

Ιόνιο Πανεπιστήμιο – Τμήμα Πληροφορικής
Αρχιτεκτονική Υπολογιστών
2016-17

Ψηφιακή Λογική και Σχεδίαση

(σχεδίαση συνδυαστικών κυκλωμάτων)

<http://mixstef.github.io/courses/comparch/>

Μ.Στεφανιδάκης

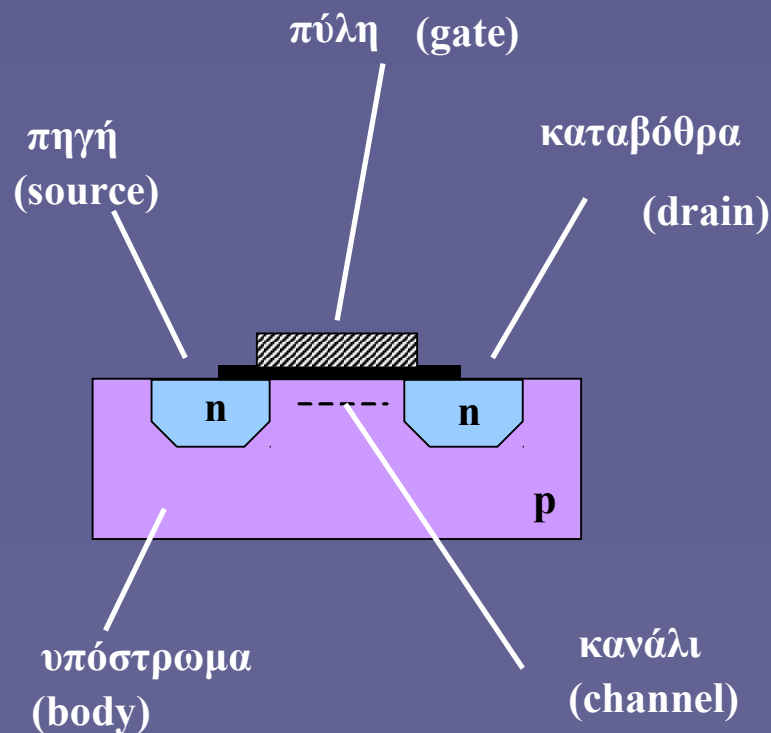


Το τρανζίστορ MOS(FET)

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα

i

Το τρανζίστορ αυτό είναι τύπου NMOS. Υπάρχει και το συμπληρωματικό PMOS.

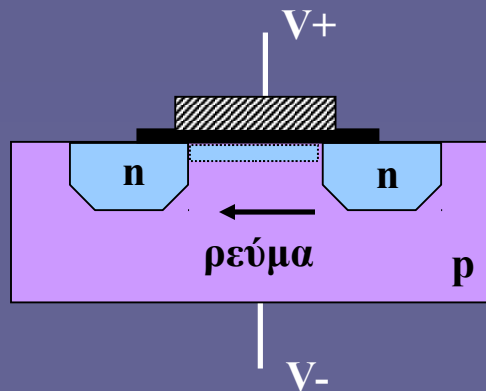
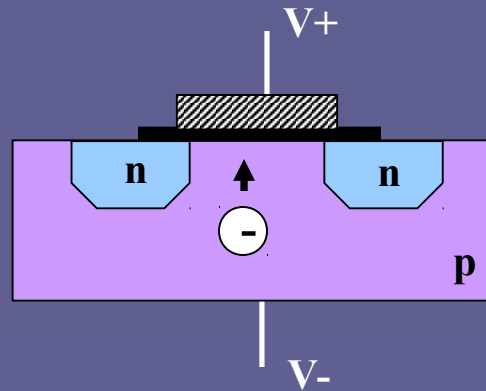


Λειτουργία του τρανζίστορ MOS(FET)

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα

;

Τι συμβαίνει στο τρανζίστορ PMOS;



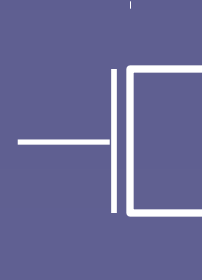
Τρανζίστορ NMOS και PMOS

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα

i

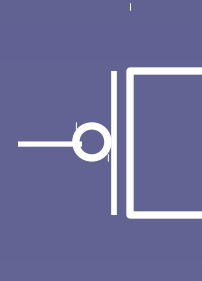
Η πλειοψηφία των σημερινών κυκλωμάτων χρησιμοποιεί και τα δύο είδη τρανζίστορ (τεχνολογία CMOS)

NMOS: άγει όταν στην πύλη εφαρμόζεται ‘1’
Περνά ισχυρό ‘0’



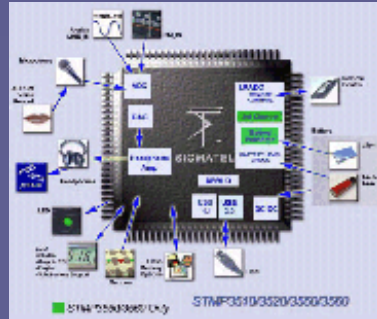
σύμβολα

PMOS: άγει όταν στην πύλη εφαρμόζεται ‘0’
Περνά ισχυρό ‘1’



Ψηφιακά Ηλεκτρονικά: Ιεραρχία σχεδίασης

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα



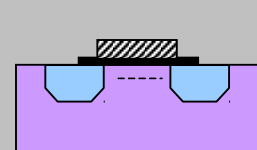
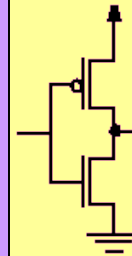
σύστημα σε chip

σύνθετο τμήμα

λογική πύλη

κύκλωμα

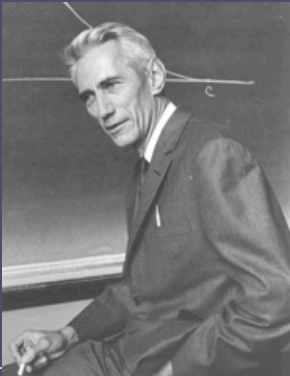
φυσικό επίπεδο



Ψηφιακά Ηλεκτρονικά και Δυαδική λογική

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα

- Η δυαδική λογική ταιριάζει με την τεχνολογία του τρανζίστορ
 - 2 καταστάσεις: ON-OFF, 1-0
 - Ψηφιακά ηλεκτρονικά (2 στάθμες)
- Δυαδική άλγεβρα Boole
 - Λογική άλγεβρα
 - Συσχέτιση με διακοπτικά κυκλώματα
 - Η εργασία του Shannon (1938)



C.E.Shannon

Άλγεβρα Boole: επανάληψη

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole

- $A + B$ (A OR B)
- $A \cdot B$ (ή απλά AB , A AND B)
- \overline{A} (NOT A)
 - $A + 0 = A$ και $A \cdot 1 = A$
 - $A + 1 = 1$ και $A \cdot 0 = 0$
 - $A + \overline{A} = 1$ και $A \cdot \overline{A} = 0$
 - $A + B = B + A$ και $A \cdot B = B \cdot A$
 - $A + (B + C) = (A + B) + C$ και
 - $A(BC) = (AB)C$

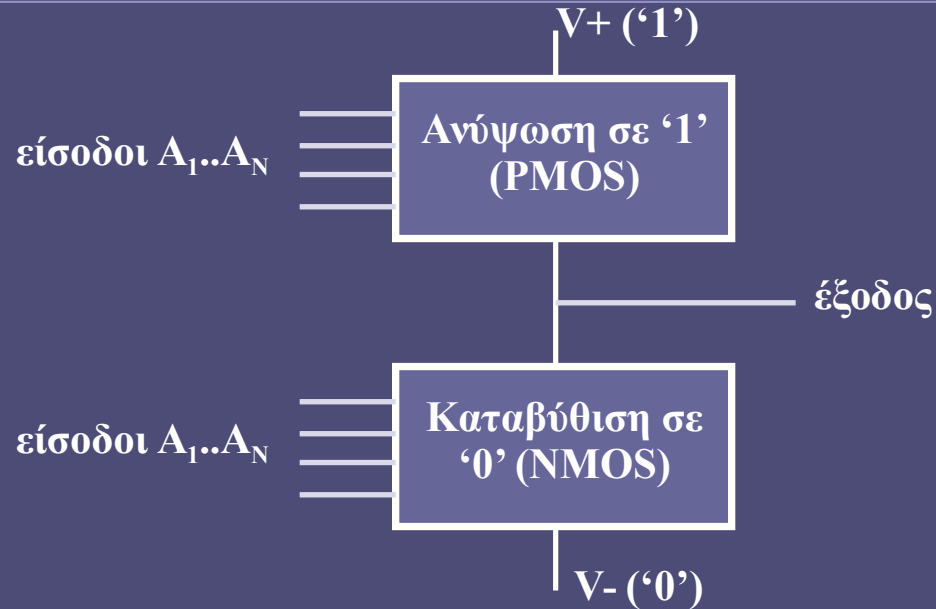
Άλγεβρα Boole: επανάληψη

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole

- $A(B+C) = (AB)+(AC)$ και
- $A+(BC) = (A+B)(A+C)$
- $\overline{(A+B)} = \overline{A} \cdot \overline{B}$ και
- $\overline{(A \cdot B)} = \overline{A} + \overline{B}$ (DeMorgan)

Απλές λογικές πύλες

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες

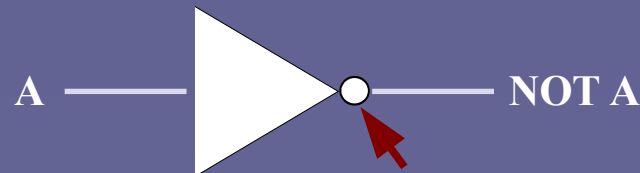
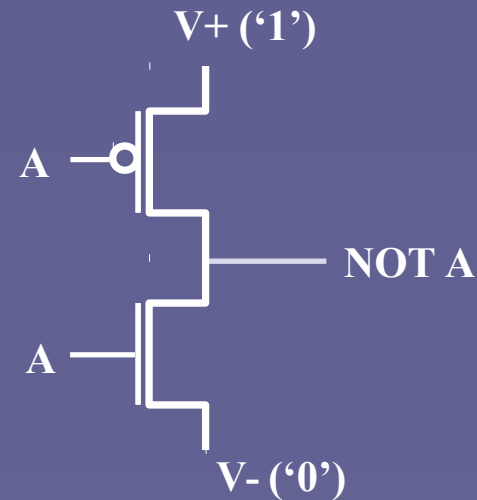


- Στατική τεχνολογία CMOS
 - Αναστρέφουσες συναρτήσεις
 - NOT, NAND, NOR ...
 - Αξιόπιστη λειτουργία, εύκολη σχεδίαση
 - Όχι πάντα η αποδοτικότερη λύση

Η πύλη NOT

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες

A	Y
0	1
1	0



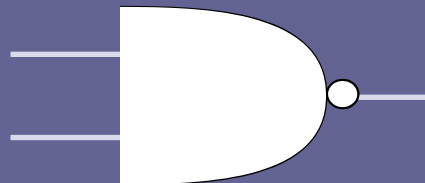
ο κύκλος συμβολίζει την αντιστροφή

σύμβολο πύλης NOT

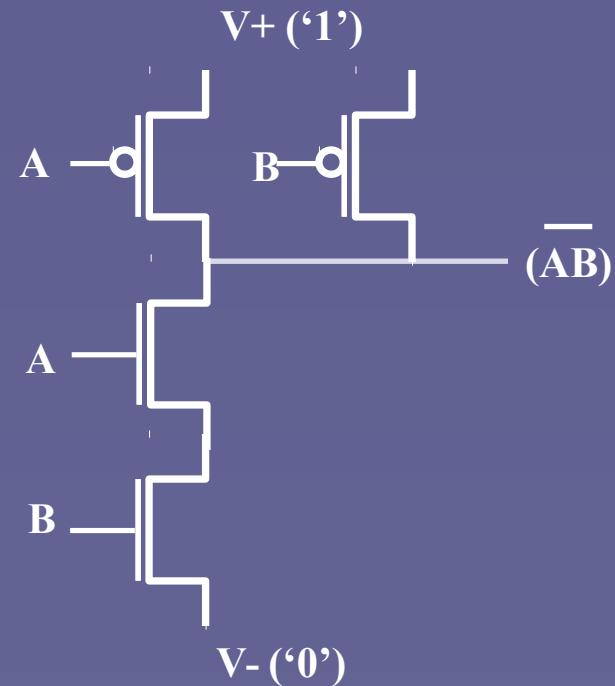
Η πύλη NAND

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



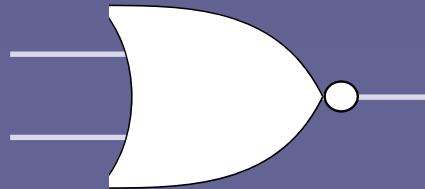
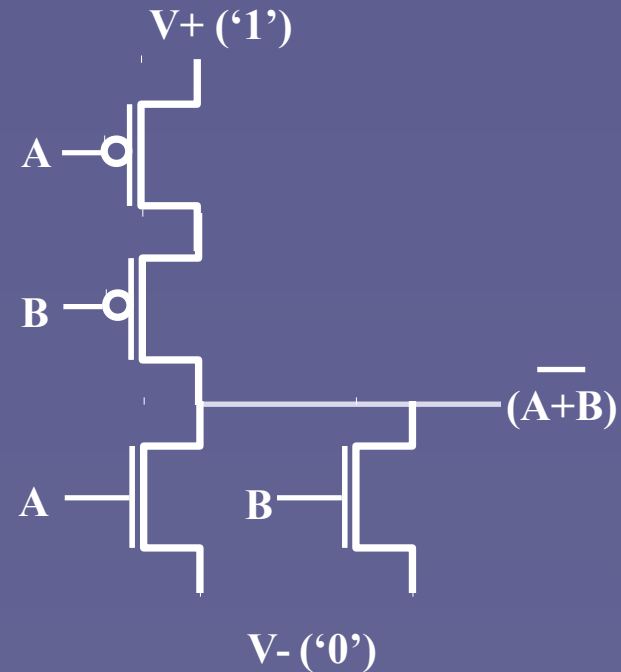
σύμβολο πύλης NAND



Η πύλη NOR

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες

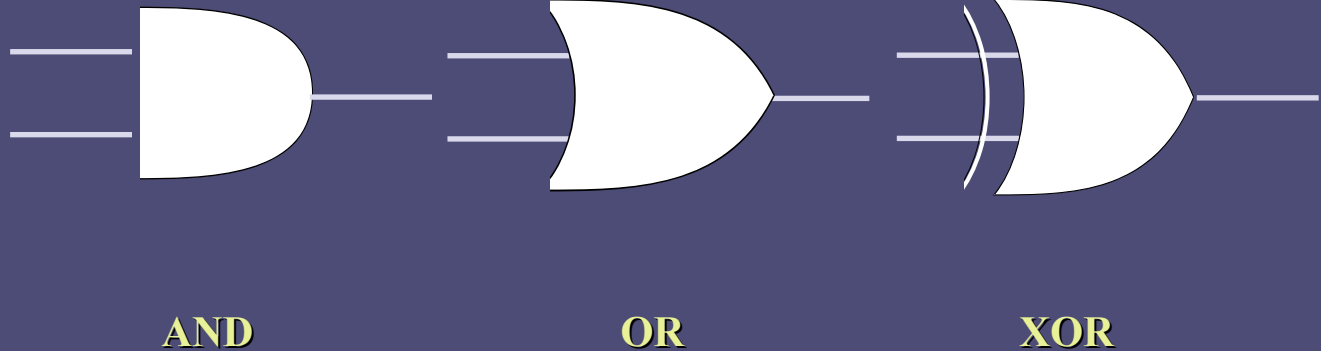
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



σύμβολο πύλης NOR

Άλλες λογικές πύλες

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες



- Ως συνδυασμός των βασικών πυλών
 - NOT, NAND, NOR
- Υπάρχουν και εναλλακτικές μέθοδοι σχεδίασης!

Συνδυαστική Λογική

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες
- Συνδυαστική Λογική



- Μπλοκ λογικών συναρτήσεων
 - Οι έξοδοι εξαρτώνται **αποκλειστικά** από την τρέχουσα τιμή των εισόδων
 - Δεν υπάρχει **μνήμη** προηγούμενων καταστάσεων
 - Αλλαγή των εισόδων θα επηρεάσει τις εξόδους μετά από χρονικό διάστημα (**καθυστέρηση διάδοσης**)
 - Η συνάρτηση που υλοποιεί το μπλοκ μπορεί να εκφραστεί με έναν **πίνακα αλήθειας**

Υλοποίηση συναρτήσεων

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες
- Συνδυαστική Λογική



Πάντοτε
προσπαθούμε να
απλοποιήσουμε τις
συναρτήσεις
(πίνακες Karnaugh
ή άλλες
υπολογιστικές
μέθοδοι)

A	B	C	Y	Ελαχιστόροι	Μεγιστόροι
0	0	0	1	$a'b'c'$	$a+b+c$
0	0	1	0	$a'b'c$	$a+b+c'$
0	1	0	0	$a'bc'$	$a+b'+c$
0	1	1	1	$a'bc$	$a+b'+c'$
1	0	0	0	$ab'c'$	$a'+b+c$
1	0	1	0	$ab'c$	$a'+b+c'$
1	1	0	1	abc'	$a'+b'+c$
1	1	1	1	abc	$a'+b'+c'$

- $Y = a'b'c' + a'bc + abc' + abc$
- $Y = (a+b+c')(a+b'+c)(a'+b+c)(a'+b+c')$

Βασικά συνδυαστικά τμήματα

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες
- Συνδυαστική Λογική
- Βασικά Συνδυαστικά Τμήματα

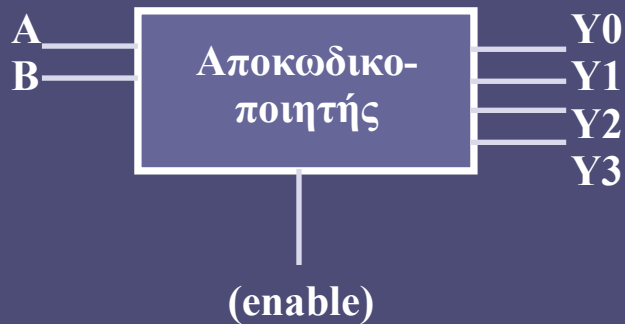
- Αποκωδικοποιητής (decoder)
 - N είσοδοι ενεργοποιούν 1 από 2^N εξόδους
- Πολυπλέκτης (multiplexer)
 - N είσοδοι επιλέγουν 1 από 2^N εισόδους
- Αθροιστής (adder)
 - Αριθμητική πρόσθεση δυαδικών ψηφίων

Αποκωδικοποιητής (decoder)

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες
- Συνδυαστική Λογική
- Βασικά Συνδυαστικά Τμήματα

;

Πώς υλοποιείται ένας αποκωδικοποιητής;



A	B	Y ₀	Y ₁	Y ₂	Y ₃
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

- Αποκωδικοποιητής N -σε- 2^N
 - N είσοδοι ενεργοποιούν μία από 2^N εξόδους

Πολυπλέκτης (multiplexer)

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες
- Συνδυαστική Λογική
- Βασικά Συνδυαστικά Τμήματα



Πώς υλοποιείται
ένας πολυπλέκτης;



S_1	S_0	Y
0	0	A
0	1	B
1	0	C
1	1	D

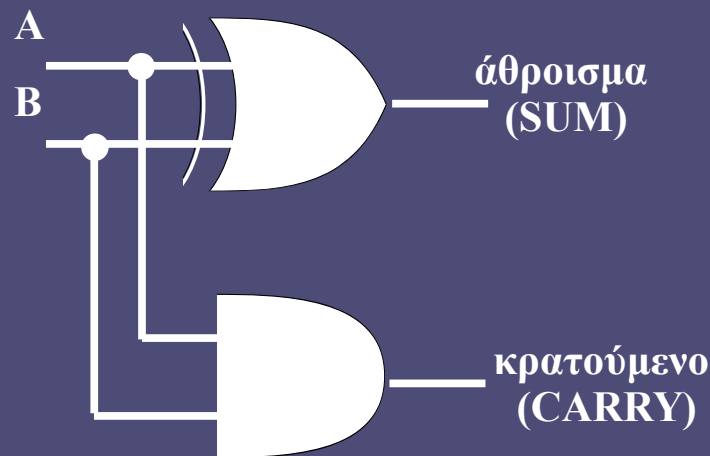
- Πολυπλέκτης 2^N γραμμών σε 1
 - Επιλογή **μίας** από 2^N εισόδους με τη βοήθεια N σημάτων ελέγχου

Ημιαθροιστής (half-adder)

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες
- Συνδυαστική Λογική
- Βασικά Συνδυαστικά Τμήματα



Αν απαιτείται
πρόσθεση αριθμών
με περισσότερα
bits;



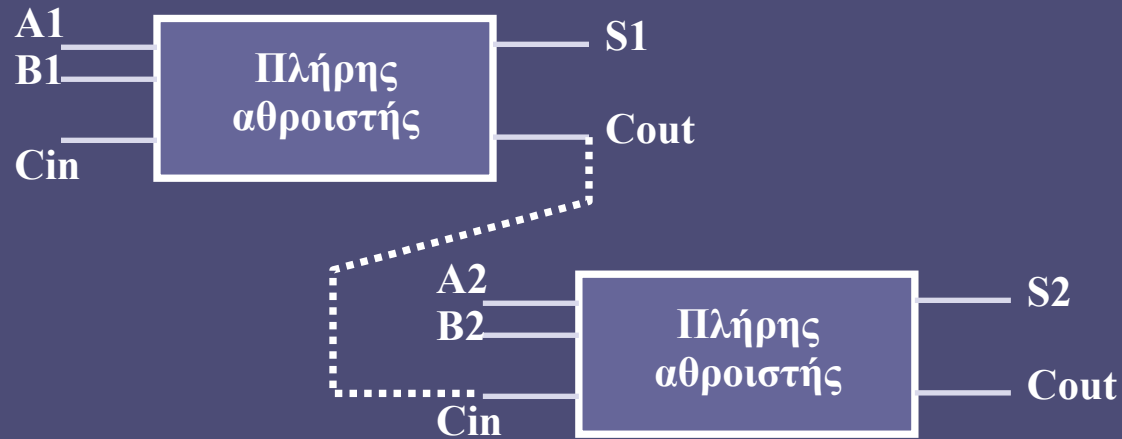
A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Πλήρης αθροιστής (full-adder)

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες
- Συνδυαστική Λογική
- Βασικά Συνδυαστικά Τμήματα



Πώς υλοποιείται
ένας πλήρης
αθροιστής;



- Πολλαπλά τμήματα πλήρη αθροιστή
 - Όμως: πόσο **γρήγορα** διαδίδεται το κρατούμενο; (ripple carry)
 - Τεχνικές πρόβλεψης κρατουμένου (carry look-ahead)

Πέρα από τη συνδυαστική λογική...

- Ηλεκτρονικά κυκλώματα
- Άλγεβρα Boole
- Λογικές Πύλες
- Συνδυαστική Λογική
- Βασικά Συνδυαστικά Τμήματα

- Στο επόμενο μάθημα...
 - Πώς εισάγω την έννοια της κατάστασης ενός λογικού τμήματος;
 - Που φυλάσσεται η κατάσταση;
 - Πότε ενημερώνεται;
 - Πώς συγχρονίζονται τα διάφορα τμήματα λογικής;