

# Архитектура построения абонентской приставки

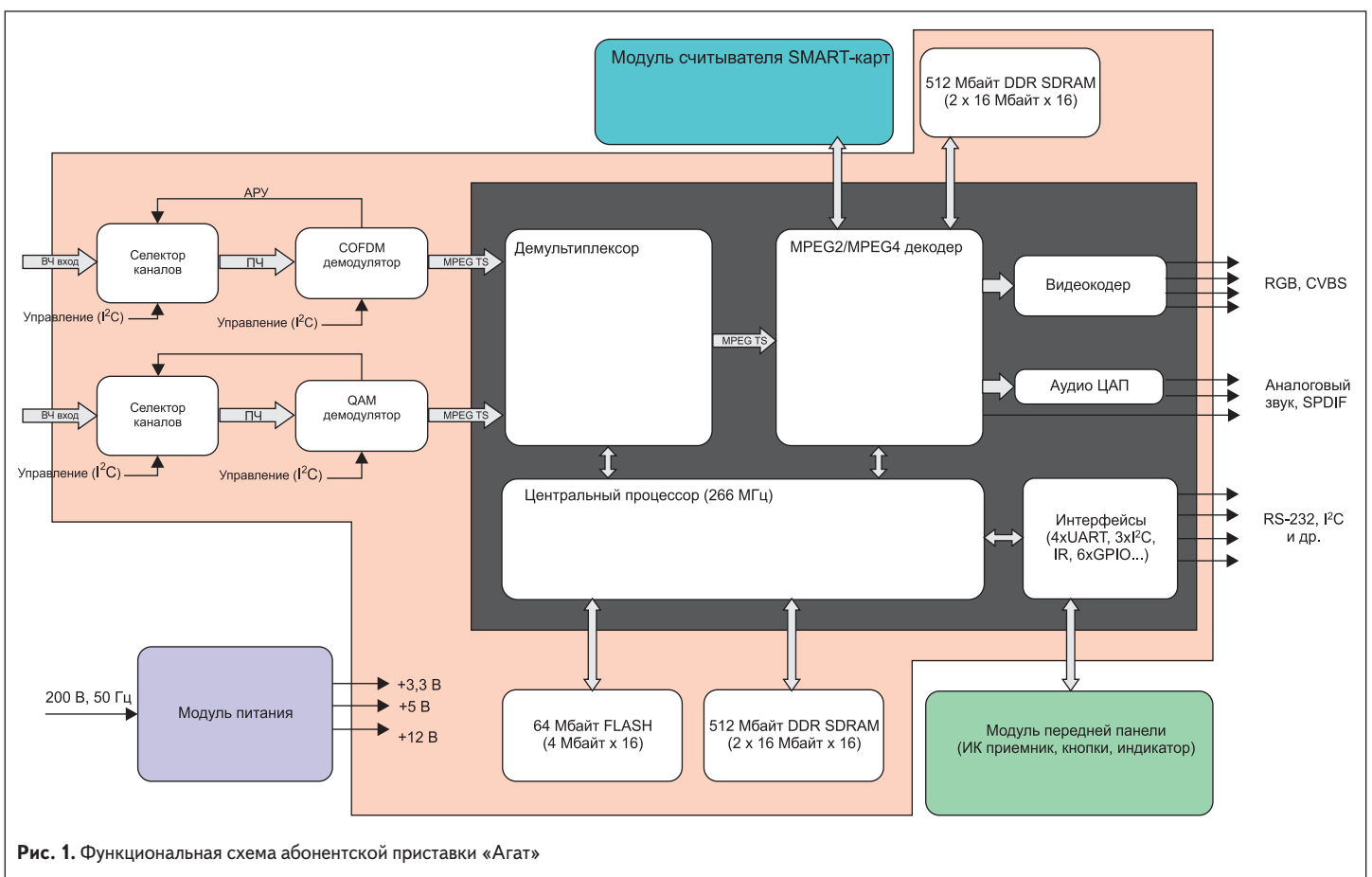
для приема сигналов цифрового эфирного и кабельного телевидения

**Михаил Басюк,  
Роман Колотов,  
Федор Савицкий,  
Сергей Чубаров**  
rateos@rateos.ru

Последнее пятилетие XX века ознаменовалось подлинной революцией в развитии телерадиовещания. Произошел стремительный переход к использованию последних достижений в области цифровой обработки и современных методов компрессии видео- и аудиосигналов. На совещаниях соответствующих комитетов и организаций Международного союза электросвязи (МСЭ) были приняты основные решения по унификации стандартов в области цифрового наземного, кабельного и спутникового телевидения. Распоряжением правительства России от 04.12.2009 г. утверждена федеральная целевая программа «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009-2015 гг.». В связи с этим задачи проектирования, серийного производства и реализации на-

селению страны недорогих отечественных абонентских приставок, предназначенных для приема сигналов цифрового эфирного и кабельного телевидения на аналоговые телевизоры, имеют очень важное значение для модернизации телекоммуникаций и развития информационной инфраструктуры. В данной статье дается определение архитектуры построения и описывается программно-математическое обеспечение абонентской приставки, предназначенной для приема и обработки сигналов цифрового эфирного и кабельного телевидения в стандартах DVB-T и DVB-C соответственно.

На рис. 1 представлена функциональная схема абонентской приставки «Агат» для приема сигналов цифрового телевидения, разработанной и изготовленной в ООО «Ратееос».



Согласно функциональной схеме изделие обеспечивает прием, преобразование и декодирование программ цифрового телевидения в стандартах DVB-T (EN 300 744) и DVB-C (EN 300 429). Абонентская приставка «Агат» обеспечивает также декодирование транспортного потока для алгоритмов компрессии MPEG-2 и MPEG-4/H.264 AVC (Advanced Video Coding) с разделением/демультимплексированием цифровых сигналов звука и изображения.

Высокочастотный DVB-T сигнал поступает на вход селектора каналов (UHF Tuner) с полосой рабочих частот 174–230 МГц и 470–862 МГц. На выходе селектора образуется балансный сигнал промежуточной частоты (36,166 МГц), который подается на вход COFDM-демодулятора.

В абонентской приставке «Агат» поддерживается демодуляция сигналов со следующими параметрами:

- режимы COFDM: 2, 4 и 8 К;
- ширина канала: 6, 7 и 8 МГц;
- защитные интервалы: 1/4, 1/8, 1/16 и 1/32;
- виды модуляции несущих: QPSK, 16 QAM, 64 QAM;
- поддержка иерархии;
- скорости помехоустойчивого кодирования: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 и 7/8;
- декодирование Рида-Соломона.

Управление селектором и демодулятором осуществляется центральным процессором по шине I<sup>2</sup>C. Выходом демодулятора является параллельный транспортный поток.

При приеме сигналов цифрового кабельного телевидения в стандарте DVB-C высокочастотный сигнал поступает на вход селектора каналов (UHF Tuner) с полосой рабочих частот 47–862 МГц. На выходе селектора образуется балансный сигнал промежуточной частоты (36 МГц), который подается на вход QAM-демодулятора. В абонентской приставке поддерживается демодуляция сигналов со следующими параметрами:

- режимы 16, 32, 64, 128 и 256 QAM;
- различные скорости потоков;
- встроенные пре- и постэквалайзеры.

Управление селектором и демодулятором осуществляется центральным процессором по шине I<sup>2</sup>C. Выходом демодулятора является параллельный транспортный поток. Транспортный поток с выхода демодулятора поступает на демультимплексор. На него можно подавать до трех транспортных потоков одновременно, что в дальнейшем позволит реализовать новые функции приставки: мультиформатность (приставки, работающие одновременно с разными видами входных сигналов, например, DVB-T и DVB-C), «картинка в картинке», запись одной программы при отображении другой и т. д. В данном изделии задействовано два входа. Демультимплексор позволяет также организовать встроенное дескремблирование закрытых программ по нескольким алгоритмам.

Считыватель SMART-карт предназначен для интерфейса со SMART-картами при реализации в дальнейшем одной из систем встроенного условного доступа (для просмотра платных телеканалов). Модуль считывателя конструктивно реализован на отдельной двусторонней печатной плате.

Выделенные из транспортного потока видео и аудиопрограммы попадают в программно-

аппаратный MPEG-2/MPEG-4-декодер стандартного (SD) или высокого (HD) разрешения, являющийся, по сути, отдельным процессором. Декодер соответствует стандартам H.264/AVC MP@L4 и HP@L4.1 (main and high profile) и ISO/IEC13818-2 MP@ML и MP@HL и поддерживает одновременное декодирование двух MPEG-2 или MPEG-4 программ. Для работы декодера требуется внешняя динамическая память (DDR), которая подключается через отдельный высокоскоростной 32-разрядный интерфейс (видеопамять). Можно использовать как одну 32-разрядную, так и две 16-разрядные микросхемы памяти емкостью 64, 128, 256 или 512 Мбит на скорости до 200 МГц. Требуемый объем внешней памяти зависит от режима декодирования: для декодирования программ в формате MPEG-2 достаточно 32 Мбайт памяти, а для декодирования MPEG-4 программ необходимо уже 64 Мбайт; в этом случае совместно с видеопамью используется и системная память.

Декодированные звук и изображение поступают на видеокодер и аудио цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), где формируются аналоговые сигналы изображения (как композитный, так и компонентные RGB или YPbPr) и звука (для звука имеется также цифровой выход в формате SPDIF). В приставке предусмотрены два канала видео и аудио, через которые могут выводиться одна и та же или разные программы. В изделии реализован также цифровой интерфейс для вывода сигнала высокого (HD) разрешения в формате HDMI (High-Definition Multimedia Interface). Помимо вывода декодированного изображения обеспечивается также

еще четыре слоя графической информации (для фоновых изображений, экранных меню, курсоров и т. д.).

Центральный процессор изделия представляет собой 32-битный суперскалярный RISC-процессор, работающий на частоте 266 МГц. Взаимодействие с другими блоками осуществляется по внутренней высокоскоростной шине. Для работы процессор использует внешнюю динамическую память, которая подключается через отдельный высокоскоростной 32-разрядный интерфейс (системная память), причем можно использовать как одну 32-разрядную, так и две 16-разрядные микросхемы памяти емкостью 64, 128, 256 или 512 Мбит на скорости до 200 МГц. При декодировании программ в формате MPEG-4 системная память используется декодером совместно с видеопамью. Абонентская приставка содержит также 16-разрядный интерфейс общего назначения, к которому можно подключить внешнюю память (Flash для исполняемой программы) или другие внешние устройства: Ethernet-контроллер, модуль условного доступа Common Interface и др.

Для управления внешними устройствами микросхема центрального процессора содержит широкий набор интерфейсов:

- четыре UART-интерфейса;
- три независимые шины I<sup>2</sup>C (используются для управления модулем сетевого интерфейса, передней панели, а также для связи с энергонезависимой памятью EEPROM);
- два SMARTCARD-контроллера для реализации одного из вариантов встроенного условного доступа;

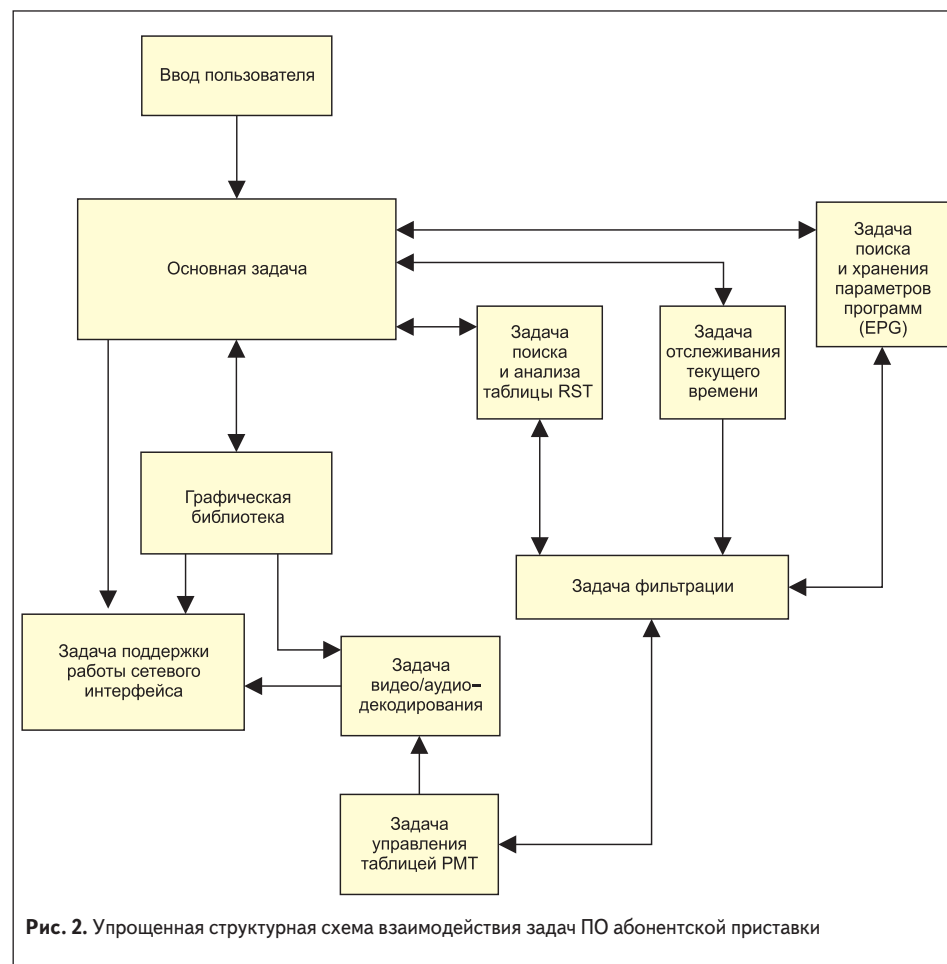


Рис. 2. Упрощенная структурная схема взаимодействия задач ПО абонентской приставки

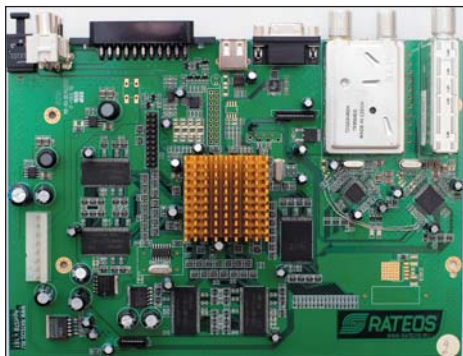


Рис. 3. Плата декодера (вид сверху)

- USB для подключения внешнего жесткого диска, видеокамеры, клавиатуры и т. д.;
- интерфейс Serial ATA для подключения жесткого диска.

На передней панели устанавливается светодиодный семисегментный индикатор (4 разряда), ИК-приемник сигналов пульта дистанционного управления и кнопки включения основных функций.

Программное обеспечение (ПО) изделия может работать как под операционной системой Linux, так и под другой операционной системой. На рис. 2 представлена упрощенная структурная схема взаимодействия восьми основных задач (потоков) ПО абонентской приставки. При взаимодействии с аппаратной частью приставки программное обеспечение обеспечивает реализацию следующих основных задач:

- поиск, демодуляцию и сопровождение в реальном масштабе времени программ цифрового эфирного и кабельного телевидения;
- автоматическое структурирование телевизионных программ в группы или списки по способу вещания и типу доступных сервисов;
- создание и обработку (удаление, перемещение, переименование и т. д.) списков программ цифрового телевидения, исходя из предпочтений пользователя (любимые списки);
- декодирование и слежение в реальном масштабе времени за видео- и аудиопотоками программы в форматах MPEG-2/MPEG-4 (H.264 AVC), а также за дополнительными



Рис. 4. Внешний вид абонентской приставки «Агат»

сервисами программы, такими как субтитры и телетекст;

- непрерывное выделение из транспортного потока событий и создание соответствующей электронной программы телевизионных передач;
- доступ пользователя ко всем сервисам программ, спискам, расписанию передач, а также функциональным возможностям абонентской приставки с помощью графического интерфейса;
- управление абонентской приставкой с помощью пульта дистанционного управления, кнопок, а также отображение текущих режимов работы на семисегментном индикаторе.

Оригинальность разработанного программного обеспечения для абонентской приставки «Агат» подтверждена документом [1].

Конструктивно изделие представляет собой металлический корпус, в котором расположены четыре печатные платы. Пластиковая декоративная передняя панель и металлическая задняя панель с отверстиями под разъемы являются съемными, что позволяет относительно легко модифицировать корпус под различные исполнения, различный дизайн или под разные торговые марки приставок в будущем.

Основная четырехслойная плата содержит селекторы каналов, демодуляторы, централь-

ный процессор, память, разъемы для входов и выходов сигналов и т. д. Размеры платы 204×147 мм.

Модуль считывателя SMART-карт выполнен на отдельной двусторонней печатной плате, которая крепится непосредственно к передней панели изделия на защелках и соединяется с основной платой плоским кабелем. Модуль передней панели изготовлен на односторонней печатной плате, которая также крепится непосредственно к передней панели изделия и соединяется с основной платой плоским кабелем. Модуль питания представляет собой однослойную плату, устанавливаемую на основании корпуса.

На рис. 3 показана основная плата (плата декодера), а на рис. 4 — внешний вид абонентской приставки «Агат», предназначенной для приема сигналов цифрового эфирного и кабельного телевидения. ■

## Литература

1. Басюк М. Н., Колотов Р. Б., Чубаров С. А. Программное обеспечение абонентской приставки для приема сигналов цифрового эфирного и кабельного телевидения. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, № 2009 6 111 59, приоритет от 05.02.2009 г.