

2.2. СТРУКТУРА И СОСТАВ ФОНДОВ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

2.2.1 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ РЕЙТИНГОВЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

1. Перечислите способы задания логической функции. Какой из перечисленных вами способов вы считаете наиболее удобным для применения?
2. В чем состоит отличие булевой алгебры от обычной?
3. Что такое набор?
4. Перечислите аксиомы и законы булевой алгебры.
5. В чем суть взаимного соответствия булевых функций и логических схем?
6. Что такое положительная и отрицательная логики?
7. Сформулируйте правила перехода от положительной логики к отрицательной, и наоборот.
8. Какие типы логических элементов в общей классификационной схеме относят к насыщенной логике, а какие нет?
9. Перечислите основные функциональные параметры логических элементов и дайте им пояснения.
10. Что такое статическая передаточная характеристика логического элемента? Как с ее помощью найти рабочие точки логического элемента? Как с ее помощью найти запасы статической помехоустойчивости логического элемента?
11. Как определить среднее время задержки распространения сигнала через логический элемент?
12. Объясните принцип работы базового логического элемента РТЛ. Какую логическую функцию он реализует?
13. В чем заключаются недостатки базового логического элемента РТЛ? Можно ли их устранить?
14. Какую функцию в базовом логическом элементе ДТЛ выполняют резисторы R_1 , R_2 и R_3 ?
15. Как топологически реализуются входная диодная сборка и остальные диоды в схеме базового логического элемента ДТЛ?
16. Как определить точку перегиба статической передаточной характеристики логического элемента ДТЛ? Как изменится эта характеристика, если между диодами VD_3 и VD_4 включить еще один диод?
17. Как изменяется статическая передаточная характеристика элемента ДТЛ при увеличении числа элементов, подключенных к ее выходу?
18. Какова цель введения транзистора VT_1 в схему модифицированного элемента ДТЛ? Какие параметры модифицированного элемента ДТЛ улучшает это введение?

19. С какой целью вводят стабилитрон в схему элемента ДТЛ с большим запасом помехоустойчивости?
20. В чем состоит цель введения многоэмиттерного транзистора в схему базового логического элемента ТТЛ? Как достигается снижение инверсного значения коэффициента усиления в многоэмиттерном транзисторе?
21. Какие недостатки имеет простой элемент ТТЛ?
22. С какой целью в базовый логический элемент ТТЛ введена схема сложного инвертора?
23. Какие характеристики базового логического элемента изменятся, если между транзистором и диодом верхнего плеча выходной цепи включить еще один диод?
24. Как улучшить форму статической передаточной характеристики базового элемента ТТЛ?
25. Что такое транзистор Шоттки?
26. Объясните, как включен диод Шоттки в транзисторе Шоттки? Почему такое включение снижает степень насыщения транзистора?
27. С какой целью в перспективном элементе ТТЛ входной многоэмиттерный транзистор заменен сборкой из диодов Шоттки? Как выглядит статическая передаточная характеристика такого элемента?
28. Объясните, с какой целью в схему элемента ТТЛ с тремя выходными состояниями между точкой «А» схемы и коллектором транзистора V_{T3} введен диод V_{D1} ?
29. Какими преимуществами в сравнении с элементами ТТЛ обладает эмиттерно-связанная логика?
30. Из каких соображений выбирается величина опорного напряжения в схемах ЭСЛ?
31. Какую функцию в схеме источника опорного напряжения элемента ЭСЛ выполняют два транзистора в диодном включении?
32. Почему в схемах ЭСЛ размах уровня логического сигнала не может быть большим (больше 1В)?
33. Какими недостатками обладают логические схемы ЭСЛ?
34. Что такое инжекционный транзистор?
35. Как выглядит вертикальная структуры инжекционного транзистора?
36. По какому пути движутся носители в инжекционном транзисторе?
37. Какими преимуществами и недостатками обладают логические схемы на элементах интегральной инжекционной логики?
38. Чем вызваны ограничения по числу коллекторов в инжекционном транзисторе?
39. Как работает полевой транзистор с индуцированным каналом?
40. Приведите статическую передаточную характеристику инвертора на n -канальных транзисторах и покажите на ней величину размаха логического сигнала?

41. Как можно увеличить размах логического сигнала в инверторе на n -канальных транзисторах?
42. Нарисуйте схему двухвходового логического элемента ИЛИ–НЕ на n -канальных транзисторах и ее статическую передаточную характеристику. Объясните, есть ли разница в уровнях логического «0» на выходе схемы в случаях, когда уровень логической «1» подан на один или на оба входа?
43. Какими преимуществами и недостатками обладают логические схемы на n -канальных транзисторах?
44. Какие электрические параметры полевых транзисторов необходимо согласовать для нормальной работы логических КМДП-схем?
45. Приведите статическую передаточную характеристику КМДП-инвертора и покажите, как с ее помощью можно определить его запасы помехоустойчивости?
46. Что такое двунаправленный ключ и как он работает? Есть ли такой элемент в схемах на n -канальных транзисторах и почему он отсутствует?
47. Объясните, почему в случае, когда нет изменения уровней логического сигнала на входах КМДП-схем, они практически не потребляют ток?

2.2.2. ВАРИАНТЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Булева алгебра. Различия между обычной и булевой алгеброй. Способы описания логических функций. Основные логические операции булевой алгебры «НЕ», «ИЛИ» и «И».
2. Транзисторно-транзисторная логика. Простой базовый элемент транзисторно-транзисторной логики. Реализуемая логическая функция. Сложный инвертор. Разновидности логических элементов транзисторно-транзисторной логики со сложным инвертором.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Булева алгебра. Таблица истинности логической операции. Положительная и отрицательная логика. Дуализм логических операций.
2. Транзисторно-транзисторная логика. Транзисторно-транзисторная логика с транзисторами Шоттки. Транзисторно-транзисторный логический элемент «И–ИЛИ–НЕ».

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Булева алгебра. Положительная и отрицательная логика. Булевы операции над набором из двух аргументов.
2. Транзисторно-транзисторная логика. Базовый элемент транзисторно-транзисторной логики со сложным инвертором. Элемент транзисторно-транзисторной логики с разрешением работы по входу.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Булева алгебра. Аксиомы и законы булевой алгебры. Взаимное соответствие булевых функций и логических схем.
2. Транзисторно-транзисторная логика. Транзисторно-транзисторный логический элемент с тремя выходными состояниями.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Булева алгебра. Условные графические изображения базовых логических элементов «НЕ», «ИЛИ» и «И» по ГОСТ 2.743-91. Логически эквивалентные формы представления базовых логических элементов.
2. Транзисторно-транзисторная логика. Транзисторно-транзисторный логический элемент со сложным инвертором. Разновидности элементов транзисторно-транзисторной логики со сложным инвертором.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Булева алгебра. Аксиомы и законы булевой алгебры. Условные графические изображения логических элементов «НЕ», «ИЛИ» и «И» по ГОСТ 2.743-82.
2. Эмиттерно-связанная логика (ЭСЛ). Базовый логический элемент эмиттерно-связанной логики. Логические уровни ЭСЛ. Схема источника опорного напряжения.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Булева алгебра. Логически эквивалентные формы представления базовых логических элементов.
2. Эмиттерно-связанная логика. Базовый логический элемент эмиттерно-связанной логики. Достоинства и недостатки логических схем эмиттерно-связанной логики.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Логический элемент «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ «ИЛИ» и способы его реализации с использованием базовых логических элементов «НЕ», «И», «И–НЕ», «ИЛИ» и «ИЛИ–НЕ».
2. КМДП логические схемы, реализующие трехуровневую логику на двух «слоях» КМДП-транзисторов.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Классификация логических интегральных микросхем по используемой элементной базе. Основные функциональные параметры логических элементов.
2. Интегральная инжекционная логика. Реализация логических схем «НЕ», «ИЛИ», «И», «ИЛИ–НЕ» и «И–НЕ» на элементах интегральной инжекционной логики. Логические уровни в элементах интегральной инжекционной логики.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Классификация логических интегральных микросхем по используемой элементной базе. Основные функциональные параметры логических элементов.
2. Логические элементы на МДП-транзисторах с индуцированным каналом. Статическая передаточная характеристика КМДП-инвертора. Пороговое напряжение.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Резисторно-транзисторная логика. Базовый логический элемент резисторно-транзисторной логики. Статическая передаточная характеристика элемента РТЛ. Нагрузочная способность логического элемента РТЛ.
2. Интегральная инжекционная логика. Реализация схемы дешифратора 1 из 8 на элементах интегральной инжекционной логики.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Резисторно-транзисторная логика. Базовый логический элемент резисторно-транзисторной логики. Статическая передаточная характеристика элемента РТЛ. Нагрузочная способность.
2. Логические элементы на МДП-транзисторах. Работа МДП-транзистора с индуцированным каналом. Статическая передаточная характеристика инвертора на n -канальных транзисторах. Топологическая реализация инвертора на n -канальных транзисторах.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Диодно-транзисторная логика. Схема базового логического элемента диодно-транзисторной логики. Статическая передаточная характеристика элемента ДТЛ.
2. Логические элементы на МДП-транзисторах. Схемы базовых логических элементов на n -канальных МДП-транзисторах. Инвертор на n -канальных МДП-транзисторах и его статическая передаточная характеристика.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Диодно-транзисторная логика. Усовершенствованный элемент диодно-транзисторной логики. Логический элемент ДТЛ со сложным инвертором.
2. Логические элементы на МДП-транзисторах. Схемы базовых логических элементов «НЕ», «ИЛИ» и «И» на n -канальных МДП-транзисторах. Статическая передаточная характеристика инвертора на n -канальных МДП-транзисторах.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Диодно-транзисторная логика. Усовершенствованный базовый логический элемент ДТЛ. Логический элемент ДТЛ со сложным инвертором. Помехоустойчивость логических элементов ДТЛ.
2. Логические элементы на МДП-транзисторах. Логические схемы на n -канальных МДП-транзисторах. Схемы, реализующие сложные логические функции на n -канальных МДП-транзисторах.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Диодно-транзисторная логика. Логический элемент диодно-транзисторной логики с высокой помехоустойчивостью.
2. Логические элементы на МДП-транзисторах. Схемотехника базовых логических элементов «НЕ», «ИЛИ–НЕ» и «И–НЕ», реализованных на МДП-транзисторах с дополняющими типами проводимости каналов (базовые КМДП-логические элементы).

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Транзисторно-транзисторная логика. Простейший логический элемент транзисторно-транзисторной логики. Логические уровни элементов ТТЛ.
2. Физические принципы работы полевого транзистора с индуцированным каналом. КМДП-транзисторы. Схема инвертора на полевых транзисторах дополняющих типов проводимости (КМДП-инвертор).

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Транзисторно-транзисторная логика. Логический элемент транзисторно-транзисторной логики со сложным инвертором. Разновидности логических элементов транзисторно-транзисторной логики со сложным инвертором.
2. Базовые логические элементы на комплементарных МДП-транзисторах. Двухнаправленный ключ на комплементарных МДП-транзисторах. Реализация схемы «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ «ИЛИ» на комплементарных МДП-транзисторах с использованием схемы двухнаправленного ключа.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Транзисторно-транзисторная логика. Логический элемент транзисторно-транзисторной логики с разрешением по входу.
2. Работа базовых логических элементов «НЕ», «ИЛИ-НЕ» и «И-НЕ» на МДП-транзисторах дополняющих типов проводимости. Логические схемы с тремя выходными состояниями, реализованные на МДП-транзисторах дополняющих типов проводимости.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Транзисторно-транзисторная логика. Логическая схема транзисторно-транзисторной логики с тремя выходными состояниями.
2. Аналоговые схемы на КМДП-транзисторах, использующие двунаправленный ключ.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Эмиттерно-связанная логика (ЭСЛ). Базовый логический элемент эмиттерно-связанной логики и реализуемые им логические функции. Логические уровни ЭСЛ.
2. Логические элементы интегральной инжекционной логики. Логические уровни в элементах интегральной инжекционной логики. Реализация логических схем «НЕ», «ИЛИ» и «И» на элементах интегральной инжекционной логики.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 22

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Логические элементы интегральной инжекционной логики. Логические уровни в элементах интегральной инжекционной логики. Реализация логических схем «НЕ», «ИЛИ» и «И» на элементах интегральной инжекционной логики.
2. Логические элементы на МДП-транзисторах. Инвертор на n -канальных МДП-транзисторах и его статическая передаточная характеристика. Топологическая реализация инвертора на n -канальных МДП-транзисторах.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 23

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Эмиттерно-связанная логика (ЭСЛ). Базовый логический элемент эмиттерно-связанной логики и реализуемые им логические функции. Схмотехническая реализация источника опорного напряжения в схемах эмиттерно-связанной логики.
2. Инвертор на полевых транзисторах дополняющих типов проводимости (КМДП-инвертор). Вариант топологической реализации КМДП-инвертора.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 24

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Логические элементы интегральной инжекционной логики. Логические уровни в элементах интегральной инжекционной логики. Реализация логических схем «НЕ», «ИЛИ» и «И» на элементах интегральной инжекционной логики. Схемы сопряжения элементов И₂Л с логическими элементами на биполярных транзисторах.
2. Логические элементы на МДП-транзисторах. Схмотехника базовых логических элементов «НЕ», «ИЛИ–НЕ» и «И–НЕ», реализованных на МДП-транзисторах с дополняющими типами проводимости каналов (КМДП-логические элементы).

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 25

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Классификация логических интегральных микросхем по используемой элементной базе. Основные функциональные параметры логических элементов.
2. Транзисторно-транзисторная логика. Логический элемент транзисторно-транзисторной логики со сложным инвертором. Разновидности логических элементов транзисторно-транзисторной логики со сложным инвертором.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 26

по курсу «Проектирование электронной элементной базы приборостроения»

1. Диодно-транзисторная логика. Схема базового логического элемента диодно-транзисторной логики. Статическая передаточная характеристика логического элемента ДТЛ.
2. Логические схемы «И–ИЛИ–НЕ» и «ИЛИ–И–НЕ» на КМДП-транзисторах.

Утверждаю

В. А. Шахнов

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «__» _____ г.

2.3. СПЕЦИФИКАЦИЯ УЧЕБНЫХ ВИДЕО- И АУДИОМАТЕРИАЛОВ, СЛАЙДОВ, ЭСКИЗОВ ПЛАКАТОВ И ДРУГИХ ДИДАКТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

2.3.1. СПЕЦИФИКАЦИЯ СЛАЙДОВ – КОНСПЕКТОВ ЛЕКЦИЙ

Название раздела	Число слайдов
1. Основы теории цифровых устройств	12
1.1. Булева алгебра. Способы задания логических функций. Взаимное соответствие булевых функций и логических схем. Аксиомы булевой алгебры. Законы булевой алгебры. Операции булевой алгебры над набором из двух аргументов. Положительная и отрицательная логики. Дуализм логических операций	8
1.2. Изображение базовых логических элементов на принципиальной электрической схеме, устанавливаемое ГОСТ 2.743-91. Правила перехода от положительной логики к отрицательной и обратно. Изображение базовых логических элементов на принципиальных электрических схемах, устанавливаемое стандартами МЭК-117 и <i>Mil-Space</i>	4
2. Классификация логических интегральных микросхем по используемой элементной базе и основные функциональные параметры логических элементов	5
2.1. Классификация логических интегральных микросхем по используемой элементной базе. Разновидности базовых логических элементов на биполярных транзисторах. Интегральная инжекционная логика. Базовые логические элементы на полевых p -канальных и n -канальных транзисторах и КМДП-логические элементы	1
2.2. Основные функциональные параметры логических элементов интегральных микросхем. Выполняемая логическая функция. Нагрузочная способность (коэффициент разветвления по выходу). Коэффициент объединения по выходу. Среднее время задержки распространения сигнала в логическом элементе. Статическая передаточная характеристика логического элемента. Энергия переключения	4
3. Схемотехника базовых логических элементов на биполярных транзисторах	24
3.1. Базовый логический элемент резисторно-транзисторной логики (схема). Выполняемая логическая функция. Статическая передаточная характеристика. Нагрузочная способность.	3
3.2. Базовый логический элемент диодно-транзисторной логики (схема). Выполняемая логическая функция. Статическая передаточная характеристика. Логический элемент ДТЛ со сложным инвертором (схема). Логический элемент ДТЛ с усовершенствованной входной цепью (схема). Логический элемент ДТЛ с увеличенным запасом помехоустойчивости (схема)	5
3.3. Логический элемент транзисторно-транзисторной логики (схема). Многоэмиттерный транзистор (топология). Базовый логический элемент ТТЛ со сложным инвертором (схема). Статическая передаточная характеристика элемента ТТЛ (график). Разновидности базовых логических элементов ТТЛ со сложным инвертором	7

(2 схемы). Базовый элемент ТТЛ с улучшенной формой статической передаточной характеристики (схема)	
3.3.1. Более схмотехнически сложные логические элементы ТТЛ. Логический элемент ТТЛ, реализующего логическую функцию «И–ИЛИ–НЕ» (схема). Логический элемент ТТЛ с разрешением работы по входу (схема). Логический элемент ТТЛ с тремя выходными состояниями (схема)	3
3.3.2. Усовершенствованные логические элементы ТТЛ. Логический элемент ТТЛ с транзисторами Шоттки (схема). Диод Шоттки, его прямая и обратная вольт-амперные характеристики. Топология биполярного транзистора с диодом Шоттки. Перспективный базовый логический элемент ТТЛШ (схема)	3
3.4. Эмиттерно-связанная логика. Дифференциальный каскад (схема). Базовый логический элемент ЭСЛ (схема). Статическая передаточная характеристика элемента ЭСЛ	3
4. Логические интегральные схемы на элементах интегральной инжекционной логики	8
4.1. Инжекционный транзистор. Вертикальный профиль структуры инжекционного транзистора. Базовые логические элементы «НЕ», «ИЛИ–НЕ», «ИЛИ», «И», «И–НЕ» на инжекционных транзисторах	2
4.2. Реализация цифровых устройств на элементах интегральной инжекционной логики. Дешифратор 1 из 8 на инжекционных транзисторах (схема). Топология дешифратора. Счетный триггер (<i>T</i> -триггера) на элементах интегральной инжекционной логики (схема). Топология <i>T</i> -триггера	4
4.3. Сопряжение узлов микросхем на элементах интегральной инжекционной логики с узлами на биполярных транзисторах. Схема перехода от биполярной части микросхемы к инжекционной. Схема перехода от инжекционной части микросхемы к биполярной	2
5. Схмотехника логических элементов на <i>n</i>-канальных МДП-транзисторах	6
5.1. Физика работы полевого транзистора с индуцированным каналом (схема). Пороговое напряжение и вольт-амперная характеристика полевого транзистора с индуцированным каналом	2
5.2. Схмотехника базовых логических элементов на <i>n</i> -канальных МДП-транзисторах. Инвертор (схема). Топология инвертора. Базовые логические элементы «И–НЕ» и «ИЛИ–НЕ» (2 схемы). Логические устройства на <i>n</i> -канальных транзисторах, реализующих более сложные логические функции (схема)	4
6. Схмотехника логических элементов на комплементарных МДП-транзисторах (КМДП)	14
6.1. КМДП-инвертор. Статическая передаточная характеристика и топология инвертора. Схемы защиты инвертора. Логические элементы «И–НЕ» и «ИЛИ–НЕ» на КМДП-транзисторах (2 схемы). Двухнаправленный ключ (схема)	5
6.2. Более сложные логические схемы на комплементарных МДП-транзисторах. Логическая схема с тремя выходными состояниями (2 схемы). Логический элемент «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ «ИЛИ» (схема). Логический элемент «И–ИЛИ–НЕ» (схема). Таблица состояний. Логический элемент «ИЛИ–И–НЕ» (схема). Таблица состояний. Схемы 3-уровневой логики на двух слоях КМДП-транзисторов (2 схемы)	9

2.3.2. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ДИДАКТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ЛЕКЦИЯМ

В разделе приведен типовой пример оформления дидактического материала по дисциплине на примере лекции, в которой излагаются теоретические основы и основные определения алгебры логики.

Методологически дисциплина строится на основе оптимального соотношения теоретических и прикладных вопросов с реализацией проектных методов обучения и участием студентов в экспериментальных (модельных) исследованиях в рамках семинарских занятий. Структура материала отличается реализацией блочно-вариативной концепции и внедрением проектных методов подготовки специалистов по «Наноинженерии».

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Цель курса: изучение схемотехники существующей элементной базы логических интегральных микросхем, используемой для построения электронных блоков аппаратуры приборостроения

Решаемые задачи:

1. Изучение теоретических основ построения цифровых микро- и наносистем.
2. Изучение основных функциональных параметров, характеризующих качественные показатели работы элементной базы электронных блоков аппаратуры приборостроения
3. Изучение схемотехники существующей элементной базы построения цифровых блоков аппаратуры приборостроения

Программа курса:

Лекции: 34 часа

Семинары: 34 часа

Домашние задания: 3 часа

Курсовая работа: 7-й семестр (52 часа)

Кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»
<http://nanotech.iu4.bmstu.ru>

МГТУ
им. Н.Э. Баумана

Лекция №1 «Основы теории цифровых устройств»

«Проектирование электронной элементной базы наносистем»

Лекция №1

Цель лекции:

- Изучить основы теории цифровых устройств
- Изучить способы представления логических функций
- Изучить аксиомы и основные теоремы алгебры логики

Кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»
<http://nanotech.iu4.bmstu.ru>

МГТУ
доц. Н.Э. Бурукина

«Проектирование электронной элементной базы наносистем»

Лекция №1

Алгебра логики (или булева алгебра) оперирует двоичными переменными “0” и “1”, которые подчиняются следующему условию:

$$\begin{aligned}x &= 1, \text{ если } x \neq 0, \text{ и} \\x &= 0, \text{ если } x \neq 1\end{aligned}$$

В основе булевой алгебры лежит понятие переключательной (или булевой) функции вида:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \text{ или } 1,$$

относительно аргументов x_1, x_2, \dots, x_n

Кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»
<http://nanotech.iu4.bmstu.ru>

МГТУ
доц. Н.Э. Бурукина

«Проектирование электронной элементной базы н/н/н/систем»

Лекция №1

Способы задания логической функции:

- **Словесный**
- **Алгебраическим выражением**
- **Таблицей истинности**

Кафедра ИУ4 «Проектирование и технологии производства электронной аппаратуры»
<http://nanotech.iu4.bmstu.ru>

МГТУ
 докт. Н.Э. Бурукина

«Проектирование электронной элементной базы н/н/н/систем»

Лекция №1

**Таблицы истинности основных логических операций
 булевой алгебры**

“НЕ”

x	y
0	1
1	0

“ИЛИ”

x2	x1	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

“И”

x2	x1	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Кафедра ИУ4 «Проектирование и технологии производства электронной аппаратуры»
<http://nanotech.iu4.bmstu.ru>

МГТУ
 докт. Н.Э. Бурукина

Аксиомы и законы булевой алгебры

Каждая аксиома вследствие принципа двойственности логических операций может быть представлена в двух видах:

- конъюнктивном
- дизъюнктивном

Аксиомы булевой алгебры

Аксиома операции отрицания:

$$\overline{\overline{0}} = 1; \quad \overline{\overline{1}} = 0.$$

Аксиомы операций конъюнкции и дизъюнкции:

	конъюнктивная форма	дизъюнктивная форма
1.	$0 \cdot 0 = 0$	$1 \vee 1 = 1$
2.	$1 \cdot 0 = 0 \cdot 1 = 0$	$0 \vee 1 = 1 \vee 0 = 1$
3.	$1 \cdot 1 = 1$	$0 \vee 0 = 0$

Законы булевой алгебры

конъюнктивная форма:

дизъюнктивная форма:

1. Переместительный

$$x1 \cdot x2 = x2 \cdot x1$$

$$x1 \vee x2 = x2 \vee x1$$

2. Сочетательный

$$x1 \cdot (x2 \cdot x3) = (x1 \cdot x2) \cdot x3 = x1 \cdot x2 \cdot x3$$

$$x1 \vee (x2 \vee x3) = (x1 \vee x2) \vee x3 = x1 \vee x2 \vee x3$$

3. Повторения

$$x \cdot x = x$$

$$x \vee x = x$$

4. Обращения

$$\text{Если } x1 = x2, \text{ то } \overline{x1} = \overline{x2}$$

5. Двойной инверсии

$$x = \overline{\overline{x}}$$

6. Нулевого множества

$$x \cdot 0 = 0$$

$$x \vee 0 = x$$

«Проектирование электронной элементной базы наносистем»

Лекция №1

Законы булевой алгебры**конъюнктивная форма:****дизъюнктивная форма:****7. Универсального множества**

$$x \cdot 1 = x$$

$$x \vee 1 = 1$$

8. Дополнительности

$$x \cdot \bar{x} = 0$$

$$x \vee \bar{x} = 1$$

9. Распределительный

$$x1 \cdot (x2 \vee x3) = x1 \cdot x2 \vee x1 \cdot x3$$

$$x1 \vee (x2 \cdot x3) = (x1 \vee x2) \cdot (x1 \vee x3)$$

10. Поглощения

$$x1 \vee x1 \cdot x2 = x1$$

$$x1 \cdot (x1 \vee x2) = x1$$

11. Склеивания

$$(x1 \vee x2) \cdot (x1 \vee \bar{x2}) = x1$$

$$x1 \cdot x2 \vee x1 \cdot \bar{x2} = x1$$

12. Инверсии (закон Де Моргана)

$$\overline{x1 \cdot x2} = \bar{x1} \vee \bar{x2}$$

$$\overline{x1 \vee x2} = \bar{x1} \cdot \bar{x2}$$

Кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»
<http://nanotech.iu4.bmstu.ru>

МГТУ
 им. Н.Э. Баумана

«Проектирование электронной элементной базы наносистем»

Лекция №1

Основные выводы:

1. Работа логических элементов цифровых электронных блоков микро- и наносистем описывается алгеброй логики, иначе называемой булевой алгеброй.
2. Основных логических операций три : "НЕ" , "ИЛИ", "И". Все остальные можно получить комбинацией этих трех операций.
3. Булева алгебра базируется на 4-х аксиомах и 12 основных теоремах
4. Существует положительная и отрицательная логики.
5. На принципиальных электрических схемах логические элементы изображаются согласно ГОСТ 2.743-82 «Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники»

Кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»
<http://nanotech.iu4.bmstu.ru>

МГТУ
 им. Н.Э. Баумана

Типовая структура слайда содержит название дисциплины, название (тему) лекции, название кафедры, ее электронный адрес и название университета.

На первом лекционном слайде отображается название лекции, ее цель и краткая характеристика содержания. Далее следуют слайды, иллюстрирующие содержание лекционного материала.

Заключительный слайд содержит выводы по теме лекции и информацию об условиях использования представленных презентационных материалов студентами, преподавателями и сторонними лицами.

Текст лекции, ее длительность, язык и насыщенность фактами и аргументами должна учитывать возрастную и социальный состав аудитории. Не рекомендуется писать весь материал лекции дословно. Бывает, что перед самым началом лекции приходится вносить срочные изменения, и сделать их, конечно, легче в конспекте, чем в дословном тексте. При подготовке текста особое внимание рекомендуется уделять его началу и окончанию. Начало не должно быть слишком затянутым, не надо начинать с общих, всем известных фраз. Необходимо сразу заинтересовать слушателей, задеть, что называется, за «живое», показать связь предмета лекции с реальными, известными из повседневной жизни событиями и объектами.

При выступлении необходимо стремиться избегать всяческих канцеляризов, сорных слов типа «значит», «так сказать» и т. д., жаргонных выражений. Живости, ясности выступления способствуют народные поговорки и пословицы, цитаты из литературных произведений и «крылатые слова» великих людей. Но и здесь необходимо знать меру. Считается, что при получасовом выступлении возможно использование 2–3 цитат и до 5 округленных цифр. Как в случае с подготовкой природоохранных материалов в печать, текст выступления рекомендуется подготавливать за 2–3 дня до выступления в черновом варианте, а затем снова вернуться к нему.

Психологи отмечают, что внимание аудитории к лектору постепенно начинает снижаться уже через 15 минут после начала. В связи с этим не рекомендуется слишком затягивать свое выступление. Доказано также, что восприятие материала возрастает при комплексности воздействия на органы чувств человека. Поэтому желательно демонстрировать на лекции цветные слайды, видеофильмы, образцы, красочные плакаты и т. п.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплект учебно-методического обеспечения по дисциплине «Проектирование электронной компонентной базы» подготовлен на основе единой концепции создания учебных пособий и методических материалов, входит в комплекс дисциплин подготовки бакалавров и магистров по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение» (уровень бакалавриата).

Конспект лекций по дисциплине содержит рекомендации по организации и проведению лекционных и семинарских занятий, перечень слайдов, типовых плакатов и другие дидактические материалы, необходимые профессорско-преподавательскому составу для ее преподавания.

Структура и состав учебно-методического обеспечения соответствуют требованиям федеральных законов от 10.07.1992 г. № 3266-1-ФЗ «Об образовании» (с изменениями и дополнениями) и от 22.08.1996 г. № 125-ФЗ «О высшем и послевузовском профессиональном образовании» (с изменениями и дополнениями), Типового положения об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении), утвержденного постановлением Правительства РФ от 14 февраля 2008 г. № 71.

В заключение авторы выражают надежду на то, что представленные материалы будут полезны при подготовке к лекционным и семинарским занятиям и тем представителям профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений, которые уже освоили преподавание указанной дисциплины, и тем его представителям, которым еще предстоит это сделать.

Данный УМК разработан сотрудниками кафедры ИУ4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры» и кафедры ИУК1 «Проектирование и технология производства электронных приборов» Калужского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана в соответствии с самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом (СУОС), основной профессиональной образовательной программой и учебным планом МГТУ им. Н.Э. Баумана по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение» (уровень бакалавриата).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Уэйкерли Дж. Ф.* Проектирование цифровых устройств. Т. 1. – М. : Постмаркет, 2002. – 544 с.
2. *Преснухин Л. Н., Воробьев Н. В., Шишкевич А. А.* Расчет элементов цифровых устройств. – М. : Высшая школа, 1991. – 526 с.
3. *Хайнеман Р.* PSPICE. Моделирование работы электронных схем. – М. : ДМК-Пресс, 2002. – 336 с. : ил.
4. *Быстров Ю. А., Великсон Я. М.* Электроника : справочная книга. – СПб. : Энергоатомиздат, СПб. отд-е, 1996. – 544 с.
5. *Хоровиц П., Хилл У.* Искусство схемотехники. В 3 т. – М. : Мир, 1993.
6. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем : справочник. В 2 т. / Под ред. *В. А. Шахнова.* – М. : Радио и связь, 1988.
7. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы : справочник / Под ред. *В. С. Якубовского.* – М. : Радио и связь, 1990. – 496 с.
8. *Шило И. Л.* Популярныe цифровые микросхемы : справочник. – М. : Радио и связь, 1987. – 352 с. : ил.
9. *Пухальский Г. И., Новосельцева Т. Я.* Проектирование дискретных устройств на интегральных микросхемах : справочник. – М. : Радио и связь, 1990. – 304 с.
10. *Зельдин Е. А.* Цифровые интегральные микросхемы в информационно-измерительной технике. – Л. : Энергоатомиздат, 1986. – 280 с. : ил.
11. *Парфенов О. Д.* Технология микросхем : учеб. пособие для вузов / Парфенов О. Д. - М. : Высш. шк., 1986. - 318 с. : ил. - Библиогр.: с. 317.
12. *Варламов П. И., Елсуков К. А., Макарчук В. В.* Технологические процессы в нанотехнологии : учеб. -метод. комплекс по тем. направлению деятельности ННС "Нанотехнологии" : учеб. пособие для вузов / Варламов П. И., Елсуков К. А., Макарчук В. В. ; ред. Шахнов В. А. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 175 с. : ил. - (Библиотека "Нанотехнологии" : в 17 кн. ; кн. 2). - Библиогр.: с. 173. - ISBN 978-5-7038-3493-0.
13. *Королёв М. А.* Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : в 2 ч : учебное пособие / М. А. Королёв, Т. Ю. Крупкина, М. А. Ревелева; под редакцией Ю. А. Чаплыгина. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 400 с. — ISBN 978-5-00101-814-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151589>

14. *Макарчук В. В., Родионов И. А., Цветков Ю. Б.* Методы литографии в нанотехнологии : учеб. -метод. комплекс по тем. направлению деятельности ННС "Нанотехнология" : учеб. пособие для вузов / Макарчук В. В., Родионов И. А., Цветков Ю. Б. ; ред. Шахнов В. А. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 175 с. : ил. - (Библиотека "Нанотехнология" : в 17 кн. ; кн. 9). - Библиогр.: с. 171. - ISBN 978-5-7038-3500-5.
15. *Макарчук В. В., Родионов И. А.* Проектирование электронной элементной базы наносистем : учеб. -метод. комплекс по тем. направлению деятельности ННС "Нанотехнология" : учеб. пособие для вузов / Макарчук В. В., Родионов И. А. ; ред. Шахнов В. А. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 156 с. : ил. - (Библиотека "Нанотехнология" : в 17 кн. ; кн. 5). - Библиогр.: с. 154. - ISBN 978-5-7038-3496-1.
16. *Мурога С.* Системное проектирование сверхбольших интегральных схем: в 2 кн. / Пер. с англ. – М.: Мир, 1985.
17. *Пирс К., Адамс А., Цай Дж., Сейдел Т., Макгиллис Д.* Технология СБИС. В 2-х кн., Кн.1. Пер. с англ. Под ред. С.Зи. – М.: Изд-во «Мир», 1986. – 404 с.: ил.
18. *Парфенов О.Д.* Конструирование полупроводниковых интегральных схем: Методические указания по курсовому проектированию по курсу «Конструирование и технология микросхем». – М.: МВТУ, 1984. – 27 с.: ил.
19. *Парфенов О.Д.* Расчет и конструирование интегральных резисторов: метод. указания по курсовому проектированию по курсу "Микроминиатюризация электронно-вычислительных средств". – М.: Изд-во МГТУ, 1994. – 27 с.: ил.
20. *Парфенов О.Д.* Расчет и конструирование интегральных транзисторов. /Методические указания по курсовому проектированию. – М.: Изд-во МГТУ, 1997. – 19.с.: ил.
21. *Макарчук В.В.* Проектирование топологии биполярного планарно-эпитаксиального транзистора: Методические указания к курсовому проектированию по курсу «Технологические процессы микроэлектроники». – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 20 с.: ил.
22. *Красников Г.Я.* Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов – М.: Техносфера, 2011. - 800 с.
23. *Рабан Ж.М., Чандракасан А., Николич Б.* Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования. / 2-е изд, пер. с англ. – М.: Вильямс, 2007. — 912 с.
24. *Уэйкерли Дж.Ф.* Проектирование цифровых устройств: в 2-х томах. – М.: Изд-во «Постмаркет», - 2002. – 544 с.: ил.
25. *Красников Г.Я., Горнев Е.С., Матюшкин И.В.* Общая теория технологий и микроэлектроника. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. — 434 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	7
СПИСОК ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ	8
1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ	8
1.1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ.....	10
1.1.1. Булева алгебра.....	10
1.1.2. Аксиомы и законы булевой алгебры.....	134
1.1.3. Взаимное соответствие булевых функций и логических схем.....	14
1.1.4. Положительная и отрицательная логика	17
1.1.5. Изображение базовых логических элементов на принципиальной электрической схеме	178
Контрольные вопросы к лекции.....	179
1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И ЕЕ ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ	220
1.2.1. Классификация электронной элементной базы приборостроения по используемым активным элементам и технологиям микроэлектроники.....	21
1.2.2. Основные функциональные параметры логических элементов электронной элементной базы приборостроения.....	212
1.2.3. Выполняемая логическая функция.....	212
1.2.4. Нагрузочная способность (коэффициент разветвления по выходу)	213
1.2.5. Коэффициент объединения по входу.....	214
1.2.6. Средняя задержка распространения сигнала.....	215
1.2.7. Предельная рабочая частота	217
1.2.8. Помехоустойчивость	217
1.2.9. Потребляемая мощность	30
Контрольные вопросы к лекции.....	317

1.3. СХЕМОТЕХНИКА ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ	32
1.3.1. Резисторно-транзисторная логика.....	32
1.3.2. Недостатки ЛЭ РТЛ.....	35
Контрольные вопросы к лекции.....	36
1.4. ДИОДНО-ТРАНЗИСТОРНАЯ ЛОГИКА	32
1.3.1. Схема базового логического элемента ДТЛ.....	32
1.3.2. Недостатки схемы ДТЛ.....	39
1.3.3. Схема ДТЛ с увеличенным запасом помехоустойчивости	40
Контрольные вопросы к лекции.....	42
1.5. ТРАНЗИСТОРНО-ТРАНЗИСТОРНАЯ ЛОГИКА	43
1.5.1. Схема базового логического элемента ТТЛ	43
1.5.2. Разновидности элементов ТТЛ.....	48
1.5.3. Микросхемы ТТЛ повышенного быстродействия.....	50
Контрольные вопросы к лекции.....	55
1.6. ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТТЛ С РАСШИРЕННЫМИ ЛОГИЧЕСКИМИ ФУНКЦИЯМИ	56
Контрольные вопросы к лекции.....	59
1.7. ЭМИТТЕРНО-СВЯЗАННАЯ ЛОГИКА.....	60
1.7.1. Схема базового логического элемента ЭСЛ.....	60
1.7.2. Особенности схем ЭСЛ.....	61
Контрольные вопросы к лекции.....	65
1.8. СХЕМОТЕХНИКА ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ НА ИНЖЕКЦИОННЫХ ТРАНЗИСТОРАХ	66
1.8.1. Общие понятия.....	66
1.8.2. Инжекционный транзистор.....	66
1.8.3. Применение интегральной инжекционной логики в схемотехнике цифровых устройств	69
1.8.4. Сопряжение функциональных узлов микросхем, реализованных на элементах интегральной инжекционной логики с биполярной частью интегральной микросхемы.....	73
Контрольные вопросы к лекции.....	75
1.9. СХЕМОТЕХНИКА ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ НА N-КАНАЛЬНЫХ МДП-ТРАНЗИСТОРАХ.....	76
1.9.1. Физика работы полевого транзистора с индуцированным каналом	76
1.9.2. Схемотехника базовых логических элементов на n-канальных МДП-транзисторах	78
1.9.3. Схемотехника базовых логических элементов «И–НЕ» и «ИЛИ–НЕ» на n-канальных МДП-транзисторах	82
Контрольные вопросы к лекции.....	85
1.10. СХЕМОТЕХНИКА ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ НА КОМПЛЕМЕНТАРНЫХ МДП-ТРАНЗИСТОРАХ	86
1.10.1. Инвертор на транзисторах с дополняющими типами проводимости канала (КМДП-инвертор).....	86

1.10.2. Схемотехническая реализация базовых логических элементов «ИЛИ–НЕ» и «И–НЕ» на КМДП-транзисторах.....	92
1.10.3. Схемотехническая реализация двунаправленного ключа на КМДП-транзисторах.....	92
Контрольные вопросы к лекции.....	93
1.11. СХЕМОТЕХНИКА ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ НА КОМПЛЕМЕНТАРНЫХ МДП-ТРАНЗИСТОРАХ	94
1.11.1. Схемотехника логических схем с тремя выходными состояниями на КМДП-транзисторах.....	94
1.11.2. Мультиплексор на КМДП-транзисторах	96
1.11.3. Схемотехническая реализация логического элемента «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ “ИЛИ”» на КМДП-транзисторах с использованием схемы двунаправленного ключа	97
Контрольные вопросы к лекции.....	99
1.12. СХЕМОТЕХНИКА ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ НА КОМПЛЕМЕНТАРНЫХ МДП-ТРАНЗИСТОРАХ	100
Контрольные вопросы к лекции.....	93
2. НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	107
2.1. ПРИМЕРНАЯ БАЗОВАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ	108
2.2. СТРУКТУРА И СОСТАВ ФОНДОВ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	101
2.2.1. Перечень вопросов для рейтинговых и контрольных мероприятий.....	117
2.2.2. Варианты экзаменационных билетов.....	1200
2.3. СПЕЦИФИКАЦИЯ УЧЕБНЫХ ВИДЕО- И АУДИОМАТЕРИАЛОВ, СЛАЙДОВ, ЭСКИЗОВ ПЛАКАТОВ И ДРУГИХ ДИДАКТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	1333
2.3.1. Спецификация слайдов – конспектов лекций	1333
2.3.2. Пример оформления дидактических материалов по лекциям.....	145
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	151
ЛИТЕРАТУРА.....	153

Учебно-методический комплекс
по укрупненным группам специальностей и направлений
«Информатика и вычислительная техника» и «Приборостроение»

Владимир Васильевич **Макарчук**
Илья Анатольевич **Родионов**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Редакторы: xxx
Технические редакторы: xxx
Корректор: xxx
Компьютерная графика: xxx
Дизайн обложки: xxx

Оригинал-макет подготовлен
в Издательстве МГТУ им. Н. Э. Баумана.
Тел. xxx

Подписано в печать 14.09.2022. Формат 60×90/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 11. Тираж 500 экз. Заказ № xxx

Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана
105005, Москва, 2-я Бауманская, 5.
E-mail: press@bmstu.ru
<http://www.press.bmstu.ru>

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н. Э. Баумана
105005, Москва, 2-я Бауманская, 5.
Тел.: xxx