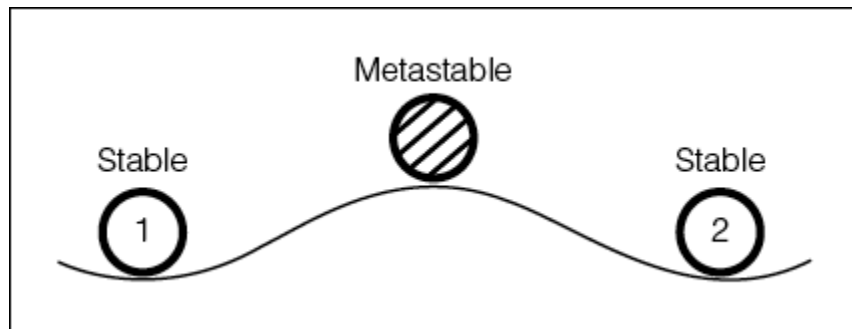


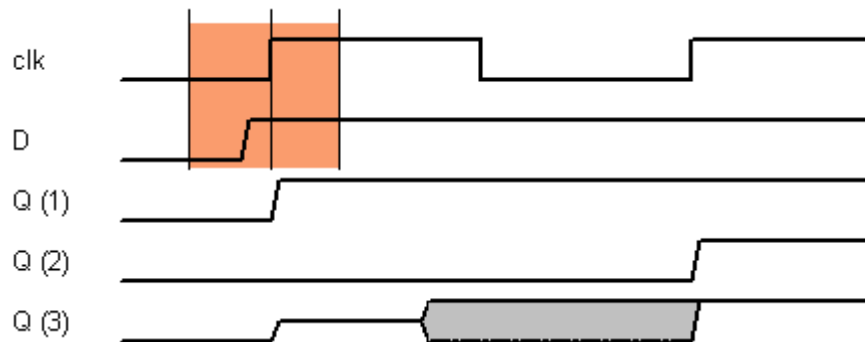
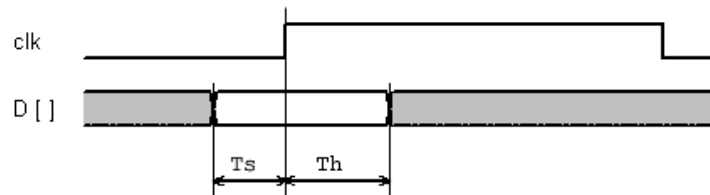
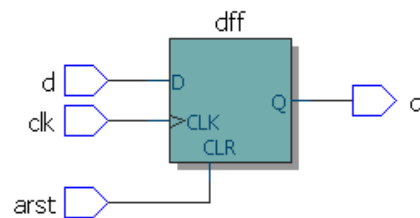
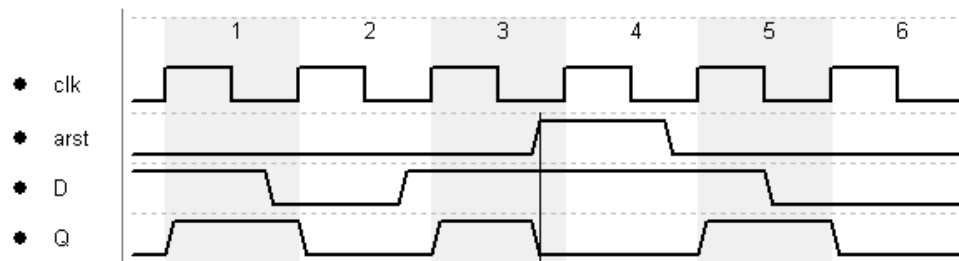
Метастабильность. Пересечение тактовых  
доменов. FIFO-буфер

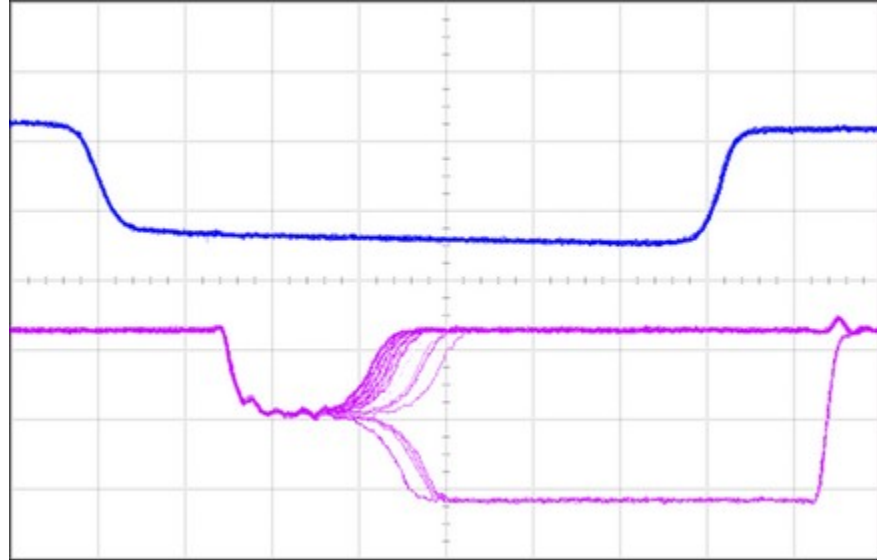
# Проблема метастабильности



<https://habr.com/ru/post/254869/>

# D-триггер

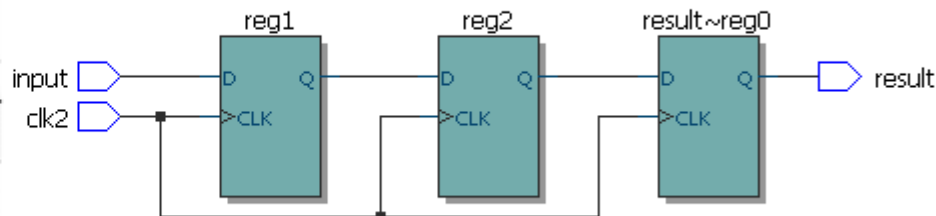
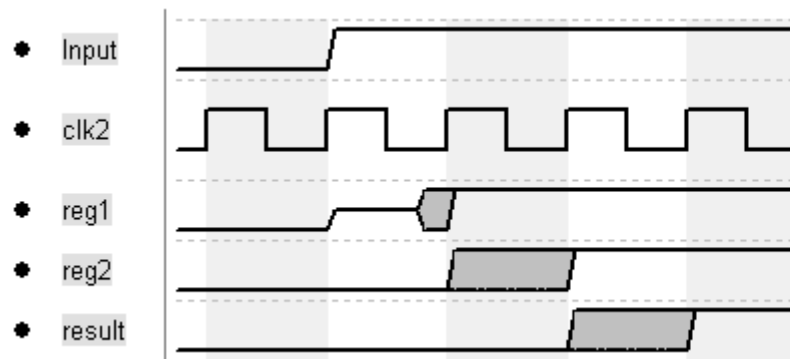




# Источники метастабильности

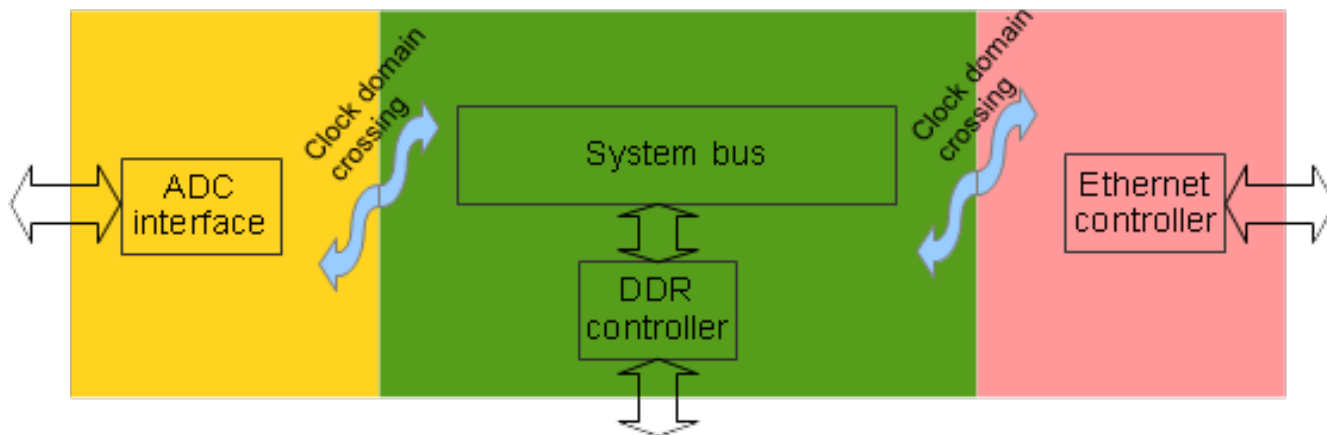
- Нарушение времён  $T_s$  и  $T_h$  - слишком высокая частота работы
- Нарушение времён по входу асинхронного сброса - должен быть синхронен тактовому сигналу
  - glitch - «сбой», «глюк»

# Решение проблемы (простой случай)



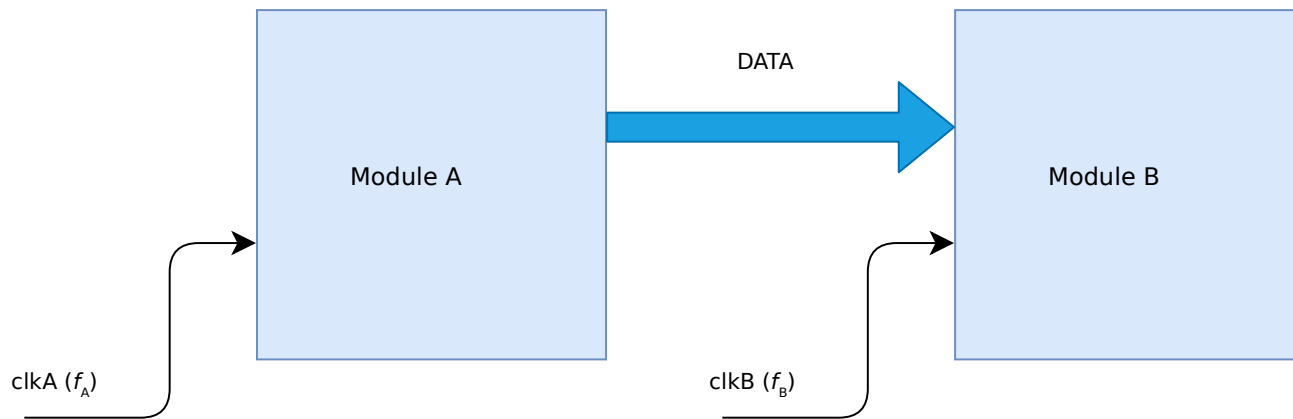
<https://habr.com/ru/post/254869/>

# Решение проблемы (сложный случай)



<https://habr.com/ru/post/254869/>

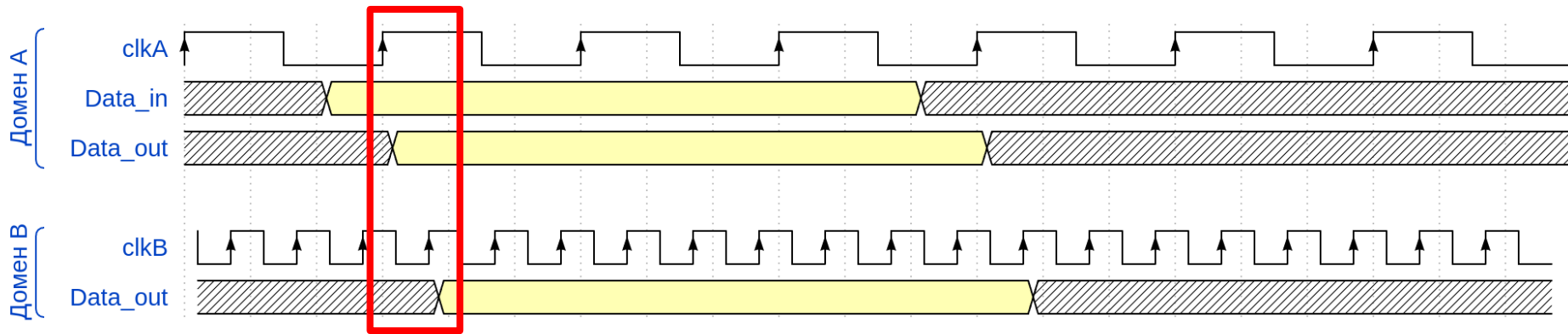
# Пересечение тактовых доменов



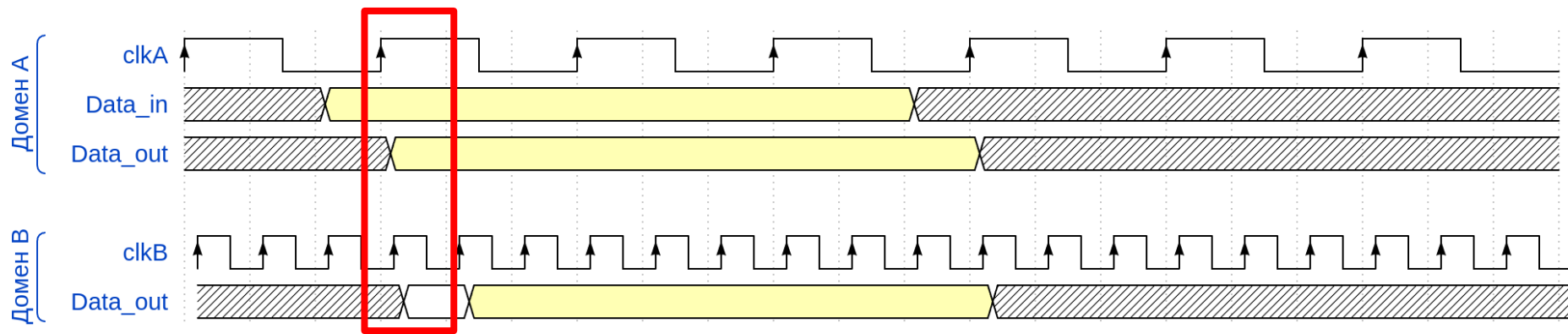
- $f_A < f_B$
- $f_A = f_B$
- $f_A > f_B$



$f_A < f_B$ : фазы не совпадают

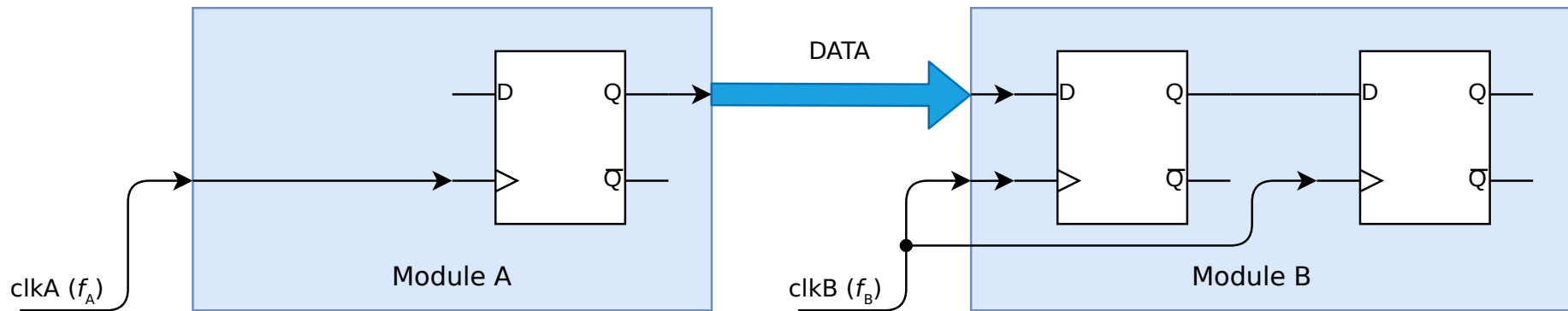


$f_A < f_B$ : фазы близки

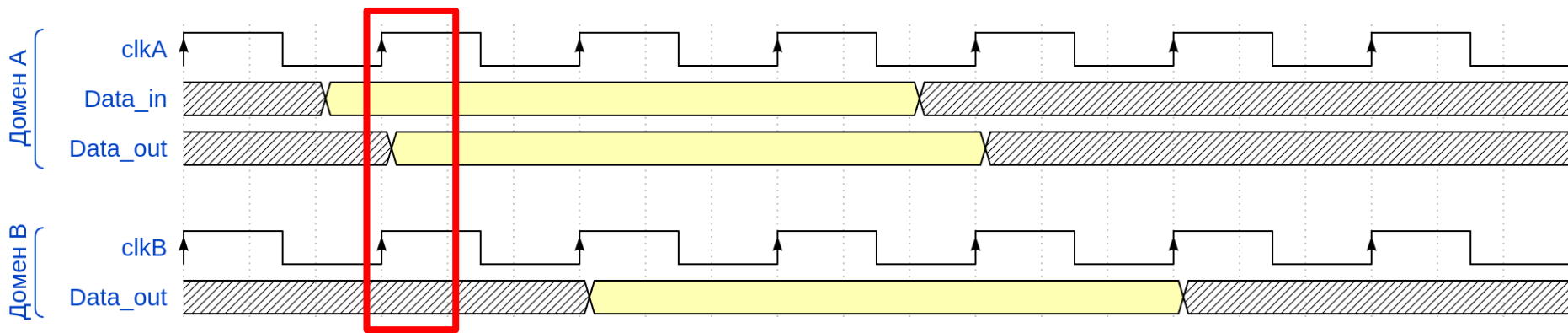


Возникновение ошибок → использование синхронизации

# Синхронизация

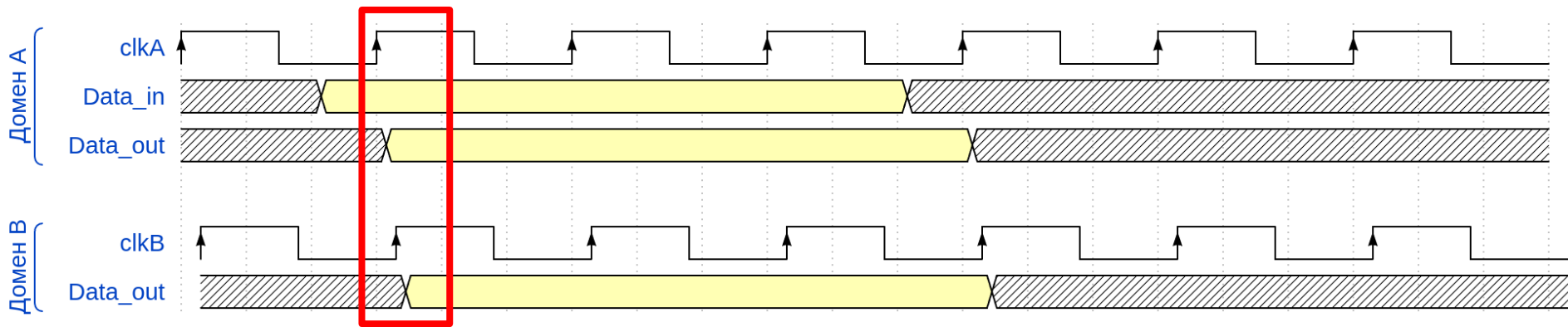


$f_A = f_B$ : фазы совпадают



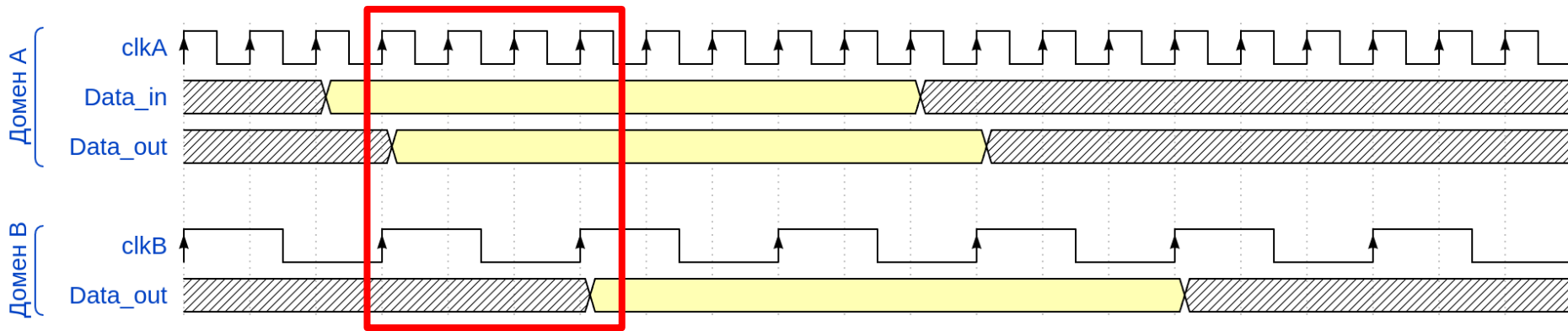
Тот же тактовый домен

$f_A = f_B$ : фазы не совпадают



Возможна ошибка → требуется синхронизация

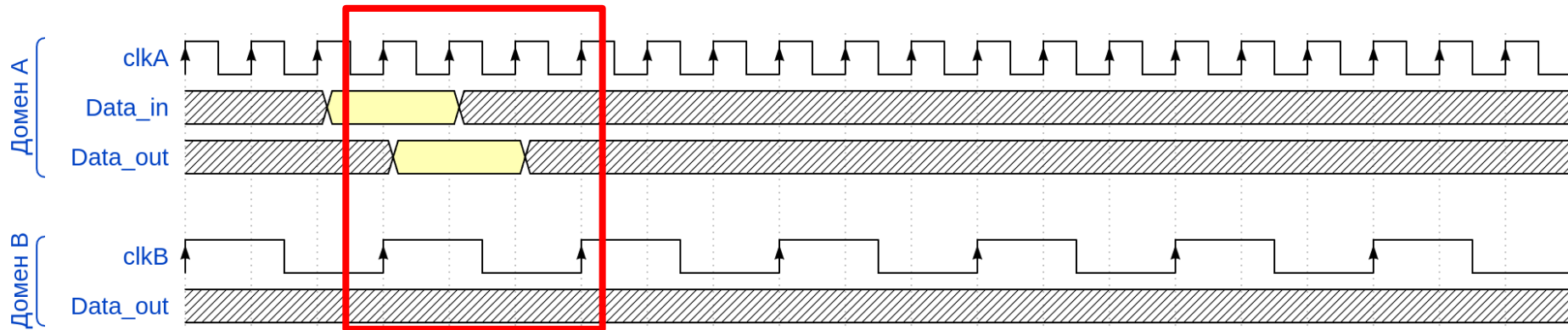
$f_A > f_B$ : сигнал длинный



Длительность сигнала превышает несколько периодов синхроимпульса

Проблем нет

$f_A > f_B$ : сигнал короткий



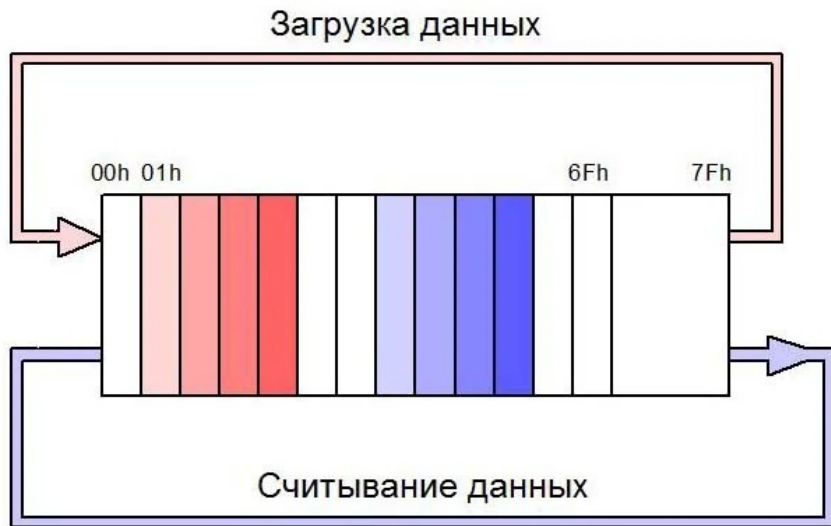
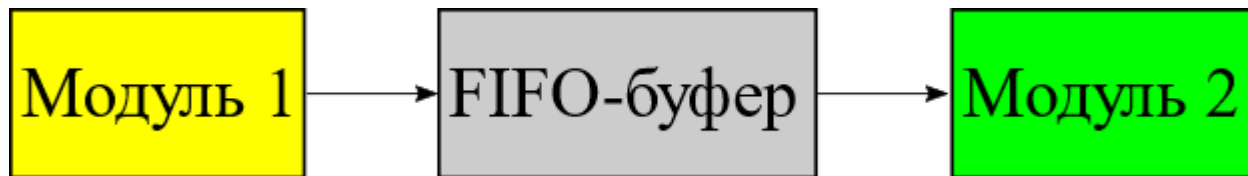
Длительность сигнала менее длительности одного длинного периода

Возможна потеря данных → FIFO-буфер

FIFO-буфер

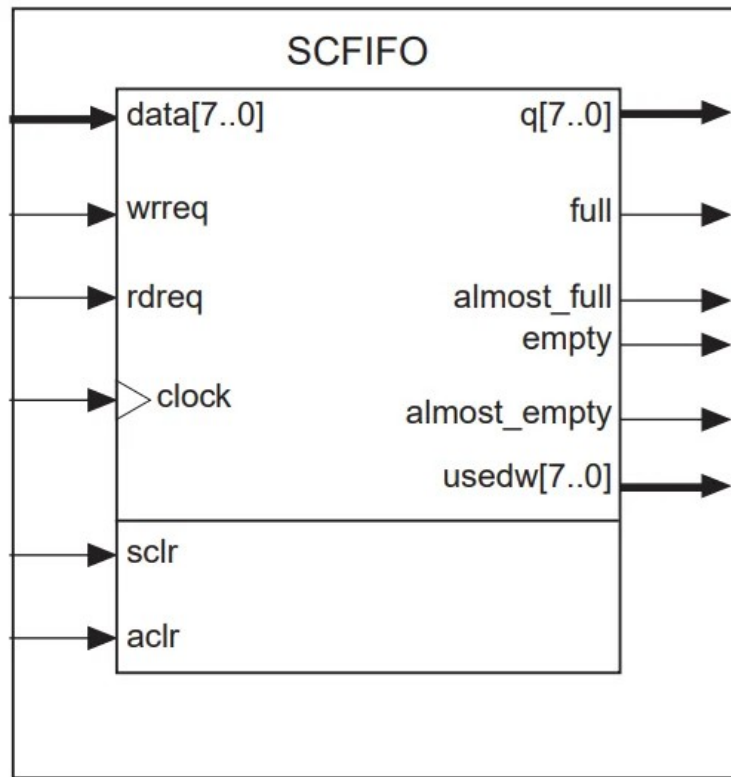


First in, first out



- Синхронный FIFO: частоты кратные
- Асинхронный FIFO: частоты некратные

# Синхронный FIFO-буфер (single clock)

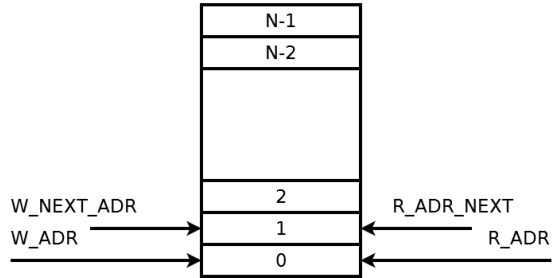


Флаги:

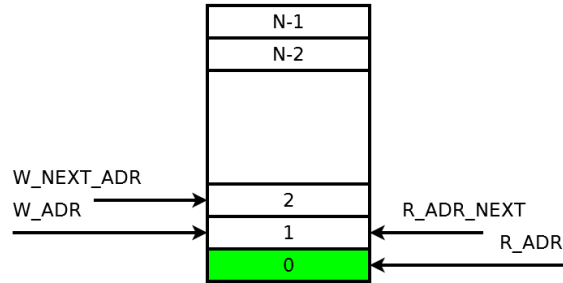
1. FIFO полон
2. FIFO пуст
3. FIFO почти полон
4. FIFO почти пуст

# Заполненность FIFO

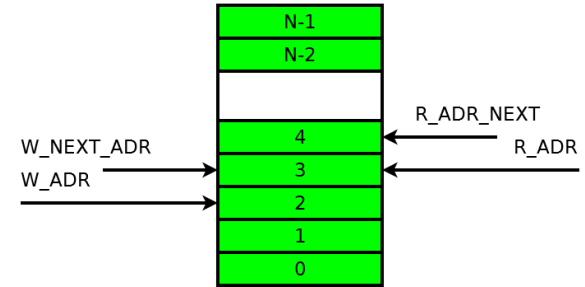
Исходное состояние. FIFO пустое



FIFO содержит одно слово



FIFO полное



Пустой FIFO:  $W\_ADR == R\_ADR$

Полный FIFO:  $W\_NEXT\_ADR == R\_ADR$

Количество слов:  $USEDWD = |W\_ADR - R\_ADR|$

Пустой FIFO:  $USEDWD == 0$

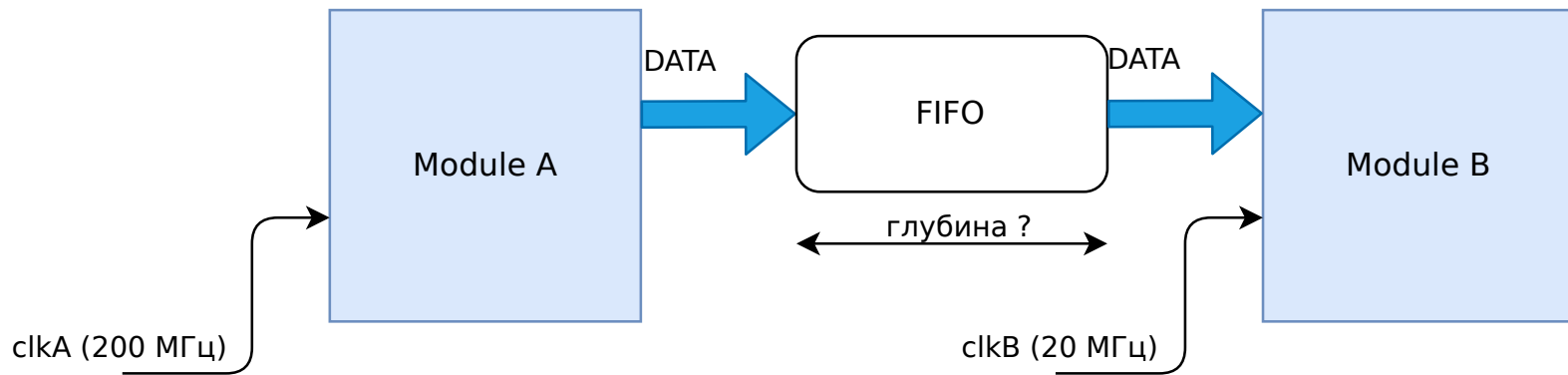
Полный FIFO:  $USEDWD == DEPTH$

# Определение глубины FIFO-буфера

Непрерывная передача данных не возможна → размер буфера бесконечный

Данные передаются пакетами → определяется число пакетов

Пакет из 100 посылок



# Определение глубины FIFO

Время, необходимое для записи одной посылки модулем А:

$$T_A = 1/(200 \text{ МГц}) = 5 \text{ нс}$$

Время, необходимое для чтения одной посылки модулем В:

$$T_B = 1/(20 \text{ МГц}) = 50 \text{ нс}$$

Время записи одного пакета данных модулем А:

$$t_A = N_A \cdot T_A = 500 \text{ нс}$$

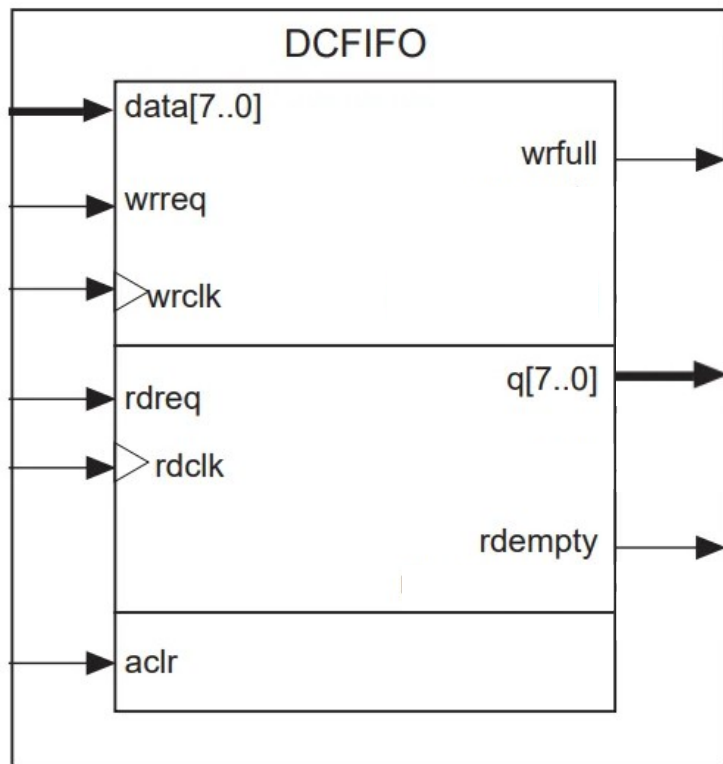
Число считанных посылок модулем В:

$$N_B = (500 \text{ нс})/(50 \text{ нс}) = 10$$

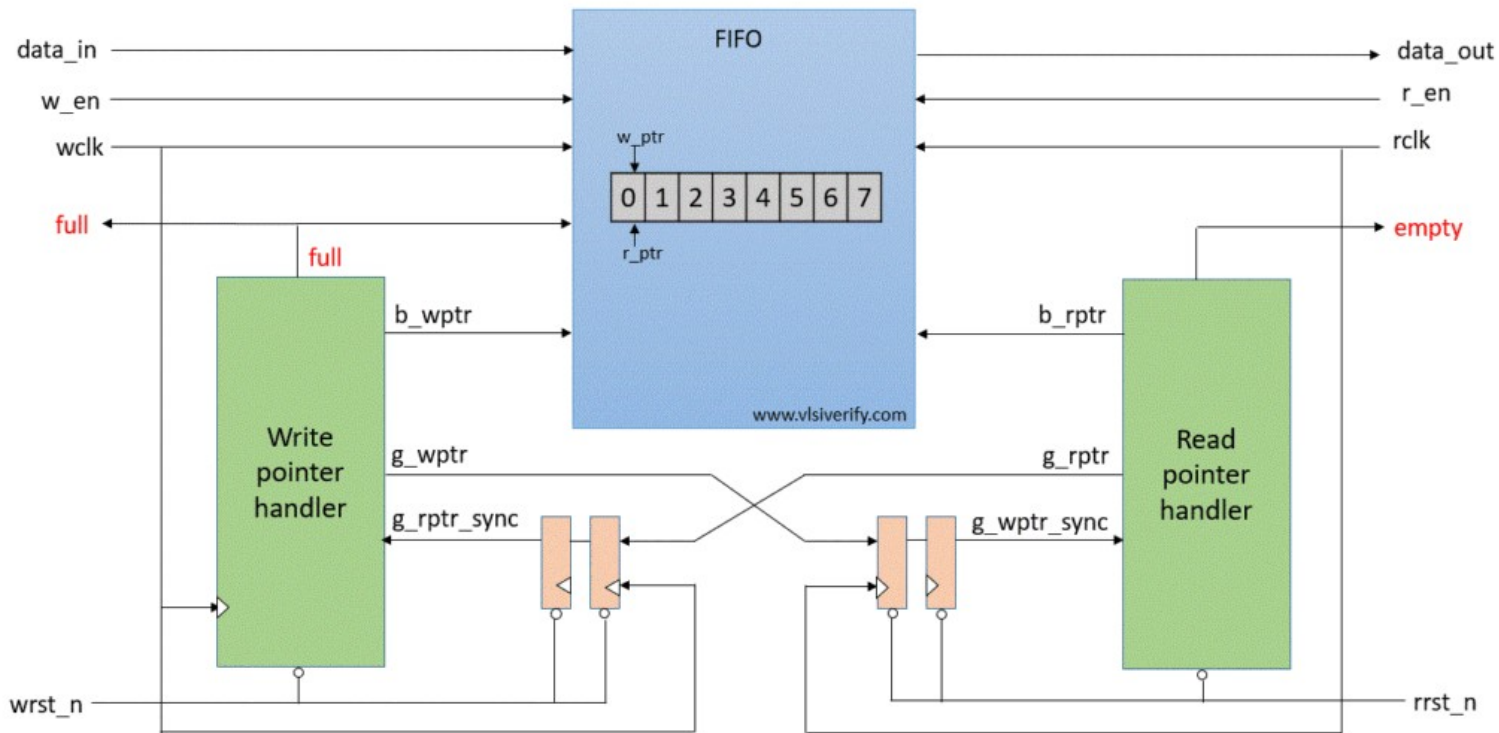
Глубина FIFO-буфера:

$$D = N_A - N_B = N_A \cdot (1 - f_B/f_A) = 90$$

# (А)синхронный FIFO-буфер (dual clock)



# Асинхронный FIFO-буфер



# Код Грэя

$$G_i = B_i \oplus B_{i+1}$$

`gray = (bin >> 1) ^ bin`

`bin[i] = ^(gray >> i)`

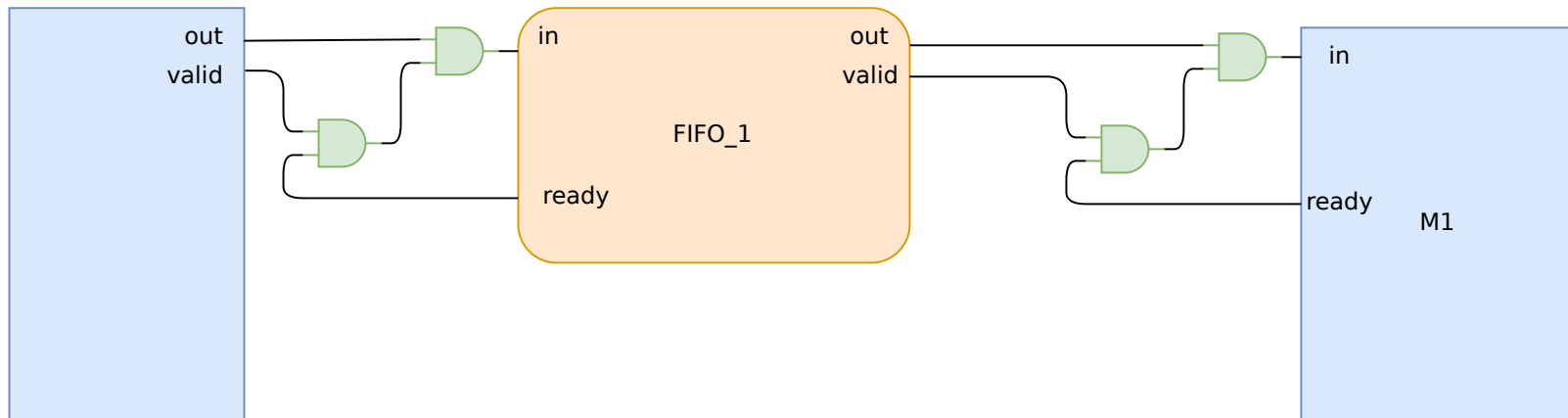
| Двоичный код | Код Грея | Двоичный код | Код Грея |
|--------------|----------|--------------|----------|
| 0000         | 0000     | 1000         | 1100     |
| 0001         | 0001     | 1001         | 1101     |
| 0010         | 0011     | 1010         | 1111     |
| 0011         | 0010     | 1011         | 1110     |
| 0100         | 0110     | 1100         | 1010     |
| 0101         | 0111     | 1101         | 1011     |
| 0110         | 0101     | 1110         | 1001     |
| 0111         | 0100     | 1111         | 1000     |



# Ограничения в использовании кода Грэя

- Работает для буфера глубиной  $2^N$
- Для формирования флагов «частично полон» и «частично пуст» требуется перевод в прямой код

# Управление потоком данных (flow control)



$\text{valid} = \sim\text{empty}$

$\text{ready} = \sim\text{full}$

**Эта "интересная"  
презентация могла  
продлиться дольше**

**Но это уже совсем  
другая история. Всем  
спасибо за внимание!**