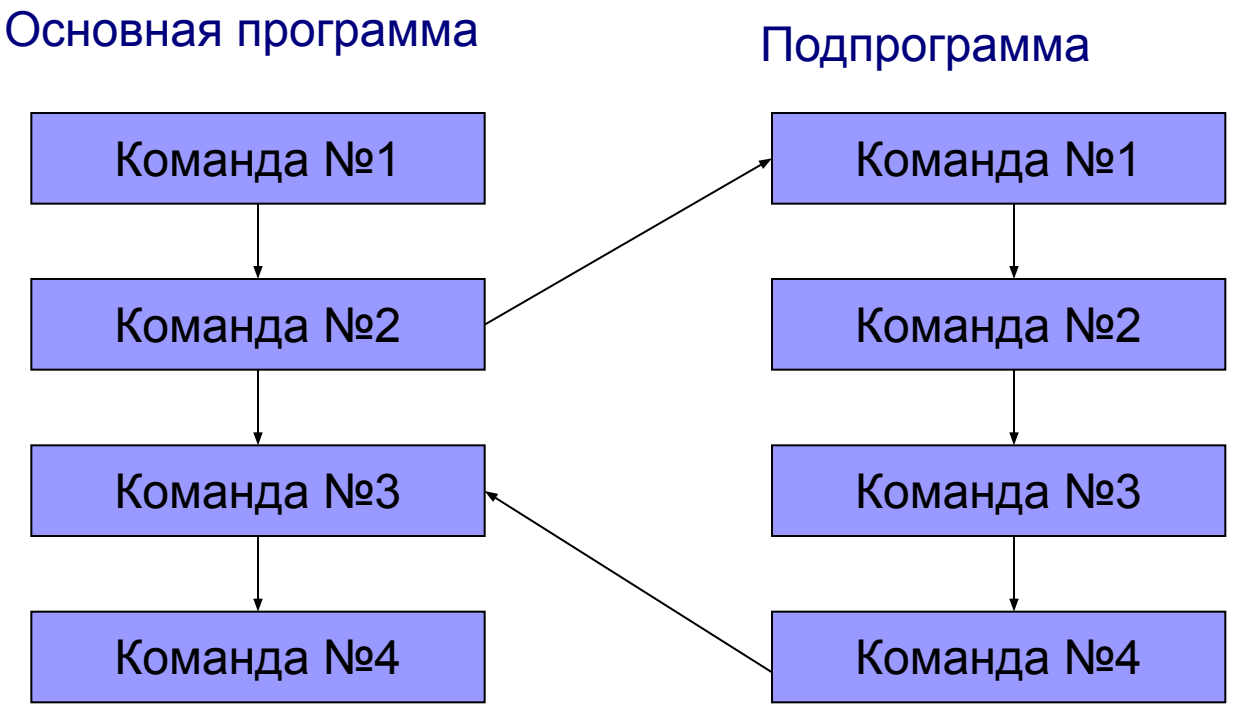
Подпрограммы

Выполнение подпрограмм



Команды процессора для работы с подпрограммами

- Вызов подпрограммы – **CALL**
- Возврат из подпрограммы – **RET**

команды относятся к командам передачи управления

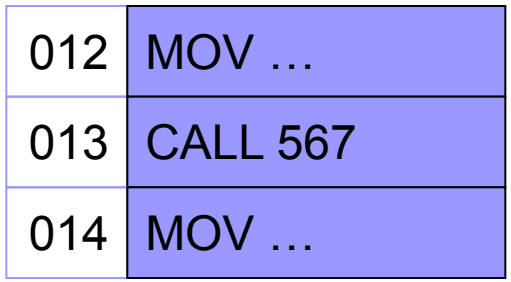
Команды процессора для работы с подпрограммами

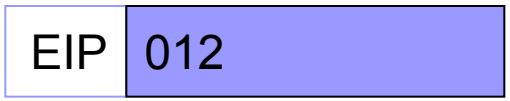
Программа

012	MOV …
013	CALL 567
014	MOV …

Команды процессора для работы с подпрограммами

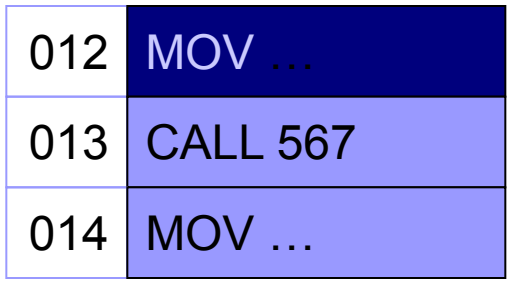
Программа

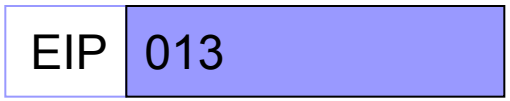




Команды процессора для работы с подпрограммами

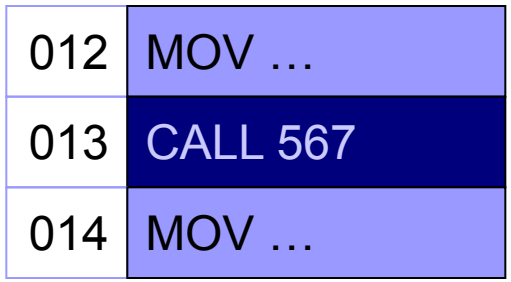
Программа





Команды процессора для работы с подпрограммами

Программа



Команды процессора для работы с подпрограммами

Программа

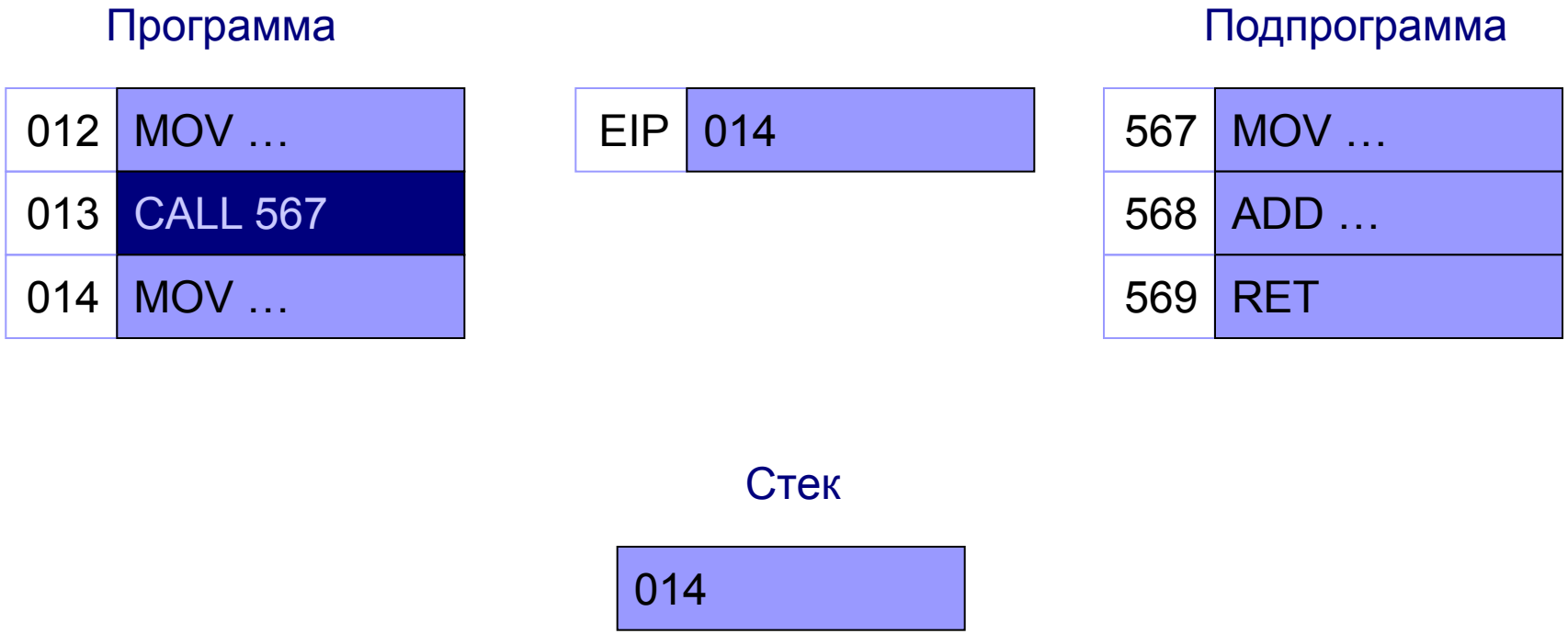
012	MOV …
013	CALL 567
014	MOV …

EIP	014

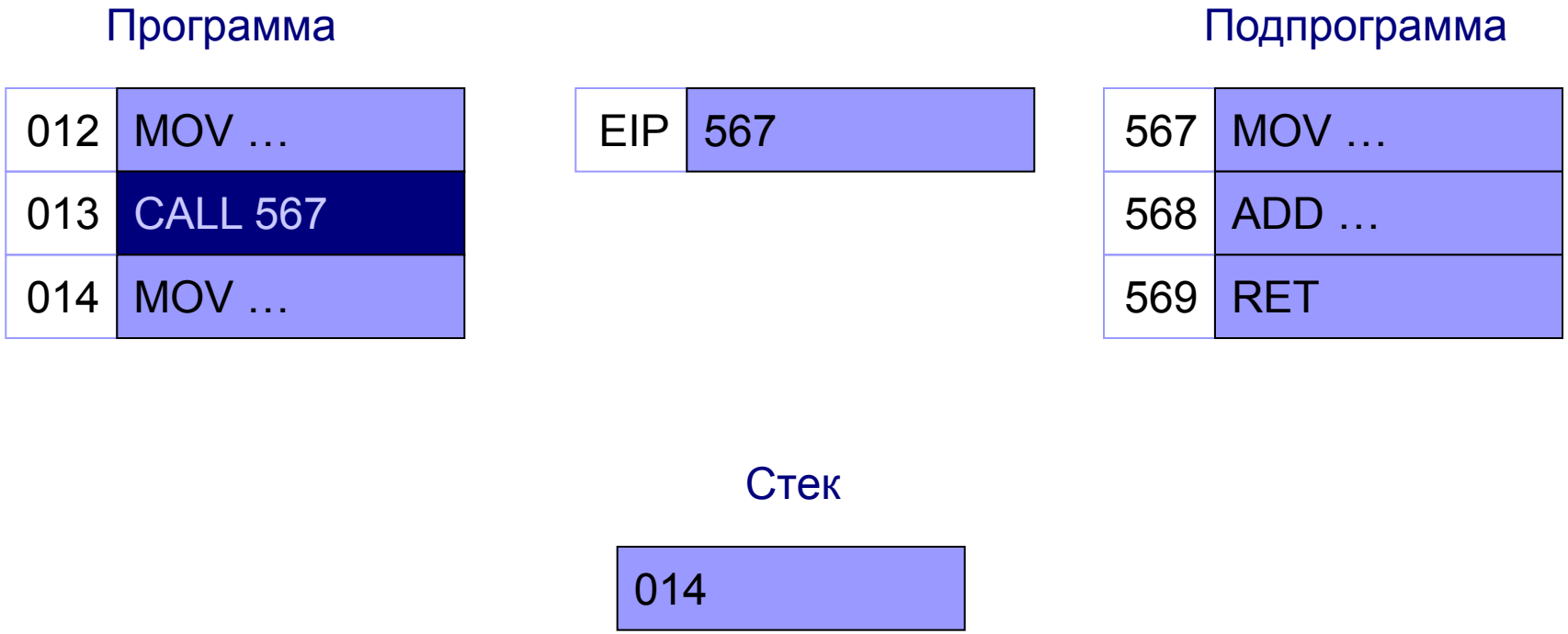
Подпрограмма

567	MOV …
568	ADD …
569	RET

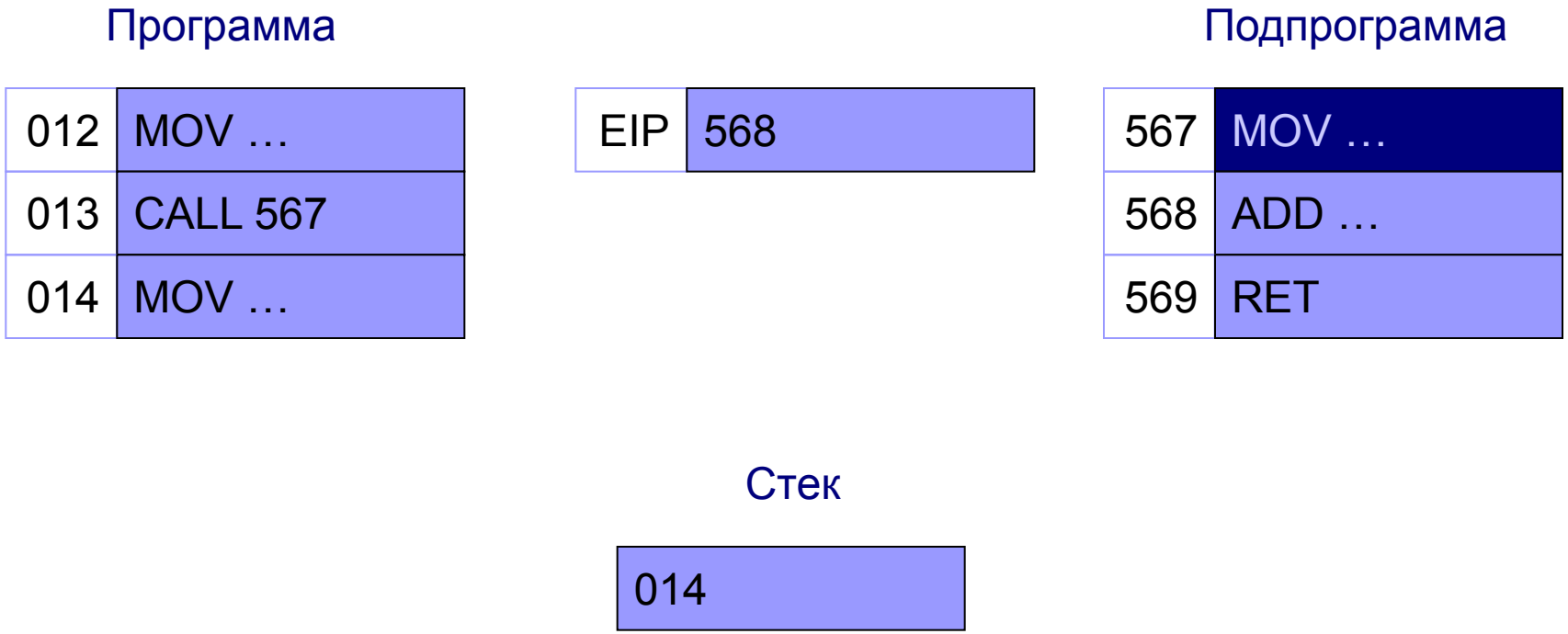
Команды процессора для работы с подпрограммами



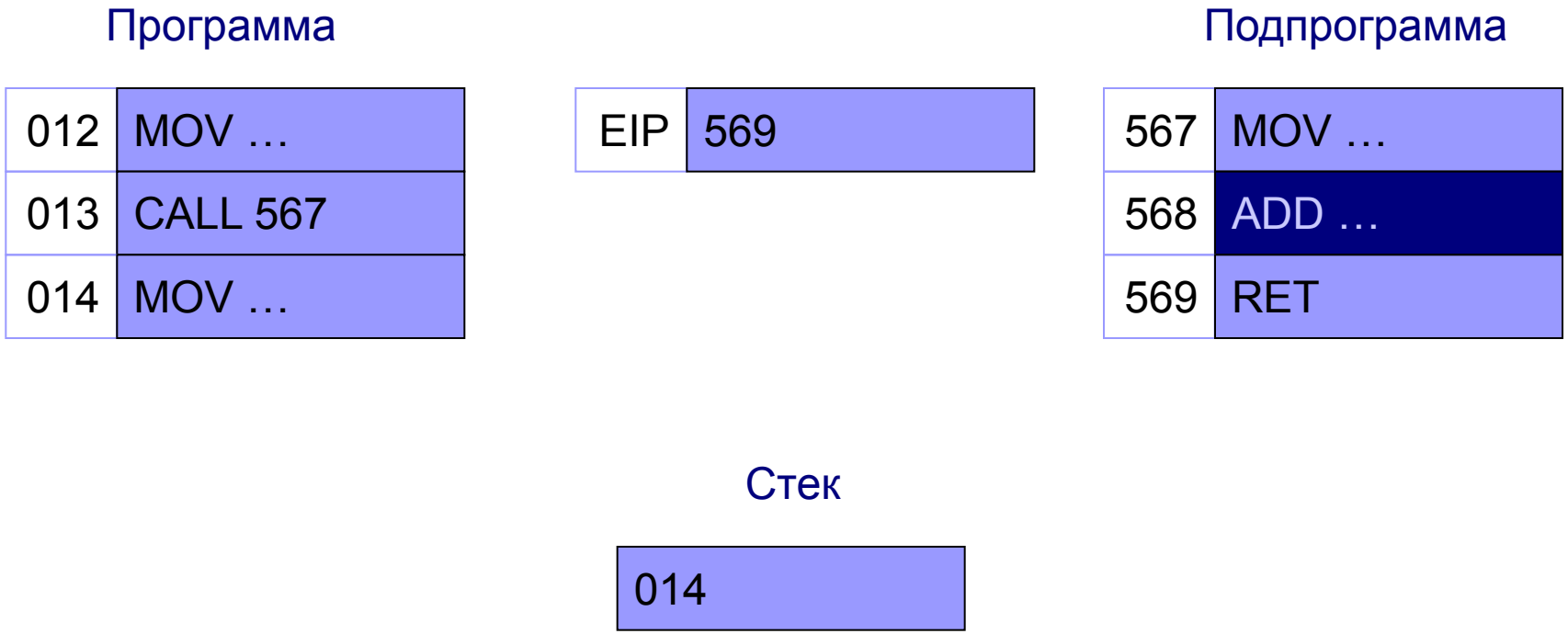
Команды процессора для работы с подпрограммами



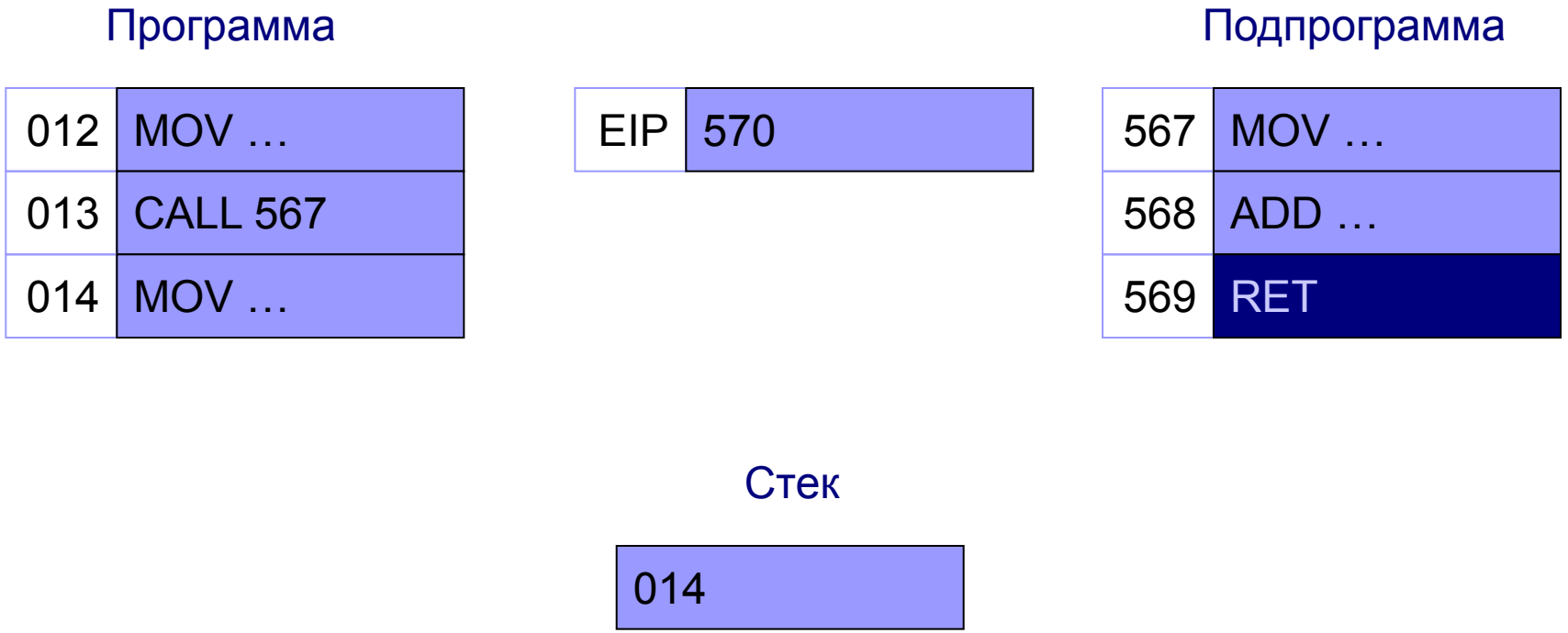
Команды процессора для работы с подпрограммами



Команды процессора для работы с подпрограммами



Команды процессора для работы с подпрограммами



Команды процессора для работы с подпрограммами

Программа

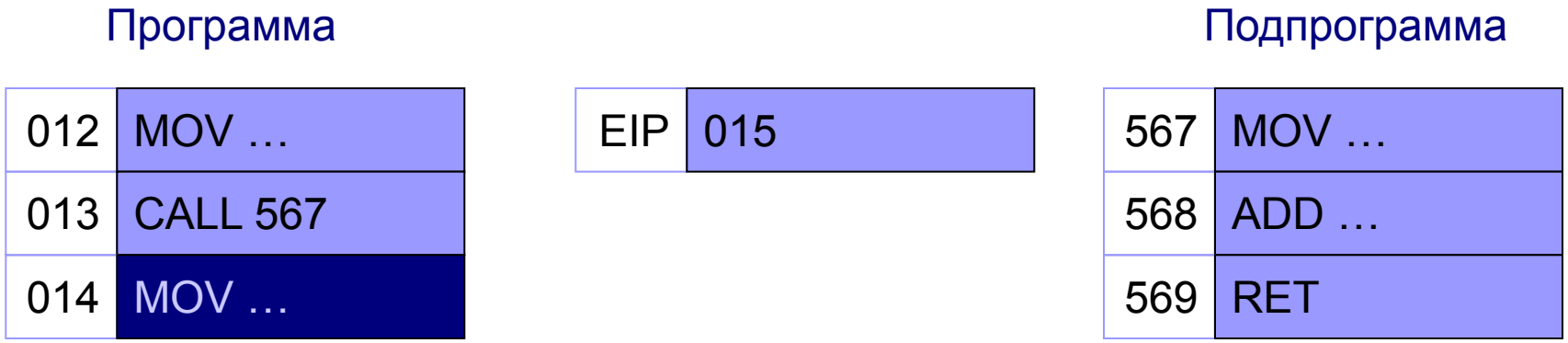
012	MOV …
013	CALL 567
014	MOV …

EIP	014

Подпрограмма

567	MOV …
568	ADD …
569	RET

Команды процессора для работы с подпрограммами



Где описываются программы

```
MOV …
    Procedure:
    ADD …
    NEG …
    RET
SUB …
MULL …
CALL Procedure
CDQ
IDIV …
```

Где описываются программы

```
MOV …
JMP MainNext
    Procedure:
    ADD …
    NEG …
    RET
MainNext:
SUB …
MULL …
CALL Procedure
CDQ
IDIV …
```

Где описываются программы

- Перед основной программой
- После основной программы
- В отдельном модуле

Где описываются программы

- Перед основной программой

```
.code
Procedure:
    ; код подпрограммы
RET

Start:
    ; код основной программы
    CALL Procedure
    ; код основной программы
end Start
```

Где описываются программы

- После основной программы

```
.code
Start:
    ; код основной программы
    CALL Procedure
    ; код основной программы
    CALL ExitProcess

Procedure:
    ; код подпрограммы
RET
end Start
```

Способы передачи параметров в подпрограммы

- Через регистры общего назначения
- Через общую память
- Через стек

Передача параметров через регистры общего назначения

```
Factorial:
    MOV ECX, EAX
    MOV EBX, 2
    MOV EAX, 1
    Cycle:
     CMP EBX, ECX
     JG EndFunction
     MUL EBX
     INC EBX
    JMP Cycle
    EndFunction:
RET
```

Передача параметров через регистры общего назначения

```
.data
    n dd 5
.data?
    result dd ?
.code
    Factorial:
     ; тело функции
    RET
    Start:
    MOV EAX, n
    CALL Factorial
    MOV result, EAX
```

Передача параметров через регистры общего назначения

Достоинства

- легко использовать
- большая скорость работы
- можно возвращать несколько значений

Передача параметров через регистры общего назначения

Недостатки

- малое количество параметров
- трудности использования регистров в подпрограмме
- трудности вложенных и рекурсивных вызовов

Передача параметров через общую память

```
Factorial:
    MOV ECX, param
    MOV EBX, 2
    MOV EAX, 1
    Cycle:
     CMP EBX, ECX
     JG EndFunction
     MUL EBX
     INC EBX
    JMP Cycle
    EndFunction: MOV param+4, EAX
RET
```

Передача параметров через общую память

```
.data
    n dd 5
.data?
    result dd ?
    param dd 2 dup(?)
.code

    MOV EAX, n
    MOV param, EAX
    CALL Factorial
    MOV EAX, param+4
    MOV result, EAX
```

Передача параметров через общую память

Достоинства

- произвольное количество параметров
- переменное количество параметров
- регистры общего назначения свободны

Передача параметров через общую память

Недостатки

- низкое быстродействие
- трудности рекурсивных вызовов

Передача параметров через стек

Команды работы со стеком

- **push** – помещает в вершину стека некоторое значение
- **pop** – извлекает из вершины стека некоторое значение

Передача параметров через стек

Команды работы со стеком

- **pusha** – помещает в вершину стека значения всех регистров общего назначения
- **popa** – извлекает из вершины стека значения всех регистров общего назначения

Передача параметров через стек

Команды работы со стеком

- **pushf** – помещает в вершину стека значение регистра флагов
- **popf** – извлекает из вершины стека значения регистра флагов

Передача параметров через стек

Стек:

- Позволяет обрабатывать только 32-разрядные числа
- Адрес вершины стека храниться в регистре ESP (смещение относительно сегментного регистра SS)
- Вершина стека, это ячейка памяти, содержащая последнее помещённое в стек значение

Передача параметров через стек

Алгоритм работы команды push:

1. **add ESP, 4**
2. **mov [ESP], <источник>**

Передача параметров через стек

Алгоритм работы команды pop:

1. **mov <приёмник>, [ESP]**
2. **sup ESP, 4**

Передача параметров через стек

Алгоритм работы команды call:

1. **add EIP, <размер команды call>**
2. **add ESP, 4**
3. **mov [ESP], EIP**
4. **mov EIP, <адрес метки>**

Передача параметров через стек

Алгоритм работы команды ret:

1. **mov EIP, [ESP]**
2. **sub ESP, 4**

Передача параметров через стек

```
Factorial:
    MOV ECX, [ESP+8]
    MOV EBX, 2
    MOV EAX, 1
    Cycle:
     CMP EBX, ECX
     JG EndFunction
     MUL EBX
     INC EBX
    JMP Cycle
    EndFunction: MOV [ESP+4], EAX
RET
```

Передача параметров через стек

```
.data
    n dd 5
.data?
    result dd ?
.code

    PUSH n
    PUSH 0
    CALL Factorial
    POP result
    ADD ESP, 4
```

Передача параметров через стек

Достоинства

- произвольное количество параметров
- переменное количество параметров
- простота использования
- легкая организация рекурсии

Передача параметров через стек

Недостатки

- трудно отслеживать состояние стека
- после вызова подпрограммы основная программа должна ***выравнивать*** стек

Подпрограммы в C

- параметры передаются через стек (при этом в стек параметры помещаются с конца)
- Результат возвращается в регистрах
  - 1 байт – AL
  - 2 байта – AX
  - 4 байта – EAX
  - 8 байт – (EAX, EDX)

Функции Windows API

- после вызова функций с фиксированным числом параметров не нужно выравнивать стек

Передача параметров с использование STDCALL

```
Factorial:
    MOV ECX, [ESP+4]
    MOV EBX, 2
    MOV EAX, 1
    Cycle:
     CMP EBX, ECX
     JG EndFunction
     MUL EBX
     INC EBX
    JMP Cycle
    EndFunction:
RET 4
```

Передача параметров с использование STDCALL

```
.data
    n dd 5
.data?
    result dd ?
.code

    PUSH n
    CALL Factorial
    MOV result, EAX
```

Создание локальных переменных в стеке

- [ESP] – точка возврата
- [ESP + 4] – первый параметр функции
- [ESP + 8] – второй параметр функции

и т. д.

Создание локальных переменных в стеке

SUB ESP, 4

- [ESP] – локальная переменная
- [ESP + 4] – точка возврата
- [ESP + 8] – первый параметр функции
- [ESP + 12] – второй параметр функции

и т. д.

Пролог функции

PUSH EBP
MOV EBP, ESP
SUB ESP, 8

- [EBP] – исходное значение EBP
- [EBP + 4] – точка возврата
- [EBP + 8] – первый параметр функции
- [EBP + 12] – второй параметр функции

и т. д.

- [EBP – 4] – вторая локальная переменная
- [EBP – 8] – первая локальная переменная

и т. д.

Эпилог функции

```
MOV ESP, EBP
POP EBP
RET 12
```