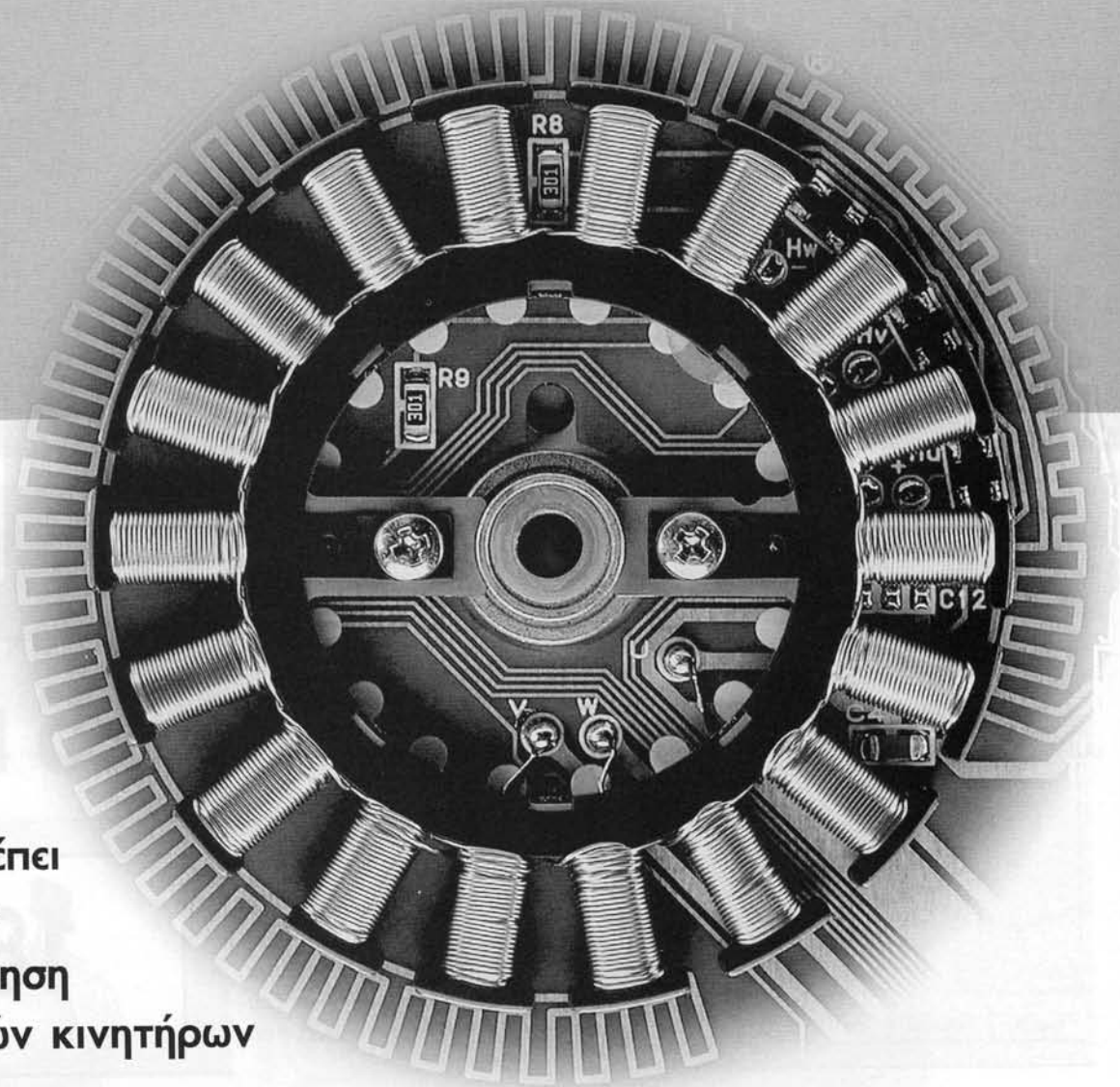


Υπό τον Horst Hubert



Όλα όσα πρέπει να γνωρίζετε για την οδήγηση των βηματικών κινητήρων

Βηματικοί κινητήρες

Θέματα σχετικά με τους βηματικούς κινητήρες έχουν εμφανιστεί αρκετές φορές στις στήλες του Ελέκτορ με πιο πρόσφατα εκείνα των εκδόσεων του Δεκεμβρίου 2003 και του Ιανουαρίου του 2004. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα άρθρα, η παρούσα αναφορά θα έχει πρακτικό χαρακτήρα χωρίς θεωρητικές προεκτάσεις. Αν ωστόσο επιθυμείτε να πάρετε κάποιες πληροφορίες σχετικά με το αντίστοιχο υπόβαθρο του θέματος αυτού, μπορείτε να ρίξετε μια ματιά σε κάποια από τα προηγούμενα άρθρα (σχετική λίστα αναφοράς δίνεται στο τέλος του άρθρου).

Για να κάνετε έναν κινητήρα άγνωστων στοιχείων να λειτουργήσει θα χρειαστείτε δύο πράγματα: να ανακαλύψετε τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου κινητήρα και να επιλέξετε το κατάλληλο ηλεκτρονικό κύκλωμα οδήγησης. Με την βοήθεια του άρθρου αυτού θα διαπιστώσετε ότι η παραπάνω διαδικασία δεν είναι και τόσο δύσκολη. Τα ακόλουθα τρία βήματα θα σας βοηθήσουν να διερευνήσετε τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά ενός κινητήρα. Το πρώ-

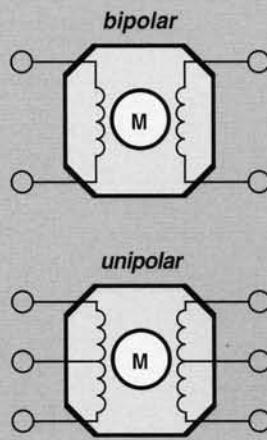
το βήμα σας βοηθά να προσδιορίσετε κατά πόσο ένας κινητήρας είναι διπολικός ή μονοπολικός.

1. Ο τύπος του κινητήρα

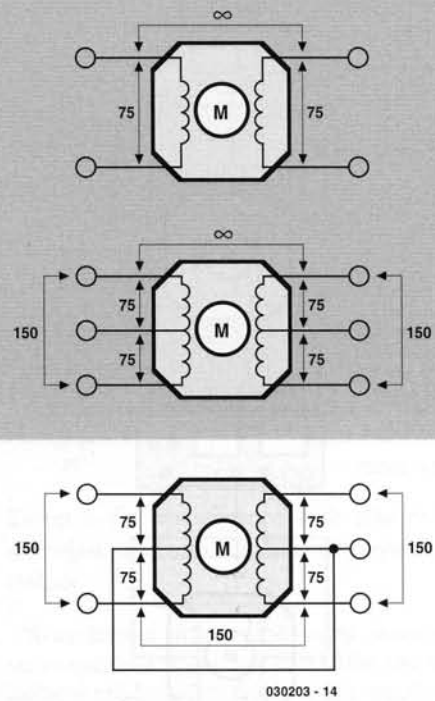
Ένας διπολικός κινητήρας (Σχήμα 1) διαθέτει τυλίγματα στα οποία το ρεύμα ρέει εναλλασσόμενα προς την μια κατεύθυνση και στην συνέχεια προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η ροή ρεύματος αυτή δημιουργεί ένα μαγνητικό πε-

δίο το οποίο επίσης αλλάζει κατεύθυνση με αποτέλεσμα την περιστροφή του κινητήρα. Το τυλίγμα ενός κινητήρα του τύπου αυτού απαιτεί **δύο** συνδέσεις. Συνεπώς το ηλεκτρονικό κύκλωμα οδήγησης ενός τέτοιου κινητήρα θα πρέπει συνεχώς να αντιστρέφει την τάση του τυλίγματος. Για τον σκοπό αυτόν απαιτείται ένα κύκλωμα με τέσσερα τρανζίστορ σε συνδεομολογία γέφυρας.

Ένας μονοπολικός κινητήρας διαθέτει τυλίγ-



030203 - 13



030203 - 14

μα με μια μεσαία λήψη. Επομένως το τύλιγμα αυτό απαιτεί **τρεις** συνδέσεις. Η μεσαία λήψη θα πρέπει να συνδεθεί στην γραμμή του θετικού δυναμικού της τάσης τροφοδοσίας. Αν τώρα συνδέσουμε την επαφή αρχής με την γείωση (και αφήσουμε ανοικτή την επαφή τέρματος), τότε θα έχουμε μια ροή ρεύματος στο πρώτο μισό του τυλίγματος. Αν συνδέσουμε την επαφή τέρματος στην γείωση (και αφήσουμε ανοικτή την επαφή αρχής), τότε θα έχουμε μια ροή ρεύματος στο δεύτερο μισό του τυλίγματος. Εφόσον η ροή του ρεύματος στο δεύτερο μισό του τυλίγματος έχει αντίθετη φορά, το αντίστοιχο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται είναι επίσης ανεστραμμένο. Συνεπώς το ηλεκτρονικό κύκλωμα που απαιτείται για την συγκεκριμένη οδήγηση θα είναι πιο απλό, εφόσον θα πρέπει να συνδέεται με την γείωση είτε η επαφή αρχής είτε η επαφή τέρματος. Για τον σκοπό αυτόν επαρκούν δύο τρανζίστορ.

Ένας βηματικός κινητήρας διαθέτει τουλάχιστον δύο τυλίγματα, δηλαδή συνδέσεις 2_2 ή 2_3. Όταν ένας τέτοιος κινητήρας διαθέτει τέσσερις ακροδέκτες είναι σχεδόν βέβαιο ότι είναι διπολικού τύπου. Όταν διαθέτει πέντε ή έξι ακροδέκτες είναι σχεδόν βέβαιο ότι είναι μονοπολικού τύπου. Είναι τόσο απλό! Σε περίπτωση βέβαια που συναντήσετε έναν κινητήρα με περισσότερους ακροδέκτες τότε σίγουρα αντιμετωπίζετε ένα πρόβλημα. Το μόνον που μένει να κάνετε είναι να ανοίξετε το κάλυμμα του κινητήρα ελπίζοντας να διαπιστώσετε τις εσωτερικές ηλεκτρικές συνδέσεις. Η διαδικασία αυτή δεν είναι συνήθως επιτυχής. Έτσι σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε έναν διαφορετικό κινητήρα!

2. Συνδέσεις

Έχοντας προσδιορίσει τον τύπο του κινητήρα που έχουμε στην διάθεσή μας, στην συνέχεια θα πρέπει να βρεθεί ποιοι ακροδέκτες ανήκουν σε κάθε τύλιγμα. Με την βοήθεια ενός πολυμέτρου μετρούμε την αντίσταση μεταξύ των συνδέσεων. Έχοντας κάνει όλους τους πιθανούς συνδυασμούς με τους ακροδέκτες,

Σχήμα 1. Διπολικός ή μονοπολικός κινητήρας;

Σχήμα 2. Ανακαλύπτοντας τις αναγκαίες ηλεκτρικές συνδέσεις.

στο τέλος συντάσσουμε μια λίστα με τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Η αντίσταση που εμφανίζεται μεταξύ των επαφών αρχής και τέρματος ενός τυλίγματος είναι χαμηλή. Η μέτρηση που λαμβάνεται ανάμεσα στην μεσαία λήψη και σε ένα από τα άκρα ενός τυλίγματος θα έχει την μισή τιμή σε σχέση με εκείνη που μετρήθηκε για ολόκληρο το τύλιγμα. Μεταξύ διαφορετικών τυλιγμάτων θα πρέπει να βρούμε άπειρη αντίσταση, ή τουλάχιστον μερικά MΩ. Με τον τρόπο αυτόν γενικά μπορούμε να προσδιορίσουμε ποιες συνδέσεις ανήκουν σε κάθε ένα από τα υπάρχοντα τυλίγματα. Όταν ένας μονοπολικός κινητήρας διαθέτει μια μεσαία λήψη κοινή και για τα δύο τυλίγματα (5 συνολικά ακροδέκτες) τότε δυστυχώς είναι αδύνατο να προσδιορίσουμε ποιοι ακροδέκτες ανήκουν σε ποια τυλίγματα. Στην περίπτωση αυτή ο ακροδέκτης που αντιστοιχεί στην μεσαία λήψη θα παρουσιάζει την ίδια τιμή αντίστασης σε σχέση με όλους τους άλλους ακροδέκτες. Όπως όμως θα διαπιστώσετε και στην συνέχεια, έχουμε βρει λύση και για αυτό το πρόβλημα.

3. Τάση λειτουργίας

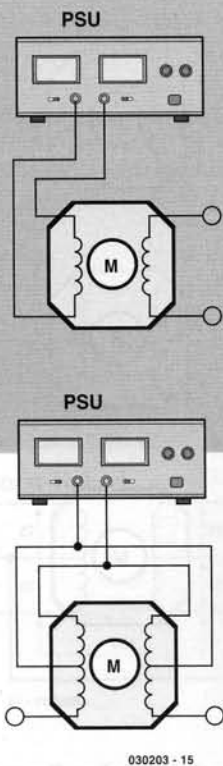
Αν δεν αναγράφεται πάνω στον κινητήρα, δεν υπάρχει τρόπος να προσδιορίσουμε την τάση λειτουργίας του μόνον με μια απλή παρατήρηση. Συχνά είναι πιθανό να γνωρίζουμε την τιμή της τάσης τροφοδοσίας του κυκλώματος από το οποίο προήλθε ο βηματικός κινητήρας που εξετάζουμε. Ένας βηματικός κινητήρας από έναν τυπικό οδηγό δισκέτας (floppy drive) λειτουργεί είτε στα 5 είτε στα 12 V. Αν ωστόσο δεν έχετε ιδέα για το ποια είναι η ακριβής τιμή της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα, τότε μπορείτε να κάνετε μια εκτίμηση με την βοή-

θεια της παρακάτω μεθόδου. Στην περίπτωση ενός διπολικού κινητήρα συνδέστε ένα τύλιγμα του σε ένα τροφοδοτικό μεταβλητής τάσης. Στην περίπτωση του μονοπολικού κινητήρα συνδέστε δύο τυλίγματά του όπως φαίνεται στο **Σχήμα 3**. Ρυθμίστε την τάση εξόδου του τροφοδοτικού σε μερικά Volts και περιμένετε για λίγα λεπτά. Αγγίξτε τον κινητήρα για να αισθανθείτε αν η θερμοκρασία του έχει αυξηθεί. Αν όχι, αυξήστε περαιτέρω την τάση του τροφοδοτικού και μετά από μερικά λεπτά ελέγξτε και πάλι την θερμοκρασία του κινητήρα. Επαναλάβετε την παραπάνω διαδικασία έως ότου η θερμοκρασία του κινητήρα οριακά να μην σας επιτρέπει να τον αγγίζετε. Στο σημείο αυτό θα έχουμε την μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας για τον συγκεκριμένο κινητήρα.

Το κύκλωμα οδήγησης του κινητήρα

Στο σημείο αυτό έχοντας προσδιορίσει τα βασικά χαρακτηριστικά του κινητήρα, θα πρέπει να επιλέξουμε το κατάλληλο ηλεκτρονικό κύκλωμα ελέγχου. Αλλά μην πανικοβάλλεστε, διότι θα αντιμετωπίσουμε και το ζητούμενο αυτό με την βοήθεια μιας διαδικασίας μερικών απλών βημάτων.

Το δικό μας κύκλωμα οδήγησης υπόκειται σε μερικούς περιορισμούς. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας είναι αυτή των 18 Volts (κατά προτίμηση ίσως και λίγο χαμηλότερη, για παράδειγμα 15 V) ενώ το μέγιστο δυνατό ρεύμα στα τυλίγματα του κινητήρα ανέρχεται στα 2 A. Αν ο κινητήρας που έχετε υπόψη σας απαιτεί υψηλότερη τάση λειτουργίας ή μεγαλύτερο ρεύμα τότε το κύκλωμα αυτό δεν είναι κατάλληλο. Η κατανάλωση ρεύματος του κινη-



030203 - 15

Σχήμα 3. Ποια είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας;

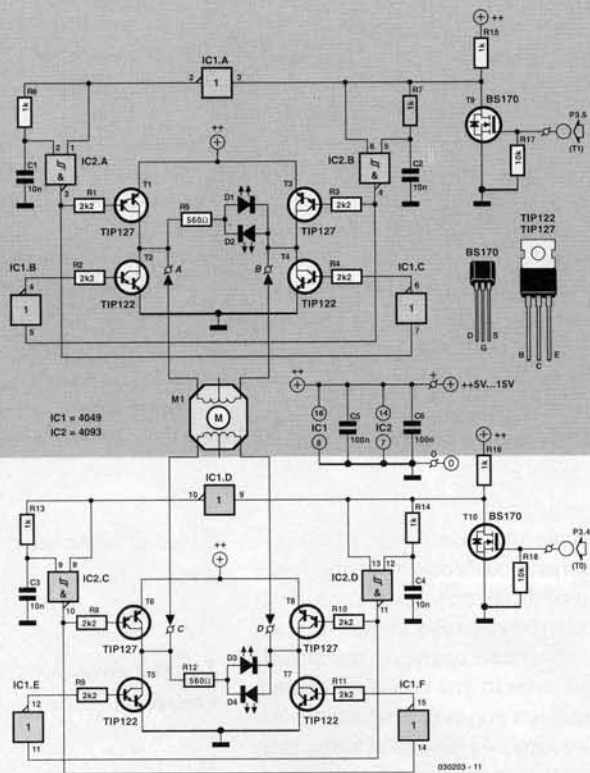
τήρα μπορεί να γίνει γνωστή από την προηγούμενη διαδικασία προσδιορισμού της μέγιστης τάσης λειτουργίας ή ακόμη και να υπολογιστεί διαιρώντας την τάση του κινητήρα με την αντίσταση που παρουσιάζει το τύλιγμα.

Η τάση τροφοδοσίας που επιλέγεται για το κύκλωμα θα πρέπει να είναι ίδια με την απαιτούμενη τάση λειτουργίας του κινητήρα.

Το κύκλωμα του Σχήματος 4α αποτελείται από μια γέφυρα κατάλληλη για οδήγηση διπολικών κινητήρων. Η ίδια πλακέτα είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και για την οδήγηση μονοπολικών κινητήρων. Στην περίπτωση αυτή τα 'πάνω' τρανζίστορ δεν τοποθετούνται. Αντί των τρανζίστορ αυτών τοποθετούνται ανάστροφα πολωμένες δίοδοι μεταξύ των συλλεκτών των τρανζίστορ που απομένουν και της γραμμής της θετικής τάσης τροφοδοσίας. Αυτό σημαίνει ότι η κάθοδος των διόδων, η πλευρά δηλαδή με την γραμμή, συνδέεται στην θετική τάση. Οι άλλες πλευρές συνδέονται στις επαφές του κινητήρα A, B, C και D. Για την περίπτωση του μονοπολικού κινητήρα θα πρέπει να θυμάστε ότι η μεσαία λήψη των τυλιγμάτων συνδέεται στην γραμμή της τάσης τροφοδοσίας. Το πλήρες διάγραμμα του κυκλώματος μπορείτε να το κατεβάσετε από την ιστοσελίδα του περιοδικού στο Διαδίκτυο (Σχήμα 4β).

Το επόμενο ερώτημα που εμφανίζεται αφορά τον τύπο του ημιαγωγού που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Συμβαίνει απλά τόσο τα διπολικά τρανζίστορ, όσο και τα τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (FET) να είναι εξίσου κατάλλη-

Σχήμα 4α. Το κυκλωματικό διάγραμμα του κυκλώματος οδήγησης ενός βηματικού κινητήρα.



030203 - 11

λα. Τα διπολικά τρανζίστορ έχουν συνήθως χαμηλό κόστος και είναι πιο ανθεκτικά, αλλά παρουσιάζουν αρκετές απώλειες. Στην πραγματικότητα δεν χρησιμοποιούμε απλά διπολικά τρανζίστορ αλλά συστοιχία σε συνδεσμολογία 'darlington'. Οι διατάξεις αυτές αποτελούνται από δύο διπολικά τρανζίστορ, το ένα μετά το άλλο, μέσα στο ίδιο κέλυφος. Η συμπεριφορά τους είναι παρόμοια με εκείνη των απλών διπολικών τρανζίστορ αλλά παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερο συντελεστή κέρδους, συνήθως κατά 1000 φορές. Ένα μειονέκτημά τους είναι ότι παρουσιάζουν και μεγαλύτερη τιμή πτώσης τάσης, γύρω στα 0.8 V.

Τα τρανζίστορ FET αποτελούν συνήθως μια καλλίτερη επιλογή αλλά με μια σημείωση: τα P-FET (αφορούν τα 'πάνω' τρανζίστορ στο κύκλωμα της γέφυρας) είναι σχετικά δυσχερέτα. Η πτώση τάσης που παρουσιάζουν είναι ελάχιστη γεγονός το οποίο κάνει τα τρανζίστορ FET κατάλληλα για την οδήγηση κινητήρων που λειτουργούν στα 5 V. Στην περίπτωση του κυκλώματος των διπολικών τρανζίστορ θα έχουμε μια τάση μόνον

$$5 - 0.8 - 0.8 = 3.4V$$

για τον κινητήρα.

Ίσως σας έχουν προτείνει να αγοράσετε έναν άλλον τύπο τρανζίστορ, τα αποκαλούμενα 'λογικά FET'. Τα FET αυτά λειτουργούν με χαμηλότερες τάσεις οδήγησης στην πύλη τους. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε λογικά FET, αλλά κάτι τέτοιο δεν είναι απόλυτα απαραίτητο, όπως μπορείτε να διαπιστώσετε και από το

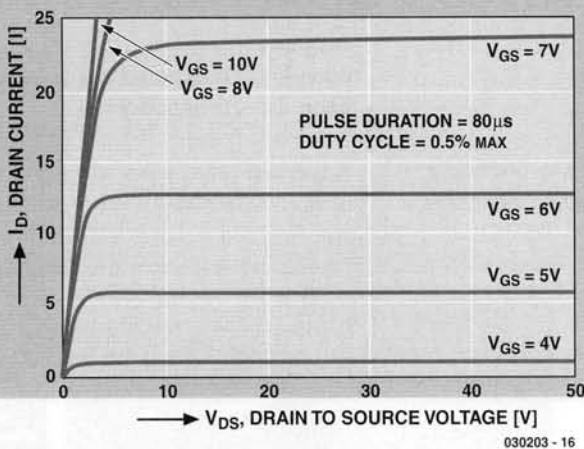
Σχήμα 5. Με μια τάση τροφοδοσίας 5 V ακόμη και ένα 'κανονικό' τρανζίστορ τύπου FET μπορεί να μεταγεί ρεύμα έντασης έως και 5 A, το οποίο είναι περισσότερο από αρκετό. Η περίπτωση χρήσης του τύπου 9530 P-FET είναι λιγότερο επιθυμητή, αλλά παρ' όλα αυτά γίνεται μεταγωγή ρεύματος μέχρι 2A.

Η επιλογή μεταξύ στοιχείων με εσωτερική συνδεσμολογία darlington και τρανζίστορ τύπου FET, δεν είναι κρίσιμη. Αν δεν μπορείτε να βρείτε τους συγκεκριμένους τύπους που αναφέρονται στον κατάλογο των εξαρτημάτων ή αν έχετε στην διάθεσή σας κάποια ανταλλακτικά, θα πρέπει απλά να έχετε υπόψη σας ότι θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε κάποιον τύπο τρανζίστορ με ελάχιστη τάση λειτουργίας τα 50 V και ελάχιστο ρεύμα εξόδου 4 A. Οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται από πολλούς τύπους τρανζίστορ.

Λειτουργία του κυκλώματος

Το κύκλωμα οδήγησης βηματικών κινητήρων αποτελείται από δύο πανομοιότυπα τμήματα, οπότε αρκεί να μελετήσουμε το ένα από αυτά. Το σήμα εισόδου μετατρέπεται μέσω του T9 σε τετραγωνικό παλμό πλάτους ίσου προς την τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος. Αυτό είναι απαραίτητο επειδή συνήθως το σήμα οδήγησης έχει πολύ χαμηλότερο πλάτος που μπορεί να είναι 3.3 ή 5 V. Έτσι το τρανζίστορ T9 αναλαμβάνει την προσαρμογή* των τάσεων.

Στην συνέχεια το σήμα εφαρμόζεται στην πύλη NAND IC2b, μια φορά απευθείας και μια φορά



Σχήμα 5. Τα περισσότερα τρανζίστορ FET μπορούν εύκολα να δώσουν ρεύμα 2 A με τάση μεταξύ πύλης και πηγής (VGS) ίση με 5 V.

με καθυστέρηση 10 µs μέσω του δικτύωματος R7/C2. Φυσικά για την συγκεκριμένη συνδεομολογία υπάρχει κάποιος λόγος. Με την σύνδεση αυτή μια μετάβαση του παλμού εισόδου από το λογικό '1' στο '0' μεταθιβάζεται απευθείας στην πύλη, ενώ μια μετάβαση από το '0' στο '1' μεταθιβάζεται και πάλι στην ίδια πύλη αλλά με χρονική καθυστέρηση. Το ίδιο συμβαίνει και μέσω των πυλών IC1a και IC2a, στην άλλη διαγώνιο όμως επειδή το IC1a αντιστρέφει το σήμα. Η τεχνική αυτή είναι απαραίτητη διότι εξασφαλίζει την άμεση αποκοπή των τρανζίστορ από την μια πλευρά, ενώ από την άλλη η αγωγή τους (ενεργοποίηση) επιτυγχάνεται μετά από μια μικρή χρονική καθυστέρηση. Με τον τρόπο αυτόν αποφεύγουμε την περίπτωση της ταυτόχρονης αγωγής δύο τρανζίστορ, τα οποία βρίσκονται το ένα πάνω από το άλλο στο σχέδιο, γεγονός που θα σήμαινε βραχυκύκλωμα της γραμμής τροφοδοσίας με την γείωση. Αν βέβαια είστε τόσο τολμηροί, μπορείτε να παραλείψετε τους πυκνωτές C1 και C2 από την πλακέτα της κατασκευής: θα διαπιστώσετε όμως τότε στενούς παλμούς ρεύματος της τάξης των μερικών Amperε!

Κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας μόνον δύο διαγωνίως αντίθετα τοποθετημένα τρανζίστορ μπορούν να άγουν ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, όταν τα τρανζίστορ T1 και T4 άγουν το σημείο A βρίσκεται σε θετικό δυναμικό και το σημείο B είναι συνδεδεμένο με την γείωση. Η διόδος LED D1 ανάβει καθώς επίσης ένα ρεύμα ρέει μέσα από το τυλίγμα του θηματικού κινητήρα. Αντίθετα, όταν άγουν τα T2 και T3, η πολικότητα αντιστρέφεται και το ρεύμα μέσα από το τυλίγμα του κινητήρα αλλάζει φορά ροής. Στην φάση αυτή θα ανάψει η διόδος LED D2.

Κατά την χρονική στιγμή της μεταγωγής (δηλαδή κατά την αποκοπή των τρανζίστορ) εμφανίζονται αιχμές (στενοί παλμοί) στην τάση εξόδου επειδή το τυλίγμα του κινητήρα είναι

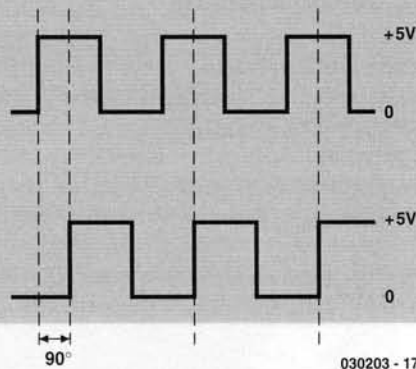
ένα πηνίο (παρουσιάζει κάποια αυτεπαγωγή). Οι στενοί αυτοί παλμοί καταστέλλονται από το δίκτυωμα της διόδου LED και της αντίστασης R5. Επομένως τα εξαρτήματα αυτά δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να παραλειφθούν. Τα τρανζίστορ με εσωτερική σύνδεση darlington καθώς επίσης και τα FET διαθέτουν επίσης εσωτερικές διόδους προστασίας.

Δημιουργία των παλμών οδήγησης

Η πλακέτα του κυκλώματος οδήγησης θηματικών κινητήρων διαθέτει δύο εισόδους. Αυτές συνδέονται στην αναπτυξιακή κάρτα του 89S8252 με μνήμη Flash (δείτε τις αναφορές στο τέλος του άρθρου).

Για να μπορέσουμε να περιστρέψουμε έναν θηματικό κινητήρα απαιτούνται δύο τετραγωνικοί παλμοί με διαφορά φάσης 90 μοιρών μεταξύ τους. Αν η διαφορά φάσης αυτή είναι -90 μοίρες, τότε ο κινητήρας θα περιστρέφεται προς την αντίθετη κατεύθυνση (Σχήμα 6). Τους τετραγωνικούς αυτούς παλμούς τους παράγει το πρόγραμμα που εκτελείται στην μνήμη της αναπτυξιακής κάρτας με μνήμη Flash. Στο Σχήμα 7 φαίνεται ο τρόπος σύνδεσης της αναπτυξιακής κάρτας με την πλακέτα του κυκλώματος οδήγησης. Κάποιοι πιεστικοί διακόπτες που συνδέονται με την κάρτα μας δίνουν την δυνατότητα αλλαγής της φοράς περιστροφής του κινητήρα, αν και με μια σχετική προσπάθεια μπορούν επίσης να μεταβάλλουν και την ταχύτητα περιστροφής.

Το κύκλωμα εισόδου γύρω από τα τρανζίστορ FET T9 και T10 έχει προστεθεί για να εξασφαλίσει την προσαρμογή των τετραγωνικών παλμών στα 5 V που προέρχονται από την αναπτυξιακή κάρτα Flash Micro Board, με το κύκλωμα οδήγησης των θηματικών κινητήρων που (συνήθως) λειτουργεί σε υψηλότερες τάσεις.



Σχήμα 6. Για την οδήγηση ενός βηματικού κινητήρα απαιτούνται δύο τετραγωνικοί παλμοί.

Το αντίστοιχο λογισμικό οδήγησης μπορείτε να το κατεβάσετε από την ιστοσελίδα του περιοδικού στο διαδίκτυο, αποτελεί ένα παράδειγμα με την βοήθεια του οποίου μπορείτε να εξοικειωθείτε με τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται και βέβαια να πειραματιστείτε γράφοντας και δικά σας προγράμματα.

Συνδέοντας τον κινητήρα

Για την περίπτωση ενός διπολικού κινητήρα θα πρέπει το ένα του τυλίγμα να συνδεθεί στις επαφές A και B, ενώ το δεύτερο στις επαφές C και D. Αν διαπιστώσετε ότι ο κινητήρας περιστρέφεται με λανθασμένη φορά δεν έχετε παρά να ανταλλάξετε απλά τις συνδέσεις στις επαφές A και B.

Για έναν μονοπολικό κινητήρα με 6 ακροδέκτες οι μεσαίες λήψεις συνδέονται στην γραμμή τροφοδοσίας +Ve. Τα άκρα του ενός τυλίγματος συνδέονται στις επαφές A και B, ενώ τα άκρα του δεύτερου τυλίγματος στις επαφές C και D. Αν ο κινητήρας περιστρέφεται με λανθασμένη φορά ανταλλάξτε τις συνδέσεις των επαφών A και B.

Για έναν μονοπολικό κινητήρα με 5 ακροδέκτες η κοινή μεσαία λήψη συνδέεται στην γραμμή τροφοδοσίας και τα τέσσερα άκρα των τυλιγμάτων μπορούν να συνδεθούν με αυθαίρετο τρόπο στις επαφές A, B, C και D. Αν είστε αρκετά τυχεροί τότε ο κινητήρας θα λειτουργήσει κανονικά. Εντούτοις είναι αρκετά πιθανό ο κινητήρας να δονείται ελαφρά κατά την λειτουργία του. Στο σημείο αυτό ερχόμαστε στην φάση B: συνεχίστε να ανταλλάσσετε τις συνδέσεις των επαφών μεταξύ τους έως ότου περιστραφεί ο κινητήρας! Δεν πρόκειται με τον τρόπο αυτόν να καταστραφεί είτε ο κινητήρας είτε το κύκλωμα οδήγησης. Να θυμάστε ότι κάθε φορά που κάνετε οποιαδήποτε αλλαγή συνδέσεων θα πρέπει πρώτα να έχετε αποσυνδέσει την τάση τροφοδοσίας. Αντικαταστήστε τις συνδέσεις μεταξύ των επαφών A και B και στην

Κατάλογος υλικών:

Για τροφοδοσία 5-9V (οι τιμές για τα 9-15V είναι σε παρένθεση)

Αντιστάσεις:

R1-R4,R8-R11=2,2KΩ (4,7KΩ)
R5,R12=560Ωμ(1,5KΩ)
R6,R7,R13,R14=1KΩ
R15,R16=1KΩ(2,2KΩ)
R17,R18=1MΩ

Πυκνωτές:

C1-C4=10nF
C5,C6=100nF

Ημιαγωγοί:

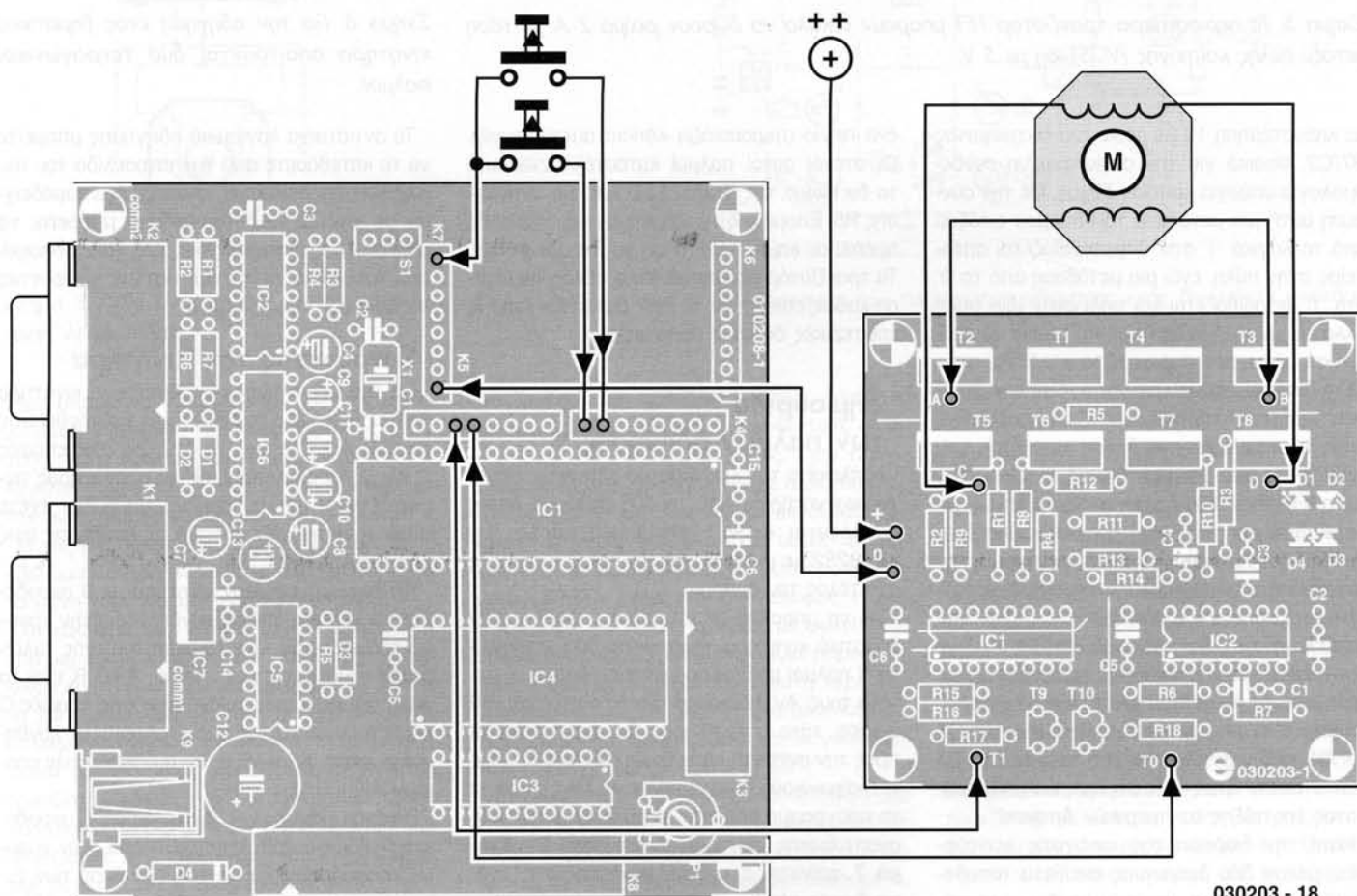
D1,D3=κόκκινο LED υψηλής απόδοσης
D2,D4=πράσινο LED υψηλής απόδοσης
T1,T3,T6,T6,T8=TIP127 ή IRF9520
ή δίοδος MBR745*
T9,T10=BS170
IC1=4049
IC2=4093B

Διάφορα:

Βάση DIL 14 ακροδεκτών
Βάση DIL 16 ακροδεκτών

Λογισμικό ελεύθερο για κατέβασμα με αριθμό **030203-11** από την διεύθυνση του περιοδικού στο INTERNET.

Εάν δεν χρησιμοποιήσετε διπολικά τρανζίστορ ή FET πρέπει **οπωσδήποτε** να τοποθετήσετε τις διόδους! Αυτό έχει εφαρμογή μόνο με τους μονοπολικούς κινητήρες.



030203 - 18

Σχήμα 7. Αυτός είναι ο τρόπος σύνδεσης της κάρτας με μνήμη flash με την πλακέτα του κυκλώματος οδήγησης βηματικών κινητήρων.

συνέχεια συνδέστε την τάση τροφοδοσίας. Αν ο κινητήρας συνεχίζει να μην περιστρέφεται αντικαταστήστε τις συνδέσεις μεταξύ των επαφών A και C. Αν ακόμη και μετά από αυτό δεν έχετε κάποιο αποτέλεσμα αντικαταστήστε ξανά τις συνδέσεις μεταξύ των επαφών A και B.

Το αντίστοιχο πρόγραμμα περιγράφεται σε κάποιο άλλο τμήμα της τρέχουσας έκδοσης σε ένα άρθρο με τίτλο, 'Λογισμικό; Θα το επιχειρήσουμε μόνοι μας!'.
(030203-1)

Λογισμικό για βηματικούς κινητήρες

Τρία παραδείγματα σε τρεις διαφορετικές γλώσσες

Των Karel Walraven και David Daamen

Σε άλλο άρθρο αυτού του τεύχους αναφερόμαστε σε μια τυπική κατασκευή με βηματικούς κινητήρες. Η κατασκευή αυτή για να 'δουλέψει' χρειάζεται και το κατάλληλο λογισμικό το οποίο δημοσιεύουμε σε μορφή πηγαίου κώδικα στις επόμενες σελίδες. Θα εξηγήσουμε το πώς σκεφθήκαμε για να το φτιάξουμε, όπως επίσης και κάποιες εναλλακτικές μεθόδους που μας οδηγούν στο ίδιο αποτέλεσμα.

Στόχος μας ήταν να κάνουμε το λογισμικό όσο πιο απλό γινόταν. Κάτι τέτοιο εξυπηρετεί τόσο εμάς στην διεκπεραίωση της τελικής εφαρμογής, όσο και εσάς που, αφού το κατανοήσετε, θα μπορούσατε να το ενσωματώσετε σε μελλοντικές κατασκευές σας. Το πρώτο πρόγραμμα έχει αναπτυχθεί σε συμβολική γλώσσα C. Ανεξάρτητα από το ποια παραλλαγή θα διαλέξετε, και τα δύο προορίζονται να 'τρέξουν' στην πλακέτα του μικροϋπολογιστή Flash AT89C8252 που δημοσιεύσαμε στο τεύχος του Ιανουαρίου 2002. Το τρίτο πρόγραμμα έχει γραφτεί σε Visual Basic και εκτελείται σε οποιοδήποτε PC εφοδιασμένο με το πακέτο Office. Με τη βοήθεια του μπορείτε να παράγετε όλα εκείνα τα σήματα που απαιτεί ένας θηματικός κινητήρας χωρίς να καταφύγετε στη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού.

Η συμβολική γλώσσα

Για λόγους που αφορούν την κατανόηση της σχέσης μεταξύ υλικού - λογισμικού θα αναφερθούμε πρώτα στο πρόγραμμα που είναι γραμμένο σε συμβολική γλώσσα. Τα προγράμματα αυτού του τύπου ξεχωρίζουν από τις επεκτάσεις των ονομάτων τους που είναι (συνήθως) **.asm**. Για την ανάπτυξή τους ο σχεδιαστής βασίστηκε στο πακέτο Proview32, το οποίο ανάμεσα σε όλα τα άλλα εργαλεία, περιλαμβάνει και ένα

Στις πρώτες γραμμές του **Προγράμματος 1** καθορίζεται ποιες ακίδες του μικροελεγκτή θα συμπεριφέρονται σαν είσοδοι και σαν έξοδοι. Οι ακίδες P1.6, P1.7 δέχονται τις καταστάσεις που εφαρμόζουν οι δύο πιεστικοί διακόπτες, ενώ οι P3.4, P3.5 παράγουν ορθογώνια σήματα. Οι ορισμοί έχουν γίνει με τέτοιο τρόπο, ώστε ακόμα και αν προσδιορίσετε κάποια άλλα ονόματα ακίδων, οι δύο πρώτες θα είναι πάντα είσοδοι και οι δεύτερες πάντα έξοδοι.

Αμέσως μετά τους ορισμούς των ακίδων αρχίζει το κυρίως πρόγραμμα με το οποίο επιχειρείται ο έλεγχος της κατάστασης του πιεστικού διακόπτη Button_17. Αν αυτός βρίσκεται στην κατάσταση ηρεμίας (υψηλή στάθμη) τότε ο μικροελεγκτής διακλαδώνει στη θέση 'cw'. Εκεί ελέγχεται ο δεύτερος διακόπτης, ο Button_16. Αν και αυτός βρίσκεται στη κατάσταση ηρεμίας, τότε το πρόγραμμα διακλαδώνει πάλι στη θέση 'cw'. Είναι προφανές πως όσο και οι δύο διακόπτες βρίσκονται σε ηρεμία το πρόγραμμα παραμένει εγκλωβισμένο στον παραπάνω ατέρμονα βρόχο.

Με την πίεση ενός εκ των δύο πιεστικών διακοπών αλλάζει η κατάσταση είτε της ακίδας P1.6 είτε της P1.7 ('πέφτει' στο δυναμικό της γης). Σε αυτήν την περίπτωση, το πρόγραμμα 'θγαίνει' από το βρόχο και σπεύδει να εκτελέσει τις εντολές που ακολουθούν την εντολή που 'συνέλαβε' τον πιεσμένο διακόπτη. Πιο συγκεκριμένα η ακίδα L_1 οδηγείται σε

υψηλή στάθμη, εκτελείται μια ρουτίνα καθυστέρησης, η L_2 οδηγείται σε υψηλή στάθμη, η L_1 επιστρέφει σε χαμηλή, εκτελείται άλλη μια καθυστέρηση, η L_2 γυρίζει και αυτή σε χαμηλή στάθμη και τέλος, ο μικροελεγκτής χρονοτριβεί για άλλη μια φορά 'τρέχοντας' πάλι τη ρουτίνα καθυστέρησης. Όλες οι παραπάνω ενέργειες έχουν σα σκοπό την παραγωγή μιας ορθογώνιας κυματομορφής, η οποία επαναλαμβάνεται όση ώρα ο χρήστης κρατάει πιεσμένο το διακόπτη.

Η ρουτίνα καθυστέρησης αποτελείται από δύο 'φωλιασμένους' βρόχους ή, καλύτερα, από ένα βρόχο μέσα σε ένα άλλο βρόχο. Ο εσωτερικός βρόχος φορτώνει τον καταχωρητή R0 με τον αριθμό 255 και τον μειώνει έως ότου τον μηδενίσει. Η εργασία αυτή πραγματοποιείται είκοσι συνεχόμενες φορές, όπως δηλαδή ορίζει ο καταχωρητής R1 του εξωτερικού βρόχου. 'Παίζοντας' με τις τιμές των δύο καταχωρητών μπορείτε να επέμβετε στη διάρκεια των παραγόμενων ορθογώνιων παλμών, αλλάζοντας στην ουσία την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.

Θα συμφωνήσετε και εσείς πως ένα τέτοιο πρόγραμμα είναι το απλούστερο και το πλέον κατανοητό που θα μπορούσε να γραφτεί για τον έλεγχο ενός ή περισσότερων θηματικών κινητήρων.

Η γλώσσα C

Ένα αντίστοιχων δυνατοτήτων πρόγραμ-

Λίστα 1. Πρόγραμμα γραμμένο σε assembler

```

; Stepper motor software for use with the 89S8252 flash board
;
; Horst Hubert
;
; Two switches are used to control the motor. One between
; P1.7 and GND (Button_17 for turning clockwise) and one between
; P1.6 and GND (Button_16 for turning counter clockwise).
; Turning cw/ccw is an assumption: the actual direction is of course
; dependent on how the motor is connected.
; In the cw direction, the motor will turn at higher speed than in
; ccw direction.

; Declarations
; -----
Button_17 equ    P1.7
Button_16 equ    P1.6

L_1      equ    P3.4
L_2      equ    P3.5

org      0000h

; Turning cw
; -----
cw:      jb      Button_17,cw
;
cw1:     setb   L_1 ;coil 1 high
        call   zsr
        setb   L_2 ;coil 2 high
        call   zsr
        clr    L_1 ;coil 1 low
        call   zsr
        clr    L_2 ;coil 2 low
        call   zsr
        sjmp  cw

; Turning ccw
; -----
ccw:     jb      Button_16,cw
;
ccw1:    setb   L_1 ;coil 1 high
        call   zsl
        clr    L_2 ;coil 2 low
        call   zsl
        clr    L_1 ;coil 1 low
        call   zsl
        setb   L_2 ;coil 2 high
        call   zsl
        sjmp  ccw

; Delay for turning cw
; -----
zsr:     mov    R0,#255
        mov    R1,#20
zsr1:    djnz  R0,zsr1
        djnz  R1,zsr1
        ret

; Delay for turning ccw
; -----
zsl:     mov    R0,#255
        mov    R1,#255
zsl1:    djnz  R0,zsl1
        djnz  R1,zsl1
        ret

end

```

μα (Πρόγραμμα 2) γραμμένο σε γλώσσα C είναι αναμφισβήτητα πολύ πιο συμπαγές και περιεκτικό. Όπως και το προηγούμενο, έτσι και αυτό, ξεκινάει με τις απαραίτητες δηλώσεις. Στην πρώτη γραμμή βλέπουμε την εντολή φόρτωσης ενός αρχείου που περιέχει όλες εκείνες τις δεσμευμένες λέξεις που αφορούν το συγκεκριμένο μικροελεγκτή. Σημειώνουμε ότι τέτοιου είδους αρχεία έχουν πάντα επέκταση **.h** και διατίθενται από τους κατασκευαστές των επεξεργαστών που υποστηρίζονται από τη γλώσσα.

Στη συνέχεια ορίζονται οι ακίδες εισόδου και εξόδου όπως ακριβώς κάναμε και στο προηγούμενο παράδειγμα. Η εντολή Sbit πληροφορεί το μεταγλωττιστή πως η με-

κροελεγκτή. Η ακίδα αυτή χαρτογραφείται στον εσωτερικό χάρτη μνήμης του εξαρτήματος στη θέση B4h. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την 'περίεργη' αυτή διευθυνοδοτήση σας παραπέμπουμε στο τεχνικό εγχειρίδιο του AT-89C8252 (ενότητα: 'special function registers'). Αμέσως μετά, το πρόγραμμα προχωράει θάζοντας στο παιγνίδι τις μεταβλητές i, j και k, οι οποίες ορίζονται σαν ακέραιες (int) με εύρος 2 byte).

Η ρουτίνα καθυστέρησης για την οποία μιλήσαμε στο πρόγραμμα της συμβολικής γλώσσας αποτελεί και αυτή αναπόσπαστο κομμάτι του τρέχοντος προγράμματος. Υλοποιείται με τη βοήθεια μιας υπορουτίνας (ορθότερα: συνάρτησης) η οποία πρέ-

ραιοι αριθμού που ακολουθεί το όνομά της. Γι' αυτόν το λόγο άλλωστε, σημειώνεται μέσα στα άγκιστρα που ακολουθούν το όνομά της η λέξη int. Η λέξη void που έχει γραφτεί πριν το όνομα της συνάρτησης δηλώνει πως αυτή καθ' αυτή η συνάρτηση δεν επιστρέφει καμία τιμή στο πρόγραμμα που την κάλεσε. Ίσως αυτά που είπαμε μέχρι εδώ σας κούρασαν και να αναρωτιέστε σε τι χρειάζονται όλες αυτές οι πολύπλοκες δηλώσεις. Η απάντηση είναι προφανής: οι μεταγλωττιστές γλωσσών υψηλού επιπέδου απαιτούν ένα σχετικά μεγάλο όγκο στοιχείων για να καταφέρουν να παράγουν συνεκτικό κώδικα κατάλληλο για τις (σχετικά) μικρές μνήμες προγράμματος των μικροελεγκτών. Τα στοιχεία αυτά

Λίστα 2. Πρόγραμμα C

/*Stepper motor software for use with the 89S8252 flash board

Horst Hubert

Two switches are used to control the motor. One between P1.7 and GND (Button_17 for turning clockwise) and one between P1.6 and GND (Button_16 for turning counter clockwise).

Turning cw/ccw is an assumption: the actual direction is of course dependent on how the motor is connected.

The values of j and k determine the speed of the motor. The motor only runs when one of the two buttons is pressed.

This source code is intended for use with FSI's ProView32 compiler

```
*/
#include <reg51.h>

sbit at 0xB4 L_1;
sbit at 0xB5 L_2;
sbit at 0x96 Button_16;
sbit at 0x97 Button_17;

int i;
int j;
int k;
void delay(int); //Function declaration

void main()
{
    while(1) //infinite loop
    {
        while(!Button_17) //turning cw
        {
            j=4000;

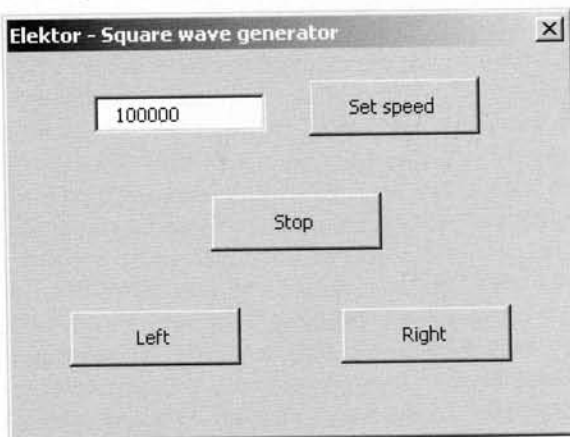
            L_1 =1;
            delay(j);
            L_2 =1;
            delay(j);

            L_1 =0;
            delay(j);
            L_2 =0;
            delay(j);
        }

        while(!Button_16) //turning ccw
        {
            k=200;

            L_1 =1;
            delay(k);
            L_2 =0;
            delay(k);
            L_1 =0;
            delay(k);
            L_2 =1;
            delay(k);
        }
    }
}

void delay(int m)
{
    for(i=0; i<m; i++);
}
```



Σχ. 1. Η μακροεντολή που είναι αποθηκευμένη μέσα σε ένα συνηθισμένο αρχείο του Word παράγει σήματα στις ακίδες της παράλληλης θύρας επαρκή για τον έλεγχο του κινητήρα.

Και μετά από όλα αυτά καιρός να κοιτάξουμε και το κύριο πρόγραμμα που ξεκινάει πάντοτε με τη λέξη main. Θα παρατηρήσατε ασφαλώς πως τα άγκιστρα που ακολουθούν την παραπάνω λέξη είναι πάντα κενά. Αυτό οφείλεται στο ότι, το συγκεκριμένο τμήμα προγράμματος δεν δέχεται ούτε επιστρέφει κάποιες τιμές. Γι' αυτό, άλλωστε, αποκαλείται 'κύριο πρόγραμμα'. Η πρώτη εντολή του ορίζει την αρχή μιας τυπικής δομής επανάληψης τύπου While(1) η οποία δεν τερματίζεται ποτέ. Πιο συγκεκριμένα μας λέει πως θα εκτελούνται όλες οι εντολές που την ακολουθούν για όση ώρα

η ποσότητα '1' θα έχει τιμή ίση με τη μονάδα (δηλαδή πάντα!).

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε σε ένα άλλο βρόχο στον οποίο εισέρχεται το πρόγραμμα κάθε φορά που ο πιεστικός διακόπτης Button_17 εφαρμόζει στην ακίδα που είναι συνδεδεμένος χαμηλή στάθμη. Το θαυμαστικό δηλώνει την σύγκριση με το αντίστροφο του λογικού '1', δηλαδή με το λογικό '0'. Από τη στιγμή που εξακριβωθεί η ύπαρξη χαμηλής στάθμης εκτελείται το σύνολο των εντολών που περιλαμβάνεται ανάμεσα στις δύο αγκύλες.

Θα καταλάβατε φυσικά πως οι παραπάνω εντολές έχουν σα σκοπό την παραμετροποίηση και τη κλήση της ρουτίνας καθυστέρησης. Με τη βοήθειά της περιστρέφεται ο κινητήρας, όπως άλλωστε είδαμε

Listing 3. Visual Basic program: the most important parts

```

'Elektor Example Square Wave Generator for use with Stepper Motor Driver
'030203-II May 2004
'---
'This examples employs inpout32.dll. Copy this DLL to /windows/system32.
'See http://www.logix4u.net/

Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, _
ByVal Value As Integer) 'use external
library for direct LPT access
Public Delay As Long
Public Run As Boolean
Public Ccw As Boolean
Public Cw As Boolean

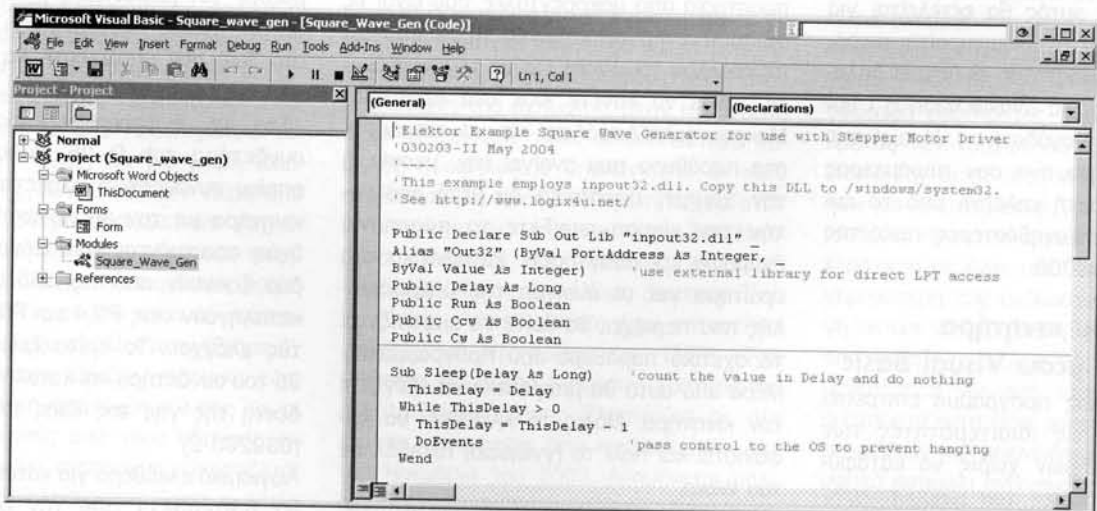
Sub Sleep(Delay As Long) 'count the value in
Delay and do nothing
ThisDelay = Delay
While ThisDelay > 0
ThisDelay = ThisDelay - 1
DoEvents 'pass control to the OS to
'prevent hanging
Wend
End Sub

Sub Square_Wave_Generator() 'hide the main
Word window and show the macro form
'show Word again after exiting
Documents("Square_wave_gen.doc").Windows(1).Vi
sible = False
form.Show

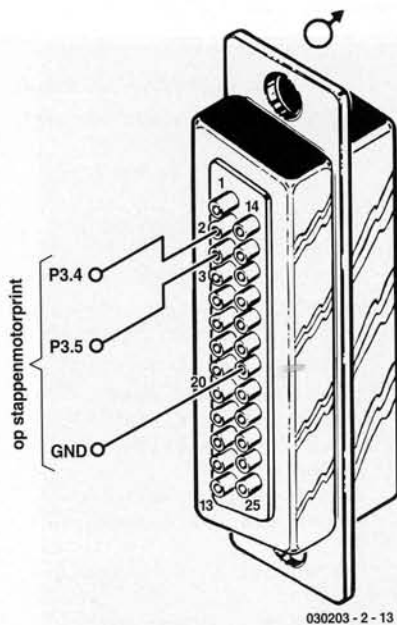
Documents("Square_wave_gen.doc").Windows(1).Vi
sible = True
End Sub

Sub Output(Port As Integer) 'generate some
square waves
Out (Port), 0 'reset printer port
While Run
While Cw
Out 888, 1 'turn clockwise: make
'output 1 high first
Sleep Delay 'pause for one half
'period
Out 888, 3 'switch on the second
'output too (90 degrees!)
Sleep Delay
Out 888, 2 'switch off first output
Sleep Delay
Out 888, 0 'switch off second output
'too
Sleep Delay
DoEvents 'pass control to the OS
'to prevent hanging
Wend
While Ccw
Out 888, 3 'reverse: both outputs
'high
Sleep Delay
Out 888, 1 'switch off second output
Sleep Delay
Out 888, 0 'switch off first output
'too
Sleep Delay
Out 888, 2 'switch output 2 on again
Sleep Delay
DoEvents
Wend
DoEvents
Wend

```



Σχ. 2. Η μακροεντολή όπως εμφανίζεται στον κειμενογράφο της Visual Basic.



Σχ. 3. Σύνδεση της πλακέτας ελέγχου με τον PC.

να συμβαίνει και στο πρόγραμμα της συμβολικής γλώσσας. Κατ' αρχήν φορτώνεται στη μεταβλητή j ο αριθμός 4000. Στη συνέχεια η έξοδος L_1 αποκτά την τιμή 1, για να κληθεί κατόπιν η ρουτίνα καθυστέρησης. Σημειώνουμε πως η διάρκεια των παραγόμενων παλμών εξαρτάται από την τιμή της μεταβλητής j.

Οι εντολές που ακολουθούν έχουν ακριβώς την ίδια δομή με τις προηγούμενες, μόνο που τώρα ελέγχεται ο δεύτερος πιεστικός διακόπτης της κατασκευής. Το τελευταίο κομμάτι του προγράμματος αφορά στην ρουτίνα καθυστέρησης. Για την υλοποίηση της αρκεί μόνο μία μόνο γραμμή κώδικα η οποία φιλοξενεί ένα τυπικό βρόχο For βασισμένο στη μεταβλητή ελέγχου i. Ο βρόχος αυτός θα εκτελείται για όση ώρα η μεταβλητή i διατηρείται μικρότερη ή ίση της ποσότητας m (ισχύει δηλαδή $i < m$). Σε κάθε μια ανακύκλωση η i αυξάνεται κατά μια μονάδα ($i++$). Η τιμή της m φθάνει στην ρουτίνα σαν παράμετρος τη στιγμή που αυτή καλείται από το κυρίως πρόγραμμα. Συνθεότερες τιμές της είναι οι: 200 και 4000.

Έλεγχος του κινητήρα από τον PC μέσω Visual Basic

Το τελευταίο μας πρόγραμμα επιτρέπει να γνωρίσουμε τις ιδιαιτερότητες των θηματικών κινητήρων χωρίς να καταφύγουμε στις υπηρεσίες του μικρούπολογιστή Flash. Ο κινητήρας συνδέεται στην παράλληλη θύρα του υπολογιστή μας, ενώ

τον έλεγχο του αναλαμβάνει ένα απλό πρόγραμμα γραμμένο σε Visual Basic. Θυμίζουμε πως η γλώσσα αυτή φιλοξενείται (σε μια απλή μορφή της) στο πακέτο εφαρμογών γραφείου Office της Microsoft. Θα χρειαστείτε ακόμα ένα μικρό βοηθητικό πρόγραμμα το οποίο επιτρέπει τη διαχείριση των σημάτων της παράλληλης θύρας, κάνοντας τα Windows NT και XP να 'ξεχάσουν' τις απαγορεύσεις που επιβάλλουν σε όποιον επιχειρεί να προσπελάσει άμεσα το υλικό του υπολογιστή. Το πρόγραμμα αυτό (inpOut32.dll) θα το αντιγράψετε στον φάκελο `\\windows\system32` του υπολογιστή σας. Το ίδιο πρόγραμμα δουλεύει εξ ίσου καλά και με τα Windows 98 και Me, αλλά αρνείται να συνεργαστεί με τα 95.

Το πρόγραμμα που ελέγχει τον κινητήρα είναι στην πραγματικότητα μια μακροεντολή κατάλληλη να 'τρέχει' μέσα από τον Επεξεργαστή Κειμένου Word. Τα πιο σημαντικά σημεία του φαίνονται στο **Πρόγραμμα 3**.

Και εδώ ξεκινούμε με τις απαραίτητες δηλώσεις, για να ακολουθήσουν η ρουτίνα καθυστέρησης, η συνάρτηση που εμφανίζει το παράθυρο μακροεντολής (σχ. 1) ελαχιστοποιώντας προσωρινά το Word και, τέλος μια ακόμα συνάρτηση που αλλάζει την κατάσταση των ακίδων εξόδου σύμφωνα με μια προκαθορισμένη σειρά. Στο ίδιο πρόγραμμα φιλοξενούνται και αρκετές ακόμα γραμμές κώδικα, για τις οποίες όμως ο περιορισμένος χώρος του περιοδικού δεν μας επιτρέπει να κάνουμε αναφορά. Το έγγραφο του Word που περιέχει την παραπάνω μακροεντολή προσφέρεται δωρεάν από το δικτυακό τόπο του Ελέκτορ (αρχείο 030203-11). Προτού το ανοίξετε, φροντίστε να έχετε ακυρώσει την προστασία από μακροεντολές που είναι εξορισμού ενεργοποιημένες μέσα από το περιβάλλον του Word. Για να το καταφέρετε, αρκεί να κάνετε κλικ στα Εργαλεία/Μακροεντολή/Ασφάλεια και να τσεκάρετε στο παράθυρο που ανοίγει την 'μεσαία' ή την 'χαμηλή' προστασία. Αν μετά από αυτήν την κίνηση ανοίξετε το παραπάνω έγγραφο και απαντήσετε καταφατικά στο ερώτημα για το άνοιγμα της μακροεντολής που περιέχει, θα δείτε να εμφανίζεται το σχετικό παράθυρο του προγράμματος. Μέσα από αυτό θα μπορέσετε να ελέγξετε τον κινητήρα. Μόλις το κλείσετε, θα εμφανιστεί και πάλι το (γνωρίμο) περιβάλλον του Word.

Μπορείτε τώρα να ανοίξετε τον κειμενογράφο της Visual Basic πιέζοντας απλώς

το F11 (σχ. 2). Στο δεξί του μέρος θα δείτε ένα μικρό παράθυρο με το όνομα 'Project (Square_wave_gen)'. Κάτω από αυτό το όνομα εμφανίζονται αρκετοί φάκελοι με το έγγραφο που περιέχει την μακροεντολή, τον κώδικα μαζί με την περιγραφή της φόρμας ελέγχου του κινητήρα, ένα τμήμα με το πραγματικό πρόγραμμα και ενδεχόμενες αναφορές και παραπομπές σε άλλα αρχεία. Με μια σύντομη ματιά στον κώδικα της φόρμας είναι βέβαιο πως θα αντιληφθείτε αμέσως τη λειτουργία του προγράμματος.

Λειτουργία

Όλο το λογισμικό που περιγράψαμε παραπάνω διατίθεται από το δικτυακό τόπο του Ελέκτορ, απ' όπου μπορείτε να το 'κατεβάσετε' δωρεάν. Είμαστε βέβαιοι πως οι κάτοχοι της πλακέτας του Μικρούπολογιστή Flash θα έχουν εξοικειωθεί ήδη με τους τρόπους φόρτωσής του στη μνήμη του συστήματος. Για τους 'ξεχασιάρηδες' (ή για τους πιο νέους) χρήστες της πλακέτας υπάρχουν πάντοτε οι απαραίτητες οδηγίες στο τεύχος του Ιανουαρίου 2002.

Ο κώδικας της Visual Basic είναι 'κρυμμένος' μέσα στο έγγραφο του Word και εκτελείται αυτόματα μόλις ο χρήστης ανοίξει το έγγραφο. Στο παράθυρο που ανοίγει, θα πρέπει να εισάγετε έναν αριθμό που καθορίζει τη συχνότητα των σημάτων στη θύρα του εκτυπωτή (αρχική ρύθμιση: 10000). Τα αποτελέσματα που επιφέρει αυτός ο αριθμός εξαρτώνται από την υπολογιστική ισχύ ή καλύτερα τη συχνότητα χρονισμού του επεξεργαστή. Το ίδιο καθοριστικό ρόλο στη συχνότητα των παραγόμενων σημάτων παίζουν και τα υπόλοιπα προγράμματα που 'τρέχουν' ταυτόχρονα με το Word και 'κουράζουν' τον μικροεπεξεργαστή. Για να βρείτε τον αριθμό που 'ταιριάζει' περισσότερο στο δικό σας υπολογιστή θα χρειαστεί να κάνετε μια σειρά δοκιμών.

Στο σχ. 3 φαίνεται η πίσω όψη ενός συνδετήρα sub D 25 ακίδων μέσω του οποίου συνδέεται η πλακέτα ελέγχου του κινητήρα με τον υπολογιστή. Για τη σύνδεση απαιτούνται τρία μόνο καλώδια. Τα δύο ξεκινούν από τις ακίδες 2 και 3 και καταλήγουν στις P3.4 και P3.5 της πλακέτας ελέγχου. Το τρίτο ξεκινάει από την 25 του συνδετήρα και καταλήγει στον ακροδέκτη της γης της ίδιας πλακέτας.

(030203-2)

Λογισμικό ελεύθερο για κατέβασμα με αριθμό 030203-11 από την διεύθυνση του περιοδικού στο INTEPNET.