

# РЕАЛИЗАЦИЯ АУДИО ДЕКОДЕРА НА СБИС ДЕКОДЕРА ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА K1879XB1Я

Шевченко П.А., Мушкаев С.В.  
ЗАО НТЦ «Модуль»

Декодирование цифрового звука является одной из ключевых функций устройств приема цифрового телевизионного сигнала. Качественное выполнение данной задачи определяет потребительские свойства устройства. В данном докладе приводится опыт практической реализации декодера аудио сигналов на отечественной СБИС декодера цифрового телевизионного сигнала K1879XB1Я.

## Структура и характеристики СБИС ДЦТС K1879XB1Я

В основе системы на кристалле декодирования и обработки аудио и видео информации для устройств цифрового телевидения лежит центральный процессор ARM1176JZF-S (см. рисунок 1). Обмен данными в системе осуществляется по шинам данных в соответствии со спецификацией AMBA 3.0 AXI.

Основными преимуществами ядра ARM1176JZF-S являются: производительная архитектура версии v6, наличие интегрированных в ядро кэшей команд и данных и сверхоперативной памяти команд и данных TCM (Tight Coupled Memory), поддержка новейшего формата шины – AMBA 3.0 AXI, наличие сопроцессора для работы с данными в формате с плавающей точкой. Ядро поддерживает работу с 64-разрядными данными.

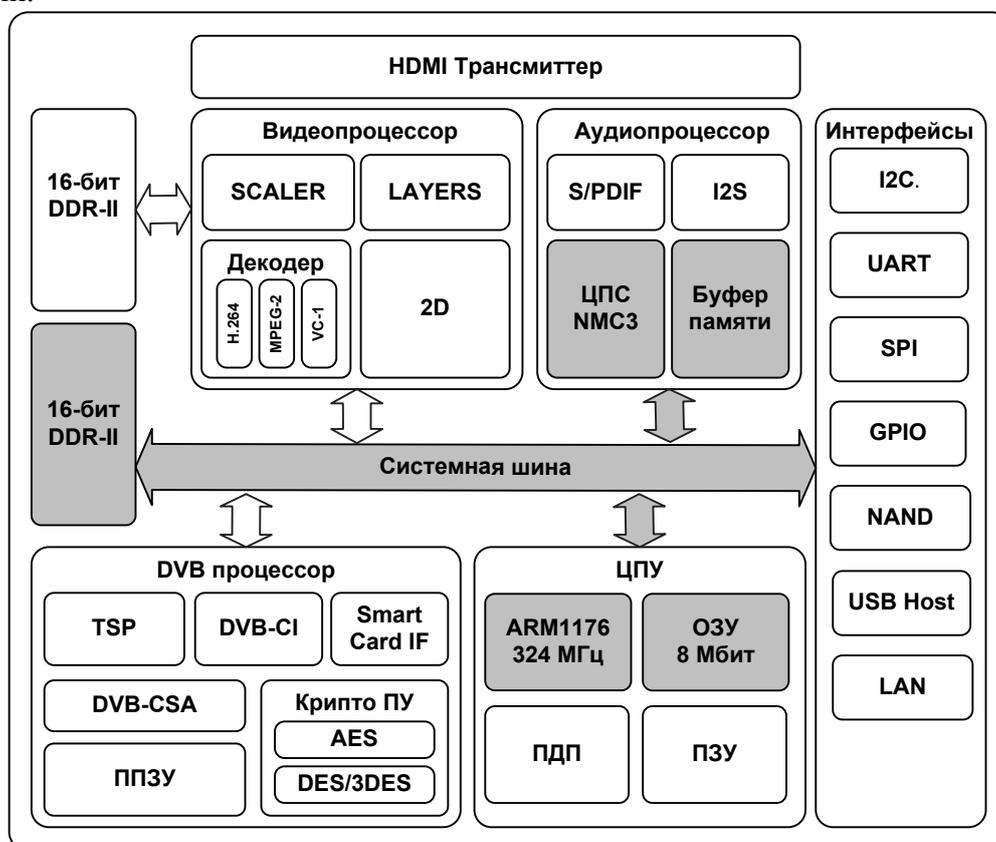


Рис. 2. Структура СБИС ДЦТС

Взаимодействие между отдельными устройствами системы обеспечивается настрой-

ваемой матрицей коммутации (interconnect matrix unit). Матрица коммутации осуществляет возможность одновременной передачи данных от нескольких источников к нескольким приемникам. В том числе, используется пакетный режим передачи данных и возможность одновременной передачи нескольких пакетов данных с чередованием данных из разных пакетов от разных источников.

Многоканальный контроллер прямого доступа в память (ПДП) обеспечивает загрузку данных в требуемые области памяти. Система использует иерархическую многоуровневую систему памяти для максимальной загрузки данными всех вычислительных устройств системы.

Система памяти содержит четыре банка внутренней памяти общим объемом 8 Мбит, два интерфейса с внешней динамической памятью типа DDR2, интерфейсы с внешней flash памятью. Такая конфигурация в сочетании с кэшем команд и данных, памятью TCM процессора ARM обеспечивает иерархическую систему памяти с высокой пропускной способностью.

Видеопроцессор включает мультистандартный блок декодирования видео сигнала, 2D графический ускоритель и видеоконтроллер высокого разрешения с поддержкой функций масштабирования и наложения графических и видео слоев.

Аудиопроцессор содержит ЦПС на основе ядра NeuroMatrix, позволяющий программно решать задачи декодирования аудио сигнала. Многоканальный аудиоконтроллер поддерживает выдачу аудио сигнала по интерфейсам I<sup>2</sup>S и S/PDIF.

Цифровой интерфейс HDMI с поддержкой функции HDCP обеспечивает возможность построения устройств без использования дополнительных внешних компонент в аудио и видео тракте.

Система содержит DVB процессор, включающий: демультимплексор транспортного потока TSP, осуществляющего разбор транспортного потока от нескольких источников, криптопроцессор, поддерживающий основные алгоритмы условного доступа, в том числе, CSA, DES, 3DES. Возможно подключение внешних модулей условного доступа по интерфейсу DVB-CI и работа со смарт-картами. Уникальные для микросхемы ключи хранятся в однократно программируемом ППЗУ.

Многочисленные коммуникационные интерфейсы обеспечивают возможность построения на базе описываемой микросхемы линейки устройств с различными потребительскими свойствами используя, при этом, минимальное количество дополнительных микросхем.

### **Аудиоподсистема СБИС**

Решение задач декодирования и вывода аудио сигналов решается при помощи аудиоподсистемы СБИС. Она включает ядро цифрового процессора сигналов NMC3 и многоканальный аудиоконтроллер. Задача декодирования аудио выполняется путем распределения вычислительной нагрузки между ядром ЦПС и ядром центрального процессора.

Основная цель переноса процесса декодирования на ЦПС заключается в разгрузке ЦП для выполнения других системных функций.

Общий тракт обработки аудио выглядит следующим образом. Аудио данные поступают в составе цифрового телевизионного сигнала на демультимплексор транспортного потока. Там поток аудиосигнала выделяется в отдельный элементарный поток и размещается во внешней системной памяти EM0. Выполняется декодирование аудио потока по заданному алгоритму, причем, процесс декодирования распределяется между ЦП и ЦПС, как описано далее. Результат декодирования размещается во внешней памяти EM0. Далее, при помощи многоканального аудиоконтроллера аудио данные выдаются через цифровой аудиоинтерфейс, либо направляются для выдачи в HDMI трансмиттер.

Управление обработкой и передачей аудио осуществляется через центральный процессор. Используется следующая структура программного обеспечения. Используется операционная система Linux. Взаимодействие между ЦП и ЦПС осуществляется при помощи драйвера ЦПС, взаимодействие с аудиоконтроллером осуществляется драйвером, совместимым со спецификацией ALSA. Тракт обработки аудио реализован в виде компонентов медиаконвейера GStreamer. Это же ПО осуществляет синхронизацию вывода аудио и видео данных.

### Распределение вычислительных задач между ЦП и ЦПС

Для оптимизации вычислений производилась процедура распределения вычислительных затрат между ЦП и ЦПС для задачи декодирования аудио.

Выполняется она следующим образом. Осуществляется выполнение задачи декодирования аудио для тестового набора данных полностью на ЦП. Выполняется профилирование выполнения с определением функций, наиболее критичных к времени исполнения. Выполняется реализация данных функций на ЦПС.

Таким образом, могут быть решены несколько задач. Во-первых, перенос исполнения наиболее ресурсоемких функций на ЦПС разгружает ЦП для выполнения других задач. Во-вторых, возможно ускорение исполнения задачи при переносе ее на ЦПС. В-третьих, возможно снижение удельного энергопотребления системы, затрачиваемого на решение задачи декодирования аудио.

Определив время выполнения задачи декодирования некоторого объема аудио данных в TD, время выполнения критичных функций на ЦП как  $T_{CPU}$ , время выполнения остальных функций на ЦП как  $T_{MINOR}$ , время выполнения критичных функций на ЦПС как  $T_{DSP}$ , получим следующее.

Исходное время исполнения

$$T_{DCPU} = T_{CPU} + T_{MINOR}$$

Время исполнения после переноса на ЦПС

$$T_{DCPUDSP} = T_{DSP} + T_{MINOR} + T_{TRANSFER} - T_{OVERLAY},$$

где  $T_{TRANSFER}$  – время, затрачиваемое на передачу данных и организацию взаимодействия между ЦП и ЦПС, а  $T_{OVERLAY}$  – время параллельного исполнения вычислений на ЦП и ЦПС, когда такое распараллеливание возможно.

В результате, получаем следующие качественные величины.

Коэффициент разгрузки ЦП

$$K_{CPU} = (T_{MINOR} + T_{TRANSFER}) / T_{DCPU}$$

Коэффициент ускорения вычислений

$$K_{ACCEL} = T_{DCPU} / T_{DCPUDSP}$$

Коэффициент снижения энергопотребления системы

$$K_{POWER} = (T_{CPU} * K_{PCPU}) / (T_{DSP} * K_{PDSP}),$$

где  $K_{PCPU}$  и  $K_{PDSP}$  удельные коэффициенты энергопотребления ЦП и ЦПС.

### Экспериментальные результаты

В ходе исследований был исследован алгоритм декодирования аудио AC-3 в виде его реализации a52b.

Результаты профилирования алгоритма приведены в таблице 1. Было выявлено, что подавляющую часть вычислительных ресурсов (~30%) потребляет функция `a52_imdct_512`, которая и была перенесена на ЦПС. Для выполнения этой функции в режиме реального времени достаточно частоты ЦПС в 35 МГц, при частоте же 324 МГц функция `a52_imdct_512` загрузит ЦПС примерно на 10-15%, что оставляет достаточно ресурсов и для переноса других операций с ЦП. Таким образом, вычисление процедуры модифицированного косинусного преобразования при одинаковой тактовой частоте быстрее чем на ARM в три раза. В результате же распределения исполнения задачи между ЦП и ЦПС загрузка ЦП снижена на 31%, а общее время вычислений сокращено на 20%.

Таблица 1. Результаты профилирования

Время исполнения, %	Время исполнения, с	Функции
32.5	224	<code>coeff_get</code>
31.2	219	<code>a52_imdct_512</code>
11.7	82	<code>a52_bit_allocate</code>
9.8	69	<code>coeff_get_coupling</code>
9.5	67	<code>ifft_pass</code>
5.3	37	<code>parse_exponents</code>
4.7	33	<code>mix32to2</code>

Учитывая удельные коэффициенты энергопотребления ЦП в 850мВт и ЦПС в 120мВт, получаем  $K_{POWER} = 21$ , что означает более чем двадцатикратное снижение мощности потребления при проведении вычислений функции `a52_imdct_512`. Общее энергопотребление, затрачиваемое на декодирование аудио, снижено, при этом, на 28%.

Данное исследование показывает эффективность реализации алгоритмов декодирования аудио путем переноса критичных к вычислительным ресурсам функций на ЦПС.

### *Литература*

- [1] П.А. Шевченко, А.В. Шкуренко Декодер цифрового телевизионного сигнала высокой четкости: система на кристалле // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. - 2007. - №8. - С. 62-66.
- [2] К. Быструшкин Современная элементная база для аналого-цифровых телевизоров TV/DVB // Электронные компоненты. - 2002. - №6. - С. 1-4.
- [3] П.А. Шевченко Платформа для разработки СБИС декодера ТВ-сигнала // Электроника: Наука, Технология, Бизнес – 2010 - №3 – С. 60-65.
- [4] П.А. Шевченко СБИС декодера цифрового телевизионного сигнала. Технология разработки // «Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем – 2010 (МЭС-2010)» Сборник трудов под общ. ред. академика РАН А.Л. Стемпковского. – М.: ИППМ РАН, 2010. – С. 320-325
- [5] К разрядности вычислителя БПФ при его реализации на процессоре L1879BM1 (NM6403) О. Аксенов, Ю. Борисов, журнал "Цифровая обработка сигналов", No2, 2004, с.41-44