

Приемник с высоким временным разрешением для исследования радиоизлучения

В. В. Захаренко, В. С. Николаенко, О. М. Ульянов, Р. А. Мотиенко

*Радиоастрономический институт НАН Украины,
ул. Краснознаменная, 4, г. Харьков, 61002, Украина
E-mail: zakhar@rian.kharkov.ua*

Статья поступила в редакцию 5 июня 2007 г.

Представлены характеристики, схемные решения и результаты тестов приемника с высоким временным разрешением, предназначенного для исследования радиоизлучения пульсаров и других быстропеременных радиоисточников. Выбрана двухканальная структура построения приемника, что обеспечивает широкие возможности при регистрации и обработке зарегистрированных данных. При потоке данных до 28 Мб/с приемник способен вести непрерывную запись без пропусков информации. Объем такой записи ограничивается только свободным дисковым пространством. Использование нескольких синтезаторов частоты позволяет независимо устанавливать частотный диапазон каждого канала. Ширина полосы каждого канала может выбираться в диапазоне $2 \div 7$ МГц. Регулировка усиления превышает 40 дБ и независима в каждом канале. В приемнике обеспечена частотная и временная привязка записываемых данных к опорным сигналам стандартов частоты и времени. Измерительные элементы приемника позволяют контролировать частоты всех синтезаторов, уровень входного сигнала и разность амплитуд и фаз между каналами.

Введение

Для исследования нестационарных явлений в радиоизлучении пульсаров (субимпульсов, гигантских импульсов, микроструктуры и т. п.) необходимо высокое временное разрешение. В наиболее низкочастотном (доступном для наблюдений с Земли) декаметровом диапазоне возникают серьезные трудности, связанные с эффектами рассеяния и дисперсионной задержки импульса при распространении в межзвездной среде, приводящими к уширению импульсного сигнала. Частотная зависимость дисперсионной задержки момента прихода импульса известна хорошо и выполняется с высокой точностью во всем радиодиапазоне, доступном для земных измерений. В спектральных приемниках (цифровых приемниках с вычислением

спектра в реальном времени или фильтровых анализаторах) временное разрешение обусловлено уширением импульса в полосе частот парциального канала. Расчет показывает, что при спектральном разрешении $\Delta f = 1$ кГц на частоте приема 20 МГц импульсы от ближайших пульсаров, имеющих минимальные меры дисперсии (~ 3 пк/см³), будут характеризоваться временем группового запаздывания между соседними спектральными составляющими $\tau_d \sim 1$ мс (см. например [1]). Такой предел временного разрешения уже достигнут в наблюдениях с использованием детекторных приемников. С другой стороны, соотношение сигнал/шум, пропорциональное $(\Delta F \tau)^{1/2}$, связано с общей шириной полосы ΔF и постоянной интегрирования τ , которая должна быть минимальна для достижения вы-

сокого временного разрешения. Таким образом, общая полоса, а значит, и чувствительность, ограничены частотным разрешением, определенным из условий получения требуемого временного разрешения, и количеством частотных каналов.

Принципиальное улучшение временного разрешения достигается при додетекторном устранении влияния дисперсии [2]. Эта методика хорошо известна и широко применяется на высоких частотах (COBRA, обсерватория Джозеф Бэнк [3]; CPSR2, обсерватория ATNF; ASP, обсерватории Аресибо и Грин Бэнк; GASP, Грин Бэнк).

Если аналоговая часть приемника для работы в условиях высокого уровня помех (усилители, смесители и т. п.) отработана в аппаратуре, разрабатываемой в РИ НАН Украины для радиотелескопа УТР-2 и радиотелескопов системы УРАН [4-6], то цифровая часть, до недавнего времени, не позволяла записывать и хранить большие объемы информации. Но с развитием компьютерных технологий хранения и высокоскоростной передачи данных появились широкие возможности для регистрации больших объемов информации.

Опыт использования приемников с высоким временным разрешением в метровом и декаметровом диапазонах показал эффективность применения широкополосной записи [7, 8]. Однако существующие приемники с высокоскоростной записью – до нескольких гигабит в секунду [9, 10], разрабатывались для менее пораженных помехами диапазонов, чем декаметровый. Поэтому они имеют недостаточный динамический диапазон (10 ÷ 25 дБ).

Для обработки и последующего определения характеристик принятого излучения основным преимуществом регистрации сигнала промежуточной частоты является то, что он может быть записан без внесения каких-либо искажений. Действительно, вычисление как динамических спектров, так и додетекторное дедиспергирование в реальном времени сразу подвергает сигнал предварительной обработке

и ухудшает или временное, или частотное разрешение, связанные с выбранными параметрами регистрации. Запись исходных данных с высоким временным разрешением дает возможность использовать их при решении различного типа задач – от регистрации микроструктуры и поиска различных короткопериодических явлений [11] до получения среднего профиля пульсаров – с любым частотным и временным разрешением в пределах времени записи и принятого частотного диапазона.

Поскольку ценность первичных данных весьма высока, следует искать оптимальное соотношение между допустимым динамическим диапазоном и увеличением времени записи при ограниченном (из-за объема носителей) объеме хранимой информации.

Основные требования к приемнику

Изложенные соображения диктуют необходимость разработки простого, легко воспроизводимого приемника с достаточной помехоустойчивостью, надежностью и удобством в использовании.

Как отмечалось выше, компенсировать дисперсию можно как в режиме реального времени, так и после записи. Преимущества первого режима неоспоримы, так как выходной поток данных снижается на порядки без потери временного разрешения (при этом ухудшается частотное разрешение). Но в декаметровом диапазоне длин волн скорость обработки входного потока данных пока не дает возможности использовать режим реального времени. Это связано с тем, что дисперсионная задержка увеличивается пропорционально ширине полосы записи и обратно пропорционально кубу центральной частоты. Обработка записанного сигнала предъявляет гораздо меньшие требования к быстродействию соответствующего программного обеспечения, но нуждается в точной временной синхронизации и надежном контроле записи данных. В данной разработке выбран

режим высокоскоростной записи с последующей обработкой.

Таким образом, основными требованиями являются запись данных без невосстановимых потерь и разрывов, высокая чувствительность, достаточный динамический диапазон, синхронизация входного потока данных со службой времени международно признанного стандарта Global Position System – GPS. Приемник должен иметь независимую настройку каналов, контроль работоспособности отдельных узлов и прибора в целом.

Функциональные особенности

С учетом изложенных выше требований был разработан и изготовлен приемник, в котором использована широко распространенная схема с частотой гетеродина выше принимаемой полосы частот ($16 \div 30$ МГц) и промежуточной частоты в области $6 \div 14$ МГц. Двухканальная структура с независимыми гетеродинами обеспечивает следующие режимы работы:

- раздельная запись сигналов в два канала;
- изменение ширины полосы регистрации в каждом канале;
- расширение полосы за счет настройки гетеродинов на смежные или разнесенные полосы.

Первый режим используется для регистрации сигналов от двух антенн, например антенн “Север-Юг” и “Запад-Восток” (радиотелескоп УТР-2). С его помощью можно обеспечить суммирование и/или перемножение сигналов для получения карандашной, суммарной или разностной диаграммы направленности. Двухканальный режим также можно использовать для раздельной записи сигналов двух поляризаций с целью последующего определения их поляризационных параметров. Второй режим можно применять, когда по условиям задачи требуется уменьшить или увеличить полосу. Третий режим рационально использовать, когда необходимо расширить частотный диапазон за счет сдвига частот

гетеродинов одного канала по отношению к частотам другого. Это удваивает эффективную ширину полосы приема.

Гибкость структуры обеспечивается также выбором платы связи с персональным компьютером. Кроме необходимого высокоскоростного буфера, на плате ввода может быть установлен внутренний аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Однако использование внешнего, по отношению к плате ввода, АЦП представляется предпочтительным по двум причинам: для обеспечения тщательной экранировки входного аналогового сигнала от цифровых помех, а также из-за дополнительных возможностей работы с цифровым потоком.

Применяемая плата цифрового ввода может работать в режимах 2×16 , 2×8 , 2×4 бит и с соответствующим интерфейсом 2×2 бит. Увеличение числа бит при оцифровке приводит к росту динамического диапазона. Уменьшение количества бит при том же выходном цифровом потоке, например с 8-ми до 4-х или 2-х, позволяет в 2 или 4 раза расширить полосу входного сигнала, что приводит в итоге к повышению чувствительности. Оптимальное количество уровней оцифровки при исследованиях нестационарного стохастического сигнала, каким является радиоизлучение пульсаров, анализировалось достаточно подробно (см., например, [12]). В качестве вывода следует отметить, что 2 – 4-битная оцифровка при соответствующей последующей обработке при отсутствии помех вполне допустима. Кроме того, при работе с цифровым потоком появляются дополнительные возможности для синхронизации. Простые схемы логики позволяют ввести в цифровой поток метки времени, разделенные с данными по коду.

Следующей особенностью приемника является унификация синтезаторов (синтезаторы 1, 2, 3), которые используются соответственно как гетеродины, тестовые генераторы и генераторы тактовых сигналов. Для всех трех случаев применена схема синтезатора на основе схемы прямого цифрового синтеза.

Это позволило обеспечить дополнительную гибкость системы за счет возможности изменения конфигурации и введения резервирования. В режиме записи синтезаторы 1 и 2 используются в качестве гетеродинов первого и второго каналов, а синтезатор 3 – как тактовый генератор АЦП.

Проверку амплитудных и фазовых характеристик обоих каналов можно производить как встроенным генератором шума, так и по частотным точкам, подав сигнал от синтезатора 1 на оба канала, а от синтезатора 2 – на выход приемника в качестве тестового генератора для проверки работоспособности и калибровки внешних цепей телескопа.

Структура и параметры

Приемник состоит из двух идентичных каналов, блока синтезаторов и блока контроля. Блок-схема одного из каналов приведена на рис. 1. Полоса входного фильтра равна $16 \div 30$ МГц. Управление усилением двух каналов осуществляется независимо. Входной усилитель состоит из двух каскадов: транзисторного, по схеме Норттона [13] с высоким динамическим диапазоном и высокой чувствительностью, и микросхемы (МС) THS9001 [14], также с вы-

соким динамическим диапазоном и шум-фактором, не превышающим 3.5 дБ. Относительно высокий коэффициент усиления выбран из-за большого шумфактора смесителя на МС AD8343 [15]. Однако параметры смесителя – относительно высокая линейность и низкий уровень просачивания как входного сигнала, так и сигнала от гетеродина – оправдывают применение этой микросхемы. Далее сигнал преобразуется к частотному диапазону $0 \div 14$ МГц, где фильтром основной селекции выделяется требуемая полоса регистрации. При разработке планировалось, что ширина полосы фильтра промежуточной частоты (ПЧ) по уровню –20 дБ и верхняя частота в регистрируемом спектре будут не менее 2 МГц. После проведения предварительных испытаний по записи цифрового потока оказалось, что полоса ПЧ может быть расширена до 7 МГц при 8-битной оцифровке. При замене модуля фильтра ПЧ приемник может быть настроен на новую полосу. Для фильтрации зеркального канала первого преобразования должно выполняться условие: нижний срез полосы фильтра ПЧ должен быть не ниже 6 МГц.

После усилителя с управляемым коэффициентом усиления сигналы дополнительно фильтруются для подавления внеполосных

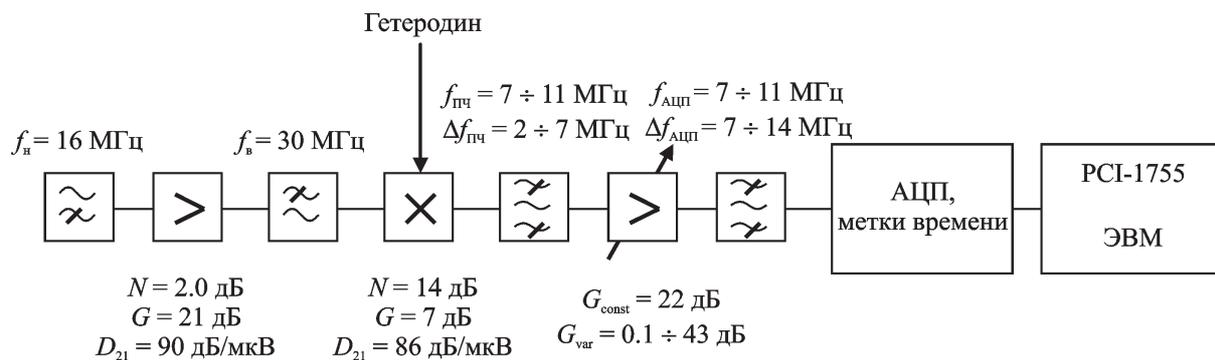


Рис. 1. Блок-схема одного канала приемника: f_H, f_B – нижняя и верхняя частоты диапазона; $f_{ПЧ}$, $\Delta f_{ПЧ}$ и $f_{АЦП}$, $\Delta f_{АЦП}$ – центральная частота и ширина полосы фильтра промежуточной частоты и фильтра дополнительной селекции перед АЦП соответственно; N – шумфактор, G – коэффициент усиления и D_{21} – динамический диапазон по интермодуляциям 3-го порядка узлов приемника

помех и шумов перед АЦП (МС AD9203). После АЦП в цифровой поток вводятся временные метки: секундные (1–2 отсчета), 10-секундные (4–5 отсчетов) и минутные (7–8 отсчетов) – количество отсчетов зависит от соотношения переменной частоты тактирования АЦП и постоянной частоты генератора меток времени.

Наложение временных меток на поток данных (с разделением по коду) выбрано из соображений удобства работы с файлами длиной 2^N , где N – целое число. Потери данных при этом составляют менее $4 \cdot 10^{-7}$. При необходимости этот режим может быть отключен. Данные центрируются относительно кода “128” и располагаются в диапазоне “1”–“255”, код времени “0” в данных является запрещенным. Формирователь меток обеспечивает привязку к фронту входного сигнала секунды с точностью не хуже 50 нс.

Сигналы старта преобразования АЦП и строба записи в цифровую плату ввода (PCI-1755 [16]) формируются из сигнала синтезатора 3, но сдвинуты друг относительно друга на полпериода. Это дает возможность записывать данные после завершения переходных процессов в линиях передачи. Запись на диск производится под

управлением специально разработанного программного обеспечения. Предусмотрена возможность оперативного контроля целостности записи и фрагментации ее на файлы длиной $128 N$ в мегабайтах. В зависимости от характеристик компьютера максимальная скорость записи без потерь данных может колебаться от 20 до 40 Мб/с.

Функциональная схема блока синтезаторов приведена на рис. 2. Он включает в себя кварцевый фильтр 5 МГц (полоса 200 Гц) для очистки опорного сигнала от помех, одночастотный PLL-синтезатор (phase locked loop – фазовая автоподстройка частоты) на основе МС AD4001 и МС AD820, который программируется на частоту 180 МГц. Эта частота является задающей для трех синтезаторов на основе микросхем прямого цифрового синтеза AD9851. Установка частоты производится с помощью процессора, находящегося в блоке управления и контроля (рис. 3). Кроме того, в функции процессора (МС ADuC832) входит управление усилением двух каналов и оцифровка напряжений измерительных микросхем разности фаз и амплитуд (МС AD8302) и измерителя мощности первого канала (логарифмический усилитель с детектором МС AD8310). Предусмотрен также преска-

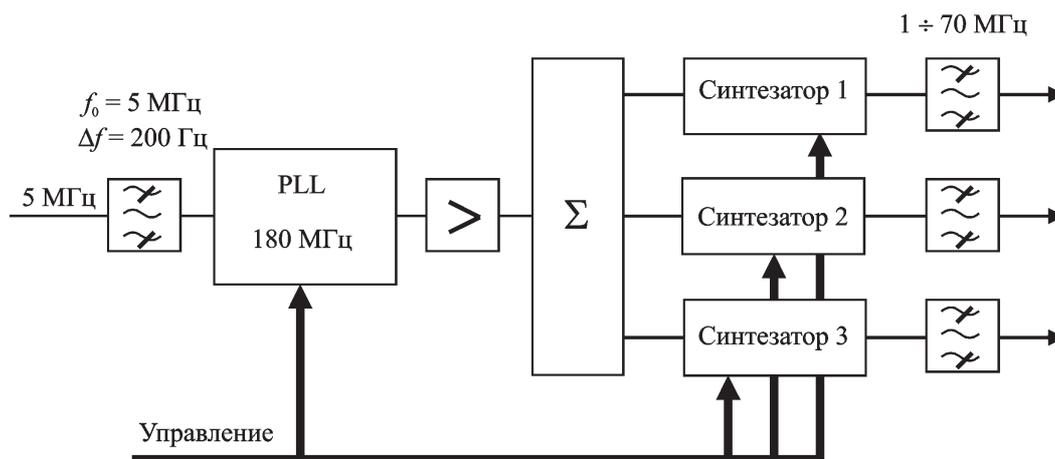


Рис. 2. Блок-схема модуля синтезаторов: f_0 , Δf , – центральная частота и ширина полосы кварцевого фильтра 5 МГц; Σ – устройство деления сигнала опорной частоты для синтезаторов

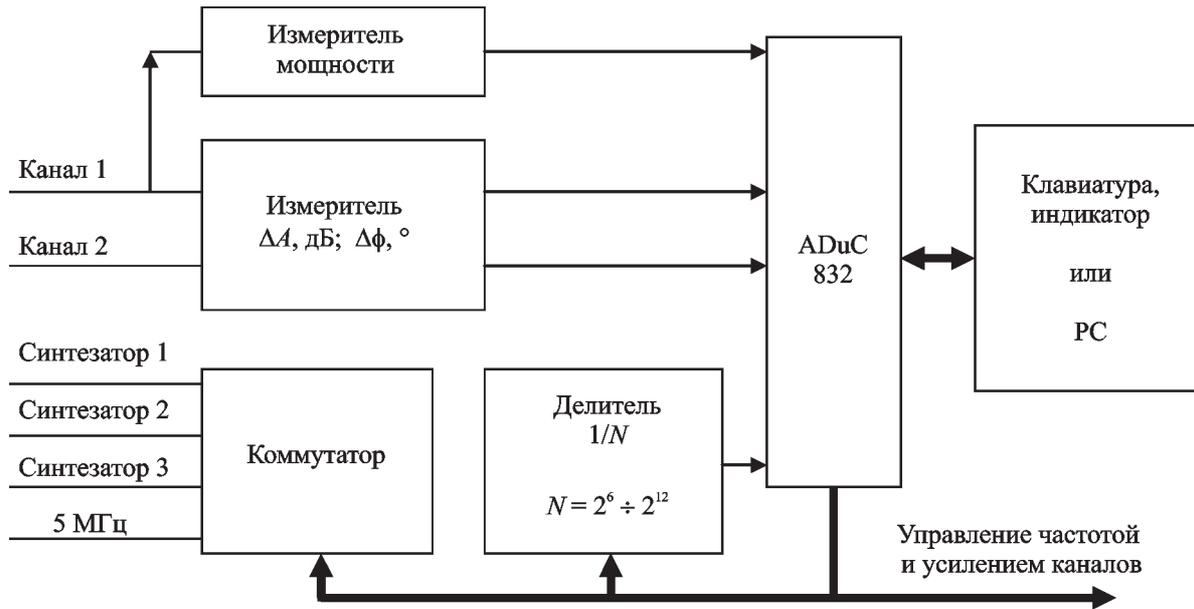


Рис. 3. Блок-схема элементов управления и контроля: ΔA – отношение амплитуд, $\Delta\phi$ – разность фаз между каналами

лер для измерения частот синтезаторов процессором ADuC832. Управляющие сигналы на процессор могут приходиться как от персонального компьютера (через последовательный интерфейс RS232), так и от установленной на передней панели приемника клавиатуры, совмещенной с индикатором.

Перед началом записи устанавливаются следующие параметры:

частоты синтезаторов – от 1.000 до 70.000 МГц;

коэффициенты усиления каналов – от 0.100 до 43.000 дБ.

По запросу с клавиатуры на индикатор выводятся:

измеренные частотомером частоты синтезаторов;

измеренная разность фаз каналов с точностью до 0.1° ;

измеренная разность амплитуд с точностью до 0.1 дБ;

измеренный уровень сигнала в первом канале перед входом АЦП с точностью

до 0.1 дБ относительно некоторого опорного уровня.

Для проверки работоспособности и параметров приемника разработана плата шумового генератора на основе стабилизатора КС527А, который хорошо зарекомендовал себя в подобных схемах на радиотелескопе УТР-2 и в системе УРАН. Основные параметры приемника приведены в таблице.

При проведении наблюдений в более высокочастотных диапазонах (метровом, дециметровом) приемник может быть подключен к выходу промежуточной частоты тракта радиотелескопа. Для подключения используется смеситель, аналогичный входному. Единственным отличием является входной фильтр и дополнительный внешний синтезатор.

Точная синхронизация – в пределах одной минуты – обеспечивается блоком временных меток. Более грубая установка времени осуществляется с помощью часов регистрирующего компьютера.

Таблица. Основные параметры приемника

Параметры	Значения
Полоса частот, МГц	16 ÷ 30
Ширина полосы принимаемых сигналов на канал, МГц	2 ÷ 7
Диапазон частот перестройки синтезаторов, МГц	1 ÷ 70
Шаг перестройки синтезаторов, Гц	0.042
Динамический диапазон (по аналоговому сигналу), дБ	> 72
Диапазон регулировки усиления, дБ	22.1 ÷ 60
Шумфактор, дБ	2.5
Диапазон выходных цифровых сигналов, бит	8, 4
Поток данных в непрерывном режиме, Мб/с	до 28

Тестирование

Проверка параметров приемника проводилась в лабораторных условиях и в условиях реального уровня помех на радиотелескопе УТР-2. Она включала тестирование амплитудно-частотных характеристик, шумфактора, помехоустойчивости приемника по реальным сигналам, стабильности амплитудных и фазовых характеристик во времени, точности временной привязки и целостности записи данных.

Сквозные амплитудно-частотные характеристики зависят от фильтра основной селекции. Например, полоса приемника с наиболее часто используемым фильтром составляет: по уровню – 3 дБ – 2 МГц, по уровню – 6 дБ – 2.4 МГц, по уровню – 20 дБ – 2.95 МГц.

Шум-фактор приемника равен 2.5 дБ. Динамический диапазон в полосе 16 ÷ 30 МГц, но вне полосы приема, превышает 72 дБ. В полосе приема динамический диапазон определяется, в конечном итоге, количеством бит при регистрации. Проведенные тесты

показывают, что в диапазоне 16 ÷ 22 МГц при 8-битной оцифровке влияние мощных помех критично только в дневное время. В верхней части рабочего диапазона помехоустойчивость прибора обеспечивает круглосуточные наблюдения. Это дает основания не увеличивать динамический диапазон цифрового сигнала. Проверка стабильности параметров производилась путем сравнения калибровок, записанных как в течение одного сеанса, так и в разные сессии измерений. Максимальные среднеквадратичные отклонения составляли 3° по фазе и 0.2 дБ по амплитуде.

Правильность записи данных была проверена сравнением входного (тестового) и записанного цифрового сигналов. При подключении на входы РСІ-1755 низкоомных нагрузок, предусмотренных в плате для повышения помехоустойчивости, на массиве более 200 Гб не обнаружено ни одного сбоя. Проверка проводилась в автоматическом режиме.

Проведенные тесты показали также надежность работы аппаратно-программного контроля потерь данных. Появление флага “overwrite” (обеспечивается прилагаемым ПО к плате РСІ-1755) – попытка записи в неосвобожденный вторичный буфер – означает потерю данных. Контроль этого флага во время записи позволяет судить о целостности данных. При наиболее часто используемой скорости записи 11.8 Мб/с не было ни одной потери данных при суммарном объеме записей более 3 Тб.

С октября 2006 г. приемник успешно используется в регулярных наблюдениях пульсаров на различных радиотелескопах, таких, как крупнейший телескоп декаметрового диапазона УТР-2 (пос. Граково, Харьковская обл.), крупнейший поляриметр того же диапазона УРАН-2 (с. Степановка, Полтавская обл.) и один из самых крупных радиотелескопов дециметрового и сантиметрового диапазонов РТ-70 (г. Евпатория).

Перспективы

Благодаря отработанным схемным решениям, малым затратам и простоте в производстве, планируется изготовление и установка нескольких таких приемников на различных телескопах, работающих в диапазоне от 10 МГц до 30 ГГц. Удобный формат записи и очень малый объем потерь данных при устойчивой синхронизации дает возможность проводить одновременные измерения в интерференционном или многочастотном режимах. Доработка программного обеспечения и замена фильтров позволят расширить полосу принимаемых сигналов, а значит, и чувствительность, что очень важно для гигагерцового диапазона. Кроме того, то обстоятельство, что на высоких частотах дисперсионные задержки для близких пульсаров достаточно малы, дает возможность использовать не непрерывный, а блочный режим записи для уменьшения объема регистрируемой информации. При синхронизации записываемых блоков с периодом пульсара информация об импульсе будет сохранена полностью. Плата связи позволяет в кратковременном режиме поднимать скорость до 130 Мб/с. Поэтому блочная передача данных при 4-битном кодировании даст возможность расширить суммарную полосу по 2 каналам до 130 МГц, а при 2-битном – до 260 МГц. Это позволит дополнительно увеличить временное и частотное разрешение, а также чувствительность, что весьма полезно для высокочастотного диапазона.

Авторы выражают благодарность INTAS и Министерству образования и науки Украины (гранты: INTAS 99-0183, INTAS 03-5727, контракты: МОНУ №2М/729-2001 и № Ф8/343-2004), поддержкой которых обеспечено выполнение этой работы.

Литература

1. Taylor J. H., Manchester R. N., Lyne A. G. Catalog of 558 pulsars // *Astrophys. J. Suppl.* – 1993. – Vol. 88, No. 2. – P. 529-568.
2. Hankins T. H. Microsecond intensity variation in the radio emission from CP0950 // *Astrophys. J.* – 1971. – Vol. 169. – P. 487-494.
3. Joshi B. C., Lyne A. G., Kramer M. Next Generation Software Based Instruments for Pulsar Astronomy // *Bulletin of the Astronomical Society of India.* – 2003. – Vol. 31. – P. 237-242.
4. Abranin E. P., Bruck Yu. M., Zakharenko V. V., Konovalenko A. A. The New Preamplification System for the UTR-2 Radio Telescope. Part 1. Circuit Analysis and Design // *Experimental Astronomy.* – 2001. – Vol. 11, No. 2. – P. 85-100.
5. Abranin E. P., Bruck Yu. M., Zakharenko V. V., Konovalenko A. A. The New Preamplification System for the UTR-2 Radio Telescope. Part 2. Implementation and Test Operation // *Experimental Astronomy.* – 2001. – No. 11. – P. 100-112.
6. Мень А. В., Шарыкин Н. К., Захаренко В. В., Булацен В. Г., Браженко А. И., Ващишин Р. В. Радиотелескоп декаметрового диапазона длин волн УРАН-2 // *Радиофизика и радиоастрономия.* – 2003. – Т.8, №4. – С. 345-354.
7. Popov V., Kuz'min A. D., Ul'yanov O. M., Deshpande A. A., Ershov A. A., Zakharenko V. V., Kondrat'ev V. I., Kostyuk S. V., Losovskii B. Ya., and Soglasnov V. A. Instantaneous Radio Spectra of Giant Pulses from the Crab Pulsar from Decimeter to Decameter Wavelengths // *Astronomy Reports.* – 2006. – Vol. 50, No. 7. – P. 562-568.
8. Ульянов О. М., Захаренко В. В., Коноваленко А. А., Лекашо А., Розолен К., Рукер Х. О. Обнаружение индивидуальных импульсов пульсаров В0809+74; В0834+06; В0950+08; В0943+10; В1133+16 в декаметровом диапазоне волн // *Радиофизика и радиоастрономия.* – 2006. – Т. 11, №2. – С. 113-133.
9. <http://www.rri.res.in/~dspiral/ppr/hardware/hardware.htm>.
10. <http://www.conduant.com/products/mark5vlbi.html>.
11. Cordes J. M., McLaughlin M. A. Searches for fast radio transients // *Astrophys. J.* – 2003. – Vol. 596. – P. 1142-1154.
12. Jenet F. A., Anderson S. B. The effects of digitization on nonstationary stochastic signals with applications to pulsar signal baseband recording // *Astronomical Society of the Pacific.* – 1998. – Vol. 110. – P. 1467-1478.
13. Norton D. E. High Dynamic Range Transistor Amplifiers Using Lossless Feedback // *Micro-wave J.* – 1976. – May. – P. 53-56.
14. <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/th9001.html>.
15. www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/AD9851.pdf, [AD8343.pdf](http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/AD8343.pdf) и др.
16. http://www.advantech.com/products/Model_Detail.asp?model_id=1-1TWQBC.

**Приймач з високим
часовим розділенням для дослідження
радіовипромінювання**

**В. В. Захаренко, В. С. Ніколаєнко,
О. М. Ульянов, Р. О. Мотієнко**

Наводяться характеристики, схеми та результати тестів приймача з високим часовим розділенням, розробленого для дослідження радіовипромінювання пульсарів та інших швидкозмінних радіоджерел. Обрано двоканальну структуру конструкції приймача, що забезпечує широкий вибір можливостей у обробці даних. З потоком даних до 28 Мб/с приймач здатен на безперервний запис без втрати інформації. Обсяг такого запису обмежується лише вільним дисковим простором. Використання декількох синтезаторів частоти дозволяє незалежно встановлювати частотний діапазон кожного каналу. Смуга кожного каналу може вибиратися в діапазоні $2 \div 7$ МГц. Регулювання підсилення перевищує 40 дБ і є незалежним у кожному каналі. У приймачі забезпечується частотна та часова прив'язка записуваних даних до опорних сигналів стандартів частоти та часу. Вимірювальні елементи приймача дозволяють контролювати частоти всіх синтезаторів, вхідний рівень сигналу та різницю амплітуд і фаз між каналами.

**A High Time
Resolution Receiver for Radio Emission
Investigation**

**V. V. Zakharenko,
V. S. Nikolaenko, O. M. Ulyanov,
and R. A. Motiyenko**

The performance, schematics and test data of a high time resolution receiver designed to record radio emission from pulsars and other fast changing radiosources are shown. A two-channel structure of the receiver provides high data recording and processing potential. For the data stream to 28 Mb/s, the receiver can record continuously without data loss. The content of such recording is limited only by free HDD space. Using several frequency synthesizers allows to independently set up the frequency range for each channel. The channel bandwidth can be chosen within 2 and 7 MHz. Gain control exceeds 40 dB and is independent for each channel. Input data are bound to the reference signals of frequency and time standards. The receiver measuring units allow controlling the frequencies of all synthesizers, the input level, and amplitude and phase difference between channels.