

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

С. Власов

- 14 ГОСУДАРСТВОМ СОЗДАНЫ УСЛОВИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИЗДЕЛИЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

КОЛОНКА ДЕПАРТАМЕНТА

РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- 21 МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ «ИНТЕЛЛЕКТ
МАШИН И МЕХАНИЗМОВ» И ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ ПО РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСАМ

22 НОВОСТИ

РЕПОРТАЖ С ПРЕДПРИЯТИЯ

Ю. Ковалевский, В. Мейлицев

- 36 НАДЕЖНОСТЬ КОМПОНЕНТА – ЭТО ОТРАБОТАННАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ И ЖЕСТКИЙ КОНТРОЛЬ
ВИЗИТ В ООО «КУЛОН»

СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А. Строгонов, М. Белых, Д. Пермяков, В. Полковников

- 46 МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БИС С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ

В статье рассмотрены основные механизмы деградации МОП-транзисторов субмикронных БИС, способы построения моделей МОП-транзисторов с учетом эффектов старения, требования к маршруту проектирования высоконадежных КМОП БИС и инструменты проектирования с учетом надежности, реализованные в наиболее широко применяемых САПР.

Ключевые слова: деградация характеристик МОП-транзисторов, моделирование надежности, эффект старения, инжекция горячих носителей, электромиграция, макромодель, SPICE-модель, BERT, RelXpert, Virtuoso Spectre

Т. Грёткер, С. Белоусов

- 58 СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССОРЫ ASIP И СПОСОБЫ ИХ
ВЕРИФИКАЦИИ

Рассматриваются основные преимущества разработки специализированных процессоров (ASIP) с помощью инструментов, входящих в платформу ASIP Designer от компании Synopsys, и подробно обсуждаются подходы верификации полученного процессора: проверка функциональной модели процессора, тестирование программного обеспечения и профилирование, а также верификация RTL.

Ключевые слова: специализированные процессоры, Synopsys, платформа ASIP Designer, верификация проектов процессоров

А. Соловьев, С. Курдюков

66 **СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЭМС В СРЕДЕ CoventorMP**

Специализированная платформа разработки CoventorMP позволяет эффективно проектировать, оптимизировать и интегрировать МЭМС-устройства. В статье рассмотрен основной функционал, возможности системы, а также особенности инструментов MEMS+ и CoventorWare, входящих в состав CoventorMP.

Ключевые слова: специализированная платформа разработки, CoventorMP, МЭМС, MEMS+, CoventorWare, параметрическая модель, MATLAB Simulink

А. Гимеин

72 **DELTA DESIGN – СОВРЕМЕННАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ САПР ЭЛЕКТРОНИКИ СКВОЗНОГО ЦИКЛА**

Компания «ЭРЕМЕКС» разработала САПР Delta Design, которая отвечает современным требованиям разработчиков РЭА и реализует сквозной цикл проектирования изделия с поддержкой российских ГОСТов. В статье рассмотрен основной функционал и возможности этой САПР.

Ключевые слова: САПР Delta Design, топологический трассировщик ТороR, система аналогового моделирования SimOne, система цифрового моделирования Simtera, менеджер библиотек LiBerty

И. Белков, Ю. Еремеев, И. Малышев, С. Рыбкин

80 **РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПАССИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ И ИХ ИНТЕГРАЦИЯ В СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

В статье рассмотрена методика построения моделей электронных компонентов на примере создания моделей СВЧ чип-индуктивностей и чип-резисторов производства АО «НПО «ЭРКОН» в САПР Delta Design 3.0.

Ключевые слова: САПР Delta Design 3.0, чип-индуктивность, чип-резистор, симулятор SPICE, эквивалентная схема

АВТОМОБИЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

А. Йеллепедди

88 **УВЕЛИЧЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЛИДАРОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА СЛЕЖЕНИЯ**

Важнейшим параметром лидара является дальность обнаружения объектов, от которого зависит безопасность автомобиля. В статье описан эффективный метод улучшения характеристик лидара, позволяющий повысить качество обнаружения объектов и надежность системы.

Ключевые слова: лидар, автономный автомобиль, 3D-карта, дальность обнаружения, порог обнаружения, слежение

МИКРОПРОЦЕССОРЫ И ПЛИС

С. Шумилин

92 **МИКРОКОНТРОЛЛЕР АО «ПКК МИЛАНДР» НА БАЗЕ ПРОЦЕССОРНОГО ЯДРА RISC-V ДЛЯ ПРИБОРОВ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Рассмотрен микроконтроллер K1986BK025 компании АО «ПКК Миландр» на базе процессорного ядра RISC-V. Приведена информация о характеристиках и функциональных возможностях данного микроконтроллера.

Ключевые слова: микроконтроллер, RISC-V, прибор учета электроэнергии

ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА

А. Белоус, В. Солодуха

98 **ДОВЕРЕННАЯ ЭКБ ДЛЯ ДОВЕРЕННЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ ПЛАТФОРМ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

Часть 1

Рассмотрены основные концепции, тенденции, особенности развития относительно нового и стремительно развивающегося направления микроэлектроники – проектирования кибербезопасной ЭКБ для доверенных аппаратно-программных платформ.

Ключевые слова: вирусы, программные и аппаратные трояны, киберугрозы, «пирамида кибербезопасности»

СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА

В. Кочемасов, А. Сафин, С. Дингес

108 ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ СВЧ-ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ С ВЫСОКОЙ СКОРОСТЬЮ КОММУТАЦИИ

Часть 3

Рассмотрены твердотельные СВЧ-переключатели с высокой скоростью коммутации. Приведена информация о различных типах переключателей на транзисторах, выпускаемых рядом производителей.

Ключевые слова: твердотельный СВЧ-переключатель, время переключения, диапазон частот, входная мощность, развязка, вносимые потери

КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЯ

О. Грицан, А. Кантышев, А. Пивак, С. Потапов

124 ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН

Рассмотрены решения с использованием оборудования компании Rohde & Schwarz, позволяющие оптимизировать измерения параметров зеркальных антенн.

Ключевые слова: зеркальная антенна, диаграмма направленности, коэффициент усиления

130 АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТОКА НАГРУЗКИ

Рассмотрены процессы, происходящие в системе электропитания при изменении тока нагрузки. Описаны различные методы анализа таких процессов с использованием осциллографов.

Ключевые слова: электропитание, нагрузка, осциллограф

Л. Цзян, Ф. Ван, К. Солуша, К. Мэтьюс

136 ПРАКТИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ СИНФАЗНЫХ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ШУМОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ КОНДУКТИВНЫХ ПОМЕХ

Знание того, где появляются синфазные и дифференциальные шумы в спектре кондуктивного излучения, позволяет разработчикам источников питания эффективно применять методы подавления электромагнитных помех. В статье представлен практический метод выделения синфазных и дифференциальных помех для импульсного стабилизатора LTC7818 от Analog Devices.

Ключевые слова: электромагнитные помехи, импульсный стабилизатор, кондуктивное излучение, синфазный шум, дифференциальный шум

СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

С. Коновалов, Т. Шер, В. Громов, К. Герасимов

140 ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ МНОГОРАЗРЯДНЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ДРАЙВЕРОВ

Представлен комплект интегральных микросхем многозарядных высоковольтных драйверов. Приведены краткое описание функционального и схематехнического построения, конструктивно-технологическое решение, основные электрические характеристики.

Ключевые слова: высоковольтные КМОП-драйверы, высокое быстродействие, структурная схема, временная диаграмма

А. Кузнецов

146 **DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СЕРИИ QAE_{xx}U-K С УЛУЧШЕННОЙ ОПЦИЕЙ HOLD-UP**

DC/DC-преобразователи серии QAE_{xx}U-K с улучшенной опцией hold-up от компании P-DUKE Technology представляют собой полноценное интегрированное решение для любых систем питания

Ключевые слова: силовые модули, Hold-up-конденсаторы, диапазон напряжений от 14 до 160 В

А. Ге

152 **ПРОГРАММИРУЕМОЕ ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ И ЛИТИЕВЫХ БАТАРЕЙ**

Рассматриваются наиболее популярные типы аккумуляторов: свинцово-кислотные и литиевые, их свойства и различия, а также даются некоторые рекомендации, как выбрать зарядное устройство, чтобы решить многие технические проблемы применения.

Ключевые слова: свинцово-кислотные и литиевые батареи, программируемое зарядное устройство

МИКРОМОДУЛИ И МИКРОБЛОКИ

А. Хохлун, С. Чигиринский, Р. Шайдуллин

156 **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СБОРКИ СИЛОВЫХ МОДУЛЕЙ И ПРИБОРОВ**

Обсуждаются перспективные полупроводниковые и керамические материалы, а также технологии сборки силовых полупроводниковых модулей для получения изделий с повышенной надежностью, высокими электрическими и эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: силовые полупроводниковые модули, IGBT-модуль, металлизированные подложки,DBC-подложки, AMB-подложки, спекание под давлением, синтеринг

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

В. Семёнов

162 ДЛ Я ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ СТРАНЕ НУЖЕН МАССОВЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

В статье обсуждается опыт ООО «ТЕХНОТЕХ» по освоению технологии производства базовых материалов для печатных плат. Рассматриваются проблемы отечественных производителей печатных плат, предлагается решение, создающее условия для устойчивого развития отрасли.

Ключевые слова: стеклотекстолит, базовые материалы, инфраструктура производства печатных плат, массовый потребитель печатных плат, импортозамещение

И. Коняшов

166 КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ОТ YAMANA ДЛ Я SMD-МОНТАЖА – YAMANA TOTAL LINE SOLUTION

Решения от Yamaha благодаря своей гибкости и производительности обеспечивают самый широкий спектр потребностей клиентов: от массового производства несложных изделий с небольшой номенклатурой компонентов до штучных изделий высокой сложности.

Ключевые слова: SMD-производство, комплект оборудования, программное обеспечение

НАДЕЖНОСТЬ И ИСПЫТАНИЯ

К. Янгс

172 МЕНЬШЕ ДЕФЕКТОВ, БОЛЬШЕ БЕЗОПАСНОСТИ: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ИНСПЕКЦИИ

А. Белоусов, И. Архипов

176 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛ Я РЕШЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Рассмотрены измерительные системы, которые позволяют контролировать геометрические параметры на степень износа и годность используемых ручных средств измерений и средств допускового контроля.

Ключевые слова: координатно-измерительная машина, программное обеспечение, длиномер, измерительно-инспекционная машина

ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

С. Лапшинов, Д. Затекин, В. Шахнов, А. Юдин

182 ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА: ПРОЕКТНОЕ ОБУЧЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Часть 2

Во второй части статьи продолжается рассмотрение примеров разработки мобильных роботов для соревнований, проводится сравнение роботов разных лет. Обсуждается также технологическая база для учебных проектов образовательной робототехники.

Ключевые слова: робот, проектное обучение, соревнования Eurobot