

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
им. академика С. П. КОРОЛЕВА

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ
И ЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ
В СИСТЕМЕ MICRO - LOGIC

Методические указания

Самара 1995

Составители: Ю. В. Пшеничников, В. И. Чекин

УДК 681.3

Моделирование цифровых и логических устройств в системе Micro - LOGIC. Метод. указания / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост.: Ю. В. Пшеничников, В. И. Чекин. Самара, 1995. 12 с.

Методические указания составлены применительно к действующей учебной программе по курсу "Схемотехника ЭВМ и МП" для студентов факультета "Информатика" специальности 02.02.

Указания содержат описание системы Micro - LOGIC и порядок ее использования для обучения проектированию цифровых и логических устройств на интегральных микросхемах.

Подготовлены на кафедре "Информационные системы и технологии".

Печатаются по решению редакционно - издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королева.

Рецензент А. В. Полуех

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

С появлением микроэлектроники возник и интенсивно развивается новый класс электронных схем - интегральные логические микросхемы. Для разработчика электронной аппаратуры они являются "черным ящиком" с известным логическим поведением.

Принципиальные схемы таких микросхем нередко неизвестны разработчику. Однако это не мешает создавать из них сложные электронные устройства и системы - от наручных электронных часов и карманных микрокалькуляторов до вычислительных машин и сложнейших систем управления крупными объектами.

В корне меняется подход к моделированию таких схем. Вместо детального математического моделирования с учетом каждого компонента отдельной микросхемы используется макро моделирование, при котором схема описывается как многополтосник с известными логическими функциями.

Основной задачей макро моделирования является получение временных логических диаграмм работы устройства в том виде, который обычно выдают специальные испытательные устройства - многоканальные логические анализаторы.

Реальные уровни входных и выходных напряжений не важны - вместо этого используются понятия логических 0 и 1 (ДА - НЕИ, TRUE - FALSE).

Для моделирования логических и цифровых устройств фирма Spectrum Software создала систему Micro - LOGIC (ML).

Эта система позволяет с помощью графического редактора конструировать логические или цифровые схемы из набора компонентов в виде стандартных интегральных микросхем и проводить их макро моделирование.

Система работает с единственным типом компонентов - логическими схемами.

В моделируемую схему нельзя включать ни транзисторы, ни даже конденсаторы или резисторы. Поэтому **ML** нельзя использовать для моделирования нестандартных схем на логических элементах, например, мультивибраторов или формирователей импульсов.

Для моделирования таких схем и любых аналоговых устройств фирма **Spectrum Software** создала систему **Micro - CAP**.

2. МЕНЮ И КОМАНДЫ СИСТЕМЫ

Запуск системы производится программой **start.bat**.

На экране появляется панель с несколькими окнами. Три из них являются главными.

Центральное (большое) окно используется для конструирования подлежащей моделированию схемы.

Левое вертикальное окно служит для управления процессом конструирования, а правое содержит меню файлов с описаниями компонентов логических и цифровых схем.

В верхней части экрана - основное меню и три небольших прямоугольника, служащие для управления системой с помощью манипулятора - " мышки ".

Первые два (с делениями) позволяют переключать страницы экрана. Третий (с кружком в центре) позволяет плавно перемещать изображение по экрану в любом направлении.

Каждая позиция основного меню содержит подменю, которое можно выбрать нажатием клавиш **Alt** - < заглавная буква в требуемом имени >. Требуемая команда может быть выбрана вводом соответствующего номера.

При использовании "мышки" надо указать курсором - стрелкой нужную команду в основном меню и нажать левую кнопку. Не отпуская кнопки, указать стрелкой требуемую команду в

появится подменю. После отпускания кнопки команда будет выполнена.

Рассмотрим кратко команды системы, необходимые для выполнения лабораторных работ:

M - выход из текущего режима или из системы;

File - операции с файлами схем: создание новой схемы (**5: New drawing**), считывание файла из каталога (**2: Load drawing**), запись файла с исходным или измененным названием (**1: Save drawing**), подключение файла к уже открытому файлу (**4: Merge drawing**), стирание файла (**3: Erase drawing**) и другие;

Editors - включение редакторов схем, изображений компонентов и временных диаграмм источников тестовых и тактовых сигналов;

Print - печать схемы, отчета о моделировании и временных диаграмм работы схемы;

View позволяет просматривать сложность схемы (**1: Capacity used**) и полное изображение при разных размерах активной страницы (**2: Quadrant, 3: Quadrants**), включать и отменять текстовые надписи для компонентов (**4: Show comp text, 6: Show comp nos**), включать и отменять нумерацию узлов (**5: Show grid text**), проводить поиск элементов на экране (**7: Search**);

Options - установка опций системы: включить нижнюю линию подсказки (**4: Help lines**) и другие ;

Simulate - запуск моделирования с одной командой **1: Simulate**.

Моделируемая схема может создаваться пользователем путем ее набора из отдельных компонентов и соединения их отрезками линий, либо путем редактирования вызванной в главное окно схемы, подготовленной ранее.

Система **ML** имеет библиотеку только зарубежных микросхем, большинство которых имеет отечественные аналоги. Таблицы их соответствия приводятся в справочниках.

3. РЕДАКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СХЕМ

Моделирование схемы начинается с создания ее изображения в большом окне.

Для создания больших схем окно может быть разделено на 4 или 9 страниц.

Справа сверху окна имеются два разделенные на 4 или 9 частей прямоугольника. Для переключения страницы достаточно указать на соответствующую часть прямоугольника курсором "мышки" и нажать правую кнопку.

Конструирование схем и их редактирование производится с помощью меню, окно которого расположено слева от окна схемы. В нем имеются две группы команд:

первая группа

Add - добавление объекта (компонента, линии или текста) в изображение схемы,

Zip - удаление объекта из схемы,

Def - переопределение (замена) одного объекта другим,

Move - перемещение объекта,

Step - повторение изображения объекта заданное число раз;

вторая группа

Comp - объект - библиотечный элемент (компонент),

Line - объект - проводная линия,

Text - объект - текст,

Box - объект - выделенный в "ящик" фрагмент схемы.

Кроме этого, левое окно содержит две отдельные команды:

Info - вывод на редактирование информации о компоненте,

Undo - отмена действия последней операции.

Нужный компонент выбирается из каталога в правом окне (меню компонентов).

Страницы каталога можно переключать клавишей **Tab** или путем указания стрелкой "мышки" жирных стрелок в правом верхнем углу экрана.

Для выбора элемента библиотеки острием стрелки указывается имя элемента в правой части экрана. Затем нажимается левая кнопка и в таком состоянии производится перемещение выбранного

элемента в желаемое место рабочего поля, после чего кнопка отпускается, фиксируя положение элемента.

Если его нужно отобразить еще в каком-либо месте, то это реализуется перемещением стрелки - курсора, нажатием и отпусканьем левой кнопки "мышки".

Нажатие правой клавиши позволяет вращать компонент на 90° и менять его ориентацию относительно выводов.

Иногда можно найти близкую к заданной готовую схему и двумя - тремя изменениями превратить ее в нужную схему. Чаще схему придется строить заново.

Чтобы построить схему из библиотечных элементов, необходимо выполнить следующее:

1. Выбрать в подменю **File** команду **5: New drawing**.

2. Перенести нужные элементы из библиотеки (каталог в правой части экрана) в рабочее поле.

3. Установить режим **Add - Line** и выполнить необходимые соединения элементов. Начало любой связи фиксируется нажатием левой кнопки "мышки", а точки излома или конец - нажатием правой кнопки.

4. Назначить внешним выводам имена. Для этого устанавливается режим **Add - Text**, стрелкой "мышки" выбирается нужная линия и нажимается правая кнопка. В ответ на подсказку **Enter text** набрать желаемое имя и нажать клавишу **Enter**.

5. Записать с помощью команды **1: Save drawing** полученную схему в файл. В ответ на подсказку ввести имя файла (например, **MOP**). После этого в оглавлении текущего диска появится имя **MOP.DWG**.

Выпускаемые интегральные микросхемы содержат обычно не один, а несколько элементов. Такую комбинированную микросхему можно задать как макро модель.

Если схема должна храниться в библиотеке в виде макро-элемента, нужно пронумеровать внешние выводы (как в п.4), задав каждому имя **PN** с соответствующим номером. Затем выполнить команду **1: Component** подменю **Editors** и задать определение **MACRO** (подпункт **Definition**) и имя **MOP** (подпункт **Name**). После этого вернуться в главное меню и выполнить команду **7: Update macros** подменю **File**. При этом на диске появится новый файл **MOP.MAC** и имя **MOP** в правом поле экрана главного меню.

Созданную макро модель описывают с помощью текстовых комментариев.

Надо иметь в виду, что драйвер клавиатуры **Micro - LOGIC** позволяет вводить только заглавные латинские буквы.

Команда **Def - Box** позволяет выделить фрагмент схемы (левая верхняя точка фиксируется левой кнопкой "мышки", правая нижняя - ее правой кнопкой). Если после выделения фрагмента выбрать команду **Step - Box**, то появляется подсказка **Enter times to step**. Если задать число **n**, то на экране появятся **n** новых повторяющихся фрагментов схемы.

Этот прием очень полезен, т.к. многие серийные микросхемы содержат от 2 до 8 одинаковых элементов в одном корпусе.

Команда **Zip - Box** удаляет выделенный фрагмент, а **Move - Box** перемещает его.

При конструировании схем можно пользоваться как изображениями логических элементов, так и изображениями микросхем в стандартных корпусах.

Если редактируется подготовленная ранее схема, то нужно выполнить команду **2: Load drawing** из подменю **File** главного меню.

В окне редактирования появится временное окно для выбора схемы из каталога.

С помощью клавиш перемещения курсора или маркером "мышки" при нажатой левой кнопке можно найти нужный файл и выполнить команду **Load**.

Имена файлов содержат либо цифровые обозначения стандартных типов зарубежных логических микросхем, либо наименования функциональных устройств (**BUFFER, INV, AND3, OR2, NAND8, NOR4** и др.).

Цифра в обозначении логических элементов (ЛЭ) указывает число входов:

AND3 - 3-х входовой элемент "И" - **3 И**,

NOR4 - 4-х входовой элемент "ИЛИ - НЕ" - **4 ИЛИ - НЕ**.

Большинство схем представлено макрорасширениями. Они могут содержать набор из ряда более простых элементов или микросхем.

4. ФОРМИРОВАНИЕ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ

При моделировании к схеме можно подключать до 10-ти источников импульсных сигналов - тестовых (DATA) и тактовых (CLOCK).

Для формирования входных тестовых воздействий выполняется следующее:

1. Выбирается команда **3:Patterns** подменю **Editors**. На экране появится таблица, позволяющая сформировать временные диаграммы входных сигналов. Каждой строке таблицы соответствует имя **DATA n** (**n** - целое число от 1 до 32) генератора сигналов. По горизонтали выделены дискретные интервалы или такты (от 1 до 1024). Длительность такта задается в таблице установки параметров моделирования **Analysis limits**, которая появляется после исполнения команды **1: Simulate**. В каждом такте сигнал, вырабатываемый генератором **DATA**, может принимать одно из двух значений: единичное, соответствующее высокому уровню, и нулевое, соответствующее низкому уровню. Установка нужных значений производится с помощью курсора - подчеркивания клавишами 0 и 1 с клавиатуры либо с помощью курсора - стрелки и правой кнопки "мышки".

2. Нажимается после подготовки данных клавиша **Esc**. На экране появляется запрос о необходимости сохранения информации. Если ответить **Yes (Y)**, то запрашивается имя файла.

3. Осуществляется автоматический возврат в главное меню по окончании процедуры сохранения файла.

При выборе команды **3: Patterns** появляется новое подменю и в нем снова имеется команда **Patterns**. С ее помощью осуществляется доступ к командам: запомнить файл входных сигналов (**1: Save patterns**), вывести на экран нужную таблицу входных сигналов (**2: Load patterns**), инвертировать входные сигналы (**1: Invert patterns**) и другие.

В системе **ML**, установленной в лаборатории "Схемотехника ЭВМ и МП", сформирован файл **ADR8**, в котором 8 генераторов **DATA1 - DATA8** выдают каждые 256 тактов все двоичные комбинации с инкрементом 1 от **00000000B** до **11111111B**, причем **DATA1** выдает младший бит, а **DATA8** - старший. Эти генераторы в

совокупности можно использовать как 8 - разрядную шину адреса при исследовании адресуемых устройств, а также в качестве источников входных сигналов при исследовании комбинационных схем.

Таблица для редактирования генераторов тактовых импульсов (**CLOCK**) появится на экране при выборе команды **4 :CLOCK** подменю **Editors**.

Для каждого из 10-ти генераторов можно установить моменты начала (**Start time**) и окончания (**Stop time**) тактового импульса по отношению к началу такта. Время указывается в условных единицах - **NS**.

К примеру, если длительность такта **200 NS**, **Start time = 5**, а **Stop time = 25**, то генератор формирует положительные импульсы длительностью **20** и сдвинутых относительно начала такта на **5 NS**.

Включение генераторов в схему осуществляется так же, как любых других компонентов.

5. ЗАПУСК МОДЕЛИРОВАНИЯ

Анализируемая схема должна быть предварительно построена в окне редактирования или введена в него из схемного файла.

Запуск моделирования (пункт основного меню **Simulate**) активируется "мышкой" или нажатием клавиш **S** и затем **1**.

После исполнения команды **Simulate** появляется временное окно с таблицей установки параметров моделирования.

Устанавливаются следующие параметры режима моделирования:

- максимальное время моделирования в тактах ,
- масштаб временных диаграмм,
- период синхронизации в **NS**,
- изображение сетки времени и интервалов,
- тип запускающего сигнала,
- задание временной задержки,
- вывод на принтер,
- имя файла генераторов данных ,
- начальное состояние по умолчанию (**1** или **0**).

В режиме вывода временных диаграмм возможен вызов дополнительного подменю **Simulation** с помощью "мышки" или при нажатии одновременно клавиш **Alt и S**.

Home: **S**imulate - запуск моделирования.

A: **E**dit analysis values - переход в меню **Analysis limits**.

E: **E**dit nodes monitored - редактирование (указание) узлов, сигналы в которых нас интересуют.

P: **P**atterns - редактирование источников данных.

C: **C**locks - редактирование тактовых генераторов.

S: **S**ave run - запись результатов моделирования в файл **XXX.W1**.

R: **R**etrieve run - извлечение результатов моделирования из файла **XXX.W1**.

T: **T**ext file - включение / выключение текстового файла.

С помощью этих опций можно уточнить данные моделирования и сохранить их в файле или считать нужные данные из файла.

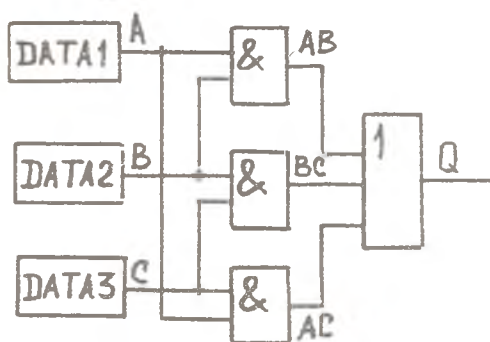
6. ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМБИНАЦИОННОЙ СХЕМЫ

Рассмотрим действия при моделировании мажоритарной схемы, реализующей логическую функцию $Q = AB \vee BC \vee AC$, которая принимает значение, равное значению большинства входных переменных.

Для построения этой схемы в булевском базисе требуется три логических элемента **2И (AND2)** и один элемент **3ИЛИ (OR3)**. Для формирования входных сигналов **A, B, C** используем генераторы **DATA1, DATA2, DATA3** из файла **ADR8**.

ВНИМАНИЕ. Перед началом моделирования познакомьтесь с обозначениями ЛЭ в системе **ML**. Они не всегда соответствуют **ЕСКД**.

Схема, подготовленная к моделированию, изображена на рисунке.



1. Загрузите систему командой **start.bat** из каталога **ML**.
2. Включите линию подсказки командой **4: Help lines** подменю **ptions**.
3. В режиме **Add - Comp** вызовите в окно редактирования три мента **AND2**, элемент **OR3**, генераторы **DATA1**, **DATA2** и **DATA3**, разместив их в соответствии со схемой.
4. В режиме **Add - Line** соедините компоненты линиями связи.
5. В режиме **Add - Text** дайте имена узлам в соответствии с ходной схемой.

Если необходимо удалить или переместить компоненты, линии или имена, используйте соответствующие команды режимов **Zap** или **Move**.

6. Подготовив схему к моделированию, выполните команду **t:Simulate** подменю **Simulate**.

Если схема "собрана" правильно, на экране появится таблица установки параметров моделирования (**Analysis limits**).

Рассмотрим подробнее установку отдельных параметров:

- максимальное число тактов моделирования устанавливается таким, чтобы можно было наблюдать поведение схемы при всех возможных комбинациях входных сигналов. В данном случае при 3-х входных переменных число тактов должно быть не менее 8;

- масштаб выбирается удобным для наблюдения временных диаграмм в узловых точках схемы. Примем для начала - 0,5;

- длительность такта для большинства заданий практикума принимаем - 200 NS;

- диаграммы с вертикальными линиями границ тактов - C;

- короткие задержки - S;

- фиксированные задержки - F;

- графики не печатать - N;

- файл входных сигналов - ADR8;

- состояние сигнала по умолчанию в данном случае не влияет на схему, но в схемах, где могут быть не подключенные входы ЛО, надо принять его равным 1.

7. Вызовите дополнительное подменю **Simulation** и выберите команду **E: Edit nodes monitored**. Введите с клавиатуры имена точек схемы A, B, C, AB, BC, AC, Q столбиком в том порядке, в каком вы хотите получить временные диаграммы.

8. Запустите моделирование клавишей **Home** или "мышкой", указав стрелкой команду **Home: Simulate**.

На экране появятся временные диаграммы сигналов в указанных точках схемы.

Если число тактов или масштаб вас не устраивают, войдите снова в подменю **Simulation** и, вызвав таблицу **Analysis limits**, измените цифры в соответствующих строках.

Если имена точек схемы установлены небрежно, то при запуске моделирования может появиться сообщение: например, **Q is not associated with node** - имя Q не связано с точкой.

Рекомендуем вернуться в окно редактирования, удалить указанный текст и вновь ввести его, следя за точностью указания стрелкой интересующей вас точки.

7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задание у преподавателя.
2. Выполнить задание в рабочей тетради и получить допуск к моделированию.
3. Произвести моделирование и убедиться по временным диаграммам, что задание выполнено правильно.
4. Оформить отчет.

8. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Содержательное задание.
2. Формализованное задание.
3. Синтез схемы.
4. Принципиальная схема с источниками входных сигналов.
5. Временные диаграммы.
6. Расчет быстродействия и количества корпусов микросхем.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Р . Т о к х е й м . Основы цифровой электроники. М.: Мир, 1992.
2. В . А . С к л я р о в . Применение ПЭВМ. В 3-х кн. Программное информационное обеспечение ПЭВМ. М.: Высшая школа, 1992.
3. В . Д ь я к о н о в . Система макро моделирования логических схем - Micro - LOGIC.// Монитор - Аспект. 1994. № 1, с. 46 - 50.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ
И ЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ
В СИСТЕМЕ MICRO - LOGIC**

**Составители : Пшеничников Юрий Владимирович
Чекин Владимир Иванович**

Редактор М. И. Логунова
Техн. редактор Г. А. Усачева
Корректор Н. С. Куприянова

Подписано в печать 31.04.95. Формат 60 x 84 ¹/₁₆ .
Бумага офсетная . Печать офсетная . Усл. печ. л. 0,7 .
Усл. кр. - отт. 0,8 . Уч. - изд. л. 0,6 . Тираж 200 экз.
Заказ 93 Арт. С - 65 / 95.

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ИПО Самарского государственного аэрокосмического
университета.
443001 Самара, ул. Ульяновская, 18.