



Факультатив «Углубленное изучение языка C»

Преподаватель:

Балабаев Сергей Андреевич



План занятий

- ☐ Занятие – дополнительное
- ☐ Оценок не будет
- ☐ Баллы в ОРИОКС ставятся за посещаемость ☹️
- ☐ Можно (и даже нужно) гуглить
- ☐ Не стесняемся задавать вопросы
- ☐ Если стесняемся, то можно писать в лс
- ☐ Стараемся вдумываться...



План занятий

№	Тема	Описание
1	Введение в курс	Языки программирования. Основы работы с Linux.
2	Основы языка C	Написание и компиляция простейших программ с использованием gcc. Правила написания кода.
3	Компиляция	Разбиение программы на отдельные файлы. Make файлы. Компиляция.
4	Ввод данных. Библиотеки	Работа со вводом/выводом. Работа с файлами в языке C. Статические и динамические библиотеки.
5	Хранение данных. Память	Хранение процесса в памяти компьютера. Виртуальная память, сегментация. Секции программы.
6	Устройство памяти.	Elf файлы. Указатели и массивы. Типы данных. Gdb и отладка
7	Аллокация памяти	Аллокация памяти. Битовые операции – сдвиги, логические операции. Битовые поля. Перечисления. Static переменные. Inline функции.
8	Язык ассемблера	Язык ассемблера. Вызов функции. Безопасные функции. Макросы



Рекомендованная литература

1. *Ашарина И.В.* Язык программирования C++. Конспект лекций по курсу “Информатика”. - М.: МИЭТ, 2000. - 112 с.: ил
2. *Брайан Керниган, Деннис Ритчи* - Язык программирования Си Москва: Диалектика, 2020.
3. *Прата С.* Язык программирования C. Лекции и упражнения, 6-е изд. : Пер. с англ. — М. :ООО “И.Д. Вильямс”, 2015. — 928 с.

4. *Столяров А.В.* Низкоуровневое программирование. Том 2 Глава 4
5. *Дэвид М. Харрис и Сара Л. Харрис* Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. Приложение «C»

6. *Igor Zhirkov* Low-Level Programming: C, Assembly, and Program Execution on Intel 64 Architecture
7. *Richard Reese* Understanding and Using C Pointers-O Reilly Media 2013
8. *Suzanne J. Matthews* Dive into Systems <https://diveintosystems.org/>
9. Видеолекции МФТИ – Тимофей Хирьянов (Youtube)



Вместо введения

Задача

Необходимо перемножить две матрицы размерностью $N \times N$

Решение для $N=2$

$$C_{ij} = \sum_{s=1}^n A_{is} B_{sj} \quad A = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} c_1 & d_1 \\ c_2 & d_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_1 & d_1 \\ c_2 & d_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ? & ? \\ ? & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

Задача

Необходимо перемножить две матрицы размерностью $N \times N$

Решение

$$C_{ij} = A_{i1}B_{1j} + A_{i2}B_{2j}$$
$$C_{11} = A_{11}B_{11} + A_{12}B_{21}$$
$$\begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_1 & d_1 \\ c_2 & d_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1c_1 + b_1c_2 & ? \\ ? & ? \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_1 & d_1 \\ c_2 & d_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1c_1 + b_1c_2 & a_1d_1 + b_1d_2 \\ a_2c_1 + b_2c_2 & a_2d_1 + b_2d_2 \end{pmatrix}$$



Вместо введения

Задача

Необходимо перемножить две матрицы размерностью $N \times N$

Решение

$$C_{ij} = \sum_{s=1}^n A_{is} B_{sj} \quad \begin{pmatrix} A_{11} & * & A_{1n} \\ * & * & * \\ A_{n1} & * & A_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{11} & * & B_{1n} \\ * & * & * \\ B_{n1} & * & B_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ? & * & ? \\ * & * & * \\ ? & * & ? \end{pmatrix}$$

$$C_{ij} = A_{i1} B_{1j} + A_{i2} B_{2j} + \dots + A_{in} B_{nj}$$

$$\begin{pmatrix} A_{11} & * & A_{1n} \\ * & * & * \\ A_{n1} & * & A_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{11} & * & B_{1n} \\ * & * & * \\ B_{n1} & * & B_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ? & * & ? \\ * & * & * \\ ? & * & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

```
for (int i = 0; i < n; i++)  
    for (int j = 0; j < n; j++)  
        for (int s = 0; s < n; s++)  
            C[i][j] = C[i][j] + A[i][s] * B[s][j];
```

i=0, j=0, s=0 C[0][0] = C[0][0] + A[0][0] * B[0][0];

i=0, j=0, s=1 C[0][0] = C[0][0] + A[0][1] * B[1][0];

i=0, j=0, s=n-1 C[0][0] = C[0][0] + A[0][n-1] * B[n-1][0];

$$\begin{pmatrix} \boxed{A_{00} * A_{0(n-1)}} \\ * & * \\ A_{(n-1)0} * A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boxed{B_{00}} * B_{0(n-1)} \\ * & * \\ \boxed{B_{(n-1)0}} * B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{00}B_{00} + \dots + A_{(n-1)0}B_{0(n-1)}} * & * \\ * & * \\ ? & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

```
for (int i = 0; i < n; i++)
    for (int s = 0; s < n; s++)
        for (int j = 0; j < n; j++)
            C[i][j] = C[i][j] + A[i][s] * B[s][j];
```

i=0, s=0, j=0

C[0][0] = C[0][0] + A[0][0] * B[0][0];

i=0, s=0, j=1

C[0][1] = C[0][1] + A[0][0] * B[0][1];

i=0, s=0, j=n-1

C[0][n] = C[0][n-1] + A[0][0] * B[0][n-1];

$$\begin{pmatrix} \boxed{A_{00}} & * & A_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boxed{B_{00}} & * & \boxed{B_{0(n-1)}} \\ * & * & * \\ B_{(n-1)0} & * & B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{00}B_{00}} & * & \boxed{A_{00}B_{0(n-1)}} \\ * & * & * \\ ? & * & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

```
for (int i = 0; i < n; i++)  
    for (int s = 0; s < n; s++)  
        for (int j = 0; j < n; j++)  
            C[i][j] = C[i][j] + A[i][s] * B[s][j];
```

$i=0, s=1, j=0$ $C[0][0] = C[0][0] + A[0][1] * B[1][0];$

$i=0, s=1, j=1$ $C[0][1] = C[0][1] + A[0][1] * B[1][1];$

$i=0, s=1, j=n-1$ $C[0][n] = C[0][n-1] + A[0][1] * B[1][n-1];$

$$\begin{pmatrix} A_{00} & * & A_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{00} & * & B_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ B_{(n-1)0} & * & B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{00}B_{00} + A_{01}B_{10} & * & A_{00}B_{0(n-1)} + A_{01}B_{1(n-1)} \\ * & * & * \\ ? & * & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

```
for (int j = 0; j < n; j++)
    for (int s = 0; s < n; s++)
        for (int i = 0; i < n; i++)
            C[i][j] = C[i][j] + A[i][s] * B[s][j];
```

j=0, s=0, i=0

C[0][0] = C[0][0] + A[0][0] * B[0][0];

j=0, s=0, i=1

C[1][0] = C[1][0] + A[1][0] * B[0][0];

j=0, s=0, i=n-1

C[n-1][0] = C[n-1][0] + A[n-1][0] * B[0][0];

$$\begin{pmatrix} A_{00} & * & A_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{00} & * & B_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ B_{(n-1)0} & * & B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{00}B_{00} & * & ? \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0}B_{00} & * & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

```
for (int j = 0; j < n; j++)  
    for (int s = 0; s < n; s++)  
        for (int i = 0; i < n; i++)  
            C[i][j] = C[i][j] + A[i][s] * B[s][j];
```

j=0, s=1, i=0 C[0][0] = C[0][0] + A[0][1] * B[1][0];

j=0, s=1, i=1 C[1][0] = C[1][0] + A[1][1] * B[1][0];

j=0, s=1, i=n-1 C[n-1][0] = C[n-1][0] + A[n-1][1] * B[1][0];

$$\begin{pmatrix} A_{00} & * & A_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{00} & * & B_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ B_{(n-1)0} & * & B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{00}B_{00} + A_{01}B_{10} & * & ? \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0}B_{00} + A_{(n-1)1}B_{10} & * & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

А есть ли разница?

```

for (int j = 0; j < n; j++)
    for (int s = 0; s < n; s++)
        for (int i = 0; i < n; i++)
            C[i][j] = C[i][j] + A[i][s] * B[s][j];

```

j=0, s=1, i=0 C[0][0] = C[0][0] + A[0][1] * B[1][0];

j=0, s=1, i=1 C[1][0] = C[1][0] + A[1][1] * B[1][0];

j=0, s=1, i=n-1 C[n-1][0] = C[n-1][0] + A[n-1][1] * B[1][0];

$$\begin{pmatrix} A_{00} & * & A_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{00} & * & B_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ B_{(n-1)0} & * & B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{00}B_{00} + A_{01}B_{10} & * & ? \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0}B_{00} + A_{(n-1)1}B_{10} & * & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

Хранение массива в памяти

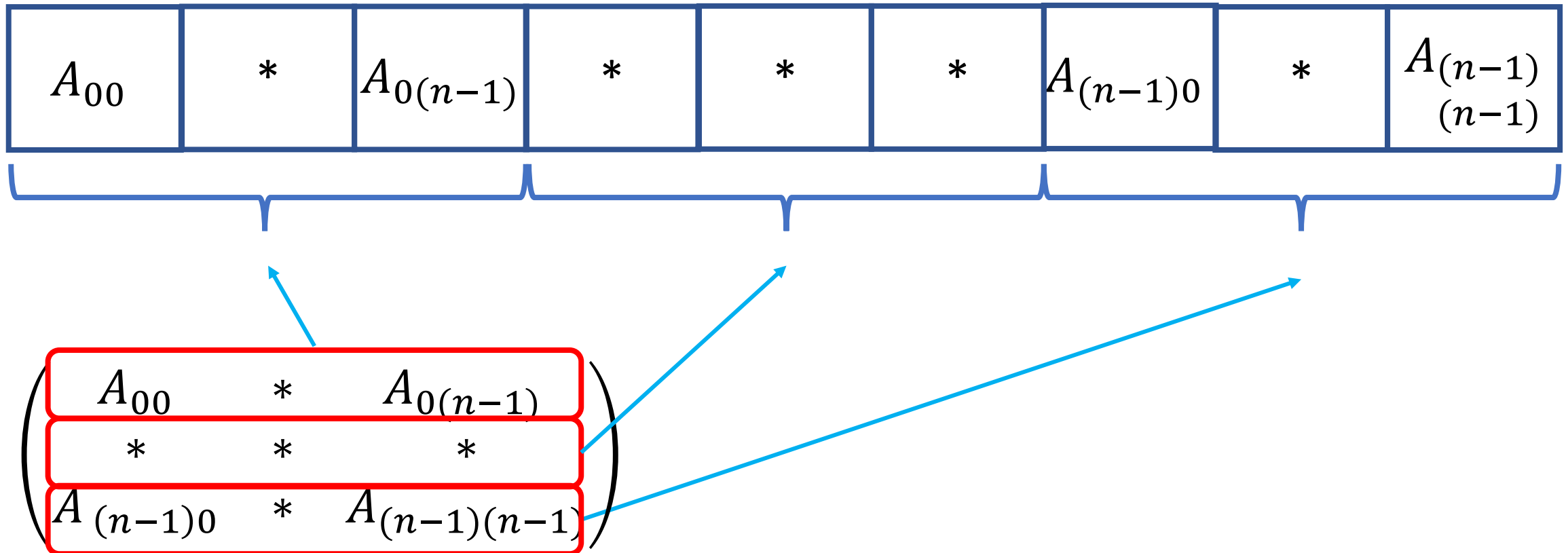
A_{00}	*	$A_{0(n-1)}$	*	*	*	$A_{(n-1)0}$	*	$A_{(n-1)(n-1)}$
----------	---	--------------	---	---	---	--------------	---	------------------

$$\begin{pmatrix} A_{00} & * & A_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix}$$



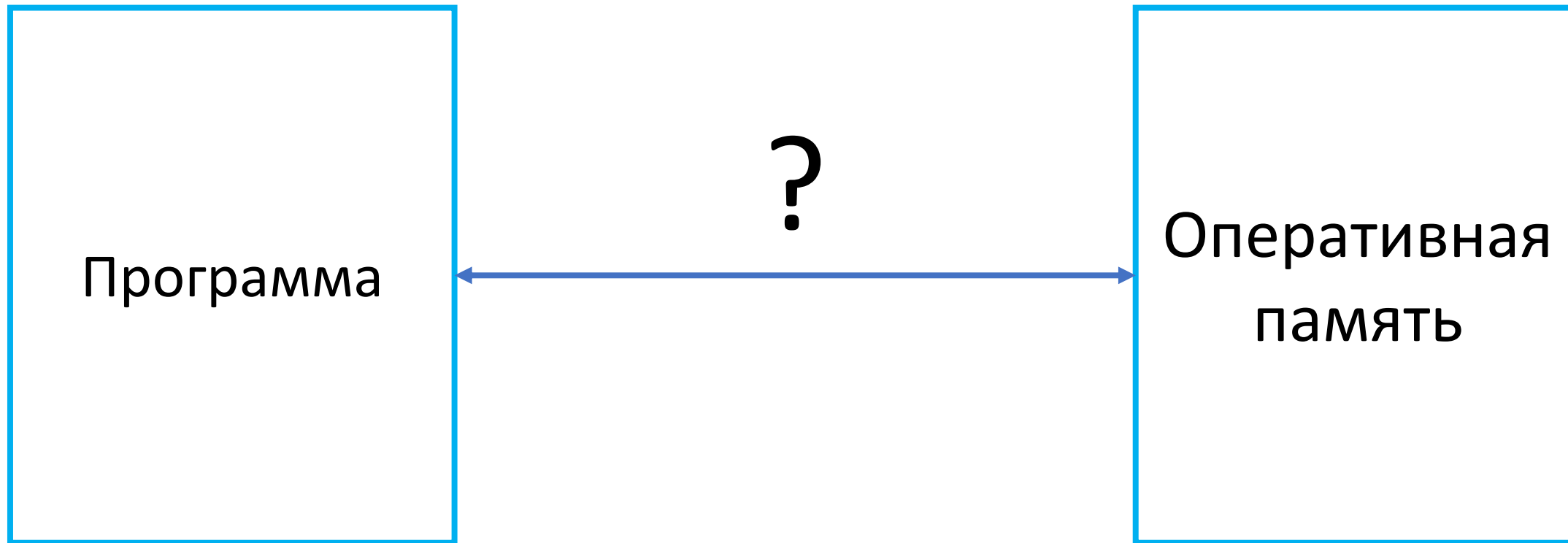
Вместо введения

Хранение массива в памяти



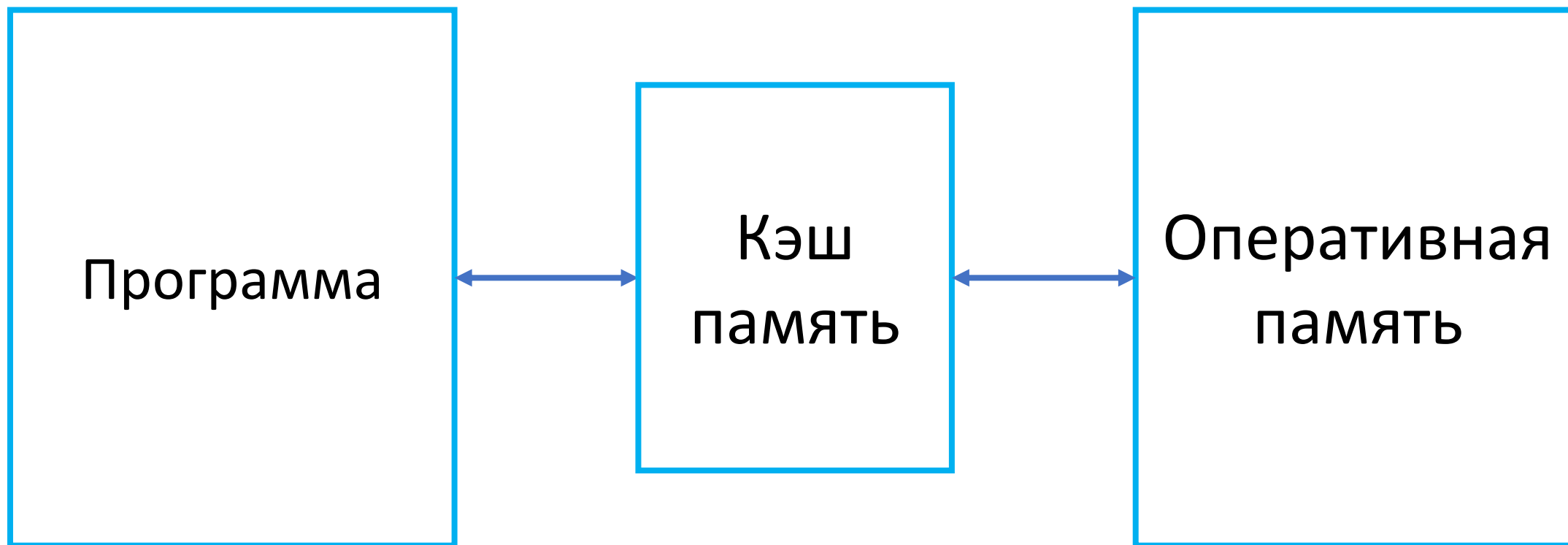


Вместо введения



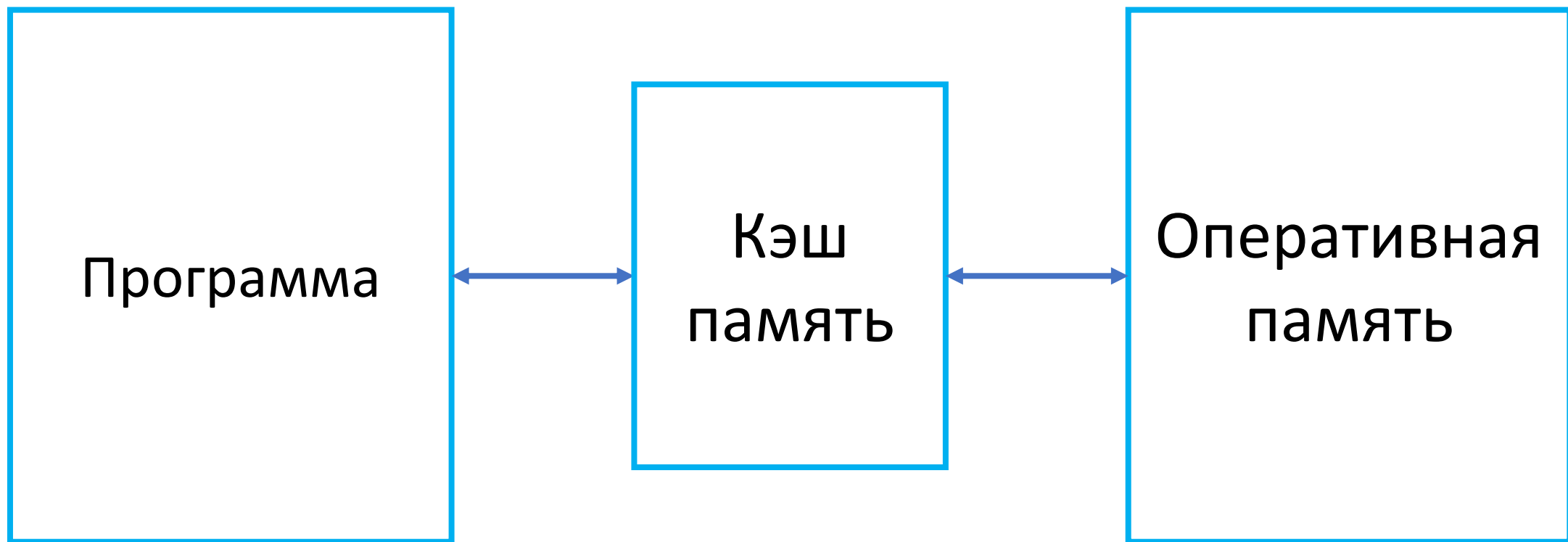


Вместо введения





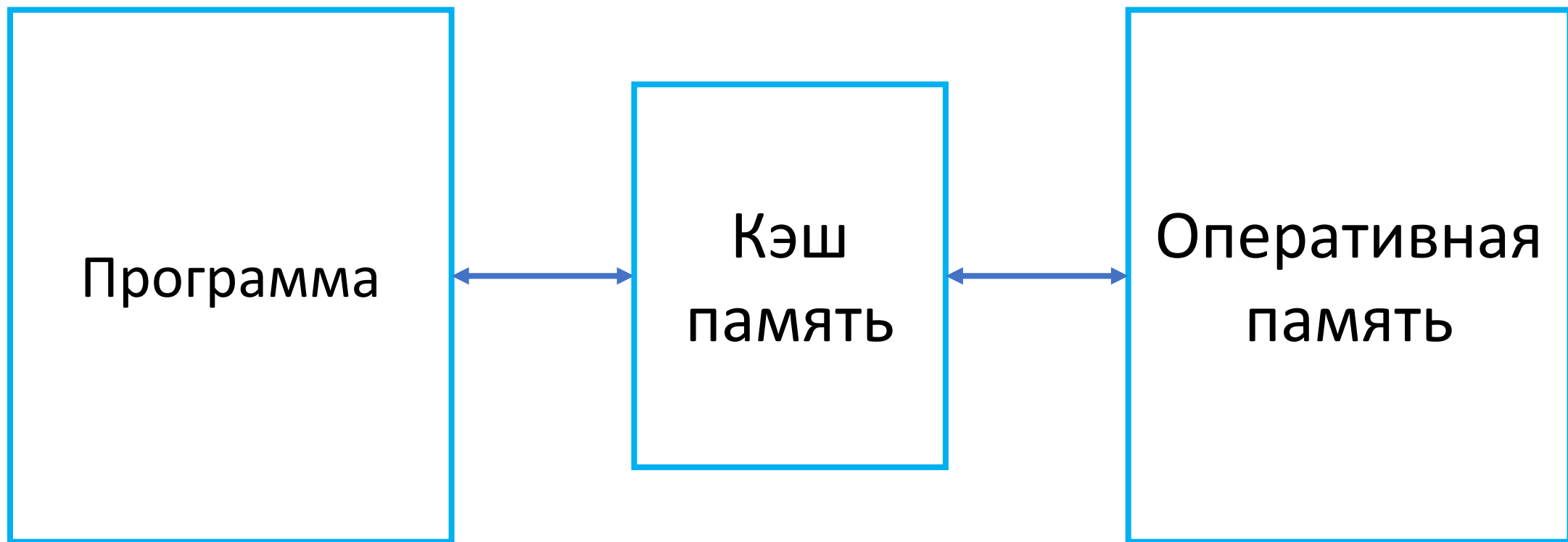
Вместо введения



1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---



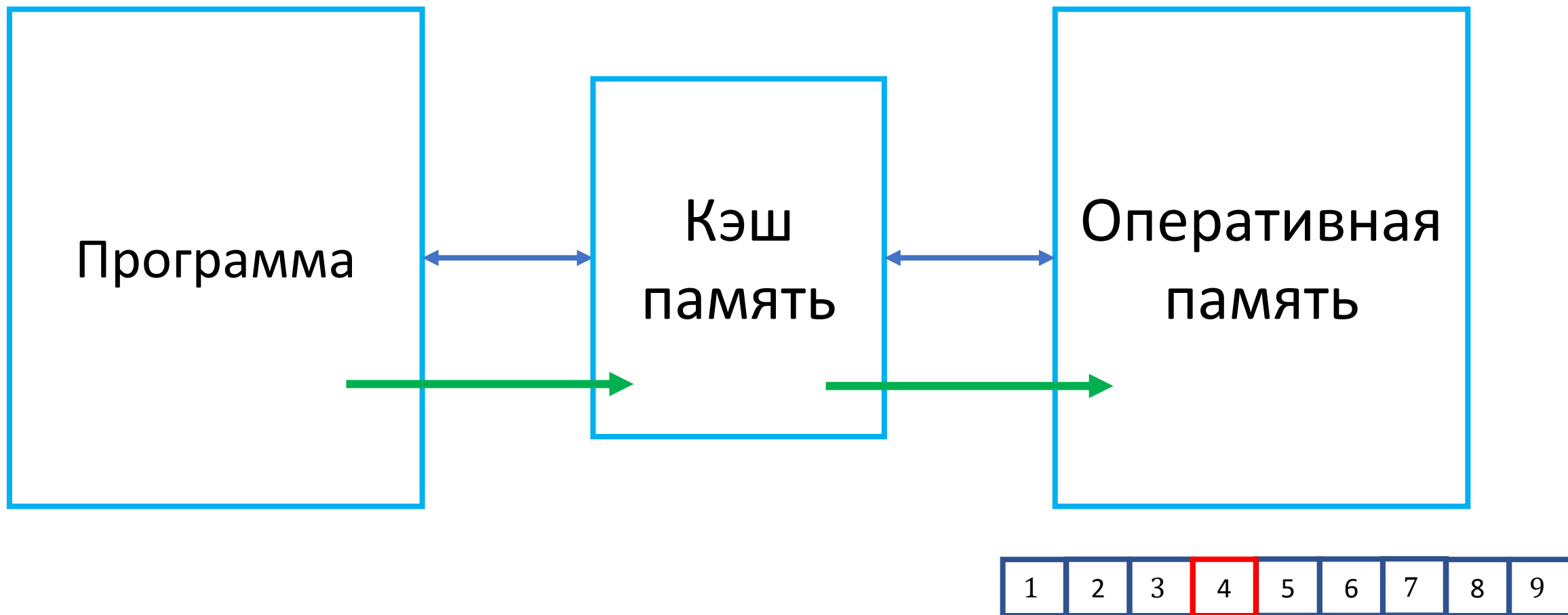
Вместо введения



1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

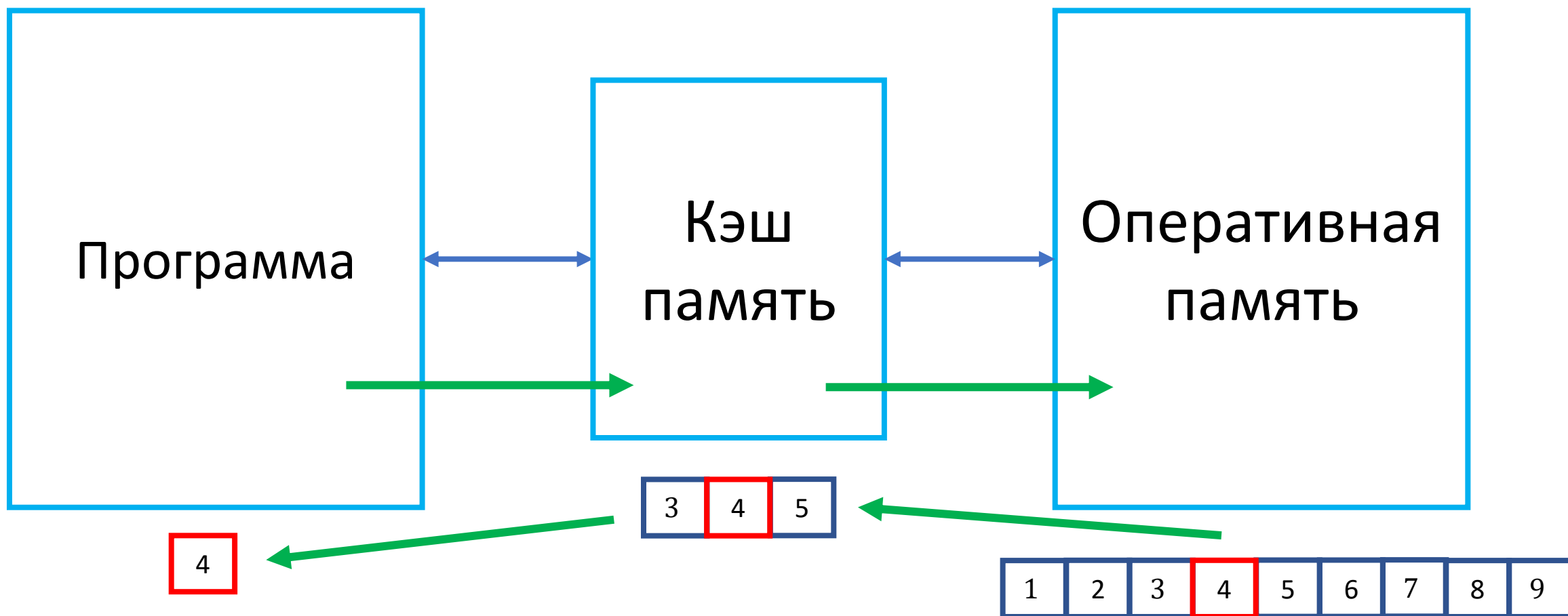


Вместо введения



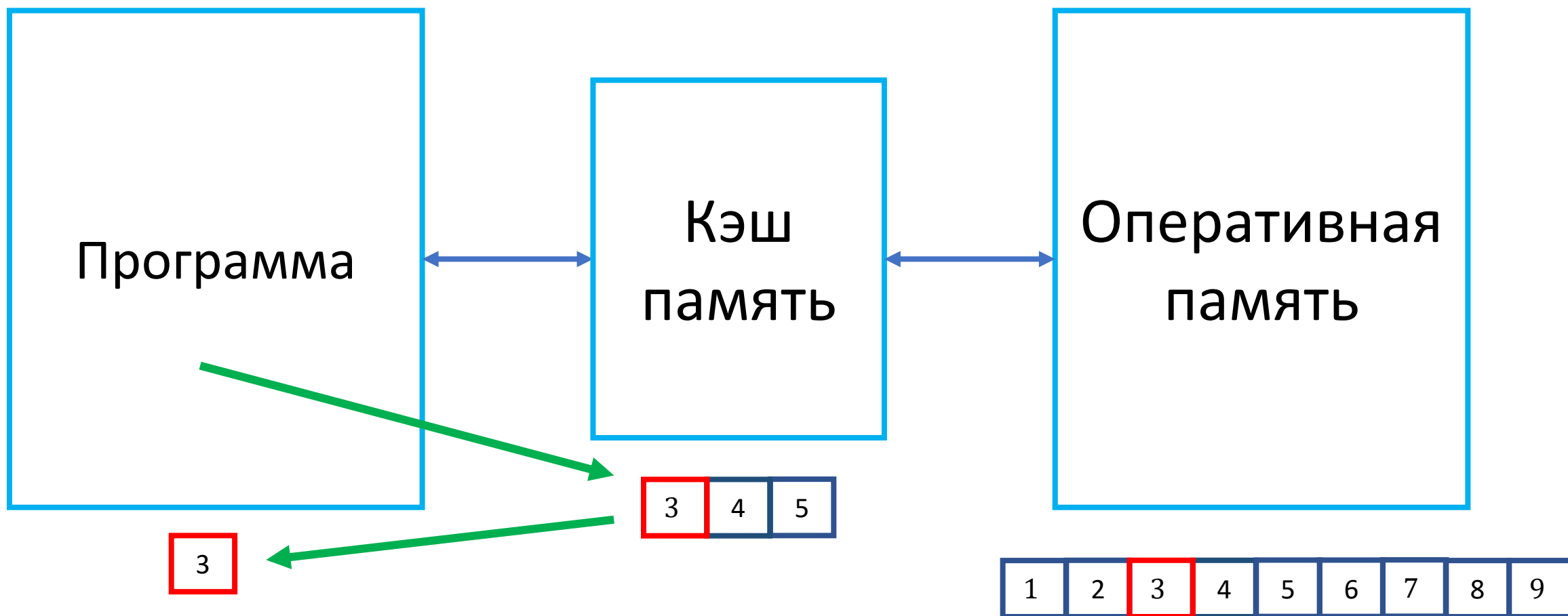


Вместо введения





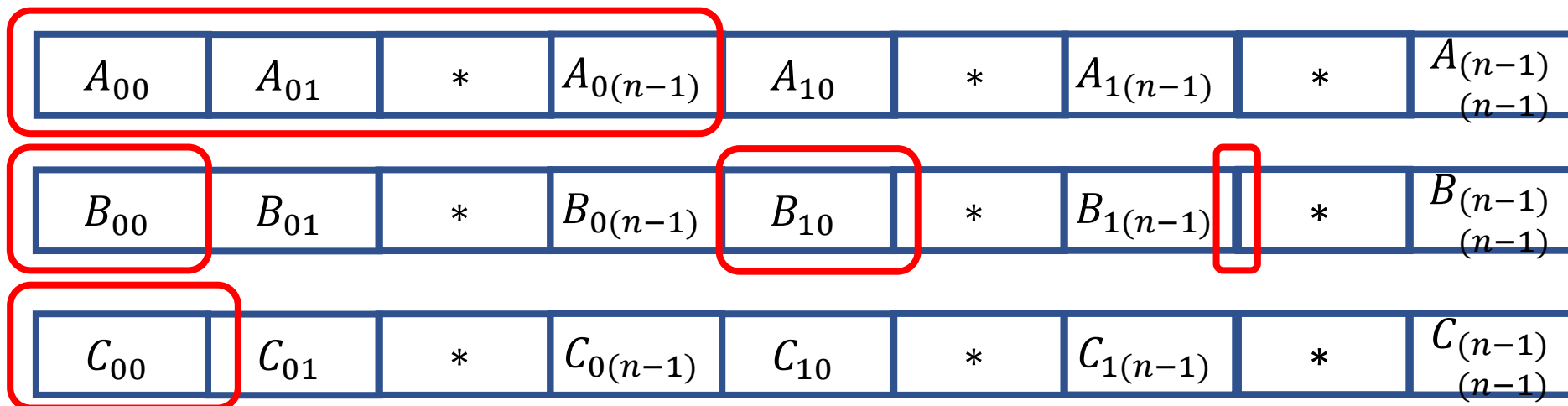
Вместо введения





Вместо введения

Оперативная память

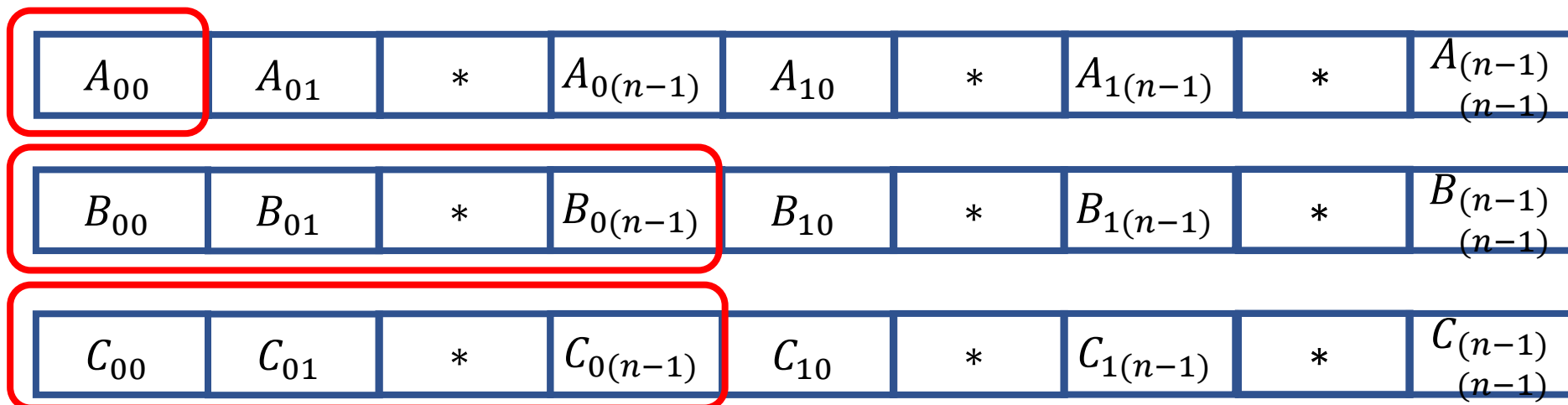


$$\begin{pmatrix} A_{00} & * & A_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{00} & * & B_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ B_{(n-1)0} & * & B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{00}B_{00} + \dots + A_{(n-1)0}B_{0(n-1)} & * & * \\ * & * & * \\ ? & * & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

Оперативная память

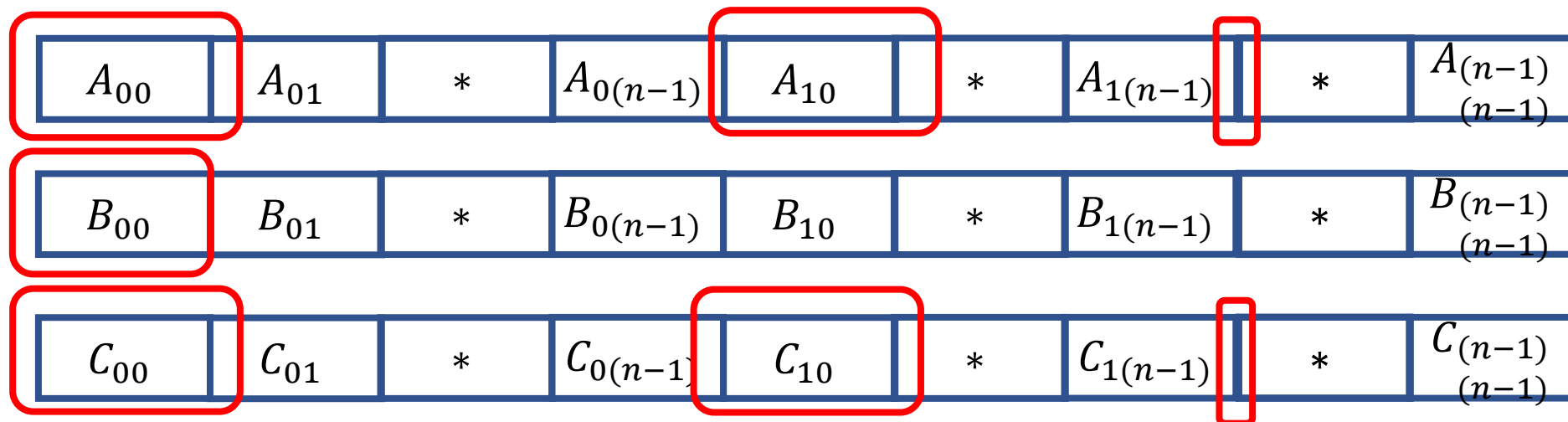


$$\begin{pmatrix} A_{00} & * & A_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{00} & * & B_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ B_{(n-1)0} & * & B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{00}B_{00} & * & A_{00}B_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ ? & * & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

Оперативная память



$$\begin{pmatrix} A_{00} & * & A_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{00} & * & B_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ B_{(n-1)0} & * & B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{00}B_{00} & * & ? \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0}B_{00} & * & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

$$1. \begin{pmatrix} \boxed{A_{00}} & * & \boxed{A_{0(n-1)}} \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boxed{B_{00}} & * & B_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ \boxed{B_{(n-1)0}} & * & B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{00}B_{00} + \dots + A_{(n-1)0}B_{0(n-1)}} & * & * \\ * & * & * \\ ? & * & ? \end{pmatrix}$$

$$2. \begin{pmatrix} \boxed{A_{00}} & * & A_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ A_{(n-1)0} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boxed{B_{00}} & * & \boxed{B_{0(n-1)}} \\ * & * & * \\ B_{(n-1)0} & * & B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{00}B_{00}} & * & \boxed{A_{00}B_{0(n-1)}} \\ * & * & * \\ ? & * & ? \end{pmatrix}$$

$$3. \begin{pmatrix} \boxed{A_{00}} & * & A_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ \boxed{A_{(n-1)0}} & * & A_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boxed{B_{00}} & * & B_{0(n-1)} \\ * & * & * \\ B_{(n-1)0} & * & B_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \boxed{A_{00}B_{00}} & * & ? \\ * & * & * \\ \boxed{A_{(n-1)0}B_{00}} & * & ? \end{pmatrix}$$



Вместо введения

Вывод!

Кроме понимания алгоритмов нужно знать то «железо», под которое пишешь программу













Почему мы учим именно язык «С»

Jan 2021	Jan 2020	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	2	⬆	C	17.38%	+1.61%
2	1	⬇	Java	11.96%	-4.93%
3	3		Python	11.72%	+2.01%
4	4		C++	7.56%	+1.99%
5	5		C#	3.95%	-1.40%
6	6		Visual Basic	3.84%	-1.44%
7	7		JavaScript	2.20%	-0.25%
8	8		PHP	1.99%	-0.41%
9	18	⬆	R	1.90%	+1.10%
10	23	⬆	Groovy	1.84%	+1.23%












Почему мы учим именно язык «С»

Jan 2022	Jan 2021	Change	Programming Language		Ratings	Change
1	3	▲		Python	13.58%	+1.86%
2	1	▼		C	12.44%	-4.94%
3	2	▼		Java	10.66%	-1.30%
4	4			C++	8.29%	+0.73%
5	5			C#	5.68%	+1.73%
6	6			Visual Basic	4.74%	+0.90%
7	7			JavaScript	2.09%	-0.11%
8	11	▲		Assembly language	1.85%	+0.21%
9	12	▲		SQL	1.80%	+0.19%
10	13	▲		Swift	1.41%	-0.02%

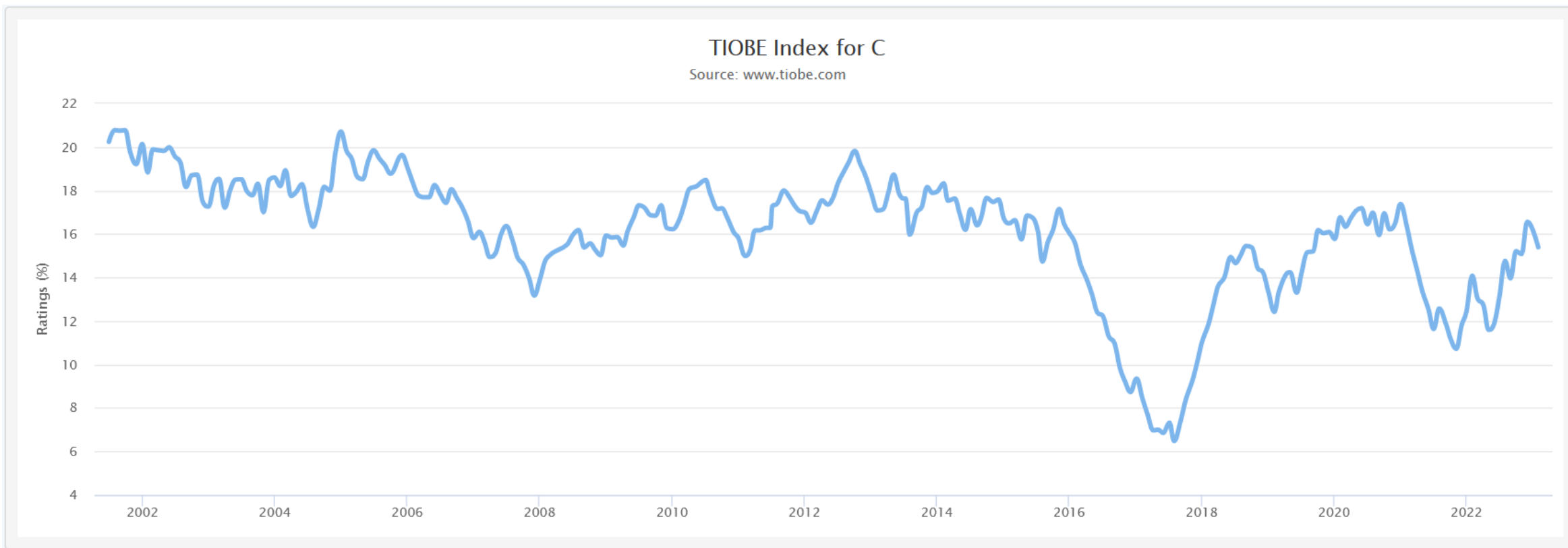


Почему мы учим именно язык «С»

Feb 2023	Feb 2022	Change	Programming Language		Ratings	Change
1	1			Python	15.49%	+0.16%
2	2			C	15.39%	+1.31%
3	4	▲		C++	13.94%	+5.93%
4	3	▼		Java	13.21%	+1.07%
5	5			C#	6.38%	+1.01%
6	6			Visual Basic	4.14%	-1.09%
7	7			JavaScript	2.52%	+0.70%
8	10	▲		SQL	2.12%	+0.58%
9	9			Assembly language	1.38%	-0.21%

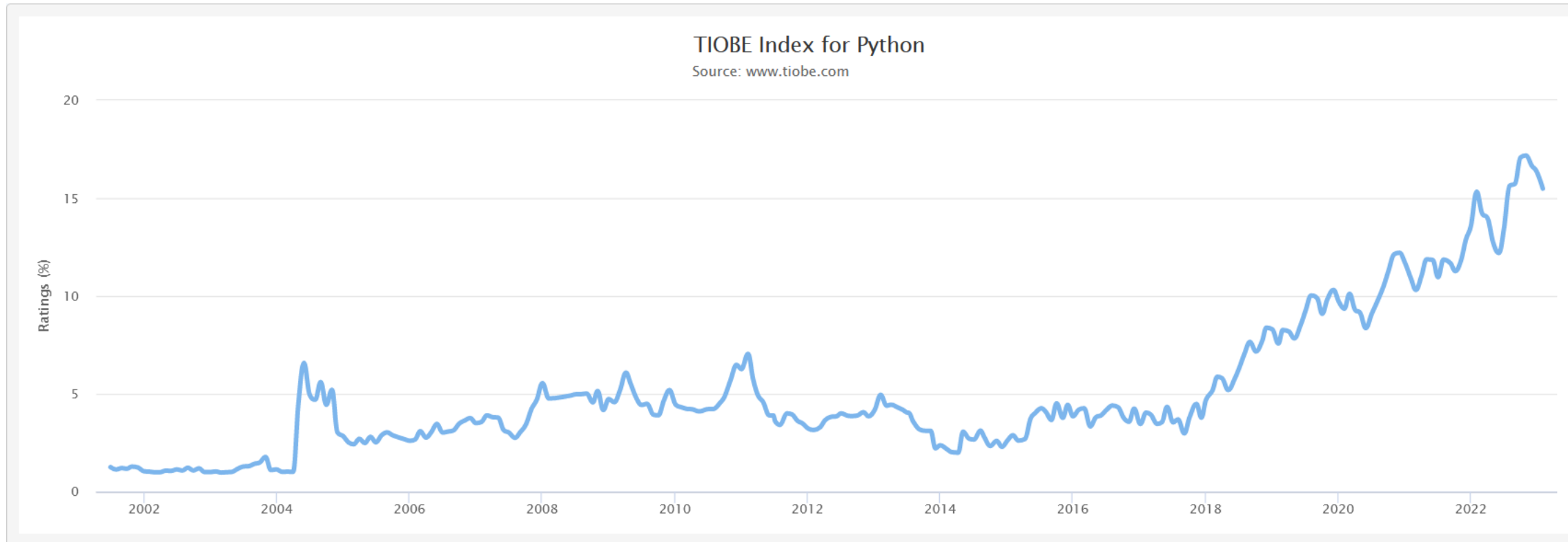


Почему мы учим именно язык «С»



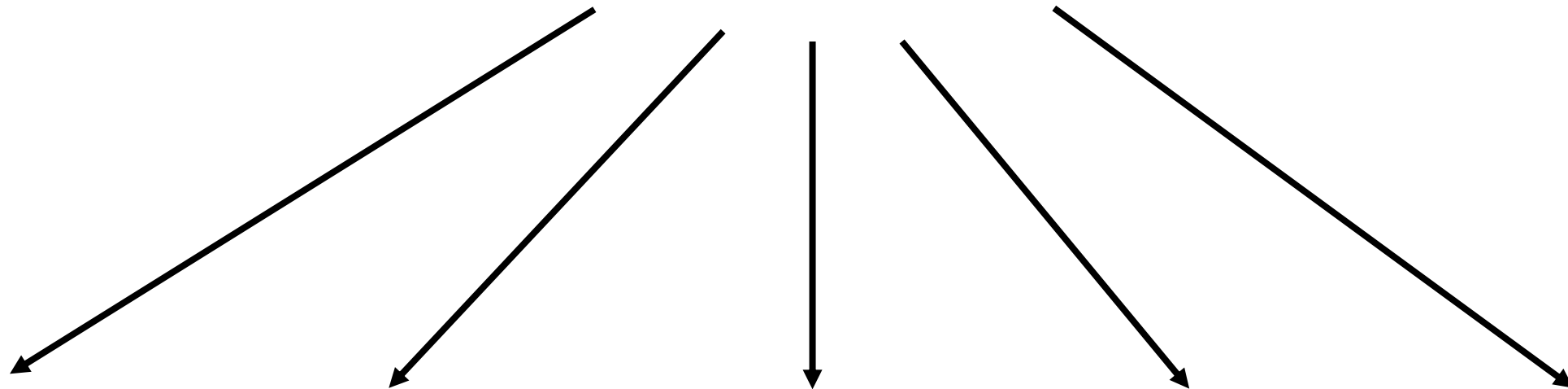


Почему не Python?





Области применения языков программирования



Программирование
микроконтроллеров



- C
- Assembler

Веб разработка



- PHP
- C#
- JavaScript

Приложения для
смартфонов



- Java
- Kotlin

Научные
исследования



- Python
- Matlab
- C++

Разработка
приложений



- C++
- Java
- Python

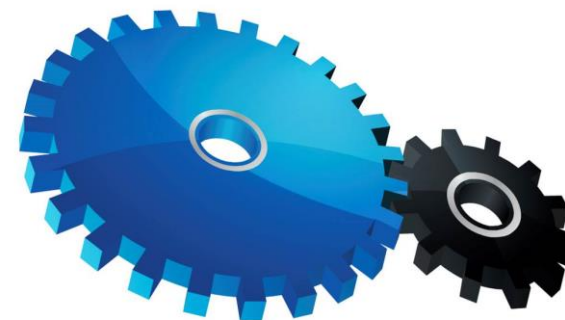
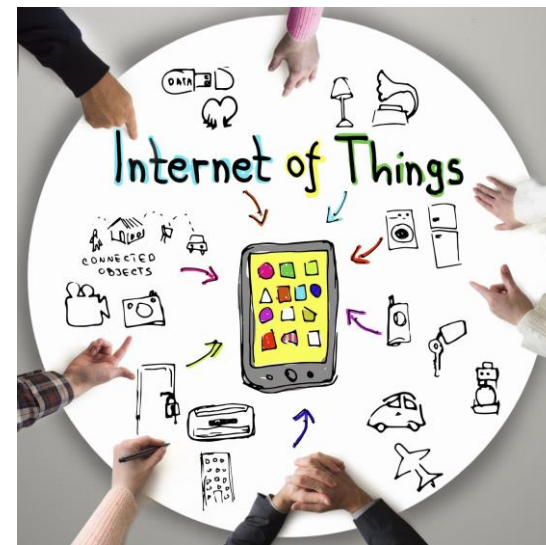


Почему мы учим именно язык «С»



Язык С применяется:

- Микроконтроллеры
- Интернет вещей
- Операционные системы
- Драйверы



Drivers



Парадигмы программирования

Парадигмы программирования

← Императивная

- Структурная
- Процедурная
- Модульная
 - ООП

→ Декларативная

- Функциональная



Парадигмы программирования

main

Настройка порта
Чтение данных
Запись данных в буфер
Чтение данных из буфера
Анализ данных
Открытие текстового файла
Запись данных
Закрытие текстового файла
Отправка сигнала завершения в
порт



Парадигмы программирования

Настройка порта

...

Чтение данных

...

Запись данных в буфер

...

Чтение данных из буфера

...

main

Отправка сигнала завершения

...

Анализ данных

...

Открытие текстового файла

...

Запись данных

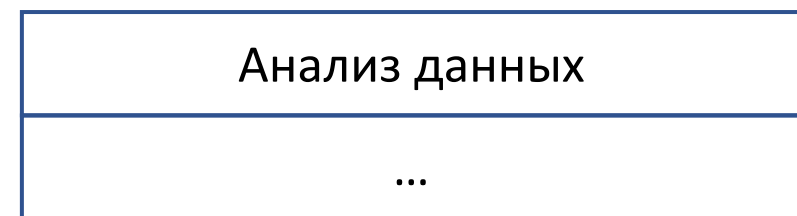
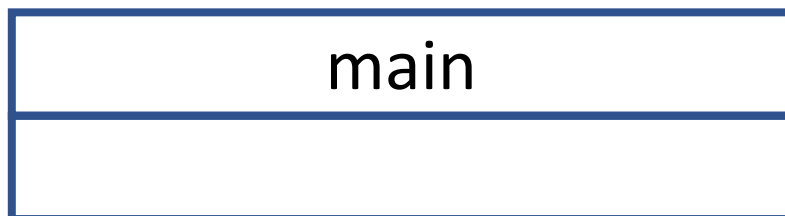
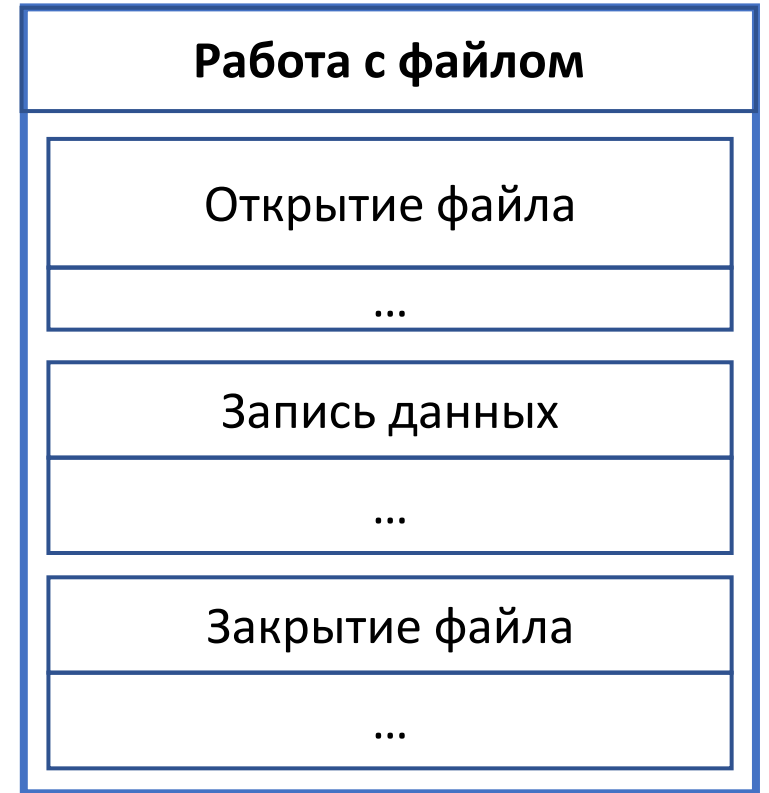
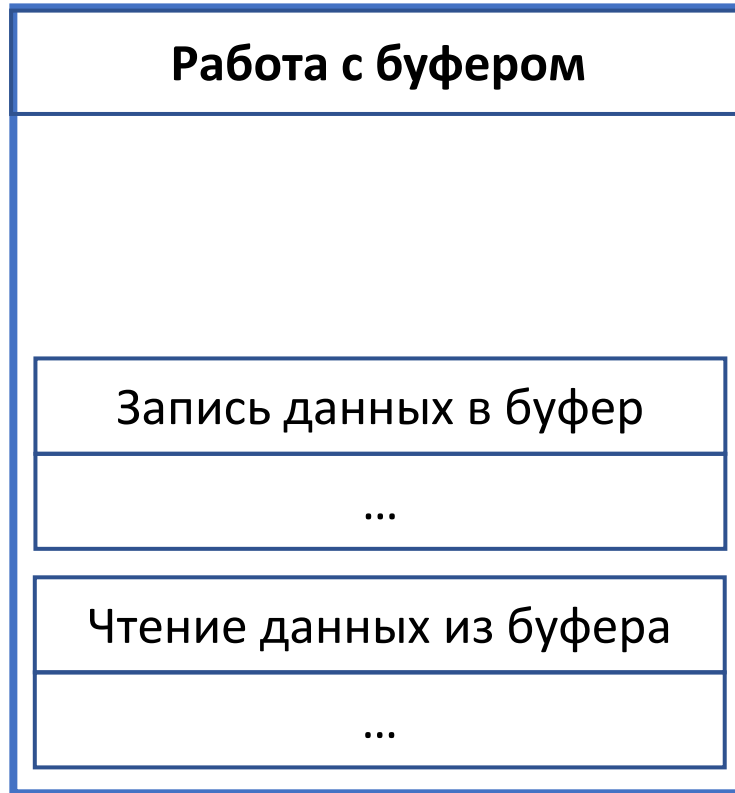
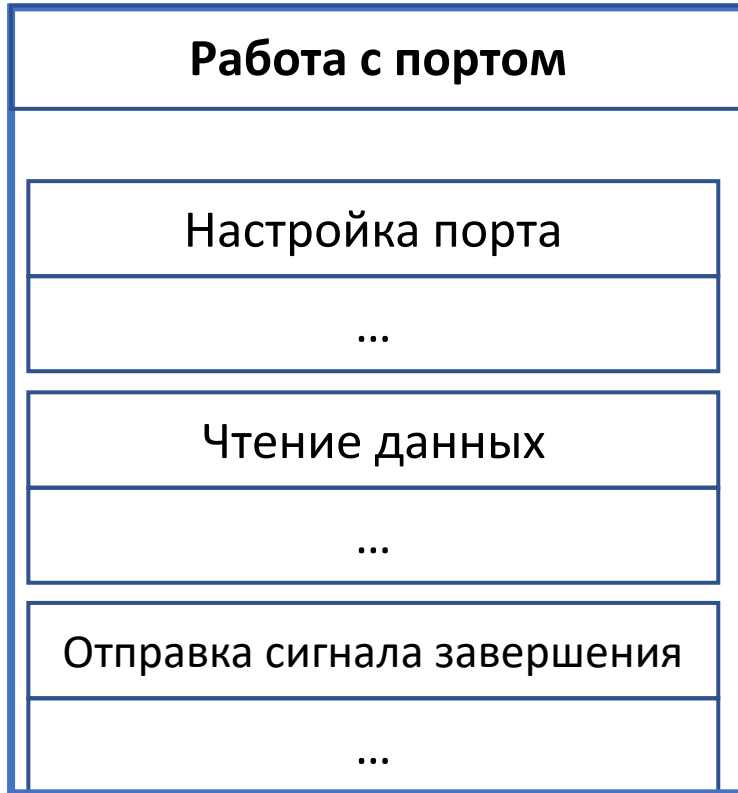
...

Закрытие текстового файла

...

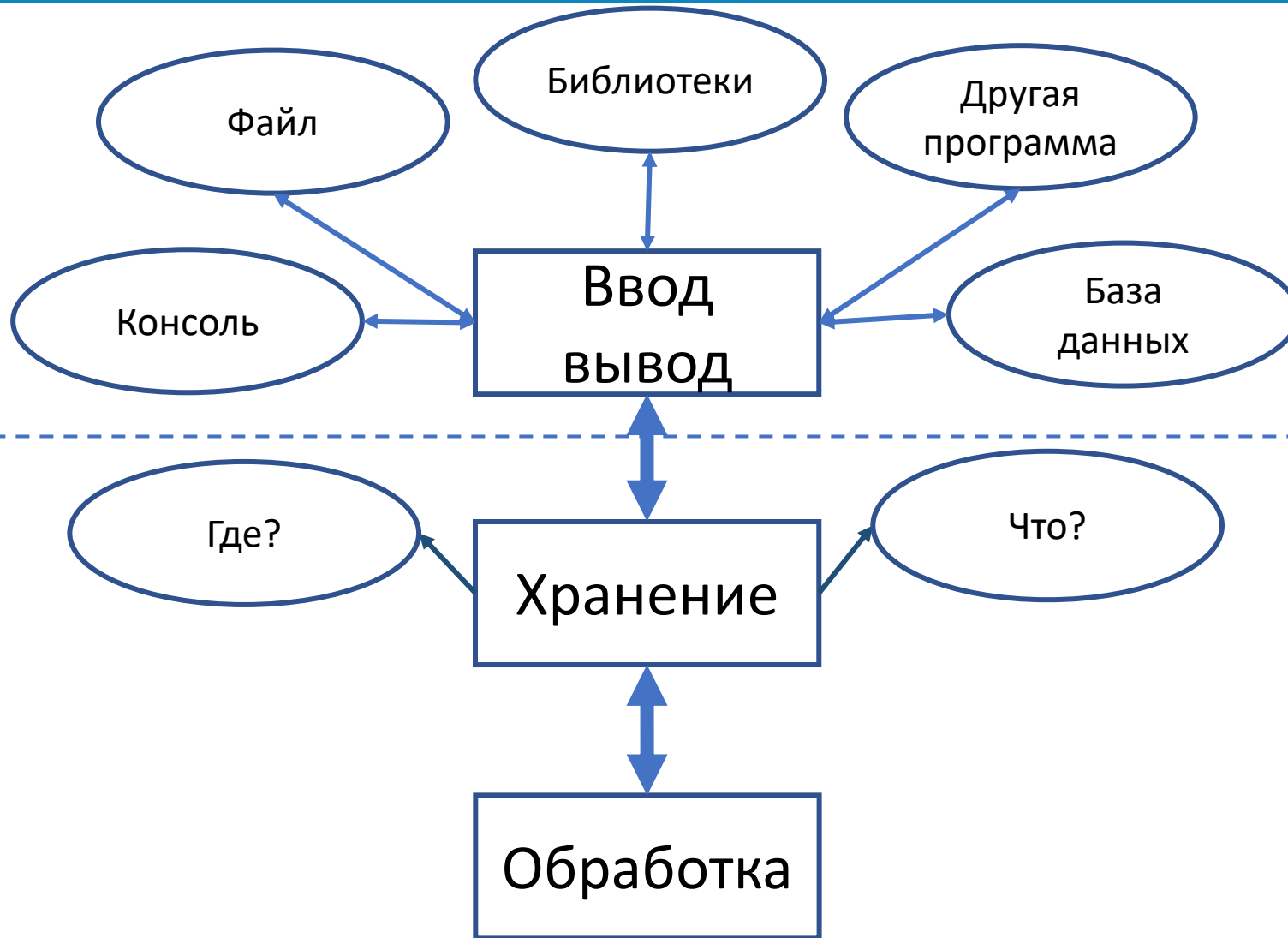


Парадигмы программирования



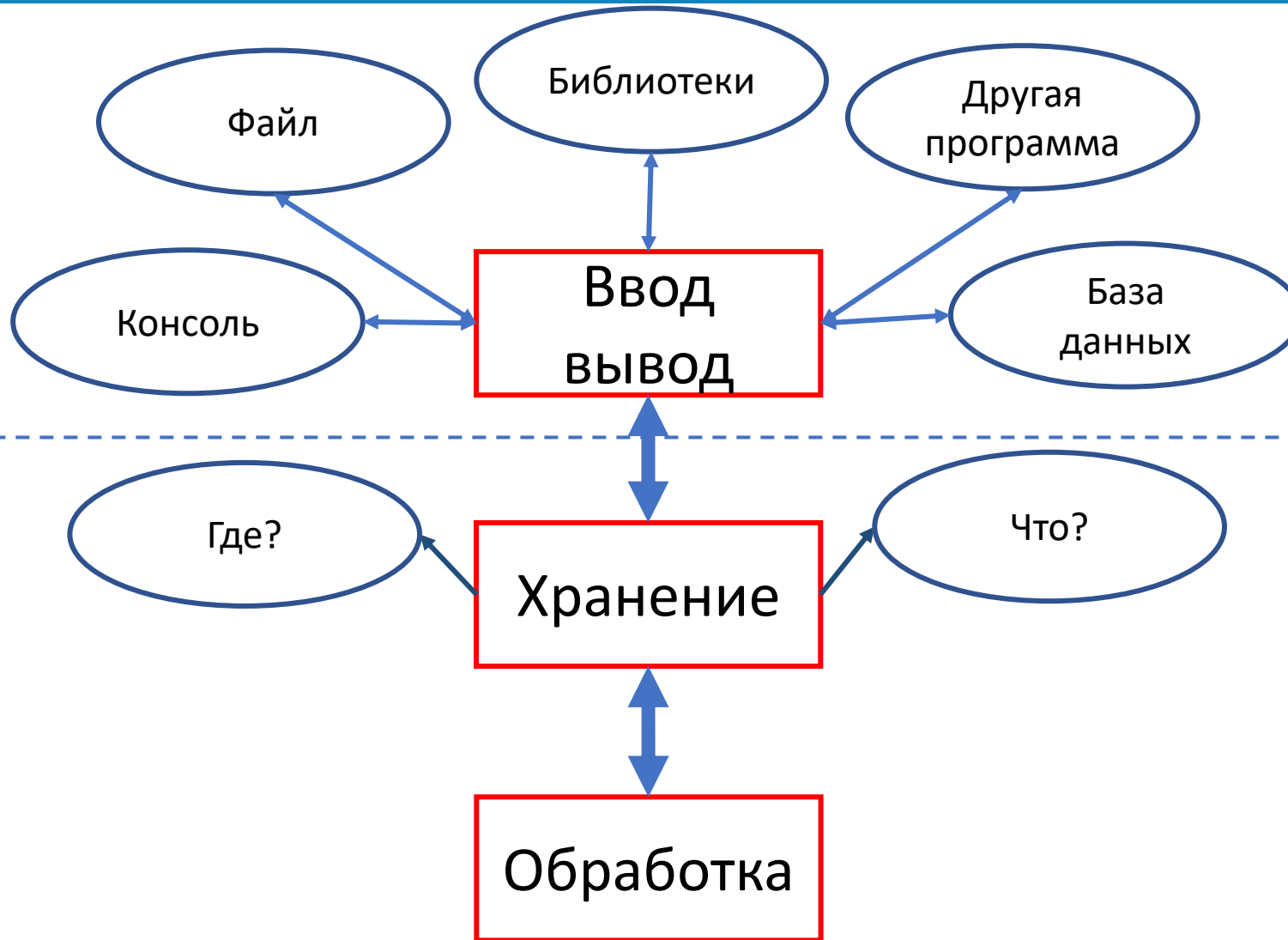


Дерево языка





Дерево языка





Практическая часть



Работа с командной строкой

```
sab@SAB: .../Lesson1$
```

№	Команда	Описание	Пример
0	man	Описание работы команды	man ls
1	pwd	Показать текущее местонахождение	~/SAB\$ pwd /home/user/SAB
2	ls	Позволяет просмотреть содержимое текущего каталога	~/SAB\$ ls 1 1.txt
3	cd <путь к директории>	Перейти в другую директорию	~\$ cd ~ /SAB/2 (полный путь) или ~/SAB\$ cd 2 (короткий путь)
4	mkdir <название директории>	Создание директории	~/SAB\$ mkdir 1
5	touch <название файла>	Создание файла	~/SAB\$ touch 1.txt
6	nano <название файла>	Редактирование файла	~/SAB\$ nano 1.txt
7	cp <что_копировать куда_копировать>	Копирование файла	~/SAB/1\$ cp 1.txt ~/SAB/2
8	cp -r <путь_к_папке путь_к_новому_месту>	Копирование директории	~/SAB/1\$ cp -r 1 ~/SAB/2
9	mv <что_переместить куда_переместить>	Переместить файл	~/SAB/1\$ mv 1.txt ~/SAB/2
10	rm <название файла>	Удалить файл	~/SAB/1\$ rm 1.txt
11	rm -r <название файла>	Удалить директорию	~/SAB/1\$ rm -r 1



Потренируемся

1. Откройте терминал Linux
2. Создайте директорию. Назовите ее «Task1»
3. Войдите внутрь директории
4. Создайте внутри нее еще две директории – «Task1_1» и «Task1_2»
5. Войдите внутрь директории Task1_1
6. Создайте внутри ее файл с названием «File_1» и еще одну директорию «Task1_1_1»
7. Откройте созданный файл и запишите туда любую информацию. Закройте его
8. Скопируйте «File_1» и «Task1_1_1» в директорию «Task1_2»
9. Опуститесь на уровень ниже и удалите директорию Task1_1
10. Из данной директории переместите «File_1» в директорию «Task1»



Спасибо за внимание!