

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

ЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И ФУНКЦИИ

Методические указания к лабораторной работе
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»
(специальность «Электронные приборы и устройства»)

Бородин Максим Викторович
Саликаев Юрий Рафаельевич

Логические схемы и функции : методические указания к лабораторной работе для студентов направления «Электроника и микроэлектроника» (специальность 210105 – Электронные приборы и устройства) / М.В. Бородин, Ю.Р. Саликаев; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2012. – 15 с.

Лабораторная работа выполняется с использованием программной среды QUCS (Quite Universal Circuit Simulator) и заключается в моделировании цифровых цепей. Для обработки результатов и оформления отчёта могут применяться различные математические и офисные программные средства.

Предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Электроника и микроэлектроника» (специальность 210105 – Электронные приборы и устройства) по дисциплине «Математические модели и САПР электронных приборов и устройств»

© Бородин Максим Викторович, 2012
© Саликаев Юрий Рафаельевич, 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
« ____ » _____ 2012 г.

ЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И ФУНКЦИИ

Методические указания к лабораторной работе
для студентов направления «Электроника и микроэлектроника»
(специальность «Электронные приборы и устройства»)

Разработчик
_____ М.В. Бородин
_____ Ю.Р. Саликаев
« ____ » _____ 2012 г

Содержание

1 Введение.....	5
2 Лабораторная работа. Логические схемы и функции	5
2.1 Цель работы.....	5
2.2 Краткие сведения из теории	5
2.2.1 Аксиомы алгебры логики.....	5
2.2.2 Логические выражения.....	5
2.2.3 Логические тождества	6
2.2.4 Логические функции.....	6
2.2.5 Логические схемы.....	6
2.2.6 Таблица истинности.....	7
2.2.7 Карты Карно и диаграммы Вейча	7
2.3 Порядок проведения экспериментов	9
2.4 Контрольные вопросы.....	13
3 Содержание отчета.....	13
Список рекомендуемой литературы.....	14

1 Введение

Лабораторная работа выполняется с использованием программной среды QUCS (Quite Universal Circuit Simulator) и заключается в моделировании цифровых цепей. Для обработки результатов и оформления отчёта могут применяться различные математические и офисные программные средства.

При выполнении работы используются следующие приборы и элементы: цифровые источники; двухвходовые элементы И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ.

2 Лабораторная работа. Логические схемы и функции

2.1 Цель работы

1. Исследование логических схем
2. Реализация логических функций при помощи логических элементов.
3. Синтез логических схем, выполняющих заданные логические функции.

2.2 Краткие сведения из теории

2.2.1 Аксиомы алгебры логики

Переменные, рассматриваемые в алгебре логики, могут принимать только два значения – 0 или 1. В алгебре логики определены: отношение эквивалентности (обозначается знаком =) и операции: сложения (дизъюнкции), обозначаемая знаком \vee , умножения (конъюнкции), обозначаемая знаком $\&$ или точкой, и отрицания (или инверсии), обозначаемая надчеркиванием или апострофом.

Алгебра логики определяется следующей системой аксиом:

$$\begin{cases} x = 0 \text{ если } x \neq 1; \\ x = 1 \text{ если } x \neq 0; \end{cases} \quad \begin{cases} \overline{\overline{0}} = 1 \\ \overline{\overline{1}} = 0 \end{cases}$$
$$\begin{cases} 1 \vee 1 = 1 \\ 0 \vee 0 = 0 \\ 0 \vee 1 = 1 \vee 0 = 1 \end{cases} \quad \begin{cases} 0 \cdot 0 = 0 \\ 1 \cdot 1 = 1 \\ 1 \cdot 0 = 0 \cdot 1 = 0 \end{cases}$$

2.2.2 Логические выражения

Запись логических выражений обычно осуществляют в конъюнктивной или дизъюнктивной нормальных формах. В

дизъюнктивной форме логические выражения записываются как логическая сумма логических произведений, в конъюнктивной форме – как логическое произведение логических сумм. Порядок действий такой же, как и в обычных алгебраических выражениях.

Логические выражения связывают значение логической функции со значениями логических переменных.

2.2.3 Логические тождества

При преобразовании логических выражений используются логические тождества:

$$\begin{aligned} \overline{\overline{x}} &= x; & x \vee 1 &= 1; & x \cdot 1 &= x; & x \cdot 0 &= 0; & x \vee x &= x; & x \cdot x &= x; & x \vee xy &= x; \\ xy \vee x\overline{y} &= x; & (x \vee y)(x \vee \overline{y}) &= x; & x \vee \overline{xy} &= x \vee y; \\ \overline{xy} &= \overline{x} \vee \overline{y}. \end{aligned}$$

2.2.4 Логические функции

Любое логическое выражение, составленное из n переменных $x_n, x_{n-1} \dots x_1$ с помощью конечного числа операций алгебры логики, можно рассматривать как некоторую функцию n переменных. Такую функцию называют логической. В соответствии с аксиомами алгебры логики функция может принимать в зависимости от значения переменных значение 0 или 1. Функция n логических переменных может быть определена для 2^n значений переменных, соответствующих всем возможным значениям n -разрядных двоичных чисел.

Основной интерес представляют следующие функции двух переменных x и y :

$$\begin{aligned} f1(x, y) &= x \cdot y - \text{логическое умножение (конъюнкция);} \\ f2(x, y) &= x \vee y - \text{логическое сложение (дизъюнкция);} \\ f3(x, y) &= \overline{x \cdot y} - \text{логическое умножение с инверсией;} \\ f4(x, y) &= \overline{x \vee y} - \text{логическое сложение с инверсией;} \\ f5(x, y) &= x \oplus y = x\overline{y} \vee \overline{x}y - \text{суммирование по модулю 2;} \\ f6(x, y) &= \overline{x \oplus y} = xy \vee \overline{xy} - \text{равнозначность.} \end{aligned}$$

2.2.5 Логические схемы

Физическое устройство, реализующее одну из операций алгебры логики или простейшую логическую функцию, называется логическим элементом. Схема, составленная из конечного числа логических элементов по определенным правилам, называется логической схемой. Основным логическим функциям соответствуют выполняющие их схемные элементы.

2.2.6 Таблица истинности

Так как область определения любой функции n переменных конечна (2^n значений), такая функция может быть задана таблицей значений $f(v_i)$, которые она принимает в точках v_i , где $i=0,1, \dots, 2^n-1$. Такие таблицы называют таблицами истинности. В таблице 2.1 представлены таблицы истинности, задающие указанные выше функции.

Таблица 2.1

i	Значения переменных		Функции					
	x	y	f1	f2	f3	f4	f5	f6
0	0	0	0	0	1	1	0	1
1	0	1	0	1	1	0	1	0
2	1	0	0	1	1	0	1	0
3	1	1	1	1	0	0	0	1

$i=2x+y$ – число, образованное значениями переменных.

2.2.7 Карты Карно и диаграммы Вейча

Если число логических переменных не превышает 5 – 6, преобразования логических уравнений удобно производить с помощью карт Карно или диаграмм Вейча. Цель преобразований – получение компактного логического выражения (минимизация). Минимизацию производят объединением наборов (термов) на карте Карно. Объединяемые наборы должны иметь одинаковые значения функции (все 0 или все 1).

Для наглядности рассмотрим пример: пусть требуется найти логическое выражение для мажоритарной функции f_m трех переменных X, Y, Z , описываемой следующей таблицей истинности (табл.2.2):

Таблица 2.2 – Мажоритарная функция

N	X	Y	Z	f_m
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

Составим карту Карно. Она представляет собой нечто похожее на таблицу, в которой наименования столбцов и строк представляют собой значения переменных, причем переменные располагаются в таком порядке, чтобы при переходе к соседнему столбцу или строке изменялось значение только одной переменной. Например, в строке XY таблицы 12.3 значения переменных XY могут быть представлены следующими последовательностями: 00, 01, 11, 10 и 00, 10, 11, 01.

Таблицу заполняют значениями функции, соответствующими комбинациям значений переменных. Полученная таким образом таблица выглядит, как показано ниже (таблица 2.3)

Таблица 2.3 – Карта Карно мажоритарной функции

xy \ Z	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	1	1

↑ XY
↑ YX
↑ XZ

На карте Карно отмечаем группы, состоящие из 2^n ячеек (2, 4, 8, ...) и содержащие 1, т.к. они описываются простыми логическими выражениями. Три прямоугольника в таблице определяют логические выражения XY, XZ, YZ. Каждый прямоугольник, объединяющий две ячейки, соответствует логическим преобразованиям:

$$XY\bar{Z} \vee XYZ = XY(\bar{Z} \vee Z) = XY,$$

$$X\bar{Y}Z \vee XYZ = XZ(\bar{Y} \vee Y) = XZ,$$

$$\bar{X}YZ \vee XYZ = YZ(X \vee \bar{X}) = YZ.$$

Компактное выражение, описывающее функцию, представляет собой дизъюнкцию полученных при помощи карт Карно логических выражений. В результате получаем выражение в дизъюнктивной форме:

$$f_m = XY \vee XZ \vee YZ.$$

Для реализации функции мажоритарной логики трех логических переменных необходимо реализовать схему, которая при подаче на ее входы трех сигналов формировала бы на выходе сигнал, равный сигналу на большинстве входов (2 из 3 или 3 из 3). Эта схема полезна для восстановления истинного значения сигналов, поступающих на 3 входа, если возможен отказ на одном из входов.

Для реализации функции на элементах 2И-НЕ преобразуем полученное выражение в базис элементов И-НЕ, т.е. запишем выражение при помощи операций логического умножения и инверсии.

Проверить справедливость каждого из приведенных выражений для f_m можно прямой подстановкой значений X, Y, Z из таблицы 2.2:

$$\begin{aligned} f_m &= XY \vee YZ \vee XZ = \overline{\overline{XY} \cdot \overline{YZ} \cdot \overline{XZ}} = \overline{\overline{X} \vee \overline{Y}} \vee \overline{\overline{Y} \vee \overline{Z}} \vee \overline{\overline{X} \vee \overline{Z}} = \overline{\overline{X} \vee \overline{Y}} \vee \overline{\overline{Y} \vee \overline{Z}} \vee \overline{\overline{X} \vee \overline{Z}} = \\ &= \overline{\overline{X} \cdot \overline{Y}} \vee \overline{\overline{Y} \cdot \overline{Z}} \vee \overline{\overline{X} \cdot \overline{Z}} = \overline{\overline{X} \cdot \overline{Y}} \cdot \overline{\overline{Y} \cdot \overline{Z}} \cdot \overline{\overline{X} \cdot \overline{Z}} \end{aligned}$$

Соответствующая схемная реализация приведена на рис.2.1.

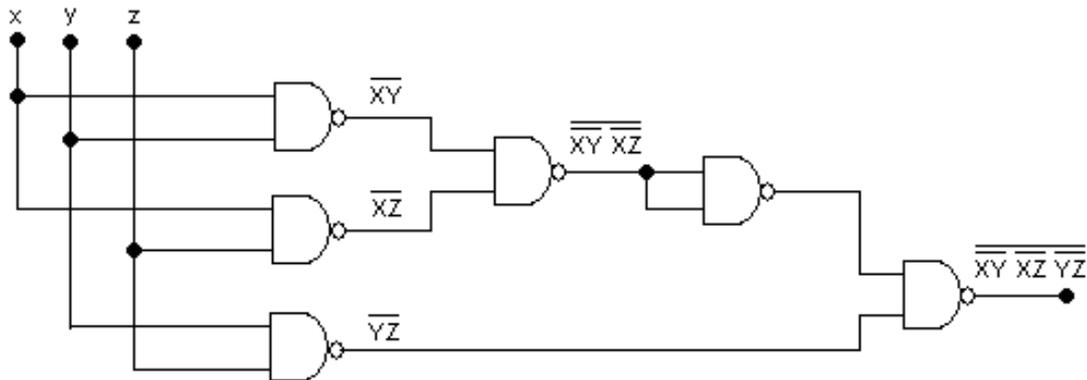


Рисунок 2.1

2.3 Порядок проведения экспериментов

Откройте симулятор QUCS. Создайте новый проект с произвольным названием.

Внимание! При создании проекта *не* используйте пробелы и русские символы в названии проекта и схем. При размещении временных диаграмм в отчете учтите, что диаграмма может не поместиться полностью в окно просмотра. В этом случае вместо одного скриншота можно использовать несколько, с соответствующими участками диаграммы на каждом, или зарисовать диаграмму в соответствующем масштабе.

Задание 1. Исследование логических функций И, И-НЕ.

1. Создайте схему, изображенную на рисунке 2.2.

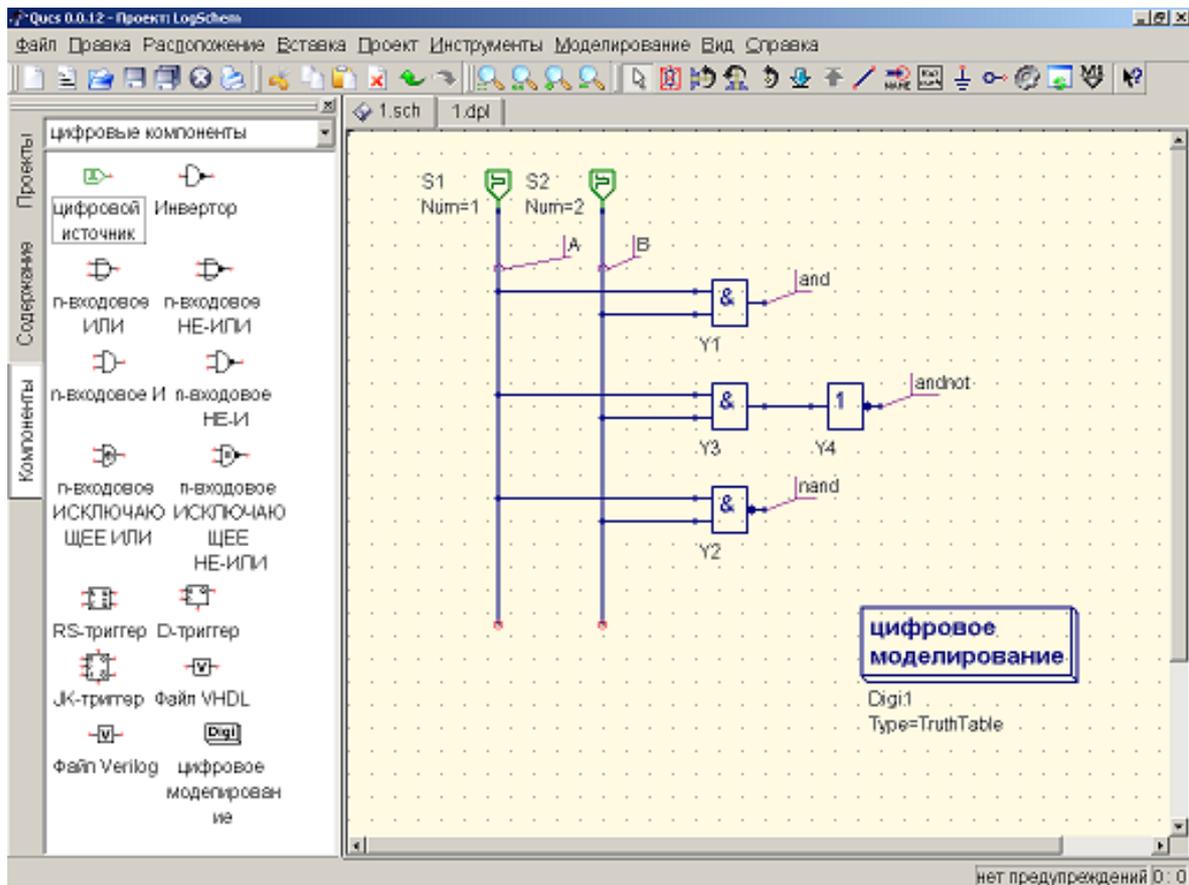


Рисунок 2.2

2. Щелкнув правой кнопкой мыши на прямоугольнике «цифровое моделирование», откройте «редактировать свойства» и укажите тип моделирования TruthTable (таблица истинности). Нажмите иконку «сохранить» на панели инструментов. Запустите симуляцию.

3. Если моделирование прошло успешно, откроется вкладка данных. Поместите там таблицу истинности и заполните ее, указав в ее свойствах те параметры, которые вам нужны, т. е. входные сигналы A, B и выходные сигналы and, andnot, nand. По таблице истинности составьте аналитическое выражение функции элемента И, функции И-НЕ, составленной из двух элементов и элемента И-НЕ. Сравните их. Таблицу истинности и свои выводы привести в отчете.

4. Вернитесь на вкладку со схемой. Установите тип моделирования TimeList (временная диаграмма). Измените свойства цифровых источников так, чтобы перебрать все возможные комбинации сигналов A и B. Сохраните схему. Запустите симуляцию.

5. На вкладке данных поместите временную диаграмму и укажите в свойствах названия сигналов, которые нужно отобразить. Диаграмму поместить в отчет.

Задание 2. Исследование логических функций ИЛИ, ИЛИ-НЕ.

1. Соберите схему, изображенную на рисунке 2.3.

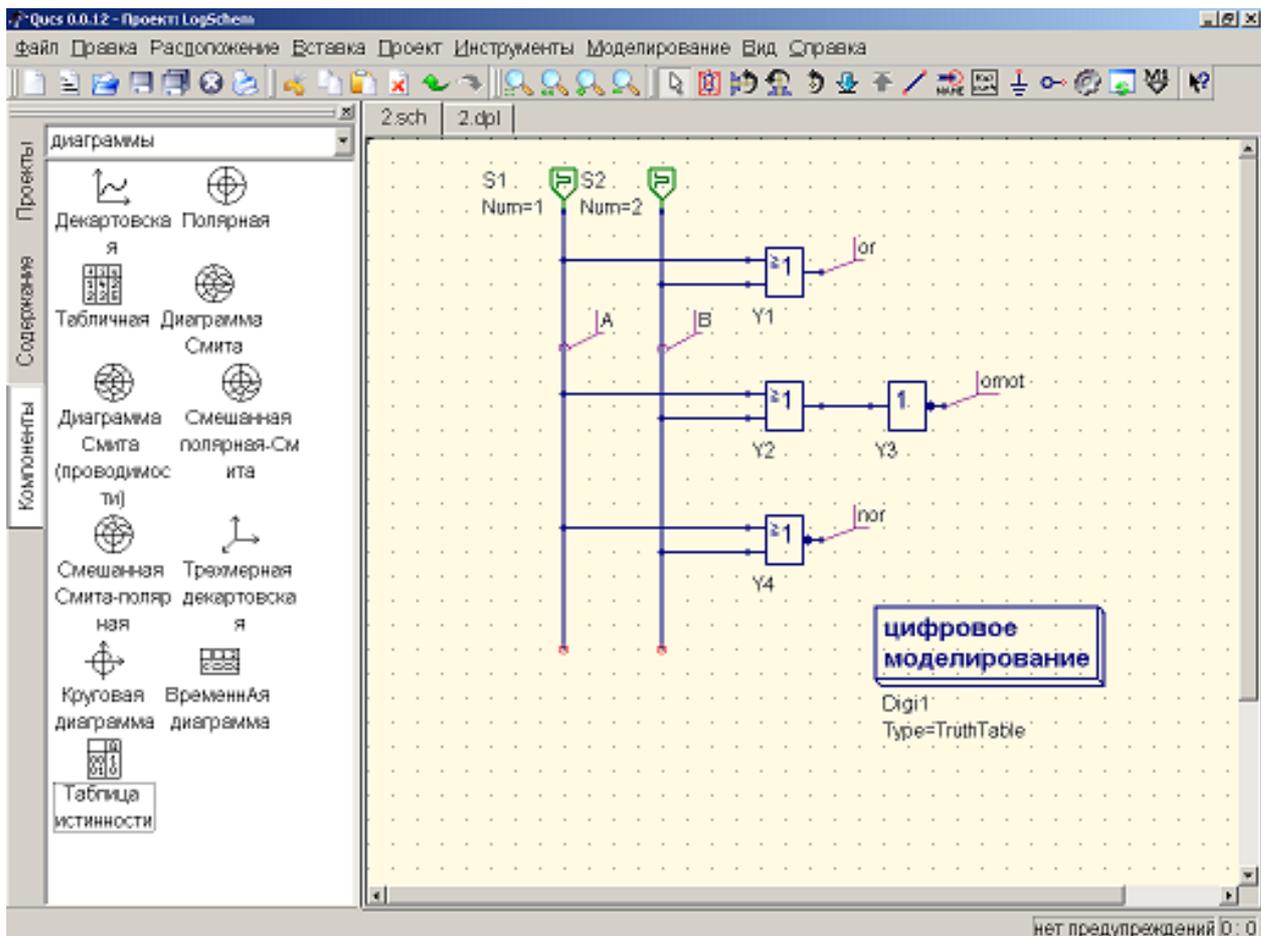


Рисунок 2.3

2. Щелкнув правой кнопкой мыши на прямоугольнике «цифровое моделирование», откройте «редактировать свойства» и укажите тип моделирования TruthTable (таблица истинности). Нажмите иконку «сохранить» на панели инструментов. Запустите симуляцию.

3. Если моделирование прошло успешно, откроется вкладка данных. Поместите там таблицу истинности и заполните ее, указав в ее свойствах те параметры, которые вам нужны, т. е. входные сигналы А, В и выходные сигналы or, not, nor. По таблице истинности составьте аналитическое выражение функции элемента ИЛИ, функции ИЛИ-НЕ, составленной из двух элементов и элемента ИЛИ-НЕ. Сравните их. Таблицу истинности и свои выводы привести в отчете.

4. Вернитесь на вкладку со схемой. Установите тип моделирования TimeList (временная диаграмма). Измените свойства цифровых источников так, чтобы перебрать все возможные комбинации сигналов А и В. Сохраните схему. Запустите симуляцию.

5. На вкладке данных поместите временную диаграмму и укажите в свойствах названия сигналов, которые нужно отобразить. Диаграмму поместить в отчет.

Задание 3. Реализация логической функции 3-х переменных.

1. Реализуйте функцию $f = ab \vee \bar{b}c$, как показано на рисунке 2.4.

2. Запустите симуляцию и получите таблицу истинности и временную диаграмму для этой схемы. Для временной диаграммы свойства цифровых источников измените таким образом, чтобы сформировать последовательности из восьми слов, соответствующих числам от 0 до 7: 0=000; 1=001; 2=010; 3=011; 4=100; 5=101; 6=110; 7=111.

3. Реализуйте ту же функцию на элементах 2И-НЕ (записать аналитическое выражение в базе 2И-НЕ).

Соберите схему на элементах 2И-НЕ, соответствующую полученному выражению. Подключите к входам схемы цифровые источники. Свойства цифровых источников измените таким образом, чтобы сформировать последовательности из восьми слов, соответствующих числам от 0 до 7:

0=000; 1=001; 2=010; 3=011; 4=100; 5=101; 6=110; 7=111.

Получите таблицу истинности и временную диаграмму для этой схемы и сравните с данными, полученными в п.1. Совпадают ли результаты симуляции?

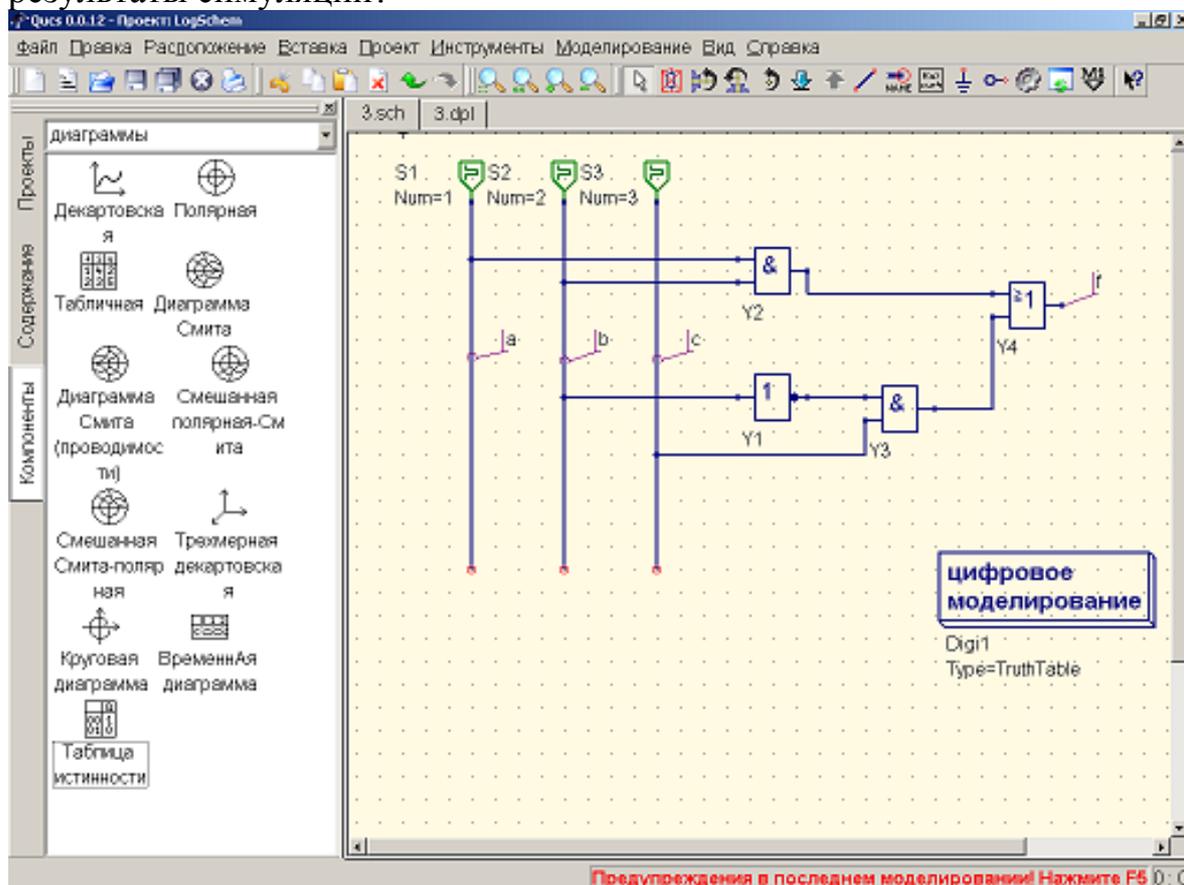


Рисунок 2.4

2.4 Контрольные вопросы

1. Что такое логическая переменная и логический сигнал? Какие значения они могут принимать?
2. Что такое логическая функция?
3. Может ли быть логическим сигналом уровень напряжения? Состояние контакта? Свечение светодиода?
4. Какая логическая функция описывает поведение системы пуска трехфазного двигателя (двигатель может быть запущен, если три датчика подтверждают наличие фазных напряжений)?
5. Датчик температуры состоит из контакта, который замыкается (размыкается) при превышении температуры. При замыкании контакта вырабатывается сигнал логической единицы, при размыкании – логического нуля. Какую схему следует использовать для обнаружения срабатывания хотя бы одного датчика пожарной сигнализации?
 - а) при повышении температуры в датчике происходит замыкание контакта;
 - б) при повышении температуры в датчике происходит размыкание контакта.
6. Какой сигнал должен быть подан на неиспользуемые входы элемента 8И-НЕ, если требуется реализовать функцию 5И-НЕ?
7. Какой сигнал должен быть подан на неиспользуемый вход элемента 4ИЛИ-НЕ при реализации функции 3ИЛИ-НЕ?
8. В вашем распоряжении имеются логические элементы 2И-НЕ. Как на их основе сделать схему 3И? Достаточно ли 4-х элементов 2И-НЕ для выполнения этой задачи

3 Содержание отчета

По лабораторной работе необходимо составить отчет, который должен содержать:

- титульный лист;
- цель работы;
- краткие сведения из теории, содержащие расчётные формулы;
- схемы, собранные при проведении экспериментов в среде QUCS;
- результаты расчётов и экспериментов в виде таблиц и графиков;
- ответы на контрольные вопросы;
- выводы по проведённой работе.

Список рекомендуемой литературы

1. Основы компьютерного моделирования наносистем / Ибрагимов И.М. , Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф. – М.: Изд-во «Лань» , 2010.- 384 с. ISBN 978-5-8114-1032-3: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=156
2. Поршнева С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD. - М.: Изд-во «Лань», 2011.- 736 с. ISBN 978-5-8114-1063-7 http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=650
3. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем / Петров М.Н., Гудков Г.В. - М.: Изд-во «Лань», 2011.- 464 с. ISBN 978-5-8114-1075-0 http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=661
4. Основы автоматизированного проектирования [Текст] : учебник для вузов / Е. М. Кудрявцев. - М. : Академия, 2011. - 304 с. - ISBN 978-5-7695-6004-0
5. Математические модели и САПР электронных приборов и устройств: учебное пособие / Ю. Р. Саликаев.- Томск: ТУСУР, 2012. - 131 с. Препринт. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/>
6. Машинные методы анализа и проектирования электронных схем : / И. Влаха, К. Сингхал ; пер.: А. Ф. Обьедков, Н. Н. Удалов, В. М. Демидов ; ред. пер. А. А. Туркина. - М. : Радио и связь, 1988. - 560 с. - ISBN 5-256-00054-3
7. Компьютерное моделирование и проектирование: учебное пособие / Ю. Р. Саликаев.- Томск: ТУСУР, 2012. - 94 с. Препринт. Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/training/publications/2548>
8. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: Учебник для вузов. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 360 с.

Учебное пособие

Бородин М.В., Саликаев Ю.Р.

Логические схемы и функции
Методические указания к лабораторной работе

Усл. печ. л. _____. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40