

**Informational Systems and Technologies**

**IST'2009**

**16<sup>th</sup> November 2009, Minsk, Belarus.**

**ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АРИФМЕТИКИ  
ПРИ АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ  
НЕРАВНОПОЛОСНЫХ БАНКОВ ФИЛЬТРОВ**

**Вашкевич М.И., Петровский А.А.**

Белорусский Государственный Университет  
Информатики и Радиоэлектроники

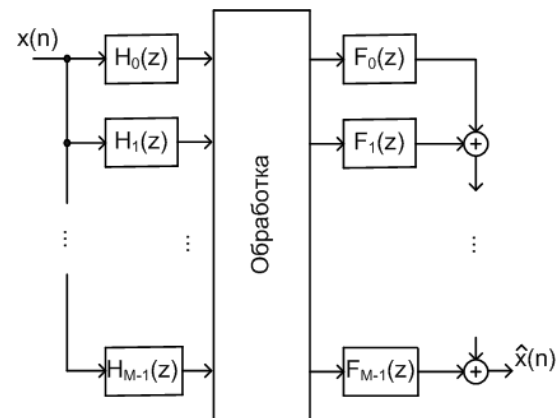
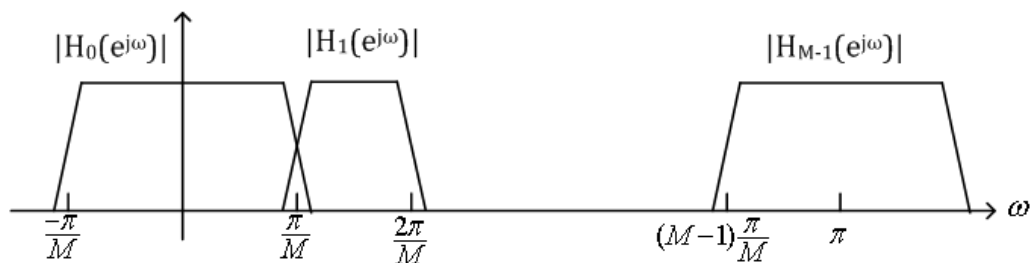
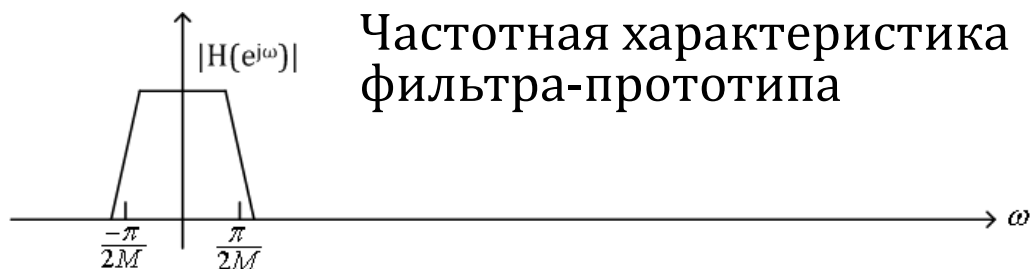
# Содержание

- Введение
- Косинусно-модулированный банк фильтров с деформацией оси частот
- Применение распределенной арифметики для аппаратной реализации банка фильтров
- Заключение

# Введение

- Области применения банков фильтров:
  - Кодирование и компрессия и распознавание речи
  - Системы эхоподавления и редактирования шумов
  - Системы улучшения качества речевого сигнала
  - Слуховые аппараты
- Требования, предъявляемые к банку фильтров:
  - Неравнополосность
  - Малая вычислительная сложность и алгоритмическая задержка
  - Малое энергопотребление аппаратной реализации банка фильтров

# Косинусно-модулированный банк фильтров на основе деформации оси частот (1)



Частотная характеристика банка фильтров анализа

- Импульсные характеристики фильтров банка анализа и синтеза:

$$\begin{cases} h_k(n) = 2h(n) \cos\left( (2k+1) \frac{\pi}{2M} \left( n - \frac{N-1}{2} \right) + (-1)^k \frac{\pi}{4} \right), \\ f_k(n) = 2h(n) \cos\left( (2k+1) \frac{\pi}{2M} \left( n - \frac{N-1}{2} \right) - (-1)^k \frac{\pi}{4} \right), \end{cases} \quad \begin{cases} 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 \leq k \leq M-1 \end{cases}$$

# Косинусно-модулированный банк фильтров на основе деформации оси частот (2)

- Полифазное представление фильтра-прототипа:

$$H(z) = \sum_{q=0}^{2M-1} \sum_{p=0}^{m-1} h(q + 2pM) z^{-(q+2pM)} = \sum_{q=0}^{2M-1} z^{-q} G_q(z^{2M}),$$

- Банк фильтров анализа: 
$$\begin{bmatrix} H_0(z) \\ H_1(z) \\ \vdots \\ H_{M-1}(z) \end{bmatrix} = \mathbf{C} \times \begin{bmatrix} G_0(-z^{2M}) \\ z^{-1} G_1(-z^{2M}) \\ \vdots \\ z^{-(2M-1)} G_{2M-1}(-z^{2M}) \end{bmatrix}$$

- Матрица косинусной модуляции:

$$\mathbf{C} = \left[ 2 \cos \left[ (2k + 1) \frac{\pi}{2M} \left( l - \frac{N - 1}{2} \right) + \theta_k \right] \right]_{0 \leq k < M, 0 \leq l < 2M}$$

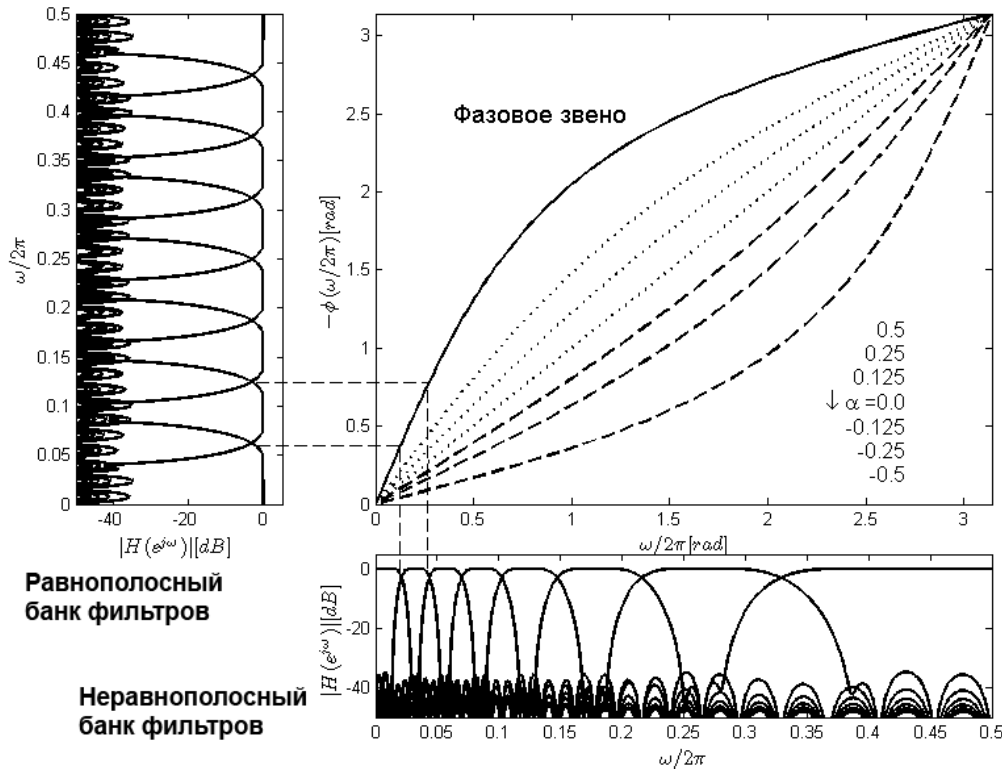
- Фазовое преобразование:  $z^{-1} \rightarrow A(z)$

- Передаточная функция и ФЧХ фазового звена:

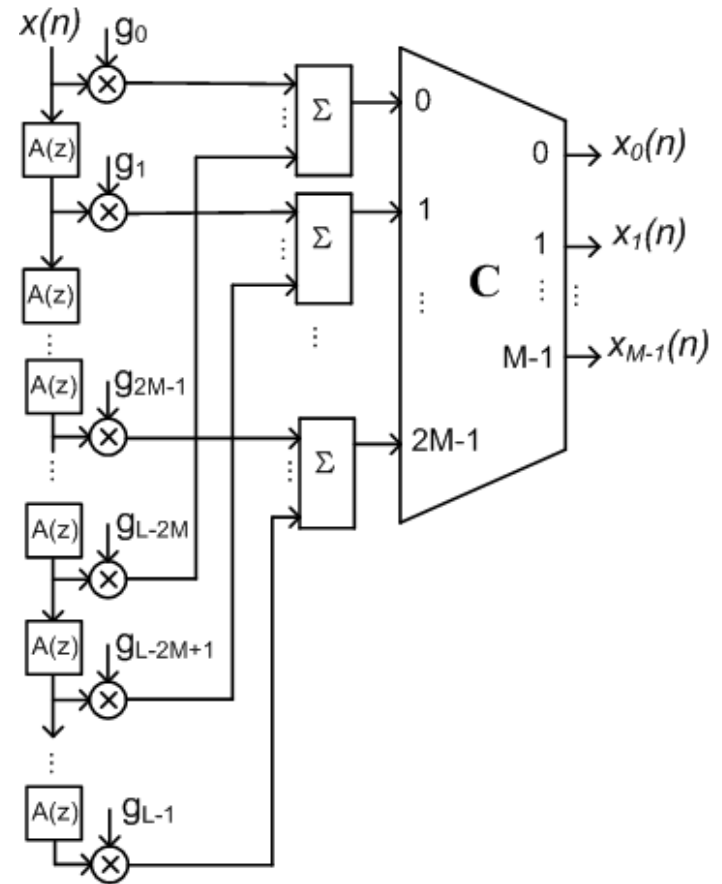
$$A(z) = \frac{z^{-1} - a}{1 - az^{-1}}, \quad \varphi(\omega) = -\omega - 2 \operatorname{arctg} \left( \frac{a \sin(\omega)}{a \cos(\omega) - 1} \right), |a| \leq 1.$$

- Отображение оси частот:  $\omega \rightarrow \varphi(\omega)$

# Структура неравнополосного банка фильтров на основе деформации оси частот



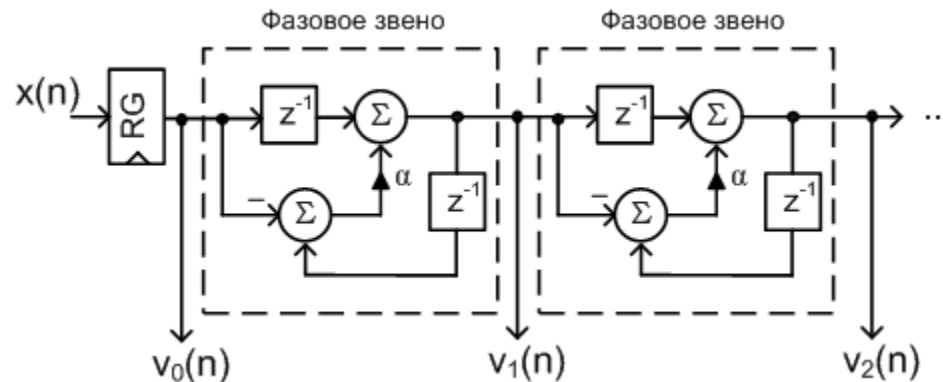
Применение фазового преобразования к КМБФ



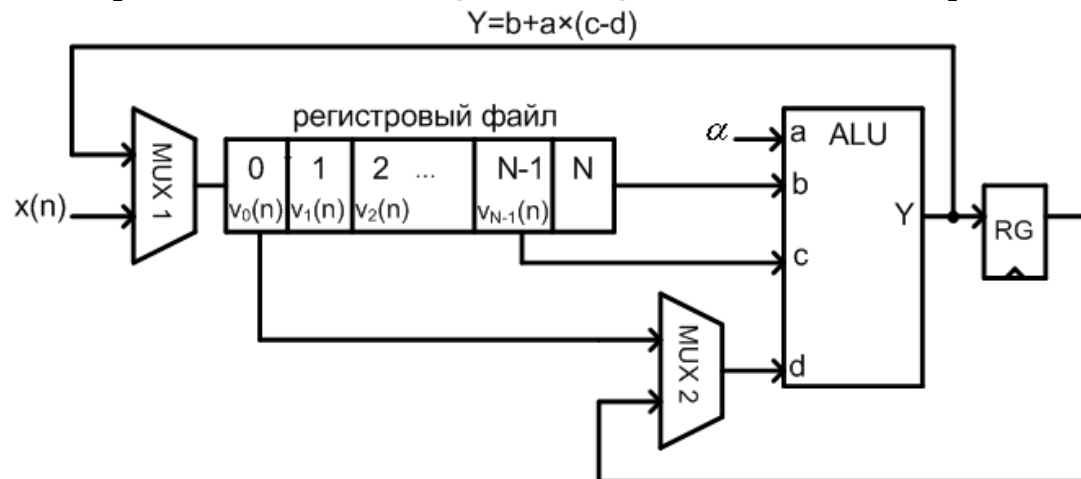
Структура неравнополосного банка фильтров анализа

# Цепочка фазовых звеньев

- Структурная схема цепочки фазовых звеньев



- Аппаратная реализация цепочки фазовых звеньев



# Распределенная арифметика

- Распределенная арифметика – эффективный метод аппаратной реализации вычисления скалярного произведения.

$$Y = \sum_{k=0}^{L-1} A_k \times x_k$$

- Представляя входные данные в дополнительном коде

- $x_k = -b_{k0} + \sum_{n=1}^{N-1} b_{kn} 2^{-n}$  где  $b_{kn}$  биты числа  $x_k$

- Получаем: 
$$Y = - \sum_{k=0}^{L-1} A_k \times b_{k0} + \sum_{n=1}^{N-1} \left[ \sum_{k=0}^{L-1} A_k \times b_{kn} \right] \times 2^{-n},$$

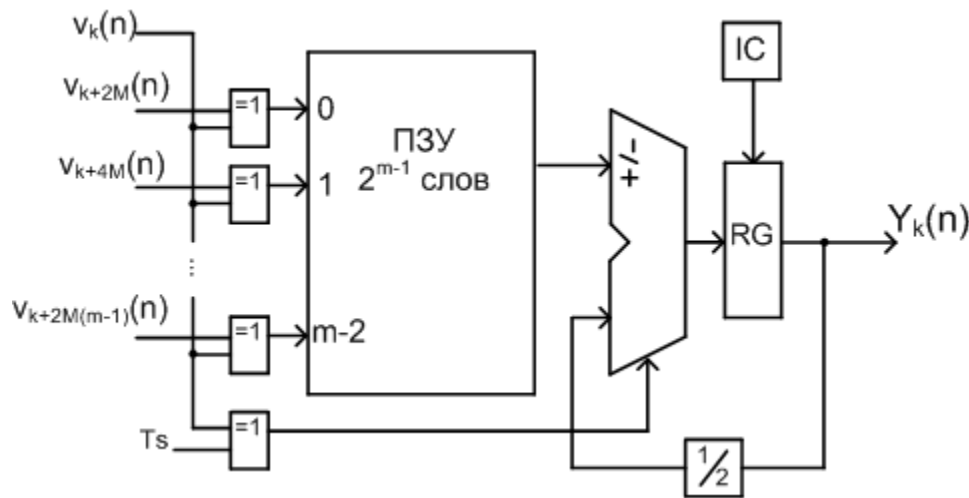


# Реализация полифазных компонент фильтра-прототипа

- Вычисление  $k$ -го выхода полифазного компонента

$$Y_k(n) = \sum_{i=0}^{m-1} v_{k+2M \times i}(n) \times g_{k+2M \times i}$$

- Схема реализации полифазных компонент с использованием РА



# Блок косинусной модуляции

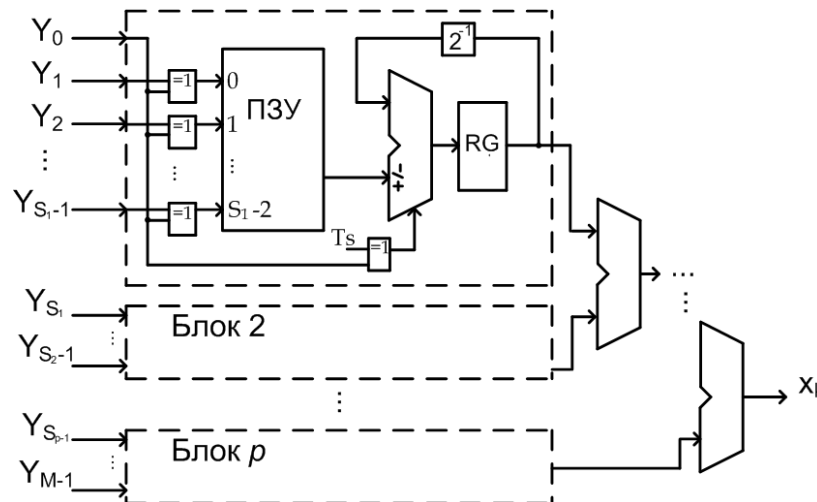
- Реализация блока косинусной модуляции сводится к вычислению дискретного косинусного преобразования типа IV (ДКП-IV).

$$X_k = \sum_{l=0}^{M-1} c_{kl} \times Y_l \quad c_{kl} = \sqrt{\left(\frac{2}{M}\right)} \cos\left(\frac{\pi(2k+1)(2l+1)}{4M}\right)$$

- Представим ДКП в следующем виде

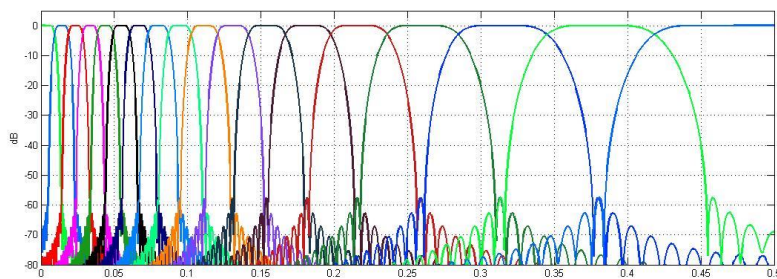
$$X_k(n) = \sum_{l=0}^{S_1-1} c_{kl} Y_l + \sum_{l=S_1}^{S_2-1} c_{kl} Y_l + \dots + \sum_{l=S_{p-1}}^{M-1} c_{kl} Y_l$$

- Общий случай реализации ДКП с использованием РА:

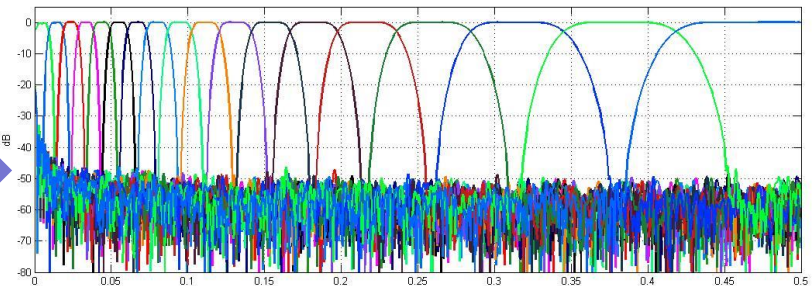


# Экспериментальные результаты

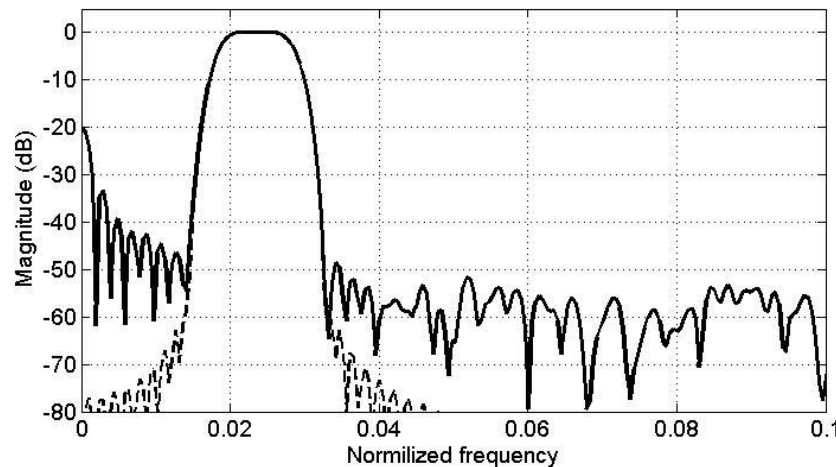
- Неравнополосный банк фильтров  $M=18$ ,  $N=180$ ,  $\alpha=-0.5$



**MATLAB модель**



**VHDL реализация**



$$20 \lg |H_2(e^{-j\omega})|$$

# Заключение

- В докладе представлены схемы аппаратной реализации всех блоков неравнополосного банка фильтров.
- Показана применимость распределенной арифметики для реализации блока полифазных компонент и блока косинусной модуляции
- Приведены результаты моделирования и аппаратной реализации неравнополосного банка фильтров