Лекция 12

23 марта

Передача указателей на локальные переменные в качестве параметров

Создаем указатель

```
/* Вычисляем x + 3 */
int add3(int x) {
  int localx = x;
  incrk(&localx, 3);
  return localx;
}
```

Разыменовываем указатель

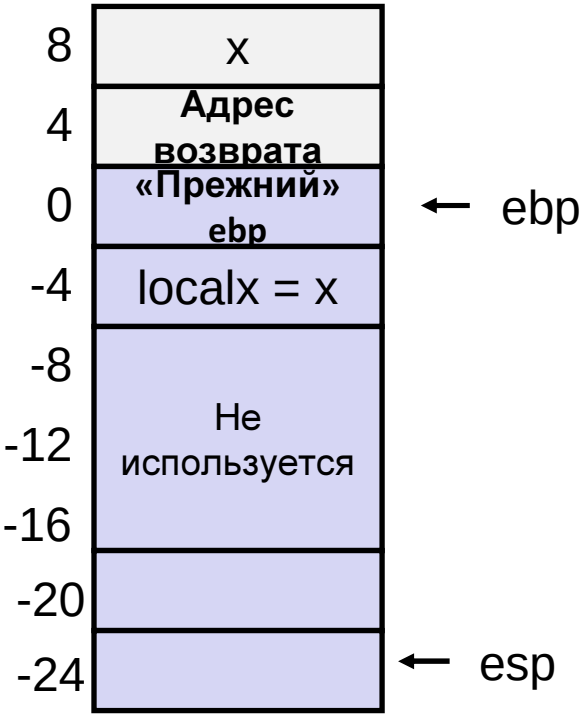
```
/* увеличиваем значение на k */
void incrk(int *ip, int k) {
  *ip += k;
}
```

- `add3` создает указатель и передает его в `incrk`

Создаем и инициализируем локальные переменные

```
int add3(int x) {
  int localx = x;
  incrk(&localx, 3);
  return localx;
}
```

- Переменную localx необходимо размещать на стеке
  - Причина: создается указатель на нее
- Вычисляем указатель: ebp - 4



Начало функции add3

```
add3:
   push ebp
   mov  ebp, esp
   sub  esp, 24  ; выделяем 24 байта
   mov  eax, dword [ebp + 8]
   mov  dword [ebp - 4], eax
        ; Присваиваем localx значение x
```

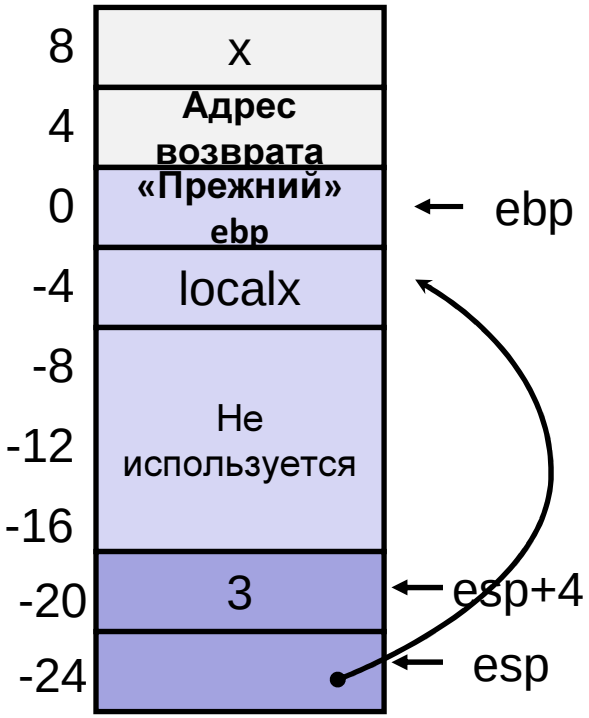
Создаем фактический параметр - указатель

```
int add3(int x) {
  int localx = x;
  incrk(&localx, 3);
  return localx;
}
```

- Инструкция lea используется для вычисления адреса localx

Продолжение функции add3

```
mov dword [esp + 4], 3 ; 2-ой параметр = 3
lea eax, [ebp - 4]     ; &localx
mov dword [esp], eax   ; 1-ый параметр =
                       ;          &localx
call incrk
```



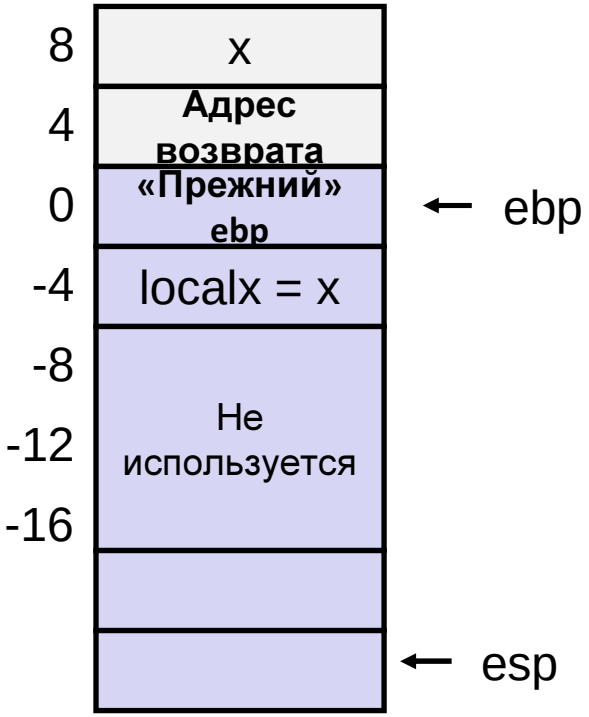
Возвращаемое значение – локальная переменная

```
int add3(int x) {
  int localx = x;
  incrk(&localx, 3);
  return localx;
}
```

- Извлекаем из стека localx – возвращаемое значение функции

Конец функции add3

```
mov eax, dword [ebp - 4]
 ; возвращаемое значение = localx
leave
ret
```



Соглашение CDECL

- Размещение параметров
  - Стек
- Порядок параметров
  - «обратный»: от «верхушки» стека ко «дну»
- Какие регистры могут быть использованы вызванной функцией
  - EAX, EDX, ECX
- Очистка стека от аргументов вызванной функции
  - Очищает вызвавшая функция
- Возвращаемое функцией значение
  - EAX
  - EAX:EDX
  - Через память

Возвращаемое значение - структура

```
typedef struct {
  int x;
  int y;
  int z;
} triple;

triple f2(int a, int b, int c) {
   triple v = {a, b, c};
   return v;
}

void f(triple *p) {
   *p = f2(1, 2, 3);
}
```

```
f:
  push    ebp                    ; (1)
  mov     ebp, esp               ; (2)
  sub     esp, 24                ; (3)
  mov     eax, 1                 ; (4)
  mov     ecx, 3                 ; (5)
  mov     edx, 2                 ; (6)
  mov     dword [esp+4], eax     ; (7)
  mov     dword [esp+12], ecx    ; (8)
  mov     dword [esp+8], edx     ; (9)
  mov     eax, dword [ebp+8]     ; (10)
  mov     dword [esp], eax       ; (11)
  call    f2                     ; (12)
  sub     esp, 4                 ; (13)
  leave                          ; (14)
  ret                            ; (15)
```

Возвращаемое значение - структура

```
typedef struct {
  int x;
  int y;
  int z;
} triple;

triple f2(int a, int b, int c) {
   triple v = {a, b, c};
   return v;
}

void f(triple *p) {
   *p = f2(1, 2, 3);
}
```

```
f2:
   push    ebp                    ; (1)
   mov     ebp, esp               ; (2)
   mov     eax, dword [ebp+8]     ; (3)
   mov     edx, dword [ebp+20]    ; (4)
   mov     dword [eax+8], edx     ; (5)
   mov     edx, dword [ebp+16]    ; (6)
   mov     dword [eax+4], edx     ; (7)
   mov     edx, dword [ebp+12]    ; (8)
   mov     dword [eax], edx       ; (9)
   pop     ebp                   ; (10)
   ret     4                     ; (11)
```

Функция main

```
#include <stdio.h>

void nullify(int argc, char* argv[]) {
}

int main(int argc, char* argv[]) {
   nullify(argc, argv);
   return 0;
}
```

```
CMAIN:
   lea     ecx, [esp+4]  ; (1)
   and     esp, -16      ; (2)
   push    dword [ecx-4] ; (3)
   push    ebp           ; (4)
   mov     ebp, esp      ; (5)
   push    ecx           ; (6)
   sub     esp, 20       ; (7)
   ; …

nullify:
        ret
```

Функция main

```
#include <stdio.h>

void nullify(int argc, char* argv[]) {
}

int main(int argc, char* argv[]) {
   nullify(argc, argv);
   return 0;
}
```

```
CMAIN:
   ; …
   mov     eax, dword [ecx+4] ; (8)
   mov     dword [esp+4], eax ; (9)
   mov     eax, dword [ecx]   ; (10)
   mov     dword [esp], eax   ; (11)
   call    nullify            ; (12)
   ; …

nullify:
        ret
```

Функция main

```
#include <stdio.h>

void nullify(int argc, char* argv[]) {
}

int main(int argc, char* argv[]) {
   nullify(argc, argv);
   return 0;
}
```

```
CMAIN:
   ; …
   mov     eax, 0        ; (13)
   add     esp, 20       ; (14)
   pop     ecx           ; (15)
   pop     ebp           ; (16)
   lea     esp, [ecx-4]  ; (17)
   ret

nullify:
        ret
```

Пример вызова malloc

```
#include <stdlib.h>

struct chain;

typedef struct chain {
   int val;
   struct chain *next;
} t_chain, *p_chain;
```

```
p_chain insert(p_chain p, int val) {
   if ((0 == p) || (p->val > val)) {
      p_chain np =
         (p_chain)malloc(sizeof(t_chain));
      np->val = val;
      np->next = p;
      return np;
   } else {
      p->next = insert(p, val);
      return p;
   }
}
```

Пример вызова malloc

```
p_chain insert(p_chain p, int val) {
   if ((0 == p) || (p->val > val)) {
      p_chain np =
         (p_chain)malloc(sizeof(t_chain));
      np->val = val;
      np->next = p;
      return np;
   } else {
      p->next = insert(p, val);
      return p;
   }
}
```

```
%include 'io.inc'

section .text

CEXTERN malloc

insert:
   push    ebp
   mov     ebp, esp
   sub     esp, 24
   ; …
```

Пример вызова malloc

```
p_chain insert(p_chain p, int val) {
   if ((0 == p) || (p->val > val)) {
      p_chain np =
         (p_chain)malloc(sizeof(t_chain));
      np->val = val;
      np->next = p;
      return np;
   } else {
      p->next = insert(p, val);
      return p;
   }
}
```

```
insert:
   ; …
   mov      dword [ebp-4], esi
   mov      esi, dword [ebp+8]
   mov      dword [ebp-8], ebx
   mov      ebx, dword [ebp+12]
   ; …
```

Пример вызова malloc

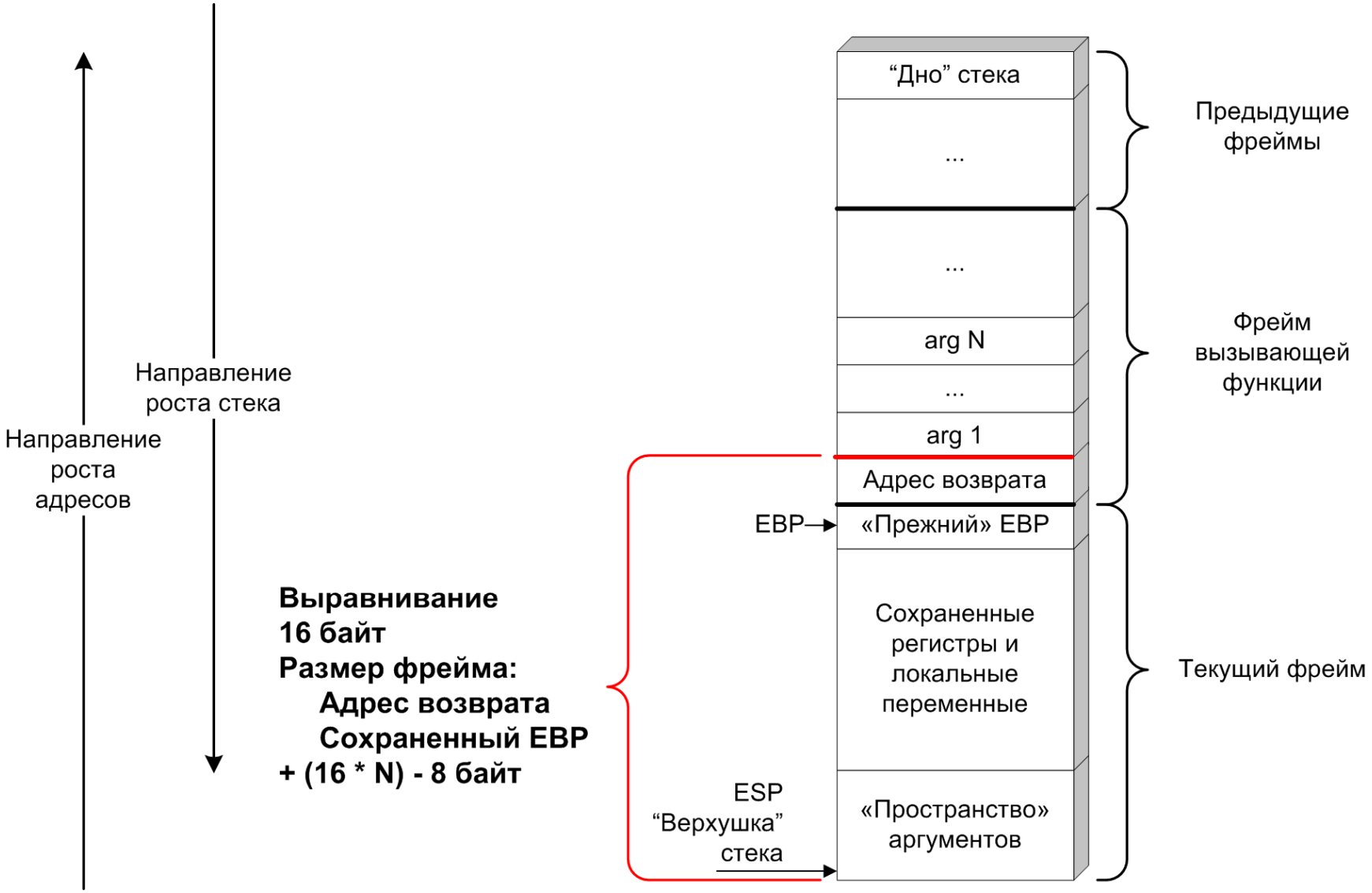
```
p_chain insert(p_chain p, int val) {
   if ((0 == p) || (p->val > val)) {
      p_chain np =
         (p_chain)malloc(sizeof(t_chain));
      np->val = val;
      np->next = p;
      return np;
   } else {
      p->next = insert(p, val);
      return p;
   }
}
```

```
   test    esi, esi
   je      .L2
   cmp     dword [esi], ebx
   jle     .L3
.L2:
   mov     dword [esp], 8
   call    malloc
   mov     dword [eax], ebx
   mov     dword [eax+4], esi
   mov     ebx, dword [ebp-8]
   mov     esi, dword [ebp-4]
   mov     esp, ebp
   pop     ebp
   ret
.L3:
```

Пример вызова malloc

```
p_chain insert(p_chain p, int val) {
   if ((0 == p) || (p->val > val)) {
      p_chain np =
         (p_chain)malloc(sizeof(t_chain));
      np->val = val;
      np->next = p;
      return np;
   } else {
      p->next = insert(p, val);
      return p;
   }
}
```

```
   ; …
.L3:
   mov     dword [esp+4], ebx
   mov     dword [esp], esi
   call    insert
   mov     dword [esi+4], eax
   mov     eax, esi
   mov     ebx, dword [ebp-8]
   mov     esi, dword [ebp-4]
   mov     esp, ebp
   pop     ebp
   ret
```



Стандартная библиотека языка Си

- 24 заголовочных файла
- stdlib.h
  - Преобразование типов: atoi, strtod, …
  - Генерация псевдослучайных последовательностей
  - Выделение и освобождение памяти
  - Сортировка и поиск
  - Математика
- stdio.h
  - Функции для файловых операций
  - Функции для операций ввода-вывода
- string.h
- …

STDCALL

```
#include <stdio.h>

__attribute__((stdcall))
int sum(int x, int y);

int main() {
   int a = 1, b = 2, c;
   c = sum(a, b);
   printf("%d\n", c);
   return 0;
}

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

```
sum:
   push    ebp
   mov     ebp, esp
   sub     esp, 16
   mov     edx, dword [ebp+12]
   mov     eax, dword [ebp+8]
   add     eax, edx
   mov     dword [ebp-4], eax
   mov     eax, dword [ebp-4]
   leave
   ret     8
```

STDCALL

```
#include <stdio.h>

__attribute__((stdcall))
int sum(int x, int y);

int main() {
   int a = 1, b = 2, c;
   c = sum(a, b);
   printf("%d\n", c);
   return 0;
}

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

```
CMAIN:
   ; …
   mov      eax, dword [ebp-12]
   mov      dword [esp+4], eax
   mov      eax, dword [ebp-16]
   mov      dword [esp], eax
   call     sum
   sub      esp, 8
   mov      dword [ebp-8], eax
   ; …
```

FASTCALL

```
#include <stdio.h>

__attribute__((fastcall)) int
sum(int x, int y);

int main() {
   int a = 1, b = 2, c;
   c = sum(a, b);
   printf("%d\n", c);
   return 0;
}

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

```
CMAIN:
   ; …
   mov      edx, DWORD [ebp-12]
   mov      ecx, DWORD [ebp-16]
   call     sum
   mov      DWORD [ebp-8], eax
   ; …

sum:
   lea      eax, [ecx + edx]
   ret
```

Отказ от указателя фрейма

```
void f(int x, int y) {
   int numerator =
      (x + y) * (x - y);
   int denominator =
      x * x + y * y;
   if (0 == denominator) {
      denominator = 1;
   }
   return (100 * numerator) /
               denominator;
}
```

Регистр	Значение
esi	y
ecx	X

-fomit-frame-pointer

```
f:
   ; пролог
   sub      esp, 8
   mov      dword [esp+4], esi
   mov      esi, dword [esp+16]
   mov      ecx, dword [esp+12]
   mov      dword [esp], ebx
   ; …
```

Сохраненный регистр	адрес
esi	[esp + 4]
ebx	[esp]

Отказ от указателя фрейма

```
void f(int x, int y) {
   int numerator =
      (x + y) * (x - y);
   int denominator =
      x * x + y * y;
   if (0 == denominator) {
      denominator = 1;
   }
   return (100 * numerator) /
               denominator;
}
```

Регистр	Значение
esi	y
ecx	X

```
f:
   ; …
   mov      edx, esi
   imul     edx, esi ; edx = y^2
   mov      eax, ecx
   imul     eax, ecx ; eax = x^2
   mov      ebx, edx
   add      ebx, eax
                ; ebx = x^2 + y^2
   jne      .L2
   mov      ebx, 1
.L2
   ; …
```

Отказ от указателя фрейма

```
void f(int x, int y) {
   int numerator =
      (x + y) * (x - y);
   int denominator =
      x * x + y * y;
   if (0 == denominator) {
      denominator = 1;
   }
   return (100 * numerator) /
               denominator;
}
```

```
f:
   ; …
.L2
   lea      edx, [esi+ecx]
   sub      ecx, esi
   imul     edx, ecx
   ; …
```

Регистр	Значение
esi	**y**
ecx	**x**
ebx	x^2 + y^2

Отказ от указателя фрейма

```
void f(int x, int y) {
   int numerator =
      (x + y) * (x - y);
   int denominator =
      x * x + y * y;
   if (0 == denominator) {
      denominator = 1;
   }
   return (100 * numerator) /
               denominator;
}
```

```
f:
   ; …
   imul    edx, edx, 100
   mov     eax, edx
   sar     edx, 31
   idiv    ebx
   ; …
```

Регистр	Значение
esi	**y**
ecx	**x**
ebx	x^2 + y^2
edx	(x + y) * (x - y)

Отказ от указателя фрейма

```
void f(int x, int y) {
   int numerator =
      (x + y) * (x - y);
   int denominator =
      x * x + y * y;
   if (0 == denominator) {
      denominator = 1;
   }
   return (100 * numerator) /
              denominator;
}
```

```
f:
   ; …
   ; эпилог
   mov     esi, DWORD [esp+4]
   mov     ebx, DWORD [esp]
   add     esp, 8
   ret
```

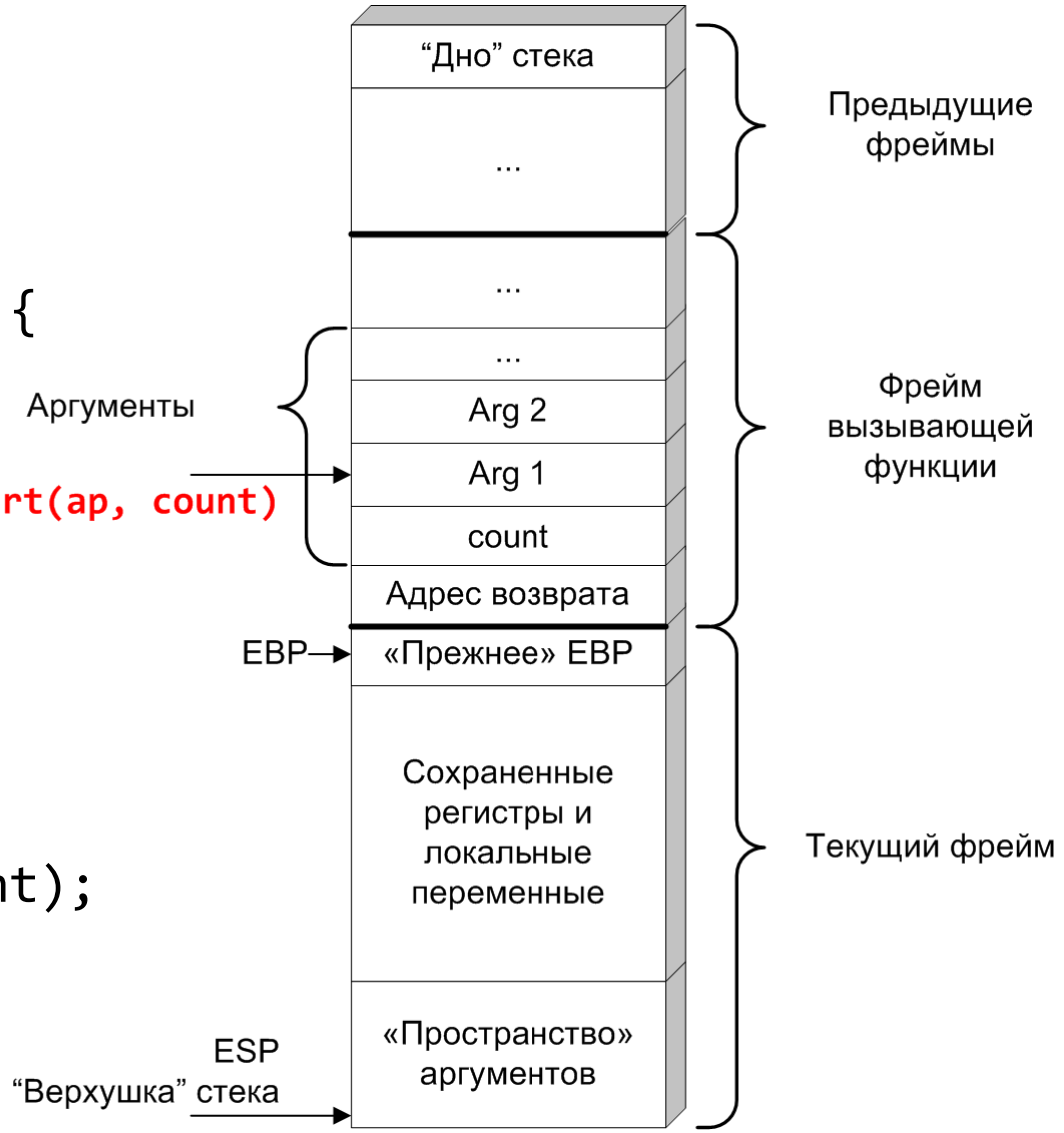
Переменное количество параметров

- Многоточие (...) помещается в конце списка параметров.
- Тип данных
  - va_list
- Макрокоманды
  - va_start(va_list, last fixed param)
  - va_arg(va_list, cast type)
  - va_end(va_list)

Переменное количество параметров

```
#include <stdarg.h>

int average(int count, ...) {
    va_list ap;
    int j;
    int sum = 0;
    if (0 == count) {
       return -1;
    }
    va_start(ap, count);
    for (j=0; j<count; j++)
        sum += va_arg(ap, int);
    va_end(ap);
    return sum/count;
}
```



Переменное количество параметров

```
#include <stdarg.h>

int average(int count, ...) {
    va_list ap;
    int sum = 0;
    if (0 == count) {
       return -1;
    }
    va_start(ap, count);
    for (int i=0; i<count; i++)
        sum += va_arg(ap, int);
    va_end(ap);
    return sum/count;
}
```

```
average:
  push ebp
  mov  ebp, esp
  push ebx
  mov  ecx, dword [ebp+8]
  test ecx, ecx
  jne  .L11
  mov  eax, -1
  pop  ebx
  pop  ebp
  ret
.L11:
; …
```

Переменное количество параметров

```
#include <stdarg.h>

int average(int count, ...) {
    va_list ap;
    int sum = 0;
    if (0 == count) {
       return -1;
    }
    va_start(ap, count);
    for (int i=0; i<count; i++)
        sum += va_arg(ap, int);
    va_end(ap);
    return sum/count;
}
```

```
average:
  ; …
.L11:
  xor  eax, eax
  xor  edx, edx
  test ecx, ecx
  lea  ebx, [ebp+12]
  jle  .L5
.L8:
  add  edx, dword [ebx+eax*4]
  add  eax, 1
  cmp  ecx, eax
  jg   .L8
.L5:
```

Переменное количество параметров

```
#include <stdarg.h>

int average(int count, ...) {
    va_list ap;
    int sum = 0;
    if (0 == count) {
       return -1;
    }
    va_start(ap, count);
    for (int i=0; i<count; i++)
        sum += va_arg(ap, int);
    va_end(ap);
    return sum/count;
}
```

```
average:
  ; …
.L11:
  xor  eax, eax
  xor  edx, edx
  test ecx, ecx
  lea  ebx, [ebp+12]
  jle  .L5
.L8:
  add  edx, dword [ebx+eax*4]
  add  eax, 1
  cmp  ecx, eax
  jg   .L8
.L5:
```

Переменное количество параметров

```
#include <stdarg.h>

int average(int count, ...) {
    va_list ap;
    int sum = 0;
    if (0 == count) {
       return -1;
    }
    va_start(ap, count);
    for (int i=0; i<count; i++)
        sum += va_arg(ap, int);
    va_end(ap);
    return sum/count;
}
```

```
average:
  ; …
.L5:
  mov  eax, edx
  sar  edx, 31
  idiv ecx
  pop  ebx
  pop  ebp
  ret
```