

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СВЯЗИ

ЛЕКЦИЯ 1. «Общие сведения о системах связи»

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.

Схема системы передачи информации

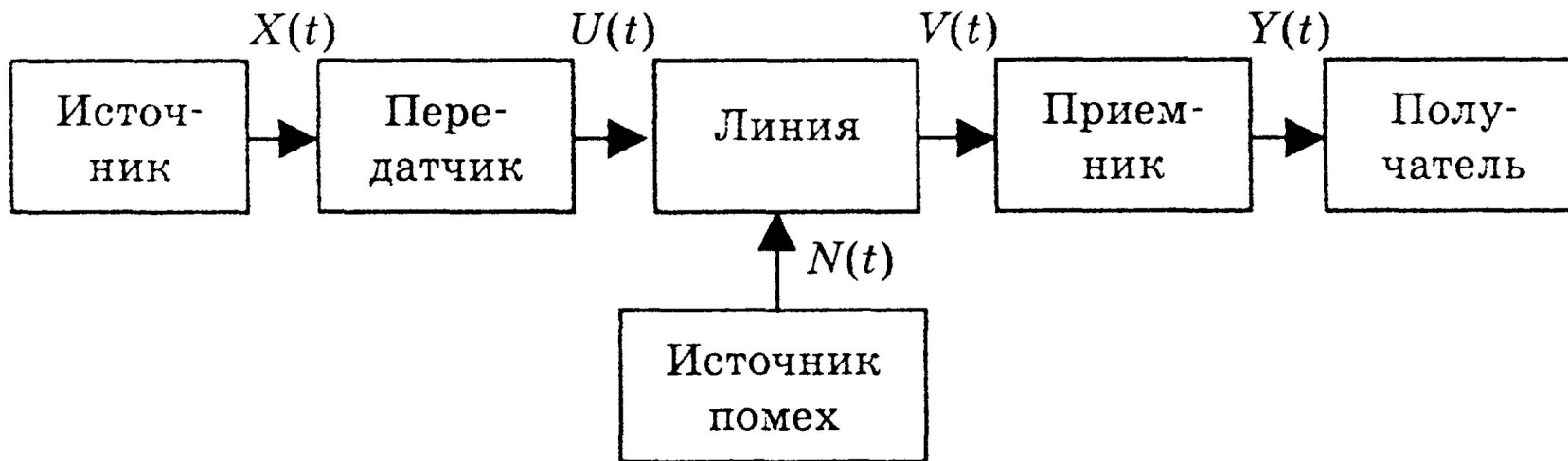


Рис. 2.1. Укрупненная схема СПИ

Статистический анализ СПИ

- Определение количественных значений основных показателей (скорость передачи информации и помехоустойчивость) при условии, что заданы способы преобразования сигналов во всех звеньях тракта и их количественные характеристики.

Статистический синтез СПИ

- Выбор наилучших способов преобразований сигналов, позволяющих построить оптимальную систему.

Кодирование

- 1) Кодирование источника.
- 2) Канальное (помехоустойчивое).
- 3) Шифрование.

Этапы преобразования сигнала в передатчике

- 1) аналого-цифровое преобразование, т. е. преобразование непрерывного сигнала в последовательность символов;
- 2) кодирование источника;
- 3) шифрование;
- 4) канальное кодирование;
- 5) модуляция гармонической несущей передаваемым сигналом с целью переноса его спектра в выделенную полосу частот;
- 6) расширение спектра (такое преобразование, в результате которого ширина спектра сигнала $u(t)$ на входе линии оказывается существенно больше, чем та ширина, которая была бы минимально необходима для нормальной передачи этого сообщения), например, для обеспечения скрытности передачи.

Основные преобразования в СФИ

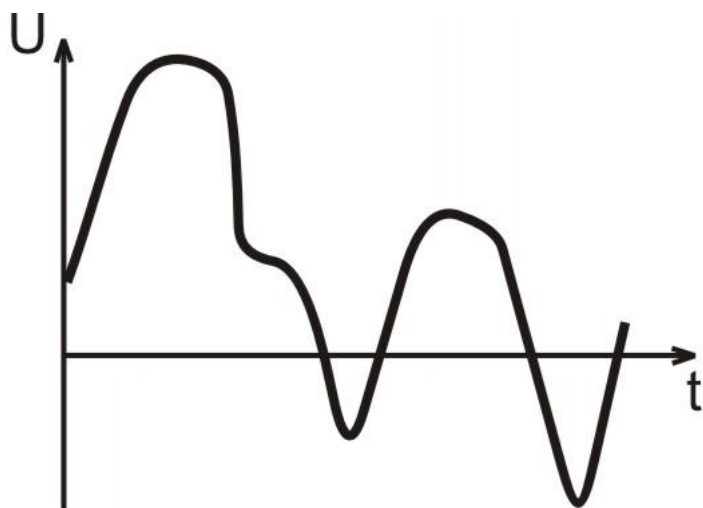
$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \exp(-i\omega t) dt, \quad (2.1)$$

$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) \exp(i\omega t) d\omega$$

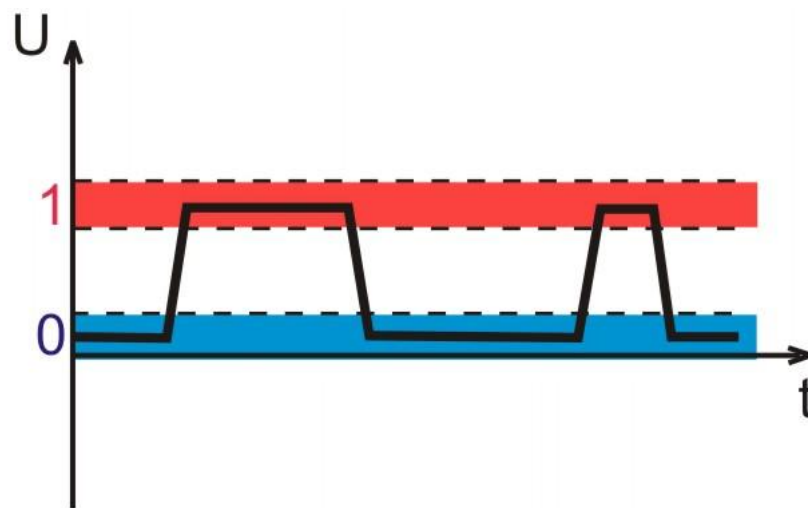
- 2) Усиление
- 3) Задержка
- 4) Модуляция и демодуляция

$$u_j = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) f_j(t) dt, \quad j = 1, \dots, n, \quad (2.2) \quad 8$$

Аналоговый и цифровой сигналы

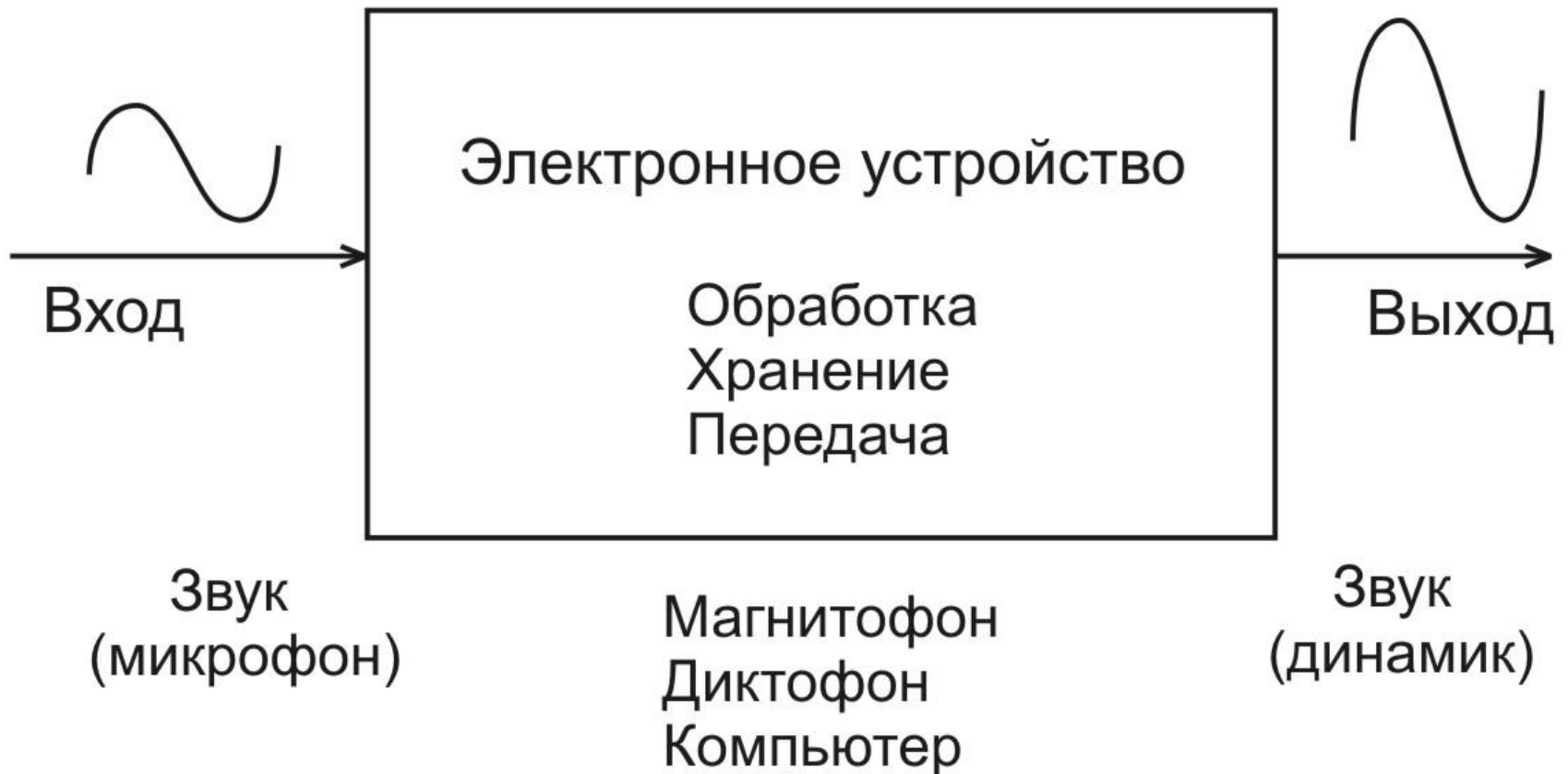


Аналоговый сигнал



Цифровой
(двухуровневый) сигнал

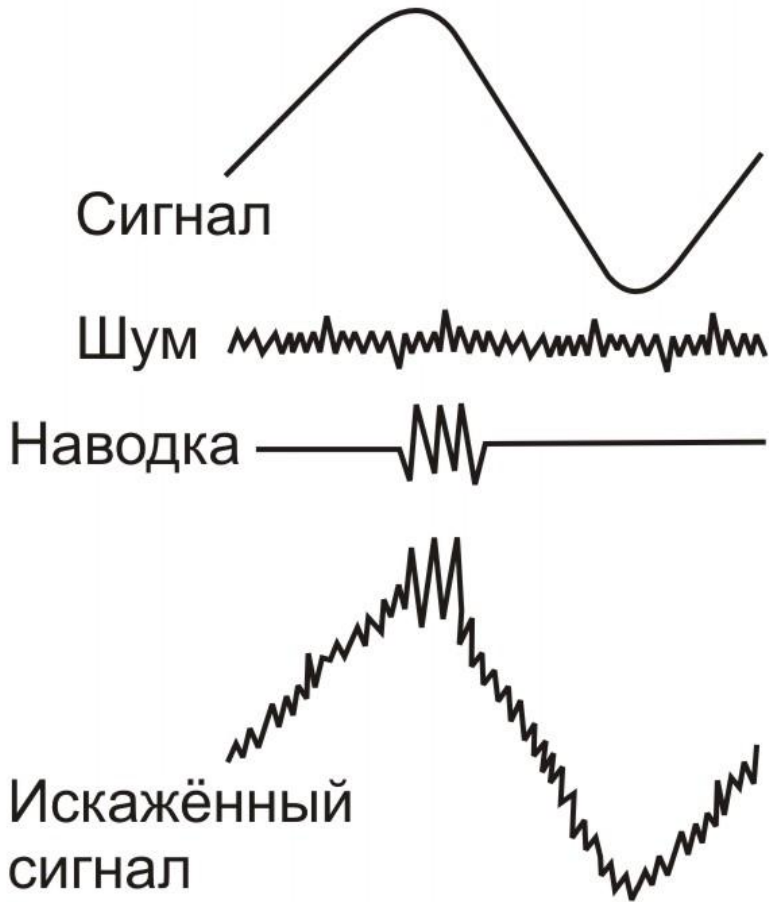
Электронное устройство



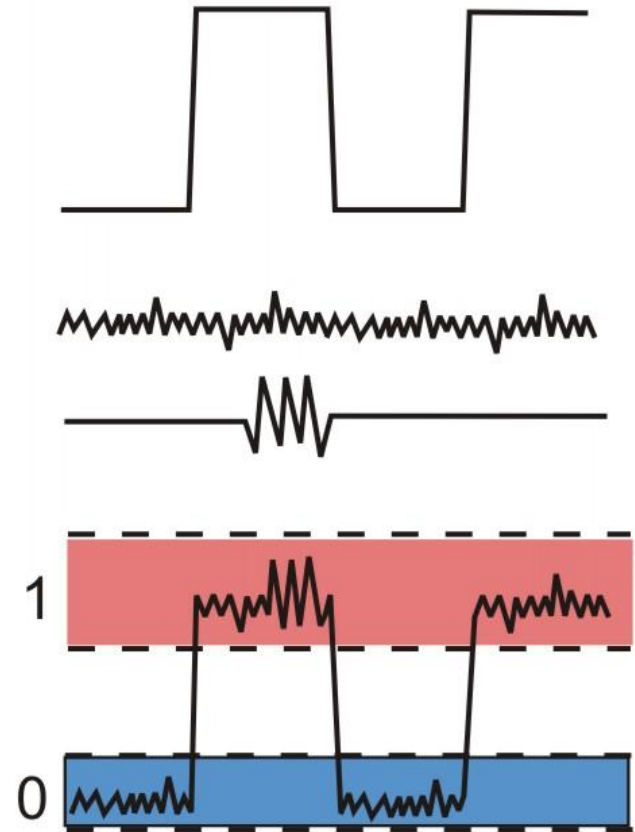
Причины искажений сигналов

- 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



Аналоговый сигнал



Цифровой сигнал

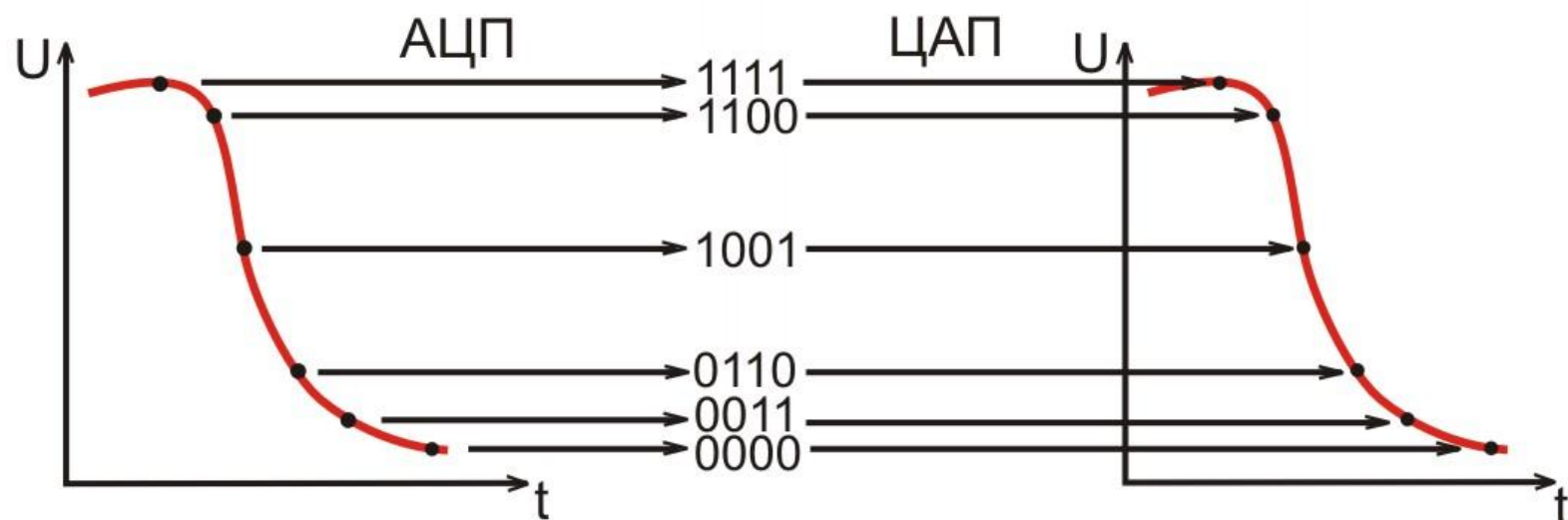
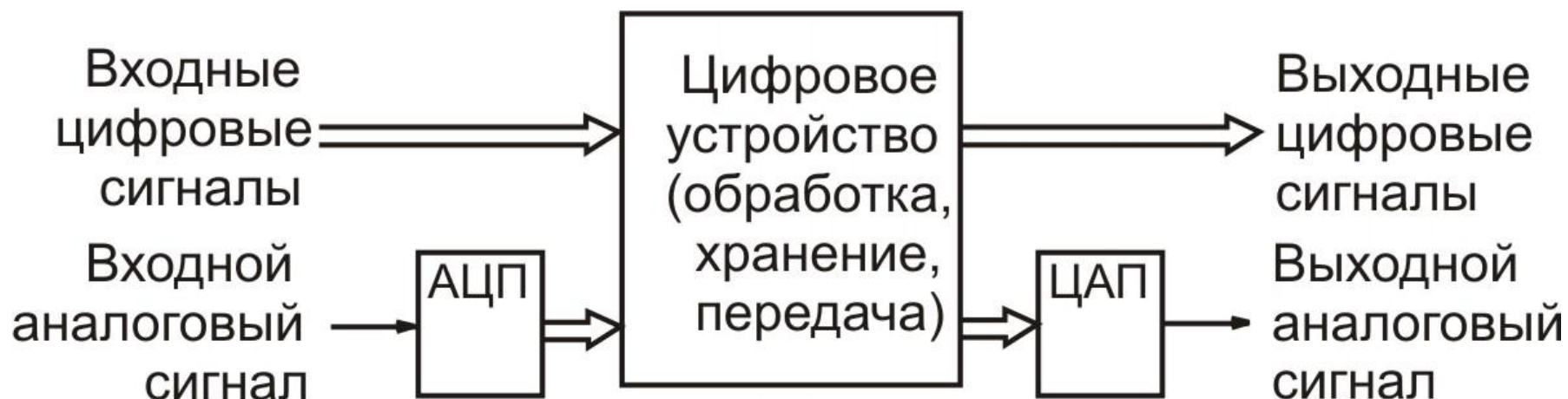
Преимущества цифровых сигналов

- 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



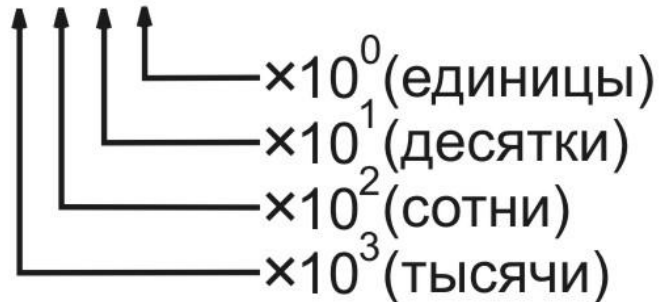
Виды цифровых сигналов

- **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

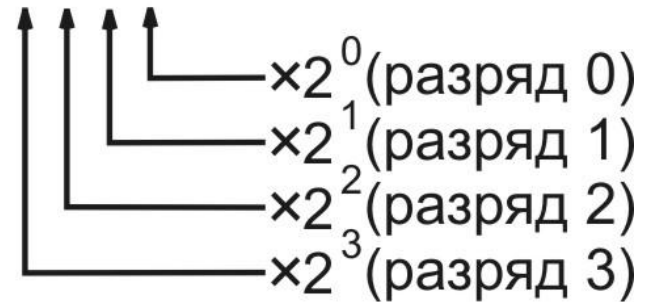
Десятичное число

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);

Операции с двоичными числами

Арифметические операции

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

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

Дополнительный код: 1011

Пример:
5 = 0101
-5 = 1011

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

$$\begin{array}{r} \text{Сумма:} \quad \begin{array}{r} 0101 \\ + 1011 \\ \hline 0000 \end{array} \end{array}$$

Перенос игнорируется

Логические (побитные) операции

$$\begin{array}{r} \text{И (&)} \quad \begin{array}{r} 1100 \\ 1010 \\ \hline 1000 \end{array} \end{array}$$

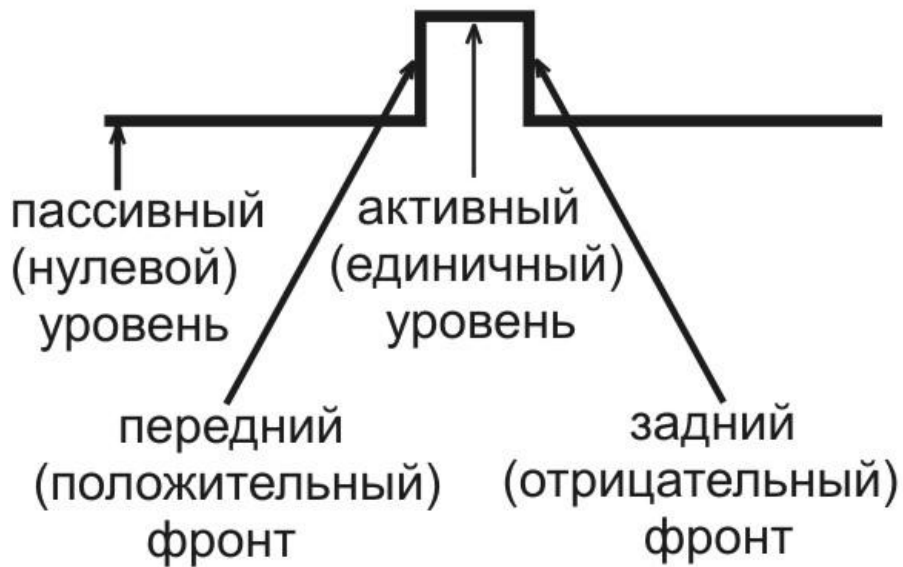
$$\begin{array}{r} \text{ИЛИ} \quad \begin{array}{r} 1100 \\ 1010 \\ \hline 1110 \end{array} \end{array}$$

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

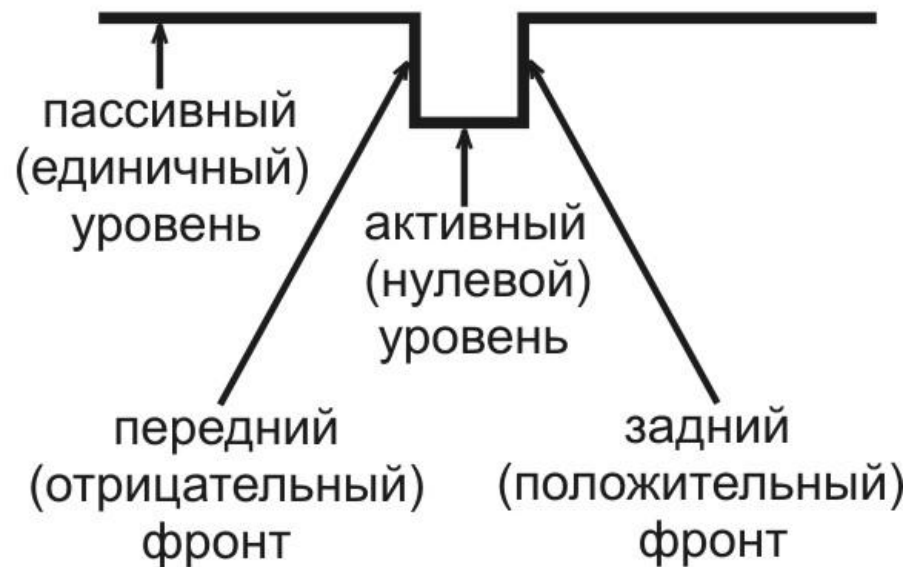
$$\begin{array}{r} \text{НЕ} \quad \begin{array}{r} 1100 \\ 0011 \end{array} \end{array}$$

Элементы цифрового сигнала

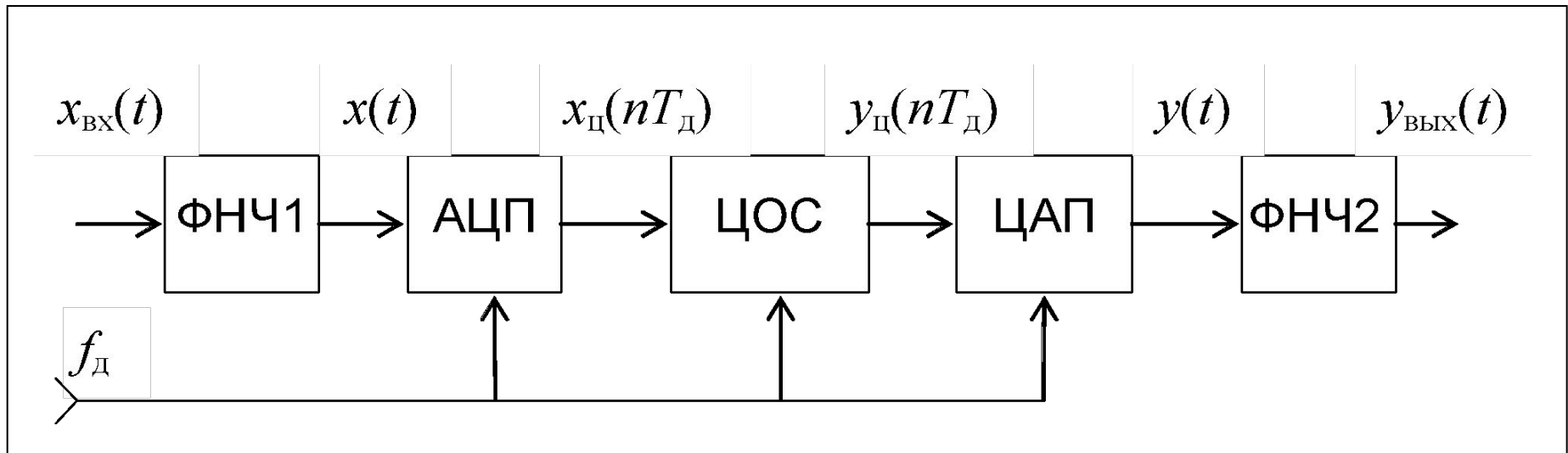
Положительный сигнал



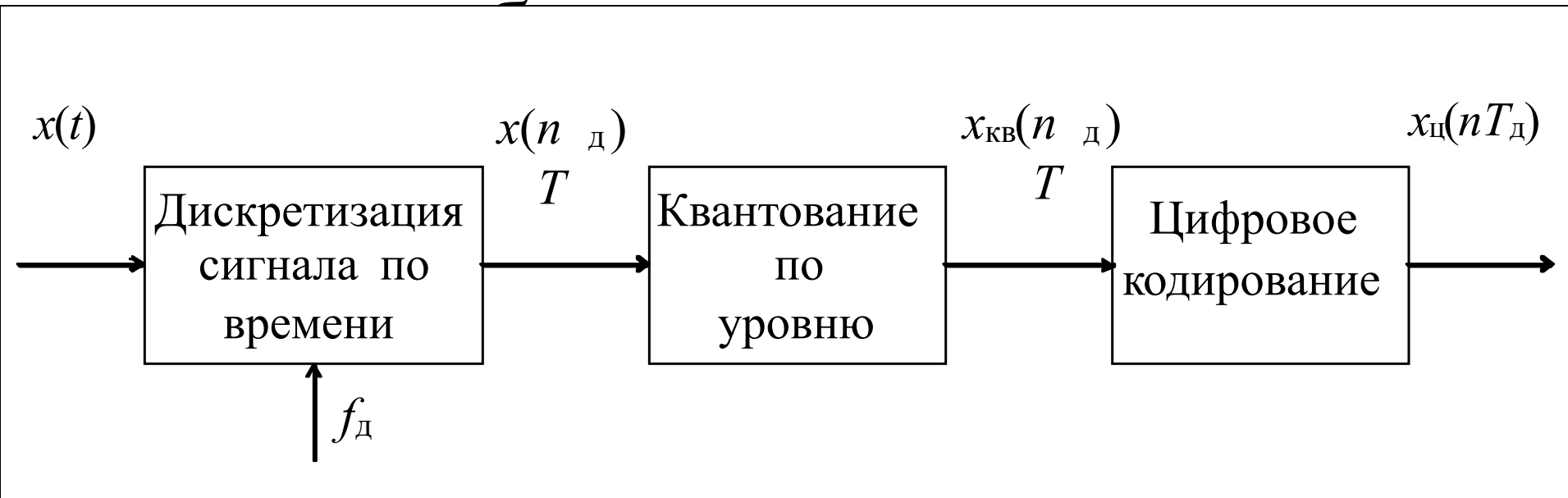
Отрицательный сигнал



Общая структура системы цифровой обработки аналоговых сигналов



Последовательность операций аналого-цифрового



Элементы преобразователей сигналов

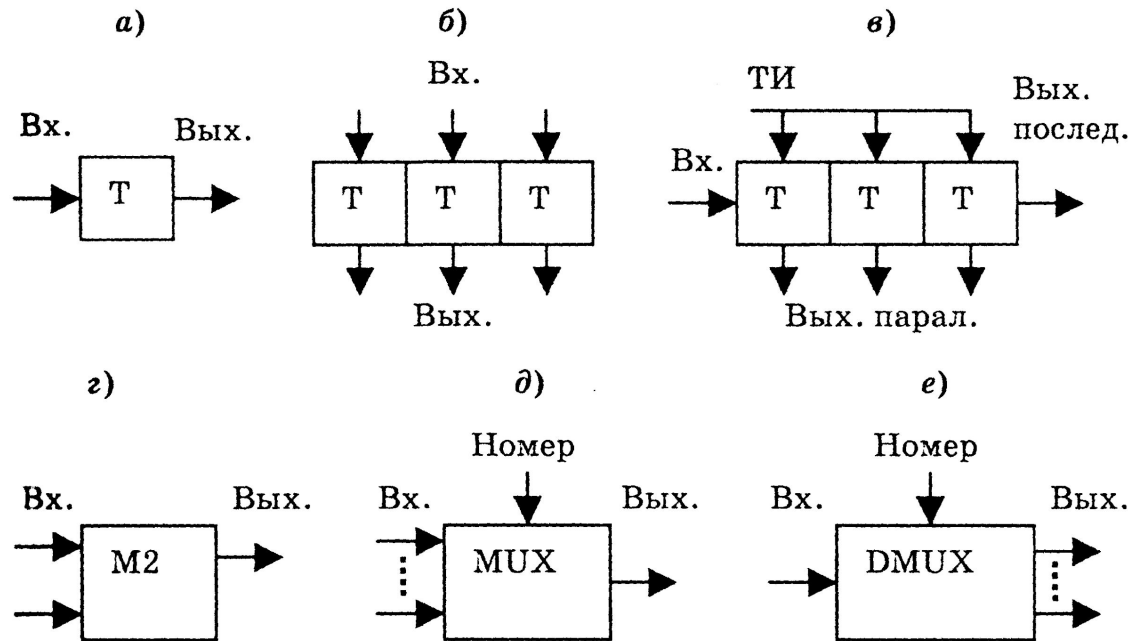


Рис. 2.2. Элементы преобразователей сигналов:

- a* — ячейка памяти; *б* — регистр памяти;
- в* — регистр сдвига; *г* — сумматор mod2;
- д* — мультиплексор; *е* — демультиплексор.

Модуляция сигналов

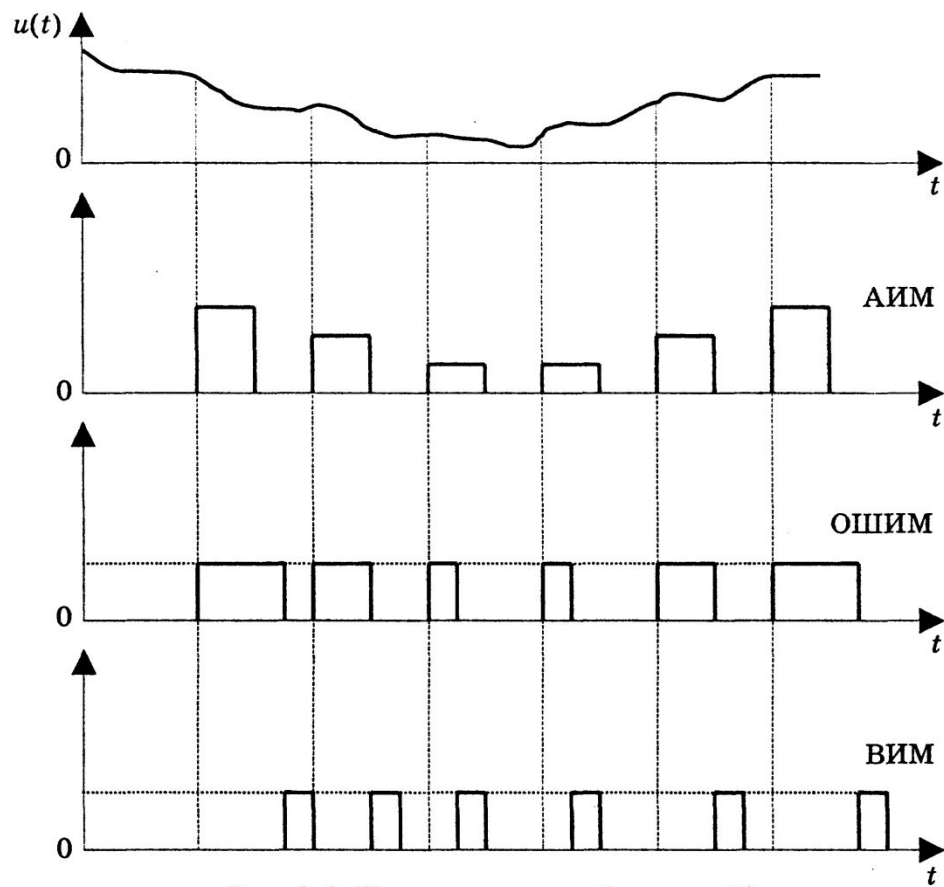


Рис. 2.6. Передаваемое сообщение $u(t)$
и сигналы с АИМ, ОШИМ, ВИМ

Аналого-цифровое преобразование

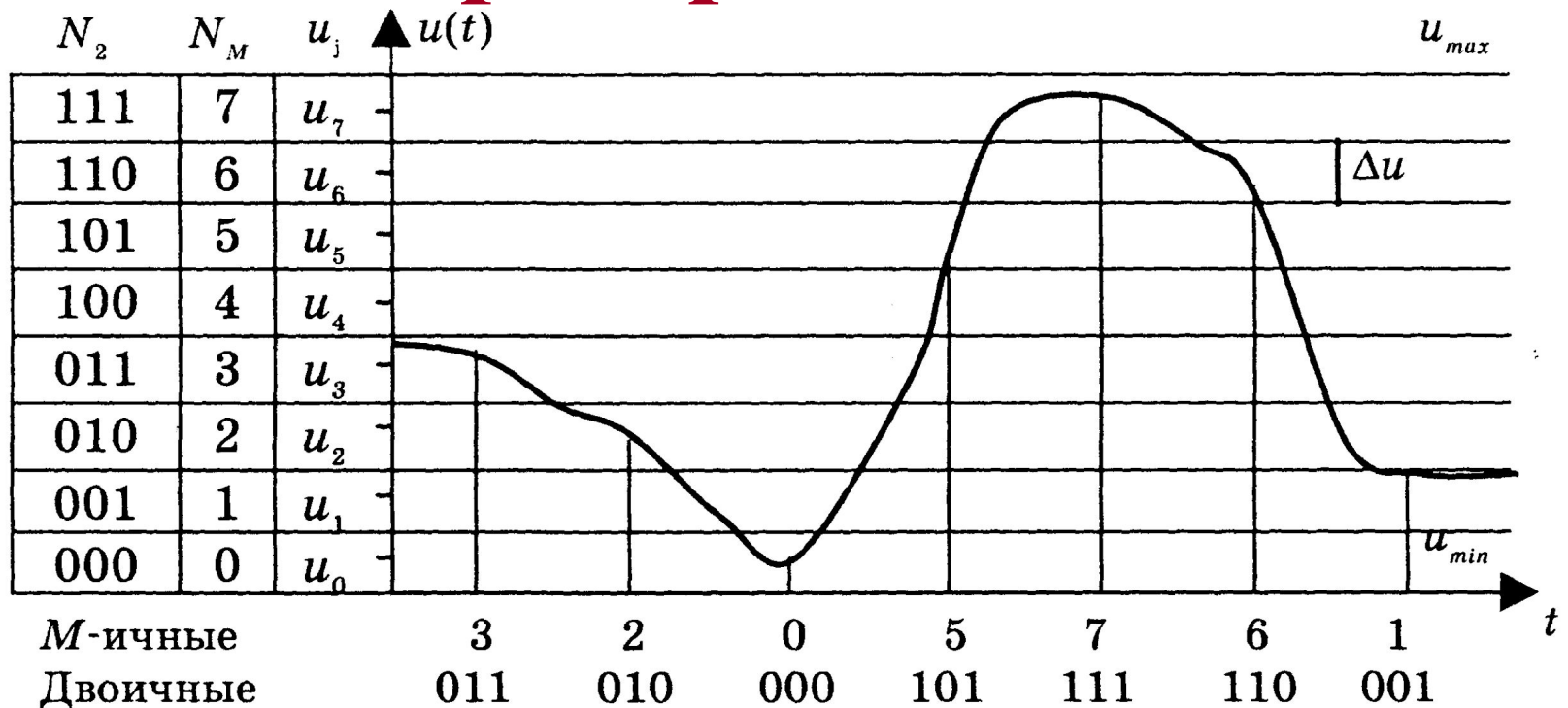


Рис. 2.7. Пример аналого-цифрового преобразования непрерывного сигнала $u(t)$ для $M = 8$ ($\kappa = 3$)

Распределение частот по диапазонам

К радиодиапазону относят частоты в пределах от 30 до $30 \cdot 10^{12}$ Гц. Данные о радиодиапазонах приведены в табл.5.1.

Таблица 5.1

Диапазон частот	Диапазон волн	Название частот	Название волн
30..300 Гц	1000..10000км	Сверхнизкие (СНЧ)	
300..3000 Гц	100..1000км	Инфранизкие (ИНЧ)	
3..30 кГц	10..100км	Очень низкие (ОНЧ)	Мириаметровые
30..300 кГц	1..10км	Низкие (НЧ)	Километровые
300..3000 кГц	100..1000м	Средние (СЧ)	Гектометровые
3..30 МГц	10..100м	Высокие (ВЧ)	Декаметровые
30..300 МГц	1..10м	Очень высокие (ОВЧ)	Метровые
300..3000 МГц	10..100см	Ультравысокие (УВЧ)	Дециметровые
3..30 ГГц	1..10см	Сверхвысокие (СВЧ)	Сантиметровые
30..300 ГГц	1..10мм	Крайне высокие (КВЧ)	Миллиметровые
300..3000 ГГц	0,1..1мм	Гипервысокие (ГВЧ)	Децимиллиметровые

К оптическому относят диапазон частот от 10^{13} до 10^{15} Гц.