

ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΙ

ΓΕΝΙΚΑ

Εισαγωγή

Ένα από τα χαρακτηριστικά των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων είναι ότι διαχειρίζονται χαμηλή ηλεκτρική ισχύ. Αυτό σχεδόν πάντα μεταφράζεται σε χαμηλή ηλεκτρική τάση ή/και χαμηλό ηλεκτρικό ρεύμα.

Τι γίνεται όμως εάν θέλουμε μ' ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα να ελέγξουμε ένα σύστημα αρκετά μεγαλύτερης ισχύος;

Η λύση στο παραπάνω πρόβλημα είναι η χρήση ενός ενδιάμεσου, μεταξύ του ηλεκτρονικού κυκλώματος χαμηλής ισχύος και του συστήματος μεγαλύτερης ισχύος, εξαρτήματος.

Αυτό το εξάρτημα ονομάζεται **ηλεκτρονόμος**.

Ο **ηλεκτρονόμος**, **ρελέ** (*relay*) (relay: αναμετάδοση κάποιας δράσης/ενέργειας) ή **ρελέ**ς είναι ένας ηλεκτρικός διακόπτης που ανοίγει και κλείνει την ηλεκτρική τροφοδοσία ενός συστήματος μεγαλύτερης ισχύος κάτω από τον έλεγχο του ηλεκτρονικού κυκλώματος χαμηλής ισχύος. Στην αρχική μορφή του, ένας ηλεκτρομαγνήτης ενεργοποιούσε το διακόπτη, με το άνοιγμα ή κλείσιμο μιας ή περισσότερων επαφών. Εφευρέθηκε από τον Τζόζεφ Χένρυ το 1835. Επειδή ένας ηλεκτρονόμος είναι ικανός να ελέγχει ένα κύκλωμα εξόδου υψηλότερης ισχύος από το κύκλωμα εισόδου, μπορεί να θεωρηθεί, γενικά, μια μορφή ηλεκτρικού ενισχυτή. Επιπλέον ο ηλεκτρονόμος μας εξασφαλίζει Γαλβανική Απομόνωση μεταξύ του κυκλώματος χαμηλής ισχύος και του κυκλώματος υψηλής ισχύος, δηλαδή δεν υπάρχει ροή ρεύματος μεταξύ των προαναφερθέντων κυκλωμάτων.

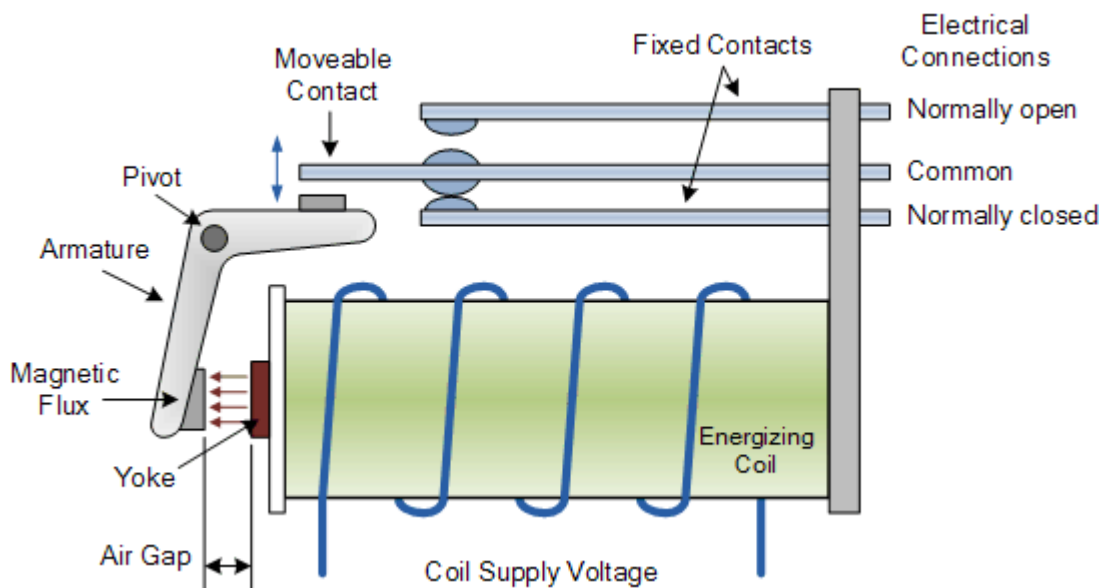
Κάθε επαφή ενός ηλεκτρονόμου μπορεί να είναι *Κανονικά-Ανοικτή* (*Normally Open, NO*), *Κανονικά-Κλειστή* (*Normally Closed, NC*) ή *μεταγωγικός* (*change-over*), ανάλογα με τον τύπο της.

- Μια επαφή **Κανονικά-Ανοικτή** συνδέει το υπό έλεγχο κύκλωμα όταν ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιείται, το κύκλωμα αποσυνδέεται όταν ο ηλεκτρονόμος είναι ανενεργός. Η επαφή αυτή είναι ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν την ενεργοποίηση μιας πηγής υψηλής τάσης από απόσταση.
- Μια επαφή **Κανονικά-Κλειστή** αποσυνδέει το υπό έλεγχο κύκλωμα όταν ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιείται, το κύκλωμα συνδέεται όταν ο ηλεκτρονόμος είναι ανενεργός. Η επαφή αυτή είναι ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν το κύκλωμα να παραμένει κλειστό (ενεργό) μέχρι ο ηλεκτρονόμος να ενεργοποιηθεί.
- Μια επαφή **Μεταγωγική** μπορεί να ελέγχει δύο κυκλώματα. Ισοδυναμεί με μια επαφή κανονικά-ανοικτή και μια επαφή κανονικά-κλειστή που έχουν ένα κοινό ακροδέκτη. Μια τέτοια επαφή καλείται επίσης *Επαφή Μορφής C*.

Συνήθως ένας ηλεκτρονόμος αποτελείται από περισσότερες από μία ελεγχόμενες επαφές. Οι επαφές χωρίζονται σε κύριες και βοηθητικές. Οι κύριες διαρρέονται συχνά από ισχυρότερα ρεύματα και έτσι είναι αυτές που διακόπτουν το υπό έλεγχο κύκλωμα και συνήθως είναι **Κανονικά-Ανοικτές**. Οι βοηθητικές έχουν όπως υπονοεί και το όνομά τους επικουρικό χαρακτήρα και ο ρόλος τους είναι να βοηθούν στον έλεγχο των αυτοματισμών (που είναι ο κύριος τομέας χρήσης των ηλεκτρονόμων). Για παράδειγμα βοηθούν στην ενεργοποίηση/απενεργοποίηση βοηθητικών κυκλωμάτων όπως ενδεικτικές λυχνίες.

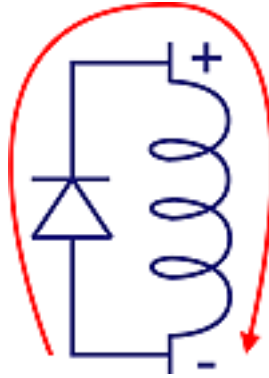
Αρχή Λειτουργίας του Ηλεκτρονόμου.

Όταν **ηλεκτρική τάση** (Coil Supply Voltage) εφαρμοσθεί στο **πηνίο** (Energizing Coil) του ηλεκτρομαγνήτη τότε ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει το **πηνίο** του ηλεκτρονόμου και το παραγόμενο μαγνητικό πεδίο προκαλεί **μαγνητική ροή** (Magnetic Flux) από τον **πυρήνα του ηλεκτρομαγνήτη** (Yoke) προς τον **οπλισμό** (Armature) έλκοντάς τον. Ελκόμενος ο **οπλισμός**, το ένα σκέλος του κλείνει το **διάκενο** (Air Gap) ακουμπώντας στον **πυρήνα του ηλεκτρομαγνήτη**. Στρεφόμενος ο οπλισμός γύρω από ένα **πίρο** (Pivot) το άλλο του σκέλος σπρώχνει μια **κινούμενη επαφή** (Movable Contact) με την οποία είναι μηχανικά συνδεδεμένος. Έτσι, η **κινούμενη επαφή** αποσυνδέεται από τη **κάτω σταθερή επαφή** (Fixed Contact) και συνδέεται στη **πάνω σταθερή επαφή** (Fixed Contact). Οι επαφές καταλήγουν σε ηλεκτρικούς συνδέσμους (Electrical Connections).

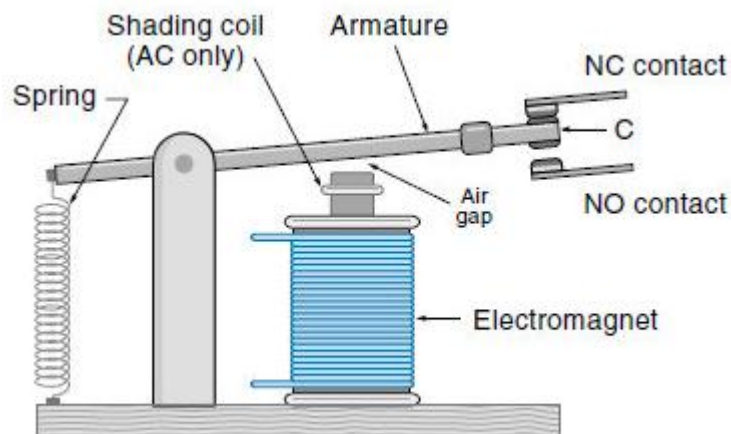


Μόλις το ηλεκτρικό ρεύμα στο **πηνίο** διακοπεί, ο **οπλισμός** επιστέφει στη θέση ηρεμίας του εξαιτίας μιας δύναμης επαναφοράς, που είναι ίση με το ήμισυ της μαγνητικής. Η δύναμη επαναφοράς παρέχεται συνήθως από ένα ελατήριο, αλλά και η βαρύτητα χρησιμοποιείται συχνά σε βιομηχανικούς εκκινητές μηχανών. Για τη λειτουργία του **πηνίου** και τη μετακίνηση των **επαφών** απαιτείται σχετικά μεγάλη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά - μόλις ο **οπλισμός** κλείσει - το ηλεκτρικό ρεύμα που απαιτείται για να κρατήσει τον **οπλισμό** κλειστό είναι ένα μικρό κλάσμα του αρχικού, τυπικά το $\frac{1}{10}$. Οι ηλεκτρονόμοι κατασκευάζονται για να λειτουργούν γρήγορα. Σε μια εφαρμογή χαμηλής τάσης, αυτό γίνεται για τη μείωση του θορύβου. Σε μια εφαρμογή υψηλής τάσης ή υψηλής έντασης ρεύματος, αυτό γίνεται για τη μείωση των σπινθηρισμών (ηλεκτρικών εκφορτίσεων μορφής τόξου).

Εάν το πηνίο διεγείρεται με συνεχές (DC) ρεύμα, ανεξάρτητα από το ηλεκτρικό ρεύμα που ρέει διαμέσου των επαφών, μια δίοδος μπαίνει συνήθως παράλληλα με το πηνίο. Όταν το πηνίο διεγείρεται, αποκαθίσταται ένα μαγνητικό πεδίο. Όταν το πηνίο αποδιεγείρεται, το καταρρέον μαγνητικό πεδίο δημιουργεί μια αιχμή ηλεκτρικού ρεύματος (Η μεταβολή της **μαγνητικής ροής** στο **πηνίο** γεννά ένα ηλεκτρικό ρεύμα, το λεγόμενο "επαγωγικό", που έχει αντίθετη φορά από εκείνο που παρέχεται στο **πηνίο** για να διεγερθεί αρχικά.) που θα μπορούσε να βλάψει το υπόλοιπο κύκλωμα. Η δίοδος ουσιαστικά βραχυκυκλώνει τη κυκλοφορία του ρεύματος αυτού μεταξύ του τυλίγματος του πηνίου και της διόδου και έτσι δεν κινδυνεύουν άλλα ηλεκτρονικά εξαρτήματα.



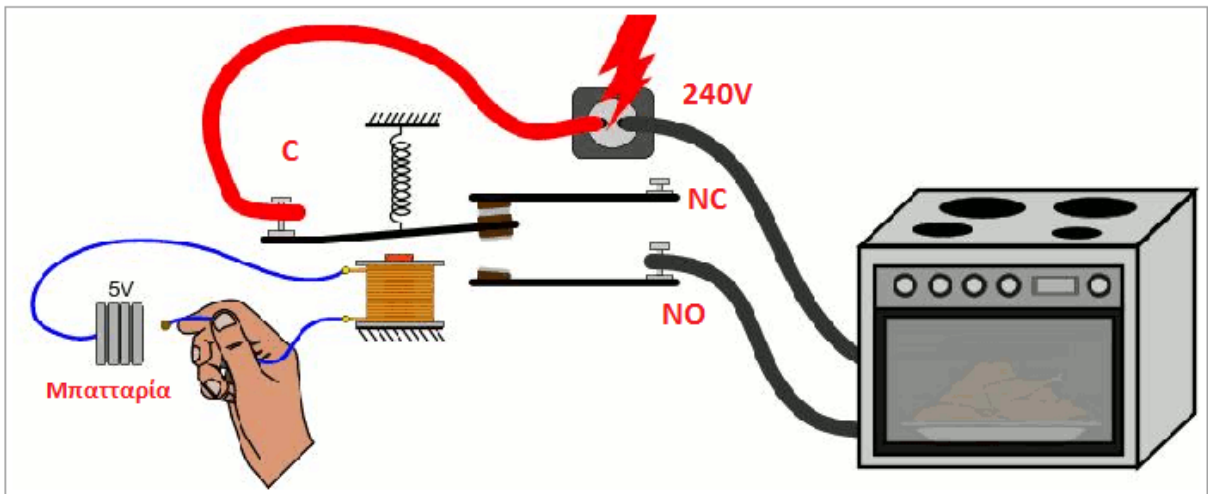
Στη παρακάτω εικόνα φαίνεται μια παραλλαγή της δομής του ηλεκτρονόμου στην οποία ο **οπλισμός** είναι και η **κινούμενη επαφή** (C: Common). Ένα **ελατήριο** (Spring) συγκρατεί τον **οπλισμό** και τη **C επαφή**, σε επαφή με την **άνω σταθερή επαφή** (NC: Normally Closed). Όταν ενεργοποιηθεί ο **ηλεκτρομαγνήτης** (Electromagnet) ο **οπλισμός** έλκεται προς τα κάτω, αποσυνδέεται από την **NC επαφή** και συνδέεται με την **κάτω σταθερή επαφή** (NO: Normally Open).



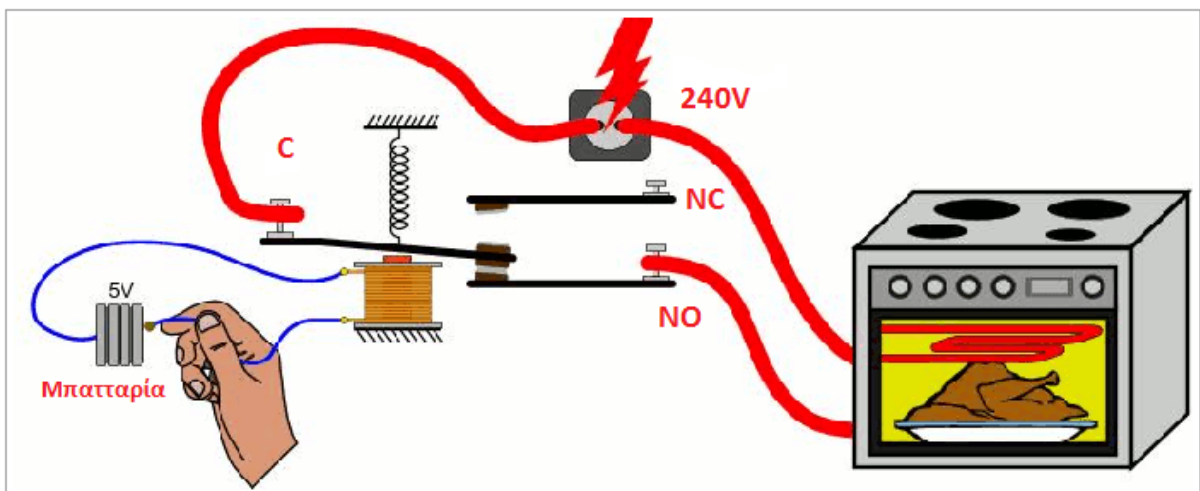
Αν το πηνίο διεγείρεται με **εναλλασσόμενο (AC) ρεύμα**, ένα μικρό **χάλκινο δαχτυλίδι** (Shading Coil) πτυχώνεται στο άκρο πυρήνα του **ηλεκτρομαγνήτη**. Το εναλλασσόμενο ρεύμα μηδενίζεται 100 φορές το δευτερόλεπτο. Σε κάθε χρονική στιγμή μηδενισμού, δεν υπάρχει καμιά μαγνητική δύναμη που να συγκρατεί τις επαφές κλειστές. Το μικρό χάλκινο δαχτυλίδι παρέχει ένα μικρό ρεύμα εκτός φάσεως που καλείται *shadow pole* (σκιώδης πόλος). Το άθροισμα του εναλλασσόμενου ρεύματος και του *shadow pole* εξασφαλίζει τη συγκράτηση του **οπλισμού** στη θέση εμπλοκής του σε όλες τις χρονικές στιγμές.

Παραστατικότερα μπορούμε να δείξουμε τη χρησιμότητα του ηλεκτρονόμου με τη βοήθεια των παρακάτω εικόνων.

A. Ο Ηλεκτρονόμος δεν είναι Ενεργοποιημένος.



B. Ο Ηλεκτρονόμος είναι Ενεργοποιημένος.



Με το χέρι μου μπορώ να ακουμπήσω άνετα τα 5V της μπαταρίας, αλλά όχι τα 240V του δικτύου της Δ.Ε.Η..

Τελειώνοντας πρέπει να λάβουμε υπ' όψη ότι οι Ηλεκτρονόμοι ως συστήματα με μηχανικά μέρη που έχουν μάζα είναι σχετικά ευαίσθητοι στις δονήσεις. Επίσης στους πολύ μικρούς ηλεκτρονόμους είναι πιθανό ο οπλισμός τους να επηρεασθεί από ισχυρά μαγνητικά πεδία του περιβάλλοντος χώρου.

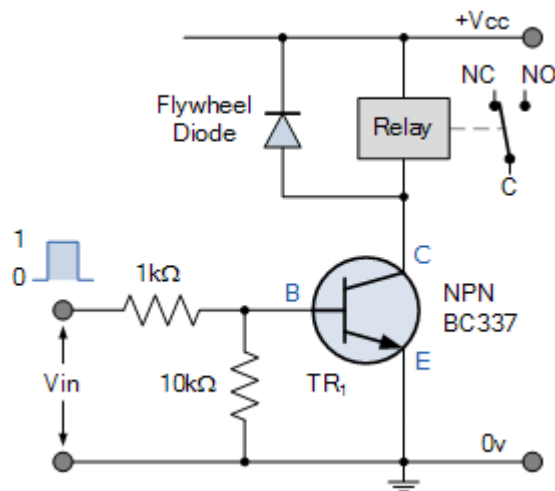
Ελεγχος του Ηλεκτρονόμου

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω με τη βοήθεια ενός μικρού ρεύματος στο τύλιγμα του ηλεκτρομαγνήτη του Ηλεκτρονόμου μπορούμε να ελέγξουμε το πάρα πολύ μεγαλύτερο ρεύμα στις επαφές του Ηλεκτρονόμου.

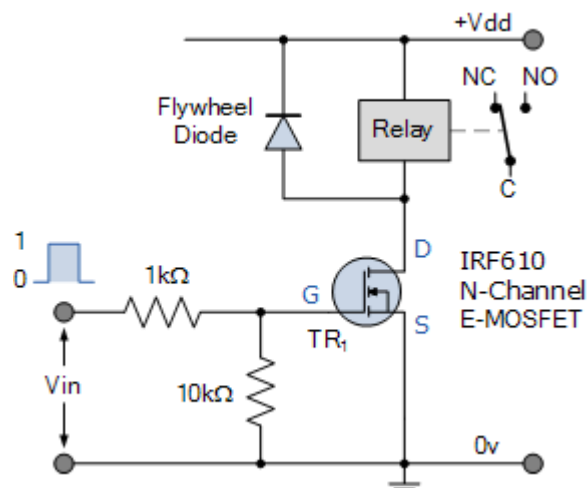
Τι γίνεται όμως στη περίπτωση που τα ηλεκτρονικά κυκλώματα δεν μπορούν να δώσουν ούτε αυτό το μικρό ρεύμα διέγερσης του τυλίγματος του Ηλεκτρονόμου;

Αυτή είναι και η συνηθέστερη περίπτωση!!! Τότε, χρειαζόμαστε ένα κύκλωμα «οδήγησης» του Ηλεκτρονόμου.

Στο παρακάτω κύκλωμα με ρεύμα Βάσεως του Transistor της τάξεως των μA , μπορούμε να ελέγξουμε τα mA που χρειάζεται το τύλιγμα του Ηλεκτρονόμου για να διεγερθεί.



Στο παρακάτω κύκλωμα με το ρεύμα Πύλης του M.O.S.F.E.T. να είναι ακόμα μικρότερο, της τάξεως των nA , μπορούμε να ελέγξουμε τα mA που χρειάζεται το τύλιγμα του Ηλεκτρονόμου για να διεγερθεί.



Παρατηρήστε, και στα δύο παραπάνω κυκλώματα, τη παρουσία διόδου (Flywheel Diode) που προαναφέραμε.

Ηλεκτρονόμοι του εργαστηρίου μας

A. Ηλεκτρονόμος μια επαφής NC-C-NO.

Διεγείρεται με 48V DC.

Αντίσταση τυλίγματος: 3500Ω



Προσέξτε ότι οι επαφές του έχουν καταστραφεί από σπινθηρισμούς κατά την αποκατάσταση και τη διακοπή πολύ μεγάλων ρευμάτων. Όταν ελέγχουμε πολύ μεγάλα ρεύματα με μηχανικές επαφές πρέπει να υπάρχουν ειδικά κυκλώματα που καταπνίγουν τους σπινθήρες.

B. Ηλεκτρονόμος δύο επαφών NC-C-NO. (Φαίνεται μόνο το ένα ζευγάρι επαφών)

Διεγείρεται με 12V DC.



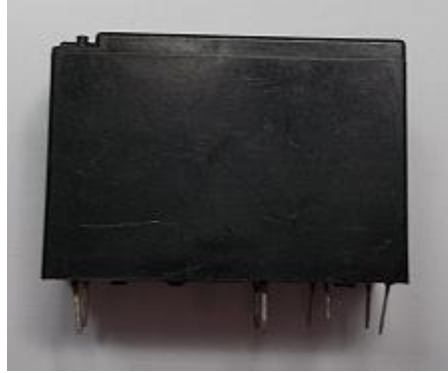
Γ. Ηλεκτρονόμος μια επαφής NC-C-NO.

Διεγείρεται με 12V DC. (Βλέπε δεύτερη φωτογραφία, το πάνω μέρος του καλύμματος του Ηλεκτρονόμου.)

Οι επαφές του αντέχουν 10A (δυσδιάκριτη γραφή αριστερά από το σύμβολο της επαφής) στα 250V AC.



Δ. Ηλεκτρονόμος δύο επαφών NC-C-NO.



Από τον κατασκευαστή και τον τύπο του Ηλεκτρονόμου βρίσκουμε το Datasheet αυτού.



Από τα αναγραφόμενα (JW2SN -DC12V) στο κάλυμμα του ηλεκτρονόμου και από το Datasheet έχουμε τα εξής:

Contact arrangement	Contact capacity	Protective construction	Pick-up voltage	Coil insulation class	Coil voltage
1: 1 Form C 1a: 1 Form A 2: 2 Form C 2a: 2 Form A	Nil: Standard (5 A) F: High capacity (10 A)*	S: Sealed type	N: 70% of nominal voltage	Nil: Class E insulation B: Class B insulation	DC 5, 6, 9, 12, 18, 24, 48 V
2	-	S	N	-	-DC12V

- Contact Arrangement (Διάταξη Επαφών) : 2 επαφές Form C (NC-C-NO)
- Contact Capacity (Ενταση Ηλ. Ρεύματος Επαφών) : 5A
- Protective Construction (Κατασκευή Προστασίας) : Σφραγισμένος (δεν ανοίγει το κάλυμμα.)
- Pick-up Voltage (Τάση Ενεργοποίησης) : $0.7 \cdot 12V = 8.4V$
- Coil Insulation Class (Κλάση Μόνωσης Τυλίγμ.) : Κλάση E (Αντέχει μέχρι 120 °C)
- Coil Voltage (Ονομαστική Τάση Πηνίου) : 12V DC

Από το ίδιο Datasheet βρήκαμε τον παρακάτω πίνακα από τον οποίο διαβάζουμε τα εξής δεδομένα:

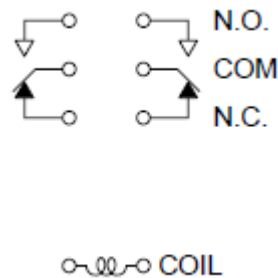
Nominal Voltage (Όνομαστική Τάση) : 12V DC
 Pick-up Voltage (Τάση Ενεργοποίησης) : 8.4V DC (max)
 Drop-out Voltage (Τάση απελευθέρωσης επαφών) : 1.2V DC (min)

COIL DATA (at 20°C 68°F)

Nominal voltage, V DC	Pick-up voltage, V DC (max.) (Initial)	Drop-out voltage, V DC (min.) (Initial)	Nominal operating current, mA (±10%)	Coil resistance, Ω (±10%)	Nominal operating power, mW	Max. allowable voltage
5	3.5	0.5	106	47	530	130% V of Nominal Voltage (at 60°C 140°F) 120% V of Nominal Voltage (at 85°C 185°F)
6	4.2	0.6	88	68		
9	6.3	0.9	58	155		
12	8.4	1.2	44	270		
18	12.6	1.8	29	611		
24	16.8	2.4	22	1,100		
48	33.6	4.8	11	4,400		

Nominal Operating Current (Όνομ. Ρεύμα Λειτουργ.) : 44mA DC
 Coil Resistance (Αντίσταση Πηνίου) : 270Ω
 Nominal Operating Power (Όνομ. Ισχύς Λειτουργίας) : 530mW
 Maximum Allowable Voltage (Μέγιστη Επιτρεπόμεν. Τάση) : $1.13 \cdot 12V = 13.56V @ 60^\circ C$
 : $1.12 \cdot 12V = 13.12V @ 85^\circ C$

Από το ίδιο Datasheet βρήκαμε και τη διάταξη των ακροδεκτών του.



Πάντως στο Datasheet περιέχονται πολλές άλλες πληροφορίες η αναφορά των οποίων ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτής της άσκησης.

Ε. Ηλεκτρονόμος αυτοσυγκρατούμενος, δύο επαφών NC-C-NO.

Ενας ηλεκτρονόμος πολύ μικρού μεγέθους ($5.7 \times 10.6 \times 9$ mm (W × L × H)).



Από τον κατασκευαστή και τον τύπο του Ηλεκτρονόμου βρίσκουμε το Datasheet αυτού.



Από τα αναγραφόμενα (G6JU-2P-Y 12VDC) στο κάλυμμα του ηλεκτρονόμου και από το Datasheet έχουμε τα εξής:

Model Number Legend:

G6J□-□□-□
1 2 3 4

1. Relay function

None: Single-side stable relay

U: Single-winding latching relay

2. Contact form

2: DPDT

3. Terminal shape

P: PCB terminals

FS: Surface-mounting terminals, short

FL: Surface-mounting terminals, long

4. Special function

Y: Improved product for soldering heat resistance

U: Single-winding Latching Relay

Αυτοσυγκρατούμενος ηλεκτρονόμος μονού τυλίγματος. (Όταν διεγερθεί χρειάζεται αντίστροφη τάση για να αποδιεγερθεί. Η διακοπή της τροφοδότησης του τυλίγματος τον αφήνει στη προηγούμενη κατάσταση. Δεν καταναλώνει ενέργεια κατά την κατάσταση της διέγερσης/αποδιέγερσης.)

2: Double Pole Double Throw

Επαφές: NC-C-NO

P: Printed Circuit Board Terminals

Ακροδέκτες για τοποθέτηση σε διάτρητο τυπωμένο κύκλωμα. (όχι SMD)

Y: Improved Product for Soldering Heat Resistance

Αντέχει σε υψηλή θερμοκρασία συγκόλλησης.

Από το ίδιο Datasheet βρήκαμε τον παρακάτω πίνακα από τον οποίο διαβάζουμε τα εξής δεδομένα:

Rated Voltage (Ονομαστική Τάση)	12V DC
Rated Current (Ονομαστικό Ρεύμα)	9.0mA
Coil Resistance (Αντίσταση Τυλίγματος Πηνίου)	1329.2Ω
Must Set Voltage (Τάση Ενεργοποίησης)	$0.75 * 12V = 9V$ DC max
Must Reset Voltage (Τάση απελευθέρωσης επαφών)	$0.75 * 12V = 9V$ DC max (Αντίθετης Πολικότητας)
Maximum Voltage (Μέγιστη Τάση Τυλίγματος)	$1.5 * 12V = 18V$ DC
Power Consumption (Ισχύς Λειτουργίας)	100mW

Coil Ratings

Single-winding Latching Relays (G6JU-2P-Y, G6JU-2FS-Y, G6JU-2FL-Y)

Rated voltage	3 VDC	4.5 VDC	5 VDC	12 VDC
Rated current	33.7 mA	22.0 mA	20.4 mA	9.0 mA
Coil resistance	89.0 Ω	204.3 Ω	245.5 Ω	1,329.2 Ω
Must set voltage	75% max. of rated voltage			
Must reset voltage	75% max. of rated voltage			
Max. voltage	150% of rated voltage			
Power consumption	Approx. 100 mW			

Note: 1. The rated current and coil resistance are measured at a coil temperature of 23°C with a tolerance of ±10%.
2. The operating characteristics are measured at a coil temperature of 23°C.
3. The maximum voltage is the highest voltage that can be imposed on the Relay coil instantaneously.

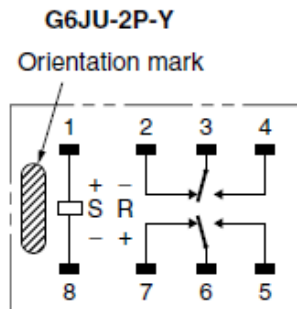
Από το ίδιο Datasheet βρήκαμε τον παρακάτω πίνακα από τον οποίο διαβάζουμε τα εξής δεδομένα που έχουν σχέση με την αντοχή των επαφών στις τάσεις και τα ρεύματα. (Ο πίνακας αφορά μόνο Ωμικά φορτία):

Rated Load (Ονομαστικό Φορτίο)	: 300mA @ 125V AC 1A @ 30V DC
Rated Carry Current (Ονομαστικό Ρεύμα Διέλευσης)	: 1A
Maximum Switching Voltage (Μέγιστη Τάση Μεταγωγής)	: 125V AC 110V DC
Maximum Switching Current (Μέγιστο Ρεύμα Μεταγωγής)	: 1A

■ Contact Ratings

Load	Resistive load
Rated load	0.3 A at 125 VAC, 1 A at 30 VDC
Rated carry current	1 A
Max. switching voltage	125 VAC, 110 VDC
Max. switching current	1 A

Από το ίδιο Datasheet βρήκαμε και τη διάταξη των ακροδεκτών του όπως φαίνεται από το κάτω μέρος. Παρά το γεγονός ότι οι ηλεκτρονόμοι, ακόμη και αυτοί του Συνεχούς Ρεύματος, δεν έχουν πολικότητα σε αυτόν πρέπει να την λάβουμε υπ' όψη καθώς με συγκεκριμένη πολικότητα της ονομαστικής τάσης ενεργοποιείται (**S**) και με την αντίθετη πολικότητα αυτής της τάσης απενεργοποιείται (**R**). Οι θέσεις των κινούμενων επαφών δείχνονται μάλλον στη απενεργοποιημένη κατάσταση (Ο κατασκευαστής έπρεπε να το δηλώνει σαφώς). Εάν έχουμε αμφιβολία πρέπει να πειραματιστούμε για να το διαπιστώσουμε.



Από το ίδιο Datasheet βρήκαμε τον παρακάτω πίνακα από τον οποίο διαβάζουμε τα εξής:

Operating (Set) Time (Διάρκεια παλμού Ενεργοποίησης)	: 3 ms max
Release (Reset) Time (Διάρκεια παλμού Απενεργοποίησης)	: 3 ms max
Minimum Set/Reset Signal Width	
(Μικρότερη Διάρκεια Ενεργοποίησης/Απενεργοποίησης)	: 10 ms

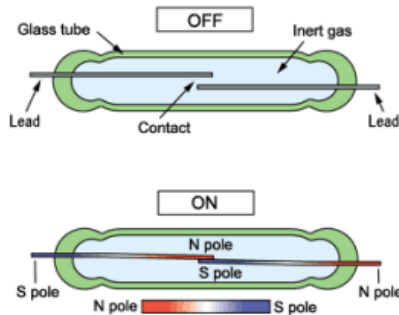
■ Characteristics

Item	Single-side Stable Relays	Single-winding Latching Relays
	G6J-2P-Y, G6J-2FS-Y, G6J-2FL-Y	G6JU-2P-Y, G6JU-2FS-Y, G6JU-2FL-Y
Contact resistance (See note 1.)	100 mΩ max.	
Operating (set) time (See note 2.)	3 ms max. (approx. 1.6 ms)	
Release (reset) time (See note 2.)	3 ms max. (approx. 1.0 ms)	3 ms max. (approx. 0.9 ms)
Minimum set/reset signal width	---	10 ms

Πάντως στο Datasheet περιέχονται πολλές άλλες πληροφορίες η αναφορά των οποίων ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτής της άσκησης.

Z. Ηλεκτρονόμος μιας επαφής NO (Reed Relay).

Οι ηλεκτρονόμοι αυτοί βασίζονται στη λειτουργία τους στην τεχνική reed switch. Κατά την τεχνική αυτή δύο επαφές, μικρού μεγέθους, από σιδηρομαγνητικό υλικό βρίσκονται μέσα σε γυάλινο συνήθως περίβλημα (από εδώ προκύπτει και το όνομα: reed που σημαίνει: καλάμι, καλάμι, γλωσσίδι μουσικού οργάνου, αυλός). Όταν αυτό το σύνολο βρεθεί μέσα σε σχετικώς ασθενές μαγνητικό πεδίο τότε είτε κλείνουν κύκλωμα, εάν είναι NO, ή ανοίγουν κύκλωμα εάν είναι NC. Εάν αυτό το μαγνητικό αυτό πεδίο προέρχεται από μόνιμο μαγνήτη τότε έχουμε: **reed switch** (η περίπτωση των «μαγνητικών» όπως ονομάζονται επαφών που τοποθετούμε στις Πόρτες, τα Παράθυρα και τα Ρολά κατά την εγκατάσταση συστημάτων ασφαλείας).



Εάν αυτό το μαγνητικό αυτό πεδίο προέρχεται από ηλεκτρομαγνήτη τότε έχουμε: **reed relay** όπως η περίπτωση μας. Προσοχή!!! Το τύλιγμα του ηλεκτρονόμου έχει πολικότητα.



Από τα αναγραφόμενα (EDR201A1200) στο κάλυμμα του ηλεκτρονόμου και από το Datasheet έχουμε τα εξής:

```
EDR 2 0 1A 05 00 Z
| | | | |
| | | | +--- Z:RoHS Compliance
| | | | +--- SPECIAL CODE:00-99
| | | | +--- NOMINAL VOLTAGE:
| | | | 05:5VDC
| | | | 12:12VDC Ονομαστική Τροφοδοσία τυλίγματος ηλεκτρονόμου
| | | | 24:24VDC
| | | | +--- CONTACT FORM:
| | | | 1A:OPEN TYPE, 1 FORM A Μία επαφή NO
| | | | 2A:OPEN TYPE, 2 FORM A
| | | | 1B:CLOSE TYPE, 1 FORM B
| | | | 1C:1 OPEN 1 CLOSE TYPE, 1 FORM C
| | | | +--- FUNCTION:
| | | | 0:NORMAL FUNCTION Χωρίς δίοδο παράλληλα με το τύλιγμα και όχι υψηλής μόνωσης
| | | | D:WITH DIODE TYPE
| | | | H:HIGH INSUALTION
| | | | +--- TYPE:
| | | | 2:DIP TYPE Dual In line Package (Είδος συσκευασίας όλου του κυκλώματος)
| | | | 3:SMD TYPE
+--- MODEL NAME
```

Από το ίδιο Datasheet βρήκαμε τον παρακάτω πίνακα στον οποίο φαίνονται τα δεδομένα που αφορούν το τυλίγμα (**Coil**) του ηλεκτρονόμου (οι παράμετροι έχουν αναλυθεί παραπάνω).

● **COIL RATING**

Contact form	Nominal Voltage (VDC)	Max. Operate Voltage (VDC)	Pull-in Voltage (VDC)	Dropout Voltage (VDC)	※Coil Resistance(Ω)	Nominal input power(mW)
1A	5	16	3.75	0.8	500±10%	50
	12	20	9.00	1.0	1000±10%	144
	24	32	18.00	2.0	2150±10%	268

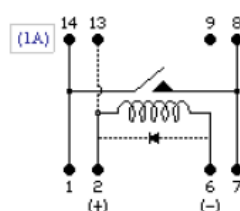
Από το ίδιο Datasheet βρήκαμε τον παρακάτω πίνακα στον οποίο φαίνονται τα δεδομένα που αφορούν την επαφή (**Contact**). Μας ενδιαφέρει πρωτίστως το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να περνά (**Carry Current**) από την επαφή όταν αυτή έχει κλείσει κύκλωμα. Επίσης μας ενδιαφέρει η μέγιστη τάση (**Maximum Voltage**) που αντέχει η επαφή

● **CONTACT RATING**

Contact form	1A	
Switching current	0.5 ADC Max.	
Carry current	1.0 ADC Max.	
Switching power	10 VA Max.	
Electrical life	1x10 ⁸ (Ref 10VDC, 10mA)	
Contact resistance	150mΩ Max.	
Operate time (including bounce time)	1.0ms Max.	
Release time	0.5ms Max.	
Maximum voltage	100 VDC Max.	
Insulation resistance (at 100 VDC)	10 ¹⁰ Ω Min.	
Dielectric strength	Coil to contact	1400 VDC Min. (General) 4000 VDC Min. (High insulation)
	Across contacts	250 VDC Min.
Temperature range		
Operating temperature	-40°C ~ +85°C	
Storage temperature	-55°C ~ +125°C	
Shock resistance	30G Min.	

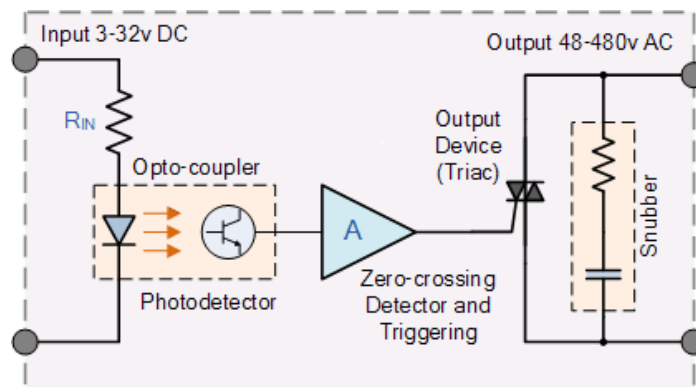
Από το ίδιο Datasheet βρήκαμε και τη διάταξη των ακροδεκτών του όπως φαίνεται από το πάνω μέρος. Στη περίπτωση μας λείπει η δίοδος και το ποδαράκι 13 είναι ασύνδετο. Παρατηρήστε την πολικότητα του τυλίγματος του ηλεκτρονόμου.

Wiring Diagram (Top View)



Ηλεκτρονόμος στερεάς κατάστασης NO (Solid State Relay).

Ο Ηλεκτρονόμος Στερεάς Κατάστασης είναι ένας ηλεκτρονικός διακόπτης ON-OFF ο οποίος ενεργοποιείται από μια μικρή εξωτερική τάση. Αυτή η μικρή εξωτερική τάση επιδρά σε ένα αισθητήρα (Opto-coupler) συνδεδεμένο σ' ένα κύκλωμα ελέγχου (Zero-crossing Detector and Triggering) το οποίο ελέγχει ένα ημιαγωγικό διακόπτη επιτρέποντας ή όχι να περάσει ρεύμα μέσω αυτού. Αυτός ο ημιαγωγικός διακόπτης (Output Device (Triac/SCR)) επιτρέπει να περάσει είτε AC ή DC ρεύμα ανάλογα με το είδος αυτού του διακόπτη. Το σημαντικό, όμως, είναι ότι συμπεριφέρεται ως ηλεκτρομηχανικός ηλεκτρονόμος αλλά χωρίς κινούμενα μέρη. Εν παραλλήλω προς την έξοδο υπάρχει αντιυπερτασικό κύκλωμα (Snubber circuit) που αποσβάνει τις υπερτάσεις που δημιουργούνται από την απότομες μεταβολές της τάσεως λόγω των πολύ μικρών χρόνων αποκατάστασης και διακοπής του κυκλώματος από το Output Device.



Ο οπτοζεύκτης (Φωτοεκπέμπουσα διόδος (LED) --> Φωτοτρανζίστορ) μας εξασφαλίζει Γαλβανική Απομόνωση μεταξύ Εισόδου-Εξόδου.

Επειδή όπως προαναφέρθηκε όλα τα εξαρτήματα του Ηλεκτρονόμου Στερεάς Κατάστασης είναι ημιαγωγοί οι χρόνοι μεταγωγής είναι πολύ μικροί της τάξης των ns ενώ μπορούν να άγουν για ρεύματα από μA έως εκατοντάδες A.

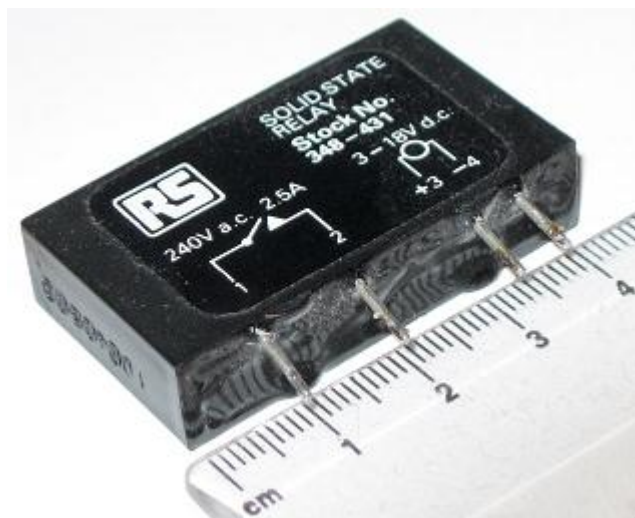
Εκτός από τα προφανή πλεονεκτήματα που έχει ο Ηλεκτρονόμος Στερεάς Κατάστασης με σημαντικότερο τη μη δημιουργία ηλεκτρικών σπινθήρων, που φθείρουν της επαφές του ηλεκτρομηχανικού ηλεκτρονόμου, λόγω μεταγωγής μεγάλων ρευμάτων, έχει και τα εξής μειονεκτήματα:

είναι επιρρεπής σε καταστροφή εάν συμβαίνουν υπερτάσεις στο κύκλωμα εξόδου η έξοδος του μπορεί να λειτουργήσει μόνο σαν μια επαφή NO

όταν το κλείσει το κύκλωμα εξόδου επιτρέποντας να περάσει ρεύμα παρουσιάζει μια σχετικώς υψηλή εν σειρά αντίσταση (Η αντίσταση διαβάσεως των επάργυρων μηχανικών επαφών των ηλεκτρομηχανικών ηλεκτρονόμων είναι ουσιαστικά μηδενική, η οποία όμως αυξάνει δραματικά με τον καιρό όταν συμβαίνουν ηλεκτρικοί σπινθήρες).

Παρακάτω φαίνονται δύο τέτοιοι οι ηλεκτρονόμοι.

Ο πρώτος από αυτούς επιτρέπει να περάσει ρεύμα στην έξοδό του μόνο μέχρι 2,5Α, και μπορεί να τοποθετηθεί σε τυπωμένο κύκλωμα.



Ο δεύτερος επιτρέπει να περάσει ρεύμα έως 25Α, άρα οι επαφές της εξόδου του έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια και πρέπει να συνδεθούν με καλώδια, ενώ ο ηλεκτρονόμος αυτός πρέπει να στερεωθεί (βιδωθεί) επάνω σε θερμοαπόγουσα επιφάνεια (ψύκτρα). Το μεγάλο ρεύμα υπερθερμαίνει το Output Device.



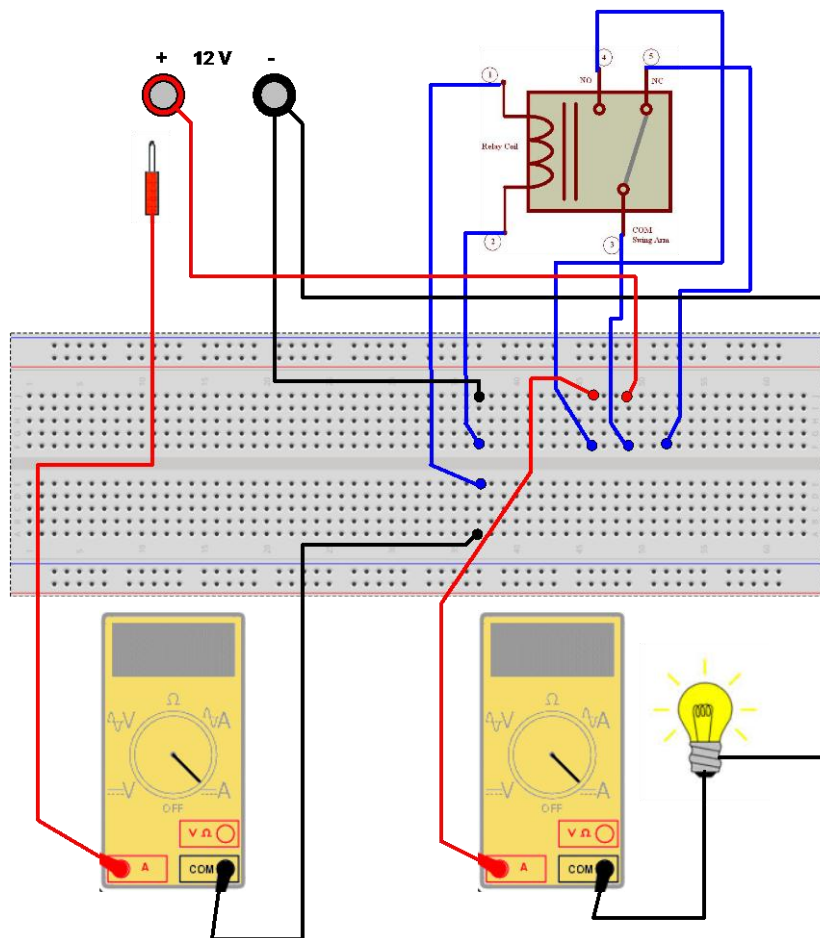
Στον παρακάτω σύνδεσμο θα βρείτε μια ενδιαφέρουσα ερασιτεχνική κατασκευή Ηλεκτρονόμου Στερεάς Κατάστασης με αναλυτική περιγραφή του κυκλώματος στα Ελληνικά.

http://www.gr.circuitlib.com/index.php/kataskeves/kyklvma/59-rele-stereas-katastasis/category_pathway-18

ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Α. Διερεύνηση λειτουργίας επαφής Normally Open (Form A)

Πραγματοποιούμε τη διασύνδεση ενός ηλεκτρονόμου του εργαστηρίου σύμφωνα με το παρακάτω κυκλωματικό διάγραμμα. Εάν ο ηλεκτρονόμος έχει δύο ζευγάρια επαφών χρησιμοποιούμε το ένα. Ως φορτίο που συνδέεται στις επαφές του ηλεκτρονόμου χρησιμοποιούμε λαμπτήρα αυτοκινήτου 12V.



1. Εάν δεν γνωρίζουμε την τιμή της αντίστασης του τυλίγματος του πηνίου του ηλεκτρομαγνήτη τη μετράμε με ένα Ωμόμετρο. Σημειώνουμε τη τιμή της

R_{coil} :..... Ω . Συγκρίνουμε τη τιμή με τα δεδομένα του Datasheet του κατασκευαστή. Συζητούμε τυχόν σημαντική διαφορά με τον καθηγητή του εργαστηρίου.

2. Υπολογίζουμε το ρεύμα του τυλίγματος του πηνίου του ηλεκτρομαγνήτη και

σημειώνουμε τη τιμή του I_{coil} :.....mA. Συγκρίνουμε τη τιμή με τα δεδομένα του Datasheet του κατασκευαστή. Συζητούμε τυχόν σημαντική διαφορά με τον καθηγητή του εργαστηρίου.

3. Εισάγουμε τον κόκκινο ακροδέκτη banana στη θετική μπόρνη του τροφοδοτικού του εργαστηριακού πάγκου το οποίο έχουμε ρυθμίσει να μας παρέχει τάση 12V εφαρμόζοντας τάση κατ' αυτό τον τρόπο στα άκρα του τυλίγματος του πηνίου

του ηλεκτρονόμου. Περιγράψουμε τι συμβαίνει στον ηλεκτρονόμο:

.....
.....
.....
.....

4. Περιγράψουμε τι συμβαίνει στην κατάσταση του λαμπτήρα πριν και μετά την εφαρμογή της τάσης στα άκρα του τυλίγματος του πηνίου του ηλεκτρονόμου:

.....
.....
.....
.....

5. Μετράμε με τα Αμπερόμετρα και σημειώνουμε τις τιμές των ρευμάτων:

I_{coil} :.....mA και

I_{lamp} :.....mA

Συγκρίνουμε τη τιμή του I_{coil} με αυτή που υπολογίσαμε στο βήμα 2. Συζητούμε τυχόν σημαντική διαφορά με τον καθηγητή του εργαστηρίου.

6. Υπολογίζουμε και σημειώνουμε το ρεύμα του λαμπτήρα έχοντας ως δεδομένο την τιμή της ισχύος αυτού η οποία αναγράφεται στο σώμα του και την οποία

σημειώνουμε και εδώ P_{lamp} :.....W

I_{lamp} :.....mA

Συγκρίνουμε τη τιμή του I_{lamp} με αυτή που μετρήσαμε στο βήμα 5. Συζητούμε τυχόν σημαντική διαφορά με τον καθηγητή του εργαστηρίου.

7. Αναφέρθηκε παραπάνω ότι ο ηλεκτρονόμος μπορεί να θεωρηθεί ως ένα είδος ηλεκτρικού ενισχυτή. Θεωρώντας ότι το I_{coil} είναι το ρεύμα εισόδου αυτού του ενισχυτή και το I_{lamp} είναι το ρεύμα εξόδου, υπολογίστε την ενίσχυση ρεύματος από τον τύπο (Χρησιμοποιείτε τις μετρηθείσες τιμές):

$$A_I = I_{lamp} / I_{coil}$$

Ενίσχυση ρεύματος $A_I =$

8. Από την τάση τροφοδοσίας του τυλίγματος του πηνίου του ηλεκτρονόμου και το ρεύμα που διαρρέει αυτό υπολογίσουμε και σημειώνουμε την ισχύ του

τυλίγματος (Χρησιμοποιείτε τις μετρηθείσες τιμές): P_{coil} :.....W

από τις αντίστοιχες μετρηθείσες τιμές υπολογίζουμε και σημειώνουμε την ισχύ

του λαμπτήρα: P_{lamp} :.....W

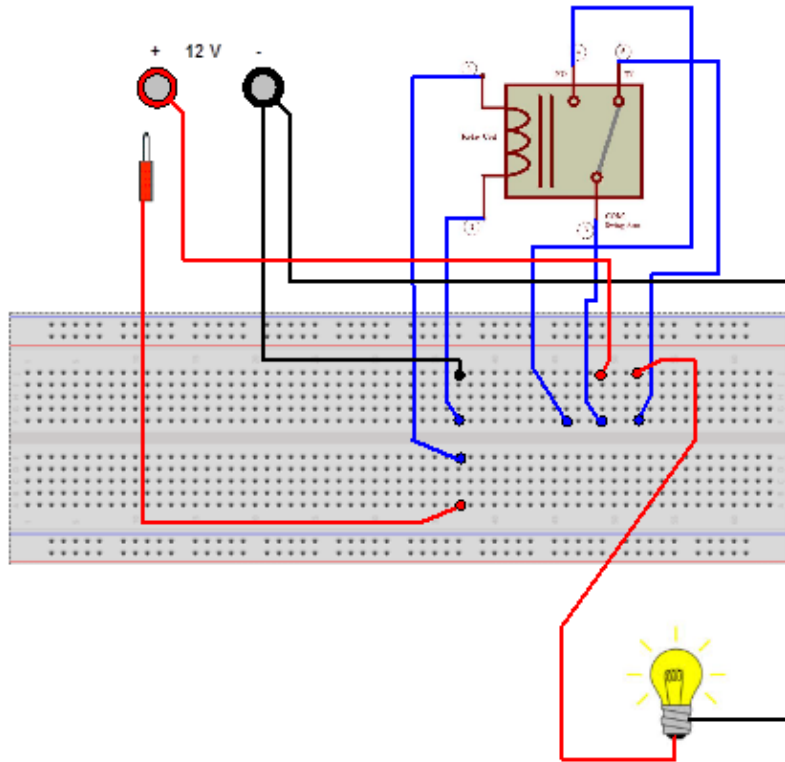
Υπολογίστε και σημειώστε την ενίσχυση ισχύος από τον τύπο (Χρησιμοποιείστε τις τιμές αυτού του βήματος):

$$A_P = P_{lamp} / P_{coil}$$

Ενίσχυση ισχύος A_P =

B. Διερεύνηση λειτουργίας επαφής Normally Closed (Form B)

Πραγματοποιούμε τη διασύνδεση ενός ηλεκτρονόμου του εργαστηρίου σύμφωνα με το παρακάτω κυκλωματικό διάγραμμα. Εάν ο ηλεκτρονόμος έχει δύο ζευγάρια επαφών χρησιμοποιούμε το ένα. Ως φορτίο που συνδέεται στις επαφές του ηλεκτρονόμου χρησιμοποιούμε λαμπτήρα αυτοκινήτου 12V.



1. Εισάγουμε τον κόκκινο ακροδέκτη banana στη θετική μπόρνη του τροφοδοτικού του εργαστηριακού πάγκου το οποίο έχουμε ρυθμίσει να μας παρέχει τάση 12V εφαρμόζοντας τάση κατ' αυτό τον τρόπο στα άκρα του τυλίγματος του πηνίου του ηλεκτρονόμου. Περιγράφουμε τι συμβαίνει στον ηλεκτρονόμο:

.....

.....

.....

.....

2. Περιγράφουμε τι συμβαίνει στην κατάσταση του λαμπτήρα πριν και μετά την εφαρμογή της τάσης στα άκρα του τυλίγματος του πηνίου του ηλεκτρονόμου:

.....

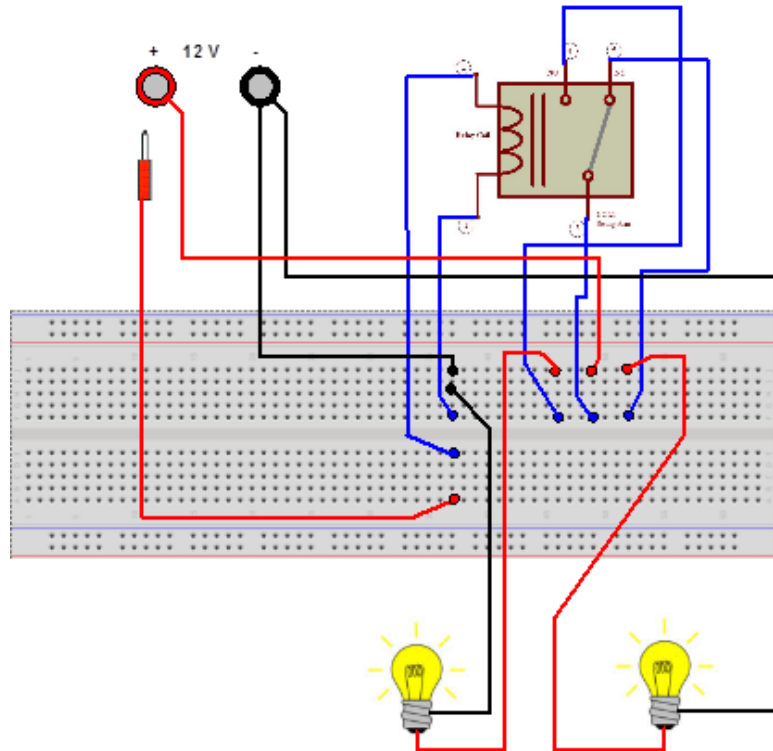
.....

.....

.....

Γ. Διερεύνηση λειτουργίας επαφής Normally Open Common Normally Closed (Form C)

Πραγματοποιούμε τη διασύνδεση ενός ηλεκτρονόμου του εργαστηρίου σύμφωνα με το παρακάτω κυκλωματικό διάγραμμα. Εάν ο ηλεκτρονόμος έχει δύο ζευγάρια επαφών χρησιμοποιούμε το ένα. Ως φορτίο που συνδέεται στις επαφές του ηλεκτρονόμου χρησιμοποιούμε λαμπτήρες αυτοκινήτου 12V.



1. Εισάγουμε τον κόκκινο ακροδέκτη banana στη θετική μπόρνη του τροφοδοτικού του εργαστηριακού πάγκου το οποίο έχουμε ρυθμίσει να μας παρέχει τάση 12V εφαρμόζοντας τάση κατ' αυτό τον τρόπο στα άκρα του τυλίγματος του πηνίου του ηλεκτρονόμου. Περιγράφουμε τι συμβαίνει στον ηλεκτρονόμο:

.....

.....

.....

.....

2. Περιγράφουμε τι συμβαίνει στην κατάσταση των λαμπτήρων πριν και μετά την εφαρμογή της τάσης στα άκρα του τυλίγματος του πηνίου του ηλεκτρονόμου:

.....

.....

.....

.....

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://el.wikipedia.org/wiki/Ηλεκτρονόμος>

http://www.electronics-tutorials.ws/io/io_5.html

<http://navya.co/web1/category/web-designing/>

http://www.pcbheaven.com/wikipages/How_Relays_Work/?p=0

<http://www.electronics-tutorials.ws/blog/relay-switch-circuit.html>

http://en.wikipedia.org/wiki/Reed_switch

http://en.wikipedia.org/wiki/Reed_relay

http://en.wikipedia.org/wiki/Solid-state_relay

<http://en.wikipedia.org/wiki/Relay>