

Язык C++

Работа с памятью

Работа программ

- Архитектура Фон Неймана\Гарвардская
- Виды памяти
- Процессор
- Прерывания

Процессы\потоки

Процессы

- Независимое адресное пространство
- Объекты ядра (файловые дескрипторы, объекты синхронизации и т.д.)

Потоки

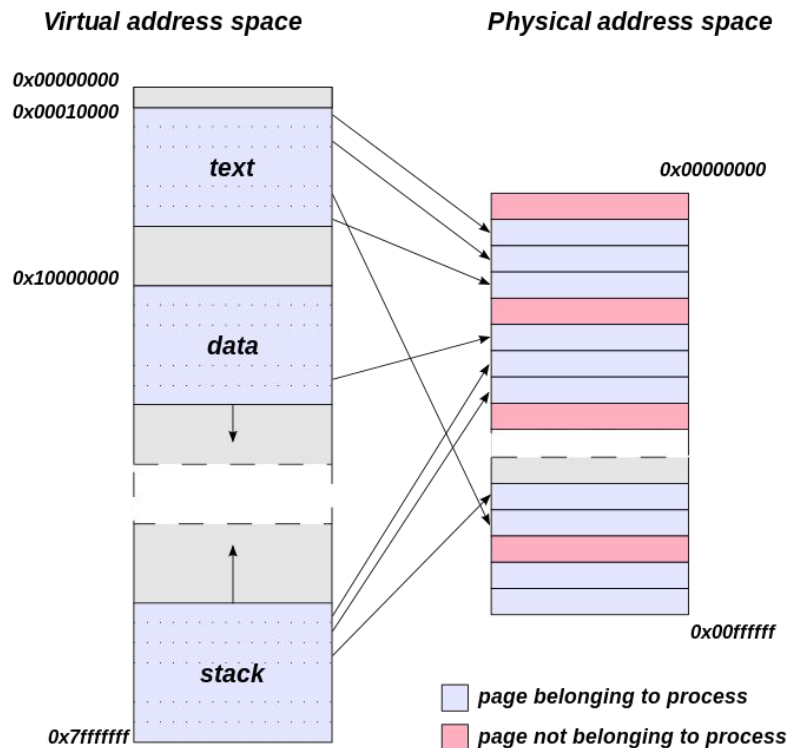
- Набор команд
- Стек

Виртуальное адресное пространство

1. У каждого процесса “своя” память
2. Иллюзия доступности всех ресурсов
3. Осуществляется мапинг на физическую память
4. Page Table
5. Segments
6. ОС также реализует данную логику

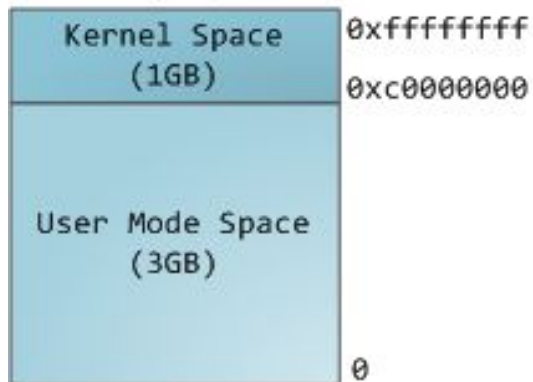
Page table

- Мappings виртуального адреса на физически
- Изоляция процессов
- Memory-mapped file
- Обеспечение безопасного режима работы ОС
- swapping

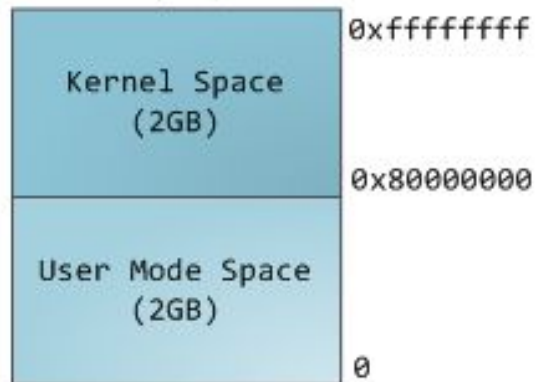


Представление программы в памяти

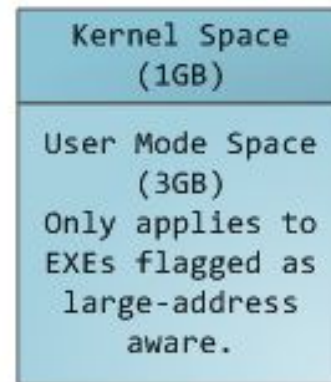
Linux User/Kernel
Memory Split

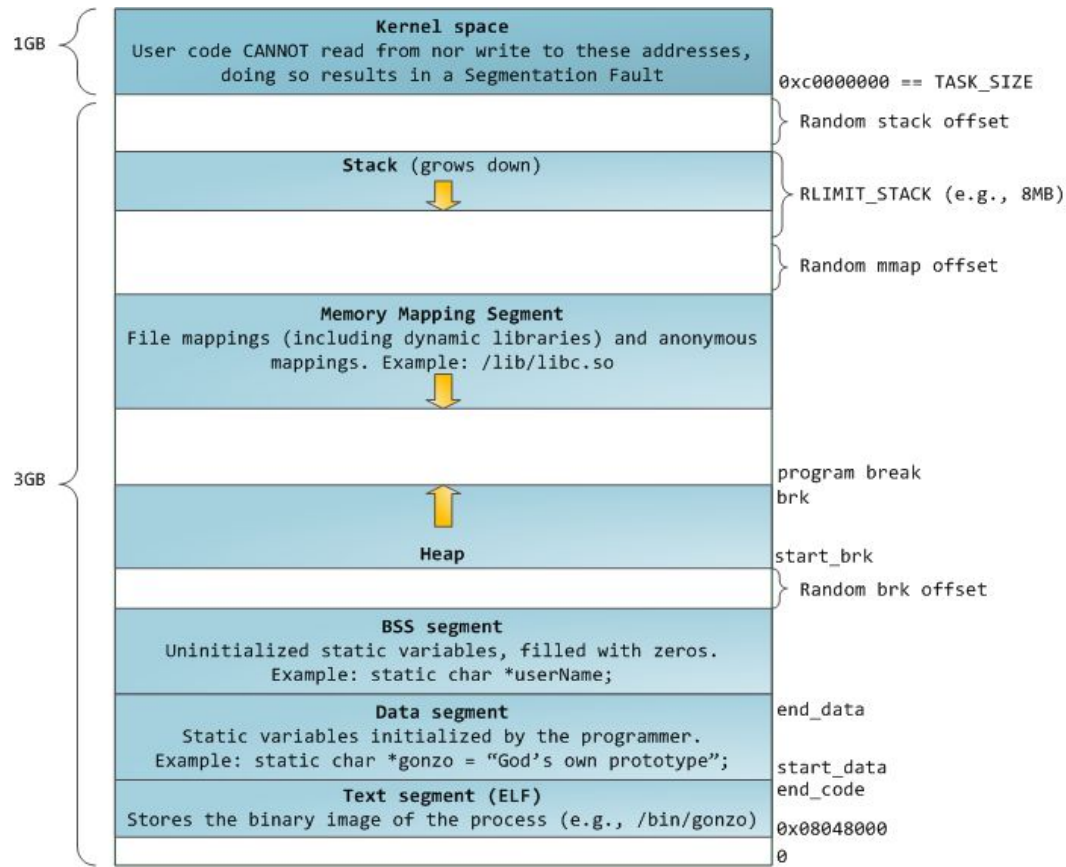


Windows, default
memory split



Windows booted
with /3GB switch





Segments

1. Stack
2. Heap
3. Memory Mapping
4. BSS
5. Data
6. Text
7. etc

Segments

```
int main(int argc, char* argv[]) {  
    int local = 0;  
    char* str = "Hello world";  
  
    std::printf("Process id: %d\n", getpid());  
  
    std::printf("Address of PI: %p\n", &PI);  
    std::printf("Address of SomeGlobalValue %p\n", &SomeGlobalValue);  
    std::printf("Address of str %p\n", str);  
    std::printf("Address of SomeFunc %p\n", &SomeFunc);  
    std::printf("Address of local %p\n", &local);  
  
    getchar();  
    return 0;  
}
```

Segments

```
hvest239@hvest239-ub16:~$ cat /proc/414335/maps
00400000-00401000 r--p 00000000 08:02 28974013 /home/hvest239/ITMO/C/20_21/21.10.25/main
00401000-00402000 r-xp 00001000 08:02 28974013 /home/hvest239/ITMO/C/20_21/21.10.25/main
00402000-00403000 r--p 00002000 08:02 28974013 /home/hvest239/ITMO/C/20_21/21.10.25/main
00403000-00404000 r--p 00002000 08:02 28974013 /home/hvest239/ITMO/C/20_21/21.10.25/main
00404000-00405000 rw-p 00003000 08:02 28974013 /home/hvest239/ITMO/C/20_21/21.10.25/main
01bda000-01bfb000 rw-p 00000000 00:00 0 [heap]
7f2cc7874000-7f2cc7899000 r--p 00000000 08:02 24510538 /lib/x86_64-linux-gnu/libc-2.31.so
7f2cc7899000-7f2cc7a11000 r-xp 00025000 08:02 24510538 /lib/x86_64-linux-gnu/libc-2.31.so
7f2cc7a11000-7f2cc7a5b000 r--p 0019d000 08:02 24510538 /lib/x86_64-linux-gnu/libc-2.31.so
7f2cc7a5b000-7f2cc7a5c000 ---p 001e7000 08:02 24510538 /lib/x86_64-linux-gnu/libc-2.31.so
7f2cc7a5c000-7f2cc7a5f000 r--p 001e7000 08:02 24510538 /lib/x86_64-linux-gnu/libc-2.31.so
7f2cc7a5f000-7f2cc7a62000 rw-p 001ea000 08:02 24510538 /lib/x86_64-linux-gnu/libc-2.31.so
7f2cc7a62000-7f2cc7a68000 rw-p 00000000 00:00 0
7f2cc7a8b000-7f2cc7a8c000 r--p 00000000 08:02 24510512 /lib/x86_64-linux-gnu/ld-2.31.so
7f2cc7a8c000-7f2cc7aaf000 r-xp 00001000 08:02 24510512 /lib/x86_64-linux-gnu/ld-2.31.so
7f2cc7aaf000-7f2cc7ab7000 r--p 00024000 08:02 24510512 /lib/x86_64-linux-gnu/ld-2.31.so
7f2cc7ab8000-7f2cc7ab9000 r--p 0002c000 08:02 24510512 /lib/x86_64-linux-gnu/ld-2.31.so
7f2cc7ab9000-7f2cc7aba000 rw-p 0002d000 08:02 24510512 /lib/x86_64-linux-gnu/ld-2.31.so
7f2cc7aba000-7f2cc7abb000 rw-p 00000000 00:00 0
7ffff3c0c000-7ffff3c2e000 rw-p 00000000 00:00 0 [stack]
7ffff3cd1000-7ffff3cd4000 r--p 00000000 00:00 0 [vvar]
7ffff3cd4000-7ffff3cd5000 r-xp 00000000 00:00 0 [vdso]
fffffffff600000-fffffffff601000 --xp 00000000 00:00 0 [vsyscall]
```

Stack (Стек вызова)

```
int add(int a, int b) {  
    return a + b;  
}
```

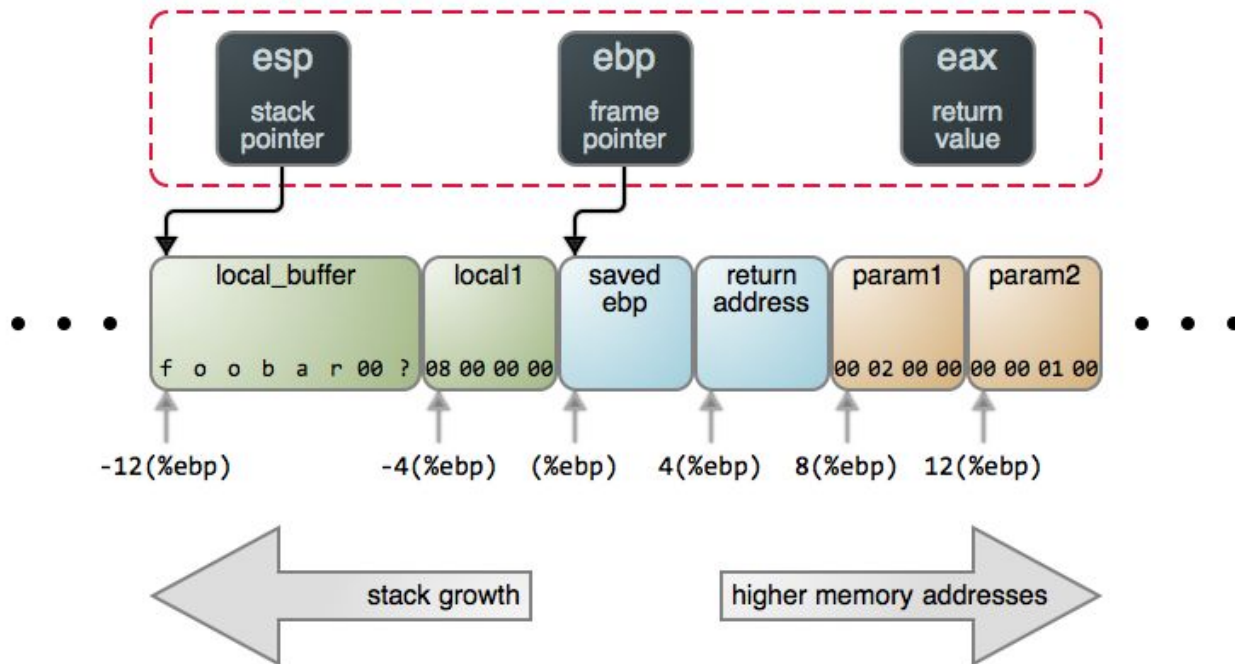
```
int main () {  
    int result;  
    result = add(40, 2);  
    return 0;  
}
```

```
1  add(int, int):
2      push    rbp
3      mov     rbp, rsp
4      mov     DWORD PTR [rbp-4], edi
5      mov     DWORD PTR [rbp-8], esi
6      mov     edx, DWORD PTR [rbp-4]
7      mov     eax, DWORD PTR [rbp-8]
8      add     eax, edx
9      pop     rbp
10     ret
11 main:
12     push    rbp
13     mov     rbp, rsp
14     sub     rsp, 16
15     mov     esi, 2
16     mov     edi, 40
17     call    add(int, int)
18     mov     DWORD PTR [rbp-4], eax
19     mov     eax, 0
20     leave
21     ret
```

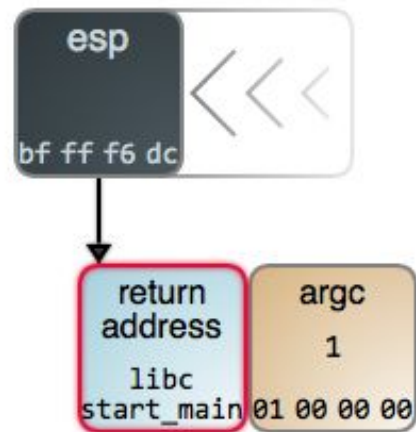
Стек вызова

1. StackFrame
 - a. arguments
 - b. local variable
 - c. return point
2. cdecl, stdcall, fastcall
3. Регистры процессора
 - a. esp/rsp (верхушка стека)
 - b. ebp/rbp (начало кадра)
 - c. eax (результат)

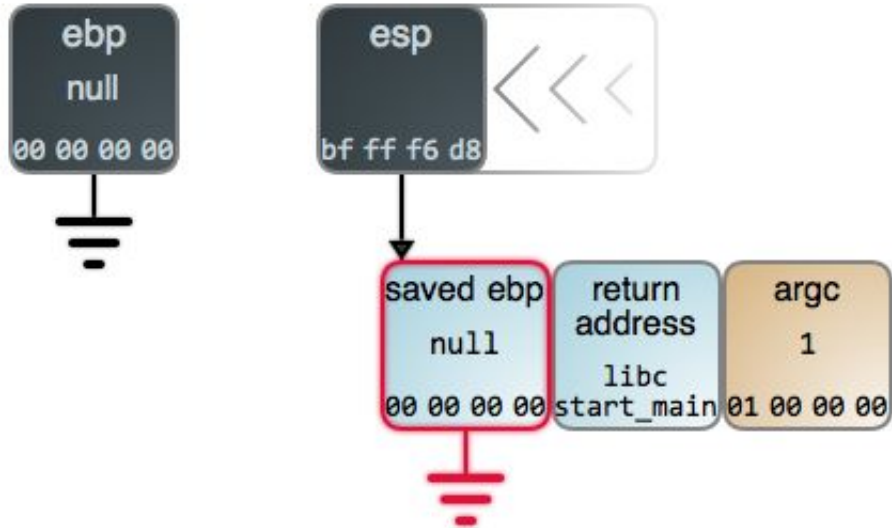
CPU Registers



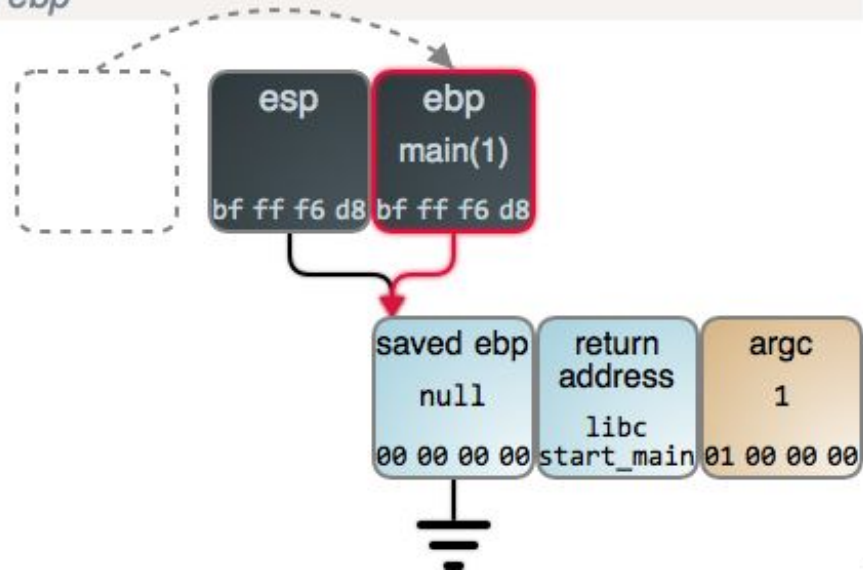
1. `call main` # push return address onto stack, jump into main



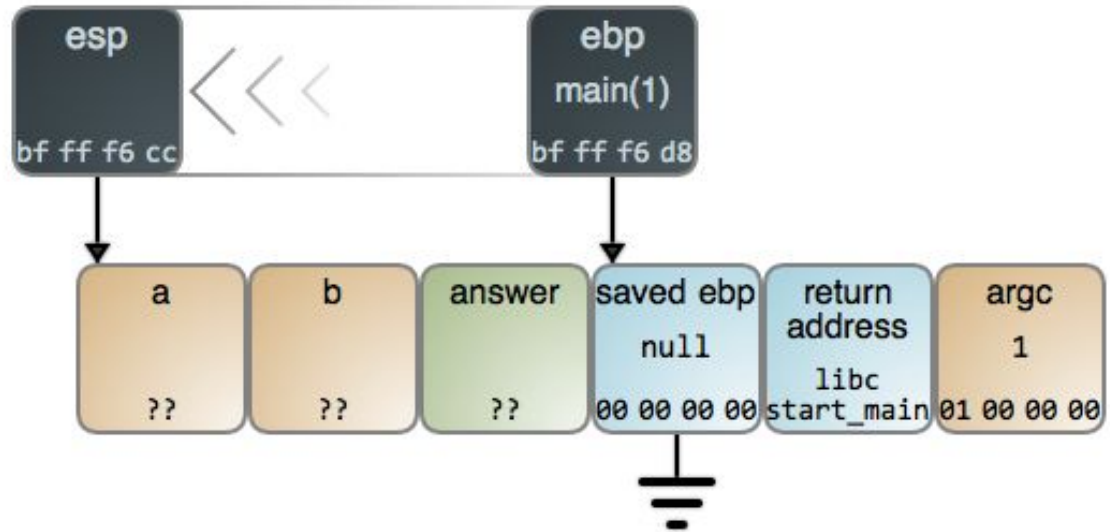
2. `pushl %ebp` # save current ebp register value



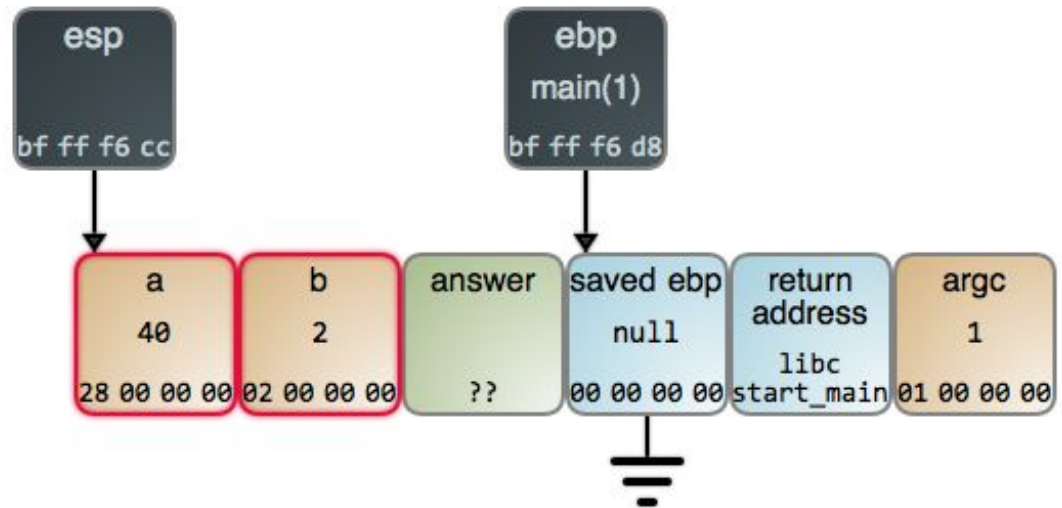
3. `movl %esp, %ebp # copy esp to ebp`



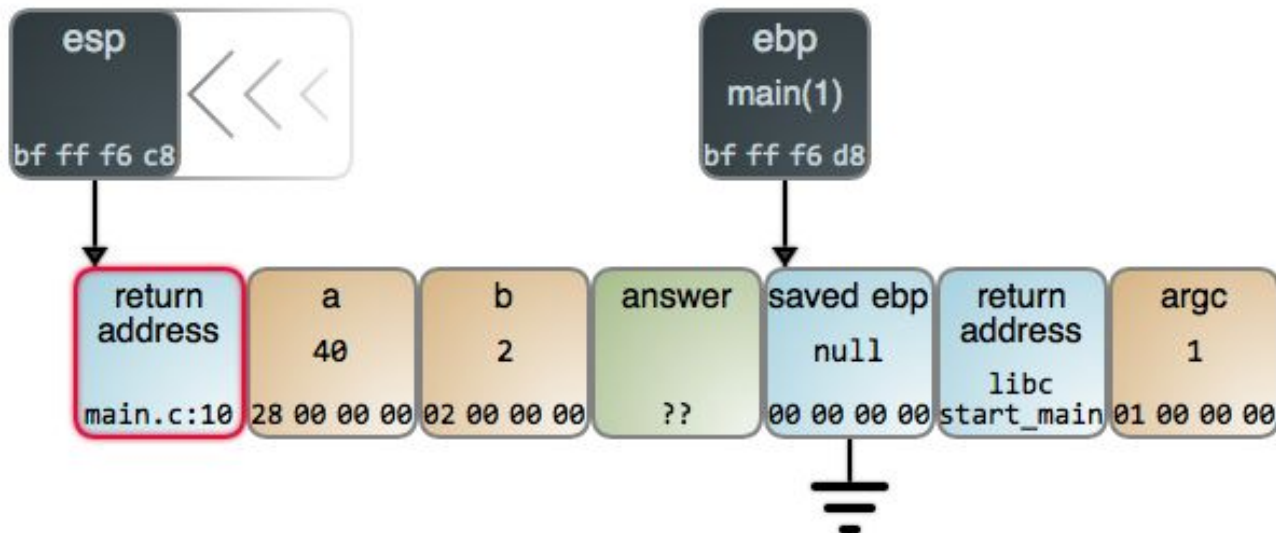
4. `subl $12, %esp # make room for stack data`



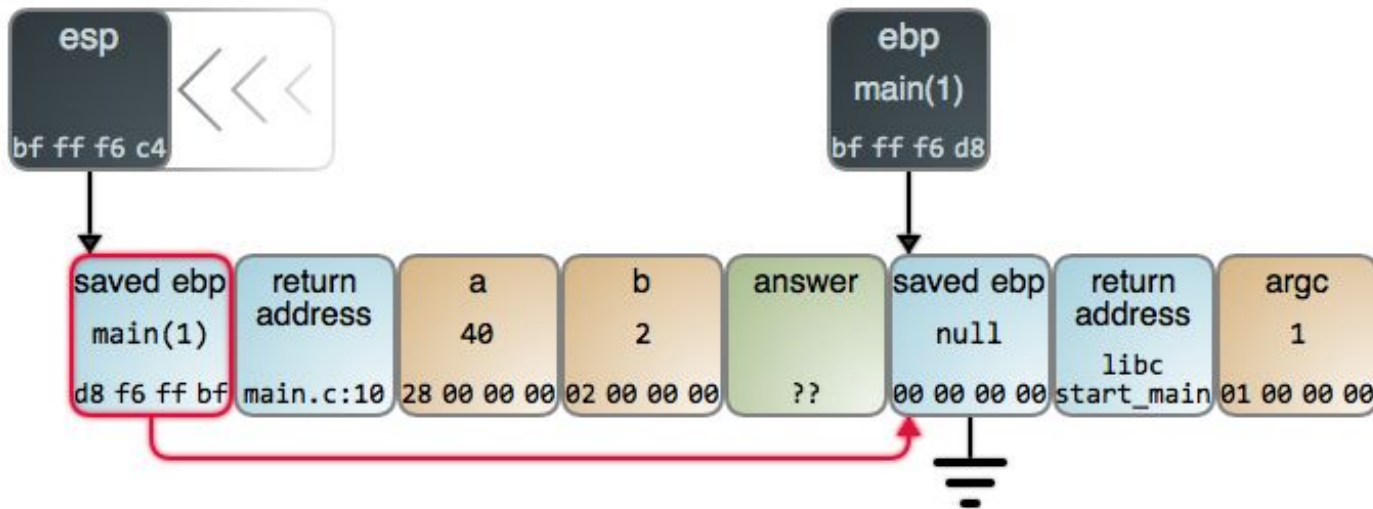
5. `movl $2, 4(%esp) # set b to 2`
`movl $40, (%esp) # set a to 40`



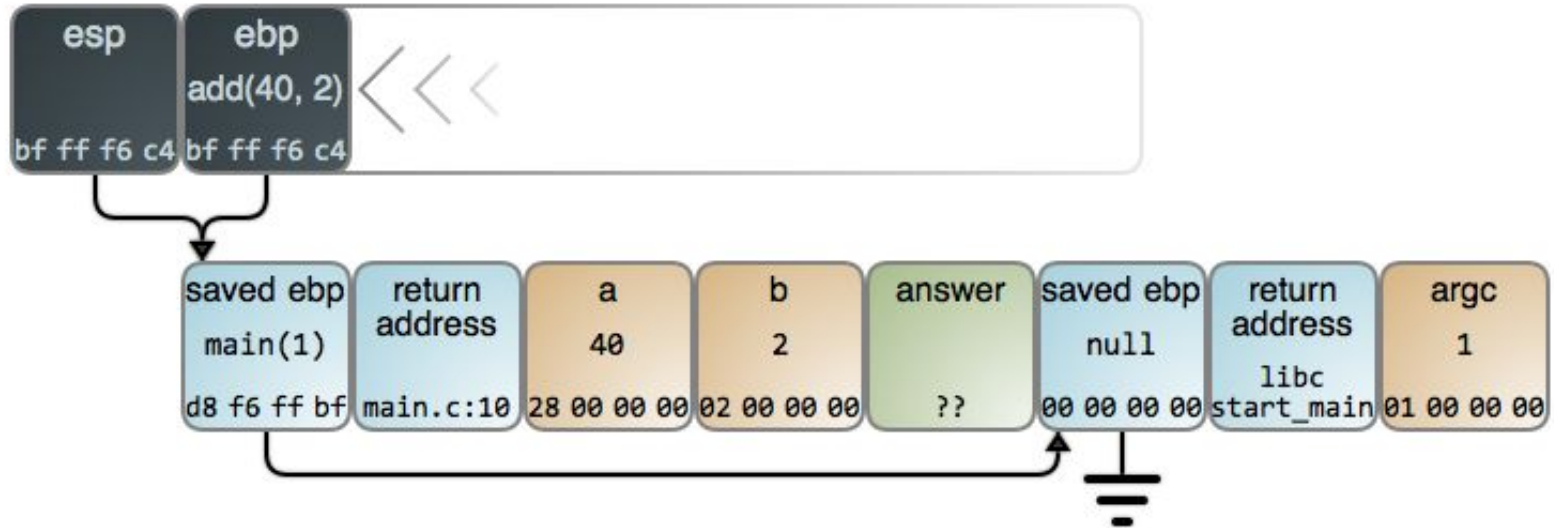
6. `call add` # push return address onto stack, jump into add



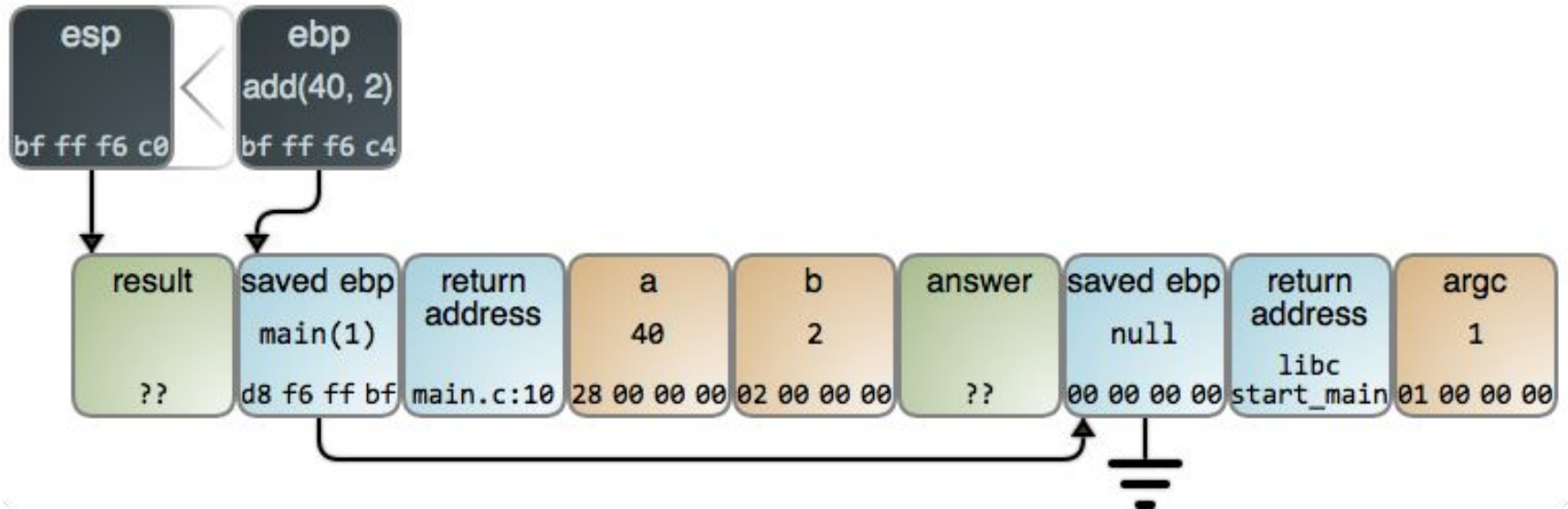
7. `pushl %ebp` # save current ebp register value



8. `movl %esp, %ebp # copy esp to ebp`

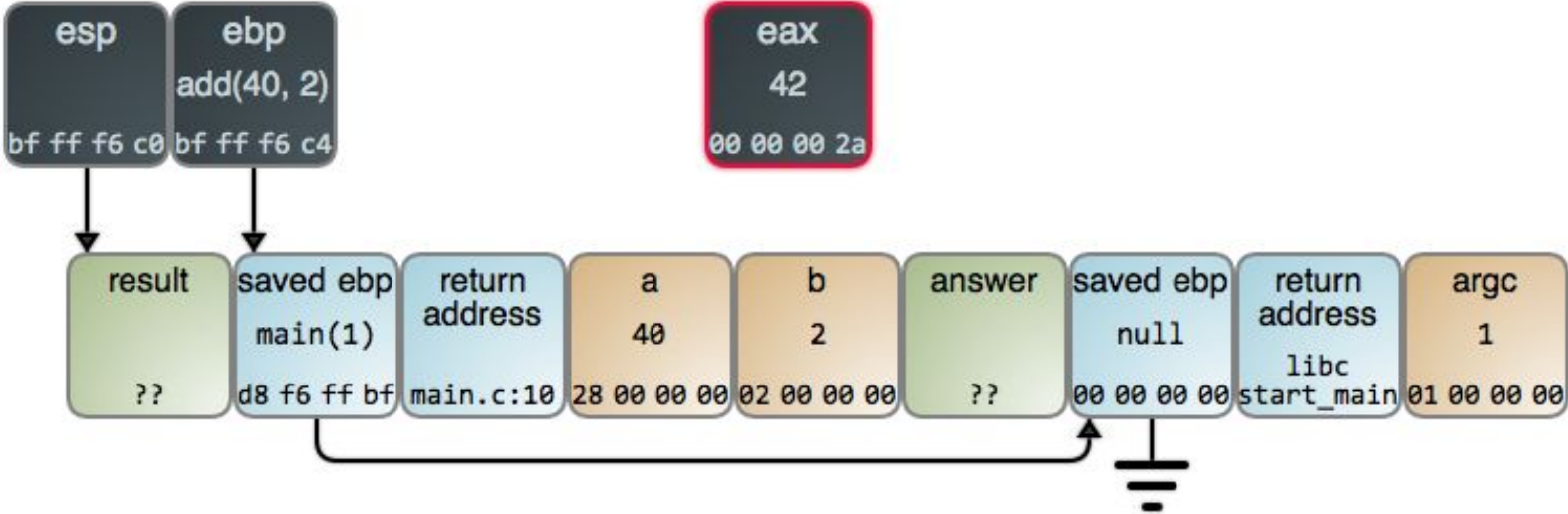


9. `subl $4, %esp` # make room for result

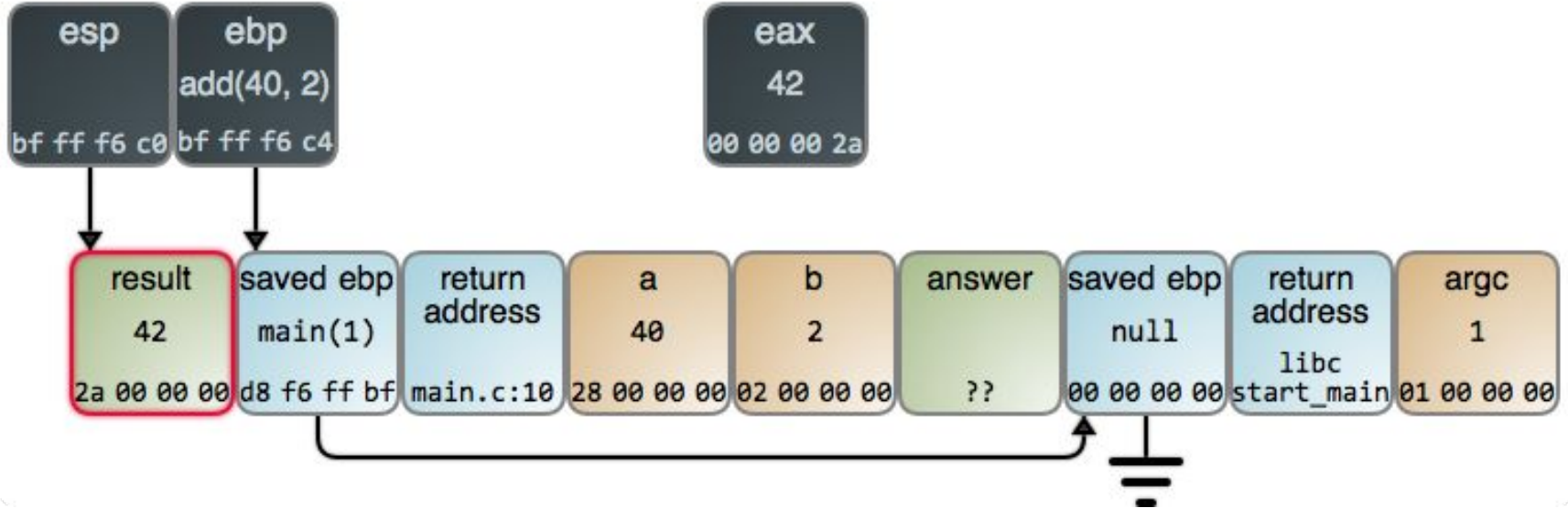


```

10.  movl 12(%ebp), %eax # move b to eax
     movl 8(%ebp), %edx  # move a to edx
     addl %edx, %eax     # add edx into eax. total is 42.
    
```



11. `movl %eax, -4(%ebp) # copy eax to result`



Heap (Куча)

1. В отличие от стека позволяет создавать динамические структуры большого размера
2. Управление жизнью объектов в куче “ручное”

Функции работы с памятью StdLib.h

- malloc
- free
- calloc
- realloc

malloc

```
int main() {  
    int* p1 = malloc(4 * sizeof(int));  
    int* p2 = malloc(sizeof(int[4]));  
  
    if(p1) {  
        for(int n=0; n<4; ++n)  
            p1[n] = n*n;  
        for(int n=0; n<4; ++n)  
            printf("p1[%d] == %d\n", n, p1[n]);  
    }  
    free(p1);  
    free(p2);  
}
```

malloc

1. malloc не гарантирует выделение памяти
2. не забывать выставлять указатель в NULL после освобождения
3. free(NULL) ничего не делает

malloc

```
int main() {  
    int i = 0;  
    int* p = malloc(sizeof(int));  
    int* arr = calloc(sizeof(int), 10);  
  
    printf("Sizeof(i): %lu \t Address of i %p\n", sizeof(i), &i);  
    printf("Sizeof(p): %lu \t Address of p %p\n", sizeof(p), &p);  
    printf("Sizeof(*p): %lu \t Address of *p %p\n", sizeof(*p), p);  
    printf("Sizeof(arr): %lu \t Address of arr %p\n", sizeof(arr), &arr);  
    printf("Sizeof(*arr): %lu \t Address of *arr %p\n", sizeof(*arr), arr);  
  
    free(p);  
    free(arr);  
}
```

new\delete

```
int main() {  
    int* pr = new int;  
    delete pr;  
  
    int* arr = new int[10];  
    delete[] arr;  
  
    return 0;  
}
```

Segmentation fault

1. Обращение к несуществующему адресу
2. Обращение к сегменту, прав для которого нет
3. Попытка поменять данные в read-only сегменту
4. Обращения по нулевому указателю
5. Обращение по указателю на удаленный указатель
6. Переполнение стека
7. Переполнение буфера

Segmentation fault

```
#include <stdio.h>
#include <stdint.h>
```

```
int main(int argc, char* argv[]) {
    uint64_t arr[1048570]; // 8Mb
    arr[10] = 1;
    return 0;
}
```

Segmentation fault

```
int main(int argc, char* argv[]) {  
    char local_str[] = "Hello world";  
    //char* local_str = "Hello world";  
  
    local_str[1] = 'E';  
    printf("%s\n", local_str);  
  
    return 0;  
}
```