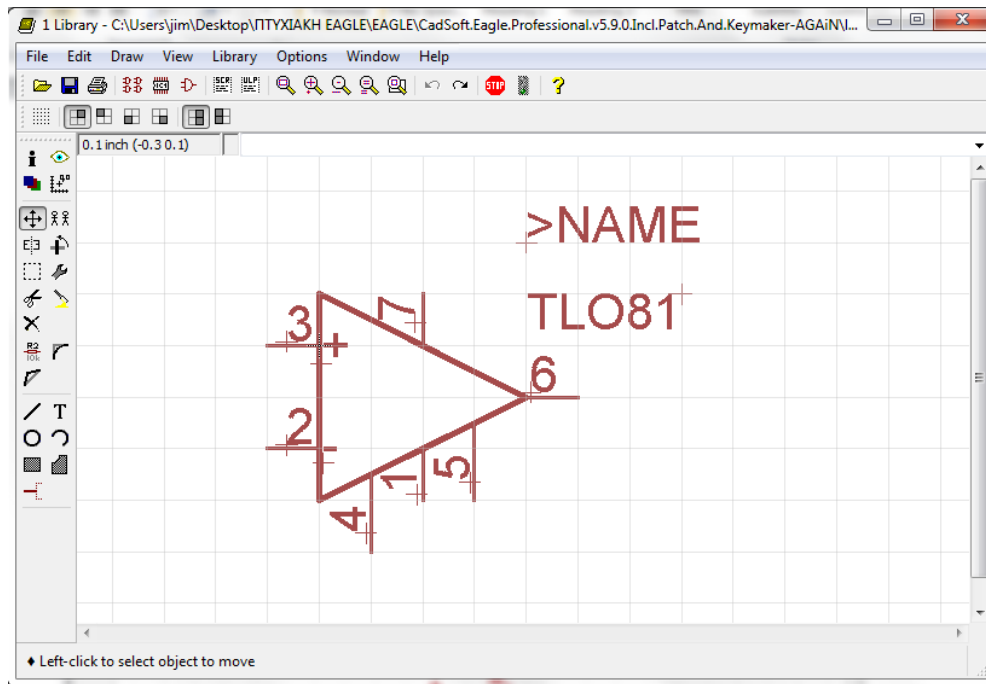


Σχήμα 129: Μενού σχεδίασης PIN.



Σχήμα 130: Προσδιορίζει κάθε PIN (1) χρησιμοποιώντας το παραπάνω μενού (2).

Προσοχή κατά το προσδιορισμό κάθε μίας καρφίτσας (PIN) στο παραπάνω σύμβολο. Οι ρυθμίσεις τους θα πρέπει να σχετίζονται με τις πραγματικές τους διαστάσεις. Αρχικά ορίζουμε το 1<sup>ο</sup> PIN ως P\$3, το 2<sup>ο</sup> PIN ως P\$2, το 3<sup>ο</sup> PIN ως P\$4, το 4<sup>ο</sup> PIN ως P\$1, το 5<sup>ο</sup> PIN ως P\$5, το 6<sup>ο</sup> PIN ως P\$6 και τέλος το 7<sup>ο</sup> PIN ως P\$7.



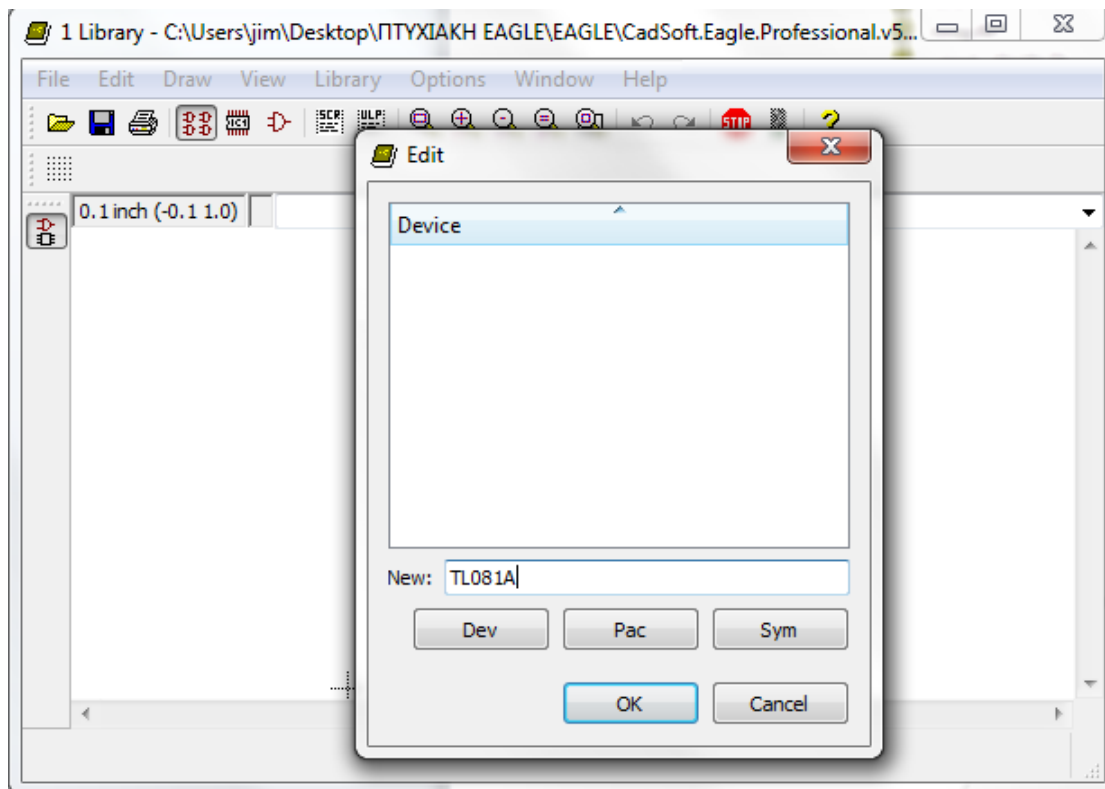
Σχήμα 131: Ορισμός των PIN.

Έχουμε τελειώσει το συμβολό μας και στη συνέχεια θα δημιουργήσουμε μία νέα συσκευή, συνδέοντας το νέο σύμβολο μας και το πακέτο μας για να μπορέσουμε να το χρησιμοποιήσουμε στο PCB.

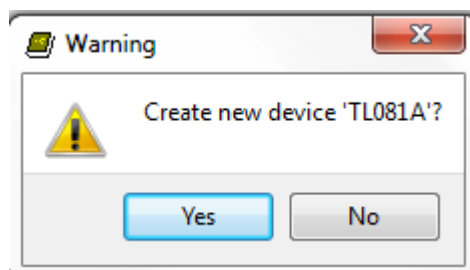
## **ΒΗΜΑ 4**

### ❖ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΙΑΣ ΝΕΑΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΣ ΤΟ ΚΑΙΝΟΥΡΙΟ ΣΥΜΒΟΛΟ ΜΕ ΤΟ ΚΑΙΝΟΥΡΙΟ ΠΑΚΕΤΟ

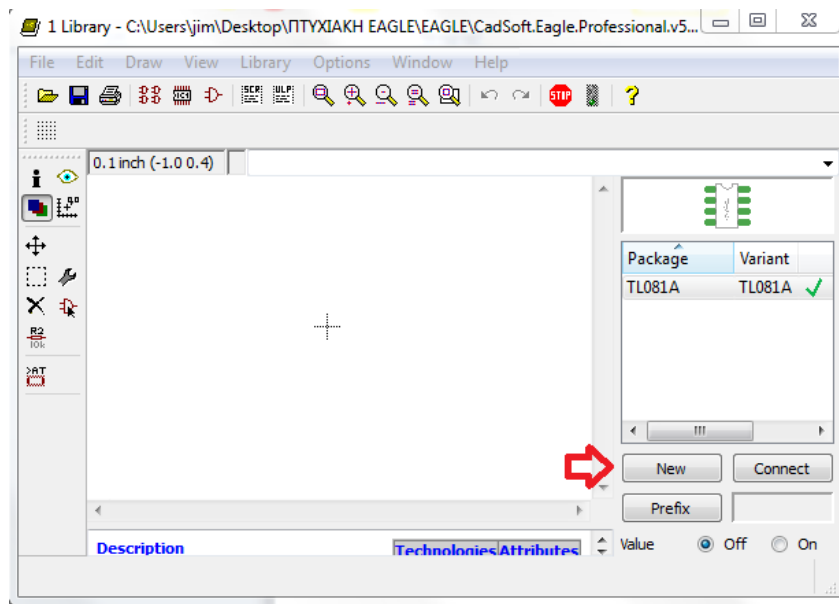
Αυτό το βήμα είναι σημαντικό για την δημιουργία κάθε συσκευής. Δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το νέο σύμβολο στο PCB πριν γίνει η ένωση με το κατάλληλο πακέτο.



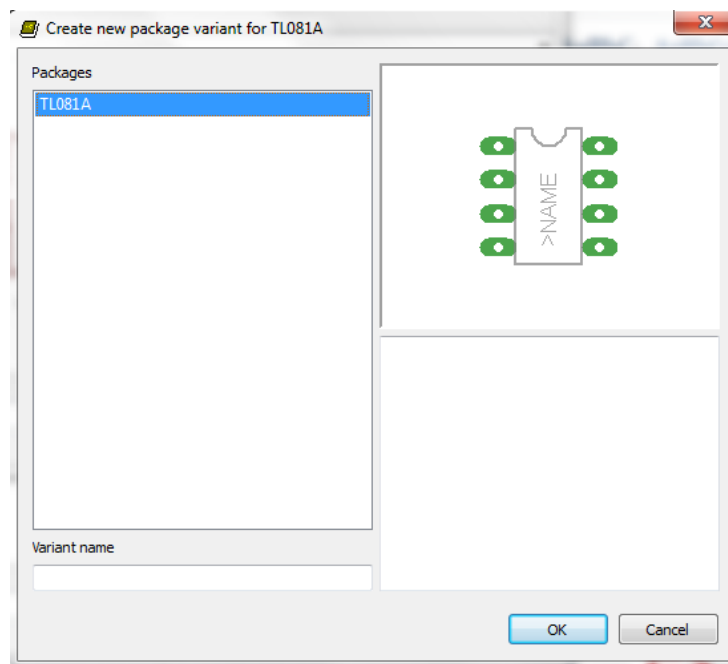
Σχήμα 132: Ανοίγουμε το παράθυρο και ονομάζουμε τη νέα συσκευή.



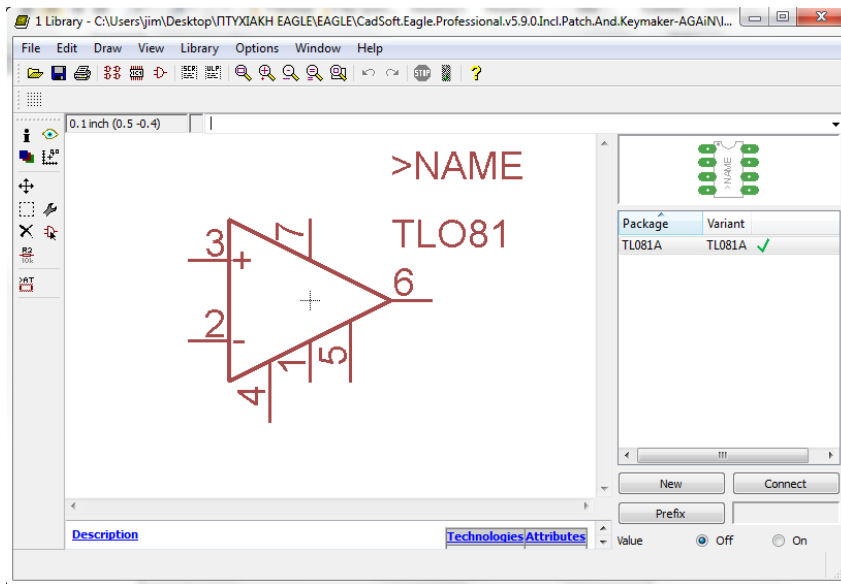
Σχήμα 133: Αποθήκευση της νέας συσκευής.



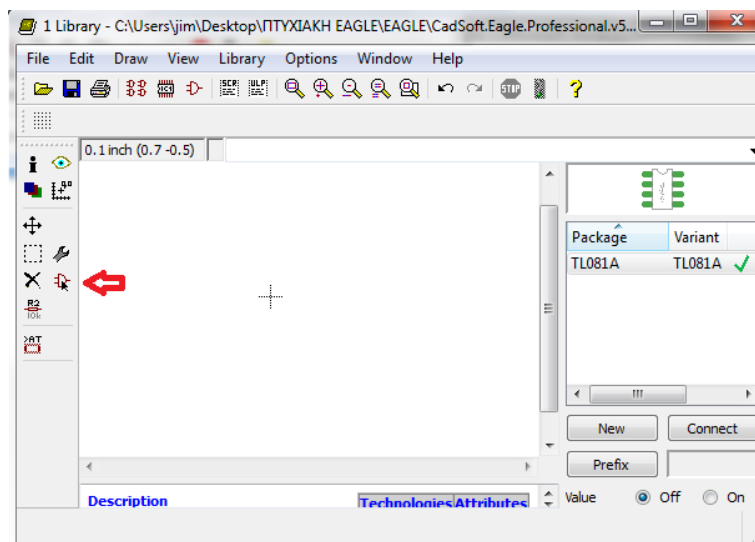
Σχήμα 134: Κάνουμε κλικ στο κουμπί New.



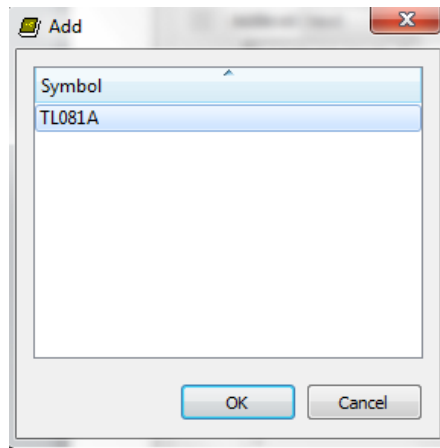
Σχήμα 135: Επιλέγουμε το κατάλληλο πακέτο. Σε αυτή την περίπτωση το TL081.



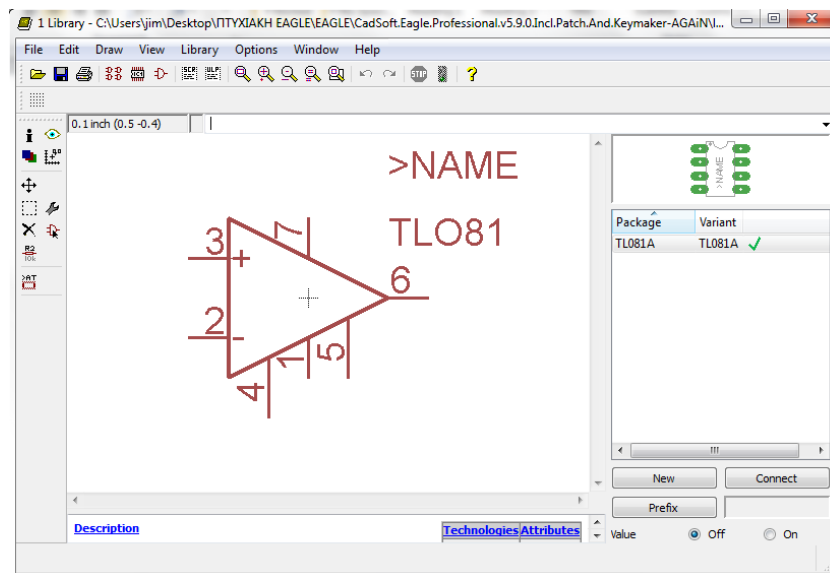
Σχήμα 136: Το πακέτο εμφανίστηκε στο παράθυρο μας.



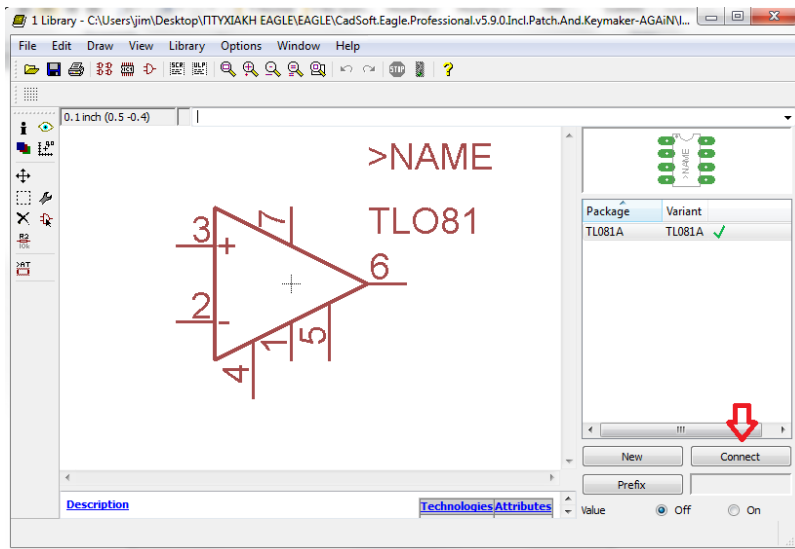
Σχήμα 137: Επιλέγουμε το σύμβολο  για το επιλεγμένο πακέτο με τη χρήση του παραπάνω κουμπιού.



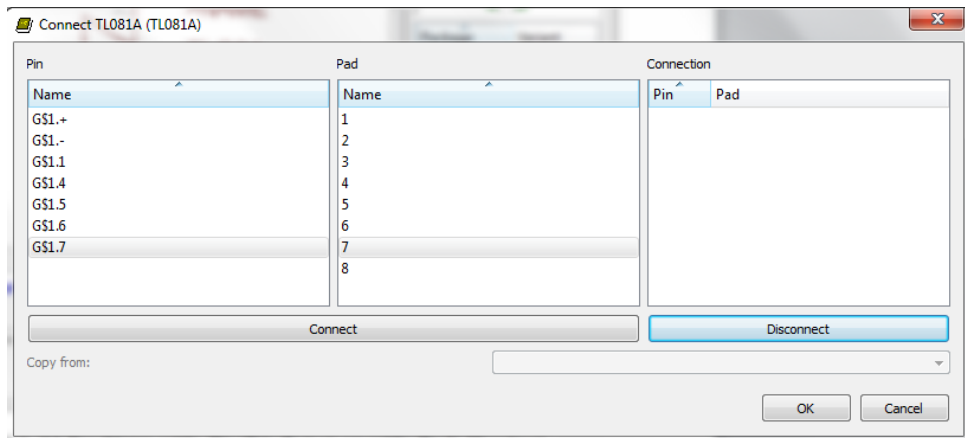
Σχήμα 138: Επιλέγουμε το κατάλληλο σύμβολο για το πακέτο μας.



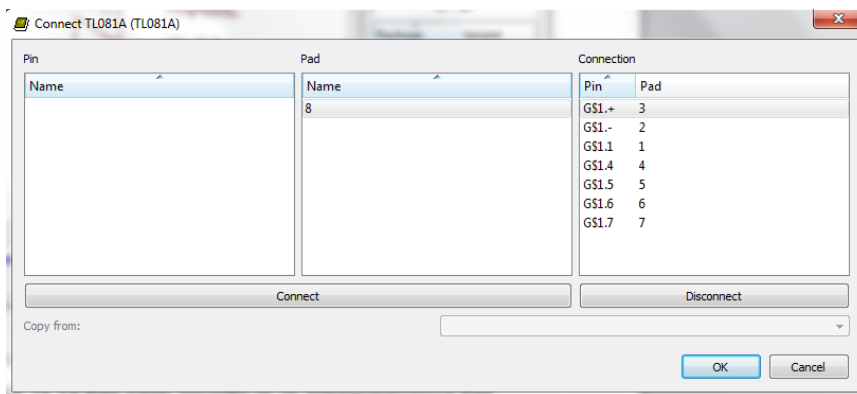
Σχήμα 139: Το σύμβολό μας εμφανίζεται στο παράθυρο.



Σχήμα 140: Κάνουμε κλικ στο κουμπί μενού «connect» για να συνδέσουμε το κάθε PIN μεταξύ συμβόλου και πακέτου.

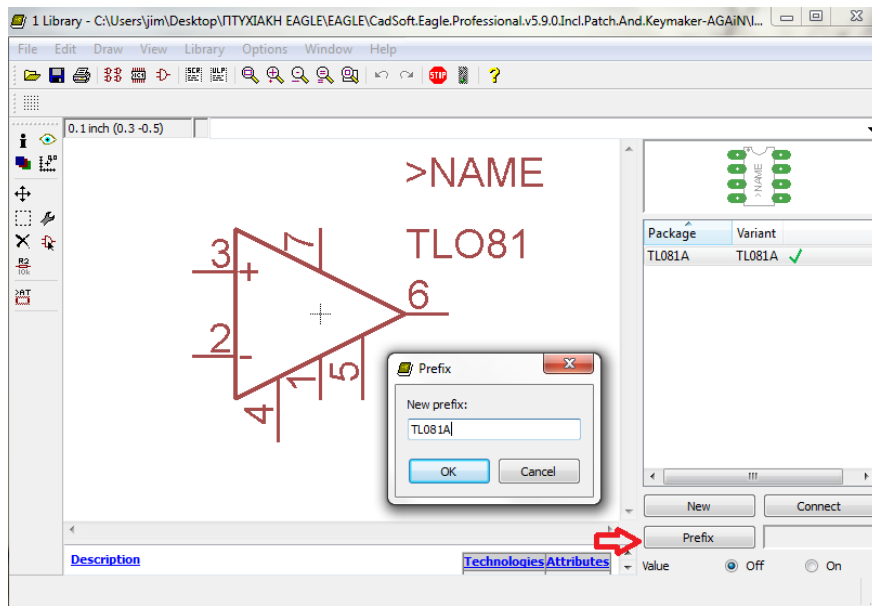


Σχήμα 141: Συνδέουμε κάθε PIN (σύμβολο) με κάθε PAD (πακέτο).



Σχήμα 142: Τα PINS έχουν συνδεθεί με τα χρησιμοποιούμενα PAD.

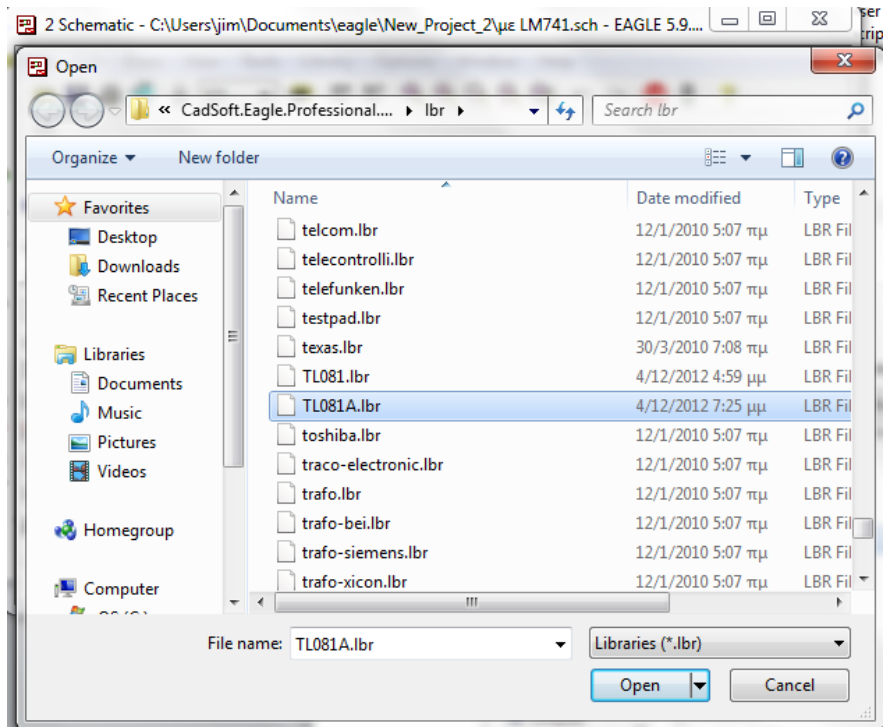




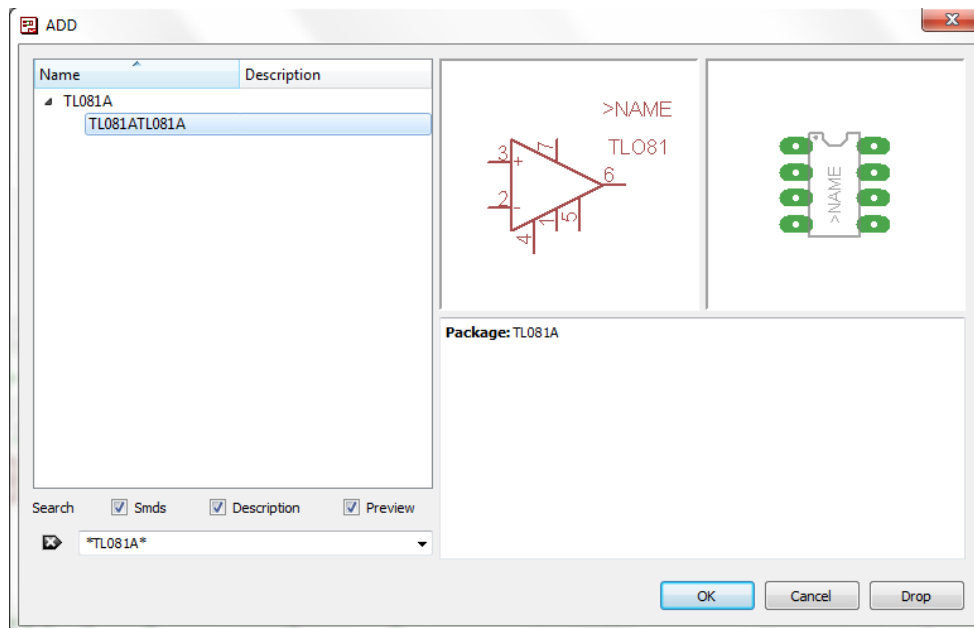
Σχήμα 143: Στο εικονίδιο «prefix» δίνουμε ένα όνομα στο σύμβολο.

Τέλος κάνουμε κλικ στο κουμπί «Ο.Κ.». Η διαδικασία για τη δημιουργία του συμβόλου έχει ολοκληρωθεί και κάνουμε αποθήκευση. Τώρα η συσκευή μας είναι έτοιμη να χρησιμοποιηθεί στο PCB μας.

Για να χρησιμοποιήσουμε τη νέα συσκευή μας θα κλείσουμε το EAGLE και θα το ανοίξουμε ξανά. Θα βρούμε το καινούργιο εξάρτημα στην βιβλιοθήκη μας στον κατάλογο «LBR».



Σχήμα 144: Η καινούρια βιβλιοθήκη βρίσκεται στο (\*.lbr) Directory.



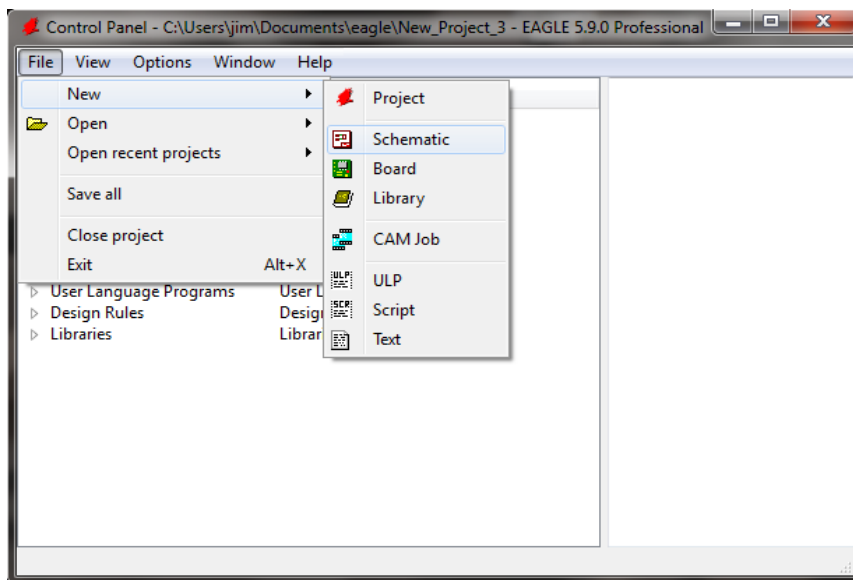
Σχήμα 145: Στο εικονίδιο add πληκτρολογήσαμε το TL081A και εμφανίζεται το καινούριο σύμβολο.

### 3.3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΧΗΜΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

#### Ξεκινώντας το EAGLE(schematic)

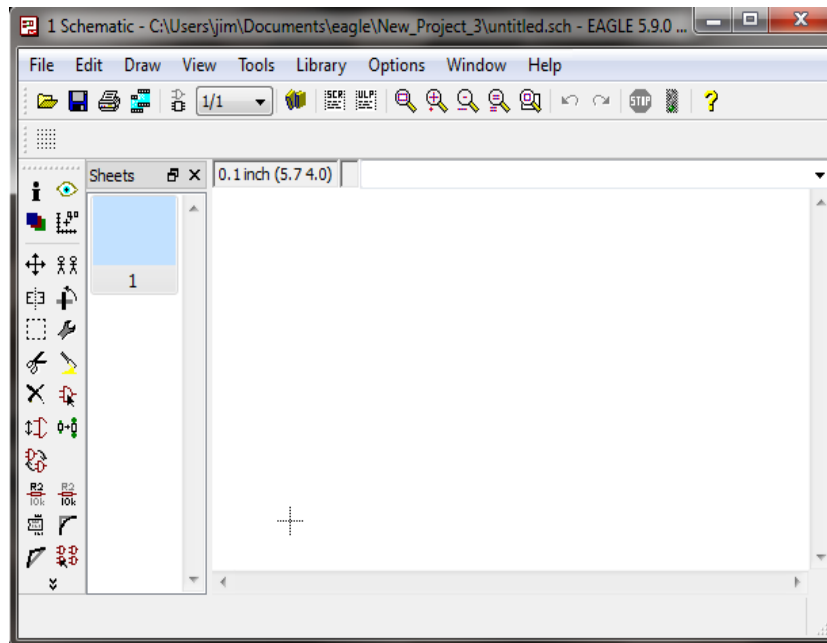
Ξεκινώντας το EAGLE θα εμφανιστεί στον υπολογιστή η παρακάτω εικόνα. Επιλέγοντας το menu:

File →new→schematic



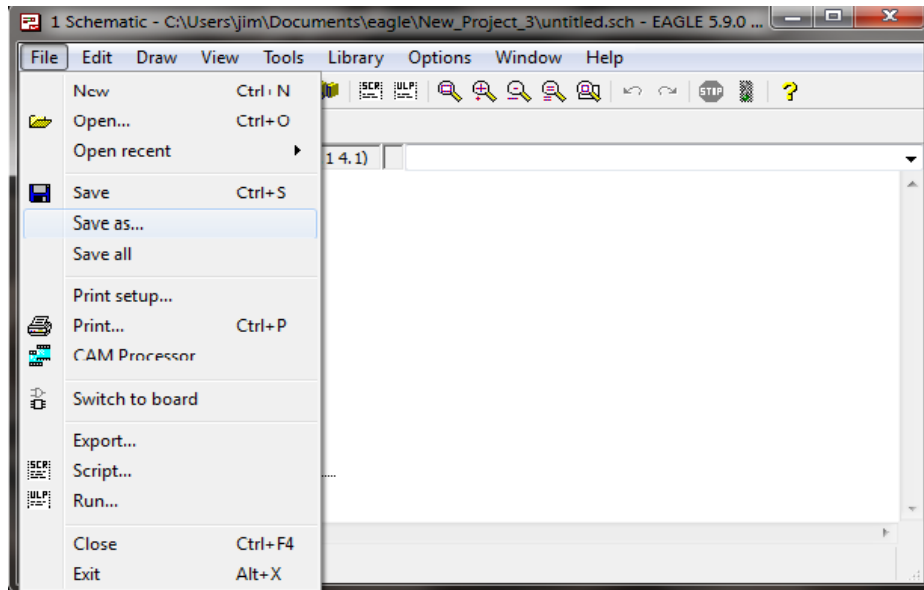
Σχήμα 146

Θα εμφανιστεί το παρακάτω παράθυρο του schematic. (ΕΙΚΟΝΑ 2)



Σχήμα 147

Αφού ανοίξαμε το παράθυρο του schematic, θα αποθηκεύσουμε το όνομα του schematic μας με το όνομα «τροφοδοτικό 0-30V». (ΕΙΚΟΝΑ 3)

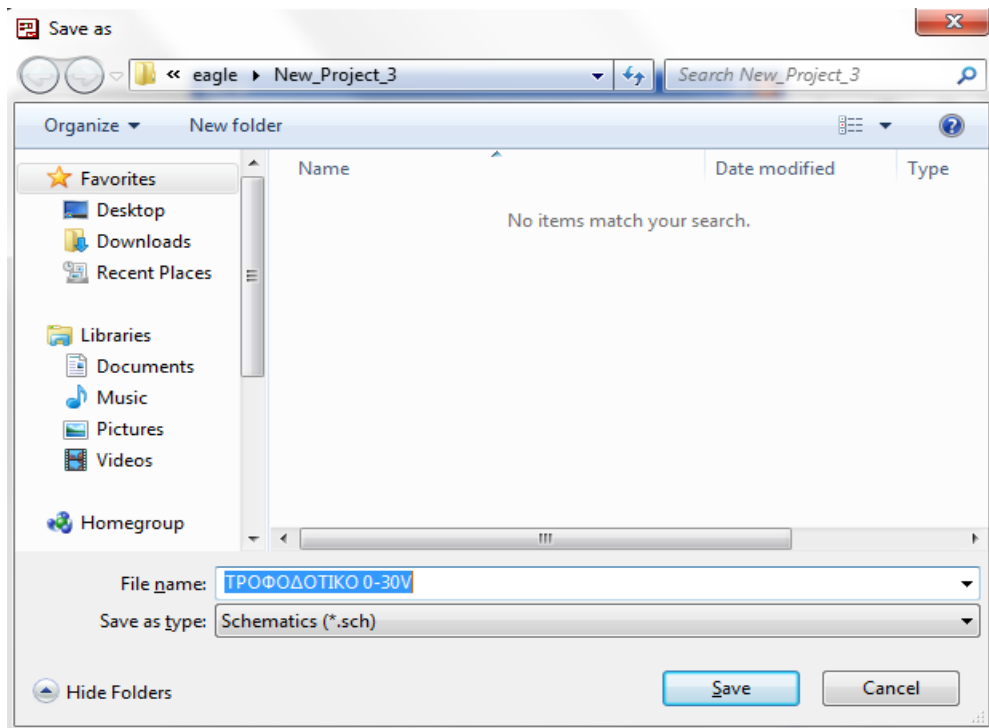


Σχήμα 148

Ακολουθώντας τα εξής:

File → save as

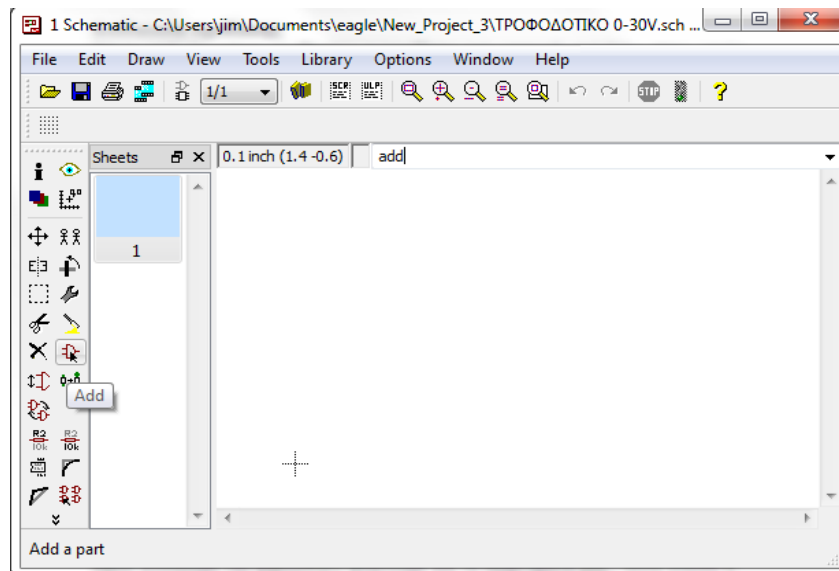
Γράφουμε το όνομα και πατάμε save. (ΕΙΚΟΝΑ 4)



Σχήμα 149

## Λιαδικασία σχεδίασης

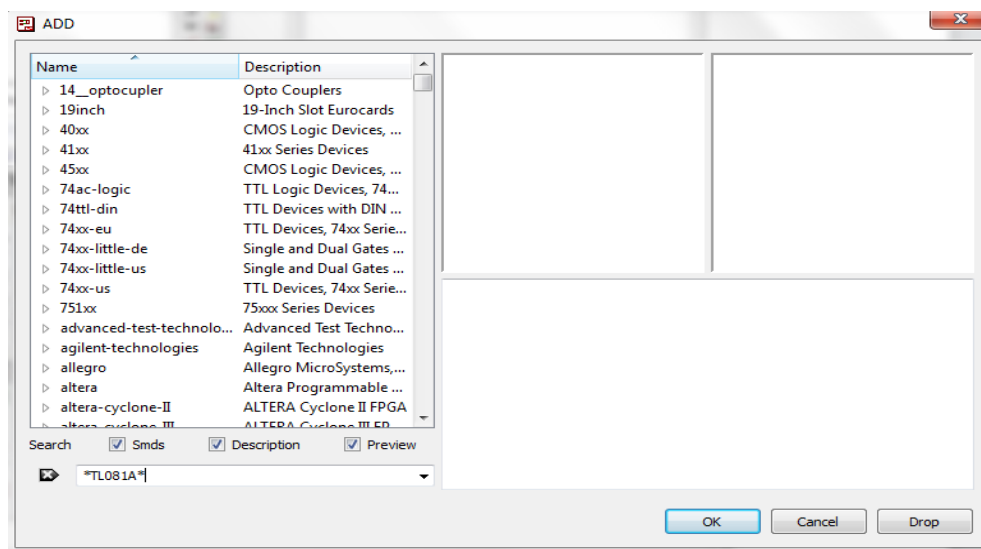
Πάνω από το χώρο σχεδίασης εμφανίζεται μια γραμμή εντολών στην οποία πληκτρολογούμε την εντολή add ώστε να ανοίξει η βιβλιοθήκη του eagle ή από το μενού edit επιλέγουμε την ίδια εντολή ή από την μπάρα εργαλείων που βρίσκεται αριστερά του πάνελ σχεδίασης. (EIKONA 5)



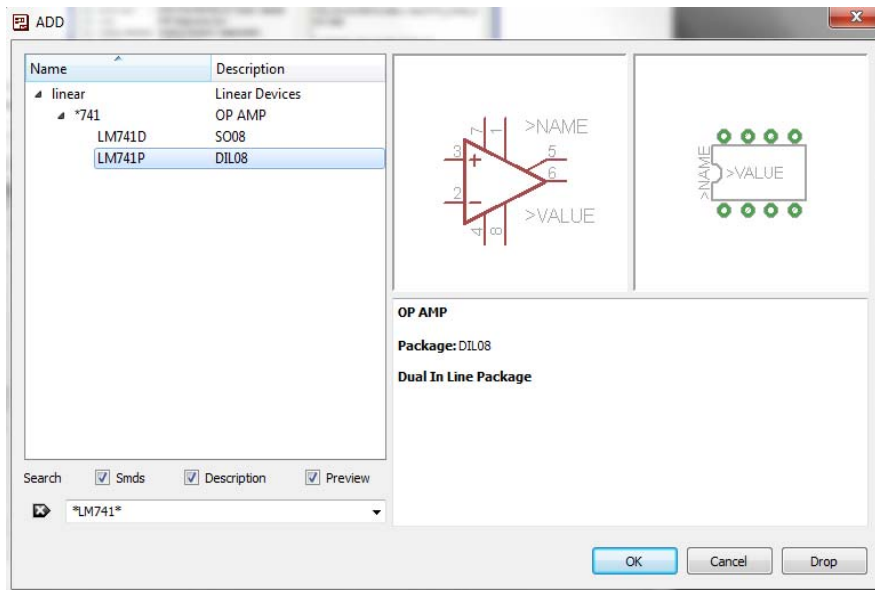
Σχήμα 150

Αφού ανοίξουμε την βιβλιοθήκη ψάχνουμε για τα εξαρτήματά μας, αλλά επειδή η βιβλιοθήκη είναι αρκετά μεγάλη πληκτρολογούμε το όνομα του εξαρτήματος στη γραμμή εύρεσης που μας παρέχει η βιβλιοθήκη και πατάμε ENTER. Παρατηρούμε ότι στα δεξιά μας δίνεται μια συνοπτική περιγραφή του εξαρτήματος μαζί με τη μορφή του σε σχηματικό και σε PCB. (EIKONA 6 και EIKONA 7)

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Σε περίπτωση που δεν μπορούμε να βρούμε το εξάρτημα που έχουμε ανάγκη για το σχηματικό πληκτρολογούμε στη γραμμή εύρεσης **\*ΟΝΟΜΑ\***

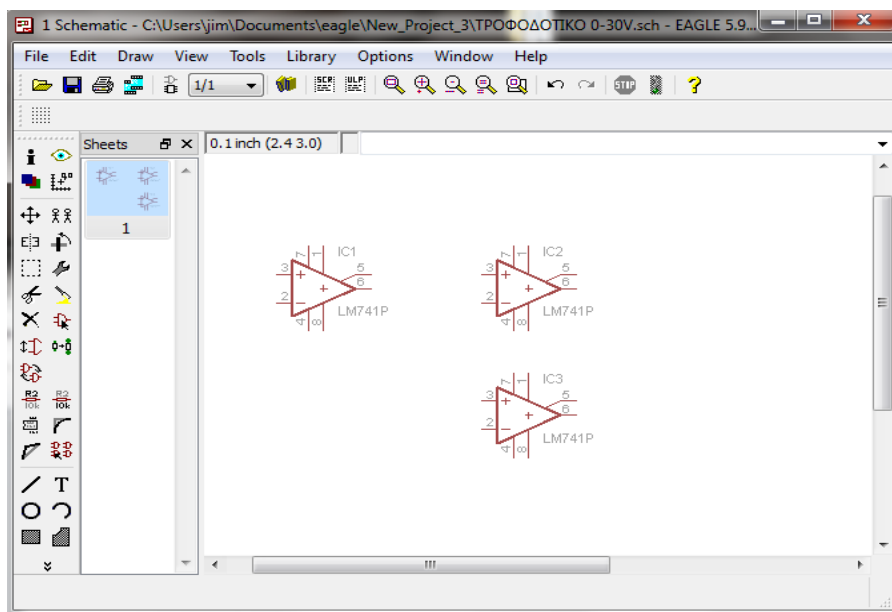


Σχήμα 151



Σχήμα 152

Πατώντας OK διαπιστώνουμε ότι το εξάρτημα μας είναι έτοιμο να τοποθετηθεί οπουδήποτε μέσα στο χώρο σχεδίασης και σε όση ποσότητα επιθυμούμε πατώντας αριστερό κλικ. (ΕΙΚΟΝΑ 8)



Σχήμα 153

Στη συνέχεια για να τοποθετήσουμε ένα άλλο εξάρτημα πατάμε escape από το πληκτρολόγιο ή stop από το εικονίδιο του menu και μας ξανά πάει στην βιβλιοθήκη. Αξίζει να σημειωθεί ότι κινήσεις που δεν επιθυμούμε στο schematic μας, μπορούμε να τις ανατρέξουμε επιλέγοντας undo από το menu edit.

Κάθε εξάρτημα που έχουμε επιλεγμένο μπορεί να περιστρέφεται στη θέση που το θέλουμε πατώντας διαδοχικά δεξί κλικ.

Το επόμενο βήμα αφού ολοκληρώσουμε την τοποθέτηση εξαρτημάτων είναι να ενώσουμε τα εξαρτήματα με διαδρόμους.

Πληκτρολογώντας την εντολή net μας δίνεται η δυνατότητα να κάνουμε χρήση καλωδίου για την σύνδεση των εξαρτημάτων, μπορούμε να κάνουμε χρήση καλωδίου πατώντας το κουμπί WIRE. Πάνω από την γραμμή εντολών θα εμφανιστεί ένα μικρό μενού από το οποίο μπορούμε να επιλέξουμε τι μορφή θέλουμε να έχει το καλώδιο μας όταν θα σχηματίζει γωνίες. Μπορούμε να αλλάξουμε την γωνία του καλωδίου κάνοντας διαδοχικά δεξί κλικ εκεί που χρειάζεται γωνία.

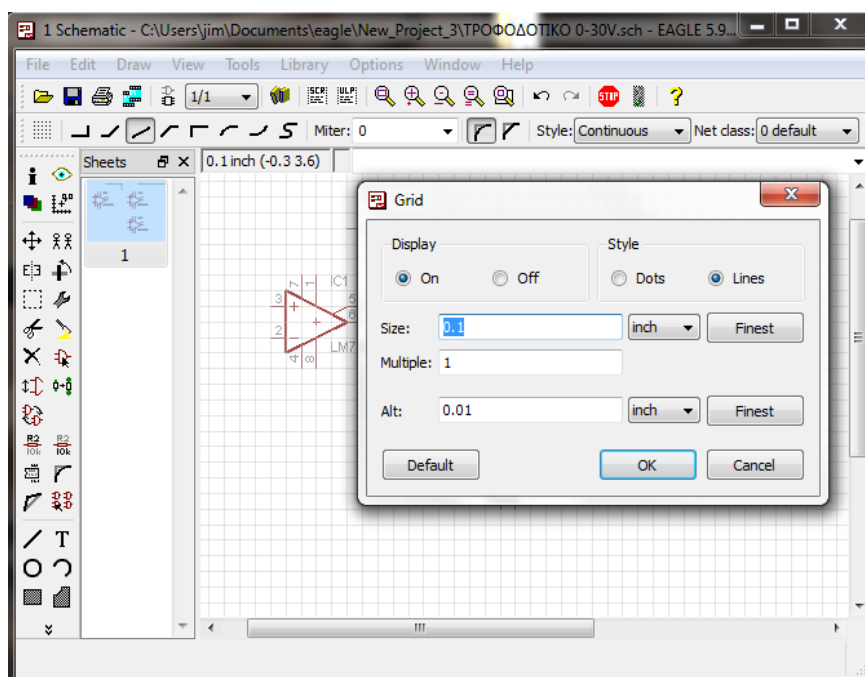


Σχήμα 154

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** με διπλό αριστερό κλικ μπορούμε να σταματήσουμε το καλώδιο και πατώντας κλικ σε άλλο σημείο να το συνεχίσουμε.

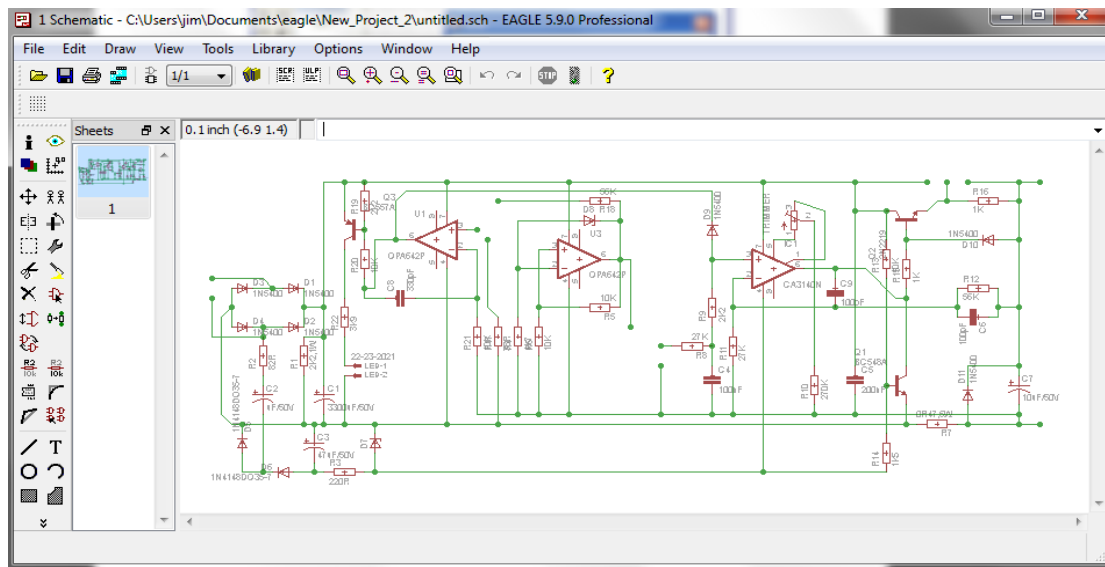
### ΠΛΕΓΜΑ:

Πληκτρολογώντας την εντολή grid εμφανίζεται ένα μενού που μας επιτρέπει να εμφανίσουμε το πλέγμα κατά την σχεδίαση καθώς και να ρυθμίσουμε την απόσταση μεταξύ των σημείων του πλέγματος. (ΕΙΚΟΝΑ 10)



Σχήμα 155

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το σχηματικό μας ολοκληρωμένο. (ΕΙΚΟΝΑ 11)




Σχήμα 156


### Χρήσιμοι χειρισμοί κατά την σχεδίαση

- ❖ F3: μεγέθυνση σχεδίου
- ❖ F4: σμίκρυνση σχεδίου

Κάνοντας κλικ πάνω σε ένα εξάρτημα και σέρνοντας το ποντίκι μπορούμε να το μετακινήσουμε όπου θέλουμε μέσα στο σχέδιο και κάνοντας δεξί κλικ μπορούμε να το περιστρέψουμε ώστε να τοποθετηθεί στη θέση που επιθυμούμε.

Με το εικονίδιο group: 

Μπορούμε να επιλέξουμε μια ομάδα εξαρτημάτων (group) μαζί με τα καλώδια που τα συνδέουν.

Με το εικονίδιο move: 

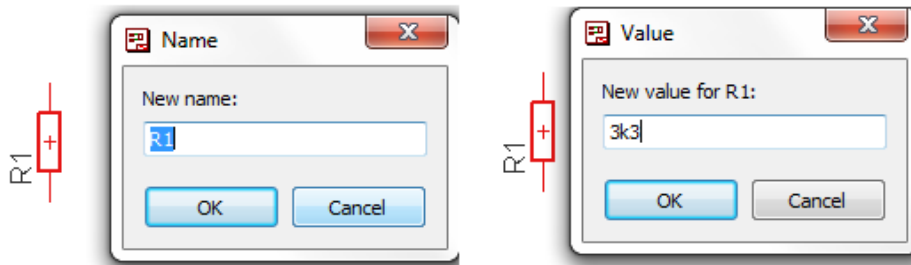
Με αυτό το εικονίδιο μπορούμε να μετακινήσουμε με πατημένο αριστερό κλικ ένα εξάρτημα του group, ή πατώντας την εντολή group διαλέγουμε τα εξαρτήματα που επιθυμούμε να μετακινήσουμε και πατώντας δεξί κλικ εμφανίζεται

Έτσι ώστε να μπορούμε να κατευθύνουμε τα εξαρτήματα εκεί που θέλουμε.



### Ονομασία και τιμές εξαρτημάτων

Για την ονομασία των εξαρτημάτων, πληκτρολογούμε στην γραμμή εντολών την εντολή name και στην συνέχεια κάνουμε κλικ πάνω στο εξάρτημα που θέλουμε να ονομάσουμε. Θα εμφανιστεί το παρακάτω παράθυρο στο οποίο θα δώσουμε το νέο όνομα. (ΕΙΚΟΝΑ 12)





Σχήμα 157

Για τις τιμές των εξαρτημάτων, πληκτρολογούμε στην γραμμή εντολών την εντολή val και στη συνέχεια κάνουμε κλικ στο εξάρτημα που θέλουμε να του δώσουμε τιμή. Θα εμφανιστεί το παραπάνω παράθυρο στο οποίο θα δώσουμε την τιμή για το καθένα

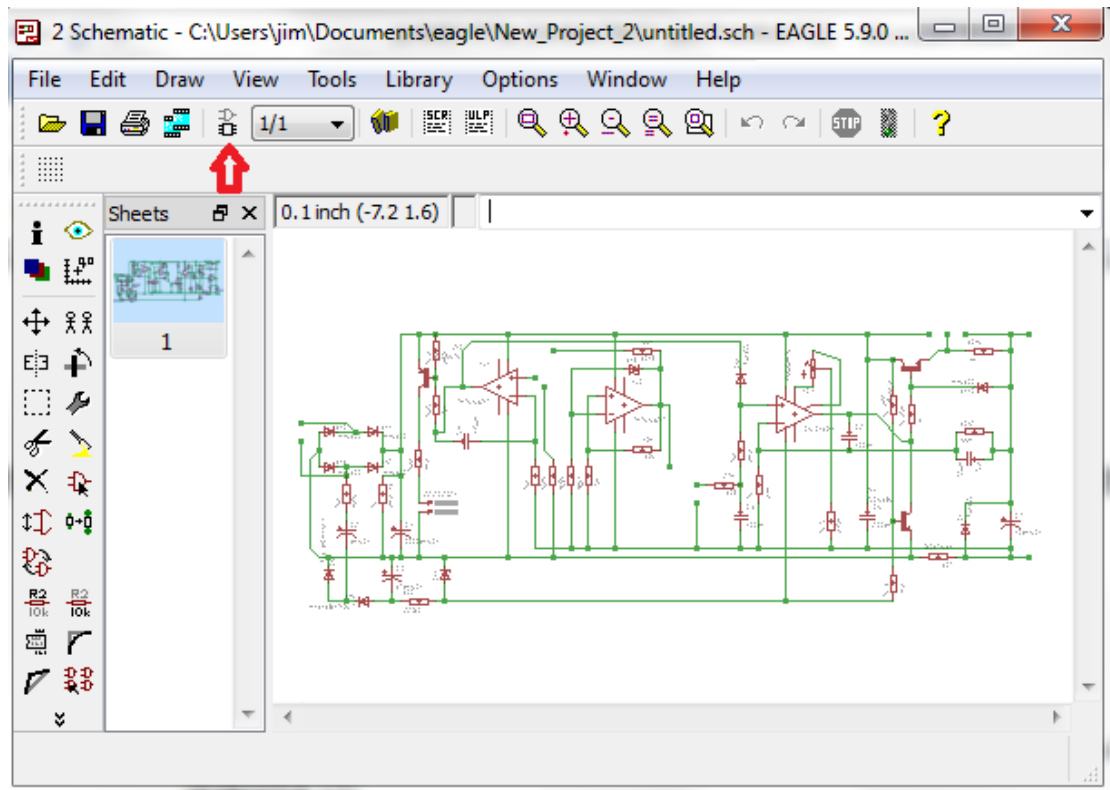
### Έλεγχος σφαλμάτων

Πραγματοποιείται σε δύο στάδια:

- ❖ Το πρώτο στάδιο είναι το ERC(έλεγχος συνδέσεων) που πραγματοποιείται πατώντας το κουμπί ERC 
- ❖ Το δεύτερο στάδιο είναι το ERROR(γενικός έλεγχος) που πραγματοποιείται πατώντας το κουμπί ERROR. 

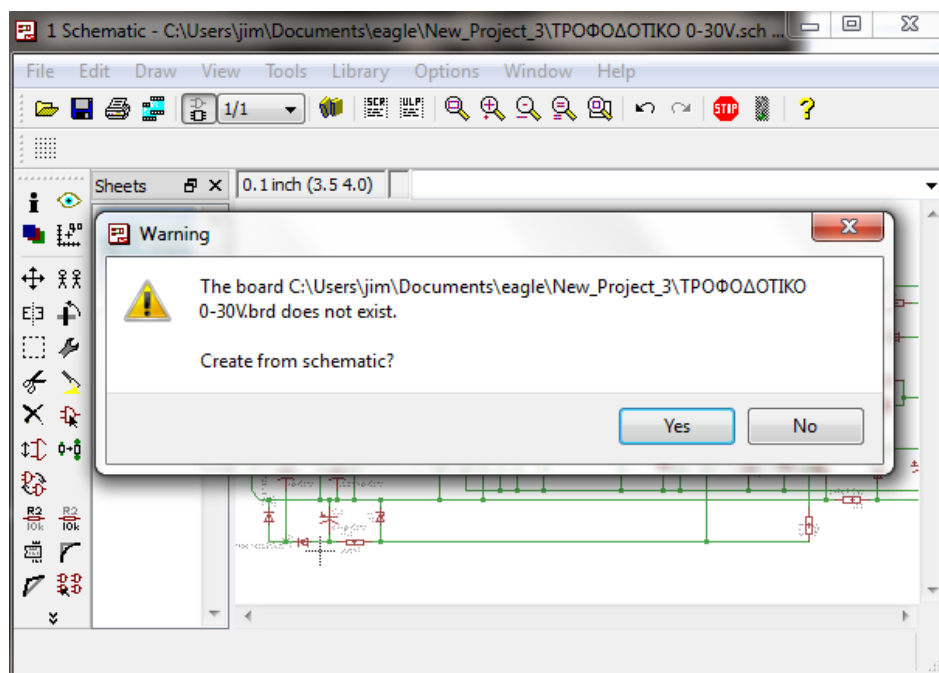
## Δημιουργία PCB

Από το schematic επιλέγουμε στην γραμμή εργαλείων του μενού το εικονίδιο board. (EIKONA 13)



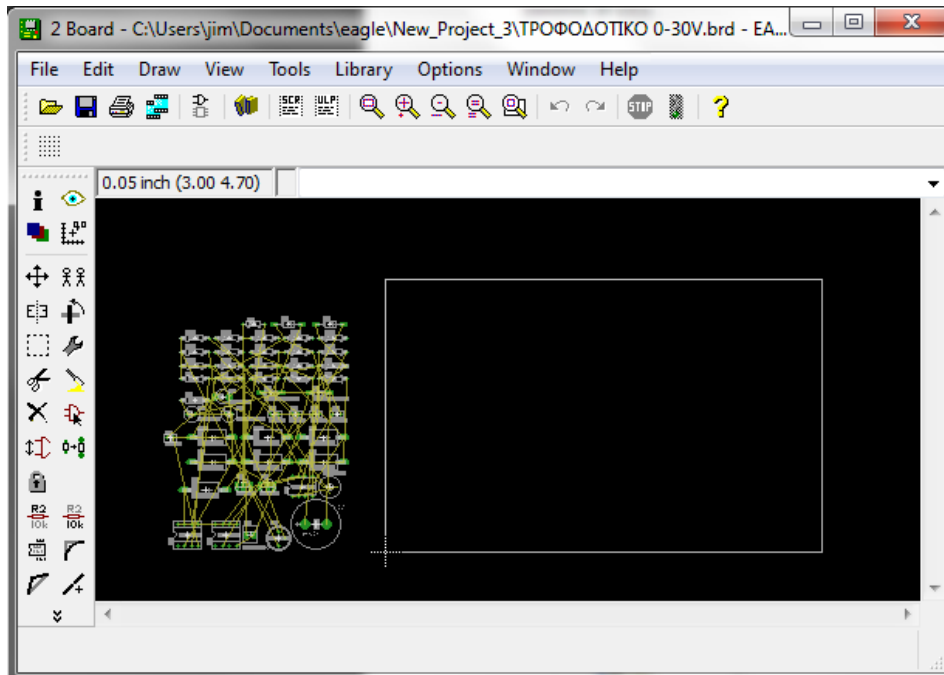
Σχήμα 158

Αφού πατήσουμε το board θα εμφανιστεί ένα warning και πατάμε yes. (EIKONA 14)



Σχήμα 159

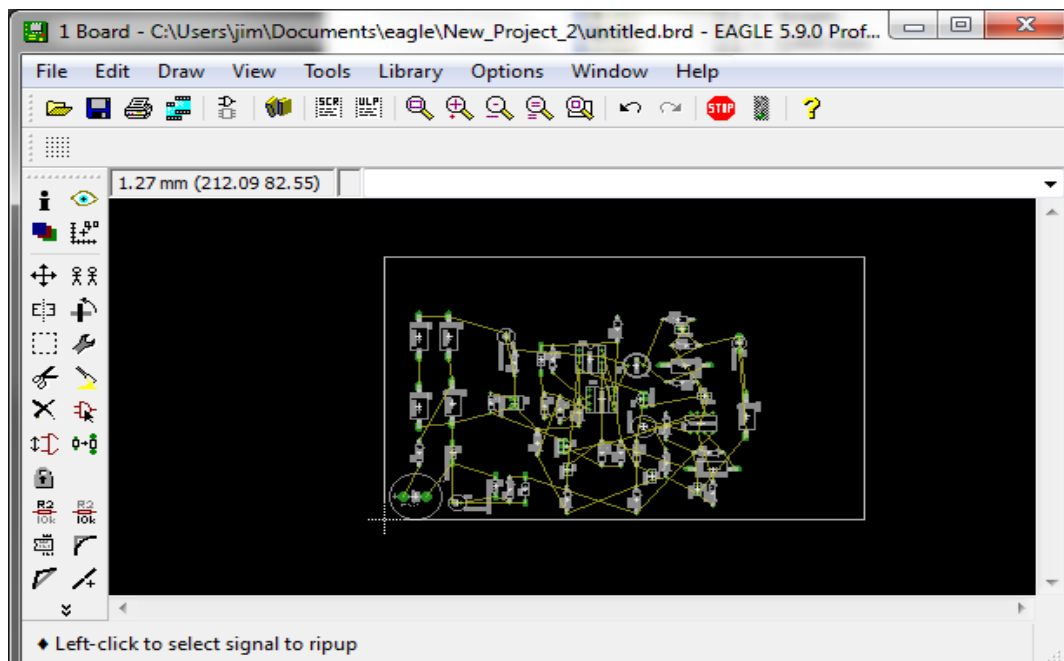
Από την στιγμή που πατήσουμε yes περνάμε από το schematic στο board. (ΕΙΚΟΝΑ 15)



Σχήμα 160

Με το εικονίδιο Move:

Θα μεταφέρουμε όλα τα εξαρτήματα που βρίσκονται έξω από το πλαίσιο μέσα σε αυτό. Αφού τα μεταφέρουμε στη συνέχεια τοποθετούμε στα σημεία που θέλουμε να βρίσκονται. Διαπιστώνουμε ότι αρκετά από τα εξαρτήματα έχουν τα καλώδια τους “μπλεγμένα”. (ΕΙΚΟΝΑ 16)

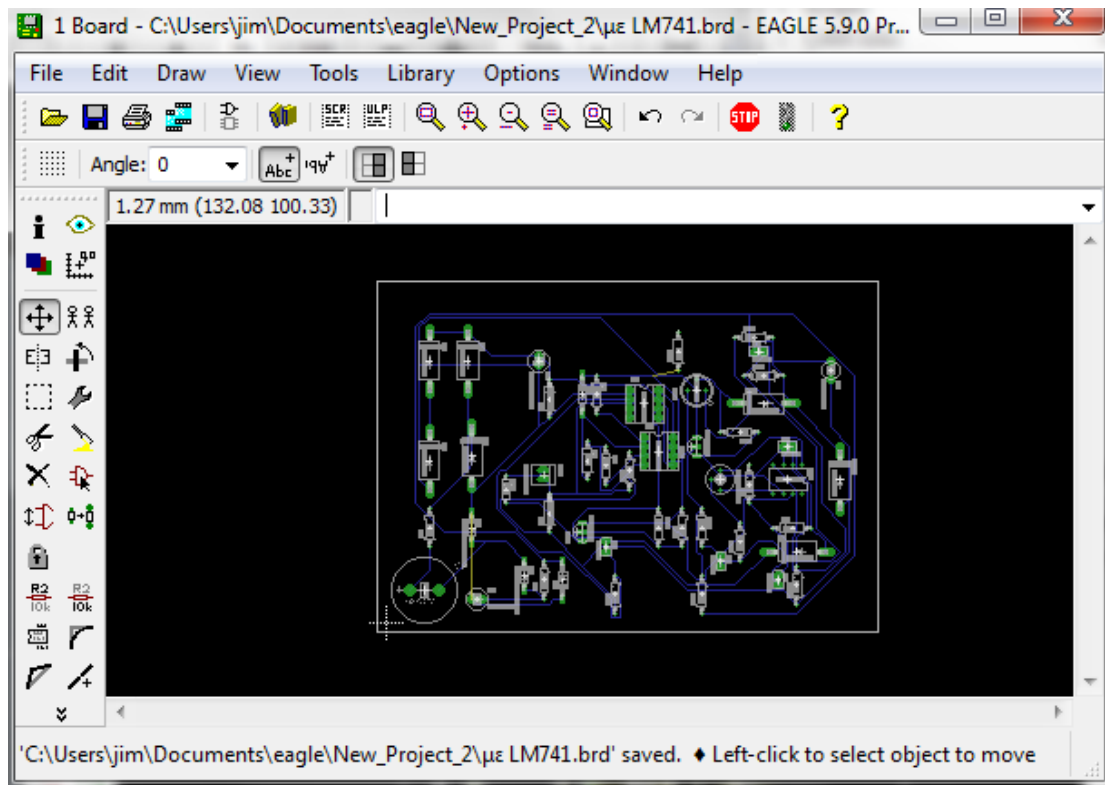


Σχήμα 161

Οι κινήσεις που πρέπει να κάνουμε ώστε να βάλουμε τα καλώδια στη σωστή θέση είναι οι εξής:

- ❖ Με το δεξί κλικ πατάμε διαδοχικά περιστρέφοντας το εξάρτημα έως που να φέρουμε τις γραμμές στην επιθυμητή τους θέση.
- ❖ Γράφουμε στην γραμμή εντολών RAT ώστε να γίνει αυτόματη επιλογή της πιο εύκολης διαδρομής ή μπορούμε από τη γραμμή με τα εργαλεία στα πλάγια του panel που εργαζόμαστε να κάνουμε κλικ στο βελάκι κάτω αριστερά και να επιλέξουμε το RATNET

Αφού ολοκληρώσουμε τη διαδικασία της σωστής τοποθέτησης των εξαρτημάτων μέσα στο πλαίσιο μπορούμε να μετακινήσουμε το πλαίσιο γύρω από τα εξαρτήματα ώστε κατά την κατασκευή της πλακέτας να έχουμε μια πλακέτα ακριβώς μέσα στο στεφάνι της. (ΕΙΚΟΝΑ 17)





Σχήμα 162

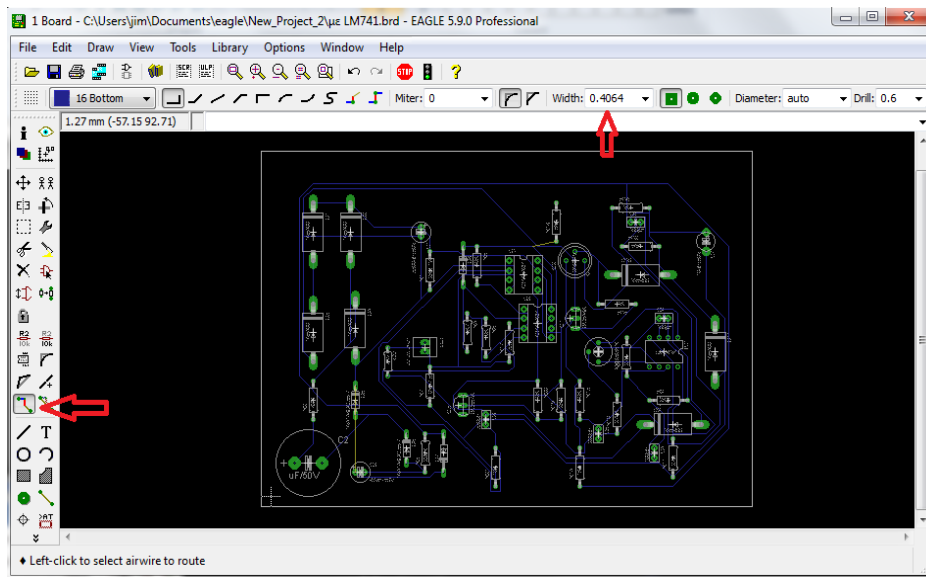
## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΥ ROUTING

### i. Χειροκίνητο routing

Τα εργαλεία με τα οποία θα εργαστούμε είναι τα εξής:

- ❖ Το route,  με αυτό τοποθετούμε το διάδρομο από εξάρτημα σε εξάρτημα
- ❖ Το ripup,  με αυτό αφαιρούμε το διάδρομο από εξάρτημα σε εξάρτημα

Πληκτρολογώντας στην γραμμή εντολών την εντολή rout αυτόματα εμφανίζεται ένα μενού που περιλαμβάνει διάφορες λειτουργίες. Μια από αυτές είναι και το πλάτος του διαδρόμου width στο οποίο βάζουμε την τιμή που χρειαζόμαστε. (ΕΙΚΟΝΑ 18)

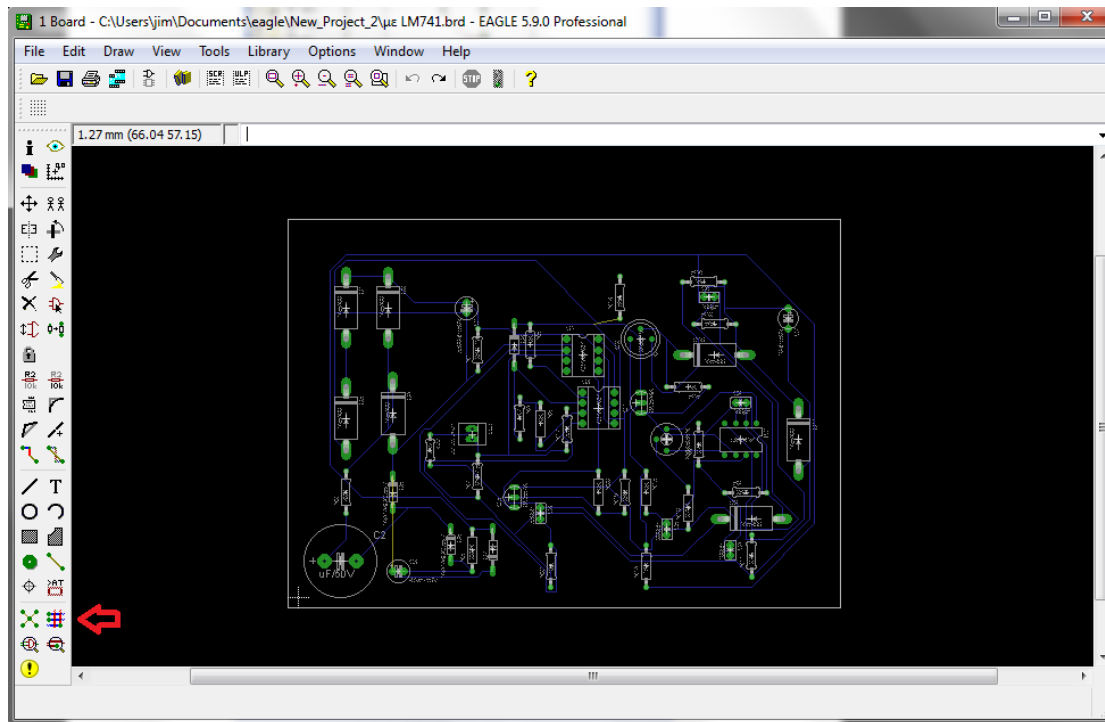


Σχήμα 163

Στην συνέχεια με τα δυο παραπάνω εργαλεία ξεκινάμε να περνάμε τον διάδρομο από εξάρτημα σε εξάρτημα και να τον αφαιρούμε σε περίπτωση που θέλουμε να κάνουμε αλλαγές. Παρατηρούμε ότι χειριζόμαστε τις γωνίες των διαδρόμων όπως και τις γωνίες των καλωδίων στο schematic.

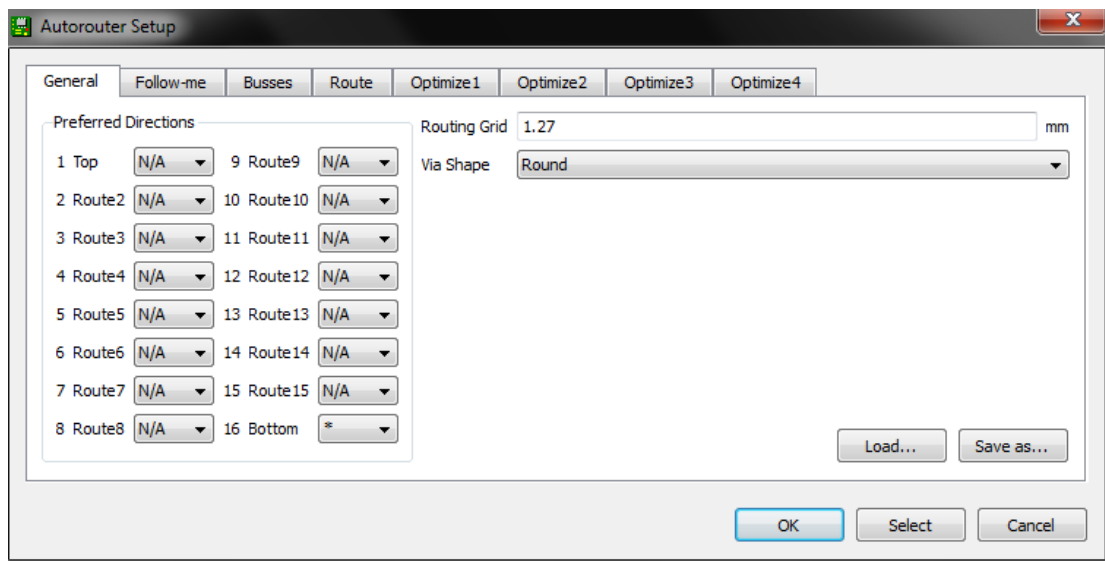
### ii. Αυτόματη δρομολόγηση

Στο eagle κατά την διαδικασία του routing εμφανίζεται pcb δυο επιστρώσεων (double layer), αυτό όμως είναι ασύμφορο για απλές κατασκευές και για τον λόγο αυτό θα κάνουμε κάποιες απαραίτητες ρυθμίσεις ώστε να φτιάξουμε ένα μόνο layer. Αρχικά πατάμε στο εικονίδιο auto route. (ΕΙΚΟΝΑ 19)



Σχήμα 164

Αφού πατήσουμε το αυτο εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο. (ΕΙΚΟΝΑ 20)



Σχήμα 165

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζονται οι ρυθμίσεις για το σωστό routing

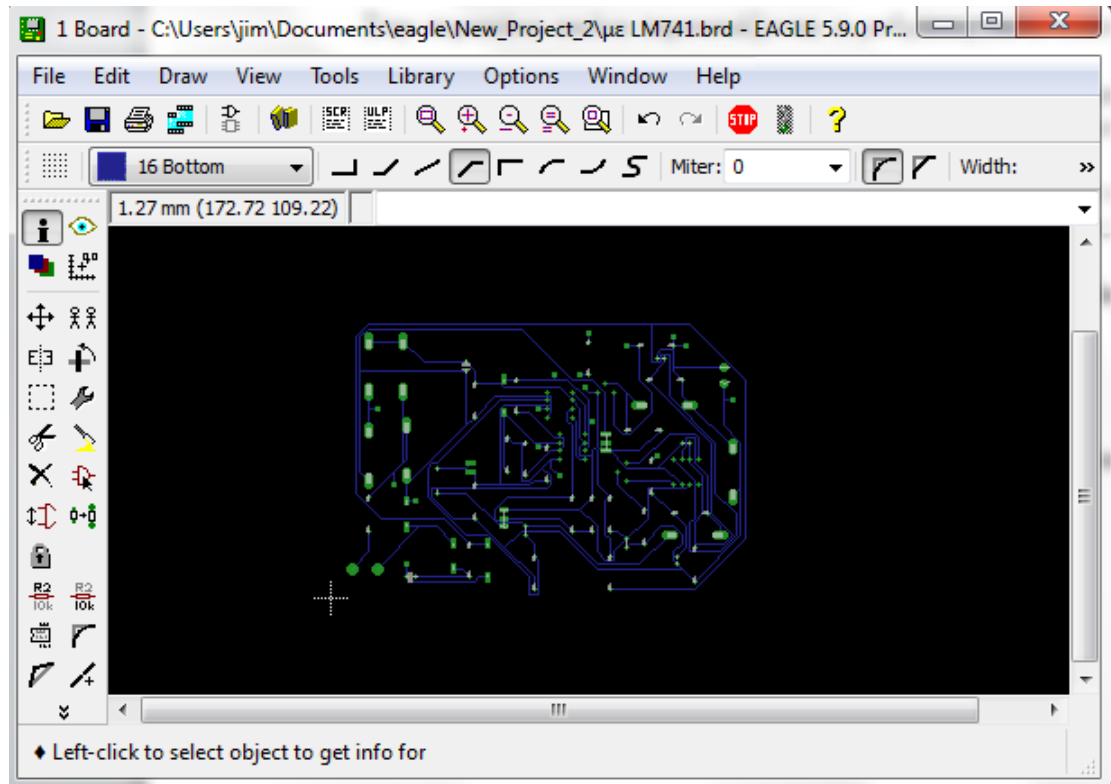
Στην συνέχεια πατάμε OK και βλέπουμε τους διαδρόμους να εμφανίζονται αυτόματα καθώς μια μπάρα φόρτωσης δεδομένων θα μας δείχνει το ποσοστό επιτυχίας της δρομολόγησης.

Έπειτα πρέπει να κρύψουμε όλα αυτά που δεν χρειάζονται π.χ. τα υλικά, τα ονόματα, τις τιμές και να αφήσουμε εμφανή μόνο τις πίστες του κυκλώματος μας.

Για να το πετύχουμε αυτό πρέπει να πατήσουμε το κουμπί display από τον πίνακα των εργαλείων και να αφαιρέσουμε τις εξής επιλογές.

- ❖ Dimension
- ❖ tPlace
- ❖ bPlace

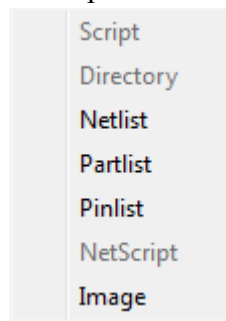
Στην οθόνη μας θα πρέπει να δούμε την παρακάτω εικόνα αφού πατήσουμε το πλήκτρο OK.



Σχήμα 166

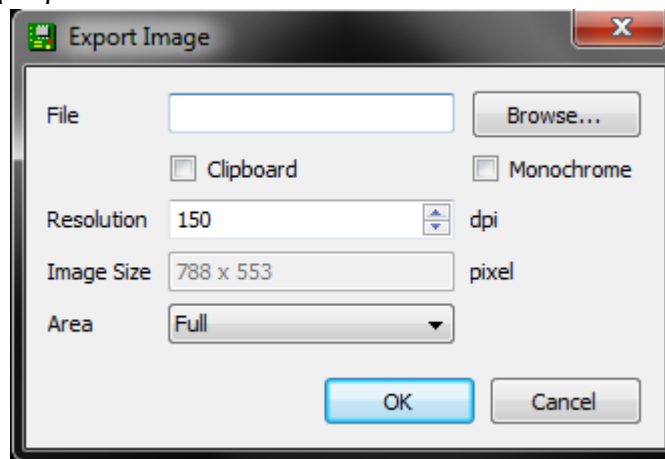
### 3.4 ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΠΛΑΚΕΤΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ PHOTOSHOP

Στην συνέχεια κάντε κλικ στο File – Export κάντε κλικ και επιλέξτε Image.



Σχήμα 167

Θα εμφανιστεί η παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 168

Εδώ χρειάζεται λίγο προσοχή, γιατί όσο μεγαλύτερο είναι το Resolution τόσο καλύτερα θα επεξεργαστούμε την εικόνα στο Photoshop CS, επίσης θα πρέπει να εξάγουμε την εικόνα μονόχρωμη οπότε τσεκάρετε το Monochrome, δώστε ένα όνομα και πατήστε OK.

Προσοχή στο Resolution, γιατί όσο μεγαλύτερο αριθμό δίνουμε η εικόνα γίνεται μεν πιο ποιοτική, αλλά ταυτόχρονα και μεγάλη σε όγκο για επεξεργασία, και έτσι θα αργεί ο υπολογιστής σας σε όποιες αλλαγές κάνετε σε αυτήν, καλή είναι η ανάλυση των 600 dpi.

Σε αυτό το σημείο τελειώσαμε με το Eagle, το επόμενο βήμα είναι η επεξεργασία εικόνας από το Photoshop CS

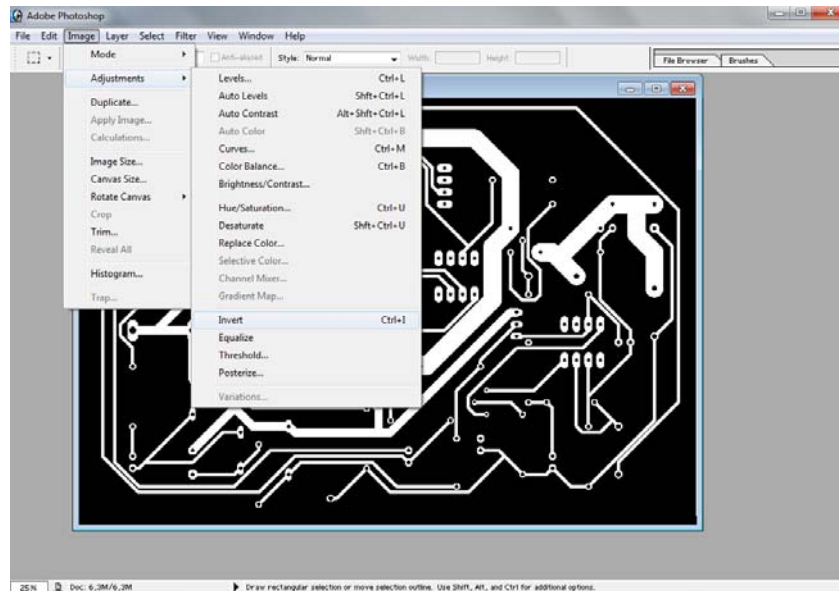
#### Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ στο Photoshop

Ανοίγουμε το Photoshop και κάνουμε κλικ στο Open βρίσκουμε το αρχείο ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ 1 και πατάμε το πλήκτρο Open, το πρόγραμμα θα ανοίξει την εικόνα που δημιουργήσαμε προηγουμένως στο Eagle.



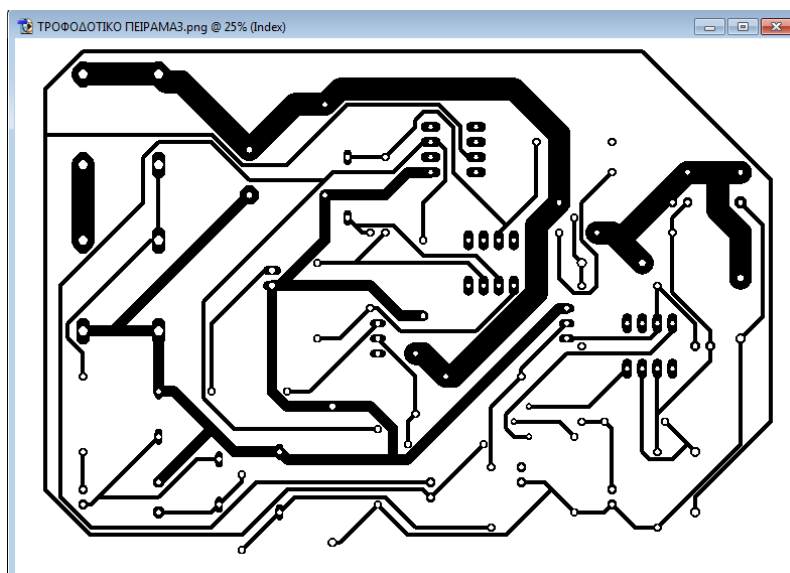
Όπως παρατηρούμε οι πίστες είναι σε άσπρο χρώμα και τα κενά σημεία σε μαύρο, αυτό θα πρέπει να το αναστρέψουμε αφού εμείς θέλουμε να τυπώσουμε τις πίστες και όχι τα κενά.

Για να το επιτύχουμε αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την εντολή **Invert**, κάντε κλικ στο **Image – Adjustments – Invert** ή χρησιμοποιήστε για συντομία το **CTRL+I**.



Σχήμα 169

Αμέσως θα αναστραφούν τα χρώματα και θα έχουμε πλέον τις πίστες με μαύρο χρώμα και το κενό με άσπρο.



Σχήμα 170

Αποθηκεύουμε την εικόνα σε μορφή **PSD** (Photoshop Format ) για να μπορούμε στο μέλλον να κάνουμε οποιαδήποτε αλλαγή θελήσουμε.

## **Η ΕΜΦΑΝΙΣΗ**

Εάν όλα είναι σωστά τυπώστε την διαφάνεια σε έναν Laser εκτυπωτή στην μέγιστη ανάλυση, κόψτε την διαφάνεια στα τμήματα των σχεδίων και φυλάξτε τα μέχρι την εμφάνιση τους, προσοχή στην διαφάνεια ώστε να μην την λερώσετε, θα πρέπει να έχουμε καθαρά χέρια και να μην την πιάνουμε από σημεία όπου μπορεί να επηρεαστεί η εμφάνιση του τυπωμένου.

### **Για την εμφάνιση των σχεδίων χρειαζόμαστε τα εξής υλικά.**

- Σκοτεινό Θάλαμο με λάμπα UV 300W
- 2 κομμάτια γυαλί 30x30cm και πάχος 0.5χιλ
- Peridrol (Από φαρμακείο)
- Κεζάπ (Από Super Market)
- ΤουΜποΦλο (Από Super Market)
- Πλαστικά γάντια (Ζητήστε από φαρμακείο γάντια χειρουργείου)
- Φωτοευαίσθητες πλακέτες
- Σπρέι για επικάλυψη της πλακέτας από διάβρωση
- Τρυπάνι μικρό ρυθμιζόμενων στροφών με βάση και αρίδες (τρυπανάκια) από 0,5χιλ. έως 3χιλ
- 2 λεκάνες πλαστικές

Ο σκοτεινός θάλαμος δεν είναι κάτι το δύσκολο στην κατασκευή του, αρκεί να ζητήσετε από έναν μαραγκό ή να φτιάξετε εσείς ένα ντουλάπι, με ωφέλιμο χώρο ύψους 60cm βάθους και πλάτους 40cm και πόρτα που να εφαρμόζει όσο το δυνατόν καλύτερα στον θάλαμο, με μία τρύπα στο κέντρο και επάνω για να στερεώσετε την βάση για το ντουί της λάμπας. Το ντουί πρέπει να είναι από πορσελάνη για να μην λιώσει στην θερμοκρασία που αναπτύσσει η λάμπα, επίσης χρησιμοποιήστε λαστιχένια πόδια ή βάσης για τον θάλαμο ώστε να μην έχει κραδασμούς (για μεγαλύτερη προστασία της λάμπας).

Η λάμπες UV είναι λάμπες υπεριώδης ακτινοβολίας και είναι λίγο ακριβές στο εμπόριο, πέραν τούτου όμως χρειάζονται και μία προθέρμανση περίπου 5 λεπτών για να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση, προτού λοιπόν οδηγήσετε τις πλακέτες σας μέσα στον θάλαμο, ανάψτε την λάμπα τουλάχιστον 5 λεπτά νωρίτερα, επίσης μην κοιτάξετε ποτέ απευθείας τον λαμπτήρα καθώς υπάρχει κίνδυνος για βλάβη της όρασης σας από αυτών.

Τα δύο κομμάτια από γυαλί χρειάζονται για την στήριξη της πλακέτας με την διαφάνεια μέσα στον θάλαμο, χρησιμοποιούμε το ένα γυαλί σαν βάση τοποθετούμε την φωτοευαίσθητη πλακέτα με των χαλκό προς τα επάνω, τοποθετούμε τις διαφάνειες με την τυπωμένη πλευρά να εφάπτεται με τον χαλκό και τέλος το δεύτερο κομμάτι γυαλιού πάνω από την η τις διαφάνειες για να τις πιέζει πάνω στον χαλκό, καλό θα ήταν να χρησιμοποιήσετε κολλητική ταινία διάφανη (κολλητική ταινία 3M σχεδίου διάφανη) και να κολλήσουμε τις δύο πλάκες από γυαλί μεταξύ τους.

Η όλη παραπάνω διαδικασία θα πρέπει να γίνει σε χώρο όσο το δυνατόν με χαμηλότερο φωτισμό και σε γρήγορο χρονικό διάστημα, διότι η φωτοευαίσθητες πλακέτες από την ώρα που θα αφορέσουμε την προστατευτική τους επικάλυψη είναι πλέον εκτεθειμένες σε οποιαδήποτε πηγή φωτός και μπορούν να δημιουργηθούν προβλήματα στην πλακέτα από την υπερβολική έκθεση της στο φως για πόλη ώρα.

Αφού προθερμάνετε τον θάλαμο, με προσοχή βάλτε τις 2 πλάκες από γυαλί με την πλακέτα και την διαφάνεια στον θάλαμο χωρίς να έρθουμε σε επαφή με των λαμπτήρα και χωρίς να τον κοιτάζουμε, κλείστε την πόρτα του θαλάμου και περιμένετε για 15 περίπου λεπτά, στο διάστημα αυτό βρείτε ένα κουτί (π.χ. από παπούτσια) για να φυλάξετε την πλακέτα μετά την έκθεση της και ζεστάνετε (ΜΗΝ ΤΟ ΒΡΑΣΕΤΕ) 1 λίτρο νερό.

Μετά το πέρας των 15 λεπτών σβήστε την λάμπα και βγάλτε τις πλάκες από γυαλί με την πλακέτα και την/τις διαφάνειες από τον θάλαμο, βάλτε την πλακέτα στο κουτί και κλείστε το καλά μέχρι να έρθει η ώρα για την αποχάλκωση.

Όπως θα είδατε παραπάνω δεν χρησιμοποιώ τα συνήθεις υλικά για την αποχάλκωση (καυστική σόδα – αποχαλκωτικό), και αυτό γιατί είναι πολύ επικίνδυνα για το περιβάλλον και τον άνθρωπο αλλά και δύσκολο στο να τα “ξεφορτωθούμε” αργότερα, αφού δεν επιτρέπεται να τα πετάξουμε στο περιβάλλον η στην αποχέτευση παρά μόνο να τα παραδώσουμε στο χημείο, ενώ τα υλικά που περιγράφω μπορούμε απλώς να πετάξουμε στην αποχέτευση της οικίας μας (σε καμιά περίπτωση όμως στο περιβάλλον).

Η όλη διαδικασία της αποχάλκωσης θα πρέπει να γίνει σε καλά αεριζόμενο χώρο ή σε ανοιχτό χώρο(μπαλκόνι, αυλή, ταράτσα) με την χρήση γαντιών και με την μέγιστη προσοχή αφού (ιδίως το κεζαπ που είναι καυστικό) έχουμε να κάνουμε με επικίνδυνα χημικά προϊόντα.

Στην μία από τις δύο πλαστικές λεκάνες ρίχνουμε το νερό που ζεστάναμε και τρεις κουταλιές ΤουΜποΦλο, (το κουτάλι δεν το χρησιμοποιούμε ποτέ ξανά για την διατροφή μας παρά μόνο για τον ίδιο σκοπό) ανακατεύουμε καλά έως ότου να μην υπάρχει ο παραμικρός σβόλος ΤουΜποΦλο στο νερό, εάν παρόλα αυτά υπάρχουν σβόλοι τους διαλύουμε με το κουτάλι.

Στην δεύτερη λεκάνη αδειάζουμε το ¼ του κεζάπ και ρίχνουμε λίγο Peridrol (περίπου 2 γεμίσματα από το πλαστικό καπάκι ενός εμφιαλωμένου νερού του ενός λίτρου) και ανακαινίζουμε την λεκάνη για να αναμιχθούν τα χημικά.

Βαπτίζουμε την πλακέτα μας στην πρώτη λεκάνη με το νερό και το ΤουΜποΦλο και την ανακαινίζουμε έως ότου να αρχίσει να γίνετε ορατό το σχέδιο στην πλακέτα μας (περίπου 1-3 λεπτά), όταν αυτό πλέον είναι ορατό αφαιρούμε από την λεκάνη την πλακέτα και την πλένουμε με άφθονο νερό στον νιπτήρα και όχι στο περιβάλλον και κατόπιν την σκουπίζουμε καλά με χαρτί υγείας.

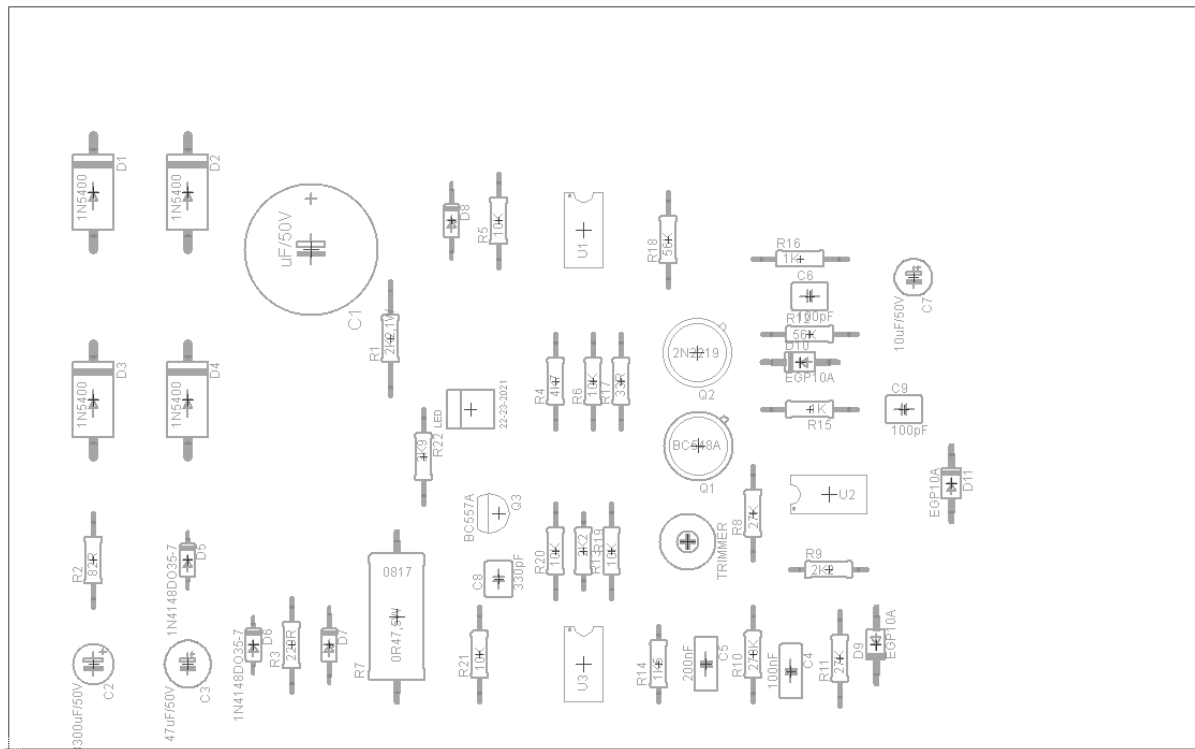
Βαπτίζουμε την πλακέτα στην δεύτερη λεκάνη με το κεζαπ και το Peridrol και την ανακαινίζουμε έως ότου να ολοκληρωθεί η αποχάλκωση (περίπου 15-20 λεπτά), εάν η αποχάλκωση δεν ξεκινήσει η δεν ολοκληρωθεί μέσα σ' αυτόν τον χρόνο προσθέστε ακόμα μία με δύο δόσεις Peridrol, με την ολοκλήρωση της αποχάλκωσης θα πρέπει να έχουμε το σχέδιο μας πλέον τυπωμένο στην πλακέτα και θα πρέπει να κάνουμε έναν σχολαστικό έλεγχο ώστε να μην έχουν μείνει ίχνη χαλκού σε ανεπιθύμητα σημεία, εάν υπάρχουν τέτοια ίχνη βαπτίζουμε ξανά την πλακέτα μέχρι να εξαφανιστούν όλα, κατόπιν πλένουμε την πλακέτα με άφθονο νερό και πάλι στον νιπτήρα του σπιτιού μας και την σκουπίζουμε με χαρτί υγείας.

Απομακρύνουμε τα χημικά από τις λεκάνες στην αποχέτευση και τις ξεπλένουμε καλά με άφθονο νερό.

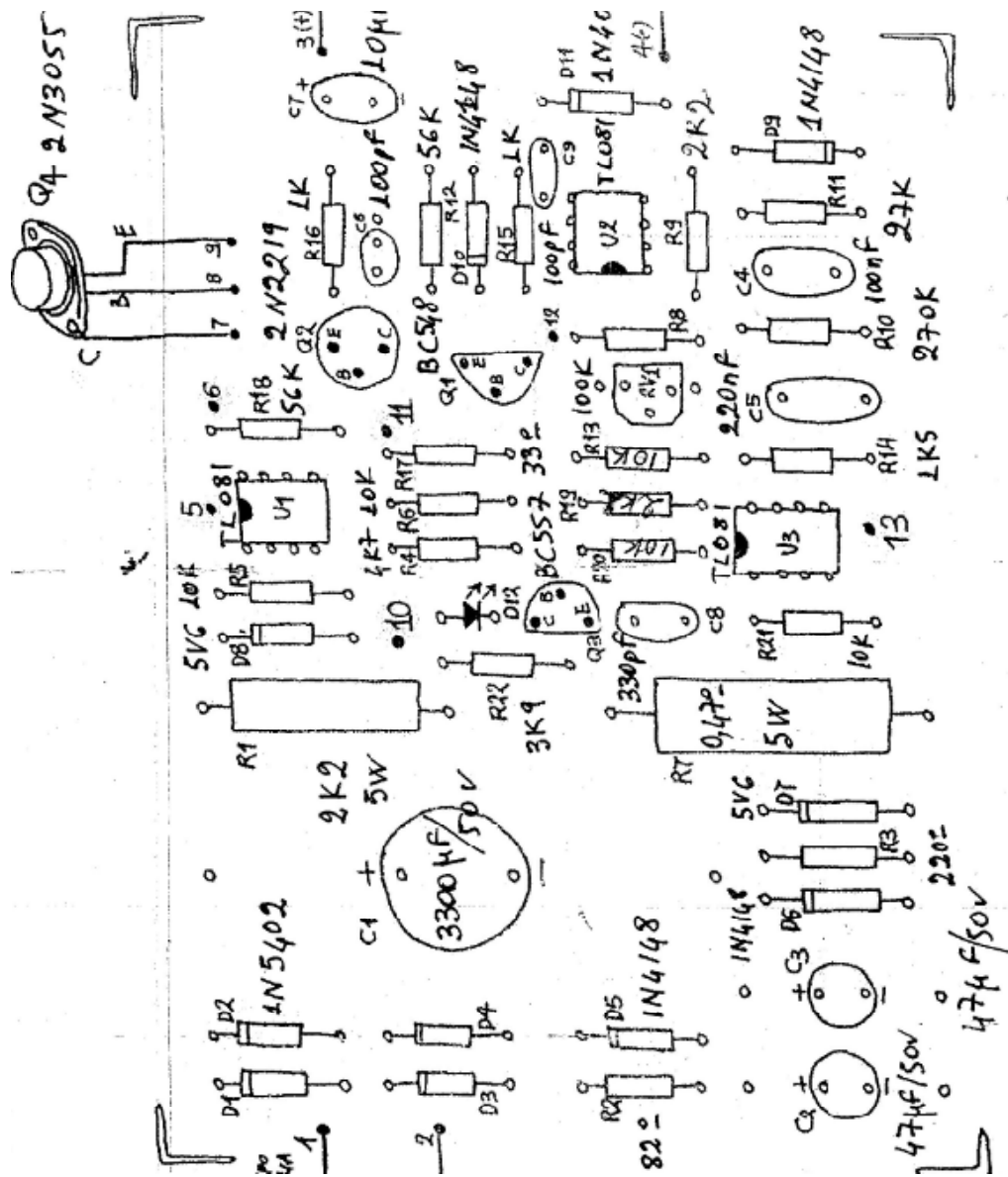
Στην συνέχεια, αφού στεγνώσει η πλακέτα την ψεκάζουμε με το σπρέι κατά της διάβρωσης ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή (Η πλακέτα κατά τον ψεκασμό να είναι σε γωνία 45°, την ψεκάζουμε από απόσταση περίπου 20cm, την αφήνουμε να στεγνώσει και την ψεκάζουμε ξανά).

Αφού τελειώσουμε και με την προστατευτική επικάλυψη της πλακέτας είναι η ώρα για το τρύπημα, εδώ θα χρειαστούμε το τρυπάνι με την βάση (η βάση δεν είναι απαραίτητη, με την βοήθεια της όμως θα κάνετε τέλεια δουλεία χωρίς να καταπονήσετε η να πληγώσετε την πλακέτα) για να ανοίξουμε τις οπές για την τοποθέτηση των υλικών μας

## ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΚΕΤΑΣ



Σχήμα 171



Σχήμα 172

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Τυποποιημένα κυκλώματα – Η διαδικασία από το Α έως το Ω με τη χρήση του Eagle layout editor & photoshop . Author: Ηλίας Ηλιάδης
- [www.electronics-lab.com/](http://www.electronics-lab.com/) 0-30 VDC stabilized power supply with current control 0.002-3 A.
- [www.repository.edulll.gr](http://www.repository.edulll.gr)
- Eagle βιβλίο καθηγητή
- Ηλεκτρονική Malvino, 6<sup>η</sup> έκδοση
- [www.cadsoftusa.com](http://www.cadsoftusa.com)