

# Обзор новых контроллеров SAM9 на ARM926 ядре

**В июле 2011 года корпорация Atmel, один из ведущих производителей микроконтроллеров и сенсорных устройств, представила пять новых микроконтроллеров семейства Atmel SAM9 на базе ядра ARM926, содержащих до двух блоков Ethernet и CAN. Новые микросхемы ориентированы для применения в задачах автоматизации в промышленности и быту, системах вентиляции и кондиционирования, платежных терминалах, медицинских устройствах, а также в любых других проводных и беспроводных системах мониторинга датчиков или каких-либо параметров устройств, где требуется развитый графический интерфейс и реализация сложных протоколов передачи данных.**

**Дмитрий КАПЛУН**  
mitya\_kapl@front.ru

В линейку входит пять наименований — SAM9G15, SAM9G25, SAM9G35, SAM9X25 и SAM9X35, которые отличаются сочетанием периферийных блоков (табл. 1) [1]. Все микроконтроллеры могут работать на частоте до 400 МГц, имеют интерфейс внешней памяти с поддержкой памяти LPDDR и DDR2, снабжены интерфейсами USB high-speed host и device, а также USB Full-Speed host. Процессор снабжен типовым набором периферийных блоков (WDT, BOD, LDO и т. п.), 32-разрядными таймерами/счетчиками, 16-битными блоками генерации ШИМ-модулированного сигнала и 10-разрядными АЦП. Обеспечивается поддержка скоростных карт памяти SD по интерфейсу HSMCI и NAND Flash-памяти с многоуровневыми ячейками (MLC) по интерфейсу EBI. Микросхема SAM9X35 имеет два контроллера шины CAN, а SAM9X25 — еще и два контроллера интерфейса Ethernet. Выпускаются микросхемы в корпусах BGA217 с шагом 0,8 мм. А микросхема AT91SAM9G25 — в корпусе BGA247 с шагом 0,5 мм. Энергопотребление на максимальной частоте не превышает 100 мВт.

Новые интегральные схемы (ИС) SAM9G15, SAM9G25, SAM9G35, SAM9X25 и SAM9X35 расширяют семейство контроллеров Atmel на базе известного ядра ARM и увеличивают возможности применения в широком спектре современных приложений. Ключевые особенности этого семейства: возможность замены памяти типа SDRAM на DDR2 с целью повышения пропускной способности интерфейса памяти; поддержка работы Flash-памяти типа NAND с 24-разрядной коррекцией ошибок для снижения общей стоимости системы; большее количество коммуникационных каналов, включая сдвоенный

10/100 Ethernet, сдвоенный интерфейс CAN и три порта USB для применения в различных приложениях. Кроме того, Atmel вместе с компанией Conexant предлагает программную реализацию модема на базе ИС SAM9, что существенно сокращает номенклатуру компонентов и их общее количество.

Еще одной особенностью новых ИС Atmel SAM9 является наличие графического контроллера ЖК-дисплея, в котором наряду с аппаратным ускорителем используется новый пользовательский интерфейс, ориентированный на применение в промышленных системах. Для реализации интерфейса пользователя кристаллы SAM9G15/G35/X35 снабжены контроллером ЖКИ, поддерживающим TFT-панели разрешением до 800×600 точек. Аппаратный графический 2D-ускоритель контроллера ЖКИ поддерживает наложение слоев (оверлей), их альфа-сопряжение, масштабирование, вращение и преобразование модели цветового пространства.

Специалисты Atmel выражают мнение, что компания расширяет семейство 32-разрядных микроконтроллеров на базе ядра ARM исключительно в соответствии с требованиями потребителей, и новые ИС SAM9 оптимально подходят для применения в качестве основного процессора в приложениях, использующих память DDR2 и NAND, предоставляют широкие возможности организации коммуникационных интерфейсов с жидкокристаллическими экранами.

Для каждого процессора предлагается оценочный набор, снабженный дистрибутивом операционной системы Linux. Оценочный набор состоит из базовой платы, модуля дисплея (для процессоров с контроллером ЖКИ) и процессорного модуля [2] (рис. 1). К плате могут быть также подключены процессорные модули с другими микроконтроллерами этой серии, произведенные фирмами Cogent, Embest или Ronetix.

Таблица 1. Отличия микросхем SAM9Gx5/SAM9Xx5

Код для заказа микросхемы	Периферийные блоки								Отладочная плата
	Контроллер ЖКИ	Поддержка резистивных сенсорных экранов	Интерфейс камеры	Ethernet	CAN	UART/SPI/TWI	USB Host	USB Device	
AT91SAM9G15-CU	+	+	-	-	-	5/2/3	1 HS 1 FS	HS	AT91SAM9G15-EK
AT91SAM9G25-CU	-	-	+	+	-	6/2/3	1 HS 1 FS	HS	AT91SAM9G25-EK
AT91SAM9G25-CFU (BGA247)	-	-	+	+	-	6/2/3	1 HS 1 FS	HS	AT91SAM9G25-EK
AT91SAM9G35-CU	+	+	-	+	-	5/2/3	1 HS 1 FS	HS	AT91SAM9G35-EK
AT91SAM9X25-CU	-	-	-	2	2	6/2/3	1 HS 1 FS	HS	AT91SAM9X25-EK
AT91SAM9X35-CU	+	+	-	+	2	5/2/3	1 HS 1 FS	HS	AT91SAM9X35-EK

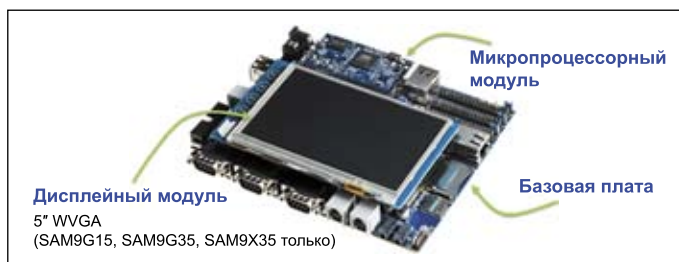


Рис. 1. Оценочный набор

## Семейство SAM9G

В основе архитектуры ИС Atmel SAM9G (SAM9G15, SAM9G25, SAM9G35) лежит ядро ARM926. Разработанные на базе мощного ядра ARM926 микроконтроллеры дополняют и обогащают возможности семейства с точки зрения гибкого объединения разнообразных периферийных устройств в одном высокоинтегрированном продукте. Высокая пропускная способность шинной архитектуры обеспечивается за счет многоуровневой организации матричной шины, множества каналов прямого доступа к памяти и внешнего шинного интерфейса (EBI), посредством которого внешние данные могут попадать в микроконтроллер за минимальное время. Интегрированная схема управления потребляемой мощностью дает возможность сократить расход мощности и номенклатуру компонентов.

### AT91SAM9G15

Имея в своей основе ядро ARM926 и работая на частоте до 400 МГц, ИС SAM9G15 (рис. 2, табл. 2) включает в свой состав графический ЖКИ-контроллер с 4-кратным наложением слоев (оверлей). Графический ЖКИ-контроллер обеспечивает функции альфа-сопряжения, масштабирования, вращения и преобразования модели цветового пространства, а 10-битный АЦП поддерживает

4/5-контактные резистивные сенсорные панели. Множество коммуникационных интерфейсов включает программный модем, поддерживающий эксклюзивный драйвер линии SmartDAA фирмы Conexant, USB-хост и конечное устройство в режиме HS, USB-хост и конечное устройство в режиме FS с приемопередатчиками на кристалле, два HS SDCard/SDIO/MMC-интерфейсы, несколько интерфейсов USART и SPI, интерфейс I<sup>2</sup>S и несколько интерфейсов TWI (I<sup>2</sup>C). Многоуровневая шинная матрица соединена с многократными каналами DMA. Внешний интерфейс шины включает контроллеры, обеспечиваю-

щие работу восьми банков DDR2 и LPDDR, SDRAM/LPSPDRAM, статической памяти, а также специализированной схемы MLC/SLC NAND Flash с интегрированной 24-битной системой коррекции ошибок. Модель SAM9G15 доступна в корпусе BGA-217 с шагом 0,8 мм.

ИС SAM9G15 имеет широкие возможности подключения периферии и пользователей. Набор периферии включает:

- высокоскоростной интерфейс конечных устройств и хост-контроллер USB 2.0;
- уникальный программный модем;
- SD/SDIO/MMC;
- контроллер ЖК-дисплея;
- резистивный сенсорный экран;
- камеру;
- аудиointерфейс;
- таймеры;
- универсальный асинхронный приемопередатчик;
- интерфейс SPI;
- синтезатор синхросигналов;
- 10-разрядный АЦП;
- аппаратный криптоблок.

Особенности высокопроизводительной шины данных:

- Построена на базе многоуровневой матричной структуры.
- Имеет множество каналов прямого доступа к памяти.
- Есть внешний шинный интерфейс (EBI).

Таблица 2. Основные параметры микроконтроллера AT91SAM9G15

Ядро	ARM926EJ-S
Рабочая частота (F), МГц	0–400
Объем памяти RAM, кбайт	32
Входов/выходов (max), шт.	105
32-битные таймеры, шт.	6
Количество каналов ШИМ, шт.	4
Таймер RTC	Да
UART-интерфейс, шт.	5
SPI-интерфейс, шт.	5
I <sup>2</sup> C-интерфейс, шт.	3
USB-интерфейс, шт.	3
Разрядность АЦП, бит	10
Количество каналов АЦП, шт.	12
Быстродействие АЦП, кSPS	440
Рабочая температура (T <sub>д</sub> ), °C	–40...+85
Рабочее напряжение (V <sub>cc</sub> ), В	0,9–1,1
Корпус	BGA-217

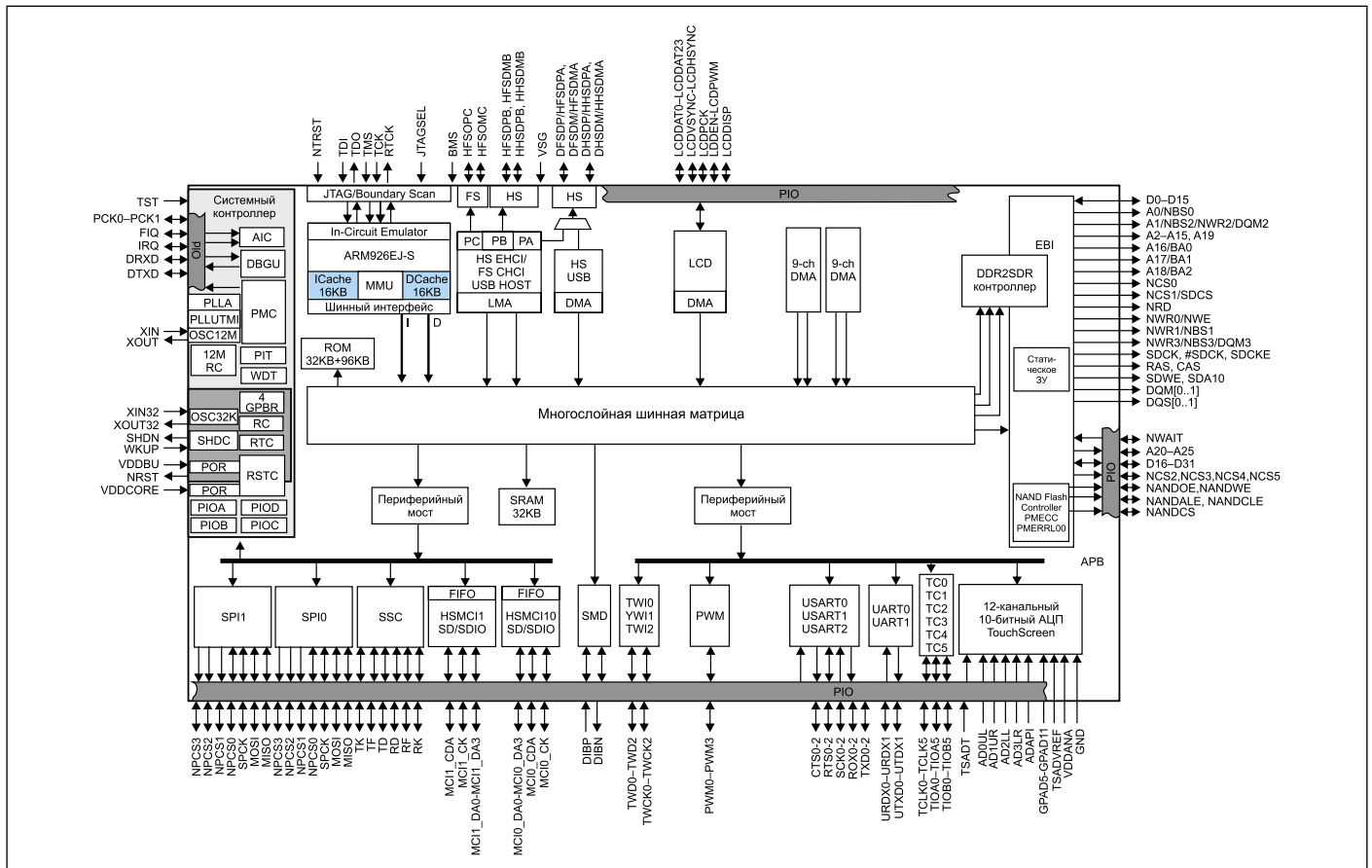


Рис. 2. Блок-схема AT91SAM9G15

Поддержка работы памяти типа DDR2:

- поддержка работы высокоэффективной недорогой LPDDR/DDR2;
- дополнительные возможности подключения MLC NAND Flash с 24-разрядной коррекцией;
- возможность подключения SDRAM и NOR Flash;
- возможность осуществления загрузки из NAND Flash, SDCard, DataFlash или последовательной DataFlash.

Оценочный набор — поддержка ОС Android, Linux и Microsoft Windows.

#### AT91SAM9G25

SAM9G25 на базе ядра ARM926EJ-S может работать на частоте до 400 МГц и обладает широким набором периферийных средств, а широкополосная архитектура полосы пропускания данных и наличие компактной разновидности корпуса делают этот контроллер оптимальным для промышленных применений. Периферийные блоки включают в себя программный модем, поддерживающий эксклюзивный драйвер линии SmartDAA фирмы Conexant, порты хоста/конечного устройства USB в режиме HS (480 Мбит/с) и USB-хост в режиме FS с приемопередатчиками на кристалле, 10/100 Ethernet MAC, два HS SDCard/SDIO/MMC интерфейсы, интерфейсы USART и SPI, I<sup>2</sup>S, многократный TWI и 10-битный АЦП. Контроллер обеспечивает работу восьми банков DDR2, LPDDR, SDRAM/LPSDRAM, статической памяти, а также специализированной схемы MLC/SLC NAND Flash с интегрированной системой коррекции ошибок. SAM9G25 доступен в корпусе BGA217 с шагом 0,8 мм, а также в корпусе BGA247 с шагом 0,5 мм.

От SAM9G15 микросхема SAM9G25 отличается наличием шестого интерфейса UART и интерфейса 10/100 Ethernet MAC, а также отсутствием ЖКИ-контроллера и поддержки резистивных сенсорных экранов (табл. 1). Кроме того, у SAM9G25 есть поддержка интерфейса камеры.

Наряду с корпусом BGA217 с шагом 0,8 мм ИС SAM9G25 также доступна в корпусе BGA247 с шагом 0,5 мм.

#### AT91SAM9G35

SAM9G35 на базе ядра ARM926EJ-S может работать на частоте до 400 МГц, обладает улучшенным пользовательским интерфейсом и широким набором высокоскоростных периферийных средств. Микроконтроллер имеет в своем составе графический ЖКИ-контроллер с 4-кратным наложением слоев (оверлей) с функциями альфа-сопряжения, масштабирования, вращения и преобразования модели цветового пространства и 10-битный АЦП, который поддерживает 4/5-контактные резистивные сенсорные панели.

Множество коммуникационных интерфейсов включает программный модем, поддерживающий эксклюзивный драйвер линии

SmartDAA фирмы Conexant, USB-хост и конечное устройство в режиме HS, USB-хост и конечное устройство в режиме FS с приемопередатчиками на кристалле, 10/100 Ethernet MAC, два HS SDCard/SDIO/MMC-интерфейсы, интерфейсы USART и SPI, интерфейс I<sup>2</sup>S и интерфейсы TWI (I<sup>2</sup>C).

2×8 каналов прямого доступа к памяти и распределенный прямой доступ для коммуникационных периферийных интерфейсов обеспечивают непрерывный обмен данными с минимальной загрузкой контроллера. Внешний интерфейс шины включает контроллеры, обеспечивающие работу восьми банков DDR2 и LPDDR, SDRAM/LPSDRAM, статической памяти, а также специализированной схемы MLC/SLC NAND Flash с интегрированной системой коррекции ошибок. Микроконтроллер SAM9G35 доступен в корпусе BGA217 с шагом 0,8 мм.

От микросхемы SAM9G15 микросхема SAM9G35 отличается наличием интерфейса 10/100 Ethernet MAC (табл. 1).

### Семейство SAM9X

Встраиваемые микропроцессоры Atmel SAM9X (SAM9X25, SAM9X35) на базе ядра ARM926 — это высокопроизводительные микропроцессоры СБИОС высокой степени интеграции. ИС работают на частоте 400 МГц и предоставляют широкие возможности подключения периферийных устройств, в том числе сдвоенный интерфейс Ethernet, сдвоенную шину CAN, три порта USB и семь универсальных асинхронных приемопередатчиков. В дополнение эти ИС включают встроенный программно реализованный модем, контроллер ЖК-дисплея и контроллер поддержки работы памяти LPDDR/DDR2.

Многоуровневая матричная шинная архитектура и несколько каналов прямого доступа к памяти позволяют организовать передачу данных без использования прерываний с минимальным вмешательством микропроцессора. Низкое рабочее напряжение, низкая потребляемая мощность и пониженная стоимость системы делают Atmel SAM9X оптимальным вариантом для бюджетных межмашинных приложений.

Atmel предлагает использовать оценочные наборы, позволяющие ускорить разработку приложений, например таких, как применяемые в системах контроля состояния окружающей среды средства разработки приложений, операционные системы, стеки протоколов и собственно приложения.

#### AT91SAM9X25

SAM9X25 (рис. 3, табл. 3) — высокопроизводительный встраиваемый микропроцессорный блок на основе ядра ARM926, работающий на частоте до 400 МГц. SAM9X25 предоставляет широкие возможности подключения периферийных устройств, в том числе две шины CAN и два порта 10/100 Мбит/с Ethernet

MAC. Дополнительно микроконтроллер включает программный модем, USB-хост и конечное устройство в режиме HS, USB-хост в режиме FS, два HS SDCard/SDIO/MMC-интерфейсы, интерфейсы USART и SPI, интерфейс I<sup>2</sup>S, сдвоенный интерфейс TWI (I<sup>2</sup>C) и 10-разрядный АЦП.

Многоуровневая матричная шина соединена с 2×8 центральными каналами прямого доступа к памяти и имеет распределенный прямой доступ для высокоскоростных коммуникационных периферийных устройств. Внешний интерфейс шины включает контроллеры, предлагающие поддержку для восьми банков DDR2 и LPDDR, SDRAM/LPSDRAM, статической памяти, а также для специализированной схемы MLC/SLC NAND Flash с интегрированной системой коррекции ошибок. SAM9X25 доступен в корпусе BGA-217 с шагом 0,8 мм.

AT91SAM9X25 может служить заменой микроконтроллерам серии AT32AP7000 с ядром AVR32 AP7 [2]: это направление прекратило свое развитие. Они схожи по своим характеристикам, но для AT91SAM9X25 производитель обеспечивает всестороннюю техническую поддержку, в том числе программными и аппаратными средствами поддержки разработки.

ИС SAM9X25, как и SAM9G15, обладает широкими возможностями подключения периферии. Набор периферии включает:

- сдвоенный интерфейс 10/100 Ethernet;
- сдвоенный интерфейс CAN;
- высокоскоростной интерфейс конечных устройств и хост-контроллер USB 2.0;
- SD/SDIO/MMC;
- программный модем;
- 32-разрядные таймеры;
- универсальный асинхронный приемопередатчик;
- интерфейс SPI;
- синтезатор синхросигналов;
- 10-разрядный АЦП.

Особенности высокопроизводительной шины данных:

- Частота работы — 400 МГц.
  - Построена на базе 12-уровневой матричной структуры с 22 каналами прямого доступа к памяти.
  - Есть возможность подключения встроенной и внешней памяти.
- Использование памяти нового поколения:
- поддержка работы высокоэффективной недорогой LPDDR/DDR2;
  - дополнительные возможности подключения MLC NAND Flash с 24-разрядной коррекцией.

Низкая потребляемая мощность и низкая стоимость системы:

- Потребляемая мощность — 300 мкВт/МГц при рабочей частоте 400 МГц.
- Ток потребления в дежурном режиме — 8 мкА.
- Питание каскадов ввода/вывода 3,3 В позволяет не использовать внешние схемы согласования уровней.
- Корпус с шагом выводов 0,8 мм упрощает разработку печатных плат.

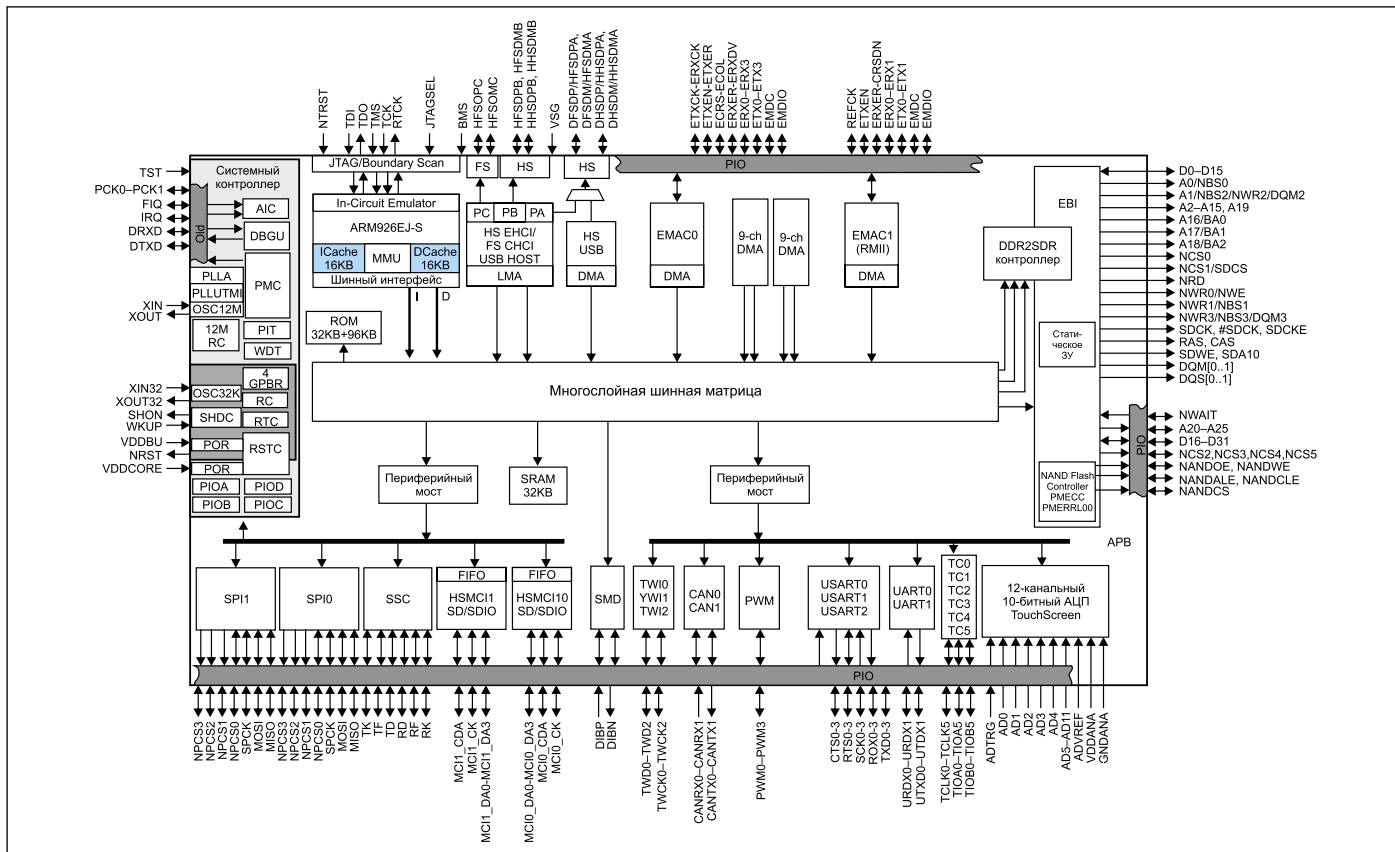


Рис. 3. Блок-схема AT91SAM9X25

**Семейство SAM9X35**

AT91SAM9X35 — это микропроцессорная ИС на базе ядра ARM926 высокой степени интеграции, работающая на частоте 400 МГц и обладающая богатым набором соединительных и пользовательских периферийных интерфейсов, в число которых входят Ethernet MAC и двоянный CAN. Микроконтроллер имеет в своем составе графический ЖКИ-контроллер с 4-кратным наложением слоев (оверлей) и 2D-ускорением (функции альфа-сопряжения, масштабирования, вращения и преобразования модели цветового пространства), а также 10-битный АЦП, который поддерживает 4/5-контактные резистивные сенсорные панели.

Дополнительно микроконтроллер включает программный модем, поддерживающий эксклюзивный драйвер линии SmartDAA фирмы Conexant, USB-хост и конечное устройство в режиме HS, USB-хост в режиме FS, два HS SCard/SDIO/MMC интерфейсы, интерфейсы USART и SPI, интерфейс I<sup>2</sup>S, двоянный интерфейс TWI (I<sup>2</sup>C) и 10-разрядный АЦП. Многоуровневая матричная шина соединена с 2x8 центральными каналами прямого доступа к памяти и распределенным прямым доступом для высокоскоростных коммуникационных периферийных устройств. Внешний интерфейс шины включает контроллеры, обеспечивающие работу восьми банков DDR2 и LPDDR, SDRAM/LPSDRAM, статической

памяти, а также специализированной схемы MLC/SLC NAND Flash с интегрированной системой коррекции ошибок. SAM9X35 доступен в корпусе BGA217 с шагом выводов 0,8 мм.

От SAM9X25 микросхема SAM9X35 отличается наличием пяти (а не шести, как у SAM9X25) интерфейсов UART и одного (а не двух, как у SAM9X25) интерфейса 10/100 Ethernet MAC; в ней также есть ЖКИ-контроллер и осуществляется поддержка резистивных сенсорных экранов (табл. 1).

**Средства разработки**

Много полезной информации можно получить на сайтах корпорации Atmel [3, 6, 7]. На сайте [7] выложены примеры программ, загрузчиков Linux и рекомендаций по установке операционной системы на SAM-контроллеры.

Корпорация Atmel сотрудничает с фирмой Timesys, которая предлагает свой продукт LinuxLink [8]. Хотя это коммерческий проект, на сайте выложен бесплатный пакет LinuxLink board support package (BSP), которым можно пользоваться для изучения основ инсталляции Linux на контроллеры SAM9. Еще одним партнером корпорации Atmel является компания ADENEO [5], которая специализируется на портировании на SAM9 операционной системы Windows CE.

В качестве аппаратных средств разработки используется внутрисхемный JTAG-эмулятор

Таблица 3. Основные параметры микроконтроллера AT91SAM9X25

Ядро	ARM926EJ-S
Рабочая частота (F), МГц	0–400
Объем памяти RAM, кбайт	32
32-битные таймеры, шт.	6
Количество каналов ШИМ, шт.	4
Таймер RTC	Да
UART-интерфейс, шт.	6
Интерфейс Ethernet, шт.	2
SPI-интерфейс, шт.	6
I <sup>2</sup> S-интерфейс, шт.	3
USB-интерфейс, шт.	3
CAN-интерфейс, шт.	2
Разрядность АЦП, бит	10
Количество каналов АЦП, шт.	12
Быстродействие АЦП, кSPS	440
Рабочая температура (T <sub>ж</sub> ), °C	-40... +85
Рабочее напряжение (V <sub>сц</sub> ), В	0,9–1,1
Корпус	BGA-217

AT91SAM-ICE, а также соответствующие отладочные платы (табл. 1).

**Литература**

1. [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
2. [www.efo.ru](http://www.efo.ru)
3. [www.at91.com](http://www.at91.com)
4. [www.timesys.com](http://www.timesys.com)
5. [www.adeneoembedded.com](http://www.adeneoembedded.com)
6. <http://www.atmel.com/microsite/sam9gx>
7. [www.linux4sam.org](http://www.linux4sam.org)
8. <http://www.timesys.com/supported/processors/atmel>