

# КОНФЕРЕНЦИЯ ISSCC

## КРЕМНИЙ – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО МИРА

ЧАСТЬ 2

М.Гольцова

Работы, представленные на конференции ISSCC 2012, как всегда отображают крупные достижения в области твердотельных схем и систем и определяют пути выполнения настоящих и будущих потребностей общества с помощью электронной техники. Конференция этого года, как и раньше, позволяет сформировать дорожную карту развития электроники как в ближайшем, так и в более удаленном будущем. Как воплотить принцип – полупроводниковая технология для лучшей жизни? Скорее всего, реализация интеллектуальных систем обеспечения устойчивого развития мира пока возможна с помощью кремниевой технологии. Попробуем на основе докладов, прочитанных на конференции ISSCC, разобраться в тенденциях развития аналоговых, радиочастотных устройств и микросхем средств связи.

### АНАЛОГОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ

Аналоговые схемы продолжают играть важную роль в современной электронике, выполняя функцию "мостов", соединяющих реальный и цифровой миры. Как и на обычных мостах, на них часто на пути движения возникают пробки. Сейчас аналоговые микросхемы уже трудно реализовать на основе современной хорошо отработанной технологии цифровых схем. Уменьшаются размеры транзисторов, уменьшается и уровень обрабатываемых ими сигналов, тогда как разброс их характеристик растет.

В результате сегодня существуют две различные тенденции развития аналоговых схем. Одна заключается в отказе от применения последних достижений цифровых технологий и в использовании уже отработанных методов изготовления аналоговых схем для их совершенствования с тем, чтобы обеспечивать высокие напряжения, требуемые в промышленных, автомобильных, осветительных и медицинских приложениях. Вторая тенденция предполагает полную интеграцию аналоговых и цифровых устройств на основе цифровой технологии. Но для реализации всех возможностей цифровых систем это требует улучшения интерфейса аналоговых

и цифровых схем [1]. В современные аналоговые схемы мобильных телефонов встраиваются элементы цифровой обработки сигнала для снижения их энергопотребления. И, наоборот, маломощные аналоговые блоки встраиваются в цифровые интегральные схемы для контроля их характеристик и управления потребляемой энергией. Таким образом, различие аналоговых и цифровых схем размывается, открывая новые перспективы их развития. И если обработку и хранение информации наиболее эффективно выполняют цифровые системы, то обработку и хранение энергии должны выполнять аналоговые устройства.

Вот почему сегодня активно разрабатываются DC/DC-преобразователи для самых разнообразных приложений, в том числе для средств освещения, систем с многоканальным выходом напряжения, полностью интегрированных преобразователей напряжения без катушек индуктивности. Усилия разработчиков направлены на одновременное увеличение энергетической эффективности и плотности мощности схем (отношение мощности к габаритам прибора), управления энергопотреблением. В будущих системах будут использоваться источники

питания на напряжение много меньше 100 мВ, что потребует снижения напряжения питания аналоговых микросхем.

Требования к масштабированию полупроводниковых приборов, уменьшению напряжения питания и повышению рабочих характеристик вынуждают разработчиков искать новые решения при проектировании аналоговых микросхем. Доклады, представленные на секции, посвященной аналоговой технике, показали многообразие и "мощь" современных аналоговых микросхем, разработчики которых не ищут простых решений [2]. Доклады были посвящены самым разнообразным устройствам: от источника постоянного опорного напряжения до фильтра на 10 ГГц, от микросхемы обработки сигнала сверхнизкого напряжения до 90-В УЗ-драйверов. Приведены новые достижения в области точности и скорости обработки, а также потребляемой мощности.

Ученые Университета штата Орегон отказались от применения традиционного для аналоговых фильтров интегратора на основе многокаскадного операционного усилителя (ОУ) с высокой крутизной передаточной характеристики. Представители Университета сообщили о создании КМОП-микросхемы фильтра Баттерворда четвертого порядка, в котором использован интегратор на основе управляемого кольцевого генератора (Ring-Oscillator Integrator, ROI) с низким энергопотреблением [3]. Ширина полосы фильтра составляет 7 МГц, отношение сигнал-шум – 61 дБ, динамический диапазон без паразитных составляющих – 67 дБ, напряжение питания – 0,5 В. Выполнен фильтр по 90-нм технологии и занимает площадь кристалла 0,29 мм<sup>2</sup>. Схема, способная работать при напряжении питания 0,5 В без деградации линейности, предназначена для низковольтных приложений.

Интерес вызвало и сообщение ученых Технологического университета Делфта (Нидерланды), представивших измерительный усилитель с прерыванием и емкостной связью (Capacitively Coupled Chopper Instrumentation Amplifier, CCIA) [4]. Усилитель предназначен для прецизионных датчиков тока, обеспечивающих эффективное управление током высоковольтных батарей во время заряда-разряда без применения любых специальных компонентов. Динамический диапазон усилителя с емкостным управлением в режиме входного синфазного сигнала составляет  $\pm 30$  В, смещение входного

сигнала не превышает 5 мкВ. Коэффициент подавления синфазного сигнала усилителя превышает 160 дБ. Усилитель не нуждается в питании от входных терминалов и не требует отдельного высоковольтного источника питания. Оптимальное соотношение шума, связанного с входным сигналом, и потребляемой мощности от источника питания, или так называемый фактор шумовой эффективности усилителя, равно 6,1 при напряжении питания 3 В и потребляемом токе 26 мкА. Усилитель выполнен по 0,7-мкм КМОП-технологии.

### РАДИОЧАСТОТНЫЕ УСТРОЙСТВА

В области радиочастотных микросхем можно выделить три сопоставимые тенденции. Первая – совершенствование приборов для рынка сотовых систем, основным спросом на котором сегодня пользуются компоненты для устройств с высокой скоростью передачи данных, таких как схемы, отвечающие требованиям LTE-стандарта. Вторая – обеспечение чрезвычайно высокой скорости передачи данных ( $\geq 1$  Гбит/с) устройств, поддерживающих несколько совместно используемых стандартов [5]. Так, в середине 2011 года Qualcomm Atheros\* и Wilocity\*\* анонсировали первый в отрасли трехдиапазонный чипсет AR9004TB с возможностью бесперебойной эстафетной передачи в стандартах Wi-Fi, Bluetooth и 60-ГГц WiGig. Третья тенденция – развитие приборов для сенсорных сетей, не требующих высокой скорости передачи, но, прежде всего, нуждающихся в сверхнизком энергопотреблении. Реализация устройств этих трех типов возможна с помощью двух технологий. Первая заключается либо в монолитной интеграции трансивера, либо в применении трехмерной гетерогенной структуры и требует применения воздушного интерфейса. Многие современные приборы содержат интегрированные антенны. В них отсутствуют громоздкие фильтры на поверхностных или объемных акустических волнах. Вторая технология – формирование кремниевых систем на кристалле, поддерживающих два (или более) беспроводных интерфейса. Применение таких систем на кристалле растет.

\* Qualcomm Atheros – дочерняя компания корпорации Qualcomm, специализирующаяся в области сетевой связи.

\*\* Wilocity – разработчик мультигигабитных беспроводных процессоров на 60 ГГц для рынков мобильной вычислительной техники, бытовой электронной аппаратуры и периферийных устройств.

Следует отметить, что, несмотря на все чаще высказываемое мнение о достижении предельных возможностей кремниевой технологии, КМОП-микросхемы с субнанометровыми топологическими нормами вторгаются в приложения, ранее рассчитанные на приборы на полупроводниковых III-V соединениях. О чем и свидетельствуют доклады, прочитанные на конференции ISSCC.

Премию конференции за выдающуюся техническую работу получил представленный на секции радиочастотной техники доклад специалистов Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе и компании Broadcom [6]. Работа была посвящена созданию толерантного блокиратору широкополосного приемника прямого преобразования с возможностью перевода частоты (перенос частоты модулированного сигнала несущей в новое положение частотного спектра без нарушения несущей относительно ее боковых полос) и подавления шума (Frequency Translational, Noise-Cancelling, FTNC). Предложенное решение позволило получить коэффициент шума менее 2 дБ в диапазоне частот 0,3-2,9 ГГц. Вне полосы измеренный перехват составляющих третьего порядка на входе (ИРЗ) составил 12 дБмВт, точка децибелной компрессии блокирующего устройства P1dB была близка к 0 дБмВт. Таким образом, достигается толерантность блокиратору без ухудшения усиления и без традиционного для РЧ-приемников соотношения шумовые характеристики-линейность.

Разработчики отказались от применения в приемнике маломощного усилителя. Шум, генерируемый 50-Ом согласующим резистором на входе предложенного приемника, подавляется с помощью двух трактов преобразования с понижением частоты (рис.1). Основной тракт (Main) обеспечивает согласование импедансов и измерение тока, вспомогательный тракт (Auxiliary) – измерение напряжения на РЧ-входе. Благодаря применению пассивных смесителей и операционных усилителей сигнала основной частоты с высоким усилением с РЧ-стороны смесителей формируется виртуальная земля, подавляющая перепад напряжения до фильтрации сигнала. Вклад шума операционных усилителей вспомогательного тракта, питаемых от источником тока ( $C_M$ -ячейки), мал. Шум высокоомных резисторов цепи обратной связи, соединенных с трансимпедансными усилителями, также мал. В результате коэффициент шума приемника задает  $C_M$ -ячейка. Это позволяет выполнять ее на основе преобразователя тока, который помимо широкой полосы

характеризуется значительно лучшей линейностью, чем обычный согласованный маломощный усилитель, включаемый по схеме с общим истоком. Таким образом, система оказалась толерантной к блокировке без ухудшения коэффициента шума.

Схема приемника выполнена по 40-нм КМОП-технологии и занимает площадь кристалла 1,2 мм<sup>2</sup>. Перспективна для применения в программно-определяемых радиосистемах (Software-Defined Radios, SDR) и приемниках, отвечающих современным беспроводным стандартам.

### Усилители мощности

С момента появления в 2002 году КМОП-микросхем усилителей мощности (УМ) для мобильных средств связи работы по совершенствованию их конструкции и технологии не прекращаются. На первых порах основное внимание уделялось увеличению мощности до уровня, требуемого для мобильных устройств 2G- и 2.5G-стандартов. Теперь же УМ – один из самых энергоемких блоков сотового телефона. В результате срок службы 3G-смартфонов меньше, чем 2/2.5G-телефонов, что обусловлено меньшей энергоэффективностью применяемых в них усилителей, требующих более сложных средств модуляции для поддержания высокой скорости передачи данных. И пока публикаций о создании КМОП-схем УМ WCDMA-стандарта с приемлемыми характеристиками было мало.

В настоящее время в связи с быстрым распространением смартфонов требуются многодиапазонные ВЧ-блоки с низким энергопотреблением и малыми габаритами. Самая сложная задача – реализация полностью интегрированной КМОП-схемы УМ подобного типа. В традиционных усилителях на полупроводниковых соединениях обычно используются внешние согласующие компоненты с термокомпрессионным соединением проволочных выводов, тогда как в малогабаритных мобильных телефонах, для которых нужны низкопрофильные компоненты, целесообразно применять элементы, монтируемые методом перевернутого кристалла (flip-chip). Такой элемент к тому же легко объединять с ВЧ-трансивером, тоже поставляемом в корпусе flip-chip.

Вот почему на секции ВЧ-техники внимание слушателей привлек доклад компании Fujitsu, посвященный полностью интегрированному трехдиапазонному (800 МГц, 1,7 и 2,0 ГГц) КМОП-усилителю мощности для мобильных телефонов WCDMA-стандарта [7]. Смонтирован усилитель

в корпус flip-chip размером 3,5×4×0,7 мм. Коэффициент усиления его составляет 27 дБ, КПД – 30%, выходная мощность – 27,5 дБмВт при ослаблении мощности по соседнему каналу – 34 дБн. Потребляемый ток не превышает 20 мА.

Интерес вызвало и сообщение компании Toshiba о разработанной технологии замкнутой обратной связи, позволяющей устранять искажения при беспроводной передаче информации и пригодной для интеграции в КМОП-микросхему усилителя мощности WCDMA-стандарта ваттного уровня и управления ее последним каскадом [8]. Специалисты компании определили пороговую выходную мощность (0,2 Вт – уровень, требуемый для установления связи с достаточно удаленной базовой станцией), превышение которой приводит к деградации ВЧ-сигнала, что и позволило упростить и уменьшить габариты блока корректировки искажений. Для получения стабильной обратной связи на высоких частотах предложенная технология линейаризации предусматривает применение замкнутого контура с двумя линиями передачи, обеспечивающими независимую обратную связь по амплитуде и фазе. А поскольку в сигнальную линию контура обратной связи входит только УМ, число функциональных блоков которого невелико, удалось одновременно реализовать широкую полосу пропускания и высокую входную мощность КМОП-микросхемы усилителя. Разработанная архитектура пригодна для системной интеграции, поскольку усилитель не требует применения внешнего линейаризатора. Предложенный контур обратной связи позволил снизить уровень утечки в соседний канал на 6 дБ при выходном WCDMA-сигнале. В этом режиме выходная мощность и КПД УМ составили 27,1 дБмВт и 28%, соответственно. Схема обратной связи потребляет 28,3 мВт. Напряжение питания – 1,5/1,8/3 В. КМОП-схема УМ с блоком линейаризации выполнена по 0,13-мкм технологии и занимает площадь кристалла в 2,2 мм<sup>2</sup>.

### СХЕМЫ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Скорость передачи данных, определяемая современными стандартами беспроводных систем, за последние десять лет возросла на два порядка.

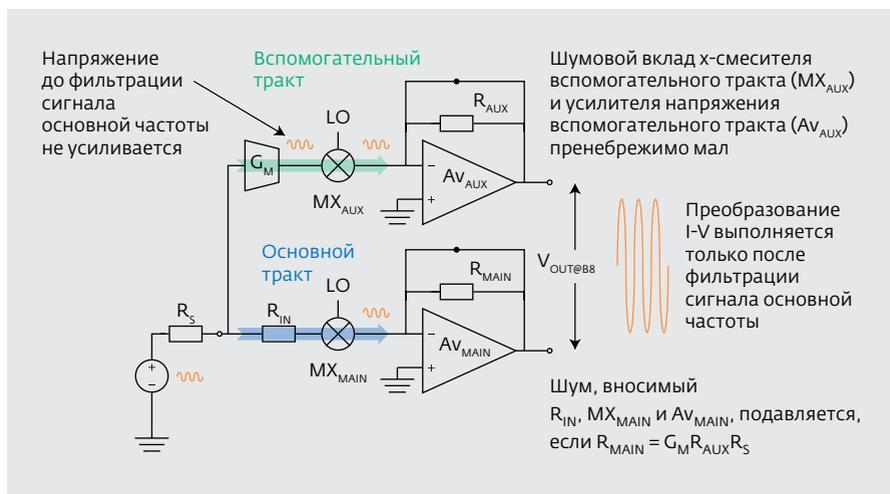


Рис.1. Блок-схема толерантного к блокировщику широкополосного приемника

Ожидается, что в последующие пять лет она увеличится еще на порядок. Это частично обусловлено освоением сложных процессов модуляции (например, мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов, OFDM для получения лучшей спектральной эффективности) за счет цифровой обработки сигнала. Сказалось и расширение полосы канала. Так, ширина полосы канала WLAN-стандартов увеличилась с 20 МГц (802.11g) до более 1 ГГц (802.11ad). При этом несущая частота возросла с 2,4/5,0 ГГц (стандарты 802.11a/b/g/n) до миллиметрового диапазона – 60 ГГц (802.11ad). И уже в 2009 году "молодая" (start-up) компания SiBeam продемонстрировала полностью укомплектованную робастную систему, поддерживающую беспроводную связь в диапазоне 60 ГГц со скоростью передачи 3,8 Гбит/с при частоте 1,76 ГГц [9].

Улучшение качества аудиоданных, цифровых фотографий и ТВ-изображения, а также мобильных систем, онлайн-услуг предоставления видеоданных привело к быстрому росту числа операций связи между отдельными приборами. Это, помимо увеличения скорости передачи, требует развития технологий, способствующих обмену большим объемом данных между различными приборами.

Для выполнения этого требования сегодня самой перспективной считается установление высокоскоростной связи в свободном и безлицензионном диапазоне 60 ГГц [10]. Эта тенденция нашла отражение в представленном на конференции ISSCC 2012 совместном докладе специалистов Токийского технологического института



Рис.2. Блок-схема системы беспроводной связи в диапазоне 60 ГГц

и компании Sony, представивших систему беспроводной связи в диапазоне 60 ГГц, построенную на основе двух СБИС – приемопередатчика прямого преобразования и системы широкополосной беспроводной передачи (Base Band, ВВ СБИС) (рис.2) [11].

Специалистами компании Sony создана ВВ СБИС и ее цифровые блоки, в Токийском технологическом институте – СБИС приемопередатчика и аналоговые блоки ВВ СБИС. Разработанный Sony высокоэффективный с высокой целостностью код с малой плотностью проверок на четность (Low-Density Parity-Check, LDPC) позволил существенно сократить объем избыточных данных, требуемых для исправления ошибок. В результате была получена рекордная эффективность потребляемой энергии, отнесенной к разряду, 11,8 пДж/бит (74 мВт при скорости передачи 6,3 Гбит/с). Этот LDPC-код был предложен для стандарта беспроводной связи в 60-ГГц диапазоне IEEE 802.15.3c

Микросхема приемопередатчика прямого преобразования 60-ГГц диапазона, разработанная

в Токийском технологическом институте, впервые способна обеспечить 16-позиционную квадратурную амплитудную модуляцию (16QAM) на каждой частоте канала, задаваемого стандартами беспроводной связи в диапазоне 60 ГГц. Это достигнуто благодаря уникальной структуре компоновки блока генератора с внешней синхронизацией. Потребляемая мощность интегрированного в ВВ-микросхему АЦП с компаратором, не приводящим к увеличению шума преобразования, отличается рекордно низкой на сегодняшний день потребляемой мощностью – 12 мВт при частоте выборки  $2,3 \cdot 10^9$  выб./с.

СБИС приемопередатчика выполнена по 65-нм КМОП-технологии на кристалле размером 4,2x4,2 мм и потребляет 319 и 223 мВт в режиме передачи и приема, соответственно. Она способна поддерживать 16QAM беспроводную связь каждого канала, определенного 60-ГГц стандартами, со скоростью 7 Гбит/с. КМОП БИС узкополосной связи с 40-нм проектными нормами размером 3x3 мм потребляет 196 и 398 мВт в режиме передачи и приема, соответственно (рис.3). Вся система с 6-дБи антенной в органическом корпусе передает данные с модуляцией 16QAM на расстояние 0,05 м с рекордной скоростью 6,3 Гбит/с и данные с модуляцией QPSK на расстояние 18 м со скоростью 3,1 Гбит/с.

Подобная система со скоростью передачи, равной многим гигабит в секунду, позволит без каких-либо кабелей загрузить за 1 с музыкальный альбом и за 10 с – кинофильм.

Отмечается, что частично НИОКР по созданию представленной на конференции системы, финансировалась Министерством внутренних дел и коммуникаций Японии в рамках программы "НИОКР для развития радиочастотных ресурсов".

Выделенный для промышленной, научной и медицинской аппаратуры диапазон (ISM-диапазон) в 57–65 ГГц весьма привлекателен для систем передачи большого объема данных, видеоизображения высокой четкости и биомедицинских данных. Кремниевые микросхемы приемопередатчиков миллиметрового диапазона в последние годы существенно улучшены. Правда, основное внимание разработчиков направлено на повышение

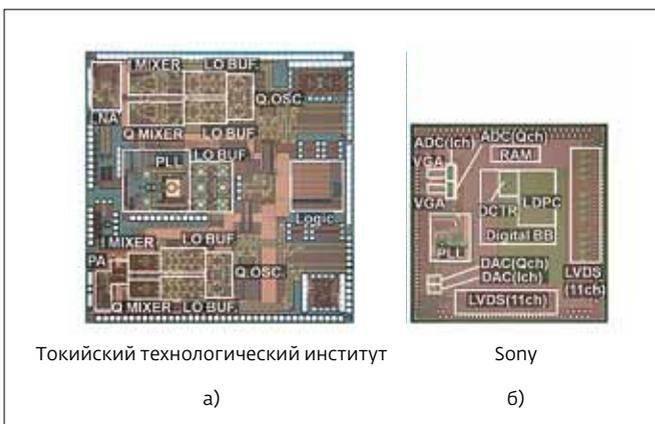


Рис.3. РЧ СБИС (а) и ВВ СБИС (б)

скорости передачи данных за счет повышения уровня модуляции и совершенствования методов формирования луча, тогда как проблемам жизнеспособности систем на кристалле в контексте компромисса получаемых характеристик и выхода годных, а также старения системы до сих пор внимания не уделялось. А эти проблемы требуют серьезного рассмотрения при реализации систем на кристалле миллиметрового диапазона с субмикронными топологическими нормами вследствие отклонений параметров технологических процессов и рабочих температур, а также ограничения соотношения граничной и максимальной частоты ( $f_t/f_{max}$ ) относительно рабочей частоты.

На секции прогрессивных микросхем, реализованных с помощью развивающихся технологий, специалисты Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, университета Флориды и компании CreoNex Systems сообщили о разработке КМОП-системы приемопередатчика на кристалле на частоту 60 ГГц, способного самостоятельно восстанавливать параметры, учитывать колебания

температуры, разброс параметров и деградацию приборов на протяжении жизненного цикла системы [12]. Генератор сигнала измерительной головки контроллера самовосстановления параметров (Self-Healing Controller, SHC) с помощью входящих в него генераторов с числовым управлением (NCOs) вырабатывает тестовые сигналы с заданными значениями частоты и амплитуды. Датчики, встроенные в приемопередатчик, регистрируют параметры схемы. Их значения оцифровываются 10-разрядным АЦП со скоростью преобразования 5 Мвыб./с. Для сравнения полученных данных с заданными спецификацией значениями используется двойной контроллер, управляющий блоком статической оценки параметров. В него входят процессор 128 точечных БФП для спектрального анализа и статистический процессор для получения надежных данных измерений (рис.4).

Представленный приемопередатчик с помощью преобразователей с отношением сигнала к шуму и искажениям (с учетом запаса на замирание

## НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



### БЕСПРОВОДНЫЕ КОММУНИКАЦИИ

А.Голдсмит

*Книга знакомит читателей с основами теории и технологиями беспроводной связи, а также с аналитическими инструментами исследований в этой области. Она способствует формированию у читателя комплексного понимания фундаментальных принципов, лежащих в основе систем беспроводной связи.*

*Приведен обзор беспроводных систем и стандартов, представлены характеристики беспроводных каналов, включая ограничения их пропускной способности. Детально рассматриваются различные методы модуляции и кодирования, а также схемы обработки сигнала, включая современную адаптивную модуляцию, технологии широкополосной передачи, модуляции нескольких несущих. Подробно рассмотрены технологии многоэлементных антенных систем. Последние главы посвящены системам множественного доступа, созданию сотовых систем и специальных беспроводных сетей.*

*"Беспроводные коммуникации" – идеальное пособие для студентов и аспирантов, ценный справочник для инженеров, IT-директоров и руководителей соответствующих подразделений, а также всех специалистов, работающих в области беспроводной связи.*

Цена: 1300 р.

#### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319 Москва, а/я 91; ☎ (495) 956-3346, 234-0110; [knigi@technosphaera.ru](mailto:knigi@technosphaera.ru), [sales@technosphaera.ru](mailto:sales@technosphaera.ru)

сигнала) 30 дБ поддерживает модуляцию 16QAM при скорости  $2 \cdot 10^9$  символов/с. Применение контроллера самовосстановления приводит к увеличению площади приемопередатчика всего на 10% и росту его энергопотребления менее, чем на 3% при рабочем цикле режима самовосстановления 2%. Сам приемопередатчик занимает площадь кристалла 16 мм<sup>2</sup> и потребляет 680 мВт, в том числе мощность передатчика составляет 198 мВт, приемника – 177 мВт, синтезаторов – 88 мВт и преобразователей данных – 116 мВт после завершения начального этапа самовосстановления параметров. Разработчики считают, что схема контроллера самовосстановления параметров весьма перспективна для применения в коммерческих приемопередатчиках, а также для первоначальных испытаний и настройки приемопередатчиков миллиметрового диапазона без использования в процессе производства дорогостоящего контрольно-измерительного оборудования.

В последнее десятилетие при разработке беспроводных систем связи в основном выполнялись требования трех стандартов: UWB, WiMax и 60 ГГц. Правда, до сих пор неизвестно, найдет какой-либо из них широкое коммерческое применение. Причины этого самые разнообразные – от слишком раннего появления на рынке до рентабельности. Каковы же следующие большие идеи в области беспроводной связи? Будут ли они приняты пользователями? Что будет представлено на конференции ISSCC 2017? Ответы на эти вопросы

пытались дать участники конференции 2012 года на вечернем заседании, посвященном будущему беспроводной связи. Рассматривались проблемы технологии обеспечения сверхнизкой мощности и быстродействующих РЧ-систем с высокой пропускной способностью. Они обсуждались с точки зрения "звена", связывающего эти два параметра, – мобильного сотового телефона.

### ЧТО НОВОГО ОЖИДАТЬ В ОБЛАСТИ РЧ-СИСТЕМ?

На вечернем заседании, посвященном развитию беспроводных систем, обсуждались следующие вопросы.

Что сможет стимулировать развитие маломощных беспроводных систем на основе элементов питания, аккумулирующих энергию из окружающей среды, и интегрируемых биосенсоров, которые могут стать самыми перспективными устройствами беспроводных РЧ/наномощных медицинских систем?

Каковы с точки зрения стоимости и конкурентоспособности возможности реализации миллиметровых и терагерцовых схем, пригодных для применения в бытовых, диагностических медицинских системах и системах безопасности?

Станет ли столь популярное понятие, как "подключенный дом" (connected home) реальностью?

Действительно ли концепция "Интернет вещей" (Интернет, к которому подключены не только смартфоны и планшетные компьютеры, но и любые беспроводные устройства) изменит

модель взаимодействия беспроводных систем?

По мнению представителя Калифорнийского университета в Беркли Яна Рабей, в последующие пять лет улучшение коммуникабельности беспроводных устройств будет способствовать достижению их высокой доступности. Беспроводные приборы проникнут в нашу повседневную жизнь, вплоть до внедрения в человеческое тело. Выполнение требований к скорости передачи данных, габаритам и энергопотреблению приведет к появлению разнообразных технологий беспроводной связи (каналы передачи данных объемом до 1 Гбит, приемников с энергопотреблением микроватт,

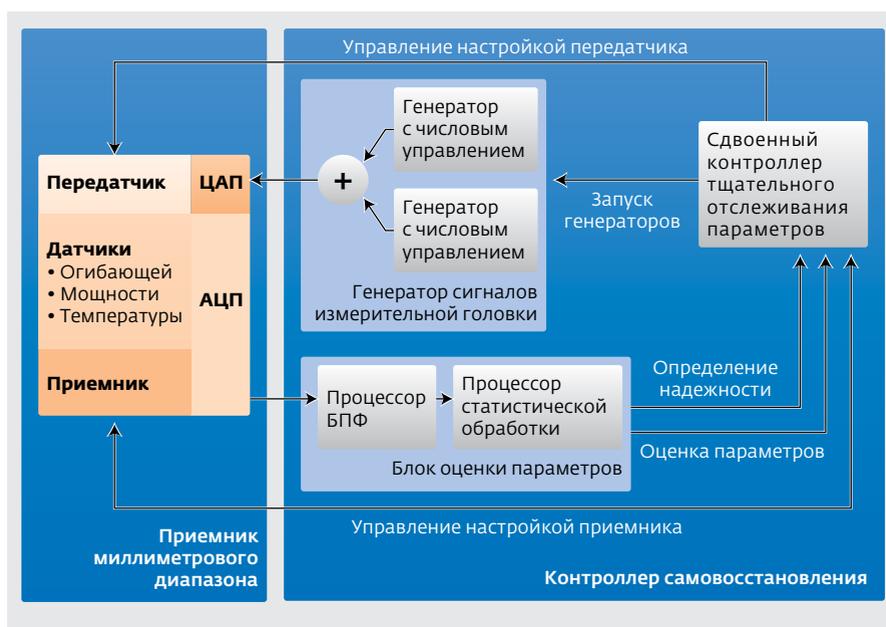


Рис.4. Блок-схема самовосстанавливающего параметры контроллера

приборов, вырабатывающих собственное питание). Многие такие устройства уже существуют сегодня. И сейчас наиболее важная задача – обеспечение их надежного, безопасного и постоянного взаимодействия. Сегодня основной кандидат для решения этой задачи – протокол связи в относительно чистом диапазоне 60 ГГц

Джеральд Йу, представитель Масдарского института науки и технологии (ОАЭ), отметил, что многообещающая область применения полупроводниковой технологии – медицинские приложения. Чтобы смягчить последствия хронических заболеваний, от которых погибает треть жителей планеты, парадигма, принятая в медицине, меняется – от реактивного лечения к предупреждающему и упреждающему лечению путем повседневного непрерывного контроля самочувствия человека. Серьезный кандидат для решения этой задачи – натальная сенсорная сеть (Body area network, BAN). Сейчас наиболее распространен метод формирования такой сети на основе РЧ-приемопередатчиков. Но высокие помехи и проблемы обеспечения трудоспособности человека при использовании BAN ограничивают их возможности. Дополнение РЧ-устройств сетей BAN проводящими каналами, созданными в одежде, или каналами, формируемыми в теле человека, может привести к дальнейшему развитию этой перспективной технологии.

Крис Тумазу, директор Института биомедицинской техники и профессор по проектированию электронных схем Имперского колледжа Лондона считает, что раннее предупреждение таких хронических болезней, как диабет второго типа и сердечно-сосудистые заболевания можно эффективно реализовывать с помощью полупроводниковой технологии. В качестве примера он привел разработанную им биостимулируемую кремниевую поджелудочную железу, которая может имитировать функции поджелудочных альфа- и бета-клеток для регулирования уровня глюкозы больных диабетом первого типа. Кроме того, сейчас в Имперском колледже Лондона разрабатывается миниатюрный сенсор для контроля сердечной деятельности пациентов после операции на сердце или больных, которым угрожает острая сердечная недостаточность.

Достижения в генетике и молекулярной биологии сегодня обусловлены успехами биологической науки и полупроводниковой технологии. Тумазу сумел впервые обнаружить ДНК с помощью хорошо известных в полупроводниковой промышленности принципов. Это позволит оперативно определять ДНК без лабораторного оптического оборудования. К другой перспективной технологии относится носимый на теле пациента "цифровой" пластырь одноразового действия на основе искусственной кремниевой

## НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



### ЭЛЕКТРОНИКА НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ

Кузй Р.

*Представленный в книге аналитический обзор охватывает свыше 1750 работ, посвященных III-N полупроводникам, которые применяются для создания транзисторов и радиоэлектронных устройств большой мощности, работающих в СВЧ-диапазоне частот.*

*Рассмотрены материалы, приборы, их технология, моделирование, проблемы надежности и применения.*

*Книга представляет большой интерес для студентов, аспирантов, инженеров, разработчиков приборов и соответствующей аппаратуры.*

Цена: 1188 р.

#### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319 Москва, а/я 91; ☎ (495) 956-3346, 234-0110; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)

поджелудочной железы, одобренный Комиссией по контролю за лекарствами и питательными веществами.

Участовавший в обсуждении Ульрих Пфейффер из Университета Вупперталя (Германия) отметил роль кремниевых приборов в развитии терагерцовой технологии. Свое мнение он обосновал тем, что уже имеются кремниевые транзисторы с частотой отсечки 0,5 ТГц, а также транзисторы, способные функционировать на частотах, превышающих их частоту отсечки. Интерес участников заседания вызвали перспективы применения кремниевых приборов, способных работать в миллиметровом диапазоне длин волн, в системах формирования изображения, в спектроскопии, в средствах химической/биологической идентификации, обнаружения скрытых объектов и телекоммуникационных системах со сверхвысокой скоростью передачи данных. Основная задача в этой области – совершенствование таких параметров, как коэффициент шума, линейность, фазовый шум, коэффициент преобразования, максимально достижимая выходная мощность и КПД. Большое достоинство кремниевой технологии – высокая степень интеграции приборов, меньшая стоимость в сравнении с традиционными терагерцовыми приборами на полупроводниковых соединениях.

Директор образованной в 2008 году Исследовательской лаборатории Килби компании Texas Instruments Аджита Амераскера считает, что работы в области сверхмаломощной технологии, позволяющей создавать независимые и распределенные разумные электронные системы, приведет к реализации все более разумного оборудования, предсказанного еще научной фантастикой в намного более технически оптимистичных 1960-х. Для реализации эффекта присутствия и разумности электронные устройства должны распознавать и предвидеть потребности человека, с тем чтобы приспособить среду для их удовлетворения. Будущие сверхмаломощные устройства для получения высокого качества обслуживания должны не только выполнять большое число функций, но и успешно работать совместно. Распределенный и вездесущий характер таких устройств выдвигает требование обеспечения их независимой работы, т.е. они должны располагать собственным источником питания и беспроводными средствами управления, а также быть недорогими и иметь достаточно запасных элементов для предотвращения отказа из-за выхода из строя одного элемента. При малом

энергопотреблении для питания таких устройств могут быть использованы усовершенствованные батареи или некоторые виды приборов преобразования энергии окружающей среды. Планы развития аккумуляторных батарей предусматривают двукратное увеличение их емкости каждые полтора года, тогда как уровень потребляемой энергии увеличивается в два раза каждые полтора года. Для решения этой проблемы потребуются создание сверхмаломощных электронных систем совместными усилиями разработчиков многофункциональных систем, схемотехниками и программистами.

Представитель компании Samsung Electronics Инюп Канг в своем выступлении отметил, что для выполнения требований пользователей к увеличению скорости соединения мобильных телефонов при снижении их стоимости необходимы простые способы реализации многомодовой многодиапазонной прямой передачи, РЧ-приемопередатчиков, усилителей мощности, но не на полупроводниковых компонентах. Quad-band GSM/EDGE решение не было таким уж плохим. Для поддержки LTE-роуминга, существуют более 20 полос с различными технологиями дуплексной передачи (с разделением по частоте и по времени) и различной ширины (1,4; 3; 5; 10; 15 и 20 МГц). Операторы запрашивают агрегацию частот для устройств стандарта LTE-Advanced. Но развиваются и требуют поддержки появившиеся ранее технологии, например DC-HSPA+. С учетом всех проблем становится ясно, что система не будет работать – слишком она громоздкая и слишком энергоемкая. Нельзя забывать и о MIMO-технологии, которая благодаря малым физическим размерам антенны и требованиям к обработке основной полосы рассматривается как весьма перспективная для LTE-Advanced. Максимальная скорость передачи данных достигает 100 Мбит/с. Необходимо также учитывать ток утечки батарей в основной полосе. Размеры и стоимость сотовых телефонов VoLTE-стандарта должны быть сопоставимы с этими показателями GSM-телефонов. Так какие же нужны технологии для решения этих задач? Будут ли в конечном итоге реализованы программно-управляемые радиосистемы, потребляемая мощность которых достаточно большая? По-видимому, для получения ответа следует постепенно развивать новые технологии – от приемопередатчиков без ПАВ-фильтра до регулируемого выравнивания и применения РЧ-фильтров и т.д.

Что же. Подождем следующих конференций ISSCC.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Smith K.C., Wang A., Fujino L.C.** Through the Looking Glass. Trend tracking for ISSCC 2012. p.74. -isscc.org/doc/2012/2012\_Trends.pdf
2. **ISSCC PressKit 2012. Section 21. Overview: Analog Techniques.**
3. **Talegaonkar M., Hanumolu P.K.** A 0.55V 61dB-SNR 67dB-SFDR 7MHz 4th-order Butterworth filter using ring-oscillator-based integrators in 90nm CMOS. -ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6177051&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\_all.jsp%3Farnumber%3D6177051
4. **Fan Q., Huijsing J. and Makinwa K.** A capacitively coupled chopper instrumentation amplifier with a  $\pm 30V$  common-mode range, 160dB CMRR and 5 $\mu V$  offset. -ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6177045
5. **Smith K.C., Wang A., Fujino L.C.** Through the Looking Glass. Trend tracking for ISSCC 2012. RF-2012 Trends, p.95. -isscc.org/doc/2012/2012\_Trends.pdf
6. **Hafez A., Mirzaei A., Mikhemar M. et al.** A blocker-tolerant wideband noise-cancelling receiver with a 2dB noise figure. - www.ee.ucla.edu/~hsel/papers/BlockerTol\_Wideband\_2dBNF\_Rx\_ISSCC2012.pdf
7. **Kawano Y., Sasaki T., Shirai N. et al.** A fully integrated triple-band CMOS power amplifier for WCDMA mobile handsets. - ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6176881
8. **Kousai S., Onizuka K., Yamaguchi T. et al.** A 28.3mW PA-Closed Loop for Linearity and Efficiency Improvement Integrated in a +27.1dBm WCDMA CMOS Power Amplifier. -ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6176880
9. **Майская В.** Компоненты беспроводной связи - миллиметровая волна. - Электроника: НТБ, 2011, №6, с.42- 50.
10. **Вишневский В., Фролов С., Шахнович И.** Персональные Сети миллиметрового диапазона. Стандарт ECMA-387. - Электроника: НТБ, 2010, №5, с.46- 57.
11. **Sony and Tokyo Tech Jointly Develop Low-power LSIs for Wideband Millimeter-wave Wireless Communications that Achieves the World's Fastest Data Transfer Rate of 6.3 Gb/s.** - www.sony.net/SonyInfo/News/Press/201202/12-0220E/index.html
12. **Tang A., Hsiao F., Murphy D. et al.** A Low-Overhead Self-Healing Embedded System for Ensuring High Yield and Long-Term Sustainability of 60GHz 4Gb/s Radio-on-a-Chip. - www.ee.ucla.edu/~hsel/papers/HEALICs\_60GHz\_4bps\_RoC\_ISSCC12.pdf

## НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



## ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ НИТРИДА ГАЛЛИЯ

Под редакцией Д.Эрентраута, Э.Мейсснер, М.Боковски

Цена: 840 р.

Книга представляет собой первый подробный обзор передовой технологии выращивания кристаллов нитрида галлия. Проведен анализ возможностей долгосрочного и краткосрочного применения объемных подложек на основе GaN, а также мотивация и задачи по внедрению соответствующей технологии в конкретные приборы.

Книга написана командой из 45 специалистов, признанных лидеров науки и промышленности, и подготовлена опытными редакторами. Издание окажется незаменимым ресурсом для инженеров, исследователей и студентов, работающих в области выращивания кристаллов GaN и занимающихся обработкой и изготовлением приборов на их основе как в сугубо научных, так и промышленных целях.

## КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319 Москва, а/я 91; ☎ (495) 956-3346, 234-0110; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)