Procedimentos
Registro de Ativação

Noemi Rodriguez
Ana Lúcia de Moura
Raúl Renteria
Alexandre Meslin

http://www.inf.puc-rio.br/~inf1018

Memória

Durante a execução de um programa, o SO precisa alocar memória principal para:

- dados globais
- código

} tamanho (fixo) conhecido na compilação

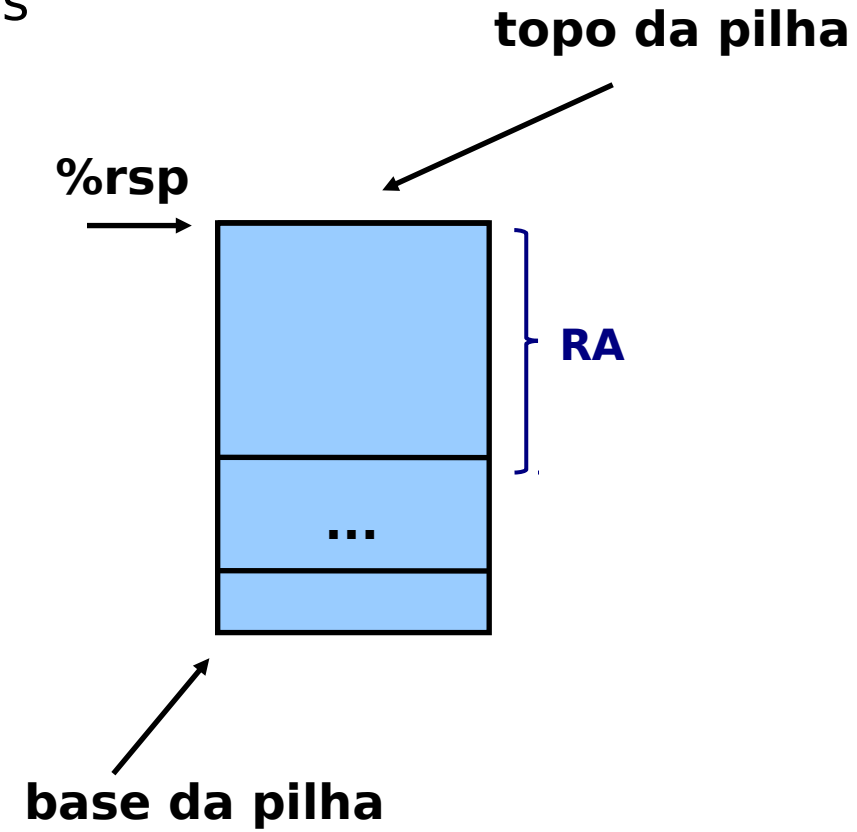
- variáveis locais
- valores temporários

} **para cada chamada de função**

Registro de Ativação

Porção da pilha associada a uma chamada de função

- variáveis locais, valores temporários

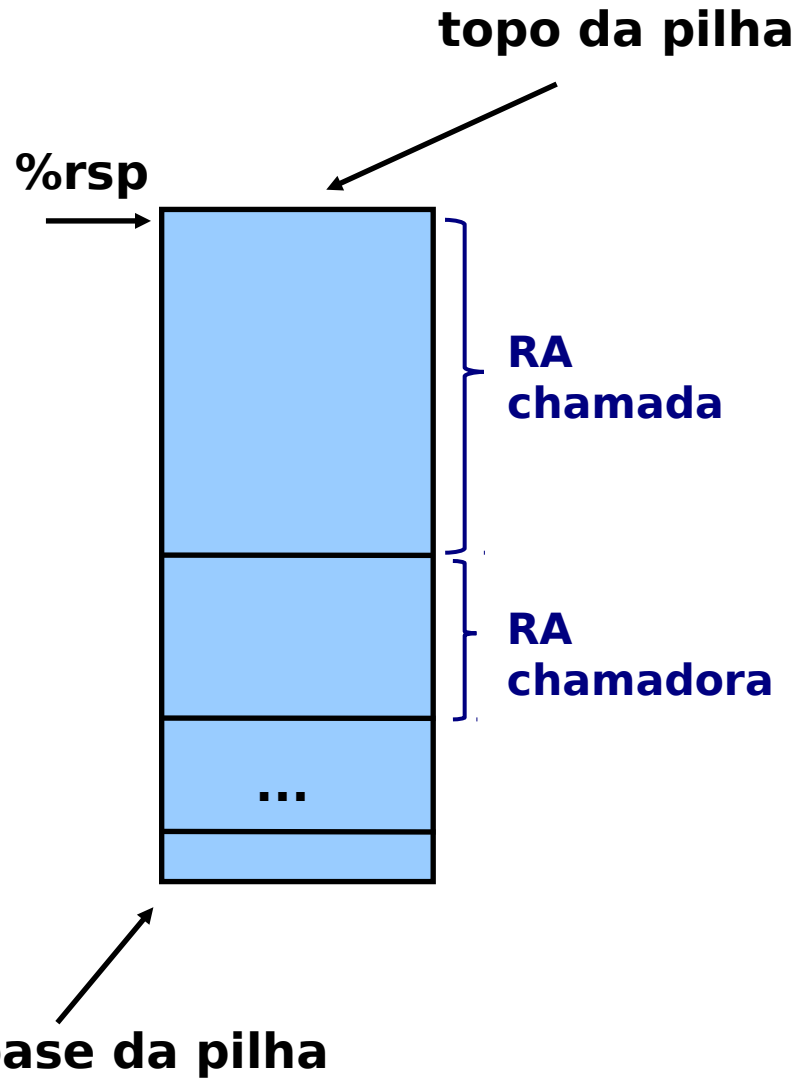


Registro de Ativação

Porção da pilha associada a uma chamada de função

- variáveis locais, valores temporários

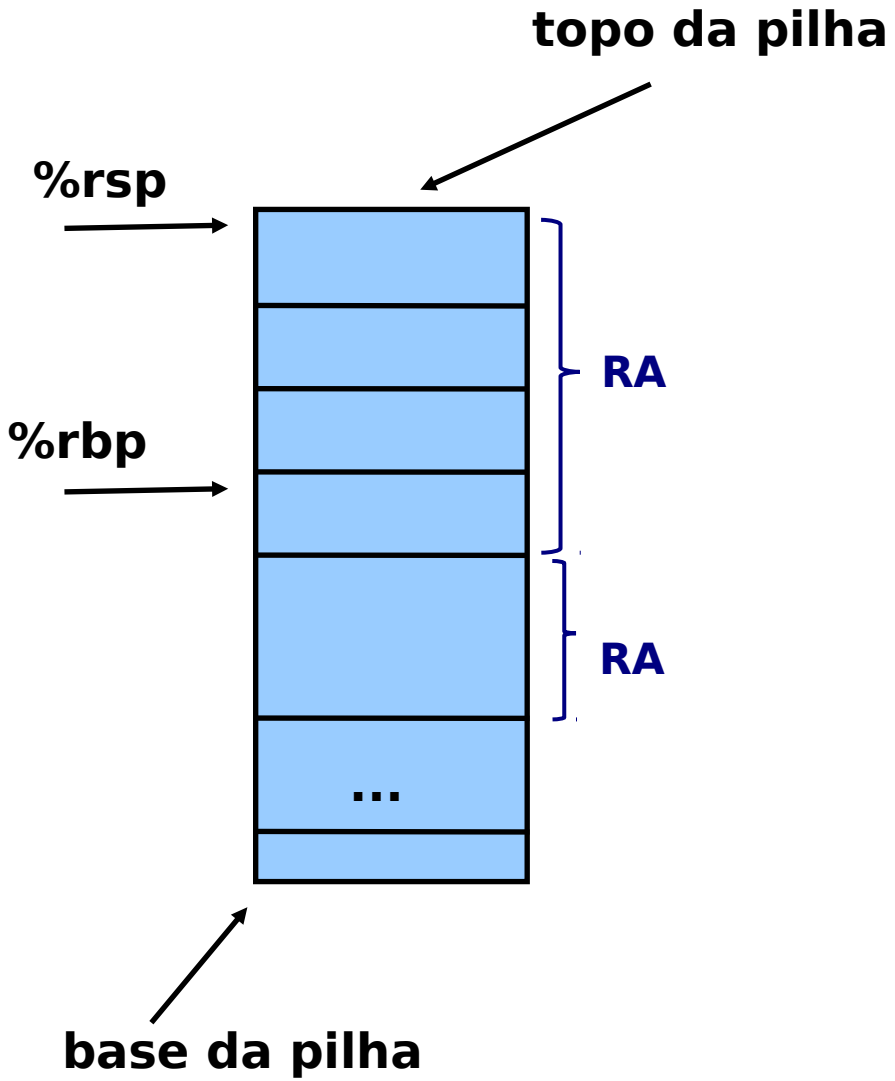
A pilha de execução é também chamada de pilha de registros de ativação



Acesso ao Registro de Ativação

O registrador **%rbp** é usado como **base do registro de ativação**

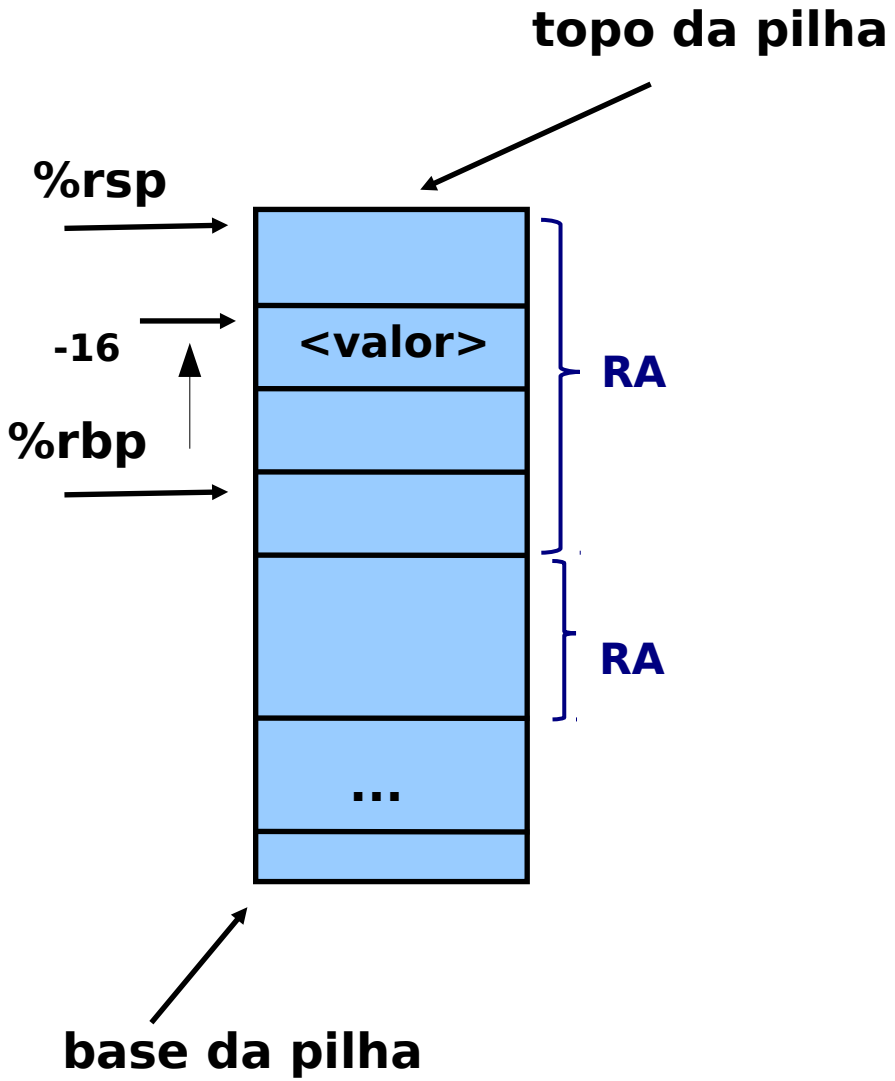
- acesso a elementos alocados no registro de ativação da função



Acesso ao Registro de Ativação

O registrador **%rbp** é usado como **base do registro de ativação**

- acesso a elementos alocados no registro de ativação da função

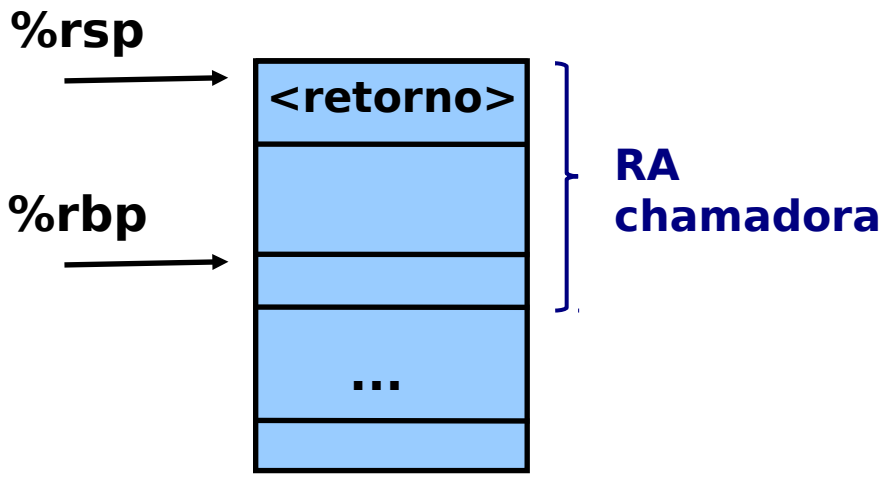



```
movq %r12, -16(%rbp)

movq -16(%rbp), %r12
```

Início do Procedimento

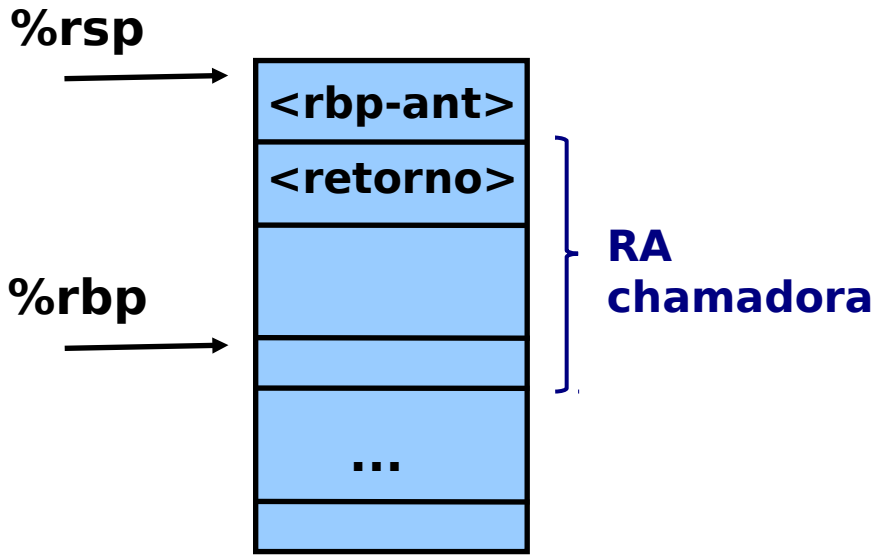
A função chamada deve preservar (guardar) a base do registro de ativação da função chamadora



Início do Procedimento

A função chamada deve preservar (guardar) a base do registro de ativação da função chamadora

pushq %rbp

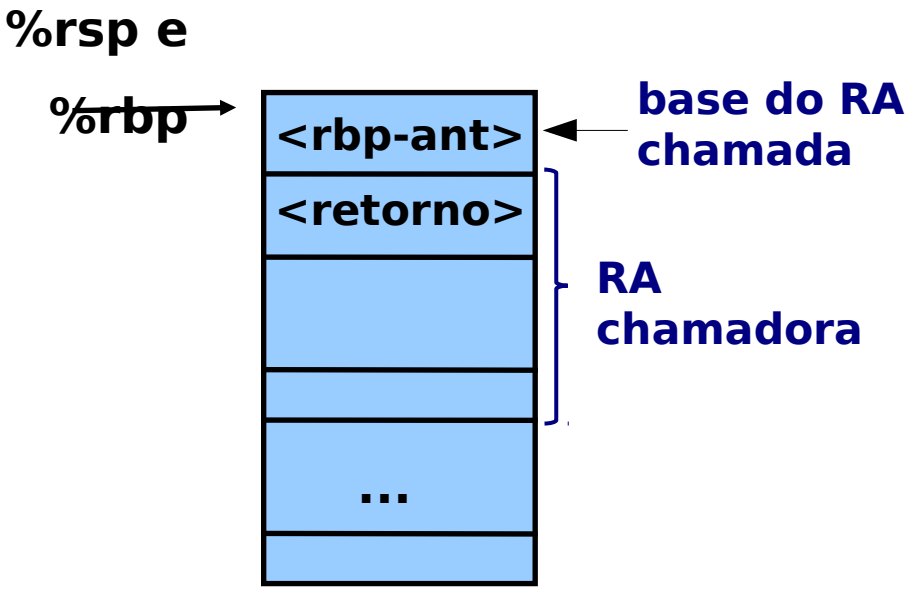


Início do Procedimento

A função chamada deve preservar (guardar) a base do registro de ativação da função chamadora

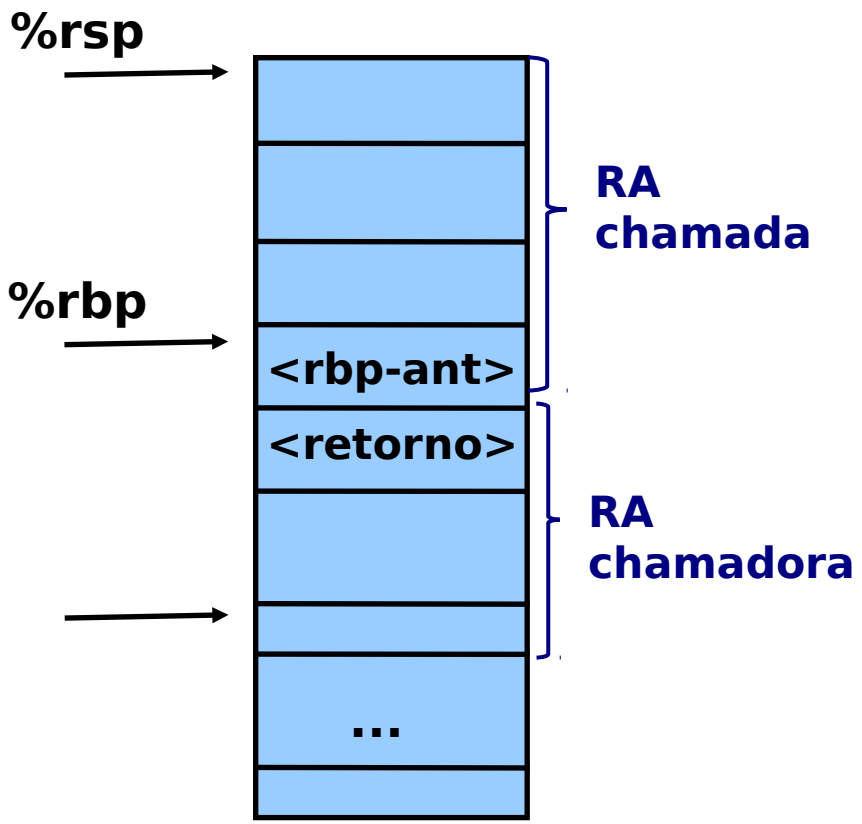
- e preparar o acesso ao seu próprio RA

```
pushq %rbp
movq  %rsp, %rbp
```



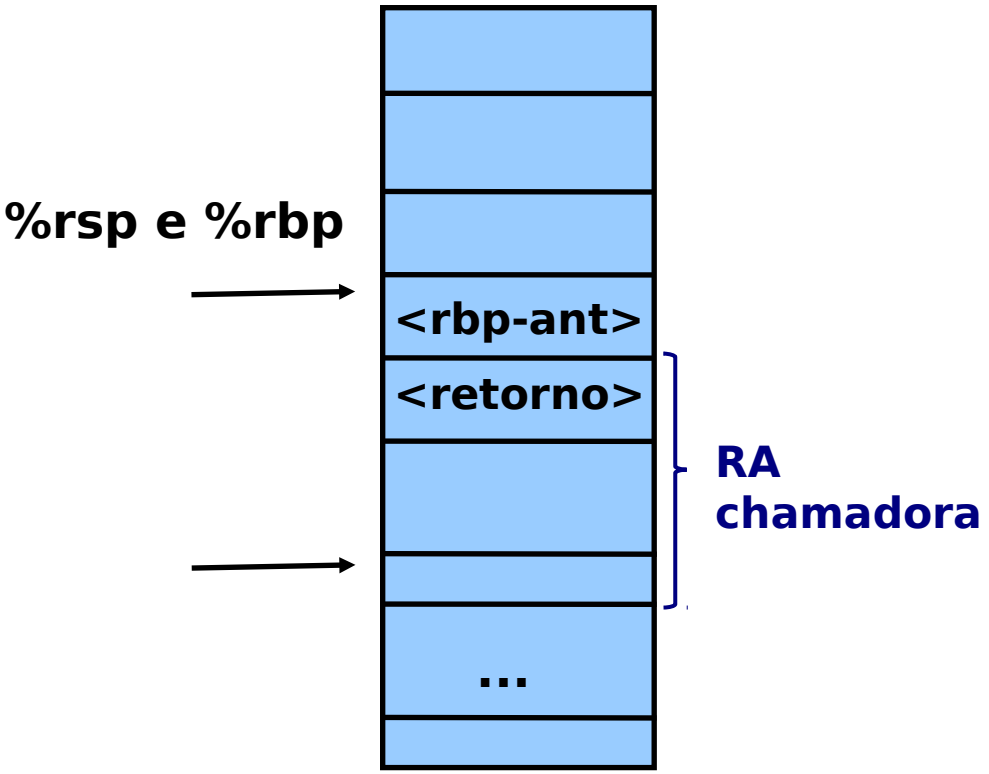
Fim do Procedimento

A função chamada deve liberar seu registro de ativação



Fim do Procedimento

A função chamada deve liberar seu registro de ativação

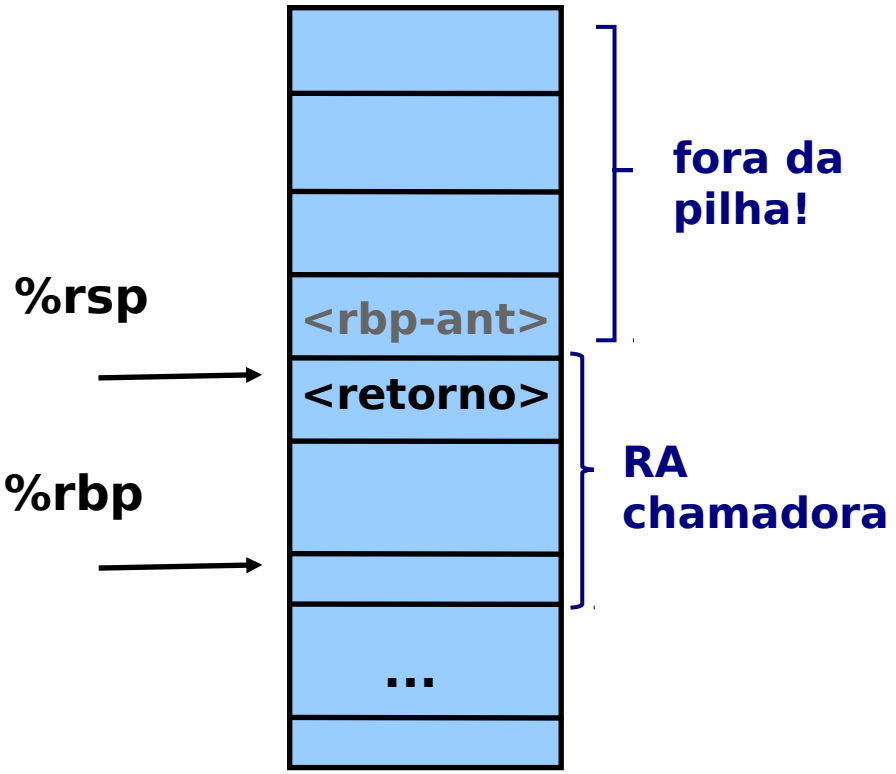


movq %rbp, %rsp

Fim do Procedimento

A função chamada deve liberar seu registro de ativação

- e recuperar a base do RA da função chamadora

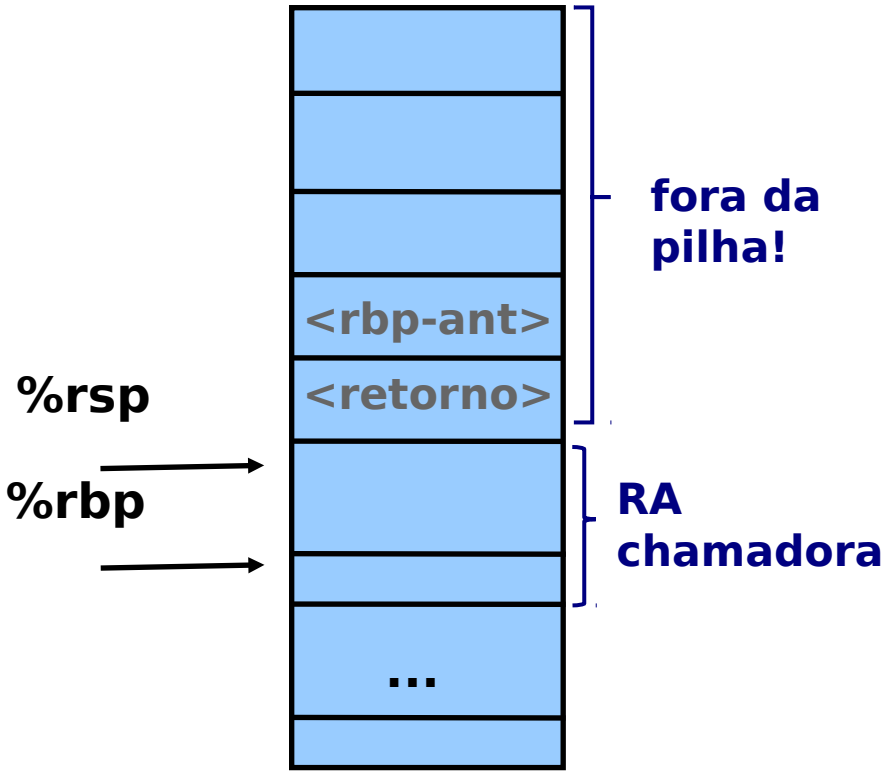



```
movq %rbp, %rsp
popq  %rbp
```

Fim do Procedimento

A função chamada deve liberar seu registro de ativação

- e recuperar a base do RA da função chamadora

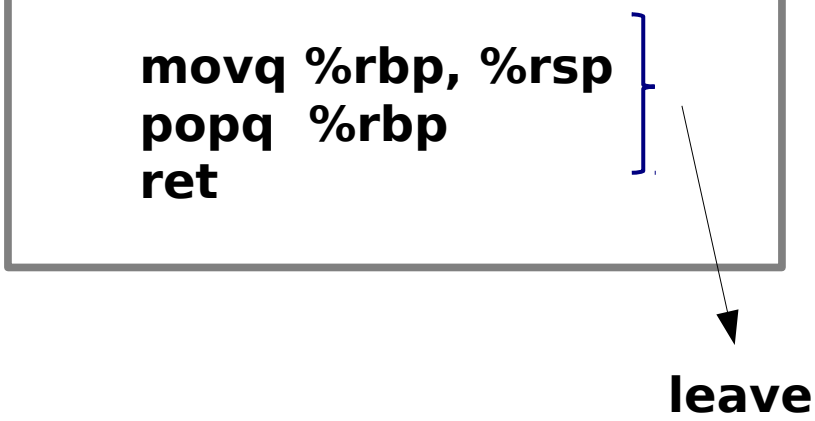


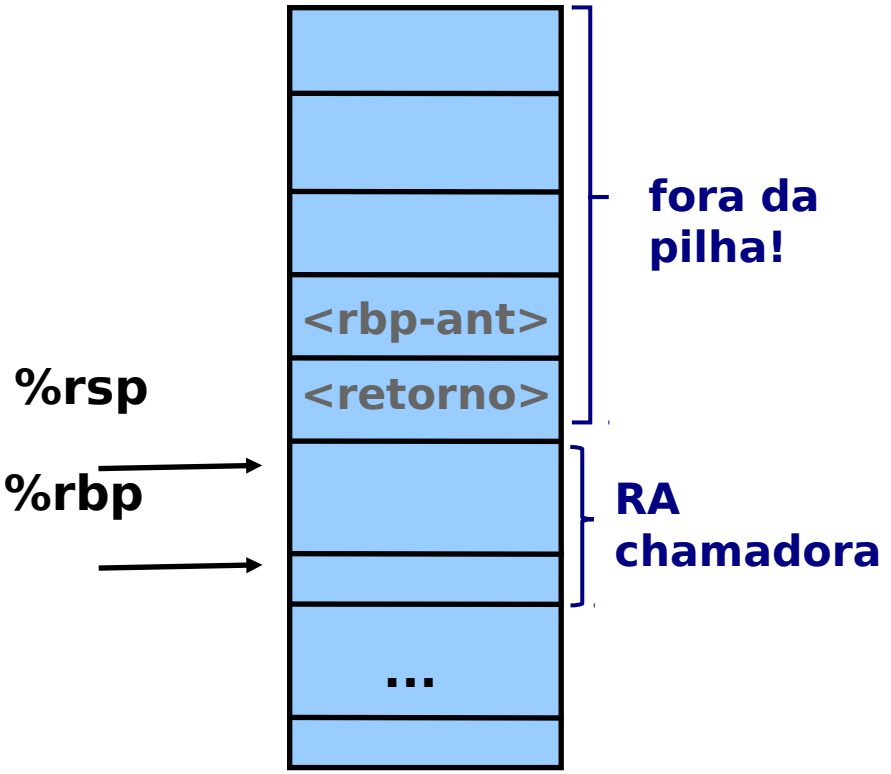

```
movq %rbp, %rsp
popq  %rbp
ret
```

Fim do Procedimento

A função chamada deve liberar seu registro de ativação

- e recuperar a base do RA da função chamadora

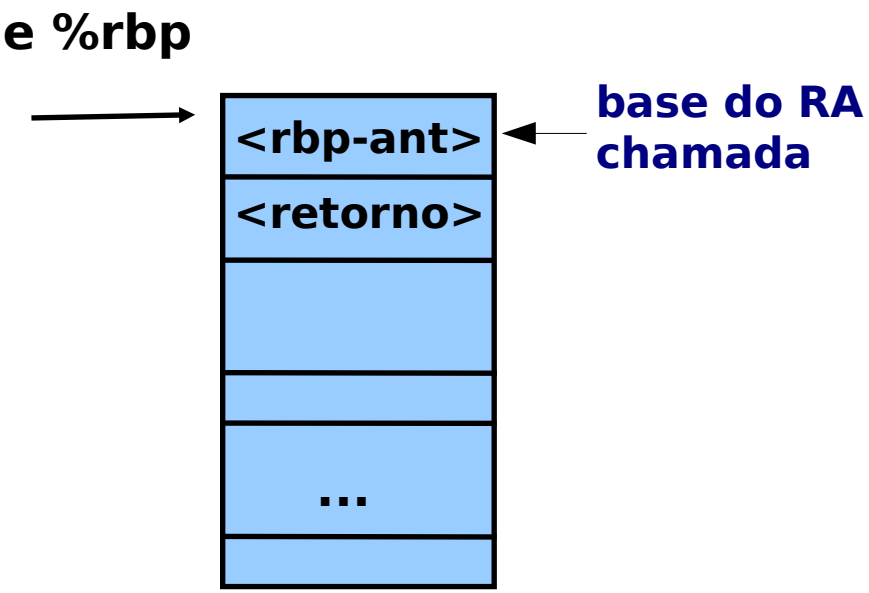




Alocando Espaço no RA

Para alocar espaço no RA subtraimos um múltiplo de 8 de %rsp

- unidade de alocação é uma palavra (8 bytes)

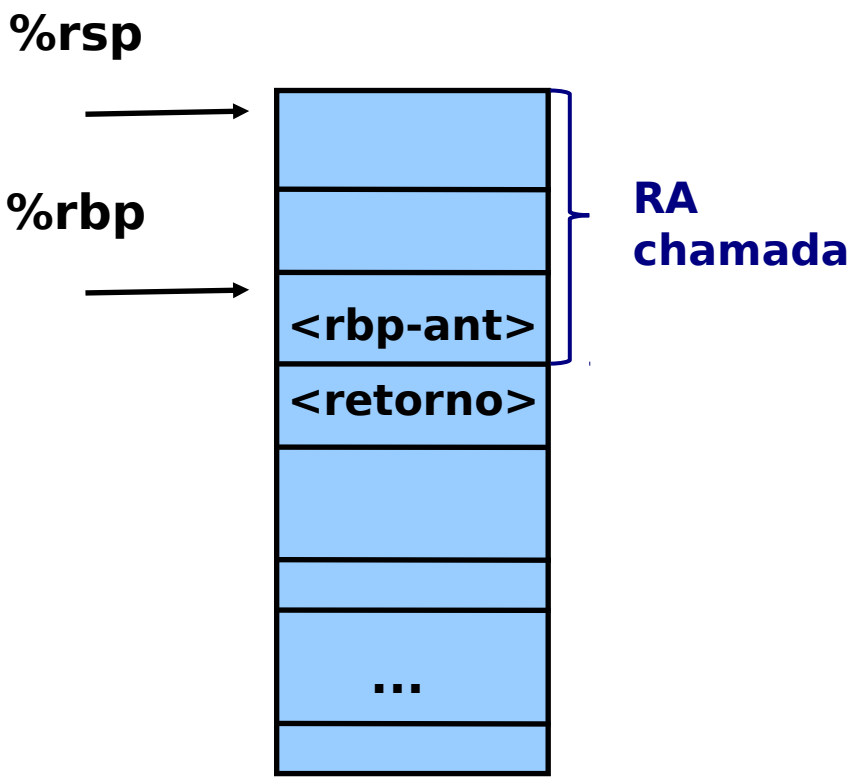



```
pushq %rbp
movq  %rsp, %rbp
```

Alocando Espaço no RA

Para alocar espaço no RA subtraimos um múltiplo de 8 de %rsp

- unidade de alocação é uma palavra (8 bytes)

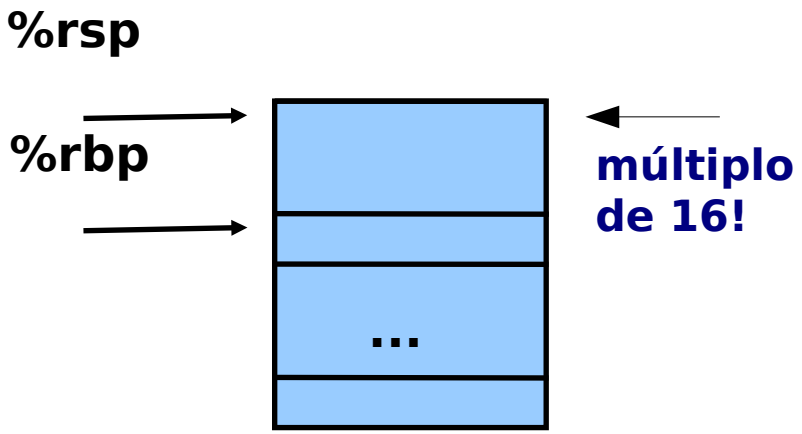



```
pushq %rbp
movq  %rsp, %rbp
subq   $16, %rsp
```

Alinhamento da Pilha

A ABI (convenção) Linux x86-64 estabelece que o topo da pilha (RA) deve estar alinhado num **endereço múltiplo de 16**

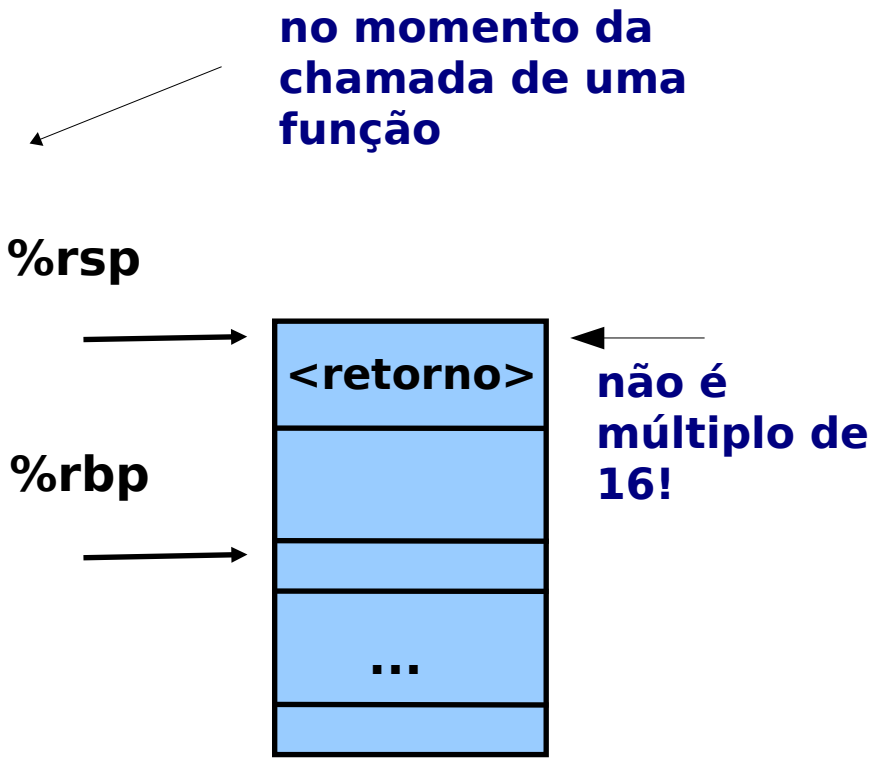
no momento da chamada de uma função



Alinhamento da Pilha

A ABI (convenção) Linux x86-64 estabelece que o topo da pilha (RA) deve estar alinhado num **endereço múltiplo de 16**

Logo após a execução do **call**, a pilha fica desalinhada

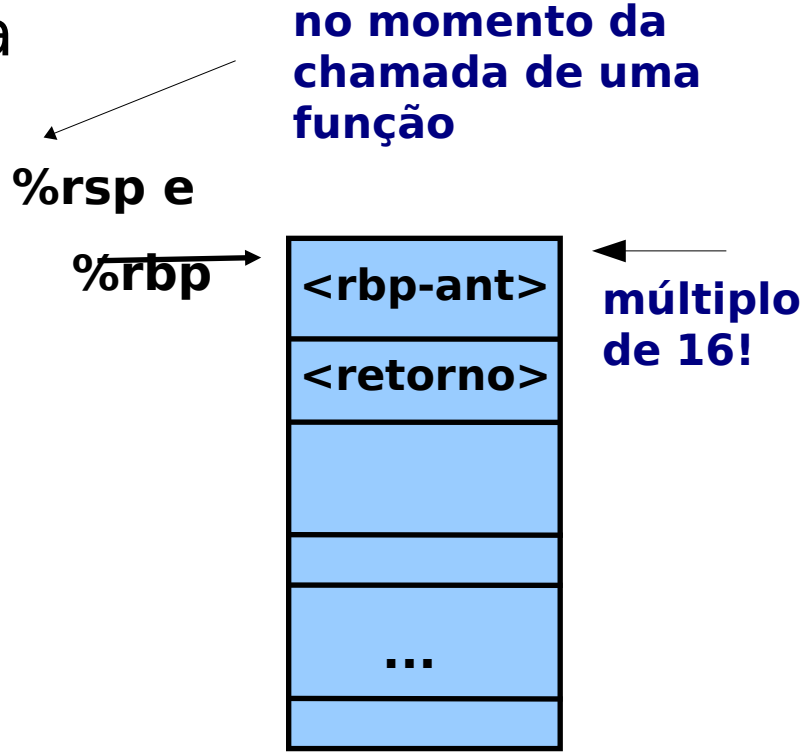


Alinhamento da Pilha

A ABI (convenção) Linux x86-64 estabelece que o topo da pilha (RA) deve estar alinhado num **endereço múltiplo de 16**

Logo após a execução do **call**, a pilha fica desalinhada

O salvamento do **%rbp** realinha a pilha



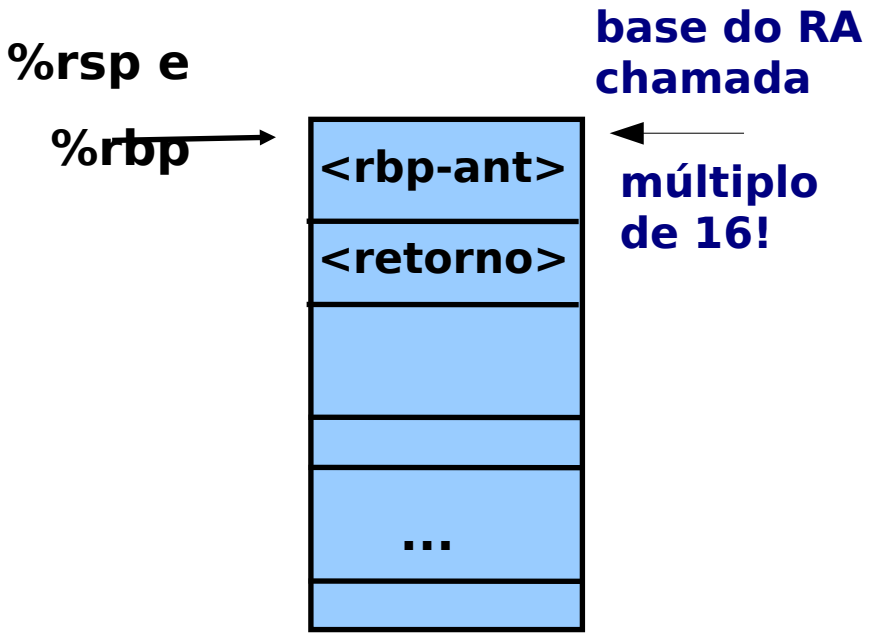
Alinhamento e Alocação

O compilador sabe calcular o tamanho do RA de uma função

- variáveis locais, salvamento de registradores, temporários

Para garantir o alinhamento, a alocação de espaço é feita no início da função

- e sempre é alocado um tamanho múltiplo de 16!



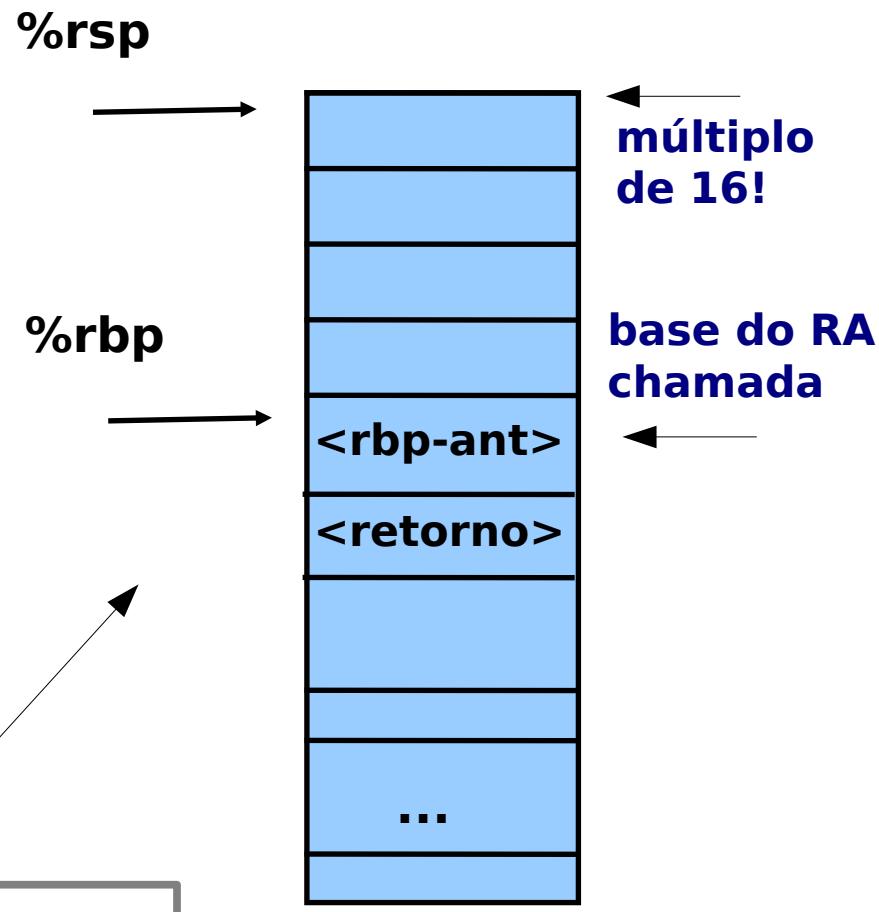
Alinhamento e Alocação

O compilador sabe calcular o tamanho do RA de uma função

- variáveis locais, salvamento de registradores, temporários

Para garantir o alinhamento, a alocação de espaço é feita no início da função

- e sempre é alocado um tamanho múltiplo de 16!




```
pushq %rbp
movq  %rsp, %rbp
subq  $32, %rsp
```

Salvamento de Registradores

Funções usam registradores para armazenar valores

- variáveis locais, temporários, parâmetros

Alguns valores não podem ser perdidos ao se chamar uma outra função

- devem ser guardados na pilha (RA): chamadora? chamada?

Salvamento de Registradores

Funções usam registradores para armazenar valores

- variáveis locais, temporários, parâmetros

Alguns valores não devem ser perdidos ao se chamar uma outra função

- devem ser guardados na pilha (RA): chamadora? chamada?

A convenção C (ABI Linux x86-64) determina quais são os registradores **callee-saved** (salvos/guardados pela **função chamada**)

%rbx e **%r12** a **%r15**

Exemplo de Salvamento (prólogo)

```
main:
/* prologo */
    pushq %rbp                  /* guardando base RA chamadora */
    movq  %rsp, %rbp     /* base do novo RA (desta função) */
    subq  $16, %rsp          /* alocando espaço para o RA */
    movq  %rbx, -8(%rbp)      /* guardando valor do %rbx */
    movq  %r12, -16(%rbp)    /* guardando valor do %r12 */
```

Exemplo de Salvamento (epílogo)

```
/* finalizacao */
    movq -8(%rbp), %rbx      /* recupera valor do %rbx */
    movq -16(%rbp), %r12     /* recupera valor do %r12 */
    movq %rbp, %rsp
    popq  %rbp                    /* recupera valor do %rbp */
    ret
```

Lembrando: Parâmetros e Retorno

Num. do parâmetro	64 bits	32 bits	16 bits	8 bits
1	%rdi	%edi	%di	%dil
2	%rsi	%esi	%si	%sil
3	%rdx	%edx	%dx	%dl
4	%rcx	%ecx	%cx	%cl
5	%r8	%r8d	%r8w	%r8b
6	%r9	%r9d	%r9w	%r9b

%rax: valor de retorno (inteiro ou ponteiro)

Exemplo de Chamada

printf(“%d\n”, filtro(*p, LIM);

```
movl  (%r12), %edi      /* primeiro parâmetro */
movl   $1, %esi         /* segundo parâmetro */
call filtro
movq $s1, %rdi          /* primeiro parâmetro */
movl   %eax, %esi       /* segundo parâmetro */
movl  $0, %eax          /* apenas para printf */
call printf
```

Traduzindo a Função filtro

```
int filtro(int x, int lim) {
    if (x < lim) return 0;
     else return x;
}
```

```
filtro:
  /* não precisamos da pilha */
  cmpl %esi, %edi  /* x >= lim ? */
  jge else
  movl $0, %edi
else:
  movl %edi, %eax
  ret
```

Exemplo com uso da pilha

```
int g(int x);

int f(int i, int n) {
  int a = 0;
  while (n--) {
    a += g(i);
    i *= 2;
  }
  return a;
}
```

```
parâmetros:
   i -> %edi
   n -> %esi

sugestão de uso de
registradores:
   a -> %r12d
   i -> %r13d
   n -> %r14d
```