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

КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ КОМПЕТЕНЦИИ

«Синтез компактных моделей

электронных компонентов и систем»

**Финал чемпионата высоких технологий 2024**

2024 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 моделей электронных 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 11](#_Toc142037192)

[2.2.Материалы, оборудование и инструменты, запрещенные на площадке 11](#_Toc142037193)

[3. ПРИЛОЖЕНИЯ 11](#_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*

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, Altium Designer, 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. 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:**

Синтезировать макромодель (SPICE-модель) логического КМОП элемента 2ИЛИ-НЕ со следующими параметрами:

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

**Модуль А. Измерения вольтамперных характеристик электронных компонентов схемы**

*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 передаточных характеристик транзистора. Выполнить измерения и занести значения точек измерения в таблицу.*
3. *Собрать схему для измерения выходных характеристик транзистора. Выполнить измерения и занести значения точек измерения в таблицу.*
4. *Рассчитать погрешности измерений по классу точности приборов.*
5. *Изобразить графически полученные вольтамперные характеристики.*
6. *Оформить отчет. Включить в него обоснование выбора диапазонов измерений, схемы для измерений ВАХ, результаты измерений в табличной и графической форме, расчет погрешности измерений.*

**Модуль Б. Синтез компактных моделей электронных компонентов схемы**

*Время на выполнение модуля: 3 часа*

**Задания:**

1. *По измеренной передаточной характеристике определить удельную крутизну (KP) для каждого транзистора.*
2. *По измеренной передаточной характеристике определить значение порогового напряжения при нулевом смещении между подложкой и истоком (VT0) для каждого транзистора.*
3. *Определить коэффициент модуляции длины канала (LAMBDA) по измеренной выходной характеристике для каждого транзистора.*
4. *Задать при необходимости другие SPICE-параметры транзисторов.*
5. *Выбрать уровень сложности (LEVEL) компактной модели транзистора. Выбор обосновать.*
6. *Синтезировать компактные модели каждого транзистора, используя экстрагированные параметры. Все остальные значения SPICE-моделей использовать заданными по умолчанию.*
7. *Рассчитать ВАХ транзисторов с помощью программы моделирования Spice.*
8. *Сравнить рассчитанные ВАХ транзисторов с экспериментальными данными. Оценить точность синтезированных моделей.*
9. *Оформить отчет. Включить в него результаты экстракции SPICE-параметров, компактные модели транзисторов, сравнение рассчитанных ВАХ с измеренными и вывод о точности синтезированных моделей.*

**Модуль В. Разработка SPICE-модели и расчет статических параметров цифрового устройства**

*Время на выполнение модуля: 3 часа*

**Задания:**

1. *Нарисовать схему заданного цифрового устройства.*
2. *Описать схему устройства на языке SPICE, используя систему моделирования.*
3. *Рассчитать таблицу истинности и проверить работоспособность схемы. Сделать выводы и корректировки при необходимости.*
4. *Рассчитать передаточную функцию схемы по постоянному току для определения статических параметров.*
5. *Определить значения напряжений логического нуля, логической единицы, значения пороговых напряжений логического нуля и логической единицы, а также помехоустойчивость.*
6. *Сравнить напряжение логического нуля с заданным значением. Сделать вывод.*
7. *Рассчитать потребляемую мощность.*
8. *Оформить отчет. Включить в него схему цифрового устройства, результаты проверки правильности работы цифрового устройства, результаты расчетов передаточной кривой и напряжений, потребляемой мощности.*

**Модуль Г. Анализ переходных процессов и оптимизация цифрового устройства**

*Время на выполнение модуля: 3 часа*

**Задания:**

1. *Выполнить анализ переходных процессов. Рассчитать время задержки схемы (время нарастания, спада и задержки), используя заданную емкость нагрузки.*
2. *Определить работу (энергию) переключения.*
3. *Выполнить многовариантный анализ схемы. Сделать вывод.*
4. *Исследовать различные варианты улучшения производительности цифрового устройства, используя SPICE-моделирование, и сравнить их результаты.*
5. *Оформить отчет. Включить в него расчет времени задержки, работы (энергии) переключения, результаты многовариантного анализа схемы, анализ вариантов улучшения производительности и рекомендации по оптимизации цифрового устройства.*

**Модуль Д. Представление результатов**

*Время на выполнение модуля: 3 часа*

**Задания:**

1. *Оформить презентацию, включающую описание цифрового устройства, основные шаги при разработке моделей, результаты измерений и симуляции, выводы о точности синтезированных моделей и рекомендации по оптимизации синтезированных моделей.*
2. *Сделать устный доклад с показом презентации (не более 5 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 и электростатические халаты при работе с компонентами, электронными сборками и иным оборудованием, требующим соблюдения мер антистатической защиты.
* В случае выявления фактов нарушения нормативных требований охраны труда – отстранение от выполнения конкурсного задания на 10 мин, повторное ознакомление с правилами требований охраны труда.

2.1. Личный инструмент конкурсанта

Конкурсант 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 и технике безопасности по компетенции «Синтез компактных моделей электронных компонентов и систем».

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)