História

- Criada por Dennis M.Ritchie em 1972, nos laboratórios Bell
- Usada para desenhar SISTEMAS OPERATIVOS
  - O Unix, que apareceu na mesma altura nos laboratórios Bell, foi re-escrito em C, e desde então Unix e C têm-se mantido ligados
- Definida por Kernigham e Ritchie (norma K&R) em 1977
- Definida por uma norma ANSI em 1988
- Muito utilizada actualmente por programadores profissionais e em programação de baixo nível.

OBJECTIVOS E CARACTERÍSTICAS

- Fácil de implementar (compiladores eficientes)
- Proximidade à linguagem máquina, para tirar o máximo rendimento da máquina
- Estruturas de alto nível que facilitam a programação
- ENORME flexibilidade
- Utilizada principalmente por programadores profissionais
- Delega muita da responsabilidade pela correcção no programador -> muito sujeita a erros

ESTRUTURA DE UM PROGRAMA C

- Conjunto de funções
- O programa principal é uma função chamada "*main()*"
- O programa pode fazer referência a entidades externas (ex. rotinas), através das *directivas include* **e** extern

```
#include <stdio.h>

main()
{
      int x,y;
      x=3;
      y=Metade(x);
      printf("metade de %d é %d",x,y);
}

int Metade(int z)
{
      int a;
      a=z/2;
      return(a);
}
```


ESTRUTURA DE UM PROGRAMA C

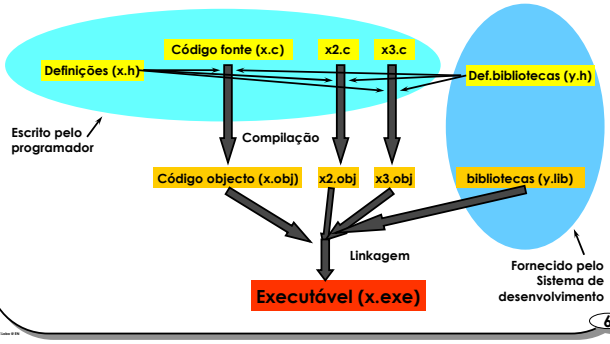
- Tudo o que é definido dentro de uma função é LOCAL a essa função
  - Várias funções podem ter variáveis com o mesmo nome
- Fora das funções podem-se definir tipos e variáveis GLOBAIS
  - Devem-se evitar variáveis globais
  - São uma fonte de erros !
- As funções podem ser definidas em, ficheiros separados, chamados MÓDULOS

ESTRUTURA DE UM PROGRAMA C

- Os ficheiros que contêm código (funções, variáveis, etc) têm normalmente a extensão ".C"
  - Dão origem a código máquina, ou à reserva de espaço de memória
- Os ficheiros que apenas têm definições têm normalmente a extensão ".H"
  - Não geram código, mas são necessários para que seja possível com compilar os outros módulos

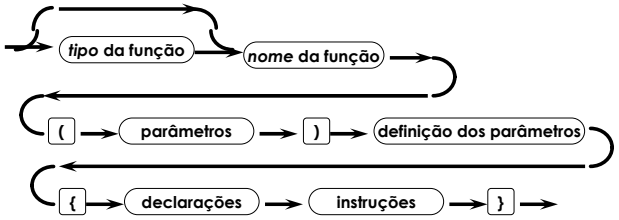
Ficheiros, Compilação, e Linkagem

- Código fonte = texto
- Código objecto = código máquina + referências a outros módulos
- Código executável = código máquina (pronto a correr)



ESTRUTURA DE UMA FUNÇÃO

- **Sintaxe moderna**
  - Igual ao Pascal
- **Sintaxe antiga**
  - No cabeçalho indicam-se os nomes dos parâmetros, e mais tarde definem-se os tipos



Instruções

- **Terminam sempre com ponto e vírgula (;)**
- **Um conjunto de instruções envolvido em chavetas ({ }) chama-se um *BLOCO* e comporta-se como uma instrução**
- **Instrução de atribuição**
  - *variável* **=** *expressão;*
  - **exemplos**

```
a = 3;        x = 3+4/2;        y= sin( 3*pi );
```

- **Chamada de uma função**
  - *nome_da_função* **(** *parametros_reais* **) ;**
  - **Exemplos**

```
printf("ola");    calc_max( vect1);    fopen(f1, "fich", "r");
```


INSTRUÇÕES DE CONTROLO DE FLUXO

- **Blocos condicionais**
  - **if (** *expressão* **)** *instrução* [**else** *instrução*]
  - **Se** *expressão* **≠ 0 ⇒ o bloco principal é executado**
  - **Se** *expressão* **= 0 ⇒ o bloco else é executado (se existir)**
  - **Exemplo**

```
a=3;
if( a )
        printf("certo");
else
        printf("asneira");
if( a==2 )
        printf("a é 2");
else
        {
         printf("a vai ser 2");
         a=2;
        }
```

Operadores relacionais

==	igual
<=	menor ou igual
>=	maior ou igual
!=	diferente
<	menor
>	maior

Cuidado ! == ≠ =

INSTRUÇÕES DE CONTROLO DE FLUXO

- **Blocos de seleção múltipla**
  - **switch (** *expressão* **) {** < **case** *constante* **:** *instrução* > [**default :** *instrução*] **}**
  - **a partir do momento em que é encontrado o caso aplicável, todas as instruções daí para a frente são executadas**
  - **Exemplo**

```
switch( num )
    {
     case 3 : printf("era 3 ");
     case 4: printf("era <5");break;
     default: printf("era grande");
    }
```

IINSTRUÇÃO break

- **aborta a execução do bloco**
- **muito usado no switch**

INSTRUÇÕES DE CONTROLO DE FLUXO

- **Ciclo while**
  - **while (** *expressão* **)** *instrução*
  - **Enquanto a expressão fôr verdadeira (i.e. ≠ 0) as instruções do bloco são executadas, sendo o teste feito ANTES de iniciar novo ciclo.**
  - **Exemplo**

```
a = 1;
while( a<5)
      {
       printf("ola");
       a = a+2;
      }
```

- **Ciclo do while**
  - **do** *instrução* **while (** *expressão* **)**
  - **Enquanto a expressão fôr verdadeira (i.e. ≠ 0) as instruções do bloco são executadas, sendo o teste feito DEPOIS de ter acabado um ciclo.**
  - **Exemplo**

```
do
    {
     printf("...");
     a = a+2;
    }while( a<1)
```


INSTRUÇÕES DE CONTROLO DE FLUXO

- **Ciclo for**
  - **for (** *inicialização* **;** *condição* **;** *incremento* **)** *instrução*
  - **O código de inicialização é executado antes de se iniciar o ciclo.**
  - **Seguidamente a condição é verificada. Se ela for falsa (i.e.= 0) o ciclo termina. Se não, são executadas as instruções do ciclo**
  - **Por último, é executado o código do incremento, após o qual a condição é novamente testada.**
  - **Exemplo**

```
for( i=1; i<11; i=i+1 )
      printf("ola\n");

for( j=0; j<27; j++ )
      printf("adeus");
```

TIPOS DE DADOS ELEMENTARES

- **Inteiros**
  - int - Inteiro
  - long - Inteiro (com maior gama de variação) (4bytes)
  - short - Inteiro (com menor gama de variação) (1 byte)
  - unsigned - Inteiro (só positivos)
- **Reais**
  - float - Vírgula flutuante
  - double - Vírgula flutuante (dupla precisão)
- **Caracteres**
  - char - Caracter (1 byte)
- **Enumerados**
  - enum - Enumerados

TIPOS DE DADOS ELEMENTARES

- **As variáveis são declaradas indicando primeiro o tipo, depois o nome da variável.**
  - Exemplo:

```
int     x,y;
char    a,b,c;
```

- **Uma variável pode ser inicializada assim que é declarada.**
  - Exemplo:

```
int     z=27;
char    a='F',b='E';
```

- **Muitas vezes, pretende-se saber o ENDEREÇO (em memória) de uma variável. O endereço pode ser obtido através do operador &***nome_da_variável*
  - Exemplo:

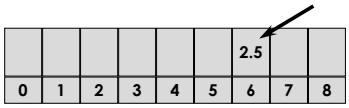
```
x = &y;
scanf("%d", &a );
```


ESTRUTURAS DE DADOS - MATRIZES

- **As matrizes são declaradas indicando o nome e, entre parêntesis rectos, o tamanho**
  - Exemplo:

```
int  x[20]      /* Define uma matriz de 20 inteiros */
float y[9]      /* Define uma matriz de 9 reais */
```

- **Os índices começam sempre em 0**
  - A matriz definida com x[20] tem os elementos x[0],x[1]...x[19]
- **Os elementos da matriz são referidos indicando o seu índice entre parêntesis rectos**
  - y[6] é o elemento número 6 da matriz y (ou seja o 7ºelemento)



ESTRUTURAS DE DADOS - MATRIZES

- **As matrizes de dimensão superior a 1 são matrizes de matrizes**
  - int z[10][20]; /* matriz de 2 dimensões com 10x20 elem.*/
  - int b[10][10][10]; /* matriz de 3 dimensões (cubo) com 10x10x10 el.*/
  - char tab[4][3] /* matriz de 2 dimensões com 4x3 elem.*/
- **Problema:**
  - imprimir o conteúdo ma matriz c

Conteúdo da matriz

a	b	c	d
e	f	g	h
i	j	k	l

Código a executar

```
for(i=0;i<4;i++)
    for(j=0;j<3;j++)
        printf("%c",tab[i,j]);
```

Resultado

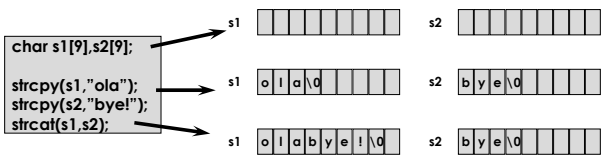
a e i b f j c g k d h l

ESTRUTURAS DE DADOS - STRINGS

- **Uma matriz unidimensional (vector) de caracteres chama-se uma cadeia ou** *string*
- **Uma** *string* **deve terminar com o caracter nº 0 (escreve-se \0)**
  - O terminador pode estar em qualquer posição da string,. Se fôr logo o primeiro caracter, então a string está vazia
  - Por vezes chama-se a uma cadeia destas uma *null-terminated string*
- **Para o compilador, um conjunto de caracteres delimitado com aspas (") é tratado como uma** *null terminated string* **(o \0 é acrescentado automaticamente)**

ESTRUTURAS DE DADOS - STRINGS

- **Existe um módulo de funções para manipular strings, definidas no módulo** *string.h*
  - char *strcpy(char *dest, const char *src); - copia uma string
  - char *strcat(char *dest, const char *src); - junta 2 strings
  - char *strchr(const char *s, int c); - procura 1 char na string
  - int strcmp(const char *s1, const char*s2); - compara 2 strings



ESTRUTURAS DE DADOS - "struct"

- **Semelhantes aos RECORDS do Pascal**
- **Definição**
  - **struct** *nome opcional* **{** *definição_das_variáveis* **}** *nome_da_variável;*
  - **Exemplo:**

```
struct {
        int telef;
        char nome[20];
      }         a, b[20];

strcpy( a.nome,"V.Lobo" );
a.telef=2745658;
b[3].telef=4662315;
```

- **Referência**
  - **Como em pascal, as estruturas são referenciadas indicando o nome, um ponto, e o nome da variável interna da estrutura**

ESTRUTURAS DE DADOS - TIPOS

- **Definição de tipos**
  - **typedef {** *definição_das_variáveis* **}** *nome_do_tipo;*
  - **O novo tipo pode ser usado a partir daí como um tipo elementar**
  - **Deve ser usado sempre que se usam structs**
  - **Exemplo;**

```
typedef struct x {
                int telef;
                char nome[20];
                } ficha;

ficha     a,b[20];

strcpy( a.nome,"V.Lobo" );
a.telef=2745658;
b[3].telef=4662315;
```

Nome_opcional das structs

Serve para, dentro da definição da struct, fazer referências à própria struct

Será usada quando usarmos apontadores

Pré-compilador

- **Em C, existe um pré-compilador que se encarrega de processar as** *directivas do compilador*
- **As** *directivas do compilador* **começam sempre na primeira coluna, com o símbolo #**
- **Definição de constantes**
  - **#define** *nome definição*
  - **Substitui a partir desse ponto TODAS as ocorrências da string nome pela string definição.**
  - **É conveniente usar "defines" SEMPRE que trabalhamos com uma constante, pois será muito mais fácil mudar o seu valor.**
  - **É costume os "defines" definirem nomes escritos em maiúsculas.**

```
#define PI 3.1415
a=2+PI
```

⇔

```
a=2+3.1415
```


Pré-compilador

- **Inclusão de ficheiros externos**
  - **#include <***nome_do_ficheiro***>**
  - **#include "***nome_do_ficheiro***"**
  - **Insere nesse ponto o ficheiro indicado**
  - **Se se usar os separadores <>, o pré-compilador vai buscar o ficheiro à directoria das bibliotecas standardizadas do sistema: à** *include directory*
  - **Se se usar os separadores "", o pré-compilador vai buscar o ficheiro à directoria actual**
- **Existem vários** *include files* **standardizados**
  - **stdio.h Definições básicas (inclui printf,scanf,etc)**
  - **string.h Funções para strings (strcpy,strcmp,etc)**
  - **math.h Funções matemáticas (sin,cos,etc)**
  - **stdlib.h Funções utilitárias várias (malloc,atoi,etc)**
  - **time.h, dos.h, limits.h, etc.**

Instruções de I/O

- **Escrita formatada na consola**
  - **printf (** *formatação, dados* **)**
  - *formatação* **é uma string que contém caracteres "printáveis" e** *especificadores de conversão* **que permitem a escrita de variáveis.**
  - *dados* **são as variáveis que serão impressas através dos especificadores de conversão, e são separados por vírgulas.**
- **Especificadores de conversão**
  - **%d Inteiros, em decimal**
  - **%d Inteiros, em octal**
  - **%x Inteiros, em hexadecimal**
  - **%f Floats, em vírgula flutuante**
  - **%e Floats, em notação exponencial**
  - **%s Strings**
  - **%c Caracteres**
  - **existem muitos mais**

```
a=20;
printf("Teste %d %x",a,a);

Escreve: Teste 20 14
```


Instruções de I/O

- **Leitura formatada da consola**
  - **scanf (** *formatação, dados* **);**
  - *formatação* **é uma string que contém caracteres** *especificadores de conversão*
  - *dados* **são as os ENDEREÇOS das variáveis onde os valores deverão ser escritos**
  - **O endereço de uma string é o próprio nome da string**
  - **Exemplo**

```
int a,b;
char s1[10];

scanf("%d,%s,%d", &a, s1, &b );
```

- **Leitura/escrita directa**
  - *variável* **= getchar ();**
  - **putchar (***expressão* **);**
  - **exemplo: putchar(upper(getchar()));**
  - **Não se deve misturar os tipos de acesso porque o acesso formatado é "bufferizado"**

Ficheiros

- **As variáveis e rotinas para trabalhar com ficheiros estão contidos em stdio.h.**
- **Para se usar um ficheiro á necessário** *abrir* **o ficheiro antes de o usar, e** *fechá-lo* **no fim.**
- **Um ficheiro á aberto num determinado** *modo*: *modo leitura, modo escrita, modo acrescentar*, **etc.**
- **Dentro do programa um ficheiro aberto é identificado por uma** *variável* **: um apontador da estrutura FILE que é o seu** *identificador* **interno.**

Ficheiros

- **Declaração da variável**
  - **FILE** ***identificador*;**
  - **exemplo: FILE *ficheiro_1, *dados_entrada, *dados_saída;**
- **Abertura do ficheiro**
  - *identificador* **= fopen(** *nome*, *modo* **);**
  - **nome é uma string contendo o nome do ficheiro no disco.**
  - **modo é uma string contendo o modo de acesso ao ficheiro. Os modos mais usuais são:**
    - →**r leitura**
    - →**w escrita**
    - →**a acrescento (escrita a partir do fim do ficheiro existente)**
  - **exemplo:**

```
FILE *in_file,*out_file;

in_file = fopen("carta.doc","r");
out_file = fopen("carta.txt","w");
```


Ficheiros

- **Acesso ao ficheiro**
  - **fscanf (** *identificador, formatação, dados* **);**
  - **fprintf (** *identificador,formatação, dados* **)**
  - *variável* **= fgetc (***identificador***);**
  - **fputc (***identificador, expressão* **);**
  - **Na realidade, estas funções são todas para trabalhar com ficheiros: a consola é que é tratada como um ficheiro chamado** *stdin* **e** *stdout*.
- **Fecho do ficheiro**
  - **fclose(** *identificador* **);**
  - **A interacção entre o programa e o ficheiro termina. É necessário fechar o ficheiro ou invocar a função fflush() para garantir que as alterações ao ficheiro ficam mesmo no disco e não no buffer (RAM)**

```
fprintf( out_file, "o resultado é %d", x);
fclose( out_file );
```


Operadores

+	Soma
-	Subtracção
*	Multiplicação
/	Divisão
%	Módulo
&&	And lógico
||	Ou lógoco
!	Negação lógica
&	And, bit a bit
|	Or, bit a bit
^	Or exclusivo, bit a bit
~	Complemento
>>	Shift para a direita
<<	Shift para a esquerda

x++	incrementa x(usa primeiro o valor, e incrementa depois)
++x	Incrementa (usa valor incrementado)
--x, x--	Decrementa

INSTRUÇÕES DE AFECTAÇÃO

x += expressão ⇔ x = x + *expressão*

-=	*=	/=	%=	&=
^=	|=	<<=	>>=	

sizeof(x)	Número de bytes ocupados por x
(*um_tipo*)x	Converte a variável x para um novo tipo (cast).

Cuidado !

Exemplo (Versão 1)

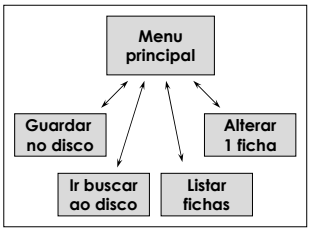
- **Problema:**
  - **Manter um ficheiro dos 30 alunos de uma turma. O ficheiro deverá ter o**
    - →**nome do aluno (com 20 caracteres)**
    - →**nº do telefone**
    - →**Cota de mérito**
  - **Alterar os dados de um aluno**
  - **Guardar/ir buscar os dados a disco**
  - **Mostrar no ecrã uma listagem de todos os alunos**
- **1º Passo:**
  - **definir a estrutura de dados**

```
typedef struct x{
    char        nome[20];
    int         telef;
    float       cota;
    } ficha;

ficha   ficheiro[30];
```


Exemplo (Versão 1)

- **2ºPasso: diagrama de blocos**



- **3ºPasso: programa principal**

```
main()
{
char opcao;

do
{
    printf(" 1 - Guardar\n");
    printf(" 2 - Buscar\n");
    printf(" 3 - Listar\n 4-Alterar\n");
    printf(" 5 - Sair\n");
    scanf("%c",opcao );
    switch(opcao) {
        case 1: Guardar();break;
        case 2: Buscar();break;
        case 3: Listar();break;
        case 4: Alterar();
        }
    } while( opcao!='5');
}
```

Exemplo (Versão 1)

- **4º Passo: escrever as rotinas**

```
Listar()
{
  int i;

  for( i=0; i<30;i++)
    printf("%d - %s %d %5.2f",i,ficheiro[i].nome,ficheiro[i].telef,ficheiro[i].cota);
}
```

```
Guardar()
{
  int           i;
  FILE          *fich;
  fich = fopen( "dados.dat", "w");
  for( i=0; i<30;i++)
   fprintf(fich, "%s %d %5.2f",ficheiro[i].nome,
           ficheiro[i].telef,ficheiro[i].cota);
  fclose(fich);
}
```


Exemplo (Versão 1)


```
Buscar()
{
      int           i;
      char          nome_fich[12];
      FILE          *fich;

      printf("Qual o nome do ficheiro de dados ?");
      scanf("%s",nome_fich);
      fich = fopen( nome_fich, "r");

      for( i=0; i<30;i++)
            fscanf(fich, " %s %d %f",ficheiro[i].nome,
                  &ficheiro[i].telef,&ficheiro[i].cota);
      fclose(fich);
}
```


Exemplo (Versão 1)


```
Alterar()
{
      int           i;

      printf("Qual o número da ficha a alterar ?");
      scanf("%d",&i);

      printf("Qual o novo nome ?");scanf("%s",ficheiro[i].nome);
      printf("Qual o novo telef ?");scanf("%d",&ficheiro[i].telef);
      printf("Qual a nova cota ?");scanf("%s",&ficheiro[i].cota);
}
```

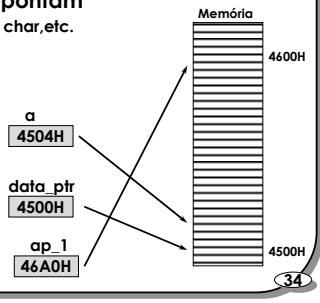
- **Último passo: juntar tudo**
  - Criar um ficheiro (ex: prob.h) com a definição dos tipos de dados, e declarações (como extern) de todas as rotinas e variáveis.
  - Criar um ficheiro principal com a definição das variáveis globais (ficha ficheiro[30]) e do programa principal
  - "Linkar" os módulos todos

Apontadores

- **Existem em C variáveis que guardam ENDEREÇOS e não o próprio dado: os** *apontadores.*
- **Os apontadores estão sempre associados ao tipo da variável para a qual apontam**
  - Há apontadores para int, para char,etc.
- **Declaração**
  - *tipo* ***nome**;*
  - Exemplos:
    int *a, *ap_1, *data_prt;

```
int x,*y;

x=2;
y=&x;
```



Apontadores

- **Acesso às entidades apontadas**
  - A entidade apontada é referenciada com ***nome,*** isto é, se x for um apontador para um inteiro, *x é o inteiro apontado por x.

```
int *a,b;

a=&b;
b=3;
*a=6;
```

Qual o valor de b?

- **Aritmética de ponteiros**
  - Posso incrementar/decrementar ponteiros (++/--)
  - O ponteiro será incrementado numa quantidade igual à dimensão da entidade apontada (1 para caracteres, 2 para inteiros de 2 bytes, etc.)

Apontadores

- **Allocação dinâmica de espaço**
  - Todas as variáveis que vimos até agora são criadas (i.e. o espaço de memória é reservado para elas) antes do código começar a executar.
  - É possível reservar espaço durante a execução do código, pondo um apontador a apontar para o endereço desse novo espaço
  - Antes de terminar o programa é necessário libertar a memória reservada
- **Motivos para usar estruturas dinâmicas:**
  - melhor aproveitamento do espaço de memória
  - maior eficiência na manipulação de dados
  - maior flexibilidade na construção da estrutura de dados

Apontadores

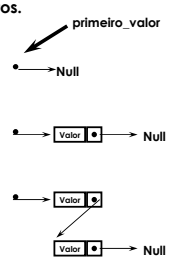
- **Allocação**
  - *apontador* **= malloc (** *nº_de_bytes***);**
  - **Reserva** *nº_de_bytes* **bytes de memória e põe o apontador a apontar para lá.**
- **Libertação**
  - **free (** *apontador***);**
  - **Liberta o espaço apontado por *apontador***

Manipulação de estruturas

- **Listas ligadas**
  - **Temos que ter um "ponto fixo" que serve de ponto de entrada para a estrutura**
  - **Necessitamos de variáveis auxiliares para percorrer a estrutura**
  - **Exemplo: criar uma lista de 20 elementos.**

```
typedef struct x{
        int          valor;
        struct x     *next;
        } elemento;
elemento  *primeiro_valor, *aux;

primeiro_valor = malloc(sizeof(elemento));
aux = primeiro_valor;
for(i=0;i<19;i++)
  {
    aux->next = malloc(sizeof(elemento));
    aux=aux->next;
  }
aux->next=NULL;
```

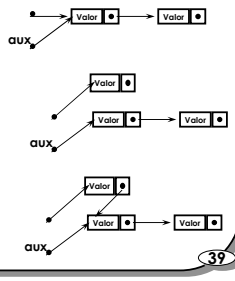


Manipulação de estruturas

- **Listas ligadas** (outra maneira de inserir elementos)
  - **No exemplo anterior, os elementos mais recentes eram postos no fim. no exemplo que se segue são postos em primeiro lugar**

```
typedef struct x{
        int          valor;
        struct x     *next;
        } elemento;
elemento  *primeiro_valor, *aux;

primeiro_valor = malloc(sizeof(elemento));
aux = primeiro_valor;
for(i=0;i<19;i++)
  {
    primeiro_valor = malloc(sizeof(elemento));
    primeiro_valor ->next = aux;
    aux = peimeiro_valor;
  }
aux->next=NULL;
```



Exemplo revisto

- **Problema:**
  - **Manter um ficheiro para qualquer número de alunos de uma turma.**
  - **Ver exemplo anterior**
- **1º Passo:**
  - **definir a estrutura de dados**

```
typedef struct x{
    char          nome[20];
    int           telef;
    float         cota;
    struct x      *next;
    } ficha;

ficha     *prim_fich, aux1, aux2;
```

- **2ºPasso: diagrama de blocos**
  - **Idêntico.**
- **3ºPasso: programa principal**
  - **Idêntico, mas podemos acrescentar** *inserir ordenadamente.*

Exemplo revisto

- **4º Passo: escrever as rotinas**

```
Listar()
{
   for( aux1=prim_fich; aux1 != NULL; aux1=aux1->next )
      printf("%s %5.2f %d",aux1->nome, aux1->cota, aux1->telef);
}
```

```
Guardar()
{
  FILE                *fich;
  fich = fopen( "dados.dat", "w");

  for( aux1=prim_fich; aux1 != NULL; aux1=aux1->next )
      fprintf(fich, "%s %5.2f %d",aux1->nome, aux1->cota, aux1->telef);
  fclose(fich);
}
```

```
Buscar()
{ ...../* idêntica à anterior, mutatis mutandi */ ...}
```


Exemplo revisto


```
Alterar()
{
      char          nome[10];

      printf("Qual o nome que a alterar ?");
      scanf("%s",nome);

      aux1=prim_fich;                  /*vou procurar a ficha */
      while( (aux1 != NULL) && strcmp(aux1->nome, nome) )
            aux1=aux1->next;

      if( aux1 != NULL )               /* se a encontrei...altero-a */
      {
        printf("Qual o novo nome ?");scanf("%s",aux1->nome);
        printf("Qual o novo telef ?");scanf("%d",&(aux1->telef));
        printf("Qual a nova cota ?");scanf("%s",&(aux1->cota));
      }
      else
        print("Desculpe mas essa ficha não existe !\n");
}
```

Exemplo revisto


```
Inserir_ordenadamente()
{
     ficha          *nova;
     nova=malloc(sizeof(ficha));
     printf("Qual o novo nome ?");scanf("%s",nova->nome);
     printf("Qual o novo telef ?");scanf("%d",&(nova->telef));
     printf("Qual a nova cota ?");scanf("%s",&(nova->cota));

     if( strcmp(nova->nome, prim_fich->nome) < 0 )
      { nova->next = prim_ficha; prim_ficha = nova; }
     else
      {   aux1=prim_fich;
          aux2=aux1;
          while( (aux1 != NULL) && (strcmp(nova->nome, aux1->nome) < 0) )
               { aux2=aux1;
                 aux1=aux1->next; }
          nova->next= aux1;
          aux2->next= nova; }
}
```


Recursividade

- **Ideia base:**
  - Ter uma função, que se chama a si própria
  - Definir um procedimento, à custa de usar próprio procedimento
- **Exemplo:**
  - Calcular o FACTORIAL de um numero (*n!*)
  - Definição:
    - →O factorial de n é n vezes o factorial de n-1, e o factorial de 1 é 1.
    - → *n! =n× (n-1)! ∧ 1!=1*

```
int factorial(int x)
{
 if( x== 1)
   return 1;
 else
   return factorial(x-1);
}
```

```
int factorial(int x)
{
 int valor;

 if( x== 1)
  valor=1;
 else
  valor=factorial(x-1);

 return valor;
}
```


Recursividade

- **Problemas:**
  - Recursão infinita
  - Tamanho do stack
  - Interacção entre parâmtros, variáveis locais, e variáveis globais
- **Possibilidade de usar outros métodos**
  - Exemplo:
    - → factorial(*n*) = *n× (n-1) × (n-2) × (n-3) ... × 2 × 1*

CUIDADO !

Retorna-se ao ponto de onde a função foi chamada (ou seja, a si própria)

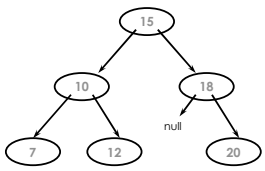
```
int factorial(int x)
{
 int i,valor;

 valor=1;
 for(i=x; i>1; i++)
   valor=valor*i;

 return valor;
}
```


Arvores Binárias

- **Árvores Binárias**
  - Motivação:
    - →busca dicotómica
  - Ideia base:
    - →Cada elemento tem dois sucessores
    - →Um dos sucessores está "à direita" o outro "à esquerda"
  - Exemplo:




```
typedef struct x{
          int          valor;
          struct x     *smaller,*greater;
          } elemento;

elemento  *primeiro_valor, *aux;
```


Arvores Binárias

- **Procurar um elemento na árvore:**

```
elemento *procura(elemento *ponto_partida, int valor)
{
 if( ponto_partida==null )
          return null;
 if( ponto_partida->valor == valor )
          return ponto_partida;
 if( ponto_partida->valor > valor )
          return procura( ponto_partida->greater, valor );
 else
          return procura( ponto_partida->smaller, valor );
}
```

- **Para inserir um elemento: (tpc)**
- **Para retirar um elemento: (tpc)**

Manipulação de estruturas

- **Recursividade na manipulação de árvores**
- **Análise de eficiência de árvores/listas/matrizes**
- **Buffers circulares**
- **Stacks**
- **Sets**