

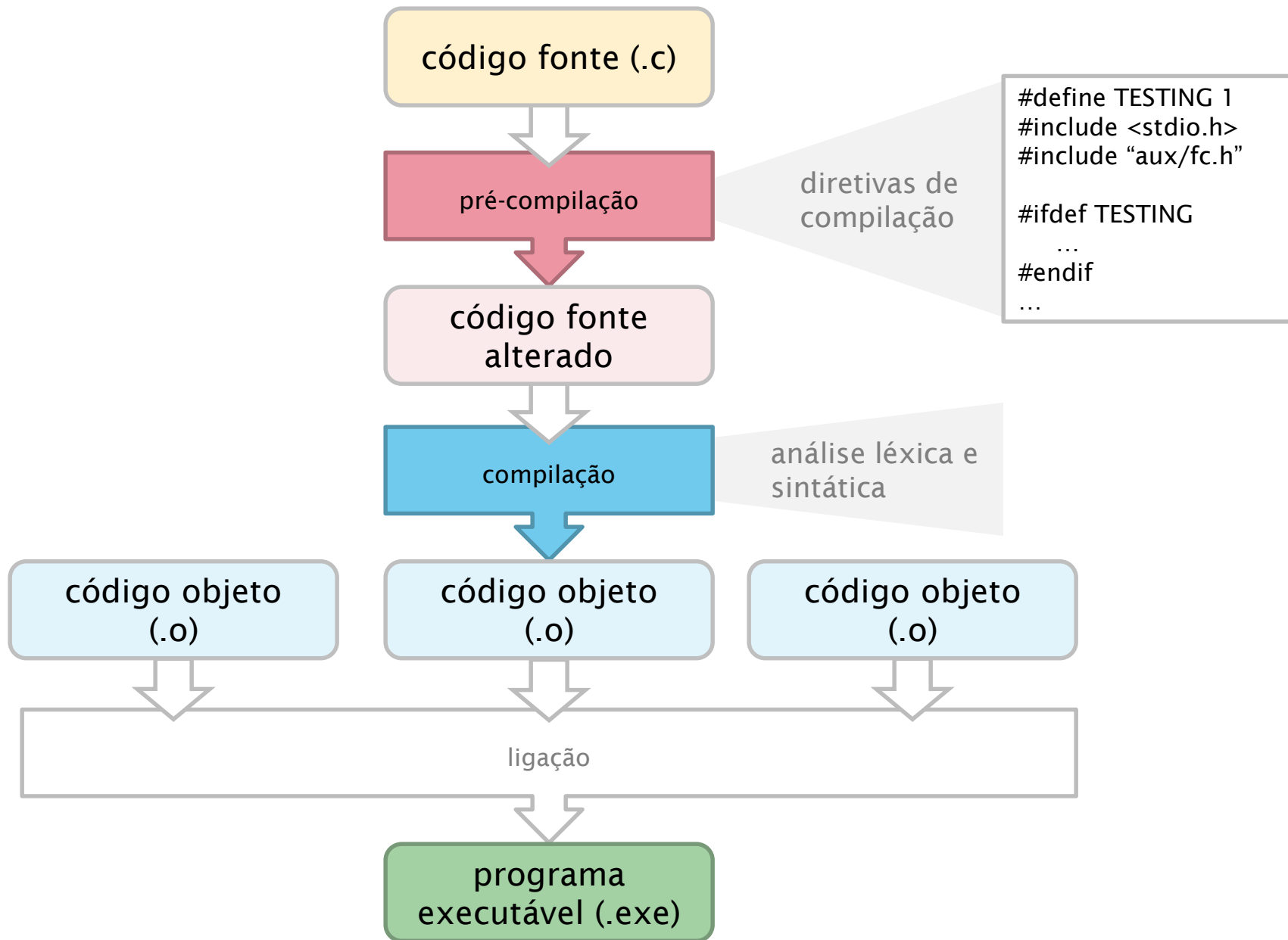


INF 1010

Estruturas de Dados Avançadas

Revisão de C

etapas de compilação revisão



Diretiva `#include` “arquivo” ou `#include <arquivo>`

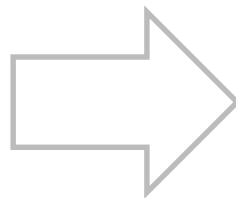
o pré-processador substitui o “include” pelo corpo do arquivo especificado

arquivo fc.h no subdiretório aux

```
void testa_fatorial(int n);  
void testa_etc();
```

arquivo prog.c

```
#include “aux/fc.h”  
int main(void)  
{  
    testa_fatorial(1);  
    return 0;  
}
```



```
void testa_fatorial(int n);  
void testa_etc();  
int main(void)  
{  
    testa_fatorial(1);  
    return 0;  
}
```

Diretiva `#define` *constante valor*

o pré-processador substitui toda ocorrência da constante pelo valor especificado

```
#define PI 3.14159F
```

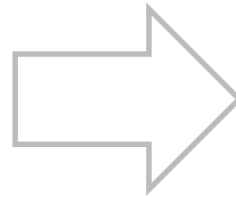
```
float area (float r)
```

```
{
```

```
    float a = PI * r * r;
```

```
    return a;
```

```
}
```



```
float area (float r)
```

```
{
```

```
    float a = 3.14159F * r * r;
```

```
    return a;
```

```
}
```

Diretiva `#define` *nome macro*

definição com parâmetros

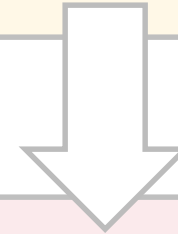
```
#define MAX(a,b) ((a) > (b) ? (a) : (b))
```

```
...
```

```
v = 4.5;
```

```
c = MAX(v, 3.0);
```

```
...
```



```
...
```

```
v = 4.5;
```

```
c = ((v) > (3.0) ? (v) : (3.0));
```

```
...
```

Diretiva #define: cuidados

macro e seus parâmetros entre parênteses

exemplo

```
#define MULT(a,b) a*b
```

```
int x = MULT (3+2, 4) /* 3+2*4 = 3+8 = 11, ERRADO */
```

```
#define MULT(a,b) ((a)*(b))
```

```
int x = MULT (3+2, 4) /* ((3+2)*(4)) = (5*4) = 20, CERTO */
```

Evitando Dupla Inclusão

Dependendo da ordem dos `#include`, um mesmo arquivo pode ser incluído duas ou mais vezes criando problemas de compilação, para isso é recomendado usar macros guarda (`#include guard`)

```
#ifndef _FULANO  
#define _FULANO  
struct fulano  
{  
    int valor;  
};  
#endif
```


tipos de dados

revisão

Bits vs. Algarismos Decimais

bit

0

1

algarismo
decimal

0

5

1

6

2

7

3

8

4

9

Sistemas numéricos

decimal

9

5

0

7

$$9 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0 =$$
$$9000 + 500 + 0 + 7$$

binário

1

0

1

1

$$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 =$$
$$8 + 0 + 2 + 1 = 11$$

Bits & Bytes

bit

0

1

byte

0

0

0

0

1

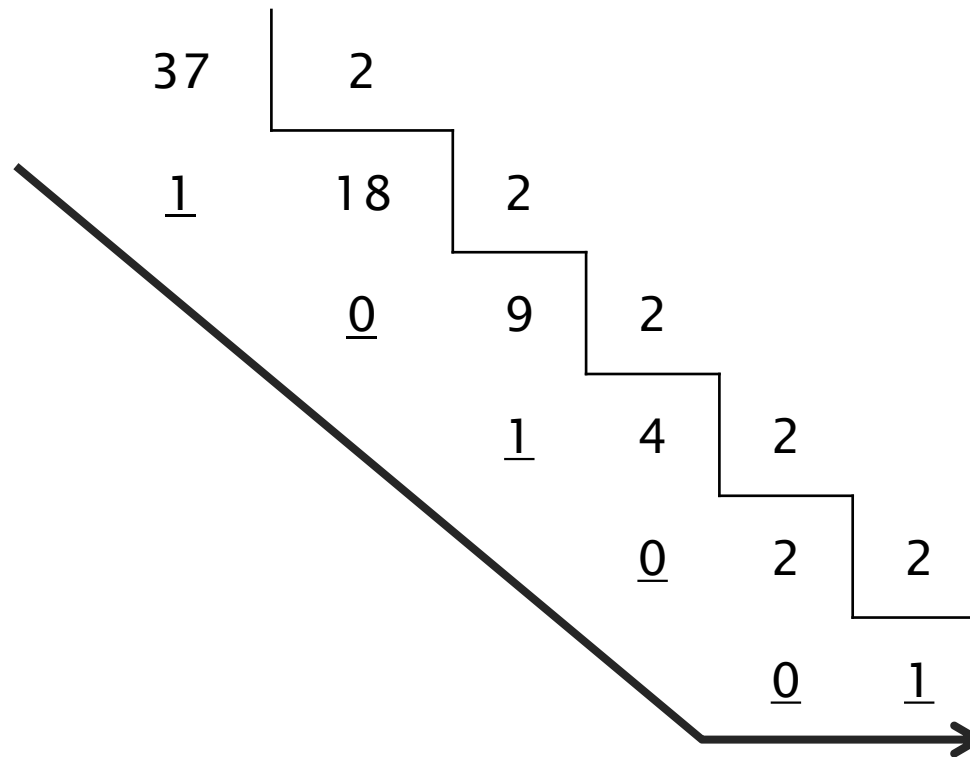
0

1

1

8 bits

Como obter a representação binária de um número decimal?



$$37 = 2^5 + 2^2 + 2^0 = 32 + 4 + 1 = 00100101$$

Quanto cabe num byte?

2^8 valores \rightarrow 256 valores

sem sinal: 0 a 255

1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

(unsigned char)
= 255 (0xFF)

inteiros: -128 a 127



último bit utilizado como sinal

1	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

= -128 (0x80)

1	0	0	0	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

= -127 (0x81)

1	0	0	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

= -126 (0x82)

1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

= -1 (0xFF)

0	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

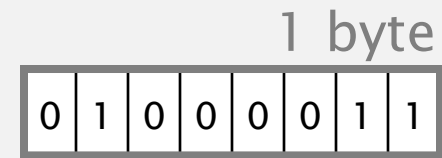
= 127 (0x7F)

Tipos de dados inteiros "tradicionalmente"

char

unsigned char: 0 a 255

char -128 a 127



letra 'C' = 67

short int

short int: -32 768 a 32 767

unsigned short int: 0 a 65 535



456

long int

long int: -2 147 483 648 a 2 147 483 647

unsigned long int: 0 a 4 294 967 295



1.077.150.273

Tabela ASCII

000	(nul)	016	► (dle)	032	sp	048	ô	064	@	080	P	096	`	112	p
001	☼ (soh)	017	◄ (dc1)	033	!	049	1	065	A	081	Q	097	a	113	q
002	⊕ (stx)	018	↑ (dc2)	034	"	050	2	066	B	082	R	098	b	114	r
003	♥ (etx)	019	!! (dc3)	035	#	051	3	067	C	083	S	099	c	115	s
004	♦ (eot)	020	ℙ (dc4)	036	\$	052	4	068	D	084	T	100	d	116	t
005	♣ (enq)	021	§ (nak)	037	%	053	5	069	E	085	U	101	e	117	u
006	♠ (ack)	022	— (syn)	038	&	054	6	070	F	086	V	102	f	118	v
007	• (bel)	023	‡ (etb)	039	'	055	7	071	G	087	W	103	g	119	w
008	■ (bs)	024	↑ (can)	040	(	056	8	072	H	088	X	104	h	120	x
009	(tab)	025	↓ (em)	041	)	057	9	073	I	089	Y	105	i	121	y
010	(lf)	026	(eof)	042	*	058	:	074	J	090	Z	106	j	122	z
011	♂ (vt)	027	← (esc)	043	+	059	;	075	K	091	[	107	k	123	{
012	♀ (np)	028	L (fs)	044	,	060	<	076	L	092	\	108	l	124	|
013	(cr)	029	↔ (gs)	045	-	061	=	077	M	093	]	109	m	125	}
014	♪ (so)	030	▲ (rs)	046	.	062	>	078	N	094	^	110	n	126	~
015	⊗ (si)	031	▼ (us)	047	/	063	?	079	O	095	_	111	o	127	␣

Tabela ASCII estendida

128	Ç	143	Å	158	℞	172	¼	186	∥	200	ℒ	214	⌈	228	Σ	242	≥
129	ü	144	É	159	f	173	;	187	⌋	201	ℓ	215	⌋	229	σ	243	≤
130	é	145	æ	160	á	174	«	188	⌋	202	ℓ	216	⌋	230	μ	244	∫
131	â	146	Æ	161	í	175	»	189	⌋	203	ℓ	217	⌋	231	τ	245	∫
132	ä	147	ô	162	ó	176	⌋	190	⌋	204	ℓ	218	⌋	232	Φ	246	÷
133	à	148	ö	163	ú	177	⌋	191	⌋	205	=	219	■	233	Θ	247	≈
134	å	149	ò	164	ñ	178	⌋	192	⌋	206	ℓ	220	■	234	Ω	248	°
135	ç	150	û	165	Ñ	179	⌋	193	⌋	207	ℓ	221	■	235	δ	249	•
136	ê	151	ù	166	ª	180	⌋	194	⌋	208	ℓ	222	■	236	∞	250	•
137	ë	152	ÿ	167	º	181	⌋	195	⌋	209	ℓ	223	■	237	φ	251	√
138	è	153	Ö	168	¿	182	⌋	196	⌋	210	ℓ	224	α	238	ε	252	π
139	ï	154	Ü	169	⌋	183	⌋	197	⌋	211	ℓ	225	β	239	∩	253	²
140	î	155	ç	170	⌋	184	⌋	198	⌋	212	ℓ	226	Γ	240	≡	254	■
141	ì	156	£	171	½	185	⌋	199	⌋	213	ℓ	227	π	241	±	255	
142	Ä	157	¥														

Tipos de dados inteiros (cont.)

	tipo	bytes	valores
números inteiros	char	1	-128 a 127
	short int	2	-32.768 a 32.767
	long int	4	-2.147.483.648 a 2.147.483.647
	long long	8	-9.223.372.036.854.775.808 a 9.223.372.036.854.775.807
	int	(em geral = long int)	

Tipo de dados Reais

Forma de representação criada por Konrad Zuse para os seus computadores Z1 e Z3.

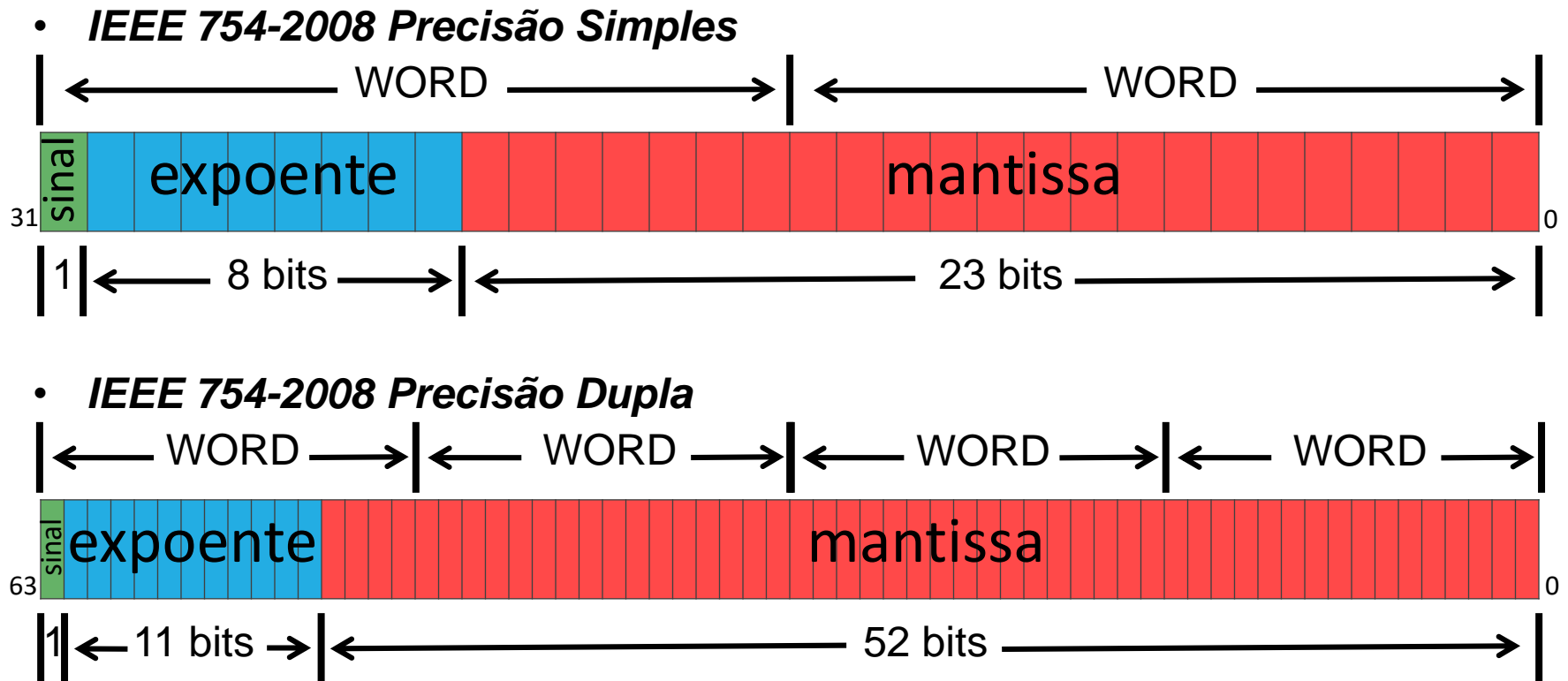
Diversas representações de ponto flutuante existem, porém a mais utilizada é a norma IEEE 754-2008:

Precisão	bits	tipo	faixa	casas
simples	32	float	$\sim 10^{-38}$ a 10^{38}	~ 7
dupla	64	double	$\sim 10^{-308}$ a 10^{308}	~ 15

Ponto Flutuante

Representação no IEEE 754-2008:

sinal (S), mantissa (M) e expoente (E) $\Rightarrow S \cdot (1+M) \cdot 2^{E-C}$

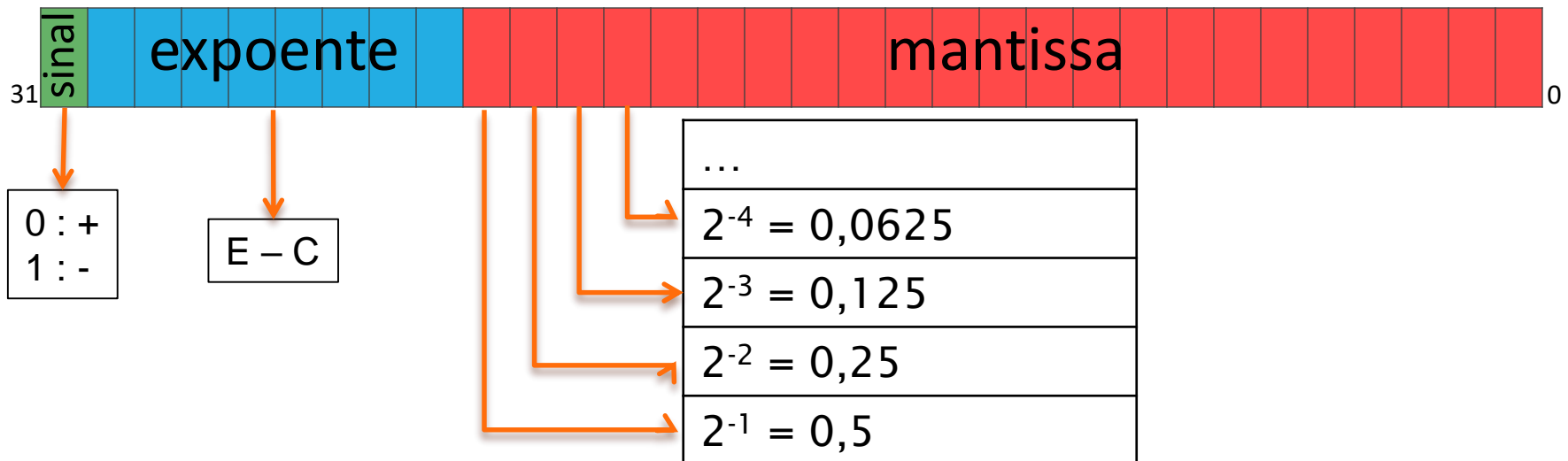


Ponto Flutuante

O sinal é + (positivo) para 0 (zero) e - (negativo) para 1 (um).

O expoente se calcula subtraindo 127 (precisão simples) ou 1023 (precisão dupla) do valor armazenado.

A mantissa é sempre normalizada entre 1 e 2, assim sua parte inteira é sempre 1 (um), que não é necessária representar.



Exemplo de Ponto Flutuante

bits	s	mant.	exp.	cálculo	valor
0 01111111 000000000000000000000000	0	0	127	$+(1 + 0) \cdot 2^{(127-127)}$	1
1 01111110 000000000000000000000000	1	0	126	$-(1 + 0) \cdot 2^{(126-127)}$	-0,5
0 00000111 110000000000000000000000	0	0,75	7	$+(1+0,75) \cdot 2^{(7-127)}$	$\sim 1,31 \cdot 10^{-36}$
1 10000001 011000000000000000000000	1	0,375	129	$-(1+0,375) \cdot 2^{(129-127)}$	-5,5

Valores Especiais de Ponto Flutuante

Os seguintes valores são especiais

IEEE 754 - Single Precision			Valor	
s	e	m		
0	0000 0000	000 0000 0000 0000 0000 0000	+0	Zero
1	0000 0000	000 0000 0000 0000 0000 0000	-0	
0	1111 1111	000 0000 0000 0000 0000 0000	+Inf	Infinito Positivo
1	1111 1111	000 0000 0000 0000 0000 0000	-Inf	Infinito Negativo
0	1111 1111	010 0000 0000 0000 0000 0000	+NaN	<i>Not a Number</i>
1	1111 1111	010 0000 0000 0000 0000 0000	-NaN	

Constantes

valores constantes

```
int a = 5;
```

```
int b;
```

```
b = a + 12;
```

exemplos

inteiros

13 -4

double

12.45

1245e-2

float

12.45F

char

'a' 'A'

Operadores

aritméticos

+ - * / % (módulo)

atribuição

=

incremento e decremento

++ --

relacionais e lógicos

> < <= >= == !=

&& (and)

|| (or)

! (not)

Operadores aritméticos

+ - * / % (módulo)

$7 / 2 \rightarrow 3$ (a parte fracionária é **descartada**)

$7 / 2.0 \rightarrow 7.0 / 2.0 \rightarrow 3.5$

$7.0 / 2 \rightarrow 7.0 / 2.0 \rightarrow 3.5$

(converte operandos para a **maior precisão**)

Operadores aritméticos – Módulo

Resto da divisão inteira (operandos devem ser inteiros)

$0 \% 3$ resulta em 0

$1 \% 3$ resulta em 1

$2 \% 3$ resulta em 2

$3 \% 3$ resulta em 0

$4 \% 3$ resulta em 1

$5 \% 3$ resulta em 2

Útil para identificar números pares ou ímpares

se $x \% 2$ é 0, o número x é par

se $x \% 2$ é 1, o número x é ímpar

Em que outras
situações o $\%$ é útil?

Operadores de atribuição

=

a = 5;

y = x = 5;

operadores de atribuição compostos

i = i + 2 equivale a i += 2

i = i * 2 equivale a i *= 2

i = i / 2 equivale a i /= 2

...

var = var *op* (expr); equivale a var *op*= expr

x *= y+1 equivale ao quê?

x = x * (y+1)

Operadores de incremento e decremento

```
int n,x;
```

```
n = 5;                                /* n ← 5 */
```

```
x = n++;                             /* x ← 5; n incrementa para 6 */
```

```
x = ++n;                             /* n incrementa para 7; x ← 7 */
```

```
x = ++n * 2;                         /* n incrementa para 8; x ← 16 */
```

```
x = n++ * 2;                         /* x ← 16; n incrementa para 9 */
```

Operadores relacionais

> < <= >= == !=

usados numa expressão, resultam em

0, caso a expressão seja falsa, ou

1, caso a expressão seja verdadeira

Exemplo:

```
int a=10, b=10, c=5;
```

```
a > b resulta em 0
```

```
b > c resulta em 1
```

```
a == b resulta em 1
```

```
b != c resulta em 1
```

Operadores lógicos

&& (and) || (or) ! (not)

Exemplo: `int a = 2, b = 4, c = 5, d = 7;`

`(a < b) && (c < d)` `/* 1 && 1 -> resulta em 1;`
ambas expressões são avaliadas `*/`

`(a > b) && (c < d)` `/* (a>b) 0 -> resulta em 0;`
somente `(a>b)` é avaliada `*/`

`(a < b) || (d > c)` `/* (a<b) 1 -> resulta em 1;`
somente `(a<b)` é avaliada `*/`

`(a > b) || (c > d)` `/* 0 && 0 -> resulta em 0;`
ambas expressões são avaliadas `*/`

Operador *sizeof*

número de bytes ocupados por um tipo

```
int a = sizeof(long);           /* 4 */
```

```
a = sizeof(char);              /* 1 */
```

```
a = sizeof(short);             /* 2 */
```

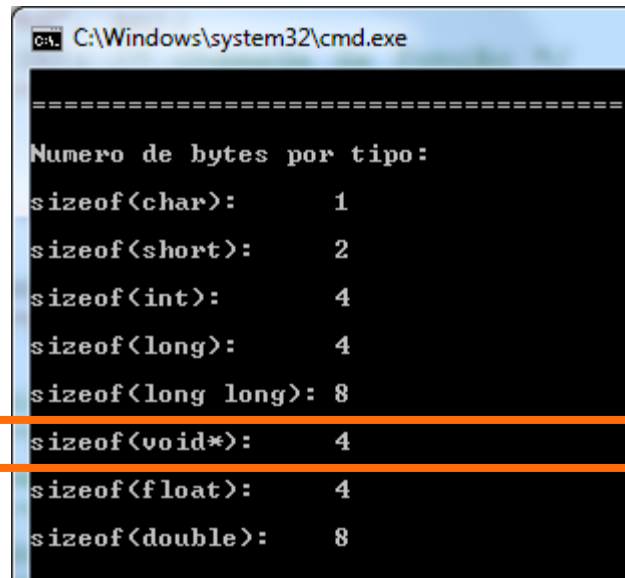
```
a = sizeof(float);             /* 4 */
```

```
a = sizeof(double);            /* 8 */
```


Número de bytes ocupados por um ponteiro

máquina de 32 bits

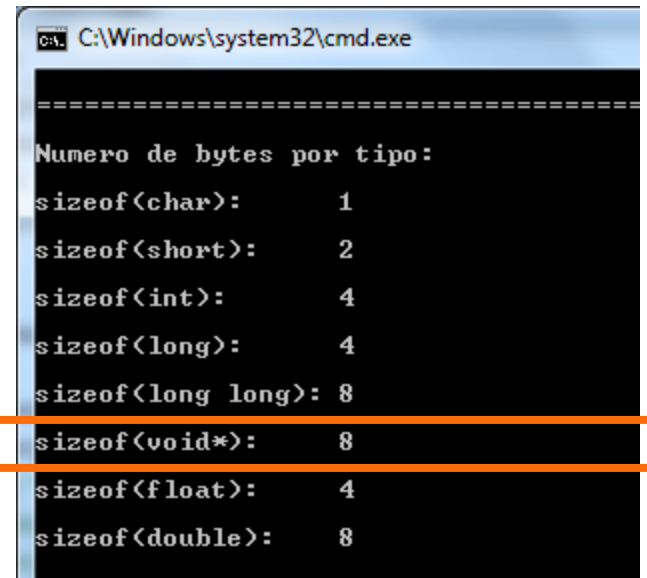
sizeof(void*): 4



```
=====
Numero de bytes por tipo:
sizeof(char):      1
sizeof(short):     2
sizeof(int):       4
sizeof(long):      4
sizeof(long long): 8
sizeof(void*):     4
sizeof(float):     4
sizeof(double):    8
```

máquina de 64 bits

sizeof(void*): 8



```
=====
Numero de bytes por tipo:
sizeof(char):      1
sizeof(short):     2
sizeof(int):       4
sizeof(long):      4
sizeof(long long): 8
sizeof(void*):     8
sizeof(float):     4
sizeof(double):    8
```

variáveis

revisão

Tipos de Variáveis

global

```
int a;          /* declarada no módulo, fora de qualquer função */
```

local ou automática

```
int a;          /* declarada dentro de um bloco, como uma função */
```

estática

```
static int a;  
/* declarada numa função mas alocada em área fixa de memória;  
   valor é mantido durante toda a execução do programa */
```

externa

```
extern int a;    /* global de um outro módulo */
```

Como declarar uma variável?

declaração

```
float tempC;
```

```
float tempF;
```

declaração de variáveis de um mesmo tipo

```
float tempC, tempF;
```

```
int a, b;
```

atribuição de valor (após a declaração)

```
int a, b;
```

```
a = 5;
```

```
b = 10;
```

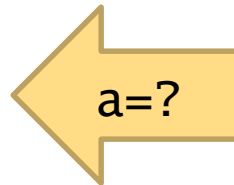
declaração com inicialização

```
int a = 5, b = 10;
```

Qual é o valor de *a* em cada exemplo?

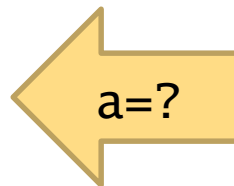
Exemplo 1

```
int a;  
a = 4;
```



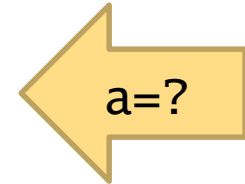
Exemplo 2

```
int a;  
a = 4.9;
```



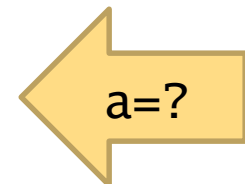
Exemplo 3

```
int a, b = 5;
```



Exemplo 4

```
int a, b, c=3;  
a = b+c;
```



Conversão de tipo

implicitamente

(automática, na avaliação de uma expressão)

```
float a = 3; /* conversão para 3.0F */
```

explicitamente, através de *cast*

```
int a;
```

```
float b = 3.5;
```

```
a = (int) b;
```

Exercício

Suponha que:

```
a = 3;
```

```
b = a / 2;
```

```
c = b + 3.1;
```

Como as variáveis a, b e c devem ser declaradas para obter cada um dos seguintes resultados?

```
c = 4.6 float a, b, c;
```

```
c = 4.1 int a, b; float c;
```

```
c = 4 int a, b, c;
```

Variáveis de um bloco

declaração da variável i

```
if ( n > 0 )  
{  
    int i; /* só pode declarar no início do bloco */  
    ...  
    i = f(n);  
    ... /* aqui já não pode declarar variáveis */  
}  
... /* a variável i já não existe neste ponto */
```

escopo da variável i

Variável global

variável declarada fora das funções

não faz parte da pilha de execução

é visível por todas as funções

existe enquanto o programa estiver sendo executado

causa interdependência entre funções

pode tornar código difícil de entender e reutilizar

```
#include <stdio.h>

int s, p; /* declaração de variáveis globais */

void somaprod (int a, int b) {
    ...
}

int main (void) {
    ...
}
```

Exemplo de programa

```
#include <stdio.h>

int s, p;      /* declaração de variáveis globais */

void somaprod (int a, int b) {
    s = a + b;  /* atribuição a variáveis globais */
    p = a * b;
}

int main (void) {
    int x, y;
    printf("Digite dois numeros: ");
    scanf("%d %d", &x, &y);
    somaprod(x, y);
    printf("Soma: %d, produto: %d \n", s, p);
    return 0;
}
```

```
Digite dois numeros: 2 3
Soma: 5, produto: 6
Press any key to continue . . .
```

Variável estática

```
static int i;
```

declarada no corpo de uma função:

visível apenas naquela função

não é armazenada na pilha de execução:

área de memória estática

existe enquanto o programa estiver sendo executado

utilização de variável estática:

quando for necessário recuperar o valor de uma variável
atribuída na última vez que a função foi executada

Exemplo – Variável estática

```
#include <stdio.h>

void imprime(void)
{
    static int i = 1;
    printf("%d\n", i++);
}

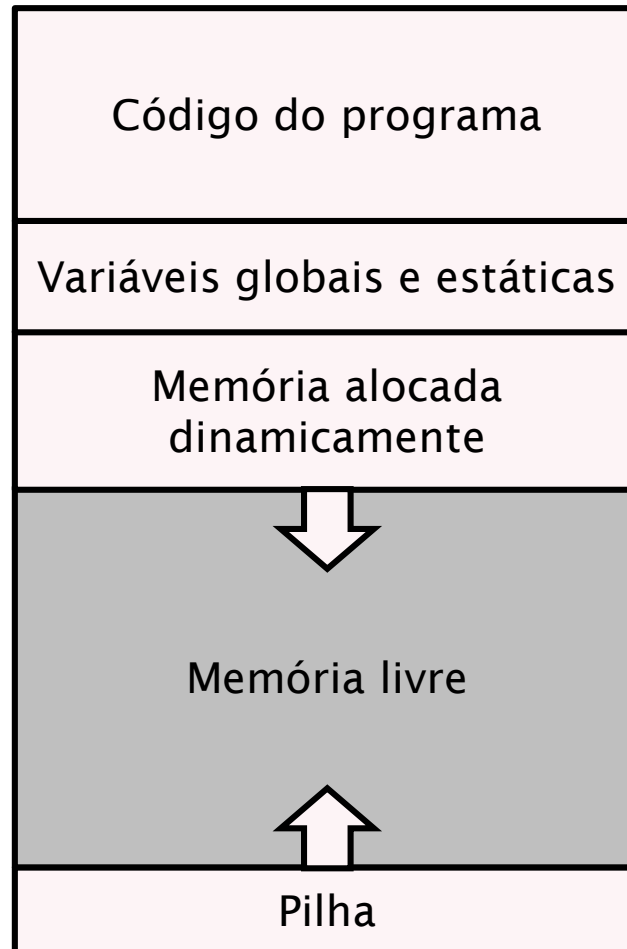
int main(void)
{
    printf("Primeiro numero: ");
    imprime();
    printf("Proximo numero: ");
    imprime();
    imprime();
}
```

```
Primeiro numero: 1
Proximo numero: 2
3
```

uso da memória

revisão

Uso esquemático da memória



```
/* exemplo do uso da memória */
```

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

```
#include <string.h>
```

```
char delim = ',';
```

```
char *concat(char a, char b)
```

```
{
```

```
    char *sigla = (char *)malloc(4);
```

```
    sigla[0] = a;
```

```
    sigla[1] = delim;
```

```
    sigla[2] = b;
```

```
    sigla[3] = '\0';
```

```
    return sigla;
```

```
}
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    char a='A', b='Z';
```

```
    char *s;
```

```
    printf("Digite o delimitador: ");
```

```
    scanf(" %c", &delim);
```

```
    s = concat(a,b);
```

```
    printf("%s\n", s);
```

```
    free(s);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

variável
global

delim ','

não há
espaço
alocado
dinamic.

Memória livre

ainda não
há nada na
pilha

```
/* exemplo do uso da memória */
```

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

```
#include <string.h>
```

```
char delim = ',';
```

```
char *concat(char a, char b)
```

```
{
```

```
    char *sigla = (char *)malloc(4);
```

```
    sigla[0] = a;
```

```
    sigla[1] = delim;
```

```
    sigla[2] = b;
```

```
    sigla[3] = '\0';
```

```
    return sigla;
```

```
}
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    char a='A', b='Z';
```

```
    char *s;
```

```
    printf("Digite o delimitador: ");
```

```
    scanf(" %c", &delim);
```

```
    s = concat(a,b);
```

```
    printf("%s\n", s);
```

```
    free(s);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

variável
global

delim

,

não há
espaço
alocado
dinamic.

Memória livre

variáveis
locais à
função
main

s

?

b

'Z'

a

'A'

Pilha


```
/* exemplo do uso da memória */
```

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

```
#include <string.h>
```

```
char delim = ',';
```

```
char *concat(char a, char b)
```

```
{
```

```
    char *sigla = (char *)malloc(4);
```

```
    sigla[0] = a;
```

```
    sigla[1] = delim;
```

```
    sigla[2] = b;
```

```
    sigla[3] = '\0';
```

```
    return sigla;
```

```
}
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    char a='A', b='Z';
```

```
    char *s;
```

```
    printf("Digite o delimitador: ");
```

```
    scanf(" %c", &delim);
```

```
    s = concat(a,b);
```

```
    printf("%s\n", s);
```

```
    free(s);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

variável
global

delim

Memória livre

variáveis
loais à
função
main

s

?

b

'Z'

a

'A'

Pilha

não há
espaço
alocado
dinamic.

```
/* exemplo do uso da memória */
```

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

```
#include <string.h>
```

```
char delim = ',';
```

```
char *concat (char x, char y)
```

```
{
```

```
    char *sigla = (char *)malloc(4);
```

```
    sigla[0] = x;
```

```
    sigla[1] = delim;
```

```
    sigla[2] = y;
```

```
    sigla[3] = '\0';
```

```
    return sigla;
```

```
}
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    char a='A', b='Z';
```

```
    char *s;
```

```
    printf("Digite o delimitador: ");
```

```
    scanf(" %c", &delim);
```

```
    s = concat(a,b);
```

```
    printf("%s\n", s);
```

```
    free(s);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

variável
global

delim

'_'

não há
espaço
alocado
dinamic.

variáveis
locais à
função
concat

sigla

?

y

'Z'

x

'A'

s

?

b

'Z'

a

'A'

Pilha

```
/* exemplo do uso da memória */
```

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

```
#include <string.h>
```

```
char delim = ',';
```

```
char *concat (char x, char y)
```

```
{
```

```
char *sigla = (char *)malloc(4);
```

```
sigla[0] = x;
```

```
sigla[1] = delim;
```

```
sigla[2] = y;
```

```
sigla[3] = '\0';
```

```
return sigla;
```

```
}
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
char a='A', b='Z';
```

```
char *s;
```

```
printf("Digite o delimitador: ");
```

```
scanf(" %c", &delim);
```

```
s = concat(a,b);
```

```
printf("%s\n", s);
```

```
free(s);
```

```
return 0;
```

```
}
```

variável
global

delim

'_'

variáveis
locais à
função
concat

sigla

y

'Z'

x

'A'

s

'?'

b

'Z'

a

'A'

espaço
alocado
dinamic.

Pilha

```
/* exemplo do uso da memória */
```

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

```
#include <string.h>
```

```
char delim = ',';
```

```
char *concat(char x, char y)
```

```
{
```

```
    char *sigla = (char *)malloc(4);
```

```
    sigla[0] = x;
```

```
    sigla[1] = delim;
```

```
    sigla[2] = y;
```

```
    sigla[3] = '\0';
```

```
    return sigla;
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    char a='A', b='Z';
```

```
    char *s;
```

```
    printf("Digite o delimitador: ");
```

```
    scanf(" %c", &delim);
```

```
    s = concat(a,b);
```

```
    printf("%s\n", s);
```

```
    free(s);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

variável global

valor retornado

Memória livre

variáveis locais à função main

espaço alocado dinamic.

Pilha

```
/* exemplo do uso da memória */
```

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

```
#include <string.h>
```

```
char delim = ',';
```

```
char *concat(char x, char y)
```

```
{
```

```
    char *sigla = (char *)malloc(4);
```

```
    sigla[0] = x;
```

```
    sigla[1] = delim;
```

```
    sigla[2] = y;
```

```
    sigla[3] = '\0';
```

```
    return sigla;
```

```
}
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    char a='A', b='Z';
```

```
    char *s;
```

```
    printf("Digite o delimitador: ");
```

```
    scanf(" %c", &delim);
```

```
    s = concat(a,b);
```

```
    printf("%s\n", s);
```

```
    free(s);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

variável
global

delim

'_'

valor
retornado

A - Z \0

espaço
alocado
dinamic.

Memória livre

variáveis
locais à
função
main

s

b

'Z'

a

'A'

Pilha

```
/* exemplo do uso da memória */
```

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

```
#include <string.h>
```

```
char delim = ',';
```

```
char *concat(char x, char y)
```

```
{
```

```
    char *sigla = (char *)malloc(4);
```

```
    sigla[0] = x;
```

```
    sigla[1] = delim;
```

```
    sigla[2] = y;
```

```
    sigla[3] = '\0';
```

```
    return sigla;
```

```
}
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    char a='A', b='Z';
```

```
    char *s;
```

```
    printf("Digite o delimitador: ");
```

```
    scanf(" %c", &delim);
```

```
    s = concat(a,b);
```

```
    printf("%s\n", s);
```

```
    free(s);
```

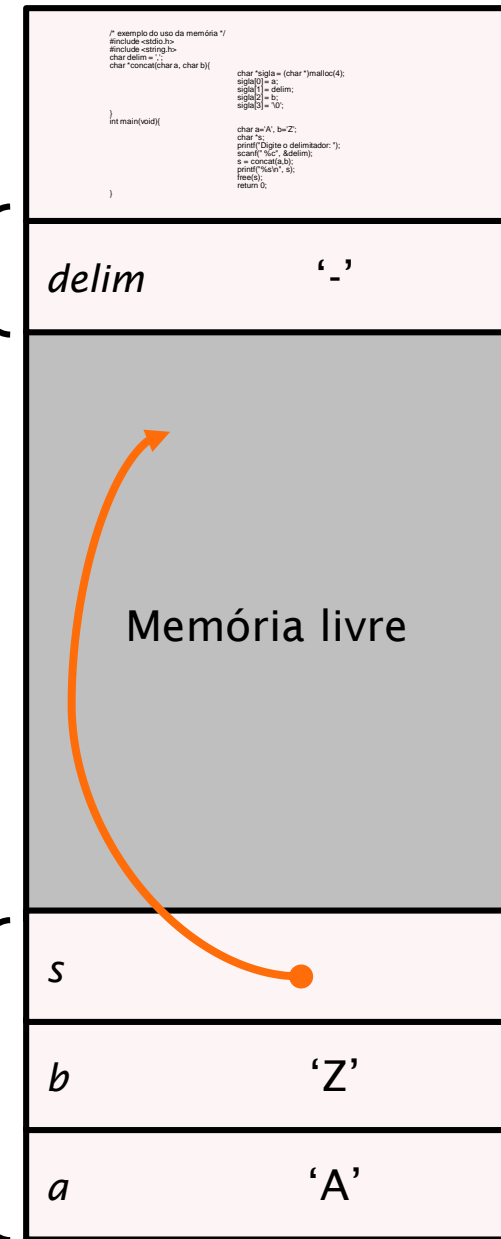
```
    return 0;
```

```
}
```

variável
global

valor
retornado

variáveis
locais à
função
main



```
/* exemplo do uso da memória */
```

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

```
#include <string.h>
```

```
char delim = ',';
```

```
char *concat(char x, char y)
```

```
{
```

```
    char *sigla = (char *)malloc(4);
```

```
    sigla[0] = x;
```

```
    sigla[1] = delim;
```

```
    sigla[2] = y;
```

```
    sigla[3] = '\0';
```

```
    return sigla;
```

```
}
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    char a='A', b='Z';
```

```
    char *s;
```

```
    printf("Digite o delimitador: ");
```

```
    scanf(" %c", &delim);
```

```
    s = concat(a,b);
```

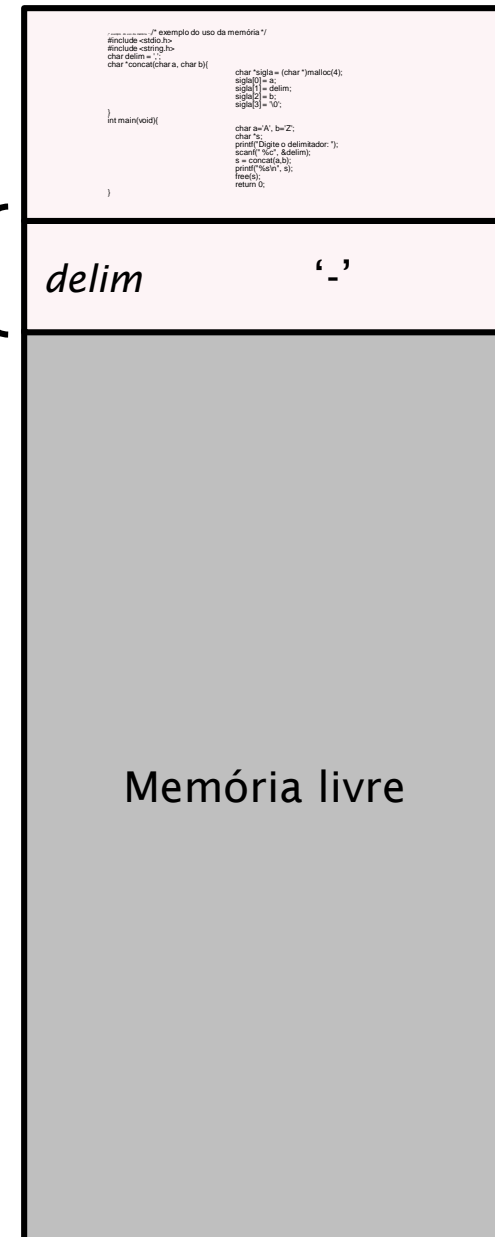
```
    printf("%s\n", s);
```

```
    free(s);
```

```
    return 0;
```

variável
global

valor
retornado



controle de fluxo

revisão

Condicionais if e ?

```
if ( a > b )  
    maximo = a;  
else  
    maximo = b;
```

condicao é avaliada

comando executado se condição for verdadeira

comando executado se condição for falsa

se condicao for verdadeira, expressao1 é avaliada

```
condicao ? expressao1 : expressao2;
```

condicao é avaliada

caso contrário, expressao2 é avaliada

```
maximo = a > b ? a : b ;
```

Construções com laços

```
while ( expressao )  
{  
    bloco de comandos  
}
```

- 1) enquanto *expressao* for verdadeira, executa *bloco de comandos*

```
do  
{  
    bloco de comandos  
} while (expressao);
```

- 1) executa *bloco de comandos*
- 2) se *expressao* for verdadeira, repete

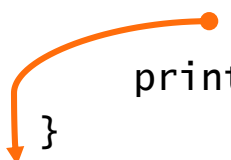
```
for (expr_inicial; expr_teste_laco; expr_alteracao)  
{  
    bloco de comandos  
}
```

- 1) avalia *expr_inicial*
- 2) enquanto *expr_teste_laco* for verdadeira:
 - 2.1) executa *bloco de comandos*
 - 2.2) executa *expr_alteracao*

```
expr_inicial;  
while (expr_teste_laco)  
{  
    bloco de comandos  
    ...  
    expr_alteração;  
}
```

Laços – interrupção com break

```
#include <stdio.h>
int main (void)
{
    int i;
    for (i = 0; i < 10; i++) {
        if (i == 5)
            break;
        printf("%d ", i);
    }
    printf("fim\n");
    return 0;
}
```

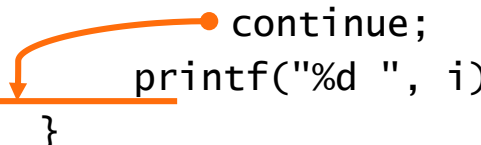


Qual é a saída do programa?

0 1 2 3 4 fim

Laços – interrupção com continue

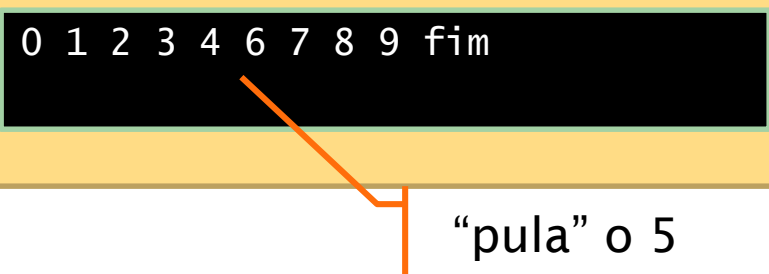
```
#include <stdio.h>
int main (void)
{
    int i;
    for (i = 0; i < 10; i++) {
        if (i == 5)
            continue;
        printf("%d ", i);
    }
    printf("fim\n");
    return 0;
}
```



An orange arrow points from the `continue;` statement to the `printf` statement, indicating that the loop iteration is skipped when `i` is 5.

Qual é a saída do programa?

0 1 2 3 4 6 7 8 9 fim




An orange arrow points from the text "pula" o 5 to the space between 4 and 6 in the output sequence, indicating that the number 5 is skipped.

“pula” o 5

Laços – Cuidado com loops eternos!

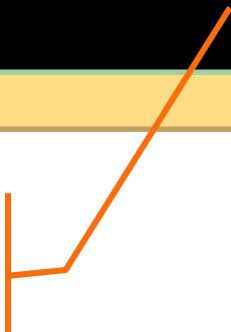
```
#include <stdio.h>
int main (void)
{
    int i = 0;
    while (i < 10) {
        printf("%d ", i);
        if (i == 5)
            continue;
        i++;
    }
    printf("fim\n");
    return 0;
}
```



Qual é a saída do programa?

0 1 2 3 4 5 5 5 5 5 5 5 5 5...

nunca
termina



Seleção – comando switch

seleciona um dentre vários casos
(op_k deve ser um inteiro ou caractere)

```
switch ( expr )  
{  
    case op1: bloco de comandos 1; break;  
    case op2: bloco de comandos 2; break;  
    ...  
    default: bloco de comandos default; break;  
}
```

```

/* calculadora de quatro operações */
#include <stdio.h>

int main (void)
{
    float num1, num2;
    char op;
    printf("Digite uma expressao: numero operador numero\n");
    scanf ("%f %c %f", &num1, &op, &num2);
    switch (op)
    {
        case '+':      printf(" = %f\n", num1+num2); break;
        case '-':      printf(" = %f\n", num1-num2); break;
        case '*':      printf(" = %f\n", num1*num2); break;
        case '/':      printf(" = %f\n", num1/num2); break;
        default:       printf("Operador invalido!\n"); break;
    }
    return 0;
}

```

funções

revisão

Forma geral para definir funções

tipo_retornado *nome_da_função* (*lista de parâmetros...*)

{

corpo_da_função

}

Exemplo:

float converte (float c)

{

float f;
f = 1.8*c + 32;
return f;

}

tipo retornado

nome da função

parâmetro

corpo da função

retorno do valor

Protótipo

Funções declaradas **antes** de serem invocadas: não precisam de protótipo

```
float converte (float c)
{
    ...
}

int main (void)
{
    ...
    t2 = converte(t1);
    ...
}
```

funções declaradas **após** serem invocadas: precisam de protótipo

```
/* COM ponto-e-vírgula no final*/
float converte (float c);

int main (void)
{
    ... t2 =
    converte(t1);
}

/* SEM ponto-e-vírgula no final*/
float converte (float c)
{
    ...
}
```

Exemplo de programa – Cálculo de Fatorial

```
#include <stdio.h>
long fat (int n);    /* protótipo da função */
int main (void)      /* função principal */
{
    int n; long r;
    printf("Digite um número nao negativo:");
    scanf("%d", &n);
    r = fat(n); /* chamada da função */
    printf("Fatorial = %d\n", r);
    return 0;    /* retorno da main: 0 = execução OK */
}
/* função para calcular o valor do fatorial */
long fat (int n)    /* declaração da função */
{
    int i;
    long f = 1;
    for (i = 1; i <= n; i++)
        f *= i;
    return f;
}
```

Pilha de Execução

comunicação entre funções

funções são independentes entre si

transferência de dados entre funções é feita através de

parâmetros (passagem por **valor**)

valor de retorno da função chamada

variáveis **locais** a uma função:

definidas dentro do corpo da função (incluindo os parâmetros)

não existem fora da função

são criadas cada vez que a função é executada

deixam de existir quando a execução da função terminar

Pilha de execução – Fatorial

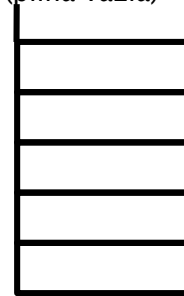
```
#include <stdio.h>

long fat (int n);    /* protótipo da função */

int main (void)      /* função principal */
{
    int n; long r;
    printf("Digite um número nao negativo:");
    scanf("%d", &n);
    r = fat(n);      /* chamada da função */
    printf("Fatorial = %d\n", r);
    return 0;        /* retorno da main: 0 = execução OK */
}

/* função para calcular o valor do fatorial */
long fat (int n)     /* declaração da função */
{
    int i;
    long f = 1;
    for (i = 1; i <= n; i++)
        f *= i;
    return f;
}
```

1. início do programa
(pilha vazia)



main >

Pilha de execução – Fatorial

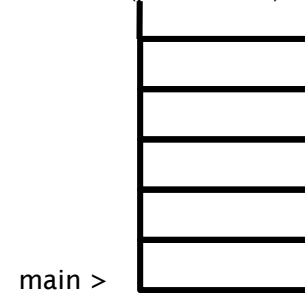
```
#include <stdio.h>

long fat (int n); /* protótipo da função */

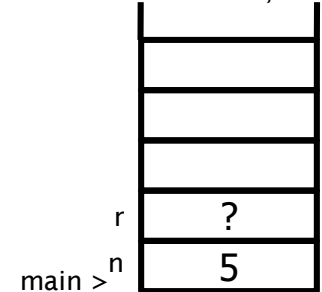
int main (void) /* função principal */
{
    int n; long r;
    printf("Digite um número nao negativo:");
    scanf("%d", &n);
    ➔ r = fat(n); /* chamada da função */
    printf("Fatorial = %d\n", r);
    return 0; /* retorno da main: 0 = execução OK */
}

/* função para calcular o valor do fatorial */
long fat (int n) /* declaração da função */
{
    int i;
    long f = 1;
    for (i = 1; i <= n; i++)
        f *= i;
    return f;
}
```

1. início do programa
(pilha vazia)



2. após declarar
variáveis n, r



Pilha de execução – Fatorial

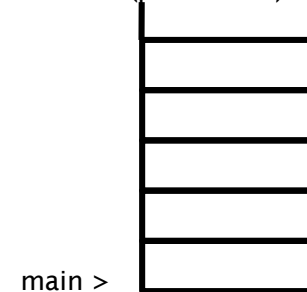
```
#include <stdio.h>

long fat (int n); /* protótipo da função */

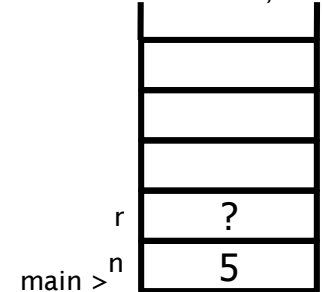
int main (void) /* função principal */
{
    int n; long r;
    printf("Digite um número nao negativo:");
    scanf("%d", &n);
    r = fat(n); /* chamada da função */
    printf("Fatorial = %d\n", r);
    return 0; /* retorno da main: 0 = execução OK */
}

/* função para calcular o valor do fatorial */
long fat (int n) /* declaração da função */
{
    int i;
    long f = 1;
    for (i = 1; i <= n; i++)
        f *= i;
    return f;
}
```

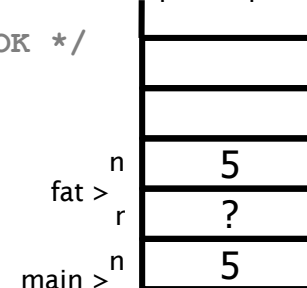
1. início do programa
(pilha vazia)



2. após declarar
variáveis n, r



3. chamada da função:
cópia do parâmetro



Pilha de execução – Fatorial

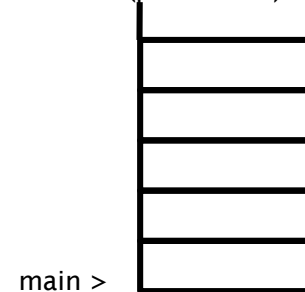
```
#include <stdio.h>

long fat (int n); /* protótipo da função */

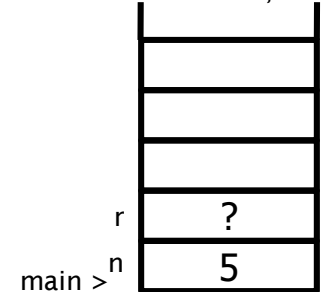
int main (void) /* função principal */
{
    int n; long r;
    printf("Digite um número nao negativo:");
    scanf("%d", &n);
    r = fat(n); /* chamada da função */
    printf("Fatorial = %d\n", r);
    return 0; /* retorno da main: 0 = execução OK */
}

/* função para calcular o valor do fatorial */
long fat (int n) /* declaração da função */
{
    int i;
    long f = 1;
    for (i = 1; i <= n; i++)
        f *= i;
    return f;
}
```

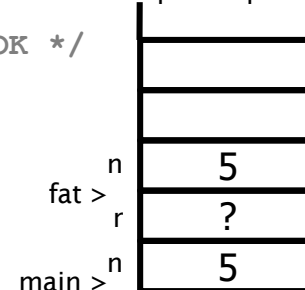
1. início do programa
(pilha vazia)



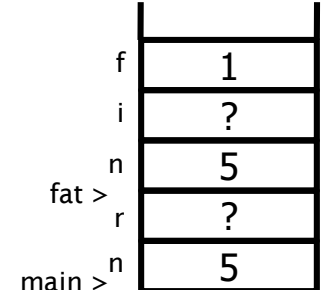
2. após declarar
variáveis n, r



3. chamada da função:
cópia do parâmetro



4. declaração das
variáveis locais i e f



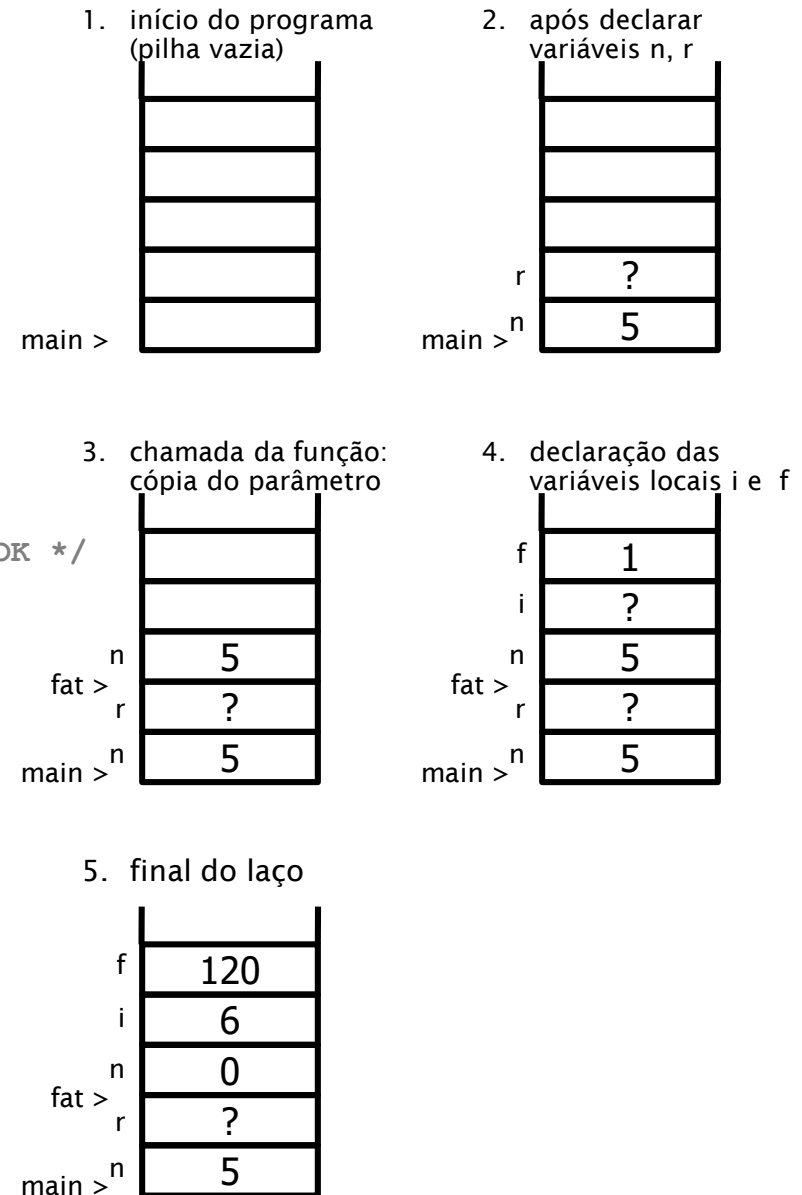
Pilha de execução – Fatorial

```
#include <stdio.h>

long fat (int n); /* protótipo da função */

int main (void) /* função principal */
{
    int n; long r;
    printf("Digite um número nao negativo:");
    scanf("%d", &n);
    r = fat(n); /* chamada da função */
    printf("Fatorial = %d\n", r);
    return 0; /* retorno da main: 0 = execução OK */
}

/* função para calcular o valor do fatorial */
long fat (int n) /* declaração da função */
{
    int i;
    long f = 1;
    for (i = 1; i <= n; i++)
        f *= i;
    return f;
}
```



Pilha de execução – Fatorial

```
#include <stdio.h>

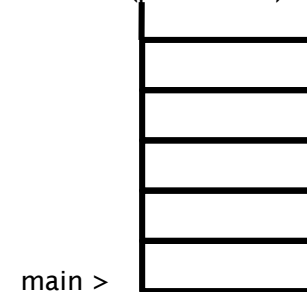
long fat (int n);    /* protótipo da função */

int main (void)      /* função principal */
{
    int n; long r;
    printf("Digite um número nao negativo:");
    scanf("%d", &n);

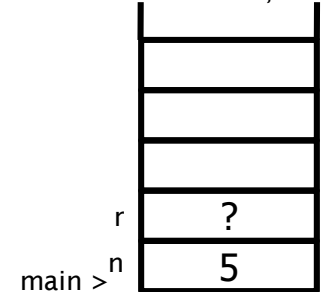
    r = fat(n);      /* chamada da função */
    printf("Fatorial = %d\n", r);
    return 0;        /* retorno da main: 0 = execução OK */
}

/* função para calcular o valor do fatorial */
long fat (int n)      /* declaração da função */
{
    int i;
    long f = 1;
    for (i = 1; i <= n; i++)
        f *= i;
    return f;
}
```

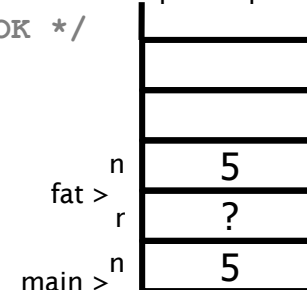
1. início do programa
(pilha vazia)



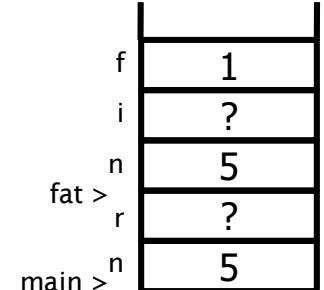
2. após declarar
variáveis n, r



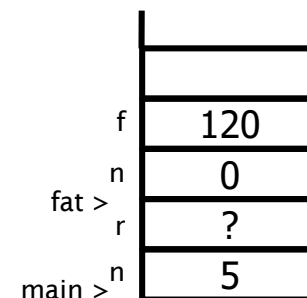
3. chamada da função:
cópia do parâmetro



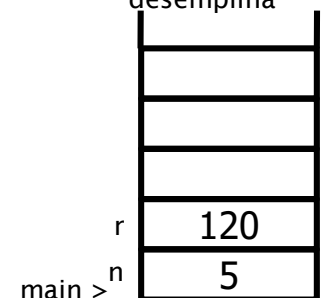
4. declaração das
variáveis locais i e f



5. final do laço



6. retorno da função:
desempilha



Funções Extern e Static

Por padrão as funções são sempre declaradas como extern, sendo visíveis por todo o código.

Se declaradas como static, as funções só são visíveis no arquivo onde foram definidas.

Exemplo de Função Estática

main.c

```
#include "header.h"
int main()
{
    hello();
    return 0;
}
```

function.c

```
#include "header.h"
void hello()
{
    printf("HELLO WORLD\n");
}
```

header.h

```
#include <stdio.h>
static void hello();
```

```
$gcc main.c function.c
header.h:4: warning: "hello" used but never defined
/tmp/ccAHx5Ic.o: In function `main':
main.c:(.text+0x12): undefined reference to `hello'
collect2: ld returned 1 exit status
```

dúvidas?

ponteiros

revisão

Ponteiro

tipo que armazena um endereço de memória

```
/* variáveis do tipo inteiro */
```

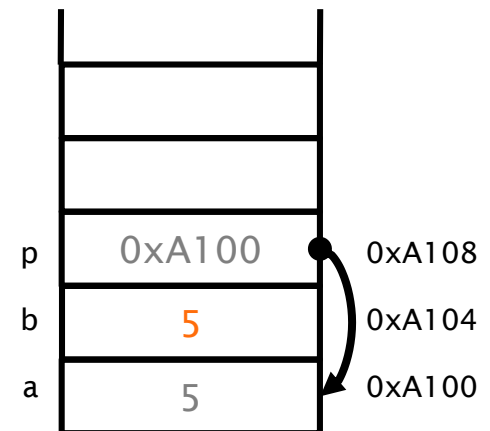
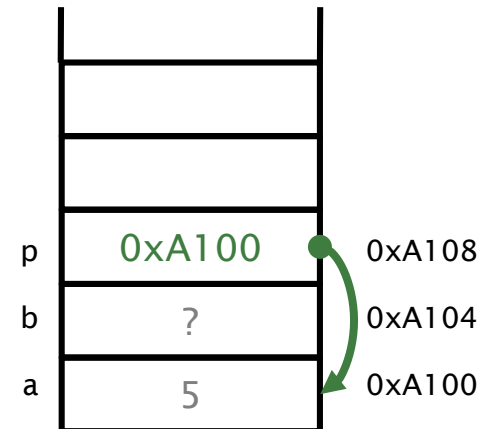
```
int a=5, b;
```

```
/* variável do tipo ponteiro para inteiro */
```

```
int *p;
```

1 $p = \&a;$ /* atribui a p o endereço de a */

2 $b = *p;$ /* atribui a b o conteúdo de p */



Ponteiro (cont.)

```
int a;
```

```
int *p;
```

```
int c;
```

```
/* a recebe o valor 5 */
```

1 `a = 5;`

```
/* p recebe o endereço de a ou seja, p aponta para a */
```

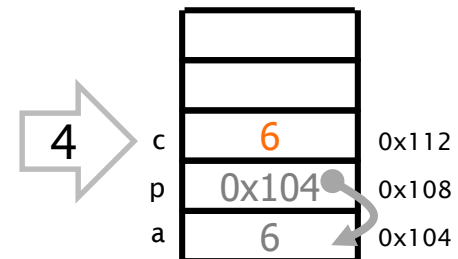
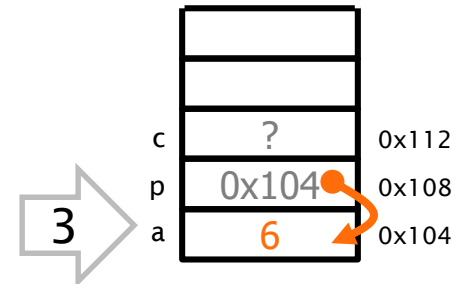
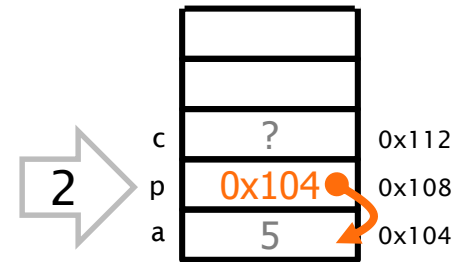
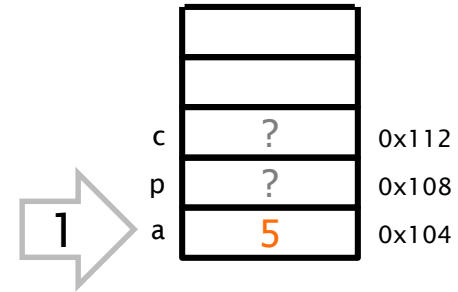
2 `p = &a;`

```
/* posição de memória apontada por p recebe 6 */
```

3 `*p = 6;`

```
/* c recebe o valor armazenado na posição de memória  
apontada por p */
```

4 `c = *p;`



Exemplo

```
int main ( void )  
{  
    int a=5;  
    int *p;  
    p = &a;  
    *p = 2;  
    (*p)++;  
    printf(" %d ", a);  
    return 0;  
}
```

Qual é a saída do programa?

3

Cuidado!

Qual é a saída do programa?

```
int main ( void )  
{  
    int a;  
    int *p;  
    *p = 2;  
    printf(" %d ", a);  
    return 0;  
}
```

p não foi inicializado; onde 2 é armazenado?

a não foi inicializado; qual é o seu valor?

Uma função em C pode retornar dois valores?



NÃO

Mas pode receber ponteiros para valores a serem modificados

Função para calcular soma e produto

A

```
/* passagem de parâmetros por valor */  
void somaprod(int a, int b, int soma, int prod)  
{ soma = a+b; prod=a*b }
```

```
/* o que acontece? */
```

```
int main(void) {
```

```
    int s, p;
```

```
    somaprod (3,5,s,p);
```

```
    printf("soma: %d, produto: %d\n", s, p);
```

```
}
```

```
soma: -3879, produto: -29047  
(lixo)           (lixo)
```

Função para calcular soma e produto

A

```
/* passagem de parâmetros por valor */  
void somaprod(int a, int b, int soma, int prod)  
{ soma = a+b; prod=a*b }
```

```
/* o que acontece? */  
int main(void) {  
    int s, p;  
    somaprod (3,5,s,p);  
    printf("soma: %d, produto: %d\n", s, p);  
}
```

soma: -3879, produto: -29047
(lixo) (lixo)

B

```
/* passagem de parâmetros por referência */  
void somaprod(int a, int b, int *psoma, int *pprod)  
{ *psoma = a+b; *pprod=a*b; }
```

```
/* o que acontece? */  
int main(void) {  
    int s, p;  
    somaprod (3,5,&s,&p);  
    printf("soma: %d, produto: %d\n", s, p);  
}
```

soma: 8, produto: 15

Exemplo de programa

```
#include <stdio.h> /* declaração de ponteiros */
void somaproduct (int a, int b, int *ps, int *pp)
{
    *ps = a + b;    /* altera o conteúdo do ponteiro */
    *pp = a * b;
}

int main (void)
{
    int x, y, s, p;
    printf("Digite dois numeros:");
    scanf("%d%d", &x, &y);
    somaproduct(x, y, &s, &p); /* endereço das variáveis */
    printf("Soma: %d, produto: %d \n", s, p);
    return 0;
}
```

Ponteiros – Revisão

Considerando

```
int x;  
int *pX = &x;
```

Se eu quiser ler o valor de x do teclado, como posso fazer?

```
scanf("%d", x);  
scanf("%d", &x);  
scanf("%d", pX);  
scanf("%d", &pX);
```

Ponteiros – Revisão

Considerando

```
int x;  
int *pX = &x;
```

Se eu quiser ler o valor de x do teclado, como posso fazer?

```
scanf("%d", x);  
scanf("%d", &x);  
scanf("%d", pX);  
scanf("%d", &pX);
```

Por quê?

dúvidas?

ponteiros para funções

Problema:

funções que dependem do tipo do dado

```
/* busca binária limitada a vetor de inteiros */
int compara (int a, int b)
{
    if (a<b) return -1;
    if (a==b) return 0;
    return 1;
}

int busca_binaria (int *v, int n, int elem)
{
    int ini = 0, fim = n-1;
    while (ini <= fim)
    {
        int meio = (ini + fim) / 2;
        int comparacao = compara(elem, v[meio]);
        switch(comparacao) {
            case 0: return meio; break;
            case -1: fim = meio - 1; break;
            case 1: ini = meio + 1; break;
        }
    }
    return -1;
}
```

Como fazer uma implementação de busca binária que sirva para qualquer tipo de dado?

Mudanças necessárias

```
/* busca binária  
int compara
```

```
{  
    if (a<b) return -1;  
    if (a==b) return 0;  
    return 1;  
}
```

```
int busca_binaria (void *v, int n,  
{  
    int ini = 0,  
    while (ini <= fim)  
    {  
        int meio = (ini + fim) / 2;  
        int comparacao = compara(elem,  
        switch (comparacao) {
```

1

Em vez de um vetor com tipo declarado explicitamente, um vetor de ponteiros genéricos: **void *v**. Isso significa que a função **busca_binaria** não saberá qual é o tipo do dado que está buscando.

2

Em vez de um elemento com tipo declarado explicitamente, um ponteiro genérico para o elemento: **void *elem**.

4

Se a **busca_binaria** não conhece o tipo de dado, não sabe como comparar dois valores. Precisa receber como parâmetro um **ponteiro para a função compara**. Essa função conhece o tipo do dado e sabe como comparar dois valores desse tipo. O modificador de tipo **const** é usado para garantir que a função não modificará os valores dos elementos (devem ser tratados como constantes)

acessa(v, meio, tam)

Se a função não conhece o tipo do dado, não sabe como acessar cada elemento do vetor. Precisa de uma função de acesso ao elemento na posição desejada: **acessa(v, meio, tam)**. A função **busca_binaria** tem que passar para essa função **acessa** qual é o tamanho do dado, e portanto precisa receber esse tamanho também como parâmetro: **int tam**.

3

Mudanças necessárias na função busca_binaria

```
/* busca binária genérica */

int busca_binaria ( void *v,
                    int n,
                    void *elem,
                    int tam,
                    int (*compara)(const void*, const void*) )
{
    int ini = 0, fim = n-1;
    while (ini <= fim)
    {
        int meio = (ini + fim) / 2;
        int comparacao = compara(elem, acessa(v, meio, tam));
        switch (comparacao) {
            case 0: return meio; break;
            case -1: fim = meio - 1; break;
            case 1: ini = meio + 1; break;
        }
    }
    return -1;
}
```

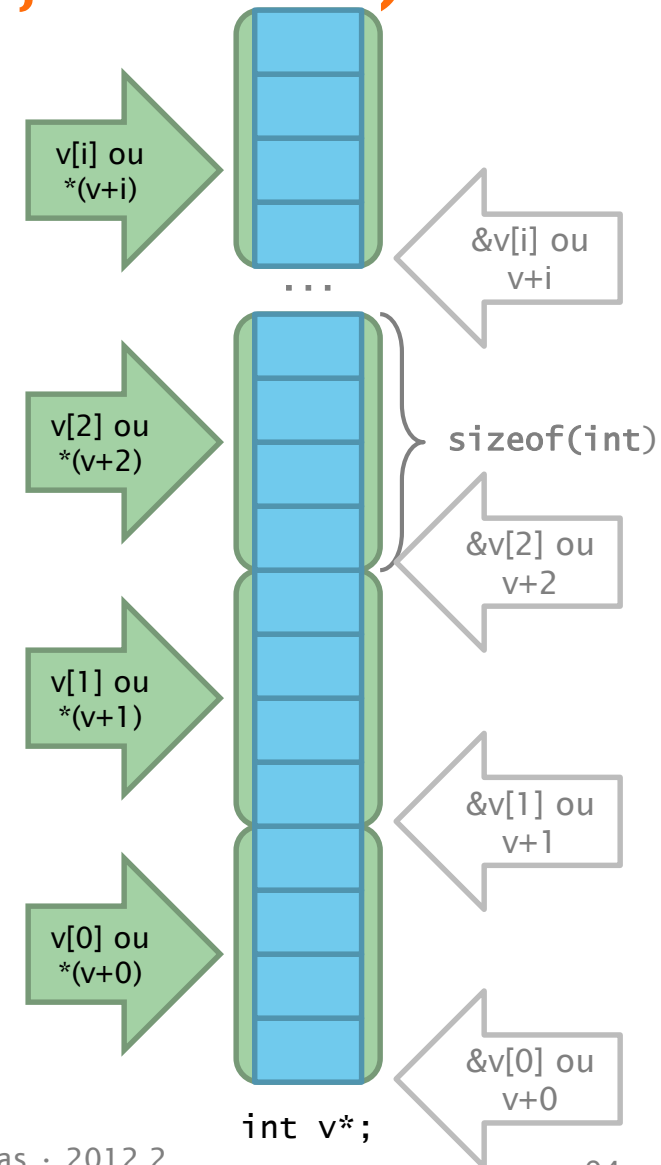
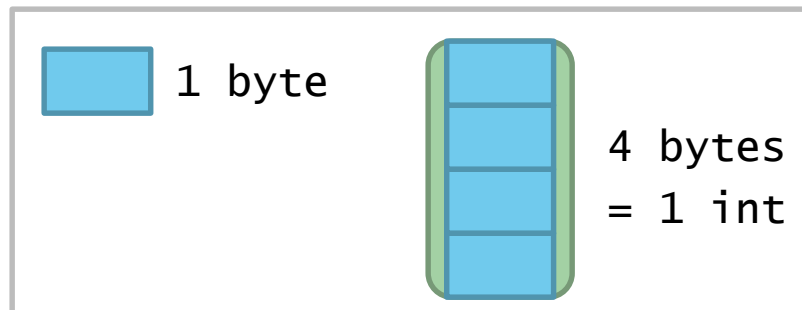
Função

`void* acessa (void* v, int i, int tam)`

lembrando:

Se declaro `int *v`, posso usar `v[i]`, porque o compilador sabe que deve percorrer o vetor de 4 em 4 bytes (`sizeof(int)` é 4).

Nesse caso, `v+i` é o endereço do *i*-ésimo elemento de *v*

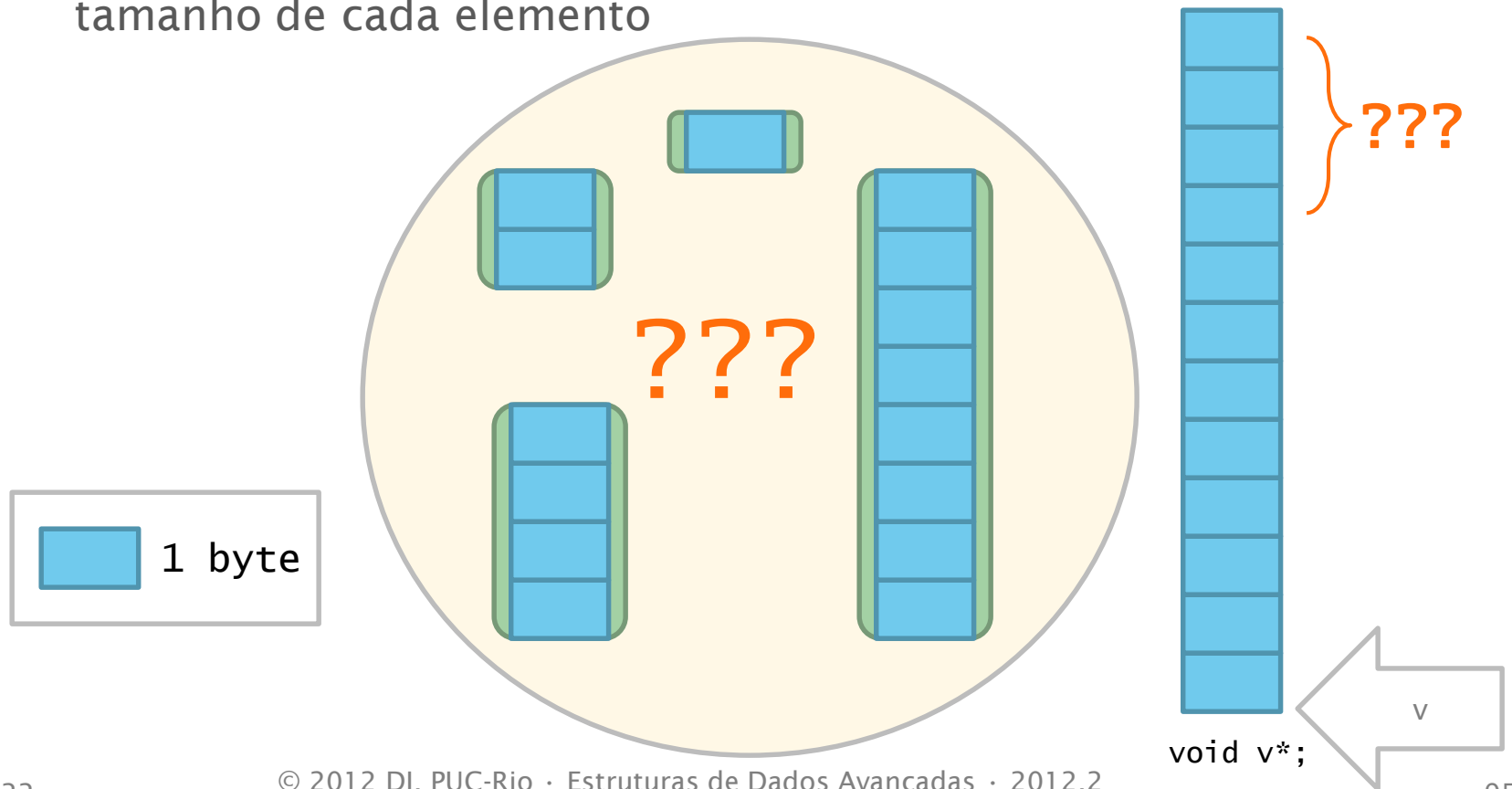


Função

void* acessa (void* v, int i, int tam)

lembrando:

Se declaro void* v, não posso
usar v[i], pois não sei qual é o
tamanho de cada elemento



Função

`void* acessa (void* v, int i, int tam)`

Sabendo o tamanho **tam** de cada elemento do vetor...

o *i*-ésimo elemento encontra-se no endereço **$v+i*tam$**

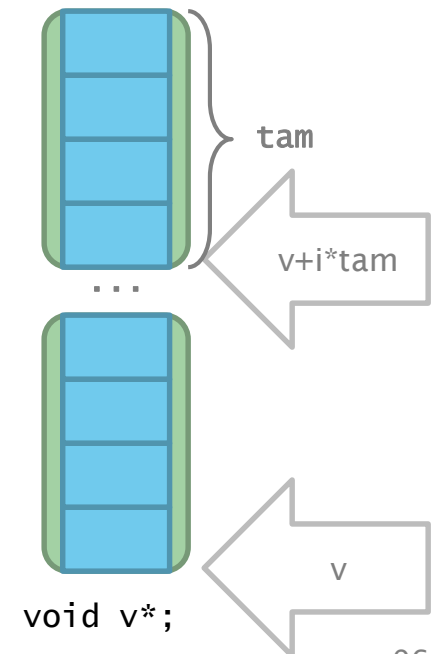
Problema:

Não posso incrementar o endereço de um ponteiro genérico `void*`

Como andar de byte em byte?

Usando `char*` (lembrando: `sizeof(char)=1`)

```
void* acessa (void* v, int i, int tam)
{
    /* trata como vetor de char */
    char* t = (char*)v;
    /* obtém o endereço do elemento desejado */
    t += i*tam;
    /* retorna o endereço como ponteiro genérico */
    return (void*)t;
}
```



Função

int compara_X(const void *pa, const void *pb)

Deve retornar:

- 1 se o elemento em *pa* precede o elemento em *pb*
- 0 se os elementos em *pa* e *pb* são iguais
- 1 se o elemento em *pa* sucede o elemento em *pb*

Se *pa* é genérico, não sei obter seu conteúdo (~~*pa~~)

1. cast para um ponteiro de um tipo conhecido **(int*)pa**
2. obtém o conteúdo do endereço apontado: ***((int*)pa)**
3. efetua a comparação: ***((int*)pa) < *((int*)pb)**

```
int compara_int(const void* pa, const void* pb) {  
    int *pia = (int *)pa;  
    int *pib = (int *)pb;  
    int a = *pia;  
    int b = *pib;  
    if (a < b) return -1;  
    if (a > b) return 1;  
    return 0;  
}
```

Algumas versões alternativas da função

int compara_int(const void *pa, const void *pb)

```
int compara_int(const void* pa, const void* pb) {  
    int *pia = (int *)pa;  
    int *pib = (int *)pb;  
    if (*pia < *pib) return -1;  
    if (*pia > *pib) return 1;  
    return 0;  
}
```

```
int compara_int(const void* pa, const void* pb) {  
    int *pia = (int *)pa;  
    int *pib = (int *)pb;  
    int a = *pia;  
    int b = *pib;  
    return (a < b) ? -1 : (a == b) ? 0 : 1;  
}
```

```
int compara_int(const void* pa, const void* pb) {  
    return (*((int*)pa)<*((int*)pb))?-1: (*((int*)pa)>*((int*)pb))?1:0;  
}
```

Para buscar o inteiro *elem* num vetor *v* de *n* inteiros:

```
res = busca_binaria(v, n, &elem, sizeof(int), compara_int);
```

Outras funções de comparação

```
static int compara_float(const void* pa, const void* pb) {  
    return (*((float *)pa) < *((float *)pb)) ? -1 :  
           (*((float *)pa) > *((float *)pb)) ? 1 : 0;  
}
```

```
static int compara_cadeia(const void* pa, const void* pb) {  
    char **psa = (char **)pa;  
    char **psb = (char **)pb;  
    return strcmp(*psa, *psb);  
}
```

Outras funções de comparação: ponteiro para estrutura

```
/* considerando a seguinte estrutura */

typedef struct aluno {
    int matricula;
    char nome[50];
} Aluno;

static int compara_aluno_nome (const void* pa, const void* pb) {
    Aluno** ppaa = (Aluno**) pa;
    Aluno** ppab = (Aluno**) pb;
    return strcmp((*ppaa)->nome, (*ppab)->nome);
}

static int compara_aluno_matricula (const void* pa, const void *pb) {
    Aluno** ppaa = (Aluno**) pa;
    Aluno** ppab = (Aluno**) pb;
    int mata = (*ppaa)->matricula;
    int matb = (*ppab)->matricula;
    return mata < matb? -1 : mata > matb ? 1 : 0;
}
```

função **qsort** da **stdlib**

Ordenação rápida: função qsort da biblioteca padrão

```
void qsort (void *v,  
            int n,  
            int tam,  
            int (*cmp)(const void*, const void*));
```

v: ponteiro (de tipo genérico, void*) para o primeiro elemento do vetor

n: número de elementos do vetor

tam: tamanho, em bytes, de cada elemento do vetor

cmp: ponteiro para a função de comparação, que deve retornar **-1**, **0**, ou **1**, se o primeiro elemento for **menor**, **igual**, ou **maior** que o segundo, respectivamente, de acordo com o critério de ordenação adotado

```
qsort(v, 8, sizeof(float), comp_reais);
```

Ordenação rápida – vetor de números reais

```
/* Ilustra uso do algoritmo qsort para vetor de float */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

/* função de comparação de reais */
static int comp_reais (const void* p1, const void* p2)
{
    /* converte para ponteiros de float */
    float *f1 = (float*)p1;
    float *f2 = (float*)p2;
    /* dados os ponteiros de float, faz a comparação */
    if (*f1 < *f2) return -1;
    else if (*f1 > *f2) return 1;
    else return 0;
}

/* ordenação de um vetor de float */
int main (void)
{
    int i;
    float v[8] = {25.6,48.3,37.7,12.1,57.4,86.6,33.3,92.8};
    qsort(v, 8, sizeof(float), comp_reais);
    printf("Vetor ordenado: ");
    for (i=0; i<8; i++)
        printf("%g ",v[i]);
    printf("\n");
    return 0;
}
```

Ordenação rápida – vetor de ponteiros para Aluno (que devem ser ordenados pelo nome)

```
#include <string.h>
/* estrutura representando um aluno */
typedef struct aluno {
    char nome[81]; /* chave de ordenação */
    int matricula;
} Aluno;

...
int main( )
{
    Aluno* v[100]; /* vetor de ponteiros para Aluno */
    Aluno a[5]={ {"Pedro", 1234}, {"Joao", 2345},
                 {"Maria", 3254}, {"Jose", 8102},
                 {"Felipe", 7253}};
    v[0]=&a[0]; v[1]=&a[1]; v[2]=&a[2];
    v[3]=&a[3]; v[4]=&a[4];
    show_vet(5,v);
    qsort(v,5,sizeof(Aluno*),comp_alunos_nome);
    show_vet(5,v);
    return 0;
}
```

```
/* Função de comparação de Aluno por nome */
static int comp_alunos_nome
(const void* p1, const void* p2)
{
    Aluno **ppa1 = (Aluno**)p1;
    Aluno **ppa2 = (Aluno**)p2;
    return strcmp((*ppa1)->nome, (*ppa2)->nome);
}
```


Ordenação rápida – vetor de ponteiros para Aluno (que devem ser ordenados pelo nome)

```
#include <string.h>
/* estrutura representando um aluno*/
typedef struct aluno {
    char nome[81]; /* chave de ordenação */
    int matricula;
} Aluno;
...
int main( )
{
    Aluno* v[100]; /* vetor de ponteiros para Aluno */
    Aluno a[5]={ {"Pedro", 1234}, {"Joao", 2345},
                 {"Maria", 3254}, {"Jose", 8102},
                 {"Felipe", 7253}};

    v[0]=&a[0]; v[1]=&a[1]; v[2]=&a[2];
    v[3]=&a[3]; v[4]=&a[4];
    show_vet(5,v);
    qsort(v,5,sizeof(Aluno*),comp_alunos_nome);
    show_vet(5,v);
    return 0;
}
```

Alunos:
Pedro, 1234
Joao, 2345
Maria, 3254
Jose, 8102
Felipe, 7253

Alunos:
Felipe, 7253
Joao, 2345
Jose, 8102
Maria, 3254
Pedro, 1234

Recursão

Definição recursiva

regra base

(definição de “objetos simples”)

$$1! = 1$$

passo indutivo

(definição de “objetos maiores” em termos de “objetos menores”)

$$n! = n \times (n-1)!$$

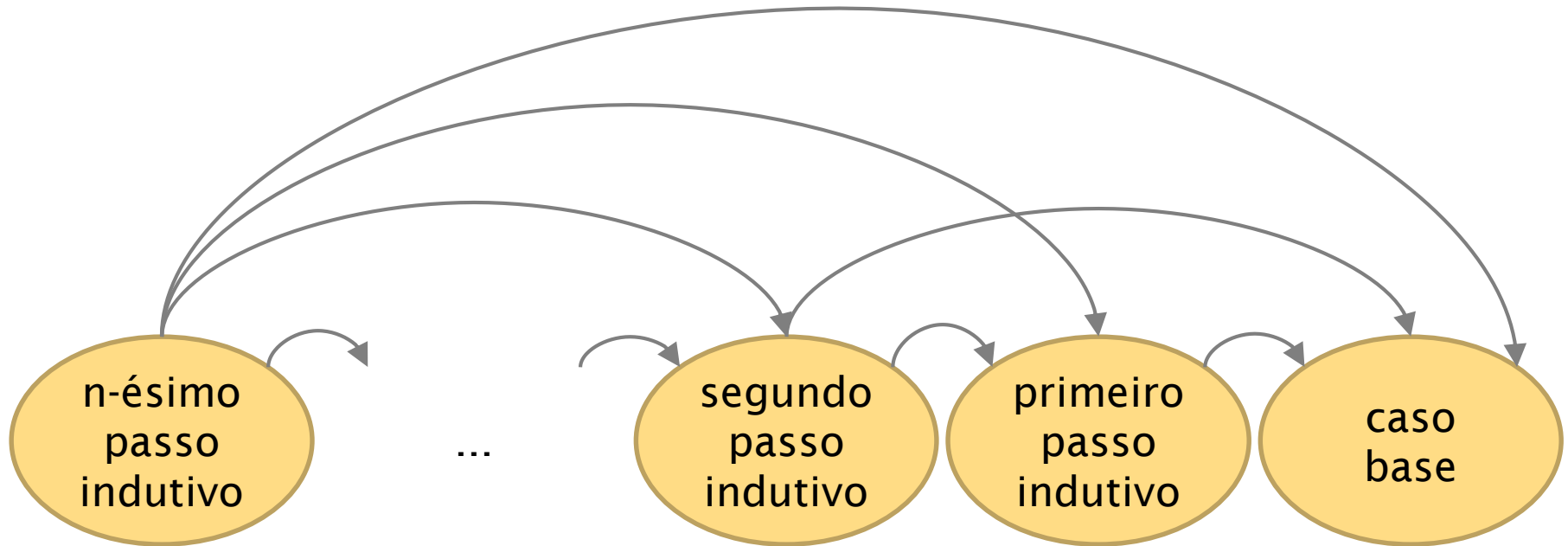
$$2! = 2 \times 1! = 2 \times 1 = 2$$

$$3! = 3 \times 2! = 3 \times 2 = 6$$

$$4! = 4 \times 3! = 4 \times 6 = 24$$

...

Definição recursiva



Exemplo de recursão: fatorial

$$n! = \begin{cases} 1, & \text{se } n \leq 1 \\ n \times (n - 1)!, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

```
int fat (int n)
{
    if (n <= 1)
        return 1;
    else
        return n * fat(n-1);
}
```

Função recursiva – Fatorial

```
/* implementação não-recursiva (iterativa) */  
unsigned long long fatorial(unsigned int x)  
{  
    unsigned long long res = 1;  
    while (x > 0)  
        res *= x--;  
    return res;  
}
```

```
/* implementação recursiva */  
unsigned long long fatorial (unsigned int x)  
{  
    if (x <= 1)  
        return 1;  
    return x * fatorial(x-1);  
}
```

Fatorial

```
double fat (int x)
{
    if (x <= 1)
        return 1;
    return x * fat (x-1);
}
```

fat (4)

chama fat (3)

fat(3)

chama fat (2)

fat (2)

chama fat (1)

fat (1)

retorna 1

retorna 2 x fat(1) = 2 x 1 = 2

retorna 3 x fat(2) = 3 x 2 = 6

retorna 4 x fat(3) = 4 x 6 = 24

Maior elemento de um vetor

```
/* implementação não-recursiva
(iterativa) */
int maior_i (int v[], int n)
{
    int maior = v[0];
    for (n--; n > 0; n--)
        if (v[n] > maior)
            maior = v[n];
    return maior;
}
```


Maior elemento de um vetor

regra base

se um vetor tem tamanho 1, o maior elemento é o seu único elemento

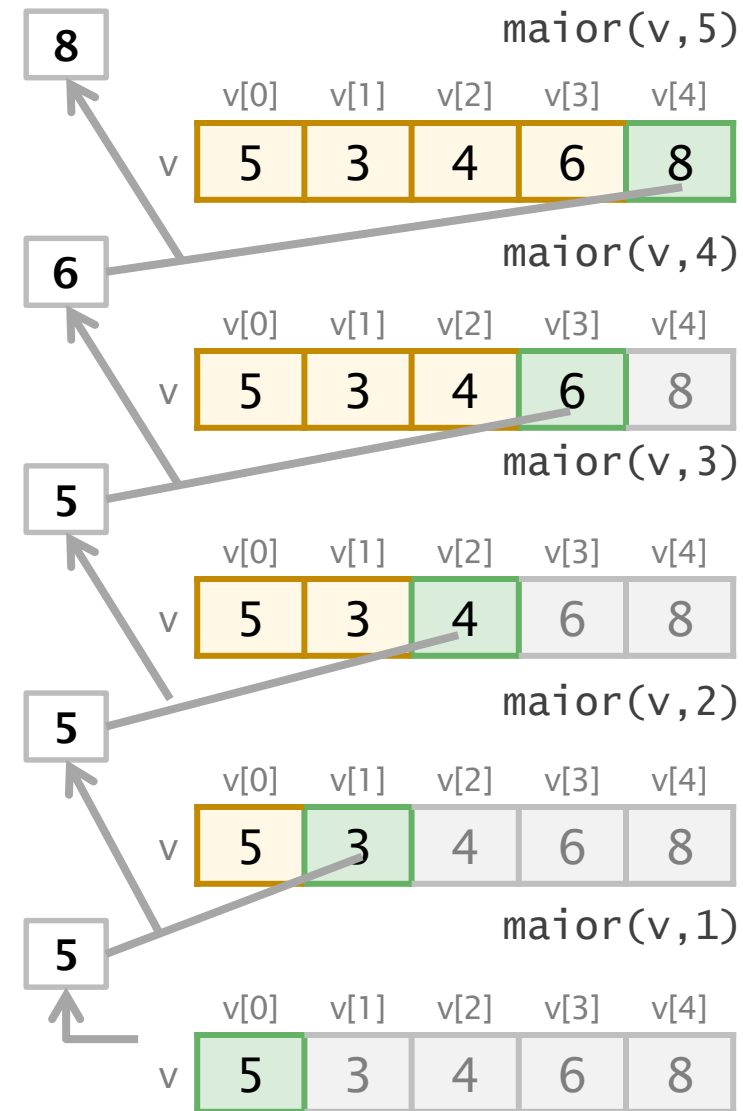
$$\text{maior}(v, 1) = v[0]$$



passo indutivo

o maior elemento do vetor é o maior entre o último elemento e o subvetor de comprimento $n-1$

$$\text{maior}(v, n) = \max(v[n-1], \text{maior}(v, n-1))$$



Maior elemento de um vetor

```
/* implementação não-recursiva
(iterativa) */
int maior_i (int v[], int n)
{
    int maior = v[0];
    for (n--; n > 0; n--)
        if (v[n] > maior)
            maior = v[n];
    return maior;
}
```

```
/* implementação recursiva */
int maior_r (int v[], int n)
{
    int maior;
    if (n == 1)
        return v[0];
    maior = maior_r(v, n-1);
    if (v[n-1] > maior)
        return v[n-1];
    return maior;
}
```

Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

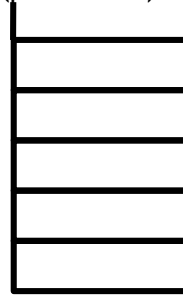
```
#include <stdio.h>
```

```
long fat (unsigned int x)
```

```
{  
    if (x <= 1)  
        return 1;  
    return x * fat (x-1);  
}
```

1. início do programa
(pilha vazia)

main >



```
int main (void)
```

```
{  
    int n = 5;  
    long r;  
    r = fat(n);  
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);  
    return 0;  
}
```

Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

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

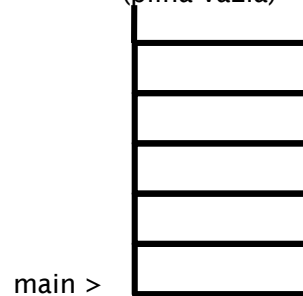
```
long fat (unsigned int x)
```

```
{  
    if (x <= 1)  
        return 1;  
    return x * fat (x-1);  
}
```

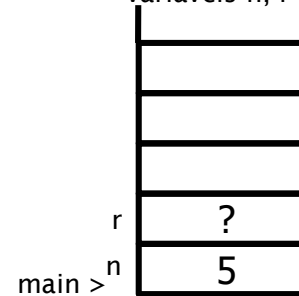
```
int main (void)
```

```
{  
    int n = 5;  
    long r;  
    r = fat(n);  
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);  
    return 0;  
}
```

1. início do programa
(pilha vazia)



2. após declarar
variáveis n, r



Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

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

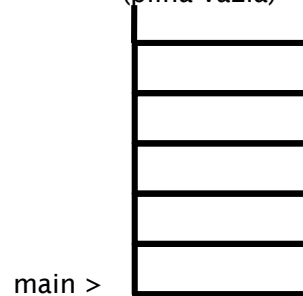


```
long fat (unsigned int x)
{
    if (x <= 1)
        return 1;
    return x * fat (x-1);
}
```

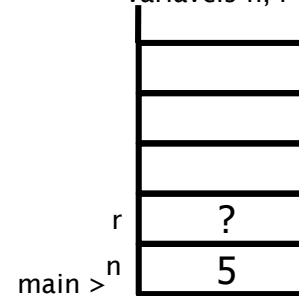
```
int main (void)
```

```
{
    int n = 5;
    long r;
    r = fat(n);
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);
    return 0;
}
```

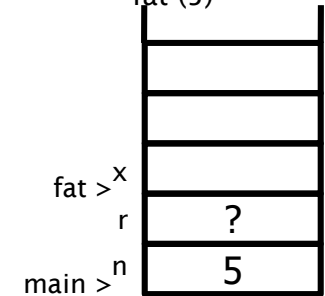
1. início do programa
(pilha vazia)



2. após declarar
variáveis n, r



3. chamada da função:
fat (5)



Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

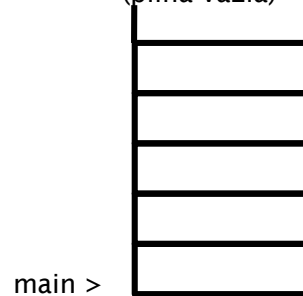
```
#include <stdio.h>
```

```
long fat (unsigned int x)
{
    if (x <= 1)
        return 1;
    return x * fat (x-1);
}
```

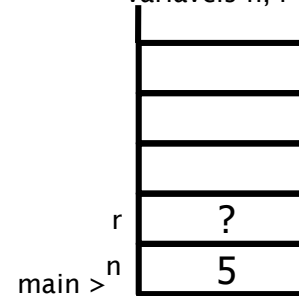
```
int main (void)
```

```
{
    int n = 5;
    long r;
    r = fat(n);
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);
    return 0;
}
```

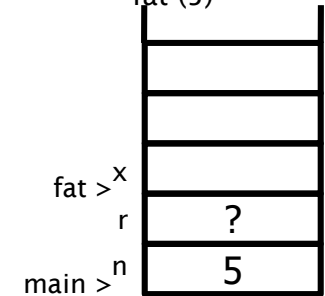
1. início do programa
(pilha vazia)



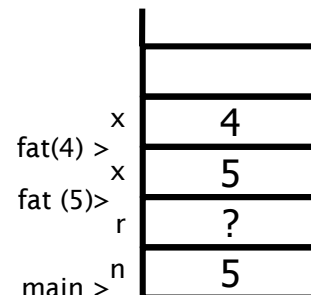
2. após declarar
variáveis n, r



3. chamada da função:
fat (5)



4. segunda chamada
da função: fat (4)



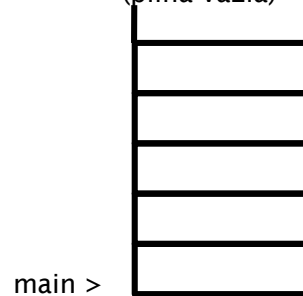
Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

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

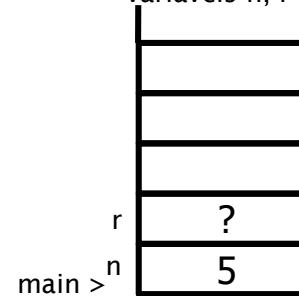
```
long fat (unsigned int x)
{
    if (x <= 1)
        return 1;
    return x * fat (x-1);
}
```

```
int main (void)
{
    int n = 5;
    long r;
    r = fat(n);
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);
    return 0;
}
```

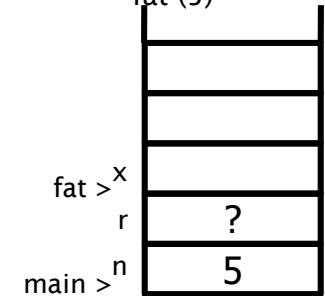
1. início do programa
(pilha vazia)



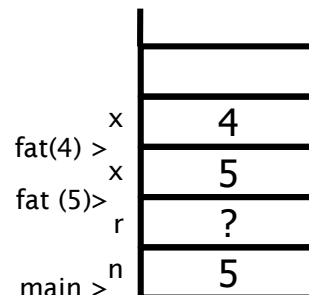
2. após declarar
variáveis n, r



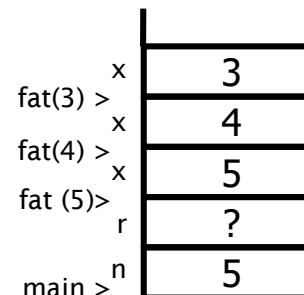
3. chamada da função:
fat (5)



4. segunda chamada
da função: fat (4)



5. terceira chamada
da função: fat (3)



Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

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

```
long fat (unsigned int x)
```

fat(2)

```
{
    if (x <= 1)
```

```
        return 1;
```

```
    return x * fat (x-1);
```

```
}
```

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    int n = 5;
```

```
    long r;
```

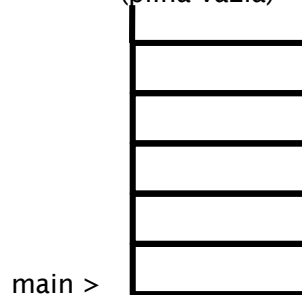
```
    r = fat(n);
```

```
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);
```

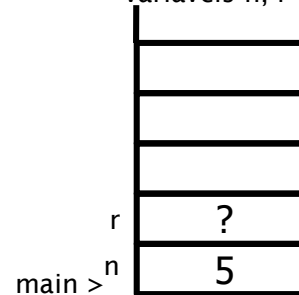
```
    return 0;
```

```
}
```

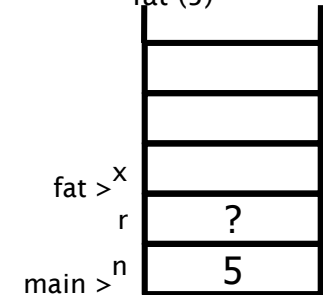
1. início do programa
(pilha vazia)



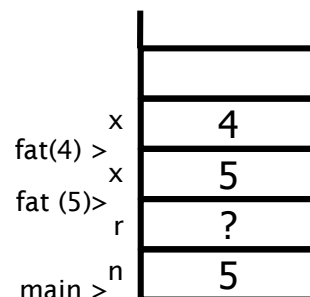
2. após declarar
variáveis n, r



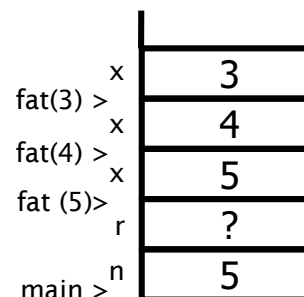
3. chamada da função:
fat (5)



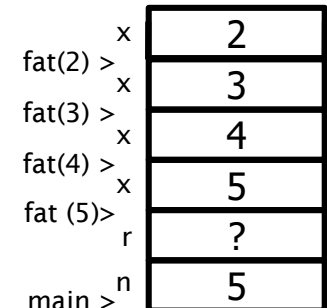
4. segunda chamada
da função: fat (4)



5. terceira chamada
da função: fat (3)



6. quarta chamada
da função: fat (2)



Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

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

```
long fat (unsigned int x)
```

```
    if (x <= 1)
```

```
        return 1;
```

```
    return x * fat (x-1);
```

```
}
```

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    int n = 5;
```

```
    long r;
```

```
    r = fat(n);
```

```
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

7. quinta chamada
da função: fat (1)

fat (1)>	x	1
fat (2)>	x	2
fat (3)>	x	3
fat (4)>	x	4
fat (5)>	x	5
	r	?
main >	n	5

Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

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

```
long fat (unsigned int x)
```

```
{
    if (x <= 1)
        return 1;
    return x * fat (x-1);
}
```

```
int main (void)
```

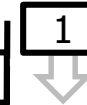
```
{
    int n = 5;
    long r;
    r = fat(n);
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);
    return 0;
}
```

7. quinta chamada
da função: fat (1)

fat (1) > x	1
fat (2) > x	2
fat (3) > x	3
fat (4) > x	4
fat (5) > x	5
r	?
main > n	5

8. fat(1) retorna 1

fat(2) > x	2
fat(3) > x	3
fat(4) > x	4
fat(5) > x	5
r	?
main > n	5



Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

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

```
long fat (unsigned int x)
```

```
{
```

```
    if (x <= 1)
```

```
        return 1;
```

```
    return x * fat (x-1);
```

```
}
```

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    int n = 5;
```

```
    long r;
```

```
    r = fat(n);
```

```
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

7. quinta chamada da função: fat (1)

fat (1) > x	1
fat (2) > x	2
fat (3) > x	3
fat (4) > x	4
fat (5) > x	5
r	?
main > n	5

8. fat(1) retorna 1

fat(2) > x	2	1
fat(3) > x	3	
fat(4) > x	4	
fat(5) > x	5	
r	?	
main > n	5	

9. fat(2) retorna 2

fat(3) > x	3	2
fat(4) > x	4	
fat(5) > x	5	
r	?	
main > n	5	

Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

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

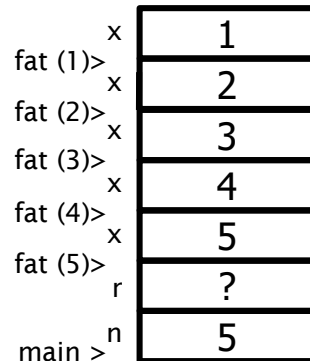
```
long fat (unsigned int x)
```

```
{
    if (x <= 1)
        return 1;
    return x * fat (x-1);
}
```

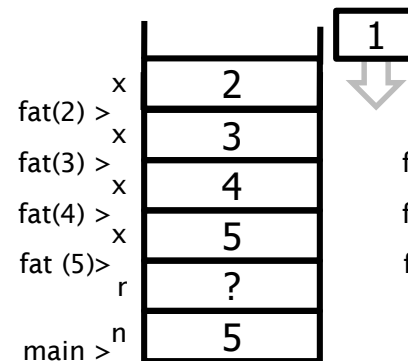
```
int main (void)
```

```
{
    int n = 5;
    long r;
    r = fat(n);
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);
    return 0;
}
```

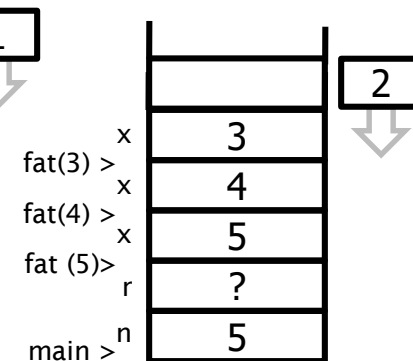
7. quinta chamada da função: fat (1)



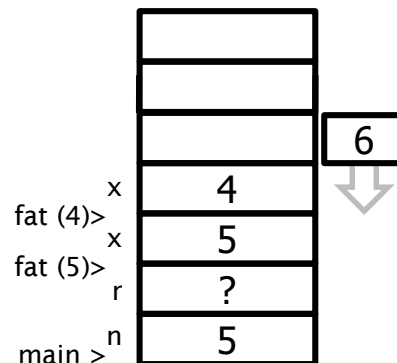
8. fat(1) retorna 1



9. fat(2) retorna 2



10. fat(3) retorna 6



Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

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

fat(5)

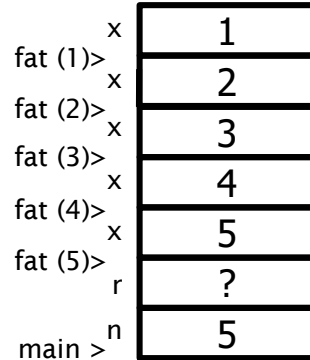
```
long fat (unsigned int x)
{
    if (x <= 1)
        return 1;
    return x * fat (x-1);
}
```

fat(4)

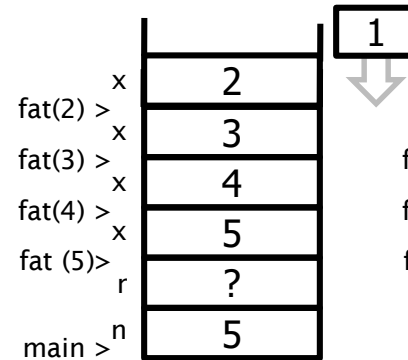
```
int main (void)
```

```
{
    int n = 5;
    long r;
    r = fat(n);
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);
    return 0;
}
```

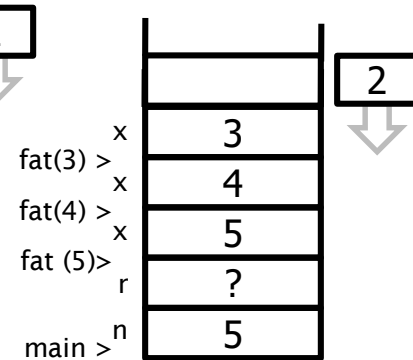
7. quinta chamada da função: fat (1)



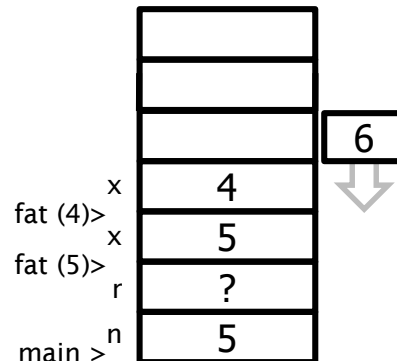
8. fat(1) retorna 1



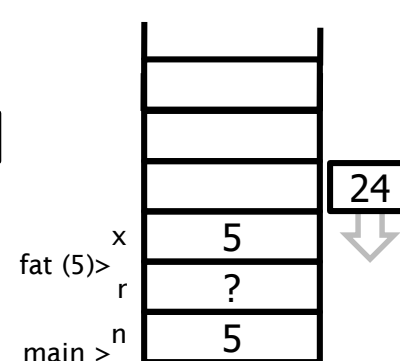
9. fat(2) retorna 2



10. fat(3) retorna 6



11. fat(4) retorna 24



Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

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

```
long fat (unsigned int x)
```

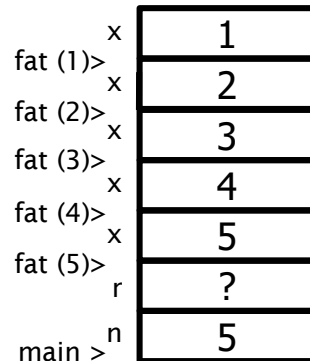
```
{
    if (x <= 1)
        return 1;
    return x * fat (x-1);
}
```

fat(5)

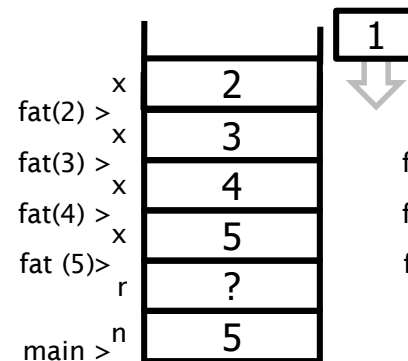
```
int main (void)
```

```
{
    int n = 5;
    long r;
    r = fat(n);
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);
    return 0;
}
```

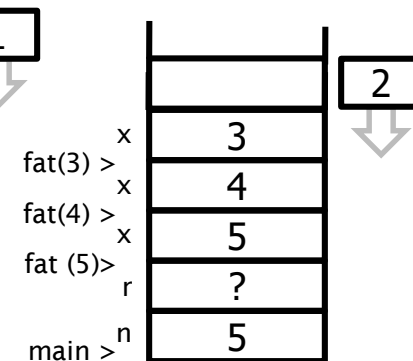
7. quinta chamada da função: fat (1)



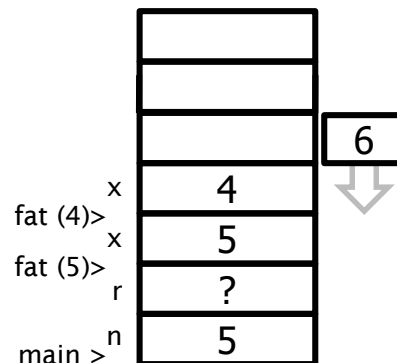
8. fat(1) retorna 1



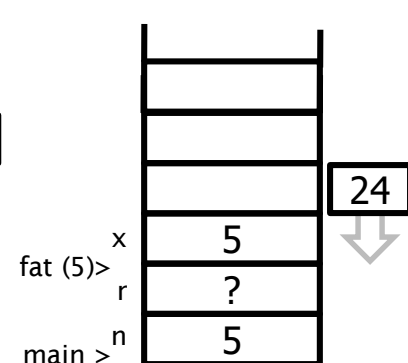
9. fat(2) retorna 2



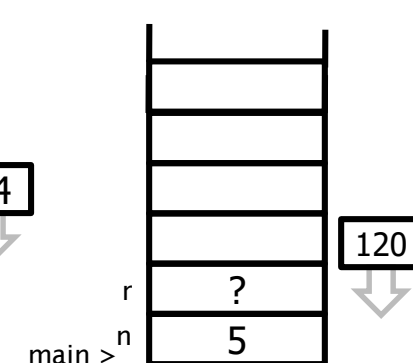
10. fat(3) retorna 6



11. fat(4) retorna 24



12. fat(5) retorna 120



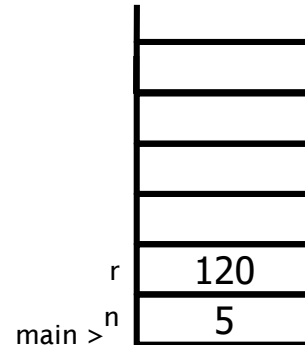
Pilha de execução – Fatorial (recursiva)

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

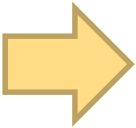
```
long fat (unsigned int x)
{
    if (x <= 1)
        return 1;
    return x * fat (x-1);
}
```

```
int main (void)
{
    int n = 5;
    long r;
    r = fat(n);
    printf("fat (%d) = %d\n", n, r);
    return 0;
}
```

13. exibe resultado



fat(5) = 120



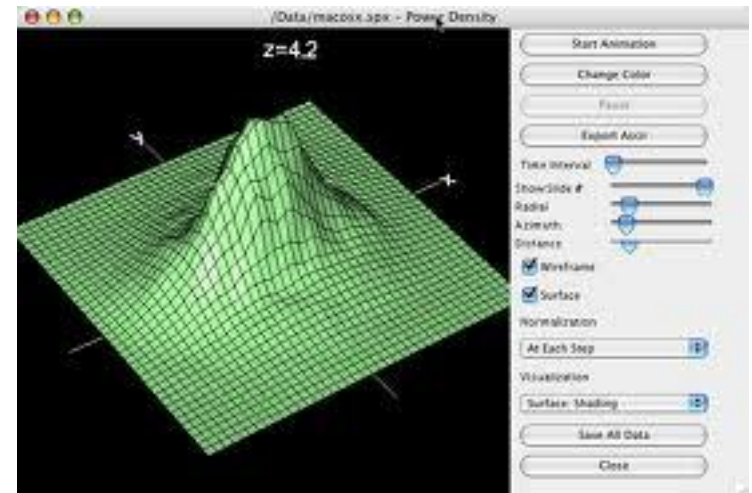
Entrada e Saída de Dados

Comandos de Entrada e Saída

Os recursos de entrada e saída de dados pelos computadores evoluiu muito. Originalmente era necessários se entrar com os dados em forma de bits manipulando chavinhas.



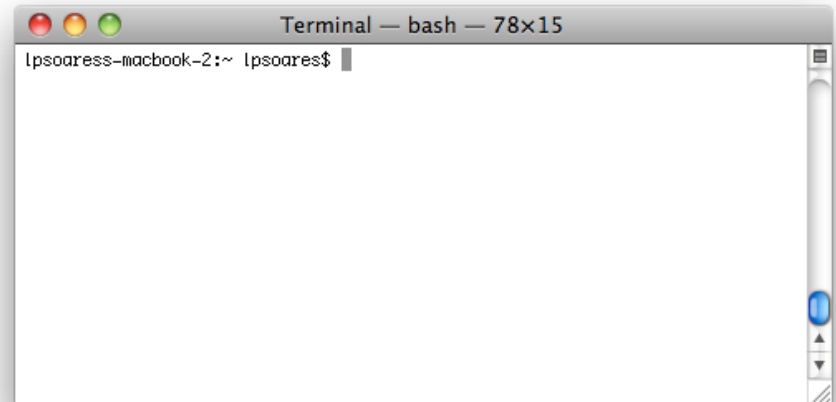
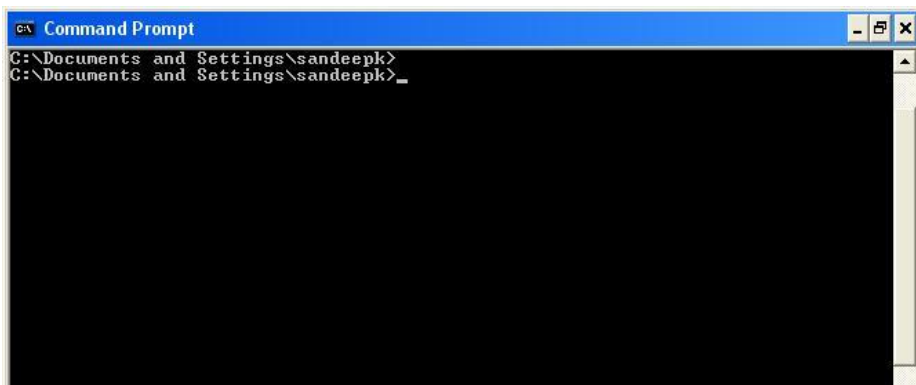
Atualmente a forma mais comum de entrada e saída de dado é por janelas, onde os programas apresentam informações bem diagramadas e campos específicos para a entrada de dados



Entrada e Saída pelo Console

O console é ainda um recurso muito usado para o desenvolvimento.

Entrada e saída de dados de forma simples, permite depurar aplicações.



linguagem C: printf e scanf

O printf e o scanf são as formas mais simples de saída e entrada de dados. Ambos precisam da biblioteca <stdio.h>

sintaxe:

```
printf("formato", valor1, valor2, valor3,...);
```

```
scanf("formato", &variável1, &variável2,...);
```

para entrada de dados é necessário passar o endereço de memória da variável, se a variável não for um ponteiro ou vetor, esta deve ser passada com o "&"

Alternativamente para a entrada de dados ainda existe: getch(), getche(), gets() e fgets()

Entrada e Saída: formato do printf

Especificação de formato:

<code>%c</code>	<i>especifica um char</i>
<code>%d</code>	<i>especifica um int</i>
<code>%u</code>	<i>especifica um unsigned int</i>
<code>%f</code>	<i>especifica um double (ou float)</i>
<code>%e</code>	<i>especifica um double (ou float) no formato científico</i>
<code>%g</code>	<i>especifica um double (ou float) no formato mais apropriado (%f ou %e)</i>
<code>%s</code>	<i>especifica uma cadeia de caracteres</i>
<code>%o</code>	<i>exibe como um octonal</i>
<code>%x</code>	<i>exibe como um hexidacimal</i>
<code>%p</code>	<i>exibe como um ponteiro</i>

Adicionalmente ainda se pode usar o complemento l e h para long e short respectivamente.
Exemplo `%lf`, `%le`, `%lg` `%hf`, `%he`, `%hg`

Entrada e Saída: printf

Função “printf”:

possibilita a saída de valores segundo um determinado formato

```
printf (formato, lista de constantes/variáveis/expressões...);
```

```
printf ("%d %g", 33, 5.3);
```

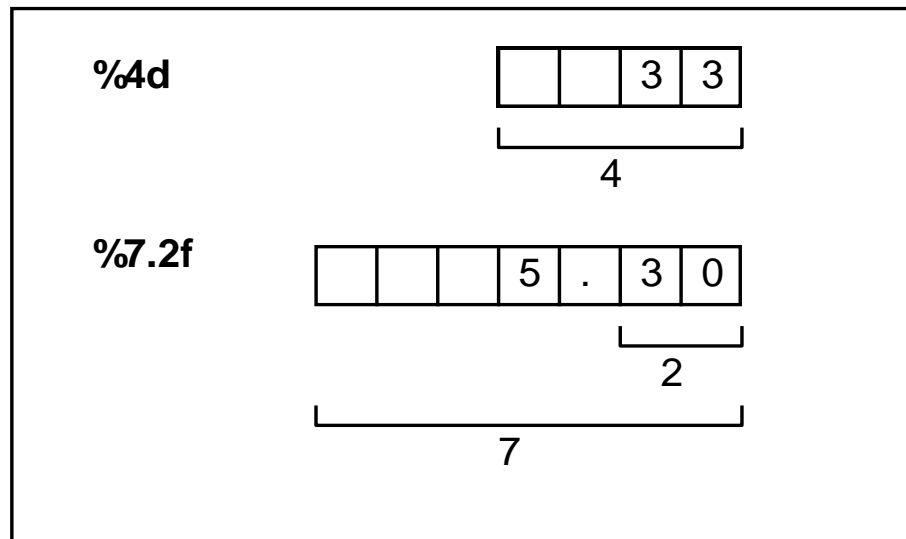
```
33 5.3
```

```
printf ("Inteiro = %d    Real = %g", 33, 5.3);
```

```
Inteiro = 33    Real = 5.3
```

Entrada e Saída: ajuste de impressão

Especificação de tamanho de campo:



Formatando dados

Além disso existem recursos para formatar melhor a entrada e saída. As instruções de controle mais usadas são:

`\n` mudança de linha.

`\t` tabulação.

`\a` sinal de áudio.

Entrada e Saída: exemplo

Impressão de texto:

```
printf("Curso de Estruturas de Dados\n");
```

Curso de Estruturas de Dados

Entrada e Saída: scanf

captura valores fornecidos via teclado

```
scanf (formato, lista de endereços das variáveis...);
```

```
int n;  
scanf ("%d", &n);
```

valor inteiro digitado pelo usuário é armazenado na variável n

Entrada e Saída: especificação de formato

Caracteres diferentes dos especificadores no formato servem para cercar a entrada

Espaço em branco dentro do formato faz com que sejam "pulados" eventuais brancos da entrada

%d, **%f**, **%e** e **%g** automaticamente pulam os brancos que precederem os valores numéricos a serem capturados

```
scanf ("%d:%d", &h, &m);
```

valores (inteiros) fornecidos devem ser separados pelo caractere dois pontos (:)

getch() e getche()

O comando getch() permite ler um um caractere do console por vez, já o getche() lê o caractere e exibe ele diretamente no console (ou seja o faz um eco);

Os caracteres são lidos e convertidos para inteiros sem sinal que podem ser usados com o char.

```
int getch( void );
```

```
int getche( void );
```

gets() e fgets()

O comando gets permite ler uma string diretamente do console, porém é um comando que não verifica o tamanho máximo especificado. O fgets já possui esse controle, portando deve ser usado preferencialmente:

```
char *gets( char *str );
```

```
char *fgets( char *str, int count, FILE *stream );
```

Arquivos

Arquivos são estruturas de dados que ficam armazenados em dispositivos secundários de memória. Em geral:

- Mais lentos;
- Maior capacidade;
- Persistentes.

Os principais dispositivos de armazenamento atualmente são:

- Discos Rígidos (HDs)
- Pen drives
- CDs e DVDs



Os arquivos armazenados nestes dispositivos possuem sempre um identificação (nome) e sua localização. Outros atributos como data e tamanho também são normalmente usados no índice.

Acessando Arquivos

Arquivos são lidos como uma sequencia de bytes

Estes bytes podem estar organizados de forma que só um programa específico entenda;

Estes bytes podem ser também somente caracteres (ASCII), assim sua leitura é trivial. Programas de edição de texto puro trabalham com estes arquivos.

Os arquivos podem ser divididos em dois sub-grupos:

- Texto;
- Binários.

Detalhes

As funcionalidades de I/O do C descendes do "portable I/O package" escrito por Mike Lesk no Bell Labs nos anos 70.

C não possui um acesso aleatório direto por suas funções padrões. Para ir para uma certa posição se deve saltar até esse ponto e começar a ler os dados dessa posição (seek)

Leitura em C

A linguagem C prove funções padronizadas para a leitura e escrita de arquivos.

Em linguagem C existe um tipo de dado especial chamado FILE que permite a manipulação de arquivos.

Este tipo é encontrado dentro de `<stdio.h>`

Leitura em C

Os métodos mais usados para abrir e fechar um arquivo são `fopen()` e `fclose()` respectivamente:

```
FILE *fopen( const char *fname, const char *mode );  
int fclose( FILE *stream );
```

Para a manipular textos em arquivos, existem as funções `fscanf()`, `fgets()` e `fgetc()` e para a escrita `fprintf()`, `fputs()` e `fputc()`.

```
int fscanf( FILE *stream, const char *format, ... );  
char *fgets( char *str, int num, FILE *stream );  
int fgetc( FILE *stream );  
int fprintf( FILE *stream, const char *format, ... );  
int fputs( const char *str, FILE *stream );  
int fputc( int ch, FILE *stream );
```

Para manipular arquivos binários existem as funções `fread()` e `fwrite()` que permitem se trabalhar com blocos de dados.

```
int fread( void *buffer, size_t size, size_t num, FILE *stream );  
int fwrite( const void *buffer, size_t size, size_t count, FILE *stream );
```

Métodos de Acesso em C

As funções para operar arquivos de C precisam definir um dos seguintes modos de operação:

- r - leitura
- w - escrita (arquivo não precisa existir)
- a - atualizar (arquivo não precisa existir)
- r+ - leitura e escrita, posicionando no começo do documento
- w+ - leitura e escrita sobre escrevendo arquivo
- a+ - leitura e escrita para atualizar arquivo no final dele

Para arquivos binários é necessário se adicionar um “b” no modo para o sistema tratar o arquivo de forma adequada.

Exemplo de Leitura com C

Testando escrever em um arquivo de texto

```
FILE *fp;  
fp=fopen("teste.txt", "w");  
fprintf(fp, "Testando 1 2 3\n");  
fclose(fp);
```

Testando escrever em um arquivo binário

```
FILE *fp;  
fp=fopen("teste.bin", "wb");  
char x[26]="ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ";  
fwrite(x, sizeof(x[0]),  
sizeof(x)/sizeof(x[0]), fp);
```

Exemplo Mais Completo em Texto

```
#include <stdio.h>
int main() {
    FILE *arq;
    float mat[3][3];
    int c,l;
    arq = fopen("arquivo.txt", "w");
    for(l=0;l<3;l++) {
        for(c=0;c<3;c++) {
            fscanf(arq, "%f", &mat[l][c]);
            printf(" %f ",mat[l][c]);
        }
        printf("\n");
    }
    fclose(arq);
    return 0;
}
```

Navegação em arquivos binários

A linguagem C fornece algumas funções para se navegar internamente aos arquivos.

long ftell(FILE *stream) : retorna a posição atual no arquivo;

int fseek(FILE *stream, long offset, int origin) : move o indicador do arquivo para uma posição específica;

void rewind(FILE *stream) : move o indicador do arquivo o início do arquivo.

int fgetpos(FILE *stream, fpos_t *position) : recupera o indicador da posição no arquivo;

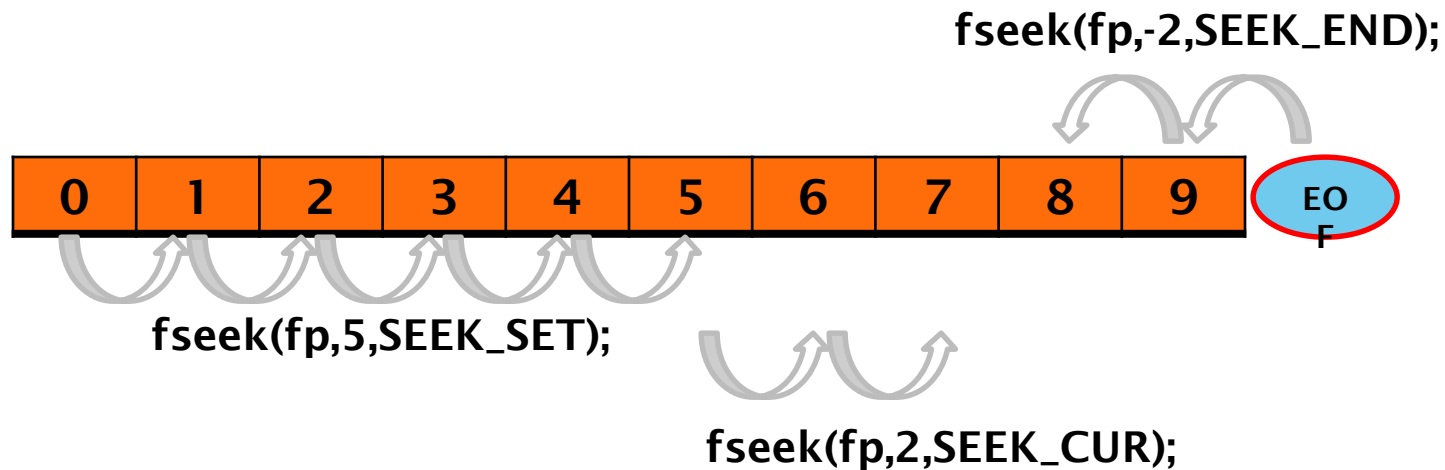
int fsetpos(FILE *stream, const fpos_t *position) : move o indicador do arquivo para uma posição específica;

Constantes

- `EOF` um inteiro negativo do tipo `int` usado para indicar o fim de um arquivo
- `SEEK_CUR` um número inteiro que pode ser passado para o `fseek()` para solicitar um posicionamento em relação à posição do arquivo corrente
- `SEEK_END` um número inteiro que pode ser passado para o `fseek()` para solicitar um posicionamento relativo ao fim do arquivo corrente
- `SEEK_SET` um número inteiro que pode ser passado para o `fseek()` para solicitar o posicionamento em relação ao início do arquivo

Exemplo de Navegação

exemplo



Exemplo Completo em Binário

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main () {
    FILE * pFile;
    long lSize;
    char * buffer;
    size_t result;
    pFile = fopen( "myfile.bin" , "rb" );
    if(pFile==NULL) {fputs("File error",stderr); exit(1);}
    fseek(pFile , 0 , SEEK_END);
    lSize = ftell(pFile);
    rewind(pFile);
    buffer = (char*) malloc(sizeof(char)*lSize);
    if(buffer == NULL) {fputs("Memory error",stderr); exit(2);}
    result = fread(buffer,1,lSize,pFile);
    if(result != lSize) {fputs("Reading error",stderr); exit(3);}
    fclose(pFile);
    return 0;
}
```


Operações Sobre o Próprio Arquivo

remove o arquivo:

```
int remove( const char *fname )
```

renomeia o arquivo:

```
int rename( const char *oldfname, const char *newfname );
```

dúvidas?