УДК 004.023

Д.В.Орехов, Н.П. Агапиев, С.А. Панихидин

**ПРИМЕНЕНИЕ  ЦИФРОВОГО  СИГНАЛЬНОГО  ПРОЦЕССОРА  В  МОБИЛЬНОЙ  РАДИОСТАНЦИИ**

*Рассмотрена актуальность использования цифровой обработки сигналов в радиостанциях. Составлено инженерно – техническое обоснование разработки схемы мобильной цифровой радиостанции. Предложены методы достижения высоких параметров обрабатываемого сигнала и уменьшения количества трактов приема и передачи радиосигнала.*

***Ключевые слова:****цифровая обработка, мобильная радиостанция, радиосигнал.*

*The urgency of use of digital processing of signals in radio stations is considered.* *It is made engineering – a technical substantiation of working out of the scheme of mobile digital radio station. Methods of achievement of high parameters of a processed signal and reduction of quantity of paths of reception and radio signal transfer are offered.*

***Keywords:****digital processing, mobile radio station, a radio signal.*

Цифровые средства и системы радиосвязи — это инструмент, жизненно необходимый для работы многих организаций, что доказывает их повседневное использование и широчайшее распространение во множестве стран мира. Аналоговые системы уже достигли предела своих возможностей. Более чем за полвека существования аналоговых систем было перепробовано и осуществлено уже практически всё, что только можно себе представить в плане их развития и совершенствования. Теперь настал момент, когда для того, чтобы выйти на новый уровень функциональности и производительности, необходима новая платформа.

Актуальность исследования  заключается в том, что сегодня мы находимся на этапе массированного перехода на цифровые стандарты в профессиональных системах. Необходимо отметить, что с развитием цифровой обработки сигналов, в настоящее время существует ряд радиостанций в которых аналоговые тракты приема и передачи имеют цифровое управление и в комплексе с цифровыми устройствами и вычислительными алгоритмами представляют собой высококачественные тракты приема, передачи и обработки сигналов. В то же самое время сложности, связанные с законодательным регулированием и текущими потребностями абонентов систем радиосвязи, заставляют производителей и пользователей этих систем искать возможность передать как можно больше информации в выделенной полосе частотного диапазона: другими словами, повышать эффективность использования частотного ресурса. Каналы, по которым ранее передавался один вызов в единицу времени, теперь разделяются для того, чтобы можно было одновременно передать два.

Целью исследования является разработка инженерно – технических решений, направленных на получение высоких параметров обрабатываемого сигнала, а также уменьшение  массы и габаритов мобильных цифровых радиостанций.

При достижении поставленной цели  решались следующие задачи:

–  инженерно – техническое обоснование разработки схемы мобильной цифровой радиостанции;

–  анализ существующих схем мобильных радиостанций;

– разработка принципиальной и функциональной схем цифровой мобильной радиостанции;

– расчет фрагментов принципиальной схемы мобильной цифровой радиостанции.

Методами решения поставленных задач являются: применение цифрового сигнального процессора при обработке сигнала, использование современных технологий и схемотехнических решений при разработке схемы мобильной цифровой радиостанции.

Стремительное развитие микроэлектронной цифровой и аналого-цифровой элементной базы и появление новых компонентов позволяет выполнить высококачественную радиостанцию на основе цифровых принципов обработки радиосигнала.

Цифровая обработка сигнала в радиостанциях может быть использована с того места радиотракта, где частота сигнала понижается настолько, чтобы можно было без потерь дискретизировать сигнал с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и обработать затем отсчёты сигнала цифровым сигнальным процессором или специализированным процессором. При этом наиболее выгодной с точки зрения цифровой обработки сигнала является обработка сигнала на низкой промежуточной частоте (ПЧ). При этом частота дискретизации, и, соответственно, скорость потока данных, поступающих на сигнальный процессор, являются минимально возможными, и сигнальный процессор больше времени может посвятить собственно обработке сигнала, чем операциям ввода отсчётов сигнала. Схема обработки при этом должна быть квадратурной.

Преимуществами цифровой  обработки сигнала являются:

–  стабильность параметров обработки. Если стабильность частоты настройки и в аналоговых приемниках с синтезаторами частоты достаточно высока, то характеристики смесителей, фильтров и демодуляторов изменяются от времени и температуры;

–  возможность автоматической адаптации к условиям приема и характеру сигнала, состоящей в оптимизации структуры, характеристик и параметров приемника и всех устройств, входящих в приемный комплекс;

–  способность работать как с традиционными, так и с новыми видами модуляции, с кодированными сигналами и сигналами с временным и частотным уплотнением каналов при приемлемых массогабаритных и стоимостных показателях (при чисто аналоговой обработке эти показатели значительно возрастают при усложнении модуляции);

–  сокращение времени настройки, возможность работы с прыгающей частотой за счет новых подходов к построению гетеродина (синтезатора частоты), получения за счет цифровой обработки сигнала ПЧ с широкой полосой панорамы спектра диапазона принимаемых частот и цифрового анализа этого спектра;

–  многоканальность с идентичными характеристиками каналов. Реализация принципа: один приёмник - много каналов приёма,

–  возможность мониторинга спектра принимаемых частот. Эта функция реализовывалась с помощью дорогостоящих панорамных приставок. При цифровой обработке радиосигнала функция мониторинга спектра реализуется сигнальными процессорами с помощью блока полосовых фильтров (БПФ) различной длины и статистической обработки спектра;

–  новые  возможности при  встраивании приемопередатчика в вычислительный обрабатывающий комплекс. Если ранее аналоговые радиостанции могли лишь управляться от компьютера (перестройка частоты, управление усилением и фильтрами, выбор модулятора (демодулятора)), то теперь в компьютер вводится цифровой поток данных из приемопередатчика, предназначенный для дальнейшей обработки и/или запоминания;

–  снижение массы, габаритов и схемотехническое упрощение, и, как следствие, существенное повышение надежности;

–  снижение цены по сравнению с аналоговыми радиостанциями из-за большей технологичности и небольшого количества и невысокой цены компонентов при массовом производстве.

При разработке радиостанции ставилась задача создать конструкцию, которая бы предоставляла уровень сервиса и параметры на достаточно высоком уровне. С самого начала разработки схемы радиостанции было решено широко использовать современные технологии и  схемотехнические решения. В частности, было очевидно, что попытки достигнуть  желаемого уровня сервиса в традиционном (полностью аналоговом) исполнении привели бы к получению очень громоздкой конструкции. Многократное преобразование частоты с использованием нескольких высококачественных кварцевых и электромеханических фильтров, нескольких синтезаторов частоты (для первого, второго и т.д. гетеродинов) – это методы, которыми достигались параметры и сервис в конструкциях с полностью аналоговым трактом приема.

После анализа ряда существующих схем мобильных радиостанций было решено остановиться на схеме с использованием цифровой обработки сигнала на низкой промежуточной частоте. Преимущества этой концепции состоят в оптимальном использовании сильных сторон как  аналоговой так и цифровой обработки сигнала. Аналоговая схемотехника используется во входных цепях с целью достижения высоких динамических параметров, здесь аналоговая схемотехника пока вне конкуренции. Основная обработка сигнала производится на низкой промежуточной частоте с помощью цифрового процессора. Здесь применение цифровой обработки позволяет реализовать фильтры промежуточной частоты, систему автоматической регулировки уровня и ряд других «узлов», с параметрами, недостижимыми для аналогового мира, и, кроме того, возможности введения различных сервисных удобств  практически не ограничены.

Блок цифровой обработки сигналов

Блок цифровой обработки сигналов (ЦОС) предназначен для обработки сигналов, поступающих на плату от стандартных источников через цифровые интерфейсы.

В состав блока ЦОС входят четыре фильтра низких частот (ФНЧ), блок аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования (АЦП-ЦАП), в котором осуществляется преобразование сигнала из аналоговой формы в цифровую и обратно с помощью микросхемы кодека U8 (CS4223), постоянное  запоминающее устройство (ПЗУ) на микросхеме AT29C020, которое служит для хранения массива неизменяемых данных, переходное устройство (ПУ) и цифровой микропроцессор DSP56362PV120, работающий с тактовой частотой 120 МГц, и имеющий производительность 120 MIPS/MMACS. Кроме непосредственно обработки сигнала, ЦСП управляет процессом переключения прием/передача, переключением диапазонов и другими подобными функциями. Управление работой ЦСП производится с помощью хост – интерфейса, работающего в режиме последовательной шины (SPI). Обмен данными осуществляется через стандартные интерфейсы ЦСП.

Рассмотрим процессоры семейства 56300.

DSP56300 является новым семейством программируемых CMOS цифровых сиг­нальных процессоров. DSP56300 имеет мощное DSP-ядро (NewDSPEngine — NDE), которое способно выполнять команду каждый такт, повышая тем самым производи­тельность в сравнении с 56000 и в тоже время, поддерживая объектный код, совмес­тимый с 56000.

Основная часть DSP56300 состоит из контроллеров расширенного порта и DRAM, АЛУ данных, блока формирования адреса, контроллера кэш-памяти команд, контрол­лера DMA, тактового генератор PLL, а также эмулятора, периферийной расширенной шины и расширенной шины памяти на одном кристалле.

Эффективность составляющих ядра является основным фактором экономического успеха семейства DSP. Новые достижения в технологии позволили получить недоро­гие, но обладающие значительной вычислительной мощностью решения. Новое ядро удовлетворяет высоким требованиям тех приложений, где требуется обработка сиг­налов в реальном времени.

Для того чтобы минимизировать общую стоимость системы, ядро DSP56300 ис­пользует внешний интерфейс памяти, который обеспечивает отдельный интерфейс для различных типов памяти, таких как динамические ОЗУ (DRAM), статические ОЗУ (SRAM), синхронные статические ОЗУ (SSRAM) и т. д. Это становится возможным за счет использования на этом же кристалле контроллера DRAM и логики выбора кри­сталла.

Низкая потребляемая мощность достигается как в активном режиме, так и в режи­ме standby. Потребление мощности снижается с уменьшением тактовой частоты, ис­пользованием режимов ожидания (WAIT) и останова(STOP). Причем, реализуется интеллектуальное управление энергопотреблением: мощность автоматически снижа­ется при выполнении каждой команды для неиспользованных памяти, периферии, логики ядра. Управление внешними шинами осуществляется только тогда, когда это необходимо.

Основными операциями в процессорах являются: задержка, АЦП и ЦАП (функции кодека), умно­жение с накоплением — операция MAC (multiplyandaccumulate), умножение, сложе­ние, вычисление значений функций sin, cos, arctg, log2x, 2х. К особенностям следует также отнести необходимость исполь­зования бит-реверсивной адресации.

Обобщенная архитектура DSP образуется тремя составляющими: процессорным ядром, подсистемами ввода/вывода и хранения. Структура процессорного ядра отра­жает выделенный операционный базис и учитывает особенности алгоритмов ЦОС. Блок генерации адреса обеспечивает необходимые способы адресации, в том числе бит-реверсивную. Синтезатор тактовой частоты (PLL) дает возможность регулировать производительность и потребляемую мощность. Блок выполнения операций реализу­ет операции с фиксированной точкой и операции с плавающей точкой для приложе­ний, где требуется высокая точность и производительность. Очевидно, что поддержка операций с плавающей точкой может и отсутствовать (используется обычно в 32- разрядных DSP).

В процессорное ядро введен блок отладки и контроля, который содержит средства внутрисхемной эмуляции (ОnСЕ), средства тестирования и отладки (JTAG), стороже­вой таймер (WDT). Данный набор средств сегодня практически является стандарт­ным.

Подсистема ввода/вывода включает кодек (АЦП и ЦАП), параллельные и последовательные порты ввода/вывода, host-интерфейс для связи с персональным компьютером или другой ЭВМ, аудио-интерфейс, широтно-импульсный модулятор, таймеры и другие устройства.

Организация подсистемы хранения также во многом отражает специфику алгорит­мов ЦОС. Так, в частности, выделение двух блоков памяти X и Y позволяет одновре­менно считывать операнды для свертки, а выделение памяти программ позволяет распараллелить выполнение этапов командного цикла (чтение команды и формиро­вание адреса — чтение операндов — выполнение — запись результата). Такая модель используется в архитектурах гарвардского типа.

Цифровой сигнальный процессор DSP 56362

В разрабатываемой радиостанции предполагается применение цифрового сигнального процессора (ЦСП) DSP 56362 который является важной частью блока цифровой обработки сигналов (ЦОС) и радиостанции в целом.

DSP56362 - мультирежимный, мультиканальный аудиодекодер для таких приложе­ний, как прием аудио/видео сигнала, декодеры звука, универсальный цифровой диск DVD, цифровое TV. Процессор поддерживает все популярные мультиканальные форматы декодирования аудиосигнала, включая Dolby Digital Surround. MPEG2 и сис­тема цифрового театра DTS. На кристалле расположены специализированные пери­ферийные аудиоустройства: расширенный аудиоинтерфейс ESAI, цифровой аудиопе- редатчик DAX, а также хост-интерфейсы HI08 и SHI, интерфейс SPI, тройной таймерный модуль. ПЗУ данных и программ могут быть запрограммированы промышленным способом по материалам, предоставленным разработчиком. Память на кристалле может быть расширена за счет подключения внешней памяти.

Данное семейство целесообразно использовать прежде всего в следующих областях: спутниковая связь, обработка речи, цифровые фильтры, спектроанализаторы, генераторы функций, локальные сети, модемы, факсы, распознавание образов, управление, различные применения в военной технике.

Выводы:

1. Цифровая обработка сигналов имеет множество преимуществ перед аналоговыми системами, поэтому при разработке схемы цифровой мобильной радиостанции было решено использовать цифровой процессор для обработки сигналов.

2. Необходимо отметить, что с развитием ЦОС аналоговая аппаратура остается очень актуальной, является более качественной и развивается в ногу со временем, например, многие современные аналоговые микросхемы имеют цифровое управление и в комплексе с цифровыми устройствами и вычислительными алгоритмами представляют собой мощнейший инструмент обработки сигналов.

3.  Стоит также отметить, что ЦОС на данном этапе развития техники не может напрямую охватить все частотные диапазоны без переноса на более низкую частоту, для которого используются различные аналоговые смесители, векторные модуляторы и демодуляторы и т.д.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гольденберг Л.М. и др. Цифровая обработка сигналов. - Учебное пособие для вузов. - М.: Радио и Связь, 1990 г.

2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. - М.: Радио и связь, 1986 г.

3. Гольденберг Л.М. и др. Цифровая обработка сигналов. - Задачи и упражнения. Учебное пособие для вузов. - М.: Радио и Связь, 1992 г.

4. Карташев В.Г. Основы теории дискретных сигналов и цифровых фильтров. - М.: Высшая школа, 1982 г.

**Агапиев Николай Петрович**

Академия ФСО РФ, г. Орел

Профессор, преподаватель кафедры радиосвязи

**Орехов Дмитрий Владимирович**

Курсант академии ФСО РФ, г. Орел

**Панихидин Сергей Александрович**

Курсант академии ФСО РФ, г. Орел