

Учебный курс

# **Введение в цифровую электронику**

Лекция 1

## **Аналоговые и цифровые сигналы**

кандидат технических наук, доцент

**Новиков Юрий Витальевич**

# Содержание курса

- Общие представления о принципах цифровой электроники;
- Основные понятия, термины, определения;
- Особенности цифровых сигналов;
- Логика работы базовых элементов цифровой электроники;
- Способы взаимодействия элементов, узлов, устройств;
- Принципы организации микропроцессорных систем;
- Методы организации информационного обмена по шинам;
- Взаимодействие программных и аппаратных средств.

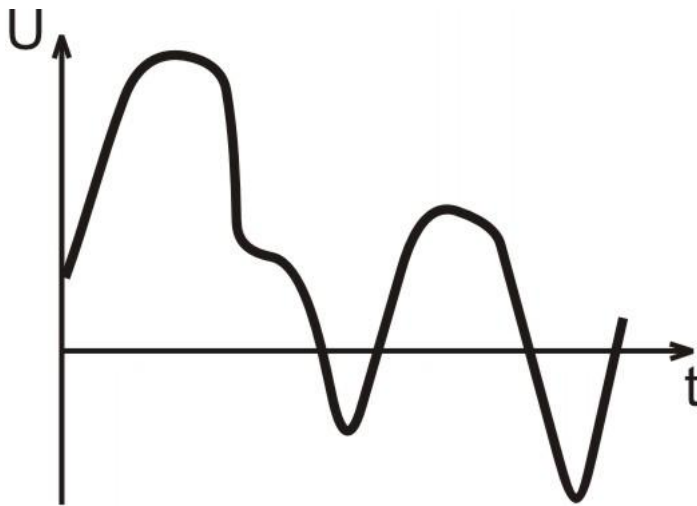
# Задачи курса

- Освоение базовой терминологии цифровой электроники;
- Осознание преимуществ цифровой электроники;
- Понимание процессов, происходящих в цифровых устройствах;
- Понимание, от чего зависят основные характеристики цифрового устройства, и как их улучшить;
- Уяснение ограничений и недостатков цифровой электроники;
- Ознакомление с основными направлениями развития цифровой электроники.

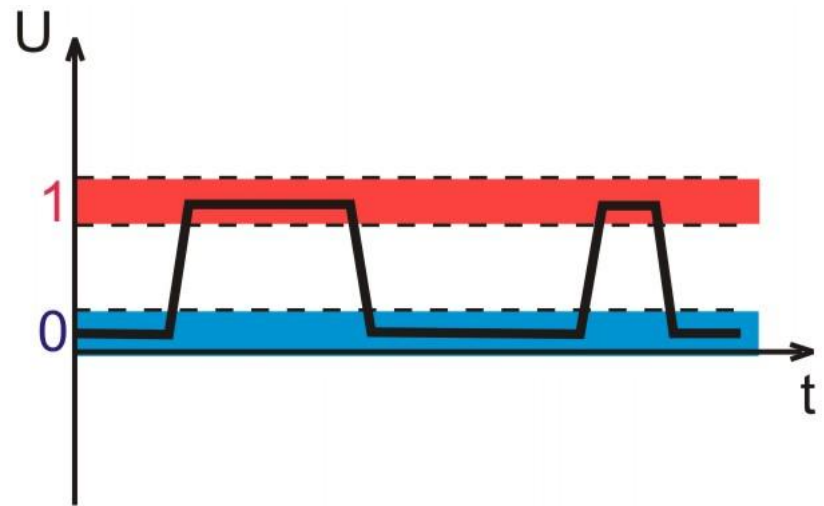
# Базовые определения

- **Сигнал** — любая физическая величина (температура, давление воздуха, интенсивность света, сила тока и т.д.), изменяющаяся со временем.
- **Электрический сигнал** — электрическая величина (например, напряжение, ток, мощность), изменяющаяся со временем.
- **Аналоговый сигнал** — может принимать любые значения в определенных пределах. Устройства, работающие с аналоговыми сигналами, — аналоговые устройства. Аналоговый сигнал изменяется *аналогично* физической величине, т. е. непрерывно.
- **Цифровой сигнал** — может принимать только два значения. Причём разрешены некоторые отклонения от этих значений. Устройства, работающие с цифровыми сигналами, — цифровые устройства.

# Аналоговый и цифровой сигналы

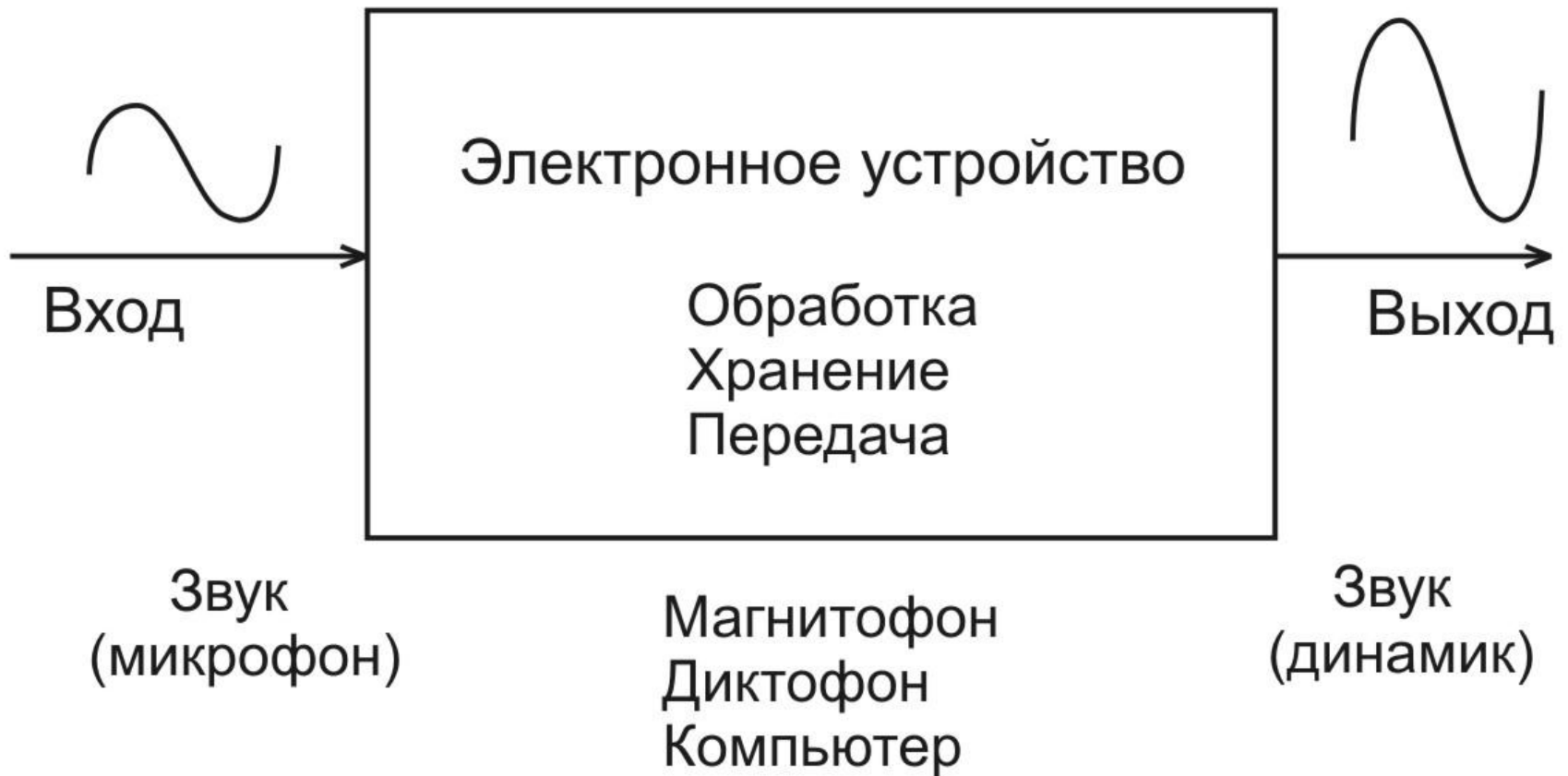


Аналоговый сигнал



Цифровой  
(двухуровневый) сигнал

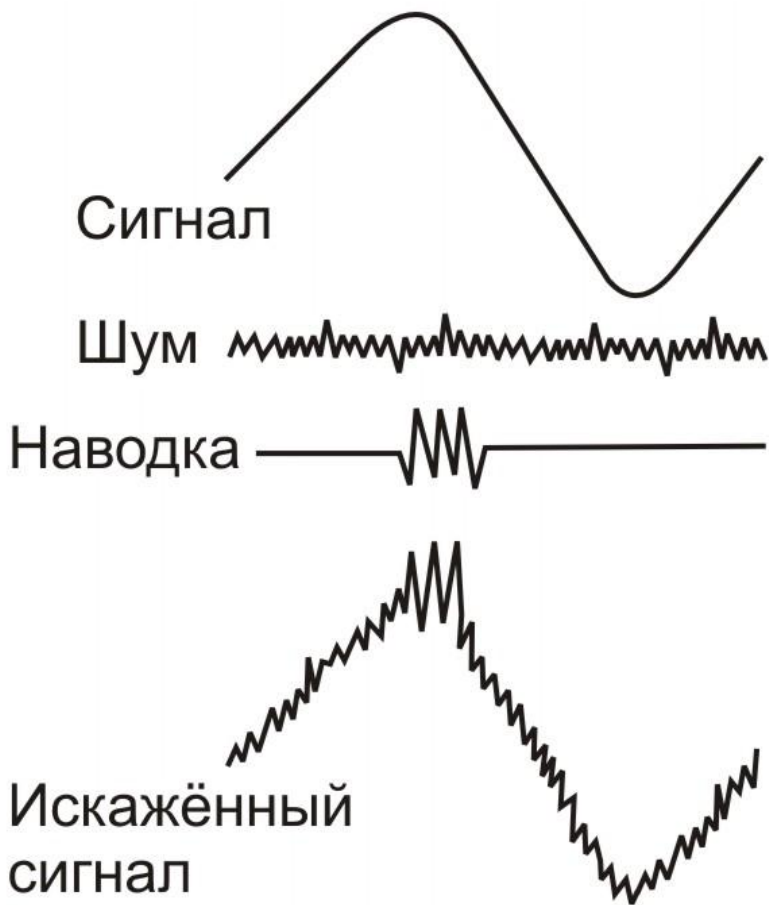
# Электронное устройство



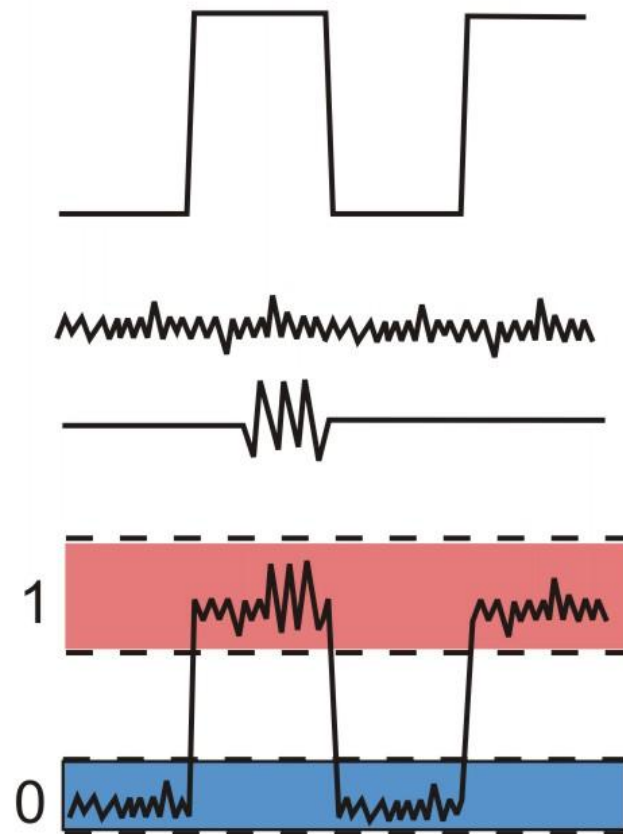
# Причины искажений сигналов

- Несовершенство характеристик элементов аппаратуры;
- Шумы (слабые хаотические сигналы, вырабатываемые любым электронным компонентом);
- Наводки, помехи (сигналы, вызываемые внешними электромагнитными полями — радиопередача, трансформаторы, взаимовлияние цепей и т.д.);
- Старение элементов — изменение характеристик со временем;
- Внешние физические воздействия: температура, влажность, давление, вибрация и т.д.
- Паразитные эффекты (утечки, ёмкости, индуктивности, сопротивления).

# Искажения сигналов шумами и наводками



Аналоговый сигнал



Цифровой сигнал



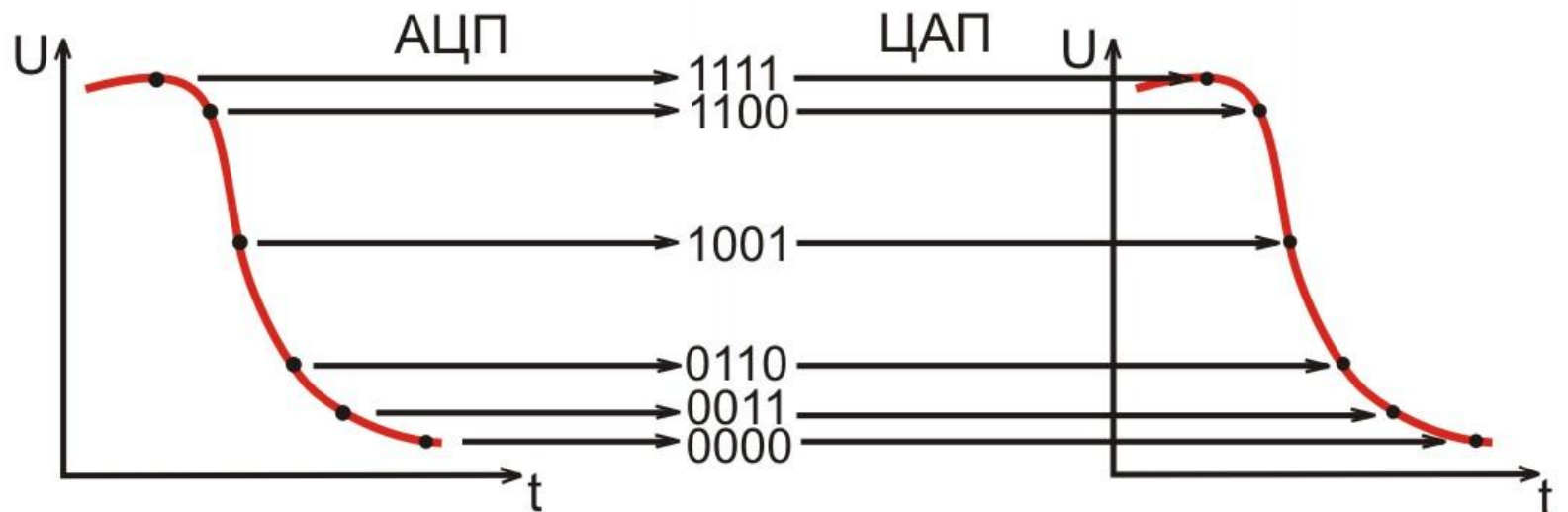
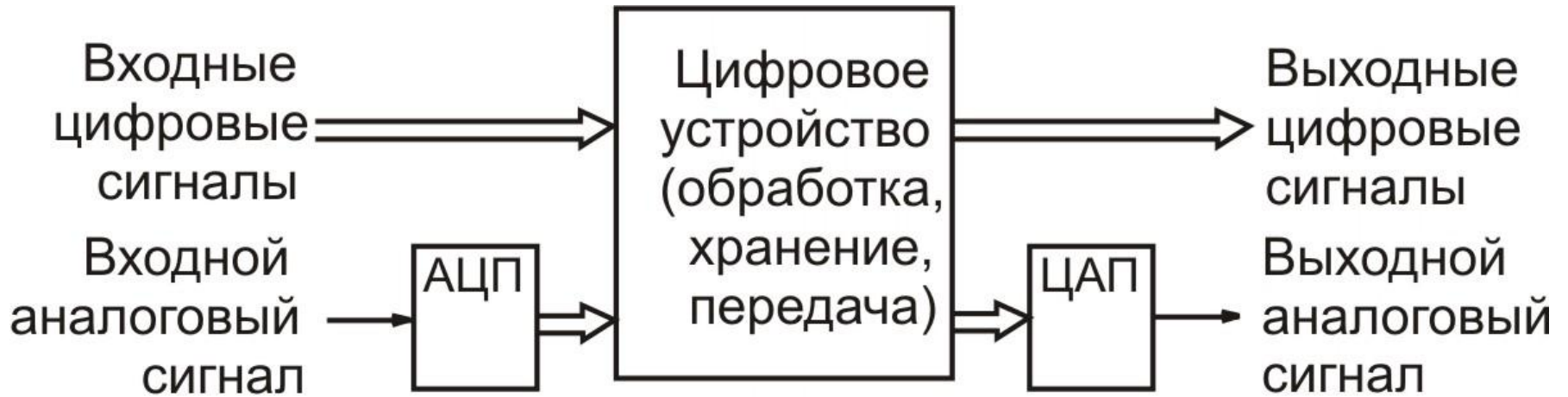
# Преимущества цифровых сигналов

- Более сложная и многоступенчатая обработка, чем в случае аналоговых сигналов;
- Длительное хранение без потерь с возможностью многократного копирования без искажений;
- Качественная передача на большие расстояния без искажений;
- Цифровые устройства проще отлаживать, они меньше подвержены старению;
- Поведение цифровых устройств всегда можно точно рассчитать и предсказать;
- Цифровые устройства проще проектировать, отлаживать, тестировать.

# Недостатки цифровых сигналов

- Принципиально меньшее предельное быстродействие цифровых устройств по сравнению с аналоговыми;
- Информационная ёмкость цифрового сигнала гораздо меньше, чем аналогового, поэтому для замены одного аналогового сигнала требуется несколько цифровых сигналов (от 4 до 16) — код;
- Для связи с реальным миром требуются преобразователи аналоговых сигналов в цифровые (на входе, АЦП) и цифровых сигналов в аналоговые (на выходе, ЦАП);
- При простом алгоритме обработки цифровые устройства гораздо сложнее аналоговых.

# Включение цифрового устройства



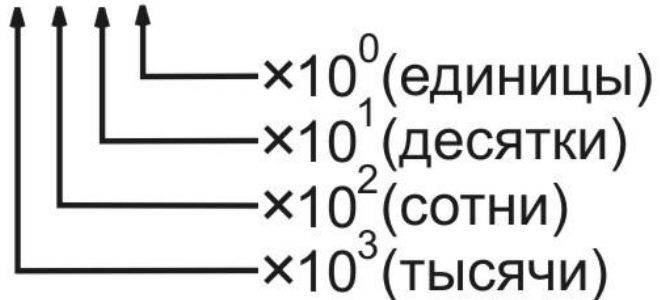
# Виды цифровых сигналов

- **Одиночные цифровые сигналы:**
  - Разрешающие/запрещающие сигналы;
  - Сигнализирующие сигналы (флаги);
  - Синхронизирующие сигналы (определяющие момент времени выполнения операции).
- **Сгруппированные (шинные) цифровые сигналы (коды):**
  - Коды выборок аналоговых сигналов;
  - Коды адресации устройств (выбора нужного устройства);
  - Коды команд (инструкций);
  - Коды данных.

# Двоичные числа

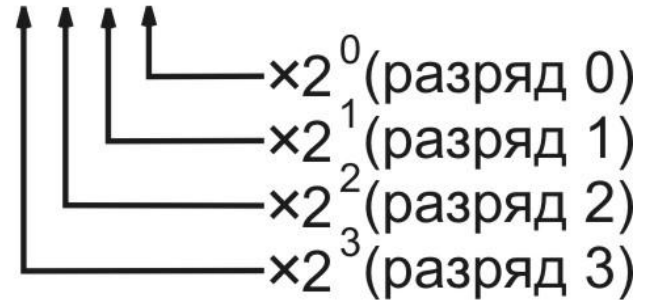
Десятичное число

1059



Двоичное число

1011



| 10-число | 2-число | 10-число | 2-число |
|----------|---------|----------|---------|
| 0        | 0       | 8        | 1000    |
| 1        | 1       | 9        | 1001    |
| 2        | 10      | 10       | 1010    |
| 3        | 11      | 11       | 1011    |
| 4        | 100     | 12       | 1100    |
| 5        | 101     | 13       | 1101    |
| 6        | 110     | 14       | 1110    |
| 7        | 111     | 15       | 1111    |

# Понятия двоичной логики

- **Код** — двоичное число, а также метод представления двоичных чисел;
- **Разрядность кода** — количество двоичных разрядов кода ( $2^{10} = 1\ 024$ ,  $2^{20} = 1\ 048\ 576$ ;  $2^{30} = 1\ 073\ 741\ 824$ );
- **Бит** — один разряд двоичного числа (от англ. binary digit);
- **Байт** — восемь двоичных разрядов (битов) — принимает  $2^8$  значений: от 0 до 255;
- **Тетрада** (полубайт, ниббл) — четыре двоичных разряда, половина байта — принимает  $2^4$  значений: от 0 до 15;
- **Слово** — код, состоящий из нескольких байтов (чаще всего 2 байта — 16 разрядов, 4 байта — 32 разряда, 8 байт — 64 разряда);

# Шестнадцатеричные числа

Двоичное число: 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1

16-ричное число: A 1 7 F

Старший байт Младший байт

| 10-число | 16-число | 10-число | 16-число   |
|----------|----------|----------|------------|
| 0        | 0 (0)    | 9        | 9 (1001)   |
| 1        | 1 (1)    | 10       | A (1010)   |
| 2        | 2 (10)   | 11       | B (1011)   |
| 3        | 3 (11)   | 12       | C (1100)   |
| 4        | 4 (100)  | 13       | D (1101)   |
| 5        | 5 (101)  | 14       | E (1110)   |
| 6        | 6 (110)  | 15       | F (1111)   |
| 7        | 7 (111)  | 16       | 10 (10000) |
| 8        | 8 (1000) | 17       | 11 (10001) |

# Операции с двоичными числами

## Арифметические операции

Сложение

$$\begin{array}{r} 0111 \\ + 1011 \\ \hline 10010 \end{array}$$

Вычитание

$$\begin{array}{r} 10010 \\ - 0111 \\ \hline 1011 \end{array}$$

**Дополнительный код:** 1011

Пример:

5 = 0101

-5 = 1011

Сумма:

$$\begin{array}{r} 0101 \\ + 1011 \\ \hline 0000 \end{array}$$

← Старший (знаковый разряд)  
0 - положительные числа  
1 - отрицательные числа

Перенос игнорируется

## Логические (побитные) операции

И (&)

$$\begin{array}{r} 1100 \\ 1010 \\ \hline 1000 \end{array}$$

ИЛИ

$$\begin{array}{r} 1100 \\ 1010 \\ \hline 1110 \end{array}$$

⊕

$$\begin{array}{r} 1100 \\ 1010 \\ \hline 0110 \end{array}$$

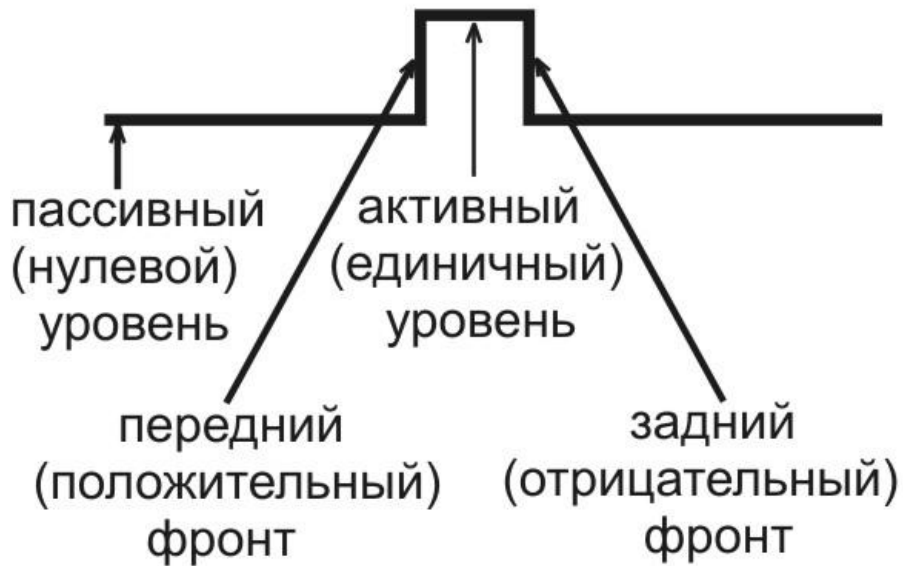
НЕ

$$\begin{array}{r} 1100 \\ 0011 \end{array}$$

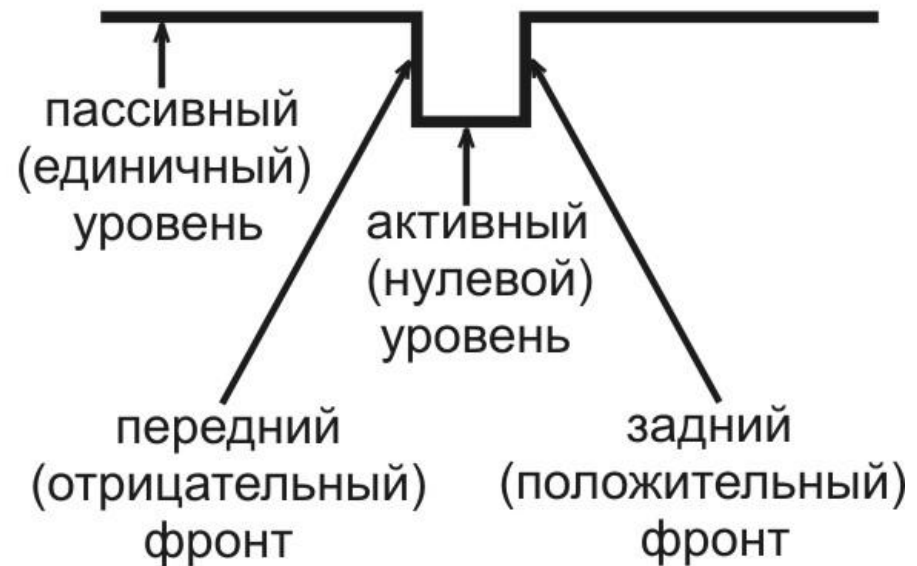


# Элементы цифрового сигнала

Положительный сигнал



Отрицательный сигнал



# Типы логики

- **Положительная логика** — логической единице соответствует высокий уровень напряжения, логическому нулю — низкий уровень напряжения;
- **Отрицательная логика** — логической единице соответствует низкий уровень напряжения, логическому нулю — высокий уровень напряжения.

Типы логики относятся к шинам (кодам). Одиночные сигналы (импульсы) называются положительными (единичными) или отрицательными (нулевыми).