

# Обзор современных высокопроизводительных микропроцессоров класса “система на кристалле”

Тенденция развития современных полупроводниковых устройств такова, что все большую популярность у разработчиков находят компоненты, воплощающие концепцию “система на кристалле”.

Что же скрывается за этим популярным термином “система на кристалле”?

Четкого определения этого термина нет, и многие инженеры, специалисты по маркетингу подразумевают под этим высокоинтегрированные микросхемы, содержащие на кристалле богатый набор различных функциональных модулей.

Сам собой напрашивается немаловажный вывод — часто то, что в электронике называют “система на кристалле”, на самом деле далеко не всегда является системой на одном кристалле.

Для организации законченной системы процессору с архитектурой, показанной на рис. 1, необходимы как минимум еще три внешних микросхемы (энергонезависимая память, системная память и Ethernet трансивер физического уровня).

Наиболее выигрышным является вариант, при котором система строится на одной микросхеме — система на одном кристалле, в этом случае разработчик получает целый ряд технических и экономических преимуществ. Экономится место на печатной плате, улучшается динамика работы схемы, отпадает необходимость согласовывать работу различных модулей, сокращается число и удешевляется общая стоимость применяемых компонентов.

Важно заметить, что система — это совокупность аппаратных средств и программного обеспечения. Поэтому программное обеспечение для работы сис-

темы на одном кристалле должно учитывать особенности её архитектуры и ресурсы.

Большинство современных систем на кристалле имеют ограничение максимального размера внутренней памяти данных на уровне 128 Кбайт. В этот объём должна укладываться её операционная система.

Типовая структура системы на одном кристалле приведена на рис. 2.

Рассмотрим основные аппаратные платформы и соответствующие им операционные системы, реализующие концепцию системы на кристалле.

## ОБЗОР АППАРАТНЫХ ПЛАТФОРМ

### HyNet32XS фирмы Hyperstone

По нашему мнению, HyNet32XS фирмы Hyperstone наиболее полно соответствует концепции “система на одном кри-

сталле”, что определяется как структурой процессора, так и операционной системой HyNetOS, которая поддерживает данный процессор.

Отметим следующие особенности процессора:

- собственная 32-бит RISC/DSP-архитектура;
- 200 МГц, 0,18-мкм технология;
- 16-бит DSP с фиксированной точкой на кристалле;
- 256-выводной BGA (17 × 17 мм).

Достоинства:

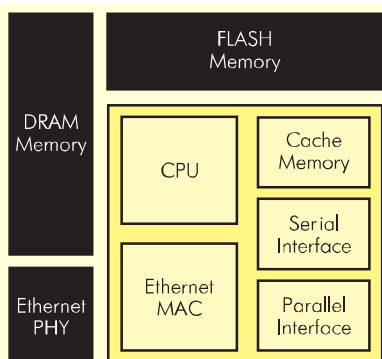
- 2 Ethernet MAC;
- 100BaseTX Eth. PHY;
- 144 KB память SRAM (код);
- 64 KB память SRAM (данные);
- DSP на кристалле;
- Boot ROM на кристалле;
- компактный корпус.

Недостатки: отсутствие PCI/CardBus интерфейса на кристалле.

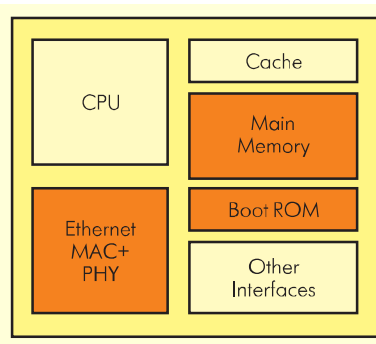
### IP4K фирмы Ubitom

Особенности процессора:

- новая собственная 32-бит архитектура;
- 250 МГц, 0,13-мкм технология;
- 16-бит DSP с фиксированной точкой на кристалле;
- оптимизация для задач беспроводной коммуникации;
- 228-выводной BGA-корпус (17 × 17 мм).



**Рисунок 1** Архитектура системы-на-кристалле



**Рисунок 2** Типовая структура системы на одном кристалле

Достоинства:

- 4 Ethernet MAC;
- PCI/CardBus интерфейс;
- 256 Кбайт SRAM;
- 10BaseT Ethernet PHY;
- DSP на кристалле;
- компактный корпус.

Недостатки:

- новая, возможно нестабильная архитектура;
- отсутствие Ethernet PHY для 10BaseTX;
- отсутствие Boot ROM;
- неэффективное управление энергопотреблением.

**NetSilicon NS9750**

Особенности процессора:

- 32-бит RISC-архитектура ARM926EJ-S;
- 200 МГц, 0,13-мкм технология;
- внутренние быстрые DMA-каналы;
- ARM Jazelle Java ускоритель;
- 352-выводной BGA-корпус (35 x 35 мм).

Достоинства:

- 1 Ethernet MAC;
- 4 UART;
- PCI/CardBus интерфейс;
- LCD-контроллер на кристалле;
- MMU поддержка.

Недостатки:

- отсутствие памяти SRAM на кристалле;
- отсутствие Ethernet PHY на кристалле;
- отсутствие Boot ROM;
- большой корпус.

**Samsung S3C2510A**

Особенности процессора:

- 16/32-бит RISC ARM940T архитектура;
- 166-МГц, 0,18-мкм технология;
- аппаратный криптомодуль;
- отличная поддержка USB;
- 416-выводной PBGA-корпус (35 x 35 мм).

Достоинства:

- 2 Ethernet MAC;
- 2 USB хост интерфейса с функцией USB-хаба;

- DES/3DES криптомодуль;
- PCI/CardBus интерфейс.

Недостатки:

- отсутствует память SRAM на кристалле;
- отсутствует Ethernet PHY на кристалле;
- отсутствие Boot ROM;
- большой корпус.

**Atmel 91RM9200**

Особенности процессора:

- ARM920T 32-разрядная RISC-архитектура;
- 180 МГц, 0,18-мкм технология;
- отличная поддержка USB;
- интеллектуальное управление энергопотреблением;
- 256-выводной BGA-корпус (15 x 15 мм).

Достоинства:

- 1 Ethernet MAC;
- 128 Кбайт ROM;
- 16 Кбайт память SRAM программ;
- 2 USB хост интерфейса с функцией USB-хаба;
- хорошее управление энергопотреблением;
- компактный корпус.

Недостатки:

- недостаточный объем памяти SRAM для кода;
- отсутствует Ethernet PHY на кристалле;
- отсутствует PCI/CardBus интерфейс;
- не предусмотрена возможность загрузки через Ethernet.

**Motorola MCF5235 (ColdFire)**

Особенности процессора:

- 32-разрядная V2 ColdFire микроархитектура;
- 150 МГц, 0,18-мкм технология;
- улучшенный таймерный блок;
- аппаратный криптомодуль;
- 256-выводной корпус MAPBGA (17 x 17 мм).

Достоинства:

- 1 Ethernet MAC;
- 64 Кбайт память SRAM программ;
- 8 Кбайт память SRAM данных;

- DES/3DES/AES криптомодуль;
- 2 CAN-шины;
- компактный корпус.

Недостатки:

- недостаточно SRAM памяти для программ;
- отсутствует Ethernet PHY на кристалле;
- отсутствует Boot ROM на кристалле;
- отсутствует PCI/CardBus интерфейс на кристалле.

**Infineon TC1130 (TriCore)**

Особенности процессора:

- собственная 32-разрядная RISC/DSP-архитектура;
- 150 МГц, 0,18-мкм технология;
- поддержка арифметики с плавающей точкой;
- отличная поддержка CAN-шины;
- 208-выводной LBGA-корпус (17 x 17 мм).

Достоинства:

- 1 Ethernet MAC;
- 32 Кбайт память SRAM (код);
- 96 Кбайт память SRAM (данные);
- 4 CAN-шины;
- аппаратный модуль операций с плавающей точкой;
- MMU поддержка управления памятью;
- компактный корпус.

Недостатки:

- недостаточный объем памяти SRAM (для кода);
- отсутствие Ethernet PHY на кристалле;
- отсутствие CardBus интерфейса на кристалле;
- нет опции Ethernet Boot.

**Infineon-ADMTek ADM5120**

Особенности процессора:

- 32-разрядная RISC-архитектура на базе MIPS 4Kc;
- 175 МГц, 0,18-мкм технология;
- интегрированный 5-портовый коммутатор;
- TCP/IP акселератор;
- PQFP/BGA корпус.

Достоинства:

- 1 Ethernet MAC;
- 100BaseTX Eth. PHY;
- USB Хост;
- PCI/CardBus Интрфейс.

Недостатки:

- отсутствие памяти SRAM на кристалле;
- отсутствие Boot ROM на кристалле.

### НЕСКОЛЬКО СЛОВ О ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ

Как отмечалось ранее, программное обеспечение для системы на кристалле играет такую же важную роль, как и аппаратная платформа.

Если рассмотреть поддержку рассмотренных выше аппаратных платформ со стороны программного обеспечения (операционные системы), получим следующую картину (таблица).

### Сравнение Операционных Систем

Операционные системы (ОС) для "систем на кристалле" можно классифицировать по различным параметрам.

#### Технический критерий

По этому критерию ОС для систем на кристалле можно разделить на две большие группы.

1-ая группа — операционные системы, структура которых исторически восходит к UNIX. К этой группе относятся такие ОС, как uLinux, Embedded Linux; VxWorks, eCos; Nucleus, Net+Works.

Тот факт, что данные системы происходят от UNIX, определяет большой объем занимаемой ими памяти, что является серьезным недостатком для ОС, ориентированных для применения в системах на кристалле.

UNIX-системы в первую очередь были разработаны для персональных компьютеров PC, поэтому для применения в системах на кристалле данные операционные системы не столь эффективны, как системы второй группы — специальные операционные системы, кото-

### Тип процессора Поддержка операционной системой (красным цветом выделена ОС, работающая на одном кристалле, т.е. "внутри" процессора)

Hyperstone HyNet32XS	HyNetOS (SND), uLinux
Ubicom IP4K	ipOS (собственность Ubicom)
NetSilicon NS9750	Net+Works (собственность NetSilicon)
Samsung S3C2510A	VxWorks, Nucleus, uLinux
Atmel AT91RM9200	VxWorks, Nucleus, uLinux, eCos
Motorola MCF5235 (ColdFire)	MQX RTOS (ARC)
Infineon TC1130 (TriCore)	Embedded Linux (ADESCOM)
Infineon-ADMTek ADM5120	Nucleus, Embedded Linux

рые были созданы с учетом специфики систем на кристалле.

2-ая группа — специальные операционные системы. К этой группе относятся: MQX, ipOS, HyNetOS.

Специальные операционные системы компактны (они занимают небольшой объем памяти), эффективны и оптимизированы для систем на кристалле.

#### Техническая поддержка/стабильность

Рассматривая операционные системы, важно оценить уровень технической поддержки и стабильность работы ОС. При этом можно выделить три группы.

1-ая группа. Открытые операционные системы (Open source OS): uLinux, Embedded Linux, eCos.

Данные ОС либо не обеспечены технической поддержкой вовсе, либо техническая поддержка оказывается за отдельную высокую плату, в то же время стабильность данных ОС достаточно высокая.

2-ая группа. "Дополнительные" операционные системы (предлагаемые производителями процессоров): ipOS (Ubicom), Net+Works (NetSilicon).

Тут следует отметить, что для производителей процессоров программное обеспечение в целом не является стратегическим продуктом. Компании прежде всего концентрируются на производстве процессоров, и программное обес-

печение является своего рода "добавкой" к процессору.

Уровень технической поддержки и стабильность данных ОС, как правило, ниже, чем у ОС третьей группы.

3-ая группа. Коммерческие операционные системы (предлагаемые независимыми компаниями производителями программного обеспечения): Nucleus, MQX, VxWorks, HyNetOS.

Операционные системы, не требующие лицензий: uLinux, Embedded Linux, eCos, ipOS, Net+Works.

Операционные системы с лицензированием исходного кода: Nucleus; MQX, VxWorks; HyNetOS.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все аппаратные платформы в tandem с соответствующими операционными системами, рассмотренные в данном обзоре, применяются в различных сегментах рынка "встраиваемых" систем. В зависимости от конкретной области применения, отмеченной в обзоре, достоинства и недостатки имеют разный вес, однако по общей сбалансированности свойств аппаратной архитектуры программного обеспечения наиболее соответствует определению *система на одном кристалле* решение на базе процессора HyNet32XS фирмы Hyperstone плюс операционная система HyNetOS фирмы SND.