

# Логически елементи

Основни логически функции и закони.  
Реализиране на логически елементи.

# I. Логическо състояние – bit (разред)

- ❑ Цифровата схема се различава от аналоговата схема по това, че работи само с **две нива на сигнала - високо и ниско**, които съответно се наричат
  - ✓ "логическа единица" и
  - ✓ "логическа нула".

Логическо състояние					Напрежения
1	да	вкл.	High	true	2.5...5 V
0	не	изкл.	Low	false	0...0,4 V



# II. Комбинации (състояния)

□ С  $n$  бита може да се представят  $2^n$  състояния

Ако  $n=2$ , то състоянията са 4:

Bit 1	Bit 2	Състоя- ние
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3



# III. Представяне на комбинации

## □ Двоично представяне (binary, основа 2)

$$Z_n = 2^n \cdot b_n + 2^{n-1} \cdot b_{n-1} + \dots + 2^3 \cdot b_3 + 2^2 \cdot b_2 + 2^1 \cdot b_1 + 2^0 \cdot b_0$$

$$Z_n = \dots + 16 \cdot b_4 + 8 \cdot b_3 + 4 \cdot b_2 + 2 \cdot b_1 + 1 \cdot b_0 = \sum_{i=0}^n 2^i \cdot b_i$$

## □ Шестнадесетично представяне (Hex, основа 16)

$$Z_n = h_n \cdot 16^n + \dots + h_3 \cdot 16^3 + h_2 \cdot 16^2 + h_1 \cdot 16^1 + h_0 \cdot 16^0 = \sum_{i=0}^n 16^i \cdot h_i$$

$$Z_n = h_3 h_2 h_1 h_0 \text{ mit } h_i = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F\}$$

➤ Пример:  $125_{(10)} = 0b01111101 = 0x7D = 7DH$



# III. Представяне на комбинации

Двоична и шестнадесетична система

Decimal	Binary	Hex
0	00000	0
1	00001	1
2	00010	2
3	00011	3
4	00100	4
5	00101	5
6	00110	6
7	00111	7
8	01000	8
9	01001	9

Decimal	Binary	Hex
10	01010	A
11	01011	B
12	01100	C
13	01101	D
14	01110	E
15	01111	F
16	10000	10
17	10001	11
18	10010	12
19	10011	13

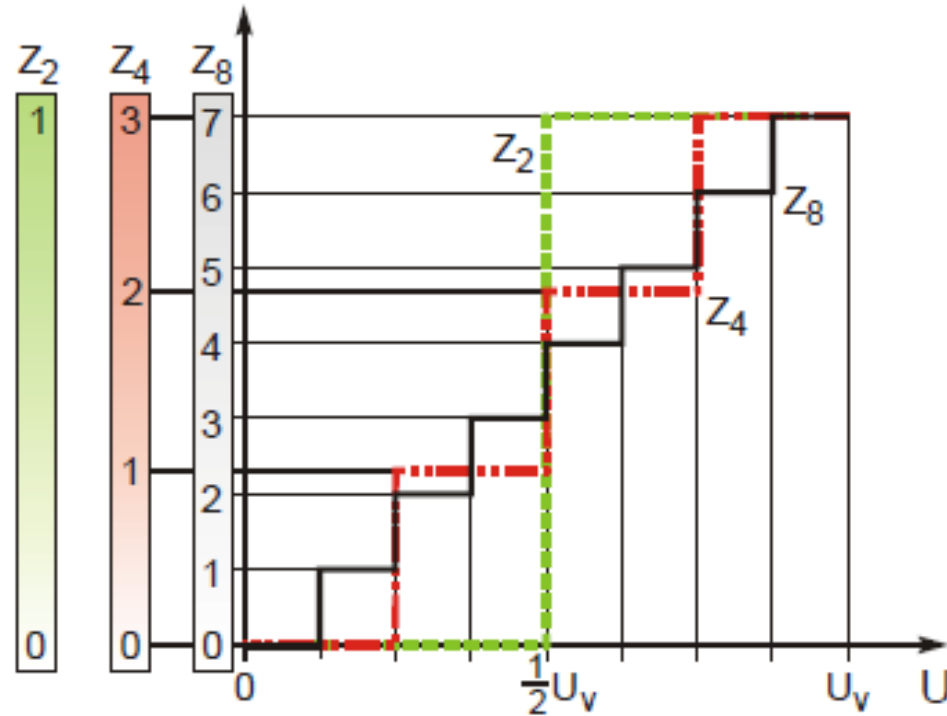


# IV. Представяне на аналогово напрежение

Представено е аналогово напрежение с:

- 1-битово число  $Z_2$  (зелено)
- 2-битово число  $Z_4$  (червено)
- 3-битово число  $Z_8$  (сиво)

Колкото повече бита (разряда) се използват за аналого-цифровото представяне, толкова точността на представянето е по-висока.





# V. Кодирание

- ❑ Двоичните числа дават възможност за представяне на естествените числа: 0,1,2....
- ❑ Представянето на не цели числа или дробни числа изискват кодиране, което трябва да бъде избрано и напасвано в зависимост от задачите.
- ❑ **B**CD-код (двоично кодирана десетична система)

В BCD код всяка цифра на едно десетично число се кодира като двоично число. Например десетичното число:

**3961** => BCD => 011 1001 0110 0001

	Хиляди	Стотици	Десетици	Единици
Десетично число	3	9	6	1
B	0011	1001	0110	0001



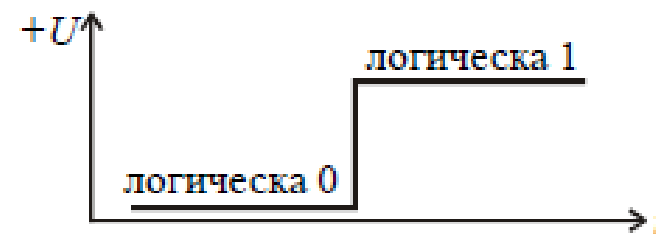
# VI. Логически елементи

Оснивният градивен блок на цифровите схеми са **логическите елементи**.

Логическите елементи и схеми са импулсни устройства, при които входните и изходните сигнали имат **две** възможни стойности (състояния), наречени логически нива.

Тези нива се означават с двоичните цифри 0 и 1, а поведението на схемите се описва с законите на **двоичната логика**.

**Логическа 1** е всяко напрежение, което се намира над определена минимална стойност.  
**Логическа 0** е всяко напрежение, намиращо се под определена максимална стойност.





# VI. Логически елементи

В зависимост от използваните елементи и схемни решения при тяхната реализация логическите схеми се обособяват в следните фамилии:

- резисторно-транзисторната логика (RTL),
- диодно-транзисторната логика (DTL),
- логиката с високи нива (HLL),
- транзисторно-транзисторната логика (**TTL**),
- емитерно свързаната логика (ECL) и
- интегралната инжекционна логика (I<sup>2</sup>L).
- N-каналната MOS логика
- комплементарна MOS логика (**CMOS**)
- интегрирана биполярна CMOS логика (BiCMOS) и
- нисковолтовата логика (LVL).



Най-широко приложение в практиката имат транзисторно-транзисторната логика (TTL) и комплементарната MOS логика (CMOS).

# VI. Логически елементи

Фамилиите се различават по:

- ✓ нивата на логическата "0" и логическата "1" ( Off, On)
- ✓ бързодействие (скоростта на превключване)
- ✓ ниска консумация (консумираната мощност)

	Наситена логика				Ненаситена логика
	CMOS Complementary MOS	HCMOS High Speed-CMOS	TTL Transistor-Transistor Logic	STTL Schottky-TTL	ECL Emitter-Coupled-Logic
$U_v$	(5... )15 V	5 V	5 V	5 V	5 V
On	11... 14.8 V	4.9 V	3.6 V	3.5 V	- 0.9 V
Off	0.2... 4 V	0.1 V	0.5 V	0.5 V	- 1.7 V
Скорост на превключване	35 ns	8 ns	10 ns	4 ns	1 ns
Консумирана мощност	10 nW	25 nW	10 mW	20 mW	25 mW



# VI. Логически елементи

## ❑ Инвертор - Отрицание - “НЕ” (NOT)

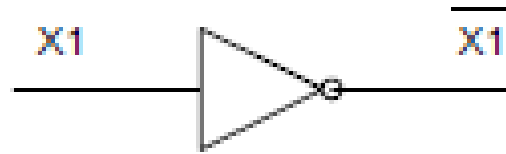
Логическа  
функция

$$f1(x1) = \overline{x1}$$

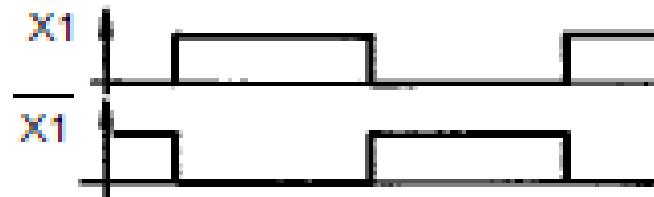
Таблица на  
истинност

Nº	x1	f1(x1)
0	0	1
1	1	0

Графичен  
символ



Времева  
функция





# VI. Логически елементи

## □ Конюнкция – “И” (AND)

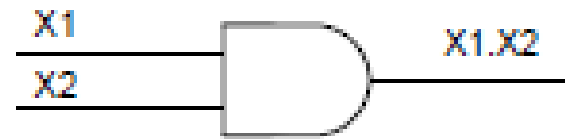
Логическа  
функция

$$Y = f_2(x_1, x_2) = x_1 \cdot x_2$$

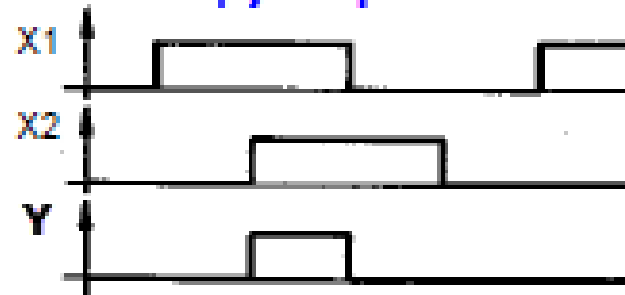
Таблица на  
истинност

Nº	x1	x2	f2(x1,x2)
0	0	0	0
1	0	1	0
2	1	0	0
3	1	1	1

Графичен  
символ



Времева  
функция



# VI. Логически елементи

## □ NAND

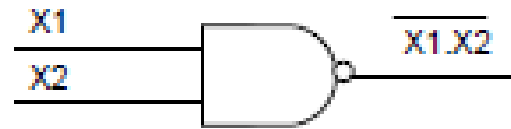
Логическа  
функция

$$y = f_3(x_1, x_2) = \overline{x_1 \cdot x_2}$$

Таблица на  
истинност

N°	x1	x2	f3(x1,x2)
0	0	0	1
1	0	1	1
2	1	0	1
3	1	1	0

Графичен  
символ



Времева  
функция





# VI. Логически елементи

## □ Дизюнкция – “ИЛИ” (OR)

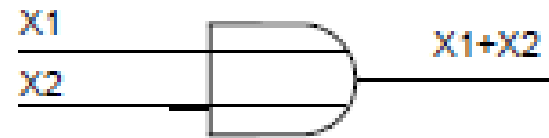
Логическа  
функция

$$y = f_4(x_1, x_2) = x_1 + x_2$$

Таблица на  
истинност

N°	x1	x2	f <sub>4</sub> (x <sub>1</sub> , x <sub>2</sub> )
0	0	0	0
1	0	1	1
2	1	0	1
3	1	1	1

Графичен  
символ



Времева  
функция



# VI. Логически елементи

## □ NOR

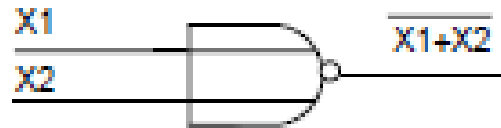
Логическа  
функция

$$y = f_5(x_1, x_2) = \overline{x_1 + x_2}$$

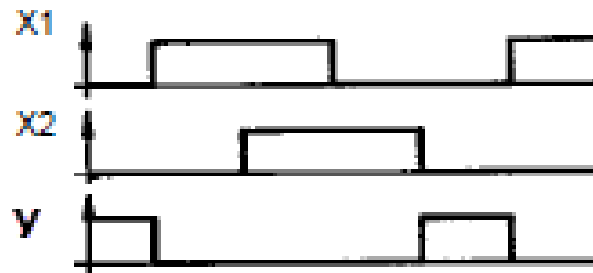
Таблица на  
истинност

N°	x1	x2	f5(x1, x2)
0	0	0	1
1	0	1	0
2	1	0	0
3	1	1	0

Графичен  
символ



Времева  
функция



# VI. Логически елементи

## □ Нееднаквост (XOR)

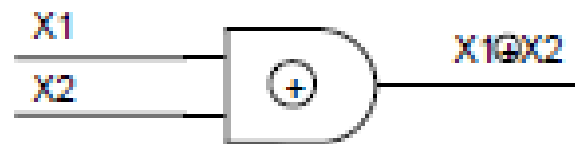
Логическа  
функция

$$y = f_6(x_1, x_2) = x_1 \oplus x_2$$

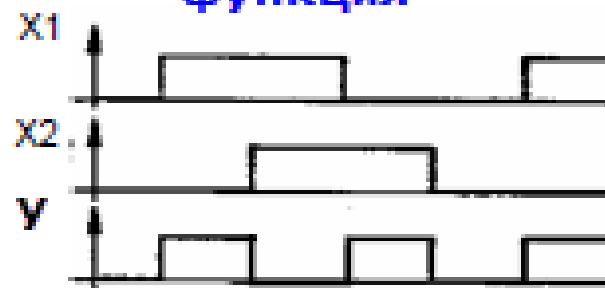
Таблица на  
истинност

N°	x1	x2	f <sub>6</sub> (x <sub>1</sub> , x <sub>2</sub> )
0	0	0	0
1	0	1	1
2	1	0	1
3	1	1	0

Графичен  
символ



Времева  
функция



# VI. Логически елементи

## □ Еднаквост (XNOR)

Логическа  
функция

$$y = f_7(x_1, x_2) = \overline{x_1 \oplus x_2}$$

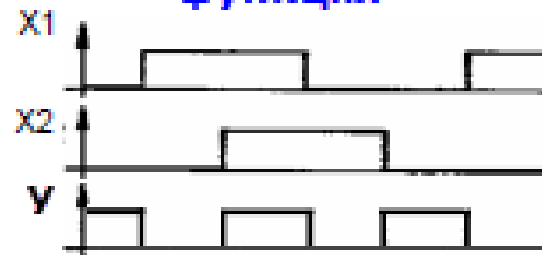
Таблица на  
истинност

N°	x1	x2	f <sub>7</sub> (x <sub>1</sub> , x <sub>2</sub> )
0	0	0	1
1	0	1	0
2	1	0	0
3	1	1	1

Графичен  
символ



Времева  
функция



# VI. Закони на Булевата алгебра

Конюнкция

$$y = x_1 \wedge x_2 = x_1 \cdot x_2 = x_1 x_2$$

Дизюнкция

$$y = x_1 \vee x_2 = x_1 + x_2$$

Отрицание

$$y = \bar{x} = /x$$

Комутативен закон

$$x_1 x_2 = x_2 x_1$$

$$x_1 + x_2 = x_2 + x_1$$

Асоциативен закон

$$x_1 (x_2 x_3) = (x_1 x_2) x_3$$

$$x_1 + (x_2 + x_3) = (x_1 + x_2) + x_3$$

Дистрибутивен закон

$$x_1 (x_2 + x_3) = x_1 x_2 + x_1 x_3$$

$$x_1 + x_2 x_3 = (x_1 + x_2)(x_1 + x_3)$$

Закон за погълщане

$$x_1 (x_1 + x_2) = x_1$$

$$x_1 + x_1 x_2 = x_1$$

Закон за повторение

$$xx = x$$

$$x + x = x$$

Закон на допълнението

$$x\bar{x} = 0$$

$$x + \bar{x} = 1$$

Закон за двойното отрицание

$$\overline{(\bar{x})} = x$$

Теорема на Де Морган

$$\overline{x_1 x_2} = \bar{x}_1 + \bar{x}_2$$

$$\overline{x_1 + x_2} = \bar{x}_1 \bar{x}_2$$

