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 02 022 ПЗ

Студент: гр. 450701 Савич. Д. С.

Руководитель: Станкевич А. В.

Минск 2017

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 5](#_Toc501489703)

[1 Анализ технического задания 6](#_Toc501489704)

[2 Особенности применяемой элементной базы и материалов 7](#_Toc501489705)

[3 Особенности применяемых пакетов САПР 13](#_Toc501489706)

[4 Оценка потребляемой мощности и токов, протекающих в отдельных цепях 15](#_Toc501489707)

[5 Выбор типоразмера печатной платы 18](#_Toc501489708)

[6 Расчет печатного монтажа 22](#_Toc501489709)

[7 Решение задачи топологического синтеза печатной платы с помощью применяемого пакета СаПР 23](#_Toc501489710)

[8 Оценка качества разработанной конструкции 24](#_Toc501489711)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 25](#_Toc501489712)

[Использованная литература 27](#_Toc501489713)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 28](#_Toc501489714)

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение производительности труда разработчиков новых изделий, сокращение сроков проектирования, повышение качества разработки проектов - важнейшие проблемы, решение которых определяет уровень ускорения научно-технического прогресса общества. Развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) опирается на прочную научно-техническую базу. Это - современные средства вычислительной техники, новые способы представления и обработки информации, создание новых численных методов решения инженерных задач и оптимизации. Системы автоматизированного проектирования дают возможность на основе новейших достижений фундаментальных наук отрабатывать и совершенствовать методологию проектирования, стимулировать развитие математической теории проектирования сложных систем и объектов. В настоящее время созданы и применяются в основном средства и методы, обеспечивающие автоматизацию рутинных процедур и операций, таких, как подготовка текстовой документации, преобразование технических чертежей, построение графических изображений и т.д.

1. Анализ технического задания

Перед реализацией данного курсового проекта необходимо предварительно провести оценку технического задания. В данном курсовом проекте необходимо разработать печатный узел с соблюдением ряда конструкторских ограничений:

– способ монтажа электрорадиоэлементов печатный;

– основные размеры печатной платы в соответствии со стандартом МЭК 297-3;

– шаг координатной сетки отверстий 2,5 мм;

– шаг трассировки и ширину печатных проводников, диаметры контактных площадок и переходных отверстий;

– коэффициент заполнения печатного узла должен быть не менее 0,7;

– число слоёв печатной платы – не менее двух.

Требования по работе с САПР:

– ввод электрической принципиальной схемы, генерацию списка связей, размещение посадочных мест и трассировку печатных соединений осуществить средствами пакета САПР Altium Designer;

– передать результаты проектирования в систему AutoCAD;

– чертежи печатной платы и печатного узла выполнить средствами пакета САПР AutoCAD.

САПР — организационно-техническая система, входящая в структуру проектной организации и осуществляющая проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проек­тирования (КСАП).

Взаимодействие подразделений проектной организации с комплексом средств автоматизации проектирования регламентируется организационным обеспечением.

Основная функция САПР состоит в выполнении автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей.

1. Особенности применяемой элементной базы и материалов

На данном этапе курсового проекта необходимо произвести выбор элементной базы, который основан на электрической принципиальной схеме с учетом требований, изложенных в техническом задании. Правильность выбора элементной базы очень важен в проектировании печатных узлов. Эксплуатационная надежность элементной базы во многом определяется правильным выбором типа элементов при использовании в допустимых режимах. Чтобы правильно определить типы элементов, необходимо на основе требований к установке в части климатических, механических и других воздействий проанализировать условия работы каждого элемента и определить:

– внешние воздействующие факторы (климатические факторы: диапазон рабочих температур, тепловой удар, атмосферное давление; механические факторы: вибрации, удары, линейное ускорение и др.);

– значения основных параметров и их допустимые изменения в процессе эксплуатации (номинальное значение, допуск, сопротивление изоляции, шумы, вид функциональной характеристики и др.);

– допустимые режимы работы и рабочие электрические нагрузки (мощность, напряжение, частота, параметры импульсного режима и др);

– конструкцию выбираемого элемента, способ монтажа, габаритные размеры, массу и цену.

Перечень всех электрорадиоэлементов печатного узла приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Перечень электрорадиоэлементов печатного узла

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Позиционное обозначение | Тип | Кол., шт. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Кварцевый резонатор | ZQ1 | 24MHz,30ppm,28-ABX,16pF,50ohm | 1 |

Продолжение таблицы 2.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Диоды | VD1 – VD9 | BZX84C5V1,5 | 9 |
| VD8 – VD15 | MMBD4148SE | 6 |
| Катушки | L1-8 | 1.5uH,10%,2012 | 8 |
| Конденса торы | C13,14,  104 | 2402-000179 47uF | 3 |
| C1-12,15-103, 105 | 2203-005005 100nF | 102 |
| Резисторы | R1-5,9-12, 14,19,22,24,25,29-79 | 75ohm,1%,1/10W,TP,1608 | 66 |
| R6-8,13,15,18,26-28 | 100ohm,5%,1/10W,TP,1608 | 9 |

Продолжение таблицы 2.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Резисторы | R17,20,21,23 | 10Kohm,5%,1/10W,TP,1608 | 4 |
| Микро-схемы | DA1-DA6 | 2011-001193 68ohm | 6 |
| DA7-DA8 | QZX363C5V6 | 2 |
| DD1 | G950T45R | 1 |
| DD2 | 24C02 | 1 |
| DD3 | M24C08-WMN1T | 1 |
| DD4 | FDC6329L | 1 |
| DD5 | MC74F14D | 1 |

Продолжение таблицы 2.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Микро-схемы | DD6 | BA17805FP | 1 |
| DD7 | RTD2010 QFN208 28x28mm | 1 |
| DD8 | Pm39LV010-70JC | 1 |
| DD9 | ELM7529CBA-S | 1 |
| DD10 | DTC34LM85A,TSSOP,56P | 1 |
| Транзистор | VT1 | KSC1623-Y | 1 |
| Дроссели | BD1-BD4 | 3301-001236 | 4 |
| Разъёмы | XS1 | BOX,9P,1R,2mm,STRAIGHT,SN | 1 |
| XS2 | DSUB\_15P,2R,FEMALE,ANGLE,AUF | 1 |

Продолжение таблицы 2.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Разъёмы | XP1 | BOX,22P,1R,2mm,STRAIGHT,SN | 1 |
| XP2 | BOX,10P,1R,2mm,STRAIGHT,SN | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Итого |  |  | 235 |

В данном курсовом проекте для проектирования печатного узла будем использовать в основном технологию поверхностного монтажа.

Поверхностный монтаж – это технология изготовления электронных изделий на печатных платах, а также связанные с данной технологией методы конструирования печатных узлов.

С учетом большого количества цепей в схеме рационально выполнить многослойную печатную плату, состоящую из 5 сигнальных слоёв. С учетом этого вычислим толщину печатной платы по следующей формуле:

 (2.1)

где Hc – толщина слоя печатной платы (с учетом медной фольги толщиной 0,035мм), для двухстороннего фольгированного стеклотекстолита марки FR-4 принимаем Hc = 0,32 мм;

Hпр – толщина прокладки (по препрегу), для FR-4 принимаем

Hпр = 0,15 мм;

n – количество слоев МПП;

m – количество слоев прокладки.

При выполнении 5 сигнальных слоев на двухсторонней печатной плате, толщина МПП составит:

Выполнив расчет толщины печатной платы можно выбрать наиболее распространенный материал для печатных плат двухсторонний фольгированный стеклотекстолит марки FR-4 35/35 2 мм., толщина фольги составляет 35 мкм, а толщина основания 2 мм.

Рассмотрение методов изготовления печатных плат с учетом современной практики печатного монтажа позволяет отдать предпочтение методу металлизации сквозных отверстий для многослойной печатной платы.

Процесс изготовления многослойных печатных плат методом электрохимической металлизации сквозных отверстий состоит в изготовлении отдельных внутренних слоев химическим методом, прессования слоев в монолитный пакет, сверлении сквозных отверстий и их металлизации. При сверлении на стенках отверстий вскрывают торцы контактных площадок внутренних слоев. Соединения их друг с другом и с контактными площадками наружных слоев получаются за счет металлизации отверстий.

Недостатком метода металлизации сквозных отверстий является относительно механически слабая связь металлизации отверстий с торцами контактных площадок внутренних слоев. Изготовление МПП этим методом осложнено проблемой точного совмещения печатных слоев из-за погрешностей фотошаблонов и деформаций базовых материалов в процессе изготовления внутренних слоев и прессования. Особой тщательности требует подбор режимов прессования для обеспечения прочной адгезии пакета слоев, устойчивой к воздействию групповой пайки.

1. Особенности применяемых пакетов САПР

Altium Designer — комплексная система автоматизированного проектирования (САПР) радиоэлектронных средств, разработанная австралийской компанией Altium. Ранее эта же фирма разрабатывала САПР P-CAD, который приобрёл необычайную популярность среди российских разработчиков электроники. В 2008 году фирма Altium заявила о прекращении поставки программных пакетов P-CAD, и предложила разработчикам использовать программу Altium Designer, которая появилась в 2000 году и изначально имела название Protel. В 2006 был проведён ребрендинг программного продукта и он получил текущее название, последняя версия которого называется Altium Designer 17.1.

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. Теперь 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 DXP, 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.

Редактор печатных плат Altium Designer содержит мощные средства интерактивного размещения компонентов и трассировки проводников, которые совместно с интуитивной и полностью визуализированной системой установки правил проектирования максимально упрощают процесс разработки электроники. Инструменты трассировки учитывают все требования, предъявляемые современными технологиями разработок, например, при трассировке дифференциальных пар или высокочастотных участков плат. В состав программы входит автоматический трассировщик Situs, в котором используются наиболее прогрессивные алгоритмы трассировки печатных проводников. Принципиальным отличием последней версии Altium Designer является поддержка двунаправленной работы с механическими деталями и моделями компонентов в формате STEP, которые могут быть импортированы/экспортированы из механических САПР.

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.

1. Оценка потребляемой мощности и токов, протекающих в отдельных цепях

Электрическая мощность – это физическая величина, характеризующая скорость передачи или преобразования электрической энергии.

Мощность электрического тока – количественная мера тока, характеризующая его энергетические свойства. Определяется основными параметрами – силой тока и напряжением. Единица измерения – Ватт (Вт). Мощность определяется из формулы:

*P = I ∙ U,* (4.1)

где  – протекающий ток; – падение напряжения.

Сила тока измеряется в Амперах (А) и вычисляется по закону Ома для участка цепи по формуле:

 (4.2)

где  – сопротивление электрорадиоэлемента.

Некоторые значения максимальной рассеиваемой мощности взяты из официальной документации на соответствующие элементы. Будем считать, что ёмкости, кварцевые резонаторы и соединители являются идеальными и мощности не потребляют, питание – 5 В.

Расчёт токов и мощностей, потребляемых элементной базой занесем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Расчёт токов и мощностей, потребляемых элементной базой

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Позиционное обозначение | Тип | Мощность одного элемента | Кол., шт. | Общая мощность |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Микро-схемы | DA1-DA6 | 2011-001193 | P = 378 mВт | 6 | P = 2268 mВт |
| DA7-DA8 | QZX363C5V6 | P = 200 mВт | 2 | P = 400 mВт |
| DD1 | G950T45R | P = 1000 mВт | 1 | P = 1000 mВт |
| DD2 | 24C02 | P = 210 mВт | 1 | P = 210 mВт |
| DD3 | M24C08-WMN1T | P = 600 mВт | 1 | P = 600 mВт |

Продолжение таблицы 4.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Микро-схемы | DD4 | FDC6329L | P = 40 mВт | 1 | P = 40 mВт |
| DD5 | MC74F14D | P = 10 mВт | 1 | P = 10 mВт |
| DD6 | BA17805FP | P = 100 mВт | 1 | P = 100 mВт |
| DD7 | RTD2010 | P = 3000 mВт | 1 | P = 3000 mВт |
| DD8 | Pm39LV010-70JC | P = 320 mВт | 1 | P = 320 mВт |
| DD9 | ELM7529CBA-S | P = 200 mВт | 1 | P = 200 mВт |
| DD10 | DTC34LM85A | P = 600 mВт | 1 | P = 600 mВт |
| Транзистор | VT1 | KSC1623-Y | P = 100 mВт | 1 | P = 100 mВт |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | | |
| Резисторы | R1-5,9-12, 14,19,22,24,25,29-79 | 75ohm,1%,1/10W,TP,1608 | P = 63 mВт | 66 | P = 4158 mВт |
| R6-8,13,15,18,26-28 | 100ohm,5%,1/10W,TP,1608 | P = 63 mВт | 9 | P = 567 mВт |
| R17,20,21,23 | 10Kohm,5%,1/10W,TP,1608 | P = 63 mВт | 4 | P = 252 mВт |
| Итого |  |  |  |  | Pобщ = 13850 mВт |

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:

, (4.3)

где Рi – потребляемая мощность *i*-го элемента.

Общая потребляемая мощность составляет Pобщ = 13,850 Вт.

1. Выбор типоразмера печатной платы

Для расчета площади печатной платы находим суммарные установочные площади электрорадиоэлементов. Для этого необходимо знать габаритные размеры каждого типа элементов. Данные представлены без учёта размеров выходных контактов штыревых компонентов в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчёт площади электрорадиоэлементов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Позиционное обозначение | Площадь всех компонентов, мм2 | Кол., шт. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Кварцевый резонатор | ZQ1 | 12.5 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Диоды | VD1 – VD15 | 216 | 15 |
| Катушки | L1-8 | 19.2 | 8 |
| Конденса торы | С1-С105 | 134.4 | 105 |
| Резисторы | R1-R79 | 189.6 | 79 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Микро-схемы | DA1-DA6 | 446.292 | 6 |
| DA7-DA8 | 9.28 | 2 |
| DD1 | 10.8 | 1 |
| DD2 | 74.38 | 1 |
| DD3 | 74.38 | 1 |
| DD4 | 76.23 | 1 |
| DD5 | 150.53 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Микро-схемы | DD6 | 10.8 | 1 |
| DD7 | 784 | 1 |
| DD8 | 186 | 1 |
| DD9 | 3.77 | 1 |
| DD10 | 257.6 | 1 |
| Транзистор | VT1 | 3.77 | 1 |
| Дроссели | BD1-BD4 | 9.6 | 4 |
| Разъёмы | XS1 | 57.15 | 1 |
| XS2 | 493.75 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Разъёмы | XP1 | 139.7 | 1 |
| XP2 | 63.5 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Итого |  |  | 3423.24 |

Учитывая площадь контактных площадок штыревых компонентов получаем порядка 4000 мм2*.*

Площадь с учётом коэффициента заполнения рассчитывается по следующей формуле:

*S = S' / Кз,* (5.1)

где *S'* – суммарная установочная площадь электрорадиоэлементов;

*Кз* – коэффициент заполнения (*Кз = 0,7*).

*S = 4000*/ 0,7 *=* 5714,285мм2*.*

Используя стандарт МЭК 297-3, выбираем стандартные размеры сторон платы 100×120 мм. с толщиной печатной платы 2 мм.

1. Расчет печатного монтажа

В данном курсовом проекте используются не только элементы поверхностного монтажа на печатном узле, но и выводные, для этого необходимо произвести ряд конструкторских расчётов для определения параметров монтажных отверстий для их установки.

Перед проведением вычислений различных характеристик монтажных отверстий печатной платы необходимо выбрать класс точности, определяющий основные допуски и отклонения. Из пяти классов точности был выбран пятый класс точности, предусмотренных ГОСТ 23751-86 [4].

В таблице 6.1 приведем допуски пятого класса точности на расположение отверстий и контактных площадок.

Таблица 6.1 – Допуски пятого класса точности по ГОСТ

|  |  |
| --- | --- |
| Параметры, мм. | Значение допуска |
| Ширина печатного проводника, t, мм | 0,10 |
| Расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка, S, мм | 0,10 |
| Гарантийный поясок, b, мм | 0,025 |
| Отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий к толщине печатной платы, γ | 1/5 |

1. Решение задачи топологического синтеза печатной платы с помощью применяемого пакета СаПР

Решение задачи топологического синтеза с помощью пакета САПР Altium Designer сводится к созданию электронных документов топологии печатной платы на основании ранее созданных схемы электрической принципиальной и библиотеки компонентов, а также совокупностью технологических ограничений, задаваемых пользователем в правилах редактора плат (PCB Rules and Constraints Editor).

Граничные значения основных параметров печатного монтажа, которые могут быть обеспечены при конструировании и производстве для различных классов точности.

Таким образом были установлены следующие ограничения:

– минимальная ширина проводника: 0,10 мм. (Width);

– топология трассировки: самый короткий (Shortest) – соединяет все узлы по кратчайшей траектории (Routing Topology);

Схема электрическая принципиальная и чертежи печатной платы представлены в приложении А.

1. Оценка качества разработанной конструкции

После окончания цикла проектирования печатного узла в САПР Altium Designer были произведены проверки выполненности установленных правил, которую проект успешно прошёл. Скриншот ПП на рисунке 8.1.

Чертежи печатной платы и сборочный чертеж ПП представлены в приложении А.

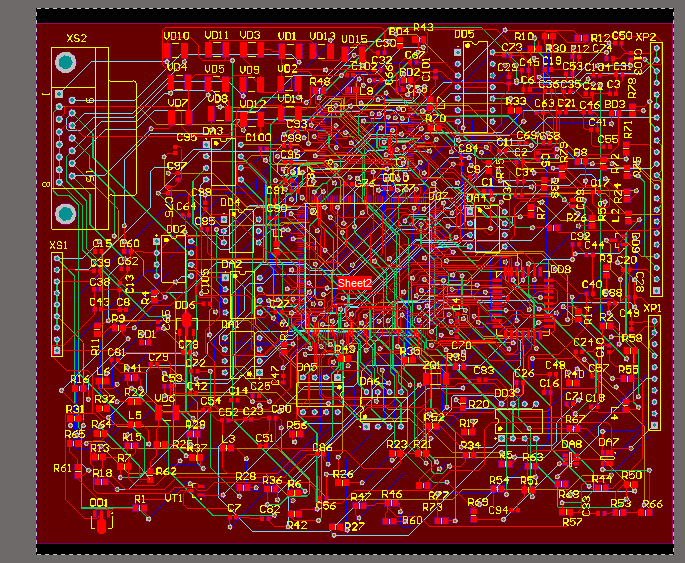


Рисунок 8.1 – Проект печатной платы в САПР Altium Designer

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для успешного функционирования и конкурентоспособности промышленных предприятий в современных условиях абсолютно необходимы передовые информационные технологий. Они позволяют не только решать широкий круг задач в сфере автоматизации финансово-хозяйственной и управленческой деятельности, но и осуществлять комплексную автоматизацию основных технологических и производственных бизнес-процессов.

Потребности современного производства диктуют необходимость глобального использования информационных компьютерных технологий на всех этапах жизненного цикла изделия: от предпроектных исследований до утилизации изделия. Основу информационных технологий в проектировании и производстве сложных объектов и изделий составляют сегодня полномасштабные полнофункциональные промышленные САПР (CAD/CAM/CAE - системы). Активное использование во всем мире “легких” и “средних“ САПР на персональных компьютерах для подготовки чертежной документации и управляющих программ для станков с ЧПУ и сближение возможностей персональных компьютеров и “рабочих станций” в автоматизации проектирования подготовило две тенденции в разработке и использовании САПР, которые наблюдаются в последнее время:

-применение полномасштабных САПР в различных отраслях промышленности для проектирования и производства изделий различной сложности;

-интеграция САПР с другими информационными технологиями.

Эти тенденции позволяют говорить, что уже в самом ближайшем будущем эффективность производства будет во многом определяться эффективностью использования на предприятиях промышленных САПР.

Но на сегодняшний день уже во многих предприятиях используется система автоматизированного проектирования и инженерам, конструкторам, проектировщикам, архитекторам, работающим в САПР-программах, необходимо постоянно повышать свою квалификацию; программы развиваются, ежегодно появляются новые версии – соответственно специалистам необходимо уметь работать в современном ПО. Иначе САПР используется не на полную мощь.

Использованная литература

[1] Сайт «Википедия». Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0\_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE\_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F – Дата доступа : 07.12.2017.

[2] Краткое изложение ГОСТ 23751-86. Режим доступа : http://www.circuitry.ru/files/article\_pdf/2/article\_2242\_556.pdf – Дата доступа : 01.12.2017.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

**Перечень графического материала**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Обозначение* | | | | | *Наименование* | | | | *Дополнительные сведения* | |
|  | | | | | Текстовые документы | | | |  | |
|  | | | | |  | | | |  | |
| БГУИР КП 1 – 40 02 02  022 ПЗ | | | | | Пояснительная записка | | | | 28 с. | |
|  | | | | |  | | | |  | |
|  | | | | | Графические документы | | | |  | |
|  | | | | |  | | | |  | |
| ГУИР.450701.001 Э3 | | | | | Схема электрическая принципиальная | | | | Формат А1 | |
|  | | | | |  | | | |  | |
| ГУИР.450701.007 СБ | | | | | Сборочный чертеж печатной платы | | | | Формат А2 | |
|  | | | | |  | | | |  | |
| ГУИР.450701.002 | | | | | Чертеж печатной платы | | | | Формат А2 | |
|  | | | | |  | | | |  | |
| ГУИР.450701.003 | | | | | Чертеж печатной платы | | | | Формат А2 | |
|  | | | | |  | | | |  | |
| ГУИР.450701.004 | | | | | Чертеж печатной платы | | | | Формат А2 | |
|  | | | | |  | | | |  | |
| ГУИР.450701.005 | | | | | Чертеж печатной платы | | | | Формат А2 | |
|  | | | | |  | | | |  | |
| ГУИР.450701.006 | | | | | Чертеж печатной платы | | | | Формат А2 | |
|  | | | | |  | | | |  | |
| ГУИР.450701.009 | | | | | Спецификации на ПП | | | | Формат А4 | |
|  | | | | |  | | | |  | |
|  |  |  |  |  | **БГУИР КП 1 - 40 02 02 022 ПЗ** | | | | | |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| *Изм.* | *Л.* | *№ докум.* | *Подп.* | *Дата* | *Разработка печатного узла средствами САПР*  *Ведомость курсового проекта* | *Лит.* | | | *Лист* | *Листов* |
| *Разраб.* | | *Савич* |  |  |  | *Т* |  | *41* | *41* |
| *Пров.* | | *Станкевич* |  |  | *Кафедра ЭВС*  *гр. 450701* | | | | |
|  | |  |  |  |
|  | |  |  |  |
|  | |  |  |  |