ZAAWANSOWANE PROGRAMOWANIE KOMPUTEROWE WNE (2021)

KRZYSZTOF ZIEMIAŃSKI

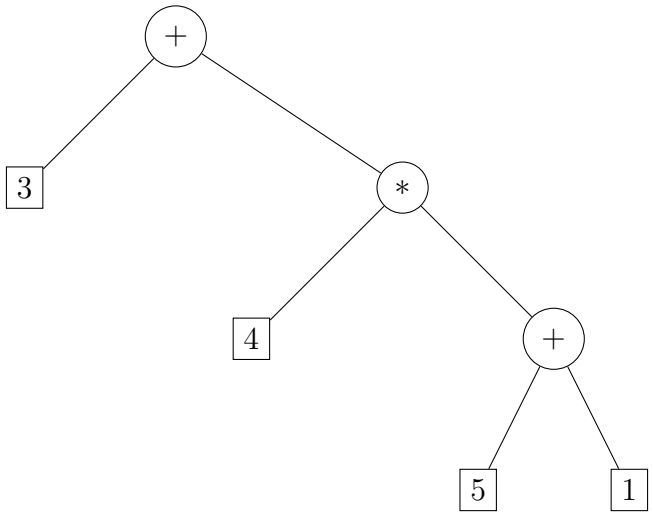
10. Wyrażenia arytmetyczne

Celem tych zajęć będzie stworzenie prostego kalkulatora, który po wczytaniu tekstu zawierającego wyrażenie arytmetyczne obliczy jego wartość. Np. po wpisaniu

```
3+4*(5+1)
```

otrzymamy wartość `27`. Kalkulator będzie operował na liczbach całkowitych nieujemnych i obsługował działania `+`, `*` oraz nawiasy. Wyliczanie odbywa się w dwóch krokach. Najpierw tworzymy reprezentację wyrażenia, a potem je wyliczamy korzystając z tej reprezentacji.

10.1. **Reprezentacja wyrażeń.** Wyrażenia będą reprezentowane za pomocą drzew. Przykładowe wyrażenie podane powyżej będzie wyglądało tak:



Jak widzimy będziemy potrzebować trzech rodzajów węzłów:

- stałych liczbowych,
- sum,
- iloczynów.

Poszczególnym rodzajom węzłów będą odpowiadać różne klasy; z drugiej strony jednak wszystkie te rodzaje reprezentują wyrażenia. Zdefiniujemy je więc jako klasy pochodne klasy reprezentującej wszystkie wyrażenia.

10.2. **Dziedziczenie — klasy pochodne.** Jeśli `A` jest pewną klasą, to możemy zdefiniować jej klasę pochodną `B`:

```
class B: public A {
    // deklaracje pól i metod
};
```

Obiekt klasy `B` będzie zawierał wszystkie pola zadeklarowane w klasie `A` i ponadto pola zadeklarowane w klasie `B`. Podobnie jest z metodami: możemy używać zarówno metod zadeklarowanych z klasie `A` jak i tych z klasy `B`. Najważniejszym mechanizmem związanym z dziedziczeniem klas jest możliwość ponownego zdefiniowania funkcji w klasie pochodnej. Wtedy działanie tej funkcji będzie zależało od rzeczywistego typu obiektu; dla obiektów typu `A` funkcja będzie działała tak jak zdefiniowano to w klasie `A`, a dla obiektów typu `B`, tak jak w klasie `B`. Takie funkcje nazywamy wirtualnymi; jeśli chcemy, żeby funkcja była wirtualna, jej deklarację poprzedzamy słowem `virtual`.

W tym przykładzie definiujemy klasę `Punkt`.

```
class Punkt {
public:
    Punkt(double _x, double _y): x(_x), y(_y) {}
    double x;
    double y;
    virtual void drukuj() {
        cout << "(" << x << "," << y << ")";
    }
};
```

Następnie definiujemy jej klasę pochodną

```
class KolorowyPunkt: public Punkt {
public:
    KolorowyPunkt(double _x, double _y, string kolor)
        : Punkt(_x, _y), kolor(_kolor) {}
    string kolor;
    virtual void drukuj() {
        cout << "(" << x << "," << y << ") Kolor: " << kolor;
    }
};
```

Proszę zauważyć, że w konstruktorze klasy `KolorowyPunkt` musimy podać parametry do pewnego konstruktora klasy `Punkt`. O oto przykład użycia:

```
Punkt* p=new Punkt(2,5);
p->drukuj(); // drukuje bez koloru
delete p;
p=new KolorowyPunkt(3,7,"czarny");
p->drukuj(); // a teraz z kolorem
delete p;
```

Musimy korzystać ze wskaźników — wskaźnik do typu `Punkt` może wskazywać na `KolorowyPunkt`, ale do statycznej zmiennej typu `Punkt` nie możemy przypisać kolorowego punktu (tj. możemy, ale informacja o kolorze zostanie utracona).

10.3. **Wyrażenia.** Wyrażenia arytmetyczne będą reprezentowane przez klasę

```
class Wyrazenie {
```

```
    public:
        virtual int wartosc()=0;
        virtual void drukuj()=0;
    };
```

Wyrażenia można drukować i obliczać ich wartość, ale obie te czynności są niezdefiniowane. Nie możemy wydrukować "ogólnego" wyrażenia, bo nie wiem czym ono jest; nie możemy nawet stworzyć obiektu tej klasy. Takie klasy nazywają się klasami abstrakcyjnymi. Można ich użyć tylko do zdefiniowania klas pochodnych. Klasa reprezentująca stałe liczbowe to

```
    class Stala: public Wyrazenie {
    public:
        Stala(int _a): a(_a) {}
        virtual int wartosc() { return a; }
        virtual void drukuj() { cout << a; }
    private:
        int a;
};
```

Obiekty tej klasy możemy już tworzyć, drukować i wyliczać ich wartości (choć nie jest to szczególnie interesujące). Pożytek z klas pochodnych można zauważyć na przykładzie kolejnej klasy reprezentującej sumy wyrażeń:

```
    class Suma: public Wyrazenie {
    public:
        Suma(Wyrazenie* _w1, Wyrazenie* _w2): w1(_w1), w2(_w2) { }
        virtual ~Suma() { delete w1; delete w2; }
        virtual int wartosc() { return w1->wartosc() + w2->wartosc(); }
        virtual void drukuj() {
            cout << "(";
            w1->drukuj();
            cout << "+";
            w2->drukuj();
            cout << ")";
        }
    private:
        Wyrazenie* w1;
        Wyrazenie* w2;
    };
```

Obiekt klasy `Suma` reprezentuje sumę dwóch dowolnych wyrażeń: stałych, sum, iloczynów, a nawet innego rodzaju wyrażeń (wystarczy stworzyć nowe klasy pochodne klasy `Wyrazenie`). Wartość sumy obliczy sie jako suma wartości wyrażeń wskazywanych przez `w1` i `w2`, które to wyrażenia oblicza się z kolei we właściwy dla siebie sposób.

10.4. **Strumienie.** Wyrażenia arytmetyczne będziemy wczytywać ze strumienia (typu `istream`), przykładem takiego strumienia jest `cin`. Można też wczytywań wyrażenia z napisów typu `string` np. tak

```
    string s("2+2*(7+2)");
    stringstream ss(s); // tworzymy strumień podłączony do napisu
    w = czytajWyrazenie(ss); // używamy ss jak cin
```

Wymaga to załączenia biblioteki `sstream`. Znaki wczytujemy za pomocą metod `get`:

```
f.get(c);
```

wczytuje znak ze strumienia `f` i umieszcza go w zmiennej `c`, oraz z funkcji `peek`:

```
f.peek();
```

zwraca kolejny znak ze strumienia, ale go nie pobiera; funkcja `peek` może zwrócić wartość `EOF`, co oznacza, że w strumieniu nie ma już więcej znaków.

10.5. **Gramatyki, czyli jak wczytywać wyrażenia.** Poprawne wyrażenia arytmetyczne można opisać za pomocą następującego przepisu (nazywa się to gramatyką):

$$\begin{aligned} \texttt{Wyrażenie} &\to \texttt{Składnik} \mid \texttt{Składnik} + \texttt{Wyrażenie} \\ \texttt{Składnik} &\to \texttt{Czynnik} \mid \texttt{Czynnik} * \texttt{Składnik} \\ \texttt{Czynnik} &\to \texttt{Stała} \mid (\texttt{Wyrażenie}) \end{aligned}$$

Inaczej mówiąć, każde wyrażenie jest sumą składników, każdy składnik jest iloczynem czynników, a każdy czynnik jest "atomowym" wyrażeniem: liczbą lub wyrażeniem zamkniętym w nawiasy. Funkcje wczytujące wyrażenia również są zbudowane wg tego schematu:

- Funkcja `czytajWyrazenie` czyta składnik, następnie sprawdza, czy kolejnym znakiem jest `+`; jeśli tak, czyta wyrażenie i zwraca sumę składnika i wyrażenia; jeśli nie, zwraca tylko wyrażenie.
- Funkcja `czytajSkladnik` czyta czynnik, następnie sprawdza, czy kolejnym znakiem jest `*`; jeśli tak, czyta składnik i zwraca iloczyn czynnika i składnika; jeśli nie, zwraca tylko czynnik.
- Funkcja `czytajCzynnik` sprawdza, co jest pierwszym znakiem. Jeśli to nawias, czyta nawias, wyrażenie i nawias zamykający. Jeśli to cyfra, wczytuje liczbę. Jeśli żadne z powyższych, wypisuje się komunikat o błędzie.

Wynikiem działania tych funkcji jest wskaźnik do wczytanego wyrażenia.

10.6. **Zadania.**

(1) Zmienić klasy `Suma` i `Iloczyn` tak, aby przechowywały sumy złożone z więcej niż dwóch składników (iloczyny wielu czynników).

(2) Dodać obsługę liczb ujemnych i odejmowania.