

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РФ  
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

---

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Кафедра вычислительных машин, комплексов, систем и сетей

Т.Н.Федотова

ПОСОБИЕ

к выполнению лабораторных работ

по дисциплине

«Конструкторско – технологическое обеспечение

производства ЭВМ. Основы САПР ЭВА»

для студентов 4 курса

специальности 220100

дневного обучения

Москва – 2004

## Лабораторная работа № 1

ТЕМА: Система автоматизированного проектирования PCAD. Создание графического начертания и конструкторско - технологического описания радиоэлектронных компонентов.

### 1.Цель работы.

Изучение основных принципов работы системы автоматизированного проектирования и подготовки производства печатных плат PCAD; получение практических навыков работы с САПР PCAD на персональных ЭВМ типа IBM PC в интерактивном режиме при формировании библиотек графических образов и конструкторско-технологических описаний радиоэлектронных компонент.

### 2.Теоретические сведения.

САПР PCAD фирмы Personal CAD System Inc. представляет собой наиболее популярную в мире систему проектирования и подготовки производства печатных плат, начиная от создания принципиальной электрической схемы и заканчивая выводом конструкторской и технологической документации на печатную плату и формированием управляющих программ для станков с ЧПУ и фотокоординатографов.

Пакет прикладных программ PCAD содержит в своем составе три графических редактора (PC-CAPS,PC-PLACE и PC-CARDS), программу для автоматической трассировки соединений печатной платы с числом слоев от 1 до 32 ( PC-ROUTE ) и программы-утилиты, выполняющие служебные

функции. Пакет имеет библиотеку эталонных графических изображений РЭК ( радиоэлектронных компонентов ) для составления электрических принципиальных схем и библиотеку эталонных конструкторско-технологических описаний РЭК ( габариты, форма, расположение выводов ). Состав библиотек может быть изменен или дополнен при помощи графических редакторов PC-CAPS и PC-CARDS.

Запуск на выполнение функциональных модулей пакета PCAD осуществляется при помощи меню команд.

Меню команд системы PCAD расположено слева на экране, в правом окне экрана показаны функциональные модули, которые могут быть вызваны выделенной командой меню, а также типы входных файлов для данного функционального модуля и тип файла, формируемого данным функциональным модулем. Так, например, при установке курсора на команду меню D ( Design Entry Subsystem ) в правом окне экрана показаны функциональные модули которые могут быть выбраны (PC-COMP, PC-CAPS, PC-NODES и т. д. ) и типы входных - выходных файлов ( для графического редактора PC-CAPS выходными являются файлы, имеющие расширение .sym ( графическое изображение РЭК ), и файлы, имеющие расширение .sch ( графическое описание схемы электрической принципиальной )).

В состав меню команд могут входить подменю (название функционального модуля обрамлено двойной рамкой).

Перемещение между командами меню производится при помощи клавиш управления указателем (« → », « ← », « ↑ », « ↓ »). Выбор команд меню осуществляется нажатием клавиши ENTER. При выборе команд меню производится запуск соответствующего данной команде функционального модуля.

Таким образом, работа с пакетом PCAD заключается в последовательном вызове команд меню для запуска соответствующих функциональных модулей. Назначение функциональных модулей:

2.1. Графический редактор PC-CAPS ( команда подменю S меню D или функциональная клавиша Alt-F1 ).

1) Создание графического начертания нового РЭК ( т. е. такого РЭК, которого нет в библиотеке графических изображений РЭК ) для составления электрической принципиальной схемы. Результат работы - файл с расширением .sym.

2) Рисование электрической принципиальной схемы. Результат работы - файл с расширением .sch.

2.2. Графический редактор PC-CARDS ( подменю L меню P ).

1) Создание формы корпуса нового РЭК (если его нет в библиотеке конструкторско - технологических описаний РЭК ). Результат работы - файл с расширением .prt.

2) Подготовка конструктива печатной платы, ручная расстановка корпусов РЭК. Результат работы - файл с расширением .pcb.

3) Преобразование файла .pcb в файл .plt, пригодный для рисования печатной платы на принтере или плоттере.

2.3. Графический редактор PC-PLACE ( подменю P меню P ).

1) Оптимизация размещения корпусов РЭК по площади печатной платы. Результат работы - файл с расширением .plc. Исходный файл - с расширением .pkg.

При вызове одного из графических редакторов пакета PCAD экран состоит из трех частей:

- графическое окно ( в центре экрана );
- меню команд ( справа от графического окна );
- строка статуса ( снизу под графическим окном ).

Работа в графических редакторах производится с помощью клавиш:

- управления указателем ( для перемещения между командами меню и внутри графического окна );
- пробел или левая кнопка мыши( для выбора команды меню или параметра строки статуса );
- ESC или правая кнопка мыши( для отмены выполнения команд );
- ENTER или левая кнопка мыши (для ввода текста);
- F9 (для перемещения между графическим окном и строкой статуса);
- F10 (для перемещения между графическим окном и меню команд).

Параметрами строки статуса являются:

- вид и толщина линии для рисования ;
- размер букв для текстовых обозначений;
- шаг координатной сетки и др.

2.4. PC-NODES ( подменю N меню D или функциональная клавиша Alt-F2 ) осуществляет выделение списка цепей из электрической принципиальной схемы; входным является файл с расширением .sch. Результат работы - файл с расширением .nlt.

2.5. PC-PACK (подменю P подменю P меню D ) осуществляет упаковку данных об электрической принципиальной схеме и конструктиве печатной платы. Исходными для данного модуля являются файлы с расширениями .nlt (созданный модулем PC-NODES), .fil (текстовый файл описаний элементов, необходимых для данной электрической схемы; создается любым текстовым редактором ), .pcb (файл конструктива печатной платы, созданный модулем PC-CARDS). Результат работы - файл с расширением .pkg, а также при наличии ошибок - файл PCPACK.ERR.

2.6. PC-ROUTE осуществляет трассировку печатной платы, формирование рисунка дорожек. Исходным для данного модуля является файл с расширением .plc.

Результат работы:

-модифицированный файл .pcb ( конструктив печатной платы + корпуса РЭК + печатные дорожки );

-файл .ger - сведения о неразведенных связях и ошибках.

2.7. PC-PRINT и PC-PLOT выполняют рисование сформированного изображения печатной платы ( .plt ) на принтере или плоттере соответственно.

### 3.Порядок подготовки к выполнению лабораторной работы\*)

1. Ознакомиться с основными командами и принципом работы графических редакторов PC-CAPS и PC-CARDS системы PCAD.

2. Представить в отчет условные графические обозначения символического и конструкторско-технологического описания микросхемы, соответствующей варианту лабораторного задания (табл.1.1). № варианта определяется, как остаток от деления двух последних цифр номера зачетной книжки на четыре. Если остаток от деления равен нулю, то номер варианта - 4.

Табл.1.1

№ варианта	1	2	3	4
Имя микросхемы	155TM8	155TB1	K1500ЛК117	531ИД14

3. Изучить характеристики микросхемы, соответствующей заданному варианту.

4. Определить и представить в отчет значения типов (TYPE) и функциональной эквивалентности (EQUIV) контактов корпуса заданной микросхемы.

---

\*) Выполняется при самостоятельной подготовке к лабораторной работе.

#### 4. Порядок выполнения лабораторной работы.

В ходе лабораторной работы выполните приведенный ниже перечень заданий:

Задание 1. Запустите на выполнение программу PCAD. Ознакомьтесь с пользовательским интерфейсом пакета. Запустите на выполнение модуль PC-NODES (без использования функциональных клавиш), вернитесь в меню команд PCAD. Запустите на выполнение модуль PC-PHOTO. Определите, что является исходными данными для этого модуля и что произойдет в результате его работы. Вернитесь в главное меню PCAD.

Задание 2 Создание графического начертания РЭК.

2.1. Вызовите на выполнение модуль PC-CAPS. Установите символьный режим командой SYMB, при этом цвет меню команд станет красным.

2.2. Вызовите команду VLYR для просмотра и установки рабочих слоев изображения. Изображение в САПР PCAD е состоит из нескольких слоев. В каждом слое задаются свои части изображения. Пользователь может включать или выключать слои, детализируя или упрощая воспроизводимое на экране изображение.

Список слоев изображения:

BUS	- электрический жгут;
ATTR	- атрибуты;
SDOT	- соединения;
GATE	- изображение элемента;
WIRES	- электрическая связь (цепь);
PINNUM	- номер выводов;
PINCON	- выводы;
PINNAM	- имя вывода;
REFDES	- конструкторские обозначения;
DEVICE	- функция элемента;
NETNAM	- имена цепей;
COMPNAM	- имена компонентов;
BORDER	- граница схемы.

Установите параметры слоев:

GATE 1 ABL A

PINNUM 2 ABL

PINCON 3 ABL

REFDES 4 ABL

DEVICE 5 ABL

Остальные слои - в состоянии OFF.

Цифра после имени слоя задает цвет слоя в изображении.

Параметр слоя может принимать одно из трех значений:

ABL - слой видим и доступен для редактирования;

ON - слой видим, но недоступен для редактирования;

OFF - слой не видим и недоступен.

Признак активности слоя ( A ) указывает на то, что при входе в команды графического редактирования пользователю будет предложен для редактирования этот слой.

По команде QUIT ( выбор команд осуществляется клавишами управления курсором и клавишей "пробел" ) вернуться в основное меню графического редактора PC-CAPS.

При выполнении команд графического редактора текущий активный слой отображается в левом нижнем углу экрана в строке статуса.

### 2.3. Построение графического изображения РЭК (команда DRAW).

Подкомандами:

RECT - построение прямоугольника;

LINE - построение линии;

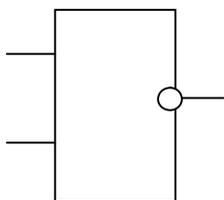
ARC - построение дуги;

CIRC - построение окружности;

FREC - построение закрашенного прямоугольника

команды DRAW графического редактора нарисуйте изображение РЭК.

Например,



При входе в любую из этих подкоманд в нижней части экрана появится строка статуса, указывающая текущие значения параметров рисования:

GATE - активный слой изображения РЭК;

SOLID - рисование сплошной линией;

ORTH - перпендикулярные линии (для подкоманды LINE)

W:0 - толщина линии в единицах базы данных (DBU); DBU = 0,001 дюйма, 1 дюйм = 25,4 мм.

Команда DEL основного меню позволяет стереть ошибочно введенные элементы изображения.

При вызове на выполнение команд в левом нижнем углу экрана над строкой статуса появляется запрос/подсказка системы. Так, например, при выполнении команды DRAW/RECT (рисовать прямоугольник) в левом нижнем углу экрана появляется подсказка "Corner 1" (выберите первый угол прямоугольника). Когда клавишей "пробел" первый угол выбран,

появляется подсказка системы "Corner 2" (выберите второй, противоположный по диагонали, угол прямоугольника). После выбора клавишей "пробел" второго угла на экране появляется изображение прямоугольника.

При выполнении команды DRAW/LINE задаются (отмечаются клавишей "пробел") начальная и конечная точка прямой линии. В команде DRAW/LINE для задания точек перегиба ломаной линии используется клавиша "пробел", для окончания команды рисования линии используется клавиша "ESC".

При выполнении команды DRAW/CIRC система просит указать точку центра окружности и, затем, одну точку на окружности.

#### 2.4. Обозначения контактов РЭК (подкоманда PIN команды ENTR).

Установите параметры строки статуса:

PINCON - активный слой выводов;

10:10 - масштаб координатной сетки

буквы S, G - зеленого цвета.

Перед вводом местоположения контакта установите признак его назначения (INPUT,OUTPUT,I/O,...) в строке статуса.

В ответ на запрос SELECT PIN LOCATION выберите местоположение контакта и нажмите клавишу "пробел". Контакт будет отмечен крестиком. В ответ на запрос SELECT PIN NAME LOCATION выберите место для обозначения имени контакта и нажмите клавишу "пробел". В ответ на запрос ENTER PIN NAME введите с клавиатуры имя контакта и нажмите клавишу ENTER. Таким же образом пометьте все контакты РЭК.

## 2.5. Ввод текстового обозначения РЭК (команда DRAW/TEXT).

Параметры строки статуса:

DEVICE - активный слой;

SIZ:15 - размер букв текста;

буква M - красного цвета (запрет зеркального отображения букв).

В ответ на запрос SELECT TEXT LOCATION установите курсор на желаемое начало текста и нажмите клавишу "пробел". В ответ на запрос TYPE IN TEXT введите текстовое обозначение элемента (например, & ) с клавиатуры и нажмите клавишу ENTER.

Для изменения размера вводимого текста используется параметр строки статуса SIZ: .

Для изменения ориентации вводимого текста (сверху вниз, снизу вверх, справа налево, слева направо) используется параметр строки статуса F.

## 2.6. Задание ключевой точки (команда ENTR/ORG). По ключевой точке данное графическое изображение РЭК будет вызываться в графическое окно экрана при формировании электрической принципиальной схемы.

В ответ на запрос SELECT THE ORIGIN выберите место для ключевой точки (например, первый контакт) и нажмите клавишу "пробел".

## 2.7. Упаковка вентиля в корпус ( команда SCMD/PNLC). Для задания графического образа микросхемы (например, 155ЛА3, содержащей четыре элемента 2И-НЕ) достаточно нарисовать изображение лишь одного элемента ( 2И-НЕ ), а команда SCMD/PNLC позволит указать, сколько таких вентилях находится в одном корпусе микросхемы.

На запрос ENTER GATES PER PACKAGE введите с клавиатуры число вентилях в корпусе.

На запрос `SELECT LOC FOR REF DESIGNATOR` выберите место для размещения конструкторского обозначения, которое будет проставлено при формировании электрической принципиальной схемы.

На запрос `SELECT LOC FOR PIN NUMBER` укажите курсором место обозначения номера контактной ножки микросхемы. Повторите для всех контактов. При этом высвечивается каждый контакт.

На запрос

```
ENTER PACKAGE PIN NUMBER <имя контакта>  
GATE ASSIGNED TO SECTION A
```

введите с клавиатуры номер контактной ножки для контакта с указанным именем вентиля «А». Если в корпусе несколько вентилях, то за вентиляем «А» система запросит вентиль «В», затем - вентиль «С» и т.д.

## 2.8. Сохранение созданного описания РЭК (команда `FILE/SAVE`).

На запрос `FILE NAME` введите с клавиатуры имя файла, в который будет записано созданное описание. По умолчанию файл будет иметь расширение `.sym`.

2.9. Очистить экран для ввода следующего РЭК командой `FILE/ZAP`.

2.10. Выйдите из модуля `PC-CAPS` командой `SYS/QUIT`.

### Задание 3. Создание конструкторско - технологического описания РЭК.

3.1. Вызовите на выполнение функциональный модуль PC-CARDS (подменю L меню P).

Установите систему в символьный режим командой SYMB.

3.2. Установите параметры слоев командой VLYR:

PIN            ABL    A

SLKSCR    ABL

DEVICE    ABL

Остальные слои - в состоянии OFF ( выключено ).

Выйдите из команды VLYR по команде QUIT или нажмите клавишу "ESC".

3.3. Задайте форму корпуса РЭК и положение контактов (команда ENTR/PIN ) микросхемы К155ЛА3 (микросхемы, определенной вариантом).

3.3.1. Установите параметры строки статуса:

PIN - активный слой контактов;

буква R - красного цвета (означает, что выключен режим высвечивания на экран электрических связей. Зеленый цвет показывает включенный режим);

50 : 50 - шаг координатной сетки в DBU.

TYPE – тип контакта (используется при задании контактов). Имеет следующий смысл:

TYPE=0 - переходное отверстие;

TYPE=1 - первый контакт;

TYPE=2 - все стандартные типы, кроме 1,3 и 4;

TYPE=3 - земля;

TYPE=4 - питание;

TYPE=5..24 - нестандартный тип контакта.

EQUIV - определяет функциональную эквивалентность контактов в пределах данного вентиля (используется при задании контактов). Имеет следующий смысл :

EQUIV=0 - контакт не имеет функционального эквивалента;

EQUIV=n (n = 1, 2, 3,...), - функционально-эквивалентные контакты.

Например, при задании микросхемы 155ЛА3 необходимо установить следующие параметры контактов:

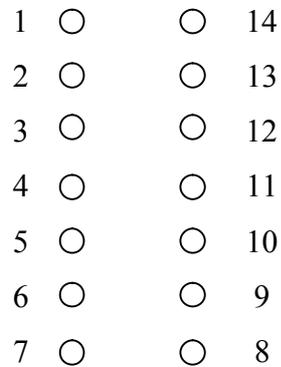
TYPE	4	2	2	2	2	2	2
EQUIV	0	4	4	0	3	3	0
		Вентиль D			Вентиль C		
№ контакта	14	13	12	11	10	9	8
№ контакта	1	2	3	4	5	6	7
	Вентиль A			Вентиль B			
EQUIV	1	1	0	2	2	0	0
TYPE	1	2	2	2	2	2	3

3.3.2. Установите в строке статуса значения EQUIV и TYPE для первой контактной ножки.

3.3.3. Поместите курсор в точку, соответствующую местоположению первой контактной ножки. Система запросит: выберите положение для надписи номера контактной ножки. В ответ на запрос системы укажите курсором местоположение для надписи номера контактной ножки, затем введите номер контактной ножки (1, 2, ...) и нажмите клавишу «ENTER».

3.3.4. Выполните п.п. 3.3.2 и 3.3.3 для всех контактных ножек микросхемы.

Расположение контактных ножек на экране для микросхемы K155LA3 показано на рисунке ( ○ – обозначение контактной ножки микросхемы) .



3.4. Введите графическое изображение корпуса РЭК ( команда DRAW)

с помощью подкоманд:

LINE - линия

RECT - прямоугольник

ARC - дуга

CIRC - окружность

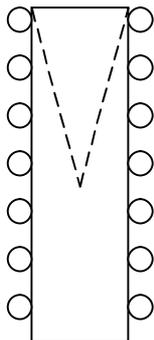
FREC - закрашенный прямоугольник.

При этом в строке статуса должно быть:

SLKSCR - активный слой.

W:0 - толщина линии.

В результате на экране должно быть получено следующее графическое изображение корпуса РЭК:



Для того, чтобы изобразить наклонную линию, выберите команду DRAW/LINE, в статус - строке установите режим наклона " A " (вместо режима "O"), который позволяет рисовать линии под любым углом, и укажите точку начала V - образной ломаной, отметьте ее клавишей "пробел". Аналогично укажите еще две точки для рисования V - образной ломаной, изображенной на рисунке.

3.5. При помощи команды DRAW/TEXT введите текстовое обозначение корпуса РЭК. В строке статуса должно быть:

DEVICE - активный слой;

120 - высота букв;

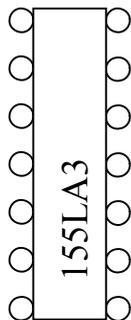
На запрос

SELECT LOCATION

выберите место для текста и нажмите клавишу " пробел ".

Затем введите с клавиатуры название корпуса РЭК.

Например:



3.6. Задайте ключевую точку командой ENTR/ORG. На запрос SELECT THE ORIGIN установите курсор на первый контакт и нажмите клавишу " пробел ".

3.7 Командой SCMD/SPKG выполните упаковку вентиля в корпус.

Для этого на запрос

ENTER NUMBER OF GATES

введите с клавиатуры число вентиля в корпусе.

На запрос

ENTER NUMBER OF PINS PER GATE

введите с клавиатуры число контактов в одном вентиле.

Информация об упаковке вентиля в корпус и имена контактов должны соответствовать информации о графическом изображении РЭК, введенной с помощью программы PC CAPS (режим SYMB) командами SCMD/PNLC и ENTR/PIN.

На запрос

ENTER NAME OF GATE PIN 1

введите с клавиатуры имя первого контакта, которое ему присвоено в вентиле. Аналогично введите имена всех контактов.

На запрос

SELECT GATE 1 PIN <имя контакта>

укажите курсором положение контакта с указанным именем в первом вентиле. Система изменением цвета выделит контакт, указывая прием информации. Аналогично укажите все контакты всех вентилях.

3.8. Проверьте правильность значений TYPE и EQUIV при помощи команды SCMD/SPAT.

На запрос

ENTER NEW TYPE:

TYPE OF PIN 1 IS 1 (тип контакта 1 равен 1)

введите с клавиатуры новый тип или нажмите клавишу "ENTER", если изменять значения не требуется.

В ответ на запрос

ENTER NEW CODE:

PIN LEQ CODE IS 0 (значение EQUIV=0)

введите с клавиатуры новое значение EQUIV или нажмите клавишу "ENTER", если изменять значение не требуется.

3.9. Сохраните созданное описание корпуса РЭК командой FILE/SAVE. Для этого в ответ на запрос ENTER FILE NAME введите имя файла. По умолчанию файл будет иметь расширение .prt.

3.10. Выйдите из функционального модуля PC-CARDS командой SYS/QUIT.

## 5.Содержание отчета.

1. Наименование, цель работы.

2. Задание, выполненное при подготовке к лабораторной работе (см. "Порядок подготовки к выполнению лабораторной работы").

3. Задания, выполненные во время лабораторной работы (см. "Порядок выполнения лабораторной работы").

При описании выполнения лабораторной работы в отчете должны быть представлены:

- выполняемая операция и функциональный модуль, с помощью которого эта операция выполняется;

- название команды, ее назначение и активный слой изображения;

- имя и расширение файла при описании команд сохранения информации.

4. Выводы по лабораторной работе. Выводы по лабораторной работе должны содержать:

- практические навыки, полученные при выполнении лабораторной работы;

- тип и этапы реализованного вычислительного процесса САПР;

- математические задачи, решаемые САПР PCAD во время выполнения лабораторной работы;

- этапы проектирования и проектные задачи, реализованные во время лабораторной работы автоматически (системой PCAD) или вручную.

## 6. Контрольные вопросы.

1. Для чего предназначена система автоматизированного проектирования PCAD?
2. Какие графические редакторы содержатся в пакете PCAD? Каково их назначение?
3. Для чего используются параметры слоев в графических редакторах системы PCAD?
4. Как осуществить восстановление удаленного командой DEL элемента?
5. В каких случаях возникает необходимость создания графического начертания и конструкторско-технологического описания РЭК?
6. Для чего предназначена строка статуса в графических редакторах САПР PCAD?
7. Что называется ключевой точкой РЭК?
8. Как изменить размер и ориентацию вводимого текста?
9. Что обозначают термины "логическая эквивалентность" и "тип" контакта?
10. Для чего производится упаковка вентиля в корпус микросхемы?
11. Какой типовой вычислительный процесс выполнялся?
12. Типовая структура САПР.
13. Реализация подготовительного вычислительного процесса в САПР PCAD.
14. Виды и назначение программного, информационного и лингвистического обеспечения САПР, задействованные при выполнении лабораторной работы.
15. Реализация компонент программного и информационного обеспечения типовой САПР в системе PCAD.

## Лабораторная работа № 2

ТЕМА: Система автоматизированного проектирования PCAD.

Построение принципиальной электрической схемы.

### 1. Цель работы.

Целью работы является изучение принципов работы функциональных модулей САПР PCAD, позволяющих строить электрические принципиальные схемы и выделять из них списки электрических цепей ; а также получение практических навыков использования САПР PCAD для построения принципиальных электрических схем .

### 2. Теоретические сведения.

#### 2.1. Этапы реализации проекта .

В системе автоматизированного проектирования PCAD существует три основных способа проектирования и подготовки производства печатных плат. Первый способ предназначен для проектирования наиболее простых плат, для описания которых нет необходимости создания графического или текстового описания принципиальной электрической схемы. Основная подготовка выполняется в графическом редакторе PC-CARDS, позволяющем выполнять ручную расстановку корпусов радиоэлектронных компонент (РЭК). При этом средствами редактора изображается печатная плата, на которой в ручном режиме размещаются конструктивные элементы (микросхемы) из технологической библиотеки файлов \*.prt. Списки цепей

связности формируются непосредственным указанием на контактные ножки конструктивных элементов. Полученное описание может обрабатываться модулем автоматической трассировки PC-ROUTE.

Второй способ предназначен для текстового описания цепей связности и конструктивных элементов. Этот способ целесообразно использовать для этапа подготовки производства печатной платы, когда схема электрическая принципиальная окончательно завершена, и конструктор - пользователь системы PCAD не может вносить в нее изменения.

В этом случае средствами текстового редактора создается файл типа \*.alt, который обрабатывается модулем PC-NLT и полученный файл типа \*.pkg может быть обработан модулем PC-PLACE для размещения компонентов на печатной плате, и затем - модулем автоматической трассировки PC-ROUTE.

Третий способ заключается в создании графического описания схемы принципиальной электрической средствами графического редактора PC-CAPS. Этот способ является наиболее полным из трех анализируемых способов и может включать в этапы проектирования такие фазы, как логическое моделирование схемы электрической принципиальной и упаковку конструктивных элементов в конструктивы более высокого уровня иерархии. На основании построенной схемы система PCAD может оптимально разместить радиоэлементы на печатной плате (модуль PC-PLACE) и произвести трассировку соединений печатной платы (PC-ROUTE).

Третий способ проектирования представляется наиболее интересным, удобным и часто-используемым. В процессе выполнения лабораторной работы будет производиться проектирование печатной платы на основании схемы принципиальной электрической.

## 2.2. Графический редактор PC-CAPS .

Функциональный модуль PC-CAPS предназначен для графического ввода и редактирования схем и схемных символов и выполняет следующие основные функции:

- построение графического изображения радиоэлектронных компонент ;
- построение принципиальных электрических схем.

PC-CAPS состоит из символьного и схемного процессора. Символьный процессор (вызывается командой SYMB) позволяет пользователю графически создавать оригинальные символы, представляющие описание логических элементов функциональных схем. Схемный процессор (вызывается командой DETL ) позволяет графически создавать разнообразные схемы из имеющихся символов.

Назначение функциональных клавиш:

F1 - позволяет посмотреть/установить слой (аналог команды VLYR);

F2 - позволяет посмотреть/ установить текущий угол;

F3 - позволяет назначать или изменять имя цепи при исполнении команды ENTR/WIRE;

F4 - позволяет именовать компонент при размещении (совместно с командой ENTR/COMP);

F5 - позволяет ввести новый размер текста при использовании команд, связанных с вводом текстового обозначения;

F6 - позволяет посмотреть/установить текущую ориентацию текста (показ зеленым изображением символа F на линии статуса);

F7 - позволяет сделать видимой/невидимой масштабную сетку;

F8 - позволяет управлять дискретностью передвижения курсора;

F9 - позволяет перемещать курсор между главной зоной показа экрана и линией статуса;

F10 - позволяет перемещать курсор между главной зоной показа экрана и меню.

В системе PCAD имеется библиотечная база данных, содержащая наиболее часто используемые символы (вызываются по имени логического элемента с расширением .sym ; например, 155la3.sym).

### 2.3. Формирование списка цепей в двоичном виде PC-NODES.

Функциональный модуль PC-NODES предназначен для генерации списка цепей в двоичном виде в требуемом формате для последующей обработки функциональными модулями САПР PCAD. Входной информацией для программы PC-NODES может быть:

а) схема электрическая принципиальная, которая формируется функциональным модулем PC-CAPS;

б) топология печатной платы (если проектирование выполняется первым способом), которая формируется программой PC-CARDS.

Функциональный модуль PC-NODES имеет два режима работы, которые определяются видом входной информации. Если входным файлом является схема электрическая принципиальная (файл с расширением .sch), то выходной файл содержит информацию о списке цепей и имеет расширение .nlt. Если входным файлом является топология печатной платы (файл с расширением .pcb), то выходной файл содержит упаковочную информацию и имеет расширение .pnl.

Файлы с расширением .nlt используются следующими модулями PCAD:

а) PC-LINK для объединения нескольких списков цепей в один общий список цепей;

б) PC-FORM для формирования текстовой документации;

в) PC-PACK для автоматической упаковки логических элементов в конструктивы более высокого уровня;

г) PC-ERC для технологического контроля принципиальной электрической схемы;

д) PC-NLC для электрического контроля принципиальной электрической схемы;

е) PRESIM для подготовки данных к логическому моделированию принципиальной электрической схемы.

Файлы с расширением .pnl могут быть использованы функциональными модулями PC-FORM и PC-NLC.

#### 2.4. Технологический контроль проекта.

Функциональный модуль PC-ERC анализирует входной файл проекта \*.nlt, созданный функциональным модулем PC-NODES, и создает текстовый файл \*.erc, в котором содержится следующая информация:

1. Список свободных выводов, сгруппированных по компонентам;
2. Список цепей, имеющих один или менее выводов;
3. Список цепей, не имеющих входных контактов (IN или I/O);
4. Список цепей, не имеющих выходных контактов (OUT или I/O);
5. Список цепей, имеющих более, чем один выходной контакт;
6. Список цепей, не содержащих нагрузочных резисторов;
7. Список компонент, входные контакты которых объединены ;
8. Список несоответствий в упаковочной информации. Под несоответствием понимается: компоненты не имеют позиционного обозначения; несколько компонент имеют одинаковое позиционное обозначение; компоненты имеют различные вентили, содержащиеся в одном корпусе.
9. Карта связей между листами проекта;
10. Список числовых атрибутов компонент с подсчетом их суммарных величин. Модуль PC-ERC анализирует все атрибуты компонент и, если они имеют числовые значения, то будет произведено суммирование по всем компонентам для равных ключевых слов атрибутов.

### 3. Порядок подготовки к выполнению лабораторной работы.

1. Ознакомиться с принципами построения принципиальных электрических схем в системе автоматизированного проектирования PCAD.

2. Ознакомиться с характеристиками микросхем, используемых при проектировании заданной принципиальной электрической схемы. Эскиз схемы выбирается согласно варианту лабораторной работы:

вариант №1 - рис.2.1:

вариант №2 - рис.2.2:

вариант №3 - рис.2.3:

вариант №4 - рис.2.4:

3. Представить в отчет перечень и характеристики микросхем, компоненты которых содержатся в принципиальной электрической схеме.

### 4. Порядок выполнения лабораторной работы.

В ходе лабораторной работы выполнить приведенный ниже перечень заданий.

Задание 1. Постройте принципиальную электрическую схему. Для этого:

1. Загрузите PCAD. Вызовите программу PC-CAPS.

2. Установите рабочие слои (команда VLYR):

WIRES	ABL	A	- слой проводников;
GATE	ABL		- изображение РЭК;
PINCON	ABL		- слой выводов;
SDOT	ABL		- слой соединений;
NETNAM	ABL		- имена цепей;
CMPNAM	ABL		- имена компонентов;
PINNUM	ABL		- номера контактных ножек микросхемы;
PINNAM	ON		- имена контактов логических элементов;
DEVICE	ON		- функциональное обозначение логических

элементов:

REFDES ABL - конструкторские обозначения.

Остальные слои - в состоянии OFF.

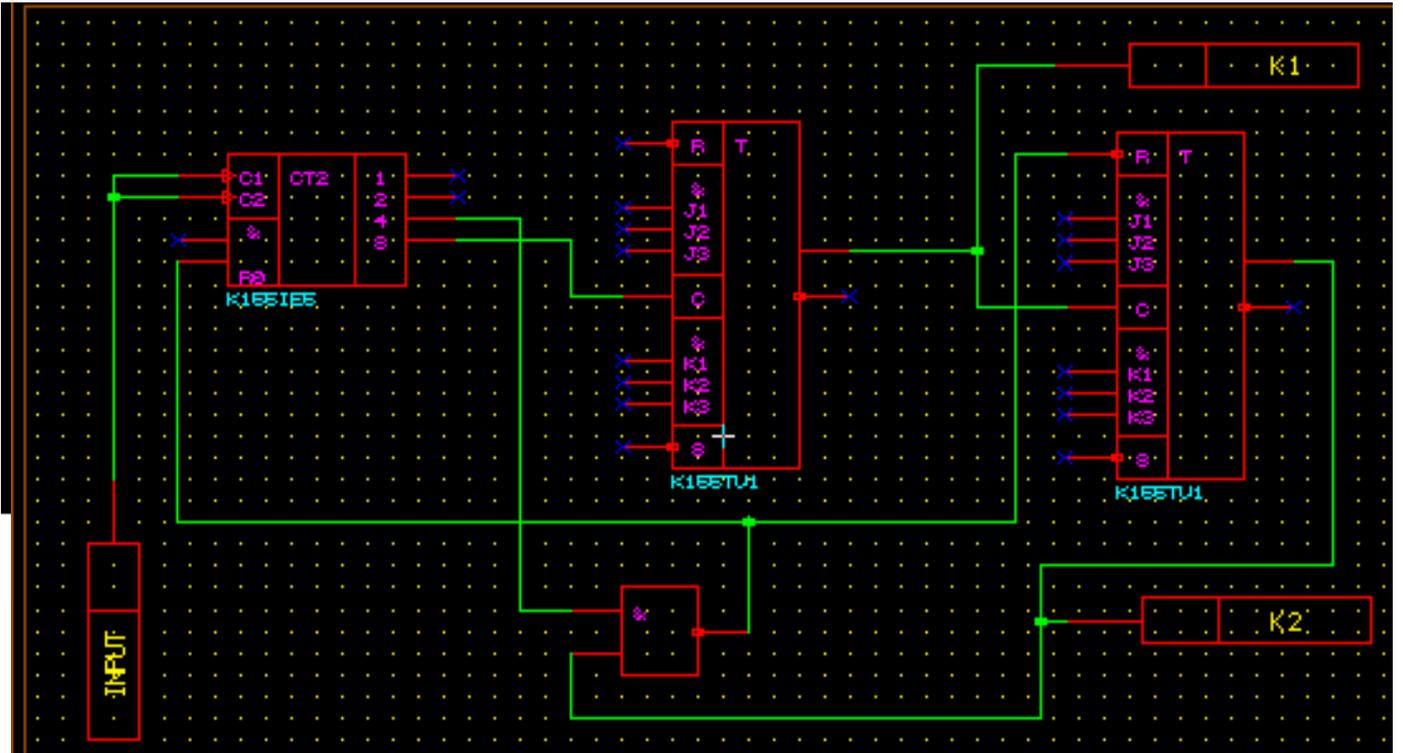


Рис.2.1



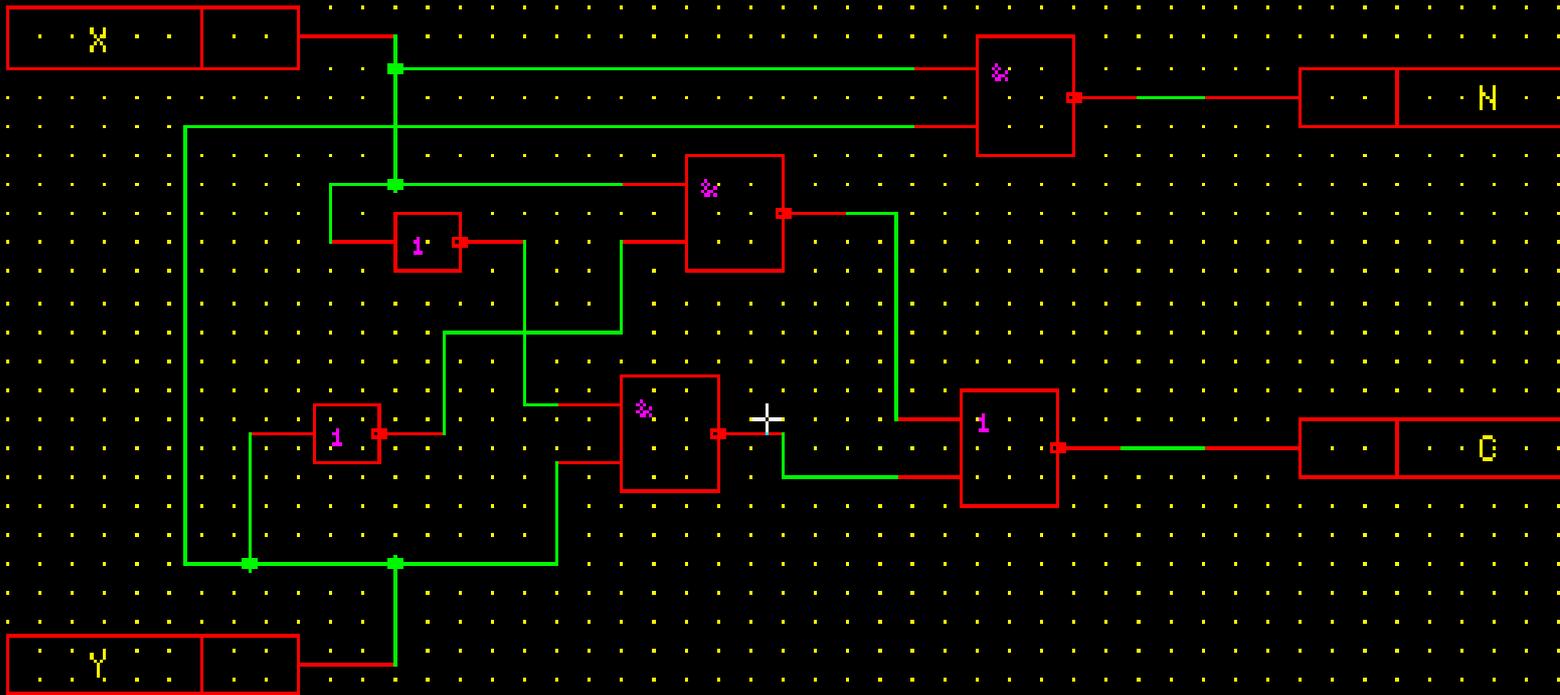


Рис 2.3

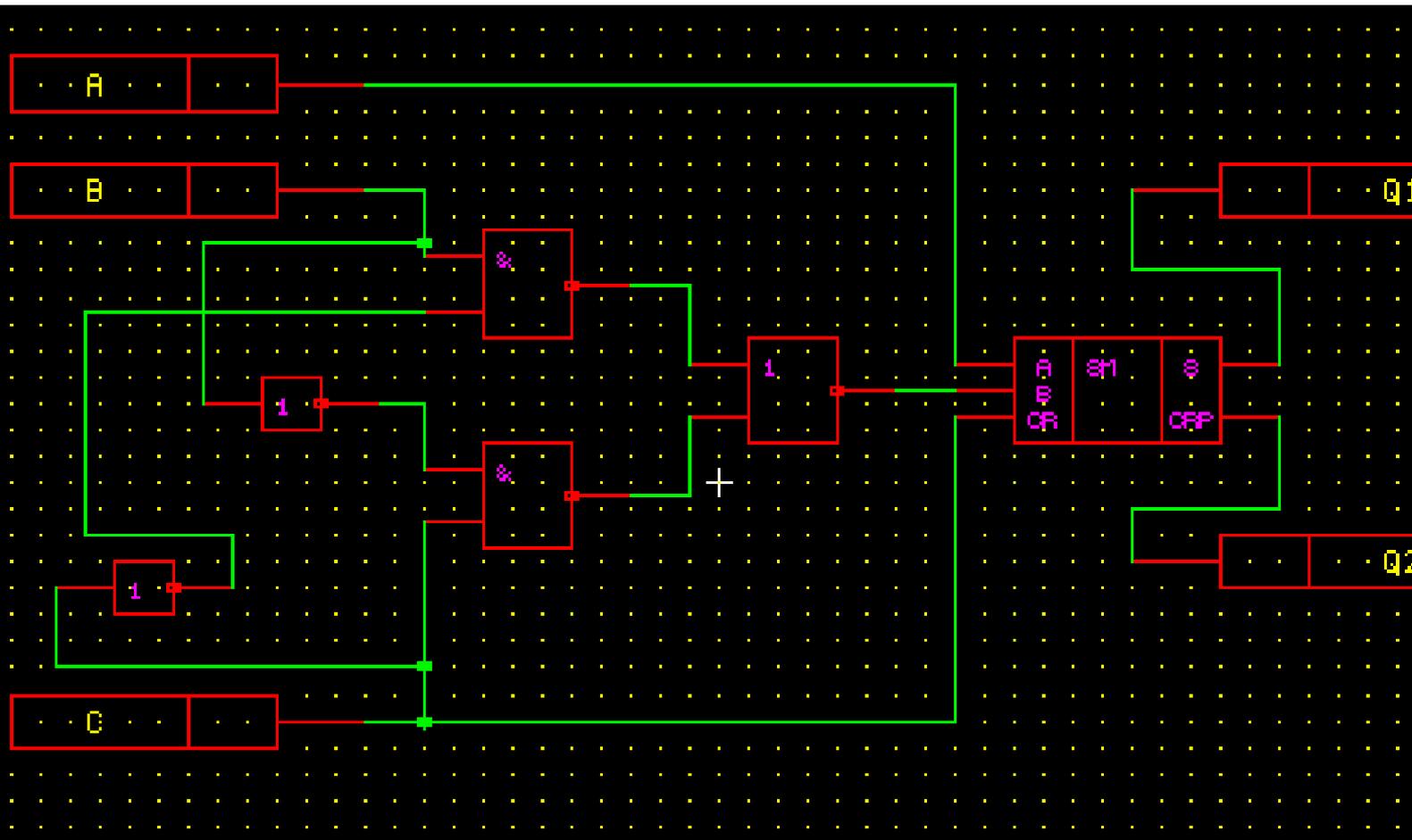


Рис. 2.4.

3. Расстановка изображений РЭК по полю чертежа (команда ENTR/COMP) в соответствии с принципиальной схемой.

В ответ на запрос ":" нажмите функциональную клавишу F1, после чего в поле команд будет выведено содержимое библиотеки SYM логических элементов функциональных схем. Выберите из списка по имени логический элемент, подлежащему включению в функциональную электрическую схему.

В ответ на запрос системы

Select loc to place comp (Orientation OK?)

расположите изображение РЭК в нужном месте чертежа и нажмите клавишу "пробел". При необходимости воспользуйтесь командами графического редактирования:

MOVE - перемещение объектов;

DEL - стирание объектов;

COPY - копирование объектов;

ROT - поворот объектов;

PAN - сдвиг графического окна;

ZIN - увеличение изображения;

ZOUT - уменьшение изображения.

4. Проведение электрических связей (команда ENTR/WIRE) между РЭК принципиальной электрической схемы.

Для этого:

а) вызовите команду ENTR/WIRE;

б) задайте параметры в строке статуса:

WIRES - активный слой проводников;

ORTH - рисование перпендикулярными линиями;

W:0 - толщина линии в DBU;

буква L - зеленого цвета.

в) на запрос системы **SELECT START POINT** укажите курсором начальную (клавиша "пробел") и конечную (клавиша "пробел", затем сразу - клавиша "ESC") точки цепей. Несоединенные электрической цепью контакты логических элементов отмечены крестиком. При соединении контакта с цепью крестик пропадает. Цепь должна быть подсоединена одним концом к входному, другим - к выходному контакту;

г) точки перегиба электрической связи задаются нажатием клавиши "пробел";

д) нажатие клавиши "ESC" удаляет последний незафиксированный (клавишей "пробел") отрезок проводника и завершает проведение электрической связи;

е) для соединения перекрещивающихся проводников установите курсор в точку их пересечения и нажмите клавишу "пробел" два раза.

## 5. Пронумеруйте вентили командой **SCMD/PNUM**.

Командой **SCMD/PNUM** разработчиком вводится полное мнемоническое имя выбранного РЭК (логического элемента функциональной схемы), т.е. задается конструкторское обозначение микросхемы и номер вентилей в микросхеме. Таким образом, данный РЭК жестко привязан к заданному корпусу и номеру вентилей. Номер вентилей указывается через слэш латинскими буквами (при этом на экране появляется информация о номерах контактных ножек микросхемы и конструкторское обозначение микросхемы без указания номера вентилей).

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Первый вентиль в корпусе D1 имеет номер D1/A, второй - D1/B, ..., двадцать шестой - D1/Z, двадцать седьмой - D1/AA и т.д.

Введенное имя отображается в слое **REFDES** в том месте, что было зарезервировано для ввода конструкторского обозначения при создании символического изображения РЭК (.sym). Следует помнить, что только введенное в режиме **SCMD/PNUM** имя компонента (а не **NAME/COMP**) передается последующим пакетам **PCAD**.

## 6. Редактирование принципиальной схемы.

При работе может потребоваться редактирование созданной схемы. Команды редактирования EDIT оперируют над сегментами и точками перегиба (вершинами), введенными в режиме схемного редактора. Каждая контактная точка цепи или линии является вершиной. Часть цепи или линии между двумя вершинами - это сегмент.

Рассмотрим подробнее опции режима EDIT.

Команда EDIT/ADDV. Команда "добавить вершину" выполняется следующим образом:

- установите режим EDIT/ADDV;
- на подсказку системы SELECT A POINT передвиньте курсор в точку на конце сегмента и нажмите клавишу "пробел";
- сегмент ярко высветится и на подсказку системы SELECT a NEW VERTEX... передвиньте курсор на новое место и нажмите клавишу "пробел";
- для завершения команды нажмите клавишу "ESC" - конец команды.

Команда EDIT/DELV. Команда "удалить вершину" выполняется следующим образом:

- установите режим EDIT/DELV;
- на подсказку системы SELECT ONE VERTEX... выберите курсором вершину, она сразу удалится;
- для выхода из режима следует установить другой режим.

Команда EDIT/MOVV. Команда "переместить вершину излома линии" выполняется следующим образом:

- установите режим EDIT/MOVV;

- на подсказку системы **SELECT VERTEX...** передвиньте курсор к вершине и нажмите клавишу "пробел";

- на подсказку системы **MOVE THE VERTEX TO...** передвиньте вершину на новое место и нажмите клавишу "пробел";

- нажмите клавишу "ESC" для выхода из команды.

Команда **EDIT/LAYS**. Команда "изменить слой сегмента" выполняется так:

- установите режим **EDIT/LAYS**;

- на подсказку системы **SELECT A SEGMENT...** выберите сегмент и измените на линии статуса активный слой.

Команда **EDIT/DELS**. Команда "удаление сегмента изображения" выполняется следующим образом:

- установите режим **EDIT/DELS**;

- на подсказку системы **SELECT A SEGMENT...** установите курсор в любую точку на сегменте и нажмите клавишу "пробел", сегмент удалится;

- для выхода из команды используйте клавишу "ESC".

Команда **EDIT/MOVS**. Команда "двигать сегмент" выполняется следующим образом:

- установите режим **EDIT/MOVS**;

- на подсказку системы **SELECT A LINE SEGMENT...** выберите сегмент;

- на подсказку системы

**SELECTION NEW POSITION FOR THE LINE...**

выберите новое положение сегмента на экране;

- для выхода из команды выберите другую команду меню.

Команда EDIT/MOVA. Команда "двигать цепь сегмента с присоединенными сегментами" выполняется следующим образом:

- установите режим EDIT/MOVA;

- на подсказку системы SELECT A POINT выберите точку электрического соединения на цепи, при этом система стирает сегмент, присоединенные сегменты и точку электрического соединения;

- на подсказку системы SELECT NEW POINT... передвиньте курсор на новое место и нажмите клавишу "пробел";

- нажмите клавишу "ESC" для выхода из команды.

7. Запишите электрическую принципиальную схему в файл. Для этого вызовите команду FILE/SAVE. В ответ на запрос ENTER FILE NAME введите имя файла (который по умолчанию получит расширение .sch).

8. Сохраните изображение в плот-файле (расширение .plt) командой SYS/PLOT для дальнейшей распечатки в графическом режиме на принтере.

При выполнении команды SYS/PLOT на запрос системы

PLOT: Select Page Corner 1...

выберите курсором левый верхний угол фрагмента схемы, выводимого на печать. На запрос системы

PLOT: Select Page Corner 2...

выберите противоположный по диагонали угол фрагмента схемы, выводимого на печать. На запрос системы

Plot file name:

введите имя выходного файла (по умолчанию оно соответствует имени выбранной схемы и имеет расширение .plt).

9. Выйдите из функционального модуля PC-CAPS (команда SYS/QUIT).

Задание 2. Создайте двоичный файл списка цепей принципиальной электрической схемы. Для этого:

1. Вызовите функциональный модуль PC-NODES ;
2. На запрос DATABASE FILENAME <filename>.sch введите с клавиатуры имя созданного в задании 1 файла с принципиальной электрической схемой.
3. При успешном завершении работы функциональный модуль выдает сообщение: COMPLETED & SAVED AS <filename>.nlt.
4. Для выхода из PC-NODES нажмите клавишу ESC на клавиатуре.

Задание 3. Выполните технологический контроль проекта. Для этого запустите PC-ERC и задайте в качестве исходного созданный в процессе вашей работы файл с расширением .nlt. В результате работы модуля будет создан текстовый файл с расширением .erc.

Выйдите из PC-ERC. Выйдите из PCAD (клавиша X). Просмотрите созданный текстовый файл с расширением .erc. Проанализируйте его. Если в процессе контроля выявлены ошибки в принципиальной электрической схеме, запустите систему PCAD и исправьте ошибки в принципиальной схеме (задание 1).

Здесь может быть полезна команда QRY, которая позволяет получить информацию о цепи (QRY/NET), компоненте (QRY/COMP), контакте (QRY/PIN). Эта команда позволяет также найти на схеме элемент по имени. Напр., технологический контроль выявил ошибку в цепи UN000020. Для того чтобы найти эту цепь на схеме, выполните следующие действия:

- а) вызовите команду QRY/NET;

б) используя параметр строки статуса BYNAME, введите номер цепи UN000020;

в) цепь с заданным номером ярко высветится.

После исправления ошибок повторите выполнение заданий 2 и 3.

Если в процессе электрического контроля ошибок выявлено не было, распечатайте на принтере созданный вами файл с расширением .ers. Загрузите PCAD.

Задание 4. Распечатайте на принтере принципиальную электрическую схему. Для этого воспользуйтесь функциональным модулем PC -PRINT, задав в качестве входного файл принципиальной электрической схемы с расширением .plt, созданный командой SYS/PLOT в п.7 задания 1.

Задание 5. Выйдите из системы PCAD (клавиша "X") и переместите на дискету файлы, созданные в п.6 задания 1 (<filename>.sch) и в задании 2 (<filename>.nlt).

## 5. Содержание отчета.

1. Наименование, цель работы.

2. Задания, выполненные при подготовке к лабораторной работе.

3. Задания, выполненные во время лабораторной работы. При

описании выполнения лабораторной работы в отчете должны быть представлены:

- выполняемая операция и функциональный модуль, с помощью которого эта операция выполняется;

- название команды, ее назначение и активный слой изображения;

- имя и расширение файла при описании команд сохранения информации.

4. Распечатка электрической схемы и файла с результатами технологического контроля.

5. Выводы по лабораторной работе. Выводы по лабораторной работе должны содержать:

- практические навыки, полученные при выполнении лабораторной работы;

- тип и этапы реализованного вычислительного процесса САПР;

- математические задачи решаемые САПР РСAD время выполнения лабораторной работы;

- этапы проектирования и проектные задачи, реализованные во время лабораторной работы автоматически (системой РСAD) или вручную.

## 6. Контрольные вопросы.

1. Назначение функционального модуля PC-CAPS.
2. Назначение технологического контроля проекта.
3. Какие ошибки позволяет выявить технологический контроль проекта?
4. Как вводится полное мнемоническое имя радиоэлектронного компонента и из чего оно состоит?
5. Какие команды используются для редактирования принципиальной схемы?
6. В каких режимах может работать графический редактор PC-CAPS и для чего они предназначены?
7. Для чего предназначен функциональный модуль PC-NODES?
8. Тип и этапы вычислительного процесса, реализованного во время выполнения лабораторной работы.
9. Реализация типовой структуры САПР.
10. Виды и назначение компонент программного обеспечения типовой САПР, задействованных при выполнении лабораторной работы.
11. Виды и назначение компонент информационного обеспечения типовой САПР, задействованных при выполнении лабораторной работы.
12. Виды и назначение компонент лингвистического обеспечения типовой САПР, задействованных при выполнении лабораторной работы.
13. Реализация компонент программного обеспечения типовой САПР в системе PCAD.
14. Реализация компонент информационного обеспечения типовой САПР в системе PCAD.
15. Как сделать видимым (невидимым) изображение номеров контактных ножек микросхемы, имена контактов логических элементов, функциональное обозначение логических элементов, конструкторское обозначение элементов и др. на принципиальной электрической схеме?

## Лабораторная работа № 3

ТЕМА: Система автоматизированного проектирования PCAD.

Проектирование печатных плат.

### 1. Цель работы.

Целью лабораторной работы является изучение процесса автоматизированного проектирования и подготовки производства печатных плат на основании схемы принципиальной электрической, получение практических навыков использования САПР PCAD для создания конструкторской и технологической документации на печатную плату.

### 2. Теоретические сведения.

Процесс автоматизированного проектирования печатной платы на основании схемы электрической принципиальной состоит из следующих этапов:

- создание каталога элементов принципиальной электрической схемы;
- подготовка конструктива печатной платы;
- упаковка информации об электрической схеме и конструктиве печатной платы;
- автоматизированное размещение радиоэлементов на печатной плате;
- автоматическая трассировка соединений печатной платы;
- создание конструкторской и технологической документации.

#### 2.1. Создание каталога элементов принципиальной электрической схемы.

Каталог элементов принципиальной электрической схемы создается любым текстовым редактором и имеет имя с расширением .fil. В нем

содержатся имена файлов, содержащих описание всех используемых в данной схеме РЭК: логических элементов функциональной схемы (.sym) и соответствующих им корпусов микросхем (.prt). Каталог элементов принципиальной электрической схемы может быть также создан автоматически функциональным модулем PC-PACK. Для этого при запуске PC-PACK на запрос о вводе fil-файла необходимо ввести имя fil-файла (MY.FIL), содержащего имена всех файлов, входящих в библиотеку логических элементов функциональных схем (SYM), и соответствующих им файлов, входящих в библиотеку корпусов микросхем (PRT). В результате PC-PACK создаст библиотеку описаний элементов принципиальной электрической схемы под именем filename.fil, где filename соответствует заданному имени pkg-файла.

2.2. Подготовка конструктива печатной платы выполняется графическим редактором PC-CARDS. При подготовке устанавливаются границы конструктива и границы области трассировки.

2.3. Автоматическая упаковка информации об электрической схеме и конструктиве печатной платы.

Функциональный модуль PC-PACK предназначен для упаковки данных об электрической принципиальной схеме и конструктиве печатной платы в двоичный файл образа печатной платы (тип файла .pkg).

Функциональный модуль PC-PACK имеет следующую входную информацию:

- список цепей схемы электрической принципиальной в двоичном виде (файл с расширением .nlt);
- библиотека описаний элементов (файл с расширением .fil);

- библиотека упаковочной информации (файл с расширением .lib), является необязательным;

- местонахождение на диске библиотеки корпусов микросхем (PRT).  
Напр., D:\PCAD\PRT\;

- конструктив печатной платы (тип файла .pcb).

Выходная информация программы PC-PACK:

- двоичный файл образа печатной платы ( файл с расширением .pkg).  
Этот образ содержит информацию о тех конструктивных элементах, которые должны быть размещены на печатной плате.

- список цепей с учетом упаковочной информации (файл с расширением \*.pnl) , который используется программой PC-FORM ;

- список команд для графического редактора PC-CAPS , позволяющих в автоматическом режиме нанести на принципиальную электрическую схему сведения об упаковочной информации ( файл с расширением \*.cmd ) ;

- список цепей с упаковочной информацией и перечень схемных обозначений компонентов для модуля PC-FORM и других функциональных модулей PCAD (файл с расширением \*.bnl) .

В случае возникновения ошибки формируется файл PCPACK.ERR, в котором содержатся сообщения об ошибках.

#### 2.4. Автоматизированное размещение конструктивных элементов на печатной плате.

Функциональный модуль PC-PLACE является одним из трех графических редакторов системы PCAD и предназначен для размещения конструктивных элементов на печатной плате. Исходным для данного функционального модуля является двоичный файл образа платы (тип файла pkg). Результатирующим - файл с расширением .plc, содержащий описание

конструктивных элементов и списка цепей между электрически связанными контактами конструктивных элементов после их размещения на печатной плате. В результате работы команды SYS/PLOT может быть также создан двоичный файл графического описания результата размещения для вывода на принтер или векторный графопостроитель.

## 2.5. Автоматическая трассировка соединений печатной платы.

Функциональный модуль PC-ROUTE является составной частью системы PCAD и предназначен для автоматизации процесса трассировки двухсторонних и многослойных печатных плат (изготавливаемых методом металлизации сквозных отверстий), проектируемых в системе PCAD в соответствии с методикой, принятой в этом пакете.

Особенностью программы являются широкие возможности в предварительной настройке параметров и правил трассировки на конкретный проектируемый узел.

Входными данными для функционального модуля PC-ROUTE является файл \*.plc, несущий информацию о физическом размещении конструктивных элементов на печатной плате и логических связях между ними. Этот файл создается последовательно с помощью функциональных модулей PC-CARDS, PC-PACK и PC-PLACE.

Выходными данными модуля PC-ROUTE являются следующие файлы:

- файл \*.pcb, содержащий информацию об оптимальной топологии печатной платы: размещенных конструктивных элементах и проложенных трассах печатных проводников;
- файл сообщений, содержащий протокол трассировки и имеющий тип .rep.

В результате работы программы не все связи могут оказаться разведенными. Ручная доработка, а также корректировка отдельных связей

(редактирование топологии печатной платы) и создание двоичного файла описания графики для вывода на принтер (.plt) могут быть осуществлены пользователем средствами функционального модуля PC-CARDS. PC-ROUTE помечает связи, оставшиеся неразведенными. Информация о них содержится:

- графическая - в слое \$CONT файла \*.pcb;
- текстовая - в файле сообщений \*.rep.

## 2.6. Создание конструкторской и технологической документации.

Функциональный модуль PC-FORM формирует текстовую информацию о спроектированной печатной плате: ведомость материалов, список упаковочной информации и др. Входными файлами для данного модуля могут быть:

- файл, содержащий список описаний цепей в двоичном формате (.nlt);
- файл, содержащий исходное описание перечня компонентов и списка цепей печатной платы для фазы размещения.

Выходными являются:

- файл, содержащий список цепей в текстовом виде, сгруппированный по компонентам (.cmp);
- файл, содержащий список цепей в текстовом виде, сгруппированный по цепям (.nde);
- текстовый файл описания упаковочной информации (.pkl);
- файл, содержащий список цепей описания схемы (.wrl);
- файл, содержащий перечень материалов проекта (.mat).

Функциональный модуль PC-PRINT позволяет выводить графическую информацию, содержащуюся в файлах с расширением .plt, на печатающее устройство в растровом виде.

### 3. Порядок подготовки к выполнению лабораторной работы.

1. Ознакомиться с процессом автоматизированного проектирования печатной платы (в системе PCAD) на основании схемы электрической принципиальной.

2. Представить в отчет последовательность действий при подготовке конструктива печатной платы.

3. Представить в отчет информацию, которую вы будете задавать в качестве исходной при запуске функционального модуля PC-PACK.

4. Подготовить файл принципиальной электрической схемы (.sch) и двоичный файл образа печатной платы (.nlt), созданные на лабораторной работе №2.

### 4. Порядок выполнения лабораторной работы.

В ходе лабораторной работы выполнить приведенный ниже перечень заданий.

Задание 1. Загрузите PCAD. Подготовьте конструктив печатной платы.

Для этого:

- а) вызовите графический редактор PC-CARDS;
- б) установите командой DETL схемный режим работы;
- в) командой VLYR установите параметры слоев:

SLKSCR ABL A - слой границ конструктива;

BRDOUT ABL - граница области трассировки.

- г) задайте границы при помощи команды DRAW/RECT:

в слое SLKSCR нарисуйте границу конструктива;

в слое BRDOUT - границу области трассировки;

д) командой FILE/SAVE запишите информацию о конструктиве в файл на диске. При этом на запрос системы ENTER FILE NAME: введите с клавиатуры имя файла с расширением .pcb;

е) командой SYS/QUIT выйдите из графического редактора PC-CARDS.

Задание 2. Упаковка информации об электрической принципиальной схеме, построенной на лабораторной работе №2.

Для этого:

а) вызовите PC-PACK;

б) на каждый из запросов системы введите соответствующее имя созданного в процессе вашей работы файла (см. п.2.3), а также имена результирующих файлов. При этом, на запрос о fil - файле введите имя MY.FIL;

в) при нормальном завершении система выдает сообщение:

PCB NETLIST DATABASE SAVED AS filename.pkg

г) при наличии ошибок создается текстовый файл filename.err;

д) для выхода из PC-PACK нажмите клавишу ESC на клавиатуре.

Задание 3. Выполните размещение радиоэлементов на печатной плате.

Для этого:

а) вызовите PC-PLACE;

б) командой FILE/LOAD введите имя pkg - файла. На экране появится изображение конструктива печатной платы с расставленными корпусами РЭК;

в) установите в строке статуса букву R зеленого цвета. На экране белыми линиями будут показаны электрические связи всех элементов в соответствии с электрической принципиальной схемой;

если установить в строке статуса букву R красного цвета, то изображение электрических связей исчезнет;

г) при необходимости, положение конструктивных элементов можно изменять командами MOVE (перенос) и ROT (поворот);

д) командой FILE/SAVE запишите модифицированное изображение в файл с расширением .plc;

е) выйдите из PC-PLACE командой SYS/QUIT.

Задание 4. Трассировка печатной платы.

а) вызовите функциональный модуль PC-ROUTE;

б) в ответ на запрос системы (вверху экрана)

ENTER DATABASE NAME:

введите с клавиатуры имя файла, запускаемого на трассировку (файла с расширением .plc);

в) выберите из меню опцию ROUTE;

г) в результате автоматической трассировки печатной платы создается файл конструктива (.pcb), где проложенные дорожки записаны в слои COMP, SOLDER, INT1, INT2,... При этом верхний слой платы называется COMP, нижний - SOLDER, промежуточные слои - INT1, INT2,...

д) сообщения об ошибках содержатся в файле PCROUTE.RPT.

е) выйдите из PC-ROUTE.

Задание 5. Создание конструкторской и технологической документации.

а) вызовите графический редактор PC-CARDS;

б) загрузите командой FILE/LOAD созданный в задании 4 файл с расширением .pcb;

в) командой `SYS/PLOT` создайте файл с расширением `.plt` (файл для печати спроектированной платы);

г) командой `SYS/QUIT` выйдите из редактора;

и) вызовите `PC-FORM`;

к) задайте в качестве исходного созданный в процессе вашей работы файл с расширением `.nlt`;

л) в результате работы создадутся текстовые файлы с расширениями `.cmp`, `.nde`, `.pkl`, `.wrl`, `.mat`.

м) выйдите из `PC-FORM`.

Задание 6. Выпуск (изготовление) конструкторской и технологической документации.

6.1. Выйдите из системы `PCAD` (клавиша `X`).

6.2. Распечатайте созданную в процессе вашей работы текстовую документацию:

- файл `*.cmp` ;

- файл `*.nde` ;

- файл `*.pkl` ;

- файл `*.wrl` ;

- файл `*.mat` .

6.3. Распечатайте созданную в процессе вашей работы графическую документацию:

а) вызовите `PC-PRINT`;

б) задайте в качестве исходного файл для печати спроектированной платы (тип файла `.plt`);

в) на принтере будет распечатана спроектированная плата;

г) выйдите из `PC-PRINT`;

## 5. Содержание отчета.

1. Наименование, цель работы.

2. Задания, выполненные при подготовке к лабораторной работе.

3. Задания, выполненные во время лабораторной работы.

При

описании выполнения лабораторной работы в отчете должны быть представлены:

- выполняемая операция и функциональный модуль, с помощью которого эта операция выполняется;

- название команды, ее назначение и активный слой изображения;

- имя и расширение файла при описании команд сохранения информации.

4. Конструкторская и технологическая документация на спроектированную печатную плату.

5. Выводы по лабораторной работе. Выводы по лабораторной работе должны содержать:

- практические навыки, полученные при выполнении лабораторной работы;

- тип и этапы реализованного вычислительного процесса САПР;

- математические задачи решаемые САПР РСAD время выполнения лабораторной работы;

- этапы проектирования и проектные задачи, реализованные во время лабораторной работы автоматически (системой РСAD) или вручную.

## 6. Контрольные вопросы.

1. Как сделать видимым (невидимым) изображение печатных проводников, проложенных в верхнем, нижнем или промежуточных слоях печатной платы, или название корпусов микросхем на печатной плате?

2. Какие в САПР РСAD существуют способы проектирования и подготовки к производству печатных плат? В чем их различие?

3. Какими модулями создается конструкторская и технологическая документация?
4. Что называется fil-файлом? Его назначение.
5. Перечислите этапы процесса автоматизированного проектирования печатной платы.
6. Для чего предназначен функциональный модуль PC-ROUTE?
7. Какова роль графического редактора PC-PLACE в процессе автоматизированного проектирования печатной платы?
8. Какие исходные данные необходимы для работы программы PC-PACK?
9. Как называется задача автоматизированного конструирования решаемая функциональным модулем PC-PACK?
10. Как определить, в каких слоях печатной платы проложены соединения в результате автоматической трассировки?
11. Какие данные содержатся в файле с расширением .ger?
12. Какие функциональные модули системы PCAD реализуют проектные задачи конструкторского этапа проектирования?
13. Функциональное назначение программных модулей проектирования типовой САПР.
14. Обобщенная математическая модель объекта проектирования.
15. Математические задачи анализа и синтеза. Их реализация в САПР PCAD.
16. Постановки задач параметрического синтеза.
17. Последовательность операций, выполняемых при выработке САПР оптимального технического решения (для всех постановок задачи параметрического синтеза).
18. Этапы проектирования ЭВА.
19. Проектные задачи, решаемые на различных этапах проектирования ЭВА. Формализация проектных задач, их реализация в САПР PCAD.
20. Критерии оптимальности, используемые при решении проектных задач конструкторского этапа проектирования ЭВА.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ТЕМА: Система автоматизированного проектирования PCAD.

Логическое моделирование функциональных электрических схем.

### 1. Цель работы.

Целью лабораторной работы является изучение принципов работы функциональных модулей САПР PCAD, предназначенных для логического моделирования функциональных электрических схем; а также получение практических навыков моделирования и анализа работы функциональных электрических схем на основании временных диаграмм и таблиц состояния схемных узлов.

### 2. Теоретические сведения.

Программа логического моделирования PC-LOGS системы автоматизированного проектирования PCAD предназначена для логического моделирования функциональных электрических схем и создания временных диаграмм и таблиц состояния схемных узлов.

Программа PC-LOGS обеспечивает моделирование следующих типов элементов:

- транзисторы (n-МОП или p-МОП типа);
- комбинационные логические элементы И, ИЛИ и др.;
- функциональные блоки ОЗУ, ПЗУ, мультиплексоры;
- буферы;
- триггеры JK, D, T, RS.

В процессе моделирования система по указанию пользователя может выполнять следующие действия:

- записывать сеанс моделирования в файл с расширением `.spl` (для анализа и выдачи на печать результатов моделирования при помощи программы `POSTSIM`);

- запоминать состояние моделирования в файле, который может быть впоследствии загружен командой `LOAD`;

- производить анализ схем на наличие пиков напряжения (пики возникают в случае, когда изменение сигнала на входе происходит быстрее, чем выход может отреагировать на него);

- анализировать нестабильность узлов моделируемой схемы в определенной временной точке (входная цепь является неустойчивой в промежутки времени между изменением сигнала на входе и соответствующей этому изменению реакцией компонента на его выходе);

- инициализировать узлы схемы определенными логическими состояниями;

- переопределять атрибуты `PCL`, характеризующие временные задержки и значение логической силы на выходе компонентов схемы. Входной информацией для программы моделирования является файл `<filename.net>` списка цепей схемы, разработанной пользователем. Этот файл создается специальной программой `PRESIM` на основании файла, содержащего список цепей в бинарном виде (файл с расширением `.nlt`), или файла, содержащего расширенный список цепей для многостраничных схем и схем с иерархией (файл с расширением `.xnl`).

Выходная информация программы `PC-LOGS`:

- файл сохранения результатов моделирования `<filename.spl>` содержит сеанс моделирования для последующего вывода временных диаграмм или

таблиц состояния на печать с помощью программы анализа результатов моделирования POSTSIM;

- файл регистрации сеанса моделирования PCLOGS.OUT содержит все команды, которые были введены пользователем во время сеанса моделирования в интерактивном режиме (или команды, выполненные при работе программы в пакетном режиме);

- файл сообщений PCLOGS.MSG содержит сообщения об ошибках, предупреждения пользователю при моделировании и статистику моделирования.

При работе с программой выходные результаты моделирования можно:

- просмотреть на экране дисплея;
- выдать на печать;
- запомнить на диске.

Результаты моделирования на экране дисплея могут быть представлены в графическом (временные диаграммы) или текстовом (таблицы состояний) виде.

Для выдачи выходных результатов на печать или на диск используется команда SPOOL. Затем полученный файл обрабатывается программой POSTSIM.

Моделируемая схема может состоять из различных элементов, чьи функции и параметры должны быть известны программе моделирования.

Параметры (атрибуты) элемента задаются пользователем при его создании командой ATTR/ACOM функционального модуля PC-CAPS. Атрибуты элемента для программы логического моделирования имеют следующий вид:

$$PCL = (R, F, D, D) ,$$

где PCL - атрибут для программы PC-LOGS;

**R** - задержка выхода компонента относительно входа при изменении сигнала на выходе из состояния логического "0" или "X" (неопределенное состояние) в состояние логической "1";

**F** - задержка выхода компонента относительно входа при изменении сигнала на выходе из состояния логической "1" или "X" (неопределенное состояние) в состояние логического "0";

**D** - логическая сила сигнала на выходе (программа PC-LOGS использует логическую силу в случае конфликтной ситуации, когда два или более сигналов с различным логическим уровнем управляют некоторым входом); может принимать значения S, D, R, Z, причем  $S > D > R > Z$ .

Функции элементов назначаются пользователем при их создании командой SCMD/SCAT функционального модуля PC-CAPS в виде кода ID. Коды компонентов ID приводятся в руководстве по PC-LOGS.

Программа PC-LOGS обрабатывает описание списка цепей и вычисляет логическое состояние определенных узлов в схеме для заданных входных воздействий. Узел схемы определяется названием соответствующей цепи, заданным при создании схемы командой NAME/NET. Каждому узлу в схеме соответствует логическое состояние (комбинация логической силы и логического уровня сигнала), напр. S1 - состояние логической единицы; S0 - состояние логического нуля; SX - неопределенное состояние.

Перед выполнением команды моделирования в функциональном модуле PC-LOGS необходимо определить значения сигналов, поступающих на входные цепи схемы (команда GEN). Эта команда определяет задержку, логическое состояние, длительность, уровень и силу сигнала.

Программы моделирования системы PCAD работают в дискретных единицах времени, называемых временными шагами. При моделировании используется также временная единица "цикл", состоящая из целого числа временных шагов. Цикл задается пользователем оператором CYCLE.

### 3. Порядок подготовки к выполнению лабораторной работы.

При подготовке к работе необходимо:

- изучить теоретическую часть;
- выполнить лабораторные работы №1 и №2;
- составить команды GEN и INIT, а также временные диаграммы для схем, представленных на рис. 4.3, 4.4 и 4.5 с учетом параметров и атрибутов, определенных ходом выполнения лабораторной работы, для временных задержек:

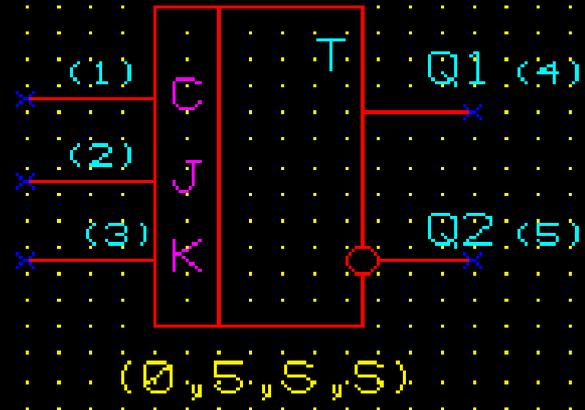
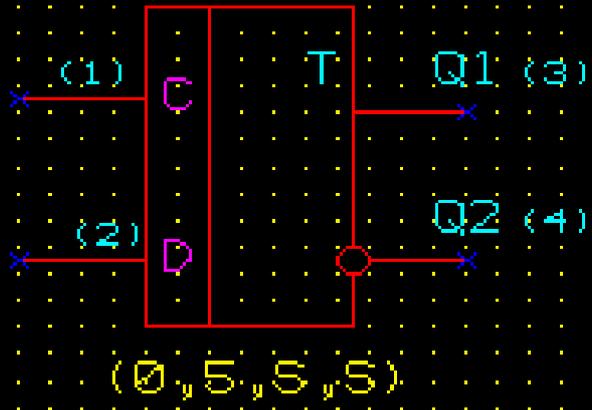
- а)  $t_z < 5$  временных шагов;
- б) длительность сигнала  $< t_z <$  длительность сигнала + 5 временных шагов.

### 4. Порядок выполнения лабораторной работы.

В ходе лабораторной работы средствами САПР PCAD выполнить приведенный ниже перечень заданий.

Задание 1. Создайте графические начертания JK-триггера (рис.4.2). Последовательность ввода контактов элементов указана на рисунках в скобках.

При создании графических образов элементов необходимо задать значения атрибута PCL = (0, 5, S, S) и значения кодов ID (для D – триггера, срабатывающего по переднему фронту, код ID = 106; для JK – триггера, срабатывающего по заднему фронту, код ID = 110).



+

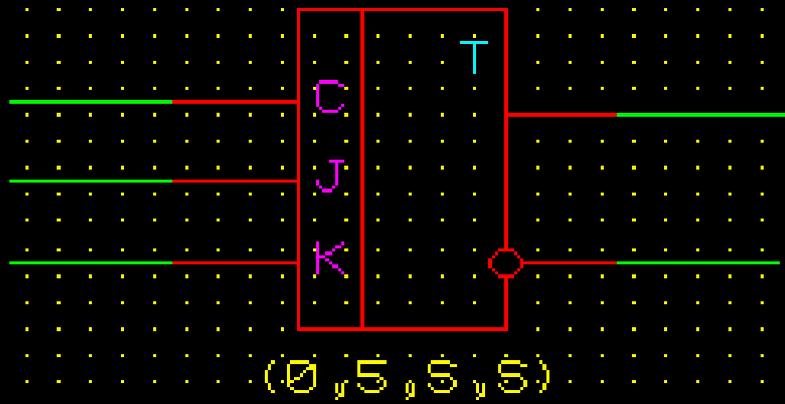


Рис.4.1 – 4.3

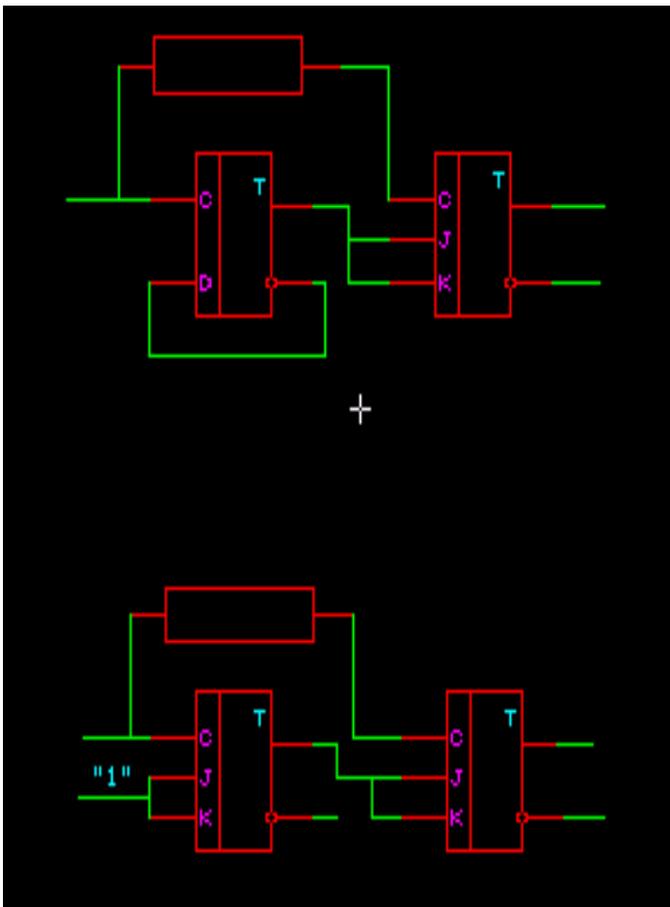


Рис.4.4. – 4.5.

Задание 2. Постройте функциональные электрические схемы, приведенные на рис.4.3 - 4.5. При построении схемы присвойте имена всем цепям функциональной схемы (команда NAME/NET). Имена цепей можно также назначать и отменять при исполнении команды ENTR/WIRE с помощью функциональной клавиши F3. Имена цепей (узлов) функциональной схемы используются впоследствии в функциональных модулях моделирования PC-LOGS и POSTSIM.

Задание 3. При помощи функционального модуля PC-NODES создайте двоичные файлы списков цепей построенных в задании 2 функциональных электрических схем (файлы с расширением .nlt).

Задание 4. При помощи функционального модуля PRESIM создайте входные файлы для программы PC-LOGS (файлы с расширением .net), содержащие описания списков цепей построенных схем;

Задание 5. Промоделируйте работу созданных схем. Для этого необходимо:

5.1. Вызвать функциональный модуль PC-LOGS;

5.2. На подсказку системы:

==>

необходимо ввести команду загрузки файла, содержащего список цепей моделируемой схемы:

==>LOAD <filename.net>

Когда схема будет загружена, опять появится системная подсказка:

==>

5.3. Установить величину временного цикла, напр. 20 временных шагов:

==>CYCLE 20

5.4. Для описания входных сигналов используется команда GEN. Например, если на входные цепи А и В, с нулевой задержкой, периодически подаются последовательности сигналов, описанные логическими состояниями (S0 и S1) и длительностью (1 и 2) этих состояний в терминах "временной цикл", то соответствующие команды будут иметь вид:

==>GEN [0 0] A (S0/1 S1/2)

==>GEN [0 0] B (S0/1 S1/2)

где [0 0] определяет нулевые временные задержки переднего и заднего фронтов сигнала соответственно (величина задержки в этой команде задается во временных шагах);

А, В - имена узлов, для которых определяется входной сигнал (имя узла в PC-LOGS соответствует имени цепи, присвоенном при рисовании схемы в PC-CAPS командой NAME/NET);

(S0/1 S1/2) определяет, что на входные цепи подаются синхроимпульсы, пребывающие в состоянии логической единицы в течении двух временных циклов и в состоянии логического нуля в течении одного временного цикла .

Для схемы, изображенной на рис.4.3, необходимо произвести моделирование в режимах Т - и JK - триггера.

Для схем, изображенных на рис.4.4-4.5, необходимо произвести их логическое моделирование при различных временных задержках (tz):

а)  $tz < 5$  временных шагов;

б) длительность сигнала  $< tz <$  длительность сигнала + 5 временных шагов.

5.5. Инициализировать узлы схемы определенным логическим состоянием командой:

==>INIT (узел-1 узел-2 ...) состояние-1 (узел-3 узел-4 ...) состояние-2 ...,

где узел-1, узел-2, ... - имена узлов;

состояние-1, состояние-2 - логическое состояние сигнала.

5.6. Установить на экране дисплея режим графического вывода результатов моделирования с интервалом времени отображения состояния сигнала, равным двум временным шагам, командой:

```
==>DISPLAY 2
```

5.7. Определить узлы (напр., A, B, OUT), состояние которых должно быть показано на временной диаграмме:

```
==>PROBE A,B,OUT
```

5.8. Запустить моделирование на 10 временных циклов:

```
==>SIM 10
```

Эта команда запускает сеанс моделирования схемы и начинает показ временных диаграмм. Занести полученные диаграммы в отчет и проанализировать их.

5.9. Установить расширение экрана дисплея по множителю два:

```
==>DISPLAY 2/2
```

5.10. Продолжить моделирование:

```
==>SIM 20
```

5.11. Определить выдачу результатов в виде таблиц с интервалом 5 временных шагов. Для этого использовать команду:

```
==>TYPE 5
```

При этом экран преобразуется в текстовый режим.

5.12. Определить узлы (узел-1 узел-2 .....), состояние которых должно отображаться в таблице:

```
==>MONITOR узел-1 узел-2 .....
```

5.12. Для включения режима сохранения результатов моделирования в файле на диске с целью их последующей распечатки используйте команду

==>SPOOL ON

Полученный таким образом файл будет иметь имя, идентичное имени входного файла, заданному в команде **LOAD** текущего сеанса моделирования, и расширение **.spl**.

5.13. Продолжить моделирование:

==>SIM 20

Проанализировать результаты моделирования.

5.14. Для отмены режима сохранения результатов используется команда:

==>SPOOL OFF

Примечание: пункты с 3.1 по 3.14 должны быть выполнены для схем, изображенных на рисунках 4.3, 4.4 и 4.5.

5.15. Завершить сеанс моделирования:

==>EXIT

Задание 6. С помощью функционального модуля **POSTSIM** распечатайте результаты моделирования. Для этого:

6.1. Вызовите функциональный модуль **POSTSIM**;

6.2. Загрузите файл с результатами моделирования, созданный модулем **PC-LOGS** (файл с расширением **.spl**) командой

==>LOAD <filename.spl>

6.3. Задайте режим вывода графической информации на матричное печатающее устройств с числом тактов (временных шагов) между отображаемыми состояниями, равным двум:

==>PLOT 2

6.4. Задайте режим печати результатов моделирования на принтер:

==>PLOT ON PRINTER

6.5. Выполните команду анализа архивного файла в течении заданного числа временных шагов (напр., 400):

==>STEP 400.

## 5. Содержание отчета.

1. Наименование, цель работы.

2. Задания, выполненные при подготовке к лабораторной работе.

3. Задания, выполненные во время лабораторной работы.

При

описании выполнения лабораторной работы в отчете должны быть представлены:

- выполняемая операция и функциональный модуль, с помощью которого эта операция выполняется;

- название команды, ее назначение и активный слой изображения;

- имя и расширение файла при описании команд сохранения информации.

4. Распечатка временных диаграмм работы проанализированных функциональных схем.

5. Выводы по лабораторной работе. Выводы по лабораторной работе должны содержать:

- практические навыки, полученные при выполнении лабораторной работы;

- тип и этапы реализованного вычислительного процесса САПР;
- математические задачи, решаемые САПР PCAD во время выполнения лабораторной работы;
- этапы проектирования и проектные задачи, реализованные во время лабораторной работы автоматически (системой PCAD) или вручную.

#### 6. Контрольные вопросы.

1. Для чего предназначен функциональный модуль PC-LOGS?
2. Как вывести на принтер временные диаграммы, полученные в результате логического моделирования схемы?
3. Что является исходной информацией для программы логического моделирования в системе PCAD?
4. Какие формы представления результатов моделирования обеспечивает функциональный модуль PC-LOGS?
5. Что понимается под параметрами элементов моделируемой схемы? Как они задаются?
6. Каким образом и для чего задается функциональное назначение элементов моделируемой схемы?
7. Способ определения в PC-LOGS сигналов, поступающих на входные цепи схемы?
8. В каких временных единицах задаются задержки входного сигнала? В каких временных единицах задаются длительности логических состояний входного сигнала?
10. Для чего необходимо инициализировать узлы схемы?
11. Как задать имена узлов схемы?
12. В каких режимах может осуществляться логическое моделирование электрической схемы функциональным модулем PC-LOGS?
14. Назначение функционального модуля POSTSIM?