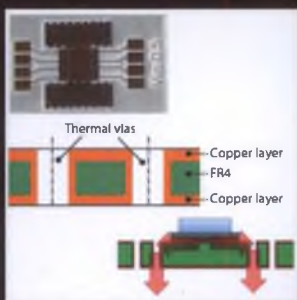
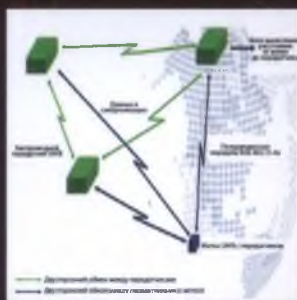


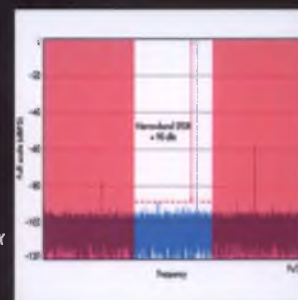
(с. 6) » Как не допустить перегрева печатных плат



(с. 19) » Точное ориентирование внутри зданий — уже реальность



(с. 60) » Динамический диапазон без паразитных составляющих в широкополосных АЦП



120 110 100 90 80 70 60 50 40 30

130

20 10 0

Входная цепь согласования

Выходная цепь согласования

СВЧ транзистор

Балансное сопротивление 50 Ом

04 06 08 10

270 280 290 310 320

# Антенны: от микрополосковых до WiMax

## С. 22

WWW.ACTEL.RU



Самый быстрый и недорогой старт проекта

# содержание ЭК

# №8/2014

16+

## РАЗРАБОТКА И КОНСТРУИРОВАНИЕ

6 Владимир Кондратьев  
Современные решения по тепловому регулированию для печатных плат высокоомощных систем. Часть 1

10 Владимир Беляков  
Измерения и оптимизация аддитивного джиттера тактового сигнала

## ТОПОЛОГИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

14 Барри Олни  
Роль возвратного тока в борьбе с электромагнитными помехами

## ИСПЫТАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ

16 Тодд Колмодин, Манфред Людвиг, Говард Карпентер, Рик Меро  
Электрические испытания пассивных компонентов

## БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

19 Степан Нечаев  
Обеспечение точности геопозиционирования 10 см

22 Александр Хабаров  
Компактная антенна WiMAX/WLAN

24 Радж Кумар  
Широкополосная микрополосковая антенна

27 Николай Панин  
Широкополосная СВЧ-антенна бегущей волны

32 Дахай Ни, Шун Жао  
Недорогой приемник на 9 ГГц

35 Джованни Бьянки  
Датчик возгорания на основе радиометра

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА И ПРИБОРЫ

39 Сильвия Райц  
Тестирование встраиваемых решений с помощью осциллографов смешанных сигналов

42 Джоэл Вудворд  
Пять критериев оценки целостности сигнала, измеренного осциллографом

## СЕТИ И ИНТЕРФЕЙСЫ

45 Дмитрий Пономарев  
Подключение компьютера к Ethernet через телефонную или телевизионную сети

48 Бернд Хоррмайер  
Технологии PoE и PoE+ от Phoenix Contact

50 Джон Мансон  
Экономичная схема подключения isoSPI к высоковольтной шине

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

Руководитель направления «Разработка электроники» и главный редактор **Леонид Чанов**; ответственный секретарь **Марина Грачёва**; редакторы: **Елизавета Воронина**, **Виктор Ежов**, **Екатерина Самкова**, **Владимир Фомичёв**, **Леонид Чанов**; редакционная коллегия: **Валерий Григорьев**, **Борис Рудяк**, **Владимир Фомичёв**, **Леонид Чанов**; директор по рекламе: **Ольга Попова**; реклама: **Антон Денисов**, **Елена Живова**; распространение и подписка: **Марина Панова**, **Василий Рябишников**; арт-директор: **Михаил Павлюк**; 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@sys.by](mailto:electronica@sys.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. Издательство зарегистрировано на Украине, свидетельство о государственной регистрации КВН№17602-6452 ПР.

Подписано в печать 25.08.2014 г.

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

Отпечатано в типографии ООО «Акцент Групп», 194044, Санкт-Петербург, Б. Сампсониевский пр., д. 60, лит. И.



**Надежность электроники специального назначения достигается тщательным тестированием...**

Системам тестирования JTAG Technologies отдают предпочтение ведущие мировые производители электроники для космических аппаратов, авиации, военной техники, систем жизнеобеспечения и автомобилей. Это области, где ошибки недопустимы.

**А как вы тестируете цифровую электронику?**

Представительство JTAG Technologies в России

Телефон: (812) 313-9159

Факс: (812) 313-9100

E-mail: russia@jtag.com

Эксклюзивный дистрибьютор: ЗАО Предприятие Остек

Телефон: (495) 788-4444

Факс: (495) 788-4442

E-mail: info@ostec-group.ru

## СВЕТОТЕХНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

53 Алексей Васильев, Кирилл Гуркин

**Мощные светодиоды Kingbright: добавьте цветов в палитру**

## АНАЛОГОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ

57 Джо Кириакис

**Увеличение мощности выходного сигнала высоковольтного ОУ**

## АЦП И ЦАП

60 Илья Викторов

**Динамический диапазон без паразитных составляющих АЦП**

65 Дмитрий Носов

**Выбор дельта-сигма АЦП**

## ГЕНЕРАТОРЫ, ТАЙМЕРЫ И СИНТЕЗАТОРЫ СИГНАЛОВ

68 Михаил Романов

**Усовершенствованные генераторы на базе МЭМС-резонаторов**

## ДАТЧИКИ

73 Якуб Шимчак

**Измерение углового положения и скорости**

## ДИСКРЕТНЫЕ СИЛОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ

77 Александр Писарев, Алексей Сурма, Анатолий Черников

**Быстровосстанавливающиеся мощные диоды для высокоэффективных инверторных систем**

## МИКРОСХЕМЫ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

83 Виктор Охрименко

**МС34063. Старые песни на новый лад**

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ И МИКРОПРОЦЕССОРЫ

88 Стивен Стелла

**Гибридные контроллеры управления питанием от Microchip**

91 Грэм Кларк

**Базовые правила проектирования системы на базе 32-разрядного микроконтроллера**

## ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

96 Андрей Колдунов

**Обзор сигнальных реле Omron**

## 105 НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

# contents #8/2014

## ELECTRONIC COMPONENTS #8 2014

### DESIGN and DEVELOPMENT

6 Vladimir Kondrat'ev  
**Trends in Thermal Management Materials for Electronic Circuits. Part 1**

10 Vladimir Belyakov  
**Understand, Measure and Optimize Clock distribution additive jitter to achieve best performance**

### PCB LAYOUT

14 Barry Olney  
**Mythbusting: There Are No One-Way Trips**

### TESTING

16 Todd Kolmodin, Manfred Ludwig, Howard Carpenter and Rick Meraw  
**Electrical Testing of Passive Components**

### WIRELESS TECHNOLOGIES

19 Stepan Nechaev  
**Enabling Sub 10cm Positioning Accuracy**

22 Alexander Khabarov  
**Compact Antenna Snares WiMAX/WLAN**

24 Raj Kumar  
**Microstrip Antenna Boosts UWB Gain**

27 Nickolay Panin  
**Design of an Ultra-Wideband High-Power-Microwave Traveling-Wave Antenna**

32 Dahai Ni and Shun Zhao  
**Low-Cost Front End Receives 9 GHz**

35 Giovanni Bianchi  
**Radiometer Aids Fire Detection**

### INSTRUMENTATION

39 Sylvia Reitz  
**Testing Embedded Solutions with Mixed-Signal Oscilloscopes**

42 Joel Woodward  
**Five Principles for Evaluating Signal Integrity Measured with Oscilloscope**

### NETWORKS and INTERFACES

45 Dmitry Ponomarev  
**How the ADSL-Connection Works**

48 Bernd Horrmeyer  
**PoE и PoE+ Technologies from Phoenix Contact**

50 Jon Munson  
**Low Cost isoSPI Coupling Circuitry for High Voltage High Capacity Battery Systems**

### LIGHTING and OPTOELECTRONICS

53 Alexey Vasiliev and Kirill Gurkin  
**Kingbright's High-Power LEDs: Add Colors to Your Palette**

### ANALOG

57 Joe Kyriakis  
**Boosting Output in High-Voltage Op-Amps with a Current Buffer**

### ADC and DAC

60 Ilya Victorov  
**Understanding Spurious Free Dynamic Range in Wideband GSPS ADCs**

65 Dmitry Nosov  
**What's the Difference between Continuous-Time and Discrete-Time Delta-Sigma ADCs?**

### OSCILLOSCOPES, TIMERS and WAVEFORM SYNTHESIZERS

68 Mikhail Romanov  
**Enhanced MEMS Oscillators Catch Up to Crystals**

### SENSORS

73 Jakub Szymczak  
**Measuring Angular Position and Velocity**

### DISCRETE POWER

77 Alexander Pisarev, Alexey Surma and Anatoly Chernikov  
**Freewheeling Diodes for High Performance Inverter Systems**

### POWER IC

83 Victor Okhrimenko  
**New Old Switching Converters MC34063**

### MCU and MPU

88 Stephen Stella  
**Why Choose when You Can Have Both?**

91 Graeme Clark  
**Designing with 32-bit Microcontrollers – Getting the Basics Right**

### PASSIVE

96 Andrey Koldunov  
**Reviewing Omron's Signal Relays**

### 105 NEW COMPONENTS IN THE RUSSIAN MARKET

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ 10 см

СТЕПАН НЕЧАЕВ, инженер, [nechaev@list.ru](mailto:nechaev@list.ru)

*В статье рассмотрены основные методики определения местоположения мобильного узла внутри помещения.*

Технологии геопозиционирования (GPS, ГЛОНАСС, GALILEO) позволили осуществить значительный прорыв в области навигации и отказаться от использования карт и указателей. К сожалению, спутниковые системы навигации не могут быть применены внутри помещения, где мы проводим около 85% времени. Это — следующий шаг в развитии навигации, хотя на сегодня подобные сервисы предоставляются некоторыми гипермаркетами и общественными заведениями. Правда, их уязвимым местом является точность.

Потребители привыкли к точной и достоверной навигации вне помещения. И внутри помещения должен быть обеспечен такой же уровень качества. Однако разница в масштабе: одно дело найти магазин в большом торговом центре, другое — конкретный товар на полке супермаркета. Современный уровень технологий ориентирования внутри помещения не обеспечивает такой точности.

## КЛАССИФИКАЦИЯ

Системы позиционирования можно классифицировать по параметрам радиосигналов, которые используются для вычисления координат мобильных узлов. В настоящее время используется три метода измерений: по углу (AOA), по силе принятого сигнала (RSS) и по времени (TOA или TDOA).

В системах AOA (Angle of Arrival) координаты мобильных объектов рас-

считываются геометрически. С помощью направленных антенн мобильный узел измеряет углы прихода сигналов от стационарных узлов с известными координатами. По измеренным направлениям вычисляются координаты подвижного объекта. Точность данного подхода невысока из-за отражений сигнала.

Методы TOA (Time Of Arrival) и TDOA (Time Difference Of Arrival) основаны на измерении и времени распространения сигнала от передатчика до приемника. В методе TOA время распространения вычисляется как разность времен отправки и приема сигнала. Приемник и передатчик должны быть точно синхронизированы.

Метод TDOA более практичен, т.к. в нем измеряется время распространения от передатчика к приемнику и обратно по часам передатчика, т.е. не требуется синхронизации часов.

В системах RSS (received — signal strength) вычисление координат объектов производится на основе силы принимаемого сигнала. Большинство технологий, используемых для позиционирования внутри помещения, основаны на измерении силы радиосигнала. Ориентирование производится на основе предположения, что между расстоянием и силой сигнала есть строгая связь, описываемая законом Фрииса. В то же время данный закон справедлив только в условиях открытого пространства. Внутри помещения вследствие интерференции, отражения сигнала

и отсутствия прямой видимости точность определения расстояния низка и составляет десятки метров.

Фильтрация и локализация по шаблону позволяют повысить точность до нескольких метров при благоприятных условиях, однако этого не всегда достаточно. Кроме того, система проходит этап обучения, или калибровки, на котором строится база соответствий между координатами мобильного узла и силой сигнала. При внесении изменений в план этажа необходима повторная калибровка.

Идея строить системы позиционирования внутри помещения на основе времени прохождения радиосигнала, а не его силы, относительно нова. Путем измерения времени пролета сигнала можно точно оценить расстояние между передатчиком и приемником.

Были попытки построить времяпролетные системы на основе стандартных сигналов Wi-Fi или 2,4 ГГц, однако из-за узкой полосы фронт сигнала нарастает медленно, поэтому сложно определить точное время прихода сигнала в условиях многолучевости и низкого отношения сигнал-шум (см. рис. 1). В итоге точность составляет несколько метров, а надежность по-прежнему зависит от особенностей окружающей среды.

## ТЕХНОЛОГИЯ IR-UWB

Метод приема импульсных сигналов сверхмалой длительности (IR-UWB), утвержденный стандартом IEEE 802.14.4-2011, обеспечивает характеристики, приемлемые для точной и надежной работы внутри помещения. Импульсный сигнал имеет сверхширокую полосу и состоит из узких импульсов, как правило, не длиннее 2 нс. Это делает его нечувствительным к многолучевости и интерференции (см. рис. 2).

Технология IEEE 802.15.4 обеспечивает точность геопозиционирования 10 см, надежность — более 99%, работу на расстоянии до 35 м в условиях отсутствия прямой видимости и до 250 м в условиях прямой видимости. Она настолько точна, что позволяет обнаружить объект в ящике стола. Времяпролетный метод очень эффек-

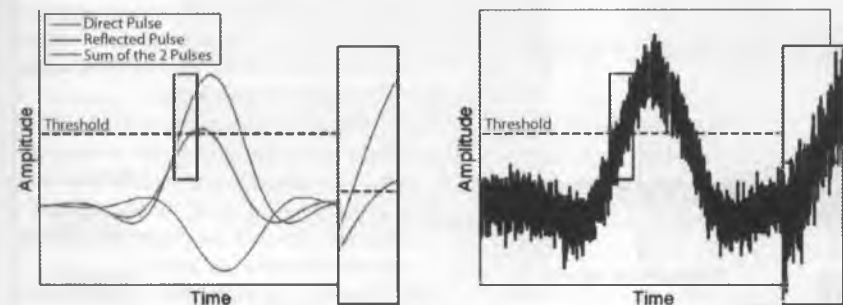


Рис. 1. Узкополосный сигнал с отражениями (слева) и с шумом (справа)

Amplitude — амплитуда; time — время; direct pulse — прямой импульс; reflected pulse — отраженный импульс; sum of the 2 pulses — сумма двух импульсов; threshold — пороговое значение

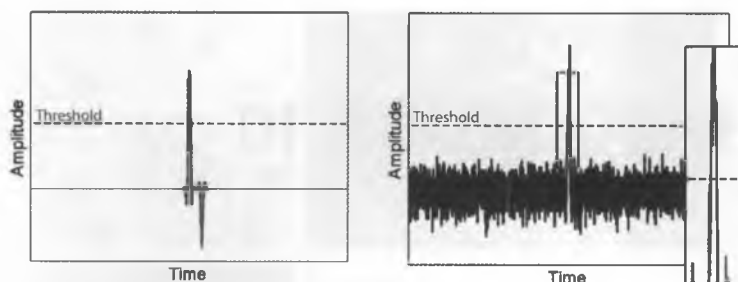


Рис. 2. Широкополосный сигнал с отражениями (слева) и шумом (справа)

Amplitude — амплитуда; time — время; threshold — пороговое значение

тивен и позволяет обойтись без процедуры калибровки, которая требует много времени и сил.

Технология приема импульсных сигналов сверхмалой длительности позволяет создавать системы позиционирования реального времени, предоставляющие два сервиса одновременно: отслеживание и навигацию.

#### ОТСЛЕЖИВАНИЕ

При отслеживании объектов или персонала местоположение объекта определяется с помощью меток, которые передают пакеты данных для стационарных радиомаяков. Поскольку радиомаяки синхронизированы, можно рассчитать разницу времени прибытия (TDOA) пакета к радиомаякам.

С помощью алгоритмов MLAT по величине TDOA система вырисовывает гиперболы (см. рис. 3). Их пересечение указывает на точное местоположение объекта, который передал запрос. Точность составляет 30 см при достоверности не менее 95%.

#### НАВИГАЦИЯ

В отличие от рассмотренной методики отслеживания, при которой данные пересылаются от объекта в систему, при навигации данные передаются в обратном направлении. Если строить систему навигации на основе системы отслеживания, дав мобильному объекту возможность получать данные, то полоса пропускания будет использоваться нерационально. Такой подход

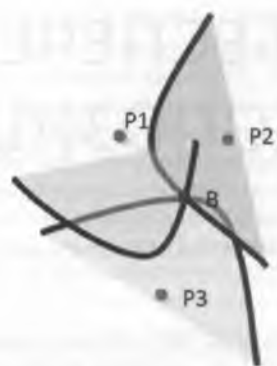


Рис. 3. Построение гипербол для определения координат мобильного узла

не всегда обеспечивает работу в реальном времени. Кроме того, не гарантируется приватность, поскольку с объекта считываются данные.

Более хорошие характеристики будут получены, если радиомаяки осуществляют широкополосную передачу, а местоположение рассчитывается по меткам. Поскольку радиомаяки синхронизированы, расчет может быть произведен рассмотренным выше способом.

Этот подход похож на принцип, который в основе GPS-инфраструктурная сеть выступает в роли спутников, а мобильные объекты — в качестве приемников GPS.

Поскольку мобильный объект не осуществляет передачу данных, то гарантируется приватность, и мобильные объекты не занимают полосу, т.е. в сети может быть очень большое количество устройств, работающих в режиме навигации.

#### ПРИНЦИП РАБОТЫ

Система периодически посылает короткие импульсы, которые позволяют обнаружить объект с большой точностью. Импульс длительностью 1 нс соответствует расстоянию 33 см. Чем короче временной импульс, тем больше пространственное разрешение.

Есть два основных класса приема и распознавания импульсов: когерентный и некогерентный. Когерентное детектирование (см. рис. 4) обеспечивает самое высокое пространственное разрешение, меньше метра. Для лучшей работы за время одного пролета метка должна быть видна нескольким станциям (считывателям).

При использовании некогерентного способа детектирования анализируется не каждый временной импульс, а усредненный. Этот метод проще и дешевле, однако он имеет ограниченное разрешение (см. рис. 5).

Главное достоинство сверхширокополосной передачи заключается в использовании широкой полосы частот. Такие системы имеют высокое разрешение и в то же время не под-

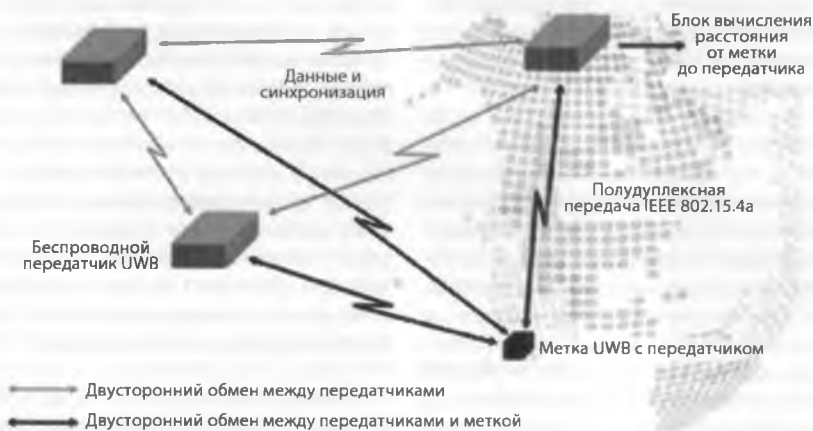


Рис. 4. Когерентный способ детектирования



Рис. 5. Некогерентный способ детектирования

вержены взаимной интерференции и многолучевости распространения сигнала, что характерно для узкополосных систем связи.

На первый взгляд широкополосная система позиционирования реального времени кажется чересчур сложной, и, следовательно, затратной, однако при тщательном изучении выясняется, что это не так. Во-первых, аппаратная часть может быть реализована на одном кристалле. Весь модуль может быть выполнен в компактном размере с помощью радиочипа IR-UWB.

Радиозел работает в режиме отслеживания в среднем более 3 лет или более 48 ч в режиме навигации за счет экономичных и эффективных алгоритмов работы. Для обеспечения эффективного расхода энергии и раци-

онального использования частотного диапазона разработаны программные стеки и оптимальные программные алгоритмы определения местонахождения. Большое количество программного обеспечения доступно для составления карты помещения, планирования маршрута и навигации на смартфоне и стационарном компьютере.

#### ПРОГНОЗ

Точное и достоверное ориентирование внутри здания уже становится реальностью благодаря технологии IR-UWB. Она применяется в промышленных областях, таких как здравоохранение, автоматизация производства и складирование, и позволяет отслеживать различные объекты — грузы, ресурсы, персонал.

Производители транспортных средств внедряют ее в системы безопасности для проверки расстояния между ключом и машиной, чтобы избежать преднамеренной атаки реле.

На потребительском уровне технология также имеет широкие перспективы. Например, она может применяться для поиска продуктов на полке супермаркета или оповещения пользователя в соответствии с его местонахождением.

Технология геопозиционирования стала важной частью повседневной жизни. Она реализована в мобильных телефонах, чтобы обеспечить навигацию на открытом воздухе. Технология IR-UWB позволит ориентироваться как на улице, так и внутри здания, сохраняя одинаково высокую точность.

## СОБЫТИЯ РЫНКА

**| ЕВРОПА СТАЛА РЕКОРДСМЕНОМ ПО ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ |** На западном рынке все большее распространение получают возобновляемые источники энергии (ВИЭ), которые постепенно вытесняют традиционные источники энергии. Согласно докладу Statista, некоторые страны благодаря ветрогенераторам получили более 20% электричества.

При этом в качестве абсолютного рекордсмена называется Дания. В этой стране ветроэнергетика развилась до такой степени, что без труда отняла у традиционных сегментов энергетики долю в 33,8%.

Второе место заняла Португалия, где доля ветроэнергетики — 24,6%. Третье место получила соседняя Испания с показателем 20,9%.

Другим странам столь высоких результатов достичь пока не удалось. Впрочем, Ирландия смогла приблизиться к отметке 17,3%, что тоже немало. А вот Германия и Великобритания добились показателей лишь 7,9 и 7,7%, соответственно.

Прочие страны не спешат расставаться с традиционными методами получения энергии. К примеру, ветроэнергетика в Китае пока что не превысила отметки 6%, а в США этот показатель еще меньше — 4,1%.

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

Honeywell



EPCOS

SICK



ROHM

IOR

TE

Panasonic

FLUKE

JAMICON

MASTECH

MITSUBISHI ELECTRIC

UNI-T

muRata

SOLIMAN

# ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОФИ



Authorized Distributor

Модульная система кримперов серии SDE позволяет экономить деньги при переходе с ручного инструмента на электрический, для этого достаточно купить только новый корпус, а головки и матрицы использовать от ручного кримпера.



## Флагман линейки PRO-CRIMPER III

- ✓ храповик обеспечит необходимое усилие обжатия
- ✓ держатель зафиксирует клемму и позволит сконцентрировать внимание на правильности расположения провода
- ✓ эргономичные ручки не будут скользить в руках



[www.platan.ru](http://www.platan.ru)  
**ПЛАТАН**

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