

10. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΛΟΓΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

10.1 Εισαγωγή στο Ολοκληρωμένο Κύκλωμα (integrated circuit) IC

Ένα IC αποτελείται από ένα κομμάτι ημιαγωγίου υλικού (σιλικόνης) ονομαζόμενο chip που περιέχει πύλες και ηλεκτρονικά στοιχεία τα οποία ενώνονται εσωτερικά μεταξύ τους και σχηματίζουν αυτοτελή κυκλώματα τα οποία καταλήγουν σε ακροδέκτες (pins) ώστε να συνδέονται σε ένα εξωτερικό κύκλωμα. Κάθε IC φέρει πάνω του ένα χαρακτηριστικό αριθμό ανάλογα με το είδος των πυλών που σχηματίζει στο εσωτερικό του. Ο αριθμός των ακροδεκτών –pins είναι συνήθως 14,16,64 π.χ. το IC 7404 περιέχει σε ένα κομμάτι ημιαγωγού με διαστάσεις 20x8x3 χιλιοστά 6 πύλες NOT, ενώ σε ένα κομμάτι με διαστάσεις 50x15x4 χιλιοστά περιέχεται το πολυπλοκότερο κύκλωμα ενός επεξεργαστή ενός PC.

Τα IC διακρίνονται σε 4 κατηγορίες ανάλογα με την πολυπλοκότητα των κυκλωμάτων που περιέχουν. Αυτές είναι :

- A. Τα IC Μικρής Σκάλας Ολοκλήρωσης–Small Scale Integration SSI– μέχρι 10 πύλες
- B. Τα IC Μεσαίας Σκάλας Ολοκλήρωσης – Medium Scale Integration – MSI – από 10 μέχρι 100 πύλες
- Γ. Τα IC Μεγάλης Σκάλας Ολοκλήρωσης – Large Scale Integration – LSI – από 100 μέχρι μερικές χιλιάδες πύλες
- Δ. Τα IC Πολύ Μεγάλης Σκάλας Ολοκλήρωσης – Very Large Scale Integration – VLSI – με χιλιάδες πύλες π.χ. διατάξεις μνήμης, κυκλώματα ενός επεξεργαστή κ.λ.π.

10.2 Εισαγωγή στις οικογένειες των Λογικών Κυκλωμάτων

Τα συνδυαστικά κυκλώματα αποτελούνται από λογικές πύλες με χαρακτηριστικό στοιχείο ότι κάθε έξοδός τους είναι μια άμεση ανταπόκριση των δεδομένων της εισόδου του, χωρίς χρονική καθυστέρηση πέραν του χρόνου προσπέλασης, δτ, των στοιχείων που αποτελούν το κύκλωμα και από το πλήθος τέτοιων στοιχείων που συναντά το σήμα μέχρι την έξοδο.

Υπάρχουν αρκετές Τεχνολογίες ολοκληρωμένης λογικής που πραγματοποιούν τις ίδιες λογικές συναρτήσεις αλλά με διαφορετικές δυνατότητες. Μερικά από τα πιο γνωστά χαρακτηριστικά είναι α) η τεχνική κατασκευής β) η λογική λειτουργίας γ) η καθυστέρηση διάδοσης σήματος δ) η κατανάλωση ενέργειας ε) η ικανότητα οδήγησης άλλων βαθμίδων ζ) η αναισθησία στο θόρυβο κ.λ.π.

Αναλυτικά:

α) Υπάρχουν διάφορες Τεχνικές κατασκευής από τις πολύ παλιές RTL, HTL, την επίσης παλαιά αλλά από τις πλέον γνωστές η πολύ δημοφιλής TTL, η I²L, η ECL όπως και η CMOS (MOS, NMOS, PMOS). Κάθε μια Τεχνική κατασκευής έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Παρακάτω θα δούμε μερικά στοιχεία για την κάθε μια από τις πιο χρήσιμες.

β) Όλα τα ηλεκτρονικά λογικά κυκλώματα είναι δυο καταστάσεων όπου το λογικό ένα-'1' αντιστοιχεί σε μια θετική τάση (+5V ή +15 V) οπότε έχουμε κυκλώματα θετικής λογικής ή σε μια αρνητική τάση (-5V ή -15 V) οπότε έχουμε κυκλώματα αρνητικής λογικής. Αλλαγή της λογικής αλλάζει και την λειτουργία του κυκλώματος Συνήθως χρησιμοποιείται η θετική λογική.

γ) Η καθυστέρηση διάδοσης σήματος (Propagation Delay Time t_{pd}) μέσω του κυκλώματος εξαρτάται από την Τεχνική κατασκευής δηλαδή σε ποια οικογένεια ανήκει. Κυμαίνεται από 1 έως 1000ns. Στα TTL ο χρόνος t_{pd} είναι από 15 ÷ 20 ns.

δ) Η κατανάλωση ενέργειας είναι συνάρτηση της ταχύτητας. Όσο μεγαλύτερη ταχύτητα έχει το κύκλωμα τόσο μεγαλύτερη είναι και η κατανάλωση ενέργειας. Οι οικογένειες που χρησιμοποιούν τρανζίστορ διπολικής Τεχνολογίας έχουν μεγάλες ταχύτητες αλλά και μεγάλη κατανάλωση. Ενώ οι οικογένειες Τεχνολογίας MOS-FET έχουν μικρή κατανάλωση ενέργειας αλλά και μικρή ταχύτητα.

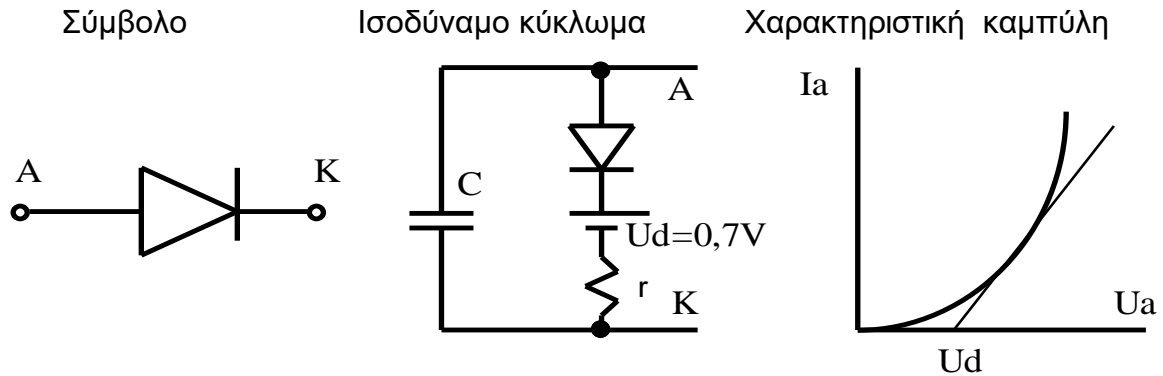
Το γινόμενο 'ταχύτητας X κατανάλωση ενέργειας' είναι ένα κριτήριο για το ποια οικογένεια θα επιλέξουμε ανάλογα με το πόσο χαμηλό είναι αυτό το γινόμενο.

ε) Η ικανότητα οδήγησης άλλων βαθμίδων (Fan out capability) είναι το πλήθος των άλλων κυκλωμάτων που μπορεί να οδηγήσει μια πύλη χωρίς να επηρεαστεί η λειτουργία της π. χ Fan out = 10 σημαίνει ότι μπορεί να οδηγήσει μέχρι και δέκα άλλες απλές πύλες.

ζ) Η αναισθησία στο θόρυβο ή αλλιώς η ευαισθησία του κυκλώματος είναι η ικανότητα να μην επηρεάζεται η λειτουργία του από τον ηλεκτρονικό θόρυβο, τόσο τον δικό του όσο και τον γειτονικών κυκλωμάτων. Τέτοιος θόρυβος είναι η στάθμη τάσης DC, οι υψηλές συχνότητες και οι υπερτάσεις μικρής διάρκειας, που σε ορισμένες περιπτώσεις θα μπορούσε να αλλάξει λογικές καταστάσεις του κυκλώματος χωρίς αυτό να είναι επιθυμητό. Όλα τα λογικά κυκλώματα έχουν κατάλληλο κύκλωμα για την αποφυγή τέτοιου ενδεχόμενου και αυτό είναι ένα σοβαρό κριτήριο στην επιλογή μιας οικογένειας ολοκληρωμένων.

Τα βασικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, πέραν από τα γνωστά παθητικά στοιχεία αντιστάσεις, πηνία, πυκνωτές, είναι η δίοδος, το τρανζίστορ (απλό ή διπολικό, ή το Mosfet).

1. Η δίοδος έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά



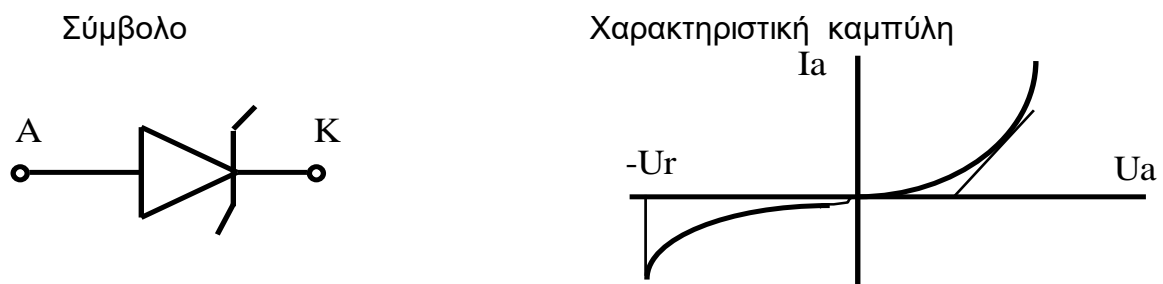
όπου r = εσωτερική αντίσταση

U_d = τάση επαφής

C = κατανεμημένη χωρητικότητα A-K

Αγωγή της διόδου έχουμε όταν η άνοδος είναι θετικότερη της καθόδου (στην θετική λογική) ή αλλιώς $U_a \gg U_d$

2. Μια παραλλαγή της απλής διόδου είναι η δίοδος Zener η οποία χρησιμοποιείται για σταθεροποίηση της τάσης ενός κυκλώματος. Συνήθως χρησιμοποιείται σαν προστασία σε κυκλώματα από τυχόν υπερτάσεις.

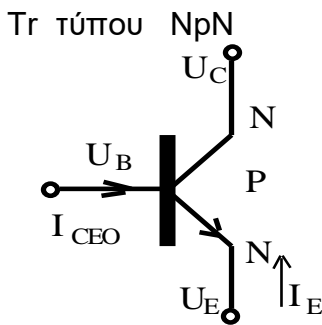
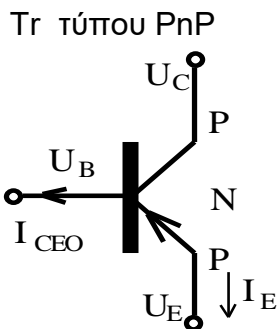


3. Το τρανζίστορ αποτελεί τον κορμό των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, είναι δυο τύπων NPN ή PNP, και χρησιμοποιείται σαν διακοπτικό κύκλωμα αφού λειτουργεί σε δυο καταστάσεις, την αγωγή (κόρος) και στην αποκοπή.

α) Αποκοπή (OFF)

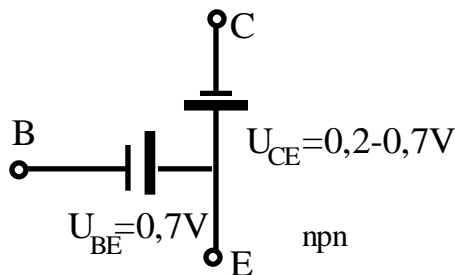
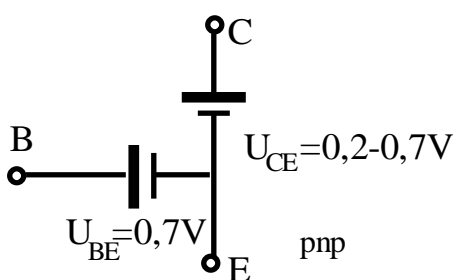
Για να οδηγηθεί ένα T_r την αποκοπή πρέπει :

1. το δυναμικό της βάσης του U_B να γίνει ίσο με το δυναμικό του εκπομπού U_E
2. να δοθεί στη βάση ρεύμα ίσο προς το ρεύμα διαρροής I_{CEO} (γνωστό από τον κατασκευαστή) αλλά αντιθέτου φοράς.



β) Αγωγιμότητα (ON)

Τα ισοδύναμα κυκλώματα ενός Tr τύπου pnp και npn στον κόρο είναι:

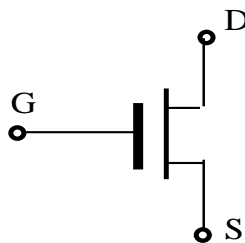


και για να γίνουν αγωγή πρέπει να ισχύει η σχέση $I_B \cdot h_{FE(min)} \geq I_C$ όπου:

- I_B το ρεύμα της βάσης,
- I_C το ρεύμα του συλλέκτη βάσης και

$h_{FE(min)}$ το κέρδος ενίσχυσης ρεύματος (η ελάχιστη δυνατή τιμή του κατασκευαστή).

4. Το MOS-FET είναι ημιαγωγός στον οποίο η ροή των ηλεκτρονίων ελέγχεται από



ηλεκτρικά πεδία. Έχουν ένα τύπο φορέων n-channel ή p-channel, και τρεις ακροδέκτες **S**ource, **D**rain, **G**ate αντίστοιχους των Εκπομπού-Συλλέκτη - Βάση του Tr

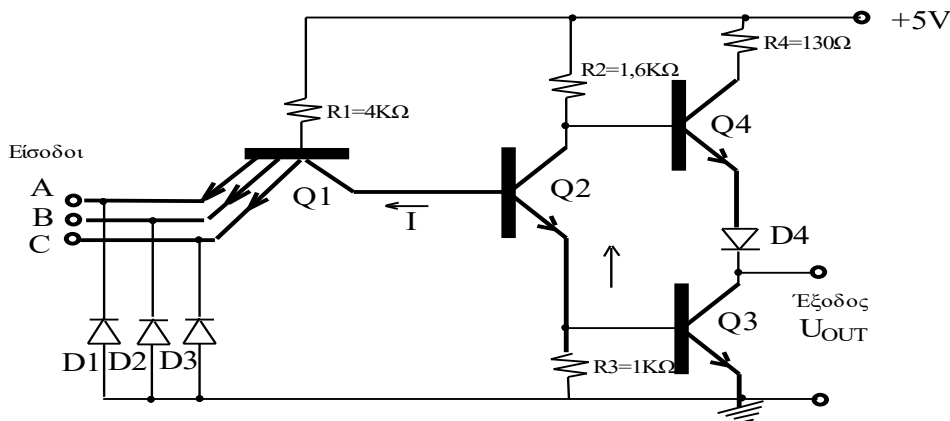
Η μεταβολή της τάσης της βάσης (Gate) προκαλεί μεταβολή της αντίστασης του διαύλου (channel) μεταξύ εκπομπού -

συλλέκτη (Source - Drain) άρα και μεταβολή της ροής του ρεύματος. Η αντίσταση εισόδου είναι μεγαλύτερη των $10^7 \Omega$ και της εξόδου μεγαλύτερη των $10^5 \Omega$.

10.3 Οικογένεια ολοκληρωμένων Τεχνολογίας TTL (Λογικής Τρανζίστορ-Τρανζίστορ)

Είναι η δημοφιλέστερη και πλέον γνωστή τεχνολογία και χρησιμοποιείται από όλους τους κατασκευαστές. Βασίζεται στην παλαιότερη Τεχνολογία DTL όπου όμως έχουν αντικατασταθεί οι δίοδοι των εισόδων από Tr πολλαπλών εισόδων.

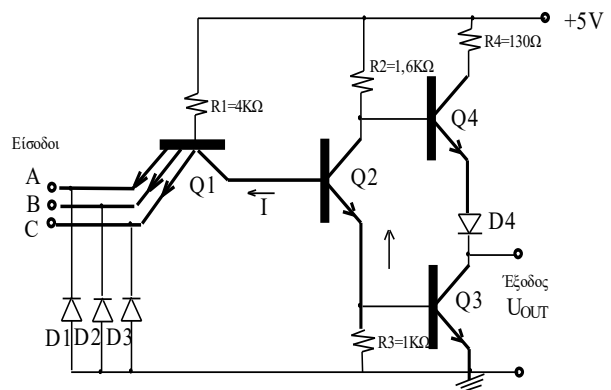
Μια πύλη NAND τριών εισόδων φαίνεται στο σχήμα.



Ο τρόπος που λειτουργεί η πύλη είναι ο παρακάτω:

Όταν όλες οι εισόδους της είναι σε λογικό ένα-‘1’, το ρεύμα βάσης του Tr Q1 (στην ανάστροφη περιοχή των καμπυλών του) ρέει μέσω της επαφής Base-Collector στην βάση του Tr Q2 και το θέτει σε λειτουργία (α - σημείο της χαρακτηριστικής).

Η πτώση τάσης στην αντίσταση R3 κάνει αγωγίμο το Tr Q3 (β-σημείο της χαρακτηριστικής) και το Tr Q4 οδηγείται στην αποκοπή (γ-σημείο της χαρακτηριστικής) οπότε η έξοδος του κυκλώματος τώρα είναι 0,2V (τάση βάσης-συλλέκτη με το Tr σε κορεσμό) άρα σε λογικό μηδέν-‘0’.



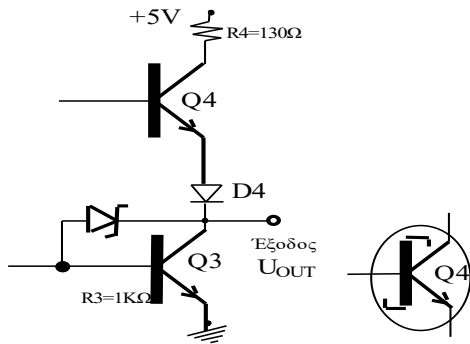
Αν μια από τις τρεις εισόδους γίνει μηδέν-‘0’ τότε το Tr Q1 γίνεται αγωγίμο οπότε οδηγεί το Tr Q2 και στη συνέχεια το Tr Q3 σε αποκοπή ενώ το Tr Q4 γίνεται αγωγίμο και η έξοδος συνδέεται μέσω της διόδου D4 σε λογικό ένα-‘1’.

Μια άλλη κατηγορία TTL με ανοικτό συλλέκτη δεν χρησιμοποιείται και τόσο επειδή είναι πιο αργή και έχει περισσότερο θόρυβο, ενώ το πλεονέκτημά της είναι ότι χωρίς να συνδεθεί άλλη πύλη μπορούν να συνδεθούν αρκετές έξοδοι μαζί και να λειτουργήσουν σε σύνδεση καλωδιωμένου ΚΑΙ (στο κύκλωμα η αντίσταση των 130Ω δεν υπάρχει και συνδέεται εξωτερικά μια αντίσταση αναρρίχησης 1KΩ).

Μια υποκατηγορία ενός τυπικού κυκλώματος TTL προκύπτει αν στο κύκλωμα μειωθούν οι αντιστάσεις οπότε αυξάνεται η κατανάλωση όμως αυξάνεται και η ταχύτητα του κυκλώματος. Το αντίστροφο αποτέλεσμα προκύπτει αν αυξηθούν οι αντιστάσεις οπότε έχουμε μείωση της κατανάλωσης και της ταχύτητας. Η πρώτη υποκατηγορία είναι η σειρά TTL-74Hxx/54Hxx τα οποία σχεδόν έχουν αντικατασταθεί από την σειρά 74Sxx, και η δεύτερη η TTL-74Lxx/54Lxx.

Με την αύξηση των τιμών των αντιστάσεων έχουμε περίπου 10 φορές μικρότερη κατανάλωση και 3 φορές μικρότερη ταχύτητα από τα τυπικά TTL. Μπορούν να οδηγήσουν 2 πύλες υψηλής ισχύος και 10 πύλες χαμηλής ισχύος. Έχουν σχεδόν πλήρως αντικατασταθεί από την Τεχνολογία CMOS.

Η υποκατηγορία με αυξημένη ταχύτητα, που ξεπέρασε το πρόβλημα του χρόνου εναποθήκευσης των κορεσμένων Τρανζίστορ, είναι η τύπου Schottky (Σοτκι) 74Sxx.



Η χρήση της διόδου Schottky που κατασκευάζεται με σύνδεση μετάλλου /ημιαγωγού ανοίγει και κλείνει πολύ γρήγορα και συνδέεται μεταξύ βάσης και συλλέκτη. Η διόδος γίνεται αγωγίμη όταν η πτώση τάσης του συλλέκτη πέσει περίπου 0,3 V κάτω από την πτώση τάσης της

βάσης. Έτσι η τάση του συλλέκτη είναι περίπου 0,4 V και αυτό προλαμβάνει το τρανζίστορ από τον κορεσμό. Αφού το τρανζίστορ δεν είναι κορεσμένο και η διόδος δεν έχει χρόνο εναποθήκευσης μπορούν και τα δυο να σταματήσουν να είναι αγωγιμα πολύ γρήγορα. Στα IC η διόδος είναι ενσωματωμένη σαν τμήμα του τρανζίστορ.

Η Τεχνολογία Schottky TTL 74Sxx/54Sxx έχει αρκετά λιγότερη ισχύ από την απλή σειρά TTL και την σειρά TTL υψηλής ισχύος και είναι 4 φορές και 2 φορές ταχύτερη από αυτές αντίστοιχα, ενώ αυξάνοντας λίγο τις τιμές των αντιστάσεων τα μετατρέπουμε σε χαμηλής ισχύος που είναι λίγο πιο γρήγορα από την απλή σειρά TTL, έχουν όμως το 1/5ο της κατανάλωσης ισχύος και συνδέονται ευκολότερα με IC τεχνολογίας CMOS.

Τα βασικά στοιχεία που πρέπει να γνωρίζουμε όταν χρησιμοποιούμε IC τύπου TTL είναι τα παρακάτω:

- α. Οι έξοδοι πυλών δεν πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους εκτός αν έχουμε εξόδους ανοικτού συλλέκτη ή τριών καταστάσεων.
- β. Όσες είσοδοι πυλών δεν χρησιμοποιούνται πρέπει να συνδέονται σε λογικό ένα-'1' ή σε λογικό μηδέν-'0' (ανάλογα με την πύλη)
- γ. Ένα πυκνωτής αποσύζευξης 0.1μF ή 0,01μF πρέπει να συνδέεται μεταξύ του άκρου της Vcc και Gnd σε κάθε IC.

- δ. Η τάση τροφοδοσίας να μην ξεπεράσει τα +7V και το μέγιστο σήμα εισόδου να είναι μεταξύ -1.,5 έως +5,5 V
- ε. Η μέγιστη ικανότητα οδήγησης είναι 10 πύλες της απλής TTL και έως 20 πύλες 74Lxx και 74Sxx.
- ζ. Οι αγωγοί σύνδεσης των κυκλωμάτων να μην ξεπερνούν το 0,35-0,40 μ. ειδικά δε στη σειρά 74Sxx τα 0,15 μ.

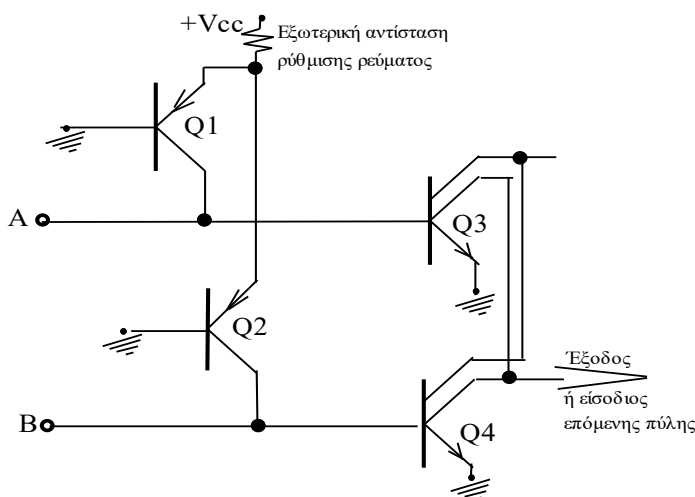
10.4 Οικογένεια ολοκληρωμένων Τεχνολογίας ECL (Λογικής Συζευγμένου Εκπομπού Emitter Coupled Logic)

Χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό κύκλωμα για να πετύχει μικρές καθυστερήσεις στη διάδοση με αποτέλεσμα να έχει υψηλή ταχύτητα όμως μειονεκτεί σε ευαισθησία στο θόρυβο, η μεγάλη κατανάλωση ισχύος και η μικρή διαφορά επιπέδων τάσης για το λογικό ένα-'1' (-0,75V) και το λογικό μηδέν-'0' (-1,55V).

10.5 Οικογένεια ολοκληρωμένων Τεχνολογίας I²L (Λογικός Εκχυτής Ρεύματος Integrated Injection Logic)

Ο λογικός εκχυτής ρεύματος είναι ένα διπολικό τρανζίστορ που δεν χρησιμοποιείται σε απλές διακεκριμένες πύλες αλλά μόνο σε ολοκληρωμένα με αρκετές χιλιάδες πύλες σαν ένα πλήρες κύκλωμα όπως ένας μικροεπεξεργαστής ή ένα κύκλωμα ρολογιού. Η βασική πύλη που χρησιμοποιεί φαίνεται στο σχήμα

Με λίγα λόγια η λειτουργία του είναι ότι αν η είσοδος A είναι σε λογικό ένα-'1' ή



ανοικτή, το ρεύμα δια του Tr Q1 θα περάσει δια μέσου της σύνδεσης βάσεως-εκπομπού του Tr Q3, το οδηγεί σε κορεσμό και δίδει μια χαμηλή έξοδο τάσης περίπου 50mV σε κάθε συλλέκτη. Εάν η τάση στην A είσοδο είναι μικρότερη των 50mV ή μηδέν (0), το ρεύμα δεν κατευθύνεται στην βάση του Tr

Q3, αυτό θα τεθεί εκτός λειτουργίας και ο κάθε συλλέκτης θα διατηρήσει την υψηλή τιμή στην οποία συνδέεται.

Τα πλεονεκτήματα της σειράς είναι:

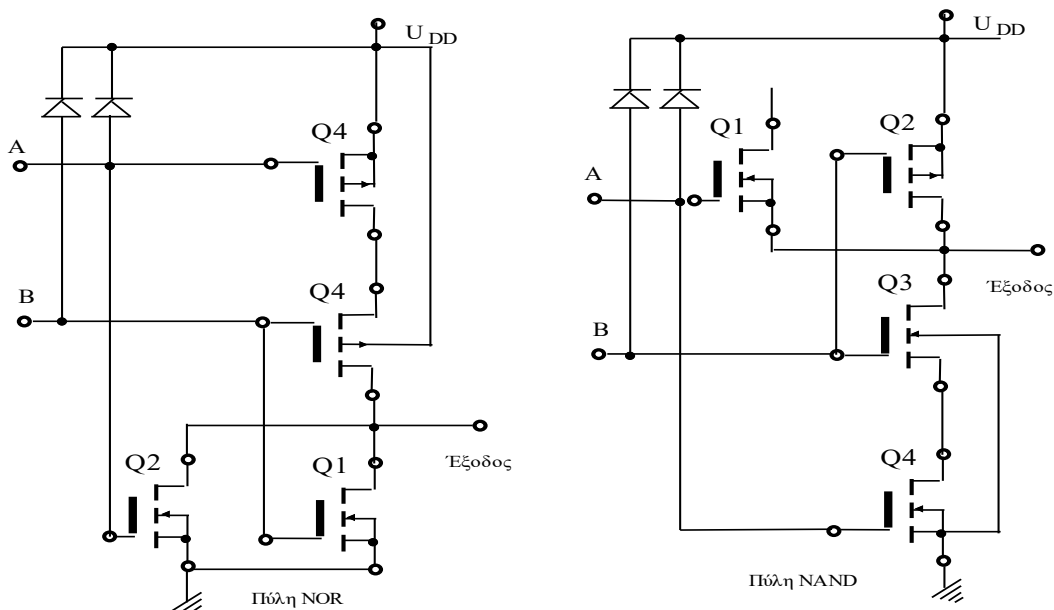
α). Η απλότητα των πυλών και η χαμηλή κατανάλωση ισχύος κάτι που επιτρέπει την κατασκευή πολλών πυλών σε μια πολύ μικρή περιοχή ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος.

β). Μπορούν να μεταβληθούν η καθυστέρηση διάδοσης και οι απώλειες ισχύος με κατάλληλο προγραμματισμό του διαχέοντος ρεύματος. γ) Δεν δημιουργείται κανένας θόρυβος από το άνοιγμα-κλείσιμο των πυλών πάνω στην γραμμή τροφοδοσίας V_{CC} , όπως συμβαίνει στα TTL, επειδή τα ρεύματα είναι σταθερά.. και τέλος δ) Πλεονεκτούν στην δυνατότητα ότι μπορούν να κατασκευαστούν εύκολα στο ίδιο ολοκληρωμένο μαζί με διπολικά αναλογικά κυκλώματα π.χ τελεστικούς ενισχυτές. Σαν μειονέκτημα τους έχουν το ότι βρίσκονται πίσω στην σχετικά με την διεργασία κατασκευής τους σε σχέση με τα CMOS που τα ανταγωνίζονται.

10.6 Οικογένεια ολοκληρωμένων Τεχνολογίας CMOS (Λογική ημιαγωγών συμπληρωματικού μεταλλικού οξειδίου -Complementary Metal Oxide Semiconductor)

Είναι η νεώτερη οικογένεια, έχει Δε μερικά διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, τάση τροφοδοσίας με μεγάλα όρια 5-15V, καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο, έχουν μεγαλύτερη αναισθησία στο θόρυβο 4 φορές περίπου μεγαλύτερη όταν λειτουργεί με τάση 5V κ.λ.π Από τις πολλές κατηγορίες MOS (PMOS, NMOS, DMOS, κ.λ.π μόνο η CMOS χρησιμοποιείται στην κατασκευή ολοκληρωμένων με διακριτές πύλες.

Μια πύλη NAND και μια πύλη NOR τεχνολογίας CMOS φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Τα ολοκληρωμένα τύπου CMOS είναι πολύ ευαίσθητα στο στατικό ηλεκτρισμό και για τον λόγο αυτό χρειάζονται προσοχή κατά την χρήση τους.

10.6.1 Χειρισμός υλικού τύπου MOS

Επειδή τα ολοκληρωμένα τύπου CMOS είναι πολύ ευαίσθητα στο στατικό ηλεκτρισμό και για τον λόγο αυτό χρειάζονται προσοχή κατά την χρήση τους.

Τα βασικά στοιχεία που πρέπει να γνωρίζουμε όταν χρησιμοποιούμε IC τύπου CMOS είναι τα παρακάτω:

α. Όλες οι εισοδοί που δεν χρησιμοποιούνται πρέπει να συνδέονται στο '1' ή στο '0', (ανάλογα με την πύλη), ώστε να έχουν πάντα λογική που επιθυμούμε στην πύλη, **Δεν** πρέπει να μένουν στον αέρα γιατί οι ανοικτές εισοδοί συσσωρεύουν στατικό ηλεκτρισμό.

β. **Ποτέ** δεν πρέπει να εφαρμόζονται τάσεις (λογικό '1' ή '0') στις εισόδους αν πρώτα δεν τροφοδοτηθεί με τάση το ολοκληρωμένο.

γ. Οι εισοδοί του CMOS που θα συνδεθούν σε εξωτερικό κύκλωμα πρέπει να συνδέονται μέσω αντιστάσεων .

δ. Αν εργαζόμαστε σε μεταλλικό πάγκο αυτός πρέπει να είναι **γειωμένος**, και τα IC να αποθηκεύονται σε αλουμινόχαρτο ή αγωγίμο αφρολέξ. Επίσης **δεν πρέπει** να τοποθετούμε ή να αφαιρούμε IC με τάση στο κύκλωμα.

10.7. Διασύνδεση μεταξύ λογικών οικογενειών

10.7.1 Γενικά χαρακτηριστικά σύγκρισης

Μερικά από τα χαρακτηριστικά για την σύγκριση των διαφόρων οικογενειών ολοκληρωμένων φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Χαρακτηριστικά	TTL	CMOS	ECL	DTL
Fun Out	10	50	25	4÷5
Κόστος	Χαμηλό	Μέσο/Υψ	Χαμ/Μέτ	Χαμηλό
Κατανάλωση ισχύος (mW/πύλη)	12÷22	1	40÷60	8÷12
Αναισθησία στον εξωτερικό	Πολύ Καλή	Πολύ Καλή	Καλή	Καλή
θόρυβο (Noise Immunity)				
Τάση λειτουργίας	5V	4,5÷16V	-5,2V	5V
Χρόνος διάδοσης	4÷12	70	1÷2	30
(Propagation delay time (nsec/πύλη)				

Θερμοκρασία λειτουργίας (0C)	0÷75	0÷75	0÷75	0÷75
------------------------------	------	------	------	------

Όπου: **Fun Out** είναι ο αριθμός των εισόδων πυλών (συνήθως της ίδιας οικογένειας) που μπορεί να οδηγήσει η έξοδος μιας πύλης.

Αναισθησία στο θόρυβο. Ο θόρυβος μπορεί να προέρχεται από τα γειτονικά ηλεκτρικά κυκλώματα κινητήρων, ηλ. επαφών, μαγνητικών πεδίων κ.λ.π. Από αλληλεπίδραση παρασιτικών παλμών λόγω των κατανεμημένων αυτεπαγωγών ή χωρητικότητων από διασταύρωση γραμμών κ.α. Όσο λιγότερο επηρεάζονται τα ολοκληρωμένα τόσο το καλύτερο.

10.7.2 Διασύνδεση μεταξύ TTL

Η διασύνδεση μεταξύ των διαφόρων οικογενειών TTL (74LS00 & 74L00) είναι απλή γιατί τα επίπεδα των τάσεων λειτουργίας είναι ίδια. Το μόνο σημείο που πρέπει να προσέξουμε είναι να μην ξεπεράσουμε την ικανότητα οδήγησης των πυλών.

Δηλαδή αν από την έξοδο μιας πύλης 74LS00, με ρεύμα εξόδου 4 mA, θέλουμε να οδηγήσουμε 5 πύλες τύπου 7400, τότε πρέπει να υπολογίσουμε το συνολικό ρεύμα που απαιτούν οι πύλες στην κατάσταση λογικού μηδέν-'0', $1,6\text{mA} \times 5 = 0,360\text{ mA}$ τιμή που είναι μικρότερη από το μέγιστο ρεύμα των 4 mA. Άρα μπορεί να οδηγήσει τις 5 πύλες.

10.7.3 Διασύνδεση TTL με CMOS

Η διασύνδεση μεταξύ TTL και CMOS που λειτουργούν με 5V γίνεται με μια αντίσταση αναρρίχησης της τάξης των 10K στην έξοδο του TTL για να φθάσει στο υψηλό δυναμικό του CMOS.

Σε κάθε περίπτωση διασύνδεσης οι εταιρείες κατασκευής ολοκληρωμένων έχουν και τους αντίστοιχους μεταφραστές (κυκλώματα προσαρμογής μεταξύ των βαθμίδων) ώστε να πετυχαίνουμε την καλύτερη δυνατή διασύνδεση.

Ένας πίνακας με τα βασικά χαρακτηριστικά, των πιο γνωστών σειρών, φαίνεται παρακάτω.

Σε **κάθε περίπτωση** όμως πρέπει να γνωρίζουμε τα πλήρη στοιχεία της σειράς που χρησιμοποιούμε που δίδονται από την κατασκευάστρια εταιρεία, μαζί με αρκετά χρήσιμα βοηθητικά και άλλα κυκλώματα.

Σημείωση: Πρέπει να γνωρίζουμε το εξής: ότι λειτουργήσει για **μια** φορά **δεν σημαίνει** ότι θα λειτουργεί **για όλες** τις περιπτώσεις και **πάντα**. Κάθε φορά θα πρέπει να ελέγχουμε την κατασκευή μας.

Ένας πιο γενικός πίνακας με περισσότερες λεπτομέρειες για τις πιο γνωστές οικογένειες ολοκληρωμένων φαίνεται στην επόμενη σελίδα.

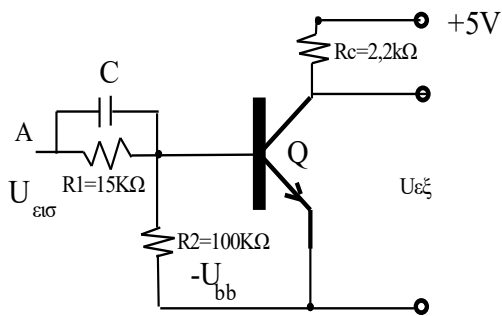
Πάντα όμως πρέπει να συμβουλευόμαστε τα νεότερα δεδομένα από τα αντίστοιχα νέα βιβλία ή πληροφοριακά δελτία των κατασκευαστικών εταιρειών.

Πίνακας χαρακτηριστικών

10.8. Ανάλυση κατασκευής μερικών λογικών κυκλωμάτων TTL

10.8.1 Αντιστροφέας NOT

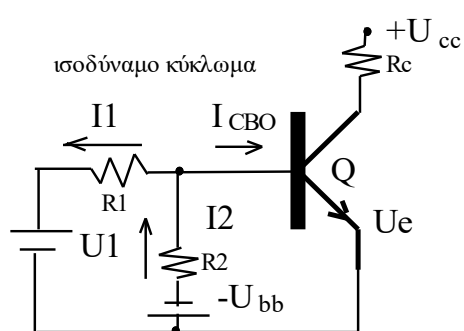
Το κύκλωμα ενός αντιστροφέα με διακριτά στοιχεία φαίνεται στο σχήμα.



Αν $I_C(\text{sat})$ το ρεύμα του συλλέκτη όταν το Q είναι στον κόρο, η τιμή του εκλέγεται σε συνδυασμό με την τάση U_{ce} ώστε να μην ξεπεράσουμε την ισχύ που λέει ο κατασκευαστής, τότε η τιμή $R_L=R_C$ υπολογίζεται από την σχέση $R = \frac{U_{CC}-U_{CE(\text{sat})}}{I_C(\text{sat})}$

Οι αντιστάσεις R_1, R_2 υπολογίζονται από την συνθήκη αποκοπής και αγωγιμότητας.

α) αποκοπή

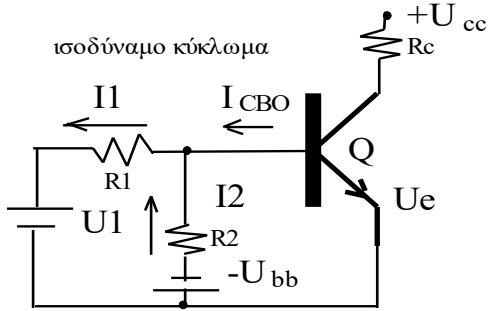


Με $U_B=U_C=0$ & $I_2-I_1=I_{CBO}$ Ισχύει η σχέση

$$\frac{U_{bb}}{R_2} - \frac{U_1}{R_1} = I_{CBO}$$

Η τιμή της U_1 αντιστοιχεί στο λογικό μηδέν «0» ($U_1=U_{CE(\text{sat})}$) και η U_{bb} λαμβάνεται ίση με το $\frac{1}{2}$ της U_{CC}

β) αγωγή (κόρος)



$$I_B \cdot h_{FE(\min)} = I_C (\text{sat}) \quad \text{ή} \quad (I_1 - I_2) \cdot h_{FE(\min)} = I_C (\text{sat})$$

$$\text{ή} \quad \frac{U_2 - U_{BE(\text{sat})}}{R_1} - \frac{U_{BB} + U_{BE(\text{sat})}}{R_2} = \frac{I_C(\text{sat})}{h_{fe(\min)}} \cdot$$

Η τιμή της U_2 είναι η τάση που αντιστοιχεί στο λογικό ένα «1» ($U_2 = U_{CC}$).

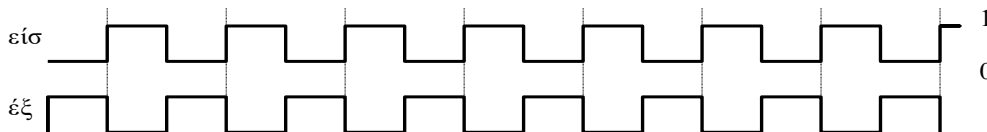
Από τις 1 & 2 δίδονται οι τιμές των αντιστάσεων.

Ο πυκνωτής C, που τοποθετείται για την βελτίωση των παλμών της **εξόδου** έχει τιμές (30 pF - 200 pF).

Όταν λοιπόν έχουμε στην είσοδο A τάση $U_A = +5V$ («1») και $U_{CC} = +5V$ τότε επειδή έχουμε $U_B \gg U_{BE}$ ($> 0,7V$), πολώνεται ορθά το τρανζίστορ Q και άγει οπότε η τάση της εξόδου U_2 πέφτει τα $+5V$, τιμή της U_{CC} , στα $0,2 V = U_{CE(\text{sat})}$ οπότε και η έξοδος είναι μηδέν 0V (λογικό «0») και έχουμε αντιστροφή της εισόδου.

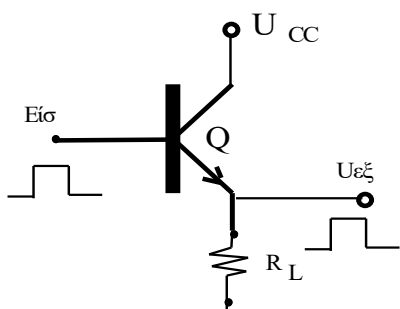
Αν τώρα $U_A = 0V$ (λογικό «0») η $U_A < U_{BE}$ ($= 0,7V$) τότε έχουμε αποκοπή $U_A = U_E$ και η τάση στην έξοδο Z, $U_2 = U_{CC} = +5V$ δηλαδή λογικό «1».

Το παλμικό διάγραμμα των σημάτων εισόδου και εξόδου φαίνεται είναι.



10.8.2 Ενισχυτής καθόδου (ακόλουθος εκπομπού)

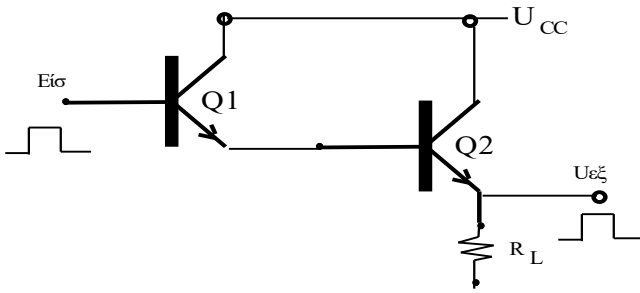
Άλλο ένα χρήσιμο κύκλωμα απαραίτητο για την προσαρμογή και απομόνωση μιας βαθμίδας κυκλώματος από μια άλλη λόγω της **υψηλής** αντίστασης **εισόδου** και της χαμηλής αντίστασης **εξόδου** αλλά και στην οδήγηση πολλών κυκλωμάτων λόγω της μεγάλης ενίσχυσης ρεύματος που παρουσιάζει, είναι ο ενισχυτής καθόδου ή ακόλουθος εκπομπού.



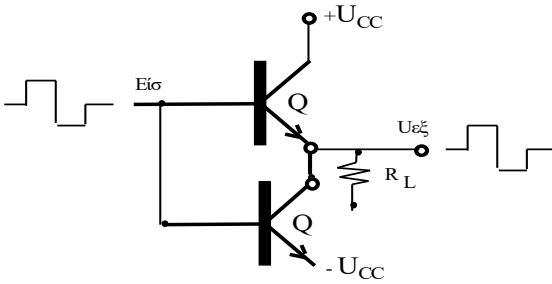
Το κύκλωμα έχει:

1. Μεγάλη αντίσταση εισόδου $Z_{in} = h_{FE} \cdot R_L$
2. Μικρή αντίσταση εξόδου Z_{out} (100-1000Ω)
3. ενίσχυση τάσης = 1
4. Ενίσχυσης ρεύματος μεγάλη (άνω του 30)
5. Έξοδο σε φάση με την είσοδο

Για ακόμη μεγαλύτερη αντίσταση εισόδου χρησιμοποιείται το ζεύγος Darlington σαν ενισχυτή καθόδου, όπου $Z_{in} = (h_{FE})^2 \cdot R_L$.



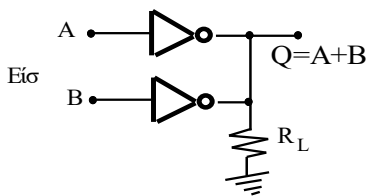
Για εναλλασσόμενους παλμούς χρησιμοποιείται το παρακάτω κύκλωμα



10.8.3 Πύλες OR και AND με διόδους - αντιστάσεις

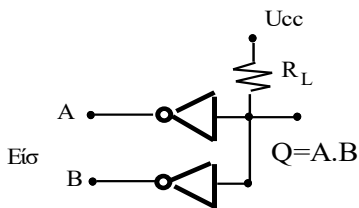
Μια απλή κατασκευή για τις πύλες OR και AND με διόδους και αντιστάσεις ακολουθεί στα δυο επόμενα παραδείγματα.

α) Πύλη OR



Αν η τάση στην A είσοδο είναι $U_A \gg U_D (=0,5V)$ τότε άγει και η τάση αυτή εμφανίζεται στην έξοδο (με μια μικρή μείωση λόγω της πτώσης τάσης στην δίοδο)

α) Πύλη AND



Με αντιστροφή των διόδων και με θετικό δυναμικό στην τροφοδοσία έχουμε μια πύλη AND. Μόνο όταν εφαρμοστεί και στις δυο εισόδους $U_A = U_B = U_{CC}$ τότε δεν άγουν οι δίοδοι άρα στην έξοδο έχουμε την τάση

U_{CC} άρα λογικό ένα-«1»..

\Η αντίσταση R_L είναι κατάλληλης τιμής ώστε να παρέχει αρκετό ρεύμα στα κυκλώματα που θα συνδεθούν στην έξοδο της πύλης και αρκετά μεγαλύτερη της αντίστασης ορθής φοράς αγωγιμότητας της δίοδου.

Τα ίδια κυκλώματα μπορούν να γίνουν με διάφορες τεχνικές όμως η διαδικασία αυτή δεν αποτελεί αντικείμενο του παρόντος μαθήματος. Τα όσα αναφέρθηκαν εδώ είναι

κυρίως ενημερωτικά για την σύνδεση του τρόπου κατασκευής με τα εξωτερικά χαρακτηριστικά.