Свързани списъци

Пламен Танов
Ненко Табаков
Технологично училище „Електронни системи“
Технически университет – София

версия 0.1

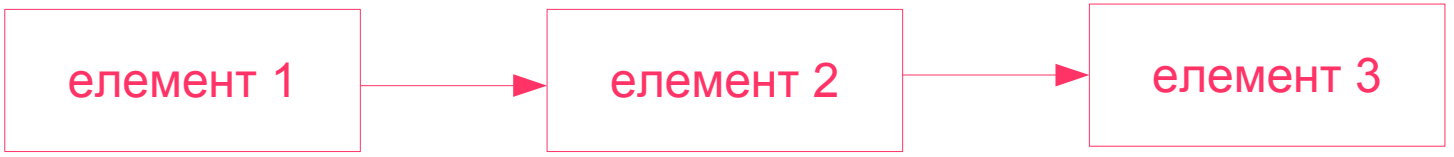
Въведение

- Свързани списъци се използват, когато е необходимо да се обходят последователно (един по един) съвкупност от елементи
- Свързаният списък е структура от данни, в която всеки елемент съдържа информацията, необходима за достигане на следващ елемент
- Главното предимство на свързаните списъци е че дават възможност ефективно да се пренареждат елементите им

Дефиниция$_1$

Свързан списък е множество от елементи, при което всеки елемент е част от възел, който също съдържа връзка към възел

„Възел“ представлява указател към следващия елемент, така че към свързаните списъци понякога може да се отнасяме и като към самосвързани структури



Дефиниция$_2$

Свързаните списъци представляват последователна подредба на множество елементи. Започваме от даден възел (неговият елемент се разглежда като пръв в редицата) ако последваме неговата връзка към друг възел то стигаме до втория елемент в списъка и т.н. до края му

В зависимост от крайния елемент списъците биват:

- Цикличен – последната връзка сочи към първия елемент
- Последната връзка сочи към нулев елемент
- Последната връзка сочи към фалшив елемент

Елементи на свързан списък

Един възел се състои от връзка към следващия възел и елемент.

Връзката е указател към възел, а елементът представлява някаква променлива, която съдържа самите данни.

```
typedef int Item;//или някакъв друг тип (float, struct, ...)

typedef struct node * Link;//Link е указател към struct node

struct node {
  Item item;//съдържанието на дадения елемент
  Link next;//връзка към следващия елемент
};
```

Създаване на свързан списък

Заделянето на памет е главно условие за ефективната употреба на свързани списъци. В общия случай не се знае броят на възлите. Винаги когато трябва да добавим нов възел е необходимо да се създаде нов екземпляр на структурата **node**

```
typedef int Item;//или някакъв друг тип (float, struct, ...)
typedef struct node * Link;//Link е указател към struct node
struct node {
  Item item;//съдържанието на дадения елемент
  Link next;//връзка към следващия елемент
};
...
//x е указател към struct node
Link x = (Link) malloc(sizeof(*x));
//(*x) е struct node, т.е. sizeof(*x) е sizeof(struct node)
```

Действия със свързан списък

Свързаните списъци предоставят лесен и удобен начин за триене и добавяне на елементи към тях. Това е и основната причина за съществуването им. Съответните операции при масиви са неестествени и неудобни, защото изискват преместване на цялото съдържание на масива в ляво или дясно.

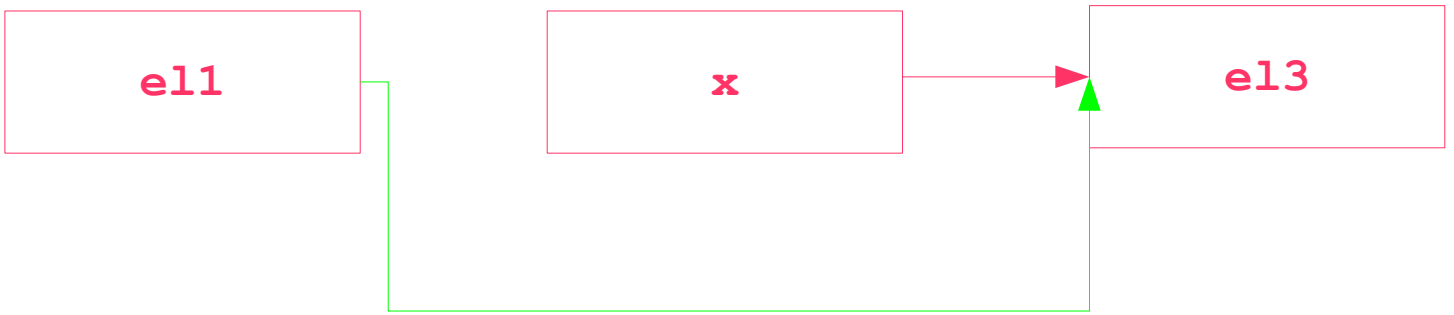
Обратно, свързаните списъци не са добре пригодени за намиране на k-тия елемент в даден списък, докато в масив k-тия елемент се намира като просто се напише **`a[k]`**

Изтриване в свързан списък$_1$

- За да изтрием елемент от списъка (в случая **`x`**) трябва да знаем кой е елементът преди него (в случая **`el1`**)!
- Последователността е от значение!

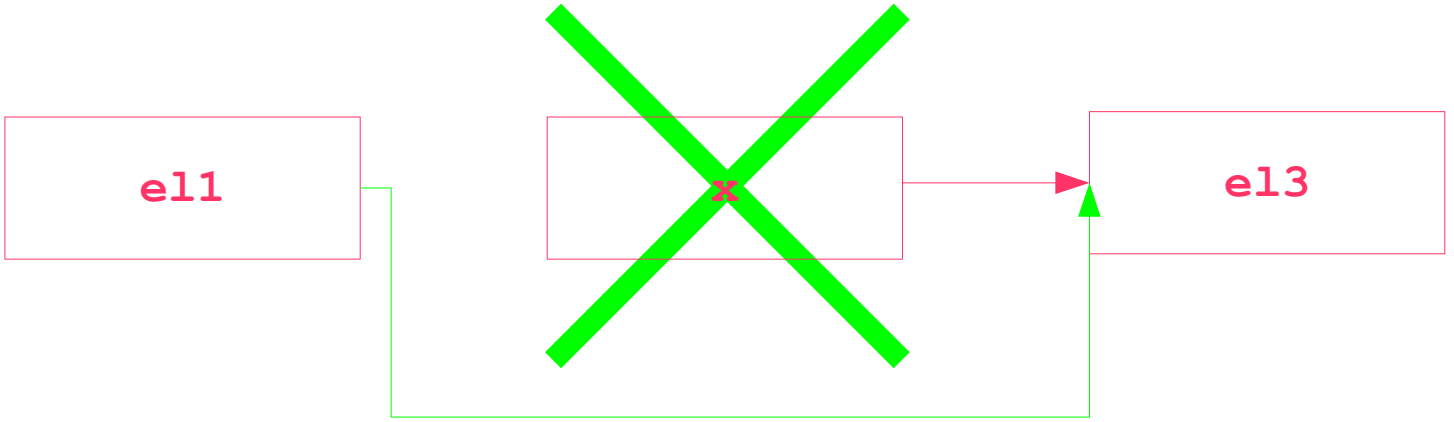
Изтриване в свързан списък$_2$

- Насочваме **`el1->next`** към **`x->next`**

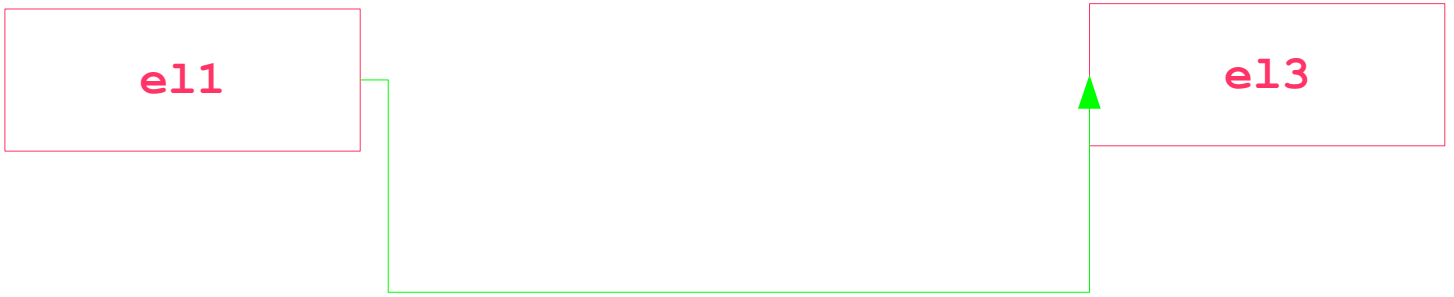


Изтриване в свързан списък$_3$

- Освобождаваме мястото заделено за **x**

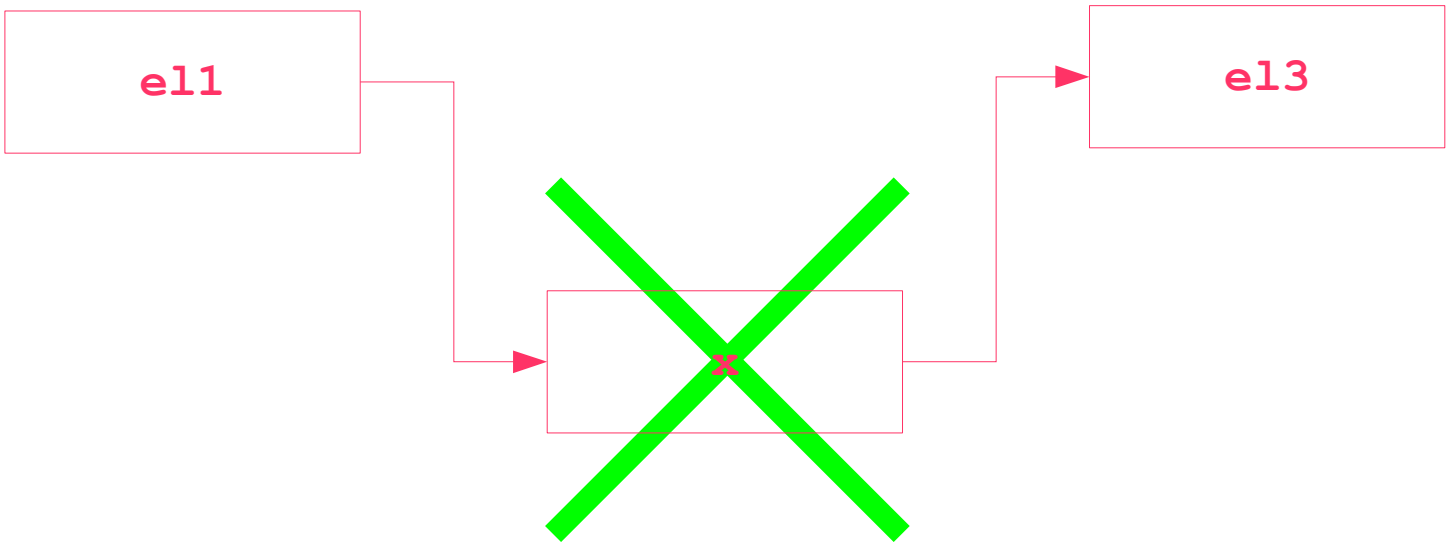


Изтриване в свързан списък 4



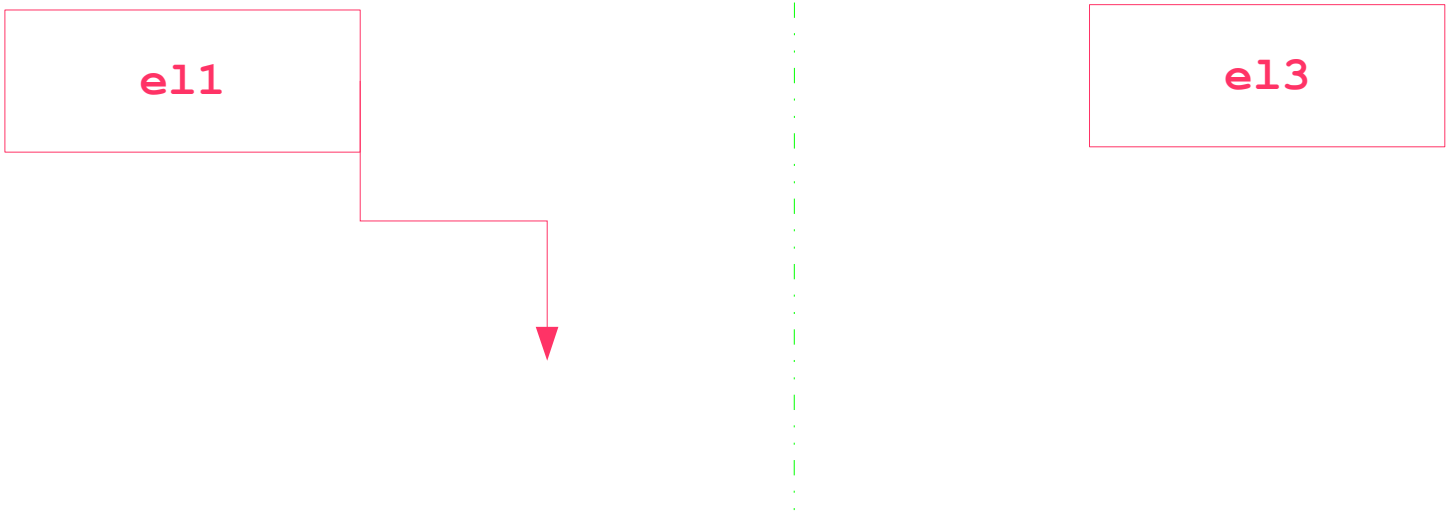
Изтриване в свързан списък$_5$

- Ако не се спази тази последователност списъкът ще се разкъса понеже ще загубим информация за **`el3`**. Това е често срещана грешка!



Изтриване в свързан списък

- Ако не се спази тази последователност списъкът ще се разкъса понеже ще загубим информация за **`el3`**. Това е често срещана грешка!

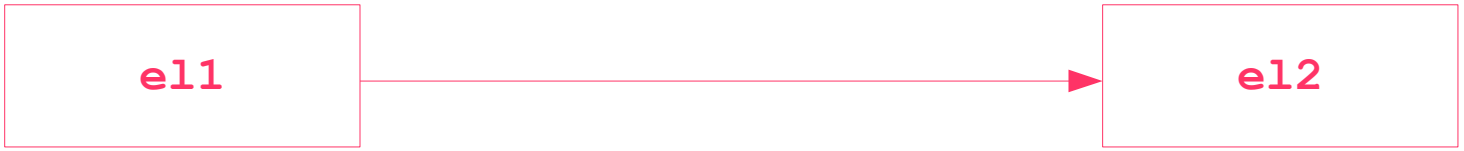


Пример

```
#include <stdlib.h>
typedef int Item;//или някакъв друг тип (float, struct, ...)
typedef struct node * Link;//Link е указател към struct node

struct node {
  Item item;//съдържанието на дадения елемент
  Link next;//връзка към следващия елемент
};

/* el1, el2 и el3 са елементи от свързан списък.
Свързани са по следния начин: el1 -> el2 -> el3
el2 (по-късно x) е този, който ще изтрием */
int main () {
  ...

  Link x = el1->next;//x сочи елемента след el1 (т.е. el2)
  el1->next = x->next;//el1 сочи към елемента след x (т.е. el3)
  free(x);//изтриваме динамично заделения елемент el2
}
```

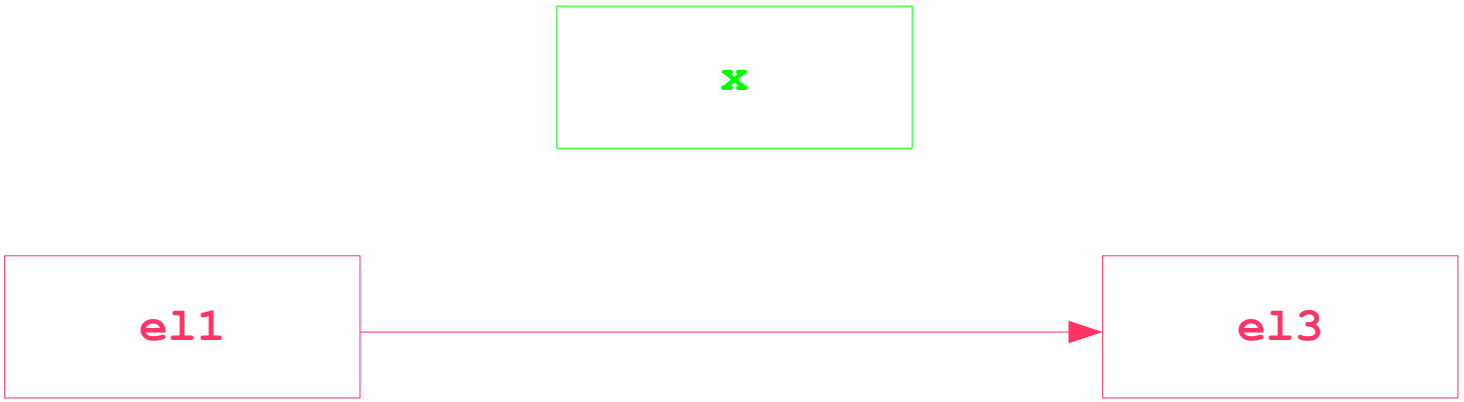
Добавяне в свързан списък$_1$

- За да добавим елемент в списъка (в случая **`x`**) трябва да знаем кой е елементът преди него (в случая **`el1`**)! Добавяме след него (**`el1`**)
- Последователността е от значение!



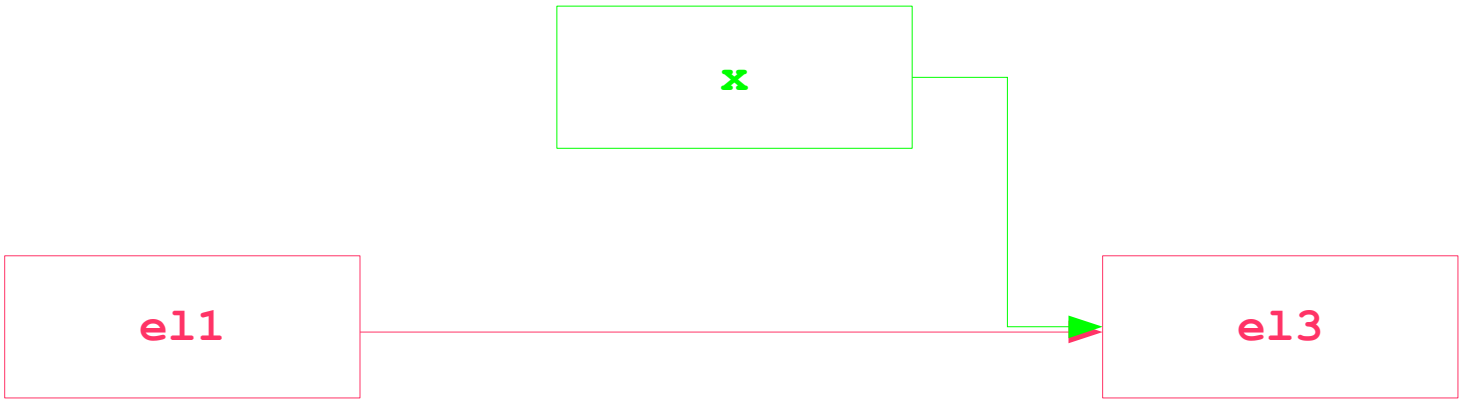
Добавяне в свързан списък$_2$

- Заделяме памет за новия елемент
- Инициализираме стойността му



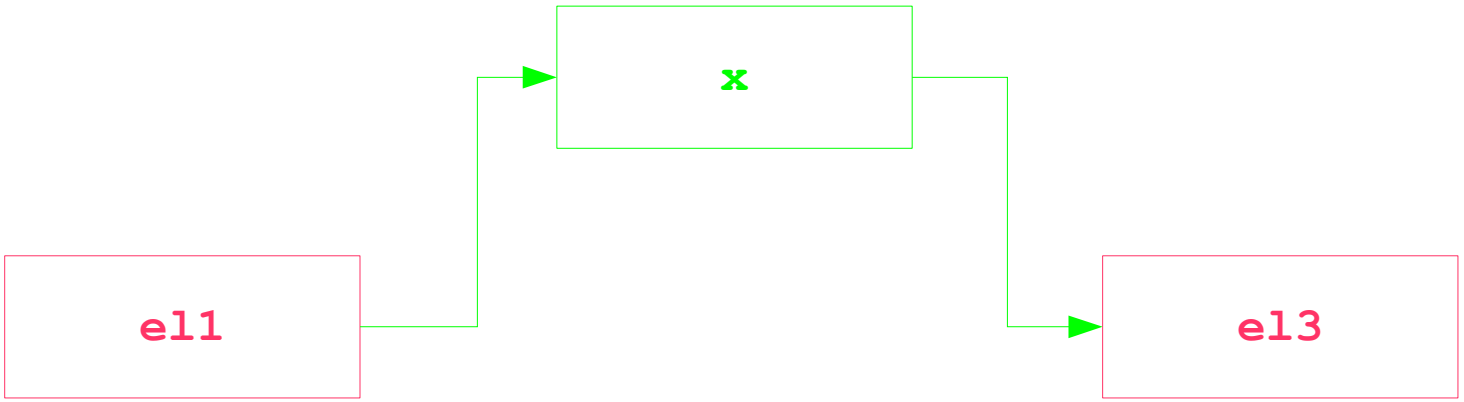
Добавяне в свързан списък$_3$

- Насочваме **`x->next`** към **`el1->next`**



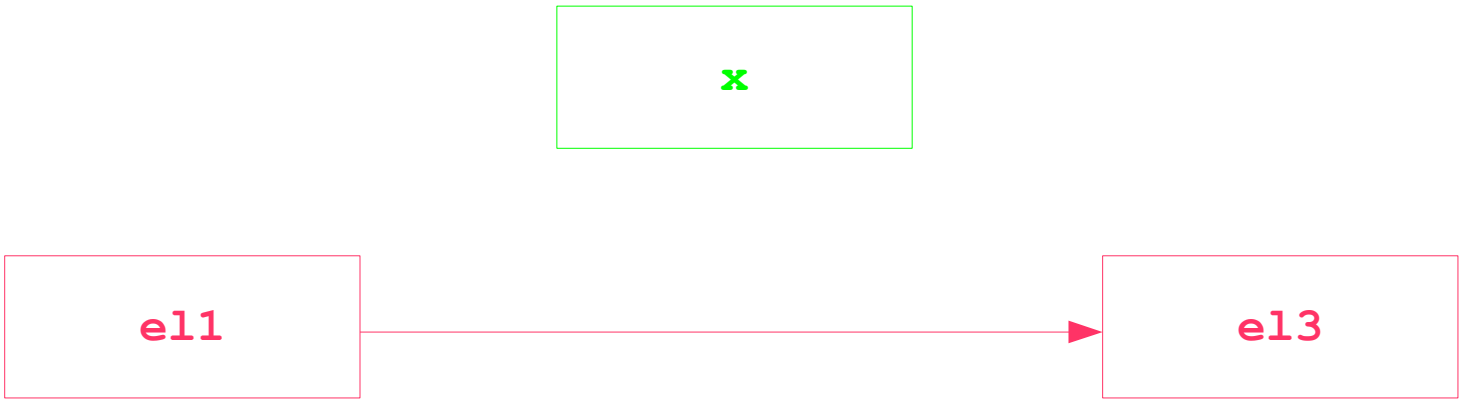
Добавяне в свързан списък 4

- Насочваме **`el1->next`** към **`x`**



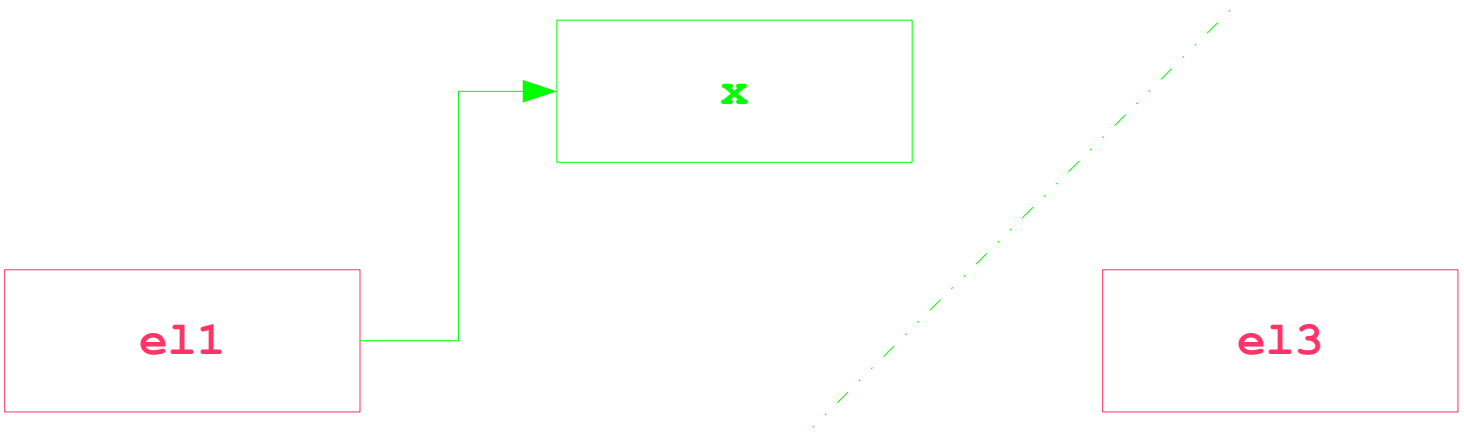
Добавяне в свързан списък$_5$

- Ако не се спази тази последователност списъкът ще се разкъса понеже ще загубим информация за **`el3`**. Това е често срещана грешка!



Добавяне в свързан списък

- Ако не се спази тази последователност списъкът ще се разкъса понеже ще загубим информация за **`el3`**. Това е често срещана грешка!

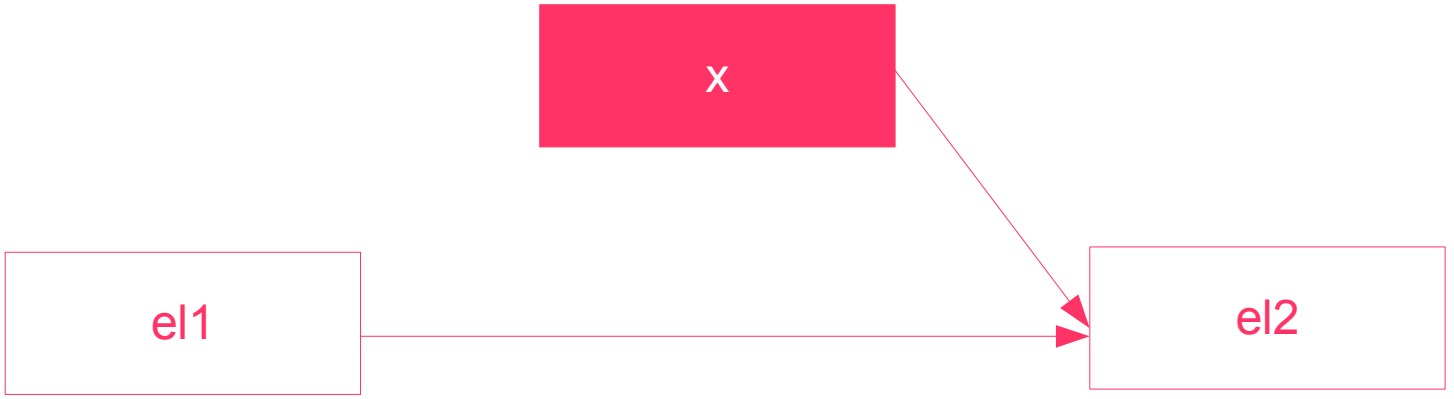


Пример

```
#include <stdlib.h>
typedef int Item;//или някакъв друг тип (float, struct, ...)
typedef struct node * Link;//Link е указател към struct node

struct node {
  Item item;//съдържанието на дадения елемент
  Link next;//връзка към следващия елемент
};

/* el1 и el3 са елементи от свързан списък.
Свързани са по следния начин: el1 -> el3
x е този, който ще добавим след el1 */
int main () {
  ...

  Link x = (Link) malloc(sizeof(*x));//заделяме памет за x
  x->item = 2;//инициализираме стойността в елемента x
  x->next = el1->next;//x сочи към елементът, към който сочи el1
  el1->next = x;//el1 сочи към x
}
```

Други често срещани грешки

- Обръщение към ненасочен указател (**`el->next`** да не е инициализиран правилно)
- Неволно да променим указателя **`next`** на даден елемент, вместо **`next`** на следващия елемент
- Няколко указателя да сочат към един и същи елемент: **`el1->next`** и **`x->next`** да сочат към **`el2`**, а никой не сочи към **`x`** – пропуснали сме да насочим **`el1`** към **`x`**

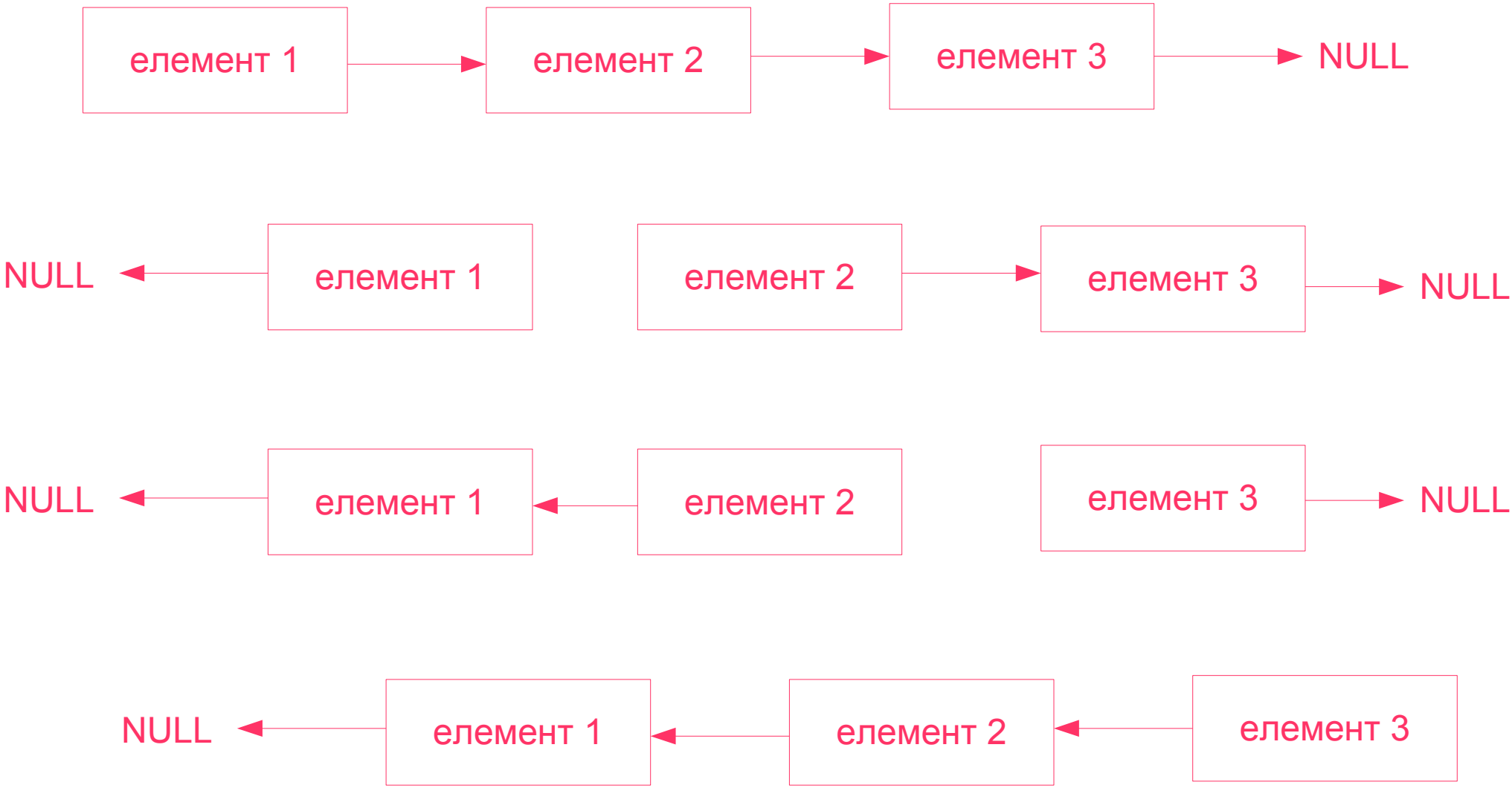


Обхождане на свързан списък

Свързан списък е или нулева връзка (за край на списък), или връзка към възел, който съдържа елемент и връзка към свързан списък

```
//за списъци
for(t = x;t != NULL; t = t->next) {
//докато не се срещне връзка, която сочи към NULL
//указател към NULL - край на списъка
   visit(t->item);//правим нещо с поредния елемент
}

//за масиви:
for(i = 0; i < N; i++) {//докато не обходим и последния ел
   visit(arr[i]);//правим нещо с поредния елемент
}
```

Обръщане на списък

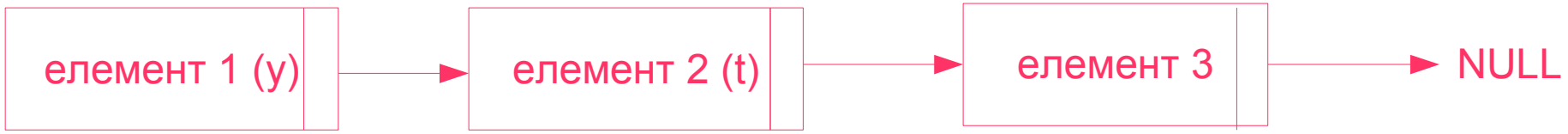


Пример

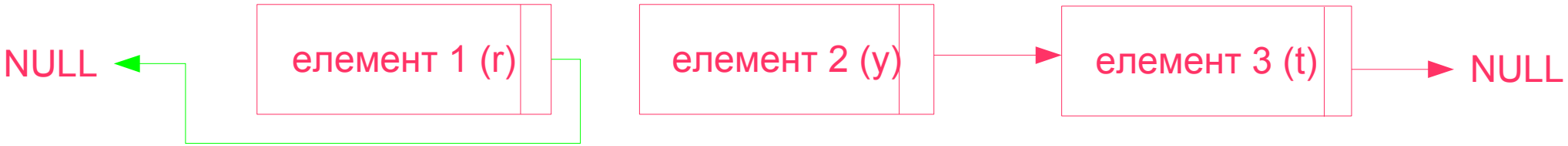
```
Link reverse(Link x) {
   Link t, y = x, r = NULL;
   while (y != NULL) {
      t = y->next;//t е елементът след y
      y->next = r;//y се насочва към r (предишния елемент)
      r = y;//r става текущият елемент (y)
      y = t;//y става елементът след y (виж 3 реда нагоре t)
   }

   return r;
}
```

NULL (r) - инициализация

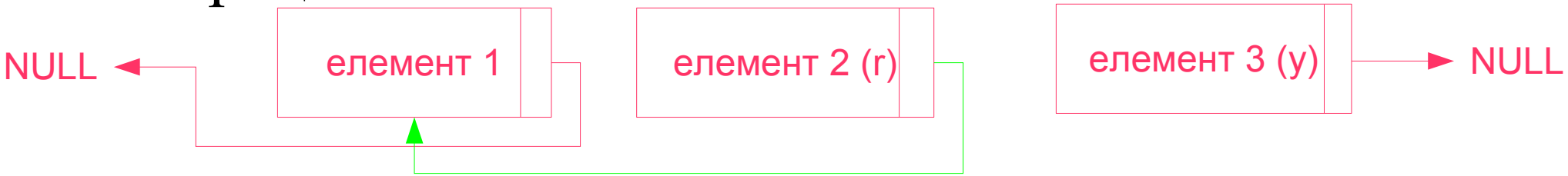
Обръщане на списък



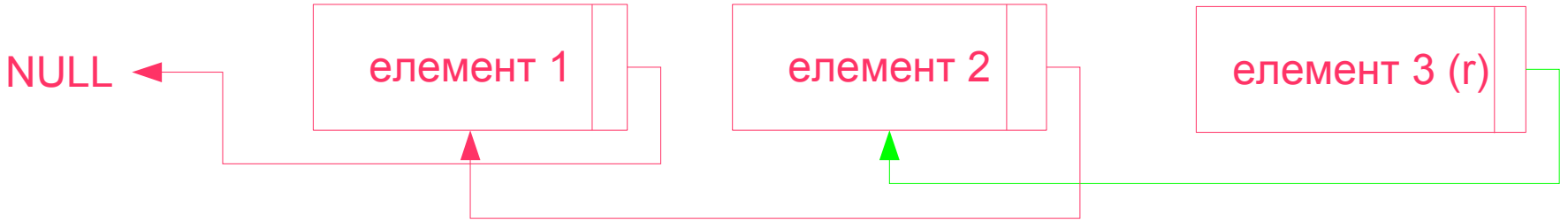
- Итерация 1:



Итерация 2:



Итерация 3:



Конвенции за главата и опашката на свързани списъци$_1$

- Кръгов, никога празен

първо вмъкване

```
head->next = head;
```

вмъкване на t след x

```
t->next = x->next; x->next = t;
```

изтриване след x

```
x->next = x->next->next;
```

обхождащ цикъл

```
t = head;
do{... t=t->next;}while(t!=head);
```

проверка дали е един елемент

```
if(head->next == head)
```

Конвенции за главата и опашката на свързани списъци$_2$

- Указател към началото, нулева опашка

инициализиране

```
head = NULL;
```

вмъкване на t след x

```
if(x==NULL) {
   head = t; head->next = NULL;
} else {
   t->next = x->next; x->next = t;
}
```

изтриване след x

```
t = x->next; x->next = t->next;
```

обхождащ цикъл

```
for(t = head;t!=NULL;t=t->next)
```

проверка дали е празен

```
if(head == NULL)
```

Конвенции за главата и опашката на свързани списъци$_3$

- Фиктивен водещ възел , нулева опашка

инициализиране

```
head = malloc(sizeof (*head));
head->next = NULL;
```

вмъкване на t след x

```
t->next = x->next; x->next = t;
```

изтриване след x

```
t = x->next; x->next = t->next;
```

обхождащ цикъл

```
for(t = head->next;t!=NULL;t=t->next)
```

проверка дали е празен

```
if(head->next == NULL)
```

Конвенции за главата и опашката на свързани списъци

- Фиктивни водещи и завършващи възели

инициализиране

```
head = malloc(sizeof (*head));
z = malloc(sizeof (*z));
head->next = z; z->next = z;
```

вмъкване на t след x

```
t->next = x->next; x->next = t;
```

изтриване след x

```
t = x->next; x->next = t->next;
```

обхождащ цикъл

```
for(t = head->next;t!=z;t=t->next)
```

проверка дали е празен

```
if(head->next == z)
```

Използване на водещ възел

- Още един възел в началото (повече памет)
- По-лесно се вмъква в началото на списък (не проверяваме дали има елемент или списъкът е празен)
- Когато искаме да подадем указател към списък като аргумент на функция, която може да променя списъка, в частност да го изтрива (**`head->next = NULL;`**)

Пример

```
void empty(Link x) { //със водещ възел
   x->next = NULL;   //списъкът вече е празен
}
void empty(Link x) { //без водещ възел
   x = NULL;//ГРЕШКА - x не се променя в извикващата функция
}     //тъй като аргументите се предават по-стойност (копие)

/* без водещ възел не е възможно, тогава се налага да се
ползва друг механизъм - като в примера с reverse
(резултатният списък се връща като резултат от функцията)*/
Link reverse(Link x) {//без водещ възел
   Link t, y = x, r = NULL;
   while (y != NULL) {
      t = y->next;
      y->next = r;
      r = y;
      y = t;
   }
   return r;
}
```

Интерфейс за обработка на списъци$_1$

```
typedef struct node * Link;
struct node {
   ItemType item;//ItemType да е дефинирана някъде другаде...
   Link next;
};

void initNodes(ItemType);//инициализиране на списък

Link newNode(ItemType);//създаване на нов елемент
void freeNode(Link);//освобождаване на паметта за елемент

void insertNext(Link, Link);//вмъкване на елемент в списъка
Link deleteNext(Link);//изтриване на елемент от списъка

Link next(Link);//следващ елемент в списъка
ItemType item(Link);//стойност на елемент (Link->item)
```

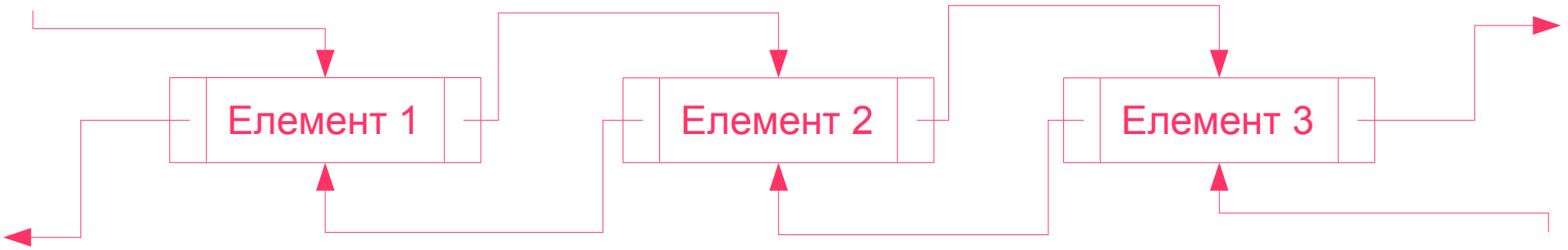
Интерфейс за обработка на списъци$_2$

Целта е да се направи библиотека, в която се дава възможност за работа със свързани списъци (файлове list.c и list.h).

След това потребителя ще може да я ползва многократно без значение коя точно конвенция за главата и опашката е използвана в библиотеката. По-късно алгоритмите в нея може да се променят с цел оптимизация (но без да се изменят прототипите на функциите от предния слайд) и въпреки това потребителската програма няма да е необходимо да се променя

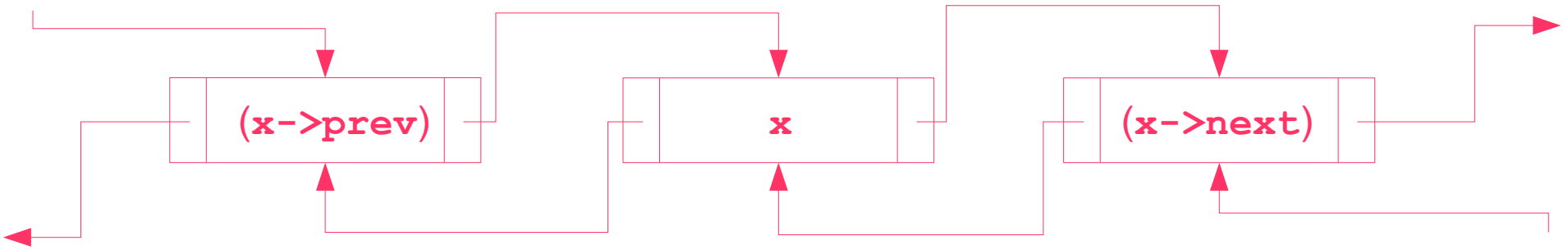
Двусвързани списъци$_1$

- Чрез добавяне на повече връзки можем да добавим възможността да се движим обратно през свързан списък.
- Така можем да поддържаме операция „намери елемент, предходен на даден елемент“.
- Във всеки възел поддържаме две връзки – към предшестващия елемент (prev) и към следващия (next)



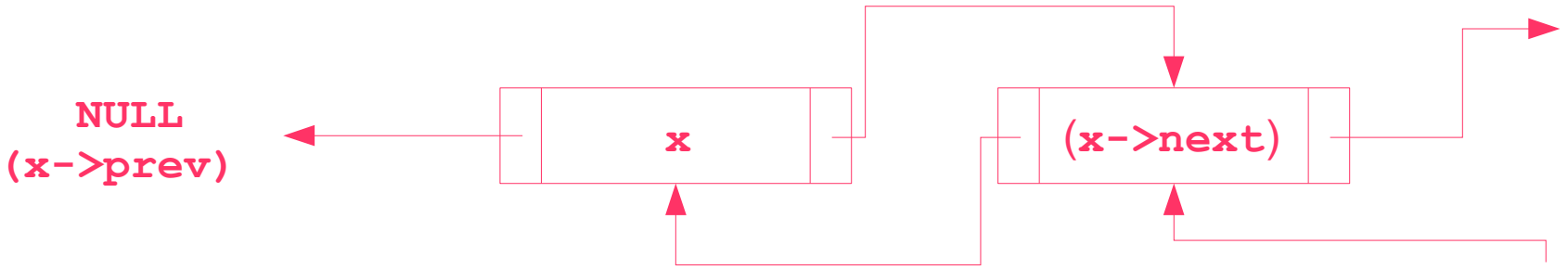
Двусвързани списъци$_2$

- Двусвързаният списък заема повече място в паметта, защото всеки негов елемент има още една връзка (prev). Поради това се ползва само когато има реална полза от това (да е двусвързан)
- За разлика от еднословързан списък при изтриване не се нуждаем от допълнителна информация за предходния възел (нито следващия) – тя се съдържа в самия възел!



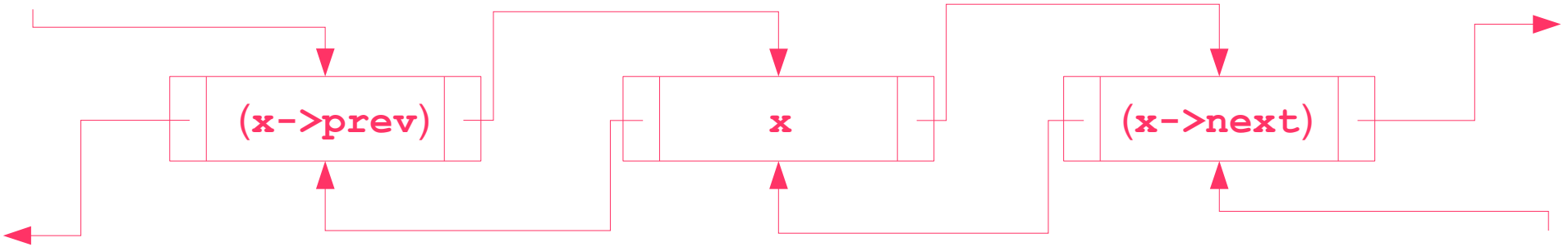
Двусвързани списъци$_3$

- С фиктивни възли или кръгов списък можем да гарантираме, че възлите **`x`**, **`x->next->prev`** и **`x->prev->next`** са едно и също нещо за всеки възел в двусвързан списък. Ако нямаше фиктивен възел в началото, за първия елемент имаме: **`x->prev = NULL`**, **`x->prev->next`** е грешно (**`NULL->next`** е грешно!)



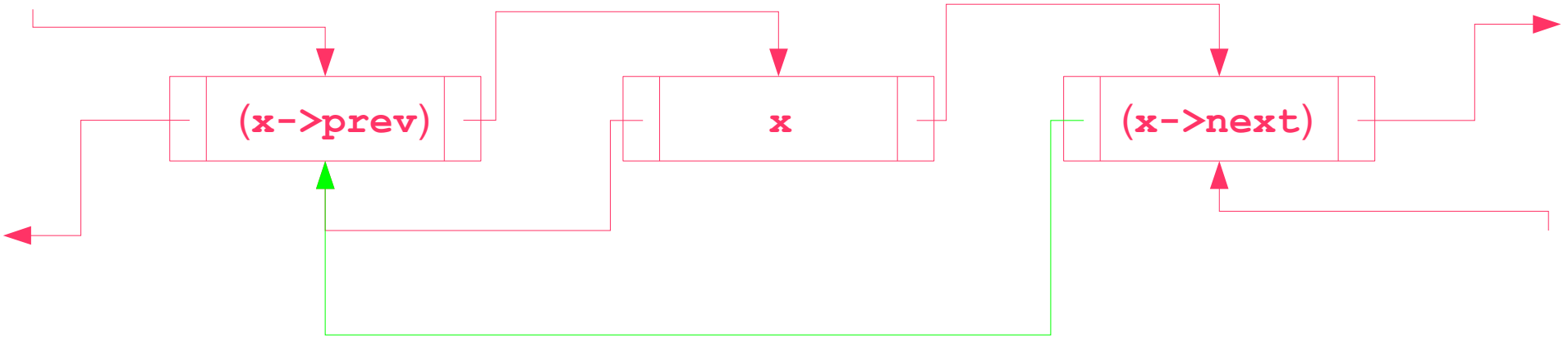
Изтриване в двусвързан списък$_1$

- Указателят към възела е достатъчна информация за да можем да го изтрием от списъка (за разлика от едносвързан списък)!
- Последователността е от значение!



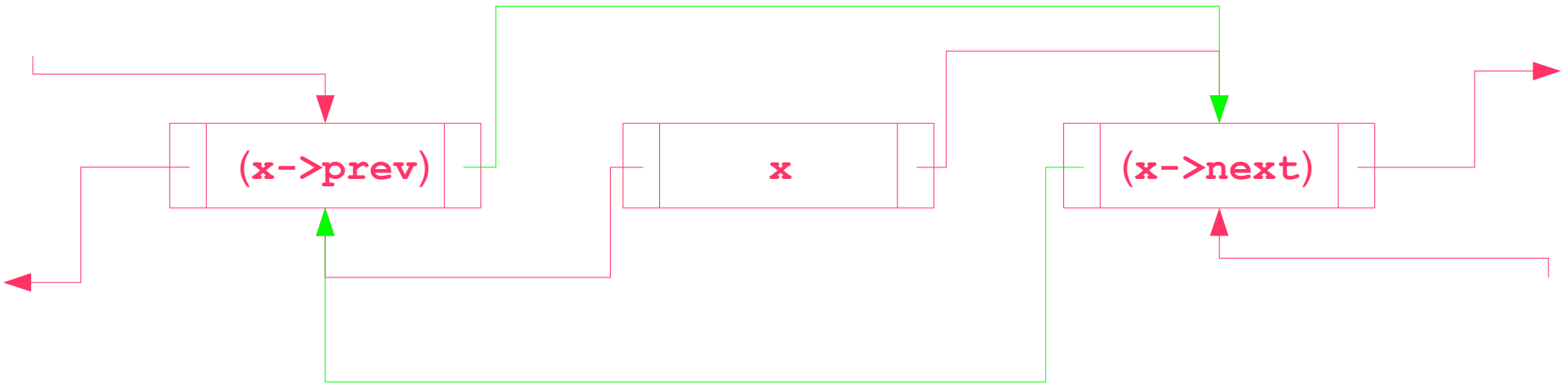
Изтриване в двусвързан списък$_2$

- Насочваме **`x->next->prev`** към **`x->prev`**



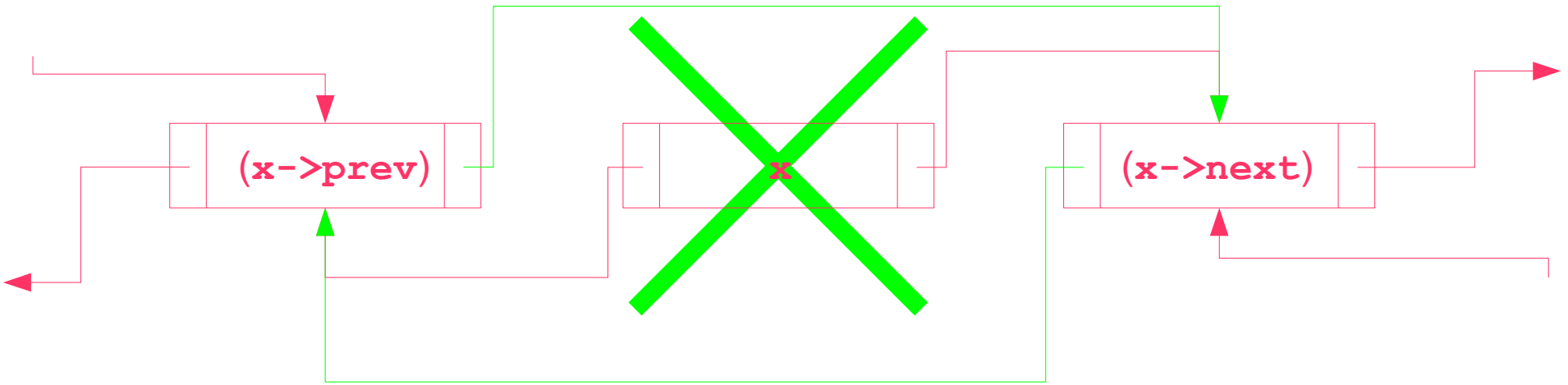
Изтриване в двусвързан списък$_3$

- Насочваме **`x->prev->next`** към **`x->next`**

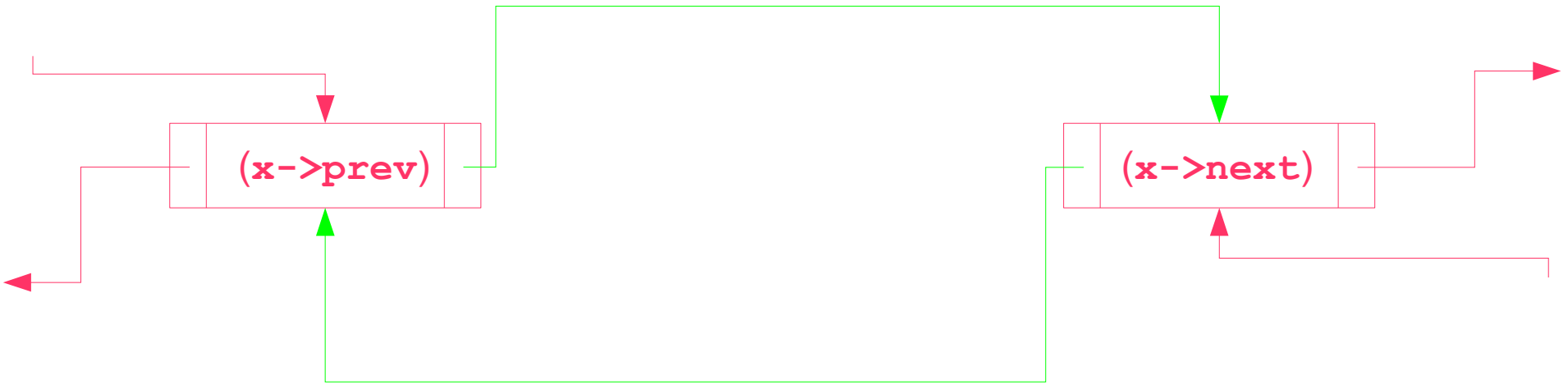


Изтриване в двусвързан списък

- Освобождаваме мястото заделено за **x**

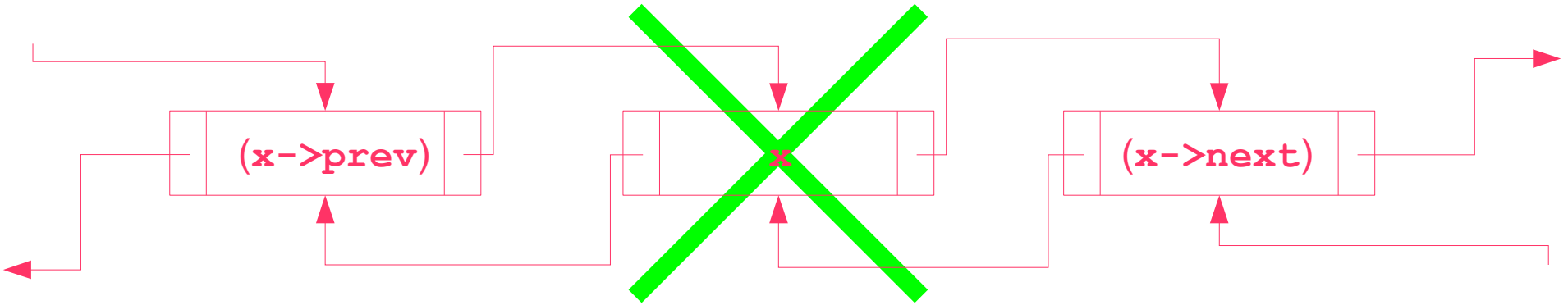


Изтриване в двусвързан списък



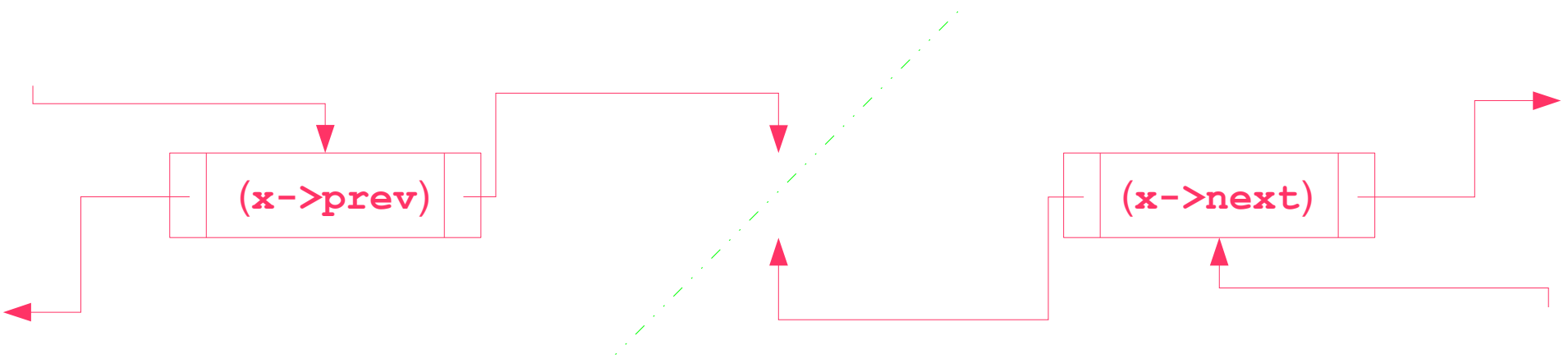
Изтриване в двусвързан списък

- Ако не се спази тази последователност списъкът ще се разкъса понеже ще загубим информация за следващия елемент. Това е често срещана грешка!



Изтриване в двусвързан списък

- Ако не се спази тази последователност списъкът ще се разкъса понеже ще загубим информация за следващия елемент. Това е често срещана грешка!

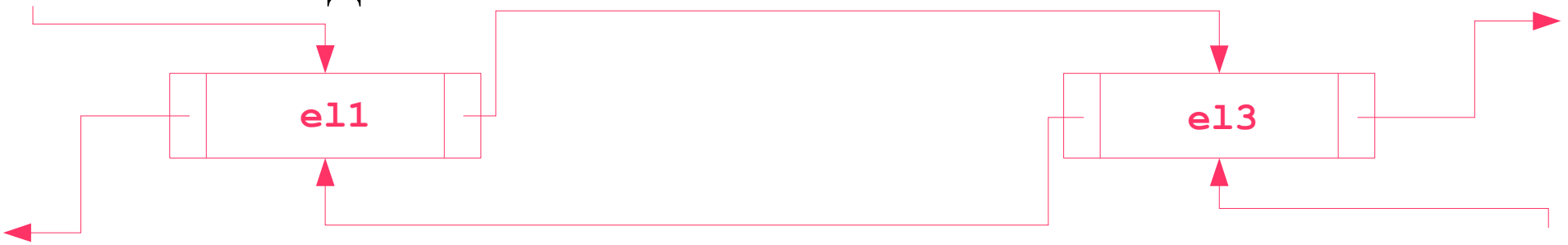


Пример

```
#include <stdlib.h>
typedef int Item;//или някакъв друг тип (float, struct, ...)
typedef struct node * Link;//Link е указател към struct node

struct node {
  Link prev;//връзка към предишния елемент
  Item item;//съдържанието на дадения елемент
  Link next;//връзка към следващия елемент
};

/* el1, x и el3 са елементи от свързан списък.
Свързани са по следния начин: el1 -> x -> el3
x е този, който ще изтрием */
int main () {
  ...
   x->next->prev = x->prev;//казваме на елементът след x (x->next), че
                           //преди него е елементът преди x (x->prev)
   x->prev->next = x->next;//казваме на елементът преди x (x->prev), че
                           //след него е елементът след x (x->next)
   free(x);                //изтриваме динамично заделената памет
}
```

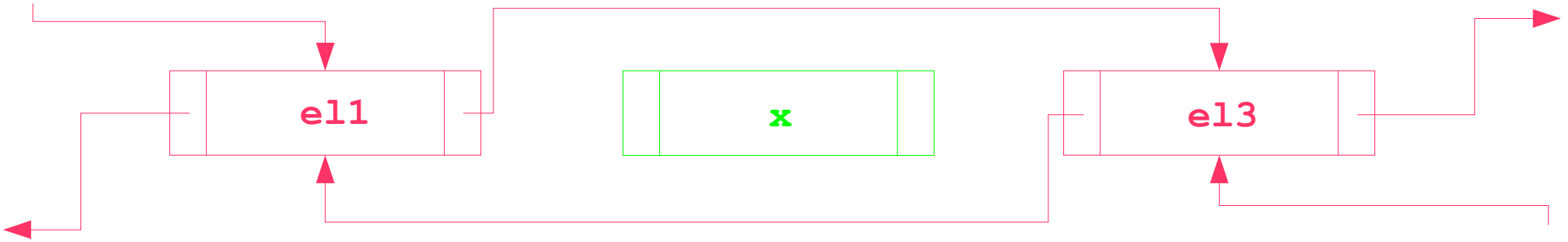
Добавяне в двусвързан списък$_1$

- За да добавим елемент в списъка (в случая **`x`**) трябва да знаем кой е елементът преди него (в случая **`el1`**)! Добавяме след него (**`el1`**)
- За разлика от едносвързания списък може да се добавя и преди даден възел
- Последователността е от значение!



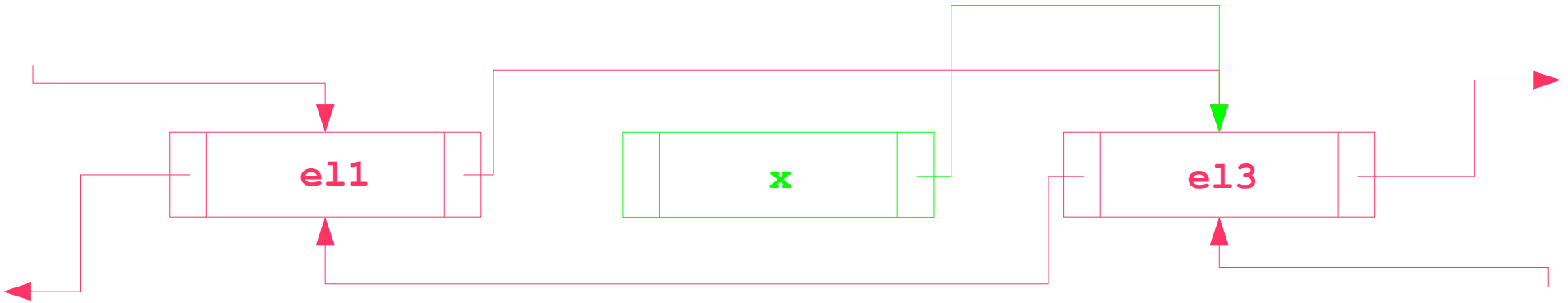
Добавяне в двусвързан списък$_2$

- Заделяме памет за новия елемент
- Инициализираме стойността му



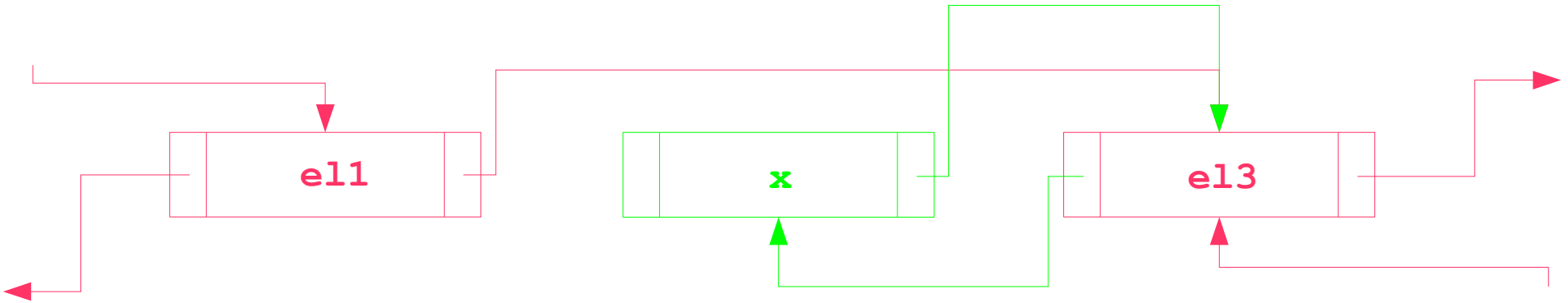
Добавяне в двусвързан списък$_3$

- Насочваме **`x->next`** към **`el1->next`**



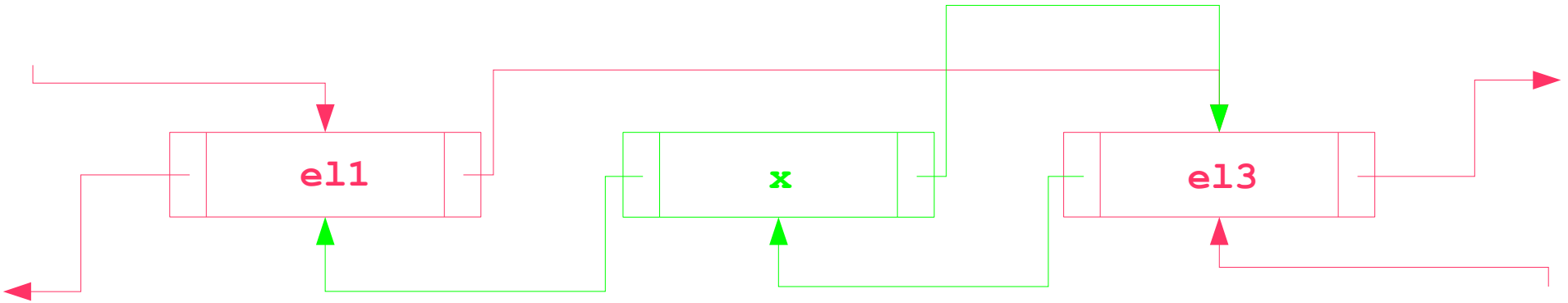
Добавяне в двусвързан списък

- Насочваме **`x->next->prev`** към **`x`**



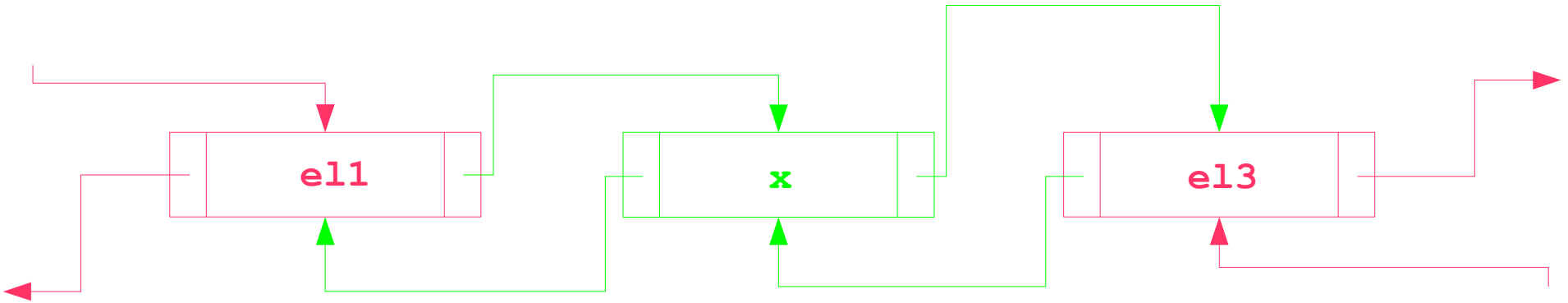
Добавяне в двусвързан списък 5

- Насочваме **`x->prev`** към **`el1`**



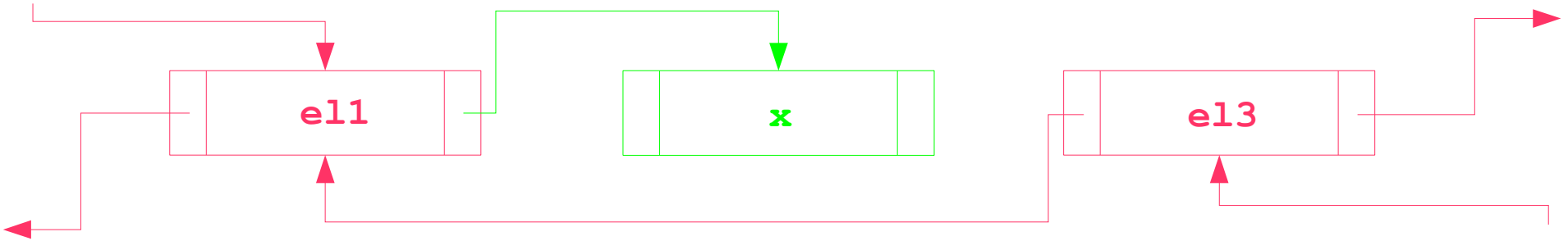
Добавяне в двусвързан списък

- Насочваме **`el1->next`** към **`x`**



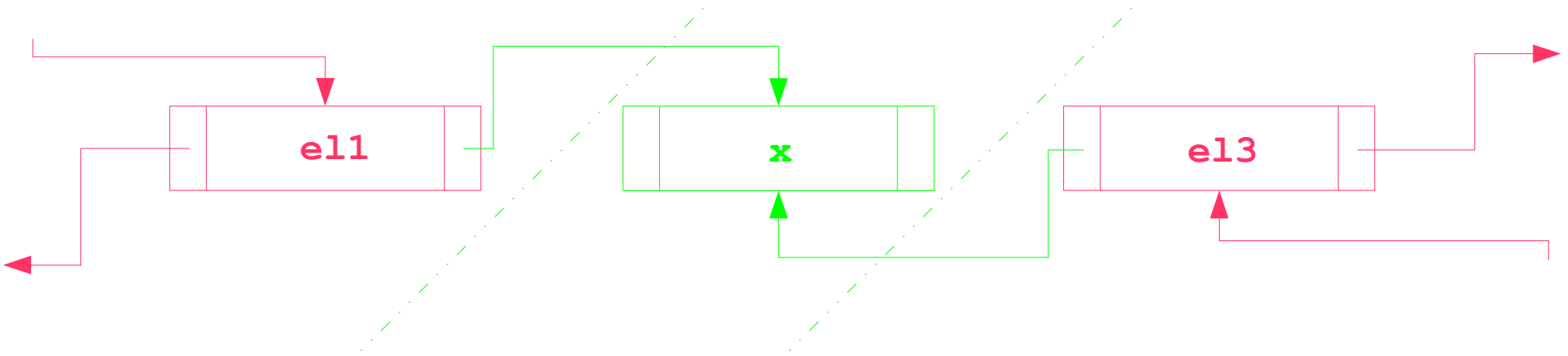
Добавяне в двусвързан списък

- Ако не се спази тази последователност списъкът ще се разкъса понеже ще загубим информация за **`el1`** или **`el3`**. Това е често срещана грешка!



Добавяне в двусвързан списък

- Ако не се спази тази последователност списъкът ще се разкъса понеже ще загубим информация за **`el1`** или **`el3`**. Това е често срещана грешка!



Пример

```
#include <stdlib.h>
typedef int Item;//или някакъв друг тип (float, struct, ...)
typedef struct node * Link;//Link е указател към struct node
struct node {
  Link prev;//връзка към предишния елемент
  Item item;//съдържанието на дадения елемент
  Link next;//връзка към следващия елемент
};
/* el1 и el3 са елементи от свързан списък. (el1 -> el3)
x е този, който ще добавим след el1 */
int main () {
  ...
   Link x = (Link) malloc(sizeof(*x));//заделяме памет за x
   x->item = 6;//инициализираме стойността в елемента x

   x->next = el1->next; //x сочи на където сочи и el1
   x->next->prev = x;   //el3 научава, че преди него е x
   x->prev = el1;       //преди x е el1
   el1->next = x;       //el1 започва да сочи към x
}
```