

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

**МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ТОПОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЕ
УЗЛА НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсового проекта по дисциплинам
«Основы автоматизированного проектирования РЭС» и
«Основы автоматизированного проектирования приборов и
систем» для студентов направлений 11.03.03 «Конструирова-
ния и технология электронных средств» и 12.03.01
«Приборостроение» всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 621.396.6.001.66
ББК 38.54

Составители:

д-р техн. наук О.Ю. Макаров
канд. техн. наук И.С. Бобылкин

Методы автоматизированного топологического проектирования узла на печатной плате: методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплинам «Основы автоматизированного проектирования РЭС» и «Основы автоматизированного проектирования приборов и систем» для студентов направлений 11.03.03 «Конструирования и технология электронных средств» и 12.03.01 «Приборостроение» всех форм обучения / ФБГОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. О.Ю. Макаров, И.С. Бобылкин. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 12 с.

Приведены описание структуры и содержания курсового проекта, посвященного изучению и овладению навыками практического применения математических методов синтеза и анализа при топологическом проектировании узлов РЭС.

Предназначены для лабораторных работ для студентов 3 и 4 курсов.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле КП_ОАП РЭС.pdf.

Ил. 5. Библиогр.: 21 назв.

УДК 621.396.6.001.66
ББК 38.54

Рецензент - С.М. Пасмурнов, канд. техн. наук, доц.
кафедры систем автоматизированного
проектирования и информационных систем

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

1. ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проекта является изучение и практическое применение конкретных математических методов и алгоритмов, используемых при автоматизированном топологическом проектировании узлов РЭС на печатных платах для решения задач конструктивного синтеза и анализа проектных решений.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовой проект должен содержать решение трех типовых задач топологического проектирования РЭС: компоновки, размещения и трассировки соединений, а также анализ теплового режима и паразитных параметров топологии узла на печатной плате.

Исходные данные для проектирования формируются с помощью специальной программы генерации заданий индивидуально для каждого студента и включают перечень соединений между выводами компонентов схемы и матрицу смежности. Порядок работы с программой при получении варианта задания приведен в приложении.

Для решения указанных задач каждый студент выбирает один из типовых алгоритмов компоновки, размещения и трассировки, приведенных в литературе /1-18/, наиболее широко применяемые из них перечислены в п. 2.1-2.3.

2.1. Компоновка

Выполнение компоновки заключается в разбиении схемы на два одинаковых по числу элементов блока с помощью одного из последовательных алгоритмов, например, приведенных в /1-8,11,12/, и др. Полученный вариант компоновки оптимизируется с помощью итерационного алгоритма, например, методом парных перестановок /1, 3, 5, 6, 8,15/ и т.д.

В частности, для решения данных задач могут использоваться следующие алгоритмы: последовательный метод компоновки /2, 11/; итерационный алгоритм разбиения графа /7, с.153/; компоновка методом групповых перестановок /2/; метод разбиения графа с использованием матрицы цепей в задаче компоновки /2/; матричный метод компоновки /2/; метод разбиения графа с использованием внутренних полных подмножеств в задаче компоновки /2/; итерационный алгоритм разбиения гиперграфа в задаче компоновки /2/; последовательно-итерационный алгоритм компоновки /1, с.163/; алгоритм компоновки с учетом диагностирования РЭС /1, с.168/; последовательный алгоритм разбиения схемы /3, с.118/; последовательный алгоритм разбиения /3, с.121/; последовательный алгоритм разбиения /3, с.123/; последовательный алгоритм разбиения /3, с.128/; последовательный алгоритм разбиения /3, с.132/; итерационный алгоритм разбиения графа /3, с.149/; алгоритм компоновки методом вектора спада /4, с.23/; алгоритм компоновки с помощью разбиения множества на мало связанные группы /4, с.33/; последовательный алгоритм компоновки /5, с.174; 11/; итерационный алгоритм компоновки /5, с.182; 11/.

2.2. Размещение компонентов схемы на плате

С помощью одного из типовых алгоритмов (/1-8,11,12,15/ и др.) проводится размещение компонентов одного из полученных при компоновке блоков на коммутационном поле платы. При этом сначала используется последовательный алгоритм размещения, а затем осуществляется оптимизация начального варианта размещения с помощью итерационного алгоритма.

В частности, для решения данных задач могут использоваться следующие алгоритмы: алгоритм последовательного размещения модулей в решетку /2/; алгоритм парных перестановок в задаче размещения /2/; размещение компонентов схемы методом ветвей и границ /2/; алгоритм, использующий понятие центра тяжести в задаче размещения /2/; алгоритм раз-

мещения разногабаритных элементов /2/; алгоритм размещения на основе плоской триангуляции /2/; алгоритм размещения путем поиска медианы графа /1, с.196/; алгоритм размещения методом ветвей и границ /1, с.206/; алгоритм размещения /3, с.169/; алгоритм размещения методом вектора спада /4, с.26/; алгоритм размещения с помощью метода ветвей и границ /4, с.30/; алгоритм размещения методом дихотомического деления /7, с.37/; алгоритм размещения Гото /7, с.48/; алгоритм размещения методом сечений /7, с.53/; итерационный алгоритм размещения /5, с.203; 11/; последовательный алгоритм размещения /5, с.205; 11/.

2.3 Трассировка соединений

Для полученного варианта размещения компонентов схемы на плате построить для каждой цепи кратчайшие покрывающие деревья с помощью одного из соответствующих алгоритмов (Прима, Краскала, Штейнера,) /1, 3, 5, 6, 8/.

Для ликвидации пересечений проводников и уменьшения плотности соединений на плате проводится распределение проводников по слоям /1, 6/.

2.4. Анализ результатов проектирования

Для спроектированной платы проводится расчет паразитных параметров для одного-двух наиболее длинных проводников и определяется время задержки сигнала с помощью метода математического моделирования /19/ с использованием соответствующих программных средств /20/.

3. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Пояснительная записка должна содержать:

титульный лист;

задание, включая распечатку варианта исходных данных;

введение:

основную часть, содержащую:

- цель и задачи курсового проекта;
- постановку задач;
- анализ задания (выбор и обоснование применяемых методов и алгоритмов)
- описание и структурные схемы используемых алгоритмов; реализация алгоритмов для конкретных исходных данных с расчетами и численными результатами;
- оценку оптимальности получаемой топологии;
- необходимые для пояснения расчетов рисунки;
- краткое описание моделей и алгоритмов и результаты моделирования времени задержки и температурного поля; заключение (анализ полученных результатов); приложения.

Графическая часть включает:

- чертеж принципиальной схемы;
- распределение компонентов по блокам в результате компоновки;
- чертеж размещения компонентов схемы на плате с указанием габаритных размеров;
- чертеж покрывающих деревьев для всех цепей на плате.

Выполняются чертежи на листах формата А4, А3 и включаются в приложения к пояснительной записке.

Оформление курсового проекта в соответствии с СТП ВГТУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР: Учеб. М.: Радио и связь, 1990. 352 с.

2. Мактас М.Я. Алгоритмические методы конструирования РЭА: Учеб. пособ. Саратов: СГУ, 1983. 106 с.

3. Морозов К.К., Одинокое В.Г., Курейчик В.М. Автоматизированное проектирование радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособ. М.: Радио и связь, 1983. 280 с.

4. Автоматизация проектирования БИС: В 6 кн.: Учеб. пособ. /Под ред. Г. Г. Казеннова . М.: Высш. шк., 1990. Кн. 4.

5. Дендобренько Б.Н., Малика А.С. Автоматизация конструирования РЭА: Учеб. М.: Высш. шк., 1980. 384с.

6. Селюнин В.А. Машинное конструирование электронных устройств. М.: Сов. радио, 1977. 384с.

7. Автоматизация проектирования БИС: В 6 кн.: Учеб. пособ./ Под ред. Г. Г. Казеннова . М.: Высш. шк., 1990. Кн. 6.

8. Автоматизация проектирования РЭС: Учеб. пособ. для вузов / О.В, Алексеев, А.А. Головков, И.Ю. Пивоваров и др.; Под. ред О.В.Алексеева. М: Высшая школа, 2000. 479 с.

9. Системы автоматизированного проектирования в радиоэлектронике: Справочник / Е.В. Авдеев, А.Т. Еремин, И.П. Норенков, М.И. Песков; Под ред. И.П. Норенкова. М.: Радио и связь, 1986. 386 с.

10. . Норенков И.П., Маничев В.Б. Основы теории и проектирования САПР. М.: Высш. шк., 1990.- 335 с.

11. Автоматизация схемотехнического проектирования / В.Н. Ильин, В.Т. Фролкин, А.И. Бутко и др.; Под ред. В.Н. Ильина. М.: Радио и связь, 1987. 368 с.

12. Алипов Н.В. Задачник по автоматизации конструкторского проектирования РЭА и ЭВА. М.: Высш. шк., 1986. 160 с.

13. Автоматизация проектирования и производства микросборок и электронных модулей / Н.П. Меткин, М.С. Лапин,

Б.Н. Деньдобренко, И.А. Доморацкий; Под ред. Н.П. Меткина. М.: Радио и связь, 1986. 280 с.

14. Петухов Г.А., Смолин Г.Г., Юлин Б.И. Алгоритмические методы конструкторского проектирования узлов с печатным монтажем. М.: Радио и связь, 1987. 152 с.

15. Алгоритм парных перестановок для решения задач оптимизации компоновки и размещения элементов РЭС: Учеб. пособ. для вузов / Муратов А.В., Макаров О.Ю., Скоробогатов В.С., Скоробогатов М.В. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2001. 124 с.

16. Автоматизация конструирования больших интегральных микросхем / А. И. Петренко, П.П. Сыпчук, А.Я. Тетельбаум, В.А. Саватьев. Киев: Вища шк., 1983. 312 с.

17. Автоматизация проектирования СБИС на базовых кристаллах / А.И. Петренко, В.Н. Лошаков, А.Я. Тетельбаум, Б.Л. Шрамченко. М.: Радио и связь, 1988. 160 с.

18. Автоматизация проектирования матричных КМОП БИС / А.В. Назаров, А.В. Фомин, Н.Л. Дембицкий и др.; Под ред. А.В. Фомина. М.: Радио и связь, 1991. 256 с.

19. Проектирование СБИС: Пер. с яп. / М.Ватанабэ, К.Асада, К.Кани, Т.Оцуки. М.: Мир, 1988. 304 с.

20. Моделирование времени задержки сигнала в пленочных проводниках с диэлектрической изоляцией: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплинам «Основы автоматизированного проектирования РЭС» и «Основы автоматизированного проектирования приборов и систем» для студентов направлений 11.03.03 «Конструирования и технология электронных средств» и 12.03.01 «Приборостроение» всех форм обучения / ФБГОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. О.Ю. Макаров, И.С. Бобылкин. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 13 с.

21. Дульнев Г.Н., Парфенов В.Г., Сигалов А.В. Методы расчета теплового режима приборов. М.: Радио и связь, 1990. 312 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРОГРАММА ФОРМИРОВАНИЯ ВАРИАНТОВ ЗАДАНИЙ

Программа **Project1** предназначена для формирования индивидуального варианта задания на курсовое проектирование по дисциплине "Информационные технологии проектирования РЭС". Формирование конкретного задания осуществляется с помощью генератора случайных чисел, что обеспечивает получение для каждого студента неповторяющегося варианта исходных данных.

Работа с программой при формировании варианта задания осуществляется в следующем порядке.

1. ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

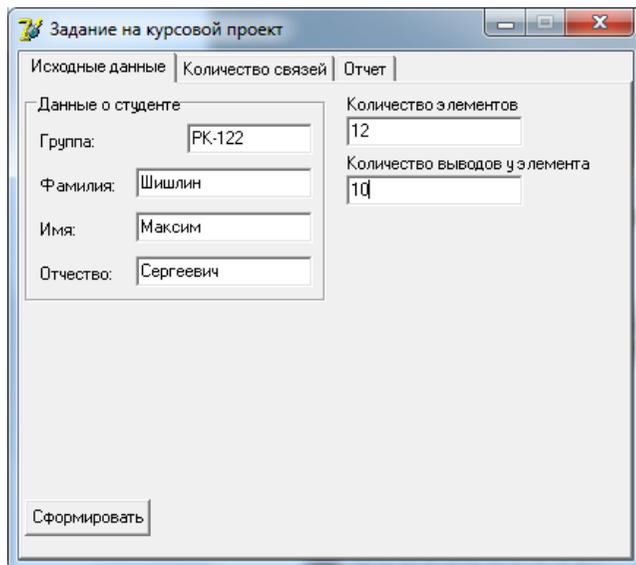
На этом этапе работы от студента требуется ввести свои личные данные, как показано на рисунке 1.

Также необходимо ввести количество элементов и количество выводов у элементов (по умолчанию количество выводов принимается равным 10). После того как все данные необходимые для формирования задания были введены нужно нажать на кнопку [Сформировать] (рис. 1).

2. КОЛИЧЕСТВО СВЯЗЕЙ

Если все данные были введены корректно то, нажав на закладку [Количество связей], студент увидит окно (рис. 2) с таблицей, в которой указано количество связей между элемен-

тами. Эту таблицу можно распечатать, нажав на кнопку [Печатать].



The screenshot shows a window titled "Задание на курсовой проект" with three tabs: "Исходные данные", "Количество связей", and "Отчет". The "Исходные данные" tab is active and contains a form for entering student information. The "Отчет" tab is also active and contains two input fields for report parameters. A "Сформировать" button is located at the bottom left of the window.

Исходные данные	Количество связей	Отчет
Данные о студенте		Количество элементов
Группа: PK-122		12
Фамилия: Шишлин		Количество выводов у элемента
Имя: Максим		10
Отчество: Сергеевич		

Сформировать

Рисунок 1 – Ввод личных данных студента

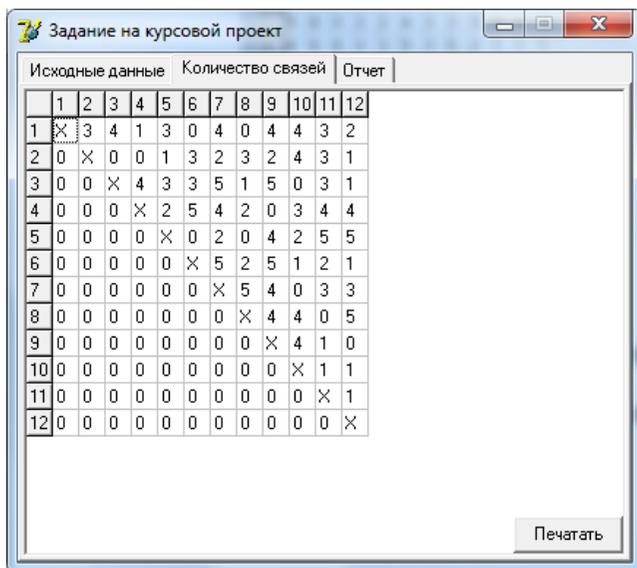


Рисунок 2 – Таблица «Количество связей»
3. ОТЧЕТ

Сформировав таблицу количества связей для всех элементов, необходимо сохранить полученные исходные данные в файл с расширением «.rtf». Для этого перейдем во вкладку [Отчет] (рис. 3) и в появившемся окне нажмем кнопку [Сохранить]. Появится окно, как на рисунке 4. В поле «Имя файла» нужно указать имя с которым ваш файл будет сохранен. Поле «Тип файла» трогать не нужно, расширение файлу присвоится автоматически. Нажав на кнопку [Сохранить], получим выходной файл отчета, в котором представлены таблица количества связей между элементами, а также таблицы связей между выводами элементов.

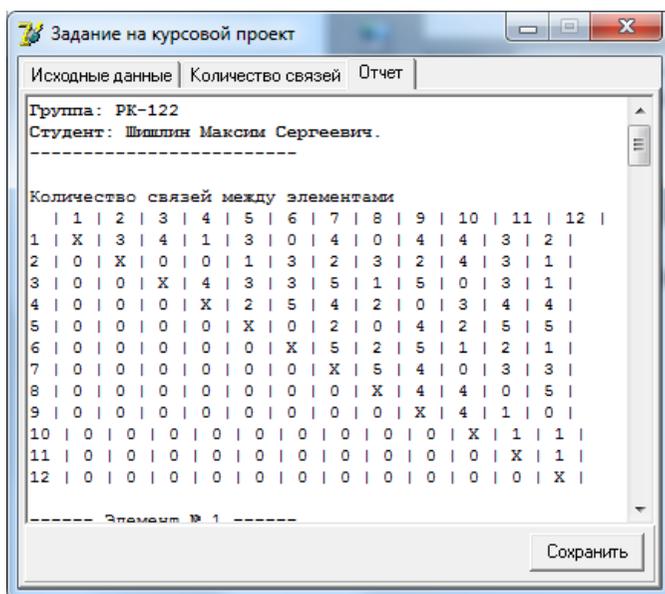


Рисунок 3 – Поле программы отчет.

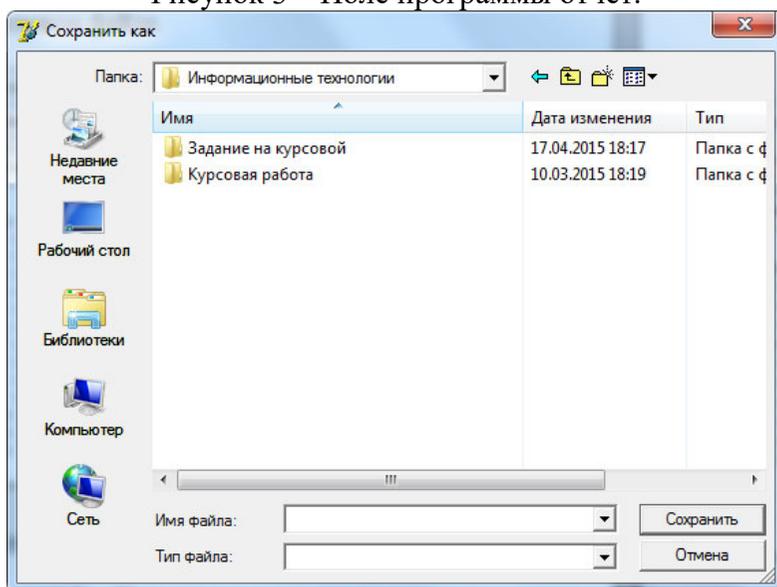


Рисунок 4 – Сохранение исходных данных в файл.

МЕТОДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ТОПОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЕ
УЗЛА НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсового проекта по дисциплинам
«Основы автоматизированного проектирования РЭС» и
«Основы автоматизированного проектирования приборов и
систем» для студентов направлений 11.03.03 «Конструирова-
ния и технология электронных средств» и 12.03.01
«Приборостроение» всех форм обучения

Составители:

Макаров Олег Юрьевич
Бобылкин Игорь Сергеевич

Компьютерный набор И.С.Бобылкина

Подписано к изданию _____.

Уч.-изд. л. _____.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14