

WWW.ELCOMDESIGN.RU

# ЭК

Электронные компоненты

Журнал для разработчиков: компоненты, решения, теория, опыт, события, обзоры

10/2017

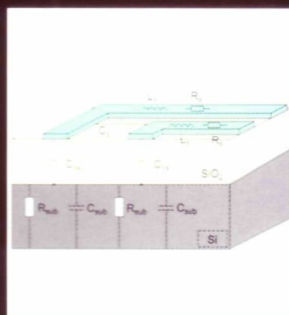
Power of ten

## Выходи на новый уровень Осциллограф R&S RTB2000

Технологии Hi-End в бюджетном классе.

Серия осциллографов RTB2000 - 2 и 4 канала, полосы частот: 70, 100, 200, 300 МГц. Бескомпромиссное превосходство в своем классе, благодаря мощной аппаратной части и интуитивно понятному управлению.

Подробнее на сайте:  
[www.rohde-schwarz.com/ru](http://www.rohde-schwarz.com/ru)



для  
отерь  
ельных

ости

Клиент

ACTEL.RU

Микроэлектронно-стойкая  
тема-на-кристалле

РЕКЛАМА

ROHDE & SCHWARZ

# содержание ЭК №10/2017

## ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

6 Игорь Корнеев, Валерий Егоров  
Преимущества разрабатываемой отечественной  
локальной системы навигации

24 Лу Френцель  
Мультиплексирование и технологии доступа  
в системах связи

28 Дмитрий Ремизов  
Проектирование IoT-приложений с помощью  
технологии LoRa

## ИСПЫТАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ

8 Андрей Переяславцев  
Удаление испытательного оборудования

## ДАТЧИКИ

33 Алексей Туранов  
Интерфейсы энкодеров

## ТОПОЛОГИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

12 Эрик Богатин  
Учитывать или нет индуктивность массива  
отверстий в печатной плате?

## АНАЛОГОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ

14 Вячеслав Киднев  
Использование метаматериалов в полосовом  
фильтре с ультраширокой полосой

36 Олег Коротков  
Корректность использования понятий «усилители  
с обратной связью по току и напряжению»

## БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

17 Михаил Соколов  
Составные РЧ-смесители и приемопередатчики  
прямого преобразования для SDR

## СЕТИ И ИНТЕРФЕЙСЫ

40 Кейси Моррисон  
Организация канала связи

[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: [electronica@nsys.by](mailto:electronica@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 KBN#17602-6452 ПР.

Подписано в печать 02.10.2017 г.

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

Отпечатано в типографии «Принт24»

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

# Реле

Европейское качество по доступной цене

 **relpol** S.A.

Honeywell

 TDK

SICK

 VISHAY

3M

 BOURNS  
Reliable Electronic Solutions

 TE  
connectivity

Panasonic

JAMICON

 MASTECH

 MITSUBISHI  
ELECTRIC

UNIT

 muRata  
INNOVATOR IN ELECTRONICS

 SOLOMON



- Миниатюрные реле на плату
- Проходные реле
- Реле времени и индикаторы на DIN-рейку
- Реле для железной дороги

 **ПЛАТАН**  
www.platan.ru

Офисы в Москве: м. Молодежная, ул. Ивана Франко, 40, стр. 2, (495) 97 000 99, info@platan.ru;  
м. Электрозаводская, ул. Б. Семеновская, 40, стр. 26, БЦ Arat, (495) 744 70 70, platan@platan.ru  
Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44, (812) 232 88 36, baltika@platan.spb.ru

## ГЕНЕРАТОРЫ, ТАЙМЕРЫ И СИНТЕЗАТОРЫ СИГНАЛОВ

46 Дин Майлс

Новые ЦАП улучшают возможности генераторов сигналов

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ И МИКРОПРОЦЕССОРЫ

50 Александр Пескин

Микроконтроллеры сенсорной клавиатуры семейства BS83VxxA компании Holtek Semiconductor

54 Грегор Сандердик

Автономные периферийные устройства: малое потребление в реальном времени

## ВСТРАИВАЕМОЕ ПО

58 Скот Джеймс, Кристоф Тремлет, Майкл Джексон

Как защитить прошивку и данные во встраиваемых устройствах

## ПЛИС И СБИС

64 Игорь Мухин

Построение отечественных кремниевых многофункциональных схем управления для систем АФАР в интегральном исполнении

## СВЧ

68 Владимир Репин, Игорь Мухин, Герман Алексеев, Максим Дроздецкий

Разработка МИС маломощных широкополосных усилителей на кремнии

## ДИСКРЕТНЫЕ СИЛОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ

72 Шриватса Рагхунат

Управление безопасностью и тепловым режимом источников питания

## ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

74 Роман Мусенов

Исследование методов улучшения добротности интегральных кремниевых катушек индуктивности

81 Хорхе Виктория Авир

Магнитная защита для беспроводных систем

## СПРАВОЧНЫЕ СТРАНИЦЫ

86 Новинки месяца. Редакционный обзор

## 92 НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

# contents #10/2017

## ELECTRONIC COMPONENTS #10 2017

### ENGINEERING

6 Igor Korneyev and Valery Egorov  
**Advantages of Developed Domestic  
Local Navigation System**

### TESTING

8 Andrey Pereyaslvtsev  
**Test-Fixture De-Embedding**

### PCB LAYOUT

12 Eric Bogatin  
**How Bad are Swiss Cheese Planes?**

14 Vyacheslav Kidnev  
**Applying Metamaterials in Band-Pass Filter  
with Ultra-Wide Band**

### WIRELESS

17 Mikhail Sokolov  
**Multicomponent RF Mixers  
and Direct Conversion Transceivers for SDR**

24 Lou Frenzel  
**Multiplexing and Access Techniques  
for Communication Systems**

28 Dmitry Remizov  
**Designing IoT Apps with LoRa**

### SENSORS

33 Alexey Turanov  
**Encoder Interfaces**

### ANALOG

36 Oleg Korotkov  
**Current Feedback and Voltage Feedback Fallacies**

### NETWORKS AND INTERFACES

40 Casey Morrison  
**What Is Link Training and When Should I Use It?**

### OSCILLATORS, TIMERS AND WAVEFORM SYNTHESIZERS

46 Dean Miles  
**New DAC Technologies Change  
the Signal Generation Landscape**

### MCU AND MPU

50 Alexander Peskin  
**Microcontrollers for Sensor Keyboard of BS83BxxA  
Family from Holtek Semiconductor**

54 Gregor Sunderdiek  
**The Power of Autonomous Peripherals:  
Achieving Low-Power in Real Time**

### EMBEDDED SOFT

58 Scott James, Cristophe Tremlet and Michael Jackson  
**Protect Firmware and Data in Embedded Devices**

### FPGA AND VLSIC

64 Igor Mukhin  
**Building Domestic Silicon Multipurpose Control  
Circuits for Active Phased Array Antennas**

### MICROWAVE

68 Vladimir Repin, Igor Mukhin, Herman Alexeyev  
and Maxim Drozdetsky  
**Designing Monolithic IC for Low-Noise Wideband  
Amplifiers on Silicon**

### DISCRETE POWER

72 Srivatsa Raghunath  
**Safety and Thermal Management**

### PASSIVE

74 Roman Musenov  
**Techniques for Improving Q-factor of Integral Silicon  
Inductances**

81 Jorge Victoria Ahuir  
**Going Wireless with Magnetic Shielding**

### REFERENCE PAGES

86 Newly-Designed Products. Monthly Editorial Review

92 **NEW COMPONENTS  
IN THE RUSSIAN MARKET**