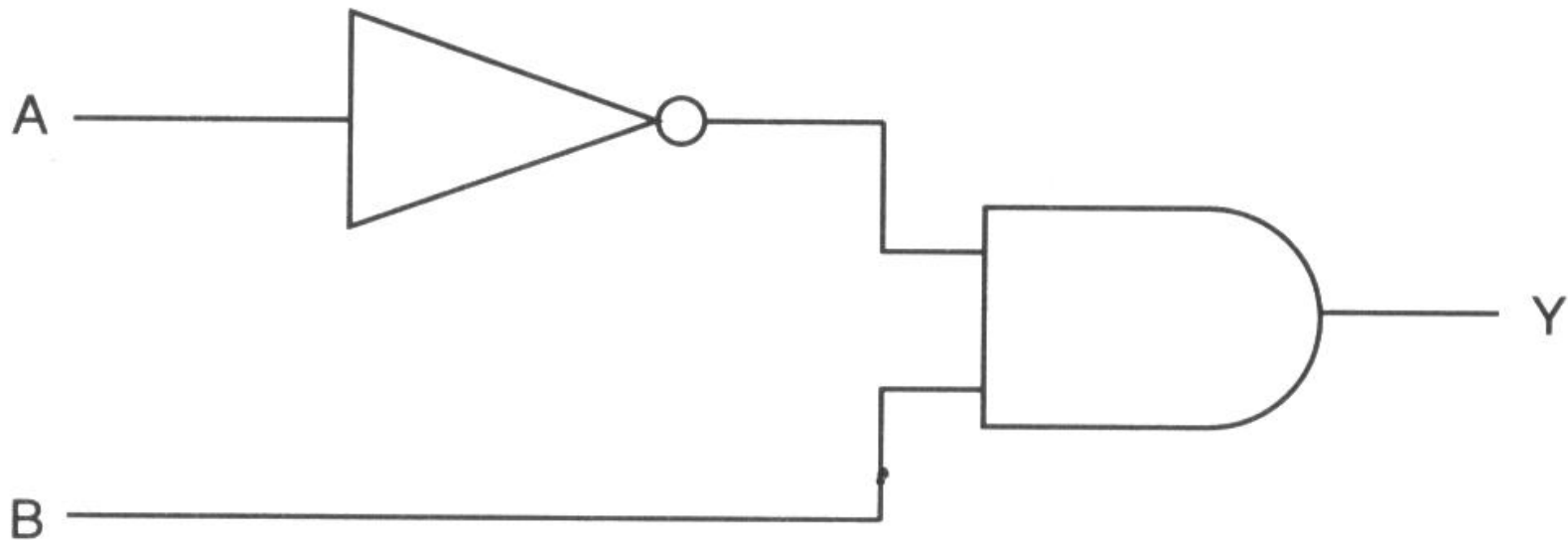


# ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΟΓΙΚΩΝ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΩΝ

Εκπαιδευτής: Χριστόδουλος Γιαννακού  
Ειδικότητα: Μηχανικής Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

**Μάθημα: ΨΗΦΙΑΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ II**



# Στόχοι

Ο μαθητής πρέπει να είναι σε θέση να:

- Να εξηγεί τι είναι μια λογική οικογένεια.
- Να ονομάζει τις κυριότερες λογικές οικογένειες.
- Να αναφέρει και να αναλύει σημαντικά χαρακτηριστικά των λογικών οικογενειών.

# Εισαγωγή

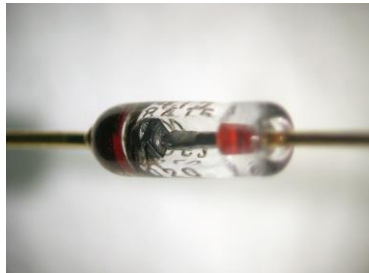
- Τα πρώτα λογικά κυκλώματα είχαν κατασκευαστεί με διακόπτες και με ηλεκτρονόμους (relays) με περιορισμένες δυνατότητες



- στην θέση των μηχανικών διακοπών χρησιμοποιήθηκαν οι ηλεκτρονικοί διακόπτες.



ηλεκτρονικές λυχνίες



κρυσταλλοδίοδοι

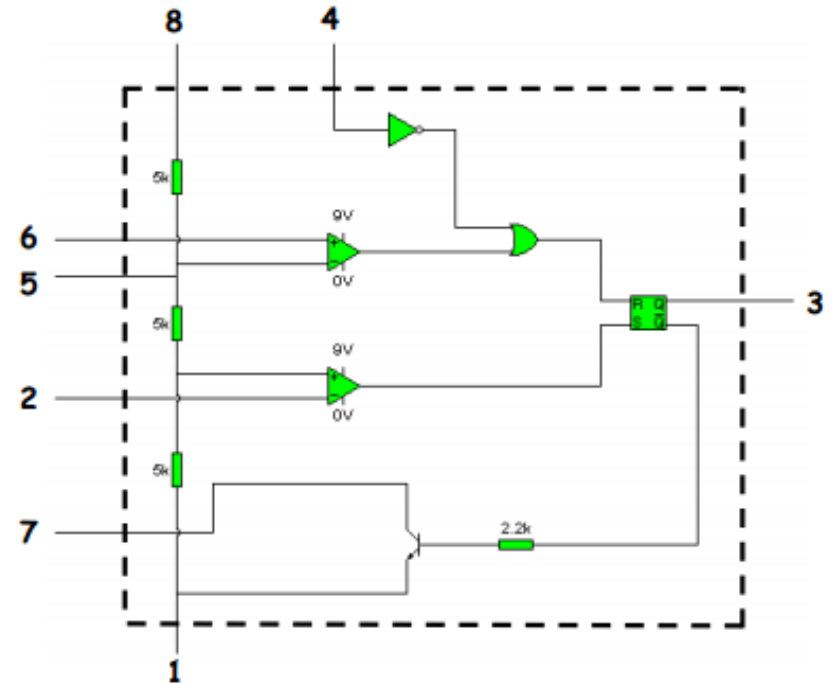
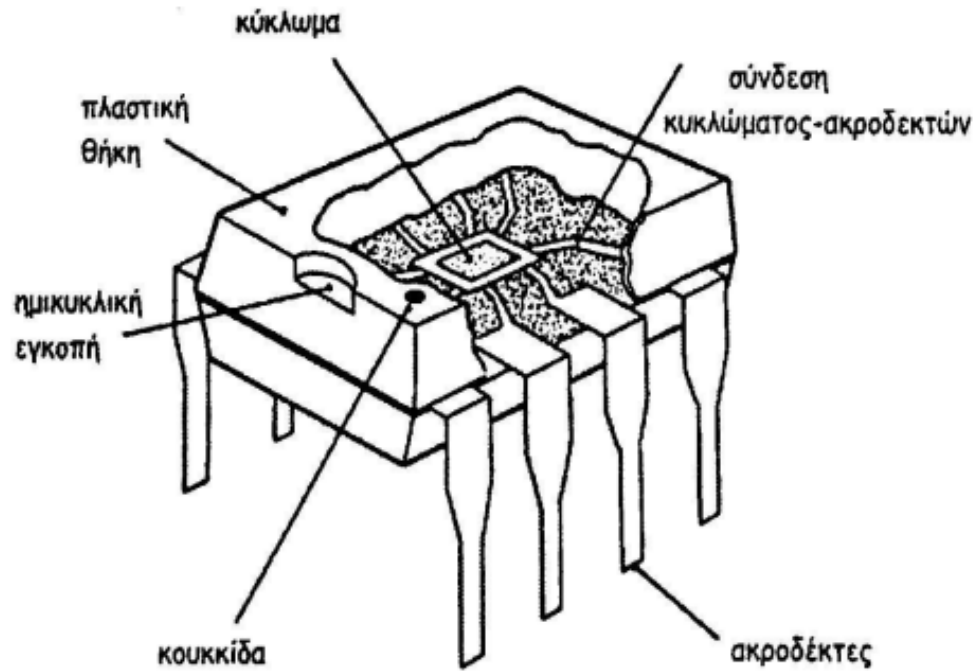
τρανζίστορ,  
διπολικά και FET.



# Εισαγωγή

- Σήμερα τα ψηφιακά κυκλώματα κατασκευάζονται σχεδόν αποκλειστικά στη μορφή των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (ICs).
  - ✓ Η φτηνή τεχνολογία
  - ✓ ο μικρός όγκος
  - ✓ εύκολη χρήση
  - ✓ μικρή κατανάλωση
  - ✓ μεγάλη αξιοπιστία
  - ✓ εύκολη και απλή κατασκευή των κυκλωμάτων

# IC-ολοκληρωμένο κύκλωμα



# Λογικές οικογένειες

Για να μπορέσουμε να **κατασκευάσουμε** ένα απλό ή σύνθετο **ψηφιακό κύκλωμα** πρέπει πρώτα να κατασκευάσουμε τις βασικές **λογικές πύλες** και με αυτές να κτίσουμε τα πιο σύνθετα κυκλώματα.



Τί ονομάζουμε λογική οικογένεια;

Οι λογικές πύλες και γενικά τα λογικά κυκλώματα, που είναι κατασκευασμένα σύμφωνα με **καθορισμένα τεχνολογικά κριτήρια**, αποτελούν μια λογική οικογένεια.

(καθορισμένα τεχνολογικά κριτήρια = συγγενικά κυκλώματα που μπορούν εύκολα να συνδεθούν μεταξύ τους)

# Είδη Λογικών οικογενειών

- RTL(Resistor-Transistor Logic)
- DCTL(Direct Coupled Transistor Logic)
- DTL( Diode Transistor Logic)
- TTL (Transistor Transistor Logic)
- ECL(Emitter-Couple Logic)

Μεμονωμένα  
ηλεκτρονικά στοιχεία  
(δεν  
χρησιμοποιούνται)

Διπολικά  
τρανζιστορ

I<sup>2</sup>L(Integrated Injection Logic)

- P-MOS(P-Channel Metal Oxide Semiconductor)
- N-MOS(N-Channel Metal Oxide Semiconductor)
- C-MOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)

MOSFET  
τρανζιστορ

A. Orphanou



# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 1. Καταναλισκόμενη ισχύς (Power dissipation)

Η καταναλισκόμενη ισχύς ανά πύλη δίνεται από το γινόμενο που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της τάσης τροφοδοσίας επί το ρεύμα.

$$P = U \cdot I$$

$P_{TTL}$  Μιας πύλης = 10mw

$P_{C-MOS}$  Μιας πύλης = 10nw



Όσο πιο μικρή είναι η καταναλισκόμενη ισχύς από μια λογική οικογένεια, τόσο το καλύτερο **ΑΛΛΑ**

Η μείωση της καταναλισκόμενης ισχύος σε μια λογική οικογένεια λειτουργεί αρνητικά στην ταχύτητα λειτουργίας της και στο ανεκτό περιθώριο θορύβου.

# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 2. Λογικά επίπεδα

- Στο λογικό 0 και στο λογικό 1 αντιστοιχούν ορισμένες περιοχές ή αλλιώς επίπεδα τάσεων
- Θετική λογική → High="1", Low="0"
- Αρνητική λογική → Low="1", High="0"
- Μεταξύ ψηλού επιπέδου και χαμηλού υπάρχει απαγορευμένη κατάσταση

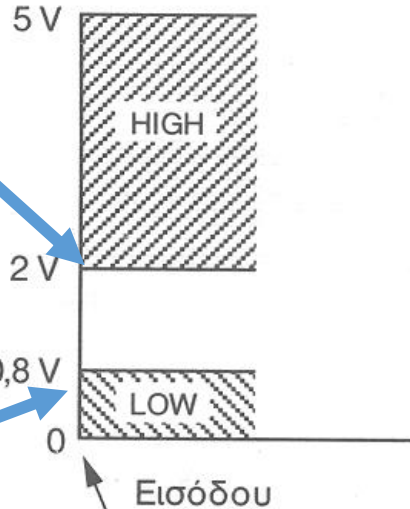


# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

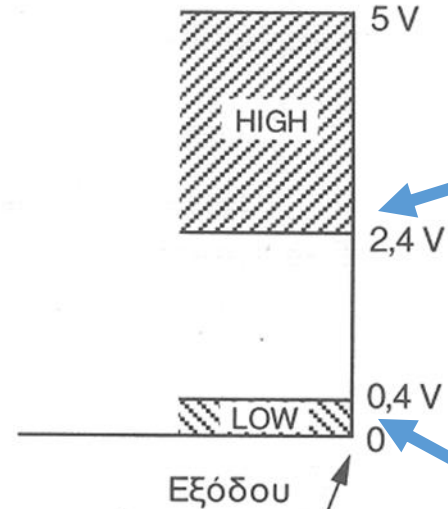
## 2. Λογικά επίπεδα

- Τα λογικά επίπεδα **Εισόδου και Εξόδου διαφέρουν** σε κάθε λογική οικογένεια

$V_{IHmin}$



$V_{OHmin}$



$V_{OLmax}$

Λογικά Επίπεδα Εισόδου / Εξόδου στη λογική οικογένεια TTL

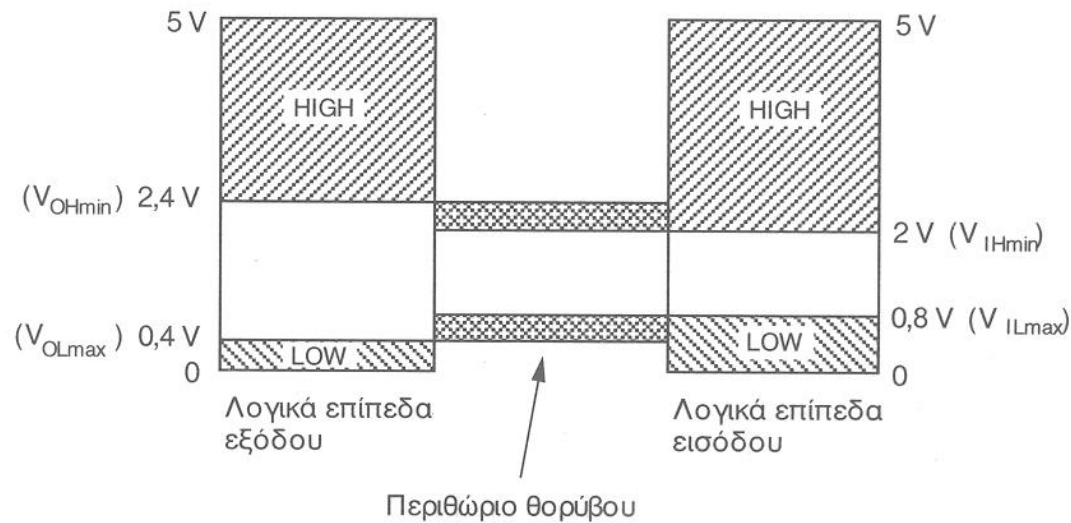
# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 3. ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΘΟΡΥΒΟΥ (noise margin)

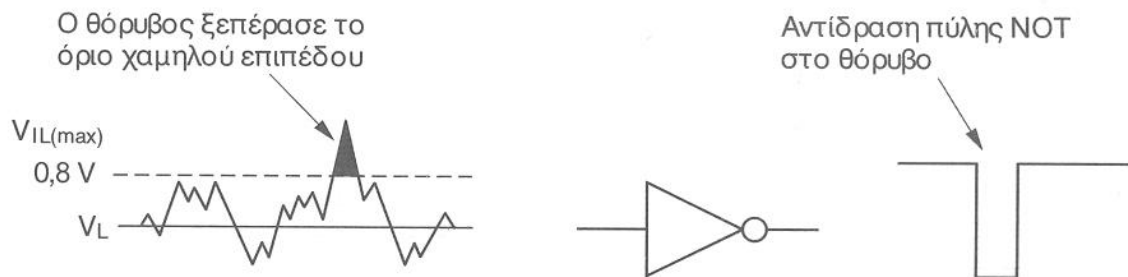
- Ο ηλεκτρονικός θόρυβος σε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα είναι οι ανεπιθύμητες παρασιτικές τάσεις, που προκαλούνται εξ επαγωγής στα καλώδια και στους αγωγούς του τυπωμένου κυκλώματος.
- Το περιθώριο θορύβου εκφράζεται σε βολτ (Volts) και είναι η **μέγιστη τάση** ηλεκτρονικού θορύβου, που μπορεί να **προστεθεί** στο σήμα εισόδου μιας πύλης **χωρίς να αλλάξει** τη λογική του κατάσταση.
- Όσο πιο **μεγάλο** είναι το ύψος του θορύβου, που **ανέχεται** μια λογική οικογένεια τόσο το **καλύτερο**.

# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 3. ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΘΟΡΥΒΟΥ (noise margin)



Σχ. 3/3: Περιθώριο θορύβου κανονικής TTL



# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 3. ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΘΟΡΥΒΟΥ (noise margin)

- Το μέγιστο περιθώριο θορύβου για κάθε λογική οικογένεια είναι διαφορετικό και ισούται:

(α)  $V_{iLmax} - V_{oLmax}$  για το Χαμηλό επίπεδο

(β)  $V_{oHmin} - V_{iHmin}$  για το Ψηλό επίπεδο

- Παράδειγμα για την κανονική (standard) TTL ισχύουν τα ακόλουθα:

(α) Για το χαμηλό επίπεδο

$$V_{iLmax} - V_{oLmax} = 0,8 \text{ V} - 0,4 \text{ V} = 0,4 \text{ V}$$

(β) Για το ψηλό επίπεδο

$$V_{oHmin} - V_{iHmin} = 2,4 \text{ V} - 2 \text{ V} = 0,4 \text{ V}$$

Επομένως, το περιθώριο θορύβου για την κανονική TTL είναι 0,4 V.

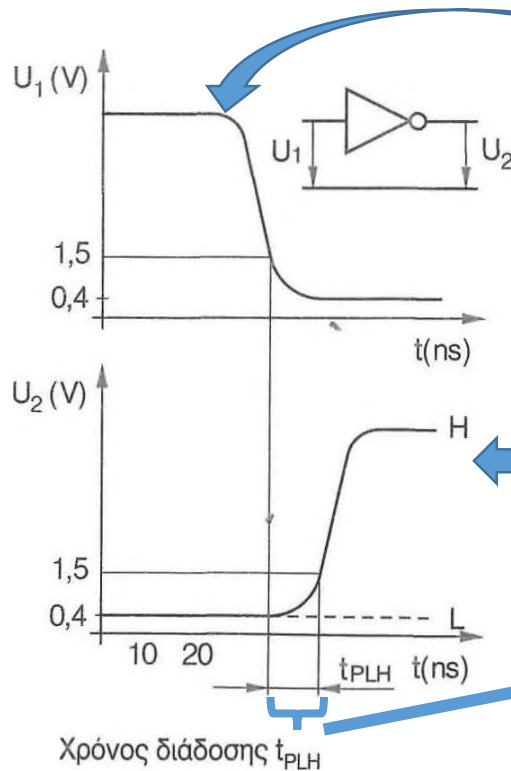
Αν και οι δύο τιμές για το χαμηλό και το ψηλό επίπεδο είναι

**διαφορετικές**, τότε ισχύει για το περιθώριο θορύβου η **μικρότερη** τιμή.

# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 4. ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΔΙΑΔΟΣΗΣ (Propagation Delay)

- Η **καθυστέρηση διάδοσης σήματος** είναι ο χρόνος που χρειάζεται, για να μεταφερθεί στην έξοδο μιας πύλης μια μεταβολή, που λαμβάνει χώρα στην είσοδο της πύλης.



το σήμα εισόδου της πύλης NOT είναι ένας παλμός που αλλάζει από το ψηλό (HIGH) στο χαμηλό (LOW) επίπεδο

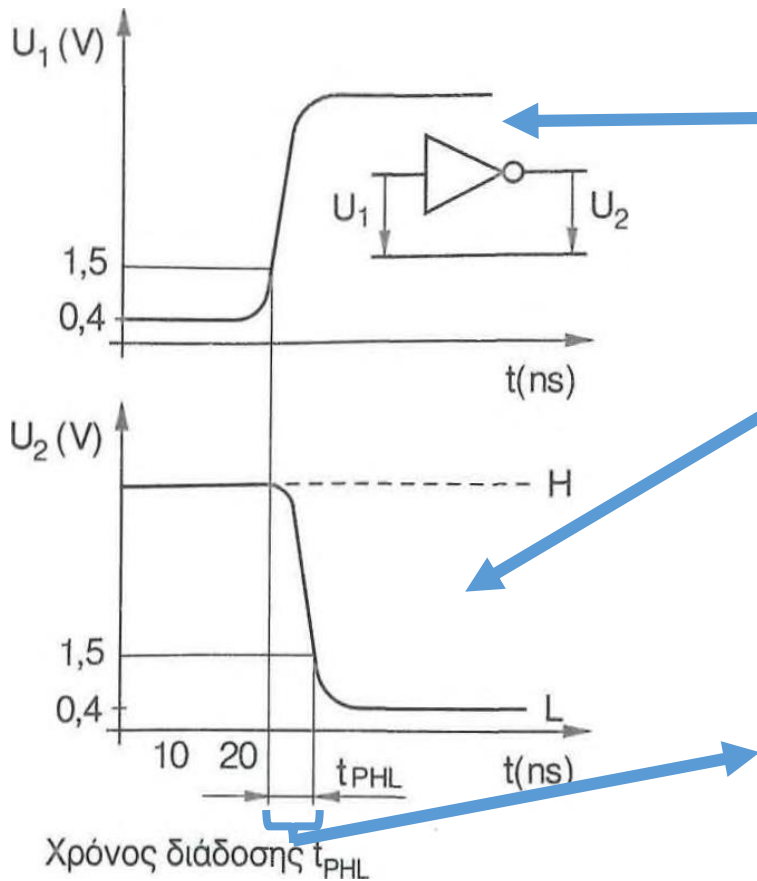
το σήμα εξόδου αλλάζει από το χαμηλό στο ψηλό επίπεδο.

χρονική καθυστέρηση, που εκφράζεται με το χαρακτηρισμό  $t_{PHL}$

Χρόνος διάδοσης  $t_{PLH}$

# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 4. ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΔΙΑΔΟΣΗΣ (Propagation Delay)



το σήμα εισόδου της πύλης NOT είναι ένας παλμός που αλλάζει από το χαμηλό (LOW) στο ψηλό (HIGH) επίπεδο

το σήμα εξόδου αλλάζει από το χαμηλό στο ψηλό επίπεδο.

χρονική καθυστέρηση, που εκφράζεται με το χαρακτηρισμό  $t_{PLH}$

μέση τιμή της χρονικής καθυστέρησης  $t_p = \frac{t_{PLH} + t_{PHL}}{2}$



# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 4. ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΔΙΑΔΟΣΗΣ (Propagation Delay)

$t_p = 10 \text{ ns}$  για τη λογική οικογένεια TTL

όσο πιο **μικρός** είναι ο χρόνος αυτός, τόσο πιο **γρήγορη** είναι η λογική οικογένεια, δηλαδή τόσο πιο **μεγάλη** είναι η **ταχύτητα λειτουργίας της**.

## 5. ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ (Fan-Out)

- Η ικανότητα οδήγησης ή συντελεστής φόρτωσης (Fan-Out) μιας πύλης, είναι ο μέγιστος αριθμός εισόδων, που μπορεί να οδηγήσει η έξοδος της πύλης χωρίς να επηρεαστεί η κανονική λειτουργία της.
- Η κανονική TTL έχει  $FAN-OUT = 10$ .
- FAN-IN μιας εισόδου είναι ένας αριθμός που δηλώνει πόσες μονάδες φορτίου ισούται το φορτίο μιας εισόδου
- FAN-IN μιας κανονικής εισόδου είναι 1.

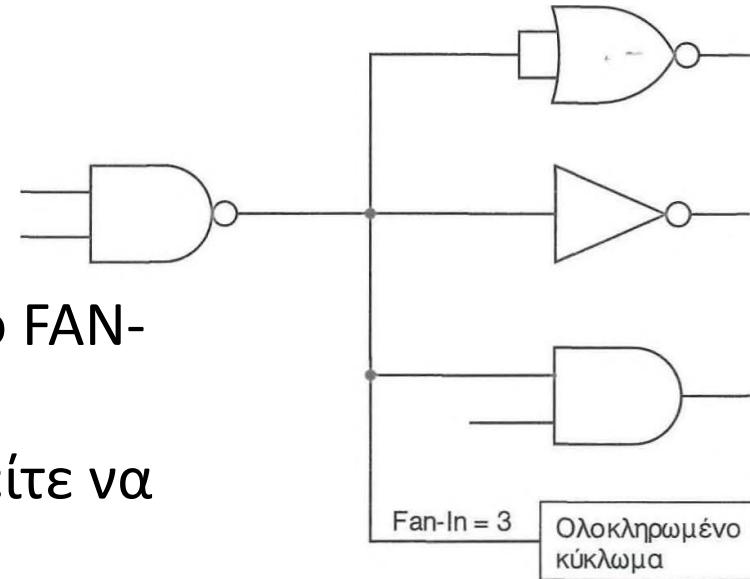
\* Υπάρχουν είσοδοι που συνδέονται στην έξοδο μιας πύλης και απαιτούν περισσότερο ρεύμα από το κανονικό. Δηλαδή έχουν FAN-IN μεγαλύτερο από 1.

# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 5. ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ (Fan-Out)

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Δίνεται το διπλανό λογικό κύκλωμα. Το FAN-OUT είναι 10. Να υπολογίσετε πόσες επιπρόσθετες μονάδες φορτίου μπορείτε να συνδέσετε στην έξοδο της πύλης.



### ΛΥΣΗ

Η έξοδος της πύλης NAND έχει FAN-OUT 10.

Κάθε είσοδος έχει FAN-IN 1 εκτός από την τελευταία, που έχει FAN-IN 3.

Το συνολικό φορτίο στην έξοδο της πύλης είναι:  
 $2 + 1 + 1 + 3 = 7$  μονάδες φορτίου

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ:** Στην έξοδο της πύλης μπορούμε να συνδέσουμε ακόμη 3 μονάδες φορτίου

# Υπολογισμός FAN-OUT από Datasheet

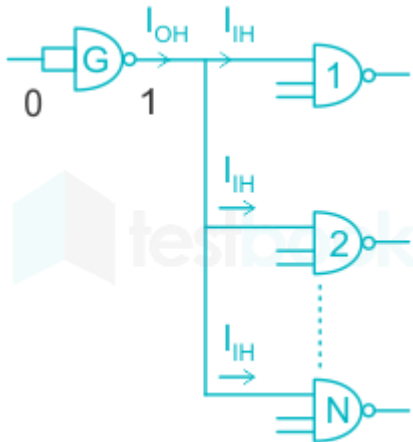
## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Υπολογίστε την ικανότητα οδήγησης του ολοκληρωμένου κυκλώματος IC74LS00, από το φύλλο δεδομένων που σας δόθηκε

## ΛΥΣΗ

FAN-OUT = είναι ο μέγιστος αριθμός εισόδων (φορτίων εισόδου), που μπορεί να οδηγήσει η έξοδος μιας πύλης χωρίς να επηρεαστεί η κανονική λειτουργία της

A) Υπολογίζω το Fanout High



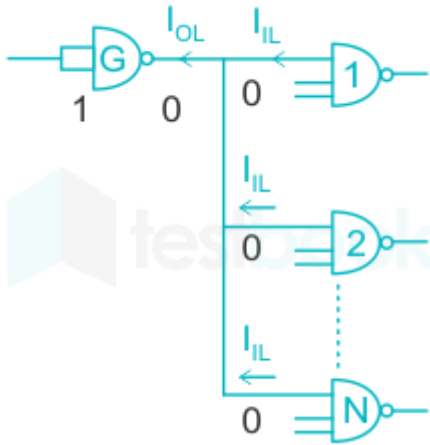
Από Datasheet βρίσκω  $I_{OH} = -0.4 \text{ mA}$ ,  $I_{IH} = 20\mu\text{A}$

$$\text{Fanout High} = \frac{I_{OH}}{I_{IH}} = \frac{0.4 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-6}} = 20$$

# Υπολογισμός FAN-OUT από Datasheet

## ΛΥΣΗ ΣΥΝΕΧΕΙΑ

B) Υπολογίζω το Fanout LOW



Από Datasheet βρίσκω  $I_{OL} = 8 \text{ mA}$ ,  $I_{IL} = -0.36 \text{ mA}$

$$\text{Fanout Low} = \frac{I_{OL}}{I_{iL}} = \frac{8 \times 10^{-3}}{0.36 \times 10^{-3}} = 22.2$$

Effective Fanout =  $\min(\text{Fanout}_{\text{HIGH}}, \text{Fanout}_{\text{LOW}})$

**Effective Fanout = 20**

# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 6. ΤΑΣΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

- Κάθε λογική οικογένεια έχει τη δική της τάση τροφοδοσίας.
- Ορισμένες λογικές οικογένειες απαιτούν σταθεροποιημένες τάσεις τροφοδοσίας. Για παράδειγμα, η τάση τροφοδοσίας της λογικής οικογένειας TTL είναι +5 V.
- Η τάση τροφοδοσίας μιας λογικής οικογένειας είναι ένας βασικός παράγοντας από τον οποίο εξαρτιόνται τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της λογικής οικογένειας.

# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 6. ΓΙΝΟΜΕΝΟ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ - ΙΣΧΥΟΣ (Speed-Power Product)

- Όταν οι παράμετροι της κατανάλωσης και της ταχύτητας έχουν την ίδια σημασία για τη σύγκριση λογικών οικογενειών, τότε λαμβάνουμε υπόψη μια άλλη παράμετρο:

$$\text{Ενέργεια (J)} = \text{Χρόνος Διάδοσης (s)} \times \text{Ισχύς (J/s)}$$

- Το γινόμενο είναι μέτρο ποιότητας για την επιλογή της καταλληλότερης λογικής οικογένειας.
- Για την κανονική TTL έχουμε τα ακόλουθα:
  - (α) Καταναλισκόμενη ισχύς: 10 mW
  - (β) Χρόνος διάδοσης: 10 ns
  - Γινόμενο = 10 mW · 10 ns = 100 pJ

Όσο πιο μικρό είναι το γινόμενο αυτό, τόσο το καλύτερο.

# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 7. ΒΑΘΜΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα (ICs) ανάλογα με το βαθμό ολοκλήρωσης τους, δηλαδή με κριτήριο πόσες πύλες περιέχουν στο περίβλημά τους, τα διακρίνουμε στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Μικρής** κλίμακας ολοκλήρωσης, SSI (Small Scale Integration). Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα της κατηγορίας αυτής περιέχουν μέχρι και 12 πύλες. Για παράδειγμα, το IC-7400 έχει τέσσερις πύλες NAND.
- **Μεσαίας** κλίμακας ολοκλήρωσης, MSI (Medium Scale Integration). Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα της κατηγορίας αυτής περιέχουν από 12 μέχρι 100 πύλες. Τέτοιο παράδειγμα είναι το IC-7447, που είναι ένας αποκωδικοποιητής.



# Χαρακτηριστικά λογικών οικογενειών

## 7. ΒΑΘΜΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ

➤ **Μεγάλης** κλίμακας ολοκλήρωσης, LSI (Large Scale Integration). Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα της κατηγορίας αυτής περιέχουν από 100 μέχρι 10000 πύλες. Τέτοια κυκλώματα είναι, για παράδειγμα, ολοκληρωμένα κυκλώματα μνήμης.



➤ **Πολύ μεγάλης** κλίμακας ολοκλήρωσης, VLSI (Very Large Scale Integration). Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα της κατηγορίας αυτής περιέχουν πάνω από 10000 πύλες σ' ένα περίβλημα. Τέτοια κυκλώματα είναι, για παράδειγμα, κυκλώματα μικροεπεξεργαστών και κυκλώματα μεγάλης διάταξης μνήμης.



# Φύλλο Εργασίας

Οι μαθητές να επιλύσουν τις  
ασκήσεις 1, 2, 3 του Φύλλου  
Εργασίας 1

# Φύλλο ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Σελίδες 82 – 89 Βιβλίου.

Να επιλυθεί το Φύλλο Αξιολόγησης 1  
στο τετράδιο (Ασκήσεις 1, 2 (σελ 37  
βιβλίου) και 17, 18 (σελ 39 βιβλίου)

# Ανακεφαλαίωση