



Happy New Year!
2019

**Приемопередатчики RadioVerse
для мобильных систем связи 3G/4G/5G**

В номере:

- Система сбора данных для высокотемпературных применений
- Функциональная безопасность систем сбора и обработки данных
- Развитие нитрид-галлиевой технологии
- Нитрид-галлиевые усилители мощности СВЧ-диапазона
- Арсенид-галлиевые маломощные СВЧ-усилители
- **Широкополосные приемопередатчики, поддерживающие технологию RadioVerse**
- Интеллектуализация оконечного узла сенсорной сети
- Универсальные датчики контроля параметров окружающей среды для систем IoT от компании Omron
- Лампы Smart LED для IoT

Интернет-магазин

VD MAIS

The Professional Distributor

catalog.vdmais.ua

ПОКУПАЙ КОМПОНЕНТЫ ОНЛАЙН



- для разработчиков и предпринимателей
- быстрое получение счета без ожидания
- поставки со склада в Киеве
- заказы на зарубежных складах
- специальные условия для дилеров

1. Зарегистрируйтесь в один клик
2. Внесите данные плательщика
3. Выбирайте товары
4. Мгновенно получите счет
5. Оплатите онлайн или через банк
6. Ожидайте доставку заказа



- электронные компоненты
- светодиоды и блоки питания
- кабели, разъемы, клеммы, реле
- паяльное оборудование и материалы
- измерительные приборы



Центральный офис:

03061 Киев, ул. М. Донца, 6
Тел.: (+38-044) 201-0202
Факс: (+38-044) 202-1110
E-mail: info@vdmαιs.ua

Региональные представительства:

61070 Харьков
ул. Академика Проскуры, 1
тел./факс: (057) 719-6718, 716-4266

49006 Днепр
пр. Пушкина, 55, оф. 504
тел./факс: (0562) 319-128

65005 Одесса
ул. Головкинская, 36, оф. 20
тел./факс: (048)734-1954

79058 Львов
пр. В. Черновола, 67, оф. 319
тел./факс: (032) 245-5478

69000 Запорожье
бульвар Шевченко, 25, оф. 14
тел. (095) 274 6897

XLG-25/50

**драйверы светодиодов с постоянной
выходной мощностью в компактном корпусе**

- металлический корпус с заземлением
- активный корректор коэффициента мощности
- мощность потребления в спящем режиме не более 0.5 Вт
- максимальный КПД 90%
- две модификации
 - ◆ тип-A: IP-67, регулировка выходного тока внутренним потенциометром
 - ◆ тип-B: IP-67, регулировка тока постоянным напряжением, сигналом ШИМ или потенциометром
- диапазон входных напряжений 100...305 В (AC) или 142...431 В (DC)
- максимальный ток при холодном старте 50 А
- защита от перегрузок по току и напряжению
- допустимое напряжение между входом и выходом 3.75 кВ (AC)
- соответствие стандартам по безопасности и электромагнитной совместимости
- диапазон рабочих температур -40...85 °C
- габаритные размеры 105×63×30 мм
- гарантийный срок работы 5 лет.



VD MAIS – официальный дистрибьютор компаний MEAN WELL в Украине

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478,
(048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmαιs.ua, www.vdmαιs.ua

**ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ
И СИСТЕМЫ**

 2018 октябрь-декабрь
№ 4 (224)

 МАССОВЫЙ
НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Учредитель и издатель:
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ
ФИРМА VD MAIS

 Зарегистрирован
Министерством информации
Украины 24.07.96 г.
Свидетельство о регистрации:
серия КВ, № 2081Б
Издается с мая 1996 г.
Подписной индекс 40633

Директор фирмы VD MAIS:
В.А. Давиденко

Главный редактор:
В.А. Романов

Редакционная коллегия:
В.А. Давиденко
В.В. Макаренко
В.Р. Охрименко
Д-р Илья Брондз,
факультет биологии
Университета г. Осло, Норвегия

Адрес редакции:
Украина, Киев,
ул. М. Донца, 6
Тел.: (0-44) 492-8852, 201-0202
Факс: (0-44) 202-1110
E-mail: ekis@vdm.ais.ua
Интернет: www.vdm.ais.ua
www.ekis.kiev.ua
Адрес для переписки:
Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6

VD MAIS

25 лет научно-производственной фирме VD MAIS3

В ПОМОЩЬ РАЗРАБОТЧИКУ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

 Ф. Достал
**В каком случае и как следует разделять аналоговую
и силовую земляные шины импульсного стабилизатора5**

 Я. Жао
Как защитить от перенапряжения измерители температуры.. 7

 К. Бенсон
**Нитрид галлия позволяет преодолеть барьер при создании
СВЧ-усилителей большой мощности 10**

 К. Норрис
**Функциональная безопасность систем сбора и обработки
данных 12**

НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ

 В. Котигорошко
Нитрид-галлиевые усилители мощности СВЧ-диапазона 16
В. Котигорошко
Арсенид-галлиевые маломощные СВЧ-усилители 19

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

 В. Охрименко
**Широкополосные приемопередатчики, поддерживающие
технологии RadioVerse23**

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Развитие нитрид-галлиевой технологии39

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

 Я. Биверс
**Интеллектуализация оконечного узла сенсорной сети,
часть 140**

 Я. Биверс
**Интеллектуализация оконечного узла сенсорной сети,
часть 245**

 В. Макаренко
**Универсальные датчики контроля параметров окружающей
среды для систем IoT от компании Omron49**

 В. Макаренко
Лампы Smart LED для IoT57

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2018 Г.

Содержание62

 Перепечатка опубликованных в журнале
материалов допускается с разрешения редакции.
За рекламную информацию ответственность несет
рекламодатель.

VD MAIS

25 years of scientific and production company VD MAIS..... 3

ASK THE APPLICATIONS ENGINEER

F. Dostal
When Grounds are Separated 5

Y. Zhao
Optimized Power Supply Measurement Setup 7

K. Benson
GaN Breaks Barriers – RF Amplifiers Go Wide and High 10

C. Norris
Functional Safety in a Data Acquisition System 12

NEW COMPONENTS

V. Kotigorozko
GaN power amplifiers 16

V. Kotigorozko
GaAs pHEMT MMIC LNA 19

TELECOMMUNICATION

V. Okhrimenko
RadioVerse: Highly integrated RF IC transceivers 23

BRIEF REPORTS

Development of GaN technologies 39

INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY

J. Beavers
Intelligence at the Edge Part 1: The Edge Node..... 40

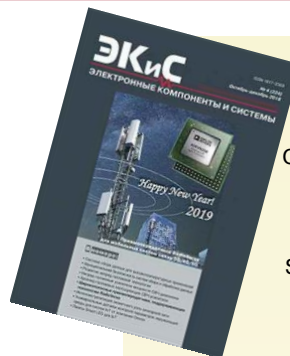
J. Beavers
Intelligence at the Edge Part 2: The Edge Node..... 45

V. Makarenko
Universal sensor for environmental monitoring for IoT systems from Omron 49

V. Makarenko
Smart LED lamps for IoT 57

CONTENTS OF JOURNAL IN 2018

CONTENTS..... 62



ELECTRONIC COMPONENTS AND SYSTEMS

October-December 2018
No. 4 (224)

Scientific and Technical Journal

Founder and Publisher:
Scientific-Production Firm
VD MAIS

Director
V.A. Davidenko

Head Editor
V.A. Romanov

Editorial Board
V.A. Davidenko
V.V. Makarenko
V.R. Okhrimenko
Dr. Iliia Brondz,
Department of Biology,
University of Oslo,
Norway

Address:
M. Dontsia Str., 6,
03061 Kyiv, Ukraine
Tel.:
(380-44) 201-0202,
492-8852 (multichannel)

Fax:
(380-44) 202-1110

E-mail:
ekis@vdmajs.ua

Web address:
www.vdmajs.ua
www.ekis.kiev.ua
Printed in Ukraine

Reproduction of text and illustrations is not allowed without written permission.

25 ЛЕТ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ФИРМЕ VD MAIS



14 декабря в центральном офисе Научно-производственной фирмы VD MAIS состоялся торжественный вечер, посвященный 25-летию образования фирмы. Итоги деятельности фирмы за этот период подвел основатель и бессменный директор фирмы Владимир Александрович Давиденко. Если коротко, так выглядел путь фирмы за этот период.



В 1993 году в момент регистрации в фирме работало всего несколько сотрудников. Этот период характеризовался кризисными явлениями в промышленности Украины, особенно кризис отразился на работе наукоемких предприятий, практически остановили свою работу отечественные предприятия микроэлектроники и приборостроения, однако в стране оставалось много опытных и талантливых специалистов, которые были готовы поставлять на рынок Украины новые инновационные изделия. У них были идеи, но для их реализации в стране практически не было современной микроэлектронной элементной базы, новых приборов и материалов, позволяющих быстро преодолеть путь от идеи к рынку. Именно тогда фирма VD MAIS сосредоточила

свои усилия на поставке новейших электронных компонентов и материалов украинским предприятиям и специалистам, у которых еще сохранился высокий научный потенциал и не пропало желание работать.

В этот период фирма проводит многочисленные научно-технические семинары, приглашая с докладами известных зарубежных специалистов в области микроэлектроники и вычислительной техники, представителей таких известных компаний, как Analog Devices, Motorola, Texas Instruments и многих других, которые знакомят наших инженеров с достижениями мировой электронной промышленности. С 1996 года фирма VD MAIS издает научно-технический журнал “Электронные компоненты и системы”, на страницах которого представлены новинки электронной промышленности ведущих мировых производителей, публикуются статьи в помощь разработчикам сложных систем и устройств, даются консультации по выбору элементной базы для проектируемых в Украине изделий новой техники.

С 1998 года в фирму начинают приходить молодые специалисты из лучших украинских университетов. Сейчас они возглавляют основные направления работы фирмы. В конце 2004 года в фирме появляется собственное автоматизированное производство для монтажа и сборки печатных плат.

Сейчас производственные линии VD MAIS ничем не уступают аналогичным производствам развитых стран Запада. Более того, фирма VD MAIS успешно конкурирует с ними в условиях международной кооперации труда, выполняя заказы по выпуску электронных модулей для автомобилей ведущих европейских компаний.

С 2008 года центральный офис VD MAIS располагается в собственном здании, в котором кроме производственных помещений с линиями по изготовлению изделий электронной техники, складом электронных компонентов и паркингом находятся спортивный зал, комнаты отдыха, ресторан. В крупных промышленных центрах Украины, а это Харьков, Львов, Днепр, Одесса, Запорожье, более 10 лет успешно работают филиалы фирмы.



В настоящее время в фирме VD MAIS работает более 250 сотрудников. Фирма сотрудничает с сотнями зарубежных и тысячами отечественных компаний, нет такой отрасли промышленности в Украине,

где бы не применялись поставляемые фирмой электронные компоненты, материалы, средства электронной техники собственной разработки. Это и транспортное машиностроение, и авиакосмическая промышленность, и медицина, и энергетика.

Фирма VD MAIS не обходит своим вниманием научные исследования и разработки, поддерживая ученых и специалистов из университетов и институтов Национальной академии наук. Многие образцы новой техники в этих университетах и институтах созданы на производственных мощностях фирмы и поставляются не только на отечественные, но и зарубежные рынки таких стран, как Китай, Германия, Венгрия и многие другие.

В канун 25-летия в своем интервью журналу CHIP NEWS Украина директор фирмы Владимир Давиденко отметил, что основной капитал фирмы – это люди, талантливые, высококвалифицированные, харизматичные. С ними связаны основные достижения фирмы.

Редакция журнала “Электронные компоненты и системы” поздравляет дружный коллектив фирмы VD MAIS с Юбилеем, желает процветания, новых творческих достижений и успехов на благо нашей Родины.



В КАКОМ СЛУЧАЕ И КАК СЛЕДУЕТ РАЗДЕЛЯТЬ АНАЛОГОВУЮ И СИЛОВУЮ ЗЕМЛЯНЫЕ ШИНЫ ИМПУЛЬСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА *

WHEN GROUNDS ARE SEPARATED

В статье рассмотрены особенности разделения аналоговой и силовой земляных шин в импульсных стабилизаторах.

Ф. Достал

Abstract - The features of analog ground and power ground separation in switching regulator are considered in the article.

F. Dostal



Разработчики импульсных источников питания часто делают ошибки при разводке печатной платы для своих изделий. Это, прежде всего, касается разводки аналоговой и силовой земляных шин.

Силовая земляная шина (power ground – PGND) предназначена для протекания импульсных токов большой мощности. Аналоговая земляная шина (analog ground – AGND) или сигнальная земляная шина (signal ground – SGND), что одно и то же, предназначена для подключения к ней прецизионных источников сигналов, включая опорные источники, измерительные усилители, измерительные узлы контроллеров и АЦП.

В настоящее время разработчиками используется два подхода к объединению двух земляных шин. Согласно первому подходу шины AGND и PGND следует объединять на соответствующих выводах микросхемы импульсного стабилизатора. Это позволяет поддерживать напряжение между двумя этими шинами практически на уровне нуля, благодаря чему стабилизатор имеет защиту от по-

мех и разрушения, вызванного перенапряжением между двумя шинами земли. Таким образом, мы имеем топологию земляных шин в виде звезды. Пример этой топологии приведен на рис. 1. Разводка печатной платы на этом рисунке предназначена для DC/DC понижающего источника питания LTM4600 с выходным током до 10 А, причем объединение земляных шин на рис. 1 выделено синим овалом. Взаимное влияние обеих земляных шин в этом случае сведено к минимуму.

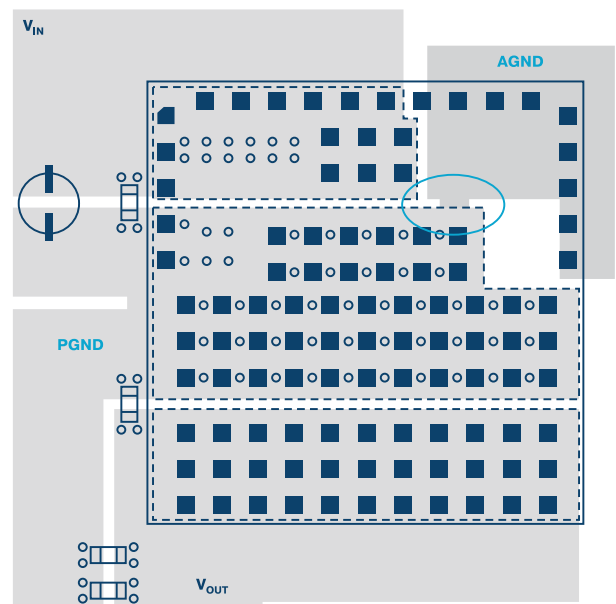


Рис. 1. Однослойная топология разводки печатной платы импульсного стабилизатора с объединением аналоговой и силовой шин земли на внешних выводах микросхемы стабилизатора

* Dostal F. When Grounds are Separated. Rarely Asked Questions—Issue 159. Analog Dialogue, 52-11, November, 2018. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

Другим более сложным подходом к разделению силовой и сигнальной шин земли является применение двухслойной печатной платы, причем на одном ее слое размещается силовая шина земли, а на другом – сигнальная шина земли. Обе шины должны быть объединены между собой в одной точке, как правило, с помощью металлизированного отверстия на двухслойной печатной плате.

Второй подход обеспечивает лучшую развязку двух земляных шин, чем первый. Уровень помех в слое силовой земляной шины выше уровня помех в сигнальном слое, где помехи от влияния силовой шины земли сведены к минимуму.

Однако, недостатком этого подхода является то, что между двумя земляными шинами может возникнуть существенная разница напряжений, что может привести к неправильному функционированию устройства в целом и даже к выходу его из строя. Пример такой разводки показан на рис. 2, которая выполнена для DC/DC понижающего стабилизатора типа ADP2386 с выходным током до 6 А.

Таким образом, выбирая один или другой подход, разработчик остается перед выбором – или обеспечить максимально возможную развязку между двумя шинами земли, или гарантировать максимальную защиту своего изделия от разностного напряжения между двумя шинами земли.

Для того, чтобы сделать правильный выбор, следует руководствоваться особенностями интегральной схемы импульсного стабилизатора, которая используется в проектируемом изделии, а именно, ее частотой коммутации, величиной паразитных индуктивностей выводов, выходной мощностью, скоростью установления выходного напряжения и т.п.

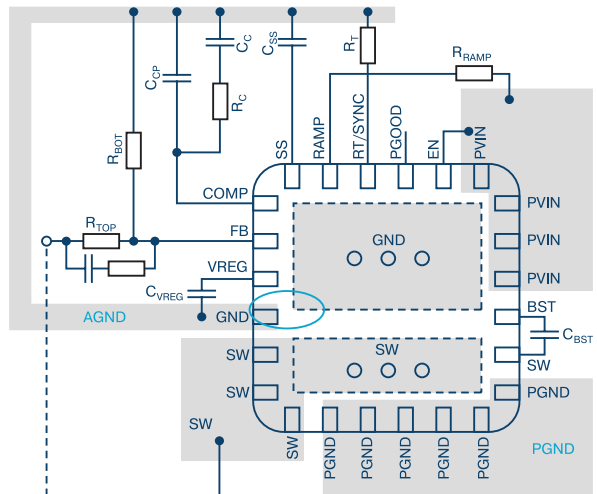


Рис. 2. Двухслойная топология разводки печатной платы импульсного стабилизатора с объединением аналоговой и силовой шин земли микросхемы стабилизатора в одной точке

ВЫВОДЫ

Предлагается два подхода к разделению шин сигнальной (аналоговой) земли и силовой земли при проектировании импульсных источников питания. Один подход базируется на разделении двух шин в кристалле микросхемы и на внешнем объединении выводов этих шин, другой – на использовании двухслойной печатной платы, причем каждый слой предназначен для одной земляной шины, а объединение этих шин обеспечивается в одной точке. Каждый из подходов имеет свои преимущества и недостатки. Выбор того или иного подхода следует делать, основываясь на детальном изучении параметров микросхемы импульсного стабилизатора, на которой разработчик остановил свой выбор.

VD MAIS
Разработка и серийное производство электроники

- разработка электрических схем
- проектирование и изготовление печатных плат
- комплектация изделий электронными компонентами и конструктивами
- контрактное производство (по стандарту IPC-A-610H):
 - автоматизированный монтаж SMD-компонентов и автоматизированная селективная пайка компонентов, монтируемых в отверстия
 - изготовление опытных образцов изделий
 - мелко- и крупносерийное производство
- многолетний опыт разработки и производства
- гарантия качества

Сертификация на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016
Цены – оптимальные.

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6
тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

VD MAIS
Печатные платы

- проектирование печатных плат
- технологическая подготовка производства
- изготовление любого количества плат:
 - по ГОСТ 23752-79
 - по стандарту IPC-A-600H
- проектирование и изготовление трафаретов для нанесения паяльной пасты.

Сертификация на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016
Цены – оптимальные.

Украина, 03061 Киев, ул. М. Донца, 6
тел.: (0-44) 201-0202, 492-8852, факс: (0-44) 202-1110
e-mail: info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

КАК ЗАЩИТИТЬ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ *

В статье рассмотрены особенности применения модулей для измерения температуры с защитой от перенапряжения.

Я. Жао

OPTIMIZED POWER SUPPLY MEASUREMENT SETUP

Abstract - The article will focus how to provide a total solution for RTD modules with over voltage protection function.

Y. Zhao



Разработчики часто задают вопрос, можно ли защитить от перенапряжения модуль измерителя температуры на базе термометра сопротивления.

Термометр сопротивления (resistive temperature detector - RTD) имеет высокую стабильность, устойчив к шумам и помехам, отличается высокой точностью. Схема включения термометра сопротивления может быть 2-, 3- и 4-проводной, обеспечивая достаточный ток для формирования выходного напряжения. Микросхемы AD7124-4 и AD7124-8 содержат два согласованных источника тока, PGA-усилитель, буферный регистр и средства самодиагностики, что обеспечивает высокую надежность RTD-модуля. При промышленном использовании этих модулей возможно некорректное включение его в систему измерения температуры, что, в свою очередь, может привести к перенапряжению на входе или выходе RTD-модуля и выходу его из строя.

В качестве основных предлагаются три решения борьбы с перенапряжением:

- включение последовательных резисторов на вход ИМС AD7124; однако, это уменьшает входной динамический диапазон модуля;
- защита токовых цепей может быть обеспечена

внешними дискретными компонентами, что дает возможность повысить уровень защиты, не снижая входной диапазон модуля. Однако дополнительные ключи и мультиплексор сами нуждаются в защите от перенапряжения;

• для защиты от перенапряжения могут быть использованы специальные ключи и мультиплексоры компании Analog Devices типа ADG52xxF и ADG54xxF, которые предназначены, в том числе, для применения в RTD-модулях и обеспечивают защиту от перенапряжения измерительных каналов этих модулей в диапазоне ± 55 В. Отметим, что эти ИМС отличаются миниатюрными размерами и в отличие от дискретных компонентов занимают малую площадь печатной платы RTD-модуля.

На рис. 1 приведена логотметрическая схема включения 4-проводного RTD-модуля на основе ИМС AD7124. Для снижения стоимости RTD-модуля может быть использована 3-проводная схема включения (рис. 2).

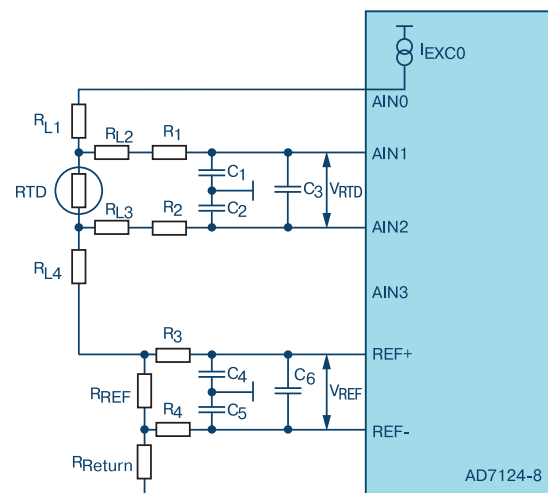


Рис. 1. 4-проводной RTD-модуль на базе AD7124-8

* Zhao Y. *Optimized Power Supply Measurement Setup. Rarely Asked Questions, Issue 157. Analog Dialogue, 52-09, September 2018. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.*

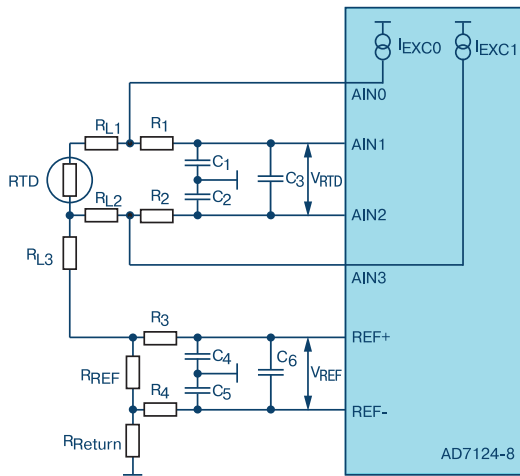


Рис. 2. 3-проводной RTD-модуль на базе AD7124-8

Выражение для вычисления величины сопротивления термометра сопротивления имеет следующий вид:

$$V_{RTD}/V_{REF} = R_{RTD}/2R_{REF}$$

В более простой 2-проводной схеме RTD-модуля, приведенной на рис. 3, необходимо учитывать сопротивление проводников при измерении и расчете сопротивления термометра сопротивления. Для удобства применения RTD-сенсоров используется универсальный входной интерфейс (рис. 4), который поддерживает 2-, 3- и 4-проводную схему включения.

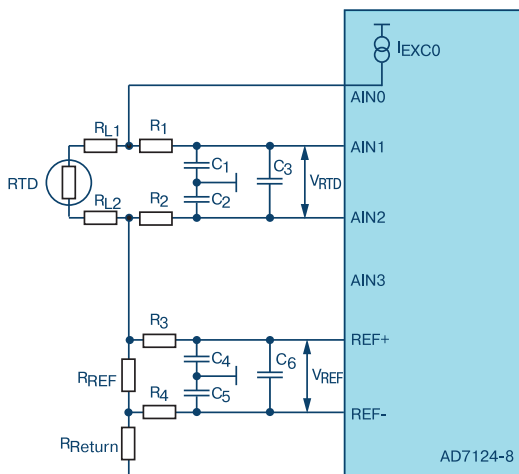


Рис. 3. 2-проводной RTD-модуль на базе AD7124-8

Универсальная схема включения RTD-сенсоров на основе RTD-модуля приведена на рис. 5. Состояние ключей для разных конфигураций RTD-модуля приведено в табл. 1.

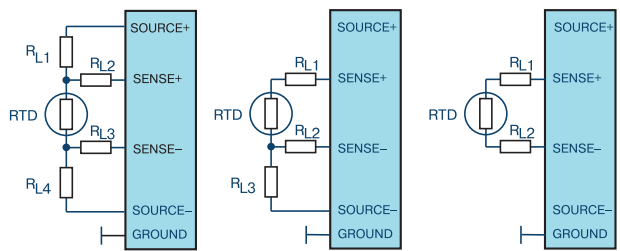


Рис. 4. Универсальный входной интерфейс для RTD-модуля

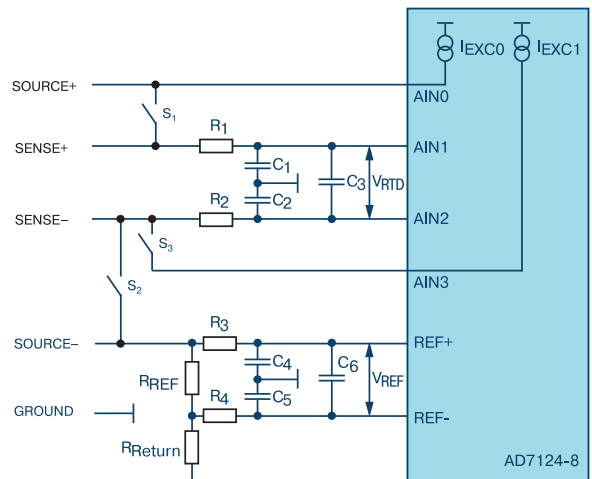


Рис. 5. RTD-модуль на базе AD7124-8 для разных конфигураций подключения RTD-сенсоров

Вместо пассивных резисторов на входах RTD-модуля могут быть включены микросхемы ключей и мультиплексоров (рис. 6) с защитой от перенапряжения. Как уже отмечалось, кроме перенапряжения

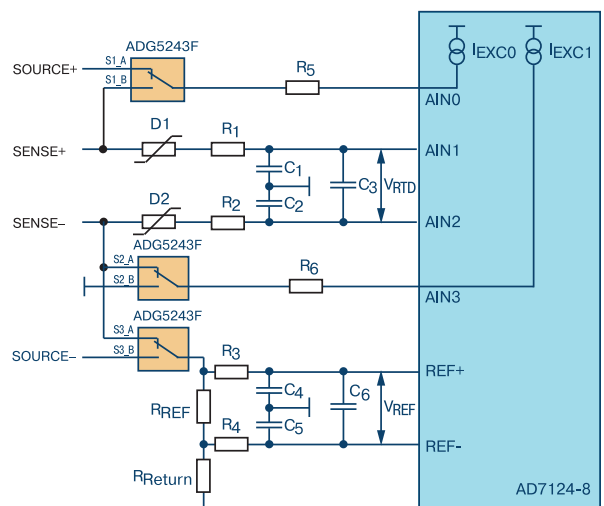


Рис. 6. Использование аналоговых ключей и мультиплексоров с защитой от перенапряжения на входе RTD-модуля

Таблица 1. Состояние ключей S1, S2, S3 и режимы токов возбуждения IEXT1, IEXT2 для RTD-модулей разной конфигурации

Тип конфигураций	S1	S2	S3	IEXT1	IEXT2
2-проводная схема включения	замкнут	замкнут	разомкнут	включен	отключен
3-проводная схема включения	замкнут	разомкнут	замкнут	включен	включен
4-проводная схема включения	разомкнут	разомкнут	разомкнут	включен	отключен

в схеме RTD-модуля, необходимо ограничить величину тока во входной цепи. Включение последовательного резистора приводит к ограничению входного диапазона RTD-модуля и увеличению погрешности, которую дополнительно вносит включенный во входную цепь резистор. Применение ключей приводит к уменьшению этой погрешности. В качестве ключей можно использовать ИМС ADG5243F – однополюсный ключ на два направления, а ИМС ADG5462F – 4-канальный ключ с защитой от перенапряжения в диапазоне ± 55 В.

ВЫВОДЫ

Рассмотрены особенности применения RTD-модуля на базе микросхемы AD7124 с высоким уровнем защиты от перенапряжения. Предложенные схемотехнические решения обеспечивают малый ток утечки, низкий уровень шумов, минимальное время установления. Отсутствие дополнительных дискретных компонентов позволяет минимизировать размеры модуля, повысить его надежность и упростить эксплуатацию.

ОФИСНЫЙ ЦЕНТР VD MAIS

Если Вам необходимо провести семинар, тренинг или презентацию, добро пожаловать в офисный центр НПФ VD MAIS!

К Вашим услугам современный конференц-зал площадью 300 кв.м, рассчитанный на 250 мест, который идеально подходит для проведения тренингов, семинаров и конференций.

Для ведения деловых встреч имеются комнаты для переговоров. Офисный центр расположен в живописном парке "Отрадный". Зал оборудован мультимедийным проектором, микрофоном, LCD-монитором, компьютером, удобной мебелью, системой кондиционирования и гардеробной. Возможна организация "кофе-паузы", а также обедов в ресторане "VD Restaurant Park".



VD MAIS
The Professional Distributor

Обращаться по адресу: г. Киев, ул. М. Донца 6
info@vdmajs.ua
 тел.: (044) 220-0101 (внутр. 1329, 1328)
 факс: (044) 220-0202
 Контактное лицо: Пацев Андрей Викторович

НИТРИД ГАЛЛИЯ ПОЗВОЛЯЕТ ПРЕОДОЛЕТЬ БАРЬЕР ПРИ СОЗДАНИИ СВЧ-УСИЛИТЕЛЕЙ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ *

GAN BREAKS BARRIERS – RF AMPLIFIERS GO WIDE AND HIGH

В статье кратко изложено состояние полупроводниковых технологий в области нитрида галлия и арсенида галлия на примере СВЧ-усилителей большой мощности.

Abstract – This article briefly describes the state of the semiconductor technology that is enabling the development of GaAs and GaN wideband power amplifiers.

К. Бенсон

K. Benson

Высокие требования к скорости передачи данных обусловили ускоренное развитие полупроводниковых технологий, направленных на повышение скорости передачи данных средств телекоммуникаций. Прежде всего, усилия разработчиков направлены на расширение полосы пропускания и увеличение мощности СВЧ-усилителей. До последнего времени в СВЧ-технике применялись лампы бегущей волны (traveling wave tubes), однако с появлением технологии арсенида и нитрида галлия открылась возможность создания СВЧ-ИМС, работающих в области сантиметровых и миллиметровых волн, причем выходная мощность таких ИМС превышает 1 Вт.

Известно, что современные системы связи работают в высокой и сверхвысокой полосе частот. В оборонной промышленности это радары, полоса которых составляет от нескольких мегагерц до десятков гигагерц. Спутниковая связь, медицинское приборостроение используют широкополосные СВЧ-ИМС. В каждой из таких систем одним из основных узлов является мощный широкополосный усилитель. Как было отмечено, в перечисленных областях промышленности доминировали лампы бегущей волны. Однако наряду с высокими параметрами лампы бегущей волны имеют серьезные недостатки, а именно: невысокую надежность, низкую эффективность и высокое напряжение питания (до 1 кВ и выше). В отличие от вакуумной техники, надежность полупроводниковых устройств существенно выше. В тоже время транзисторы на основе нитрида галлия могут обеспечить высокую выходную мощность, что позволяет

им стать надежной альтернативой лампам бегущей волны. На диаграмме (рис. 1) показаны возможности освоенных промышленностью полупроводниковых технологий как по максимальной мощности, так и полосе пропускания. Следует отметить, что если технология арсенида галлия достаточно хорошо освоена полупроводниковой промышленностью, то технология нитрида галлия в настоящее время находится на начальной стадии освоения. Однако, широкое применение СВЧ-ИМС на основе нитрида галлия прогнозируется уже в ближайшие 3-5 лет. На рис. 2 показано, что для построения мощного СВЧ-усилителя на основе арсенида галлия требуется сложная структура, использующая параллельное включение нескольких СВЧ-усилителей, а эквивалентная схема, выполненная по технологии нитрида галлия, имеет один усилительный каскад на выходе.

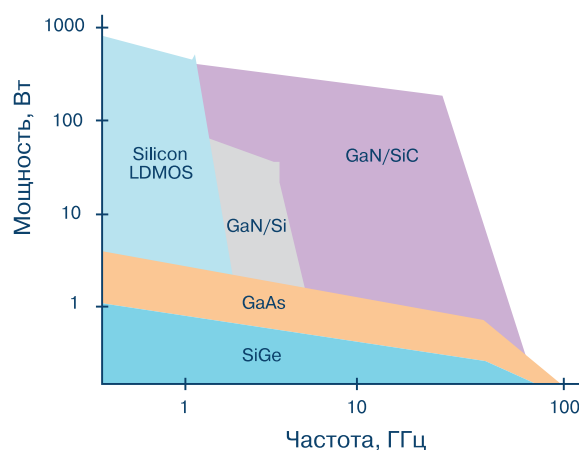


Рис. 1. Максимальная мощность СВЧ-усилителей, выполненных на основе разных полупроводниковых технологий

* Benson K. GaN Breaks Barriers – RF Amplifiers Go Wide and High. Analog Dialogue, 51-09, September, 2017. www.analogdialogue.com. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

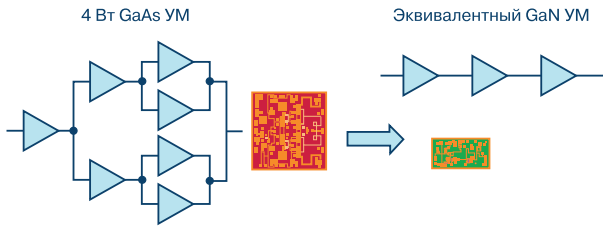


Рис. 2. Структуры СВЧ-усилителей мощности на основе GaAs и GaN

Микроволновый СВЧ-разветвитель, разработанный Дж. Ланге на основе технологии нитрида галлия, приведен на рис. 3. Несмотря на ширину полосы пропускания не более октавы, такие разветвители имеют низкий уровень потерь на отражение.

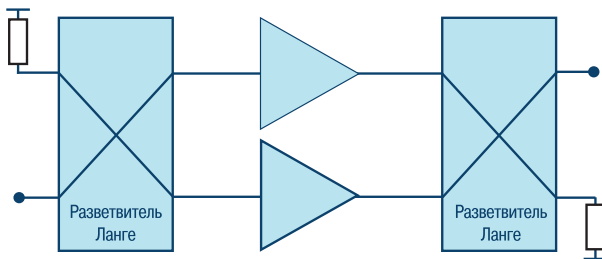


Рис. 3. Дифференциальный усилитель с микроволновым разветвителем Ланге

На рис. 4 приведена схема СВЧ-усилителя с распределенным усилением мощности, выполненного на транзисторах из нитрида галлия.

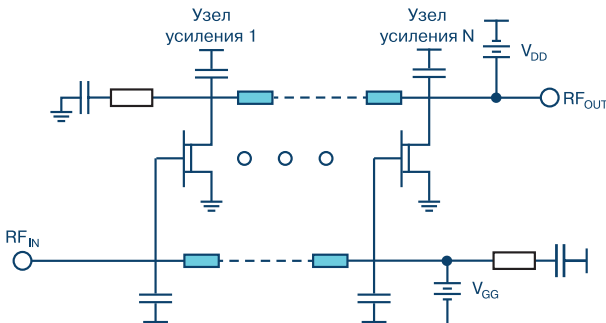


Рис. 4. Упрощенная функциональная схема усилителя мощности с распределенным усилением

В этой схеме существенно снижено влияние паразитных параметров. Усиление такой схемы ограничено только крутизной транзисторов и практически не зависит от величины паразитных емкостей. Если такая схема выполнена на транзисторах из арсенида галлия, то ее напряжение питания не превышает 5 В.

Если вместо этих транзисторов использовать транзисторы на основе нитрида галлия, то напряжение питания можно увеличить до 28 В, и, соответ-

ственно, увеличить выходную мощность от 0.25 Вт до 8 Вт.

На рис. 5 приведена АЧХ СВЧ-ИМС такого усилителя типа HMC994A компании Analog Devices.

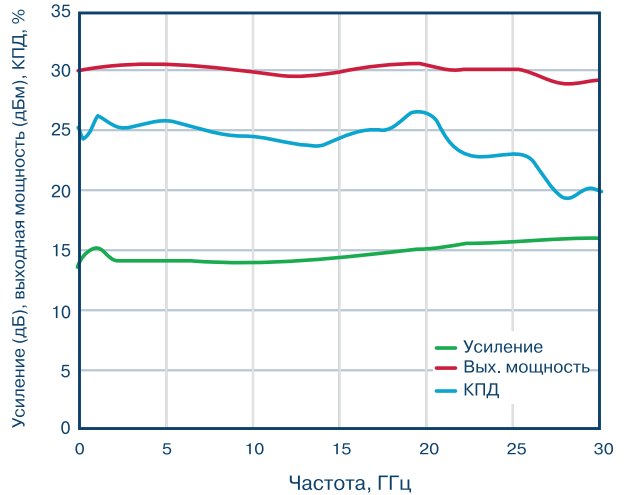


Рис. 5. АЧХ усилителя HMC994A на основе GaAs

СВЧ-усилитель имеет широкую полосу пропускания, отличается большим коэффициентом усиления и высоким к.п.д. Из АЧХ усилителя следует, что в полосе до 30 ГГц при выходной мощности усилителя 1 Вт к.п.д. суммирования мощности (power added efficiency – PAE) составляет 25%. Точка пересечения искажений третьего порядка для ИМС HMC994A равна 38 дБм.

АЧХ аналогичного устройства, выполненного на основе технологии нитрида галлия, ИМС HMC8205BF10, приведена на рис. 6.

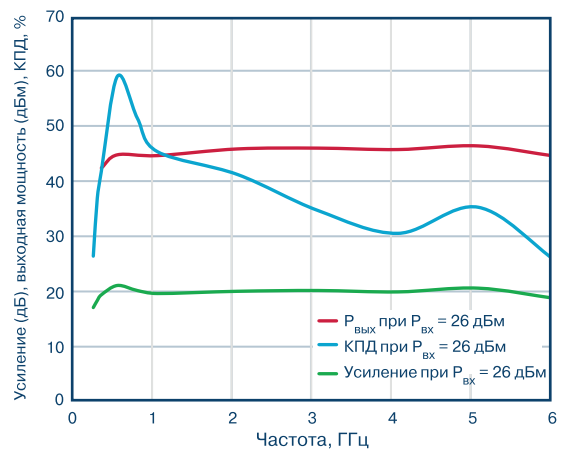


Рис. 6. АЧХ усилителя HMC8205BF10 на основе GaN

Напряжение питания этого усилителя 50 В, выходная мощность 35 Вт, PAE не хуже 35%. Таким образом, новые полупроводниковые технологии обеспечивают лучшие параметры СВЧ-усилителей большой мощности.

ВЫВОДЫ

Новые полупроводниковые технологии, такие

как технология нитрида галлия, открывают широкие возможности в области телекоммуникаций. Полоса пропускания СВЧ-усилителей, выполненных на основе нитрида галлия, может быть расширена до 40 ГГц, время безотказной работы может быть доведено до 10⁶ часов, СВЧ-ИМС этого типа могут работать с источниками незатухающих колебаний.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ *

FUNCTIONAL SAFETY IN A DATA ACQUISITION SYSTEM

В статье рассмотрены вопросы обеспечения функциональной безопасности на примере системы сбора и обработки данных с АЦП в качестве основного компонента.

К. Норрис

Abstract - This article explores the functional safety potential of ADCs in terms of ensuring the overall integrity of a data acquisition system.

C. Norris

В последнее время требования к функциональной безопасности систем сбора и обработки данных постоянно ужесточаются. Это относится не только к системам, предназначенным для применения в атомных станциях, но к системам, применяемым в медицинской, автомобильной, авиационной промышленности. К системам на основе Интернета вещей, таким как “разумный” город, “разумная” улица, “разумные” апартаменты, тоже применяются высокие требования к обеспечению функциональной безопасности. Основное бремя ответственности по обеспечению требуемого уровня функциональной безопасности систем лежит на разработчиках микросхем и других электронных компонентов.

На рис. 1 показаны традиционная система сбора и обработки данных, которая включает достаточно много внешних компонентов, обрамляющих АЦП предыдущего поколения, и новая система, в которой практически все компоненты включены в состав микросхемы преобразователя.

Следует отметить, что современные системы сбора и обработки данных в случае сбоя или отказа, могут стать причиной выхода из строя сложного оборудования и даже привести к человеческим

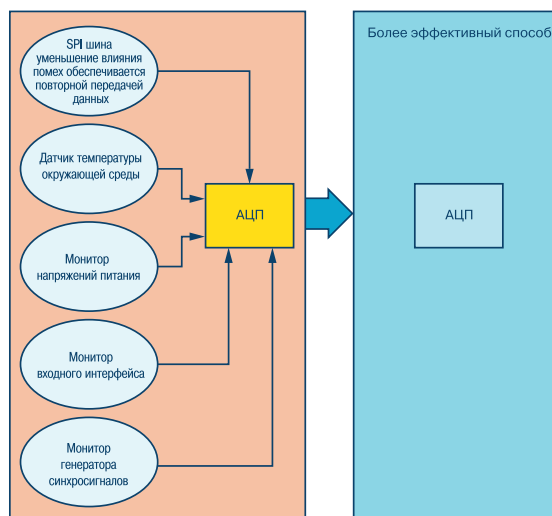


Рис. 1. Системы с функциями диагностики: традиционная (слева) и новая (справа)

жертвам. Так, в системах, которые поддерживают на заданном уровне (с погрешностью, например, 5%) давление в газовом резервуаре, всегда есть вероятность того, что на выходе АЦП могут появиться ошибочные данные, и контроллер не сможет отрегулировать отклонение внутреннего давления от внешнего, что может привести к взрыву резервуара

* Norris C. Functional Safety in a Data Acquisition System. Analog Dialogue, 52-11, November, 2018. www.analog.com. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

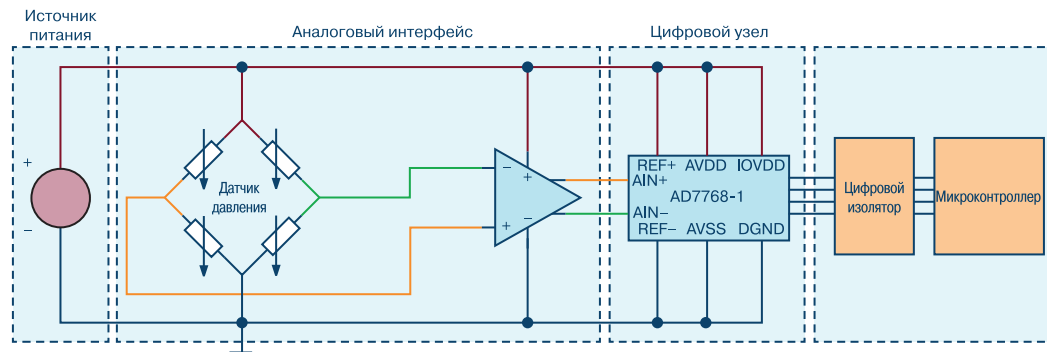


Рис. 2. Источники потенциальных отказов и сбоев в схеме измерения давления

и, как следствие, к человеческим жертвам.

Приведем перечень основных причин, которые могут привести к таким последствиям:

- на выходе источника питания напряжение ниже заданного
- поврежден датчик давления или усилитель на входе АЦП
- сбои или отказы в цифровом узле АЦП приводят к искажению выходного кода данных
- искажение кода в линии связи между АЦП и контроллером
- выход температуры окружающей среды за пределы диапазона рабочих температур ИМС АЦП.

На рис. 2 приведена схема измерения давления, в которой использован сигма-дельта АЦП типа AD7768-1. На этом рисунке выделены отдельные фрагменты схемы, в которых могут возникнуть перечисленные выше отказы и сбои. Отметим, что ИМС AD7768-1 имеет набор встроенных средств диагностики, позволяющих в реальном времени получать информацию об отказах в том или ином узле АЦП.

Компания Analog Devices имеет широкий набор АЦП, отвечающий требованиям функциональной безопасности и содержащий средства диагностики и контроля работоспособности преобразователей. Положительное и отрицательное напряжения встроенного опорного источника используются для проверки коэффициента усиления встроенного усилителя. Возможность подключения входного контакта АЦП к земляной шине обеспечивает проверку напряжения смещения нуля. В случае отклонения этих параметров от номинальных пользователь с помощью встроенных в АЦП регистров может их откорректировать. Встроенный датчик температуры не только следит за ее изменением, но и информирует пользователя о превышении ее граничных параметров. Кроме того, если температура

окружающей среды изменилась в пределах рабочего диапазона температур, имеется возможность внести коррекцию в напряжение смещения нуля и коэффициент усиления. Схема узла диагностики АЦП AD7768-1, в которой мультиплексор подключает ко входу преобразователя разные цепи диагностики, приведена на рис. 3. В составе АЦП имеются регистры, которые содержат флаг ошибки в цифровых узлах преобразователя.

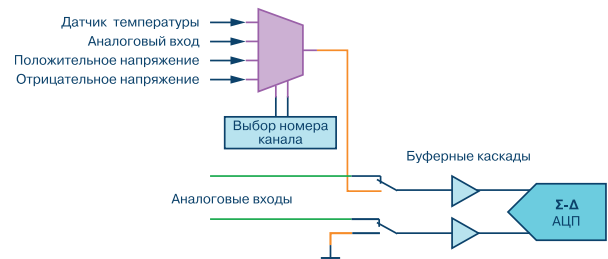


Рис. 3. Схема подключения цепей диагностики АЦП

Отметим, что изменение температуры внутри объекта регулирования может вызвать бросок тока в конденсаторе на выходе LDO-стабилизатора, что может привести к выходу его из строя. Желательно, чтобы этот конденсатор был внешним компонентом по отношению к АЦП. В этом случае облегчается мониторинг выходного напряжения LDO-стабилизатора. Если напряжение на его выходе выйдет за нижний предел, флаг ошибки в специальном регистре информирует пользователя о сбое или отказе в работе АЦП в целом. В АЦП, кроме того, предусмотрена защита от некорректного программирования коэффициента усиления входного усилителя. Эту роль выполняет узел Filter saturated error checker (узел контроля режима насыщения, показанный на рис. 4). В АЦП могут встречаться недопустимые ошибки в двоичных разрядах, например,

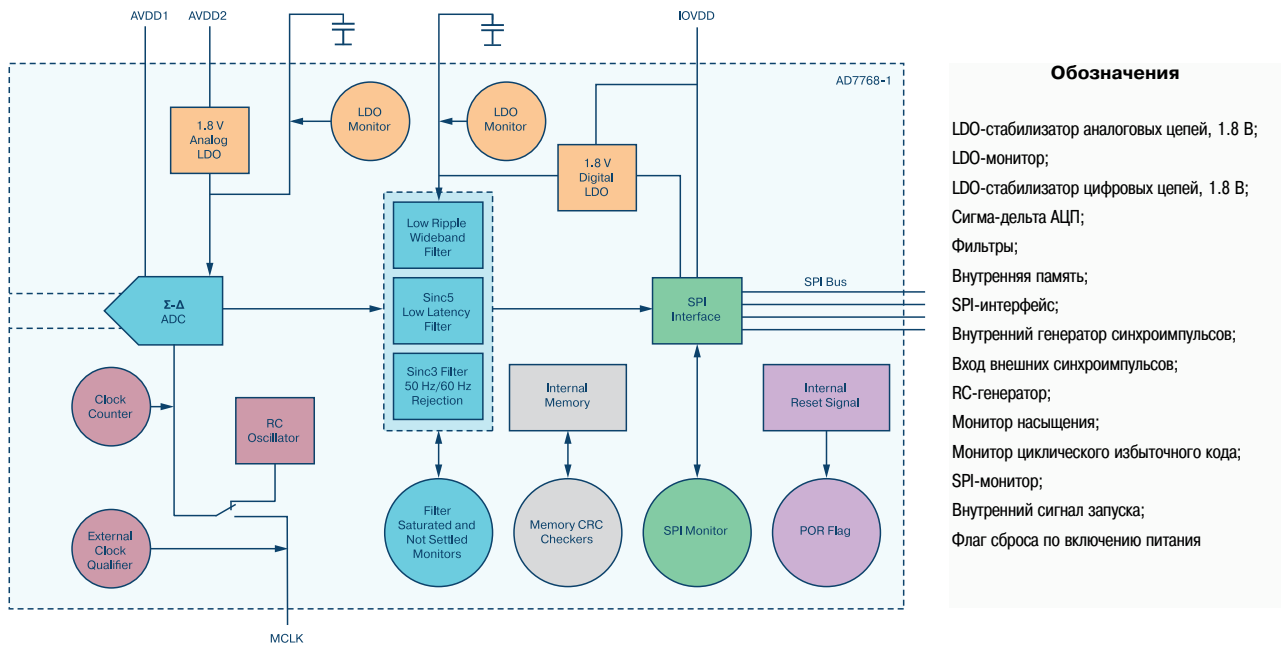


Рис. 4. Мониторы внутренней диагностики АЦП

при включении питания. Для их устранения в цифровом узле предусмотрен периодический контроль ошибок с помощью избыточных кодов. О появлении ошибок пользователь предупреждает флаг ошибки в специальном регистре. Перезапуск системы, как правило, позволяет исключить такую ошибку.

Системы, передающие данные в линию связи, могут иметь сбои и ошибки в последовательности передаваемых двоичных разрядов. Все подобные системы характеризуются частотой появления ошибочных битов. В системах регулирования давления газа частота появления ошибочных битов на выходе АЦП менее 10...7 Гц является допустимой, если микроконтроллер расположен в непосредственной близости от АЦП на расстоянии не более 10 см.

Предположим, что в результате внешних помех в линии связи между АЦП и микроконтроллером возникла ошибка в двоичном разряде. Она может привести к непредсказуемым последствиям. Для предотвращения такой ситуации пользователь имеет возможность предусмотреть контроль данных на выходе преобразователя при помощи циклического избыточного кода, выявляя при этом ошибки в двоичных разрядах.

Если пользователь при регулировке давления в газовом резервуаре считает необходимым обеспечить защиту задающего генератора от сбоев по цепи питания из-за разницы в частотах сетевого напряжения (50/60 Гц), то для выравнивания частоты

синхроимпульсов он может использовать цифровую фильтрацию. Сбои и отказы в цепи синхросигналов могут быть вызваны кроме того некорректным подключением внешнего генератора к внутрисхемному RC-осциллятору.

После устранения отмеченных неисправностей следует выполнить аварийную проверку системы управления в целом. Мы рассмотрели только некоторые из встроенных функций диагностики преобразователя. Более подробно все функции диагностики АЦП AD7768-1 при его системном применении изложены в технической документации.

ВЫВОДЫ

Согласно современным требованиям системы управления сложными объектами повышенной опасности должны иметь высокую функциональную безопасность. Функциональная безопасность является системным свойством, однако обеспечение ее начинается на уровне микроэлектронной элементной базы. Самодиагностика и самоконтроль закладываются в виде дополнительных узлов непосредственно в кристаллы АЦП и микроконтроллеров. Примером такой микросхемы, особенности которой рассмотрены в настоящей публикации, является сигма-дельта АЦП AD7768-1 компании Analog Devices.

We make it *possible*

- диапазон рабочих температур от -90° до $+400^{\circ}$ C
- срок службы 30 лет



Цельнометаллические демпферы



Резиновые виброизоляторы



Силиконовые виброизоляторы



Цельнометаллические подушки



Тросовые амортизаторы



Малогабаритные
цельнометаллические
амортизаторы



Шнуры изоляции
электромагнитных волн



Пружинные изоляторы

Основным направлением работы фирмы Hutchinson является производство широкого ряда цельнометаллических демпферов (амортизаторов, виброизоляторов, виброопор), как малогабаритных – для различного вида электронного и навигационного оборудования, так и крупногабаритных – для различных областей применения.

Все изделия имеют широкий диапазон статической нагрузки и устойчивы к воздействию агрессивной среды, сохраняют свои характеристики в диапазоне температур от -90° до $+400^{\circ}$ C. Срок службы не менее 30 лет.

Рабочим телом демпферов является металлическая подушка, изготовленная из нержавеющей CrNi стальной арматурной проволоки.



VD MAIS – авторизованный торговый представитель фирмы
Hutchinson Stop-Choc GmbH & Co. KG (Германия) в Украине

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478,
(048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

НИТРИД-ГАЛЛИЕВЫЕ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ СВЧ-ДИАПАЗОНА

GAN POWER AMPLIFIERS

В статье рассматриваются усилители мощности (HMC8205BF10, HMC1087F10) СВЧ-диапазона компании Analog Devices.

В. Котигорошко

Abstract - The article discusses the power amplifiers (HMC8205BF10, HMC1087F10) of the microwave range of Analog Devices.

V. Kotigoroшко

Постоянное расширение диапазона частот беспроводных сетей связи связано с возрастающей потребностью в более высокой пропускной способности телекоммуникационных систем. Прогресс в развитии полупроводниковой технологии привел к появлению новых возможностей, и не в последнюю очередь благодаря освоению ведущими компаниями нитрид-галлиевой технологии [1-3].

В настоящее время высокочастотные транзисторы, выполненные на основе нитрид-галлиевой технологии, становятся все более популярными. Такая тенденция – не случайна. Поскольку, не взирая на некоторые сложности, с которыми приходится сталкиваться при работе с транзисторами, изготовленными на основе нитрид-галлиевой технологии, их преимущества – бесспорны. Это высокое пробивное напряжение сток-исток, высокая удельная мощность по сравнению с транзисторами, созданными на базе арсенида галлия, высокая надежность работы в условиях повышенных температур и воздействия радиации.

На рис. 1 приведены области применения полупроводниковых технологий, ориентированных на ВЧ-приложения.

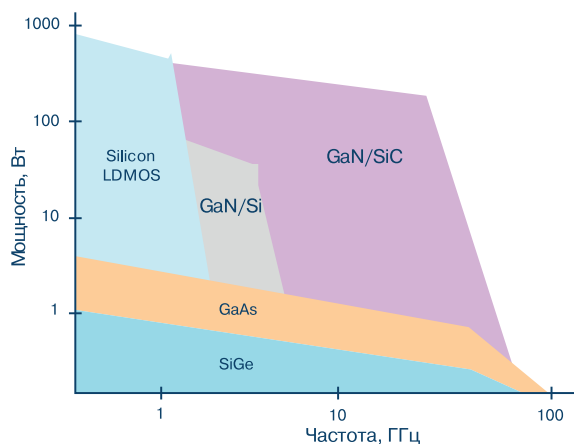


Рис. 1. Области применения полупроводниковой технологии

В 2014 г. компания Analog Devices приобрела пакет акций компании Hittite Microwave Corporation, которая специализировалась на выпуске высококачественных твердотельных СВЧ-усилителей, а также средств измерения для диапазона ВЧ/СВЧ.

HMC8205BF10, HMC1087F10 – сверхвысокочастотные интегральные микросхемы (Monolithic Microwave Integrated Circuit – MMIC). Монолитные нитрид-галлиевые усилители мощности HMC8205BF10 и HMC1087F10, соответственно выходной мощностью 35 и 8 Вт, ориентированы на применение в военных и коммерческих радарх, приборах авиационного, космического и военного назначения, инфраструктуре беспроводных сетей, станциях радиоэлектронного подавления и пр., работающих в диапазоне частот до 20 ГГц. В таблице даны основные параметры усилителей HMC8205BF10, HMC1087F10. На рис. 2 приведена структура усилителя на базе микросхемы HMC8205BF10, на рис. 3 – зависимость мощности насыщения от частоты и напряжения питания [3].

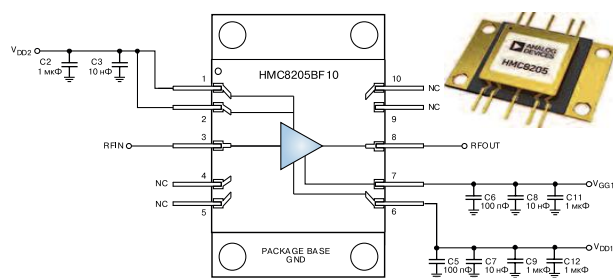


Рис. 2. Структура усилителя на базе микросхемы HMC8205BF10

Усилитель мощности HMC8205BF10 содержит два каскада усиления. Для первого каскада требуется всего один источник питания положительного напряжения (V_{DD1}). Устройство, формирующее напряжение смещения затвора транзистора первого каскада, реализовано на кристалле, при этом ток стока составляет 400 мА при напряжении стока 50 В.

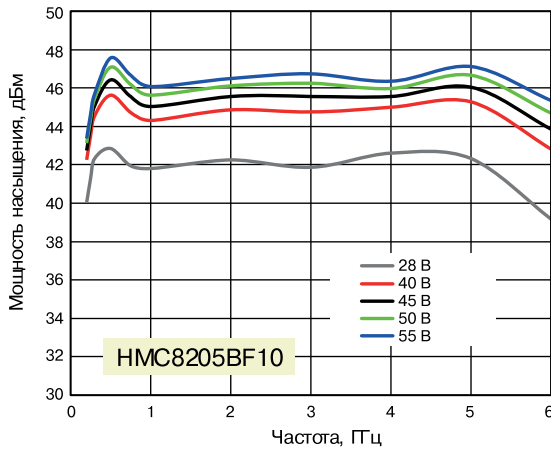


Рис. 3. Зависимость мощности насыщения от частоты и напряжения питания

Для второго каскада необходимо два источника напряжения питания. Один – положительной полярности (50 В) для питания стока (V_{DD2}), другой – отрицательной полярности (-8...0 В) для формирования напряжения смещения затвора (V_{GG1}). В случае, когда источник питания напряжением 50 В подключен к двум выводам V_{DD1} и V_{DD2} , следует отрегулировать напряжение смещения (V_{GG1}), чтобы суммарный ток был равен 1300 мА [3].

При таком варианте подачи напряжения смещения усилитель работает в классе А/В, что позволяет получить максимальный КПД в режиме насыщения. Усилитель HMC8205BF10 содержит встроенные RF-

дроссели для каждого стока и разделительные конденсаторы, подключенные ко входу и выходу усилителя (RFIN и RFOUT).

Усилитель HMC8205BF10 изготовлен в негерметичном корпусе с воздушной полостью. Для монтажа на печатную плату нельзя использовать метод пайки с оплавлением припоя. Материал корпуса – сплав из вольфрама и меди (85/15).

При включении рассматриваемых усилителей необходимо строго соблюдать рекомендованную последовательность подачи напряжений питания и смещения.

Сегодня успешная разработка радиочастотных и ВЧ/СВЧ-систем едва ли возможна без использования мощных систем автоматизированного проектирования (САПР). В качестве одной из таких систем можно использовать платформу Genesys известной американской компании Keysight Technologies, которая включает средства схемотехнического моделирования нелинейных схем и переходных процессов, анализа гармонического баланса, большую библиотеку стандартных ВЧ-компонентов ведущих мировых производителей и пр. Кроме того, ПО Genesys содержит уникальный модуль синтеза радиоэлектронных блоков.

Genesys – специализированная САПР для разработчиков высокочастотных и сверхвысокочастотных компонентов, блоков, устройств и систем, предоставляющая пользователям широкие возможности

Таблица 1. Основные параметры усилителей мощности

Параметр	HMC8205BF10	HMC1087F10
Диапазон частот, ГГц	0.3 ...6.0	2.0...20.0
Выходная мощность, Вт	35	8
Мощность насыщения (PSAT), дБм	46	38.5
Мощность на уровне IP3, дБм	—	43.5
Максимальная входная мощность, дБм	35	34
Малосигнальный коэффициент усиление (Gain), дБ	26	11
Нестабильность коэффициента усиление, дБ/°С	—	0.024
Напряжение питания, В	28...50	24...32
Ток потребления, мА	1300	850
Напряжение смещения, В	-8...0	-8...0
Входное и выходное сопротивление, Ом	50	
Диапазон рабочих температур, °С	-40...85	
Тепловое сопротивление, °С/Вт	1.57	4.24
Кол. выводов, тип корпуса и габаритные размеры (мм)	10-LDCC (17.32×11.43)	
Цена (в партии 100...499 шт.), \$	570	443

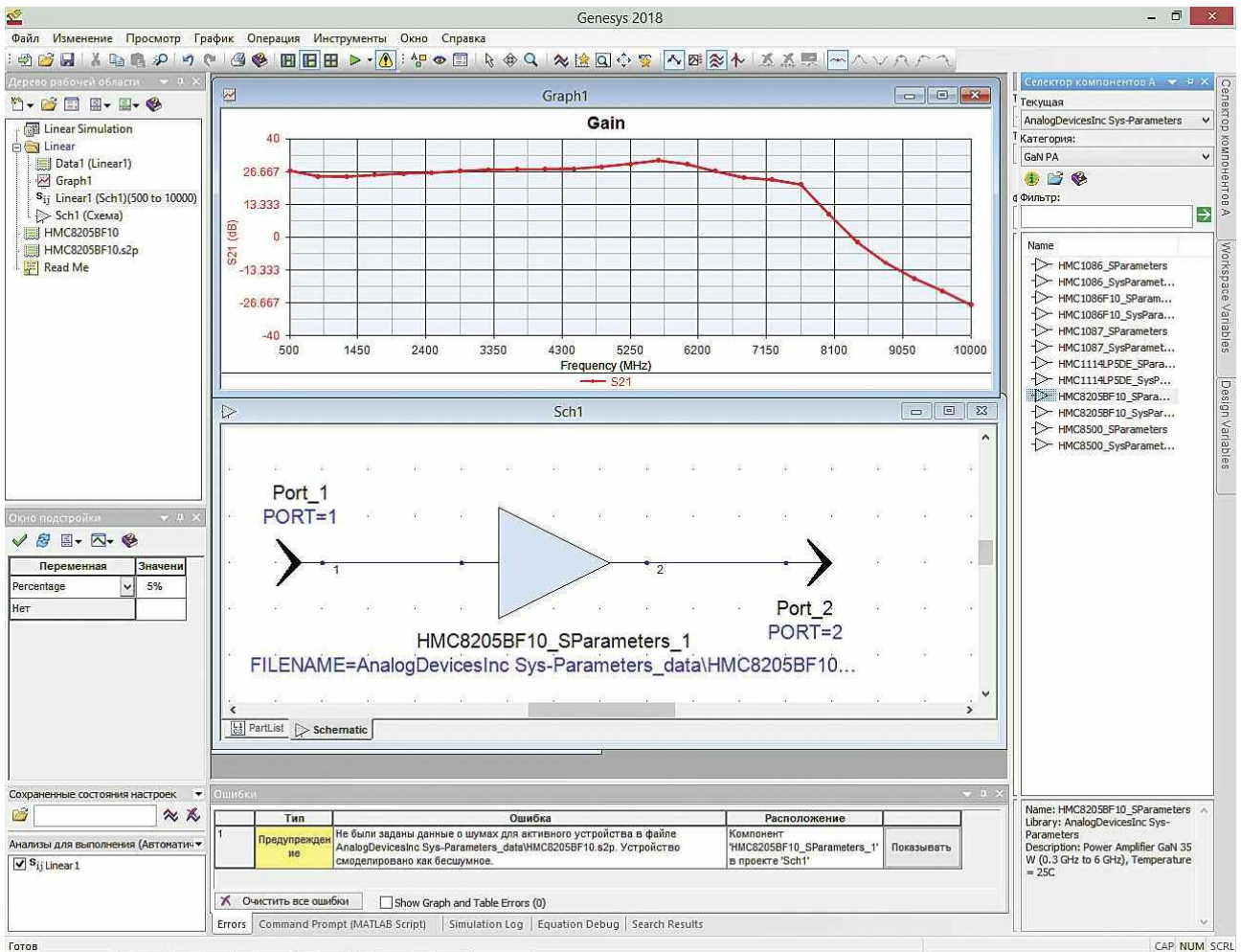


Рис. 4. Вид рабочего окна программы Genesys 2018 при выполнении линейного анализа схемы с использованием усилителя мощности HMC8205BF10

по синтезу и анализу с помощью различных методик моделирования. Среди них – линейное, нелинейное, электромагнитное, а также другие виды моделирования. В случае использования ПО Genesys разработчики ВЧ/СВЧ-устройств и систем могут создавать проекты как на функциональном уровне, когда структура включает готовые узлы и блоки и задаются лишь их параметры, так и с использованием конкретной элементной базы разных производителей.

Компания Analog Devices для большинства выпускаемых ВЧ/СВЧ-компонентов предоставляет модели, созданные на основе S- и Sys-параметров, которые могут быть полезны в случае работы с соответствующим специализированным программным обеспечением (например, Keysight Genesys). На рис. 4 приведен вид рабочего окна программы Genesys 2018 при выполнении линейного анализа схемы с использованием усилителя мощности HMC8205BF10.

Дополнительную информацию о выпускаемых компанией Analog Devices СВЧ-усилителях можно найти в сети Интернет по адресу www.analog.com или в фирме VD MAIS – официальном дистрибьюторе Analog Devices в Украине.

ЛИТЕРАТУРА

1. GaN breaks barriers - RF power amplifiers go wide and high / www.analog.com/media/en/analog-dialogue/volume-51/number-3/articles/rf-power-amplifiers-go-wide-and-high.pdf.
2. HMC1087F10. 8 watt flange mount GaN MMIC power amplifier, 2 - 20 GHz / www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/hmc1087.pdf.
3. HMC8205BF10. 0.3 GHz to 6 GHz, 35 W, GaN power amplifier / www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/HMC8205BF10.pdf.

АРСЕНИД-ГАЛЛИЕВЫЕ МАЛОШУМЯЩИЕ СВЧ-УСИЛИТЕЛИ

GAAS PHEMT MMIC LNA

В статье рассматриваются малошумящие усилители СВЧ-диапазона, выпускаемые компанией Analog Devices.

Abstract - This article will introduce Analog Device's amplifiers.

В. Котигорошко

V. Kotigoroшко

Компания Analog Devices выпускает высококачественные твердотельные СВЧ-компоненты, в том числе и малошумящие усилители ВЧ и СВЧ диапазона [1-4].

HMC8410, HMC772, HMC753, HMC606, HMC392 – сверхвысокочастотные интегральные микросхемы (Monolithic Microwave Integrated Circuit – MMIC). Эти монокристаллические арсенид-галлиевые (GaAs) малошумящие усилители (Low-Noise Amplifier – LNA) созданы на базе технологии с использованием псевдоморфных транзисторов с высокой подвижностью электронов (Pseudomorphic High Electron Mobility Transistor – pHEMT). В таблице даны основные типовые параметры усилителей. Но поскольку их характеристики зависят от многих дестабилизирующих факторов, это обязательно следует учитывать при выборе оптимального усилителя для конкретного приложения.

На рис. 1 приведен вариант схемы подключения усилителя HMC8410, на рис. 2 показана оценочная плата EVAL-HMC8410. Зависимость выходной мощности (POUT), тока потребления (IDD), коэффициента усиления (GAIN) и PAE от уровня входной мощности на частоте 5 ГГц приведены на рис. 3 [1]. График зависимости коэффициента усиления (GAIN) от частоты при напряжении питания 5 В приведена на рис. 4.

Коэффициент PAE (Power-Added Efficiency) – по сути отражает энергоэффективность усилителя. Этот параметр, в отличие от традиционного КПД, который вычисляется по формуле $\eta = P_{RFOUT}/P_{DC}$, находит из другого простого выражения

$$PAE = (P_{RFOUT} - P_{RFIN})/P_{DC} = (P_{RFOUT} - P_{RFIN})/V_{DC} \times I_{DC}$$

Структура малошумящего усилителя HMC753 приведена на рис. 5 [2].

Зависимость выходной мощности (POUT), коэффициента усиления (GAIN) и PAE от уровня входной мощности на частоте 12 ГГц для усилителя HMC772

приведены на рис. 6 [3].

При включении рассматриваемых усилителей необходимо строго соблюдать рекомендованную последовательность подачи напряжений питания и смещения.

Компания Analog Devices для большинства выпускаемых ВЧ/СВЧ-компонентов предоставляет программные модели, созданные на основе S- и

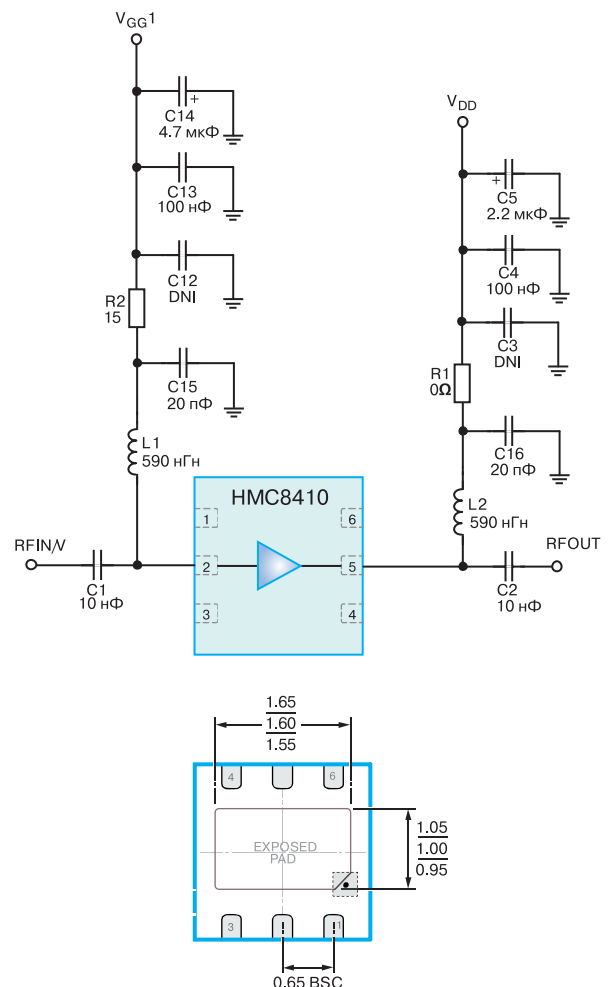


Рис. 1. Вариант подключения микросхемы HMC8410

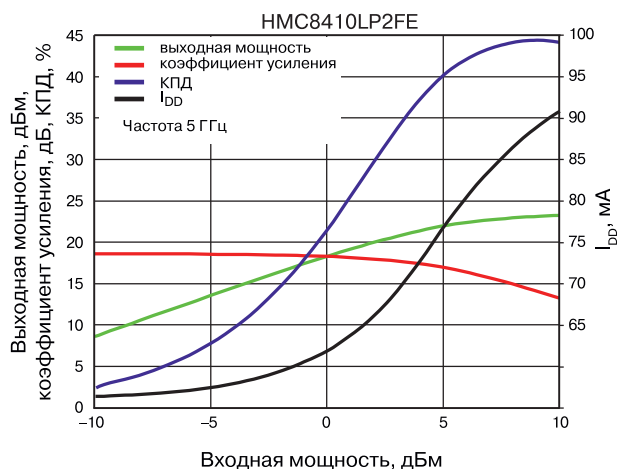
Таблица 1. Основные параметры усилителей

Параметр	HMC8410	HMC392	HMC753	HMC772	HMC606
Коэффициент усиление (GAIN), дБ	18	17	16.5	15	13.5
Нестабильность коэффициента усиление, дБ/°С	0.01	0.006	0.004	0.01	0.021
Диапазон частот, ГГц	0.01...10	3.5...8	1...11	2...12	2...18
Коэффициент шума в полосе 0.3...3 ГГц (тип.), дБ	1.4	1.8	1.5	1.8	5
Максимальная входная мощность, дБм	20	20	12	5	15
Возвратные потери по входу, дБ	15	13	11	15	20
Возвратные потери по выходу, дБ	24	15	18	15	15
Мощность на уровне P1 (тип.), дБм	21	19	18	13	15
Мощность насыщения PSAT (тип.), дБм	22.5	20	20	—	17
Мощность на уровне IP3 (тип.), дБм	31.5	34.5	30	25	27
Входное и выходное сопротивление, Ом	50	50	50	50	50
Напряжение питания, В	2...6	2...5.5	5	5	4.5...5.5
Ток потребления (IDD), мА	65	61	55	45	64
Максимальная рассеиваемая мощность (PDISS) при температуре 85 °С, Вт	1.3	0.66	0.8	0.55	0.978
Тепловое сопротивление, °С/Вт	67.73	135.6	119	172	92
Диапазон рабочих температур, °С	-40...85				
Кол. выводов, тип корпуса и габаритные размеры (мм)	6-LFCSP (2×2)	24-CLL (4×4)	24-LFCSP (4×4)	24-SMT (4×4)	32-CLL (5×5)
Цена (в партии 100...499 шт.), \$	29.86	—	65.43	75.97	74.71


Рис. 2. Оценочная плата EVAL-HMC8410

Sys-параметров, которые могут быть полезны в случае работы с соответствующим специализированным программным обеспечением (например, Keysight Genesys). На рис. 7 приведен вид рабочего окна программы Genesys 2018 при выполнении моделирования работы усилителя с использованием микросхемы HMC8410LP2FE.

Дополнительную информацию о предлагаемых компанией Analog Devices СВЧ-усилителях можно найти в сети Интернет по адресу www.analog.com или в фирме VD MAIS – официальном дистрибьюторе Analog Devices в Украине.


Рис. 3. Зависимость выходной мощности (POUT), тока потребления (IDD), коэффициента усиления (GAIN) и PAE от уровня входной мощности на частоте 5 ГГц

ЛИТЕРАТУРА

1. HMC8410. 0.01 GHz to 10 GHz, GaAs, pHEMT, / <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/HMC8410.pdf>.
2. HMC753. 1 GHz to 11 GHz, GaAs, HEMT, MMIC Low noise amplifier / www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/hmc753.pdf.

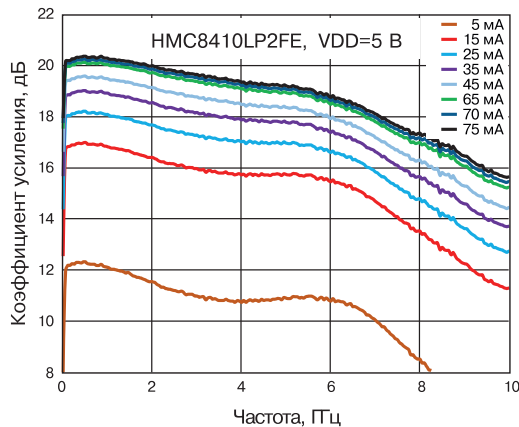


Рис. 4. Зависимость коэффициента усиления (GAIN) от частоты при напряжении питания 5 В

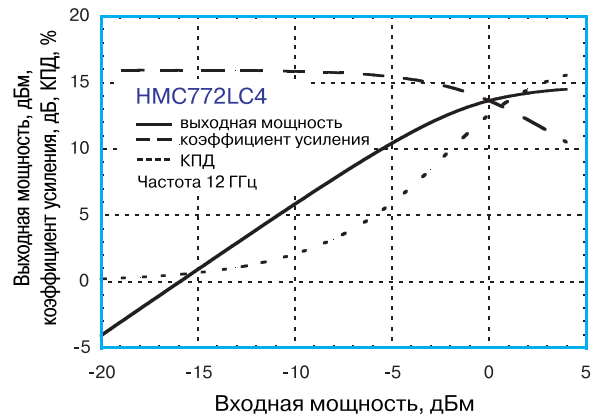


Рис. 6. Зависимость выходной мощности (P_{out}), коэффициента усиления (GAIN) и PAE от уровня входной мощности на частоте 12 ГГц

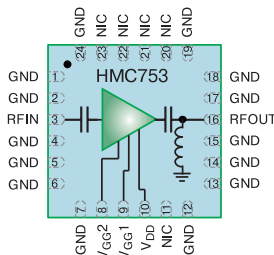


Рис. 5. Структура усилителя HMC753

3. HMC772LC4. GaAs HEMT MMIC low noise amplifier, 2 - 12 GHz /www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/hmc772.pdf.

4. HMC606LC5. GaAs, InGaP, HBT, MMIC, Ultralow phase noise, distributed amplifier, 2 GHz to 18 GHz / www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/hmc606lc5.pdf.

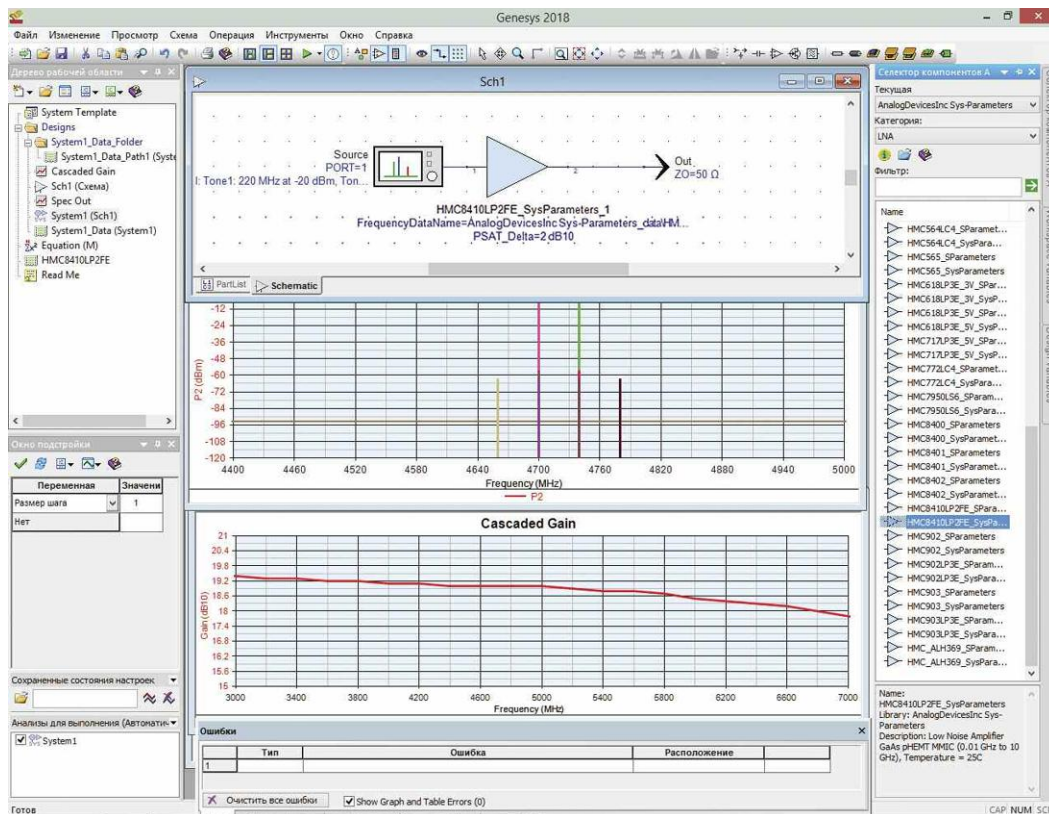


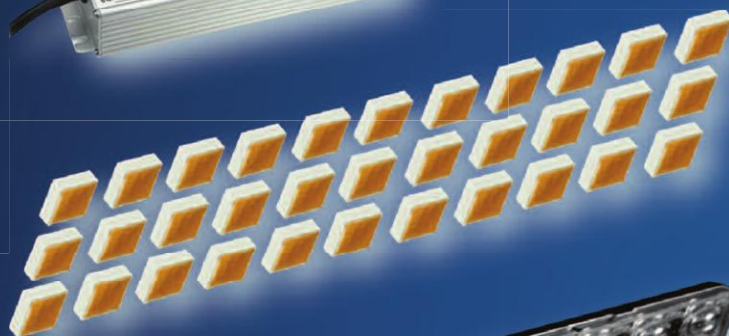
Рис. 7. Рабочее окно программы Genesys 2018 при моделировании работы усилителя с использованием микросхемы HMC8410LP2FE

Недорогие светильники для промышленного освещения

на базе светодиодов XLamp MHB-B



HLG-120H-C500
HV output



XLamp MHB-B
33 шт.



FLORENCE-3R



Основные преимущества XLamp® MHB-B:

- самая низкая удельная стоимость на единицу светового потока [лм/\$] из всех светодиодов, выпускаемых компанией Cree
- керамический корпус
- температура кристалла до 105 °C
- время, за которое деградация светового потока составляет 10%, не менее 21 400 часов.

Применение светодиодов серии MHB-B вместо светодиодов средней и малой мощности позволяет уменьшить стоимость светодиодов, несмотря на более высокую стоимость одного экземпляра (при той же интенсивности света потребуется меньшее число светодиодов), уменьшить габариты и массу светильника.



VD MAIS – официальный дистрибьютор компаний **MEAN WELL**, **CREE** и **LEDIL** в Украине

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478,
(048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmairs.ua, www.vdmairs.ua

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКИ, ПОДДЕРЖИВАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ RADIOVERSE

В статье рассматриваются микросхемы широкополосных приемопередатчиков компании Analog Devices, ориентированные на применение в беспроводных мобильных сетях 3G/4G/5G.

В. Охрименко

RADIOVERSE: HIGHLY INTEGRATED RF IC TRANSCEIVERS

Abstract – This article introduced highly integrated radio frequency (RF) transceivers for 3G/4G/5G macro cell.

V. Okhrimenko

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие систем беспроводной связи рождает спрос на многодиапазонные и мультистандартные радио приемопередатчики (трансиверы). Тенденция создания портативных мобильных устройств с низким уровнем энергопотребления требует применения конфигурируемых решений как в блоках цифровой обработки сигналов, так и в аналоговых каскадах радиоприемников. Современные высокопроизводительные цифровые сигнальные процессоры (DSP) и интегральные микросхемы программируемой логики (Field Programmable Gate Array – FPGA) обладают достаточной производительностью для реализации цифровых методов обработки широкополосных сигналов одновременно по нескольким параллельным каналам. Применение конфигурируемых компонентов (АЦП, ЦАП, радио трансиверов и пр.) в трактах современных радиоприемников позволяет существенно облегчить и ускорить процесс разработки устройств беспроводной связи [1-12].

Компоненты для реализации конфигурируемых высокочастотных радио-трактов выпускаются рядом компаний. Это, например, компания Lime Microsystems (LMS6002D, LMS7002M, LMS8001+, LMS9000), Maxim Integrated, Inc. (MAX2580) и др. К таким компонентам относятся также выпускаемые компанией Analog Devices микросхемы трех семейств широкополосных радиочастотных трансиверов. Это поддерживающие технологию RadioVerse трансиверы AD9361, AD9363, AD9364, AD9371, AD9375, ADRV9008 и ADRV9009, ориентированные, в первую очередь, на применение в высокоэффективных радиосистемах мобильной связи, в которых необходимо обеспечить высокое качество радиосигнала в широком диапазоне частот при низком уровне энергопотребления и стоимости [1-6].

Это, главным образом, базовые станции для

беспроводных сетей 4G и 5G с использованием многоэлементных антенн (рис. 1), получивших название Massive MIMO (Multiple Input, Multiple Output), а также радиосистемы типа SDR (Software Defined Radio – программно-определяемые радиосистемы).

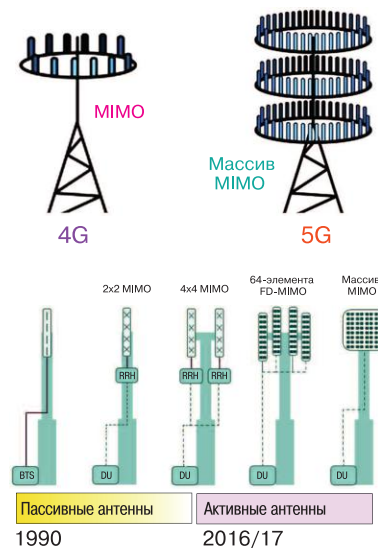


Рис. 1. Эволюция технологии беспроводной связи

В сравнении с системами MIMO типа 2×2 MIMO, 4×4 MIMO, 8×8 MIMO, широко используемыми в настоящее время в сетях 3G и 4G, особенностью Massive MIMO (M-MIMO) является использование многоэлементных цифровых антенных решеток с количеством антенн 128, 256 и более (рис. 1).

Технология MIMO обеспечивает значительный прирост скорости передачи данных. В зависимости от конфигурации оборудования и количества используемых антенн можно получить увеличение скорости от двух до восьми раз. Обычно в беспроводных сетях используется одинаковое число передающих и принимающих антенн, обозначаемых как 2×2 MIMO, 4×4 MIMO и т.д. (например, 2×2 MIMO означает наличие двух передающих и принимающих антенн). Использование нескольких антенн и соот-

ветствующих алгоритмов обработки потоков данных позволяют в радиоканале с полосой пропускания 20 МГц увеличить скорость передачи с 860 Мбит/с (Wi-Fi 802.11ac) до примерно 7 Гбит/с в конфигурации 8x8 MIMO. Суть технологии MIMO заключается в распараллеливании потока данных и передачи их по нескольким каналам с использованием, соответственно, нескольких антенн как на стороне передачи, так и приема. При этом алгоритмы кодирования и восстановления данных позволяют "реконструировать информацию" даже при наличии "потерянных" символов на стороне абонента.

Для реализации концепции Massive MIMO (рис. 2) [6] предполагается использование многоэлементных фазированных антенных решеток. При этом, отдельные элементы решетки могут обслуживать одновременно совершенно разных абонентов, находящихся в пределах углов обзора антенны. Для систем беспроводного широкополосного доступа, многоэлементных MIMO-систем, а также радио систем с возможностью формирования необходимой диаграммы направленности разработаны методы существенного увеличения пропускной способности при эффективном использовании радиочастотного спектра в случае применения интегрированных приемопередатчиков с возможностью конфигурирования. Massive MIMO – это, по сути, технология, в которой количество пользовательских терминалов меньше, чем количество антенн базовой станции.

SDR-системы – радиосистемы, в которых часть

или все функции (перестройка частоты несущей, переключение вида модуляции, изменение выходной мощности и т.п.) реализуются с помощью программных средств и могут сравнительно просто быть модифицированы. Основное отличие между традиционными радиосистемами и SDR-системами – то, что в первых все функции реализуются на аппаратном уровне, следовательно, любые изменения в случае необходимости могут быть произведены только за счет изменения параметров физических компонентов, входящих в устройство. Это также приводит к ограниченности системы при необходимости реализации нескольких стандартных протоколов связи и, кроме того, значительно увеличивает стоимость изделия. В SDR-системах все необходимые изменения осуществляются только на программном уровне, что позволяет значительно снизить стоимость изделия и расширить его функциональные возможности.

Термин SDR не следует путать с термином SRD (Short Range Device), который применим к радиоустройствам малого радиуса действия, содержащим радиопередатчик или радиоприемник, которые применяются в системах сигнализации, дистанционного управления и пр. для обмена сигналами и данными с использованием любого вида модуляции. Для SRD-систем выделены следующие частотные диапазоны: 13.56, 40, 433, 868/915 МГц, а также 2.4 и 5.8 ГГц. Яркие представители трансиверов, ориентированных на применение в SRD-системах – это, например, ADF7020/23 компании Analog

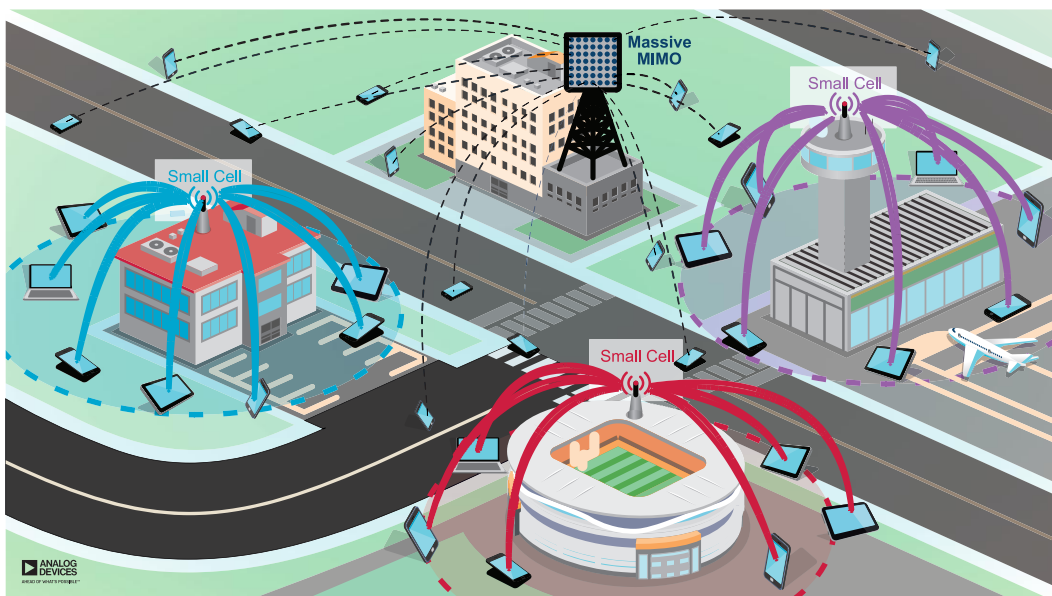


Рис. 2. Вариант реализации концепции Massive MIMO

Devices.

На рис. 3 приведен вариант простейшей структуры устройства обработки и передачи видеоизображения по радиоканалу. Чтобы в полной мере оценить возможности рассматриваемых широкополосных приемопередатчиков (AD9361/3/4, AD9371/5, ADRV9008/9), в табл. 1 приведена необходимая скорость передачи данных для формирования изображений разного формата, а в табл. 2 – занимаемая полоса частот в зависимости от используемого вида модуляции [1].

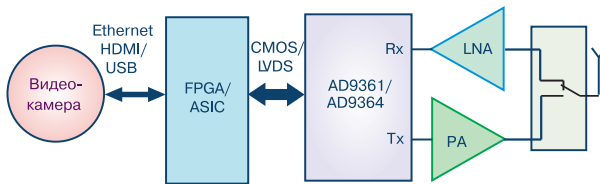


Рис. 3. Вариант простейшей структуры устройства обработки и передачи видеоизображения по радиоканалу

ТРАНСИВЕРЫ КОМПАНИИ ANALOG DEVICES

Микросхемы широкополосных приемопередатчиков AD9361/3/4, AD9371/5, ADRV9008/9 – это си-

стемы на кристалле (System-on-Chip – SoC) с высокой степенью интеграции, изготовленные в малогабаритных корпусах размерами всего 10×10 или 12×12 мм, которые способны заменить десятки высококачественных дискретных компонентов в радиосистемах, созданных с использованием традиционных технологий обработки радиосигналов.

Высокая степень интеграции, которая лежит в основе высоких технических характеристик приемопередатчиков, позволяет за счет использования всего одной системы на кристалле заменить до 20 высококачественных дискретных высокочастотных радиокомпонентов и вместе с тем обеспечить простой и надежный интерфейс с внешними устройствами.

Используемый метод прямого преобразования частоты, высокая линейность передатчика, автоматическая калибровка и другие возможности позволяют реализовать высокие технические характеристики и гарантировать высокую надежность при эксплуатации в жестких условиях окружающей среды.

Рассматриваемые трансиверы компании Analog Devices – высокоинтегрированные конфигурируемые радиочастотные приемопередатчики, содержащие входные и выходные каскады с программ-

Таблица 1. Скорость передачи данных при формировании видеоизображения разного формата

Тип	Формат	Число пикселей	Скорость передачи данных, Мбит/с	Скорость передачи данных с компрессией (200/1), Мбит/с
VGA	640×480	307200	442	2.2
720p	1280×720	921600	1328	6.64
1080p	1920×1080	2073600	2986	14.93
2k	2048×1152	2359296	3400	17.0
4k	4096×2160	8847360	12740	63.7

Таблица 2. Полоса частот в зависимости от используемого вида модуляции

Тип	Полоса частот, МГц			Скорость передачи данных с компрессией, Мбит/с
	QPSK	16QAM	64QAM	
VGA	1.375	0.6875	0.4583	2.2
720p	4.1250	2.0625	1.3750	6.6
1080p	9.3125	4.6563	3.1042	14.9
2k	10.6250	5.3125	3.5417	17.0
4k	39.8125	19.9063	13.2708	63.7

руемыми усилителями, АЦП, ЦАП, синтезаторы высокочастотных высокоточных тактовых сигналов, перестраиваемые цифровые фильтры, устройства управления и пр., наличие которых позволяет создавать программно-управляемые радиосистемы любой сложности под управлением внешнего процессора, в роли которого, как правило, используется мощный цифровой сигнальный процессор или программируемые логические матрицы типа FPGA.

В приемопередатчиках AD9361/3/4, AD9371/5, ADRV9008/9 в полной мере реализованы принципы концепции SWaP+C (Size, Weight, Power, Cost), продвигаемой ведущими компаниями (Analog Devices, Xilinx, Texas Instruments и др.) по производству интегральных компонентов. Габаритные размеры, масса, мощность и стоимость (Size, Weight, Power, Cost) – наиболее важные характеристики, учитываемые при выборе компонентов для надежных мобильных устройств. Оптимизация параметров ВЧ-компонентов позволяет ускорить их внедрение в высокоэффективные радиосистемы мобильной связи, в том числе аэрокосмические и оборонные системы, и в результате снизить, к примеру, вес солдатского снаряжения или увеличить эффективность использования топлива.

Сравнительно низкая потребляемая мощность дает возможность зачастую отказаться от применения принудительного охлаждения, при этом повышается надежность и уменьшаются эксплуатационные затраты.

В цифровых радиосистемах с использованием метода прямого преобразования частоты необходимо обеспечить высокоскоростной обмен данными между АЦП и ЦАП трансиверов и host-процессором, а также с устройством управления режимами работы. Для реализации высокоэффективных портативных устройств, поддерживающих технологию Massive MIMO, приемопередатчики должны содержать несколько приемных и передающих каналов.

Настройка конфигурируемых пользователем трансиверов (т.е. параметров цифровых и аналоговых блоков обработки сигналов, интерфейса ввода/вывода и пр.) осуществляется с использованием последовательного интерфейса SPI (Serial Peripheral Interface), работающего в трехпроводном или четырехпроводном режимах. В первом случае используется двунаправленная линия ввода/вывода данных, во втором – отдельные линии ввода и вывода данных.

Обмен данными между радиотрансиверами и внешними устройствами осуществляется с приме-

нением высокоскоростных стандартных интерфейсов JESD207 и JESD204B, предложенных Комитетом, специализирующимся в области разработки электронных устройств (Joint Electronic Device Engineering Council – JEDEC). Компания Analog Devices – член JEDEC-комитета.

Стандарт JESD207 (Radio Front End – Baseband Digital Parallel (RBDP) Interface) был опубликован в 2007 году. В стандарте приведены рекомендации по организации параллельного интерфейса для обмена данными между радиочастотными ИМС и host-процессором.

Ввод/вывод цифровых данных осуществляется через двунаправленную шину данных, состоящую из двух параллельных портов (P0 и P1), которые поддерживают работу как с несимметричными сигналами (CMOS), так и с дифференциальными сигналами (LVDS). Предусмотрена возможность конфигурирования портов для реализации разных режимов обмена данными. Основные характеристики интерфейса JESD207 приведены ниже:

- максимальная тактовая частота 90 МГц (что соответствует 180 мега выборкам/с в режиме DDR)
- разрядность шины данных 10 или 12 бит
- максимальная скорость передачи данных 1.8 или 2.2 Гбит/с.

Применение высокоскоростного последовательного интерфейса JESD204B для обмена данными между трансиверами и host-процессором позволяет значительно уменьшить число линий ввода/вывода, особенно в сложных системах типа M-MIMO, и упростить трассировку проводников на печатной плате.

Стандарты последовательного интерфейса для преобразователей данных JESD204/204B/204C (табл. 3) были предложены чтобы сократить количество линий ввода/вывода данных между быстродействующими преобразователями сигналов (АЦП и ЦАП) и другими устройствами, например, FPGA. Меньшее число линий связи упрощает проектирование топологии печатной платы и позволяет значительно уменьшить ее размеры, не оказывая влияния на технические характеристики системы в целом. Это особенно важно для преодоления ограничений на габаритные размеры, массу и стоимость для таких приложений как беспроводные сети связи (GSM, EDGE, W-CDMA, LTE, CDMA2000, WIMAX, TD-SCDMA), радиосистемы типа SDR, портативные измерительные и медицинские приборы ультразвуковой диагностики, радиолокационные системы и пр.

Рассматриваемые в статье приемопередатчики

Таблица 3. Максимальные скорости передачи данных, рекомендованные в стандартах JESD204

Стандарт	JESD204	JESD204A	JESD204B
Год выпуска	2006	2008	2011
Максимальная скорость передачи данных, Гбит/с	3.125	3.125	12.5

содержат несколько приемных и передающих каналов. Это основной приемник (Rx), приемник обзора (Observation Receiver – ORx) и сниффер (Sniffer Receiver – SnRx), или другими словами сканер.

Последний реализован только в трансиверах AD9371/75. Как правило, при наличии нескольких входных усилителей сигнал с выхода любого из них может быть подключен к приемному тракту, что позволяет использовать радиотрансиверы в системах с несколькими частотными диапазонами и несколькими антеннами. В аналоговом перемножителе (смесителе) осуществляется перенос частоты входного сигнала в полосу пропускания приемника. Квадратурные составляющие выходного комплексного сигнала смесителя усиливаются и после предварительной фильтрации подаются на вход АЦП.

В приемных каналах реализована система автоматической регулировки усиления (Automatic Gain Control – AGC), предусмотрен также режим изменения коэффициента усиления в ручном режиме. Кроме того, имеются блоки компенсации смещения постоянной составляющей, измерения уровня принимаемого сигнала (Receive Signal Strength Indicator – RSSI) и коррекции рассогласования квадратурных составляющих.

В передающих каналах содержатся все блоки, необходимые для реализации передатчика с прямым преобразованием частоты. Аналоговые квадратурные сигналы с выхода ЦАП фильтруются для подавления побочных спектральных составляющих. Отфильтрованные аналоговые сигналы подаются в смесители для преобразования частоты. Высокочастотный сигнал с выхода смесителей поступает на выходные усилители. Каналы передачи также содержат блоки автоматической калибровки и измерения уровня выходного сигнала.

На рис. 4 приведен вариант типичной структуры устройства обработки и передачи данных по радиоканалу с использованием трансивера ADRV9009.

Предлагаемая компанией Analog Devices технология проектирования RadioVerse представляет собой универсальную платформу, которую можно ис-

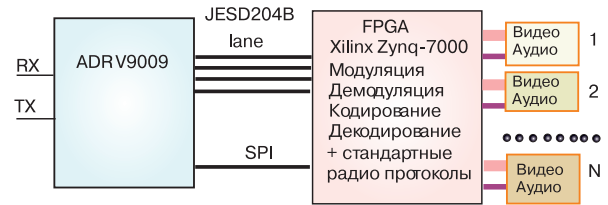


Рис. 4. Вариант типичной структуры устройства обработки и передачи данных по радиоканалу с использованием трансивера ADRV9009

пользовать при разработке радиоустройств для широкого спектра приложений, что позволяет снизить стоимость проектирования, сократить сроки разработки, а также затраты на оборудование. Выпускаемые в настоящее время компанией Analog Devices аппаратные решения для приемопередатчиков AD9361/3/4, AD9371/5 и ADRV9008/9 с поддержкой технологии RadioVerse представляют собой различные варианты радиомодулей, которые можно использовать как для оценки возможностей микросхем трансиверов, так и при проектировании прототипов устройств. Для полноценной работы с модулями и оценочными платами предлагается соответствующее программное обеспечение, драйверы устройств и пр. Компания Analog Devices предлагает несколько аппаратных решений с высокой степенью интеграции, выпускаемых в виде аналоговых модулей. Это, например, оценочные комплекты ADRV-DPD1/PCBZ, EVAL-ADRV9009-W/PCBZ (рис. 5) и ADRV9375-N/PCBZ, которые без затруднений подключаются к существующим высокопроизводительным отладочным платформам на базе FPGA, образуя единую полнофункциональную среду проектирования для создания прототипов радиосистем EVAL-ADRV9008/9



Рис. 5. Оценочный комплект ADRV-DPD1/PCBZ

типа SDR.

Разработанный в партнерстве с компанией Benetel Ltd. отладочный модуль ADRV-DPD1/PCBZ габаритными размерами 88×83 мм поддерживает работу с беспроводными системами форматом 2×2 MIMO. Полоса пропускания 20 МГц (LTE), выходная мощность по каждому каналу 250 мВт (24 дБм), по-

требуемая мощность – 10 Вт.

Сегодня на рынке можно найти предложения аппаратных решений и радиомодулей типа FMC (Flexible Manufacturing Cell) разных производителей. Это, например, Epiq Solutions, PanaTeQ и др. Использование этих модулей позволяет проводить анализ возможностей типовых проектов, а также осуществлять разработку прототипов устройств и законченных систем на их базе. Среди них модуль FMC-ZU2RF-A (размерами всего 69×76.5 мм) компании PanaTeQ с использованием трансивера ADRV9009 или модуль Sidekiq X2 компании Epiq Solutions, созданный на базе трансивера AD9371

(рис. 6).

Разработка высокоэффективных радиосистем на основе микросхем AD9361/3/4, AD9371/5, ADRV9008/9 едва ли возможна без использования предлагаемой компанией Analog Devices технологии RadioVerse. На рис. 7 приведен вид рабочих окон программного пакета, поддерживающего технологию RadioVerse, на рис. 8 – вариант структуры комплекса по отладке прототипа устройства с использованием оценочного комплекта Evaluation Kit ZYNQ-7000 ZC706 part number EK-Z7-ZC706 (Xilinx) и ADRV9375-N/PCBZ, реализованного на базе трансиверов AD9371/5.

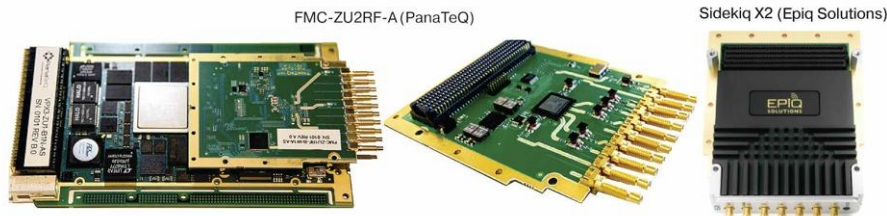


Рис. 6. Модули FMC-ZU2RF-A и Sidekiq X2

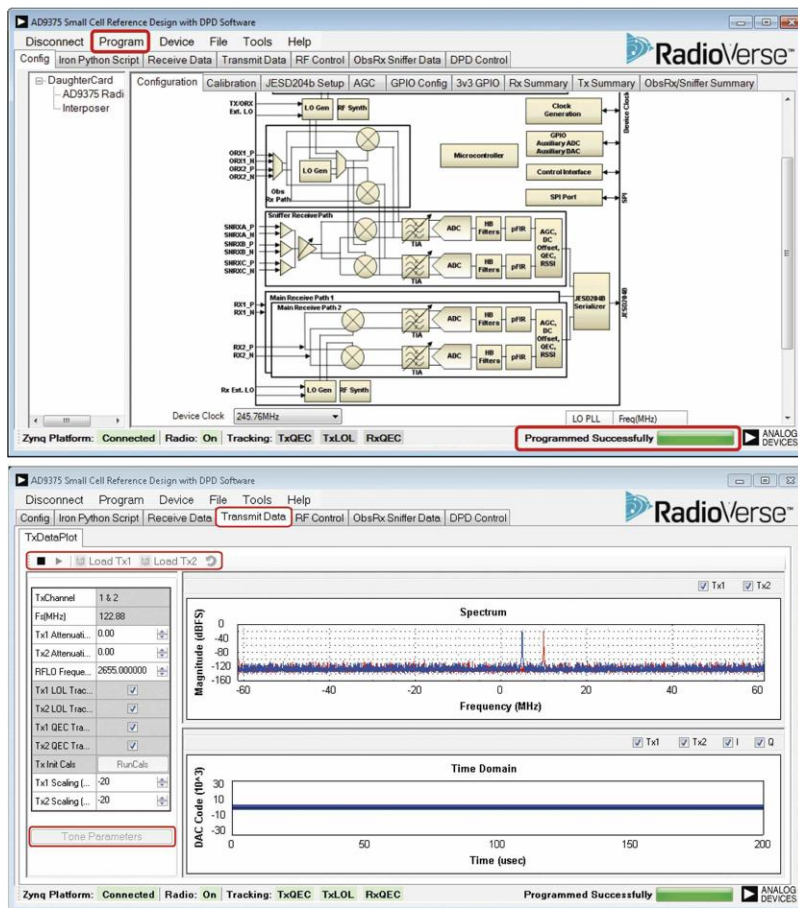


Рис. 7. Вид рабочих окон программного пакета, поддерживающего технологию RadioVerse

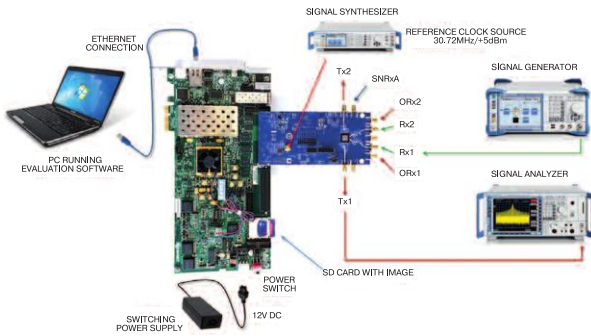


Рис. 8. Вариант структуры комплекса по отладке прототипа устройства с использованием оценочного комплекта ADRV9375-N/PCBZ

Компания Analog Devices постоянно расширяет и совершенствует среду разработки RadioVerse с учетом партнерских отношений с ведущими поставщиками микросхем усилителей мощности, в том числе с компаниями NXP Semiconductors N.V. и Skyworks Solutions, Inc., предоставляя тестовые отчеты для систем, построенных на базе трансивера AD9375 и усилителей разной выходной мощности.

Основные технические параметры широкополосных приемопередатчиков компании Analog Devices приведены в табл. 4. Микросхемы AD9361/63/64, AD9371/75 поддерживают работу как в режиме дуплексной (двусторонней) связи с временным разделением каналов (Time Division Duplex – TDD), так и в режиме дуплексной связи с частотным разделением каналов (Frequency Division Duplex – FDD), и характеризуются малыми значениями (-40 дБ) амплитуды вектора ошибки (Error Vector Magnitude – EVM), а также коэффициента шума (Noise Figure – NF), минимальное значение которого составляет всего 2 дБ.

AD9361

В радиочастотном приемопередатчике AD9361 (рис. 9) реализовано два приемных и передающих канала, содержащие соответственно 12-разрядные Σ - Δ АЦП и 12-разрядные ЦАП. Каждый из двух основных приемников (Rx) содержит 6 дифференциальных входов, каждый передатчик (Tx) – 4 дифференциальных выхода. Приемопередатчик AD9361 ориентирован на работу на несущей частоте от 70 МГц до 6.0 ГГц и полосе пропускания до 56 МГц,

Таблица 4. Основные параметры широкополосных приемопередатчиков

Тип	Частота несущей, МГц	Rx/Tx	Полоса пропускания приемника, МГц	Интерфейсы	Коэффициент шума, (тип.), дБ	Напряжение питания, В	Тип корпуса (размеры, мм)
ADRV9009	75...6000	2/2	0...200	JESD204B, SPI	14	1.3, 1.8, 3.3	196-CSP_BGA (12x12x1.27)
AD9375	300...6000		8...100		12		
AD9371							
AD9364	70...6000	1/1	0.2...56	JESD207 (CMOS/LVDS), SPI	2.5		144-CSP_BGA (10x10x1.7)
AD9363	325...3800	2/2	0.2...20				
AD9361	70...6000		0.2...56				

Продолжение таблицы 4.

Тип	DPD	MIMO/M-MIMO	EVM	NF (тип.), дБ	Подавление зеркального канала, дБ	FDD	TDD	Sniffer (SnRx)	Цена (в партии 1000 шт.), \$
ADRV9009	—	+/+	43	12	75	—	+	—	319
AD9375	+	+/-	40	13	75	+	+	+	325
AD9371					50	+	+	—	130
AD9364	—	—	40	2.5	75	+	+	+	245
AD9363			34		50	+	+	—	80
AD9361			40		50	+	+	—	175

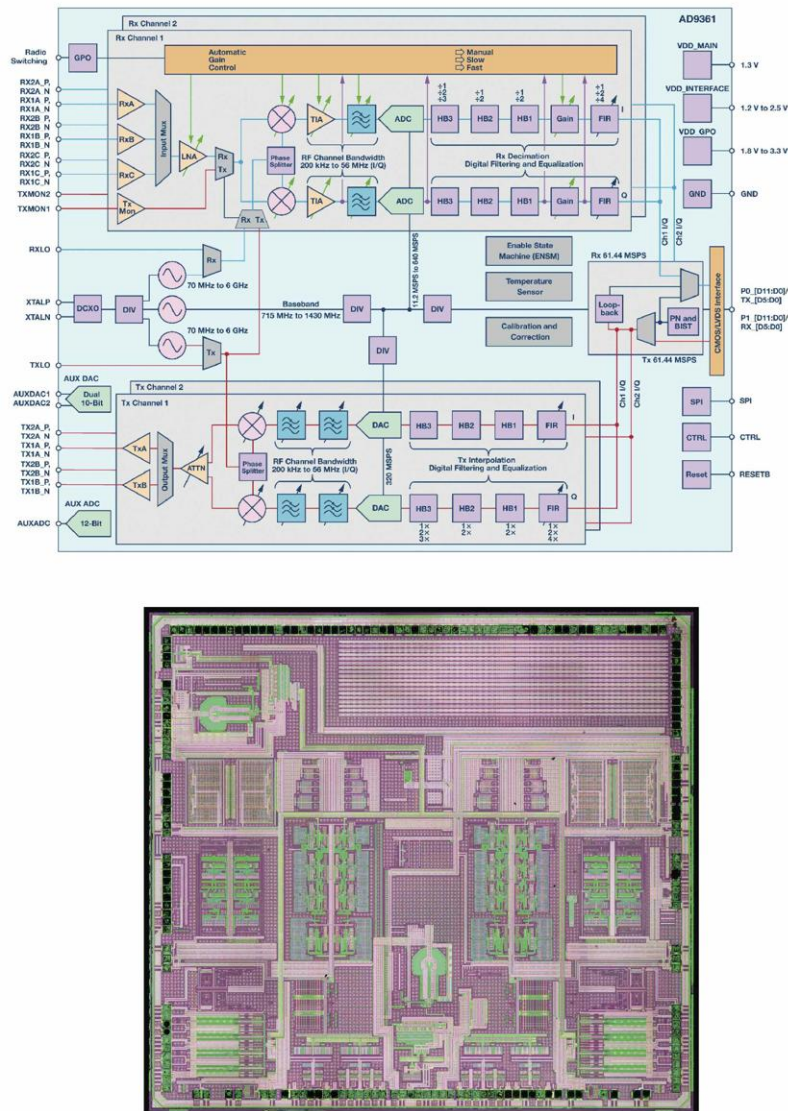


Рис. 9. Структура и топология приемопередатчика AD9361

AD9363 – на несущей частоте 0.325...3.8 ГГц и полосе пропускания до 20 МГц. Встроенный энергоэффективный синтезатор частоты (гетеродин) с дробным коэффициентом деления реализован на базе системы фазовой автоподстройки частоты (Phase-Locked Loop – PLL). Шаг перестройки частоты гетеродина – 2.3 Гц. В микросхеме содержится также вспомогательный 12-разрядный АЦП и два 10-разрядных ЦАП. Типовое значение коэффициента шума приемника – 2 дБ (на частоте 800 МГц), 3 дБ (2.4 ГГц) и 3.8 дБ (3.5 ГГц), что обеспечивает высокую чувствительность приемника. Максимально допустимый уровень пиковой мощности на входе малошумящих усилителей равен 2.5 дБм.

Широкополосный передатчик с улучшенной линейностью характеризуется небольшим значением вектора ошибки (-40 дБ). Уровень шума передатчи-

ка менее -157 дБм/Гц. В трансивере AD9361 обеспечивается также уровень изоляции каналов, необходимый для систем дуплексной передачи с частотным разделением каналов.

Высокоскоростной обмен данными трансиверов AD9361/3/4 с внешними устройствами осуществляется с использованием 12-разрядных параллельных портов (P0 и P1) в соответствии с рекомендациями стандарта JESDC207. Структура параллельного интерфейса с host-процессором приведена на рис. 10. Максимальная частота тактового сигнала 61.44 МГц. Управление режимами работы трансивера осуществляется через SPI-порт.

Типовая потребляемая мощность менее 1.5 Вт. Микросхемы изготавливаются в корпусе 144-CSP_BGA размерами 10×10 мм и предназначены для эксплуатации в диапазоне температур -40...85 °С

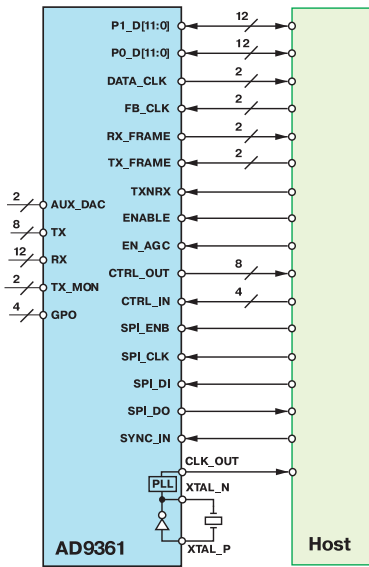


Рис. 10. Структура параллельного интерфейса трансивера AD9361 с host-процессором

при температуре кристалла не выше 110 °С.

AD9375

Радиотрансивер AD9375 (рис. 11) компании Analog Devices признан победителем в номинации “полупроводники” на организованной журналами Microwave Journal, Signal Integrity Journal и Microwave Journal China конференции EDI CON China 2018 (Electronic Design Innovation Conference), состоявшейся на выставке с аналогичным названием. Некоторые параметры трансиверов AD9371/75 даны в табл. 5.

AD9375 – первый широкополосный радиоча-

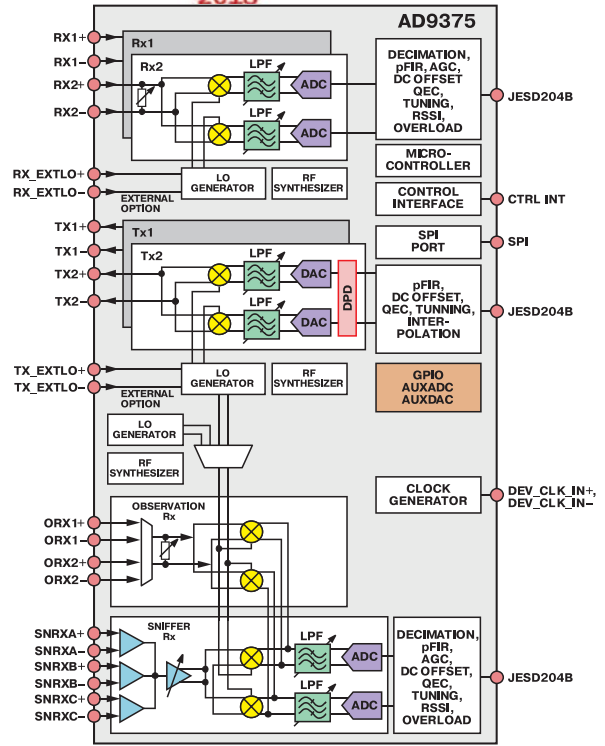


Рис. 11. Структура приемопередатчика AD9375

Таблица 5. Некоторые параметры трансиверов семейства AD936х/7х

Параметр	AD9371	AD9375	AD9361		
Точка пересечения по интермодуляционным составляющим третьего порядка по выходу (OIP3), дБм (на частоте МГц)	27 (700), 27 (2600), 25 (3500), 25 (5500)	27 (700), 27 (2600), 25 (3500), 25 (5500)	23 (800), 19 (2400), 17 (5500)		
Параметр	AD9371		AD9375		AD9361
	Rx	ORx	Rx	ORx	Rx
Точка пересечения по интермодуляции второго порядка по входу (IIP2), дБм (на частоте МГц)	65 (700), 65 (2600), 65 (3500), 57 (5500)	65 (700), 65 (2600), 65 (3500), 60 (5500)	65 (700), 65 (2600), 65 (3500), 57 (5500)	65 (700), 65 (2600), 65 (3500), 60 (5500)	40 (800), 45 (2400), 42 (5500)
Точка пересечения по интермодуляции третьего порядка по входу (IIP3), дБм (на частоте МГц)	22 (700), 22 (2600), 20 (3500), 20 (5500)	22 (700), 22 (2600), 18 (3500), 18 (5500)	22 (700), 22 (2600), 20 (3500), 20 (5500)	22 (700), 22 (2600), 18 (3500), 18 (5500)	18 (800), 14 (2400), 17 (5500)

стотный приемопередатчик для работы в диапазоне частот 0.3...6 ГГц, в котором содержится блок DPD (Digital Predistortion). В этом блоке в соответствии с адаптивным алгоритмом выполняется цифровое предискажение (коррекция) передаваемого сигнала, что позволяет, в конечном счете, повысить эффективность передатчика и значительно снизить суммарный уровень энергопотребления системы.

В сетях, созданных на базе новых стандартов беспроводной связи, можно передавать больше данных в фиксированном диапазоне частот, однако их недостаток – высокая чувствительность к искажениям усилителя мощности базовой станции. Эти искажения ухудшают качество сигнала и снижают трафик. Наличие нелинейных искажений приводит к тому, что увеличение мощности выходного сигнала передатчика приводит не к уменьшению вероятности ошибки при приеме цифрового сигнала, а к ее увеличению.

Для компенсации этого эффекта необходимо ограничивать мощность сигнала или использовать более мощные усилители, чтобы обеспечить надежный прием сигнала в той же зоне. Однако более мощные усилители – это большее энергопотребление, что увеличивает эксплуатационные расходы.

В процессе работы усилителя мощности (Power Amplifier – PA) в нелинейном режиме возникают интермодуляционные искажения, которые проявляются в образовании комбинационных частотных составляющих как в полосе полезного сигнала, так и вблизи нее, что приводит к уменьшению отношения сигнал/шум выходного сигнала усилителя и появлению в спектре излучаемого сигнала паразитных составляющих кратных частоте несущей. В современных радиопередающих устройствах применяются цифровые системы компенсации (коррекции) нелинейных искажений, в которых за счет введения расчетных предварительных искажений передаваемого сигнала обеспечивается линейаризация тракта передачи и, соответственно, снижение искажений.

На рис. 12 приведены передаточные характеристики реального и идеального усилителей мощности. При максимальной энергоэффективности усилителя уровень искажений наибольший. Чтобы добиться большей выходной мощности с меньшими искажениями следует увеличить линейный участок передаточной характеристики.

Суть DPD-метода заключается в коррекции сигнала на входе усилителя мощности, выполняемой на основе данных, полученных в результате измерения характеристик входного и выходного сигналов.

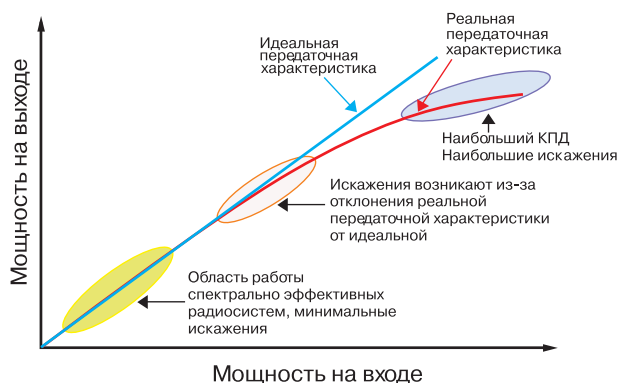


Рис. 12. Идеальная и реальная передаточные характеристики усилителя мощности

Введение коррекции препятствует возникновению искажений в выходном радиосигнале и позволяет получить практически линейную передаточную характеристику. В общем случае для снижения интермодуляционных искажений выходного сигнала усилителя мощности перед ним включается дополнительный блок (DPD), в котором осуществляется умышленное искажение передаваемого сигнала, что, в конечном счете, позволяет снизить (компенсировать) искажения результирующего сигнала на выходе усилителя мощности. Существует множество алгоритмов компенсации нелинейных искажений, базирующихся на моделях разной сложности.

Микросхема GC5322 (Texas Instruments) – один из примеров интегрированного на кристалле блока DPD. На рис. 13 приведен вариант структуры передатчика с использованием микросхемы GC5322. Напряжение питания – 1.2, 1.8 и 3.3 В, потребляемая мощность – 2.5 Вт (типовое значение). Микросхема изготавливается в корпусе 352-PBGA размерами 27×27 мм.

Компания Analog Devices выпускает микросхему AD6641, ориентированную на использование в качестве широкополосного обзорного приемника (250 МГц) совместно с DPD-блоком. Для дискретизации входного сигнала в микросхеме содержится 12-разрядный АЦП с частотой выборки 500 MSPS. Передача данных в DPD-блок осуществляется через последовательный (SPI, SPORT) или параллельный 12-разрядный интерфейс с использованием буферной памяти типа FIFO объемом 16К×12 бит. Микросхема изготавливается в корпусе типа 56-LFCSF размерами 8×8 мм, потребляемая мощность менее 695 мВт при максимальной частоте выборки, стоимость 147\$ (в партии 100-499 шт.).

Один из вариантов, часто применяемых в оборудовании базовых станций, – это реализация алго-

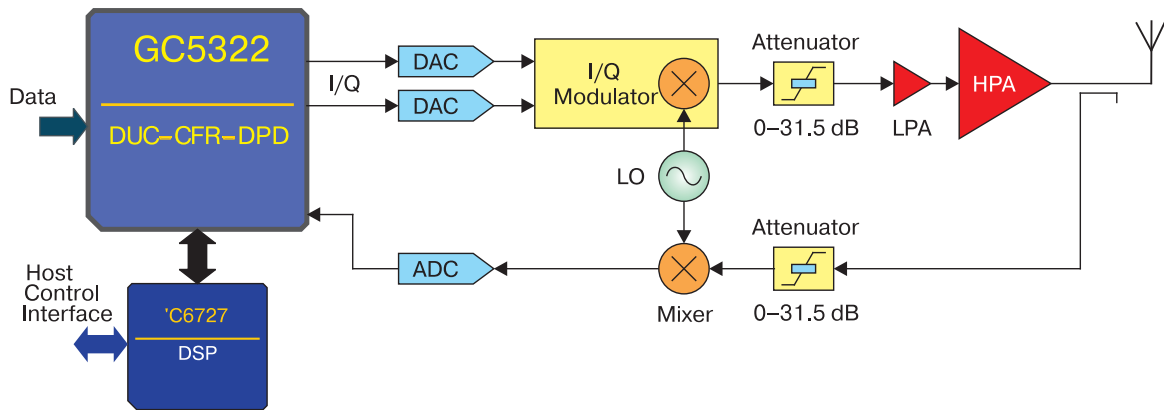


Рис. 13. Вариант структуры радиопередатчика с использованием микросхемы GC5322

ритмов компенсации средствами программируемой логики (рис. 14). В этом случае часть потребляемой энергии расходуется для поддержания интенсивного высокоскоростного обмена данными между FPGA и трансивером. Существенно снизить энергозатраты можно в случае реализации DPD-блока в трансивере (рис.14), что также дает возможность сократить число линий связи. При этом потребляемая трансивером мощность увеличивается всего на 100 мВт. Наибольший эффект от использования DPD-блока трансивера наблюдается при существенном росте числа каналов.

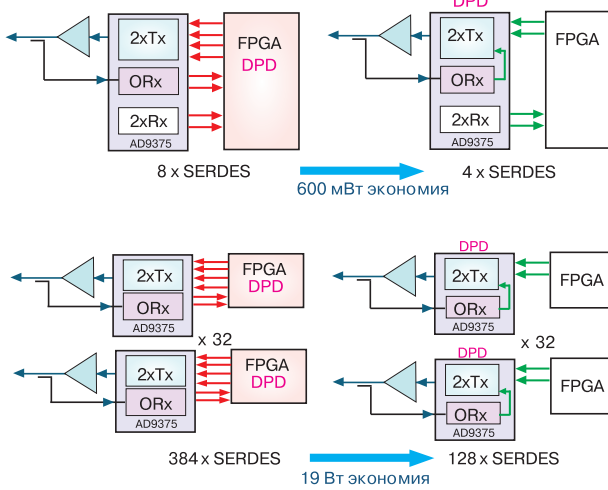


Рис. 14. Варианты размещения DPD-блока

Встроенный в трансивер AD9375 блок DPD обеспечивает более высокую эффективность усилителя мощности при сохранении линейности его передаточной характеристики. Блок DPD оптимизирован для работы при выходной мощности от 250 мВт до 10 Вт (среднеквадратическое значение) и полосе пропускания до 40 МГц.

Вследствии нелинейности передаточной характеристики происходит нежелательное расширение

спектра выходного сигнала, что обусловлено возникновением интермодуляционных искажений. На рис. 15 приведены спектры выходного сигнала при полосе пропускания 20 и 40 МГц в случае наличия и отсутствия DPD-блока [9]. В качестве усилителя мощности использовался усилитель SKY66297 компании SkyWorks.

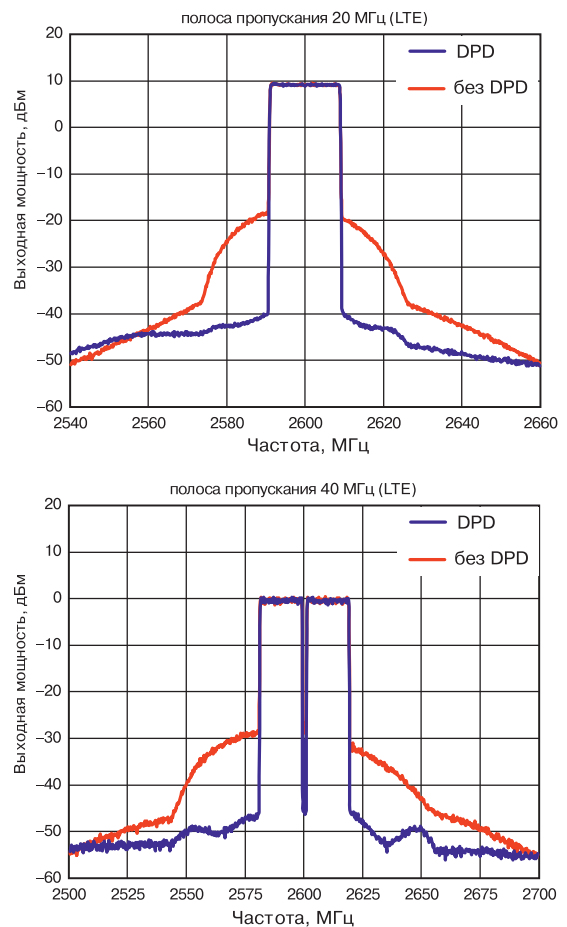


Рис. 15. Спектр выходного сигнала при полосе пропускания 20 и 40 МГц при включении и отключении DPD-блока

На web-сайте компании Analog Devices предлагается использовать DPD-калькулятор [12], дающий возможность рассчитать параметры и эффективность системы в случае использования встроенного в трансивер DPD-блока.

В приемопередатчиках AD9371/75 обмен данными с АЦП приемника и ЦАП передатчика осуществляется с использованием высокоскоростного цифрового интерфейса JESD204B. Максимальная скорость передачи данных с использованием одной дифференциальной пары – 6144 Мбит/с.

ADRV9009

Микросхемы ADRV9008/9 во многом являются модернизацией трансиверов семейств AD936x /7x, от которых они отличаются более широкой полосой пропускания и большим динамическим диапазоном. Параметры и возможности трансиверов ADRV9008/9 соответствуют рекомендациям существующих стандартов сотовой связи. Их преимущество – универсальность, основанная на уникальном сочетании высокой производительности, низкой потребляемой мощности и малых габаритных размеров.

Структура универсального приемопередатчика ADRV9009 приведена на рис. 16. Микросхема предназначена для работы в диапазоне частот от 75 МГц до 6 ГГц и обеспечивает возможность приема радиосигналов, с полезной шириной спектра до 200 МГц, а также синтез радиосигнала передатчика с максимальной полосой до 450 МГц. Максимальная полоса пропускания обзорного приемника (ORx) 450 МГц.

Обмен данными со встроенными АЦП и ЦАП осуществляется через высокоскоростной цифровой интерфейс JESD204B. Максимальная скорость передачи данных с использованием одной дифференциальной пары – 12.288 Гбит/с. Типовая потребляемая мощность приемопередатчика ADRV9009 – менее 5 Вт.

Кроме универсального приемопередатчика

ADRV9009 предлагаются также микросхема приемника (ADRV9008-1) и передатчика (ADRV9008-2). Отличия характеристик микросхем ADRV9008/9 даны в табл. 6. Микросхема ADRV9009 поддерживает работу в режиме TDD, ADRV9008 – в режиме FDD. Трансиверы ADRV9008/9 отличаются малым значением амплитуды вектора ошибки (-43 дБ), а также содержат блоки исправления ошибок квадратурного кодирования (Quadrature Error Correction – QEC), корректировки смещения постоянной составляющей и блок АРУ (AGC – Automatic Gain Control), что позволяет минимизировать ошибки преобразования сигналов, возникающие при сложных видах квадратурной модуляции.

В трансивере ADRV9009 реализован принцип радиоприема на основе алгоритма прямого преобразования с нулевой промежуточной частотой (Zero Intermediate Frequency – ZIF), который отличается рядом преимуществ. В том числе благодаря его применению удалось увеличить подавление внеполосных помех до 75 дБ (Rx).

В трансивере ADRV9009 содержатся все необходимые компоненты для реализации цифрового высокочастотного тракта: от маломощных усилителей на входе до АЦП на выходе и от ЦАП на входе до усилителей мощности на выходе.

Встроенная полнофункциональная система фазовой автоподстройки частоты обеспечивает возможность синтеза тактовых сигналов на базе делителя частоты с дробным коэффициентом деления для трактов передатчика и приемника. Содержится также вспомогательный синтезатор тактовых сигналов, используемых для работы преобразователей сигналов, цифровых фильтров и блоков последовательного интерфейса.

В передатчике используют инновационный модулятор прямого преобразования, обеспечивающий высокую точность модуляции и низкий уровень шума. Максимальная мощность передатчика в диапазоне частот 75... 600 МГц составляет 9 дБм, в диа-

Таблица 6. Некоторые характеристики микросхем ADRV9008/9

Тип	Два приемника	Два передатчика	Обзорный приемник (ORx)	FDD	TDD	Подавление зеркального канала (Rx), дБ	NF (тип.), дБ
ADRV9009-BBCZ	+	+	+	-	+	75	12
ADRV9008-1BBCZ	+	-	-	+	-	-	-
ADRV9008-2BBCZ	-	+	+	+	-	-	-

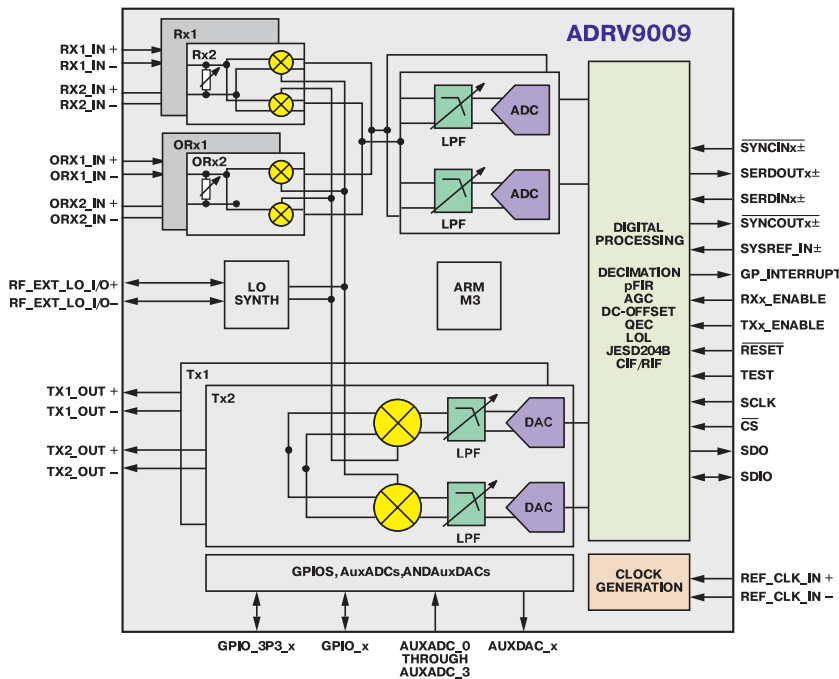


Рис. 16. Структура универсального трансивера ADRV9009

Таблица 7. Параметры обзорного усилителя (ORx) трансивера ADRV9009

Параметр	AD9009 (ORx)	
Относительный уровень второй гармоники (HD2), дБн	-80	
Относительный уровень третьей гармоники (HD3), дБн	-70	
Динамический диапазон (SFDR), дБ	70	
Уровень составляющих интермодуляционных искажений, дБн	третьего порядка (IM3)	-62
	пятого порядка (IM5)	-80
	седьмого порядка (IM7)	-80
Подавление зеркального канала, дБ	65	

пазоне 4.8...6.0 ГГц – 4.5 дБм.

В табл. 7 приведены параметры, характеризующие уровень искажений сигнала в усилителе обзорного приемника (ORx), который представляет собой широкополосный приемник прямого преобразования с двумя дифференциальными входами (ORX1, ORX2).

В трансивере ADRV9009 реализована возможность автоматического и ручного управления аттенуатором, коррекции уровня смещения постоянной составляющей, коррекции ошибок квадратурного кодирования, а также цифровой фильтрации, что упрощает обработку данных в host-процессоре. Принятые сигналы в приемнике оцифровываются с использованием Σ - Δ АЦП и в дальнейшем подвер-

гаются необходимой фильтрации. Кроме того, в микросхеме ADRV9009 реализован вспомогательный 12-разрядный АЦП и 10-разрядный ЦАП.

Напряжение питания ядра 1.3 и 1.8 В. Предусмотрены режимы работы с пониженным уровнем энергопотребления. Микросхемы ADRV9009 изготавливаются в корпусе 196-CSP_BGA размерами 12×12 мм и предназначены для эксплуатации при температуре кристалла не выше 110 °С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня крайне сложно представить окружающий нас мир без сетей беспроводной связи, которые в буквальном смысле опутывают всю планету.

Новости, прикладная информация, прогноз погоды и пр. – все это на слуху благодаря беспроводным соединениям, которые выполняются, в том числе, вследствие применения в радиоприемном тракте микросхем широкополосных радио-приемопередатчиков, АПЦ, ЦАП, усилителей, микросхем управления электропитанием, а также формирования и распределения тактовых сигналов и пр. Основная особенность современных радиоприемников, которая достигнута благодаря усовершенствованию полупроводниковой технологии, – возможность конфигурирования радиочастотного тракта. Т.е. выбор частоты несущей, полосы пропускания, коэффициента усиления и т.п. выполняется на программном уровне, что открывает новые возможности при создании портативных мобильных устройств нового поколения. Применение конфигурированных трансиверов позволяет существенно уменьшить габаритные размеры проектируемых систем связи, снизить уровень энергопотребления и сократить сроки разработки новых изделий.

Одна из актуальных областей применения широкополосных радиотрансиверов – средства радиоэлектронной борьбы, которые являются важнейшим видом оружия в современных военных действиях. Традиционно в процессе радиоэлектронной борьбы осуществляется воздействие радиопомехами на радиоэлектронные средства систем управления, связи и разведки противника. Один из видов радиоэлектронной борьбы – радиоэлектронная разведка (Signal Intelligence – SIGINT), т.е. сбор разведывательной информации в результате приема и

анализа электромагнитного излучения.

Стандартная задача радиоэлектронной разведки – это сканирование заданного частотного диапазона с помощью сканирующего радиоприемника. Цель – мониторинг и анализ радиосигналов в интересующем диапазоне частот. Продолжительность сканирования заданного частотного диапазона – весьма критическая характеристика приемника. Суммарная длительность сканирования естественно зависит от ширины анализируемой полосы частот, а также от полосы пропускания приемного тракта, времени обработки сигнала в приемнике (T_D) и длительности процесса перестройки несущей частоты ($T_{НОР}$). Все эти характеристики определяют исключительно параметрами трансиверов.

В заключение в табл. 8 [4] приведены сравнительные характеристики рассматриваемых трансиверов (AD9361/71, ADRV9009) при сканировании полосы частот 3 ГГц. Длительность ($T_{НОР}$) перестройки несущей частоты (Hop time) определяется переходными характеристиками системы фазовой автоподстройки частоты и управляемого напряжением генератора (Voltage-Controlled Oscillator – VCO).

Суммарная продолжительность сканирования определяется из простого выражения

$$T = N \times (T_D + T_{НОР}),$$

где $N = CW/BW$, т.е. N – это отношение анализируемой полосы частот к полосе пропускания приемного тракта.

Таблица 8. Сравнительные характеристики трансиверов в приложениях радиоразведки

Параметр	AD9361		AD9371	ADRV9009
	Режим быстрой перестройки частоты	Стандартный режим перестройки частоты		
Анализируемая (сканируемая) полоса частот (CW), ГГц	3			
Полоса пропускания тракта ($BW = 0.8 \times IQRate$), МГц	40	40	100	200
Длительность перестройки по частоте ($T_{НОР}$), мкс	15	250	1000	70
Скорость IQ-выборок (IQRate), MSPS	50	50	125	250
Число необходимых перестроек по частоте (N)	75	75	30	15
Минимальный размер блока БПФ	16384		16384	65536
Время обработки сигнала в приемнике (T_D), мкс	328	328	262	262
Продолжительность сканирования ($T = N \times (T_D + T_{НОР})$), мс	25.7	43.3	37.8	5

Дополнительную информацию о ВЧ-приемопередатчиках компании Analog Devices можно найти в сети Интернет по адресу www.analog.com или в фирме VD MAIS – официальном дистрибьюторе компании Analog Devices.

ЛИТЕРАТУРА

1. High definition, low delay, SDR-based video transmission in UAV applications.
2. ADRV9008/ADRV9009 Integrated wideband RF transceiver platform.
3. 200 MHz bandwidth, Software-Defined Radio (SDR) solution with enhanced frequency agility.
4. Design challenges for aerospace and defense SDR (Software Defined Radio).
5. AD9363 Integrated programmable RF transceiver.

Simplify your system design and standardize

6. ADRV9009 Integrated dual RF transmitter, receiver, and observation receiver.

7. <https://www.analog.com/ru/applications/technology/sdr-radioverse-pavilion-home/wideband-transceivers/digital-pre-distortion.html>

8. <https://limemicro.com/technology/>

9. <https://www.maximintegrated.com/en/products/comms/wireless-rf/MAX2580.html>

10. GC5322 Wideband digital pre-distortion transmit IC solution.

11. AD9375 Integrated, Dual RF Transceiver with Observation Path.

12. <http://beta-tools.analog.com/dpdc/calculator>.



[От ремесла к искусству]

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

■ проектирование

Проектирование печатных плат в НПФ VD MAIS – это:

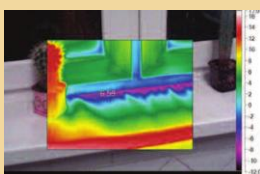
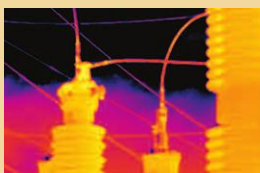
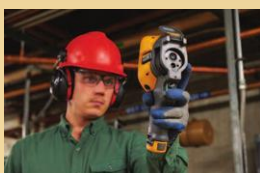
- многолетний опыт конструирования и знание специфики:
 - разработки электронных устройств
 - технологии производства печатных плат
 - различных CAD-CAM систем проектирования (P-CAD, Mentor Graphics, CAM-350 и пр.)
- полная реализация возможностей изготовителя печатных плат и контрактного производства VD MAIS
- качество работы, соответствующее ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016.



VD MAIS

PCB Professionally

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478, (048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua



Fluke Ti



Fluke TiS

Fluke Ti – серия тепловизоров с разрешающей способностью снимков до 640×480 точек (Ti300, Ti400, Ti450, Ti480)

Fluke TiS – универсальные тепловизоры (в т.ч. для аудита) с разрешающей способностью снимков до 320×240 точек (TiS10, TiS20, TiS40, TiS45, TiS50, TiS55, TiS60, TiS65, TiS75)

Расширенные функциональные возможности

LaserSharp® Focus – автофокус с помощью лазерного дальномера

MultiSharp™ – объединение оптимальных по резкости изображений разноудаленных объектов на одном снимке

SuperResolution – режим увеличения разрешающей способности путем цифровой обработки нескольких снимков

IR-Fusion® – точное совмещение изображений, полученных в видимом и инфракрасном диапазонах (полное или кадр-в-кадре)

IR-PhotoNotes™ – система анотирования съемки

SmartView® – бесплатное ПО, обработка изображений встроенным процессором, совместимость с MATLAB® и LabVIEW®

Fluke Connect® – беспроводная связь со смартфонами и облачным хранилищем

VD MAIS – официальный дистрибьютор компании Fluke в Украине

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478, (048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmajs.ua, www.vdmajs.ua

РАЗВИТИЕ НИТРИД ГАЛЛИЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

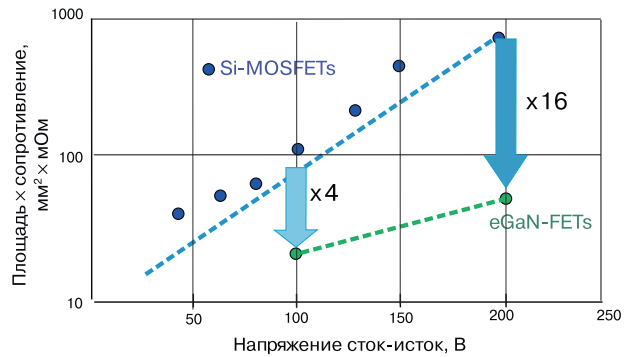
Применение нитрида галлия в качестве материала для изготовления транзисторов началось сравнительно недавно. Первые образцы компонентов появились в середине 1990-х гг. В настоящее время многие ведущие компании, которые занимаются производством компонентов на основе GaAs и Si, активно инвестируют в собственные разработки на основе нитрида галлиевой технологии, применение которой позволяет существенно расширить возможности мощных высокочастотных приборов.

Кроме того, максимальная критическая напряженность электрического поля GaN-приборов (которая в десять раз больше, чем у приборов на базе кремния) позволяет реализовать полупроводниковые компоненты с пробивным напряжением 100...300 В.

Высокая удельная мощность по сравнению с транзисторами, созданными на базе арсенида галлия, карбида кремния или на основе любого другого уже освоенного в производстве полупроводникового материала позволяет существенно снизить габаритные размеры компонентов.

Сочетание большого коэффициента усиления с высокой надежностью работы в условиях повышен-

http://www.eenewseurope.com/news/powering-future-intelligence-and-efficiency/page/0/3?news_id=105059



ных температур (до 300 °С) и воздействия радиации определяют перспективы их применения в разных отраслях промышленности.

Основные сферы применения – это оборудование для широкополосных беспроводных сетей, приборов авиационного, космического и военного назначения, малогабаритные высокочастотные преобразователи напряжения, надежные твердотельные радары и пр.

На рисунке приведена зависимость т.н. нормализованного параметра (площадь кристалла × сопротивление канала, мм² × МОм) от напряжения сток-исток для лучших транзисторов типа Si-MOS-FET и GaN-FET.

Светодиоды 3030 и 2835 от CREE уже на рынке!

Светодиоды J Series™ средней и малой мощности от лидера отрасли:

- стандартные форм-факторы 3.0×3.0×0.5 мм и 2.8×3.5×0.7 мм
- номинальные значения напряжения 3 и 6 В
- биннинг по цветовой температуре и световому потоку
- диапазон цветových температур 2700...6500 К по ANSI
- индексы передачи цвета 70, 80 и 90 CRI для всех значений CCT
- соответствие требованиям RoHS и REACH, рекомендовано UL® (E495478)

Серия	Мощность, Вт	Ток (тип.), мА	Световой поток (тип. для CRI=70, 4000 К), Лм	Падение напряж. (тип.), В	Макс. ток, мА
JВ3030 3V	0.2	65	35.5	2.8	240
JK3030 3V	1	350	156	3.2	400
JK3030 6V	1	150	152	6	200
JE2835 3V	0.5	150	79	3	240
JK2835 6V	1	150	153	6.2	200

VDM MAIS – официальный дистрибьютор компании CREE в Украине
 тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478,
 (048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ОКОНЕЧНОГО УЗЛА СЕНСОРНОЙ СЕТИ, часть 1

INTELLIGENCE AT THE EDGE PART 1: THE EDGE NODE

Особенности оконечных сенсорных узлов в составе измерительных каналов Интернета вещей рассмотрены в настоящей статье.

Я. Биверс

Abstract – Fundamental aspects of the edge node sense and measurement capability within the large IoT framework are considered.

J. Beavers

Интеллектуализация оконечных узлов в системах на основе Интернета вещей является залогом успешного применения таких систем. К основным требованиям к таким узлам следует отнести сверхнизкое потребление, фильтрацию сигналов датчиков, преобразование в удобную для обработки форму сигналов датчиков различных типов, а именно, датчиков давления, положения, вращения и т.п., рис. 1.

Аналитическая обработка и интерпретация преобразованных сигналов должны быть включены в функции интеллектуального оконечного узла. Только наиболее значимая информация должна направляться оконечным узлом в "облако" для прогнозирования и выработки управленческих решений. Связь оконечных узлов с облачными хранилищами обеспечивают беспроводные сенсорные сети. Для

защиты от вмешательства в работу сетевых каналов используются протоколы, обеспечивающие функциональную безопасность каналов связи. Для обеспечения высокой экономичности оконечного узла используется спящий режим работы с минимальной задержкой возвращения узла в режим измерения. В сетевой структуре может быть использовано множество объединенных в кластер оконечных узлов для измерения и обработки различных параметров, как показано на рис. 2.

Следует отметить, что потери данных в узле практически не подлежат восстановлению в "облаке". Поэтому высокая надежность каждого узла является ключевой особенностью сетевых технологий. Выход из строя какого-либо узла может привести к отказу системы на основе Интернета вещей в целом. Как уже было отмечено, данные на выходе

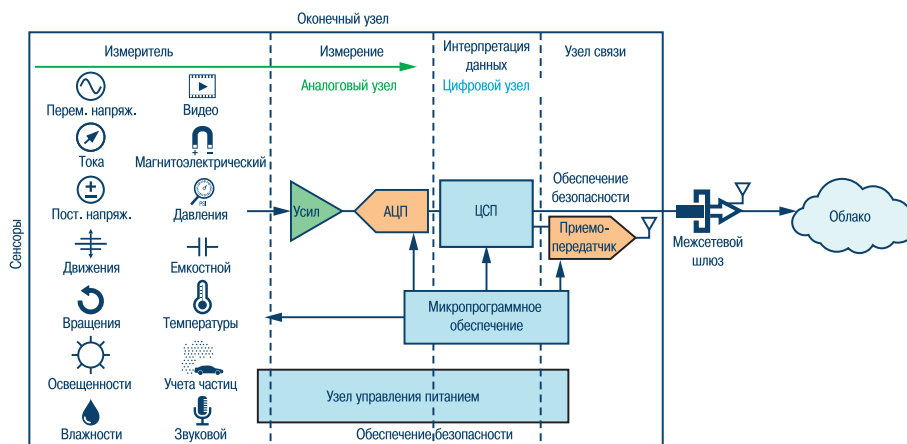


Рис. 1. Интеллектуальный сенсорный узел, обеспечивающий измерение, интерпретацию и передачу данных через сетевой интерфейс в "облака" (передаваемые данные предварительно обрабатываются для последующего принятия решения в "облаках")

* Beavers J. Intelligence at the Edge Part 1: The Edge Node. www.analog.com. Technical Article. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

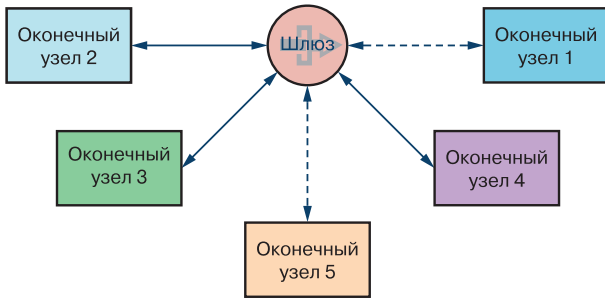


Рис. 2. Множество оконечных узлов (проводных и беспроводных) автономно связаны с сетевым интерфейсом, через который данные передаются в облака

интеллектуального сенсорного узла – это не просто данные, а актуальная информация, позволяющая свести к минимуму задержки при дальнейшей обработке этой информации в "облаке" (рис. 3).

Таким образом, системы на основе Интернета вещей от реактивных с задержкой переходят в класс систем реального времени. Из этого следует, что в "облако" через шлюз (сетевой интерфейс или gateway) поступает наиболее существенная информация для последующей обработки. При этом следует отметить, что обработка в "облаке" не всегда может быть успешной без использования данных, полученных на предыдущих этапах. Поэтому наиболее важная информация должна быть архивирована в базу данных с обеспечением доступа к ней в реальном времени.

В интеллектуальном сенсорном узле сенсоры, как правило, являются аналоговыми компонентами. Их применение требует учета динамического и ча-

стотного диапазона. На выходе аналогового сенсора могут быть использованы аналоговые фильтры. Однако их применение может привести к потере полезной информации. Поэтому альтернативой аналоговым фильтрам могут быть цифровые фильтры на выходе АЦП. Особые требования предъявляются к выбору параметров АЦП для интеллектуального узла, а именно, к динамическому диапазону оконечных сигналов, частоте выборки, разрешению, частоте оконечного сигнала, спектральной плотности шума. Все эти параметры влияют на точность данных, передаваемых в "облако". Кроме того, они должны быть хорошо согласованы с параметрами собственно аналогового сенсора. К этому можно добавить то, что если на входе АЦП включен усилитель, то и его параметры следует согласовать с параметрами сенсора и АЦП. Отметим, что в качестве АЦП может быть использован преобразователь, частота выборки которого выбирается в соответствии с теоремой Найквиста (например, поразрядный АЦП), или АЦП со сверхвыборкой (сигма-дельта АЦП). В поразрядном АЦП минимальный уровень шума (noise floor) имеет равномерное распределение при частоте выборки, равной $2f_c$, где f_c – максимальная частота в спектре сигнала на выходе сенсора (рис.4).

В сигма-дельта АЦП благодаря сверхвыборке максимальный уровень шума сдвигается в область сверхвысоких частот, т.е. область полезного сигнала находится в диапазоне более низких частот и отличается малым шумом, а значит большим динамическим диапазоном. Следует отметить, что входной динамический диапазон АЦП должен быть равным

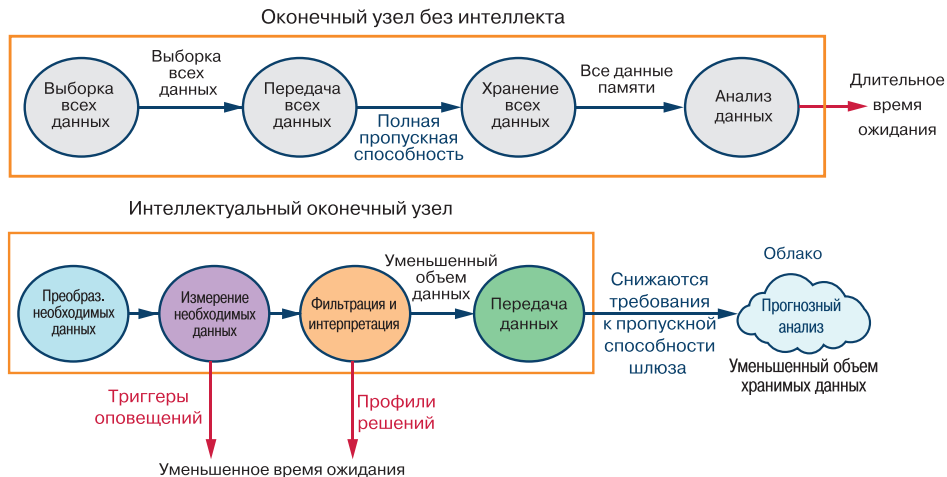


Рис. 3. Интеллектуальный или смарт-узел решает новые задачи, которые раньше решались на верхнем уровне (к ним относятся предварительная обработка и интерпретация передаваемых данных, что позволяет повысить эффективность технологии Интернета вещей)

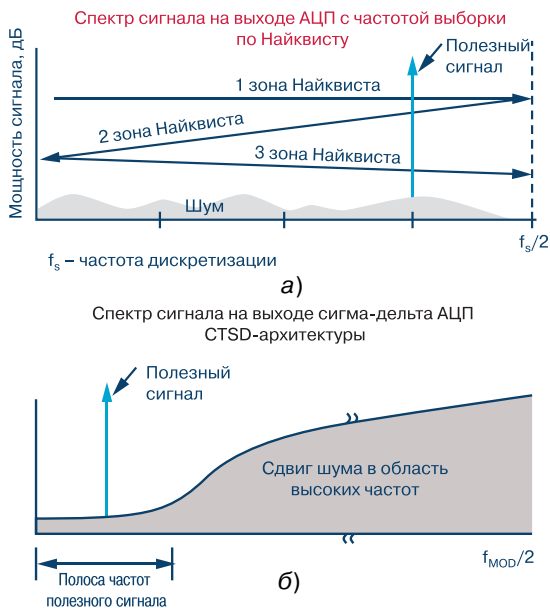


Рис. 4. Уровень шумов в АЦП поразрядного уравнивания для разных зон Найквиста (а), и сигма-дельта АЦП (б)

выходному динамическому диапазону сенсора. Желательно, чтобы АЦП имел некоторый запас по входному динамическому диапазону, равный приблизительно 1 дБ. В противном случае из-за ограничения сигнала в АЦП могут возникнуть нелинейные искажения, как показано на рис. 5.

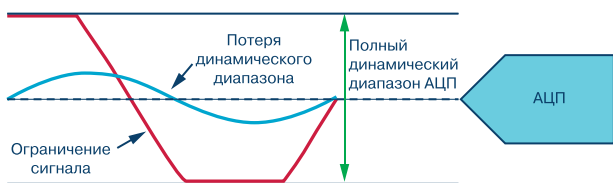


Рис. 5. Примеры согласования выходного динамического диапазона сенсора и динамического диапазона АЦП (для исключения режима насыщения АЦП следует предусмотреть запас по его динамическому диапазону)

Особо следует обратить внимание на промышленное использование систем на основе Интернета вещей для измерения вибраций. В качестве сенсоров в таких системах используют акселерометры, выполненные по MEMS-технологии. В экстремальных случаях в механизмах с высокой скоростью вращения механических компонентов может возникнуть аварийная ситуация (рис. 6). Для предотвращения аварийной ситуации в систему следует включить дополнительный сенсор, который следит за порогом допустимых вибраций (рис. 7).

Системы на базе Интернета вещей широко ис-

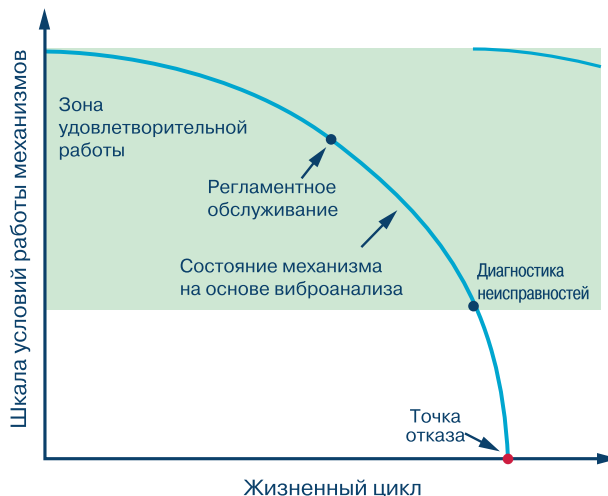


Рис. 6. Интеллектуальные сенсорные узлы, обеспечивающие мониторинг вибраций, вращения валов, могут анализировать и оценивать ситуации, близкие к катастрофическим, информируя при этом оператора или блокируя технологический процесс

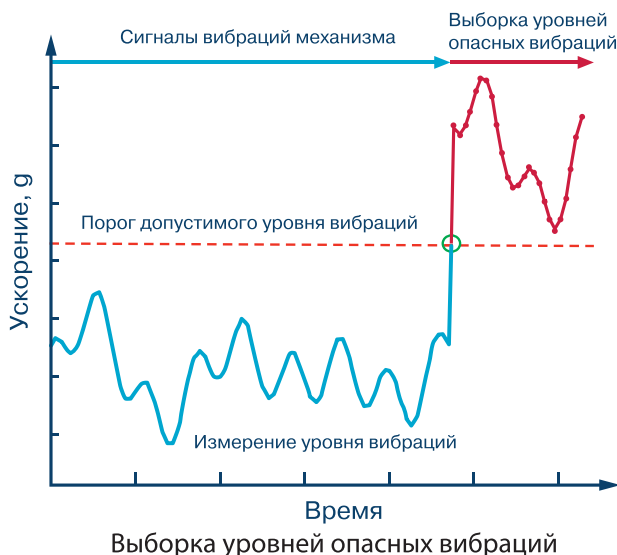


Рис. 7. Временная диаграмма сигнала мониторинга процесса вибраций с фиксацией допустимого порога уровня вибраций

пользуются для создания "умных" городов, "умных" улиц, "умных" апартamentов и т.п. В этом случае в сенсорный узел встраиваются интеллектуальные камеры (смарт-камеры). На рис. 8 приведен пример такой системы, которая следит в реальном времени за парковкой автомобилей на стоянке, причем MEMS-сенсоры немедленно формируют сигнал тревоги в случае изменения положения автомобиля на охраняемой стоянке (рис. 8).

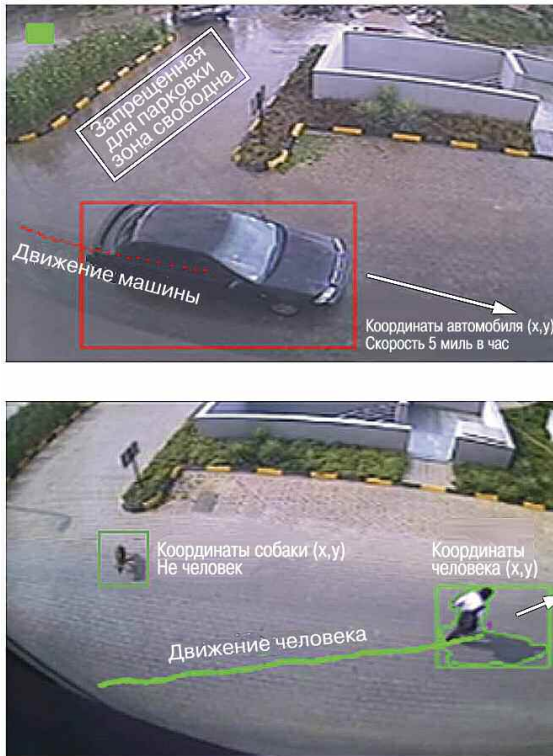


Рис. 8. Анализ изображения с анализом опасных ситуаций на парковке автомобиля в интеллектуальном сенсорном узле с встроенной смарт-камерой

Кроме того, интеллектуальный сенсор имеет возможность автоматически отключить оборудование, чтобы предупредить его разрушение. Такая операция должна выполняться без обращения к "облаку". В сенсорные узлы в составе промышленных Интернет вещей, которые используются в "умном" городе, включены смарт-камеры. Отметим, что в "умном" городе применяются миллионы смарт-камер, каждая из которых отвечает за определенные функции. Для оценки ситуации в реальном времени смарт-камера содержит сигнальный процессор. Сигнальный процессор, анализируя изображение, не передает статические снимки в "облако". Только в случае изменения положения наблюдаемого объекта информация о новых координатах и его изображение передаются в "облако". В качестве таких объектов слежения могут быть автомобили, а также люди или животные.

На рис. 9 смарт-камера с встроенным сигнальным процессором, несмотря на плохую видимость, фиксирует незаконное вторжение в запретную зону (офис – слева, паркинг – справа).

Компания Analog Devices выпускает большинство компонентов интеллектуальных сенсорных уз-



Рис. 9. Анализ изображений подвижных объектов с помощью сигнального процессора (на рисунке показано отображение, зафиксированных камерой слабоосвещенных объектов – слева зафиксирована попытка незаконного проникновения в офис, справа – на парковку)

лов. Это, например, цифровой сенсор температуры ADT7420 с разрешением 0.0078 °С, трехосный MEMS-акселерометр ADXL362 с частотой выборки 100 Гц, двухосный сенсор вибраций ADIS16229 с диапазоном ускорений 18 g, в составе которого имеется встроенный радиопередатчик, сигнальные процессоры семейства Blackfin (платформа BLIP) для обработки изображений. Библиотека программ процессоров этого семейства ориентирована на обработку изображений подвижных объектов, подсчета людей в движущейся группе, визуализации автомобилей в движении и т.п. Установка смарт-камер в помещении позволяет управлять освещением или климатом в этом помещении с учетом количества людей, уровня интенсивного освещения и т.п.

ВЫВОДЫ

С развитием технологии Интернета вещей (IoT) новые требования предъявляются к сенсорам, узлам на их основе и сенсорным сетям в целом.

Сенсоры в таких системах – это не просто преобразователи физических величин в электрический или оптический сигнал, это интеллектуальные узлы, содержащие АЦП, аналоговые и цифровые фильтры, контроллеры или сигнальные процессоры, сетевые интерфейсы (для беспроводных сетей с радиоканалом).

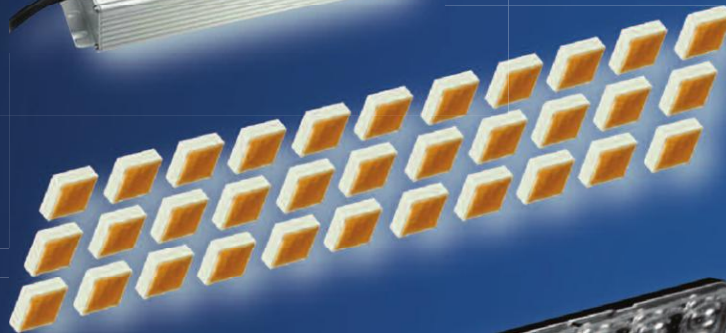
На следующий иерархический уровень (например, в "облаке") такие узлы передают только необходимую информацию для прогнозирования, выработки управленческого решения и архивации данных.

Недорогие светильники для промышленного освещения

на базе светодиодов XLamp MHB-B



HLG-120H-C500
HV output



XLamp MHB-B
33 шт.



FLORENCE-3R



Основные преимущества XLamp® MHB-B:

- самая низкая удельная стоимость на единицу светового потока [лм/\$] из всех светодиодов, выпускаемых компанией Cree
- керамический корпус
- температура кристалла до 105 °C
- время, за которое деградация светового потока составляет 10%, не менее 21 400 часов.

Применение светодиодов серии MHB-B вместо светодиодов средней и малой мощности позволяет уменьшить стоимость светодиодов, несмотря на более высокую стоимость одного экземпляра (при той же интенсивности света потребуется меньшее число светодиодов), уменьшить габариты и массу светильника.



VD MAIS – официальный дистрибьютор компаний MEAN WELL, CREE и LEDIL в Украине

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478,
(048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmals.ua, www.vdmals.ua

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ОКОНЕЧНОГО УЗЛА СЕНСОРНОЙ СЕТИ, часть 2

В статье анализируются ключевые особенности сенсорных узлов в системах Интернета вещей, начиная от первичного преобразования физической величины, ее измерения, интерпретации, управления питанием узла и заканчивая обеспечением информационной безопасности передаваемых данных.

Я. Биверс

INTELLIGENCE AT THE EDGE PART 1: THE EDGE NODE

Abstract – It is explored the main aspects of the edge node interpretation IoT framework: sensing, measuring, interpreting, power management and security.

J. Beavers

Появление технологии Интернета вещей на начальном этапе характеризировалось применением простых датчиков с радиоканалом. Интеллектуальная обработка данных выполнялась в основном средствами “облачных” технологий. В настоящее время в системах на основе Интернета вещей используются интеллектуальные сенсорные узлы. Они обеспечивают предварительную обработку данных, передавая в удаленное хранилище, как правило, “облачный” сервер, только необходимую информацию. Предварительная обработка данных на уровне такого сенсорного узла включает следующие операции: фильтрацию, децимацию и выделение необходимой информации из потока данных.

В сенсорных узлах нового поколения предусмотрены регулировка полосы пропускания, скорости выборки данных, динамического диапазона с целью передачи на уровень “облака” только той информации, которая необходима для прогнозирования и принятия управленческого решения. Использование БПФ, КИХ-фильтров, дециматоров и других вычислительных блоков в сенсорном узле обеспечивает выделение только полезной информации из потока данных. В некоторых случаях на уровень “облачных” технологий могут передаваться только инкрементные потоки данных. На рис. 1 представлена выборка сигнала (в отсчетах на период) без аналоговой фильтрации и цифровой обработки, что при-

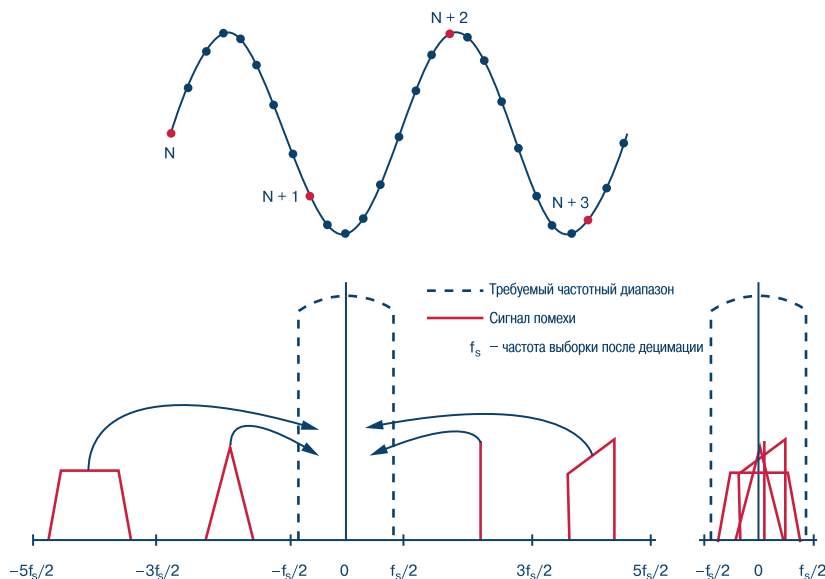


Рис. 1. Временная диаграмма и спектр сигнала сенсорного узла без аналогового фильтра и цифровой обработки данных

* Beavers J. Intelligence at the Edge Part 2: The Edge Node. www.analog.com. Technical Article. Сокращенный перевод с английского и комментарии В. Романова.

водит к появлению ложных составляющих на центральной частоте.

Использование аналогового фильтра, цифрового КИХ-фильтра, дециматора, процессорной обработки позволяет исключить ложные составляющие. Структурная схема такого интеллектуального сенсорного узла для вибрационного анализа приведена на рис. 2. Она предназначена для сигнатурного анализа механических колебаний или вибраций. Если сигнатурные частоты исследуемых механических колебаний известны, то могут быть определены частота выборки АЦП и количество точек БПФ-анализа, включая количество энергии, соответствующее каждому столбцу гистограммы, а также для множества столбцов гистограммы.

На рис. 3 приведен пример гистограммы БПФ-преобразователя анализа с интерпретацией отдельных участков частотных компонентов механических колебаний, выполненного встроенным в сенсорный узел микропроцессором. Зеленые области гистограммы соответствуют требованиям, предъявляемым к вибрационной устойчивости исследуемого объекта, желтая и красная области свидетельствуют об опасности или возможном разрушении объекта соответственно.

Вычислительная мощность интеллектуального сенсорного узла зависит от типа встроенного процессора. Ядро встроенного процессора может включать один или несколько вычислителей, RAM-память и т.д. Могут применяться процессоры с фиксированной и плавающей точкой или сигнальные процессоры. Выбор типа процессора определяется необходимой вычислительной мощностью, точностью и скоростью выполнения операций.

Системы на основе Интернета вещей должны иметь высокие функциональную надежность и информационную безопасность. Исходя из этого, беспроводные сенсорные сети в этих системах должны отвечать требованиям усовершенствованного стандарта шифрования данных (Advanced Encryption Standard – АЕС) при приеме-передаче дан-

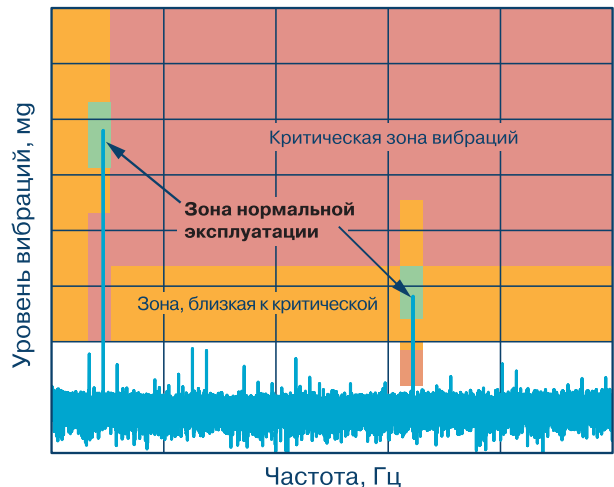


Рис. 3. Гистограмма БПФ-преобразователя механических колебаний

ных. Секретный ключ должен иметь разрядность не менее 128 бит. Чем выше должна быть вычислительная мощность сенсорного узла, тем внимательнее следует выбирать тип процессора. В качестве примера могут быть предложены процессоры типа ARM с ядром Cortex-M3 и Cortex-M0, которые имеют встроенный протокол обмена данными. Процессор с ядром Cortex-M3 ориентирован на сложную цифровую обработку сигналов, а процессор с ядром Cortex-M0 выполняет сравнительно простую обработку данных. Разделение функций процессоров имеет ряд преимуществ. В частности, когда мощный процессор занят выполнением вычислительной задачи, более простой процессор следит за обработкой прерываний. Кроме того, использование двух ядер позволяет преодолеть ограничения в работе с флеш-памятью путем распараллеливания вычислительного процесса. Рассмотренное решение позволяет сбалансировать вычислительную мощность с энергозатратами, что особенно важно для сенсорных узлов с автономным питанием.

Многие интеллектуальные сенсорные узлы предназначены для длительной работы без замены или подзарядки аккумуляторных батарей. Потреб-

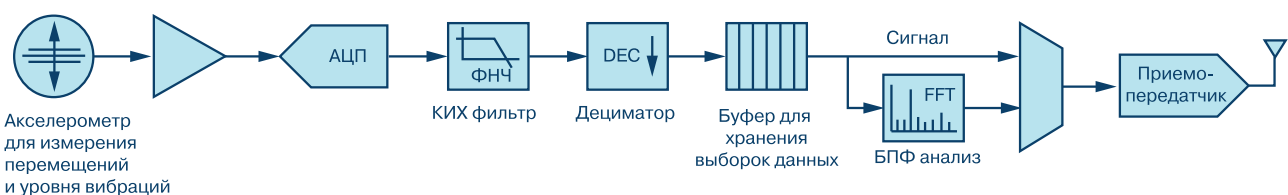


Рис. 2. Современный сенсорный узел для мониторинга механических колебаний

ляемая мощность прямо зависит от производительности встроенного процессора. Оценка потребляемой мощности встроенного микропроцессора или микроконтроллера может быть выражена как величина тока потребления на 1 МГц тактовой частоты вычислителя в активном режиме. Для процессора типа ARM Cortex-M3 эта величина составляет несколько десятков микроампер на 1 МГц. Для минимизации потребляемой сенсорным узлом мощности необходимо определить величину потребления в активном режиме и время, затраченное на работу в активном режиме.

На рис. 4 приведен график тока потребления типowego процессора, встроенного в сенсорный

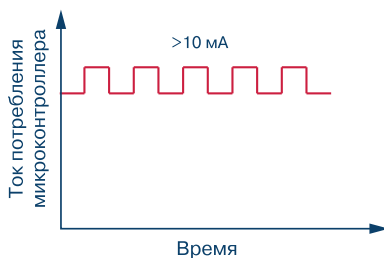


Рис. 4. Диаграмма тока потребления сенсорного узла с процессором в активном режиме

узел.

Для уменьшения потребления процессора следует уменьшить время его использования в течение рабочего цикла сенсора, как показано на рис. 5. Кроме того, в каждом процессоре имеется несколько спящих режимов, начиная от отключения питания только вычислительного ядра и заканчивая полным

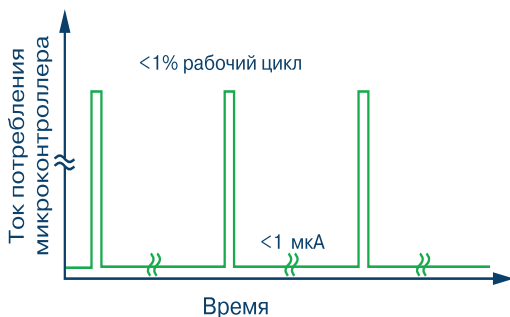


Рис. 5. Диаграмма тока потребления сенсорного узла с процессором, активный режим которого строго лимитирован

отключением процессора от цепей питания.

На рис. 6 приведена временная диаграмма работы сенсорного узла, на которой показаны циклы работы процессора в активном и спящем режимах.

Отметим, что многоканальный сенсорный узел

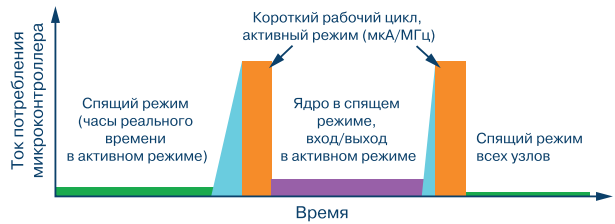


Рис. 6. Диаграмма тока потребления сенсорного узла с оптимизацией активного и спящего режимов

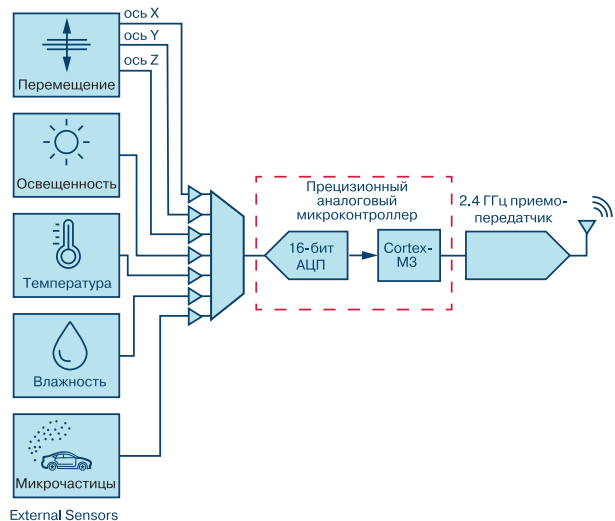


Рис. 7. Многоканальный сенсорный узел в системе мониторинга вредных загрязнителей в атмосфере

(рис. 7), предназначенный для мониторинга загрязнителей в атмосфере совместно с измерением метеопараметров окружающей среды, выполняет измерения в каждом канале с разной частотой. Это позволяет оптимизировать алгоритм измерения приведенных на рис. 7 параметров, и снизить общее потребление многоканального сенсорного узла.

Если в интеллектуальном сенсорном узле используются контроллеры ADuMC3027 или ADuMC3029 компании Analog Devices, имеющие ядро ARM Cortex-M3 с тактовой частотой 26 МГц, их потребление в активном режиме не превышает 38 мкА/МГц, а в спящем режиме – не более 750 нА. Следующее поколение процессоров компании Analog Devices с ядром Cortex-M33 и архитектурой ARMv8-M, уже подготовленное к выпуску, специально ориентировано на применение в беспроводных сенсорных сетях, предназначенных для систем на базе Интернета вещей с высокой функциональной и информационной безопасностью.

ВЫВОДЫ

1. Появление технологии Интернета вещей, основанное на применение сенсорных сетей, предъявило новые требования к интеллектуализации сенсорных узлов.
2. Сенсорные узлы в таких системах обеспечи-

вают не только преобразование физической величины в код, его передачу на удаленный сервер, но и выполняют цифровую обработку данных, направленную на выделение характерных признаков входной информации. Это разгружает сеть от лишних данных, оставляя процессору верхнего уровня решение задач прогнозирования и принятия управленческого решения.



ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

■ ПРОИЗВОДСТВО

VD MAIS – крупнейший поставщик печатных плат на рынке Украины

7 аргументов в пользу печатных плат, поставляемых VD MAIS:

- принцип "все из одних рук"
- стабильное положение фирмы на рынке печатных плат
- высокая квалификация специалистов
- выбор проверенных фирм-изготовителей в зависимости от специфики заказа
- техническое сопровождение проекта при SMD-монтаже
- минимизация цен за счет объединения заказов
- сертификация систем экологического менеджмента и менеджмента качества фирмы согласно требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016.
- предоставление документации по выходному контролю печатных плат



VD MAIS
PCB Professionally

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478, (048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

С Новым Годом уважаемые подписчики и читатели нашего журнала!

В 2019 году журнал "Электронные компоненты и системы" будет выпускаться в электронном виде.

Для оформления бесплатной подписки достаточно прислать по электронной почте на адрес ekis@vdmiais.ua заявку с указанием: Фамилии Имени Отчества, адреса электронной почты, названия организации в которой Вы работаете и города в котором она располагается.

Подписчики журнала предыдущих лет остаются в списках и будут получать рассылку журнала автоматически.

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ СИСТЕМ IOT ОТ КОМПАНИИ OMRON

UNIVERSAL SENSOR FOR ENVIRONMENTAL MONITORING FOR IOT SYSTEMS FROM OMRON

В статье кратко рассмотрены функциональные возможности и характеристики датчиков серии 2JCIE, позволяющих измерять температуру, влажность, барометрическое давление, интенсивность света, уровень шума, ускорение, концентрацию совокупных летучих органических соединений и ультрафиолетовый индекс. Малые габариты и масса, наличие встроенного модуля Bluetooth® low energy дают возможность подключать датчики в системах IoT посредством смартфона или персонального компьютера..

V. Makarenko

Abstract – The article briefly describes the functionality and characteristics of the 2JCIE series sensors, which allow to measure temperature, humidity, barometric pressure, light intensity, noise level, acceleration, concentration of total volatile organic compounds and ultraviolet index.

Small size and weight, the presence of a built-in Bluetooth® low energy module make it possible to connect sensors in IoT systems via a smartphone or personal computer.

V. Makarenko

Датчики, подключенные к системам IoT, такие как носимые устройства для контроля параметров окружающей среды, позволяют не только создавать системы контроля и управления микроклиматом в производственных и жилых помещениях, но и предупреждать людей об угрозах здоровью и безопасности человека вне помещений. Именно к такой категории и относятся многофункциональные датчики контроля параметров окружающей среды, выпускаемые компанией Omron.

Датчики OMRON – это ультракомпактные многофункциональные чувствительные устройства, позволяющие измерять: температуру, влажность, барометрическое давление, интенсивность света, уровень шума, ускорение, концентрацию совокупных летучих органических соединений (eTVOC) и другие параметры окружающей среды, а также выполнять передачу данных в облачные хранилища с помощью смартфонов или других устройств, имеющих связь с Интернетом [1].

Датчики не только формируют данные измерений, но также позволяют обнаруживать землетрясения путем обработки показаний трехосного акселерометра по оригинальному алгоритму, вычисляют уровень опасности теплового удара и формируют решения по некоторым пороговым значениям.

Они могут получать информацию с любого мобильного устройства и передавать данные на облачный сервер или хранить их во внутренней Flash-

памяти. Это дает возможность использовать их в качестве регистратора измеренных данных и накапливать такую информацию для последующей обработки в случае отсутствия канала связи с облачным сервером.

Датчики выпускается в трех вариантах исполнения – мобильном (в корпусе и на печатной плате), с питанием от литиевой батареи CR2032, и в виде USB-модуля (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что параметры окружающей среды, которые позволяет измерять датчик, в первую очередь влияют на организм человека. Остановимся кратко на некоторых из них.

УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ ИНДЕКС

УФ-индекс – это показатель, характеризующий уровень ультрафиолетового излучения, значения которого лежат в диапазоне от 1 до 11+. При этом, чем больше значение УФ-индекса, тем выше потенциальная опасность для кожи и глаз человека, и тем меньше время, требуемое для причинения вреда здоровью.

УФ-индекс является важным средством предупреждения населения о необходимости применения солнцезащитных средств. Заметный рост заболеваемости раком кожи людей со светлой кожей во всем мире в значительной степени связывают с чрезмерным воздействием солнечного УФ-излуче-



Рис. 1. Внешний вид датчиков в различных исполнениях и измеряемые ими параметры



Рис. 2. УФ-индексы и их классификация по степени опасности для здоровья человека

ния и, что вполне вероятно, с воздействием искусственных источников излучения, например, оборудования для загара. Нынешний уровень заболеваемости указывает на то, что индивидуальные привычки людей в отношении пребывания на солнце и есть самый серьезный личный фактор риска неблагоприятных последствий от УФ-излучения.

Разработка УФ-индекса Всемирной организацией здравоохранения, Программой ООН по окружающей среде и Всемирной метеорологической организацией явилась частью предпринимаемых на международном уровне усилий. Сокращая время пребывания на солнце, можно уменьшить пагубные последствия для здоровья от чрезмерно высокого УФ-излучения и в значительной степени сократить затраты на медико-санитарную помощь.

ВОЗ рекомендует государственным органам взять на вооружение этот инструмент для просвещения населения в рамках национальных программ по укреплению здоровья и призывает такие каналы распространения информации, как туриндустрию и СМИ, сообщать прогнозы в отношении УФ-индекса, а также содействовать распространению сообщений о необходимости солнцезащитных мер.

Люди, строя планы на день и решая "в чем выйти", обычно руководствуются прогнозом погоды и особенно прогнозом температуры воздуха. Аналогично температурной шкале, УФ-индекс показывает уровень ультрафиолетового излучения и возможную опасность от воздействия солнца. Зная прогноз УФ-индекса, каждый сможет сделать выбор, способствующий сохранению здоровья. На рис. 2 приведены УФ-индексы и их классификация по степени опасности для здоровья человека, а в табл. 1 – какие меры защиты необходимо использовать для сохранения здоровья при различных значениях УФ-индекса.

Даже для людей с очень чувствительной светлой кожей риск причинения кратковременного и долгосрочного вреда здоровью минимален при значениях УФ-индекса ниже 2, и при нормальных обстоятельствах применение защитных средств не требуется. Если защита необходима, то она должна включать использование всех способов защиты от солнца, то есть правильную одежду, очки, кремы и навесы от солнца. К сожалению, в нашей стране сайты прогноза погоды не дают информацию об УФ-индексе.

Таблица 1. Меры защиты при различных значениях УФ-индекса

УФ-индекс	Меры защиты
1... 2	Защита не нужна. Пребывание вне помещения не представляет опасности.
3...5	Нет необходимости в существенных мерах защиты. Можно надеть солнцезащитные очки, панаму и использовать защитный крем.
6...7	Такое значение считается высоким. Для защиты рекомендовано использовать солнцезащитные очки, панаму, крем с защитой SPF 30 на непокрытых участках кожи.
8...10	Очень высокий уровень. Необходима усиленная защита. Нужно использовать доступные области с тенью для укрытия (помещения, зонтики и др.). На солнце лучше надевать широкополые шляпы, очки от солнца, легкую одежду, покрывающую ноги и руки, использовать солнцезащитный крем с SPF 30 фактором. Полуденные часы лучше пережить внутри помещения. Вне помещения необходимо оставаться в тени.
11 и выше	УФ-индекс 11 и выше – экстремальный. Лучше не находиться на солнце. Если нет возможности переждать жару, то лучше надеть шляпу с широким полями, очки от солнца, легкую одежду, покрывающую руки и ноги, и использовать крем с SPF 50 фактором.

КОНЦЕНТРАЦИЯ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

VOC (Volatile Organic Compounds – концентрация летучих органических соединений). Как правило, качество воздуха оценивается по концентрации органических газообразных веществ, для которых еще используется термин совокупные летучие органические соединения (TVOC).

Летучие органические соединения, или ЛОС, означают, если не указано иное, все органические соединения антропогенного происхождения (кроме метана), способные производить фотохимические окислители в реакции с окислами азота при наличии солнечного света.

Основными источниками TVOC являются на открытом воздухе, в основном, продукты от сжигания топлива, а в помещениях, главным образом, как продукты горения угля или газа, дым от курения, отопления и приготовления пищи, газы, выделяемые строительными и отделочными материалами, мебелью, бытовой техникой и детергентами (стиральными порошками). Кроме того, существуют и собственные выбросы организма. Например, углекислый газ. Есть около тысячи видов таких веществ, которые могут оказывать вредное воздействие на организм человека.

TVOC может вызвать нарушение иммунитета организма и повлиять на некоторые функции центральной нервной системы и системы пищеварения. В результате воздействия TVOC могут возникать: легкая аллергия на коже, боль в горле, головная

боль, головокружение, сонливость, стеснение в груди, усталость, потеря аппетита, тошнота и другие симптомы. Тяжелые случаи могут вызывать бронхит, аллергическую астму, пневмонию и отек легких. В тяжелых случаях функции печени и кроветворной системы могут быть нарушены, что приводит к тяжелым аллергическим реакциям.

Европейский стандарт 2004 года [2] предлагает разделять воздух в помещениях с пребыванием людей на категории качества от IDA 4 – низкое, IDA 2 и 3 – среднее, до IDA 1 – высокое. Предполагается несколько способов определения категории качества. Один из них оценивает превышение уровня CO₂, как индикатора, в воздухе помещений над наружным воздухом (табл. 2).

Как правило, считается, что нормальный, производственный уровень концентрации TVOC в помещении еще недостаточен, чтобы вызвать опухоли и рак у человека. Когда концентрация TVOC составляет 3.0...25 мг/м³, может возникнуть раздражение и дискомфорт. В сочетании с другими факторами может возникать головная боль. Когда концентрация TVOC превышает 25 мг/м³, в дополнение к головной боли могут возникать другие нейротоксические эффекты.

Кроме перечисленных на рис. 1 параметров датчик формирует информацию о сейсмической активности на основании спектрального анализа данных встроенного трехосного акселерометра [3,4]. Кроме того, датчик формирует индекс дискомфорта по результатам измерения параметров и, в случае опасности возникновения теплового удара, формирует сигнал тревоги.

Таблица 2. Категории качества помещений в зависимости от содержания CO₂ в воздухе

Категория помещения	Превышение уровня CO ₂ в помещении над его содержанием в наружном воздухе, ppm	
	Типичный диапазон	Задаваемое значение
IDA 1	<400	350
IDA 2	400...600	500
IDA 3	600...1 000	800
IDA 4	≥1000	1 200

Наличие встроенного модуля Bluetooth® low energy (BLE) позволяет датчику подключиться к системе IoT через любое устройство, имеющее связь с интернетом (рис. 3).

Быстрое развитие систем IoT привело к разработке множества различных датчиков, позволяющих контролировать не только параметры окружающей среды, но и множество других. Однако ни одна компания не выпускает датчики, позволяющие одновременно контролировать до 8 параметров. Применение настолько универсального датчика открывает новые возможности для разработчиков систем IoT, позволяющих контролировать состояние окружающей среды в жилых зданиях, офисах, детских учреждениях, на производстве и вне помещений.

А если учесть, что датчик позволяет установить, как верхний, так и нижний порог для всех измеряемых параметров, усреднять информацию, проводить сравнение на заданном интервале времени, информировать пользователя о любом обнаружении событий, то области применения такого датчи-

ка могут быть значительно расширены.

Рассмотрим, каким образом датчик формирует предупреждение о возможном тепловом ударе и формирует индекс комфорта. На рис. 4 и 5 показано, каким образом формируется эта информация. Сравнивая результаты измерений влажности и температуры, датчик формирует индекс комфорта.

Принцип действия датчика летучих органических соединений поясняет рис. 6.

Кислород адсорбируется на поверхности оксида металла. ЛОС, находящиеся в атмосфере, реагируют с поглощенным кислородом, изменяя его поверхностную концентрацию. Изменение количества поглощенного кислорода в конечном счете увеличивает или уменьшает поверхностную проводимость, которая и является источником информации о содержании ЛОС в воздухе.

Основные характеристики датчиков 2JCIE приведены в табл. 3.

Диапазон измеряемых значений различными датчиками приведен в табл. 4.



Рис. 3. Подключение датчиков 2JCIE-VU01 и 2JCIE-BL01 к облачному хранилищу через интерфейс Bluetooth® low energy

Температура воздуха	Характеристика	Рекомендуемые меры предосторожности
Опасность (31 °C и выше)	Опасная температура для всех видов деятельности	Периодический отдых при физической нагрузке или напряженной работе
Серьезное предупреждение (28 ...31 °C)		Укрыться от прямых солнечных лучей, не допускать повышения температуры в помещении
Предупреждение (25...28 °C)	Опасная температура для занятий, которые связаны со средними и высокими физическими нагрузками	Периодический отдых при физической нагрузке или напряженной работе
Принимать меры предосторожности (ниже 25 °C)	Риск низкий, но по-прежнему сохраняется при значительных физических нагрузках	Периодический отдых при значительных физических нагрузках

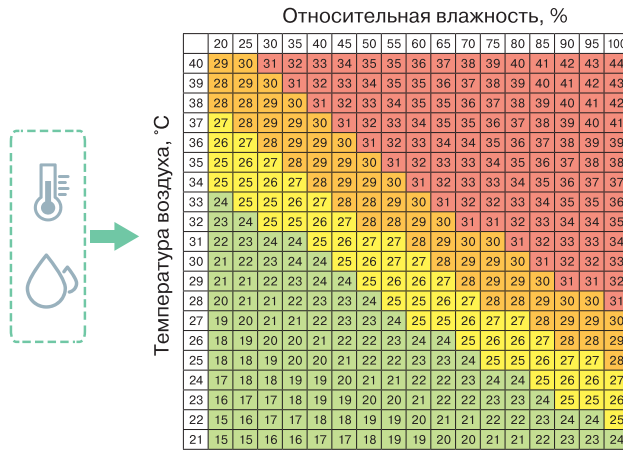


Рис. 4. Формирование предупреждения о возможном тепловом ударе по результатам измерения температуры воздуха и влажности

$$DI=0.81T+0.01H(0.99T-14.3)+46.3$$

DI – индекс дискомфорта,
T – температура, °C, H – влажность, %

Индекс дискомфорта	Характеристика
65 – 70	Комфортный
70 – 75	Нейтральный
75 – 80	Тепло
80 – 85	Некомфортно жарко (потоотделение)
85 –	Чрезвычайно жарко

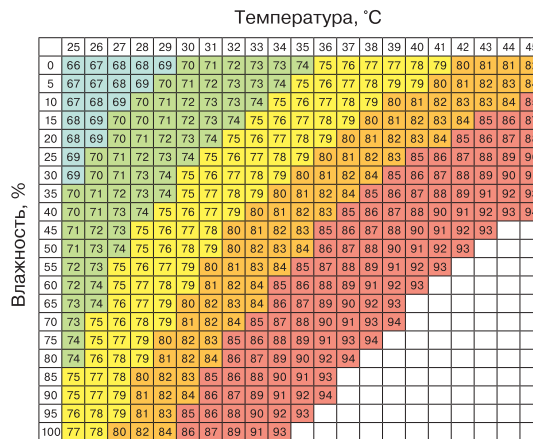


Рис. 5. Формирование индекса комфорта по результатам измерения температуры воздуха и влажности



Рис. 6. Иллюстрация принципа действия датчика летучих органических соединений

Структура датчика 2JCIE-BL приведена на рис. 7.

Более подробную информацию о многофункциональных датчиках серии 2JCIE можно найти в [3, 4].

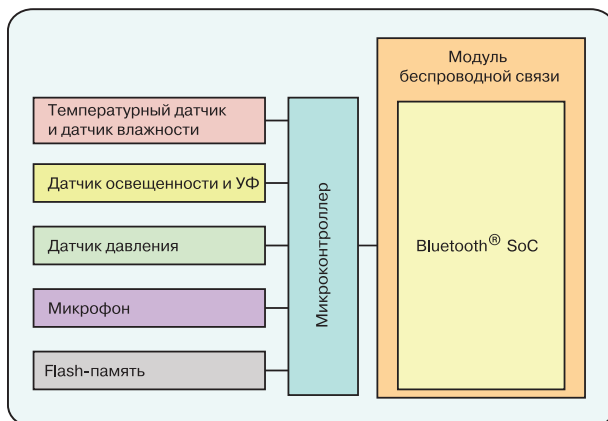


Рис. 7. Структура датчика 2JCIE-BL

Таблица 3. Основные характеристики датчиков серии 2JCIE




Параметр	2JCIE-BL01	2JCIE-BL01-P1	2JCIE-BU
Внешний вид			
Напряжение питания, В	2.7...3.3 (одна батарея CR2032)	2.7...3.3	4.75...5.25
Предельно допустимое напряжение питания, В	3.6		5.5
Датчики	Температуры, влажности, освещенности, УФ-индекса, атмосферного давления, уровня шума, (концентрации ЛОС и ускорение только 2JCIE-BU)		
Интерфейс	Bluetooth® low energy		Bluetooth® low energy, USB 2.0
Дальность связи, м	приблизительно 10		
Диапазон рабочих температур, °С	-10...60		
Предельно допустимый диапазон рабочих температур, °С	-20...70		
Диапазон измерения относительной влажности, %	30...85%		
Габаритные размеры, мм	46.0×39.0×15.0	27.2×24.0×1.0	29.1×14.9×7.0
Масса, г	16 (с батареей питания)	2.5	2.9
Срок службы батареи	Приблизительно 6 месяцев (5 минут в режиме измерений за сутки)	-	-

Таблица 4. Пределы и погрешности измерений датчиков 2JCIE

Измеряемая величина	Пределы измерений	Погрешность измерений (при Vcc = 3 В, T = 15...35 °С)
Температура	-10...60 °С	±2 °С
Относительная влажность	30...85%	±5%
Освещенность	10...2000 лк	±100 лк
УФ-индекс	0...11	не нормирована
Атмосферное давление	700...1100 гПа	±4 гПа
Уровень шума	37...89 дБ	не нормирована
Концентрация ЛОС *	0...32767 ppb (мкг/кг)	не нормирована
Ускорение *	-20...20 м/с ²	зависит от режима работы

* Только для 2JCIE-BU

ЛИТЕРАТУРА

- <https://eu.mouser.com/pdfdocs/2jciwhitepaper.pdf>.
- Стандарт EN 13779:2004. Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for

ventilation and room-conditioning systems.

- <https://eu.mouser.com/pdfdocs/2jcicatalog.pdf>.
- https://omronfs.omron.com/en_US/ecb/products/pdf/A278-E1.pdf.



Высококачественная
металлизация
переходных отверстий

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

• производство

На поставляемые фирмой VD MAIS печатные платы предоставляется документация по выходному контролю:

- сертификат фирмы VD MAIS
- сертификат качества печатной платы от изготовителя
- протокол контроля основных параметров печатной платы
- протокол контроля внутренней структуры печатной платы с микрошлифом

CUSTOMER P/N: NPD-0400-0155 FACTORY P/N: T8727-103A DATA CODE: 0017



Фото микрошлифа переходного отверстия

- протокол контроля паяемости
- протокол электрического тестирования



тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (062) 385-4947, (032) 245-5478,
(048) 734-1954, (095) 274-6897, info@vdmajs.ua, www.vdmajs.ua

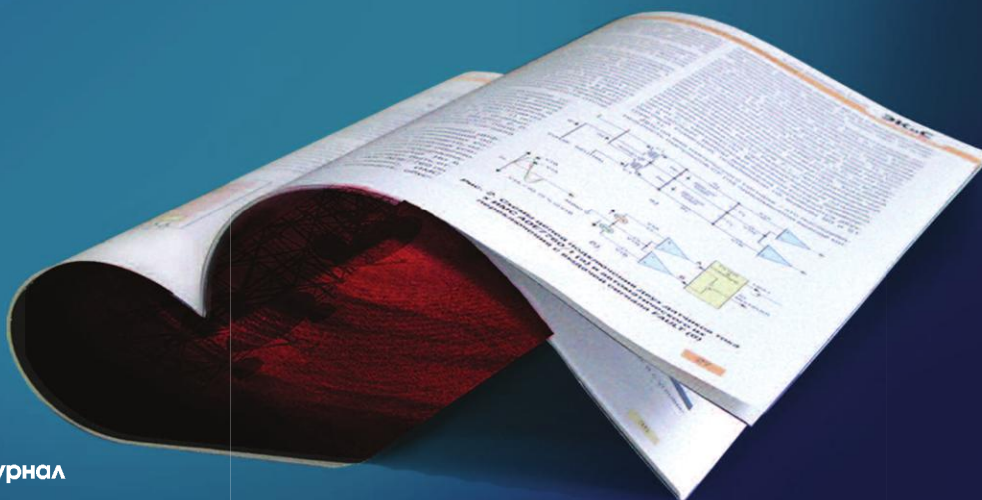




ЭКИС

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ

Освещение последних событий в электронике



научно-технический журнал

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И СИСТЕМЫ

Журнал предназначен для разработчиков и производителей электронной и электротехнической аппаратуры, средств телекоммуникаций, компьютерных и управляющих систем, промышленной и транспортной электроники. Издается с 1996 года, учредитель и издатель журнала – НПФ VD MAIS.

Оформление бесплатной подписки

Уважаемые подписчики и читатели нашего журнала!

Для оформления бесплатной подписки **на электронную версию журнала:**

- прислать по электронной почте на адрес ekis@vdmals.ua заявку с указанием:
 - Фамилии Имени Отчества
 - адреса своей электронной почты
 - названия организации, в которой Вы работаете, и города, в котором она располагается.

Подписчики журнала могут бесплатно получить любую статью из прошлогодних номеров.

Содержание журналов доступно на сайте <http://www.ekis.kiev.ua/archive.php>.

Для получения статьи достаточно прислать заявку по адресу ekis@vdmals.ua с указанием номера журнала и названия статьи.

В журнале:

АЦП и ЦАП / сенсоры и датчики / микропроцессоры и микроконтроллеры / устройства и системы связи / источники питания / измерительные приборы / системы светодиодного освещения / средства промавтоматики / шкафы и корпуса / технологическое оборудование и материалы / моделирование радиоэлектронных устройств и многое другое.

**ПОДПИСКА
НЕ ЗАКАНЧИВАЕТСЯ НИКОГДА**

ЛАМПЫ SMART LED ДЛЯ IOT

SMART LED LAMPS FOR IOT

В статье приведена краткая информация о светодиодных лампах, предназначенных для использования в системах IoT, как бытового, так и промышленного назначения. Описаны их основные функциональные возможности, способы управления и передачи сигналов управления.

В. Макаренко

Abstract – The article provides a brief information about led lamps intended for use in IoT systems, both for domestic and industrial purposes. Their basic functionality, control methods and control signals transmission are described.

V. Makarenko

Низкое энергопотребление, значительный срок службы, высокая светоотдача и экологичность (в светодиодных осветительных приборах нет опасных химических элементов) – это четыре основных фактора, благодаря которым лампы на основе светодиодов сегодня выходят в лидеры.

Частые включения и выключения не влияют на срок службы светодиода, а в момент подачи питания он светится сразу с максимальной яркостью. Данное достоинство отсутствует у люминесцентных ламп, которые не любят частых переключений и разгораются в течение нескольких минут. Кроме того, колбы светодиодных ламп чаще изготавливают из пластика, что делает их менее хрупкими по сравнению со стеклянными.

Самым существенным недостатком светодиодных ламп на сегодняшний день является их высокая стоимость. Но несмотря на это они находят все более широкое применение как для дома, так и для промышленных систем освещения: административных зданий, производственных помещений, уличного освещения.

Развитие систем Интернета вещей заставляет производителей ламп и светильников создавать продукты, которыми можно управлять дистанционно, используя проводные и беспроводные технологии связи.

Наибольшее число выпускаемых “умных” светодиодных ламп на сегодняшний день предназначено для создания систем освещения “умного дома”. Такие лампы позволяют:

- регулировать яркость
- регулировать цветовую температуру
- менять цвет свечения и его оттенки
- иметь несколько предварительно настроенных цветовых профилей
 - имитировать присутствие хозяев дома
 - автоматически включать свет, когда человек входит в комнату вечером

- автоматически снижать яркость освещения при включении телевизора
- выполнять функцию будильника
- сигнализировать светом о входящих звонках
- воспроизводить музыку и речь через встроенный громкоговоритель
- динамически изменять цвет и яркость свечения при воспроизведении музыки
- осуществлять управление лампами по Bluetooth, Wi-Fi или ZigBee со смартфонов или специализированных пультов управления с помощью специализированного программного обеспечения
 - осуществлять управления с помощью голосовых помощников
 - объединять лампы в сеть
 - передавать голосовые сообщения через встроенный микрофон.

Конечно, не все функции реализуются в лампах различных производителей и не все перечислены выше. Появляются все новые и новые функции, которые трудно было представить еще несколько лет назад.

Philips Hue

Наиболее известным производителем в этой сфере является Philips со своей лампой Hue и связанными с ней продуктами Bloom и Lightstrip. Лампы Philips Hue позволяют удаленно настраивать и контролировать нужное освещение в помещении с помощью приложения на смартфоне или планшете. Управление лампами осуществляется через специальный передатчик, который подключается к Wi-Fi роутеру через LAN-порт. Philips Hue позиционируется компанией как самая совершенная беспроводная система домашнего светодиодного освещения в мире.

На рис. 1 показан стартовый набор для работы с лампами Philips Hue [1]. Количество ламп в различных версиях наборов может отличаться.



Рис. 1. Стартовый набор для работы с лампами Philips Hue White and Color Ambience

В набор кроме ламп (от одной до трех) входит мост Wi-Fi и пульт ДУ. Основные характеристики стартового набора:

- мощность, потребляемая от сети одной лампой, 9.5 Вт
- тип ламп – светодиодные
- номинальное напряжение питания 230 (220) В
- цоколь лампы E26
- световой поток 806 лм
- цветовая температура 2200...6500 °К
- средний срок службы лампы 25 000 часов
- возможность регулировки яркости свечения (встроенный диммер)
- возможность управления голосом с помощью голосовых помощников Alexa, Apple HomeKit и Google Assistant.

Осуществлять управление можно как с пульта ДУ (на рис. 1 справа), так и с помощью специализированного ПО со смартфона (рис. 2).

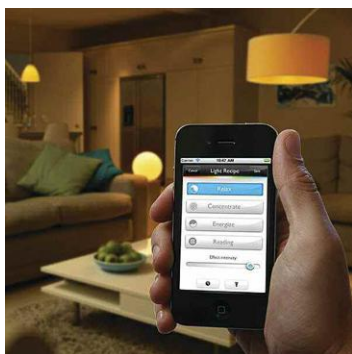


Рис. 2. Вид рабочего окна программы управления лампами Philips Hue

Лампы позволяют создавать как белый цвет, так и любой из 16 миллионов оттенков (рис. 3).

Компания Philips выпускает как стартовые наборы только с белыми лампами, так и с цветными. Кроме того, можно отдельно приобрести любые компоненты, входящие в стартовый набор.



Рис. 3. Управление цветовыми оттенками с помощью смартфона

Лампы компании LIFX

Функционально лампы LIFX схожи с Philips Hue [2], но, в отличие от последних, они не нуждаются в использовании моста Wi-Fi. Устройства содержат встроенный модуль Wi-Fi и подключаются к домашней точке доступа напрямую. При наличии в помещении сразу нескольких осветительных элементов от LIFX, они передают сигнал по цепочке, чтобы не перегружать роутер дополнительными соединениями.

Управление лампами осуществляется по Wi-Fi с помощью Android- или iOS-устройств (рис. 4).

Срок службы ламп LIFX составляет 40 000 часов. Основные функциональные возможности ламп:

- изменение яркости свечения
- изменение частоты мигания
- автоматическая подстройка под ритм музыки (режим светомузыки)
- изменение цвета в соответствии с характером музыки (светомузыкальный режим)
- включение или выключение от таймера или будильника
- сигнализация миганием о получении нового сообщения или входящего звонка.

Лампы выпускаются с патронами E26, E27 и B22



Рис. 4. Лампа LIFX, управляемая с помощью смартфона

Bayonet с различными значениями светового потока. Например, лампа Mini White E26 имеет световой поток 650 лм, а Mini Color – 800 лм. Более мощные лампы для освещения, декоративной подсветки и внешнего освещения – A19 и BR30 создают световой поток 1100 лм.

Лампы компании TP-link

Компания TP-link, основной продукцией которой является телекоммуникационное оборудование, также освоили выпуск "умных" ламп. Компания выпускает четыре типа таких ламп [3]:

- LED Wi-Fi лампа с регулировкой теплоты света LB120
 - LED Wi-Fi лампа с регулировкой яркости LB100
 - LED Wi-Fi лампа с регулировкой яркости LB110
 - LED Wi-Fi лампа с регулировкой цвета LB130
- (рис. 5).



Рис. 5. Лампа LB130 с регулировкой цвета от компании TP-link

Все лампы обеспечивают:

- подключение к беспроводной сети по Wi-Fi без дополнительных устройств
- удаленное управление освещением со смартфона или планшета с помощью мобильного приложения Kasa (iOS, Android)
- настройка теплоты света (регулировка цветовой температуры от 2700 до 6500 °K (для LB130 изменение цвета, настройка яркости и теплоты – от теплого 2700 °K до холодного дневного 9000 °K)

- динамическая настройка яркости и теплоты света для симуляции природного освещения

- мониторинг энергопотребления.

Характеристики TP-Link LB120

- стандарты 802.11b/g/n
- диапазон частот 2.4 ГГц
- системные требования Android 4.1 или выше, iOS 8 или выше
- световой поток 800 лм
- мощность, потребляемая от сети 10 Вт
- мощность, потребляемая от сети в режиме ожидания (свет выкл.) не более 0.5 Вт
- цветовая температура 2700...6500 °K
- номинальное напряжение питания 220...240 В, 50/60 Гц
- угол излучения 80 градусов
- регулировка яркости только через приложение
- температура окружающей среды -15...40 °C
- относительная влажность не более 85%
- срок службы (при 50% уровне яркости) не менее 25000 часов при температуре окружающей среды 25 °C
- цоколь лампы E27
- габаритные размеры 171×104×79 мм
- масса 170 г.

Программное обеспечение Kasa позволит настраивать освещение со смартфона или планшета, выбирать цвет и яркость, устанавливать расписание и режимы работы, а также следить за энергопотреблением.

Лампы компании CREE

Компания CREE, один из крупнейших производителей светодиодов и осветительных устройств выпускает лампу Cree Connected. Внешний вид лампы приведен на рис. 6.

Основные параметры лампы Connected Cree:

- потребляемая мощность 11.5 Вт
- световой поток 815 лм
- совместима с концентраторами Wink, ZigBee, а также платформой Apple HomeKit
- номинальный срок службы 25 000 часов
- цветовая температура 2700 °K
- регулировка яркости с помощью приложений
- ненаправленное излучение света
- сертифицированы только для использования внутри помещений
- габаритные размеры 111.8×60.9×50.3 мм
- масса 51.85 г.

Пользователь получает возможность удаленного управления лампой Connected Cree с помощью



Рис. 6. Лампа Connected Cree

смартфона под управлением iOS или Android и специального приложения. Способы управления лампой Connected Cree иллюстрирует рис. 7. Т.е. лампа управляется как с помощью сети Wi-Fi, так и с помощью ZigBee.

Лампы компании General Electric

General Electric выпускает "умные" лампы Link на платформе Wink Wi-Fi (рис. 8). Их стоимость в зависимости от модели составляет от \$15 до \$25. Для сравнения, стоимость конкурирующих решений от Philips из линейки Lux начинается с отметки \$40 за одну лампу. Для организации сети и подключения к ней ламп Link необходим специальный концентратор, стоимость которого составляет примерно \$30. Компания General Electric также предлагает наборы, которые включают две "умные" лампы Link, позиционируемые в качестве альтернативы стандартным лампам накаливания мощностью 60 Вт, и концентратор. Стоимость такого комплекта составляет \$50, что вдвое меньше, чем у аналогичного комплекта Lux от Philips. Управление лампами осуществляется с помощью мобильных устройств.

Лампы компании Prestigio

Компания Prestigio, специализирующаяся на выпуске смартфонов и планшетов, выпустила линейку "умных" ламп Prestigio Smart LED Light (рис. 9), которая содержит три типа ламп [7]: Smart Color LED Light PRLLED7E27 с возможностью выбора цвета освещения (RGB Color) и лампы белого цвета Smart



Рис. 8. Лампа Link от компании General Electric

LED Light Warm White (теплый белый с цветовой температурой 3000 °K) и Smart LED Light Cold White (холодный белый с цветовой температурой 5000 °K). Световой поток, создаваемый лампами, не менее 490 лм. Мощность, потребляемая от сети переменного тока 7 Вт.



Рис. 9. Лампы Prestigio Smart LED Light

Все лампы управляются с помощью мобильных устройств посредством Bluetooth благодаря встроенным модулям Bluetooth 4.0 LE. Максимальное расстояние связи составляет 15 м. Для управления лампами с помощью мобильного устройства на него необходимо установить специальное при-



Рис. 7. Способы управления лампой Connected Cree

ложение Prestigio Smart Home.

Несколько ламп в одном осветительном приборе могут быть объединены в группу, а управление ими осуществляться одновременно. Можно задавать яркость освещения, цвет, а также настраивать включение и выключение ламп по определенному графику.

Светодиодные лампы Prestigio могут быть подключены к устройству Prestigio MultiCenter из серии Smart Home Ready и работать как часть интегрированной системы Prestigio Smart Home. Уровень потребления энергии также регулируется специальным приложением, а беспроводное соединение можно защитить pin-кодом.

Лампы корпорации LG

Корпорация LG официально представила светодиодные лампочки под названием Smart Bulb мощностью 10 Вт (рис. 10), которые предоставляют пользователям возможность управлять освещением в своей квартире или других помещениях с помощью смартфона или планшета.



Рис. 10. Лампы Smart Bulb корпорации LG

Срок службы, заявленный производителем, 10 лет (при условии использования не больше 5 часов в день). Лампы поддерживают несколько режимов работы, включая безопасный режим (создания видимости присутствия хозяина в доме), режим будильника (свет загорается в установленное время) а также светомузыкальный режим (только Android-устройства). Кроме того, лампы могут мерцать при поступлении входящего вызова.

Лампы LG Smart Bulb взаимодействуют с мобильными устройствами под управлением ОС Android версии 4.3 и выше или iOS версии 6 и выше с помощью Bluetooth или Wi-Fi.

Лампа Smart Bulb Speaker Hlight H1002

Особенностью "умной" лампы Smart Bulb Speaker Hlight H1002, выпускаемой китайской компанией Hlight [8], является наличие в ней встроенного громкоговорителя (рис. 11).



Рис. 11. Умная лампа компании Hlight с встроенным громкоговорителем

Основные характеристики лампы:

- мощность встроенного усилителя класса D – 5 Вт
- диапазон воспроизводимых частот 135 Гц...15 кГц
- интерфейс связи Bluetooth 4.0 LE
- максимальное расстояние для передачи музыкальных сигналов 10 м
- количество воспроизводимых цветов 16 млн (RGB)
- поддержка режима светомузыки
- включение света или музыки в заданное время
- цвет корпуса: белый или красный
- цоколь E27
- диапазон рабочих температур -40...80 °С
- напряжение питающей сети переменного тока 100...240 В
- габаритные размеры 85×85×142 мм
- масса 127 г.

И это далеко не все производители "умных" ламп. Число компаний, осваивающих выпуск такой продукции, постоянно растет. Например, крупнейший в мире ритейлер мебели и товаров для дома, компания IKEA объявила о выпуске "умных" ламп, управляемых с помощью голосовых помощников и системами "умного" дома передовых IT-компаний: Google Home, Amazon Alexa и Apple HomeKit.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www2.meethue.com/en-us>.
2. <https://www.lifx.com/pages/where-to-buy>.
3. <https://www.tp-link.com/ru-ua/products/list-5609.html>.
4. <https://creebulb.com/news/cree-revitalizes-bulb-line-to-provide-consumers-with-exceptional-light>.
5. <https://creebulb.com/connected>.
6. <https://www.ge.com/ru/content/%D0%BE-ge-lighting>.
7. http://promo.prestigio.com/Smart_LED_Light.
8. <https://www.geekbuying.com/item/H1002-Smart-Bluetooth-Light-Bulb-RGBW-LED-Light-Lamp--Red-360085.html#acd>.

Содержание журнала ЭКИС за 2018 г. Contents of Journal in 2018

Перечень содержит все статьи и краткие сообщения, опубликованные в 2018 году. Публикации сгруппированы по рубрикам и расположены в порядке возрастания номера страницы (числитель дроби) и номера журнала (знаменатель дроби).

VD MAIS

25 лет научно-производственной
фирме VD MAIS3/4

В ПОМОЩЬ РАЗРАБОТЧИКУ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

В. Кшатри
Мониторинг здоровья в домашних условиях.....3/1

Дж. – Г. Броедерс
GEN II – носимый монитор здоровья компании
Analog Devices.....5/1

Ф. Форузан
MUSIC-алгоритм обработки фотоплетизмографи-
ческих сигналов для измерения частоты сердечных
сокращений.....7/1

П. Делос, Дж. Линер
Сверхбыстрый коммутируемый усилитель
мощности на основе технологии
нитрида-галлия.....10/1

В. Котигорошко
TimerBlox – многофункциональные микросхемы
таймеров Linear Technology.....12/1

В. Котигорошко
SPI-интерфейс по двухпроводной изолированной
шине.....14/1

Н. Чандраппа, С. Банержи
Новая технология мониторинга качества
электроэнергии позволит повысить надежность
эксплуатации энергооборудования.....3/2

М. Стржеговский
О возможностях реализации усовершенствованной
инфраструктуры при диагностике счетчиков
электроэнергии.....5/2

Дж. Л. Пиже
Оптимизация параметров многоканальной системы
сбора данных с учетом времени установления
входного сигнала.....7/2

Д. Форде
Международный стандарт для защиты аналоговых
входов ИМС в системах и устройствах.....11/2

Т. Мини
Функциональная безопасность интегральных
микросхем.....13/2

Ф. Достал
ИМС для управления электропитания
ПЛИС типа FPGA.....17/2

М. Андерсон
Прецизионный опорный источник
с нагрузочной способностью 200 мА.....20/2

М. Ридон
Как выбрать микроконтроллер для системы
со сверхнизким потреблением.....23/2

Т. Тзчич
Как использовать умножающий ЦАП?.....26/2

Т. Бренд
Насколько важна четвертая промышленная
революция – Industry 4.0 – для электроники?.....3/3

Дж. Ватсон, М. Паччигар
Надежная и точная система сбора данных и
управления для высокотемпературных
применений.....6/3

Я. Жанг, Дж. Эши
Высококачественные контроллеры для
термоэлектрических кулеров в системах
оптических телекоммуникаций.....8/3

А. Шульц, П. Хаак
Миниатюрный генератор белого шума для оперативного тестирования электронных схем.....11/3

С. Сапре
Особенности построения изолированных драйверов ключей.....13/3

С. Хант
О возможности программирования коэффициента усиления в измерительном усилителе.....15/3

К. Локере
Можно ли использовать прецизионный невысокого быстродействия усилитель в качестве драйвера быстродействующего 18-разрядного АЦП?.....16/3

Цифровое сжатие динамического диапазона поразрядного АЦП.....18/3

Т. Армстронг
Импульсный DC/DC-преобразователь с малыми электромагнитными помехами для электронных систем управления автомобилем.....19/3

Ф. Достал
Об оптимизации измерения параметров импульсного стабилизатора напряжения.....21/3

К. Жолуша, К. Лоуренс
LED-драйверы для мощной вспышки в системах машинного зрения.....22/3

Ф. Достал
В каком случае и как следует разделять аналоговую и силовую земляные шины импульсного стабилизатора.....5/4

Я. Жао
Как защитить от перенапряжения измерители температуры.....7/4

К. Бенсон
Нитрид галлия позволяет преодолеть барьер при создании СВЧ-усилителей большой мощности.....10/4

К. Норрис
Функциональная безопасность систем сбора и обработки данных12/4

АЦП И ЦАП

М. Паччигар
Новое семейство АЦП для работы с высокопроизводительными драйверами.....29/1

Я. Биверс
Спектральная плотность шума или новая метрика для АЦП.....31/1

ГЕНЕРАТОРЫ

В. Котигорошко
Микромощный кремниевый осциллятор LTC693042/2

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

М. Линч
Высокоточный источник опорного напряжения.....16/1

В. Котигорошко
Разновидности драйверов светодиодов.....19/1

В. Котигорошко
LCM-40EO: LED-драйверы с беспроводным управлением.....22/1

В. Котигорошко
Мощные низкопрофильные источники питания UHP-500.....26/1

В. Котигорошко
Блоки питания компании Mean Well мощностью 1000 Вт.....28/2

В. Котигорошко
Снижение уровня шумов импульсных стабилизаторов напряжения.....34/2

В. Котигорошко
Новые мощные драйверы светодиодов компании Mean Well: HVGC-650/480.....25/3

В. Котигорошко
Блоки питания компании Mean Well мощностью 3200 Вт.....29/3

В. Макаренко
 Контроллер активного выпрямителя с защитой
 от обратного напряжения.....34/3

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

В. Макаренко
 4-портовый контроллер IEEE 802.3 bt PoE PSE..... 63/2

Развитие нитрид-галлиевой технологии.....39/4

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

В. Макаренко
 Программа моделирования электронных
 схем LTspice от Linear Technology, часть 2.....36/1

В. Макаренко
 Программа моделирования электронных
 схем LTspice, часть 3.....52/2

В. Макаренко
 Программа моделирования электронных
 схем LTspice, часть 4.....52/3

НОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ

В. Котигорошко
 Нитрид-галлиевые усилители мощности
 СВЧ-диапазона..... 16/4

В. Котигорошко
 Арсенид-галлиевые малошумящие
 СВЧ-усилители.....19/4

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В. Макаренко, А. Ярош
 Использование технологии A2B от
 Analog Devices для построения многоканальных
 систем звуковоспроизведения.....49/1

В. Макаренко, В. Павлюченко
 Высокоскоростная связь на транспорте
 с использованием технологии DSRC.....46/2

В. Макаренко
 Понижающий DC/DC-преобразователь
 со сверхнизким потреблением для IoT.....63/3

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

В. Охрименко
 Светодиодная оптика компании LEDiL.
 Визуализация КСС.....39/3

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

В. Макаренко, Д. Фалев
 Особенности технологии высокоскоростной
 передачи данных MulteFire.....55/1

Д. Босворт
 Военная связь и обеспечение
 ее безопасности.....61/1

Г. Мерфи
 Интернет вещей: что дальше.....63/1

В. Охрименко
 Широкополосные приемопередатчики,
 поддерживающие технологию RadioVerse.....23/4

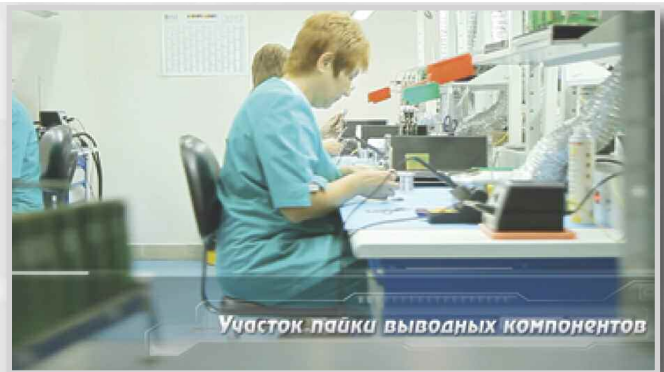
ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Я. Биверс
 Интеллектуализация оконечного узла сенсорной
 сети, часть 1.....40/4

Я. Биверс
 Интеллектуализация оконечного узла сенсорной
 сети, часть 1.....45/4

В. Макаренко
 Универсальные датчики контроля параметров
 окружающей среды для систем IoT
 от компании Omron.....49/4

В. Макаренко
 Лампы Smart LED для IoT57/4



КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

Полный цикл контрактного производства электроники:

- проектирование и изготовление печатных плат и трафаретов по стандарту IPC-A-600H
- комплексная поставка комплектующих элементов
- автоматизированный монтаж компонентов по технологии SMT и THT, включая монтаж в азотной среде, в соответствии со стандартом IPC-A-610G (до 2 500 000 SMD-компонентов в сутки)
- монтаж печатных плат любой сложности при серийном и мелкосерийном производстве
- нанесение лазерной маркировки на печатные платы
- 100% автоматический оптический контроль качества монтажа
- внутрисхемный контроль готовых изделий
- проведение климатических испытаний (по заказу)

Система менеджмента качества фирмы сертифицирована на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 и ISO 13485:2016.

Автоматизированная пайка выводных компонентов выполняется на установке селективной пайки PowerSelective производства компании SEHO. Пайка выполняется мини-волной в азотной среде. Скорость пайки 1...5 секунд на точку. Скорость пайки разъемов 3 мм в секунду.

Работы выполняются на оборудовании фирм Samsung, HANWHA Techwin, ESSEMTEC, TWS, PACE, SEHO, Phoenix Digital Tech с применением расходных материалов фирм AIM и Electrolube.

Научно-технический журнал.
Предназначен для разработчиков
и производителей электронной
и электротехнической аппаратуры,
средств телекоммуникаций, компьютерных
и управляющих систем, промышленной
и транспортной электроники.
Издается с 1996 года.
Учредитель и издатель журнала –
НПФ VD MAIS.

НПФ VD MAIS

Центральный офис:

03061 Киев
ул. М. Донца, 6
Тел.: (+38-044) 201-0202, 492-8852
Факс: (+38-044) 202-1110
E-mail: info@vdmajs.ua
http:// www.vdmajs.ua

Ukraine
03061 Kyiv, M. Dontsia St. 6
tel.: (+38-044) 201-0202, 492-8852
fax: (+38-044) 202-1110

Региональные представительства:

61070 Харьков
ул. Академика Проскуры, 1
тел./факс: (057) 719-6718, 716-4266
s.momot@vdmajs.ua

49006 Днепр
пр. Пушкина, 55, оф. 504
тел./факс: (0562) 319-128
g.boreyko@vdmajs.ua

65005 Одесса
ул. Головкинская, 36, оф. 20
тел./факс: (048) 734-1954
a.bilous@vdmajs.ua

79058 Львов
пр. В. Чорновола, 67, оф. 319
тел./факс: (032) 245-5478
s.luschak@vdmajs.ua

69000 Запорожье
бульвар Шевченко, 25, оф. 14
Руслан Моисеенко
r.moiseienko@vdmajs.ua
тел. (095) 274-6897