

# НЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ К ЗАДЕРЖКАМ БЛОК УМНОЖЕНИЯ-СЛОЖЕНИЯ- ВЫЧИТАНИЯ С ПЛАВАЮЩЕЙ ТОЧКОЙ

И.А. Соколов, Ю.В. Рождественский, Ю.Г. Дьяченко, Ю.А. Степченков,  
Н.В. Морозов, Д.Ю. Степченков, Д.Ю. Дьяченко



**Институт проблем информатики РАН  
Федерального исследовательского центра  
«Информатика и управление» РАН**

# СОДЕРЖАНИЕ

---

- ▣ **Предыстория**
- ▣ **Структурная схема НЗ Умножителя-Сумматора-Вычитателя с Плавающей Точкой (УСПТ)**
- ▣ **Реализация умножителя**
- ▣ **Особенности конвейера**
- ▣ **Базис реализации и характеристики УСПТ**
- ▣ **Заключение**

# САМОСИНХРОННЫЕ СХЕМЫ

## ▣ Преимущества:

- ❖ Независимость от задержек компонентов схемы
- ❖ Широкий диапазон работоспособности
- ❖ Диагностика константных неисправностей

## ▣ Недостатки:

- Аппаратная избыточность
- Увеличенное число сигналов

# СВОЙСТВА УСПТ

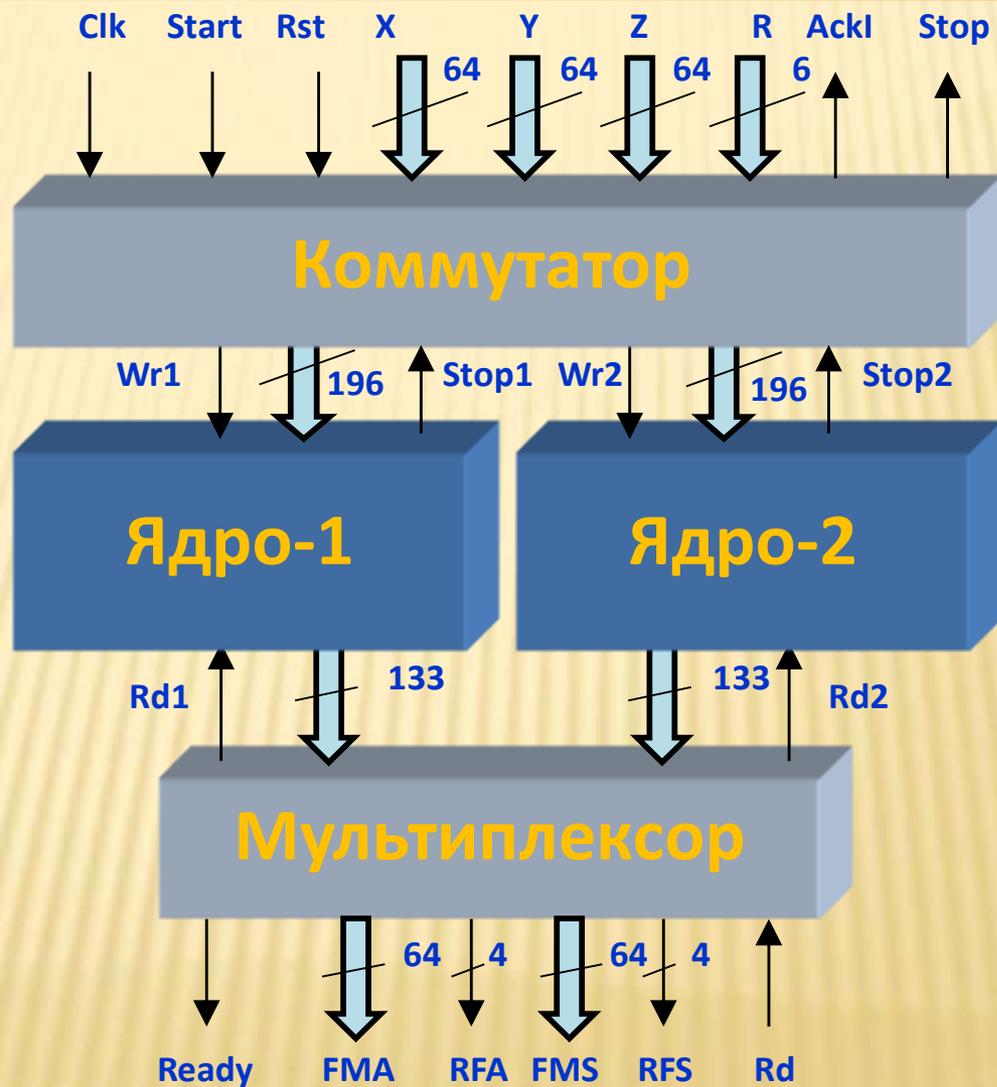
- ▣ **Соответствие стандарту IEEE 754**
- ▣ **Обработка операндов двойной (одна тройка операндов) и одинарной (две тройки операндов) точности**
- ▣ **Одновременное вычисление суммы и разности произведения первых двух операндов и третьего операнда**
- ▣ **Входной и выходной интерфейс на основе самосинхронных FIFO**
- ▣ **Интеграция в синхронное окружение**

# ПРЕДЫСТОРИЯ УСПТ

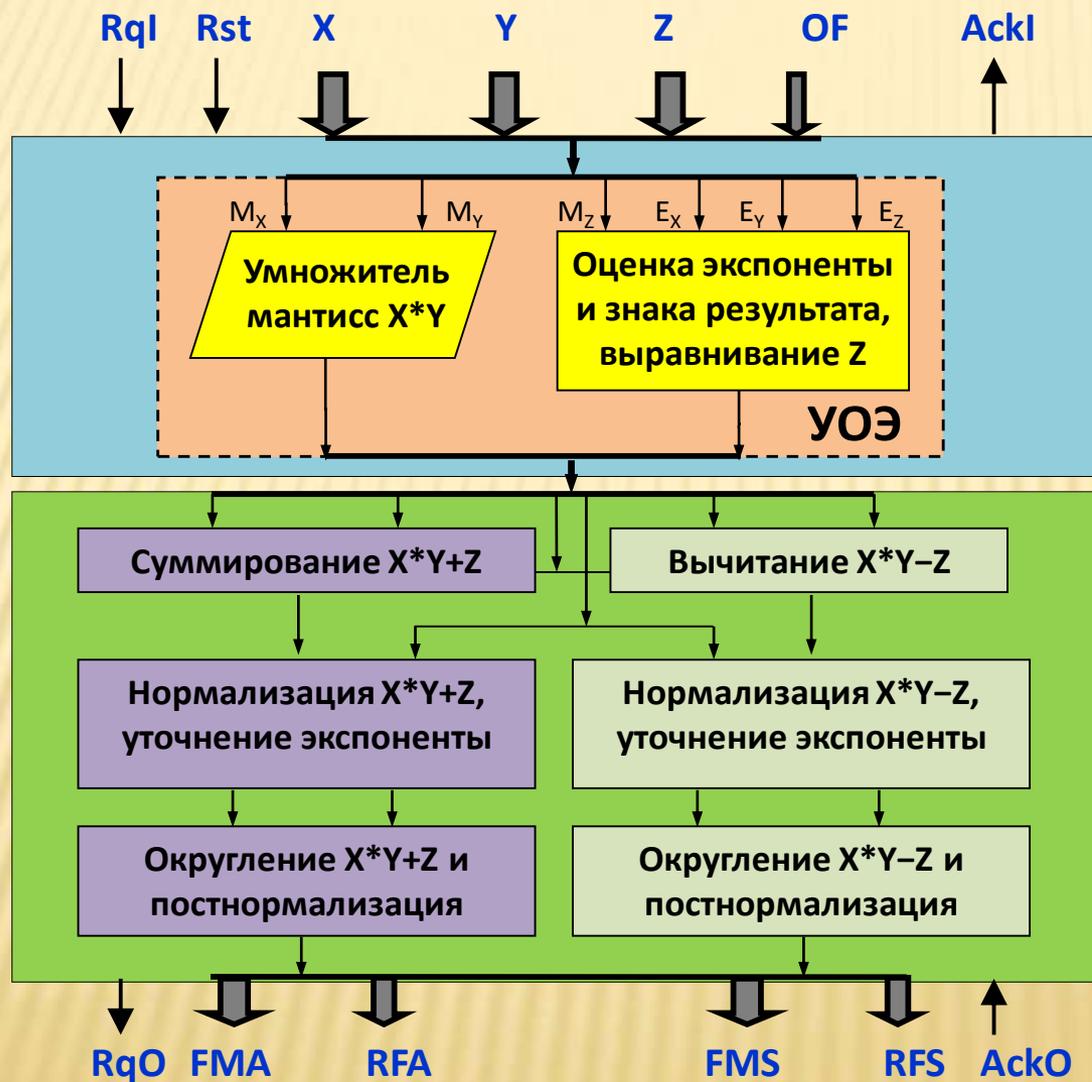
---

- ▣ **2014 г. - Спекулятивный УСПТ:**  
индикация критического пути
- ▣ **2016 г. - Адаптивный УСПТ:** адаптивная  
индикация всех элементов
- ▣ **2018 г. - Независимый от задержек в  
элементах и трассах УСПТ:** полная  
индикация всех элементов

# АДАПТИВНЫЙ УСПТ



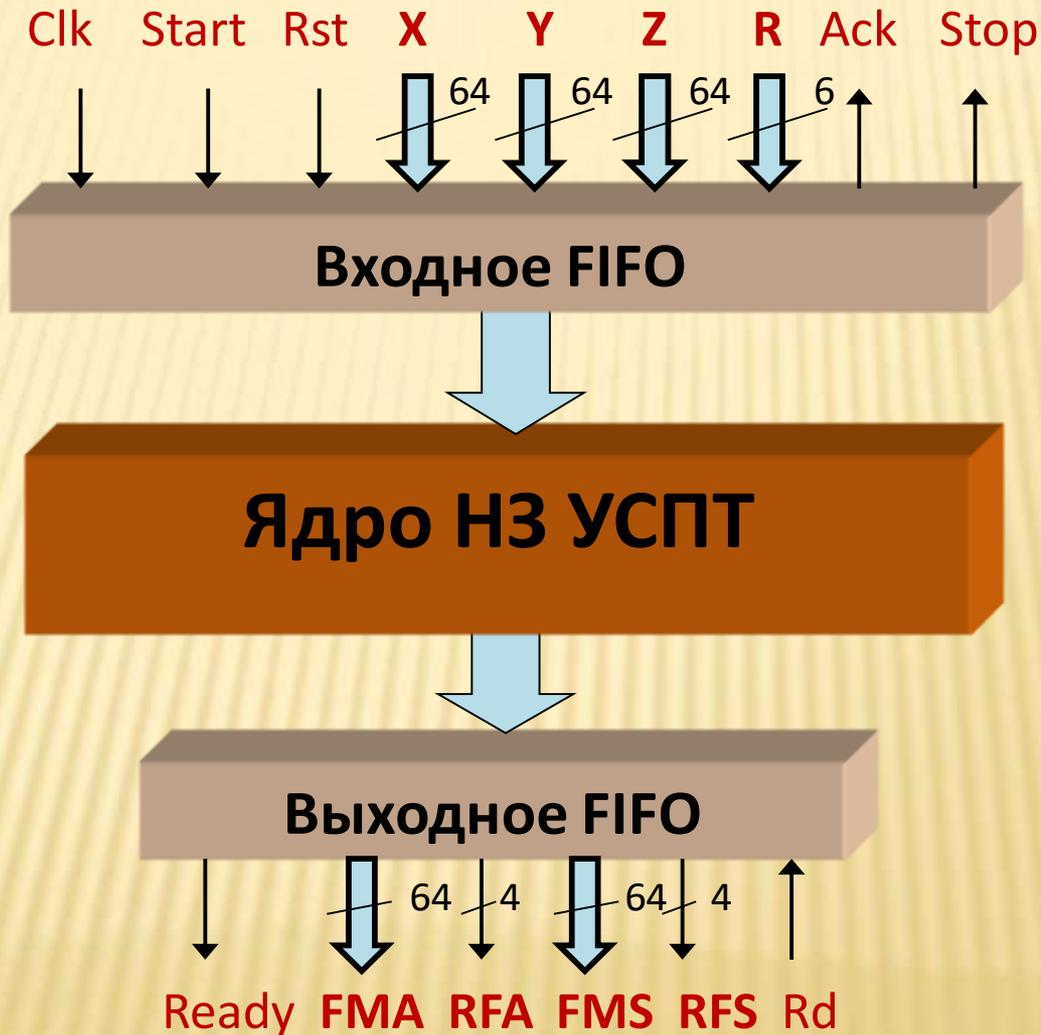
# ЯДРО АДАПТИВНОГО УСПТ



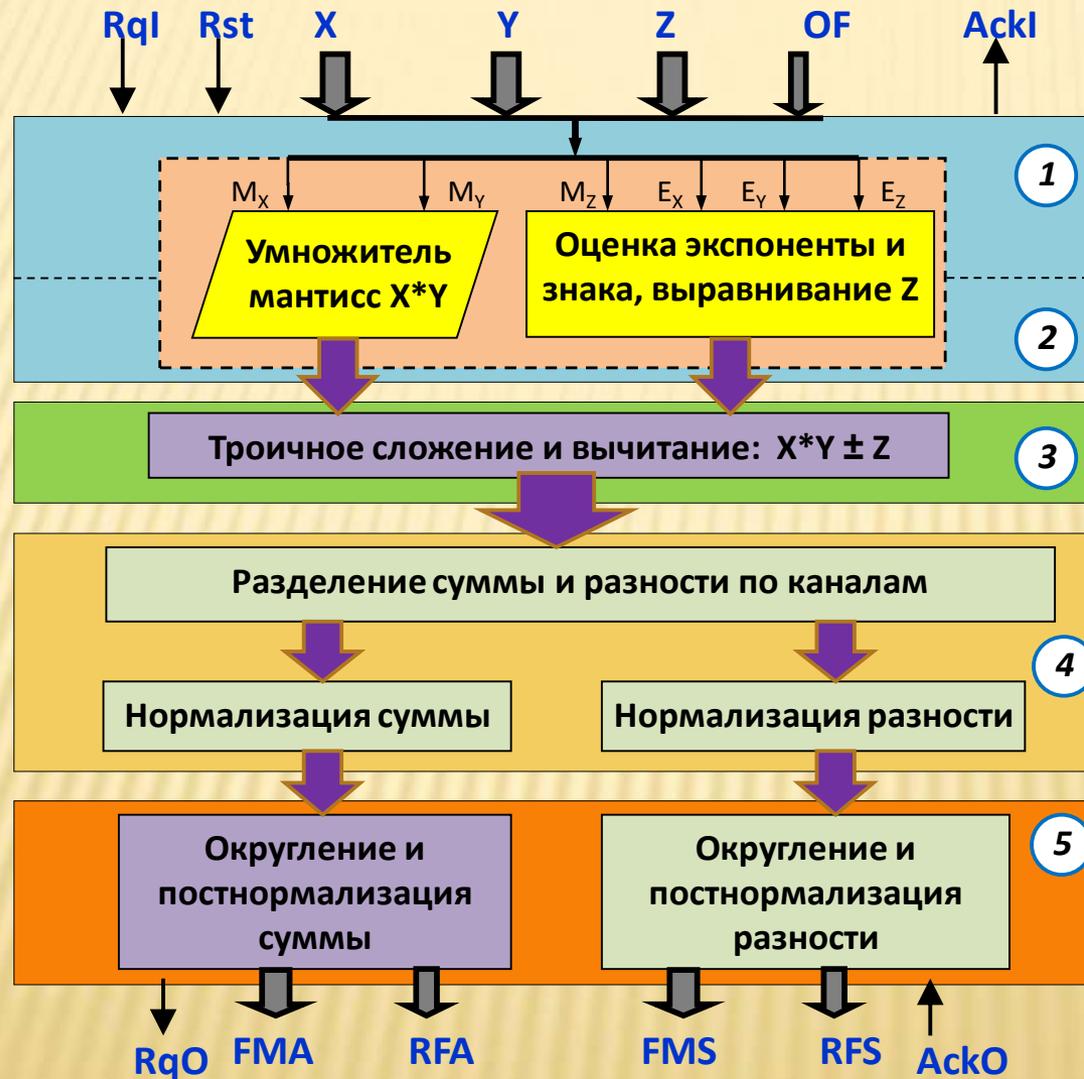
2 ступени

3,15 Гфлопс  
(адаптивная  
индикация)

# НЗ УСПТ



# ЯДРО НЗ УСПТ



5 ступеней

3,0 Гфлопс  
(поразрядная  
индикация)

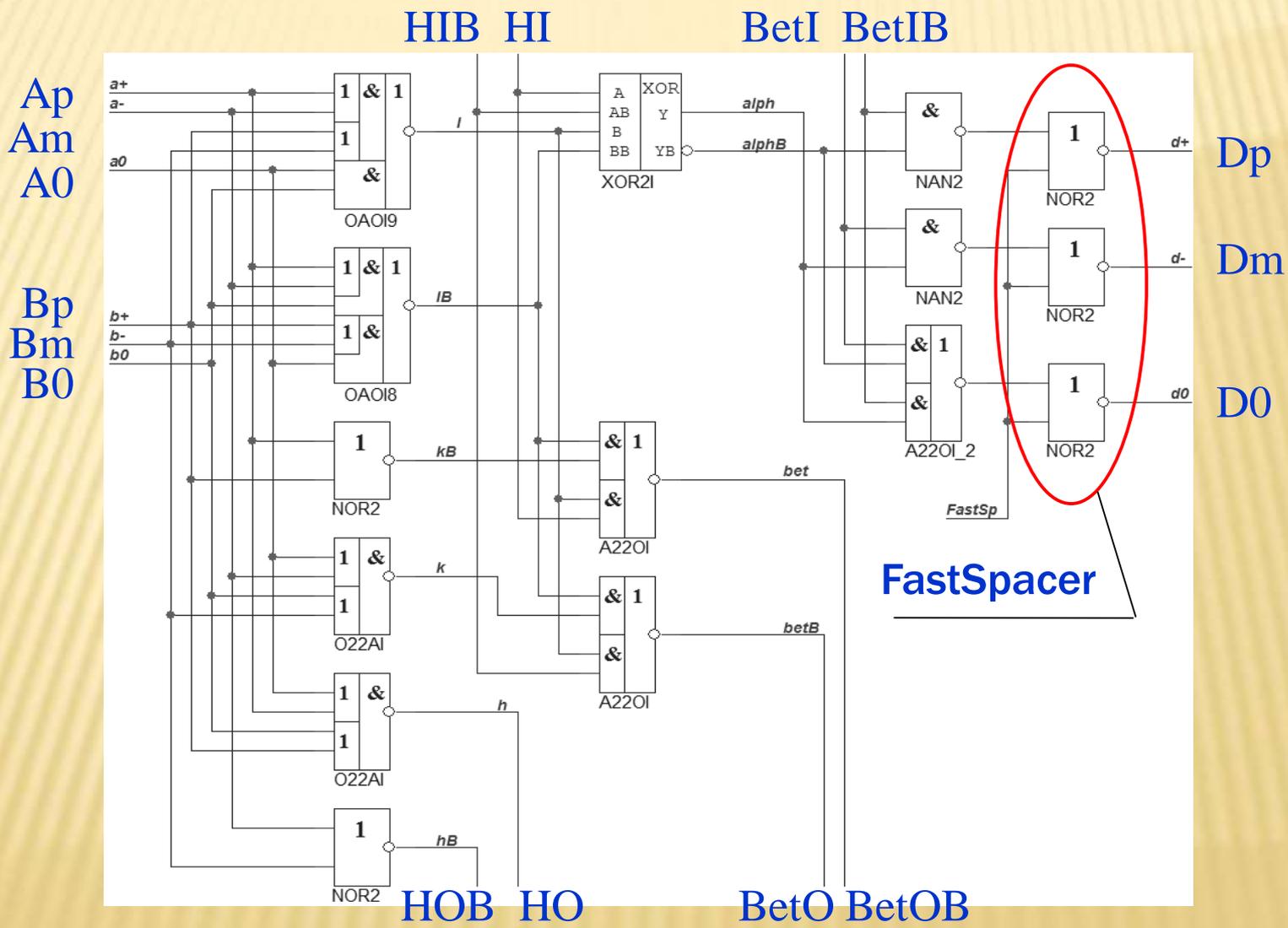
# УМНОЖИТЕЛЬ



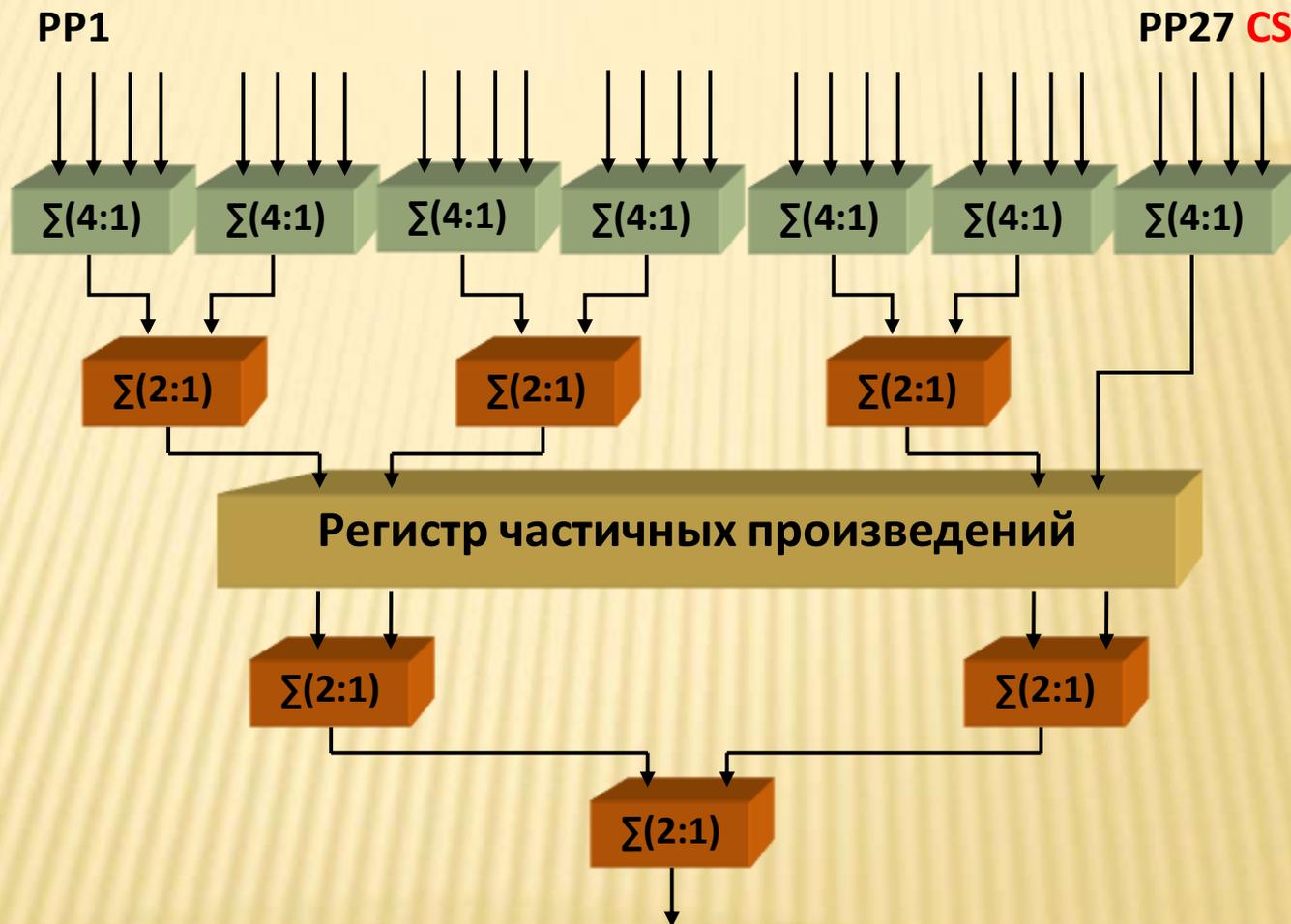
# ИЗБЫТОЧНОЕ КОДИРОВАНИЕ

Синхронный избыточный код			Самосинхронный избыточный код			
Значение	Код		Значение	Код		
	A	B		A <sub>p</sub>	A <sub>m</sub>	A <sub>0</sub>
+1	1	0	+1	1	0	0
			0	0	0	1
0	0	0	-1	0	1	0
			спейсер	0	0	0
-1	0	1	запрещенные	1	1	0
				1	0	1
запрещенное	1	1		0	1	1
				1	1	1

# ТРОИЧНЫЙ СС-СУММАТОР С УСКОРЕННЫМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ В СПЕЙСЕР



# ТРОИЧНОЕ «ДЕРЕВО» УОЛЕСА



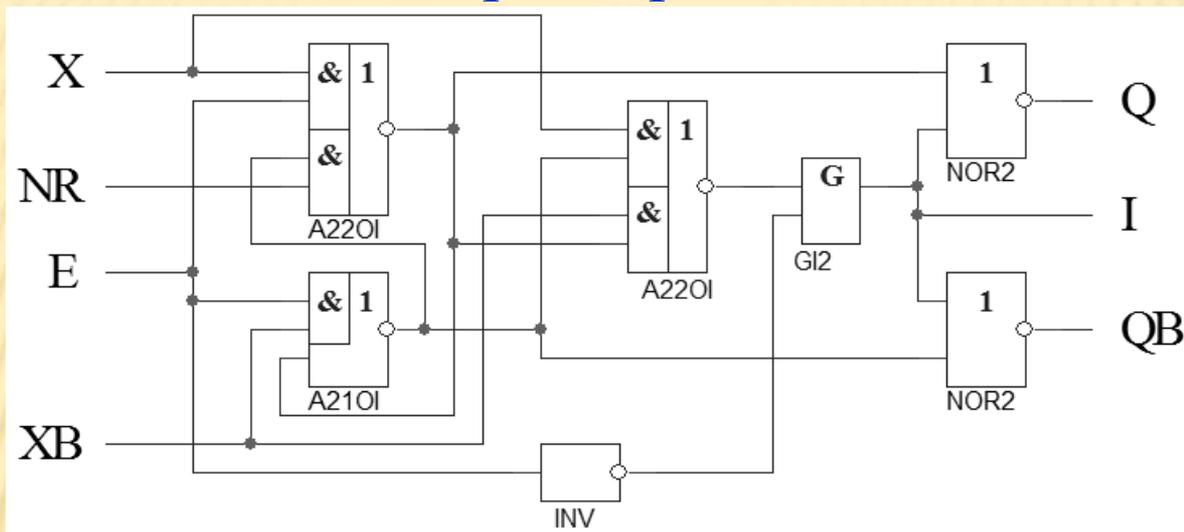
**220 тысяч транзисторов, 2 степени**

# FIFO: СТРУКТУРНАЯ СХЕМА



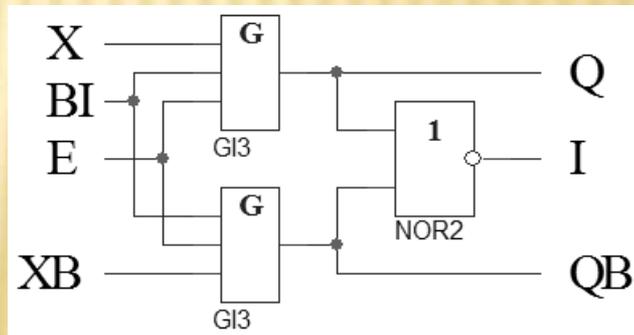
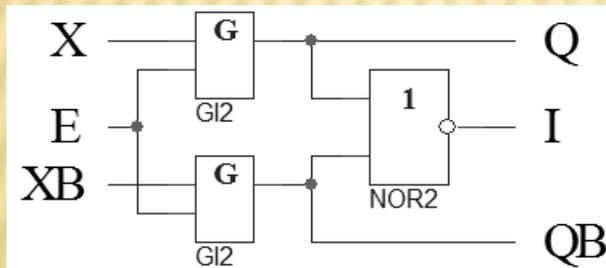
# РЕГИСТР КОНВЕЙЕРА НЗ УСПТ

## Стандартная реализация



**44 тран-  
зистора**

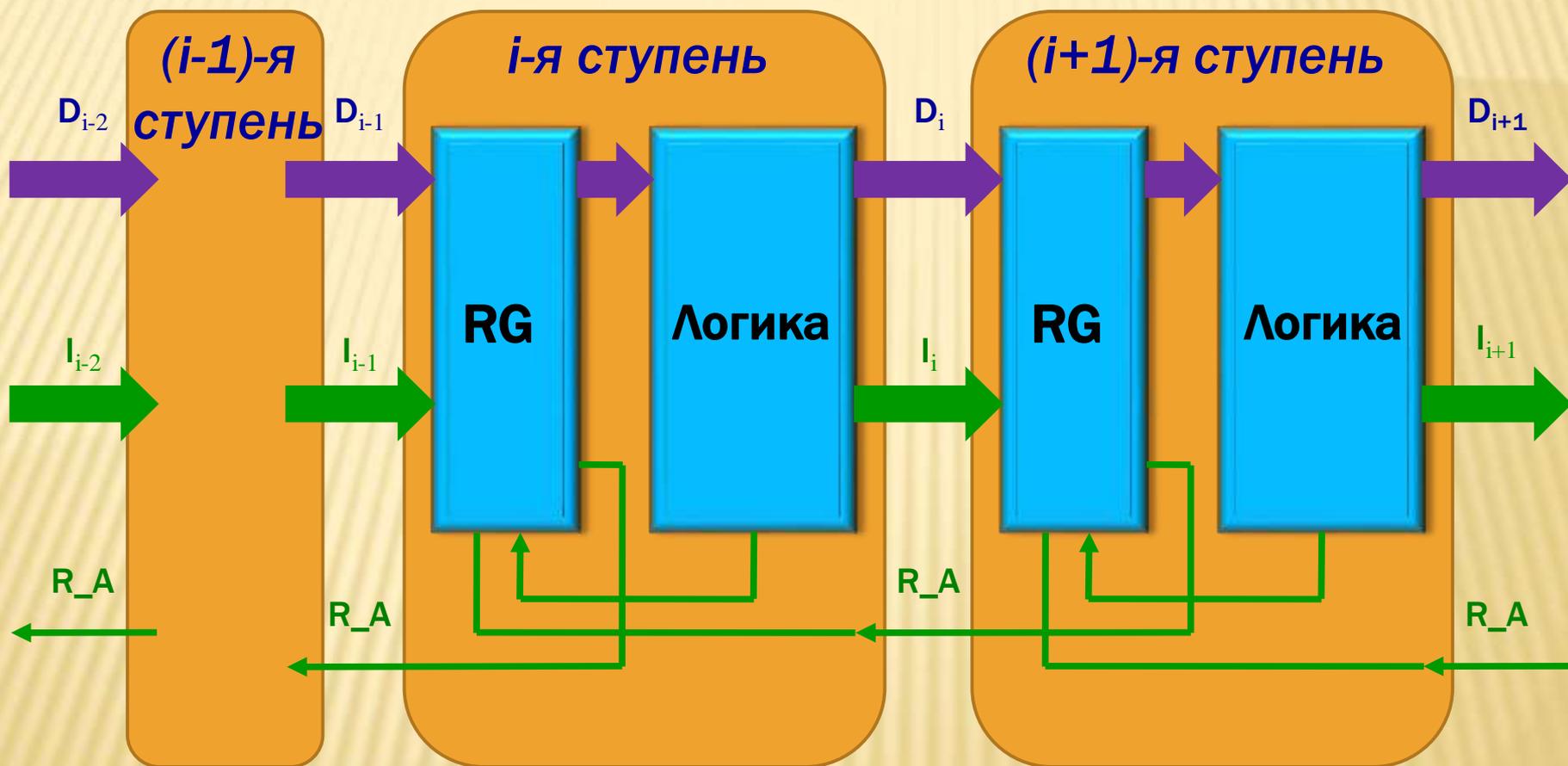
## Оптимальная реализация



**36 тран-  
зисторов**

**28 транзисторов**

# ИНДИКАЦИЯ КОНВЕЙЕРА НЗ УСПТ



# ИНДИКАЦИЯ КОНВЕЙЕРА НЗ УСПТ

- ▣ **Поразрядная индикация комбинационной части ступени**
- ▣ **Индикация выходов ступени конвейера во входном регистре следующей ступени**
- ▣ **Полная индикация обеих фаз работы**

# БАЗИС РЕАЛИЗАЦИИ НЗ УСПТ

- ▣ Традиционная КМОП схемотехника с троичными сигналами в умножителе и сумматоре-вычитателе и парафазными со спейсером сигналами на остальных этапах
- ▣ Библиотека стандартных элементов Dolphin
- ▣ Библиотека самосинхронных элементов IPI65D (120 элементов)
- ▣ 65-нм КМОП технология
- ▣ 6 слоев металлизации

# ХАРАКТЕРИСТИКИ НЗ УСПТ

Наименование параметра	Аналог	УСПТ
Площадь топологии, мм <sup>2</sup>	0,312	0,8*
Латентность, нс	10,8	7,55
Производительность, Гфлопс	2,06	3,06
Диапазон работоспособности по напряжению питания $V_{пит}$	$V_{пит} \pm 10\%$	$V_{пор} \dots V_{проб}$
Обнаружение константных неисправностей	нет	да

\*Предварительная оценка

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- ▣ Представленное устройство умножения-сложения-вычитания не зависит от задержек в элементах и трассах, и выполняет операции в соответствии со стандартом IEEE 754
- ▣ Разработанное устройство работоспособно в широком диапазоне условий эксплуатации по напряжению питания и температуре окружающей среды, имеет среднестатистическую производительность 3,06 Гфлопс и латентность менее 7,5 нс при типовых условиях эксплуатации
- ▣ В настоящее время завершается топологическое проектирование устройства умножения-сложения

**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ !**



# КОНТАКТЫ

- Адрес: Институт проблем информатики Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук (ИПИ РАН), Россия, 119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корпус 2
- Директор: Академик Соколов И. А.
  - ▣ Телефон: +7 (495) 137 34 94
  - ▣ Fax: +7 (495) 930 45 05
  - ▣ E-mail: ISokolov@ipiran.ru
  
- ▣ Докладчик: Дьяченко Ю. Г., +7(495)381-45-21, diaura@mail.ru