Zadanie 6 11–22 kwietnia 2022 r.

kurs języka C++

wyrażenia arytmetyczne

Instytut Informatyki
Uniwersytetu Wrocławskiego Paweł Rzechonek

Prolog

Wyrażenia arytmetyczne mają fundamentalne znaczenie w każdym języku programowania – są to dowolne wyrażenia typu liczbowego złożone z liczb, zmiennych, funkcji, operatorów i nawiasów. Wyrażenia arytmetyczne nie stanowią samoistnych instrukcji ale są ich częścią.

Drzewa wyrażeń pozwalają na dynamiczne budowanie wyrażeń w trakcie działania programu. Każde wyrażenie można przedstawić w postaci drzewa (najczęściej drzewa binarnego), w którym liście reprezentują argumenty a węzły wewnętrzne operacje arytmetyczne (najczęściej operacje dwuargumentowe) albo funkcje matematyczne o dowolnej arności (wtedy też drzewa wyrażeń niekoniecznie muszą być drzewami binarnymi). Argumentami operatorów albo funkcji w takim drzewie są inne wyrażenia (poddrzewa wyrażeń). Sposób łączenia ze sobą poddrzew w jedno wyrażenie determinują priorytety i łączność operatorów oraz rozstawienie nawiasów (operacja wykonująca się na samym końcu w trakcie obliczania wyrażenia zostanie umieszczona w korzeniu drzewa).

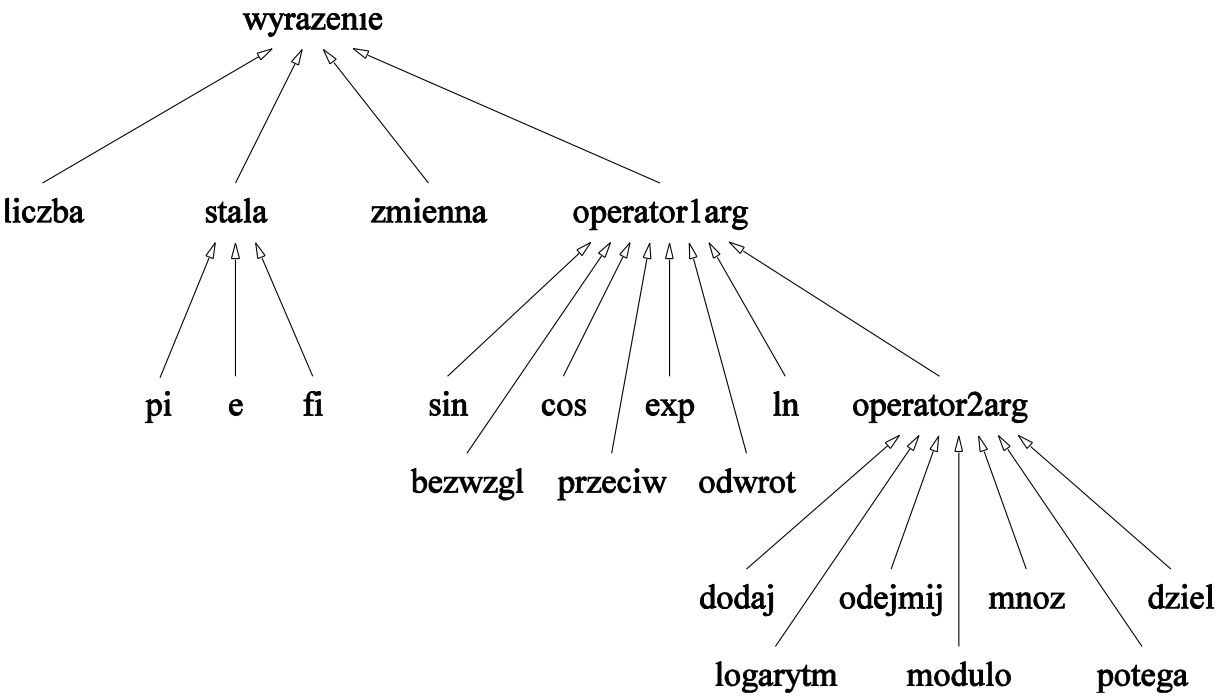
Zadanie

Zdefiniuj abstrakcyjną klasę bazową `wyrazenie`, reprezentującą wyrażenie arytmetyczne. W klasie tej umieść deklaracje abstrakcyjnych metod `oblicz()` oraz `zapis()`. Metoda `oblicz()` doprecyzowana w klasach potomnych będzie obliczać wartość wyrażenia i zwracać wynik typu `double`; metoda `zapis()` ma zwracać napis typu `string` reprezentujący całe wyrażenie wraz z dopisanymi niezbędnymi nawiasami – należy przy tym uwzględnić priorytety operatorów (na przykład priorytet mnożenia jest wyższy niż priorytet dodawania) oraz ich łączność (na przykład mnożenie jest lewostronnie łączne a potęgowanie jest łączne prawostronnie).

Następnie zdefiniuj klasy dziedziczące po klasie `wyrazenie`, które będą reprezentowały operandy i operatory. Do operandów zaliczamy liczby (opakowana wartość zmiennopozycyjna typu `double`), zmienne (zmienna ma mieć określoną nazwę typu `string`, przez którą będzie można odwołać się do zbioru zmiennych i stamtąd pobrać skojarzoną wartość) oraz stałe (stałe mają określoną nazwę typu `string`, za którą kryje się pewna ustalona wartość typu `double`).

Zmienne pamiętaj w zbiorze asocjacyjnym typu `vector<pair<string, double>>`. Zbiór ten umieść jako prywatne pole statyczne w klasie `zmienna` i dopisz kilka publicznych statycznych metod pozwalających zarządzać tym zbiorem (dodawanie, usuwanie i modyfikacja zmiennych).

Operatory natomiast to podstawowe operacje arytmetyczne (dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie, potęgowanie oraz jednoargumentowa operacja zmiany znaku na przeciwny) i funkcje matematyczne (sinus, cosinus, tangens, logarytm, logarytm naturalny, funkcja eksponencjalna itp.). Pamiętaj o arności operatorów i funkcji, a dodatkowo o priorytetach i łączności operatorów.



Hierarchia dziedziczenia dla tych klasa powinna być tak zaprojektowana, aby można z nich było zbudować drzewo wyrażenia: obiekty klas reprezentujących liczbę, zmienną czy stałą liście w drzewie a operatory i funkcje unarne albo binarne to węzły wewnętrzne. Można rozważyć odseparowanie operatorów i funkcji (aby uprościć implementację metody zapisującej wyrażenie w postaci łańcucha znaków typu `string`). W klasach potomnych w stosunku do klasy `wyrazenie` ponadpisuj metody `oblicz()` oraz `zapis()`. Zablokuj też możliwość kopiowania wyrażeń.

Na koniec napisz program testowy, sprawdzający działanie obiektów tych klas. W swoim programie skonstruuj kilka drzew obliczeń z wykorzystaniem zmiennych `x` i `y`, na przykład:

```
((x-1)*x)/2
```

```
(3+5)/(2+x*7)
```

```
2+x*7-(y*3+5)
```

```
cos((x+1)*pi)/e^x^2
```

Wypisz te wyrażenia korzystając z metody `zapis()` a potem oblicz i wypisz ich wartości dla zmiennych `x` i `y` z zakresu od 0 do 1 ze skokiem co 0.1 stosując metodę `oblicz()`.

Przykład

Wyrażenie `pi-(2+x*7)` należy zdefiniować następująco:

```
wyrazenie *w = new odejmij(
    new pi(),
    new dodaj(
        new liczba(2),
        new mnoz(
            new zmienna("x"),
            new liczba(7)
        )
    )
);
```

Potem można obliczać wartość takiego wyrażenia nadając zmiennej `x` różne wartości.

Uwaga

Podziel program na pliki nagłówkowe (definicje klas) i źródłowe (definicje metod zadeklarowanych w klasach). Funkcję `main()` z testami umieść w osobnym pliku źródłowym.

Ważne elementy programu

- Optymalna hierarchia klas pozwalająca definiować różne elementy wyrażenia; na szczycie tej hierarchii ma się znaleźć abstrakcyjna klasa `wyrazenie` z czysto wirtualnymi metodami abstrakcyjnymi `oblicz()` i `zapis()`.
- Nadpisanie metod `oblicz()` i `zapis()` w klasach potomnych.
- Wykorzystanie priorytetów operatorów do zminimalizowania liczby wypisywanych nawiasów przez metodę `zapis()`.
- Zablokowanie kopiowania i przenoszenia dla wyrażeń.
- Zgłaszanie wyjątków w konstruktorach i funkcjach składowych.
- W funkcji `main()` należy przetestować obiekty wszystkich klas nieabstrakcyjnych.