|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ КОМПЕТЕНЦИИ

«Синтез компактных моделей

электронных компонентов и систем»

Итогового (межрегионального) этапа Чемпионата по профессиональному мастерству «Профессионалы»

2025 г.

Конкурсное задание разработано экспертным сообществом и утверждено Менеджером компетенции, в котором установлены нижеследующие правила и необходимые требования владения профессиональными навыками для участия в соревнованиях по профессиональному мастерству.

**Конкурсное задание включает в себя следующие разделы:**

[1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ 3](#_Toc142037183)

[1.1. Общие сведения о требованиях компетенции 3](#_Toc142037184)

[1.2. Перечень профессиональных задач специалиста по компетенции «Синтез компактных моделейэлектронных компонентов и систем» 3](#_Toc142037185)

[1.3. Требования к схеме оценки 6](#_Toc142037186)

[1.4. Спецификация оценки компетенции 6](#_Toc142037187)

[1.5. Конкурсное задание 7](#_Toc142037188)

[1.5.1. Разработка/выбор конкурсного задания 7](#_Toc142037189)

[1.5.2. Структура модулей конкурсного задания (инвариант/вариатив) 7](#_Toc142037190)

[2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРАВИЛА КОМПЕТЕНЦИИ 11](#_Toc142037191)

[2.1. Личный инструмент конкурсанта 12](#_Toc142037192)

[2.2.Материалы, оборудование и инструменты, запрещенные на площадке 12](#_Toc142037193)

[3. ПРИЛОЖЕНИЯ 12](#_Toc142037194)

**ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ**

1. *ID (Drain) – Ток стока полевого транзистора*
2. *VG (Gate) – Напряжение на затворе полевого транзистора*
3. *VD (Drain) – Напряжение на стоке полевого транзистора*
4. *VS (Source) – Напряжение на истоке полевого транзистора*
5. *VB (Body) – Напряжение на подложке полевого транзистора*
6. *SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) – Симулятор электронных схем*
7. *ВАХ – Вольтамперная характеристика*
8. *ГОСТ – Государственный стандарт*
9. *ЕСКД –Единая система конструкторской документации*
10. *МОП-транзистор – полевой транзистор с изолированным затвором*
11. *ПС – Профессиональный стандарт*
12. *СПО – Среднее профессиональное образование*
13. *ФГОС – Федеральный образовательный стандарт*
14. *ЦУ – Цифровое устройство*
15. *ИС – Интегральная схема*

1.ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРЕБОВАНИЯХ КОМПЕТЕНЦИИ

Требования компетенции (ТК) «Синтез компактных моделей электронных компонентов и систем» определяют знания, умения, навыки и трудовые функции, которые лежат в основе наиболее актуальных требований работодателей отрасли.

Целью соревнований по компетенции является демонстрация лучших практик и высокого уровня выполнения работы по соответствующей рабочей специальности или профессии.

Требования компетенции являются руководством для подготовки конкурентоспособных, высококвалифицированных специалистов / рабочих и участия их в конкурсах профессионального мастерства.

В соревнованиях по компетенции проверка знаний, умений, навыков и трудовых функций осуществляется посредством оценки выполнения практической работы.

Требования компетенции разделены на четкие разделы с номерами и заголовками, каждому разделу назначен процент относительной важности, сумма которых составляет 100.

1.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ СПЕЦИАЛИСТА ПО КОМПЕТЕНЦИИ «СИНТЕЗ КОМПАКТНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ И СИСТЕМ»

*Таблица №1*

**Перечень профессиональных задач специалиста**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Раздел** | **Важность в %** |
| 1 | **Измерение параметров и характеристик изделий твердотельной электроники**Специалист должен знать и понимать:* современную элементную базу, используемую в радиоэлектронике;
* сущность физических процессов, протекающих в электронных приборах и устройствах;
* виды средств измерений и методы измерений;
* метрологические показатели средств измерений, погрешности измерений;
* приборы формирования измерительных сигналов;
* основные методы измерения электрических величин;
* требования охраны труда, пожарной, промышленной, экологической безопасности и электробезопасности;
* прикладные компьютерные программы для обработки результатов измерений и порядок работы в них;
* методы обработки результатов измерений с использованием средств вычислительной техники;
* принципы работы, устройство, технические возможности измерительного оборудования в объеме выполняемых работ

Специалист должен уметь:* составлять измерительные схемы, подбирать по справочным материалам измерительные средства и измерять с заданной точностью различные электрические и радиотехнические величины;
* пользоваться измерительной аппаратурой;
* определять и анализировать основные параметры электронных схем и по ним определять работоспособность устройств электронной техники.
 | 15 |
| 2 | **Разработка и моделирование радиоэлектронных устройств**Специалист должен знать и понимать:* современную элементную базу, используемую в радиоэлектронике;
* сущность физических процессов, протекающих в электронных приборах и устройствах;
* принципы включения электронных приборов и построения электронных схем;
* основы схемотехники;
* основы компьютерного моделирования и проектирования;
* специальные пакеты прикладных программ для моделирования радиоэлектронных средств: наименования, возможности и порядок работы в них;
* методики построения компьютерных моделей конструкций блоков с низкой плотностью компоновки элементов;
* требования Единой системы конструкторской документации (далее - ЕСКД), государственных национальных, военных и отраслевых стандартов, технических условий в области конструирования радиоэлектронных средств;
* прикладные компьютерные программы для создания графических документов: наименования, возможности и порядок работы в них;
* прикладные компьютерные программы для создания текстовых документов: наименования, возможности и порядок работы в них;

Специалист должен уметь:* анализировать техническое задание;
* выбирать и обосновывать схемотехническое решение;
* выполнять расчеты необходимых параметров радиоэлектронных устройств;
* осуществлять подбор элементной базы и средств измерений;
* использовать системы автоматизированного проектирования для разработки радиоэлектронных устройств;
* оценивать результаты разработки и моделирования радиоэлектронных устройств и проводить корректирующие действия;
 | 50 |
| 3 | **Анализ электрических схем радиоэлектронных изделий**Специалист должен знать и понимать:* современную элементную базу, используемую в радиоэлектронике;
* принципы работы электронных компонентов;
* основные электрические характеристики различных компонентов;
* методы анализа электрических схем;
* анализ сигналов и их характеристик;
* программные инструменты, используемыми для анализа электрических схем, такие как SPICE-симуляторы (например, LTspice, PSpice), электронные CAD-системы (например, AltiumDesigner, Cadence, Delta Design), а также программы для моделирования и симуляции (например, MATLAB, Simulink);
* различные виды технической документации, такие как схемы, справочники, даташиты компонентов и стандарты

Специалист должен уметь:* интерпретировать результатов измерений и предлагать улучшения или корректировки, если необходимо;
* идентифицировать потенциальные проблемы схем, такие как перекрестные помехи, нестабильность сигналов, неправильное включение компонентов;
* определять и анализировать основные параметры электронных схем и по ним определять работоспособность устройств электронной техники;
* предлагать варианты оптимизации схем для достижения требуемых характеристик.
 | 35 |

1.3. ТРЕБОВАНИЯ К СХЕМЕ ОЦЕНКИ

Сумма баллов, присуждаемых по каждому аспекту, должна попадать в диапазон баллов, определенных для каждого раздела компетенции, обозначенных в требованиях и указанных в таблице №2.

*Таблица №2*

**Матрица пересчета требований компетенции в критерии оценки**

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерий/Модуль** | **Итого баллов за раздел ТРЕБОВАНИЙ КОМПЕТЕНЦИИ** |
| **Разделы ТРЕБОВАНИЙ КОМПЕТЕНЦИИ** |  | **A** | **Б** | **В** | **Г** | **Д** |  |
| **1** | 15 |  |  |  |  | 15 |
| **2** |  | 25 | 25 |  |  | 50 |
| **3** |  |  |  | 25 | 10 | 35 |
| **Итого баллов за критерий/****модуль** | 15 | 25 | 25 | 25 | 10 | **100** |

1.4. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИИ

Оценка Конкурсного задания будет основываться на критериях, указанных в таблице №3:

*Таблица №3*

**Оценка конкурсного задания**

| **Критерий** | **Методика проверки навыков в критерии** |
| --- | --- |
| **А** | Измерения вольтамперных характеристик электронных компонентов схемы | Экспертная оценка результатов измерений, предоставленных в виде электронного отчета. При оценке учитывается точность и полнота документирования результатов измерений на основании электронного отчета, представленного конкурсантом.  |
| **Б** | Синтез компактных моделей электронных компонентов схемы | Экспертная оценка результатов экстракции параметров модели. Проверка качества синтезированной модели на основании электронного отчета, представленного конкурсантом. |
| **В** | Разработка SPICE-модели и расчет статических параметров цифрового устройства | Экспертная оценка результатов проверки правильности работы цифрового устройства и точности расчета статических параметров ЦУ на основании электронного отчета, представленного конкурсантом. |
| **Г** | Анализ переходных процессов и оптимизация цифрового устройства | Экспертная оценка результатов анализа работы цифрового устройства и оптимизации цифрового устройства на основании электронного отчета, представленного конкурсантом. |
| **Д** | Представление результатов | Экспертная оценка презентации и устного доклада конкурсанта. |

1.5. КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ

Общая продолжительность Конкурсного задания[[1]](#footnote-1): 15 ч.

Количество конкурсных дней: 3 дня

Вне зависимости от количества модулей, КЗ должно включать оценку по каждому из разделов требований компетенции.

Оценка знаний участника должна проводиться через практическое выполнение Конкурсного задания. В дополнение могут учитываться требования работодателей для проверки теоретических знаний / оценки квалификации.

1.5.1. Разработка/выбор конкурсного задания

Конкурсное задание состоит из пяти модулей, включает обязательную к выполнению часть (инвариант) – четырех модулей, и вариативную часть – одного модуля. Общее количество баллов конкурсного задания составляет 100.

1.5.2. Структура модулей конкурсного задания

Для выполнения модулей конкурсантам предоставляется техническое задание на проектирование цифрового устройства (ЦУ) и выдаются электронные компоненты, из которых должна состоять схема заданного цифрового устройства (МОП-транзисторы с индуцированным каналом n-типа и p-типа).

**Техническое задание:**

Спроектировать и смоделировать схему асинхронного RS-триггера на КМОП логических элементах 2ИЛИ-НЕ, обладающую следующими характеристиками:

* напряжение питания – 5 В;
* емкость нагрузки – 100 пФ.

**Модуль А. Измерения вольтамперных характеристик электронных компонентов схемы** (инвариант)

*Время на выполнение модуля: 3 часа*

**Задания:**

*Для каждого выданного электронного компонента:*

1. *Выбрать диапазоны измерений для тока и напряжения. Обосновать свой выбор. Установить на приборах соответствующие пределы измерений. Задать шаг, с которым будет происходить приращение напряжения.*
2. *Собрать схему для измерения передаточной характеристики транзистора. Выполнить измерения и занести значения точек измерения в таблицу.*
3. *Собрать схему для измерения выходной характеристики транзистора. Выполнить измерения и занести значения точек измерения в таблицу.*
4. *Изобразить графически полученные вольтамперные характеристики.*
5. *Оформить отчет в формате doc или pdf. Включить в него обоснование выбора диапазонов измерений, схемы для измерений ВАХ, результаты измерений в табличной и графической форме.*

**Модуль Б. Синтез компактных моделей электронных компонентов схемы** (инвариант)

*Время на выполнение модуля: 3 часа*

Для МОП-транзистора с каналом n-типа задать длину и ширину канала
L = 1 мкм, W = 2 мкм и толщину подзатворного диэлектрика SiO2,
равную 22 нм.

Для МОП-транзистора с каналом p-типа задать длину и ширину канала
L = 1 мкм, W = 4 мкм и толщину подзатворного диэлектрика SiO2,
равную 22 нм.

**Задания:**

1. *По измеренной передаточной характеристике определить значение порогового напряжения (VT0) для каждого транзистора.*
2. *Определить коэффициент модуляции длины канала (LAMBDA) по измеренной выходной характеристике для каждого транзистора.*
3. *По измеренным характеристикам определить удельную крутизну (KP) для каждого транзистора.*
4. *Рассчитать удельную емкость подзатворного диэлектрика.*
5. *Выбрать уровень сложности (LEVEL) компактной модели транзистора. Выбор обосновать.*
6. *Синтезировать компактные модели каждого транзистора, используя экстрагированные параметры.*
7. *Смоделировать ВАХ транзисторов с помощью полученных SPICE-моделей.*
8. *Сравнить смоделированные ВАХ транзисторов с экспериментальными. Оценить точность синтезированных моделей.*
9. *Оформить отчет в формате doc или pdf. Включить в него результаты экстракции SPICE-параметров, сравнение рассчитанных ВАХ с измеренными и вывод о точности синтезированных моделей. Приложить файлы с моделями (нетлисты).*

**Модуль В. Моделирование и расчет статических параметров цифрового устройства** (инвариант)

*Время на выполнение модуля: 4 часа*

**Задания:**

1. *Нарисовать схемы КМОП логического элемента 2ИЛИ-НЕ и триггера на этих логических элементах.*
2. *Задать схему логического элемента с использованием полученных SPICE-моделей транзисторов и схему триггера в выбранной системе моделирования.*
3. *Рассчитать таблицы истинности для логического элемента 2ИЛИ-НЕ и для триггера. Сделать выводы о работоспособности цифровых устройств.*
4. *Построить передаточную характеристику логического элемента 2ИЛИ-НЕ для определения статических параметров.*
5. *Определить значения напряжений логического нуля, логической единицы, значения пороговых напряжений логического нуля и логической единицы, а также помехоустойчивость.*
6. *Определить токи логического нуля и логической единицы.*
7. *Рассчитать потребляемую статическую мощность в состоянии логического нуля и в состоянии логической единицы.*
8. *Собрать на макетной плате схему логического элемента 2ИЛИ-НЕ, используя комплементарную пару транзисторов. Проверить работоспособность схемы.*
9. *Оформить отчет в формате doc или pdf. Включить в него схемы цифровых устройств, результаты проверки правильности их работы, результаты расчетов передаточной характеристики и параметров 2ИЛИ-НЕ. Приложить файлы с моделями.*

**Модуль Г. Анализ переходных процессов и оптимизация цифрового устройства** (вариатив)

*Время на выполнение модуля: 2 часа*

**Задания:**

1. *Выполнить анализ переходных процессов логического элемента. Определить динамические параметры логического элемента 2ИЛИ-НЕ (время нарастания, спада и задержки), используя заданную емкость нагрузки.*
2. *Определить максимальную частоту переключения устройства.*
3. *Рассчитать максимальную (пиковую) потребляемую мощность логического элемента при переключении.*
4. *Исследовать различные варианты улучшения характеристик логического элемента (быстродействие, потребляемая мощность), изменяя SPICE-параметры транзисторов, и сравнить их результаты. Сделать вывод.*
5. *Оформить отчет в формате doc или pdf. Включить в него определение динамических параметров (включая графики), максимальной частоты переключения, максимальной (пиковой) потребляемой мощности, анализ вариантов улучшения параметров и рекомендации по оптимизации цифрового устройства. Приложить файлы с моделями.*

**Модуль Д. Представление результатов** (инвариант)

*Время на выполнение модуля: 3 часа*

**Задания:**

1. *Оформить презентацию, включающую описание цифрового устройства, основные шаги при разработке моделей, результаты измерений и симуляции (включая графики), выводы о точности синтезированных моделей и рекомендации по оптимизации синтезированных моделей.*
2. *Сделать устный доклад с показом презентации (не более 10 минут).*

2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРАВИЛА КОМПЕТЕНЦИИ*[[2]](#footnote-2)*

* Все работы по выполнению конкурсного задания проводятся под строгим соблюдением правил техники безопасности и охраны труда.
* Все лица должны обладать знаниями об электростатическом разряде и использовать электростатические браслеты при работе с электронными компонентами.
* В случае выявления фактов нарушения нормативных требований охраны труда – отстранение от выполнения конкурсного задания на 10 мин, повторное ознакомление с правилами требований охраны труда.
* При оценке работ конкурсантов используются следующие понятия:
‣ некритическая ошибка – это ошибка, которая не ведет к полной потере функциональности синтезированного устройства, обычно связана с оформлением работы. Примеры некритических ошибок: отсутствие обозначения единицы измерения параметра; отсутствие подписей осей на графиках; несоблюдение требований ЕСКД;
‣ критическая (грубая) ошибка может вызвать некорректную работу схемы. Примеры критических ошибок: неправильное соединение элементов; при проверке работоспособности устройства тестовый сигнал не учитывает все возможные комбинации входных данных.

2.1. Личный инструмент конкурсанта

Участник вправе использовать собственный СИЗ (при желании), включающий в себя индивидуальное средство защиты органов дыхания.

2.2. Материалы, оборудование и инструменты, запрещенные на площадке:

* любые средства мобильной связи;
* средства фото- и видео записи;
* канцелярские средства, такие как блокноты, ручки и т.п., кроме имеющихся на рабочих столах и входящих в его комплектацию;
* средства электронного хранения информации (флэш-карты, USB-накопители, переносные внешние диски и т.п.);
* смарт-часы, фитнесс-браслеты и прочие персональные гаджеты.

Весь необходимый инструмент, оборудование и СИЗ (кроме собственного СИЗ участника) предоставляются организаторами.

3. Приложения

Приложение 1. Инструкция по заполнению матрицы конкурсного задания

Приложение 2. Матрица конкурсного задания

Приложение 3. Инструкция по охране труда

1. *Указывается суммарное время на выполнение всех модулей КЗ одним конкурсантом.* [↑](#footnote-ref-1)
2. *Указываются особенности компетенции, которые относятся ко всем возрастным категориям и чемпионатным линейкам без исключения.* [↑](#footnote-ref-2)