

## МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

6 Дмитрий Боднарь  
Мини-фабрики Minimal Fab – снова гвоздь программы выставки SEMICON Japan 2018

## ТОПОЛОГИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

10 Андрей Пересадин  
Нормированный импеданс – не всегда панацея

14 Фади Дик  
Концепции целостности электропитания в печатных платах с высокоскоростными сигналами. Часть 1

20 Сергей Краснов  
Фундаментальные правила проектирования ВЧ-плат. Часть 2

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

25 Георгий Боков  
Синфазные электромагнитные помехи в обратноходовом преобразователе

30 Андрей Дробышев  
Новые методы устранения синфазного шума путем его компенсации

34 Владимир Деревятников  
Электромагнитная совместимость автомобильных электронных систем

38 Маттиас Тречер  
Симуляция электромагнитной совместимости для автомобильных Ethernet-сетей

## БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

44 Сергей Завьялов  
IEEE 802.11ax: шестое поколение стандартов Wi-Fi

## ИСТОЧНИКИ И МОДУЛИ ПИТАНИЯ

50 Игорь Алексеев  
Электромагнитные помехи и целостность питания в приложениях с DC/DC-преобразователями и LDO-стабилизаторами

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

Руководитель направления «Разработка электроники» и главный редактор: **Леонид Чанов**;  
редакторы: **Владимир Фомичёв**; **Леонид Чанов**;

редакционная коллегия: **Владимир Фомичёв**; **Леонид Чанов**; реклама: **Антон Денисов**; **Елена Живова**;

распространение и подписка: **Марина Панова**, **Василий Рябишников**; директор издательства: **Михаил Симаков**

Адрес издательства: Москва, 115114, ул. Дербеневская, д. 1, п/я 35, тел.: (495) 741-7701; факс: (495) 741-7702; эл. почта: [info@elcp.ru](mailto:info@elcp.ru), [www.elcp.ru](http://www.elcp.ru)

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА: Мир электроники (Самара): 443080, г. Самара, ул. Революционная, 70, литер 1; тел./факс: (846) 267-3139, 267-3140; e-mail: [info@eworld.ru](mailto:info@eworld.ru), [www.eworld.ru](http://www.eworld.ru). Радиоэлектроника: 620107, г. Екатеринбург, ул. Гражданская, д. 2, тел./факс: (343) 370-33-84, 370-21-69, 370-19-99; e-mail: [info@radioel.ru](mailto:info@radioel.ru), [www.radioel.ru](http://www.radioel.ru). ЭЛКОМ (Ижевск): г. Ижевск, ул. Ленина, 38, офис 16, тел./факс: (3412) 78-27-52, e-mail: [office@elcom.udmlink.ru](mailto:office@elcom.udmlink.ru), [www.elcompany.ru](http://www.elcompany.ru). ЭЛКОТЕЛ (Новосибирск): г. Новосибирск, м/р-н Горский, 61; тел./факс: (3832) 51-56-99, 59-93-31; e-mail: [info@elcotel.ru](mailto:info@elcotel.ru), [www.elcotel.ru](http://www.elcotel.ru). Издательство «Электроника инфо»: 220015, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Пушкина 29Б. Тел./факс: +375 (17) 204-40-00. E-mail: [electronika@nsys.by](mailto:electronika@nsys.by), [www.electronica.by](http://www.electronica.by).

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВНИТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory». Использование материалов возможно только с согласия редакции. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Электронные компоненты» обязательна. Ответственность за достоверность информации в рекламных объявлениях несут рекламодатели.

Индекс для России и стран СНГ по каталогу агентства «Роспечать» — 47298, индекс для России и стран СНГ по объединенному каталогу «Пресса России. Российские и зарубежные газеты и журналы» — 39459. Свободная цена. Издание зарегистрировано в Комитете РФ по печати. ПИ №77-17143. Издание зарегистрировано на Украине, свидетельство о государственной регистрации КВН№17602-6452 ПР.

Подписано в печать 13.02.2019 г.

Учредитель: ООО «ИД Электроника». Тираж 6000 экз.

Отпечатано в типографии «Print24»

192102, Санкт-Петербург, ул. Самойловой, д. 5, литер В

BPS110/120/130

# ДАТЧИКИ

# ДАВЛЕНИЯ



- Высокая чувствительность в сверхнизком диапазоне давления: от 0.15 до 500 psi
- Аналоговый и цифровой выход
- Стабильность параметров на всем сроке службы
- Низкая суммарная погрешность: 1.5% в диапазоне температуры калибровки
- Расширенный диапазон температур: -40...150°C
- Совместимость с агрессивными средами: воздух, жидкость, газ



Офисы в Москве: м. Молодежная, ул. Ивана Франко, 40, стр. 2, (495) 97 000 99, info@platan.ru;  
 м. Электрозаводская, Семеновская наб., д. 3/1, к. 5 (495) 744 70 70, platan@platan.ru  
 Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44, (812) 232 88 36, baltika@platan.spb.ru

TDK

BOURNS

VISHAY

rebol

3M

SICK

OSRAM

TE

Panasonic

JAMICON

MITSUBISHI ELECTRIC

muRata

РЕКЛАМА

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА И ПРИБОРЫ

56 Как на 50% увеличить продолжительность автономной работы устройств интернета вещей

## АНАЛОГОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ

58 Александр Мокин  
 Моделирование операционных усилителей

68 Питер Семиг, Тим Клэйком  
 Операционные усилители с входными каскадами на комплементарных парах

## АЦП И ЦАП

73 Александр Лучинин, Иван Малыгин, Сергей Стариков  
 Цифровые радиоприемники. Шумы. Динамический диапазон

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ И МИКРОПРОЦЕССОРЫ

76 Крис Бест  
 Использование 8-бит микроконтроллера в тепловизоре

## СВЧ

78 Константин Журавлев, Наталья Валишева, Максим Аксенов и др.

Характеристики мощных СВЧ-фотодиодов с барьером Шоттки на основе InAlAs/InGaAs/InP-гетероструктур

80 Артем Коряковцев, Андрей Кокотов, Алексей Помазанов

Монолитный трансимпедансный усилитель диапазона DC-20 ГГц на основе SiGe БиКМОП-технологии

## ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

84 Йошимаса Гото  
 Использование многослойных керамических конденсаторов большой емкости для сглаживания

## СПРАВОЧНЫЕ СТРАНИЦЫ

88 Новинки месяца. Редакционный обзор

## 93 НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ