

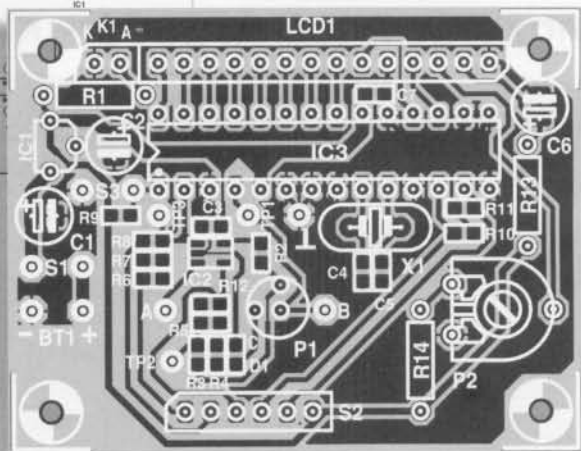
# Από τη θεωρία στην πράξη

## Ο μακρύς δρόμος του σχεδιασμού πλακετών

Ανεξάρτητα του αν δουλεύουμε για την παρουσίαση των κατασκευών του Ελέκτορ ή απλώς κάνουμε πράξη μια καινούργια ιδέα μας, οι τακτικές και οι μέθοδοι

που ακολουθούμε για να φέρουμε σε πέρας την εργασία μας είναι οι ίδιες. Υπάρχει όμως μια σαφής εξέλιξη. Μέχρι πριν λίγα χρόνια έπρεπε να δουλεύουμε πιο πολύ με το χέρι, καθισμένοι στον πάγκο του εργαστηρίου μας. Σήμερα αρκεί ένας καλός υπολογιστής φορτωμένος με το κατάλληλο λογισμικό.

Από τον Christian Tavernier



Έναν υπολογιστή έχουμε λίγο — πολύ ολοι στο γραφείο ή στο σπίτι μας. Τι γίνεται όμως με το λογισμικό; Που μπορούμε να το βρούμε και πόσο κοστίζει. Οι απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα μας οδηγούν σε πολλές και διαφορετικές αποφάσεις. Στην αγορά διατίθεται λογισμικό υποστήριξης ηλεκτρονικών σχεδιάσεων κλιμακούμενων δυνατοτήτων και κόστους. Τα ισχυρότερα πακέτα (με εξαιρετικά μεγάλο κόστος) αποτείνονται στα μεγάλα ερευνητικά κέντρα. Κάποια άλλα 'ελαφρύτερα', και φθηνότερα προορίζονται για τις μικρές εταιρίες, ενώ όλα τα υπόλοιπα με ελάχιστο έως μηδενικό (!) κόστος 'τραβούν' την προσοχή όλων των υπολοίπων.

Στις επόμενες γραμμές επιχειρούμε μια σύντομη αναφορά στο διατιθέμενο λογισμικό. Ταυτόχρονα περιγράφουμε όλα εκείνα

τα στάδια που 'περνάει' η αρχική ιδέα μιας κατασκευής ώπου να μετουσιωθεί σε μια λειτουργική πλακέτα.

### Ένα σαφώς προσδιορισμένο πρόβλημα

‘Η αρχή είναι το ήμισυ του παντός’ λέει μια παροιμία. Το ίδιο θα μπορούσαμε να πούμε και για μια ηλεκτρονική κατασκευή. Αν έχουμε ξεκαθαρίσει εκ των προτέρων τι ακριβώς θέλουμε να κάνει, είναι σα να έχουμε ολοκληρώσει τη μισή δουλειά. Αν για παράδειγμα θέλετε να κατασκευάσετε έναν ενισχυτή, πρέπει απαραίτητως να προσδιορίσετε από την αρχή τις επιθυμη-

τές σύνθετες αντιστάσεις εισόδου και εξόδου, το εύρος ζώνης του, την τάση τροφοδοσίας του κ.λπ.

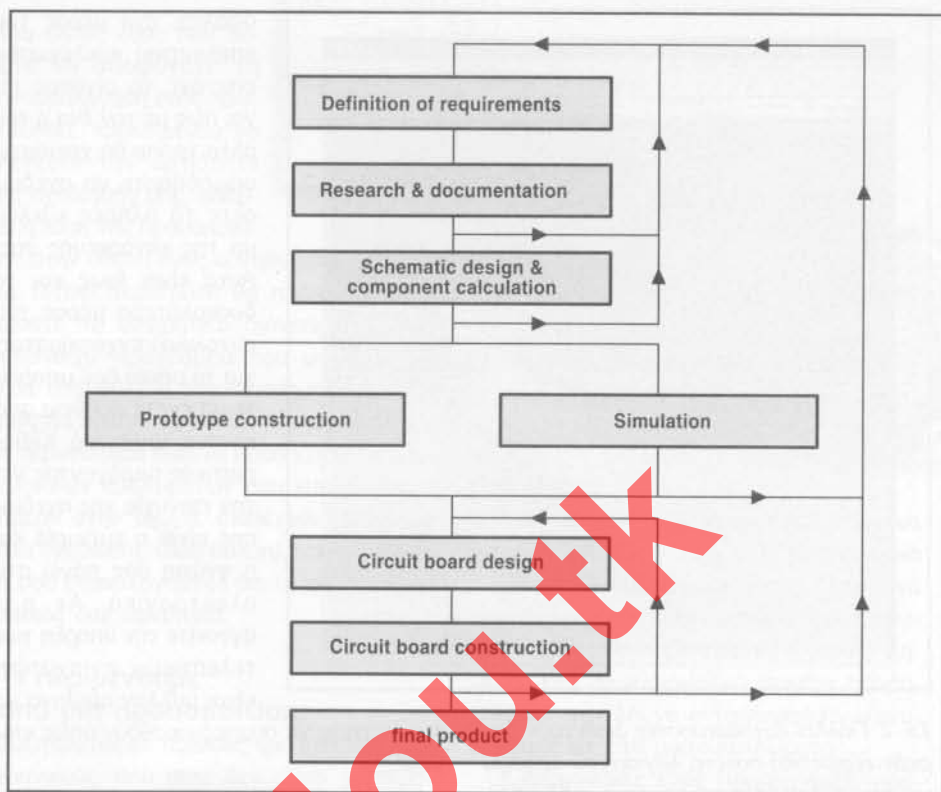
Σε αυτό το στάδιο το λογισμικό είναι μάλλον αναρμόδιο να σας βοηθήσει. Ωστόσο, ρίχνοντας μια (έστω) σύντομη ματιά στους καταλόγους κατασκευαστών ανάλογων προϊόντων, μπορείτε να πάρετε μια ιδέα για τα χαρακτηριστικά της κατασκευής σας. Ακόμα πιο χρήσιμη αποδεικνύεται η ανάγνωση παλαιότερων τευχών του Ελέκτορ όπου δημοσιεύονται κατασκευές ενισχυτών

ή, ακόμα, δικτυακών σελίδων που έχουν από σχετικά θέματα. Μετά από όλα αυτά είναι βέβαιο πως θα ξέρετε με ακρίβεια με τι 'πρέπει να μοιάζει' ο ενισχυτής σας. Τα χαρακτηριστικά που επιλέξατε μπορείτε ανά πάσα στιγμή να τα τροποποιήσετε, ιδίως στις περιπτώσεις εκείνες που ο ενισχυτής σας προορίζεται να αποτελέσει τμήμα μιας άλλης κατασκευής ή σας έχουν δοθεί αυστηρότερες προδιαγραφές.

Η τελευταία παρατήρηση αποτελεί ίσως έναν από τους σημαντικότερους κανόνες που πρέπει να λαμβάνει υπόψη του ο σχεδιαστής – ηλεκτρονικός. Πάντοτε, κατά τη διάρκεια της σχεδίασης, τα χαρακτηριστικά του κυκλώματος αλλάζουν περισσότερο ή λιγότερο απ' ό,τι είχατε ενδεχομένως προβλέψει. Οι συχνές επιστροφές στα πρώτα στάδια της σχεδίασης με σκοπό την τροποποίηση κάποιων παραμέτρων είναι κάτι το απόλυτα συνηθισμένο και θεμιτό. Παρατηρήστε στο **σχ. 1** τα βέλη που φαίνονται να επιστρέφουν στην κορυφή του διαγράμματος. Υποδηλώνουν τον επαναπροσδιορισμό των χαρακτηριστικών της κατασκευής, μετά τη διαπίστωση πως τα επιλεγμένα υλικά αδυνατούν να ανταποκριθούν στις αρχικές προδιαγραφές ή, σε μια καλύτερη περίπτωση, επιτρέπουν την προσέγγιση ακόμα υψηλότερων προδιαγραφών. Στο παράδειγμα του ενισχυτή είναι πιθανό να διαπιστώσετε πως η επιθυμητή ισχύς είναι αδύνατο να παραχθεί με την δηλωμένη τάση τροφοδοσίας. Είναι απαραίτητο τότε να γυρίσετε πίσω, να διαλέξετε μια άλλη μεγαλύτερη, και στη συνέχεια να αναζητήσετε, ενδεχομένως, κάποια ανθεκτικότερα τρανζίστορ για τη βαθμίδα εξόδου. Αυτά με τη σειρά τους θα απαιτήσουν μεγαλύτερο ρεύμα οδήγησης που θα κληθούν να δώσουν κάποιες άλλες προ-ενισχυτικές βαθμίδες (τρανζίστορ ή ολοκληρωμένα) μεγαλύτερης απολαθής.

### Διαδίκτυο: το πρώτο μέρος αναζήτησης

Αν και όλοι οι σχεδόν όλοι οι ηλεκτρονικοί προτιμούν να σχεδιάζουν τις κατασκευές τους ξεκινώντας από το μηδέν, είναι πάντα καλύτερο να ενημερώνονται για το τι έχουν κάνει οι συνάδελφοι τους στον ίδιο ή κάποιο άλλο συναφή τομέα. Για ποιο λόγο άλλωστε να εφεύρουν πάλι τον τροχό, τη στιγμή που αυτό έχει γίνει πολύ πιο πριν; Το Διαδίκτυο αποδεικνύεται και πάλι πολύτιμος βοηθός, προσφέροντας την απαραίτητη έμπνευση. Οι πρώτοι τόποι που πρέπει να επισκεφθείτε είναι αυτοί των εται-



Σχ. 1. Τα επιμέρους στάδια της σχεδίασης μιας ηλεκτρονικής εφαρμογής. Παρατηρήστε ότι σε πολλά σημεία είναι σκόπιμο να γυρίζουμε πίσω διορθώνοντας ή τροποποιώντας προηγούμενες τιμές.

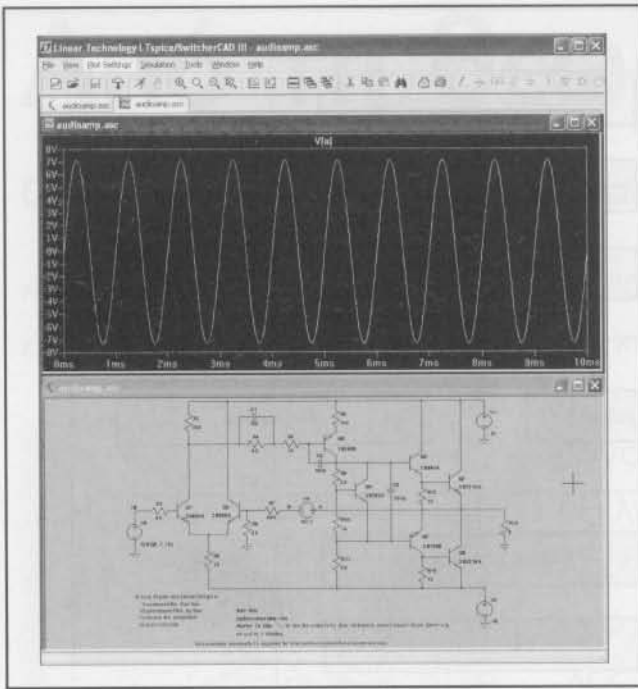
ριών κατασκευής ημιαγωγών. Εκτός από τις τεχνικές προδιαγραφές των προϊόντων τους, προσφέρουν αφλοκερδώς (δηλαδή δωρεάν!) πολλά φύλλα εφαρμογών, τα οποία μπορεί να μη δίνουν πάντα λύση στο σχεδιαστικό πρόβλημά σας, μπορούν όμως να σας δώσουν ιδέες για τις τακτικές που πρέπει να ακολουθήσετε. Τα περισσότερα φύλλα εφαρμογών διατίθενται σε μορφή αρχείων .pdf, γεγονός που τα κάνει αναγνώσιμα από οποιονδήποτε προσωπικό υπολογιστή διαθέτει τον Acrobat Reader της Adobe..

Κάποιοι άλλοι τόποι, εξ ίσου σημαντικοί με τους προηγούμενους, διαθέτουν ανάλογο υλικό χωρίς όμως να διαφημίζουν κάποια προϊόντα. Οι τόποι αυτοί μοιάζουν περισσότερο με δικτυακές εγκυκλοπαιδείες δημοσιεύοντας χιλιάδες έτοιμα κυκλώματα ή απλώς φιλοξενούν τις σχεδιάσεις κάποιων άλλων ηλεκτρονικών. Ρίξτε μια ματιά στις δουλειές των τελευταίων. Ίσως λύνουν κατά ένα μεγάλο ποσοστό το δικό σας πρόβλημα εφόσον δεν βρείτε κάποια λύση στο περιοδικό μας, πράγμα μάλλον δύσκολο.

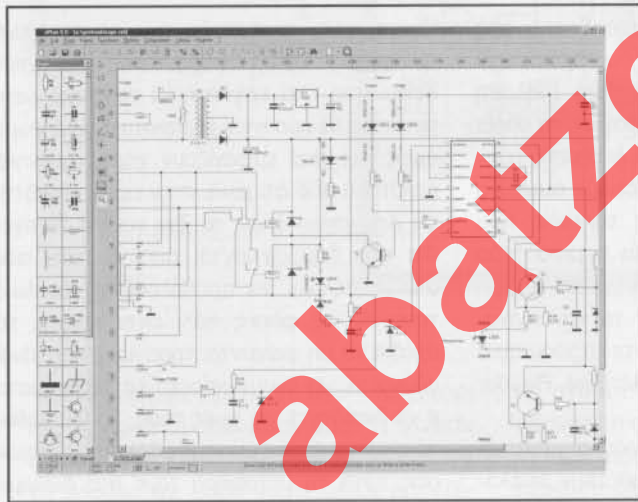
Μελετώντας τα κυκλώματα που θα βρείτε στο Διαδίκτυο, είναι σκόπιμο προτού προχωρήσετε στην υλοποίησή τους, να προβληματιστείτε για την αξιοπιστία τους. Τα φύλλα εφαρμογών είναι γραμμένα από τους

ίδιους τους μηχανικούς των εργοστασίων ημιαγωγών. Όσα αναφέρονται σε αυτά έχουν δοκιμαστεί στα εργαστήριά τους και κατά συνέπεια θεωρούνται αξιόπιστα. Καμιά φορά όμως και εκεί εμφανίζουν χαρακτηριστικά καλύτερα από ότι είναι στην πραγματικότητα. Δεν ισχύει όμως το ίδιο και για τα σχέδια που δημοσιεύονται από ιδιώτες, που απλώς θέλουν να προβάλλουν τη δουλειά τους. Άλλες φορές πάλι είναι πιθανό, τα σχέδια να μη φαίνονται τόσο καλά που είναι αδύνατον να αναγνωρίσετε τα εξαρτήματα ή να διαβάσετε τις τιμές τους. Το ίδιο πιθανό είναι να έχουν υποστεί αθέλητες αλλοιώσεις κατά τη μεταφορά τους στο διακομιστή δικτυακών σελίδων του ιδιοκτήτη τους. Αν βρεθείτε μπροστά σε μια τέτοια περίπτωση, αναζητήστε το e-mail του συντηρητή του τόπου (συνήθως αυτού που είχε την όρεξη να φτιάξει την ιστοσελίδα) και ενημερώστε τον για τα σφάλματα ή τις παραλήψεις που εντοπίσατε.

Οι περισσότεροι δικτυακοί τόποι χρησιμοποιούν σαν βασική γλώσσα την Αγγλική. Αυτό είναι βέβαιο πως δεν θα δημιουργήσει πρόβλημα σε όσους την γνωρίζουν έστω και στοιχειωδώς. Και αυτοί όμως που την αγνοούν, μπορούν με ελάχιστη προσπάθεια να μάθουν την ορολογία και να αξιοποιήσουν χωρίς κόπο το περιεχόμενο αυτών των



Σχ. 2. Πολλοί κατασκευαστές διαθέτουν δωρεάν εξαιρετικά πακέτα λογισμικού χρήσιμα για την ανάπτυξη των εφαρμογών. Εδώ βλέπουμε μια χαρακτηριστική οθόνη του Switchercad της Linear Technology.



Σχ. 3. Με την αυξημένη ανάλυση των σημερινών οθονών σε συνδυασμό με τις δυνατότητες των πρόσφατων λειτουργικών συστημάτων, οι επεμβάσεις στο θεωρητικό διάγραμμα μιας κατασκευής αποτελούν μια πολύ απλή υπόθεση.

τόσων ενδιαφερουσών σελίδων. Άλλωστε, πρόκειται για κείμενα που αφορούν ηλεκτρονικά, και όχι το 'Μάκβεθ' του Σαίξπηρ!

## Υπολογισμοί και λογισμικό σχεδίασης

Είτε η προηγούμενη αναζήτησή σας εξα-

σφάλισε ένα μέρος του επιθυμητού κυκλώματος είτε όχι, το σίγουρο είναι πως με τον ένα ή τον άλλο τρόπο θα χρειαστείτε να σχεδιάσετε το πλήρες κύκλωμα της κατασκευής σας. Αυτό είναι ίσως και το δυσκολότερο μέρος του συνολικού εγχειρήματος, για το οποίο δεν μπορείτε να έχετε βοήθεια από κανένα λογισμικό. Καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχία της σχεδίασης είναι η εμπειρία και η γνώση σας πάνω στα ηλεκτρονικά. Αν π.χ. αγνοείτε την ύπαρξη των τελεστικών ενισχυτών,

τους κάνετε να συμπεριφερθούν όπως επιθυμείτε.

Ακόμα όμως και ένας έμπειρος σχεδιαστής είναι σίγουρο πως θα βρεθεί κάποια στιγμή στη θέση του λιγότερου πεπειραμένου. Κάτι τέτοιο είναι απόλυτα φυσιολογικό μιας που κανείς δεν μπορεί να ξέρει τα πάντα για όλους τους επιμέρους τομείς των ηλεκτρονικών. Θα πρέπει τότε να αναζητήσει πληροφορίες για το ειδικό θέμα που τον απασχολεί, κάτι που δεν είναι πάντα τόσο εύκολο όσο ακούγεται. Τα άρθρα του Ελέκτορ και οι δικτυακοί τόποι των κατασκευαστών ημιαγωγών μπορούν και πάλι να σας διαθέσουν

γνωστικό υλικό, που οι περισσότεροι σχεδιαστές ενδέχεται να αγνοούν.

Έτσι λοιπόν, αν το ζητούμενο είναι η σχεδίαση ενός τροφοδοτικού μεταγωγής, δεν έχετε παρά να δοκιμάσετε π.χ. το Switchercad της Linear Technology (σχ. 2), που όχι μόνο σας υποδεικνύει τις συνδεσμολογίες και τα εξαρτήματα που πρέπει να χρησιμοποιήσετε, αλλά προχωράει και στην προσομοίωση του τελικού κυκλώματος. Θα μιλήσουμε περισσότερο γι' αυτό αργότερα.

Εξ ίσου καλό για τη σχεδίαση τροφοδοτικών μεταγωγής αποδεικνύεται και το Sim-

ple Switcher της National Semiconductor, μόνο που σας υποχρεώνει να χρησιμοποιήσετε τη σειρά προϊόντων SIMPLE SWITCHER® της ίδιας εταιρίας. Παρουσιάζει αδυναμίες σε σχέση με το Switchercad αλλά σίγουρα είναι πιο απλό στη χρήση.

Αν πάλι αυτό που θέλετε να κατασκευάσετε είναι ένα (καλό) φίλτρο, μπορείτε να αναζητήσετε το FilterLab της Microchip. Με τη βοήθεια του μπορείτε να σχεδιάσετε οποιαδήποτε μορφή φίλτρου ορίζοντας όχι μόνο τη συχνότητα αποκοπής, αλλά ολόκληρη τη συνάρτηση μεταφοράς του. Το ίδιο πρόγραμμα αναλαμβάνει την επιβεβαίωση της καλής λειτουργίας του, περνώντας τη σχεδίαση από τον ενσωματωμένο προσομοιωτή. Εξ ίσου βολικό αποδεικνύεται και το Filtercad, της Linear Technology, μιας εταιρίας που προσφέρει πολλά εργαλεία σχεδίασης, προτρέποντας μας έμμεσα να χρησιμοποιήσουμε τα προϊόντα της. Το Noise, πάλι από την Linear Technology, είναι ένα πρόγραμμα, που όπως προδίδει το όνομά του, μας βοηθάει να προσδιορίσουμε (και να ελαχιστοποιήσουμε) τη στάθμη του θορύβου ενός ενισχυτή, υποδεικνύοντας μας τη χρήση εκείνου του εξαρτήματος (της Linear Technology φυσικά) που θα μας δώσει τα καλύτερα αποτελέσματα. Αξίζει να σημειώσουμε πως πολλές εταιρίες διαθέτουν εξειδικευμένο λογισμικό για συγκεκριμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα, κάνοντας ευκολότερη την επιλογή των εξαρτημάτων που τα περιστοιχίζουν. Ενδεικτικά αναφέρουμε την MAXIM και το λογισμικό σχεδίασης φίλτρων που διαθέτει για το MAX274 ή για το MAX5003.

Εκτός όμως από τα παραπάνω 'βαριά' επαγγελματικά προγράμματα, υπάρχουν πολλά απλούστερα που επιτρέπουν υπολογισμούς στοιχειωδών κυκλωμάτων RC ή, εξ ίσου συνηθισμένων, ταλαντωτών βασισμένων στο παλιό – καλό 555. Αν και το Διαδίκτυο περιέχει αρκετά προγράμματα αυτού του τύπου, θα σας προτείνουμε αν θέλετε να αποφύγετε τις χρονοβόρες αναζητήσεις, να ανατρέξετε στο Ελέκτορ Μην παραλείψετε φυσικά να 'ψαχουλέψετε' και το DVD που συνοδεύει αυτό το τεύχος και σας προσφέρει μια ακόμα μεγαλύτερη ποικιλία προγραμμάτων είτε δωρεάν είτε με μια μικρή εισφορά στους κατασκευαστές τους.

## Σχεδίαση στον υπολογιστή ή στο χαρτί;

Επιτέλους τελειώσατε! Όλοι τα εξαρτήματα έχουν τις τιμές τους και, το σημαντι-

κότερο, έχουν συνδεθεί σωστά μεταξύ τους. Το θεωρητικό διάγραμμα όμως μοιάζει σαν μια μεγάλη μουτζούρα σε ένα κομμάτι (τσαλακωμένο) χαρτί. Ποιο είναι το επόμενο στάδιο; Μα να μεταφέρετε τη σχεδίαση σας από το χαρτί στην οθόνη του υπολογιστή! Υπάρχουν αρκετοί τρόποι, το κριτήριο επιλογής των οποίων ποικίλει ανάλογα με το τι θέλετε να κάνετε στη συνέχεια.

Αν σκοπεύετε να τεστάρετε το κύκλωμα πάνω σε μια πλακέτα γενικής χρήσης, τότε μπορείτε να διαλέξετε οποιοδήποτε λογισμικό σχεδίασης θεωρητικού κυκλώματος (Capture), αδιαφορώντας για το αν αυτό συνεργάζεται με ένα άλλο κατάλληλο για σχεδίαση τυπωμένων κυκλωμάτων (PCB).

Ένα από τα πολλά προγράμματα σχεδίασης θεωρητικών διαγραμμάτων είναι και το sPlan της Γερμανικής εταιρίας Abacom. Διατίθεται στην Ευρώπη σε τρεις γλώσσες: την Αγγλική, Γερμανική και Γαλλική. Η πρώτη του έκδοση είχε γραφτεί από έναν ηλεκτρονικό για να καλύψει τις δικές τους ανάγκες, να είναι εύκολο στην κατανόηση των λειτουργιών και να μπορεί να το μάθει κάποιος σε λιγότερο από μια ώρα. Τα θεωρητικά διαγράμματα που μπορείτε να φτιάξετε, είναι ίδια (ή σχεδόν ίδια) με αυτά του Ελέκτορ. Ρίξτε μια ματιά στο **σχ. 3** και θα συμφωνήσετε μαζί μας.

Αν πάλι εμπιστευέστε τον υπολογιστή σας για την αυτόματη σχεδίαση του τυπωμένου κυκλώματος, θα πρέπει να αναζητήσετε ένα πακέτο λογισμικού (τύπου Electronic CAD) που εξ ορισμού περιλαμβάνει δικό του πρόγραμμα σχεδίασης θεωρητικού κυκλώματος. Με τη βοήθεια του τελευταίου θα σχεδιάσετε το θεωρητικό στην οθόνη του υπολογιστή σας, για να το οδηγήσετε κατόπιν στο πρόγραμμα αυτόματης σχεδίασης τυπωμένου. Μπορείτε όμως και εδώ να χρησιμοποιήσετε μόνο εκείνο το τμήμα του πακέτου που υποστηρίζει την σχεδίαση τυπωμένου, παρακάμπτοντας το πρόγραμμα σχεδίασης του θεωρητικού. Για να το πετύχετε, θα πρέπει πρώτα να βεβαιωθείτε πως το πρόγραμμα σχεδίασης θεωρητικού κυκλώματος που ήδη χρησιμοποιείτε, είναι σε θέση να εξάγει το διάγραμμα σε μορφή αρχείων καλωδίωσης (netlist). Τα παραπάνω αρχεία μεταφέρουν σε μορφή κειμένου πληροφορίες τόσο για τη θήκη των εξαρτημάτων όσο και για τον τρόπο που ενώνονται μεταξύ τους οι ακίδες τους. Αν τα παραγόμενα αρχεία netlist είναι αντιληπτά από το πρόγραμμα σχεδίασης τυπωμένου κυκλώματος που έχετε διαλέξει, τότε τα έχετε καταφέρει!

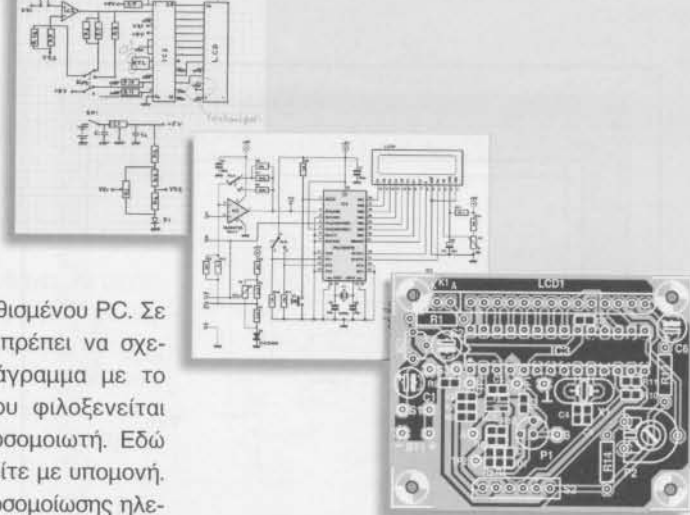
Για όλους εσάς που θέλετε να αποφύγετε τη συναρμολόγηση ενός πρωτοτύπου, προκειμένου να ελέγξετε την αρτιότητα της σχεδίασής σας, υπάρχει η λύση της προσομοίωσης στην οθόνη ενός συνηθισμένου PC. Σε μια τέτοια περίπτωση θα πρέπει να σχεδιάσετε το θεωρητικό διάγραμμα με το αντίστοιχο πρόγραμμα που φιλοξενείται μέσα στο πακέτο του προσομοιωτή. Εδώ όμως θα πρέπει να οπλιστείτε με υπομονή. Τα περισσότερα πακέτα προσομοίωσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά, διαθέτουν προγράμματα σχεδίασης τόσο πολύπλοκα και στριφνά που δικαιολογημένα θα τα χαρακτήριζε κάποιος σαν εφιαλτικά.

### Τι περιμένουμε από μια προσομοίωση;

Συζητώντας με πολλούς ερασιτέχνες ηλεκτρονικούς, που ποτέ δεν είχαν χρησιμοποιήσει προσομοιωτή και ούτε είχαν δει κάποιο σχετικό πρόγραμμα επίδειξης, διαπιστώσαμε πως όλοι τους έκαναν το ίδιο λάθος. Πίστευαν, πως αν διαθεθούν αρκετά χρήματα για να αγοράσουν τον κορυφαίο της αγοράς, δεν χρειάζεται να συναρμολογούν δοκιμαστικά πρωτότυπα των κατασκευών τους. Θα πρέπει να τονίσουμε για άλλη μια φορά, δυσχερώνοντας ίσως τους κατασκευαστές προσομοιωτών, πως αυτή η αντίληψη είναι πέρα για πέρα λανθασμένη! Αναντίρρητα ένας προσομοιωτής αποτελεί πάντα ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο και είναι σε θέση αρκετές φορές να σας απαλλάξει από τον κόπο συναρμολόγησης ενός δοκιμαστικού μοντέλου, αλλά αυτό δυστυχώς δεν συμβαίνει πάντα.

Για το λόγο αυτό θα πρέπει να δώσετε ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή του προσομοιωτή. Οι καλύτεροι της αγοράς κοστίζουν αρκετές εκατοντάδες ή και χιλιάδες Ευρώ. Θα πρέπει ένας ιδιώτης ή ακόμα και μια μικρή επιχείρηση ή εταιρία να το σκεφθεί καλά προτού βάλει το χέρι στην τσέπη.

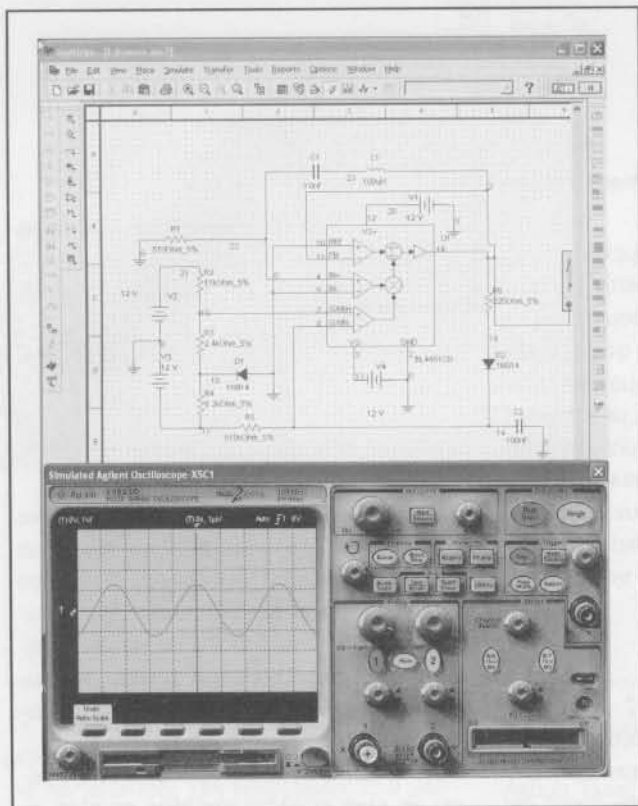
Ευτυχώς όμως υπάρχουν και κάποια άλλα οικονομικότερα προγράμματα προσομοίωσης που, αν και όχι τόσο πλήρη όσο τα επαγγελματικά, είναι σε θέση να βοηθήσουν σημαντικά στη δουλειά σας. Είτε όμως διαλέξετε την ακριβή λύση είτε την οικονομική, θα πρέπει να έχετε ξεκαθαρίσει εκ των προτέρων τα κριτήρια επιλογής ενός τέτοιου προγράμματος.



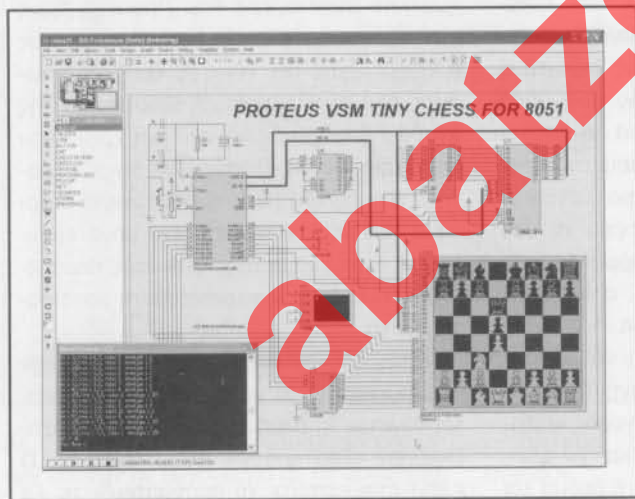
Ένας 'σωστός' προσομοιωτής οφείλει να εργάζεται το ίδιο καλά και με τα αναλογικά και με τα ψηφιακά κυκλώματα. Πριν λίγα χρόνια υπήρχαν διαφορετικοί προσομοιωτές για τις δύο παραπάνω κατηγορίες. Σήμερα, ένα ολοκληρωμένο πακέτο προσομοίωσης οφείλει να ανταποκρίνεται ικανοποιητικά και στα μικτά κυκλώματα.

Οι βιβλιοθήκες ενός προσομοιωτή, πρέπει να είναι πολλές, πλούσιες σε εξαρτήματα και, αναντίρρητα, επεκτάσιμες. Ζητήστε να δείτε τους καταλόγους των εξαρτημάτων που είναι σε θέση να αντιληφθεί ο προσομοιωτής που διαλέξατε και, μόνο εφόσον πληρεί τις δικές σας ανάγκες, προχωρήστε στην αγορά του. Προσοχή όμως μην πέσετε σε άλλη μια παγίδα: κανένας προσομοιωτής δεν είναι σε θέση να 'γνωρίζει' όλα τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα της αγοράς. Είτε γιατί πριν από ένα χρόνο που φτιάχτηκε δεν κυκλοφορούσε το 'x' εξάρτημα είτε επειδή το 'y' εξειδικευμένο εξάρτημα που παράγεται από ένα μόνο εργοστάσιο στον κόσμο ήταν (και ίσως παραμένει) άγνωστο στον κατασκευαστή του προσομοιωτή.

Αν πάλι σας ενδιαφέρει να αγοράσετε έναν προσομοιωτή που είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται τη συμπεριφορά προγραμματιζόμενων εξαρτημάτων (PAL, GAL, EPLD κ.λπ.) ετοιμαστείτε να απογοητευθείτε. Οι παραπάνω τύποι εξαρτημάτων αποτελούν τα 'μαύρα πρόβατα' των προσομοιωτών, αφού οι τελευταίοι δυσκολεύονται ιδιαίτερα να τα 'κατανοήσουν'. Αρκετοί από αυτούς, όπως π.χ. ο Proteus VSM της Labcenter Electronics δουλεύει ικανοποιητικά με ορισμένους τύπους τέτοιων εξαρτημάτων, ενώ μπορεί, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, να προσομοιώσει και τη λειτουργία μικροελεγκτών. Για να το πετύχει όμως ζητάει από εσάς αρκετά χρήματα, υπενθυμίζοντας σας πως για κάθε διαφορετικό



Σχ. 4. Οι εικονικοί παλμογράφοι που εμπειρεύονται στα σύγχρονα πακέτα προσομοίωσης δεν έχουν να ζηλέψουν τίποτα από τους πραγματικούς.



Σχ. 5. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα των δυνατοτήτων προσομοίωσης του Proteus VSM. Στην χαρακτηριστική οθόνη βλέπουμε το πόσο εύκολα προσομοιώνει έναν 8051 'φορτωμένο' με ένα πρόγραμμα σκακιού.

μικροελεγκτή θα πρέπει να αγοράζετε το επιπλέον λογισμικό που τον περιγράφει.

Γνωρίζοντας όλα αυτά και έχοντας έρθει σε επαφή με πολλά πακέτα προσομοίωσης σχηματίσαμε μια γνώμη που κάθε άλλο παρά

στρέφαμε το ενδιαφέρον σας στους παρακάτω:

Το Electronic Workbench ή αλλιώς Multisim είναι ίσως το καλύτερο πακέτο προσομοίωσης, τόσο για επαγγελματική όσο και για εκπαιδευτική χρήση. Διαθέτει πολλά εικονικά όργανα μέτρησης πάνω στα οποία μπορεί να δει κάποιος τα σήματα με τον ίδιο τρόπο που θα τα έβλεπε στα αντίστοιχα πραγματικά (σχ. 4). Τα καταφέρνει μάλιστα εξ ίσου καλά και στις απεικονίσεις μεταβατικών φαινομένων όπως π.χ. στις αυξανόμενου πλάτους ημιτονοειδείς περιόδους που παράγει ένας ταλαντωτής κατά την

εκκίνησή του.

Ο αμέσως επόμενος σημαντικός προσομοιωτής είναι ο Proteus VSM που ήδη αναφέραμε παραπάνω. Κύριο γνώρισμα του είναι η ομολογουμένως 'ζωντανή' αναπαράσταση των πάσης φύσεως αποτελεσμάτων στην οθόνη του υπολογιστή. Κοστίζει φθηνότερα από το Workbench, αλλά θα το χαρακτηρίζαμε μάλλον ιδιότροπο, αφού έχει τη συνήθεια να 'κολλάει' ανατιολόγητα κατά τη διάρκεια κάποιων προσομοιώσεων. Αυτό

θετική είναι για τους προσομοιωτές. Και επειδή θέλουμε να είμαστε ειλικρινείς μαζί σας θεωρούμε υποχρέωσή μας, όσο και αν σας δυσαρεστούμε, να την κοινοποιήσουμε μέσα από αυτές τις σελίδες. Ένας προσομοιωτής μπορεί να αποφανθεί με επιτυχία για τη συμπεριφορά μεμονωμένων τμημάτων ενός κυκλώματος, αλλά ποτέ για όλο το κύκλωμα συνολικά. Αν βέβαια το κύκλωμα είναι από τη φύση του απλό, η παραπάνω πρόταση δεν ισχύει, αλλά ποια η ανάγκη προσομοίωσης ενός απλού κυκλώματος; Παρ' όλα όμως τα αρνητικά, αν μας ζητούσατε να σας καθοδηγήσουμε για το ποιόν προσομοιωτή θα έπρεπε να αγοράσετε, θα

που μας έκανε ιδιαίτερη εντύπωση κατά τη διάρκεια της χρήσης του ήταν η προσομοίωση ενός προγράμματος σκακιού φορτωμένου στη μνήμη ενός 8051. Για την απεικόνιση των αποτελεσμάτων εμφάνισε μια σκακιέρα πάνω στην οποία κινούσε τα πιόνια σύμφωνα με τις εντολές του προγράμματος (σχ. 5). Η εφαρμογή αυτή ήταν αρκετή για να μας δείξει την ισχύ και την αξία του.

Το Proteus VSM διατίθεται σε έκδοση επίδειξης που φιλοξενείται στο DVD του παρόντος τεύχους. Έχει βέβαια περιορισμούς στη διάρκεια χρήσης και στο πλήθος των εξαρτημάτων που μπορεί να 'σκηώσει', αλλά και πάλι τα κυκλώματα - παραδείγματα που το συνοδεύουν είναι σε θέση να σας δώσουν μια καλή εικόνα του τι είναι σε θέση να κάνει. Μπορείτε ακόμα να το χρησιμοποιήσετε και για τον έλεγχο των δικών σας κυκλωμάτων εφόσον αυτά δεν υπερβαίνουν τους υφιστάμενους περιορισμούς.

Αν ζητάτε κάτι ακόμα πιο φθηνό ή και τζάμπα δεν έχετε παρά να αποτομήσετε πάλι μια επίσκεψη στους δικτυακούς τόπους των κατασκευαστών ημιαγωγών. Θα διαπιστώσετε πως, εκτός από όλα τα άλλα που φιλοξενούνται σε αυτούς, υπάρχουν και πολλά αξιόλογα προγράμματα προσομοίωσης. Το Switchercad της Linear Technology που ήδη αναφέραμε, εκτός από τη προσομοίωση τροφοδοτικών μεταγωγής, τα καταφέρνει εξ ίσου καλά και με την προσομοίωση μικρών κυκλωμάτων. Θα το βρείτε σίγουρα ενδιαφέρον.

Το πιο αξιόλογο πακέτο σχεδίασης / προσομοίωσης που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε χωρίς οικονομικό κόστος και σχεδιαστικούς περιορισμούς είναι το Webench, το οποίο φιλοξενείται στο δικτυακό τόπο της National Semiconductor. Τονίζουμε τη λέξη 'χρησιμοποιήστε', αφού η NS δεν σας επιτρέπει να το 'κατεβάσετε'. Αυτό όμως είναι κάτι που δεν ενοχλεί κανέναν αφού είναι πάντα διαθέσιμο, έτοιμο να αποκριθεί στις διαταγές σας (για καλύτερα αποτελέσματα χρειάζεστε μια 'γρήγορη' σύνδεση στο Διαδίκτυο).

Η λειτουργία του καλύπτει όλα τα στάδια μιας κατασκευής. Δεν έχετε παρά να του δώσετε σαν στοιχεία εισόδου το είδος της κατασκευής που θέλετε να φτιάξετε, να ορίσετε τους κανόνες λειτουργίας της για να πάρετε σε λίγα λεπτά ένα έτοιμο θεωρητικό διάγραμμα με υπολογισμένες τις τιμές των εξαρτημάτων μαζί με το τυπωμένο κύκλωμα! Εννοείται ότι το τελικό προϊόν έχει περάσει από όλα τα προβλε-

πόμπενα στάδια προσομοίωσης, εξασφαλίζοντάς σας αυξημένη λειτουργικότητα και αξιοπιστία. Αξίζει να σημειώσουμε πως το Webench παρέχει και θερμικά διαγράμματα τα οποία βοηθούν κατά πολύ στην σχεδίαση και την τοποθέτηση των ψυκτικών συσκευών (πχ. ψυκτών, ανεμιστήρων) που πρέπει να τοποθετηθούν στο κουτί που θα φιλοξενήσει την κατασκευή. Το μόνο αρνητικό με το Webench είναι ότι αναγνωρίζει μόνο τα εξαρτήματα της National Semiconductor. Αυτό όμως σπάνια θα σας δημιουργήσει προβλήματα, μιας που η γκάμα προϊόντων της παραπάνω εταιρίας είναι τόσο μεγάλη, που θα βρείτε (σχεδόν) οτιδήποτε χρειαστείτε για την κατασκευή σας.

Κάντε τον κόπο να δοκιμάσετε το Webench. Είναι πολύ βολικό και συνάμα δεν κοστίζει τίποτα!

## Μοντέλα Spice

Προτού κλείσουμε την ενότητα που αφορά την προσομοίωση, νοιώθουμε υποχρεωμένοι να σας θυμίσουμε πως η πλειονότητα των χρησιμοποιούμενων προγραμμάτων προσομοίωσης βασίζεται στον δωρεάν διανεμόμενο(!) πυρήνα Spice. Το πρόγραμμα Spice αναπτύχθηκε πριν από πολλά χρόνια στο Πανεπιστήμιο του Μπέρκλεϊ και παραχωρήθηκε ευγενικά στην διεθνή Πανεπιστημιακή κοινότητα για εκπαιδευτική χρήση (βλ. παραπομπή [1]). Αυτό με απλά λόγια σημαίνει πως μπορείτε να έχετε έναν καλό προσομοιωτή χωρίς να ξοδέψετε ούτε μια δεκάρα!

Όπως όμως συμβαίνει τις περισσότερες φορές, έτσι και εδώ υπάρχει ένα 'αλλά'. Το Spice είναι ένα πρόγραμμα που εργάζεται σε περιβάλλον κειμένου. Αυτό, με απλά λόγια, σημαίνει πως καταλαβαίνει και διαχειρίζεται αποκλειστικά και μόνο αρχεία κειμένου. Άρα, αν θέλετε να του δώσετε σαν πρώτη ύλη ένα αρχείο θεωρητικού κυκλώματος θα πρέπει πρώτα να το μετατρέψετε στο ισοδύναμο αρχείο καλωδίωσης (netlist) που είναι από τη φύση του αρχείο κειμένου. Με τον ίδιο τρόπο θα πρέπει να περιγραφούν και τα σήματα διέγερσης του κυκλώματος, προτού δώσετε την εντολή της προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα τα λάβετε πάλι σε μορφή (το μαντέψατε ίσως) κειμένου, τα οποία θα πρέπει να 'αποκρυπτογραφήσετε' προκειμένου να εξακριβώσετε αν το κύκλωμά σας 'δουλεύει' ή 'δεν δουλεύει'.

Θα αντιλαμβάνεστε βέβαια πως αυτό που πληρώνετε αγοράζοντας ένα εμπορικό προ-

σομοιωτή βασισμένο στον πυρήνα Spice είναι το 'περιτύλιγμα' του πυρήνα με ένα περισσότερο φιλικό περιβάλλον. Υπάρχει ένας προ-επεξεργαστής ο οποίος αναλαμβάνει να μετατρέψει το θεωρητικό κύκλωμα μαζί με τις επιθυμίες σας σε μορφή κειμένου αντιληπτού από το Spice όπως επίσης και ένας μετ-επεξεργαστής ο οποίος παίρνει τους ατέλειωτους πίνακες που δίνει το Spice σαν αποτέλεσμα, μετατρέποντάς τους σε ασύγκριτα πιο καταληπτές γραφικές παραστάσεις. Κατά τη γνώμη μας αξίζει να βάλλουμε το χέρι μας στην τσέπη, παρά να παιδευόμαστε ώρες και ώρες με ένα δωρεάν δύσχρηστο πρόγραμμα.

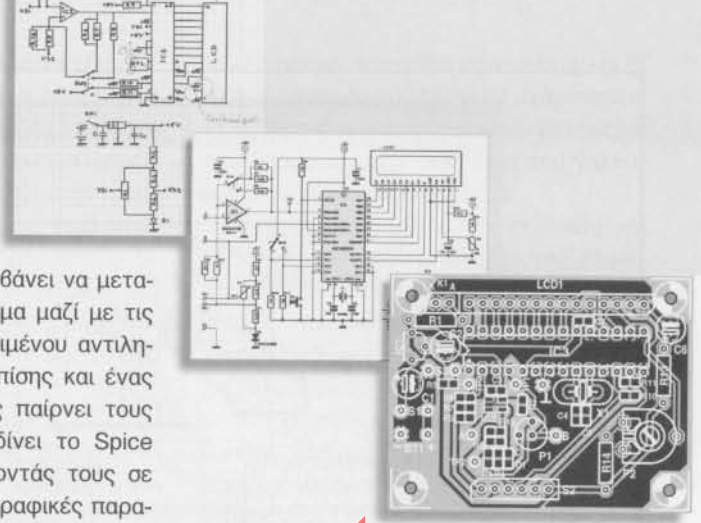
Το γεγονός ότι όλοι σχεδόν οι προσομοιωτές είναι συμβατοί με το Spice μας εξασφαλίζει ένα σημαντικό πλεονέκτημα: την δυνατότητα εύκολης προσθήκης νέων εξαρτημάτων. Αυτός είναι και ο λόγος που όλες σχεδόν οι εταιρίες κατασκευής ημιαγωγών διαθέτουν μαζί με κάθε νέο προϊόν τους το μοντέλο Spice που το περιγράφει. Βέβαιο ρίχνουν το μπαλάκι σε εσάς για το πώς θα το ενσωματώσετε στο δικό σας προσομοιωτή, αλλά αυτό εύκολα ή δύσκολα είναι κάτι που γίνεται. Για την ιστορία σημειώνουμε πως τα μοντέλα Spice παρέχονται (και αυτά) σε αρχεία κειμένου.

## Η σχεδίαση του τυπωμένου κυκλώματος

Ανεξάρτητα από το αν κατασκευάσατε ένα δοκιμαστικό μοντέλο ή αρκεστήκατε στα συμπεράσματα της προσομοίωσης, το επόμενο στάδιο δεν είναι άλλο από αυτό της σχεδίασης του τυπωμένου κυκλώματος.

Το ποιο πρόγραμμα θα διαλέξετε γι' αυτή την δουλειά αποτελεί και πάλι αντικείμενο της δικής σας επιλογής. Θα πρέπει, όπως και πριν, να το επιλέξετε με κάποια συγκεκριμένα κριτήρια εξαρτώμενα κυρίως από τις προηγούμενες επιλογές σας. Ας τα δούμε από κοντά.

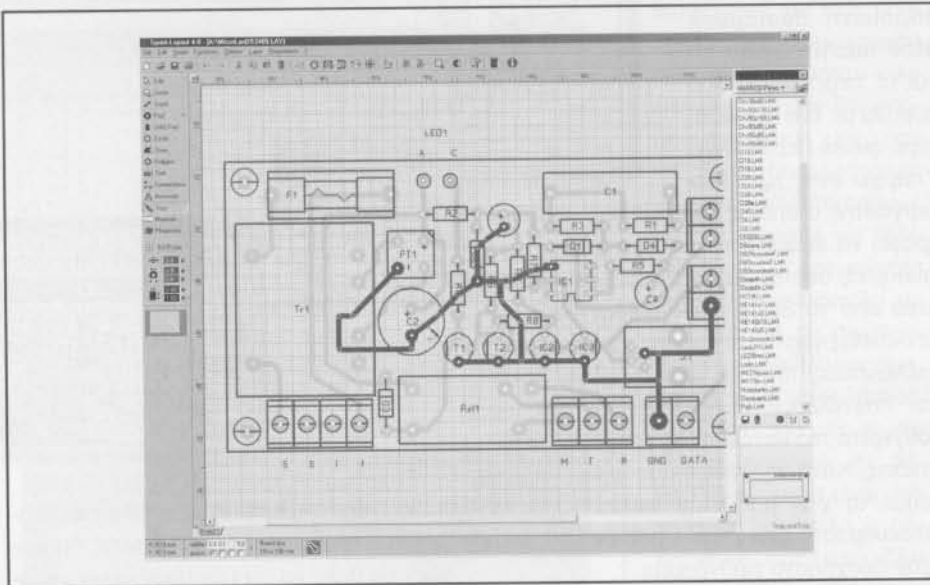
Αν για τη σχεδίαση του θεωρητικού διαγράμματος χρησιμοποιήσατε ένα πρόγραμμα γενικής χρήσης όπως π.χ. το sPlan (σχ. 6) ή το διάγραμμα βρίσκεται ακόμα στα χαρτιά, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε οποιοδήποτε πακέτο σχεδίασης τυπωμένου σας αρέσει. Το πρόγραμμα αυτό μπορεί να είναι, κατ' αρχήν, αυτόνομο (να μην εξαρτάται δηλαδή από κανένα άλλο σχεδίασης θεωρητικού) όπως είναι π.χ. το Sprint Layout της Abacus. Σε μια τέτοια περίπτωση



όμως, δεν θα καταφέρατε να επωφεληθείτε από τη δυνατότητα αυτόματης δρομολόγησης (auto-route) που παρέχουν τα προγράμματα τυπωμένου που διασυνδέονται άμεσα με τα προγράμματα σχεδίασης θεωρητικού. Κατά συνέπεια θα πρέπει να τοποθετήσετε μόνοι σας τα εξαρτήματα και να συνδέσετε με το χέρι μια - μια τις ακίδες τους. Μια επιπλέον διευκόλυνση που είναι σε θέση να παρέχουν τα παραπάνω προγράμματα είναι η 'Υποβοηθούμενη Δρομολόγηση'. Σύμφωνα με αυτήν όλες οι ακίδες των εξαρτημάτων που πρέπει να συνδεθούν μεταξύ τους εμφανίζονται φωτισμένες εντονότερα, θυμίζοντάς σας ότι πρέπει να τις ενώσετε. Η λειτουργία αυτή θεωρείται απλή και κατά συνέπεια συμπεριλαμβάνεται χωρίς επιπλέον κόστος σε όλα τα οικονομικά πακέτα σχεδίασης τυπωμένου κυκλώματος.

Αν για τη σχεδίαση του θεωρητικού κυκλώματος χρησιμοποιήσατε το αντίστοιχο πρόγραμμα κάποιου πακέτου σχεδίασης CAD, όπως π.χ. Eagle, Orcad ή Altium (τέως Protel), τα πράγματα είναι πολύ πιο εύκολα. Το θεωρητικό 'περνάει' αυτόματα στο πρόγραμμα τυπωμένου και η σχεδίαση του δεύτερου μπορεί να ξεκινήσει με ένα κλικ του ποντικιού. Είναι βέβαιο πως τις περισσότερες φορές θα θελήσετε να τοποθετήσετε εσείς τα εξαρτήματα στις θέσεις που σας βολεύουν, αφήνοντας τον αυτόματο δρομολογητή να τα συνδέσει μεταξύ τους (ή να προσπαθήσει να τα συνδέσει - θα επανέλθουμε στο θέμα αυτό αργότερα). Η λύση αυτή είναι η βολικότερη αλλά και η περισσότερο ακριβή.

Τα προγράμματα τύπου Electronic CAD κοστίζουν αρκετές εκατοντάδες έως και χιλιάδες Ευρώ και σίγουρα δεν είναι για το βαλάντιο του καθενός. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν και κάποιες σχετικά φθηνές προσεγγίσεις. Η CadSoft, κατασκευάστρια του πα-



Σχ. 6. Ο συγγραφέας χρησιμοποιεί εδώ και πολλά χρόνια το Sprint Layout έχοντας σχεδιάσει δεκάδες τυπωμένα κυκλώματα.

κέτου CAD Eagle, προσφέρει μια 'ελαφριά' έκδοση του προϊόντος της δωρεάν (μόνο για προσωπική χρήση).

Οι δυνατότητες της 'ελαφριάς' έκδοσης είναι ίδιες με εκείνες της εμπορικής, μόνο που οι διαστάσεις της παραγόμενης πλακέτας είναι το πολύ ίσες με 8 x 10 cm.

Θα λέγαμε πως είναι αρκετά μεγάλες για τη σχεδίαση αρκετών αξιοπρεπών κατασκευών.

Στην περίπτωση που έχετε ήδη χρησιμοποιήσει έναν προσομοιωτή, είναι βέβαιο πως για την σχεδίαση του θεωρητικού χρησιμοποιήσατε το αντίστοιχο πρόγραμμα του πακέτου προσομοίωσης. Σε μια τέτοια περίπτωση, αν θέλετε να αποφύγετε την επανασχεδίασή του, είστε αναγκασμένοι να χρησιμοποιήσετε το πρόγραμμα PCB που τους συνοδεύει (όλοι οι καθώς πρέπει προσομοιωτές συνεργάζονται με κάποιο πρόγραμμα τυπωμένου). Ενδεικτικά αναφέρουμε το πρόγραμμα Ultiboard που συνεργάζεται με το Multisim και το Ares που συνεργάζεται με το Proteus VSM. Αν ισχύουν τα παραπάνω, τότε προχωράτε όπως περιγράψαμε στην προηγούμενη περίπτωση. Στην

(απίθανη) περίπτωση που το πρόγραμμα τυπωμένου που 'δένει' με τον προσομοιωτή σας δεν σας ικανοποιεί, ζητήστε από τον τελευταίο να εξάγει το θεωρητικό διάγραμμα σε ένα αρχείο καλωδίωσης (netlist). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο που πραγματοποιείται και από τα προγράμματα σχεδίασης θεωρητικού κυκλώματος.

Στη συνέχεια μπορείτε να 'εισαγάγετε' το αρχείο καλωδίωσης σε οποιοδήποτε πρόγραμμα τυπωμένου σας αρέσει και να προχωρήσετε στη σχεδίαση.

Θα πρέπει πάντως να γνωρίζετε πως αν ακολουθήσετε αυτήν την τακτική οι υπολογισμοί που πρέπει να γίνουν είναι πολύ περισσότεροι, όπως άλλωστε και ο χρόνος που θα χρειαστεί για να ολοκληρωθεί το τυπωμένο κύκλωμα.

### Ο μύθος της αυτόματης δρομολόγησης

Στην μικρή έρευνα που κάναμε διαπιστώσαμε και κάτι ακόμα εξ ίσου εντυπωσιακό. Οι περισσότεροι υποψήφιοι αγοραστές πακέτων ηλεκτρονικού CAD, δίνουν αδικαιο-

λόγητα μεγάλη σημασία στα χαρακτηριστικά της λειτουργίας αυτόματης δρομολόγησης του προγράμματος PCB. Αυτό δεν είναι κακό, ούτε αποτελεί λανθασμένη ενέργεια. Οφείλουμε όμως να σημειώσουμε πως έχει σημασία μόνο αν το πακέτο προορίζεται για σχεδίαση πολυεπίπεδων πλακετών. Αν ο αγοραστής επιχειρήσει να το χρησιμοποιήσει για τη σχεδίαση πλακετών διπλής ή και μονής όψης, θα διαπιστώσει πως η συνεισφορά του στη σχεδίαση της πλακέτας είναι μικρή ή, στην χειρότερη περίπτωση, αρνητική.

Ο αυτόματος δρομολογητής έχοντας σαν πρώτη ύλη το θεωρητικό (η καλύτερα το αρχείο καλωδίωσης που έχει προκύψει από το θεωρητικό) αναζητά δρόμους για να περάσει τις γραμμές χαλκού που συνδέουν δύο ή περισσότερες ακίδες. Καθόλη τη διάρκεια της παραπάνω λειτουργίας, ο χρήστης μπορεί να ξεκουράζεται, αλλά θα πρέπει μόλις τερματιστεί το πρόγραμμα να είναι έτοιμος να διορθώσει τα λάθη και κυρίως τις παραλείψεις του αυτόματου δρομολογητή.

Αυτές οφείλονται στην ίδια τη φύση των προγραμμάτων της συγκεκριμένης κατηγορίας. Ένα πρόγραμμα αυτόματης δρομολόγησης είναι φτιαγμένο για να δουλεύει με πλακέτες τουλάχιστον δύο όψεων. Μόνο τότε είναι σε θέση να λύσει τα προβλήματα που σχετίζονται με τις διασταυρώσεις των χάλκινων διαδρόμων, που είναι συχνά στα τυπωμένα.

Αν το περιορίσουμε σε ένα μόνο επίπεδο τα αποτελέσματα που θα πάρουμε, είναι μάλλον απογοητευτικά.

Έτσι λοιπόν, αν μπορείτε να σχεδιάσετε εσείς με το χέρι το τυπωμένο κύκλωμα σε πλακέτα μονής αντί σε μια διπλής όψης που θεωρεί απαραίτητες το πρόγραμμα αυτόματης δρομολόγησης, κάντε το ξεχνώντας τον αυτόματο δρομολογητή!

Ένα άλλο μειονέκτημα του αυτόματου δρομολογητή σχετίζεται με την αδυναμία του να λαμβάνει υπόψη τις ιδιαιτερότητες της κάθε μιας σχεδίασης. Κάτι τέτοιο αποδεικνύεται πολύ σημαντικό στις σχεδιάσεις πλακετών υψηλών συχνοτήτων. Πράγματι, αν επιχειρήσουμε να σχεδιάσουμε με τη βοήθεια ενός τέτοιου προγράμματος μια πλακέτα υψηλών συχνοτήτων είναι βέβαιο πως οι μικρές αποστάσεις ανάμεσα στις γειτονικές γραμμές χαλκού, θα προξενήσουν έντονα χωρητικά φαινόμενα που με τη σειρά τους θα προκαλέσουν παρασιτικές ταλαντώσεις.

Τέλος, αν θέλετε να δουλέψετε σώνει και

## Διευθύνσεις στο διαδίκτυο

<http://users.otenet.gr/~athsam>

[1] <http://bwrc.eecs.berkeley.edu/Classes/IcBook/tools.html>

[2] Ανατρέξτε στα "ηλεκτρονικά νέα και αγορά" όπου στο άρθρο "Καλειδοσκοπιο" θα βρείτε πολλές διευθύνσεις κατασκευαστών λογισμικών σχηματικών διαγραμμάτων, σχεδίασης και εξομίσωσης πλακετών

καλά με τον αυτόματο δρομολογητή, τότε το μόνο που σας μένει για να κάνετε τα πράγματα κατά τι καλύτερα είναι να τον παραμετροποιήσετε. Η εργασία αυτή απαιτεί πολύ χρόνο μιας που πρέπει να ορίσετε τα ελάχιστα και τα μέγιστα πλάτη των γραμμών του χαλκού, τις μέγιστες και ελάχιστες διαμέτρους των νησίδων γύρω από τις οπές, την ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών γραμμών και πολλά άλλα. Μετά από όλα αυτά, θα διαπιστώσετε και μόνοι σας το πόσο καλύτερο μπορεί να γίνει το τελικό προϊόν.

Συνοψίζοντας, σημειώνουμε άλλη μια φορά πως για μικρές πλακέτες μονής όψης, μικρής έως μέτριας πολυπλοκότητας όπως αυτές που σχεδιάζουν οι ερασιτέχνες ηλεκτρονικοί ή οι μικρές βιοτεχνίες ηλεκτρονικών, η χρήση αυτόματου δρομολογητή είναι περιττή.

## Ένα συνηθισμένο αλλά καθοριστικό παράδειγμα

Δεν είναι λίγες οι φορές που ψάχνοντας σε περιοδικά όπως π.χ. το *Ελέκτορ* για κάποια κατασκευή, βρίσκετε μια που πληρεί τις απαιτήσεις σας.

Καθώς, όμως, τη μελετάτε διαπιστώνετε πως θα ήταν πολύ καλύτερη αν μπορούσατε να επεμβαίνατε σε κάποια σημεία στο τυπωμένο της, μετακινώντας π.χ. ένα συνδετήρα ή αντικαθιστώντας ένα εξάρτημα με ένα άλλο διαφορετικών διαστάσεων. Οι πιο υπομονετικοί αναγνώστες είναι βέβαιο πως θα 'ξεπατίκωνα' το υπάρχον τυπωμένο κύκλωμα στην οθόνη του υπολογιστή τους, τροποποιώντας τα επιθυμητά σημεία του. Είναι όμως αυτή η καλύτερη λύση;

Μήπως η αντιγραφή εγκυμονεί σφάλματα προερχόμενα από παραλείψεις ή αβλεψίες; Οι απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα είναι προφανείς.

Σύμφωνα με όσα γνωρίζουμε από την αγορά, το καλύτερο που έχετε να κάνετε, είναι να χρησιμοποιήσετε το *Sprint Layout* της *Abacom* το οποίο αφού δεχθεί μια σαρωμένη εικόνα του τυπωμένου κυκλώματος, σας επιτρέπει να επέμβετε στους αγωγούς και τα εξαρτήματά του. Το μόνο που θα χρειαστείτε είναι ένας καλός σαρωτής. Στις δοκιμές που κάναμε, καταφέραμε να πάρουμε ένα τέλειο αντίγραφο του δημοσιευμένου τυπωμένου, το οποίο επεξεργαστήκαμε αργότερα.

Σημείωση του συντάκτη: η τελευταία έκδοση του *EasyPC* είναι και αυτή σε θέση να κάνει το ίδιο επιτρέποντας τις εκ των υστέρων τροποποιήσεις.

## Η κατασκευή της πλακέτας

Έχοντας ολοκληρώσει τη σχεδίαση σας και έχοντας ελέγξει δύο φορές (είναι καλύτερες από μία!) όλα τα 'δύσκολα' σημεία της είστε έτοιμοι να περάσετε στην φάση της κατασκευής της πλακέτας. Εδώ ανοίγονται μπροστά σας δύο δρόμοι, που θα επιλέξετε με κριτήριο το λογισμικό που έχετε ήδη χρησιμοποιήσει και τα μέσα που διαθέτετε για την παραγωγή της πλακέτας.

Αν βασιστήκατε σε ένα πακέτο ηλεκτρονικού CAD και στοχεύετε σε βιομηχανική παραγωγή ακόμα και αν ενδιαφέρεστε για μικρές ποσότητες, είναι σκόπιμο να ζητήσετε από το πρόγραμμα τυπωμένου να το εξάγει στην ισοδύναμη μορφή *Gerber*. Με το αρχείο αυτό και έχοντας στη διάθεση τους μερικές μέρες, οι κατασκευαστές πλακετών θα σας ετοιμάσουν ένα μικρό δεμάτι με τις πλακέτες που ζητήσατε. Το μόνο που θα μένει να κάνετε εσείς είναι η τοποθέτηση και κόλληση των εξαρτημάτων πάνω σε αυτές.

Στην περίπτωση που είστε ερασιτέχνες και θέλετε να φτιάξετε ένα - δυο αντίγραφα της πλακέτας ή εργάζεστε σε μια μικρή επιχείρηση με περιορισμένο προϋπολογισμό, μπορείτε να προχωρήσετε όπως υποδεικνύουμε στη συνέχεια, αδιαφορώντας για τον τύπο και το είδος του λογισμικού που χρησιμοποιήσατε.

Το πρώτο που έχετε να κάνετε είναι να προμηθευτείτε διαφάνειες κατάλληλες για τον εκτυπωτή σας. Στη συνέχεια ζητάτε από το πρόγραμμα σχεδίασης τυπωμένου να τυπώσει πάνω σε μια από αυτές το τυπωμένο κύκλωμα σε φυσικό μέγεθος. Τα καλύτερα αποτελέσματα θα τα έχετε αν χρησιμοποιήσετε εκτυπωτή *Laser* και διαφάνειες κατάλληλες γι' αυτόν (προσοχή γιατί ακατάλληλες διαφάνειες αχρηστεύουν τον εκτυπωτή). Κατά τι δυσκολότερα είναι τα πράγματα αν χρησιμοποιείτε εκτυπωτή ψεκασμού μελάνης. Επειδή το μελάνι δεν 'κάθεται' στις διαφάνειες το ίδιο εύκολα όσο ο γραφίτης, είναι πιθανό όταν προχωρήσετε στην μεταφορά και την αποχάλκωση, οι λεπτές γραμμές να είναι τεμαχισμένες σε πολλά μικρά κομμάτια. Μια λύση για να αποφύγετε αυτό το πρόβλημα είναι να τυπώσετε δύο ίδιες διαφάνειες και να τις τοποθετήσετε την μια πάνω από την άλλη. Με αυτό τον τρόπο, το μαύρο γίνεται ακόμα πιο μαύρο, ελαχιστοποιώντας τις περιπτώσεις 'σπασίματος' των χάλκινων διαδρόμων. Ο συγγραφέας του άρθρου χρησιμοποιεί εδώ και χρόνια ένα παλιό *Laser*

με εξαιρετικά αποτελέσματα. Ακόμα και οι λεπτές γραμμές που περνούν ανάμεσα από τις ακίδες των ολοκληρωμένων μεταφέρονται θαυμάσια στην επιφάνεια του χαλκού χωρίς το παραμικρό 'σπάσιμο'.

Πάντα όταν κάνουμε μια σχεδίαση και φθάνουμε στον τελικό έλεγχο της πλακέτας υπάρχει ένα μικρό ενδεχόμενο να συμβεί κάτι που απευχόμαστε. Ενώ όλα είναι σωστά σχεδιασμένα, είναι πιθανό να υπάρξει κάποια μικρή ή μεγάλη αλληλεπίδραση μεταξύ γειτονικών διαδρόμων χαλκού, γειτονικών εξαρτημάτων ή να διαπιστωθούν κάποιες πέραν από τα προβλεπόμενα όρια ανοχές εξαρτημάτων.

Όλα τα παραπάνω, ή έστω ένα από αυτά, αρκούν για να κάνουν το κύκλωμα μας ασταθές και συνεπώς ακατάλληλο για χρήση. Σε μια τέτοια περίπτωση το μόνο που μπορείτε να κάνετε είναι να ξαναγυρίσετε στην αρχή και να επαναλάβετε τη σχεδίαση λαμβάνοντας υπόψη τις αιτίες που προκάλεσαν το πρόβλημα.

Κάτι τέτοιο άλλωστε προβλέπεται και από το αρχικό διάγραμμα του **σχ. 1**, στο οποίο φαίνεται καθαρά ότι αμέσως μετά το τελευταίο στάδιο (συναρμολόγηση / έλεγχος πλακέτας) υπάρχει το ενδεχόμενο της επιστροφής στην αρχή. Διορθώστε πρώτα το τυπωμένο και αν είστε τυχεροί και το πρόγραμμα σχεδίασης υποστηρίζει τη λειτουργία της αντίστροφης διόρθωσης (*back annotation*) θα διορθωθούν αυτόματα όλα τα αρχεία που σχετίζονται με τη σχεδίασή σας (μαζί με το θεωρητικό διάγραμμα). Αν έχετε χρησιμοποιήσει διαφορετικά προγράμματα για τη σχεδίαση του θεωρητικού και του τυπωμένου, τότε είναι δική σας ευθύνη να κάνετε τις απαραίτητες διορθώσεις με το χέρι. Οι ενέργειες αυτές είναι απαραίτητες αν θέλετε το προϊόν της σχεδίασης σας να συμπίπτει με όλα όσα περιγράφονται στα αρχεία του υπολογιστή. (050275-1)

**Christian Tavernier**  
[www.tavernier-c.com](http://www.tavernier-c.com),  
[contact@tavernier-c.com](mailto:contact@tavernier-c.com)

Για περισσότερες πληροφορίες, ιδέες, παρατηρήσεις και προτάσεις επισκεφτείτε το **Forum**.  
[www.elektor.gr/forum](http://www.elektor.gr/forum)