

Раздел 8. Подсистема функционально-логического моделирования

Основные характеристики подсистемы ФЛМ	8-1
Назначение подсистемы ФЛМ.....	8-1
Основные характеристики подсистемы ФЛМ	8-1
Входная информация подсистемы ФЛМ.....	8-2
Модели логических элементов	8-2
Алфавит моделирования	8-4
Синтаксические диаграммы	8-5
Описание тестовых воздействий.....	8-5
Структура описания тестовых воздействий	8-5
Описание внешних выводов	8-7
Описание шины.....	8-7
Описание списка внешних выводов.....	8-8
Описание формы представления	8-8
Описание тестовых воздействий	8-9
Примеры описания тестовых воздействий	8-11
Описание контрольных точек.....	8-14
Структура описания контрольных точек.....	8-14
Описание контакта.....	8-15
Описание шины одностипных контактов.....	8-16
Описание списка контактов	8-16
Описание формы представления	8-17
Описание списка контактов группы	8-17
Примеры описания контрольных точек.....	8-18
Окно подсистемы ФЛМ	8-19
Отображение временных диаграмм в режиме динамики.....	8-20
Отображение временных диаграмм в режиме статики	8-24
Меню Средства подсистемы ФЛМ	8-28
Функция Задать тесты	8-29
Функция Задать контрольные точки	8-30
Функция Задать параметры контактов	8-30
Функция Транслировать тесты	8-35
Функция Транслировать контрольные точки	8-35
Функция Моделировать	8-36
Функция Обновить текущие диаграммы	8-36
Функция Сравнить с эталонными диаграммами	8-37

Функция Отобразить текущие диаграммы	8-38
Функция Отобразить эталонные диаграммы	8-38
Функция Отобразить диаграммы сравнения	8-39
Функция Выделить все контрольные точки	8-39
Функция Снять выделение со всех контрольных точек	8-40
Функция Добавить в эталонные диаграммы	8-40
Функция Удалить из эталонных диаграмм	8-40
Функция Удалить все эталонные диаграммы	8-41
Функция Формировать тесты с реакциями	8-41
Функция Формировать программу контроля	8-42

Основные характеристики подсистемы ФЛМ

Назначение подсистемы ФЛМ

Подсистема 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 узлов и фрагментов БИС, а также БИС в целом;
- ◆ временное логическое моделирование БИС;
- ◆ формирование эталонных реакций внешних и внутренних сигналов БИС;
- ◆ временную верификацию проекта БИС;
- ◆ 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 полюса при нарастании ($0 \rightarrow 1$) и спаде ($1 \rightarrow 0$) сигнала;
- ◆ результат взаимодействия сигналов в схеме определяется с учётом мощности сигнала; различаются "слабые" (сигналы с низкой нагрузочной способностью) и "сильные" (сигналы с высокой нагрузочной способностью) сигналы, а также различные состояния неопределённости сигнала: начальная неопределенность, короткое замыкание, логическая неопределённость, отсутствие проводимости, "слабая" неопределённость;

- ◆ подсистема позволяет моделировать эффекты хранения информации на внутренних емкостях и на емкостях внешних контактов;
- ◆ подсистема позволяет задавать моменты подачи входных сигналов и моменты анализа состояния выходных сигналов, выполнять доопределение высокоимпедансного состояния на выходных контактах БИС;
- ◆ подсистема позволяет анализировать состояние контактов цепей с учётом напряжения питания, температуры, крутизны транзисторов и топологии цепи в режимах статики и динамики;
- ◆ моделирование производится по временным диаграммам, заданным в текстовой форме.

Входная информация подсистемы ФЛМ

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

8

Модели логических элементов

Подсистема ФЛМ использует логические модели, которые применяются для описания периферийных элементов (модели мощных выходных транзисторов, транзисторов доопределения внешнего вывода и моделей подключения контактных площадок), и базовых логических элементов поля БМК. Библиотечные элементы, не имеющие собственных моделей, описываются в виде структур, состоящих из библиотечных элементов, которым соответствуют базовые логические модели. В диагностиках подсистемы ФЛМ, кроме контактов библиотечных элементов, указываются и внутренние узлы, соответствующие элементам, входящим в эти структуры. Структуры в виде электрических схем приведены в описаниях соответствующих 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 активного элемента в общем случае можно представить в виде логической функции, выполняемой данным элементом, и выходного каскада, состоящего из двух резисторов R_1 и R_0 . Логическая функция (ЛФ), 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.

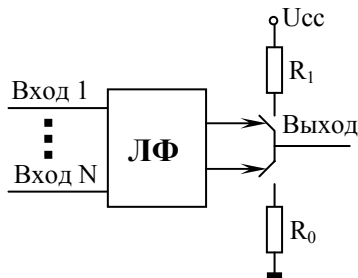


Рис.8.1. Структурная схема логической модели

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 $0,75 \cdot U_{cc}$, 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.

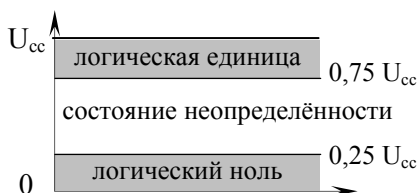


Рис.8.2. Значения уровней логических сигналов

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

Структура описания тестовых воздействий

Структуру описания тестовых воздействий можно представить в виде следующей синтаксической диаграммы:

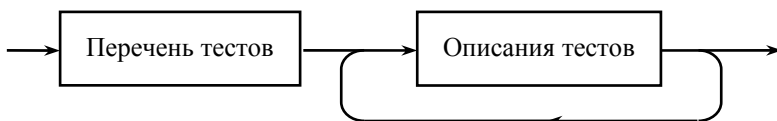


Рис.8.3. Синтаксическая диаграмма описания тестовых воздействий

Описание тестовых воздействий состоит из перечня тестов и описаний тестов. Перечень тестов – это имена тестов (тестовых последовательностей) с указанием, при необходимости, их длины, – перечисленные через запятую. Для задания длины теста после имени теста ставится разделитель "равно", и указывается число, равное длине теста. 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».

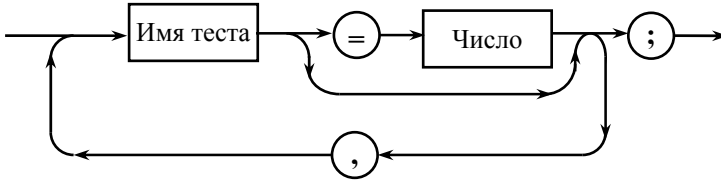


Рис.8.4. Синтаксическая диаграмма описания перечня тестов

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".

8

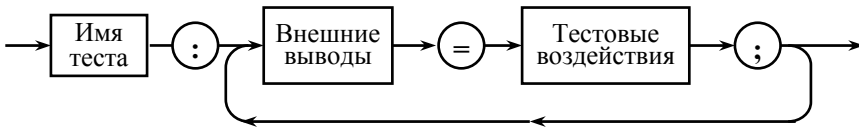


Рис.8.5. Синтаксическая диаграмма описания тестов

Описания тестов могут следовать в произвольном порядке.

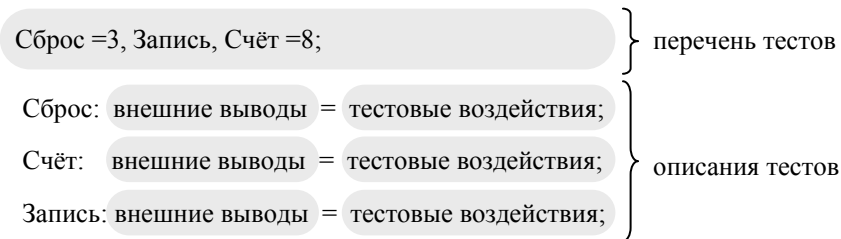


Рис.8.6. Структура описания тестовых воздействий

Описание внешних выводов

Внешние выводы могут быть заданы в следующем виде:

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

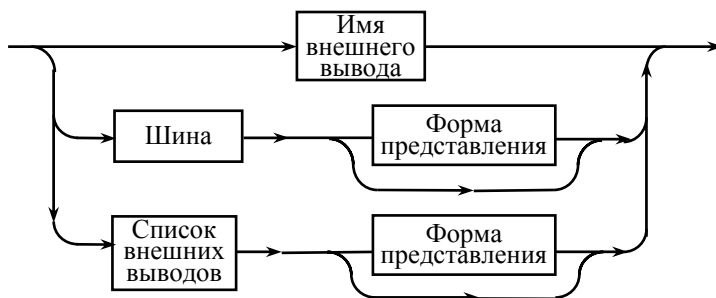


Рис.8.7. Синтаксическая диаграмма описания внешних выводов

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

8

Описание шины

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

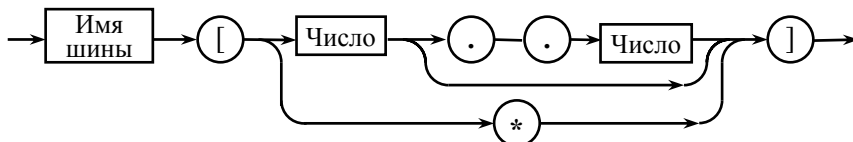


Рис.8.8. Синтаксическая диаграмма описания шины

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, при этом 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.

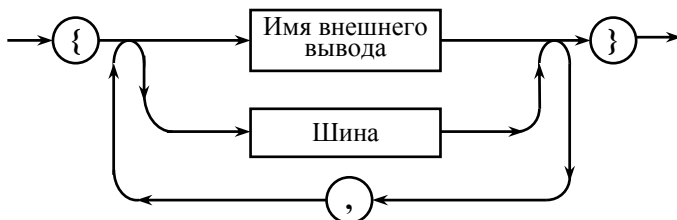
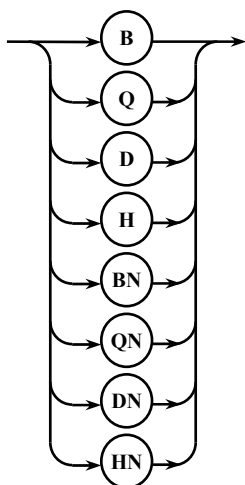


Рис.8.9. Синтаксическая диаграмма описания списка внешних выводов

8 Описание формы представления

Форма представления позволяет задать форму, в которой необходимо представить шину или группу контактов, имеющих 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.

Рис.8.10. Синтаксическая диаграмма описания формы представления

По умолчанию, форма представления двоичная.

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.

Вектор состояния – это набор сигналов, которые характеризуют состояние соответствующих внешних выводов. Допустимые значения сигналов обозначаются следующими символами:

- 0** - входной низкий логический уровень;
- 1** - входной высокий логический уровень;
- +** - входной импульсный сигнал, изменяющий своё состояние из низкого уровня в высокий уровень, и обратно – в низкий уровень в рамках одной элементарной проверки;
- - входной импульсный сигнал, изменяющий своё состояние из высокого уровня в низкий уровень, 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;
- T** - контролируемое состояние выхода;
- X** - неопределённое состояние вывода;
- Z** - высокоимпедансное состояние вывода (отключено);
- u** - выходной сигнал высокого уровня, формируемый внешним резистором доопределения;
- d** - выходной сигнал низкого уровня, формируемый внешним резистором доопределения.

Тестовые воздействия для выводов, являющихся входами или вход – выходами, должны быть заданы обязательно. Тестовые воздействия для выходов служат для проверки правильности функционирования, они могут отсутствовать.

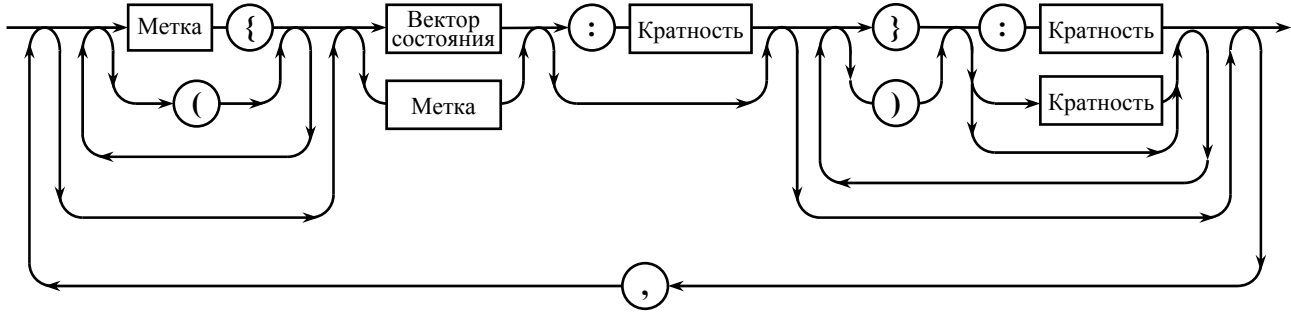


Рис.8.11. Синтаксическая диаграмма описания тестовых воздействий

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

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.

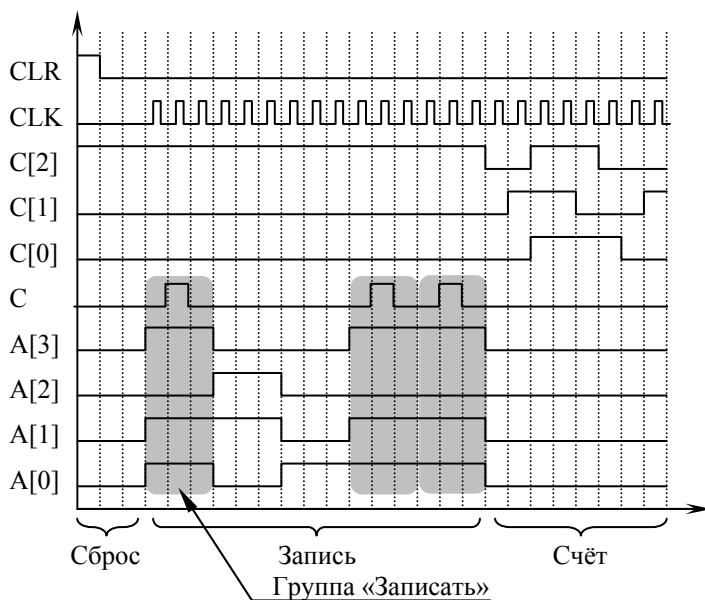


Рис.8.12. Пример тестовых воздействий

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

При задании 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**.

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.

8

```
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]V = 0000;
{C, A[*]}H = Запись{0V,1V,0V},06:3,01:3,
              Запись:2,00;
```

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

} описания 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 – это описание отдельно каждого вывода (например, выводы **CLK** и **CLR** в тестах **Сброс** и **Запись**). Внешние выводы 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 выводы 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 выводы 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[*]}H** 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.

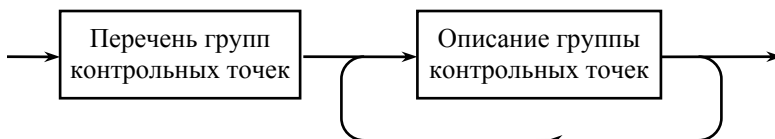


Рис.8.13. Синтаксическая диаграмма описания массива контрольных точек

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.8.14. Синтаксическая диаграмма описания перечня групп контрольных точек

Описание группы контрольных точек 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.

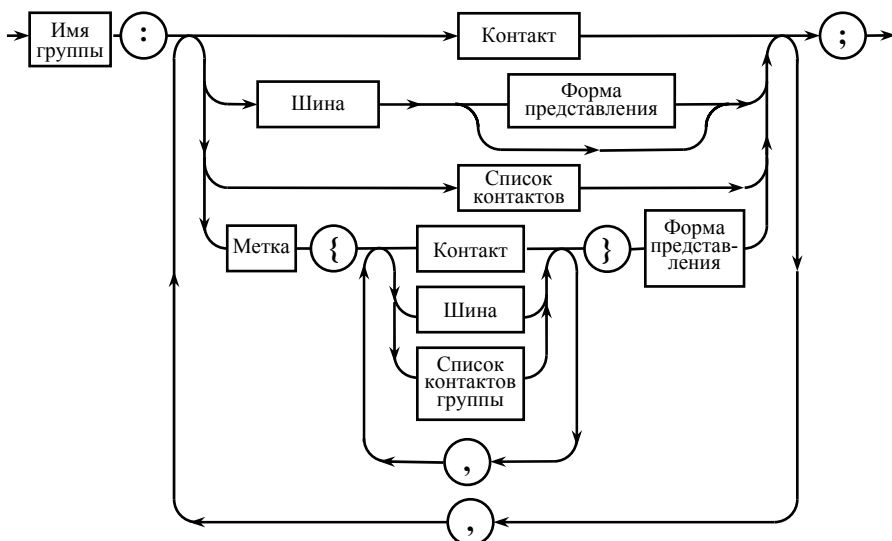


Рис.8.15. Синтаксическая диаграмма описания группы контрольных точек

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. В случае, если необходимо задать все выходы, указывается символ *.

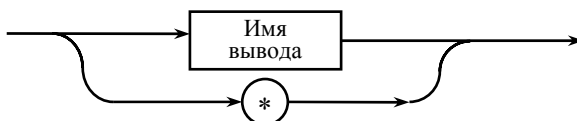


Рис.8.16. Синтаксическая диаграмма описания контакта

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. 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.

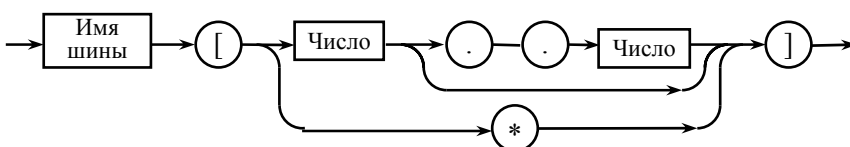


Рис.8.17. Синтаксическая диаграмма описания шины

8 Описание списка контактов

Описание списка контактов включает в себя простой или составной идентификатор, соответствующий задаваемому элементу, после которого в круглых скобках через запятую указываются контакты или шины контактов. Причём шина может быть задана в той или иной форме представления. В случае отсутствия формы представления, шина будет представлена в двоичном виде.

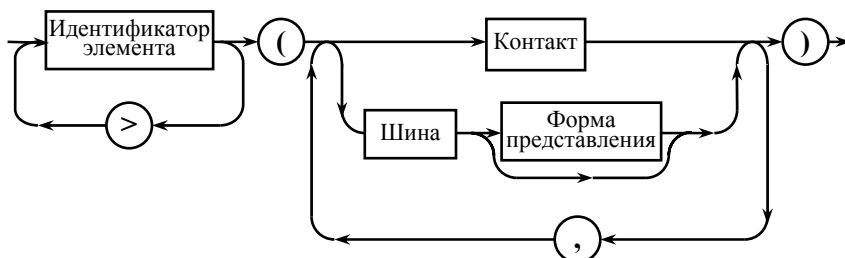


Рис.8.18. Синтаксическая диаграмма описания списка контактов

Описание формы представления

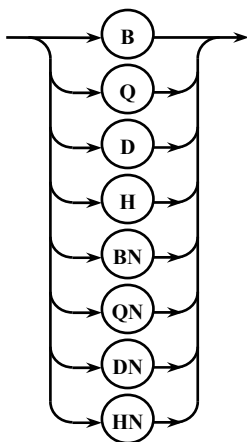


Рис.8.19. Синтаксическая диаграмма описания формы представления

Форма представления позволяет определить форму, в которой необходимо представить шину или группу контактов, имеющих 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.

8

По умолчанию, форма представления – двоичная.

Описание списка контактов группы

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

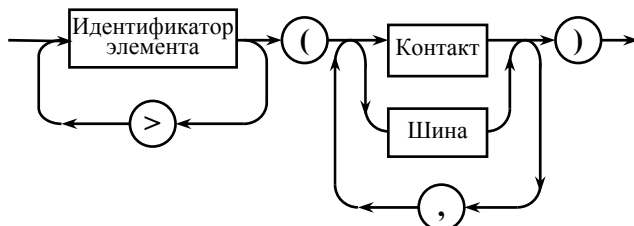


Рис.8.20. Синтаксическая диаграмма описания списка контактов

Примеры описания контрольных точек

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

Внешние, внутренние;

Внешние: CLR, C, ГруппаC{C[*], CLK}N, A[3..1];

Внутренние: 40>19(Q[9..1]Q);

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 **ГруппаC**, выходы A[3], A[2], A[1] описаны как шина A[3..1]. В группу **Внутренние** входит шина внутренних сигналов, которая описана как список контактов 40>19(Q[9..1]Q). 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.

Окно подсистемы ФЛМ

Подсистема ФЛМ активизируется функцией **Моделирование** меню **Выполнить**, после чего открывается окно **Логическое моделирование**.

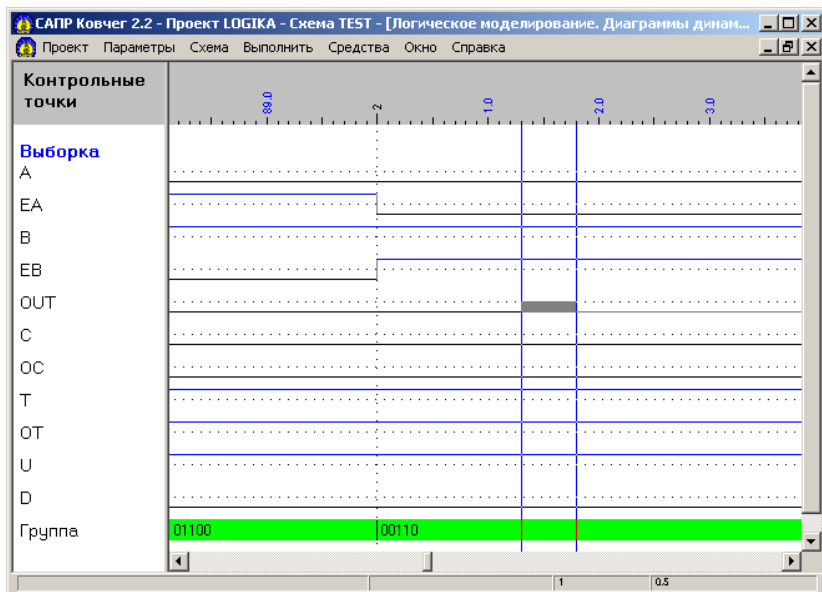


Рис.8.21. Окно **Логическое моделирование**

Окно разделено на две части. В левой части указываются 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. Курсор имеет вид вертикальной линии, по которой двигается крестик. В строке сообщений окна логического моделирования, расположенной в нижней части окна, указывается количество отмоделированных проверок, абсолютное значение времени, соответствующее положению линии курсора, а также состояние шины, помеченное крестиком курсора.

Временные диаграммы отображаются в окне **Логическое моделирование** в режиме статики или в режиме динамики.

Отображение временных диаграмм в режиме динамики

В режиме динамики состояние контрольных точек отображается в виде графиков динамических процессов. Внешний вид сигналов рассмотрим на примере тестовой функциональной схемы.

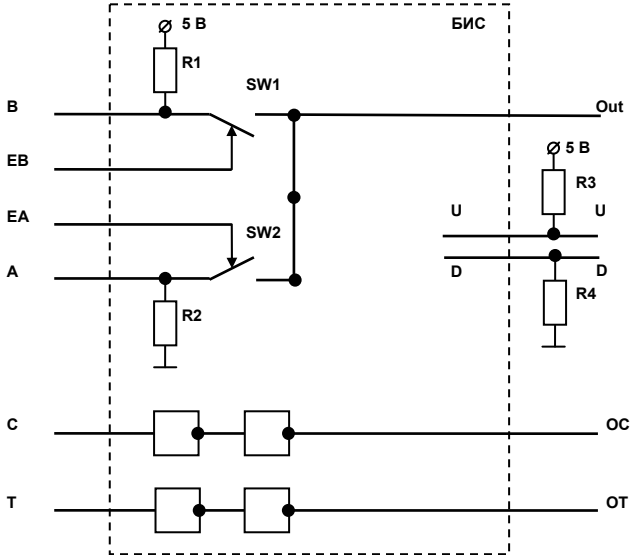


Рис.8.22. Функциональная схема

Внешние выходы **A** и **B** имеют внутренние резисторы доопределения **R1** и **R2** соответственно до низкого и высокого уровня с номиналом 30 – 50 кОм, а на выводах **U** и **D** заданы внешние резисторы доопределения **R3** и **R4** соответственно до высокого и низкого уровня. Ключи **SW1** и **SW2** замыкаются при высоком уровне на входах **EA** и **EB**. На схему подаются следующие тестовые воздействия:

A = Т:4, 0;
B = Т:4, 1;
EA = 0, 1, 0, 1, Z;
EB = Z, 0, 1;
C = +;
OC = L;
T = -;
OT = L, T;

На входы **A** и **B** первые 4 элементарные проверки активный сигнал не подаётся, их состояние определяется внутренними резисторами доопределения. На 5-ой ЭП на входы **A** и **B** подаются соответственно, активные низкий и высокий уровень. Входы **EA** и **EB** обеспечивают поочерёдное, а затем одновременное замыкание ключей **SW1** и **SW2**. Начиная с 5-ой ЭП, на входе **EA** отключается активный сигнал. Состояние на выводах **U** и **D** определяется внешними резисторами доопределения. Для выходов **OC1** и **OC2** заданы ожидаемые значения сигналов.

Для отображения временной диаграммы описаны следующие контрольные точки:

Выборка: **A, EA, B, EB, OUT, C, OC, T, OT, U, D,**
Группа{A, EA, B, EB, OUT}B;

Выводы **A, EA, B, EB** и **OUT** объединены в групповую контрольную точку **Группа**. Внешний вид отображения контрольных точек схемы в режиме динамики приведён ниже. Состояния сигналов и их внешний вид в рамках одной элементарной проверки указаны в таблицах 8.1 и 8.2.

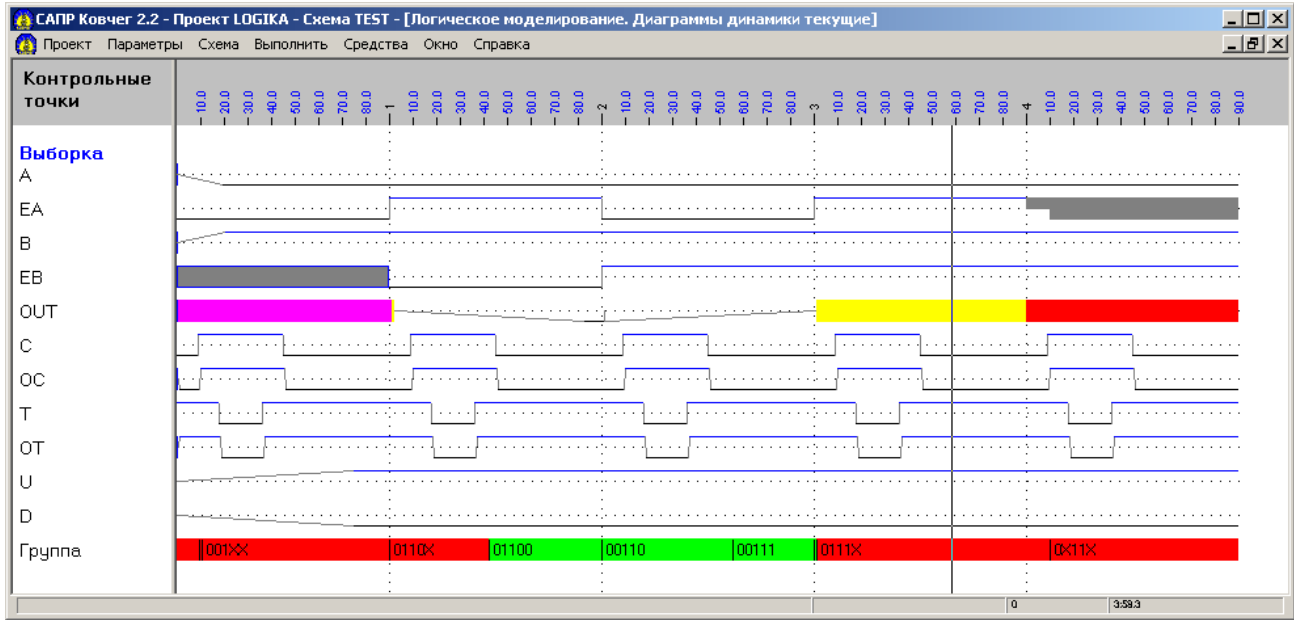


Рис.8.23. Отображение временных диаграмм в режиме динамики

Таблица 8.1 Отображение одиночных сигналов в режиме динамики

Состояние сигнала	Внешний вид
Высокий уровень (независимо от нагрузочной способности)	Горизонтальная линия синего цвета на верхней границе зоны отображения состояния контрольной точки
Низкий уровень (независимо от нагрузочной способности)	Горизонтальная линия чёрного цвета на нижней границе зоны отображения состояния контрольной точки
Фронт переключения состояния сигнала	Наклонная линия серого цвета в зоне отображения состояния контрольной точки
Начальная неопределённость	Полоса синего цвета в зоне отображения состояния контрольной точки
Высокоимпедансное состояние (отключено)	Полоса серого цвета по всей ширине зоны отображения состояния контрольной точки
Хранение на емкости	Полоса серого цвета на половину ширины зоны отображения состояния контрольной точки.
Неопределённое состояние	Полоса розового цвета в зоне отображения состояния контрольной точки
Некорректное объединение сигналов (слабое короткое замыкание)	Полоса жёлтого цвета в зоне отображения состояния контрольной точки
Короткое замыкание	Полоса красного цвета в зоне отображения состояния контрольной точки

Таблица 8.2 Отображение групповых сигналов в режиме динамики

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

Отображение временных диаграмм в режиме статики

8 В режиме статики состояние контрольных точек в рамках всей элементарной проверки соответствует состоянию, принимаемому сигналами в **Момент сравнения**, который задаётся функцией **Задать параметры контактов** меню **Средства** окна **Логическое моделирование**. По умолчанию, сравнение осуществляется на 95% длительности элементарной проверки. На диаграмме состояние контрольной точки указывается также в виде символа: для входов в начале ЭП, для выходов в конце ЭП. Дополнительно, для одиночных выходов слева от символа состояния, а для групповых – справа, в квадратных скобках приводится ожидаемое состояние сигнала, если оно не совпадает с заданным или не задано в файле описания тестовых воздействий. Если ожидаемые состояния выходных сигналов не указаны, скобки с пустым полем внутри отображаются красным цветом. Внешний вид отображения контрольных точек в режиме статики описанной ранее схемы приведён ниже. Состояния сигналов и их внешний вид в рамках одной элементарной проверки указаны в таблицах 8.3 и 8.4.

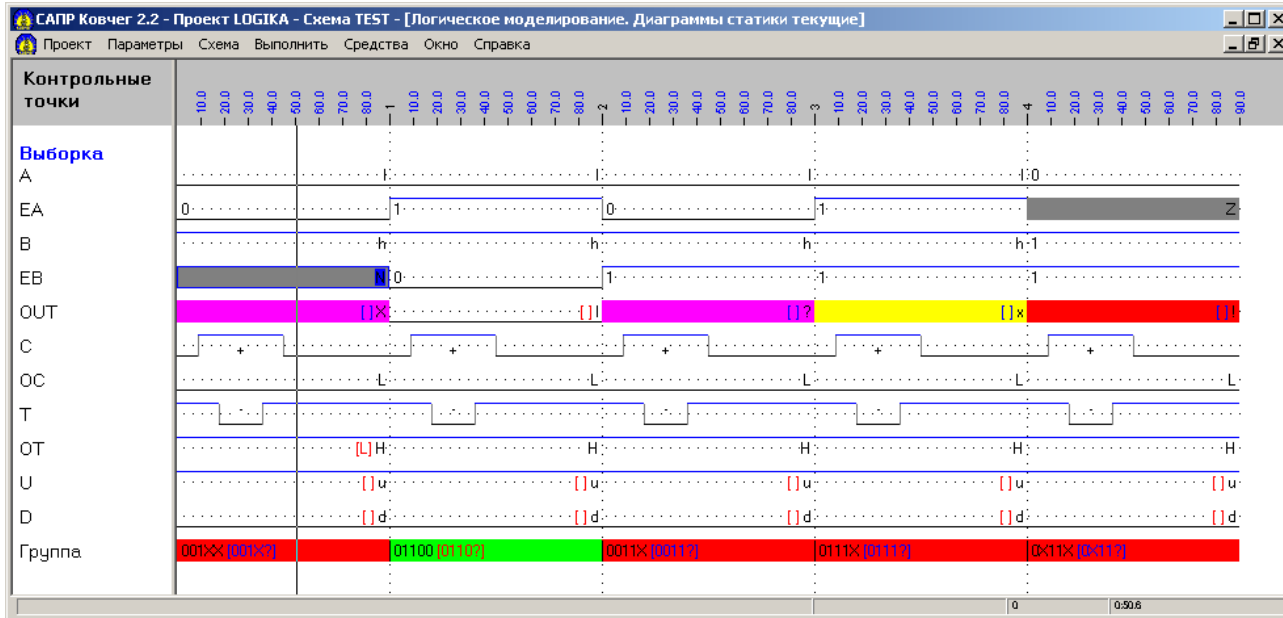


Рис.8.24. Отображение временных диаграмм в режиме статики

Таблица 8.3 Отображение одиночных сигналов в режиме статики

Состояние сигнала	Символ	Внешний вид
Входной высокий уровень	1	Горизонтальная линия синего цвета на верхней границе зоны отображения состояния контрольной точки
Входной низкий уровень	0	Горизонтальная линия чёрного цвета на нижней границе зоны отображения состояния контрольной точки
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
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
Выходной высокий уровень высокой нагрузочной способности	H	Горизонтальная линия синего цвета на верхней границе зоны отображения состояния контрольной точки
Выходной низкий уровень высокой нагрузочной способности	L	Горизонтальная линия чёрного цвета на нижней границе зоны отображения состояния контрольной точки
Выходной высокий уровень низкой нагрузочной способности	h	Горизонтальная линия синего цвета на верхней границе зоны отображения состояния контрольной точки
Выходной низкий уровень низкой нагрузочной способности	l	Горизонтальная линия чёрного цвета на нижней границе зоны отображения состояния контрольной точки
Выходной высокий уровень, задаваемый внешним резистором доопределения	u	Горизонтальная линия синего цвета на верхней границе зоны отображения состояния контрольной точки

Продолжение таблицы 8.3

Выходной низкий уровень, задаваемый внешним резистором доопределения	d	Горизонтальная линия чёрного цвета на нижней границе зоны отображения состояния контрольной точки
Начальная неопределённость	N	Полоса синего цвета в зоне отображения состояния контрольной точки
Высокоимпедансное состояние (отключено)	Z	Полоса серого цвета по всей ширине зоны отображения состояния контрольной точки
Неопределённое состояние	X	Полоса розового цвета в зоне отображения состояния контрольной точки
Некорректное объединение сигналов (слабое короткое замыкание)	x	Полоса жёлтого цвета в зоне отображения состояния контрольной точки
Неизвестное состояние (фронт сигнала или хранение на ёмкости)	?	Полоса розового цвета в зоне отображения состояния контрольной точки
Короткое замыкание	!	Полоса красного цвета в зоне отображения состояния контрольной точки

Таблица 8.4 Отображение групповых сигналов в режиме динамики

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

Меню Средства подсистемы ФЛМ

Меню Средства подсистемы ФЛМ объединяет функции подготовки и обеспечения моделирования активной схемы.

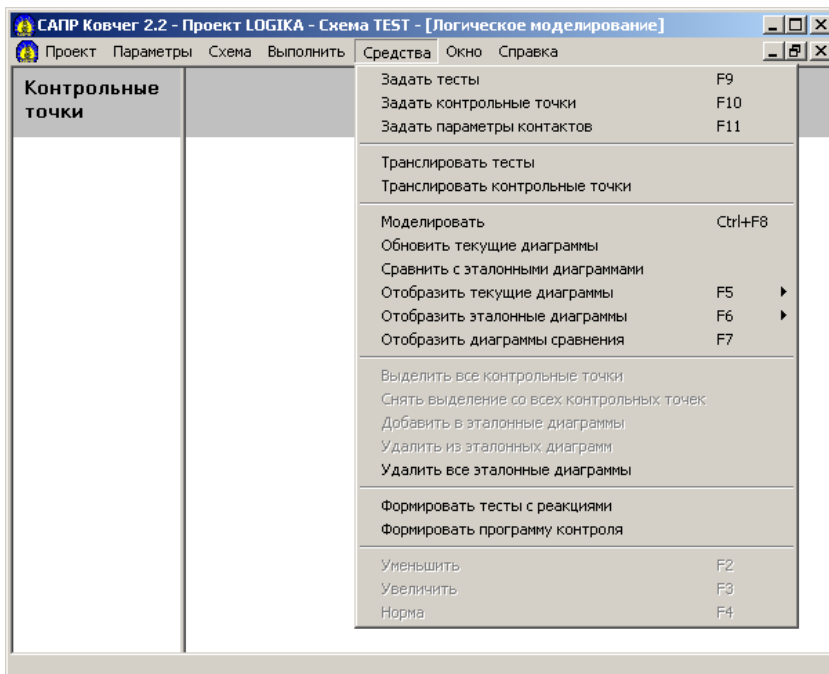


Рис.8.25. Меню Средства подсистемы ФЛМ

Меню Средства подсистемы ФЛМ включает в себя 6 групп функций:

группа подготовки исходных данных для моделирования:

функция **Задать тесты**;

функция **Задать контрольные точки**;

функция **Задать параметры контактов**;

группа трансляторов:

функция **Транслировать тесты**;

функция **Транслировать контрольные точки**;

группа формирования временных диаграмм:

функция **Моделировать**;

функция **Обновить текущие диаграммы**;

функция **Сравнить с эталонными диаграммами**;

- функция **Отобразить текущие диаграммы**;
- функция **Отобразить эталонные диаграммы**;
- функция **Отобразить диаграммы сравнения**;
- группа формирования эталонных диаграмм:
 - функция **Выделить все контрольные точки**;
 - функция **Снять выделение со всех контрольных точек**;
 - функция **Добавить в эталонные диаграммы**;
 - функция **Удалить из эталонных диаграмм**;
 - функция **Удалить все эталонные диаграммы**;
- группа функций формирования программы контроля:
 - функция **Формировать тесты с реакциями**;
 - функция **Формировать программу контроля**;
- группа общих функций управления изображением:
 - функция **Уменьшить**;
 - функция **Увеличить**;
 - функция **Норма**.

Функция Задать тесты

Функция **Задать тесты** обеспечивает открытие окна текстового редактора для подготовки файла тестовых воздействий с целью тестирования активной схемы.

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

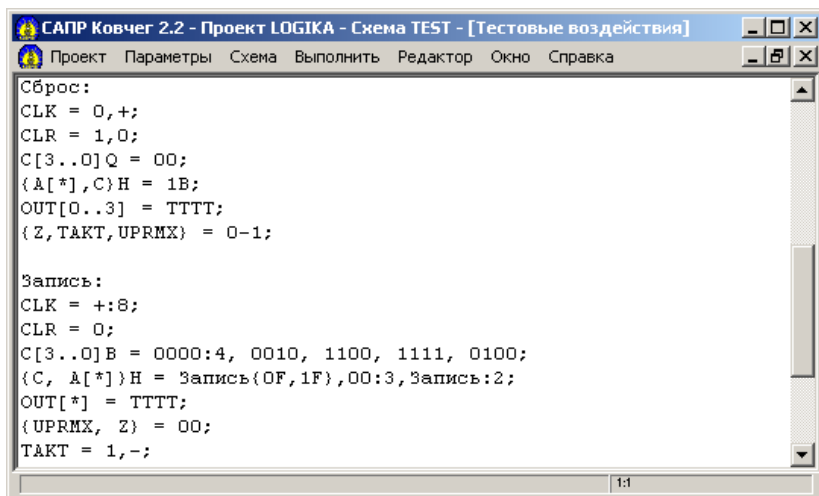


Рис.8.26. Окно задания тестовых воздействий

8 Функция Задать контрольные точки

Функция позволяет задать контрольные точки просмотра временных диаграмм для активной схемы. При её активизации открывается окно **Контрольные точки**, которое содержит меню **Редактор**, объединяющее функции редактирования текстового редактора (смотри раздел 6).

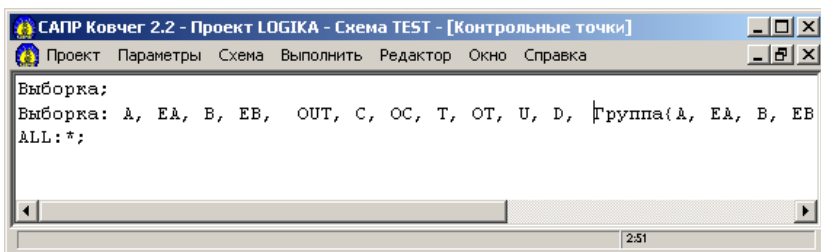


Рис.8.27. Окно задания контрольных точек

Функция Задать параметры контактов

Функция позволяет задать временные параметры для внешних контактов активной схемы и объединить контакты в группы. После активизации функции открывается окно

Параметры контактов схемы, 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.

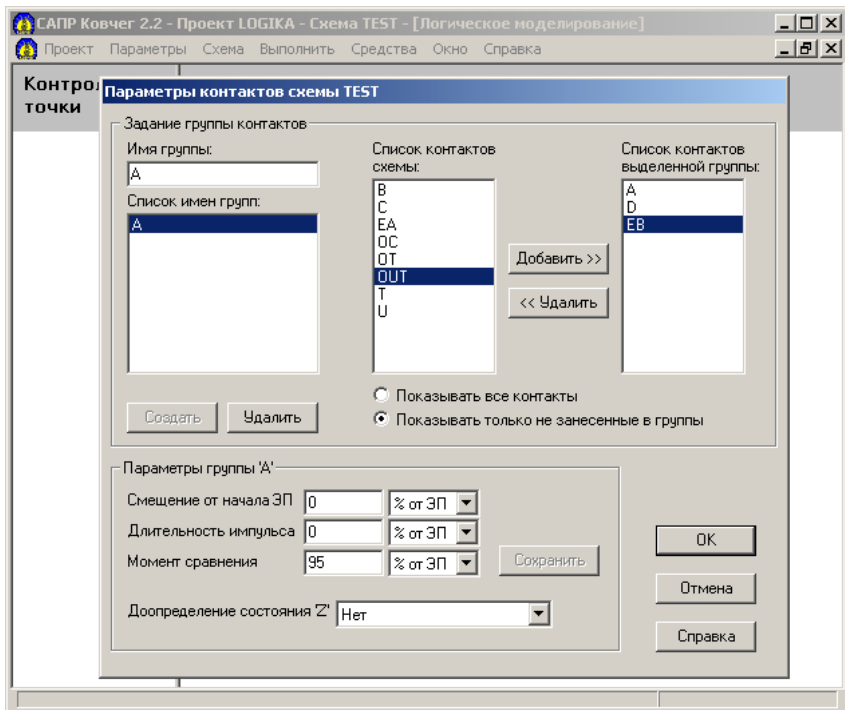


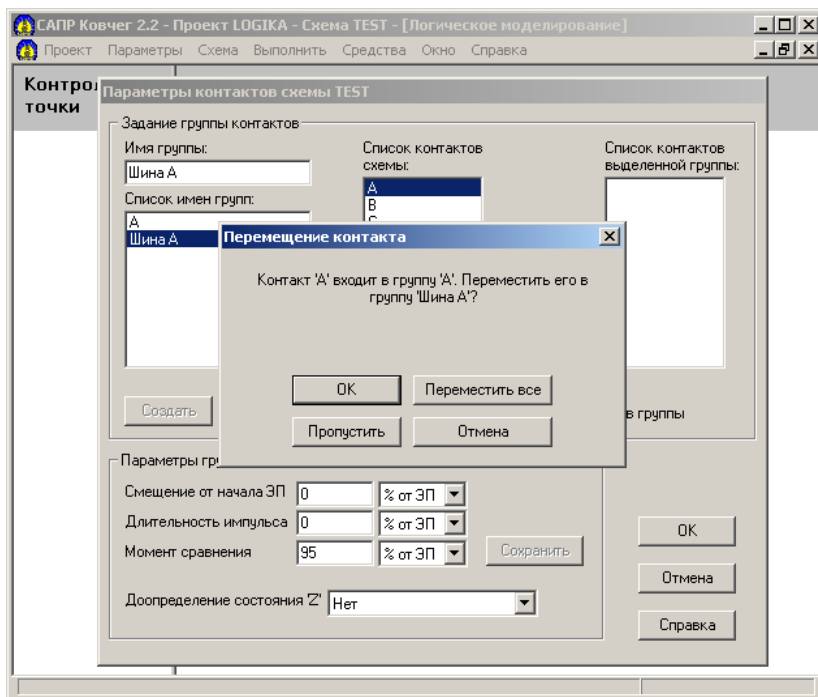
Рис.8.28. Окно **Параметры контактов схемы**

Над списком имён групп находится поле **Имя группы**, под списком располагаются кнопки **Создать** и **Удалить**. В этом поле указывается имя активной группы контактов. Набор имени сопровождается контекстным поиском указанного имени в списке имён групп. Если заданное имя 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**.

После задания имени группы осуществляется формирование группы контактов. Для этого в **Списке контактов схемы** выделяются имена 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.

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

Рис.8.29. Окно **Перемещение контакта**

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.

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

Временные параметры задаются в поле **Параметры группы** либо для одиночных контактов, либо для контактов активной группы. Для этого выделяется контакт в **Списке контактов схемы** двойным нажатием левой кнопки мыши или имя группы в **Списке имён групп**. Временными параметрами являются:

Смещение от начала ЭП – время, на которое будут задержаны входные тестовые воздействия от начала каждой элементарной проверки. 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 – длительность 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 – время 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 параметров, для контактов, которые могут переходить в высокоимпеданное состояние, т.е. в состояние «отключено», можно задать режим их доопределения:

Нет – режим доопределения отключен;

До низкого уровня – режим доопределения до низкого логического уровня, при котором моделирование выполняется при условии, что к выводам активной

группы подключается внешний резистор номиналом 30 кОм, подключенный к сигналу «Общий»;

До высокого уровня – режим доопределения до высокого логического уровня, при котором моделирование выполняется при условии, что к выводам активной группы подключается резистор номиналом 30 кОм, подключенный к сигналу «Питание».

Для сохранения заданных параметров служит кнопка **Сохранить**. Сохранение необходимо выполнять для каждого контакта или группы контактов. В момент сохранения выполняется проверка корректности их задания.

Функция Транслировать тесты

Функция **Транслировать тесты** обеспечивает трансляцию тестовых воздействий, сформированных с помощью функции **Задать тесты**. Если в тестовых воздействиях нет ошибок, выдётся соответствующее сообщение. В случае наличия ошибок автоматически открывается окно **Сообщения**, в которое помещается список ошибок трансляции. Двойное нажатие левой кнопки мыши на сообщении об ошибке обеспечивает автоматическое открытие файла с тестовыми воздействиями, причём курсор активизируется в той строке, где обнаружена ошибка.

8

Функция Транслировать контрольные точки

Функция **Транслировать контрольные точки** обеспечивает трансляцию массива контрольных точек, сформированных с помощью функции **Задать контрольные точки**. Если в массиве контрольных точек нет ошибок, выдётся соответствующее сообщение. В случае наличия ошибок, автоматически открывается окно **Сообщения**, в которое помещается список ошибок трансляции. Двойное нажатие левой кнопки мыши на сообщении об ошибке обеспечивает автоматическое открытие файла с описанием контрольных точек, причём курсор активизируется в той строке, где обнаружена ошибка.

Функция Моделировать

Функция **Моделировать** активизирует процесс моделирования активной схемы с учётом параметров моделирования, заданных в меню **Параметры**, и параметров контактов. Состояние процесса моделирования отображается в окне **Моделирование**.

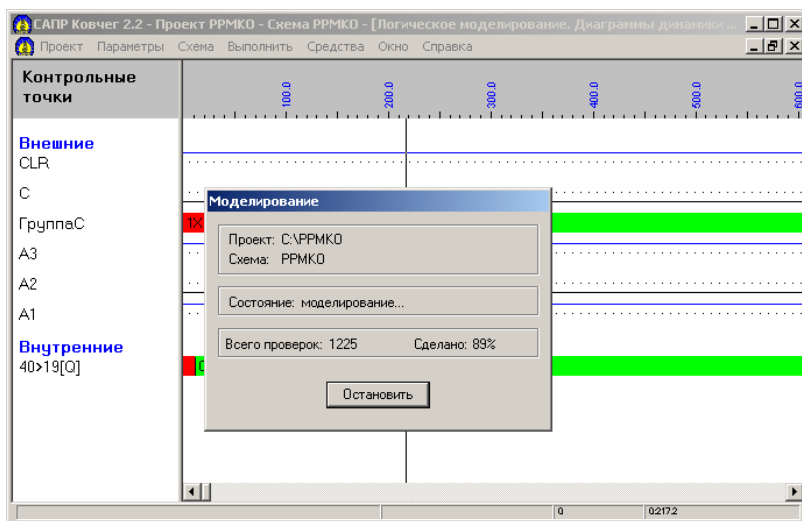


Рис.8.30. Окно **Моделирование**

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 левая часть окна **Логическое моделирование** имеет серый цвет.

Активизация функции осуществляется либо выбором данной функции в меню **Средства**, либо по комбинации функциональных клавиш **Ctrl + F8**.

Функция Обновить текущие диаграммы

В процессе анализа временных диаграмм часто бывает необходимо изменить список контрольных точек. Функция **Обновить текущие диаграммы** позволяет отобразить временные

диаграммы, полученные в процессе последнего моделирования активной схемы в соответствии с новым списком контрольных точек без повторного моделирования схемы. При отображении текущих диаграмм левая часть заголовка окна **Логическое моделирование** имеет серый цвет.

Функция Сравнить с эталонными диаграммами

Функция **Сравнить с эталонными диаграммами** осуществляет автоматическое сравнение заданных эталонных диаграмм с полученными реакциями.

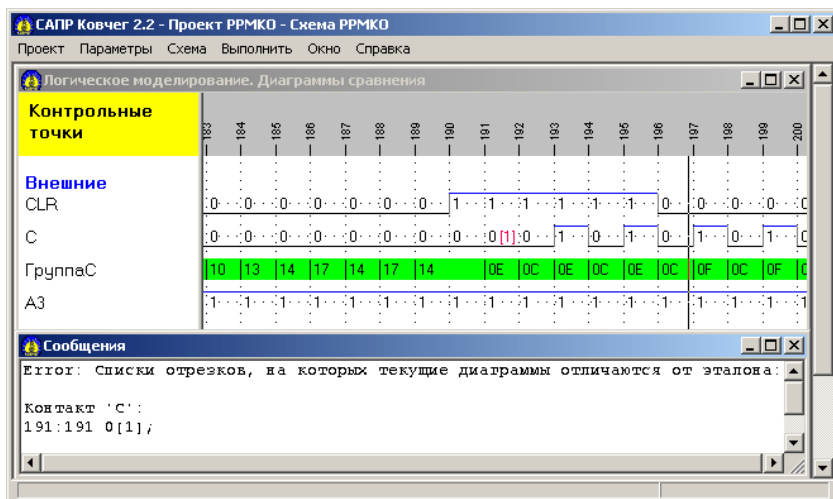


Рис.8.31. Результаты сравнения с эталоном

В случае выявления несоответствия 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. 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. Активизация функции выполняется выбором данной функции в меню **Средства**.

Функция **Отобразить текущие диаграммы**

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

Активизация функции выполняется либо выбором данной функции в меню **Средства**, либо по функциональной кнопке **F5**.

Функция **Отобразить эталонные диаграммы**

При тестировании схемы удобно пользоваться механизмом формирования эталонных реакций. Для этого некоторый набор выходных реакций схемы задаётся как эталонный. Функция **Отобразить эталонные диаграммы** позволяет отобразить в окне **Логическое моделирование** временные диаграммы, заданные в качестве эталонных, в одном из двух режимов отображения: **Статика** или **Динамика**. Выбор режима осуществляется с помощью списка режимов, находящегося справа от функции. Галочкой помечается активный в данный момент режим. Повторная активизация функции осуществляет изменение режима отображения диаграмм. При отображении эталонных диаграмм левая часть заголовка окна **Логическое моделирование** имеет зелёный цвет. Список контрольных точек при этом совпадает со списком при отображении текущих диаграмм.

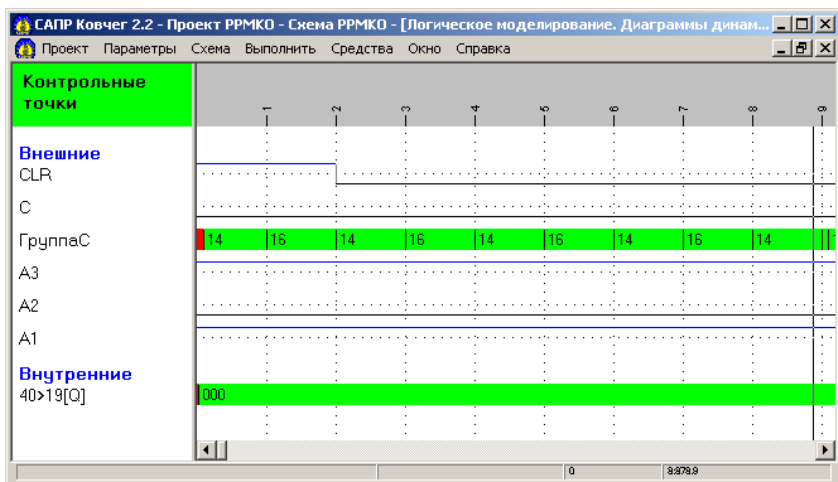


Рис.8.32. Отображение эталонных диаграмм

Активизация функции выполняется либо выбором данной функции в меню **Средства**, либо по функциональной кнопке **F6**.

Функция Отобразить диаграммы сравнения

Функция **Отобразить диаграммы сравнения** позволяет отобразить в окне **Логическое моделирование** временные диаграммы сравнения, полученные в результате последнего выполнения функции **Сравнить с эталонными диаграммами**. При отображении диаграмм сравнения левая часть окна **Логическое моделирование** имеет жёлтый цвет.

Активизация функции выполняется либо выбором данной функции в меню **Средства**, либо по функциональной кнопке **F7**.

Функция 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 на имени контакта, на котором находится курсор, либо с помощью функции **Выделить все контрольные точки**.

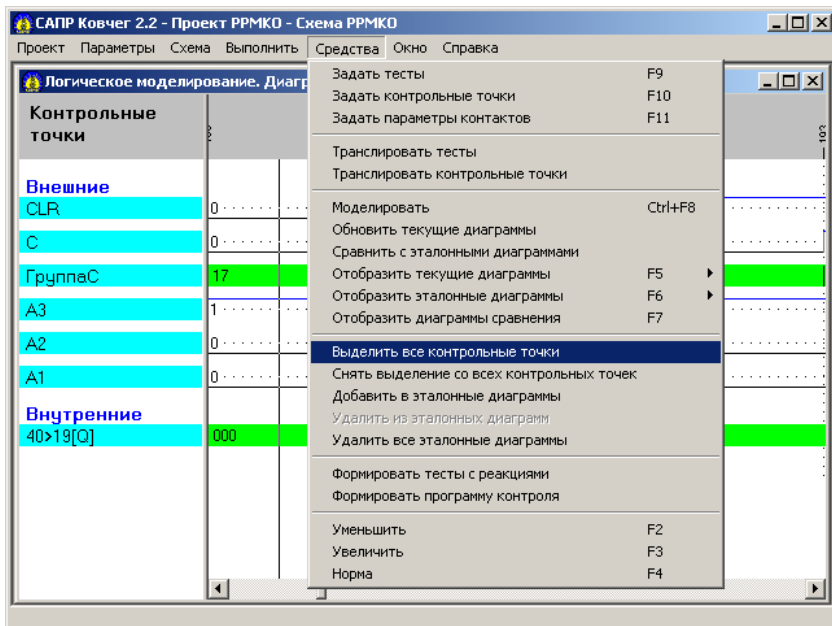


Рис.8.33. Выделение всех контрольных точек

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

Функция Снять выделение со всех контрольных точек

Функция обеспечивает снятие выделения со всех ранее выделенных контрольных точек.

Функция Добавить в эталонные диаграммы

Функция **Добавить в эталонные диаграммы** обеспечивает добавление временных диаграмм, соответствующих выделенным в левой части окна **Логическое моделирование** контактам, в эталонные диаграммы.

Функция Удалить из эталонных диаграмм

Функция обеспечивает удаление выделенных временных диаграмм из эталонных диаграмм. Выделение диаграмм осуществляется нажатием левой кнопки мыши на имени контакта,

на котором находится курсор. Имя контакта при этом выделяется цветом.

Функция Удалить все эталонные диаграммы

Функция обеспечивает удаление всех эталонных диаграмм без их предварительного выделения.

Функция Формировать тесты с реакциями

Функция обеспечивает моделирование активной схемы с учётом параметров моделирования, заданных в меню **Параметры**, и параметров контактов и последующее формирование файла <имя_головной_схемы.tsr>, который используется при формировании программы контроля и при выполнении аттестации проекта. В файле содержатся описание тестовых воздействий и выходных реакций, а также параметров контактов и параметров моделирования, при которых они были получены.

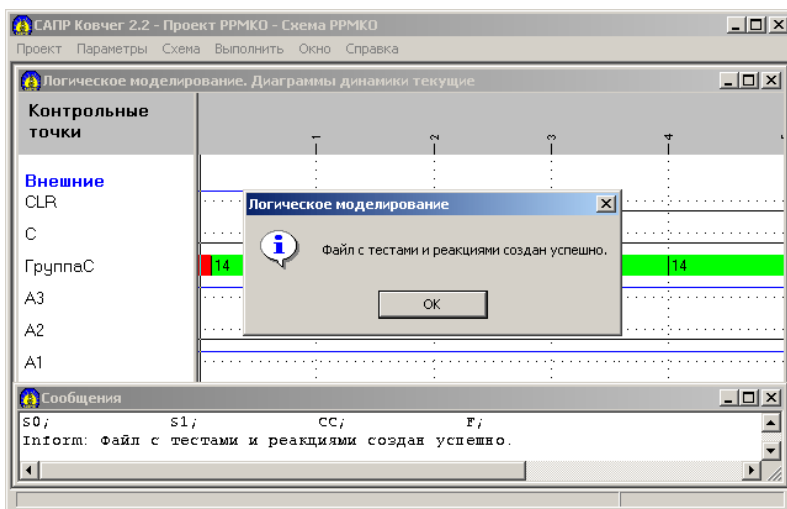


Рис.8.34. Формирование файла с реакциями

Файл с реакциями формируется, если в процессе моделирования не возникло ошибок и полученные значения реакций совпадают с заданными в файле тестовых воздействий. Список ошибок и предупреждений, возникших в процессе моделирования, отображается в окне **Сообщения**. После

завершения моделирования выдаётся сообщение о завершении процесса формирования файла с реакциями.

Активизация функции осуществляется только для головной схемы выбором в меню **Средства**.

Функция Формировать программу контроля

Функция обеспечивает создание в рабочем каталоге проекта каталога **HP82000** и формирование в нём программы контроля в виде набора файлов для измерительной системы контроля микросхем HP-82000. Эти файлы содержат необходимую информацию для обеспечения разбраковки микросхем в процессе их изготовления.

Функция становится активной после успешного формирования файла с реакциями. Затем проверяется наличие номера зашивки микросхемы, который задаётся в меню **Параметры** функцией [Параметры] **Синтеза топологии...**

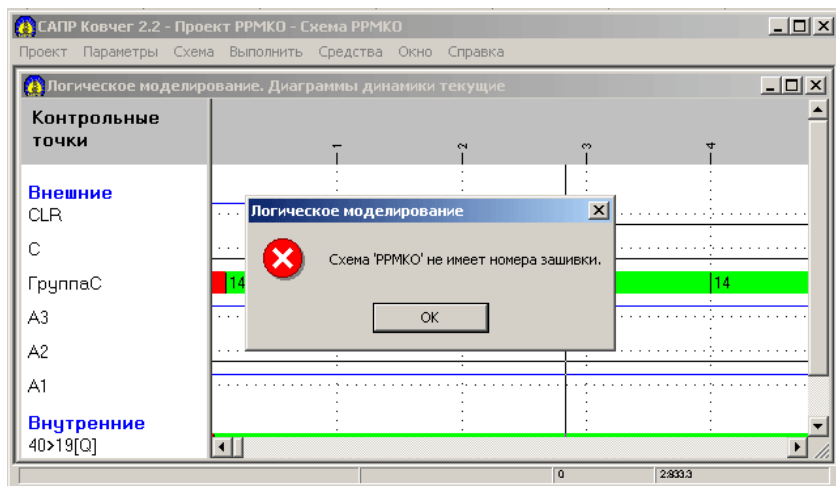


Рис.8.35. Диагностика при несоответствии номера зашивки

Также проверяется, все ли периферийные ячейки размещены в файле с размещением, из которого используется информация о расположении внешних выводов микросхемы. В случае несоответствия файла выдаётся сообщение.

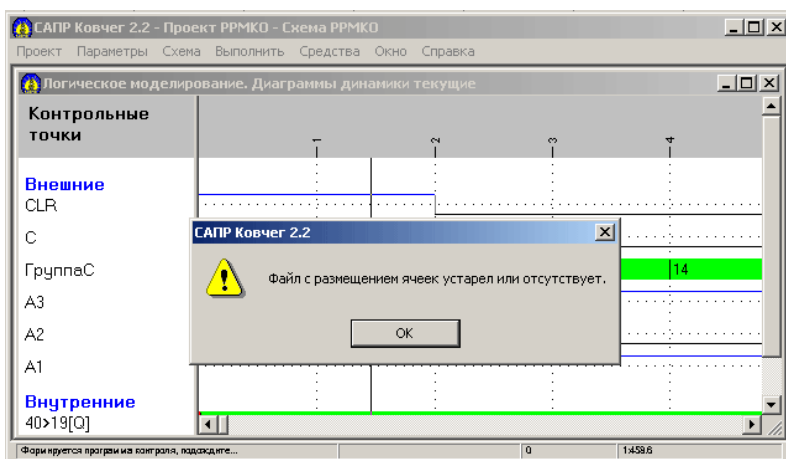


Рис.8.36. Диагностика при несоответствии файла с размещением

При наличии неразмещённых периферийных ячеек выдаётся соответствующее сообщение.

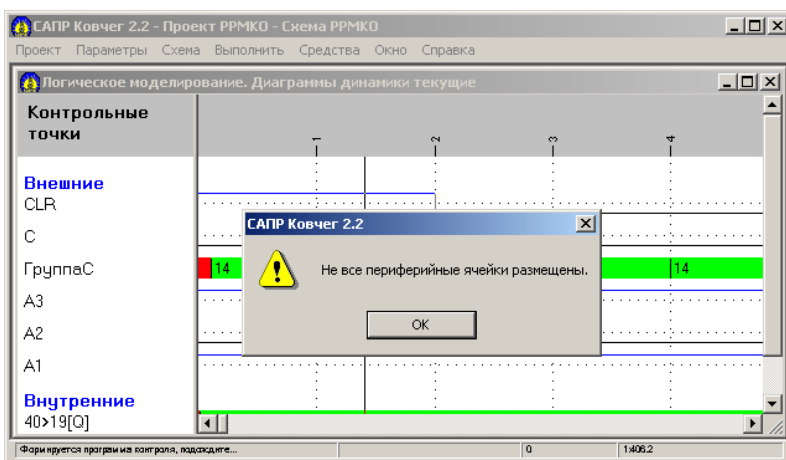
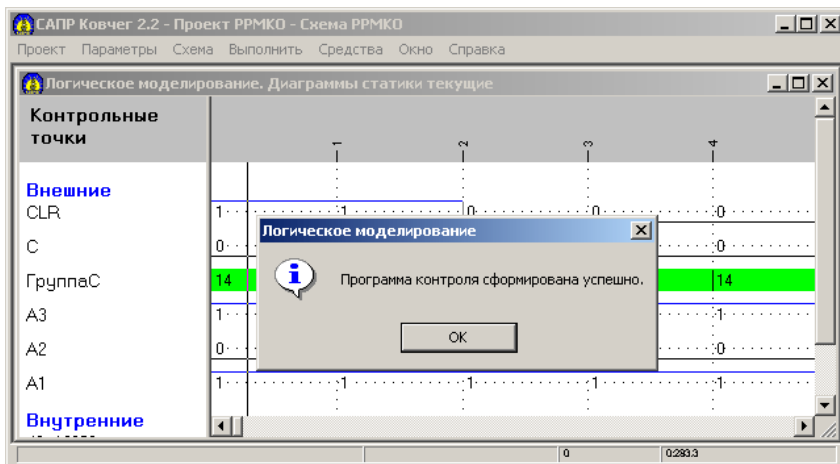


Рис.8.37. Диагностика при наличии неразмещённых периферийных ячеек

Для устранения несоответствий в файле размещения необходимо откорректировать или обновить размещение ячеек с помощью функции **Сохранить файл** меню **Редактор** окна подсистемы размещения ячеек (раздел 9).

При выполнении указанных условий (наличие файла с реакциями, соответствие файла с размещением ячеек описанию активной схемы и наличие номера зашивки) выполняется формирование программы контроля, после успешного завершения которого выдаётся соответствующее сообщение.



8

Рис.8.38. Завершение формирования программы контроля