

## Универсальный вычислительный модуль на основе СБИС К1879ХБ1Я отечественной разработки

### Versatile computing module based on SD / HD Set-Top-Box Decoder IC

А.Ю. Словик, В.Ю. Залетов, П.А. Шевченко, Т.Л. Лысенко  
ЗАО НТЦ "Модуль", Москва, Россия

*В докладе рассматриваются подходы к реализации универсальных вычислительных модулей на основе СБИС К1879ХБ1Я отечественной разработки для различных областей применения.*

Ключевые слова: СнК, СБИС, универсальный вычислительный модуль, декодирование видео, HDMI, USB, Ethernet, микрокомпьютер.

### Введение

В современных условиях перед российскими компаниями разработчиками микроэлектронных устройств стоит задача не только разработать интегральную микросхему высокой сложности, соответствующую заданным требованиям, но и обеспечить её выход на рынок. Для достижения данной цели необходимо предоставить потенциальным потребителям (производителям электронного оборудования) помимо самой микросхемы целый комплекс средств, включающий в себя и системное программное обеспечение и отладочные комплекты для разработки прикладного программного обеспечения, а также референсные устройства построенные на данной СБИС.

Референсные устройства представляют собой законченные устройства для конкретной области применения, построенные на основе разработанной СБИС и, таким образом, позволяющие производителю электронных устройств в кратчайшие сроки наладить выпуск продукции для выбранной области применения с внесением минимальных изменений в состав референсного устройства, или же совсем без изменений.

При разработке референсных устройств они должны быть оптимизированы по ряду признаков и для коммерческого рынка к основным из них можно отнести стоимость комплектующих изделий устройства, конечную стоимость всего изделия и технологичность.

Процесс разработки референсного устройства должен начинаться как можно раньше и идти совместно с разработкой микросхемы для которой он предназначен, данный подход позволит обеспечить обратную связь с разработчиками СБИС и даст возможность влиять на конечную спецификацию разрабатываемой СБИС, что позволит улучшить ее потребительские характеристики и повысит конкурентоспособность.

Компания ЗАО НТЦ "Модуль" придерживается данной идеологии и сопровождает каждую разработанную СБИС широким комплектом универсальных вычислительных модулей, позволяющим построить на основе СБИС разработки ЗАО НТЦ "Модуль" устройства для различных областей применения, начиная от коммерческого рынка и до устройств индустриального и специального применения.

В данном докладе рассматривается подход ЗАО НТЦ "Модуль" к сопровождению разработанных и разрабатываемых микросхем отладочными и референсными устройствами на примере СБИС К1879ХБ1Я.

### Микросхема декодера цифрового телевизионного сигнала СБИС К1879ХБ1Я

Микросхема декодера цифрового телевизионного сигнала СБИС К1879ХБ1Я предназначена для использования в качестве основного компонента в приемных устройствах цифрового телевизионного сигнала по стандарту DVB.

СБИС К1879ХБ1Я выполняет задачи декодирования транспортного и программного потока данных, декодирования видеосигнала, в том числе высокой четкости, по стандартам MPEG4-10/H.264/AVC HP/L4.1, MPEG2 MP/HL, SMPTE 421M/VC-1 AP/L3, декодирование аудиосигнала по различным стандартам, общее управление системой и поддержку пользовательского интерфейса [1],[2]. Функциональная схема СБИС К1879ХБ1Я приведена на рисунке 1.

Характеристики СБИС К1879ХБ1Я.

- Ядро процессора:
  - Ядро процессора ARM1176JZF-S;
  - Кэш команд – 16 КБ;
  - Кэш данных – 16 КБ;
  - Блок управления памятью MMU;
  - Блок трассировки и отладки ETM11CSSingle.
- Архитектура шины:
  - Спецификация шины соответствует AMBA 3.0;

- Система построена на основе блока шинного коммутатора PL301.
- Контроллер прерываний:
  - Векторный контроллер прерываний;
  - IRQ и FIQ генератор для ARM1176JZF-S;
  - Запрос прерываний максимум 64 каналов (включая 4 канала запроса внешнего прерывания);
  - Программируемый приоритет прерываний;
  - Маскирование программируемого приоритета прерываний;
  - Запрос прерывания от программного обеспечения;
  - Внешние прерывания по фронту или по уровню.
- Блок синхронизации и сброса CRG:
  - Генерация тактовых сигналов различной частоты;
  - Режим остановки (все синхронизации останавливаются по запросу от ARM1176JZF-S);
  - Управляемый программным обеспечением сброс;
  - Генерация сброса watchdog по внешнему запросу.
- Контроллер динамической памяти (DDR2 SDRAM):
  - Поддержка DDR2 SDRAM;
  - Два контроллера DDR2 SDRAM с 16-разрядными внешними шинами;
  - Частота работы внешней шины до 400 МГц;
- Контроллер Памяти (Flash/SRAM).
- Внутренняя SRAM:
  - 8 Мбит внутренней SRAM;
  - 4 независимых банка внутренней памяти;
- DMA (8 каналов):
  - 8 каналов ПДП;
  - Интерфейс к шине AMBA3.0 AXI.
- UART:
  - 2 универсальных UART и один с поддержкой устройств IrDA.
- Таймер:
  - Двухканальный 32/16 битный программируемый счетчик на APB;
  - 2 канала таймера.
- GPIO:
  - 24 битные порты входа выхода основного назначения;
  - GPIO порты мультиплексированы с другими портами системы для сокращения числа внешних выводов.
- видеопроцессор видеосигнала высокой четкости, в том числе:
  - мультиформатный декодер видео по стандартам H.264, MPEG-2, VC-1 с разрешением до 1920x1080;
  - 2D графический ускоритель;
  - блок масштабирования видеоизображений;
  - видеоконтроллер с функцией наложения полупрозрачных слоев и внешним цифровым интерфейсом видео по спецификации BT-656 и EIA/CEA-861-B.
- 8-канальный аудиопроцессор, в том числе:
  - ЦПС NeuroMatrix для аудиodeкодирования и обработки;
  - блоки аудиоинтерфейсов I2S и S/PDIF.
- блок демультимплексирования телевизионного транспортного потока и защиты информации, в том числе:
  - демультимплексор транспортного потока данных с возможностью обработки до двух транспортных потоков, поступающих с внешнего интерфейса или из памяти;
  - интерфейс DVB-CI;
  - интерфейс смарт-карты по спецификации T0 и T1;
  - дескремблер DVB-CSA;
  - криптопроцессор с поддержкой алгоритмов AES и 3DES;
  - защищенное хранилище ключей и конфигурационной информации на основе однократно программируемой памяти.
- Контроллер USB 2.0 Host HS.
- Контроллер Ethernet 10M/100M.
- Интерфейс I2C:
  - 4 канала.
- Уникальный ID каждой микросхемы.
- Однократно программируемая память для хранения индивидуальной информации.

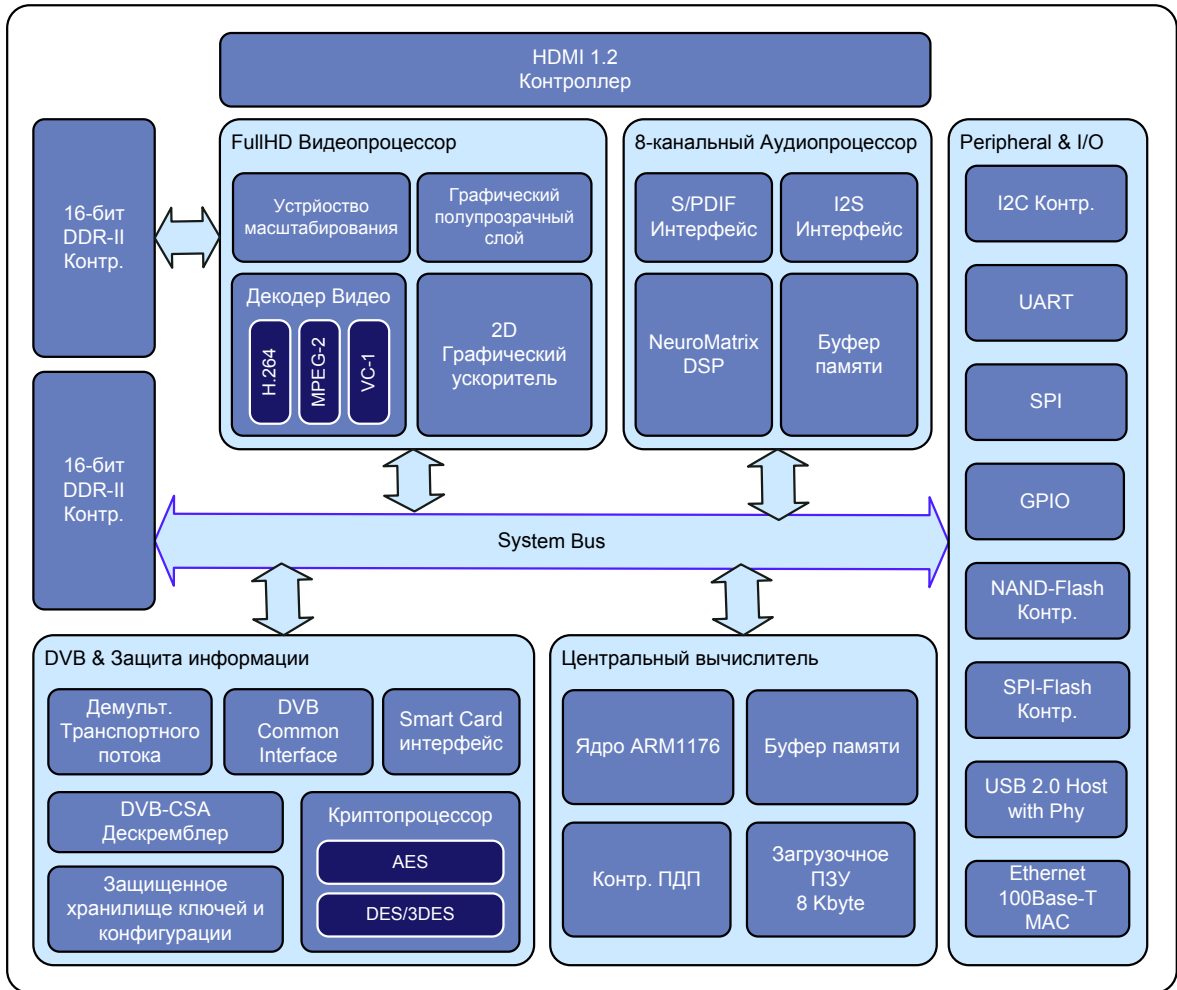


Рис. 1 СБИС K1879XB1A

### Модуль декодера на базе СБИС K1879XB1A

Модуль декодера на базе СБИС K1879XB1A (рисунок 2) представляет собой универсальный электронный модуль в формате SO-DIMM, что позволяет создавать на его базе широкий круг устройств для различных областей применения [3]. Конструктивно модуль представляет собой печатную плату с краевым разъемом SO-DIMM200 с расположенными на ней основными компонентами, необходимыми для функционирования СБИС K1879XB1A.

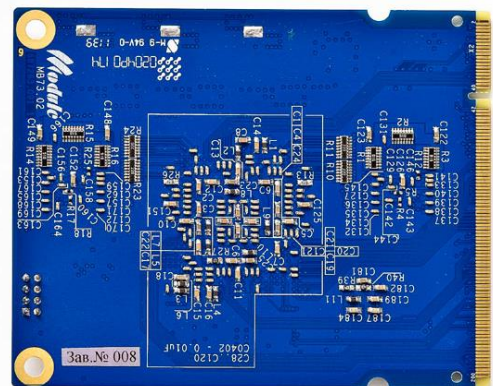


Рис. 2 Модуль декодера на базе СБИС К1879ХБ1Я

Данный модуль позволяет ускорить разработку отладочных комплектов и прототипов устройств для различных областей применения. Разработчикам конечных устройства необходимо разработать несущую плату, содержащую необходимые разъемы и периферийные устройства, при этом разработку схемотехники и разводку сигналов между СБИС К1879ХБ1Я и наиболее критичными и высокочастотными устройствами выполнять не надо, достаточно использовать уже разработанный модуль декодера на базе СБИС К1879ХБ1Я. В дальнейшем разработчик может оптимизировать и пробовать различные варианты построения устройства, внося изменения только в несущую плату.

В дальнейшем, после отладки схемотехники периферийных устройств и разработки прикладного программного обеспечения, данная конструкция из базовой платы и подключаемого модуля декодера может быть оптимизирована и сведена в единую плату.

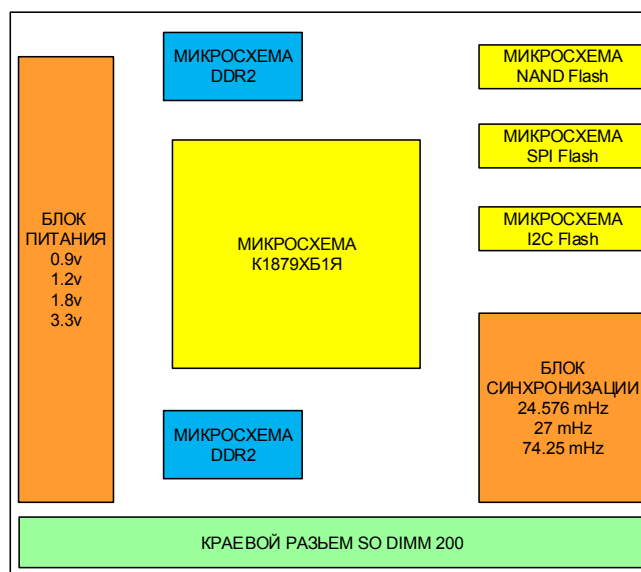


Рис. 3 Структурная схема модуля декодера на базе СБИС К1879ХБ1Я

Результат данного подхода проиллюстрирован на рисунке 4, где изображен референсный цифровой телевизионный приемник, построенный на основе модуля декодера.

Референсный цифровой телевизионный приемник (ЦТП) на базе СБИС К1879ХБ1Я представляет собой прототип серийного приемника цифрового телевидения и предназначен для разработки и отладки программного обеспечения конечного пользовательского устройства – приставки для приема и декодирования цифрового телевизионного сигнала [4].



Рис. 4 Референсный цифровой телевизионный приемник  
**Цифровая телевизионная приставка на базе СБИС К1879ХБ1Я**

После разработки прикладного программного обеспечения и определения требуемой конфигурации периферийных устройств, которые проводились на референсном цифровом телевизионном приемнике, была разработана цифровая телевизионная приставка на базе СБИС К1879ХБ1Я, представляющая собой серийное решение приемника цифрового телевизионного DVB-T/T2-сигнала с поддержкой разрешения HD/SD, обратным каналом через Ethernet, функцией PVR с записью на USB-носитель для приема открытых телевизионных каналов (рисунок 5) [5].

В отличие от ЦТП, данная приставка была оптимизирована по целому ряду параметров, включая конечную стоимость изделия и технологичность.

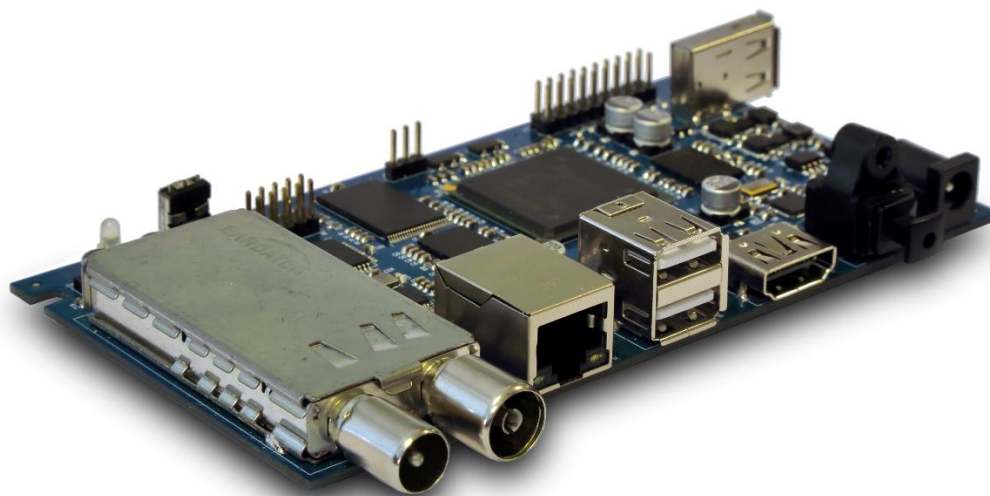


Рис. 5 Цифровая телевизионная приставка

Таким образом, с использованием вышеописанного подхода удалось в короткие сроки разработать оптимизированное конечное устройство для цифрового телевидения на базе разработанной СБИС К1879ХБ1Я. Сокращение сроков разработки устройства было достигнуто за счет применения универсального модуля декодера и базовой платформы, предназначенной для применения в области цифрового телевидения.

Разработка базовой платформы для конкретной области применения при данном подходе может вестись независимо от процесса разработки СБИС и универсального модуля декодера, так как за счет применения универсального модуля декодера, данное устройство развязано с конечной архитектурой разрабатываемой СБИС. И в случае внесения изменений в спецификацию, или интерфейсы СБИС переработка базовой платформы не требуется.

Так же данная платформа может быть использована для отработки разных СБИС, необходимо только согласовать спецификацию на универсальный модуль декодера.

Разработка универсального модуля декодера велась параллельно с разработкой самой СБИС на конечных этапах ее проектирования. Таким образом сразу после изготовления СБИС имелась готовая аппаратная платформа для ее отладки и разработки прикладного программного обеспечения. Данный подход позволил максимально быстро приступить к разработке оптимизированного конечного устройства.

### Микрокомпьютер МВ77.07

Помимо устройств, предназначенных для конкретной области применения, таких как цифровая телевизионная приставка, было разработано устройство для широкого круга задач – микрокомпьютер МВ77.07 [6-8].

Микрокомпьютер МВ77.07 на базе СБИС К1879ХБ1Я представляет собой одноплатное устройство широкого функционального назначения, оснащенное процессорным ядром ARM1176 архитектуры v6, дополненное высокопроизводительным процессором цифровой обработки сигналов оригинальной архитектуры - NeuroMatrix®. Устройство включает аппаратный блок декодера видео, позволяющий декодировать видео стандартной и высокой четкости и графический ускоритель (2D).

Микрокомпьютер обеспечивает возможность использовать устройство в задачах анализа и обработки изображений, например, в охранных системах видеонаблюдения, робототехнике, доверенных распределенных вычислительных сетях, тонких клиентах, банкоматах, платежных терминалах, многоэкранных мультимедийных центрах отображения, управления и оповещения, в различных средствах управления, в том числе для организации системы “умный дом”, в учебных заведениях в качестве пособия, а также заинтересует энтузиастов-разработчиков.

Компьютер оснащен большим количеством интерфейсов: USBHost HDMI, S/PDIF, Ethernet, GPIO, TS, JTAG, SPI, UART, I2C, а также включает в себя несколько десятков универсальных портов ввода вывода, превращающих устройство в средство контроля и управления различными электронными системами.

В качестве программного обеспечения с устройством поставляется операционная система Linux (прошивка Debian\ Raspbian), бинарные сборки инструментов кросс-средств и наборы библиотек SDK для работы с DSP ядром.

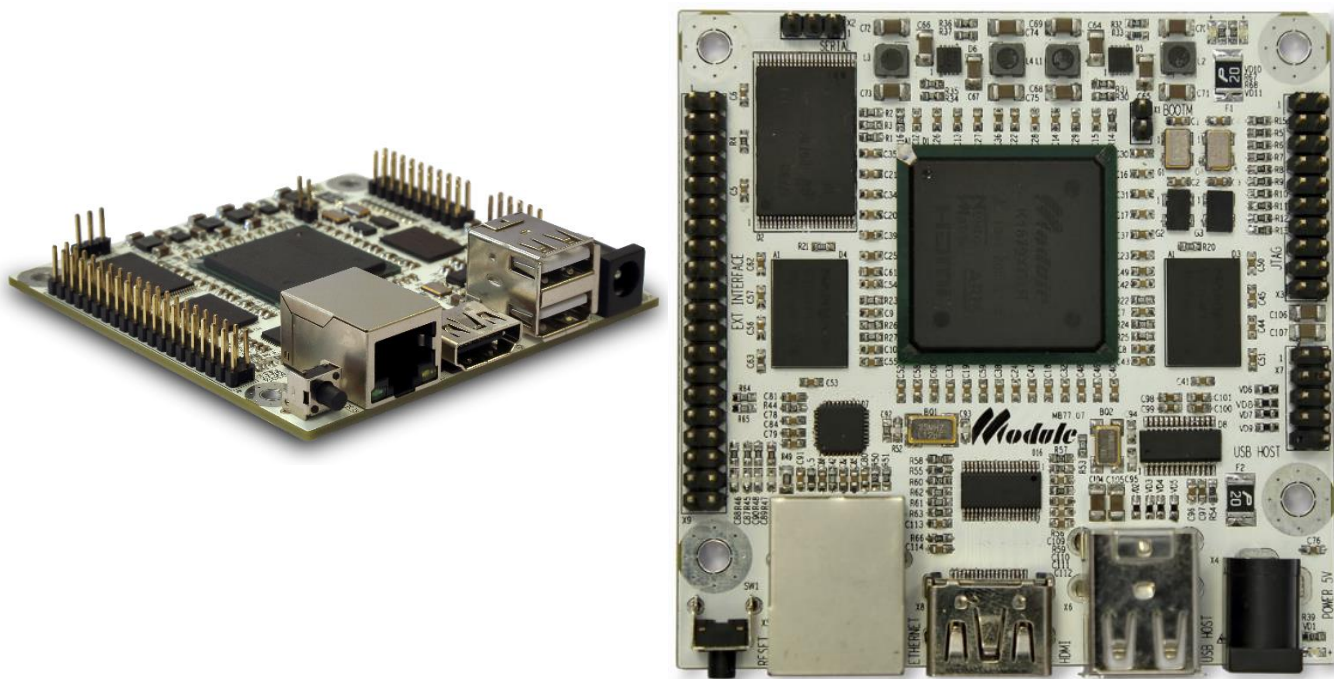


Рис. 6 Микрокомпьютер МВ77.07

Технические характеристики микрокомпьютера МВ77.07:

- СБИС декодера цифрового телевизионного сигнала К1879ХБ1Я
- Ядро процессора ARM 1176 с тактовой частотой 324 МГц
- Ядро DSP NeuroMatrix NMC3 с тактовой частотой 324 МГц
- Системная память DDR2 SDRAM общим объемом 256 МБ (2 модуля по 128 МБ)
- NAND-флеш-память объемом 1 ГБ
- SPI master
- Синхронный параллельный интерфейс транспортного потока EN50221

- Ethernet 10/100 МБит
- USB 2.0 Host (2 стандартных порта + 2 на общем разъеме)
- HDMI Tx порт - интерфейс HDMI версии 1.2 с поддержкой HDCP версии 1.1.
- GPIO до 32 портов (на общем разъеме)
- UART
- SPI
- JTAG
- Host Interface через Ethernet (EDCL)
- SPDIF (многоканальный)
- I2C
- Питание 5 В, 2.5 А
- Габариты 80 x 80 мм

Микрокомпьютер MB77.07 реализован с применением технологии одностороннего монтажа при которой все компоненты располагается только на одной стороне печатной платы, что существенно снижает стоимость изделия при его серийном производстве.

Микрокомпьютер MB77.07 построен с использованием широко распространенных комплектующих и оптимизирован по критерию стоимости компонент, что позволяет ему конкурировать с аналогичными устройствами иностранного производства.

Однако, применение дешевой элементной базы коммерческого диапазона температур, делает затруднительным применение микрокомпьютера MB77.07 в системах, требующих повышенной стойкости к климатическим и механическим внешним воздействующим факторам, так как накладывает ограничения на разработчиков подобных систем, вынужденных повышать стойкость на уровне системы.

В связи с этим для систем индустриального назначения в ЗАО НТЦ "Модуль" была разработана версия унифицированного электронного модуля, обладающего повышенной стойкостью к климатическим воздействующим факторам (рабочая температура модуля от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ ). В настоящее время, данные модули (УЭМ ИВС – унифицированный электронный модуль информационно-вычислительных систем промышленного назначения) проходят завершающие испытания (рисунок 7).



Рис. 7 Унифицированный электронный модуль информационно-вычислительных систем промышленного назначения

Авторы данного доклада старались проиллюстрировать подход к продвижению микросхем на современном российском рынке, когда разработчикам микросистемных устройств, помимо разработки самих микросхем и отладочных плат на их основе для успешного продвижения на рынок своей продукции необходимо предоставить потребителям (компаниям производителям электроники) также полный комплект решений для различных прикладных областей построенный на продвигаемой СБИС. Данный комплект решений должен включать готовые аппаратно-программные платформы, позволяющие производителям электроники начать выпуск устройств с минимальными усилиями с их стороны.

## Литература

1. Шевченко П.А. Отечественная СБИС декодера цифрового телевизионного сигнала K1879XB1Я // Труды конференции. Цифровая обработка сигналов и её применение — DSPA'2011, 2011.
2. СБИС K1879XB1Я / ЗАО НТЦ "Модуль". [сайт]. <http://www.module.ru/>.
3. Модуль декодера на базе СБИС K1879XB1Я / ЗАО НТЦ "Модуль". [сайт]. <http://www.module.ru/>.
4. Чумаченко Г.О. Разработка образца цифровой телевизионной приставки на базе первой отечественной СБИС декодера цифрового телевизионного сигнала // Участие российской промышленности во внедрении цифрового телерадиовещания в России и перспективы развития этого направления после 2015 года CSTB'12, 2012.
5. ФТА цифровая телевизионная приставка на базе СБИС K1879XB1Я / ЗАО НТЦ "Модуль". [сайт]. <http://www.module.ru/>.
6. Микрокомпьютер МВ77.07 на базе отечественной СБИС K1879XB1Я // Компоненты и технологии. 2014. №9. С. 108.
7. Микрокомпьютер Module МВ 77.07 — русский ответ Raspberry Pi / Promwad. [сайт]. <http://habrahabr.ru/company/promwad/blog/217893/>.
8. Цепрунов Е.А., Андрианов А.В. Способ кросс-компиляции программ для микрокомпьютера МВ77.07 - подготовка и настройка рабочего окружения. // Труды конференции. Новые информационные технологии в системах связи и управления — Калуга, 2015.