

# ЦИФРОВА КОМП'ЮТЕРНА СХЕМОТЕХНІКА

## ЛЕКЦІЯ І ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ

### 1.1. Цифрова комп'ютерна схемотехніка.

*Загальні поняття.* Цифрова обчислювальна техніка (ОТ) на сучасному етапі розвитку суспільства є матеріальною основою діяльності будь-якого спеціаліста у всіх галузях народного господарства, а особливо для спеціаліста в області економічної інформатики і автоматизованих систем управління (АСУ).

Вивчення цифрової обчислювальної техніки повинно опиратися на знання фізичних основ електротехніки і електроніки, структурної організації і функціонуванню типових елементів, вузлів і пристроїв електронних обчислювальних машин (ЕОМ).

Типи сигналів, що використовуються в ЕОМ. Цифрова електронна обчислювальна машина – складний комплекс пристроїв обробки інформації. Інформація в ЕОМ подається за допомогою електричних сигналів: неперервних і дискретних (переривистих). Неперервні сигнали використовуються в аналогових обчислювальних машинах (АОМ), дискретні – в цифрових ЕОМ. Існують також гібридні аналого-цифрові ЕОМ. Цифровий спосіб обробки інформації – універсальний і тому найбільш поширені цифрові ЕОМ.

Дискретні електричні сигнали поділяються на імпульси і потенціали (рівні напруги). Імпульс – дискретний сигнал визначеної тривалості.

Тривалість потенціалу у загальному випадку наперед не визначена. Різниця між потенціалом і імпульсом у тому, що імпульс має спад, що не керується. У цифрових ЕОМ використовується двійкова система числення з цифрами 0 і 1, тому що в ЕОМ застосовуються електричні схеми з двома стійкими станами. Цифри 0 і 1 можуть відображатися додатними і від'ємними імпульсами, наявністю і відсутністю імпульсів, високим і низьким потенціалами, пакетами синусоїдальних коливань у протилежних фазах (радіоімпульси) і таке інше. Не синусоїдальний сигнал прийнято називати відео-імпульсом.

Схеми ЕОМ поділяються на імпульсні, потенціальні і імпульсно-потенціальні – в залежності від того, який тип сигналів використовується у них для подання інформації, що обробляється. Службові і допоміжні сигнали при цьому можуть бути двох типів. В цифровій інтегральній мікроелектроніці як правило застосовують потенціальні системи елементів. Це визначається тим, що для формування і генерації імпульсів треба електронні схеми з конденсаторами і котушками індуктивності, а при інтегральній технології виробництво мікросхем з конденсаторами і котушками індуктивності складає певні труднощі.

По призначенню схеми ЕОМ поділяються на логічні, що обробляють інформацію, запам'ятовуючі, що зберігають інформацію, і допоміжні, що обслуговують їх роботу.

По принципу роботи цифрові схеми поділяються на комбінаційні і схеми зі пам'яттю. Логічні схеми – відносяться до комбінаційних, а запам'ятовуючі – до послідовних.

# **ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ФУНКЦІЙ ПЕРЕМИКАННЯ**

## ***Основні задачі теорії функцій перемикання***

Для опису структури і функціонування схем ЕОМ застосовується теорія функцій перемикання – прикладна галузь математичної логіки.

Будь-яка інженерна теорія розв'язує дві основні задачі: синтез об'єктів, якими вона займається, у відповідності з існуючими критеріями якості, і аналіз побудованих об'єктів або об'єктів, що проектуються.

Мета аналізу комбінаційних схем – визначення по структурній схемі закон її функціонування, апаратні витрати і швидкодію, а схем зі пам'яттю – визначення по структурній схемі зі пам'яттю закон її функціонування при установленні стану пам'яті та збереження цього стану під впливом вхідного слова  $p(T)$ , що складається із вхідних сигналів: установчого  $x(t)$  і зберігаючого  $e(\Delta)$ , апаратні витрати на один стан і швидкодію.

Синтез комбінаційних схем – це побудова схем із наданого або вибраного набору логічних елементів. Схема повинна реалізувати потрібну функцію переключення, яка забезпечує при цьому потрібні критерії апаратних витрат і швидкодію, які мають між собою протиріччя.

Синтез запам'ятовуючих схем – це побудова монофункціональних і багатофункціональних схем зі пам'яттю із наданого або вибраного набору логічних елементів, а синтез багаторівневих пристроїв пам'яті – це побудова схем зі пам'яттю із набору монофункціональних і багатофункціональних схем пам'яті.

У процесі проектування синтез і аналіз чергуються до тих пір, аж поки не буде знайдено оптимального рішення.

**Задача аналізу розв'язується однозначно – вона зв'язана з конкретним матеріальним об'єктом. При синтезі можуть бути досягнуті різні рішення рівноцінного характеру.**

**При синтезі пристроїв ЕОМ використовується теорія абстрактних і структурних автоматів, а також методи логічного проектування.**

**Розв'язання задач машинної обробки інформації, математичної експлуатації цифрових ЕОМ потребує глибокого знання основ побудови ЕОМ, їх структури, функціонування і техніко-економічних можливостей.**

### ***Основні задачі теорії функцій перемикання***

**Для опису структури і функціонування схем ЕОМ застосовується теорія функцій перемикання – прикладна галузь математичної логіки.**

**Будь-яка інженерна теорія розв'язує дві основні задачі: синтез об'єктів, якими вона займається, у відповідності з існуючими критеріями якості, і аналіз побудованих об'єктів або об'єктів, що проектуються.**

**Мета аналізу комбінаційних схем – визначення по структурній схемі закон її функціонування, апаратні витрати і швидкодію, а схем зі пам'яттю – визначення по структурній схемі зі пам'яттю закон її функціонування при установленні стану пам'яті та збереження цього стану під впливом вхідного слова  $p(T)$ , що складається із вхідних сигналів: установчого  $x(t)$  і зберігаючого  $e(\Delta)$ , апаратні витрати на один стан і швидкодію.**

22  
**Синтез комбінаційних схем – це побудова схем із наданого або вибраного набору логічних елементів. Схема повинна реалізувати потрібну функцію переключення, яка забезпечує при цьому потрібні критерії апаратних витрат і швидкодію, які мають між собою протиріччя.**

**Синтез запам'ятовуючих схем – це побудова монофункціональних і багатофункціональних схем зі пам'яттю із наданого або вибраного набору логічних елементів, а синтез багаторівневих пристроїв пам'яті – це побудова схем зі пам'яттю із набору монофункціональних і багатофункціональних схем пам'яті.**

**У процесі проектування синтез і аналіз чергуються до тих пір, аж поки не буде знайдено оптимального рішення. Задача аналізу розв'язується однозначно – вона зв'язана з конкретним матеріальним об'єктом. При синтезі можуть бути досягнуті різні рішення рівноцінного характеру.**

**При синтезі пристроїв ЕОМ використовується теорія абстрактних і структурних автоматів, а також методи логічного проектування. Розв'язання задач машинної обробки інформації, математичної експлуатації цифрових ЕОМ потребує глибокого знання основ побудови ЕОМ, їх структури, функціонування і техніко-економічних можливостей.**

***Способи завдання функцій перемикання***

**Функції перемикання (булеві функції). Функції, які, як і їх аргументи, приймають тільки одне із двох значень 0 або 1, називають функціями перемикання (*ФП*). Ці функції можна задавати табличним, аналітичним, числовим, графічним та іншими способами.**

**Табличний спосіб.** Функції перемикання можна задавати таблицями істинності, у яких значення функції  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  подані для всіх можливих наборів значень аргументів  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Для визначеності кожному набору  $n$  ставиться у відповідність  $2^n$ -розрядне двійкове число – номер набору. Функція  $n$  аргументів визначається на  $2^n$  наборах. На  $2^n$  наборах аргументів можна задати  $2^{2^n}$  різних перемикаючих функцій перемикання  $n$  аргументів.

**Таблиця 2.1. ФП одного аргументу**

| X        | 0 | 1 | позначе<br>ня | найменування |
|----------|---|---|---------------|--------------|
| $f_0(x)$ | 0 | 0 | 0             | Константа 0  |
| $f_1(x)$ | 0 | 1 | $x$           | Змінна $x$   |
| $f_2(x)$ | 1 | 0 | $\bar{x}$     | Інверсія $x$ |
| $f_3(x)$ | 1 | 1 | 1             | Константа 1  |

ФП від будь-якого числа аргументів можна будувати за допомогою елементарних ФП одного і двох аргументів, використовуючи суперпозицію – підстановку одних функцій в інші замість їх аргументів. Наприклад, коли  $f(a, b) = a \vee b$  і  $b = c \vee d$ , то  $f(a, b, c) = a \vee c \vee d$ .

Таблиця 2.2. ФП двох аргументів

| x        | 0 | 0 | 1 | 1 | клас функцій |   |   |   |   | позначення              | найменування              |
|----------|---|---|---|---|--------------|---|---|---|---|-------------------------|---------------------------|
|          |   |   |   |   | A            | B | C | D | E |                         |                           |
| $f_0$    | 0 | 0 | 0 | 0 | *            |   |   | * | * | 0                       | Константа 0               |
| $f_1$    | 0 | 0 | 0 | 1 | *            | * |   | * |   | $xу, x\wedge y, x \& y$ | Кон'юнкція                |
| $f_2$    | 0 | 0 | 1 | 0 | *            |   |   |   |   | $x\Delta y$             | Заборона по $y$           |
| $f_3$    | 0 | 0 | 1 | 1 | *            | * | * | * | * | $x$                     | Змінна $x$                |
| $f_4$    | 0 | 1 | 0 | 0 | *            |   |   |   |   | $y\Delta x$             | Заборона по $x$           |
| $f_5$    | 0 | 1 | 0 | 1 | *            | * | * | * | * | $y$                     | Змінна $y$                |
| $f_6$    | 0 | 1 | 1 | 0 | *            |   |   |   | * | $x\oplus y$             | Сума по модулю            |
| $f_7$    | 0 | 1 | 1 | 1 | *            | * |   | * |   | $x\vee y, x+y$          | Діз'юнкція                |
| $f_8$    | 1 | 0 | 0 | 0 |              |   |   |   |   | $x\downarrow y$         | Функція Пірса             |
| $f_9$    | 1 | 0 | 0 | 1 |              | * |   |   | * | $x\sim y$               | Рівнозначність            |
| $f_{10}$ | 1 | 0 | 1 | 0 |              |   | * |   | * | $\bar{y}$               | Інверсія $y$              |
| $f_{11}$ | 1 | 0 | 1 | 1 |              | * |   |   |   | $y\rightarrow x$        | Імплікація від $y$ до $x$ |
| $f_{12}$ | 1 | 1 | 0 | 0 |              |   | * |   | * | $\bar{x}$               | Інверсія $x$              |
| $f_{13}$ | 1 | 1 | 0 | 1 |              | * |   |   |   | $x\rightarrow y$        | Імплікація від $x$ до $y$ |
| $f_{14}$ | 1 | 1 | 1 | 0 |              |   |   |   |   | $x y$                   | Функція Шефера            |
| $f_{15}$ | 1 | 1 | 1 | 1 |              | * |   | * | * | 1                       | Константа 1               |

**Аналітичний спосіб.** ФП можна запропонувати у вигляді виразу (формул) із змінних, що з'єднанні символами логічних операцій. Кожну ФП можна запропонувати виразами самого різного вигляду. Для однозначності запису ФП застосовують канонічні форми, при яких кожній ФП відповідає тільки один вираз стандартного типу. Будь-які інші вирази дотримуються перетворенням канонічних форм. Основні елементи виразів у канонічних формах є конституенти одиниць та нуля.

**Конституента 1** – це ФП  $n$  аргументів, яка дорівнює 1 тільки на одному наборі аргументів і нулю на усіх інших.

**Правило запису конституенти 1.** Кон'юнкція усіх  $n$  аргументів ФП зрівнюється з  $n$ -розрядним двійковим номером набору, на якому ФП дорівнює 1. Над змінною, яка має значення 0, ставиться знак інверсії.

Будь яку ФП можна представити у вигляді комбінації її конституент. Диз'юнкція конституент 1, які дорівнюють 1 на тих наборах, що й дана ФП, має назву досконалої диз'юнктивної нормальної форми (ДДНФ) функції.

ДДНФ є аналітичною моделлю табличного завдання ПФ і тому визначає її однозначність.

Досконалою кон'юнктивною нормальною формою (ДКНФ) функції є кон'юнкція конституент 0, які дорівнюють 0 на тих наборах, що й дана ФП. Конституента 0 є ФП, яка дорівнює 0 тільки на одному наборі, а на усіх інших наборах дорівнює 1.

**Правило запису конституенти 0.** Диз'юнкція усіх  $n$  аргументів ФП зрівнюється з  $n$ -розрядним двійковим номером набору, на якому ФП дорівнює 0. Над змінною, яка має значення 1, ставиться знак інверсії.

**Вибір форми ДДНФ або ДКНФ для запису ФП визначається кількістю нулів або одиниць у табличному завданні. Більш зручно використовувати ДДНФ форму тому, що у ній не використовуються дужки.**

***Числовий спосіб.*** Для числового кодування ДДНФ або ДКНФ використовують символи  $\dot{U}$  (диз'юнкція) або  $\dot{U}$  (кон'юнкція) і номери наборів, на яких ФП дорівнює 1 або 0 відповідно.

***Графічний спосіб.*** Графічно ФП зображуються діаграмами Вейча або картами Каріно, які виглядають таблицями зі спеціальним розташуванням місць конститuent. У діаграмі Вейча сусідніми завжди є дві конституенти, що відрізняються наочністю або відсутністю інверсій тільки у однієї й тієї же змінної.

**Діаграми Вейча для функцій  $n$  аргументів при  $n=2, 3, 4$  зображені на**  
**При запису ФП на діаграму Вейча у комірки заносяться 1 і 0, що відповідають конститuentам 1 або 0.**

**Діаграми Вейча застосовуються для зображення ФП аргументів при  $n \leq 10$ , тому що зі збільшенням значення  $n$  діаграма зменшує наочність і користуватися нею дуже важко.**