

Ukazatele

DELTA - Střední škola informatiky a ekonomie, s.r.o.

Ing. Luboš Zápotočný

04.12.2025

CC BY-NC-SA 4.0

Pointer

Co je to pointer?

Pointer (ukazatel) je

Co je to pointer?

Pointer (ukazatel) je proměnná, která obsahuje **adresu do paměti**

Co je to pointer?

Pointer (ukazatel) je proměnná, která obsahuje **adresu do paměti**

Analogie:

Co je to pointer?

Pointer (ukazatel) je proměnná, která obsahuje **adresu do paměti**

Analogie:

- Běžná proměnná = dům (obsahuje hodnotu)
- Pointer = adresa domu (říká, kde hodnota je)

Co je to pointer?

Pointer (ukazatel) je proměnná, která obsahuje **adresu do paměti**

Analogie:

- Běžná proměnná = dům (obsahuje hodnotu)
- Pointer = adresa domu (říká, kde hodnota je)

Proč potřebujeme pointery?

Co je to pointer?

Pointer (ukazatel) je proměnná, která obsahuje **adresu do paměti**

Analogie:

- Běžná proměnná = dům (obsahuje hodnotu)
- Pointer = adresa domu (říká, kde hodnota je)

Proč potřebujeme pointery?

- Dynamická alokace paměti

Co je to pointer?

Pointer (ukazatel) je proměnná, která obsahuje **adresu do paměti**

Analogie:

- Běžná proměnná = dům (obsahuje hodnotu)
- Pointer = adresa domu (říká, kde hodnota je)

Proč potřebujeme pointery?

- Dynamická alokace paměti
- Efektivní předávání dat do funkcí

Co je to pointer?

Pointer (ukazatel) je proměnná, která obsahuje **adresu do paměti**

Analogie:

- Běžná proměnná = dům (obsahuje hodnotu)
- Pointer = adresa domu (říká, kde hodnota je)

Proč potřebujeme pointery?

- Dynamická alokace paměti
- Efektivní předávání dat do funkcí
- Práce s poli, strukturami a datovými strukturami (seznamy, stromy, ...)

Pointer

```
int x = 42;          // Normal variable  
int *ptr = &x;      // Pointer to x
```

Pointer

```
int x = 42;           // Normal variable  
int *ptr = &x;       // Pointer to x
```

Vizualizace v paměti:

Typ	Proměnná	Adresa	Hodnota
int	x	0x1000	42
int*	ptr	0x2000	0x1000

Pointer

- & je operátor „address-of“ - vrací adresu proměnné

Pointer

- & je operátor „address-of“ - vrací adresu proměnné
- `<typ>*` obsahuje adresu do paměti, ve které je hodnota typu `<typ>`

Pointer

- & je operátor „address-of“ - vrací adresu proměnné
- `<typ>*` obsahuje adresu do paměti, ve které je hodnota typu `<typ>`

Dereference je operace, která vrací hodnotu na adresu, na kterou pointer ukazuje

Pointer

- & je operátor „address-of“ - vrací adresu proměnné
- `<typ>*` obsahuje adresu do paměti, ve které je hodnota typu `<typ>`

Dereference je operace, která vrací hodnotu na adresu, na kterou pointer ukazuje

```
int value = *ptr; // * = dereference - read value from address
```

Pointer

Pozor na syntaxi:

```
int* p1, p2; // p1 is pointer, p2 is int!  
int *p1, *p2; // both are pointers
```

Pointer

Operátor * má tedy dva významy:

Pointer

Operátor * má tedy dva významy:

1. **V deklaraci** - říká, že daná proměnná je pointer

```
int *ptr; // ptr is pointer to int
```

Pointer

Operátor * má tedy dva významy:

1. **V deklaraci** - říká, že daná proměnná je pointer

```
int *ptr; // ptr is pointer to int
```

2. **V použití** - přístup k hodnotě (dereference)

```
int x = *ptr; // read value from address  
*ptr = 20;    // write value to address
```

Pointer

```
int a = 5;  
int *p = &a;  
printf("%d", p);
```

Pointer

```
int a = 5;  
int *p = &a;  
printf("%d", p);
```

-634536716

Vypsali jsme hodnotu pointeru, né hodnotu, na kterou pointer ukazuje!

Pointer

```
int a = 5;  
int *p = &a;  
printf("%d", p);
```

-634536716

Vypsali jsme hodnotu pointeru, né hodnotu, na kterou pointer ukazuje!

```
printf("%d", *p);
```

Pointer

```
int a = 5;  
int *p = &a;  
printf("%d", p);
```

-634536716

Vypsali jsme hodnotu pointeru, né hodnotu, na kterou pointer ukazuje!

```
printf("%d", *p);
```

5

Pointer

```
int a = 5;  
int *p = &a;  
a = 10;  
printf("%d\n", a);  
printf("%d\n", *p);
```

Pointer

```
int a = 5;  
int *p = &a;  
a = 10;  
printf("%d\n", a);  
printf("%d\n", *p);
```

10

10

- p je pointer na a

Pointer

```
int a = 5;  
int *p = &a;  
a = 10;  
printf("%d\n", a);  
printf("%d\n", *p);
```

10

10

- p je pointer na a
- *p je dereference pointeru p, což je hodnota proměnné a

Pointer

```
int a = 5;  
int *p = &a;  
a = 10;  
printf("%d\n", a);  
printf("%d\n", *p);
```

10

10

- p je pointer na a
- *p je dereference pointeru p, což je hodnota proměnné a
- Změna a je tedy viditelná přes *p

Pointer

```
int a = 5;  
int *p = &a;  
*p = 20;  
printf("%d\n", a);  
printf("%d\n", *p);
```

Pointer

```
int a = 5;  
int *p = &a;  
*p = 20;  
printf("%d\n", a);  
printf("%d\n", *p);
```

20

20

- $*p = 20$ je dereference pointeru p a změna hodnoty na dané paměťové adresě

Pointer na pointer

Pointer může ukazovat i na jiný pointer:

```
int a = 1;  
int *pa = &a;          // Pointer to int  
int **ppa = &pa;        // Pointer to pointer to int  
int ***pppa = &ppa; // Pointer to pointer to pointer to int
```

Pointer na pointer

Typ	Proměnná	Adresa	Hodnota
int	a	0x1000	1
int*	pa	0x2000	0x1000
int**	ppa	0x3000	0x2000
int***	pppa	0x4000	0x3000

Dereference pointeru na pointer

```
int a = 1;
int *pa = &a;
int **ppa = &pa;
int ***pppa = &ppa;
printf("%d, %d, %d, %d\n", a, *pa, **ppa, ***pppa);
```

Dereference pointeru na pointer

```
int a = 1;
int *pa = &a;
int **ppa = &pa;
int ***pppa = &ppa;
printf("%d, %d, %d, %d\n", a, *pa, **ppa, ***pppa);
1, 1, 1, 1
```

Dereference pointeru na pointer

```
int a = 1;
int *pa = &a;
int **ppa = &pa;
int ***pppa = &ppa;
printf("%d, %d, %d, %d\n", a, *pa, **ppa, ***pppa);
```

1, 1, 1, 1

- a - přímo 1

Dereference pointeru na pointer

```
int a = 1;
int *pa = &a;
int **ppa = &pa;
int ***pppa = &ppa;
printf("%d, %d, %d, %d\n", a, *pa, **ppa, ***pppa);
```

1, 1, 1, 1

- a - přímo 1
- *pa - 1x dereference - 1

Dereference pointeru na pointer

```
int a = 1;
int *pa = &a;
int **ppa = &pa;
int ***pppa = &ppa;
printf("%d, %d, %d, %d\n", a, *pa, **ppa, ***pppa);
```

1, 1, 1, 1

- a - přímo 1
- *pa - 1x dereference - 1
- **ppa - 2x dereference - 1

Dereference pointeru na pointer

```
int a = 1;  
int *pa = &a;  
int **ppa = &pa;  
int ***pppa = &ppa;  
printf("%d, %d, %d, %d\n", a, *pa, **ppa, ***pppa);
```

1, 1, 1, 1

- a - přímo 1
- *pa - 1x dereference - 1
- **ppa - 2x dereference - 1
- ***pppa - 3x dereference - 1

Dereference pointeru na pointer

```
int a = 1;
int *pa = &a;
int **ppa = &pa;
int ***pppa = &ppa;
printf("%d, %d, %d, %d\n", a, *pa, **ppa, ***pppa);
```

1, 1, 1, 1

- a - přímo 1
- *pa - 1x dereference - 1
- **ppa - 2x dereference - 1
- ***pppa - 3x dereference - 1

Pointer aritmetika

```
int arr[] = {10, 20, 30, 40, 50}; // static array of 5 ints  
int *ptr = arr; // pointer to the first element of the array
```

Pointer aritmetika

```
int arr[] = {10, 20, 30, 40, 50}; // static array of 5 ints
int *ptr = arr; // pointer to the first element of the array

// print pointer address in hexadecimal
printf("%p\n", ptr);
```

0x7ffc41093950

Pokud je pointer adresa (v podstatě číslo - index) do paměti, tak co bude výsledkem `ptr + 1`?

```
printf("%p\n", ptr + 1);
```

Pointer aritmetika

```
int arr[] = {10, 20, 30, 40, 50}; // static array of 5 ints
int *ptr = arr; // pointer to the first element of the array

// print pointer address in hexadecimal
printf("%p\n", ptr);
```

0x7ffc41093950

Pokud je pointer adresa (v podstatě číslo - index) do paměti, tak co bude výsledkem `ptr + 1`?

```
printf("%p\n", ptr + 1);
```

0x7ffc41093954

Pointer aritmetika

„Počítání“ s pointery je velmi důležitý princip, který umožňuje přistupovat k prvkům pole pomocí indexu tak, jak to znáte

Pointer aritmetika

„Počítání“ s pointery je velmi důležitý princip, který umožňuje přistupovat k prvkům pole pomocí indexu tak, jak to znáte

Hodnoty typu `int` jsou totiž uloženy pomocí 4 bytů

Pointer aritmetika

„Počítání“ s pointery je velmi důležitý princip, který umožňuje přistupovat k prvkům pole pomocí indexu tak, jak to znáte

Hodnoty typu `int` jsou totiž uloženy pomocí 4 bytů a pokud tedy budeme chtít další `int`, tak musíme přeskočit 4 byty

Pointer aritmetika

Adresa	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Hodnota
0x7ffc41093950	0x00	0x00	0x00	0x0A	10
0x7ffc41093954	0x00	0x00	0x00	0x14	20
0x7ffc41093958	0x00	0x00	0x00	0x1E	30
0x7ffc4109395C	0x00	0x00	0x00	0x28	40
0x7ffc41093960	0x00	0x00	0x00	0x32	50

Endianita

Poznámka:

Přesné uložení bitů záleží na architektuře procesoru, konkrétně na tom, jakou endianitu používáme

Endianita je

Endianita

Poznámka:

Přesné uložení bitů záleží na architektuře procesoru, konkrétně na tom, jakou endianitu používáme

Endianita je způsob, jakým jsou bity uloženy v paměti a určuje, zdali je MSB (Most Significant Bit) na nižší nebo vyšší adresě

- Little-endian: MSB na vyšší adresě
- Big-endian: MSB na nižší adresě

Endianita

Jakou endianitu dnes v počítači používáme?

Endianita

Jakou endianitu dnes v počítači používáme?

Big-endian (např. Motorola 68000, IBM z/Architecture):

- $10 = 0x00\ 0x00\ 0x00\ 0x0A$

Endianita

Jakou endianitu dnes v počítači používáme?

Big-endian (např. Motorola 68000, IBM z/Architecture):

- $10 = 0x00\ 0x00\ 0x00\ 0x0A$

Little-endian (např. x86, ARM):

- $10 = 0x0A\ 0x00\ 0x00\ 0x00$

Pointer aritmetika

```
printf("%d\n", *ptr);
```

Pointer aritmetika

```
printf("%d\n", *ptr);
```

10

Pointer aritmetika

```
printf("%d\n", *ptr);  
10  
printf("%d\n", *(ptr+1));
```

Pointer aritmetika

```
printf("%d\n", *ptr);  
10  
printf("%d\n", *(ptr+1));  
20  
printf("%d\n", *(ptr+2));
```

Pointer aritmetika

```
printf("%d\n", *ptr);
```

10

```
printf("%d\n", *(ptr+1));
```

20

```
printf("%d\n", *(ptr+2));
```

30

Pointer aritmetika

```
printf("%d\n", *ptr);  
10  
printf("%d\n", *(ptr+1));  
20  
printf("%d\n", *(ptr+2));  
30
```

Proč?

Pointer aritmetika

Důležité: `ptr+1` nezvyšuje adresu o 1 byte, ale o

Pointer aritmetika

Důležité: `ptr+1` nezvyšuje adresu o 1 byte, ale o **velikost datového typu!**

- Pro `int` (4 bytes): `ptr+1` zvýší adresu o 4 bytes
- Pro `char` (1 byte): `ptr+1` zvýší adresu o 1 byte

Ekvivalentní způsoby přístupu k prvkům pole

1. Pomocí pointer aritmetiky:

```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {  
    printf("%d", *(arr + i));  
}
```

Ekvivalentní způsoby přístupu k prvkům pole

1. Pomocí pointer aritmetiky:

```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {  
    printf("%d", *(arr + i));  
}
```

2. Pomocí indexu (klasicky):

```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {  
    printf("%d", arr[i]);  
}
```

Ekvivalentní způsoby přístupu k prvkům pole

1. Pomocí pointer aritmetiky:

```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {  
    printf("%d", *(arr + i));  
}
```

2. Pomocí indexu (klasicky):

```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {  
    printf("%d", arr[i]);  
}
```

Fakt: str[i] je jen

Ekvivalentní způsoby přístupu k prvkům pole

1. Pomocí pointer aritmetiky:

```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {  
    printf("%d", *(arr + i));  
}
```

2. Pomocí indexu (klasicky):

```
for (int i = 0; i < 5; ++i) {  
    printf("%d", arr[i]);  
}
```

Fakt: str[i] je jen syntaktický cukr pro *(str + i) ✨

Pointer aritmetika se strukturami

```
typedef struct {
    long weight; unsigned char countOfDoors;
} Car;

int main() {
    Car arr[] = {
        {.weight = 1000, .countOfDoors = 5},
        {.weight = 2000, .countOfDoors = 3},
    };
    for (int i = 0; i < 2; ++i) {
        printf("%ld %hd\n", arr[i].weight, (arr + i)->countOfDoors);
    }
}
```

Pointer aritmetika se strukturami

Co v tomto případě znamená `(arr + 1)`?

Pointer aritmetika se strukturami

Co v tomto případě znamená `(arr + 1)`?

```
printf("%p\n", arr);  
printf("%p\n", arr + 1);
```

Pointer aritmetika se strukturami

Co v tomto případě znamená `(arr + 1)`?

```
printf("%p\n", arr);  
printf("%p\n", arr + 1);
```

0x7ffcf6bf2370

0x7ffcf6bf2380

Jedná se tedy o skok o 0x10 bytes = 16 byteů, což je

Pointer aritmetika se strukturami

Co v tomto případě znamená `(arr + 1)`?

```
printf("%p\n", arr);  
printf("%p\n", arr + 1);
```

0x7ffcf6bf2370

0x7ffcf6bf2380

Jedná se tedy o skok o $0x10$ bytes = 16 byteů, což je velikost struktury Car (8 bytes + 2 bytes a

Pointer aritmetika se strukturami

Co v tomto případě znamená `(arr + 1)`?

```
printf("%p\n", arr);  
printf("%p\n", arr + 1);
```

0x7ffcf6bf2370

0x7ffcf6bf2380

Jedná se tedy o skok o $0x10$ bytes = 16 byteů, což je velikost struktury Car (8 bytes + 2 bytes a padding)

Pointer aritmetika se strukturami

Co v tomto případě znamená `(arr + 1)`?

```
printf("%p\n", arr);
printf("%p\n", arr + 1);
```

0x7ffcf6bf2370

0x7ffcf6bf2380

Jedná se tedy o skok o $0x10$ bytes = 16 bytů, což je velikost struktury Car (8 bytes + 2 bytes a padding)

```
printf("%zu", sizeof(Car));
```

Pointer aritmetika se strukturami

Co v tomto případě znamená `(arr + 1)`?

```
printf("%p\n", arr);
printf("%p\n", arr + 1);
```

0x7ffcf6bf2370

0x7ffcf6bf2380

Jedná se tedy o skok o $0x10$ bytes = 16 bytů, což je velikost struktury Car (8 bytes + 2 bytes a padding)

```
printf("%zu", sizeof(Car));
```

16