

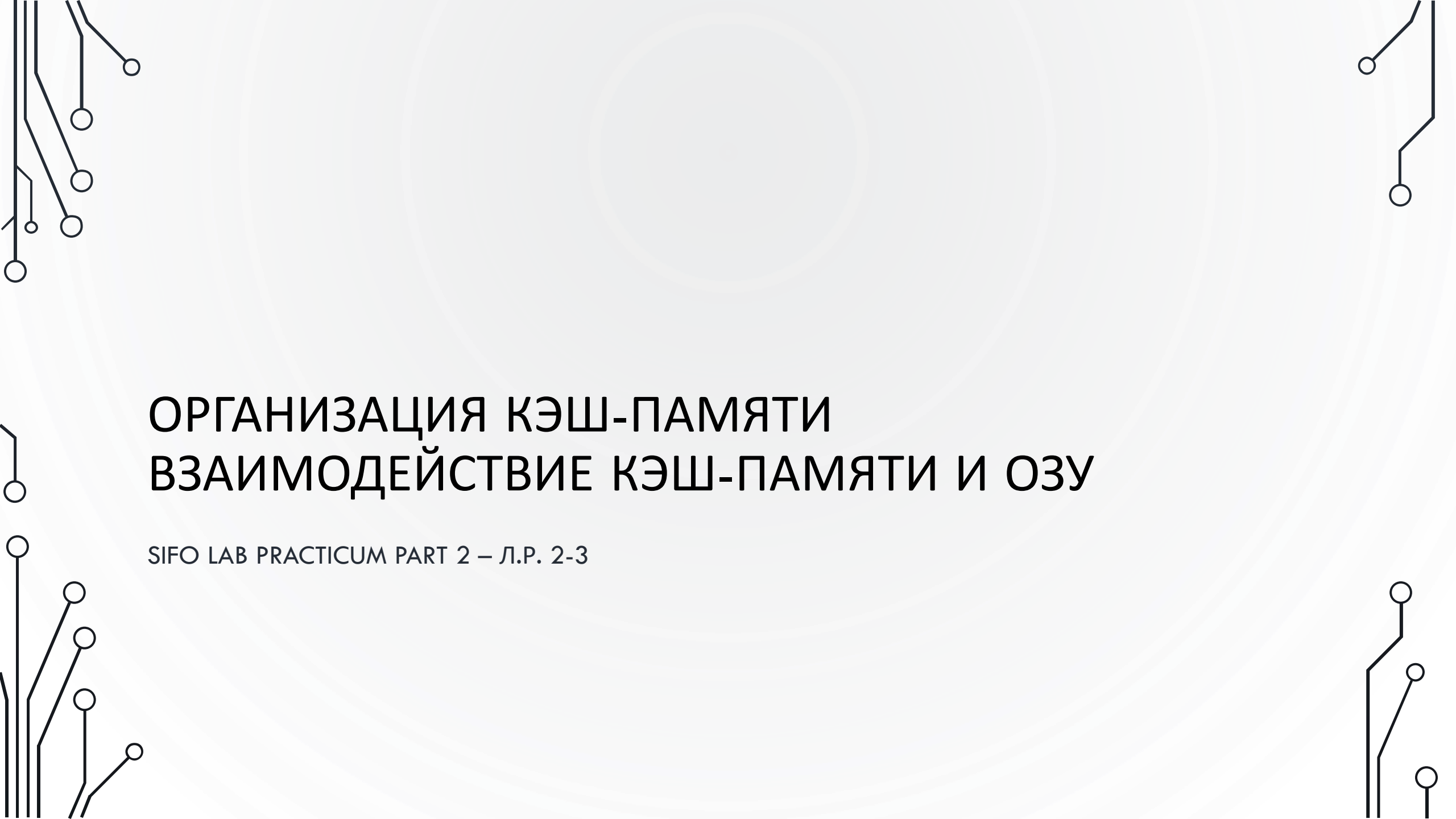
# СиФО ВМ Л.Р. №8-9

Стракович Андрей Иванович

БГУИР, кафедра ЭВМ

а. 508-5

2024

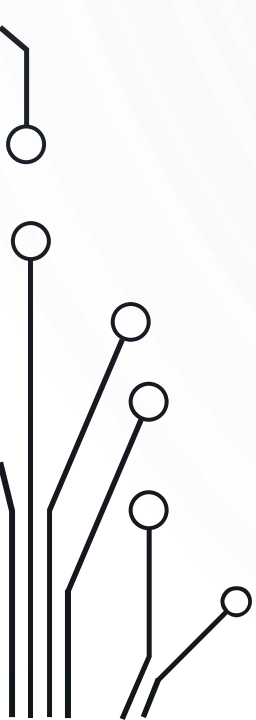
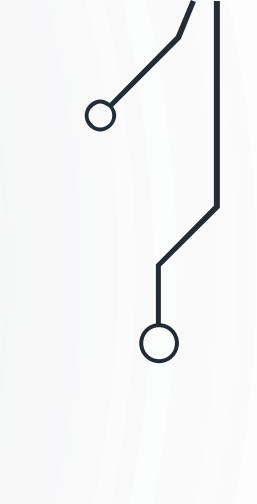
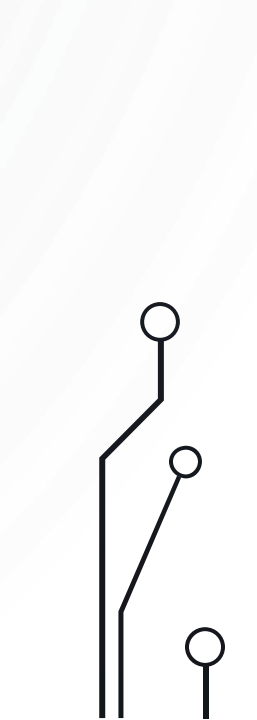
The background features a light gray gradient with faint, concentric circular patterns. In the corners, there are decorative black line art elements resembling circuit traces or neural network connections, with small circles at the nodes.

# ОРГАНИЗАЦИЯ КЭШ-ПАМЯТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КЭШ-ПАМЯТИ И ОЗУ

SIFO LAB PRACTICUM PART 2 – Л.Р. 2-3



# ДАННЫЕ ПО ВАРИАНТУ

- Тип кэш-памяти
  - Кол-во строк кэш (cache line)
  - Кол-во слов в строке
  - Кол-во модулей K (way)
  - Алгоритм замещение строк
  - Кратность размера ОЗУ объему кэш-памяти
  - Разрядность ШД, бит
  - Способ синхронизации данных (9 л.р.)
- 
- 
- 

# ЗАДАНИЕ

Разработать кэш-память заданного типа и размера

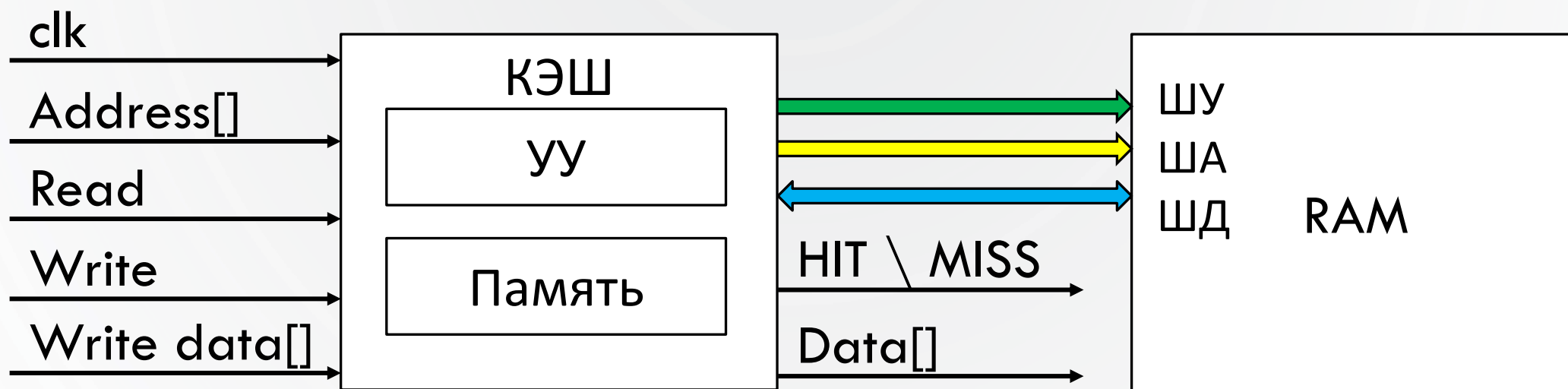
Для этого:

1. По данным варианта вычислить размер кэш-памяти в байтах(ячейках)
2. Затем определить размер ОЗУ исходя из кратности его размера объёму кэш-памяти
3. Определить размер ША исходя из объёма ОЗУ

Адресация ОЗУ - побайтная

В данной л.р. считаем что слова БАЙТ и СЛОВО обозначают одну ячейку памяти или регистра и равны разрядности ШД

# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА



## READ MISS

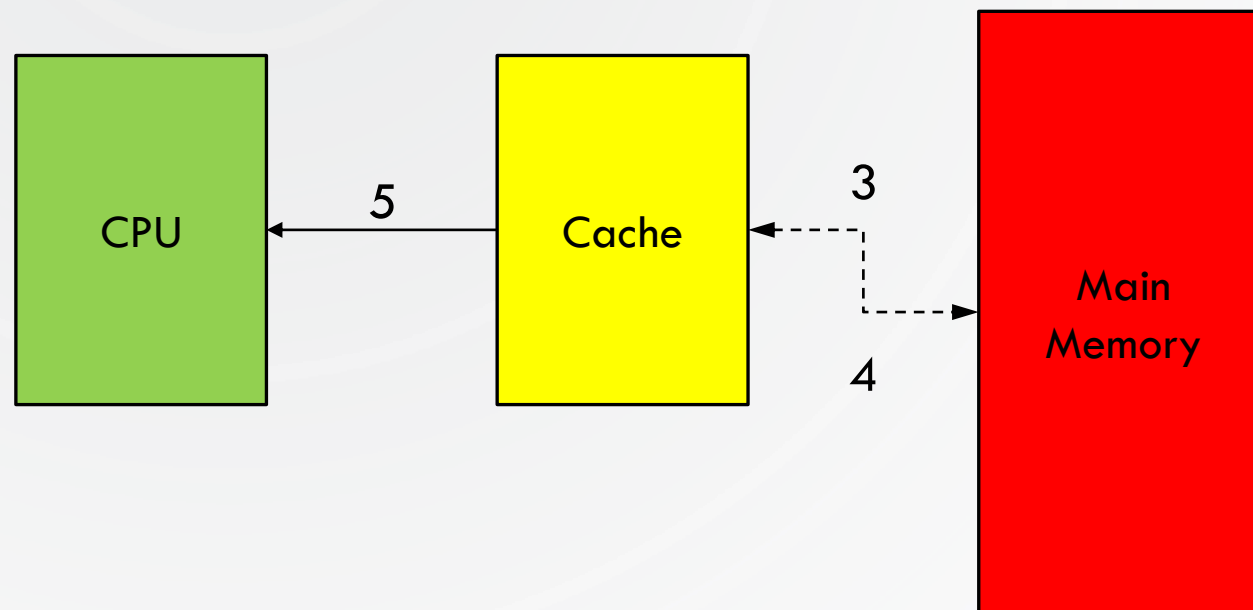
1. ЦП  $\xrightarrow{[A]}$  КЭШ

2.  $HIT = 0$

3. КЭШ  $\xrightarrow{[A, B, C, D]}$  ОЗУ

4. ОЗУ  $\xrightarrow{A, B, C, D}$  КЭШ

5. КЭШ  $\xrightarrow{A}$  ЦП

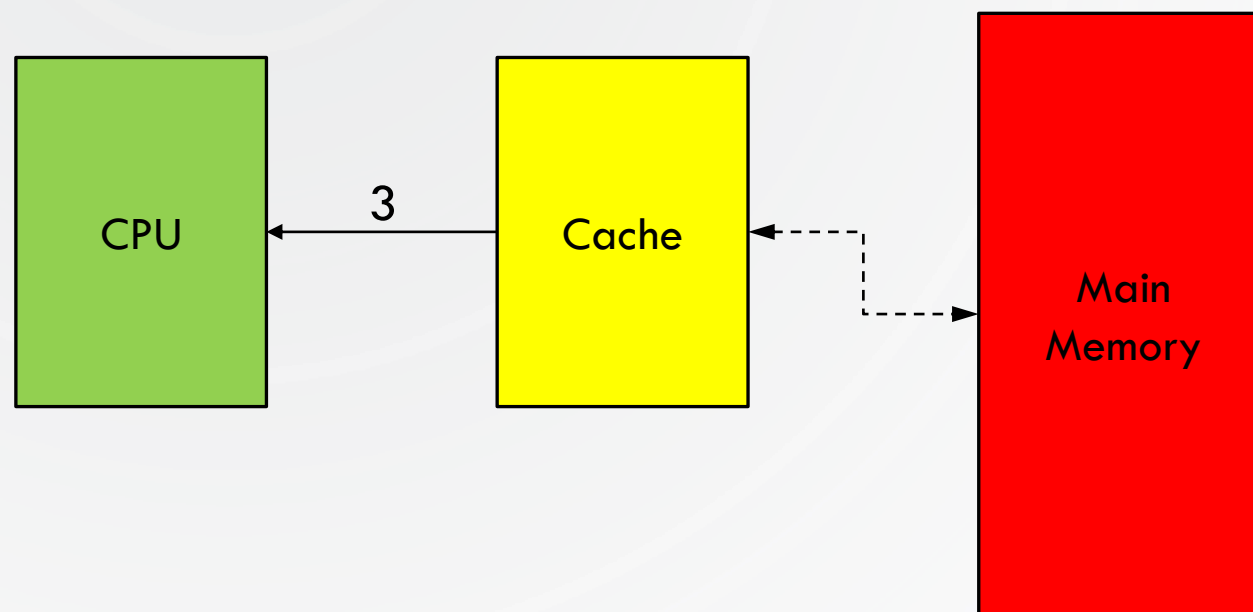


## READ HIT

1. ЦП  $\xrightarrow{[A]}$  КЭШ

2.  $HIT = 1$

3. КЭШ  $\xrightarrow{A}$  ЦП



# СТРУКТУРА КЭШ-ПАМЯТИ

Кэш-память

	Бит достоверности	Тэг	Данные
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
...		...	...
31			

Основная память

	0 - 63
	64 - 127
	128 - 191
...	
	960 - 1023
	1024 - 1087
	1088 - 1151
	1152 - 1215
...	
	2048 - 2111
	2112 - 2175
...	
	$2^{32} - 1$



# ПОЛНОСТЬЮ АССОЦИАТИВНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ

The diagram illustrates a fully associative mapping between a cache and main memory. On the left, the "Кэш-память" (Cache) is shown as a table with 32 rows (indices 0 to 31). Each row contains three fields: "Бит достоверности" (Validity bit), "Тэг" (Tag), and "Данные" (Data). The "Бит достоверности" column has arrows pointing to it from the label above. The "Тэг" and "Данные" columns have arrows pointing to them from the labels above. Below the cache table, there is a legend for the address format: "Address" is split into "Tag" (green box) and "Offset" (yellow box). On the right, the "Основная память" (Main memory) is represented by a vertical stack of colored horizontal bars, each representing a memory segment. To the right of these bars are their corresponding address ranges: 0 - 63 (green), 64 - 127 (blue), 128 - 191 (orange), ..., 960 - 1023 (purple), 1024 - 1087 (pink), 1088 - 1151 (dark blue), 1152 - 1215 (green), ..., 2048 - 2111 (yellow), 2112 - 2175 (grey), ..., 2<sup>32</sup> - 1 (red). Arrows show the mapping from specific cache entries to specific memory segments: Cache index 0 maps to 0-63; index 1 to 64-127; index 2 to 128-191; index 3 to 960-1023; index 4 to 1024-1087; index 5 to 1088-1151; index 6 to 1152-1215; index 7 to 2048-2111; and index 31 to 2112-2175.

Кэш-память

Основная память

Бит  
достоверности

Тэг

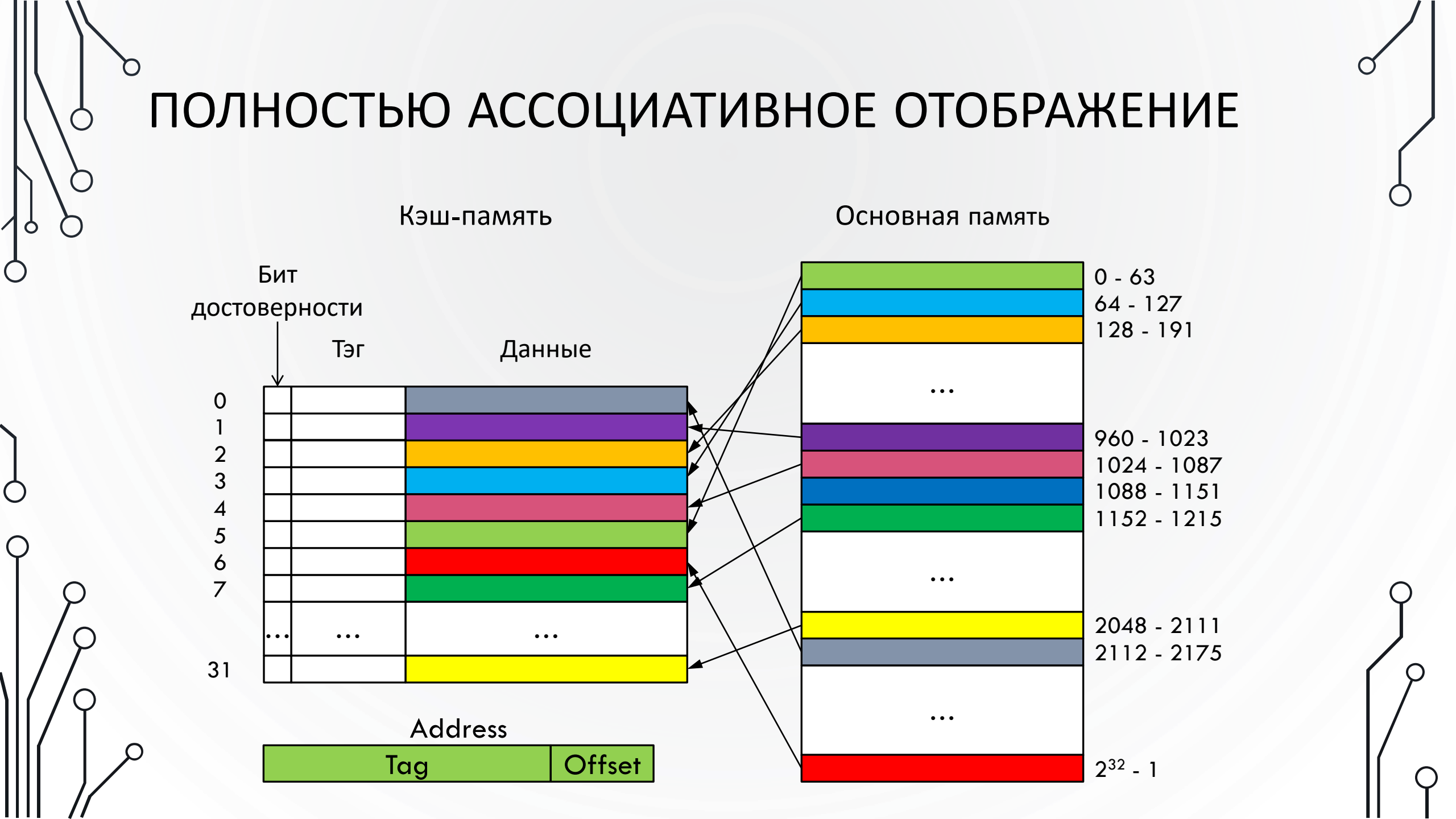
Данные

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
...  
31

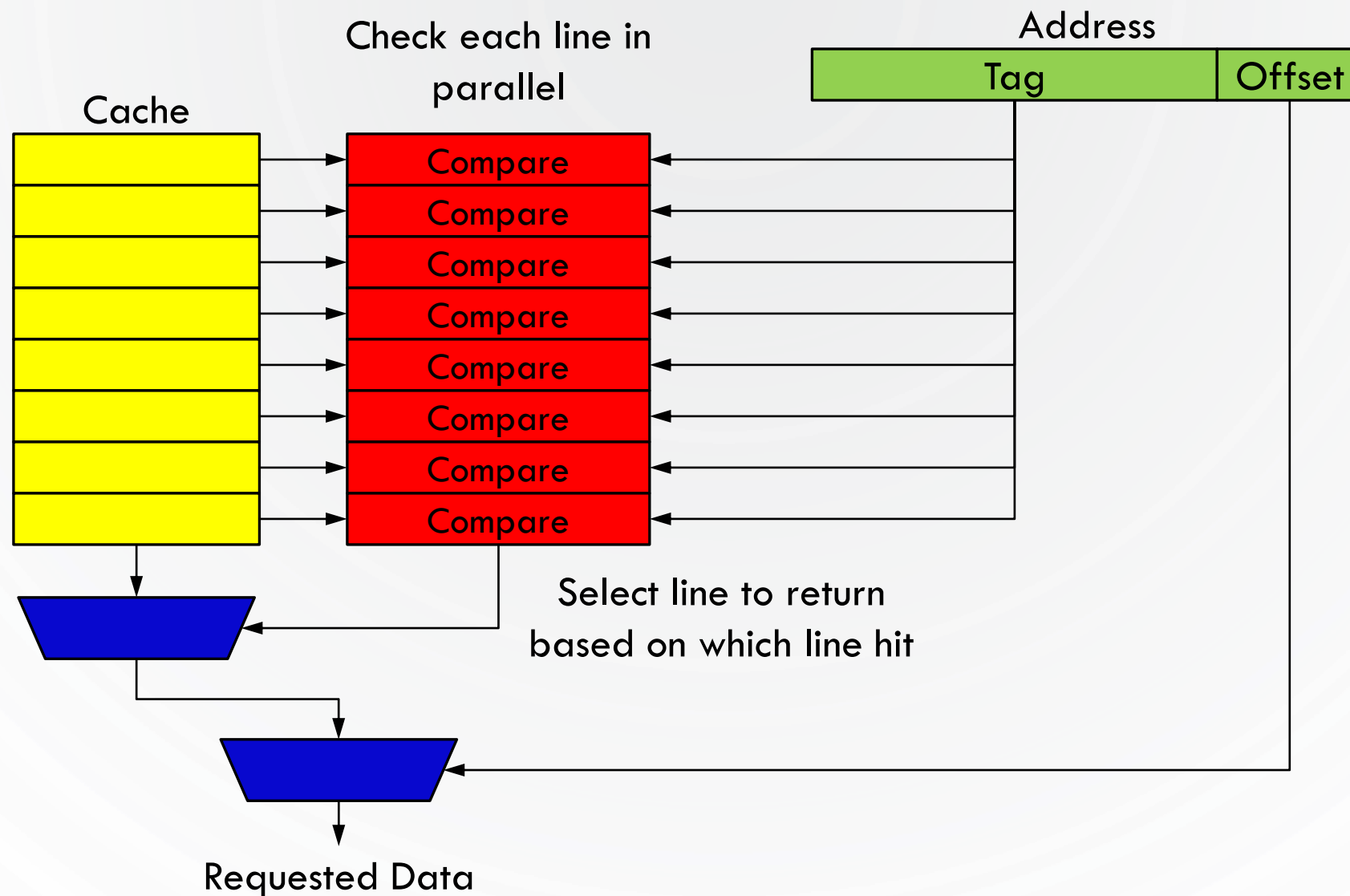
0 - 63  
64 - 127  
128 - 191  
...  
960 - 1023  
1024 - 1087  
1088 - 1151  
1152 - 1215  
...  
2048 - 2111  
2112 - 2175  
...  
2<sup>32</sup> - 1

Address

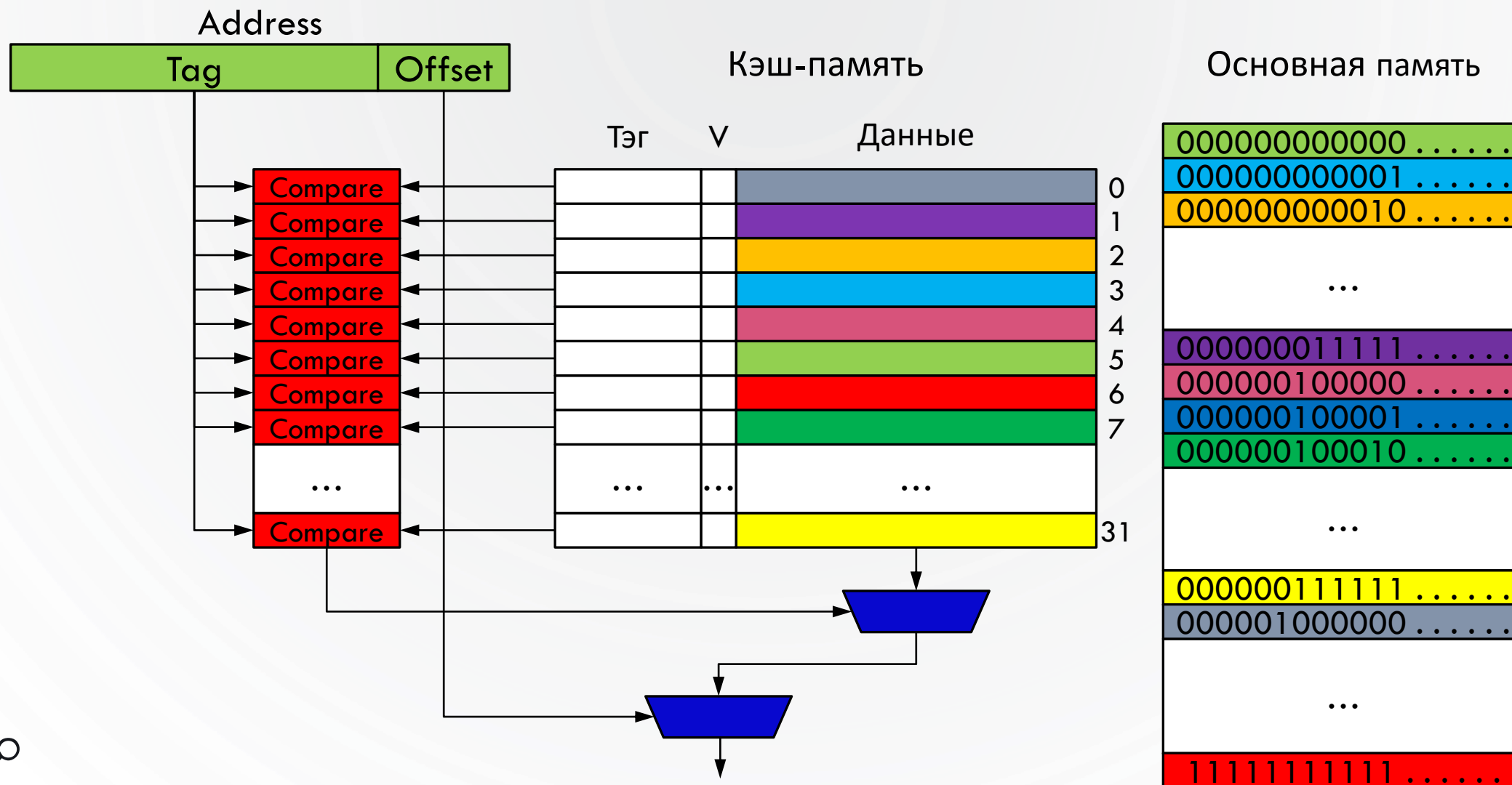
Tag Offset



# ПОЛНОСТЬЮ АССОЦИАТИВНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ

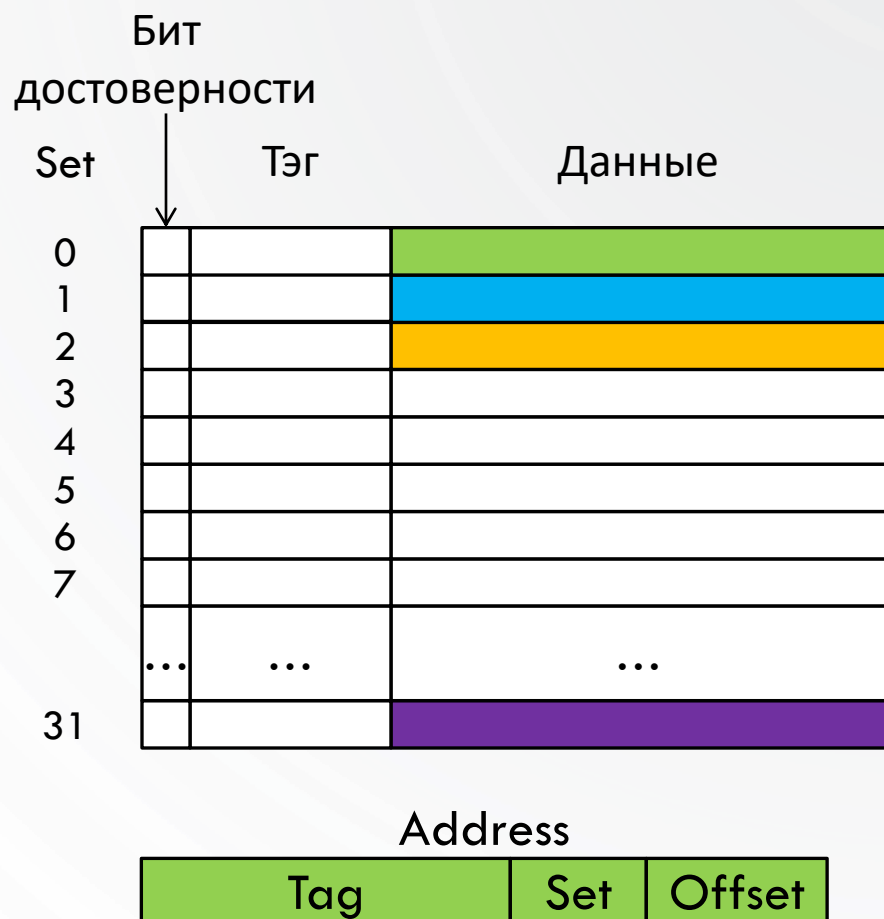


# ПОЛНОСТЬЮ АССОЦИАТИВНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ

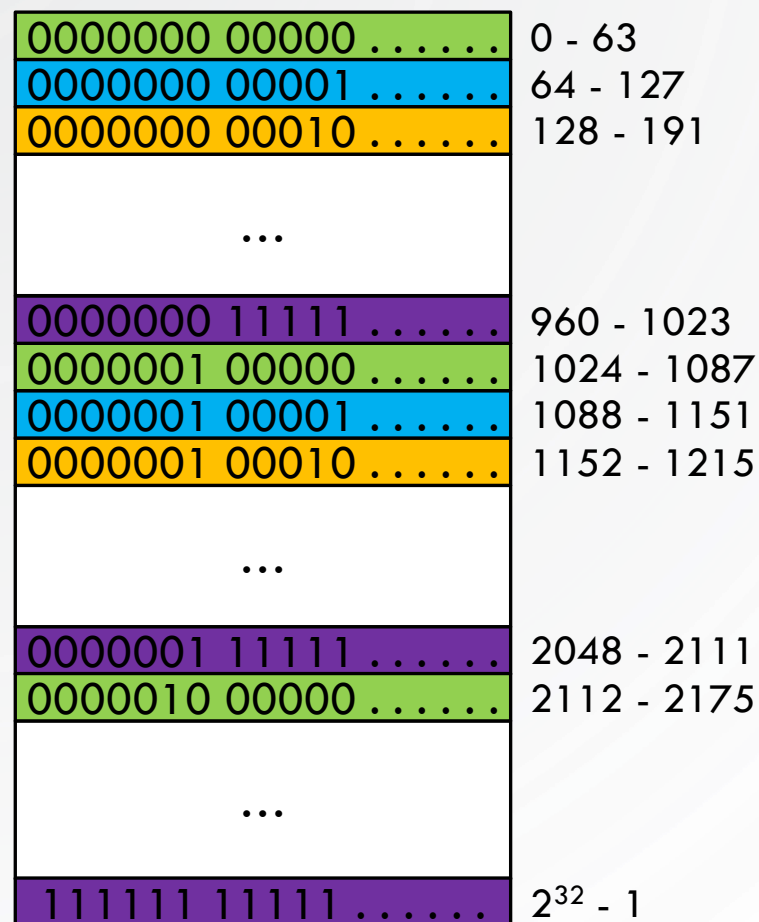


# ПРЯМОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ

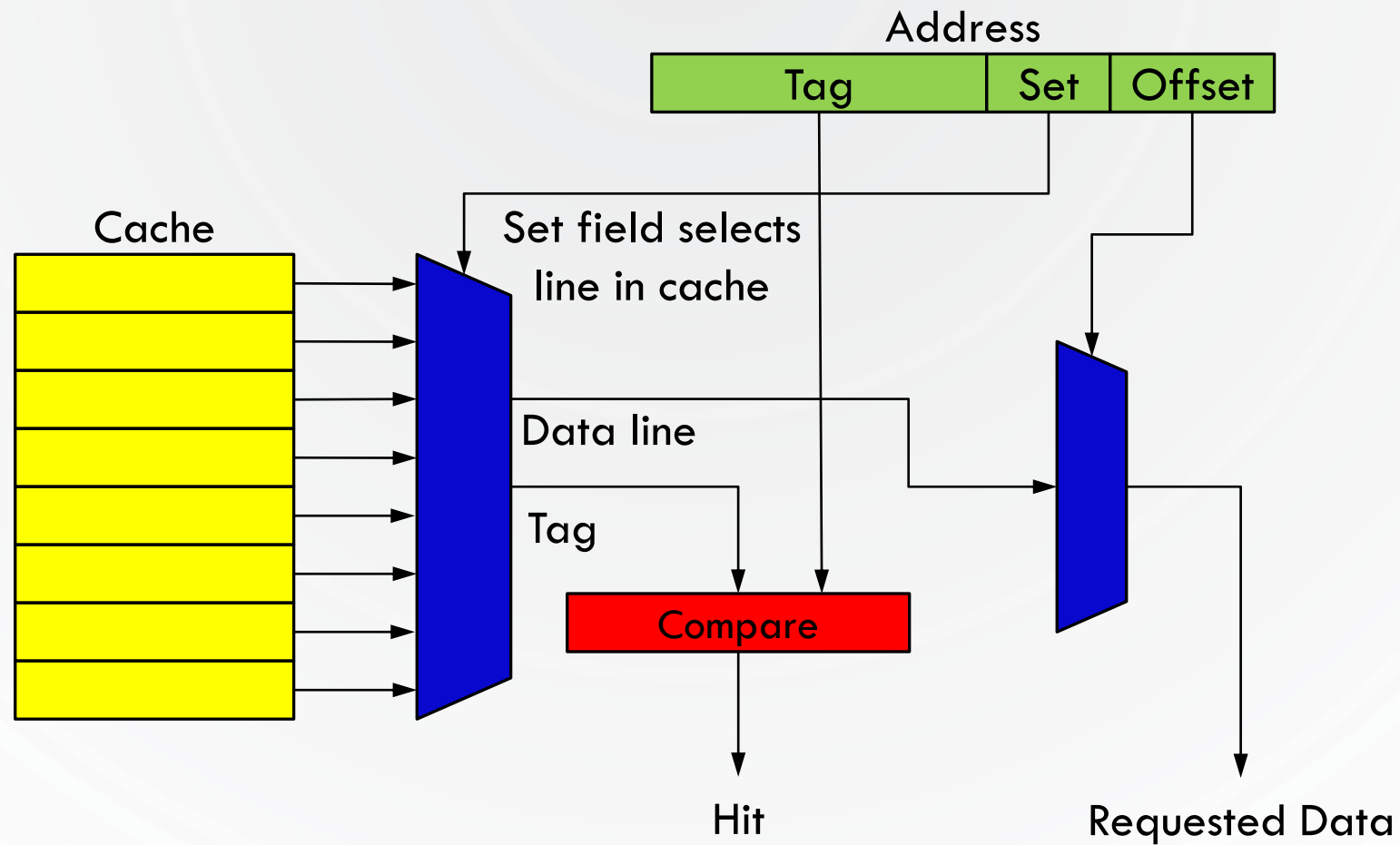
Кэш-память



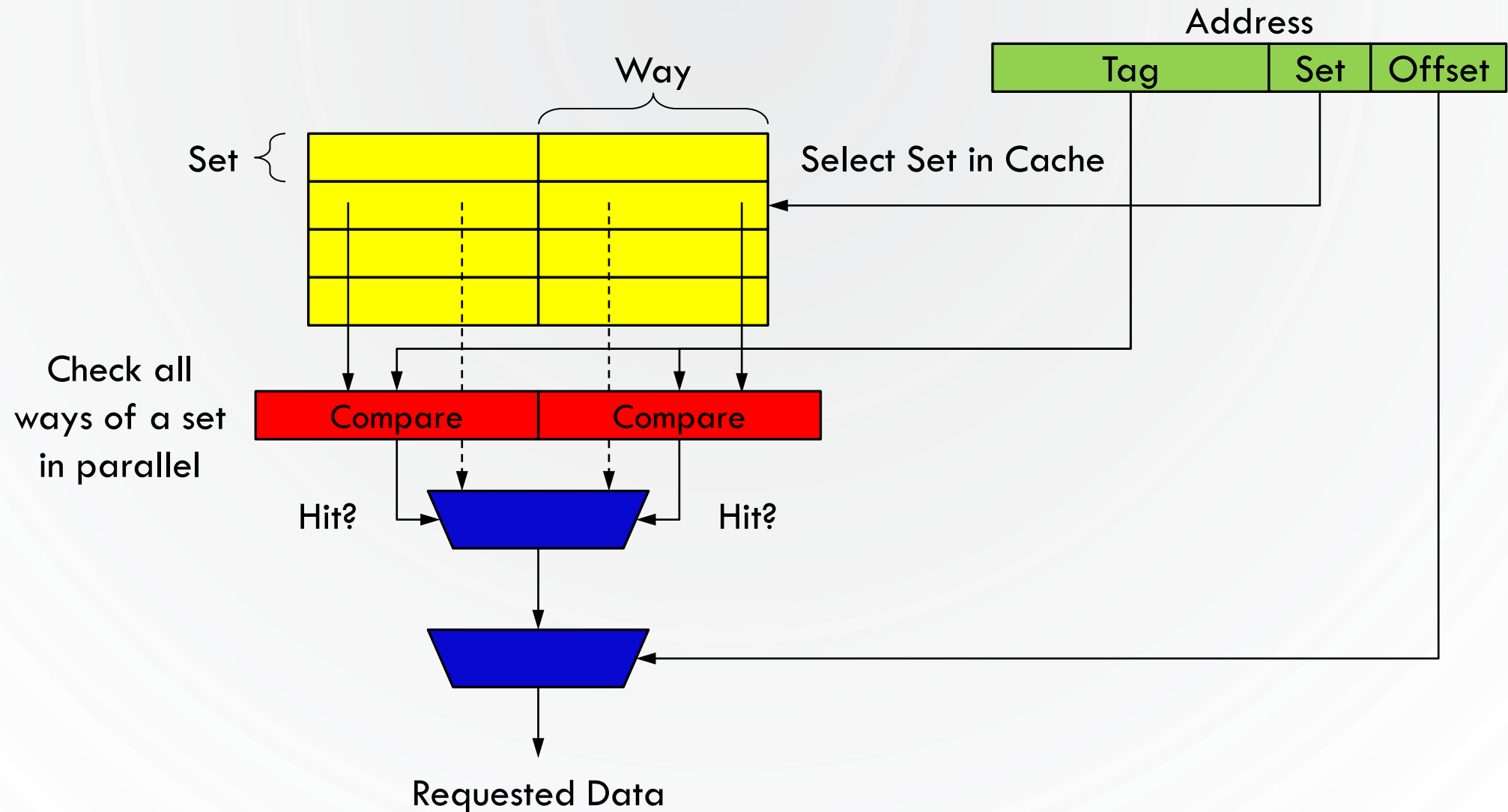
Основная память



# ПРЯМОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ



# МНОЖЕСТВЕННО-АССОЦИАТИВНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ (КП)



# МНОЖЕСТВЕННО-АССОЦИАТИВНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ (КП)

Кэш-память

Бит достоверности		Бит достоверности		Бит достоверности		Бит достоверности	
Тэг		Данные		Тэг		Данные	
0	.000		.010		.111		.100
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
...	...	...	...	...	...	...	...
31							

Address

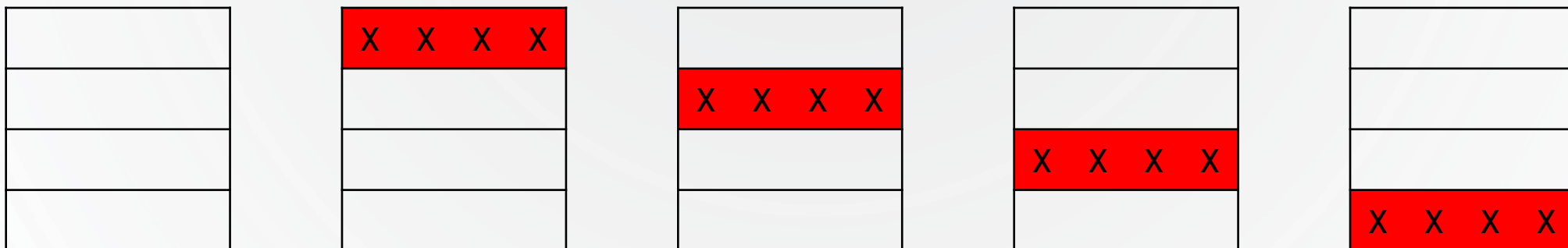
Tag	Set	Offset
-----	-----	--------




Основная память

0000000 00000 .....
0000000 00001 .....
0000000 00010 .....
...
0000000 11111 .....
0000001 00000 .....
0000001 00001 .....
0000001 00010 .....
...
0000001 11111 .....
0000010 00000 .....
...
1111111 11111 .....

# АЛГОРИТМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ СТРОК

## Циклический

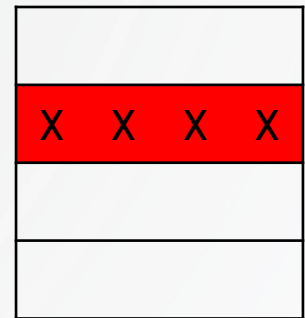
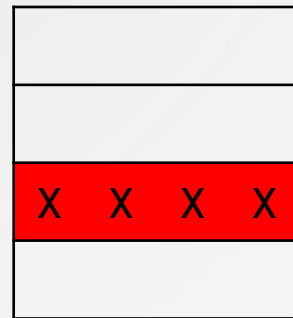
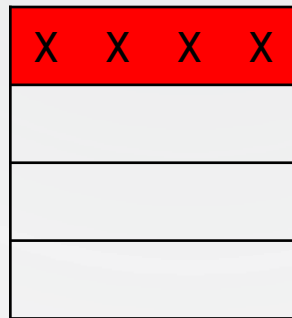
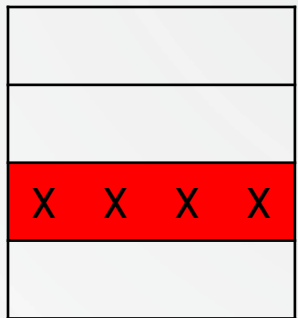
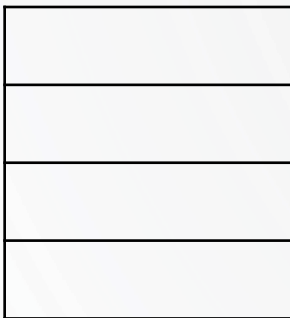





-  - Чтение слова
-  - Запись слова
-  - Замещение строки



# АЛГОРИТМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ СТРОК

Случайный



-  - Чтение слова
-  - Запись слова
-  - Замещение строки

# АЛГОРИТМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ СТРОК

Наиболее давнего хранения




	3
	2
	1
	0

	3
	2
X	1
	0

	3
X	0
	2
	1

X X X X	0
	1
	3
	2

	1
	2
X X X X	0
	3

-  - Чтение слова
-  - Запись слова
-  - Замещение строки

# АЛГОРИТМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ СТРОК

LRU (Наиболее давнего использования)




	3
	2
	1
	0

	3
	2
X	0
	1

	3
X	0
	1
	2

X X X X	0
	1
	2
	3

	1
	2
	3
X X X X	0

-  - Чтение слова
-  - Запись слова
-  - Замещение строки

# АЛГОРИТМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ СТРОК

Наименьшего использования




	1
	1
	1
	1

	1
	1
X	2
	1

	1
X	2
	2
	1

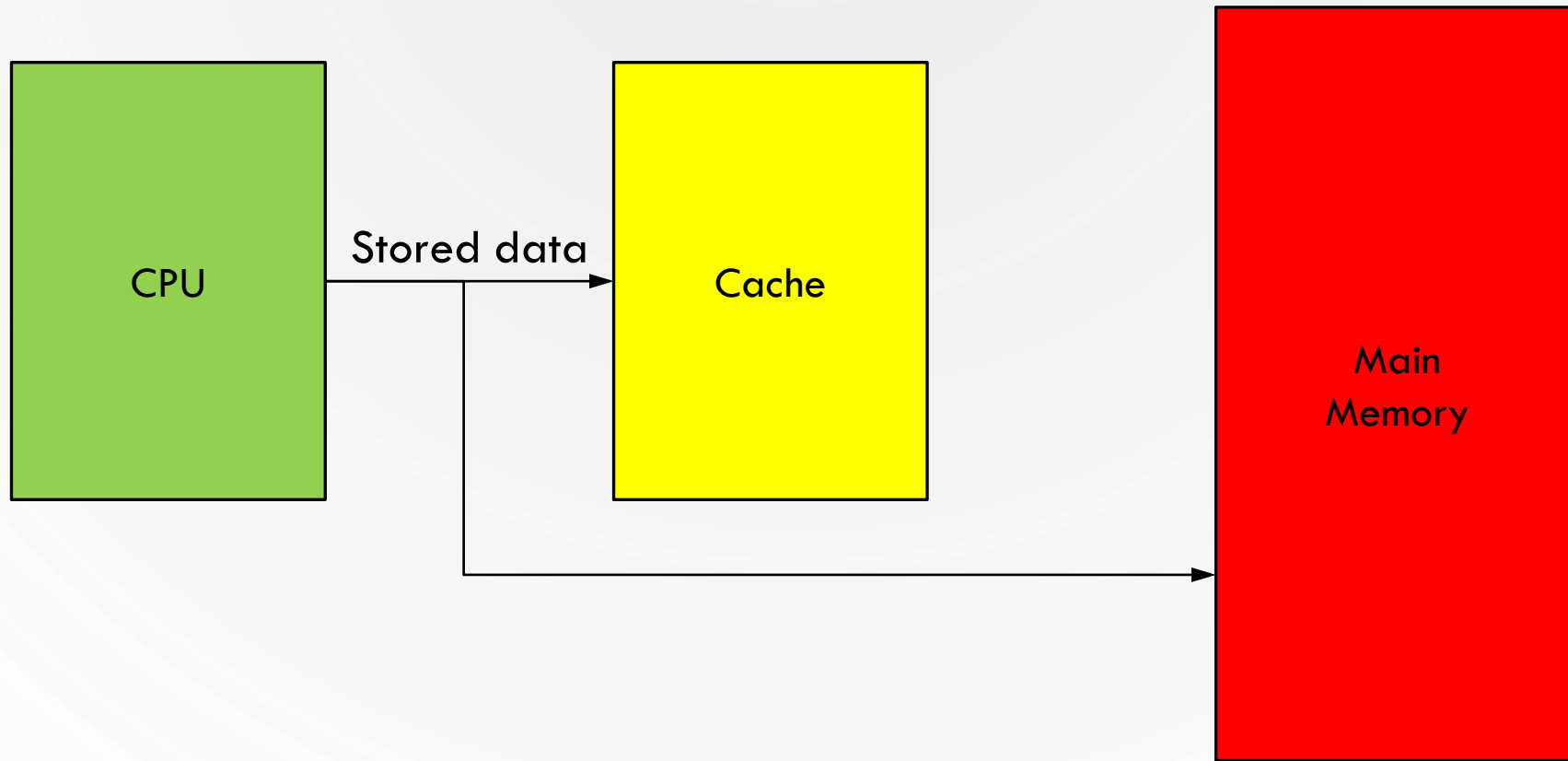
X X X X	1
	2
	2
	1

	1
	2
	2
X X X X	1

-  - Чтение слова
-  - Запись слова
-  - Замещение строки

# СКВОЗНАЯ ЗАПИСЬ

Write-Through Cache



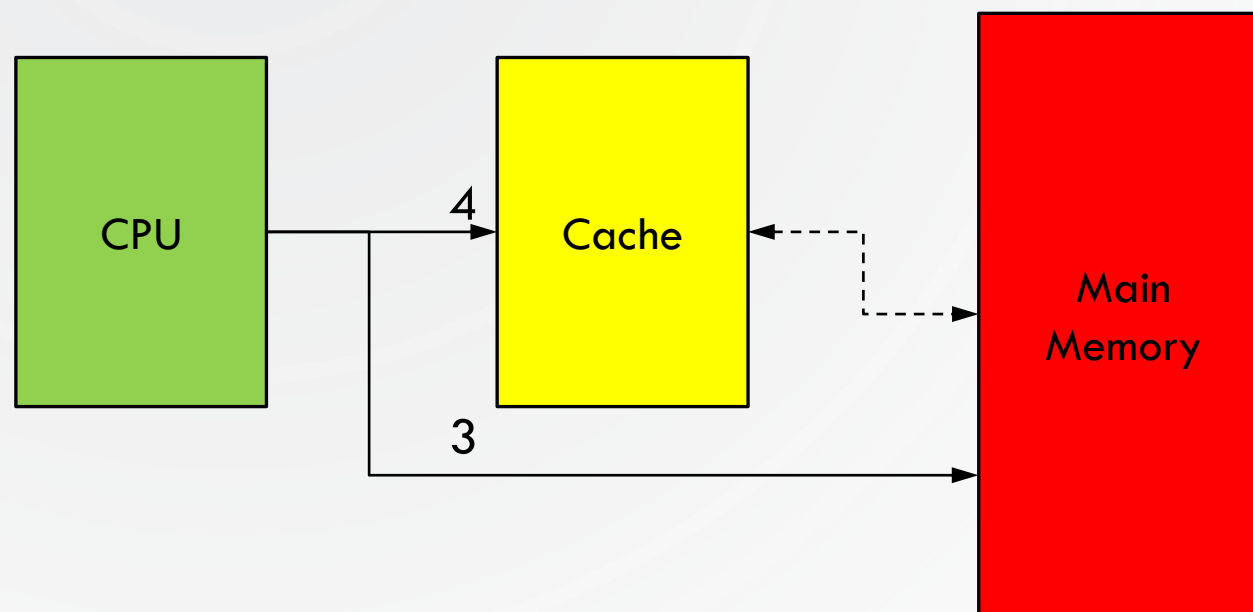
# СКВОЗНАЯ ЗАПИСЬ (HIT)

1. ЦП  $\xrightarrow{A'}$

2. HIT = 1

3. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  ОЗУ

4. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  КЭШ

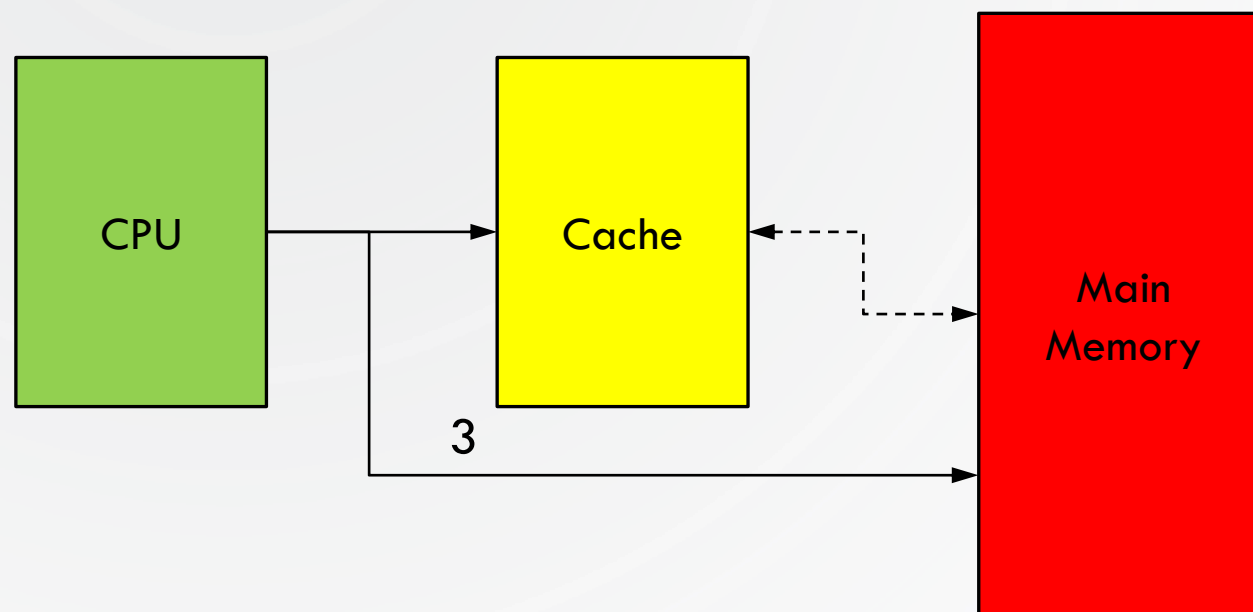


# СКВОЗНАЯ ЗАПИСЬ БЕЗ ОТОБРАЖЕНИЯ (MISS)

1. ЦП  $\xrightarrow{A'}$

2. HIT = 0

3. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  ОЗУ



# СКВОЗНАЯ ЗАПИСЬ С ОТОБРАЖЕНИЕМ (MISS)

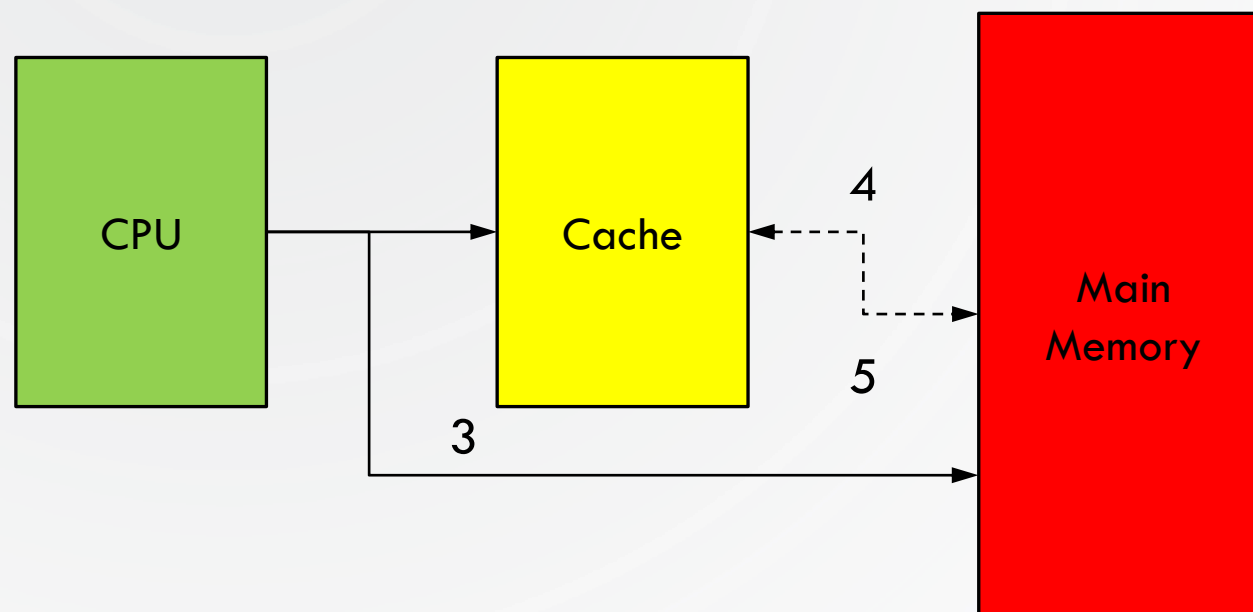
1. ЦП  $\xrightarrow{A'}$

2. HIT = 0

3. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  ОЗУ

4. КЭШ  $\xrightarrow{[A, B, C, D]}$  ОЗУ

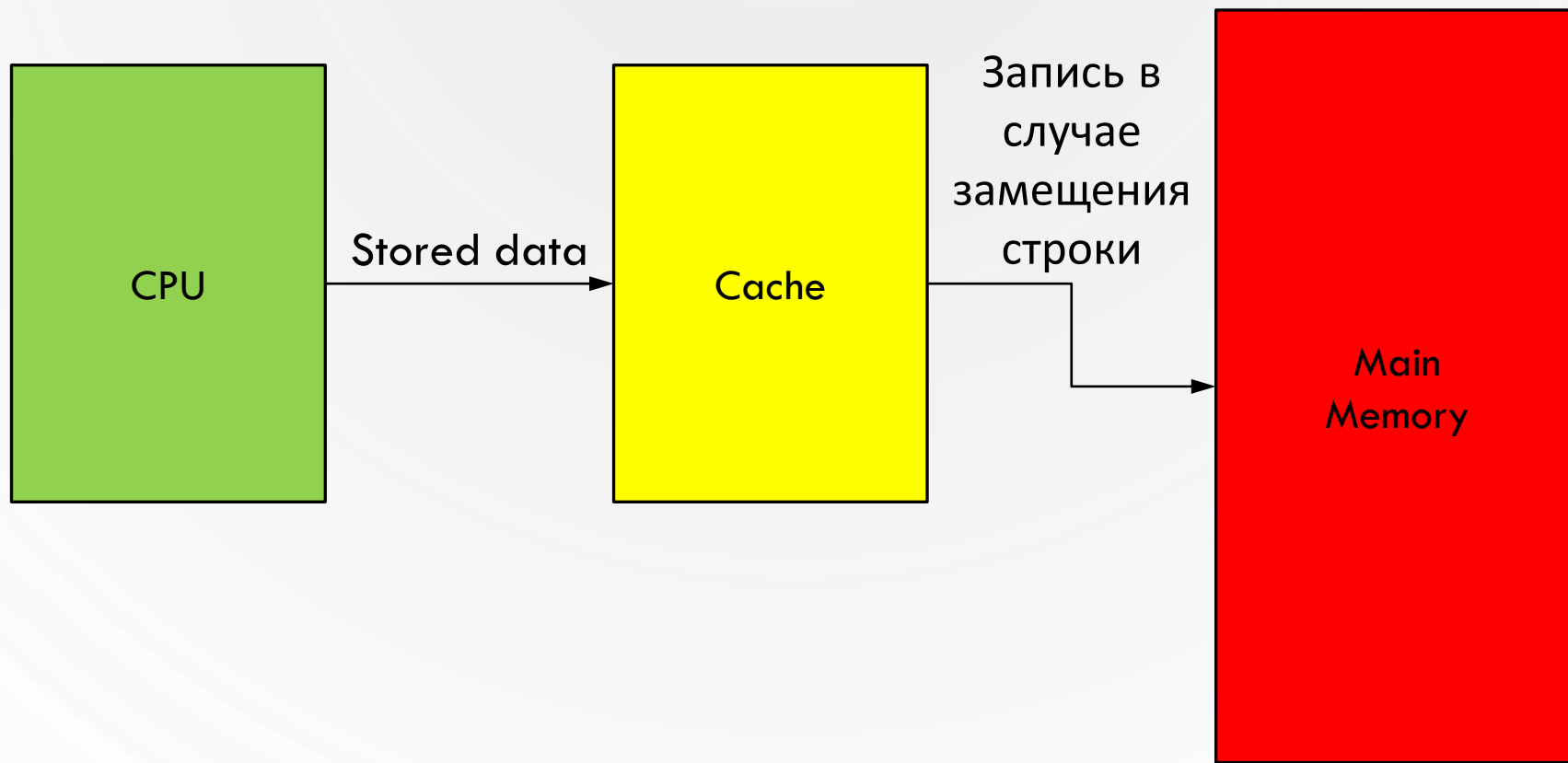
5. ОЗУ  $\xrightarrow{A', B, C, D}$  КЭШ





# ОТЛОЖЕННАЯ ЗАПИСЬ

Write-Back Cache

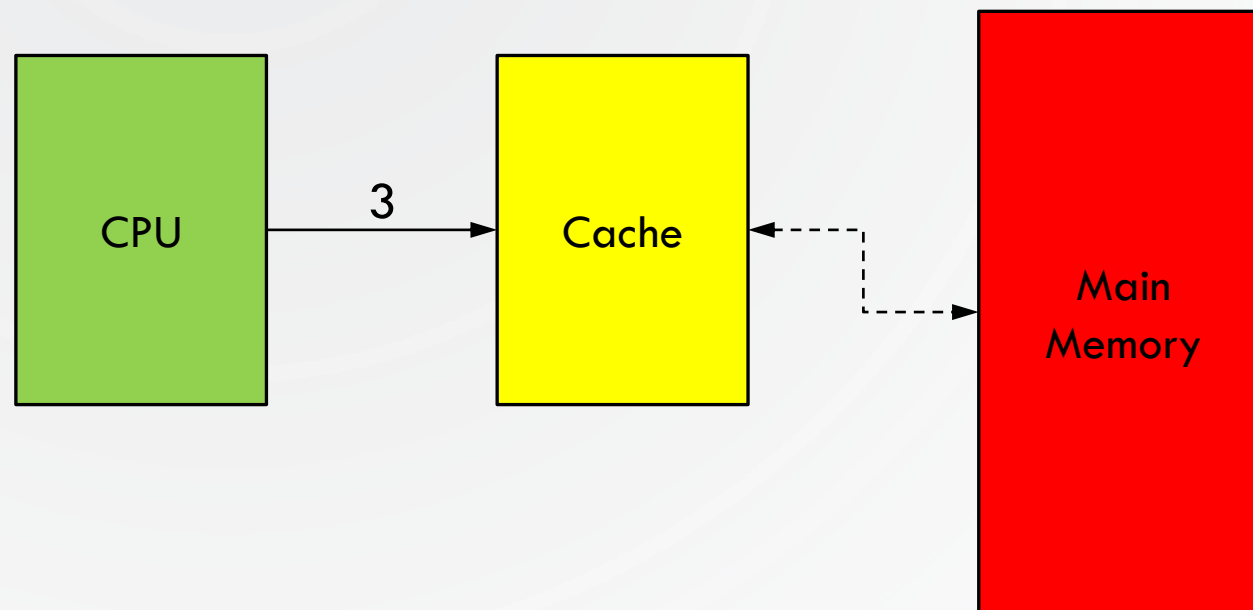


# ПРОСТАЯ ОТЛОЖЕННАЯ ЗАПИСЬ (HIT)

1. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  КЭШ

2. HIT = 1

3. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  КЭШ



# ПРОСТАЯ ОТЛОЖЕННАЯ ЗАПИСЬ (MISS)

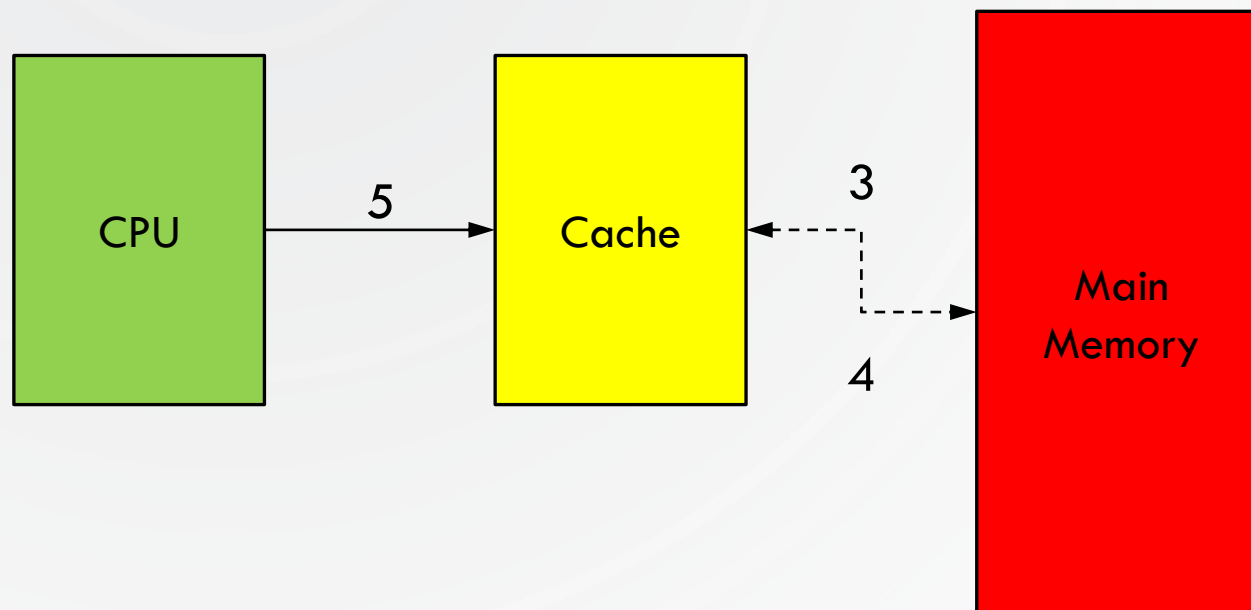
1. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  КЭШ

2. HIT = 0

3. КЭШ  $\xrightarrow{E', F, G', H}$  ОЗУ

4. ОЗУ  $\xrightarrow{A, B, C, D}$  КЭШ

5. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  КЭШ



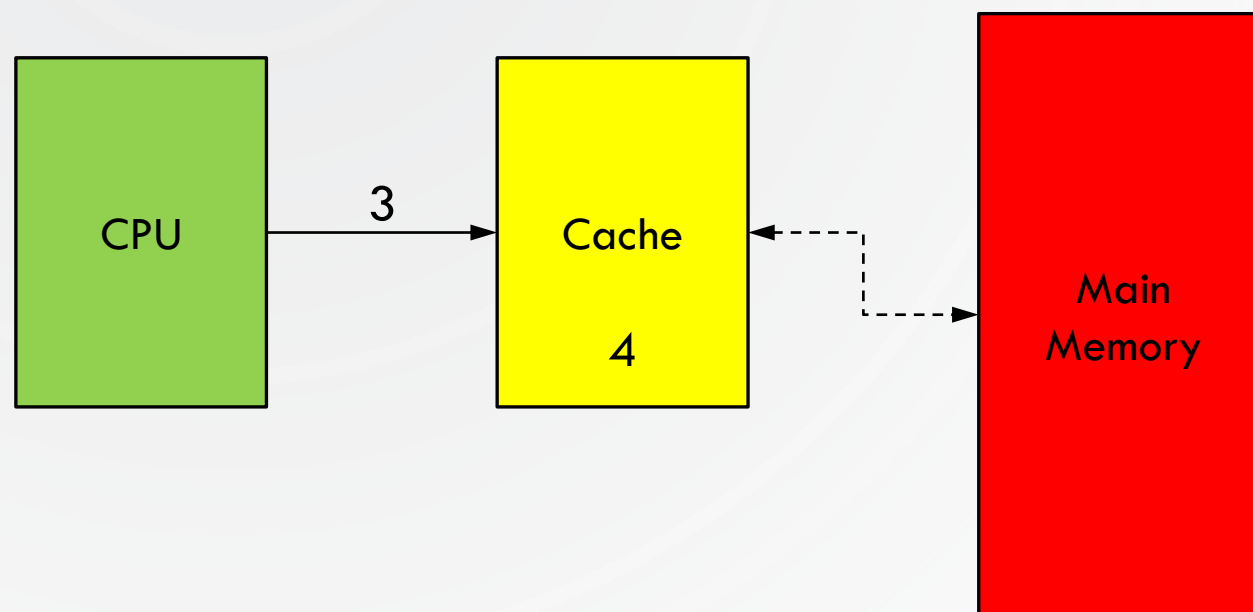
# ФЛАГОВАЯ ОТЛОЖЕННАЯ ЗАПИСЬ (HIT)

1. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  КЭШ

2.  $HIT = 1$

3. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  КЭШ

4.  $DIRTY\ BIT = 1$



# ФЛАГОВАЯ ОТЛОЖЕННАЯ ЗАПИСЬ (MISS)

1. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  КЭШ

2. HIT = 0

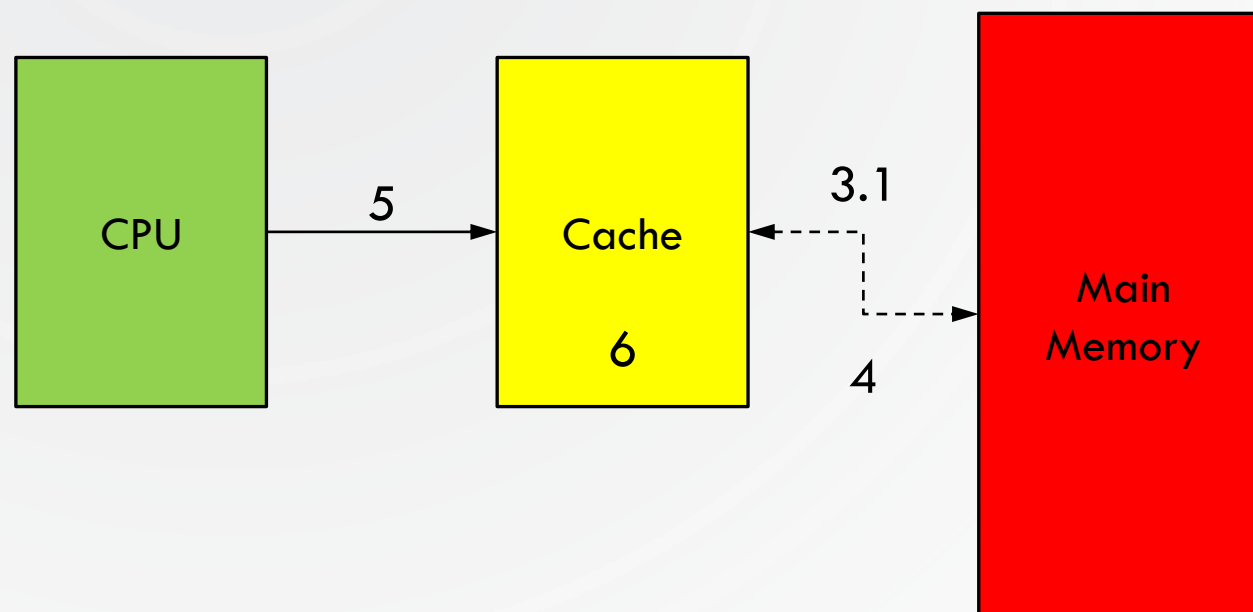
3. IF DIRTY BIT = 1

1. КЭШ  $\xrightarrow{E', F, G', H}$  ОЗУ

4. ОЗУ  $\xrightarrow{A, B, C, D}$  КЭШ

5. ЦП  $\xrightarrow{A'}$  КЭШ

6. DIRTY BIT = 1



# ФЛАГОВАЯ ОТЛОЖЕННАЯ ЗАПИСЬ (READ MISS)

1. ЦП  $\xrightarrow{[A]}$  КЭШ

2.  $HIT = 0$

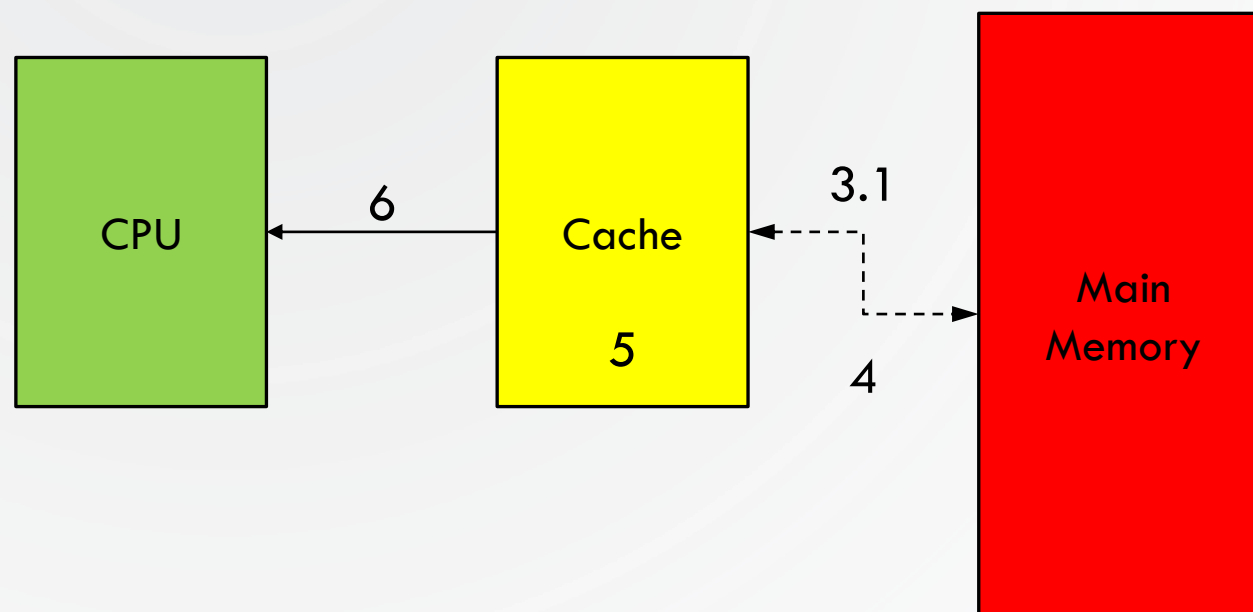
3. *IF DIRTY BIT* = 1

1. КЭШ  $\xrightarrow{E', F, G', H}$  ОЗУ

4. ОЗУ  $\xrightarrow{A, B, C, D}$  КЭШ

5. *DIRTY BIT* = 0

6. КЭШ  $\xrightarrow{A}$  ЦП



# РАСЧЁТ РАЗМЕРА КЭШ, ОЗУ И ША

- Объём кэш = кол-во строк \* кол-во слов в строке
- Объём ОЗУ = объём кэш \* кратность
- ША =  $\log_2(\text{Объём ОЗУ})$
- Offset =  $\log_2(\text{кол-во слов в строке})$
- Set =  $\log_2(\text{кол-во строк в наборе} \setminus \text{модуле})$
- Tag = ША – offset – set

# МОДЕЛИРОВАНИЕ

8 Л.Р.

- Read miss
- Read hit

9 Л.Р.

- Read miss
- Read hit
- Write miss
- Write hit
- Замещение строк



# МОДЕЛИРОВАНИЕ 9 Л.Р.

## СКВОЗНАЯ БЕЗ ОТОБРАЖЕНИЯ

- Read miss
- Read hit
- Write miss
- Write hit

## СКВОЗНАЯ С ОТОБРАЖЕНИЕМ

- Read miss (кэш пустой)
- Read hit
- Write miss (кэш пустой)
- Write hit
- Read miss (замещение кэш-линии)
- Write miss (замещение кэш-линии)

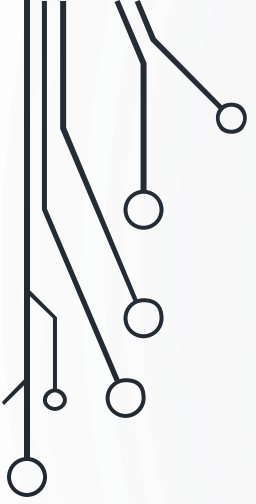
# МОДЕЛИРОВАНИЕ 9 Л.Р.

## ПРОСТАЯ ОТЛОЖЕННАЯ

- Read miss (кэш пустой)
- Read hit
- Write miss (кэш пустой)
- Write hit
- Read miss (выгрузка кэш-линии измененной)
- Write miss (выгрузка кэш-линии измененной)
- Read miss (выгрузка кэш-линии неизмененной)
- Write miss (выгрузка кэш-линии неизмененной)

## ФЛАГОВАЯ ОТЛОЖЕННАЯ

- Read miss (кэш пустой)
- Read hit
- Write miss (кэш пустой)
- Write hit
- Read miss (выгрузка кэш-линии)
- Write miss (выгрузка кэш-линии)
- Read miss (без выгрузки)
- Write miss (без выгрузки)



# БАЛЛЫ ЗА Л.Р.

4-8 – за выполнение.

1 – за скорость сдачи.



# СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- Титульный лист
- Задание согласно варианту
- Расчёт объёма кэш-памяти и ОЗУ
- Разбиение адреса на поля – Tag, Set и Offset
- Основные схемы
- Содержание памяти до моделирования и после
- Моделирование схемы