Listas lineares

Aula 16

Diego Padilha Rubert

Faculdade de Computação
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Algoritmos e Programação II

Conteúdo da aula

Introdução

- as próximas estruturas de dados que aprendemos depois de listas de prioridades
- diversas aplicações importantes para organização de informações na memória tais como representações alternativas para expressões aritméticas, armazenamento de argumentos de funções, compartilhamento de espaço de memória

Introdução

- as próximas estruturas de dados que aprendemos depois de listas de prioridades
- diversas aplicações importantes para organização de informações na memória tais como representações alternativas para expressões aritméticas, armazenamento de argumentos de funções, compartilhamento de espaço de memória

Definição

- uma lista linear é uma estrutura de dados que armazena um conjunto de informações que são relacionadas entre si
- relação se expressa apenas pela ordem relativa entre os elementos
- nomes e telefones de uma agenda telefônica, as informações bancárias dos funcionários de uma empresa, as informações sobre processos em execução pelo sistema operacional, etc
- cada informação contida na lista é um registro contendo os dados relacionados, chamados de célula
- usamos um desses dados como uma chave para realizar diversas operações sobre essa lista
- dados que acompanham a chave são irrelevantes e participam apenas das movimentações das células, podemos imaginar então que uma lista linear é composta apenas pelas chaves das células e que as chaves são representadas por números inteiros

Definição

- uma lista linear é uma estrutura de dados que armazena um conjunto de informações que são relacionadas entre si
- relação se expressa apenas pela ordem relativa entre os elementos
- nomes e telefones de uma agenda telefônica, as informações bancárias dos funcionários de uma empresa, as informações sobre processos em execução pelo sistema operacional, etc
- cada informação contida na lista é um registro contendo os dados relacionados, chamados de célula
- usamos um desses dados como uma chave para realizar diversas operações sobre essa lista
- dados que acompanham a chave são irrelevantes e participam apenas das movimentações das células, podemos imaginar então que uma lista linear é composta apenas pelas chaves das células e que as chaves são representadas por números inteiros

Definição

- uma lista linear é uma estrutura de dados que armazena um conjunto de informações que são relacionadas entre si
- relação se expressa apenas pela ordem relativa entre os elementos
- nomes e telefones de uma agenda telefônica, as informações bancárias dos funcionários de uma empresa, as informações sobre processos em execução pelo sistema operacional, etc
- cada informação contida na lista é um registro contendo os dados relacionados, chamados de célula
- usamos um desses dados como uma chave para realizar diversas operações sobre essa lista
- dados que acompanham a chave são irrelevantes e participam apenas das movimentações das células, podemos imaginar então que uma lista linear é composta apenas pelas chaves das células e que as chaves são representadas por números inteiros

Definição

- uma lista linear é uma estrutura de dados que armazena um conjunto de informações que são relacionadas entre si
- relação se expressa apenas pela ordem relativa entre os elementos
- nomes e telefones de uma agenda telefônica, as informações bancárias dos funcionários de uma empresa, as informações sobre processos em execução pelo sistema operacional, etc
- cada informação contida na lista é um registro contendo os dados relacionados, chamados de célula
- usamos um desses dados como uma chave para realizar diversas operações sobre essa lista
- dados que acompanham a chave são irrelevantes e participam apenas das movimentações das células, podemos imaginar então que uma lista linear é composta apenas pelas chaves das células e que as chaves são representadas por números inteiros

Definição

- uma lista linear é uma estrutura de dados que armazena um conjunto de informações que são relacionadas entre si
- relação se expressa apenas pela ordem relativa entre os elementos
- nomes e telefones de uma agenda telefônica, as informações bancárias dos funcionários de uma empresa, as informações sobre processos em execução pelo sistema operacional, etc
- cada informação contida na lista é um registro contendo os dados relacionados, chamados de célula
- usamos um desses dados como uma chave para realizar diversas operações sobre essa lista
- dados que acompanham a chave são irrelevantes e participam apenas das movimentações das células, podemos imaginar então que uma lista linear é composta apenas pelas chaves das células e que as chaves são representadas por números inteiros

Definição

- uma lista linear é uma estrutura de dados que armazena um conjunto de informações que são relacionadas entre si
- relação se expressa apenas pela ordem relativa entre os elementos
- nomes e telefones de uma agenda telefônica, as informações bancárias dos funcionários de uma empresa, as informações sobre processos em execução pelo sistema operacional, etc
- cada informação contida na lista é um registro contendo os dados relacionados, chamados de célula
- usamos um desses dados como uma chave para realizar diversas operações sobre essa lista
- dados que acompanham a chave são irrelevantes e participam apenas das movimentações das células, podemos imaginar então que uma lista linear é composta apenas pelas chaves das células e que as chaves são representadas por números inteiros

Definição

- uma **lista linear** é um conjunto de $n \geqslant 0$ células $c_1, c_2, \ldots, c_n$ determinada pela ordem relativa desses elementos:
  - (*i*) se $n > 0$ então c_1 é a primeira célula;
  - (*ii*) a célula c_i é precedida pela célula c_{i-1}, para todo i, $1 < i \leqslant n$.
- as operações básicas sobre uma lista linear são as seguintes:
  - busca;
  - inclusão; e
  - remoção.
- dependendo da aplicação, muitas outras operações também podem ser realizadas sobre essa estrutura

Definição

- uma **lista linear** é um conjunto de $n \geqslant 0$ células $c_1, c_2, \ldots, c_n$ determinada pela ordem relativa desses elementos:
  - (*i*) se $n > 0$ então c_1 é a primeira célula;
  - (*ii*) a célula c_i é precedida pela célula c_{i-1}, para todo i, $1 < i \leqslant n$.
- as operações básicas sobre uma lista linear são as seguintes:
  - busca;
  - inclusão; e
  - remoção.
- dependendo da aplicação, muitas outras operações também podem ser realizadas sobre essa estrutura

Definição

- uma **lista linear** é um conjunto de $n \geqslant 0$ células $c_1, c_2, \ldots, c_n$ determinada pela ordem relativa desses elementos:
  - (*i*) se $n > 0$ então c_1 é a primeira célula;
  - (*ii*) a célula c_i é precedida pela célula c_{i-1}, para todo i, $1 < i \leqslant n$.
- as operações básicas sobre uma lista linear são as seguintes:
  - busca;
  - inclusão; e
  - remoção.
- dependendo da aplicação, muitas outras operações também podem ser realizadas sobre essa estrutura

Definição

- listas lineares podem ser armazenadas na memória de duas maneiras distintas:
  - alocação estática ou sequencial: os elementos são armazenados em posições consecutivas de memória, com uso da vetores;
  - alocação dinâmica ou encadeada: os elementos podem ser armazenados em posições não consecutivas de memória, com uso de ponteiros
- o problema que queremos resolver é que define o tipo de armazenamento a ser usado, dependendo das operações sobre a lista, do número de listas envolvidas e das características particulares das listas
- já vimos as operações básicas sobre uma lista linear em alocação sequencial

Definição

- listas lineares podem ser armazenadas na memória de duas maneiras distintas:
  - alocação estática ou sequencial: os elementos são armazenados em posições consecutivas de memória, com uso da vetores;
  - alocação dinâmica ou encadeada: os elementos podem ser armazenados em posições não consecutivas de memória, com uso de ponteiros
- o problema que queremos resolver é que define o tipo de armazenamento a ser usado, dependendo das operações sobre a lista, do número de listas envolvidas e das características particulares das listas
- já vimos as operações básicas sobre uma lista linear em alocação sequencial

Definição

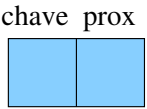
- listas lineares podem ser armazenadas na memória de duas maneiras distintas:
  - alocação estática ou sequencial: os elementos são armazenados em posições consecutivas de memória, com uso da vetores;
  - alocação dinâmica ou encadeada: os elementos podem ser armazenados em posições não consecutivas de memória, com uso de ponteiros
- o problema que queremos resolver é que define o tipo de armazenamento a ser usado, dependendo das operações sobre a lista, do número de listas envolvidas e das características particulares das listas
- já vimos as operações básicas sobre uma lista linear em alocação sequencial

Definição

- listas lineares podem ser armazenadas na memória de duas maneiras distintas:
  - alocação estática ou sequencial: os elementos são armazenados em posições consecutivas de memória, com uso da vetores;
  - alocação dinâmica ou encadeada: os elementos podem ser armazenados em posições não consecutivas de memória, com uso de ponteiros
- o problema que queremos resolver é que define o tipo de armazenamento a ser usado, dependendo das operações sobre a lista, do número de listas envolvidas e das características particulares das listas
- já vimos as operações básicas sobre uma lista linear em alocação sequencial

Definição

- as células de uma lista linear em alocação encadeada encontram-se dispostas em posições aleatórias da memória e são ligadas por ponteiros que indicam a posição da próxima célula da lista
- um campo é acrescentado a cada célula da lista indicando o endereço do próximo elemento da lista



Definição

- definição de uma célula de uma lista linear encadeada:

```
struct cel {
   int chave;
   struct cel *prox;
};
```

- definir um novo tipo de dados para as células de uma lista linear em alocação encadeada:

```
typedef struct cel celula;
```

- uma célula `c` e um ponteiro `p` para uma célula podem ser declarados da seguinte forma:

```
celula c;
celula *p;
```

Definição

- definição de uma célula de uma lista linear encadeada:

```
struct cel {
   int chave;
   struct cel *prox;
};
```

- definir um novo tipo de dados para as células de uma lista linear em alocação encadeada:

```
typedef struct cel celula;
```

- uma célula `c` e um ponteiro `p` para uma célula podem ser declarados da seguinte forma:

```
celula c;
celula *p;
```

Definição

- definição de uma célula de uma lista linear encadeada:

```
struct cel {
   int chave;
   struct cel *prox;
};
```

- definir um novo tipo de dados para as células de uma lista linear em alocação encadeada:

```
typedef struct cel celula;
```

- uma célula `c` e um ponteiro `p` para uma célula podem ser declarados da seguinte forma:

```
celula c;
celula *p;
```

Definição

- se `c` é uma célula então `c.chave` é o conteúdo da célula e `c.prox` é o endereço da célula seguinte
- se `p` é o endereço de uma célula então `p->chave` é o conteúdo da célula apontada por `p` e `p->prox` é o endereço da célula seguinte
- Se `p` é o endereço da última célula da lista então `p->prox` vale `NULL`

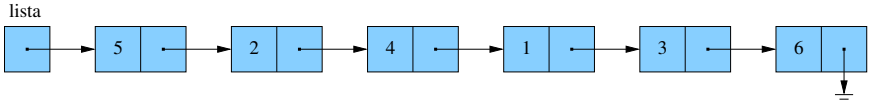
Definição

- se `c` é uma célula então `c.chave` é o conteúdo da célula e `c.prox` é o endereço da célula seguinte
- se `p` é o endereço de uma célula então `p->chave` é o conteúdo da célula apontada por `p` e `p->prox` é o endereço da célula seguinte
- Se `p` é o endereço da última célula da lista então `p->prox` vale `NULL`

Definição

- se `c` é uma célula então `c.chave` é o conteúdo da célula e `c.prox` é o endereço da célula seguinte
- se `p` é o endereço de uma célula então `p->chave` é o conteúdo da célula apontada por `p` e `p->prox` é o endereço da célula seguinte
- Se `p` é o endereço da última célula da lista então `p->prox` vale `NULL`

Definição



Definição

- o endereço de uma lista encadeada é o endereço de sua primeira célula
- se `p` é o endereço de uma lista, podemos dizer que "`p` é uma lista" ou ainda "considere a lista `p`"
- quando dizemos "`p` é uma lista", queremos dizer que "`p` é o endereço da primeira célula de uma lista"

Definição

- o endereço de uma lista encadeada é o endereço de sua primeira célula
- se `p` é o endereço de uma lista, podemos dizer que "`p` é uma lista" ou ainda "considere a lista `p`"
- quando dizemos "`p` é uma lista", queremos dizer que "`p` é o endereço da primeira célula de uma lista"

Definição

- o endereço de uma lista encadeada é o endereço de sua primeira célula
- se `p` é o endereço de uma lista, podemos dizer que "`p` é uma lista" ou ainda "considere a lista `p`"
- quando dizemos "`p` é uma lista", queremos dizer que "`p` é o endereço da primeira célula de uma lista"

Definição

- uma lista linear pode ser vista de duas maneiras diferentes, dependendo do papel que sua primeira célula representa
- em uma lista linear **com cabeça**, a primeira célula serve apenas para marcar o início da lista e portanto o seu conteúdo é irrelevante; a primeira célula é a **cabeça** da lista
- em uma lista linear **sem cabeça** o conteúdo da primeira célula é tão relevante quanto o das demais

Definição

- uma lista linear pode ser vista de duas maneiras diferentes, dependendo do papel que sua primeira célula representa
- em uma lista linear **com cabeça**, a primeira célula serve apenas para marcar o início da lista e portanto o seu conteúdo é irrelevante; a primeira célula é a **cabeça** da lista
- em uma lista linear **sem cabeça** o conteúdo da primeira célula é tão relevante quanto o das demais

Definição

- uma lista linear pode ser vista de duas maneiras diferentes, dependendo do papel que sua primeira célula representa
- em uma lista linear **com cabeça**, a primeira célula serve apenas para marcar o início da lista e portanto o seu conteúdo é irrelevante; a primeira célula é a **cabeça** da lista
- em uma lista linear **sem cabeça** o conteúdo da primeira célula é tão relevante quanto o das demais

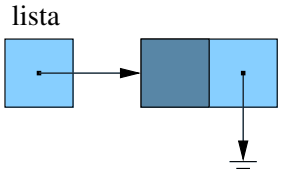
Definição

- uma lista linear está vazia se não tem célula alguma
- para criar uma lista vazia `lista` com cabeça, basta escrever as seguintes sentenças:

```
celula c, *lista;
c.prox = NULL;
lista = &c;
```

ou ainda

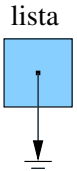
```
celula *lista;
lista = (celula *) malloc(sizeof (celula));
lista->prox = NULL;
```



Definição

- para criar uma lista vazia `lista` sem cabeça, basta escrever as seguintes sentenças:

```
celula *lista;
lista = NULL;
```



- listas lineares com cabeça são mais fáceis de manipular do que aquelas sem cabeça. No entanto, as listas com cabeça têm sempre a desvantagem de manter uma célula a mais na memória

Definição

- para imprimir o conteúdo de todas as células de uma lista linear podemos usar a seguinte função:

```
void imprime_lista(celula *lst)
{
   celula *p;

   for (p = lst; p != NULL; p = p->prox)
      printf("%d\n", p->chave);
}
```

- se `lista` é uma lista linear com cabeça, a chamada da função deve ser:

```
imprime_lista(lista->prox);
```

- se `lista` é uma lista linear sem cabeça, a chamada da função deve ser:

```
imprime_lista(lista);
```

Definição

- para imprimir o conteúdo de todas as células de uma lista linear podemos usar a seguinte função:

```
void imprime_lista(celula *lst)
{
   celula *p;

   for (p = lst; p != NULL; p = p->prox)
      printf("%d\n", p->chave);
}
```

- se `lista` é uma lista linear com cabeça, a chamada da função deve ser:

```
imprime_lista(lista->prox);
```

- se `lista` é uma lista linear sem cabeça, a chamada da função deve ser:

```
imprime_lista(lista);
```

Definição

- para imprimir o conteúdo de todas as células de uma lista linear podemos usar a seguinte função:

```
void imprime_lista(celula *lst)
{
   celula *p;

   for (p = lst; p != NULL; p = p->prox)
      printf("%d\n", p->chave);
}
```

- se `lista` é uma lista linear com cabeça, a chamada da função deve ser:

```
imprime_lista(lista->prox);
```

- se `lista` é uma lista linear sem cabeça, a chamada da função deve ser:

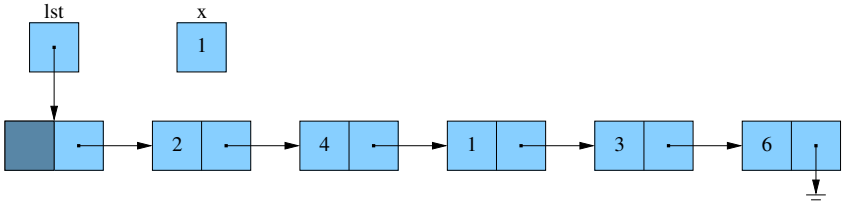
```
imprime_lista(lista);
```

Operações sobre listas lineares com cabeça

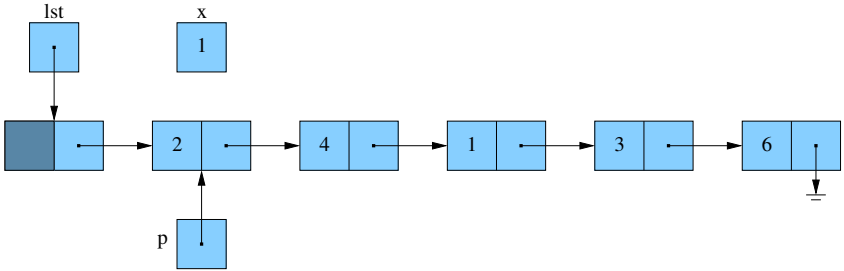
- busca não-recursiva

```
celula *busca_C(int x, celula *lst)
{
   celula *p;

   p = lst->prox;
   while (p != NULL && p->chave != x)
      p = p->prox;

   return p;
}
```

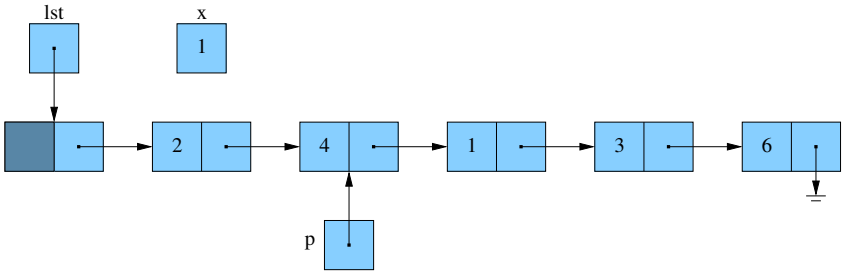
Operações sobre listas lineares com cabeça



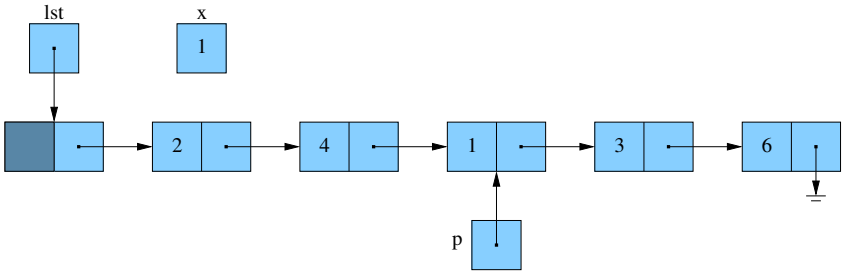
Operações sobre listas lineares com cabeça



Operações sobre listas lineares com cabeça



Operações sobre listas lineares com cabeça



Operações sobre listas lineares com cabeça

- busca recursiva

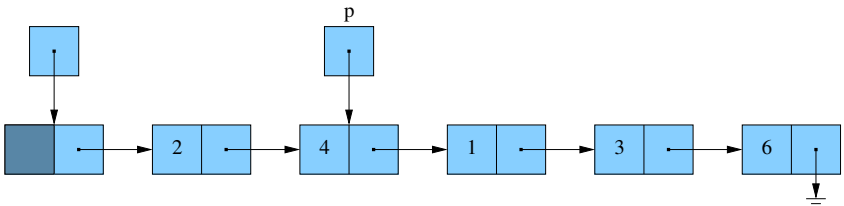
```
celula *buscaR_C(int x, celula *lst)
{
   if (lst->prox == NULL)
      return NULL;

   if (lst->prox->chave == x)
      return lst->prox;

   return buscaR_C(x, lst->prox);
}
```

Operações sobre listas lineares com cabeça

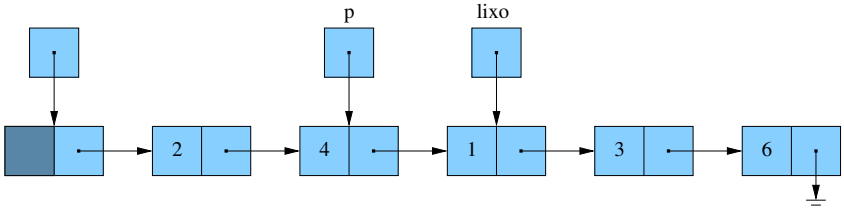
- remoção

```
void remove_C(celula *p)
{
   celula *lixo;

   lixo = p->prox;
   p->prox = lixo->prox;
   free(lixo);
}
```

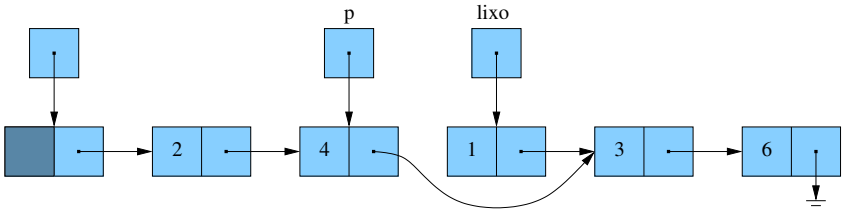
Operações sobre listas lineares com cabeça



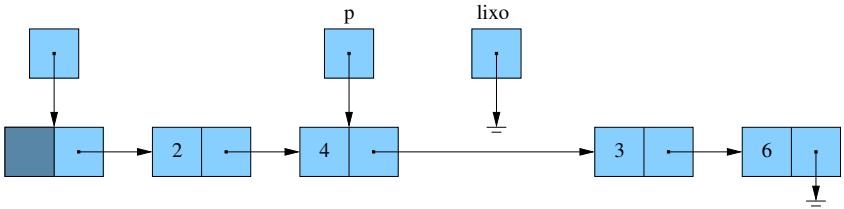
Operações sobre listas lineares com cabeça



Operações sobre listas lineares com cabeça



Operações sobre listas lineares com cabeça

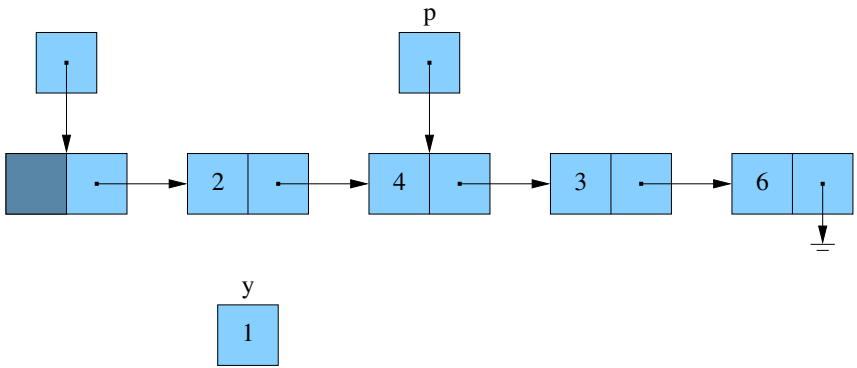


Operações sobre listas lineares com cabeça

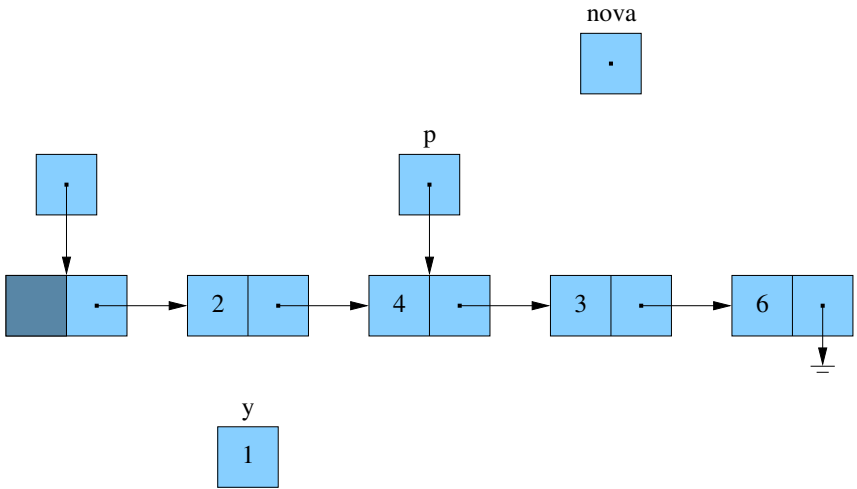
- inserção

```
void insere_C(int y, celula *p)
{
   celula *nova;

   nova = (celula *) malloc(sizeof (celula));
   nova->chave = y;
   nova->prox = p->prox;
   p->prox = nova;
}
```

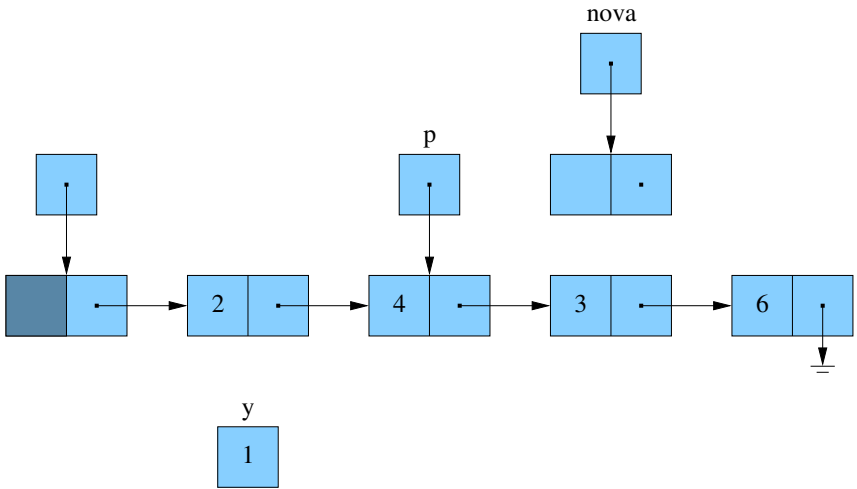
Operações sobre listas lineares com cabeça



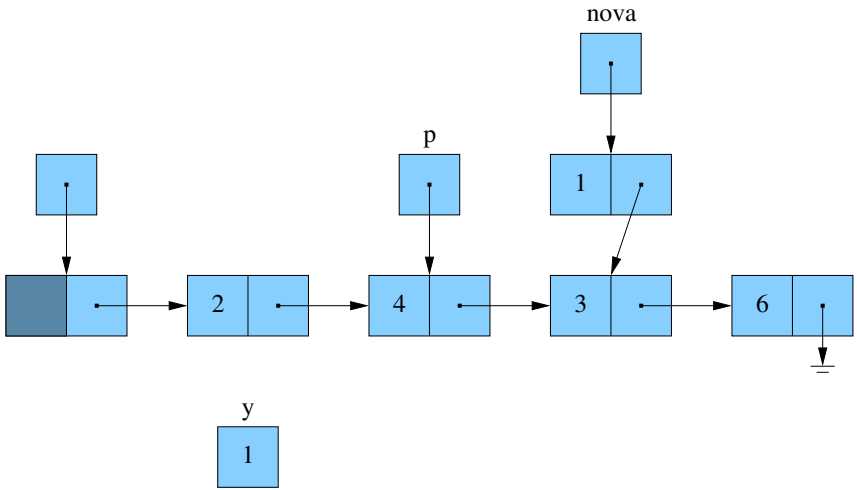
Operações sobre listas lineares com cabeça



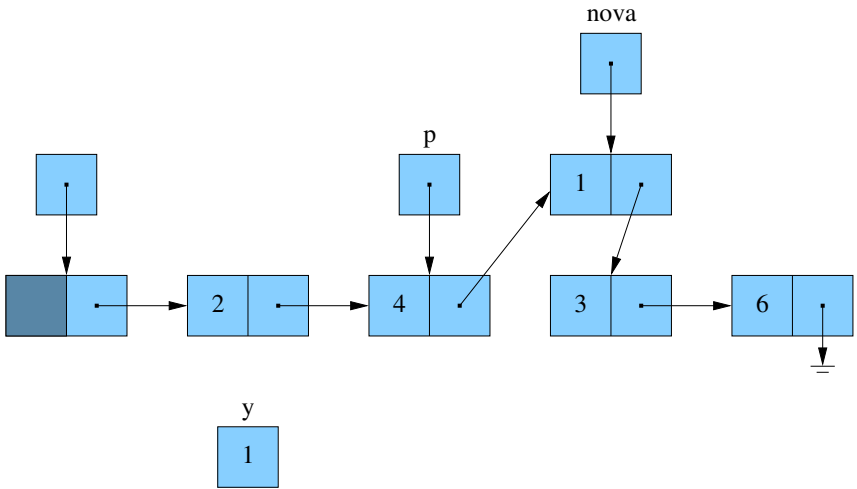
Operações sobre listas lineares com cabeça



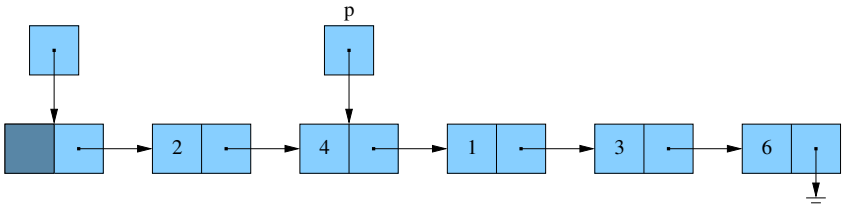
Operações sobre listas lineares com cabeça



Operações sobre listas lineares com cabeça



Operações sobre listas lineares com cabeça

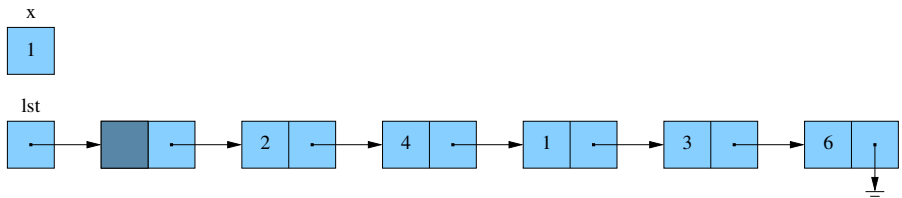


Operações sobre listas lineares com cabeça

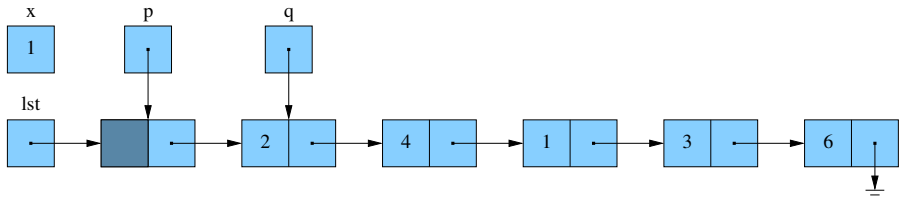
- busca seguida de remoção

```
void busca_remove_C(int x, celula *lst)
{
   celula *p, *q;

   p = lst;
   q = lst->prox;
   while (q != NULL && q->chave != x) {
      p = q;
      q = q->prox;
   }
   if (q != NULL) {
      p->prox = q->prox;
      free(q);
   }
}
```

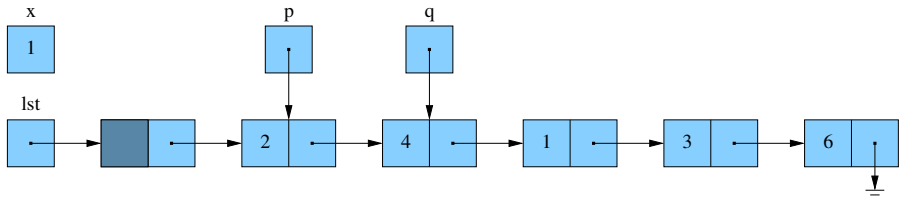
Operações sobre listas lineares com cabeça



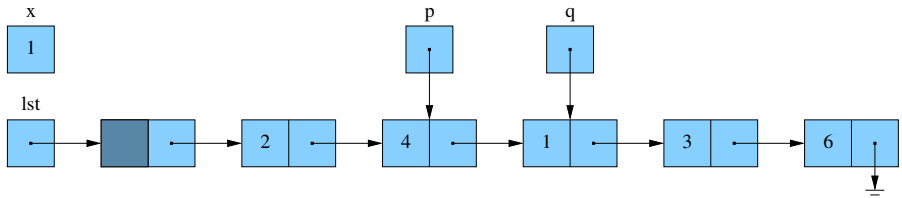
Operações sobre listas lineares com cabeça



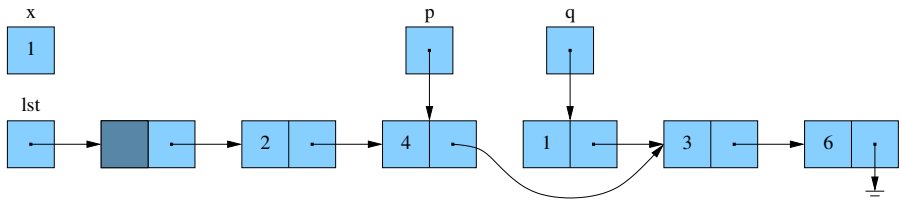
Operações sobre listas lineares com cabeça



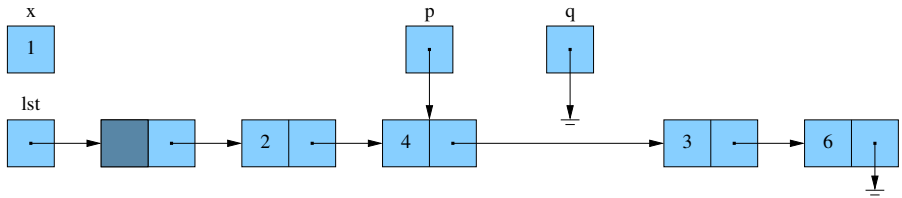
Operações sobre listas lineares com cabeça



Operações sobre listas lineares com cabeça



Operações sobre listas lineares com cabeça

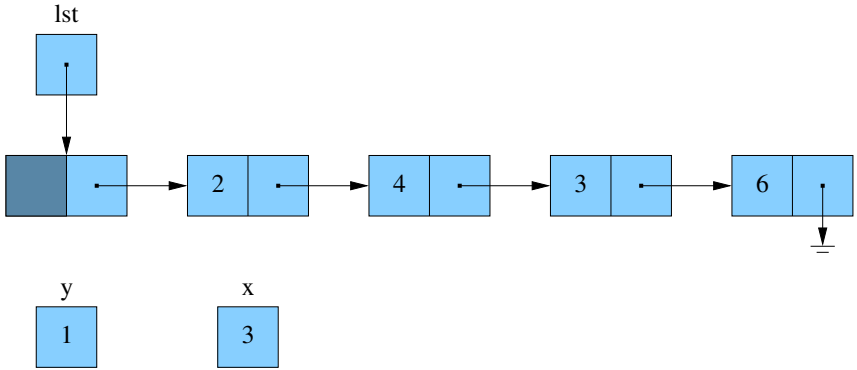


Operações sobre listas lineares com cabeça

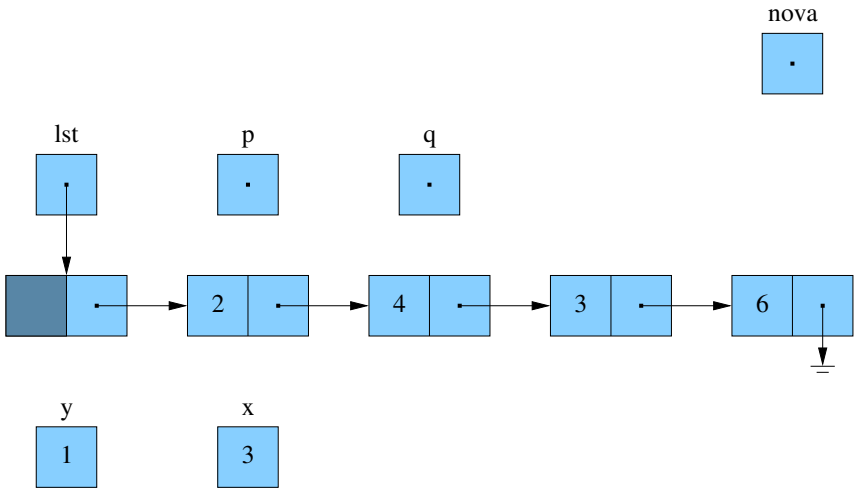
- busca seguida de inserção

```
void busca_insere_C(int y, int x, celula *lst)
{
   celula *p, *q, *nova;

   nova = (celula *) malloc(sizeof (celula));
   nova->chave = y;
   p = lst;
   q = lst->prox;
   while (q != NULL && q->chave != x) {
      p = q;
      q = q->prox;
   }
   nova->prox = q;
   p->prox = nova;
}
```

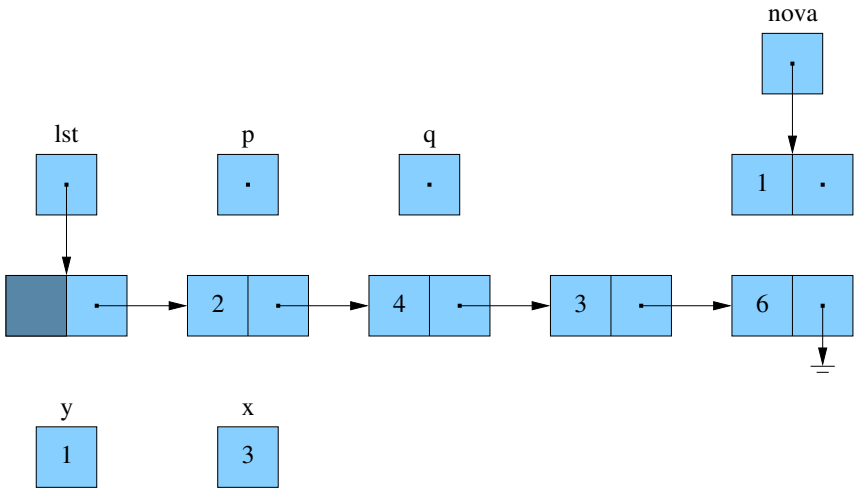
Operações sobre listas lineares com cabeça



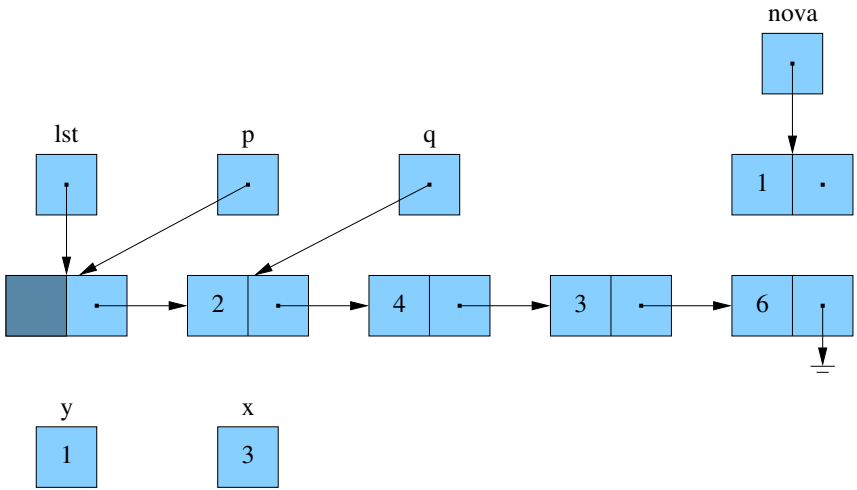
Operações sobre listas lineares com cabeça



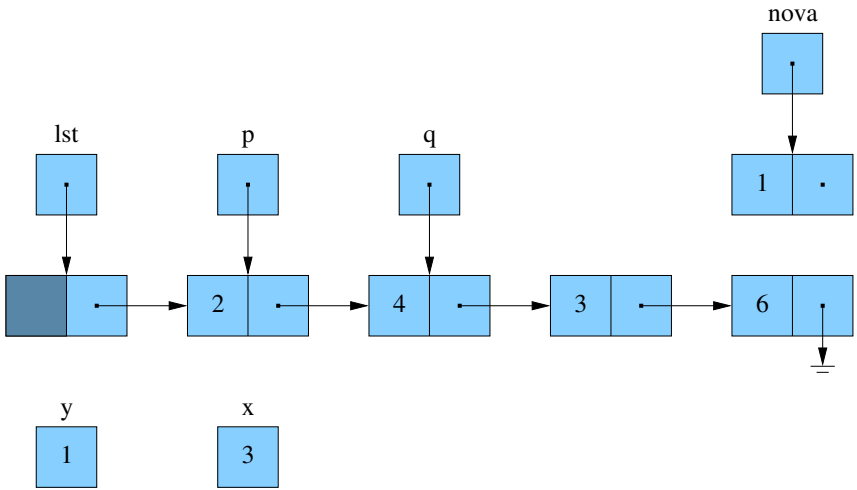
Operações sobre listas lineares com cabeça



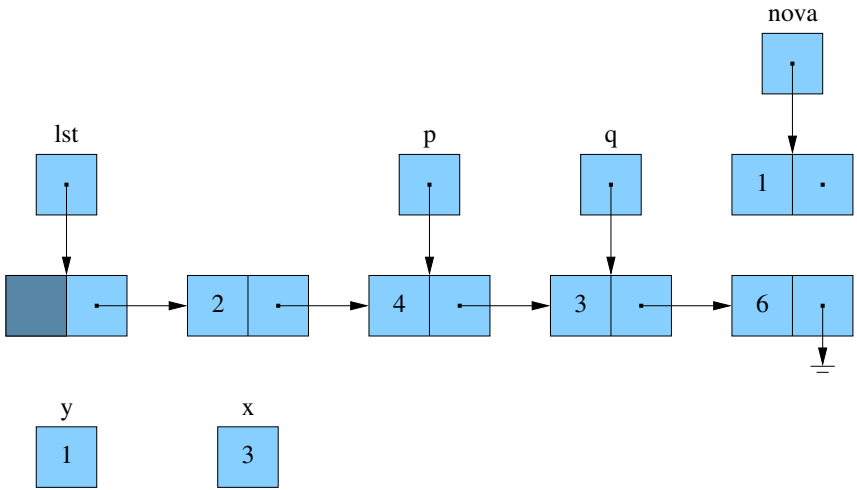
Operações sobre listas lineares com cabeça



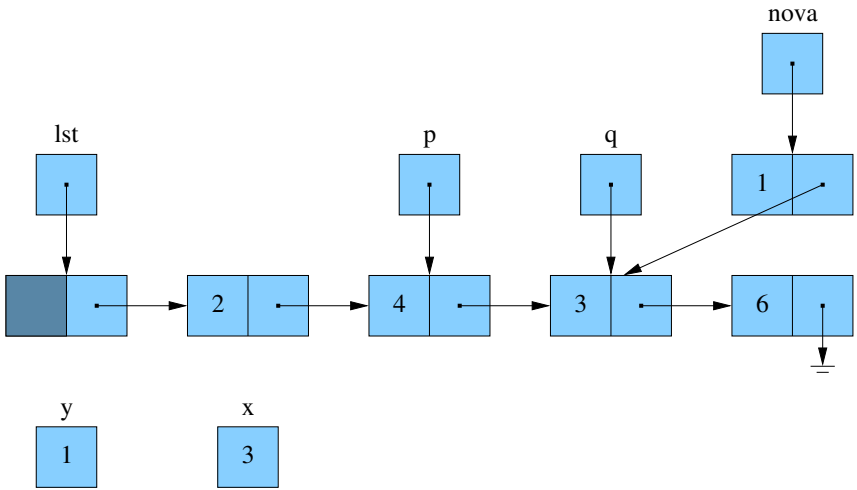
Operações sobre listas lineares com cabeça



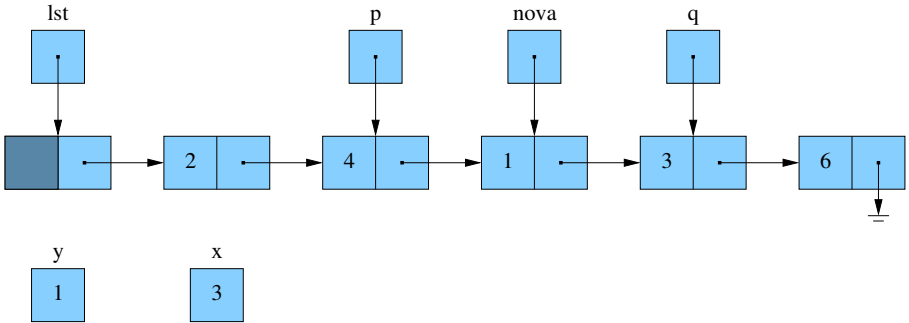
Operações sobre listas lineares com cabeça



Operações sobre listas lineares com cabeça



Operações sobre listas lineares com cabeça

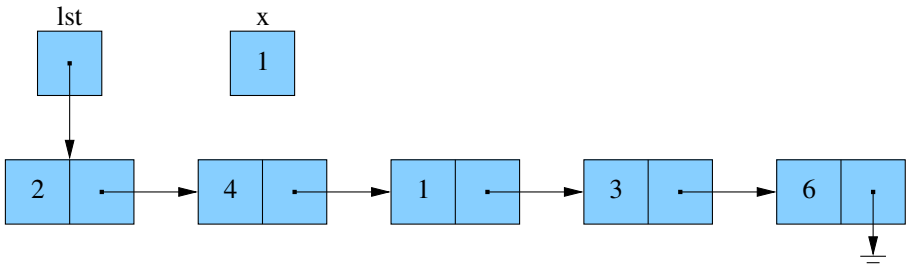


Operações sobre listas lineares sem cabeça

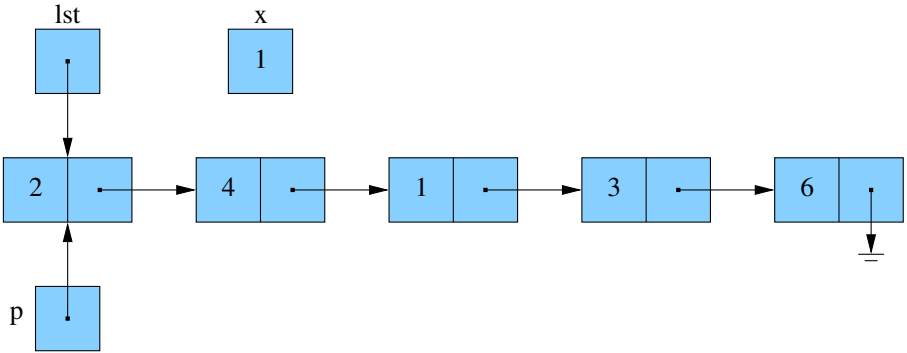
- busca não-recursiva

```
celula *busca_S(int x, celula *lst)
{
   celula *p;

   p = lst;
   while (p != NULL && p->chave != x)
      p = p->prox;

   return p;
}
```

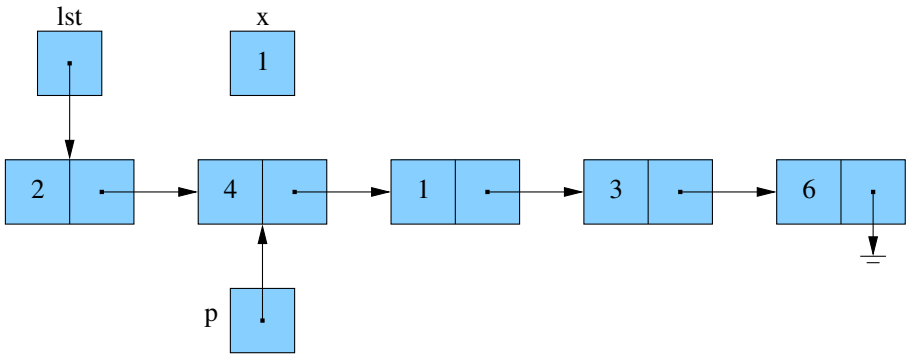
Operações sobre listas lineares sem cabeça



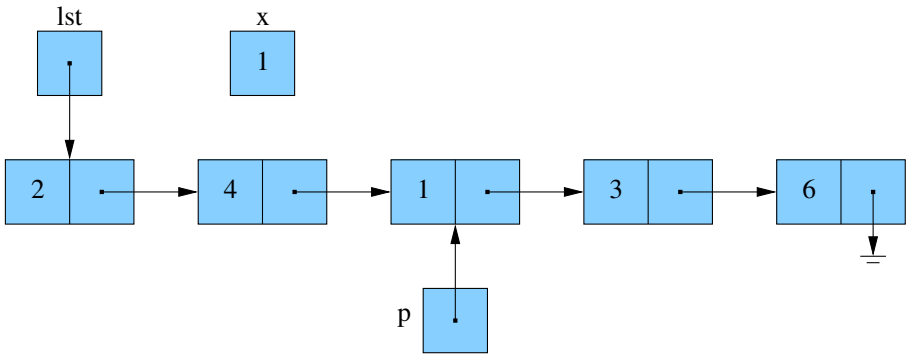
Operações sobre listas lineares sem cabeça



Operações sobre listas lineares sem cabeça



Operações sobre listas lineares sem cabeça



Operações sobre listas lineares sem cabeça

- busca recursiva

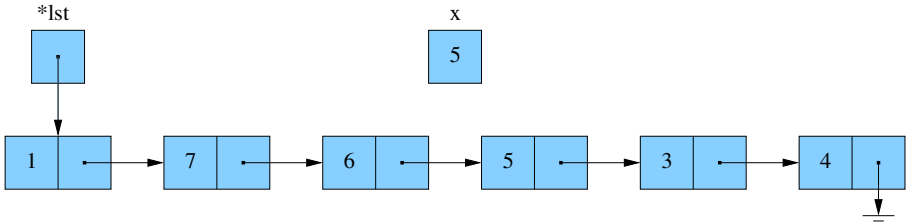
```
celula *buscaR_S(int x, celula *lst)
{
   if (lst == NULL)
      return NULL;

   if (lst->chave == x)
      return lst;

   return buscaR_S(x, lst->prox);
}
```

Operações sobre listas lineares sem cabeça

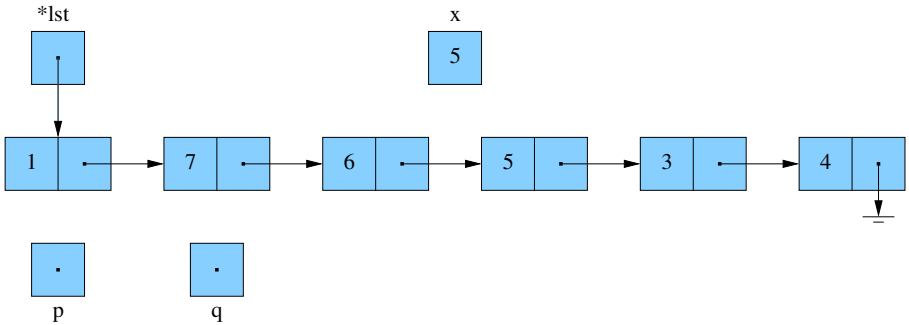
- busca seguida de remoção

```
void busca_remove_S(int x, celula **lst)
{
   celula *p, *q;

   p = NULL;
   q = *lst;
   while (q != NULL && q->chave != x) {
      p = q;
      q = q->prox;
   }
   if (q != NULL) {
      if (p != NULL)
         p->prox = q->prox;
      else
         *lst = q->prox;
      free(q);
   }
}
```

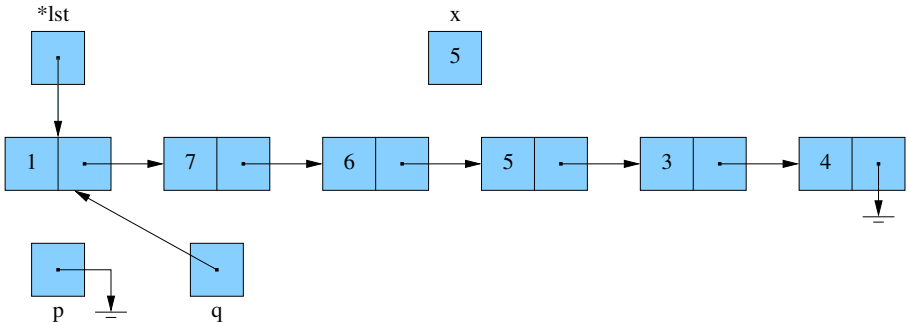
Operações sobre listas lineares sem cabeça



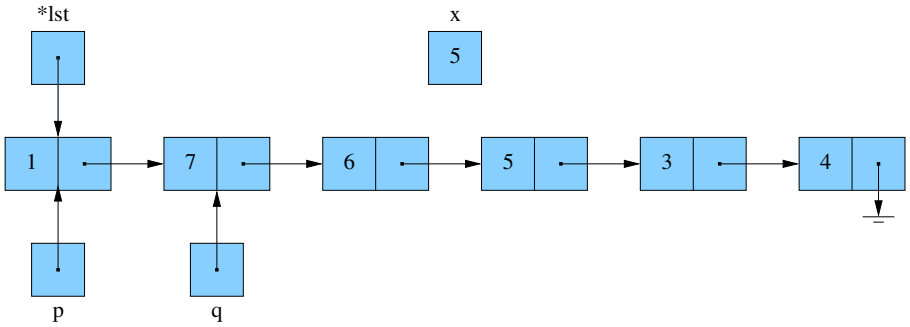
Operações sobre listas lineares sem cabeça



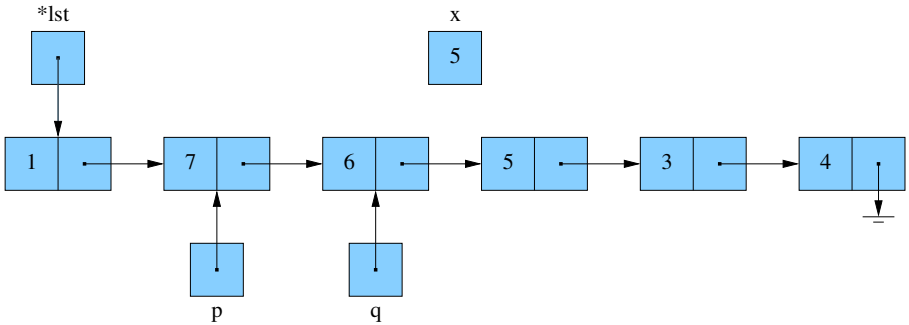
Operações sobre listas lineares sem cabeça



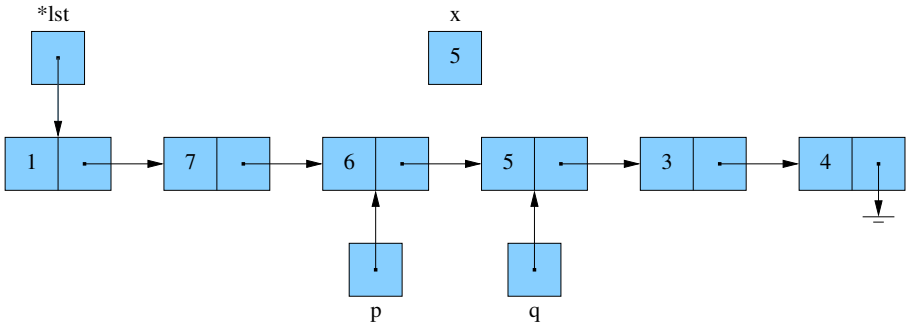
Operações sobre listas lineares sem cabeça



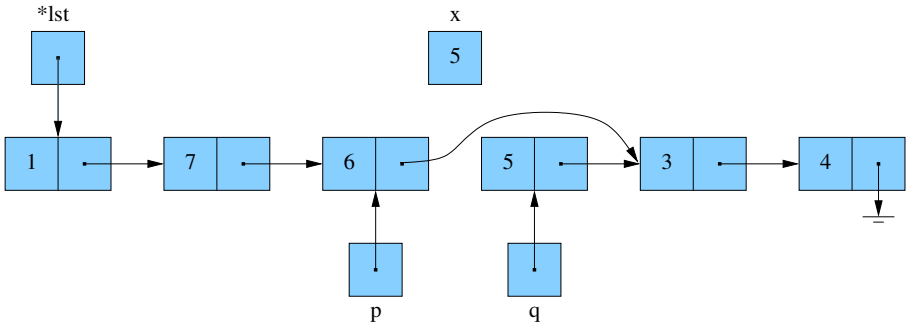
Operações sobre listas lineares sem cabeça



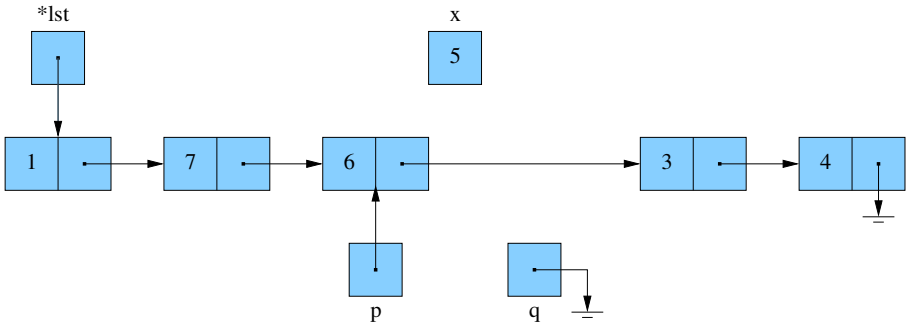
Operações sobre listas lineares sem cabeça



Operações sobre listas lineares sem cabeça



Operações sobre listas lineares sem cabeça



Operações sobre listas lineares sem cabeça

- uma chamada à função `busca_remove_S` é ilustrada abaixo, para um número inteiro `x` e uma `lista`:

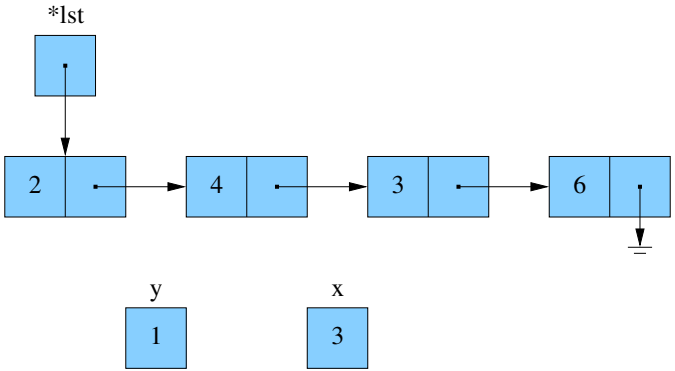
```
busca_remove_S(x, &lista);
```

Operações sobre listas lineares sem cabeça

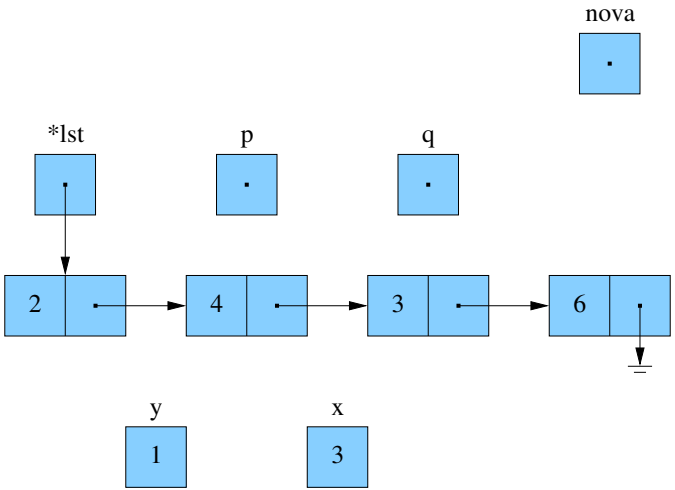
- busca seguida de inserção

```
void busca_insere_S(int y, int x, celula **lst)
{
   celula *p, *q, *nova;

   nova = (celula *) malloc(sizeof (celula));
   nova->chave = y;
   p = NULL;
   q = *lst;
   while (q != NULL && q->chave != x) {
      p = q;
      q = q->prox;
   }
   nova->prox = q;
   if (p != NULL)
      p->prox = nova;
   else
      *lst = nova;
}
```

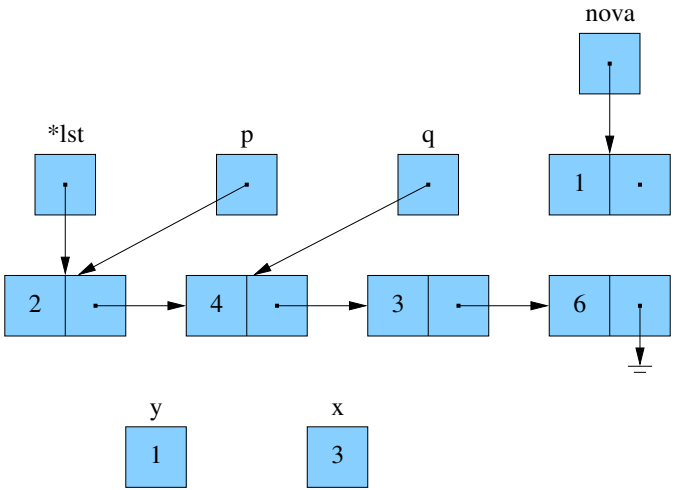
Operações sobre listas lineares sem cabeça



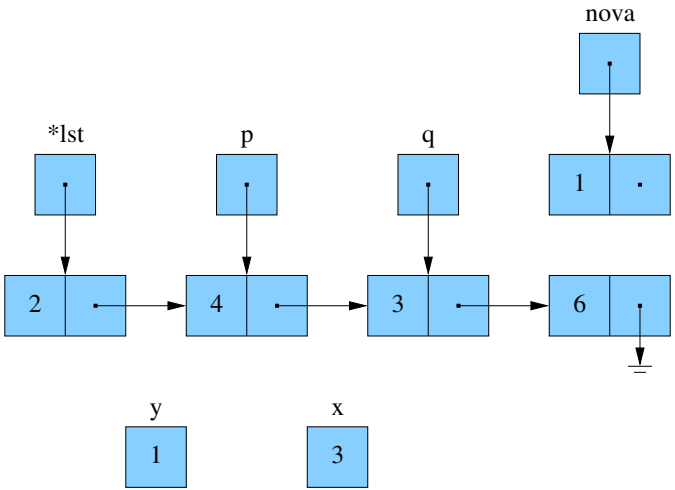
Operações sobre listas lineares sem cabeça



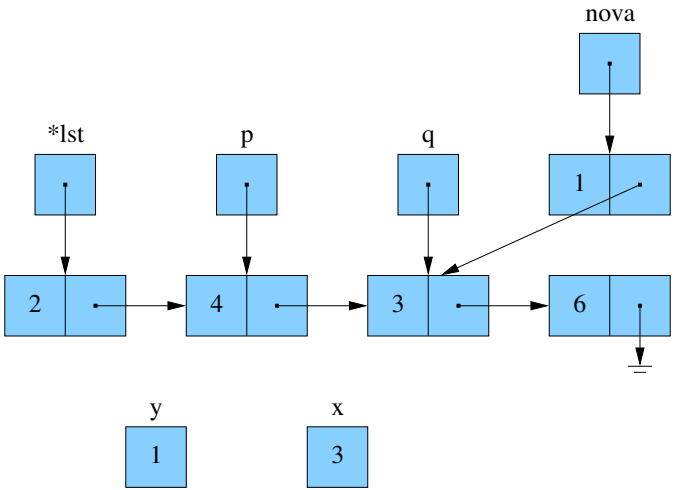
Operações sobre listas lineares sem cabeça



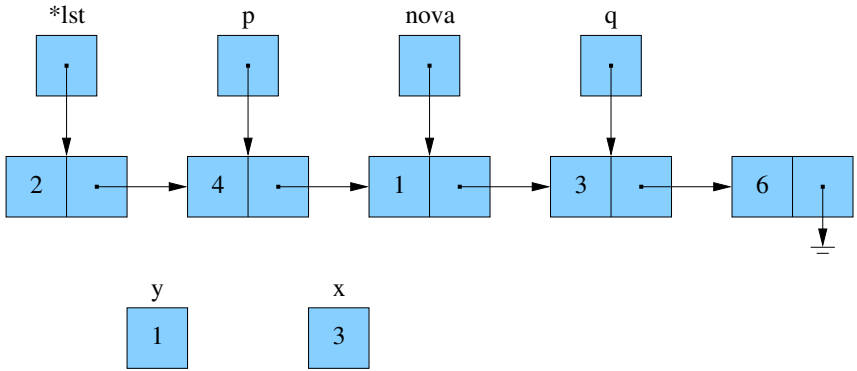
Operações sobre listas lineares sem cabeça



Operações sobre listas lineares sem cabeça



Operações sobre listas lineares sem cabeça



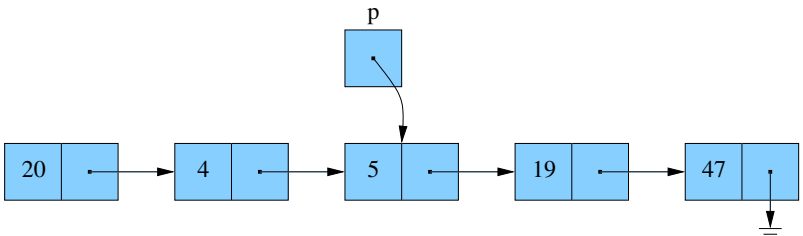
Operações sobre listas lineares sem cabeça

- uma chamada à função `busca_insere_S` é ilustrada abaixo, para números inteiros `y` e `x` e uma `lista`:

```
busca_insere_S(y, x, &lista);
```

Exercícios

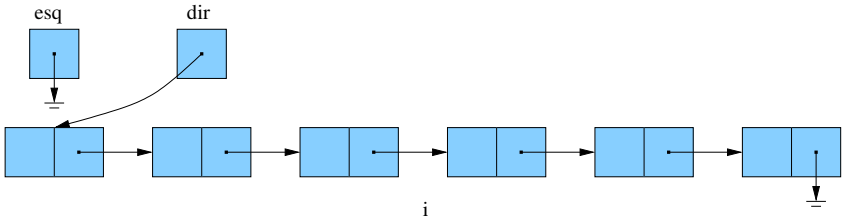
1. Se conhecemos apenas o ponteiro `p` para uma célula de uma lista linear em alocação encadeada, como na figura abaixo, e nada mais é conhecido, como podemos modificar a lista linear de modo que passe a conter apenas os valores $20, 4, 19, 47$, isto é, sem o conteúdo da célula apontada por `p`?



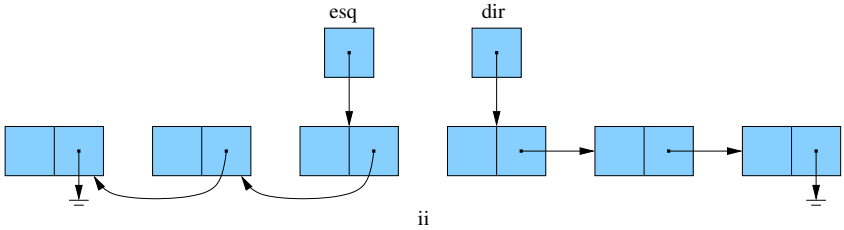
Exercícios

2. O esquema apresentado na figura abaixo permite percorrer uma lista linear encadeada nos dois sentidos, usando apenas o campo `prox` que contém o endereço do próximo elemento da lista. Usamos dois ponteiros `esq` e `dir`, que apontam para dois elementos vizinhos da lista. A idéia desse esquema é que à medida que os ponteiros `esq` e `dir` caminham na lista, os campos `prox` são invertidos de maneira a permitir o tráfego nos dois sentidos.
   Escreva funções para:
   (a) mover `esq` e `dir` para a direita de uma posição
   (b) mover `esq` e `dir` para a esquerda de uma posição

Exercícios



i



ii

Exercícios

3. Que acontece se trocarmos `while (p != NULL && p->chave != x)` por `while (p->chave != x && p != NULL` na função `busca_C`?
4. Escreva uma função que encontre uma célula cuja chave tem valor mínimo em uma lista linear encadeada. Considere listas com e sem cabeça e escreva versões não-recursivas e recursivas para a função
5. Escreva uma função `busca_insere_fim` que receba um número inteiro `y`, uma lista linear encadeada `lst` e um ponteiro `f` para o fim da lista e realize a inserção desse valor no final da lista. Faça uma versões para listas lineares com cabeça e sem cabeça.

Exercícios

6. (a) Escreva duas funções: uma que copie um vetor para uma lista linear encadeada com cabeça; outra, que faça o mesmo para uma lista linear sem cabeça.
   (b) Escreva duas funções: uma que copie uma lista linear encadeada com cabeça em um vetor; outra que copie uma lista linear encadeada sem cabeça em um vetor.
7. Escreva uma função que decida se duas listas dadas têm o mesmo conteúdo. Escreva duas versões: uma para listas lineares com cabeça e outra para listas lineares sem cabeça.
8. Escreva uma função que conte o número de células de uma lista linear encadeada.

Exercícios

9. Seja `lista` uma lista linear com seus conteúdos dispostos em ordem crescente. Escreva funções para realização das operações básicas de busca, inserção e remoção, respectivamente, em uma lista linear com essa característica. Escreva conjuntos de funções distintas para listas lineares com cabeça e sem cabeça. As operações de inserção e remoção devem manter a lista em ordem crescente.
10. Sejam duas listas lineares `lst1` e `lst2`, com seus conteúdos dispostos em ordem crescente. Escreva uma função `concatena` que receba `lst1` e `lst2` e construa uma lista `R` resultante da intercalação dessas duas listas, de tal forma que a lista construída também esteja ordenada. A função `concatena` deve destruir as listas `lst1` e `lst2` e deve devolver `R`. Escreva duas funções para os casos em que as listas lineares encadeadas são com cabeça e sem cabeça.

Exercícios

11. Seja `lst` uma lista linear encadeada composta por células contendo os valores $c_1, c_2, \ldots, c_n$, nessa ordem. Para cada item abaixo, escreva duas funções considerando que `lst` é com cabeça e sem cabeça.
    (a) Escreva uma função `roda1` que receba uma lista e modifique e devolva essa lista de tal forma que a lista resultante contenha as chaves $c_2, c_3, \ldots, c_n, c_1$, nessa ordem.
    (b) Escreva uma função `inverte` que receba uma lista e modifique e devolva essa lista de tal forma que a lista resultante contenha as chaves $c_n, c_{n-1}, \ldots, c_2, c_1$, nessa ordem.
    (c) Escreva uma função `soma` que receba uma lista e modifique e devolva essa lista de tal forma que a lista resultante contenha as chaves $c_1 + c_n, c_2 + c_{n-1}, \ldots, c_{n/2} + c_{n/2+1}$, nessa ordem. Considere n par.

Exercícios

12. Sejam S_1 e S_2 dois conjuntos disjuntos de números inteiros. Suponha que S_1 e S_2 estão implementados em duas listas lineares em alocação encadeada. Escreva uma função `uniao` que receba as listas representando os conjuntos S_1 e S_2 e devolva uma lista resultante que representa a união dos conjuntos, isto é, uma lista linear encadeada que representa o conjunto $S = S_1 \cup S_2$. Considere os casos em que as listas lineares encadeadas são com cabeça e sem cabeça.

Exercícios

13. Seja um polinômio $p(x) = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \ldots + a_n$, com coeficientes de ponto flutuante. Represente $p(x)$ adequadamente por uma lista linear encadeada e escreva as seguintes funções. Para cada item a seguir, considere o caso em que a lista linear encadeada é com cabeça e sem cabeça.
    (a) Escreva uma função `pponto` que receba uma lista `p` e um número de ponto flutuante `x0` e calcule e devolva $p(x_0)$.
    (b) Escreva uma função `psoma` que receba as listas lineares `p` e `q`, que representam dois polinômios, e calcule e devolva o polinômio resultante da operação $p(x) + q(x)$.
    (c) Escreva uma função `pprod` que receba as listas lineares `p` e `q`, que representam dois polinômios, e calcule e devolva o polinômio resultante da operação $p(x) \cdot q(x)$.

Exercícios

14. Escreva uma função que aplique a função `free` a todas as células de uma lista linear encadeada, supondo que todas as suas células foram alocadas com a funçao `malloc`. Faça versões considerando listas lineares encadeadas com cabeça e sem cabeça.