Construção de Compiladores Período Especial Aula 13: Funções

Bruno Müller Junior

Departamento de Informática **UFPR**

2020



- Na linguagem Pascal, quando um procedimento retorna algum valor, é chamado função.
- A concepção vem da matemática, onde f(x) é uma função que recebe um parâmetro x como entrada e retorna um valor.
- Os parâmetros podem ser passados por valor ou por referência.

Sintaxe

 A regra de declaração de uma função em Pascal (regra 13) é a outra opção da regra 11, <parte de declaração de subrotinas>.

Traducão

 Diferencia-se de procedimento pelo uso da palavra reservada FUNCTION e pela declaração do tipo de retorno.



• Dentro da função, o identificador referente à função pode receber valores, como por exemplo:

```
...
function f (n:integer):integer;
begin
...
f:=f(n-1)+f(n-2);
...
end;
```

- O símbolo f tem uma "vida dupla":
 - do lado esquerdo de uma atribuição, comporta-se como uma variável local (ou seja, tem um espaço de memória para armazenar valores);
 - em outras situações, comporta-se como um procedimento.



Esquema de tradução

 Para alocar o espaço para a função armazenar valores, não é necessária nenhuma nova instrução:

Traducão

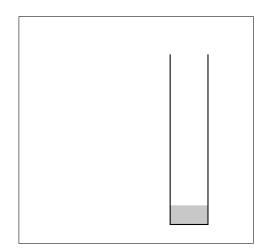
00000

- Basta abrir um espaço antes da chamada, e ao final o resultado estará no topo da pilha.
- O endereco léxico será abaixo do primeiro parâmetro empilhado.

```
Empilha Parâmetros
CHPR P01, k
```



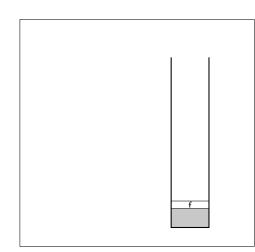
Tradução



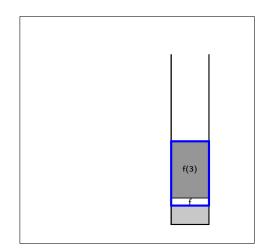
Tradução

Esquema de tradução

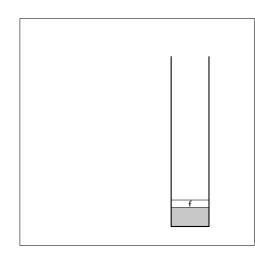
```
x := f(3);
            ---> AMEM 1
            ---> CRCT 3
            ---> CHPR ...
            ---> ARMZ x
```



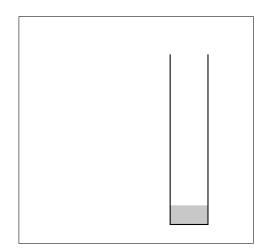
Tradução



Esquema de tradução



Esquema de tradução



```
program funcao (input, output);
var m: integer;
 function f(n:integer;
         var k:integer):integer;
 var p, q: integer;
 begin
    if n<2 then
      begin
        f:=n: k:=0
      end
    else
      begin
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
        k := p+q+1
      end;
    write(n.k):
 end;
begin
 write(f(3.m).m):
end.
```

INPP

```
program funcao (input, output);
var m: integer;
 function f(n:integer;
         var k:integer):integer;
 var p, q: integer;
 begin
    if n<2 then
      begin
        f:=n: k:=0
      end
    else
      begin
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
        k:=p+q+1
      end;
    write(n.k):
 end;
begin
  write(f(3.m).m):
end.
```

```
program funcao (input, output);
                                         INPP
                                         AMEM 1
var m: integer;
 function f(n:integer;
         var k:integer):integer;
 var p, q: integer;
 begin
    if n<2 then
      begin
        f:=n: k:=0
      end
    else
      begin
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
        k := p+q+1
      end;
    write(n.k):
 end;
begin
  write(f(3.m).m):
end.
```

```
m VS 0,0,int
```

Traducão

Exemplo

```
program funcao (input, output);
                                          INPP
var m: integer;
                                          AMEM 1
  function f(n:integer;
                                          DSVS ROO
         var k:integer):integer;
                                     RO1: ENPR 1
 var p, q: integer;
 begin
    if n<2 then
      begin
        f:=n: k:=0
      end
    else
      begin
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
        k := p+q+1
      end;
    write(n.k):
 end;
begin
  write(f(3.m).m):
end.
```

```
FUN R01,1,?,? ?{}
VS 0,0,int
```

```
program funcao (input, output);
                                          INPP
var m: integer;
                                          AMEM 1
 function f(n:integer;
                                          DSVS ROO
         var k:integer):integer;
                                     RO1: ENPR 1
 var p, q: integer;
 begin
    if n<2 then
      begin
        f:=n: k:=0
      end
    else
      begin
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
        k := p+q+1
      end;
    write(n.k):
 end;
begin
  write(f(3.m).m):
end.
```

```
k PF 1,?,int,ref
n PF 1,?.int.vlr
  FUN RO1,1,?,? ?{}
  VS 0.0.int
```

```
program funcao (input, output);
                                          INPP
var m: integer;
                                          AMEM 1
  function f(n:integer;
                                          DSVS ROO
         var k:integer):integer;
                                     RO1: ENPR 1
 var p, q: integer;
 begin
    if n<2 then
      begin
        f:=n: k:=0
      end
    else
      begin
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
        k := p+q+1
      end;
    write(n.k):
 end;
begin
  write(f(3.m).m):
end.
```

```
k PF 1.-4.int.ref
 n PF 1.-5.int.vlr
    FUN R01,1,-6,int 2{[i,v][i,r]}
   VS 0,0,int
```

```
program funcao (input, output);
                                          INPP
var m: integer;
                                          AMEM 1
  function f(n:integer;
                                          DSVS ROO
         var k:integer):integer;
                                     RO1: ENPR 1
                                          AMEM 2
 var p, q: integer;
 begin
    if n<2 then
      begin
        f:=n: k:=0
      end
    else
      begin
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
        k := p+q+1
      end;
    write(n.k):
 end;
begin
  write(f(3.m).m):
end.
```

```
VS 1,1,int
  VS 1,0,int
k PF 1,-4,int,ref
n PF 1.-5.int.vlr
  FUN RO1,1,-6,int 2{[i,v][i,r]}
  VS 0.0.int
```

```
program funcao (input, output);
                                          INPP
var m: integer;
                                          AMEM 1
  function f(n:integer;
                                          DSVS ROO
         var k:integer):integer;
                                     RO1: ENPR 1
                                          AMEM 2
 var p, q: integer;
 begin
                                          CRVL 1.-5
    if n<2 then
                                          CRCT 2
                                          CMME
      begin
        f:=n: k:=0
                                          DSVF RO2
      end
                                          CRVL 1.-5
    else
                                          ARMZ 1,-6
      begin
                                          CRCT 0
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
                                          ARMI 1.-4
        k := p+q+1
                                          DSVS RO3
      end:
    write(n.k):
 end;
begin
  write(f(3.m).m):
end.
```

```
VS 1,1,int
q VS 1,0,int
  PF 1.-4.int.ref
n PF 1,-5,int,vlr
  FUN RO1,1,-6,int 2{[i,v][i,r]}
  VS 0.0.int
```

```
program funcao (input, output);
                                         INPP
                                                        CRVL 1,0
var m: integer:
                                         AMEM 1
                                                        CRVL 1.1
  function f(n:integer:
                                         DSVS ROO
                                                        SOMA
         var k:integer):integer;
                                     RO1: ENPR 1
                                                        CRCT 1
                                         AMEM 2
                                                        SOMA
 var p, q: integer;
 begin
                                         CRVL 1.-5
                                                       ARMI 1.-4
    if n<2 then
                                         CRCT 2
                                                   RO3: NADA
                                         CMME.
      begin
        f:=n: k:=0
                                         DSVF RO2
      end
                                         CRVL 1.-5
                                         ARMZ 1,-6
    else
      begin
                                         CRCT 0
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
                                         ARMI 1.-4
        k := p+q+1
                                         DSVS RO3
      end:
                                     RO2: NADA
    write(n.k):
                                         AMEM 1
                                         CRVL 1,-5
 end;
                                         CRCT 1
begin
  write(f(3.m).m):
                                         SUBT
end.
                                         CREN 1,0
                                         CHPR R01,1
Verifica se a chamada da função tem
                                         AMEM 1
2 parâmetros:
                                         CRVL 1.-5
                                                                        VS 1,1,int
   - o segundo tem de ser uma variável! CRCT 2
                                                                        VS 1,0,int
                                         SUBT
                                                                        PF 1.-4.int.ref
                                         CREN 1.1
                                                                        PF 1.-5.int.vlr
                                         CHPR R01,1
                                                                        FUN RO1,1,-6,int 2{[i,v][i,r]}
                                         SOMA
                                                                        VS 0.0.int
                                         ARMZ 1.-6
                                                                   4 D > 4 A > 4 B > 4 B >
```

```
program funcao (input, output);
var m: integer:
  function f(n:integer:
         var k:integer):integer;
 var p, q: integer;
 begin
    if n<2 then
      begin
        f:=n: k:=0
      end
    else
      begin
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
        k := p+q+1
      end;
    write(n.k):
 end;
begin
  write(f(3,m),m);
end.
```

```
INPP
                  CRVL 1,0
                  CRVL 1,1
    AMEM 1
    DSVS ROO
                  SOMA
RO1: ENPR 1
                  CRCT 1
    AMEM 2
                  SOMA
    CRVL 1.-5
                  ARMI 1.-4
    CRCT 2
              RO3:NADA
    CMME.
                  CRVL 1,-5
    DSVF RO2
                  IMPR
    CRVL 1.-5
                  CRVI 1,-4
    ARMZ 1,-6
                  TMPR.
    CRCT 0
    ARMI 1.-4
    DSVS RO3
RO2: NADA
    AMEM 1
    CRVL 1,-5
    CRCT 1
    SUBT
    CREN 1,0
    CHPR R01,1
    AMEM 1
    CRVL 1.-5
                                   VS 1,1,int
    CRCT 2
                                   VS 1,0,int
    SUBT
                                   PF 1,-4,int,ref
    CREN 1.1
                                   PF 1,-5,int,vlr
    CHPR R01,1
                                   FUN RO1,1,-6,int 2{[i,v][i,r]}
    SOMA
                                   VS 0.0.int
    ARMZ 1.-6
                             4 D > 4 A > 4 B > 4 B >
```

```
program funcao (input, output);
                                         INPP
                                                       CRVL 1,0
var m: integer:
                                         AMEM 1
                                                       CRVL 1.1
  function f(n:integer:
                                         DSVS ROO
                                                        SOMA
                                     RO1: ENPR 1
                                                       CRCT 1
         var k:integer):integer;
                                         AMEM 2
                                                       SOMA
 var p, q: integer;
 begin
                                         CRVL 1.-5
                                                       ARMI 1.-4
    if n<2 then
                                         CRCT 2
                                                    RO3:NADA
                                         CMME.
      begin
                                                       CRVL 1,-5
        f:=n: k:=0
                                         DSVF RO2
                                                       IMPR
      end
                                         CRVL 1.-5
                                                       CRVI 1,-4
                                         ARMZ 1,-6
                                                       TMPR.
    else
      begin
                                         CRCT 0
                                                       DMEM 2
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
                                         ARMI 1,-4
                                                       RTPR 1.2
        k := p+q+1
                                         DSVS RO3
                                     RO2: NADA
      end;
    write(n.k):
                                         AMEM 1
                                         CRVL 1,-5
 end;
                                         CRCT 1
begin
  write(f(3.m).m):
                                         SUBT
end.
                                         CREN 1.0
                                         CHPR RO1,1
                                         AMEM 1
                                         CRVL 1.-5
                                                                     p VS 1,1,int
                                         CRCT 2
                                                                     q VS 1,0,int
                                         SUBT
                                                                     k PF 1.-4.int.ref
                                         CREN 1.1
                                                                     n PF 1. 5.int.vlr
                                         CHPR R01,1
                                                                        FUN RO1,1,-6,int 2{[i,v][i,r]}
                                         SOMA
                                                                       VS 0.0.int
                                         ARMZ 1.-6
                                                                  4 D > 4 A > 4 B > 4 B >
```

```
INPP
program funcao (input, output);
                                                        CRVL 1,0
                                          AMEM 1
                                                        CRVL 1,1
var m: integer:
  function f(n:integer:
                                          DSVS ROO
                                                         SOMA
         var k:integer):integer;
                                     RO1: ENPR 1
                                                        CRCT 1
                                          AMEM 2
                                                        SOMA
 var p, q: integer;
 begin
                                          CRVL 1.-5
                                                        ARMI 1.-4
    if n<2 then
                                          CRCT 2
                                                    RO3:NADA
                                          CMME.
      begin
                                                        CRVL 1,-5
        f:=n: k:=0
                                          DSVF RO2
                                                        IMPR
      end
                                          CRVL 1.-5
                                                        CRVI 1,-4
                                          ARMZ 1,-6
                                                        TMPR.
    else
      begin
                                          CRCT 0
                                                        DMEM 2
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
                                          ARMI 1,-4
                                                        RTPR 1.2
        k := p+q+1
                                          DSVS RO3 ROO: NADA
                                     RO2: NADA
      end;
                                                        AMEM 1
    write(n.k):
                                          AMEM 1
                                                        CRCT 3
                                          CRVL 1,-5
                                                        CREN 0,0
 end;
                                          CRCT 1
                                                        CHPR R01,0
begin
  write(f(3,m),m);
                                          SUBT
                                                        IMPR
end.
                                          CREN 1,0
                                                        CRVL 0.0
                                          CHPR RO1,1
                                                        TMPR.
                                          AMEM 1
                                          CRVL 1.-5
                                          CRCT 2
                                          SUBT
                                          CREN 1.1
                                          CHPR R01,1
                                                                         FUN RO1,1,-6,int 2{[i,v][i,r]}
                                          SOMA
                                                                         VS 0.0.int
                                          ARMZ 1.-6
                                                                   4 D > 4 A > 4 B > 4 B >
```

```
INPP
program funcao (input, output);
                                                         CRVL 1,0
                                                         CRVL 1.1
var m: integer:
                                          AMEM 1
  function f(n:integer:
                                          DSVS ROO
                                                         SOMA
                                      RO1: ENPR 1
                                                         CRCT 1
         var k:integer):integer;
                                          AMEM 2
                                                         SOMA
  var p, q: integer;
  begin
                                          CRVL 1.-5
                                                         ARMI 1,-4
    if n<2 then
                                          CRCT 2
                                                     RO3:NADA
                                          CMME.
      begin
                                                         CRVL 1,-5
        f:=n: k:=0
                                          DSVF RO2
                                                         IMPR
      end
                                          CRVL 1.-5
                                                         CRVI 1,-4
                                          ARMZ 1,-6
                                                         TMPR.
    else
      begin
                                          CRCT 0
                                                         DMEM 2
        f:=f(n-1,p) + f(n-2,q);
                                          ARMI 1,-4
                                                         RTPR 1,2
        k := p+q+1
                                          DSVS RO3 ROO: NADA
                                      RO2: NADA
      end:
                                                         AMEM 1
    write(n.k):
                                          AMEM 1
                                                         CRCT 3
                                          CRVL 1,-5
  end;
                                                         CREN 0,0
                                          CRCT 1
                                                         CHPR R01,0
begin
  write(f(3.m).m):
                                          SUBT
                                                         IMPR
end.
                                          CREN 1,0
                                                         CRVL 0.0
                                          CHPR RO1,1
                                                         TMPR.
                                          AMEM 1
                                                         DMEM 1
                                          CRVL 1.-5
                                                         PARA
                                          CRCT 2
                                          SUBT
                                          CREN 1.1
                                          CHPR R01,1
                                          SOMA
                                          ARMZ 1.-6
```

```
f FUN RO1,1,-6,int 2{[i,v][i,r]}
  m VS 0.0.int
4 D > 4 A > 4 B > 4 B >
```

Execução

- Como não há novidades com relação à execução, não será apresentada uma execução detalhado do programa traduzido.
- Como não há novidades com relação à execução, não será apresentada uma execução detalhado do programa traduzido.
- Exercício: simule a execução na MEPA



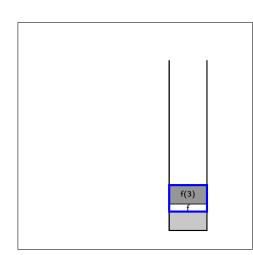
Execução

- Como não há novidades com relação à execução, não será apresentada uma execução detalhado do programa traduzido.
- Como não há novidades com relação à execução, não será apresentada uma execução detalhado do programa traduzido.
- Exercício: simule a execução na MEPA
- Será apresentado o funcionamento do trecho de código abaixo:

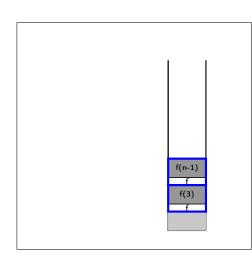
```
function f (n:integer):integer:
  begin
     f := f(n-1) + f(n-2):
  end:
x := f(3):
```



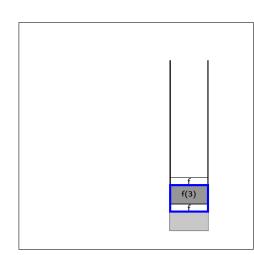
```
function f (n:integer):integer;
  begin
     f := f(n-1) + f(n-2);
  end;
x := f(3);
```



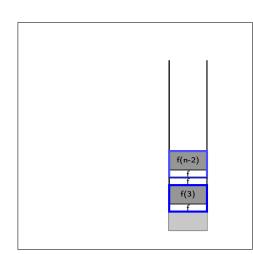
```
function f (n:integer):integer;
  begin
     f := f(n-1) + f(n-2);
  end;
x := f(3);
```



```
function f (n:integer):integer;
  begin
     f := f(n-1)+f(n-2);
  end;
x := f(3);
```

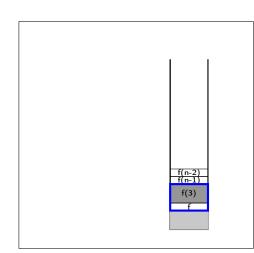


```
function f (n:integer):integer;
  begin
     f := f(n-1) + f(n-2);
  end;
x := f(3);
```

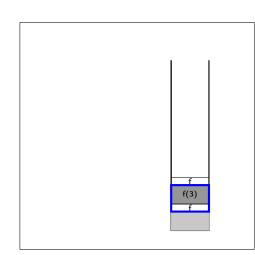


Execução

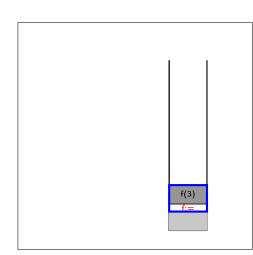
```
function f (n:integer):integer;
  begin
     f := f(n-1) + f(n-2);
  end;
x := f(3);
```



```
function f (n:integer):integer;
  begin
     f := f(n-1) + f(n-2);
  end;
x := f(3);
```



```
function f (n:integer):integer;
  begin
     f := f(n-1) + f(n-2);
  end;
x := f(3);
```



Projeto

- Inclua funções no compilador. Algumas observações:
 - Na tabela de símbolos, a categoria função deve conter tanto as informações de variável (como tipo e end. léxico) quanto de procedimento (rótulo de entrada, parâmetros).
 - O endereço léxico da função é k, (-4 + n), onde n é o número de parâmetros.

• Página para anotações

Licença

- Slides desenvolvidos somente com software livre:
 - LATEX usando beamer;
 - Inkscape.
- Licença:
 - Creative Commons Atribuição-Uso Não-Comercial-Vedada a Criação de Obras Derivadas 2.5 Brasil License. http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/br/