

Μηχατρονικά Συστήματα I

« Επενεργητές Μηχατρονικών Συστημάτων »



Control Systems and
Robotics Laboratory



Εργαστήριο Συστημάτων Ελέγχου & Ρομποτικής
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης
Ηράκλειο Κρήτης, Ελλάς



Περιγραφή της ύλης των μαθημάτων Μηχατρονικά συστήματα I και II

Ηλεκτρονική

Αισθητήρια

Ενεργοποιητές

Μικροεπεξεργαστές και έλεγχος

Μέτρησης θέσης και ταχύτητας:

- ✓ Ποτενσιόμετρο
- ✓ Διακόπτες προσέγγισης
- ✓ Διαφορικός μετασχηματιστής γραμμικής μεταβολής
- ✓ Ψηφιακός οπτικός κωδικοποιητής

Μέτρηση κραδασμών και επιτάχυνσης:

- ✓ Πιεζοηλεκτρικά επιταχυνσιόμετρα

Μέτρηση θερμοκρασίας:

- ✓ Γυάλινο θερμόμετρο
- ✓ Διμεταλλική ταινία
- ✓ Θερμόμετρο ηλεκτρικής αντίστασης
- ✓ Θερμοζεύγη

Μέτρηση μηχανικής τάσης και παραμόρφωσης:

- ✓ Μηκυσιόμετρα
- ✓ Δυναμοκυψίλες

3

Περιγραφή της ύλης του μαθήματος

Ηλεκτρονική

Αισθητήρια

Ενεργοποιητές

Μικροεπεξεργαστές και έλεγχος

Βασικά Κυκλώματα με παθητικά στοιχεία:

- ✓ Νόμος του Ωμ
- ✓ R,L,C
- ✓ Διαιρέτης Τάσης
- ✓ Κύκλωμα RC με διακόπτη
- ✓ L και C ως φίλτρα

Ψηφιακά Κυκλώματα:

- ✓ Δυαδικό σύστημα
- ✓ Άλγεβρα Bool
- ✓ Πύλες, Ακολουθιακά κυκλώματα

Αναλογικά Κυκλώματα:

- ✓ Si, Ge
- ✓ Δίοδος, φωτοδίοδος
- ✓ SCR
- ✓ Transistor, FET, φωτοτρανζίστορ
- ✓ Τελεστικός Ενισχυτής

Κυκλώματα Ειδικής Λειτουργίας:

- ✓ Απαριθμητές
- ✓ Αποκωδικοποιητές
- ✓ Το ολοκληρωμένο 555
- ✓ A/D Μετατροπείς

Παραδείγματα εφαρμογών
κυκλωμάτων διόδου τρανζίστορ

2

Περιγραφή της ύλης του μαθήματος

Ηλεκτρονική

Αισθητήρια

Ενεργοποιητές

Μικροεπεξεργαστές και έλεγχος

Ηλεκτρικοί κινητήρες:

- ✓ Μόνιμου μαγνήτη DC (PM)
- ✓ παράλληλης διέγερσης, διέγερσης σειράς, σύνθετης διέγερσης
- ✓ Βηματικοί κινητήρες
- ✓ Brushless Dc
- ✓ Servo κινητήρες

Κυκλώματα και διατάξεις οδήγησης κινητήρων:

- ✓ Το βασικό 'σχήμα' έλεγχου Βηματικών κινητήρων
- ✓ Έλεγχος οδήγησης κινητήρα με PWM
- ✓ Οδήγηση κινητήρα DC με Η-γέφυρα (H-Bridge)
- ✓ Οδήγηση DC κινητήρα με την βοήθεια τρανζίστορ

4

- Ηλεκτρονική
- Αισθητήρια
- Ενεργοποιητές
- Μικροεπεξεργαστές και έλεγχος

Αλγόριθμοι ελέγχου

- ✓ Έλεγχος ανοιχτού βρόχου
- ✓ Έλεγχος κλειστού βρόχου

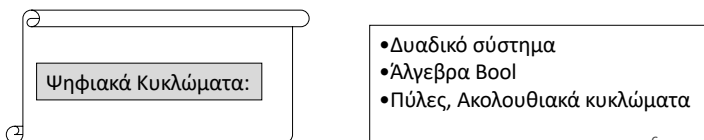
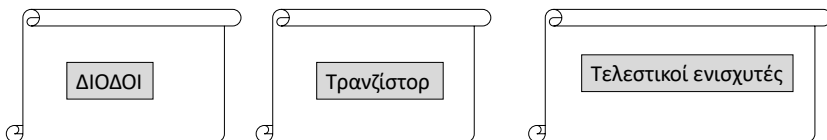
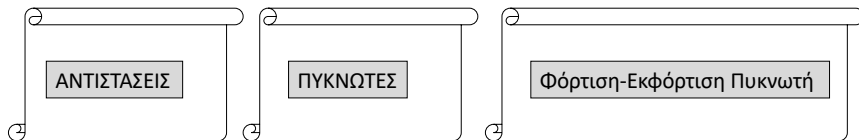
Υλοποίηση

- ✓ Αναλογικός έλεγχος
- ✓ Ψηφιακός έλεγχος

Γενικές πληροφορίες για τους μικροελεγκτές

- ✓ Η πλατφόρμα του μικροελεγκτή ARDUINO
- ✓ Ανάλυση της πλατφόρμας ARDUINO
- ✓ Η γλώσσα προγραμματισμού wire-C
- ✓ Παραδείγματα ολοκληρωμένων συστημάτων

Βασικά αναλογικά και ψηφιακά ηλεκτρονικά κυκλώματα



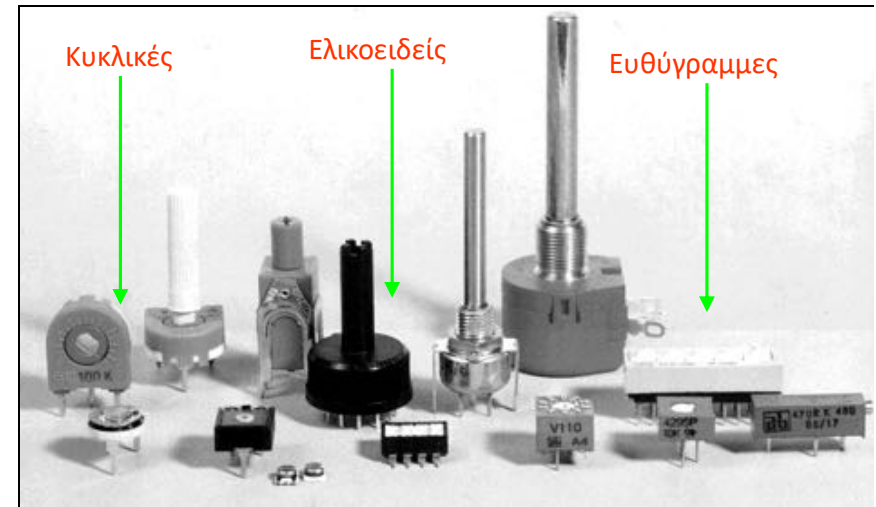
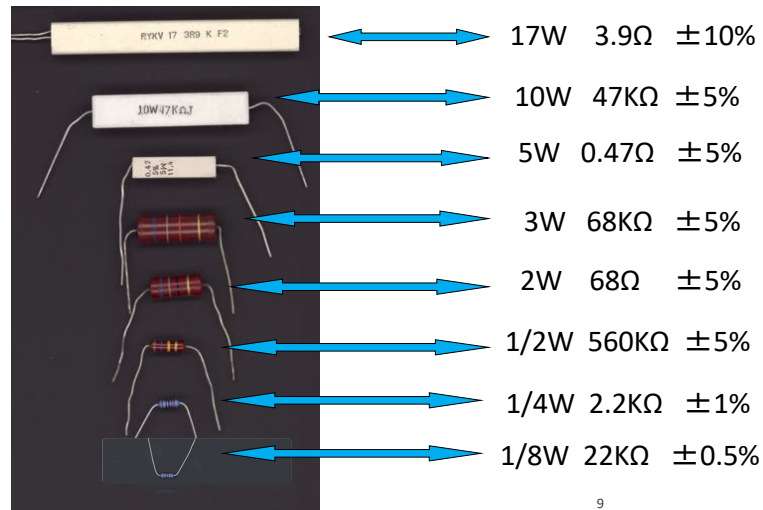
Ηλεκτρικές Αντιστάσεις

Συμβολισμός αντιστάσεων

- Νόμος του Ohm : $I=V/R$
- Συμβολισμοί αντιστάσεων:



- $\Omega=Ohm$
- $R=Resistance=\Omega$
- $k=kilo=10^3=1.000\Omega$
- $M=Mega=10^6=1.000.000\Omega$
- $G=Giga=10^9=1.000.000.000\Omega$



- Σταθερές ή γραμμικές (η τιμή τους έχει ορισθεί από τον κατασκευαστή)
- Μεταβλητές (ο χρήστης μπορεί να μεταβάλει την τιμή τους σε προκαθορισμένα όρια)
- Μεταβαλλόμενες ή μη γραμμικές (η τιμή τους μεταβάλλεται συναρτήσει άλλου φυσικού μεγέθους π.χ. θερμοκρασία, φως, τάση, μαγνητισμός κ.α.)



Σύνδεση ποτενσιομέτρου σαν διαιρέτης τάσης

$$I=V/R$$

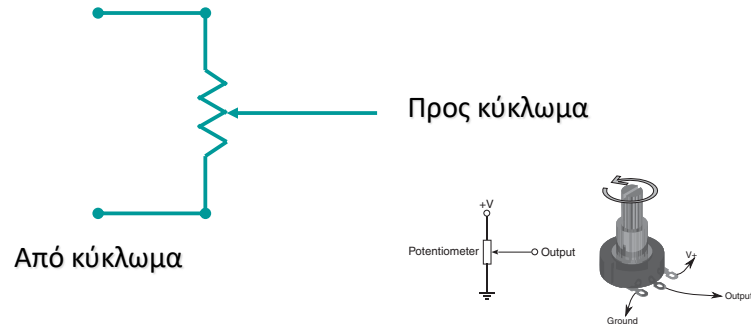


Figure 40-15 A potentiometer provides a convenient way to detect a varying voltage. The shaft of the potentiometer can be connected to a moving part of your robot (like an arm), and the voltage may be used to indicate position.

13

Μη γραμμικές αντιστάσεις

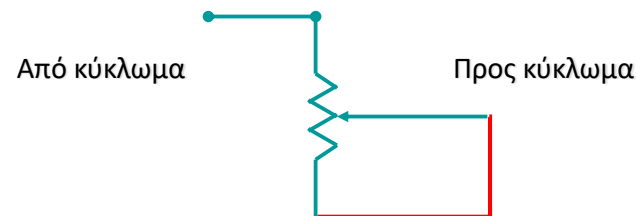
Δεν ακολουθούν τον νόμο του Ohm:

- Θερμίστορ
- Φωτοαντιστάσεις
- Βαρίστορ

15

Σύνδεση ποτενσιομέτρου σαν ροοστάτης

$$I=V/R$$



14

Θερμίστορ (Thermistor)

Αντιστάσεις πολύ ευαίσθητες στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Δύο τύπων:

PTC (θετικού συντελεστή θερμοκρασίας). Η αντίσταση αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας

NTC (αρνητικού συντελεστή θερμοκρασίας). Η αντίσταση μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας



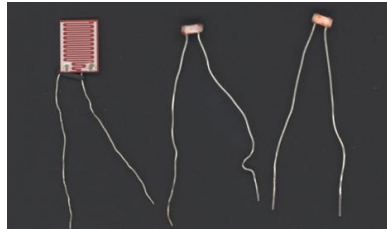
16

Αντιστάσεις ευαίσθητες στις μεταβολές του φωτός

Σκοτάδι: $R=1-100M\Omega$

Φως: $R=100\Omega$

Χρήση σε συναγερμούς, προειδοποίηση κ.α.



17

Βλάβες

- ✓ Διακοπή
- ✓ Αλλαγή τιμής της αντίστασης
- ✓ Κάψιμο
- ✓ Θόρυβος

Έλεγχος

- ✓ Άπειρη αντίσταση
- ✓ Μικρότερη ή μεγαλύτερη αντίσταση
- ✓ Καρβουνιασμένη

19

Είναι αντίσταση που η τιμή της μεταβάλλεται ανάλογα με την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα τους



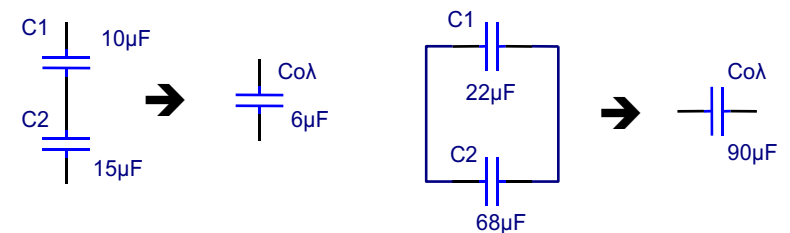
Προστατεύουν τα κυκλώματα από υπερτάσεις. Ενσωματώνονται στα κυκλώματα με τέτοιο τρόπο ώστε σε περίπτωση απότομης αύξησης της τάσης αυξάνουν την αντίστασή τους, απομακρύνοντας το υψηλό ρεύμα που δημιουργείται, από τα ευαίσθητα στοιχεία του κυκλώματος

18

Πυκνωτές

Πυκνωτής λέγεται το στοιχείο που σχηματίζεται από **δύο αγώγιμες πλάκες** (οπλισμούς) που χωρίζονται μεταξύ τους με κάποιο μονωτικό υλικό (διηλεκτρικό).

Μπορεί να συγκρατεί ηλεκτρικό φορτίο όταν εφαρμοστεί τάση στα άκρα του. Η ικανότητα αυτή ονομάζεται **χωρητικότητα**.



Μονάδα είναι το **Farad** και επειδή ως μονάδα είναι πολύ μεγάλη για εφαρμογές χρησιμοποιούνται τα:

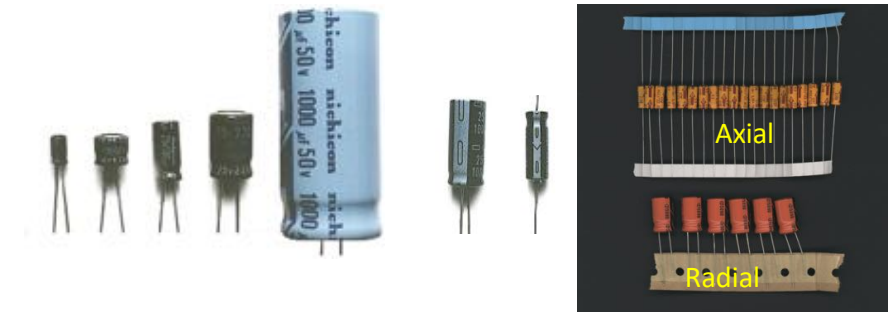
μF (10^{-6}F)

nF (10^{-9}F)

pF (10^{-12}F)

Σε συνεχές ρεύμα (DC) αποτελεί διακοπή (πλην αρχικής φόρτισης)

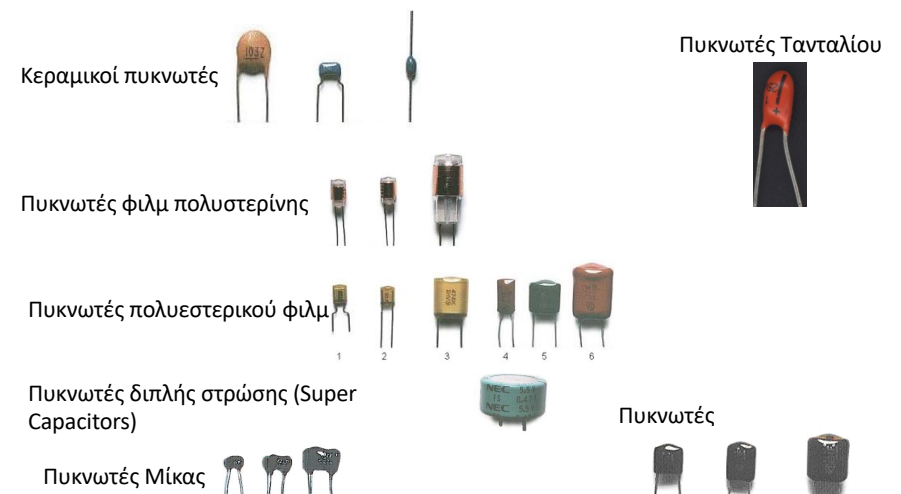
Σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) φορτίζεται-εκφορτίζεται
Κατά την αλλαγή της φοράς του ρεύματος δημιουργείται μια αντίσταση που ονομάζεται **χωρητική αντίσταση**
 $X_c = 1/(2\pi fC)$



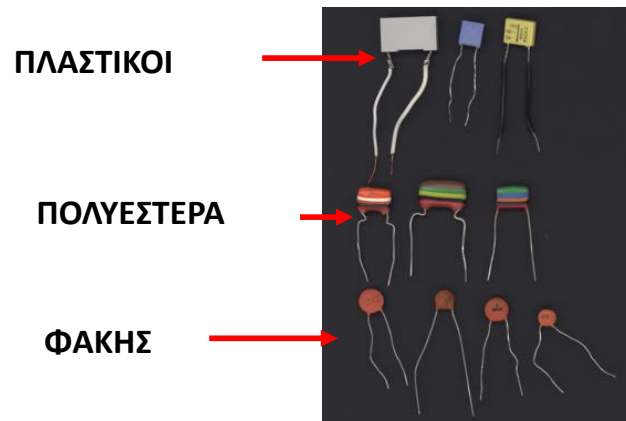
Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Μεγάλη χωρητικότητα σε μικρό μέγεθος
Ελάχιστη διαρροή ρεύματος
Μεγάλη διάρκεια ζωής
Ταχύτητα κατά την φόρτιση και εκφόρτιση
Πολικότητα

Διαρροή που παρουσιάζουν
Αυξομείωση χωρητικότητας που κυμαίνεται ανάλογα με την θερμοκρασία λειτουργίας και την ηλικία του πυκνωτή



Πυκνωτές



29

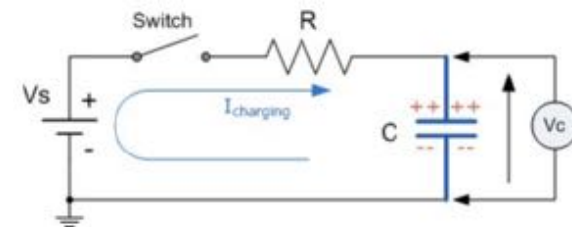
Βλάβες πυκνωτών

- **Βραχυκύκλωμα:** Μπορεί να δημιουργηθεί με μηχανικό τρόπο ή όταν εφαρμοστεί στα άκρα του πυκνωτή τάση μεγαλύτερη από την τάση λειτουργίας του πυκνωτή. Ο βραχυκυκλωμένος πυκνωτής είναι άχρηστος και πρέπει να αντικατασταθεί.
- **Διαρροή:** Δημιουργείται με πολλούς τρόπους, όπως με την ψηλή θερμοκρασία, με την όχι καλή ποιότητα του διηλεκτρικού, με την κακή μόνωση μεταξύ των δυο οπλισμών του πυκνωτή κ.ά.
- **Μεταβολή χωρητικότητας:** Μπορεί να δημιουργηθεί με την μηχανική καταπόνηση της επιφάνειας του πυκνωτή (κτύπημα). Ακόμη μεταβάλλεται η χωρητικότητα όταν ο πυκνωτής μείνει αχρησιμοποίητος για πολύ καιρό.
- **Διακοπή:** Όταν με οποιονδήποτε τρόπο ξεκολλήσει ένας ακροδέκτης από τους οπλισμούς του πυκνωτή.

30

ΦΟΡΤΙΣΗ-ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ ΠΥΚΝΩΤΗ

Τυπικό κύκλωμα με πυκνωτή



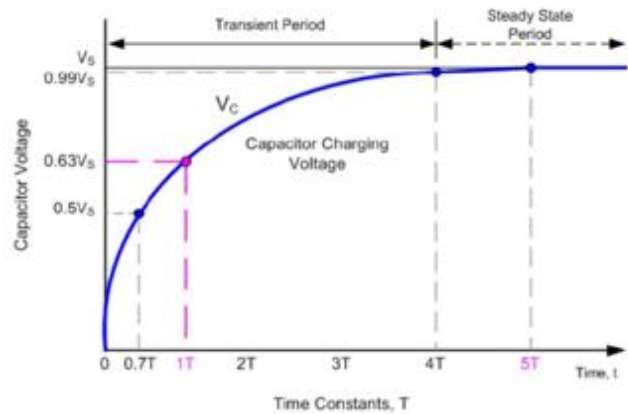
Μετά το κλείσιμο του διακόπτη:

- Ο πυκνωτής φορτίζεται μέσω της αντίστασης R.
- Δημιουργία μιας πτώσης τάσης στα άκρα της αντίστασης
- Με την πάροδο του χρόνου ο πυκνωτής C φορτίζεται στην τάση της πηγής

Η ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου σε ένα πυκνωτή μετριέται σε COULOMB με τη σχέση $Q=CV$.

32

Η μεταβολή της τάσης στα άκρα του πυκνωτή

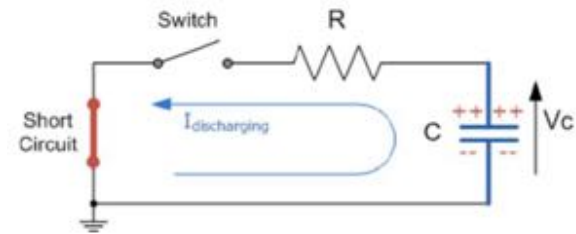


$$V_C(t) = V_s * (1 - e^{-t/RC})$$

Όπου $T=RC$ η σταθερά χρόνου του κυκλώματος (αποτελεί το χρόνο για να φθάσει η τάση στα άκρα του πυκνωτή το 63,2% της τάσης της πηγής με C: Farad και T:Sec. Περίπου σε $4T$ έχει προσεγγίσει την τάση της πηγής)

33

Εκφόρτιση πυκνωτή



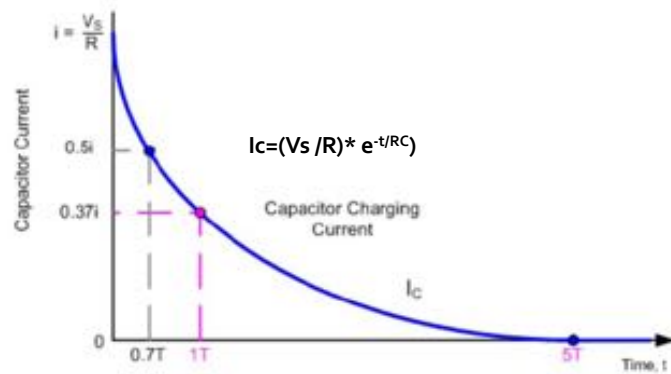
Μετά το κλείσιμο του διακόπτη:

- Ο πυκνωτής θα εκφορτιστεί μέσω της αντίστασης R
- Το ρεύμα εκφόρτισης είναι ακριβώς το αντίθετο του ρεύματος φόρτισης
- Αντίθετη είναι και η τάση πάνω στην αντίσταση $V_R = -V_C$
- Η τάση του πυκνωτή, η τάση της αντίστασης και το ρεύμα τείνουν στο 0.

Σταθερά εκφόρτισης ονομάζουμε τον χρόνο που απαιτείται, για να πέσει η τάση στον πυκνωτή στα **36,7%** περίπου της τάσης που είχε ο πυκνωτής κατά τη χρονική στιγμή $t=0$
 $T=RC$ (sec)

35

Το ρεύμα που ρέει στο κύκλωμα



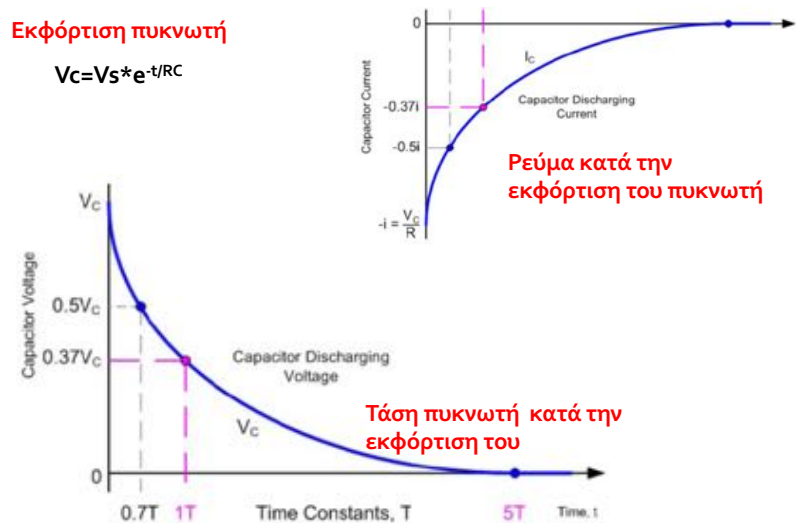
Η τάση στα άκρα της αντίστασης ακολουθεί και αυτή εκθετική μορφή: $V_R(t) = V_s * e^{-t/RC}$

34

Η μεταβολή της τάσης στα άκρα του πυκνωτή και της αντίστασης

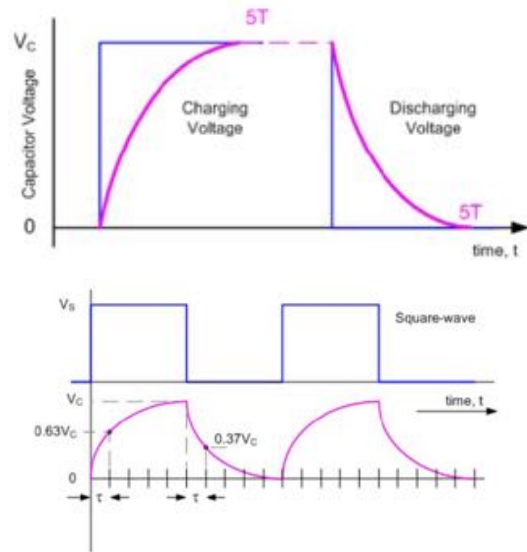
Εκφόρτιση πυκνωτή

$$V_C = V_s * e^{-t/RC}$$



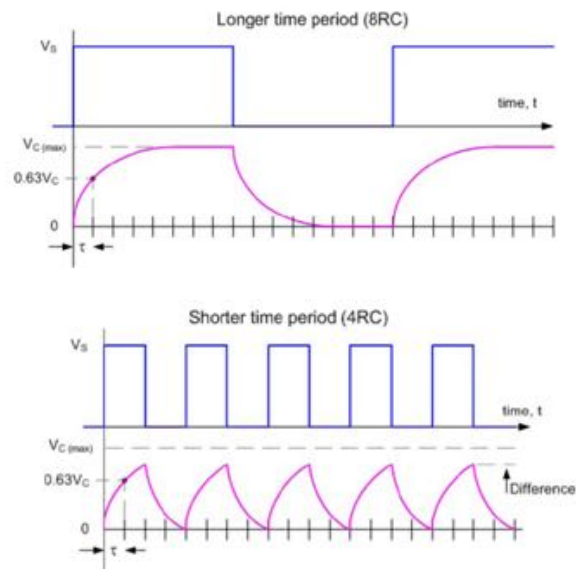
36

Τυπικές τάσεις φόρτισης και εκφόρτισης πυκνωτή



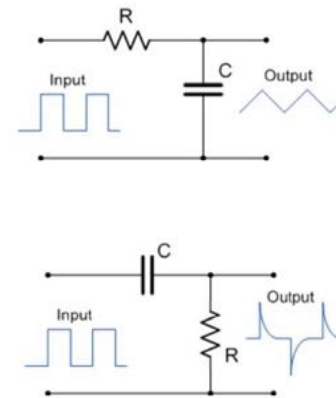
37

Τυπικές τάσεις φόρτισης και εκφόρτισης πυκνωτή



38

Άλλες ιδιότητες κυκλωμάτων με πυκνωτές



Ο πυκνωτής σαν Ολοκληρωτής (Φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων)

Συχνότητα αποκοπής

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \text{ in Hertz}$$

Ο πυκνωτής σαν Διαφοριστής Φίλτρο υψηλών συχνοτήτων

39

Δίοδοι



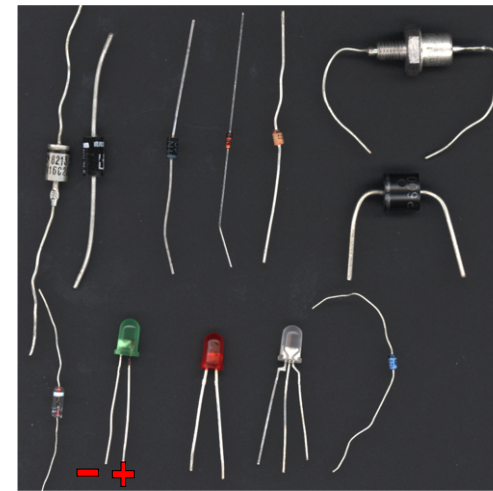
40

Δίοδος

- Δίοδος είναι ένα ημιαγωγό στοιχείο με δύο πόλους: την άνοδο και την κάθοδο
- Για την κατασκευή των διόδων χρησιμοποιούνται υλικά όπως Ge και Si
- Χρήση διόδων: ανορθωτές, ταλαντωτές, σταθεροποιητές τάσης, ψαλιδιστές κ.α.

41

Είδη διόδων



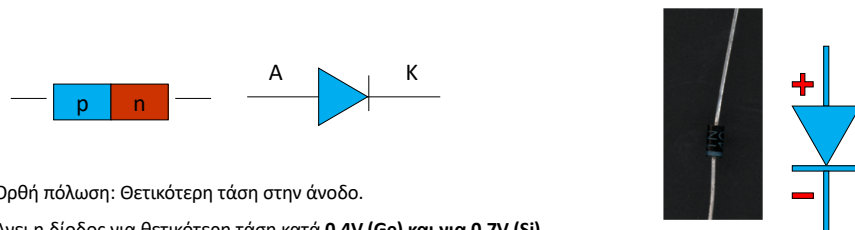
Είδη διόδων:

- Δίοδος επαφής
- Δίοδος ακίδας
- Δίοδος zener
- Δίοδος σήραγγας
- Δίοδος varactor ή varicap
- Φωτοδίοδος
- Δίοδος led/display

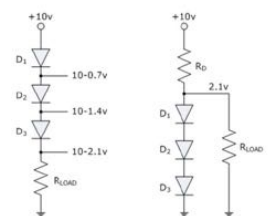
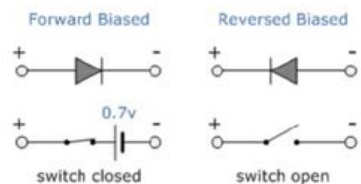
Colour	Approx. Forward Voltage Vf (V)
Red	1.7
HE Red*	2.0
Bright Red	2.3
Orange	2.0
Yellow	2.1
Green	2.2
Blue	3.2
White	3.2

*HE - High Efficiency

Σύμβολα

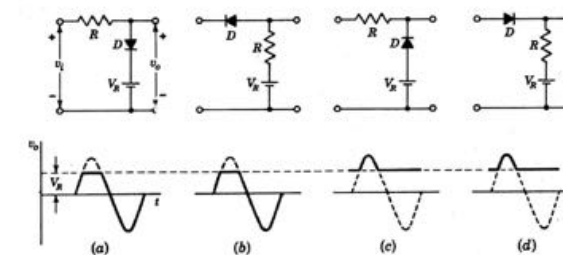


- Ορθή πόλωση: Θετικότερη τάση στην άνοδο.
- Άγει η δίοδος για θετικότερη τάση κατά **0.4V (Ge)** και για **0.7V (Si)**.
- Ανάστροφη πόλωση: Θετικότερη τάση στην κάθοδο.

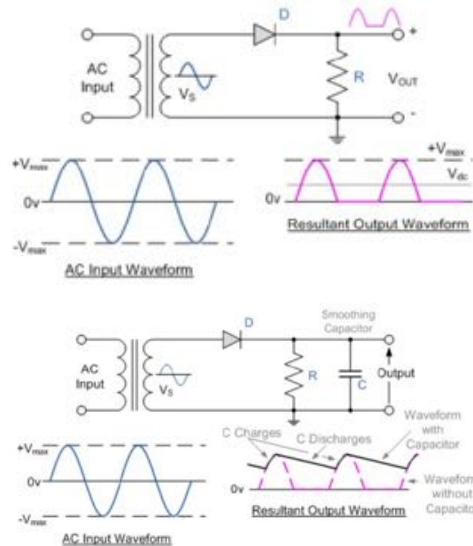


Που χρησιμοποιούνται

- Ανόρθωση εναλλασσόμενης τάσης
- Έλεγχος της φοράς του ρεύματος (σε κινητήρες)
- Ψαλιδισμός σημάτων
- Για την σταθεροποίηση της τάσης

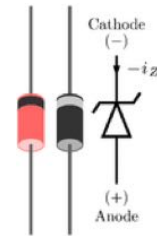


44

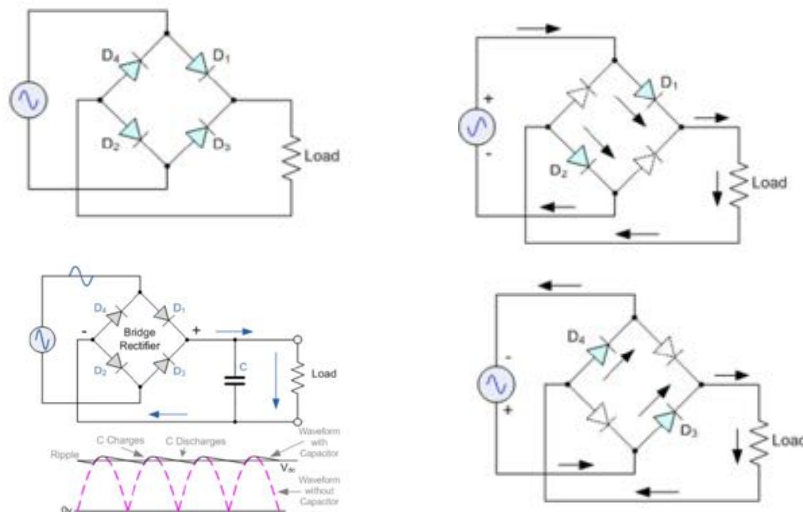


45

- Κατασκευάζεται από πυρίτιο (Si).
- Λειτουργεί κατά την ανάστροφη πόλωση.
- Στην ορθή πόλωση λειτουργεί σαν απλή δίοδος.
- Χρησιμοποιείται σε κυκλώματα σταθεροποίησης τάσης

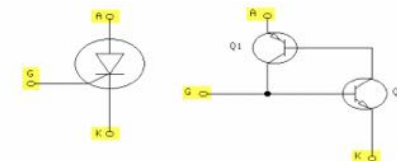
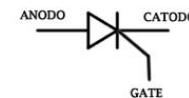


47



46

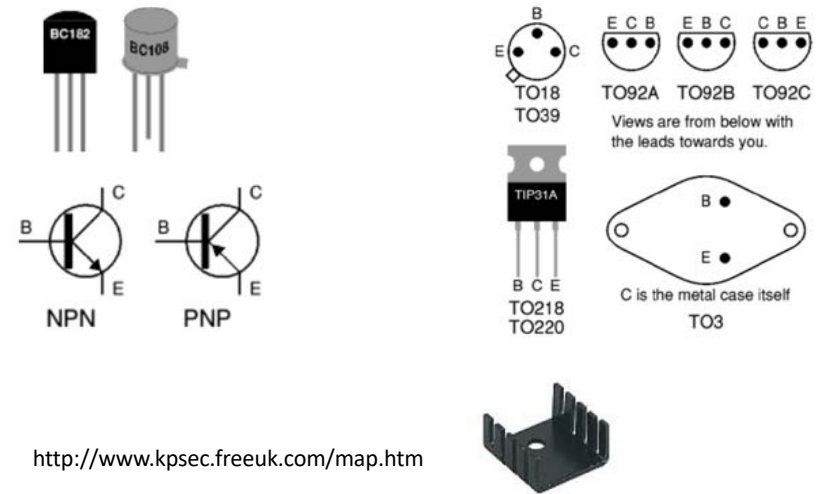
- Λειτουργεί σαν την απλή δίοδο μόνο που για να λειτουργήσει απαιτείται έναυση στην πύλη (Gate)
- Χρησιμοποιείται για:
 - Ανόρθωση μεγάλων εναλλασσομένων ρευμάτων
 - Έλεγχος ισχύος για DC και AC σε βιομηχανικές εφαρμογές και συστήματα ελέγχου
 - Σε συστήματα συναγερμών



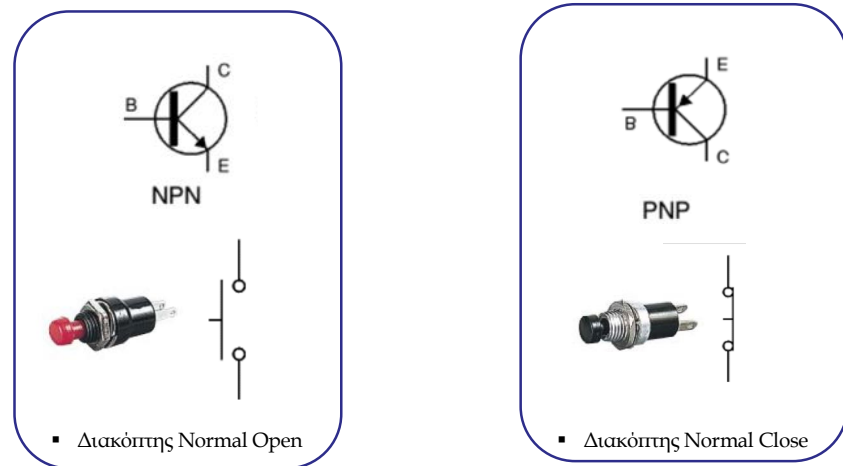
Τρανζίστορ



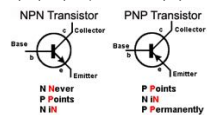
Τυπικά σχέδια



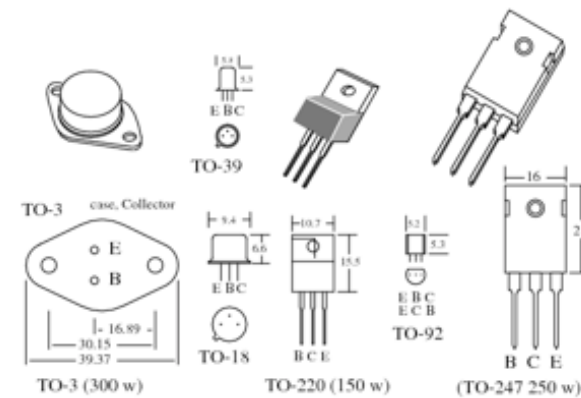
Το τρανζίστορ σαν διακόπτης



Ένα μικρό τρικ για να τα θυμόμαστε

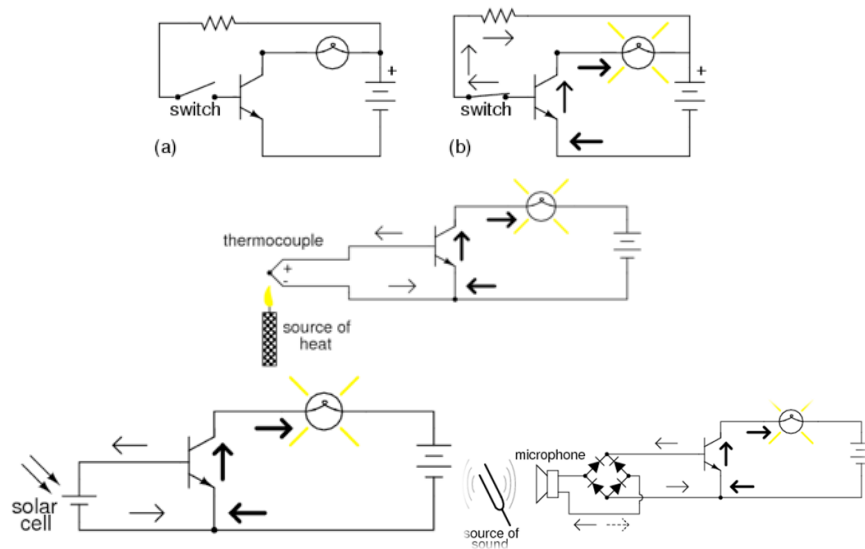


Τυπικά σχέδια



http://www.allaboutcircuits.com/vol_3/chpt_4/12.html

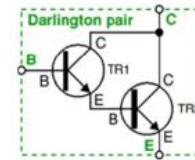
Απλοποιημένα παραδείγματα χρήσης του τρανζίστορ σαν διακόπτης



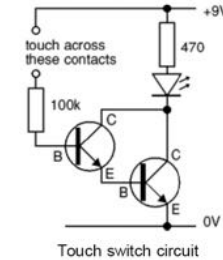
53

Μεγαλύτερο κέρδος ρεύματος με το ζεύγος Darlington

Ζεύγος Darlington: δίνει υψηλό κέρδος ρεύματος (τουλάχιστον 10000), ώστε ένα πολύ μικρό ρεύμα στη βάση να είναι ικανό να «ανοίξει» το τρανζίστορ

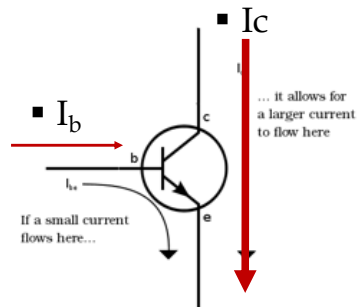


$$h_{FE} = h_{FE1} \times h_{FE2}$$



55

Σχέση ρεύματος βάσης (B) και ρεύματος συλλέκτη (C)



- Το κέρδος ρεύματος του τρανζίστορ συμβολίζεται με h_{fe} ή με το ελληνικό γράμμα β , ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$I_c = h_{fe} I_b$$

Εξασφαλίζοντας ένα μικρό ρεύμα στην βάση (B) πετυχαίνουμε ένα μεγάλο ρεύμα στον συλλέκτη (C) του τρανζίστορ

Π.χ. αν $h_{fe} = 100$ τότε $I_c = 100 I_b$

- $I_c = I_e$
- Ουσιαστικά η έναυση του τρανζίστορ γίνεται με το μικρό ρεύμα στη βάση του, το οποίο καθορίζει το ρεύμα στο I_c συλλέκτη.
- Το ρεύμα που βγαίνει από τον εκπομπού του τρανζίστορ είναι περίπου ίσο με το ρεύμα του συλλέκτη, στην πραγματικότητα είναι $I_e = (\beta + 1) I_b$ που πρακτικά είναι ίσο με I_c , αφού το β είναι αρκετά μεγάλο.

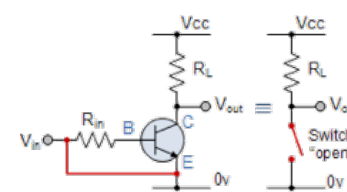
<https://www.youtube.com/watch?v=8DMZSx5xVc>

54

Καταστάσεις λειτουργίας του τρανζίστορ pnp

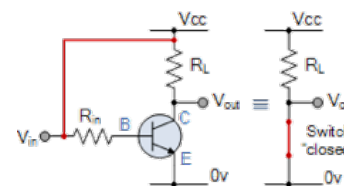
http://www.electronics-tutorials.ws/transistor/tran_4.html

- Το τρανζίστορ σε κατάσταση αποκοπής (ανοιχτός διακόπτης)



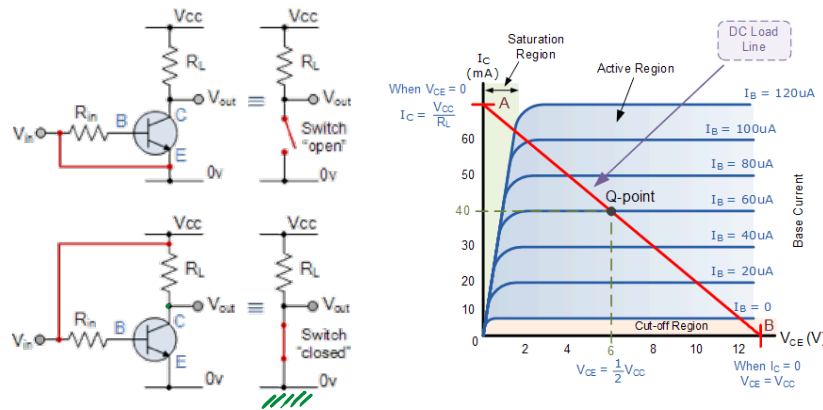
- Η είσοδος συνδέεται με τη γείωση (0v)
- Τάση Βάσης - Εκπομπού $V_{BE} < 0.7v$
- Το τρανζίστορ είναι σε κατάσταση "fully-OFF" (Cut-off region = περιοχή αποκοπής)
- Δεν διαρρέεται από ρεύμα ο συλλέκτης ($I_c = 0$)
- $V_{OUT} = V_{CE} = V_{CC}$ = "λογικό 1"
- Το τρανζίστορ συμπεριφέρεται σαν "ανοιχτός διακόπτης"

- Το τρανζίστορ σε κατάσταση κόρου (κλειστός διακόπτης)



- Η είσοδος συνδέεται με τάση 5v ή με τη VCC
- Η τάση Βάσης - Εκπομπού είναι $V_{BE} > 0.7v$
- Το τρανζίστορ είναι σε κατάσταση "fully-ON" (Saturation region = περιοχή κόρου)
- Μέγιστο ρεύμα από τον συλλέκτη ($I_c = V_{CC}/R_L$)
- $V_{CE} = 0$ (στην ιδανική περίπτωση)
- $V_{OUT} = V_{CE} = "0"$
- Το τρανζίστορ συμπεριφέρεται σαν "κλειστός διακόπτης"

Έλεγχος της λειτουργίας του τρανζίστορ ρυθμίζοντας το ρεύμα της βάσης

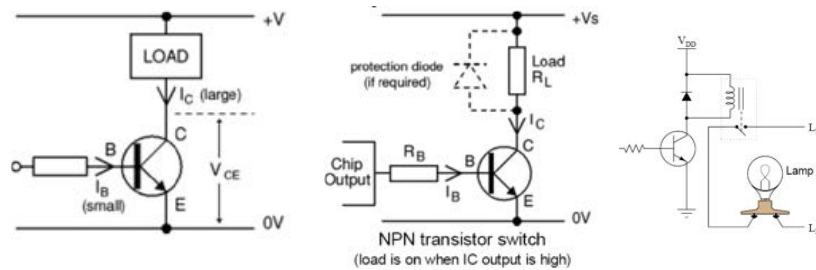


- Το τρανζίστορ μπορεί να θεωρηθεί ως ένας διακόπτης ελεγχόμενος από το ρεύμα της βάσης
- Η ρύθμιση για το ρεύμα της βάσης γίνεται με την κατάλληλη επιλογή της αντίστασης στην βάση του τρανζίστορ
 - $I_b = (V_{in} - V_b) / R_{in}$

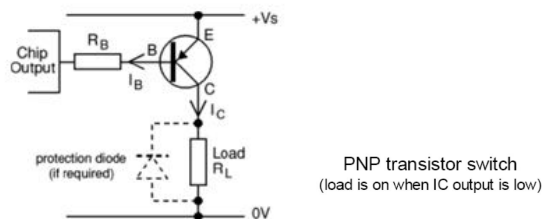
Διάφοροι τύποι τρανζίστορ

NPN transistors								
Code	Structure	Case style	Ic max.	VCE max.	hFE min.	Ptot max.	Category (typical use)	Possible substitutes
BC107	NPN	TO18	100mA	45V	110	300mW	Audio, low power	BC182 BC547
BC108	NPN	TO18	100mA	20V	110	300mW	General purpose, low power	BC108C BC183 BC548
BC108C	NPN	TO18	100mA	20V	420	600mW	General purpose, low power	
BC109	NPN	TO18	200mA	20V	200	300mW	Audio (low noise), low power	BC184 BC549
BC182	NPN	TO92C	100mA	50V	100	350mW	General purpose, low power	BC107 BC182L
BC182L	NPN	TO92A	100mA	50V	100	350mW	General purpose, low power	BC107 BC182
BC547B	NPN	TO92C	100mA	45V	200	500mW	Audio, low power	BC107B
BC548B	NPN	TO92C	100mA	30V	220	500mW	General purpose, low power	BC108B
BC549B	NPN	TO92C	100mA	30V	240	625mW	Audio (low noise), low power	BC109
2N3053	NPN	TO39	700mA	40V	50	500mW	General purpose, low power	BFY51
BFY51	NPN	TO39	1A	30V	40	800mW	General purpose, medium power	BC639
BC639	NPN	TO92A	1A	80V	40	800mW	General purpose, medium power	BFY51
TIP29A	NPN	TO220	1A	60V	40	30W	General purpose, high power	
TIP31A	NPN	TO220	3A	60V	10	40W	General purpose, high power	TIP31C TIP41A
TIP31C	NPN	TO220	3A	100V	10	40W	General purpose, high power	TIP31A TIP41A
TIP41A	NPN	TO220	6A	60V	15	65W	General purpose, high power	
2N3055	NPN	TO3	15A	60V	20	117W	General purpose, high power	

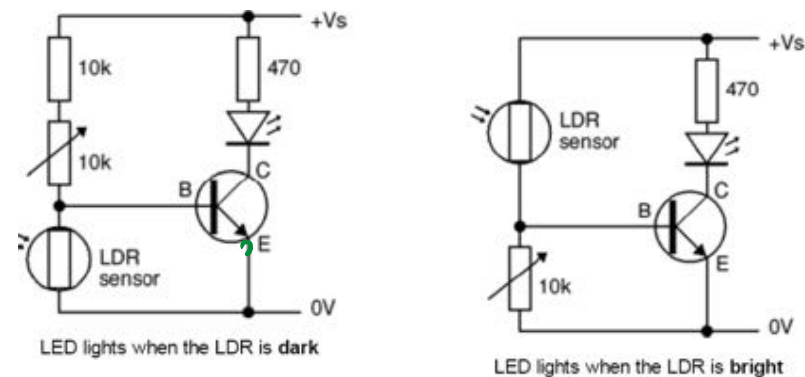
Το τρανζίστορ σαν διακόπτης για την οδήγηση φορτίου



- Προσοχή που τοποθετείται το φορτίο στην περίπτωση του NPN και του PNP



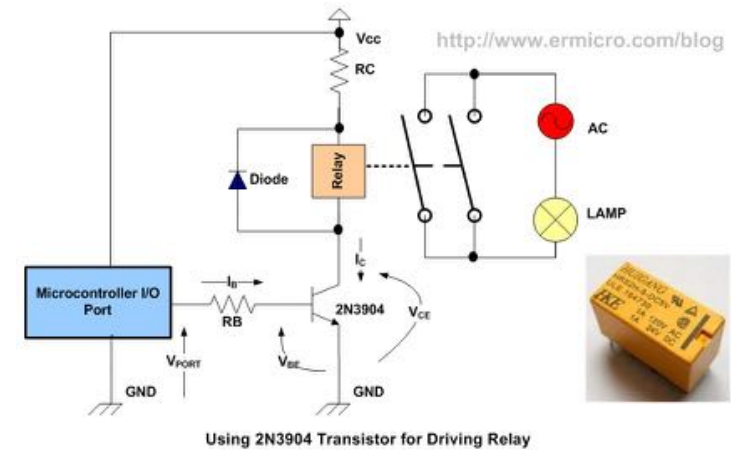
Απλός αυτοματισμός με τη χρήση τρανζίστορ



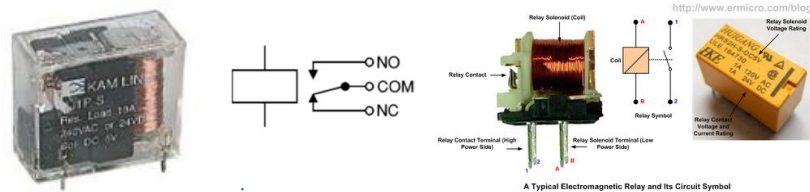
Όταν υπάρχει επαρκής φωτισμός η Αντίσταση LDR γίνεται πολύ μικρή, η τάση στην βάση του τρανζίστορ (B) προσεγγίζει τα 0Volt και το τρανζίστορ γίνεται OFF

Όταν υπάρχει επαρκής φωτισμός η Αντίσταση LDR γίνεται πολύ μικρή, η τάση στην βάση του τρανζίστορ (B) προσεγγίζει την Vs και το τρανζίστορ γίνεται ON

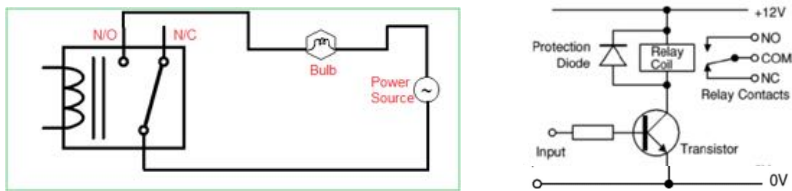
- Διαδικασία υπολογισμού της αντίστασης βάσης για να έρθει το τρανζίστορ σε κατάσταση κόρου
 - Επιλέγω ένα τρανζίστορ (TR) με μέγιστο ρεύμα $I_{c(max)}$ μεγαλύτερο από αυτό που μπορεί να τραβήξει το φορτίο!
 - Υποθέτω ότι το TR βρίσκεται οριακά στον κόρο (sat) με ρεύμα $I_{c(sat)} = I_{c(max)}$ τάση βάση- εκπομπού $V_{be} = 0.7V$ και τάση συλλέκτη-εκπομπού $V_{ce} = 0,2V$.
 - Λαμβάνω ως κέρδος ρεύματος $h_{fe} = \beta$ το ελάχιστο β_{min} που υπάρχει στο datasheet
 - Υπολογίζω το απαιτούμενο ρεύμα βάσης για να οδηγήσω το τρανζίστορ στον κόρο $I_b = I_{c(sat)} / \beta_{min}$
 - Υπολογίζω την αντίσταση που θα μου δώσει το παραπάνω ρεύμα I_b όπως παρουσιάζεται στην συνέχεια $R_b = (V_{trig} - 0.7) / I_b = (V_{trig} - 0.7) \beta_{min} / I_{c(sat)}$
 - Επιλέγω μία αντίσταση που να είναι κοντά στο 1/2 της παραπάνω τιμής ή και μικρότερη ώστε να εξασφαλίσω το απαραίτητο ρεύμα βάσης που θα μου οδηγήσει το τρανζίστορ σε κατάσταση κόρου.



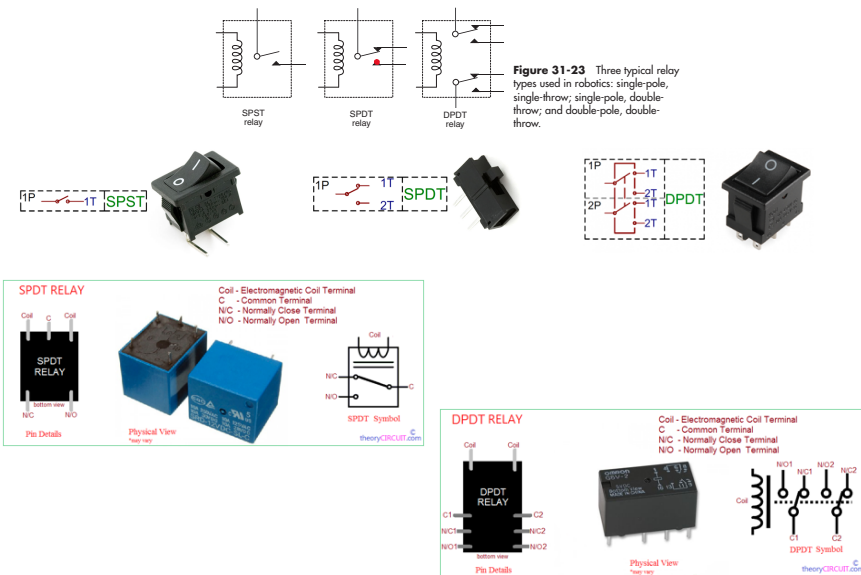
Τρανζίστορ για την ενεργοποίηση ενός Ρελέ



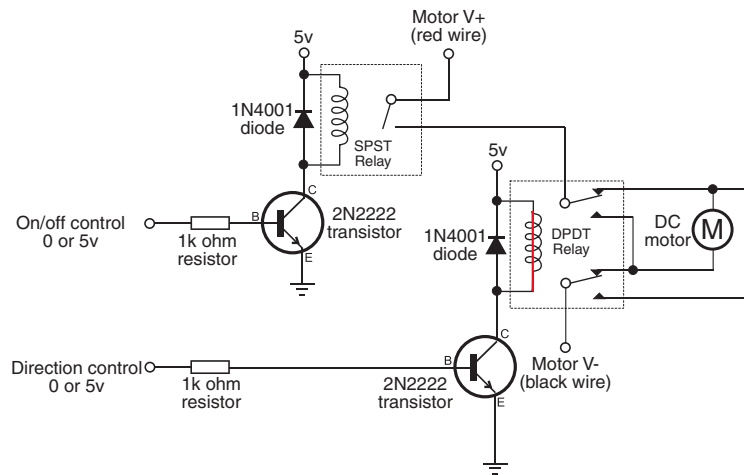
<https://www.youtube.com/watch?v=kWqtS7BET1M>



Διακόπτες και τύποι ρελέ



Έλεγχος φοράς περιστροφής DC κινητήρα με τη χρήση ΡΕΛΕ (1)



Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Ρελέ

Advantages of relays:

- Relays can switch **AC and DC**, transistors can only switch DC.
- Relays can switch **high voltages**, transistors cannot.
- Relays are a better choice for switching **large currents** (> 5A).
- Relays can switch **many contacts** at once.

Disadvantages of relays:

- Relays are **bulkier** than transistors for switching small currents.
- Relays **cannot switch rapidly**, transistors can switch many times per second.
- Relays **use more power** due to the current flowing through their coil.
- Relays **require more current than many ICs can provide**, so a low power transistor may be needed to switch the current for the relay's coil.

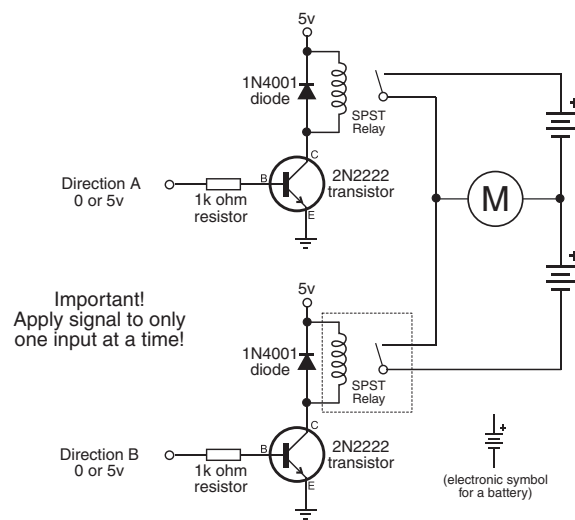


Relays

Photographs © Rapid Electronics

67

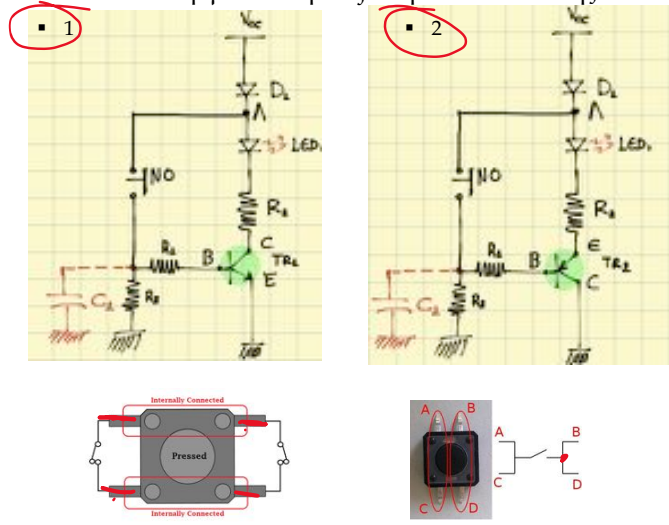
Έλεγχος φοράς περιστροφής DC κινητήρα με τη χρήση ΡΕΛΕ (2)



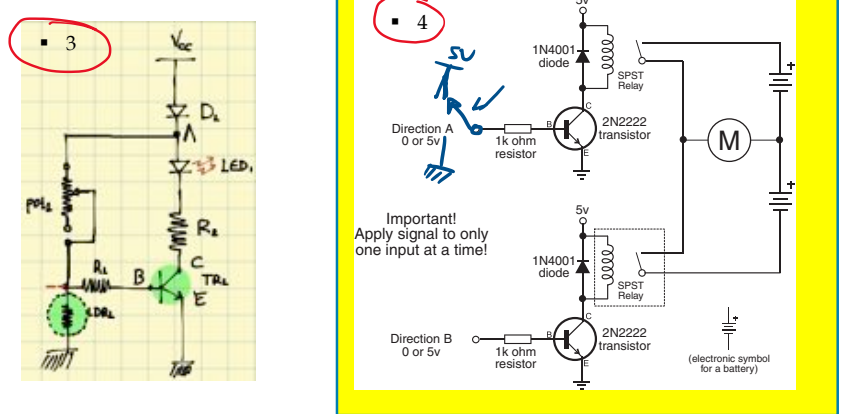
Παρατηρήσεις, σχετικά με το τρανζίστορ και υπολογισμός της αντίστασης βάσης

- Στις διαλέξεις του μαθήματος είδαμε την χρήση του τρανζίστορ σαν ένα ηλεκτρονικό διακόπτη, όπως περιγράψαμε παραπάνω. Όμως το τρανζίστορ, με την κατάλληλη συνδεσμολογία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ενισχυτής ασθενών σημάτων. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ενίσχυση ηλεκτρικών σημάτων μπορεί να αντιμετωπιστεί μεθοδικότερα χρησιμοποιώντας Τελεστικούς ενισχυτές (OPAMPs) τους οποίους και θα μελετήσουμε στα Μηχαντρονικά συστήματα ΙΙ.
- Ουσιαστικά το ρεύμα και όχι η τάση στην βάση του τρανζίστορ είναι η αιτία που ενεργοποιεί το τρανζίστορ.
- Διαδικασία υπολογισμού της αντίστασης βάσης για να έρθει το τρανζίστορ σε κατάσταση κόρου
 - Επιλέγω ένα τρανζίστορ (TR) με μέγιστο ρεύμα $I_{c(max)}$ μεγαλύτερο από αυτό που μπορεί να τραβήξει το φορτίο!
 - Υποθέτω ότι το TR βρίσκεται οριακά στον κόρο (sat) με ρεύμα $I_{c(sat)} = I_{c(max)}$ τάση βάση- εκπομπού $V_{be} = 0.7V$ και τάση συλλέκτη-εκπομπού $V_{ce} = 0,2V$.
 - Λαμβάνω ως κέρδος ρεύματος $h_{fe} = \beta$ το ελάχιστο β_{min} που υπάρχει στο datasheet
 - Υπολογίζω το απαιτούμενο ρεύμα βάσης για να οδηγήσω το τρανζίστορ στον κόρο $I_b = I_{c(sat)} / \beta_{min}$
 - Υπολογίζω την αντίσταση που θα μου δώσει το παραπάνω ρεύμα I_b όπως παρουσιάζεται στην συνέχεια $R_b = (V_{trig} - 0.7) / I_b = (V_{trig} - 0.7) \beta_{min} / I_{c(sat)}$
 - Επιλέγω μία αντίσταση που να είναι κοντά στο 1/2 της παραπάνω τιμής ή και μικρότερη ώστε να εξασφαλίσω το απαραίτητο ρεύμα βάσης που θα μου οδηγήσει το τρανζίστορ σε κατάσταση κόρου.

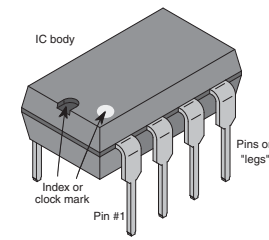
Η Λειτουργία του Τρανζίστορ σαν διακόπτης



Ανίχνευση φωτεινότητας με την βοήθεια φωτο-αντίστασης (LDR)

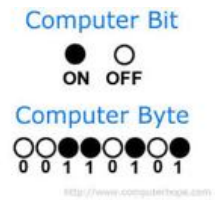


Ψηφιακά κυκλώματα



Δύο καταστάσεις

- 0 ή 1
- Αληθές ή Ψευδές
- Ναι ή όχι
- Μονάδα αποθήκευσης Binary digit (bit)
- Η μικρότερη υποδιαιρέση
- 1 byte = 8 bit (=> 2^8 καταστάσεις)



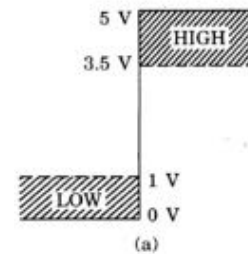
Binary Digit (Bit)	Electronic Charge	Electronic System
1		ON
0		OFF

Παραθέσεις Ψηφίων

1 bit	2 bits	3 bits	4 bits	5 bits
0	00	000	0000	1000
1	01	001	0001	1001
	10	010	0010	1010
	11	011	0011	1011
		100	0100	1100
		101	0101	1101
		110	0110	1110
		111	0111	1111

Κάθε επιπλέον ψηφίο, διπλασιάζει τον αριθμό των δυνατών μεταθέσεων με επανάληψη

185

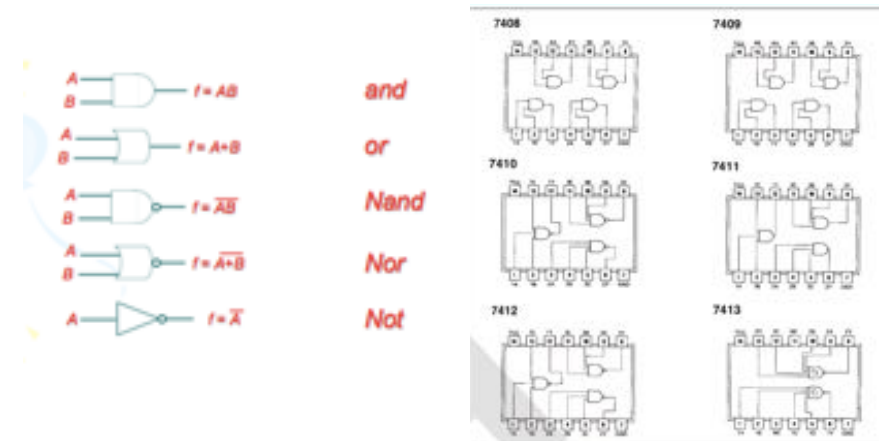


Στα ψηφιακά κυκλώματα που ουσιαστικά αναπαράγουν την ψηφιακή λογική, οι διακεκριμένες τιμές δεν είναι ποτέ 0 και 1. Ανάλογα με την οικογένεια ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που χρησιμοποιούν (TTL ή CMOS) το low παίρνει τιμές από 0 έως 1,5 Volt και το high κυμαίνεται μεταξύ 2,8 και 5 Volt.

Αριθμός bits – Πλήθος Στοιχείων

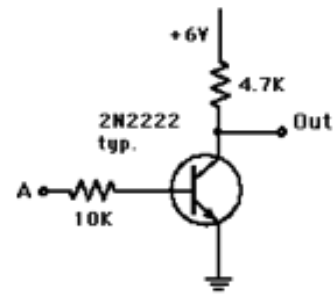
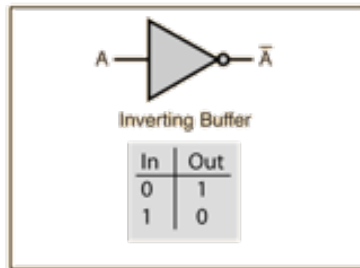
- ◆ Πόσα bits χρειάζεστε για να αναπαραστήσετε τα γράμματα της αλφαβήτου;
5 bits ($2^5=32$)
- ◆ Πόσα bits χρειάζεστε για να αναπαραστήσετε τα δεκαδικά ψηφία (0-9);
4 bits ($2^4=16$)
- ◆ Πόση είναι η σπατάλη στην τελευταία περίπτωση;
60%

187

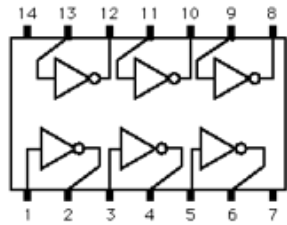


▪ <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Electronic/gate.html>

Πύλη NOT



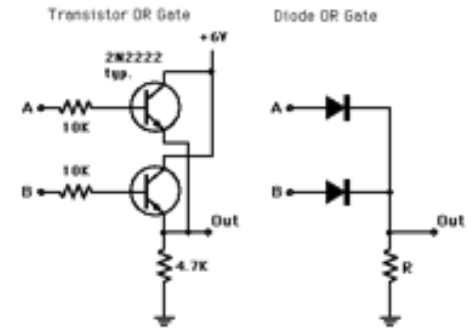
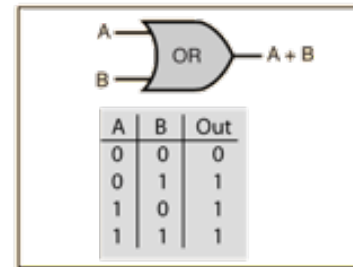
IC 7404 Inverting Buffers



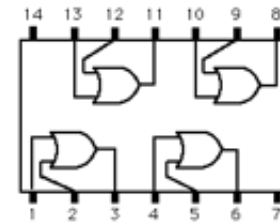
Symbols Negation or inversion

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Electronic/gate.html#c1>

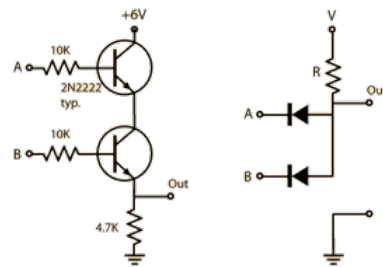
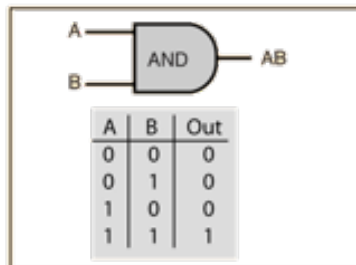
Η πύλη OR



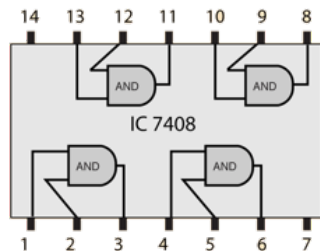
IC 7432 OR Gates



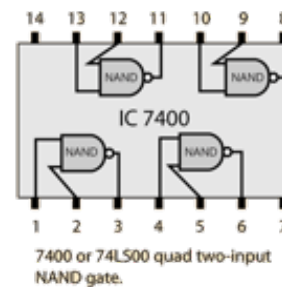
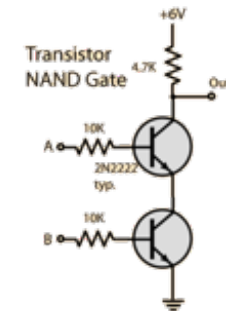
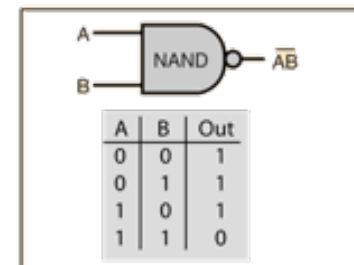
Η πύλη AND

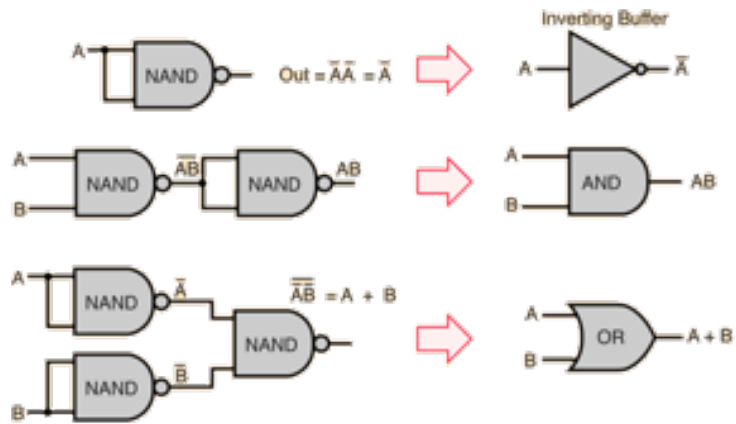


IC7408 AND Gates

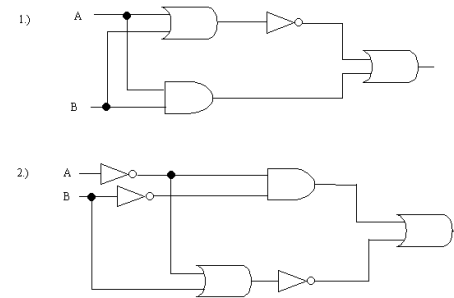


Η πύλη NAND

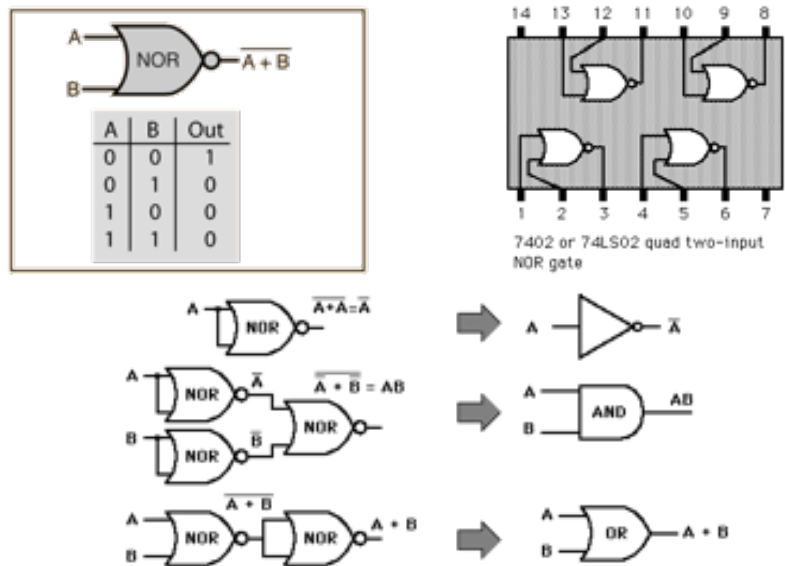




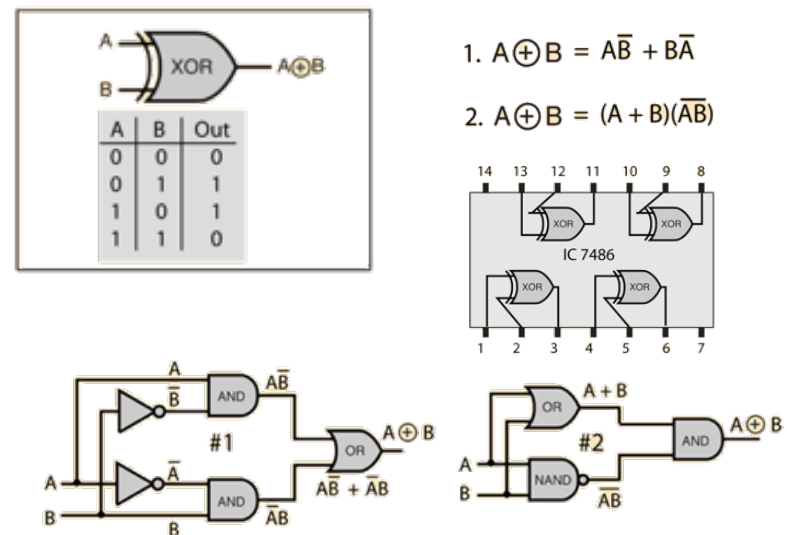
Για τα ακόλουθα κυκλώματα να βρεθούν οι δυαδικές εκφράσεις που συνδέουν τις εισόδους (A, B) με τις εξόδους και να κατασκευαστεί σε κάθε περίπτωση ο πίνακας αλήθειας

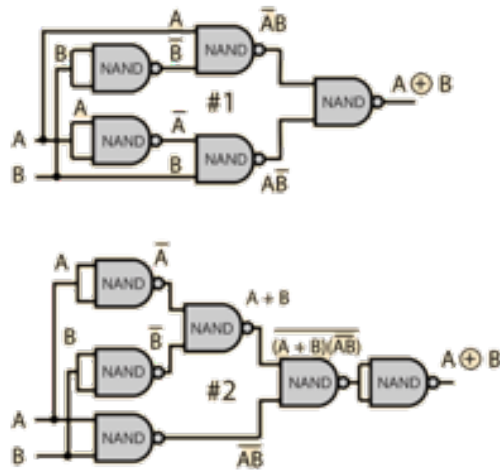


Η πύλη NOR



Η πύλη XOR





Έστω σύστημα συναγερμού εγκατεστημένο σε σπίτι με δύο εισόδους πρόσβασης A και B. Μαγνητικοί μικροδιακόπτες έχουν τοποθετηθεί σε κάθε πόρτα έτσι ώστε να δημιουργείται ένα λογικό "0" όταν οι πόρτες είναι ανοικτές και ένα λογικό "1" όταν είναι ανοικτές. Η μονάδα ηχητικής προειδοποίησης ενεργοποιείται, (ON ή "1"), ή απενεργοποιείται, (OFF ή "0"), με την βοήθεια ενός κρομμίου διακόπτη S. Όταν ο διακόπτης S είναι ενεργοποιημένος, αποστέλλεται προς το λογικό κύκλωμα ένα λογικό "1", ενώ ένα λογικό "0" δηλώνει ότι το σύστημα είναι απενεργοποιημένο.

α) Να διαμορφωθεί μία κατάλληλη Boolean έκφραση που να αντιπροσωπεύει την διέγερση της ηχητικής μονάδας του συναγερμού F όταν το σύστημα είναι ενεργοποιημένο αν ανοίξει η A ή η B πόρτα ή και οι δύο μαζί, A και B.
 β) Να σχεδιασθεί ένα κύκλωμα με πύλες που επαληθεύει την προηγούμενη έκφραση.
 γ) Να χρησιμοποιηθούν μόνο NAND πύλες.
 δ) Να χρησιμοποιηθούν μόνο NOR πύλες.

Άλγεβρα BOOL και θεώρημα De Morgan

Theorem No.	Theorem
1.1	$A + 0 = A$
1.2	$A \cdot 1 = A$
1.3	$A + 1 = 1$
1.4	$A \cdot 0 = 0$
1.5	$A + A = A$
1.6	$A \cdot A = A$
1.7	$A + \bar{A} = 1$
1.8	$A \cdot \bar{A} = 0$
1.9	$A \cdot (B + C) = AB + AC$
1.10	$A + BC = (A + B)(A + C)$
1.11	$A + AB = A$
1.12	$A(A + B) = A$
1.13	$A + \bar{A}B = (A + B)$
1.14	$A(\bar{A} + B) = AB$
1.15	$AB + \bar{A}\bar{B} = A$
1.16	$(A + B) \cdot (A + \bar{B}) = A$
1.17	$AB + \bar{A}C = (A + C)(\bar{A} + B)$
1.18	$(A + B)(\bar{A} + C) = AC + \bar{A}B$
1.19	$AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C$
1.20	$(A + B)(\bar{A} + C)(B + C) = (A + B)(\bar{A} + C)$
1.21	$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \dots = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \dots$
1.22	$\bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \dots = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \dots$

$$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

$$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$$

$$\overline{A \cdot B \cdot C} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C}$$

De Morgan's theorem

- Άσκηση 3.8** Σας παρέχετε μια οπή για νομίσματα μέσα στην οποία ο κόσμος ρίχνει κέρματα. Όταν το κέρμα γλιστρά στη οπή, το κατώτερο σημείο του είναι σε επαφή με το κατώτερο σημείο της οπής. Ο κόσμος ρίχνει στην οπή κέρματα των 5, 10 και 20 λεπτών. Υπάρχουν φωτοαισθητές και μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε ύψος για να ανιχνεύσουν πότε περνούν από την οπή τμήματα των κερμάτων. Η έξοδος του αισθητή γίνεται high, όταν η ακτίνα του διακοπεί· αλλιώς είναι low. Σχεδιάστε ένα σύστημα, που θα ανάβει ένα κόκκινο LED, όταν ρίχνουν ένα κέρμα των 5 λεπτών, ένα κίτρινο LED, όταν ρίχνουν ένα κέρμα των 10 λεπτών και ένα πράσινο LED, όταν ρίχνουν ένα κέρμα των 5 λεπτών.

Ένα σύστημα ελέγχου της στάθμης του νερού σε δεξαμενή λειτουργεί με δύο διακόπτες στάθμης S_1 και S_2 . Οι διακόπτες είναι τοποθετημένοι έτσι ώστε να επιτηρούν το ελάχιστο, S_1 , και το μέγιστο, S_2 , επιτρεπόμενο ύψος της στάθμης του νερού. Οι S_1 και S_2 παράγουν ένα λογικό "1", ενεργοποιούνται, όταν η στάθμη ξεπερνάει το επίπεδο τους ενώ παράτουν ένα λογικό "0", απενεργοποιούνται, όταν η στάθμη του νερού είναι χαμηλότερα από το επίπεδο τους.

Η ελεύθερη επιρροή μέσα στην δεξαμενή πρέπει να βρίσκεται μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης στάθμης ενώ συνεχώς η δεξαμενή τροφοδοτεί το δίκτυο καταναλώσεως στο οποίο είναι συνδεδεμένη. Μια αντίλα P συμπληρώνει τις απαιτήσεις της δεξαμενής διοχετεύοντας προς αυτήν νερό. Μια ηλεκτρομαγνητική βάνα V ανοίγει για να απορριφθεί νερό όταν ξεπεραστεί η ανώτερη στάθμη. Η αντίλα και η βάνα ενεργοποιούνται με ένα λογικό "1" και απενεργοποιούνται με ένα λογικό "0".

α) Να διαμορφωθεί μία κατάλληλη Boolean συνάρτηση η οποία να ικανοποιεί τις επιθυμητές λειτουργίες ελέγχου.
 β) Να κατασκευαστεί το κατάλληλο λογικό κύκλωμα.
 γ) Να χρησιμοποιηθούν μόνο NAND πύλες.
 δ) Να χρησιμοποιηθούν μόνο NOR πύλες.

Χρήσιμες διευθύνσεις

<http://www.electronics-lab.com/downloads/index.html> DATASHEETS

<http://www.kpsec.freeuk.com/map.htm> ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΞΗ

<http://www.doctronics.co.uk/> ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΞΗ

http://www.allaboutcircuits.com/vol_3/chpt_4/12.html TRANSISTOR

