

Подсистема функционально-логического моделирования

Общие сведения	1
Меню Проект	2
Меню Параметры.....	3
Меню Схема	4
Меню Выполнить	5
Общие команды	6
Графический редактор схем	7
Подсистема трансляции схемы	8
Подсистема функционально-логического моделирования ..	9
Подсистема редактирования размещения	10
Подсистема синтеза топологии	11
Подсистема контроля топологии	12
Подсистема оптимизации топологии.....	13
Подсистема расчета задержек	14
Подсистема редактирования топологии.....	15
Подсистема аттестации проекта.....	16
Приложение А: Серии БМК 5503 и 5507	17
Приложение Б: Средства прототипирования микросхем	18

Раздел 9. Подсистема функционально-логического моделирования

Основные характеристики подсистемы ФЛМ.....	4
Назначение подсистемы ФЛМ.....	4
Основные характеристики подсистемы ФЛМ.....	4
Входная информация подсистемы ФЛМ.....	5
Модели логических элементов	5
Алфавит моделирования	6
Синтаксические диаграммы	7
Описание тестовых воздействий	7
Структура описания тестовых воздействий	7
Описание внешних выводов	9
Описание шины.....	9
Описание списка внешних выводов.....	10
Описание формы представления	11
Описание тестовых воздействий	11
Примеры описания тестовых воздействий	13
Описание контрольных точек	17
Структура описания контрольных точек.....	17
Описание контакта.....	18
Описание шины одностипных контактов.....	18
Описание списка контактов	19
Описание списка контактов группы.....	19
Примеры описания контрольных точек.....	20
Окно подсистемы ФЛМ.....	20
Отображение временных диаграмм	21
Меню Средства подсистемы ФЛМ.....	26
Команда Задать тесты.....	27
Команда Задать контрольные точки.....	27
Команда Задать параметры контактов	28
Команда Транслировать тесты.....	31
Команда Транслировать контрольные точки	31
Команда Моделировать	32
Команда Обновить текущие диаграммы.....	32
Команда Сравнить с эталонными диаграммами	33
Команда Отобразить текущие диаграммы.....	33
Команда Отобразить эталонные диаграммы	34
Команда Отобразить диаграммы сравнения.....	35
Команда Выделить все контрольные точки	35
Команда Снять выделение со всех контрольных точек	35

Команда Добавить в эталонные диаграммы	36
Команда Удалить из эталонных диаграмм.....	36
Команда Удалить все эталонные диаграммы	36
Команда Контролировать качество тестов.....	36

Основные характеристики подсистемы ФЛМ

Назначение подсистемы ФЛМ

Подсистема функционально-логического моделирования (ФЛМ) обеспечивает:

- ◆ текстовый ввод и трансляцию тестовых воздействий;
- ◆ текстовый ввод и трансляцию массива контрольных точек для анализа результатов моделирования;
- ◆ задание параметров контактов;
- ◆ проверку функциональной работоспособности отдельных подсхем и БИС в целом;
- ◆ временное логическое моделирование БИС;
- ◆ формирование эталонных реакций внешних и внутренних сигналов подсхем и БИС;
- ◆ временную верификацию;
- ◆ подготовку программы контроля работоспособности БИС для контрольно-измерительного оборудования.

Основные характеристики подсистемы ФЛМ

- ◆ алгоритмы функционирования библиотечных элементов определены в 4-значном алфавите логических значений:
 - логический ноль,
 - логическая единица,
 - отсутствие проводимости ("отключено"),
 - полная логическая неопределенность;
- ◆ динамическая модель библиотечного элемента задается его алгоритмом функционирования и индивидуальной средней задержкой срабатывания каждого выходного контакта при нарастании ($0 \rightarrow 1$) и спаде ($1 \rightarrow 0$) сигнала;
- ◆ результат взаимодействия сигналов в схеме определяется с учётом мощности сигнала, при этом различаются "слабые" сигналы, т.е. сигналы с низкой нагрузочной способностью и "сильные" сигналы, т.е. сигналы с высокой нагрузочной способностью, а также различные состояния неопределённости сигнала: начальная неопределенность, короткое замыкание, логическая неопределённость, отсутствие проводимости, "слабая" неопределённость;
- ◆ учитывается эффект хранения информации на внутренних емкостях и на емкостях внешних контактов;
- ◆ имеется возможность задания моментов подачи входных сигналов и моментов анализа состояния выходных сигналов, допускается доопределение высокоимпедансного состояния на выходных контактах БИС до высокого и низкого логических уровней;

- ♦ анализ состояние контактов цепей выполняется с учётом напряжения питания, температуры, крутизны транзисторов и топологии цепи в режимах статики и динамики;
- ♦ моделирование производится по временным диаграммам, заданным в текстовой форме.

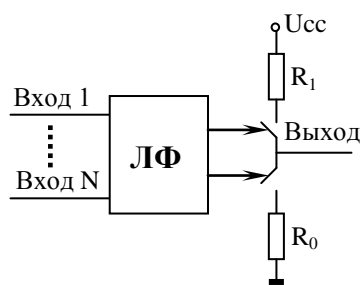


Рис.9.1. Структурная схема логической модели

Входная информация подсистемы ФЛМ

- ♦ структурное описание проекта БИС;
- ♦ описание тестовых воздействий;
- ♦ описание массива контрольных точек.

Модели логических элементов

Подсистема ФЛМ использует логические модели, которые применяются для описания периферийных элементов (модели мощных выходных транзисторов, транзисторов доопределения внешнего вывода и модели подключения контактных площадок) и базовых логических элементов поля БМК. Библиотечные элементы, не имеющие собственных моделей, описываются в виде структур, состоящих из библиотечных элементов, имеющих базовые логические модели. Потому в диагностиках подсистемы ФЛМ, кроме контактов библиотечных элементов, могут указываться и внутренние узлы, соответствующие контактам элементов, входящим в эти структуры. Структуры описания элементов в виде электрических схем отображаются в графическом редакторе схем САПР «Ковчег» при раскрытии библиотечных элементов.

Базовые логические модели можно разделить на две группы: модели активных и модели пассивных элементов. Активными элементами являются все логические элементы, пассивным – проходной ключ.

Базовую логическую модель (рис 9.1) активного элемента в общем случае можно представить в виде логической функции (ЛФ), выполняемой данным элементом, и выходного каскада, состоящего из двух резисторов R_1 и R_0 . Логическая функция, в зависимости от состояния сигналов на входах, обеспечивает коммутацию резисторов R_1 и R_0 . Мощность сигнала характеризуется значением резисторов R_1 и R_0 , номинал которых зависит от количества и способа соединения транзисторов выходного каскада элемента. Она определяет нагрузочную способность элемента.

Модель пассивного элемента, которым является проходной ключ, представляет собой резистор, включенный между входом и выходом элемента. Сопротивление ключа в разомкнутом состоянии считается бесконечно большим.

Кроме параметров R_1 и R_0 модели элементов учитывают значение ёмкости входа элемента, порога срабатывания, времени собственной задержки элемента и длительности фронта на выходе элемента при переходе сигнала из высокого уровня в низкий и из низкого в высокий уровень.

Алфавит моделирования

Алгоритмы функционирования логических моделей библиотечных элементов определены в 4-значном алфавите логических значений:

- логический ноль;
- логическая единица;
- отсутствие проводимости ("отключено");
- логическая неопределенность.

Сигнал, уровень которого превышает значение $0,75 \cdot U_{CC}$ (U_{CC} – напряжение питания микросхемы), является логической единицей, сигнал, уровень которого ниже значения $0,25 \cdot U_{CC}$, является логическим нулём. Состояние сигнала, при котором его уровень находится в диапазоне от $0,25 \cdot U_{CC}$ до $0,75 \cdot U_{CC}$, является логической неопределённостью (рис 9.2).

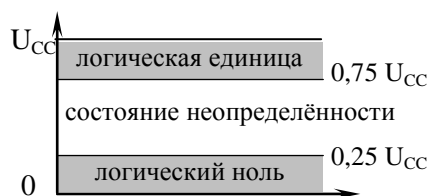


Рис.9.2. Значения уровней логических сигналов

Состояние отсутствия проводимости возникает при отключении резисторов R_1 и R_0 в логической модели. При этом, за счёт хранения на ёмкости в течение 10 нс, сигнал сохраняет предыдущее состояние, после чего переходит в состояние неопределённости. Переход из состояния логического нуля в состояние логической единицы или наоборот происходит не мгновенно и определяется параметрами модели элемента. Время перехода называется фронтом сигнала.

Синтаксические диаграммы

Наиболее наглядно и точно описания тестовых воздействий и массивов контрольных точек для подсистемы ФЛМ можно представить с помощью синтаксических диаграмм. Элементами изображения синтаксических диаграмм являются стрелки, прямоугольники и кружки. Стрелки устанавливают порядок следования синтаксической диаграммы, прямоугольник обозначает идентификатор или ссылку на другую синтаксическую диаграмму, в кружках записывают отдельные символы, совокупности символов или разделители.

Идентификатор – это совокупность букв и цифр, используемых для обозначения описываемых объектов.

Разделитель – это символ, необходимый для отделения элементов описания. Разделителями являются следующие символы: ! " # \$ % & ' () * + , - . / : ; < = > ? [\] ^ { | } ~ "

Описание тестовых воздействий

При описании тестовых воздействий используется понятие элементарной проверки (ЭП). Это минимальный временной промежуток, в пределах которого входные статические сигналы не меняют своего состояния. Длительность ЭП задаётся в окне **Параметры моделирования**. Состояние выходных сигналов проверяется в конце ЭП. Момент проверки их состояния указывается в окне **Параметры контактов**.

9

Структура описания тестовых воздействий

Структуру описания тестовых воздействий можно представить в виде следующей синтаксической диаграммы (рис. 9.3):

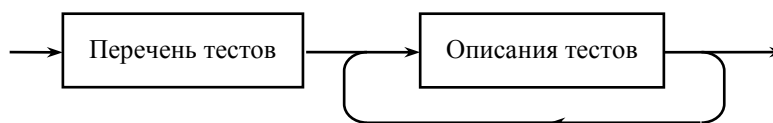


Рис.9.3. Синтаксическая диаграмма описания тестовых воздействий

Описание тестовых воздействий состоит из перечня тестов и описаний тестов. Перечень тестов – это имена наборов тестовых воздействий с указанием, при необходимости, их длины, перечисленные через запятую. Для задания длины теста после имени теста ставится знак "равно", и указывается число, определяющее длину теста, т.е. количество выполняемых ЭП. Указанная длина тестовой последовательности не может быть меньше заданной в описании тестов. Если указанная длина превышает длину заданной последовательности, то повторяется последний набор тестовых воздействий до достижения указанной длины. Именем теста является любая

последовательность цифр и строчных или заглавных букв латинского или русского алфавита, кроме разделителей. Описание перечня тестов заканчивается разделителем «точка с запятой» (рис. 9.4).

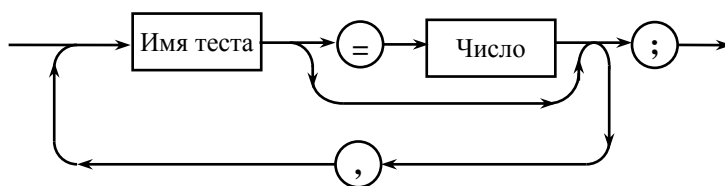


Рис.9.4. Синтаксическая диаграмма описания перечня тестов

Описание теста, указанное в описании перечня тестов, начинается с имени теста, после которого ставится разделитель "двоеточие", затем следует описание внешних выводов, разделитель "равно" и описание тестовых воздействий. Описание теста заканчивается разделителем "точка с запятой" (рис. 9.5).

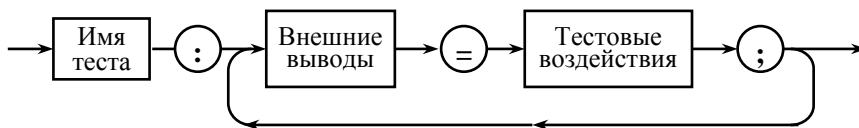


Рис.9.5. Синтаксическая диаграмма описания тестов

Описания тестов могут следовать в произвольном порядке (рис. 9.6).

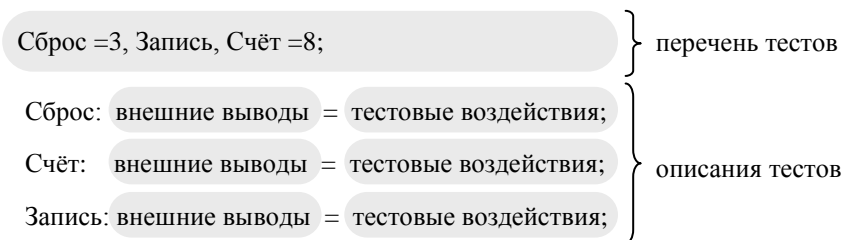


Рис.9.6. Структура описания тестовых воздействий

Описание внешних выводов

Внешние выводы могут быть заданы в следующем виде (рис. 9.7):

- ◆ одиночный внешний вывод;
- ◆ шина с указанием формы её представления;
- ◆ список внешних выводов с указанием формы их представления.

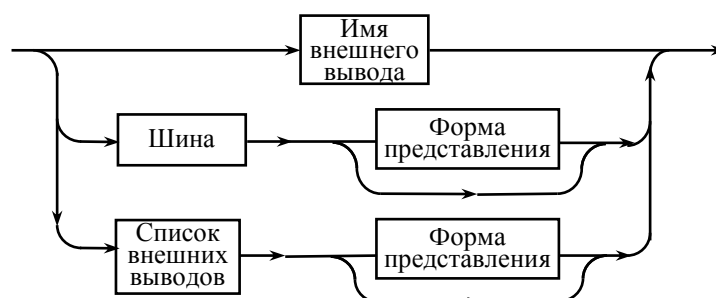


Рис.9.7. Синтаксическая диаграмма описания внешних выводов

Если форма представления не указана, шина или список внешних выводов представляются в двоичном виде.

9

Описание шины

Описание шины включает в себя имя шины с указанием в прямоугольных скобках начального и конечного номера выводов в шине (рис. 9.8).

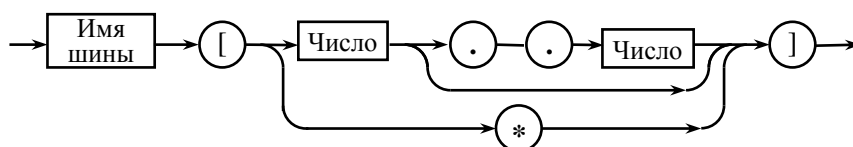


Рис.9.8. Синтаксическая диаграмма описания шины

В случае если необходимо задать все выводы шины, вместо номеров указывается разделитель "звёздочка". При этом нумерация контактов производится от старшего разряда к младшему. Шина может состоять из одного вывода, тогда указывается только номер этого вывода.

Описание списка внешних выводов

Описание списка внешних выводов состоит из перечисленных через запятую имён внешних выводов и шин контактов. Список внешних выводов заключается в фигурные скобки. Если форма представления списка не является двоичной, в состав списка не могут входить импульсные генераторы (рис. 9.9).

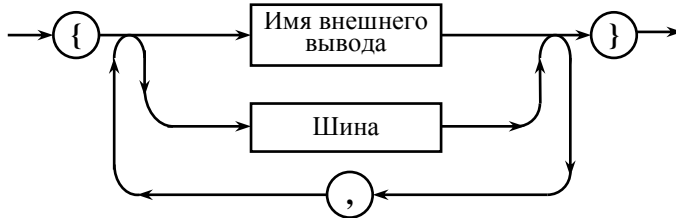
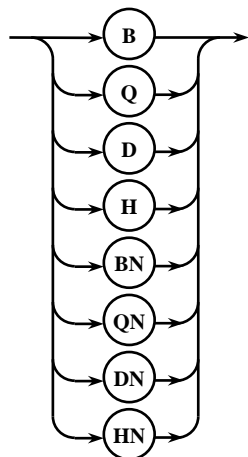


Рис.9.9. Синтаксическая диаграмма описания списка внешних выводов

Описание формы представления

Форма представления (рис. 9.10) позволяет определить форму, в которой будет описана шина или группа контактов, имеющая метку. Форма представления обозначается соответствующей буквой:



B – двоичная форма;
Q – восьмеричная форма;
D – десятичная форма;
H – шестнадцатеричная форма;
BN – инверсная двоичная форма;
QN – инверсная восьмеричная форма;
DN – инверсная десятичная форма;
HN – инверсная шестнадцатеричная форма.

По умолчанию, форма представления двоичная.

Рис.9.10. Синтаксическая диаграмма описания формы представления

9

Описание тестовых воздействий

Тестовые воздействия представляют собой набор перечисленных через запятую векторов состояний с указанием кратности их повторения, которая может отсутствовать, что соответствует одному повторению (рис. 9.11).

Вектор состояния – это набор сигналов, которые характеризуют состояние внешних выводов схемы. Необходимо отметить, что тестовые воздействия для выводов, являющихся входами или вход – выходами, должны быть обязательно описаны, т.к. при их отсутствии на вход схемы подаётся состояние неопределённости. Тестовые воздействия для выходов служат для проверки правильности функционирования, они могут отсутствовать в описании тестовых воздействий.

Вектора состояния могут быть объединены в группы (при этом они заключаются в круглые скобки) и повторены указанное в кратности повторения количество раз.

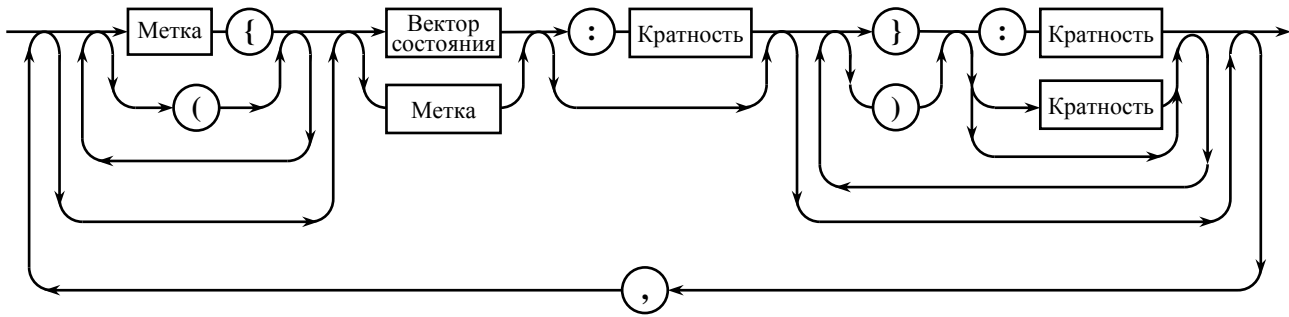


Рис.9.11. Синтаксическая диаграмма описания тестовых воздействий

Совокупность векторов состояния может быть обозначена меткой, которая в дальнейшем может быть использована при описании тестовых воздействий в пределах одного подтеста. При этом указывается метка, обозначаемая ею совокупность векторов заключается в фигурные скобки, после чего задаётся, при необходимости, кратность их повторения. В эту совокупность могут входить другие метки, которые были ранее описаны в этом тесте. Именем метки может быть любая комбинация букв и цифр.

Допустимые значения сигналов, подаваемых на входы и ожидаемых на выходах, при описании векторов состояния обозначаются следующими символами:

- 0* - входной низкий логический уровень;
- 1* - входной высокий логический уровень;
- +* - входной импульсный сигнал, изменяющий своё состояние из низкого уровня в высокий и обратно в низкий уровень в рамках одной элементарной проверки;
- - входной импульсный сигнал, изменяющий своё состояние из высокого уровня в низкий и обратно в высокий уровень в рамках одной элементарной проверки;
- l* - выходной сигнал низкого уровня с низкой нагрузочной способностью;
- h* - выходной сигнал высокого уровня с низкой нагрузочной способностью;
- L* - выходной сигнал низкого уровня;
- H* - выходной сигнал высокого уровня;
- d* - выходной сигнал низкого уровня, формируемый внутренним резистором доопределения.
- u* - выходной сигнал высокого уровня, формируемый внутренним резистором доопределения;
- D* - выходной сигнал низкого уровня, формируемый внешним резистором доопределения;
- U* - выходной сигнал высокого уровня, формируемый внешним резистором доопределения;
- T* - контролируемое состояние выхода или входа с внутренним или внешним доопределением;
- X* - неопределённое состояние входа или выхода;
- Z* - высокоимпедансное состояние выхода (отключено) или отсутствие сигнала на входе.

Примеры описания тестовых воздействий

Для тестирования схемы необходимо задать тестовые воздействия для всех внешних выводов, являющихся входами или вход-выходами. Если какой-либо вход не описан, на него подаётся неопределённое состояние *X*. В тестовых воздействиях могут быть описаны и выходные сигналы. При этом

САПР автоматически сравнивает заданные значения с полученными в процессе моделирования.

Пусть для анализа поведения схемы необходимо задать тестовые воздействия, указанные на рисунке 9.12. Для удобства описания тестовые воздействия обычно разбиваются на тесты, которым присваиваются имена тестов. В приведённом примере можно выделить три теста: **Сброс**, **Запись**, **Счёт**.

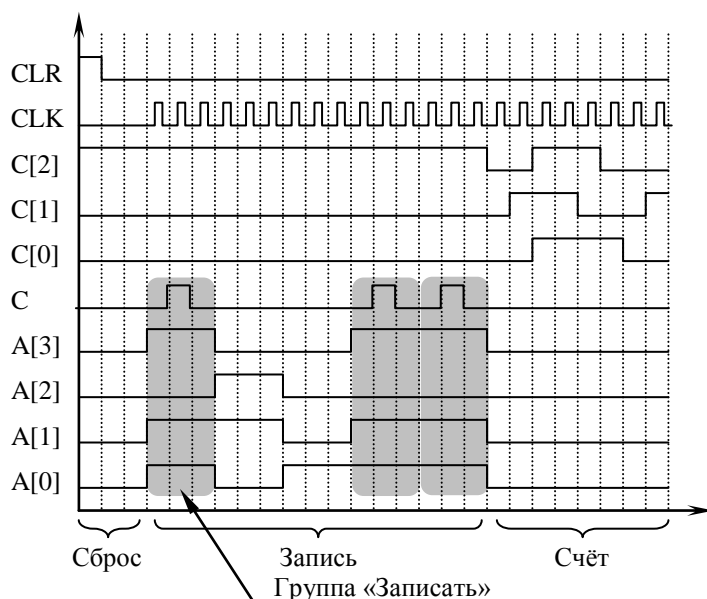


Рис.9.12. Пример тестовых воздействий

Длина теста указывается в элементарных проверках и либо задаётся в перечне тестов, либо определяется количеством ЭП самого длинного тестового воздействия в этом тесте. Например, длина теста **Сброс** составляет 2 такта по длине тестовых воздействий на входе **CLR** ($CLR = 1, 0;$), но в перечне тестов задана длина 3 ЭП. Следует отметить, что для неописанных на всю длину теста тестовых воздействий до окончания теста автоматически продлевается последнее описанное состояние сигнала.

Сброс=3, Запись, Счёт=8;

} перечень тестов

Сброс:

```
CLK = 0;
CLR = 1,0;
C[1..0]Q = 0;
C[2] = 0;
{A[*],C}H = 00;
```

Запись:

```
CLK = +:15;
CLR = 0;
C[2..0]B = 000;
{C, A[*]}H = Записать{0В,1В,0В},06:3,01:3,
                Записать:2,00;
```

Счёт:

```
C[0..2]D = 0,2,7:2,5,1,0,2;
{A[0..3],C,CLK,CLR} = 00000+0;
```

описание тестов

Длина теста **Запись** совпадает с описанной длиной тестовых воздействий, поэтому в перечне тестов его длина не указывается. Состояние не описанных на всю длину входных сигналов (например, **CLR = 0;**) автоматически продлевается до длины описанных сигналов. Описание теста начинается с его имени и после разделителя «двоеточие» следует описание тестовых воздействий, которые включают в себя имена внешних выводов (слева от разделителя «равно») и соответствующие им вектора состояний (справа от разделителя «равно»).

Самый простой способ описания – это описание отдельно каждого вывода (например, выходы **CLK** и **CLR** в тестах **Сброс** и **Запись**). Внешние выходы могут быть объединены в шины – в случае однотипных сигналов (например, шины **C[2..0]** и **A[0..3]** в тестах **Запись** и **Счёт**)– или в списки (например, список выводов **{A[0..3],C,CLK,CLR}** в тесте **Счёт**). Для них обязательно указывается форма представления (по умолчанию, двоичная). Следует отметить, что при двоичной форме представления списка выводов в его состав могут входить импульсные генераторы (например, описание списка выводов **{A[0..3],C,CLK,CLR}** в тесте **Счёт**). Внешние выходы в разных тестах могут быть описаны по-разному. Допускается различное следование сигналов в шине (например, шина **C[2..0]B** в тесте **Запись** и **C[0..2]D** в тесте **Счёт**), при этом может быть изменена и форма представления шины. Отдельные сигналы могут быть выделены из шины (например, шина **C[1..0]Q** и вывод **C[2]** в тесте **Сброс**). Внешние выходы в разных тестах могут объединяться в различные списки (например, список

выводов $\{A[0..3], C, CLK, CLR\}$ в тесте **Счёт** и список выводов $\{C, A[*]\}$ в тесте **Запись**).

Тестовые воздействия описываются с помощью векторов состояния описываемых выводов. Размерность и значения вектора состояния должны соответствовать количеству описываемых выводов и форме их представления. Вектор состояния может быть повторен необходимое число раз, что задаётся кратностью повторения. Повторяющиеся фрагменты тестовых воздействий могут быть объединены в группу (например, группа **Записать** $\{0B, 1B, 0B\}$), которая затем может быть использована при описании воздействий в рамках того же теста. Для этого задаётся имя группы, затем в круглых скобках описываются тестовые воздействия.

Описание контрольных точек

Структура описания контрольных точек

Структура описания массива контрольных точек представлена на следующей синтаксической диаграмме (рис. 9.13).

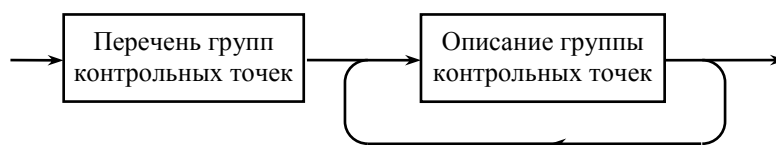


Рис.9.13. Синтаксическая диаграмма описания массива контрольных точек

Описание массива контрольных точек состоит из перечня групп контрольных точек и описания контрольных точек. Перечень групп контрольных точек – это имена групп контрольных точек, указанные через запятую. Именем группы контрольных точек является любая последовательность цифр и строчных или заглавных букв латинского или русского алфавита, кроме разделителей. Описание перечня групп контрольных точек заканчивается разделителем «точка с запятой» (рис. 9.14).

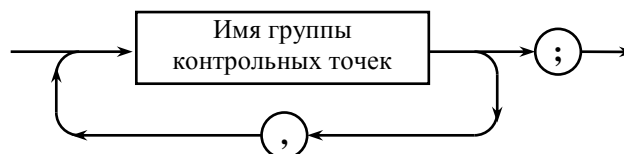


Рис.9.14. Синтаксическая диаграмма описания перечня групп контрольных точек

Описание группы контрольных точек (рис. 9.15) начинается с имени группы, после которого ставится разделитель "двоеточие". Затем следует описание группы, в котором через запятую указываются контрольные точки. В качестве контрольной точки могут быть заданы:

- ◆ контакт;
- ◆ шина однотипных контактов;
- ◆ список контактов;
- ◆ группа контактов, обозначенная меткой.

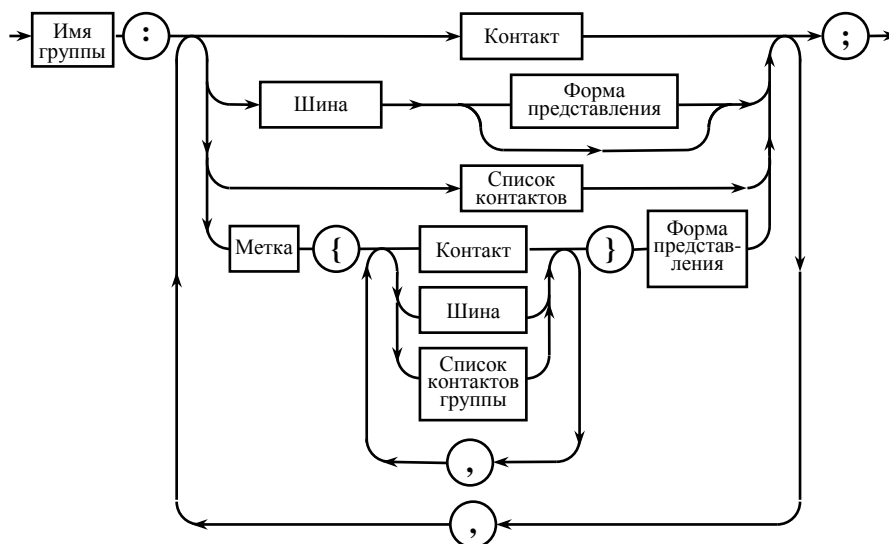


Рис.9.15. Синтаксическая диаграмма описания группы контрольных точек

9

Если контрольные точки описаны в виде контакта, списка или шины в двоичной форме представления, на временной диаграмме эти контрольные точки отображаются как независимые контакты. В случае описания в виде шины или группы, обозначенной меткой, заданные контрольные точки отображаются в виде одного группового контакта в заданной форме представления.

Описание контакта

Контактом является имя вывода микросхемы или подсхемы (рис. 9.16). В случае если необходимо задать все выводы, указывается символ *.

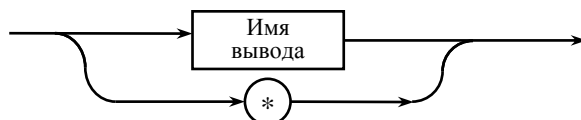


Рис.9.16. Синтаксическая диаграмма описания контакта

Описание шины однотипных контактов

Описание контрольных точек в виде шины однотипных контактов состоит из описания шины и формы ее представления, которая, по умолчанию, является двоичной. Описание шины включает в себя имя шины с указанием в прямоугольных скобках начального и конечного номера выводов в шине (рис. 9.17). В случае если необходимо задать все выводы

шины, вместо номеров указывается символ *, при этом нумерация контактов производится от старшего к младшему. Шина может состоять из одного вывода, при этом указывается только номер этого вывода.

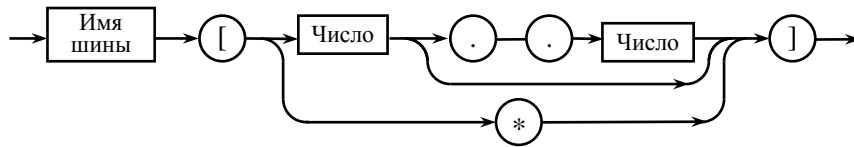


Рис.9.17. Синтаксическая диаграмма описания шины

Описание списка контактов

Описание списка контактов (рис. 9.18) включает в себя простой или составной идентификатор, соответствующий задаваемому элементу, после которого в круглых скобках через запятую указываются имена контактов, символ * для задания всех контактов подсхемы или шины контактов. Имени контакта после знака "равно" может быть присвоен синоним, который будет отображаться во временной диаграмме. Шина может быть задана в необходимой форме представления. В случае отсутствия формы представления, шина будет представлена в двоичном виде.

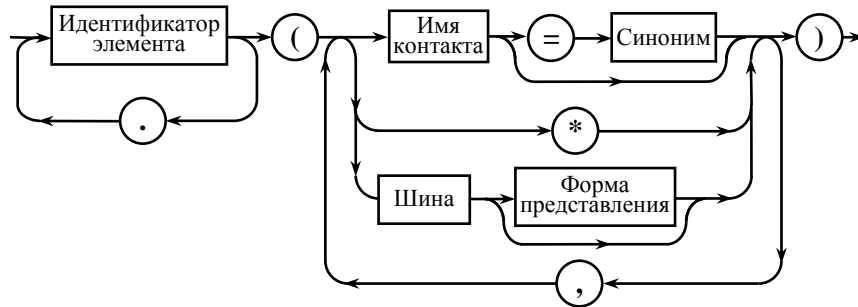


Рис.9.18. Синтаксическая диаграмма описания списка контактов

Описание списка контактов группы

Описание списка контактов группы (рис. 9.19) состоит из простого или составного идентификатора задаваемого элемента, после которого в круглых скобках через запятую указываются контакты или шины контактов.

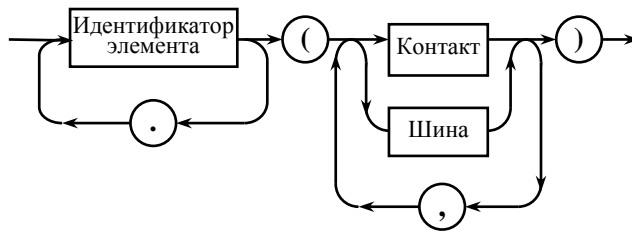


Рис.9.19. Синтаксическая диаграмма описания списка контактов группы

Примеры описания контрольных точек

Рассмотрим описание контрольных точек на примере. Пусть заданы следующие контрольные точки:

Внешние, внутренние;
Внешние: CLR, C, ГруппаС{C[*], CLK}N, A[3..1];
Внутренние: 40.19(Q[9..1]Q), 40(*);

Контрольные точки состоят из двух групп: **Внешние**, **Внутренние**. Описание группы контрольных точек начинается с его имени.

Контрольные точки в группе **Внешние** выходы CLR, C описаны как независимые контакты, шина C[*] и вывод CLK объединены в группу, обозначенную меткой **ГруппаС**, выходы A[3], A[2], A[1] описаны как шина A[3..1].

В группу **Внутренние** входят шина внутренних сигналов, которая описана как список контактов 40.19(Q[9..1]Q) и все внешние контакты подсистемы с идентификатором 40. Состав шины C[*] **задан по умолчанию**, шина Q[9..1]Q имеет восьмеричную форму представления (Q), остальные шины, по умолчанию, имеют двоичную форму представления.

Описанные контрольные точки в заданной последовательности будут отображаться в окне подсистемы моделирования. Шины и списки контактов отображаются в виде одного сигнала в указанной форме представления. Если хотя бы один из контактов, входящих в состав шины, принимает состояние неопределенности X, вся шина отображается символом X. Если все контакты шины принимает высокоимпедансное состояние, шина отображается символом Z. Контакты, заданные символом *, располагаются в алфавитном порядке.

Окно подсистемы ФЛМ

Подсистема ФЛМ активизируется командой **Моделирование меню Выполнить**, после чего открывается окно **Логическое моделирование** (рис. 9.20).

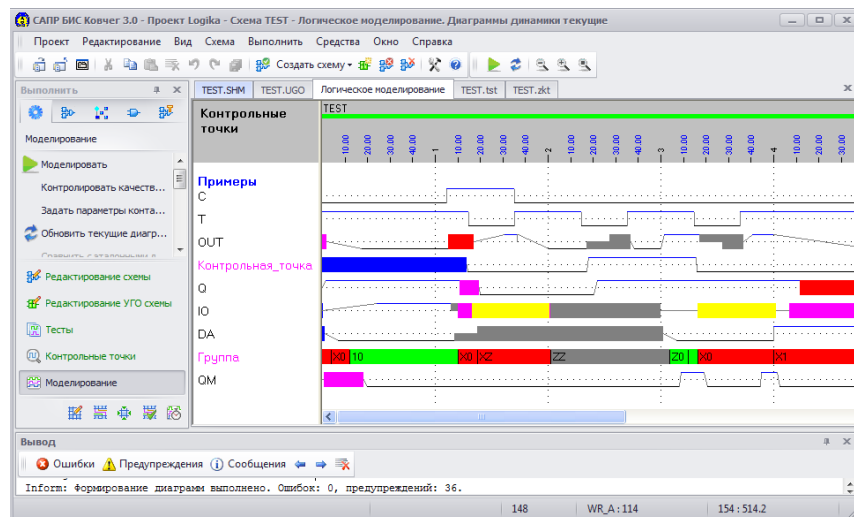


Рис.9.20. Окно **Логическое моделирование** при отображении диаграмм в режиме динамики

Окно разделено на две части. В левой части отображаются имена групп контрольных точек и имена контрольных точек, заданные в файле контрольных точек. Курсор в этой части окна имеет вид стрелки. Нажатие левой кнопки мыши обеспечивает выделение имени контакта, на котором находится курсор.

В правой части окна отображаются соответствующие заданным контактам временные диаграммы. В верхней части окна цветной линией с именем отображается текущий тест. Курсор имеет вид вертикальной линии черного цвета, по которой движется крестик. В строке сообщений, расположенной в нижней части окна, указываются: состояние шины, на которой находится крестик курсора; номер элементарной проверки, с которой начинается отображение временной диаграммы; имя текущего теста с номером элементарной проверки, на которой находится курсор; абсолютное значение времени, соответствующее положению линии курсора. В окне отображения временных диаграмм реализован режим измерения временных интервалов. Для этого двойным нажатием ЛКМ фиксируется положение линии начала интервала, появляется вторая линия курсора. Линии курсора приобретают синий цвет. В строке состояния отображается длительность текущего интервала, заключенного между линиями курсора. Отмена режима измерения осуществляется по нажатию ПКМ.

Отображение временных диаграмм

Временные диаграммы в окне **Логическое моделирование** отображаются либо в режиме статики, либо в режиме динамики. В режиме динамики состояние контрольных точек отображается в виде графиков

динамических процессов (рис.9.20). В режиме статики отображается конечное состояние контрольных точек в рамках всей элементарной проверки. На рисунке 9.21 представлена та же временная диаграмма в режиме статики. Для входов оно соответствует подаваемому состоянию сигнала, а для выходов состоянию, принимаемому сигналами в **Момент сравнения**, который задаётся командой **Задать параметры контактов** меню **Средства** окна **Логическое моделирование**. По умолчанию сравнение осуществляется на 95% длительности ЭП.

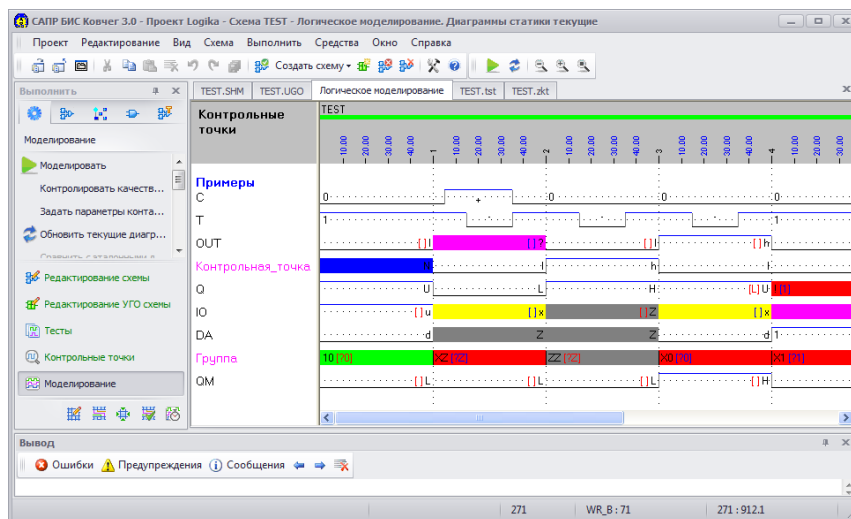


Рис.9.21. Окно **Логическое моделирование** при отображении диаграмм в режиме статики

На диаграммах статики дополнительно указывается состояние контрольной точки в виде символа: для входов в начале ЭП, а для выходов в конце ЭП. Также в квадратных скобках приводится ожидаемое состояние сигнала в случае, если оно не совпадает с заданным в файле описания тестовых воздействий значением. Если ожидаемые состояния выходных сигналов не указаны, скобки с пустым полем внутри отображаются красным цветом.

Состояние, обозначающий это состояние в режиме статики символ и внешний вид сигнала при отображении контрольных точек для режимов динамики и статики приведены в таблицах 9.1 и 9.2.

Таблица 9.1 Отображение одиночных сигналов

Состояние сигнала	Символ	Внешний вид
1	2	3
Входной высокий уровень	1	Горизонтальная линия синего цвета на верхней границе зоны отображения состояния контрольной точки в режимах статики и динамики
Выходной высокий уровень высокой нагрузочной способности	H	
Выходной высокий уровень низкой нагрузочной способности	h	
Выходной высокий уровень, задаваемый внутренним резистором доопределения	u	
Выходной высокий уровень, задаваемый внешним резистором доопределения	U	
Входной низкий уровень	0	Горизонтальная линия чёрного цвета на нижней границе зоны отображения состояния контрольной точки в режимах статики и динамики
Выходной низкий уровень высокой нагрузочной способности	L	
Выходной низкий уровень низкой нагрузочной способности	l	
Выходной низкий уровень, задаваемый внутренним резистором доопределения	d	
Выходной низкий уровень, задаваемый внешним резистором доопределения	D	

Продолжение таблицы 9.1

1	2	3
Входной импульсный генератор высокого уровня	+	Горизонтальная линия чёрного цвета на нижней границе, переходящая в линию синего цвета на верхней границе, затем переходящая в линию чёрного цвета на нижней границе зоны отображения состояния контрольной точки в режимах статики и динамики
Входной импульсный генератор низкого уровня	-	Горизонтальная линия синего цвета на верхней границе, переходящая в линию чёрного цвета на нижней границе, затем переходящая в линию синего цвета на верхней границе зоны отображения состояния контрольной точки в режимах статики и динамики
Начальная неопределённость	N	Полоса синего цвета в зоне отображения состояния контрольной точки в режимах статики и динамики
Высокоимпедансное состояние (отключено)	Z	Полоса серого цвета по всей ширине зоны отображения состояния контрольной точки в режимах статики и динамики
Некорректное объединение сигналов (слабое короткое замыкание)	x	Полоса жёлтого цвета в зоне отображения состояния контрольной точки в режимах статики и динамики
Неопределённое состояние	X	Полоса розового цвета в зоне отображения состояния контрольной точки в режимах статики и динамики
Короткое замыкание	!	Полоса красного цвета в зоне отображения состояния контрольной точки в режимах статики и динамики
Неизвестное состояние (фронт сигнала или хранение на ёмкости)	?	Полоса розового цвета в зоне отображения состояния контрольной точки в режиме статики

Продолжение таблицы 9.1

1	2	3
Фронт переключения состояния сигнала		Наклонная линия черного цвета в зоне отображения состояния контрольной точки в режиме динамики
Хранение на емкости		Полоса серого цвета на половину ширины зоны отображения состояния контрольной точки в режиме динамики

Таблица 9.2 Отображение групповых сигналов

Состояние сигналов	Внешний вид
Все входящие в группу выводы имеют определённые состояния	Полоса зелёного цвета в зоне отображения состояния контрольной точки, на фоне которой указано состояние входящих в группу сигналов в заданной форме представления
Хотя бы один входящий в группу вывод имеет неопределённое состояние	Полоса красного цвета в зоне отображения состояния контрольной точки, на фоне которой указано состояние входящих в группу сигналов в заданной форме представления
Все входящие в группу выводы имеют высокоимпедансное состояние	Полоса серого цвета в зоне отображения состояния контрольной точки, на фоне которой указано состояние входящих в группу сигналов в виде символа Z

Меню Средства подсистемы ФЛМ

Меню Средства подсистемы ФЛМ объединяет команды подготовки и обеспечения моделирования активной схемы (рис. 9.22).

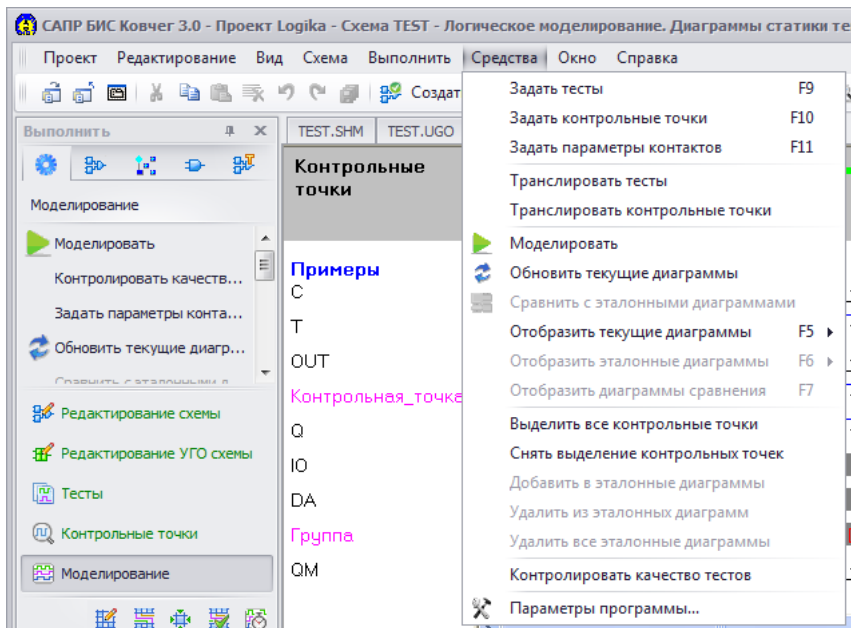


Рис.9.22. Меню Средства подсистемы ФЛМ

Меню Средства подсистемы ФЛМ включает в себя 6 групп команд:

группа подготовки исходных данных для моделирования:

- Задать тесты;**
- Задать контрольные точки;**
- Задать параметры контактов;**

группа трансляторов:

- Транслировать тесты;**
- Транслировать контрольные точки;**

группа формирования временных диаграмм:

- Моделировать;**
- Обновить текущие диаграммы;**
- Сравнить с эталонными диаграммами;**
- Отобразить текущие диаграммы;**
- Отобразить эталонные диаграммы;**
- Отобразить диаграммы сравнения;**

группа формирования эталонных диаграмм:

- Выделить все контрольные точки;**
- Снять выделение со всех контрольных точек;**

Добавить в эталонные диаграммы;
Удалить из эталонных диаграмм;
Удалить все эталонные диаграммы;
 команда проверки качества тестов:
Контролировать качество тестов;

Команда Задать тесты

Команда **Задать тесты** обеспечивает открытие окна текстового редактора, обеспечивающего подготовку файла тестовых воздействий для тестирования активной схемы.

При этом вместо меню **Средства** в строке меню появляется меню **Редактор**, которое включает в себя команды текстового редактора (см. раздел 6). В строке сообщений указываются соответственно номера строки и символа, на котором находится курсор ввода текста.

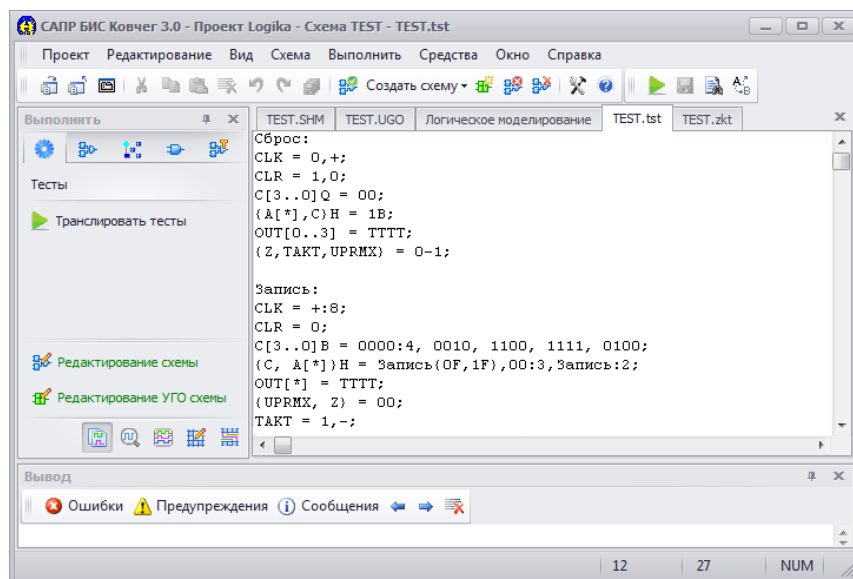


Рис.9.23. Окно задания тестовых воздействий

Команда Задать контрольные точки

Команда позволяет задать контрольные точки просмотра временных диаграмм для активной схемы. При её активизации открывается окно **Контрольные точки** (рис. 9.24), которое содержит меню **Редактор**, объединяющее команды редактирования текстового редактора (смотри раздел 6). При первой активизации команды выполняется автоматическое формирование файла описания контрольных точек и его открытие в окне редактирования.

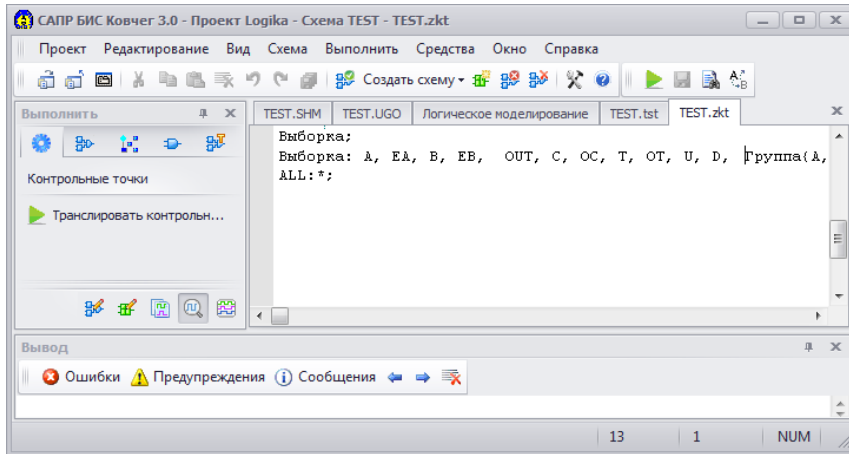


Рис.9.24. Окно задания контрольных точек

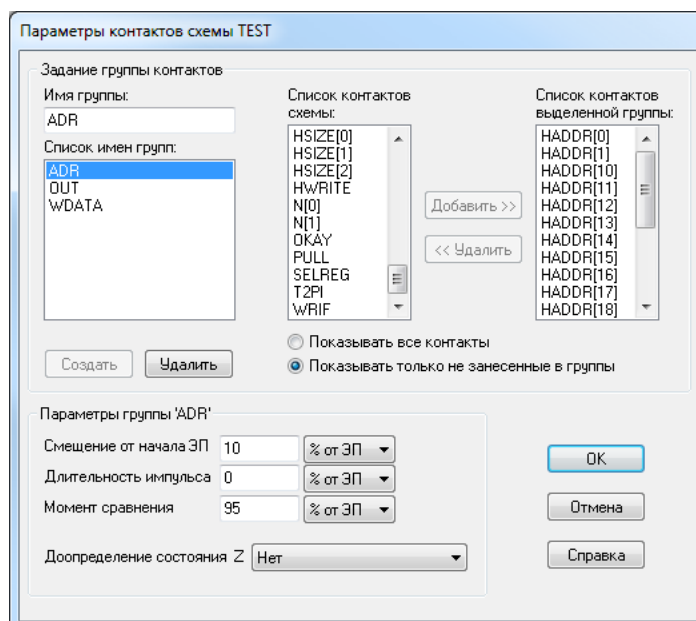
Команда Задать параметры контактов

Команда позволяет задать временные параметры для внешних контактов активной схемы и объединить контакты в группы. После активизации команды открывается окно **Параметры контактов схемы** (рис. 9.25), которое включает в себя два поля: поле **Задание группы контактов** и поле **Параметры группы**.

Поле **Задание группы контактов** обеспечивает формирование групп контактов, имеющих одинаковые временные параметры. В этом поле располагаются три списка:

- список имён групп;
- список контактов схемы;
- список контактов группы.

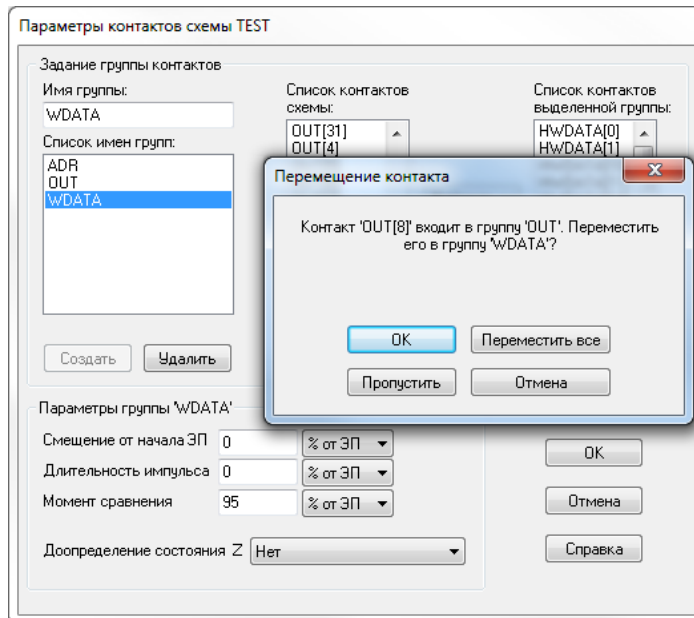
Над списком имён групп находится поле **Имя группы**, в котором указывается имя активной группы контактов. Набор имени сопровождается контекстным поиском указанного имени в списке имён групп. Под списком располагаются кнопки **Создать** и **Удалить**. Если имя, заданное в поле **Имя группы**, отсутствует в списке, кнопка **Создать** становится активной и позволяет создать новую группу контактов. При этом имя созданной группы вносится в список имён групп и выделяется. Если заданное имя совпадает с именем существующей группы, активной становится кнопка **Удалить**, которая позволяет удалить эту группу контактов после подтверждения удаления. Двойное нажатие левой кнопки мыши обеспечивает выделение имени группы и занесение его в поле **Имя группы**.

Рис.9.25. Окно **Параметры контактов схемы**

После задания имени группы активизируется процесс формирования группы контактов. При выделении в **Списке контактов схемы** имён контактов, которые войдут в формируемую группу, кнопка **Добавить>>** становится активной и обеспечивает перемещение указанных контактов в **Список контактов группы**. В **Списке контактов схемы** отображаются либо имена всех контактов, либо только имена не занесённых в группы контактов. Режим отображения определяется состоянием переключателей, находящихся под списком контактов схемы.

Выделение имен контактов выполняется нажатием левой кнопки мыши на имени контакта. Нажатие левой кнопки мыши, при наличии выделенных контактов, отменяет это выделение и обеспечивает выделение только того контакта, на котором находится курсор. Нажатие левой кнопки мыши, при наличии выделенных контактов, одновременно с нажатием клавиши **Shift** позволяет выделить все контакты, находящиеся в списке между последним выделенным именем контакта и положением курсора. Одновременное нажатие левой кнопки мыши с нажатием клавиши **Ctrl** обеспечивает выделение или снятие выделения с имени контакта, на котором находится курсор.

Контакт не может входить более чем в одну группу. При попытке занести один или несколько контактов в другую группу появляется окно **Перемещение контакта** (рис. 9.26), которое позволяет либо переместить контакты в другую группу, либо не перемещать их из группы, в которой они находятся.

Рис.9.26. Окно **Перемещение контакта**

9

Список контактов выделенной группы включает в себя имена контактов группы, имя которой указано в поле **Имя группы**. Для удаления контактов из данного списка необходимые имена контактов выделяются, кнопка <<**Удалить**>> становится активной и обеспечивает удаление контактов из выделенной группы.

Для выделенного контакта в **Списке контактов схемы** или для контактов, входящих в группу, имя которой выделено в **Списке имён групп** могут быть заданы следующие временные параметры:

Смещение от начала ЭП – заданная в данном поле цифра, соответствующая времени, на которое будут задержаны входные тестовые воздействия от начала каждой элементарной проверки. Размерность цифры пределяется выбором из списка, находящегося справа от поля и задаётся либо в наносекундах, либо в процентах от длительности элементарной проверки. Смещение не может превышать 99,99% длительности элементарной проверки. По умолчанию, смещение отсутствует;

Длительность импульса – заданная в данном поле цифра, соответствующая длительности импульса входного импульсного генератора. Задаётся либо в наносекундах, либо в процентах от длительности элементарной проверки. Этот параметр задаётся только для одиночных контактов, на которые подаётся импульсный сигнал. Суммарное время смещения и длительности импульсного

генератора не может превышать 99,99% длительности элементарной проверки. По умолчанию, смещение отсутствует;

Момент сравнения – заданная в данном поле цифра, соответствующая времени определения состояния выходного сигнала. Задаётся либо в наносекундах, либо в процентах от длительности элементарной проверки. Это время соответствует моменту измерения выходного сигнала на контрольно-диагностическом оборудовании, не может превышать 100% длительности элементарной проверки. По умолчанию, момент сравнения для выходных контактов составляет 95% от длительности элементарной проверки.

Кроме указанных временных параметров может быть задан режим доопределения контактов, которые имеют высокоимпедансное состояние. Выбор режима осуществляется из списка, находящегося в поле **Доопределение состояния Z:**

Нет – режим доопределения отключен;

До низкого уровня – режим доопределения до низкого логического уровня, при котором моделирование выполняется при условии, что к выделенным одиночным контактам или контактам выделенной группы подключается внешний резистор доопределения до низкого уровня номиналом 30 кОм;

До высокого уровня – режим доопределения до высокого логического уровня, при котором моделирование выполняется при условии, что к выделенным одиночным контактам или контактам выделенной группы подключается внешний резистор доопределения до высокого уровня номиналом 30 кОм.

Сохранение заданных параметров осуществляется по нажатию кнопки **ОК**. В момент сохранения выполняется проверка корректности их задания.

Команда Транслировать тесты

Команда **Транслировать тесты** обеспечивает трансляцию тестовых воздействий, подготовленных с помощью команды **Задать тесты**. Если в тестовых воздействиях нет ошибок, выдаётся соответствующее сообщение. В случае выявления ошибок автоматически открывается окно **Сообщения**, в которое помещается список ошибок трансляции. Двойное нажатие левой кнопки мыши в этом окне на сообщении об ошибке обеспечивает автоматическое открытие файла с тестовыми воздействиями и перемещение курсора в строку, где обнаружена ошибка.

Команда Транслировать контрольные точки

Команда **Транслировать контрольные точки** обеспечивает трансляцию массива контрольных точек, подготовленных с помощью команды

Задать контрольные точки. Если в массиве контрольных точек нет ошибок, выдаётся соответствующее сообщение. В случае наличия ошибок, автоматически открывается окно **Сообщения**, в которое помещается список ошибок трансляции. Двойное нажатие левой кнопки мыши в этом окне на сообщении об ошибке обеспечивает автоматическое открытие файла с описанием контрольных точек и перемещение курсора в строку, где обнаружена ошибка.

Команда Моделировать

Команда **Моделировать** активизирует процесс моделирования активной схемы с учётом параметров моделирования, заданных в меню **Параметры**, и параметров контактов. Состояние процесса моделирования отображается в окне **Моделирование** (рис. 9.27).

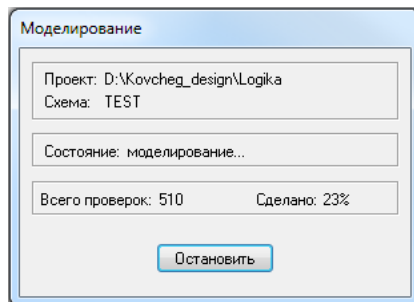


Рис.9.27. Окно **Моделирование**

Моделирование может быть остановлено кнопкой **Остановить**. Список ошибок и предупреждений, возникших в процессе моделирования, отображается в окне **Сообщения**. После завершения моделирования в окне **Логическое моделирование** отображаются полученные временные диаграммы для заданных контрольных точек. При этом зона заголовка **Контрольные точки** в левой части окна **Логическое моделирование** имеет серый цвет.

Активизация команды **Моделирование** осуществляется либо выбором команды в меню **Средства**, либо по одновременному нажатию функциональных клавиш **Ctrl** и **F8**.

Команда Обновить текущие диаграммы

В процессе анализа временных диаграмм возникает необходимость перегруппировки списка контрольных точек без его расширения. Команда **Обновить текущие диаграммы** позволяет без повторного моделирования схемы отобразить временные диаграммы, полученные в процессе последнего моделирования активной схемы в соответствии с новым списком контрольных точек. При отображении текущих диаграмм зона заголовка

Контрольные точки в левой части окна **Логическое моделирование** имеет серый цвет.

Команда Сравнить с эталонными диаграммами

Команда **Сравнить с эталонными диаграммами** осуществляет автоматическое сравнение заданных эталонных диаграмм с полученными в результате последнего моделирования активной схемы реакциями. Активизация команды осуществляется выбором команды в меню **Средства**.

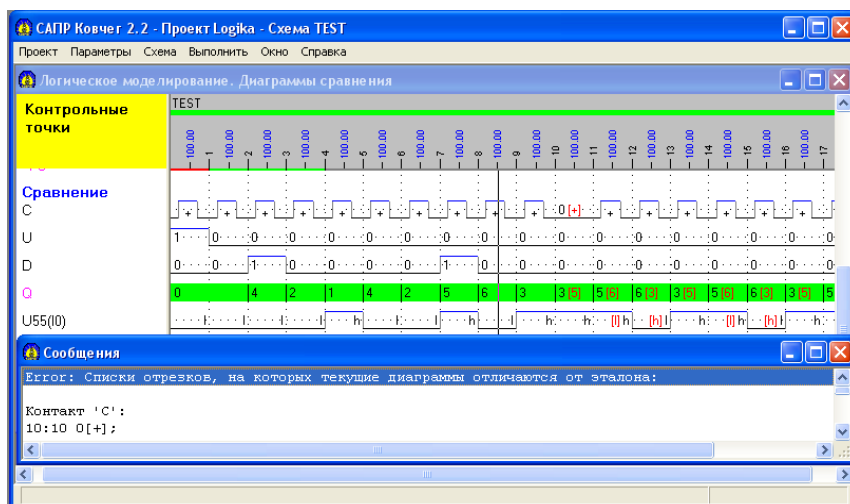


Рис.9.28. Результаты сравнения с эталоном

В случае выявления несоответствия вычисленных реакций эталонным диаграммам в окне **Сообщения** формируется список ошибок, а в окне **Логическое моделирование** отображается диаграмма сравнения, в которой в местах несовпадения в квадратных скобках красным цветом отображаются эти несоответствия (рис. 9.28). Эталонные диаграммы могут содержать информацию не по всем контрольным точкам. В этом случае в диаграмме сравнения для контактов, которые не имеют эталонных диаграмм, указываются незаполненные квадратные скобки красного цвета, символизирующие отсутствие данных для сравнения. При отображении диаграмм сравнения зона заголовка **Контрольные точки** в левой части окна **Логическое моделирование** имеет жёлтый цвет.

Команда Отобразить текущие диаграммы

Команда **Отобразить текущие диаграммы** позволяет отобразить в окне **Логическое моделирование** временные диаграммы, полученные в процессе последнего моделирования активной схемы в одном из двух режимов отображения: **Статика** или **Динамика**. Выбор режима осуществляется в списке режимов, находящемся во всплывающем меню

справа от команд. Галочкой помечается активный в данный момент режим. Повторная активизация команды осуществляет изменение режима отображения диаграмм. При отображении текущих диаграмм левая часть окна **Логическое моделирование** имеет серый цвет.

Активизация команды выполняется либо выбором данной её в меню **Средства**, либо функциональной кнопкой **F5**.

Команда **Отобразить эталонные диаграммы**

При тестировании схемы удобно пользоваться механизмом формирования эталонных воздействий и реакций. Для этого некоторый набор контрольных точек с их диаграммами сохраняется как эталонный. Команда **Отобразить эталонные диаграммы** позволяет отобразить в окне **Логическое моделирование** эталонные временные диаграммы в одном из двух режимов отображения: **Статика** или **Динамика**. Выбор режима отображения осуществляется из списка режимов, находящегося справа от команды **Отобразить эталонные диаграммы**. Галочкой помечается активный в данный момент режим. Повторная активизация команды обеспечивает отображение диаграмм в другом режима. Эталонные диаграммы отображаются в соответствии с заданным списком контрольных точек (рис. 9.29). При отображении эталонных диаграмм зона заголовка **Контрольные точки** в левой части окна **Логическое моделирование** имеет зелёный цвет.

9

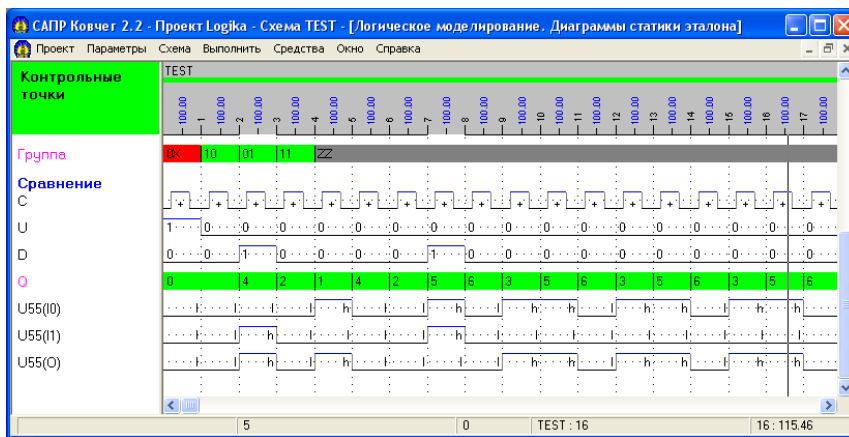


Рис.9.29. Отображение эталонных диаграмм

Активизация команды **Отобразить эталонные диаграммы** выполняется либо выбором команды в меню **Средства**, либо по функциональной кнопке **F6**.

Команда Отобразить диаграммы сравнения

Команда **Отобразить диаграммы сравнения** позволяет отобразить в окне **Логическое моделирование** временные диаграммы сравнения, полученные в результате последнего выполнения команды **Сравнить с эталонными диаграммами**. При отображении диаграмм сравнения зона заголовка **Контрольные точки** в левой части окна **Логическое моделирование** имеет жёлтый цвет.

Активизация команды выполняется либо выбором команды **Отобразить диаграммы сравнения** в меню **Средства**, либо по функциональной кнопке **F7**.

Команда Выделить все контрольные точки

Для формирования эталонных диаграмм необходимо выделить текущие диаграммы соответствующих контактов и занести их в эталон. Выделение диаграмм осуществляется либо нажатием левой кнопки мыши в области имени контакта, на котором находится курсор, либо с помощью команды **Выделить все контрольные точки** (рис. 9.30).

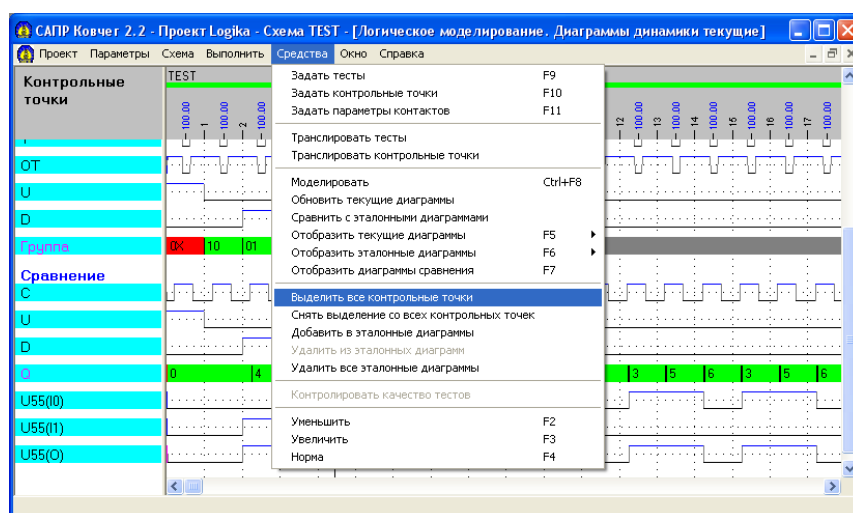


Рис.9.30. Выделение всех контрольных точек

Выделение диаграмм можно осуществить либо в окне отображения текущих диаграмм, либо в окне отображения диаграмм сравнения. Имя контакта при этом выделяется цветом.

Команда Снять выделение со всех контрольных точек

Команда обеспечивает снятие выделения со всех ранее выделенных контрольных точек.

Команда **Добавить в эталонные диаграммы**

Команда **Добавить в эталонные диаграммы** обеспечивает сохранение временных диаграмм, соответствующих выделенным в левой части окна **Логическое моделирование** контактам, в файле эталонных диаграмм.

Команда **Удалить из эталонных диаграмм**

Команда обеспечивает удаление временных диаграмм выделенных контрольных точек из файла эталонных диаграмм. Выделение диаграмм осуществляется нажатием левой кнопки мыши в области имени контакта, на котором находится курсор. Имя контакта при этом выделяется цветом.

Команда **Удалить все эталонные диаграммы**

Команда обеспечивает удаление всех эталонных диаграмм без их предварительного выделения.

Команда **Контролировать качество тестов**

Команда активна только для головной схемы при наличии файла тестовых воздействий и обеспечивает моделирование в нормальных условиях без учёта топологии и имитации шума с последующим контролем пригодности тестов для формирования программы контроля. В результате успешного выполнения команды создаётся файл тестов с реакциями, который используется при формировании программы контроля и при выполнении аттестации проекта.

В процессе выполнения команды проверяется наличие ошибок моделирования, соответствие файла размещения файлу описания головной схемы и условие размещения всех периферийных элементов. При невыполнении этих условий выдаются соответствующие сообщения. Для устранения несоответствий в файле размещения необходимо откорректировать или обновить размещение ячеек с помощью команды **Сохранить файл** меню **Редактор** окна подсистемы размещения ячеек (раздел 10).

При отсутствии ошибок выполняется контроль пригодности тестов для формирования программы контроля, а именно проверяется наличие в тестах элементарных проверок для измерения следующих электрических параметров микросхем:

- ◆ токов утечки на входах и вход-выходах;
- ◆ токов доопределения внутренних резисторов;
- ◆ напряжений логических уровней выходных элементов под нагрузкой;
- ◆ тока потребления микросхемы.

Для измерения токов утечки на входах и вход-выходах выбираются элементарные проверки, в которых на измеряемых выводах отсутствуют

внутренние источники сигнала. Для измерения значений токов доопределения внутренних резисторов используются элементарные проверки, в которых включены только резисторы доопределения. Логические уровни выходных элементов под нагрузкой проверяются для элементов выхода и вход –выхода отдельно для высокого и низкого уровня. Для измерения тока потребления используются элементарные проверки, в которых на всех внешних выводах микросхемы отключены внутренние резисторы доопределения.

Если перечисленные требования по измерению электрических параметров микросхем выполняются, формируется файл тестов с реакциями. При наличии ошибок файл с реакциями не формируется, список ошибок и предупреждений, возникших в процессе выполнения команды, отображается в окне **Сообщения**.