資料結構作業 2 報告

41243128 徐聖硯

一・題目

```
class Polynomial {
// p(x) = a_0 x^{e_0} + ··· + a_n x^{e_n}; a set of ordered pairs of <e_i, a_i>,
// where a_i is a nonzero float coefficient and e_i is a non-negative integer exponent.
public:
    Polynomial();
    // Construct the polynomial p(x) = 0.

    Polynomial Add(Polynomial poly);
    // Return the sum of the polynomials *this and poly.

    Polynomial Mult(Polynomial poly);
    // Return the product of the polynomials *this and poly.

    float Eval(float f);
    // Evaluate the polynomial *this at f and return the result.
};
```

Figure 1. Abstract data type of *Polynomial* class

```
class Polynomial ; // forward declaration

class Term {
friend Polynomial;
private:
   float coef;   // coefficient
   int exp;      // exponent
};
```

The private data members of *Polynomial* are defined as follows:

```
private:
    Term *termArray;   // array of nonzero terms
    int capacity;      // size of termArray
    int terms;         // number of nonzero terms
```

Figure 2. The private data members of *Polynomial* class

Problems:

1. Implement the Polynomial class its ADT and private data members are shown in Figure 1 and 2 respectively.
2. Write C++ functions to input and output polynomials represented as Figure 2. Your functions should overload the << and>>

   Operators.

二．解題說明

Polynomial 裡面塞好塞滿用來表示整個多項式

Term 來表示多項式的項目

Add() Mult() Eval()是多項式的加法乘法&值

如果空間不夠會呼叫 Copy 跟 addTerm 來擴大容量

operator<< & operator>> 多載

來處理輸入的每一項 另一個則是處理輸出的每一項

效能量測的部分 使用 chrono 函式庫來計時加法和乘法的執行時間並使用 high_resolution_clock::now()記錄起始和結束時間並使用 duration_cast<nanoseconds>轉換為毫秒來顯示時間

三・Algorithm Design & Programming

```
// 運算子 >> 重載，用於輸入多項式
istream& operator>>(istream& input, Polynomial& p) {
    float t_coef;
    int t_exp;
    char tmp;
    bool isNegative = false;

    while (true) {
        input >> t_coef; // 讀入係數
        if (isNegative) {
            t_coef *= -1; // 處理負號
            isNegative = false;
        }

        input.get(tmp); // 讀取下一個字元，可能是 'x' 或 '\n'
        if (tmp == '\n') {
            p.AddTerm(t_coef, 0); // 若為換行符，代表此項為常數
            break;
        }

        if (tmp == 'x') {
            input.get(tmp); // 讀取 '^' 或 '\n'
            if (tmp == '^') {
                input >> t_exp; // 讀取指數
            }
            else {
                t_exp = 1; // 若沒有 '^'，指數為 1
                if (tmp == '\n') break;
            }
        }
        else {
            t_exp = 0; // 若沒有 'x'，指數為 0
        }

        p.AddTerm(t_coef, t_exp); // 新增項目

        input.get(tmp); // 讀取下一個項目的分隔符號
        if (tmp == '\n') break; // 若為換行符，結束輸入
        else if (tmp == '-') isNegative = true; // 若為負號，處理下一項
    }
    return input;
}
```

Operator>>實作

輸入進來可能有+-或是空格及 x^還有數字，

所以判斷輸入進來的東西並讀取換行符號結束輸入;

```
// 運算子 << 重載，用於將多項式輸出
ostream& operator<<(ostream& output, const Polynomial& p) {
    if (p.terms == 0) {
        output << "0"; // 若多項式無項目，輸出 0
        return output;
    }
    for (int i = 0; i < p.terms; i++) {
        if (i > 0 && p.termArray[i].coef > 0) output << " + "; // 若不是第一項且係數為正數，輸出加號
        output << p.termArray[i].coef;
        if (p.termArray[i].exp != 0) output << "x^" << p.termArray[i].exp; // 輸出指數
    }
    return output;
}
```

Operator<<實作

總之 就是輸出

```
// 新增項目
void AddTerm(float coef, int exp) {
    if (coef == 0) return; // 若係數為 0，不加入
    if (terms >= capacity) { // 若容量不足，擴展容量
        Copy(capacity * 2);
    }
    termArray[terms].coef = coef;
    termArray[terms].exp = exp;
    terms++; // 增加項數
}

// 擴展容量
void Copy(int newCapacity) {
    Term* newArray = new Term[newCapacity]; // 創建新的陣列
    copy(termArray, termArray + terms, newArray); // 將原陣列的資料複製到新陣列
    delete[] termArray; // 釋放舊陣列的記憶體
    termArray = newArray; // 將新陣列賦值給 termArray
    capacity = newCapacity; // 更新容量
}
```

這邊是如果容量不夠就擴大的部分

```
// 預設建構子
Polynomial() : termArray(nullptr), capacity(0), terms(0) {}

// 帶容量的建構子
Polynomial(int capacity) {
    this->capacity = capacity;
    terms = 0;
    termArray = new Term[capacity]; // 用來儲存多項式的項目
}
```

建構子

```
// 計算多項式的值，傳入某個 x 的值
double Eval(float f) {
    double result = 0.0;
    for (int i = 0; i < terms; i++) {
        result += termArray[i].coef * pow(f, termArray[i].exp); // 根據每項的係數與指數計算值
    }
    return result; // 返回計算結果
}
```

計算多項式的值

```
// 多項式相乘
Polynomial Mult(const Polynomial& poly) {
    Polynomial result(terms * poly.terms); // 創建一個結果多項式，容量為兩多項式項數的乘積
    for (int i = 0; i < terms; i++) { // 遍歷 p1 的每一項
        for (int j = 0; j < poly.terms; j++) { // 遍歷 p2 的每一項
            float newCoef = termArray[i].coef * poly.termArray[j].coef; // 係數相乘
            int newExp = termArray[i].exp + poly.termArray[j].exp; // 指數相加
            result.AddTermToResult(newCoef, newExp); // 加入結果多項式
        }
    }
    return result; // 返回乘法結果
}
```

多項式的相乘

```
// 多項式相加
Polynomial Add(const Polynomial& poly) {
    Polynomial result(max(capacity, poly.capacity)); // 創建一個結果多項式
    int i = 0, j = 0;
    while (i < terms && j < poly.terms) { // 遍歷兩個多項式的項目
        if (termArray[i].exp == poly.termArray[j].exp) {
            float sumCoef = termArray[i].coef + poly.termArray[j].coef;
            if (sumCoef != 0) result.AddTerm(sumCoef, termArray[i].exp); // 若係數和不為 0，則加入結果
            i++;
            j++;
        }
        else if (termArray[i].exp > poly.termArray[j].exp) { // 若 p1 的指數較大
            result.AddTerm(termArray[i].coef, termArray[i].exp); // 將 p1 的項目加入結果
            i++;
        }
        else { // 若 p2 的指數較大
            result.AddTerm(poly.termArray[j].coef, poly.termArray[j].exp); // 將 p2 的項目加入結果
            j++;
        }
    }
    // 如果 p1 還有剩餘項目，加入結果
    while (i < terms) {
        result.AddTerm(termArray[i].coef, termArray[i].exp);
        i++;
    }
    // 如果 p2 還有剩餘項目，加入結果
    while (j < poly.terms) {
        result.AddTerm(poly.termArray[j].coef, poly.termArray[j].exp);
        j++;
    }
    return result; // 返回加法結果
}
```

多項式的相加

```
// Term 類別用來表示多項式的一項
class Term {
    friend class Polynomial; // 讓 Polynomial 類別可以訪問 Term 類別的私有成員
    friend ostream& operator<<(ostream& output, const Polynomial& p); // 友元函式，用於輸出 Polynomial 類別
private:
    float coef; // 係數
    int exp;    // 指數
};
```

Term

四・效能分析

時間複雜度:

Add():O(n + m)，n 跟 m 為兩個多項式的項數

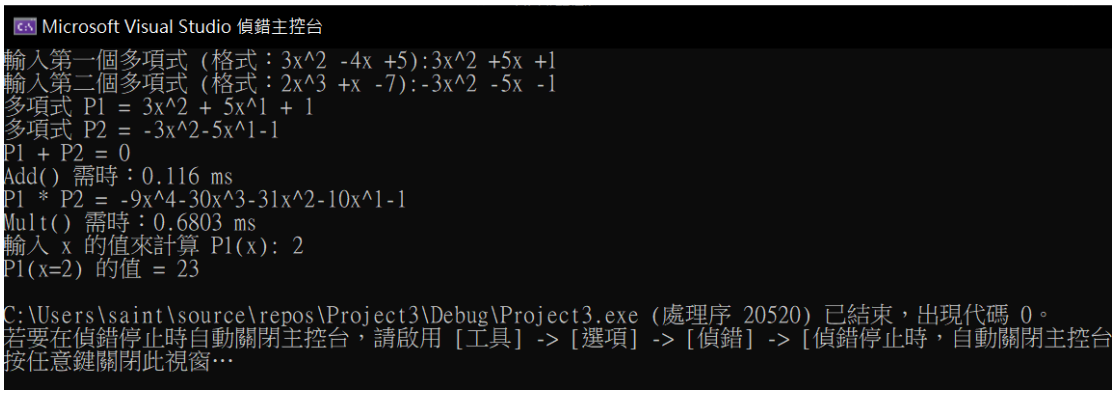
Mult():O(n * m)，n 跟 m 為兩個多項式的項數

Eval():O(n)，n 為多項式的項數

空間複雜度:

為 O(n)，n 為多項式的項數

五・測試與驗證&效能量測



P1 = 3x^2 +5x +1

P2 = -3x^2 -5x -1

$P1+P2 = 3x^2+5x+1-3x^2-5x-1 = 0$

$P1 \times P2 = (3x^2+5x+1)(-3x^2-5x-1)$

$= -9x^4-15x^3-15x^3-25x^2-3x^2-3x^2-5x-5x-1$

$= -9x^4-30x^3-31x^2-10x-1$

$x=2 \quad P1 = 3\times 2^2+5\times 2+1 = 23$