哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院

实验报告

课程名称：数据结构与算法

课程类型：必修

实验项目：线性表的链式存储结构与应用

实验题目：一元多项式计算器

实验日期：2020.10.20

班级：1903002

学号：1190200523

姓名：石翔宇

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设计成绩 | 报告成绩 | 指导老师 |
|  |  | 张岩 |

**一、实验目的**

设计线性表的动态或者静态链式存储结构，并实现一个一元多项式的计算器。

**二、实验要求及实验环境**

**实验要求**：以动态或者静态链表存储一元多项式，在此基础上按要求完成对一元多项式的运算。（为保证多项式的值的准确性，多项式的系数可以用分数表示，涉及到两个分数相除时，结果也可以用分数表示。）

1. 能够输入多项式（可以按各项的任意输入顺序，建立按指数降幂排列的多项式）和输出多项式（按指数降幂排列）,以文件形式输入和输出，并显示。

2. 能够给出计算两个多项式加法、减法、乘法和除法运算的结果多项式，除法运算的结果包括商多项式和余数多项式。

3. 能够计算一元多项式的 阶导函数。

4. 能够计算多项式在某一点 的值，其中 是一个浮点型常量，返回结果为浮点数。

5. 要求尽量减少乘法和除法运算中间结果的空间占用和结点频繁的分配与回收操作。（提示：利用循环链表结构或者可用空间表的思想，把循环链表表示的多项式返还给系统或者可用空间表，从而解决上述问题。）

**实验环境：**Windows 10 + Intel i7-9750H + 16GB + MinGW-W64-builds-4.3.5 + VSCode

**三、设计思想**（本程序中的用到的所有数据类型的定义，主程序的流程图及各程序模块之间的调用关系）

1. 物理设计
2. 分数：包括分子、分母，化简函数，加、减、乘、除、大于、小于运算符重载成适用于分数的形式。
3. 多项式项：包括系数和指数，加、减、乘重载成适用于多项式项的形式。
4. 多项式中的项：包括多项式项和Next指针，Next指针指到下一项的位置。
5. 多项式：包括项表、可用空间表、多项式长度、可用空间表指针、最后一项指针，同时包含了获取新位置、插入新项、回收空间操作。
6. 逻辑设计
   1. 主程序流程图



图 1主程序流程图

* 1. 程序模块之间调用关系



图 2程序模块之间调用关系

**四、测试结果**

(斜体为备注内容)

1. 输入数据

4 *第一个多项式有4项*

-16/5 8 16/7 6 4/9 1 9 0 *第一个多项式各项系数和指数*

3 *第二个多项式有3项*

-4/5 8 4/7 6 -1/2 0 *第二个多项式各项系数和指数*

1 *对多项式求1阶导*

1.5 *对第一个多项式求x=1.5处的值*

3 *对第二个多项式求x=3处的值*

1. 输出数据

(-16/5)\*x^(8) + (16/7)\*x^(6) + (4/9)\*x^(1) + (9/1)\*x^(0) *第一个多项式*

(-4/5)\*x^(8) + (4/7)\*x^(6) + (-1/2)\*x^(0) *第二个多项式*

Add:

(-4/1)\*x^(8) + (20/7)\*x^(6) + (4/9)\*x^(1) + (17/2)\*x^(0) *多项式相加结果*

Minus:

(-12/5)\*x^(8) + (12/7)\*x^(6) + (4/9)\*x^(1) + (19/2)\*x^(0) *多项式相减结果*

Multiply:

(64/25)\*x^(16) + (-128/35)\*x^(14) + (64/49)\*x^(12) + (-16/45)\*x^(9) + (-28/5)\*x^(8) + (16/63)\*x^(7) + (4/1)\*x^(6) + (-2/9)\*x^(1) + (-9/2)\*x^(0) *多项式相乘结果*

Divide:

(4/1)\*x^(0) *多项式相除后商*

(4/9)\*x^(1) + (11/1)\*x^(0) *多项式相除后余数*

Get\_Derivative\_Function:

(-128/5)\*x^(7) + (96/7)\*x^(5) + (4/9)\*x^(0) *对第一个多项式求1阶导*

Get\_Derivative\_Function:

(-32/5)\*x^(7) + (24/7)\*x^(5) *对第二个多项式求1阶导*

Get\_Result:

-46.3101 *第一个多项式x=1.5处的值*

Get\_Result:

-4832.73 *第一个多项式x=3处的值*

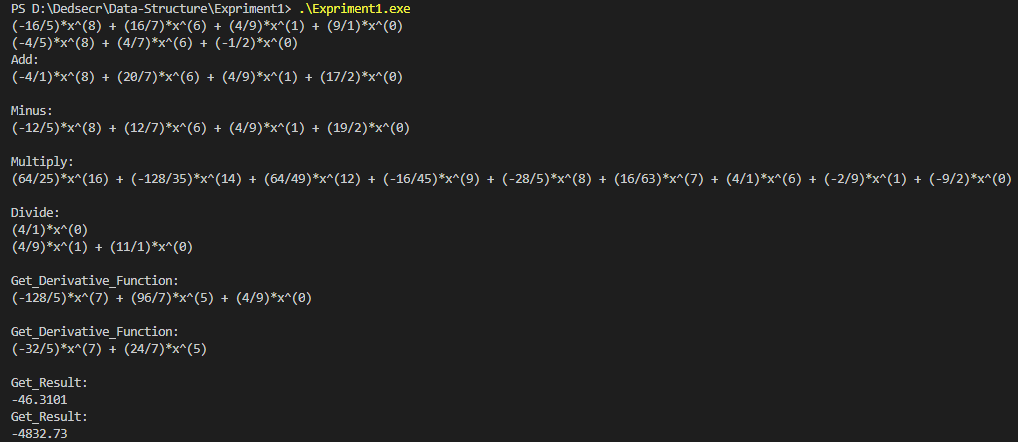


图 3运行结果截图

**五、经验体会与不足**

1. 不足
2. 输入格式对用户较不友好，可改进。
3. 未处理输入中指数重复的情况。
4. 内存空间管理能力较弱。
5. 经验体会
   1. 要考虑清楚各种情况。
   2. 运算符重定向很方便。

**六、附录：源代码（带注释）**

1. #include <iostream>
2. #include <cstdio>
3. #include <algorithm>
4. #include <string>
5. #include <cstring>
6. #include <cmath>
7. **using** **namespace** std;
8. **const** **int** MAXN = 100;
9. //分数
10. **struct** Fraction
11. {
12. **int** numerator, denominator;
13. Fraction(){}
14. Fraction(**int** \_n, **int** \_d)
15. {
16. numerator = \_n;
17. denominator = \_d;
18. Simplification();
19. }
20. Fraction(**int** \_n)
21. {
22. numerator = \_n;
23. denominator = 1;
24. }
25. //求最大公因数
26. **int** gcd(**int** x, **int** y)
27. {
28. **if** (x == 0)
29. **return** y;
30. **return** gcd(y % x, x);
31. }
32. //分数化简
33. **void** Simplification()
34. {
35. **int** \_ = gcd(abs(numerator), abs(denominator));
36. numerator /= \_;
37. denominator /= \_;
38. **if**(numerator < 0 && denominator < 0)
39. numerator = -numerator, denominator = -denominator;
40. }
41. **bool** operator < (**const** Fraction \_) **const**
42. {
43. **return** 1.0 \* numerator / denominator < 1.0 \* \_.numerator / \_.denominator;
44. }
45. **bool** operator > (**const** Fraction \_) **const**
46. {
47. **return** 1.0 \* numerator / denominator > 1.0 \* \_.numerator / \_.denominator;
48. }
49. Fraction operator \* (**const** Fraction \_) **const**
50. {
51. Fraction Res;
52. Res.numerator = numerator \* \_.numerator;
53. Res.denominator = denominator \* \_.denominator;
54. Res.Simplification();
55. **return** Res;
56. }
57. Fraction operator / (**const** Fraction \_) **const**
58. {
59. Fraction Res;
60. Res.numerator = numerator \* \_.denominator;
61. Res.denominator = denominator \* \_.numerator;
62. Res.Simplification();
63. **return** Res;
64. }
65. Fraction operator + (**const** Fraction \_) **const**
66. {
67. Fraction Res;
68. Res.numerator = numerator \* \_.denominator + denominator \* \_.numerator;
69. Res.denominator = denominator \* \_.denominator;
70. Res.Simplification();
71. **return** Res;
72. }
73. Fraction operator - (**const** Fraction \_) **const**
74. {
75. Fraction Res;
76. Res.numerator = numerator \* \_.denominator - denominator \* \_.numerator;
77. Res.denominator = denominator \* \_.denominator;
78. Res.Simplification();
79. **return** Res;
80. }
81. //分数转double
82. **double** ToDouble()
83. {
84. **return** 1.0 \* numerator / denominator;
85. }
86. };
87. //多项式项
88. **struct** EleNum
89. {
90. Fraction coef;
91. **int** expo;
92. EleNum(){}
93. EleNum(Fraction \_c, **int** \_e)
94. {
95. coef = \_c, expo = \_e;
96. }
97. EleNum operator + (**const** EleNum \_) **const**
98. {
99. **if**(expo != \_.expo && expo)
100. {
101. cerr << "Error in " << \_\_LINE\_\_;
102. exit(-1);
103. }
104. EleNum Res;
105. Res.coef = coef + \_.coef;
106. Res.expo = \_.expo;
107. **return** Res;
108. }
109. EleNum operator - (**const** EleNum \_) **const**
110. {
111. **if**(expo != \_.expo && expo)
112. {
113. cerr << "Error in " << \_\_LINE\_\_;
114. exit(-1);
115. }
116. EleNum Res;
117. Res.coef = coef - \_.coef;
118. Res.expo = \_.expo;
119. **return** Res;
120. }
121. EleNum operator \* (**const** EleNum \_) **const**
122. {
123. EleNum Res;
124. Res.coef = coef \* \_.coef;
125. Res.expo = expo + \_.expo;
126. **return** Res;
127. }
128. };
129. //多项式中的项
130. **struct** Ele
131. {
132. EleNum Elements;
133. **int** Next;
134. Ele() {}
135. Ele(EleNum \_E, **int** \_N)
136. {
137. Elements = \_E, Next = \_N;
138. }
139. };
140. //多项式
141. **struct** Polyn
142. {
143. Ele Elements[MAXN];
144. **int** Available[MAXN];
145. **int** Length, AvailableP, LastP;
146. Polyn()
147. {
148. LastP = 0;
149. Length = 0;
150. **for** (AvailableP = 1; AvailableP < MAXN; ++AvailableP)
151. Available[AvailableP] = AvailableP;
152. AvailableP--;
153. }
154. //获取新位置
155. **int** GetNewPos()
156. {
157. **int** Res = Available[AvailableP--];
158. Elements[Res].Next = 0;
159. **return** Res;
160. }
161. //插入新项
162. **void** Insert(EleNum element)
163. {
164. **int** Pos = GetNewPos();
165. Length++;
166. Elements[LastP].Next = Pos;
167. Elements[Pos].Elements = element;
168. Elements[Pos].Next = 0;
169. LastP = Pos;
170. }
171. //回收空间操作
172. **void** Recovery(**int** Pos)
173. {
174. Available[++AvailableP] = Pos;
175. Elements[Pos].Next = 0;
176. }
177. };
178. EleNum Tmp[MAXN \* MAXN], EleNum\_Zero = EleNum(Fraction(0, 1), 0);
179. //判断是否是数字
180. **bool** IsDigit(**char** x)
181. {
182. **return** x >= '0' && x <= '9';
183. }
184. //判断系数是否合法
185. **bool** CoefIsLigal(string x)
186. {
187. **int** Len = x.length();
188. **for** (**int** i = 0; i < Len; ++i)
189. {
190. **if** ((!IsDigit(x[i]) && x[i] != '/' && x[i] != '-') || (x[i] == '/' && (i == 0 || i == Len - 1)))
191. **return** 0;
192. }
193. **return** 1;
194. }
195. //判断指数是否合法
196. **bool** ExpoIsLigal(string x)
197. {
198. **int** Len = x.length();
199. **for** (**int** i = 0; i < Len; ++i)
200. {
201. **if** (!IsDigit(x[i]))
202. **return** 0;
203. }
204. **return** 1;
205. }
206. //判断是否含有分数
207. **int** IsFrac(string x)
208. {
209. **int** Len = x.length();
210. **for** (**int** i = 0; i < Len; ++i)
211. {
212. **if** (x[i] == '/')
213. **return** i + 1;
214. }
215. **return** 0;
216. }
217. //输入项
218. **bool** GetElements(Polyn &polyn)
219. {
220. string input1, input2;
221. **int** input1L, input2L, FracP;
222. **int** numerator, denominator;
223. cin >> input1 >> input2;
224. **if** (!CoefIsLigal(input1) || !ExpoIsLigal(input2))
225. **return** 0;
226. input1L = input1.length();
227. input2L = input2.length();
229. FracP = IsFrac(input1);
230. **if** (FracP)
231. {
232. FracP--;
233. **int** x = 0;
234. **if**(input1[0] == '-')
235. {
236. **for** (**int** i = 1; i < FracP; ++i)
237. {
238. x = x \* 10 + input1[i] - '0';
239. }
240. x = -x;
241. }
242. **else**
243. {
244. **for** (**int** i = 0; i < FracP; ++i)
245. {
246. x = x \* 10 + input1[i] - '0';
247. }
248. }
249. numerator = x;
250. x = 0;
251. **for** (**int** i = FracP + 1; i < input1L; ++i)
252. {
253. x = x \* 10 + input1[i] - '0';
254. }
255. denominator = x;
256. }
257. **else**
258. {
259. **int** x = 0;
260. **if**(input1[0] == '-')
261. {
262. **for** (**int** i = 1; i < input1L; ++i)
263. {
264. x = x \* 10 + input1[i] - '0';
265. }
266. x = -x;
267. }
268. **else**
269. {
270. **for** (**int** i = 0; i < input1L; ++i)
271. {
272. x = x \* 10 + input1[i] - '0';
273. }
274. }
275. numerator = x;
276. denominator = 1;
277. }
279. **int** x = 0;
280. **for** (**int** i = 0; i < input2L; ++i)
281. {
282. x = x \* 10 + input2[i] - '0';
283. }
284. polyn.Insert(EleNum(Fraction(numerator, denominator), x));
286. **return** 1;
287. }
288. **bool** Cmp(**const** EleNum &a, **const** EleNum &b)
289. {
290. **return** a.expo > b.expo;
291. }
292. //对多项式排序
293. **void** Sort(Polyn &polyn)
294. {
295. **int** Length = polyn.Length;
296. **int** P = 0;
297. **for** (**int** i = 1; i <= Length; ++i)
298. {
299. P = polyn.Elements[P].Next;
300. Tmp[i] = polyn.Elements[P].Elements;
301. }
302. sort(Tmp + 1, Tmp + 1 + Length, Cmp);
303. P = 0;
304. **for** (**int** i = 1; i <= Length; ++i)
305. {
306. P = polyn.Elements[P].Next;
307. polyn.Elements[P].Elements = Tmp[i];
308. }
309. }
310. //输入多项式
311. Polyn Input(**int** Length)
312. {
313. Polyn Res;
314. **for** (**int** i = 1; i <= Length; ++i)
315. {
316. **while** (!GetElements(Res))
317. {
318. puts("Wrong format!");
319. }
320. Sort(Res);
321. }
322. **return** Res;
323. }
324. //打印多项式
325. **void** Print(Polyn polyn)
326. {
327. **bool** First = 1;
328. **for** (**int** Pos = polyn.Elements[0].Next; Pos; Pos = polyn.Elements[Pos].Next)
329. {
330. **if**(First)
331. First = 0;
332. **else**
333. cout << " + ";
334. printf("(%d/%d)\*x^(%d)", polyn.Elements[Pos].Elements.coef.numerator,
335. polyn.Elements[Pos].Elements.coef.denominator,
336. polyn.Elements[Pos].Elements.expo);
337. }
338. puts("");
339. }
340. //多项式求和
341. Polyn Add(Polyn &A, Polyn &B)
342. {
343. Polyn Res;
344. **int** P\_A = A.Elements[0].Next, P\_B = B.Elements[0].Next;
345. **while**(P\_A && P\_B)
346. {
347. **if**(A.Elements[P\_A].Elements.expo > B.Elements[P\_B].Elements.expo)
348. {
349. Res.Insert(A.Elements[P\_A].Elements);
350. P\_A = A.Elements[P\_A].Next;
351. }
352. **else** **if**(A.Elements[P\_A].Elements.expo < B.Elements[P\_B].Elements.expo)
353. {
354. Res.Insert(B.Elements[P\_B].Elements);
355. P\_B = B.Elements[P\_B].Next;
356. }
357. **else**
358. {
359. Res.Insert(A.Elements[P\_A].Elements + B.Elements[P\_B].Elements);
360. P\_A = A.Elements[P\_A].Next;
361. P\_B = B.Elements[P\_B].Next;
362. }
363. }
364. **while**(P\_A)
365. {
366. Res.Insert(A.Elements[P\_A].Elements);
367. P\_A = A.Elements[P\_A].Next;
368. }
369. **while**(P\_B)
370. {
371. Res.Insert(B.Elements[P\_B].Elements);
372. P\_B = B.Elements[P\_B].Next;
373. }
374. //cout << Res.Length << "^^^^^^^^^\n";
375. **return** Res;
376. }
377. //多项式相减
378. Polyn Minus(Polyn &A, Polyn &B)
379. {
380. Polyn Res;
381. **int** P\_A = A.Elements[0].Next, P\_B = B.Elements[0].Next;
382. **while**(P\_A && P\_B)
383. {
384. **if**(A.Elements[P\_A].Elements.expo > B.Elements[P\_B].Elements.expo)
385. {
386. Res.Insert(A.Elements[P\_A].Elements);
387. P\_A = A.Elements[P\_A].Next;
388. }
389. **else** **if**(A.Elements[P\_A].Elements.expo < B.Elements[P\_B].Elements.expo)
390. {
391. Res.Insert(EleNum\_Zero - B.Elements[P\_B].Elements);
392. P\_B = B.Elements[P\_B].Next;
393. }
394. **else**
395. {
396. Res.Insert(A.Elements[P\_A].Elements - B.Elements[P\_B].Elements);
397. P\_A = A.Elements[P\_A].Next;
398. P\_B = B.Elements[P\_B].Next;
399. }
400. }
401. **while**(P\_A)
402. {
403. Res.Insert(A.Elements[P\_A].Elements);
404. P\_A = A.Elements[P\_A].Next;
405. }
406. **while**(P\_B)
407. {
408. Res.Insert(EleNum\_Zero - B.Elements[P\_B].Elements);
409. P\_B = B.Elements[P\_B].Next;
410. }
411. **return** Res;
412. }
413. //多项式相乘
414. Polyn Multiply(Polyn &A, Polyn &B)
415. {
416. Polyn Res;
417. **int** TmpP = 0;
418. **for** (**int** P\_A = A.Elements[0].Next; P\_A; P\_A = A.Elements[P\_A].Next)
419. **for** (**int** P\_B = B.Elements[0].Next; P\_B; P\_B = B.Elements[P\_B].Next)
420. Tmp[++TmpP] = A.Elements[P\_A].Elements \* B.Elements[P\_B].Elements;
421. sort(Tmp + 1, Tmp + 1 + TmpP, Cmp);
422. Tmp[0].expo = Tmp[1].expo + 1;
423. **for** (**int** i = 1; i <= TmpP; ++i)
424. {
425. **if**(Tmp[i].expo != Tmp[i-1].expo)
426. Res.Insert(Tmp[i]);
427. **else**
428. Res.Elements[Res.LastP].Elements = Res.Elements[Res.LastP].Elements + Tmp[i];
429. }
430. **return** Res;
431. }
432. //获取当前的商
433. Polyn Get\_This\_Quotient(EleNum A, EleNum B)
434. {
435. EleNum Now = EleNum(A.coef / B.coef, A.expo - B.expo);
436. Polyn Res;
437. Res.Insert(Now);
438. **return** Res;
439. }
440. //去掉系数为0的项
441. **void** Refresh(Polyn &A)
442. {
443. **int** LasP = 0;
444. **int** Pos = A.Elements[0].Next;
445. **while**(Pos)
446. {
447. **if**(A.Elements[Pos].Elements.coef.numerator == 0)
448. {
449. **int** Tmp = Pos;
450. A.Elements[LasP].Next = A.Elements[Pos].Next;
451. Pos = A.Elements[Pos].Next;
452. A.Recovery(Tmp);
453. }
454. **else**
455. LasP = Pos, Pos = A.Elements[Pos].Next;
456. }
458. }
459. //多项式相除
460. pair<Polyn, Polyn> Divide(Polyn A, Polyn &B)
461. {
462. pair<Polyn, Polyn> Res;
463. Polyn Quotient;
464. **while**(A.Elements[A.Elements[0].Next].Elements.expo >= B.Elements[B.Elements[0].Next].Elements.expo)
465. {
466. Polyn This\_Quotient = Get\_This\_Quotient(A.Elements[A.Elements[0].Next].Elements, B.Elements[B.Elements[0].Next].Elements);
467. Polyn tmp = Multiply(B, This\_Quotient);
468. Quotient = Add(Quotient, This\_Quotient);
469. A = Minus(A, tmp);
470. Refresh(A);
471. }
472. Res.first = Quotient;
473. Res.second = A;
474. **return** Res;
475. }
476. //多项式求导
477. Polyn Get\_Derivative\_Function(Polyn &A, **int** k)
478. {
479. Polyn Res = A;
480. **for** (**int** Pos = Res.Elements[0].Next; Pos; Pos = Res.Elements[Pos].Next)
481. {
482. **for** (**int** j = 1; j <= k; ++j)
483. {
484. Res.Elements[Pos].Elements.coef = Res.Elements[Pos].Elements.coef \* Fraction(Res.Elements[Pos].Elements.expo, 1);
485. Res.Elements[Pos].Elements.expo--;
486. }
487. }
488. Refresh(Res);
489. **return** Res;
490. }
491. //多项式求值
492. **double** Get\_Result(Polyn &A, **double** x)
493. {
494. **double** Res = 0;
495. **for** (**int** Pos = A.Elements[0].Next; Pos; Pos = A.Elements[Pos].Next)
496. {
497. Res += A.Elements[Pos].Elements.coef.ToDouble() \* pow(x, A.Elements[Pos].Elements.expo);
498. }
499. **return** Res;
500. }
501. **int** main()
502. {
503. //重定向输入输出至文件
504. freopen("Expriment1\_In.txt", "r", stdin);
505. freopen("Expriment1\_Out.txt", "w", stdout);
506. **int** n1, n2, k;
507. **double** x1, x2;
509. //输入第一个多项式的项数
510. cin >> n1;
511. //输入第一个多项式
512. Polyn test1 = Input(n1);
514. //输入第二个多项式的项数
515. cin >> n2;
516. //输入第二个多项式
517. Polyn test2 = Input(n2);
519. cin >> k;
520. cin >> x1 >> x2;
521. //输出两个多项式
522. Print(test1);
523. Print(test2);
525. //输出相加结果
526. cout << "Add:\n";
527. Print(Add(test1, test2));
528. cout << '\n';
530. //输出相减结果
531. cout << "Minus:\n";
532. Print(Minus(test1, test2));
533. cout << '\n';
535. //输出相乘结果
536. cout << "Multiply:\n";
537. Print(Multiply(test1, test2));
538. cout << '\n';
540. //输出相除结果
541. pair<Polyn, Polyn> Ans = Divide(test1, test2);
542. cout << "Divide:\n";
543. Print(Ans.first);
544. Print(Ans.second);
545. cout << '\n';
547. //输出求导结果
548. cout << "Get\_Derivative\_Function:\n";
549. Print(Get\_Derivative\_Function(test1,1));
550. cout << '\n';
552. cout << "Get\_Derivative\_Function:\n";
553. Print(Get\_Derivative\_Function(test2,1));
554. cout << '\n';
556. //输出求值结果
557. cout << "Get\_Result:\n";
558. cout << Get\_Result(test1, x1) << '\n';
560. cout << "Get\_Result:\n";
561. cout << Get\_Result(test2, x2) << '\n';
562. **return** 0;
563. }