

---

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 4

(Ιδέα & Υλοποίηση : Κ. Αδαός – Υπ. Διδάκτωρ ΤΜΗΥΠ)

Στην άσκηση αυτή θα φτιάξουμε ένα μικρό "κλειδωτήρι" (γνωστό ως hasp) για την προστασία του λογισμικού μας από πιθανούς αντιγραφείς. Ένα hasp διανέμεται μαζί με κάθε αντίγραφο του λογισμικού και τοποθετείται σε μια από τις θύρες του υπολογιστή μας. Το λογισμικό σε τακτά χρονικά διαστήματα, στέλνοντας και διαβάζοντας πληροφορίες μέσω της θύρας του υπολογιστή μας, ελέγχει την παρουσία ή την απουσία του hasp. Έτσι ο επίδοξος αντιγραφέας μπορεί μεν να αντιγράψει το λογισμικό, όμως αυτό δε θα μπορεί να λειτουργήσει σε άλλον υπολογιστή, παρά μόνο αν αντιγραφεί και το hasp.

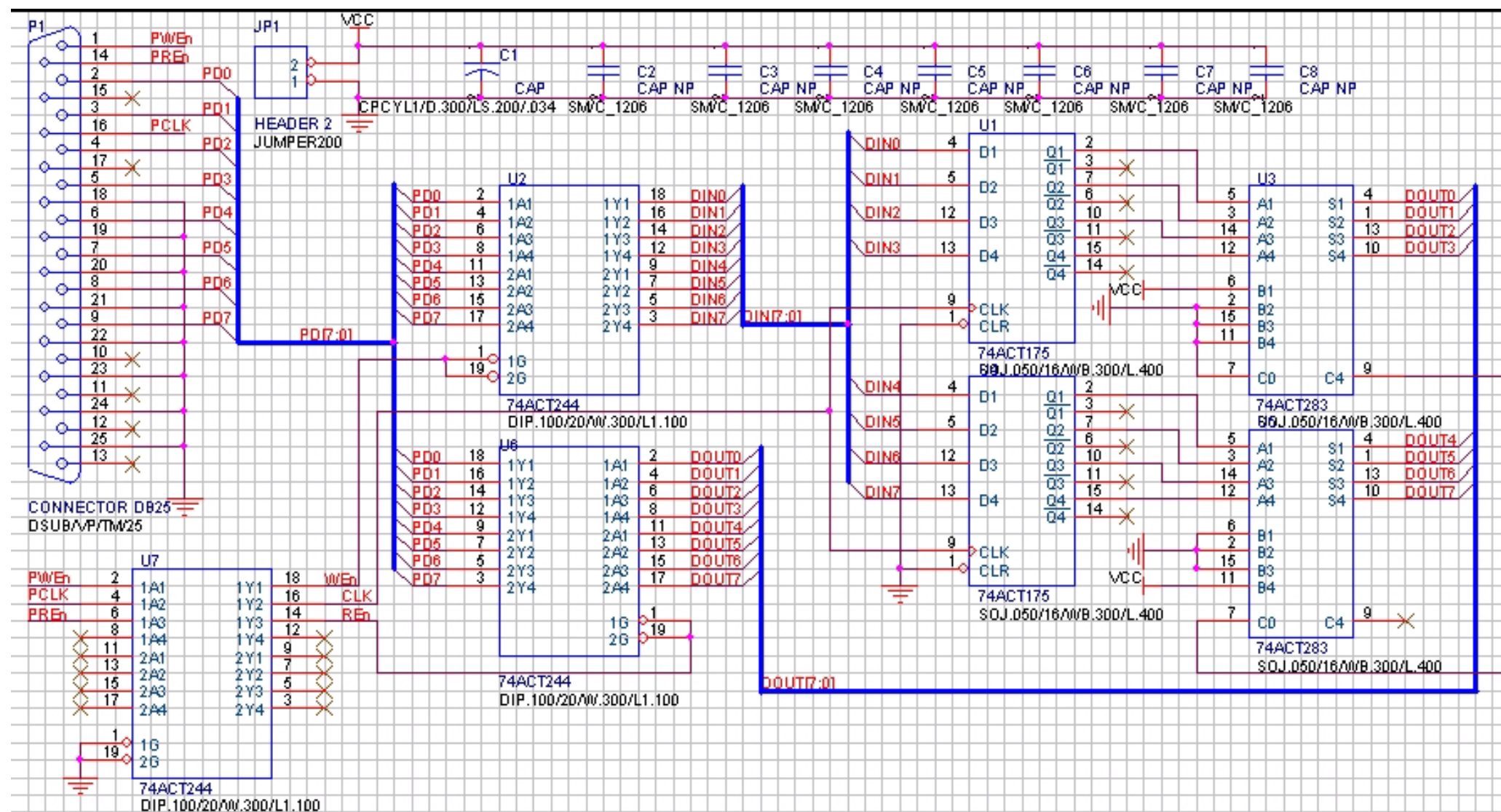
Για το παράδειγμά μας, υποθέτουμε :

- Οτι το hasp θα τοποθετηθεί σε μια παράλληλη θύρα του υπολογιστή μας και καμμία άλλη συσκευή δε θα χρησιμοποιεί τη συγκεκριμένη θύρα.
- Οτι το λογισμικό μας δεν ελέγχει απλά την παρουσία του hasp, αλλά του αναθέτει και κάποια μορφή επεξεργασίας της πληροφορίας. Υποθέτουμε ότι αυτή η επεξεργασία είναι η απεικόνιση κάθε byte σε κώδικα XS (Excess) 127.
- Το πρωτόκολλο επικοινωνίας με το hasp είναι το δυνατόν απλούστερο. Το λογισμικό αφού τοποθετήσει το byte στην παράλληλη θύρα, ενεργοποιεί ένα σήμα για να υποδείξει τη διαδικασία εγγραφής και παράγει ένα παλμό ρολογιού για το χρονισμό της εγγραφής. Το λογισμικό υποδεικνύει ανάγνωση των κωδικοποιημένων δεδομένων ενεργοποιώντας ένα σήμα ανάγνωσης.

Σκοπός της άσκησης είναι η εξοικείωσή σας με το χειρισμό αποκλειστικής πρόσβασης πάνω σε μια διαμοιραζόμενη αρτηρία, και της φάσης back-end..

### A. Εισαγωγή του σχεδιασμού

Η προτεινόμενη λύση για το παραπάνω πρόβλημα φαίνεται στο σχηματικό της επόμενης σελίδας. Τα σήματα PWEn, PCLK και PREn, είναι τα σήματα ελέγχου που μας παράγει το λογισμικό μας, ενώ η αρτηρία PD είναι τα παράλληλα δεδομένα που ανταλλάσσονται μεταξύ του hasp και του λογισμικού μας. Προσέξτε ότι η αρτηρία PD είναι δύο κατευθύνσεων (bidirectional) και συνεπώς θα πρέπει να υπάρχει αυστηρός έλεγχος σχετικά με το πότε θα πρέπει το hasp να οδηγήσει αυτή την αρτηρία. Το hasp οδηγεί αυτή την αρτηρία ΜΟΝΟ όταν λάβει σήμα PREn (το n δείχνει σήμα αρνητικής λογικής), ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση διαβάζει από αυτή την αρτηρία.



---

Αυτό το σχήμα διαιτησίας επιτυγχάνεται μέσω των ολοκληρωμένων ACT244 που είναι απομονωτές και οδηγοί γραμμών τριών καταστάσεων. Τα ολοκληρωμένα αυτά αντιγράφουν τα δεδομένα εισόδου τους (γραμμές A) στις αντίστοιχες εξόδους (γραμμές Y) μόνο όταν τα αντίστοιχα σήματα ενεργοποίησης G (αρνητικής λογικής) είναι στο λογικό 0. Αναφερόμενοι στο σχηματικό βλέπουμε ότι οι γραμμές ελέγχου επιτρέπεται διαρκώς να περνάνε στο hasp, ενώ τα δεδομένα εισόδου περνάνε στο hasp μόνο όταν ενεργοποιηθεί το σήμα PWE<sub>n</sub>. Το hasp οδηγεί με τα κωδικοποιημένα δεδομένα του την αρτηρία μόνο όταν το PE<sub>n</sub> είναι ενεργό (προσέξτε τον προσανατολισμό του U6).

Όταν νέα δεδομένα φτάσουν στο hasp, αυτά κλειδώνονται στα 175 (τετραπλά D flip flops) βάσει της ανοδικής ακμής του ρολογιού. Η ανοδική ακμή αυτή προκαλείται από το λογισμικό. Οι έξοδες των 175 μετατρέπονται σε XS127 κώδικα μέσω των δύο προσθετών (74ACT283) τεσσάρων δυαδικών ψηφίων που συνδέονται με ripple-carry σχήμα.

Στο όλο σχηματικό έχουν προστεθεί 7 decoupling πυκνωτές (C2 έως C8), ένας πυκνωτής τανταλίου (C1) για τη σταθεροποίηση της τάσης και μια υποδοχή (header 2 pins) για τροφοδοσία και γή. Βεβαιωθείτε ότι όλα τα σύμβολα τροφοδοσίας και γής στο σχηματικό σας έχουν μετονομαστεί σε VCC και GND. Αποθηκεύστε το σχεδιασμό σας, ανανεώστε τις αναφορές των ολοκληρωμένων που χρησιμοποιήσατε, περάστε Design Rule Check ... και πριν προχωρήσετε παρακάτω, αντιγράψτε το σχεδιασμό σας σε ένα νέο υποκατάλογο.

## **B. Εξομοίωση του σχεδιασμού**

Πριν την υλοποίηση του σχεδιασμού, θα πρέπει να εξομοιώσετε αναλυτικά τη λειτουργία του. Απομακρύνετε τον connector P1, τους πυκνωτές και τον header, από το ένα αντίγραφο. Αντικαταστήστε τα σήματα του P1 με ιεραρχικά ports. Εξομοιώστε το σχεδιασμό σας γράφοντας τις κατάλληλες κυματομορφές εισόδου, οδηγώντας όμως την αρτηρία PD MONO όταν ενεργοποιείτε το σήμα εγγραφής. Σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις οδηγήστε την στην κατάσταση υψηλής εμπέδησης (Z). Σημειώστε τους χρόνους που χρειάζεται το σχηματικό σας για την κωδικοποίηση των δεδομένων. Αυτοί οι χρόνοι είναι σημαντικοί, μιας και θα πρέπει να γίνονται σεβαστοί από το λογισμικό ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ από το πόσο γρήγορα ή αργά τρέχει το λογισμικό μας. Παραδοτέο αυτής της υποενότητας είναι το αρχείο των κυματομορφών εισόδου-εξόδου στο οποίο έχετε επιτύχει τη μέγιστη συχνότητα λειτουργίας του σχεδιασμού. Ποιά είναι αυτή η συχνότητα ? Σε περίπτωση που κάπου διαπιστώσατε λάθος στο σχεδιασμό σας, μη ξεχάσετε να ανανεώσετε και τα δύο αντίγραφα.

## Γ. Φυσική υλοποίηση του σχεδιασμού

Επιλέξτε το αρχικό αντίγραφο του σχεδιασμού σας, δηλαδή εκείνο που έχει τους connectors και όχι τα ιεραρχικά ports. Για τη φυσική υλοποίηση του σχεδιασμού, χρειάζεται να δημιουργήσουμε ένα netlist του σχεδιασμού μας και κατόπιν να καλέσουμε το εργαλείο Layout. Ωστόσο, ακόμη δεν έχουμε ορίσει τα footprints των components που έχουμε χρησιμοποιήσει. Αυτό μπορεί να γίνει είτε μέσω του Layout, όταν φορτώνουμε το netlist είτε στο ίδιο το σχηματικό. Εμείς ακολουθούμε το δεύτερο τρόπο αν και μπορείτε να πειραματιστείτε με τον άλλο.

Καλέστε το εργαλείο Layout. Δώστε File->New και cancel για να μην επιλέξετε καμία έτοιμη τεχνολογία. Ενώ είναι επιλεγμένο το κενό σχεδιαστικό φύλλο, επιλέξτε Tool ->Library Manager. Στο καινούργιο φύλλο που ανοίγει, βλέπετε αριστερά τις βιβλιοθήκες footprints που υπάρχουν. Επιλέγοντας κάποια βιβλιοθήκη, κάτω αριστερά εμφανίζονται όλα τα footprints που υπάρχουν στη συγκεκριμένη βιβλιοθήκη. Χτυπήστε σε κάποιο από αυτά για να το δείτε στο δεξί παράθυρο.

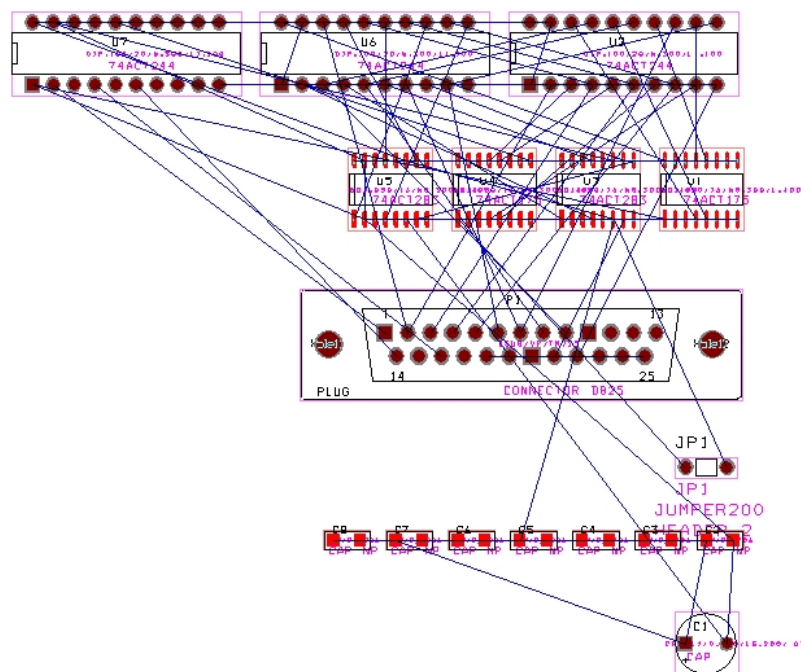
Ας γυρίσουμε στο σχεδιασμό μας, για να δούμε τι packages θα επιλέξουμε. Ξεκινώντας από τους πυκνωτές, βλέπουμε ότι θέλουμε through hole πυκνωτή για το C1, ενώ για τους C2 έως C8 μπορούμε να επιλέξουμε πυκνωτές surface mount για μείωση του εμβαδού της πλακέτας. Επιλέξτε συνεπώς στο Layout τη βιβλιοθήκη TM\_CAP\_P. Εκεί υπάρχουν δεκάδες footprints για διαφορετικούς πυκνωτές. Κάθε footprint ορίζει το σχήμα του πυκνωτή, την απόσταση μεταξύ των ακροδεκτών του, τις διαμέτρους των τρυπών κ.ο.κ. Επιλέγουμε ένα footprint που αντιστοιχεί σε κύλινδρικό πυκνωτή με μεγάλη απόσταση και μεγάλη διάμετρο τρυπών, π.χ. το CPCYL1/D.300/LS.200/.034. Προσέξτε ότι ο πυκνωτής έχει πολικότητα που υποδεικνύεται από τα +/- στο αποτύπωμα. Κάντε Control-C το όνομα του αποτυπώματος, γυρίστε στο σχεδιασμό και μέσω του Edit Properties, User Properties, PCB Footprint, New, Control-V, επισυνάψτε στο συγκεκριμένο component το συγκεκριμένο αποτύπωμα. Από τη βιβλιοθήκη SM (surface mount) επιλέξτε το αποτύπωμα για τους υπόλοιπους πυκνωτές (άνευ πολικότητας). Προτεινόμενο αποτύπωμα είναι το SM/C\_1206. Ωστόσο μπορείτε να επιλέξετε οποιοδήποτε άλλο νομίζετε κατάλληλο. Αφού επισυνάψετε κι αυτό το αποτύπωμα στο σχηματικό σας, μπορείτε να αντιγράψετε τον πυκνωτή στις υπόλοιπες θέσεις ώστε να αποφύγετε την επανάληψη της διαδικασίας για κάθε πυκνωτή.

Με αντίστοιχο τρόπο επιλέγονται τα υπόλοιπα αποτυπώματα που φαίνονται στο σχηματικό. Προσέξτε ότι για τα 244 έχουμε επιλέξει through hole packages ενώ για τα υπόλοιπα surface mount packages. Η επιλογή αυτή δεν είναι τυχαία. Προσέξτε ότι αν για κάποιο λόγο δύο πηγές ταυτόχρονα προσπαθήσουν να οδηγήσουν την

διαμοιραζόμενη αρτηρία PD, τότε αυτό πιθανότατα να οδηγήσει σε "κάψιμο" των 244. Επιλέγοντας through hole packages μπορούμε να μη κολλήσουμε τα ολοκληρωμένα κατευθείαν πάνω στην πλακέτα, αλλά να κολλήσουμε βάσεις ολοκληρωμένων στη πλακέτα και να τα αλλάζουμε κάθε φορά που καίγονται. Η πιθανότητα να καούν τα υπόλοιπα ολοκληρωμένα είναι μικρή και συνεπώς γι' αυτά επιλέγουμε surface mount packages για τη μείωση του εμβαδού. Τέλος σημειώνεται η χρήση της οικογένειας ACT (Advanced CMOS – TTL compatible) σε όλο το σχεδιασμό. Η οικογένεια αυτή προσφέρει κατανάλωση τεχνολογίας CMOS με εξόδους συμβατές με TTL και καθυστέρηση αντίστοιχη της ALS TTL τεχνολογίας.

Αφού ολοκληρώσετε την επιλογή των αποτυπωμάτων για όλα τα components του σχεδιασμού σας, αποθηκεύστε τον, ανανεώστε τις αναφορές σε αυτά και όταν το Design Rule Check... σας υποδείξει ότι δεν υπάρχουν λάθη στο σχεδιασμό σας, δημιουργήστε ένα νέο netlist. Καλέστε το Layout.

Θα επιλέξουμε σαν Template υλοποίησης το Metric.TCH. Το template αυτό έχει ήδη οριστεί να παρέχει δύο επίπεδα διαδρομής και δύο επίπεδα για τροφοδοσία και γή. Οι γραμμές σε κάθε επίπεδο έχουν οριστεί να έχουν πλάτος 0,254mm. Σαν netlist επιλέξτε αυτό που δημιουργήσατε πιο πάνω. Μετά την ανάγνωση όλης της πληροφορίας, θα πάρετε ένα σχηματικό που έχει τη μορφή :



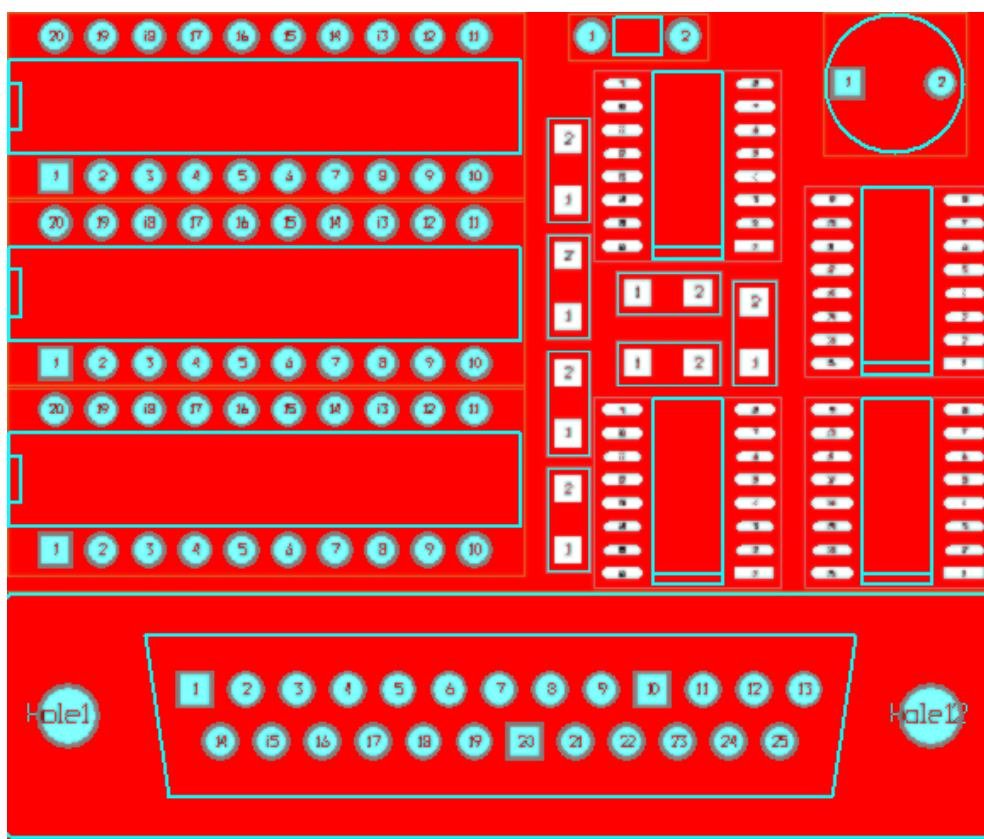
Στο παραπάνω σχηματικό φαίνονται τα αποτυπώματα που έχετε επιλέξει καθώς και οι γραμμές διασύνδεσης που πρέπει να διαδρομιστούν. Πριν από όλα όμως ας κάνουμε μια σύντομη γνωριμία με το Template METRIC.

Επιλέξτε window -> Database Spreadsheets και εκεί Layers. Παρατηρείστε ότι χρησιμοποιούνται δύο επίπεδα για διαδρομική και τα δύο επόμενα σαν επίπεδα τροφοδοσίας και γείωσης. Επιλέξτε τα δύο τελευταία επίπεδα και απενεργοποιείστε τα αλλάζοντας τον τύπο τους από Plane σε Unused. Στην ουσία έχετε πλέον ένα νέο Template με μόνο δύο επίπεδα.

Επιλέγοντας Tool->Component, ξεκινάτε την τοποθέτηση του σχεδιασμού σας, έχοντας σα στόχους :

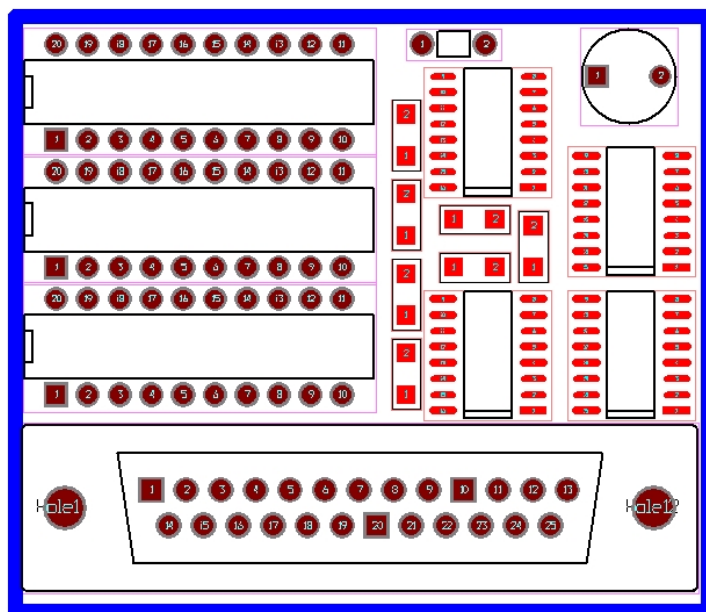
- α) Το μικρότερο δυνατό εμβαδόν
- β) Οι decoupling πυκνωτές να είναι το δυνατόν κοντύτερα στα ολοκληρωμένα
- γ) Ο ηλεκτρολυτικός πυκνωτής να είναι το δυνατόν κοντύτερα στο jumper τροφοδοσίας.

Μια πιθανή τοποθέτηση φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :



Πριν ξεκινήσουμε τη διαδρομική θα πρέπει να υποδείξουμε στο εργαλείο μας τα όρια της πλακέτας μας. Επιλέγουμε γι'αυτό Tool->Obstacle. Επίσης αλλάζουμε το επίπεδο που βλέπουμε στην οθόνη μας σε 0 (Global). Από το μενού που προκύπτει με δεξί κλικ επιλέγουμε insert ... και χαράζουμε τα όρια της πλακέτας μας, στα όρια των τοποθετημένων σχεδιασμών μας. Το σχηματικό μας θα πρέπει να είναι κάπως έτσι :

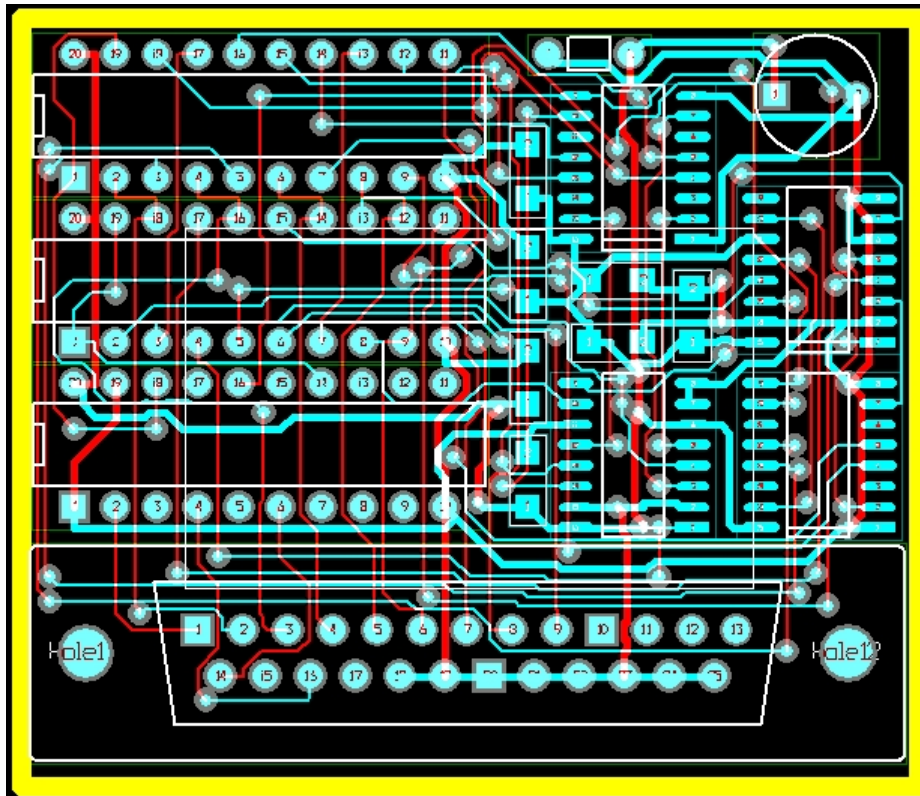




Ας ορίσουμε στη συνέχεια το πάχος των γραμμών που θέλουμε. Επιλέξτε Window->Database Spreadsheets και Nets. Από τα nets επιλέξτε τα σήματα VCC και GND και αλλάξτε το πλάτος τους σε .508 (δηλαδή το διπλό πλάτος). Επιλέξτε όλα τα σήματα χτυπώντας στη στήλη Net Name και αποεπιλέξτε το Routing Enabled. Επιλέξτε τα σήματα VCC και GND και αλλάξτε τα σε Routing Enabled, μιας και στο πρώτο πέρασμα θα κάνουμε διαδρομική μόνο των δύο σημάτων. Γυρνώντας στο σχηματικό, δείτε ότι μόνο αυτά τα δύο σήματα εμφανίζονται πλέον.

Διαδρομίστε αυτά τα δύο σήματα με το πλάτος που έχετε επιλέξει. Γυρίστε στον πίνακα των σημάτων, αλλάξτε τα δεδομένα διαδρομικής έτσι ώστε να διαδρομιστούν όλα τα υπόλοιπα σήματα πλην των VCC και GND. Δώστε Auto->Route Window για να διαδρομιστούν τα υπόλοιπα σήματα. Πλέον θα πρέπει να έχετε έναν πλήρως τοποθετημένο και διαδρομημένο σχεδιασμό σαν τον παρακάτω (αν δεν μπορεί η διαδρομική να ολοκληρωθεί αυτόματα, επιλέξτε διαφορετική τοποθέτηση ή μεγαλώστε το μέγεθος της πλακέτας σας).

Αφού αποθηκεύσετε τον σχεδιασμό σας, επιλέξτε όλα τα nets από το spreadsheet και μετά clear tracks. Έτσι θα σβηστεί όλη η προηγούμενη διαδρομική. Σκοπός μας είναι πλέον να κάνουμε διαδρομική σε 4 επίπεδα, όπου τα δύο μεσαία επίπεδα θα είναι μόνο για τροφοδοσία και γή. Συνεπώς θα πρέπει να επιλέξουμε στα layers τα δύο επίπεδα σαν Planes. Στα nets επιλέγουμε μόνο το GND για routing και μέσω της επιλογής Net Layers αναθέτουμε αυτό το σήμα μόνο στο GND Plane Layer. Με αντίστοιχο τρόπο αναθέτουμε τη διαδρομική του VCC μόνο στο Power Plane Layer. Η διαδρομική σε αυτά τα επίπεδα γίνεται μέσω της εντολής Auto->Fanout Board. Κάντε ορατά μόνο τα επίπεδα Power και GND (επίπεδα 3 και 4).



Εξηγήστε πως έχει γίνει η διαδρομηση σε αυτά τα επίπεδα και γιατί είναι διαφορετική η τακτική για τα through hole και τα surface mount devices. Η διαδρομηση στα υπόλοιπα επίπεδα γίνεται όπως προηγούμενα. Ο τελικός σχεδιασμός σας θα μοιάζει με το παρακάτω σχήμα. Παραδοτέα είναι τα δύο layouts.

