Unidade V - Funções e Estrutura dos Programas

Disciplina Linguagens de Programação I
Bacharelado em Ciência da Computação da Uerj
Professores Guilherme Mota e Leandro Marzulo

ANSI C

```c
#include <stdio.h>
int main ()
{
   printf("Hello World!");
   return 0;
}
```

Que assuntos serão abordados nesta unidade?

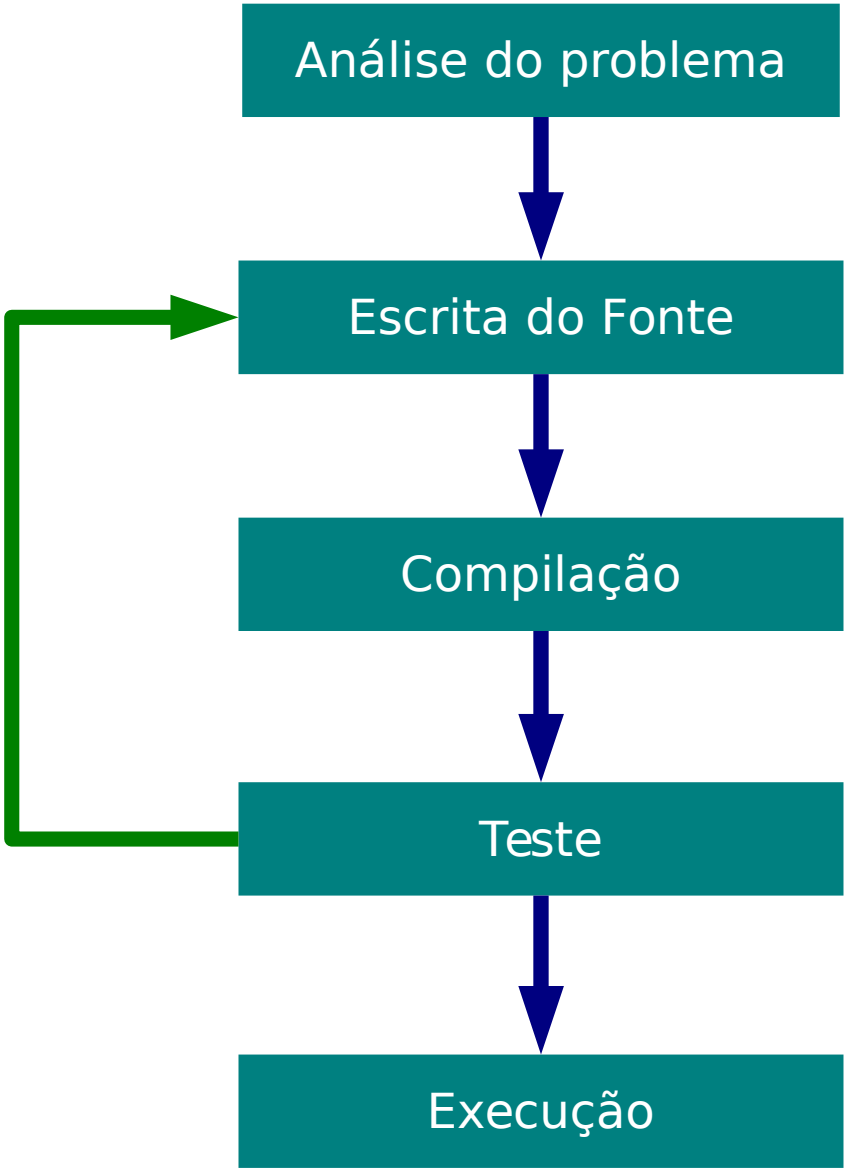
- Programação Estruturada
  - Divisão e conquista
  - Unidades Funcionais
  - Codificação
- Funções
  - Declaração, protótipo e implementação
  - Escopo de variáveis
  - Variáveis locais
  - Variáveis globais
  - Variáveis static
  - Recursão
- Projeto *Top Down*
  - Introdução à análise de sistemas
  - Exemplo
  - Decomposição do problema
  - Níveis de abstração
- Organização de programas em C
  - Código em diversos fontes
  - Comandos avançados do pré-processador

Introdução

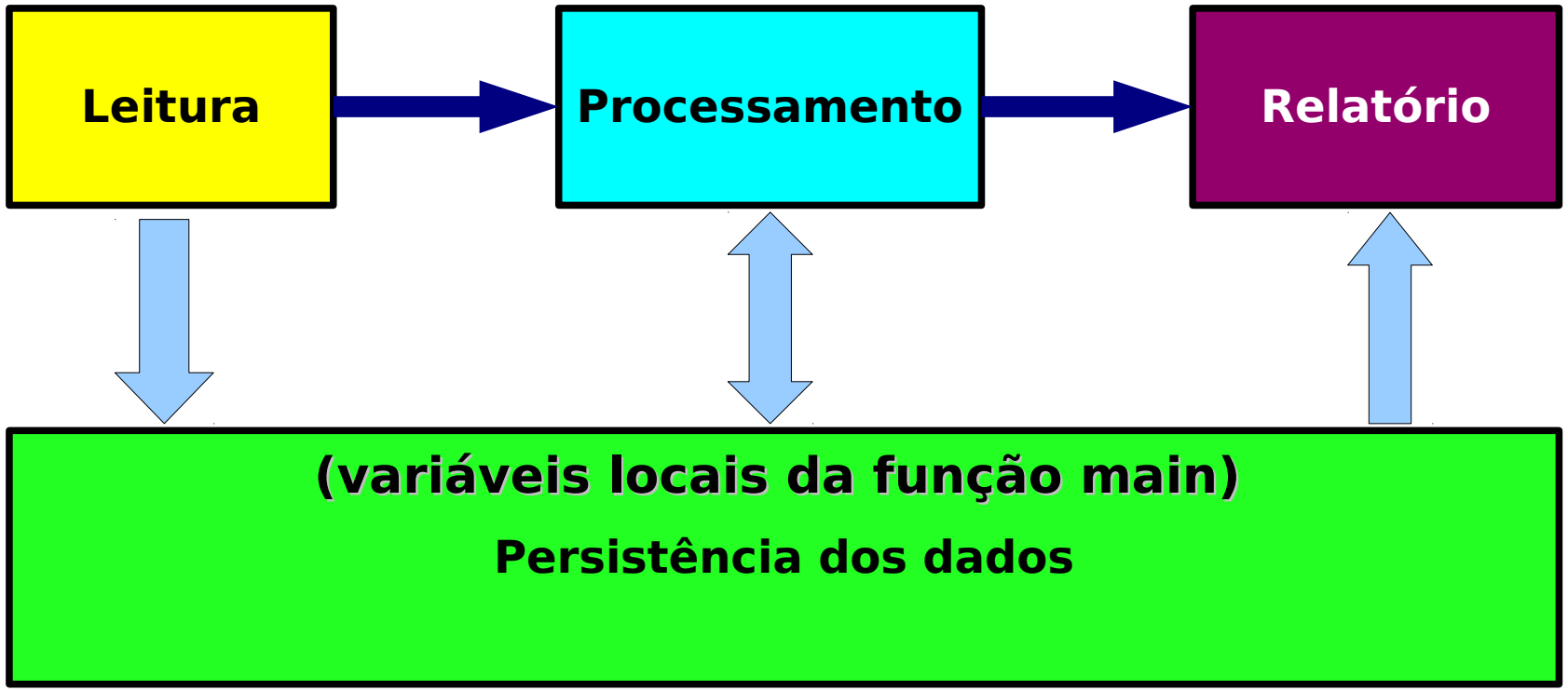
Para quê servem?

- Decompor o processamento em subpartes com complexidade limitada e objetivos bem definidos
- Retirar do programa principal todos os detalhes da lógica de baixo nível
- Permitir a decomposição de um programa ao longo de diversos arquivos fonte
- Aumentar a legibilidade e a produtividade dos desenvolvedores
- Dividir, na fase de codificação, tarefas dentre inúmeros desenvolvedores

Etapas da elaboração de pequenos programas C



Subdivisão da Computação



Ciclo Clássico do Software

- **Planejamento** – elicitação dos requisitos
- **Projeto** – definição dos algoritmos, da estrutura geral e dos componentes principais
- **Implementação** – escrita e teste das rotinas
- **Teste** – teste *offline* do sistema
- **Implantação** – entrada do software em produção
- **Manutenção** – correção de erros e realização das modificações impostas por fatores externos
- **Extensão** – desenvolvimento de novas funcionalidades

Projeto Top-Down

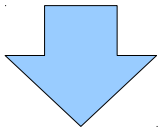
- Análise do problema e dos subproblemas a partir do mais alto nível de abstração
- No início da análise, abstrair-se de todos os detalhes da linguagem de programação
- Começando com o uso da linguagem natural, por exemplo
- Refinamento sucessivo do problema
- A cada iteração aumenta-se o detalhamento da solução e aproxima-se dos recursos da linguagem
- Culminando no código fonte escrito na linguagem alvo

Exemplo Top-Down

Exemplo Projeto Top-Down

- Programa Processa Texto:
  - Dado um texto, retorna todas as linhas que contiverem a sequência de caracteres **“ould”**

```
Ah Love! could you and I with Fate conspire
To grasp this sorry Scheme of Things entire,
Would not we shatter it to bits -- and then
Re-mould it nearer to the Heart's Desire!
```



```
Ah Love! could you and I with Fate conspire
Would not we shatter it to bits -- and then
Re-mould it nearer to the Heart's Desire!
```

Exemplo Projeto Top-Down

- Programa Processa Texto:
  - Dado um texto, retorna todas as linhas que contiverem a sequência de caracteres **“ould”**

```
Enquanto houver nova linha a ser lida
   Se Linha contiver “ould”
      Imprima linha
Fim
```

Exemplo Projeto Top-Down

- Programa Processa Texto:
  - Dado um texto, retorna todas as linhas que contiverem a sequência de caracteres **“ould”**

```
Ler Linha
Enquanto (houver linha)
Início
   Se Linha contiver “ould”
   Então
      Imprima linha
   Ler linha
Fim
```

Exemplo Projeto Top-Down

- Programa Processa Texto:
  - Dado um texto, retorna todas as linhas que contiverem a sequência de caracteres **“ould”**

```
LeLinha(Linha)
Enquanto (Linha > 0)
Início
   Se Localiza (Linha,“ould”) >= 0
   Então
      Imprima(Linha)
   LeLinha(Linha)
Fim
```

Exemplo Projeto Top-Down

- Programa Processa Texto:
  - Dado um texto, retorna todas as linhas que contiverem a sequência de caracteres **"ould"**

LeLinha:
Ler e armazenar os caracteres obtidos do *stream* de entrada até que seja encontrado um '\n'

Localiza:
Retorna a posição da primeira ocorrência de Str2 em Str1

Declaração de funções em C

Declaração de uma função

- Protótipo da função

```
Tipo_Retorno nome_func(Tipos_Args);
```

- Implementação da função

```
Tipo_Retorno nome_func(argumentos)
{
  Declarações e instruções;
  return expressão;
}
```

Código do projeto processa texto

Exemplo Projeto Top-Down

- Programa Processa Texto:
  - Dado um texto, retorna todas as linhas que contiverem a sequência de caracteres **“ould”**

```
int main()
{
   char line[MAXLINE];
   int found = 0;
   while (getline(line, MAXLINE) > 0)
      if (strindex(line, "ould") >= 0)
      {
         printf("%s", line);
         found++;
      }
   printf("Found %d lines.\n", found);
   return 0;
}
```

Exemplo Projeto Top-Dowm

LeLinha:
Ler e armazenar os caracteres obtidos do *stream* de entrada até que seja encontrado um '\n'

```
int getline(char s[], int lim)
{
   int c, i;
   i = 0;
   while (--lim>0 && (c=getchar())!=EOF && c!='\n')
      s[i++] = c;
   if (c == '\n')
      s[i++] = c;
   s[i] = '\0';
   return i;
}
```

Exemplo Projeto Top-Dowm

Localiza:

Retorna a posição da primeira ocorrência de t em s

```
int strindex(char s[], char t[])
{
   int i, j, k;
   for (i = 0; s[i] != '\0'; i++)
   {
      for (j=i,k=0; t[k]!='\0'&&s[j]==t[k]; j++,k++)
         ;
      if (k > 0 && t[k] == '\0')
         return i;
   }
   return -1;
}
```

Política de Escopo de variáveis

Funções e Regras de Escopo

- A priori todo identificador somente é conhecido no arquivo fonte atual e a partir de sua declaração
- **`#include:`** para que funções ou tipos sejam reconhecidos fora do arquivo em que foram declarados
- A vida útil de uma variável é definida pelo local de sua declaração
  - **escopo local:** funções ou blocos
  - **escopo global:** fora de funções ou blocos
- **`extern:`** permite que uma variável global seja reconhecida fora do arquivo em que foi declarada

Variáveis Globais e extern

myExtern.h

```
#ifndef _MYEXTERN_H
#define _MYEXTERN_H
   int i = 0;
#endif
```

testExtern.c

```
#include <stdio.h>
#include "myExtern.h"
int main()
{
   extern int i;
   i++;
   printf("\nO valor de i é: %d\n", i);
}
```

Funções e Regras de Escopo

- `static`:
  - **Variáveis globais e funções:** tem sua visibilidade limitada ao arquivo fonte em que foram declaradas
  - **Variáveis locais:** somente a primeira chamada à função aloca a variável, as demais chamadas compartilham esta mesma posição de memória

Variáveis Globais static

```c
#include "mychio.h"
#include <stdio.h>

#define BUFSIZE 100

static char buf[BUFSIZE]; /* buffer for
ungetch and getch only */

static int bufp = 0;   /* next free position
in buf for ungetch and getch only */

int getch(void);       /* get a (possibly
pushed-back character */

void ungetch(int); /* push character back on
input */
```

Variáveis Locais static

```c
#include <stdio.h>
void test_LocVar_Static(void);

int main ()
{
   test_LocVar_Static();
   test_LocVar_Static();
   test_LocVar_Static();
   return 0;
}

void test_LocVar_Static(void)
{
   static int nChamadas = 0;
   nChamadas++;
   printf("\nEsta é a chamada %d\n", nChamadas);
}
```

Exercício U5.1 - Projeto Top-Down

- Implemente um programa na linguagem C que processe a folha de pagamento de uma empresa com dez funcionários. Os funcionários trabalham por demanda. A cada mês o salário precisa ser recalculado em função das horas efetivamente trabalhadas.
- Há um arquivo texto sobre os funcionários com nome, matricula, endereço, cpf, cod_banco, agência, conta, valor_hora
- Todo mês a gerência produz um arquivo com a matrícula e o número de horas trabalhadas
- A folha de pagamento gera um arquivo texto

Código em diversos arquivos

Subdivisão do Código Fonte

progPag076.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define MAXOP 100
#include "calc.h"
 int main (){
    ...
}
```

calc.h

```
#define NUMBER '0'
void push (double);
double pop (void);
int getop(char[]);
int getch(void);
void ungetch(int);
```

getch.c

```
#include <stdio.h>
#include "calc.h"
#define BUFSIZE 100
char buf[BUFSIZE]
int bufp = 0;
int getch(double){
    ...
}
void ungetch(int){
    ...
}
```

getop.c

```
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>
#include "calc.h"
 int getop(char[]){
    ...
}
```

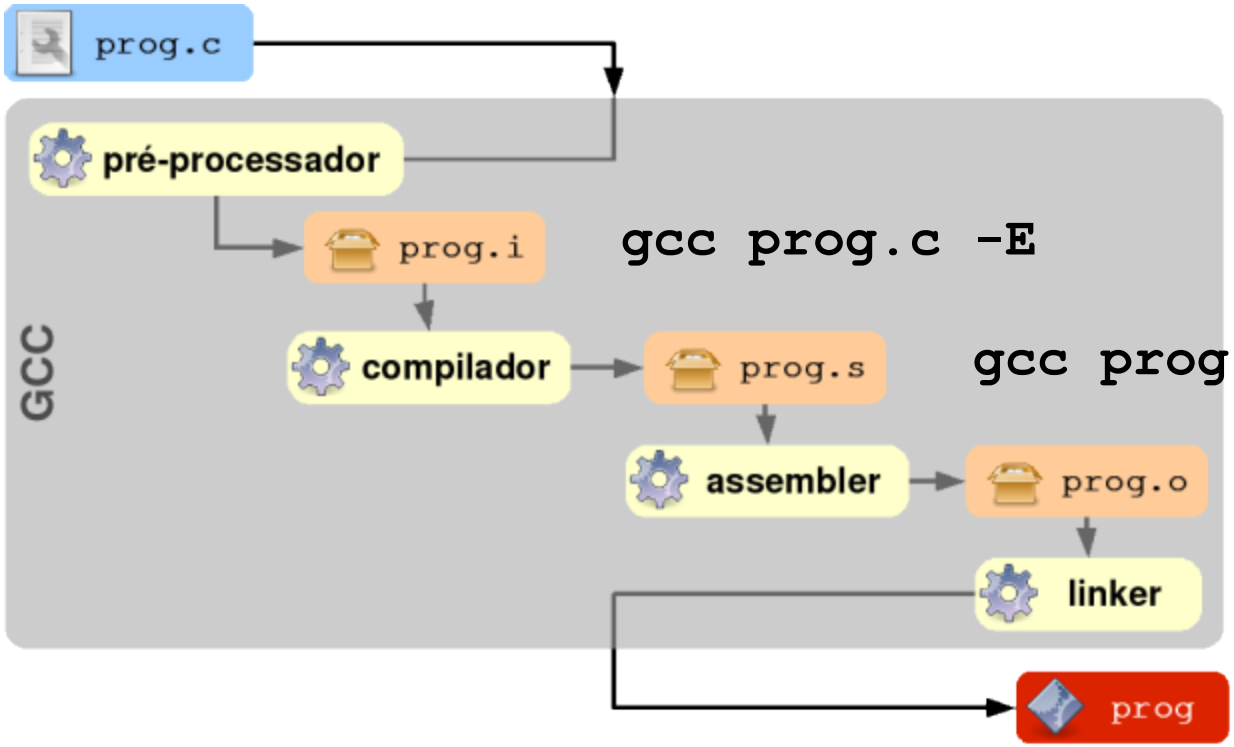
stack.c

```
#include <stdio.h>
#include "calc.h"
#define MAXVAL 100
int sp = 0;
double val[MAXVAL]
void push(double){
    ...
}
double pop(void){
    ...
}
```

Pré-processador

Compilação Passo a Passo

```c
#include <stdio.h>
 int main(void)
 {
   printf("Hello World!\n");
   return 0;
 }
```




```
gcc prog.c -E
gcc prog.c -S
gcc prog.c -c
gcc prog.c -o prog
```

Comandos de Pré-processador

- `#include`
- `#define`
- `#undef`
- `##`
- `#if  #ifdef  #ifndef #endif`
- `#else #elseif #elif`

#include

- Copia o conteúdo do arquivo especificado

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

```
#include "calc.h"
```

#define

- Substituição de macro simples

```
#define MACRO substituto
#define FOREVER for(;;);
```

- Substituição de macros com argumentos

```
#define MAX(A,B) ((A)>(B) ? (A):(B))

x = MAX (p+q,r+s);
x = ((p+q)>(r+s) ? (p+q):(r+s));
MAX (i++,j++); /* ERRO* /

#define SQUARE(x) x * x
SQUARE(z+1)/* ERRO* /
```

#define

- Macro com argumentos

```
#define DPRINT(expr) printf(#expr " = %g\n", expr)

DPRINT(x/y);

printf ("x/y" " = %g\n", x/y);
printf ("x/y = %g\n", x/y);
```

- Concatenação de argumentos em macros

```
#define PASTE(front, back) front ## back

PASTE(name, 1);
name1;
```

#undef

- Apaga a definição de uma macro

```
#define MAX(A,B) ((A)>(B) ? (A):(B))

x = MAX (p+q,r+s);
#undef MAX
```

#if #ifdef #ifndef #else #endif

- Inclusão condicional no código fonte

```
#if !defined(HDR)
#define HDR

/* conteúdo condicionalmente
incluído */

#endif
```

#if #ifdef #ifndef #else #endif

- Inclusão condicional no código fonte

```
#ifndef HDR
#define HDR

/* conteúdo condicionalmente
incluído */

#endif
```

#if #ifdef #ifndef #else #endif

- Inclusão condicional no código fonte

```
#include <stdio.h>
#ifdef __unix__
   #define OS "UNIX"
#elif defined(_win32)
   #define OS "WINDOWS"
#elif defined(__APPLE__)
   #define OS "MacOS"
#endif

int main()
{
   printf(OS "\n");
}
```

Maiores detalhes em:

http://nadeausoftware.com/articles/2012/01/c_c_tip_how_use_compiler_predefined_macros_detect_operating_system

Exercício de Aula - Macro de pré-processador

- Defina uma macro `swap(t,x,y)` que troque os valores dos argumentos `x` e `y` ambos do tipo `t`. (dica: utilize um bloco)

Recursão

Recursão

- Serve para implementar equações recorrentes
- Pode gerar soluções e algoritmos mais legíveis do que os equivalentes não-recursivos
- Cada vez que uma função chama a si mesma há uma troca de contexto
  - A chamada em foco é empilhada e a nova chamada passa à execução
  - Quando uma chamada chega ao fim a função chamadora retorna ao foco, desempilhando o respectivo registro de ativação
- Uma função recorrente pode gerar *overheads* computacionalmente intratáveis
- Quando a recursão gerar chamadas repetidas, seu uso não é recomendado

Exemplo: Fatorial

- Equação recorrente:

$$fatorial(n) = \begin{cases} 1 \text{ para } n = 1 \\ n.fatorial(n-1) \ \forall \ n > 1 \end{cases}$$

- Código:

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

Recursividade de Cauda

- Caracterizada pela chamada recursiva ao final do código.

```
P(args)
{
    if (B)
    {
        S;
        P();
    }
}
```

- Algoritmos recursivos com esta característica são facilmente versionados em não recursivos

```
P(args)
{
    for (x=x0; B; x++)
    {
        S;
        Q;
    }
}
```

Fatorial Não Recursivo

```
int fatorial(int n)
{
   int fat;
   for(fat=1; n>0; n--)
      fat *= n;
   return fat;
}
```

Números de Fibonacci

$$\begin{cases} f_0 = 0 \\ f_1 = 1 \\ f_n = f_{n-1} + f_{n-2} \quad \text{para } n \geqslant 2 \end{cases}$$

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89 ...

Números de Fibonacci Recursivo

$$\begin{cases} f_0 = 0 \\ f_1 = 1 \\ f_n = f_{n-1} + f_{n-2} \quad \text{para } n \geqslant 2 \end{cases}$$

```
int fibonacci(int n)
{
   if (n<2 && n>=0)
      return n;
   else
      return fibonacci(n-1)+fibonacci(n-2);
}
```

Número de Chamadas

	Número de Chamadas														
f_N	f_0	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	3	5	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	5	8	5	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	13	8	5	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
8	13	21	13	8	5	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0
9	21	34	21	13	8	5	3	2	1	1	0	0	0	0	0
10	34	55	34	21	13	8	5	3	2	1	1	0	0	0	0
11	55	89	55	34	21	13	8	5	3	2	1	1	0	0	0
12	89	144	89	55	34	21	13	8	5	3	2	1	1	0	0
13	144	233	144	89	55	34	21	13	8	5	3	2	1	1	0
14	233	377	233	144	89	55	34	21	13	8	5	3	2	1	1

Números de Fibonacci Não-recursivo

```
int fibonacci(int n)
{
   int i=1, k, Fib=0;
   for(k=1;k<=n;k++)
   {
      Fib+=i;
      i=Fib-i;
   }
   return Fib;
}
```

Comparação Fibonacci recursivo e não-recursivo

$$\begin{cases} f_0 = 0 \\ f_1 = 1 \\ f_n = f_{n-1} + f_{n-2} \quad \text{para } n \geqslant 2 \end{cases}$$

Idade do universo:
$13{,}7 \times 10^9$ anos

n	**10**	**20**	**30**	**50**	**100**
recursivo	8 ms	1 s	2 min	21 dias	10^9 anos
iterativo	1/6 ms	1/3 ms	1/2 ms	3/4 ms	1,5 ms

fib_{45} recursivo realiza 3.672.623.805 de chamadas

Análise das chamadas de funções recursivas

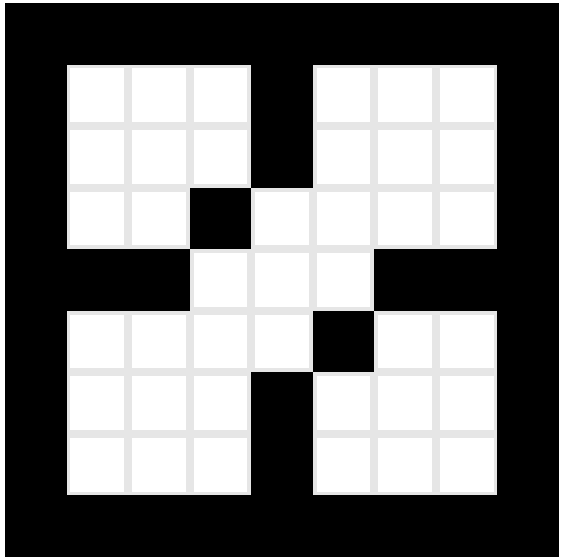
(a) Modifique a função recursiva Fibonacci para que a mesma mostre a quantidade de chamadas recursivas. Use variáveis locais estáticas.

(b) Use um array (no escopo da função main) para armazenar a quantidade de chamadas de Fibonacci para cada valor de n

Exercícios

Exercício U5.2 - Fload fill

Faça um programa que mostre passo a passo a execução de uma versão recursiva do algoritmo de processamento de imagens fload fill.



Exercício U5.3 - Produto Escalar

Faça uma função recursiva que calcule o produto escalar entre dois vetores.

Exercício 5.4 - Conversão Inteiro para Octal

Faça uma função recursiva imprima uma string equivalente ao valor octal do número inteiro fornecido como entrada para sua função.

Fim