



Проектирование цифровых СБИС

*Тафинцев Константин
Станиславович
(кафедра ТКС)*

Информация о курсе

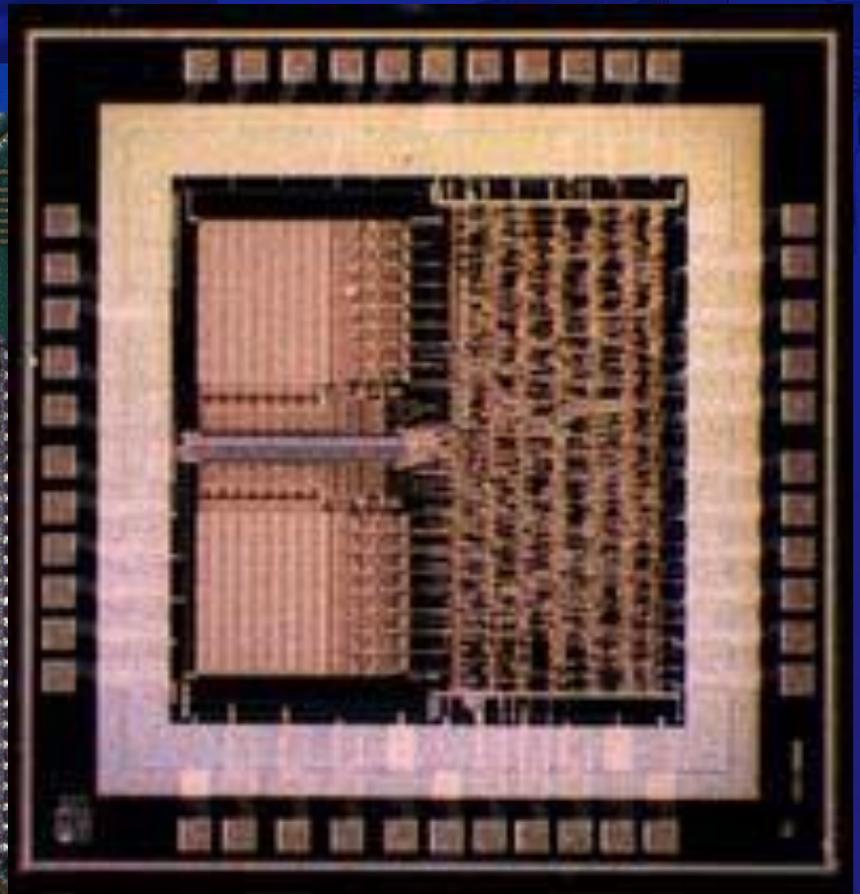
- Длительность – 1 семестр
- Контрольные мероприятия
 - Контрольные работы в течении семестра
 - Лабораторные работы
 - Экзамен

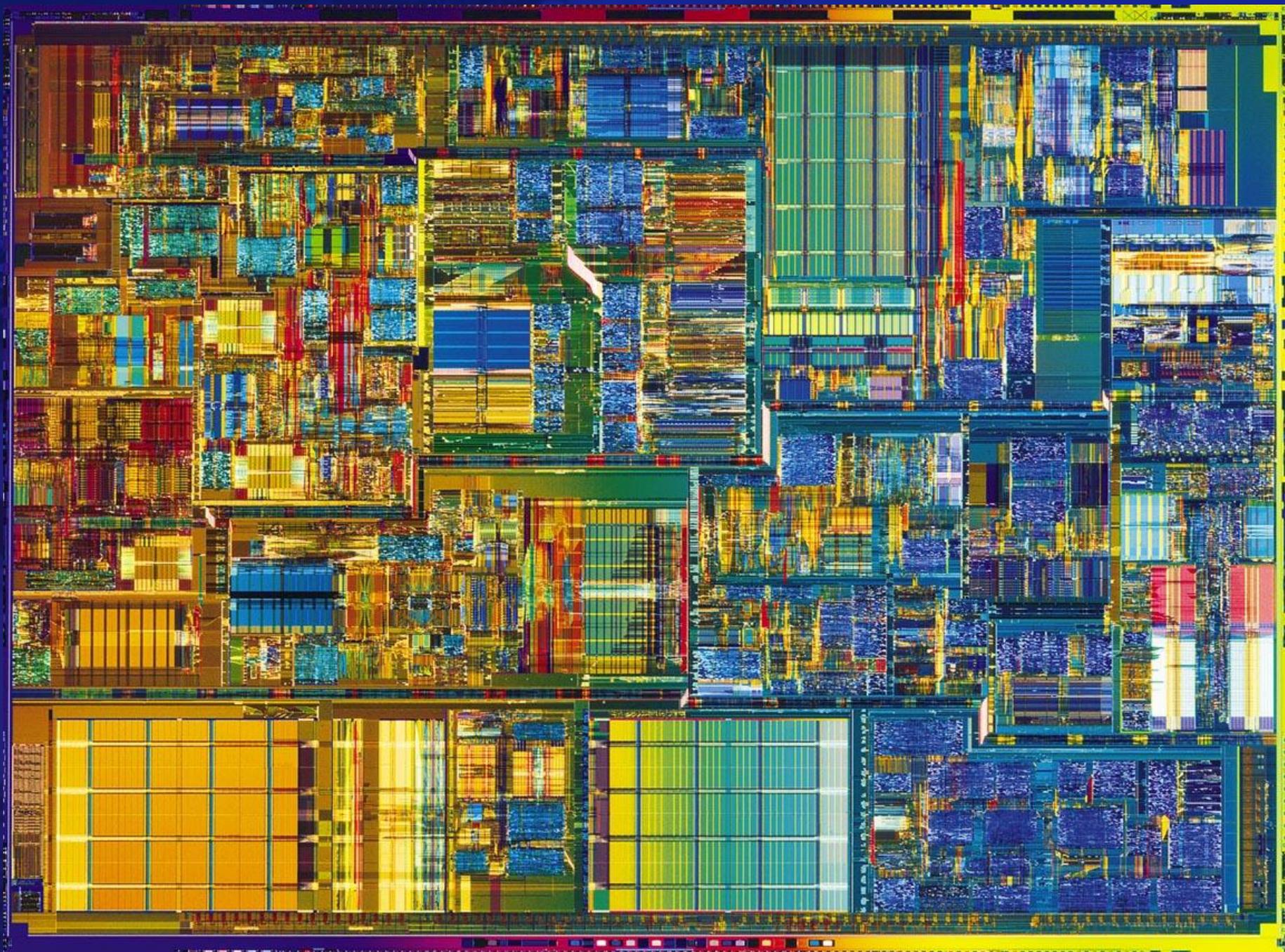
Цели и задачи курса

- Изучение основных аспектов проектирования цифровых схем:
 - булева алгебра и системы представления чисел,
 - схемотехника КМДП логических вентиляей,
 - маршрут проектирования и технология изготовления КМДП ЦСБИС,
 - основные узлы цифровых схем,
 - методы проектирования элементов и блоков ЦСБИС на основе карт Карно и диаграмм состояний,
 - основные понятия разработки ЦСБИС с использованием программируемых логических схем,
 - методы выявления и предотвращения неисправностей в ЦСБИС.

Литература:

1. Опадчий Ю.Ф. и др. Аналоговая и цифровая электроника, М.: Горячая линия – Телеком, 2005.
2. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника, М., 2004.
3. Уилкинсон Б. Основы проектирования цифровых схем, М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.





Лекция 1

Цифровые системы и представление информации

Цифровые системы

- Управление устройствами
- Выполнение вычислений

Управляющие системы

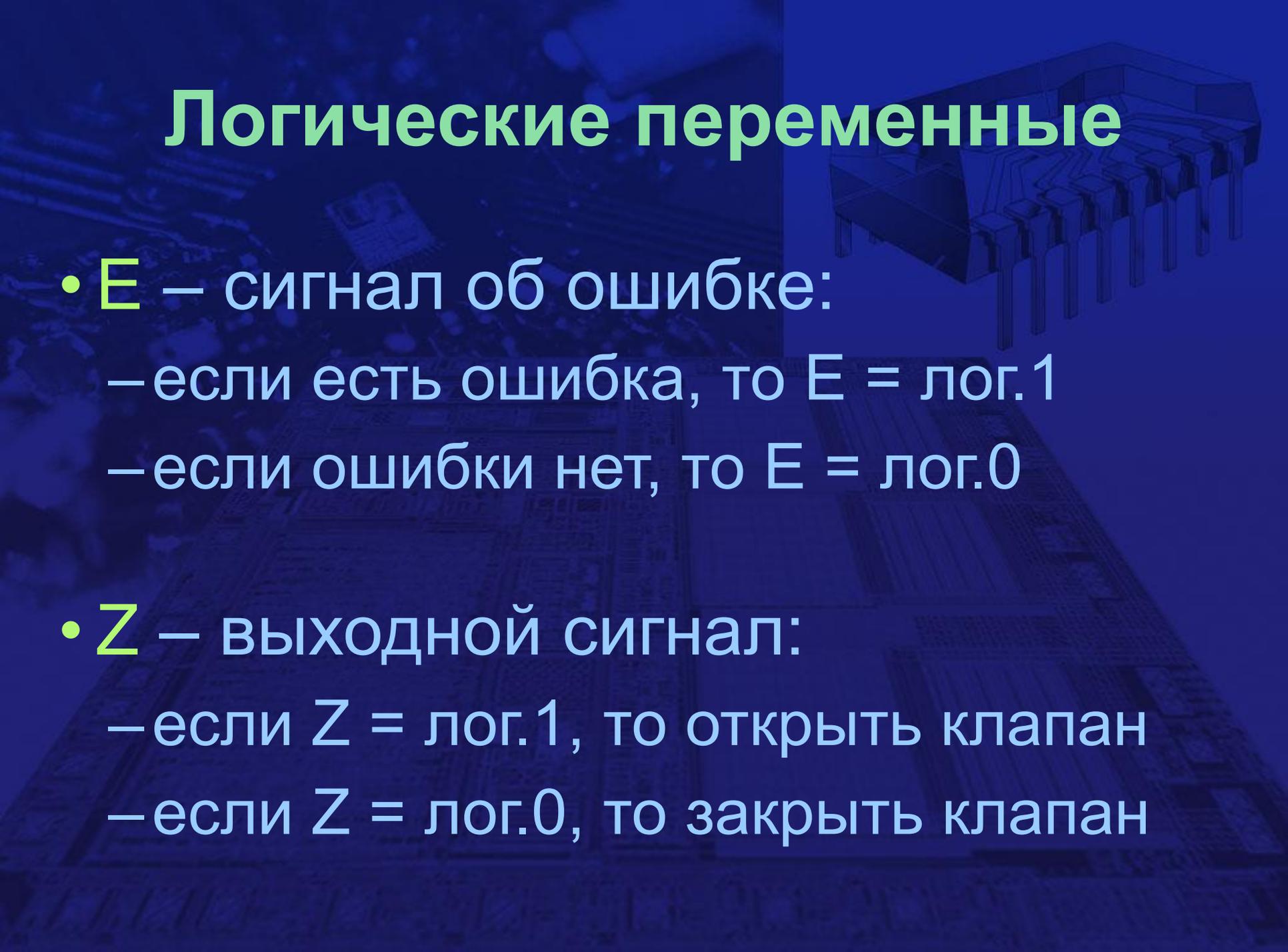




Логические переменные

- S_1 – выход с Датчика1:
 - если уровень выше L1, то $S_1 = \text{лог.1}$
 - если уровень ниже L1, то $S_1 = \text{лог.0}$
- S_2 – выход с Датчика2:
 - если уровень выше L2, то $S_2 = \text{лог.1}$
 - если уровень ниже L2, то $S_2 = \text{лог.0}$

Логические переменные



- **E** – сигнал об ошибке:
 - если есть ошибка, то $E = \text{лог.}1$
 - если ошибки нет, то $E = \text{лог.}0$
- **Z** – выходной сигнал:
 - если $Z = \text{лог.}1$, то открыть клапан
 - если $Z = \text{лог.}0$, то закрыть клапан

Логические функции

- Необходимо задать «Алгоритм» по которому выдается сигнал об ошибке:
 - Если $S_1 = "0"$ и $S_2 = "1"$, то $E = "1"$, иначе $E = "0"$
- и открывается или закрывается клапан:
 - Z станет равным "1" при $S_1 = "0"$, но Z не перейдет в "0", когда S_1 перейдет в "1", а случится это только тогда, когда S_2 станет равным "1".

Выражения булевой алгебры

- Сигнал об ошибке:

$$E = \overline{S_1} \cdot S_2 \quad \text{«И» (AND)}$$

(конъюнкция, логическое произведение)

- Тревога, если есть хоть одна ошибка:

$$T = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 \quad \text{«ИЛИ» (OR)}$$

(дизъюнкция, логическая сумма)

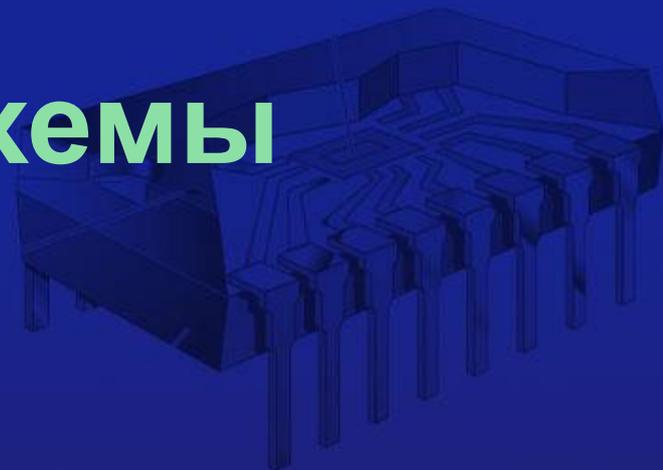
Логические схемы

- Комбинационные

ВЫХОД ЗАВИСИТ ТОЛЬКО ОТ КОМБИНАЦИИ ВХОДОВ

- Последовательные

ВЫХОД ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ВХОДНЫХ ЗНАЧЕНИЙ



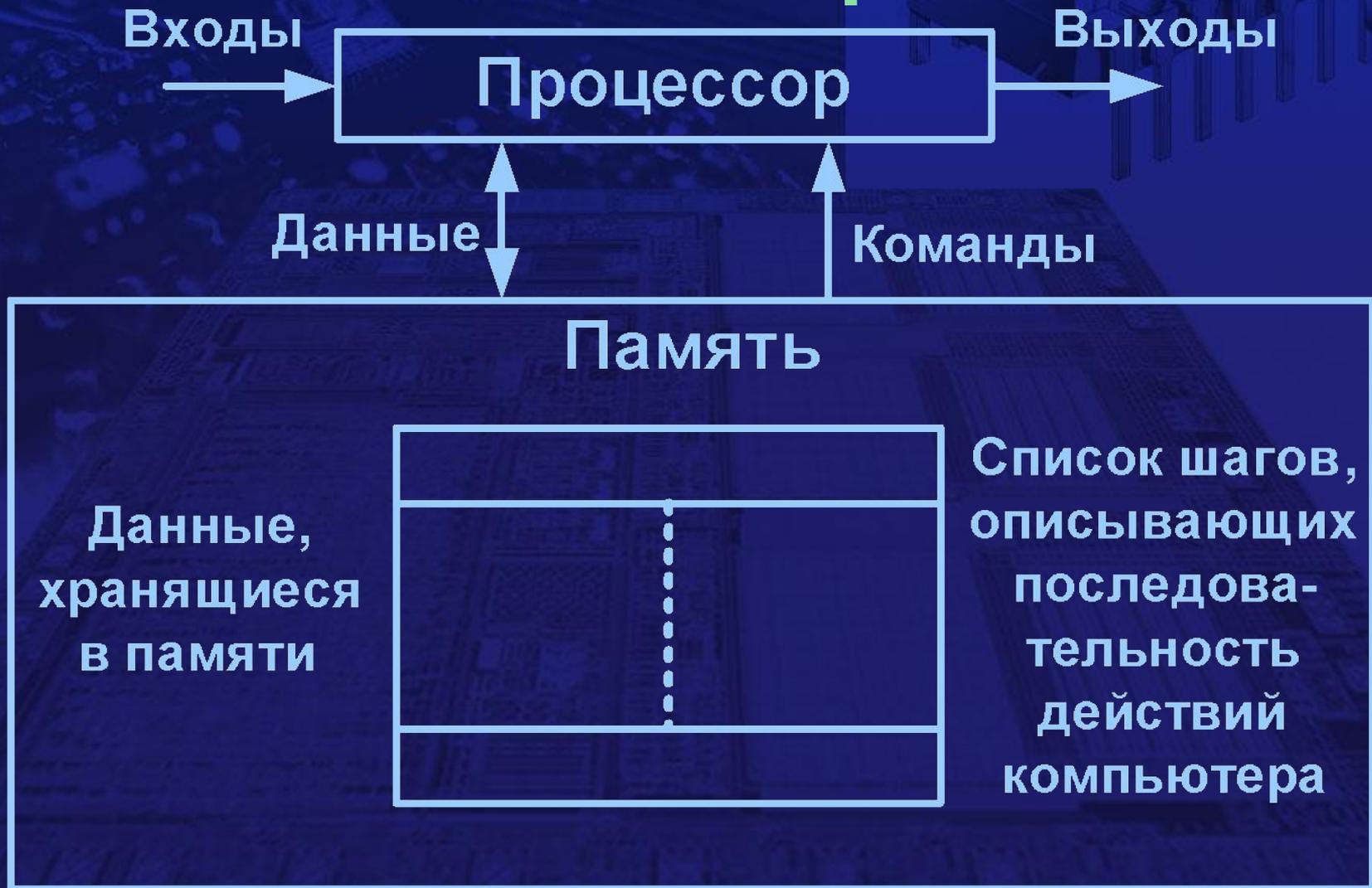
Вычисляющие схемы

- Более сложные датчики могут выдавать численные значения (например, температура: -20°C , $+36,6^{\circ}\text{C}$ и т.д.), а не двоичные типа «ДА» / «НЕТ» или «ИСТИНА» / «ЛОЖЬ».
- Клапан может иметь более двух положений, а не «ОТКРЫТО/ЗАКРЫТО»
- Такими устройствами необходимо управлять на основе численных данных.

Цифровой компьютер

- Первое полуавтоматическое вычисляющее устройство было изобретено Чарльзом Беббиджем в 1850-х годах
- В настоящее время цифровые компьютеры широко используются и проникли практически во все области деятельности человека.

Структура программируемого компьютера



Представление чисел в цифровых системах

- Так как числами оперирует машина, то необходимо переводить числа из формы, понятной человеку, в форму, понятную машине.
- То есть **числа** необходимо перевести в **напряжения**.

Десятичные числа

- Число **235** может быть представлено как три сигнала с напряжениями **2В**, **3В** и **5В**.
- Основание – 10, по числу пальцев на руках человека.
- $235 = 2 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$
- Для записи чисел используются десять цифр: **0,1,2,3,4,5,6,7,8,9**

Системы счисления

Можно взять произвольное основание b для записи числа, тогда:

$$a_{n-1} a_{n-2} \dots a_2 a_1 a_0 =$$

$$a_{n-1} b^{n-1} + a_{n-2} b^{n-2} + \dots + a_2 b^2 + a_1 b^1 + a_0 b^0$$

Системы счисления

- Число 235 по основанию 9, записывается как 235_9 в десятичной нотации записывается как $2 \cdot 9^2 + 3 \cdot 9^1 + 5 \cdot 9^0 = 194_{10}$. Для записи чисел по основанию 9 используются 9 цифр: 0,1,2,3,4,5,6,7,8
- При уменьшении величины основания — уменьшается количество цифр с помощью которых записываются числа

Двоичные числа

- Для записи чисел по основанию 2 используются только 2 цифры: 0 и 1.
- $0110101_2 = 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 32 + 16 + 4 + 1 = 53_{10}$
- 0 и 1 соответствуют сигналам ВЫКЛ/ВКЛ

Запись дробных чисел

- $23,82_{10} =$
 $= 2 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 + 8 \cdot 10^{-1} + 2 \cdot 10^{-2}$

- $01101,101_2 = 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 +$
 $0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} =$
 $= 8 + 4 + 1 + 0,5 + 0,125 = 13,625_{10}$

Преобразование из двоичной системы счисления в десятичную

5	4	3	2	1	0
32	16	8	4	2	1
2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
100000	010000	001000	000100	000010	000001

$$55_{10} = 32 + 16 + 4 + 2 + 1 =$$

$$= 100000_2 + 010000_2 + 000100_2 + 000010_2 + 000001_2 =$$

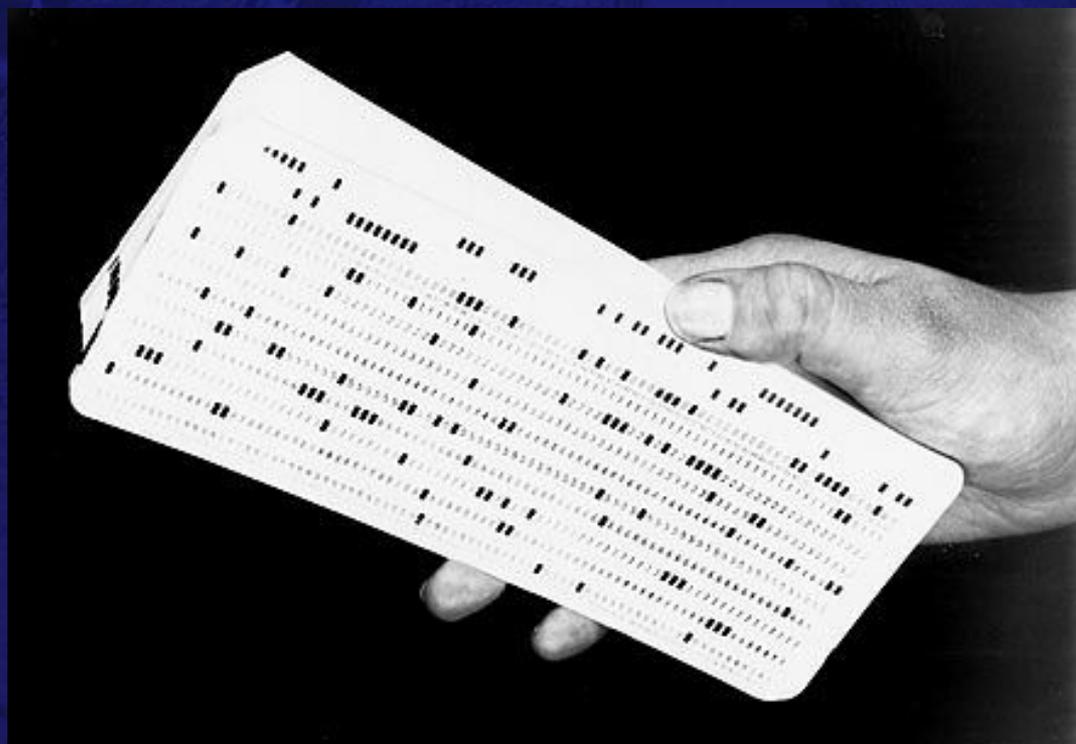
$$= 110111_2$$

Хранение цифровых значений

- Для хранения чисел требуются массивы памяти с необходимым числом ячеек памяти.
- Современные ячейки памяти по своей природе могут хранить двузначные значения:
 - есть заряд / нет заряда,
 - 2 направления вектора магнитного поля,
 - перфокарты (старейший способ хранения цифровой информации) и др.

Хранение цифровых значений

- Перфокарты – старейший способ хранения цифровой информации



Хранение цифровых значений

- Минимальная единица информации – 1 бит (б), может принимать только двоичные значения – 0 и 1.
- 8 бит = 1 байт (Б)
- 1024 байт = 1 килобайт (КБ)
- 1024 килобайт = 1 мегабайт (МБ)

Шестнадцатеричные числа

- 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
10, 11, 12, 13, 14, 15

- A, B, C, D, E, F

- Основание $16 = 2^4$

- $5_{16} = 0101_2$, $B_{16} = 1011_2$,

- $A7_{16} = 1010\ 0111_2$

Восьмеричные числа

- 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,
- Основание $8 = 2^3$
- $5_8 = 101_2$, $3_8 = 011_2$,
- $42_8 = 100\ 010_2$

Арифметические операции над двоичными числами

- Сложение:

$$0 + 0 = 00, 1 + 0 = 01,$$

$$0 + 1 = 01, 1 + 1 = 10.$$

A	B	A + B	Десятичная система
0	0	00	0
0	1	01	1
1	0	01	1
1	1	10	2

Суммирование с переносом

A	B	$C_{\text{ВХ}}$	$C_{\text{ВЫХ}}$	A+B	Десятичная система
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	2
1	0	0	0	1	1
1	0	1	1	0	2
1	1	0	1	0	2
1	1	1	1	1	3

Суммирование многоразрядных двоичных чисел

Десятичная система	Двоичная система
22	10110
28	11100
<hr/>	<hr/>
50	1110010

Бит переноса с предыдущего разряда последовательно передается на следующий разряд

Дополнительные числа

- Десятичное число (10's complement)

$10^n - N$, где n-количество разрядов десятичного числа N.

$$1000_{10} - 235_{10} = 765_{10}$$

- Двоичное число (2's complement):

$2^n - N$, пусть $N = 011_2 (3_{10})$

$$1000_2 - 011_2 = 101_2 (5_{10})$$

Отрицательные двоичные числа

Десятичная система	Двоичная система
3	011
2	010
1	001
0	000
-1	111
-2	110
-3	101
-4	100

Вычитание

- Операция вычитания в двоичной форме заменяется сложением уменьшаемого с дополнительным числом к вычитаемому:

$$X - Y = X + (-Y) = X + (2^n - Y)$$

- Отрицание отрицательного числа:

$$-(-Y) = 2^n - (2^n - Y) = 2^n - 2^n + Y = Y$$

Примеры вычитания в двоичной форме

Десятичная система	Двоичная система
6	0 1 1 0
-3	1 1 0 1
3	₁ 0 ₁ 0 1 1

Десятичная система	Двоичная система
3	0 0 1 1
-6	1 0 1 0
-3	₁ 1 0 1

Простой способ преобразования двоичного числа в дополнительный код

- Сначала инвертируются все разряды преобразуемого числа
- Затем к результату прибавляется 1.

$$14_{10} = 01110_2$$

$$\begin{aligned} -14_{10} &= -(01110_2) = 10001_2 + 1 = \\ &= -10010_2 \end{aligned}$$

Итоги

- Наиболее удобные для цифровых систем - сигналы с двумя состояниями
- Двухзначные сигналы используются:
 - для управления
 - для представления чисел в двоичной форме
- Шестнадцатеричная система наиболее удобна для промежуточного представления информации.
- Сложение двоичных чисел подобно сложению десятичных «столбиком».
- Вычитание двоичных чисел производится с использованием дополнительного кода.

