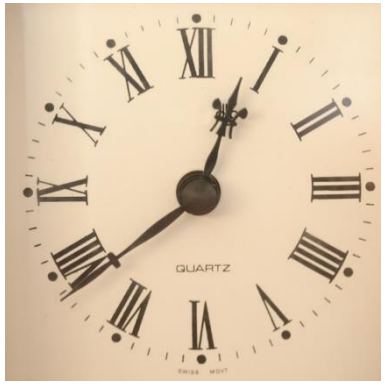
ΗΜΜΥ 100 – Εισαγωγή στην Τεχνολογία

Διάλεξη 15

60 MB RAM κι όμως με ξέχασες!

Σήματα στον Πραγματικό Κόσμο

- **Κυρίως συνεχή (μακροσκοπικά)**
  - Χρόνος, επιτάχυνση, ρεύμα, κλπ.
  - Αναλογικά (Analog)
    - Παίρνουν οποιαδήποτε τιμή
    - Μετρούμε συνεχείς τιμές
  - Κάποια μπορεί να είναι διακριτά
    - Κβαντικές καταστάσεις, μάζα (# ατόμων)
- **Και τα μαθηματικά είναι συνεχή**
  - Απειροστικός λογισμός (calculus)
- **Για επεξεργασία στον υπολογιστή**
  - Μετατροπή σε διακριτά (Digital)
  - Διακριτά
    - Παίρνουν συγκεκριμένες τιμές
    - Μπορούμε να μετρήσουμε τα ψηφία



Η τιμή της ώρας

Η τιμή της ώρας σε ώρες και λεπτά με 4 ψηφία

Αναλογική Επεξεργασία

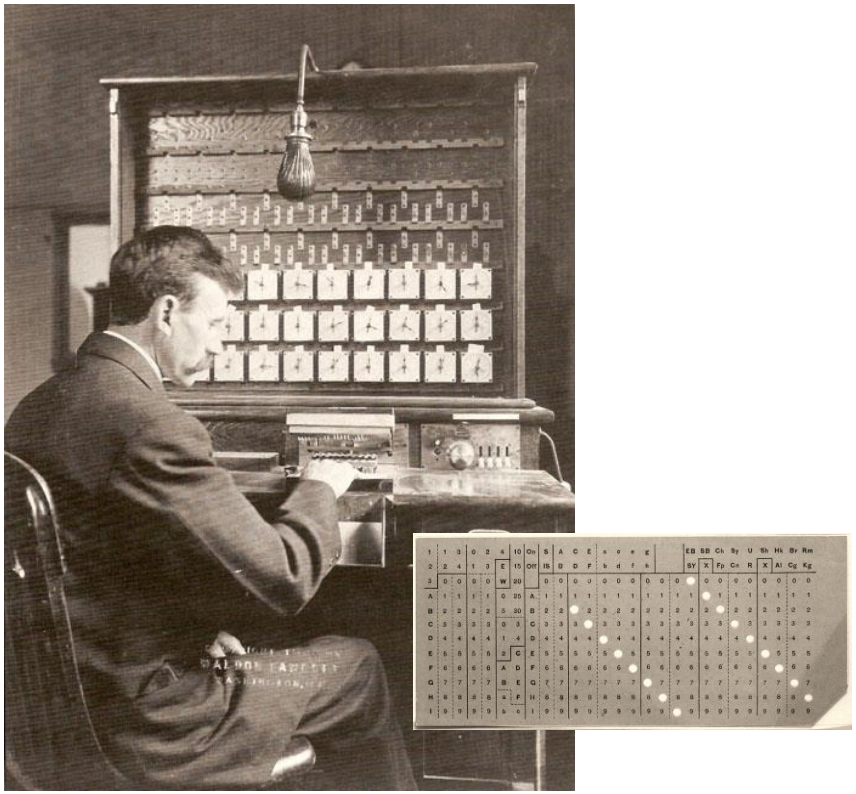
- **Αναλογικές υπολογιστικές μηχανές**
  - Μπορούν να κατασκευαστούν, αλλά … είναι πιο πολύπλοκες και δεν είναι προγραμματιζόμενες
- **Μηχανή Πρόβλεψης της Παλίρροιας (Great Brass Brains)**
  - Αναλογικός, μηχανικός υπολογιστής που υπολόγιζε το μέγεθος της παλίρροιας σε διαφορετικές περιοχές των ΗΠΑ
  - Πάνω από 1,1 τόνους – Ανάλογος 100 μαθηματικών!
  - U.S. Coast and Geodetic Survey, 1910
  - Σε λειτουργία μέχρι το 1965 όταν αντικαταστάθηκε από ένα IBM 7090

Αναλογική Επεξεργασία

- **Αναλογικές υπολογιστικές μηχανές**
  - Μπορούν να κατασκευαστούν, αλλά … είναι πιο πολύπλοκες και δεν είναι προγραμματιζόμενες
- **Διαφορικός αναλυτής**
  - Vannevar Bush
  - Τροχοί τριβής μεταβλητού μεγέθους για την προσομοίωση της συμπεριφοράς των διαφορικών εξισώσεων

Ψηφιακή Επεξεργασία

- **Αν τα δεδομένα μετατραπούν σε διακριτά**
  - Πιο γρήγορη ανάλυση
  - Επεξεργασία σε ψηφιακούς (προγραμματιζόμενους υπολογιστές)
    - Μηχανικούς
    - Ηλεκτρικούς
    - Ηλεκτρονικούς
- **Τα δεδομένα πρέπει πρώτα να γίνουν διακριτά**



Απογραφή ΗΠΑ 1890 - Computing and Tabulating (αργότερα IBM): Αυτοματισμός με χρήση διάτρητων καρτών. Η ανάλυση των στοιχείων διήρκεσε τρία χρόνια (αντί 8 την προηγούμενη δεκαετία)

Ψηφιακή Αναπαράσταση

- **Συστήματα Αρίθμησης**
  - Αναπαριστούν τα δεδομένα με διακριτά ψηφία
- **Δεκαδικό (Decimal)**
  - Βάση 10
  - Χρησιμοποιεί 10 σύμβολα (0,1,2 … 9)
  - Για τον υπολογισμό της τιμής ενός αριθμού
    - Πολλαπλασιάζουμε το κάθε ψηφίο με τη δύναμη της βάσης που αντιστοιχεί στη θέση του ψηφίου
  - Δεν είναι χρήσιμο για υλικό (hardware)
    - Δεν υπάρχουν συσκευές με 10 καταστάσεις για να αντιπροσωπεύουν τα σύμβολα
    - Δάκτυλα;

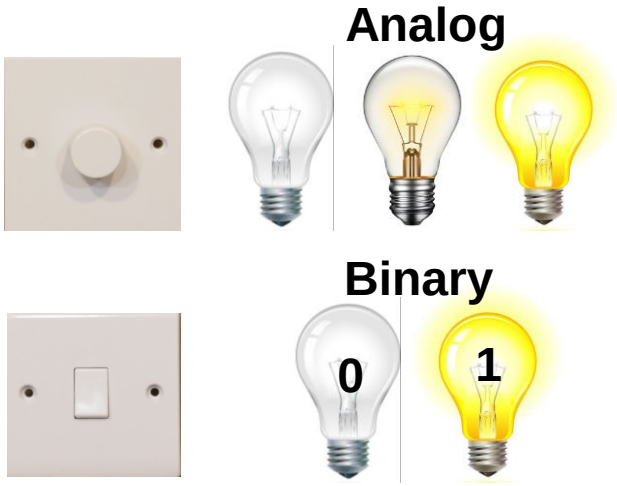
$$(3252{,}36)_{10}$$

$$= 3\text{x}10^{3} + 2\text{x}10^{2} + 5\text{x}10^{1} + 2\text{x}10^{0}$$

$$+ 3\text{x}10^{-1} + 6\text{x}10^{-2}$$

Ψηφιακή Αναπαράσταση

- **Δυαδικό (Binary)**
  - Βάση 2
  - Χρησιμοποιεί 2 σύμβολα (0, 1)
  - Ο υπολογισμός της τιμής ενός αριθμού όπως και πριν
  - Εξαιρετικό για υλικό
    - Πολλές συσκευές έχουν 2 καταστάσεις (διακόπτες, μαγνητισμός, τρανζίστορ, κλπ.)
    - Λογικά συστήματα έχουν επίσης 2 καταστάσεις (true, false)
  - Δεν είναι καλό για επικοινωνίες
    - Χρειάζονται πολλά δυαδικά ψηφία για να αντιπροσωπεύσουν με σχετική ακρίβεια ένα αριθμό
  - Έχει επικρατήσει γιατί είναι εύκολο (και φθηνό) να τα κατασκευάσουμε



$(1001,1)_2 =$

$= 1x2^3 + 0x2^2 + 0x2^1 + 1x2^0$

$+ 1x2^{-1}$

$= 8 + 0 + 0 + 1 + 0.5$

$= (9.5)_{10}$

Δυαδική Αριθμητική

- **Πρόσθεση**

Κανόνες:
0 + 0 = 0
0 + 1 = 1
1 + 0 = 1
1 + 1 = 10

Παράδειγμα:

```
 10110101
     10100  +
 --------
 11001001
```

- **Πολλαπλασιασμός**

Κανόνες:
0*0 = 0
0*1 = 0
1*0 = 0
1*1 = 1

Παράδειγμα:

```
   101001
      110   x
 --------
   000000
  101001
 101001
 --------
 11110110
```

- **Αφαίρεση**

Κανόνες:
0 - 0 = 0
0 - 1 = 1
(και δανειζόμαστε)
1 - 0 = 1
1 - 1 = 0

Παράδειγμα:

```
 110011
  10110  -
 ------
  11101
```

Προσημασμένοι Δυαδικοί Αριθμοί

- **Ανάγκη αναπαράστασης αρνητικών αριθμών**
- **Στο δεκαδικό σύστημα χρησιμοποιούμε το πρόσημο.**
- **Στο δυαδικό μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα επιπλέον ψηφίο στην αρχή του αριθμού.**
  - 0 : θετικό πρόσημο (+)
  - 1 : αρνητικό πρόσημο (-)
- **Παράδειγμα**
  - Αποφασίζουμε πρώτα τον μέγιστο αριθμό ψηφίων που χρειαζόμαστε.
    - $(-7)_{10} = (1111)_2$
    - $(-2)_{10} = (1010)_2$
    - $(+7)_{10} = (0111)_2$
  - Χρειαζόμαστε 4 ψηφία
    - Διάστημα τιμών -7 μέχρι +7
    - Το πρώτο ορίζει το πρόσημο και τα υπόλοιπα 3 τον αριθμό
- **Προβλήματα**
  - Τι αναπαριστά ο αριθμός 1000 στην πράξη 0111+1=1000;
  - Πως γίνονται τώρα οι αριθμητικές πράξεις;

Προσημασμένοι Δυαδικοί Αριθμοί

- **Οι αρνητικοί αριθμοί αναπαρίστανται με τον συμπληρωματικό τους**
  - "Συμπλήρωμα ως προς δύο" (two's complement)
  - Μπορούν να γίνουν οι αριθμητικές πράξεις όπως και πριν
  - Το πρώτο ψηφίο σε αυτή τη μέθοδο δεν έχει μόνο πρόσημο, αλλά και την τιμή που του αναλογεί λόγω της θέσης του
  - **Προσοχή**: Πρέπει ο αριθμός των ψηφίων που απαιτούνται να προαποφασίζεται και να τηρείται
    - Αν έχετε αμφιβολίες χρησιμοποιήστε περισσότερα ψηφία για σιγουριά!
- **Μετατροπή δυαδικού αριθμού σε "συμπλήρωμα ως προς δύο"**
  - Άλλαξε όλα τα στοιχεία του δυαδικού αριθμού από 0 σε 1 και αντίστροφα, και πρόσθεσε 1
  - Παραδείγματα με 4 ψηφία
    - $(1)_{10} \rightarrow 0001 \rightarrow 1110+1 = 1111 = (-1)_{10}$
    - $(8)_{10} \rightarrow 1000 \rightarrow 0111+1 = 1000 = (-8)_{10}$
    - $(5)_{10} \rightarrow 0101 \rightarrow 1010+1 = 1011 = (-5)_{10}$

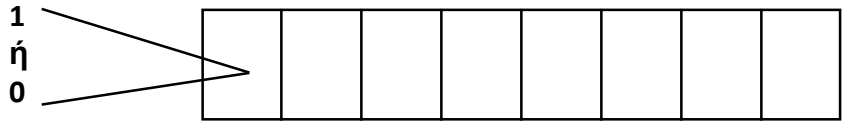
Ομαδοποίηση Ψηφίων

- **Ένα Bit είναι στοιχειώδης μονάδα που κρατάει πληροφορία**
  - Στον ψηφιακό υπολογιστή, αυτό αντιπροσωπεύεται από την ύπαρξη ή όχι ηλεκτρικού ρεύματος.
- **Byte (B)**
  - Δίνει τη δυνατότητα καταχώρησης και μέτρησης στη μνήμη ενός χαρακτήρα
  - Ένα byte έχει 8 bits (0 ή 1)
  - Συνήθως μετριέται σε kB, MB ή GB

BIT

(Binary digIT)

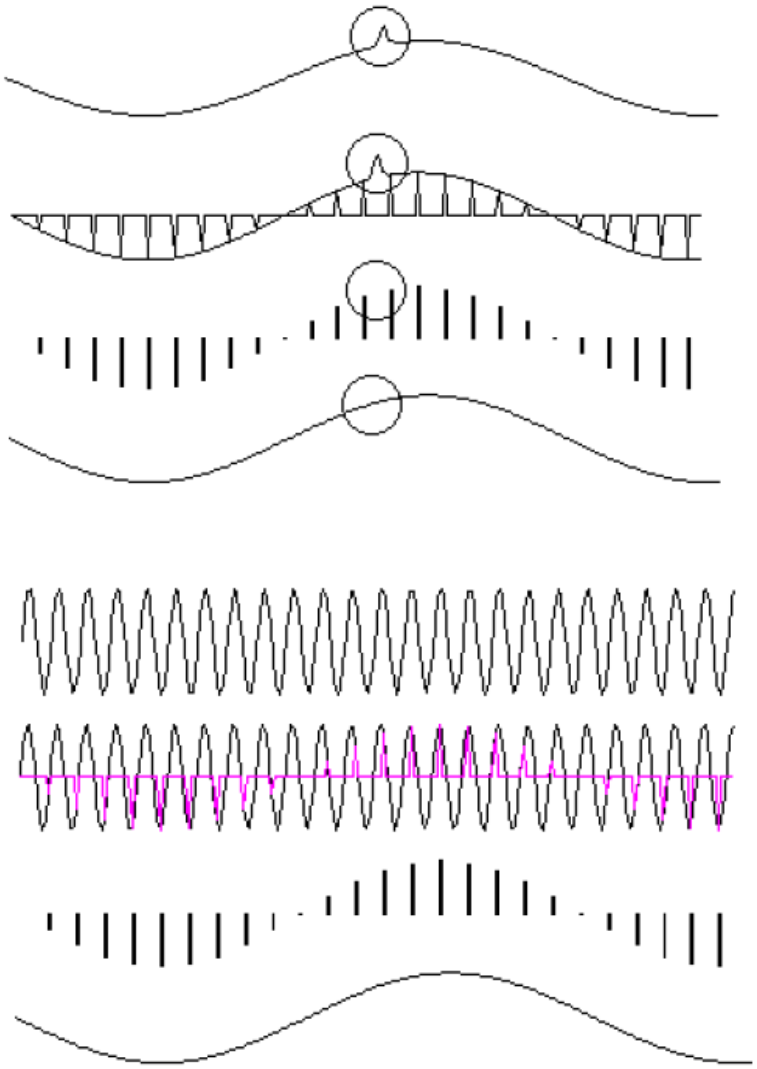
1 Byte = 8 Bits



KB	1 KiloByte	= 2^{10} bytes	=	1024 bytes
MB	1 MegaByte	= 2^{10} KB	=	1.048.576 bytes
GB	1 GigaByte	= 2^{10} MB	=	1.073.741.824 bytes

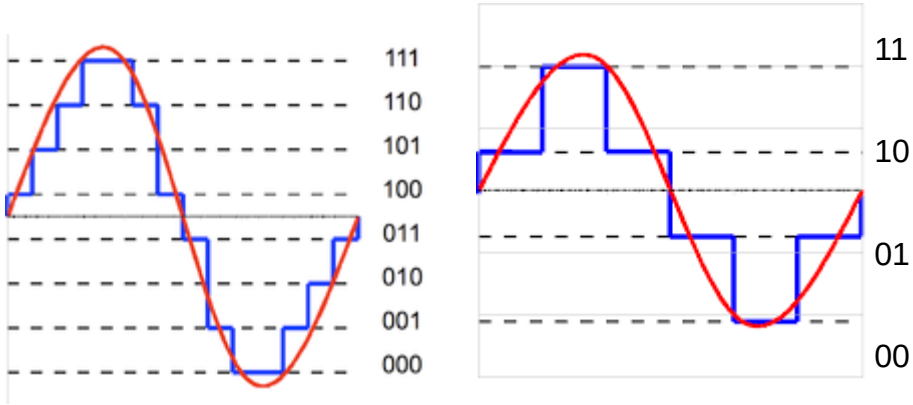
Ψηφιοποίηση Σημάτων

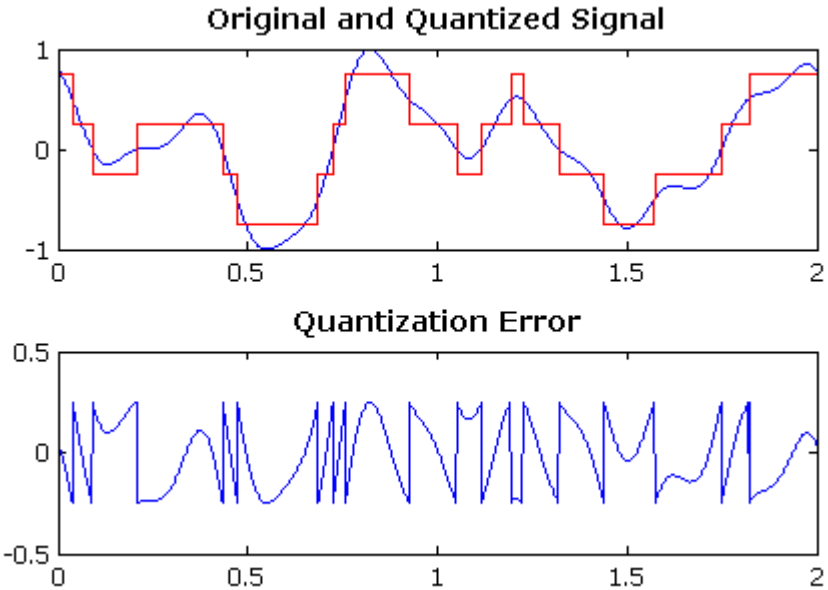
- **Ψηφιοποίηση του χρόνου – Δειγματοληψία (Sampling)**
  - Δειγματοληψία της τιμής του σήματος κάθε dt
  - Συχνότητα δειγματοληψίας
    - $f_s=1/dt$
  - Χαμηλή f_s
    - Δεν θα δούμε λεπτομέρειες μεγαλύτερης συχνότητας
    - Αναδίπλωση (aliasing)
  - Κριτήριο Nyquist: $f_s > 2f_{max}$



Ψηφιοποίηση Σημάτων

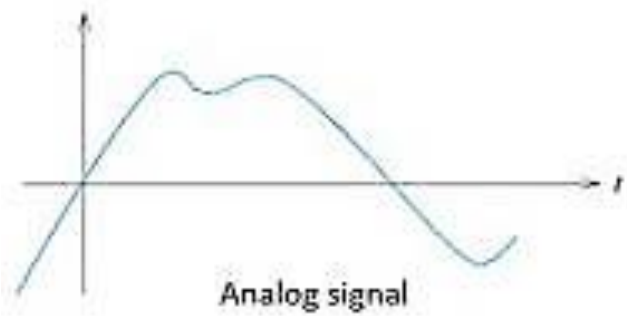
- **Ψηφιοποίηση του πλάτους – Κβάντιση (Quantization)**
  - Αρκετά επίπεδα ώστε να μην χάσομε τις μικρές αλλαγές του πλάτους
  - Αναπαράσταση του σήματος με μεγαλύτερη ακρίβεια
  - Μεγάλο εύρος πλάτους → περισσότερα ψηφία

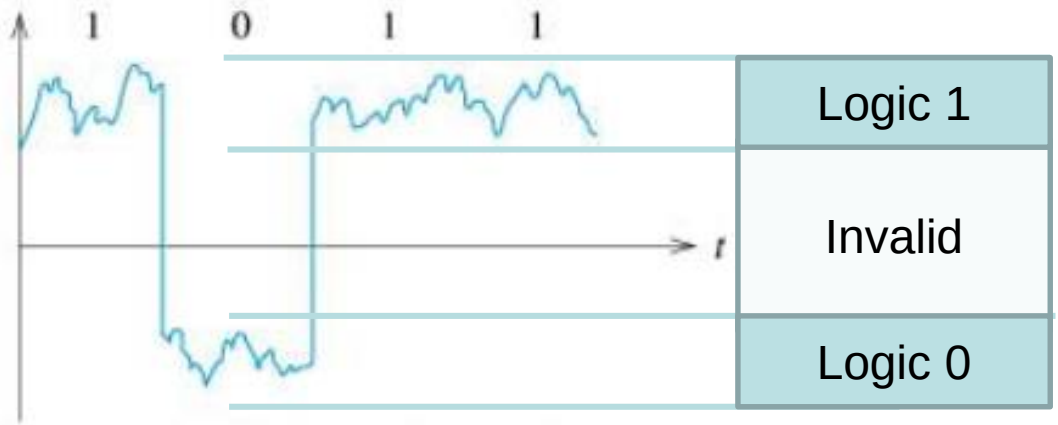




Προτερήματα Ψηφιακών Σημάτων

- **Τα ψηφιακά συστήματα είναι λιγότερο ευαίσθητα στον θόρυβο**
  - Φτάνει να διακρίνεται το 0 από το 1





Για κυκλώματα CMOS:	LOW:	0 → +1.5 V
	HIGH:	+3.5 → +5 V
Για κυκλώματα TTL:	LOW:	0 → +0.8 V
	HIGH:	+2 → +5 V

Δυαδική Λογική

- **Πράξεις σε δυαδικές μεταβλητές**
  - Πολύπλοκα λογικά προβλήματα μπορούν να απλοποιηθούν με δυαδική λογική, George Boole(1854)
- **Δυαδικές μεταβλητές**
  - Μπορούν να πάρουν μόνο δύο διακριτές μορφές: 0,1 ή Σωστό (True), Λάθος (False)
  - Αναπαρίστανται με γράμματα του αλφαβήτου
- **Λογικές πράξεις εκτελούνται πάνω στις δυαδικές μεταβλητές**
  - Τρεις βασικές πράξεις (τελεστές)
  - AND (και)
  - OR (ή)
  - NOT (αντιστροφή)

Δυαδική Λογική

- **Λογικοί Τελεστές**
  - Πίνακες Αληθείας (Truth Tables), Λογική Συνάρτηση (Boolean Expressions), και Λογικές Πύλες (Logic Gates)

AND

A	*B*	*Z*
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

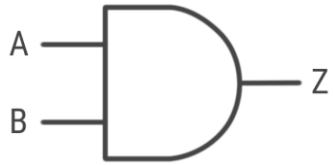
OR

A	*B*	*Z*
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

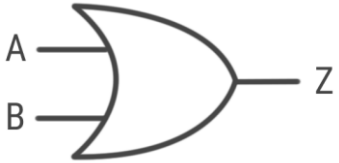
NOT

A	*Z*
0	1
1	0

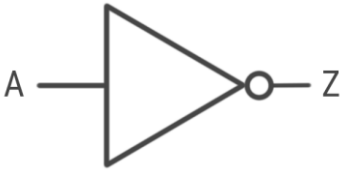
$$Z = A \bullet B = A\,B$$



$$Z = A + B$$



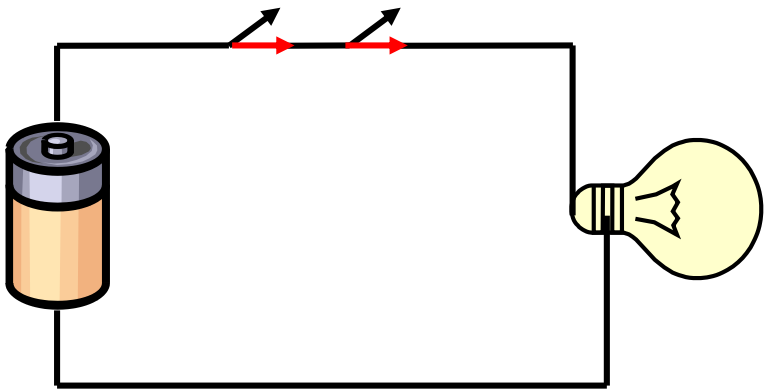
$$Z = \overline{A} = A'$$



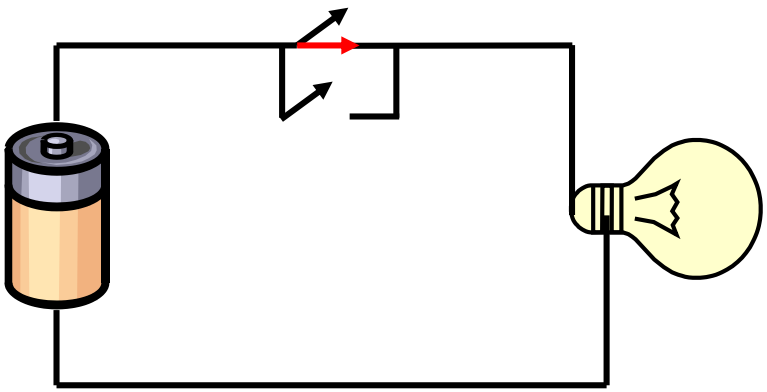
Δυαδική Λογική

- Κυκλώματα

AND



OR



Δυαδική Λογική

- **Λογικοί Τελεστές**
  - Πίνακες Αληθείας (Truth Tables), Λογική Συνάρτηση (Boolean Expressions), και Λογικές Πύλες (Logic Gates)

NAND

A	*B*	*Z*
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

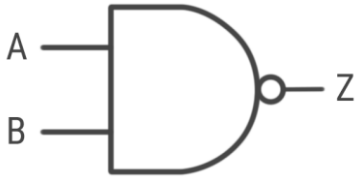
NOR

A	*B*	*Z*
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

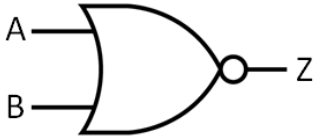
XOR

A	*B*	*Z*
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

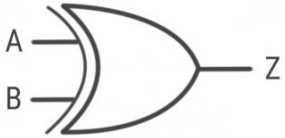
$$Z = (A \bullet B)' = \overline{A\,B}$$



$$Z = (A+B)' = \overline{A+B}$$



$$Z = A \oplus B$$

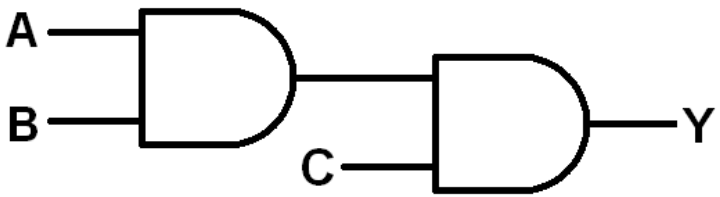


Δυαδική Λογική

- **Παράδειγμα**
  - Συστήματα ελέγχου: π.χ., το αυτοκίνητο θα ξεκινήσει μόνο αν είναι οι πόρτες κλειδωμένες, οι ζώνες ασφαλείας δεμένες και το κλειδί στρέφεται

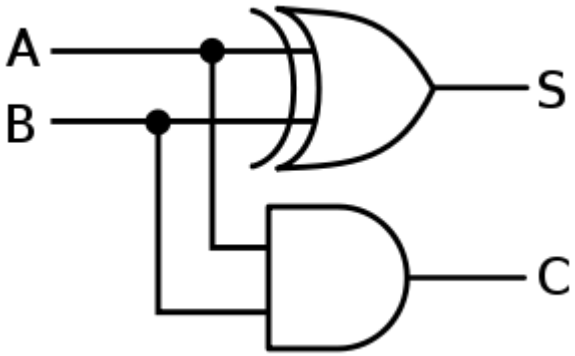
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Y = ABC



Δυαδικός Ημιαθροιστής (half adder)

- **Πρόσθεση 1 bit**
  - Τέσσερα πιθανά αποτελέσματα
  - 0 + 0 = 0
  - 0 + 1 = 1
  - 1 + 0 = 1
  - 1 + 1 = 10

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

- **Κάνει πρόσθεση 1 bit**
  - Εισερχόμενα
    - A, B
  - Εξερχόμενα:
    - S (άθροισμα), C (κρατούμενο)
  - Λογική συνάρτηση
    - S = A **XOR** B
    - C = A **AND** B