

# Architektury systemów komputerowych

## Lista zadań nr 1

Na zajęcia 27 lutego i 4 marca 2024

W zadaniu 1 i 2 wolno używać **wyłącznie** instrukcji przypisania, operatorów bitowych, dodawania, odejmowania i przesunięć bitowych. Wszystkie zmienne mają typ `uint32_t`. Można używać zmiennych tymczasowych.

**Zadanie 1.** Zmienne  $i$ ,  $k$  spełniają warunek  $0 \leq i, k \leq 31$ . Napisz ciąg instrukcji w języku C, który skopiuje  $i$ -ty bit zmiennej  $x$  na pozycję  $k$ -tą. Najpierw pokaż rozwiązanie pośrednie używające instrukcji warunkowej.

**Uwaga!** Musisz rozpatrzyć trzy przypadki:  $i < k$ ,  $i > k$  oraz  $i = k$ .

**Zadanie 2.** Napisz ciąg instrukcji w języku C, który wyznaczy liczbę zapalonych bitów w zmiennej  $x$ .

**Uwaga!** Oczekiwana złożoność to  $O(\log n)$ , gdzie  $n$  to liczba bitów w słowie. Posłuż się strategią „dziel i zwyciężaj”.

**Zadanie 3.** Podaj rozmiar w bajtach poniższych struktur przyjmując, że wskaźnik jest 64-bitowy (architektura x86-64). Pod jakim przesunięciem, względem początku struktury, znajdują się poszczególne pola? Jak zreorganizować pola struktury, by zajmowała mniej miejsca? Z czego wynika takie zachowanie kompilatora?

```
1 struct A {                1 struct B {
2     int8_t a;              2     uint16_t a;
3     void *b;               3     double b;
4     int8_t c;              4     void *c;
5     int16_t d;             5 };
6 };
```

**Wskazówka:** Użyj kompilatora, aby się dowiedzieć jaki jest rozmiar powyższych struktur – przyda się słowo kluczowe «`sizeof`».

**Zadanie 4.** Rozważamy słowa kluczowe ze standardu C11 (a nie C++). Jakie jest działanie «`volatile`» w stosunku do zmiennych? Kiedy programiści muszą go użyć, by program zachowywał się poprawnie? Jaki jest skutek użycia «`static`» w stosunku do zmiennych globalnych, zmiennych lokalnych i procedur? Kiedy należy go używać? Jaką rolę pełni «`restrict`» odnośnie typów wskaźnikowych?

**Wskazówka:** W przypadku «`volatile`» nie chodzi o wyłączenie optymalizacji!

**Zadanie 5.** Zmienne «`a`», «`b`» i «`c`» to wskaźniki na tablice elementów typu «`uint32_t`». Przetłumacz, krok po kroku, poniższe dwie instrukcje złożone zapisane w języku C na **kod trójkowy**:

```
s += b[j+1] + b[--j];      a[i++] -= *b * (c[j*2] + 1);
```

**Wskazówka:** Przyjmujemy, że wszystkie wyrażenia są obliczane od lewej do prawej.

**Zadanie 6.** Z punktu widzenia procesora wszystkie wskaźniki są tożsame z liczbami całkowitymi. W trakcie generowania kodu wynikowego kompilator musi przetłumaczyć instrukcje wyboru pola struktury lub wariantu unii «`x->k`» i «`x.k`» oraz indeksowania tablic «`a[i]`» na prostsze instrukcje.

Przetłumacz, krok po kroku, poniższą instrukcję zapisaną w języku C na kod trójkowy. Trzeba pozbyć się typów złożonych, wykonać odpowiednie obliczenia na wskaźnikach, a wszystkie dostępy do pamięci realizować wyłącznie instrukcjami «`x:=*y`» lub «`*x:=y`». Zmienne «`us`» i «`vs`» są typu «`struct A *`» (patrz zad. 3).

```
vs->d = us[1].a + us[j].c;
```

**Zadanie 7.** Przetłumacz, krok po kroku, poniższą procedurę napisaną w języku C na kod trójkowy:

```
1 void insertion_sort(int arr[], int length) {
2     int j, temp;
3     for (int i = 0; i < length; i++) {
4         j = i;
5         while (j > 0 && arr[j] < arr[j-1]) {
6             temp = arr[j];
7             arr[j] = arr[j-1];
8             arr[j-1] = temp;
9             j--;
10        }
11    }
12 }
```

Następnie oznacz **bloki podstawowe** i narysuj **graf przepływu sterowania** (ang. *control flow graph*).

**Wskazówka:** W języku C wyrażenia logiczne są obliczane w **uproszczony sposób**<sup>1</sup>.

**Zadanie 8.** Podobnie jak w poprzednim zadaniu: przetłumacz poniższą funkcję na kod trójkowy, po czym oznacz bloki podstawowe i narysuj graf przepływu sterowania dla poniższej funkcji napisanej w języku C.

```
1 #define N (sizeof(int32_t) * 8)
2
3 int32_t isqrt(int32_t n) {
4     if (n < 0)
5         return INT32_MIN;
6
7     int32_t x = n;
8     int32_t c = 0;
9     int32_t d = 1 << (N - 2);
10
11     while (d > n)
12         d >>= 2;
13
14     while (d) {
15         if (x >= c + d) {
16             x -= c + d;
17             c = (c >> 1) + d;
18         } else {
19             c >>= 1;
20         }
21         d >>= 2;
22     }
23     return c;
24 }
```

**Zadanie 9 (bonus).** Funkcja «isqrt» z poprzedniego zadania implementuje całkowitoliczbowy algorytm obliczania pierwiastka kwadratowego. Co ciekawe, do realizacji algorytmu wystarczają proste operacje arytmetyczno-logiczne. Zreferuj ten algorytm na podstawie artykułu [Methods of computing square roots: Digit-by-digit calculation](https://en.wikipedia.org/wiki/Methods_of_computing_square_roots#Digit-by-digit_calculation)<sup>2</sup>.

**Komentarz:** Twoim zadaniem jest opowiedzenie o algorytmie tak, aby wszyscy uczestnicy zajęć zrozumieli jego działanie.

**Zadanie 10.** Być może jest to zaskakujące, ale poniższy kod jest poprawny i w dodatku czasami korzysta się z tej niskopoziomowej techniki optymalizacji. Co robi procedura «secret»?

```
1 void secret(uint8_t *to, uint8_t *from, size_t count) {
2     size_t n = (count + 7) / 8;
3     switch (count % 8) {
4     case 0: do { *to++ = *from++;
5     case 7:      *to++ = *from++;
6     case 6:      *to++ = *from++;
7     case 5:      *to++ = *from++;
8     case 4:      *to++ = *from++;
9     case 3:      *to++ = *from++;
10    case 2:      *to++ = *from++;
11    case 1:      *to++ = *from++;
12    } while (--n > 0);
13    }
14 }
```

Kompilator GCC dopuszcza by instrukcja «goto» przyjmowała wyrażenie obliczające adres skoku. Dodatkowo umożliwia definiowanie **tablic etykiet**<sup>3</sup>. Przetłumacz powyższą procedurę tak, by korzystała wyłącznie z instrukcji «goto».

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Short-circuit\\_evaluation](https://en.wikipedia.org/wiki/Short-circuit_evaluation)

<sup>2</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Methods\\_of\\_computing\\_square\\_roots#Digit-by-digit\\_calculation](https://en.wikipedia.org/wiki/Methods_of_computing_square_roots#Digit-by-digit_calculation)

<sup>3</sup><https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Labels-as-Values.html>