



GESP

CCF 编程能力等级认证
Grade Examination of Software Programming

C++ 六级

2025 年 12 月

1 单选题（每题 2 分，共 30 分）

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
答案	C	C	C	A	B	B	C	A	B	B	A	C	B	B	B

第 1 题 在面向对象编程中，下列关于虚函数的描述中，错误的是（ ）。

- A. 虚函数用于支持运行时多态
- B. 通过基类指针调用虚函数时，会根据对象实际类型决定调用版本
- C. 构造函数可以声明为虚函数以支持多态
- D. 基类析构函数常声明为虚函数以避免资源泄漏

第 2 题 执行如下代码，会输出 钢琴：叮咚叮咚 和 吉他：咚咚当当。这体现了面向对象编程的（ ）特性。

```

1 class Instrument {
2 public:
3     virtual void play() {
4         cout << "乐器在演奏声音" << endl;
5     }
6
7     virtual ~Instrument() {}
8 };
9
10 class Piano : public Instrument {
11 public:
12     void play() override {
13         cout << "钢琴: 叮咚叮咚" << endl;
14     }
15 };
16
17 class Guitar : public Instrument {
18 public:
19     void play() override {
20         cout << "吉他: 咚咚当当" << endl;
21     }
22 };
23
24 int main() {
25     Instrument* instruments[2];
26     instruments[0] = new Piano();
27     instruments[1] = new Guitar();
28
29     for (int i = 0; i < 2; ++i) {
30         instruments[i]->play();
31     }
32
33     for (int i = 0; i < 3; ++i) {
34         delete instruments[i];
35     }
36     return 0;
37 }
```

- A. 继承
- B. 封装
- C. 多态
- D. 链接

第3题 关于以下代码，说法正确的是（ ）。

```

1 class Instrument {
2 public:
3     void play() {
4         cout << "乐器在演奏声音" << endl;
5     }
6
7     virtual ~Instrument() {}
8 };
9
10 class Piano : public Instrument {
11 public:
12     void play() override {
13         cout << "钢琴: 叮咚叮咚" << endl;
14     }
15 };
16
17 class Guitar : public Instrument {
18 public:
19     void play() override {
20         cout << "吉他: 咚咚当当" << endl;
21     }
22 };
23
24 int main() {
25     Instrument* instruments[2];
26     instruments[0] = new Piano();
27     instruments[1] = new Guitar();
28
29     for (int i = 0; i < 2; ++i) {
30         instruments[i]->play();
31     }
32
33     for (int i = 0; i < 3; ++i) {
34         delete instruments[i];
35     }
36     return 0;
37 }

```

- A. 执行代码会输出两行，内容分别为： 钢琴：叮咚叮咚 和 吉他：咚咚当当
- B. 执行代码会输出两行，内容分别为： 乐器在演奏声音 和 乐器在演奏声音
- C. 代码编译出现错误
- D. 代码运行出现错误

第4题 某文本编辑器把用户输入的字符依次压入栈 S。用户依次输入 A , B , C , D 后，用户按了两次撤销（每次撤销，弹出栈顶一个字符）。此时栈从栈底到栈顶的内容是：（ ）。

- A. A B
- B. A B C
- C. A B D
- D. B C

第5题 假设循环队列数组长度为 N，其中队空判断条件为： `front == rear`，队满判断条件为： `(rear + 1) % N == front`，出队对应的操作为： `front = (front + 1) % N`，入队对应的操作为： `rear = (rear + 1) % N`。循环队列长度 N = 6，初始 `front = 1, rear = 1`，执行操作序列为：入队，入队，入队，出队，入队，入队，则最终 `(front, rear)` 的值是（ ）。

- A. (2, 5)

- B. (2, 0)
- C. (3, 5)
- D. (3, 0)

第6题 以下函数 check() 用于判断一棵二叉树是否为（ ）。

```
1 bool check(TreeNode* root) {  
2     if (!root) return true;  
3  
4     queue<TreeNode*> q;  
5     q.push(root);  
6     bool hasNull = false;  
7     while (!q.empty()) {  
8         TreeNode* cur = q.front(); q.pop();  
9         if (!cur) {  
10             hasNull = true;  
11         } else {  
12             if (hasNull) return false;  
13             q.push(cur->left);  
14             q.push(cur->right);  
15         }  
16     }  
17     return true;  
18 }
```

- A. 满二叉树
- B. 完全二叉树
- C. 二叉搜索树
- D. 平衡二叉树

第7题 以下代码实现了二叉树的（ ）。

```
1 void traverse(TreeNode* root) {  
2     if (!root) return;  
3     traverse(root->left);  
4     traverse(root->right);  
5     cout << root->val << " ";  
6 }
```

- A. 前序遍历
- B. 中序遍历
- C. 后序遍历
- D. 层序遍历

第8题 下面代码实现了哈夫曼编码，则横线处应填写的代码是（ ）。

```

1 struct Symbol {
2     char ch;           //字符
3     long long freq;   //频率
4     string code;      //哈夫曼编码
5 };
6
7 struct Node {
8     long long w;       //权值
9     int l, r;          //左右孩子 (节点下标) , -1 表示空
10    int sym;          // 叶子对应符号下标; 内部节点为 -1
11    Node(long long _w=0, int _l=-1, int _r=-1, int _sym=-1)
12        : w(_w), l(_l), r(_r), sym(_sym) {}
13 };
14
15 // 从 A(leafIdx) 和 B(internalIdx) 的队首取最小的一个节点下标
16 static int PopMinNode(const vector<Node>& nodes,
17                       const vector<int>& leafIdx, int n, int& pA,
18                       const vector<int>& internalIdx, int& pB) {
19     if (pA < n && (pB >= (int)internalIdx.size() || 
20                      nodes[leafIdx[pA]].w <= nodes[internalIdx[pB]].w)) {
21         return leafIdx[pA++];
22     }
23     else {
24         return internalIdx[pB++];
25     }
26 }
27
28 // DFS 生成编码 (左 0, 右 1)
29 static void DFSBuildCodes(int u, const vector<Node>& nodes, Symbol sym[], string& path) {
30     if (u == -1) return;
31
32     if (nodes[u].sym != -1) {           // 叶子
33         sym[nodes[u].sym].code = path;
34         return;
35     }
36
37     path.push_back('0');
38     DFSBuildCodes(nodes[u].l, nodes, sym, path);
39     path.pop_back();
40
41     path.push_back('1');
42     DFSBuildCodes(nodes[u].r, nodes, sym, path);
43     path.pop_back();
44 }
45
46 int BuildHuffmanCodes(Symbol sym[], int n) {
47     for (int i = 0; i < n; i++) sym[i].code.clear();
48     if (n <= 0) return -1;
49
50     // 只有一个字符: 约定编码为 "0"
51     if (n == 1) {
52         sym[0].code = "0";
53         return 0;
54     }
55
56     vector<Node> nodes;
57     nodes.reserve(2 * n);
58
59     // 1) 建立叶子节点
60     vector<int> leafIdx(n);
61     for (int i = 0; i < n; i++) {
62         leafIdx[i] = (int)nodes.size();
63         nodes.push_back(Node(sym[i].freq, -1, -1, i));
64     }

```

```

65 // 2) 叶子按权值排序 (A 队列)
66 sort(leafIdx.begin(), leafIdx.end(),
67     [&](int a, int b) {
68         if (nodes[a].w != nodes[b].w) return nodes[a].w < nodes[b].w;
69         return nodes[a].sym < nodes[b].sym; // 稳定一下
70     });
71
72 // B 队列 (内部节点下标队列)
73 vector<int> internalIdx;
74 internalIdx.reserve(n);
75
76 int pA = 0, pB = 0;
77
78 // 3) 合并 n-1 次
79 for (int k = 1; k < n; k++) {
80     int x = PopMinNode(nodes, leafIdx, n, pA, internalIdx, pB);
81     int y = PopMinNode(nodes, leafIdx, n, pA, internalIdx, pB);
82
83     int z = (int)nodes.size();
84     ----- // 在此处填写代码
85 }
86
87 int root = internalIdx.back();
88
89 // 4) DFS 生成编码
90 string path;
91 DFSBuildCodes(root, nodes, sym, path);
92
93 return root;
94 }
```

A.

```

1 | nodes.push_back(Node(nodes[x].w + nodes[y].w, x, y, -1));
2 | internalIdx.push_back(z);
```

B.

```

1 | nodes.push_back(Node(nodes[x].w + nodes[y].w, x, y, -1));
2 | leafIdx.push_back(z);
```

C.

```

1 | internalIdx.push_back(z);
2 | nodes.push_back(Node(nodes[x].w + nodes[y].w, x, y, x+y));
```

D.

```

1 | nodes.push_back(Node(nodes[x].w + nodes[y].w, x, y, x+y));
2 | leafIdx.push_back(z);
```

第 9 题 以下关于哈夫曼编码的说法，正确的是（ ）。

- A. 哈夫曼编码是定长编码
- B. 哈夫曼编码中，没有任何一个字符的编码是另一个字符编码的前缀
- C. 哈夫曼编码一定唯一
- D. 哈夫曼编码不能用于数据压缩

第 10 题 以下函数实现了二叉排序树 (BST) 的（ ）操作。

```
1 | TreeNode* op(TreeNode* root, int x) {
2 |     if (!root) return new TreeNode(x);
3 |     if (x < root->val)
4 |         root->left = op(root->left, x);
5 |     else
6 |         root->right = op(root->right, x);
7 |     return root;
8 | }
```

- A. 查找
- B. 插入
- C. 删除
- D. 遍历

第 11 题 下列代码实现了树的深度优先遍历，则横线处应填入（ ）。

```
1 | struct TreeNode {
2 |     int val;
3 |     TreeNode* left;
4 |     TreeNode* right;
5 |     TreeNode(int x): val(x), left(nullptr), right(nullptr) {}
6 | };
7 |
8 | void dfs(TreeNode* root) {
9 |     if (!root) return;
10 |     stack<TreeNode*> st;
11 |     st.push(root);
12 |     while (!st.empty()) {
13 |         TreeNode* node = st.top(); st.pop();
14 |         cout << node->val << " ";
15 |         if (node->right) st.push(node->right);
16 |         -----
17 |     }
18 | }
```

- A. if (node->left) st.push(node->left);
- B. if (node->left) st.pop(node->left);
- C. if (node->left) st.front(node->left);
- D. if (node->left) st.push(node->right);

第 12 题 给定一棵普通二叉树（节点值没有大小规律），下面代码判断是否存在值为 x 的结点，则横线处应填入（ ）。

```

1 struct TreeNode {
2     int val;
3     TreeNode* left;
4     TreeNode* right;
5     TreeNode(int x): val(x), left(nullptr), right(nullptr) {}
6 };
7
8 TreeNode* bfsFind(TreeNode* root, int x) {
9     if (!root) return nullptr;
10
11     queue<TreeNode*> q;
12     q.push(root);
13
14     while (!q.empty()) {
15         TreeNode* cur = q.front(); q.pop();
16         if (cur->val == x) return cur;
17         -----
18     }
19     return nullptr;
20 }
```

- A. q.push(cur);
 B. if (cur->right) q.push(cur->right);
 C.

```

1 if (cur->left)
2     q.push(cur->left);
3 if (cur->right)
4     q.push(cur->right);
```

- D.

```

1 q.push(cur->left);
2 q.push(cur->right);
```

第 13 题 在二叉排序树 (Binary Search Tree, BST) 中，假设节点值互不相同。给定如下搜索函数，以下说法一定正确的是（ ）。

```

1 bool find(Node* root, int x) {
2     while (root) {
3         if (root->val == x) return true;
4         root = (x < root->val) ? root->left : root->right;
5     }
6     return false;
7 }
```

- A. 最坏情况下，访问结点数是 $O(\log n)$
 B. 最坏情况下，访问结点数是 $O(n)$
 C. 无论如何，访问结点数都不超过树高的一半
 D. 一定比在普通二叉树中搜索快

第 14 题 0/1 背包（每件物品最多选一次）问题通常可用一维动态规划求解，核心代码如下。则下面说法正确的是（ ）。

```

1 for each item (w, v):
2     for (int j = W; j >= w; --j)
3         dp[j] = max(dp[j], dp[j-w] + v);
```

- A. 内层 j 必须从小到大，否则会漏解
- B. 内层 j 必须从大到小，否则同一件物品会被用多次
- C. j 从大到小或从小到大都一样
- D. 只要 dp 初始为 0，方向无所谓

第 15 题 以下关于动态规划的说法中，错误的是（ ）。

- A. 动态规划方法通常能够列出递推公式。
- B. 动态规划方法的时间复杂度通常为状态的个数。
- C. 动态规划方法有递推和递归两种实现形式。
- D. 对很多问题，递推实现和递归实现动态规划方法的时间复杂度相当。

2 判断题（每题 2 分，共 20 分）

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓

第 1 题 以下代码中，构造函数被调用的次数是 1 次。

```

1 class Test {
2 public:
3     Test() { cout << "T "; }
4 };
5
6 int main() {
7     Test a;
8     Test b = a;
9 }
```

第 2 题 面向对象编程中，封装是指将数据和操作数据的方法绑定在一起，并对外隐藏实现细节。

第 3 题 以下代码能够正确统计二叉树中叶子结点的数量。

```

1 int countLeaf(TreeNode* root) {
2     if (!root) return 0;
3     if (!root->left && !root->right) return 1;
4     return countLeaf(root->left) + countLeaf(root->right);
5 }
```

第 4 题 广度优先遍历二叉树可用栈来实现。

第 5 题 函数调用管理可用栈来管理。

第 6 题 在二叉排序树（BST）中，若某结点的左子树为空，则该结点一定是整棵树中的最小值结点。

第 7 题 下面的函数能正确判断一棵树是不是二叉排序树（左边的数字要比当前数字小，右边的数字要比当前数字大）。

```

1 bool isBST(TreeNode* root, int minValue, int maxValue) {
2     if (!root) return true;
3     if (root->val <= minValue || root->val >= maxValue)
4         return false;
5     return isBST(root->left, minValue, root->val) &&
6            isBST(root->right, root->val, maxValue);
7 }
```

第8题 格雷编码相邻两个编码之间必须有多位不同，以避免数据传输错误。

第9题 小杨在玩一个闯关游戏，从第1关走到第4关。每一关的体力消耗如下（下标表示关卡编号）：`cost = [0, 3, 5, 2, 4]`，其中 `cost[i]` 表示到达第 `i` 关需要消耗的体力，`cost[0]=0` 表示在开始状态，体力消耗为0。小杨每次可以从当前关卡前进1步或2步。按照上述规则，从第1关到第4关所需消耗的最小体力为7。

第10题 假定只有一个根节点的树的深度为1，则一棵有 n 个节点的完全二叉树，则树的深度为 $\lfloor \log_2(n) \rfloor + 1$ 。

3 编程题（每题 25 分，共 50 分）

3.1 编程题 1

- 试题名称：路径覆盖
- 时间限制：1.0 s
- 内存限制：512.0 MB

3.1.1 题目描述

给定一棵有 n 个结点的有根树 T ，结点依次以 $1, 2, \dots, n$ 编号，根结点编号为 1。方便起见，编号为 i 的结点称为结点 i 。

初始时 T 中的结点均为白色。你需要将 T 中的若干个结点染为黑色，使得所有叶子到根的路径上至少有一个黑色结点。将结点 i 染为黑色需要代价 c_i ，你需要在满足以上条件的情况下，最小化染色代价之和。

叶子是指 T 中没有子结点的结点。

3.1.2 输入格式

第一行，一个正整数 n ，表示结点数量。

第二行， $n - 1$ 个正整数 f_2, f_3, \dots, f_n ，其中 f_i 表示结点 i 的父结点的编号，保证 $f_i < i$ 。

第三行， n 个正整数 c_1, c_2, \dots, c_n ，其中 c_i 表示将结点 i 染为黑色所需的代价。

3.1.3 输出格式

一行，一个整数，表示在满足所有叶子到根的路径上至少有一个黑色结点的前提下，染色代价之和的最小值。

3.1.4 样例

3.1.4.1 输入样例 1

1	4
2	1 2 3
3	5 6 2 3

3.1.4.2 输出样例 1

1		2
---	--	---

3.1.4.3 输入样例 2

1	7
2	1 1 2 2 3 3
3	64 16 15 4 3 2 1

3.1.4.4 输出样例 2

1 | 10

3.1.5 数据范围

对于 40% 的测试点，保证 $2 \leq n \leq 16$ 。

对于另外 20% 的测试点，保证 $f_i = i - 1$ 。

对于所有测试点，保证 $2 \leq n \leq 10^5$, $1 \leq c_i \leq 10^9$ 。

3.1.6 参考程序

```
1 #include <cstdio>
2 #include <algorithm>
3
4 using namespace std;
5
6 const int N = 1e5 + 5;
7
8 int n;
9 int f[N], c[N], cnt[N];
10 long long ans[N];
11
12 int main() {
13     scanf("%d", &n);
14     for (int i = 2; i <= n; i++) {
15         scanf("%d", &f[i]);
16         cnt[f[i]]++;
17     }
18     for (int i = 1; i <= n; i++)
19         scanf("%d", &c[i]);
20     for (int i = n; i >= 1; i--) {
21         if (cnt[i] == 0)
22             ans[i] = c[i];
23         ans[i] = min(ans[i], 1ll * c[i]);
24         ans[f[i]] += ans[i];
25     }
26     printf("%lld\n", ans[1]);
27     return 0;
28 }
```

3.2 编程题 2

- 试题名称：道具商店
- 时间限制：1.0 s
- 内存限制：512.0 MB

3.2.1 题目描述

道具商店里有 n 件道具可供挑选。第 i 件道具可为玩家提升 a_i 点攻击力，需要 c_i 枚金币才能购买，每件道具只能购买一次。现在你有 k 枚金币，请问你最多可以提升多少点攻击力？

3.2.2 输入格式

第一行，两个正整数 n, k ，表示道具数量以及你所拥有的金币数量。

接下来 n 行，每行两个正整数 a_i, c_i ，表示道具所提升的攻击力点数，以及购买所需的金币数量。

3.2.3 输出格式

输出一行，一个整数，表示最多可以提升的攻击力点数。

3.2.4 样例

3.2.4.1 输入样例 1

1	3 5
2	99 1
3	33 2
4	11 3

3.2.4.2 输出样例 1

1	132
---	-----

3.2.4.3 输入样例 2

1	4 100
2	10 1
3	20 11
4	40 33
5	100 99

3.2.4.4 输出样例 2

1	110
---	-----

3.2.5 数据范围

对于 60 的测试点，保证 $1 \leq k \leq 500$, $1 \leq c_i \leq 500$ 。

对于所有测试点，保证 $1 \leq n \leq 500$, $1 \leq k \leq 10^9$, $1 \leq a_i \leq 500$, $1 \leq c_i \leq 10^9$ 。

3.2.6 参考程序

```
1 #include <cstdio>
2 #include <algorithm>
3
4 using namespace std;
5
6 const int N = 505;
7 const int oo = 1e9 + 10;
8
9 int n, k;
10 int f[N * N];
11
12 int main() {
13     scanf("%d%d", &n, &k);
14     for (int i = 1; i < N * N; i++)
15         f[i] = oo;
16     int s = 0;
17     for (int i = 1; i <= n; i++) {
18         int a, c;
19         scanf("%d%d", &a, &c);
20         s += a;
21         for (int j = s; j >= a; j--)
22             f[j] = min(f[j], f[j - a] + c);
23     }
24     int ans = 0;
25     for (int i = 0; i < N * N; i++)
26         if (f[i] <= k)
27             ans = i;
28     printf("%d\n", ans);
29     return 0;
30 }
```