

\* рекомендується використати <https://replit.com/languages/cpp> (якщо ви зареєструвались на ресурсі, то виконайте «Log out»)

## Домашнє завдання №4

Розробити програму, яка за допомогою `boost::spirit` реалізовує заданий відповідно до варіанту синтаксис для запису виразу.

### Вибір варіанту

$$(N_{\text{ж}} + N_{\text{г}} + 6) \% 10 + 1$$

де:  $N_{\text{ж}}$  – порядковий номер студента в групі, а  $N_{\text{г}}$  – номер групи (1,2,3,4,5,6,7,8 або 9)

### Варіанти завдання

№	Синтаксис (заданий РБНФ)
1	$\langle \text{expression} \rangle = \langle \text{term\_a} \rangle, \{ "+", \langle \text{term\_a} \rangle \}^*$ $\langle \text{term\_a} \rangle = \langle \text{term\_m} \rangle, \{ ("*"   "\%") \}^*$ $\langle \text{term\_m} \rangle = \langle \text{value} \rangle   "+" \langle \text{term\_m} \rangle   "-" \langle \text{term\_m} \rangle   "(" \langle \text{expression} \rangle, ")"$
2	$\langle \text{expression} \rangle = \langle \text{term\_a} \rangle, \{ "-", \langle \text{term\_a} \rangle \}^*$ $\langle \text{term\_a} \rangle = \langle \text{term\_m} \rangle, \{ ("*"   "\%") \}^*$ $\langle \text{term\_m} \rangle = \langle \text{value} \rangle   "+" \langle \text{term\_m} \rangle   "-" \langle \text{term\_m} \rangle   "(" \langle \text{expression} \rangle, ")"$
3	$\langle \text{expression} \rangle = \langle \text{term\_a} \rangle, \{ "+", \langle \text{term\_a} \rangle \}^*$ $\langle \text{term\_a} \rangle = \langle \text{term\_m} \rangle, \{ ("/"   "\%") \}^*$ $\langle \text{term\_m} \rangle = \langle \text{value} \rangle   "+" \langle \text{term\_m} \rangle   "-" \langle \text{term\_m} \rangle   "(" \langle \text{expression} \rangle, ")"$
4	$\langle \text{expression} \rangle = \langle \text{term\_a} \rangle, \{ "-", \langle \text{term\_a} \rangle \}^*$ $\langle \text{term\_a} \rangle = \langle \text{term\_m} \rangle, \{ ("/"   "\%") \}^*$ $\langle \text{term\_m} \rangle = \langle \text{value} \rangle   "+" \langle \text{term\_m} \rangle   "-" \langle \text{term\_m} \rangle   "(" \langle \text{expression} \rangle, ")"$
5	$\langle \text{expression} \rangle = \langle \text{term\_a} \rangle, \{ "+", \langle \text{term\_a} \rangle \}^*$ $\langle \text{term\_a} \rangle = \langle \text{term\_m} \rangle, \{ ("*"   "\&") \}^*$ $\langle \text{term\_m} \rangle = \langle \text{value} \rangle   "+" \langle \text{term\_m} \rangle   "-" \langle \text{term\_m} \rangle   "(" \langle \text{expression} \rangle, ")"$
6	$\langle \text{expression} \rangle = \langle \text{term\_a} \rangle, \{ "-", \langle \text{term\_a} \rangle \}^*$ $\langle \text{term\_a} \rangle = \langle \text{term\_m} \rangle, \{ ("*"   "\&") \}^*$ $\langle \text{term\_m} \rangle = \langle \text{value} \rangle   "+" \langle \text{term\_m} \rangle   "-" \langle \text{term\_m} \rangle   "(" \langle \text{expression} \rangle, ")"$
7	$\langle \text{expression} \rangle = \langle \text{term\_a} \rangle, \{ "+", \langle \text{term\_a} \rangle \}^*$ $\langle \text{term\_a} \rangle = \langle \text{term\_m} \rangle, \{ ("/"   "\&") \}^*$ $\langle \text{term\_m} \rangle = \langle \text{value} \rangle   "+" \langle \text{term\_m} \rangle   "-" \langle \text{term\_m} \rangle   "(" \langle \text{expression} \rangle, ")"$
8	$\langle \text{expression} \rangle = \langle \text{term\_a} \rangle, \{ "-", \langle \text{term\_a} \rangle \}^*$ $\langle \text{term\_a} \rangle = \langle \text{term\_m} \rangle, \{ ("/"   "\&") \}^*$ $\langle \text{term\_m} \rangle = \langle \text{value} \rangle   "+" \langle \text{term\_m} \rangle   "-" \langle \text{term\_m} \rangle   "(" \langle \text{expression} \rangle, ")"$
9	$\langle \text{expression} \rangle = \langle \text{term\_a} \rangle, \{ "+", \langle \text{term\_a} \rangle \}^*$ $\langle \text{term\_a} \rangle = \langle \text{term\_m} \rangle, \{ ("*"   "/" ) \}^*$ $\langle \text{term\_m} \rangle = \langle \text{value} \rangle   "+" \langle \text{term\_m} \rangle   "-" \langle \text{term\_m} \rangle   "(" \langle \text{expression} \rangle, ")"$
10	$\langle \text{expression} \rangle = \langle \text{term\_a} \rangle, \{ "-", \langle \text{term\_a} \rangle \}^*$ $\langle \text{term\_a} \rangle = \langle \text{term\_m} \rangle, \{ ("*"   "/" ) \}^*$ $\langle \text{term\_m} \rangle = \langle \text{value} \rangle   "+" \langle \text{term\_m} \rangle   "-" \langle \text{term\_m} \rangle   "(" \langle \text{expression} \rangle, ")"$

## Приклад коду

Наведена програма (лістинг 2) перевіряє коректність виразу, синтаксис якого заданий РБНФ (лістинг 1):

Лістинг 1

```
<expression> = <term_a>, { ("+" | "-"), <term_a> }*.
<term_a>      = <term_m>, { ("*" | "/"), <term_m> }*.
<term_m>      = <value> | "+" <term_m> | "-" <term_m> | "(", <expression>, ")".
```

Лістинг 2

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <boost/spirit/include/qi.hpp>

namespace qi = boost::spirit::qi;

template <typename Iterator>
struct calculator_simple : qi::grammar<Iterator>{
    calculator_simple() : calculator_simple::base_type(expression){
        expression = term >> *( '+' >> term | '-' >> term );
        term       = factor >> *( '*' >> factor | '/' >> factor );

        factor      =
            qi::uint_
            | '(' >> expression >> ')'
            | '+' >> factor
            | '-' >> factor;
    }

    qi::rule<Iterator> expression, term, factor;
};

int main(){
    std::cout << "Welcome to the expression parser!\n\n";
    std::cout << "Type an expression or [q or Q] to quit\n\n";

    typedef std::string      str_t;
    typedef str_t::iterator  str_t_it;

    str_t expression;

    calculator_simple<str_t_it> calc;

    while(true){
        std::getline(std::cin, expression);
        if(expression == "q" || expression == "Q") break;
        str_t_it begin = expression.begin(), end = expression.end();

        bool success = qi::parse(begin, end, calc);

        std::cout << "-----\n";
        if(success && begin == end)
            std::cout << "Parsing succeeded\n";
        else
            std::cout << "Parsing failed\nstopped at: \"\"
                << str_t(begin, end) << "\"\n\n";
        std::cout << "-----\n";
    }
}
```

## Нотація Бекуса-Наура

Нотація Бекуса—Наура (англ. Backus-Naur form, BNF) — це спосіб запису правил контекстно-вільної граматики, тобто форма опису формальної мови.

БНФ визначає скінченну кількість символів (нетерміналів). Крім того, вона визначає правила заміни символу на якусь послідовність букв (терміналів) і символів. Процес отримання ланцюжка букв можна визначити поетапно: спочатку є один символ (символи зазвичай знаходяться у кутових дужках, а їх назва не несе жодної інформації). Потім цей символ замінюється на деяку послідовність букв і символів, відповідно до одного з правил. Потім процес повторюється (на кожному кроці один із символів замінюється на послідовність, згідно з правилом). Зрештою, виходить ланцюжок, що складається з букв і не містить символів. Це означає, що отриманий ланцюжок може бути виведений з початкового символу.

Нотація БНФ є набором «продукцій», кожна з яких відповідає зразку:

**<символ> ::= <вираз, що містить символи>**

**<вираз, що містить символи>** це послідовність символів або послідовності символів, розділених вертикальною рискою |, що повністю перелічують можливий вибір символ з лівої частини формули.

Наступні чотири символи є символами мета-мови, вони не визначені у мові, котру описують:

- < — лівий обмежувач виразу
- > — правий обмежувач виразу
- ::= — визначене як
- | — або

Інші символи належать до «абетки» описуваної мови.

**Приклад 1.** БНФ для поштової адреси:

Лістинг 3

```
<поштова-адреса> ::= <поштове-відділення> <вулична-адреса> <особа>
<поштове-відділення> ::= <індекс> ", " <місце> <EOL>
<місце> ::= <село> | <місто>
<вулична-адреса> ::= <вулиця> ", " <будинок> <EOL>
<особа> ::= <прізвище> <ім'я> <EOL> | <прізвище> <ім'я> <по батькові> <EOL>
```

**Приклад 2.** Один зі способів означення натуральних чисел за допомогою БНФ:

Лістинг 4

```
<нуль> ::= 0
<ненульова цифра> ::= 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
<цифра> ::= <нуль> | <ненульова цифра>
<послідовність цифр> ::= <нуль> | <ненульова цифра> | <цифра><послідовність цифр>
<натуральне число> ::= <цифра> | <ненульова цифра><послідовність цифр>
```

## Розширена нотація Бекуса-Наура

Розширена форма Бекуса — Наура (англ. extended Backus–Naur form, EBNF) була розроблена Ніклавсом Віртом, яка сьогодні існує в багатьох варіантах, перед усім — ISO-14977. РБНФ відрізняється від БНФ більш «ємкими» конструкціями, що дозволяють при тій же виразності спростити і скоротити в обсязі опис.

При використанні розширеної форми Бекуса-Наура (EBNF):

- не термінальні символи записуються як окремі слова
- термінальні символи записуються в лапках
- вертикальна риска |, як і в БНФ, використовується для визначення альтернатив
- круглі дужки використовуються для групування
- квадратні дужки використовуються для визначення можливого входження символу або групи символів
- фігурні дужки використовуються для визначення можливого повторення символу або групи символів
- символ рівності використовується замість символу :: =
- конкатенація позначається комою
- символ крапки використовується для позначення кінця правила
- коментарі записуються між символами (\* ... \*)

**Приклад 4.** Один зі способів означення цілих чисел за допомогою РБНФ:

*Лістинг 5*

```
Integer = Sign, UnsignedInteger.  
UnsignedInteger = digit, {digit}.  
Sign = [ "+" | "-" ].  
digit = "0" | "1" | "2" | "3" | "4" | "5" | "6" | "7" | "8" | "9".
```