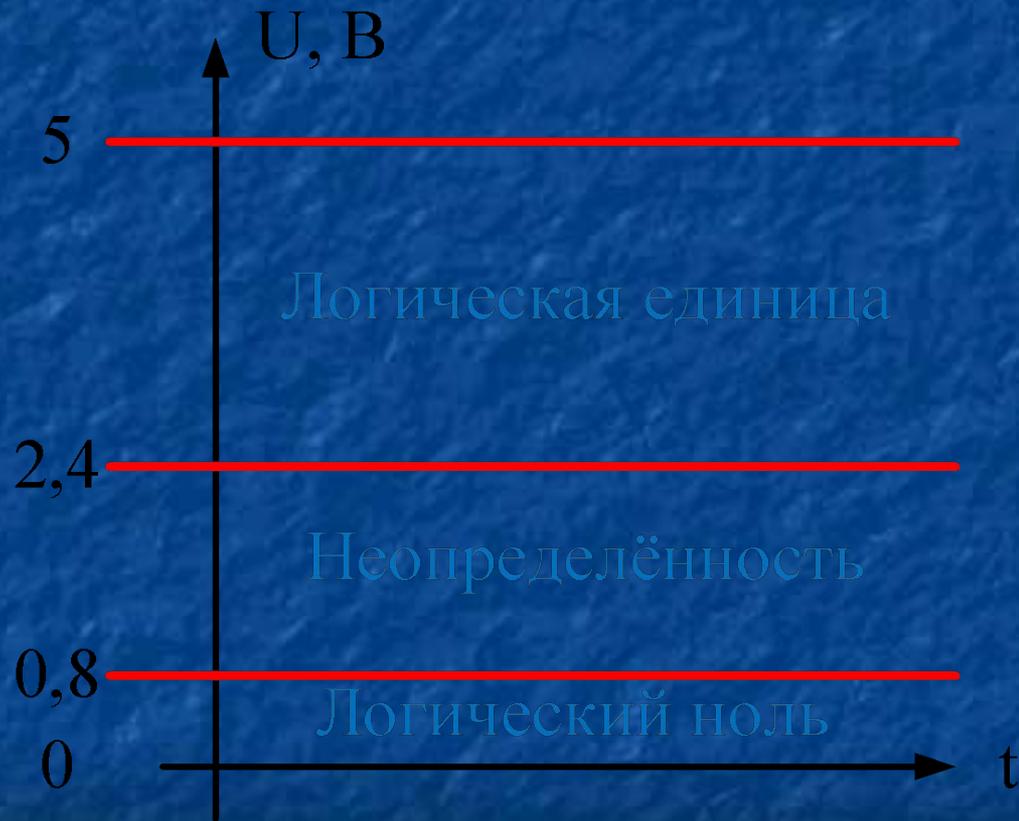


Электроника и информационно-измерительная техника

## Тема 18

# Двоичный и шестнадцатеричный коды

# Логические уровни при напряжении питания 5 В



## Соотношение между десятичным кодом и двоичным кодом

$$N_{\text{DEC}} = \sum_{i=0}^{n-1} Z_i \cdot 2^i$$

$$Z_i \in \{0;1\}$$

$n$  – разрядность двоичного кода

$i$  – номер разряда двоичного кода

## Пример двоичного кода



Старший бит      Младший бит

$$N_{DEC} = 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^7 = \\ = 1 + 2 + 4 + 32 = 39$$

1 байт = 8 бит

1К байт =  $2^{10}$  бит = 1024 бит

1М байт =  $2^{20}$  бит = 1048576 бит

1Г байт =  $2^{30}$  бит = 1073741824 бит

1Т байт =  $2^{40}$  бит = 1099511627760 бит

# Перевод десятичного числа 39 в двоичный код



Ответ: 100111

# Шестнадцатеричный код

DEC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
HEX	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

Пример

BIN            10011101011100101100

DEC            9    13    7    2    12

HEX            9    D    7    2    C

Ответ: 0x9D72C



0x - признак записи в шестнадцатеричном коде

## Тема 19

# Простейшие арифметические операции с двоичными числами

## Правила арифметического сложения двоичных чисел

$$0_{BIN} + 0_{BIN} = 0_{BIN} ;$$

$$0_{BIN} + 1_{BIN} = 1_{BIN} ;$$

$$1_{BIN} + 0_{BIN} = 1_{BIN} ;$$

$$1_{BIN} + 1_{BIN} = 10_{BIN} ;$$

$$1_{BIN} + 1_{BIN} + 1_{BIN} = 11_{BIN} .$$

# Пример арифметического сложения двоичных чисел

$$\begin{array}{r} \phantom{+} 1\ 1\ 1\ 1\ 1 \\ + 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1 \\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 0 \\ \hline 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 1 \end{array}$$

## Правила арифметического вычитания двоичных чисел

$$A_{BIN} - B_{BIN} = A_{BIN} + B_{BIN.\text{дон}} = A_{BIN} + \bar{B}_{BIN} + 1$$

где:  $B_{BIN.\text{дон}}$  - число  $B_{BIN}$  в **дополнительном** **коде**;  $\bar{B}_{BIN}$  - проинвертированное число  $B_{BIN}$ .

Если  $A > B$ , то результат получается в прямом коде. При этом в старшем разряде появляется единица (перенос), которую в результате учитывать не нужно. Если  $A < B$ , то результат получается в дополнительном коде. Для перехода в прямой код его нужно проинвертировать, а затем прибавить единицу.

## Пример вычитания №1:

$$A_{BIN} = 1111; B_{BIN} = 0110.$$

$$\overline{B}_{BIN} = 1001.$$

$$B_{BIN.\partial on} = 1001 + 0001 = 1010.$$

$$A_{BIN} - B_{BIN} = A_{BIN} + B_{BIN.\partial on} = 1111 + 1010 = 11001$$

Ответ:  $1001_{BIN}$ . (15-6=9).

## Пример вычитания №2:

$$A_{BIN} = 0110; B_{BIN} = 1111.$$

$$\overline{B}_{BIN} = 0000.$$

$$B_{BIN.\partial on} = 0000 + 0001 = 0001.$$

$$A_{BIN} - B_{BIN} = A_{BIN} + B_{BIN.\partial on} = 0110 + 0001 = 0111.$$

$$\overline{0111} = 1000.$$

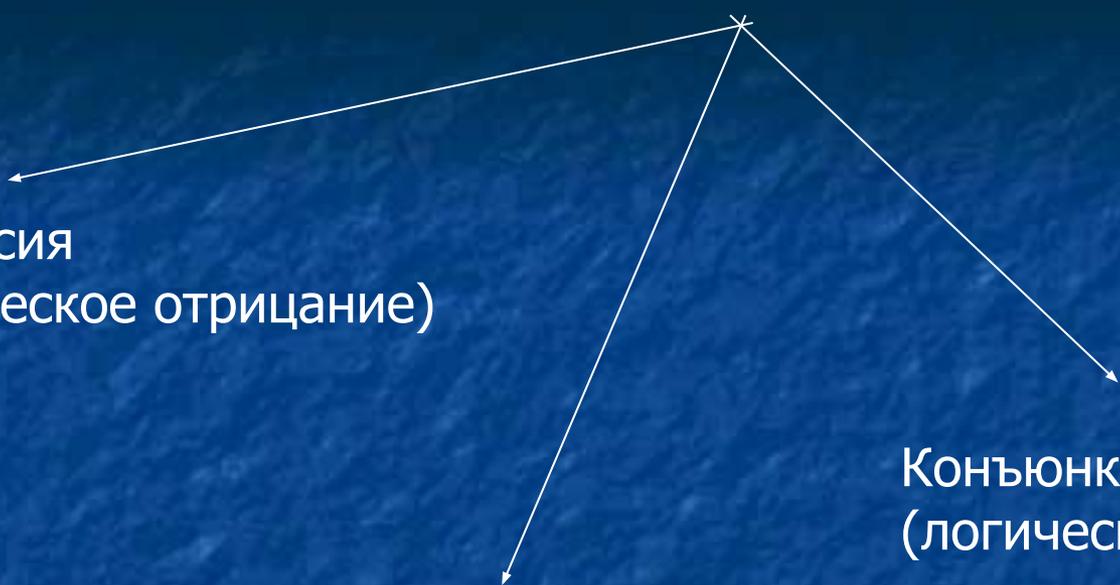
$$1000 + 0001 = 1001.$$

Ответ:  $0111_{BIN.\partial on} = 1001_{BIN} \cdot (6-15=-9)$ .

## Тема 20

# Логические операции в цифровой электронике

# Логические операции в цифровой электронике



```
graph TD; A[Логические операции в цифровой электронике] --> B[Инверсия (логическое отрицание)]; A --> C[Дизъюнкция (логическое сложение)]; A --> D[Конъюнкция (логическое умножение)];
```

Инверсия  
(логическое отрицание)

Дизъюнкция  
(логическое сложение)

Конъюнкция  
(логическое умножение)

# Инверсия

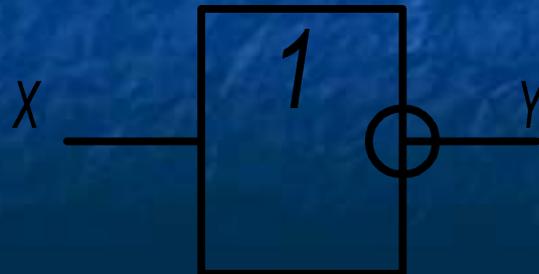
$$Y = \bar{X}$$

$$Y \in \{0;1\} \quad X \in \{0;1\}$$

Таблица истинности

$X$	$Y$
0	1
1	0

Логический элемент «НЕ» («NOT»)



## Дизъюнкция

$$Y = X_1 \vee X_2$$

Таблица истинности

$X_1$	$X_2$	$Y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Логический элемент «ИЛИ» («OR»)



[Анимаци  
я](#)

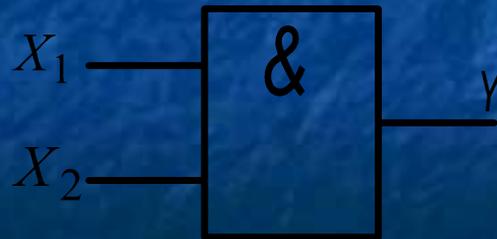
## Конъюнкция

$$Y = X_1 \wedge X_2$$

Таблица истинности

$X_1$	$X_2$	$Y$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Логический элемент «И» («AND»)



[Анимаци](#)

[Я](#)

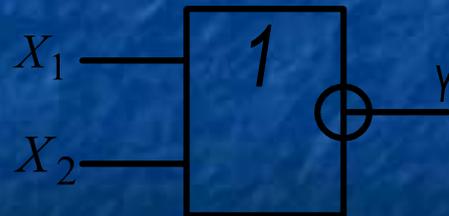
## Дизъюнкция с инверсией

$$Y = \overline{X_1 \vee X_2}$$

Таблица истинности

$X_1$	$X_2$	$Y$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Логический элемент «ИЛИ-НЕ»



[Анимаци](#)

[Я](#)

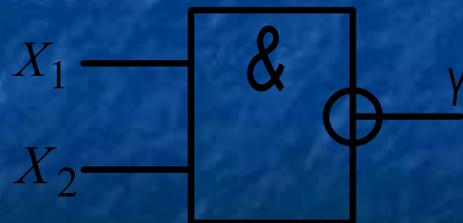
# Конъюнкция с инверсией

$$Y = \overline{X_1 \wedge X_2}$$

Таблица истинности

$X_1$	$X_2$	$Y$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

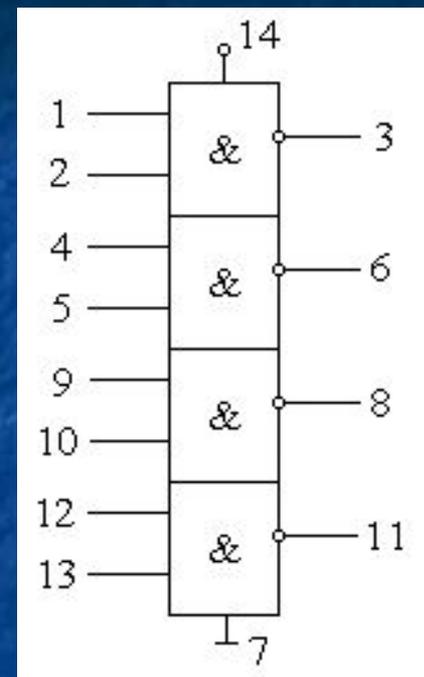
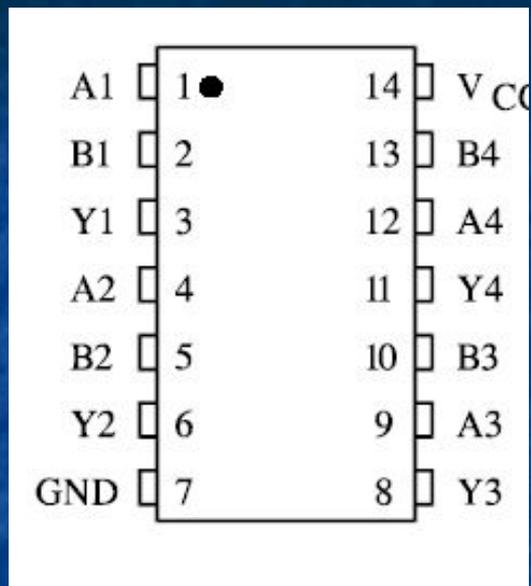
Логический элемент «И-НЕ»



[Анимаци](#)

[Я](#)

# Микросхема КР1533ЛА3 (IN74НС00)



## Тема 21

# Цифровые триггеры и двоичные счётчики

# Цифровые триггеры

RS-триггер

D-триггер

T-триггер



# RS - триггер

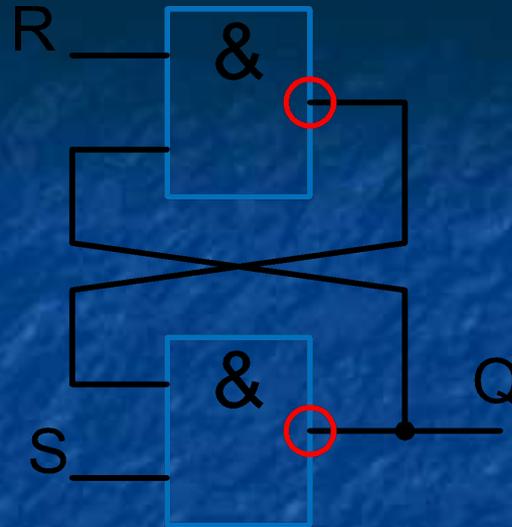


Таблица истинности

$R$	$S$	$Q_n$	$Q_{n-1}$
1	1	0	0
1	0	1	0
1	1	1	1
0	1	0	1
1	1	0	0
0	0	?	?

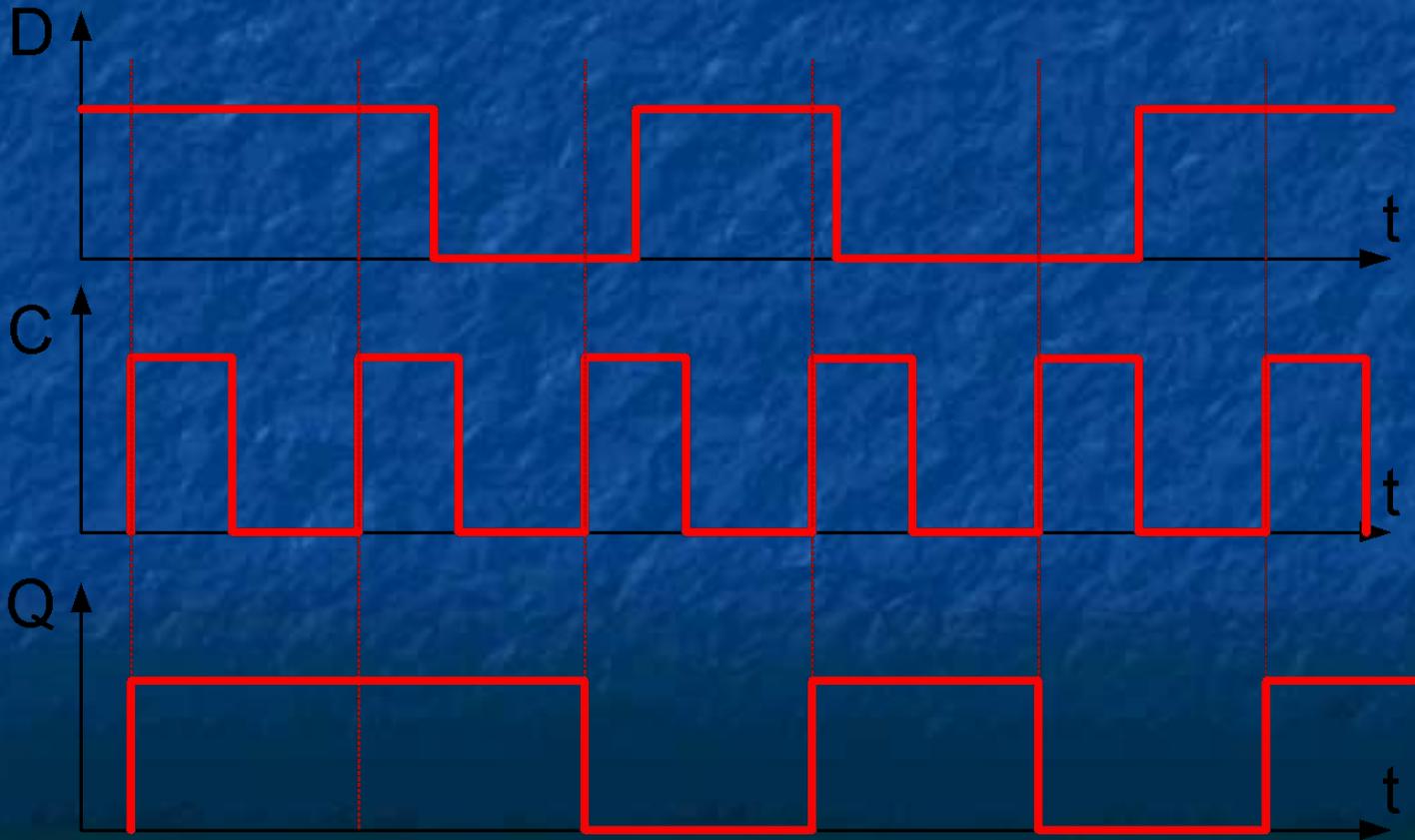
Режим хранения

Режим установки

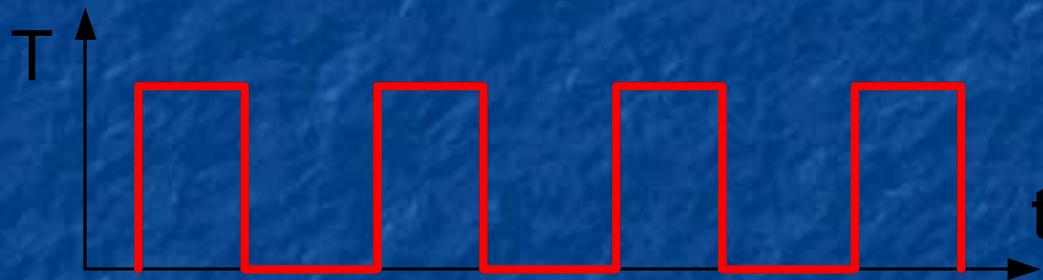
Режим сброса

Режим неопределённости

# D - триггер



# T - триггер

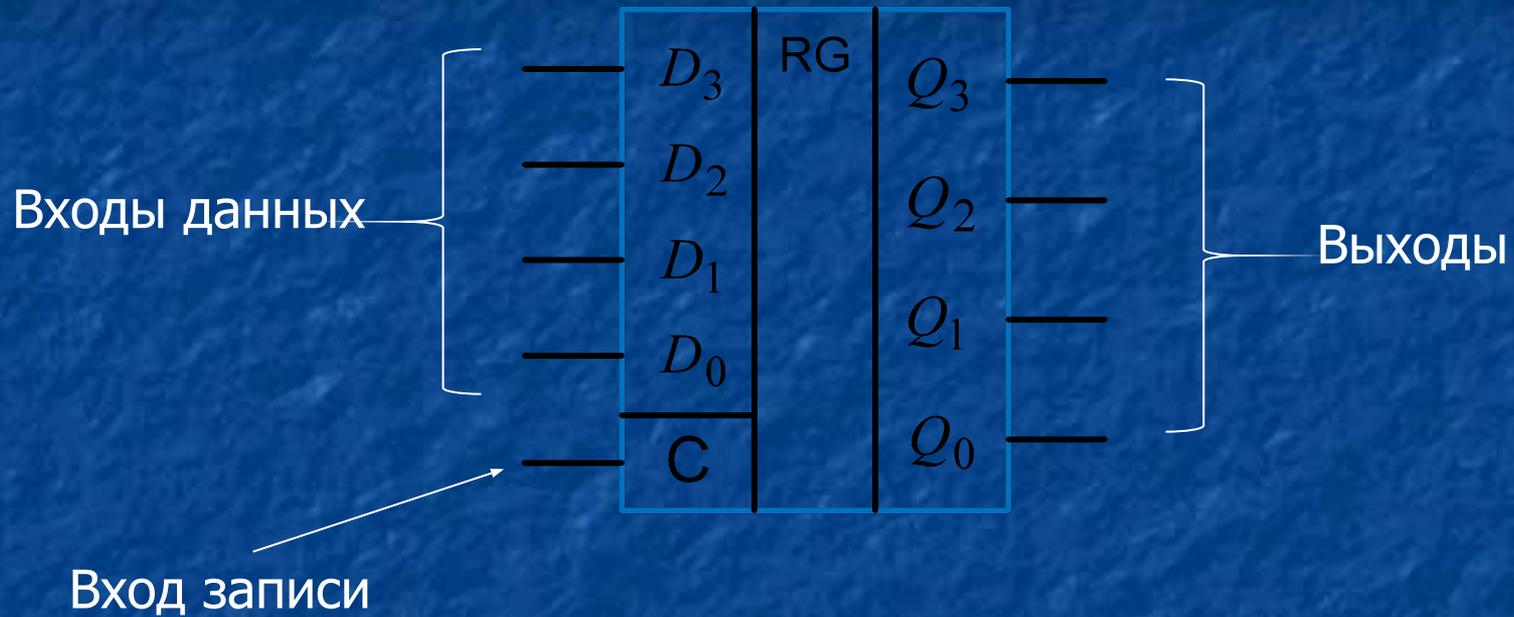




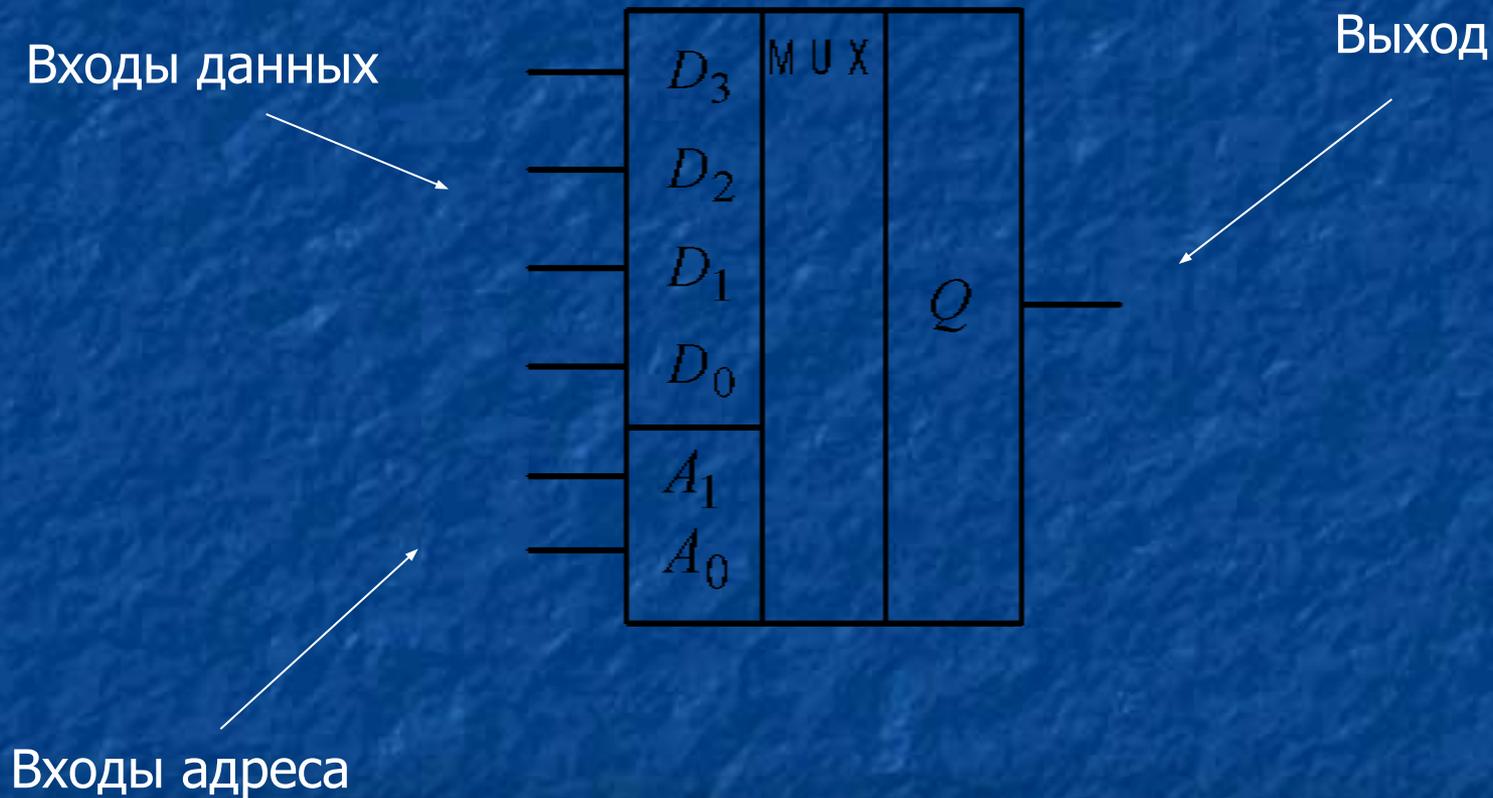
## Тема 22

# Цифровые регистры и мультиплексоры

# Четырёхразрядный регистр



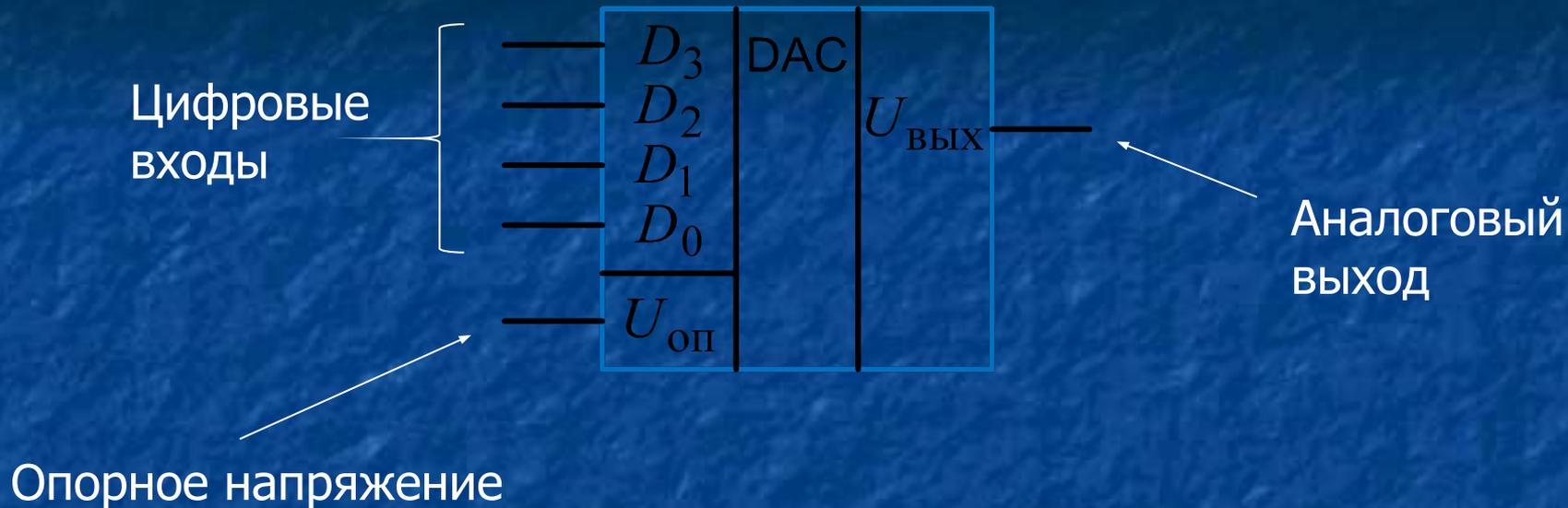
# Двухразрядный мультиплексор



## Тема 23

# Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП)

# Четырёхразрядный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)



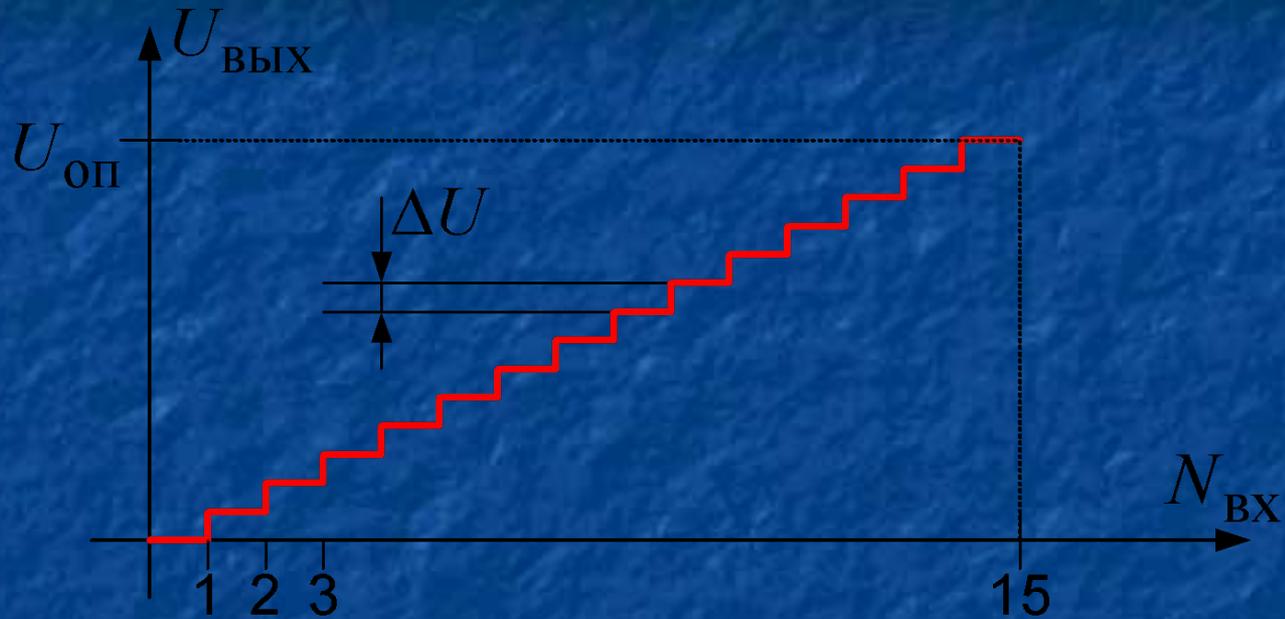
$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\text{ОП}} \cdot N_{\text{ВХ}}}{2^n - 1}$$

где:

$$N_{\text{ВХ}} = \sum_{i=0}^{n-1} (D_i \cdot 2^i)$$

$$D_i \in \{0;1\}$$

# Передаточная характеристика четырёхразрядного ЦАП



Тема 24

# Аналого-цифровые преобразователи (АЦП)

# Четырёхразрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП)

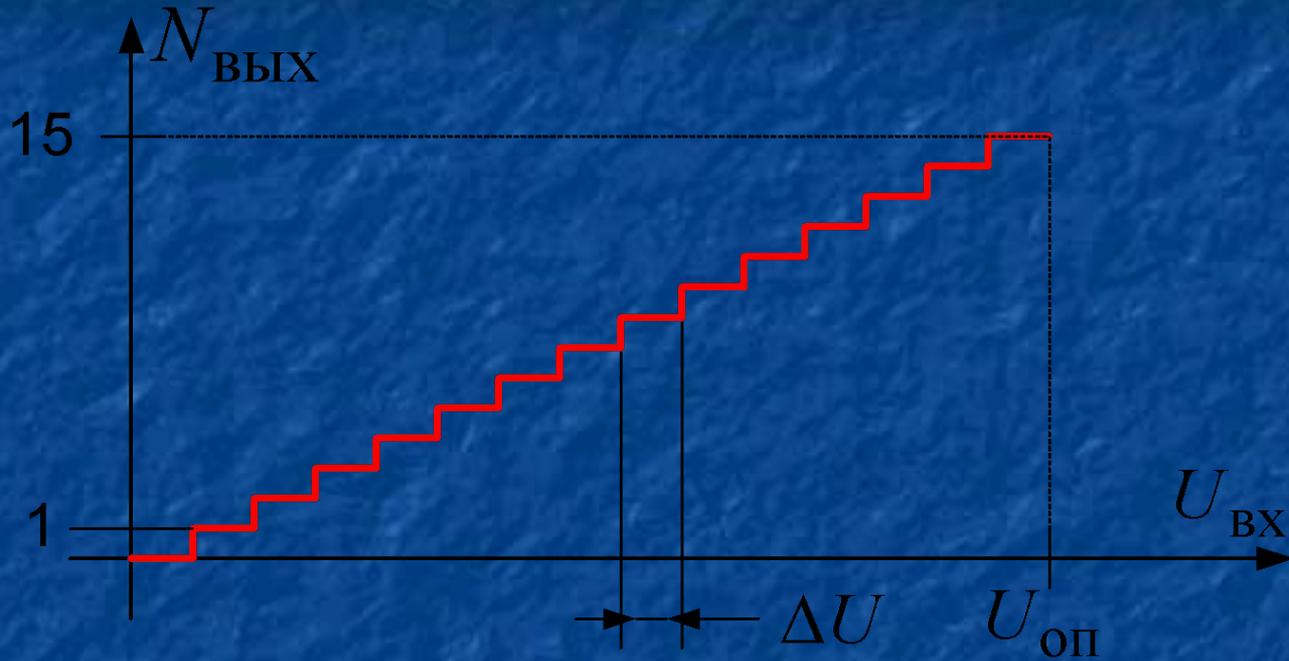


$$N_{ВЫХ} = \frac{U_{ВХ} \cdot (2^n - 1)}{U_{ОП}}$$

$$N_{ВЫХ} = \sum_{i=0}^{n-1} (Q_i \cdot 2^i)$$

$$Q_i \in \{0;1\}$$

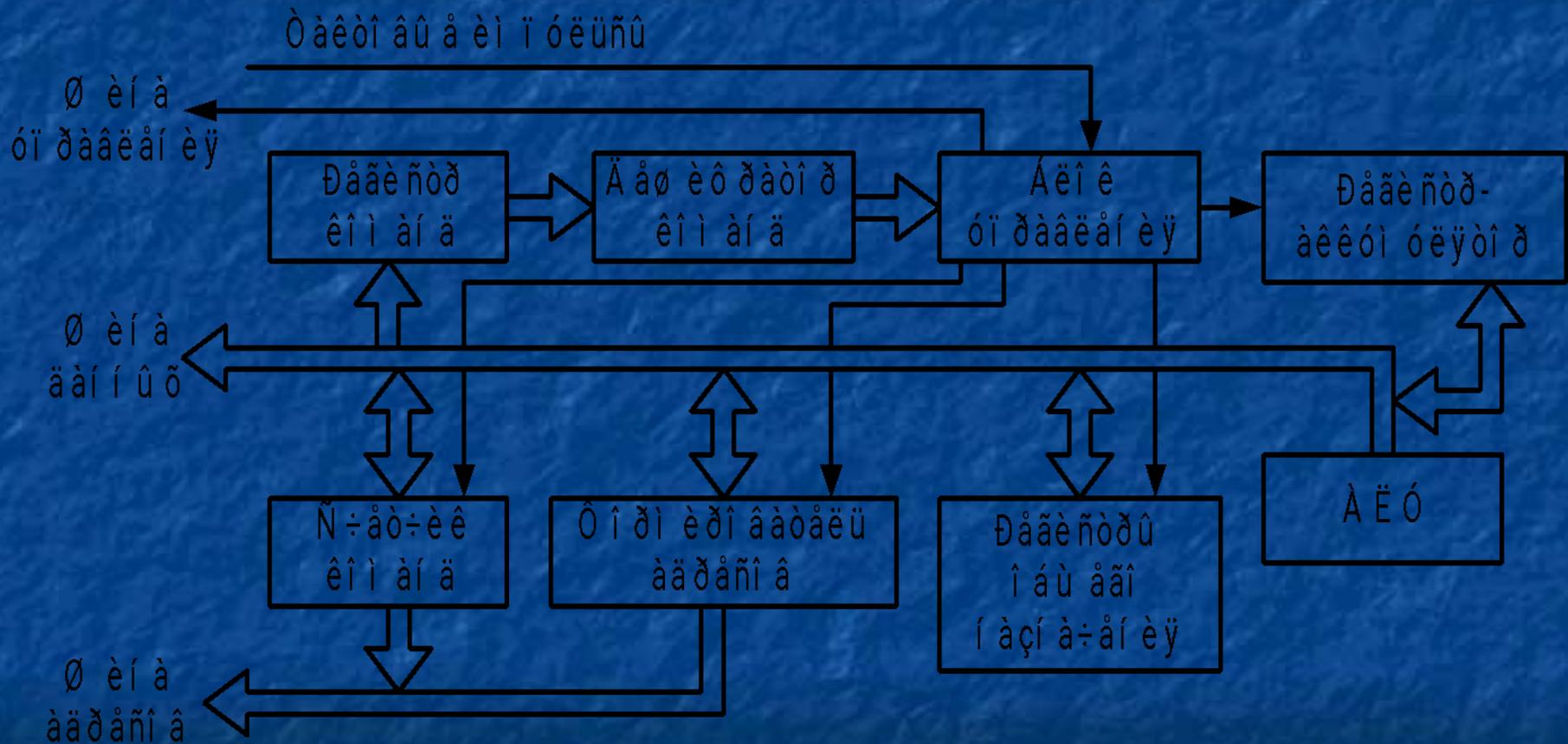
# Передаточная характеристика четырёхразрядного АЦП



Тема 25

# Микропроцессоры

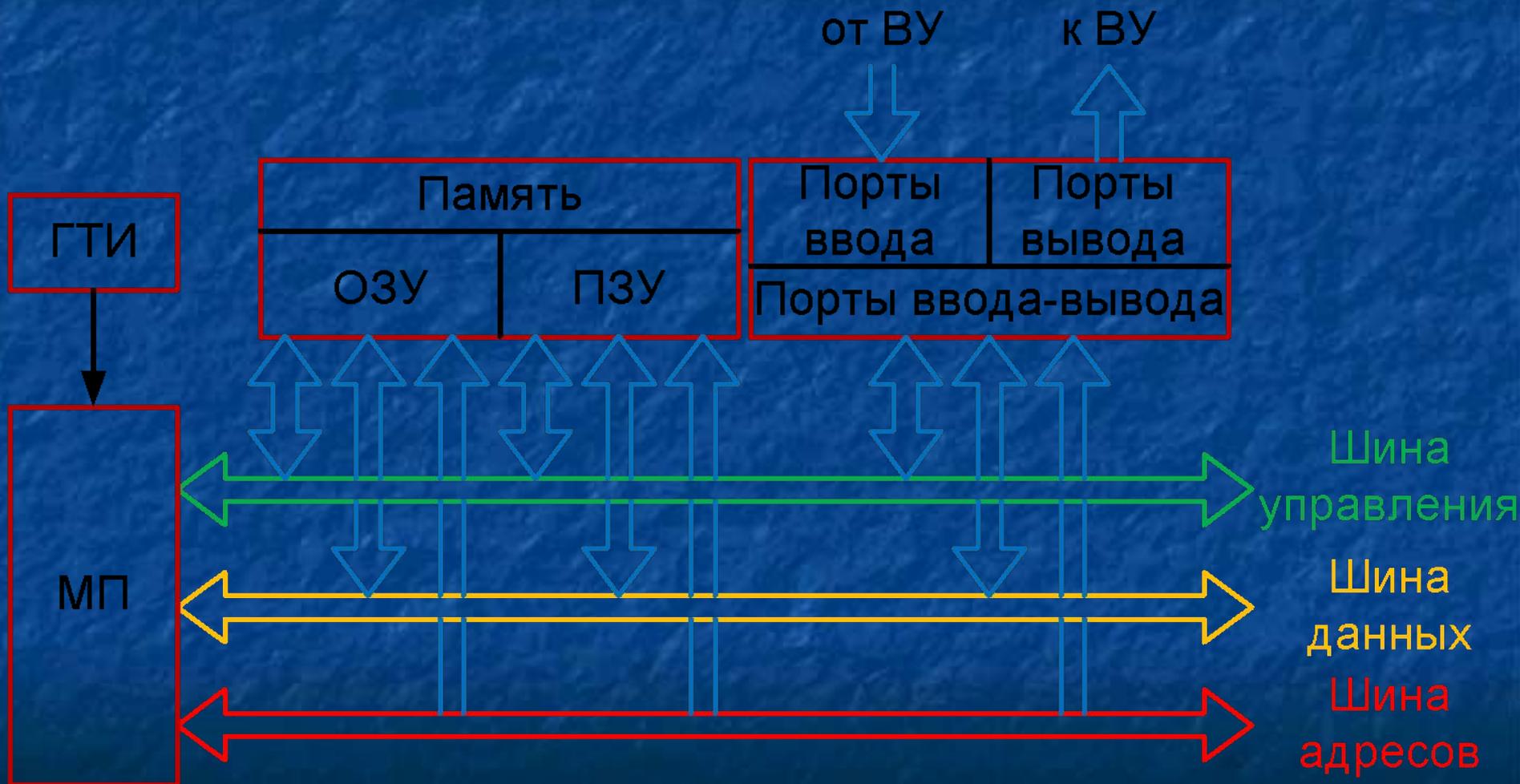
# Обобщённая структурная схема микропроцессора



Тема 26

# Микропроцессорная система

# Обобщённая структурная схема микропроцессорной системы





## Тема 27

# Память в микропроцессорных системах

