

М. Валентинова

РЕНЕССАНС АНАЛОГОВЫХ ИС

АНАЛОГОВЫЕ СХЕМЫ НЕ СДАЮТСЯ И НЕ ПОГИБАЮТ

Многие годы бытовало расхожее мнение, что цифровые ИС уже скоро, ну вот-вот, полностью вытеснят в радиоэлектронном оборудовании аналоговые устройства. Сначала их должны были заменить ТТЛ-схемы, затем микропроцессоры, потом специализированные ASIC-схемы, а теперь процессоры цифровой обработки сигнала (DSP). Каждый новый класс ИС заменял множество аналоговых схем и угрожал покончить с ними навсегда. Но по Марку Твену, "слухи о смерти аналоговых ИС оказались сильно преувеличенными". И об этом свидетельствуют последние публикации, а также доклады на Международных конференциях IEDN и ISSCC, посвященные новейшим разработкам аналоговых ИС для оптоволоконных систем связи со скоростью передачи до 40 Гбит/с, сотовых систем связи, разнообразных преобразователей данных.

Чем больше функций реализует чип, чем меньше его потребляемая мощность, тем ниже стоимость системы и тем больше спрос на цифровую технику. И что тогда? А тогда разработчик начинает искать аналоговые устройства, т.е., как сказал вице-президент группы аналоговых схем фирмы National Semiconductor Патрик Брокетт, "чем больше аналоговых функций удастся реализовать цифровыми ИС, тем лучше для аналоговых схем". Ирония разворачивающейся цифровой революции заключается в том, что

по мере распространения компьютеров, сети Интернет, средств беспроводной связи, высокопроизводительных цифровых чипов потребление в аналоговых ИС лишь растет. А все потому, что мы живем в аналоговом мире, где температура, скорость, давление, громкость звука, яркость цвета и даже электрическое напряжение меняются непрерывно, а не скачкообразно с 1 на 0 и обратно. И хотя эти непрерывные изменения можно преобразовать в цифровой вид, для этого, а также для точного измерения их зна-

чений нужны аналоговые схемы. Поэтому-то, несмотря на мнение, что аналоговая техника "громоздка" и устарела, ее роль непрерывно растет. И сегодня в новейших моделях сотовых телефонов аналоговых ИС используется больше (на сумму в 25 долл.), чем в моделях предыдущих поколений.

По прогнозам фирмы Dataquest, объем продаж аналоговых схем в 1999 году должен был составить 24,4 млрд. долл., что на 15,2% больше, чем в 1998-м (21,1 млрд. долл.). К 2003 году аналоговых схем будет продано на сумму 39 млрд. долл. (при среднегодовых темпах прироста 13%). Такие перспективы роста продаж привлекли внимание многих полупроводниковых фирм, которые увеличивают объем инвестиций в строительство и приобретение новых подразделений, работающих в этой области.

Но фирмы, производящие аналоговые ИС, сталкиваются с многочисленными неординарными проблемами. Это и чрезвычайно сложная технология, мало пригодная для масштабирования и применения электронных средств проектирования, и нехватка квалифицированных специалистов, и сильно

фрагментированный рынок. Но если наши недостатки – продолжение наших достоинств, то возможно и обратное. Недостатки оборачиваются положительными факторами для фирм, специализирующихся в области аналоговых устройств, позволяя им противостоять вторжению на рынок конкурентов и оправдывать высокую стоимость своей продукции. В результате сектор аналоговых ИС с высокими характеристиками – самый доходный на рынке полупроводниковых приборов.

Большинство экспертов делят рынок аналоговых ИС на два крупных сектора: стандартных схем и стандартных схем специального назначения (ASSP-типа). Темпы прироста и объем продаж ИС ASSP-типа выше, чем стандартных, но доходы от их реализации ниже. Тем не менее, сегодня даже крупным диверсифицированным компаниям, таким как National Semiconductor, Texas Instruments, STMicroelectronics, трудно проникнуть в ниши рынка, контролируемые небольшими фирмами, выпускающими аналоговые схемы ASSP-типа, у которых одно, единственное назначение, но множество потребителей. Однако эта ситуация может измениться. Рынок стандартных





аналоговых устройств, хотя и проектируется несколько лет, отличается высокой стабильностью. Жизненный цикл стандартных приборов достигает нескольких лет, тогда как для некоторых ASSP IC он не превышает года). И даже ведущий производитель аналоговых IC ASSP-типа – Texas Instruments – прикладывает значительные усилия к завоеванию прочных позиций в секторе стандартных аналоговых IC.

Тенденция к усилению роли аналоговых IC в современном связанном, сетевом, бытовом, промышленном оборудовании нашла отражение в материалах, представленных на 47-й Международной конференции ISSCC, проходившей под девизом “IC для систем 21-го века”.

Доклады на секции ISSCC, посвященной средствам связи гигагерцового диапазона, показали перспективность кремний-германиевых и специальных БКМОП-устройств для построения приемников и мультиплексоров/демультиплексоров современных оптоволоконных систем OC-192, рассчитанных на скорость передачи 10 Гбит/с. Эти IC наиболее полно отвечают современным требованиям увеличения пропускной способности следующего поколения средств связи, создания ВЧ-приборов, генерирующих высококачественный сигнал при меньшей, чем у современных устройств, потребляемой мощности и объединяющих на одном кристалле активные и пассивные компоненты. И неудивительно, что SiGe-технология осваивает не только ее создатель – фирма IBM*, но и многие крупнейшие производители чипов для средств связи.

В 1998 году Alcatel (Франция) объявила о коммерческой реализации новейшей SONET-системы OC-192, построенной на базе SiGe-чипов первого поколения. В основу процесса из-

готовления комплекта SiGe IC была положена заимствованная у фирмы IBM хорошо отработанная 0,5-мкм КМОП-технология, а не уникальный заказной процесс, требующий сложных технических приемов и больших затрат. По данным фирмы, выход годных при производстве комплекта SiGe IC превысил 90%. Производительность составила 1000 пластин диаметром 200 мм в день. Это значит, что инвестиции, опыт и результаты развития кремниевой технологии можно успешно использовать для реализации характеристик, ранее не достижимых с ее помощью. Таким образом, Alcatel доказала коммерческую жизнеспособность SiGe-технологии. Важное достоинство новых схем – необычайно низкая интенсивность отказов по битам: 1 ошибка по битам в $6 \cdot 10^9$ лет. Фирма также сообщила об успешных эксплуатационных испытаниях в Германии и Португалии двух OC-768 систем (скорость передачи 40 Гбит/с). С помощью комплекта опытных SiGe-чипов, изготовленных на линии по производству IC для OC-192 систем, фирма осуществила передачу со скоростью 40 Гбит/с по протяженному одномодовому оптическому волокну.

Эти факторы наряду с высокими характеристиками SiGe-устройств и стимулировали интерес промышленности к новой технологии. Так, внимание участников ISSCC привлекло сообщение исследователей фирмы Hitachi о разработке пригодного для промышленного производства технологического процесса селективного эпитаксиального выращивания самосовмещенных кремний-германиевых пленок. С помощью этого процесса был изготовлен усилитель-ограничитель на базе SiGe HBT с коэффициентом усиления 31,9 дБ на 40 ГГц и шириной полосы 49 ГГц. Потребляемая мощность схемы 1,38 В, напряжение питания – 7,5 В (рис. 1).

Следует отметить, что кремний-германиевая технология привлекает внимание разработчиков компонентов не только для оборудования сетевых систем, но и беспроводных систем связи и глобальной системы позиционирования GPS. В конце 1999 года было выпущено несколько новых SiGe-изделий фирм Texas Instruments, RF Micro Devices, Lucent Technologies, Maxim Integrated Products и Conexant. На фирме Texas Instruments разработана собственная БКМОП SiGe-технология – RFSiGe-1. При разработке SiGe-схем, предназначенных для телефонных аппаратов

консервативным нормам: ширина эмиттеров биполярных транзисторов – 0,25 мкм, минимальные размеры элементов КМОП-транзисторов на напряжение 3 В – 0,35 мкм. Такой выбор объясняется тем, что рабочая частота 3G-систем составит около 2,5 ГГц, что и позволяет изготавливать приборы для них с относительно “консервативными” топологическими нормами. К тому же, такие нормы позволяют обеспечить достаточно низкие потребляемую мощность и цену. Технологический процесс фирмы хорош и тем, что с его помощью можно объединять активные ВЧ- и пассив-

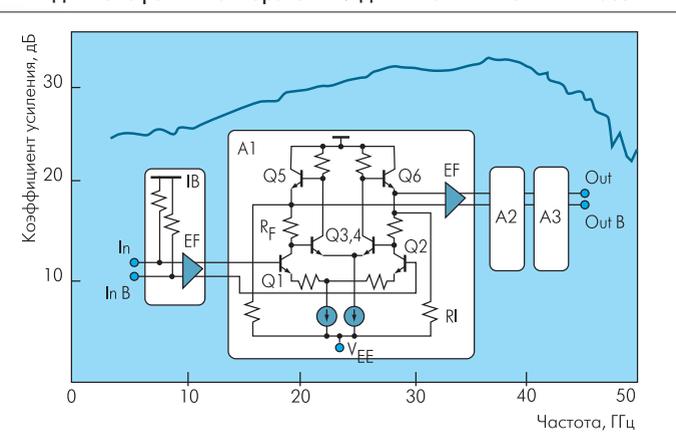


Рис. 1. Схема и зависимость коэффициента усиления от частоты усилителя-ограничителя фирмы Hitachi

сотовых и беспроводных систем связи следующих 2,5- и 3G-поколений, Texas Instruments не использовала технологию фирмы IBM, а начала с “чистого листа”, поставив перед собой задачу сократить число компонентов при обеспечении достаточно низкой стоимости и сохранении “дедушкиных” параметров устройств первого и второго поколений. Это означало, что чип должен поддерживать работу в различных стандартах связи, передачу сообщений электронной почты, видеосигналов, MP3-музыкальных файлов. Возможно, он найдет применение и в будущих телефонных трубках, в которых будут объединены функции телефонного аппарата и MP3-плеера.

Первое поколение схем спроектировано по достаточно

ные компоненты. По оценкам разработчиков, плотность размещения резисторов в схеме увеличена в четыре, конденсаторов – в три и элементов индуктивности – в два раза. Запатентованный фирмой процесс изготовления, по сравнению со стандартной технологией, требует пять дополнительных этапов маскирования. Он предусматривает применение стандартного оборудования обработки пластин диаметром 200 мм и метода молекулярно-пучковой эпитаксии (а не процесса химического осаждения из паровой фазы при ультравысоком вакууме фирмы IBM). Разработанная технология может быть использована и для изготовления IC для кабельных модемов.

Частота отсечки SiGe-транзисторов превышает 50 ГГц.

* Валентинова М. SiGe-технология – процесс пошел. – Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 1998, №5–6, с.25–28.

Но пока оптимальная с точки зрения потребляемой мощности и цены частота отсечки равна 25 ГГц. Это на порядок выше рабочей частоты современных телефонов цифровых сотовых и беспроводных систем связи. Потребляемый ток на частоте 25 ГГц не превышает 20 мкА. Напряжение питания равно 1,8 В, хотя возможен и вариант на напряжение 1,5 В. Кроме того, за счет модификации монтажных площадок разработчики фирмы сумели снизить коэффициент шума транзисторов до менее 0,5 дБ на 2 ГГц и тем самым обеспечить конкурентоспособность новых SiGe-устройств с арсенидгаллиевыми приборами. SiGe-схемы, разработанные для двух крупных поставщиков сотовых телефонов, первоначально будут выпускать завод фирмы при Центре Килби, а затем производство передадут на предприятие в Далласе, где во второй половине 2000 года планируется освоить массовое производство таких ИС. Кроме того, фирма намерена выпускать SiGe-схем в Фрейзинге (ФРГ) и в Японии.

Первый шаг в освоении SiGe-технологии сделала фирма **RF Micro Devices**, выпустившая высокочастотный блок приемника – малошумящий усилитель/понижающий преобразователь частоты на 900 МГц – предназначенный для сотового оборудования, работающего в режиме кодового разделения каналов/частотной модуляции (CDMA/FM). Усиление схемы типа RF2461 дискретно регулируется в диапазоне 30 дБ. Для регулирования входной точки перехвата третьего порядка усилителя и тока смещения преобразователя частоты используется внешний резистор. Параметры устройства отвечают требованиям стандарта IS-95 на сотовые CDMA-системы связи. ИС RF2461 поставляется в корпусе типа LPCC-20 размером 4x4 мм по цене 1,87 долл. при покупке

партии более 10000 шт. Сейчас на фирме RF Micro Devices ведется разработка SiGe-трехрежимного двухдиапазонного малошумящего усилителя/смесителя для ВЧ-блоков CDMA/TDMA, PSC, W-CDMA систем, а также SiGe-модулятора, повышающего преобразователя частоты и предусилителя мощности.

Исследователи отделения Bell Labs фирмы **Lucent Technologies** успешно объединили биполярные SiGe-транзисторы с КМОП-элементами, изготавливаемыми по 0,25-мкм технологии. С помощью четырех дополнительных этапов маскирования (в том числе при проведении

схемы или применять внешние компоненты).

По разработанной модульной SiGe БикМОП-технологии фирма планирует изготавливать устройства для оборудования сетей SONET и SDH, обеспечивающих скорость передачи 10 Гбит/с и выше. Это – управляемый ток усилитель напряжения, синтезатор частоты, мультиплексор, демультимплексор, устройство восстановления синхронизации и данных. Разработчики отмечают пригодность новой технологии и для изготовления приборов для быстродействующих проводных и беспроводных систем связи.

процесс фирмы позволяет одновременно изготавливать SiGe-транзисторы на напряжениях 3,3 и 5 В без дополнительной операции маскирования. Частота отсечки транзисторов опытных схем составляет 50 ГГц при напряжении 3,3 В и 70 ГГц при 2,5 В, тогда как потребляемая ими мощность в два раза меньше, чем у конкурирующих устройств, предназначенных для беспроводных систем связи на 2 ГГц. Новые ВЧ-чипы найдут применение в телефонных трубках и терминалах беспроводных систем связи. Сейчас фирма работает над созданием SiGe-чипа на боль-

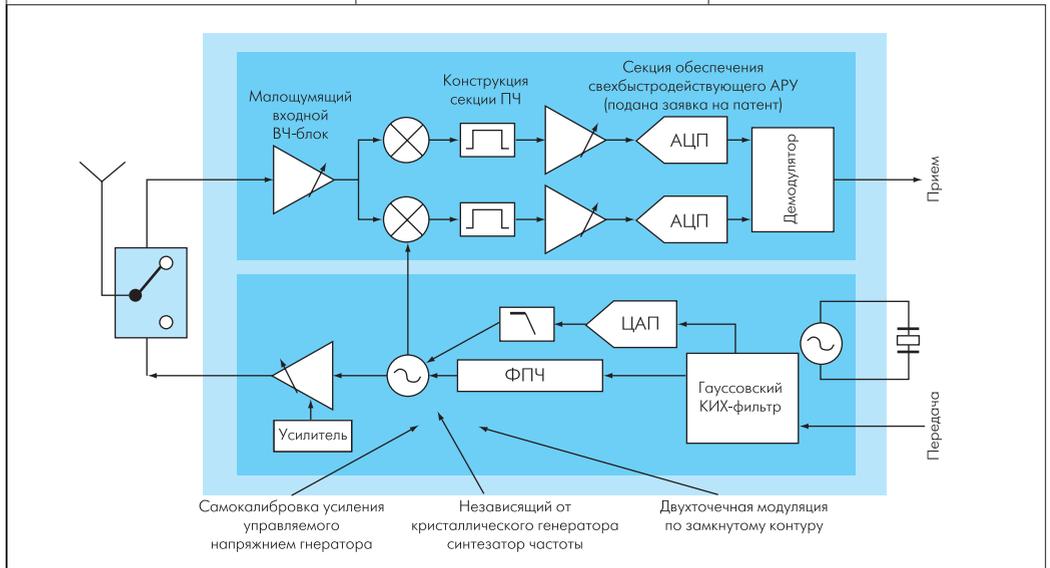


Рис. 2. Блок-схема трансивера стандарта Bluetooth

высокоэнергетической ионной имплантации для формирования подколлекторной области), введенных в основной КМОП-процесс, специалистам фирмы удалось создать SiGe *n-p-n*-транзистор с суперсамосовмещенной структурой. Благодаря снижению сопротивления базы и емкости *база-коллектор* его частота отсечки превышает 70 ГГц (при токе 450 мкА частота отсечки все еще больше 60 ГГц). Технология фирмы предусматривает и формирование элемента индуктивности с Q не менее 15 (для получения значений добротности в диапазоне 50–100 потребуются изготавливать пассивные элементы после формирования основной

Поставки опытных образцов SiGe ИС фирма планирует начать во втором квартале 2000 года, а массовое производство – в конце года. В 2001 году фирма освоит SiGe-технологии с 0,16-мкм топологическими нормами.

В середине 2000 года фирма **Conexant** намерена начать массовое производство семейства маломощных ВЧ SiGe БикМОП ИС с размерами элементов 0,35-мкм. Малая потребляемая мощность достигнута за счет отработки процесса эпитаксиального выращивания SiGe-пленок и агрессивного масштабирования горизонтальных размеров биполярных транзисторов. Технологический

шую частоту для оборудования систем SONET.

Продолжает разработку SiGe-аналоговых схем и германская фирма **Temic Semiconductor**, одна из первых в Европе освоившая эту технологию. Еще на ISSCC 1999 года она представила комплект ИС трансивера, в который вошел SiGe БикМОП-чип ВЧ-блока с усилителем мощности и малошумящим усилителем и биполярная SiGe ИС приемопередатчика с электронным тюнером, демодулятором, смесителем и полосовыми фильтрами. Наряду с ВЧ-транзисторами ВЧ-блок содержит до 50 пассивных компонентов (спиральных элементов индуктив-

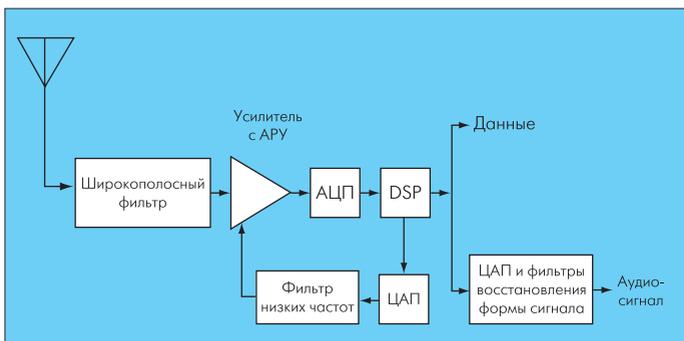


Рис. 3. Появление быстродействующих АЦП с высокими разрешением, линейностью и широким динамическим диапазоном позволяет создать аналоговый входной ВЧ-блок soft-приемников на базе сигнальных процессоров

ности, конденсаторов с диэлектриком из нитрида кремния и полукремниевых резисторов).

На рынке аналоговых SiGe-устройств появилось и новое имя – канадская фирма **Philsar Semiconductor**. Учитывая растущую популярность стандарта беспроводной связи на малые расстояния Bluetooth, здесь создан трансивер типа RH2401 для сетей этого стандарта. Чип ASIC-типа выполнен по 0,5-мкм SiGe БикМОП-технологии. Его рабочее напряжение равно 1,8 В (возможен вариант на напряжение 1,2 В). Потребляемая мощность не превышает 20 мВт. Трансивер обеспечивает выходную мощность от -30 до 4 дБм, или от -30 до 0 дБм при дальности передачи 10 м. Для работы в соответствии с требованиями Bluetooth-стандарта версия 1.0 (выходная мощность от -30 до 20 дБм, дальность передачи 100 м) необходим внешний усилитель мощности. В чип входят управляемый напряжением генератор, синтезатор, усилитель мощности, малошумящий усилитель, фильтры ПЧ, индикатор интенсивности принимаемого сигнала и ограничитель по битам (рис. 2). Чувствительность приемника составляет -84 дБм, что на 20% превышает требования спецификации, интенсивность отказа по битам – 0,1%. Поставка опытных образцов планировалась на конец первого квартала 2000 года. Цена трансивера при покупке большой партии менее 5 долларов.

А что же нового у “первооткрывателя” SiGe-технологии – фирмы **IBM**? Успехи в области разработки процессоров цифровой обработки сигнала (DSP) и создания быстродействующих аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей с высоким разрешением, хорошей линейностью и широким динамическим диапазоном на высоких частотах стимулируют создание универсальных программно-перестраиваемых (soft) радиоприемников достаточной мощности для обслуживания всех каналов в широкой полосе частот. Уже создан 14-разрядный АЦП с частотой дискретизации 65 Мвыборков/с, свободным от паразитных помех динамическим диапазоном

(SFDR – spurious-free dynamic range) 100 дБ и отношением сигнал/шум 75 дБ. DSP в сочетании с таким преобразователем сможет отделять помехи от полезного сигнала без управляемых напряжением генераторов, синтезаторов, смесителей и других преобразователей частоты (рис.3). Пока архитектура таких приемников с прямым преобразованием частоты сложна, пропускная способность их ограничена нелинейностями второго порядка, из-за чего до последнего времени они находили применение лишь в трансиверах сотовых телефонов. Универсальные soft-приемники – провозвестники эпохи программируемых трансиверов, способных благодаря возможности перепрограммирования поддерживать многочисленные стандарты аналоговых и цифровых сотовых систем.

И сегодня уже можно говорить о появлении первого soft-приемника. В ноябре 1999 года IBM объявила о создании “революционного” приемника для GPS-систем – результате двухлетних работ совместно с компаниями Leica GeoSystems и Sierra Monolithics. Новый 12-канальный приемник – перспективное, ориентированное на

простое включение изделие, состоящее из комплекта GPS ИС и всех вспомогательных компонентов, необходимых для такой системы (рис.4). Это – первая промышленная модель GPS-приемника с прямым преобразованием ВЧ-сигнала. Принимаемый усилителем сигнал GPS-станции на частоте 1,5 ГГц непосредственно преобразуется высокопроизводительным АЦП в цифровую форму, минуя каскады преобразования с понижением частоты или каскад промежуточной частоты. Это позволило исключить несколько гетеродинов, управляемых напряжением генераторов, устройств ФАПЧ и фильтров (фильтры обычно занимают 30% площади кристалла приемника). Единственный дополнительный элемент в схеме – полосовой фильтр. Секция цифровой обработки сигнала спроектирована так, чтобы не вносить помехи во входной блок, благодаря чему ВЧ-чип может размещаться на расстоянии 1 мм от цифрового. Кроме того, для уменьшения значений паразитных электрических параметров фирма монтирует чипы приемника на дешевой подложке из органического материала низкотемператур-

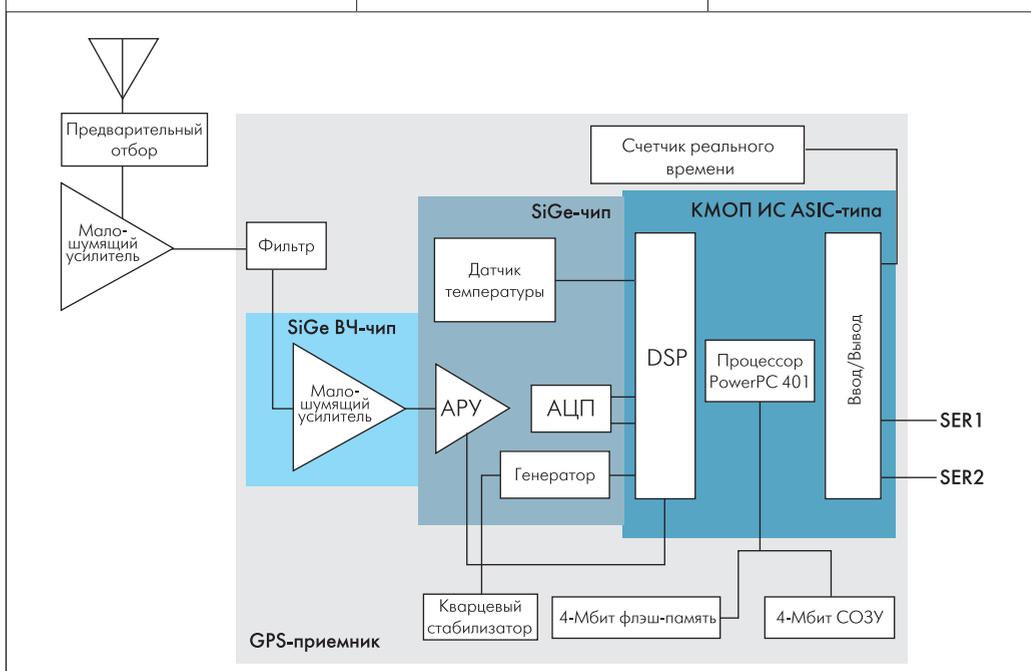


Рис. 4. Блок-диаграмма приемника GPS-системы

ным flip-chip-методом. Размер приемника с входным SiGe ВЧ-блоком прямого преобразования, низкочастотным SiGe-усилителем и КМОП-специализированным чипом на базе встроеного ядра 401-PowerPC равен всего 19x19 мм, т.е. меньше чипов сигнальных процессоров большинства конкурентов фирмы.

Но пока созданию ИС трансивера препятствует трудность интеграции усилителей мощности. Это связано с высокими требованиями, предъявляемыми к их выходной мощности, КПД, усилению, линейности, возможности работы при низких значениях напряжения. Ученым **Университета науки и технологии Гонконга** удалось создать интегрированный усилитель мощности на базе горизонтальных МОП-транзисторов, изготавливаемых методом двойной диффузии по КНИ-технологии, и высокодобротных элементов индуктивности, выполненных на одном кристалле с усилителем. Длина канала МОП-транзисторов, создаваемых по 1,5-мкм технологии – 0,35 мм, длина дрейфа носителей – 3,85 мм. Частота

отсечки транзисторов 45 ГГц, напряжение пробоя – 20 В. На частоте 900 МГц выходная мощность усилителя равна 23 дБм, коэффициент усиления – 16 дБ и КПД – 49%. Усилитель занимает площадь 3x2 мм.

Но помимо SiGe ИС, конечно, не прекращаются разработки кремниевых КМОП-аналоговых ВЧ ИС. И здесь основная движущая сила – возможность снижения стоимости и напряжения. В этой связи нельзя не отметить работу специалистов Лаборатории энергетики фирмы **NTT Telecommunications**, представленную на ISSCC 2000 года. Ими созданы ВЧ-блоки 2-ГГц приемника, работающие при напряжении 0,5 В. Эти блоки – малочастотный усилитель, преобразователь с понижением частоты и управляемый напряжением генератор – изготовлены по 0,2-мкм SIMOX-технологии, являющейся одним из вариантов тонкопленочной КНИ-технологии. Для обеспечения работы при столь низком напряжении использовались свернутая ячейка Гильберта, управляемая LC-цепочкой, и нелегированные МОП-транзисторы в ядре генератора и буферов.

Учеными **Стенфордского университета** создан КМОП-усилитель с распределенными параметрами. Его выходная мощность составляет 90 мВт, частота отсечки – 13 ГГц. А выходная мощность усилителя, разработанного в **Университете шт. Орегон** и изготовленного по 0,6-мкм КМОП-технологии, равна 85 мВт на частоте 900 МГц при КПД 55% и напряжении 3 В.

Но особое внимание сейчас привлекает анализ широкополосных аналоговых ИС, изготавливаемых по технологии цифровых КМОП-схем. Уменьшение геометрии элементов КМОП ИС приводит к снижению запаса по напряжению, требуемого для предотвращения насыщения КМОП-транзисторов. Малое напряжение питания вызывает проблемы, поскольку напряжение насыщения стока должно быть большим. Другими словами, с понижением напряжения питания ухудшаются быстродействие и точность таких схем смешанной обработки сигнала, как АЦП. Увеличиваются шумы, перекрестные помехи, затрудняется согласование приборов. При из-

готовлении по 0,35-мкм технологии аналоговых КМОП-схем, работающих при напряжении питания 3,5 В, проблемы не возникают, поскольку напряжение насыщения стока все еще достаточно велико (около 350 мВ). При переходе к 0,25-мкм нормам и напряжению 2,5 В эти проблемы в ряде случаев уже могут возникнуть, а при 0,18-мкм и 1,7 В встречаются серьезные затруднения. При напряжении насыщения стока 150 мВ получить требуемые характеристики уже невозможно. Как подвел итоги этой проблеме Джим Кворфут из фирмы Texas Instruments, “умные малые, занимающиеся разработкой цифровых ИС, считают задачу интеграции простой и легко решаемой. Пора кому-то заговорить о проблемах проектирования аналоговых устройств”.

A Supplement to Electronic Design, March 6, 2000.
Electronic Design, Jan.10, 2000.
RF Globalnet: Virtual community for the Wireless Microwave and RF Industry.
MicroNews, 2000, v.6, N1.
Electronic Business, Dec., 1999.

Пассивные компоненты и не только они

Лягушка превратилась в царевну

К пребывавшему долгое время в тени рынка пассивных компонентов наконец-то прикоснулся Мидас. Продажи конденсаторов, резисторов, соединителей и других пассивных компонентов в 1999 году значительно возросли. Цены на эти изделия стабилизировались, сроки поставок (особенно конденсаторов и резисторов в малогабаритных корпусах) удлиняются и даже наблюдается дефицит некоторых компонентов. Основная причина этого – стремительно растущий интерес потребителя к сотовой связи. Согласно прогнозам, отгрузки сотовых телефонов за период с 1999 по 2004 годы возрастут с 221,9 млн. до 508,8 млн. шт. А каждый сотовый телефон содержит сотни пассивных устройств и еще больше их требуется в инфраструктуре сотовой связи. Не сокращаются продажи персональных компьютеров и автомобильной электроники, где также применяется большое число пассивных компонентов. Такая ситуация, по-видимому, не изменится и к следующему году. Необходимо учесть и тот факт, что к 2001 году новейшие сотовые телефоны будут обеспечивать доступ в сеть Интернет, а следовательно владельцам старых образцов придется покупать новые. К тому же с увеличением функциональных возможностей новых изделий растет и число используемых в них компонентов.

Несмотря на большое число пассивных компонентов, содержащихся в одном сотовом телефоне (в некоторых более

600), темпы прироста производства интегральных схем пассивных компонентов пока не велики, и в основном это – специализированные устройства. Изготовители конечной продукции не хотят зависеть от одного поставщика этих компонентов. Поэтому сейчас необходимо уделить больше внимания вопросам стандартизации схем пассивных компонентов. Следует отметить, что наибольшим спросом в ближайшее время будет пользоваться танталовые и керамические конденсаторы, ПАВ-фильтры и элементы индуктивности, сроки поставок которых сейчас составляют от 20 до 35 недель.

Растущий спрос на сотовые телефоны стимулирует увеличение продаж не только пассивных компонентов. Начинает ощущаться нехватка дискретных полупроводниковых приборов, маломощных СОЗУ и высокоплотных схем флэш-памяти. При этом многие аналоговые устройства, устройства смешанной обработки сигнала и дискретные приборы изготавливаются по 1-мкм и более топологическим нормам (в отличие от современных ИС для ПК, изготавливаемых по 0,25-мкм технологии). Это говорит о возможности сохранения и даже увеличения заказов изделий на некоторых устаревших производствах с полностью амортизированным оборудованием по обработке 150-мм пластин с 1,5-мкм нормами.

Electronic News, 2000, Jan.31.