



ВСЕРОССИЙСКОЕ
ЧЕМПИОНАТНОЕ
ДВИЖЕНИЕ
ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ
МАСТЕРСТВУ

КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ КОМПЕТЕНЦИИ

«Синтез компактных моделей

электронных компонентов и систем»

региональный этап Чемпионата по профессиональному
мастерству «Профессионалы»

Ростовская область

регион проведения

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
1.1. Общие сведения о требованиях компетенции.....	3
1.2. Перечень профессиональных задач специалиста по компетенции «Синтез компактных моделей электронных компонентов и систем»	3
1.3. Требования к схеме оценки	6
1.4. Спецификация оценки компетенции	6
1.5. Конкурсное задание	7
1.5.1. Разработка/выбор конкурсного задания	7
1.5.2. Структура модулей конкурсного задания (инвариант/вариатив).....	7
2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРАВИЛА КОМПЕТЕНЦИИ	11
2.1. Личный инструмент конкурсанта	12
2.2. Материалы, оборудование и инструменты, запрещенные на площадке	12
3. ПРИЛОЖЕНИЯ.....	12

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. *VAX – 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: <ul style="list-style-type: none">• современную элементную базу, используемую в радиоэлектронике;• сущность физических процессов, протекающих в	15

	<p>электронных приборах и устройствах;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>Специалист должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 	
2	<p>Разработка и моделирование радиоэлектронных устройств</p> <p>Специалист должен знать и понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 	50

	<p>порядок работы в них;</p> <p>Специалист должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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; 	
3	<p>Анализ электрических схем радиоэлектронных изделий</p> <p>Специалист должен знать и понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>Специалист должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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		А	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.

Критерий		Методика проверки навыков в критерии
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 задания¹: 18 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 шести модулей, включает обязательную к выполнению часть (инвариант) - пять 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).

¹ Указывается суммарное время на выполнение всех модулей КЗ одним конкурсантом.

Техническое задание:

Спроектировать и смоделировать схему полного трехвходового дешифратора на КМОП элементах 2И-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 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 $L=100$ мкм, $W=100$ мкм и толщину подзатворного диэлектрика SiO_2 , равную 22 нм.

Для МОП-транзистора с каналом p-типа задать длину и ширину канала $L=100$ мкм, $W=200$ мкм и толщину подзатворного диэлектрика SiO_2 , равную 22 нм.

Задания:

- 1) По измеренной передаточной характеристике определить значение порогового напряжения (V_{T0}) 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 емкость подзатворного диэлектрика.
- 5) Выбрать уровень сложности ($LEVEL$) компактной модели транзистора. Выбор обосновать.
- 6) Синтезировать компактные модели каждого транзистора, используя экстрагированные параметры.
- 7) Смоделировать V_{AX} транзисторов с помощью полученных $SPICE$ -моделей.
- 8) Сравнить смоделированные V_{AX} транзисторов с экспериментальными. Оценить точность синтезированных моделей.
- 9) Оформить отчет в формате *pdf*. Включить в него результаты экстракции $SPICE$ -параметров, сравнение рассчитанных V_{AX} 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: 3 часа

Задания:

- 1) Нарисовать схему заданного цифрового устройства.*
- 2) Описать схему заданного цифрового устройства с использованием полученных SPICE-моделей.*
- 3) Рассчитать таблицу истинности и проверить работоспособность схемы. Сделать выводы.*
- 4) Построить передаточную характеристику схемы 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) Оформить отчет в формате pdf. Включить в него схему цифрового устройства, результаты проверки правильности работы цифрового устройства, результаты расчетов передаточной характеристики и параметров схемы. Приложить файлы с моделями.*

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

Время на выполнение модуля: 3 часа

Задания:

- 1) Выполнить анализ переходных процессов. Определить время задержки схемы (время нарастания, спада и задержки), используя заданную емкость нагрузки.*
- 2) Определить частоту переключения устройства.*
- 3) Рассчитать максимальную (пиковую) потребляемую мощность ЦУ при переключении.*

- 4) *Исследовать различные варианты улучшения характеристик ЦУ (быстродействие, потребляемая мощность) цифрового устройства, изменяя SPICE-параметры транзисторов, и сравнить их результаты. Сделать вывод.*
- 5) *Оформить отчет в формате pdf. Включить в него определение времен задержки, 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, 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 КОМПЕТЕНЦИИ²

- 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.

² Указываются особенности компетенции, которые относятся ко всем возрастным категориям и чемпионатным линейкам без исключения.

- 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 ошибка делает невозможным корректное функционирование синтезированного устройства.

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, фитнес-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».