

Вопросы терминологии и классификация инверторов

Часть 4

Евгений Силкин (elsi-mail@ya.ru)

В четвёртой части статьи будут кратко рассмотрены возможные дополнительные элементы в классификации автономных инверторов, имеющие, в определённом смысле, частный характер, которые в то же время могут быть полезными и неформальными.

Продолжая тему, начатую в предыдущих частях статьи [1–3], отметим, что реальный инвертор, кроме силовой части, обычно содержит и различные вспомогательные (слаботочные) цепи (ГОСТ 18311-80), в том числе цепь (систему) управления. Системы управления-регулирования инверторов сегодня могут, в частности, иметь равное количество входов-выходов аналогичного назначения, одинаковые «обратные» связи, конструктивное исполнение, габариты и вес и выполняться на одной и той же (или подобной) элементной базе, но принципиально отличаться при этом качеством функционирования. Термины «управление» и «регулирование» применительно к автономным инверторам (АИ) имеют смысл (и их различают, так сложилось в течение минимум последних пятидесяти лет), соответственно, как операции (процесс) формирования, распределения (или «расстановки») и подачи управляющих сигналов на вентили силовой части (управление инвертором) и как «управление режимом» устройства и (или) технологическим процессом (суть – «регулирование», варьирование нагрузки, стабилизация, поддержание параметра или параметров, программное изменение и прочее). По принципу управления и способу функционирования системы управления-регулирования инверторы разделяются на устройства с независимым возбуждением, зависимым возбуждением и автогенераторные [4].

В системах с независимым возбуждением (в схеме управления) содержится отдельный маломощный источник колебаний для управления силовым инвертором, который и задаёт основную частоту выходного сигнала. При таком возбуждении в общем случае управление осуществляется от импульсов управляемого задающего генератора (преобразователя напряжения в частоту). Независимое

возбуждение реализуется в том числе и в различных устройствах с «фазовой автоподстройкой частоты».

В классическом представлении определение моментов включения вентилях на каждом интервале повторяемости при зависимом возбуждении (инвертора) «производится времязадающими или фазосдвигающими устройствами, синхронизируемыми выходным напряжением или током инвертора». В общем случае синхронизация может осуществляться не только выходным напряжением или током инвертора, но и любым другим сигналом или комбинацией сигналов (в любой цепи силовой схемы инвертора и нагрузки, если это обосновано и/или необходимо), а синхронизирующий сигнал (комбинация сигналов) преобразуется цепью управления по амплитуде и фазе, или, точнее, временному сдвигу (классическое представление) в сигналы управления вентилями [4–6].

Примером мощных автогенераторных устройств (инверторов) могут служить лампы генераторы для электротехнологии (в них есть и положительная обратная связь, и контроль фаз сигналов обратной связи, а также выполняются необходимые и достаточные «условия», или балансы фаз и амплитуд). В ГОСТ 24346-80 под «самовозбуждением» понимается «возбуждение колебаний (вибрации) системы поступлением энергии от неколебательного источника, которое регулируется движением самой системы». Наиболее же широко на практике используются маломощные автогенераторные устройства (инверторы).

АИ выполняются по следующим схемам (имеются в виду силовая часть и способ соединения вентилях схемы): одноключевым или четвертьмостовым (quarter-bridge), нулевым (with zero terminal), полумостовым (half-bridge), мостовым (full-bridge) однофазным и

многофазным, одно- и многоячейковым (multiple connection, multicellular), а также составным (composite circuit, при питании от нескольких источников по числу секций инвертора). К многоячейковым относятся, в частности, «многоуровневые» (multi-level inverter) и «матричные» (matrix inverter) схемы.

Однонаправленная («нулевая», оригинальный перевод в самом источнике) схема преобразователя, по IEV (551-15-12, single-way connection (of a converter)), определяется как «преобразовательное соединение, такое, что ток через каждую из фазных клемм цепи переменного тока является однонаправленным». В [7] нулевая схема, называемая также «однонаправленной», – это «схема преобразователя, в которой ток через каждый из фазных выводов цепи переменного тока протекает только в одном направлении». Заметим, что название «нулевая схема» для инверторов получило распространение от вводимых в силовую часть в некоторых технических решениях выходных трансформаторов с «нулевыми выводами» (в первичных обмотках) и для АИ определения «нулевой схемы» из IEV и [7] неприменимы (кроме того, их также можно отнести и в общем к неудачным). В [8] рассмотрены варианты «нулевых схем» инверторов тока без выходных трансформаторов. Определяющим для всех «нулевых схем» инверторов является использование в соединении вентилях только одной группы (анодной, катодной, коллекторной или эмиттерной, истоковой и т.д.) и замена вентилях другой группы на обмотки, в частности от одного или нескольких нагрузочных трансформаторов, или на реакторы (см. рис. 1).

Многоячейковым устройством, согласно IEV (multiple connection, multi-connected converter), называется преобразователь (инвертор), «состоящий из двух или более преобразовательных блоков, соединённых параллельно или последовательно или параллельно и последовательно, каждый из которых является действующим преобразователем». В [7] же со ссылкой на МЭС 551-12-41 дано следующее неудачное определение многоячейкового пре-

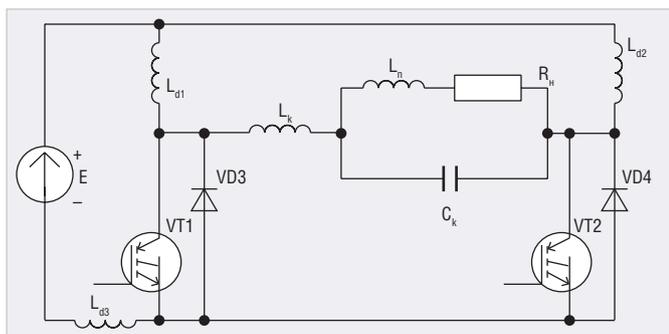


Рис. 1. Инвертор тока с квазирезонансной коммутацией, выполненный по нулевой схеме

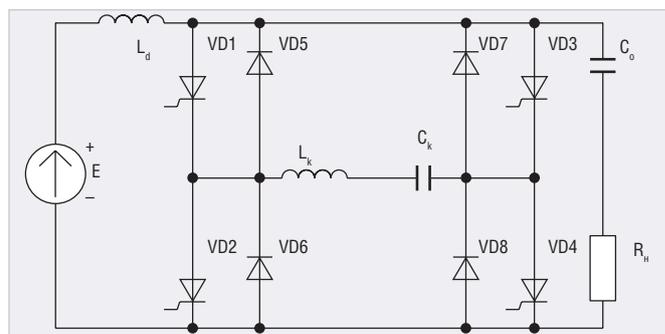


Рис. 2. Согласованный инвертор с удвоением частоты и резонансной коммутацией

образователя: «Электронный преобразователь, состоящий из двух или более преобразовательных блоков, каждый из которых работает самостоятельно». Многоячейковость традиционно предполагает «идентичность» составляющих инвертор преобразовательных ячеек. При этом каждая из ячеек может преобразовывать постоянный ток в переменный (является полнофункциональной) и сохраняет работоспособность при отключении или закорачивании остальных ячеек (или их части). Многоячейковость в инверторах используется и сегодня, в частности для увеличения выходной частоты или мощности устройства, улучшения гармонического состава и (или) регулирования выходного сигнала, разгрузки входных фильтров, а также для снижения требований к вентилям по предельным токам и напряжениям или частотным свойствам.

В качестве дополнительного (уточняющего) классификационного признака для АИ можно применить также и понятие (наличие явления или принцип) «умножения (выходной) частоты (инвертором)». Если полный цикл работы всех вентилях инвертора равен периоду выходной частоты, то АИ относится к устройствам без умножения частоты. В случае же если время цикла работы всех вентилях превышает период выходной частоты, инвертор следует относить к устройствам с умножением частоты. Умножение частоты, очевидно, может быть получено как за счёт применения специального алгоритма управления (инверторы с «ударным возбуждением» или «ударной генерацией», релаксаторы [9] второго вида), так и за счёт самого схемотехнического решения (удвоители частоты, несимметричные инверторы, инверторы с выходными трансформаторами, многоячейковые схемы умножения частоты). Для примера рассмотрим классическую схему однофазного мостового согласованного (резонансного) инвертора с удвоением частоты (см. рис. 2). Если нагрузка R_n в этой схеме

включена в диагональ переменного тока (симметричная схема) вентильного моста ($V_1...V_8$), умножения (удвоения) частоты нет. В случае же включения нагрузки R_n в цепь разделительного конденсатора (C_0 , удвоение частоты, несимметричная схема) период выходной частоты в два раза меньше времени полного цикла работы всех вентилях схемы ($V_1...V_8$). При этом заметим, что схему с нагрузкой R_n в цепи разделительного конденсатора C_0 можно считать «двухъячейковым» инвертором с преобразовательными ячейками в виде полумостов.

Инверторы имеют открытый или закрытый вход. При открытом входе цепь источника питания инвертора обладает «малым» или «близким к нулю» [10] сопротивлением (импедансом) для переменной составляющей потребляемого тока основной частоты. При высоком сопротивлении цепи источника питания для переменной составляющей тока инвертор имеет закрытый вход. В частности, классический инвертор тока (а также нулевой инвертор тока (см. рис. 1), инвертор тока с квазирезонансной коммутацией (см. рис. 2 [2]) и согласованные инверторы (см. рис. 1 [2] и рис. 2)) реализуется с закрытым входом, что (автоматически) обеспечивается элементами самой схемы (дроссель в цепи постоянного тока высокой индуктивности). Закрытый (или открытый) вход может быть также организован и за счёт дополнительных компонентов схем, например соответствующего фильтра на входе инвертора.

В заключение отметим, что оптимальный выбор автономного инвертора, способного удовлетворить заданным техническим требованиям (конкретной задаче), должен основываться на тщательном и всестороннем сопоставлении характеристик различных схем и типов инверторов (в соответствии, в том числе, с приведённой в статье классификацией).

Автор предлагает специалистам обсудить на страницах журнала проблемы,

касающиеся применяемой сегодня в силовой электронике, в том числе в инверторной преобразовательной технике, терминологии на русском и английском языках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Силкин Е. Вопросы терминологии и классификация инверторов. Часть 1. Современная электроника. 2018. № 6. С. 74–78.
2. Силкин Е. Вопросы терминологии и классификация инверторов. Часть 2. Современная электроника. 2018. № 7. С. 96–99.
3. Силкин Е. Вопросы терминологии и классификация инверторов. Часть 3. Современная электроника. 2018. № 8. С. 90–95.
4. Силкин Е. Элементы классификации автономных инверторов и свойства согласованного инвертора с резонансной коммутацией. Часть 2. Силовая электроника. 2017. № 5. С. 58–66.
5. Silkin E.M. Method for controlling resonance-tuned inverter with diodes connected in parallel opposition. Derwent Industry and Technology Patents Profiles, Thomson Scientific, 2001. pp. 124–126.
6. Силкин Е.М. Управление по вычисляемому прогнозу параллельным инвертором тока со стабилизирующим диодом. Тез. Докл. ВНТК, посвящ. микроэлектронике в машиностроении, 14–16 ноября 1989 г. Ульяновск, 1989. С. 81–84.
7. Силовая электроника: краткий энциклопедический словарь терминов и определений /под ред. Ф.И. Ковалёва и М.В. Рябичицкого. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 90 с.
8. Силкин Е. Применение нулевых схем инверторов тока с квазирезонансной коммутацией. Силовая электроника. 2005. № 3. С. 84–87.
9. Силкин Е. Автономные несимметричные одноключевые инверторы с закрытым входом для новых электротехнологических систем. Силовая электроника. 2008. № 2. С. 110–117.
10. Ивенский Г.В., Пискулов А.Е. Принципы построения схем и классификация резонансных автономных инверторов. Электротехническая пром-сть. 1972. Вып. 7. С. 15–17.

ПЕРСОНА НОМЕРА

- № 1 / стр. 4 «Работать с российскими инженерами – одно удовольствие!»
- № 1 / стр. 8 «Мы хотим, чтобы передовые технологии были доступны всем нашим пользователям»
- № 2 / стр. 4 Российская микроэлектроника не стоит на месте
- № 3 / стр. 4 Чтобы быть в авангарде, необходимо предлагать актуальные решения и формировать новые рынки
- № 4 / стр. 4 «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК источники электропитания» – 20 лет на рынке
- № 4 / стр. 8 HARTING в эпоху Индустрии 4.0
- № 5 / стр. 4 Инерциальные МЭМС-датчики производства АО «ГИРООПТИКА» АЛЕКСАНДР БЕКМАЧЕВ, НАТАЛИЯ ПОПОВА
- № 6 / стр. 4 Секрет качества HARTING: ни одно изделие ни при каких обстоятельствах не может быть возвращено заказчиком!
- № 8 / стр. 4 Перевод проектирования электроники в виртуальную плоскость – вопрос времени
- № 8 / стр. 10 Эстетика, созвучная времени высоких технологий. Художница из Саратова нашла нестандартное применение устаревшим приборам

РЫНОК

- № 1 – 9 Новости российского рынка
- № 1 / стр. 18 Форум дистрибьюторов ЭК 2017: игроки прежние, правила новые. Эксперты убеждены, что время классической дистрибуции закончилось
- № 1 / стр. 24 Будущее электромобилей в России АНДРЕЙ КАШКАРОВ
- № 2 / стр. 10 Российская электроника в поисках «дирижёра». Войти в готовую экосистему будет сложнее, поэтому, пока есть возможность, необходимо создавать свою
- № 3 / стр. 14 К цифровой революции готовы. Эксперты убеждены: в ближайшей перспективе будут востребованы комплексные решения
- № 4 / стр. 16 Автопром как двигатель прогресса в электронике. Часть 1. Автомобили и электроника СЕРГЕЙ ВОЛКОВОЙ
- № 6 / стр. 12 Автопром как двигатель прогресса в электронике. Часть 2. Электромобили, их перспективы и промежуточные варианты СЕРГЕЙ ВОЛКОВОЙ
- № 7 / стр. 16 Автопром как двигатель прогресса в электронике. Часть 3. Электронные компоненты и экономика СЕРГЕЙ ВОЛКОВОЙ
- № 8 / стр. 18 Автопром как двигатель прогресса в электронике. Часть 4. Энергетика, литий и электротранспорт СЕРГЕЙ ВОЛКОВОЙ
- № 5 / стр. 12 Ожидания работодателя не всегда совпадают с реальностью. Эксперты рассказали, какие кадры необходимы российской электронике
- № 7 / стр. 10 Курс – на лучшие практики. Эксперты пришли к выводу, что пора переходить от их точечного внедрения к более широкому распространению в отрасли
- № 7 / стр. 20 Манифест консорциума «РазВИТие»
- № 7 / стр. 22 Российские промышленные предприятия будут решать свои задачи с помощью отечественного инженерного ПО
- № 9 / стр. 4 Экстремальная микроэлектроника: перспективные рынки ДМИТРИЙ РАСПОПОВ

РОБОТОТЕХНИКА

- № 2 / стр. 16 Интернет роботизированных вещей АНДРЕЙ АНТОНОВ
- № 5 / стр. 16 Основы вероятностного метода SLAM в робототехнике АНДРЕЙ АНТОНОВ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- № 1 / стр. 30 Разработка технологии нанесения толстых слоёв меди на керамические материалы из оксида и нитрида алюминия ЮРИЙ НЕПОЧАТОВ, ВЛАДИМИР КОСАРЕВ, НИКОЛАЙ РЯШИН, БОРИС МЕЛАМЕД, ВЛАДИСЛАВ ШИКАЛОВ, СЕРГЕЙ КЛИНКОВ, ИВАН КРАСНЫЙ, СВЕТЛАНА КУМАЧЁВА
- № 1 / стр. 36 Современные средства анализа данных БРЭД ДОЭР, ЭЙЛИ ГРУМБАЙН
- № 1 / стр. 40 Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология: конструктивные решения 3D М ФЭФ М. Часть 6 ВАЛЕРИЙ СВЕДЕ-ШВЕЦ, ВЛАДИСЛАВ СВЕДЕ-ШВЕЦ, МАКСИМ ЗИНОВЬЕВ
- № 2 / стр. 22 Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология: конструкторские решения в области изготовления оптических трёхмерных матричных приёмо-передающих модулей 3D М ФЭФ М. Часть 7 ВАЛЕРИЙ СВЕДЕ-ШВЕЦ, ВЛАДИСЛАВ СВЕДЕ-ШВЕЦ, МАКСИМ ЗИНОВЬЕВ
- № 4 / стр. 20 Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология. Конструкторские и технологические разработки информационно-вычислительных устройств на базе 3D М ФЭФ М. Часть 8 ВАЛЕРИЙ СВЕДЕ-ШВЕЦ, ВЛАДИСЛАВ СВЕДЕ-ШВЕЦ, МАКСИМ ЗИНОВЬЕВ
- № 8 / стр. 28 Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология. Часть 9. Преобразователь оптико-электрического интерфейса – 3D ФЭФ М ПОЗИ ВАЛЕРИЙ СВЕДЕ-ШВЕЦ, ВЛАДИСЛАВ СВЕДЕ-ШВЕЦ, МАКСИМ ЗИНОВЬЕВ
- № 9 / стр. 14 Кремниевая и арсенид-галлий-алюминиевая технология. Часть 10. Концепция построения оптического процессора ВАЛЕРИЙ СВЕДЕ-ШВЕЦ, ВЛАДИСЛАВ СВЕДЕ-ШВЕЦ, МАКСИМ ЗИНОВЬЕВ

- № 2 / стр. 28 **Использование векторного управления электродвигателями на транспорте** МАЙКЛ САЙДЛ
- № 2 / стр. 32 **Техническая сторона управления освещением: световые сценарии в бытовом сегменте рынка** АНДРЕЙ КОНОПЛЁВ
- № 3 / стр. 18 **Зачем нужен анализ отказов в микроэлектронике** ВЯЧЕСЛАВ ДУБРОВИНСКИЙ, СТАНИСЛАВ КОЛЫБИН, ВИКТОР КАРАУЛОВ, КРИСТИНА ПУГАЧ, АНДРЕЙ ПЕТРОВ
- № 5 / стр. 22 **Особенности конструкции и изготовления силовых МОП-транзисторов для космической электроники** ВЛАДИМИР КОТОВ, ВЛАДИМИР ТОКАРЕВ
- № 5 / стр. 28 **Бестрафаретная металлизация керамических подложек. Часть 1** ЮРИЙ НЕПОЧАТОВ
- № 6 / стр. 18 **Бестрафаретная металлизация керамических подложек. Часть 2** ЮРИЙ НЕПОЧАТОВ
- № 6 / стр. 16 **Диэлектрический прорыв. В России запускается современное массовое производство технических диэлектриков на уровне международных стандартов** АЛЕКСАНДР БРИКСА, ИГОРЬ ЗАЛЕССКИЙ, АННА ИВАНОВА
- № 7 / стр. 26 **Моделирование тепловых режимов радиоэлектронной аппаратуры** АЛЕКСАНДР ЩЕЛЯЕВ
- № 7 / стр. 32 **Миграция данных из P-CAD в Delta Design** СЕРГЕЙ ПИЛКИН
- № 7 / стр. 36 **Средства функциональной верификации компании Etemex** НИКИТА МАЛЫШЕВ
- № 7 / стр. 46 **Измерение джиттера и причины его возникновения во встраиваемых системах** СКОТТ ДЭВИДСОН
- № 8 / стр. 24 **Технология 5G в диапазоне миллиметровых волн** СТИВ ДУДКЕВИЧ, РИЧАРД ХИЛТОН
- № 9 / стр. 10 **Инженерная платформа для цифрового предприятия** ВЛАДИМИР ГРЕЧУШКИН

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- № 1 / стр. 46 **Современный «отечественный процессор» – мечта или реальность?** АНТОН ФУТБОЛОВ, ВАЛЕРИЙ БЕРИКАШВИЛИ
- № 1 / стр. 50 **КНИ-биополярные и BCD-процессы для ИМС космической силовой электроники** ВЛАДИМИР КОТОВ, ВЛАДИМИР ТОКАРЕВ
- № 2 / стр. 36 **Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: программный инструмент для настройки синхронизации микроконтроллеров STM32** ОЛЕГ ВАЛЬПА
- № 2 / стр. 38 **Современные кремниевые IGBT-транзисторы для напряжений до 1200 В** АНТОН МАУДЕР
- № 2 / стр. 42 **Современные аккумуляторы для питания РЭА. Часть 1** ЕВГЕНИЙ НИЖНИКОВСКИЙ, АНДРЕЙ ГРИГОРЬЕВ, АЛЕКСАНДР ПОДЛЕСНЫЙ
- № 3 / стр. 30 **Современные аккумуляторы для питания РЭА. Часть 2** ЕВГЕНИЙ НИЖНИКОВСКИЙ, АНДРЕЙ ГРИГОРЬЕВ, АЛЕКСАНДР ПОДЛЕСНЫЙ
- № 3 / стр. 24 **Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32. Подключение акселерометра LIS302DL к микроконтроллеру** ОЛЕГ ВАЛЬПА
- № 4 / стр. 26 **Современные продукты и технологии Hamamatsu: линейные и двумерные КМОП-, N-МОП- и InGaAs-датчики изображения** ЮРИЙ ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ
- № 4 / стр. 34 **Быстроразъёмные соединения «Штойбли» для теплоносителей в системах жидкостного охлаждения** АЛЕКСАНДР БЕКМАЧЕВ, АНДРЕЙ ЮРИКОВ
- № 4 / стр. 38 **Высокоскоростные соединители SP388 для модульной РЭА стандарта VPX** НАТАЛЬЯ АЛЕКСАШИНА
- № 4 / стр. 40 **Силовые электрические герметичные соединители Molex Imperium и MAX-LOC для электромобилей** ЛЕВ ЧЕМАКИН
- № 4 / стр. 46 **Коаксиальные переходы серии ADP1A** ВЛАДИМИР ГУБА, ОЛЕСЯ БЫКОВА, ОЛЬГА МОСИНА
- № 4 / стр. 52 **Перспективы использования диодов с резким восстановлением в силовой электронике** ВАСИЛИЙ БОРОВИКОВ, ЮРИЙ КРАСНИКОВ, ИВАН КРАСНИКОВ
- № 6 / стр. 26 **Современные TFT-LCD-модули высокой надёжности компании Mitsubishi Electric** ЮРИЙ ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ
- № 6 / стр. 30 **Создание графических интерфейсов пользователя для STM32 с использованием STemWin** ОЛЕГ ВАЛЬПА
- № 7 / стр. 50 **Состояние и актуальные технологические проблемы дальнейшего развития производства массовых видов конденсаторов для РЭА** БОРИС БЕЛЕНЬКИЙ, ИРИНА ЯЦУТА
- № 7 / стр. 56 **СВЧ-переходы компании «Микран»** ЕВГЕНИЙ ХОРОШИЛОВ, СЕРГЕЙ ПАВЛОВ
- № 7 / стр. 64 **Современные дискретные полупроводниковые приборы компании Panasonic Semiconductor Solutions. К 100-летию юбилею корпорации Panasonic** ЮРИЙ ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ
- № 7 / стр. 70 **Новый энкодер с тачскрином от Grayhill: интуитивно понятный пользовательский интерфейс** ДЖИМ О'ДОННЕЛЛ
- № 8 / стр. 36 **Точность движения: инерциальные устройства «Лаборатории Микроприборов»** АЛЕКСАНДР БЕКМАЧЕВ, АЛЕКСЕЙ ТИМОШЕНКОВ, АЛЕКСАНДР КАМЕНСКИЙ
- № 9 / стр. 26 **Классика и современность: соединители ПАО «Завод Атлант»** АЛЕКСАНДР БЕКМАЧЕВ, СЕРГЕЙ ГАЛИНОВИЧ
- № 9 / стр. 30 **ix Industrial: назвался груздем – полезай в кузов** ОЛЬГА РОМАНОВСКАЯ
- № 9 / стр. 32 **Влагозащищённые соединители для быстрого подключения устройств** МАРКУС ЛЕВАНДОВСКИ
- № 9 / стр. 36 **Отладочные средства для микроконтроллеров STM32 от компании «Амперка»** ОЛЕГ ВАЛЬПА

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- № 5 / стр. 32 **О разработке программ и методик аттестации испытательного оборудования** ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВ, МИХАИЛ РАГОЗИН
- № 5 / стр. 38 **Технологическая оснастка для проведения входного контроля ЭКБ** ДЕНИС РОЕВ, СЕРГЕЙ БЫЗОВ
- № 6 / стр. 24 **Акриловые покрытия для защиты печатных плат и компонентов** СЕРГЕЙ МАХЛАКОВ
- № 9 / стр. 20 **Разработка метода дистанционной аттестации электродинамических вибростендов** ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВ, АЛЕКСЕЙ ЯЗЕВ, ТАМАРА ТУЛЯНЦЕВА

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- № 1 / стр. 54 Упрощение проверки последовательности подачи питания с помощью 8-канального осциллографа ДЭЙВ ПЕРЕЛЕС
- № 3 / стр. 36 10 принципов, которые необходимо знать при работе с источником питания постоянного тока. Часть 1
- № 4 / стр. 64 10 принципов, которые необходимо знать при работе с источником питания постоянного тока. Часть 2
- № 4 / стр. 58 Низкопрофильные преобразователи «АЕПС-ГРУПП» АЛЕКСАНДР ГОНЧАРОВ, АЛЕКСАНДР СУРКОВ
- № 4 / стр. 62 Малощумящие высокочастотные генераторы на ПАВ ДМИТРИЙ АСТАПЕНКО, АЛЕКСЕЙ ЛОЖНИКОВ
- № 5 / стр. 42 Комплексный анализ для быстрой отладки автомобильных сетей Ethernet ЭРНСТ ФЛЕММИНГ
- № 5 / стр. 46 Эффективный метод испытаний бортового зарядного устройства для электромобиля ДЖАКОМО ТУВЕРИ
- № 5 / стр. 50 Упрощение сложных измерений с помощью источника-измерителя (SMU) ТОМ ОЛЬСЕН
- № 6 / стр. 32 Мощные AC/DC-преобразователи для систем бесперебойного электропитания СЕРГЕЙ КОРОТКОВ, АНАТОЛИЙ ЛУКИН, ИГОРЬ СОЛОВЬЁВ
- № 6 / стр. 38 Проблемы тестирования на соответствие стандарту LoRaWAN ДМИТРИЙ ТИТОВ
- № 6 / стр. 42 Осциллографы и пробники для измерения параметров полупроводниковых приборов на основе карбида кремния МАРКУС ХЕРДИН
- № 8 / стр. 42 7 советов для улучшения измерений целостности питания ДЖОЭЛ ВУДВОРД
- № 8 / стр. 46 Трёхчастотный СВЧ-измеритель уровней экранирования объектов МИХАИЛ ЧИСТОВ, ВАСИЛИЙ ЛАГУТКИН
- № 8 / стр. 52 Знакомство со стандартным осциллографическим пробником
- № 8 / стр. 56 Двухнаправленный источник питания: ИП и электронная нагрузка с рекуперацией в одном приборе МАРИО БИЕНЕРТ
- № 8 / стр. 60 Интеллектуальный блок контроля подшипников для систем управления приводами двигателей, вращающимися узлами и механизмами СЕРГЕЙ ЛЕБЕДЕВ, СЕРГЕЙ СИНЮТИН, ДМИТРИЙ СКВОРЦОВ, АНАТОЛИЙ ГРИГОРЬЕВ
- № 9 / стр. 42 GENESYS+ – новое поколение программируемых лабораторных источников питания ВАСИЛИЙ ЛИСИН
- № 9 / стр. 46 Системы отображения информации для уличного применения ИГОРЬ МАТЕШЕВ
- № 9 / стр. 50 Проблемы тестирования модулей памяти стандартов DDR3, DDR4 и DDR5 ПАВЕЛ ЛОГИНОВ
- № 9 / стр. 52 Отладка и контроль каналов SpaceWire ДАНИЕЛЬ ЛАЗАРИ, АЛЕКСАНДР ДОЙЧЕР, АНЖЕЛА САНТОС, АРМИН ХОРН, МАТИАС БИР, ФОЛЬКЕР ОЛЕН

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- № 1 / стр. 58 Стабилизаторы на ОУ и мощных полевых транзисторах с активным электронным фильтром и защитой от превышения тока. Часть 2 АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- № 2 / стр. 50 Импульсный индукционный металлоискатель на базе ПАИС Anadigm AN231E04 АЛЕКСАНДР ЩЕРБА
- № 3 / стр. 42 Логический анализатор «за один вечер». Часть 1. Подготовка аппаратной части ПАВЕЛ РЕДЬКИН
- № 4 / стр. 72 Логический анализатор «за один вечер». Часть 2. Работа с программой Saleae Logic ПАВЕЛ РЕДЬКИН
- № 6 / стр. 44 Применение функций обработки строк языка программирования C для управления буквенно-цифровыми дисплеями ТАТЬЯНА КОЛЕСНИКОВА
- № 6 / стр. 50 Устройство для новогодней ёлки СЕРГЕЙ ШИШКИН
- № 8 / стр. 64 Повышение разрешающей способности АЦП микроконтроллера EFM8LB12. Часть 1 АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- № 9 / стр. 56 Повышение разрешающей способности АЦП микроконтроллера EFM8LB12. Часть 2 АЛЕКСЕЙ КУЗЬМИНОВ
- № 9 / стр. 62 Модуль управления для охранного извещателя «Астра-5» СЕРГЕЙ ШИШКИН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- № 1 / стр. 64 Торрент-формирование посадочных мест и других характеристик многоименных пассивных компонентов для электронных САПР ЮРИЙ ЁЛШИН
- № 1 / стр. 70 Расстановка фанатов в САПР TороR СЕРГЕЙ СОРОКИН
- № 1 / стр. 72 Новые возможности САПР Cadence OrCAD и Allegro Venture 17.2 АЛЕКСАНДР АКУЛИН
- № 1 / стр. 80 Полигональные объекты печатной платы в среде Altium Designer: формирование объектов. Часть 2 АЛЕКСЕЙ ЯКУБЕНКО
- № 2 / стр. 66 Полигональные объекты печатной платы в среде Altium Designer. Polygon: редактирование и управление, менеджер полигонов. Часть 3 АЛЕКСЕЙ ЯКУБЕНКО
- № 1 / стр. 86 DEEDS – учебная система моделирования и проектирования цифровой аппаратуры АРКАДИЙ ПОЛЯКОВ
- № 2 / стр. 58 Проектирование автомобильных радаров и антенных систем в NI AWR Design Environment МИЛТОН ЛИЕН, ДЭВИД ВАЙ
- № 2 / стр. 72 Безотказность преобразователя напряжения с параллельными резервированными силовыми каналами АНДРЕЙ ЧЕТИН
- № 2 / стр. 76 Верификация VHDL-описаний цифровых устройств, представленных в виде композиции управляющего и операционного блоков. Часть 1. Верификация на основе покрытия VHDL-кода НИКОЛАЙ АВДЕЕВ, ПЁТР БИБИЛО
- № 3 / стр. 68 Верификация VHDL-описаний цифровых устройств, представленных в виде композиции управляющего и операционного блоков. Часть 2. Верификация на основе функционального покрытия НИКОЛАЙ АВДЕЕВ, ПЁТР БИБИЛО
- № 3 / стр. 48 Проектирование МШУ S-диапазона с большим коэффициентом усиления в среде NI AWR DE КИРИЛЛ ПЕТРОВ
- № 3 / стр. 56 Проектирование цифровых фильтров малой разрядности с целочисленными коэффициентами НИКИТА МОРОЗОВ, ВЛАДИМИР БУГРОВ
- № 3 / стр. 64 Разработка GaAs mHEMT MISC МШУ Ku-диапазона частот на основе технологического процесса компании OMMIC АЛЕКСЕЙ КОНДРАТЕНКО
- № 3 / стр. 72 Altium Designer 18.0: обзор новых возможностей ЕГОР ЧИРИКОВ
- № 3 / стр. 78 Интерактивная трассировка в среде Altium Designer. Часть 1. Трассировка отдельной цепи АЛЕКСЕЙ ЯКУБЕНКО
- № 4 / стр. 82 Интерактивная трассировка в среде Altium Designer. Часть 2. Трассировка дифференциальных пар и групп цепей АЛЕКСЕЙ ЯКУБЕНКО

- № 5 / стр. 64 **Интерактивная трассировка в среде Altium Designer. Часть 3. Правила и редактирование** АЛЕКСЕЙ ЯКУБЕНКО
- № 4 / стр. 78 **Подготовка к производству с помощью Delta Design 2.5** СЕРГЕЙ ПОПОВ
- № 4 / стр. 88 **Возможности анализа цепей питания в Altium Designer** ЮРИЙ ЛЕГАН
- № 4 / стр. 94 **Моделирование ключевых элементов беспроводных систем** ДЖОЭЛ КИРШМАН
- № 4 / стр. 98 **Аналого-цифровые преобразователи с понижением частоты. Часть 1** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ
- № 5 / стр. 54 **Аналого-цифровые преобразователи с понижением частоты. Часть 2** ВИКТОР АЛЕКСЕЕВ
- № 5 / стр. 60 **Синтез антенн MIMO для компактных устройств в AntSyn**
- № 5 / стр. 70 **BoardAssistant – универсальный инструмент формирования документации в среде Altium Designer** ВАДИМ ИВАНОВ, ИЛЬЯ ЛЕВИН
- № 5 / стр. 74 **Эффективное управление проектными данными о печатных платах на базе PADS и Teamcenter** АЛЕКСАНДР ЕВГРАФОВ
- № 5 / стр. 76 **Работа в JTAG Maps для Altium Designer** АЛЕКСЕЙ ИВАНОВ
- № 6 / стр. 58 **Применение автоматного программирования и верификатора Spin для решения задачи управления пневмоподвеской автомобиля** МАКСИМ НЕИЗВЕСТНЫХ
- № 6 / стр. 64 **Преимущества программы PSpice при моделировании аналого-цифровых схем** АЛЕКСАНДР АКУЛИН
- № 6 / стр. 68 **Трассировка в среде Altium Designer с помощью инструмента ActiveRoute** АЛЕКСЕЙ ЯКУБЕНКО
- № 7 / стр. 38 **Размещение двухполюсников под BGA-компонентом** СЕРГЕЙ СОРОКИН, ОЛЕГ СЫСОЕВ
- № 7 / стр. 74 **Важные аспекты проектирования и тестирования беспроводных медицинских приборов** ДЖАНЕТ ОИ
- № 7 / стр. 76 **Преимущества применения точных нелинейных моделей при проектировании усилителей мощности в NI AWR Design Environment** ТЕД ЛОНГШОР, ЛАРРИ ДАНЛИВИ
- № 7 / стр. 86 **DDR SDRAM: особенности проектирования и обеспечения целостности сигнала** БОГДАН ФИЛИПОВ
- № 8 / стр. 70 **Включение гальванически развязанного DC/DC-преобразователя с последовательным соединением его входной и выходной цепей** СЕРГЕЙ ЧЕРНЫШОВ
- № 8 / стр. 76 **Обзор нововведений NI AWR Design Environment V14** ДЭВИД ВАЙ
- № 8 / стр. 82 **Автоматизация формирования посадочных мест электронных компонентов в среде Altium Designer. Часть 1** АЛЕКСЕЙ ЯКУБЕНКО
- № 9 / стр. 66 **Автоматизация формирования посадочных мест электронных компонентов в среде Altium Designer. Часть 2** АЛЕКСЕЙ ЯКУБЕНКО
- № 8 / стр. 86 **Новые возможности САПР печатных плат верхнего уровня Cadence Allegro/OrCAD 17.2** АЛЕКСАНДР АКУЛИН
- № 9 / стр. 70 **Проблемы проектирования устройств для сетей 5G миллиметрового диапазона** ДЖЕК БРАУН

ЧЕЛОВЕК И ЗАКОН

- № 3 / стр. 84 **Техническое регулирование гражданского оборота интеллектуальной собственности как фундамент роста инновационной экономики России. Часть 1** ГЕННАДИЙ ФОКИН
- № 4 / стр. 106 **Техническое регулирование гражданского оборота интеллектуальной собственности как фундамент роста инновационной экономики России. Часть 2** ГЕННАДИЙ ФОКИН
- № 7 / стр. 90 **Эпитафия и перспективы отечественного франчайзинга. Вернисаж инноваций, франшиз и профилактика правового нигилизма** ГЕННАДИЙ ФОКИН

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

- № 2 / стр. 84 **Первопроходцы отечественной радиолокации Ю.К. Коровин и Д.А. Рожанский** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 4 / стр. 112 **В.К. Лебединский, М.А. Бонч-Бруевич, О.В. Лосев: научная школа, историческая преемственность и патриотизм** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ
- № 9 / стр. 76 **100 лет супергетеродинному радиоприёмнику** ВЛАДИМИР БАРТЕНЕВ

СОБЫТИЯ

- № 4 / стр. 118 **HANNOVER MESSE 2018: Industry 4.0 + Логистика 4.0** ОЛЬГА РОМАНОВСКАЯ
- № 7 / стр. 44 **Во главе угла – интересы потребителя. Для чего лидеры ИТ-рынка объединили усилия**
- № 7 / стр. 94 **RADEL и Productronica: достижения мира электроники** ВАЛЕНТИН ЛЕБЕДЕВ
- № 8 / стр. 94 **electronica 2018: объединяя интеллект, безопасность и надёжность**
- № 8 / стр. 96 **Advantech открывает в Москве ООО «Авантек Технолоджи»**
- № 9 / стр. 84 **Живая электроника России – 2018**
- № 9 / стр. 88 **Mentor Graphics и «Нанософт» представили современные средства разработки электронных устройств**

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

- № 2 / стр. 88 **По следам опубликованного...**
- № 6 / стр. 74 **Вопросы терминологии и классификация инверторов. Часть 1** ЕВГЕНИЙ СИЛКИН
- № 7 / стр. 96 **Вопросы терминологии и классификация инверторов. Часть 2** ЕВГЕНИЙ СИЛКИН
- № 8 / стр. 98 **Вопросы терминологии и классификация инверторов. Часть 3** ЕВГЕНИЙ СИЛКИН
- № 9 / стр. 90 **Вопросы терминологии и классификация инверторов. Часть 4** ЕВГЕНИЙ СИЛКИН



ПОДПИСКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ

УЖЕ ОПЛАЧЕНА

РЕКЛАМОДАТЕЛЯМИ

ОФОРМИТЕ БЕСПЛАТНУЮ ПОДПИСКУ НА 2019 ГОД!



3 идентичные версии: печатная, электронная, мобильная



Мобильное приложение



App Store Google Play

СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА

Мобильное приложение



App Store Google Play

WWW.STA.RU

WWW.SOEL.RU

Подписка оформляется на сайтах журналов