

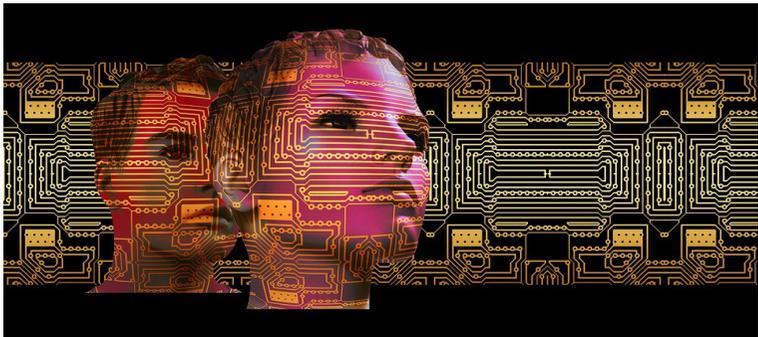
**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Инженерный институт



ОСНОВЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ

Методические указания для лабораторных работ



Новосибирск 2024

Кафедра Техносферной безопасности и электротехнологий

УДК 378(075.8)

Составитель: доцент, канд. техн. наук, ***И.С. Тырышкин***

Рецензент: канд. техн. наук, доцент ***В.А. Понуровский***

Основы микропроцессорной техники: метод. указания для лабораторных работ/ Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: И.С. Тырышкин. – Новосибирск, 2024. – 22 с.

Методические указания предназначены для изучения дисциплины «Основы микропроцессорной техники». Содержат правила выполнения лабораторных работ. Предназначены для студентов очной, заочной форм обучения всех направлений подготовки Инженерного института.

Утверждены и рекомендованы к изданию методическим советом Инженерного института (протокол №5 от 2 февраля 2024 г.).

© Новосибирский государственный
аграрный университет, 2024
© Инженерный институт, 2024

| | |
|---|-----|
| ОГЛАВЛЕНИЕ | стр |
| Лабораторная работа №1 ТЕСТИРОВАНИЕ БАЗОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (НЕ, И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ) | 4 |
| Лабораторная работа №2 КОМБИНАЦИОННЫЙ УЗЕЛ НА ОСНОВЕ БАЗОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ | 7 |
| Лабораторная работа №3 КОМБИНАЦИОННЫЕ УЗЛЫ НА ОСНОВЕ БАЗОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ЗАКОНОВ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ | 11 |
| Лабораторная работа №4 СБОРКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНЫХ УЗЛОВ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ — ТРИГГЕРЫ | 15 |
| Лабораторная работа №5 СБОРКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНЫХ УЗЛОВ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ — СЧЕТЧИКИ | 18 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 21 |

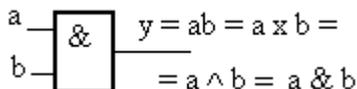
Лабораторная работа №1

ТЕСТИРОВАНИЕ БАЗОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (НЕ, И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ)

Цель работы: получить практические навыки при работе с логическими элементами.

Основные логические функции и элементы

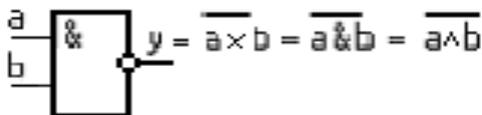
Логическое умножение, операция «И» – конъюнкция. Выполняется элементом – конъюнктором:



Его таблица истинности

| № | a | b | y |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 |

Операция Шеффера «И – НЕ» – отрицание конъюнкции. Выполняется элементом Шеффера:

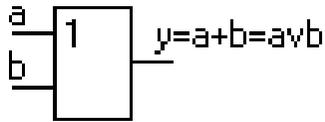


Его таблица истинности

| № | a | b | y |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 0 |

Логическое сложение, операция «ИЛИ» – дизъюнкция. Выполня-

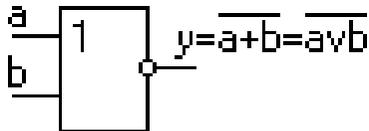
ется элементом – дизъюнктом:



Его таблица истинности

| № | a | b | y |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 |

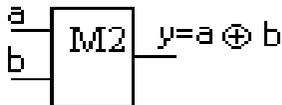
Операция Пирса - отрицание дизъюнкции. Логическое «ИЛИ – НЕ». Выполняется элементом Пирса:



Его таблица истинности

| № | a | b | y |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 0 |

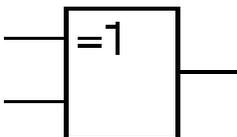
Логическая неравнозначность или сумма по модулю два - **M2**.
Выполняется сумматором по «модулю два». Функция истинна на тех наборах, где число единиц нечетно:



Его таблица истинности

| № | a | b | y |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 0 |

Вместе с тем, в литературе встречается функция, так называемая, «исключающее ИЛИ», которая истинна, на тех наборах, где присутствует исключительно одна единица. Операция выполняется элементом «исключающее ИЛИ»:



Его таблица истинности

| №\X | a | b | y |
|-----|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 0 |

Видно, что таблицы истинности совпадают. Значит для двух переменных функции M2 и =1 – эквивалентны. Таблица истинности этих функций при числе переменных n=3:

| № | a | b | c | M2 | =1 |
|---|---|---|---|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

Лабораторное задание

Установить на стенд логический модуль с элементом «И». С помощью переключателей на входе элемента установить по очереди все

возможные логические комбинации «0» и «1».

С помощью индикатора зафиксировать на выходе элемента логический уровень для каждой комбинации.

Результат занести в таблицу истинности.

Задание повторить для логических модулей «И-НЕ», «ИЛИ», ИЛИ-НЕ», «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ», «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ».

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Результаты выполнения каждого пункта задания – таблицы истинности.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Как подать логические «0» и «1» на входы логических элементов?
2. Какие логические элементы Вы знаете?
3. Запишите функцию и приведите таблицу истинности для следующих логических элементов: а) ИЛИ; б) И; в) НЕ; г) ИЛИ-НЕ; д) И-НЕ; е) исключающее ИЛИ.

Лабораторная работа №2

КОМБИНАЦИОННЫЙ УЗЕЛ НА ОСНОВЕ БАЗОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

Цель работы: практическое составление и тестирование комбинационного узла на основе базовых логических элементов, реализующего заданную логическую функцию.

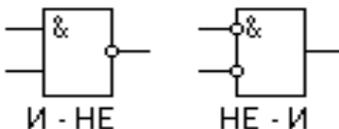
Базовые логические элементы и реализация на их основе произвольной логической функции

С помощью ограниченного набора элементарных функций можно представить любую, сколь угодно сложную функцию алгебры логики. Та-

кой набор элементарных функций называют **базисом или функционально полным набором**.

Базисов может быть много:

- | | |
|---------------|---------------------------------|
| 1. И, ИЛИ, НЕ | 2. И, НЕ |
| 3. И – НЕ | 4. НЕ – И |
| 5. ИЛИ, НЕ | 6. ИЛИ – НЕ |
| 7. НЕ – ИЛИ | 8. «0», «1», НЕ, i n и другие |



Мажоритарный элемент (i n) имеет нечетное число входов и выработывает 1, если число единиц на входе больше чем нулей (правило голосования).

Базис называется избыточным, если исключение одной элементарной функции не приводит к потере функциональной полноты. В противном случае базис называется минимальным.

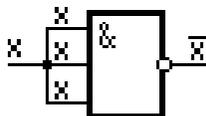
Используя законы алгебры логики, можно переходить от одного базиса к другому.

Например, пусть имеется элемент 3И-НЕ, а необходимо реализовать следующие операции:

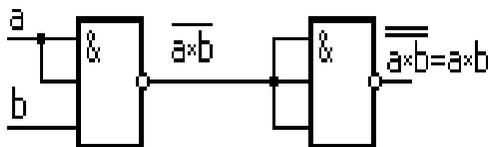
1. НЕ;
2. И (для двух переменных);
3. ИЛИ (для двух переменных).

Реализуем эти операции.

Операция НЕ получается на элементе Шеффера:



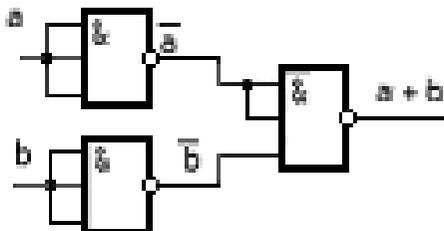
Операция И получается на основании законов тавтологии и двойного отрицания:



Операция ИЛИ получается на основании правила двойственности:

$$a + b = \overline{\overline{a + b}} = \overline{\overline{a} \cdot \overline{b}}.$$

Тогда получаем следующую реализацию:

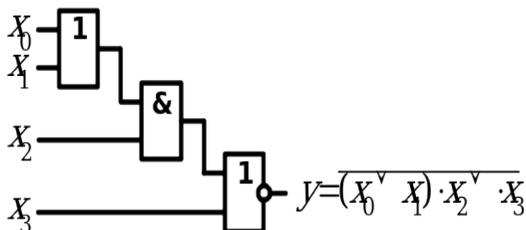


Лабораторное задание

Из логических базисных элементов составить узел, реализующий функцию:

$$y = \overline{(X_0 \vee X_1) \cdot X_2 \vee X_3}$$

Схема узла:



Протестировать работу узла.

Для этого с помощью переключателей на входе установить по очереди все возможные логические комбинации «0» и «1».

С помощью индикатора зафиксировать на выходе узла логический уровень для каждой комбинации.

Результат занести в таблицу истинности:

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X_0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| X_1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| X_2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| X_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $y = f(X_0, X_1, X_2, X_3)$ | | | | | | | | | | | | | | | | |

Результат проверить на соответствие заданной логической функции.

Содержание отчета

4. Цель работы.
5. Результат выполнения задания – таблица истинности.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое алгебра логики?
2. Что такое таблица истинности?
3. Что такое синтез логических схем?

Лабораторная работа №3

КОМБИНАЦИОННЫЕ УЗЛЫ НА ОСНОВЕ БАЗОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ЗАКОНОВ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

Цель работы: составление и тестирование комбинационных узлов на основе базовых логических элементов, реализующих заданные логические функции алгебры логики.

Аксиомы и законы алгебры логики

Основные свойства алгебры логики базируются на аксиомах и позволяют преобразовывать логические функции. Приведем здесь аксиомы и основные свойства алгебры логики без обсуждения и доказательств. Заметим, что некоторые свойства, в силу их важности, в технической литературе трактуются как законы.

АКСИОМЫ алгебры логики:

$$\begin{array}{ll} 0 * 0 = 0 & 0 + 0 = 0 \\ 0 * 1 = 0 & 0 + 1 = 1 \\ 1 * 0 = 0 & 1 + 0 = 1 \\ 1 * 1 = 1 & 1 + 1 = 1 \end{array}$$

ЗАКОНЫ алгебры логики:

1. Закон одинарных элементов:

$$\begin{array}{ll} 1 * X = X & 0 * X = 0 \\ 1 + X = 1 & 0 + X = X \end{array}$$

2. Законы отрицания:

а) закон дополнительных элементов

$$X + \bar{X} = 1 \quad X * \bar{X} = 0$$

б) двойное отрицание

$$\bar{\bar{1}} = 0 \quad \bar{\bar{0}} = 1 \quad \bar{\bar{1}} = 1 \quad \bar{\bar{0}} = 0 \quad \bar{\bar{X}} = X \quad \bar{\bar{\bar{X}}} = \bar{X},$$

поэтому отрицание можно переносить из одной части равенства в другую.

в) закон двойственности (правило Моргана):

$$\overline{A + B + C} = \bar{A} * \bar{B} * \bar{C}$$

Отрицание дизъюнкции есть конъюнкция отрицаний и наоборот - отрицание конъюнкции есть дизъюнкция отрицаний:

$$\overline{A * B * C * D} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \bar{D}$$

Правило справедливо для любого числа переменных.

3. Комбинационные законы.

Они во многом соответствуют обычной алгебре, но есть и отличия:

а) тавтологии (многократное повторение):

$$X + X + X + X = X$$

$$X * X * X * X = X$$

б) переместительности:

$$A+B+C+D=A+C+B+D$$

в) сочетательности:

$$A+B+C+D=A+(B+C)+D=A+B+(C+D)$$

г) распределительности:

$$X_1(X_2+X_3)=X_1X_2+X_1X_3$$

$$X_1+X_2X_3=(X_1+X_2)(X_1+X_3)=X_1X_1+X_1X_3+X_1X_2+X_2X_3=X_1(1+X_3+X_2)+X_2X_3=X_1+X_2X_3$$

д) правило поглощения (одна переменная поглощает другие):

$$X_1+X_1X_2X_3=X_1(1+X_2X_3)=X_1$$

е) правило склеивания (выполняется только по одной переменной):

$$\overline{ABC} + ABC = AC(\overline{B} + B) = AC$$

Так же как в обычной математике имеется старшинство операций:

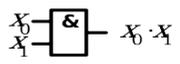
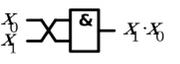
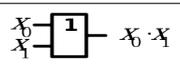
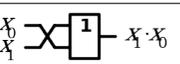
1. действие в скобках;
2. операция с одним операндом (одноместная операция) – НЕ;
3. конъюнкция И;
4. дизъюнкция ИЛИ;
5. сумма по модулю два.

Операции одного ранга выполняются слева направо в порядке написания.

Лабораторное задание

Поскольку законы имеют вид равенств, в ходе эксперимента, отдельно собрать узлы, реализующие логические функции левой и правой частей равенства. Экспериментально заполнить таблицы истинности логических функций левой и правой частей равенства. Сравнить эти таблицы и убедиться в справедливости равенств.

Переместительный закон.

| | Аналитическое выражение | Логическая схема | |
|------------|---------------------------------|---|---|
| | | Левая часть равенства | Правая часть равенства |
| Конъюнкция | $X_0 \cdot X_1 = X_1 \cdot X_0$ |  |  |
| Дизъюнкция | $X_0 \vee X_1 = X_1 \vee X_0$ |  |  |

Сочетательный закон

| | Аналитическое выражение | Логическая схема | |
|------------|---|-----------------------|------------------------|
| | | Левая часть равенства | Правая часть равенства |
| Конъюнкция | $(x_0 \cdot x_1) \cdot x_2 = x_0 \cdot (x_1 \cdot x_2) = (x_0 \cdot x_2) \cdot x_1 = x_0 \cdot x_1 \cdot x_2$ | | |
| Дизъюнкция | $(x_0 \vee x_1) \vee x_2 = x_0 \vee (x_1 \vee x_2) = (x_0 \vee x_2) \vee x_1 = x_0 \vee x_1 \vee x_2$ | | |

Распределительный закон

| | Аналитическое выражение | Логическая схема | |
|------------|--|-----------------------|------------------------|
| | | Левая часть равенства | Правая часть равенства |
| Конъюнкция | $x_0 \cdot (x_1 \vee x_2) = x_0 \cdot x_1 \vee x_0 \cdot x_2$ | | |
| Дизъюнкция | $x_0 \vee (x_1 \cdot x_2) = (x_0 \vee x_1) \cdot (x_0 \vee x_2)$ | | |

Закон инверсии (закон де Моргана)

| | Аналитическое выражение | Логическая схема | |
|------------|---|-----------------------|------------------------|
| | | Левая часть равенства | Правая часть равенства |
| Конъюнкция | $\overline{x_0 \cdot x_1} = \overline{x_0} \vee \overline{x_1}$ | | |
| Дизъюнкция | $\overline{x_0 \vee x_1} = \overline{x_0} \cdot \overline{x_1}$ | | |

Закон поглощения

| Аналитическое выражение | Логическая схема | |
|---|-----------------------|------------------------|
| | Левая часть равенства | Правая часть равенства |
| $x_0 \cdot (\overline{x_0} \vee x_1) = x_0 \cdot x_1$ | | |
| $x_0 \vee \overline{x_0} \cdot x_1 = x_0 \vee x_1$ | | |

Таблица истинности для логической функции двух переменных:

| | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|
| x_0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| x_1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| $y = f(x_0, x_1)$ | | | | |

Таблица истинности для логической функции трёх переменных:

| | | | | | | | | |
|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| x_0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| x_1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| x_2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $y = f(x_0, x_1, x_2)$ | | | | | | | | |

Содержание отчета

7. Цель работы.
8. Результат выполнения задания – таблицы истинности.
9. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое комбинационные схемы?
2. Укажите разные способы записи логических уравнений.
3. Перечислите основные законы преобразования логических уравнений.

Лабораторная работа №4

СБОРКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНЫХ УЗЛОВ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ - ТРИГГЕРЫ

Цель работы: составление и тестирование последовательностных узлов — триггеров на основе базовых логических элементов.

Последовательностные устройства – это устройства с памятью. В них выходной сигнал определяется не только текущим состоянием входа, но и рядом предыдущих значений. Простейшее последовательностное устройство это триггер. Его особенностью является способность бесконечно долго находится в одном из двух устойчивых состояний. Приняв одно состояние за ноль, другое за единицу, можно считать, что триггер хранит один бит информации.

Триггер характеризуют:

- число входов - $P \leq 3$;
- число выходов - один Q (хотя можно получить и \bar{Q});
- число внутренних состояний два Q и \bar{Q} ;
- характеристическое уравнение $Q(t+1) = \delta(Z(t), Q(t))$,

где t – текущее время;

$t+1$ – следующий момент времени;

$Z(t)$ – входной сигнал в текущий момент времени t ;

$Q(t)$ – состояние триггера в текущий момент времени;

$Q(t+1)$ – состояние триггера, в которое он перейдет в момент времени $(t+1)$.

Триггеры классифицируют по ряду признаков:

1. по логическому функционированию (RS-триггер это триггер с установочными входами; T-триггер это счетный триггер; D-триггер это триггер передачи (задержки); JK и DV-триггеры это универсальные триггеры; RST, TV и другие это комбинированные триггеры);
2. по способу записи информации в триггер (синхронные и асинхронные). В синхронных триггерах добавлен управляющий вход C , который не является логическим. Сигнал на его входе разрешает перейти триггеру в нужное состояние;
3. по числу ступеней триггеры делятся на одноступенчатые (однотактные) и двухступенчатые (двухтактные).

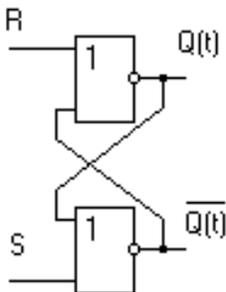
Общее количество триггеров очень велико: $W = 5^{2^p}$, где p – число информационных входов, если $p=1$, то $W=25$, если $p=2$, то $W=625$. Но

это теоретическое число, так как теоретически триггер может находиться в одном из пяти возможных состояний: Q , \bar{Q} , *, 1, 0 (* неопределённое состояние). Большинство из этих триггеров не имеют физического смысла.

Например, при $P = 1$ в настоящее время синтезированы и применяются только два типа. При $P = 2$ имеют физический смысл только 24, из них синтезировано 8, среди которых два универсальных. С их помощью решаются все возникающие технические задачи. В других триггерах потребности пока не возникало.

Основным триггером, на котором базируются все остальные, является RS-триггер. Он имеет два логических входа: R – установка 0 (от слова Reset), S – установка 1 (от слова Set).

Простейший RS-триггер состоит из двух логических элементов, охваченных перекрёстной, положительной обратной связью:



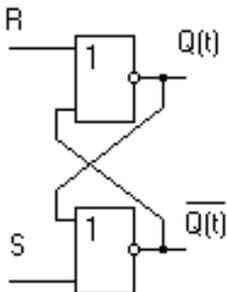
Один из выходов называют прямым, а другой – обратным. Состояние триггера определяется состоянием прямого выхода.

Составим таблицу истинности RS-триггера, учитывая, что имеем три независимых переменных R, S, Q(t):

| Такт t | | | Такт t+1 | Пояснения |
|--------|---|------|----------|---------------------------------|
| R | S | Q(t) | Q(t+1) | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | Режим хранения информации R=S=0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | Режим установки единицы S=1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | Режим установки нуля R=1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 0 | * | R=S=1 запрещенная комбинация |
| 1 | 1 | 1 | * | |

Лабораторное задание

Собрать схему асинхронного RS-триггера:



Исследовать его работу.

Для этого с помощью переключателей на входе установить по очереди все возможные логические комбинации «0» и «1».

С помощью индикатора зафиксировать на выходе RS-триггера логический уровень для каждой комбинации.

Результат занести в таблицу истинности:

| Такт t | | | Такт t+1 | Пояснения |
|--------|---|------|----------|---------------------------------|
| R | S | Q(t) | Q(t+1) | |
| 0 | 0 | | | Режим хранения информации R=S=0 |
| 0 | 0 | | | |
| 0 | 1 | | | Режим установки единицы S=1 |
| 0 | 1 | | | |
| 1 | 0 | | | Режим установки нуля R=1 |
| 1 | 0 | | | |
| 1 | 1 | | | R=S=1 запрещенная комбинация |
| 1 | 1 | | | |

Содержание отчета

10. Цель работы.
11. Результат выполнения задания – таблица истинности.
12. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое триггер?
2. Для чего используются триггеры?
3. Чем отличаются прямой и инверсный выходы триггера?

Лабораторная работа №5 СБОРКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНЫХ УЗЛОВ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ - СЧЕТЧИКИ

Цель работы: Исследование работы суммирующих и вычитающих двоичных счетчиков,

Суммирующие и вычитающие счетчики

Счетчик – это узел микропроцессора, предназначенный для подсчета числа входных сигналов. Счетчик выполняет микрооперацию $Сч = Сч \pm 1$.

Счетчики характеризуются рядом параметров:

1. модуль счета M . Это число устойчивых состояний счетчика. Если M кратно 2^n , где n – число разрядов (триггеров), то счётчик называется двоичный. Иначе счётчик с произвольным модулем (основанием) счёта;
2. емкость E . Это максимальное число, которое может быть записано в счетчик $E = M - 1$;
3. быстродействие или скорость перехода из состояния $11\dots111$ в состояние $00\dots000$ или наоборот.

Счетчики классифицируют по таким признакам:

1. по направлению счета (суммирующие, вычитающие и реверсивные);
2. по способу построения цепи переноса (с последовательным переносом, с параллельным переносом и комбинированные);
3. по способу опрокидывания триггеров (асинхронные и синхронные).

Простейший суммирующий асинхронный двоичный счетчик строится на

T-триггерах. Например, трёхразрядный счетчик:

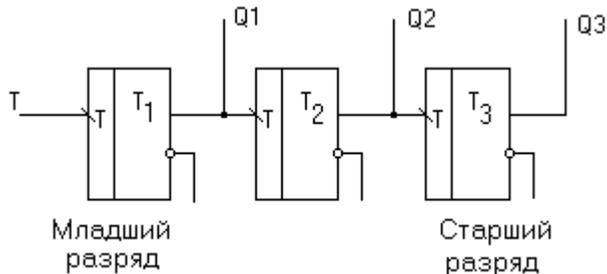


Диаграмма его работы приведена на рис. ниже. Из неё видно, что если двоичное число читать снизу вверх, то это число увеличивается на единицу с приходом очередного сигнала на вход Т. Модуль счёта $M = 8$, а емкость $E = 7$. Если информацию снимать с инверсных выходов триггеров, то мы получаем вычитающий счетчик.

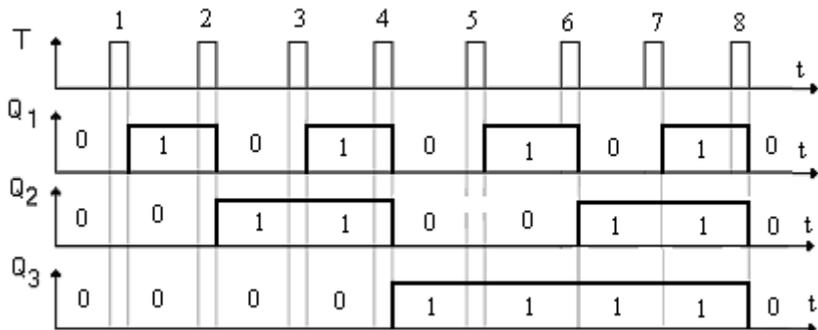


Схема простейшего вычитающего счётчика:

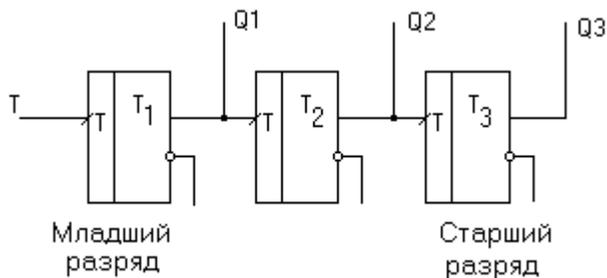
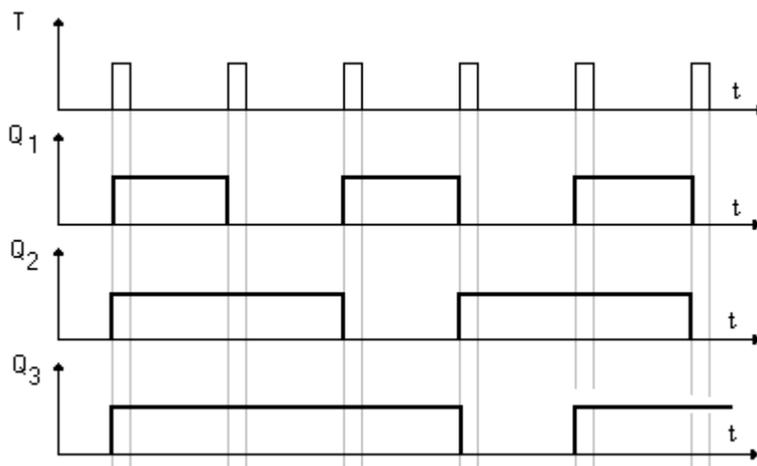
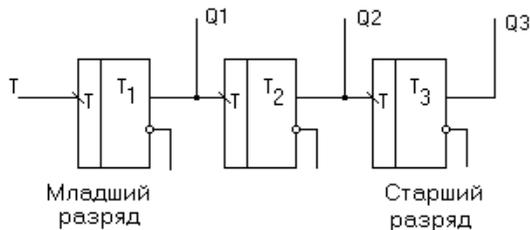


Диаграмма его работы:



Лабораторное задание

Собрать схему простейшего трехразрядного счетчика:



Подать на вход периодическую импульсную последовательность.

С помощью осциллографа снять и зарисовать осциллограммы в режиме суммирования.

С помощью осциллографа снять и зарисовать осциллограммы в режиме вычитания.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Результат выполнения задания – осциллограммы.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Классификация и область применения счетчиков.
2. Чем определяется число возможных состояний счетчика?
3. По какому принципу строятся схемы счетчиков прямого и обратного счета?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сажнев А.М.* Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие / А.М. Сажнев, И.С. Тырышкин; Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2022. – 119 с.
2. Научная электронная библиотека - <https://www.elibrary.ru/>
3. Издательство «Лань» - <https://lanbook.com>

Составитель: *Тырышкин Игорь Сергеевич*

ОСНОВЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ

Методические указания для лабораторных работ

Печатается в авторской редакции

Подписано к печати 2 февраля 2024 г.. Формат 60×84^{1/16}
Объем 0,66 уч.-изд. л. Изд. №31 Тираж 50 экз.

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института НГАУ
630039, г. Новосибирск, ул. Никитина, 147, ауд. 209