



# Микропроцессорные устройства обработки сигналов

Лекция L01  
«Устройства обработки сигналов»

<http://vykhovanets.ru/course67/>

# Виды учебной работы

- **Дисциплина** 108 часов
  - **Лекции** 34 часа (17 ЛК)
  - **Лабораторные работы** 17 часов (3 ЛР)
  - **Самостоятельная работа** 57 часов
  - **Домашние задания** 18 часов (3 ДЗ)
  - **Подготовка к занятиям** 39 часов
  - **Аттестация** зачет
- 
- Выхованец Валерий Святославович, д.т.н., проф.
  - Германчук Александр Игоревич, преп.
  - Интернет-ресурс <http://vykhovanets.ru/course67/>

# Сайт дисциплины

**Микропроцессорные устройства**

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Кафедра ИУЗ - Информационные системы и технологии

Весенний семестр 2021 г., академические группы

**Т - Преподаватели**

[Т01](#) - Валерий Святославович Выхованец  
[Т02](#) - Александр Игоревич Германчук

**С - Консультации**

Понедельник, 19:10-20:00, [вебинар](#), В. С. Выхованец  
Пятница, 17:25-19:00, каф. ИУЗ, В. С. Выхованец  
Суббота, 12:00-13:00, [вебинар](#), А. И. Германчук

**Л - Лекции**

[L01](#) - Устройства обработки сигналов (12.02 15:40)  
[L02](#) - Методы обработки сигналов (19.02 15:40)  
[L03](#) - Представление целых чисел (26.02 15:40)  
[L04](#) - Представление дробных чисел (05.03 15:40)  
[L05](#) - Сигнальные микропроцессоры (12.03 15:40)  
[L06](#) - Операционное устройство (19.03 15:40)  
[L07](#) - Устройство управления (26.03 15:40)  
[L08](#) - Конвейеризация и распараллеливание (02.04 15:40)  
[L09](#) - Обработка прерываний (09.04 15:40)  
[L10](#) - Прямой доступ к памяти (16.04 15:40)  
[L11](#) - Входы-выходы общего назначения (23.04 15:40)  
[L12](#) - Приборный интерфейс (30.04 15:40)  
[L13](#) - Звуковой интерфейс (07.05 15:40)  
[L14](#) - Аудио-кодек (14.05 15:40)  
[L15](#) - Стандартная библиотека (21.05 15:40)  
[L16](#) - Операционная система (28.05 15:40)  
[L17](#) - Разработка программ (04.06 15:40)

**Н - Домашние задания**

[Индивидуальные задания](#)

[H01](#) - Команды микропроцессора (14.03)  
[H02](#) - Библиотечная подпрограмма (28.03)  
[H03](#) - Звуковой эффект (11.04)

**Е - Лабораторные работы**

[Расписание занятий](#)

[E01](#) - Исследование команд обработки сигналов (28.03)  
[E02](#) - Исследование процессов обработки сигналов (04.04)  
[E03](#) - Исследование устройств обработки сигналов (11.04)

**Q - Зачет**

[Модульные оценки](#)

[Отработка лекций](#)

**Теоретические вопросы**

Q01 - Общая организация цифровой обработки сигналов  
Q02 - Методы цифровой обработки сигналов  
Q03 - Дискретизация и восстановление сигналов  
Q04 - Нерекурсивная фильтрация и свертка сигналов  
Q05 - Рекурсивная фильтрация сигналов  
Q06 - Спектральная обработка сигналов  
Q07 - Недостатки неймановской архитектуры для цифровой обработки сигналов  
Q08 - Гарвардская архитектура для цифровой обработки сигналов  
Q09 - Структура системы цифровой обработки сигналов  
Q10 - Структура программного обеспечения устройств цифровой обработки сигналов  
Q11 - Средства разработки и отладки программ для цифровых устройств  
Q12 - Технология разработки программ для цифровых устройств  
Q13 - Сегментация памяти и секционирование программ  
Q14 - Связывание и компоновка программ

**R - Основная литература**

[R01](#) - Выхованец, В.С. Микропроцессорные устройства обработки сигналов / В.С. Выхованец, Н.А. Демин, Е.И. Мозговая, С.И. Назарова, Д.А. Рожкова, Е.С. Шапкина; Под ред. В.С. Выхованца. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 177 с.  
[R02](#) - Айфичер, Э.С. Цифровая обработка сигналов: практический подход / Э.С. Айфичер, Б.У. Джервис; 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.  
[R03](#) - Кестер, У. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов / Под ред. У. Кестера; Пер. с англ. под ред. А.А. Власенко. – М.: Техносфера, 2010. – 328 с.  
[R04](#) - Kuo, S.M. Real-time Digital Signal Processing. Implementations and Applications / S.M. Kuo, B.H. Lee, W. Tian. – Chichester: Wiley, 2006. – 646 p.  
[R05](#) - DAFX – Digital Audio Effects / Ed. Udo Zolzer. – Chichester: John Wiley & Sons, 2002. – 554 p.

**A - Дополнительная литература**

[A01](#) - Солонина, А.И. Основы цифровой обработки сигналов / А.И. Солонина, Д.А. Улахович, С.М. Арбузов, Е.Б. Соловьева. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 768 с.  
[A02](#) - Сперанский, В.С. Сигнальные процессоры и их применение в системах телекоммуникации и электроники. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 168 с.  
[A03](#) - Лайсон, Р. Цифровая обработка сигналов – М.: Бинوم-Пресс, 2006. – 656 с.  
[A04](#) - Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер. – М.: Техносфера, 2006. – 856 с.  
[A05](#) - Chassaing, R. Digital Signal Processing. Laboratory Experiments Using C and the TMS320C31 DSK. – Chichester: Wiley, 1999. – 263 p.  
[A06](#) - Лэй, Э. Цифровая обработка сигналов для инженеров и технических специалистов: практическое руководство – М.: Группа ИДТ, 2007. – 336 с.  
[A07](#) - Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2003. – 604 с.  
[A08](#) - Керниган, Б. Язык программирования Си / Б. Керниган, Д. Ритчи; Пер. с англ., 3-е изд., испр. – СПб.: Невский диалект, 2003. – 352 с.

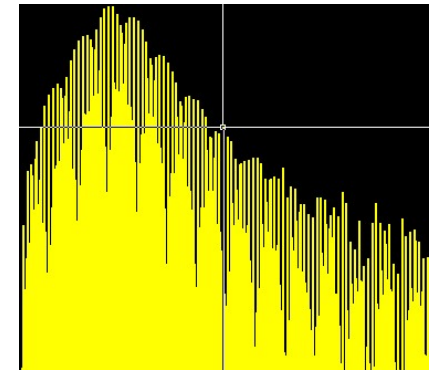
**S - Вспомогательная литература**

[Электронная библиотека](#)

**D - Техническая документация**

# Структура дисциплины

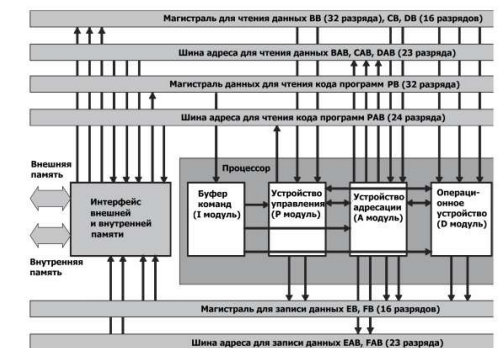
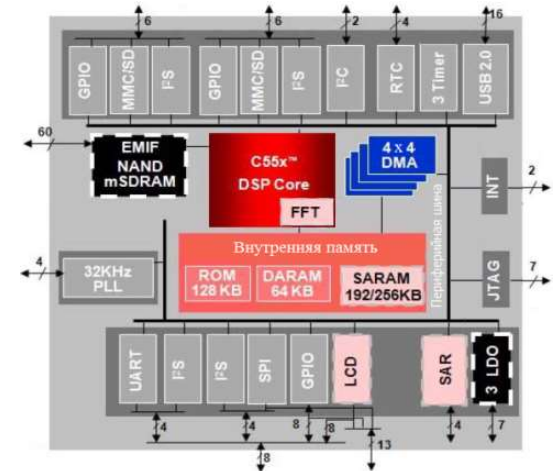
- **Модуль 1** Архитектура и организация микропроцессоров  
ЛК 1-5, ДЗ 1, ЛР 1
- **Модуль 2** Обработка сигналов и данных  
ЛК 6-11, ДЗ 2, ЛР 2
- **Модуль 3** Устройства обработки сигналов  
ЛК 12-17, ДЗ 3, ЛР 3





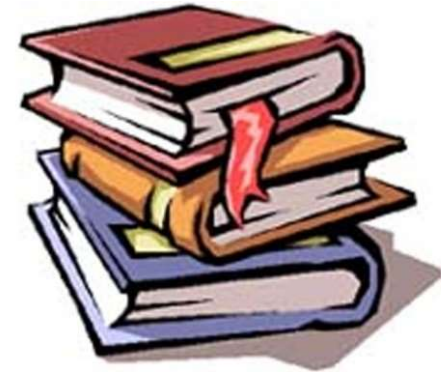
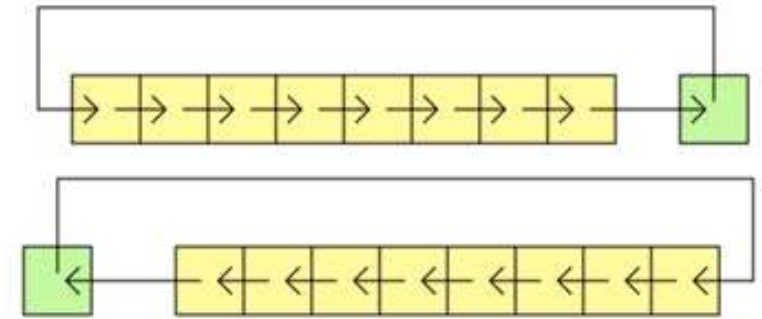
# Лекции

- **L01** Устройства обработки сигналов
- **L02** Методы обработки сигналов
- **L03** Представление целых чисел
- **L04** Представление дробных чисел
- **L05** Сигнальные микропроцессоры
- **L06** Операционное устройство
- **L07** Устройство управления
- **L08** Устройство адресации
- **L09** Конвейеризация и распараллеливание
- **L10** Обработка прерываний
- **L11** Прямой доступ к памяти
- **L12** Входы-выходы общего назначения
- **L13** Приборный интерфейс
- **L14** Звуковой интерфейс
- **L15** Аудио-кодек
- **L16** Стандартная библиотека
- **L17** Операционная система



# Домашние задания

- **ДЗ 1** Команды микропроцессора
- **ДЗ 2** Библиотечная подпрограмма
- **ДЗ 3** Звуковой эффект



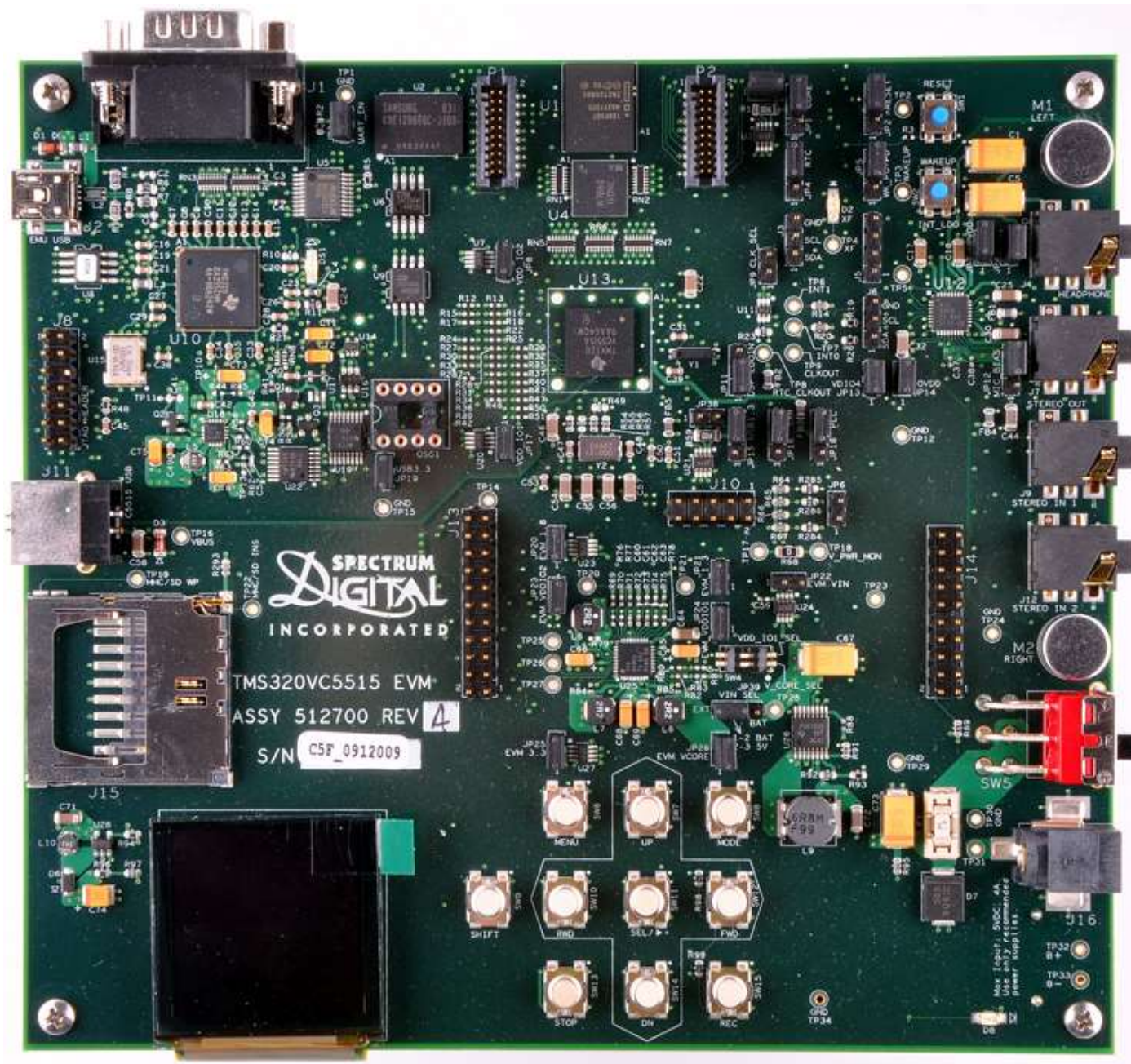
# Лабораторные работы

- **ЛР 1** Исследование команд обработки сигналов
- **ЛР 2** Исследование процессов обработки сигналов
- **ЛР 3** Исследование устройств обработки сигналов



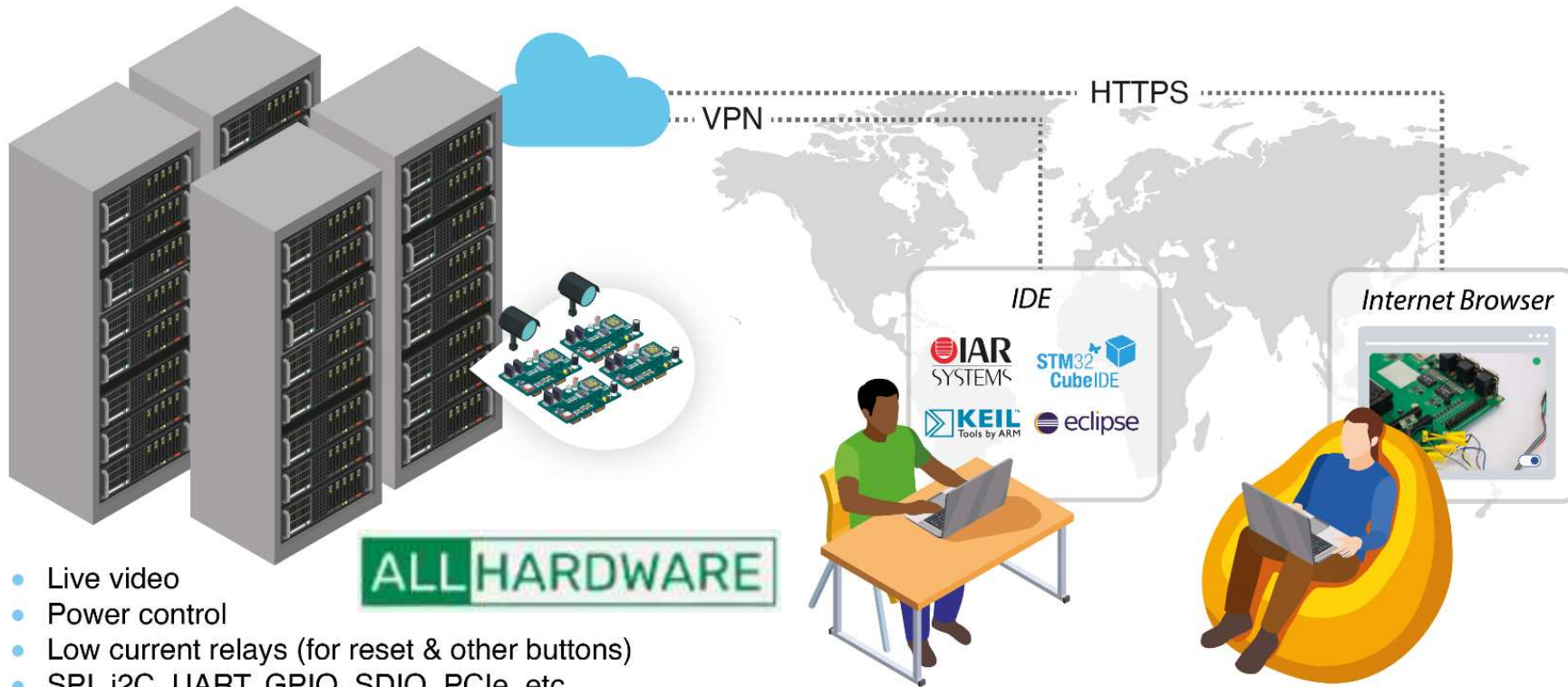


# Оценочная плата





# Удаленная отладка



- Live video
- Power control
- Low current relays (for reset & other buttons)
- SPI, i2C, UART, GPIO, SDIO, PCIe, etc.

Power: ☐ ON ☐ OFF Board: B-G474E-DPOW1 #13

Now you can visually monitor board changes.

The session  
information:

Device name:  
STM32G474RET

Debugger: STLink  
GDB

IP-address:  
78.37.24.188

Port:  
16015

Terminal: UART connected to ST-Link  
serial

☐ Terminal ☐ Sensor

5FPS

Normal



```
Connected to server
Welcome to serial terminal of the chosen board predefined speed is 9216
00
Enter any text:
```

Reset

Download

# Основная литература

- **R01** Выхованец, В.С. Микропроцессорные устройства обработки сигналов – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 177 с.
- **R02** Айфичер, Э.С. Цифровая обработка сигналов: Практический подход / Э.С. Айфичер, Б.У. Джервис. – М.: Вильямс, 2004. – 992 с.
- **R03** Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов / Под ред. У. Кестера; Пер. с англ. под ред. А.А. Власенко. – М.: Техносфера, 2010. – 328 с.
- **R04** Kuo, S.M. Real-time Digital Signal Processing. Implementations and Applications – Chichester: Wiley, 2006. – 646 p.
- **R05** DAFX – Digital Audio Effects / Ed. Udo Zolzer. – John Wiley & Sons, 2011. – 614 p.



# Дополнительная литература

- **A01** Солонина, А.И. Основы цифровой обработки сигналов. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 768 с.
- **A02** Сперанский, В.С. Сигнальные процессоры и их применение в системах телекоммуникации и электроники. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 168 с.
- **A03** Лайсон, Р. Цифровая обработка сигналов – М.: Бином-Пресс, 2006. – 656 с.
- **A04** Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов – М.: Техносфера, 2006. – 856 с.
- **A05** Лэй, Э. Цифровая обработка сигналов для инженеров и технических специалистов: Практическое руководство – М.: Группа ИДТ, 2007. – 336 с.



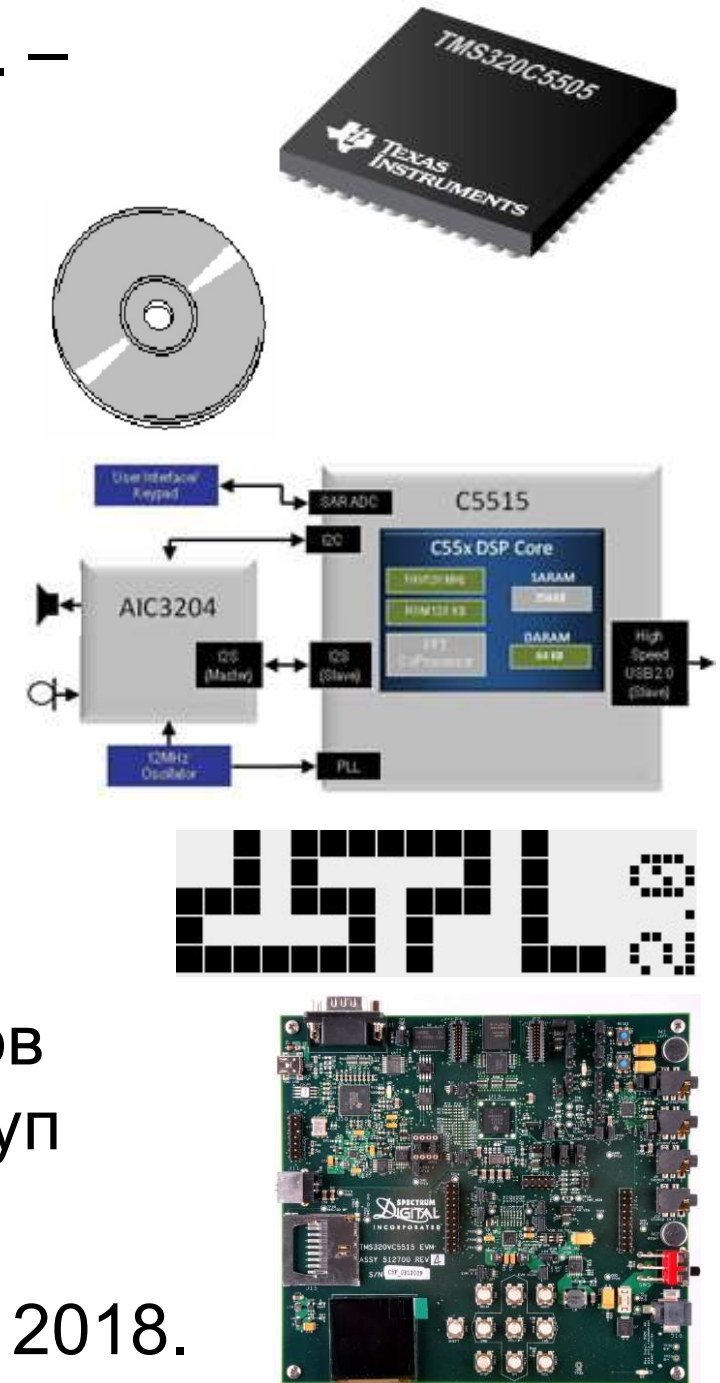


# Документация

- **D01** TMS320C5x. Users Guide. – Texas Instruments, 1995. – 774 p.
- **D04** TMS320C55x. CPU. Reference Guide. – Texas Instruments, 2009. – 265 p.
- **D05** TMS320C55x. Programmer's Guide. – Texas Instruments, 2001. – 287 p.
- **D06** TMS320C55x. Mnemonic Instruction Set. Reference Guide. – Texas Instruments, 2009. – 863 p.
- **D09** TMS320C55x. DSP Library Programmer's Reference. – Texas Instruments, 2009. – 265 p.
- **D10** TMS320C5515. DSP System. User's Guide. – Texas Instruments, 2011. – 82 p.
- **D11** TMS320C5515. Fixed-Point Digital Signal Processor. – Texas Instruments, 2011. – 160 p.
- **D26** EVM5515. Evaluation Module. Schematics. – Texas Instruments, 2010. – 20 p.

# Программные средства

- **P01** TMS320C55x. Chip Support Library. – Texas Instruments, 2012.
- **P02** TMS320C55x. DSP Library. – Texas Instruments, 2009.
- **P03** TMS320C55x. Connected Audio Framework. – Texas Instruments, 2013.
- **P04** EVM5515. Evaluation module. Demo Software. – Texas Instruments, 2011.
- **P05** DSPL-2.0 – Библиотека алгоритмов цифровой обработки сигналов. – Доступ <http://ru.dsplib.org/dspl/>. – 2022.
- **P06** Пример лабораторной работы 3 – 2018.



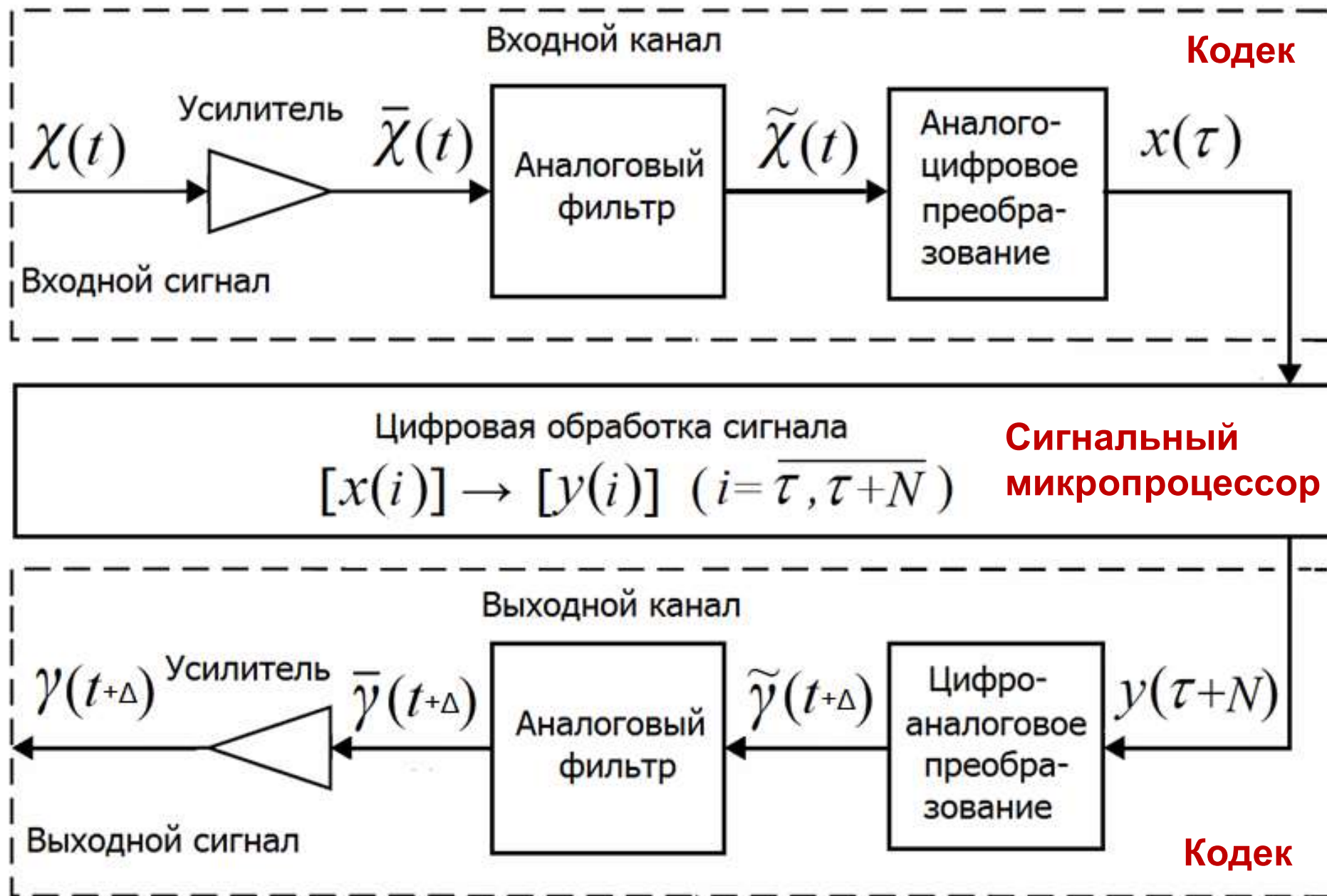
# Нормативы

- **N01** ГОСТ Р 7.0.5–2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 23 с.
- **N02** ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 37 с.
- **N03** Стилиевой шаблон MS Word для оформления текстовых документов. – 2013. – 4 с.
- **N04** Рабочая программа дисциплины «Микропроцессорные устройства обработки сигналов». – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 17 с.

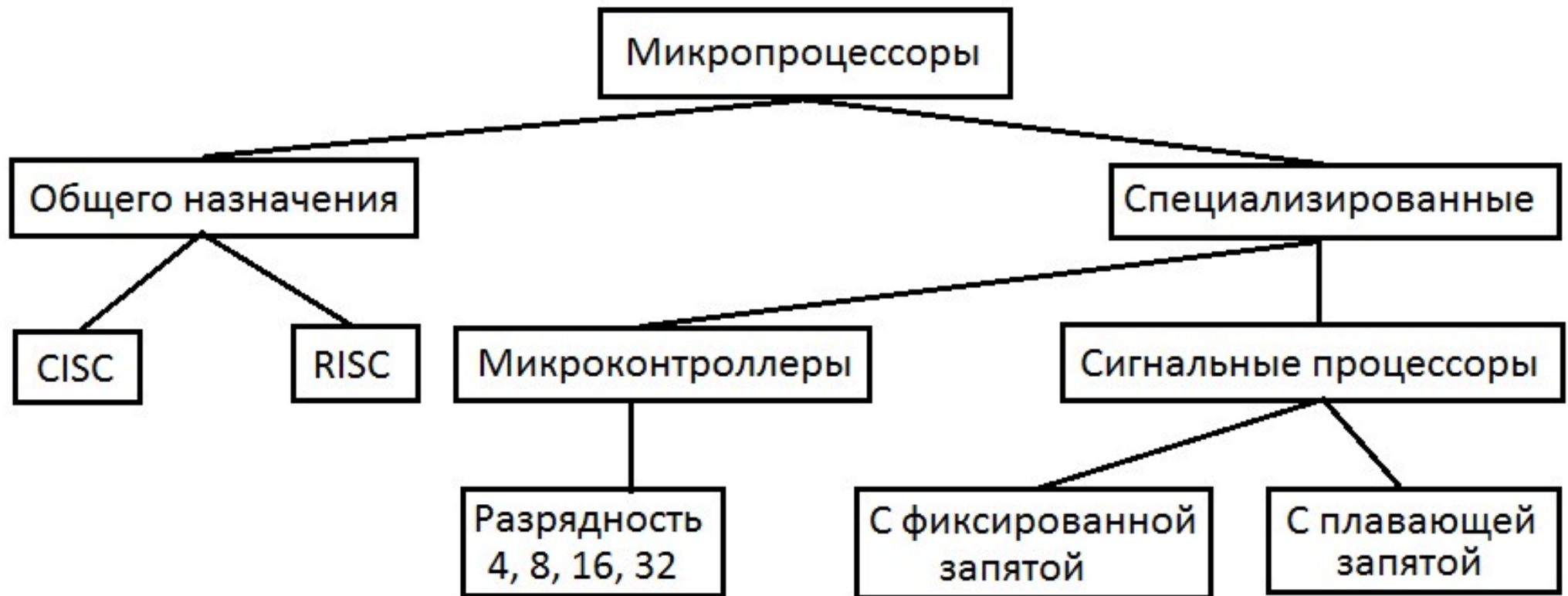




# Обработка сигналов

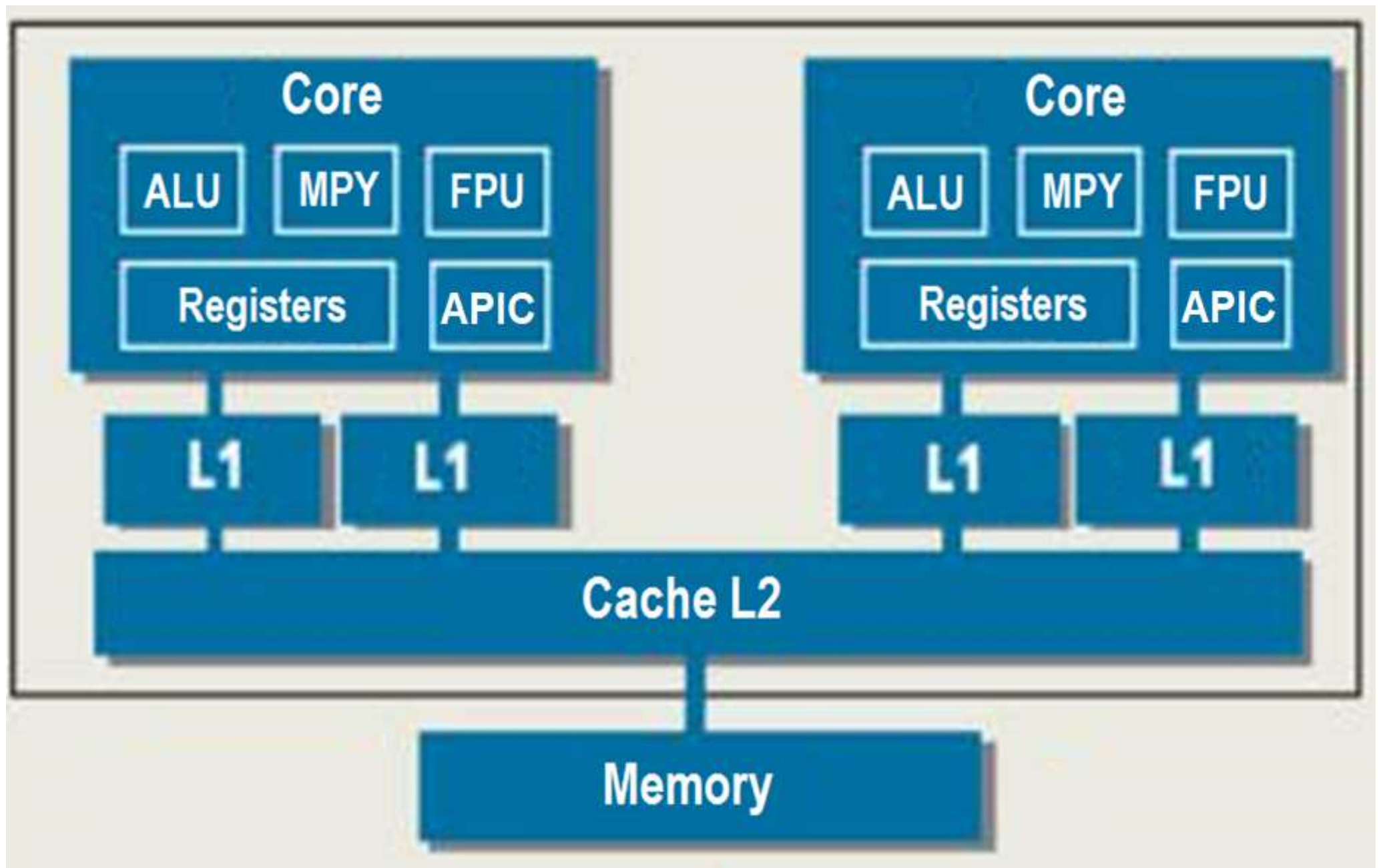


# Микропроцессоры



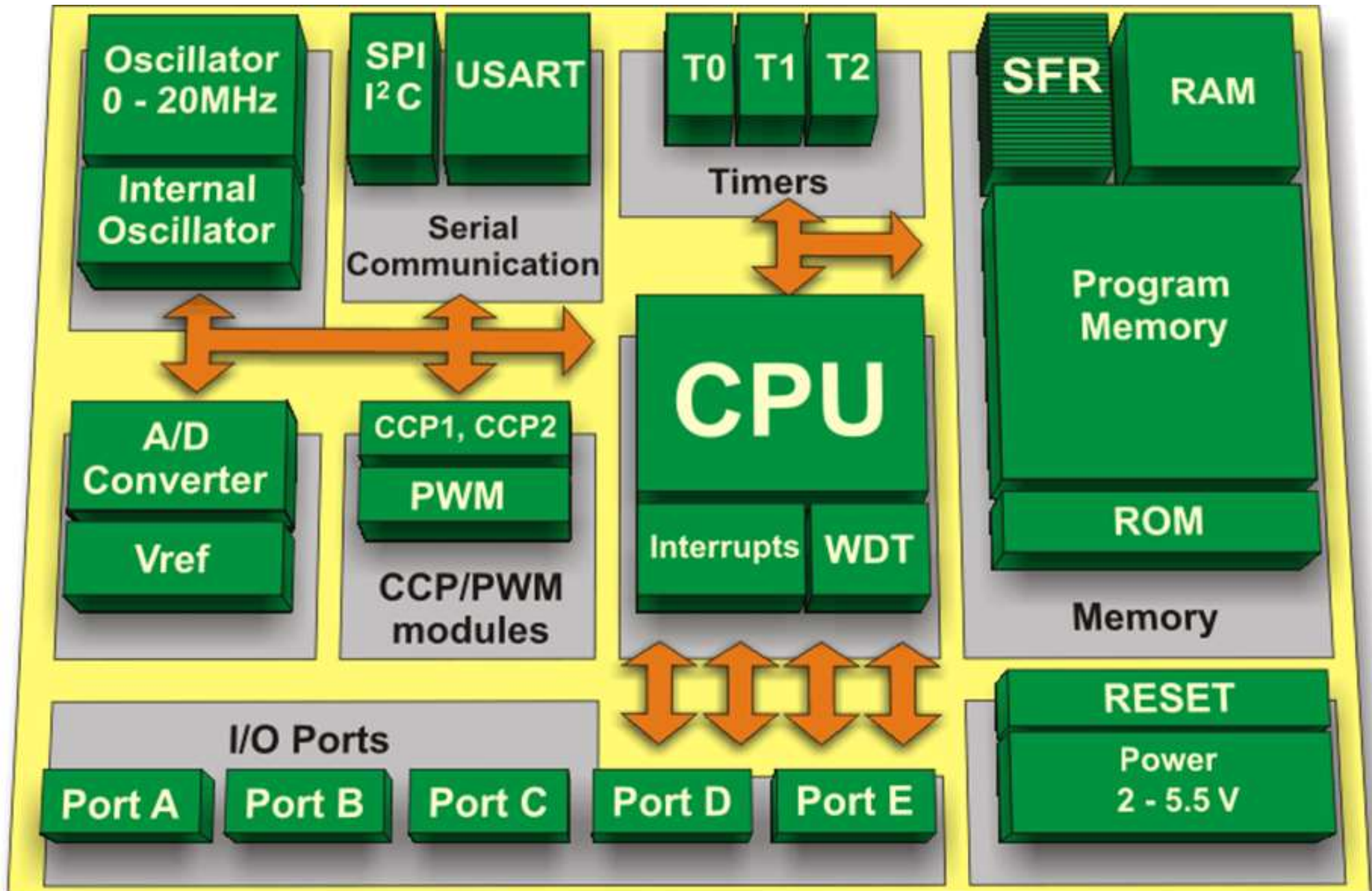
- **Процессор** – устройство обработки данных, интерпретирующее (выполняющее) команды, хранящиеся на носителе данных.
- **Микропроцессор** – процессор, реализованный в виде одной микросхемы или комплекта из нескольких специализированных микросхем.

# Микропроцессор

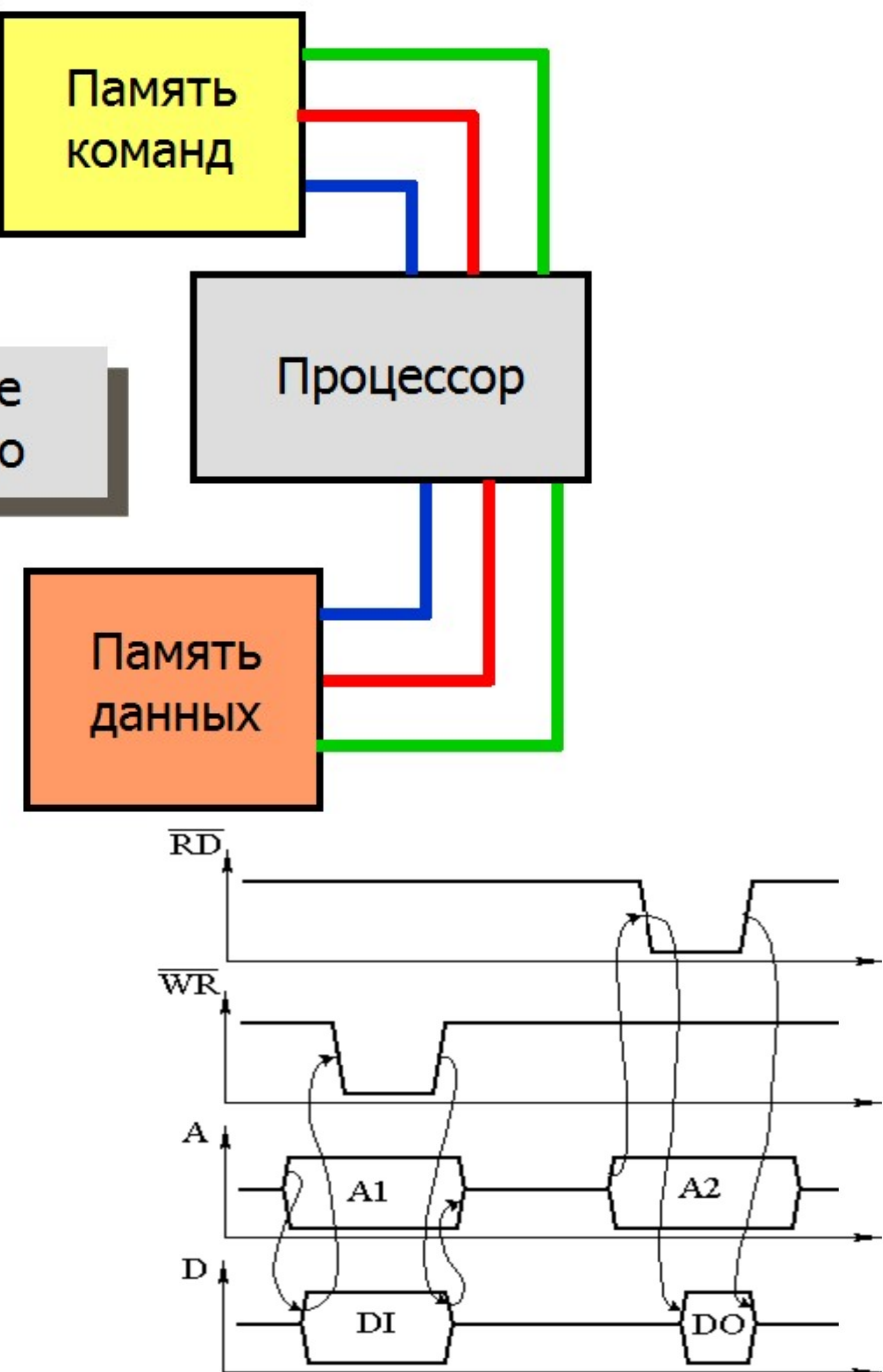
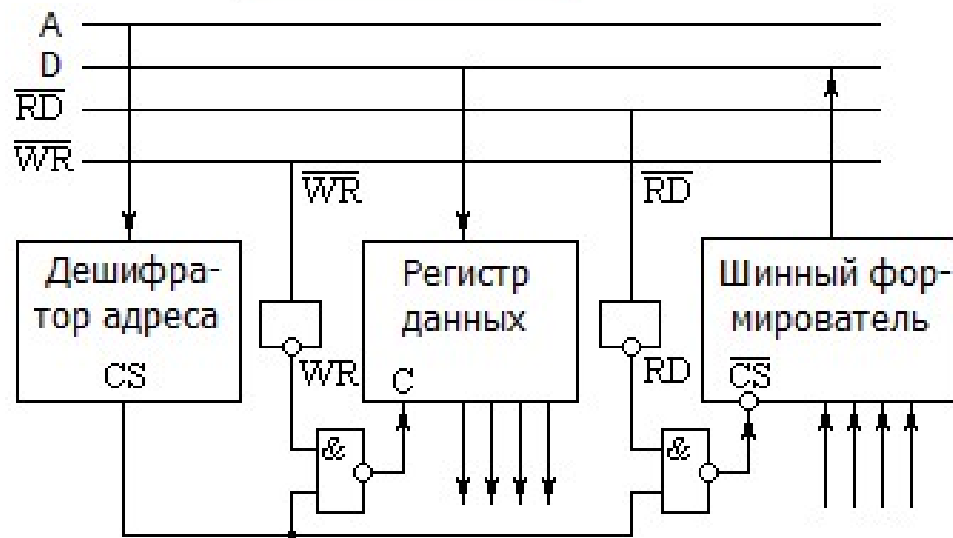
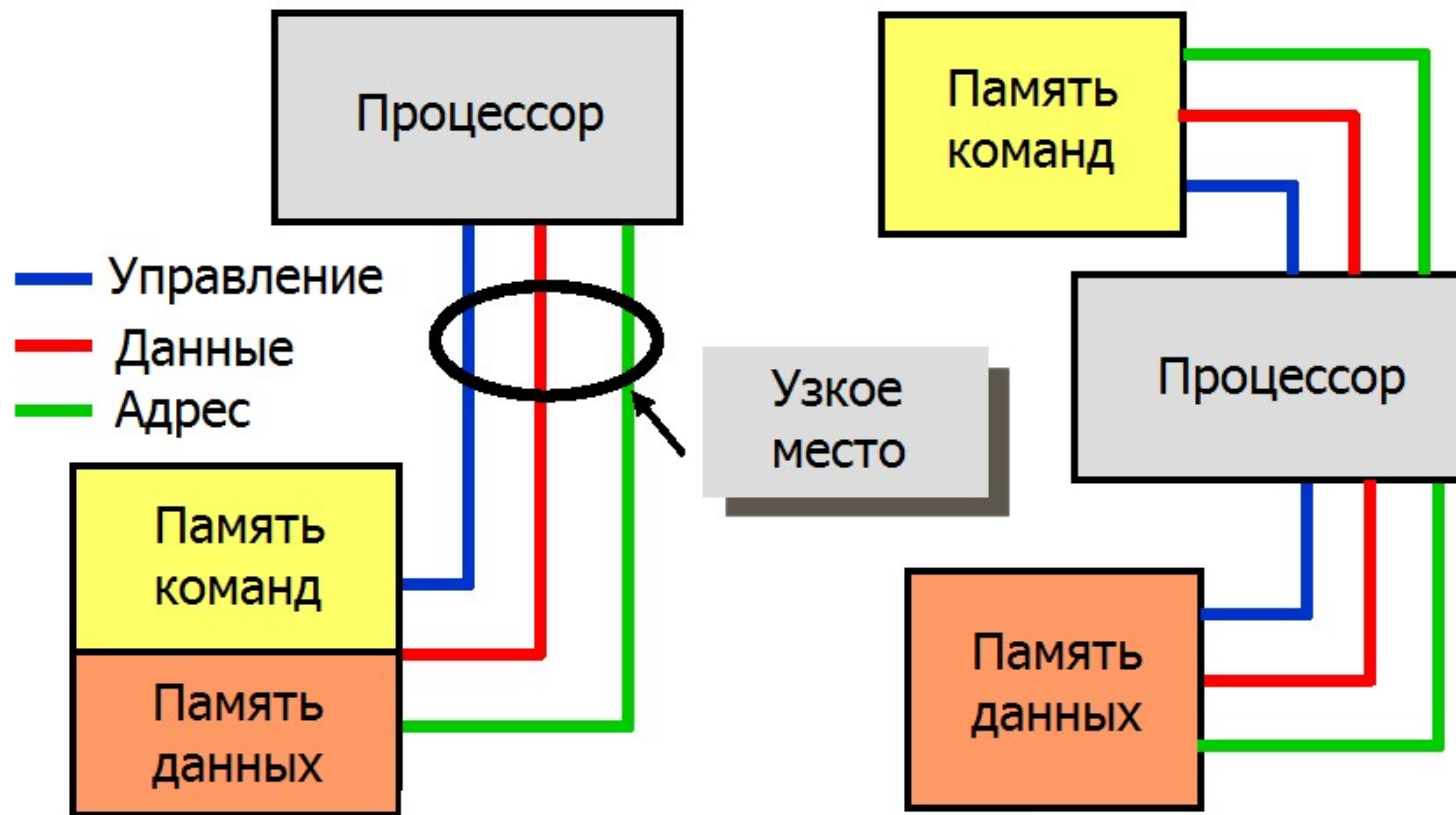




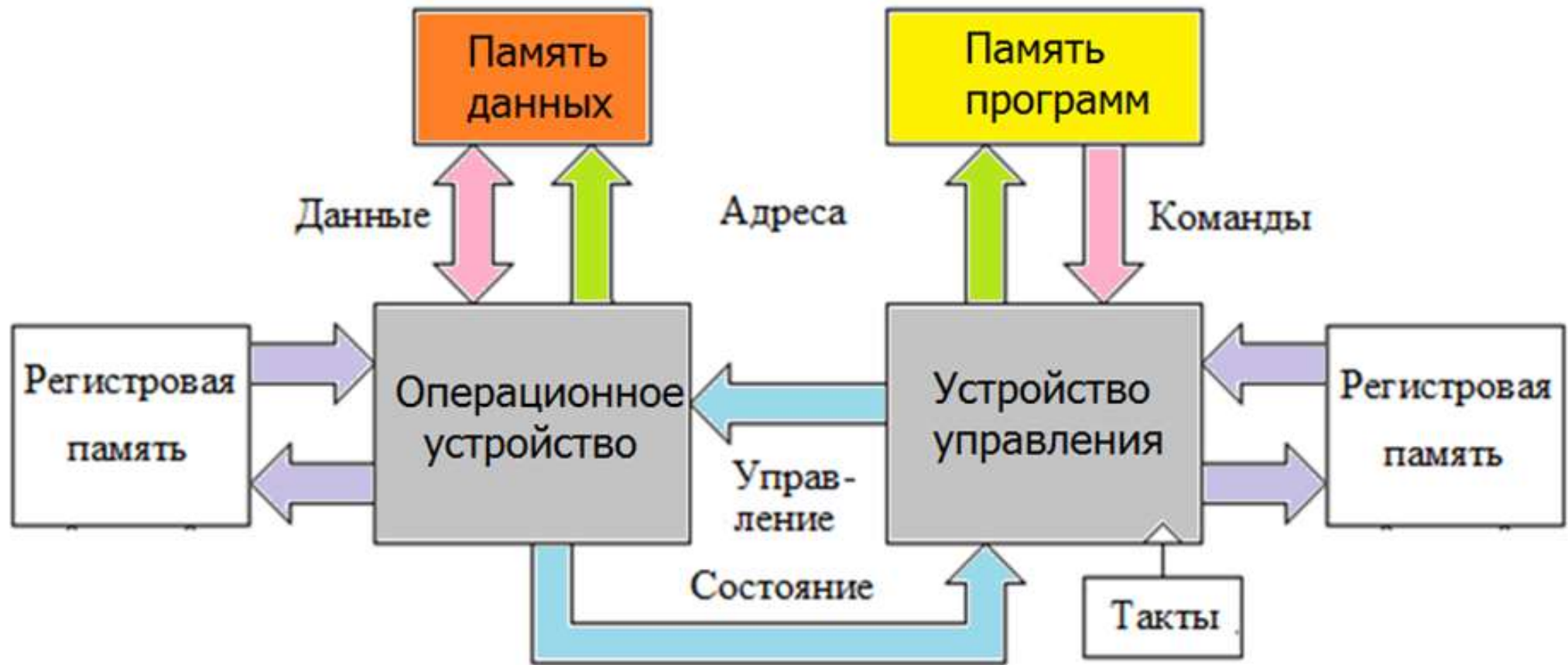
# Микроконтроллер



# Неймановская архитектура



# Гарвардская архитектура



Тактовые частоты – до 1 ГГц.

Число ядер – RISC + N\*DSP.

Кэш – одно- и двухуровневый.

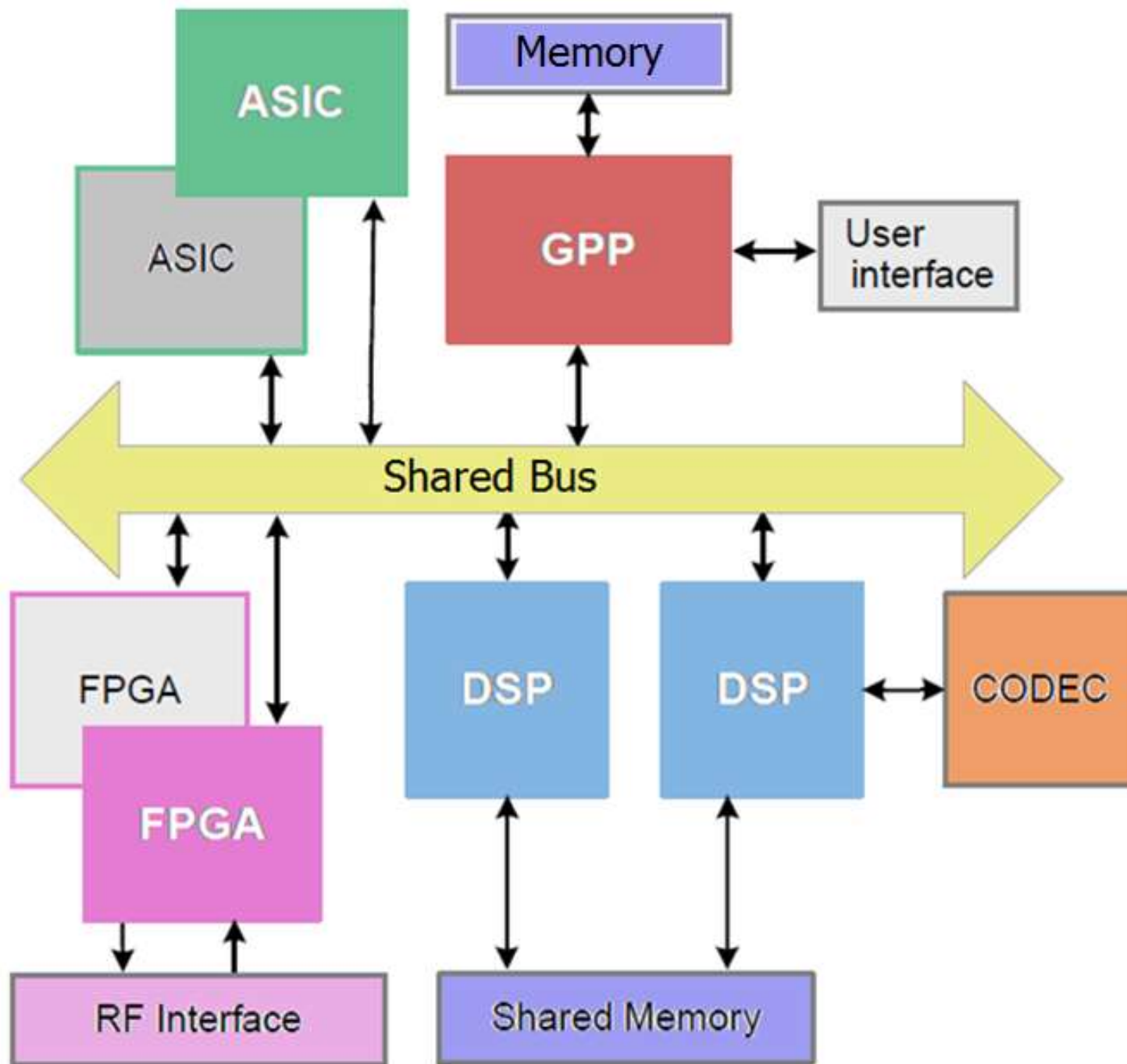
Конвейер команд, распараллеливание команд – до 8 команд.

Прямой доступ к памяти – 1 и более многоканальных контроллера.

Быстродействие – 1000 MIPS и 1000 MFLOPS.



# Устройство обработки сигналов



# Глоссарий 1

- **ASIC** – Analog Specific Integrated Circuit (схема сопряжения)
- **DSP** – Digital Signal Processors (процессор цифровой обработки сигналов)
- **GPP** – General Purpose Processors (процессор общего назначения)
- **FPGA** – Field Programmable Gate Array (программируемая логическая матрица)
- **NoC** – Network on Chip (вычислительная сеть на кристалле)
- **RF** – Radio Frequency
- **Shared Bus** – общая шина
- **SoC** – signal system on chips (обработка сигналов на кристалле)
- **VLSI** – very large scale integration (сверхбольшая степень интеграции)
- **CISC** – Complex Instruction Set Computer (проц. слож. набор команд)
- **RISC** – Reduced Instruction Set Computer (проц. сокр. набор команд)
- **ARM** – Advanced RISC Machine (усовершенствованный RISC-проц.)

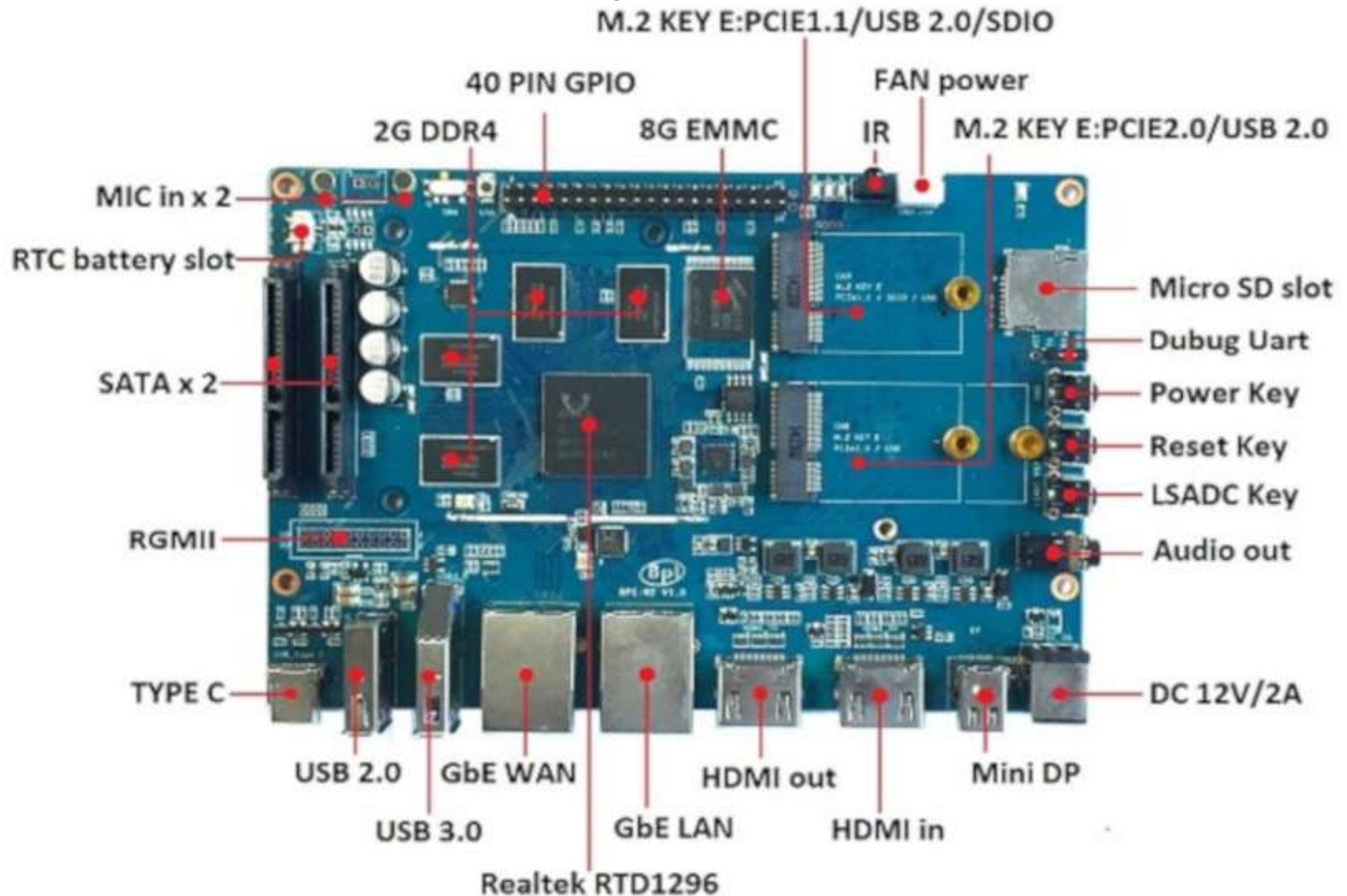
# Мультимедиа-устройство



Dune HD Pro 4K

4096 × 3072

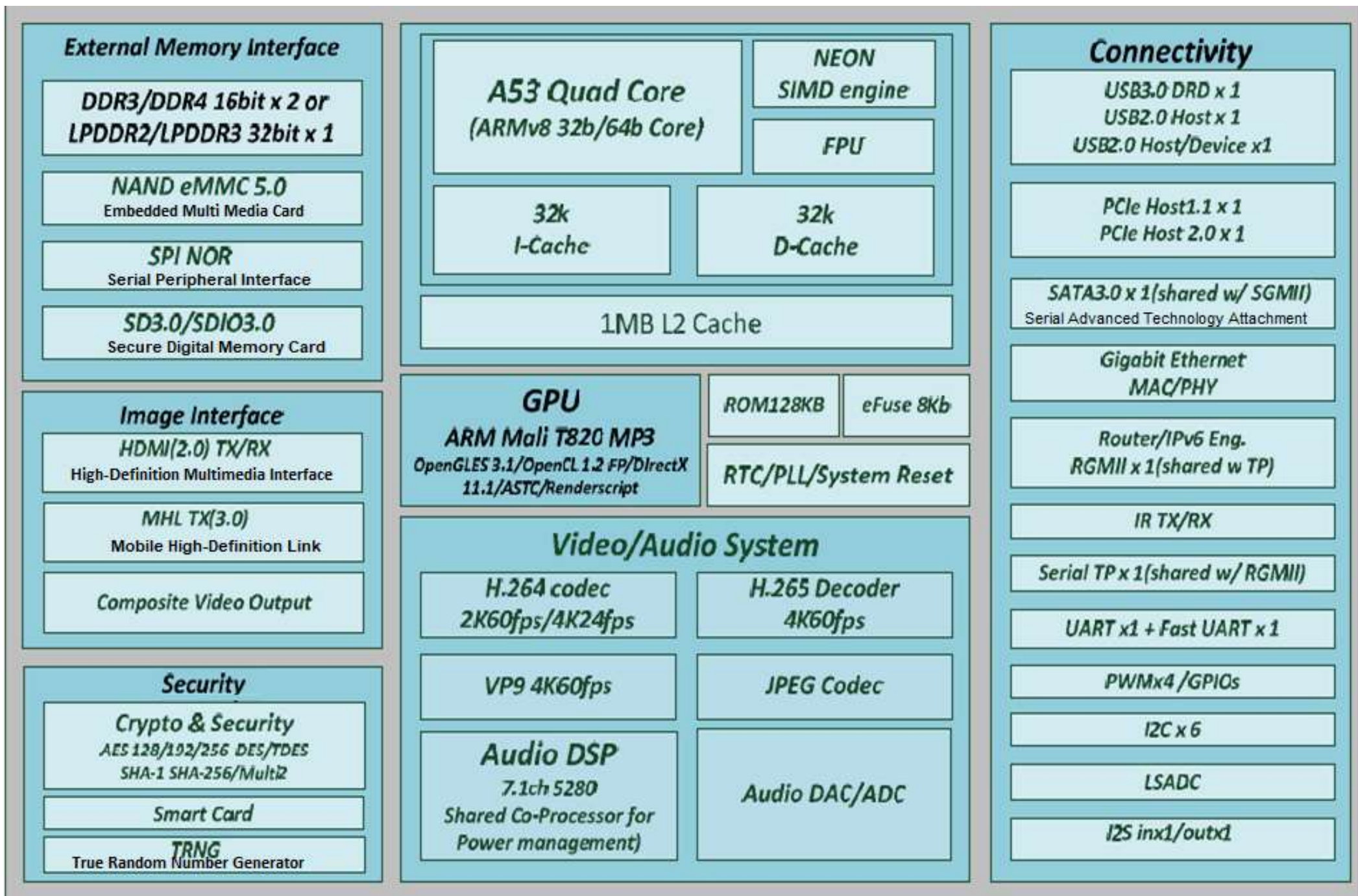
# Плата устройства





# Мультимедиа процессор

Realtek Rtd1295



# Глоссарий 2

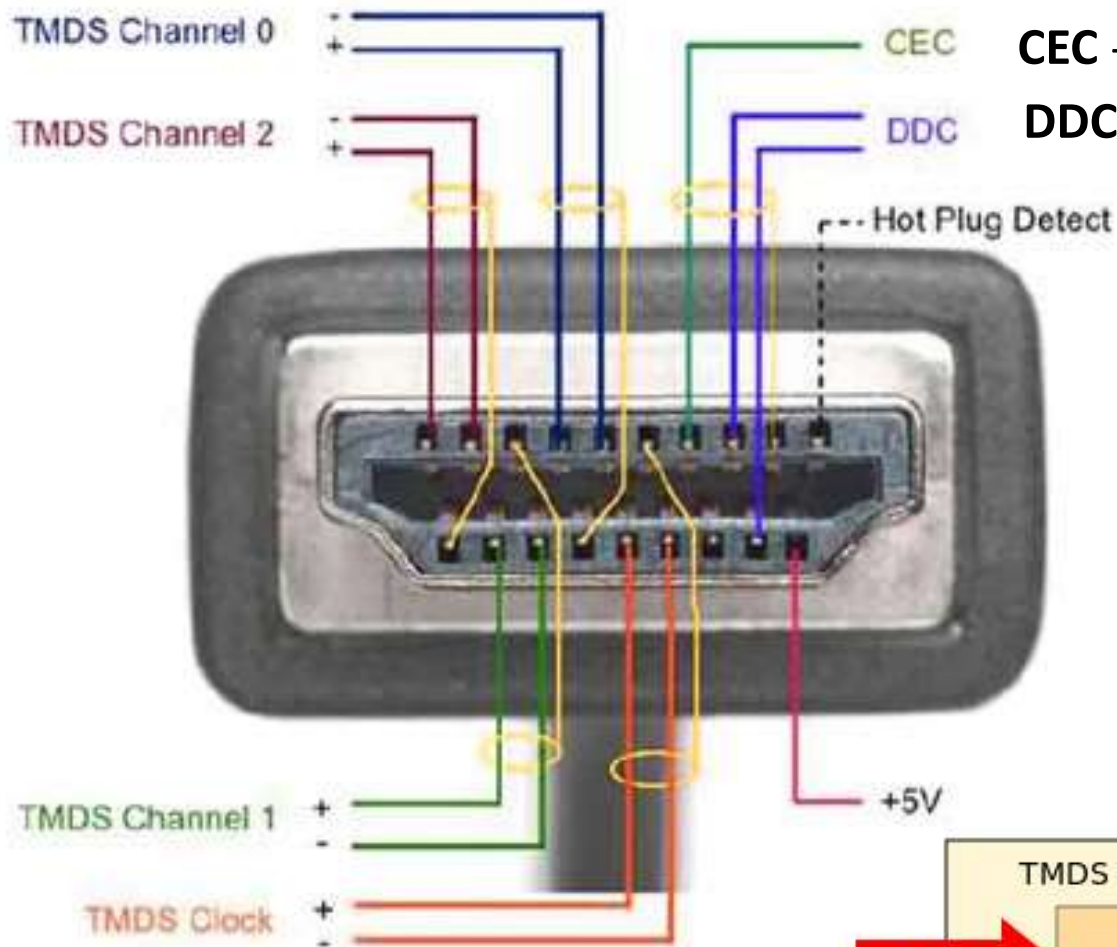
- **HDMI** – High-Definition Multimedia Interface, мультимедийный интерфейс
- **MHL** – Mobile High-definition Link(1/2 HDM, TX - Transmit)
- **NAND** – флэш-память типа NOT-AND
- **NOR** – флэш-память типа NOT-OR
- **SD/SDIO** – Secure Digital Input Output, интерфейс карт памяти SD
- **FPU** – Float Pointer Unit, процессор с плавающей запятой
- **GPU** – Graphics Processing Unit, графический процессор
- **PLL** – Phase Locked Loop, фазовая автоподстройка
- **RTC** – Real Time Clock, часы реального времени
- **DAC** – Digital to Analog Converter, цифро-аналоговый преобразователь
- **ADC** – Analog to Digital Converter, аналого-цифровой преобразователь
- **PWM** – Pulse Width Modulation, широтно-импульсная модуляция
- **(LP)DDR** – Low Power Double Data Rate, синхронная динам. память
- **eMMC** – Embedded Multi Media Card, встроенный интерфейс карт
- **SPI** – Serial Peripheral Interface, последов. периферийны интерфейс
- **ROM** – Read Only Memory, постоянное запоминающее устройство
- **SIMD** – Single Instruction Multiple Data, одна команда, много данных
- **TRNG** – True Random Number Generator
- **eFuse** – память динамического программирования микросхем
- **HDR** – High Dynamic Range, увеличение динамического диапазона
- **SSE(2)** – Streaming SIMD Extensions (2), потоковое SIMD-расширение

# Глоссарий 3

- **H.264** – Advanced Video Coding, стандарт сжатия видео
- **H.265** – High Efficiency Video Coding, стандарт сжатия видео
- **VP9** – Video Processing 9, стандарт сжатия видео от Google
- **JPEG** – Joint Photographic Experts Group, растровый формат
- **USB** – Universal Serial Bus, универсальная последовательная шина
- **PCIe** – Peripheral Component Interconnect Express, компьютерная шина
- **SATA** – Serial Advanced Technology Attachment, посл. обмен данными
- **MAC** – Media Access Control, управление доступом к среде
- **PHY** – Physical layer, физический уровень
- **IR** – Infrared interface, инфракрасный интерфейс
- **TX/RX** – Transmitter/Receiver, передатчик-приемник
- **GMII** – Gigabit Media-Independent Interface, гигабитный интерфейс
- **RGMII** – Reduced GMII (1/2 GMII), улучшенный гигабитный интерфейс
- **SGMII** – Serial GMII, последовательный гигабитный интерфейс
- **Serial TP** – Serial Twisted Pair, витая пара
- **UART** – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, УСПП
- **GPIO** – general-purpose input/output, универсальный вход-выход
- **I2C** – Inter-Integrated Circuit, приборный интерфейс
- **LSADC** – Low Speed ADC, низкоскоростной многоканальный АЦП
- **I2S** – Integrated Inter-chip Sound, звуковой интерфейс
- **CEC** – Consumer Electronics Control, управление бытовой электроникой



# Интерфейс HDMI



**CEC** - Consumer Electronics Control

**DDC** - Display Data Channel (Clock, Data)

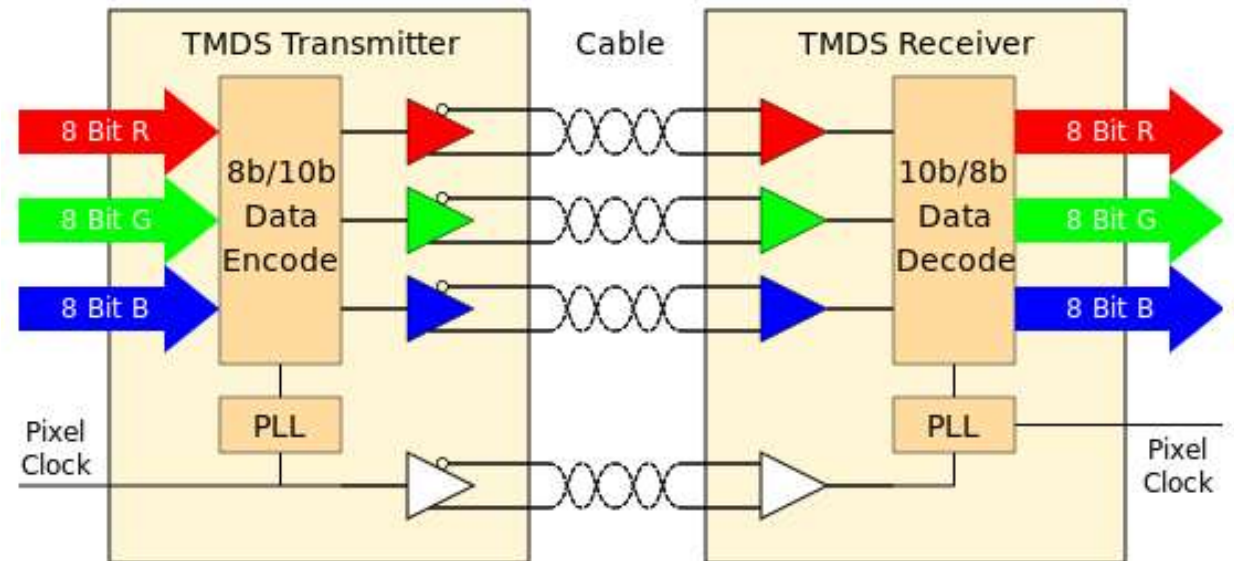
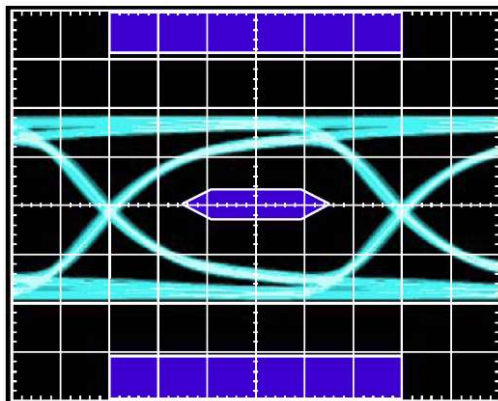
**TMD5** –  
Transition-  
Minimized  
Differential  
Signaling

До 48 Гбит/с

До 10 (35) м

До 10K 120 Гц

Баланс по постоянному току





# Ввод-вывод сигналов

