

Оптимизация параметров высокоскоростных  
каналов процессора с целью повышения  
отказоустойчивости вычислительного модуля

Билялетдинов И. Е.  
Ометов А. Е.  
Тимин Л. С.

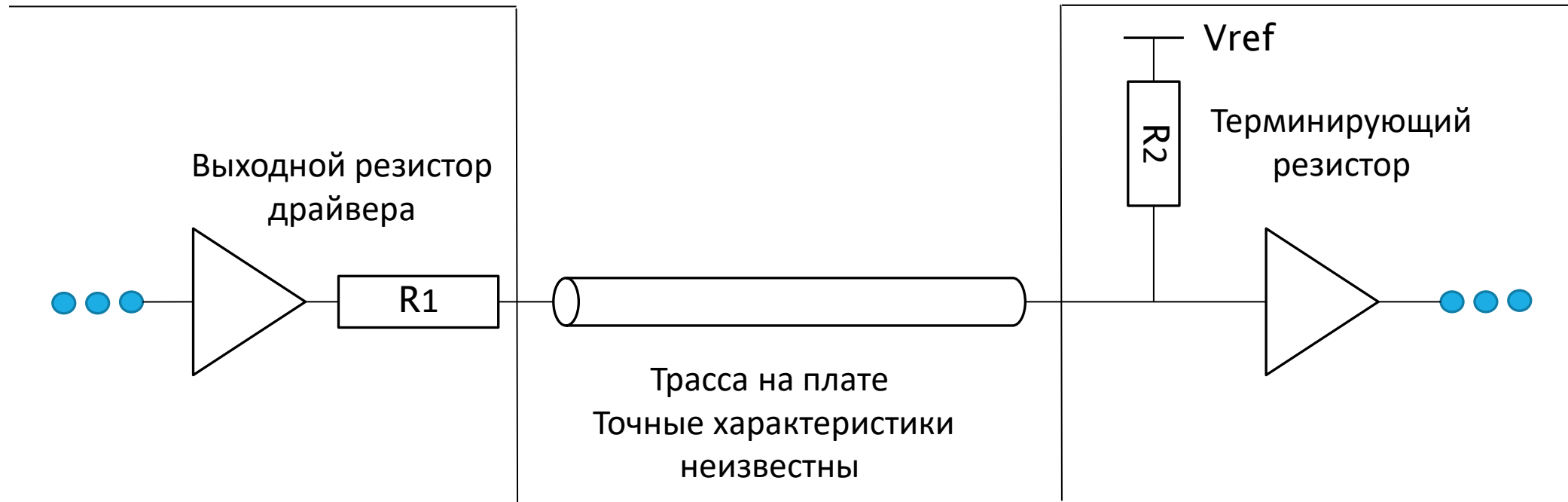
# КАНАЛЫ ПРОЦЕССОРА

- канал памяти
  - DDR3 / DDR4
- канал межпроцессорного взаимодействия
  - PCI Express
- канал ввода-вывода
  - PCI Express

# КАНАЛ ПАМЯТИ DDR3/DDR4

- Скорость передачи данных – до 1600/3200 МТ/с
- Ширина шины данных – 72 бита
  - Сопровождаются 9/18 дифференциальными стробами
- Ширина адресно-командной шины – 26 бит
- Несколько каналов на процессор
  - Эльбрус 4С: 3 канала
  - Эльбрус 8С: 4 канала

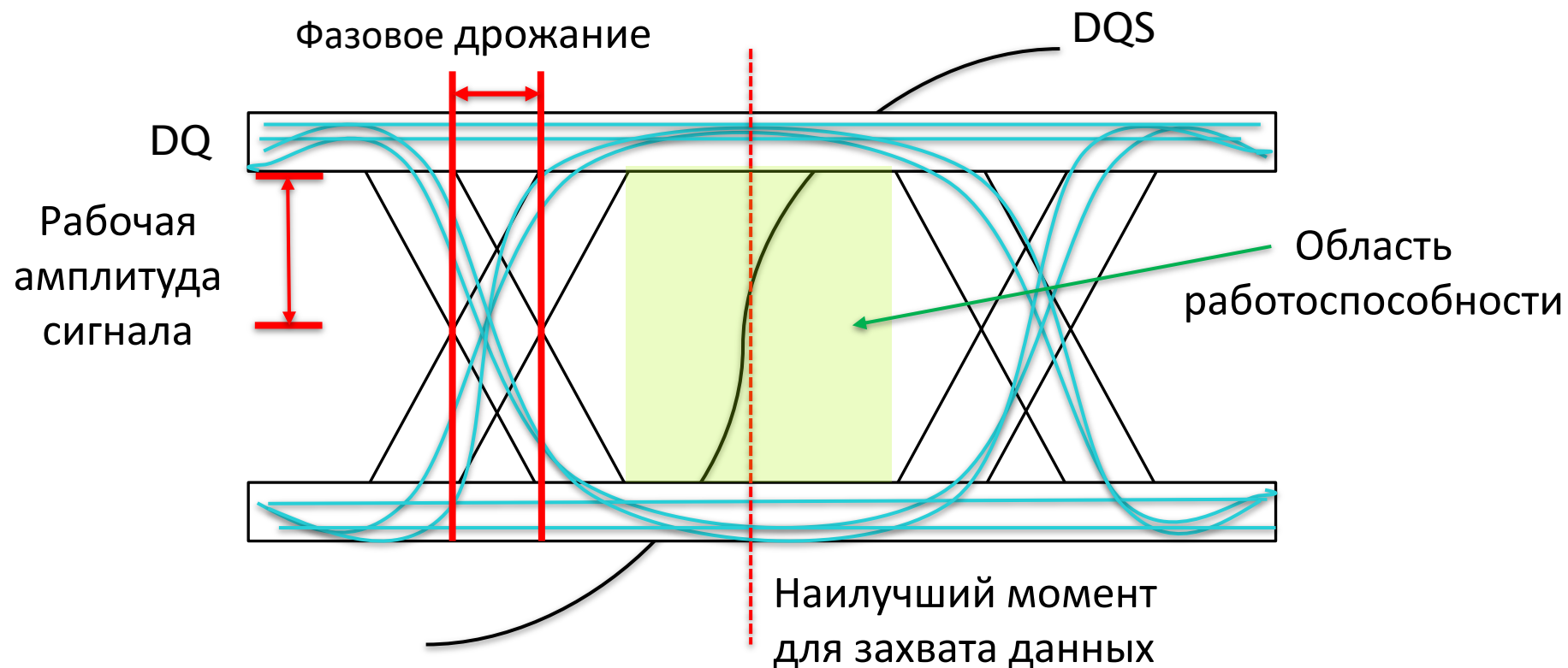
# ПАРАМЕТРЫ КАНАЛА ПАМЯТИ



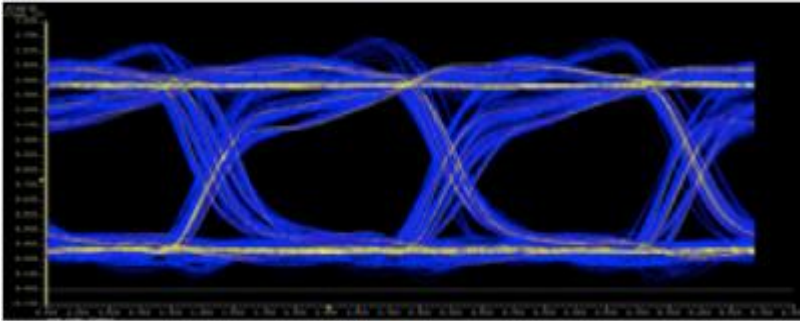
Значения  $R1$  и  $R2$  можно задавать программно

# ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАНАЛА ПАМЯТИ ГЛАЗКОВЫЕ ДИАГРАММЫ

Глазковая диаграмма - это результат наложения нескольких битовых периодов измеряемого сигнала.

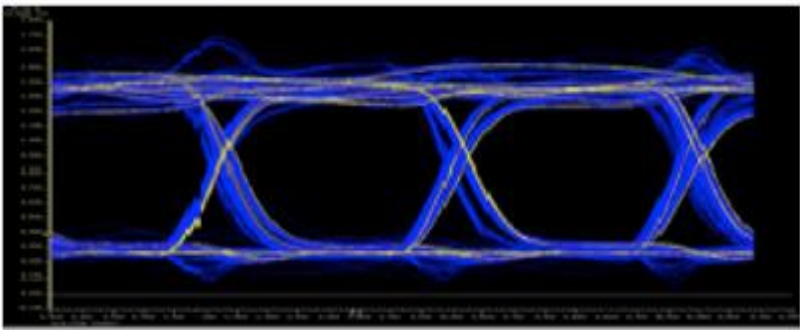


# ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАНАЛА ПАМЯТИ ГЛАЗКОВЫЕ ДИАГРАММЫ



(a)

Глазковая диаграмма при неоптимальных настройках – область работоспособности уменьшается



(b)

Глазковая диаграмма при оптимальных настройках – максимальная ширина области работоспособности

# ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАНАЛА ПАМЯТИ

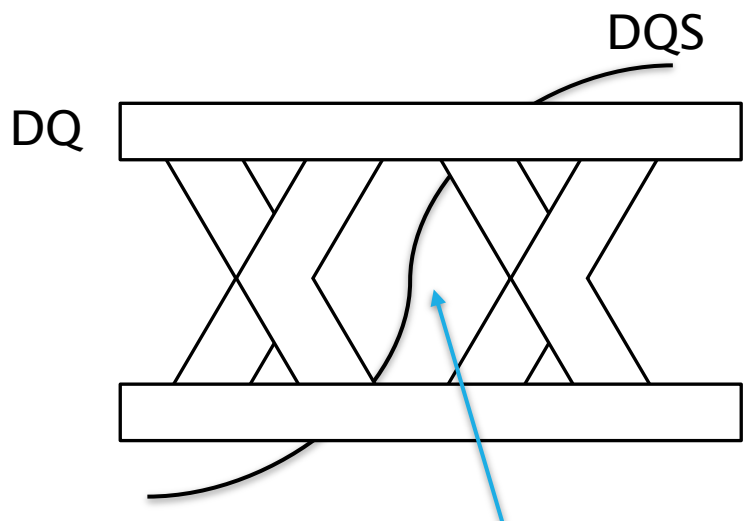
## ИЗВЕСТНЫЕ РЕШЕНИЯ

Построение глазковой диаграммы с использованием высокоточного осциллографа

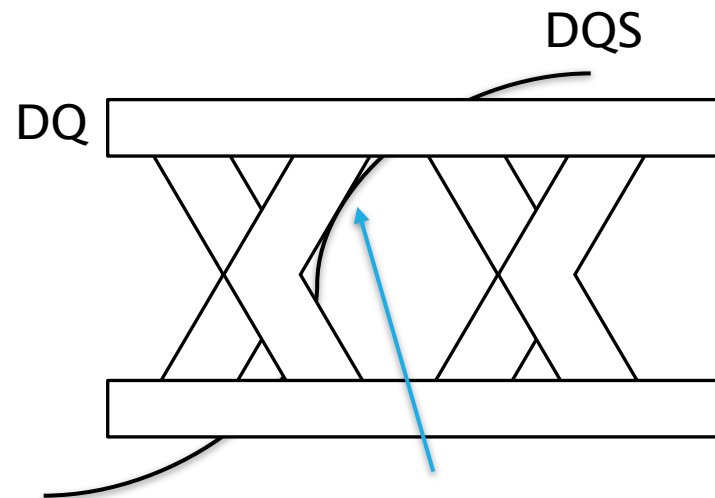
- Высокая точность результатов
- Занимает много времени
- Сложно проверить большое количество настроек
- Невозможно просматривать все сигналы DDR3 ввиду их количества

# ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАНАЛА ПАМЯТИ ВЫБРАННОЕ РЕШЕНИЕ

Оценка ширины области работоспособности с помощью перемещения точки захвата данных - сдвиг строка DQS и тестирование работоспособности канала памяти



Точка захвата данных в оптимальном положении, передача данных без сбоев



Точка захвата данных находится за область работоспособности, ошибки при передаче данных

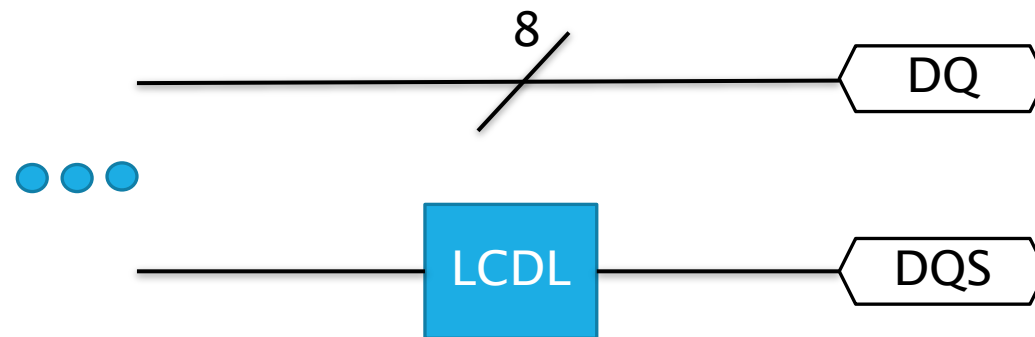


# ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАНАЛА ПАМЯТИ

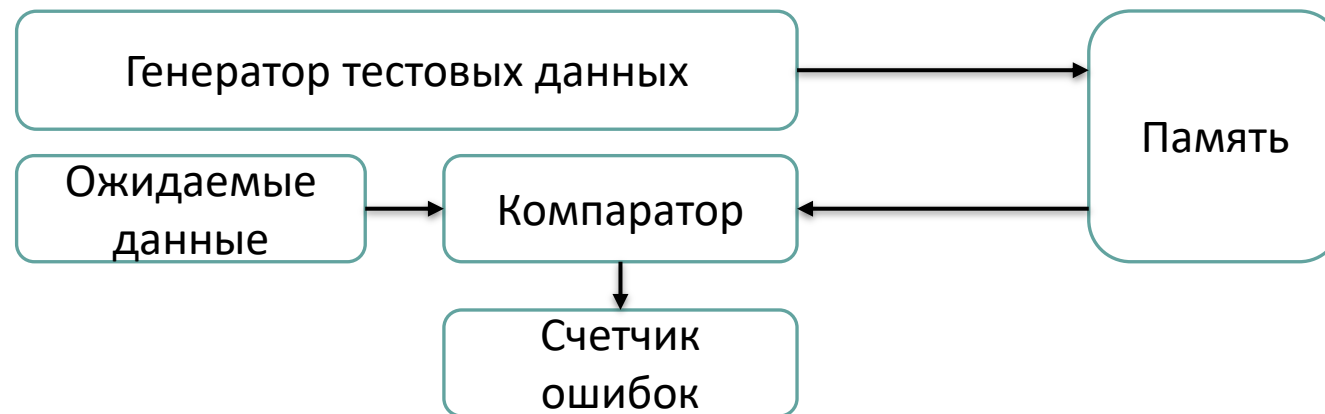
## СДВИГ СТРОБА DQS

Для сдвига строга DQS в физуровне предусмотрены программируемые блоки задержки LCDL. При инициализации физуровня автоматически подбираются оптимальные задержки. В дальнейшем их можно скорректировать программно.

Блоки задержки LCDL управляются отдельно для каждого байта данных и отдельно для операций чтения и записи.

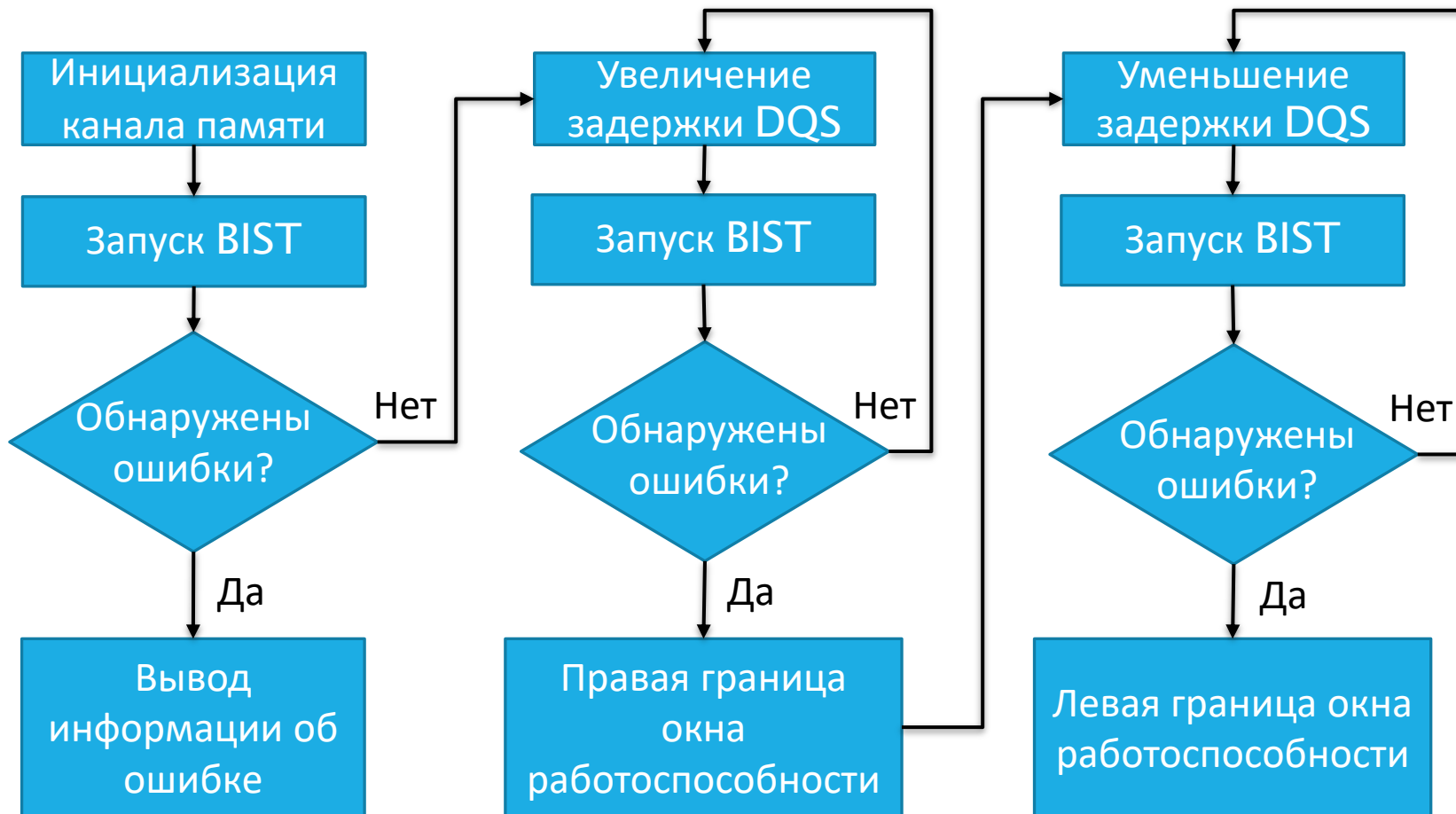


# ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАНАЛА ПАМЯТИ ВСТРОЕННОЕ САМОТЕСТИРОВАНИЕ



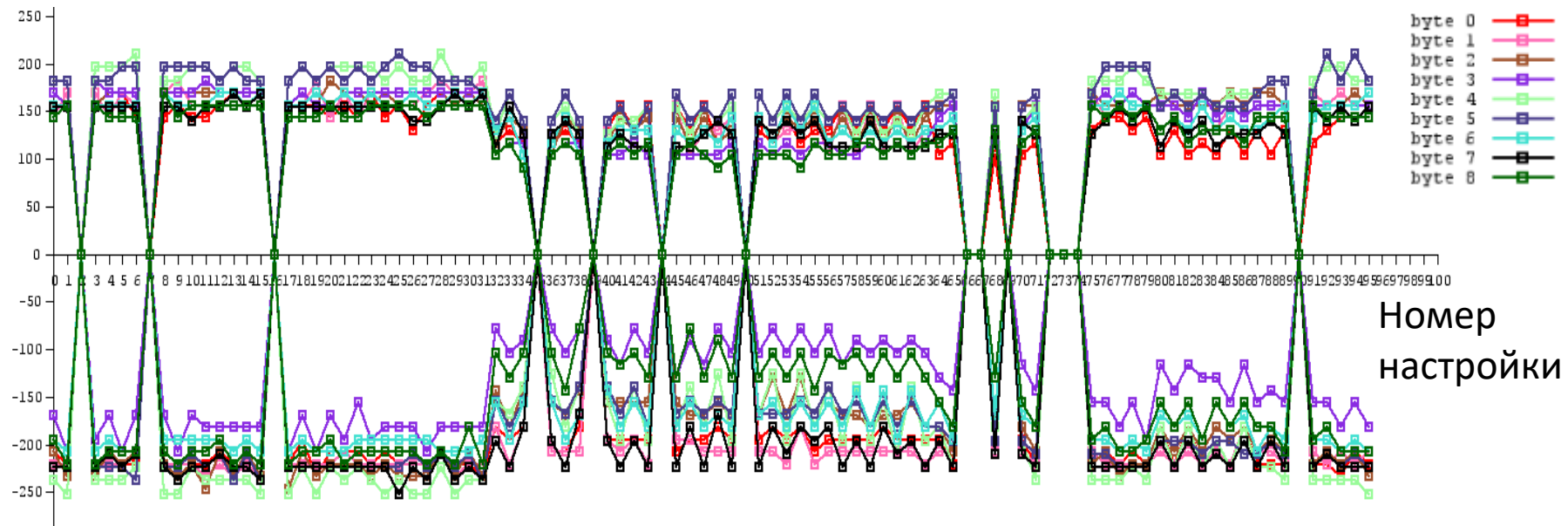
- Отсутствие необходимости инициализации программно-аппаратного комплекса
- Постоянная и интенсивная нагрузка на тестируемые линии передачи данных
- Единовременное тестирование только одного байта данных

# ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАНАЛА ПАМЯТИ АЛГОРИТМ



# РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ОБЛАСТИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАНАЛА ПАМЯТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ НАСТРОЕК

Граница окна работоспособности, pS



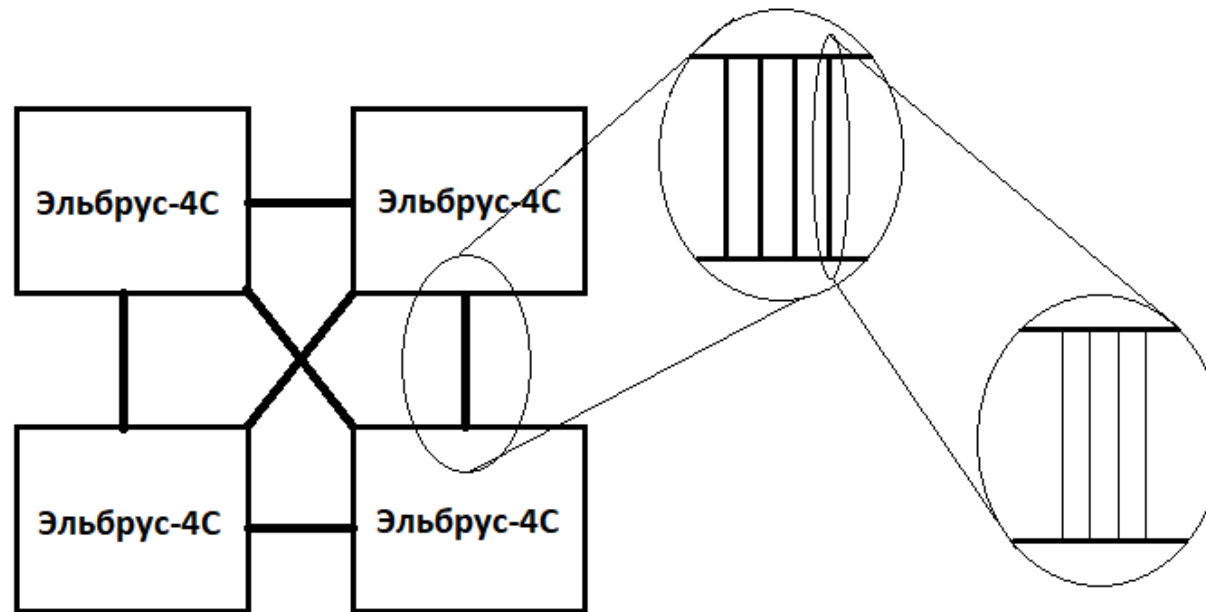
ВК: Эльбрус 8.4

Частота памяти: 1600 МГц

# КАНАЛ МЕЖПРОЦЕССОРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Связи реализованы на основе физического уровня PCI Express.

Каждая связь состоит из четырёх соединений (link), которые, в свою очередь, имеют четыре двунаправленные линии передачи данных (lane).

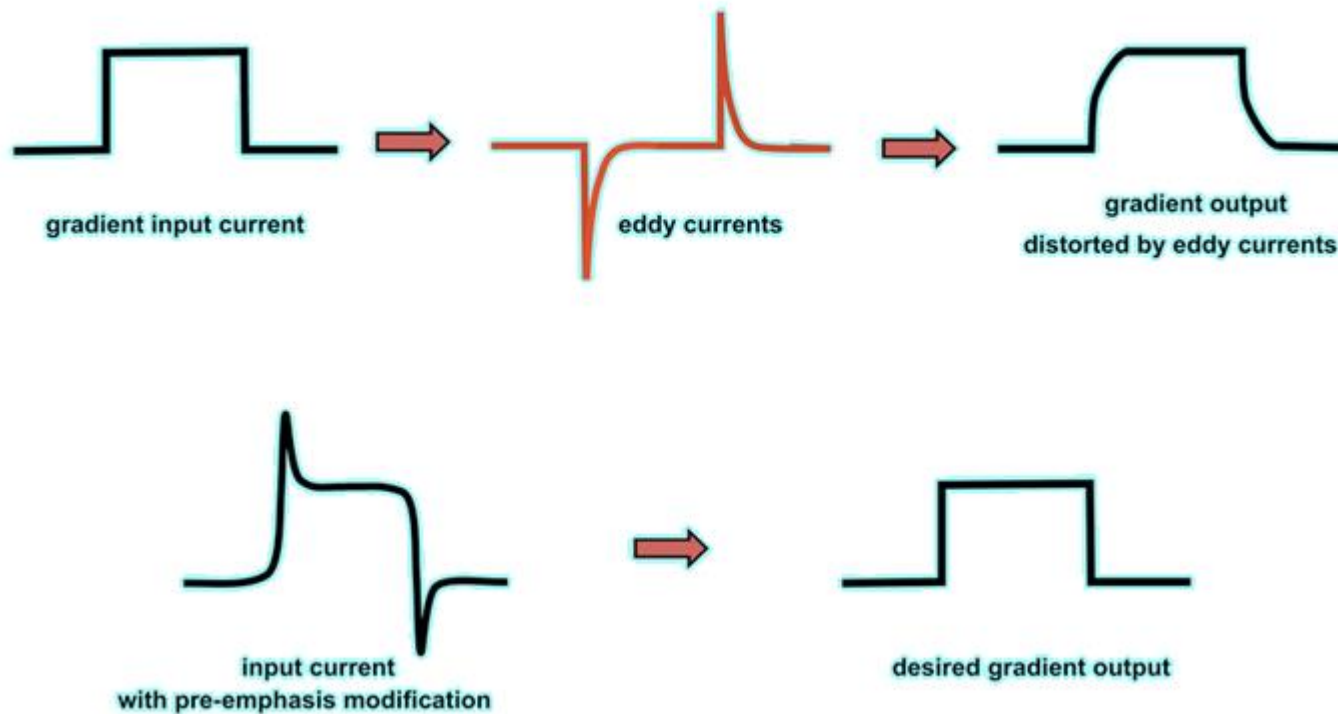


# КАНАЛ МЕЖПРОЦЕССОРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

## ПАРАМЕТРЫ

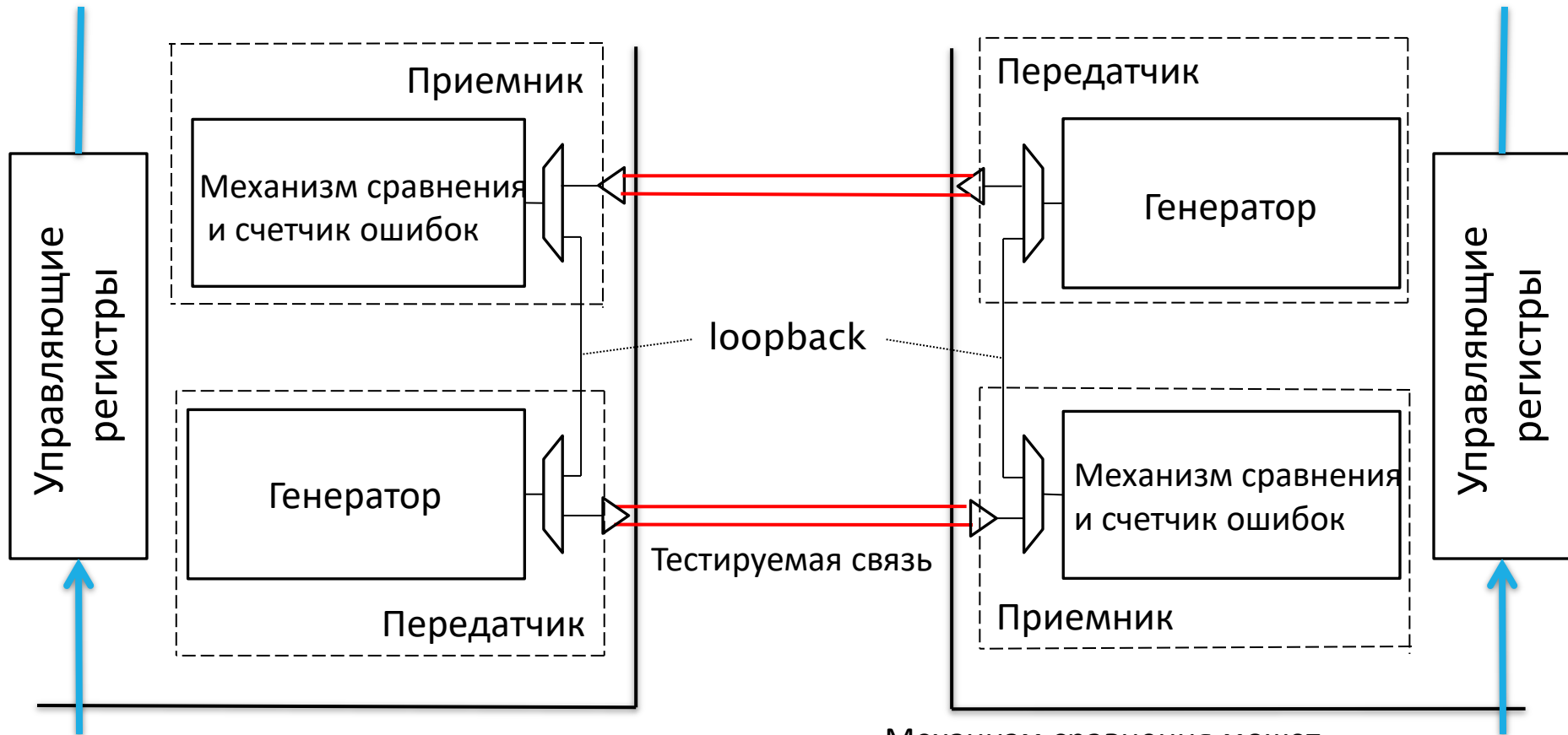
- Выходная амплитуда передатчика
- Величина pre-emphasis и equalization
- Ширина параллельного интерфейса: 10(half) и 20(full) бит
- Пропускная способность канала (до 6.375 Гб/с)

# КАНАЛ МЕЖПРОЦЕССОРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ PRE-EMPHASIS



Pre-emphasis –  
намеренное искажение  
сигнала для  
уменьшения влияния  
канала

# КАНАЛ МЕЖПРОЦЕССОРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВСТРОЕННОЕ САМОТЕСТИРОВАНИЕ



Генератор способен посылать псевдслучайные последовательности вместо реальных данных

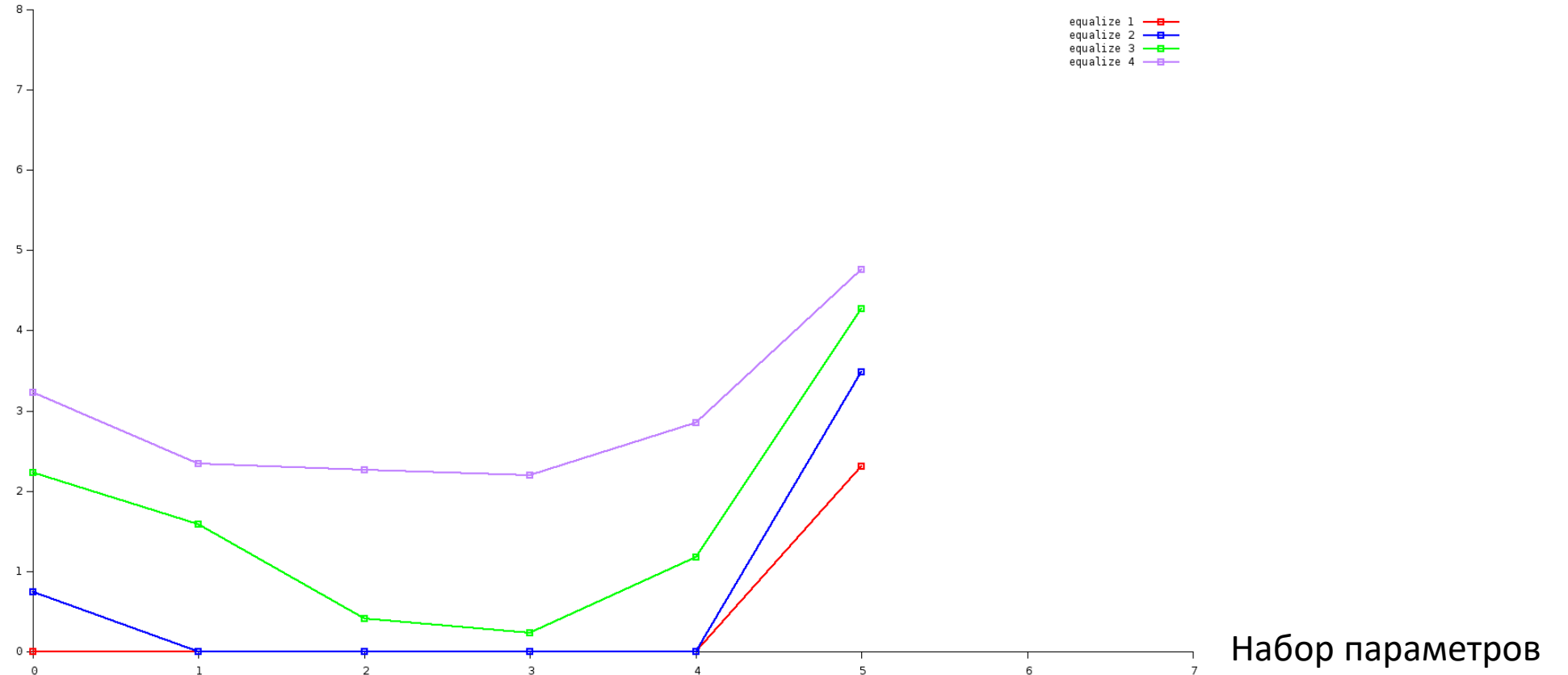
Механизм сравнения может синхронизоваться с генератором, принимать значения и считать количество ошибок



# КАНАЛ МЕЖПРОЦЕССОРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

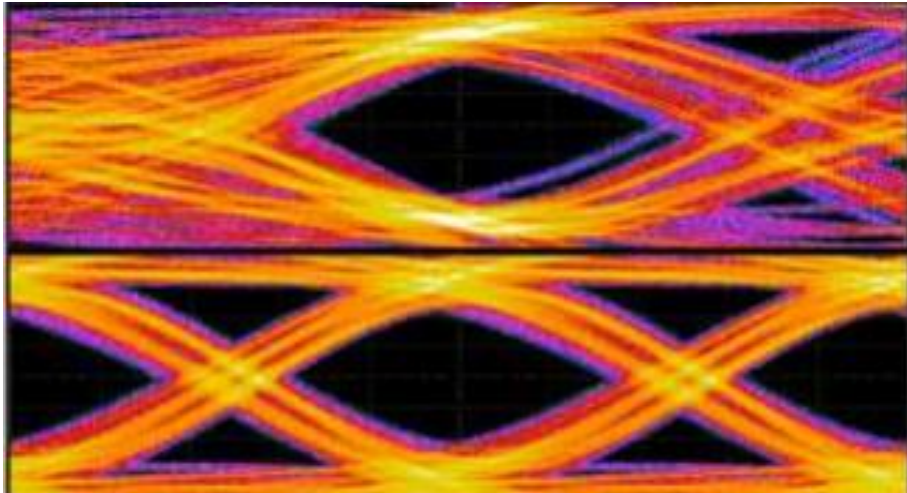
## РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

$\log(\text{количество ошибок})$



Спасибо за внимание!

# КАНАЛ МЕЖПРОЦЕССОРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ EQUALIZATION



$$G(s)S(s)=R(s)$$

$$G(s)^{-1} G(s)S(s)=R(s)$$