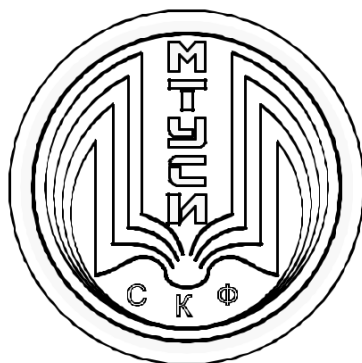


МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Северо-Кавказский филиал
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

Кафедра «**Информатика и вычислительная техника**»



Проектирование печатных плат в САПР KiCAD

Методические указания к лабораторным работам по
дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение
производства ЭВМ»

для бакалавров по направлению 09.03.01.

«Информатика и вычислительная техника»

Ростов-на-Дону

2021

Составитель: Швидченко С.А., доцент кафедры ИВТ
Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры ИВТ
Протокол от 30.08.21 №1

Рассмотрены состав и общие сведения об инструментarii пакета САПР KiCAD (Kicad, EESchema, Pcbnew и Cypcb), методика разработки схемных компонентов, посадочных мест, режимы ручного, автоматического размещения и трассировки, разработки фотошаблона. Приведены контрольные вопросы, пример и варианты заданий к лабораторным работам, которые взаимосвязаны между собой и предполагают последовательное выполнение.

Приведены задания к лабораторным работам, предназначенные для обучения бакалавров в рамках дисциплины «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» по направлению 09.03.01. «Информатика и вычислительная техника»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Общие сведения о САПР KiCAD	
1.1. Назначение и состав САПР KiCAD	
5	
1.2. Менеджер проекта Kicad	5
1.3. Методика проектирования печатных плат в САПР KiCAD	
6	
2. Разработка компонентов схемы	6
2.1. Общие сведения о графическом редакторе EESchema	6
2.2. Создание новых библиотечных компонентов схемы	6
3. Разработка посадочных мест на печатной плате	
7	
3.1. Общие сведения о редакторе печатных плат Pcbnew	7
3.2. Разработка нового посадочного места	7
3.3. Общие сведения об инструментарии для выбора посадочных мест Svpcb	8
4. Примеры выполнения лабораторных работ	8
5. Содержание и порядок выполнения лабораторных работ	17
6. Контрольные вопросы	19
7. Варианты заданий	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	28

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы предназначены для формирования профессиональных компетенций по освоению типовых проектных процедур конструкторского проектирования печатных плат: компоновки, размещения и трассировки.

Варианты заданий ранжированы по сложности, что позволяет учесть индивидуальные особенности студента.

Указанные процедуры ориентированы на использование пакета САПР KiCAD.

Материал сопровождается примерами выполнения лабораторных работ. В конце приведены контрольные вопросы.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О САПР KICAD

1.1. Назначение и состав САПР KiCAD

САПР KiCAD предназначена для проектирования типовых элементов замены печатных плат средств вычислительной техники и радиоэлектроники.

САПР KiCAD состоит из инструментов разработки плат: Kicad, EEschema, Pcbnew, Cypcb и Gerbview [1].

Kicad является менеджером проекта, содержит дерево проектных решений: принципиальную схему, топологию печатной платы.

EEschema является графическим редактором принципиальной схемы.

Pcbnew является редактором топологии печатных плат. Cypcb

выполняет ассоциирование компонентов схемы с

посадочными местами корпусов для размещения на плате.

Gerbview визуализирует печатную плату в файлах формата Gerber.

САПР KiCAD поддерживает следующие расширения файлов:

pro – проекты, sch – принципиальные схемы, brd – печатные платы, net – списки соединений контактов, lib – компоненты библиотек.

1.2. Менеджер проекта Kicad

Пользовательский интерфейс менеджера проекта содержит главное меню, панель инструментов, дерево проекта и окно сообщений.

Панель инструментов содержит команды запуска редактора принципиальных схем (EEschema), инструмента сопоставления принципиальной схеме печатной платы (Cypcb), редактора печатной платы (Pcbnew), инструмента визуализации платы в формате Gerber (Gerbview).

При двойном нажатии в дереве проекта на именах файлов вызывается соответствующий редактор схем, печатных плат.

1.3.Методика проектирования печатных плат в САПР KiCAD

Конструкторское проектирование при разработке печатных плат содержит процедуры компоновки, размещения и трассировки [2, 3]. Процедура компоновки группирует компоненты по критериям

связности с целью размещения таких групп в отдельных микросхемах при многокристальной реализации, представленных в виде прямоугольников. Процедура размещения схемных компонентов влияет на быстродействие элементов (задержек в соединениях). Процедура трассировки определяет положение трасс. Канальная трассировка формирует положение трасс в каналах, локальная трассировка соединяет каналы и контакты схемных компонентов. Оптимизация топологической платы выполняется с помощью ее сжатия во всех направлениях, уменьшающего занимаемую схемой площадь. Качество проектного решения оценивается временными задержками и занимаемой площадью. Чтобы улучшить настоящее решение, увеличивают число вычислительных итераций в алгоритмах с целью приближения к оптимальному решению.

2.РАЗРАБОТКА КОМПОНЕНТОВ СХЕМЫ

2.1.Общие сведения о графическом редакторе EEschema

В редакторе EEschema выполняется разработка библиотек элементов, схем в графическом виде, диагностика правильности ввода компонентов и соединений схемы (ERC), генерации файла списка соединений контактов (netlist) и чертежей схем.

2.2.Создание новых библиотечных компонентов схемы

В редакторе принципиальных схем на главном меню выбрать пункт Инструменты, в котором выбрать подпункт Редактор библиотек. В новом открытом окне Редактора библиотек выбрать на панели инструментов пункт Создать новый компонент.

В диалоговом окне Свойства компонента задать соответствующие значения.

К общим настройкам относятся: Имя компонента, Обозначение по умолчанию, Количество элементов в корпусе, флаги (Создания дополнительного обозначения (по де Моргану), Создание компонента как символа питания, Элементы компонента не взаимозаменяемы).

К глобальным установкам выводов относятся: Смещение текста вывода, флаги (Показать номер вывода, Показать имя вывода, Имя вывода внутри).

Когда в библиотеке имеется компонент схожий с новым (выводы компонента, посадочное место), тогда его наследуют,

выполняют необходимые изменения в параметрах, сохраняют как новый компонент.

3.РАЗРАБОТКА ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

3.1.Общие сведения о редакторе печатных плат Pcbnew

Инструмент Pcbnew предназначен для разработки и размещения посадочных мест компонентов схемы на печатной плате, создания контура платы, трассировки соединений, разработки печатной зоны платы, проверки платы (DRC) и создания фотошаблона платы.

3.2.Разработка нового посадочного места

С помощью команды "Добавить модуль" на левой панели инструментов возможна разработка нового посадочного места. Необходимо будет ввести название (идентификатор в библиотеке), создать контур и графический текст, контактные площадки и значения (скрытый текст, который при использовании заменяется конкретными значениями).

При схожести посадочных мест возможно наследование. Необходимо загрузить существующее посадочное место, изменить идентификатор (поле ссылки), контур, графический текст, контактные площадки и значения, сохранить новое посадочное место.

3.3.Общие сведения об инструментарию для выбора посадочных мест Cvrcb

Инструмент Cvrcb выполняет сопоставление компонентам принципиальной схемы посадочных мест на основе библиотек компонентов и посадочных мест.

4.ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Пример выполнения лабораторной работы № 1 «Анализ и компоновка принципиальной схемы»

Разработка платы начинается с анализа принципиальной схемы. В статье [4] описана работа схемы, некоторые компоненты и

импортные аналоги (рис. 1).

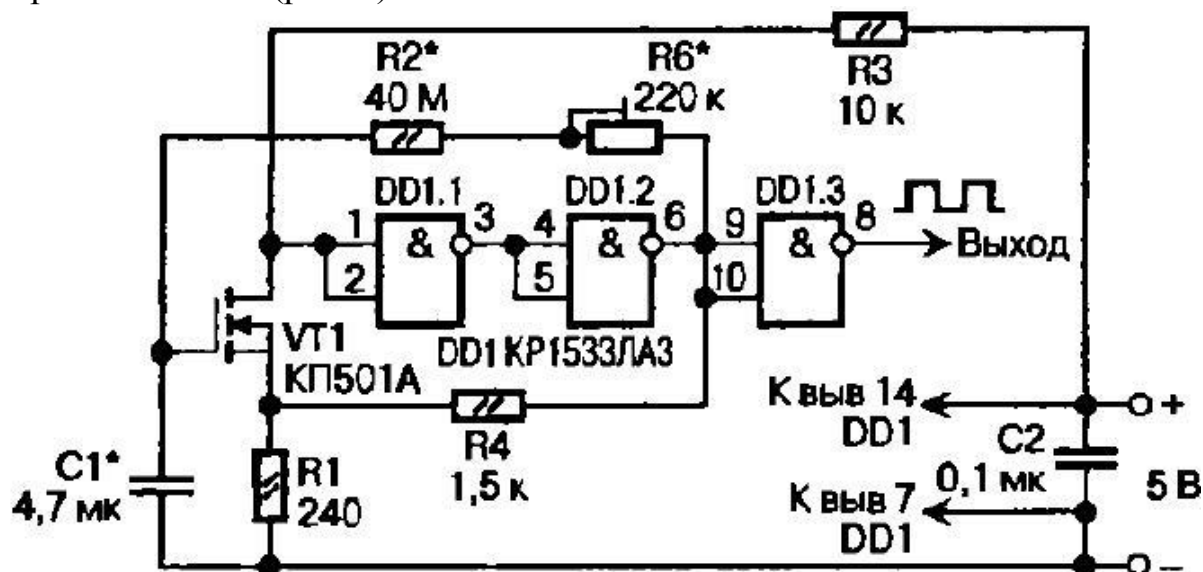


Рис. 1. Пример принципиальной схемы для разработки печатной платы
Для микросхем KP1533ЛАЗ и КП501А (КП505) необходимо определить из библиотеки компоненты и посадочные места. Проведенный анализ показал отсутствие в библиотеках САПР KiCAD настоящих компонентов. Для микросхемы KP1533ЛАЗ найден импортный аналог SN74ALS00AN, а для КП505 – BSS295 [4]. По ссылкам [5-8] получен ряд инструментов и файлов. ULib инструмент помог конвертировать SN74ALS00A_N_14.bxl в формат САПР Eagle light – SN74ALS00A_N_14.lbr. С помощью ulp-скрипта удалось конвертировать библиотеку SN74ALS00A_N_14.lbr в SN74ALS00A_N_14.lib (принципиальное представление), SN74ALS00A_N_14.mod (посадочное место) для САПР KiCAD с посадочным местом DIP-14__300.

В библиотеке transistor-fet.lbr для САПР Eagle light был найден BSS295 компонент с посадочным местом TO92. С помощью ulp-скрипта удалось конвертировать библиотеку transistor-fet.lbr в transistor-fet.lib, transistor-fet.mod для САПР KiCAD с посадочным местом TO92.

Компоненты и посадочные места для резисторов и конденсаторов схемы содержатся в библиотеке САПР Eagle light, подбираются по закону Ома $P = U^2/R$ и номинальным значениям конденсаторов (таблица 1).

С помощью ulp-скрипта получен resistor.lib для САПР KiCAD.

Для контактов питания, P1 и заземления выбрано посадочное место CONN_3SMD из библиотеки САПР KiCAD – CONN.10

Таблица 1.

Информация о компонентах и посадочных местах

№	Наименование компонента	Номинал/контакты	Наименование посадочного места импортного аналога
1.	R1 (МЛТ 0,125 Вт)	240 Ом	M2012, 0,10 W
2.	R2 (КИМ 0,125 Вт)	40 М	M1406, 0,12 W
3.	R3 (МЛТ 0,125 Вт)	10 к	M2012, 0,10 W
4.	R4 (МЛТ 0,125 Вт)	1,5 к	M2012, 0,10 W
5.	R6 (МЛТ 0,125 Вт)	220 к	M2012, 0,10 W
6.	C1 (К73-17)	4,7 мк	C1206 (металлопленочный)
7.	C2 (KM-5)	0,1 мк	C0805K (керамический)
8.	K1	1 контакт (питание +5 В), 2 контакт (выход), 3 контакт (GND)	CONN_3SMD
9.	SN74ALS00AN (KP1533ЛА3)	14 контактов	DIP-14__300
10.	BSS295 (КП505)	3 контакта	TO92

Разработка печатной платы в САПР KiCAD начинается с запуска менеджера проекта и графического редактора EESchema для принципиальных схем.

Команда "Разместить компонент" позволяет выбрать библиотеку и компонент в ней, поместить их на рабочее поле. Для микросхемы SN74ALS00AN выбрана библиотека SN74ALS00A_N_14, МОП-транзистора – BSS95, для резисторов – transistor-fet.lib, конденсаторов – resistor.lib, библиотека CONN содержит разъемы. Проставляются номиналы компонентов, командой Разместить проводник соединяются выводы компонентов. Если выводы не используются, тогда они помечаются флагом «не соединено». Для питания и заземления ставится виртуальный компонент PWR_FLAG. Выполняется команда Выполнить проверку электрических

правил проектирования – Тест ERC, в окне Маркеры не должно быть сообщений. В результате получится схема, показанная на рис. 2.

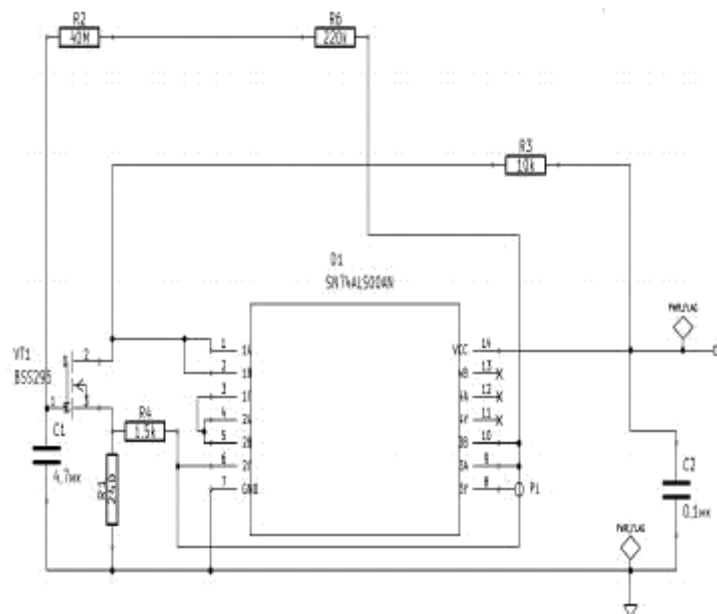


Рис. 2. Принципиальная схема «Генераторы на транзисторах КП501» в EESchema

Пример выполнения лабораторной работы №2

«Размещение и трассировка печатной платы»

Необходимо создать списки соединений контактов (net-файл) командой Сформировать список цепей. Командой Запустить Cvpcb для назначения посадочных мест компонентам вызывается окно инструмента Cvpcb для установки соответствия компонентам посадочных мест (рис. 3).

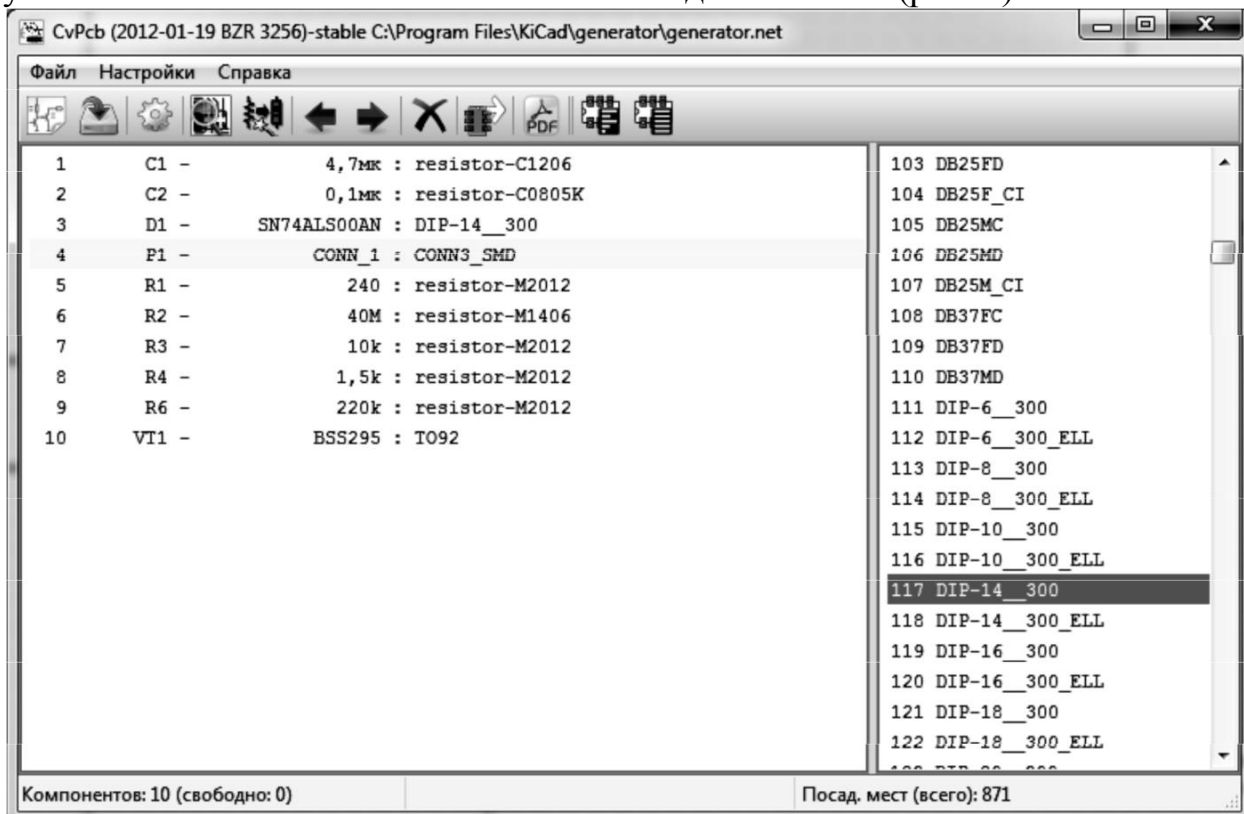


Рис. 3. Сопоставление компонентам посадочных мест в инструменте Cypcb

Для размещения компонентов на посадочные места необходимо выполнить команду Запустить Pcbnew для разработки печатной платы в инструментарии EESchema.

В начале работы в Pcbnew выполняются настройки (Настройка правил->правила проектирования), в которых редактируются классы слоев, общие правила проектирования (минимальная ширина дорожки, минимальный диаметр переходного отверстия, минимальный диаметр микропереходного отверстия).

Команда Считать список цепей позволяет расположить все посадочные места в верхнем левом углу. При включенном режиме Режим посадочных мест: ручное и автоматическое перемещение или размещение модулей и нажатии правой клавишей мыши на пустом поле можно выбрать пункт Глобальное перемещение и размещение->Переместить все модули, что позволит переместить все посадочные места на рабочее поле.

Чтобы задать размеры и контур платы, необходимо выбрать рабочий слой Контур платы и выполнить команду Добавить граф. линии или полигоны, очертить границы печатной платы, нарисовать линии контура платы с запасом в три деления при сетке 0,254 мм и масштабе 15. Далее можно вручную с помощью нажатия правой клавиши мыши на компоненте вызвать пункт Посадочное место и выполнить команду Переместить.

В автоматическом режимах с помощью команды Глобальное перемещение и размещение->Авторазместить все модули выполнить размещение компонентов в контуре платы.

Выполняется ручная корректировка размещения посадочных мест, при этом занимаемая площадь, число пересечений ребер (тонких прямых отрезков, соединяющие контакты) и длина соединений должны быть минимальными с учетом оптимальных критериев последующей трассировки соединений без использования спецификаций IBM для размеров печатных плат. Быстродействующим алгоритмом размещения является последовательный алгоритм размещения, предусматривающий первоначальное размещение части элементов.

В начале алгоритма размещения самый большое посадочное место SN74ALS00AN фиксируется в центре по вертикали с помощью команды Заблокировать модуль (Режим посадочных мест: ручное и автоматическое перемещение или размещение модулей при нажатии правой кнопки мыши на SN74ALS00AN). Выполнением команды Глобальное перемещение и размещение->Авторазместить все модули сужается контур платы вручную с целью оптимизации

площади (рис. 4).

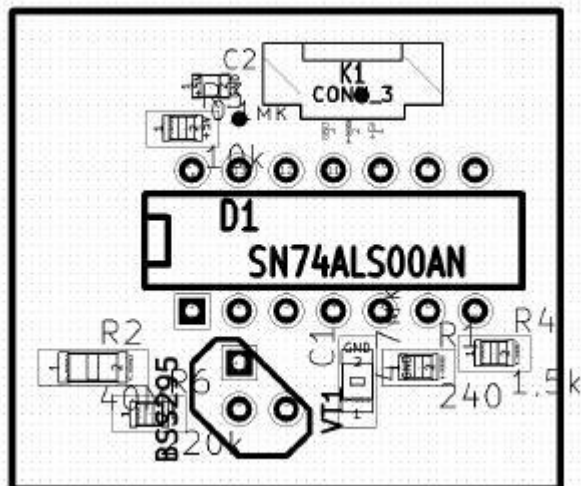


Рис. 4. Размещение посадочных мест в контуре платы

Для трассировки платы нужно перейти в Режим дорожек: автотрассировка на верхней панели инструментов. Нажав правой клавишей мыши на пустом пространстве, выбрать Автотрассировка->Выбор пары слоев: Верхний слой – Front, Нижний слой – Back. Далее выбрать Автотрассировка->Автотрассировать все модули для начала процесса трассировки (рис. 5).

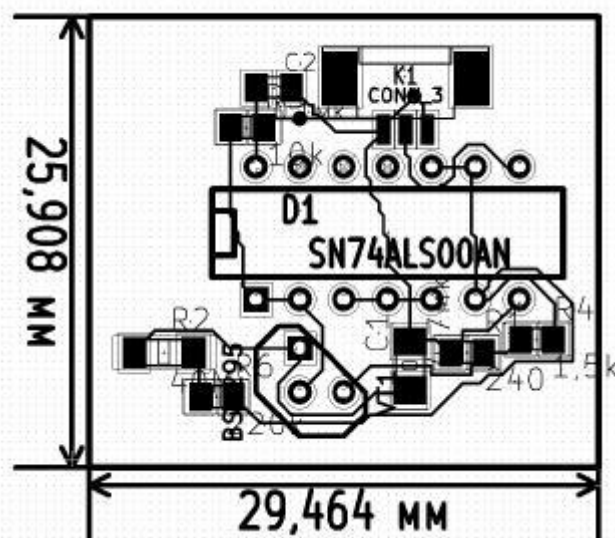


Рис. 5. Результат трассировки печатной платы

Если появятся неразведенные соединения, то вручную можно соединить их в соответствии с правилами трассировки, а также можно

заново разместить посадочные места и повторить автотрассировку. Для ручной трассировки нужно выбирать соответствующий слой (Front, Back) командой на правой панели инструментов Добавить дорожки и перех. отв. и соединить неразведенные контакты. Чтобы не пересекались дорожки, можно менять слои. Командой "Добавить зоны" добавляется контур зоны печатной

платы. Появляется окно, в котором выбирается Цепь: +5 В (для данной схемы), нажимается Ok. Полигонами ограничивается контур зоны, командой Замкнуть контур зоны завершается процесс обвода (рис. 6).

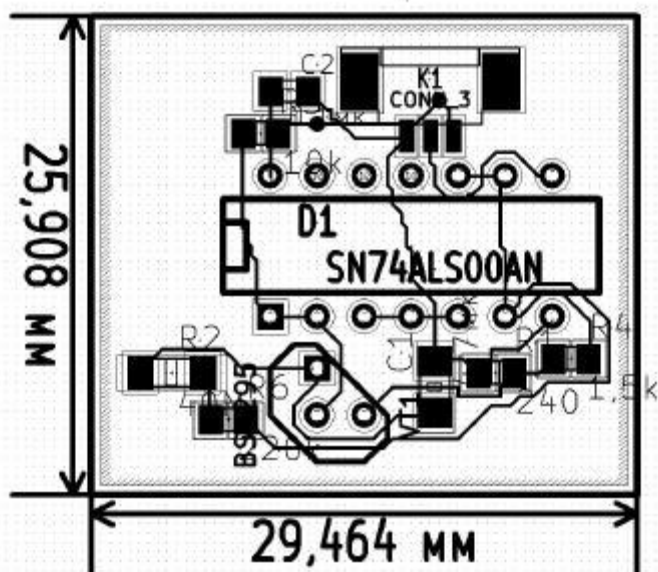


Рис. 6. Обвод контура зоны печатной платы

Правой клавишей мыши нажимаем на плату и выбираем команду Залить и перезалить все зоны (рис. 7).

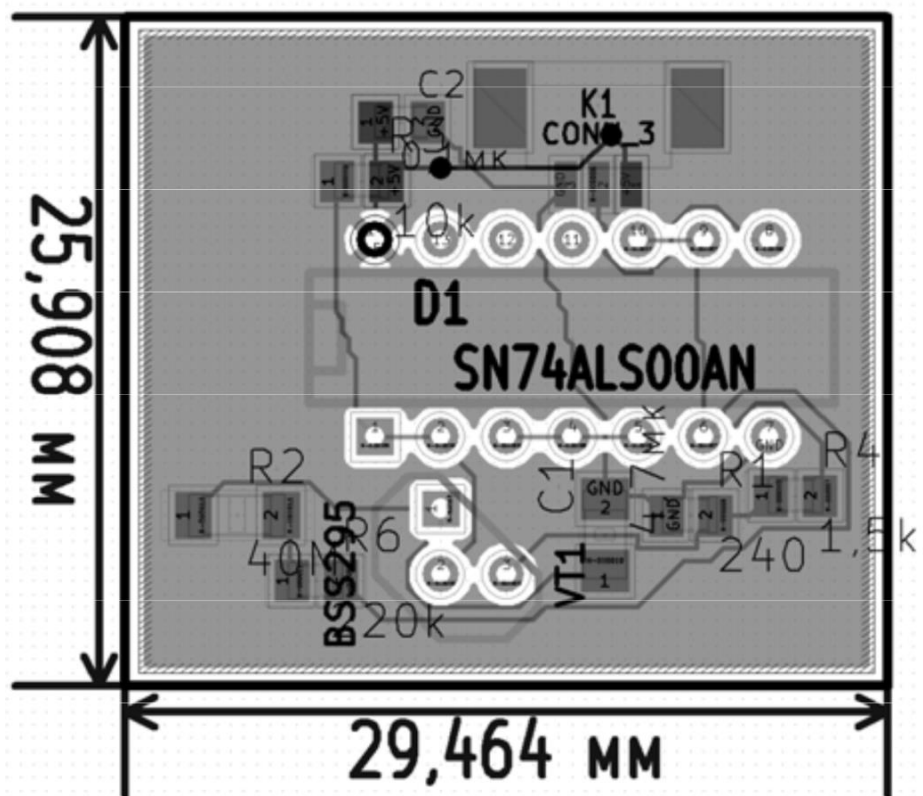


Рис. 7. Заливка зоны печатной платы

Проверка разработанной печатной платы выполняется командой Выполнить проверку правил проектирования на верхней панели

инструментов, в окне нажать команду Старт DRC. Закладки сообщений Проблемы/Маркеры и Не подключены должны быть пустыми.

Далее можно создать трехмерное представление печатной платы, выбрав Просмотр->3D вид (рис. 8).

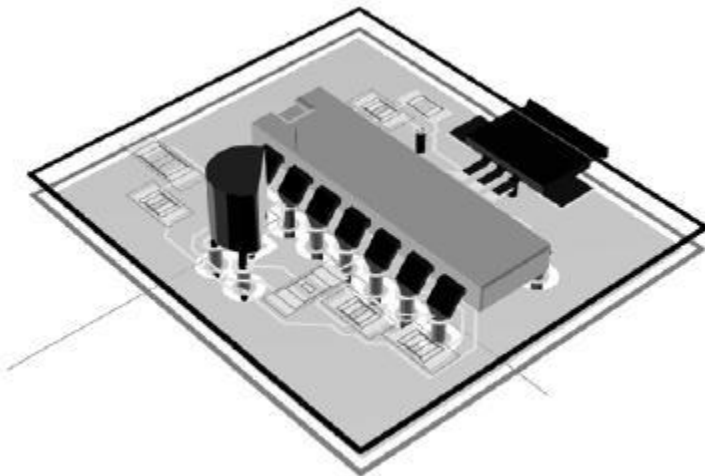


Рис. 8. Трехмерный вид печатной платы в инструментарии Gerberview

Чтобы отправить печатную плату производителю, нужно создать фотошаблон. Для этого нужно выбрать Файл->Чертить, формат черчения оставить Gerber и нажать Чертить. В сообщениях появится текст, указывающий местоположение файлов фотошаблонов.

5.СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Ниже приведены цель и этапы выполнения двух лабораторных работ.

Лабораторная работа №1 «Анализ и компоновка принципиальной схемы»

Целью выполнения работы является освоение умений разработки схемных компонентов, принципиальных схем.

Порядок выполнения работы

- 1.Выбрать вариант принципиальной схемы.
- 2.Разработать схемные компоненты в библиотеке редактора EEschema.
- 3.Разработать посадочные места для всех компонентов схемы в Pcbnew.
- 4.Разработать принципиальные схемы в редакторе EEschema.
- 5.Выполнить тест ERC.

Лабораторная работа №2 «Размещение и трассировка печатной платы»

Целью выполнения работы является освоение умений размещения схемных компонентов и трассировки соединений печатной платы.

Порядок выполнения работы

1. Сопоставить каждому компоненту схемы посадочное место в Sypcb.
2. Разработать контур печатной платы, разместить компоненты в Pcbnew.
3. Трассировать проводники печатной платы в автоматическом, ручном режимах.
4. Оптимизировать площадь и длину соединений платы.
5. Разработать печатную зону.
6. Выполнить тест DRC.
7. Разработать визуальное представление и фотошаблон платы.

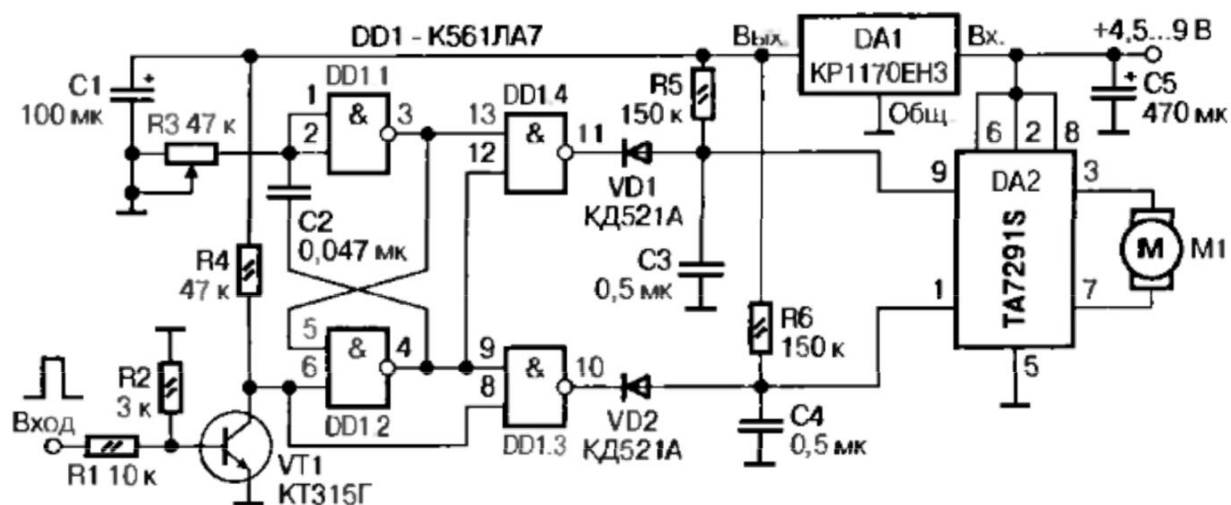
6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите инструменты и их функциональное назначение в САПР KiCAD.
2. В чем заключается методика проектирования печатных плат?
3. Как разрабатываются компоненты принципиальной схемы в библиотеке компонентов?
4. Как разрабатывается принципиальная схема?
5. Что такое ERC?
6. Что такое netlist и его роль?
7. Как создаются посадочные места для компонентов?
8. В каком инструменте и как выполняется сопоставление компонентам посадочных мест?
9. Как разместить посадочные места?
10. Как разработать контур печатной платы?
11. Как выполняется трассировка?
12. Как разрабатывается печатная зона?
13. Что такое DRC?
14. Как формируется визуальное представление и фотошаблон?
15. Назовите порядок разработки печатных плат.

7. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

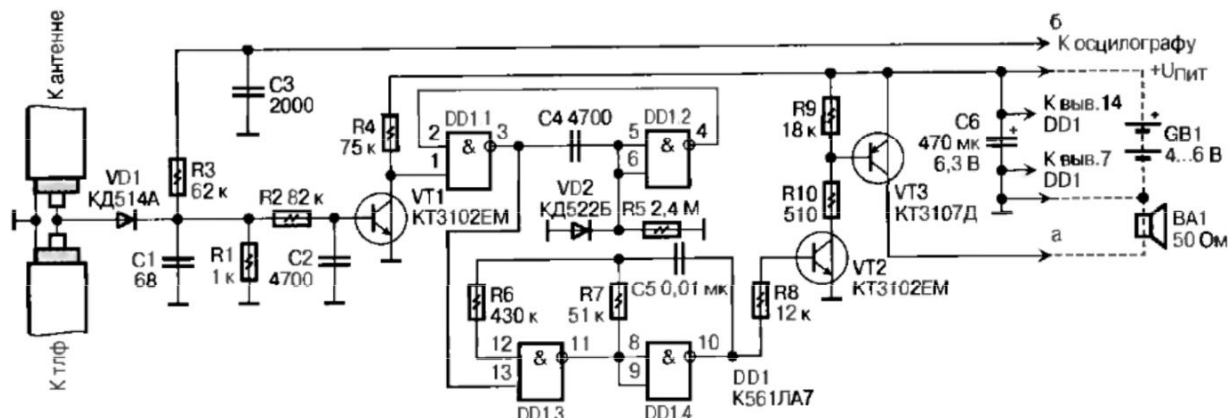
Вариант 1

Принципиальная схема взята из журнала «Схемотехника», 2003 год, июнь, 19 страница.



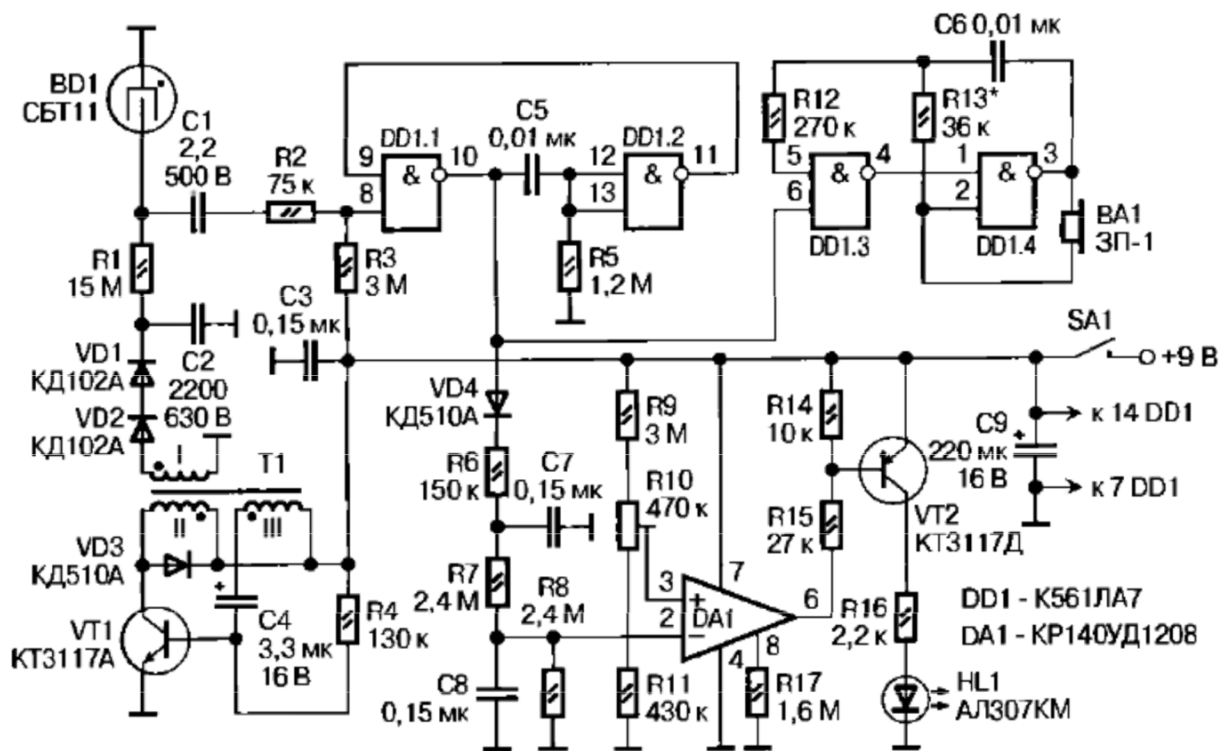
Вариант 2

Принципиальная схема взята из журнала «Схемотехника», 2003 год, май, 34 страница.



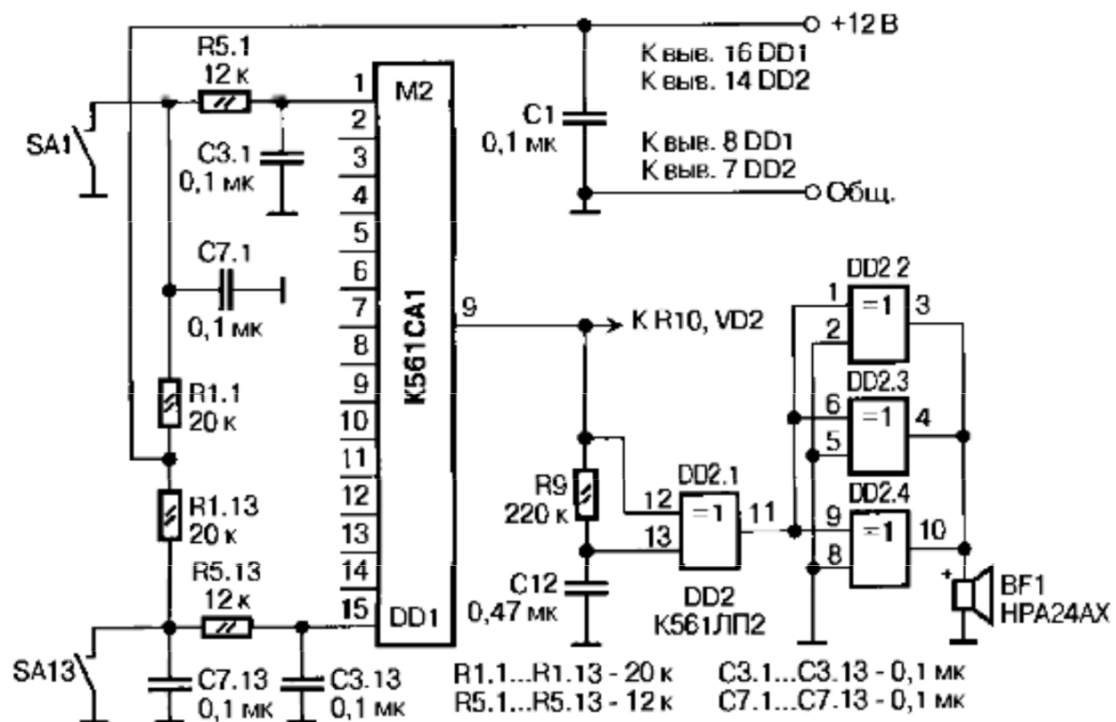
Вариант 3

Принципиальная схема взята из журнала «Схемотехника», 2003 год, февраль, 25 страница.



Вариант 4

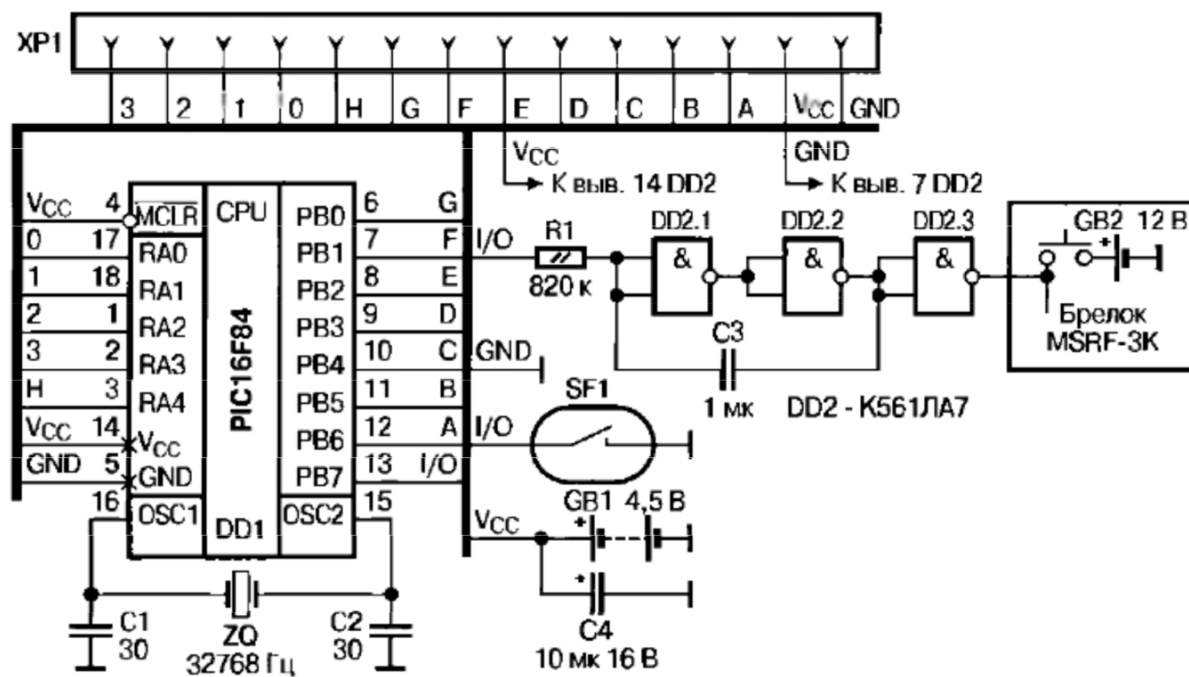
Принципиальная схема взята из журнала «Схемотехника», 2002 год, декабрь, 43 страница.



Вариант 5

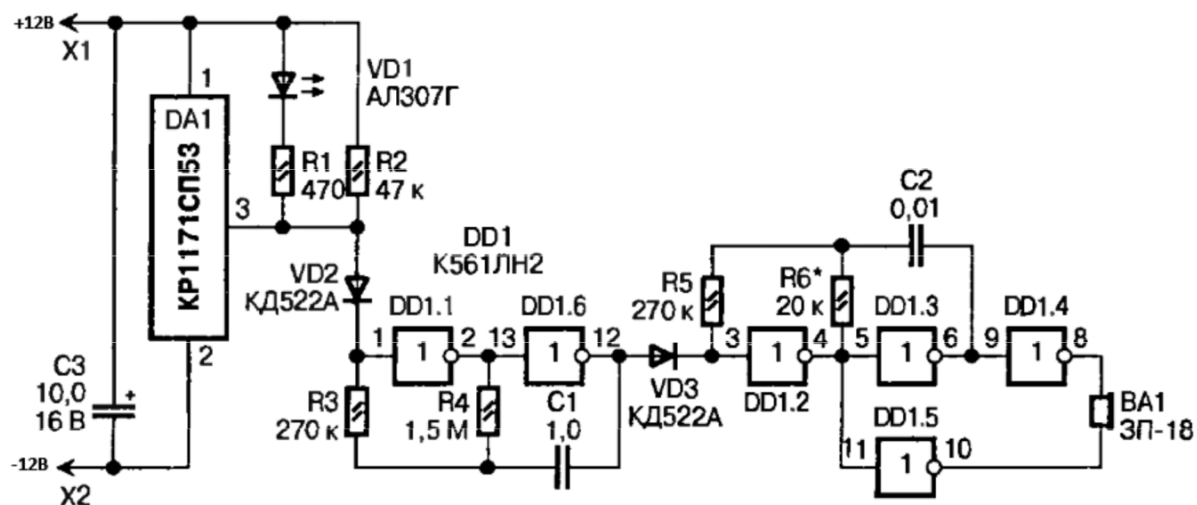
Принципиальная схема взята из журнала «Схемотехника», 2002

год, ноябрь, 20 страница.



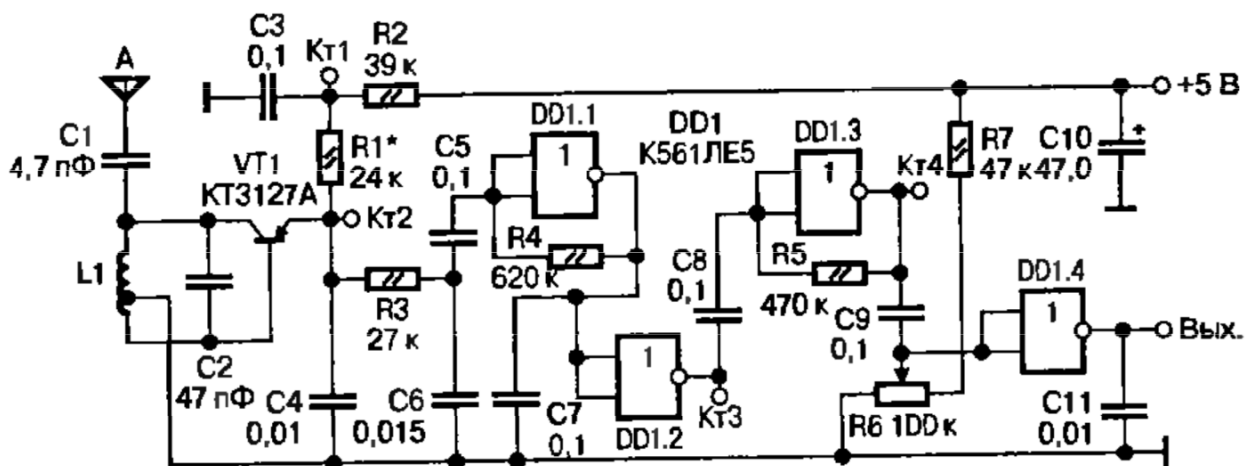
Вариант 6

Принципиальная схема взята из журнала «Схемотехника», 2002 год, июль, 51 страница.



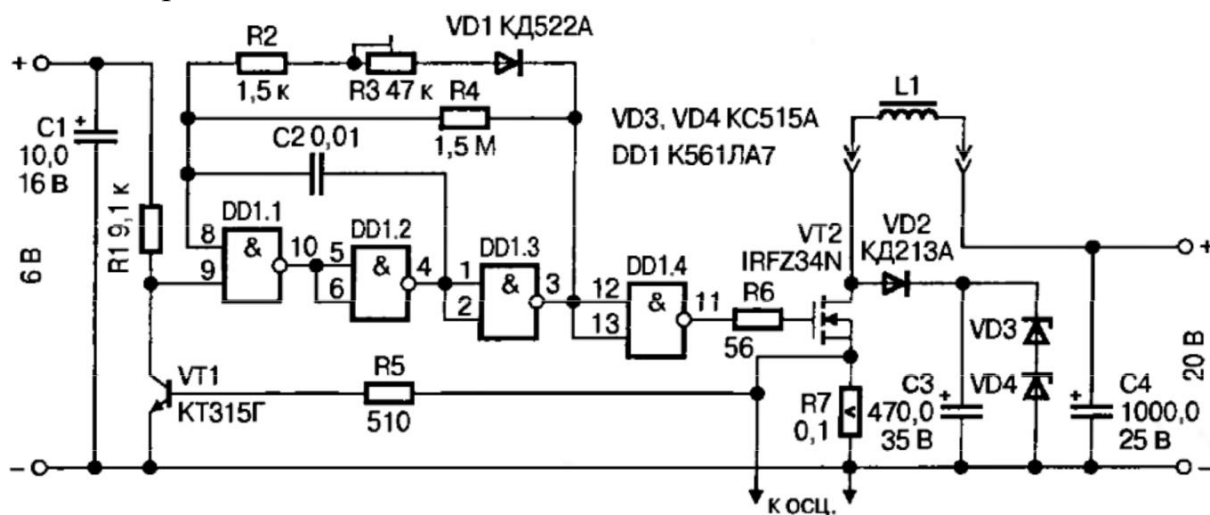
Вариант 7

Принципиальная схема взята из журнала «Схемотехника», 2002 год, июль, 22 страница.



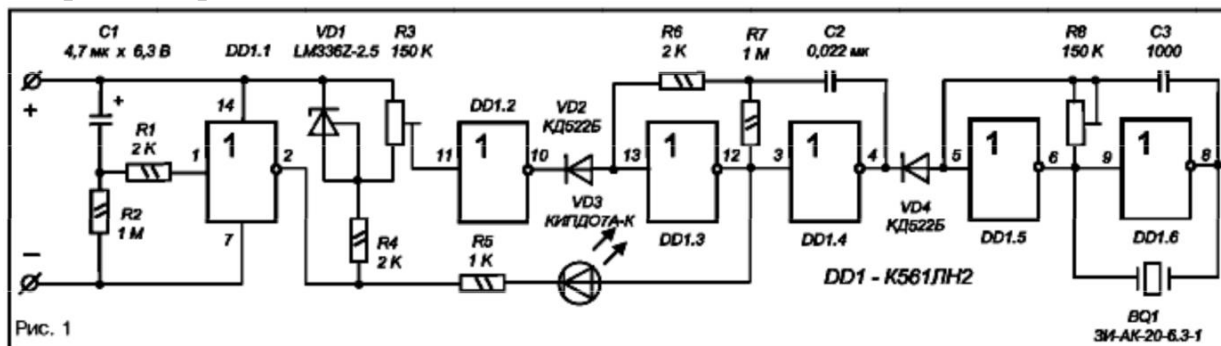
Вариант 8

Принципиальная схема взята из журнала «Схемотехника», 2002 год, июнь, 7 страница.



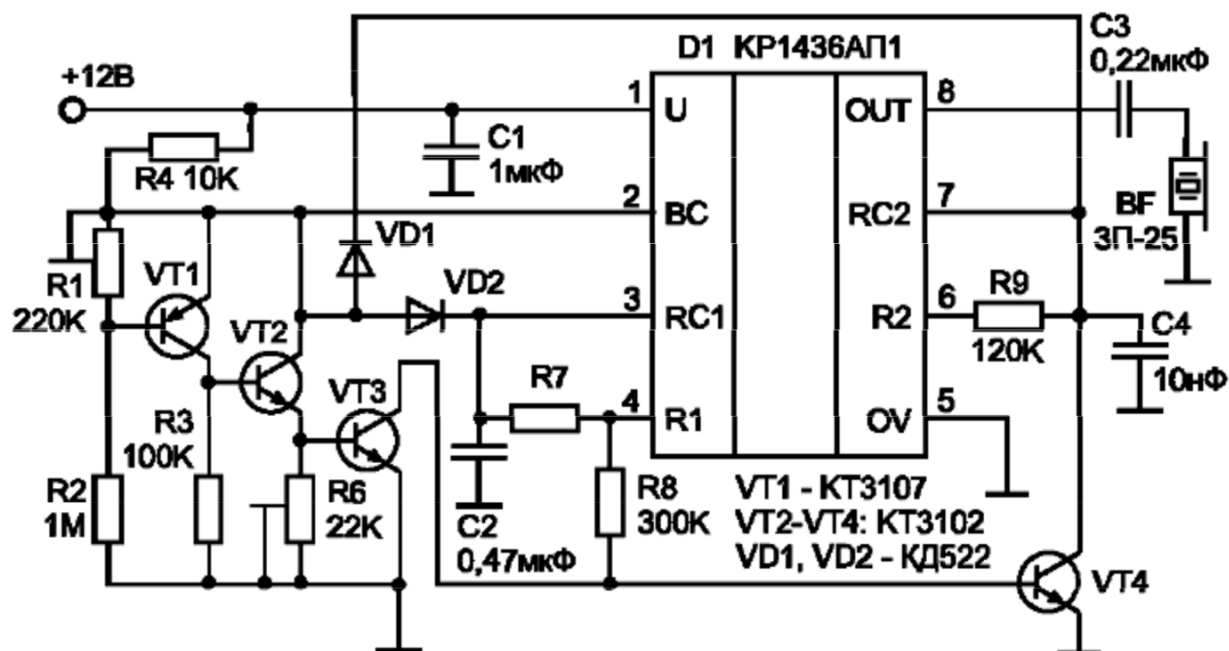
Вариант 9

Принципиальная схема взята из журнала «Схемотехника», 2001 год, январь, 38 страница.



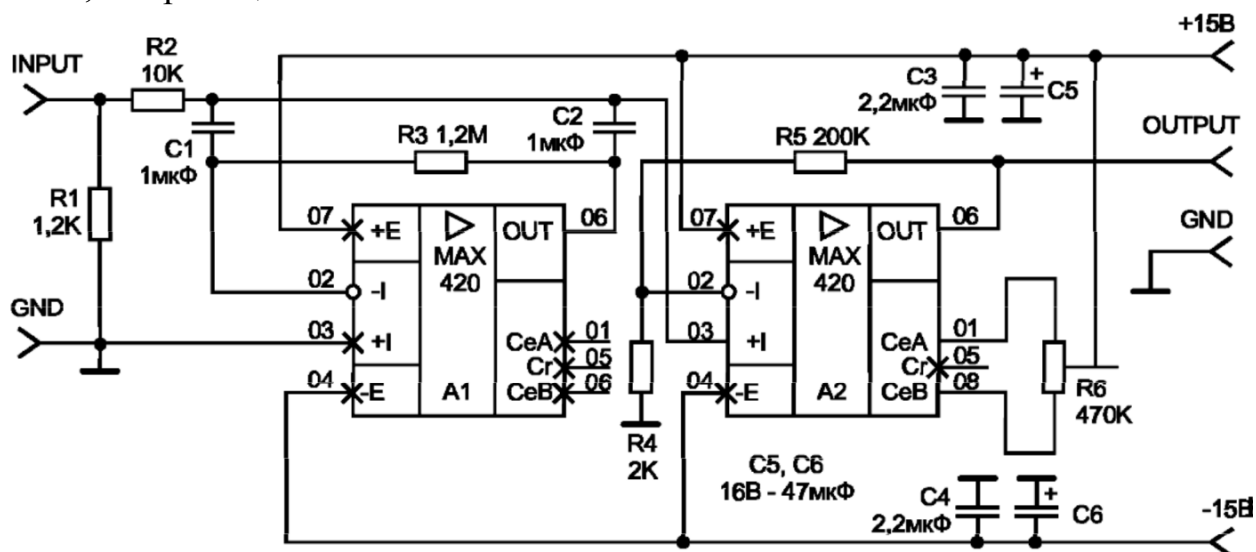
Вариант 10

Принципиальная схема взята из журнала «Схемотехника», 2001 год, июль, 2 страница.



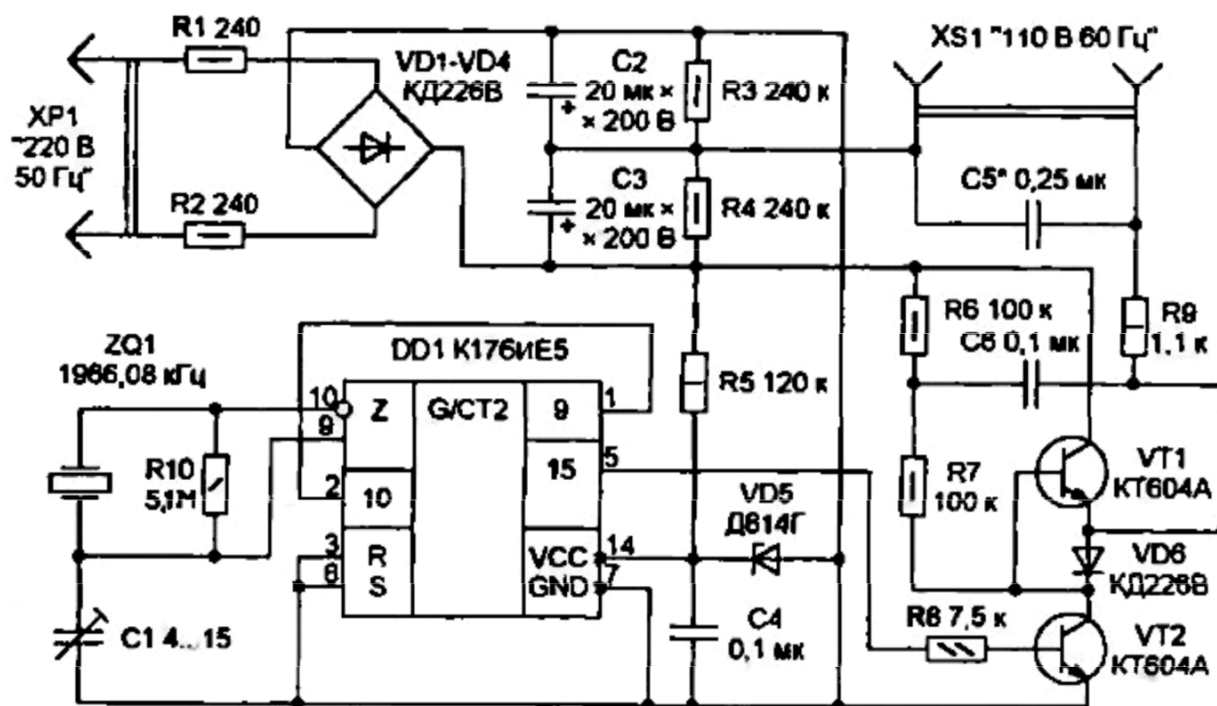
Вариант 11

Принципиальная схема взята из журнала «Схемотехника», 2001 год, июль, 6 страница.



Вариант 12

Принципиальная схема взята из журнала «Радио», 2000 год, март, 63 страница.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения лабораторных работ студенты осваивают лучшие практики по разработке печатных плат в САПР KiCAD, что повышает уровень их квалификации и профессиональной зрелости. Персонализация задач по вариантам улучшает качество процесса обучения.

Контрольные вопросы ориентированы на проверку теоретических знаний студентов и формируют «методическое мышление» по освоению проектных процедур проектирования печатных плат. Примеры выполнения лабораторных работ дают исчерпывающую информацию о том, как нужно разрабатывать печатную плату.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. САПР KiCAD.

<http://www.kicad-pcb.org/display/KICAD/KiCad+EDA+Software+Suite>
(дата обращения: 11.02.2013).

2. Автоматизация проектирования электротехнических систем и устройств :

учеб.

пособие / Д. А. Аветисян. – М. : Высшая школа, 2005. – 511 с.

3. Казеннов, Г. Г. Основы проектирования интегральных схем и систем : Лаборатория знаний / Г. Г. Казенов. – М. : БИНОМ, 2005. – 295 с.

4. Бутов, А. Генераторы на транзисторах КП501 / А. Бутов // Схемотехника. – №8.

– 2002. - С. 27.

5.ulp-скрипт для САПР Eagle light, конвертирующий библиотеку компонентов и посадочных мест в формат для САПР KiCAD.
<http://www.modulbot.com/download.html>.

6.Описание элемента принципиальной схемы, его компонент и посадочное место

для программ САПР в формате bxl.

http://www.ti.com/product/sn74als00a?CMP=AFC-conv_SF_SEP,

<http://www.datasheetarchive.com/1S00A-datasheet.html>

7.Ultra Librarian свободное средство для конвертирования bxl-файлов (библиотек компонентов) в формат для САПР Eagle light.

<http://webench.ti.com/cad/>

8.Компонент и посадочное место микросхемы SN74ALS00AN (KP1533ЛA3).

http://webench.ti.com/cad/dlboxl.cgi/TI_BXL/SN74ALS00A_N_14.bxl