

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных средств

Дисциплина: Системы автоматизированного проектирования электронных
вычислительных средств

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту
на тему

РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОГО УЗЛА СРЕДСТВАМИ САПР

БГУИР КП 1-40 02 02 153 ПЗ

Студент: гр. 850701 Филиппов Д. А.

Руководитель: Станкевич А. В.

Минск 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Анализ технического задания	6
2 Особенности применяемой элементной базы и материалов	7
2.1 Элементная база	7
2.2 Оценка потребляемой мощности и токов элементной базы	7
2.3 Выбор применяемого материала печатной платы	9
3 Особенности применяемых пакетов САПР	11
3.1 AutoCAD	11
3.2 Altium Designer	11
3.3 Другие использованные приложения	12
4 Выбор печатной Платы	14
4.1 Выбор класса точности	14
4.2 Определение типоразмера печатной платы	14
4.3 Выбор способа установки элементов	16
4.4 Финишное покрытие печатной платы	16
5 Расчет печатного монтажа.....	17
5.1 Расчет наименьшего номинального значения ширины печатного проводника	17
5.2 Расчет наименьшего номинального расстояния между соседними элементами печатного рисунка	18
5.3 Расчёт диаметров монтажных отверстий	18
5.4 Расчет диаметров контактных площадок	19
6 Решение задачи топологического синтеза печатной платы с помощью применяемого пакета САПР	20
6.1 Компоновка элементов печатной платы	20
6.2 Трассировка печатной платы	20
7 Оценка качества разработанной конструкции	22
Заключение	24
Список использованных источников	25
Приложение А	26
Приложение Б	28
Приложение В	30

ВВЕДЕНИЕ

В производстве средств вычислительной техники и бытовой радиоэлектронной аппаратуры широко применяются печатные платы как средство, обеспечивающее автоматизацию монтажно-сборочных операций, снижение габаритных размеров аппаратуры, металлоемкости и повышения ряда конструктивных и эксплуатационных качеств изделия. Печатная плата составляет основу любого электронного изделия, входя в состав компьютеров, сотовых телефонов и военной техники. В наше время во всем мире проектирование современной радиоэлектронной аппаратуры не представляется возможным без применения средств автоматизированного проектирования. Для выполнения данной работы широкое распространение получили такие системы как P-CAD и Altium Designer. Эти системы позволяют выполнить полный цикл проектирования печатной платы, включающий в себя создание условных графических обозначений элементов, разработку посадочных мест этих элементов на печатной плате, ввод и редактирование электрических схем, упаковку схем и размещение элементов на печатной плате, ручную интерактивную и автоматическую трассировку проводников, контроль ошибок в схеме и на печатной плате и выпуск конструкторско-технологической документации.

Курсовая работа состоит из шести основных частей: анализ задачи, выбор элементной базы, знакомство с необходимыми САПР, выбор печатной платы, решение задачи топологического синтеза, проверочные расчеты. Каждая из них необходима для создания эффективного и правильно работающего устройства.

Исходя из задания по курсовому проекту, необходимо разработать печатную плату средствами САПР, которая будет соответствовать всем поставленным требованиям.

1 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

В данном курсовом проекте необходимо разработать печатный узел средствами системы автоматизированного проектирования, но перед реализацией данного курсового проекта необходимо предварительно провести оценку технического задания:

1. Способ монтажа - печатный;
2. Основные размеры печатной платы в соответствии со стандартом МЭК 297-3;
3. Шаг координатной сетки отверстий 2,5 мм;
4. Рассчитать по специальной методике шаг трассировки и ширину печатных проводников, диаметры контактных площадок и переходных отверстий, зазоры между элементами печатного монтажа и максимальную длину печатных проводников;
5. Коэффициент заполнения печатного узла должен быть не менее 0,7;
6. Ввод электрической принципиальной схемы, генерацию списка связей, размещение посадочных мест и трассировку печатных соединений осуществить средствами пакета САПР Altium Designer или OrCAD;
7. Передать результаты проектирования в систему AutoCAD;
8. Чертежи печатной платы выполнить средствами пакетов САПР AutoCAD.

Задача курсового проекта заключается в разработке печатного узла контроллера LCD монитора Philips190TW8FB соблюдением ряда конструкторских ограничений, в качестве исходных данных используется мануал [1]. Разработка самого узла будет производиться средствами пакета САПР Altium Designer.

В результате выполнения курсовой работы должны быть получены следующие документы:

- 1) Схема электрическая принципиальная;
- 2) Чертеж печатной платы;
- 3) Сборочный чертеж печатного узла;
- 4) Перечень элементов;
- 5) Спецификация.

2 ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЯЕМОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ И МАТЕРИАЛОВ

2.1 Элементная база

В соответствии с полученным заданием в принципиальной схеме устройства, для которого необходимо разработать печатную плату, были использованы:

- Керамические и электролитические конденсаторы.
 - Микросхема TSUM16AL с 100 пинами, являющаяся ядром устройства, центром его управления. В сравнении с другими компонентами элементной базы имеет самую большую занимаемую площадь на плате разрабатываемого устройства.
 - Резисторы фирмы Vishay.
 - Несколько различных микросхем, включая преобразователи напряжения.
 - Стабилитроны ZMM5232B-LF DO213AA 5,6 В.
 - Контактные соединения для связи с иными печатными платами устройства и внешних интерфейсов.
 - Дроссели, в том числе ферритовые бусины.
 - Полевые и биполярные транзисторы.
 - Резонатор кварцевый HC-49US на 14.31818 МГц фирмы Jamaco.
- Основные параметры микросхем данных серий, необходимые для выполнения поставленной задачи, взяты из справочников.

2.2 Оценка потребляемой мощности и токов элементной базы

Некоторые значения максимальной рассеиваемой мощности взяты из официальной документации на соответствующие элементы. Будем считать, что конденсаторы, кварцевые резонаторы и разъёмы являются идеальными и мощности не потребляют.

Расчёт токов и мощностей, потребляемых элементной базой занесем в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Расчёт токов и мощностей, потребляемых элементной базой

Наименование	Количество, шт.	Мощность, Вт	Сила тока, А
Микросхемы AT24C04N-10SU-2.7	1	2	0.15
Микросхемы TSUM16AL	1	0,062	0,053
Микросхемы FM25CL64B-GTR	1	0,062	0,043
Микросхемы CAT16-750J4s	8	0,062	0,028
Транзисторы PMBT3904 NPN	2	0,015	0,003
Транзистор AP2305GN P-CH	1	0,02	0,01
Транзисторы PMBT3904 PNP	2	0,2	0,07
Конденсаторы керамические 0603-NPO-50 В	7	0,25	0,09
Конденсатор электролитический ST6.3x11 220 мкФ	1	0,48	0,24
Конденсатор керамический 0603-X7R 1 мкФ	1	0,1	0,05
Конденсаторы керамические 0603-X7R-50 В	7	0,3	0,018
Микросхема MT8201ALE	1	0,8	0,35
Микросхема MX29LV160DTTI	1	0,039	0,012
Диоды BAT54WS	5	0,2	0,45
Варисторы EZJZ0V800AA	17	0,07	0,001
Транзисторы 2N3904	7	0,625	0,2
Транзисторы 2N7002	2	0,35	0,16
Катушки индуктивности MLP2012S2R2TT0S1	25	0,1	0,3
Катушки индуктивности KLZ2012PHR220WTD25	4	0,1	0,12
Катушки индуктивности FCM1608	3	0,1	0,22
Резисторы 0603 100 Ом	16	0,063	0,07

Токи в остальных цепях пренебрежимо малы, поэтому специальной оценки производить не имеет смысла.

Оценим потребляемую мощность всех элементов, подставив значения потребляемых мощностей всех ЭРЭ по формуле (2.1):

$$P_{\text{общ}} = \sum P_i * n, \quad (2.1)$$

где – P_i потребляемая мощность i -го элемента, а n число элементов на схеме.

Общая потребляемая мощность составит:

$$P_{\text{общ}} = 13,433 \text{ Вт.}$$

Для расчета ширины проводников необходимо оценить токи в наиболее нагруженных цепях. Для расчета ширина проводников в цепях питания и заземления, используем формуле (2.2):

$$b_{\text{min1}} = \frac{J_{\text{max}}}{j \cdot h_{\phi}} \quad (2.2)$$

где J_{max} - максимальный ток;

j - максимально допустимая плотность тока.

h_{ϕ} - толщина фольги.

Используя таблицу 2.1. определим максимальный протекающий ток в цепи +1.8В. Максимальный ток в цепи +1.8В равен 425 мА. Подставив в формулу имеющиеся данные, получаем минимальную ширину проводника для цепи +1.8В равную 0,3мм.

Далее определим максимальный протекающий ток в цепи +3.3В. Максимальный ток в цепи +3.3В равен 450 мА. Подставив в формулу имеющиеся данные, получаем минимальную ширину проводника для цепи +3.3В равную 0,3мм.

Также определим максимальный протекающий ток в цепи +5В. Максимальный ток в цепи +5В равен 980 мА. Подставив в формулу имеющиеся данные, получаем минимальную ширину проводника для цепи +5В равную 0,35мм.

2.3 Выбор применяемого материала печатной платы

Толщину основания печатной платы H , влияющую на механическую прочность и жесткость, в основном определяют в зависимости от механических нагрузок на печатную плату и от ее конструктивных особенностей. Толщина печатной платы также определяет технологические возможности металлизации отверстий, а также зависит от материала ПП.

Поскольку была выбрана двухсторонняя печатная плата, никаких дополнительных расчётов проводить не нужно, т.к. толщина ДПП определяется толщиной материала основания с учетом толщины фольги:

$$H = H_c + H_{\Phi}, \quad (2.3)$$

где H_c – толщина слоя;

H_{Φ} – толщина фольги с двух сторон;

Толщина слоя равна 1,5 мм, толщина слоя фольги 35 мкм, подставив значения в формулу 2.2 получим следующее значение:

$$H = 1,43 + 2 * 0,035 = 1,5 \text{ мм.}$$

В качестве материала для изготовления печатной платы выберем стеклотекстолит фольгированный СФ-2-35Г-1,5 толщиной 1,5 мм. Стеклотекстолит фольгированный СФ-2-35Г-1,5 мм – листовой материал, изготовленный на основе стеклотканей с пропиткой связующим на основе эпоксидных смол и облицованный с двух сторон медной электролитической гальваностойкой фольгой толщиной 35 мкм.

3 ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЯЕМЫХ ПАКЕТОВ САПР

3.1 AutoCAD

AutoCAD — двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk. Первая версия системы была выпущена в 1982 году. AutoCAD и специализированные приложения на его основе нашли широкое применение в машиностроении, строительстве, архитектуре и других отраслях промышленности [4]. Данная система является наиболее распространенной в мире и это не случайно, так как основные возможности AutoCAD очень широки.

В рамках курсового проекта AutoCAD была применена для доработки сборочного чертежа, представленного в приложении В. При этом были использованы базовые функции системы. Полезной особенностью AutoCAD последних версий стала возможность импорта PDF файлов, что и было использовано.

3.2 Altium Designer

Сегодня Altium Designer — это система, позволяющая реализовывать проекты электронных средств на уровне схемы или программного кода с последующей передачей информации проектировщику ПЛИС или печатной платы. Отличительной особенностью программы является проектная структура и сквозная целостность ведения разработки на разных уровнях проектирования. Иными словами, изменения в разработке на уровне платы могут мгновенно быть переданы на уровень ПЛИС или схемы и так же обратно. Так же в качестве приоритетного направления разработчиков данной программы стоит отметить интеграцию ECAD и MCAD систем. Разработка печатной платы возможна в трёхмерном виде с двунаправленной передачей информации в механические САПР (Solid Works, Pro/ENGINEER, NX и др.).

Данный пакет состоит из двух продуктов, базирующихся на единой интегрированной платформе DXF, возможность работы с тем или иным из них зависит от типа приобретённой лицензии:

- Altium Designer Custom Board Front-End Design — Проектирование ПЛИС, схемотехническое проектирование и моделирование.
- Altium Designer Custom Board Implementation — Проектирование печатных плат и ПЛИС.

В состав программного комплекса Altium Designer входит весь необходимый инструментарий для разработки, редактирования и отладки проектов на базе электрических схем и ПЛИС. Редактор схем позволяет вводить многоиерархические и многоканальные схемы любой сложности, а также проводить смешанное цифро-аналоговое моделирование. Библиотеки программы содержат более 90 тысяч готовых компонентов, у многих из которых имеются модели посадочных мест, SPICE и IBIS-модели, а также трёхмерные модели. Любую из вышеперечисленных моделей можно создать внутренними средствами программы.

Работа над всеми частями проекта ведётся в единой управляющей оболочке Design Explorer, что позволяет разработчику контролировать целостность проекта на всех этапах проектирования. Таким образом, изменения, внесённые на любом этапе разработки, автоматически передаются на все связанные стадии проекта. В дополнение к мощным средствам разработки, Altium Designer имеет широкие возможности импорта и экспорта сторонних систем проектирования и поддерживает практически все стандартные форматы выходных файлов (Gerber, ODB++, DXF и т. д.). Полностью поддерживаются все наработки в виде схем, плат и библиотек, разработанные в последних версиях P-CAD [5].

Именно поэтому Altium Designer использовался в данной работе как основная система автоматизированного проектирования, в которой и была создана модель печатной платы.

3.3 Другие использованные приложения

Важным и объёмным этапом при проектировании печатных узлов является разработка конструкторской документации.

Для ускорения этого процесса в Altium Designer был добавлен редактор board assistant, который может выступать в роли дополнения или замены традиционных средств формирования документации. Интерфейс и некоторые возможности редактора показаны на рисунке 3.1.

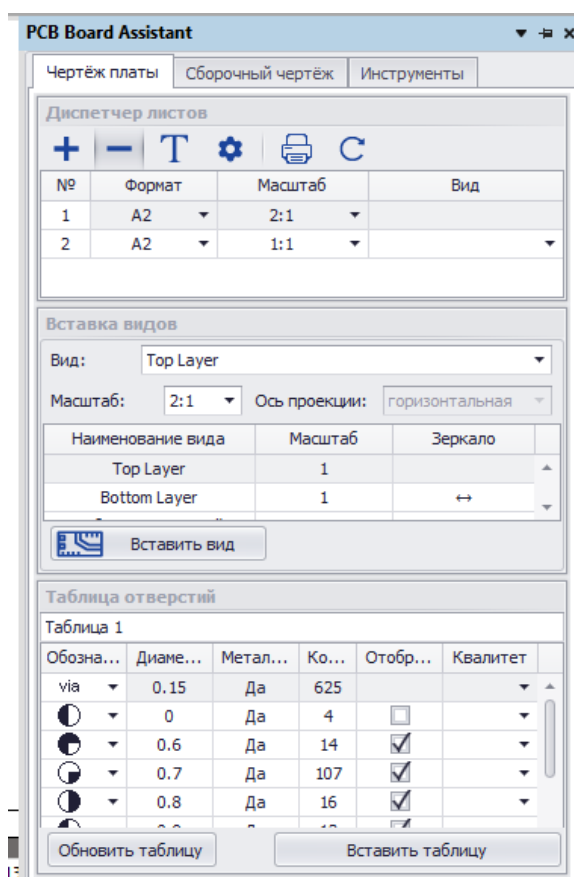


Рисунок 3.1 – Интерфейс утилиты Board Assistant

Board Assistant является специализированной панелью инструментов, позволяющая разрабатывать перечень элементов, ведомость покупок, схему электрическую принципиальную и конструкторскую документацию на печатные платы в формате PDF, а также имеет ряд дополнительных функций.

4 ВЫБОР ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

4.1 Выбор класса точности

Выбор класса точности связан с конструктивными особенностями проектируемой печатной платы, бюджетом на разработку и с конкретным производством, так как он обусловлен уровнем технологического оснащения производства.

Для рассматриваемого примера выбираем двухстороннюю печатную плату, изготавливаемую по 5 классу точности [6]. В данном случае выбор класса точности обусловлен тем что печатная плата имеет планарные выводы, расстояние между которыми достаточно мало, и очень высокую насыщенность навесными элементами.

Номинальные значения основных параметров элементов конструкции печатной платы для пятого класса точности берутся следующими:

1. Минимальная ширина проводника $t=0.1\text{мм}$;
2. Минимальная ширина зазора $S=0.1\text{мм}$;
3. Предельное отклонение проводника с металлическим покрытием $\Delta t=\pm 0,10$
4. Гарантийный поясок контактной площадки $b_{\min}=0,025\text{мм}$;
5. Отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине платы $\gamma=0,2$

4.2 Определение типоразмера печатной платы

Для расчета площади печатной платы необходимо определить суммарную установочную площадь электрорадиоэлементов. Для этого необходимо знать габаритные размеры каждого типа элементов. Рассчитываем установочную площадь всех элементов на плате $S_{\text{уст}}$, мм^2 , по формуле

$$S_{\text{уст}} = K_v * \sum_{i=1}^m S_{\text{уст } i} * n, \quad (4.1)$$

Где K_v – коэффициент использования площадки (1.5...3);

$S_{\text{уст } i}$ – установочная площадь i -го элемента.

n – число элементов i -го типоразмера;

m – число используемых типоразмеров

Установочная площадь элементов разрабатываемой платы представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Установочная площадь элементов.

Наименование	Площадь, мм	Количество, шт.
Микросхемы AT24C04N-10SU-2.7	48,1	1
Микросхемы TSUM16AL	48,1	1
Микросхемы FM25CL64B-GTR	48,1	1
Микросхемы CAT16-750J4s	48,1	8
Транзисторы PMBT3904 NPN	94,5	2
Транзистор AP2305GN P-CH	100	1
Транзисторы PMBT3904 PNP	484	2
Конденсаторы керамические 0603-NPO-50 В	110,25	7
Конденсатор электролитический ST6.3x11 220 мкФ	82,5	1
Конденсатор керамический 0603-X7R 1 мкФ	513	1
Конденсаторы керамические 0603-X7R-50 В	50	7
Микросхема MT8201ALE	1640,25	1
Микросхема MX29LV160DTTI	280	1
Диоды BAT54WS	16	5
Варисторы EZJZ0V800AA	16,5	17
Транзисторы 2N3904	18	7
Транзисторы 2N7002	46,7	2
Катушки индуктивности MLP2012S2R2TT0S1	9	25
Катушки индуктивности KLZ2012PHR220WTD25	3	4
Катушки индуктивности FCM1608	50	3
Резисторы 0603 100 Ом	3	16
Микросхемы AT24C04N-10SU-2.7	19,6	1
Разъем HSG RECPT 2X06P	193,5	1
Разъем DFHD03MS029 CONN DIP HEADER	58	1
Разъем DFDS15FR092 CONN D-SUB	220	1
Разъем DFHD19MR007 CONN SMD HDMI	161,5	1
Разъем 254G3-2FV36	500	2

Площадь печатной платы вычисляется по формуле:

$$S_{\text{пп}} = \frac{S_{\text{уст}}}{m * k_3} \quad (4.2)$$

где k_3 – коэффициент заполнения платы, m – количество сторон монтажа.

Согласно условию задания, коэффициент заполнения разрабатываемой платы $k_3 \geq 0.7$, а количество сторон печатного монтажа $m = 2$. Так же при определении полной площади платы вводят коэффициент ее увеличения, находящийся в пределах $k_v = (1,5...3)$.

Таким образом, рассчитанная площадь печатной платы равна:

$$S_{\text{пп}} = 14800 \text{ мм}^2$$

Обратившись к стандарту МЭК 297-3, выберем плату размером 160 на 100 мм.

4.3 Выбор способа установки элементов

В зависимости от конструктивной реализации узла, программы выпуска, чувствительности компонентов к нагреву, имеющегося оборудования и его производительности могут применяться пайка оплавлением дозированного припоя, пайка волной припоя, селективная пайка, ручная пайка.

Выберем пайку селективную пайку. Она обеспечивает более высокое качество пайки поверхностно монтируемых компонентов, чем групповая пайка компонентов, особенно при высокой плотности монтажа на плате. К тому же компоненты не погружаются в волну припоя и не подвергаются дополнительному термическому воздействию, тем самым обеспечивается высокое качество изделий.

Саму установку элементов производим по ГОСТ 291371-91 [8].

4.4 Финишное покрытие печатной платы

Для сохранения паяемости печатных плат, обеспечения плоскостности покрытия и надежного монтажа электронных компонентов и паяных соединений необходимо защищать медную поверхность контактных площадок печатной платы, так называемым финишным металлическим защитным покрытием. На элементы рисунка, одной платы, имеющие различное назначение, для обеспечения качества и надежности, при необходимости могут наноситься разные покрытия, однако для упрощения процесса изготовления, наносится одинаковое покрытие с «компромиссными» свойствами.

Наиболее популярными финишными покрытиями являются:

1. Горячее лужение;
2. Иммерсионное золочение;
3. Гальваническое золочение ножевых разъемов;

Для разрабатываемой печатной платы было выбрано покрытие PBS припоем согласно ГОСТ.0317-79.

5 РАСЧЕТ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

По схеме электрической принципиальной электронного средства необходимо выполнить:

1. Расчет наименьшего номинального значения ширины печатного проводника;
2. Расчет наименьшего номинального расстояния между соседними элементами печатного рисунка;
3. Расчет диаметров монтажных отверстий;
4. Расчет диаметров контактных площадок.

5.1 Расчет наименьшего номинального значения ширины печатного проводника

Определение наименьшего номинального значения ширины печатного проводника рассчитывают по формуле:

$$t = t_{\text{мд}} + |t_{\text{но}}|, \quad (5.1)$$

где $t_{\text{мд}}$ – минимально допустимая ширина печатного проводника исходя из токовой нагрузки;

$\Delta t_{\text{но}}$ – нижнее предельное отклонение ширины печатного проводника.

Предельные отклонения ширины печатного проводника Δt контактной площадки, концевого печатного контакта, экрана для узкого места должны соответствовать указанным в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Предельные отклонения ширины печатного проводника

Наличие металлического покрытия	Предельное отклонение ширины печатного проводника Δt , мм для класса точности				
	1	2	3	4	5
Без покрытия	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$	+0 -0,03
С покрытием	+0,25	+0,15	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$

Подставив значения получим:

$$t = 0,1 + 0,03 = 0,097 \text{ мм}$$

5.2 Расчет наименьшего номинального расстояния между соседними элементами печатного рисунка

Расстояние между соседними элементами печатного рисунка устанавливают в зависимости от электрических, конструктивных, технологических требований.

Наименьшее номинальное расстояние между соседними элементами печатного рисунка S , мм определяют по формуле:

$$S = S_{\text{мд}} + |t_{\text{во}}|, \quad (5.2)$$

где $S_{\text{мд}}$ – минимально допустимое расстояние между соседними элементами печатного рисунка;

$\Delta t_{\text{во}}$ – верхнее предельное отклонение ширины элемента печатного рисунка.

$$S = 0,1 + 0,03 = 0,13 \text{ мм}$$

5.3 Расчёт диаметров монтажных отверстий

Номинальные размеры металлизированных и не металлизированных монтажных и переходных отверстий выбираются из ряда, который включает в себя диаметры от 0,3 до 3,0 мм через 0,1 мм, кроме диаметров 1,9 и 2,9 мм. Размеры монтажных отверстий определяются размерами выводов; кроме того, в металлизированных монтажных отверстиях необходимо предусматривать гарантированный зазор r для заполнения отверстия расплавленным припоем. Номинальное значение диаметра монтажного отверстия d в этом случае рассчитывается по формуле:

$$d = d_3 + r + |\Delta d_{\text{но}}|, \quad (5.3)$$

где d_3 – максимальное значение диаметра вывода навесного элемента, устанавливаемого на печатную плату (для прямоугольного вывода за диаметр берется диагональ его сечения);

r – разность между минимальным значением диаметра отверстия и максимальным значением диаметра вывода (для прямоугольных – диагонали

сечения) устанавливаемого элемента величину r рекомендуется выбирать с учетом допусков на расположение выводов на корпусе устанавливаемого элемента;

$\Delta d_{\text{но}}$ – нижнее предельное отклонение номинального значения диаметра отверстия.

$$d = 2 + 0,3 - 0,1 = 2,5 \text{ мм}$$

Предельные отклонения диаметров монтажных и переходных отверстий Δd должны соответствовать указанным в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Предельные отклонения диаметров монтажных и переходных отверстий

Диаметр отверстий d , мм	Наличие металлизации	Предельное отклонение диаметра Δd , мм для класса точности				
		1	2	3	4	5
До 1,0	без металлизации	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,025$
	с металлизацией без оплавления	$+0,05$; $-0,15$	$+0,05$; $-0,15$	$+0$; $-0,10$	$+0$; $-0,10$	$+0$; $-0,075$
	с металлизацией и с оплавлением	$+0,05$; $-0,18$	$+0,05$; $-0,18$	$+0$; $-0,13$	$+0$; $-0,13$	$+0$; $-0,13$
Свыше 1,0	без металлизации	$\pm 0,15$	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$
	с металлизацией без оплавления	$+0,10$; $-0,20$	$+0,10$; $-0,20$	$+0,05$; $-0,15$	$+0,05$; $-0,15$	$+0,05$; $-0,15$
	с металлизацией и с оплавлением	$+0,10$; $-0,23$	$+0,10$; $-0,23$	$+0,05$; $-0,18$	$+0,05$; $-0,18$	$+0,05$; $-0,18$

5.4 Расчет диаметров контактных площадок

Наименьшее номинальное значение диаметра контактной площадки D , мм под выбранное отверстие рассчитывается по формуле:

$$D = d + \Delta d_{\text{во}} + 2 * b + \Delta t_{\text{во}} + 2 * \Delta d_{\text{тр}} + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{\text{но}}^2}, \quad (5.4)$$

где $\Delta d_{\text{во}}$ – верхнее предельное отклонение диаметра отверстия;

$\Delta d_{\text{тр}}$ – величина подтравливания диэлектрика в отверстии, которое принимается равной 0,03 мм для МПП; для ОПП и ДПП – равной нулю;

T_d – позиционный допуск расположения оси отверстия;

T_D – позиционный допуск расположения центра контактной площадки;

$\Delta t_{\text{во}}$ – верхнее предельное отклонение диаметра контактной площадки (см. таблицу 5.1);

Δt_{HO} – нижнее предельное отклонение диаметра контактной площадки.

$$D = 0.15 + 0 + 2 * 0,1 + 0 + 2 * 0 + \sqrt{0,05^2 + 0,08^2 + (0,13)^2} = 0,3 \text{ мм}$$

6 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЯЕМОГО ПАКЕТА САПР

6.1 Компоновка элементов печатной платы

Под компоновкой элементов понимают часть процесса конструирования, связанного с размещением на плоскости или в объеме отдельных составных частей платы с учетом реализации необходимых электрических связей, взаимного влияния электромагнитных и тепловых полей. При компоновке электрорадиоэлементы обычно заменяют их установочными моделями, которые представляют собой проекцию элементов на плату. Существует большое количество вариантов компоновки. Подходящий вариант, представлен на чертеже ГУИР.758726.003 в приложении Б.

6.2 Трассировка печатной платы

Трассировка печатных плат — один из этапов проектирования радиоэлектронной аппаратуры, заключающийся в определении мест расположения проводников на печатной плате вручную или с использованием одной из САПР, предназначенной для проектирования печатных плат. Существует несколько способов трассировки:

- Ручная трассировка, при которой человек самостоятельно, используя определённые программные инструменты, наносит рисунок проводников на чертёж платы.

- Автоматическая трассировка, при которой программа самостоятельно прокладывает проводники на чертеже платы, используя ограничения, наложенные разработчиком. Разработчик контролирует результат, при необходимости корректирует исходные параметры задачи и повторяет трассировку. Корректировка включает изменение расположения компонентов, предварительную отрисовку цепей вручную и т. п. На данный

момент все современные системы проектирования имеют сложные и эффективные системы автоматической трассировки.

– Интерактивная трассировка, при которой программа (автоматика) делает черновую работу по отрисовке цепи и контролю правил трассировки, а человек указывает программе (роботу) последовательность действий на сложных участках трассировки, контролирует результат её работы шаг за шагом. Интерактивная трассировка печатных плат может использоваться как для полностью ручной трассировки, так и для доработок печатной платы после автоматической трассировки .

Трассировка разработанной платы была проведена с помощью САПР Altium Designer. До выполнения трассировки в САПРе были выставлены необходимые правила, благодаря которым в процессе трассировки будут соблюдаться все требования и номинальные значения, в том числе рассчитанные в пункте 5 курсового проекта. Результат трассировки показан на чертеже платы в приложении Б.

7 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАЗРАБОТАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Для выполнения проверки созданной схемы принципиальной и разработанного печатного узла в САПР Altium Designer была запущена компиляция проекта. Выбранная команда компиляции представлена на рисунке 7.1. По окончании проверки в САПР появилось окно, в котором говорится об успешной проверке разработанной схемы принципиальной и платы (см. рисунок 7.1).

Messages













Class	Docum...	Sou...	Message	Time	Date	N...	^
 [... Sheet1...	Com...	Off grid Net Label ADCV18A ...	01:32:...	14.12....	7...		
 [... Sheet1...	Com...	Off grid Net Label VREF at 40...	01:32:...	14.12....	7...		
 [... Sheet1...	Com...	Off grid Net Label DV25A at ...	01:32:...	14.12....	7...		
 [... Sheet1...	Com...	Off grid Net Label HDMI_PLU...	01:32:...	14.12....	7...		
 [... Sheet1...	Com...	Off grid Net Label VCC18 at ...	01:32:...	14.12....	7...		
 [... Sheet1...	Com...	Off grid Net Label AVCC at 4...	01:32:...	14.12....	7...		
 [... Sheet1...	Com...	Off grid Net Label DV18A at ...	01:32:...	14.12....	7...		
 [... Sheet1...	Com...	Off grid Net Label VGA_PLAG...	01:32:...	14.12....	7...		
 [... Sheet1...	Com...	Off grid Net Label 8291_MUT...	01:32:...	14.12....	7...		
 [... Sheet1...	Com...	Floating Net Label T at (214,1...	01:32:...	14.12....	7...		
 [... Sheet1...	Com...	Floating Net Label T at (1289,...	01:32:...	14.12....	7...		
 [... Course...	Com...	Compile successful, no error...	01:32:...	14.12....	7...		

Рисунок 7.1 – Результат выполнения компиляции всего проекта

Разработанная плата должна быть проверена на соответствие конструкторско-технологическим ограничениям, а также некоторым другим ограничениям. Проверка осуществляется с помощью команды Tools и выбора в диалоговом окне команды Design Rule Checks (см. рисунок 7.2).

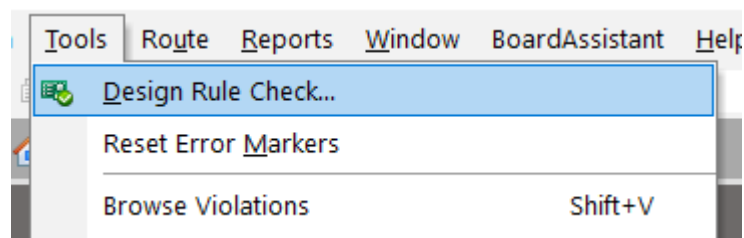


Рисунок 7.2 – Диалоговое окно инструментов в Altium Designer

Результат выполнения команды Design Rule Checks приведен на рисунке 7.3.

Summary	
Warnings	Count
Total	0
Rule Violations	Count
Clearance Constraint (Gap=0.1mm) (All) (All)	0
Short-Circuit Constraint (Allowed=No) (All) (All)	0
Un-Routed Net Constraint ((All))	0
Modified Polygon (Allow modified: No) (Allow shelved: No)	0
Width Constraint (Min=0.25mm) (Max=0.5mm) (Preferred=0.25mm) (InNetClass('VCC_GND'))	0
Width Constraint (Min=0.1mm) (Max=0.25mm) (Preferred=0.1mm) (NOT InNetClass('VCC_GND'))	0
Routing Layers(All)	0
Routing Via (MinHoleWidth=0.15mm) (MaxHoleWidth=0.3mm) (PreferredHoleWidth=0.3mm) (MinWidth=0.3mm) (MaxWidth=0.6mm) (PreferredWidth=0.6mm) (All)	0
Power Plane Connect Rule(Relief Connect)(Expansion=0.508mm) (Conductor Width=0.254mm) (Air Gap=0.254mm) (Entries=4) (All)	0
Hole Size Constraint (Min=0.025mm) (Max=2.54mm) (All)	0
Hole To Hole Clearance (Gap=0.1mm) (All) (All)	0
Silk To Solder Mask (Clearance=0.025mm) (IsPad) (All)	0
Silk to Silk (Clearance=0.025mm) (All) (All)	0
Net Antennae (Tolerance=0mm) (All)	0
Component Clearance Constraint (Horizontal Gap = 0.1mm_Vertical Gap = 0.1mm) (All) (All)	0
Height Constraint (Min=0mm) (Max=25.4mm) (Preferred=12.7mm) (All)	0
Total	0

Рисунок 7.3 – Результат выполнения команды Design Rule Checks

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электронные вычислительные машины претерпели существенные изменения за прошедшие годы. Современные ЭВМ более надежны и устойчивы в эксплуатации, расширились и области их применения. На сегодняшний момент темпы развития цифровых устройств колоссальны. Механические часы отлично заменяют современные цифровые часы или еще, так называемые, фитнес-браслеты, с помощью которых можно не только получать информацию о текущем времени, но и воспользоваться встроенным будильником, тонометром, таймером, секундомером. Все эти и подобные им цифровые устройства появились благодаря тому, что существуют люди, которые умеют грамотно и эффективно использовать все возможности систем автоматизированного проектирования электронных вычислительных средств.

В данном курсовом проекте осуществлялась разработка печатного узла с помощью системы автоматизированного проектирования.

В ходе выполнения данного проекта были рассмотрены реальные задачи, которые решаются разработчиками, были освещены ключевые моменты, которые требуется знать при проектировании печатных плат. В результате выполнения курсового проекта были усовершенствованы навыки работы в пакетах САПР Altium Designer и AutoCAD.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Philips_190tw8f — datasheetpdf.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://datasheetpdf.com/pdf/720081/Philips/190TW8FB/11>
- [2] Расчёт параметров печатной платы — studfile.net [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://studfile.net/preview/727018/page:5/>
- [3] Русак, И.М. Автоматизированное проектирование печатных узлов ЭВС : учебное пособие / Русак И. М., Станкевич А. В. – Минск: БГУИР, 2005. – 52 с
- [4] AutoCAD — Википедия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>.
- [5] Altium Designer — Википедия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Altium_Designer.
- [6] ГОСТ23751 – 86 Печатные платы. Основные параметры конструкций.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Обязательное)
Схема электрическая принципиальная

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(Обязательное)
Чертеж печатной платы

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(Обязательное)
Сборочный чертеж печатного узла

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(Обязательное)
Спецификация на печатную плату