

# ГЕТЕРОГЕННАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ СИГНАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА И ПРОЦЕССОРА ARM ПОД УПРАВЛЕНИЕМ ОДНОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

А.Бороздин<sup>1</sup>

УДК 004.031.6  
ВАК 05.27.00

При проектировании радиоэлектронной аппаратуры разработчик определяет тип и направления передачи информации в системе, способ ее обработки. В мире цифровых встраиваемых систем задачи управления традиционно решаются с помощью процессора общего назначения или микроконтроллера, в то время как цифровая обработка сигналов выполняется специализированными вычислителями – DSP-процессорами. Иногда функции управления и цифровой обработки сигналов можно совместить в одном процессоре, но чаще используется подход с разделением функций. В этом случае нужно обеспечить коммуникацию между процессорами различных архитектур, работающих в одном устройстве. О подходах к решению этой задачи рассказывается в статье.

Исходя из требований к системе программное обеспечение может строиться как на базе ОС, так и без нее. Как правило, во встраиваемых системах применяются ОС реального времени (ОСРВ), поскольку для таких систем важно иметь гарантированное время отклика на события. Для микроконтроллеров с вычислительными ядрами ARM существует множество ОСРВ (FreeRTOS, Keil RTX, Micrium  $\mu$ C/OS, QNX и др.), что обусловлено популярностью данной архитектуры. Многие ОСРВ портированы не только на архитектуру ARM, но и на более простые 8-битные микроконтроллеры. Для DSP-процессоров выбор ОСРВ существенно ограничен, поскольку, во-первых, зачастую DSP-приложения не требуют ОСРВ, а во-вторых, портирование ОСРВ на DSP-

процессор – нетривиальная задача, требующая проработки многих нюансов. Как правило, используется одна ОСРВ для данной архитектуры, зачастую ОСРВ поставляется производителем процессора.

ОСРВ МАКС – операционная система реального времени для мультиагентных когерентных систем – разработана отечественной компанией АстроСофт. ОСРВ МАКС реализует классический функционал операционных систем реального времени для встраиваемых систем, а также имеет ряд особенностей, которые облегчают построение масштабируемых систем из нескольких устройств (агентов). Механизм разделяемой памяти на уровне устройств (Shared Memory) обеспечивает синхронизацию контекста задач между устройствами, а также обмен сообщениями внутри группы устройств [1]. ОСРВ МАКС официально поддерживает микроконтроллеры производства АО "ПКК Миландр" на базе ядер Cortex M0, M3/M4 и процессоры сигнальной обработки серии 1967ВН0хх [2].

<sup>1</sup> АО "ПКК Миландр", начальник отдела разработки ПО ЦП РЭА, borozdin.a@ic-design.ru.

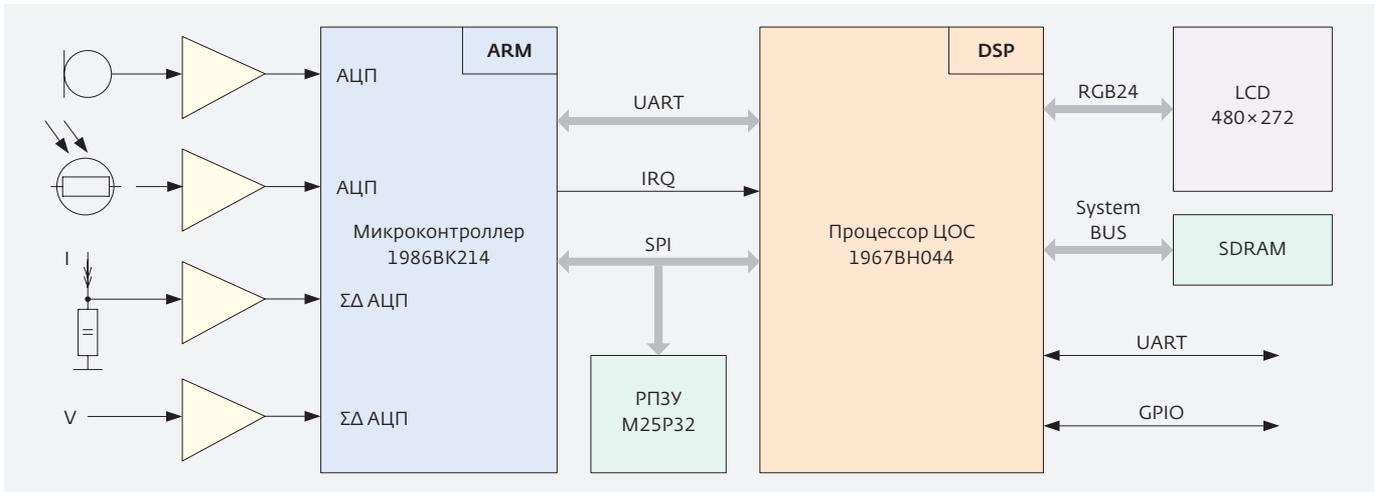


Рис.1. Структурная схема гетерогенной системы

Рассмотрим задачу организации взаимодействия микроконтроллера серии 1986 на базе ядра Cortex M0 и цифрового сигнального процессора 1967BH044. Структурная схема такой системы показана на рис.1.

К микроконтроллеру подключены микрофон, датчики температуры и освещенности, а также датчики тока и напряжения. Задача микроконтроллера – собрать первичные данные с датчиков и передать их на DSP-процессор, который выполняет функции обработки и визуализации данных.

Для обмена данными в состав программного обеспечения (ПО) микроконтроллера, как и ПО процессора DSP, должны входить драйверы портов (здесь это UART или SPI), а также автомат, реализующий протокол обмена данными. Протокол обмена в общем случае

разрабатывается с учетом задачи и имеющихся коммуникационных ресурсов. Если для решения задачи необходимо применить ОСПВ, то типичное решение может выглядеть, как показано на рис.2. Микроконтроллер функционирует под управлением FreeRTOS, DSP-процессор – под управлением ОС VDK, а программные компоненты, перечисленные выше, разрабатываются и внедряются на уровне приложений.

Альтернативный вариант – применение ОСПВ МАКС на микроконтроллере и DSP-процессоре и задействование встроенных механизмов межпроцессорной коммуникации (рис.3).

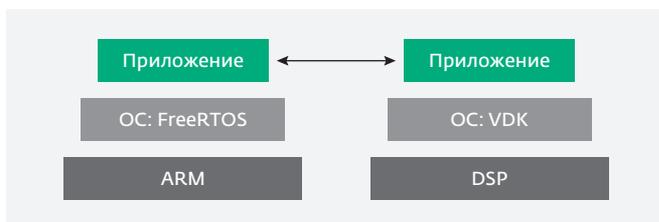


Рис.2. Связь на уровне приложений

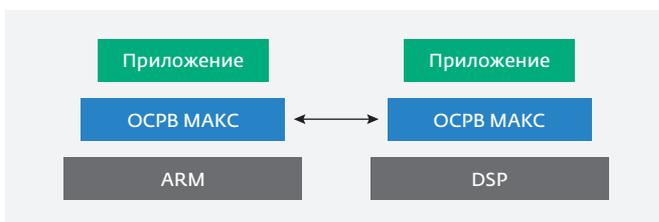


Рис.3. Связь на уровне операционной системы

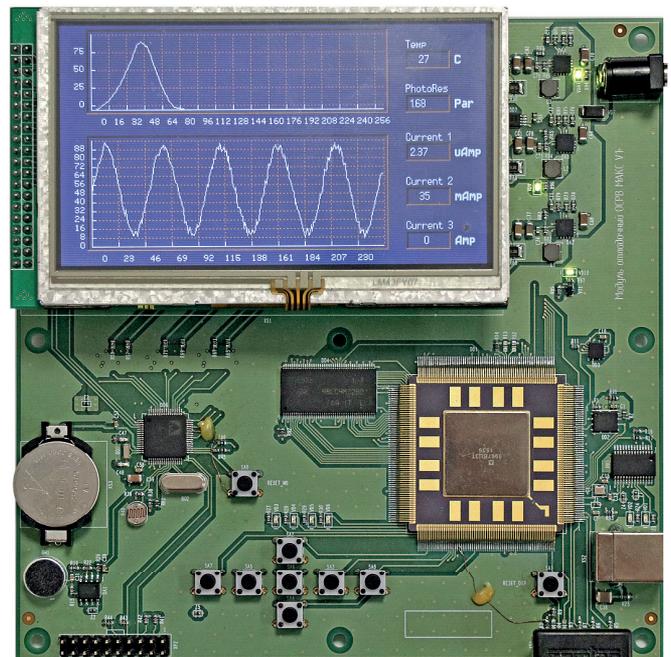


Рис.4. Гетерогенная система захвата и обработки данных

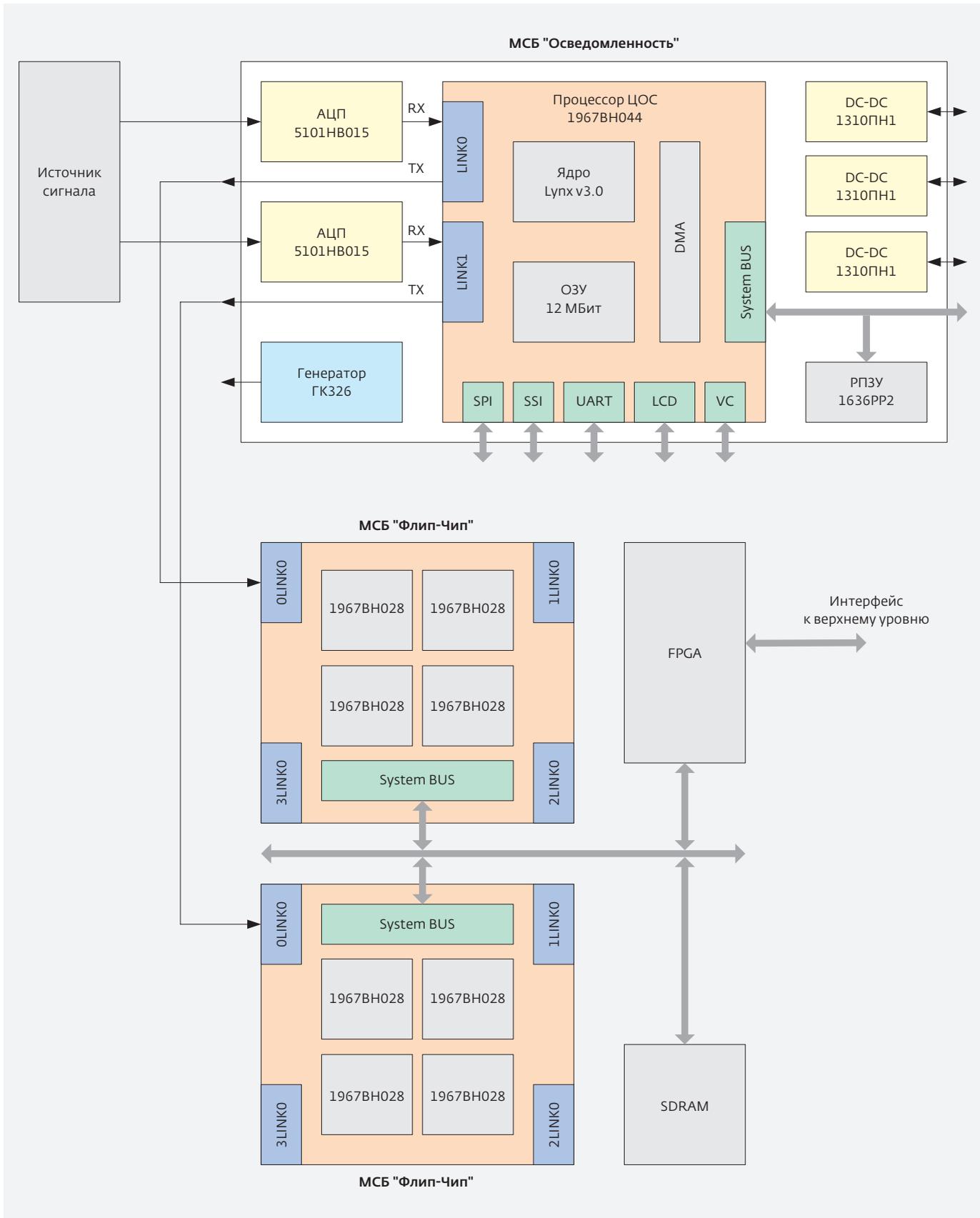


Рис.5. Вычислительный модуль на базе процессоров серии 1967

Использование встроенных средств коммуникации ОСРВ МАКС позволяет разработчику сосредоточиться на основной задаче – сборе и обработке данных, сократив временные затраты. Кроме этого, на обеих платформах программист работает в единообразном программном окружении. Внешний вид отладочной платы с микроконтроллером серии 1986 и процессором цифровой обработки сигналов 1967BH044 под управлением ОСРВ МАКС показан на рис.4.

Еще одним вероятным сценарием применения встроенных средств межпроцессорной коммуникации ОСРВ МАКС может быть организация связи между DSP-процессорами серии 1967. На рис.5 показана структурная схема вычислительного блока, в состав которого входят процессор 1967BH044 с подключенными АЦП серии 5101, выполняющими роль Front-end системы, и вычислительный кластер из восьми процессоров 1967BH028. При этом данные между Front-end и кластером передаются через LINK-порты. Перечисленные компоненты входят в состав микросборок "Осведомленность" и "Флип-Чип".

В текущей версии ОСРВ МАКС поддерживает организацию механизмов разделяемой памяти и очереди сообщений через внешнюю параллельную системную шину процессоров. Кроме того, межпроцессорные

очереди сообщений реализованы поверх скоростных последовательных LINK-портов. Конфигурация системы и топология LINK-портов описываются в заголовочном файле. Стоит отметить, что механизмы межпроцессорного взаимодействия в ОСРВ МАКС расширяемы. Для использования иного физического канала необходимо написать драйвер для работы через соответствующий интерфейс и включить его в состав сборки. Это позволяет использовать в качестве коммуникационного интерфейса практически любую среду передачи данных – последовательные или параллельные шины, а также логические каналы поверх высокоуровневых протоколов типа IP.

В настоящее время компания "Миландр" внедряет ОСРВ МАКС в своих разработках. Операционную систему планируется также включить в поставку интегрированной среды разработки наряду с другими библиотеками.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ОСРВ МАКС. Руководство программиста. <https://www.astrosoft.ru/upload/rtos-macs/rtos-macs-rukovodstvo-programmista.pdf>
2. Процессор цифровой обработки сигналов 1967BH044. Спецификация. [http://ic.milandr.ru/products/mikrokontrollery\\_i\\_protsessory/1967bh034/?tab=DOCS](http://ic.milandr.ru/products/mikrokontrollery_i_protsessory/1967bh034/?tab=DOCS)

РОССИЙСКИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ, ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

**РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО**



**МИЛАНДР**  
ГРУППА КОМПАНИЙ  
[WWW.MILANDR.RU](http://WWW.MILANDR.RU)

СЛОТС

Сложные организационно-технические системы

-  Приборы и системы учета энергоресурсов
-  Прикладное и системное ПО

РЭА

Разработка радиоэлектронной аппаратуры

-  Аппаратура связи
-  Вычислительные кластеры

ИС

Разработка интегральных микросхем

**Производство интегральных микросхем и приборов**

 **1000 м<sup>2</sup>** чистых производственных помещений

 **573 единицы** высокопроизводительного технологического оборудования