Übungsstunde

Woche 03

Adel Gavranović
adel.gavranovic@inf.ethz.ch

Overview

Heutige Themen

Intro

Boolean Expressions

`for`-Schleifen

`assert()`

Simple Manual Debugging

Outro

Links

- polybox zum Material für die Übungsstunden
- Mail an Assistenten

Follow-up aus vorheriger Übungsstunde

- Fehler im Handout W02 zum Thema Modulo-rechnen auf S.16

Kommentare zu [code]expert

- Korrekturen stehen noch aus

Fragen zu [code]expert eurerseits?

Lernziele

- ☐ *boolean expressions* richtig evaluieren
- ☐ wissen, was *short circuiting* ist und wo es als Fehlerquelle vorkommen kann
- ☐ Programme mit for-Schleifen *tracen*
- ☐ Einfache Programme, die for-Schleifen enthalten, schreiben können

Expressions

- Repetition: was war nochmal ein `bool`?
- (Klammern) sind eure besten Freunde
- die Reihenfolge ist beim Auswerten von Bedeutung (Links nach rechts und Operator Precedences)
- Vorsicht vor *short circuits*

Booleans

- kurz und einfach: `bools`
- immer entweder `true` oder `false`

Booleans

- kurz und einfach: `bools`
- immer entweder `true` oder `false`
- wenn `true` in eine Zahl umgewandelt wird, wird es die Zahl 1 sein

Booleans

- kurz und einfach: `bools`
- immer entweder `true` oder `false`
- wenn `true` in eine Zahl umgewandelt wird, wird es die Zahl 1 sein
- wenn eine Zahl $\neq 0$ in einen `bool` umgewandelt wird, wird es der Wert `true` sein

Booleans

- kurz und einfach: `bools`
- immer entweder `true` oder `false`
- wenn `true` in eine Zahl umgewandelt wird, wird es die Zahl 1 sein
- wenn eine Zahl $\neq 0$ in einen `bool` umgewandelt wird, wird es der Wert `true` sein
- wenn `false` in eine Zahl umgewandelt wird, wird es die Zahl 0 sein

Booleans

- kurz und einfach: `bools`
- immer entweder `true` oder `false`
- wenn `true` in eine Zahl umgewandelt wird, wird es die Zahl 1 sein
- wenn eine Zahl $\neq 0$ in einen `bool` umgewandelt wird, wird es der Wert `true` sein
- wenn `false` in eine Zahl umgewandelt wird, wird es die Zahl 0 sein
- wenn 0 in einen `bool` umgewandelt wird, wird es der Wert `false` sein

Booleans

- kurz und einfach: `bools`
- immer entweder `true` oder `false`
- wenn `true` in eine Zahl umgewandelt wird, wird es die Zahl 1 sein
- wenn eine Zahl $\neq 0$ in einen `bool` umgewandelt wird, wird es der Wert `true` sein
- wenn `false` in eine Zahl umgewandelt wird, wird es die Zahl 0 sein
- wenn 0 in einen `bool` umgewandelt wird, wird es der Wert `false` sein
- Kurze [code]expert Demonstration

Precedences Ranking[1]

[1] Gezeigt sind hier nur die z. Z. wichtigsten. Für den Rest, siehe ▸ cppreference

Precedences Ranking[1]

1. `a++, a--`
2. `++a, --a, -a, !a, *a, &a`
3. `*, /, %`
4. `+, -`
5. `<, <=, >, >=`
6. `== !=`
7. `&&`
8. `||`
9. `=, +=, -=, *=, /=, %=`

[1] Gezeigt sind hier nur die z. Z. wichtigsten. Für den Rest, siehe ▸ cppreference

(Nutzt) (Klammern)

- Klammern funktionieren wie in der Mathematik
- sie werden oft gebraucht, um die korrekte Evaluation offensichtlich zu machen
- ... oder eben um die Evaluationsreihenfolge abzuändern

(Nutzt) (Klammern)

- Klammern funktionieren wie in der Mathematik
- sie werden oft gebraucht, um die korrekte Evaluation offensichtlich zu machen
- ... oder eben um die Evaluationsreihenfolge abzuändern

Aufgabe

Mache die Evaluation mittels Klammern offensichtlich:

```
(3 < (4 + 1)) && (2 < 3)
```

Tipp: nutze die vorherige Folie

(Nutzt) (Klammern)

- Klammern funktionieren wie in der Mathematik
- sie werden oft gebraucht, um die korrekte Evaluation offensichtlich zu machen
- ... oder eben um die Evaluationsreihenfolge abzuändern

Aufgabe

Mache die Evaluation mittels Klammern offensichtlich:

```
3 < 4 + 1 && 2 < 3
```

Tipp: nutze die vorherige Folie

Lösung

```
(3 < (4 + 1)) && (2 < 3)
```

Mehrere Operatoren mit gleicher Präzedenz

Kurzaufgabe

Wie würdest du klammern, damit die Evaluation der unteren Expression offensichtlich wird?

```
(false && false) && true
```

Mehrere Operatoren mit gleicher Präzedenz

Kurzaufgabe

Wie würdest du klammern, damit die Evaluation der unteren Expression offensichtlich wird?

```
false && false && true
```

Lösung

Einfach von links nach rechts:

```
(false && false) && true
```

Short Circuits

false && ... ⇒ false

true || ... ⇒ true

Short Circuit

Die bool'schen Operatoren `&&` und `||` evaluieren zuerst die linke Expression und dann *nur falls nötig* die rechte Expression.

Insbesondere heisst das, dass die rechte Expression *nicht* evaluiert wird, wenn man das Ergebnis der gesamten Evaluation bereits herleiten kann

Short Circuits

Short Circuit

Die bool'schen Operatoren `&&` und `||` evaluieren zuerst die linke Expression und dann *nur falls nötig* die rechte Expression.

Insbesondere heisst das, dass die rechte Expression *nicht* evaluiert wird, wenn man das Ergebnis der gesamten Evaluation bereits herleiten kann

Was sind die Implikationen für uns?

Short Circuits in Code

```
if (3 > 2 && 10 > 11){
   std::cout << "Of course not!\n";
} // not a short circuit evaluation

int a = 3;

if (false && ++a < 2){
   std::cout << "Of course not!\n";
} // a short circuit evaluation

std::cout << a << "\n"; // what will be the output?

if (++a < 2 && false){
   std::cout << "Of course not!\n";
} // another short circuit evaluation

std::cout << a << "\n"; // what will be the output?
```

Verständniskontrolle

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
(x == 1) || ((1 / (x - 1)) < 1)
```

Vergesst nicht: Klammern sind eure Freunde

[2] `(true || whatever)` evaluiert immer zu `(true)`

Verständniskontrolle

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

`x == 1 || 1 / (x - 1) < 1`

Vergesst nicht: Klammern sind eure Freunde

Lösung

Zuerst: Klammern!

`(x == 1) || ((1 / (x - 1)) < 1)`, beginne links

[2](`true || whatever`) evaluiert immer zu (`true`)

Verständniskontrolle

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
x == 1 || 1 / (x - 1) < 1
```

Vergesst nicht: Klammern sind eure Freunde

Lösung

Zuerst: Klammern!

```
(x == 1) || ((1 / (x - 1)) < 1)
```

, beginne links

```
(1 == 1) || ((1 / (x - 1)) < 1)
```

[2] (`true || whatever`) evaluiert immer zu (`true`)

Verständniskontrolle

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

`x == 1 || 1 / (x - 1) < 1`

Vergesst nicht: Klammern sind eure Freunde

Lösung

Zuerst: Klammern!

`(x == 1) || ((1 / (x - 1)) < 1)`, beginne links

`(1 == 1) || ((1 / (x - 1)) < 1)`

`true || ((1 / (x - 1)) < 1)`[2]

---

[2] `(true || whatever)` evaluiert immer zu `(true)`

Verständniskontrolle

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
x == 1 || 1 / (x - 1) < 1
```

Vergesst nicht: Klammern sind eure Freunde

Lösung

Zuerst: Klammern!

`(x == 1) || ((1 / (x - 1)) < 1)`, beginne links

```
(1 == 1) || ((1 / (x - 1)) < 1)
true || ((1 / (x - 1)) < 1)[2]
true
```

[2] `(true || whatever)` evaluiert immer zu `(true)`

Und noch eins

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
```

$\neg A \hat{=} !a$

Und noch eins

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
```

Lösung

```
!((1 < 2) && (x == 1)) + 1
```

Und noch eins

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
```

Lösung

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
(!((1 < 2) && (x == 1))) + 1
```

Und noch eins

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
```

Lösung

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
(!((1 < 2) && (x == 1))) + 1
(!((true) && (true))) + 1
```

False

Und noch eins

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
```

Lösung

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
(!((1 < 2) && (x == 1))) + 1
(!((true) && (true))) + 1
(!(true)) + 1
```

Und noch eins

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
```

Lösung

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
(!((1 < 2) && (x == 1))) + 1
(!((true) && (true))) + 1
(!(true)) + 1
false + 1
```

Und noch eins

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
```

Lösung

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
(!((1 < 2) && (x == 1))) + 1
(!((true) && (true))) + 1
(!(true)) + 1
false + 1
0 + 1
```

Und noch eins

Aufgabe

Evaluiere die folgende Expression von Hand und notiere jeden Zwischenschritt. Nehme an `int x = 1`:

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
```

Lösung

```
!(1 < 2 && x == 1) + 1
(!((1 < 2) && (x == 1))) + 1
(!((true) && (true))) + 1
(!(true)) + 1
false + 1
0 + 1
1 → true
```

Fragen/Unklarheiten?

for-Schleifen

- was ist eine Schleife
- Kurzeinführung zu *Scopes*
- Kurzeinführung ins *Program Tracing*

Kurzeinführung zu Scopes

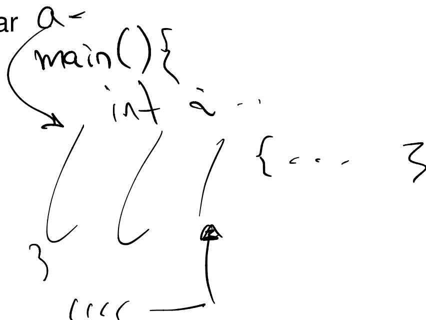
- praktisch immer, wenn Ihr {diese geschweiften Klammern} verwendet, erstellt ihr einen {Scope}

Kurzeinführung zu Scopes

- praktisch immer, wenn Ihr {diese geschweiften Klammern} verwendet, erstellt ihr einen {Scope}
- stellt euch einen Scope als eine ”Welt in einer Welt” vor

Kurzeinführung zu Scopes

- praktisch immer, wenn Ihr {diese geschweiften Klammern} verwendet, erstellt ihr einen {Scope}
- stellt euch einen Scope als eine ”Welt in einer Welt” vor
- Informationen/Variablen können nicht aus einem Scope rausfliessen, aber Informationen/Variablen von aussen sind im inneren Scope verfügbar



Kurzeinführung zu Scopes

```
int sum;
for( ... ; ... ; ... ){
    sum = a + b;
}
```

- praktisch immer, wenn Ihr {diese geschweiften Klammern} verwendet, erstellt ihr einen {Scope}
- stellt euch einen Scope als eine ”Welt in einer Welt” vor
- Informationen/Variablen können nicht aus einem Scope rausfliessen, aber Informationen/Variablen von aussen sind im inneren Scope verfügbar
- wenn das Programm bei der rechten geschweiften Klammer des Scopes ankommt, stirbt jegliche Information/Variable innerhalb dieses Scopes

Allgemeine Struktur einer for-Schleife

```
for(init; contition; expression){
    statement 1;
    statement 2;
    ...
}
```

Wichtige Bemerkung

Der `expression`-Teil wird *nach* den `statemets` ausgeführt.

Program Tracing

"*Program Tracing* ist der Prozess, des Ausführens eines Programms von Hand mit konkreten Eingaben."

Ziemlich wichtiger Skill, insbesondere am Anfang. Irgendwann werdet ihr das quasi im Kopf können.
Einen ausführlichen Guide dazu findet ihr hier: ▸ Program Tracing

`for` Loop

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

Example – for Loop

sum: 0

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

Example – for Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

sum:	0
i:	1

Example – for Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

sum: 0
i: 1

1 <= 3
true
statement

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i){
  sum += i;
}
std::cout << sum << "\n";
```

Example – for Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

```
sum:    1
i:      2
```

Example – `for` Loop

```
sum:    1
i:      2
```

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

2 <= 3

true

sum: 1
i: 2

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

sum:	3
i:	2

Example – `for` Loop

sum: 3
i: 3

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

Example – for Loop

```
sum:     3
i:       3
```

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

Example – for Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

3 <= 3

true

```
sum:    3
i:      3
```

Example – `for` Loop

sum: 6
i: 3

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

Example – `for` Loop

```
sum:    6
i:      4
```

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

Example – for Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

sum:	6
i:	4

Example – `for` Loop

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

4 <= 3

false

sum:	6
i:	4

Example – `for` Loop

sum: 6

```
int sum = 0;

for (int i = 1; i <= 3; ++i)
    sum += i;

std::cout << sum << "\n";
```

Fragen/Unklarheiten?

Aufgabe *Strange Sum*

Aufgabe

Öffnet *Strange Sum* auf [code]expert und versucht es zuerst mit Stift und Papier zu lösen. (~~10~~ 7 min)

Description:

≙ mit std::cin >>

Write a program that reads a number $n > 0$ from standard input and outputs the sum of all positive numbers up to n that are odd but not divisible by 5.

Aufgabe *Strange Sum*

Aufgabe

Öffnet *Strange Sum* auf [code]expert und versucht es zuerst mit Stift und Papier zu lösen. (10min)

Description:
Write a program that reads a number $n > 0$ from standard input and outputs the sum of all positive numbers up to n that are odd but not divisible by 5.

Aufgabe

Und jetzt schreibt das dazugehörige Programm. (5min)

Fragen/Unklarheiten?

Mögliche Lösung zu *Strange Sum*

```
// input
unsigned int strangesum = 0;
unsigned int n;
std::cin >> n;

// computation
for(unsigned int i = 1; i <= n; i++){
   if((i % 2) == 1){
      if(i % 5){
            strangesum += i;
      }
   }
}

// output
std::cout << strangesum << "\n";
```

Kompaktere Lösung zu *Strange Sum*

```
// input
unsigned int strangesum = 0;
unsigned int n;
std::cin >> n;

// computation
for(unsigned int i = 1; i <= n; i++){
   if( ((i % 2) == 1) && (i % 5) ){
        strangesum += i;
   }
}

// output
std::cout << strangesum << "\n";
```

0 → false
≠0 → true

Noch kompaktere Lösung zu *Strange Sum*

```
// input
unsigned int strangesum = 0;
unsigned int n;
std::cin >> n;

// computation
for(unsigned int i = 1; i <= n; i+=2){
   if(i % 5){
      strangesum += i;
   }
}

// output
std::cout << strangesum << "\n";
```

Aufgabe *Largest Power*

Aufgabe

Öffnet *Largest Power* auf [code]expert und versucht es zuerst mit Stift und Papier zu lösen. (10min)

Description:
Write a program that inputs a positive natural number n and outputs the largest number p that is a power of 2 and smaller or equal to n.

Aufgabe *Largest Power*

Aufgabe

Öffnet *Largest Power* auf [code]expert und versucht es zuerst mit Stift und Papier zu lösen. (10min)

Description:
Write a program that inputs a positive natural number n and outputs the largest number p that is a power of 2 and smaller or equal to n.

Aufgabe

Und jetzt schreibt das dazugehörige Programm. (5min)

Aufgabe *Largest Power*

Aufgabe

Öffnet *Largest Power* auf `[code]`expert und versucht es zuerst mit Stift und Papier zu lösen. (10min)

Description:
Write a program that inputs a positive natural number n and outputs the largest number p that is a power of 2 and smaller or equal to n.

Aufgabe

Und jetzt schreibt das dazugehörige Programm. (5min)

Aufgabe

Besprecht eure Ansätze mit den Personen neben euch. Hattet ihr den gleichen Ansatz? Was könnt ihr voneinander lernen? (7min)

Mögliche Lösung zu *Largest Power*

```
#include <iostream>
#include <cassert>

int main () {
  unsigned int n;
  std::cin >> n;
  assert(n >= 1);

  unsigned int power = 1;
  for (; power <= n / 2; power *= 2);

  std::cout << power << std::endl;

  return 0;
}
```

Fragen/Unklarheiten?

assert()

```
#include <cassert>

// ... mehr Code hier

assert(expression);
```

Errors in Code…

- Problem:
  We want to avoid certain values for a variable.

- Question:
  How?

General Hints

- `assert(expr);`
  - `expr` is `true`: nothing happens
  - `expr` is `false`: stop program

Example

Problem: Some inputs are dangerous.

```
#include <iostream>

int main () {
    int a;
    std::cin >> a;
    int b;
    std::cin >> b;

    // Output: a/b
    std::cout << a/b << "\n";

    return 0;
}
```

Problem for:

`b == 0`

Example

Problem: Some inputs are dangerous.

`assert` ensures

`b != 0`

```
    return 0;
}
```

Example

Problem: Some inputs are dangerous.

```
#include <iostream>
#include <cassert>

int main () {
    int a;
    std::cin >> a;
    int b;
    std::cin >> b;
    assert(b != 0);
                  ≠
    // Output: a/b
    std::cout << a/b << "\n";

    return 0;
}
```

Example

Problem: Some inputs are dangerous.

```
#include <iostream>
```

```
3
0
a.out: ./Root/assert_expl.cpp:9: int main(): Assertion `b != 0' failed.
Aborted
```

```
0
```

Send

```
    // Output: a/b
    std::cout << a/b << "\n";

    return 0;
}
```

`assert` – Why?

- Still an easy example…
- So **why** and **where** is `assert` useful?

`assert` – Why?

- Still an easy example…

- So **why** and **where** is `assert` useful?
  - **Long programs:** for overview
  - **User-Inputs required:** for safety
  - **Multiple programmers:** for safety

Fragen/Unklarheiten?

Debugging

”*Debugging* is the process of finding and resolving bugs (defects or problems that prevent correct operation) within programs, software, or systems.”

Debugging

```
int main () {
    const int n = 6;

    // Compute n^12
    int prod = 1;
    for (int i = 1; 1 <= i < 13; ++i) {
        prod *= n;
    }

    // Output stars
    for (int i = 1; i < prod; ++i) {
        std::cout << "*";
    }
    std::cout << "\n";
    return 0;
}
```

immer true

Debugging

Frage

Wie könnten wir herausfinden, bei welcher Zeile das Programm feststeckt?

Debugging

Frage

Wie könnten wir herausfinden, bei welcher Zeile das Programm feststeckt?

Antwort

Sachen ausgeben lassen an interessanten Stellen im Code

Debugging

Frage

Wie könnten wir herausfinden, bei welcher Zeile das Programm feststeckt?

Antwort

Sachen ausgeben lassen an interessanten Stellen im Code

Frage

Wieso steckt das Programm in der ersten for-Schleife fest?

Debugging

C++ ≠ math

Frage

Wie könnten wir herausfinden, bei welcher Zeile das Programm feststeckt?

Antwort

Sachen ausgeben lassen an interessanten Stellen im Code

Frage

Wieso steckt das Programm in der ersten for-Schleife fest?

Antwort

Die condition ist falsch geschrieben.
Sollte sein: `1 <= i && i < 13`.

Debugging

Frage

Wie können wir ermitteln, wieso trotzdem nichts ausgegeben wird?

Debugging

Frage

Wie können wir ermitteln, wieso trotzdem nichts ausgegeben wird?

Antwort

Einfach den Wert von `prod` nach der ersten Schleife ausgeben lassen

Debugging

Frage

Wie können wir ermitteln, wieso trotzdem nichts ausgegeben wird?

Antwort

Einfach den Wert von `prod` nach der ersten Schleife ausgeben lassen

Frage

Wie finden wir raus, wieso `prod` negativ wurde?

Debugging

Frage

Wie können wir ermitteln, wieso trotzdem nichts ausgegeben wird?

Antwort

Einfach den Wert von `prod` nach der ersten Schleife ausgeben lassen

Frage

Wie finden wir raus, wieso `prod` negativ wurde?

Antwort

Einfach den Wert von `prod` in *jeder* Itteration in der Schleife ausgeben lassen

Fragen/Unklarheiten?

Tipps für [code]expert

Bis zum nächsten Mal

- ☐ macht eure Hausaufgaben
- ☐ bleibt gesund

Allgemeine Fragen?