

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ – НОВОЕ РЕШЕНИЕ

Д.Краснобров¹, В.Равко²

УДК 004.31
ВАК 05.27.00

Процессоры цифровой обработки сигналов (ЦОС) АО "ПКК Миландр" известны многим разработчикам. Устройства можно успешно применять для решения различных задач ЦОС. Сейчас компания разрабатывает новый сигнальный процессор, об особенностях которого рассказывается в статье.

Компания "Миландр" предлагает 32-разрядные процессоры цифровой обработки сигналов 1967BH028, 1967BH034 и микросборки на их основе. Оба устройства имеют одну и ту же систему команд Lpx (набор инструкций процессора ADSP TS201S плюс дополнительный набор команд), одну и ту же архитектуру ядра. Принципиальное различие изделий заключается в том, что процессор 1967BH028 нацелен на работу в составе многопроцессорного вычислительного кластера, а 1967BH034, скорее, подходит на роль микроконтрол-

лера с мощным вычислительным ядром и более богатым набором периферии. При этом 1967BH028 в одиночном исполнении может служить самостоятельным узлом обработки данных, равно как и 1967BH034 можно интегрировать в состав большой вычислительной системы. Гибкость в способах построения систем обработки данных на базе 1967BH028 и 1967BH034 достигается благодаря наличию в обоих процессорах высокоскоростных каналов обмена данными – LINK-портов, работающих по стандарту LVDS. Пример использования процессоров представлен на рис.1. Устрой-

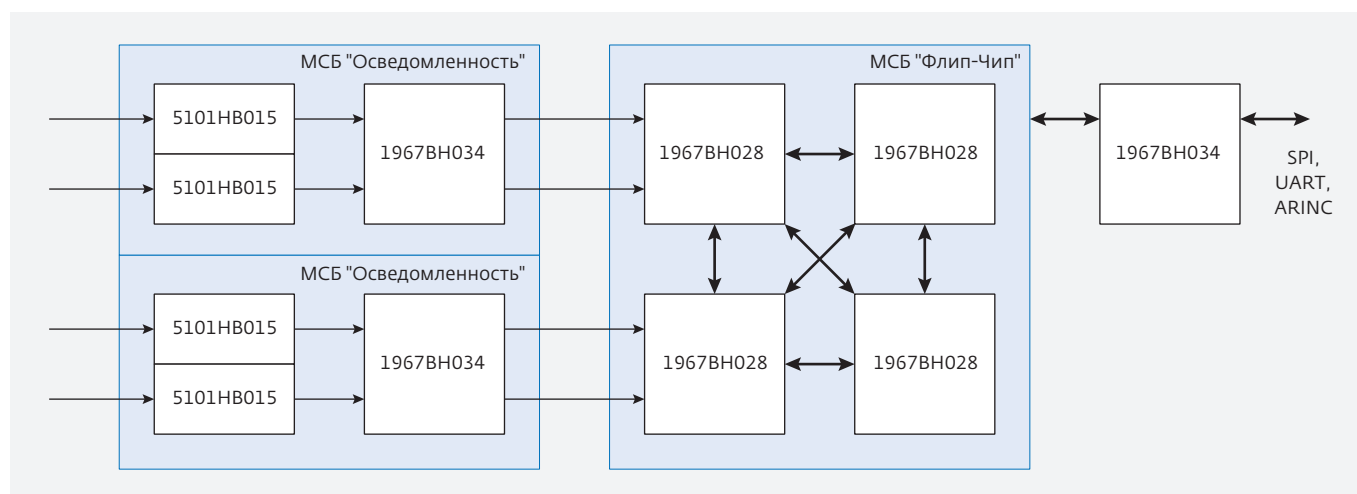


Рис.1. Структура многоканальной системы обработки данных (микросхема 5101HB015 – АЦП)

¹ АО "ПКК Миландр", начальник отдела разработки ЦИС, krasnobrov.d@milandr.ru.

² АО "ПКК Миландр", ведущий инженер отдела разработки ЦИС, ravko.v@ic-design.ru.

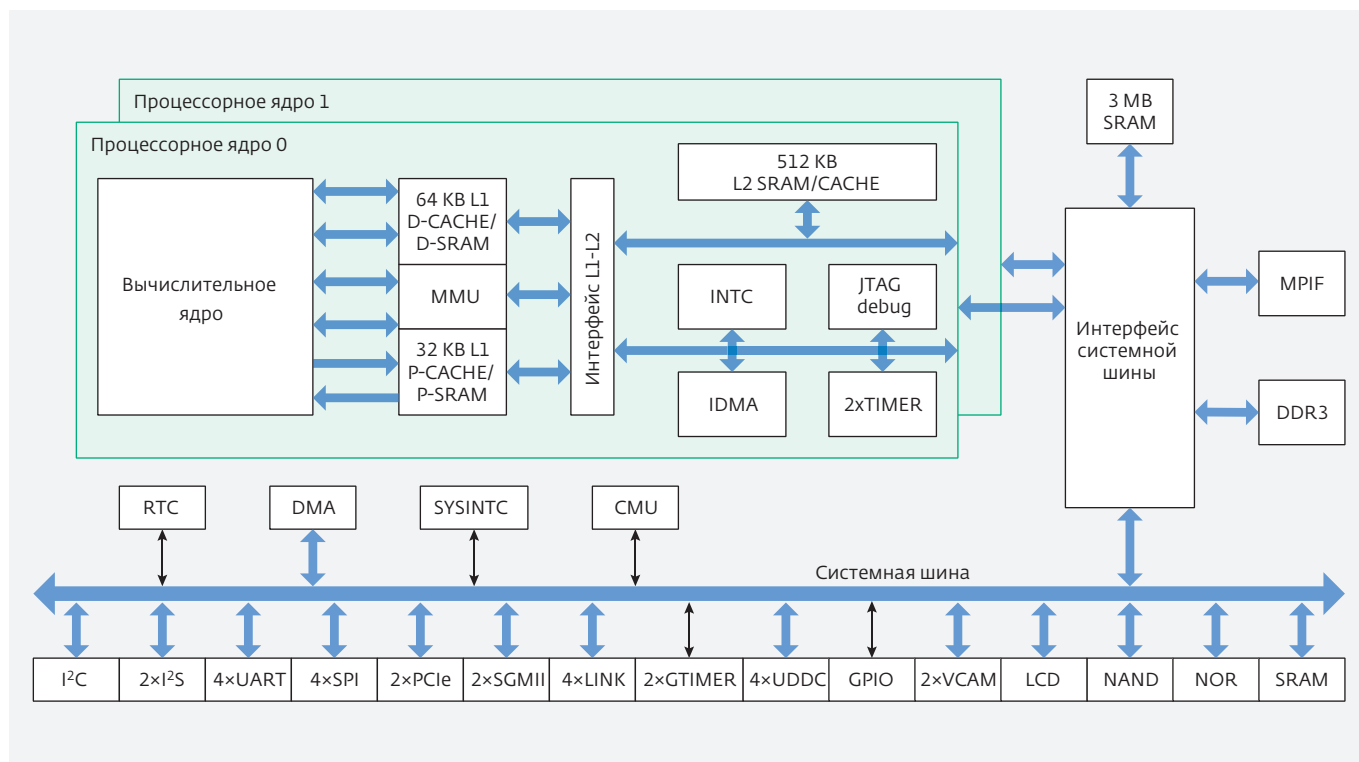


Рис.2. Структура процессора 1967BH058

РОССИЙСКИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ, ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ
РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО

СЛОТС Сложные организационно-технические системы

РЭА Разработка радиоэлектронной аппаратуры

ИС Разработка интегральных микросхем

Производство интегральных микросхем и приборов

1000 м² чистых производственных помещений

573 единицы высокопроизводительного технологического оборудования

Приборы и системы учета энергоресурсов

Прикладное и системное ПО

Аппаратура связи

Вычислительные кластеры

МИЛАНДР
ГРУППА КОМПАНИЙ
WWW.MILANDR.RU

ПРОЦЕССОРНОЕ ЯДРО

Принципиальное отличие разрабатываемого процессора от его предшественников заключается в реализации подсистемы внутрикристалльной памяти. Для достижения высокой частоты ядра используется многоуровневая система, состоящая из памяти первого уровня L1 объемом 96 Кбайт, памяти второго уровня L2 объемом 512 Кбайт и статической памяти третьего уровня L3 объемом 3 Мбайт. Каждое ядро имеет собственную память L1 и L2. Память третьего уровня общая для всех ядер. L1 работает на частоте ядра, L2 и L3 – на вдвое меньшей частоте.

Память L1 организована как отдельная память для данных (32 Кбайт) и для программ (64 Кбайт). Все 32 Кбайт памяти программ и старшие 32 Кбайт памяти данных могут быть сконфигурированы как кеш/ОЗУ в соотношении (в Кбайт) 32/0, 24/8, 16/16, 8/24, 4/28 либо 0/32. Младшие 32 Кбайт L1 данных всегда функционируют как статическое ОЗУ с однократным доступом. При работе старшего банка L1 данных в режиме кеша наличие младших 32 Кбайт L1 данных позволяет исключить конфликт доступа к данным в ряде алгоритмов, требующих высокого быстродействия. Память L1 программ дополнительно снабжена аппаратной поддержкой контроля ошибок – каждое 32-битное слово формирует и хранит дополнительный бит четности.

Память второго уровня L2 является унифицированной, то есть предназначена для хранения команд и данных. Аналогично L1 память L2 может работать как в режиме кеша, так и в режиме ОЗУ. Размер кеша может быть 512, 256 или 128 Кбайт. В памяти L2 предусмотрена поддержка коррекции одиночных ошибок и обнаружения двойных (SEC/DED).

Процессор имеет аппаратные и программные возможности для поддержки когерентности кешей и оперативной памяти.

Процессорное ядро оснащено устройством управления памятью (MMU), выполняющим функции преоб-

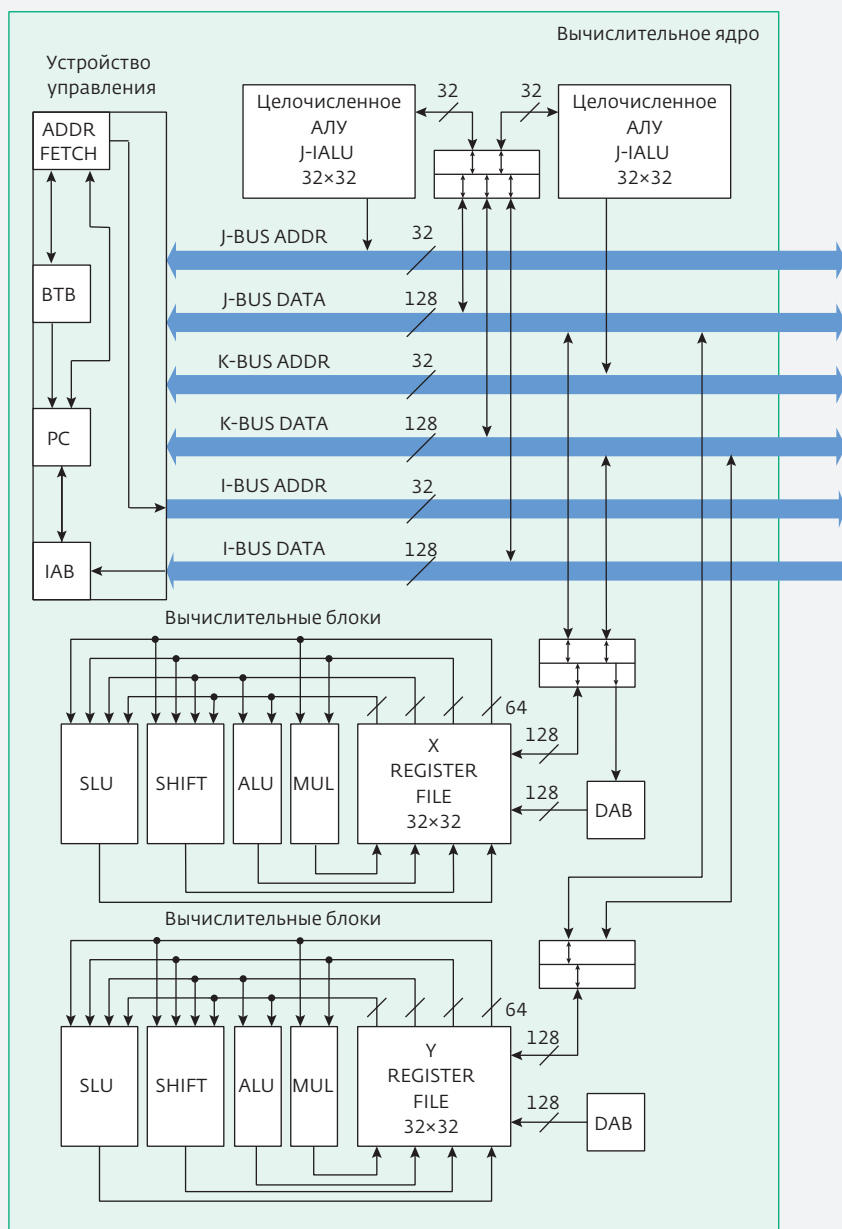


Рис.3. Структура вычислительного ядра

ства показаны в составе микросборок (МСБ) "Осведомленность" и "Флип-Чип", выпускаемых компанией "Миландр".

Продолжением линейки процессоров ЦОС, основанных на системе команд Lpxh, является микросхема 1967BN058 (рис.2, 3). В ней сделана ставка на повышение эффективности обработки информации за счет увеличения частоты функционирования вычислительного ядра, большего количества вычислительных ядер, а также использования набора разнообразных периферийных устройств.

Таблица 1. Периферийные устройства процессора 1967BH058

Устройство	Назначение
RTC	Часы реального времени + сторожевой таймер
CMU	Блок управления синхронизацией и энергопотреблением
DMA	Системный контроллер ПДП
SYSINTC	Системный контроллер прерываний
I ² C	Контроллер I ² C. Режим Master/Slave, 7-, 10-битная адресация, возможность работы в системе с несколькими ведущими устройствами
I ² S	Контроллер I ² S (SSI)
UART	Контроллер UART
SPI	Контроллер SPI
CAN	Контроллер CAN2.0
VCAM	Контроллер видеокамеры
LCD	Контроллер ЖКИ
PCIe	Контроллер PCI Express 2.0, Root Complex/Endpoint. Число линий (lane) – 4, скорость в линии до 5 Гбит/с
SGMII	Контроллер Ethernet 10/100/1000 стандарта SGMII
LINK	Порт связи (конфигурации 1 или 4 бит). Два порта связи могут быть сконфигурированы как один 8-битный порт (в том числе для приема данных с АЦП 5101HB015 (АО "ПКК Миландр")
GTIMER	Таймер с функцией ШИМ
UDDC	Модуль цифровой обработки данных (модулятор + смеситель + фильтры). Режимы работы: Up (повышение частоты), Down (понижение частоты)
GPIO	Порты ввода-вывода общего назначения в количестве не менее 64. Программируемое состояние (Pullup, Pulldown, Hi-Z). Программируемое рабочее напряжение 1,8/2,5/3,3 В
NAND	Контроллер NAND-флеш
NOR	Контроллер NOR-флеш
SRAM	Контроллер статической памяти
DDR3	Контроллер динамической памяти DDR3 800 МГц. Разрядность шины данных 64 бита + ECC 8 бит. Объем поддерживаемой памяти до 8 Гбайт
MPIF	Контроллер шины межпроцессорного обмена

разования виртуальных адресов в физические, разделения памяти на страницы с различными атрибутами доступа и защиты.

Каждое процессорное ядро имеет набор локальных периферийных устройств: контроллер прерываний (INTC), контроллер прямого доступа (IDMA), два 64-разрядных счетчика-таймера. Контроллер прерываний позволяет обслуживать до 124 запросов прерываний, поступающих от внешних источников, а также от вну-

тренных подсистем ядра. Контроллер IDMA, имеющий один канал, предназначен для выполнения пересылок между памятью первого и второго уровней, а также между внутриядерной памятью и внутрисистемной общей памятью.

Базовая система команд Lpxh дополнена новыми командами для более эффективной реализации компиляторов Си и C++. Особо стоит отметить, что процессор 1967BH058 по двоичному коду совместим с про-

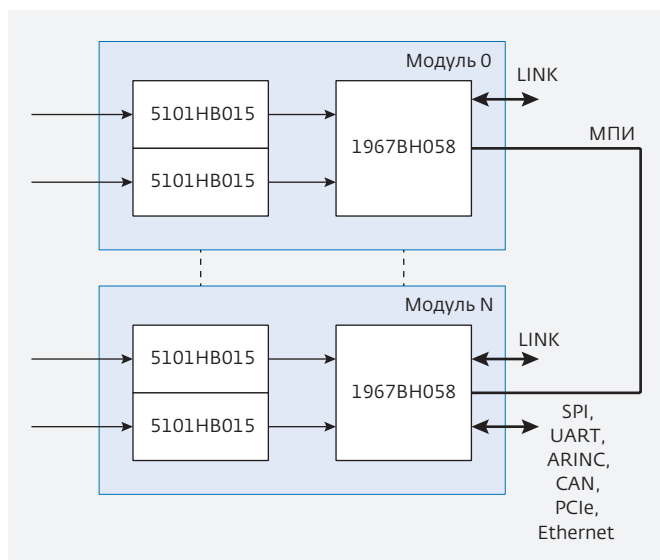


Рис.4. Многоканальная система обработки на процессорах 1967BH058

цессорами 1967BH028, 1967BH034. Программа, скомпилированная для этих устройств, может выполняться на процессоре 1967BH058 без перекомпиляции. MMU позволяет отобразить адресное пространство памяти процессоров 1967BH028 и 1967BH034 на имеющиеся ресурсы 1967BH058. Для этого в таблицу MMU прописываются дескрипторы для преобразования старых (виртуальных) адресов на новое (физическое) адресное пространство.

Стоит обратить внимание, что конструкция микросхемы предусматривает увеличение количества процессорных ядер до 16.

ПЕРИФЕРИЯ

В табл.1 приведено краткое описание контроллеров периферийных устройств, реализованных в 1967BH058. Базовый набор периферийных устройств процессора 1967BH058 аналогичен 1967BH034. Вместе с тем он расширен рядом высокоскоростных интерфейсов. Будет реализован контроллер DDR3 800 МГц с поддержкой адресации памяти объемом до 8 Гбайт. Аналогично 1967BH028 для создания многопроцессорных систем будет сохранена поддержка межпроцессорного интерфейса (МПИ).

Пример реализации многоканальной системы обработки данных на процессорах 1967BH058 показан на рис.4. Одна из микросхем (в данном случае в модуле N) может служить связующим звеном с "внешним миром", общение с которым выполняется по одному из интерфейсов. Связь с остальными обрабатывающими модулями осуществляется посредством МПИ. При необходимости через свободные LINK-каналы связи к системе могут быть подключены микросхемы 1967BH028, 1967BH034.

Таблица 2. Основные электрические параметры 1967BH058

Параметр	Значение
Напряжение питания ядра, В	0,9
Напряжение питания ввода-вывода, В	1,8/2,5/3,3
Тактовая частота процессора, МГц	1000
Максимальная потребляемая мощность, Вт	8
Диапазон температур, °С	-60...85

Для контроля температуры в микросхеме предусмотрен встроенный термодиод.

СРЕДА РАЗРАБОТКИ

В настоящее время программное обеспечение для 1967BH028, 1967BH034 разрабатывается в интегрированной среде разработки CM-Lynx с использованием JTAG-эмулятора для подключения к отладочным комплектам. Параллельно с созданием микросхемы будут дорабатываться CM-Lynx, компилятор и встроенный программный симулятор для того, чтобы к моменту выхода образцов 1967BH058 пользователям были доступны и средства разработки.

ПАРАМЕТРЫ МИКРОСХЕМЫ

Микросхему планируется выпускать с приемкой "5" в 841-выводном металлокерамическом корпусе BGA размером 30×30 мм. Основные электрические параметры микросхемы приведены в табл.2. В настоящий момент микросхема находится в стадии разработки. Получение экспериментальных образцов запланировано на четвертый квартал 2018 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мякочин Ю.** 32-разрядный суперскалярный DSP-процессор с плавающей точкой // Компоненты и технологии. 2013. № 7. С. 98.
2. **Мякочин Ю.** Высокопроизводительный DSP-процессор для коммуникационных систем // Компоненты и технологии. 2014. № 10. С. 82.
3. **Мякочин Ю., Ошарин А., Чешков В., Руднев А.** Технологические особенности сборки высокопроизводительного DSP-процессора в 576-выводном металлокерамическом корпусе с применением технологии Flip-Chip // Компоненты и технологии. 2014. № 7. С. 152.
4. **Любицин В.** Высокоскоростной многокластерный интегрированный модуль обработки данных // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2015. № 6. С. 78.