

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Δρ. Δ. Λαμπάκης
(2^η σειρά διαφανειών)

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Τα ψηφιακά ηλεκτρονικά κυκλώματα χωρίζονται σε κατηγορίες (“λογικές οικογένειες”) ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής τους και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους.

Τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελούν τα κριτήρια **επιλογής** ενός κυκλώματος, έτσι ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της εκάστοτε σχεδίασης.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Έστω η διασύνδεση δύο ψηφιακών κυκλωμάτων (πυλών).

Οι δύο λογικές καταστάσεις, υψηλή (HIGH) και χαμηλή (LOW), αντιστοιχούν σε αντίστοιχες στάθμες τάσης.

Οι στάθμες αυτές συμβολίζονται ως εξής:

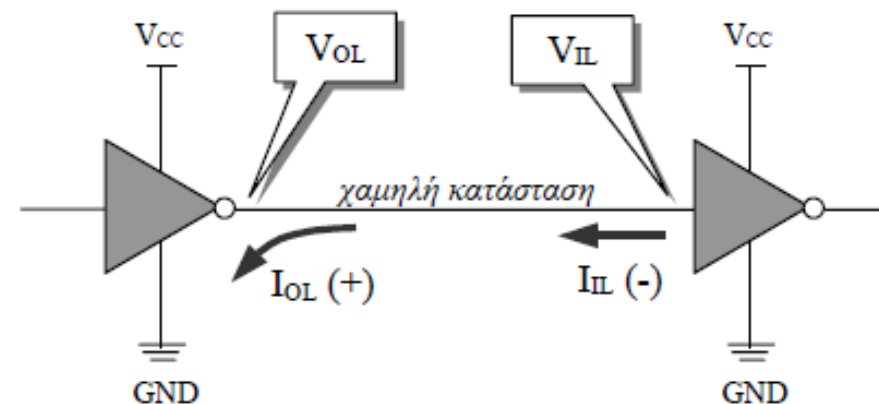
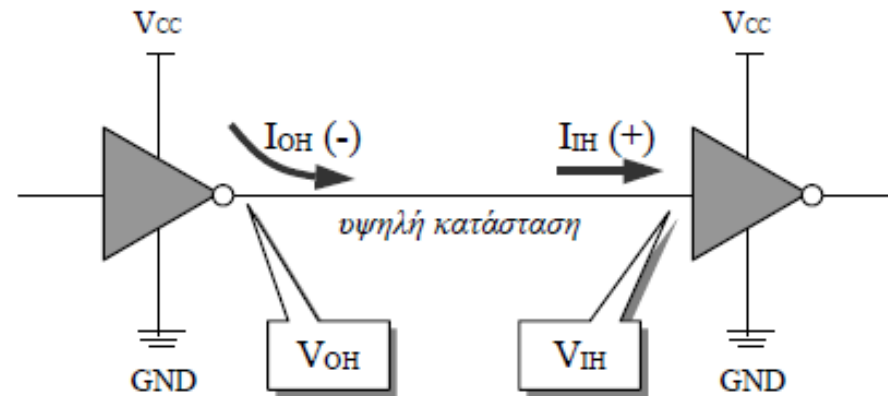
→ η χαμηλή στάθμη εξόδου συμβολίζεται ως V_{OL} (V output low), ενώ η υψηλή στάθμη εξόδου ως V_{OH} (V output high).

→ η χαμηλή στάθμη εισόδου συμβολίζεται ως V_{IL} (V input low), ενώ η υψηλή στάθμη εισόδου ως V_{IH} (V input high).

Η οδηγούσα πύλη παρέχει (source) ή καταβυθίζει (sink) ρεύμα σε/από την είσοδο της οδηγούμενης πύλης ανάλογα με την λογική κατάσταση εξόδου.

Συνήθως η οδηγούσα πύλη παρέχει ρεύμα όταν η έξοδός της βρίσκεται σε υψηλή λογική κατάσταση, ενώ καταβυθίζει ρεύμα σε χαμηλή κατάσταση εξόδου.

Στάθμες και ρεύματα εισόδου-εξόδου



Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Τα ρεύματα εισόδου/εξόδου συμβολίζονται ως εξής:

→ το ρεύμα που ρέει προς ή από την έξοδο της οδηγούσας πύλης συμβολίζεται I_{OL} (I output low) για τη χαμηλή λογική κατάσταση και I_{OH} (I output high) για την υψηλή.

→ ως προς την οδηγούμενη πύλη, το ρεύμα που ρέει από ή προς την είσοδο της συμβολίζεται I_{IL} (I input low) για τη χαμηλή λογική κατάσταση και I_{IH} (I input high) για την υψηλή.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Κατά την επικρατούσα σύμβαση, το ρεύμα που ρέει προς το εσωτερικό ενός ψηφιακού κυκλώματος θεωρείται θετικό (+), ενώ το ρεύμα που ρέει εκτός κυκλώματος αρνητικό (-).

ΥΠΕΝΘΥΜΙΣΗ: Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, οι στάθμες εισόδου-εξόδου κυμαίνονται σε προκαθορισμένες περιοχές τιμών, γεγονός που επιτρέπει την ανοχή του ψηφιακού κυκλώματος στις επιδράσεις θορύβου.

Ο θόρυβος είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ορθή λειτουργία κάθε συστήματος. Προέρχεται είτε από εξωτερικούς παράγοντες, είτε από το ίδιο το ψηφιακό κύκλωμα και οφείλεται σε γενικές γραμμές στις διακυμάνσεις των τάσεων τροφοδοσίας (και γείωσης), στις αλληλοεπιδράσεις γειτονικών σημάτων και στις ανακλάσεις του σήματος στις γραμμές μετάδοσης.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

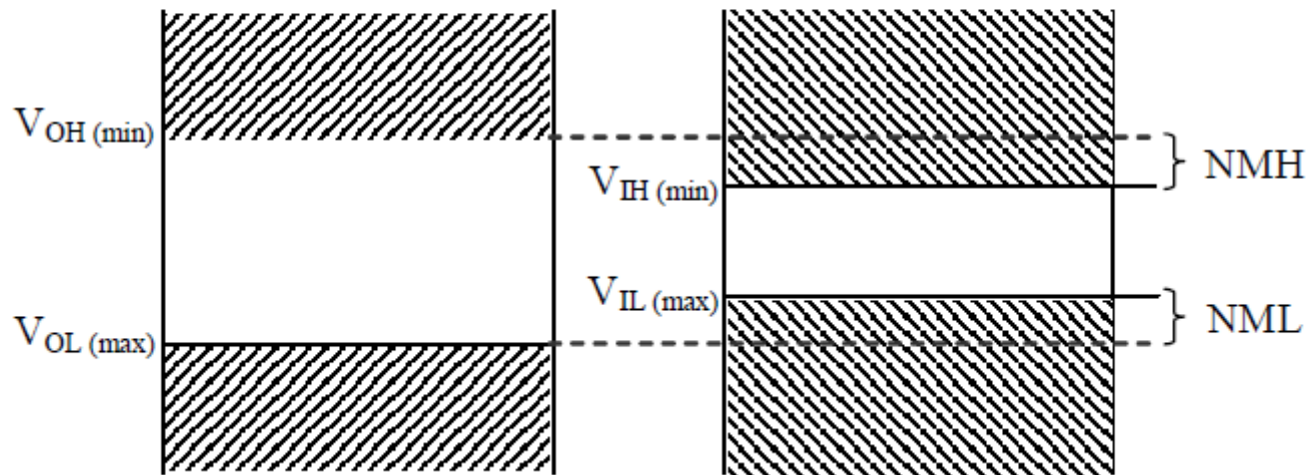
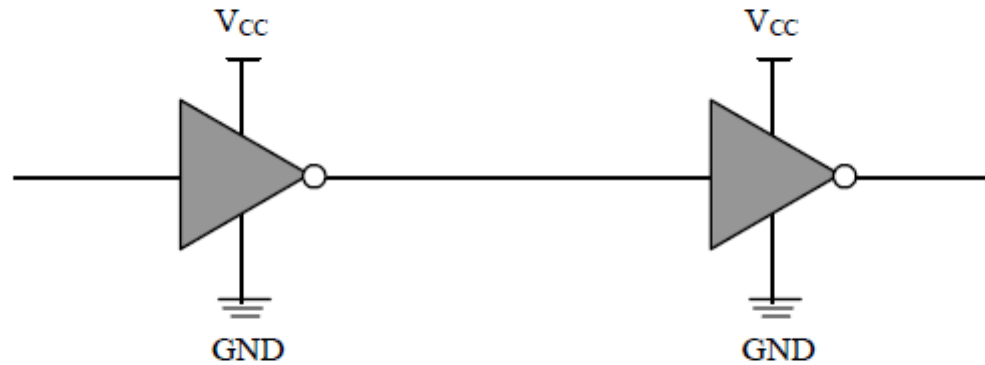
Τα ψηφιακά κυκλώματα λειτουργούν διαθέτοντας ένα **περιθώριο θορύβου** (περιθώριο τάσης), μέσα στο οποίο οι επιδράσεις του θορύβου δεν διαταράσσουν την ορθή λειτουργία του κυκλώματος.

Το περιθώριο αυτό επιτρέπει επίσης την ασφαλή διασύνδεση όμοιων ολοκληρωμένων κυκλωμάτων με ελαφρές αποκλίσεις στα χαρακτηριστικά λειτουργίας λόγω κατασκευαστικών παραμέτρων ή λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Κάθε ψηφιακό κύκλωμα χαρακτηρίζεται από στάθμες εισόδου-εξόδου χειρότερης περίπτωσης (worst case), οι οποίες εισάγουν ένα περιθώριο θορύβου για τη μετάδοση του ψηφιακού σήματος.

Λογικές στάθμες και περιθώρια θορύβου



Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Πιο συγκεκριμένα:

- η είσοδος κάθε ψηφιακού κυκλώματος χαρακτηρίζεται από μία ελάχιστη στάθμη υψηλής κατάστασης $V_{IH(min)}$ και μία μέγιστη στάθμη χαμηλής κατάστασης $V_{IL(max)}$. Το κύκλωμα απαιτεί: **(α)** στάθμη εισόδου μεγαλύτερη από $V_{IH(min)}$ για να γίνει αντιληπτή ως υψηλή λογική κατάσταση και **(β)** στάθμη εισόδου μικρότερη από $V_{IL(max)}$ για να γίνει αντιληπτή ως χαμηλή λογική κατάσταση.
- η έξοδος κάθε ψηφιακού κυκλώματος χαρακτηρίζεται από μία ελάχιστη στάθμη υψηλής κατάστασης $V_{OH(min)}$ και μία μέγιστη στάθμη χαμηλής κατάστασης $V_{OL(max)}$. Το κύκλωμα οφείλει: **(α)** να διατηρεί την τάση εξόδου μεγαλύτερη από $V_{OH(min)}$ για την υψηλή λογική κατάσταση και **(β)** την τάση εξόδου μικρότερη από $V_{OL(max)}$ για τη χαμηλή λογική κατάσταση.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Οι στάθμες $V_{OL(max)}$ και $V_{IL(max)}$ **δεν** είναι ίσες και η διαφορά τους επιτρέπει την ανοχή στον θόρυβο που πιθανόν να προστεθεί στο σήμα κατά τη μετάδοση από την οδηγούσα στην οδηγούμενη πύλη.

Το ίδιο ισχύει για τις στάθμες $V_{OH(min)}$ και $V_{IH(min)}$.

Το περιθώριο θορύβου στις δύο λογικές καταστάσεις ορίζεται ως εξής:

- το περιθώριο θορύβου χαμηλής κατάστασης (noise margin low – NML) ισούται με

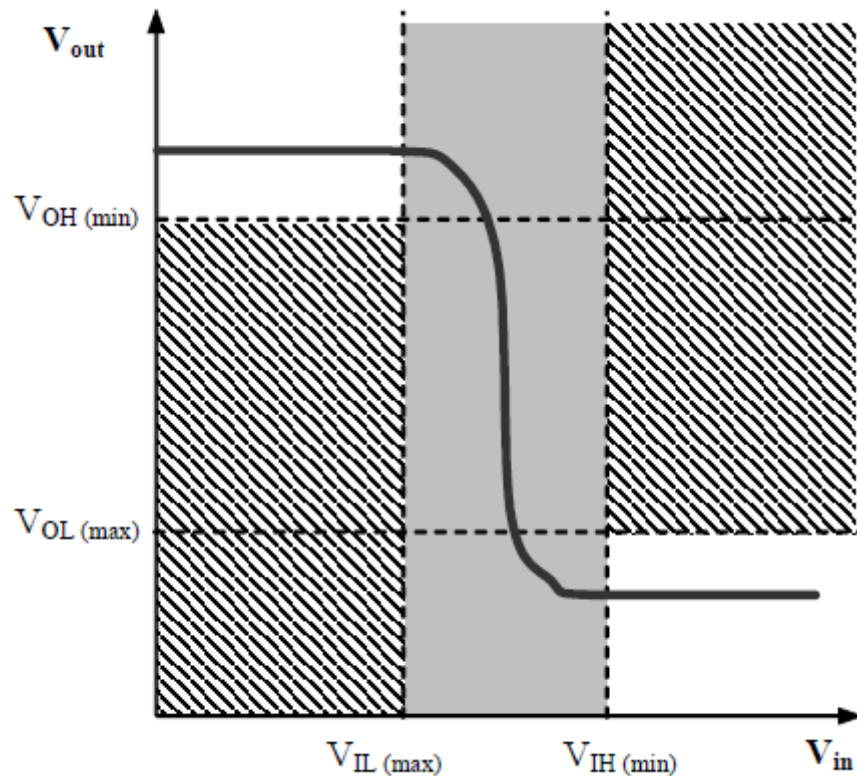
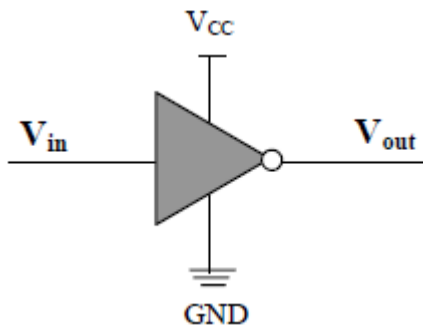
$$NML = |V_{IL(max)} - V_{OL(max)}|$$

- το περιθώριο θορύβου υψηλής κατάστασης (noise margin high – NMH) ισούται με

$$NMH = |V_{OH(min)} - V_{IH(min)}|$$

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Οι λογικές στάθμες και τα περιθώρια θορύβου απεικονίζονται επίσης στη **χαρακτηριστική καμπύλη μεταφοράς τάσης** (τάση εξόδου προς τάση εισόδου) μίας λογικής πύλης, όπως του αντιστροφέα στο παρακάτω σχήμα.



Λειτουργικά χαρακτηριστικά

→ Η χαρακτηριστική καμπύλη μεταφοράς συσχετίζει την τάση εισόδου με την τάση εξόδου της πύλης.

→ Όταν η έξοδος του αντιστροφέα είναι σταθερή, βρίσκεται εκτός των σκιασμένων περιοχών, τις οποίες διασχίζει μόνον κατά τη μετάβαση από τη μία λογική κατάσταση στην άλλη.

→ Οι διαγραμμισμένες περιοχές είναι εκείνες όπου η τάση εξόδου εγγυημένα δεν θα βρεθεί ποτέ σε ομαλή λειτουργία, λόγω των περιορισμών που θέτουν τα $V_{OH(min)}$ και $V_{OL(max)}$.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Οδηγητική ικανότητα:

→ Καθοριστικός παράγοντας κατά τη διασύνδεση ψηφιακών κυκλωμάτων είναι η **οδηγητική ικανότητά τους**.

→ Ο όρος “**οδηγητική ικανότητα**” περιγράφει το είδος και τον αριθμό των κυκλωμάτων, τα οποία μπορούν να συνδεθούν στην έξοδο ενός ψηφιακού κυκλώματος, χωρίς να αλλοιώνεται η ψηφιακή πληροφορία.

→ Η οδηγική ικανότητα εξαρτάται από τη δυνατότητα παροχής ρεύματος της εξόδου.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Οδηγητική ικανότητα:

→ Κάθε έξοδος ψηφιακού κυκλώματος, ανεξάρτητα από την τεχνολογία κατασκευής, παρουσιάζει μία σύνθετη αντίσταση (εμπέδηση) εξόδου σε κάθε μία από τις δύο λογικές καταστάσεις.

→ Η τιμή της σύνθετης αντίστασης εξόδου δεν είναι σταθερή, αλλά δυναμικά μεταβαλλόμενη ανάλογα με την τάση εξόδου. Σε γενικές γραμμές, η τιμή αυτή κυμαίνεται μεταξύ 5-50Ω (ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής).

→ Η ικανότητα παροχής ρεύματος της εξόδου είναι αντιστρόφως ανάλογη της τιμής της αντίστασης εξόδου.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Οδηγητική ικανότητα:

Όταν η έξοδος ενός ψηφιακού κυκλώματος βρίσκεται σε σταθερή λογική κατάσταση, η οδήγηση εξαρτάται από την ικανότητα της εξόδου για παροχή ή καταβύθιση ρεύματος προς/από τις εισόδους των οδηγούμενων κυκλωμάτων.

Σημείωση:

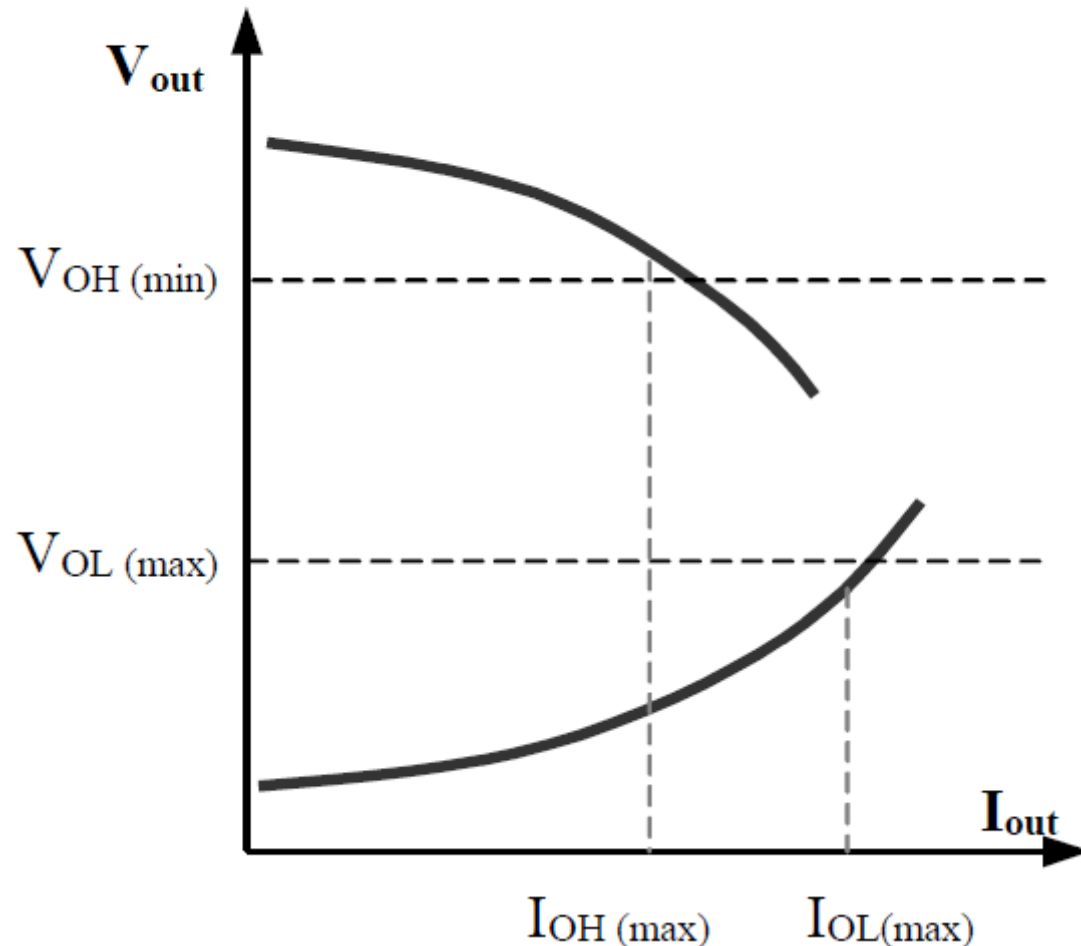
Στα φύλλα δεδομένων (datasheets) παρατίθενται οι μέγιστες τιμές ρεύματος που παρέχει η καταβυθίζει ένα ψηφιακό κύκλωμα στις εξόδους του σε υψηλή ή χαμηλή κατάσταση ($I_{OH(max)}$ και $I_{OL(max)}$ αντίστοιχα).

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Οδηγητική ικανότητα:

Εάν τα οδηγούμενα κυκλώματα απαιτήσουν μεγαλύτερη ποσότητα ρεύματος από την επιτρεπόμενη, τότε η λογική στάθμη της εξόδου μετατοπίζεται εκτός των ορίων λειτουργίας $V_{OH(min)}$ και $V_{OL(max)}$ (βλ. Σχήμα).

Καμπύλες $I_{out} - V_{out}$



Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Οδηγητική ικανότητα:

Στα φύλλα δεδομένων δίνεται επίσης και η μέγιστη ποσότητα ρεύματος, η οποία απαιτείται για την οδήγηση κάθε εισόδου σε υψηλή και χαμηλή λογική κατάσταση ($I_{IH(max)}$ και $I_{IL(max)}$ αντίστοιχα).

Χρησιμοποιώντας τις μέγιστες τιμές των ρευμάτων εισόδου και εξόδου εξάγεται το **fan-out**: **ο μέγιστος αριθμός των εισόδων όμοιων κυκλωμάτων, τις οποίες μπορεί να οδηγήσει με ασφάλεια μία έξοδος.**

Το fan-out για τις δύο λογικές καταστάσεις υπολογίζεται ως εξής:

$$FO_{(H)} = \frac{I_{OH(max)}}{I_{IH(max)}} \quad FO_{(L)} = \frac{I_{OL(max)}}{I_{IL(max)}}$$

ενώ ως συνολικό fan-out λαμβάνεται η μικρότερη τιμή των $FO_{(L)}$, $FO_{(H)}$

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Οδηγητική ικανότητα:

Στα σύγχρονα ψηφιακά κυκλώματα, οι απαιτήσεις των εισόδων σε ρεύμα είναι μικρές και μπορούν εύκολα να καλυφθούν.

Μεγαλύτερη δυσκολία οδήγησης παρουσιάζεται κατά την αλλαγή της εξόδου από τη μία λογική κατάσταση στην άλλη.

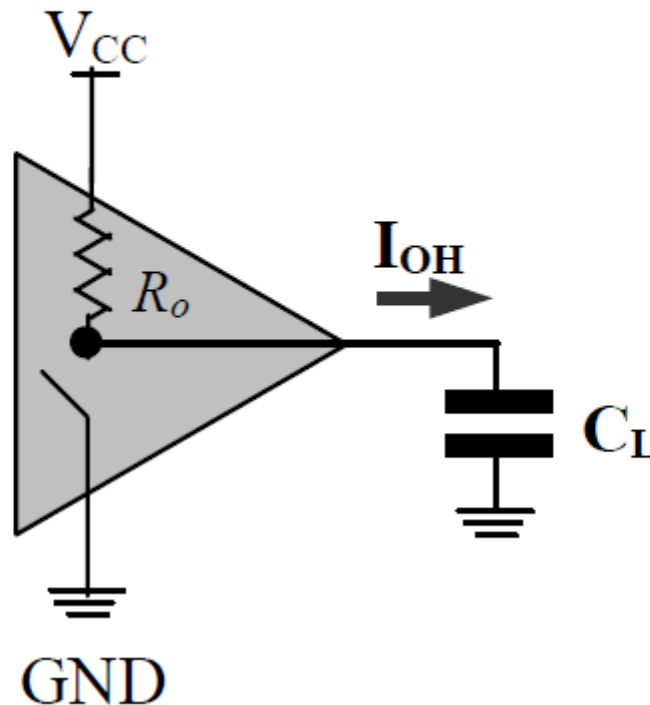
Οι είσοδοι των οδηγούμενων κυκλωμάτων και οι αγωγοί διασύνδεσης παρουσιάζουν **παρασιτικές** χωρητικότητες, οι οποίες πρέπει να φορτιστούν ή εκφορτιστούν κατά την αλλαγή κατάστασης.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Οδηγητική ικανότητα:

Οι χωρητικότητες αυτές, όταν ο αγωγός διασύνδεσης έχει μικρό μήκος, μπορούν να αναπαρασταθούν ως πυκνωτής C_L

Οδηγούμενες χωρητικότητες



Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Οδηγητική ικανότητα:

Η σύνθετη αντίσταση εξόδου R_o και οι χωρητικότητες C_L σχηματίζουν ένα απλό κύκλωμα RC.

Η ταχύτητα φόρτισης/εκφόρτισης του C_L καθορίζεται από τη σταθερά χρόνου $\tau = R_o C_L$.

Εάν η αρχική τάση στα άκρα του C_L είναι 0 Volt και η στάθμη πλήρους φόρτισης ισούται με V_{CC} , η τάση φόρτισης κατά τη χρονική στιγμή t δίνεται από τη σχέση:

$$V(t) = V_{CC} (1 - e^{-t/R_o C_L})$$

Η σχέση αυτή μπορεί να επιλυθεί ως προς t για την εύρεση του χρόνου μετάβασης του σήματος. Για την αλλαγή από το 10% στο 90% του συνολικού εύρους μετάβασης από τη μία κατάσταση στην άλλη, απαιτείται χρόνος: $T_{10\%-90\%} = 2.2R_o C_L$.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Οδηγητική ικανότητα:

Σημείωση:

Πολύ μεγάλο C_L έχει ως αποτέλεσμα την υπερβολικά αργή μετάβαση του σήματος από τη μία κατάσταση στην άλλη, η οποία προκαλεί σφάλματα λειτουργίας στα οδηγούμενα κυκλώματα. Οι κατασκευαστές προσδιορίζουν έναν μέγιστο επιτρεπτό χρόνο μετάβασης, βάσει του οποίου είναι δυνατός ο υπολογισμός του μέγιστου δυνατού αριθμού οδηγούμενων εισόδων με τη βοήθεια της προηγούμενης σχέσης.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Καθυστέρηση διάδοσης και χρόνοι ανόδου-καθόδου:

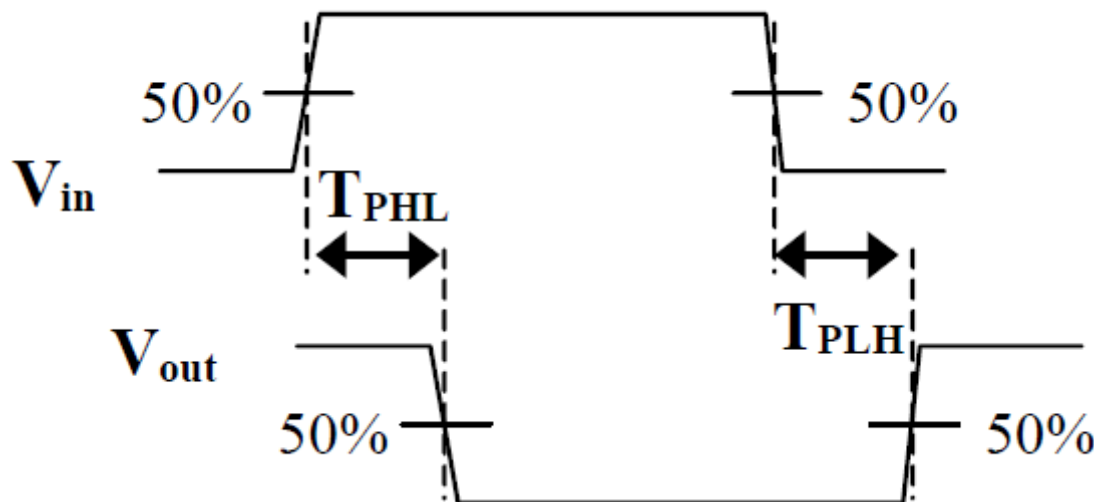
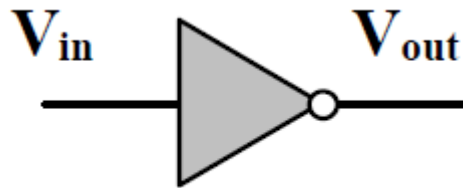
Το μέγεθος που χαρακτηρίζει την ταχύτητα λειτουργίας κάθε ψηφιακού κυκλώματος είναι η **καθυστέρηση διάδοσης** (*propagation delay*).

Η καθυστέρηση διάδοσης περιγράφει το χρονικό διάστημα από τη στιγμή της αλλαγής της κατάστασης εισόδου έως την εμφάνιση του αποτελέσματος στην έξοδο του κυκλώματος.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Καθυστέρηση διάδοσης και χρόνοι ανόδου-καθόδου:

Η καθυστέρηση διάδοσης μετράται συνήθως στο 50% της αλλαγής στάθμης



Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Καθυστέρηση διάδοσης και χρόνοι ανόδου-καθόδου:

Στα φύλλα δεδομένων παρατίθενται τα εξής μεγέθη:

→ t_{PLH} : η καθυστέρηση διάδοσης όταν η έξοδος μεταβαίνει σε υψηλή κατάσταση.

→ t_{PHL} : η καθυστέρηση διάδοσης όταν η έξοδος μεταβαίνει σε χαμηλή κατάσταση.

→ t_{PD} : ο μέσος όρος καθυστέρησης διάδοσης, $(t_{PLH} + t_{PHL})/2$.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Καθυστέρηση διάδοσης και χρόνοι ανόδου-καθόδου:

Η καθυστέρηση διάδοσης εξαρτάται από την τεχνολογία κατασκευής του ψηφιακού κυκλώματος αλλά επηρεάζεται επίσης από την τάση τροφοδοσίας V_{CC} , τις οδηγούμενες χωρητικότητες C_L και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος T_A .

Γενικά, η καθυστέρηση διάδοσης **αυξάνεται** με την αύξηση του T_A και του C_L , ενώ **μειώνεται** με την αύξηση του V_{CC} .

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Καθυστέρηση διάδοσης και χρόνοι ανόδου-καθόδου:

Στα φύλλα δεδομένων, η καθυστέρηση διάδοσης δίνεται σε συγκεκριμένες τιμές V_{CC} και T_A , ενώ το C_L ισούται με 15-50pF.

Επίσης, θεωρείται ότι μόνο μία έξοδος του ολοκληρωμένου κυκλώματος αλλάζει κάθε χρονική στιγμή.

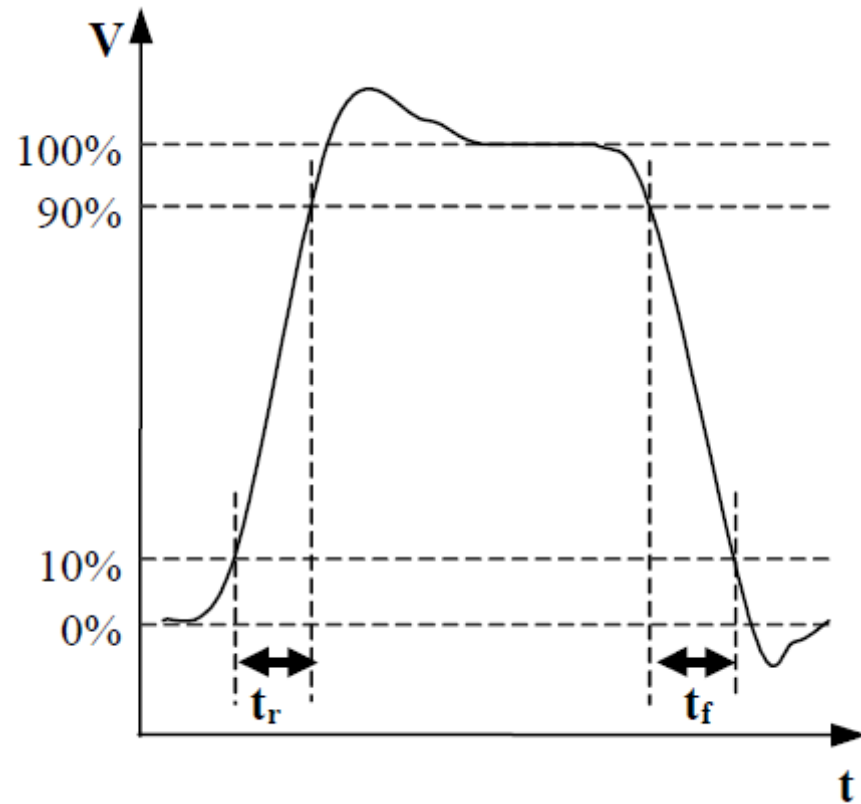
Εάν συμβαίνει ταυτόχρονη αλλαγή πολλαπλών εξόδων, η καθυστέρηση διάδοσης **αυξάνεται**, διότι η παρεχόμενη ποσότητα ρεύματος διαμοιράζεται σε όλες τις εξόδους που αλλάζουν κατάσταση.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Καθυστέρηση διάδοσης και χρόνοι ανόδου-καθόδου:

Στα σύγχρονα συστήματα υψηλών ταχυτήτων, εκτός από την καθυστέρηση διάδοσης, ιδιαίτερη σημασία έχει και ο χρόνος ανόδου/καθόδου (t_r και t_f αντίστοιχα) του σήματος κατά την μετάβαση από τη μία λογική κατάσταση στην άλλη.

Ο χρόνος αυτός συνήθως μετράται από το 10% έως το 90% της αλλαγής στάθμης.



Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Καθυστέρηση διάδοσης και χρόνοι ανόδου-καθόδου:

Σημαντικές είναι οι επιπτώσεις από τις υπερβολικά γρήγορες μεταβάσεις του σήματος (πολύ μικρός χρόνος ανόδου/καθόδου ή αλλιώς, πολύ μεγάλος ρυθμός $\Delta V/\Delta t$ αλλαγής της στάθμης).

Οι απότομες αυτές μεταβάσεις προκαλούν μεγάλες αιχμές ρεύματος και είναι η κύρια αιτία **δημιουργίας θορύβου** και σφαλμάτων στα ψηφιακά κυκλώματα.

Έτσι, τα σύγχρονα ψηφιακά κυκλώματα διαθέτουν στις εξόδους τους διατάξεις, οι οποίες περιορίζουν τον ρυθμό μεταβολής της στάθμης.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Κατανάλωση ισχύος:

Η ισχύς που καταναλώνεται σε ένα ψηφιακό κύκλωμα, καθορίζει το βαθμό ολοκλήρωσης του κυκλώματος και τη χρήση του.

Η χαμηλή κατανάλωση ισχύος συνεπάγεται μικρότερη έκλυση θερμότητας και επιτρέπει την σύμπτυξη μεγάλου αριθμού πυλών στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα, μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής και αυξάνοντας τη λειτουργικότητα και απόδοση του κυκλώματος ανά μονάδα επιφάνειας πυριτίου.

Κυκλώματα χαμηλής ισχύος χρησιμοποιούνται επίσης σε όλες τις φορητές συσκευές, οι οποίες τροφοδοτούνται από μπαταρίες.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Κατανάλωση ισχύος:

Η καταναλισκόμενη ισχύς χωρίζεται σε δύο συνιστώσες:

→ τη *στατική* και

→ τη *δυναμική*

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Κατανάλωση ισχύος:

→ Η **στατική** ισχύς (quiescent power dissipation) καταναλώνεται για τη διατήρηση της κατάστασης των εξόδων του ψηφιακού κυκλώματος σε μία σταθερή λογική κατάσταση.

→ Η στατική ισχύς ισούται με το γινόμενο της τάσης τροφοδοσίας V_{CC} επί το ρεύμα τροφοδοσίας I_{CC} , το οποίο ρέει προς το κύκλωμα από τους ακροδέκτες τροφοδοσίας.

→ Το ρεύμα I_{CC} οφείλεται κυρίως στο άθροισμα των ρευμάτων διαρροής στις ημιαγωγικές επαφές του κυκλώματος και αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, είναι δε ανάλογο της πολυπλοκότητας του ψηφιακού κυκλώματος.

→ Η στατική κατανάλωση ισχύος ενός κυκλώματος εξαρτάται από την τεχνολογία κατασκευής του.

→ Κυκλώματα με διπολικά τρανζίστορ επαφής παρουσιάζουν μεγάλη στατική κατανάλωση ισχύος, σε αντίθεση με τα κυκλώματα CMOS, η στατική κατανάλωση ισχύος των οποίων είναι ελάχιστη.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Κατανάλωση ισχύος:

- Η **δυναμική** κατανάλωση ισχύος (active power dissipation) προκύπτει κατά τη μετάβαση των εσωτερικών κόμβων και των εξόδων του κυκλώματος από τη μία λογική κατάσταση στην άλλη.
- Η ισχύς εδώ καταναλώνεται για τη φόρτιση των εσωτερικών και των εξωτερικών χωρητικοτήτων.
- Η κατανάλωση ισχύος για τη φόρτιση-εκφόρτιση χωρητικότητας C σε τάση V_{CC} με συχνότητα εναλλαγής f ισούται με

$$P = C \cdot V_{CC}^2 \cdot f$$

Συνεπώς, η δυναμική κατανάλωση ισχύος εξαρτάται **γραμμικά** από τη συχνότητα λειτουργίας του κυκλώματος.

→ Μία πρόσθετη συνιστώσα δυναμικά καταναλισκόμενης ισχύος αποτελεί και το ρεύμα που ρέει μεταξύ V_{CC} και γείωσης κατά τη στιγμή αλλαγής κατάστασης στις βαθμίδες totem-pole. Η ισχύς αυτή είναι επίσης **ανάλογη** της συχνότητας λειτουργίας.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Κατανάλωση ισχύος:

Η μέγιστη κατανάλωση ισχύος ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος καθορίζεται από τη μέγιστη επιτρεπόμενη **θερμοκρασία επαφής** (*junction temperature* – T_J) εσωτερικά στο ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Η θερμοκρασία επαφής T_J ισούται με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος T_A , προσαυξημένη ανάλογα με την κατανάλωση ισχύος P :

$$T_J = T_A + \vartheta_{JA} \cdot P$$

όπου ϑ_{JA} ονομάζεται **συντελεστής θερμικής αντίστασης** ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$) και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της συσκευασίας (package) του ολοκληρωμένου κυκλώματος.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Κατανάλωση ισχύος:

Τέλος, η μέγιστη επιτρεπόμενη κατανάλωση ισχύος (χωρίς ψύξη) του ολοκληρωμένου κυκλώματος είναι:

$$P_{max} = (T_{Jmax} - T_A) / \theta_{JA}$$

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Τάση τροφοδοσίας:

Τα ψηφιακά κυκλώματα τροφοδοτούνται από δύο γραμμές τροφοδοσίας, το V_{CC} και τη γείωση (0V).

Η γείωση χρησιμοποιείται συνήθως ως τάση αναφοράς για όλα τα μέρη του κυκλώματος και όλα τα ολοκληρωμένα κυκλώματα ενός συστήματος.

Τόσο η γείωση όσο και το V_{CC} πρέπει να είναι απαλλαγμένα όσο το δυνατόν περισσότερο από θόρυβο και αιχμές τάσης.

Για τον λόγο αυτόν, οι διατάξεις οι οποίες παρέχουν και διανέμουν τις τάσεις τροφοδοσίας σε ένα σύστημα σχεδιάζονται με ιδιαίτερη προσοχή, χρησιμοποιώντας τοπικούς πυκνωτές αποσύζευξης και κυκλώματα σταθεροποίησης τάσης.

Από την πλευρά των ψηφιακών κυκλωμάτων, οι προδιαγραφές επιτρέπουν μία απόκλιση περίπου $\pm 10\%$ από την ονομαστική τάση τροφοδοσίας.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Τάση τροφοδοσίας:

Συνήθως τα ψηφιακά συστήματα χρησιμοποιούν μία τάση V_{CC} για το **σύνολο** των κυκλωμάτων τους.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, όπου είναι αναγκαία η ανάμιξη κυκλωμάτων με διαφορετικές τάσεις τροφοδοσίας, όπως CMOS ($V_{CC}=5V$) και ECL ($V_{EE}=-5.2V$) ή κυκλώματα με χαμηλή τάση τροφοδοσίας (3.3V, 2.5V, 1.8V).

Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται στο σύστημα οι ανάλογες **πρόσθετες** γραμμές τροφοδοσίας.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Λογικές συναρτήσεις :

Ένα ακόμη (τελευταίο) χαρακτηριστικό κάθε κατηγορίας ψηφιακών κυκλωμάτων είναι το **είδος** και το **πλήθος** των λογικών συναρτήσεων που υλοποιούν.

Τα κλασσικά ψηφιακά κυκλώματα γενικού σκοπού περιλαμβάνουν ευρεία κλίμακα λογικών συναρτήσεων, καταχωρητών, μετρητών κ.ά. σε διάφορους συνδυασμούς αριθμού εισόδων.

Λειτουργικά χαρακτηριστικά

Λογικές συναρτήσεις :

Επειδή όμως στα σύγχρονα ψηφιακά συστήματα όλες οι λογικές συναρτήσεις ενσωματώνονται σε **ελάχιστα** ολοκληρωμένα κυκλώματα ειδικής σχεδίασης (ASICs), οι νεώτερες λογικές οικογένειες ψηφιακών κυκλωμάτων περιλαμβάνουν κυρίως κυκλώματα για τη μετάδοση της πληροφορίας: κυκλώματα μετάδοσης-λήψης, καταχωρητές μεγάλου εύρους και μετατροπείς της πληροφορίας από σειριακή σε παράλληλη και αντίστροφα.

Βιβλιογραφία

“CAD & ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ” Α. ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗΣ, Γ. ΒΕΛΝΤΕΣ, ΤΕΙ ΛΑΜΙΑΣ

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ “Βασικές Έννοιες
Ψηφιακών Κυκλωμάτων” Δ. Λιούπης – Μ. Στεφανιδάκης,
Πανεπιστήμιο Πατρών**