

Лекция 5

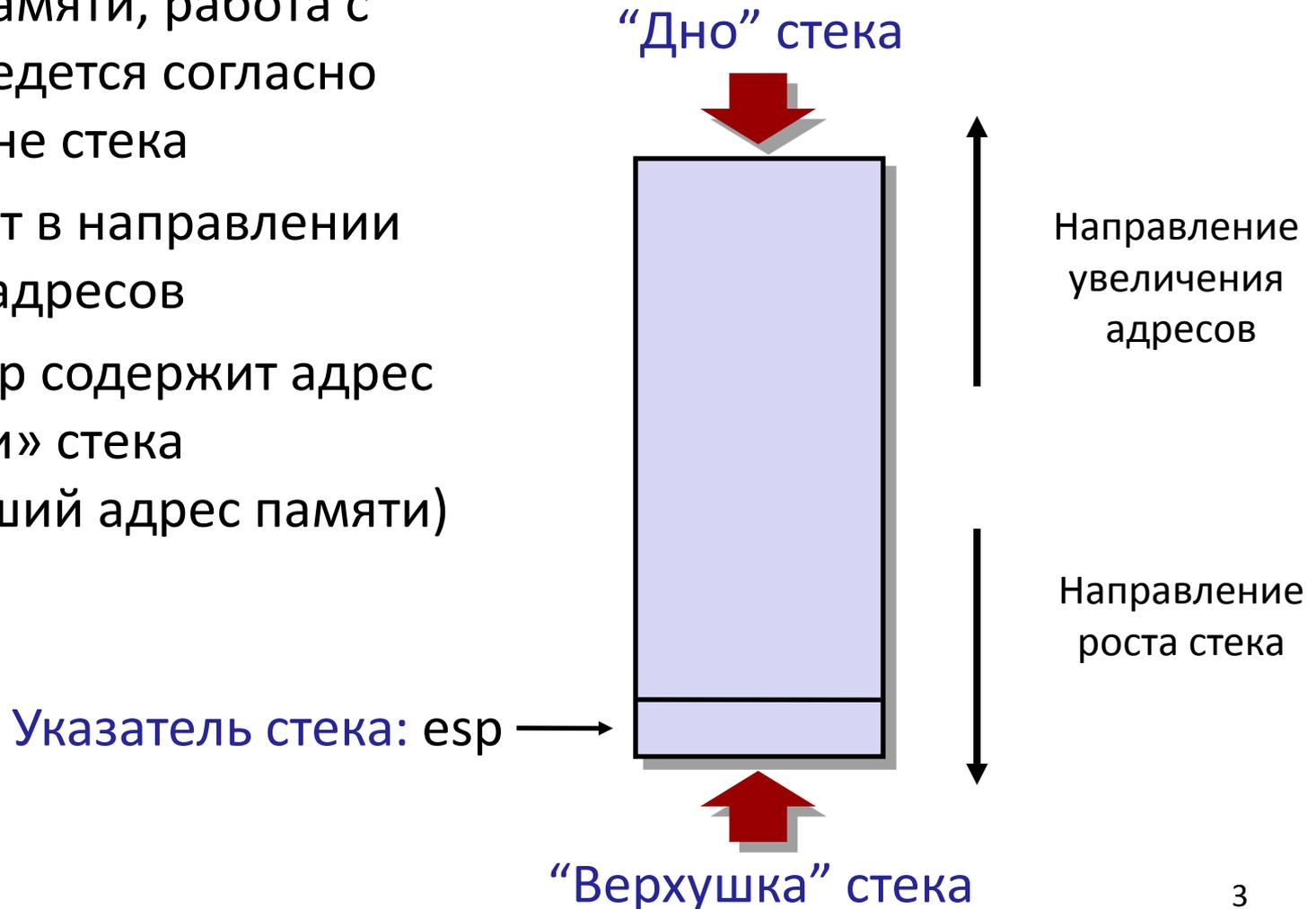
27 февраля

Организация вызова функций

- Вопросы
 - Передача управления и возвращение обратно
 - Вычисление значений фактических параметров и их размещение
 - Передача возвращаемого значения
 - Размещение автоматических локальных переменных
 - Порядок использование регистрового файла различными функциями
 - Какие именно машинные команды использовать для поддержки функций
- Ответы – Application Binary Interface (ABI)
 - Соглашение о вызовах (Calling Convention)

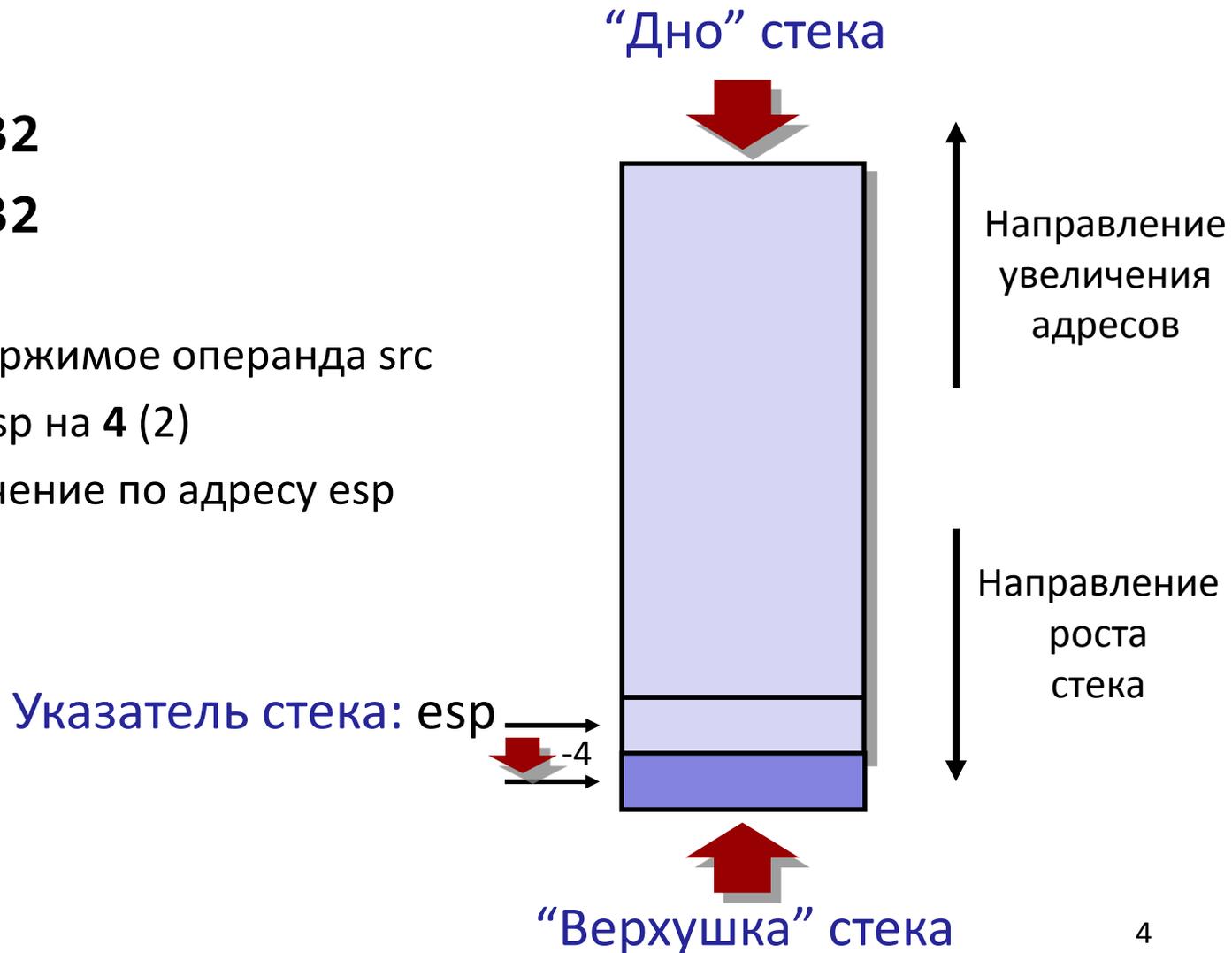
Аппаратный стек IA-32

- Область памяти, работа с которой ведется согласно дисциплине стека
- Стек растет в направлении меньших адресов
- Регистр esp содержит адрес «верхушки» стека (наименьший адрес памяти)



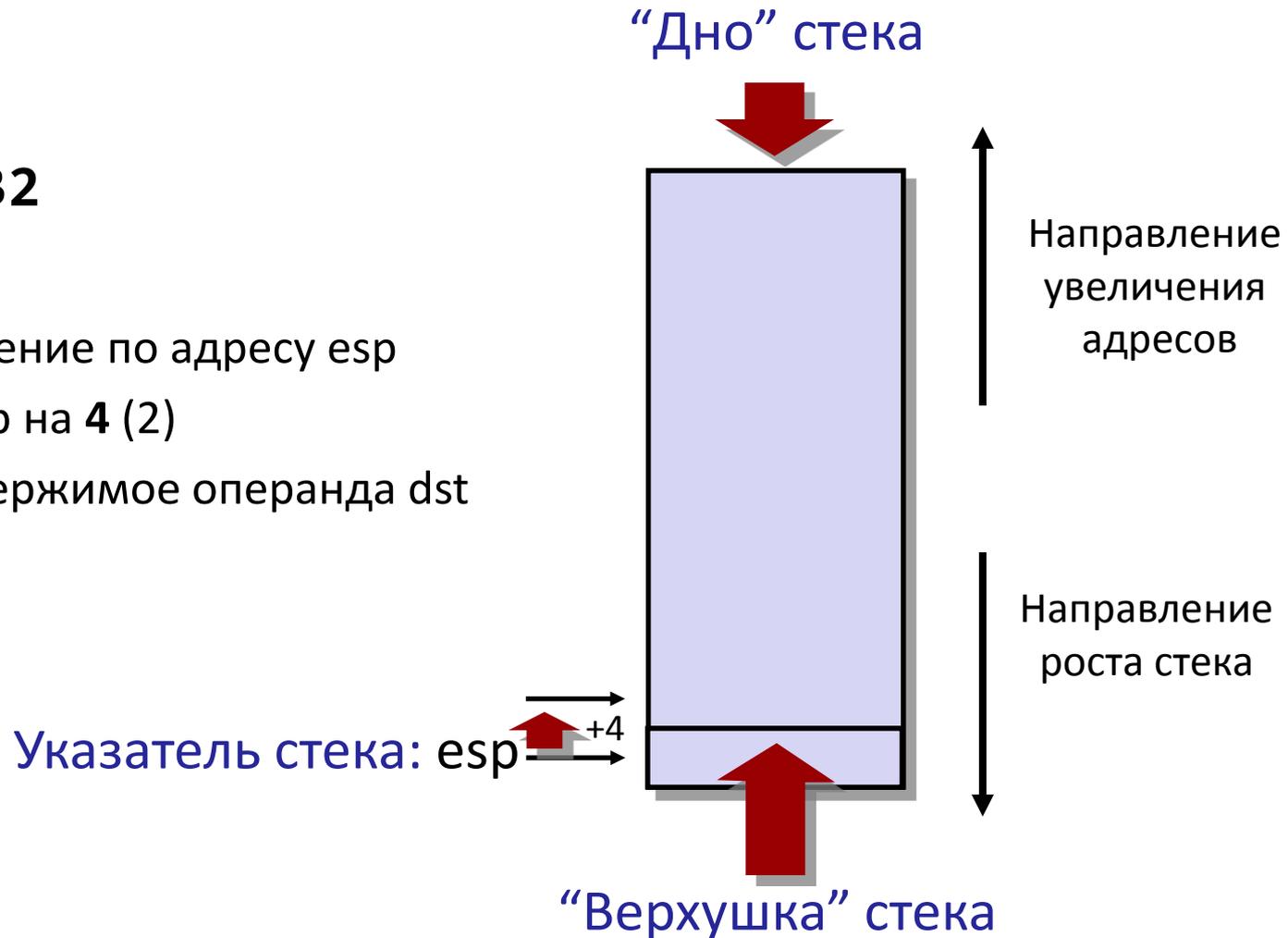
Загрузка данных в стек: Push

- `push src`
 - `r/m 16/32`
 - `i 8/16/32`
- Извлечь содержимое операнда `src`
- Уменьшить `esp` на 4 (2)
- Записать значение по адресу `esp`



Выгрузка данных из стека: Pop

- pop dst
 - r/m 16/32
 - Извлечь значение по адресу esp
 - Увеличить esp на 4 (2)
 - Записать содержимое операнда dst



Языки программирования (ЯП), базирующиеся на стеке вызовов

- ЯП с поддержкой рекурсии
 - C, Pascal, Java, ...
 - Код функции можно вызывать повторно (“Reentrant”)
 - Одновременно могут выполняться несколько вызовов функции
 - Необходимо выделять память под сохранение состояния каждого работающего вызова
 - Аргументы
 - Локальные переменные
 - Адрес возврата
- Стек
 - Сохранять состояние вызова функции надо в ограниченный период времени: от момента вызова до момент выхода
 - Вызываемая функция всегда завершается до вызывающей
- Стек выделяется **Фреймами**
 - Состояние отдельного вызова функции

Порядок вызова функции

- Аппаратный стек используется для вызова функций и возврата из них
- **Вызов функции: `call label`**
 - На стек помещается адрес возврата
 - Выполняется прыжок на метку *label*
- Адрес возврата:
 - Адрес инструкции непосредственно расположенной за инструкцией `call`

```
804854e:  e8 3d 06 00 00    call 8048b90 <main>
8048553:  50                push  eax
```

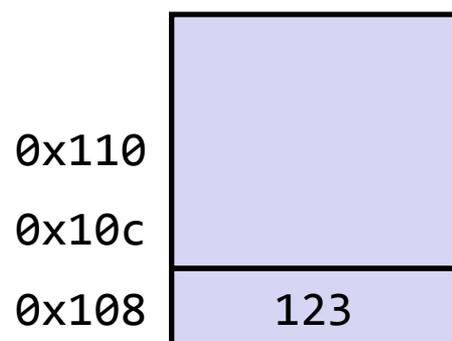
- Адрес возврата = 0x8048553
- **Возврат из функции: `ret`**
 - Выгрузка адреса из стека
 - Прыжок на этот адрес

Вызов функции

```

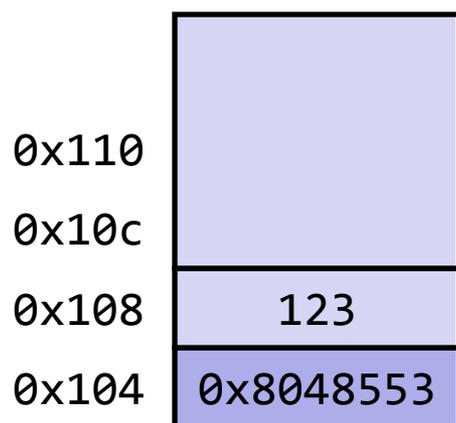
804854e:    e8 3d 06 00 00    call 8048b90 <main>
8048553:    50               push  eax
  
```

call 8048b90



esp 0x108

eip 0x804854e

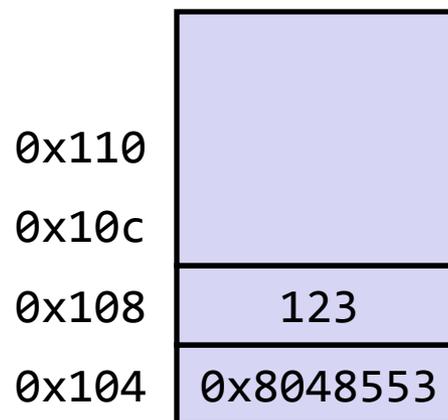


esp 0x104

eip 0x8048b90

Выход из функции

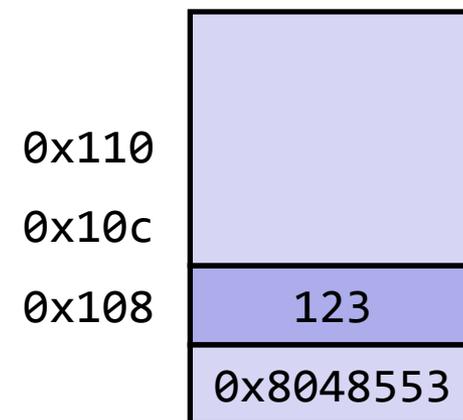
8048591: c3 ret



esp 0x104

eip 0x8048591

ret



esp 0x108

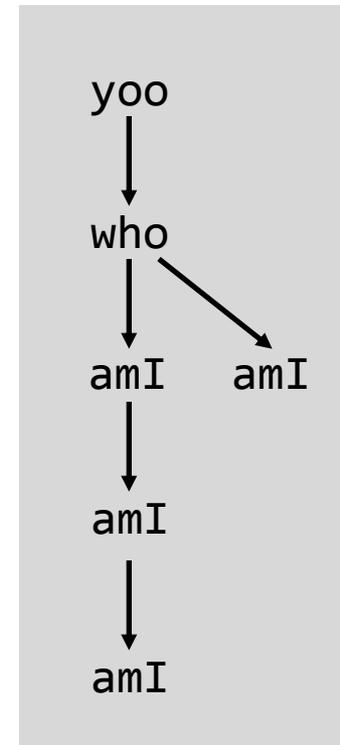
eip 0x8048553

Пример цепочки вызовов

```
yoo(...)  
{  
  •  
  •  
  who();  
  •  
  •  
}
```

```
who(...)  
{  
  • • •  
  amI();  
  • • •  
  amI();  
  • • •  
}
```

```
amI(...)  
{  
  •  
  •  
  amI();  
  •  
  •  
}
```

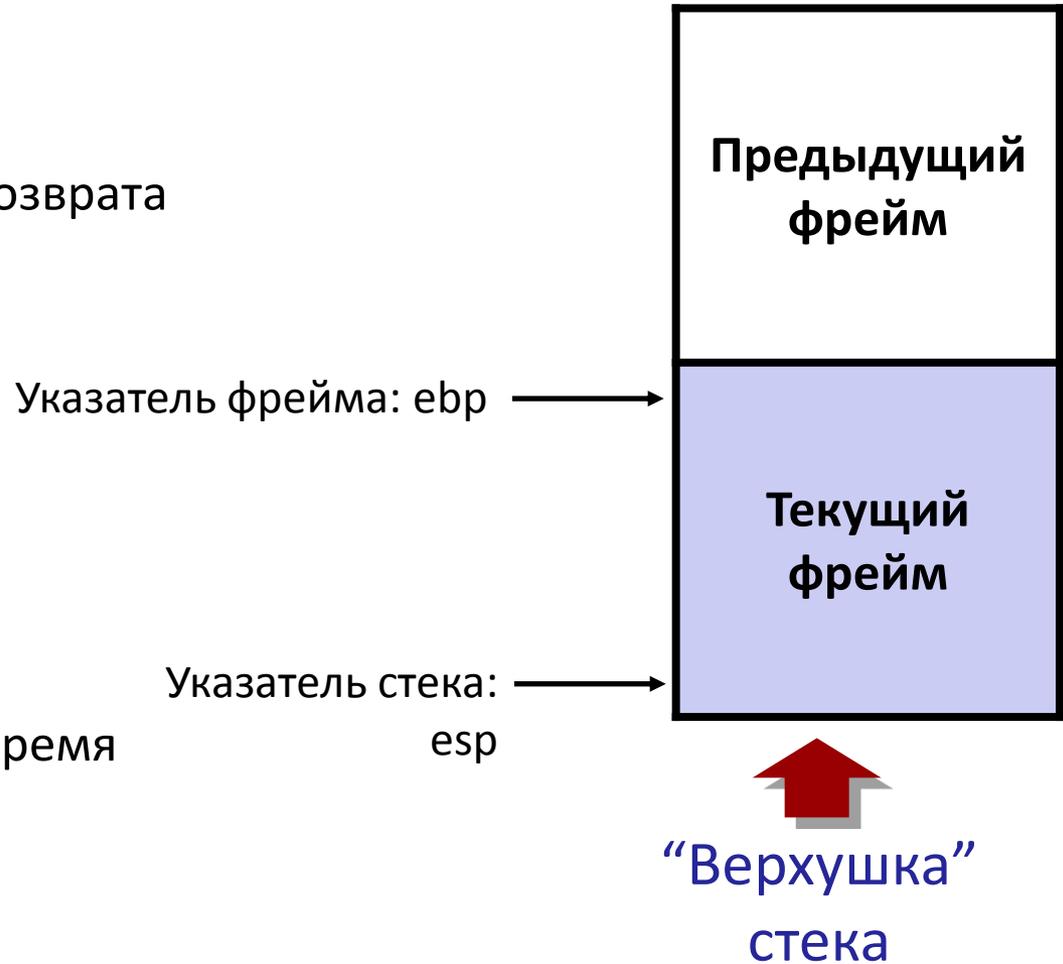


Функция amI() рекурсивная

Стек фреймов

- Во фрейме размещаются
 - Локальные переменные
 - Данные, необходимые для возврата из функции
 - Временные переменные

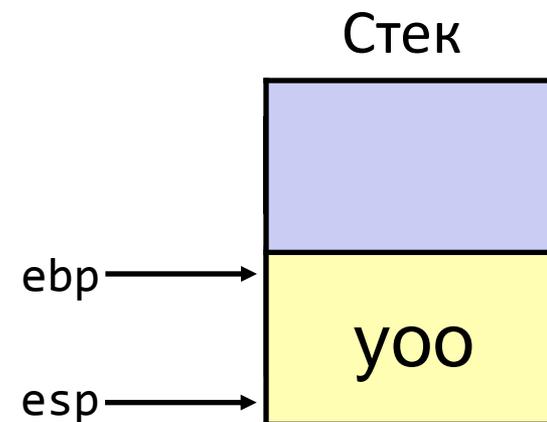
- Управление фреймами
 - Пространство выделяется во время входа в функцию
 - «пролог» функции
 - Освобождается на выходе
 - «эпилог» функции

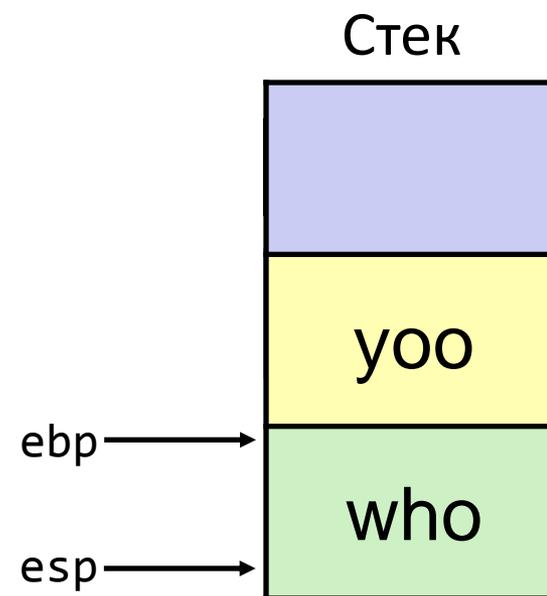
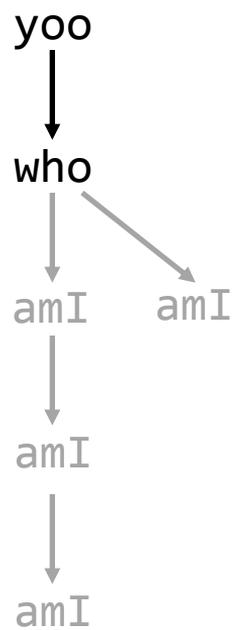
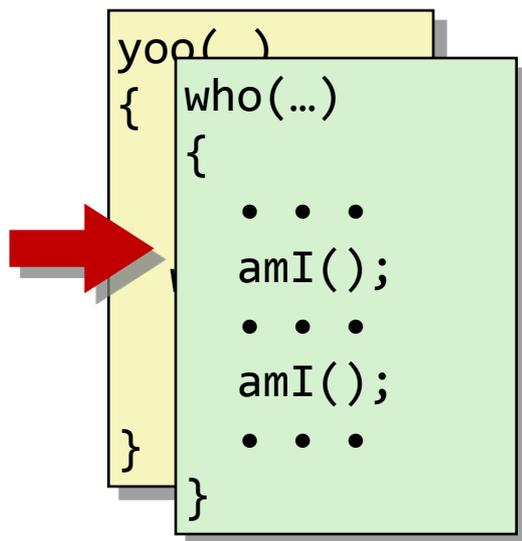


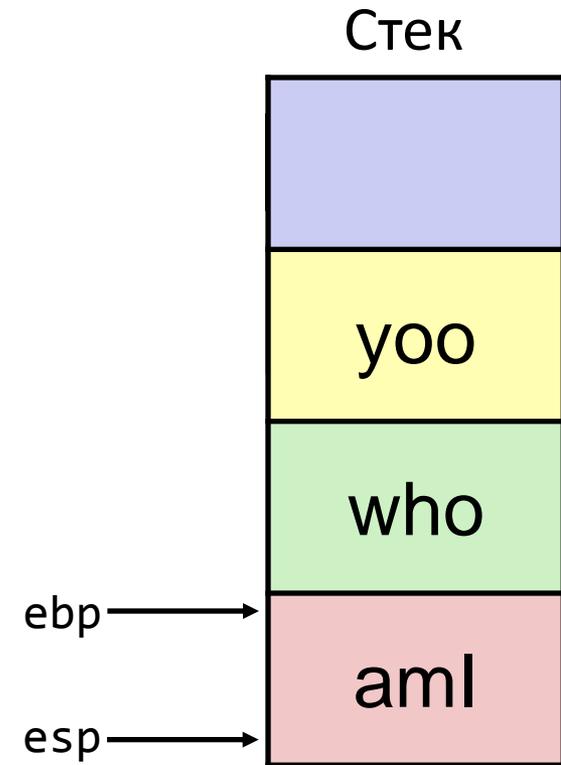
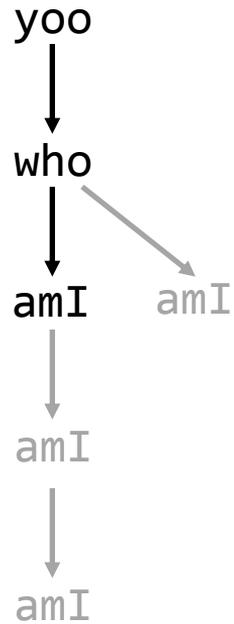
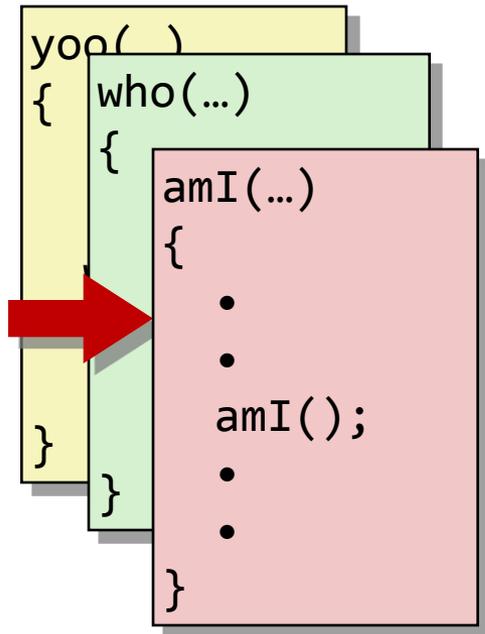


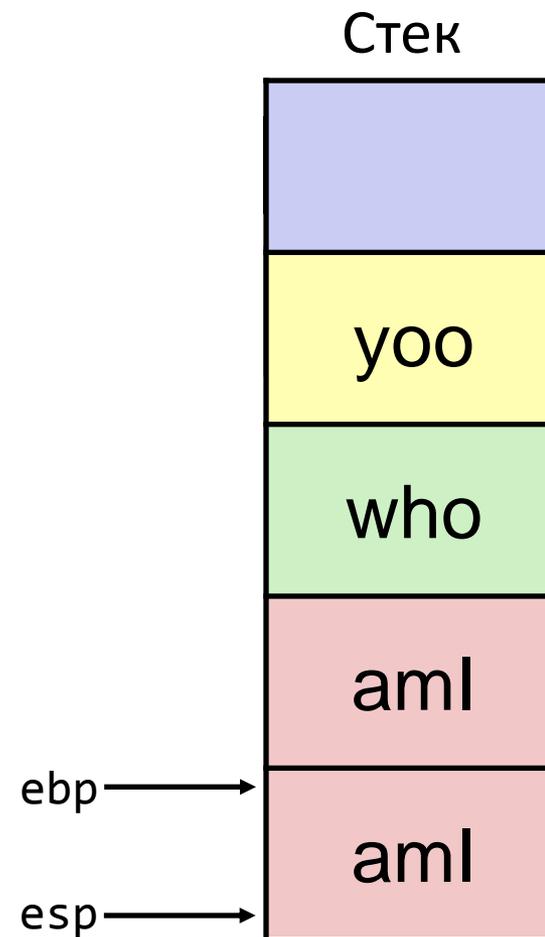
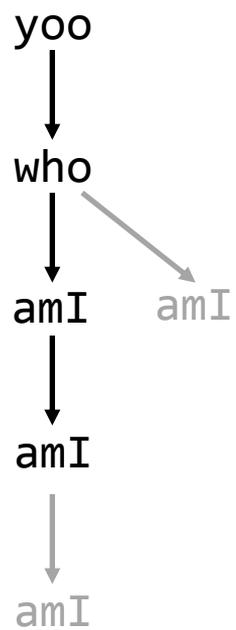
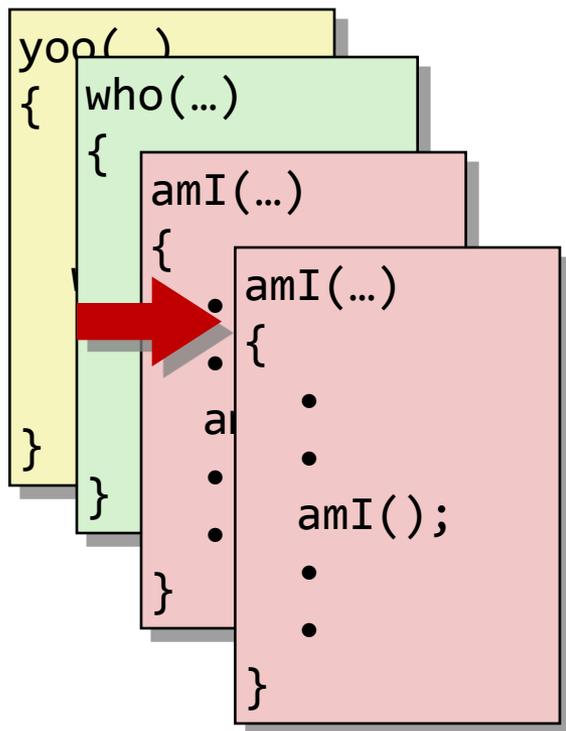
```
yoo(...)  
{  
  •  
  •  
  who();  
  •  
  •  
}
```

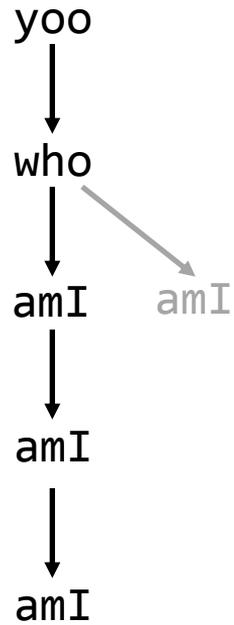
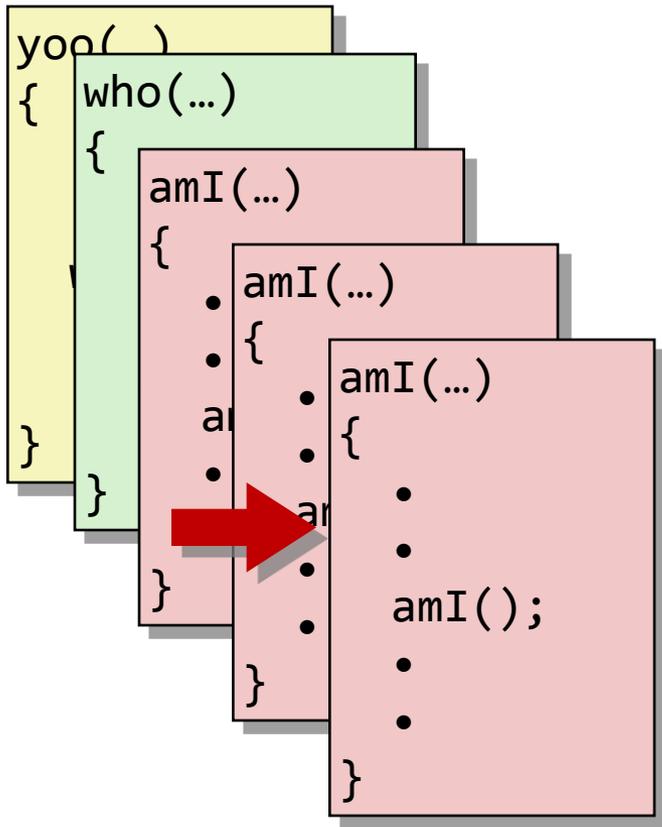
```
yoo  
  ↓  
who  
  ↓  ↘  
amI  amI  
  ↓  
amI  
  ↓  
amI
```

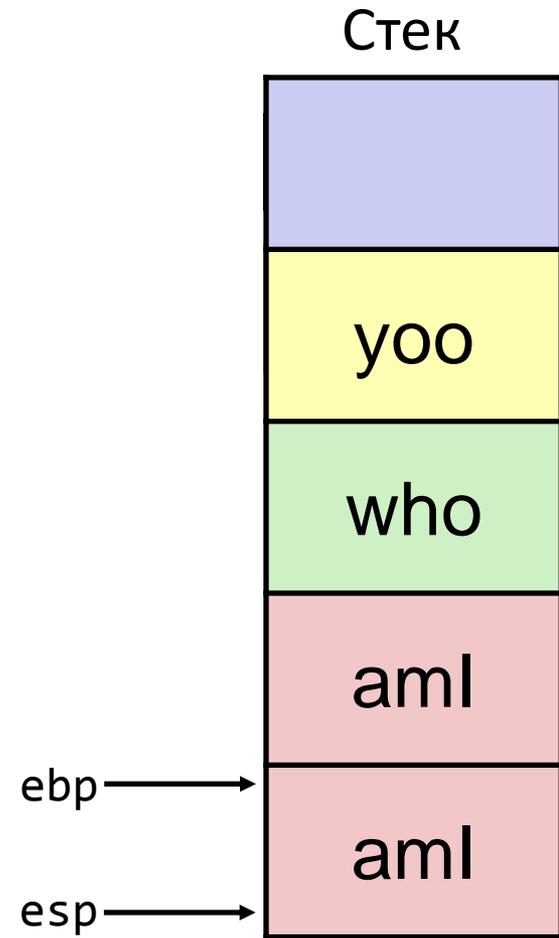
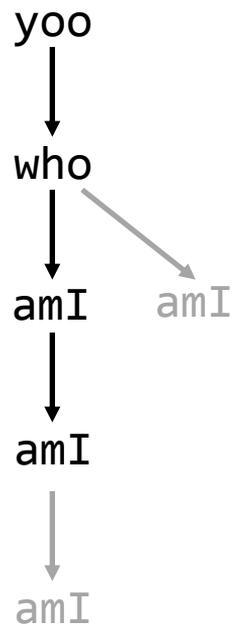
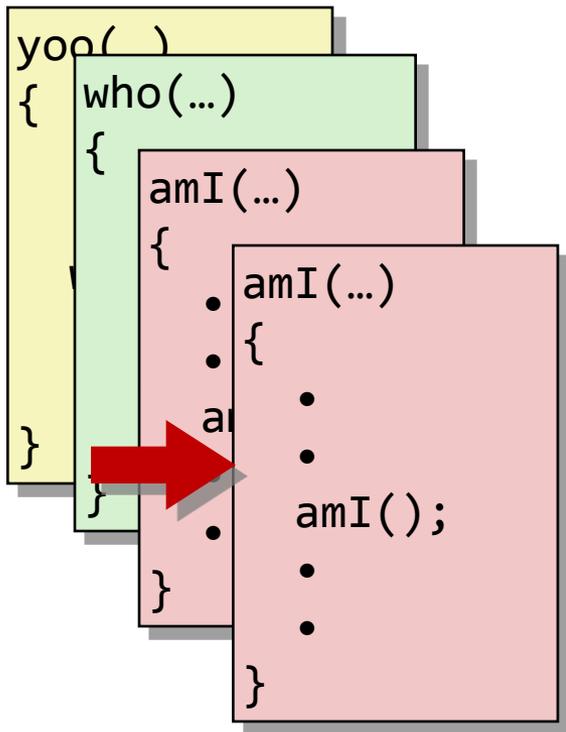


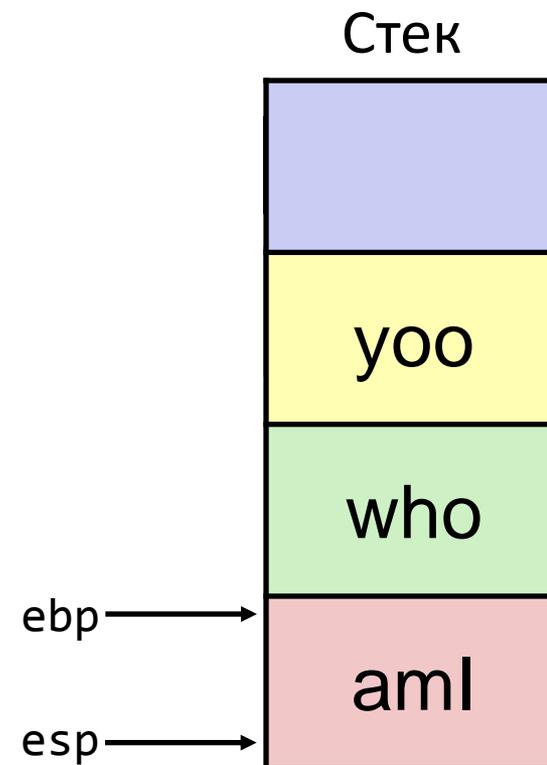
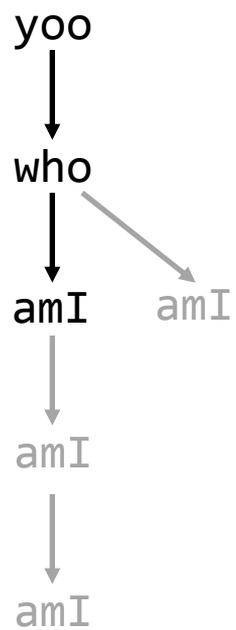
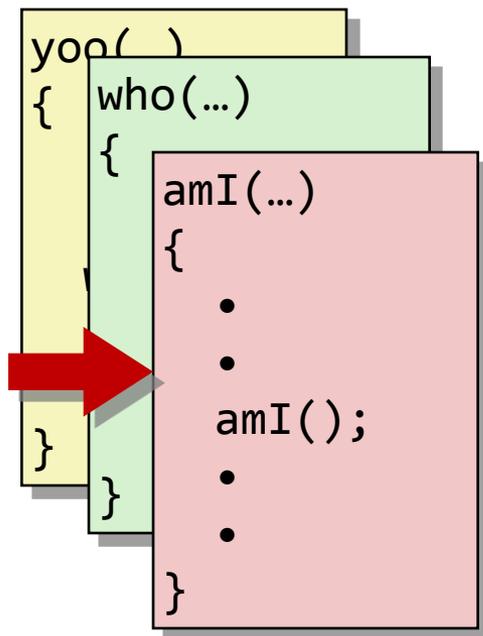


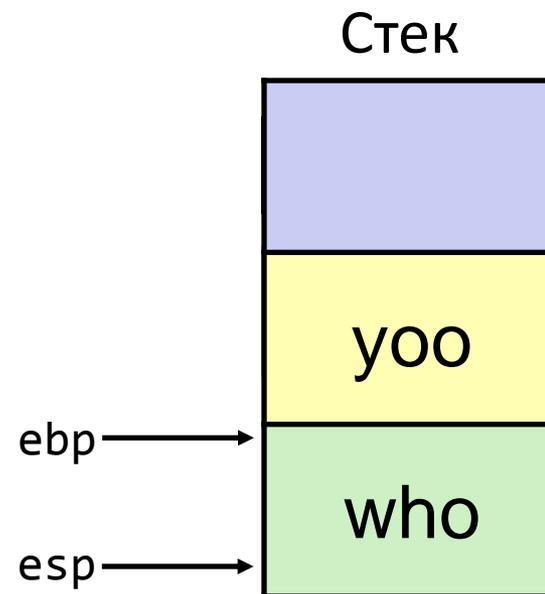
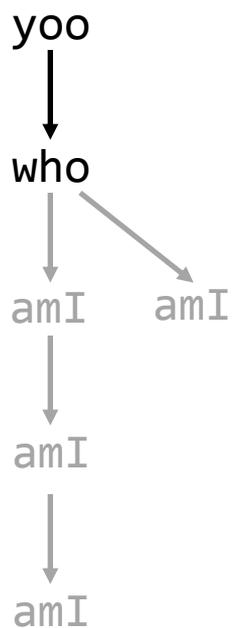
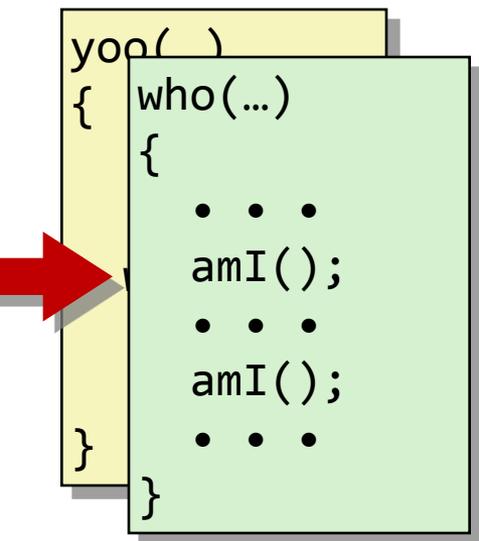


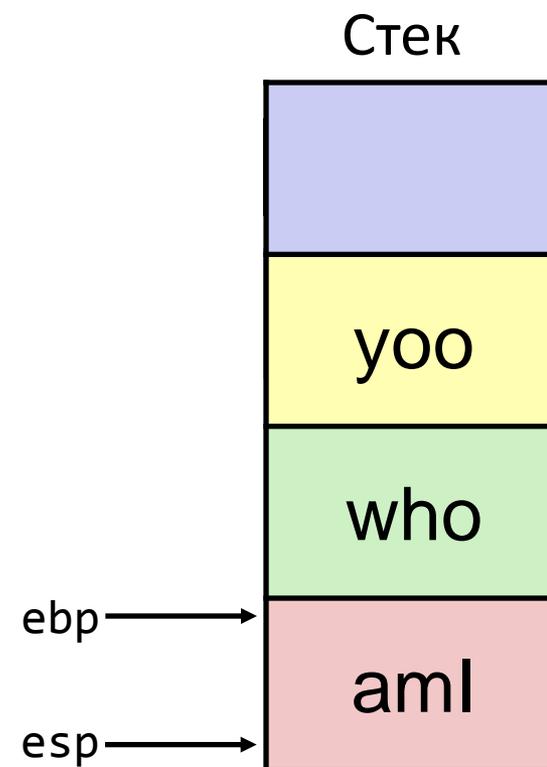
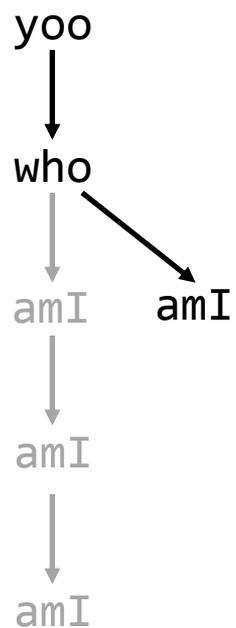
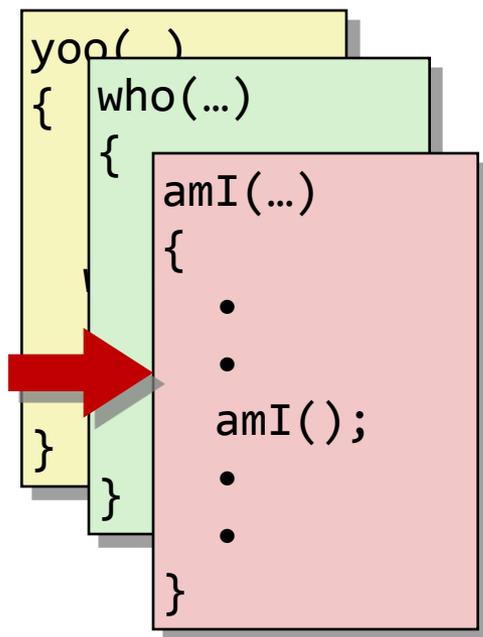


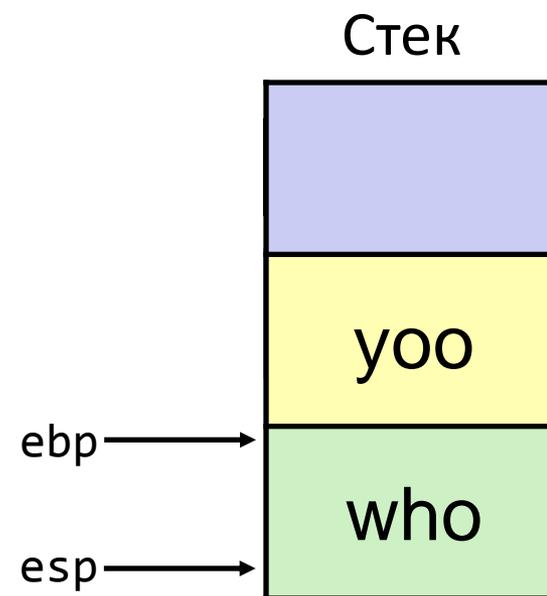
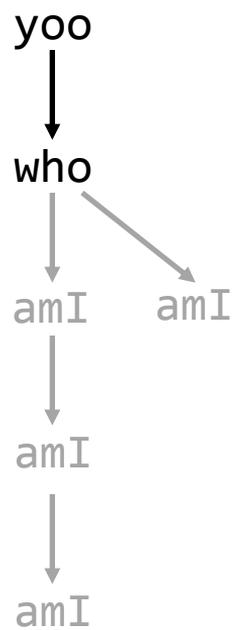
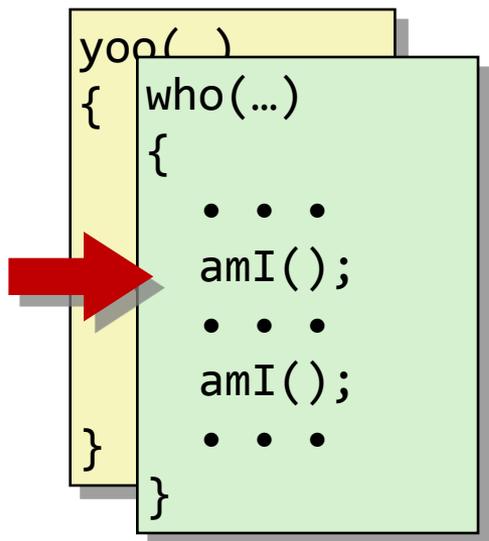




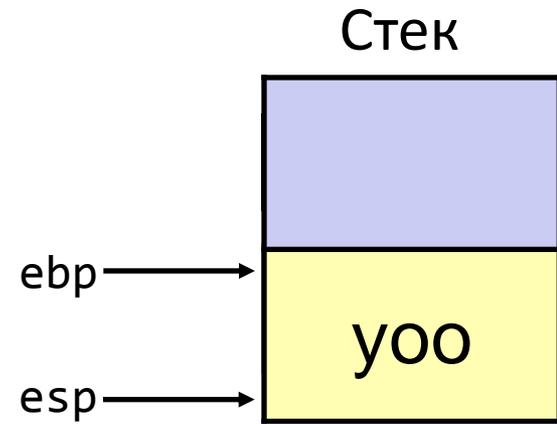
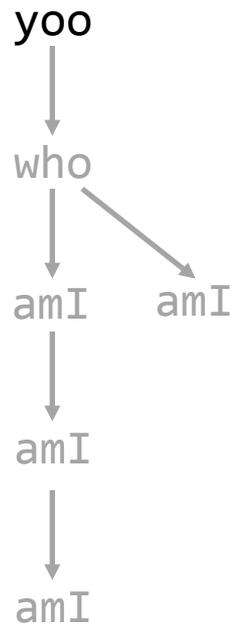






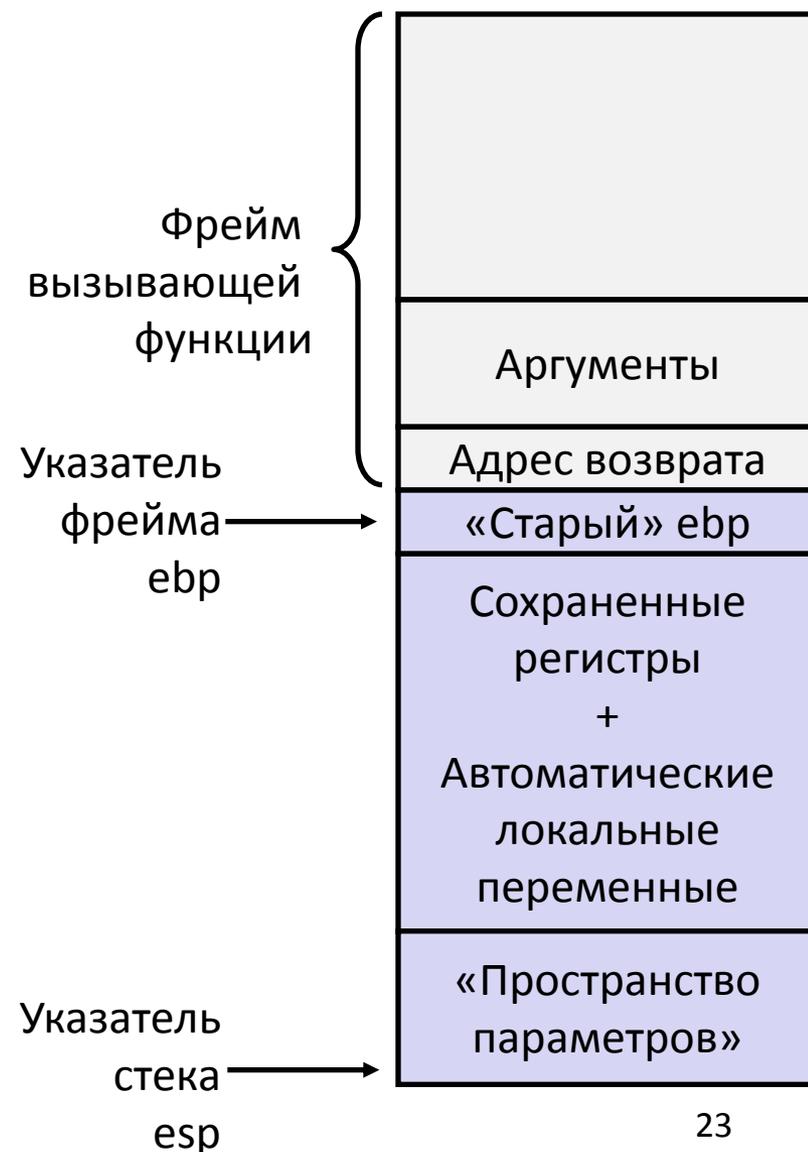


```
yoo(...)  
{  
  •  
  •  
  who();  
  •  
  •  
}
```



Организация фрейма в IA-32/Linux

- Текущий фрейм (от “верхушки” ко «дну»)
 - “Пространство параметров”: фактические параметры вызываемых функций
 - Локальные переменные
 - Сохраненные регистры
 - Прежнее значение указателя фрейма
- Фрейм вызывающей функции
 - Адрес возврата
 - Помещается на стек инструкцией call
 - **Значения** фактических аргументов для текущего вызова



```

int main() {
    int a = 1, b = 2, c;
    c = sum(a, b);
    return 0;
}

int sum(int x, int y) {
    int t = x + y;
    return t;
}

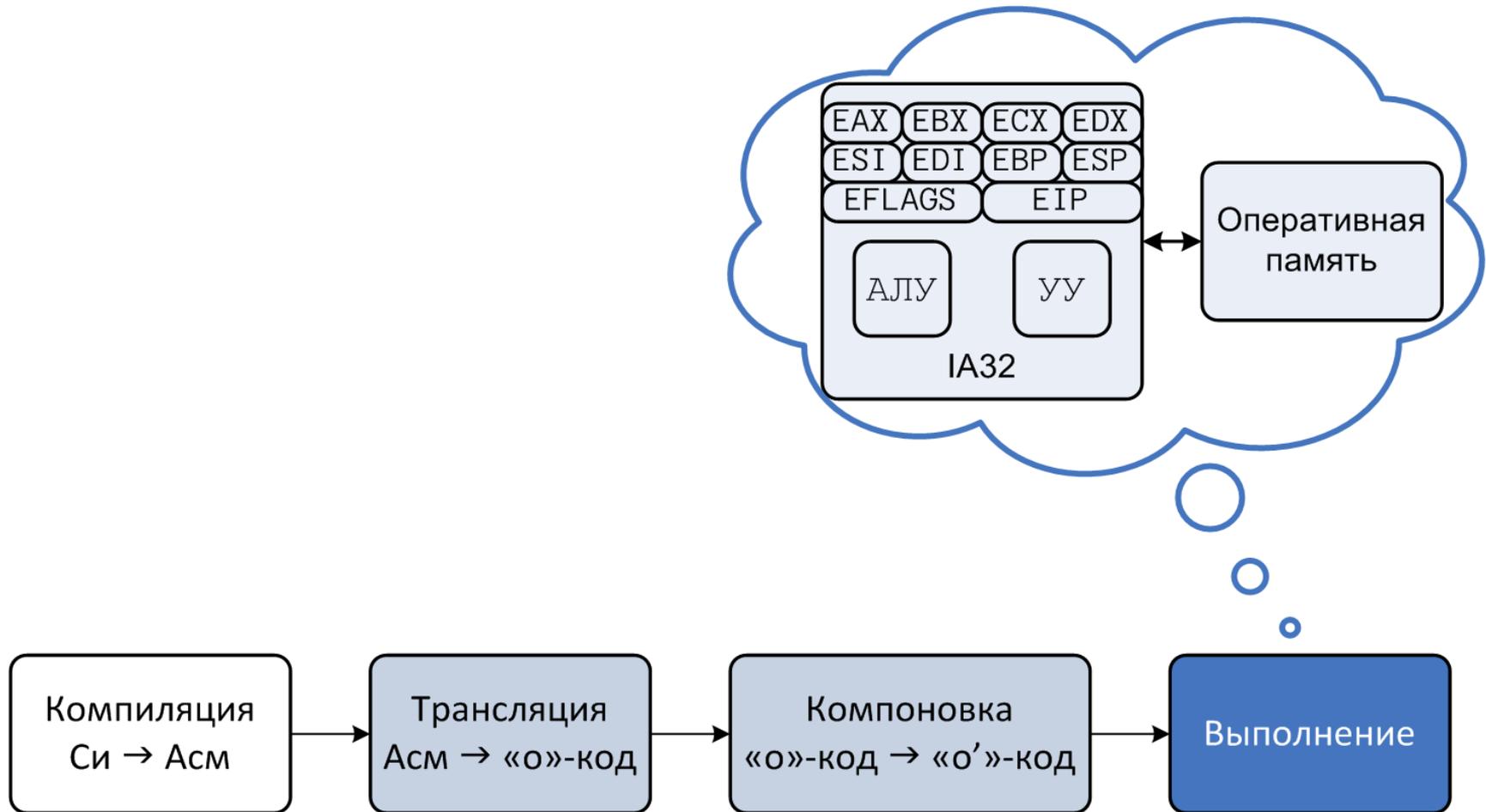
```

```

#include 'io.inc'
section .text
global CMAIN
CMAIN:
...
    mov     dword [ebp-16], 0x1    ; (1)
    mov     dword [ebp-12], 0x2    ; (2)
    mov     eax, dword [ebp-12]    ; (3)
    mov     dword [esp+4], eax     ; (4)
    mov     eax, dword [ebp-16]    ; (5)
    mov     dword [esp], eax       ; (6)
    call    sum                    ; (7)
    mov     dword [ebp-8], eax     ; (8)
...
global sum
sum:
    push   ebp                    ; (9)
    mov   ebp, esp                ; (10)
    sub   esp, 0x10               ; (11)
    mov   edx, dword [ebp+12]     ; (12)
    mov   eax, dword [ebp+8]      ; (13)
    add   eax, edx                ; (14)
    mov   dword [ebp-4], eax      ; (15)
    mov   eax, dword [ebp-4]      ; (16)
    mov   esp, ebp               ; (17)
    pop   ebp                    ; (18)
    ret                             ; (19)

```


Промежуточные итоги



Дальнейший материал

- Взаимосвязь языка Си, языка ассемблера и особенностей архитектуры IA32
 - Операции над целыми числами и битовыми векторами
 - «быстрая» арифметика и обработка 64 разрядных чисел
 - побитовые операции, сдвиги, вращения
 - реализация управляющих конструкций языка Си
 - адресная арифметика
 - массивы
 - структуры и объединения, выравнивание данных
 - соглашение вызова
 - cdecl, stdcall, fastcall
 - выравнивание стека
 - ускорение вызова функций
 - переменное число параметров
 - числа с плавающей точкой
 - ...