

ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВОЙ РАДИОЧАСТОТНОЙ ПАМЯТИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ РЭБ

Н.Егоров, к.т.н.¹, В.Кочемасов, к.т.н.²

УДК 621.37
ВАК 05.27.00

Важнейшие элементы современных систем радиоэлектронной борьбы (РЭБ) – устройства цифровой радиочастотной памяти (ЦРЧП) [1]. В зарубежной литературе и в некоторых отечественных источниках используется соответствующее понятие Digital Radio Frequency Memory (DRFM). Технология и устройства ЦРЧП позволяют получать и хранить в цифровой форме копии радиочастотных сигналов, а также выполнять их последующую цифровую обработку с целью формирования сигналов с модуляцией различного вида. Об особенностях, примерах применения и перспективах развития устройств с ЦРЧП рассказывается в статье.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЦРЧП

В системах РЭБ сформированные с помощью ЦРЧП модулированные сигналы излучаются в обратном направлении к РЛС противника. При этом могут решаться две основные задачи. В первом случае приемное устройство "забивается" значительным потоком "отраженных" сигналов, что мешает РЛС обнаруживать цели, определять их параметры и формировать необходимые данные для систем вооружения, прежде всего для ракетных систем. Во втором случае система ЦРЧП формирует специальные модулированные сигналы, которые фактически представляют собой радиопортреты целей различных типов. При приеме таких сигналов в РЛС противника формируются ложные цели, трудноотличимые от настоящих. Вследствие этого противник вынужден тратить существенные ресурсы на отслеживание ложных целей, что может обернуться для него дополнительными потерями и ухудшением общего положения во время боевых действий. Фактически действие системы с ЦРЧП можно здесь сравнить с влиянием на противника дезинформации.

В радиосистемах с ЦРЧП (рис.1) [2] в общем случае обеспечиваются понижение частоты входного высоко-

частотного сигнала, принятого от РЛС, его фильтрация, преобразование в цифровую форму, хранение и обработка с помощью внешнего управляющего устройства, преобразование в аналоговую форму и повышающее преобразование частоты. Сформированный таким образом нужный сигнал излучается в сторону РЛС противника.

Помимо систем РЭБ, противодействующих РЛС противника, технология ЦРЧП может применяться в аппаратуре для тестирования РЛС и обучения персонала, в аппаратуре для тестирования систем связи на устойчивость к воздействию систем РЭБ со стороны противника.

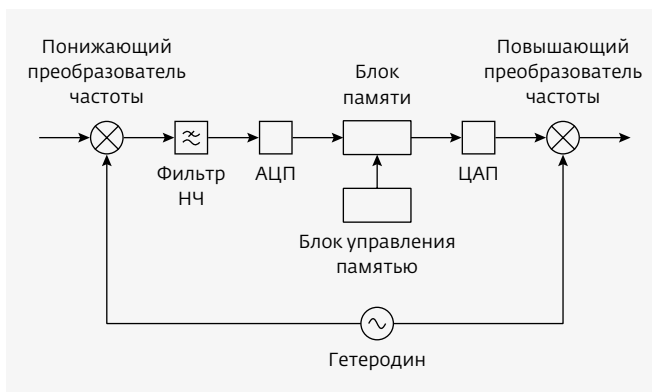


Рис.1. Общая структурная схема радиосистемы с ЦРЧП

¹ МТУСИ, старший научный сотрудник, nik-759@yandex.ru.

² МТУСИ, начальник научно-исследовательского отдела, vkochemasov@radiocomp.ru.

В зарубежных источниках в связи с технологией ЦРЧП (DRFM) также используются такие понятия, как цифровой синтезатор образов (digital image synthesizer) и синтезатор ложных целей (false target image synthesizer) [3, 4]. Под данными устройствами понимают не только собственно цифровую часть, то есть ЦРЧП, но и устройство в целом, включая входные и выходные радиочастотные блоки.

ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ЦРЧП

Применение технологии ЦРЧП позволяет получить ряд существенных преимуществ для систем РЭБ и других устройств и радиосистем.

В системе с ЦРЧП нет необходимости формировать сигнал для воздействия на РЛС противника с нуля. Для этой цели используется принимаемый сигнал РЛС, который соответствующим образом обрабатывается. Обратный сигнал, передаваемый системой с ЦРЧП в сторону РЛС, воспринимается ею не как посторонний мешающий сигнал, который нужно отфильтровать, а именно как полезный сигнал, содержащий информацию об интересующих объектах. То есть этот сигнал не может быть проигнорирован РЛС, что весьма важно.

Системы с ЦРЧП – многофункциональные, способны работать как в различных режимах подавления РЛС, так и формировать многочисленные ложные образы целей.

Механизм функционирования системы с ЦРЧП позволяет применять ее для оказания мешающего воздействия на системы связи и радиоразведки противника. Также эта система может вводить противника в заблуждение посредством имитации работы собственной РЛС или системы связи и излучения соответствующих импульсных и модулированных сигналов.

Для функционирования системы с ЦРЧП и эффективного воздействия на РЛС противника не требуется высокая мощность радиопередающего устройства, что характерно для классических систем радиоподавления, которые активно разрабатывались и применялись в течение нескольких десятков лет. Поэтому в таких системах зачастую нет необходимости использовать мощные источники электропитания.

Технология ЦРЧП позволяет создавать компактные устройства, которые могут быть установлены на транспортных средствах многих типов, в том числе на небольших летательных аппаратах.

При изменении решаемых задач зачастую нет необходимости заменять всю систему РЭБ с ее радиочастотным блоком, достаточно внести необходимые изменения в программно-цифровую часть.

Устройства с ЦРЧП могут функционировать в автоматическом режиме, что создает хорошие перспективы их активного применения на беспилотных и роботизированных платформах.

В то же время для эффективного противодействия радарам современные системы ЦРЧП должны быть широкополосными и обеспечивать высокую скорость преобразования сигналов. Для этих целей необходимы быстродействующие АЦП и ЦАП, которые являются критически важными компонентами этих систем.

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЦРЧП

Первое упоминание о технологии ЦРЧП (DRFM) относится к 70-м годам 20 века. На первых этапах в системах РЭБ использовалась относительно простая структура ЦРЧП (рис.2), которая позволяла переизлучать в сторону РЛС противника копии принятых сигналов с нужными задержками по времени и с необходимыми изменениями по амплитуде и частоте [5]. Это давало

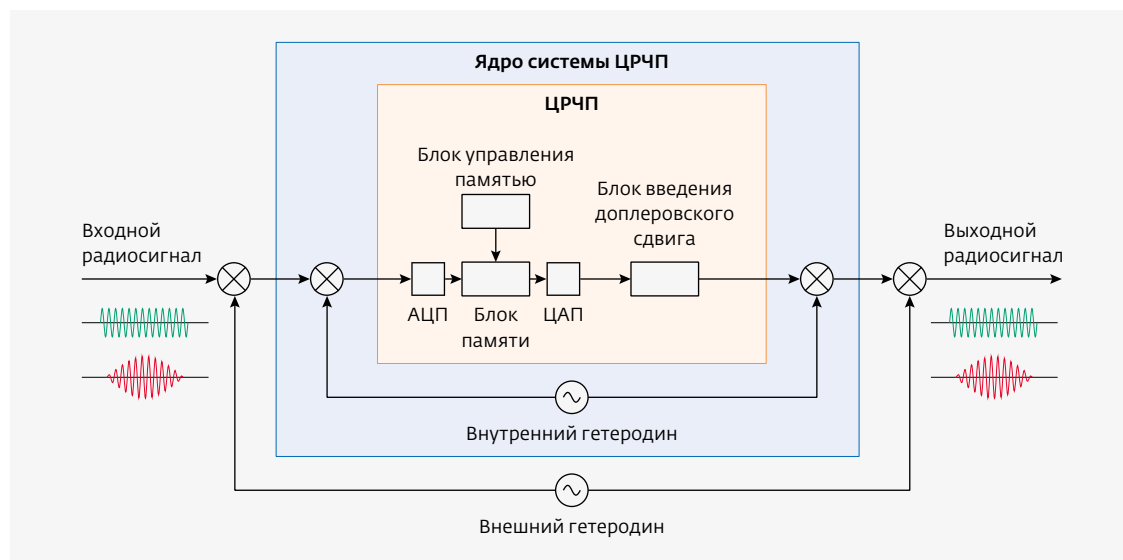


Рис.2. Структура ЦРЧП, использовавшаяся на ранних этапах для противодействия относительно простым радарам

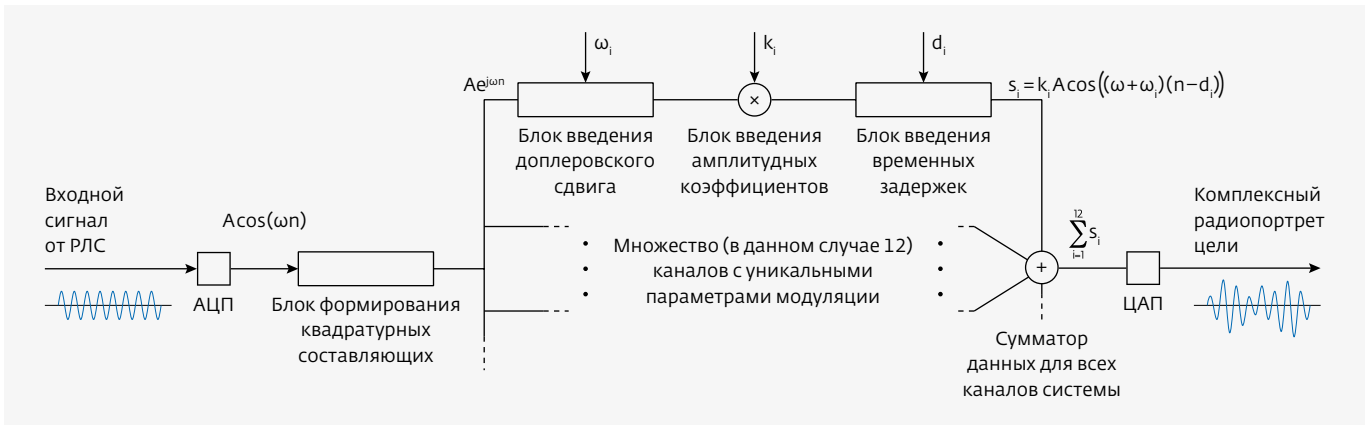


Рис.3. Современная структура ЦРЧП для создания сложных радиопортретов

возможность противостоять РЛС с простыми импульсными сигналами, создавая для них ложные цели стационарных и мобильных объектов.

На более поздних этапах развития в РЛС стали использоваться сложные сигналы с внутриимпульсной модуляцией – как частотной, так и фазовой. Также в современных РЛС применяется усовершенствованная обработка сигналов, основанная на спектральном анализе и корреляционных методах. Современные РЛС со сложными сигналами способны не только обнаруживать цели, но и определять их тип и структуру. Для противостояния таким РЛС нужны более совершенные системы ЦРЧП.

Современная структура ЦРЧП (рис.3) позволяет формировать нужный радиопортрет цели с учетом множества точек отражения сигнала РЛС со своими параметрами. Общий отраженный сигнал формируется как сумма частных отраженных сигналов со своей амплитудой, задержкой, частотными и фазовыми сдвигами. При принятии такого сигнала в радиоприемном устройстве (РПУ) РЛС формируется образ нужной цели: военного самолета определенного типа, протяженного объекта, к примеру, корабля, групповой цели и др. [5].

Приведенные в табл.1 данные позволяют получить представление о различных поколениях устройств ЦРЧП [5]. Здесь нужно учесть, что это информацион-

Таблица 1. Ключевые характеристики устройств ЦРЧП различных поколений

Характеристика	Поколения устройств и систем ЦРЧП			
	второе, 1999–2003 гг.	третье, 2004–2006 гг.	четвертое, 2007–2011 гг.	пятое, 2012–2016 гг.
Частота дискретизации, Гвыб/с	1	1,2	2	5
Разрешение АЦП и ЦАП, бит	8	10	10, 12	10, 12
Мгновенная ширина полосы частот, МГц	400	500	800	2000
Разрешение по задержке распространения, нс (м)	16 (2,4)	13,3 (2); 3,3 (0,5)	0,5 (75 мм)	0,2 (30 мм)
Динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих, дБн	30	36	45	>45
Цифровое мгновенное измерение частоты	Нет	Нет	Есть	Есть
Цифровой эквалайзер	Нет	Нет	Есть	Есть
Произвольная модуляция	Нет	Нет	Есть	Есть
Коррекция фазы, связанная с увеличением расстояния	Нет	Нет	Есть	Есть
Типовая системная задержка, нс	120–250	120–250	70–280	>70

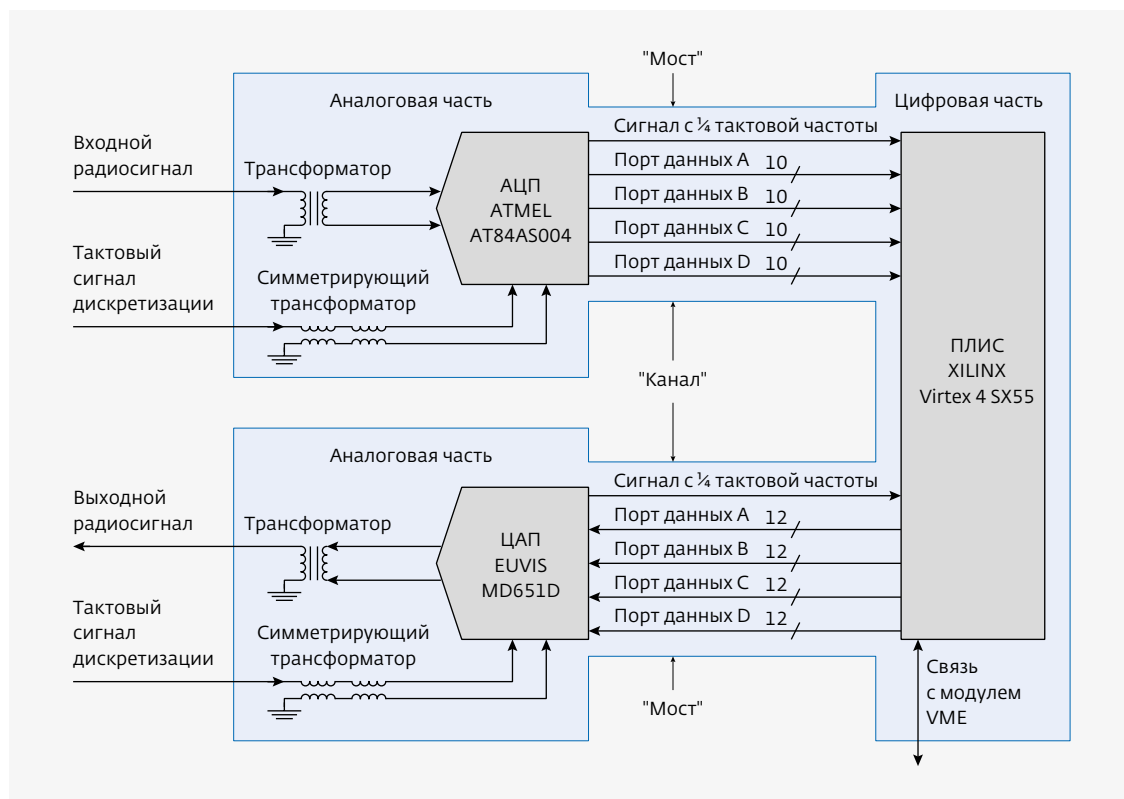


Рис.4. Структура ЦРЧП на ПЛИС

ный источник 2011 года, и данные по пятому поколению ЦРЧП являлись лишь прогнозом и могут отличаться от параметров новых устройств и систем.

Данные в таблице показывают, что технология ЦРЧП развивается в направлении создания широкополосных систем, увеличения разрешения АЦП и ЦАП, повышения динамического диапазона, свободного от паразитных составляющих, увеличения разрешения по параметрам формируемых целей, реализации дополнительных корректирующих и других функций.

В современных системах ЦРЧП активно применяются ПЛИС и цифровые процессоры обработки сигналов. Одна из таких систем (рис.4) – широкополосная высококачественная ЦРЧП, построенная на ПЛИС [6]. Среди приложений устройства – работа против импульсно-доплеровского радара.

В этой схеме использованы АЦП производства ATMEЛ AT84AS004, ЦАП фирмы EUVIS MD651D и ПЛИС компании XILINX Virtex 4 SX55. Частота дискретизации составляет 2 Гвыб/с, полоса частот – 800 МГц. Измеренное значение динамического диапазона, свободного от паразитных составляющих, для частот 100–900 МГц не хуже –47 дБн.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ЗАРУБЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ЦРЧП

Среди зарубежных средств с ЦРЧП выделяются изделия нескольких типов: собственно модули радиочастотной

памяти; радиомодули с блоком ЦРЧП, которые могут быть установлены на различные объекты; генераторы имитации отраженных сигналов, используемые для тестирования радаров и обучения персонала; многоканальные и многофункциональные симуляторы для радаров и задач РЭБ.

Модули ЦРЧП

Зарубежными компаниями выпускаются модули ЦРЧП с полосой частот на уровне 1 ГГц (табл.2).

Одно из таких устройств – широкополосный модуль компании Kratos-CTI. Глубина памяти (максимальная длительность записываемого сигнала) у него составляет 200 мс. Модуль позволяет формировать до 16 независи-

Таблица 2. Характеристики модулей ЦРЧП

Компания	Тип устройства, особенности	Полоса частот/ частота дискретизации, ГГц	Разрешение АЦП и ЦАП, бит	Разрешение по задержке, нс	Динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих, дБн	Тип исполнения
Kratos-CTI	Модуль ЦРЧП высокого качества	0,2/0,5	12; 16	2	65	Однослотовый модуль VME-64X
Kratos-CTI	Широкополосный модуль ЦРЧП	0,9/2,2	10; 12	0,5	47	Однослотовый модуль VME-64X
KOR Electronics	Широкополосный модуль ЦРЧП	1/-	10; 12	0,5	50	Двухслотовый модуль VME
Mercury Systems	Квадратурный модуль ЦРЧП SP30302	0,6/0,72	-	5,56	Паразитные составляющие <-20 дБн	Однослотовый модуль 6U VME-64X
Radio Frequency Simulation Systems	Одноканальный модуль ЦРЧП	0,9/2,2	10; 12	0,5	Паразитные составляющие -49 дБн для наихудшего случая	Однослотовый модуль 6U VME×160 мм
Radio Frequency Simulation Systems	Одноканальный модуль ЦРЧП в защищенном исполнении	0,725-1,4/1,8-3,6	12; 12	0,5-0,3	Паразитные составляющие -60 дБн для наихудшего случая	Широкий однослотовый модуль 3U VPX×160 мм

мых и скоординированных значений расстояния, доплеровского сдвига и амплитуды для целей на один канал. При этом в стандартной 19-дюймовой стойке может быть реализовано до восьми каналов ЦРЧП.

У другого устройства этой компании – модуля памяти высокого качества (High Fidelity Digital RF Memories) [7] – не такая широкая полоса (200 МГц), но весьма высокое разрешение АЦП и ЦАП – 12 и 16 бит соответственно. Глубина памяти – до 8 мс.

У широкополосного модуля разработки компании KOR Electronics, которая в дальнейшем была приобретена фирмой Mercury Systems, диапазон задержки составляет от 120 нс до 7,5 мс, длительность импульса – от <20 нс до непрерывного сигнала, частота повторения импульсов – <100 Гц – 5 МГц; диапазон доплеровского сдвига ± 2 МГц, разрешение по доплеровскому сдвигу 0,05 Гц [8].

У модуля ЦРЧП компании Mercury Systems [9] промежуточная частота находится в полосе от 2,5 до 3,5 ГГц, минимальная длительность входного импульса 40 нс, глубина памяти более 1 мс, задержка в блоке памяти менее 90 нс.

Модуль ЦРЧП в обычном исполнении компании Radio Frequency Simulation Systems [10] характеризуется диапазоном по задержке от 50 м до 30 000 км, диапазоном доплеровского сдвига ± 20 МГц, контролем амплитуды в диапазоне 0–40 дБ с шагом 0,125 дБ. Компания также выпускает модули памяти в специальном, защищенном исполнении [10].

Разработкой модулей ЦРЧП занимаются и другие компании, в частности Curtiss-Wright [11].

Радиомодули с ЦРЧП

Радиомодули представляют собой комплексные изделия, содержащие как радиочастотные части, так и ЦРЧП.

Интересные изделия, характеризующие данную группу продукции, – модули компании Mistral, которая выпускает устройство на основе процессора обработки сигналов (рис. 5а) и на основе ПЛИС (рис. 5б) [12], этот модуль относительно невысокой стоимости.

Диапазон входных/выходных радиочастот этих модулей 1500–2500 МГц; уровень входных и выход-

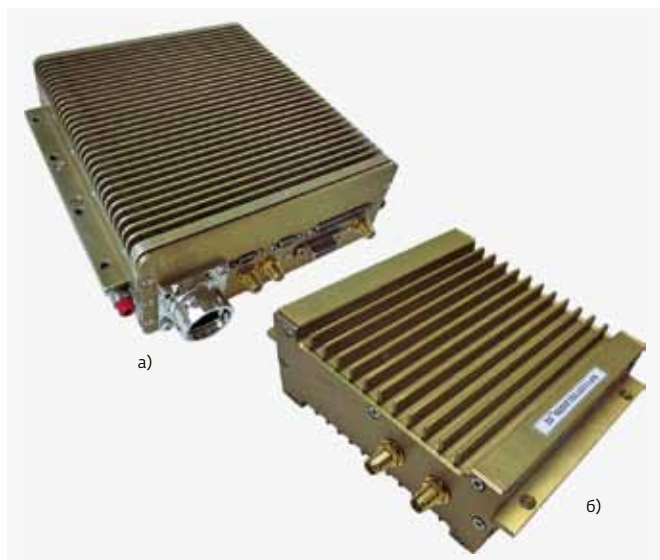


Рис.5. Радиомодули с ЦРЧП компании Mistral на основе процессора обработки сигналов (а) и ПЛИС (б)

ных радиосигналов $-2...8$ дБм; полоса частот видеосигнала $0-100$ МГц; подавление нежелательной боковой полосы 30 дБн; уровень просачивания несущей -30 дБн; диапазон рабочих температур $-40...60$ °С; напряжение питания ± 5 В.

Процессорный модуль выполнен с двумя ПЛИС Virtex-5 SX, процессором обработки сигналов BF539 Blackfin и памятью QDR-II объемом 8 Мбайт. Этот модуль размером $150 \times 150 \times 50$ мм предназначен для ответственных приложений, когда необходим контроль со стороны пользователя. Он идеально подходит для создания образов ложных целей. Для внешнего управления предусмотрены интерфейсы RS-232 и Ethernet.

Модуль невысокой стоимости с упрощенной структурой содержит одну ПЛИС Virtex-5 SX и не поддерживает хранение данных. Его размеры $100 \times 100 \times 40$ мм. Модуль хорошо подходит для таких устройств однократного использования, как радиоловушка.

Еще один пример изделий данного типа – это многофункциональный радиопередатчик RAPTOR компании Trident Systems [13] на основе технологии ЦРЧП. Приемопередатчик предназначен для использования на авиационных и космических аппаратах разных типов для решения задач локации, связи, радиоэлектронной борьбы и других.

Генератор для тестирования радаров

Высококачественный генератор PhantomRF компании Dynetics, предназначенный для тестирования радаров [14], включает в себя эффективный механизм формирования ложных целей. Данное устройство способно

также реализовывать различные методы электронного противодействия, в том числе генерацию шумов многих типов.

Основные характеристики генератора:

- диапазон радиочастот: $2-18$ ГГц;
- мгновенная полоса частот: 1 ГГц;
- частота дискретизации: 2,5 ГГц;
- разрешение АЦП и ЦАП: 12 и 14 бит;
- промежуточная частота: $1,375-2,375$ ГГц;
- количество одновременных целей: до 32;
- расстояние до целей и задержка: 150 м – 675 км, 1 мкс – $4,5$ мс.

Компания предлагает ряд дополнительных возможностей для пользователей вместе с системой PhantomRF, в частности высокоскоростное устройство записи оцифрованных сигналов на диск для дальнейшего дополнительного анализа.

Разработкой генераторов для тестирования радаров с использованием технологии ЦРЧП также занимается компания Radio Frequency Simulation Systems [10]. Генераторы разрабатываются для общей полосы частот $0-40$ ГГц.

Многоканальный симулятор радиоэлектронной обстановки

Компания Kratos-CTI выпустила многоканальный симулятор радиоэлектронной обстановки DRFM-RES, служащий для тестирования радаров, обучения персонала и разработки систем РЭБ [15].

В данной системе может одновременно работать до 20 каналов и генерироваться до 500 целей. Основные характеристики симулятора:

- полоса частот: до 1,5 ГГц;
- диапазон рабочих частот: $2-18$ ГГц и др.;
- разрешение АЦП и ЦАП: 10 и 12 бит;
- разрешение по задержке: 0,5 нс;
- глубина памяти: до 200 мс;
- динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих: 45 дБн;
- ширина импульса: от 25 нс до непрерывного сигнала;
- динамический диапазон: 120 дБ;
- разрешение по амплитуде: 0,25 дБ;
- диапазон доплеровского сдвига: ± 10 МГц;
- разрешение по доплеровскому сдвигу: 0,5 Гц;
- диапазон задержки: от 300 нс до 8 мс.

Вместе с симулятором могут применяться антенны с механическим, электронным и комбинированным сканированием. При функционировании симулятора и генерировании целей возможен учет погодного фактора.

Симуляторы предназначены для использования в лабораториях, безэховых камерах, на испытательных полигонах и авиационных платформах.



Рис.6. Активная радиоловушка компании Selex ES

Модули-радиоловушки

Специфическая категория изделий с ЦРЧП, используемых для решения задач РЭБ, – радиоловушки. Типовое применение таких изделий – защита самолетов от ракет противника. При этом сигналы радиоловушки воздействуют на РПУ РЛС головки самонаведения ракеты и сбивают ее с курса.

Одно из таких устройств – активная радиоловушка компании Selex ES [16] (рис.6). Данная радиоловушка выпускается с самолета, из стандартного картриджа. Устройство заранее программируется, может изменять режимы функционирования во время полета. Ее масса 1,1 кг, диаметр 55 мм, питание – от батарей. Компания планирует в ближайшем будущем уменьшить диаметр устройства до 21,8 мм.

Радиоловушка может храниться в течение пяти лет. Ее существенные преимущества – невысокая цена и удобство эксплуатации. Здесь требуется лишь минимальная подготовка оператора; радиоловушка также может выпускаться автоматически.



Рис.7. Универсальное устройство формирования сигналов

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ЦРЧП

Устройство формирования сигналов

Одна из значимых отечественных разработок в данной области – универсальное устройство формирования сигналов на основе ЦРЧП [17] (рис.7, 8), созданное в ЦНИРТИ им. акад. А.И.Берга [18]. Данное устройство может формировать различные выходные сигналы – от шумовых до имитационных, создающих на экране РЛС ложные отметки цели. Устройство способно при необходимости изменять параметры выходных сигналов на основе анализа входных сигналов.

Радиолокационный портрет объекта представляется совокупностью так называемых "блестящих точек" – отражений зондирующего сигнала от различных поверхностей объекта и его углов. Каждая блестящая точка описывается тремя параметрами: амплитудой, задержкой и доплеровским смещением.

В устройстве используется перенос радиочастотного сигнала из рабочего диапазона 750–1250 МГц в диапазон промежуточных частот 0–250 МГц с одновременным формированием квадратурных составляющих сигнала. В качестве сигнала гетеродина используется сигнал с частотой 1 ГГц, соответствующей середине рабочего диапазона.

Разработчики устройства применили шестиразрядное амплитудное квантование квадратурных составляющих сигнала. Частота дискретизации сигнала равна 600 МГц. В устройстве используется специально разработанная для цифровой обработки и формирования

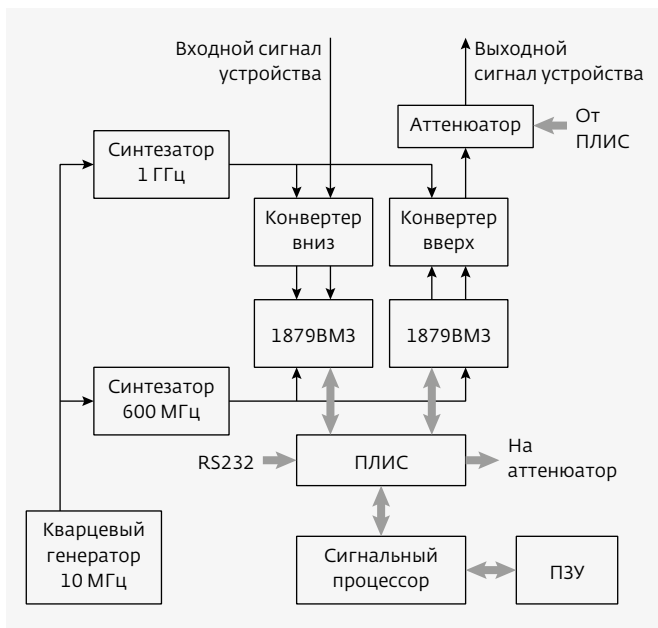


Рис.8. Функциональная схема устройства формирования радиопортрета

сигналов микросхема 1879ВМ3 (компании НТЦ "Модуль"), представляющая собой быстродействующий программируемый сигнальный контроллер. Она изготовлена на основе 0,25 мкм КМОП-технологии, степень интеграции – 1400 000 эквивалентных вентиляей.

Основные функции контроллера:

- оцифровка, запись и хранение в памяти цифровой копии сигнала;
- восстановление сигнала из хранящейся в памяти цифровой копии;
- выполнение вычислений в соответствии с заданными законами модуляции;
- управление работой устройства цифрового запоминания частоты в соответствии с программой, заранее размещенной в памяти команд контроллера.

Основными цифровыми элементами модуля формирования сигналов являются:

- две полузаказные СБИС 1879ВМ3;
- ПЛИС фирмы ALTERA семейства Stratix II;
- высокоскоростной сигнальный процессор TMS320C6414.

Устройство формирования радиолокационных портретов объектов обладает следующими основными характеристиками:

- частотный диапазон: 750–1250 МГц;
- динамический диапазон входного сигнала: –25...5 дБм;
- количество блестящих точек: до 32;
- диапазон доплеровских сдвигов для блестящих точек: ± 120 кГц;
- диапазон задержек для блестящих точек: 0,7–7 мкс;
- диапазон амплитуд для блестящих точек: 30 дБ;
- шаг изменения доплеровского сдвига: 0,59 Гц;
- шаг изменения задержки: 1,666 нс;
- шаг изменения амплитуды: 1 дБ;



Рис.9. Военный самолет с контейнером для РЭБ на консоли крыла

- масса: 470 г;
- габариты: 220 × 100 × 40 мм;
- напряжение питания: 5 В;
- максимальный потребляемый ток: 5 А.

В устройстве используется интерфейс управления RS-232.

Контейнерная станция активных помех индивидуальной защиты САП 518

Станция САП 518 предназначена для защиты самолетов типа Су-34МК от поражения современными и перспективными ракетами класса "поверхность-воздух" и "воздух-воздух" [19]. На сегодняшний день станция является одной из самых эффективных в мире. Она оснащена системой ЦРЧП, создана КНИРТИ (Калужский научно-исследовательский радиотехнический институт). Станция работает в диапазоне частот 2–18 ГГц. Размещается в двух подвесных контейнерах на крыльях самолета (рис.9). В одном контейнере находится приемник, в другом – передатчик для формирования ответного сигнала помехи.

По мнению специалистов США, бортовая система САП 518 особенно эффективна против ракет с активными радиолокационными головками самонаведения (РГСН), которые являются основным вооружением американских истребителей.

Малогобаритная станция помех МСП-418К

В ЦНИРТИ им. акад. А.И.Берга было создано современное радиоэлектронное средство для защиты самолетов на основе технологии ЦРЧП. Малогобаритная станция МСП-418К (рис.10) предназначена для защиты самолетов семейства МИГ-29 [1, 18, 20]. Станция может работать в диапазонах частот 4–18 ГГц, мощность передатчика равна 100 Вт, габариты контейнера – 230 × 225 × 3800 мм, масса контейнера – 150 кг.



Рис.10. Малогобаритная станция помех МСП-418К

Функционирование станции оптимизировано для работы с авионикой самолета-носителя в части электромагнитной совместимости, а также использования единой системы индикации и контроля. Станция помех обеспечена системой встроенного самоконтроля технического обслуживания без дополнительной контрольно-поверочной аппаратуры. Предусмотрена адаптация станции к современным самолетам-истребителям других фирм-производителей.

Станция активных помех "Рычаг-АВ" для вертолетов

Новейший вертолетный комплекс РЭБ способен обеспечить групповую защиту наземных, надводных и воздушных объектов от ударов с воздуха и наземных (надводных) средств ПВО противника в радиусе сотен километров [21]. Комплекс Ми8-МТПР-1 представляет собой вертолет Ми-8МТВ-5-1 с уникальной станцией активных помех "Рычаг-АВ".

В станции РЭБ используется технология ЦРЧП и многолучевая антенная решетка. По информации пресс-службы разработчика станции – АО "Концерн Радиоэлектронные технологии" (КРЭТ) – эта универсальная станция может быть установлена на вертолетах и самолетах, а также на стационарных и подвижных наземных и надводных объектах. Она не имеет аналогов в мире и создана на основе отечественных комплектующих.

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЦРЧП

Обобщение данных о разработках в области ЦРЧП позволяет прогнозировать развитие этой технологии. Основные направления развития систем и устройств с ЦРЧП заключаются в следующем:

- разработка сверхширокополосных систем, с полосой до 2 ГГц и выше;
- развитие многоканальных и многофункциональных систем, которые одновременно решают задачи противодействия радарам разных типов, функционирующих в нескольких частотных диапазонах с различающимися сигналами;
- развитие адаптивных систем, изменяющих параметры и алгоритмы своего функционирования в зависимости от ситуации: частоту, полосу частот, типы модуляции, виды создаваемых портретов целей и т.д.;
- формирование радиопортретов новых непростых целей, отличающихся такими характеристиками, как небольшие размеры, высокая скорость и сложная маневренность, необычная структура и поверхность, изменение конфигурации: беспилотников, крылатых ракет новых типов и др.;
- создание радиопортретов объектов с учетом дополнительных факторов: используемых материалов, особенностей поверхности, погодных условий и др.;

- противодействие радарам со сложными сигналами (с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты, шумоподобными и др.);
- разработка методов снижения паразитных составляющих в ЦРЧП;
- развитие дополнительных и корректирующих функций – измерение частоты сигналов и др.;
- разработка и создание микроминиатюрных устройств ЦРЧП, которые, например, могут быть установлены на беспилотниках с очень малыми размерами, а также стать основой создания новых малогабаритных радиоловушках;
- проработка вопросов совместного функционирования группы систем ЦРЧП, расположенных на разных транспортных платформах, что позволяет одновременно имитировать многие цели в разных секторах пространства и формировать сложные картины развития обстановки;
- использование технологии ЦРЧП для анализа ЭМС, то есть влияния отраженных сигналов радаров военного и гражданского назначения на системы связи и другие радиосистемы: сотовые, спутниковые, транкинговые, системы управления и др.;
- опыт разработки и эксплуатации устройств с ЦРЧП может быть использован при создании систем радиосвязи с ретрансляторами, поскольку эти устройства можно рассматривать как специфические ретрансляторы и корректоры сигналов;
- использование систем с ЦРЧП для составления баз данных как по принятым сигналам радаров, так и сформированным сигналам-радиопортретам, что можно в дальнейшем использовать в гражданских и военных системах для контроля радиочастотного спектра, а также в учебных программах; данные о различных сигналах можно применять для научного анализа и поиска обобщающих закономерностей.

Таким образом, применение систем с ЦРЧП позволяет эффективно противодействовать самым современным РЛС. Эти системы активно развиваются и в будущем смогут обеспечить еще более широкие возможности для решения задач РЭБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лобанов Б.** Наше кредо – новаторство. – www.oborona.ru/includes/periodics/defense/2013/0807/151611489/detail.shtml.
2. **Rajitha K., Venkata Rao T., Sudhakar B.** Digital RF Memory Based Target simulator For Radar // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. September 2014. Vol. 4. Issue 9.
3. **Pace P.E., Fouts D.J. and Zulaica D.P.** Digital Image Synthesizers: Are Enemy Sensors Really Seeing What's

- There? // 72nd MORS Symposium, Working Group 9, 15 November 2004. P. 1–10.
4. An All-digital Image Synthesizer for Countering High-Resolution Imaging Radars. – Technical Report. Naval Postgraduate School, 2000.
 5. **Olivier K.** Advances in DRFM technology during the past decade and its importance as part of an EW suite // Aardvark Roost AOC Conference, CSIR, Pretoria, South Africa, 14 September 2011.
 6. **Strydom J.J., Cilliers J.E., Gouws M., Naicker D., Olivier K.** Hardware in the loop radar environment simulation on wideband DRFM platforms // IET International Conference on Radar Systems (Radar 2012), 22–25 Oct. 2012. DOI: 10.1049/cp.2012.1687.
 7. www.kratosdefense.com
 8. New wideband digital RF memory. – www.rhombustechnologies.com.au.
 9. www.mrcy.com
 10. www.rfss-inc.com
 11. www.curtisswrightds.com
 12. Next generation DRFM platform. Mistral Solutions Pvt. Ltd. – www.mistralsolutions.com.
 13. www.tridsys.com
 14. Advanced DRFM target generator for radar test and evaluation. – www.dynetics.com.
 15. DRFM based Radar Environment Simulator. – www.kratosdefense.com.
 16. BriteCloud expendable active decoy. Selex ES Ltd. – www.selex-es.com.
 17. **Галашин М.Е., Лисовская Т.В., Мельников М.Ю., Кочеров А.Н., Полянский П.О.** Формирование изображения ложной цели на экране радиолокаторов с синтезированной апертурой с помощью универсального устройства формирования сигнала на основе полужаказной СБИС 1879ВМ3 // Материалы конференции по беспилотным системам UVS Tech 2010. uvs-info.com; studydoc.ru.
 18. www.цирпти.рф
 19. Самолетная станция САП 518: Превосходство признали в США. Анатолий Соколов, Росинформбюро, 05.11.2014. – www.rosinform.ru.
 20. Контейнер мал, да удал... Анатолий Соколов, 02.08.15. Информационное агентство "Оружие России". – www.arms-expo.ru/news/novye_razrabotki.
 21. "Рычаг-АВ": Станция РЭБ групповой защиты. Анатолий Соколов, Росинформбюро, 04.03.2015. – www.rosinform.ru.

АБРИС

15 лет с Вами!

*Crede Experto!
Доверяй опытному!*

СЕЛЕКТИВНАЯ ПАРКА СЛОЖНЫХ РАЗЪЕМОВ

МОНТАЖ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

МОНТАЖ BGA МИКРОСХЕМ

ОТМЫВКА ВРАГОЗАЩИТА РЕНТГЕН-КОНТРОЛЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ

НАСТРОЙКА ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ КОМПЛЕКТАЦИЯ НОИ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОВЕРХНОСТНЫЙ И ВЫВОДНОЙ МОНТАЖ

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОРПУСА ДЛЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

КОРПУСИРОВАНИЕ РОР ТЕХНОЛОГИИ

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ ЛЮБОЙ СЛОЖНОСТИ

ПЛАТЫ И БЛОКИ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ РЕШЕНИЙ

ВАНДАЛОЗАЩИЩЕННЫЕ КЛАВИАТУРЫ

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СИЛИКОНОВЫЕ КЛАВИАТУРЫ

ВСЕ ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ И КОНТРОЛЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ БЛОКИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ВЫСОКИХ ЧАСТОТНЫХ И СВЯЗНЫХ РАЙОНАХ ДВУХ ДОС 1000

СООБЩАЕМ ПРОГРАММЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

DFM-АНАЛИЗ

СВЧ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ

РАЗВАРКА КРИСТАЛЛОВ

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА НА КАЖДОМ ЭТАПЕ

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

МНОГОСЛОЙНЫЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

ОРИОН-СИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

МЕМБРАННЫЕ КЛАВИАТУРЫ

ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ РЕШЕНИЙ

СЕРВИСНОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ СБ-БЛОКОВ С РАБОЧЕЙ ДИАПАЗОНОМ СВЯЗИ 100 ГЦ

www.a-contract.ru

E-mail: info@acont.ru

Tel: +7 (812) 703-00-55

А-КОНТРАКТ