

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕКЦИЯ №15

«Микроконтроллеры микропроцессорных систем управления»

Лектор:
доцент каф. ЭАФУ ФТИ
Горюнов А.Г.

Томск 2014 г.

План лекции

15.1 Определения;

15.2 Классификация специализированных процессоров;

15.3 Процессоры встраиваемых систем;

15.4 Периферийные модули процессоров для встраиваемых применений

15.1 Определения

Микропроцессор - программно-управляемое электронное цифровое устройство, предназначенное для обработки цифровой информации и управления процессом этой обработки, выполненное на одной или нескольких интегральных схемах с высокой степенью интеграции электронных элементов.

Универсальный процессор – процессор, имеющий архитектуру, набор структурных блоков, систему команд и конструктивно-технологическое исполнение, позволяющее одинаково эффективно применять его для решения достаточно широкого круга разнотипных задач и использовать в различных условиях.

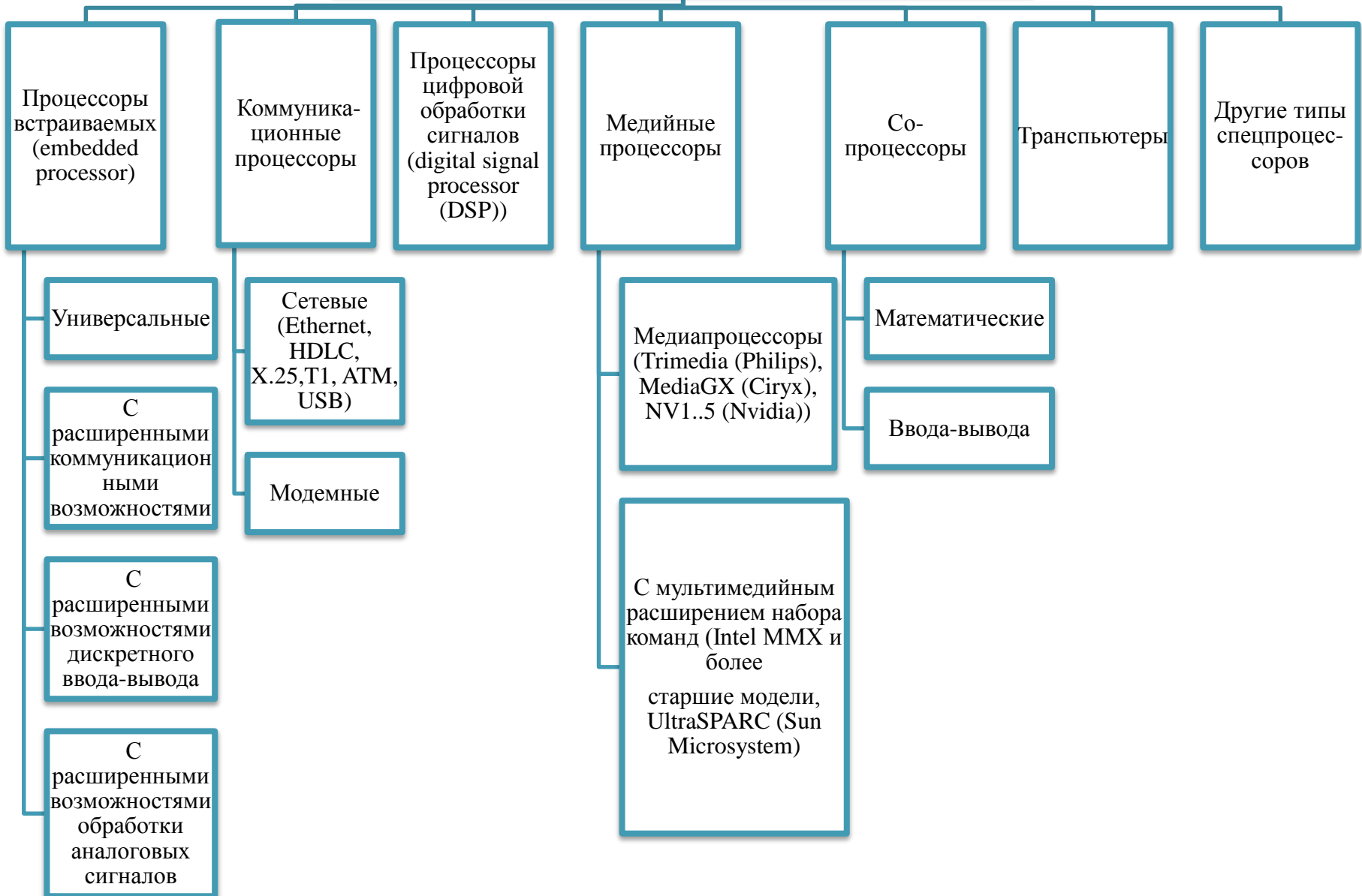
Специализированный процессор – процессор, у которого особенности архитектуры, набора структурных блоков, системы команд или конструктивно-технологического исполнения, позволяют значительно повысить эффективность решения достаточно узкого круга специальных задач по сравнению с иными применениями.

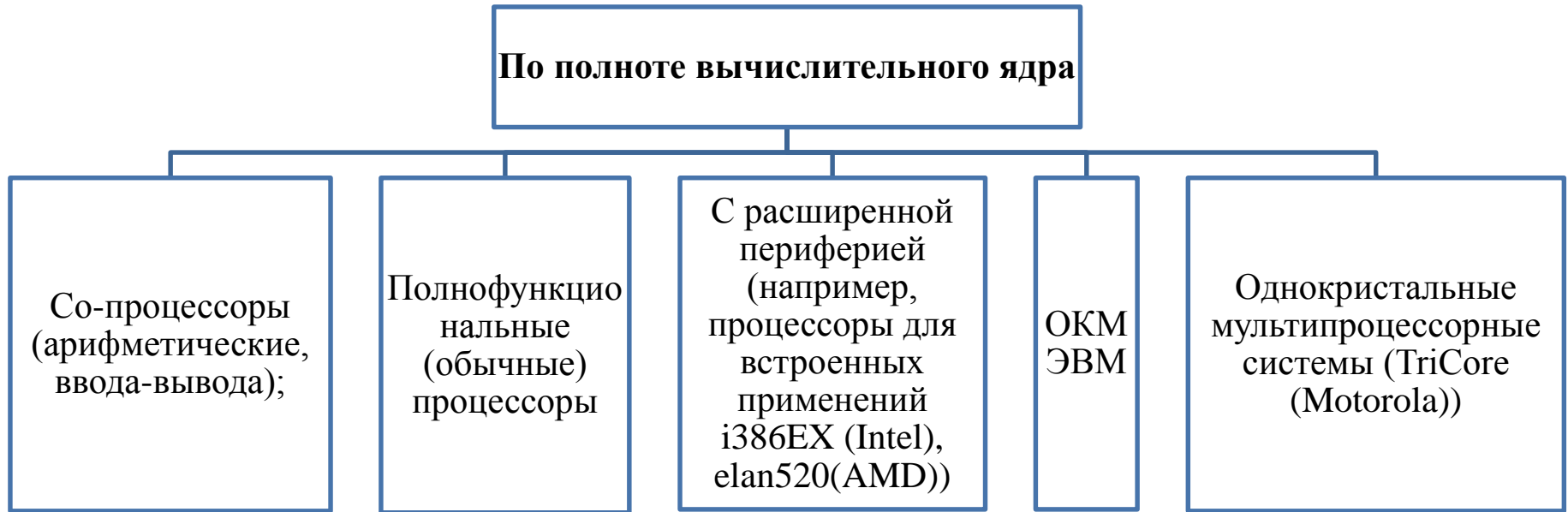
Однокристалльная ЭВМ (ОКМ ЭВМ) или микроконтроллер – БИС, структурная схема которой содержит все функциональные узлы, необходимые для обеспечения автономной работы в качестве вычислительного или управляющего устройства.

На кристалле ОКМ ЭВМ располагаются: процессор, блоки постоянной и оперативной памяти (ПЗУ и ОЗУ), периферийные устройства различного типа, блоки управления и синхронизации и, возможно, некоторые другие блоки.

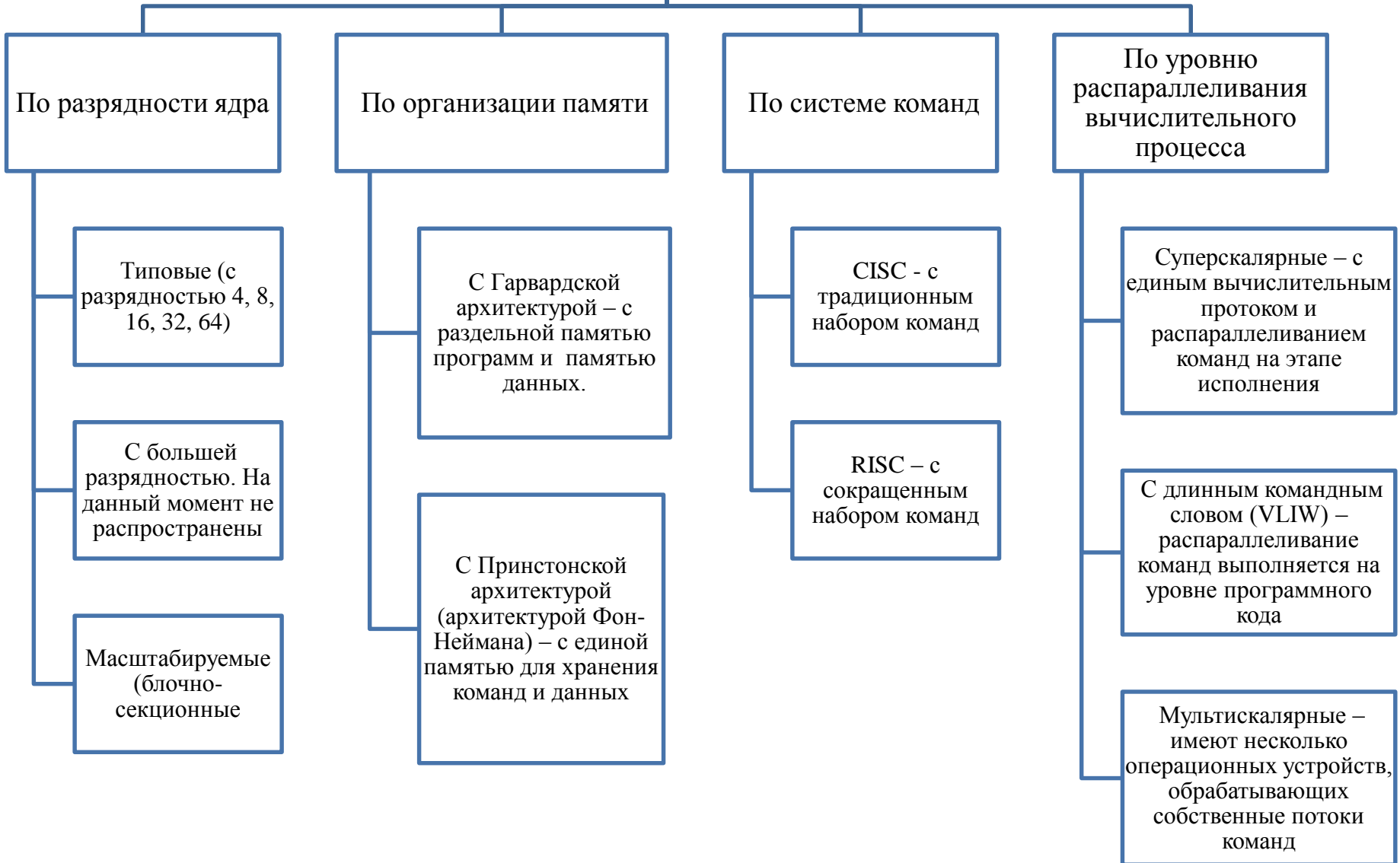
15.2 Классификация специализированных процессоров 4

По выполняемым функциям и области применения





По архитектуре вычислительного ядра



15.3 Процессоры встраиваемых систем

Общие сведения

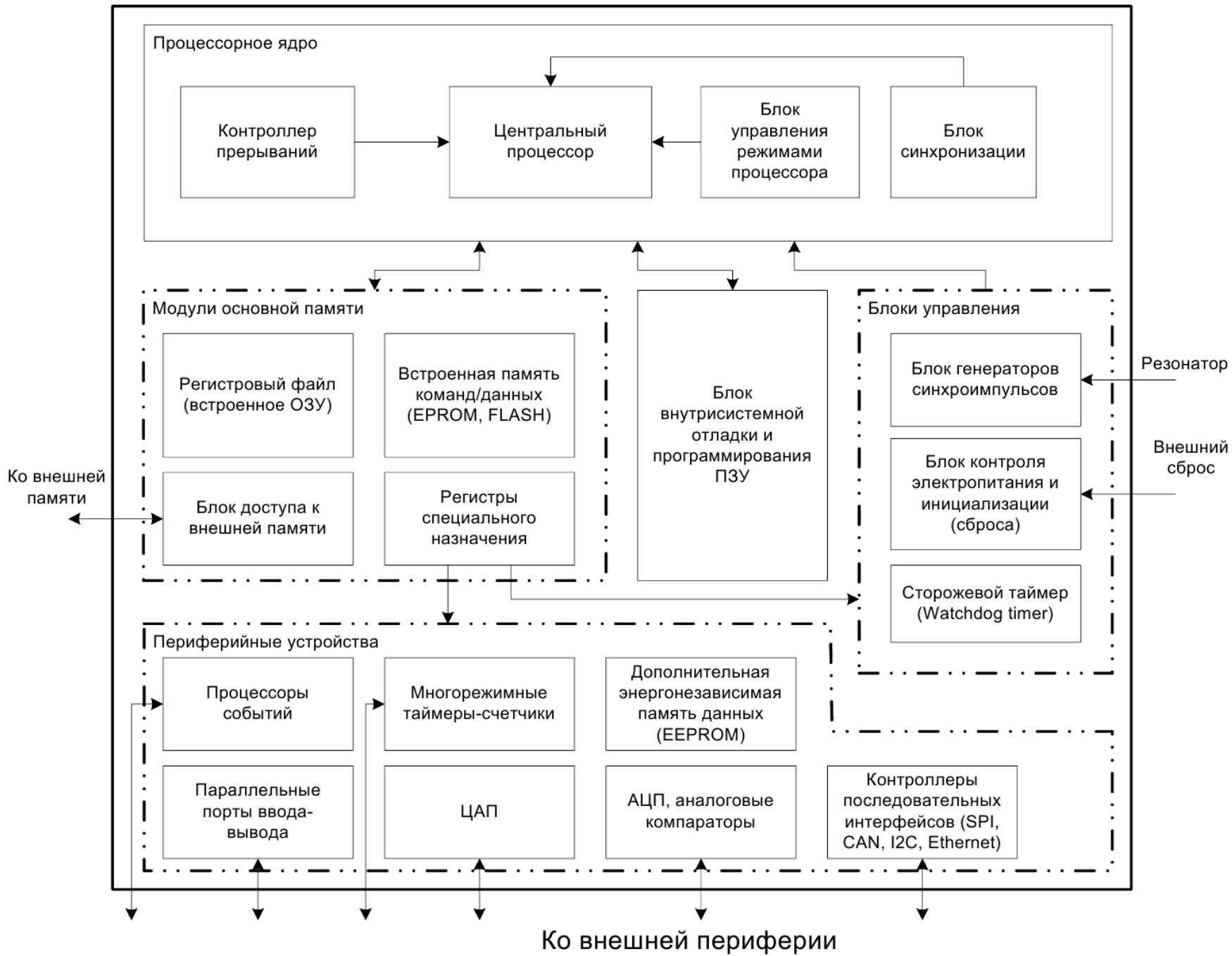
Встраиваемые вычислительные системы (ВС) – системы непосредственно, без посредничества человека, взаимодействующие с обслуживаемыми объектами посредством датчиков и исполнительных устройств .

Управляющие системы – класс встраиваемых систем, реализующих функции автоматического или автоматизированного управления.

Специфика встраиваемых систем:

- непосредственное подключение к объекту
- работа в режимах жесткого реального времени
- обычно, невысокая сложность математических вычислений, но необходима поддержка алгоритмов автоматического регулирования
- растущие требования к коммуникационным возможностям для организации комплексных распределенных систем управления
- повышенные требования к надежности и безопасности функционирования
- жесткие условия эксплуатации (широкий диапазон температур, помехи)
- использование в малогабаритных, автономных и переносных системах

Типовая структура процессора для встроенных систем 8



Процессорное ядро

Техническое решение процессорного ядра определяют следующие параметры:

❑ **Архитектурные** – набор регистров, организация памяти, способы адресации операндов в памяти, система команд для обработки этих данных.

❑ **Схемотехнические решения** – схемы регистров, АЛУ, схемы управления магистралями и т.п. Схемотехника определяет также внутреннюю диаграмму функционирования – последовательность перемещения данных по магистралям между регистрами, памятью, АЛУ.

❑ **Технология производства** – определяет допустимую сложность схемы, максимальную частоту переключений, энергопотребление.

Процессорное ядро

В современных ОМК применяются следующие архитектуры процессоров:

❖ **RISC** — (Reduce Instruction Set Commands) архитектура с сокращенным набором команд.

ОМК: Microchip PIC, Atmel AVR, Triscend E7-ARM

❖ **CISC** — (Complex Instruction Set Commands) традиционная архитектура с расширенным набором команд.

ОМК: Motorola HC11, Intel MCS-51, AMD Am186 и др.

❖ **ARM** — (Advanced RISC — machine) усовершенствованная RISC архитектура.

Процессорное ядро MCS-51

Intel 8051 – однокристальный микроконтроллер гарвардской архитектуры, который был впервые произведен Intel в 1980 году для использования во встраиваемых системах.

В настоящее время производится более чем 20 независимыми производителями:

- ❖ Atmel,
- ❖ Maxim IC (дочерняя компания Dallas Semiconductor),
- ❖ NXP (ранее Philips Semiconductor),
- ❖ Winbond, Silicon Laboratories,
- ❖ Texas Instruments и Cypress Semiconductor ...

Существует также отечественный клон данной микросхемы, КР1816ВЕ51.

Официальное название 8051-семейства микроконтроллеров Intel – **MCS51 (MCS-51)**.

Процессорное ядро MCS-51

Общие характеристики

один или два УАПП (UART)

два или три таймера

128 или 256 байт встроенной ОЗУ (16 байт которой имеют побитовую адресацию)

от 512 байт до 128 Кбайт встроенной памяти программ

один машинный цикл оригинального 8051 ядра занимает 12 временных тактов, а большинство инструкций выполняется за один или два машинных цикла.

улучшенное 8051-совместимое ядро выполняет машинный цикл за 6, 4, 2, или даже за 1 такт, с частотой до 100 МГц

Процессорное ядро MCS-51

**Общая особенность –
встраивание
улучшенных и
дополнительных
схем**

автоматический сброс по падению питающего напряжения;
встроенные тактовые генераторы

автозагрузчики долговременной памяти данных на основе
EEPROM

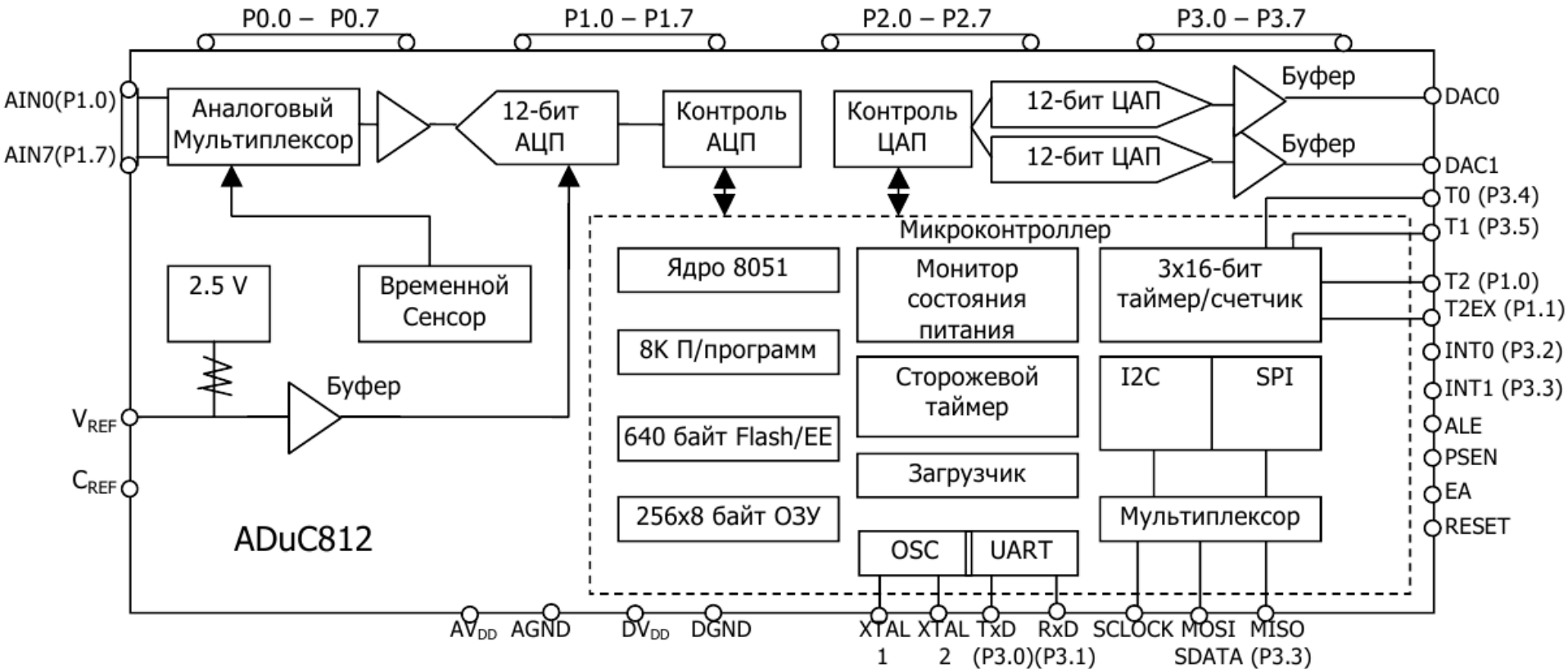
I²C (стандарт 3-х проводной последовательной шины);
SPI; USB хост интерфейс

ШИМ-генераторы; аналоговых компараторов; АЦП и
ЦАП преобразователей

часов реального времени; дополнительных таймеров и
счетчиков;

внутрисхемных отладчиков; внутрисхемное программирование
памяти программ; дополнительных источников прерываний;
расширенных энергосберегающих режимов

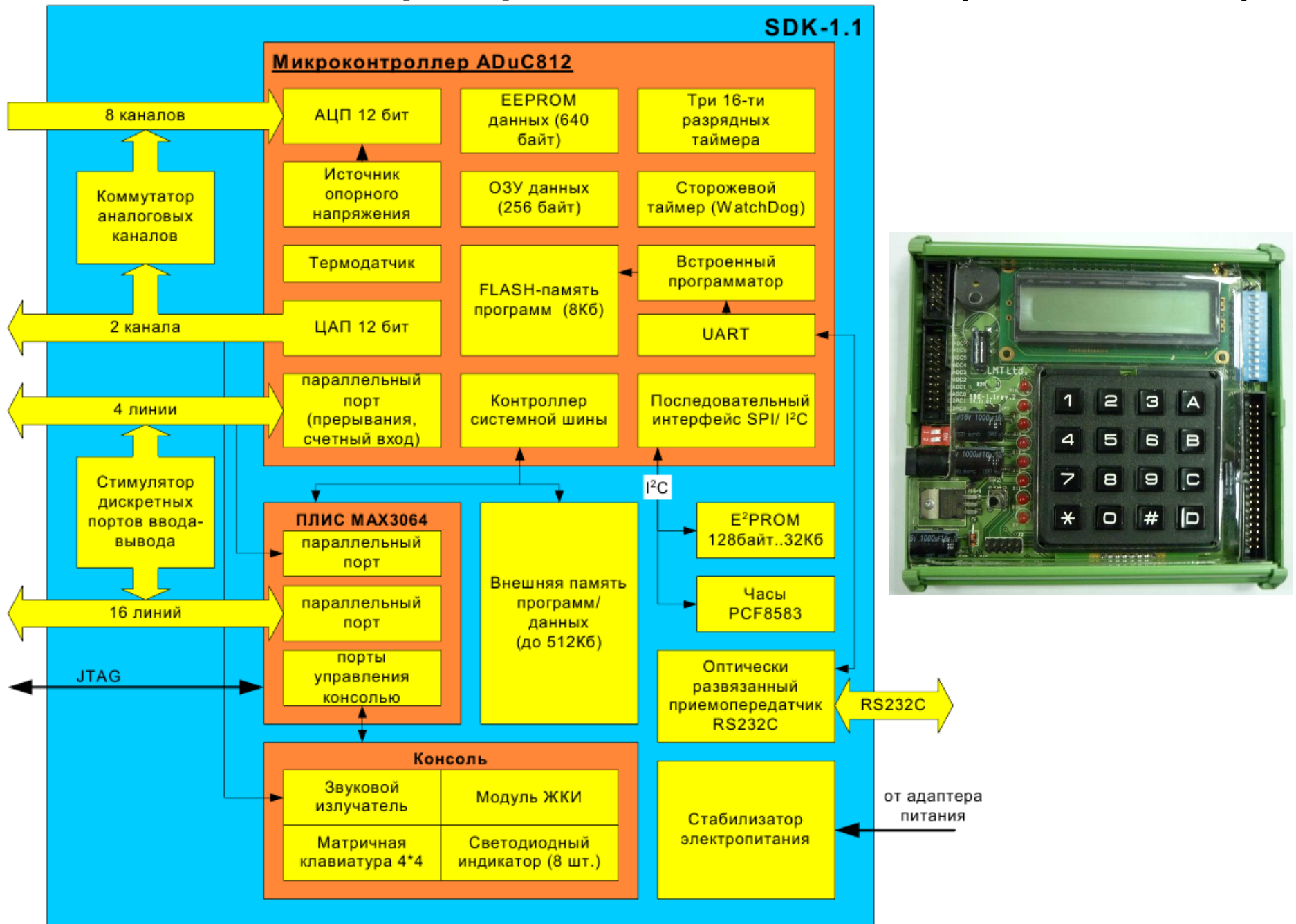
Пример ОМК с ядром MCS-51



Основные характеристики ADuC812:

- Рабочая частота 11.0592 МГц.
- 8-канальный 12-битный АЦП со скоростью выборок 200 К/с (в режиме ПДП).
- Два 12-битных ЦАП (код-напряжение).
- Внутренний температурный сенсор.
- 640 байт программируемого E2PROM со страничной организацией (256 страниц по 4 байта).
- 256 байт внутренней памяти данных.
- Адресное пространство 16 Мб.
- Режим управления питанием.
- Асинхронный последовательный ввод-вывод.
- Интерфейс I2C.
- Три 16-битных таймера/счетчика и таймер WatchDog.

Учебно-лабораторный стенд SDK-1-1 (ООО «ЛМТ») 15



Процессорное ядро PIC

PIC (Peripheral Interface Controller - "периферийный интерфейсный контроллер") — микроконтроллеры **гарвардской архитектуры**, производимые американской компанией Microchip Technology Inc.

В номенклатуре Microchip Technology Inc. представлен широкий спектр **8-и, 16-и и 32-битных** микроконтроллеров и цифровых сигнальных контроллеров под маркой PIC.

Отличительной особенностью PIC-контроллеров является хорошая преемственность различных семейств:

- программная совместимость (единая бесплатная среда разработки MPLAB IDE, C-компиляторы от GCC),
- совместимость по выводам, по периферии, по напряжениям питания, по средствам разработки, по библиотекам и стекам наиболее популярных коммуникационных протоколов.

Номенклатура насчитывает более 500 различных контроллеров со всевозможными вариациями периферии, памяти, количеством выводов, производительностью, диапазонами питания и температуры и т. д.

PIC10 BASE LINE

- 12-и разрядная архитектура слова программ
- корпуса от 6 до 28-и выводов.
- широкий диапазон напряжений питания, низкое энергопотребление
- низкая цена
- легкое освоение, всего 35 команд

PIC12 PIC16 MID-RANGE

- 14-и разрядная архитектура слова программ
- корпусах от 8 до 64 выводов
- работают в диапазоне напряжений питания от 2.0 до 5.5В
- имеют систему прерываний, аппаратный стек и энергонезависимую память данных EEPROM
- USB, SPI, I2C™, USART, LCD, компараторы, АЦП и т. п.

PIC32 HIGH-RANGE

- 32-и разрядное ядро MIPS32 M4K, частота тактирования 80 МГц, большинство команд выполняются за 1 такт генератора, производительность 1.53 Dhrystone MIPS/МГц
- 5-ступенчатый конвейер, до 8 наборов 32-разрядных регистров ядра
- 64- и 100-выводные корпуса,
- до 32 кБ SRAM и 512 кБ Flash с кэшем предвыборки
- набор расширенных инструкций MIPS16e™ — набор 16-битных инструкций

Процессорное ядро AVR

AVR — семейство восьмибитных микроконтроллеров фирмы Atmel.

Микроконтроллеры AVR имеют **гарвардскую архитектуру** и систему команд, близкую к идеологии RISC. Процессор AVR имеет 32 8-битных регистра общего назначения, объединённых в регистровый файл.

Система команд микроконтроллеров AVR весьма развита и насчитывает в различных моделях от 90 до 133 различных инструкций. Большинство команд занимает только 1 ячейку памяти (16 бит). Большинство команд выполняется за 1 такт.

Управление периферийными устройствами осуществляется через адресное пространство данных. Для удобства существуют «сокращённые команды» IN/OUT.

Процессорное ядро AVR

ОМК AVR имеют развитую периферию:

- многофункциональные, двунаправленные GPIO порты ввода-вывода с встроенными нагрузочными резисторами. Конфигурация портов в/в задаётся программно
- внутренняя Флеш-память команд до 256 К (10 000 циклов перезаписи)
- отладка программ осуществляется с помощью интерфейсов JTAG или debugWIRE
- внутреннее EEPROM данных до 4 КБ (100 000 циклов)
- внутренняя SRAM до 8 К, время доступа 1 такт
- внешняя память 64 КБ (Mega8515 и Mega162)
- Таймеры на 8, 16 бит, ШИМ-модулятор (PWM); 8-, 9-, 10-, 16-битный, аналоговые компараторы
- АЦП с дифференциальными входами, разрядность 10 бит: программируемый коэффициент усиления перед АЦП 1, 10 и 200; опорное напряжение 2,56 В
- различные последовательные интерфейсы, включая: двухпроводной интерфейс TWI, совместимый с I²C; универсальный синхронно/асинхронный приёмопередатчик UART/USART; синхронный последовательный порт SPI(Serial Peripheral Interface); USB серия AT90USBxxxx; CAN серия AT90CANxxx.

Процессорное ядро ARM

Архитектура ARM (ранее Advanced RISC Machine — усовершенствованная RISC машина, предшественник Acorn RISC Machine) — 32-битная микропроцессорная архитектура с сокращённым набором команд (RISC), разрабатываемая британской корпорацией ARM Limited.

Данные процессоры используют технологии энергосбережения, поэтому находят широкое применение во встраиваемых системах и доминируют на рынке мобильных устройств, для которых важно низкое энергопотребление.

На сегодняшний день семейство ARM по подсчётам достигает **75 %** от всех «встроенных» 32-битных RISC процессоров, сделав тем самым его одной из самых широко распространённых 32-битных архитектур.

По лицензии британской корпорации ARM микропроцессоры производят: Atmel, Analog Device, Philips, Cirrus Logic, Intel (до 27 июня 2006 года), Marvell, xScale, NXP, STMicroelectronics, Samsung, Qualcomm, Sony Ericsson, Texas Instruments, nVidia, Freescale, ...

Операционные системы для ARM: Linux, BSD, Plan 9, Inferno, OpenSolaris, FreeRTOS, Nucleus, Symbian OS, Windows CE, Android, QNX и др.

Процессорное ядро ARM

Операционные режимы процессора ARM:

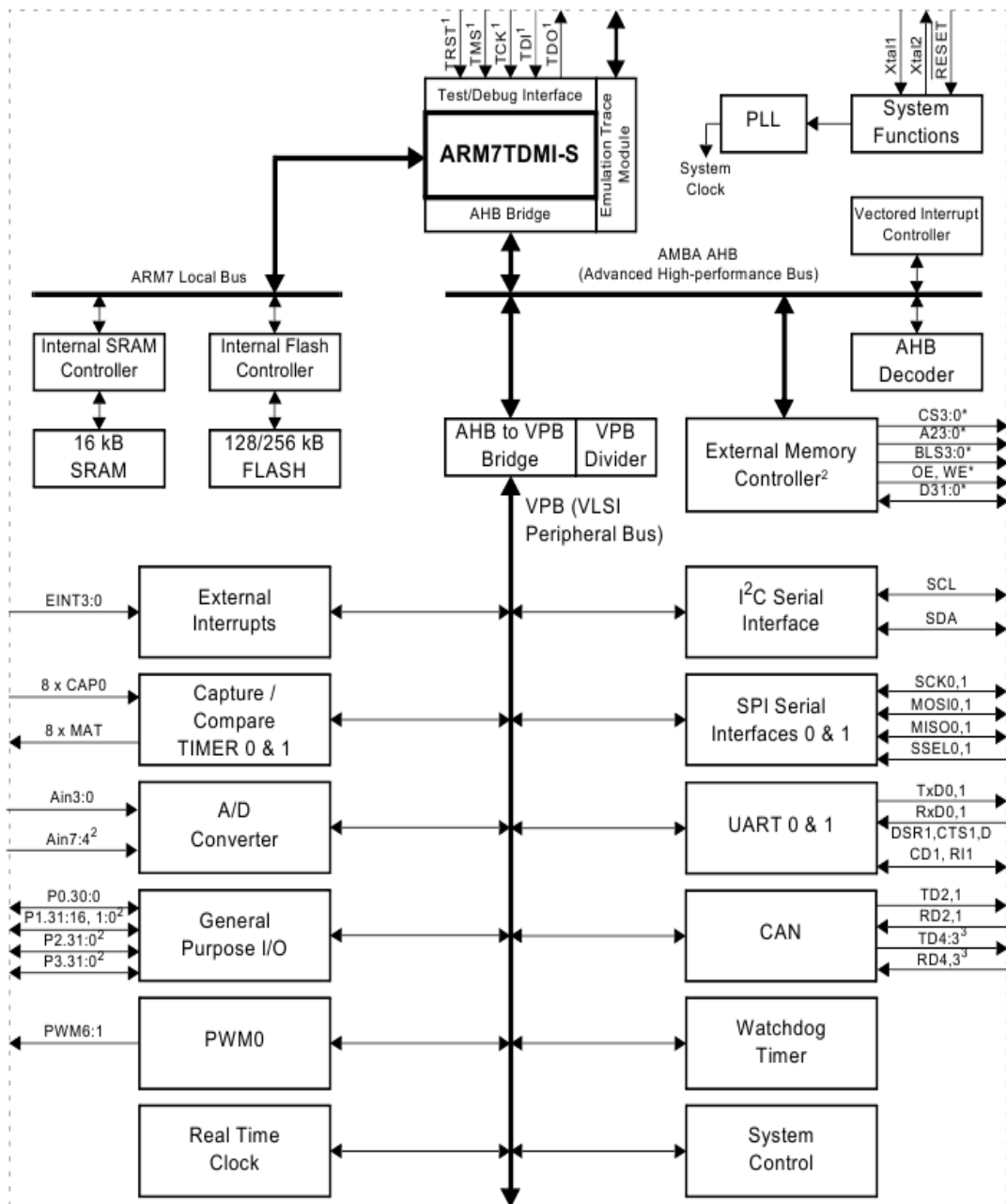
- ❖ **User mode** — «обычный» режим выполнения программ. В этом режиме выполняется большинство программ.
- ❖ **Fast Interrupt (FIQ)** — режим, оптимизированный для передачи данных.
- ❖ **Interrupt (IRQ)** — основной режим для управления прерываниями.
- ❖ **Supervisor mode** — защищённый режим для использования операционной системой.
- ❖ **Abort mode** — режим, в который процессор переходит при возникновении ошибки доступа к памяти (доступ к данным или к инструкции на этапе prefetch конвейера).
- ❖ **System mode** — привилегированный пользовательский режим.
- ❖ **Undefined mode** — режим, в который процессор входит при попытке выполнить неизвестную ему инструкцию.

ARM предоставляет **31 регистр** общего назначения разрядностью **32 бит**.

В зависимости от режима и состояния процессора пользователь имеет доступ только к строго определенному набору регистров.

Пример ОМК с ядром ARM (Philips LPC2292)

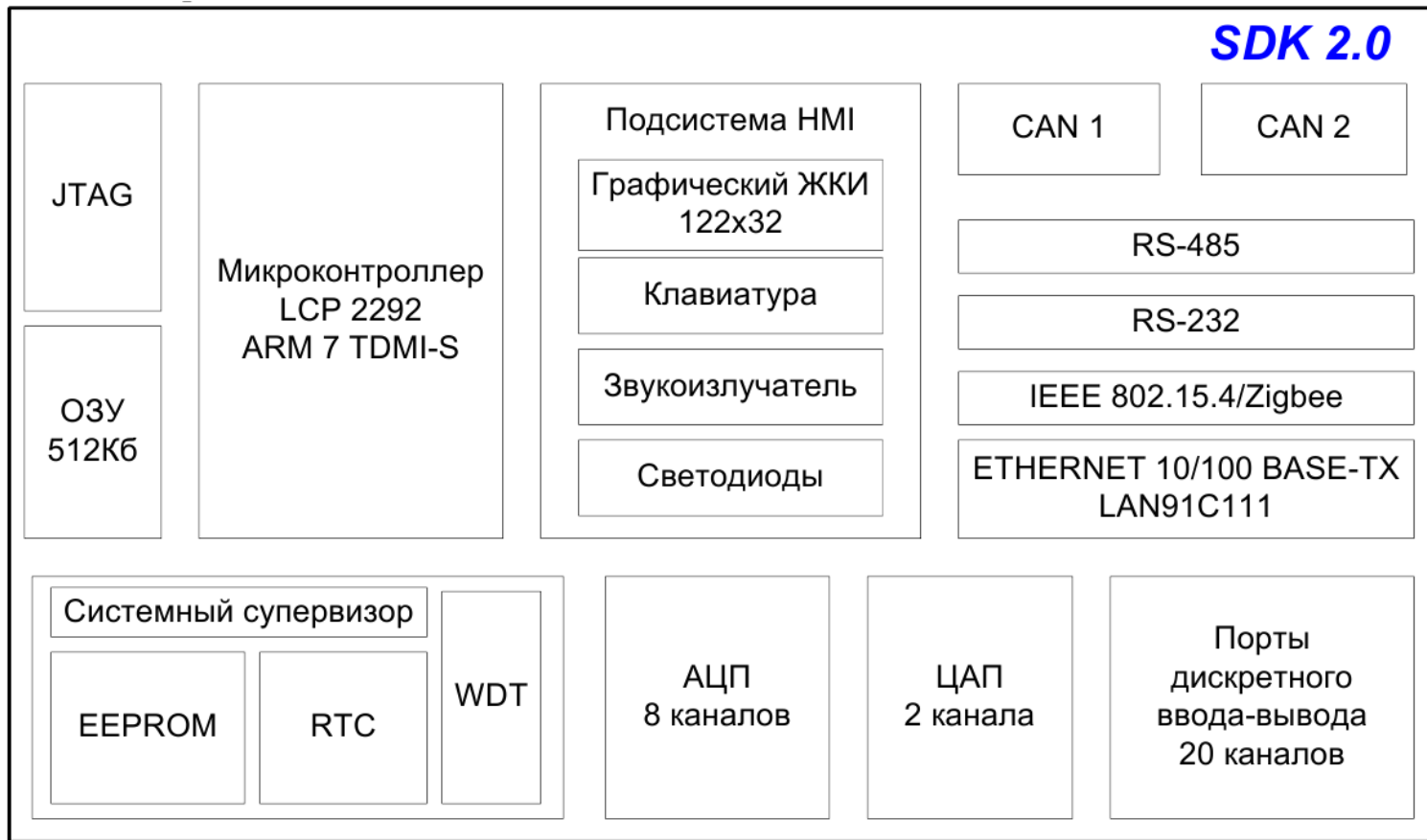
22



Отличительные особенности:

- 16/32-разр. микроконтроллер ARM7TDMI-S в корпусе LQFP144
- 16 кбайт встроенного статического ОЗУ и 256 кбайт встроенной флэш-памяти программ.
- Встроенное программное ядро реально-временной эмуляции и трассировки
- Два связанных CAN-интерфейса.
- 2 УАПЧ (16C550), высокоскоростной I2C (400 кбит/с) и два SPI.
- 10-разр. АЦП с 8 мультиплексированными входами
- Два 32-разр. таймера (с 4 каналами захвата фронта и 4 каналами сравнения), блок ШИМ (6 выходов), часы реального времени и сторожевой таймер
- Векторизованный контроллер прерываний с конфигурируемыми приоритетами и адресами векторов
- Конфигурируемый интерфейс внешней памяти с 4 банками, каждый из которых имеет размер 16 Мбит с разрядностью данных 8/16/32
- До 112 универсальных линий ввода-вывода
- До 9 линий внешних прерываний
- Максимальная частота 60 МГц

Учебно-лабораторный стенд SDK-2.0 (ООО «ЛМТ»)²³



15.4 Периферийные модули процессоров для встраиваемых применений

Порты ввода-вывода

Внешние линии ввода-вывода, подключенные к внешним выводам микроконтроллера называются **внешними портами**.

Одиночные (одноразрядные, состоящие из одной линии) порты ввода-вывода объединяются в группы, обычно, по 4, 8 или 16 линий, которые называются **параллельными портами**.

Через порты процессорное ядро взаимодействует с различными внешними устройствами – считывает значения входных сигналов и устанавливает значения выходных сигналов.

Во встраиваемых системах в качестве внешних устройств чаще всего рассматриваются:

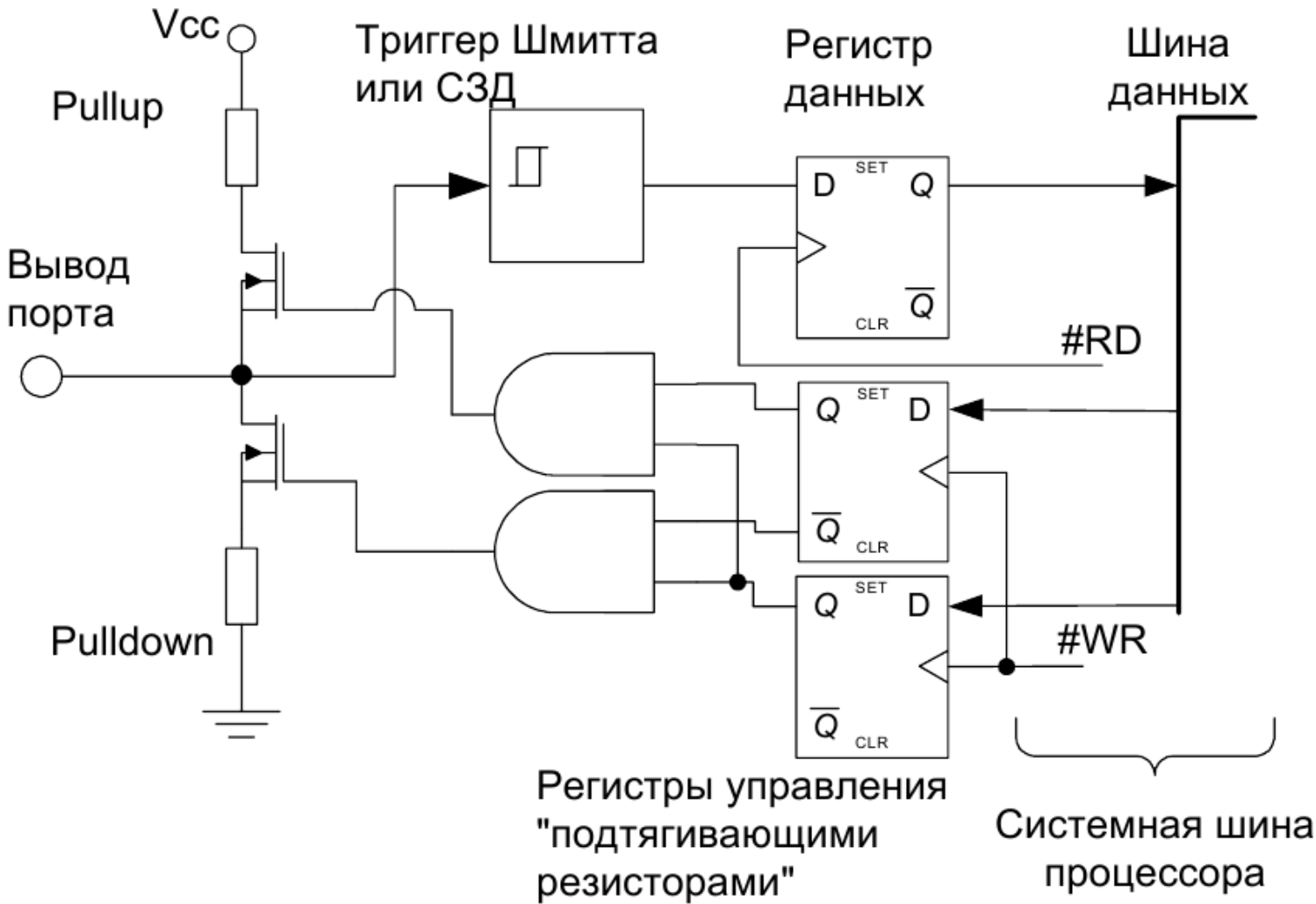
- датчики,
- исполнительные устройства,
- устройства ввода-вывода данных оператором,
- устройства внешней памяти.

Классификация портов ввода-вывода



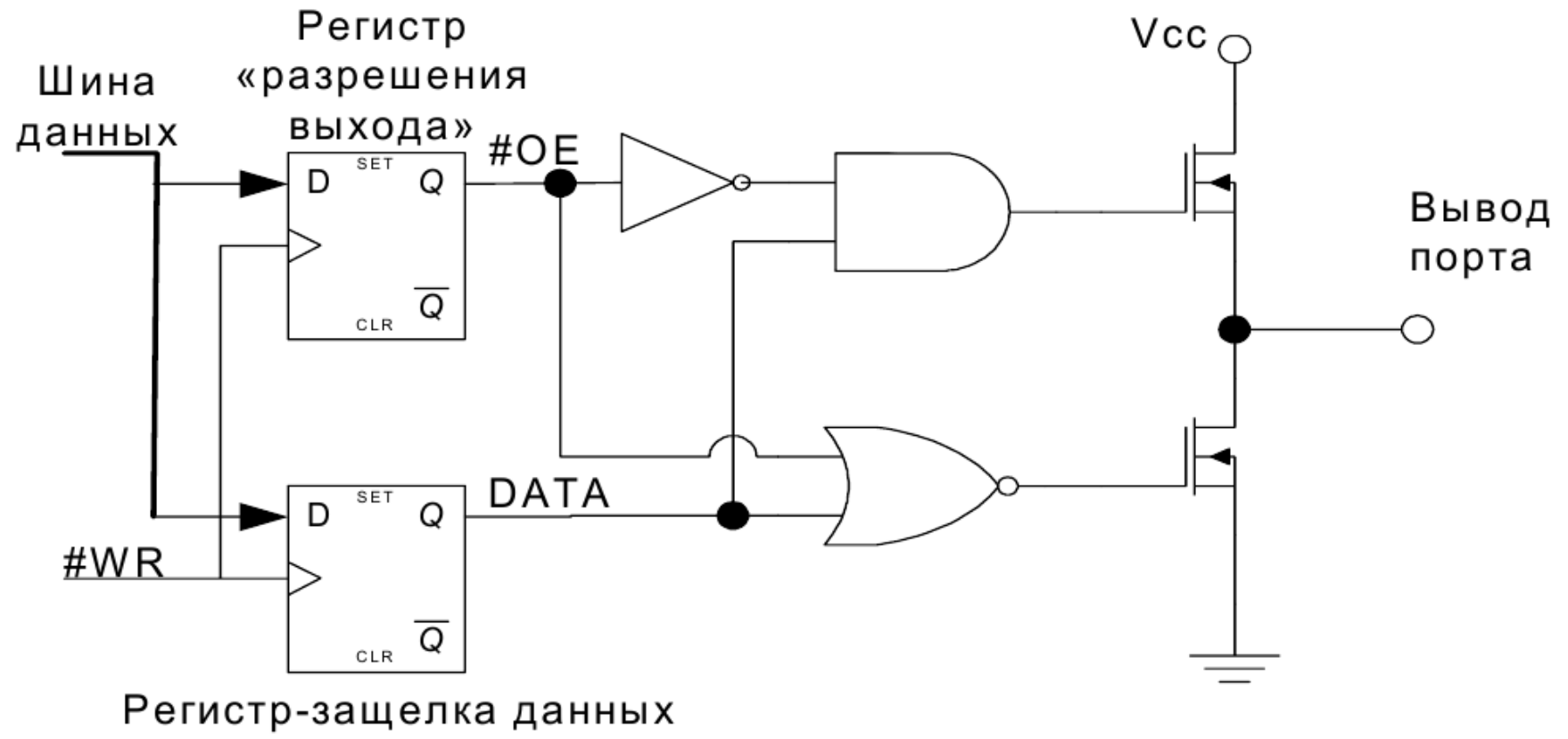
Дискретные порты ввода-вывода

Пример однонаправленного порта ввода

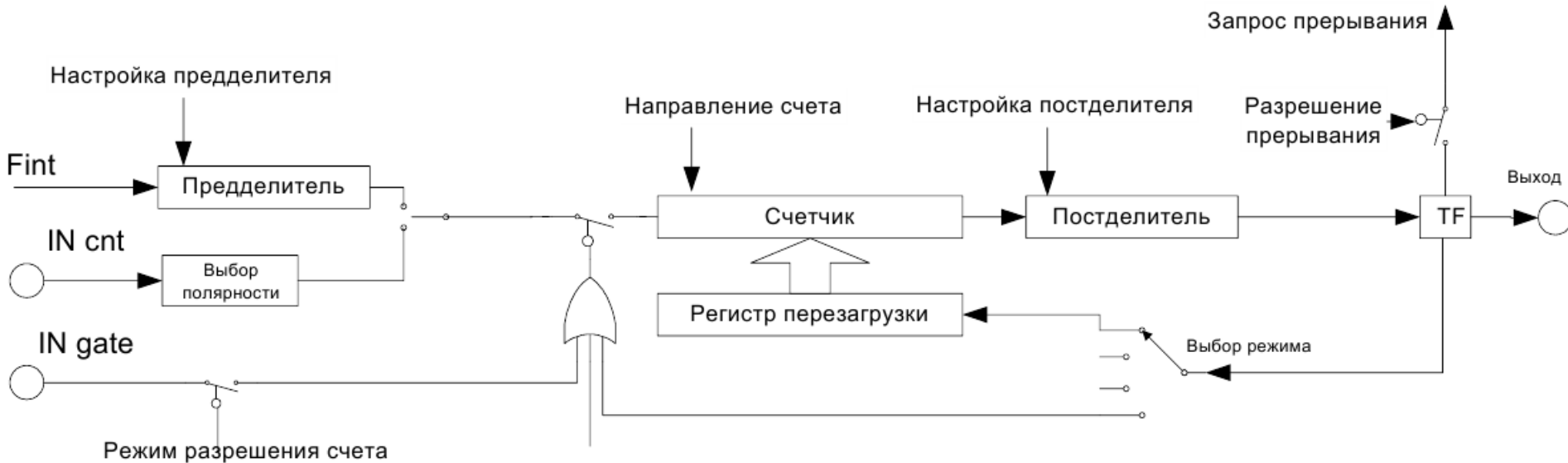


Дискретные порты ввода-вывода

Пример однонаправленного порта вывода



Таймер-счетчик



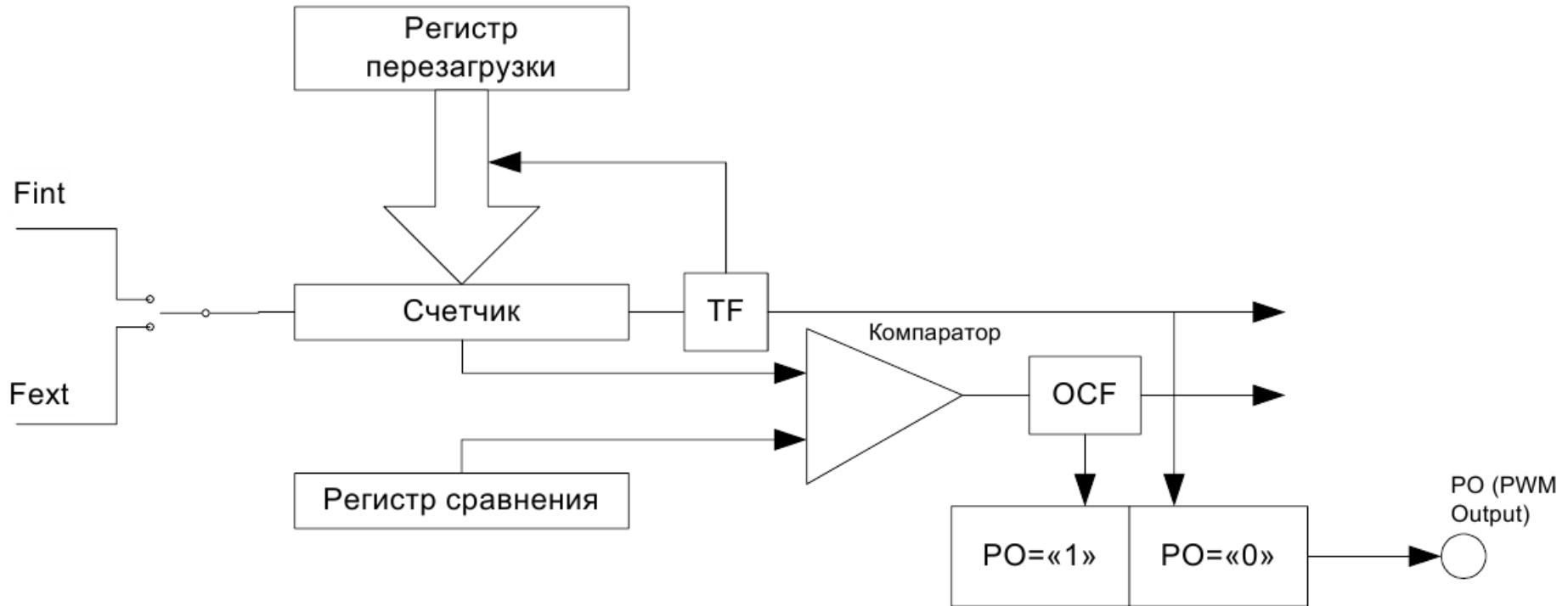
Fint – сигнал внутренней синхронизации процессора, обычно это частота процессорных циклов формируемая от основного генератора.

IN cnt – счетный вход для режима счетчика.

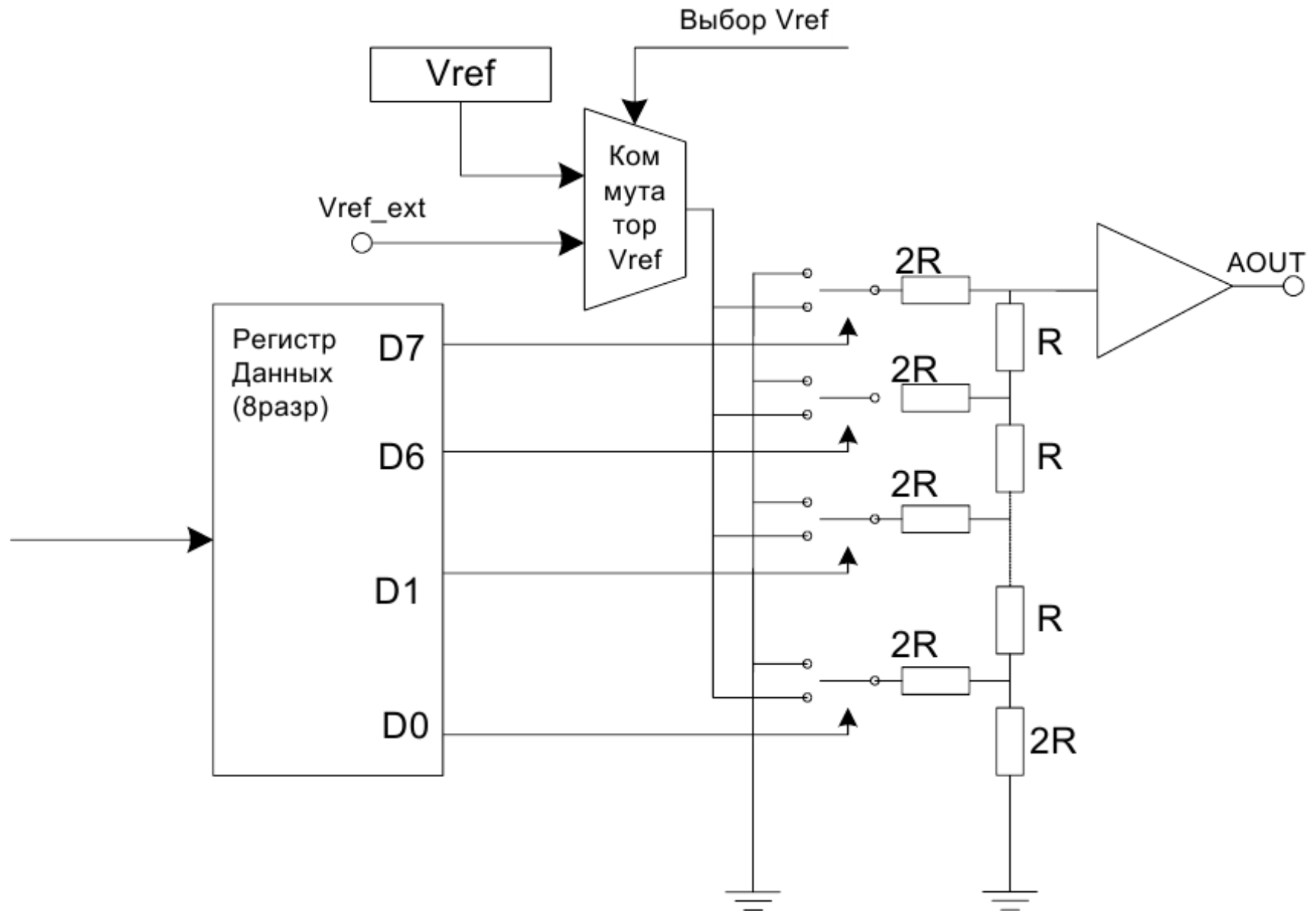
IN gate – вход разрешения счета внешним сигналом.

TF – флаг переполнения таймера.

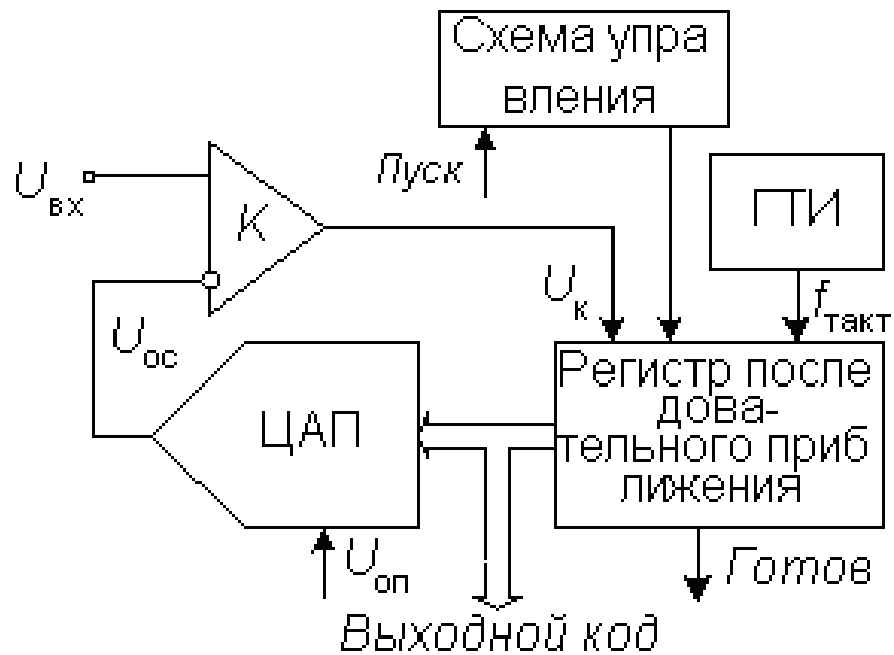
Модуль генератора ШИМ-сигнала



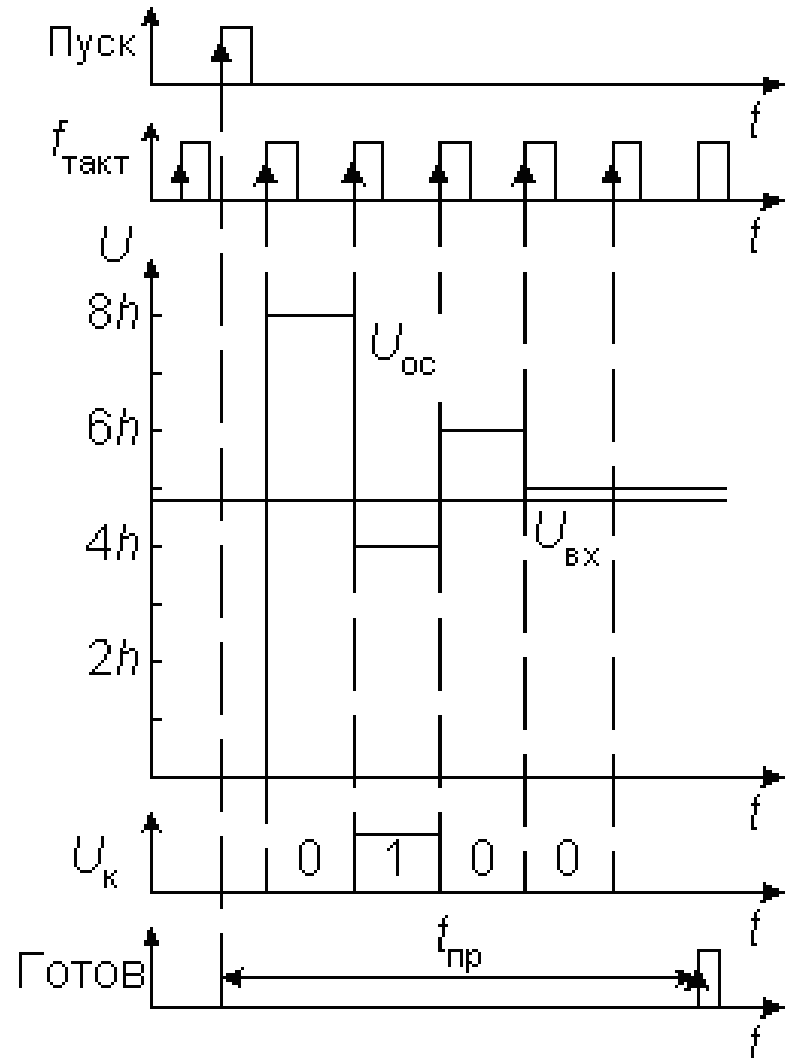
Модуль цифро-аналогового преобразователя (ЦАП)



Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) последовательного приближения

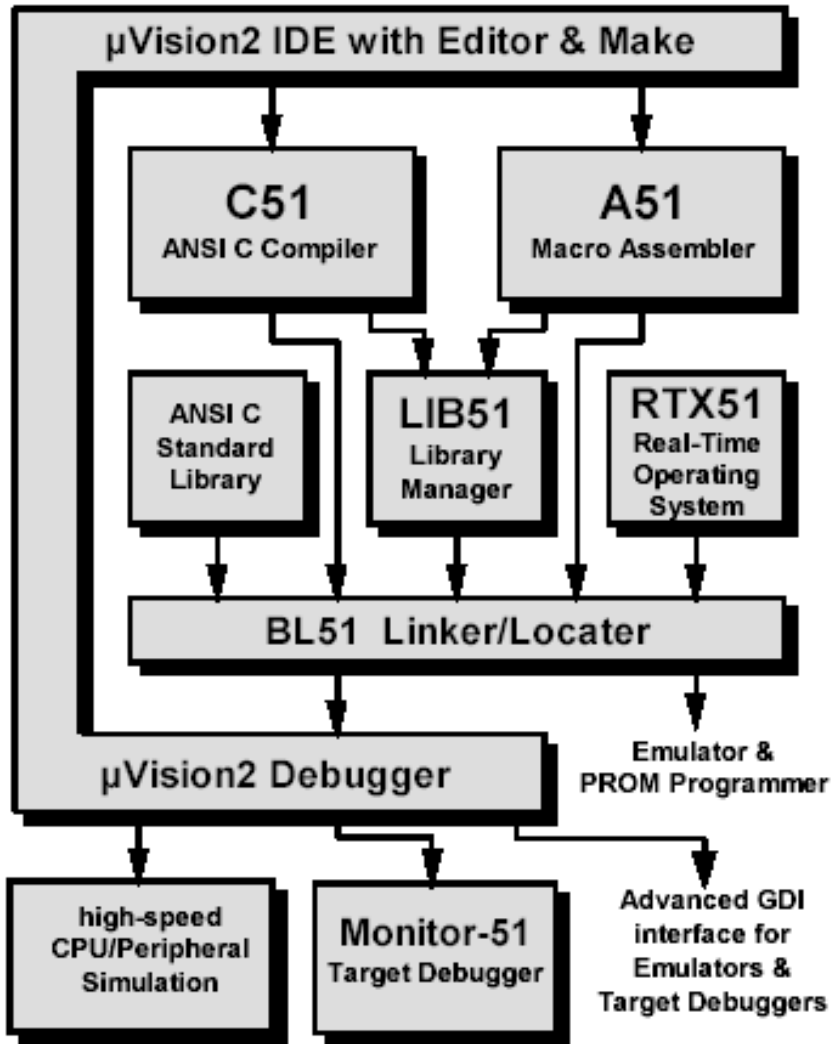


а)



б)

Цикл разработки приложения для встраиваемых микропроцессорных систем



Создание проекта, выбор target-микроконтроллера из базы данных и настройка средств разработки.

Создание исходных файлов на языке Си и (или) ассемблере.

Сборка приложения с помощью менеджера проектов.

Исправление ошибок в исходных файлах.

Проверка приложения.

Перечень источников

1. Горюнов А.Г. Методическое обеспечение дисциплины «Микропроцессорные системы» [Электронный ресурс] – ТПУ © 2002-2009. Режим доступа: \\star\appl\$\Study\МПС.
2. Горюнов А.Г. Ливенцов С.Н. Основы микропроцессорной техники . L:\Study\МПС\Методички\мп.pdf
3. Вильнин А.Д., Горюнов А.Г., Ливенцов С.Н. Основы микропроцессорной техники: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 118 с.
4. Горюнов А.Г. Ливенцов С.Н. Архитектура микроконтроллера i8051.
...\Study\МПС\Методички\MCS51.pdf
5. Горюнов А.Г. Ливенцов С.Н. Интерфейсы микропроцессорных систем.
...\Study\МПС\Лаб_работы\LAB3\Lab3.pdf
6. Учебный стенд SDK-1-1. Руководство пользователя.
...\Study\МПС\SDK_1_1\DOC\sdk11_userm_v1_0_7.pdf
7. Техническое описание микроконвертора ADuC812.
...\Study\МПС\SDK_1_1\DOC\COMPONENTS_ENG\MCU_ADuC812\aduc812_b.pdf
...\Study\МПС\SDK_1_1\DOC\COMPONENTS_RUS\ADuC812\aduc812_rus.pdf
8. Принципиальная схема учебно-лабораторного стенда SDK-1-1.
...\Study\МПС\SDK_1_1\DOC\SDK11_Scheme\sdk11r2sch.pdf
9. Хвощ С.Т., Варлинский Н.Н., Попов Е.А. Микропроцессоры и микро-ЭВМ в системах автоматического управления: Справочник/ Под ред. С.Т.Хвоща. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987. 640 с.
10. Сташин В.В., Урусов А.В., Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. М.: Энергоатомиздат, 1990. 224 с.
11. Однокристалльные микроЭВМ/ А.В.Боборыкин, Г.П.Липовецкий, Г.В.Литвинский и др. М.: МИКАП, 1994. 400 с.
12. Микропроцессоры. В 3-х кн. Кн. 1. Архитектура и проектирование микро-ЭВМ. Организация вычислительных процессов: Учебник для втузов/ П.В.Нестеров, В.Ф.Шаньгин, В.Л.Горбунов и др.; Под ред. Л.Н.Преснухина. М.: Высшая школа, 1986. 495 с.