

# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

# 5

2015



**В номере:**

- Солнечные модули как источники питания
- Джойстик на эффекте Холла, навкодер и оптический энкодер с мультитачпадом
- Рекуперация электроэнергии при проведении испытаний
- Измерения коэффициента шума в РЧ- и СВЧ-диапазонах
- Устройство измерения и распознавания цвета

*и многое другое*





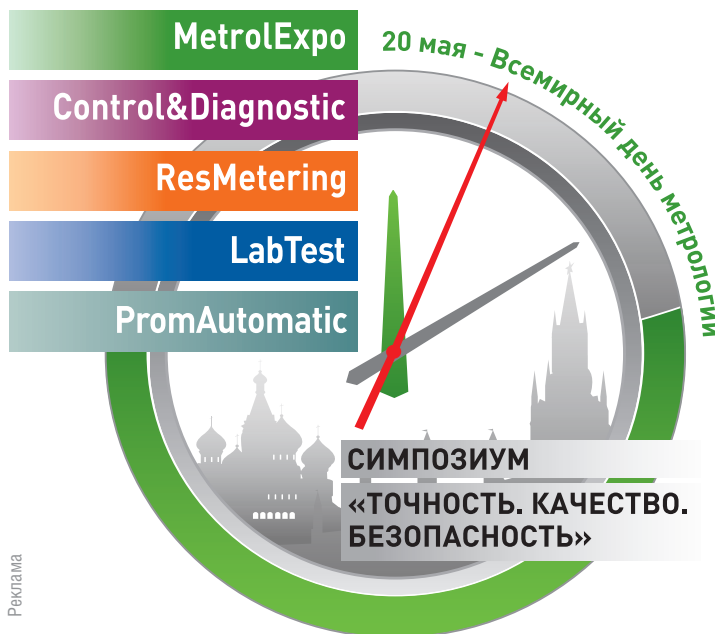
## 11-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ

# ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ – ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 апреля 2014 г. № 541-р

**19-21 мая '2015**  
**Москва** Павильон  
**ВДНХ** №69

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ  
ВЫСТАВКИ



Реклама

### ОРГАНИЗАТОР

Министерство промышленности и торговли  
Российской Федерации (Минпромторг России)  
и Федеральное агентство по техническому  
регулированию и метрологии (Росстандарт)

### СОДЕЙСТВИЕ

Аппарат Правительства Российской Федерации

### МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПАРТНЕРЫ

The International Bureau of Weight and Measures (BIPM)  
International Organization of Legal Metrology (OIML)  
The International Committee for Non-Destructive Testing (ICNDT)  
Euro-Asian Cooperation of National Metrology Institutions (COOMET)

### С ЭКСПОЗИЦИОННЫМ УЧАСТИЕМ

Минпромторг России, Минэнерго России, Минобрнауки России,  
МВД России, Росстандарт, Ростехнадзор, Роскосмос,  
ГК «Росатом», ГК «Ростехнологии», ОАО «РОСНАНО»,  
ОАО «РЖД», Фонд «Сколково»

### КОНКУРСНАЯ КОМИССИЯ

ФБУ «Ростест-Москва»



### УСТРОИТЕЛЬ И ВЫСТАВОЧНЫЙ ОПЕРАТОР

Компания «Вэстстрой Экспо»

### ПРОГРАММА ФОРУМА

- 11-я выставка средств измерений и метрологического обеспечения «**METROLEXPO-2015**»
- 4-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы «**CONTROL&DIAGNOSTIC-2015**»
- 4-я выставка технологического и коммерческого учета энергоресурсов «**RESMETERING-2015**»
- 3-я выставка лабораторного, испытательного и тестового оборудования «**LABTEST-2015**»
- 3-я выставка КИПиА и компонентов для промышленной автоматизации «**PROMAUTOMATIC-2015**»
- 7-й Всероссийский симпозиум метрологов «**ТОЧНОСТЬ. КАЧЕСТВО. БЕЗОПАСНОСТЬ**»
- Всероссийская выставочно-конкурсная программа «**ЗА ЕДИНСТВО ИЗМЕРЕНИЙ**»

### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Стратегическая задача форума и выставки – создание международной коммуникационной платформы и содействие внутреннему сотрудничеству в области приборостроения, объединяющего представителей федеральных органов исполнительной власти, науки и бизнеса, с целью удовлетворения потребностей страны и общества в высокоточных измерениях, информатизации отрасли, формирования финансовых механизмов поддержки и продвижения инноваций, привлечения инвестиций международных и российских экономических институтов развития.

Стратегический партнер форума



Генеральный партнер форума



Генеральные информационные партнеры



### ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА

129223, Москва, а/я 35. ул. Сельскохозяйственная, д. 35, стр. 182  
Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)

www.metrol.expoprom.ru  
E-mail: metrol@expoprom.ru



**Доломант** Высокие технологии на службе Отечеству

# ПРИГЛАШАЕМ НА ВИРТУАЛЬНУЮ ЭКСКУРСИЮ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДОЛОМАНТ

WWW.**FACTORY**.DOLOMANT.RU



## ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ ВЫСШЕЙ КАТЕГОРИИ НАДЁЖНОСТИ

- **15 лет импортозамещения:** контрактное производство в России на европейском уровне
- **Весь цикл производства:** от образцов и макетов изделий до серийной партии, от модуля до блока
- **Полный комплекс услуг:** участие в ОКР, поддержание склада для серийных программ, сервисное обслуживание

**Главный редактор**

Алексей Смирнов

**Заместитель главного редактора**

Александр Хлынов

**Редакционная коллегия**

Александр Балакирев, Андрей Данилов,  
Виктор Жданкин, Эрмин Машурян,  
Сергей Сорокин, Андрей Туркин,  
Рифат Хакимов

**Литературный редактор**

Ольга Семёнова

**Вёрстка**

Марина Петрова

**Обложка**

Дмитрий Юсим

**Распространение**

Ирина Лобанова  
(info@soel.ru)

**Реклама**

Ирина Савина  
(advert@soel.ru)

**Издательство «СТА-ПРЕСС»**

Директор Константин Седов  
Почтовый адрес:  
119313, Москва, а/я 26  
Телефон: (495) 232-0087  
Факс: (495) 232-1653  
Сайт: www.soel.ru  
E-mail: info@soel.ru



Производственно-практический журнал  
Выходит 9 раз в год  
Тираж 10 000 экземпляров  
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе  
по надзору за соблюдением законодательства  
в сфере массовых коммуникаций  
и охране культурного наследия  
(свидетельство ПИ № ФС77-18792  
от 28 октября 2004 года)  
Свидетельство № 00271-000  
о внесении в Реестр надёжных партнёров  
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации  
Цена договорная

Отпечатано: ООО ПО «Периодика»  
Адрес: 105005, Москва, Гарднеровский пер.,  
д. 3, стр. 4  
http://www.printshop13.ru

Перепечатка материалов допускается только  
с письменного разрешения редакции.  
Ответственность за содержание рекламы  
несут рекламодатели.  
Ответственность за содержание статей  
несут авторы.  
Материалы, переданные редакции,  
не рецензируются и не возвращаются.  
© СТА-ПРЕСС, 2015

# 5/2015 Contents

## MARKET

Russian Market News .....	4
---------------------------	---

## MODERN TECHNOLOGIES

Solar Panels and Modules as Power Sources .....	8
---	---

*Andrey Kashkarov*

Using JTAG Live Buzz Freeware as a Test Probe .....	16
--	----

*Aleksey Ivanov*

## ELEMENTS AND COMPONENTS

Review of Modern AUO Displays with Additional Functions .....	20
---	----

*Igor Mateshev, Andrey Turkin*

Development of Low-Temperature Analog Integrated Circuits for the Sensor Impulse Signal Processing. Part 2 .....	24
---	----

*Oleg Dvornikov, Vladimir Chehovskiy, Valentin Dyatlov, Nikolay Prokopenko*

Modern 32-bit ARM Microcontrollers Series STM32: Watchdog Timers .....	30
---	----

*Oleg Val'pa*

Hall Effect Joystick, Multi-Touch Ring Encoder and Other Innovations from Grayhill .....	36
---	----

*Olga Romanovskaya*

## DEVICES AND SYSTEMS

Energy Recovery During Testing: Solutions and Equipment .....	42
--	----

*Aleksandr Zhukov, Mikhail Popov*

Selecting the Oscilloscope. Part 1 .....	46
--	----

*Andrey Antonov*

## ENGINEERING SOLUTIONS

Experimental Device for Color Analysis and Recognition .....	52
--	----

*Pavel Red'kin*

Switching Power Supply with Stabilized Output and Low Ripple. Part 2 .....	60
---	----

*Aleksey Kuzminov*

## DESIGN AND SIMULATION

Basics of Noise Measurement in Radio and Microwave Frequency Ranges. Part 1 .....	66
--	----

*Maksim Sokovishin*

Control System Tuning in Simulink Made Easy .....	70
---	----

*Pascal Gahinet, Arkadiy Turevskiy*

## EVENTS

«ExpoElectronica» – Deserved Success! .....	76
---	----

## COMPETENT OPINION

Electronics Goes to the Regions! .....	80
--	----

*Aleksandr Khabarov*

# Содержание 5/2015

## РЫНОК

- 4 Новости российского рынка

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 8 Солнечные батареи и модули как источники питания  
*Андрей Кашкаров*
- 16 Использование бесплатной программы JTAG Live Buzz в качестве тестового пробника  
*Алексей Иванов*

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 20 Обзор современных дисплеев AUO с дополнительными функциями  
*Игорь Матешев, Андрей Туркин*
- 24 Создание низкотемпературных аналоговых ИС для обработки импульсных сигналов датчиков. Часть 2  
*Олег Дворников, Владимир Чеховский, Валентин Дятлов, Николай Прокопенко*
- 30 Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: сторожевые таймеры  
*Олег Вальпа*
- 36 Джойстик на эффекте Холла, оптический энкодер с мультитачпадом и другие инновации от Grayhill  
*Ольга Романовская*

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 42 Рекуперация электроэнергии при проведении испытаний: решения и оборудование  
*Александр Жуков, Михаил Попов*
- 46 Выбираем осциллограф. Часть 1  
*Андрей Антонов*

## ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 52 Экспериментальное устройство анализа и распознавания цвета  
*Павел Редькин*
- 60 Импульсный ИП со стабилизированным выходом и низким уровнем пульсаций. Часть 2  
*Алексей Кузьминов*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 66 Основы измерения коэффициента шума в радиочастотном и микроволновом диапазонах. Часть 1  
*Максим Соковишин*
- 70 Настройка системы управления в Simulink  
*Паскаль Гахинет, Аркадий Туревский*

## СОБЫТИЯ

- 76 «ЭкспоЭлектроника» – заслуженный успех!

## КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

- 80 Электроника идёт в регионы!  
*Александр Хабаров*

## Электронная версия для мобильных устройств

Бесплатное приложение «Современная электроника» появилось в **Google Play** для пользователей устройств на платформе Android (в разделе «Приложения/Бизнес») и доступно в **App Store** для пользователей iOS (в разделе «Бизнес»). С помощью этого приложения можно бесплатно читать с экрана номера наших журналов. К новым номерам журнала доступ в приложении платный. При просмотре номера читатели для более удобной навигации могут воспользоваться гиперссылками, встроенными в содержание и в рекламные блоки. С выпуском этого приложения у читателей появилась возможность иметь доступ к журналу «Современная электроника», где бы они ни находились: на рабочем месте, по дороге домой, в парке, дома, в поездках. Устанавливайте приложение и читайте журнал «Современная электроника» с экрана своих мобильных устройств!

## ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА

### Преимущества:

- подписаться может любой желающий, тогда как бесплатная подписка оформляется только для специалистов в области электроники. Поступающие в редакцию подписные анкеты тщательно обрабатываются, и часть их отсеивается;
- журнал будет гарантированно доставлен, тогда как при бесплатной подписке редакция гарантирует только отправку, но не доставку журнала;
- эту подписку могут оформить иностранные граждане.

### «Роспечать»

Оформить платную подписку можно в почтовом отделении через агентство «Роспечать». Тел.: (495) 921-2550. Факс: (495) 785-1470

Подписаться можно как на 6 месяцев, так и на год. Подписные индексы по каталогу агентства «Роспечать»: на полугодие – **46459**, на год – **36280**.

Кроме того, можно оформить платную подписку через альтернативные подписные агентства.

### «Урал-Пресс»

Тел.: (495) 961-2362  
<http://www.ural-press.ru>

### Читатели из дальнего зарубежья

могут оформить подписку через агентство

### «МК-Периодика»

Тел.: +7 (495) 672-7012  
Факс: +7 (495) 306-3757  
[info@periodicals.ru](mailto:info@periodicals.ru)

## Новости российского рынка

### СОБЫТИЯ

#### «ТехноЭМС-2015» состоялась!

1–2 апреля в Москве прошла Вторая все-российская научно-техническая конференция «Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости» («ТехноЭМС-2015»).



Одним из организаторов мероприятия выступила Группа компаний «Диполь».

Тематика конференции охватила проблемы развития конструктивных методов обеспечения ЭМС, правового и нормативного обеспечения работ. Были представлены новые методы и средства испытаний и измерений.

В конференции приняли участие 63 специалиста предприятий различных отраслей промышленности, региональных центров Росстандарта, испытательных центров, вузов. Материалы конференции опубликованы в виде Сборника научных трудов.

Тематика 37 научных докладов определяла два основных направления дискуссии:

- 1) эффективность обеспечения ЭМС на различных этапах жизненного цикла технических средств;
- 2) развитие методов и средств испытаний на ЭМС.

В частности, в докладе А.П. Смирнова (ЗАО «НПФ «Диполь») предложены пути формирования универсальных испытательно-измерительных комплексов для задач испытаний на ЭМС на базе доступной номенклатуры оборудования. В секционных докладах рассмотрено обеспечение ЭМС оборудования атомных электростанций, изделий судостроения, железнодорожной техники, летательных аппаратов.

В совокупности результаты новых разработок дают представление о тенденциях развития методов и средств воспроизведения электромагнитной обстановки для оценки устойчивости технических средств, а также аппаратуры для измерений и анализа эмиссии испытываемых объектов.

Участники конференции подчеркнули высокий научный уровень докладов. Следующую конференцию «ТехноЭМС» планируется провести в 2016 году.

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

Тел.: (812) 702-1266

#### Нововведения компании Gigavac

Для облегчения создания новых устройств на базе контакторов и реле компания Gigavac полностью переработала свою техническую документацию, а также добавила трёхмерные изображения практически всех своих продуктов.



Высокое качество и ответственность, полное сопровождение заказчика, международная сертификация, а также мировое признание сделали компанию Gigavac лидером на международном рынке.

Вся продукция разрабатывается в США под строгим контролем и в соответствии с требованиями по качеству ISO 9001.

Перед отгрузкой заказчику вся продукция компании Gigavac (реле, контакторы и переключатели) проходит дополнительную проверку. Таким образом компания выполняет свои обязательства по качеству перед заказчиками.

Официальным дистрибьютором компании Gigavac является ЗАО «Аппаратура Систем Связи».

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

Тел.: (495) 925-5013

### ОБОРУДОВАНИЕ

#### Новая система селективной пайки IS-T-300 от компании Manncorp

Новая система селективной пайки IS-T-300 от компании Manncorp была впервые представлена посетителям выставки IPC APEx EXPO, проходившей в феврале в Сан-Диего.

Система селективной пайки IS-T-300 оборудована модулями флюсования и пайки, помогающими обеспечить превосходное качество изделий и эффективную работу при условиях быстрого возврата инвестиций.

В конструкцию системы IS-T-300 включены лазерный датчик контроля над высотой волны, высокоточная головка для капельного флюсования и инструмент импорта CAD-данных. Система рассчитана на пайку сложных двухсторонних печатных плат со смешанным монтажом и максимальными габаритами до 300 × 500 мм (опционально 460 × 700 мм).

Паяльная ванна и блок насоса выполнены из титана, что позволяет работать со свинцовыми и бессвинцовыми припо-

ями. Высокоточный и высоконадёжный механизм позиционирования по трём осям (X, Y и Z) позволяет выполнять точечную пайку с высокой повторяемостью и надёжностью. Насадки со смачиваемыми носиками и диаметрами от 3 до 14 мм позволяют создавать миниатюрные волны, что даёт возможность пайки компонентов, расположенных друг от друга на расстоянии 0,5 мм. Конструкция корпуса насадки позволяет подводить предварительно подогретый азот к месту паяного соединения.

Система микрокапельного флюсования оборудована насадкой диаметром 0,2 мм из нержавеющей стали высокого качества, позволяющей долгосрочно работать в агрессивных средах. Скорость перемещения флюсователя по осям X и Y составляет 400 мм/с (максимально).

CAD-данные или сканированные изображения печатных плат могут быть легко импортированы в программное обеспечение на базе Windows 7, которое позволяет быстро и просто задавать и сохранять способы перемещения паяль-



ной головки (точно или по прямой линии).

Компания Manncorp предлагает двухлетнюю гарантию на все части системы IS-T-300, а также гарантирует неограниченную поддержку от специалистов предприятия.

Более подробную информацию по данному оборудованию можно получить у специалистов компании «ЭлекТрейд-М».

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

Тел.: (499) 218-2360

## Новости российского рынка

### ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

#### Новейшие осциллографы Infiniium серии V от Keysight

Компания Keysight Technologies представляет осциллографы Infiniium серии V с полосой пропускания от 8 до 33 ГГц, которые обеспечивают высочайшую точность измерений, предоставляют расширенные средства анализа и улучшенную систему пробников.



По своим характеристикам осциллографы серии V лидируют в трёх областях: самый низкий уровень собственных шумов, самый малый собственный джиттер для осциллографов реального времени и самое высокое эффективное число бит. Эти преимущества достигнуты за счёт использования собственной технологии изготовления ИС на основе фосфида индия.

Осциллографы серии V оснащены аппаратной системой запуска по сигналам последовательных шин со скоростью передачи 12,5 Гбит/с, способной распознавать последовательности длиной до 160 бит (самая большая длина в отрасли). В настоящее время это единственная аппаратная система запуска по последовательным сигналам, способная распознавать 132-разрядные символы USB 3.1 (128b/132b) или 130-разрядные символы PCIe® Gen 3 (128b/130b).

Кроме того, в серию V входит самый быстродействующий в отрасли осциллограф смешанных сигналов, цифровые каналы которого работают на скорости 20 Гвыб/с, что идеально подходит для анализа и отладки шин DDR4 и LPDDR4.

Приложения для проверки на соответствие стандартам прошли сертификацию и выполняют тесты в полном соответствии с такими спецификациями, как USB 3.1, PCIe Gen 3, LPDDR4, HDMI 2.0, 100G Ethernet и MIPI.

Дополнительная информация приведена на странице [www.keysight.com/find/VSeries](http://www.keysight.com/find/VSeries).

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

Тел.: 8 (800) 500-8286

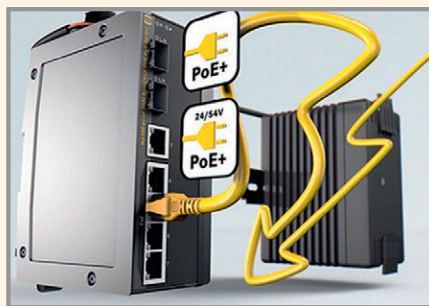
(звонок по России бесплатный)

#### Коммутаторы HARTING с поддержкой PoE+ – 2 в 1 (передача данных и подача питания)

Компания HARTING обновила модельный ряд неуправляемых Ethernet-коммутаторов Ha-VIS eCon, добавив модели с поддержкой технологии Power over Ethernet Plus.

Новые модели коммутаторов Ha-VIS eCon позволяют создавать полностью интегрированные решения подачи питания и передачи данных посредством одного устройства. Такое экономичное решение даёт возможность избежать прокладки дополнительного кабеля питания и снизить трудозатраты на монтаж сети.

Кроме того, HARTING предлагает коммутаторы PoE/PoE+ со встроенным DC/DC-преобразователем, благодаря чему на них можно подавать стандартное напряжение 24 В (вместо 48/54 В, которое обычно требуется для таких устройств).



Коммутаторы Ha-VIS eCon имеют довольно компактную конструкцию и привлекательную конкурентную цену.

Предлагаемое компанией HARTING оборудование для сетей Ethernet может быть применено для информационно-технологических сетей систем автоматического управления. Полная номенклатура управляемых и неуправляемых коммутаторов HARTING включает более 200 устройств, что позволяет гибко подбирать оборудование под индивидуальные требования заказчиков.

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

Тел.: (495) 232-2522

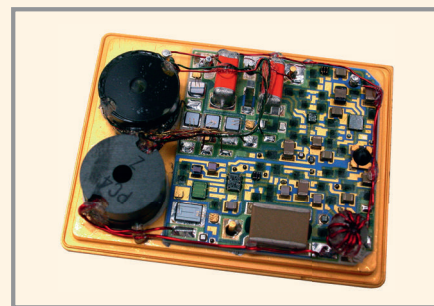
#### DC/DC-преобразователи от Crane доступны для заказа без оформления лицензии на экспорт

Компания Crane Electronics объявила о возобновлении производства радиационно-стойких DC/DC-преобразователей со значением суммарной дозы 50 крад (Si), которые согласно новым правилам экспортного регулирования могут поставляться в России без оформления лицензии в государственных ведомствах США, ответственных за

регулирование экспорта технологий и продукции военного назначения.

Государственный департамент США и Министерство торговли США внесли значительные изменения в долголетнюю политику регулирования экспорта в формате повышения конкурентоспособности космической промышленной базы США. В течение многих лет космическая промышленная база США сталкивалась с серьёзными проблемами в борьбе за международные контракты – приходилось конкурировать с иностранными производителями, не скованными регулированием экспорта США. Поэтому космическая промышленность США и правительство сотрудничают, чтобы в корне изменить характер регулирования экспорта США для большей части коммерческих, научных и гражданских спутников, а также смежных технологий, таких как радиационно-стойкие интегральные микросхемы.

С проведением новой реформы системы регулирования экспорта в США, которая начала действовать с 10 ноября 2014 года, американские компании получили возможность реклассифицировать, в том числе и радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи, предназначенные для применения в космической аппаратуре, из Перечня вооружений ITAR USML (US Munitions List) Category XV (e) под контроль Правил экспортного регулирования (Export Administration Regulations, EAR) под классификационным номером экспортного контроля ECCN (Export Control Classification Number) 9A515.e.



Контролируемыми параметрами продукции с этим классификационным номером экспортного контроля являются следующие параметры радиационной стойкости: характеристика радиационной стойкости микросхем в области дозовых эффектов – поглощённая доза (e.1)  $\geq 1 \times 10^5$  Рад (Si) ( $1 \times 10^3$  Грэй (Si)) и  $< 5 \times 10^5$  Рад (Si) ( $5 \times 10^3$  Грэй (Si)); и (e.2) стойкость к воздействию одиночными заряженными частицами, вызывающему в изделиях электронной техники одиночные эффекты (например, SEL (Single Event Latchup), SEB (Single Event Burnout) или SEGR (Single Event Gate

## Новости российского рынка

Rupture)) при пороговых линейных потерях энергии (ЛПЭ) ионов  $\geq 80$  МэВ·см<sup>2</sup>/мг.

Необходимо отметить, что радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи компании Crane Electronics устойчивы к воздействию высокоэнергетических частиц со значением ЛПЭ  $> 85$  МэВ·см<sup>2</sup>/мг. Проводится также классификация на стойкость к воздействию потоков нейтронов.

Использование радиационно-стойких DC/DC-преобразователей высокого качества, специально предназначенных для космиче-

ской техники, повышает уровень безопасности и доверие к российским космическим программам.

Решение проблемы обеспечения электронной компонентной базой (ЭКБ) производителей космической аппаратуры возможно только путём комплексного подхода, состоящего в пропорциональном использовании отечественных и импортных комплектующих, создания специализированных производств. Для обеспечения предприятий российской космической отрасли

применяется ЭКБ отечественного и иностранного производства в соотношении 25 и 75% соответственно. В соответствии с действующей программой импортозамещения к 2020 году космическая аппаратура будет полностью комплектоваться отечественной ЭКБ (95%). То есть обеспечение полной технологической безопасности в части ЭКБ – весьма долгосрочная перспектива.

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

Тел.: (495) 234-0636

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

### Миниатюрный высокочастотный прецизионный малощумящий кварцевый генератор ГК317-ТС

ОАО «МОРИОН» (Санкт-Петербург) – ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства кварцевых приборов стабилизации и селекции частоты – представляет малогабаритный высокочастотный прецизионный малощумящий кварцевый генератор ГК317-ТС.



Последние достижения в схемотехнике кварцевых генераторов и постоянные конструктивно-технологические улучшения в производстве прецизионных резонаторов позволили обеспечить уникальный уровень фазовых шумов как для версии с 12 В питанием, так и для версии с 5 В питанием (см. табл.).

### Уровень фазовых шумов кварцевого генератора ГК317-ТС

Уровень фазовых шумов, дБ/Гц, 100 МГц, при отстройке	
10 Гц	102
100 Гц	135
1000 Гц	162
10000 Гц	176
100000 Гц	177

Экстремально низкий уровень шумов во всём диапазоне отстроек в сочетании с малыми габаритами (25,4 × 25,4 × 10,3 мм) делает данный генератор идеальным решением для таких применений, как синтезато-

ры частоты, радиолокационное оборудование, системы спутниковой связи и т.п.

Генератор выпускается в диапазоне частот 80,0...120 МГц. Планируется освоение в производстве модификации с внутренним умножением частоты для диапазонов 80,0...120 МГц и 160,0...245,76 МГц.

Показатели температурной стабильности частоты достигают  $5 \times 10^{-8}$  в широком интервале рабочих температур, а долговременная стабильность частоты сохраняется на уровне до  $1 \times 10^{-7}$ /год. ГК317-ТС имеет синусоидальный выходной сигнал с уровнем более +9 дБм.

Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на сайте ОАО «МОРИОН».

[www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru)

Тел.: (812) 350-7572, (812) 350-9243

### 1-ваттные DC/DC-преобразователи от XP Power обеспечивают расширенный диапазон рабочих температур

Компания XP Power выпустила три новых серии 1-ваттных DC/DC-преобразователей с одним и двумя выходными каналами в корпусе типа SIP. Новые изделия характеризуются стандартным расположением выводов и обеспечивают повышенный КПД, высокое значение гальванической развязки и более широкий диапазон рабочих температур по сравнению с предыдущими моделями.

Преобразователи серий ИТА, ИТВ и ИТВ являются нерегулируемыми стабилизаторами с небольшими коэффициентами стабилизации. Эти приборы выполнены в небольших пластиковых корпусах SIP-7 и предназначены для прямой замены подобных низкоэффективных преобразователей.

Преобразователи серий ИТА и ИТВ различаются значением изоляции между входными и выходными цепями напряжением

1500 В (постоянный ток), а преобразователи серии ИТВ характеризуются значением изоляции 3000 В.

С небольшими габаритными размерами наиболее важными прикладными сферами для преобразователей являются мобильные, портативные и беспроводные изделия. Такие приборы используются в оборудовании автоматизации производственных процессов, радиовещании, измерительном и сетевом оборудовании, в транспортной отрасли.



При габаритных размерах 19,5 × 6,0 × 10,0 мм преобразователи предлагают достойную удельную мощность 855 Вт/дм<sup>3</sup> (14 Вт/дюйм<sup>3</sup>). Они занимают небольшую площадь на печатной плате, предоставляя разработчикам возможность наиболее эффективного использования конструктивного пространства.

Преобразователи с естественным конвекционным охлаждением характеризуются расширенным диапазоном рабочих температур от –40 до +105°C, обеспечивая полную мощность при +95°C.



## Новости российского рынка

КПД до 80% соответствует требованиям «зелёных стандартов», что выражается в уменьшении потери мощности в виде тепла и отсутствии необходимости в дополнительных радиаторах.

Эксплуатационная гибкость подтверждается наличием трёх входных диапазонов напряжений 5, 12 и 24 В (с отклонением  $\pm 10\%$ ), доступных в каждой серии.

Преобразователи серии ITV оснащены одноканальными выходами 5, 12 и 15 В. В серии ITA имеются модели с двумя выходными каналами  $\pm 5$ ,  $\pm 12$  и  $\pm 15$  В, тогда как серия ITV характеризуется одно- и двухканальными моделями.

Анонсируемые преобразователи соответствуют требованиям стандарта к электромагнитной совместимости по Class B с добавлением двух небольших компонентов входного фильтра.

Использующие самые последние технологии DC/DC-преобразователи серий ITA, ITB и ITV компании XP Power являются следующим поколением нерегулируемых 1-ваттных преобразователей в форм-факторе SIP-7.

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел.: (495) 234-0636

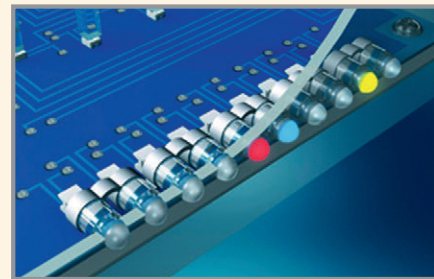
### Гибкие цепочки световодов MENTOR с креплением с обратной стороны панели

Компания MENTOR расширила линейку одиночных световодов с фиксацией с обратной стороны панели, добавив новые варианты исполнения, обладающие дополнительной функциональностью.

С помощью гибкой пластиковой цепочки одиночные световоды новой серии объединены в ряды, что позволяет осуществлять быстрый и простой монтаж с внутренней стороны передней панели корпуса. Также гибкое соединение ряда световодов позволяет компенсировать возможную разницу расстояний между отверстиями в панели.

В серии доступны компоненты двух типов: с плоской и сферической верхней частью. Сферическая верхняя часть световода, выступая над поверхностью передней панели, обеспечивает широкий угол излучения. Плоская верхняя часть световода обеспечивает монтаж вровень с поверхностью панели.

В обеих версиях световодов отсутствуют металлические или другие покрытия, поэтому вся верхняя часть полностью освещена светодиодом. Таким образом, световоды



MENTOR обладают заметно улучшенными оптическими характеристиками.

Для использования световодов в передних панелях разной толщины, компания MENTOR предлагает на выбор модели с разной глубиной монтажной части – 1,5 и 5,0 мм. Длина световода также может быть различной в зависимости от требований заказчика – от 2,5 до 45,0 мм.

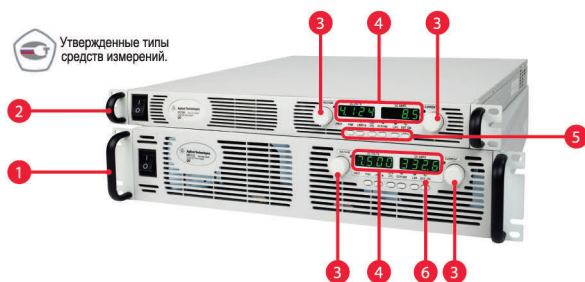
В стандартном исполнении гибкий ряд состоит из 10 светопроводников. Также доступны к заказу варианты рядов, содержащих от 2 до 9 световодов.

Образцы можно заказать у официального и эксклюзивного дистрибьютора MENTOR в России и странах СНГ – компании ПРОСОФТ.

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел.: (495) 234-0636



## Keysight N5700 and N8700 Системные источники питания постоянного тока



1. Системные источники питания постоянного тока серии N8700, 3,3 кВт и 5 кВт, (высота 2U)
2. Системные источники питания постоянного тока серии N5700, 750 Вт и 1500 Вт, (высота 1U)
3. Вращающиеся ручки-верньеры для простоты регулировки уровня выходного напряжения и тока
4. Яркий LED-дисплей с информацией об уровнях напряжения / тока
5. Шесть клавиш для управления выходом, защитой от перегрузки и т.д.
6. Яркие светодиодные индикаторы состояния и режимов работы прибора

Семейство компактных и экономичных источников питания постоянного тока, от 750 Вт до 5000 Вт

Основные преимущества:

- 45 моделей: 750 Вт, 1500 Вт, 3300 Вт, 5000 Вт
- Параметры выхода: до 600В и до 400А
- Компактные: высота 1U или 2U
- Встроенные измерительные функции
- Возможность параллельного или последовательного подключения
- Возможность аналогового управления выходными параметрами
- Возможность дистанционного программирования через интерфейсы GPIB, LAN (со встроенным веб-сервером LXI) и USB с помощью набора команд SCPI (драйверы в комплекте)
- Обеспечение безопасности тестируемого устройства благодаря функциям защиты от перегрузки по току и по напряжению

Реклама

Узнайте больше



«ЭрисКом» - официальный дистрибьютор  
KEYSIGHT TECHNOLOGIES в России.  
Тел. / Факс: (499) 218-2353 (мн.)  
E-mail: [info@eriscom.ru](mailto:info@eriscom.ru)  
[Http://www.eriscom.ru](http://www.eriscom.ru)



**3 ГОДА ГАРАНТИИ**  
На всё контрольно-измерительное оборудование

# Солнечные батареи и модули как источники питания

Андрей Кашкаров (г. Санкт-Петербург)

Энергия Солнца является возобновляемой и практически вечной. В перспективе, она может обеспечить развитие предприятий и частных домов за счёт эффективного использования ресурсов и оптимизации затрат.

*«В реальном мире отождествлённая с сущностью форма сияет в качестве света, так же, как в идеальном мире сияет сама мысль».*

**Гегель**

## ВВЕДЕНИЕ

Специалисты в области нетрадиционных источников питания сегодня убеждены, что тема «солнечной энергетики» столь же интересна и перспективна, как и «закрыта», что подтверждает недостаток информации в данной области. Действительно, есть интересные разработки, но о них почему-то умалчивают. С другой стороны, речь идёт об энергоёмких технологиях, связанных со многими областями жизнедеятельности человека. Именно поэтому разработки в области солнечной энергетики являются конкурентоспособными, стратегическими и – отчасти – засекреченными. Вместе с тем ничто не мешает обсудить их бытовое предназначение – энергообеспечение относительно маломощных потребителей «альтернативной» солнечной энергией.

Поскольку энергия Солнца является возобновляемой, все современные разработки в этой области связаны с получением, стабилизацией и аккумулированием солнечной энергии, а затем и её распределением. Это основные «альтернативные» ресурсы для генерации, преобразования и накопления энергии. Однако вращение Земли приводит к тому, что один и тот же участок поверхности в разное время дня освещается по-разному. В силу солнечного света вносят свои коррективы и такие факторы, как время года, ветер (циркуляция атмосферы), погодные условия, осадки и другие.

С другой стороны, причиной циркуляции атмосферы является солнечная энергия и неравномерность её распределения на поверхности планеты. В результате этого различные участки поверхности имеют различную тем-

пературу и, соответственно, различное атмосферное давление над ними (так называемый барический градиент). Вращение Земли вокруг своей оси также вызывает трение воздушных масс о поверхность и увеличивает их плотность, изменяя соотношение поглощённой и отражённой солнечной энергии.

Тем не менее всего за пару часов «работы» Солнце передаёт на Землю количество энергии, достаточное всему человечеству для жизни в течение целого года.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Энергетическую освещённость солнечного излучения (Solar Irradiance) принято измерять в Вт/м<sup>2</sup>. На экваторе, например, она может достигать 1020 Вт/м<sup>2</sup>. Но в разное время суток и при различных погодных условиях эти значения значительно отличаются друг от друга. Поворот солнечных панелей – фотоприёмников в автоматическом режиме для слежения за солнцем (Solar Tracking) по двум координатам позволяет «собрать» на 40% больше энергии Солнца [1]. В таких устройствах слежение за движением Солнца осуществляется в течение дня, а слежение за углом высоты Солнца – по сезонам года. (На практике автоматические системы слежения за Солнцем используются крайне редко ввиду больших затрат на их установку и эксплуатацию – прим. ред.)

Солнечные панели могут снижать вырабатываемую мощность по следующим причинам:

- затенение от расположенного рядом объекта (горы, высокий лес, здания);

- природные факторы – облачность, туман, сильный дождь, снег, пыль, листопад и даже птичий помёт.

Всё это оказывает влияние на световой поток, который воспринимается фотоприёмником.

Электромагнитный спектр солнечного излучения – это излучение физических тел. Атомы, как основные источники света, не испускают его непрерывно, а генерируют свет в виде отдельных квантов электромагнитного поля – фотонов, поэтому световое излучение имеет дискретный характер. Даже в простом физическом опыте по разложению белого света с помощью призмы обнаруживается «световой» порядок, наглядно демонстрирующий не только энергетический, но и знаковый (семиотический) характер светового спектра. Примерно такой же спектр имеют солнечные лучи, воздействующие на кремний фотоэлементов, электрически соединённых в солнечные панели, называемые солнечной батареей.

## МОДУЛИ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Прототипом современных солнечных элементов являются фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Процесс преобразования световой энергии (фотонов, Photons) в электрическую (напряжение, Voltage) называется PV-эффектом. В 1954 г. было обнаружено, что кремний вырабатывает электрическую энергию, когда его освещают солнечным светом. Вскоре солнечные элементы стали применять для питания аппаратуры космических спутников и небольших электронных устройств, таких как калькуляторы и наручные часы. К сегодняшнему дню технология производства фотоэлектрических модулей достаточно хорошо отработана.

Наиболее распространёнными являются PV-модули, изготовленные по двум основным технологиям: из монокристаллического кремния (Mono-Crystalline Silicon) и поликристаллического кремния (Polycrystalline Silicon) [1]. На рисунке 1 показаны пластины из монокристаллического кремния. Внешний

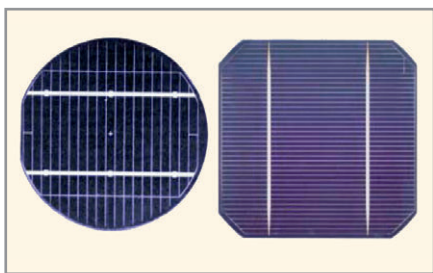


Рис. 1. Пластины из монокристаллического кремния



Рис. 2. Модуль из монокристаллического кремния

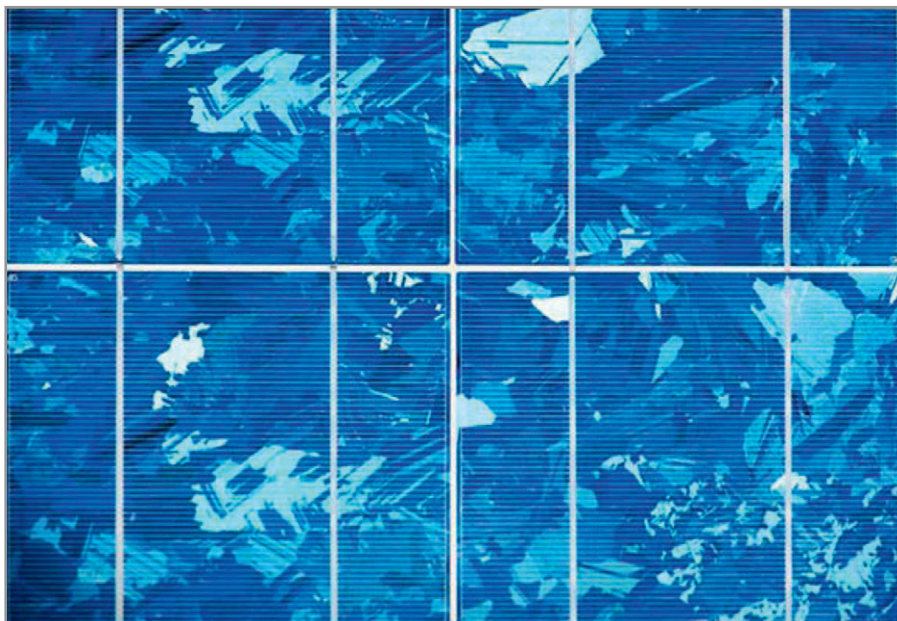


Рис. 3. Рабочая поверхность ФЭ-модуля на основе поликристаллического кремния

вид модуля из монокристаллического кремния представлен на рисунке 2. Этот модуль имеет мощность 36 Вт (при напряжении 12 В постоянного тока) и обеспечивает питание и/или подзарядку большинства портативных электронных устройств.

Самый высокий КПД преобразования солнечной энергии в электрический ток (от 14 до 20%) имеет модуль на основе структурированного монокристаллического кремния. В разрезе такой модуль напоминает слоёный пирог. Высокая себестоимость технологии выращивания кристаллов и хорошая воспроизводимость параметров таких модулей связаны с тем, что в них реализована однородная кристаллическая структура кремния с точным позиционированием атомов, участвующих в преобразовании энергии. Однако фотоэлектрические пластины имеют неровную форму, и по краям модулей происходит потеря энергии.

Модуль на основе поликристаллического литого кремния представлен на рисунке 3. Эта технология менее затратная, чем монокристаллическая, что позволяет создавать более дешёвые

модули. Более низкое качество материала приводит к пограничным эффектам в виде неоднородностей и зернистости, которые препятствуют эффективному преобразованию солнечной энергии. Тем не менее обеспечивается довольно высокий КПД от 13 до 15% [2].

Третий, менее распространённый вид ФЭ-модуля на основе тонкоплёночного микроморфного кремния, представлен на рисунке 4. Его пиковая выходная мощность составляет 130 Вт при габаритных размерах 1300 × 1100 × 6,8 мм, весе 26 кг и площади рабочей поверхности 1,4 м<sup>2</sup>. В состав модуля входят такие компоненты, как тонкоплёночный микроморфный кремний (Thin Film Silicon), CdTe, Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> и другие экзотические сплавы. Модуль отличается относительно невысокой стоимостью, малым весом и простотой установки. По сравнению с поли/монокристаллическими ФЭП, требуется большая площадь для генерации электрической энергии одинаковой мощности.

Модуль на основе тонкоплёночного кремния имеет самый низкий (из рассмотренных ранее типов) КПД – от 6 до 10%, но вместе с тем более широ-

swissbit®

INDUSTRIAL MEMORY SOLUTIONS

Надёжные, прочные  
и экономичные

Серия S-40: карты памяти SD и MicroSD для эффективных промышленных применений

- 4–32 Гбайт (MLC NAND Flash)
- SD 3.0 (2.0), SDHC, Class 6
- Передача данных до 24 Мбайт/с
- Автономная система управления данными
- Защита от провала напряжения
- Долгое время хранения данных при экстремальных температурах
- Резервирование встроенного программного обеспечения
- Сложный механизм распределения нагрузки и управления сбойными блоками
- Обновление параметров и встроенного программного обеспечения
- Контроль изменений в комплектации
- Инструменты для диагностики

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР  
ПРОДУКЦИИ SWISSBIT

ProSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640  
E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

Реклама

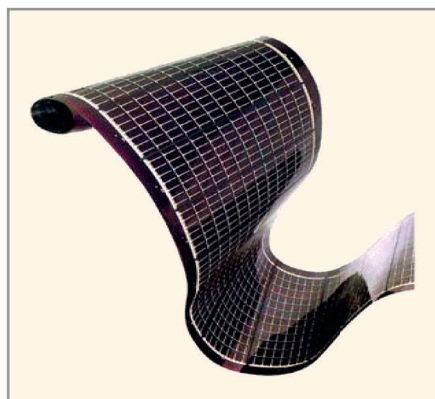


Рис. 4. ФЭ-модуль на основе тонкоплёночного микроморфного кремния

кий спектр поглощаемого солнечного излучения [2]. К особенностям модуля важно отнести его механическую гибкость (можно устанавливать на неровных поверхностях) и работу в условиях подвижных креплений при незначительной деформации основания. Кроме того, модуль хорошо работает в рассеянном свете. Условием надёжной и долговременной эксплуатации является заземление одного из полюсов модуля для предотвращения коррозии и снятия статического заряда.

Модули солнечных батарей выполняют в виде монолитного ламината спаянных монокристаллических элементов, заключённых в каркас из алюминиевого профиля. Фотоэлектрический генератор образует стеклянная плита с наклеенными на ней элементами. К внутренней стороне корпуса модуля прикреплён диодный блок, под крышкой которого размещены электрические контакты, предназначенные для подключения модуля.

Бескаркасные модули представляют собой ламинат, выполненный на алюминии, стеклотекстолите или без подложки. Солнечные элементы расположены между двумя слоями ламинирующей плёнки ЭВА (этилвинилацетат). Лицевая сторона защищена оптически прозрачной плёнкой типа ПЭТ (полиэтилентерефталат), а тыльная – либо подложкой (стеклотекстолит, алюминий), либо той же плёнкой ПЭТ, без дополнительных требований к оптическим характеристикам. Солнечные батареи сохраняют работоспособность в следующих условиях:

- изменение температуры в диапазоне  $-50...75^{\circ}\text{C}$ ;
- атмосферное давление  $84\text{--}106,7$  кПа;
- относительная влажность до 100%;
- воздействие дождя интенсивностью  $5$  мм/мин;

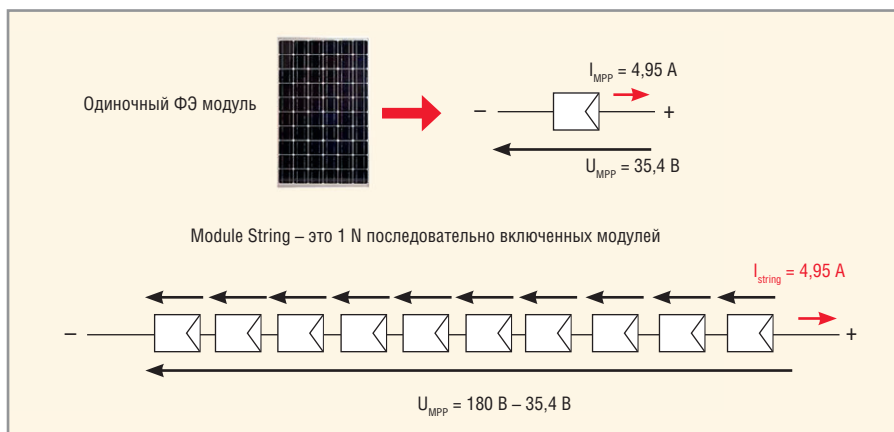


Рис. 5. Структурная схема соединения ФЭМ в последовательную электрическую цепь

• снеговая или гололёдно-ветровая нагрузки.

Солнечная батарея представляет собой, прежде всего, законченный фотоэлектрический преобразователь. Его технические характеристики справедливы как для отдельных элементов, так и для батарей.

### СОЕДИНЕНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЦЕПЬ

Для увеличения выходного напряжения и выходной мощности фотоэлектрические модули включают в последовательную и параллельную электрическую цепь – String (линейка последовательно включённых ФЭ-модулей). Благодаря такому включению можно получить выходное напряжение (String Voltage,  $U_{MPP}$ ) в диапазоне  $180...354$  В при токе ( $I_{string}$ ) в нагрузке до 5 А. На рисунке 5 показана структурная схема соединения ФЭМ в последовательную электрическую цепь (параметры для одиночного ФЭ-модуля актуальны при температуре окружающей среды  $25^{\circ}\text{C}$  и солнечной радиации  $1000$  Вт/м<sup>2</sup>).

Для наглядности, на рисунке 6 представлена фотоэлектрическая «решётка» (Array), состоящая из параллельно включённых линеек (PV Strings).

### МОДУЛИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

Фотоэлектрические модули и составленные из них батареи, как правило, не могут обеспечить питанием конечного потребителя. Это связано с нестабильностью солнечной радиации и многими другими факторами. Поэтому модули нуждаются в системе обеспечения

автономного электропитания, которая состоит из аккумуляторных батарей (АКБ), преобразователей постоянного тока, контроллеров заряда/разряда АКБ, инверторов, стабилизаторов, устройств защиты и много другого. Каждый элемент этой системы энергообеспечения необходимо выбирать под задачи конечного потребителя, в зависимости от мощности, условий применения и других факторов, актуальных в месте установки батарей.

На примере преобразователя Flatpack DC-DC FP2 48V 1500W HE SOLAR рассмотрим взаимодействие с ним ФЭ-модуля. Встроенная гальваническая изоляция входа и выхода позволяет применять этот конвертор с любыми ФЭ-панелями – поли/монокристаллическими и тонкоплёночными (последние требуют заземления). К конвертору необходимо подключить не менее шести панелей с выходным (номинальным) напряжением постоянного тока  $30\text{ В} \pm 30\%$  [3].

Алгоритм отслеживания точки максимальной мощности (Maximum Power Point Tracking, MPPT) позволяет снять с пластин ФЭ максимум вырабатываемой мощности при различных режимах освещённости. Так, при выходном напряжении батареи в диапазоне  $48...58$  В выходная мощность лишь одной батареи составит примерно  $1500$  Вт при КПД модуля более 96%. Это хороший показатель.

Для обеспечения управления гибридными системами электропитания применяются специальные устройства – контроллеры. Когда аккумулятор подсоединяется к солнечной панели (блоку, состоящему из нескольких ФЭ-модулей) для зарядки, в электрическую цепь необходимо включать контроллер для предотвращения перезаряда АКБ, и, следовательно, для продления срока её службы. Это важно, поскольку

каждый из компонентов рассматриваемой системы достаточно дорого обходится потребителю.

В описываемой схеме солнечная панель всегда подключена к аккумулятору через последовательно включённый диод. Когда солнечная панель заряжает аккумулятор до максимального напряжения, схема подключает параллельно солнечной панели нагрузочный резистор, чтобы поглощать избыточную мощность.

Полезная мощность, отдаваемая солнечной батареей в нагрузку, зависит от вырабатываемого напряжения, которое, в свою очередь, определяется интенсивностью солнечного света (инсоляцией) и температурой самой батареи. Работа в точке ВАХ, отличной от максимума получаемой мощности, приводит к снижению эффективности батареи. Следовательно, стабилизация в точке максимальной мощности является необходимой функцией в системах управления источниками солнечной энергии, позволяя увеличить эффективность на 30% и более.

Разъёмы постоянного тока, предохранители, автоматы защиты и варисто-

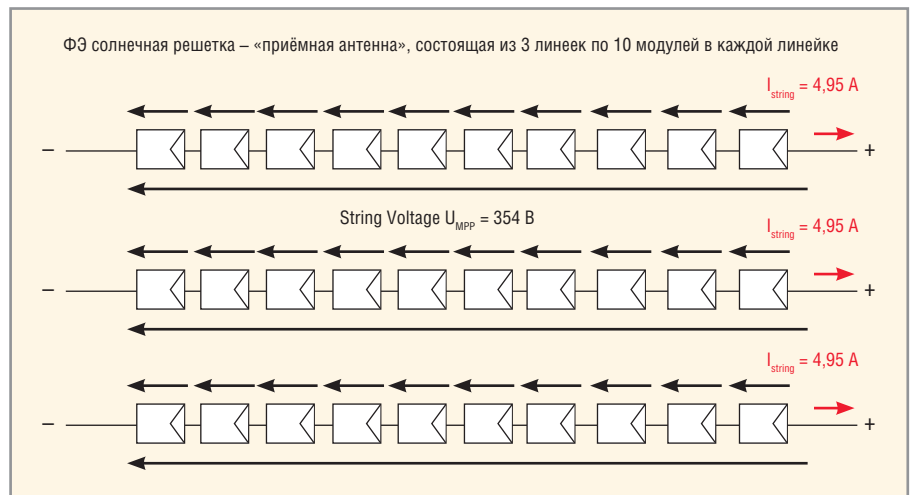


Рис. 6. Фотоэлектрическая «решётка», состоящая из параллельно включённых линеек (PV String)

ры, простой монтаж и запуск, возможность замены инвертора без замены блока подключения солнечных панелей – всё это является преимуществами такой системы. Но есть и недостатки: ЖК-дисплей не работает при сильном морозе (ниже  $-15^{\circ}\text{C}$ ). Поэтому контроллер желательно устанавливать в отапливаемых модулях или жилых помещениях. Кроме того, отсутствует встроенный выпрямитель для заряда АКБ.

Современные контроллеры снабжены ёмкостными датчиками панели управления (Capacitive Sense) и могут функционировать в режиме удалённого мониторинга, когда конфигурирование параметров производится дистанционно по протоколам TCP/IP и SNMP.

Инверторы для солнечных батарей, как элементы системы автономного энергообеспечения, специально сконструированы для примене-



# ICAPE GROUP

## ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И ЗАКАЗНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ

### Компания Айкейп:

- Срочное производство печатных плат (IQTS) – до 5 дней + доставка
- **25** заводов по производству печатных плат разной степени сложности
- **50** заводов по производству заказных технических деталей
- Ультрасовременный сервисный центр с собственной лабораторией в Китае
- Двойной контроль качества
- Военная приёмка
- Конкурентоспособные цены и продукция наилучшего качества
- Техническая поддержка
- Доставка до двери

Хотите узнать больше?  
Мы будем рады помочь!

**ICAPE GROUP**  
31 rue des Jeuneurs  
75002, Paris France  
Tel: + 33 (0) 1 58 18 39 10  
info@icape.fr

**ООО АЙКЕЙП РУС**  
г. Москва  
ул. Горбунова, 2 оф. 321В  
Тел.: +7 495 269 03 49  
order@icaperussia.com





Реклама

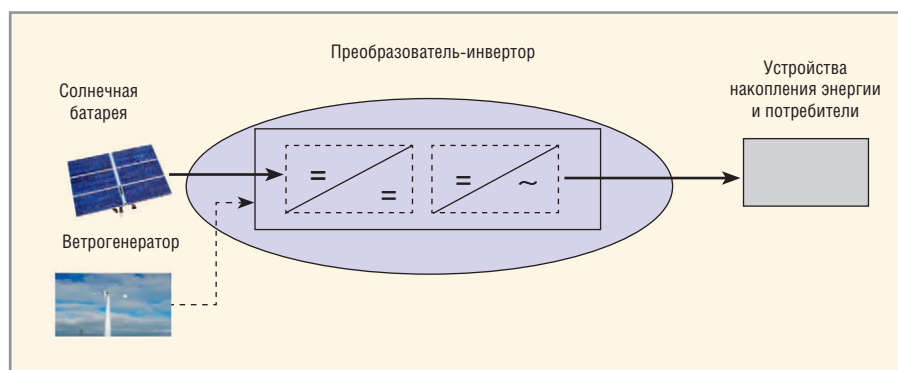


Рис. 7. Блок-схема подключения инвертора в системе автономного энергоснабжения



Рис. 8. Система солнечных батарей на острове Валаам (Республика Карелия)

ния, в том числе, с тонкоплёночными PV-модулями. Для построения мощных солнечных генерирующих станций или промышленных объектов применяются мощные инверторы для преобразования постоянного тока в переменный, которые имеют трёхфазный выход, что предусматривает их подключение к промышленной сети 380 В [5].

Например, линейные инверторы для автономных объектов имеют выходную мощность до 22 кВт (при КПД 97,3%), что позволяет обеспечить питание отдельного дома или фермерского хозяйства. На рисунке 7 показана блок-схема подключения инвертора в системе автономного энергоснабжения. Цена такого оборудования для частного потребителя составляет 60...80 тыс. руб. Интересно, что даже в Финляндии, на широтах более 60°, автономные системы энергообеспечения на основе преобразователей энергии Солнца и ветра можно встретить повсеместно. Фермеры не экономят на них, поскольку такое оборудование окупается за несколько лет (с учётом стоимости электроэнер-

гии). В России пока такого массового применения ФЭ-установок не наблюдается, особенно в фермерском секторе. Однако интерес к ним есть.

Рассмотрим стоимость автономной системы ФЭ мощностью 3 кВт для бытовых нужд. Эти данные помогут представить, насколько рентабельны затраты на такое оборудование для отдельных потребителей. Цены даны по состоянию на март 2015 г.

Главный элемент – ФЭ-модуль REC 225 PE 48 стоит в розницу почти \$700, преобразователи с системой питания FP 2 48V – \$2000, преобразователь FP 2 48V 1500 HE – ещё \$720, выпрямитель FP 2 48V HE (2 кВт) обойдётся в \$500, контроллер EXIDE Solar Battery 7OPzV 600-24 – \$725. Качественные АКБ с большим числом циклов разряда/заряда – \$800, комплект кабелей питания – \$250, каркас для установки модулей – \$500. Итоговая сумма получается внушительная.

Передовые промышленные предприятия и учреждения в России уже используют солнечную энергию. Например, на островах Валаамского архипелага,

в том числе для энергопитания Валаамского монастыря, давно применяется система на основе солнечных батарей (см. рис. 8), состоящая из последовательно включённых линеек модулей типа REC Solar REC 240PE с выходной мощностью 240 Вт.

Основные технические характеристики инверторов МРРТ (со встроенным трансформатором) для солнечных батарей следующие:

- входная мощность 4400 Вт (постоянный ток);
- входное напряжение 230...480 В (постоянный ток), 600 В (макс.);
- выходное напряжение 185...276 В (переменный ток), 50/60 Гц;
- КПД в непараллельном включении до 97,3%;
- класс защиты IP65 (уличное применение);
- гарантированный диапазон температур –25...55°C;
- энергопотребление в «ночном» режиме <1 Вт;
- включение инвертора при входной мощности солнечного излучения 7 Вт.

Инверторы для преобразования тока (постоянного – от солнечных батарей – в переменный для питания однофазных или трёхфазных сетей) различаются по назначению: центральные инверторы служат для построения мощных солнечных генерирующих станций или промышленных объектов. Они имеют трёхфазный выход (исключительно) и рассчитаны для подключения к потребителям электроэнергии в промышленной сети мощностью 20...500 кВт.

Линейные инверторы предназначены для автономных объектов (жилые здания, коммерческие объекты), рассчитаны на подключение к сети переменного тока (GRID Connection) с мощностью потребителя в диапазоне 2,2...22 кВт, по однофазной или трёхфазной схеме.

Линейные инверторы МРРТ, как правило, бестрансформаторные. Они рассчитаны на диапазон входного напряжения 350...710 В постоянного тока, и пиковое до 880 В, а также имеют очень широкий диапазон работы в режиме МРРТ. Выходное напряжение составляет 230 В при частоте 47,5...50,2 Гц, что приемлемо для большинства бытовых потребителей в России. Они отличаются очень высоким КПД (96,7%) и имеют класс защиты IP66, что позволяет им эффективно работать круглый год при изменениях температуры окружа-

ющего воздуха в диапазоне  $-20...+60^{\circ}\text{C}$ . При более низкой температуре, которая случается не только на Крайнем Севере, но и в средней полосе России, работа инверторов не гарантируется. Однако производители и эксплуатационные службы плотно герметизируют шкафы, в которых установлено оборудование, и за счёт естественного тепловыделения самих инверторов обеспечивают приемлемую температуру.

Преимуществом данного оборудования является очень низкое энергопотребление при отсутствии солнечной активности (ночью менее 2 Вт) и возможность включения инвертора при входной мощности 8 Вт от солнечных панелей [3].

На практике широко используются возможности принудительного подогрева шкафов с оборудованием при значительном падении температуры окружающего воздуха. Также надо учитывать и разницу в солнечной радиации по временам года. Далее мы рассмотрим и эти моменты, но сейчас важно заметить, что использование автономной системы энергообеспечения наиболее целесообразно в период максимальной солнечной активности, то есть в летние месяцы.

Уличный шкаф (Outdoor Cabinet Type 3) с комбинированной системой электропитания мощностью 39,6 кВт ( $3 \times 13,2$ ) содержит панель подключения кабелей от солнечных панелей. Здесь же установлены строенные свинцово-кислотные АКБ с трубчатыми пластинами. Уличный шкаф Outdoor T3 FF-1.8m – термоизолированный, с системой охлаждения из двух вентиляторов и воздушного фильтра (возможны варианты системы с кондиционером и с естественным охлаждением).

Выпрямители являются важным компонентом системы автономного энергообеспечения. Рассмотрим их на примере выпрямителя FP2 24V/48V 2kW- 3kW HE (HE – High Efficiency, высокая эффективность). Такой выпрямитель может работать и как DC-DC конвертор (на вход можно подавать постоянный ток в диапазоне напряжений 185...275 В), при этом его КПД составит 96,4% при напряжении 48 В (замерен при подключении к одному ФЭ-модулю). Выпрямитель работает в диапазоне нагрузок от 400 Вт до 2 кВт, при этом диапазон входного напряжения сети составляет 85...300 В при частоте 50 Гц. Диапазон температур  $-40...+75^{\circ}\text{C}$ . Выходная мощность системы – от 2 до 192 кВт.

Различные модели выпрямителей имеют «высокоинтеллектуальные» функции программного переключения выходного напряжения ( $U_{\text{out}}$ ) с шагом 48...60 В, при мощности 2 кВт – 24 В, при мощности 1800 Вт – 48 В (3 кВт) и так далее. Они снабжены электронным индикатором – ЖК-дисплеем.

Энергосистема включает в себя конвертор, выпрямитель, контроллер, а также резервный генератор с увеличенным баком для топлива (по заказу). Альтернативный вариант построения ФЭ-системы электропитания предполагает сочетания таких устройств, как инвертор и выпрямитель. Подключение к сети переменного тока 220 В / 50 Гц является необходимым.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АКБ

Особый вопрос надёжности всей системы – аккумулятирование энергии, а точнее – продление срока службы аккумуляторов. Используются три основные технологии АКБ: OPzV (гелевые АКБ с трубчатыми пластинами), OPzS (классические АКБ с жидким электролитом и трубчатыми пластинами) и NiCd. Для аккумулятирования энергии от солнечных батарей или ветрогенераторной установки (ВГУ) не следует использовать стандартные АКБ для источников резервного питания, поскольку у них недостаточное для работы с ФЭ-модулями количество циклов разряда/заряда.

Одним из важнейших аспектов надёжности АКБ является поддержание комфортной температуры при эксплуатации, поскольку при повышении температуры АКБ число циклов заряда/разряда уменьшается. Системы поддержания температуры АКБ на объектах, в зависимости от конкретных задач потребителя электроэнергии, могут быть разные, однако наиболее часто встречаются:

- кондиционирование воздуха в шкафах с оборудованием;
- усиленное воздушное охлаждение;
- поддержание микроклимата;
- подземная установка контейнеров с АКБ.

Рассмотрим вариант размещения АКБ в контейнере под землёй. Герметичный бункер с вентиляционной трубой, герметизированными кабельными вводами и гидравлическим лифтом или механическим цепным подъёмником – не

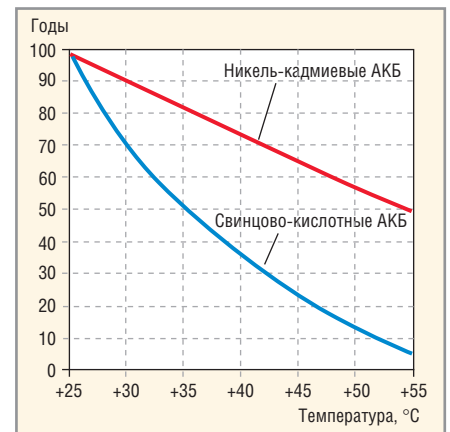


Рис. 9. Срок службы свинцово-кислотных АКБ и NiCd АКБ в зависимости от температуры эксплуатации

редкое практическое решение. Его преимущество в том, что температура под землёй постоянная и довольно низкая, что продлевает срок службы АКБ.

Размещение аккумуляторных батарей в уличном шкафу (один из вариантов) мы уже рассмотрели. Например, внутри такого шкафа с системой поддержания микроклимата установлено 12 блоков АКБ 6OPzV600 Solar (SMG600 FIAMM).

График зависимости срока службы свинцово-кислотных АКБ и NiCd АКБ от температуры эксплуатации представлен на рисунке 9.

### ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФЭ-МОДУЛЕЙ

Собрать устройство для обеспечения электропитания солнечной энергией, специально преобразованной в электрический ток и накопленной с помощью электронных устройств и аккумуляторов, сегодня можно самостоятельно. Такие электронные устройства состоят из солнечной батареи (солнечных элементов, соединённых в батарею), аккумулятора, преобразователя (инвертора) тока (из постоянного в переменный). Таким образом, иметь дома источник альтернативного питания с сетевым напряжением 220 В вполне реально.

Безусловно, будущее – за источниками возобновляемой энергии. Год от года солнечные элементы будут дешеветь, а их полезная мощность, на радость потребителю, возрастать. Сегодня в быту солнечные батареи массово применяются в качестве зарядных устройств небольшой мощности – для сотовых телефонов и другой бытовой техники.

Основным недостатком применения солнечной батареи обычно называют зависимость от Солнца. Именно поэтому в системе альтернативного источника питания предусмотрена мощная АКБ, которая «отдаёт» ток в нагрузку в то время, когда солнечная энергия отсутствует, например, ночью.

Немаловажным фактором является и то, что максимальный КПД солнечной батареи реализуется, когда солнечные лучи падают на поверхность фотоэлектрических элементов и модулей перпендикулярно. В других случаях эффективность батареи снижается. В ясную погоду на 1 м<sup>2</sup> земной поверхности в среднем падает 1000 Вт световой энергии Солнца. В зависимости от местонахождения участка земли, солнечная энергия поступает неравномерно из-за облачности. Кроме того, есть места, где солнце светит 320–350 дней в году, и есть места, где появление солнца является праздником. Исходя из этого, необходимо оценивать эффективность применения системы в каждом конкретном случае. В таблице 1 приведены сведения о солнечной радиации в некоторых городах России. Таблица построена по данным спутников NASA (по состоянию на 2015 г.).

На широте Москвы (55°) в течение ясного солнечного дня поступает около 3 кВт·ч солнечной энергии на 1 м<sup>2</sup>. В таблице 2 представлены сведения о суммарной солнечной радиации в зависимости от широты (по ней можно оценить солнечную энергию в других городах).

**Рекомендации по эксплуатации элементов и модулей солнечных батарей**

При покупке элементы проверяют на целостность (трещины на них вид-

ны далеко не всегда). Исправный элемент должен обеспечивать в яркий, солнечный день ток короткого замыкания, заявленный в паспортных данных. Не бойтесь кратковременно замыкать элемент для проверки его целостности – с ним ничего не случится. Если в батарее, составленной из нескольких солнечных элементов, окажется всего один дефектный элемент, характеристика всей батареи ухудшается. Максимальный ток, который может дать батарея, состоящая из последовательных элементов, равен максимальному току дефектного элемента. Герметизация батареи не только защищает её от влаги, но и от засорения элементов пылью. Грязь может значительно снизить КПД всей батареи.

Солнечные элементы весьма хрупкие! При самостоятельном изготовлении и монтаже батарей следует соблюдать особую осторожность. В промышленных условиях пайка элементов производится струёй раскалённого инертного газа. Монтаж элементов в домашних условиях осуществляется низковольтным паяльником с тонким жалом, мощностью не более 25 Вт.

Проследите, чтобы в течение светового дня лицевая поверхность солнечного модуля не затенялась листвой деревьев или рядом стоящими объектами. Модуль должен быть освещён равномерно по всей площади. Затенение хотя бы одного или нескольких элементов солнечного модуля в течение светового дня существенно снизит эффективность выработки энергии.

Кратковременное затенение не влияет на работоспособность солнечного модуля и не может привести к его повреждению, однако пропорционально увеличивает время зарядки

накопительной системы (аккумуляторов). Надо учитывать, что время полной зарядки аккумуляторов при солнечном свете в средних широтах существенно зависит от времени года и ёмкости аккумуляторов.

Необходимо содержать лицевую панель солнечного модуля в чистоте. Рекомендуется протирать лицевую сторону панели увлажнённой тканью раз в месяц. Хотя модуль выполнен в герметичном исполнении, необходимо предохранять его от механических повреждений острыми предметами и абразивными материалами, а также от попадания влаги в соединительную коробку. Не допускайте перегрев модуля выше 85°С и взаимодействия с парами вредных химических веществ (кислоты, щёлочи, органические растворители).

Для обеспечения максимальной выработки электроэнергии и гарантированной работы солнечного модуля, старайтесь его ориентировать лицевой поверхностью на юг, с учётом расчётного угла к горизонту (угол зависит от широты местности), используя специальное крепление солнечного модуля. В этом случае в среднем за сутки модуль будет вырабатывать наибольшее количество электроэнергии.

**Производство ФЭ-модулей в России**

Эта информация является актуальной, поскольку необходимо изыскивать рентабельную замену зарубежным компонентам. Российские производители PV-модулей представлены на рынке такими крупными заводами, как:

- ОАО «Рязанский завод металлокерамических приборов», выпускает монокристаллические PV-модули;

Таблица 1. Примерная таблица среднемесячной суммарной солнечной радиации (активности) для некоторых городов России, кВт·ч/м<sup>2</sup>

Город	Месяц												В год	K*
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
Москва	20,6	53,0	108,4	127,6	166,3	163,0	167,7	145,0	104,6	60,7	34,8	22	1173,7	1
Воронеж	30,7	60,1	117	129	169	166	176	151	120	81,8	50,3	37,1	1245	1,06
Краснодар	42,8	77,8	127	147	178	171	194	172	148	123	81,7	55,6	1433	1,22
Махачкала	48,2	77	128	168	200	190	208	196	161	132	93	77,2	1581	1,35
Рязань	21,2	55	109	130	168	165	169	147	106	62,3	35,2	23	1174	1,01

\* K – коэффициент суммарной солнечной радиации по отношению к Москве

Таблица 2. Суммарная солнечная радиация на разных широтах

Значение	Широта, град										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
Солнечная радиация, кВт·ч/м <sup>2</sup>	5,9	5,8	5,4	4,9	3,9	3,3	2,6	1,9	1,4	1,3	



- ОАО «Богородицкий завод химических изделий» (БЗТХИ), Тульская область, выпускает поликристаллические модули;
- ООО «Солнечный ветер», г. Краснодар, специализируется на технологиях двухстороннего сбора солнечной энергии;
- Nevel Solar, Республика Чувашия, г. Новочебоксарск, специализируется на микроморфной кремниевой тонкоплёночной технологии;
- ОАО «Усольехимпром», завод по производству поликристаллического кремния, компания Nitel Solar;
- ОАО «Квант», г. Москва, выпускает монокристаллические PV-модули.

Кроме того, временно заморожен проект завода по производству PV-модулей под Краснодаром (совместное производство ООО «Солнечный ветер» и ПКФ «Кварк»).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение первого года эксплуатации солнечные батареи теряют до 1,5% своей первоначальной мощности из-за старения кремния. Если при изготовлении солнечной батареи был допущен

брак, то он может обнаружиться даже через несколько лет после её первоначальной проверки. Именно поэтому не стоит покупать «дешёвые» солнечные батареи, – они в результате могут оказаться дорогостоящими, а также нет смысла покупать батареи впрок и хранить их в консервации.

Большинство элементов в солнечных модулях сделаны из дорогостоящего кремния. Как следствие, стоимость производства электроэнергии, получаемой с помощью солнечных батарей, сегодня ещё довольно высока. Однако представляется, что уже через 5–6 лет энергоресурсы, добытые с помощью Солнца, будут продаваться по цене на 50% ниже электроэнергии, получаемой при помощи угля, природного газа и даже ядерного топлива. Соответственно, рынок производства, услуг монтажа и обслуживания (ремонта) и эксплуатации солнечных батарей имеет большие перспективы.

Цены на солнечные батареи за последние 20 лет упали в 30–40 раз и продолжают снижаться, что делает использование батарей весьма

перспективным и рентабельным. Современный экологически чистый дом уже невозможно представить без электричества и производящих его устройств – солнечных батарей. Следовательно, чтобы идти в ногу со временем людям придётся применять на практике новые методы энергообеспечения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Осадчий Г.Б.* Солнечная энергия, её производные и технологии их использования. Введение в энергетику ВИЭ. Омск. 2010.
2. *Цзиньлин Чжао, Шелгинский А.Я.* Пассивные солнечные системы теплоснабжения. Опыт Китайской Народной Республики. Энергосбережение. 2009. №2. С. 4–7.
3. *Каишкарров А.П.* Света нет, а мы зажигаем. Обеспечение бесперебойного электропитания экодому в кризисной ситуации. Экодом. 2014. №4. С. 11–14.
4. *Каишкарров А.П.* Что делать, если в частном доме отключили энергоснабжение? Электрик. 2012. №9. С. 52.
5. *Каишкарров А.П.* Обеспечение бесперебойного питания в кризисной ситуации. Электрик. 2012. №11–12. С. 37.



**innodisk**

Industrial  
**SATADOM-MV  
3SE-S Series**

**ДЕЙСТВУЙ НА ОПЕРЕЖЕНИЕ**

Компактные твердотельные накопители с интерфейсом SATA III, характеризующиеся более высокой скоростью передачи данных

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNODISK

**PROSOFT®**

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

Реклама

# Использование бесплатной программы JTAG Live Buzz в качестве тестового пробника

Алексей Иванов (Санкт-Петербург)

**В статье рассказывается о бесплатной программе JTAG Live Buzz, которая использует для прозвонки технологию периферийного сканирования: тестовый доступ к ножкам микросхем осуществляется с помощью JTAG-интерфейса.**

Многим читателям известна ситуация, когда требуется прозвонить связь между двумя выводами одной или двух разных микросхем. Сделать это можно, например, с помощью мультиметра. Ничто не мешает осуществить это, если микросхемы имеют доступные для щупов прибора выводы (то есть имеют тип корпуса TQFP, QFN, TSOP и т.п.). Хотя современная элементная база накладывает всё больше и больше ограничений на этот простой и естественный процесс. Прозвонить связь между двумя шариками BGA и даже между одним шариком и любой контактной точкой на плате с помощью щупов мультиметра уже невозможно. Для решения подобных задач была создана бесплатная программа JTAG Live Buzz. Она использует для прозвонки технологию периферийного сканирования: тестовый доступ к ножкам микросхем осуществляется с помощью JTAG-интерфейса. Из самого принципа действия становится понятно, что для работы не требуется физический доступ к выводам ИМС или другим открытым проводникам платы, поэтому BGA здесь не является проблемой. Доступ потребует лишь к выводам JTAG-сигналов микросхемы, однако чаще всего они бывают выведены на внешний разъём.

Программа Buzz работает как с контроллерами производства JTAG Technologies – компании, которая её разработала, так и с конфигурационными JTAG-кабелями Xilinx и Altera. Программу можно скачать с сайта [1] и установить

на ПК. На том же сайте можно сгенерировать файл бесплатной лицензии, который позволит пользоваться программой неограниченное количество времени.

Выбрав в программных опциях тип используемого контроллера, и подключив его к тестируемой плате, можно приступить к работе. Цепочка компонентов, поддерживающих периферийное сканирование, определяется автоматически при нажатии соответствующей кнопки (см. рис. 1). Единственное, что нужно сделать вручную, – это определить BSDL-модели для данных компонентов. Файл модели BSDL представляет собой формализованное описание регистров, доступ к которым можно получить через JTAG-интерфейс. Его структура определена в стандарте IEEE 1149.1, который представляет собой описание архитектуры периферийного сканирования внутри ИМС. Такие файлы обычно автоматически считываются программами периферийного сканирования, и система уже знает, как управлять JTAG-логикой микросхемы для того, чтобы выставить или считать данные на её выводах. Скачать модель BSDL для какой-то конкретной микросхемы можно на сайте её производителя или на каких-либо общих ресурсах. После таких несложных приготовлений программа JTAG Live Buzz готова к работе с вашей платой.

Так как цепи JTAG-интерфейса определены автоматически, а BSDL-файлы дают программе информацию о том, как устроены регистры периферийного

сканирования микросхем, то пользователю Buzz достаточно выбрать из списка пины микросхем (которые также берутся программой из модели BSDL), на которых необходимо установить или считать требуемый логический уровень. Рабочее поле программы имеет четыре раздела: «Наблюдение», «Прозвонка», «Измерение» и «Ограничения».

При нажатии кнопки в поле «Наблюдение» (заранее перетаскив указателем мыши в данное поле номер нужного нам пина ИМС) можно проследить за логическим уровнем на какой-нибудь цепи рассматриваемой платы. Следует отметить, что «Наблюдение» использует команду периферийного сканирования SAMPLE, которая, в отличие от EXTEST, работает при функционирующем в обычном режиме соответствующем выводе ИМС.

Интересно поле «Прозвонка». Это, по сути, имитация работы мультиметра в режиме обычной прозвонки. Только вместо щупов используются выводы установленных на плату микросхем, поддерживающих периферийное сканирование. Здесь перетаскиваются уже два пина одной и той же либо разных микросхем. При нажатии кнопки «Buzz» в середине поля появится цветовой индикатор. Зелёный цвет будет означать, что электрический контакт есть, красный – что его нет. Есть и звуковая имитация работы мультиметра.

С помощью поля «Измерение» можно также провести небольшие тесты логических узлов (кластеров). Например, определить несколько пинов JTAG-микросхем, являющихся входами для логического узла, и несколько выходов. На входах кластера можно установить различные логические значения: «0», «1» или «HIGH-Z». При этом, при нажатии кнопки измерения, мы увидим значения на выходах.

Поле «Ограничения» играет очень важную, иногда необходимую роль. Порой, во время измерения или прозвонки, необходимо на какую-то часть схемы подать некое постоянное логическое значение («0» или «1»), чтобы исключить паразитные сигналы, которые могут появиться на тестируемых линиях из-за работы тех или иных

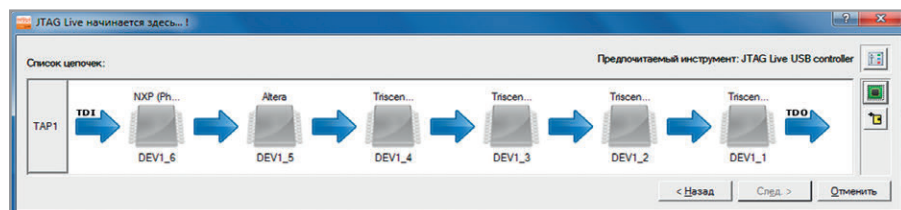


Рис. 1. Автоматическое определение всех JTAG-компонентов платы

устройств. Программа JTAG Live Buzz позволяет устанавливать такие ограничения, которые действуют постоянно для операций прозвонки и измерения.

Проект можно сохранить и использовать уже готовые задачи для работы в дальнейшем с другими платами.

Любопытный читатель может задать вопрос: а что же делать, если, предположим, на тестируемой плате всего один компонент, поддерживающий периферийное сканирование? Как прозванивать связи данного компонента? Ведь не все же его пины имеют электрический контакт между собой. Ответ может быть чрезвычайно простым. Если на вашей плате всего лишь один компонент, поддерживающий периферийное сканирование, то у него наверняка имеется какое-то количество выводов, выходящих на внешний разъём (так уж устроены цифровые платы). Эти выводы, скорее всего, поддерживают периферийное сканирование. То есть теоретически между ними и другими выводами компонента можно проверить электрический контакт. Можно изготовить или взять обычный щуп от любого измеритель-

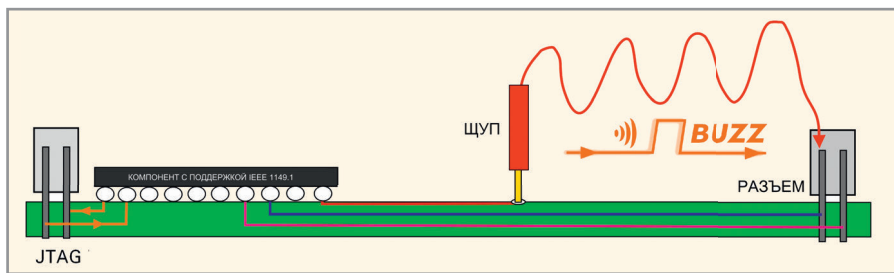


Рис. 2. Использование щупа при прозвонке

ного прибора и подключить к одному из таких выводов разъёма платы (см. рис. 2). Если обеспечить контакт щупа с контактной площадкой, галтелью или другим элементом, соединённым электрически с выводом ИМС с поддержкой сканирования, то можно прозвонить связь от щупа площадки до данного вывода. Здесь следует оговориться: на самом деле прозванивается не только электрическая связь между щупом и выводом ИМС, но также проверяется разарка от ножки до кристалла, так как логика периферийного сканирования является составной частью чипа. Данное свойство очень важно, так как часто проблема отсутствия сигнала на линии вызвана не плохой пайкой

или дефектом проводника ПП, а разрывом проволочного соединения внутри корпуса микросхемы.

На первый взгляд простейшая программа JTAG Live Buzz может сделать огромную работу. Поиск дефектных цепей, даже если инженер имеет представление, где примерно их нужно искать, может быть затруднён отсутствием физического доступа к ним. Программа Buzz позволяет избежать ненужных прогревов платы, временного монтажа, отпайки микросхем и поиска рентгеновской установки, что в итоге экономит средства и время.

**ЛИТЕРАТУРА**

- 1. www.jtaglive.ru.



www.jtag-technologies.ru

Пугает стоимость оборудования для тестирования?

Периферийное сканирование – антикризисный тестовый метод

Новая линейка цифро-аналоговых тестеров от JTAG Technologies в комплексе с JTAG ProVision позволяет организовать полноценную станцию тестирования.

Представительство JTAG Technologies в России  
 Телефон: (812) 313-9159  
 E-mail: russia@jtag.com

Эксклюзивный дистрибьютор: ООО Предприятие Остек  
 Телефон: (495) 788-4444  
 E-mail: info@ostec-group.ru

Новости мира News of the World Новости мира

**«ОПК» создаст программную платформу для импортонезависимого «софта»**

«Объединённая приборостроительная корпорация», входящая в Госкорпорацию Ростех, ведёт разработку интегрированной инженерной программной платформы по заказу Фонда перспективных исследований. Платформа призвана существенно упростить и унифицировать процессы создания ПО, используемого в проектировании и производстве на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. Инновационный программный продукт, создаваемый в рамках проекта под кодовым названием «Гербарий», будет размещён на специальном портале, куда получат доступ разработчики и потребители такого софта.

«Сейчас российская промышленность испытывает целый ряд проблем, из-за которых тормозится развитие инженерного программного обеспечения, – рассказывает руководитель департамента инновационного развития «ОПК» Александр Калинин. – Во-первых, существует много различных типов программных средств, в том числе

коммерческих разработок и самописных программ, информационно несовместимых между собой. На одном предприятии подчас используются информационные системы с различной архитектурой, которые плохо коррелируют. При создании одного и того же изделия возникает необходимость переноса данных из одной программной среды в другую, что чаще всего влечёт за собой потерю информации и времени на трансляцию данных. Во-вторых, применение западного ПО, созданного на основе закрытого программного кода, не позволяет его использовать при разработке изделий специального назначения. Единая платформа, разрабатываемая холдингом «Системы управления», позволит создавать программные решения, абсолютно совместимые друг с другом, без потери данных и времени».

«С помощью готовых модулей ПО на базе единой платформы можно проводить законченный цикл работ, типичных для конструкторско-технологической подготовки любого производства в машиностроении. Это проектирование изделия с созданием трёхмерной

модели, проведение конечноэлементных расчётов (статических, динамических, термодинамических), разработка конструкторской документации, проектирование процессов изготовления деталей на станках с ЧПУ, – говорит заместитель директора холдинга «Системы управления» Александр Янковский. – Промышленная реализация итогов проекта позволит обеспечить переход предприятий оборонно-промышленного комплекса к отечественному импортонезависимому инженерному ПО».

Единая программная платформа будет работать в виде портала с доступом для двух категорий пользователей: разработчиков и потребителей решений. Доступ к portalу даёт возможность использовать готовые модули инженерно-программного обеспечения для базовых задач, размещать заказы на разработку ПО, обращаться за технической поддержкой к разработчикам, создавать на основе шаблонов свои программные продукты, привлекать к разработкам других пользователей, хранить в базе собственные программные решения, проводить верификацию программного продукта.

**LUMINEO**  
POWERED BY **vepeq**

**ДИСПЛЕИ ДЛЯ**  
**от -50°C**

О Ф И Ц И А Л Ъ Н Ы Й Д И С Т Р И Б Ъ Ю Т О Р

**PROSOFT®**

МОСКВА Тел.: (495) 234-0636 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

Реклама

## Новости мира News of the World Новости мира

Для реализации коллективного пользования платформой разрабатывается Единая система управления. Демонстрационный образец «Гербария» будет готов к концу 2016 года. Интерес к проекту уже проявили ряд крупных предприятий и корпораций.

**ОАО «Объединённая приборостроительная корпорация»**

### Тренд «гнутой» дисплея

Одним из трендов года станут изогнутые дисплеи на массовых устройствах. Акцент на изогнутых дисплеях, который очевиден в наступившем году, обусловлен двумя причинами, одна из которых находится в области технологий, другая – в маркетинге.

За два последних года технологии производства значительно усовершенствовались, в результате чего изогнутые дисплеи стали доступнее. Маркетинговая причина обусловлена долгим отсутствием вау-фактора. Например, параметры яркости-цветности-контрастности достигли оптимальных значений уже давно. Рост разрешения и переход с FullHD на UltraHD – уже пройденный

этап. Увеличение доступных диагоналей также достигло «потолка» в прямом и переносном смысле. Трёхмерное изображение популярным так и не стало. И в этот момент появляются изогнутые дисплеи.

Достаточно интересная ситуация складывается на рынке изогнутых смартфонов. В середине весны этого года в продажу поступил Samsung S6 edge с изогнутым дисплеем. Эта модель премиального класса не имеет лобовых конкурентов, но это только пока. Конкурентом для Samsung в данном случае оказались не Apple, HTC или Microsoft, а LG со своими LG Flex 2 и LG G3. Более того, LG уже анонсировала для российского рынка смартфоны среднего ценового диапазона Magna и Spirit, которые также обладают выгнутыми дисплеями.

Хотя обе компании продемонстрировали уже второе поколение «гнутоэкранных» смартфонов, маркетологи так и не смогли придумать внятных объяснений необходимости изогнутых дисплеев.

Samsung говорит о возможности использования боковых поверхностей для размеще-

ния различных информеров, а LG заявляет, что её изогнутый дисплей более эргономичен, а микрофон при разговоре расположен ближе к губам. На практике преимущество изогнутого дисплея одно: смартфон удобнее поднимать с ровной поверхности и мусор на ней меньше царапает стекло. Популярность же изогнутых телефонов будет обусловлена их активным продвижением вендорами, а также обыденностью прочих факторов, таких как дизайн, камера или производительность.

Ситуация со смартфонами аналогична ситуации с изогнутыми телевизорами и мониторами. Изогнутость уменьшает геометрические искажения при рассматривании картинки с большого экрана (как в кинотеатрах), но, во-первых, эти искажения невелики, во-вторых, это актуально для зрителя, находящегося по центру экрана. Поэтому наличие изгиба экрана указывает лишь на премиальность модели.

Таким образом, изогнутость не является вау-фактором в полной мере, но будет активно использоваться маркетологами.

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

## ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ

до +85°C



### Основные свойства электролюминесцентных дисплеев

- Кристальная чёткость изображения. Отсутствует размытость изображения движущегося объекта при температуре  $-60^{\circ}\text{C}$
- Широкий угол обзора – свыше  $160^{\circ}$
- Время отклика менее 1 мс
- Средний срок безотказной работы более 116 000 часов
- Срок эксплуатации не менее 11 лет при потере яркости 25–30%
- Устойчивость к ударным и вибрационным воздействиям
- Низкий уровень электромагнитного излучения
- Компактный корпус и обрамление

### Области применения

- Специальная техника
- Транспортные средства
- Промышленное оборудование
- Медицинские приборы
- Аппаратура морской техники

**LUMINEQ**  
POWERED BY VENEQ

КОМПАНИИ VENEQ (LUMINEQ)

С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • [info@spb.prosoft.ru](mailto:info@spb.prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)



Реклама

# Обзор современных дисплеев AUO с дополнительными функциями

Игорь Матешев, Андрей Туркин (Москва)

В статье приведён краткий обзор жидкокристаллических дисплеев с дополнительными функциями от тайваньского производителя – компании AU Optronics.

## ВВЕДЕНИЕ

История компании AU Optronics (AUO) началась в 1990 г., когда была образована компания Unipac Optoelectronics – производитель ЖК-решений, входящий в тайваньский холдинг United Microelectronics Corporation. В её задачи входило наладить производство тайваньских ЖК-матриц. До того момента на рынке была представлена продукция исключительно японских производителей. Первые ЖК-матрицы покинули стены тайваньского завода уже в 1994 г.

Через два года тайваньской компанией Acer в рамках переориентации с дистрибуторской модели к модели производителя было основано подразделение Acer Display Technologies (ADT). Выпускаемые им дисплеи предназначались в основном для компьютеров и мониторов производства компании Acer, к тому моменту уже вошедшей в десятку крупнейших производителей ПК в мире.

В 2001 г. Unipac и ADT объявили о слиянии в единую компанию – AU Optronics, и уже к 2003 г. производство крупногабаритных дисплеев вышло на третье место на мировом рынке. Компания сразу начала вкладывать значительную часть прибыли в разработку новых технологий. Её отдел исследо-

ваний и разработок (R&D) в области оптоэлектроники стал крупнейшим во всём Тайване. Благодаря этому, по состоянию на январь 2015 г., AUO обладает 13 700 патентами, что и обеспечивает ей лидирующие позиции в отрасли ЖК-изделий [1].

На данный момент компания входит в тройку лидеров на рынке ЖК-матриц. Растущая из года в год прибыль AUO в 2014 г. составила \$13 млрд. По всему миру расположены 19 фабрик компании по производству подложек различных поколений: большая часть – на Тайване, три – в Китае, две – в Европе и одна – в Сингапуре. На рисунке 1 представлена одна из фабрик AU Optronics, находящаяся в Китае, в городе Сучжоу. Компания производит подложки поколений G3.5, G4, G5, G6, G7.5 и G8.5 [2]. Готовые дисплеи выпускаются в диапазоне размеров от 1,2 дюймов до 65+. Также AUO разработала компактные дисплеи для телефонов со сверхвысоким разрешением, изогнутые панели для 4К-телевизоров, AMOLED-дисплеи и промышленные дисплеи с интегрированными сенсорными панелями.

## ДИСПЛЕИ AU OPTRONICS

Компания AUO выпускает широкий спектр продукции для всех сфер при-

менения, и эта стратегия полностью себя оправдывает. Благодаря своему многообразию дисплеи от AUO стали палочкой-выручалочкой для множества фирм-производителей готовой продукции. Речь идёт не только о небольших компаниях, производящих специализированное оборудование, например низкотемпературные дисплеи для железнодорожного транспорта или виброустойчивые мониторы для промышленного оборудования. Среди заказчиков AU Optronics есть компании, производящие собственные дисплеи. Например, такие гиганты, как Samsung, LG и Apple [3]. Поскольку спектр продукции AU Optronics очень широк, компания может предложить уже готовые решения, под которые уже отлажен процесс производства, вместо того чтобы разрабатывать дизайн с нуля под конкретного заказчика, как это часто делают другие компании.

Среди моделей AUO есть образцы с функциями, которые выгодно отличают их от продукции конкурентов. Это и дополнительный субпиксель белого цвета, и встроенный сенсорный экран, и функция Reverse Scan. Собственно, именно из-за наличия нестандартных технологий дисплеи этой компании и стали столь популярными. Например, существуют сверхяркие (до 1500 кд/м<sup>2</sup>) матрицы для использования при ярком внешнем освещении, матрицы с двухканальным LVDS-подключением, матрицы, устойчивые к вибрациям, с широким температурным диапазоном, с заменяемым элементом подсветки, с широкими углами обзора, монохромные и с тонким корпусом. Про светодиодную подсветку даже можно не говорить – ею оснащены все современные модели (как, в большинстве случаев, и встроенным драйвером для неё).

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

Среди перечисленных функций на особом месте стоит виброустойчивость. Современный мир насыщен механизмами, каждый второй из которых несёт в себе огромное количество подвижных частей. Шестерёнки, червяки, валы, роторы и множество других движущихся деталей создают колоссальную



Рис. 1. Фабрика в Сучжоу, Китай

тряску. Сейчас эти механизмы в подавляющей массе не могут работать без управляющей электроники – контроллеров, процессоров, дисплеев. Необходимость работы в таких условиях породила целый класс виброустойчивых электронных устройств. Тяжелее всего приходится, пожалуй, дисплеям – у них на борту, помимо управляющей микросхемы, есть ещё хрупкая матрица, тонкие шлейфы и множество деталей, которые могут сломаться, разбиться или оборваться. Производители стараются решать эти проблемы – укрепляют места соединений проводов, внедряют силовой корпус, сводят к абсолютному минимуму количество микротрещин, полученных на производстве, и внедряют светодиодную подсветку. Это сложно, дорого и ресурсоёмко, поэтому похвастаться наличием подобных панелей в своём ассортименте могут лишь некоторые производители. AU Optronics входит в число тех компаний, которые занимаются их разработкой.

Другой разработкой R&D-отдела компании AUO стала технология AHVA (Advanced Hyper Viewing Angle) [4]. Её название не имеет никакого отношения

к матрицам с гомеотропной (VA) ориентацией жидких кристаллов. Наоборот, эта технология – дальнейшее развитие альтернативной схемы расположения жидких кристаллов – IPS (In Plane Switching), которая представлена на рисунке 2.

В матрицах IPS жидкокристаллические молекулы расположены в плоскости поляризационных фильтров и поворачиваются на угол, зависящий от прикладываемого напряжения, изменяя соответственно фазу проходящего через них светового пучка: чем больше управляющее напряжение, тем больше кристаллы закручивают поляризацию светового пучка и тем ярче горит субпиксель. При этом та часть светового потока, плоскость поляризации которой совпадает с таковой верхнего поляризатора, проходит через него. Жидкие кристаллы в выключенном состоянии не пропускают свет, и субпиксель получается чёрным. Чёрный цвет получается действительно чёрным, а не тёмно-серым. Именно поэтому панели IPS имеют хорошую контрастность. Плюсом технологии, помимо отличной цветопередачи, является также и то,

что из-за расположения кристаллов в одной плоскости углы обзора получаются очень большими.

Главной новинкой 2015 г., возможно, станет разъем eDP (Embedded Display Port), который компания AU Optronics начала внедрять в свои дисплеи. Изначально этот интерфейс был выпущен в 2009 г. как расширение интерфейса DisplayPort и был разработан для замены устаревшего стандарта интерфейса низковольтного дифференциального сигнала LVDS. Уже в 2010 г. компания-участники VESA, такие как AMD и Intel, анонсировали постепенный отказ от поддержки LVDS в чипсетах нового поколения к 2013 г. в пользу eDP. Связано это с ограниченными возможностями и большим уровнем напряжения LVDS, а также избыточности при наличии функций беспроводной связи, которые сейчас становятся все более распространёнными. Стандарт eDP направлен на снижение мощности систем за счёт новых функций, таких как частичное обновление дисплея, пониженные перепады вольтажа интерфейса, дополнительные опции скорости соединения, сжатие транс-

# AUO

## LCD-панели AU Optronics

Высокое качество по лучшим ценам

Области применения:

- Промышленное оборудование
- Банкоматы и терминалы оплаты
- Торговые терминалы (POS)
- Мультимедиа-системы
- Промышленные компьютеры (IPC)
- Системы безопасности
- Игровые автоматы
- Медицинское оборудование
- Системы автоматизации производственных процессов
- Информационные панели (PID)



**ProCHIP**  
POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



Реклама

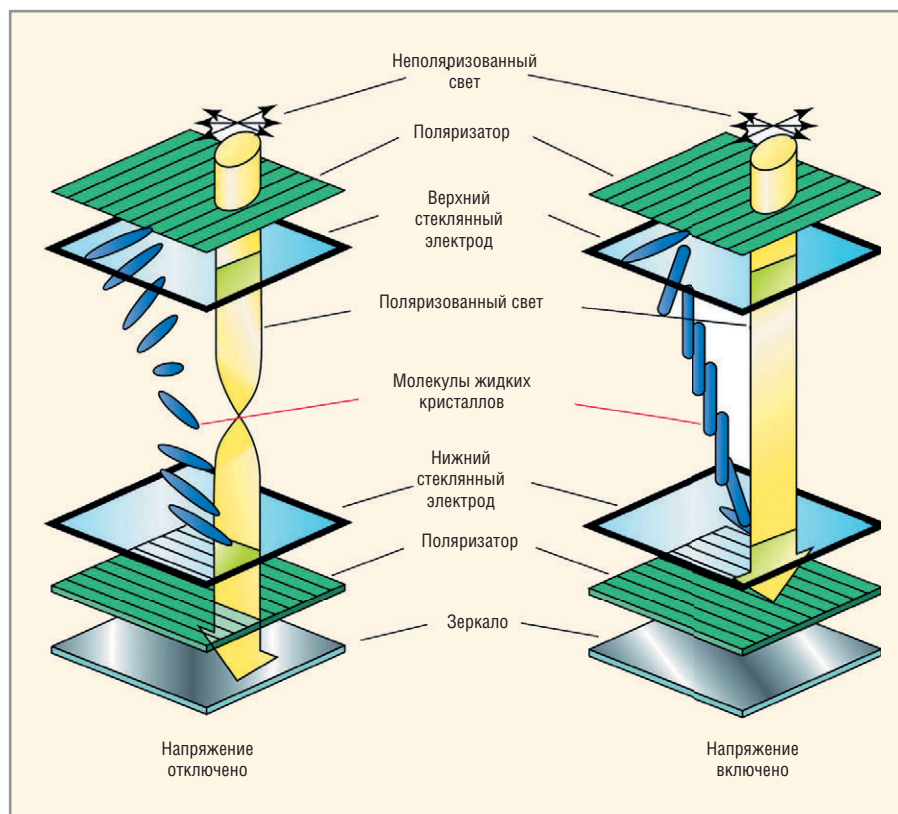


Рис. 2. Схема работы IPS-матрицы

Примеры ЖК-панелей производства AUO

Модель	G057VTN01.0 <sup>1</sup>	G190EAN01.0 <sup>2</sup>	G156HTN01.0 <sup>3</sup>
Размер рабочей области, мм	115,2 × 86,4	376,32 × 301,06	344,16 × 193,59
Габаритные размеры, мм	144,0 × 104,6 × 12,3	396,00 × 324,00 × 17,0	359,5 × 216,78 × 3,55
Размер по диагонали, дюймы	5,7	19	15,6
Разрешение	640 × 480	1280 × 1024	1920 × 1080
Яркость, кд/м <sup>2</sup>	530	300	300
Контрастность	800:1	1000:1	700:1
Диапазон рабочих температур, °C	-30...+85	-20...+60	0...+60
Подсветка дисплея	LED	LED	LED

<sup>1</sup> Виброустойчивый дисплей. Тест виброустойчивости: синусоида – 6,8 г; 10–400 Гц; 280 мин/ось; случайная СКЗуск – 3,3 г; 5–500 Гц; 30 мин/ось.

<sup>2</sup> ЖК-панель с AHVA-матрицей. Угол обзора 12 часов – 89°; угол обзора 6 часов – 89°; угол обзора боковой – 178°.

<sup>3</sup> ЖК-панель с интерфейсом eDP.

портных данных и управление подсветкой для разных областей. Отдельный канал теперь отвечает за передачу данных функции «мультиач» от дисплея к процессору системы. Электрические параметры интерфейса eDP регулярно расширяются для поддержки более широкого диапазона форм-факторов и сред передачи.

Характеристики некоторых моделей ЖК-панелей компании AUO с дополнительными функциями представлены в таблице.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Современный рынок ЖК-дисплеев не стоит на месте. Изобилие различных специальных функций позволяет компаниям, которые способны их внедрить, не просто оставаться на плаву в условиях жёсткой конкуренции, но и развивать свою продукцию дальше. Компания AU Optronics – одна из тех, кто показывает стабильный рост каждый год. Не в последнюю очередь это связано с тем, что инженеры AUO разрабатывают новые дисплеи, подходящие для всех отраслей, будь то промышленность, реклама или консьюмерская электроника.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. AUO Technology Center. www.auo.com.
2. Самарин А. Современные технологии крупноформатных TFT ЖК-панелей. Компоненты и технологии. 2010. № 6. С. 98–106.
3. www.cens.com.
4. Матешев И., Туркин А. Обзор современных технологий производства ЖК-матриц. Современная электроника. 2014. № 8. С. 16–19.



**Новости мира News of the World Новости мира**

**2 млрд руб. на технопарк в Крыму**

«Минкомсвязи считает необходимым построить технопарк в Крыму, – заявил глава ведомства Николай Никифоров». По его словам, у министерства уже есть успешный опыт создания подобных объектов по всей стране (соответствующая федеральная целевая программа закончилась в прошлом году), который нужно применить и на полуострове.

Сейчас уже подобраны возможные площадки для размещения будущего технопарка. Но остаётся решить вопрос с финансированием. При составлении федерального бюджета на 2015–2017 гг. Минкомсвязи уже

просило на данный проект 2,1 млрд руб., из них 580 млн руб. должны были быть выделены в этом году, 1,53 млрд руб. – в 2016 г.

Финансировать строительство объектов в Крыму Минкомсвязи предлагает путём взноса государством в уставной капитал акционерного общества «Иннополис», занимающегося возведением одноимённого инновационного городка в Татарстане. Представители властей республики Крым и города Севастополь, со своей стороны, должны войти в органы управления «Иннополиса».

Министр внутренней политики, информации и связи Крыма Дмитрий Полонский недавно представил проект технопарка «Цифровая долина». Для него уже найде-

на территория площадью 57 га рядом с аэропортом столицы республики – Симферополя.

Власти Севастополя также нашли территорию для технопарка аналогичных размеров. Начальник управления связи и информационных технологий города Вадим Дворяненко заявил, что это бывший радиозавод им. В.Д. Калмыкова.

Источник, близкий к Минкомсвязи, поясняет, что сейчас между проектами двух крымских субъектов федерации идёт борьба. Окончательного решения ещё не принято, но пока чаша весов склоняется в пользу предложения республики Крым, так как в Симферополе, в отличие от Севастополя, есть аэропорт.

www.cnews.ru



**Лидер в области разработки  
и производства высоковольтных  
реле и контакторов**



Вакуумные реле



Газонаполненные реле



Герконовые реле



Контакторы

# Создание низкотемпературных аналоговых ИС для обработки импульсных сигналов датчиков

## Часть 2

Олег Дворников, Владимир Чеховский,  
Валентин Дятлов (г. Минск, Беларусь),  
Николай Прокопенко (г. Шахты, Ростовская обл.)

В статье представлен анализ аналоговой обработки импульсных сигналов ёмкостных датчиков, на основании которого сформулированы требования к элементам цепи отрицательной обратной связи зарядочувствительных усилителей. Рассмотрены малошумящие усилители с охлаждаемым «головным» транзистором и схемотехнические решения каскадов, направленные на увеличение усиления.

### Особенности аналоговой обработки импульсных сигналов ёмкостных датчиков

При схемотехническом моделировании датчик с высоким внутренним сопротивлением можно представить в виде параллельного соединения источника импульсного тока и конденсатора с ёмкостью от единиц пикофард до единиц нанофард. Обычно датчик соединяется с каналом (см. рис. 1), который преобразует входной импульс тока в выходное напряжение с длительностью, достаточной для обработки последующими каскадами [1]. При коротких сигналах датчиков чаще всего применяются зарядочувствительные усилители (ЗЧУ). Если импульс тока датчика имеет протяжённую плоскую вершину, которую необходимо зарегистрировать, то используются трансимпедансные усилители (ТИУ), которые обладают малым входным сопротивлением и благодаря этому применя-

ются при работе с датчиками с большой ёмкостью и/или с высокой частотой импульсов.

В идеальном случае ЗЧУ должен сформировать из короткого токового сигнала, который можно аппроксимировать  $\delta$ -функцией, выходное ступенчатое напряжение. Чаще всего эту операцию выполняет инвертирующий усилитель с большим коэффициентом усиления и одним доминирующим полюсом, охваченный отрицательной обратной связью (ОС) с помощью конденсатора  $C_F$ . Конденсатор  $C_F$  заряжается постоянной составляющей входного тока  $I_{INPDC}$ , возникающей вследствие наложения импульсов тока, наличия входного тока усилителя DA1 и тока утечки датчика, что приводит к изменению уровня выходного напряжения и уменьшению динамического диапазона, а в предельном случае – к потере работоспособности выходного каскада усилителя DA1. Для устранения влияния постоянной составляющей  $I_{INPDC}$  на динамический

диапазон ЗЧУ параллельно конденсатору  $C_F$  подключается высокоомный резистор  $R_F$ , который осуществляет ОС по постоянному току и, таким образом, устанавливает рабочий режим элементов усилителя DA1:

$$V_{OUTDC} = V_{INPDC} + I_{INPDC}R_F, \quad (1)$$

где  $V_{OUTDC}$ ,  $V_{INPDC}$  – выходное и входное напряжения ЗЧУ по постоянному току.

Отметим, что аналогичную структуру может иметь ТИУ, в котором резистор  $R_F$  преобразует входной импульс тока в выходное напряжение, а конденсатор  $C_F$  обеспечивает устойчивую работу усилителя с ОС. Различие заключается в соотношении активной и реактивной составляющих комплексной проводимости цепи ОС, поскольку в ЗЧУ преобладает ёмкостная составляющая проводимости, а в ТИУ – резистивная.

Любой токовый сигнал  $I_{INP}$ , поступающий на вход ЗЧУ (DA1,  $R_F$ ,  $C_F$ , см. рис. 1), вызывает падение напряжения  $V_{INP} = I_{INP}Z_{EQ}$  на эквивалентном входном импедансе  $Z_{EQ}$ , который образуется параллельным соединением динамического импеданса обратной связи  $Z_F/(1 + K_V)$  и суммарного импеданса всех параллельных цепей  $Z_{\Sigma INP}$ , соединённых с входом:

$$Z_{EQ} = \left( \frac{1}{Z_{\Sigma INP}} + \frac{1 + K_V}{Z_F} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где  $K_V$  – значение коэффициента усиления DA1 при разомкнутой цепи ОС,  $Z_F$ ,  $Z_{\Sigma INP}$  – импеданс ОС и суммарный импеданс всех параллельных цепей, соединённых с входом усилителя DA1 (узел INP, см. рис. 1).

Увеличение входной проводимости обусловлено тем, что каждому изменению входного потенциала схемы соответствует в  $K_V$  раз большее изменение потенциала противоположного знака на другом выводе  $Z_F$ , а ток, протекающий через импеданс обратной связи, в  $(1 + K_V)$  раз больше, чем в случае заземлённого вывода  $Z_F$  (так называемый эффект Миллера). Так как выход-

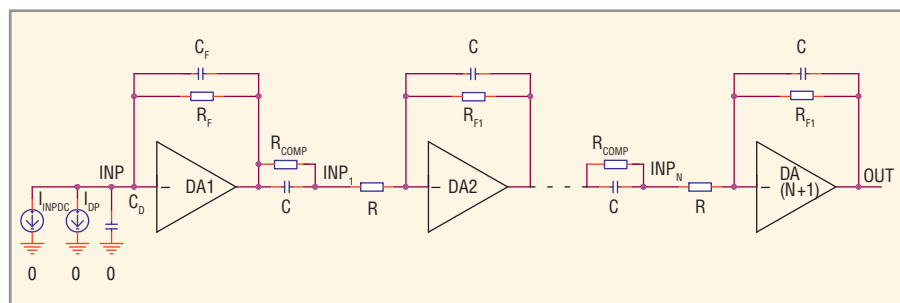


Рис. 1. Типовой канал аналоговой обработки сигнала датчика:

$C_D$  – ёмкость датчика;  $I_{DP}$  – импульсный ток датчика;  $I_{INPDC}$  – постоянная составляющая суммарного тока, протекающего через входной узел INP; DA<sub>1</sub>,  $R_F$ ,  $C_F$  – ЗЧУ или ТИУ; DA<sub>2</sub> – DA<sub>N+1</sub>,  $R$ ,  $R_{F1}$ ,  $C$  – «формирователь»; INP<sub>1</sub> – INP<sub>N</sub> – входы интеграторов

ное напряжение  $V_{OUT}$  усилителя DA1 в  $K_V$  раз больше входного, то для коэффициента передачи с замкнутой ОС справедливо выражение:

$$K_F = \frac{V_{OUT}}{I_{INP}} = K_V Z_{EQ} = - \frac{Z_F}{1 + \frac{Z_F}{Z_{\Sigma INP}}}, \quad (3)$$

где  $K_F$  – значение коэффициента передачи усилителя DA1 при замкнутой цепи ОС, а знак «-» обусловлен тем, что входное и выходное напряжения находятся в противофазе.

В случае с ЗЧУ пренебрегают активной составляющей эквивалентной входной проводимости по сравнению с реактивной. Тогда для коэффициента передачи (коэффициента преобразования входного заряда в выходное напряжение  $K_{QV}$ ), без учёта влияния АЧХ усилителя DA1, то есть в предположении, что коэффициент усиления  $K_V$  сохраняет постоянное значение в спектре частот входного сигнала, справедливо соотношение:

$$K_{QV} \approx - \frac{1}{C_F} \frac{1}{1 + \frac{C_D + C_{INP}}{C_F}}, \quad (4)$$

где  $C_D$ ,  $C_{INP}$  – ёмкость датчика и входная ёмкость инвертирующего усилителя DA1, соответственно.

Выражение (4) можно пояснить следующим образом. Токковый сигнал датчика, аппроксимируемый  $\delta$ -функцией, накапливается на суммарной динамической ёмкости обратной связи  $C_F(1 + K_V)$ , датчика  $C_D$  и входной ёмкости усилителя  $C_{INP}$  и преобразуется в импульс входного напряжения, который усиливается в  $K_V$  раз с помощью усилителя DA1. При этом форма выходного напряжения ЗЧУ имеет экспоненциальный спад с постоянной времени фронта нарастания  $t_R$  определяется доминирующей постоянной времени  $t_{AMPL}$  усилителя DA1 и параметрами элементов ОС:

$$\tau_R = \frac{t_{AMPL}}{1 + K_V \frac{C_F}{C_D + C_{INP}}}. \quad (5)$$

Из выражения (4) следует, что для обеспечения постоянного коэффициента преобразования  $K_{QV} \approx -1/C_F$  при разных значениях ёмкостей датчиков необходимо выполнение условия

$$K_V \gg \left( 1 + \frac{C_D + C_{INP}}{C_F} \right). \quad (6)$$

Обычно для уменьшения уровня шумов выход ЗЧУ соединяется с полосовым фильтром, который приводит к появлению на выходе аналогового канала (OUT, см. рис. 1) импульса специальной формы. Поэтому такой фильтр часто называют «формирователем».

Схемотехническую структуру интегрального фильтра выбирают с учётом реальной формы сигнала, возможности реализации фильтра в полупроводниковом исполнении и минимизации потребляемой мощности при обеспечении необходимого быстродействия. С учётом этих факторов, а также для дополнительного усиления сигнала, в интегральном исполнении предпочтительно изготовление резистивно-ёмкостных  $CR^M$ - $RC^N$ -активных полосовых фильтров (DA2 – DA $_{N+1}$ , R, R $_{F1}$ , C, см. рис. 1), которые состоят из последовательного соединения M-дифференцирующих и N-интегрирующих цепей [1].

Шумовые свойства ЗЧУ характеризует эквивалентный шумовой заряд (ENC, Equivalent Noise Charge), вызывающий на выходе канала сигнал, равный среднеквадратическому значению шумов. При аналитических оценках уровня шумов канала, содержащего ЗЧУ и фильтр, обычно полагают, что преобладающий вклад вносит «головной» транзистор ЗЧУ. Для полевого транзистора с p-n-переходом (ПТП), включённого по схеме с общим истоком, без учёта влияния фликкер-шума, справедливо соотношение [1]:

$$ENC_J^2 = ENC_{PJ}^2 + ENC_{SJ}^2 = \alpha_{S2} T_M q \left( \frac{2kT}{qR_F} + I_{INPDC} \right) + \frac{4}{3} \frac{\alpha_{S1}}{T_M} kT C_{\Sigma INPJ}^2 \frac{1}{g_M} \quad (7)$$

$$C_{\Sigma INPJ} = C_D + C_F + C_{SG} + C_{DG} + C_{STR} \quad (8)$$

где J указывает на принадлежность параметров к ПТП,  $ENC_{PJ}$ ,  $ENC_{SJ}$  – эквивалентный шумовой заряд, обусловленный параллельной и последовательной составляющей шумов,  $\alpha_{S1}$ ,  $\alpha_{S2}$  – коэффициенты формы выходного импульса,  $T_M$  – момент времени, соответствующий максимуму (пику) импульсной характеристики,  $C_{SG}$ ,  $C_{DG}$  – ёмкости обратно смещённых p-n-переходов исток-затвор и сток-затвор,  $C_{STR}$  – паразитная

**SCHAEFER**

**НАДЁЖНЫЕ СИСТЕМЫ  
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
ЭНЕРГИИ**

**Импульсные источники питания**

- Преобразователи DC/DC
- Источники питания AC/DC
- Устройства управления зарядом батарей

**Импульсные инверторы**

- Инверторы DC/AC
- AC/AC-преобразователи

**Области применения**

- Промышленная автоматизация
- Атомные электростанции
- Железнодорожный транспорт



**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР  
ПРОДУКЦИИ SCHAEFER**

**PROSOFT®**



Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640  
E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

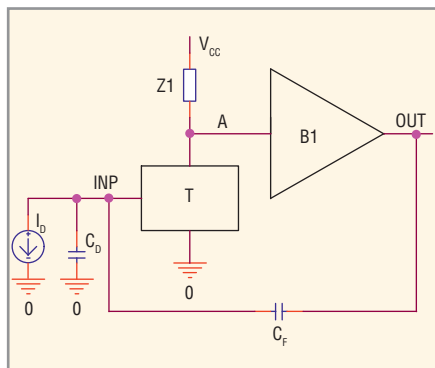


Рис. 2. Упрощённая схема малошумящего усилителя

ёмкость, соединённая с входом ЗЧУ,  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – абсолютная температура,  $q$  – заряд электрона,  $g_m$  – крутизна ПТП.

Анализ соотношений (7) и (8) показывает, что уровень шумов можно уменьшить следующим образом.

1. При увеличении крутизны ПТП путём увеличения отношения ширины затвора к длине  $W/L$  одновременно увеличивается ёмкость  $C_{SG}$ , и поэтому существует локальный минимум  $ENC_{SJ}$  (второго слагаемого в выражении (7)), имеющий место при выполнении условия так называемого «ёмкостного согласования головного ПТП и датчика»:

$$C_D + C_F + C_{STR} + C_{DG} = C_{SG}. \quad (9)$$

2. Увеличение сопротивления резистора  $R_F$  и уменьшение постоянного входного тока способствуют уменьшению  $ENC_{PJ}$ . Кроме того, при этом возможно значительное увеличение времени пика  $T_M$  для уменьшения  $ENC_{SJ}$ . Однако при выборе параметров  $R_F$ ,  $I_{INPDC}$  и  $T_M$  целесообразно учитывать следующие факторы: высокоомные резисторы обладают паразитной ёмкостью, которая вызывает изменение формы выходного импульсного сигнала, а большие значения времени пика  $T_M$  могут привести к появлению «микрофонного» эффекта.

3. Увеличение крутизны ПТП повышением тока стока  $I_D$  приводит к слабому уменьшению последовательной составляющей шумового заряда, поскольку

$$ENC_{SJ}^2 = \frac{4}{3} \frac{\alpha_{S1}}{T_M} kTC_{SINPJ}^2 \frac{1}{g_{MMAX}} \sqrt{\frac{I_{SDMAX}}{I_D}}, \quad (10)$$

где  $g_{MMAX}$  – максимальная крутизна ПТП при максимальном токе стока  $I_{SDMAX}$  при  $V_{GS} = 0$ ,  $V_{SD} \geq V_{TH}$ ,  $V_{GS}$ ,  $V_{SD}$ ,  $V_{TH}$  – напряжение затвор-исток, сток-исток и отсечки ПТП, соответственно,  $I_D$  – ток сто-

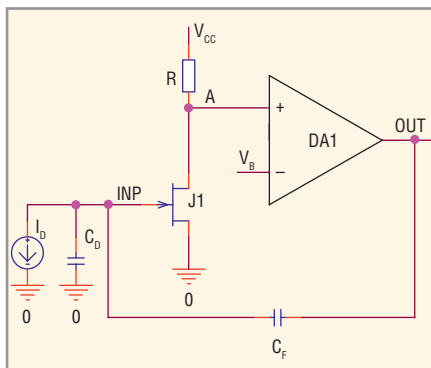


Рис. 3. Упрощённая схема малошумящего усилителя с дополнительным ОУ

ка. При этом существенно возрастает потребляемая мощность.

### УСИЛИТЕЛИ С ОХЛАЖДАЕМЫМ «ГОЛОВНЫМ» ТРАНЗИСТОРОМ

Наиболее распространённым видом криогенных аналоговых микросхем для датчиков является малошумящий усилитель с охлаждаемым «головным» элементом, упрощённая схема которого показана на рисунке 2 [2]. Он содержит преобразователь напряжение-ток ( $T$ ) на биполярном или полевом транзисторе, нагрузку ( $Z1$ ) и буферный каскад ( $B1$ ). Каскад  $T$  преобразует входное напряжение малой величины в ток, который, протекая по нагрузке  $Z1$ , создаёт на ней большое падение напряжения. Буферный каскад  $B1$  (чаще всего, повторитель напряжения) обеспечивает работу усилителя с внешней нагрузкой и управляет цепью ОС (конденсатором  $C_F$ ).

Коэффициент усиления напряжения на низкой частоте при разомкнутой цепи ОС определяется произведением крутизны «головного» элемента на суммарное сопротивление всех параллельных цепей, соединённых с высокоимпедансным узлом ( $A$  на рис. 2). Поэтому при проектировании усилителя необходимо максимально увеличивать крутизну «головного» элемента, сопротивление нагрузки  $Z1$ , а также обеспечивать высокое входное сопротивление буферного каскада.

Для усилителей, работающих с высокоимпедансным источником входного сигнала, в качестве «головного» элемента обычно используют малошумящий ПТП. При этом максимальный коэффициент усиления напряжения  $K_{MAX}$  в предположении бесконечно большого  $Z1$  и с учётом  $g_{SD} \approx \lambda I_D$ , составит [1]:

$$K_{MAX} = -\frac{g_m}{g_{SD}} \approx -\frac{2}{\lambda} \sqrt{\frac{BETA}{I_D}}, \quad (11)$$

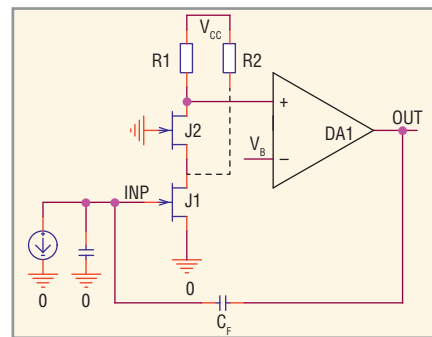


Рис. 4. Упрощённая схема малошумящего усилителя с «головным» транзистором в касковом включении

где  $g_{SD}$  – малосигнальная выходная проводимость ПТП,  $\lambda$  – коэффициент модуляции длины канала напряжением  $V_{SD}$ ,  $BETA$  – коэффициент пропорциональности (удельная крутизна).

При максимальном токе стока ПТП, обеспечивающем максимальную крутизну,  $K_{MAX}$  уменьшится до величины, определяемой выражением:

$$K_{MAX} \approx -\frac{2}{\lambda V_{TH}}. \quad (12)$$

В современных ПТП для увеличения крутизны уменьшают длину канала, но при этом возрастает коэффициент  $\lambda$  и уменьшается усиление. Например, для DMILL p-ПТП  $K_{MAX} = 20$  [3].

Для увеличения коэффициента усиления с разомкнутой ОС обычно применяют следующие схемотехнические решения.

1. Добавляют усилительный каскад (см. рис. 3). Однако при этом усложняется частотная коррекция, так как необходимо обеспечить большой разнос по частоте для трёх полюсов: дополнительного усилителя ( $DA1$  на рис. 3), высокоимпедансного узла ( $A$  на рис. 3) и входа  $INP$ , на частоту полюса которого влияет ёмкость p-n-перехода затвор-сток  $C_{GD}$ , усиленная в  $(1+K)$  раз благодаря эффекту Миллера, где  $K$  – коэффициент усиления входного напряжения на стоке  $J1$ .

2. Касковное включение «головного» транзистора с дополнительным токозадающим резистором ( $R2$ , см. рис. 4). В таком включении один из транзисторов с высоким выходным сопротивлением соединён со вторым транзистором, имеющим низкое входное и высокое выходное сопротивление. Например, касковыми являются соединения типа общий эмиттер (ОЭ) и общая база (ОБ), ОЭ и общий затвор (ОЗ), общий исток (ОИ) и ОБ, ОИ и ОЗ (см. рис. 4). Каскоды обладают рядом преимуществ, а имен-

но: стабилизация потенциала на стоке «головного» транзистора J1 нейтрализует эффект Миллера и динамическую входную ёмкость  $C_{INP}$  усилителя. Каскодное соединение также уменьшает мало-сигнальную выходную проводимость J2, что позволяет увеличить усиление. На рисунке 5 показан фрагмент выходной вольтамперной характеристики (ВАХ) в схеме с общим истоком обычного и каскодного р-ПТП АБМК-1.3 [4], из которого следует, что каскодное соединение уменьшило выходную проводимость более чем в 80 раз. Дополнительный резистор R2 обеспечивает большой ток стока J1 для увеличения его крутизны и уменьшения шумов и малый ток стока J2 для уменьшения его  $g_{SD}$  и повышения усиления напряжения в высокоимпедансном узле.

3. В качестве нагрузки Z1 используют выходное малосигнальное сопротивление биполярных транзисторов (БТ) и ПТП и, что предпочтительнее, каскодных соединений БТ и ПТП. На рисунке 6 приведены схемы включения р-ПТП в качестве резисторов, а рисунки 7 и 8 иллюстрируют их статические и частотные характеристики.

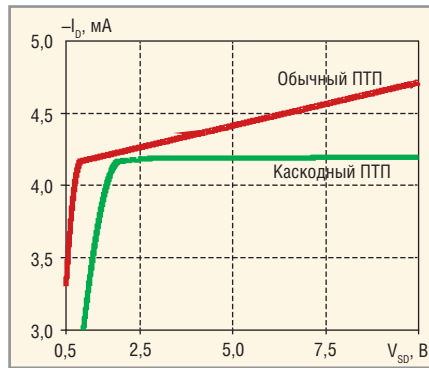


Рис. 5. Фрагмент выходной ВАХ в схеме с общим истоком обычного и каскодного р-ПТП АБМК-1.3

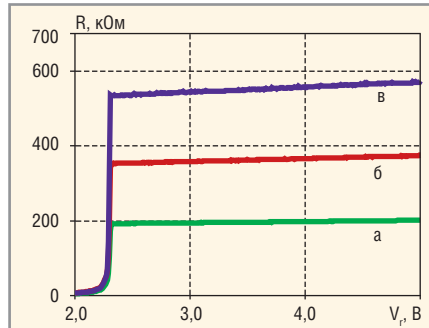


Рис. 7. Зависимость сопротивления резисторов от падения напряжения на них ( $V_r$ ) при  $RS1 = RS2 = RS3 = 1 \text{ кОм}$ . Обозначения графиков (а, б, в) соответствуют схемам включения на рисунке 6

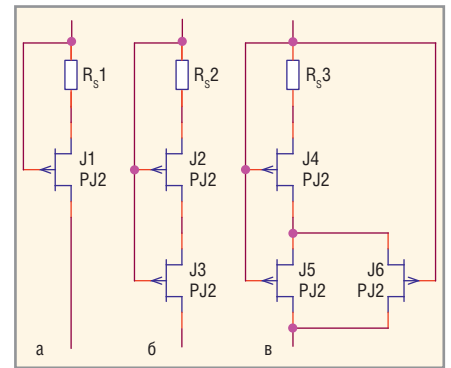


Рис. 6. Схемы включения р-ПТП в качестве высокоомного резистора

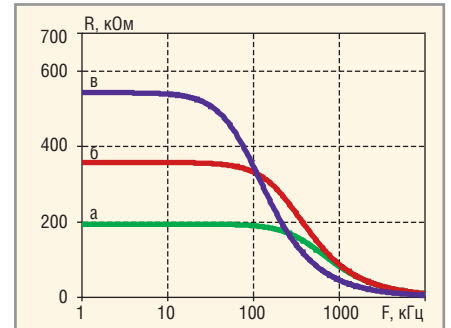


Рис. 8. АЧХ резисторов при  $RS1 = RS2 = RS3 = 1 \text{ кОм}$ ,  $V_r = 3 \text{ В}$ . Обозначения графиков (а, б, в) соответствуют схемам включения на рисунке 6



## МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ ДРАЙВЕРОВ



MP4001 без гальванической развязки, внешний силовой ключ  
MP4034 для драйверов с гальванической развязкой, встроенный силовой ключ 700 В

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ MPS



Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



Реклама

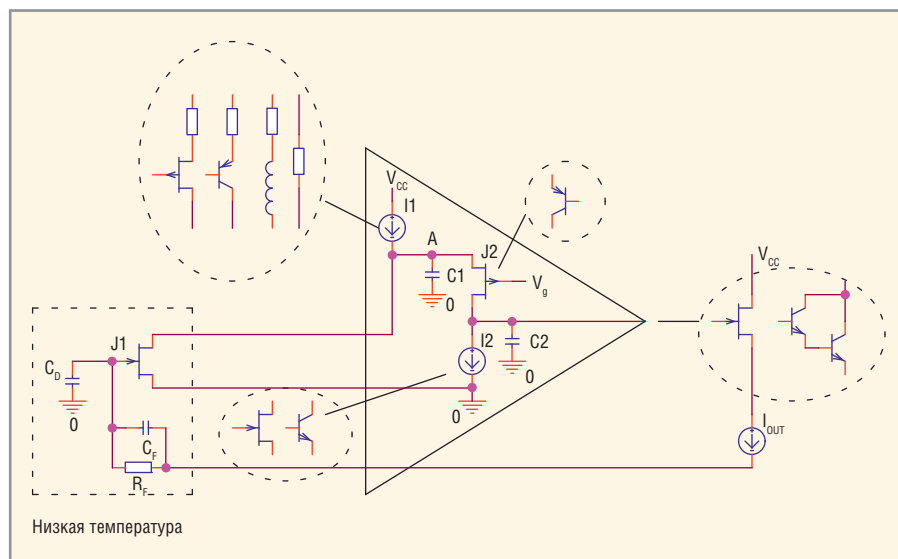


Рис. 9. Типовая схема ЗЧУ (ТИУ) с охлаждаемым «головным» ПТП

4. Следящие ОС для увеличения импеданса Z1.

5. Каскодное включение элементарных транзисторов (см. рис. 9), так называемый «перегнутый» каскод (Folded Cascode), совместно с активной нагрузкой часто обеспечивает усиление, достаточное для выполнения условия выражения (6), что упрощает частотную коррекцию и расширяет полосу пропускания. Кроме того, «перегнутые» каскоды осуществляют сдвиг уровня постоянного напряжения для увеличения динамического диапазона.

Как видно из рисунка 9, только «головной» транзистор J1, элементы обратной связи  $R_F$ ,  $C_F$  и датчик  $C_D$  находятся при низкой температуре, а остальные элементы – при комнатной. При использовании в качестве «головного» элемента n-ПТП, каскодным транзистором может быть как p-ПТП J2, так и биполярный p–n–p-транзистор, а активной нагрузкой I2 – n-ПТП или биполярный n–p–n-транзистор. Режим работы J1 задаёт источник тока I1, который может быть и активным, и пассивным. Буферный каскад желательно сформировать в виде истокового повторителя на ПТП.

В соответствии со схемой, показанной на рисунке 9, создан и испытан ряд микросхем с охлаждаемым «головным» транзистором [5–8], причём основное внимание при их разработке было сосредоточено на решении проблем, актуальных для любых ЗЧУ:

- на выборе режима работы и размеров «головного» ПТП для минимизации потребляемой мощности и шумов при работе с конкретным датчи-

ком, в том числе за счёт «ёмкостного согласования» ЗЧУ и датчика [9–11];

- на оптимизации схемотехнической структуры [12–15];
- на использовании активных и пассивных элементов в цепи ОС для восстановления начального уровня выходного напряжения ЗЧУ после регистрации входного сигнала [12,15–17].

Окончание следует.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамов И.И., Дворников О.В.* Проектирование аналоговых микросхем для прецизионных измерительных систем. Минск. 2006.
2. *Fabris L., Madden N.W., Yaver H.* A Fast, Compact Solution for Low Noise Charge Pre-amplifiers. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1999. Vol. A424. Pp. 545–551.
3. *Ardelean J., Hrisobo A., Truong K., Manfredi P.F., Speziali V., Svelto F., Citterio M.* Pre-amplifiers for Room Temperature and Cryogenic Calorimetry Applications Based on DMILL Technology. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1996. Vol. A376. Pp. 217–224.
4. *Прокопенко Н.Н., Дворников О.В., Крутинский С.Г.* Элементная база радиационно-стойких информационно-измерительных систем. Шахты. ФГБОУ ВПО «ЮРПУЭС». 2011.
5. *Pullia A., Zocca F., Riboldi S., Budjas D., D'Andragora A.* A Cryogenic Low-Noise JFET-CMOS Pre-amplifier for the HPGe Detectors of GERDA. IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record. 2008. NSS'08. Pp. 2056–2060.
6. *Pullia A., Zocca F., Oberlack U., Olsen S., Sbagin P.* A Cold Low Noise Pre-amplifier for Use in Liquid Xenon. IEEE Nuclear Science

Symposium Conference Record. 2007. NSS'07. Vol. 1. Pp. 424–428.

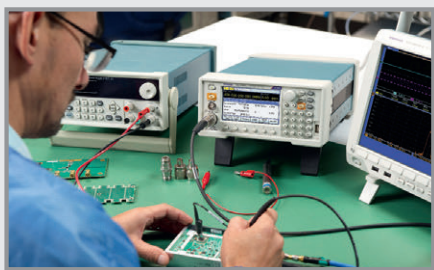
7. *Yvon D., Cummings A., Stockwell W., Barnes P.D., Stanton C., Sadoulet B., Shutt T., Stubbs C.W.* Low Noise Voltage and Charge Pre-amplifiers for Phonon and Ionization Detectors at Very Low Temperature. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1996. Vol. A368. Pp. 778–788.
8. *Дворников О., Чеховский В., Дятлов В., Прокопенко Н.* Модуль на малошумящих полевых транзисторах для обработки сигналов лавинных фотодиодов. Современная электроника. 2014. №7. С. 2–4.
9. *Radeka V., Rescia S., Manfredi P.F., Re V., Speziali V.* Monolithic Pre-amplifier Employing Epitaxial N-Channel JFETS. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1993. Vol. A326. Pp. 77–81.
10. *Radeka V., Rescia S., Rebn L.A., Manfredi P.F., Speziali V.* Monolithic Junction Field-Effect Transistor Charge Pre-amplifier for Calorimetry at High Luminosity Hadron Colliders. IEEE Transactions on Nuclear Science. 1993. Vol. NS-40. №5. Pp. 1321–1324.
11. *Manfredi P.F., Re V., Speziali V.* JFET-Based Monolithic Pre-amplifiers for Spectrometry Applications. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1996. Vol. A380. Pp. 308–311.
12. *Pichler B.J., Pimpl W., Buttler W., Kotoulas L., Boning G., Rafecas M., Lorenz E., Ziegler S.I.* Integrated Low-Noise Low-Power Fast Charge-Sensitive Pre-amplifier for Avalanche Photodiodes in JFET-CMOS Technology. IEEE Transactions on Nuclear Science. 2001. Vol. NS-48. №6. Pp. 2370–2374.
13. *Yu B., Zojceski Z., Harder J.A., Hrisobo A., Radeka V., Smith G.C.* Front-End Electronics for High Rate, Position Sensitive Neutron Detectors. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 2002. Vol. A485. Pp. 645–652.
14. *Дворников О.В., Просандеев Д.Е., Володкевич А.А.* Способ включения полевого транзистора с управляющим p–n-переходом. Патент N2046455 (РФ). Заявл. 03.04.92. Опубл. 20.10.95.
15. *Дворников О.В.* Проблемы проектирования аналоговых устройств с входными полевыми транзисторами. Компоненты и технологии. 2005. №8. С. 184–189.
16. *Manfredi P.F., Re V., Speziali V.* Monolithic JFET Pre-amplifier with Nonresistive Charge Reset. IEEE Transactions on Nuclear Science. 1998. Vol. 45. Pp. 2257–2260.
17. *Guazzoni C., Sampietro M., Fazzi A.* Detector Embedded Device for Continuous Reset of Charge Amplifiers: Choice Between Bipolar and MOS Transistor. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 2000. Vol. A443. Pp. 447–450.



# Новости мира News of the World Новости мира

## Инновационные решения в области осциллографии на пресс-конференции Tektronix

9 апреля 2015 года в Москве состоялась пресс-конференция Tektronix, на которой компания представила своё новое революционное решение в области осциллографии. Ведущий производитель контрольно-измерительного оборудования объявил о выпуске производимого осциллографа DPO70000SX AT1 с полосой пропускания 70 ГГц, обладающего самым малым уровнем собственных шумов и самым большим эффективным разрешением среди имеющихся на рынке сверхширокополосных осциллографов реального времени. Новый осциллограф содержит целый ряд инновационных решений, позволяющих удовлетворять не только текущие, но и будущие потребности инженеров и учёных, занятых разработкой высокоскоростных когерентных оптических систем или ведущих передовые исследования.



Также компания пополнила линейку генераторов сигналов новым векторным генератором TSG4100A и генератором сигналов произвольной формы AFG1022.

TSG4100A представляет собой векторный генератор сигналов, предлагаемый по цене доступных базовых моделей. Новый генератор РЧ-сигналов дополняет другие ведущие радиочастотные контрольно-измерительные решения среднего класса компании Tektronix, такие как USB-анализатор спектра RSA306 и комбинированные осциллографы MDO4000B и MDO3000.

Генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций начального уровня AFG1022 с лучшими в своём классе характеристиками и функциональностью поддерживает широкий диапазон приложений. Генератор AFG1022 полностью поддерживается новым решением для беспроводного управления лабораторными приборами TekSmartLab™, которое также было представлено в ходе пресс-конференции.

TekSmartLab™ является решением для управления лабораторными приборами, которое позволяет быстро их настраивать

и эффективно управлять занятиями в учебных лабораториях вузов. Новое решение TekSmartLab™ поддерживает управление 400 приборами (100 измерительных стендов) на одной платформе.

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

## Приложение MultiScope от Keysight для тестирования устройств, содержащих до 40 высокоскоростных последовательных каналов

Компания Keysight Technologies представила приложение N8834A MultiScope, которое позволяет объединять несколько осциллографов реального времени для выполнения коррелированного захвата сигналов по 40 аналоговым каналам. Разработчики систем с высокоскоростными последовательными каналами, таких как оптические сети, антенные системы MIMO (несколько входов и выходов), системы питания, память DDR и последовательные шины, могут повысить эффективность своей работы с минимальными затратами, выполняя одновременные измерения по нескольким каналам.



Приложение представляет данные на управляющем ПК с установленным ПО автономного анализа N8900A Infiniium. Инженер может последовательно включить один ведущий осциллограф и до девяти ведомых через кабели и разветвители. Компьютер управляет осциллографами по сети с помощью LAN-интерфейса или через порт USB. Если же инженеру понадобится не более четырёх каналов, он может разделить осциллографы и использовать их независимо. Приложение N8834A MultiScope поддерживает совместную работу осциллографов одной серии или осциллографов семейства Infiniium, принадлежащих разным сериям. Оно предлагает методы автоматической калибровки, которые позволяют согласовать между собой каналы нескольких приборов. Например, точная калибровка осциллографов серии 90000-Q и серии Z позволяет достичь вносимый джиттер между осциллографами 150 фс.

«Простота и точность измерений, выполняемых приложением Keysight MultiScope, позволила нам провести уникальные эксперименты с оптическими системами передачи данных,

одновременно наблюдая до четырёх каналов на двух осциллографах реального времени с частотой дискретизации 80 Гвыб/с», – отметил представитель подразделения промышленных исследований компании Alcatel-Lucent С. Чандрасехар (S. Chandrasekhar).

«Приложение MultiScope удовлетворяет растущую потребность в многоканальном тестировании в самых передовых технологиях, – сказал вице-президент и генеральный менеджер подразделения осциллографов и анализа протоколов компании Keysight Дэйв Киприани (Dave Cipriani). – Новая архитектура MultiScope компании Keysight означает, что пользователи осциллографа Infiniium могут измерять сигналы до 40 каналов, не покупая нового оборудования, что является самым доступным способом тестирования высокоскоростных многоканальных систем».

Приложение N8834A MultiScope поддерживается программным обеспечением анализа N8900A Infiniium, установленным на компьютере, что позволяет инженерам наблюдать живые сигналы. Инженеры могут использовать ПО анализа N8900A Infiniium для сохранения настроек и сигналов для автономного анализа на ПК. Вместо применения нескольких отдельных осциллографов и выполнения трудоёмких измерений инженеры могут для автономного анализа результатов измерений и более глубокого понимания происходящих процессов использовать установленное на ПК приложение MultiScope с ПО N8900.

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)

## 10 технологий, которые изменят наш мир

Компания IHS Technology назвала 10 технологий, которые в ближайшее время изменят мир. Для этого она собрала ведущих экспертов из всех технологических областей и попросила назвать наиболее перспективные технологии на ближайшие пять лет. Места в десятке расположились по возрастанию.

10. Искусственный интеллект.
9. Биометрия.
8. Гибкие дисплеи.
6. Продвинутые пользовательские интерфейсы.
5. Графен.
4. Хранение энергии и новые технологии аккумуляторов.
3. 3D-печать в промышленности.
2. Облачные расчёты и большие массивы данных.
1. Интернет всего.

[www.linkedin.com](http://www.linkedin.com)

# Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: сторожевые таймеры

Олег Вальпа (г. Миасс, Челябинская обл.)

В статье приведено описание сторожевых таймеров 32-разрядных ARM-микроконтроллеров серии STM32 от компании STMicroelectronics. Рассмотрена архитектура и состав регистров сторожевых таймеров, а также приведены практические примеры программ.

## ВВЕДЕНИЕ

Все микропроцессорные устройства подвержены влиянию различных помех, которые могут нарушить их работу и даже привести к «зависанию» программы. Это в свою очередь приводит к останову системы управления и может повлечь за собой крайне опасные ситуации.

Источниками помех могут являться различные коммутационные устройства в питающей сети, воздействие электромагнитных полей, атмосферные явления в виде разрядов молний и тому подобное. Защититься от подобных помех не всегда возможно, поэтому в случае «зависания» процессора необходимо автоматически восстановить его работу, например, путём перезапуска. Это позволит восстановить работу системы и обеспечит высокий уровень безопасности систем.

В своё время разработчики процессоров решили эту задачу с помощью сторожевых таймеров, получивших название «сторожевая собака». Идея решения заключается в том, что сторожевой таймер инициализируется и запускается самим процессором в начале работы

программы. После чего данный таймер самостоятельно отсчитывает заданное время, и если в течение этого времени процессор ни разу не перезагрузит его, то таймер обнулится и перезапустит процессор. Таким образом, при нормальной работе процессора таймер будет регулярно перезапускаться, а в случае «зависания» процессора таймер через заданное время сформирует сигнал сброса для процессора и перезапустит его.

Микроконтроллеры серии STM32 [1] имеют два таких таймера. Один из них называется «независимый сторожевой таймер» (Independent Watchdog, IWDG), а другой – «оконный сторожевой таймер» (Window Watchdog, WWDG). Рассмотрим каждый из них отдельно.

## НЕЗАВИСИМЫЙ СТОРОЖЕВОЙ ТАЙМЕР

Таймер IWDG тактируется специализированным низкочастотным сигналом LSI, благодаря чему он продолжает работу, даже если пропадает системный тактовый сигнал. Таймер осуществляет обратный отсчёт от заданного значения до нуля. Сброс процессора тай-

мер производит при достижении счётчиком таймера нуля.

Этот таймер лучше всего подходит для тех приложений, которым необходимо, чтобы сторожевой таймер был запущен как полностью независимый процесс, вне основного приложения, но у которого были бы не слишком высокие требования к временным параметрам. Функциональная схема независимого сторожевого таймера IWDG приведена на рисунке 1.

Таймер IWDG запускается путём записи значения 0xCCCC в ключевой регистр IWDG\_KR. Счётчик таймера начинает обратный отсчёт от значения, заданного в регистре перезагрузки IWDG\_RLR. По умолчанию этот регистр имеет значение 0xFFFF. Когда счётчик досчитает до нуля, формируется сигнал сброса для процессора от таймера IWDG.

Каждый раз, когда в ключевой регистр IWDG\_KR записывается значение 0xAAAA, данные из регистра IWDG\_RLR перегружаются в счётчик, что возобновляет отсчёт и предотвращает сброс процессора от IWDG.

Если с помощью соответствующих битов конфигурации разрешена функция «аппаратный сторожевой таймер», то сторожевой таймер автоматически запускается после подачи питания.

Регистр предварительного делителя IWDG\_PR позволяет программно задать коэффициент деления тактовой частоты для сторожевого таймера IWDG.

По умолчанию регистры IWDG\_PR и IWDG\_RLR защищены от записи. Прежде чем изменить их значения, необходимо записать код 0x5555 в регистр IWDG\_KR. Запись в ключевой регистр любого другого значения снова блокирует запись в регистры IWDG\_PR и IWDG\_RLR.

Период таймера вычисляется при помощи формулы:

$$T = ((4 * 2^{\text{IWDG\_PR}}) * \text{IWDG\_RLR}) / 40 \text{ [мс]}.$$

Определить период отсчёта сторожевого таймера для тактовой частоты 40 кГц можно также с помощью таблицы 1.

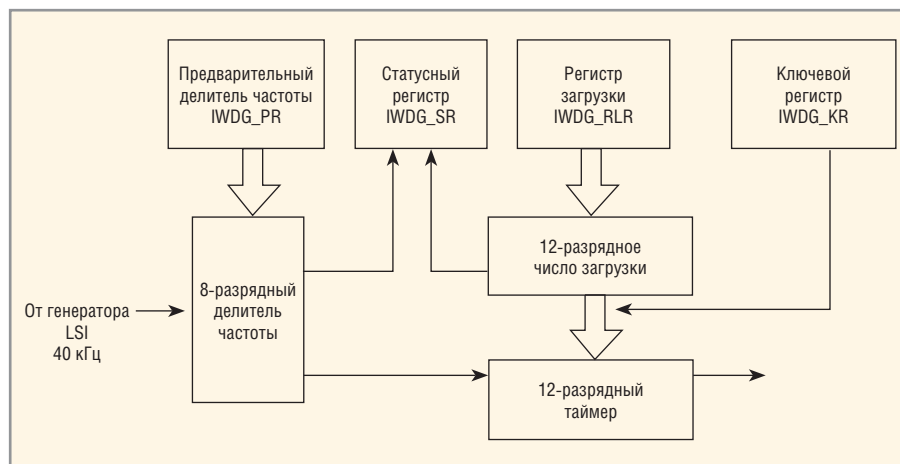


Рис. 1. Функциональная схема сторожевого таймера IWDG



В связи с нестабильностью внутреннего RC генератора микроконтроллера, указанные в таблице значения времени могут незначительно отличаться от реальных.

Регистр статуса IWDG\_SR позволяет определить, какие операции выполняет таймер в текущий момент.

Когда микроконтроллер входит в режим отладки и его ядро останавливается, счётчик IWDG либо продолжает работать, либо останавливается, в зависимости от конфигурационного бита DBG\_IWDG\_STOP в модуле DBG.

**Регистры независимого сторожевого таймера**

Карта регистров сторожевого таймера IWDG приведена в таблице 2.

Ключевой регистр IWDG\_KR имеет 16 бит для ключа KEY[15:0]. В эти биты программа должна регулярно записывать ключевое значение 0xAAAA, иначе сторожевой таймер произведёт сброс, когда счётчик достигнет значения 0. Запись ключевого значения 0x5555 в этот регистр разрешает доступ к регистрам IWDG\_PR и IWDG\_RLR. Запись ключевого значения 0xCCCC запуска-

Таблица 1. Минимальное и максимальное значения периода сторожевого таймера

Предварительный делитель	Значение регистра IWDG_PR[2:0], биты	Минимальное значение для RL[11:0]=0x000, мс	Максимальное значение для RL[11:0]=0xFFFF, мс
4	0	0,1	409,6
8	1	0,2	819,2
16	2	0,4	1638,4
32	3	0,8	3276,8
64	4	1,6	6553,6
128	5	3,2	13107,2
256	6 или 7	6,4	26214,4

ет сторожевой таймер, кроме случая, когда он уже запущен в режиме «аппаратный сторожевой таймер».

Регистр предварительного делителя IWDG\_PR содержит три бита PR[2:0], которые задают коэффициент деления частоты сторожевого таймера. Изменить значение IWDG\_PR можно только тогда, когда бит PVU регистра IWDG\_SR сброшен. Соответствие между значением бит PR[2:0] регистра IWDG\_PR и коэффициент деления частоты сторожевого таймера приведены в таблице 1.

При чтении этого регистра его значение может быть некорректным, если операция чтения производится тогда, когда предыдущая операция запи-

си в этот регистр ещё не завершилась. По этой причине значение, прочитанное в этом регистре, действительно только тогда, когда бит PVU в регистре IWDG\_SR сброшен.

Регистр перезагрузки IWDG\_RLR имеет 12 бит RL[11:0], которые позволяют записать в него значение от 0 до 0xFFFF. Это значение будет перезагружаться в счётчик сторожевого таймера каждый раз при записи значения 0xAAAA в регистр ключа IWDG\_KR. Период таймера вычисляется на основе этого значения и тактовой частоты после предварительного делителя. Для того чтобы изменить или прочитать значение регистра перезагрузки, необходимо



**www.rfhic.com**

## СВЧ-усилители на основе GaN компании RFHIC — новые возможности для разных применений

Компания RFHIC предоставляет самые эффективные решения на основе твердотельных усилителей мощности для метеорологических, морских и воздушных РЛС

RFHIC – оптимальный выбор по цене и качеству



Air Traffic Radar



Weather Radar



Marine Radar



• Усилитель высокой мощности на основе GaN

1–2 кВт



• SMD/SMT GaN-усилитель для ФАР

2,7...2,9 Гц 50 Вт    9,2...9,5 Гц 25 Вт



• Палетный усилитель мощности

2,7...2,9 Гц 200–400 Вт    5,6...5,7 Гц 200 Вт    9,2...9,5 Гц 50–100 Вт



• GaN-модуль

9,3...9,5 Гц 200 Вт

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ RFHIC**



POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



## Оконный сторожевой таймер

Таймер WWDG лучше всего подходит для тех приложений, которые требуют, чтобы сторожевой таймер реагировал на перезапуск в пределах точного промежутка времени, то есть окна времени.

Таймер тактируется сигналом, полученным делением сигнала тактовой частоты PCLK1 с шины APB1. Он имеет конфигурируемое окно времени, которое служит для перезагрузки сторожевого таймера, и может быть задан так, чтобы обнаруживать неправильное поведение программы, в виде запаздывания или опережения в работе.

Обычно этот сторожевой таймер используется для того, чтобы обнаруживать возникновение некорректной работы программного обеспечения, вызванное внешним вмешательством или непредвиденными логическими условиями, которые заставляют прикладную программу отклоняться от своего нормального алгоритма.

Функциональная схема оконного сторожевого таймера WWDG приведена на рисунке 2. Фактически оконный сторожевой таймер является расширенной версией традиционного встраиваемого сторожевого таймера.

Оконный сторожевой таймер представляет собой 7-битный вычитающий счётчик, тактируемый сигналом PCLK1, поделённым на 4096 с помощью аппаратного 12-битного предварительного делителя и программно управляемого делителя от 1 до 8.

Оконный сторожевой таймер активируется путём установки бита WDGA в регистре WWDG\_CR. С этого момента его нельзя отключить, за исключением общего сброса. После активации сторожевой таймер начинает счёт в обратном направлении и генерирует сброс при изменении состояния счёт-

### Листинг 1

```
// Функция инициализации сторожевого таймера IWDG
void Init_IWDG(u16 tw) // Параметр tw от 7мс до 26200мс
{
    // Для IWDG_PR=7 Tmin=6,4мс RLR=Tmc*40/256
    IWDG->KR=0x5555; // Ключ для доступа к таймеру
    IWDG->PR=7; // Обновление IWDG_PR
    IWDG->RLR=tw*40/256; // Загрузить регистр перезагрузки
    IWDG->KR=0xAAAA; // Перезагрузка
    IWDG->KR=0xCCCC; // Пуск таймера
}

// Функция перезагрузки сторожевого таймера IWDG
void IWDG_res(void)
{
    IWDG->KR=0xAAAA; // Перезагрузка
}
```

убедиться, что бит RVU регистра IWDG\_SR сброшен.

Регистр статуса IWDG\_SR имеет два информационных бита.

Бит 1 RVU устанавливается аппаратно и указывает, что идёт процесс обновления значения перезагрузки. Очищается он аппаратно, когда операция обновления значения перезагрузки завершена. Данная операция занимает до 5 циклов RC генератора на частоте 40 кГц. Значение регистра перезагрузки можно обновлять только при сброшенном бите RVU.

Бит 0 PVU устанавливается аппаратно и указывает, что идёт процесс обновления значения предварительного делителя. Очищается он аппаратно, когда операция обновления значения предварительного делителя закончена. Данная операция также занимает до 5 циклов RC генератора на частоте 40 кГц. Значение предварительного делителя можно обновлять только при сброшенном бите PVU.

Если приложение использует несколько значений перезагрузки или предварительного делителя, то, прежде

чем изменить значение перезагрузки, необходимо ждать, пока не будет сброшен бит RVU. Также, прежде чем изменить значение предварительного делителя, следует ждать, пока не будет сброшен бит PVU.

Однако, после обновления значения предварительного делителя или перезагрузки, необходимости анализировать состояние бит RVU и PVU, прежде чем продолжить выполнение кода, нет. Операция записи будет принята к исполнению и завершена даже в случае перехода в режим низкого потребления.

### Примеры программ для независимого сторожевого таймера

В листинге 1 приведён пример функций для работы с таймером IWDG. Комментарии позволяют понять назначение всех операций, выполняемых в этой программе.

Используя данные функции, задействовать в программе сторожевой таймер IWDG и осуществлять управление им не составит труда.

Таблица 2. Карта регистров IWDG и их значения после сброса

Сдвиг	Регистр	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0					
0x00	IWDG_KR	Резерв															KEY[15:0]																					
	Исх. значение																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x04	IWDG_PR	Резерв																								PR[2:0]												
	Исх. значение																									0	0	0										
0x08	IWDG_RLR	Резерв															RL[11:0]																					
	Исх. значение																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
0x0C	IWDG_SR	Резерв																								RVU	PVU											
	Исх. значение																									0	0											

чика с 0x40 на 0x3F, то есть при обнулении шестого разряда таймера, условно обозначаемого как T6. Если программа перегружает счётчик, когда его значение больше, чем значение в регистре окна времени, это также инициирует сброс.

Чтобы предотвратить сброс процессора, прикладная программа, во время нормальной операции, должна регулярно производить запись в регистр WWDG\_CR. Эта операция должна производиться только тогда, когда значение счётчика меньше, чем значение в регистре окна времени. Значение, которое можно записать в регистр WWDG\_CR, должно быть в пределах 0xFF...0x40.

Счётчик таймера WWDG является автономным. Он всегда производит обратный отсчёт. Даже тогда, когда сторожевой таймер отключён. При включении сторожевого таймера необходимо установить бит T6 счётчика, чтобы предотвратить немедленный сброс процессора. Биты T[5:0] содержат число, которое представляет собой временную задержку до сброса от WWDG.

Регистр конфигурации WWDG\_CFR содержит верхний предел окна времени. Чтобы предотвратить сброс, обратный счётчик должен быть перезагружен тогда, когда его значение меньше, чем значение регистра окна времени, но больше 0x3F.

На рисунке 3 представлена временная диаграмма, демонстрирующая оконный процесс работы сторожевого таймера.

Другой способ перезагрузить счётчик состоит в том, чтобы использовать прерывание от раннего пробуждения. Это прерывание разрешается установкой бита EW1 в регистре WWDG\_CFR. Когда обратный счётчик достигает значения 0x40, генерируется прерывание от раннего пробуждения, и можно использовать соответствующий обработчик, чтобы перезагрузить счётчик и предотвратить сброс от WWDG.

Запрос этого прерывания очищается записью нуля в разряд EWIF регистра WWDG\_SR.

При необходимости можно сгенерировать программный сброс процессора путём установки в единичное состояние бита WDGA и сбросив бит T6.

В таблице 3 приведён диапазон значений периода таймера WWDG для тактовой частоты сигнала PCLK равной 24 МГц, в зависимости от установленных значений регистров таймера.

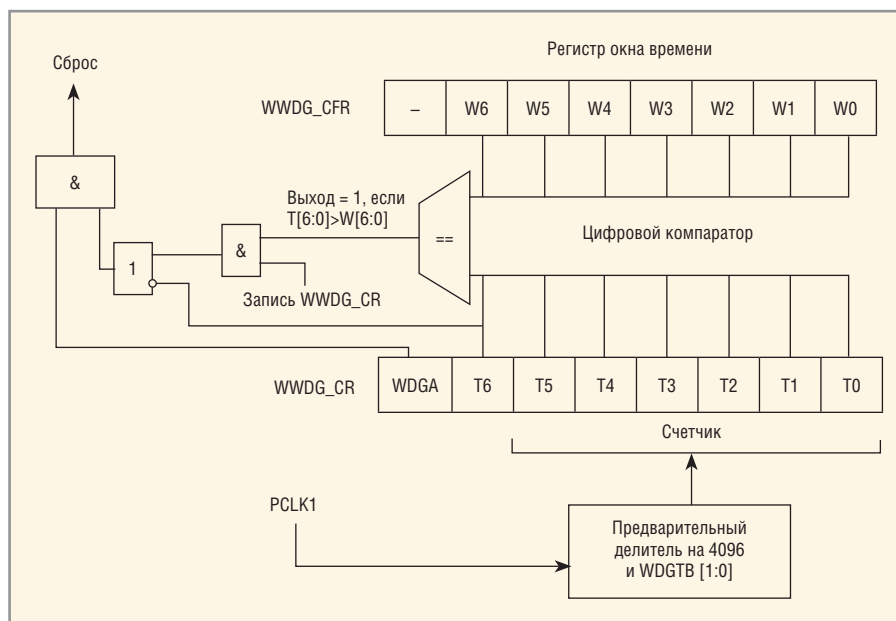


Рис. 2. Функциональная схема сторожевого таймера WWDG

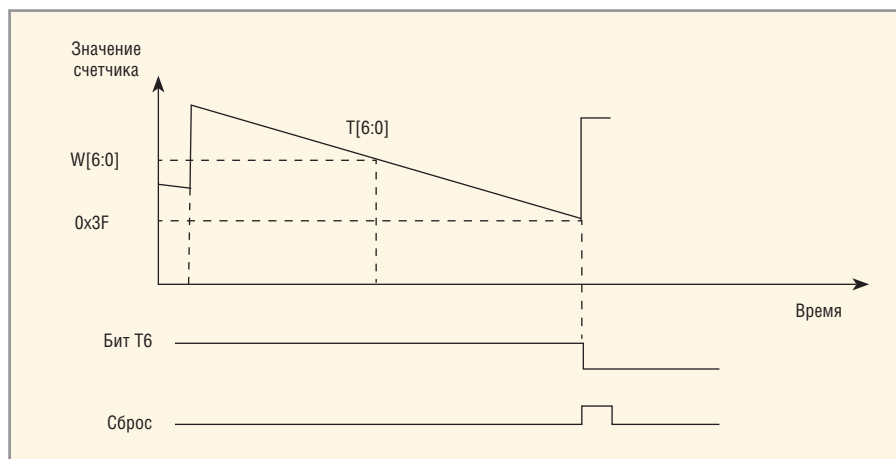


Рис. 3. Временная диаграмма сторожевого таймера WWDG

Таблица 3. Диапазон значения периода таймера WWDG

Предварительный делитель	Значение WDGTVB[1:0], биты	Минимальный период для T[5:0]=0, мкс	Максимальный период для T[5:0]=0x3F, мкс
1	0	170	10920
2	1	341	21850
4	2	682	43690
8	3	1365	87380

Для более точного расчёта периода необходимо использовать следующую формулу:

$$T_{wwdg} = T_{pclk1} * 4096 * 2^{WDGTVB} * (T[5:0] + 1).$$

Чтобы избежать немедленного сброса процессора, при записи данных в регистр WWDG\_CR необходимо устанавливать бит T6 в единичное состояние.

Когда микроконтроллер входит в режим отладки, счётчик WWDG будет продолжать работать или останавлива-

ется, в зависимости от конфигурационного бита DBG\_WWDG\_STOP в модуле DBG.

### Регистры оконного сторожевого таймера

Стороживой таймер WWDG имеет три регистра. Карта этих регистров приведена в таблице 4.

Регистр управления WWDG\_CR содержит бит WDGA для активации таймера и 7-разрядный счётчик T[6:0]. Бит WDGA устанавливается программно, а очищается аппаратно, только путём общего сброса. Когда WDGA равен 1,

сторожевой таймер включён и может производить сброс. С появлением каждого тактового импульса счётчик T[6:0] уменьшает своё значение на единицу. Сброс генерируется, когда счётчик меняет значение с 0x40 на 0x3F, то есть при обнулении разряда T6.

Регистр конфигурации WWDG\_CFR содержит три бита для настройки таймера и 7 разрядов W[6:0] для установки окна времени.

Разряд 9 EWI служит для разрешения прерывания раннего пробуждения процессора. Если он установлен, то

при достижении счётчиком значения 0x40 генерируется прерывание. Обнуляется этот бит аппаратно, путём общего сброса микроконтроллера.

Биты 8 и 7 группы WDGTB[1:0] назначают коэффициент дополнительно деления частоты входного сигнала счётчика. Они могут иметь следующие значения:

- 00 – деление на 1;
- 01 – деление на 2;
- 10 – деление на 4;
- 11 – деление на 8.

Разряды W[6:0] организуют 7-битное значение окна времени, с которым сравнивается значение обратного счётчика.

Регистр статуса WWDG\_SR содержит всего один бит статуса EWIF, представляющий собой флаг прерывания пробуждения процессора. Этот бит принимает единичное значение аппаратно, когда счётчик достигает значения 0x40 и тогда, когда прерывание выключено.

Очищается он программно, записью в него нулевого значения. Запись в этот разряд значения 1 эффекта не имеет.

**Примеры программ для оконного сторожевого таймера**

В листинге 2 приведены функции для работы с таймером WWDG с комментариями, позволяющими понять назначение всех операций, выполняемых в этой программе.

С помощью таких несложных функций можно организовать контроль работы программы, обеспечивая тем самым защиту от сбоев. Подробнее ознакомиться с таймерами микроконтроллера STM32 можно на сайте STMicroelectronics [2].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. www.st.com.
2. www.st.com/web/en/resource/technical/document/reference\_manual/CD00246267.pdf.



**Листинг 2**

```
// Функция инициализации сторожевого таймера WWDG
void WWDG_Init(void)
{
    // Инициализация прерывания
    NVIC->ISER[0] |= NVIC_ISER_SETENA_0;
    // Инициализация таймера WWDG
    RCC->APB1ENR |= RCC_APB1ENR_WWDGEN; // Включить тактирование WWDG
    WWDG->CFR |= WWDG_CFR_WDGTB0; // Задать частоту тактирования WWDG
    WWDG->CFR |= 0x41; // Задать окно
    WWDG->CR |= 0x7F; // Разрешить работу WWDG и установить начальное значение
    WWDG->SR &=~WWDG_SR_EWIF; // Очистить флаг EWI
    WWDG->CFR |=WWDG_CFR_EWI; // Разрешить прерывания
}

// Функция обработки прерывания сторожевого таймера WWDG
void WWDG_IRQHandler(void)
{
    WWDG->CR |= 0x7F; // Обновить значение таймера WWDG
    WWDG->SR &=~WWDG_SR_EWIF; // Очистить флаг EWI
    // Другие действия ...
}

// Функция запуска сторожевого таймера WWDG
void WWDG_ON(void)
{
    RCC->APB1ENR |= RCC_APB1ENR_WWDGEN; // Включить тактирование WWDG
    WWDG->CR |= 0x7F; // Обновить значение таймера WWDG
    WWDG->SR &=~WWDG_SR_EWIF; // Очистить флаг EWI
}

// Функция останова сторожевого таймера WWDG
void WWDG_OFF(void)
{
    RCC->APB1ENR |= RCC_APB1ENR_WWDGRST; // Отключить тактирование WWDG
}
```

Таблица 4. Карта регистров WWDG и их значения после сброса

Сдвиг	Регистр	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0x00	WWDG_CR	Резерв																							WDGA	T[6:0]							
	Исх. значение																								0	1	1	1	1	1	1	1	
0x04	WWDG_CFR	Резерв																							EWI	WDGTB1	WDGTB0	W[6:0]					
	Исх. значение																								0	0	0	1	1	1	1	1	1
0x08	WWDG_SR	Резерв																										EWIF					
	Исх. значение																											0					

# Новый взгляд на Фемтоамперметр/Петаомметр



## ДОСТОВЕРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЫ ТОКА ОТ $0,01 \times 10^{-15} \text{ A}$ И СОПРОТИВЛЕНИЯ ДО $10 \times 10^{15} \text{ OHM}$

Измерители Keysight серии B2980A имеют широкие функциональные возможности, которые обеспечивают уверенность в результатах измерений и способствуют лучшему пониманию происходящих процессов. Благодаря встроенной аккумуляторной батарее, позволяющей устранить влияние шумов сети переменного тока, можно обнаружить и измерить реальные сигналы, которые раньше были невидимы. Функция построения гистограмм в режиме реального времени и возможность отображения сигналов во временной области позволит вам не пропустить критически важные нюансы поведения сигнала. Программа контроля состояния схемы упрощает выявление неисправностей. Воспользуйтесь возможностями самого точного в мире фемтоамперметра/петаомметра с графическим интерфейсом для повышения достоверности измерений.

**HARDWARE + SOFTWARE + PEOPLE = INSIGHTS**

Посмотрите видеоролик  
[www.keysight.com/find/b2980a\\_info](http://www.keysight.com/find/b2980a_info)

8 800 500 9286 (звонок по России бесплатный)

© Keysight Technologies, Inc. 2014

### Фемтоамперметр/Петаомметр Keysight серии B2980A

Режим работы от аккумуляторной батареи: есть

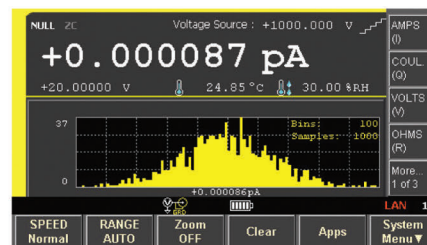
Функция построения гистограмм в режиме реального времени и представление сигналов во временной области

Измерение силы тока: от 0,01 фА до 20 мА

Измерение сопротивления: до 10 ПОм

Встроенный источник напряжения: до  $\pm 1000 \text{ В}$

Скорость измерений: до 20 000 отсчетов/с



Режим построения гистограммы для детального отображения сигнала

 **KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES

Unlocking Measurement Insights

# Джойстик на эффекте Холла, оптический энкодер с мультитачпадом и другие инновации от Grayhill

Ольга Романовская (Москва)

Компания Grayhill недавно представила ряд высокотехнологичных продуктов, созданных с использованием целого ряда инновационных решений. В статье описываются особенности и возможные области применения этих изделий.

*«Удовлетворяя требования наших заказчиков, мы разрабатываем интуитивные, простые в освоении и логичные интерфейсы взаимодействия с пользователем».*

**Джейсон Кэндик (Jason Kandik),**  
менеджер по маркетингу Grayhill

С момента своего основания в 1943 г. и до настоящего времени в центре внимания компании Grayhill находится разработка и производство высокотехнологичных интерфейсов взаимодействия с пользователем. Компания гордится тем, что первой получила сертификат качества по ISO 9001, а впоследствии была сертифицирована на соответствие требованиям стандарта SAE AS9100 Revision C Quality Management System (QMS – стандарт системы менеджмента качества в аэрокосмической промышленности (версия C)).

Сегодня Grayhill с успехом продолжает развивать ключевые направления своей деятельности и занимает ведущее положение в отрасли – финансовые показатели компании растут, а клиентский портфель пополняется новыми проектами.

Grayhill имеет собственные лаборатории, дизайн-центры и производства во многих странах мира. Основными направлениями деятельности компании являются:

- разработка промышленного дизайна с учётом эргономики изделий;
- разработка конструкции изделий;
- разработка аналоговой и цифровой электроники, подбор компонентов;
- разработка и тестирование программного обеспечения;
- разработка тестовых систем и измерительного ПО;
- разработка технологических процессов и оптимизация производства;
- контроль системы поставок и качества комплектующих;
- анализ и контроль качества конечных продуктов.

Сегодня Grayhill предлагает широкий спектр электромеханических компонентов и интерфейсов взаимодействия с пользователем, в том числе механические и оптические энкодеры, защищённые клавиатуры, джойстики и «навкодеры», а также поворотные, кнопочные, рокерные, ползунковые и другие виды переключателей. Кроме того, недавно компания начала выпуск изделий на основе собственного программного обеспечения Instinct Software, которые работают по принципу интуитивно понятного распознавания жестов. В настоящее время Grayhill предлагает два типа таких устройств: мультитач-энкодер (Multi-Touch Ring Encoder – MTRE) и мультитач-диск управления (Multi-Touch Control Wheel – MTCW).

Выпускаемые компанией продукты предназначены для промышленного применения, о чём свидетельствуют их технические характеристики: расширенные рабочий и температурный диапазоны, большая наработка на

отказ, прочная конструкция, защита от теплового удара, устойчивость к УФ и виброустойчивость, герметичность – для ряда моделей.

Изделия соответствуют требованиям военных стандартов и стандартов особого назначения (MIL-STD 202 и 810, IEC 68 и 60529, RTCA-DO160, ISO 16750, NEMA, UL и ANSI/ASEA EP455).

Изделия компании отличаются высоким качеством исполнения при конкурентной цене, широким выбором опций и возможностью создания решения под требования заказчика. Допускается также «вертикальная интеграция» изделий, то есть возможность встраивания компонента в приборную панель необходимых размеров или в портативный корпус по желанию заказчика (см. рис. 1).

Основные области применения продукции Grayhill: измерительное промышленное оборудование, оборудование для тестирования и управления, системы безопасности, оборудование военного назначения (радиопередатчики, приёмное оборудование), портативное оборудование особого назначения (лазеры, прицелы и другое), бортовые системы управления автомобилями и сельскохозяйственной техникой, медицинское оборудование, приборные панели управления в авиационной технике.

Рассмотрим более подробно особенности продукции Grayhill, выпускаемой компанией в настоящее время.

## ОБЗОР ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

Самыми популярными видами продукции компании Grayhill, в том числе на российском рынке, являются модули ввода-вывода, поворотные переключатели, оптические и механические энкодеры и клавиатуры.

Grayhill – ведущий мировой производитель односекционных и многосекционных поворотных переключателей, которые отличаются прочной конструкцией и весьма широким набором опций (см. рис. 2). Нарботка этих изделий на отказ может дости-



Рис. 1. Клавиатура 3К, встроенная в панель управления снегоуборочной машины

гать 25 000 циклов переключения. Большинство переключателей изготовлено в соответствии с требованиями военного стандарта MIL-S-3786. Grayhill предлагает широкий набор дополнительных опций к стандартной линейке переключателей, таких как возврат на предыдущую позицию при ослаблении нажатия, регулируемое ограничение вращения, изолированная позиция переключения, управление переключателей круглой рукояткой или ключом. Температурный рабочий диапазон этих изделий соответствует промышленному исполнению: -40...85°C. В стандартной линейке переключателей предусмотрены различные способы подключения изделий: пайка на провод, РСВ-выводы, выводы типа Faston.

Из последних новинок в данной группе товаров особый интерес представляет миниатюрный переключатель для суровых климатических условий серии 77. Военные портативные радиостанции, приборы ночного видения, лазерные приборы прицеливания – это лишь краткий перечень оборудования, в котором может найти применение данный переключатель.



Рис. 2. Поворотный переключатель Grayhill

Его диаметр составляет 12,7 мм, и для его установки с тыльной стороны панели требуется всего 4,57 мм свободного пространства. Портативное устройство для ответственных применений должно обеспечивать бесперебойную работу в экстремальных климатических условиях, например, в проливной дождь или при песчаных бурях. Поэтому устойчивость к воздействию окружающей среды является не менее значимым фактором, чем размер устройства. Переключатели серии 77 от Grayhill прошли независимое тестирование на соответствие воен-

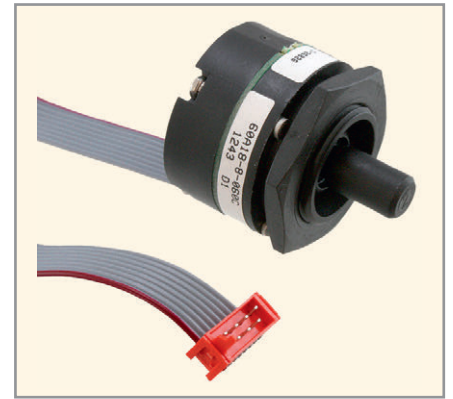


Рис. 3. Навкодер Grayhill

ным стандартам MIL-DTL-3786 по устойчивости к влаге, солёным брызгам, подводным погружениям, песку и пыли. По желанию заказчика переключатель доступен также в негерметичном исполнении. Он позволяет переключать до 10 положений в однополюсном и до 5 положений в двухполюсном исполнении. Вращение ручки переключателя может быть непрерывным или ограниченным фиксирующими элементами.

Интересными, хотя и менее популярными, решениями компании Grayhill являются джойстики и устройства, кото-




Грандиозная надежность.  
Любая задача выполнима!

**Компоненты для гражданского и специального применения**








Поворотные переключатели • Промышленные клавиатуры • Механические и оптические энкодеры • Джойстики • Кнопочные переключатели

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ GRAYHILL**



**Активный компонент вашего бизнеса**

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU





Рис. 4. Навкодер Grayhill серии 3J

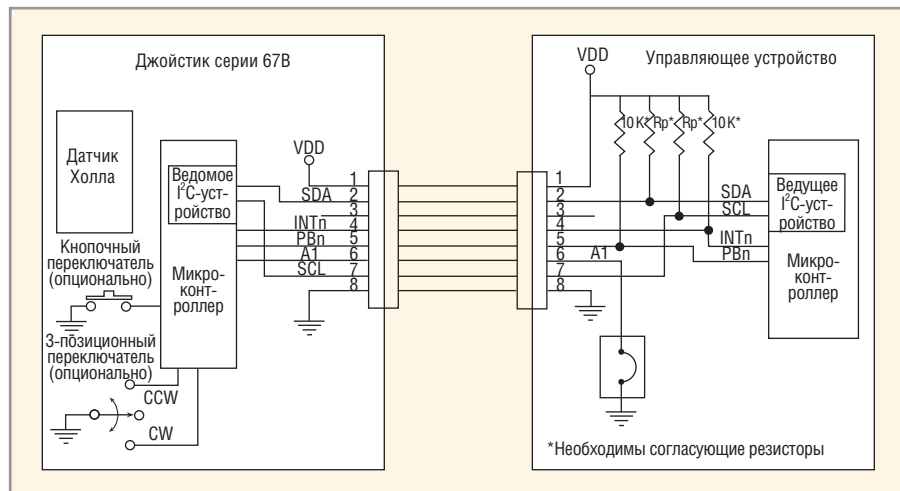


Рис. 5. Блок-схема подключения джойстика серии 67B к управляющему устройству

рые получили название «навкодеры». Джойстики позволяют осуществлять управление объектом в 4 или 8 направлениях. Навкодеры сочетают в себе функцию сразу трёх устройств: джойстик, энкодер и кнопочный переключатель (см. рис. 3). Высокая надёжность этих изделий подтверждается числом безотказных манипуляций, которое может достигать 1 млн операций.

Особый интерес представляют навкодеры Grayhill серии 3J, использующие для передачи данных протоколы J1939 и CANopen. Эти устройства, в конструкции которых предусмотрены клавиши вызова, подходят для управления дисплеем бортового компьютера сельскохозяйственной техники (см. рис. 4).

Среди новинок в этой товарной группе следует отметить компактные джойстики, принцип действия которых основан на эффекте Холла – серии 67A и 67B. Диаметр джойстика серии 67B составляет всего 32 мм, и для установки этого изделия с тыльной стороны панели требуется всего 16 мм свободного пространства.

Датчик Холла обеспечивает бесконтактный принцип переключения, благодаря чему срок функционирования джойстика увеличивается на порядок – до 1 млн операций. С помощью датчика Холла можно определить любое отклонение рукоятки в пределах 20° от цен-

трального положения. Обмен данными с управляющим устройством происходит при помощи встроенного микроконтроллера посредством интерфейса I<sup>2</sup>C. Принцип взаимодействия джойстика с управляющим процессором показан на рисунке 5. Микроконтроллер управляющего устройства преобразует полученные от джойстика сигналы в координаты (X, Y), где X и Y изменяются от 0 до 50 (0 – это центральное положение рукоятки джойстика, а 50 – её крайнее положение).

На сайте компании Grayhill предлагается полное руководство по эксплуатации данных джойстиков, а также описание особенностей работы с интерфейсом I<sup>2</sup>C.

Устройства серии 67B, которые обладают влаго- и пылезащитой по уровню IP67, были протестированы в независимых лабораториях на соответствие требованиям стандартов ISO/IEC 17025.

Компания Grayhill предлагает также ряд новейших решений, среди которых следует выделить MTRE – оптический энкодер с интегрированным мультитачпадом (см. рис. 6).

В этом инновационном продукте реализован целый ряд передовых технологий, в том числе технология распознавания движения пальцев (Instinct Technology), мультитачпад, оптический энкодер, встроенная центральная кноп-

ка, прочный и устойчивый к чистке реагентами корпус с защитой от царапин, подсветка, встроенная монохромная или цветная сенсорная LCD-панель (по желанию заказчика).

Устройство имеет круглую форму с плоской верхней поверхностью, диаметр которой составляет 50 мм. Эта поверхность является мультитачпадом, с помощью которого осуществляется основное управление изделием. Информация с устройства передаётся в компьютер через USB-интерфейс для последующей обработки при помощи программного обеспечения Instinct Software.

Для осуществления управления на MTRE на внешней стороне устройства предусмотрен вращающийся диск и встроенная кнопка – в центре корпуса. Эти функции позволяют оператору осуществлять навигацию по меню.

Ещё одной уникальной особенностью MTRE является встроенный датчик движения, который реагирует на приближение руки к устройству и выводит его из дежурного режима, о чём сигнализирует изменение яркости подсветки сенсорной панели. Для работы с устройством компания Grayhill предлагает ПО Instinct Software, в составе которого имеются библиотеки на языке C. Вместе с ПО Instinct Software предоставляется драйвер для удобства работы с ОС Windows 7. ПО Instinct Software может распознавать сразу несколько одновременных прикосновений к сенсорной панели. В режиме одиночных прикосновений (single-touch) осуществляется контроль движения курсора, нажатие на центральную кнопку и перемещение между пунктами меню. В режиме множественных прикосновений (multitouch), при использовании двух пальцев, возможно вращение, прокрутка и увеличение изображения, а 3D-вращение обеспечивается прикосновением одновременно трёх пальцев. В библиотеке Instinct Software содержится множество дополнительных комбинаций, в том числе «динамичные жесты», разнообразные по продолжительности нажатия и прикосновения. Некоторые из возможных элементов жестов показаны на рисунке 7.

MTRE предполагается использовать в следующих областях: медицинское оборудование (ультразвуковое, рентгеновское и МРТ-оборудование, инвалидные коляски и другое), промышленное оборудование, сельскохозяйственное оборудование, авиационная





Рис. 6. MTRE от Grayhill – оптический энкодер с интегрированным мультитачпадом

техника (кабина управления пилота), охранные комплексы (пульта управления).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В 2015 г. компания Grayhill анонсировала выпуск сразу нескольких новых изделий: кнопочные SMT-переключатели со светодиодной подсветкой, бюджетные версии оптических энкодеров популярных серий 62SG и 62NG, новые версии джойстиков и энкодеров на эффекте Холла. Постоянное обновление продуктовой линейки и внедрение инновационных решений свидетельствует о высоком научно-техническом потенциале компании, а возможность интегрирования компо-

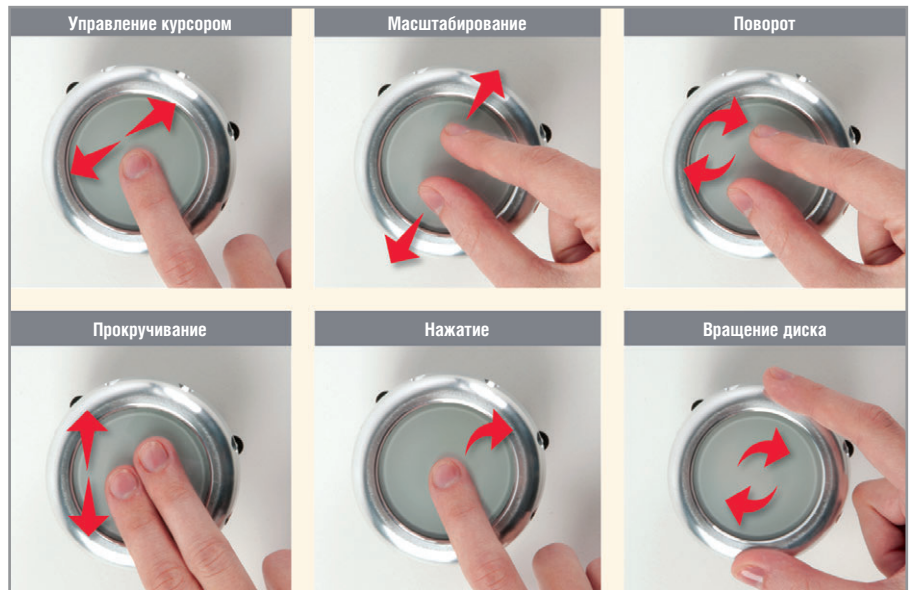


Рис. 7. Элементы жестов при использовании энкодера MTRE

нентов в изделия заказчика позволяет компании оставаться конкурентоспособной в современных условиях.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Kandik Jason*. Touch Technology for Cleanroom Controls. Controlled Environments. 2013. September. P. 28–29.

2. Презентация Grayhill Update November 2014.  
 3. [www.grayhill.com/about-us/](http://www.grayhill.com/about-us/).  
 4. *Kandik Jason*. Grayhill's Introduces its Smallest Rotary Switch for Harsh Environments – the 77 Series. 2013. May 31.  
 5. *Kandik Jason*. New Hall-Effect Joystick features Momentary Rotation. 2014. ©

# PROCHIP

POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

- + Различные решения по подбору элементной базы
- + Осуществление поставок комплектующих для серийного производства и новых разработок
- + Поддержка склада
- + Оказание технической и информационной поддержки



+7 (495) 232-2522  
 INFO@PROCHIP.RU  
 WWW.PROCHIP.RU



Реклама



## Перенос производства из Китая в Россию

Производство электроники в Китае выгодно по многим параметрам. Однако падение курса рубля и предпринимаемые правительством меры дают российским производителям надежду на расширение сегмента сборки на отечественном рынке.

Может, перенести производство в Россию? Такой соблазн появляется у российских компаний каждый раз после очередного обвала национальной валюты. Нынешний кризис заставил многих производителей пересмотреть подход к бизнесу. В частности, игроки рынка электроники всерьёз задумались об организации производства на территории России. Тем более что в 2014 г. правительство приняло ряд инициатив, направленных на поддержку национальной электронной промышленности. Разумеется, большинство проблем никуда не исчезли. Тем интереснее наблюдать за подходами к решению этой задачи.

Согласно правительственным данным, общий объём российского рынка микроэлектроники в 2013 г. достиг 1 трлн руб. В программном документе «Стратегия развития электронной промышленности России на период до 2025 г.» заложен рост до 4 трлн руб. Интересно, что, по тем же расчётам, к 2025 г. общий объём мирового рынка радиоэлектронной продукции достигнет \$4 трлн.

В прошлом году кабинет министров принял ряд мер для стимулирования отрасли. 1 января 2014 г. вступил в силу федеральный закон №428-ФЗ, по которому снижается минимальный порог численности сотрудников ИТ-компаний, претендующих на льготы по страховым взносам – с 30 до 7 работников (14% вместо 30%).

В июне были откорректированы законы, касающиеся правового положения иностранных граждан («О правовом положении иностранных граждан в Российской Федерации»). Суть изменений направлена на упрощение привлечения иностранцев для работы в России. Послабления касаются высококвалифицированных специалистов, работающих в отечественных ИТ-организациях.

Уже всем стало понятно, что ИТ-сектор ВПК не является локомотивом развития гражданской электронной промышленности. Здесь действуют принципиально иные законы: «Где дешевле, там и организуем производство».

Основные плюсы зарубежного производства определяются не столько дешё-

вой рабочей силой, сколько сложностями российского рынка. Они имеют характерную национальную окраску. Первая проблема – сложная и морально устаревшая логистика для инновационных компонентов. Российским компаниям всегда приходится долго ждать комплектующих. Это, в свою очередь, серьёзно тормозит разработку, ведь любой современный гаджет состоит из множества комплектующих. При разработке инновационных продуктов такие задержки являются серьёзным стоп-фактором.

Вторая проблема – неразвитый рынок комплектующих, из-за которого многие высокоточные компоненты либо вообще отсутствуют на российских складах, либо представлены в недостаточном количестве. Причина понятна – если спрос рождает предложение, то отсутствие регулярного спроса на такие товары приводит к нерегулярности предложения.

Третья проблема – общая недоразвитость производственной базы. Отсюда и сложный выбор подрядчиков. Мало кто способен производить продукт высокого качества. Зато на отечественных производствах нормой является слабый менеджмент, частые (если не регулярные) сбои с выполнением обязательств по срокам исполнения заказа и непредсказуемость качества.

Получается, что, несмотря на рост производственных издержек при заказе за границей, использование китайских компонентов по-прежнему выгоднее, чем выпуск аналогичной продукции в России.

«На текущий момент производство микроэлектроники в России очень слабо развито, тогда как в Китае можно произвести и собрать всё, что душе угодно», – считает технический директор компании Playkey Алексей Лыков. «В России есть малое количество предприятий, которые разрабатывают электронику в принципе, а те, что её производят, отстают на 5–8 лет. Есть в России и сборщики готовых устройств, которые собирают из импортируемых компонентов готовые продукты. Увы, стоит это дороже, чем в том же Китае, и выбор бизнеса в итоге падает на зарубежье», – выносит вердикт Алексей Лыков.

Несмотря на сложности работы в российских условиях, существуют факторы, способные повлиять в пользу выбора отечественного производства. С падением курса рубля почти в два раза подорожала стоимость оснастки, подготовки пресс-формы и смежных процессов. Это делает российские альтернативы более заманчивыми.

Если в России и возникают сложности с высокоточными компонентами, то с более простыми комплектующими дела обстоят гораздо лучше. На рынке широко представлен целый ряд базовых электронных компонентов: резисторы, буферы, транзисторы и тому подобное. В России можно найти высококачественные антенны – причём в любых количествах. Нет проблем и с пайкой плат.

Активизации процесса отечественной сборки может способствовать отмена пошлин на ввозимые компоненты. Кстати, готовая продукция пошлиной сейчас не облагается. При ввозе техники в Россию промышленные и сельскохозяйственные компании платят таможенные пошлины в размере 5–10% от стоимости импортной поставки, а затем с полученной суммы отдают ещё 18% в виде НДС.

В конце февраля прошлого года Российский союз промышленников и предпринимателей выступил с инициативой отменить импортные пошлины на оборудование и комплектующие, производимые за пределами России и используемые отечественной промышленностью и сельским хозяйством. Смысл таможенной пошлины заключается в предотвращении появления у зарубежных товаров ценовых преимуществ перед российскими. Падение курса рубля уже само по себе выполняет роль запретительных пошлин, поэтому реальной необходимости в них нет, считают в РСПП. При этом отказ от таможенных пошлин на комплектующие и оборудование снизит цену их закупки на 5–10% и, соответственно, приведёт к снижению цен готовых товаров отечественной сборки.

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

## Российские индустриальные парки в Южной Корее и Японии

В ходе пребывания в Южной Корее российская делегация посетила индустриальный парк Cheonan Industrial Zone, который был построен в период с 1994 по 1999 гг., занимает территорию 51 гектар и насчитывает 6337 рабочих мест. Участвовавшие в работе миссии российские специалисты в ходе специально организованного семинара познакомились с современными практиками создания индустриальных парков и управления ими.

В Сеуле Ассоциацией индустриальных парков России (АИП) был проведён инвестиционный семинар для продвижения информации об индустриальных парках России в деловых кругах Кореи, установления прямых контактов с потенциальными

## Новости мира News of the World Новости мира

ми инвесторами. В семинаре приняли участие представители 18 ведущих корейских производственных компаний. С докладами о мерах господдержки развития промышленной инфраструктуры выступили представители Минпромторга России и Минвостокразвития России. Члены АИП презентовали возможности локализации производства и реализации инвестиционных проектов. Торговым представительством России в Южной Корее будет продолжена работа по продвижению в корейских деловых кругах информации об индустриальных парках России как оптимальных площадках для размещения производств.

В ходе аналогичного инвестиционного семинара, проведенного в Токио, возможности по локализации производства японским инвесторам презентовали представители десяти российских регионов. Семинар был проведен при поддержке Минпромторга России и торгового представительства России в Японии. В нём приняли участие представители 32 японских промышленных корпораций, многие из которых рассматри-

вают возможности локализации производства в России.

В состав российской миссии входят представители Минпромторга России, Ассоциации индустриальных парков, руководители органов власти в сфере промышленности и управляющих компаний индустриальных парков десяти регионов: Ленинградской, Московской, Пензенской, Самарской, Смоленской, Тульской, Ульяновской, Челябинской областей, Ставропольского края, Республики Башкортостан.

[www.minpromtorg.gov.ru](http://www.minpromtorg.gov.ru)

### Рынок интегральных микросхем растёт

Согласно прогнозу Digitimes Research, объём выпуска ИС в этом году достигнет \$54,8 млрд, что на 12% больше показателя прошлого года, равного \$49 млрд.

Рост будет обусловлен спросом на смартфоны с поддержкой 4G, который позволит компенсировать такие неблагоприятные факторы, как уменьшение спроса на планшеты, ПК и смартфоны.

Компания TSMC выделила на 2015 год рекордно большие капиталовложения в размере \$12 млрд. Ведущий контрактный производитель полупроводниковой продукции в течение года рассчитывает расширить производственные мощности, на которых продукция будет выпускаться по 16-нм технологии FinFET, одновременно возводя линии для более передовой 10-нм технологии.

В TSMC ожидают, что продажи 20-нм продукции, в 2014 году составившие \$2,15 млрд, в 2015 году достигнут \$6,34 млрд.

Между тем компания Samsung Electronics сосредотачивается на 14-нанометровой технологии FinFET. По мнению аналитиков, благодаря партнёрству с Globalfoundries, Samsung сможет предложить заказчикам более выгодные условия, чем конкуренты. Считается, что Samsung сможет получить больший процент выхода годной продукции в сегменте рынка, соответствующем нормам 1X нм. Все это поможет Samsung по итогам года занять 10% мирового рынка ИС.

[www.digitimes.com](http://www.digitimes.com)

## WIND RIVER

VxWorks — 20 лет в космосе — полет нормальный!



### Особенности и преимущества VxWorks:

- Настраиваемые домены защиты памяти
- «Жесткое» реальное время: переключение контекста / реакция на прерывание – единицы микросекунд
- Поддержка POSIX API
- Ресурсоемкость: ОЗУ / ПЗУ – сотни килобайт
- Поддержка многопроцессорности (SMP/AMP) и многоядерных процессоров
- Расширенная поддержка сетей TCP/IP (IPv4, IPv6)
- Функции управления энергопотреблением
- Мощный графический пакет Tilcon Graphics Suite
- Мощная интегрированная среда разработки на базе Eclipse
- Поддерживаемые процессоры: x86, ARM, MIPS, PowerPC, ColdFire
- Сертификация МЭК 15408 («Общие критерии») EAL 4/4+/6+, DO-178B уровень А, МЭК 61508 SIL 3, CENELEC EN 50128 и FDA 510(k)
- Открытый исходный текст, возможность построения ОС из исходных текстов

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР WIND RIVER

**PROSOFT**<sup>®</sup>

Москва Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
С.-Петербург Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • [info@spb.prosoft.ru](mailto:info@spb.prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)



Реклама

# Рекуперация электроэнергии при проведении испытаний: решения и оборудование

Александр Жуков, Михаил Попов (Москва)

**В статье описаны способы утилизации избыточной мощности электроэнергии при проведении испытаний электроустановок и рассмотрены типы испытательного оборудования, которое позволяет рекуперировать генерируемую энергию в сеть общего пользования.**

При проведении испытаний электрогенераторов и других электроустановок с целью проверки способности испытываемых устройств генерировать или отдавать накопленную ранее электроэнергию возникает необходимость утилизации большого количества электроэнергии, получаемой от испытываемых устройств. При небольших уровнях мощности получаемая электроэнергия может быть преобразована в тепло. При возрастании мощности испытываемых

устройств свыше 5–10 кВт такой способ утилизации электроэнергии становится труднореализуемым. Возможным решением этой проблемы может стать возвращение генерируемой электроэнергии в энергосеть общего пользования, что позволит снизить затраты потребителей на электроснабжение и обеспечить утилизацию электроэнергии, вырабатываемой при испытаниях преобразователей или энергетических установок (см. рис. 1).

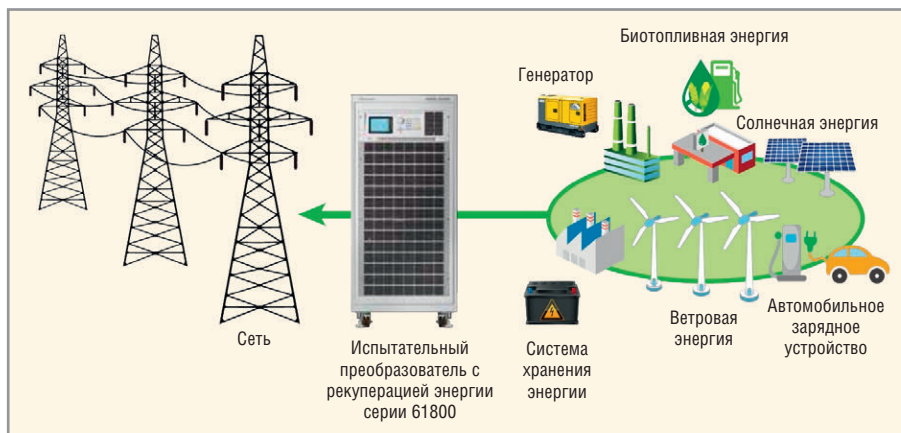


Рис. 1. Возвращение получаемой в ходе испытаний электроэнергии в сеть общего пользования

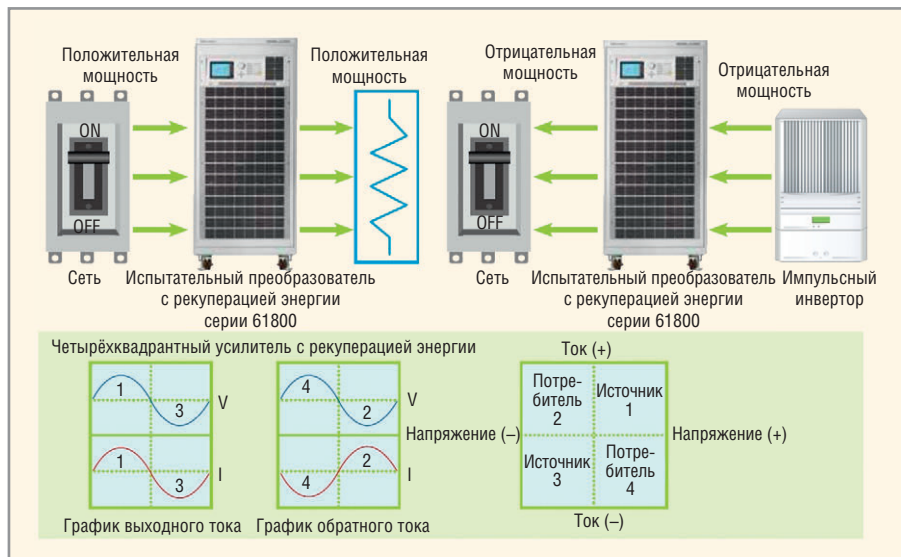


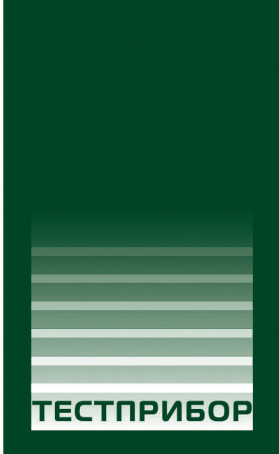
Рис. 2. Схема передачи электроэнергии в сеть общего пользования с помощью преобразователя Chroma 61800

Компания «ТЕСТПРИБОР» предлагает новое испытательное оборудование производства компании Chroma ATE, предназначенное для испытаний преобразовательных и энергетических установок и позволяющее рекуперировать получаемую от испытываемых установок электроэнергию в энергетическую сеть общего пользования.

Преобразователи серии Chroma 61800 – это четырёхквadrантные усилители мощностью 45/60 кВт с возможностью совместной работы нескольких устройств общей мощностью до 300 кВт. Данное устройство представляет собой двунаправленный силовой AC/AC-преобразователь, способный работать как в режиме программируемого источника переменного тока в диапазоне частот от 30 до 100 Гц, так и в режиме электронной нагрузки переменного тока с регенерацией энергии от локального источника в сеть энергоснабжения. Преобразователь Chroma 61800 даёт пользователю возможность имитировать условия работы автономных генерирующих устройств во взаимодействии с реальной энергетической системой. Возможна поддержка таких режимов, как изменение частоты, фазового угла и амплитуды напряжения, а также кратковременных провалов напряжения как в однофазном, так и в трёхфазном режиме. Преобразователи позволяют имитировать асимметричные трёхфазные состояния.

Функция регенерации энергии от локального источника электроэнергии в сеть общего пользования, которая реализована в преобразователе Chroma 61800, обеспечивает эффективную экономию энергии, так как энергия, производимая тестируемым прибором, возвращается в сеть вместо того, чтобы рассеиваться в виде тепла в процессе проведения испытаний (см. рис. 2).

Преобразователь Chroma 61800 также позволяет проводить испытания локальных электросетей и исследовать предельные значения их рабочих параметров, включая испытания систем зарядки электроавтомобиля от сети (V2G) и испытания энергоаккумулирующих систем (систем бесперебойного электроснабжения) (ESS).



## программируемые источники питания СЕРИЯ 61500-ТЕСТ



**ВНИМАНИЕ!** Программируемые источники питания тока Chroma серии 61500-ТЕСТ внесены в ГОСРЕЕСТР СИ.

### ВОЗМОЖНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СЕРИИ 61500-ТЕСТ

- Возможность получения выходного напряжения постоянного и переменного тока, а также напряжения переменного тока с постоянной составляющей.
- Возможность получения выходного напряжения, изменяющегося по параметрам во времени в соответствии с программой.
- Программируемая частота выходного напряжения переменного тока в пределах от 15 до 1000 Гц или от 15 до 1500 Гц в зависимости от модели.
- Высокая точность воспроизведения параметров выходного напряжения при проведении испытаний.
- Возможность получения суммарной выходной мощности в 1-й фазе (для трехфазных моделей).
- Возможность дистанционного управления и программирования.

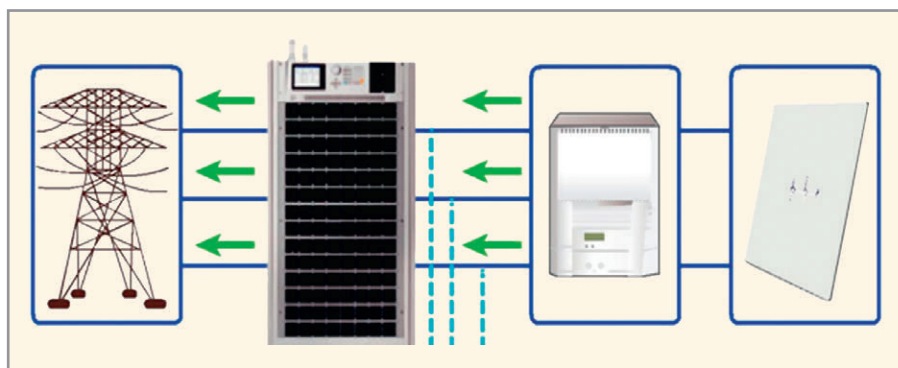


Рис. 3. Тестирование локальных источников питания преобразователем Chroma 61800

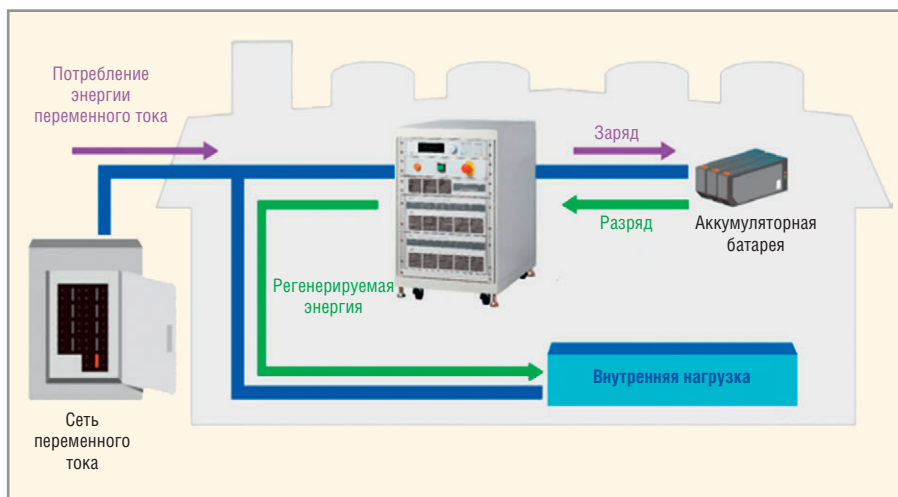


Рис. 4. Тестирование и формовка энергии аккумуляторных батарей при помощи PTC Chroma 17030

Применение преобразователя Chroma 61800 не ограничивается испытаниями в рамках исследовательских и конструкторских работ. Это устройство может быть использовано также при испытаниях электрических генераторов средней и большой мощности и распределительных устройств, одновременно решая проблему утилизации избытков генерируемой электрической мощности путём рекуперации её в электросеть общего пользования (см. рис. 3).

Преобразователь Chroma 61800 отвечает следующим нормам, установленным стандартами IEEE 1547/IEC 61000-3-15/IEC 62116 для испытаний сетевых дискретных генераторов:

- испытание отклонением напряжения;
- испытание отклонением частоты;
- испытание работы в сети электропитания;
- испытание способности непрерывного энергоснабжения при недостатке генерируемой мощности в локальной сети;
- испытание защищённости (IEC 61000-4-11/-4-34);
- испытание в предельных условиях (IEC 61000-3-2/-3-3).

Регенерирующая тестовая система для аккумуляторных батарей Chroma 17030 позволяет существенно снизить энергопотребление при проведении испытаний и тренировок аккумуляторных батарей, особенно большой мощности, что, в конечном счёте, снижает расходы на электроэнергию, а также уменьшает тепловыделение и негативное воздействие на окружающую среду. Архитектура системы позволяет производить разряд аккумуляторных батарей таким образом, чтобы обеспечить рециркуляцию накопленной в них энергии (см. рис. 4).

Регенерирующая тестовая система (PTC) работает в следующем порядке. Первоначально мощность отбирается от сети переменного тока общего пользования и подаётся на входные клеммы регенерирующей тестовой системы, которая осуществляет заряд аккумуляторной батареи (АКБ), контролируя напряжение, зарядный ток и другие параметры. При последующем разряде высвобождаемая мощность поступает обратно в PTC и распределяется в соответствии с требованиями обеспечения максимальной энергоэффективности, а также в зависимости от конфигурации системы и схемы вклю-

чения. При этом обеспечивается питание внутренней нагрузки потребителя, заряд других подключённых АКБ или возврат мощности в сеть общего пользования.

Регенерирующая тестовая система обеспечивает следующие характеристики:

- коэффициент нелинейных искажений (THD) – менее 5% при номинальной мощности;
- коэффициент мощности – более 0,9 при номинальной мощности;
- КПД – выше 85% в режиме превышения номинальной мощности на 20%.

Регенерирующие тестовые системы могут быть использованы как при входном контроле, так и при всех видах производственных испытаний АКБ и изделий, в состав которых входят АКБ. Можно выделить следующие типы устройств, испытания которых можно проводить с помощью PTC:

- батарейные модули электрического автотранспорта;
- электрические скутеры, велосипеды;
- источники бесперебойного питания (UPS);
- электрический садовый инструмент;
- батареи накопителей электроэнергии;
- мощный ручной инструмент;
- автомобильные аккумуляторы;
- свинцово-кислотные аккумуляторы.

Для проверки автомобильных АКБ в регенерирующей тестовой системе предусмотрена функция имитации ездового цикла. Поскольку автомобильные аккумуляторы используются в короткие и нерегулярные интервалы времени, в PTC имеется возможность программирования непрерывных и быстрых (до 50 мс) переключений между моментами максимального заряда и максимального разряда (или максимального разряда и максимального заряда). Эта функция позволяет производить заряд/разряд в режиме моделирования реальных сценариев движения автомобиля.

Система может работать в многоканальном режиме, что позволяет:

- параллельно испытывать батареи различной ёмкости;
- поддерживать в базовой конфигурации АКБ различной ёмкости;
- объединять батареи в группы с разной ёмкостью.

Эта функция обеспечивает максимальную гибкость, позволяя сочетать большое число каналов и высокую скорость тестирования.



# interlight

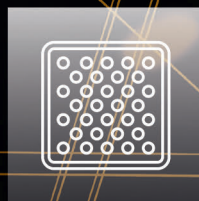
MOSCOW

powered by light + building

Международная выставка декоративного  
и технического освещения, электротехники  
и автоматизации зданий

10–13 ноября 2015

ЦВК «Экспоцентр», Москва



messe frankfurt



[www.interlight-moscow.ru](http://www.interlight-moscow.ru)

Реклама

# Выбираем осциллограф

## Часть 1

Андрей Антонов (г. Волгоград)

В статье представлены основные типы цифровых осциллографов и описано их функциональное предназначение, а также особенности архитектуры, на основе которой реализован тот или иной тип измерительного прибора.

### Типы осциллографов

Осциллограф – это графическое устройство, формирующее график электрического сигнала, как правило, временную зависимость напряжения. По горизонтальной оси такого графика мы можем наблюдать время, по вертикальной оси – напряжение или, как говорят, осциллограф формирует временную развёртку сигнала. Используя различную яркость изображения на экране осциллографа, можно графически выразить ещё одну величину исследуемого сигнала – его интенсивность, как показано на рисунке 1.

Осциллограф – это измерительный прибор, который позволяет [1]:

- наблюдать форму исследуемого сигнала и динамику её изменения;
- определять временные параметры сигнала и значения напряжения;
- определять частоту осциллирующего сигнала;
- наблюдать сдвиг фаз, возникающий при прохождении различных участков изучаемой электрической цепи;
- наблюдать искажения сигнала, вносимые каким-то участком цепи;
- выяснять постоянную (DC) и переменную (AC) составляющие сигнала;
- выяснять соотношение сигнал/шум и то, является ли шум стационарным, или же он изменяется с течением времени.

Все электронные устройства можно условно разделить на две катего-

рии: аналоговые и цифровые. Аналоговое оборудование работает с непрерывно изменяющимися физическими величинами, например напряжениями, в то время как цифровые устройства работают с дискретными двоичными числами, представляющими значения напряжения.

Аналогично на два типа можно разделить осциллографы: аналоговый и цифровой. Исторически появившись раньше, аналоговые осциллографы постепенно уходят в прошлое. Но, тем не менее, нельзя не отметить преимущества аналогового прибора, в котором отсутствуют шумы, имеющие цифровую природу, такие как, например шум аналого-цифрового преобразователя, проявляющийся в ступенчатости осциллограммы. Аналоговые приборы наиболее точно передают форму исследуемого сигнала.

В отличие от аналогового, цифровой осциллограф использует аналого-цифровой преобразователь для получения значения напряжения в виде цифровой информации. Цифровой осциллограф захватывает сигнал, производя выборку из него и тем самым создавая ряд образцов (сэмплов) сигнала, которые накапливаются и запоминаются, пока не будет получено достаточное их количество для формирования формы сигнала на экране. Пример цифрового осциллографа показан на рисунке 2.

Если осциллограф выполнен в виде портативного устройства, то, зачастую, он совмещается с мультиметром. Такие приборы называют скопметрами. Пример такого прибора показан на рисунке 3. Неоспоримыми преимуществами таких устройств являются независимость от питающей сети, компактность, мобильность и универсальность.

Зачастую цифровые осциллографы могут содержать в одном корпусе дополнительные устройства, расширяющие их функциональные возможности. Это могут быть, например, цифровой анализатор, функциональный генератор или же генератор цифровых последовательностей.

Осциллографы на базе ПК, или как их ещё называют, USB-осциллографы (см. рис. 4), становятся всё более популярными, поскольку они дешевле традиционных. Используя компьютер, они получают большой цветной дисплей, быстрый процессор, возможности сохранения данных на диск и работы на клавиатуре. Другим большим их преимуществом является возможность быстрого экспорта данных в электронные таблицы. Среди USB-приставок часто попадаются настоящие «комбайны», совмещающие несколько устройств в одном корпусе: осциллограф, цифровой анализатор, генератор сигналов произвольной формы и генератор цифровых последовательностей. За удобство и универсальность «комбайнов» приходится расплачиваться худшими характеристиками, нежели у их автономных собратьев.

Большинство современных цифровых осциллографов позволяют задать автоматические параметрические

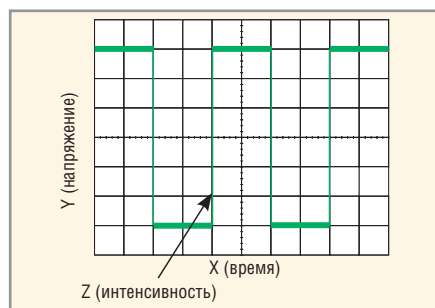


Рис. 1. Электрический сигнал на экране осциллографа

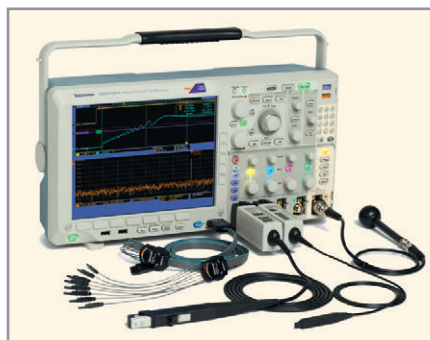


Рис. 2. Цифровой осциллограф



Рис. 3. Скопметр



измерения, упрощая тем самым процесс измерения.

Преимущества цифровых осциллографов перед аналоговыми собратьями:

- портативность и небольшой вес;
- возможность измерения одиночного сигнала;
- возможность проведения измерений «на экране»;
- цветной дисплей;
- возможность хранения, печати данных;
- возможность цифровой обработки данных;
- возможность обработки данных с использованием внешнего компьютера;
- возможность применения к сигналам цифровых фильтров.

Цифровые осциллографы могут быть классифицированы как: цифровые запоминающие осциллографы, осциллографы с цифровым люминофором, осциллографы смешанных областей, осциллографы смешанных сигналов, цифровые стробоскопические осциллографы [2].

### ЦИФРОВЫЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ

Цифровые запоминающие осциллографы (Digital Storage Oscilloscope) часто называют просто цифровыми осциллографами. Они, как правило, содержат растровый дисплей, в отличие от экранов с люминофором в аналоговых предшественниках.

Цифровые осциллографы позволяют захватывать и просматривать события, которые могут произойти только однажды, как в случае переходных процессов. Поскольку информация о сигнале преобразуется в цифровой вид как последовательность двоичных значений, она может быть проанализирована, сохранена, показана визуально, распечатана на физическом носителе и обработана как самим осциллографом, так и при помощи внешнего компьютера. Сигнал не обязательно должен быть непрерывным – он может отображаться на экране, даже когда пропадает. В отличие от аналоговых приборов, цифровые осцилло-

графы обеспечивают постоянное хранение сигнала и дают возможности для его расширенной обработки. Однако цифровые осциллографы обычно не отражают градации интенсивности в реальном времени.

Цифровые осциллографы содержат некоторые блоки, которые можно встретить и в аналоговых приборах, но в них дополнительно имеются и блоки обработки данных, используемые для накопления и отображения данных осциллограммы.

### АРХИТЕКТУРА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

Цифровые запоминающие осциллографы используют архитектуру последовательной обработки для захвата и отображения сигнала на экране, как это показано на рисунке 5.

Так же, как и в аналоговых устройствах, первым (входным) контуром цифрового осциллографа является усилитель вертикального отклонения. Этот блок позволяет регулировать диапазон амплитуды. Далее идёт аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в системе горизонтальной развертки, который производит выборку образцов сигнала в дискретные моменты времени и преобразует напряжение сигнала в эти моменты в цифровые значения, называемые точками выборки. Этот процесс ещё называют оцифровкой сигнала.

Схема синхронизации системы горизонтальной развертки определяет, как часто АЦП производит выборку. Эта скорость называется частотой выборки и выражается числом выборок в секунду (выб/с). Точки выборки, полученные АЦП, сохраняются в памяти выборок (Acquisition Memory) как точки формы сигнала. Несколько точек выборки могут являться одной точкой сигнала. Все вместе точки сигнала составляют одну запись сигнала. Число точек сигнала, используемое для создания записи сигнала, называется длиной записи. Система запуска определяет начальную и конечную точки записи.

Сигнальный тракт цифрового осциллографа включает в себя микропроцессор, который обрабатывает сигнал,



Рис. 4. Осциллограф-приставка к ПК

управляет отображением на экране, считывает параметры, задаваемые органами управления прибора и выполняет ещё множество различных функций. Затем сигнал поступает в память дисплея и отображается на экране осциллографа.

В зависимости от характеристик конкретной модели осциллографа, возможна дополнительная обработка точек выборки, улучшающая отображение. Также возможно наличие в устройстве претриггера, позволяющего наблюдать события до момента запуска.

### ОСЦИЛЛОГРАФЫ С ЦИФРОВЫМ ЛЮМИНОФОРОМ

Осциллограф с цифровым люминофором (Digital Phosphor Oscilloscope) использует новый принцип в архитектуре осциллографа. Эта архитектура даёт уникальные возможности захвата и отображения для точного воспроизведения сигнала.

В то время как цифровой запоминающий осциллограф использует архитектуру последовательной обработки для захвата, отображения и анализа сигналов, осциллограф с цифровым люминофором использует параллельную архитектуру обработки для выполнения этих функций, как это показано на рисунке 6.

Эта архитектура использует специализированную ПЛИС для получения изображений форм сигналов, обеспечивая высокую скорость захвата, которая приводит к более высокому уровню визуализации сигнала. Такая реа-

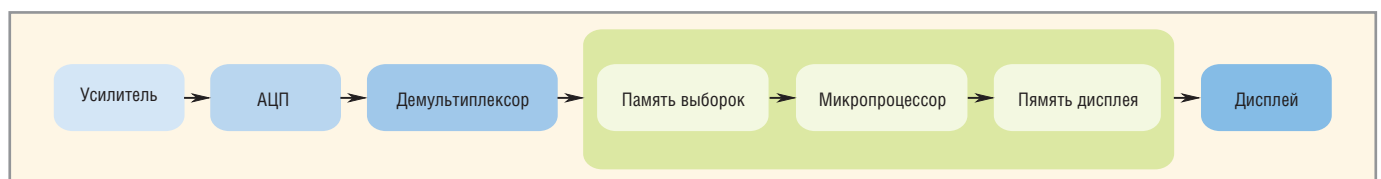


Рис. 5. Архитектура последовательной обработки цифрового запоминающего осциллографа

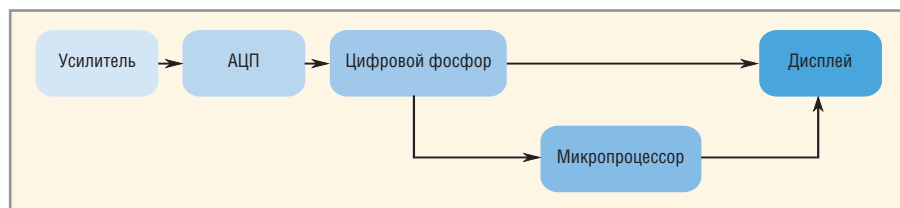


Рис. 6. Архитектура параллельной обработки в осциллографе с цифровым люминофором

лизация увеличивает вероятность обнаружения переходных процессов, происходящих в цифровых системах (маленькие импульсы, выбросы), а также даёт дополнительные возможности для анализа.

### АРХИТЕКТУРА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

Первый узел осциллографа с цифровым люминофором идентичен узлу аналогового прибора – это усилитель вертикального отклонения. Второй контур аналогичен контуру цифрового запоминающего осциллографа – это АЦП. Существенные отличия от предшественников можно увидеть после аналого-цифрового преобразования.

Для любого осциллографа – аналогового, цифрового запоминающего или с цифровым люминофором – всегда существует время задержки, в течение которого прибор обрабатывает последние запомненные данные, возвращает систему в исходное состояние и ожидает следующего события запуска. В течение этого времени осциллограф «слеп» к любым изменениям входного сигнала. Вероятность обнаружить редкое событие уменьшается по мере роста времени задержки.

Необходимо отметить, что невозможно определить вероятность захвата, основываясь на скорости обновления изображения на дисплее. Если полагаться только на скорость обновления, то легко ошибиться, полагая, что осциллограф захватывает всю необходимую информацию о сигнале, когда, в действительности, это не так.

Цифровой запоминающий осциллограф обрабатывает захваченные сигналы последовательно. Скорость работы его микропроцессора ограничивает скорость захвата сигнала и, поэтому, является узким местом в этом процессе. Осциллограф с цифровым люминофором записывает оцифрованные данные сигнала в базу данных цифрового люминофора. Каждую 1/30 секунды, так же быстро, как человеческий глаз может это воспринимать, снимок изображения сигнала, который хранит-

ся в базе данных, передаётся прямо в систему отображения. Эта прямая характеристика сигнальных данных и прямое копирование в память дисплея из базы данных позволяют избежать узкого места в обработке данных, присущего другой архитектуре. Результатом этого является обновление изображения в реальном времени. Детали сигнала, скачкообразные события и динамические характеристики сигнала захватываются в реальном времени. Микропроцессор осциллографа с цифровым люминофором работает параллельно с его интегрированной системой захвата для управления отображением, автоматизации измерений и управления прибором, так что он не влияет на скорость захвата осциллографа.

Осциллограф с цифровым люминофором обладает лучшим свойством аналогового осциллографа – отображает сигнал в трёх измерениях: время, амплитуда и распределение амплитуды с течением времени. И всё это в реальном времени.

В отличие от аналогового осциллографа, использующего физический люминофор, осциллограф с цифровым люминофором использует чисто электронный цифровой люминофор, который, на самом деле, является постоянно обновляемой базой данных. Эта база данных имеет отдельную информационную «ячейку», сопоставленную с каждым отдельным пикселем на экране осциллографа. Каждый раз, при запуске осциллографа, сигнал записывается в базу данных цифрового люминофора. Интенсивность накапливается в ячейках, где сигнал проходит чаще всего.

Когда база данных цифрового люминофора выводится на экран осциллографа, дисплей показывает интенсивность области осциллограмм, пропорционально частоте возникновения сигнала в каждой точке – так же, как изменяется яркость в аналоговом осциллографе. Осциллограф с цифровым люминофором также позволяет выделить события в зависимости от частоты их появления, используя для этого контрастные цвета на экране, что

выгодно отличает его от аналогового осциллографа.

Осциллографы с цифровым люминофором стирают границы между технологиями цифровых и аналоговых осциллографов. Они одинаково хорошо подходят для исследования высоко- и низкочастотных сигналов, периодических сигналов, наблюдения переходных процессов и для наблюдения за изменением сложных сигналов в реальном времени. Только осциллограф с цифровым люминофором обеспечивает визуализацию интенсивности в режиме реального времени – возможность, которая отсутствует у обычных цифровых запоминающих осциллографов.

Такой тип осциллографов идеально подходит для задач, связанных с поиском неисправностей в электронных устройствах, а также для тестирования различных устройств с целью поиска редко возникающих явлений.

### ОСЦИЛЛОГРАФЫ СМЕШАННЫХ ОБЛАСТЕЙ

Осциллографы смешанных областей (Mixed Domain Oscilloscope) совмещают в себе радиочастотный анализатор спектра с осциллографом смешанных сигналов или осциллографом с цифровым люминофором, позволяя получать коррелированные картинки цифровых, аналоговых и радиочастотных сигналов. Например, осциллограф смешанных сигналов позволяет наблюдать коррелированные по времени изображения сигнала протокола, состояние логики, модулируемый аналоговый и радиочастотный сигналы в проектах встраиваемых систем. Это помогает лучше понять суть происходящих явлений при наблюдении различных аспектов одного и того же процесса.

Понимание временной задержки между командой микропроцессора и событием радиочастотного сигнала во встраиваемом устройстве упрощает тестовые настройки и позволяет производить сложные измерения на лабораторном столе. Для встраиваемых радиомодулей, таких как Zigbee, можно производить запуск при появлении радиочастотного события и наблюдать задержку командной строки микроконтроллера, декодирующего управляющие строки SPI, токопотребление и напряжение в момент включения и результирующие спектральные изменения (см. рис. 7).

На одном экране имеются коррелированные по времени виды всех обла-

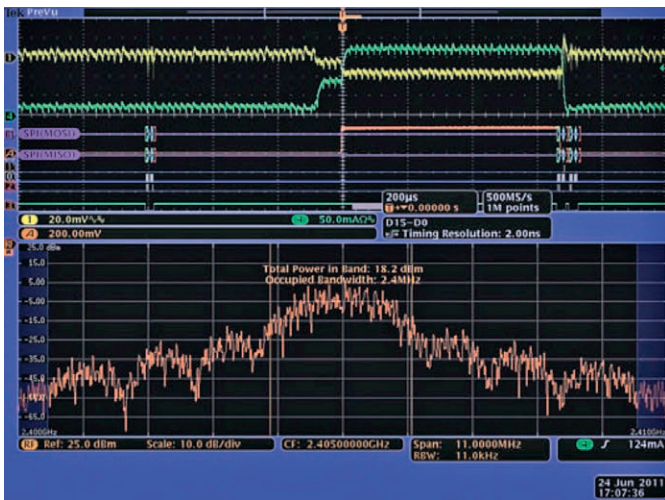


Рис. 7. Изображение на экране осциллографа смешанных областей [2]

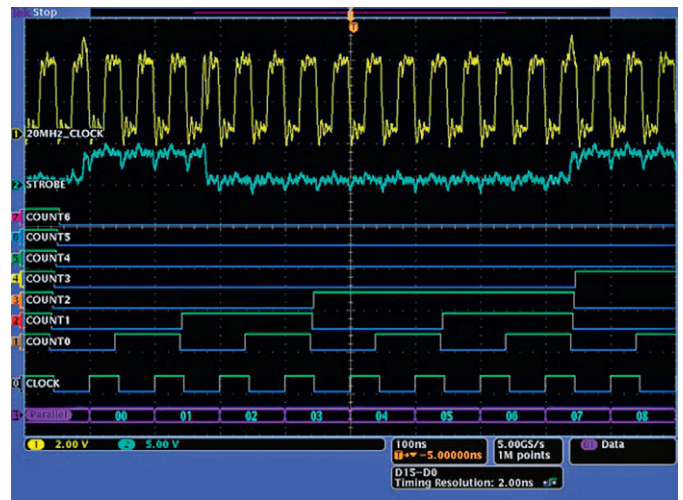


Рис. 8. Одновременное исследование аналоговых и цифровых сигналов на экране осциллографа смешанных сигналов [3]

тей радиосигнала: цифровой (протокол), аналоговой и радиочастотной.

### Осциллографы смешанных сигналов

Осциллографы смешанных сигналов (Mixed Signal Oscilloscope) сочетают в себе возможности цифровых запоминающих осциллографов или осциллографов с цифровым люминофором с функциональностью многоканального (как правило, 16-канального) логического анализатора, включая возможности декодирования протоколов последовательных/параллельных шин и расширенными возможностями триггера.

Цифровые каналы такого осциллографа рассматривают сигнал в виде высоких и низких логических уровней, точно так, как это делают цифровые схемы. Это означает, что пока колебания, выбросы и «дрожание» сигнала на уровне земли не вызывают логических переключений, эти аналоговые эффекты прибором не рассматриваются. Так же, как и логический анализатор, осциллограф смешанных сигналов использует пороговое значение напряжения для определения того, представляет ли сигнал высокий или низкий логический уровень.

Широкие возможности наблюдения и анализа как аналоговых, так и цифровых представлений сигнала (см. рис. 8), а также расширенные функции триггера делают осциллограф смешанных

сигналов идеальным средством для проверки и отладки цифровых схем.

### Цифровой стробоскопический осциллограф

В отличие от архитектур цифрового запоминающего осциллографа и осциллографа с цифровым люминофором, архитектура цифрового стробоскопирующего осциллографа использует перестраиваемый аттенуатор/усилитель и стробоскопический смеситель (мост сэмплирования), как это показано на рисунке 9. Выборка входного сигнала осуществляется до того, как производится его ослабление или усиление. После моста дискретизации может использоваться узкополосный усилитель, поскольку сигнал уже преобразован в каскаде сэмплирования, в результате чего значительно повышается пропускная способность прибора.

Платой за высокую пропускную способность является ограниченность динамического диапазона стробоскопического осциллографа из-за отсутствия аттенуатора/усилителя в сэмплирующем каскаде на входе прибора. Стробоскопический смеситель должен обладать возможностью постоянно обрабатывать динамический диапазон входного сигнала. Поэтому динамический диапазон большинства стробоскопических осциллографов ограни-

чен величиной размаха амплитуды в 1 В в отличие от цифровых запоминающих осциллографов и осциллографов с цифровым люминофором, которые могут обрабатывать сигналы с размахом 50–10 В.

К тому же, перед сэмплирующим мостом нельзя установить защитные диоды, поскольку это ограничит пропускную способность. Также это уменьшает величину безопасного входного напряжения для стробоскопического осциллографа примерно до 3 В, по сравнению с 500 В для других типов осциллографов.

При измерении высокочастотных сигналов, запоминающий осциллограф или осциллограф с цифровым люминофором не в состоянии собрать достаточно элементов выборки сигнала за одно его колебание. Цифровой стробоскопический осциллограф является идеальным инструментом для точного захвата сигналов, частотные составляющие которых намного превышают скорость выборки осциллографа. Этот тип осциллографа способен работать с гораздо более быстрыми сигналами, чем любой другой осциллограф. Для периодических сигналов этого достигают за счёт высокой пропускной способности и на порядок более высокоскоростного тактирования, чем у других осциллографов. Последовательные стробоскопические осциллографы обладают полосой пропускания до 80 ГГц.

### ЛИТЕРАТУРА

1. www.robotosha.ru/electronics/why-need-oscilloscope.html.
2. www.tektronix.com/oscilloscopes.
3. www.tek.com

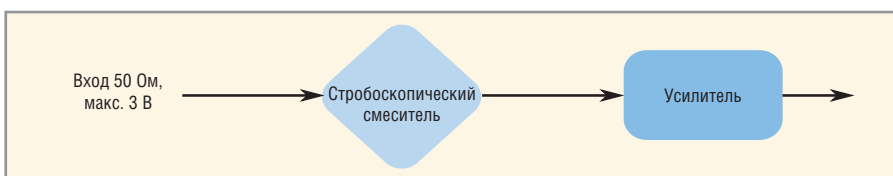


Рис. 9. Архитектура стробоскопического осциллографа

### Система рентгеновского контроля phoenix xlaminer от GE плоскпанельным КМОП-детектором

Компания GE Measurement & Control, подразделение компании GE Oil & Gas, представила исполнение системы рентгеновского контроля phoenix xlaminer с плоскпанельным КМОП-детектором. По словам производителя, с помощью этой новейшей модели, оснащённой возможностями компьютерной томографии и специальным комплектом программного обеспечения, возможно получить высококачественные изображения для проведения 2D- и 3D-контроля в отрасли производства электроники. Новая функциональность позволит сократить затраты времени и средств при проведении анализа отказов, управлении процессами производства сборок на печатных платах, инспекции компонентов и проведении НИОКР.

Система phoenix xlaminer ранее уже хорошо зарекомендовала себя в качестве системы рентгеновского контроля начального уровня, и до этого времени предлагалась в КМОП-версии или в варианте с усилителем рентгеновского изображения для компьютерной томографии. Томографическое исполнение системы привнесло в область производства электроники возможности 3D-контроля – отделы управления качеством получили в своё распоряжение функционал для проведения 3D-анализа отказов компонентов более сложной геометрической формы, однако оно не могло достичь повышенного качества изображений, присущего КМОП-варианту.

Новейшая система объединяет в себе возможности компьютерной томографии с получением изображения на базе КМОП-датчиков, в результате чего при выполнении 3D-контроля теперь можно воспользоваться преимуществами повышенного отношения сигнал-шум и большей чёткости изображений, полученных на основе КМОП-технологии. Кроме того, ещё больше совершенствуют процессы неразрушающего контроля выпуск программного обеспечения phoenix datoslx для компьютерной томографии. С помощью этого ПО производится управление и мониторинг всех узлов КТ-системы, включая микрофокусную рентгеновскую трубку, плоскпанельный детектор и манипулятор исследуемых объектов, результатом чего служит улучшенное управление процессом создания наборов данных проекций, процессом объёмной реконструкции и визуализации объёмов и проекций для успешного выполнения задач 3D-контроля.

Такая автоматизация процесса даёт пользователю возможность быстро и просто осуществлять томографическое сканирование с практически мгновенным сбором данных и выполнением реконструкции.

[www.gemeasurement.com](http://www.gemeasurement.com)

### ЦНИИ «Электроника» и предприятия радиоэлектронной отрасли подвели итоги 2014 г.

23 апреля 2015 г. на территории Московского научно-исследовательского телевизионного института (МНИТИ) состоялось расширенное совещание, на котором подвели итоги деятельности радиоэлектронной отрасли в 2014 г., определили планы развития на ближайшие годы, а также обсудили тему реализации плана импортозамещения.

В работе совещания приняли участие сотрудники Аппарата Правительства Российской Федерации, Военно-промышленной комиссии, Минпромторга, Минобороны, РАН, Роскосмоса, ГК «Росатом», ГК «Ростех», АФК «Система», Экспертного совета при Комитете Государственной Думы и ряда других министерств и ведомств.

В ходе совещания участники отметили, что в 2014 г. предприятиям радиоэлектронной промышленности удалось сохранить положительные тенденции в развитии производства и научной деятельности. Общий объём производства вырос на 24% по сравнению с 2013 г.

Представители Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России рассказали о том, что в настоящее время разрабатывается новая редакция Госпрограммы «Развития электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы», основным инструментом которой станет поддержка реализации комплексных инвестиционных проектов в приоритетных сегментах профессиональной радиоэлектроники в форме предоставления субсидий. При этом в приоритетном порядке будет осуществлена поддержка таких технологических направлений, как телекоммуникационное оборудование, вычислительная техника, медицинские радиоэлектронные изделия, электронное машиностроение и системы интеллектуального управления.

По прогнозным данным Госпрограммы, объём российского рынка радиоэлектронной промышленности к 2025 г. вырастет предположительно в 8 раз по сравнению с 2013 г. Выручка предприятий должна увеличиться примерно в 18 раз, а доля импорта на внутреннем рынке должна снизиться с 95 до 60%.

Также на встрече прошло обсуждение реализации плана импортозамещения, а также вопрос кадрового потенциала отрасли.

«Предложения в отраслевой план импортозамещения прислали свыше 100 предприятий радиоэлектронной отрасли, которые были сгруппированы по 9 технологическим направлениям, – говорит директор Департамента радиоэлектронной промышленности Сергей Хохлов. – Итоговый план включает в себя более 500 проектов. При средней продолжительности в 3–4 года данные проекты планируется реализовать на протяжении 2015–2025 гг. В отраслевом плане также были учтены предложения от Внешэкономбанка, Роснано и Фонда Сколково. Отбор всех проектов проводился на основе экспертиз по первичным данным, где были учтены оценки эффективности реализации каждого проекта и бюджетная эффективность».

Перед предприятиями отрасли поставлены амбициозные задачи, направленные на снижение доли импортной продукции на российском рынке, особенно в критически значимых областях. В этой связи важно отметить работу межведомственного совета по присвоению оборудованию, произведённому на территории РФ, статуса российского происхождения. За время работы Совета (с 2011 года) статус телекоммуникационного оборудования российского происхождения присвоен 76 видам оборудования.

«Существенную роль в решении проблем создания перспективной электронной компонентной базы играют реализуемые программы союзного государства России и Беларуси. В 2014 г. в Минпромторге успешно была завершена разработка и создание нового поколения микросистемотехники и унифицированных интегрированных систем двойного назначения на её основе. В процессе выполнения мероприятий программы Союзного государства было выполнено 74 работы. У России остались сильные позиции в СВЧ-электронике, радиационно стойкой ЭКБ, энергосберегающих технологиях и в алгоритмизации обработки информации и сигналов для военной электроники. Хорошие позиции и в некоторых других сегментах. У России есть свои национальные интересы, в первую очередь – в сферах безопасности и технологической независимости. Отстоять их, не имея собственной электронной промышленности, невозможно», – отметил заместитель директора Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России Павел Куцко.

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

EMBEDDED  
DAY'15



# E.DAY

## VIII ежегодная конференция «Встраиваемые Технологии 2015»

Реклама



27 мая, Рэдиссон Славянская  
г. Москва, Площадь Европы, д.2



25 стендов на выставке  
интеллектуальных решений



Мастер-классы под  
руководством экспертов



Более  
20 докладов  
от ведущих ИТ-компаний



Свыше 400 гостей

Участие бесплатное, требуется регистрация.

 Windows Embedded

**Контакты:**

Кварта Технологии  
[www.EmbeddedDAY.ru](http://www.EmbeddedDAY.ru)  
[embeddedday2015@quarta.ru](mailto:embeddedday2015@quarta.ru)  
+7 (495) 234 40 18

**Организатор:**



**Генеральный  
партнер:**



**Платиновый  
спонсор:**



**Золотые спонсоры:**



# Экспериментальное устройство анализа и распознавания цвета

Павел Редькин (г. Ульяновск)

В статье описан принцип действия и рабочий макет экспериментального опико-электронного устройства, измеряющего цветовые параметры физических объектов в видимом диапазоне волн с запоминанием и последующим распознаванием их цветов. В устройстве используется распространённый метод измерения параметров видимого спектра излучения объекта и вычисления его цветовых координат в одной из систем цветности. Предложенный алгоритм распознавания цвета может найти применение в различных промышленных и научных приборах.

## Принцип действия

Описанное в статье устройство было задумано и изготовлено в виде рабочего макета в исследовательских и экспериментальных целях, главным образом, для разработки и отладки достаточно надёжного алгоритма распознавания цвета. Необходимость в таком алгоритме возникла у автора при работе над несколькими проектами. Когда алгоритм был отлажен, появилась мысль оформить его описание в виде журнальной статьи, доработав интерфейс пользователя.

При распознавании цвета объекта устройство решает две последовательные подзадачи: измерение исходных параметров видимого спектра излучения объекта, определяющих его цвет, и преобразование этих параметров в набор абсолютных значений, характеризующих этот цвет. В качестве исходных параметров используются значения интенсивности излучения объекта в нескольких участках видимого спек-

тра, а в качестве результата – цветовые координаты в одной из существующих систем цветности, а также относительная яркость излучения объекта.

Основой устройства является опико-электронный цифровой датчик цвета TCS3414CS [1], имеющий каналы измерения интенсивности излучения трёх основных цветов спектра оптического диапазона: красного (центральная длина волны 640 нм, полоса  $\Delta\lambda_{1/2} = 17$  нм), зелёного (центральная длина волны 524 нм, полоса  $\Delta\lambda_{1/2} = 47$  нм) и синего (центральная длина волны 470 нм, полоса  $\Delta\lambda_{1/2} = 35$  нм). Цветовые каналы содержат группы фотодиодов, снабжённых соответствующими светофильтрами. Кроме цветовых также имеется так называемый суммарный канал, содержащий группу фотодиодов для измерения суммарной интенсивности излучения во всём видимом диапазоне (без светофильтров). Сигналы от групп фотодиодов каждого канала оцифровываются с помощью

встроенных модулей АЦП. Результаты преобразования в виде последовательных 16-разрядных слов данных поступают во внешнее устройство. Благодаря возможности программного задания коэффициента усиления аналоговых сигналов на входах АЦП и выбора времени преобразования, динамический диапазон устройства по входу составляет (1:1000000) [1]. Функциональная схема датчика TCS3414CS изображена на рисунке 1.

На рисунке 2 приведена частотная характеристика датчика TCS3414CS, представляющая собой зависимость нормированных откликов (выходных сигналов) датчика для всех четырёх каналов (красного – Red, зелёного – Green, синего – Blue и суммарного – Clear) от длины волны. Нормирование откликов произведено по значению на выходе суммарного канала, соответствующему длине волны 655 нм (100%).

Датчик цвета TCS3414CS используется в составе промышленного модуля – сборки I2C Color Sensor (SEN60256P) [2], поддерживающего стандарт конструктива Grove и содержащего, помимо самого датчика, внешний светодиод для активной подсветки исследуемых объектов, цепи формирования сигналов последовательной шины I<sup>2</sup>C, используемой для передачи команд и данных, а также разъём питания и подключения по шине I<sup>2</sup>C к внешним устройствам. Внешний вид модуля I2C Color Sensor показан на рисунке 3. Функциональная схема всего устройства приведена на рисунке 4.

Макет состоит из центрального контроллера, который в качестве ведущего (Master) устройства осуществляет обмен командами и данными по шине I<sup>2</sup>C с двумя ведомыми (Slave) устройствами: модулем I2C Color Sensor и микросхемой памяти I2C ЭСППЗУ, в которой хранятся наборы параметров тех цветов, которые может распознавать устройство. Помимо этого, к центральному контроллеру подключены органы управления и индикации: кнопки, ЖКИ, светодиоды, усилитель звукового сигнала с излучателем, «озвучивающим» нажатия на кнопки. Последние два узла не являются обязательными, а лишь дополняют пользовательский интерфейс устройства.

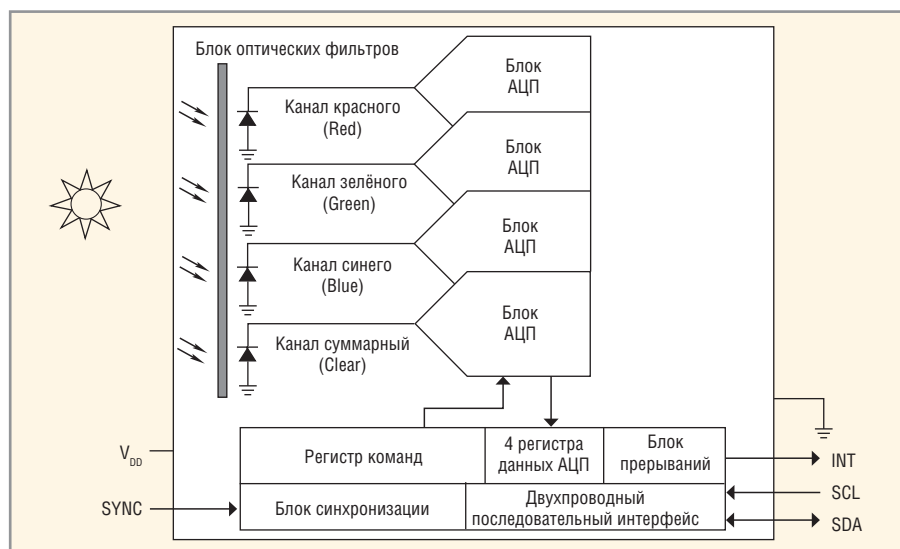


Рис. 1. Функциональная схема датчика цвета TCS3414CS

Контроллер реализован на базе встраиваемого микроконтроллера (МК), выполняющего управляющую программу.

Измерительный тракт работает следующим образом. Модуль I2C Color Sensor по командам контроллера осуществляет циклическое измерение цветных параметров поверхности исследуемого объекта одновременно во всех каналах. При этом используется его собственная активная подсветка объекта – постоянно включённый белый светодиод. По запросам МК модуль передаёт по шине I<sup>2</sup>C результаты измерений в виде пакетов из четырёх 16-разрядных слов, каждое из которых соответствует интенсивности светового потока в своём канале: R (Red), G (Green), B (Blue) и C (Clear). Для минимизации погрешности измерений в устройстве реализовано программное усреднение результатов в каждом канале по выборке, состоящей из нескольких десятков циклов измерений. Представленные в цветовой системе RGB усреднённые результаты управляющая программа МК преобразует в другую цветовую систему – XYZ, стандартизованную международной комиссией по освеще-



Рис. 2. Частотная характеристика датчика TCS3414CS

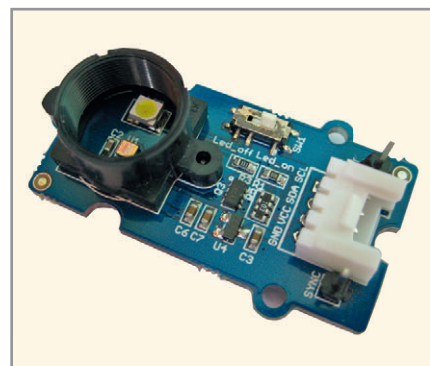


Рис. 3. Внешний вид модуля I2C Color Sensor (SEN60256P)

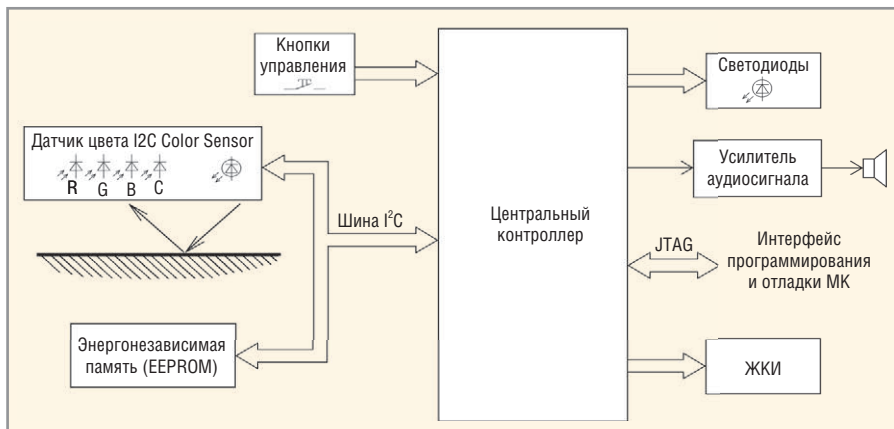


Рис. 4. Функциональная схема макета устройства анализа и распознавания цвета



## ЖК-дисплей



industrial solutions  
flatpanel technology

# Предназначены для работы в жёстких условиях

### Основные области применения

- Транспорт (автомобильный и железнодорожный)
- Специальные применения
- Морской флот
- Промышленное машинное оборудование
- Информационные терминалы



### Основные параметры предлагаемых решений

- Размеры экранов: от 10,4" до 15"
- Разрешение: VGA, SVGA, XGA
- Яркость от 500 до 1500 кд/м<sup>2</sup>
- Контрастность 500:1, 650:1
- Угол обзора до 160°
- Интерфейсы LVDS, TTL
- Диапазон рабочих температур -31...+85°C
- Диапазон температур хранения -46...+85°C

С 2013 года компания i-sft предлагает дисплейные решения только по спецификациям заказчиков.

**ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ I-SFT В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ**

**PROSOFT®**

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама

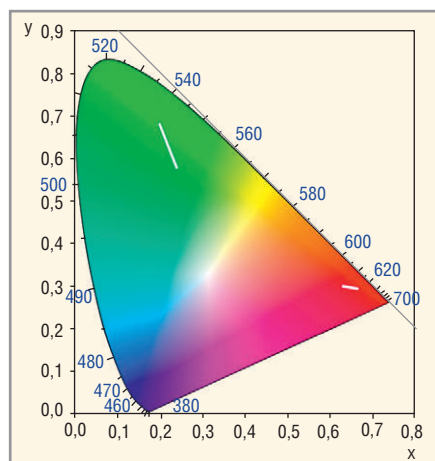


Рис. 5. Диаграмма цветности CIExy

нию CIE ([www.cie.co.at](http://www.cie.co.at)). Для преобразования используются формулы (1) – (3), взятые из открытого источника [2]:

$$X = (-0,14282) \times R + (1,54924) \times G + (-0,95641) \times B, \quad (1)$$

$$Y = (-0,32466) \times R + (1,57837) \times G + (-0,73191) \times B, \quad (2)$$

$$Z = (-0,68202) \times R + (0,77073) \times G + (0,56332) \times B. \quad (3)$$

Численные коэффициенты в этих формулах, очевидно, учитывают особенности частотных характеристик каналов датчика TCS3414CS, а также, возможно, спектр излучения светодиода активной подсветки модуля I2C Color Sensor. Затем из полученных значений X, Y, Z, используя приведённые ниже формулы (4) и (5), программа вычисляет координаты цвета (x, y), однозначно характеризующие цвет исследуемого объекта.

$$x = X / (X + Y + Z), \quad (4)$$

$$y = Y / (X + Y + Z). \quad (5)$$

Координаты цвета (x, y) определяют положение цвета объекта на так называемой плоской диаграмме цветности CIExy, показанной на рисунке 5. При различных значениях усиления датчика, расстояния между датчиком и исследуемой поверхностью, интенсивности подсветки, измеренные датчиком значения R, G, B для одного и того же объекта будут разными, однако вычисленные в результате координаты цвета (x, y) останутся практически неизменными, если спектральный состав излучения подсветки также не изменяется.

Алгоритм распознавания цвета предполагает предварительную пользова-

тельскую калибровку измерителя для каждого i-го образца, подлежащего распознаванию. Для этого образца в устройстве измеряются параметры R, G, B, затем производится вычисление величин X, Y, Z и вычисление цветовых координат (x, y). Значения последних округляются до заданного порога точности и записываются в ЭСППЗУ, формируя набор данных с некоторым порядковым номером, известным управляющей программе. При распознавании цвета у исследуемого образца в таком же порядке производятся измерения, вычисляются координаты (x', y'), которые также округляются и последовательно сравниваются со всеми хранящимися в ЭСППЗУ наборами данных до фиксации совпадений с точностью до констант dx и dy. Решение о совпадении цвета принимается, если при сравнении выполняются одновременно два условия:

$$|x_i - x'_i| \leq dx, \quad (6)$$

$$|y_i - y'_i| \leq dy. \quad (7)$$

Результатом найденного совпадения является порядковый номер набора данных в ЭСППЗУ, соответствующий ранее откалиброванному цвету.

Конкретные числовые значения dx и dy в управляющей программе задаются для достижения требуемого баланса между вероятностью ложного распознавания неоткалиброванного цвета и вероятностью ложного нераспознавания откалиброванного цвета с учётом погрешности измерений.

Необходимо отметить, что одних координат цвета (x, y) недостаточно для однозначной идентификации цвета объекта. Приведённые выше формулы не учитывают такой параметр цвета, как яркость. Без учёта яркости различные цвета, иногда противоположные для человеческого глаза, на диаграмме цветности (x, y) могут иметь весьма близкие координаты. В результате алгоритм, различающий цвета только по значениям (x, y), во многих случаях будет давать ошибки распознавания.

С целью совершенствования алгоритма, реализованного согласно формулам (1) – (5) (версия управляющей программы 1.0), в него была добавлена ещё одна ветвь сравнения. Выходное значение АЦП в суммарном канале Clear датчика было условно сопоставлено яркости исследуемого объекта. В качестве базового цвета, относительно яркости которого оценивается яркость всех

остальных, используется цвет с максимальной яркостью. Такой цвет находится опытным путём при сравнении значений результатов АЦП в канале Clear вручную для всех калибруемых цветов, подлежащих последующему распознаванию. Из используемого набора образцов максимальное значение яркости было зафиксировано у образца белого цвета. Таким образом, для усовершенствованного алгоритма, помимо координат (x, y), в ходе пользовательской калибровки устройством сначала измеряется и записывается в ЭСППЗУ значение результата АЦП в канале Clear для белого цвета  $C_{бел}$ . Далее для каждого последующего калибруемого цвета также измеряется значение результата АЦП  $C_i$  в канале Clear, а затем вычисляется и записывается в ЭСППЗУ отношение этого значения к  $C_{бел}$ , которое всегда меньше единицы:

$$c_i = C_{бел} / C_i. \quad (8)$$

При распознавании цвета исследуемого объекта измеренное для него значение результата АЦП  $C'_i$  в канале Clear последовательно сравнивается с произведением ( $c_i \times C_{бел}$ ) для всех хранящихся в ЭСППЗУ значений  $c_i$  до фиксации совпадения с точностью до  $dC_i$ . То есть решение о совпадении в этой ветви алгоритма принимается, если выполняется условие:

$$|(c_i \times C_{бел}) - C'_i| \leq dC_i. \quad (9)$$

Для белого цвета решение о совпадении принимается, если выполняется условие:

$$|C_{бел} - C'_{бел}| \leq dC_{бел}, \quad (10)$$

где

$$dC_i = w \times C_i, \quad (11)$$

$$dC_{бел} = w \times C_{бел}, \quad (12)$$

а w – константа, задаваемая для достижения требуемого баланса между вероятностью ложного распознавания неоткалиброванной яркости и вероятностью ложного нераспознавания откалиброванной яркости, с учётом погрешности измерений. Какую именно формулу – (9) или (10) – использовать для сравнения, управляющая программа решает в зависимости от порядкового номера набора параметров в ЭСППЗУ, поскольку в программе жёстко задано, что белому цвету сопоставляется первый по порядку размещения в памяти набор параметров



(нулевой по номеру), а прочим калибруемым цветам – все остальные.

Преимущество предлагаемого способа хранения информации о яркости по сравнению с запоминанием в ЭСППЗУ самих значений  $C_i$  (версия управляющей программы 2.0) состоит в том, что при изменении условий измерения и распознавания (коэффициента усиления датчика, расстояния от датчика до объектов, интенсивности подсветки и тому подобное) нет необходимости обновлять содержимое всего массива данных обо всех цветах в ЭСППЗУ. Достаточно обновить значение  $C_{\text{бел}}$ .

Таким образом, итоговое решение о совпадении цвета исследуемого образца с одним из ранее откалиброванных цветов принимается управляющей программой (версия 3.0), если для некоторого набора данных из ЭСППЗУ одновременно выполняются условия (6), (7), (9) или (6), (7), (10).

### ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА И КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА

Для аппаратной реализации рабочего макета устройства в качестве центрального контроллера был использован

МК типа LPC1768 [3, 4] в составе отладочной (демонстрационной) платы MCB1760 производства Keil Software [5]. На этой плате, помимо МК и необходимой для его работы обвязки, также имеется большинство показанных на схеме (см. рис. 4) функциональных узлов: линейка светодиодов, кнопки и кнопочный манипулятор «джойстик», разъём для программирования и отладки МК (JTAG), цветной графический ЖКИ, динамик с усилителем звукового сигнала. Модуль датчика цвета I2C Color Sensor и микросхема I2C ЭСППЗУ подключаются к МК платы MCB1760 по шине I<sup>2</sup>C, линии которой SDA0 и SCL0 выведены на контакты разъёмов платы. Принципиальная схема всего устройства показана на рисунке 6.

Собрать макет можно и без платы MCB1760, используя только микроконтроллер LPC1768FBD100. К фрагменту принципиальной схемы MCB1760, содержащему все необходимые и достаточные для функционирования устройства элементы, цепи и соединения (обведён на рисунке 6 красной пунктирной линией) добавлены датчик I2C Color Sensor (DA1), микросхе-

ма I2C ЭСППЗУ (DD2) и стабилизатор +3,3 В (DA2) для их питания. Питание датчика и ЭСППЗУ организовано от отдельного стабилизатора, поскольку выход встроенного стабилизатора +3,3 В платы MCB1760 (DA3) не выведен на контакты её разъёмов. Хотя в датчике I2C Color Sensor на шине имеются свои подтягивающие резисторы сопротивлением 10 кОм, практика работы с устройством показала, что при задающей частоте 400 кГц шина I<sup>2</sup>C без дополнительных внешних резисторов R1, R2 работает неустойчиво.

Если плата MCB1760 не используется, можно осуществлять питание всех узлов только от одного стабилизатора +3,3 В, а также исключить драйвер светодиодов DD3 (в этом случае необходимо использовать резисторы R19–R26 сопротивлением не менее 860 Ом). Разъём X3 JTAG, предназначенный для загрузки и отладки управляющей программы МК, – стандартный, 20-контактный. Каждый из конденсаторов C16–C21 должен располагаться в непосредственной близости от соответствующего вывода питания МК DD1. Светодиоды HL1–HL9 – любые

## ВАКУУМНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

- Яркость 600 кд/м<sup>2</sup>
- Угол обзора 150° (конусный)
- Встроенные контроллеры управления
- Символы высотой 5 и 9 мм
- Вибрации от 10 до 500 Гц
- Удары до 20 г (по каждой оси)
- Ресурс от 40 000 до 100 000 часов
- Диапазон рабочих температур -40...+85°C

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ IEE

**PROSOFT**®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама

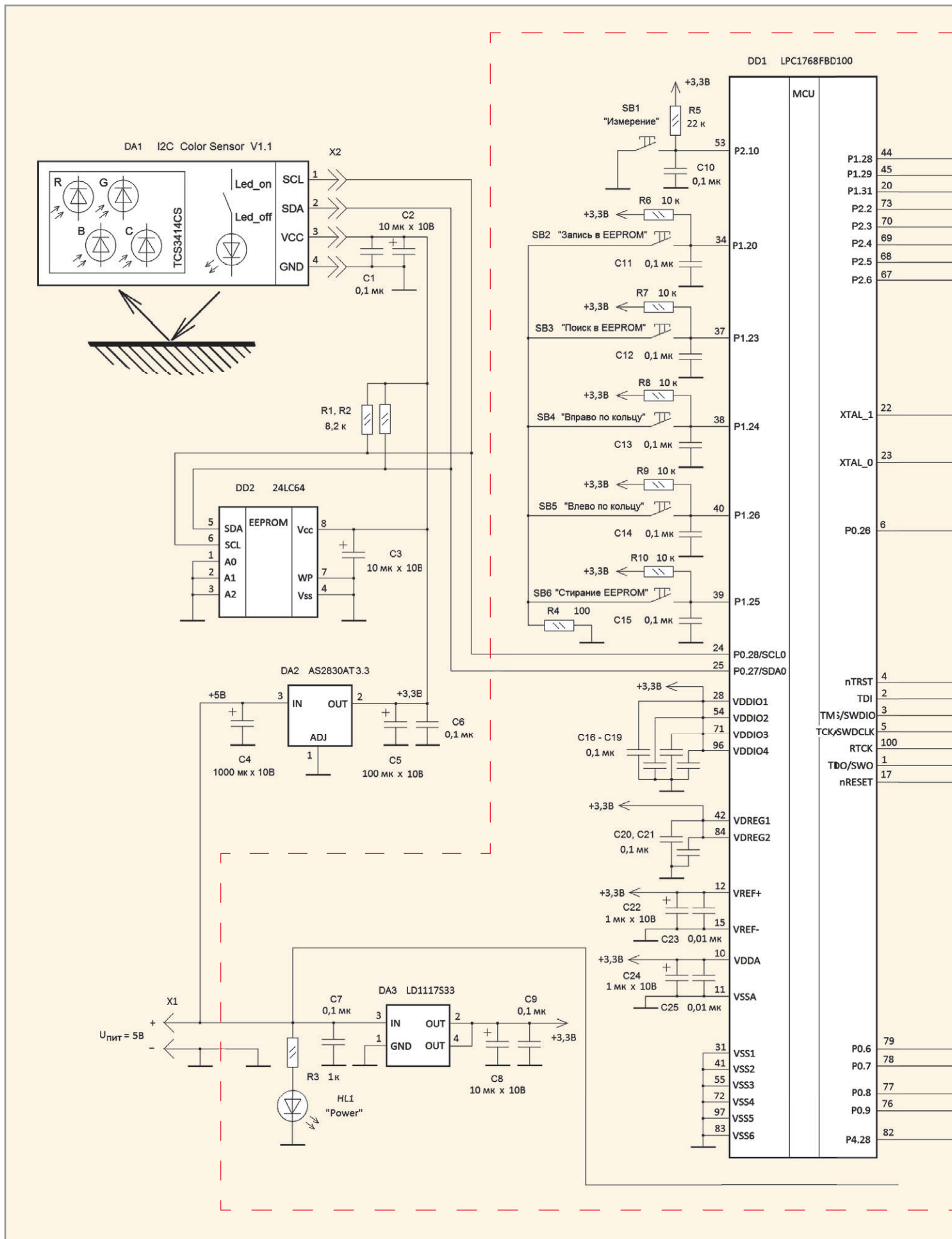
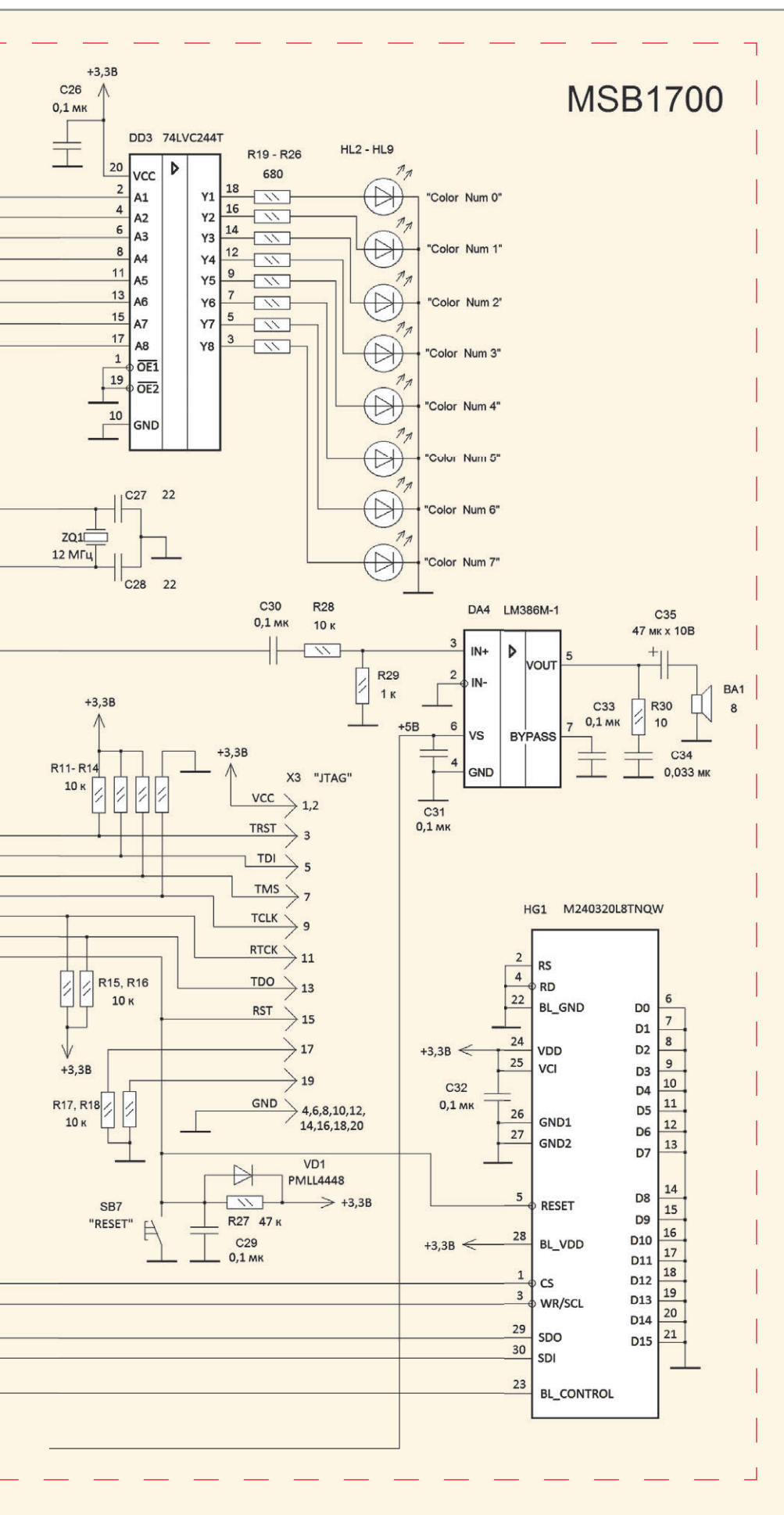


Рис. 6. Принципиальная схема макета устройства анализа и распознавания цвета



малогабаритные, для поверхностного монтажа, рассчитанные на рабочий ток 5–10 мА. Динамическая головка BA1 – любая малогабаритная. Можно обойтись без звукового усилителя DA4, подключив к выходу P0.26 (вывод 6 DD1) пьезоизлучатель.

Полная принципиальная схема отладочной платы MSB1760 в виде pdf-файла доступна на сайте производителя. Нумерация элементов там другая. Внешний вид макета устройства с платой MSB1760 показан на рисунке 7.

Как можно видеть на рисунке, модуль датчика цвета I2C Color Sensor смонтирован на шасси макета в горизонтальном положении, светоприёмным окном вниз. К штатному светоограничительному тубусу модуля, внутри которого находятся датчик TCS3414CS и светодиод подсветки, снизу с минимальным зазором прикладывается поверхность исследуемого объекта, который фиксируется в таком положении находящимся под ним подпружинивающим плоским куском чёрной резины, согнутым под углом 180 градусов. Это сделано с целью минимизации попадания на датчик любых внешних засветок, которые могут изменить спектральный состав излучения подсветки.

Кнопки управления SB2–SB6, показанные на схеме как отдельные, на плате MSB1760 образуют 5-позиционный манипулятор «джойстик». Кнопка управления SB1 («Измерение») на плате MSB1760 обозначена как «INT0».

### Управляющая программа

Управляющая программа МК обеспечивает обмен командами и данными с датчиком цвета I2C Color Sensor, обмен данными с I2C ЭСПЗУ, обработку принятых от датчика результатов измерений, вычисление набора конечных параметров, вывод его на ЖКИ, сравнение с наборами параметров, хранящихся в ЭСПЗУ, принятие решения по результатам этого сравнения, опрос кнопок управления, формирование звуковых сигналов, управление светодиодами и другие вспомогательные задачи.

После включения питания и инициализации процессорного ядра МК и используемых в данном приложении периферийных узлов МК (аппаратного модуля I2C0 и таймера системных сигналов времени SysTick) программа производит тестирование датчика цвета I2C Color Sensor путём записи и последующего чтения его командного регистра. Результат тестирования выводится на

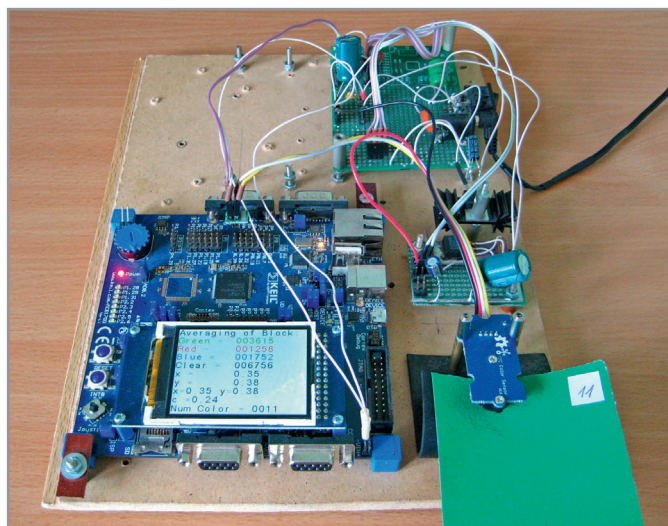


Рис. 7. Внешний вид макета устройства анализа и распознавания цвета

ЖКИ. Затем программа инициализирует датчик, задавая с помощью команд управления его основные настройки: режим выполнения АЦП, длительность цикла преобразования, коэффициент усиления входных сигналов. Записываемые в соответствующие регистры I2C Color Sensor значения сразу же считываются программой и выводятся на ЖКИ. Таким образом, пользователь может визуально контролировать исправность датчика и результат его инициализации. Выведенный на ЖКИ набор значений регистров I2C Color Sensor, соответствующий исправному датчику и успешному завершению инициализации, показан на рисунке 8. Значение регистра идентификатора (REG\_ID) не принципиально, и у различных экземпляров датчика может отличаться от показанного на рисунке 8.

Обмен командами/данными МК с датчиком и ЭСППЗУ осуществляется в программе с помощью функции записи N байт в ведомое устройство `wr_N_byte_I2C_Color()` и функции чтения K байт из ведомого устройства `rd_K_byte_I2C_Color()`. Указанные функции инициализируют процесс обмена по шине I<sup>2</sup>C, управляемый обработчиком прерываний `I2C0MasterHandler()` от аппаратного модуля I2C0 микроконтроллера. Согласно описанию датчика [1], считывание данных может осуществляться побайтно, пословно или блочно, то есть сразу всего массива данных. В нашем случае с помощью функции `READ_I2C_Color_ADC_BLOCK_AVERAGE()` реализуется блочное чтение.

После завершения инициализации датчика устройство переходит в ждущий режим, из которого доступно выполнение следующих пользователь-

ских операций: однократное измерение цветовых характеристик и вычисление набора параметров исследуемого объекта с выдачей результатов на ЖКИ (по нажатию кнопки SB1 «Измерение»), сохранение набора вычисленных параметров в выбранной области ЭСППЗУ (по нажатию кнопки SB2 «Запись в EEPROM»), стирание всего содержимого ЭСППЗУ (по нажатию кнопки SB6 «Стирание EEPROM»), перемещение по ЭСППЗУ в сторону увеличения/уменьшения номеров областей хранения наборов параметров с выводом их содержимого на ЖКИ (по нажатию кнопок SB4/SB5 «Вправо/Влево по кольцу»), автоматический последовательный перебор содержимого ЭСППЗУ со сравнением с отображаемым на ЖКИ набором параметров на предмет нахождения совпадения для распознавания цвета исследуемого объекта и выдачи результатов на ЖКИ (по нажатию кнопки SB3 «Поиск в EEPROM»).

Для датчика I2C Color Sensor программно задан режим выполнения АЦП, при котором преобразования производятся непрерывно. При нажатии кнопки «Измерение» программа производит накопление и последующее усреднение по выборке из 50 результатов преобразований (размер выборки задаётся константой `MAX_INTERVAL = 50`) для каждого из каналов, а затем вычисляет значения x и y с использованием функции `CONVERSION_I2C_Color_AVERAGE()`. Усреднённые по выборке значения R, G, B, C (целые положительные числа, представленные в отсчётах АЦП в диапазоне от 0 до 65535), а также вычисленные значения x и y (дробные десятичные числа, меньшие единицы, округлённые до сотых) выводятся на ЖКИ.

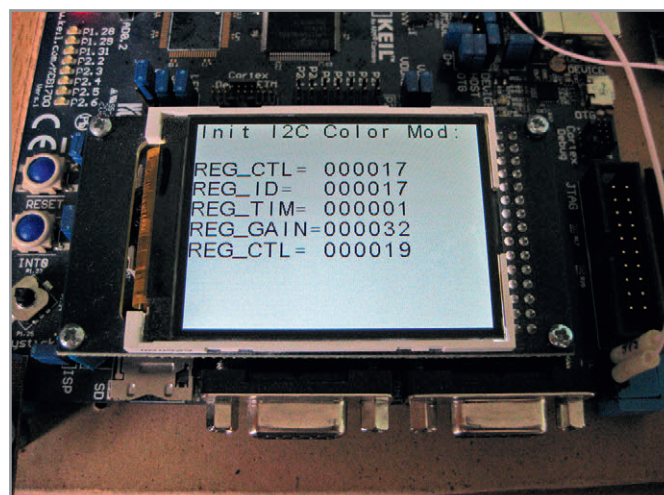


Рис. 8. Информация на ЖКИ, соответствующая успешной инициализации датчика I2C Color Sensor

При нажатии кнопки «Запись в EEPROM» полученный набор параметров записывается в I2C ЭСППЗУ. По умолчанию после сброса запись будет произведена в область ЭСППЗУ с номером 0. Чтобы записать данные в другие области, необходимо, используя кнопки «Вправо/Влево по кольцу», вручную задать нужный для записи номер. При этом на ЖКИ будут отображаться вместе с текущим номером области («Num Color = ») также её содержимое – значения «x = », «y = », «c = » («C = »). Если вместо числовых значений x, y, c(C) справа от знака равенства стоят прочерки, значит, отображаемая область ЭСППЗУ свободна от данных и может быть использована для калибровки нового цвета.

Запись можно произвести и в занятую область, но при этом новые данные запишутся поверх старых. Как уже было сказано, в нулевую область ЭСППЗУ (`Num Color = 0`) сначала необходимо записать набор параметров для цвета с максимальной (базовой) яркостью – то есть белого. Если этого не сделать, то попытки записи в другие области ЭСППЗУ приведут к выводу на ЖКИ сообщения об отсутствии базовой яркости «NO White», и запись не состоится.

Всего для записи доступно 50 областей, то есть устройство может распознавать до 50 цветов (количество задаёт константа `MAX_num_Color = 50`). При необходимости количество цветов может быть увеличено до предела, ограниченного только объёмом ЭСППЗУ. Область данных, соответствующая одному цвету, занимает в ЭСППЗУ восемь байтов. В первом байте содержится признак заполнения области данными: если программа считывает

оттуда константу POLON = 'A', то считает область заполненной, в противном случае – пустой. При распознавании цвета в сравнении участвуют только заполненные области. Второй байт не используется (зарезервирован) у всех областей, кроме нулевой. В нулевой области этот байт содержит признак того, что была произведена калибровка цвета с базовой яркостью – константу KALIBR = 'E'. Третий и четвёртый байты используются для хранения значения x, пятый и шестой – для хранения y, седьмой и восьмой – для хранения c (для нулевой области) и для хранения s (для прочих областей). Значения x, y, c обрабатываются программой как вещественные числа (Float), но для экономии памяти в ЭСППЗУ записываются как целые (Int), получаемые из вещественных путём умножения на 100 и преобразования типа числа.

При нажатии кнопки «Стирание EEPROM» все области ЭСППЗУ, отведённые для хранения данных, заполняются константами '0', а на ЖКИ выводится сообщение «Clear I2C Memory». Чтобы исключить случайное стирание ЭСППЗУ, время реакции программы на нажатие этой кнопки (антидребезговый интервал) задано на порядок больше, чем у остальных, поэтому для запуска операции кнопку «Стирание EEPROM» необходимо удерживать нажатой не менее двух секунд.

При нажатии кнопки «Поиск в EEPROM» программа производит измерение цветовых характеристик и вычисление набора параметров исследуемого объекта, аналогично нажатию кнопки «Измерение», но без вывода результатов на ЖКИ. Затем производится последовательный перебор содержимого ЭСППЗУ со сравнением набора параметров из каждой заполненной области и результатов измерения на предмет нахождения совпадения, согласно условиям, описанным выше. При первом совпадении сравнение останавливается, и на ЖКИ выводится сообщение «Find OK», номер совпавшего набора параметров и их значения, считанные из ЭСППЗУ. При отсутствии совпадений в конце сравнения на ЖКИ выводится сообщение «Find NO OK». Указанную процедуру реализует функция Find\_I2C\_Memory(). В эту же функцию встроен программный блок, который в случае совпадения для любого из первых восьми номеров кратковременно зажигает соответствующий ему светодиод HL2–HL9.

Исходный текст управляющей программы версии 3.0 (и файл прошивки флэш-памяти МК) содержится в каталоге проекта I2C\_Color, архив которого доступен для загрузки на сайте журнала ([www.soel.ru](http://www.soel.ru)). Проект был подготовлен и отлажен в интегрированной среде разработки IDE  $\mu$ Vision4 V4.72 от Keil Software.

Программирование и отладка управляющей программы МК производились с помощью JTAG-адаптера-программатора ULINK-ME, подключаемого к разъёму JTAG МК отладочной платы и к ПК через порт USB.

### Работа с устройством

После завершения сборки макета и отладки управляющей программы устройство было протестировано путём калибровки и последующего распознавания цветов множества реальных объектов. В качестве таковых использовались кусочки цветной бумаги из детского набора, цветные наклейки, фрагменты рекламных буклетов и тому подобное. При этом соблюдалось единственное требование к образцу: его цвет должен быть однородным во всей исследуемой (подсвечиваемой) области. Всего использовалось около двадцати объектов различных цветов, каждый из которых был пронумерован. Результаты калибровок приведены в таблице.

Исходя из информации, содержащейся в таблице, а также статистики достоверности распознавания, набранной в ходе тестирования, определились значения констант из приведённых выше

формул. Значения констант dx и dy из формул (6) и (7) в программе заданы как DOL\_SOWP\_x = DOL\_SOWP\_y = 0,021. Значение константы w из формул (11), (12) задано равным 0,1, то есть совпадение по яркости фиксируется с точностью до 10% (PROZ\_SOWP\_C = 10).

При неизменном излучении подсветки устройство безошибочно и стабильно распознает все откалиброванные цвета, выдавая по итогам сравнения номер соответствующего образца. Изменение коэффициента усиления входных сигналов датчика цвета I2C Color Sensor на качество распознавания не влияет. В этом случае требуется только перекалибровать и записать в ЭСППЗУ новое значение  $C_{\text{бел}}$  для белого цвета, поскольку значения результатов АЦП в каналах Red, Green, Blue и Clear для одних и тех же цветов существенно изменятся. Коэффициент усиления входных сигналов и прочие настройки I2C Color Sensor задаются в программе внутри функции I2C\_Color\_Init\_IND\_GLCD\_Display().

### ЛИТЕРАТУРА

1. TCS3414 Color Sensor With SYNC input for color sensing synchronization and in-package IR blocking filter (CS package only), [www.ams.com/eng/Products/Light-Sensors/Color-Sensor/TCS3414](http://www.ams.com/eng/Products/Light-Sensors/Color-Sensor/TCS3414).
2. [www.seeedstudio.com/wiki/index.php?title=Twig\\_-\\_I2C\\_Color\\_Sensor\\_v0.9b](http://www.seeedstudio.com/wiki/index.php?title=Twig_-_I2C_Color_Sensor_v0.9b).
3. [www.nxp.com/products/microcontrollers/cortex\\_m3/lpc1700/LPC1768FBD100.html](http://www.nxp.com/products/microcontrollers/cortex_m3/lpc1700/LPC1768FBD100.html).
4. LPC1768. [www.keil.com/dd/chip/4868.htm](http://www.keil.com/dd/chip/4868.htm).
5. MCB1700 Evaluation Board and Starter Kit. [www.keil.com/mcb1700](http://www.keil.com/mcb1700).



### Параметры, используемые для распознавания цвета

Номер набора данных в ЭСППЗУ	Цвет (субъективное восприятие)	x	y	c
0	Белый	0,34	0,37	1,00
1	Красный коралловый	0,52	0,45	0,32
2	Ярко-синий	0,18	0,28	0,28
3	Зелёный	0,37	0,38	0,34
4	Тёмно-серый	0,35	0,37	0,16
5	Коричневый	0,40	0,39	0,22
6	Жёлтый	0,43	0,42	0,64
7	Фиолетовый	0,30	0,34	0,26
8	Чёрный	0,34	0,37	0,11
9	Красный рубиновый	0,68	0,51	0,20
10	Ярко-оранжевый	0,61	0,49	0,32
11	Изумрудно-зелёный	0,35	0,38	0,24
12	Тёмно-синий	0,24	0,31	0,18
13	Чёрный бархатный	0,34	0,37	0,09
14	Салатовый	0,40	0,40	0,67
15	Бледно-голубой	0,33	0,36	0,86
16	Бледно-жёлтый	0,37	0,38	0,91
17	Светло-оранжевый	0,54	0,46	0,67
18	Лимонно-жёлтый	0,42	0,41	0,75

# Импульсный ИП со стабилизированным выходом и низким уровнем пульсаций

## Часть 2

Алексей Кузьминов (Москва)

В статье описан сетевой импульсный источник питания со стабилизированным выходным напряжением  $\pm 20$  В / 10 А и относительно низким уровнем пульсаций.

### СНАББЕРЫ

Эксперименты с транзисторами проводились при использовании демпфирующих цепочек, установленных со стороны стока транзисторов, поскольку без них транзистор мгновенно выйдет из строя как от перегрузки по напряжению, так и от перегрузки по току. Классический снаббер (см. рис. 13а) представляет собой цепочку, состоящую из высоковольтного сверхбыстрого (Super Fast) диода VD1, подключённого к стоку транзистора. К этому диоду подключена цепь RC. При этом сток транзистора подключается к крайнему выводу полуобмотки трансформатора ( $T_n$ ), а RC-цепочка – к напряжению питания ( $T_v$ ).

Назначение снаббера – погасить высокочастотные колебания тока и напряжения, возникающие при выключении транзистора. Дело в том, что паразитные ёмкости, сосредоточенные вокруг транзистора, и так называемая индуктивность рассеяния обмотки трансформатора образуют резонансный контур, в котором циркулируют

высокочастотные колебания с частотой до нескольких десятков МГц. Хотя эти колебания постепенно затухают, время их затухания довольно велико и сравнимо с длительностью импульса ШИМ. Амплитуда первых колебаний может достигать двойного напряжения питания, что мгновенно выведет транзистор из строя.

Снабберная цепочка гасит эти колебания как по амплитуде, так и по времени, принимая энергию колебаний на себя и рассеивая её в виде тепла. При этом резистор (например, R1 на рисунке 13а), естественно, нагревается. Мощность рассеяния резистора при напряжении питания в 300 В может достигать нескольких ватт. Номинал резистора R1 составляет от 10 до 30 кОм, поэтому его мощность должна равняться 10 Вт и более (с двойным запасом). Ёмкость конденсатора C1, как правило, составляет от нескольких нанофард до десятков нанофард. Эффективность простых снабберов невысока. Причиной тому большое рассеяние энергии.

Второй тип снабберов – не диссипативный. Их пример приведён на рисунке 13б. В снаббер включена дополнительная катушка индуктивности L1, которая при выключении транзистора принимает энергию. Другими словами, ток, протекающий через полуобмотку трансформатора, после выключения транзистора перенаправляется в катушку L1, а затем возвращается обратно (то есть в источник питания) с помощью двух сверхбыстрых диодов VD1, VD2 и конденсатора C1. Эффективность подобного снаббера чуть выше, чем предыдущего (см. рис. 13а), однако отсутствие резисторов приводит к тому, что от большого тока, постоянно циркулирующего через диоды, последние сильно нагреваются и требуют дополнительного охлаждения.

Эксперименты автора со снабберами, представленными на рисунках 13а и 13б, показали, что их применение в двухтактной схеме связано с сильным нагревом резисторов и диодов, что снижает общую эффективность ИИП. Вероятно, поэтому двухтактная схема, несмотря на все свои достоинства, применяется только в тех случаях, когда напряжение питания не превышает 150 В. Если же напряжение питания составляет 300 В, чаще используется так называемая полумостовая схема, где на транзисторы подаётся половинное напряжение питания, то есть 150 В.

Проблему со снабберами в двухтактной схеме с использованием напряжения питания 300 В удалось решить, используя рекомендации Ларри Мерса (Larry Meares) [7]. В схему на рисунке 13а между диодом и RC-цепочкой был добавлен ещё один резистор – R1 (см. рис. 13в). В исходном снаббере (см. рис. 13а) использовался сверхбыстрый диод MUR160 с максимальным током в 1А, обратным напряжением 600 В и временем восстановления 75 нс. Номинал резистора составлял 27 кОм, а ёмкость конденсатора – 100 нФ. В снаббере на рисунке 13в номинал резистора (R2) составил 100 кОм, а ёмкость конденсатора – 2,7 нФ, и был использован выпрямительный диод

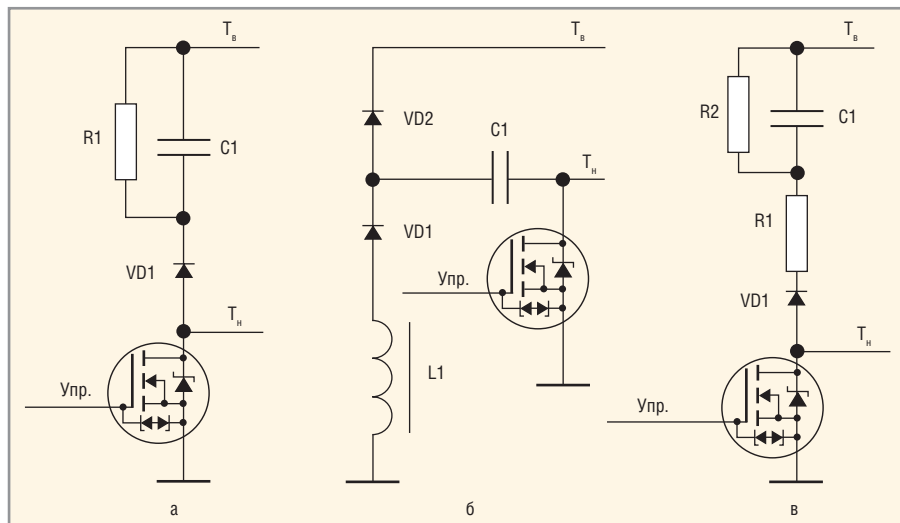


Рис. 13. Схемы снабберов: а – классический RCD-снаббер; б – недиссипативный LC2D-снаббер; в – 2RCD-снаббер

общего назначения 1N4007, аналогичный по току и напряжению MUR160, но с временем восстановления 2,5 мкс. Номинал дополнительного резистора R1 – 68 Ом. В работе Мерса [7] сообщалось, что эффективность модифицированного снаббера выше.

При сравнении снабберов, показанных на рисунках 13а и 13в (с параметрами, приведёнными в работе Ларри Мерса [7]), видно, что номинал резистора R2 увеличился почти в четыре раза, а номинал конденсатора уменьшился в 37 раз по сравнению с исходными. Это означает, что нагрев резистора R2 должен уменьшиться в четыре раза. Кроме того, следует ожидать снижения нагрева диода, так как общее сопротивление цепочки R2C1 увеличилось (импеданс конденсатора возрос в 37 раз). В экспериментах, когда к плате транзисторов был подключён трансформатор, в «классической» схеме, изображённой на рисунке 13а, с параметрами R1 = 10 кОм, C1 = 10 нФ и сверхбыстрым диодом HER508, резистор и диод грелись неимоверно, амплитуда импульса выброса не превышала 200 В (над напряжением пита-

ния) при длительности около 500 нс. Установка медленного диода 5A10, резисторов и конденсаторов с рекомендуемыми Мерсом [7] параметрами (R1 = 68 Ом, R2 = 100 кОм, C1 = 2,7 нФ) привела к полному отсутствию нагрева резистора R2 и диода (резистор R1 был тёплым). Но главное – длительность выброса уменьшилась до 150...180 нс, а транзисторы перестали греться.

Последующие эксперименты показали, что номинал резистора R2 можно увеличить до 200...300 кОм, ёмкость конденсатора снизить до 1,5 нФ, а номинал резистора R1 уменьшить до 60 Ом. В этом случае амплитуда выброса уменьшилась до 170 В, а его длительность в нижней части – до 75 нс. При частоте в 60 кГц максимальная длительность импульса ШИМ составляет около 7 мкс, что почти в 100 раз превышает длительность импульса выброса. Поэтому в энергетическом отношении этот импульс выброса занимает ничтожную часть импульса ШИМ.

Для ограничения максимальной амплитуды импульса выброса в ИИП часто используют так называемые супрессоры. Если такая амплитуда

составляет, например, 200 В, то, установив супрессор с рабочим напряжением немного больше 100 В (например, в 120...150 В), можно действительно ограничить эту амплитуду до значения в 100 В. Однако эксперименты с супрессорами показали, что длительность импульса выброса возрастает приблизительно на порядок – до 750...800 нс, то есть составляет до 10% от максимальной длительности импульса ШИМ. Таким образом, применение супрессора, снижая амплитуду импульса выброса в два раза, растягивает его по длительности на порядок. Подсчитав площадь исходного импульса ( $200 \text{ В} \times 75 \text{ нс} = 15 \text{ В} \times \text{мкс}$ ) и площадь импульса при наличии супрессора ( $100 \text{ В} \times 800 \text{ нс} = 80 \text{ В} \times \text{мкс}$ ), можно сделать вывод, что эта площадь, то есть энергия, увеличивается более чем в 5 раз. Эта дополнительная энергия рассеивается как транзистором, так и супрессором, что приводит к их нагреву. Кроме того, сама форма импульса выброса из почти треугольной превращается в трапецидальную, что в несколько раз ухудшает шумовые характеристики выходного напряже-



## РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

- Разработка герметичных DC/DC-преобразователей для ответственных применений
- Разработка и производство мощных источников питания для авиационной аппаратуры
- Разработка заказных силовых и ВЧ/СВЧ-модулей
- Производство дискретных силовых компонентов в керамических корпусах
- Разработка и проведение испытаний изделий и компонентов силовой электроники

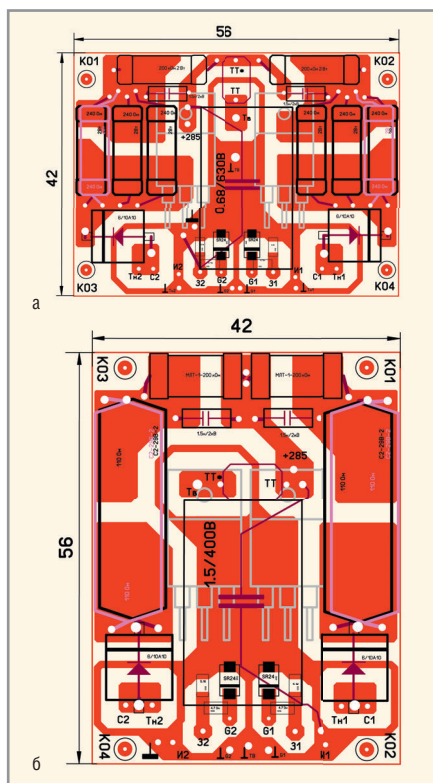
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР НПП «АРБЕЛОС»

**ProCHIP**  
POWERED BY ProSOFT

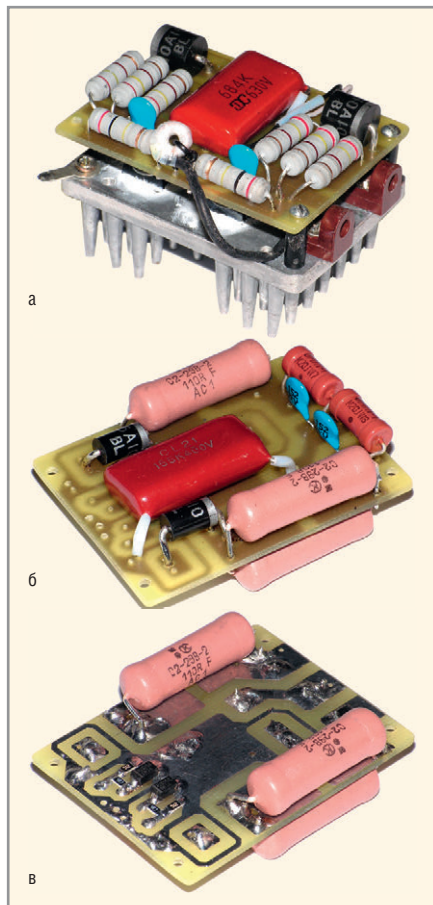
Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU

Реклама



**Рис. 14. Разводка плат транзисторов с резисторами:** а –  $8 \times 240$  Ом (2 Вт, импортные); б –  $4 \times 110$  Ом (C2-29В-2 Вт)



**Рис. 15. Фотографии плат транзисторов с различными резисторами R7 и R11:** а –  $8 \times 240$  Ом (2 Вт, импортные) на радиаторе; б –  $4 \times 110$  Ом (C2-29В-2 Вт); в – вид с обратной стороны

ния ИИП. Поэтому от использования супрессоров в снаббере автор статьи отказался.

Следует отметить, что малая длительность выброса (75 нс) является препятствием для его прохождения через трансформатор с достаточно большой индуктивностью, поскольку для коротких импульсов трансформатор представляет собой объект большого индуктивного сопротивления. Кроме того, материал феррита, из которого изготовлен сердечник трансформатора (N87, N97), способен работать до частот, не превышающих 100 кГц. Частота, эквивалентная длительности 75 нс, составляет 13 МГц. Практика показала, что эти импульсы (хотя заметно меньшей амплитуды) всё-таки проходят через трансформатор (вероятно, через его паразитную ёмкость). Поэтому на выходных обмотках трансформатора установлены небольшие снабберы.

Для снижения нагрева резистора  $R1 = 60$  Ом в каждое плечо установлены четыре резистора по 240 Ом (общим сопротивлением в 60 Ом) и мощностью 2 Вт каждый. В таком виде снаббер используется в рабочей схеме платы транзисторов (см. часть 1 статьи, рис. 10). Работа снаббера (по электрическим характеристикам) в этом, втором, варианте не изменилась, но нагрев двух резисторов C2–29В (в каждом плече) немного снизился. Такой вариант снаббера также был разведён на другой плате (см. далее). Вместо диодов 5A10 можно использовать диоды 6A10 (с током в 6А) и 10A10 (10А).

Резисторы R3 и R4 (см. рис. 10) ограничивают ток затворов транзисторов, R1 и R2 служат для надёжного запирания транзисторов, диоды VD1 и VD2 защищают затворы транзисторов и сам контроллер от высоковольтных выбросов напряжения. Конденсатор C1 является своего рода энергетическим резервуаром. Трансформатор тока TP1 – измерительный. Он намотан на ферритовом кольце  $R6,3 \times 3,8 \times 2,5$  (размером  $R \times r \times h = 6,3 \times 3,8 \times 2,5$  мм, марки B64290-P37-X87) из материала N87. Первичная обмотка содержит один виток провода MC16-13 (или МГТФ) сечением  $0,2 \text{ мм}^2$ , вторичная – 100 витков ПЭЛШО 0,08 (можно использовать провод ПЭЛШО 0,1). Поверх вторичной обмотки кольцо обматывается двумя слоями фторопластовой ленты толщиной 0,05 мм, затем через кольцо пропускается виток токоизмерительного провода.

На рисунке 14 приведены два варианта разводки (транзисторы, расположенные под платой транзисторов на радиаторах, условно показаны серым цветом), а на рисунке 15 – фотографии изготовленных плат.

Плата устанавливается на игольчатый радиатор (И230) с площадью поверхности  $135 \text{ см}^2$  и мощностью рассеивания 7 Вт с помощью четырёх стоек. Сам радиатор крепится ко дну корпуса двумя карболитовыми уголками (см. рис. 15а). Транзисторы устанавливаются на теплопроводящую пасту. Их выводы, защищённые трубками из ПВХ, соединяются с платой короткими отрезками провода МГТФ сечением  $0,1\text{--}0,12 \text{ мм}^2$ .

## Высокочастотный трансформатор

Хотя формулы, по которым можно найти требуемые параметры трансформатора, хорошо известны, основной компромисс при выборе, например, числа витков первичной обмотки трансформатора,  $W$ , от которого зависит индуктивность  $L$ , пропорциональная квадрату числа витков  $L \sim W^2$ , заключается в следующем.

С одной стороны, чем больше индуктивность первичной обмотки трансформатора  $L$ , тем больше амплитуда импульса выброса, пропорциональная индуктивности и производной по току  $A_{\text{imp}} \sim L \cdot di/dt$ . Большая индуктивность  $L$  первичной обмотки может увеличить амплитуду выброса до неприемлемого значения и вызвать повреждение высоковольтных транзисторов из-за перенапряжений.

С другой стороны, недостаточная индуктивность первичной обмотки может привести к значительному увеличению магнитной индукции  $B$ , которая обратно пропорциональна числу витков  $B \sim 1/W$ . При недостаточном числе витков магнитная индукция  $B$  может возрасти так, что это приведёт к началу насыщения сердечника магнитопровода (когда  $B > B_{\text{max}}$ ), нарушению нормальной работы трансформатора и, как результат, к увеличению тока через транзисторы, их перегреву и выходу из строя.

Поэтому найденные расчётным путём параметры трансформатора требуют экспериментальной проверки, что и было сделано с четырьмя трансформаторами, параметры которых указаны в таблице 2. Измерялась температура как самих трансформато-



ров, так и теплоотода транзисторов. Кроме того, осциллографом наблюдалась амплитуда выброса относительно напряжения питания. Эксперимент проводился при отсутствии нагрузки и при максимальном токе нагрузки, составляющем 10 А.

Магнитопровод трансформатора представляет собой кольцо с размерами  $D \times d \times h$ , где  $D$  – внешний диаметр кольца,  $d$  – внутренний диаметр,  $h$  – высота кольца. Число, стоящее после марки провода МС16-13 или МГТФ, – это сечение провода в  $\text{мм}^2$ . Число, стоящее после марки провода ПЭТВ-2 (0,5 × 10), означает, что вторичная обмотка наматывается параллельно сразу десятью проводами диаметром 0,5 мм каждый. Кольца № 1, № 3 и № 4 выпускаются компанией Epcos, кольцо № 2 – компанией TDK. Магнитные проницаемости  $\mu$  всех колец – немного больше 2000 (точное значение  $\mu$  указано в справочном листке на каждое кольцо).

Эксперимент показал следующее. Трансформаторы № 1 и № 2 испытывают еле заметный нагрев, а трансформаторы № 3 и № 4 остаются абсолютно холодными при токе 10 А. При отсутствии нагрузки все трансформаторы холодные. Радиаторы платы транзисторов, независимо от типа трансформатора, в отсутствие нагрузки нагреваются немного больше (приблизительно до 30°C), чем при токе 10 А (25°C). Амплитуда выброса при использовании трансформаторов № 1 и № 2 составляла около 170 В, при использовании трансформаторов № 3 и № 4 – около 180 В, хотя индуктивность трансформаторов № 3 и № 4 (18,5 мГн) больше индуктивности трансформаторов № 1 и № 2 (13,5 мГн) почти на треть.

Параметры трансформаторов № 1 и № 2, за исключением размеров, практически одинаковы (см. таб. 2). Эффективная площадь сечения кольца у них также одинаковая (77  $\text{мм}^2$ ). Магнитопровод трансформатора № 1 немного выше, но имеет чуть меньший диаметр. Интерес к сравнению этих трансформаторов состоял в том, что кольцо трансформатора № 2 имеет невероятно низкую стоимость – около 10 руб. за штуку, из-за этого их продают в количестве не менее 11 штук. Это кольцо не имеет внешнего покрытия, поэтому его заострённые кромки перед намоткой необходимо скруглить, а затем обмотать кольцо двумя слоями фторопластовой ленты толщиной 0,5 мм. Магнитопровод трансформатора № 1, как

и магнитопроводы трансформаторов № 3 и № 4, имеет достаточно прочное диэлектрическое покрытие. Его стоимость составляет около 70 руб. за штуку. Трансформатор № 4 имеет самые большие габариты из всех четырёх трансформаторов и самую большую стоимость – около 120 руб. за штуку. Интерес к этому трансформатору состоял в проверке его работы при токе 15 и 20 А. Для ИИП был выбран трансформатор № 3, так как, во-первых, он практически не нагревается, во-вторых, имеет приемлемые габариты и стоимость около 80 руб. за штуку.

Технология намотки трансформаторов состоит в следующем. Вначале параллельно наматываются две первичные обмотки. После этого конец первой обмотки соединяется с началом второй. Это и есть средняя точка. К этой точке припаивается провод чуть большего диаметра, а на место спайки надевается трубка из ПВХ. Далее на все три провода надевается экранирующая оплётка, а на неё – изолирующая трубка из ПВХ. После этого кольцо обматывается одним слоем фторопластовой ленты толщиной 0,05 мм. Затем в разные стороны наматываются две полуобмотки питания контроллера, их концы спаиваются вместе и припаиваются к экрану. Противоположные концы обмоток помещаются внутрь экрана, на который надевается трубка. После этого всё кольцо, в том числе и обмотка питания, обматывается ещё одним слоем фторопластовой ленты толщиной 0,1 мм (или двумя слоями ленты толщиной 0,05 мм).

Перед намоткой двух вторичных полуобмоток их концы спаиваются вместе, к ним припаивается «земляной» провод, а на место спайки надевается трубка из ПВХ. Далее наматывается одна из вторичных полуобмоток, и кольцо обматывается одним слоем фторопластовой ленты. После этого в обратную сторону наматывается

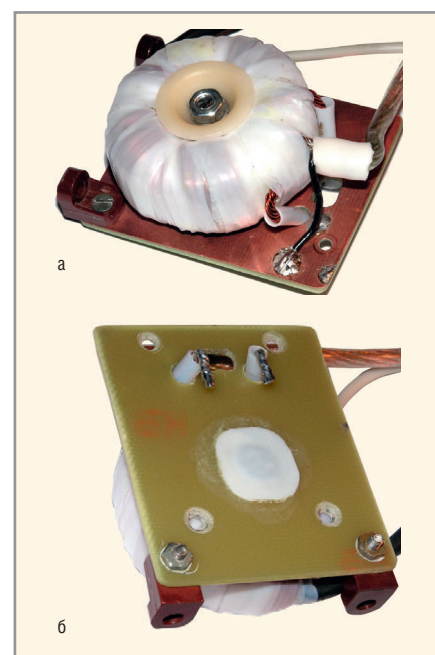


Рис. 16. Фотография ВЧ-трансформатора:

а – вид со стороны отводов обмотки,

б – вид с обратной стороны

вторая полуобмотка. Поскольку количество витков вторичных обмоток мало (5 или 7), вторую полуобмотку желательно поместить между витками первой. Затем всё кольцо ещё раз обматывается фторопластовой лентой. Трансформатор готов.

С платой транзисторов и платой контроллера трансформатор соединяется экранированными кабелями, экран которых подключается к «земле» платы транзисторов и платы контроллера, соответственно. Трансформатор устанавливается на стеклотекстолитовой пластине с отверстиями, через которые пропускаются два конца вторичных полуобмоток с надетыми на них фторопластовыми трубками. Эти два конца впоследствии припаиваются к соответствующим контактам платы диодов. Трансформатор крепится к пластине одним винтом М4 (см. рис. 16а). На шляпку винта

Таблица 2. Параметры тестируемых трансформаторов

Параметры трансформатора	№1	№2	№3	№4
Размер (мм), материал магнитопровода	R29,5 × 19 × × 14,9, N87	R31 × 19 × × 13, РС40	R38,1 × 19,05 × × 12,7, N87	R41,8 × 26,2 × × 12,5, N97
Число витков первичной обмотки		2 × 59		2 × 77
Число витков вторичной обмотки		2 × 5		2 × 7
Число витков обмотки питания		2 × 3		2 × 4
Индуктивность первичной полуобмотки, мГн		13,5	18,3	18,5
Провод первичной обмотки	МС16-13 0,12	МГТФ 0,12	МГТФ 0,2	МГТФ 0,12
Провод вторичной обмотки	ПЭТВ-2 0,5 × 10	ПЭТВ-2 0,5 × 10	ПЭТВ-2 0,5 × 10	ПЭТВ-2 0,5 × 10
Провод обмотки питания		МГТФ 0,03		

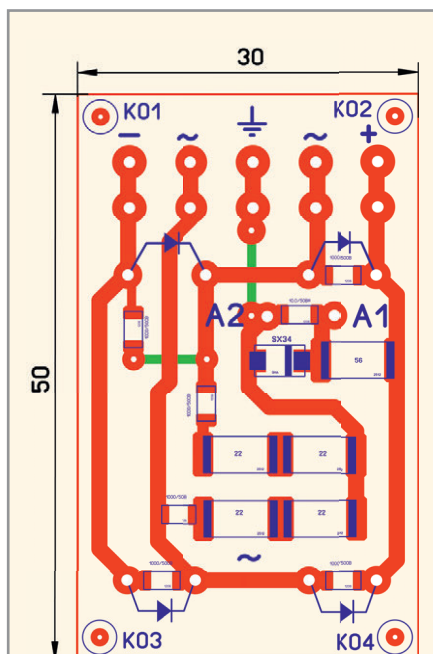


Рис. 17. Разводка платы ВЧ-выпрямителя

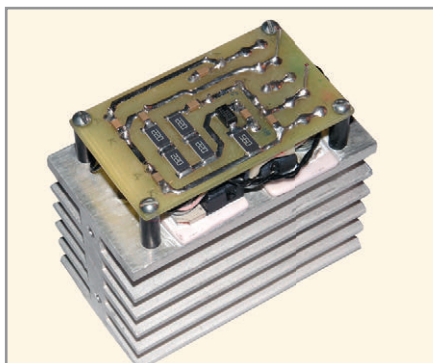


Рис. 18. Фотография ВЧ-выпрямителя на теплоотводе

приклеивается небольшой кусок фторопластовой ленты толщиной 0,5 мм (см. рис. 16б). Стеклотекстолитовая пластина закрепляется на дне корпуса двумя карболитовыми уголками. Медное покрытие пластины заземляется небольшим отрезком провода (см. рис. 16а).

Плата ВЧ-выпрямителя (см. рис. 10) состоит из четырёх диодов STPS40L40CT (VD1-VD4) в корпусе ТО-220. Схема выпрямления организована в виде двух полумостов со средней точкой: полумост VD1, VD2 предназначен для получения положительного напряжения (+25 В), полумост VD3, VD4 – для отрицательного (-25 В). В каждом корпусе находится два диода с максимальным обратным напряжением 40 В и максимальным током 20 А. Катоды диодов соединены внутри корпуса, а аноды соединяются навесным монтажом. Диоды установлены на теплоотводе через керамические прокладки и соединяются с платой отрезками провода МГТФ 0,2. На места спайки проводов с выводами диодов надеваются трубки. Параллельно каждому из диодов подключены конденсаторы (С3-С6), подавляющие ВЧ-помехи. Снабберы R1С1 и R2С2 снижают высокочастотные пульсации напряжения. На той же плате находятся элементы R3, С7 и VD5, предназначенные для подачи напряжения питания на реле, расположенное на плате сетевого выпрямителя (см. часть 1 статьи, рис. 2). При включении сетевого напряжения и после того, как начнёт работать трансформатор, напряжение питания с контактов А1-А2 платы ВЧ-выпрямителя подаётся на соответствующие контакты реле, последнее закорачивает резистор R1 (см. рис. 2), подавая на ИИП полноценное питание. В этом состоянии реле находится на протяжении всего времени работы ИИП.

Разводка платы ВЧ-выпрямителя показана на рисунке 17. Сама плата крепится к радиатору (О111-60) на четырёх пластмассовых стойках (см. рис. 18), а радиатор – ко дну корпуса двумя винтами с теплоизолирующими фторопластовыми шайбами.

На плате можно увидеть два штырька, к которым припаиваются концы вторичных полуобмоток трансформатора (см. рис. 16б). При таком способе монтажа минимизируется длина проводников от вторичной обмотки трансформатора до платы ВЧ-выпрямителя, что снижает уровень пульсаций выходного напряжения ИИП.

В заключительной третьей части статьи будут рассмотрены высокочастотный LC-фильтр, предварительный и линейные стабилизаторы, а также компоновка и внешний вид ИИП.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мачинский В., Штильман В. Сглаживающие фильтры на транзисторах. Радио. 1965. № 4.
2. Жучков В., Зубков О., Радутный И. Блок питания УМЗЧ. Радио. 1987. № 1.
3. Кузьминов А. Метод фоторепродуцирования для изготовления фотошаблона печатных плат в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 5-7.
4. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 8-10.
5. Кузьминов А. Мощный стабилизатор двухполярного напряжения для УМЗЧ. Радио, № 5, 2012
6. Кузьминов А. Использование мощных полевых транзисторов и операционных усилителей в прецизионных регуляторах и стабилизаторах напряжения. Современная электроника. 2012. № 7.
7. Meares Larry. Designing R2CD Snubbers Using Standard Recovery Diodes. Intusoft. www.intusoft.com. 2013.
8. Уильямс Д. Минимизация прохождения помех от импульсного стабилизатора напряжения через линейный стабилизатор. Компоненты и технологии. 2007. № 2.



## Новости мира News of the World Новости мира

### Расширенное совещание руководителей предприятий РЭП собрало 177 человек

23 апреля 2015 г. в ЗАО «МНИТИ» состоялось расширенное совещание руководителей предприятий радиоэлектронной промышленности по вопросу «Итоги деятельности радиоэлектронной промышленности за 2014 год. Основные задачи и направления развития промышленности в 2015 году».

С докладом выступил директор Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России С.В. Хохлов. В работе совещания приняли участие сотрудники Военно-промышленной комиссии Российской Федерации, Минпромторга России, Минобороны России, Минобрнауки России, РАН, ГК «Росатом», ГК «Ростех», Экспертного совета при Комитете Госдумы по промышленности по развитию предприятий радиоэлектронной промышленности, руководители интегрированных структур, пред-

приятий и организаций отрасли, представители средств массовой информации.

Всего в совещании приняли участие 177 человек, было заслушано 18 докладов и выступлений по актуальным вопросам развития радиоэлектронной промышленности.

Решение расширенного совещания после утверждения будет опубликовано на сайтах Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России.

**Департамент РЭП**

# Светотехническая продукция для промышленности, города, деловой инфраструктуры

## ПРОМЫШЛЕННАЯ СВЕТОТЕХНИКА специализированная выставка 2015

Реклама

7-8 октября 2015 г.:  
Всероссийская конференция  
“Светотехническая продукция для  
промышленности, города, деловой  
инфраструктуры”

В рамках МЕЖДУНАРОДНОГО ГОДА СВЕТА

- Производство современной светотехники: комплектующие, технологии, решения;
- Светотехническая продукция для производственных и складских помещений;
- Уличное освещение, архитектурная подсветка;
- Вопросы гигиены света. Особенности выбора светотехники для детских и лечебных учреждений, общественных мест.

Организаторы: редакция журнала LUMEN, НП ПСС,  
При содействии университета ИТМО.  
Регистрация участников: <http://www.promlight-expo.ru/ticket>

7-9 октября 2015 года

Санкт-Петербург, ЦВК «Экспофорум»  
5-я специализированная выставка

В рамках XIX международного форума  
«Российский промышленник 2015»



Оргкомитет выставки:  
Тел. +7(495) 287-4412

E-mail: [info@promlight-expo.ru](mailto:info@promlight-expo.ru)  
[Http://www.promlight-expo.ru](http://www.promlight-expo.ru)



# Основы измерения коэффициента шума в радиочастотном и микроволновом диапазонах

## Часть 1

Максим Соковишин, Keysight Technologies

В статье разбираются основные понятия, которые используются при измерении и вычислении шумовых характеристик радиоэлектронных устройств и их компонентов, рассматриваются методы измерения коэффициента шума и особенности специализированных приборов.

Современным радиоприёмным системам зачастую приходится работать с очень слабыми сигналами. При этом слабые сигналы маскируются шумами, вносимыми компонентами системы. Способность системы обрабатывать сигналы низкого уровня характеризуется такими параметрами, как чувствительность, коэффициент битовых ошибок (BER) и коэффициент шума. Коэффициент шума – особенный параметр, поскольку он применим не только к системе в целом, но и к её компонентам: предусилителю, смесителю, усилителю ПЧ. Регулируя коэффициент шума и коэффициент передачи компонентов системы, разработчик тем самым регулирует коэффициент шума всей системы. Если коэффициент шума известен, то, зная ширину полосы, легко оценить чувствительность системы. Коэффициент шума часто выступает ключевым параметром,

отличающим одну систему от другой, один усилитель от другого, один транзистор от другого. Поскольку характеристика «коэффициент шума» играет столь важную роль, измерять её с высокой точностью и надёжностью необходимо как поставщикам изделий, так и заказчикам.

Для получения высокоточных и понятных результатов измерения без выполнения сложных ручных процедур существуют приборы для измерения коэффициента шума с простым пользовательским интерфейсом. Их использование не требует глубоких знаний в области теории шума. Однако некоторая базовая подготовка будет полезной, поскольку позволит правильно интерпретировать результаты и составить целостную картину действия шумов в радиочастотных и микроволновых системах.

### ЗНАЧЕНИЕ ШУМА В СИСТЕМАХ СВЯЗИ

В системах связи отношение сигнал/шум (S/N) на выходе приёмной системы является очень важным параметром. С трудностями прослушивания и распознавания радиосигналов в присутствии шумов многие знакомы не понаслышке. Однако способность к распознаванию аудиоинформации сложно оценить количественно, поскольку она во многом зависит от человеческого фактора – знания языка, степени усталости, натренированности, опыта, а также от содержания сообщения. Коэффициент шума и чувствительность, напротив, могут получить объективную количественную оценку. Эти два параметра тесно связаны. Для цифровых систем связи в качестве количественной меры надёжности часто используется коэффициент битовых ошибок (BER) или

вероятность появления битовой ошибки  $P(e)$ . Коэффициент битовых ошибок связан с коэффициентом шума нелинейно. Так, при постепенном уменьшении отношения сигнал/шум значение BER резко возрастает вблизи уровня шума, где последовательность единиц и нулей начинает сбиваться. Коэффициент шума характеризует степень работоспособности системы, тогда как BER показывает, является ли система действующей. На рисунке 1 показана зависимость вероятности ошибки от отношения несущая/шум (которое может интерпретироваться как отношение сигнал/шум) для нескольких видов цифровой модуляции. Видно, что при изменении отношения сигнал/шум всего на несколько децибел BER изменяется на несколько порядков.

Отношение сигнал/шум на выходе устройства зависит от отношения сигнал/шум на входе и коэффициента шума данного устройства. При этом в наземных системах отношение сигнал/шум на входе зависит от мощности передатчика, коэффициента усиления передающей антенны, коэффициента передачи атмосферы, температуры атмосферы, коэффициента усиления приёмной антенны и коэффициента шума приёмника. Снижение коэффициента шума приёмника оказывает такое же влияние на отношение сигнал/шум на выходе, как и улучшение любого другого параметра.

### Источники шума

Измеряемый шум является результатом спонтанных изменений в обычных процессах, протекающих в электрическом оборудовании.

Тепловой шум рождается в результате колебаний электронной и дырочной проводимости из-за конечной температуры. Спектр некоторых колебаний лежит в измеряемой полосе частот, и эти колебания вносят шум в полезные сигналы. Спектр теплового шума в полосах радиочастотного и микроволнового диапазонов прибли-

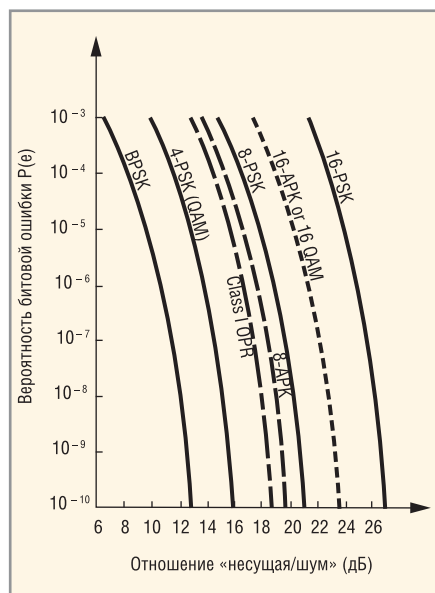


Рис. 1. Зависимость вероятности битовой ошибки от отношения несущая/шум для разных видов цифровой модуляции

зительно одинаков. Мощность теплового шума при согласованной нагрузке равна  $kT \cdot B$ , где  $k$  – постоянная Больцмана ( $1,38 \times 10^{-23}$  Дж/К),  $T$  – температура в кельвинах,  $B$  – шумовая полоса системы.

Дробовый шум порождается дискретной природой протекающего тока. Другие случайные явления, связанные с дискретной природой материи, также вызывают шум, подобный дробовому. Примерами таких явлений могут быть генерация и рекомбинация пар дырка/электрон в полупроводниках (G-R шум) и разделение эмиттерного тока между базой и коллектором в транзисторах (шум декомпозиции). Характеристики этих шумов подобны характеристикам тепловых шумов, их частотный спектр в основном постоянен и спектральная плотность мощности шумов по всем радиочастотным и микроволновым диапазонам одинакова.

В электрических устройствах случайные шумы имеют множество причин. При определении характеристик шума обычно ссылаются на комбинацию различных причин, влияющих на компонент. Комбинированный эффект зачастую рассматривается так, как если бы он был вызван тепловым шумом. Когда говорят, что устройство имеет определённую шумовую температуру, это не означает, что такова физическая температура компонентов. Просто мощность шума эквивалентна мощности теплового источника шума. Хотя шумовая температура прямо не связана с физической температурой, такая зависимость может существовать. Иногда можно достичь очень низкого коэффициента шума, охладив устройство ниже температуры окружающей среды.

В данной статье не рассматривается влияние человеческого фактора, хотя при приёме слабых сигналов оно может быть значительным. Проблемы шумов, вызываемых системами зажигания, искровыми разрядами, нежелательным приёмом побочных сигналов, а также электромагнитными возмущениями в атмосфере, обычно решаются техническими средствами – изменением местоположения устройства, фильтрацией и надлежащим экранированием.

### Понятие коэффициента шума

Наиболее обоснованное определение коэффициента шума вошло

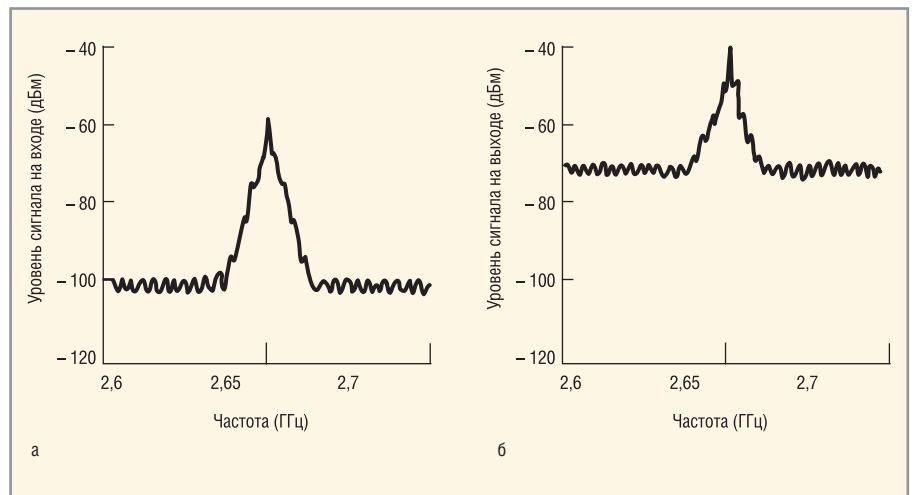


Рис. 2. Типичные уровни сигнала и шума в зависимости от частоты на входе усилителя (а) и на выходе (б). Уровень шума вырос больше, чем уровень сигнала. Это относительное повышение уровня шума и есть коэффициент шума усилителя.

в употребление в 1940 г. с подачи Гарольда Фрииса, который определил коэффициент шума цепи (F) как отношение показателя сигнал/шум на входе к показателю сигнал/шум на выходе.

$$F = \frac{S_i / N_i}{S_o / N_o} \quad (1.1)$$

Таким образом, коэффициент шума цепи отражает степень ухудшения отношения сигнал/шум при прохождении сигнала через цепь. Идеальный усилитель усиливал бы шум на входе вместе с сигналом, поддерживая равные значения показателей сигнал/шум на входе и на выходе (источником шума на входе часто является тепловой шум, обусловленный температурой земной поверхности или потерями в системе). Однако реальный усилитель вносит некоторый дополнительный шум от собственных компонентов и ухудшает отношение сигнал/шум. Цепь с низким коэффициентом шума себя оправдывает.

Понятие коэффициента шума применимо только к цепям (по крайней мере, с одним входным и одним выходным портом), где происходит обработка сигнала. В данной статье рассматриваются в основном двухпортовые цепи. Смесители, как правило, являются трёхпортовыми устройствами. Однако они обычно рассматриваются как двухпортовые с гетеродином, подключённым к третьему порту.

Коэффициент шума не зависит от коэффициента передачи. Когда шум накладывается на сигнал, то в дальнейшем усилению подвергаются как сиг-

нал, так и шум. Следовательно, отношение сигнал/шум не меняется.

На рисунке 2 показан пример сигналов на входе и на выходе усилителя. Входной сигнал (см. рис. 2а) на 40 дБ превышает шумовой порог. Коэффициент передачи усилителя повысил уровень сигнала на 20 дБ (см. рис. 2б). Уровень входного шума также увеличился на 20 дБ, но при этом добавился собственный шум усилителя. Выходной сигнал стал только на 30 дБ выше шумового порога. Ухудшение отношения сигнал/шум на 10 дБ означает, что усилитель имеет коэффициент шума 10 дБ.

Обратите внимание: если бы уровень сигнала на входе был на 5 дБ ниже (то есть на 35 дБ выше шумового порога), на выходе он тоже оказался бы на 5 дБ ниже (на 25 дБ выше шумового порога), и коэффициент шума по-прежнему составлял бы 10 дБ. Таким образом, коэффициент шума не зависит от уровня входного сигнала.

Рассмотрим более тонкий эффект. Ухудшение отношения сигнал/шум в цепи зависит от температуры источника, который возбуждает цепь. Это можно доказать путём вычисления коэффициента шума F, где  $S_i$  и  $N_i$  – уровни сигнала и шума на входе тестируемого устройства;  $S_o$  и  $N_o$  – уровни сигнала и шума на выходе;  $N_a$  – добавочный шум от устройства; G – коэффициент передачи.

$$F = \frac{S_i / N_i}{S_o / N_o} = \frac{S_i / N_i}{GS_i / (N_a + GN_i)} = \frac{N_a + GN_i}{GN_i} \quad (1.2)$$

Уравнение (1.2) также может иметь вид:

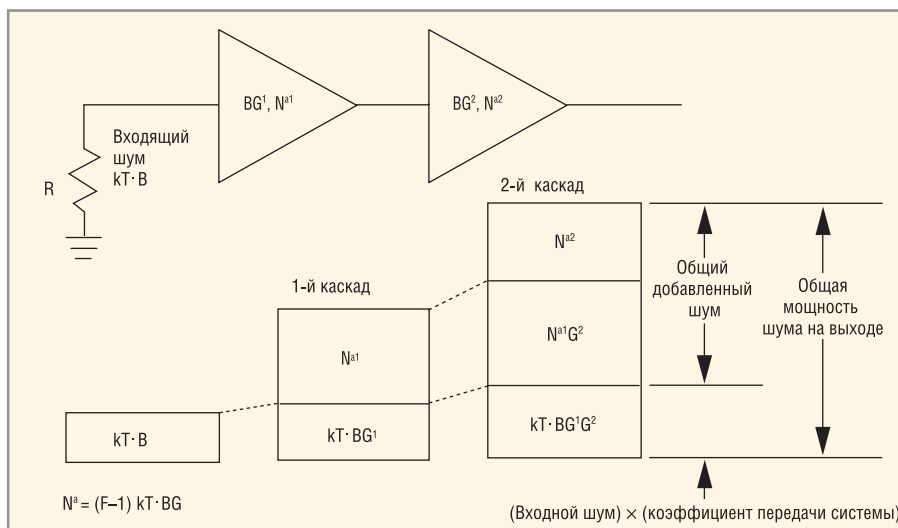


Рис. 3. Генерация шума в двухкаскадной системе

$$F = \frac{N_a + kT_0BG}{kT_0BG} \tag{1.3}$$

что является определением коэффициента шума, принятым IRE (предшественником IEEE).

В общем случае коэффициент шума является функцией частоты, но обычно не зависит от ширины полосы (пока полоса измерения достаточно узка, чтобы уловить вариации, происходящие при изменении частоты). Мощности шума  $N_a$  и  $N_i$  в уравнении (1.2) пропорциональны ширине полосы. Но ширина полосы в числителе равна таковой в знаменателе. Таким образом, коэффициент шума не зависит от ширины полосы.

Величину  $F$  часто называют «коэффициент шума» (Noise Figure), чаще – «шум-фактор» (Noise Factor) и иногда «коэффициент шума в линейных единицах» (Noise Figure in Linear Terms). В настоящее время термин «коэффициент шума» обычно используется для величины NF, измеряемой в децибелах, где:

$$NF = 10 \log F. \tag{1.4}$$

Далее в статье будет использоваться именно это обозначение.

### КОЭФФИЦИЕНТ ШУМА И ШУМОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА

Иногда для описания шумовых характеристик устройства вместо коэффициента шума (NF) используется «эффективная температура входного шума»  $T_c$ . Эта величина часто применяется для характеристики компонентов спутниковых приёмников. Величина  $T_c$  соответствует температуре, которая создаёт мощность шума

на выходе источника, подключённого к идеальному (бесшумовому) устройству, эквивалентную добавочному шуму  $N_a$  источника.

$T_c$  определяется как:

$$T_c = \frac{N_a}{kGB}. \tag{1.5}$$

Эффективная температура входного шума связана с шум-фактором  $F$  следующим уравнением:

$$T_c = T_0(F - 1), \text{ где } T_0 = 290 \text{ К.} \tag{1.6}$$

Температура входного шума в наземных СВЧ- и микроволновых системах связи обычно близка к опорной температуре 290 К – величине, используемой при вычислениях коэффициента шума, обусловленного температурой поверхности земли. В таком случае изменение коэффициента шума на 3 дБ будет приводить к изменению отношения сигнал/шум на те же 3 дБ.

### КОЭФФИЦИЕНТ ШУМА МНОГОКАСКАДНЫХ СИСТЕМ

Определение коэффициента шума, рассмотренное вначале статьи, применимо как к отдельным компонентам (таким как, например, одностранзисторный усилитель), так и к готовым системам (например, приёмникам). Общий коэффициент шума системы можно вычислить, зная коэффициенты шума и коэффициенты передачи компонентов системы. Чтобы найти коэффициент шума каждого компонента, нужно определить шум  $N_a$ , добавляемый каждым каскадом. Коэффициент передачи тоже должен быть известен.

Для двухкаскадной системы (см. рис. 3) шум на выходе складывается

из шума источника  $kT_0B$ , умноженного на общий коэффициент передачи системы  $G_1G_2$ , выходного шума первого усилителя  $N_{a1}$ , усиленного вторым каскадом  $G_2$ , и выходного шума второго усилителя  $N_{a2}$ . Вклады каскадов в мощность шума могут суммироваться, поскольку они не зависят друг от друга. Используя формулу (1.3) для шумовых вкладов усилителей, выходной шум можно выразить через их шум-факторы  $F$ :

$$N_o = kT_0BG_1G_2 \left[ F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} \right]. \tag{2.1}$$

Зная шум на выходе, по формуле (1.1) можно вычислить шум-фактор системы из двух усилителей. Для данного случая это и будет коэффициент шума системы.

$$F_{\text{sys}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1}. \tag{2.2}$$

Величину  $[(F_2 - 1)/G_1]$  часто называют вкладом второго каскада. Можно заметить, что когда усиление на первом каскаде высоко, шумовой вклад второго каскада мал. Поэтому при создании приёмника так важен коэффициент передачи предусилителя. Если коэффициент передачи и общий шум-фактор системы известны, уравнение (2.2) можно переписать, чтобы найти  $F_1$ . По тому же принципу вычисляются показатели для  $n$ -каскадного устройства:

$$F_{\text{sys}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1G_2 \dots G_{n-1}}. \tag{2.3}$$

Уравнение (2.3) называют уравнением каскадного шума.

### КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕДАЧИ И РАССОГЛАСОВАНИЕ

Коэффициент передачи устройства является важным параметром для вычисления шума. Используя в вычислениях значение входной мощности равное  $kT_0B$ , получаем номинальную мощность – максимум, который может быть достигнут на согласованной нагрузке. Если имеется большое рассогласование на входе устройства (что не редкость для малошумящих усилителей), фактическая мощность, поступающая в устройство, уменьшается. Если коэффициент передачи устройства определяется как отношение фактической мощности, поступающей на нагрузку, к мак-

симальной мощности, получаемой от источника, можно не учитывать потери рассогласования, присутствующие на входе устройства, поскольку они учитываются в коэффициенте передачи. Понимаемый таким образом коэффициент передачи называется коэффициентом передачи преобразователя ( $G_p$ ). Однако при каскадном включении устройств ошибки рассогласования возрастают, если входной импеданс устройства отличается от импеданса нагрузки. В этом случае общий коэффициент передачи каскадно включённых устройств не равен произведению коэффициентов передачи отдельных каскадов.

Действительный коэффициент передачи ( $G_d$ ), который часто указывается как параметр транзистора, представляет собой усиление, происходящее, когда заданная проводимость источника ( $Y_s$ ) возбуждает устройство, а выход согласован с нагрузкой. Это часто используется при проектировании усилителей.

В качестве заданного или измеряемого коэффициента передачи в 50-омных системах наиболее часто используется вносимое усиление ( $G_i$ ) или коэффициент прямой передачи ( $|S_{21}|^2$ ). Если измерительная система имеет малые коэффициенты отражения, а тестируемое устройство имеет хорошее согласование по выходу, применение уравнения для коэффициента шума каскадного включения (2.3) к реальным системам не даст большой ошибки. Если устройство имеет не очень хорошее согласование по выходу или у измерительной системы имеются существенные ошибки рассогласования, то между вычисленной характеристикой и характеристикой реальной системы появится расхождение. Например, если выходной импеданс первого каскада отличается от 50-омного импеданса источника, который используется при определении коэффициента шума второго каскада, шум, создаваемый во втором каскаде, может измениться.

### ШУМОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ

В принципе, коэффициент шума является упрощённой моделью реального шума в системе. Теоретически одиночный элемент шума присутствует в каждом каскаде. В большинстве реальных усилительных устройств, таких как транзисторы, имеются множественные шумы: тепло-

вые, дробовые, шумы декомпозиции. Связь генерации этих шумов с импедансом источника может носить очень сложный характер. На результат измерения коэффициента шума влияют согласование источника шума и измерительного прибора с тестируемым устройством: источник шума создаёт импеданс на входе устройства, а устройство – на входе измерительного прибора. Фактическое значение коэффициента шума устройства, находящегося в рабочих условиях, зависит от согласованности с другими компонентами системы.

Разработка малошумящих усилителей требует компромисса между усилением каскада и его коэффициентом шума. Чтобы найти компромиссное решение, необходимо знать, как коэффициент передачи активного устройства и его коэффициент шума изменяются в зависимости от импеданса источника или его проводимости. Минимальный коэффициент шума не обязательно получается при импедансе системы ( $Z_o$ ) или сопряжённом согласованном импедансе, при которых достигается максимальное усиление. Для полного понимания влияния рассогласования в системе необходимо знать две характеристики тестируемого устройства: коэффициент шума и коэффициент передачи.

Зависимость шум-фактора от импеданса источника, определяемая согласующим устройством, описывается уравнением:

$$F = F_{\min} + \frac{4R_n}{Z_o} \left\{ \frac{(\Gamma_{\text{opt}} - \Gamma_s)^2}{(1 + \Gamma_{\text{opt}})^2 (1 - \Gamma_s^2)} \right\} \quad (2.4)$$

где  $\Gamma$  – коэффициент отражения источника, имеющий результатом шум-фактор  $F$ ,  $F_{\min}$  – минимальный шум-фактор устройства, который имеет место когда  $\Gamma = \Gamma_{\text{opt}}$ ,  $R_n$  – шумовое сопротивление (чувствительность коэффициента шума к изменению проводимости источника).

Об  $F_{\min}$ ,  $R_n$  и  $\Gamma_{\text{opt}}$  часто говорят как о «шумовых параметрах», вместе они составляют понятие «шумовая характеристика» (Noise Characterization). На диаграмме Смита (см. рис. 4) коэффициент отражения источника ( $\Gamma$ ) для фиксированных значений шум-фактора изображается в виде круговых диаграмм шума (Noise Circles). Это удобный формат для отображения сложной зависимости между импедансом источника и коэффициентом шума.

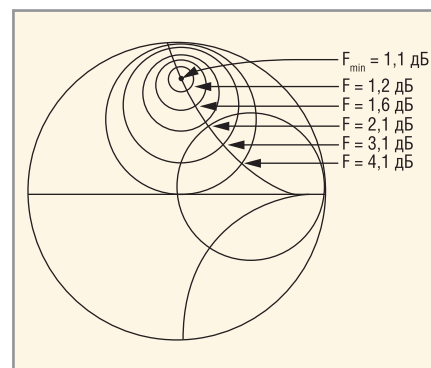


Рис. 4. Круговые диаграммы шума

### Влияние ширины полосы

Несмотря на то, что ширина полосы частот является важным параметром многих систем и используется в вычислениях фактического отношения сигнал/шум для демодулированных сигналов, коэффициент шума не зависит от ширины полосы устройства. При измерении шумов устройства принимается допущение о равномерности его амплитудно-частотной характеристики в пределах полосы измерения. Это означает, что ширина полосы измерения шума должна быть меньше ширины полосы устройства. Невыполнение этого условия приводит к ошибке измерения. Современные анализаторы коэффициента шума серии NFA компании Keysight имеют изменяемые полосы частот, что упрощает измерение узкополосных устройств, а также позволяет выполнять измерения на основе анализа спектра. Анализатор спектра серии PSA со специализированной программой измерения коэффициента шума имеет полосу пропускания, которая может быть уменьшена до 1 Гц.

*Продолжение следует.*

### ЛИТЕРАТУРА

- 10 Hints for Making Successful Noise Figure Measurements, Application Note 1341, literature number 5980-0288E.
- Noise Figure Measurement Accuracy, Application Note 57-1, literature number 5952-8255.
- Noise Figure Measurement Accuracy, Application Note 57-2, literature number 5952-3706.
- Calculate the Uncertainty of NF Measurements Software and web-based tool available at: [www.keysight.com/find/nfu](http://www.keysight.com/find/nfu)
- User guides for Keysight noise figure products available at: [www.keysight.com/find/nf](http://www.keysight.com/find/nf)
- Component Test web site: [www.keysight.com/find/component\\_test](http://www.keysight.com/find/component_test)
- Spectrum analysis web sites: [www.keysight.com/find/psa\\_personalities](http://www.keysight.com/find/psa_personalities); [www.keysight.com/find/esa\\_solutions](http://www.keysight.com/find/esa_solutions)



# Настройка системы управления в Simulink

Паскаль Гахинет, Аркадий Туревский, MathWorks

В статье рассмотрен автоматизированный метод настройки параметров сложной системы управления с помощью графической среды имитационного моделирования Simulink, которая позволяет решать весь комплекс задач от разработки концепции модели до тестирования, проверки и генерации кода.

Настройка системы управления может оказаться довольно сложной задачей, если полагаться только на собственный опыт и заниматься отладкой каждого элемента системы вручную. В частности, это касается систем управления со множественными цепями обратной связи или настраиваемыми компонентами, как, например, в случае каскадных ПИД-регуляторов, систем управления с прямыми и обратными связями или контуров управления МИМО-систем с выраженными перекрёстными связями. Обычно разработчики занимаются настройкой одновременно только одного элемента или контура управления. Помимо того что данный подход требует выполнения множества итераций и отнимает много времени, он не гарантирует достижение оптимального результата. Кроме того, специалист, использующий при разработке системы эту методологию, должен обладать солидным опытом работы.

Используя в качестве примера систему управления полётом вертолёта, рассмотрим системный и автоматизированный подход к настройке одновременно всех параметров системы с учётом стандартных требований к производительности и надёжности.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЁТОМ ВЕРТОЛЁТА: АРХИТЕКТУРА И ТРЕБОВАНИЯ

На рисунке 1 показана блок-схема системы управления полётом вертолёта, смоделированная в графической среде Simulink. Динамические характеристики вертолёта моделируются в блоке Helicopter. Система управления полётом формирует команды  $ds$ ,  $dc$ , и  $dT$  в градусах, соответственно, для продольного управления циклическим шагом несущего винта, бокового управления циклическим шагом несущего винта и управления хвостового рулевого винта. Управление основывается на измерениях следующих параметров: угла тангажа ( $\theta$ ), угла крена ( $\phi$ ), скорости крена, тангажа и рыскания ( $p$ ,  $q$  и  $r$ ). Контроллер состоит из двух контуров обратной связи. Внутренний контур (блок обратной связи со статическим выходом (SOF), обозначенный светло-голубым цветом) обеспечивает повышение устойчивости и развязку. Внешний контур (блоки PI, обозначенные оранжевым цветом) обеспечивает отслеживание уставки на заданном уровне.

Можно выделить следующие требования к системе управления:

- отслеживание изменений уставки по параметрам  $\theta$ ,  $\phi$  и  $r$  с нулевой установившейся ошибкой, временем регулирования не более двух секунд, минимальным перерегулированием и минимальной перекрёстной связью;
- обеспечение по всем переменным достаточных запасов по амплитуде и фазе;
- ограничение полосы пропускания замкнутой системы для предохранения от воздействия высокочастотных помех из-за движения винта и шумов измерений.

Чтобы частично обеспечить соблюдение третьего пункта требований, в системе управления полётом используется фильтр нижних частот (ФНЧ) с отсечкой в 40 рад/с.

## ЗАДАЧА НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Система управления имеет 21 настраиваемый параметр: 6 коэффициентов для трёх PI-контроллеров во внешнем контуре и 15 значений ( $3 \times 5$ ) коэффициентов матрицы усиления во внутреннем контуре. Начальные значения всех коэффициентов PI-контроллеров равны единице, а начальные значения коэффициентов матрицы усиления во внутреннем контуре – нулю. После запуска моделирования с этими значениями параметров наблюдается неустойчивое поведение ненастроенной системы (см. рис. 2).

Для стабилизации поведения системы и обеспечения всех требований необходимо настроить все параметры (21 значение). Эту задачу следует выполнять с помощью функции `systune` из пакета инструментов Robust Control Toolbox, которая позволяет совместно настроить внутренние и внешние контуры управления.

## ПРОЦЕСС АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Функция `systune` настраивает систему управления, смоделированную в Simulink в соответствии с совокупностью требований, заданных одновременно во временной и частотной областях. Процесс настройки включает в себя четыре основных этапа:

1. Определение блоков модели Simulink, которые нужно настроить.
2. Определение требований.

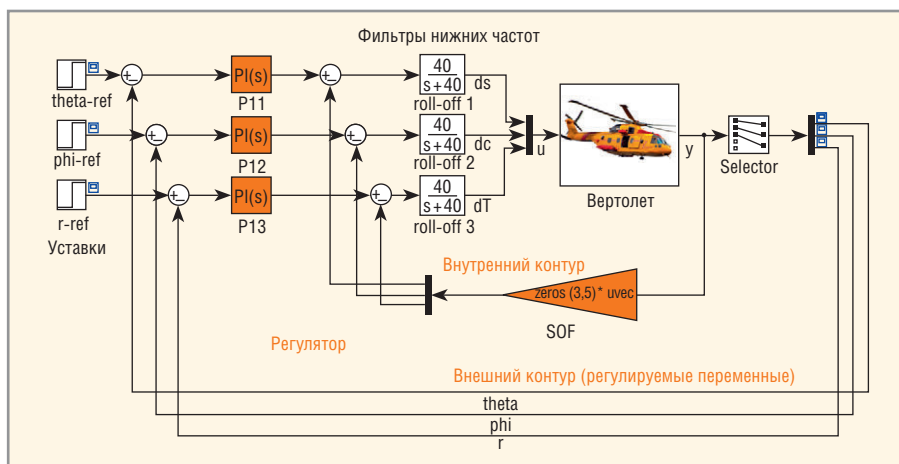


Рис. 1. Блок-схема системы управления полётом вертолёта, состоящей из внутреннего (синий) и внешнего (оранжевый) контура управления



3. Настройка параметров системы управления.
4. Обновление блоков Simulink с настроенными значениями параметров, и проверка результата настройки при моделировании.

### Определение блоков для настройки

Используя интерфейс sITunable из пакета расширений Simulink Control Design, нужно указать название модели Simulink и имена блоков для настройки. sITunable автоматически линеаризует модель Simulink и устанавливает задание по настройке параметров для функции systune. Модель системы описывается следующим образом:

```
ST0 = sITuner('rct_helico', {'PI1', 'PI2', 'PI3', 'SOF'});
```

### Определение требований

Пакет Robust Control Toolbox обеспечивает выполнение полного набора задач настройки, в том числе слежение за уставкой, подавление помех, формирование передаточной функции по частотной характеристике, задание запасов по фазе и амплитуде, а также размещение полюсов замкнутой системы. Для нашего примера мы используем следующие требования:

- отслеживание изменения уставки с заданным временем отклика не более двух секунд и установившейся ошибкой не более 1%:

```
TrackReq = TuningGoal.  
StepTracking({'theta-ref', 'phi-ref', 'r-ref'}, {'theta', 'phi', 'r'}, 2, 1e-2);
```

- обеспечение устойчивости системы при отклонении сигналов по амплитуде до 5 дБ и по фазе до 40° на входах и выходах объекта управления (независимо друг от друга или одновременно во всех каналах):

```
MarginReq1 = TuningGoal.  
Margins('u', 5, 40);  
MarginReq2 = TuningGoal.  
Margins('y', 5, 40);
```

- ограничение собственной частоты полюсов замкнутой системы до 20 рад/с:

```
PoleReq = TuningGoal.Poles();  
PoleReq.MaxFrequency=20;
```

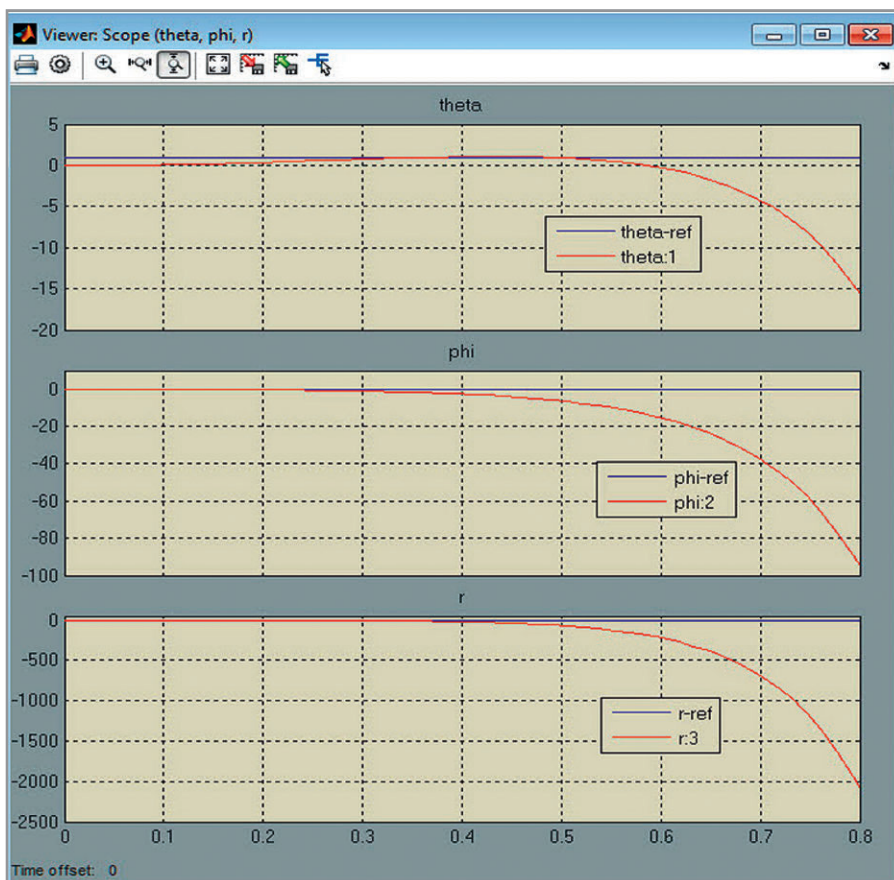


Рис. 2. Результаты моделирования показывают неустойчивое поведение системы (начальные параметры не настроены)

### Настройка параметров системы управления

Теперь всё готово для использования функции systune для совместной настройки всех (21) параметров системы управления. Функция systune возвращает настроенную версию ST1 модели системы управления ST0:

```
AllReqs = [TrackReq, MarginReq1,  
MarginReq2, PoleReq];  
[ST1, fSoft, ~, Info] =  
systune(ST0, AllReqs);
```

Процесс оптимизации параметров занимает порядка трёх секунд. На рисунке 3 графики показывают, что настроенный контроллер практически полностью отвечает всем четырём требованиям.

### Обновление и проверка модели

Запишем значения параметров, полученные в результате настройки системы, в модель Simulink:

```
writeBlockValue(ST1).
```

Результаты моделирования системы с новыми значениями параметров подтверждают, что контроллер обеспечи-

вает устойчивый отклик с надёжным отслеживанием уставки и эффективной развязкой (см. рис. 4).

### Возможности настройки

Функция systune позволяет настраивать большинство блоков, используемых для создания системы управления в Simulink. К ним относятся усилитель, ПИД-регулятор, передаточная функция, модель в пространстве состояний, модель полюсов-нулей, дискретный фильтр и блоки LTI-систем. Можно настроить любую конфигурацию системы управления, содержащей эти блоки.

Изменяя требования к настраиваемым параметрам, можно найти оптимальное соотношение между производительностью и надёжностью системы. Можно также сравнить различные архитектуры управления и исследовать возможность уменьшения сложности конечного решения для системы управления. Например, путём установки коэффициента усиления блока SOF в ноль и перенастройки контуров PI-блоков при помощи команды systune можно проверить, является ли необходимым внутренний контур обратной связи. Сравнение результатов моделирования с исходной двухконтур-

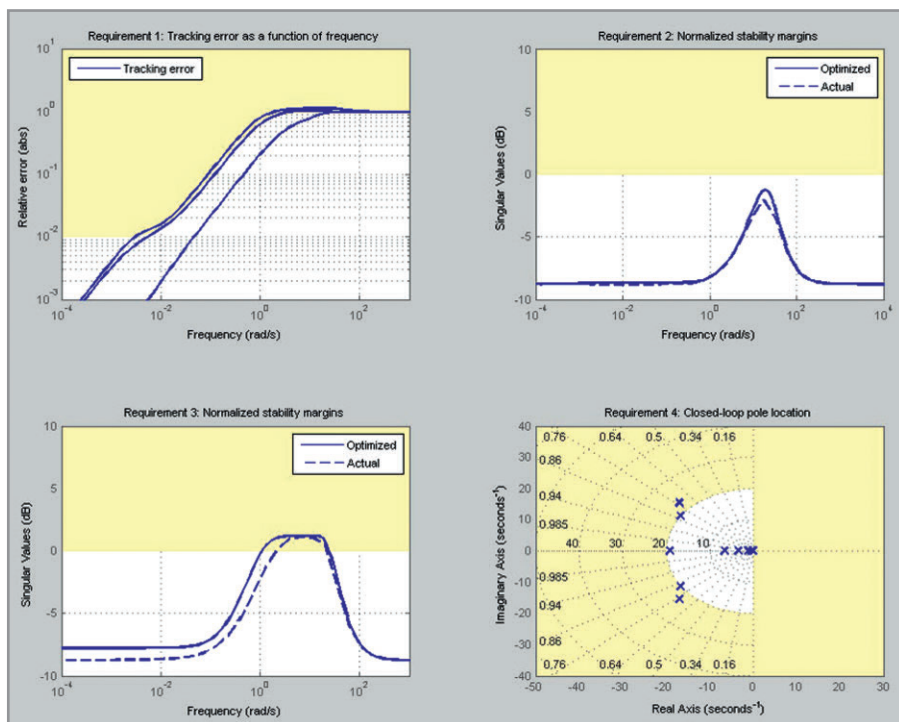


Рис. 3. Результаты проверки параметров системы управления на соответствие поставленным требованиям

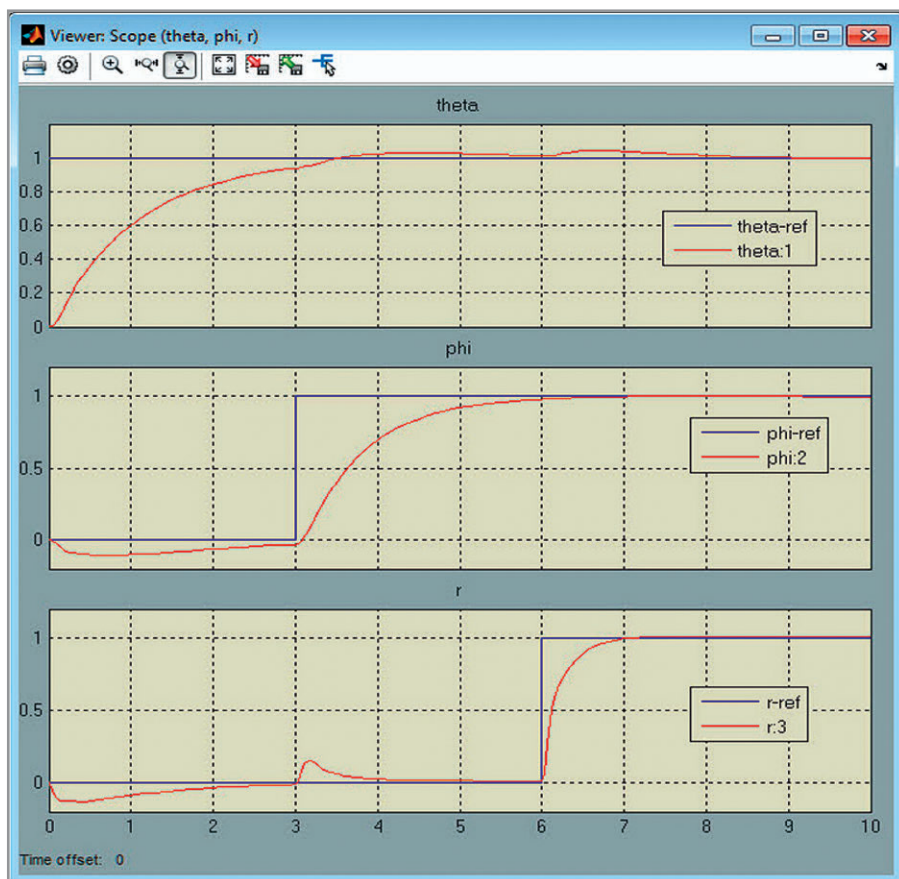


Рис. 4. Реакция системы с настроенными значениями параметров

ной архитектурой показывает, что внутренний контур важен для стабилизации системы и должен быть сохранён. Также можно применить команду *systune* для настройки системы управления по нескольким моделям объектов управления, которые отражают различ-

ные условия эксплуатации, номинальные и критичные рабочие режимы или естественное отклонение параметров системы. Например, систему управления полётом можно настроить в соответствии с минимальными требованиями по реакции и устойчивости не толь-

ко для нормально функционирующего летательного аппарата, но и для случаев возможных отказов каких-либо приводов и датчиков.

Хотя функция *systune* предназначена для настройки линейных систем управления, она также может быть использована для настройки контроллеров с управляемыми по заданной программе параметрами для нелинейных систем. Например, для системы управления полётом, параметры которой должны меняться в соответствии с величиной угла атаки и скорости самолёта, функция *systune* может настроить одновременно всю плоскость коэффициентов и сгенерировать гладкие и явные выражения для отображения зависимости коэффициента регулятора от заданных входных переменных (так называемое табличное управление).

Наконец, для инженеров, знакомых с методами проектирования на базе LQG и H-бесконечности, функция *systune* открывает две дополнительные возможности. Можно выполнить синтез системы управления на базе LQG или H-бесконечности с заданным порядком и фиксированной структурой, а также оптимизировать параметры системы управления с использованием совокупности требований методов проектирования на основе LQG (H-2) и H-бесконечности.

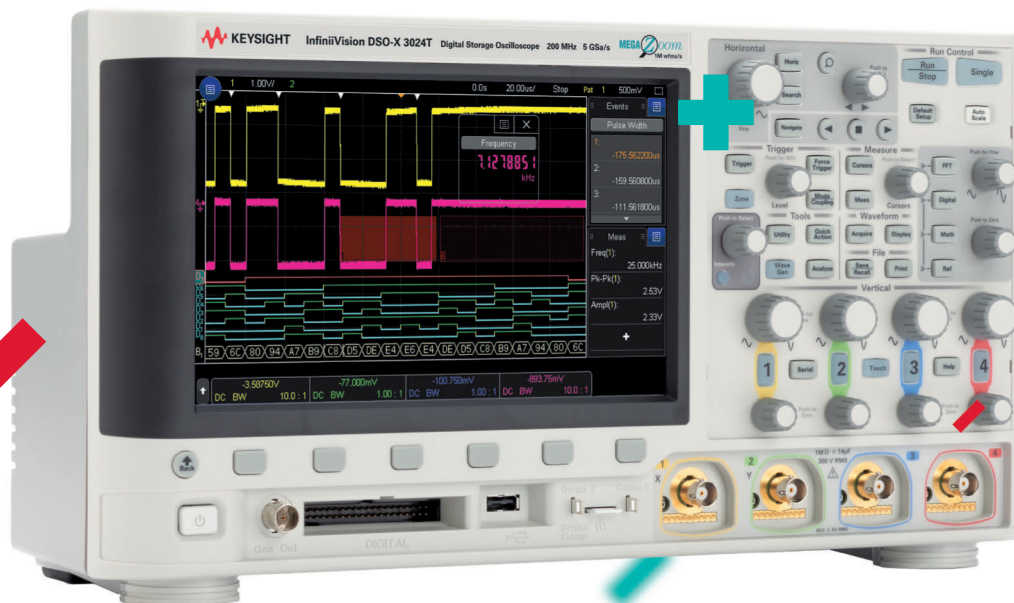
Функция *systune* использует современные методы негладкой оптимизации для настройки параметров системы управления [1, 2]. В отличие от «грубых» методов оптимизации, которые основаны на расширенной модели Simulink, *systune* формулирует и решает задачу настройки системы в частотной области. В результате функция *systune* позволяет выполнить настройку большинства систем за считанные секунды и с высоким качеством. Кроме того, как показывает пример системы управления полётом вертолёта, функция *systune* не требует хорошей начальной проработки решения. Настройка может быть начата на произвольном этапе, когда настраиваемые параметры ещё окончательно не установлены.

**ЛИТЕРАТУРА**

5. Apkarian P., Noll D. Nonsmooth H-infinity Synthesis. – IEEE Transactions on Automatic Control. 2006. 51. Pp. 71–86.
6. Apkarian P., Noll D. Nonsmooth Optimization for Multiband Frequency-Domain Control Design. Automatica. 2007. 43. Pp. 724–731.



# ДИПОЛЬ



## Новые осциллографы Keysight Technologies InfiniiVision 3000T серии X

Производительность старших серий осциллографов теперь доступна в сегменте среднего класса!

Революционная технология сенсорного запуска InfiniiScan Zone Trigger, емкостный сенсорный экран, специально разработанный пользовательский интерфейс, функциональность нескольких приборов в одном – и все это в сочетании с бескомпромиссной скоростью обновления более 1 млн. осциллограмм в секунду.

- Функциональность «6 приборов в 1»: осциллограф, частотомер, вольтметр, генератор, логический анализатор и анализатор протоколов
- Полоса пропускания до 1 ГГц
- Скорость обновления осциллограмм на экране – 1 млн. осцилл./с
- Аппаратное декодирование протоколов и тестирование по маске
- Расширенный математический анализ в базовой конфигурации, 38 автоматических измерений



## Инновационные решения для электронной промышленности

Санкт-Петербург / Москва / Нижний Новгород  
[www.dipaul.ru](http://www.dipaul.ru) / [info@dipaul.ru](mailto:info@dipaul.ru)

# Новости мира News of the World Новости мира

## Фонд развития промышленности – приоритетные проекты импортозамещения

Фонд развития промышленности (ФРП), которому Правительство РФ выделило 20 млрд руб. на целевое льготное финансирование импортозамещения, выбрал ключевые производственно-технологические проекты для оказания господдержки. В целях оптимизации процесса рассмотрения заявок ФРП разработал новый сайт и открыл многоканальную «горячую линию». В скором времени к ним добавится современная система мониторинга заявок, которая позволит отслеживать статус в режиме реального времени.

«На сегодняшний день конкурентоспособное производство – необходимый фактор экономической безопасности страны, – заявил первый заместитель министра промышленности и торговли РФ Глеб Никитин. – Поэтому мы концентрируем своё внимание на оказании господдержки прежде всего тем отраслям промышленности, продукция которых не только обеспечит экономическую стабильность, но и будет конкурировать на зарубежных рынках».

По словам Глеба Никитина, в Фонд уже поступило более 800 заявок от отечественных предприятий на общую сумму около 280 млрд руб., и они продолжают направляться: в среднем более 10 заявок в день, сумма каждой из которых составляет 350 млн руб.

В рамках утверждённых процедур ФРП предполагает осуществление финансового обеспечения проектов по четырём программам (проекты импортозамещения, добанковского финансирования, предынвестиционного финансирования, проекты консорциумов), три из которых направлены на поддержку непосредственно среднего бизнеса в сфере промышленной деятельности, так как именно он является основным драйвером экономического роста, создания новых высокопроизводительных рабочих мест, внедрения передовых технологических и производственных решений. Так около 95% заявок проектов, полученных Фондом, приходится именно на эти три программы.

На данный момент Фонд отобрал из 27 отраслевых проектов наиболее приоритетные: в транспортном машиностроении – разработка и постановка на производство грузовых вагонов на тележках «Барбер», в сельхозмашиностроении – производство сельскохозяйственного оборудования для

обработки, переработки зерна и подготовки семян, в металлургии – создание опытной технологии производства фидстоков титановых и вольфрамовых сплавов, а также изделий из них по PIM-процессу, производство изделий из алюминия для автомобильной отрасли методами штамповки (ковки) и литья, а также изделий из алюминия, титана и стали для авиационной отрасли методом механической обработки, в фармацевтике – производство активных фармацевтических субстанций, в композиционных материалах – производство изделий из полимерных композиционных материалов по технологиям LFI, SMC и RTM для нужд автомобильной промышленности, в химической промышленности – разработка промышленной технологии и создание производства жидких герметиков, производство синтетического сапфира и особо чистого оксида алюминия, в биотехнологиях – строительство промышленно-технологического комплекса по производству трубок капельного орошения с использованием биоразлагаемых материалов).

В рамках программы отечественные предприятия смогут получить целевые займы в размере до 700 млн руб., на период до 7 лет под 5 % годовых, для модернизации производства и разработки конкурентоспособного продукта.

*Пресс-служба Минпромторга*

## В 2016 г. в Воронеже откроется новое радиоэлектронное предприятие

27 апреля 2015 г. генеральный директор АО «Концерн «Созвездие» А.Ю. Беккиев встретился с губернатором Воронежской области А.В. Гордеевым. Глава концерна рассказал об итогах деятельности за 2014 г. – за первый год работы в составе АО «Объединённая приборостроительная корпорация» Госкорпорации Ростех, а также о планах предприятия на ближайшие несколько лет.

А.Ю. Беккиев рассказал, что выручка концерна в 2014 г. выросла в 1,5 раза и составила более 22 млрд руб. Выработка на человека достигла 3 млн руб. Как отметил глава «Созвездия», эта цифра сопоставима с показателями крупнейших машиностроительных корпораций. Зарботная плата на предприятии является самой высокой в Воронежской области и составляет 55 000 руб. Более того, по итогам прошлого года АО «Концерн «Созвездие» признан крупнейшим налогоплательщиком региона.

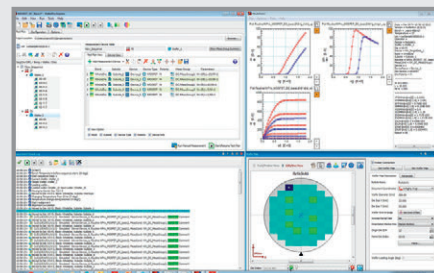
Вклад предприятия в бюджеты разных уровней составил 2,3 млрд руб., или 26% от всего объёма налоговых поступлений.

Генеральный директор концерна обозначил планы развития организации на ближайшую перспективу. В частности, в конце 2016 г. в Воронеже планируется открытие нового предприятия по производству радиоэлектронной аппаратуры. Завод обеспечит более тысячи рабочих мест для воронежцев. Губернатор заинтересовался этим проектом, он выразил желание ознакомиться с ним более детально и побывать на строительной площадке.

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

## Платформа WaferPro Express 2015 от Keysight Technologies

Компания Keysight Technologies объявила о выпуске WaferPro Express 2015 – программной платформы для автоматизированного измерения параметров полупроводниковых приборов на уровне пластин. Эффективно управляя всеми компонентами измерительной системы (измерительными приборами и пробниками), WaferPro Express уменьшает сложность схемы тестирования и предлагает единую платформу для эффективных автоматизированных измерений и обработки данных.



Массовые измерения на уровне полупроводниковых пластин уже не являются исключительной прерогативой производителей полупроводниковых приборов. Сегодня многие исследовательские группы выполняют массовые измерения для таких задач, как моделирование устройств, мониторинг процессов, исследования надёжности, измерения параметров компонентов и их зависимости от температуры. В результате автоматические зондовые станции становятся обычными принадлежностями исследовательских лабораторий.

Главной революционной особенностью ПО WaferPro Express 2015 является его тесная интеграция с ПО управления зондовой станцией Velox 2.0 компании Cascade Microtech. WaferPro Express и Velox 2.0 объединяются через Cascade Microtech

Новости мира News of the World Новости мира

WaferSync – совместно разработанный двунаправленный канал связи. Этот канал позволяет полностью синхронизировать карту полупроводниковой пластины и обеспечивает безошибочный обмен информацией между компонентами программы, включая информацию о выравнивании пластины, участках и кристаллах.

Новый канал связи между WaferPro Express и Velox 2.0, в сочетании с другими усовершенствованиями, позволяет инженерам быстро настраивать измерительные системы. Для дальнейшего повышения эффективности измерений на высоких частотах WaferPro Express периодически контролирует стабильность ВЧ калибровки. Это минимизирует время, затрачиваемое на сбор данных о погрешностях.

«Своим появлением ПО WaferPro Express 2015 во многом обязано нашему сотрудничеству с Cascade Microtech, что является важной вехой нашей программы по предоставлению измерительных решений уровня полупроводниковых пластин для наших заказчиков, – указал менеджер по маркетингу Keysight EEsof EDA Чарльз Плотт (Charles Plott). – Программа измерительных решений уровня полупроводниковых пластин предлагает заказчикам гарантированное конфигурирование, настройку и поддержку системы. ПО WaferPro Express является сердцем этой программы, объединяя все системные компоненты и предоставляя заказчикам гибкость, необходимую для быстрого запуска измерений».

Типовое измерительное решение уровня полупроводниковых пластин (WMS) для измерений на высоких частотах и на постоянном токе включает анализатор цепей Keysight PNA или PNA-X и анализатор параметров полупроводниковых устройств B1500A, объединённый с зондовой станцией компании Cascade Microtech, ПО калибровки WinCal XE и подложками с эталонным импедансом для калибровки. Конфигурации WMS заранее проверены и оптимизированы для точного и воспроизводимого измерения устройств и компонентов. Проверка вновь устанавливаемых систем выполняется с помощью новой испытательной подложки Keysight (KVS). Для каждой KVS в заводских условиях полностью измеряются все параметры, а в комплект их поставки входят стандартные устройства, которые можно зондировать с помощью пробников G-S-G после ВЧ-калибровки. WaferPro Express 2015

измеряет KVS во время начальной проверки системы, а после сравнения измеренных и заводских данных происходит подтверждение корректной работы системы.

Другие новые возможности WaferPro Express 2015 включают поддержку изменений коэффициента шума и возможность импорта испытательных процедур, разработанных в ПО моделирования и измерений

Keysight IC-CAP. Новая функция измерения коэффициента шума дополняет имеющиеся функции измерения компрессии усиления, двухтонального измерения интермодуляционных искажений и измерения S-параметров, поддерживаемые в настоящее время последним инструментальным драйвером Keysight PNA-X.

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)



Иновационный подход к проектированию электроники

# САПР





**Вер. 6.1**  
**TOPOR**

Топологический трассировщик печатных плат



**Вер. 2.2**  
**SIMONE**

Пакет моделирования электронных схем

Тел.: (495) 232-1864 • [www.eremex.ru](http://www.eremex.ru)

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ EREMEX**



Тел.: (495) 234-0636 • [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru) • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)



# «ЭкспоЭлектроника» – заслуженный успех!

С 24 по 26 марта 2015 года в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо» прошла 18-я Международная выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих «ЭкспоЭлектроника».

Организатором выступила международная выставочная компания «ПРИМЭКСПО», входящая в Группу компаний ITE.

Выставка «ЭкспоЭлектроника» – крупнейшая по количеству и самая представительная по составу участников международная выставка в радиоэлектронной промышленности в России и Восточной Европе.

«ЭкспоЭлектроника» – обладатель звания «Лучшая выставка России» по тематике «Электроника и комплектующие» во всех номинациях согласно Общероссийскому рейтингу выставок.

В 2015 году в выставке приняли участие 319 компаний из 16 стран мира: России, Австралии, Болгарии, Германии, Китая, Латвии, Норвегии, Пакистана, Республики Беларусь, Сингапура, США, Тайваня, Турции, Финляндии, Франции и Чехии. Особое место в экспозиции заняли предприятия Департамента радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, ГК Ростехнологий и специализированная экспозиция «LED компоненты, материалы, технологии, оборудование, готовые решения». Гармонично смотрелись тематические кварталы, представляющие национальные стенды Китая и Тайваня.

Выставку «ЭкспоЭлектроника» посетили 9 398 специалистов.

Площадь экспозиции составила 6 662 м<sup>2</sup>.

Традиционно выставка «ЭкспоЭлектроника» проходила одновременно с 13-й Международной выставкой технологий, оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности – «ЭлектронТехЭкспо».

В торжественной церемонии официального открытия выставок приняли участие:

- Куцько Павел Павлович, заместитель директора Департамента радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации;
- Долин Евгений Владимирович, генеральный директор Некоммерческого Партнёрства Производителей Светодиодов и Систем на их основе;
- Лебедев Сергей Валентинович, заместитель исполнительного директора международной Ассоциации участников космической деятельности;
- Алекс Чен, директор экономического отдела Московско-Тайбэйской координационной комиссии по экономическому и культурному сотрудничеству;
- Ли Дие, председатель правления компании Changchun Weihong Dongguang Electronic Element;
- Курляндский Александр Сергеевич, генеральный директор компании «Элинт СП»;

E·X·P·O  
ELECTRONICA

electrontech

- Любина Ирина Анатольевна, генеральный директор компании «ПРИМЭКСПО»;

- Череповицына Елена Евгеньевна, руководитель выставок «ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо».

В рамках деловой программы выставки «ЭкспоЭлектроника 2015» прошло более 30 семинаров и презентаций компаний-участников, таких как «Актел.ру», «АЕДОН», «Джейбил», «ЗПП», Tesla Electric, «Электрейд-М», «ЕВРОИНТЕХ», National Instruments, «Микрон», Achronix, «Ангстрем», «Абрис», «Миландр», Nordson EFD, «Экситон», «Авантех», «Новые технологии», «НИИЭТ», «Совтест АТЕ», «Нанософт», «СОЗВЕЗДИЕ», «Протон», «ЮЕ-Интернейшнл» и других.

25 марта 2015 года состоялся День LED-технологий. С докладами выступили представители ГУП Республики Мордовия «НИИИС имени А.Н. Лодыгина», компании «ИЦЭС», Группы компаний Остек и журнала «Полупроводниковая Светотехника».

Во второй день выставки прошла Конференция «Технологии, оборудование и материалы для производства, монтажа и сборки печатных плат». В работе конференции приняли участие 45 слушателей, свои доклады представили представители компаний СПБЦ «Элма», «Казанский электротехнический завод», PCB Technology, «Совтест АТЕ», «Лазер-





ный Центр», NСAV, «Оникс», Nordson EFD и «Связь инжиниринг КБ».

26 марта 2015 года состоялся крутой стол «Фотовольтаика – новый вектор развития электроники». В мероприятии приняли участие более 60 специалистов. С экспертными докладами выступили представители Объединённого института высоких температур РАН, Научного совета РАН по нетрадиционным возобновляемым источникам энергии, НИИЯФ МГУ, Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, НТЦ тонкоплёночных технологий при ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Российской ассоциации солнечной энергетики и компании «Телеком СТВ». Круглый стол прошёл при поддержке МГУ им. М.В. Ломоносова.

Также в третий день выставки прошла конференция «Работа и карьера в радиоэлектронной отрасли», в которой приняли участие представители компаний «ОВЕН», «СтарЛайн», Keysight Technologies, РТИ им. Минца, «РПКБ», Группы компаний Остек, «ЭЗАН», «Ангстрем», Концерн радиостроения «Вега» и «ЮЕ-Интернейшнл». Конференцию посетило около 40 слушателей. Организаторами выступили Информационно-аналитический центр современной электроники и портал отраслевого рекрутинга PROFOMOTIV.RU.

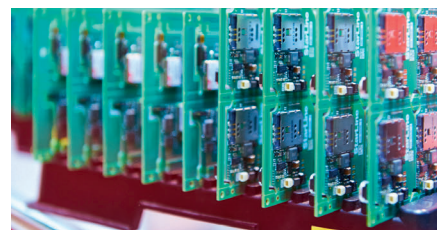
На протяжении всех дней работы выставки проходил Конкурс ручной пайки IPC, в котором приняли участие 34 монтажника радиоэлектронной аппаратуры. Все участники должны были выполнить ручную сборку указанного печатного узла, при этом обеспечив работоспособность и качество сборки в соответствии с требованиями стандарта IPC-A-610E, класс 3. Качество исполнения проверяло и оценивало профессиональное жюри: сертифицированные тренеры IPC Андрей Фешко

и Яков Бунатян (компания «Диполь»). Председателем жюри стал мастер IPC – Хан Раецсен (компания BalverZinn).

В результате 3-дневного состязания победителем Конкурса ручной пайки IPC стал Данила Шеменев (монтажник, компания СПП НПК), 2-е место занял Сергей Каменский (студент, Московский техникум космического приборостроения), 3-е место – Алексей Лебедев (ведущий инженер, «СТБ-Сервис»). Организаторами Конкурса выступили Ассоциация IPC и компания «ПРИМЭКСПО». Генеральным партнёром стала компания «Диполь», партнёрами выступили компании NСAV, «Диал», «Новые технологии» и «Дарском».

На протяжении всех выставочных дней в рамках «ЭкспоЭлектроника» работала Ярмарка вакансий. В ярмарке приняли участие HR-специалисты из 13 компаний. Все участники Ярмарки вакансий отметили, что идея проведения такого мероприятия на крупнейшей выставке электронной промышленности является отличной перспективой для развития радиоэлектронной отрасли России. Организатором Ярмарки вакансий выступил портал отраслевого рекрутинга PROFOMOTIV.RU.

*19-я Международная выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих «ЭкспоЭлектроника» пройдёт 15–17 марта 2016 года в Москве, МВЦ «Крокус Экспо».*



## Минкомсвязи не дали сэкономить

Минпромторг не внял предложению Минкомсвязи об исключении из Плана мероприятий по импортозамещению в радиоэлектронной отрасли 65 видов оборудования.

Приказ Минпромторга об утверждении Плана мероприятий по импортозамещению в радиоэлектронной промышленности был подписан главой ведомства Денисом Мантуровым 31 марта 2015 г. Он состоит из 534 пунктов и включает разные виды технологических направлений. Это как телекоммуникационное оборудование (коммутаторы, маршрутизаторы, базовые станции, системы телефонной связи, станция спутниковой связи Ku-диапазона и другое), так и вычислительная техника (микропроцессоры, микросерверы, кресло-коляски с электроприводом, локомотивно-активные протезы нижних конечностей и другое), светодиодные технологии (светодиодные кристаллы), медицинская техника (датчики для измерения внутричерепного давления, инкубаторы тромбоцитов, имплантируемые электрокардиостимуляторы), электронная и оптическая компонентная база, ПО.

Ещё до выхода Плана Минкомсвязи направило в Минпромторг письмо с замечаниями и предложениями по Плану импортозамещения. В нём говорилось, что ведомство «считает целесообразным в целях технологической необходимости и оптимизации бюджетных средств» исключить из данного Плана 65 наименований оборудования. В их числе оказались магистральные коммутаторы на иностранной электронно-компонентной базе (ЭКБ), комплект офисной АТС и IP-телефона на базе отечественной ЭКБ, домашний маршрутизатор на базе отечественной ЭКБ, базовые станции разных стандартов, включая микросотовые, цифровые телевизионные приставки (STB), станция спутниковой связи Ku-диапазона и другое.

В письме Минкомсвязи к Минпромторгу приводился дополнительный список из 18 пунктов, которые, наоборот, предлагалось внести в План по импортозамещению. В нём перечислены такие виды оборудования, как полезная нагрузка для спутников, аналоговые видеокамеры, IP- и веб-камеры, системы конференц-связи, подвижные и стационарные абонентские станции спутниковой связи и другое). Кроме того, в этом списке указаны компании, которые смогут заняться производством отечествен-

ных аналогов. Речь шла, например, о полезной нагрузке для спутников связи. В документе упоминается, что доля её импорта сейчас составляет 70%, а к началу следующего десятилетия должна снизиться до 40%. ОАО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнева», частично ФГУП «НИИР», РКК «Энергия», а также ФГУП «ГКНЦ им. М.В. Хруничева» перечислены как исполнители проекта по импортозамещению.

В итоге Минпромторг не согласился с предложением Минкомсвязи и, наоборот, внёс все 65 видов оборудования в План. Что касается дополнительных 18 видов оборудования, то не все из них включены в приказ Минпромторга. Например, в нём нет полезной нагрузки для спутников, а также абонентских станций спутниковой связи, как стационарных, так и передвижных.

Представители Минкомсвязи и Минпромторга не предоставили комментарии.

«Каждое министерство говорит на своём языке, в своём формате и исходя из своих задач. Иногда они даже имеют в виду одно и то же», – говорит председатель совета Ассоциации производителей электронной аппаратуры и приборов (АПЭАП) Светлана Аппалонова.

По её мнению, ведомствам нужно определиться с самим понятием импортозамещения. По её словам, в данном случае импортозамещение – это помощь в увеличении доли рынка для российского оборудования. Это не простое копирование уже существующих зарубежных аналогов, а установка быть на шаг впереди в инновационном развитии. «На сегодняшний день, когда «Ростелеком» рапортует, что на Урале у него всё сделано на российском оборудовании, то возникает вопрос: а кто решил, что оно российское? Есть только один орган – Межведомственный экспертный совет по присвоению статуса «телекоммуникационное оборудование российского происхождения». Всё остальное – самодеятельность», – считает Светлана Аппалонова.

По оценке источника, министерства не договорились о формате, терминах и целях до того, как начали работу над этим планом мероприятий. Каждое из них не пытается выслушать позицию другого и найти компромисс. Именно поэтому последовало письмо Минкомсвязи в Минпромторг. Источник рассказал, что на днях, 27 апреля, глава Минкомсвязи Николай Никифоров написал письмо Денису Мантурову, где говорит, что позиции, указанные Минком-

связи для исключения, включены в полный объём в итоговый план, а дополнительные позиции от ведомства почему-то включены не полностью. Собеседник ComNews считает, что в случае с данным приказом у Минпромторга цель поставлена правильно, однако сама реализация проекта сильно страдает.

Другой собеседник ComNews на рынке телекоммуникаций отметил, что предложение Минкомсвязи по исключению 65 видов оборудования из Плана по импортозамещению обернулось бы некоторыми трудностями для тех игроков отрасли, чьё оборудование не попало бы в План.

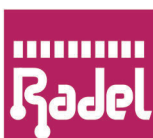
Например, в список Минкомсвязи из 65 пунктов попали цифровые телевизионные приставки (STB), одним из крупных разработчиков и производителей которых в России является GS Group.

«Для развития высокотехнологичных производств Россия должна сделать ставку именно на те рыночные сегменты, в которых она уже обладает уникальными технологиями, подтверждёнными реальным спросом», – говорит директор по стратегическому маркетингу холдинга GS Group Андрей Безруков. – Поддерживая производителей телевизионных приставок, Россия сможет в течение нескольких лет стать лидером мирового рынка продуктов и технологий для цифрового ТВ. Отсутствие в настоящее время каких-либо протекционистских мер затрудняет эти процессы, открывая свободный доступ на российский рынок низкокачественной продукции китайских производителей». По его словам, GS Group не боится конкуренции и готова предоставить свои производственные мощности сторонним производителям цифровых телевизионных приставок и в сжатые сроки увеличить объём выпуска готовых изделий в три-четыре раза.

Андрей Безруков напомнил, что продукция и технологические разработки холдинга конкурируют с зарубежными аналогами в России и за её пределами. «Ежегодно заводы «Технополис GS» выпускают более 2,5 млн изделий, что составляет порядка 3% мирового рынка. Доля присутствия продукции GS Group на российском рынке составляет около 50%», – отметил он. Общее количество абонентов, использующих приёмное оборудование производства холдинга GS Group, только в РФ составляет порядка 14 млн домохозяйств или более 40 млн человек.

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



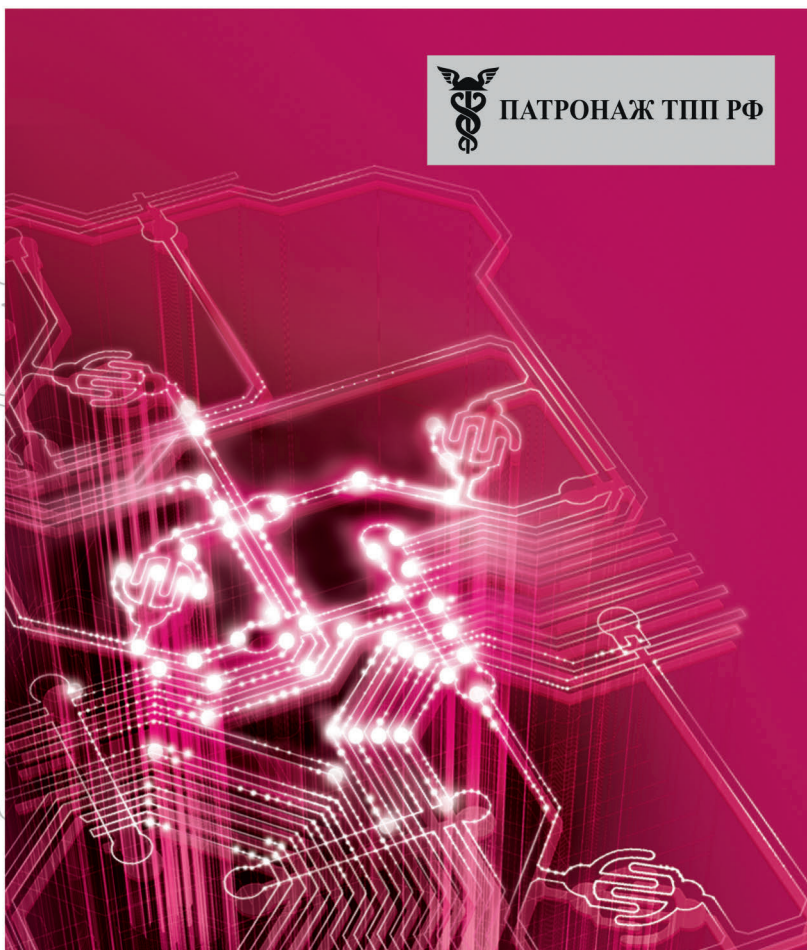


# РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XV МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ПАТРОНАЖ ТПП РФ



Реклама

- Электронные компоненты
- Комплектующие
- Печатные платы
- Светотехника
- Материалы
- Конструктивы
- Технологии
- Промышленное оборудование и инструменты
- Контрольно-измерительные приборы и лабораторное оборудование

Организатор выставки:



[www.farexpo.ru/radel](http://www.farexpo.ru/radel)  
тел.: +7 (812) 777-04-07  
[radel2@farexpo.ru](mailto:radel2@farexpo.ru)

Место проведения: Санкт-Петербург, СКК, пр. Ю. Гагарина, 8, м. «Парк Победы»

## 21-23 октября 2015

Санкт-Петербург, СКК

# Электроника идёт в регионы!

**Оценивая маркетинговые перспективы, компании электронной отрасли должны активизировать поиск заказчиков в промышленных регионах Российской Федерации. Одним из инструментов продвижения продукции на рынок являются выставки.**

Государственные задачи по развитию экономики России требуют освоения пятого и шестого технологических укладов в промышленности. Именно такие отрасли, как микроэлектроника, вычислительная техника, средства связи и Интернет, обеспечили недавний качественный скачок в экономике развитых стран. Основой шестого технологического уклада являются нанотехнологии и биотехнологии.

Российский рынок электроники показывал устойчивые темпы роста после кризисных 2008–2009 гг. По результатам исследования, проведённого «Центром современной электроники», в 2014 г. рынок контрактного производства электроники в России вырос на 22%, достигнув объёма \$249 млн.

Ввиду событий в экономике России, связанных с падением цен на нефть, в 2015 г. ожидается замедление темпов промышленного производства и ужесточение конкуренции на рынке поставок электронных компонентов и электроники. Основными заказчиками промышленной электроники являются компании нефтегазовой, транспортной, электроэнергетической и металлургической отраслей. Соответственно, действующие на российском рынке около 3000 предприятий электронной промышленности начнут более активный поиск заказчиков и способов донести преимущества своей продукции. Исключением могут стать только компании, работающие с оборонным сектором, поскольку сокращение закупок в данной сфере не ожидается.

С другой стороны, на арену выходит фактор импортозамещения. Государственная поддержка производства импортозамещающей продукции открывает возможности для появления новых заказчиков. Кроме того, отечественные производители электронной техники после падения курса рубля получили значительное ценовое преимущество в сравнении с западными конкурентами. К сожалению, пока в закупках электроники для гражданского сектора доля российской продук-

ции, по данным «Центра современной электроники», составляет всего 5%.

Государство в лице Министерства промышленности и торговли РФ выражает заинтересованность в развитии радиоэлектроники. В начале 2015 г. для обсуждения был опубликован текст государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 гг.». Общий объём финансирования по ней составит более 491,5 млрд руб., из них 175,7 млрд руб. будет выделено из федерального бюджета.

Таким образом, на российском рынке электроники наблюдается три ключевых тенденции. С одной стороны – объективно высокий потенциал и ежегодно растущая потребность в развитии электронных технологий. С другой – кризисная ситуация в промышленности, грозящая снижением количества заказов электронных компонентов. С третьей – государственная поддержка программ импортозамещения и развития радиоэлектронной отрасли открывает возможности для новых разработок.

Оценивая маркетинговые перспективы, компании электронной отрасли должны активизировать поиск заказчиков в промышленных регионах Российской Федерации. Одним из инструментов продвижения продукции на рынок является участие в выставочных мероприятиях. Исследование Агентства выставочного консалтинга «ЭкспоЭффект» показало, что при эффективном планировании выручка от продаж клиентам по контактам с мероприятия превышает затраты на участие в выставке в несколько раз. Имеет значение и поддержание позитивного образа компании среди существующих клиентов. Поэтому, несмотря на сокращение бюджетов, наиболее дальновидные участники рынка готовы воспользоваться кризисной ситуацией в свою пользу. Пока одни компании пропускают выставочные мероприятия, другие получают больше посетителей, заинтересованных

в поиске более выгодных контрактов и в сокращении рисков поставок. Таким образом, кризис может сыграть на руку отрасли, мотивируя платёжеспособных клиентов искать новых поставщиков на выставке, что повышает результативность участия для экспонентов.

Выставки по электронике в России представлены такими крупными московскими мероприятиями, как «ЭкспоЭлектроника», «ЭлектронТехЭкспо», «Новая электроника», «Силовая электроника», Semicon Russia, а также «Промышленная и встраиваемая электроника» и «Радиоэлектроника и приборостроение» в Санкт-Петербурге. Региональные проекты по электронике до сих пор отсутствовали в портфеле выставочных операторов. Однако кризис может дать основания для появления специализированных выставок в крупных промышленных центрах, таких как Екатеринбург, Новосибирск и Омск. Миссия состоит в том, чтобы приблизить производителей и поставщиков электронной техники и компонентов к заказчикам – промышленным предприятиям машиностроительной, металлургической, приборостроительной, транспортной и других отраслей. Такой подход обеспечит присутствие ведущих брендов и гибких молодых компаний в регионах, разрешив задачу командирования сотрудников для промышленных предприятий. Откроются перспективы и для региональных производителей в сфере электроники, которые смогут достойно представить свою продукцию. Подобная инициатива должна встретить поддержку на уровне официальных структур, заинтересованных во внедрении новейших разработок в промышленность своего региона.

Международная специализированная выставка «Электроника-Урал 2015», которая пройдёт 17–19 ноября 2015 г. в Екатеринбурге, станет первым мероприятием подобного формата на Урале. По замыслу организаторов, она состоится одновременно с авторитетным выставочным проектом «Передовые Технологии Автоматизации. ПТА-Урал 2015». Синергетический эффект автоматизации и электроники должен помочь реанимировать промышленное сердце России от кризисных событий.

*Материал подготовил  
Александр Хабаров*



Выставка  
**ЭЛЕКТРОНИКА**  
Урал

Идеальный контакт  
**«ЭЛЕКТРОНИКА—Урал 2015»**

Международная  
специализированная  
выставка

**17-19 ноября**

Екатеринбург, ЦМТЕ

Реклама

Проходит одновременно  
с выставкой «Передовые  
Технологии Автоматизации.  
ПТА—Урал 2015»

#### Тематика выставки

- Электронные компоненты и комплектующие
- Источники питания
- Программное обеспечение и услуги
- Оборудование и технологии для производства электроники

#### В деловой программе

- Электронные компоненты и технологии
- Промышленная электроника

[www.pta-expo.ru/ural/electronics](http://www.pta-expo.ru/ural/electronics)

Организатор:  
**Электроника**

Екатеринбург Тел. +7 (343) 376-24-76 • info@pta-expo.ru  
Москва Тел. +7 (495) 234-22-10 • info@pta-expo.ru

**Измерители мощности Keysight U2040X с широким динамическим диапазоном**

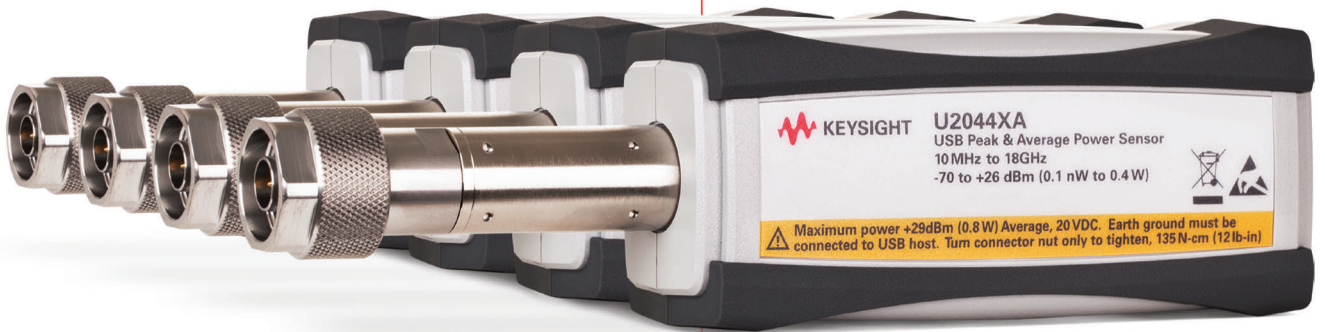
Самый широкий в отрасли динамический диапазон: от -70 до +26 дБм (96 дБ)

Высокая скорость измерений: 10 000 отсчетов/с

Интерфейсы USB или LAN

Точность и воспроизводимость измерений всех традиционных сигналов беспроводной связи

Внутренняя установка нуля и автоматическая калибровка



Представляем широкий выбор высокопроизводительных измерителей мощности, обеспечивающих чрезвычайно высокую скорость измерений и имеющих самый широкий в мире динамический диапазон. При использовании ПО для сбора и анализа данных Keysight BenchView измерители мощности позволяют проводить точные и воспроизводимые измерения в широком диапазоне уровней мощности. 4 модели с интерфейсом USB позволяют тестировать чипсеты, системы радиосвязи, РЛС, устройства мобильной связи. Первый в мире термовакуумный измеритель мощности с интерфейсом LAN прекрасно подойдет для тестирования систем спутниковой связи.

**HARDWARE + SOFTWARE + PEOPLE = INSIGHTS**

**Сверхбыстрые.  
Сверхточные.  
Сверхширокий  
динамический  
диапазон.**



USB

LAN

Загрузите рекомендации по проведению быстрых и точных измерений мощности сигналов беспроводной связи  
[www.keysight.com/find/rfpowertips](http://www.keysight.com/find/rfpowertips)

8 800 500 9286 (Звонок по России бесплатный)

© Keysight Technologies, Inc. 2014

**KEYSIGHT**  
TECHNOLOGIES

Unlocking Measurement Insights

Реклама