ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Лекция 1

Основные понятия • История развития • Современное состояние

Лектор: Нұрғалиев М.К.

Цель и ожидаемые результаты

Что необходимо понять после изучения вводной темы

Цель лекции

Сформировать целостное представление о принципах цифровой электроники, этапах её развития и современных областях применения.

Знать

Понятия цифрового сигнала, бита, логического уровня, булевой алгебры и основных цифровых устройств.

Понимать

Как цифровые схемы обрабатывают информацию и почему они стали основой вычислительных и управляющих систем.

План лекции

Структура занятия

01	**Основные понятия цифровой электроники**	Сигналы, двоичная система, логические операции, цифровые устройства
02	**История развития цифровой электроники**	От булевой алгебры и ламповых машин до микропроцессоров
03	**Современное состояние цифровой электроники**	CPU, MCU, GPU, FPGA, SoC, ИИ, IoT и перспективы
04	**Закрепление материала**	Контрольные вопросы и практические задания

1. Основные понятия цифровой электроники

Определение и область применения

Цифровая электроника — раздел электроники, изучающий построение и работу устройств, которые обрабатывают, хранят, передают и преобразуют информацию в цифровой форме.

Цифровая электроника лежит в основе:

- компьютеров, смартфонов и серверов
- систем автоматического управления и промышленной автоматики
- измерительных приборов и телекоммуникаций
- робототехники, IoT и аппаратных средств искусственного интеллекта

Аналоговые и цифровые сигналы

Главное различие — характер изменения и число допустимых уровней

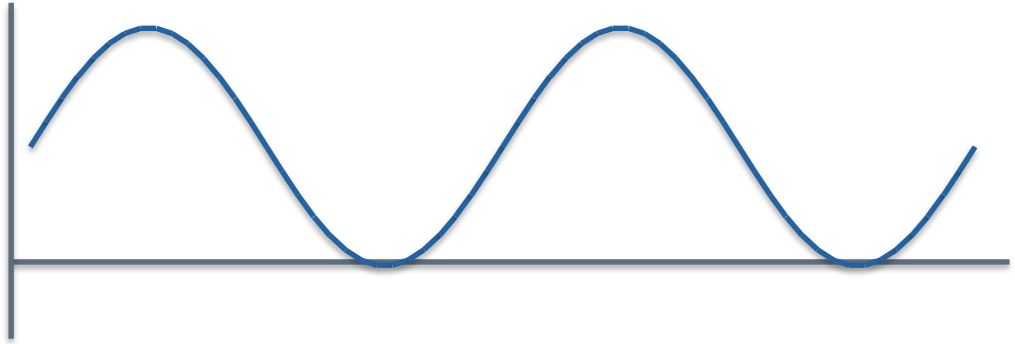
Аналоговый сигнал

Изменяется непрерывно и может принимать любое значение в заданном диапазоне.

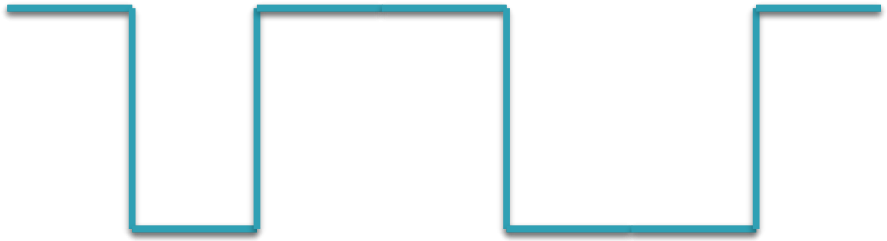
Цифровой сигнал

Представляется набором дискретных уровней; чаще всего используются 0 и 1.

Аналоговый



Цифровой



Уровни 0 и 1

Двоичная система счисления

Информация в цифровых устройствах кодируется последовательностями нулей и единиц

Бит

Минимальная единица цифровой информации: 0 или 1.

Байт

Группа из 8 бит; используется для представления данных.

Кодирование

Последовательности битов представляют числа, текст, звук и изображения.

Пример перевода:

$$1011_2 = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 11_{10}$$

Важно: в компьютерной технике часто применяются двоичные приставки (КиБ = 1024 байта), а в стандартах SI — десятичные (кБ = 1000 байт).

Булева алгебра и логические операции

Математическая основа цифровых схем

AND — И

1 только если A=1 и B=1

OR — ИЛИ

1, если хотя бы один вход равен 1

NOT — НЕ

Инвертирует вход: 0 ↔ 1

XOR — исключающее ИЛИ

1, если входы различаются

Логические операции описываются таблицами истинности и реализуются электронными логическими элементами.

Таблицы истинности

Пример для двух входных переменных A и B

A	B	AND	OR	XOR
0	0	0	0	0
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
1	1	1	1	0

Таблица истинности показывает результат логической операции для всех возможных комбинаций входных сигналов.

Основные цифровые устройства

От отдельных логических элементов к сложным вычислительным системам

Комбинационные

Выход определяется текущими входами.

Примеры: сумматоры, дешифраторы, мультиплексоры.

Последовательностные

Учитывают предыдущее состояние.

Примеры: триггеры, регистры, счётчики.

Микропроцессорные

Выполняют программы и обрабатывают данные.

Примеры: CPU, MCU, DSP, FPGA.

Триггер — базовый элемент памяти, способный хранить один бит информации.

Основные этапы развития

Историческая последовательность ключевых достижений

1854

Джордж Буль

Алгебра логики

1937

Клод Шеннон

Релейные схемы и булева алгебра

1940-е

ЭВМ на лампах

Электронные вычисления

1947

Транзистор

Полупроводниковая электроника

1958–1959

Интегральная схема

Несколько компонентов на кристалле

1971

Intel 4004

Коммерческий микропроцессор

1980–2000-е

ПК и MCU

Массовая цифровая техника

2010–2020-е

SoC, ИИ, IoT

Высокая интеграция и специализация

Основные типы современных цифровых устройств

Разные архитектуры решают разные вычислительные задачи

CPU

Универсальное выполнение команд и управление вычислениями.

MCU

Процессор, память и периферия для встроенных систем управления.

GPU

Массовые параллельные вычисления, графика и машинное обучение.

FPGA

Настраиваемая аппаратная логика и параллельная обработка.

Выбор устройства зависит от требуемой производительности, задержки, гибкости, стоимости и энергопотребления.

Системы на кристалле (SoC)

Несколько функциональных блоков объединяются в одной микросхеме

SoC — System on Chip



Общие внутренние шины и контроллеры связывают функциональные блоки.

SoC применяются в смартфонах, автомобильной электронике, IoT-устройствах и встроенных системах.

Цифровая электроника: ИИ и Интернет вещей

Аппаратная основа интеллектуальных устройств и систем управления

Аппаратные ускорители ИИ

GPU, NPU и специализированные ускорители выполняют массовые матричные операции, используемые в нейронных сетях.

Применение: компьютерное зрение, распознавание речи, анализ данных.

Интернет вещей (IoT)

Датчики, микроконтроллеры и сетевые интерфейсы обеспечивают сбор, локальную обработку и передачу данных.

Применение: умные здания, промышленный мониторинг, энергетика.

Пример: датчик измеряет температуру → микроконтроллер обрабатывает данные → система управляет отоплением или вентиляцией.

Технологии производства и перспективы

Развитие определяется не только уменьшением транзисторов

Производство

Фотолитография, EUV, травление, легирование и многослойная металлизация.

Новые компоновки

Чиплеты, 3D-интеграция и передовые методы корпусирования.

Ключевые ограничения

Тепловыделение, энергопотребление, стоимость и сложность проектирования.

Перспективные направления

- энергоэффективные и специализированные процессоры
- нейроморфная электроника и аппаратные ускорители ИИ
- квантовые вычисления как смежное направление
- интеллектуальные системы управления и робототехника

Контрольные вопросы

Проверьте понимание основных понятий и исторических этапов

- 1. Что изучает цифровая электроника?
- 2. Чем аналоговый сигнал отличается от цифрового?
- 3. Почему в цифровых устройствах используется двоичная система?
- 4. Что такое бит и байт?
- 5. Какие основные логические операции используются в цифровых схемах?
- 6. Что показывает таблица истинности?
- 7. Чем отличаются комбинационные и последовательностные устройства?
- 8. Какую функцию выполняет триггер?
- 9. Для чего применяются АЦП и ЦАП?
- 10. Как булева алгебра повлияла на развитие цифровой электроники?

Контрольные вопросы

История, современные архитектуры и области применения

- 11. Какое значение имело изобретение транзистора?
- 12. Что представляет собой интегральная микросхема?
- 13. Когда появился микропроцессор Intel 4004?
- 14. Чем различаются CPU, GPU и микроконтроллер?
- 15. Что такое FPGA и где оно применяется?
- 16. Что представляет собой система на кристалле (SoC)?
- 17. Как цифровая электроника используется в системах искусственного интеллекта?
- 18. Какую роль цифровые устройства выполняют в IoT?
- 19. Какие технологии применяются при производстве микросхем?
- 20. Какие направления определяют будущее цифровой электроники?

Список литературы

Основные учебные и справочные источники

- 1. Mano M. M., Ciletti M. D. Digital Design. 6th ed. Pearson, 2018.
- 2. Tocci R. J., Widmer N. S., Moss G. L. Digital Systems: Principles and Applications. 12th ed. Pearson, 2017.
- 3. Floyd T. L. Digital Fundamentals. 11th ed. Pearson, 2015.
- 4. Harris D. M., Harris S. L. Digital Design and Computer Architecture. 2nd ed. Morgan Kaufmann, 2012.
- 5. Wakerly J. F. Digital Design: Principles and Practices. 4th ed. Pearson, 2005.
- 6. Shannon C. E. A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits. Transactions of the AIEE, 1938.
- 7. IEEE. IEEE Standard for Terminology and Test Methods for Analog-to-Digital Converters (IEEE Std 1241). IEEE.

Литература подходит для углублённого изучения логических схем, цифрового проектирования и архитектуры вычислительных систем.