

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

Кафедра электронной техники и технологии

***МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ СХЕМЫ, МИКРОТЕХНОЛОГИИ
И МИКРОПРОЦЕССОРЫ В СРЕДСТВАХ
МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ***

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для студентов специальности «Медицинская электроника»
заочной формы обучения

Минск 2005

УДК 621.382.8.049.77 (075.8)

ББК 53.61 я 73

М 59

Составители:

А.Н. Осипов, С.К. Дик, С.В. Кракаевич, В.А. Зеленков

Микроэлектронные схемы, микротехнологии и микропроцессоры
М 59 в средствах медицинской электроники: Метод. указания и контр.
задания для студ. спец. «Медицинская электроника» заоч. формы обуч. /
Сост. А.Н. Осипов, С.К. Дик, С.В. Кракаевич,
В.А. Зеленков. – Мн.: БГУИР, 2005. – 24 с.

Приведены содержание дисциплины «Микроэлектронные схемы, микротехнологии и микропроцессоры в средствах медицинской электроники», общие методические указания к ее изучению и варианты контрольной работы.

УДК 621.382.8.049.77 (075.8)

ББК 53.61 я 73

© Коллектив авторов, составление, 2005

© БГУИР, 2005

1. ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛИНЫ И ЦЕЛЬ ЕГО ПРЕПОДАВАНИЯ

Предмет дисциплины – микроэлектронные схемы, микротехнологии и микропроцессоры в средствах медицинской электроники (СМЭ).

Цель преподавания дисциплины – изучение технологии и схемотехники проектирования современных интегральных схем применительно к средствам медицинской электронной техники, научных основ расчета интегральных схем (ИС) и структуры технологических процессов изготовления интегральных микросхем (ИМС) в условиях современного производства, основ организации и функционирования различных типов микропроцессорных больших интегральных схем (БИС) и их использование для построения микропроцессорных систем медицинской электроники.

2. ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ЕЕ СТРУКТУРА

Поставленная цель достигается путем изучения:

- технологии и схемотехники проектирования современных интегральных схем применительно к средствам медицинской электронной техники;
- научных основ расчета ИС и структуры технологических процессов изготовления интегральных микросхем в условиях современного производства;
- основ организации и функционирования различных типов микропроцессорных БИС;
- использования БИС для построения микропроцессорных систем медицинской электроники.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать схемотехническую реализацию, расчет и синтез цифровых и аналоговых ИМС средств медицинской техники, типовые технологические процессы изготовления специализированных ИС и используемые материалы;
- знать архитектуру, функциональное назначение отдельных блоков, систему команд микроконтроллеров серии 8051, периферийных интерфейсных микроконтроллеров, структуру микросистем;
- уметь разрабатывать электрические схемы и технологии изготовления интегральных схем для новых медицинских электронных аппаратов, выполнять синтез заказных и полузаказных ИМС;
- уметь разрабатывать микропрограммы для контроллеров средств медицинской электронной техники, эксплуатировать их;
- уметь обслуживать существующую медицинскую аппаратуру и проектировать новую на основе микроконтроллеров;

– уметь проектировать средства медицинской электронной техники на основе программируемых логических матриц, однокристалльных ЭВМ, периферийных интерфейсных контроллеров;

– иметь представление о конкретных СМЭ с применением микропроцессоров и микроконтроллеров различных серий.

Программа рассчитана на 26 ч учебных аудиторных занятий: 10 ч – лекции, 12 ч – лабораторные и 4 ч – практические занятия. В осеннем семестре выполняется одна контрольная работа, в весеннем – контрольная и курсовая работы. Форма отчетности – экзамен.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина является системной в схемотехнической и технологической подготовке студентов специальностей «Медицинская электроника». Изучение ее основано на использовании знаний, полученных студентами по следующим дисциплинам: «Физика», «Высшая математика», «Химия», «Электронные приборы», «Аналоговая схемотехника СМЭ», «Элементная база средств медицинской электроники», «Цифровая и импульсная техника» и др. в соответствии с Образовательными стандартами РД-РБ-02 100.5.107-98 и РД-РБ-02 100.5.105-98 по данным специальностям.

Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над специальной литературой по технологии и схемотехнике проектирования современных интегральных схем применительно к средствам медицинской электронной техники, по основам расчета ИС и структуры технологических процессов изготовления ИМС в условиях современного производства, по организации и функционированию различных типов микропроцессорных БИС и их использованию для построения микропроцессорных систем медицинской электроники; анализ патентной информации; изучение последних достижений и основных тенденций в развитии микроэлектронных схем, микротехнологий и микропроцессоров в СМЭ, отраженных в специализированных журналах, а также использование технических средств обучения и компьютерных технологий при выполнении практических и лабораторных работ.

При выполнении контрольных работ необходимо руководствоваться следующими общими требованиями.

Ответы на вопросы должны быть исчерпывающими и краткими. Описание ответов необходимо иллюстрировать примерами. Запрещается переписывать книжные абзацы. Иллюстрации (схемы, эскизы, чертежи и диаграммы) следует выполнять, соблюдая масштабные соотношения и требования соответствующий ГОСТов. В расчетных формулах необходимо указывать значения входящих величин и их размерность, а также литературный источник, откуда взяты формулы. В конце контрольной работы (задания) следует привести перечень используемой литературы, оформленной по требованиям ГОСТ 7.1–76, и по тексту работы делать ссылки.

4. НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ

4.1. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ СМЭ. ЭЛЕМЕНТЫ ТТЛ ЛОГИКИ. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ИНЖЕКЦИОННАЯ ЛОГИКА

Классификация микроэлектронных схем. Особенности схемотехнической реализации устройств на кристаллах ИС. Микросхемотехника аналоговых и цифровых ИС. Современная элементная база радиоэлектроники.

Параметры логических вентилях: коэффициент объединения по входу, коэффициент разветвления по выходу, задержка распространения сигнала, потребляемая мощность. Вентили с резистивной и активной нагрузкой. Монтажная логика. Вентили с тремя состояниями. И²Л-инвертор. И²Л-вентиль с двумя входами, реализующий операцию ИЛИ-НЕ. И²Л-вентиль с двухколлекторным транзистором и монтажными связями с другими И²Л- вентилями.

[8, с.12 – 15; 7, с.39 – 53; 6, с.117 – 158; 8, с.28 – 115; 9, с.53 – 68]

4.2. ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРАХ И КМОП-СТРУКТУРАХ

Вентили на полевых транзисторах. Вентили И-НЕ и ИЛИ-НЕ на n-канальных нормально закрытых МОП-транзисторах. n-МОП-инвертор с обедненным транзистором в качестве нагрузки. pМОП-инвертор. Быстродействие и потребляемая мощность. n-МОП-вентили для вычисления сложных булевых функций. Элементы на КМОП-структурах. КМОП-инвертор. КМОП-вентили И-НЕ и ИЛИ-НЕ. КМОП-вентили для вычисления сложных булевых функций. Быстродействие и потребляемая мощность.

[7, с.499-516. 7, с.516-540]

4.3. ИСТОЧНИКИ ОПОРНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ПОСТОЯННОГО ТОКА

Источники опорного напряжения. Транзисторный источник напряжения. Стабилизированный источник напряжения. Смещение в эмиттерном повторителе. Эмиттерные повторители с расщепленными источниками. Источники постоянного тока. Транзисторный источник. Смещение, рабочий диапазон ИТ. Стабилизированный источник тока. Токовое зеркало. Каскадный источник тока.

[7, с.90 – 113, с.65 – 76; 7, с.146 – 150, с.76-84]

4.4. СХЕМОТЕХНИКА БИПОЛЯРНЫХ МИКРОСХЕМ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Базовые логические элементы (ЛЭ) ТТЛ с диодами Шотки. Базовые ЛЭ Шотки транзисторной логики. Базовые ЛЭ интегральной логики Шотки. Элементы памяти ТТЛШ БИС, тактируемые фронтом и уровнем синхросигнала. Входные элементы сопряжения ТТЛ Шотки БИС: со стандартными ТТЛ входными уровнями, с памятью, с повышенной помехоустойчивостью, с преобразованием уровней сигналов. Выходные ЭС БИС: со стандартными ТТЛ выходными уровнями, с памятью, с преобразованием уровней.

[6, с.40 – 90]

4.5. ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ МАТРИЦЫ

Структура ПЛМ. Архитектура ПЛМ. Синтез устройств комбинационного типа на базе ПЛМ. Синтез устройств на ПЛМ. Синтез устройств с памятью на основе ПЛМ. Инструментальные и программные средства для программирования и отладки ПЛМ.

[7, с.540 – 552; 7, с.552 – 576]

4.6. СХЕМОТЕХНИКА ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Логические ячейки. Схемы ячеек памяти. Передаточные характеристики и помехоустойчивость ячеек памяти. Средняя задержка, расчет длительности переходных процессов. Коэффициент усиления и нагрузочная способность. Структура ЗУПВ. Дешифраторы, логика управления, генераторы записи/считывания. Элементы памяти для ПЗУ. Размещение схем на кристалле ЗУПВ. Схемотехника динамических и статических ОЗУ.

[6, с.130 – 136; 8(ч.2), с.161 – 189]

4.7. КОНСТРУКЦИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ, ГИБРИДНЫХ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИМС; МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Подложки ИМС. Материалы, требования к ним. Пленочные резистивные, емкостные, проводящие элементы. Основные параметры, конструкции и исходные материалы элементов. Расчетные соотношения, методика проектирования и инженерного расчета пленочных элементов. Проблемы создания пленочных активных элементов. Виды компонентов, бескорпусные активные компоненты полупроводниковых ИМС, транзисторы, диоды. Их конструктивно-технологические варианты. Пассивные элементы. Конструкции интегральных микросхем и микропроцессоров. Требования к конструкции ИМС. Анализ и сравнительные характеристики конструктивного оформления ИМС. Типовые характеристики пленочных, гибридных и полупроводниковых ИМС. Особенности конструкции БГИС и микросборок, коммутационная плата как их основа. Особенности микропроцессорных СБИС.

[3, с.17 – 66; 4, с.38, 53 – 75; 1, с.66 – 77]

4.8. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОЕВ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО ИСПАРЕНИЯ В ВАКУУМЕ

Оборудование для вакуумных методов получения пленок. Сущность метода и принципиальная схема установки для вакуумно-термического осаждения слоев. Термодинамика и кинетика процессов испарения. Состав осаждаемой пленки при испарении сплавов и многокомпозиционных смесей. Физические условия в рабочей камере установки. Влияние степени вакуума, температуры подложки и скорости конденсации на электрофизические параметры пленок. Классификация вакуумного оборудования. Технология напыления тонкопленочных резисторов. Материалы резистивных пленок. Технология и особенности осаждения резистивных пленок из металлов, сплавов и композиционных смесей. Технология получения тонкопленочных конденсаторов. Материалы и особенности осаждения диэлектрических слоев. Материалы и технология получения обкладок конденсаторов. Технология осаждения токопроводящих систем (ТС) (межсоединений и контактных площадок). Конструктивно-технологические особенности многоуровневых ТС в полупроводниковых и гибридных ИС. Материалы и технология осаждения токопроводящих слоев.

[4, с.270 – 290; 1, с.153 – 154]

4.9. ПЛАЗМЕННЫЕ МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ И ОСАЖДЕНИЯ ВЕЩЕСТВ С ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Сущность метода и принципиальная схема установки для ионно-плазменного осаждения слоев. Плазма и ее свойства. Взаимодействия ионного пучка с поверхностью бомбардируемой мишени. Элементы физической теории ионного осаждения. Коэффициент распыления и его зависимость от параметров процесса. Условия, обеспечивающие реализацию ионного и ионно-плазменного распыления (ИПР) в оборудовании: предельное порционное и общее давление остаточных газов, локализация плазмы, стабилизация напряжения разряда, теплового режима подложки-пластины и мишени. Классификация и принцип действия ИПР систем. Основные типы оборудования ИПР и травления пленок. Преимущества и недостатки технологического процесса ИПР. Сущность основных процессов плазмохимической (ПХ) обработки: ПХ-травления диэлектриков, металлов и полупроводников; снятие слоев фоторезиста (ФР) и очистка пластин-подложек; синтез и осаждение пленок.

[3, с.162; 4, с.303 – 313; 3, с.5 – 56, 165 – 174]

4.10. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОЕВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПАСТ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

Сущность толстопленочной технологии. Конструктивно-технологические особенности толстопленочных ИС. Композиционные пасты для резистивных, диэлектрических и проводящих слоев. Технология получения паст.

Перспективы использования новых материалов. Основные этапы технологического процесса получения толстопленочных ИС. Методы нанесения паст. Технология формирования рисунка. Особенности подложек для толстопленочных ИС. Роль окисных пленок в технологии ИМС. Методы получения диэлектрических пленок. Термическое окисление кремния. Методы проведения операций термического окисления. Осаждение пленок диэлектриков и поликристаллического кремния из газовой фазы. Техника пиролитического и плазмохимического осаждения. Основные параметры пленок диэлектриков и поликристаллического кремния. Диэлектрические пленки в ГИМС.

[4, с.440 – 459; 2, с.232; 1, с.163]

4.11. ТЕХНОЛОГИЯ ДИФФУЗИОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Применение диффузии в технологии ИС. Основы метода высокотемпературной диффузии. Источники примесей и требования к ним. Устройство диффузионных печей. Методы измерения глубины залегания р-п-перехода. Другие методы проведения диффузионных процессов: диффузия из ионно-легированных слоев, диффузия из поликристаллического кремния, радиационно-стимулированная диффузия, электрохимическое легирование. Основы метода ионного легирования, его сущность. Формирование ионного пучка. Распределение пробегов ионов в аморфных и монокристаллических мишенях. Влияние отжига на распределение внедренных ионов. Маскирование при ионном легировании, возможности ионной имплантации при создании различных классов полупроводниковых приборов и ИС с мелкозалегающими р-п-переходами.

[36, с.227 – 350; 2, с.38 – 512; 4, с.119 – 139, с.164 – 193]

4.12. ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И ИМС

Основные термины. Эпитаксия. Автоэпитаксия, гетероэпитаксия, хэмоэпитаксия. Переходной эпитаксиальный слой. Элементы теории эпитаксиального роста. Факторы, влияющие на процесс ориентируемого наращивания. Классификация методов получения эпитаксиальных слоев. Получение эпитаксиальных слоев из газообразной фазы. Автоэпитаксия кремния. Хлоридный метод. Получение автоэпитаксиальных слоев кремния пиролизом силана. Получение эпитаксиальных слоев из молекулярных пучков в вакууме. Получение эпитаксиальных слоев из расплавов. Локальная эпитаксия. Практическое использование гетероэпитаксии. Легирование эпитаксиальных слоев. Методы контроля эпитаксиальных слоев. Аппаратура и производственное оборудование для проведения эпитаксиальных процессов.

[3, с.72 – 121; 1, с.94 – 104; 4, с.140 – 155]

4.13. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ РИСУНКА ЭЛЕМЕНТОВ ИС

Метод свободной и контактной масок. Основные требования, предъявляемые к маскам. Технология изготовления моно- и биметаллических свободных масок. Металлические и фоторезистивные контактные маски. Погрешность масочных методов получения рисунка элементов ИС. Технология изготовления прецизионных масок. Контактная фотолитография. Физико-химические основы фотолитографического процесса. Фоторезисторы, требования к ним. Преимущества и недостатки негативных и позитивных фоторезистов. Процесс фотолитографии и его основные операции. Методы формирования фоторезистивного слоя. Фотошаблоны и технология их производства. Требования к фотошаблонам в производстве ИС. Проекционная фотолитография. Перспектива использования голографического метода экспонирования. Электролитография и рентгенолитография – методы создания прецизионной топологии ИС с высокой разрешающей способностью. Резисты для электролитографии. Принцип метода рентгенолитографии. Шаблоны и резисты для рентгенолитографии. Методы получения рисунка микрофрезировкой остросфокусированными потоками частиц: электронным лучом, ионным лучом, лучом ОКГ.

[3, с.354 – 398; 1, с.115 – 125; 4, с.194 – 268]

4.14. СБОРКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Основные операции сборки ИС. Разделение пластин и подложек на кристаллы и платы скрайбированием; абразивной резкой проволокой; резкой алмазными дисками (АРД); электронно-лучевая и лазерная резка. Общие требования к микросборочному оборудованию. Принципиальные схемы оборудования: присоединение выводов методами термокомпрессии, УЗ сваркой, электроконтактной микросваркой расщепленным электродом, комбинированной УЗ микросваркой с косвенным импульсным нагревом (УЗСКН). Лужение и пайка при монтаже ИС. Типы выводов. Особенности монтажа навесных элементов с навесными выводами. Монтаж ИС с шариковыми выводами. Основные типы корпусов ИС и требования, предъявляемые к ним. Основные требования к герметичности приборов. Методы контроля герметичности (жидкостный, галиевой, диффузионный). Основные пути и методы повышения производительности сборочных процессов, в том числе на основе их автоматизации.

[1, с.166 – 178; 2, с.251 – 295; 4, с.314 – 340]

4.15. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СМЭ С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ. АРХИТЕКТУРА МИКРОСИСТЕМ

Понятие микропроцессорной системы. Структура микропроцессорной медицинской системы. Цикл проектирования системы. Язык проектирования.

Документация. Основные типы архитектур микросистем. Фон-неймановская и гарвардская архитектуры. Организация пространств памяти и ввода/вывода. Адресация данных. Представление адресной информации. Способы адресации. Магистраль микросистемы. Цикл обращения к магистрالي. Выполнение команд микропроцессором. Командный и машинный циклы.

[1, с.166 – 178; 2, с.251 – 295; 4, с.314 – 340]

4.16. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ БИС

Архитектура микропроцессора. АЛУ, регистры общего назначения, регистр и дешифратор команд, счетчик команд, регистр состояния, блок управления. Система команд. Арифметико-логические команды, команды пересылки данных, перехода, вызова подпрограмм. Способы адресаций. Прямая, косвенно-регистрационная, регистрационная, непосредственная. Функционирование МП. Машинные и командные циклы. Построение процессорного блока на базе микропроцессора. Интерфейсные схемы. Структура и функционирование программируемых параллельных интерфейсных БИС и построение на их основе адаптеров. Структура и программирование последовательного связного адаптера. Построение радиального последовательного интерфейса. Применение микропроцессоров в СМЭ. Принципы построения измерительного оборудования со встроенным микропроцессорным управлением. Построение систем сбора и обработки биомедицинской информации.

[1, с.166 – 178; 2, с.251 – 295; 4, с.314 – 340]

4.17. ОДНОКРИСТАЛЛЬНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

Структурная организация МК серии 8051. Архитектура микроконтроллера. Регистры специальных функций. Магистрالي, блок памяти, АЛУ, порты ввода вывода. Формат ассемблерных команд. Команды микроконтроллера: команды пересылки, переходов, арифметико-логические команды, ввода/вывода. Директивы и операторы. Организация ввода/вывода. Программы обработки прерываний. Команды микро-контроллера: команды пересылки, переходов, арифметико-логические команды, ввода/вывода. Директивы и операторы. Организация ввода/вывода. Программы обработки прерываний. Блок управления, синхронизация, режимы микропотребления. Устройство выработки временных интервалов, логика ввода/вывода, регистр команд, регистр управления потреблением, дешифратор команд и логика управления. Блок таймер/счетчиков. Состав блока таймер/счетчиков. Регистр управления таймер/счетчиком, регистр режимов. Режимы работы 0,1,2,3. Блок последовательного интерфейса и прерываний. Состав блока. Регистр приоритетов прерываний, регистр разрешения прерываний. Работа с последовательным портом. Структура прерываний. Память микроконтроллера и порты ввода/вывода. Организация внутренней и внешней памяти программ и памяти данных. Процедуры записи/считывания в/из портов. Применение

однокристалльных микроЭВМ. Особенности проектирования СМЭ на ОМЭВМ. Реализация систем сбора и обработки биомедицинской информации. Система отображения информации.

[1, с.166 – 178; 2, с.251 – 295; 4, с.314 – 340]

4.18. ПЕРИФЕРИЙНЫЕ ИНТЕРФЕЙСНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ

Структурная организация ПИС. Архитектура микроконтроллера. Регистры специальных функций. Магистралы, блок памяти, АЛУ, порты ввода/вывода. Регистры ПИС. Регистр таймер/счетчика, регистр косвенной адресации, регистр слова состояния, регистр выбора, специальные регистры. Организация прерываний. Внешнее прерывание, прерывание от таймер/счетчика, по окончании записи данных в память, прерывание от порта В. Регистр запросов и масок. Система команд ПИС. Формат команд, байт- и бит-ориентированные команды. Особенности программирования на ассемблере ПИС.

[1, с.166 – 178; 2, с.251 – 295; 4, с.314 – 340]

4.19. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СМЭ НА ОСНОВЕ УСТРОЙСТВ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ПРОТОКОЛОМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ I²C

Архитектура устройств с протоколом I²C . Схемотехническая реализация устройств. Определения протокола I²C . Устройства microLAN. Протоколы записи и считывания. Однопроводные ключи, память, термометры, идентификаторы. Построение однопроводных медицинских систем сбора информации на основе приборов microLAN и устройств с протоколом I²C. Организация запись/чтение информации. Протоколы записи и считывания байтов и массивов информации. Устройства с протоколом microLAN. Протоколы записи и считывания. Однопроводные ключи, память, термометры, идентификаторы. Проектирование СМЭ с однопроводными протоколами. Построение однопроводных медицинских систем сбора информации на основе приборов microLAN и устройств с протоколом I²C.

[1, с.166 – 178; 2, с.251 – 295; 4, с.314 – 340]

4.20. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССОРЫ

Табличные процессоры. Принципы построения процессоров (организация ветвления, функции запоминания). Реализация устройств управления (арифметические устройства, логическое управления). Цифровые процессоры обработки сигналов. Архитектура памяти ЦПС. Адресация данных, система команд. Обмен данными между ЦПС и внешними устройствами. Организация систем обработки и управления на основе ЦПС.

[1, с.166 – 178; 2, с.251 – 295; 4, с.314 – 340]

Перечень лабораторных работ

Название темы	Объем в часах
1. Процесс формирования конфигурации элементов ИС методом фотолитографии (изучение процесса формирования конфигурации пленочных элементов ИС фотолитографией)	2
2. Исследование процессов диффузии при изготовлении п/п приборов и ИС (изучение техники ионной имплантации)	2
3. Изучение и исследование однокаскадных усилителей ИС на биполярных транзисторах	2
4. Проектирование комбинационных устройств на элементах двоичной логики (синтез дешифраторов на элементах И – НЕ, ИЛИ – НЕ)	2
5. Внутренняя структура микроконтроллера серии 8051	2
6. Принципы реализации функций управления в СМЭ	2

Практические занятия

Название темы	Объем в часах
1. Расчет дифференциальных усилителей (дифференциальный коэффициент усиления, частотная характеристика, подавление синфазных помех)	2
2. Алгоритмы работы СМЭ	1
3. Этапы проектирования микропроцессорных систем	1

5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Парфенов О.Д. Технология микросхем. – М.: Высш. школа, 1986.
2. Технология СБИС. В 2 кн.: Пер. с англ. /Под ред. С. Зи. – М.: Мир, 1986.
3. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров. – М.: Радио и связь, 1987.
4. Готра З.Ю. Технология микроэлектронных устройств: Справочник. – М.: Радио и связь, 1991.
5. Коледов Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1989.
6. Белоус А.И., Пономарь В.Н., Силин А.В. Схемотехника микросхем для высокопроизводительных систем обработки информации. – Мн.: Полифакт, 1998.
7. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Т.1, 2, 3. – М.: Мир, 1994.
8. Шагури И.И., Петросянц К.О. Проектирование цифровых микросхем на элементах инжекционной логики. – М.: Радио и связь, 1994.

9. Достанко А.П. Технология интегральных схем. – Мн.: Выш. шк., 1981.
10. Алексеенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1990.
11. Боборыкин А.В. и др. Однокристалльные микроЭВМ. – М.: МИКАП, 1994.
12. Сташин В.В., Урусов А.В. и др. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. – М.: Энергия, 1996.
13. Щелкунов Н.Н., Дианов А.П. Микропроцессорные средства и системы. – М.: Радио и связь, 1989.
14. Цифровой процессор обработки сигналов TMS32010 и его применение/ Под ред. А.А. Ланне. Л. ВАС, 1996.
15. Фридман М., Ивенс Л. Проектирование систем с микрокомпьютерами. – 1986 .

Дополнительная

16. Тилл У., Лаксон Дж. Интегральные микросхемы: материалы, приборы, изготовление: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985.
17. Розанов Л.Н. Вакуумная техника. – М.: Высш. школа, 1982.
18. Достанко А.П. и др. Плазменная металлизация в вакууме. – Мн.: Наука и техника, 1983.
19. МикроЭВМ: В 8 кн./ Под ред. Л.Н. Преснухина. – М.: Высш. шк., 1988.
20. Бессекерский Б. А., Изронцев В.В. Системы автоматического управления с микроЭВМ. – М.: Наука, 1987.
21. Морисита И. Аппаратные средства микроЭВМ: Пер. с яп. – М.: Мир, 1988.
22. Лазаревич Э.Г., Хорошавина Г.Ф. Аппаратурные и программные средства профессиональных персональных ЭВМ. – Мн.: Выш. шк., 1991.
23. Лю Ю – Чжен, Гибсон Г. Микропроцессоры семейства 8086/8088. Архитектура и проектирование микропроцессорных систем. – М: Радио и связь, 1987.

6. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

Вариант 1

1. Классификация ИС по конструктивно-технологическим признакам (определения, поясняющие рисунки структур).
2. Формирование диэлектрических и поликристаллических пленок на поверхности пластин.
3. Проекционная фотолитография.

Вариант 2

1. Базовые технологические процессы технологии микроэлектроники.
2. Классификация методов очистки подложек и пластин. Методы контроля чистоты подложек и пластин.
3. Способы проведения двухстадийной диффузии.

Вариант 3

1. Классификация методов получения конфигурации элементов ИС. Контактная фотолитография.
2. Получение диэлектрических пластинок в парах воды при нормальном и повышенном давлении.
3. Технология получения тонкопленочных резисторов. Материалы пленок. Особенности осаждения сплавов и композиционных смесей.

Вариант 4

1. Вакуумно-термическое испарение.
2. Диффузионные процессы в технологии микроэлектроники. Факторы, влияющие на диффузию примеси в полупроводник.
3. Ионолитография.

Вариант 5

1. Ионно-плазменное распыление.
2. Способы проведения двухстадийной диффузии.
3. Рентгенолитография.

Вариант 6

1. Магнитронное распыление.
2. Методы монтажа ИС с проволочными выводами.
3. Дефекты и контроль параметров эпитаксиальных и диффузионных слоев.

Вариант 7

1. Получение пленок из газовой фазы. Способы легирования эпитаксиальных слоев.
2. Методы разделения подложек и пластин на платы и кристаллы.
3. Ионное легирование полупроводников.

Вариант 8

1. Материалы для получения проводящих, резистивных, полупроводниковых и диэлектрических пленок.
2. Термокомпрессионная сварка.
3. Проекционная электронная литография.

Вариант 9

1. Элементы изделий электронной техники (тонкопленочные и полупроводниковые резисторы и конденсаторы, токопроводящие системы).
2. Высококачественное распыление диэлектриков.
3. Ультразвуковая сварка.

Вариант 10

1. Плазменные методы удаления веществ с поверхности твердого тела.
2. Методы получения пленок нитрида кремния.
3. Герметизация полупроводниковых приборов и ИС.

Вариант 11

1. Электронная литография.
2. Диэлектрические пленки. Назначение. Методы получения. Материалы и требования к ним.
3. Классификация методов контактирования ИС (присоединение выводов).

Вариант 12

1. Элионика в методах формирования рисунка элементов ИС.
2. Технология получения тонких пленок ВТИ.
3. Диффузия в открытой трубе, в потоке газа носителя. Виды диффузантов.

Вариант 13

1. Материалы конструктивных оснований для совмещенных и полупроводниковых ИС. Требования к ним. Методы получения монокристаллов.
2. Толстопленочная технология в производстве ИС. Материалы. Элементы. Методы формирования рисунка.
3. Методы подгонки резисторов.

Вариант 14

1. Методы получения диэлектрических пленок.
2. Классификация методов фотолитографии. Фотошаблоны, технология их изготовления.
3. Термокомпрессионная сварка.

Вариант 15

1. Сборочные процессы в производстве ИС.
2. Сравнительная характеристика ионного травления слоев ИС с химическим травлением.
3. Сварка выводов ИС давлением с импульсным нагревом.

Вариант 16

1. Контроль параметров пленочных элементов в процессе их осаждения в вакууме.
2. Ионное легирование полупроводников.
3. Основные типы корпусов ИС. Материалы. Методы герметизации.

Вариант 17

1. Метод «свободной» маски. Технологический процесс изготовления биметаллической маски.
2. Технология получения пленок из газовой фазы.
3. Диффузия в частично замкнутом объеме («бюкс»-метод).

Вариант 18

1. Получение пленок пирометрическим разложением элементоорганических соединений.
2. Рентгенолитография. Технология изготовления рентгеношаблонов.

3. Сварка с помощью «расщепленного» (сдвоенного) электрода.

Вариант 19

1. Интенсификация процессов очистки поверхности подложек и пластин. Современные методы контроля качества очистки поверхности.
2. Методы и средства измерения вакуума в вакуумных установках.
3. Эпитаксиальные процессы получения полупроводниковых пленок.

Вариант 20

1. Методы получения диэлектрических пленок термическим окислением при повышенном давлении и в галогеносодержащих средах.
2. Фотолитография с микрозором. Технология изготовления «цветных» фотошаблонов.
3. Групповые методы подсоединения выводов.

Вариант 21

1. Лазерное и алмазное скрайбирование.
2. Поручение эпитаксиальных слоев из газовой фазы.
3. Магнетронное распыление.

Вариант 22

1. Термозвуковая сварка.
2. Ионное легирование полупроводников.
3. «Взрывная» фотолитография.

Вариант 23

1. Контактная фотолитография. Методы нанесения фоторезиста.
2. Методы термического нагрева и конструктивные варианты испарителей при ВТИ. Материалы. Требования к ним.
3. Термокомпрессионная сварка.

Вариант 24

1. Средства создания вакуума. Основные элементы и узлы вакуумных установок.
2. Методы формирования рисунка элементов ИС с помощью контактной маски.
3. Технология изготовления «балочных» выводов ИС.

Вариант 25

1. Использование элионной технологии в методах формирования конфигурации элементов ИС.
2. Контроль параметров эпитаксиальных и диффузионных слоев ИС. (Что и как?)
3. Термозвуковая сварка.

Вариант 26

1. Базовые технологические процессы формирования электронно-дырочных переходов.

2. Многоэлектродное ионно-плазменное распыление.
3. Проекционная электролитография.

Вариант 27

1. Толсто пленочная технология. Материалы, требования к ним. Методы формирования рисунка. Типовой технологический процесс.
2. Получение диэлектрических пленок в кислородсодержащей среде.
3. Технология изготовления металлизированных фотошаблонов.

Вариант 28

1. Распыление со смещением.
2. Радиционно-стимулированная диффузия.
3. Термозвуковая сварка.

Вариант 29

1. «Взрывное» испарение.
2. Диффузия в замкнутом объеме.
3. Монтаж ИС с объемными выводами.

Вариант 30

1. Фоторезисты. Требования к материалам. Методы нанесения.
2. Двухэлектродные методы распыления вещества.
3. Разделение пластин на кристаллы.

7. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

Вариант 1

1. Архитектура микропроцессорной системы.
2. Обмен информацией через системную магистраль.
3. *Задача.* Сложить два двоичных многобайтных числа. Оба слагаемых располагаются в РДП, начиная с младшего байта. Начальные адреса слагаемых заданы в R0 и R1. Формат слагаемых в байтах задан в R2.

Вариант 2

1. Структура микропроцессора.
2. Поточные (конвейерные) процессоры ЦОС.
3. *Задача.* Требуется умножить целое двоичное число произвольного формата на константу 217. Исходное число размещается в РДП, адрес младшего байта находится в регистре R0. Формат числа в байтах хранится в регистре R1.

Вариант 3

1. Последовательность действий микропроцессора при выборе и выполнении команд.
2. Матричные и итеративные процессоры ЦОС.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу подавление дребезга контакта путем подсчета заданного числа совпадений. Счет удачных опросов ведется в регистре R3. Число удачных опросов $N = 30$.

Вариант 4

1. Функционирование контроллера. Режимы работы и начальная установка.
2. Протокол I²S. Основные определения.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу устранения дребезга контактов путем введения временной задержки, равной 5 мс.

Вариант 5

1. Микропроцессор. Основные способы адресации.
2. Протокол I²S. Операция записи.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу подавления дребезга контакта путем подсчета заданного числа совпадений. Счет удачных опросов ведется в регистре R3. Число удачных опросов $N = 45$.

Вариант 6

1. Система прерываний микропроцессора (прерывания с программным опросом, векторная система прерываний, векторная система прерываний с идентификацией устройств при помощи адресов).
2. Структура устройств, реализующих протокол I²S.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу счета числа повторений цикла или внешних событий. Счет и проверку состояния счетчика производить после выполнения основной функции. Основную функцию выполнить 99 раз.

Вариант 7

1. Внутренняя структура микроконтроллера.
2. Протокол I²S. Операция чтения.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу счета числа повторений цикла или внешних событий. Выполнение основной функции производить после счета и проверки счетчика. Основную функцию выполнить 223 раза.

Вариант 8

1. Блок управления и синхронизации микроконтроллера.
2. Операция чтения и записи в сети микроLAN.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу счета числа повторений цикла или внешних событий 16 235 раз в 8-разрядном счетчике.

Вариант 9

1. Блок таймер/счетчиков, регистры TMOD, TCON.
2. Идентификация адресов устройств при помощи команды «Поиск ПЗУ» в сетях microLAN.
3. *Задача.* Разработать программу, позволяющую организовать временную задержку, равную 600 мкс, для МП К580.

Вариант 10

1. Режимы работы таймер/счетчика микроконтроллера.
2. Структура параллельной программируемой интерфейсной БИС.
3. *Задача.* Разработать программу, позволяющую организовать временную задержку, равную 50 мс, для МП К580.

Вариант 11

1. Блок последовательного интерфейса и прерываний. Регистр SCON.
2. Устройство измерения свертываемости крови. Схема функциональная.
3. *Задача.* Разработать программу, позволяющую организовать временную задержку, равную 300 мс, для МП К580.

Вариант 12

1. Устройство последовательного интерфейса и прерываний. Регистры IP, IE.
2. Устройство измерения свертываемости крови. Алгоритм работы.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу счета числа повторений цикла или внешних событий 36117 раз в 8-разрядном счетчике.

Вариант 13

1. Адресное пространство памяти микроконтроллера.
2. Режим 3 таймер/счетчика микроконтроллера.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу счета числа повторений цикла или внешних событий. Выполнение основной функции производить после счета и проверки счетчика. Основную функцию выполнить 173 раза.

Вариант 14

1. Режимы функционирования микроконтроллера.
2. Последовательность действий микроконтроллера при выборе и выполнении команд.
3. *Задача.* Подсчет числа импульсов между двумя событиями. Подсчитать число деталей, сошедших с конвейера от момента его включения до момента выключения. Факт схода детали с конвейера фиксируется фотоэлементом, на выходе которого формируется импульсный сигнал. Т/С1 выполняет подсчет числа импульсов. Общее количество деталей не превышает 127.

Вариант 15

1. Режим 0 последовательного интерфейса микроконтроллера.
2. Схема обмена внешних устройств с ПЭВМ.
3. *Задача.* Сложить два двоичных многобайтных числа. Оба слагаемых располагаются в РДП, начиная с младшего байта. Начальные адреса слагаемых заданы в R0 и R1. Формат слагаемых в байтах задан в R2.

Вариант 16

1. Порты микроконтроллера.
2. Алгоритм обработки прерываний.
3. *Задача.* Требуется умножить целое двоичное число произвольного формата на константу 217. Исходное число размещается в РДП, адрес младшего байта находится в регистре R0. Формат числа в байтах хранится в регистре R1.

Вариант 17

1. Память данных микроконтроллера.
2. Процессоры ЦОС.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу подавления дребезга контакта путем подсчета заданного числа совпадений. Счет удачных опросов ведется в регистре R3. Число удачных опросов $N = 30$.

Вариант 18

1. Память данных микроконтроллера.
2. Система команд ассемблера.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу устранения дребезга контактов путем введения временной задержки, равной 15 мс.

Вариант 19

1. Система команд микроконтроллера. Способы адресации.
2. Назначение регистров микроконтроллера.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу подавления дребезга контакта путем подсчета заданного числа совпадений. Счет удачных опросов ведется в регистре R3. Число удачных опросов $N = 70$.

Вариант 20

1. Команды передачи данных микроконтроллера.

2. Режим 0 таймер/счетчика микроконтроллера.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу счета числа повторений цикла или внешних событий. Счет и проверку состояния счетчика производить после выполнения основной функции. Основную функцию выполнить 158 раз.

Вариант 21

1. Арифметико-логические команды микроконтроллера.
2. Командный и машинный циклы.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу счета числа повторений цикла или внешних событий. Выполнение основной функции производить после счета и проверки счетчика. Основную функцию выполнить 617 раз.

Вариант 22

1. Режимы функционирования микроконтроллера.
2. Режим 1 таймер/счетчика микроконтроллера.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу счета числа повторений цикла или внешних событий 16 235 раз в 8-разрядном счетчике.

Вариант 23

1. Блок таймер/счетчиков, регистры TMOD, TCON.
2. Структура модуля сопряжения с объектом для реализации программного обмена.
3. *Задача.* Разработать программу, позволяющую организовать временную задержку, равную 1800 мкс, для МП К580.

Вариант 24

1. Блок управления и синхронизации микроконтроллера.
2. Директивы и микрокоманды.
3. *Задача.* Разработать программу, позволяющую организовать временную задержку, равную 30 мс, для МП К580.

Вариант 25

1. Порты микроконтроллера.
2. Векторная система прерываний с шифратором приоритетов. Векторная система прерываний с начальной командой, поступающей от устройств.
3. *Задача.* Разработать программу, позволяющую организовать временную задержку, равную 500 мс, для МП К580.

Вариант 26

1. Адресное пространство памяти микроконтроллера.
2. Реализация сопряжения датчиков с ПК посредством параллельной программируемой интерфейсной БИС.
3. *Задача.* Написать алгоритм и программу счета числа повторений цикла или внешних событий 62 234 раз в 8-разрядном счетчике.

Вариант 27

1. Адресное пространство памяти микроконтроллера.
2. Режим 3 таймер/счетчика микроконтроллера.

3. *Задача.* Написать алгоритм и программу счета числа повторений цикла или внешних событий. Выполнение основной функции производить после счета и проверки счетчика. Основную функцию выполнить 225 раз.

Вариант 28

1. Режимы функционирования микроконтроллера.
2. Последовательность действий микроконтроллера при выборе и выполнении команд.
3. *Задача.* Подсчет числа импульсов между двумя событиями. Подсчитать число деталей, сошедших с конвейера от момента его включения до момента выключения. Факт схода детали с конвейера фиксируется фотоэлементом, на выходе которого формируется импульсный сигнал. Т/С1 выполняет подсчет числа импульсов. Общее количество деталей не превышает 256.

8. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Целью курсового проектирования является: систематизация и закрепление теоретических знаний студентов по основным разделам курса, получение практических навыков программирования на языке Ассемблер и разработка средств медицинской электроники (СМЭ) на основе микроконтроллеров.

Темы курсовых проектов должны быть посвящены проектированию основных блоков и узлов медицинских аппаратов, а также самих медицинских аппаратов; выполнению научно-исследовательских работ, связанных с данной тематикой в рамках госбюджетных и хоздоговорных НИР и заказов предприятий и организаций. Научно-исследовательские проекты должны содержать аналитический материал по решаемой проблеме, теоретический и экспериментальный разделы.

Примерный перечень тем курсовых проектов:

- микропроцессорный блок управления электрокардиостимулятором;
- аппарат измерения артериального давления с микропроцессорным управлением;
- разработка микропроцессорного блока управления фотоплетизмографа;
- разработка микропроцессорной скрининг-системы;
- микропроцессорный блок управления аппаратом внутривенного лазерного облучения крови;
- аппарат ультразвуковой терапии с микропроцессорным управлением.
- аппарат ДМВ-терапии с микропроцессорным управлением;
- микропроцессорный блок обработки изображения томографа;
- микропроцессорный блок управления аппарата гальванизации и лечебного электрофореза.

Курсовой проект должен быть выполнен в соответствии с заданием и представлен пояснительной запиской и комплектом графической части. Объём пояснительной записки – 35 – 40 страниц рукописного текста с иллюстрациями

(формат А4), приложением из технологических документов и спецификаций (при необходимости); графической части, включающей структурную схему аппарата (формат А2), концептуальный алгоритм работы аппарата (формат А2), функциональную электрическую схему работы микропроцессорного блока управления (формат А1), функциональный алгоритм работы блока микропроцессорного управления (формат А1). Перечень вопросов, которые подлежат рассмотрению в пояснительной записке, включает введение, анализ задания и обзор существующих методов и аппаратов, разработку и обоснование структурной схемы аппарата, разработку концептуального алгоритма работы аппарата, разработку функциональной электрической схемы аппарата, разработку устройства сопряжения микропроцессорного блока, разработку функционального алгоритма работы блока микропроцессорного управления, разработку программы работы микропроцессорного блока (листинг программы в формате А4), заключение. Далее в пояснительной записке приводится список используемых источников.

Исходными данными для курсового проекта являются: электрические, диагностические или терапевтические (в зависимости от функционального назначения разрабатываемого устройства) параметры проектируемых основных блоков и узлов медицинских аппаратов, а также самих медицинских аппаратов, напряжение источника питания, условия эксплуатации и т.д.

После получения задания студент на основании исходных данных внимательно изучает и анализирует научно-техническую и патентную литературу по теме проекта, выбирая наиболее близкие по технической сущности устройства и методы, выявляя их достоинства и недостатки. Предлагает пути их совершенствования в процессе проектирования и оптимального выбора параметров в соответствии с заданием.

Курсовой проект считается законченным после того, когда все разделы задания выполнены в полном объеме, пояснительная записка и чертежи подписаны студентами. После проверки руководителем пояснительной записки и графической части необходимо исправить сделанные замечания, не стирая пометок преподавателя, и подготовить доклад для защиты проекта.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Боборыкин А.В. и др. Однокристалльные микроЭВМ. – М.: МИКАП, 1994.
2. Сташин В.В., Урусов А.В. и др. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. – М., Энергия, 1996.
3. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто!: В 3 т. – М.: ИК-Скидмен, 2002.
4. Щелкунов Н.Н., Дианов А.П. Микропроцессорные средства и системы. – М.: Радио и связь. 1989.

Учебное издание

**МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ СХЕМЫ, МИКРОТЕХНОЛОГИИ
И МИКРОПРОЦЕССОРЫ В СРЕДСТВАХ
МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
для студентов специальности «Медицинская электроника»
заочной формы обучения

Составители:

Осипов Анатолий Николаевич,
Дик Сергей Константинович,
Кракаевич Сергей Викторович,
Зеленков Владимир Алексеевич

Редактор Т.П. Андрейченко
Корректор Н.В. Гриневич

Подписано в печать 17.08.2005.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 1,63.
Уч.-изд. л. 1,2.	Тираж 100 экз.	Заказ 168.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности №02330/0056964 от 01.04.2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности №02330/0131518 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6