

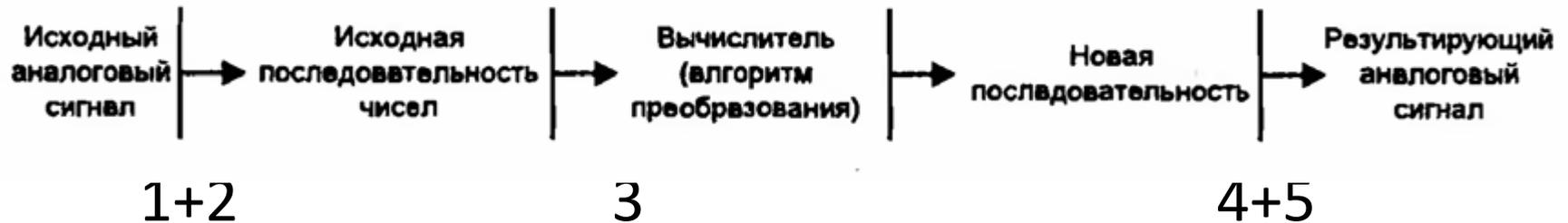
ЦОС и ЦСП

ЦОС- цифровая обработка сигналов

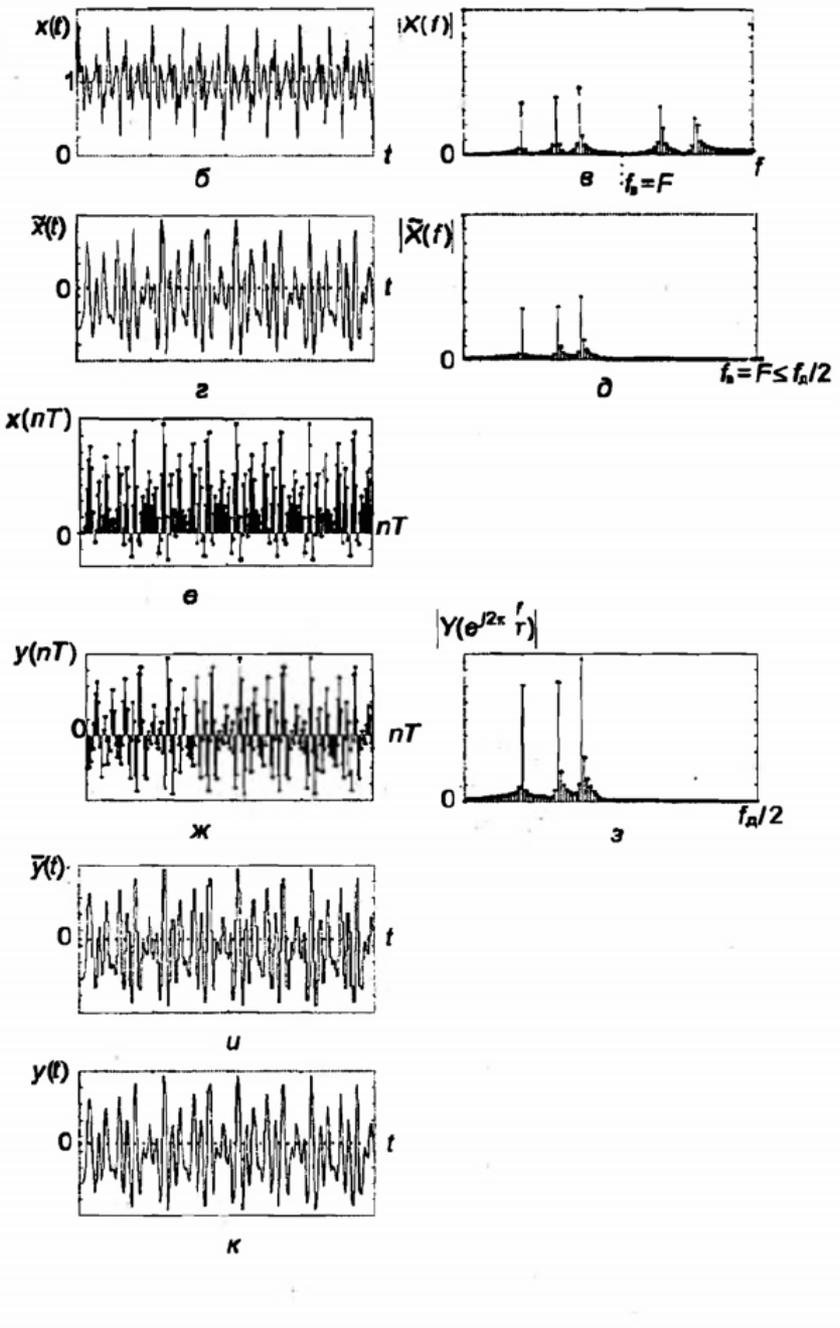
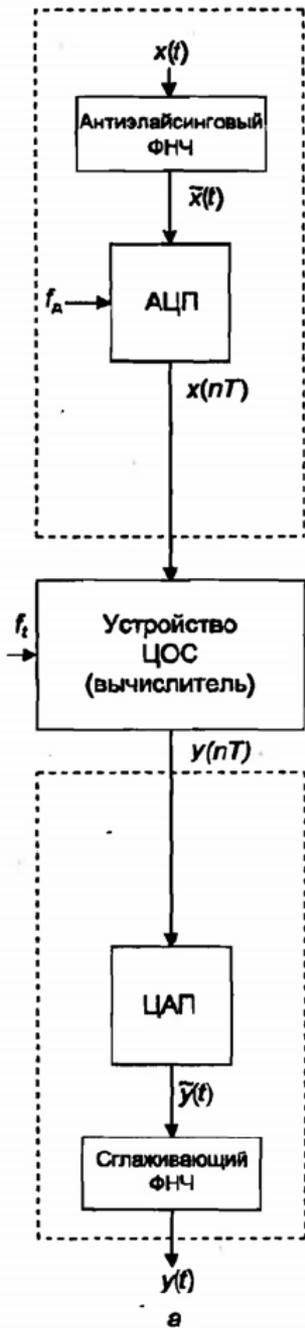
ЦСП- цифровой сигнальный процессор

DSP – digital signal processor

Обобщенная схема цифровой обработки аналоговых сигналов

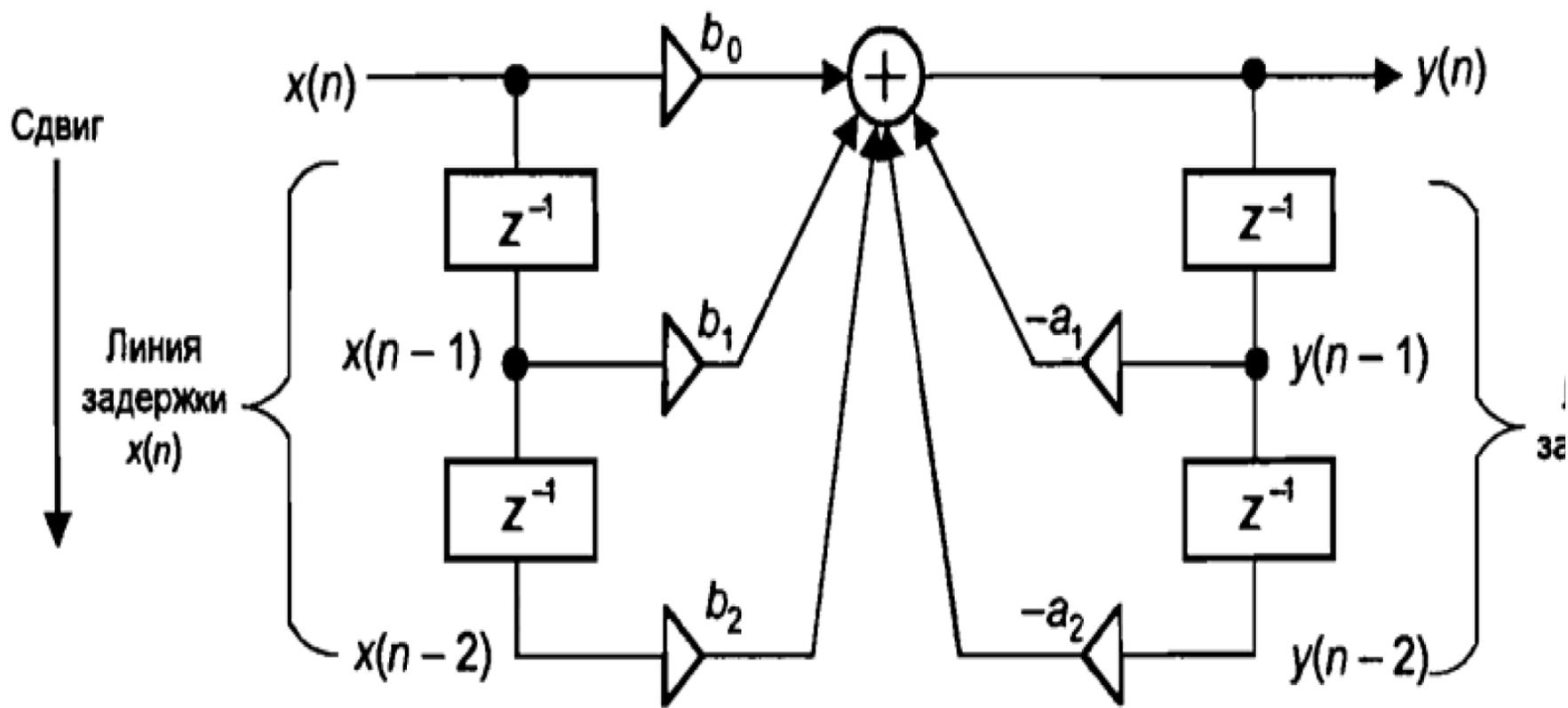


1. аналоговый антиэлайсинговый фильтр низких частот (АФНЧ);
2. аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
3. устройство цифровой обработки сигналов (вычислитель);
4. цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП);
5. аналоговый сглаживающий фильтр низких частот (СФНЧ).

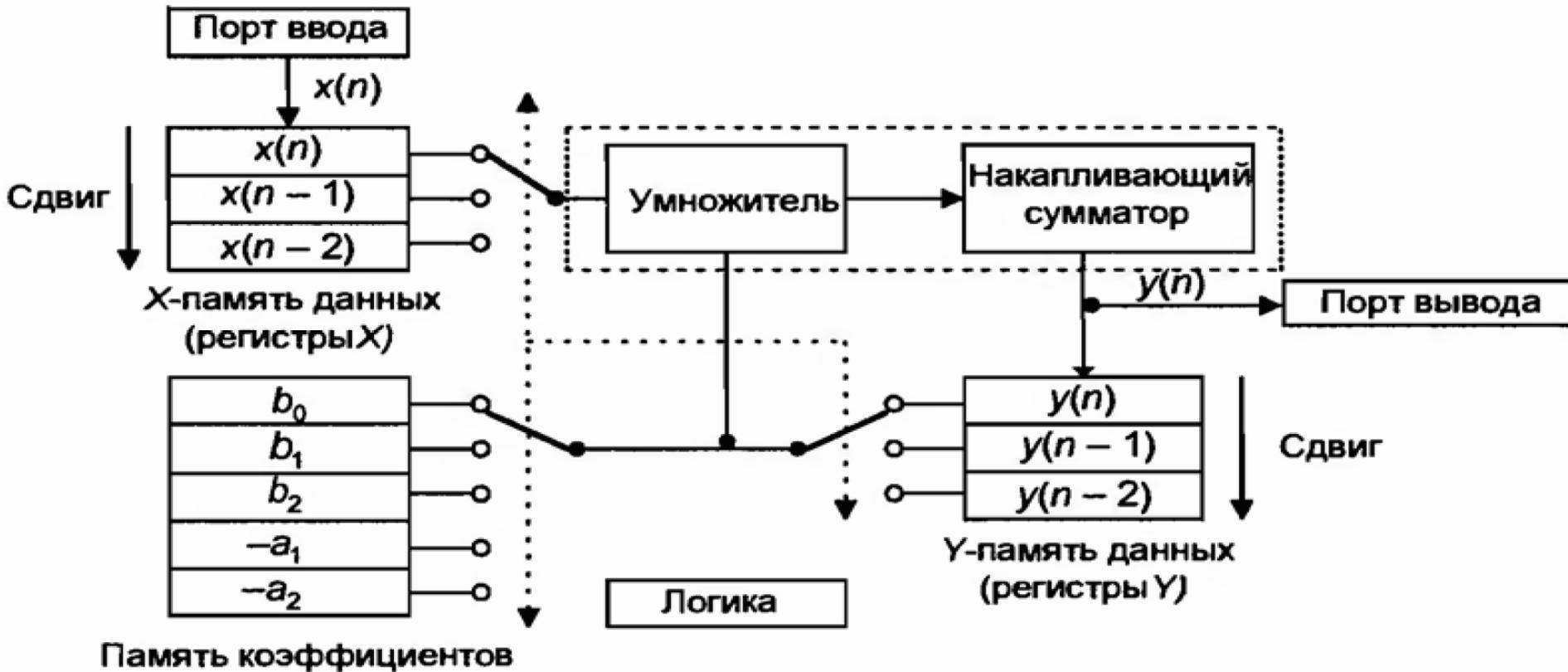


- Устройство, объединяющее АФНЧ и АЦП, называется *кодером*. Кодер формирует последовательность чисел, соответствующую обрабатываемому аналоговому сигналу.
- Устройство ЦОС (вычислитель- это и есть ЦСП (DSP),
- Устройство, объединяющее ЦАП и СФНЧ, называется *декодером*. Декодер по принятому цифровому сигналу формирует аналоговый сигнал, т. е. Производит преобразования, обратные происходившим в кодере.

Аналоговый КИХ фильтр



Цифровой КИХ/БИХ фильтр на DSP



- $Y = \text{СУМ}(X_i * A_i)$ КИХ фильтр
- $Y = \text{СУМ}(X_i * B_i) + \text{СУМ}(Y_{(i-1)} * A_i)$ БИХ фильтр

КИХ фильтр

Фильтр с конечной импульсной характеристикой

$$y(n) = \sum_{i=0}^P b_i x(n-i)$$

где P — порядок фильтра, $x(n)$ — входной сигнал, $y(n)$ — выходной сигнал, а b_i — коэффициенты фильтра

- после P - отсчетов ($n > P$) импульсная переходная функция не меняется (конечна) т.к. все члены суммирования одинаковы

КИХ-фильтр обладает рядом полезных свойств, из-за которых он иногда более предпочтителен в использовании, чем БИХ-фильтр. Вот некоторые из них:

- КИХ-фильтры устойчивы.
- КИХ-фильтры при реализации не требуют наличия обратной связи.
- Фаза КИХ-фильтров может быть сделана линейной

БИХ фильтр

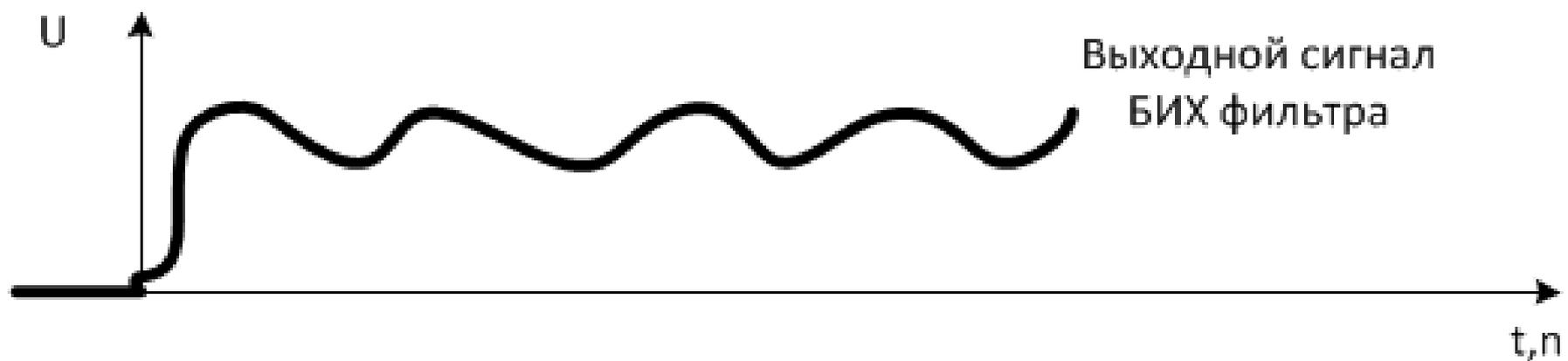
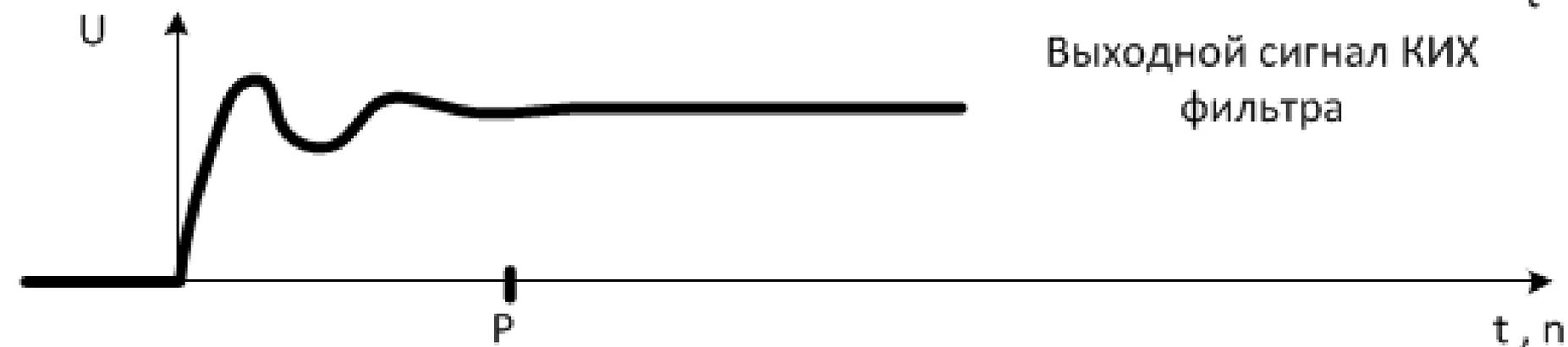
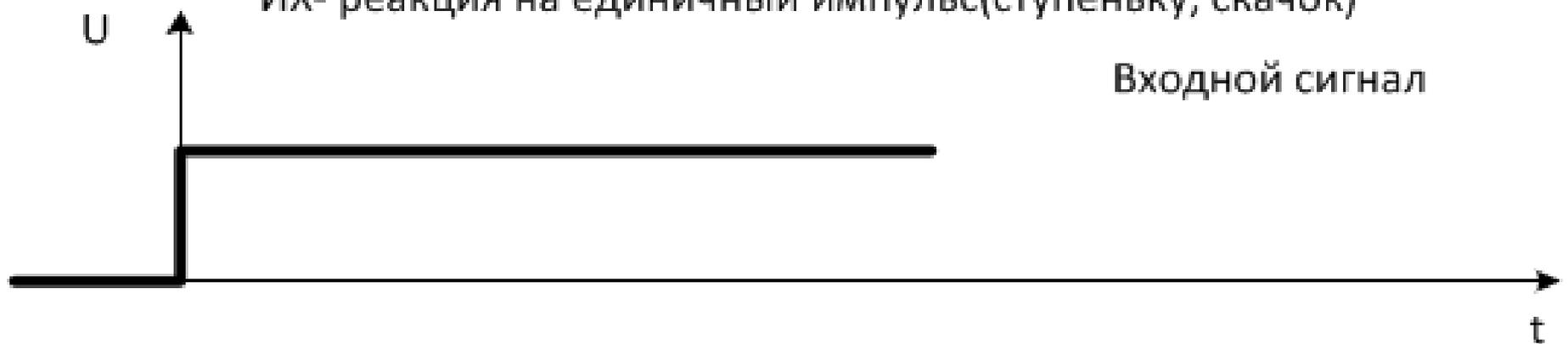
- Фильтр с бесконечной ИХ (Рекурсивный фильтр, БИХ-фильтр)

$$y(n) = \sum_{i=0}^P b_i x(n - i) - \sum_{k=1}^Q a_k y(n - k)$$

P порядок входного сигнала, b_i — коэффициенты входного сигнала, Q — порядок обратной связи, a_i — коэффициенты обратной связи, $x(n)$ — входной, а $y(n)$ — выходной сигналы

- Линейный электронный фильтр, использующий один или более своих выходов в качестве входа, то есть образует обратную связь. Основным свойством таких фильтров является то, что их импульсная переходная характеристика имеет бесконечную длину во временной области, а передаточная функция имеет дробно-рациональный вид. Такие фильтры могут быть как аналоговыми так и цифровыми.
- **На базе БИХ фильтра можно создавать генераторы с требуемой формой сигнала. Включение питания можно рассматривать как - входной единичный импульс.**

ИХ- реакция на единичный импульс(ступеньку, скачок)



Основные вычисления

- Особенности архитектуры ЦСП удобно рассматривать на примере конкретного алгоритма цифровой обработки данных, например, КИХ-фильтра, выходной сигнал которого можно записать как:

$$y(n) = \sum_{i=0}^P b_i x(n-i), \text{ где}$$

- $x(n-i)$ — отсчеты входного сигнала;
 - b_i — коэффициенты фильтра.
- Как можно легко заметить, вычисление результата является классически примером использования операции «умножение с накоплением» — МАС ($Y = Y + A \times B$).

Определение ЦСП, DSP, СМП, ПЦС

- Цифровой сигнальный процессор (ЦСП) (англ. Digital signal processor, DSP; сигнальный микропроцессор (СМП); процессор цифровых сигналов (ПЦС)) — **специализированный микропроцессор, предназначенный для цифровой обработки сигналов (обычно в реальном масштабе времени)**

Особенности архитектуры

ориентирована на максимально быстрое выполнение операции умножение с накоплением над массивом чисел.

- введение специальных МАС (умножение с накоплением) команд, которые за один такт выполняют действия $Y = Y + A \times B$, равнозначные 2-5 обычным командам МП и МК.
- Аккумулятор повышенной разрядности
- оптимизирован доступ к элементам массива- как аргументам МАС команды.
- Оцифрованные отсчёты входного (и выходного) сигнала записываются в аппаратно организованные кольцевые буферы. Кольцевой буфер похож на стек, но в отличие от стека он никогда не переполняется, иногда расположен в специальной быстрой ОЗУ.
- Гарвардская архитектура

- Для работы с синфазными каналами в некоторых ЦСП существует 2 ядра и 2 набора буферов и контроллеров управления кольцевыми буферами.
- MAC команды присутствуют в мультимедийных расширениях набора инструкций современных МП от Intel (MMX, SSE, SSE2, SSE3) и AMD (3DNow, 3DNow2). Но в эти процессоры они были добавлены как расширение команд MISC процессора и в результате выполняются намного медленнее, чем в ЦСП.
- В ЦСП MAC команды изначально сходят с состав RISC процессора.

- Экзотический набор регистров и инструкций, часто сложных для компиляторов. Некоторые архитектуры используют VLIW.
- По сравнению с микроконтроллерами, ограниченный набор периферийных устройств, впрочем, существуют «переходные» чипы, сочетающие в себе свойства DSP и широкую периферию микроконтроллеров. Такие ЦСП относят к классу МК а не к МП

Области применения ЦСП

- Коммуникационное оборудование:
 - о уплотнение каналов передачи данных;
 - о кодирование аудио- и видеопотоков;
- • Связь и телекоммуникация: базовые станции, DVB - приемники и т.д.;
- ЦИФРОВЫЕ СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ МАИ, каф. 404, Шишков А.Н.
 - • Сигнальная обработка: БПФ, фильтрация, корреляция, быстрая свертка;
 - • Системы гидро- и радиолокации;
 - • Фазированные антенные решетки;
 - • Распознавание речи и изображений;
 - • Речевые и музыкальные синтезаторы;
 - • Анализаторы спектра;
 - • Графические ускорители;
 - • Мультимедийная обработка изображений и цифровое телевидение (H.264/AVC (CIF), JPEG 2000 и т.д.);
 - • Мультимедийная обработка звука (MPEG-1 Audio Layer3 [MP3], AMR, WMA, AAC и другие звуковые кодеки);
 - • Управление объектами с использованием высокоточных адаптивных методов;
 - • Высокоточная обработка данных для малогабаритных мобильных и встраиваемых систем;
 - • Системы промышленного контроля.
 - • Управление технологическими процессами;
 - • Другие области, где необходима быстродействующая обработка сигналов, в том числе в реальном времени.

Основные направления ЦОС:

- линейная фильтрация;
- спектральный анализ;
- частотно-временной анализ;
- адаптивная фильтрация;
- нелинейная обработка;
- многоскоростная обработка.

Линейная фильтрация

- Селекция сигнала в частотной области; синтез фильтров, согласованных с сигналами; частотное разделение каналов; цифровые преобразователи Гильберта и дифференциаторы; корректоры характеристик каналов

Спектральный анализ

- Обработка речевых, звуковых, сейсмических, гидроакустических сигналов; распознавание образов

Частотно-временной анализ

- Компрессия изображений, гидро- и радиолокация, разнообразные задачи обнаружения

Адаптивная фильтрация

- Обработка речи, изображений, распознавание образов, подавление шумов, адаптивные антенные решетки

Нелинейная обработка

- Вычисление корреляций, медианная фильтрация; синтез амплитудных, фазовых, частотных детекторов, обработка речи, векторное кодирование

Многоскоростная обработка

- Интерполяция (увеличение) и децимация (уменьшение) частоты дискретизации в многоскоростных системах телекоммуникации, аудиосистемах

История: Первое поколение

- Основную историю ЦСП принято отсчитывать от 1979—1980 годов, когда Bell Labs представила первый однокристалльный ЦСП Mac 4, а также на «IEEE International Solid-State Circuits Conference '80» были показаны μ MPD7720 компании NEC и SP1 компании AT&T, которые, однако, не получили широкого распространения. Стандартом де-факто стал выпущенный чуть позже кристалл TMS32010 фирмы Texas Instruments, по многим параметрам и удачным техническим решениям превосходящий изделия конкурентов

TMS32010

АЛУ:

- о Размер слова: 16 бит;
- о Разрядность вычислителя: 32 бит;
- о Быстродействие: 5 млн операций сложения или умножения в секунду, 5MIPS;

Длительность командного цикла: 160—280 нс;

Память:

- о ОЗУ: 144—256 слов;
- о ПЗУ программ: 1,5—4 К слов;
- о ППЗУ: до 4К слов (отдельные модели);

Внешняя шина:

- о Разрядность: 16 бит;
- о Адресуемое пространство: 4К слов
- о Пропускная способность: 50 Мбит/с

Устройства ввода-вывода: 8 портов по 16 разрядов;

Второе поколение (середина 1980-х)

Третье поколение (конец 1980-х)

- Производительность: порядка 20-40 млн оп./сек. (MIPS);
- Два блока ОЗУ по 1 К 32-разрядных слов с возможностью одновременного доступа;
- Кэш-память объемом 64 слова;
- Разрядность регистров: 32 бит;
- Разрядность АЛУ: 40 бит;
- Регистры для операций с повышенной точностью;
- Встроенные контроллеры ПДП;
- Разрядность шин: 32 бит для команд и 24 бит для адреса;

Четвёртое поколение

- Четвёртое поколение ЦСП характеризуется значительным расширением наборов команд, созданием VLIW и суперскалярных процессоров. Заметно возросли тактовые частоты. Так, например, время выполнения команды MAC ($Y = Y + A * B$) удалось сократить до 3 нс.

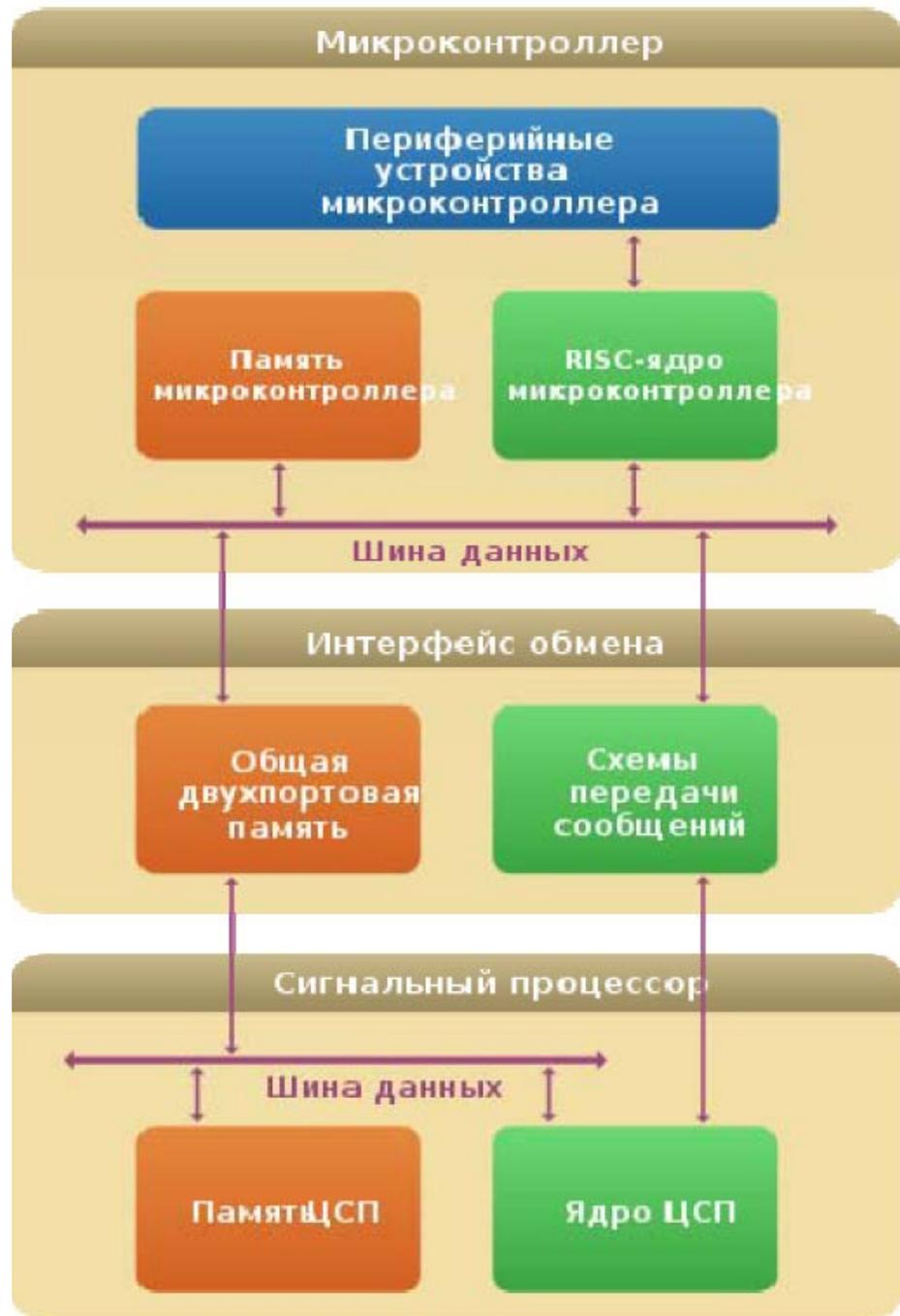
Современные DSP

- Тактовая частота — 1 ГГц и выше;
- Многоядерность;
- Наличие двухуровневого кеша;
- Встроенные многоканальные контроллеры прямого доступа к памяти;
- Быстродействие порядка нескольких тысяч MIPS и MFLOPS;
- Выполнение до 8 параллельных инструкций за такт;
- Совместимость со стандартными шинами (PCI и др.)



Гибридные ЦСП это
Сочетание МК и ЦСП

- Ядро в МК с МАК инструкциями
- Несколько ядер:
 - Управляющее ядро МК
 - Ядра DSP



Основные производители DSP

- Texas Instruments(США)
- Analog Devices(США)
- Atmel Corp.(США)
- MicroChip(США)
- Freescale (бывш. Motorola DSP)(США)
- NEC Electronics Corporation(Япония)
- Renesas (объединение отделений Mitsubishi Electric Corporation и Hitachi)(Япония)
- ZiLOG, Inc.
- **ГУП НПЦ «ЭЛВИС» (РФ)**
- **ГП «НИИ Электронной техники» (РФ)**
- STMicroelectronics (ЕС)
- NXP (основана Philips)
- DSP «Stratix» и программируемые в ПЛИС DSP «NIOS» от Altera Corporation(США)

Российские DSP

ГУП НПЦ «Элвис» -ЦСП «Мультикор»

Микросхема	МС-12	МС-24	МС-0226	NVCom-01	МС-0428*)
Технология изготовления,мкм	0.25	0.25	0.25	0.13	0.18/0.13
Размер кристалла,мм*мм	10*10	10*10	12.3 *12.6	8.8*9.5	14*14 / -
Интеграция,млн. транзисторов	~18	~18	~26	~60	~65
Корпус	PQFP240	HSBGA292	HSBGA416	HSBGA400	Уточняется
Многопроцессорная MIMD - архитектура	2 процессора: RISCore32 + ELcore-14	2 процессора: RISCore32 + ELcore-24	3 процессора: RISCore32 + 2 x ELcore-26	3 процессора, RISCore32 (с FPU) + 2 x DELCore-30	5 процессоров, уточняется
Рабочая частота	80	80	100	300	250-340 / -
Пиковая производительность, MFLOPs, 32 бит	240	480	1200	3600	не менее 8000
Год выпуска	2004	2004	2006	2008	-

ГУП «НИИЭТ»

- М1867ВМ1 КМОП однокристалльный 16-разрядный процессор ЦОС с фиксированной запятой производительностью 5 млн. опер/сек
- Л1867ВМ2 КМОП однокристалльный 16-разрядный процессор ЦОС с фиксированной запятой производительностью 10 млн. опер/сек
- Л1867ВМ3 КМОП однокристалльный 32-разрядный процессор ЦОС с плавающей запятой производительностью 27 млн. опер/сек