

MC-202

Operações em listas e variações

Lehilton Pedrosa
lehilton@ic.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas

Segundo semestre de 2024

Operações em lista ligada

Vamos ver três novas operações para listas ligadas

```
1 typedef struct no *p_no;
2
3 struct no {
4     int dado;
5     p_no prox;
6 };
7
8 p_no criar_lista();
9 void destruir_lista(p_no lista);
10 p_no adicionar_elemento(p_no lista, int x);
11 void imprime(p_no lista);
12
13 p_no copiar_lista(p_no lista);
14 p_no inverter_lista(p_no lista);
15 p_no concatenar_lista(p_no primeira, p_no segunda);
```

Copiando

Versão recursiva:

```
1 p_no copiar_lista(p_no lista) {
2     p_no novo;
3     if (lista == NULL)
4         return NULL;
5     novo = malloc(sizeof(struct no));
6     novo->dado = lista->dado;
7     novo->prox = copiar_lista(lista->prox);
8     return novo;
9 }
```

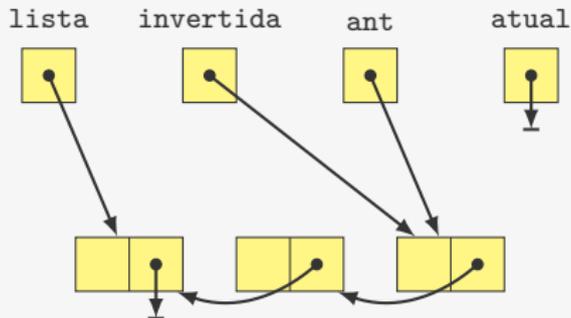
Exercício: implemente uma versão iterativa da função

Solução

```
1 p_no copiar_lista(p_no lista) {
2     p_no nova_lista = NULL, ultimo = NULL;
3     for (p_no p = lista; p != NULL; p = p->prox) {
4         p_no novo_no = malloc(sizeof(No));
5         novo_no->dado = p->dado;
6         novo_no->prox = NULL;
7         if (nova_lista == NULL)
8             nova_lista = novo_no;
9         else
10            ultimo->prox = novo_no;
11        ultimo = novo_no;
12    }
13    return nova_lista;
14 }
```

Invertendo

```
1 p_no inverter_lista(p_no lista) {
2   p_no atual, ant, invertida = NULL;
3   atual = lista;
4   while (atual != NULL) {
5     ant = atual;
6     atual = ant->prox;
7     ant->prox = invertida;
8     invertida = ant;
9   }
10  return invertida;
11 }
```



Exercício: implemente uma versão recursiva da função

Solução

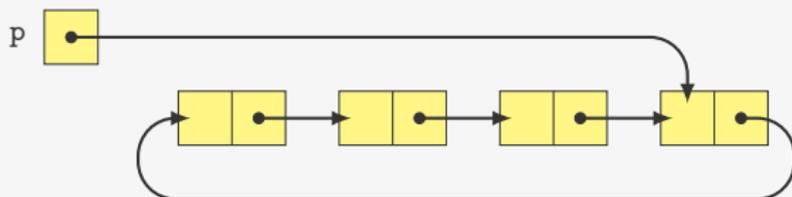
```
1 p_no inverter_lista(p_no lista) {
2     if (lista == NULL || lista->prox == NULL)
3         return lista;
4     p_no inicio = inverte(lista->prox);
5     lista->prox->prox = lista;
6     lista->prox = NULL;
7     return inicio;
8 }
```

Concatenando

```
1 p_no concatenar_lista(p_no primeira, p_no segunda) {
2     if (primeira == NULL)
3         return segunda;
4     primeira->prox = concatenar_lista(primeira->prox, segunda);
5     return primeira;
6 }
```

Variações — Listas circulares

Lista circular:



Lista circular **vazia**:

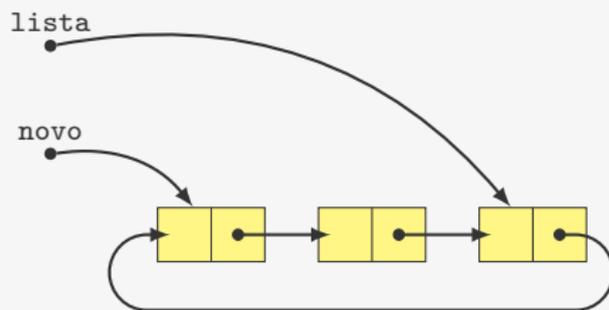


Exemplos de aplicações:

- Execução de processos no sistema operacional
- Controlar de quem é a vez em um jogo de tabuleiro

Inserindo em lista circular

```
1 p_no inserir_circular(p_no lista, int x) {
2   p_no novo;
3   novo = malloc(sizeof(struct no));
4   novo->dado = x;
5   if (lista == NULL) {
6     novo->prox = novo;
7     lista = novo;
8   } else {
9     novo->prox = lista->prox;
10    lista->prox = novo;
11  }
12  return lista;
13 }
```

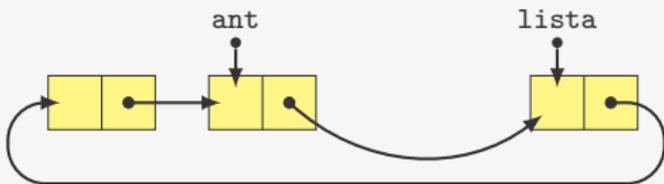


Observações:

- A lista sempre aponta para o último elemento
 - O dado do primeiro nó elemento é `lista->prox->dado`
 - O dado do último nó elemento é `lista->dado`
 - Para inserir no final, basta devolver `novo` ao invés de `lista`

Removendo de lista circular

```
1 p_no remover_circular(p_no lista, p_no no) {
2   p_no ant;
3   if (no->prox == no) {
4     free(no);
5     return NULL;
6   }
7   for(ant = no->prox; ant->prox != no; ant = ant->prox);
8   ant->prox = no->prox;
9   if (lista == no)
10    lista = ant;
11  free(no);
12  return lista;
13 }
```



Tempo: $O(n)$

- tempo constante se soubermos o nó anterior
- e.g., para remover o primeiro da lista

Percorrendo uma lista circular

```
1 void imprimir_lista_circular(p_no lista) {
2     p_no p;
3     p = lista->prox;
4     do {
5         printf("%d\n", p->dado);
6         p = p->prox;
7     } while (p != lista->prox);
8 }
```

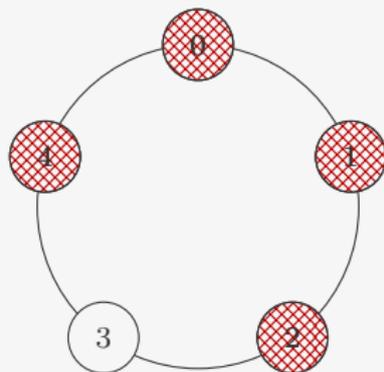
- E se tivéssemos usado `while` ao invés de `do ... while`?
- Essa função pode ser usada com lista vazia?
 - Como corrigir isso?

Exercício — Problema de Josephus

Vamos eleger um líder entre N pessoas

- Começamos a contar da primeira pessoa
- Contamos M pessoas
- Eliminamos $(M + 1)$ -ésima pessoa
- Continuamos da próxima pessoa
- Ciclamos quando chegamos ao final

Exemplo: $N = 5$ e $M = 2$



Solução

```
1 int main() {
2     p_no lista, temp;
3     int i, N = 5, M = 2;
4     lista = criar_lista_circular();
5     for (i = 0; i < N; i++)
6         lista = inserir_fim_circular(lista, i);
7     while (lista != lista->prox) {
8         for (i = 1; i <= M; i++)
9             lista = lista->prox;
10        temp = lista->prox;
11        lista->prox = lista->prox->prox;
12        free(temp);
13    }
14    printf("%d\n", lista->dado);
15    return 0;
16 }
```

Revistando a Inserção

O código para inserir em uma lista circular não está bom

```
1 p_no inserir_circular(p_no lista, int x) {
2   p_no novo;
3   novo = malloc(sizeof(struct no));
4   novo->dado = x;
5   if (lista == NULL) {
6     novo->prox = novo;
7     lista = novo;
8   } else {
9     novo->prox = lista->prox;
10    lista->prox = novo;
11  }
12  return lista;
13 }
```

Precisa lidar com dois casos

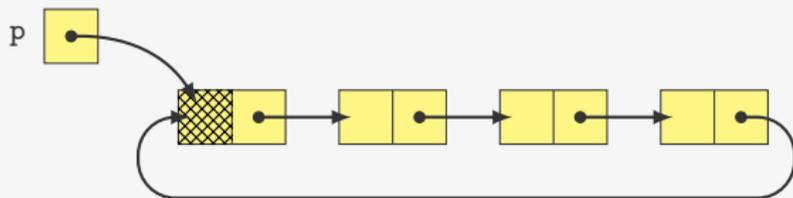
- Lista vazia ou não vazia
- A remoção sofre com o mesmo problema

O ponteiro de acesso da lista muda

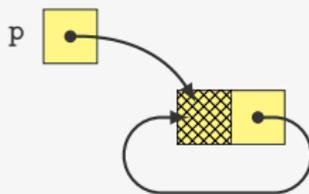
- Quando removemos o nó na última posição
- Quando removemos todos os nós

Listas circulares com cabeça

Lista circular com cabeça:



Lista circular **vazia**:



Diferenças para a versão sem cabeça:

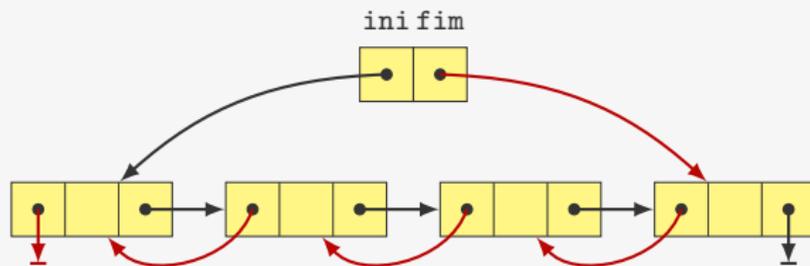
- lista sempre aponta para o nó *dummy*
- código de inserção e de remoção mais simples
- ao percorrer, temos que **ignorar a cabeça**

Inserção e remoção simplificadas

```
1 p_no inserir_circular(p_no lista, int x) {
2     p_no novo;
3     novo = malloc(sizeof(struct no));
4     novo->dado = x;
5     novo->prox = lista->prox;
6     lista->prox = novo;
7     return lista;
8 }
```

```
1 p_no remover_circular(p_no lista, p_no no) {
2     p_no ant;
3     for(ant = no->prox; ant->prox != no; ant = ant->prox);
4     ant->prox = no->prox;
5     free(no);
6     return lista;
7 }
```

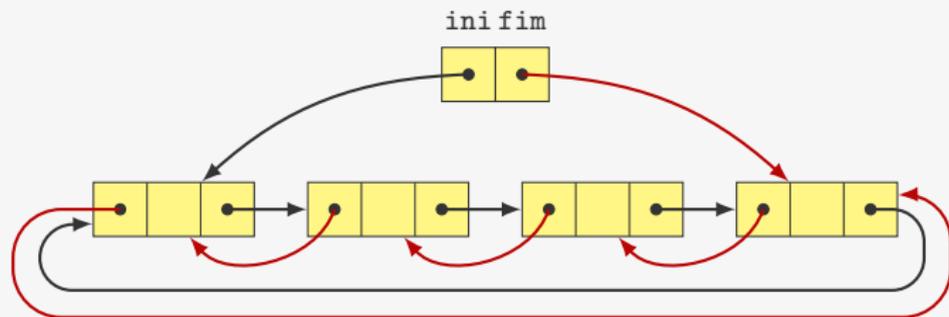
Variações — Duplamente ligada



Exemplos:

- Operações desfazer/refazer em software
- Player de música (música anterior e próxima música)

Variações — Lista dupla circular



Permite inserção e remoção em $O(1)$

- Variável **fim** é opcional (`fim == ini->ant`)

Podemos ter uma lista dupla circular com cabeça também...

Exercício

Implemente a operação *inserir elemento* de uma lista duplamente ligada.

Solução

```
1 p_no insere(p_no lista, int dado) {
2     p_no novo_no = malloc(sizeof(No));
3     novo_no->dado = dado;
4     novo_no->ant = NULL;
5     novo_no->prox = lista;
6     if (lista != NULL)
7         lista->ant = novo_no;
8     return novo_no;
9 }
```

Exercício

Escreva uma função que devolve a concatenação de duas listas circulares dadas. Sua função pode destruir a estrutura das listas dadas.

Solução

```
1 p_no concatena(p_no lista1, p_no lista2) {
2   p_no p = lista1;
3   while (p->prox != lista1)
4     p = p->prox;
5   p->prox = lista2;
6   p = lista2;
7   while (p->prox != lista2)
8     p = p->prox;
9   p->prox = lista1;
10  return lista1;
11 }
```

Exercício

Represente polinômios utilizando listas ligadas e apresente uma função que soma dois polinômios.

Solução

```
1 typedef struct no {
2     int expoente;
3     double coeficiente;
4     p_no prox;
5 } No;
6
7 typedef No *p_no;
8
9 // Supoe que os polinomios estao ordenados em ordem decrescente de expoente, sem
10 // repetição de expoentes
11 p_no soma(p_no polinomio1, p_no polinomio2) {
12     if (polinomio1 == NULL)
13         return polinomio2;
14     if (polinomio2 == NULL)
15         return polinomio1;
16     p_no novo = malloc(sizeof(No));
17     if (polinomio1->expoente > polinomio2->expoente) {
18         novo->expoente = polinomio1->expoente;
19         novo->coeficiente = polinomio1->coeficiente;
20         novo->prox = soma(polinomio1->prox, polinomio2);
21         return novo;
22     }
23     if (polinomio1->expoente < polinomio2->expoente) {
24         novo->expoente = polinomio2->expoente;
25         novo->coeficiente = polinomio2->coeficiente;
26         novo->prox = soma(polinomio1, polinomio2->prox);
27         return novo;
28     }
29     novo->expoente = polinomio1->expoente;
30     novo->coeficiente = polinomio1->coeficiente + polinomio2->coeficiente;
31     novo->prox = soma(polinomio1->prox, polinomio2->prox);
32     return novo;
33 }
```

Dúvidas?