

Name, Vorname: .....

Legi-Nummer: .....

Ich bestätige mit meiner Unterschrift, dass ich diese Prüfung unter regulären Bedingungen ablegen konnte, und dass ich die allgemeinen Richtlinien gelesen und verstanden habe.

*I confirm with my signature that I was able to take this exam under regular conditions and that I have read and understood the general guidelines.*

Unterschrift:

**Allgemeine Richtlinien:**

**General guidelines:**

1. Dauer der Prüfung: 60 Minuten.
2. Erlaubte Unterlagen: Wörterbuch (für gesprochene Sprachen).
3. Benützen Sie einen Kugelschreiber (blau oder schwarz) und keinen Bleistift. Bitte schreiben Sie leserlich. Nur lesbare Resultate werden bewertet.
4. Lösungen sind direkt auf das Aufgabenblatt in die dafür vorgesehenen Boxen zu schreiben (und direkt darunter, falls mehr Platz benötigt wird). Ungültige Lösungen bitte deutlich durchstreichen! Korrekturen bei Multiple-Choice Aufgaben unmissverständlich anbringen!
5. Falls Sie sich durch irgendjemanden oder irgendetwas gestört fühlen, melden Sie dies sofort der Aufsichtsperson.
6. Wir sammeln die Prüfung zum Schluss ein. Wichtig: stellen Sie unbedingt selbst sicher, dass Ihre Prüfung von einem Assistenten eingezogen wird. Stecken Sie keine Prüfung ein und lassen Sie Ihre Prüfung nicht einfach am Platz liegen. Dasselbe gilt, wenn Sie früher abgeben wollen: bitte melden Sie sich lautlos, und wir holen die Prüfung ab. Vorzeitige Abgaben sind nur bis 15 Minuten vor Prüfungsende möglich.
7. Wenn Sie zur Toilette müssen, melden Sie dies einer Aufsichtsperson durch Handzeichen. Es darf zur gleichen Zeit immer nur eine Studentin oder ein Student zur Toilette.
8. Wir beantworten keine inhaltlichen Fragen während der Prüfung. Kommentare zur Aufgabe schreiben Sie bitte auf das Aufgabenblatt.

- Exam duration: 60 minutes.*
- Permitted examination aids: dictionary (for spoken languages).*
- Use a pen (black or blue), not a pencil. Please write legibly. We will only correct solutions that we can read.*
- All solutions must be written directly onto the exercise sheets in the provided boxes (and directly below, if more space is needed). Invalid solutions need to be crossed out clearly. Corrections to answers of multiple choice questions must be provided without any ambiguity.*
- If you feel disturbed by anyone or anything, immediately let the supervisor of the exam know this.*
- We collect the exams at the end. Important: you must ensure that your exam has been collected by an assistant. Do not take any exam with you and do not leave your exam behind on your desk. The same applies when you want to finish early: please contact us silently and we will collect the exam. Handing in your exam preliminarily is only possible until 15 minutes before the exam ends.*
- If you need to go to the toilet, raise your hand and wait for a supervisor. Only one student can go to the toilet at a time.*
- We will not answer any content-related questions during the exam. Please write comments referring to the tasks on the exam sheets.*

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ
Punkte										
Maximum	8	8	8	6	8	8	8	8	6	68

# 1 Typen und Werte 1 (Basistypen) (8 Punkte)

Geben Sie für jeden der vier Ausdrücke auf der rechten Seite jeweils C++-Typ und Wert an!

Variablen `u`, `i` und `d` seien deklariert und initialisiert wie folgt.

---

```
double d = 1.5;
unsigned int u = 10;
int i = 9;
int j = 0;
double d1 = 1;
double d2 = 2;
double d3 = 3;
```

---

For each of the four expressions on the right, provide the C++ type and value!

Variables `u`, `i` and `d` have been initialized as shown above.

---

(a)  $i - u > 0$

2 P

Typ/Type:

--

Wert/Value:

--

---

(b)  $i / 2 / d$

2 P

Typ/Type:

--

Wert/Value:

--

---

(c)  $++i * j++$

2 P

Typ/Type:

--

Wert/Value:

--

---

(d)  $d1 -= d2 -= d3$

2 P

Typ/Type:

--

Wert/Value:

--

## 2 Typen und Werte 2 (Arrays und Pointers) (8 Punkte)

Geben Sie für jeden der vier Ausdrücke auf der rechten Seite jeweils C++-Typ und Wert an!

Die Variablen x und y seien deklariert und initialisiert wie folgt.

---

```
int y[] = { 2, 0, 1 };  
int* x = &y[1];
```

```
unsigned int z[] = {1,2,3};  
unsigned int* a = z;  
unsigned int* b = z+1;
```

```
double m[][3] = {{1,10,-1},{1,2,4},{10,8,10}};
```

---

For each of the four expressions on the right, provide the C++ type and value!

Variables x and y have been declared and initialized as shown above.

---

(a) `y[y[y[0]]]`

2 P

Typ/Type:

--

Wert/Value:

--

---

(b) `x[1] == y[1]`

2 P

Typ/Type:

--

Wert/Value:

--

---

(c) `a[*b] == b[*a]`

2 P

Typ/Type:

--

Wert/Value:

--

---

(d) `m[2][2] * m[1][1] * m[0][0]`

2 P

Typ/Type:

--

Wert/Value:

--

### 3 Programmausgaben (8 Punkte)

Betrachten Sie folgendes Programm. Beantworten Sie die Fragen auf der rechten Seite.

---

```
#include <iostream>

void func_a(int* start, int* end) {
    for(int* it = start; it != end; ++it)
        std::cout << *it << " ";
}

void func_b(int &a, int b, int& c) {
    if (b > 0)
        a += b * c;
    c *= 2;
    std::cout << a;
}

void func_c(const int nr) {
    if (nr > 1) {
        func_c(nr / 2);
        func_c(nr / 2);
    }

    for(int i = 0; i < nr; ++i)
        std::cout << "*";
    std::cout << " ";
}

int main() {
    ...
}
```

---

Consider the program above. Answer the questions on the right hand side!

---

(a) Was gibt das Programm mit folgender main-Funktion aus.

2 P

What is the output of the program with the following main-function.

```
int main() {
    int src[] = { 1, 2, 3 };
    int dst[8];
    for (int i = 7; i >= 0; --i)
        dst[i] = src[i % 3];
    func_a(dst + 1, dst + 7);
    return 0;
}
```

---

(b) Was gibt das Programm mit folgender main-Funktion aus.

3 P

What is the output of the program with the following main-function.

```
int main() {
    char values[8] = { 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1 };
    int res = 0;
    int x = 1;
    for(int i = 0; i < 8; ++i)
        func_b(res, values[i], x);
    return 0;
}
```

---

(c) Was gibt das Programm mit folgender main-Funktion aus.

3 P

What is the output of the program with the following main-function.

```
int main() {
    func_c(4);
    return 0;
}
```

## 4 BNF I (6 Punkte)

Die folgende BNF definiert eine Sprache zur Steuerung einer Schildkröte für Turtle-Grafiken. Das Kommando (ein *Command* der BNF) `X 10 [R 5 F 8]` steht zum Beispiel für die zehnfache Repetition von: Drehung nach rechts um 5 und Bewegung nach vorne um 8 Einheiten.

Beantworten Sie die Fragen auf der rechten Seite!

**Anmerkung:** Leerschläge sind im Rahmen der BNF bedeutungslos.

---

```
Command = Movement | Repetition.  
Movement = "F" Number | "L" Number | "R" Number.  
Repetition = "X" Number "[" Commands "]".  
Commands = Command | Command Commands.  
Number = unsigned int.
```

---

The BNF displayed above defines a language for controlling a turtle for turtle-graphics. The command (a *Command* of the BNF) `X 10 [R 5 F 8]` for example represents 10 times repetition of: turning right by 5 and moving forward by 8 units.

Answer the questions on the right side!

**Remark:** Whitespaces are irrelevant in the context of this BNF.

---

(a) Wahr oder falsch? *true or false?*  1 P

Die folgende Zeichenkette ist ein gültiges Kommando (Command) nach der BNF:

The following string is a valid Command according to the BNF:

F 4

---

(b) Wahr oder falsch? *true or false?*  1 P

Die folgende Zeichenkette ist ein gültiges Kommando (Command) nach der BNF:

The following string is a valid Command according to the BNF:

X 10 [F 4 L 3 R 3 F 5]

---

(c) Wahr oder falsch? *true or false?*  1 P

Die folgende Zeichenkette ist ein gültiges Kommando (Command) nach der BNF:

The following string is a valid Command according to the BNF:

X 10 []

---

(d) Wahr oder falsch? *true or false?*  1 P

Die folgende Zeichenkette ist ein gültiges Kommando (Command) nach der BNF:

The following string is a valid Command according to the BNF:

X 10 F 4

---

(e) Wahr oder falsch? *true or false?*  1 P

Die folgende Zeichenkette ist ein gültiges Kommando (Command) nach der BNF:

The following string is a valid Command according to the BNF:

X 10 [F 4 X 10 [F 4] L 3]

---

(f) Wahr oder falsch? *true or false?*  1 P

Die Länge eines nach der BNF gültigen Kommandos ist nach oben beschränkt .

The length of a valid command according to the BNF is bounded from above.

## 5 BNF II (8 Punkte)

Wir nehmen an, dass folgende Funktionen eine Eingabe auf Gültigkeit gemäss der BNF der vorigen Aufgabe prüfen. Das gelte auch für die Funktionen ohne Definition. Beantworten Sie die Fragen auf der rechten Seite!

---

```
// POST: leading whitespace characters are extracted from is, and the
//      first non-whitespace character is returned (0 if there is none)
char lookahead (std::istream& is);
// POST: function returns if lookahead is c, in which case c is consumed
bool has(std::istream& is, char c);
// Command = Movement | Repetition.
bool Command (std::istream& is){
    if ( A ) return Repetition(is);
    else return Movement(is);
}
// Movement = "F" Number | "L" Number | "R" Number.
bool Movement (std::istream& is){
    if (has(is, 'F') || has (is, 'L') || has (is, 'R'))
        return B ;
    return false;
}
// Repetition = "X" Number "[" Commands "]".
bool Repetition (std::istream& is){
    if (has(is, 'X'))
        return Number(is) && has (is, '[') && C ;
    return false;
}
// Commands = Command | Command Commands.
bool Commands (std::istream& is){
    if (!Command(is)) return false;
    if ( D ) return true;
    return Commands(is);
}
// Number = unsigned int.
bool Number (std::istream& is);
```

---

We assume that the functions displayed above verify if an input is valid according to the BNF from the previous task. We assume this applies also to the functions without definition. Answer the questions on the right side!

Die folgende main-Funktion soll prüfen, ob die Eingabe an der Kommandozeile ein gültiges Kommando entsprechend der BNF der vorigen Aufgabe darstellt oder nicht.

The following main function shall test if the input provided at the command line is a valid command according to the previous task or not.

---

```
int main(){
    if (Command(std::cin))
        std::cout << "valid command \n";
    else
        std::cout << "invalid command \n";
    return 0
}
```

---

- (a) Welcher Ausdruck muss dafür bei A eingesetzt werden?

2 P

Fill in the expression for A accordingly.

**A:**

- 
- (b) Welcher Ausdruck muss dafür bei B eingesetzt werden?

2 P

Fill in the expression for B accordingly.

**B:**

- 
- (c) Welche Anweisung muss dafür bei C eingesetzt werden?

2 P

Fill in the statement for C accordingly.

**C:**

- 
- (d) Welche Anweisung muss dafür bei D eingesetzt werden?

2 P

Fill in the statement for D accordingly.

**D:**

## 6 Apfelbaum (8 Punkte)

Betrachten Sie folgenden Code und beantworten Sie die Fragen auf der rechten Seite.

---

```
#include <iostream>
#include <vector>

// returns 1 or 0 with probability 1/2 each
int coin(){...} // implementation omitted here

// post: returns a random number uniformly distributed between 0 and 31.
int throwDice(){
    int result = 0;
    for (  )
        ;
    return result;
}

class Appletree{
    std::vector<bool> apples;
public:
    Appletree(): apples(32, true) {}
    // returns if no apple left
    bool done(){
        for (int i = 0; i<apples.size(); ++i)
            ;
        return true;
    }
    // Throw dice and remove corresponding apple, if any.
    // Returns if no apple left.
    bool draw(){
        ;
        return done();
    }
};
```

---

Consider the code above and answer the questions on the right hand side.

Im Spiel "Apfelbaum" besitzt jeder Spieler einen Apfelbaum mit zu Beginn 32 Äpfeln. In einem Zug bestimmt ein Spieler mit einem 32-seitigen Würfel eine der Apfelpositionen und erntet gegebenenfalls einen dort befindlichen Apfel. Hat ein Spieler alle Äpfel geerntet, so hat er gewonnen.

In the game "apple tree" each player owns an apple tree providing initially 32 apples. For each draw one of the apple positions is determined with a 32-sided dice. If available at that position, an apple will be harvested. When one of the players has harvested all apples, he is a winner.

- 
- (a) Vervollständigen Sie die Funktion `Appletree::done()`, so dass sie `true` zurückgibt, wenn kein Apfel mehr übrig ist. 1 P

Complete function `Appletree::done()`, such that it returns `true` when no apple is left.

---

- (b) Vervollständigen Sie die Funktion `Appletree::draw()` so, dass nach dem Würfeln mit der Funktion `throwDice()` der entsprechende Apfel entfernt wird. 2 P

Complete function `Appletree::draw()`, such that after throwing a dice using `throwDice()` the apple at the corresponding position is removed.

---

- (c) Vervollständigen Sie die Funktion `throwDice()` so, dass sie einen 32-seitigen *fairen* Würfel implementiert. Verwenden Sie ausschliesslich Münzwürfe mit der Funktion `coin()`. 3 P

Complete function `throwDice()`, such that it implements a 32-sided *fair* dice. Use only fair coin tosses provided by function `coin()`.

---

- (d) Vervollständigen Sie folgende Funktion zum Spielen einer Runde. Die Funktion soll zurückgeben, ob mindestens einer der Spieler gewonnen hat. Jeder Spieler einer Runde muss spielen, auch wenn ein Spieler vor ihm schon gewonnen hat. 2 P

Complete the following function for playing a round of the game. The function returns if at least one of the players has won. Every player of a round must play, even if a player before him is a winner.

---

```
bool round(std::vector<Appletree> & players){
    bool done = false;
    for (int i=0; i<players.size(); ++i)
        done = ;
    return done;
}
```

---

## 7 Kunstmanufaktur (8 Punkte)

In einem Kunstatelier werden Bilder anhand eines Originals hergestellt. Die folgende Klasse `Painting` repräsentiert ein Bild anhand seines Names (`name`). Wenn ein Bild dupliziert wird, wird dies entsprechend vermerkt (`duplicate`), um das Original später wiederzuerkennen. Ebenfalls können Leinwände wieder verwendet werden, indem Bilder übermalt werden.

Beantworten Sie die Fragen auf der rechten Seite.

---

```
#include <iostream>
class Painting {
    std::string name;
    bool duplicate;
public:
    Painting(const std::string n) : name(n), duplicate(false) {}

    Painting(const Painting& p) : name(p.name), duplicate(true) {}

    Painting& operator=(const Painting &p) {
        if (this != &p) {
            name = p.name;
            duplicate = true;
        }
    }

    void print() {
        std::cout << name << ": ";
        if (duplicate) std::cout << "duplicate\n"
        else std::cout << "no duplicate\n";
    }
};
```

---

In an artist's workshop paintings are manufactured according to an original. The above class `Painting` represents a painting by means of its name (`name`). If a painting is duplicated this is marked using the flag (`duplicate`) to allow identification of the original later on. Additionally a canvas can be reused by painting over an existing painting.

Answer the questions on the right hand side.

- 
- (a) Gegeben sei folgende main-Funktion. Füllen Sie für jede print()-Anweisung die jeweilige Ausgabe in die Box mit der entsprechenden Markierung. 4 P

Look at the following main function. For each call of the print() method, write the resulting output in the corresponding box.

```
int main() {
    Painting a("Nachtcafe");
    a.print(); // output: A
    Painting b(a);
    a.print(); // output: B
    b.print(); // output: C
    a = b;
    a.print(); // output: D

    return 0;
}
```

A:

B:

C:

D:

- 
- (b) Gegeben sei folgende main-Funktion. Füllen Sie für jede print()-Anweisung die jeweilige Ausgabe in die Box mit der entsprechenden Markierung. 4 P

Look at the following main function. For each call of the print() method, write the resulting output in the corresponding box.

```
int main() {
    Painting c("Mona");
    Painting* p_d = &c;
    p_d->print(); // output: A
    Painting* p_e = p_d;
    p_e->print(); // output: B
    *p_d = c;
    p_d->print(); // output: C
    Painting f("Lisa");
    Painting* p_h = &c;
    *p_h = f;
    p_h->print(); // output: D

    return 0;
}
```

A:

B:

C:

D:

## 8 Mengen mit Anzahl (8 Punkte)

Die Klasse S in folgendem Code implementiert eine Art Menge welche mit Anzahl Ihrer Elemente ausgestattet ist. Beantworten Sie die Fragen auf der rechten Seite.

---

```
#include <iostream>
struct Element{
    Element* next;
    int value, count;
    Element (int v, int c, Element* n): next(n), value(v), count(c) {};
};
struct S{
    Element* first;
    S(): first(0) {};
    Element* has(int v) const {
        for(Element* e=first; e != 0; e = e->next)
            if (e->value == v) return e;
        return 0;
    }
    void add(int v, int count){
        Element* e = has(v);
        if (e != 0)
            e->count += count;
        else
            first = new Element(v, count, first);
    }
    S& operator+= (S l) {
        for(Element* e=l.first; e != 0; e = e->next)
            add(e->value, e->count);
        return *this;
    }
};
std::ostream& operator<< (std::ostream& out, S s){
    for(Element* e=s.first; e!= 0; e = e->next)
        std::cout << e->value << "(" << e->count << ") ";
    return out;
}
```

---

The class S from the code above implements a kind of set equipped with a cardinality for each element. Answer the questions on the right hand side.

---

(a) Geben Sie die Ausgabe der folgenden main-Funktion in unten stehenden Boxen an.

4 P

Provide the output of the following main-function in the boxes below.

```
int main(){
    S p; p.add(3,1);p.add(4,1);
    S q; q.add(4,1);q.add(5,1);
    std::cout << p << "\n";// output:
    p += q;
    std::cout << p << "\n";// output:
    return 0;
}
```

---

(b) Angenommen obige main Funktion wird mit folgendem Code ersetzt. Geben Sie die Ausgabe des Codes in unten stehender Boxen an. Beachten Sie, dass der Code nicht das tut, was man zuerst erwartet.

2 P

Assume the main function above is replaced by the following code. Provide the output of the code in the box below. Note that the code does not do what you would expect in the first place.

```
S operator+ (S l, const S& r){
    l += r;
    return l;
}
int main(){
    S r; r.add(3,1);r.add(4,1);r.add(5,1);
    std::cout << r + r + r << "\n"; // output:
    return 0;
}
```

---

(c) Geben Sie stichwortartig an, was man benötigt, damit der Code von (b) wie erwartet funktioniert.

2 P

Write in note form what is required in order to make the code from (b) work as expected.

## 9 Normalisiertes Fließkommasystem (6 Punkte)

Wir betrachten das unten angegebene normalisierte Fließkommazahlensystem  $F^*$ . Beantworten Sie die Fragen auf der rechten Seite!

Anmerkung: Falls nötig runden Sie arithmerisch, d.h., eine 1 wird aufgerundet, eine 0 wird abgerundet. Z.b.  $1.0101\underline{0}$  wird in  $F^*$  zu 1.0101 abgerundet, während  $1.0101\underline{1}$  in  $F^*$  zu 1.0110 aufgerundet wird.

---

$F^*$  ( $\beta, p, e_{\min}, e_{\max}$ ) mit / with

$$\beta = 2$$

$$p = 5$$

$$e_{\min} = -2$$

$$e_{\max} = 2$$

---

Consider the normalized floating point number system  $F^*$  defined above. Answer the questions on the right side!

Note: If necessary use binary arithmetic rounding, i.e., round up for a 1 and down for a 0. Example (in  $F^*$ ):  $1.0101\underline{0}$  is rounded down to 1.0101, while  $1.0101\underline{1}$  is rounded up to 1.0110.

---

(a) Wie viele unterschiedliche positive Werte beinhaltet das normalisierte Fließkommasytem  $F^*$ ? 1 P

How many different positive values can be represented using the normalized floating point system  $F^*$ ?

---

(b) Geben Sie die grösste Zahl und die maximale Präzision (kleinste positive Zahl), die das normalisierte Fließkommasytem  $F^*$  repräsentieren kann, an. Beide Antworten sind in **dezimaler Darstellung** anzugeben. 2 P

Provide the largest number and the highest precision (smallest positive number) representable by the normalized floating point system  $F^*$ . Provide the answers in **decimal representation**.

grösste Zahl / largest number

maximale Präzision / highest precision

---

(c) Die Dezimalzahl  $x = 2.5625$  ist im normalisierten Fließkommasytem  $F^*$  nicht darstellbar. Geben Sie die Zahl  $\hat{x}$  an, welche in  $F^*$  enthalten ist, und  $x$  am nächsten liegt. Geben Sie die Antwort in **binärer Darstellung** an. Hinweis: Verwenden Sie arithmetisches Runden. 3 P

The decimal number  $x = 2.5625$  is not representable in the normalized floating point system  $F^*$ . Provide the number  $\hat{x}$  that is closest to  $x$  and is representable in  $F^*$ . Provide the answer in **binary representation**. Hint: Use arithmetic rounding to find this number.

$\hat{x} =$

Berechnen Sie den absoluten Rundungsfehler  $|\hat{x} - x|$ . Geben Sie die Antwort in **dezimaler Darstellung** an.

Calculate the absolute rounding error  $|\hat{x} - x|$ . Provide the answer in **decimal representation**.

$|\hat{x} - x| =$