



# Соединители с проволочными контактами: оптимальное решение задачи миниатюризации

Евгений Дугин (г. Карачев, Брянская область)

В статье описаны соединители российского производства, являющиеся оригинальным решением проблемы соединений в современных малогабаритных изделиях СВЧ-микронэлектроники с плотной компоновкой.

## ВВЕДЕНИЕ

Миниатюризация современных электронных устройств, расширение их функциональных возможностей, повышение плотности монтажа потребовали значительного увеличения количества выводов и сокращения шага между ними. При этом к надёжности контактов предъявляются очень высокие требования, так как нарушение хотя бы одного из них приводит к выходу из строя всего устройства. Основные требования к таким контактам – минимально возможные усилия контактирования, высокая проводимость, низкое контактное сопротивление, минимальный шаг контактов, пропускание без искажения ВЧ- и СВЧ-сигналов, высокая надёжность, устойчивость к внешним воздействующим факторам (ВВФ) и приемлемая стоимость. Столь серьёзные требования привели к необходимости применения новых технологий изготовления электрических контактов.

В настоящее время известны несколько типов миниатюрных контактов, устанавливаемых в печатные платы без применения пайки [1]:

- полимерные контакты, наполненные металлическими частицами или металлическими проволочками и обеспечивающие электрическую проводимость за счёт контактирующих между собой частиц металла в полимерной матрице (концентрация частиц в полимере должна составлять 80–90%);

- штампованные металлические пружинки;
- кнопочные контакты из витой проволоки.

## Проволочные контакты

Карачевский завод «Электродеталь» в рамках ОКР «Деталь-44» освоил технологию изготовления компрессионных проволочных контактов (см. рис. 1). Миниатюрный проволочный контакт изготовлен из произвольно скрученных тонких, покрытых золотом проволочек диаметром 50 мкм. Контакты могут иметь диаметр от 0,5 мм и длину от 1,4 мм. Данная технология может применяться в контактирующих устройствах компрессионного типа, в которых не требуется пайка соединений, а контактирование элементов происходит за счёт пружинящих свойств контактов.

В качестве материала проволочек используется бериллиевая бронза, так как она обладает наилучшими пружинящими свойствами при высоких температурах.

Во время прижатия таких контактов друг к другу в области контактирования возникает множество точек соприкосновения, что обеспечивает необходимые условия для передачи электрического сигнала. Контактное сопротивление зависит от усилия прижатия двух контактов. Сопротивление менее 70 мОм достигается уже при усилии менее 14,5 г на один кон-

такт. Однако для обеспечения надёжности контактов рекомендуется величина усилия 57 г.

Доступны четыре конфигурации миниатюрных проволочных контактов.

1. *Простой контакт* (см. рис. 2а) обеспечивает соприкосновение во многих точках. Он хорошо подходит для применений, где требуется высокая скорость соединения и высокая плотность расположения контактов (малый шаг между контактами). Контакты выпускаются с диаметром 0,5 и 1 мм. Первые можно располагать на плате с шагом 1 мм, вторые – с шагом 1,78 мм. Усилие сжатия при соединении контактов зависит от их количества на плате и её геометрии. Для контактов диаметром 0,5 и 1 мм типичные величины усилия сжатия составляют соответственно 71 и 113 г.



Рис. 1. Компрессионный проволочный контакт: а – на плате; б – в соединителях

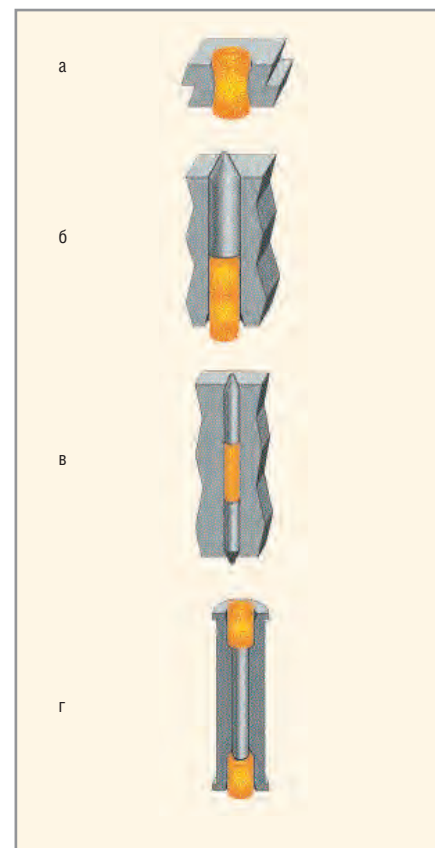


Рис. 2. Конфигурации проволочных контактов  
а – простой контакт; б – контакт с одним плунжером; в – контакт с двумя плунжерами; г – два контакта со спейсером между ними



Рис. 3. Многовыводные платы и контактирующие устройства с проволочными контактами

2. Сочетание контакта с плунжером (см. рис. 2б) повышает износостойкость контактов и позволяет увеличить расстояние между соединяемыми платами. Плунжер изготавливается из латуни или медного сплава и покрыт золотом. Контакты с плунжером могут располагаться на плате с шагом 1,27 мм. Усилие сжатия составляет 71 г.
3. Сочетание контакта с двумя плунжерами (см. рис. 2в). Введение второго плунжера позволяет увеличить расстояние между параллельными платами (до 25,4 мм) и максимально повысить износостойкость контактов. Контакты с двумя плунжерами располагают на плате с шагом 1,27 мм. Усилие сжатия составляет 71 г.
4. Сочетание двух контактов со спейсером (см. рис. 2г) имеет все преимущества одиночного контакта и позволяет увеличить расстояние между соединяемыми платами до 25,4 мм, обеспечивая при этом надёжное соединение при вибрационных и ударных нагрузках. Спейсер изготавливается из латуни или медного сплава и покрыт золотом.

Применение контактов, плунжеров и спейсеров разных размеров позволяет создавать разнообразные конфигурации соединений плат в зависимости от требований к ним и от осевого расстояния между контактами [2].

### ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОВОЛОЧНЫХ КОНТАКТОВ

Проволочные контакты применяются для соединения между собой плат и для установки компонентов на платы, поверхность которых покрыта золотом по подслою никеля. Количество контактов на плате может достигать 7000. Стандартный шаг между контактами – не менее 1 мм. Разработаны многовыводные платы с шагом контактов 0,8 мм. Это позволило существенно уменьшить размеры плат.

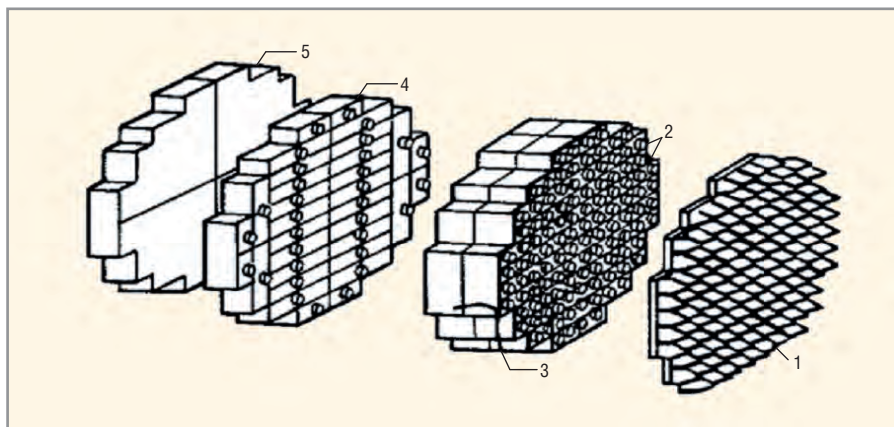


Рис. 4. Упрощённая конструкция АФАР

Высокая скорость передачи сигналов, компактность плат, удобство монтажа без применения процесса пайки и надёжность позволили применять платы LGA и другие многовыводные платы в компьютерах, телекоммуникационных устройствах и системах военного и аэрокосмического назначения. При этом отсутствуют трудности, обусловленные необходимостью низкотемпературной пайки, и значительно уменьшается стоимость плат и их монтажа в устройствах (см. рис. 3).

К основным преимуществам использования контактирующих устройств с проволочными контактами можно отнести:

- высоконадёжное соединение за счёт многоточечной схемы контактирования без применения пайки;
- малые габариты как контактов, так и самого контактирующего устройства;
- диапазон рабочих частот до 12 ГГц;
- малое контактное сопротивление и высокая проводимость;
- работоспособность в жёстких условиях эксплуатации (высокие вибрации, ударные воздействия, резкие перепады температур);
- высокие эксплуатационные характеристики и износостойкость контактов.

Миниатюрные проволочные контакты находят своё применение в спутниковых антеннах, средствах ПВО и РЭБ

различного базирования, ФАР и АФАР, в системах управления самолётов и вертолётов, в навигационных системах, бортовых компьютерах, гироскопах, в управляемых ракетах и снарядах малого диаметра. Кроме того, их используют для соединения между собой гибких и стандартных печатных плат [3].

Карачевский завод «Электродеталь» в рамках ОКР «Деталь-44» разработал два типа соединителей для применения в АФАР. Основными направлениями при построении АФАР являются увеличение количества приёмопередатчиков, плотности их компоновки и снижение стоимости изделия за счёт высокой интеграции приёмопередатчиков в едином модуле. В связи с этим наиболее сложной задачей при конструировании АФАР является решение проблемы теплоотвода от приёмопередатчиков и выбор высокочастотных соединителей для подключения приёмопередатчиков к антенным элементам и системе управления.

Упрощённая конструкция АФАР представлена на рисунке 4, где фиксированное количество антенных элементов (1) индивидуально подключается к соответствующему количеству приёмопередатчиков (2) – по одному приёмопередатчику на каждый антенный элемент. Для отвода тепла исполь-



Рис. 5. Конструкция соединителей типа СКП399



Рис. 6. Конструкция соединителей типа СВ402

Таблица 1. Технические характеристики РЧ комбинированного соединителя СКП399

Параметр	Данные
Рабочий ток сигнальных контактов (Ø0,5 мм)	0,5 А
Рабочий ток силовых контактов (Ø1,4 мм)	5,5 А
Максимальное значение напряжения	20 В
Максимальная частота	120 МГц
Сопротивление контактов	6 мОм
Сопротивление изоляции	1000 МОм
Количество циклов стыков/расстыковки	500
Синусоидальная вибрация	1–2000 Гц, амплитуда ускорения 200g
Механический удар многократного действия	1500g в течение 5 мс
Температурный диапазон	–60...+105°C
Относительная влажность	95% при +35°C
Соляной туман	Согласно ГОСТ РВ 20.57.416-98
Материал контактов	Проволока БРБ2 (Ø0,05 мм), покрытие – золото (толщина 1 мкм). Слейсер – БРБ2, покрытие – золото
Материал изолятора	Поликарбонат ПК-Л-СВ30

Таблица 2. Технические характеристики СВЧ-соединителя СВ402

Параметр	Данные
Предельная импульсная мощность	20 Вт
Средняя мощность	5 Вт
Диапазон рабочих частот	8–12 ГГц
Вносимые потери	0,15 дБ
Сопротивление контактов	2 мОм
Сопротивление изоляции	1000 МОм
Количество циклов стыков/расстыковки	500
Синусоидальная вибрация	1–2000 Гц, амплитуда ускорения 200g
Механический удар многократного действия	1500g в течение 5 мс
Температурный диапазон	–60...+105°C
Относительная влажность	95% при +35°C
Соляной туман	Согласно ГОСТ РВ 20.57.416-98
Материал контактов	Проволока БРБ2 (Ø0,05 мм), покрытие – золото (толщина 1 мкм)
Материал изолятора	Фторопласт 4МБ

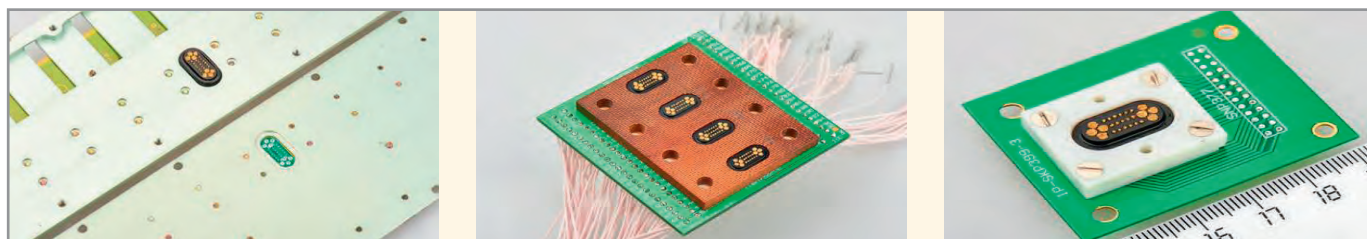


Рис. 7. Соединитель типа СКП399 в составе изделия

зуется система охлаждения (3). Система управления (4) подключается к тыльной части приёмопередающих модулей, с ней также связана и система охлаждения. За системой управления расположена система адаптивной обработки и формирования моноимпульсного сигнала (5). Коммутация высокочастотного тракта АФАР осуществляется посредством миниатюрных высокочастотных соединителей. К соединителям, применяемым в кон-

струкции АФАР, предъявляются следующие требования [4]:

- рабочая частота до 40 ГГц;
- малые габаритные размеры, возможность подключений при межосевом расстоянии между соединителями менее 4,8 мм;
- прочная конструкция, обеспечивающая вибрационные нагрузки не менее 10g и ударные нагрузки не менее 100g;
- возможность поверхностного монтажа на печатную плату;

- наличие золотого покрытия для обеспечения высоких экранирующих свойств.

В наибольшей степени перечисленным требованиям удовлетворяют соединители СКП399 (см. рис. 5) и СВ402 (см. рис. 6) с использованием проволочных контактов.

Данные компрессионные соединители позволяют обеспечить исключительную механическую устойчивость и стабильные электрические параметры при повышенных вибрационных

и ударных нагрузках. Радиочастотный соединитель СКП399 имеет диаметр контакта 0,5 и 1,4 мм. Разъём в составе изделия показан на рисунке 7.

Компрессионный СВЧ-соединитель СВ402 с 9 контактами диаметром 0,5 мм обеспечивает стабильные характеристики в диапазоне частот 8–12 ГГц. В своём составе разъём имеет особый витой контакт, обеспечивающий контактирование не менее чем в шести точках.

Технические характеристики соединителей СКП399 и СВ402 представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вопросы надёжности электрических соединений имеют важнейшее значение при создании систем военного и гражданского назначения. Рассмотренные в данной статье соединители могут найти применение в отечественных разработках АФАР, радаров, управляемых снарядов и ракет, систем телекоммуникации.

Российский производитель – АО «Карачевский завод «Электродеталь» изготавливает соединители и другие контактирующие устройства с использованием проволочных кон-

тактов, в том числе и по индивидуальным техническим заданиям заказчиков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Hult Robert*. Unique Contact Designs Fit Niche Applications. ConnectorSupplier.com. July 15, 2013.
2. *Джуринский Кива*. Соединители CIN:APSE: решение проблемы миниатюризации соединений. Компоненты и технологии. 2012. №5.
3. [www.elektrodetal.com](http://www.elektrodetal.com).
4. *Ефремов В*. Компонентная база для АФАР. Компоненты и технологии. 2014. №9. ©

## Новости мира News of the World Новости мира

### Заседание Экспертного совета по развитию электронной и радиоэлектронной промышленности в Госдуме

Члены Экспертного совета при Комитете Госдумы по экономической политике, промышленности, инновационному развитию и предпринимательству обсудили изменения в государственную программу РФ «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы».

Открывая заседание, глава Экспертного совета, первый зампред Комитета по экономической политике, промышленности, инновационному развитию и предпринимательству Владимир Гутенев напомнил, что президент России Владимир Путин недавно провёл серию «оборонных» совещаний, в ходе которых обсуждался проект Госпрограммы вооружений на 2018-2025 годы. «В том числе, рассматривалась одна из наших отраслевых тем: это проблема развития такой высокотехнологичной сферы, как микроэлектронная промышленность. Значение её для экономики, для обеспечения обороноспособности страны огромно», – отметил В. Гутенев.

Парламентарий подчеркнул, что с 2013 года действует Государственная программа по развитию электронной и радиоэлектронной промышленности. Она рассчитана до 2025 года: «Благодаря её реализации, в этой отрасли действительно наметились определённые позитивные сдвиги. С 2009 года отечественный рынок микроэлектроники вырос почти в три раза – до 150 млрд рублей, а объём экспорта гражданской продукции увеличился примерно в два раза. Вместе с тем на совещании Президент отметил, что в гражданском сегменте микроэлектроники отечественные производители занимают пока только 16% рынка. Это, конечно, мало. Доминируют, к сожалению, зарубежные производители. И в этом

есть очевидные риски. Так, определённые шаги некоторых наших иностранных партнёров в последнее время ставят под угрозу надёжность поставок комплектующих изделий и оборудования из-за рубежа. Поэтому задача усиления позиций отечественных производителей на отечественном рынке, укрепления научно-производственного потенциала микроэлектронной промышленности не теряет своей высокой актуальности».

«Президент страны подчеркнул, что усилия государства и бизнеса должны быть направлены на становление микроэлектроники как самостоятельного, самодостаточного коммерческого и привлекательного для инвестиций сектора российской экономики. Для этого, прежде всего, необходимо гарантировать спрос со стороны государства на поставки продукции микроэлектронной промышленности в банковский сектор, здравоохранение, транспорт, связь, а также для оборота регистрационных документов. То есть, по тем направлениям, где госорганы выступают регулятором и способны предъявить высокий спрос. Координация этого масштабного заказа должна осуществляться на уровне Правительства, в профильной Комиссии по использованию информационных технологий. При этом государственный заказ должен ориентироваться именно на отечественного производителя, от которого ожидается только самая лучшая продукция».

По словам депутата, для решения этой задачи, в первую очередь, требуется создать госзаказ на современное производство микрочипов и микроэлектроники отечественными компаниями. Сумма госзаказа к 2022 году составит порядка 105 млрд рублей. В частности, заказ будет касаться создания платёжной системы «Мир», где будут использоваться чипы российского производства компаний «Микрон» и «Ангстрем», электрон-

ных удостоверений личности, жетонов военнослужащих и меток на все лекарства.

«Современная Россия делает ставку именно на гражданскую микроэлектронику, где важно избавиться от западной зависимости. При этом её развитие способно «вытянуть» и военную составляющую. Одна только «оборонка» не способна «поднять на своих плечах» такую затратную отрасль, как микроэлектроника. Она не обеспечивает массовый выпуск, затрачивая средства на новые технологии. В тех же США «оборонка» в микроэлектронике занимает только 10%, а гражданская продукция – 90%. Поэтому ставка России на гражданскую микроэлектронику более чем оправдана. При большом объёме гражданского заказа отечественным предприятиям будет выгодно выполнять и более сложные военные заказы, – считает В. Гутенев. – Специалисты понимают, что ставить задачу полного импортозамещения в электронной промышленности, в частности микроэлектронике, бесполезно, поскольку просто невозможно. Реальней выделить направления развития и элементную базу, производство которой необходимо для государства, прежде всего, в критически важных отраслях, и ту [ЭКБ], которую можно закупать за рубежом».

Парламентарий проинформировал участников Экспертного совета о том, что по итогам работы предыдущего заседания было подготовлено и направлено в Минпромторг обращение, в котором поднимался вопрос о разработке мероприятий по субсидированию расходов на испытание электронной компонентной базы. В полученном ответе разъясняется, что в рамках существующей нормативной базы из федерального бюджета предусмотрено предоставление субсидии российским организациям на возмещение части затрат, в том числе расходов на испытание разрабатываемой продукции.

**Государственная дума**

## Новости мира News of the World Новости мира

### Первые компьютеры на базе микропроцессора «Эльбрус-8С»

Объединённый холдинг «Росэлектроника» (входит в Госкорпорацию Ростех) представил на конференции «ЦИПР 2017» в Иннополисе первые образцы персональных компьютеров и серверов на базе микропроцессоров «Эльбрус-8С». Новая техника имеет повышенную производительность и гарантирует пользователям высокий уровень защиты информации.

Восьмиядерный чип производится по технологии 28 нм. По сравнению с «Эльбрус-4С», пиковая производительность нового процессора выше в 3–5 раз, пропускная способность каналов ввода-вывода – в 8 раз.

«Это новое поколение отечественной вычислительной техники. Все этапы сборки осуществляются на наших производственных площадках и на предприятиях отечественных партнёров. Всё это гарантирует высокий уровень информационной безопасности оборудования, – комментирует заместитель генерального директора АО «Росэлектроника»

Арсений Брыкин. – Мы ожидаем, что первая опытная партия персональных компьютеров на основе нового процессора будет готова уже к концу 2-го квартала 2017 года».



Установочная партия 2- и 4-процессорных серверов на основе «Эльбрус-8С» будет выпущена к концу 2017 года. Новые серверы предназначены для обработки больших объёмов информации, в том числе в режиме реального времени.

Базовой операционной системой для «Эльбрус 801-PC» и серверов является ОС «Эльбрус». Она построена на основе ядра Linux и поддерживает множество приложений с открытым исходным кодом. Для платформы Эльбрус-8С предусмотрена система двоичной совместимости с бинарными кодами x86/x86-64. Также обеспечена возмож-

ность разработки прикладного ПО, тесты для самодиагностики аппаратуры.

В составе объединённой «Росэлектроники» разработку и внедрение программно-аппаратных платформ «Эльбрус» ведёт Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ) им. И.С. Брука.

*Пресс-служба РОСТЕХ*

### SIM Technology Group Ltd не будут продолжать продажу SIMCom

Руководство SIMCom Wireless Solutions сообщает о том, что компания SIM Technology Group и u-blox выходят из сделки по приобретению SIMCom Wireless Solutions и передаче технологий.

SIMCom Wireless Solutions продолжает работу в обычном режиме. Оперативная деятельность компании, выпуск новых модулей и ценовая политика сохранятся и будут отражать миссию компании на рынке.

С официальным заявлением компании SIM Technology можно ознакомиться на сайте *MT-Системс*.

## Бортовые корпуса формата ATR для высокопроизводительных вычислительных систем



- Рассеивающая способность до 175 Ватт на слот до 700 Ватт на корпус
- 3, 5, 7, 9 или 12 слотов для модулей с воздушным или кондуктивным охлаждением
- Объединительная панель (backplane) VPX, VME64, CompactPCI форматов 6U и 3U
- Стандартный формат ATR (Air Transport Rack) ARINC 404A
- Встроенные источники питания с различными вариантами входного напряжения
- 35 моделей корпусов с различными способами внешнего охлаждения
- Стандартная или заказная передняя панель с внешними разъемами
- 10 различных вариантов цвета корпуса с нанесением логотипа заказчика

[www.avdsys.ru/atr](http://www.avdsys.ru/atr)

ООО "АВД Системы", тел: (916) 194-4271, email: [avdsys@aha.ru](mailto:avdsys@aha.ru)

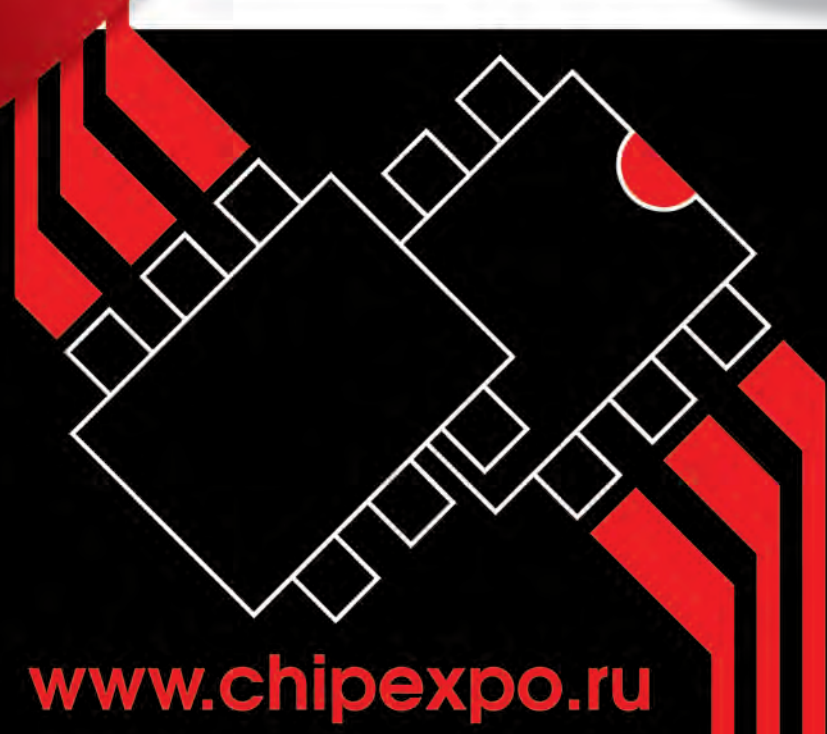
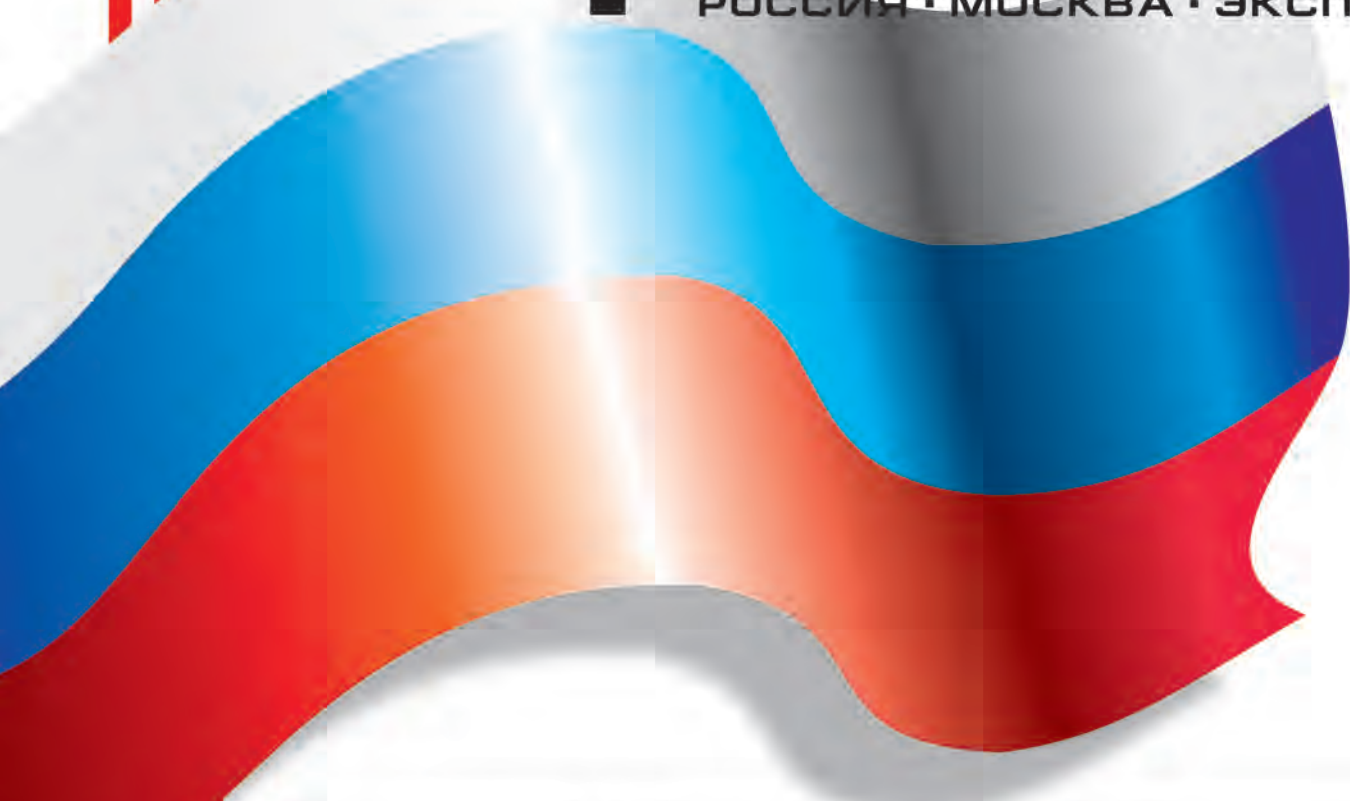
Реклама

ЭЛЕКТРОНИКА  
КОМПОНЕНТЫ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

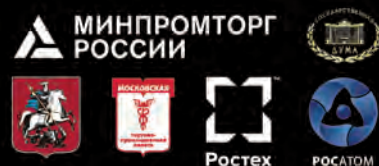
# ChipEXPO-2017

31.10 – 02.11

15-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА  
РОССИЯ • МОСКВА • ЭКСПОЦЕНТР



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Департамент радиоэлектронной промышленности  
Министерства промышленности и торговли Российской Федерации  
Государственная Дума Федерального собрания Российской Федерации

Департамент науки, промышленной политики и  
предпринимательства города Москвы

Московская торгово-промышленная палата

ПК "Ростех"

ПК "Росатом"

[www.chipexpo.ru](http://www.chipexpo.ru)