

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ЦЦОТ

_____ А.С. Фадеев

«_____» _____ 2018 г.

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭВМ

Методические указания и индивидуальные задания
для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»,
профиль «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»

Составитель В.Л. Ким

Семестр	9
Кредиты	
Лекции, часов	6
Лабораторные занятия, часов	8
Индивидуальные задания	№ 1
Самостоятельная работа, часов	82
Формы контроля	экзамен

Издательство
Томского политехнического университета
2018

Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ: метод. указ. и индивид. задания для студентов ЦЦОТ, обучающихся по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» профиль «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» / сост. В.Л. Ким; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 30 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром отделения информационных технологий ИШИТР «25» июня 2018 года, протокол № 7.

Руководитель отделения ОИТ ИШИТР

доцент, канд. техн. наук

_____ А.Ю. Дёмин

Аннотация

Методические указания по дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» предназначены для студентов ЦЦОТ, обучающихся по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети». Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Приведено содержание основных тем дисциплины, указан перечень лабораторных работ. Приведены варианты индивидуального домашнего задания. Даны методические указания по выполнению индивидуального домашнего задания.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	5
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	17
3.1. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме	17
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ.....	18
4.1. Общие методические указания.....	18
4.2. Варианты ИДЗ и методические указания.....	19
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ.....	22
5.1. Темы (вопросы) для подготовки к экзамену.....	22
5.2. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме	23
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	25
6.1. Литература обязательная.....	25
6.2. Литература дополнительная	25
6.3. Интернет-ресурсы	26

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» относится к вариативному междисциплинарному профессиональному модулю.

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся: знаний о конструкторско-технологической подготовке производства и производственных процессов, современных технологий конструирования печатных плат (ПП) для аппаратных средств вычислительной техники (СВТ), умений применять современные информационные технологии в конструировании ПП, выбирать соответствующие технологии изготовления печатных ПП, их сборки; решать задачи компоновки ПП, компоновки других иерархических модулей ЭВМ, владение технологиями оформления конструкторской документации.

Для полноценного усвоения дисциплины большое значение имеют знания, умения, навыки и компетенции, приобретенные студентами при изучении следующих дисциплин (пререквизиты): «Электроника», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Схемотехника ЭВМ. Часть 1».

Содержание дисциплины «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» согласовано с содержанием изучаемых параллельно разделов дисциплин (корреквизиты): «Схемотехника ЭВМ. Часть 2». «Микропроцессоры и микроконтроллеры».

Для успешного освоения дисциплины «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» студент должен

знать:

современные технологии конструирования печатных плат средств вычислительной техники;

уметь:

- применять современные информационные технологии в конструировании ПП;

- выбирать соответствующие технологии изготовления печатных ПП;

- решать задачи компоновки ПП, компоновки других иерархических модулей ЭВМ;

владеть:

- современными технологиями конструирования печатных плат,

- технологиями оформления конструкторской документации.

2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Семестр 9

Раздел 1. Введение

Цели и задачи дисциплины. Понятия и определения. Современный подход к решению конструкторско-технологических задач проектирования ЭВМ.

Рекомендуемая литература: [1-5, 10, 12].

Методические указания

Создание ЭВМ – сложный и многофакторный процесс, который является комплексом теоретических, схмотехнических, конструкторско-технологических и производственных работ.

В процессе проектирования ЭВМ принимают участие три основные группы специалистов: разработчики-схмотехники, разработчики-конструкторы и технологи. Каждая из этих групп занимается решением отдельных классов задач, применяет свою терминологию и профессиональный язык.

Конструкция ЭВМ – это комплекс различных по своей природе деталей и элементов конструкции, объединенных определенным образом электрически и механически друг с другом и призванных выполнять заданные функции в заданных условиях и режимах эксплуатации.

Проектирование – процесс разработки технической документации, на основании которой может быть изготовлено изделие, выполняющее возложенные на него функции.

Конструирование электронной аппаратуры – процесс определения ее формы и размеров, материалов, способов электрического и механического соединения входящих в нее элементов, а также способов защиты элементов и аппаратуры в целом от внутренних и внешних помех и воздействий.

Технология – методы, способы и приемы обработки исходных материалов, полуфабрикатов, заготовок, а также сборки в процессе изготовления ЭВМ.

Процесс создания нового изделия состоит из трех этапов: 1) научно-исследовательской разработки (НИР); 2) опытно-конструкторской разработки (ОКР); 3) внедрения нового изделия в производство. Заме-

тим, что соотношение затрат на различных этапах создания ЭВМ – НИР:ОКР:Внедрение приблизительно равно 1:10:100.

В процессе создания новой техники проводят научные исследования и опытно-конструкторские работы (НИОКР).

В тоже время процесс реализации содержит работы по всем видам подготовки производства (конструкторской, технологической, организационной) и промышленному освоению выпуска новых изделий (развертыванию промышленного производства).

Для изготовления элементов конструкции, а затем их сборки создается конструкторская документация в виде конструкторских чертежей на детали, сборочные единицы, на сборку и монтаж. Эта документация создается с учетом конкретных технологий изготовления изделия.

Государственные стандарты устанавливают следующие этапы (стадии) разработки конструкторской документации на ЭВМ:

- техническое задание (ТЗ);
- техническое предложение;
- эскизный проект;
- технический проект;
- разработку рабочей документации.

Первые три этапа относятся к стадии НИР. Этапы – технический проект и разработка рабочей документации – относятся к стадии ОКР (иногда сюда включают эскизный проект).

Все этапы, за исключением ТЗ, заканчиваются разработкой совокупности конструкторских документов, которые совместно с ТЗ являются исходными для последующего этапа.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Перечислите основные группы специалистов, принимающих участие в процессе проектирования ЭВМ.
2. Дайте определение конструкции ЭВМ.
3. Из каких этапов состоит процесс создания изделия, в том числе ЭВМ?
4. Перечислите виды подготовки производства.
5. Укажите современные тенденции развития электронно-вычислительной аппаратуры.
6. Перечислите этапы (стадии) разработки конструкторской документации на ЭВМ.
7. Дайте определение технического задания.

8. В чем сущность этапа разработки рабочей документации?

Раздел 2. Процесс проектирования средств ВТ (СВТ)

Этапы проектирования ЭВМ. Иерархическое построение конструкции ЭВМ. Факторы, влияющие на выбор конструкторского решения. Модульный принцип конструирования ЭВМ.

Конструкционные системы ЭВМ. Метод базовых несущих конструкций в решении конструкторских задач, технико-экономический эффект этого метода. Типизация, унификация, стандарты. Их роль в принятии конструкторско-технологических решений.

Рекомендуемая литература: [1 – 7].

Методические указания

Проектирование ЭВМ можно условно разбить на следующие этапы:

- внешнее проектирование;
- операционное проектирование;
- логическое проектирование;
- техническое проектирование;
- технологическую подготовку производств.

Внешнее проектирование – это проектирование, при котором важно выявить свойства цифровой системы (ЭВМ), исходя из внешних по отношению к ней требований.

Операционное проектирование – это проектирование, целью которого является определение:

- системы команд, форматов и способов кодирования данных;
- алгоритмов выполнения операций в цифровой системе;
- структуры системы на базе операционных алгоритмов.

Логическое проектирование – это проектирование, целью которого является определение структуры и порядка функционирования ЭВМ на уровне логических схем.

Техническое проектирование – это проектирование, которое заключается в разбиении цифровой системы на функционально-законченные модули, блоки, агрегаты, т.е. приведение в соответствие функциональной и конструкторской иерархии (соподчинения). На этапе технического проектирования разрабатывается техническая документация, решаются вопросы компоновки, размещения, трассировки и крепления элементов конструкции ЭВМ. На этом этапе определяется технология изготовления иерархических модулей конструкции ЭВМ. Например, оп-

ределяется технология изготовления печатных плат, технология их сборки, технология объединения печатных плат между собой и т.д.

Технологическая подготовка – это этап проектирования, который осуществляется на основе технической документации. Эта документация оформляется в соответствии с ЕСКД и ЕСТД. На этом этапе проектируются технологические процессы, т.е. определяется, на каком рабочем месте и с помощью каких инструментов и оборудования специалисты конкретной квалификации будут выполнять технологические операции по изготовлению деталей, сборке и настройке модулей, блоков и опытного образца ЭВМ.

Современные ЭВМ конструктивно состоят из набора типовых сборочных единиц (типовых элементов конструкции) разного уровня сложности, иначе их еще называют модулями. Под *модулем*, или типовым элементом конструкции, понимается любая сборочная единица ЭВМ, которая по конструкторскому оформлению и технологии производства является самостоятельной и имеет стандартные средства электрического и механического сопряжения.

С системных позиций ЭВМ можно представить в виде технической функциональной системы, состоящей из элементной подсистемы, периферийной подсистемы, конструкционной подсистемы и математической подсистемы. Среди этих подсистем в контексте дисциплины особо выделим *конструкционную подсистему* (КС). КС – это иерархическая совокупность базовых конструкций, организованная в определенной соподчиненности на основе размерной совместимости с учетом функциональных, механических и тепловых факторов, а также требований технологии изготовления, технической эстетики и эргономики, предназначенная для построения вариантных компоновок функциональных изделий и ЭВМ в целом.

Иерархия уровней КС определяется по принципу сложности базовых конструкций, т.е. путем включения более простых конструкций первых уровней в более сложные конструкции последующих уровней.

Под *базовой несущей конструкцией* понимают несущую конструкцию, являющуюся основой для модификации ЭВМ.

При построении системы несущих конструкций КС важное значение приобретают типизация и унификация. Типизация и унификация являются основными методами стандартизации.

Типизация заключается в рациональном сокращении видов объектов путем установления некоторых типовых, выполняющих большинство функций объектов данной совокупности.

Унификация (низшая степень стандартизации) заключается в уменьшении многообразия типовых деталей и узлов или изделий путем объединения их в группы по определенным признакам и функциям.

Стандартизация – метод обеспечения единства качества параметров массовой промышленной продукции, снижения трудоемкости её изготовления путем установления обязательных норм на параметры изделий или производственные процессы.

Документами, регламентирующими указанные нормы, являются государственные стандарты, которые обязательны к применению наравне с установленными государством законами.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Перечислите этапы проектирования ЭВМ
2. Какие задачи решаются при внешнем проектировании?
3. На каком этапе ЭВМ, как система, разбивается на функционально-законченные модули, блоки, агрегаты?
4. Что означает уровень конструкционной системы?
5. Дайте определение базовой несущей конструкции.
6. В чем заключается сущность метода унификации?
7. Перечислите признаки унификации.
8. Приведите примеры государственных стандартов, применяемых при проектировании ЭВМ.

Раздел 3. Уровни конструкции ЭВМ.

Функциональная и конструкторская иерархии построения ЭВМ. Модули первого уровня конструкции ЭВМ. Интегральные схемы. Типы интегральных схем, проектирование, технологические методы изготовления, сборки и контроля. Типы корпусов интегральных схем, форма выводов, методы их монтажа.

Модули второго уровня конструкции ЭВМ. Типы печатных плат (ПП). Технология изготовления, сборки и монтажа ПП. Конструирование ПП, этапы и методы конструирования. Контроль печатных плат. Третий и четвертый уровни конструкции ЭВМ. Особенности и примеры конструкции. Взаимодействие ЭВМ с внешней средой. Обеспечение помехозащищенности, надежности и тепловых режимов ЭВМ.

Рекомендуемая литература: [1, 5, 8].

Методические указания

Под *функциональной иерархией* построения ЭВМ подразумевается выделение иерархических уровней ее функционально-логических и принципиально-электрических схем: элементы, узлы, устройства, ЭВМ.

Под *конструкторской иерархией* построения ЭВМ подразумевается выделение иерархических модулей ее конструкции – 5 модулей от первого до пятого. При этом модули первого уровня – корпуса интегральных микросхем, микросборок, радиоэлементы; второго – печатные платы, ТЭЗ, субблоки, страницы; третьего – системные блоки, панели, блоки; четвертого – стойки, шкафы; пятого – ЭВМ.

Различают полупроводниковые, пленочные, гибридные интегральные микросхемы. Технологический цикл изготовления интегральных микросхем (ИМС) может быть разделен на два больших этапа – обработки пластин и сборочно-контрольный. Первый этап включает процессы, формирующие на поверхности или внутри пластин структуры микросхем, т.е. их элементы и соединения. На пластинах размещается возможно большее количество чипов ИМС. Второй этап технологического цикла изготовления микросхем состоит из операций входного контроля и разбраковки, резки пластин, установки кристаллов в корпус, герметизации и выходного контроля.

Конструкции ЭВМ основаны на применении печатных плат. Под *печатной платой* (ПП) понимается конструкция, состоящая из электрических межсоединений, расположенных на изоляционном основании. Печатная плата с установленными и смонтированными на ней электронными компонентами представляет собой *печатный узел*. Печатные платы изготавливаются на основе органического диэлектрика (текстолит, гетинакс, стеклотекстолит); на основе керамических материалов; на основе металлов. При этом используются операции механической (фрезерование, сверление) химической (защитное покрытие, травление, осаждение) обработки заготовок.

Главная цель конструирования ПП – это определение оптимальной топологии рисунка печатных проводников, гарантирующей надежную, безотказную работу схемы.

Собственно процесс конструирования ПП – размещение корпусов электронных компонентов, их компоновка по определенным критериям, а затем трассировка – называют топологическим конструированием ПП.

Основными видами выходного контроля ПП являются: 1) контроль внешнего вида; 2) инструментальный контроль геометрических параметров и оценка точности выполнения отдельных элементов, совмещения слоев; 3) проверка металлизации отверстий и их устойчивости к токовой нагрузке; 4) определение целостности токопроводящих цепей и сопротивления изоляции.

Модули третьего уровня конструкторской иерархии ЭВМ предназначены для электрического объединения и механического закрепления модулей второго уровня – печатных плат, а также в определенных случаях размещения, закрепления и электрического объединения с печатными платами необходимых для работы источников питания или автономных вентиляторов для принудительного охлаждения и других подобных элементов схем и конструкций.

Модули четвертого уровня предназначены для объединения и закрепления модулей третьего уровня. Все они играют роль несущих конструкций и должны обеспечивать требуемую механическую жесткость и прочность, удобство в сборке, наладке и эксплуатации, оперативную замену вышедших из строя конструктивных элементов, минимальный вес, надежное закрепление конструктивных элементов, максимальное использование унифицированных деталей.

Взаимодействия ЭВМ с внешней средой осуществляется посредством систем сбора и обработки данных (ССОД). Ядром последних является так называемое устройство сопряжения ЭВМ с объектом (УСО), состоящее из ЭВМ, подсистемы ввода данных (аналоговых и дискретных), подсистемы вывода данных (аналоговых и дискретных) и устройства связи с оператором.

Подсистемы аналогового ввода в большинстве случаев используют сигналы постоянного и переменного напряжения различного диапазона частот и реже токи. Такие подсистемы реализуют принцип параллельной и последовательной обработки аналоговых сигналов от датчиков.

Основными функциями *подсистем дискретного ввода* являются преобразование дискретных сигналов, поступающих от дискретных датчиков, в двоичные коды (стандартные логические уровни) с помощью нормирующих преобразователей и вводе одиночных или подсчете многократно повторяющихся дискретных сигналов.

В *подсистемах аналогового вывода* преобразование цифровых выходных сигналов в аналоговый сигнал выполняется с помощью ЦАП. В параллельной структуре количество каналов преобразования и соответственно ЦАП определяется количеством исполнительных устройств. В последовательной структуре один ЦАП работает в режиме временного

мультиплексирования посредством аналогового мультиплексора и аналогового запоминающего устройства.

Основной функцией *цифрового вывода* является функция ключа. Обычно каждый двоичный разряд выходных данных имеет самостоятельный смысл, т.е. каждый бит выходного слова может использоваться для управления каким-либо параметром объекта независимо. Выбор типа ключа определяется значением коммутируемой мощности и скорости переключения.

Основные задачи, которые возникают при проектировании печатных плат для быстродействующей цифровой аппаратуры:

- минимизация перекрестных помех;
- минимизация помех отражения;
- устранение помех по шинам питания;
- устранение «отрыва» заземления цифровых микросхем;
- обеспечение минимальной системной задержки;
- обеспечение требований электромагнитной совместимости и другие.

Для уменьшения уровня перекрестных помех необходимо уменьшать выходное сопротивление передатчика, длину связей и их сечения, увеличивать фронт импульсов и коэффициент помехоустойчивости элементов, расстояние между линиями связи, применять изоляционные материалы с хорошими диэлектрическими свойствами.

В случае преобладающего влияния взаимной индуктивной связи между сигнальными цепями необходимо уменьшать длину цепей связи, амплитуды токов, увеличить порог срабатывания элементов, фронт передаваемых импульсов, расстояние между проводниками связей.

Для уменьшения помех отражения необходимо обеспечить согласование линий передачи сигналов, т.е. если линия с волновым сопротивлением Z_0 нагружена на сопротивление Z_H , и $Z_0 = Z_H$, то такую линию называют *согласованной*.

Методы согласования:

1. Последовательное согласование одиночным резистором на входе линии.
2. Параллельное согласование одиночным резистором на выходе линии.
3. Согласование на выходе линии при помощи резистивного делителя напряжения.
4. Согласование на выходе линии по активной схеме.
5. Согласование на выходе линии при помощи RC-цепи.

Существуют следующие способы устранения помех по шинам питания – использование индивидуальных и групповых развязывающих

конденсаторов, уменьшение общих участков протекания токов элементов по шинам питания, использование сплошных металлических прокладок в качестве шин питания.

К средствам обеспечения электромагнитной совместимости относятся:

1. Зонирование, связанное с компоновкой устройства.
2. Фильтрация.
3. Экранирование.
4. Заземление.

По принципу действия различают *электростатическое*, *магнито-статическое* и *электромагнитное* экранирования.

Среди указанных средств особо отметим *аналоговую фильтрацию*. Электрический фильтр представляет собой устройство, которое преобразует заданным образом проходящий через него входное напряжение. Фильтр проектируется для выделения и пропускания требуемого сигнала из смеси полезных и нежелательных сигналов. Диапазон частот, пропускаемых фильтром без затухания (с малым затуханием), называют *полосой пропускания* (прозрачности), а диапазон частот, пропускаемых фильтром с затуханием, – *полосой задерживания*. Согласно IEC 60050-151(2001) полоса пропускания (pass-band) – полоса частот, в пределах которой затухание меньше определенной величины. Согласно IEC 60050-704(1993) полоса частот (frequency band) – непрерывное множество частот, лежащее между двумя заданными граничными частотами. Полоса частот характеризуется двумя значениями, которые определяют ее положение в спектре частот, например, своей верхней и нижней граничными частотами.

Аналоговые фильтры классифицируются в зависимости от полосы частот на сосредоточенные и распределенные, от используемой элементной базы – на пассивные и активные.

По виду АЧХ различают фильтры нижних частот, фильтры верхних частот, полосовые фильтры, заграждающие фильтры, избирательные фильтры.

Под *надежностью* изделия (элемента, узла, устройства, системы) понимается свойство последнего сохранять свое качество при определенных условиях эксплуатации в течение заданного промежутка времени, т.е. надежность – качество, развернутое во времени. Количественно надежность характеризуется рядом интервальных, интегральных и точечных показателей. *Невосстанавливаемые изделия* – изделия, поведение которых существенно лишь до первого отказа, – характеризуются следующими количественными показателями надежности: интенсивно-

стью отказов $\lambda(t)$; частотой отказов $f(t)$; вероятностью безотказной работы $P(t)$; вероятностью отказа $Q(t)$; наработкой на отказ T_0 .

Теория надежности различает три характерных признака отказов, которые могут быть присущи аппаратуре и проявляются без всякого воздействия со стороны людей. *Прирабочные отказы.* Эти отказы происходят в течение раннего периода эксплуатации и в большинстве случаев вызваны недостатком технологии производства и дефектами при изготовлении элементов вычислительных систем. Эти отказы могут быть исключены процессом отбраковки, приработки и технологического тестирования готового изделия. *Дефектные или постепенные отказы.* Это отказы, возникающие из-за износа отдельных параметров или частей аппаратуры. Они характеризуются постепенным изменением параметров изделия или элементов. В начале эти отказы могут проявляться как временные сбои. Однако, по мере того, как износ возрастает, временные сбои превращаются в серьезные отказы аппаратуры. Эти отказы являются признаком старения ЭВМ. Они частично могут быть устранены при правильной эксплуатации, хорошей профилактике и своевременной замене изношенных элементов аппаратуры. *Внезапные или катастрофические отказы.* Эти отказы не могут быть устранены ни при отладке аппаратуры, ни правильным обслуживанием, ни профилактикой. Внезапные отказы возникают случайно, никто не может их предсказать, однако, они подчиняются определенным законам вероятности. Так что частота внезапных отказов в течение достаточно большого периода времени становится примерно постоянной. Это происходит в любой аппаратуре. Примером случайных отказов является обрыв или замыкание цепей. Такой отказ приводит, обычно, к тому, что на выходе устанавливается постоянно либо 0, либо 1. При возникновении случайных отказов необходимо заменять элементы, в которых они произошли. Для этого вычислительная система должна быть ремонтпригодной и позволять быстро проводить профилактические работы в полевых условиях.

В отдельную группу можно выделить перемежающиеся отказы или *сбои*. Под сбоем подразумевается кратковременное нарушение нормальной работы ЭВМ, при котором один или несколько ее элементов при выполнении одной или нескольких смежных операций, дает случайный результат. После сбоя вычислительная система может нормально функционировать в течение длительного времени.

На этапе производства и эксплуатации также есть ряд методов, повышающих надежность ЭВМ: тщательный отбор и тестирование

деталей особо важных элементов вычислительной системы, корректная техническая эксплуатация и обслуживание. Техническая эксплуатация или техническое обслуживание – обеспечение работоспособности системы путем создания требуемых условий эксплуатации (режим электропитания, температурный и др.) и проведения профилактических и ремонтно-восстановительных работ.

Резервирование – один из самых распространенных и кардинальных способов повышения надежности и живучести вычислительных систем. Различают общий и отдельный резерв.

Общий резерв – резерв, при котором функционально избыточные элементы предусматриваются на случай отказа изделия в целом. Резервирование ЭВМ в целом – это общее резервирование. В этом случае параллельно работают основная и резервные ЭВМ.

Отдельный (поэлементный) резерв – резерв, при котором функционально избыточные элементы предусматриваются на случай отказа отдельных элементов или групп элементов изделия.

Часто нет возможности увеличить надежность вычислительной системы путем ввода резервных элементов, так как могут накладываться жесткие ограничения на габариты, массу, потребляемую мощность и другие параметры аппаратуры. В этом случае прибегают к программным методам повышения надежности и живучести вычислительных систем. Эти методы можно поделить на три группы:

1. Методы с временной избыточностью.
2. Методы с программной избыточностью.
3. Методы с информационной избыточностью.

Особенности теплового конструирования ЭВМ. Основные трудности по обеспечению требуемого теплового режима элементов ЭВМ связаны с отводом теплоты. В процессе распространения тепловой энергии участвуют три физических явления: излучение, теплопроводность, конвекция.

Для стационарной электронной вычислительной аппаратуры используются в основном способы охлаждения теплопроводностью, воздушное естественное и принудительное, а также принудительное воздушное с дополнительным охлаждением жидкостью в трубопроводах.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Приведите конструкторскую иерархию построения ЭВМ.
2. В чем отличие полупроводниковых от пленочных интегральных микросхем?
3. Укажите типы корпусов интегральных микросхем.
4. Перечислите виды выходного контроля печатных плат.
5. Какую функцию выполняет АЦП в подсистемах аналогового ввода данных в ЭВМ?
6. В какой подсистеме устройства сопряжения ЭВМ с объектом осуществляется преобразование цифровых выходных сигналов в аналоговый сигнал?
7. Укажите достоинства и недостатки последовательной и параллельной подсистем ввода данных.
8. В каких подсистемах используются аналоговые и цифровые мультиплексоры.
9. Поясните физическую сущность появления перекрестных помех и способы их снижения.
10. Каким образом можно минимизировать помехи отражения?
11. С какой целью в качестве индивидуальных и групповых развязывающих конденсаторов используют включенные параллельно электролитический конденсатор большого номинала и керамический конденсатор малого номинала?
12. Перечислите способы обеспечения минимальной системной задержки.
13. Какую роль играют аналоговые фильтры в подсистемах ввода и вывода данных?
14. Укажите достоинства и недостатки аналоговых фильтров.
15. Какой фильтр используют для уменьшения сетевой помехи?
16. Дайте определение вероятности безотказной работы $P(t)$.
17. Перечислите виды отказов.
18. Укажите достоинства и недостатки резервирования.
19. Перечислите физические явления распространения тепловой энергии.
20. Какой способ охлаждения преимущественно используется в системных блоках персональных ЭВМ?

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

Лабораторный практикум является составной частью учебного процесса по данной дисциплине. Лабораторные работы призваны закрепить теоретические знания по изучаемому курсу.

В данном разделе приведен перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме (КЗФ).

Студенты классической формы обучения выполняют лабораторные работы во время сессии.

Для каждой работы предусмотрены методические указания по ее выполнению, контрольные вопросы и требования к оформлению отчета.

Семестр 9

Лабораторная работа № 1

Изучение пакета PCAD 2006. Работа в пакете. (2 часа)

Цель работы: изучение возможностей пакета PCAD 2006 при проектировании печатных плат.

Рекомендуемая литература: [9, 11, 12, 14-21].

Лабораторная работа № 2

Изучение PCAD 2006. Создание библиотек и компонентов. (2 часа)

Цель работы: приобретение навыков разработки библиотек и компонентов, используемых при создании ЭВМ.

Рекомендуемая литература: [9, 11, 12].

Лабораторная работа № 3

Изучение PCAD 2006. Создание принципиальной схемы. (2 часа)

Цель работы: ознакомление и приобретение практических навыков работы с графическим редактором P-CAD Schematic.

Рекомендуемая литература: [9, 11, 12].

Лабораторная работа № 4.

Изучение PCAD 2006. Разводка печатной платы. (2 часа)

Цель работы: приобретение практических навыков работы с PCB или SPECCTRA, освоение этапа компоновки и трассировки.

Рекомендуемая литература: [9, 11, 12].

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

4.1. Общие методические указания

В соответствии с учебным графиком предусмотрено выполнение одного индивидуального домашнего задания (ИДЗ) на тему «Расчёт фильтра устройства сопряжения ЭВМ с объектом».

При выполнении индивидуального задания студентам необходимо:

- провести анализ технического задания;
- рассчитать коэффициент передачи фильтра;
- построить графики АЧХ и ФЧХ фильтра;
- определить входной и выходной импедансы фильтра.

Номер варианта индивидуального задания определяется по последним двум цифрам номера зачетной книжки. Если образуемое ими число больше 15, то следует взять сумму этих цифр. Например, если номер зачетной книжки Д-3Б10/11, то номер варианта задания равен 11. Если номер зачетной книжки З-3Б10/21, то номер варианта задания равен 3.

Требования к оформлению ИДЗ

При оформлении индивидуального домашнего задания необходимо соблюдать следующие требования:

1. Индивидуальное задание должно иметь титульный лист, оформленный в соответствии со стандартами ТПУ [13]. На титульном листе указываются номер индивидуального задания, номер варианта, название дисциплины; фамилия, имя, отчество студента; номер группы, шифр. **Образец оформления и шаблон титульного листа** размещены на сайте ИнЭО в разделе СТУДЕНТУ → ДОКУМЕНТЫ (<http://portal.tpu.ru/ido-tpu>).

2. Каждое индивидуальное задание оформляется отдельным файлом.

3. Текст индивидуального задания набирается в текстовом процессоре Microsoft Word. Шрифт – Times New Roman, размер 12–14 pt, для набора формул рекомендуется использовать редактор формул Microsoft Equation или MathType.

4. Решения задач следует располагать в той же последовательности, что и в задании.

5. Каждая задача должна начинаться с условия задачи, ниже краткая запись задачи, если необходимо – рисунок с условными обозначениями, которые в дальнейшем будут использованы при решении задач.
6. Решение должно быть подробным, с использованием формул.
7. Страницы задания должны иметь сквозную нумерацию.
8. В задание включается список использованной литературы.

Технология передачи выполненных работ (ИДЗ, лабораторных, курсовых работ и проектов) на проверку представлена на сайте ИнЭО (раздел «Студенту →Текущий контроль (проверка заданий и работ»)).

Студенты всех форм обучения размещают свои работы на портале ИнЭО, отправляя ИДЗ преподавателю, который закреплен за данной группой. ИДЗ должно быть представлено в электронном виде, в формате документа (файла) текстового процессора Microsoft Word.

Студенты, обучающиеся по классической заочной форме (КЗФ): отправляют ИДЗ на проверку и получают рецензию; защита ИДЗ, оформленного в виде твердой копии, проходит во время сессии; к этому времени нужно исправить все замечания, указанные в рецензии. Студент, не получивший положительной рецензии на защите ИДЗ, не допускается к сдаче экзамену по данной дисциплине.

4.2. Варианты ИДЗ и методические указания

Варианты ИДЗ

№ п/п	№ рисунка фильтра
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15

16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25

Номера рисунков фильтров приведены в Приложении А.

Цель задачи. Изучить методику расчёта электрической цепи в частотной области на примере аналогового фильтра.

Содержание отчёта

1. Нарисовать принципиальную схему фильтра.
2. Записать выражение комплексного коэффициента передачи по напряжению.
3. Привести формулы модуля и фазы комплексного коэффициента передачи по напряжению.
4. Записать выражения входного и выходного импедансов фильтра.
5. Нарисовать графики АЧХ и ФЧХ фильтра.
6. Определить полосу пропускания фильтра на уровне минус 3 дБ.

Методические указания решению задачи

1. По пункту 2 рекомендуется представить фильтр в виде трех-полюсника с импедансом Z_{12} , включенным между входным зажимом 1 и выходным зажимом 2, и импедансом Z_{20} , включенным между выходным зажимом 2 и общим зажимом 0 (см. вариант №26 Приложения А). Тогда коэффициент передачи по напряжению определяется выражением

$$\dot{K} = \frac{Z_{20} \parallel R_n}{Z_{12} + Z_{20} \parallel R_n} = \frac{Z_{20} \cdot R_n (Z_{20} + R_n)}{Z_{12} + Z_{20} \cdot R_n (Z_{20} + R_n)}. \quad (1)$$

Примечание 1: 1). При отсутствии в схеме сопротивления нагрузки R_n в формуле оно также должно отсутствовать.

2). Наличие в схеме импеданса Z_{10} не влияет на выражение коэффициента передачи.

2. По пункту 3. Находим модуль и аргумент комплексного коэффициента передачи по напряжению

$$K = \sqrt{(\operatorname{Re} \dot{K})^2 + (\operatorname{Im} \dot{K})^2}. \quad (2)$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im} \dot{K}}{\operatorname{Re} \dot{K}}. \quad (3)$$

Примечание 2: Для выделения вещественной части коэффициента передачи $\operatorname{Re} \dot{K}$ и мнимой части коэффициента передачи $\operatorname{Im} \dot{K}$ нужно числитель и знаменатель формулы (1) умножить на комплексно-сопряженное число знаменателя.

3. По пункту 4. Определяем входной импеданс $Z_{\text{вх}}$ как эквивалентное полное сопротивление между входными зажимами 1 и 0 с учетом сопротивления нагрузки R_n (при наличии) и импеданса Z_{10} (при наличии). Определяем выходной импеданс $Z_{\text{вых}}$ как эквивалентное полное сопротивление между выходными зажимами 2 и 0 без учета сопротивления нагрузки R_n (даже при его наличии) при коротком замыкании входных зажимов 1, 0.
4. По пункту 5. По формуле модуля (2) и аргумента (3) комплексного коэффициента передачи по напряжению строим графики АЧХ и ФЧХ.
5. По пункту 6. На графике АЧХ проводим горизонтальную линию на уровне $0,7K_{\text{ср}}$, где $K_{\text{ср}}$ – максимальное значение коэффициента передачи в полосе пропускания фильтра. Абсцисса точки пересечения кривой АЧХ и этой горизонтальной линии и является частотой среза, по которой можно найти полосу пропускания фильтра.
6. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ.

5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

После завершения изучения дисциплины студенты сдают в 9-м семестре экзамен.

К экзамену допускаются только те студенты, у которых зачтено индивидуальное домашнее задание и лабораторные работы.

Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме, приведен в разделе 5.2.

5.1. Темы (вопросы) для подготовки к экзамену

1. Этапы и стадии создания ЭВМ
2. Этапы (стадии) разработки конструкторской документации
3. Этапы проектирования ЭВМ
4. Подсистемы ЭВМ. Конструкционная система
5. Типизация, унификация, стандарты
6. Факторы, воздействующие на работоспособность ЭВМ
7. Конструкторские документы. Графические конструкторские документы
8. Конструкторские документы. Текстовые конструкторские документы
9. Схемная документация
10. Конструкторская и функциональная иерархии
11. Требования, предъявляемые к конструкции ЭВМ
12. Показатели качества конструкции ЭВМ
13. Краткая характеристика уровней конструкции ЭВМ
14. Схема технологического процесса изготовления полупроводниковых ИМС. Этапы фотолитографии
15. Второй этап технологического цикла изготовления микросхем. Микроконтактирование
16. Виды стандартных корпусов. Способы корпусной герметизации
17. Классификация ПП. Элементы ПП
18. Контроль печатных плат
19. Сборка печатных узлов. Пайка
20. Цель и задачи конструирования ПП
21. Контроль и испытание ПП
22. Задачи проектирования ПП повышенного быстродействия
23. Классификация помех. Причины искажений импульсов
24. Перекрестная помеха в короткой линии связи. Причины, способы уменьшения

25. Проектирование длинной линии связи. Задачи, правила, методы согласования
26. Помехи по цепям питания и методы их уменьшения
27. Электромагнитная совместимость. Экранирование
28. Подсистемы аналогового ввода УСО
29. Подсистемы цифрового ввода УСО
30. Подсистемы аналогового вывода УСО
31. Подсистемы цифрового вывода УСО
32. Показатели надежности невосстанавливаемых изделий
33. Резервирование. Параллельное и последовательное резервирование
34. Особенности теплового конструирования ЭВМ. Излучение, теплопроводность, конвекция
35. Способы охлаждения микроэлектронной аппаратуры

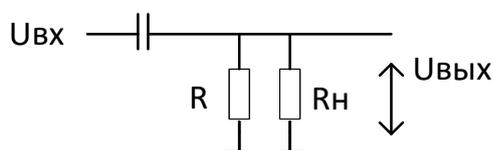
**5.2. Образец экзаменационного билета
для студентов, изучающих дисциплину
по классической заочной форме**

9 семестр

В данном разделе приведен образцы экзаменационных билетов для студентов, сдающих экзамен в очной форме, во время сессии в Томске.

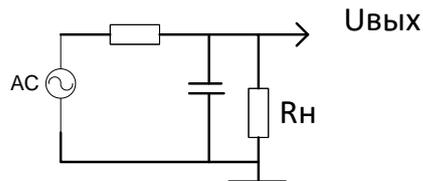
Экзаменационный билет № 2

1. Этапы и стадии создания ЭВМ (10 бал.)
2. Показатели надежности невосстанавливаемых изделий (15 бал.)
3. Для схемы построить АЧХ и ФЧХ. Определить входное и выходное сопротивления (15 бал.)



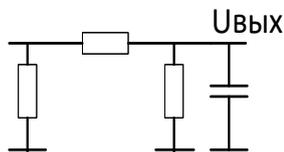
Экзаменационный билет № 7

1. Типизация, унификация, стандарты (10 бал.)
2. Подсистемы аналогового ввода УСО (15 бал.)
3. Для схемы построить АЧХ и ФЧХ. Определить входное и выходное сопротивления. (15 бал.)



Билет № 16

1. Виды стандартных корпусов. Способы корпусной герметизации (10 бал.)
2. Классификация ПП. Элементы ПП (15 бал.)
3. Для схемы построить АЧХ и ФЧХ. Определить $Z_{вх}$ и $Z_{вых}$. (15 бал.)



6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Литература обязательная

- 1 Ким В.Л. Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 198 с.
- 2 Иванов И.В. Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 192 с.
- 3 Коледов Л.А. Технологии и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. – СПб.: Лань, 2008. – 400 с.
- 4 Кечиев Л.Н. Проектирования печатных плат для быстродействующей цифровой аппаратуры / Л.Н. Кечиев. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. – 616 с.
- 5 Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: учебник для вузов / под ред. В.А. Шахнова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.

6.2. Литература дополнительная

6. Иевлев В.И. Конструирование и технология электронных средств: учеб. пособие. 2-е издание стереотипное. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2007. – 217 с.
7. Бородин С.М. Общие вопросы проектирования радиоэлектронных средств: учеб. пособие – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 103 с.
8. Крылов В.П. Технологии и подготовка производства печатных плат: учеб. пособие. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. – 64 с.
9. Фетисов В.С. Самоучитель по автоматизированной разработке печатных плат: Учебное пособие. - Уфа: ФОТОН, 2012. - 88 с.
10. Сабунин А.Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. – М.: Солон-Пресс, 2009. – 432 с.
11. Разевиг В.Д. Проектирование печатных плат в P-CAD 2001. – М.:Солон-Р, 2001. – 555 с.
12. Кутявина С.К., Жердев А.А. Конструирование печатных плат в среде САПР P-CAD 2001. Методические указания к 4-м лабораторным работам. – Томск: Изд. ТПУ. – 2002. – 30 с.

6.3. Интернет-ресурсы

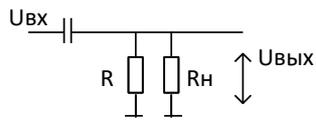
13. СТО ТПУ 2.5.01–2006. Система образовательных стандартов. Работы выпускные, квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления / ТПУ [Электронный ресурс]. – Томск, 2006. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/departments/head/methodic/standart>, вход свободный.
14. <http://www.ti.com> – сайт фирмы Texas Instruments.
15. <http://www.analog.com> – сайт фирмы Analog Devices.
16. <http://www.maxim-ic.com> – сайт фирмы Maxim-Dallas
17. <http://www.eurointech.ru/pcad> – сайт компании ООО "Евроинтех"
18. <http://www.kit-e.ru> – сайт журнала «Компоненты и технологии».
19. <http://www.elcomdesign.ru> – сайт журнала «Электронные компоненты».
20. <http://www.tech-e.ru> – сайт журнала «Технологии в электронной промышленности».
21. URL: http://e-notabene.ru/kp/article_10324.html - Сравнительный анализ P-CAD 2006 и ALTIUM DESIGNER 2012. Статья в журнале «Кибернетика и программирование». – № 6, 2013.

Программное обеспечение

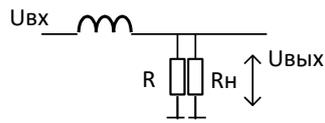
Система схемотехнического проектирования *OrCAD*, система проектирования печатных плат P-CAD 2006.

Приложение А

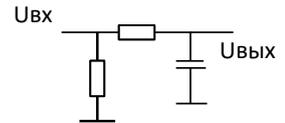
Принципиальные схемы фильтров первого порядка



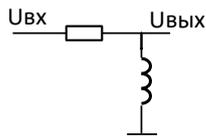
1)



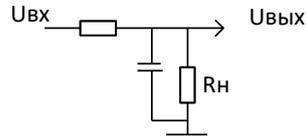
2)



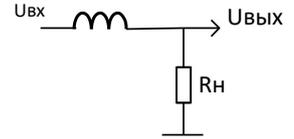
3)



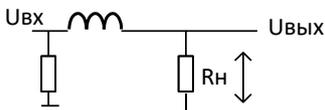
4)



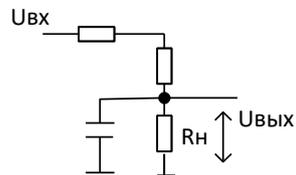
5)



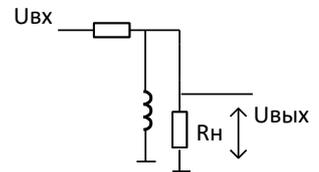
6)



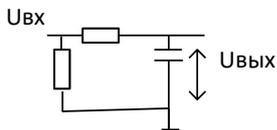
7)



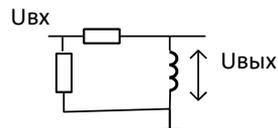
8)



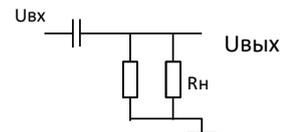
9)



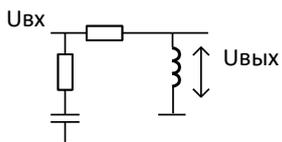
10)



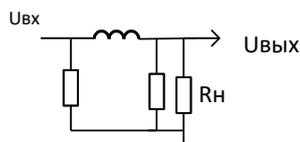
11)



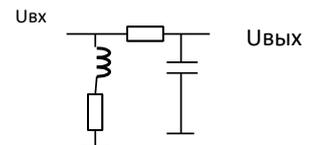
12)



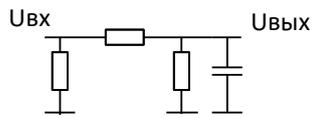
13)



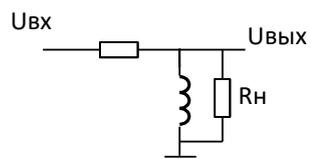
14)



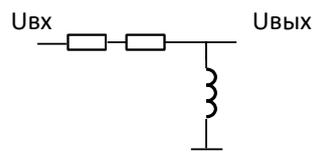
15)



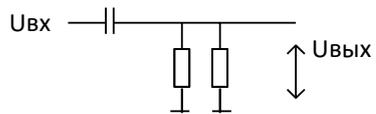
16)



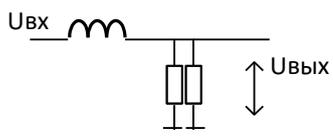
17)



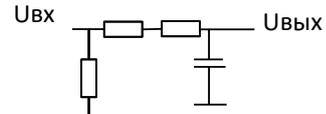
18)



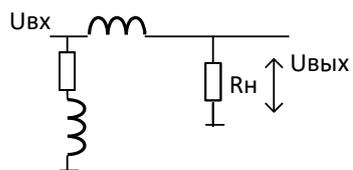
19)



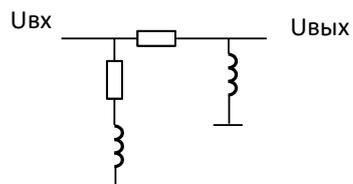
20)



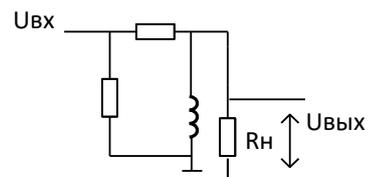
21)



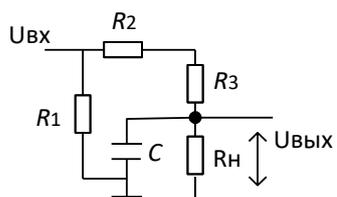
22)



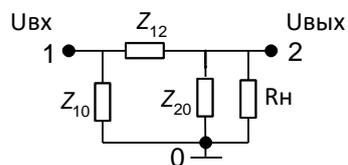
23)



24)



25)



26)

Учебное издание

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭВМ

Методические указания и индивидуальные задания

Составитель

КИМ Валерий Львович

Рецензент

*доктор технических наук,
руководитель ОЯТЦ ИЯТШ*

А.Г. Горюнов

Компьютерная верстка *Л.А. Егорова*



Национальный исследовательский
Томский политехнический университет
Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета
сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru