

## 3. Лабораторные работы

### 3.1. Лабораторная работа 1.

#### Знакомство с программой Logisim. Комбинационные устройства. Минимизация

*Время на выполнение: 2 часа*

Для выполнения этой лабораторной работы необходимо внимательно прочитать и осмыслить главу 2 и параграфы 1.3 и 1.4 данного пособия.

**Задание 1.** Спроектировать в Logisim комбинационное устройство, имеющее несколько входов и *две группы* по несколько выходов. Количество входов и выходов, а также поведение устройства для каждого варианта приведены в таблице 3.1. Вариант определяется по последней цифре номера студента в списке группы.

Под «значением на входах» и «значением на выходах» понимается некоторое целое число, двоичное представление которого формируется отдельными входными или выходными битами. Последний бит в такой записи — младший (бит 0). Состояния на выходах каждой из двух групп зависят от состояний одних и тех же входов. Таким образом, для варианта 1, например, нужно реализовать  $1 + 3 = 4$  булевых функции от 5 переменных. Нумерация битов в многобитных значениях всегда начинается с нуля (с младшего бита). Однако нумерация обычных объектов (дней недели, букв, и т.п.) начинается с единицы. Если на входы поступает бессмысленное значение (например, 14 в качестве номера месяца), то значение на выходах может быть произвольным («don't care»).

Каждая из реализаций устройства должна быть составлена в Logisim на логических элементах в виде схемы с осмысленными названиями входов и выходов. Для отдельных битов многобитных значений названия должны оканчиваться на номер бита (например day2, day1, day0 (младший бит в конце) для варианта 4). Для составления таблиц истинности, их минимизации методом Куайна — Мак-Класки и генерации схемы используется модуль Logisim «Комбинационный анализ».

Для защиты работы нужно представить:

1. Таблицу истинности устройства.

2. Реализацию ДНФ, минимизированную методом Куайна — Мак-Класки.
3. Реализацию, предложенную Logic Friday, а в случае её чрезмерной громоздкости — собственную (полученную в результате применения тождеств булевой алгебры), содержащую значительно меньше элементов, чем реализация из пункта 2.

**Задание 2.** Повторить все пункты задания 1 с учётом следующей информации: ни при каких обстоятельствах на входы устройства не могут прийти одновременно все нули или все единицы. Это обстоятельство позволяет существенно упростить схему устройства (дополнительно минимизировать булевы функции), используя значения «don't care». Эта методика подробно описана в конце параграфа 1.4 данного пособия.

**Требования к выполнению работы:** все задания выполняются в одном файле проекта Logisim; каждое самостоятельное устройство должно быть оформлено в виде отдельной схемы с осмысленным названием всех входов и выходов и самой схемы. Для демонстрации работоспособности всех реализаций нужно составить в Logisim схему, содержащую в качестве подсхем все реализации устройства (их будет четыре), и одновременно подающую на их входы одно и то же тестовое значение, при этом значения на выходах различных реализаций должны совпадать. Для этого потребуется объединить с помощью компонента Разветвитель отдельные биты значений на входах и выходах подсхем в пучки проводов и показать многобитные значения на них, подключив несколько компонентов «Датчик», установив значение «Беззнаковое десятичное» для их атрибута «Основание». Так как старшие биты на входах и выходах подсхем расположены сверху, для всех разветвителей нужно из контекстного меню выбрать пункт «Расставить по убыванию».

**Дополнительные вопросы и задания:**

1. Насколько дополнительное обстоятельство из задания 2 упростило схемы с точки зрения количества элементов? А с точки зрения задержек (см. параграф 1.5)?
2. Позволила ли реализация, предложенная Logic Friday (или ваша собственная), сократить общую задержку устройства?
3. По какой формуле можно рассчитать общее количество ячеек в таблице истинности, зная количество входов и выходов комбинационного устройства?
4. Сравните своё устройство с устройствами из других вариантов: какие устройства сложнее в реализации — с большим количеством входов или большим количеством выходов?

5. Просмотрев задания всех вариантов, попробуйте предположить, какие из этих устройств действительно могут использоваться в цифровой технике, а какие приведены в задании лишь «для интереса».
6. Попробуйте реализовать своё устройство только на элементах И-НЕ. Стало ли оно от этого проще? Зачем это может понадобиться на практике?

Таблица 3.1. Варианты заданий для лабораторной работы 1

Вариант	Кол-во входов	Кол-во выходов	Поведение устройства
1	5	1	Значение на входах — номер буквы в латинском алфавите. На выходе «1», если эта буква — согласная. В остальных случаях — «0».
		3	Значение на выходах — номер самого старшего входа, несущего «1».
2	4	3	Значение на выходах — количество входов, несущих «0».
		2	Значение на выходах — остаток от деления значения на входах на 3, увеличенный на 1.
3	4	2	Значение на входах — номер месяца. На выходах — количество слогов в названии этого месяца.
		3	Значение на выходах — модуль разности количества нулей и единиц на входах.
4	5	3	Значение на входах — число в декабре 2012 года. На выходах — номер дня недели для этого числа.
		1	На выходе «0», когда на входе больше нулей, чем единиц. В остальных случаях — «1».
5	3	8	Значение на выходах — факториал значения на входах, делённый на 21 и округлённый до целых.
		2	Значение на выходах — номер самого младшего входа, несущего «0».

Окончание таблицы 3.1

Вариант	Кол-во входов	Кол-во выходов	Поведение устройства
6	5	3	Значение на выходах — количество входов, несущих «1», увеличенное на 2.
		1	На выходе «1», когда на входах нет ни одной пары нулей, идущих подряд. В остальных случаях — «0».
7	3	3	Значение на входах — номер дня недели. На выходах — количество гласных в названии этого дня недели.
		7	Когда на входах значение «7» — на всех выходах единицы. В любом другом случае единица только на одном выходе. Номер этого выхода задаётся значением на входах.
8	5	2	Значение на выходах — количество входов, несущих «0», не соседствующих с другими входами, несущими «0».
		2	Значение на выходах — остаток от деления значения на входах на 3.
9	5	1	На выходе «0», когда на входе число, большее 21. В остальных случаях — «1».
		3	Значение на выходах — количество цифр в записи римскими цифрами значения на входах.
10	4	4	Значение на выходах — остаток от деления значения на входах на 11.
		1	На выходе «1», если значение на входах в двоичном представлении симметрично. В остальных случаях — «0».