Programmeertechnieken
Week 4, 5

Kristian Rietveld

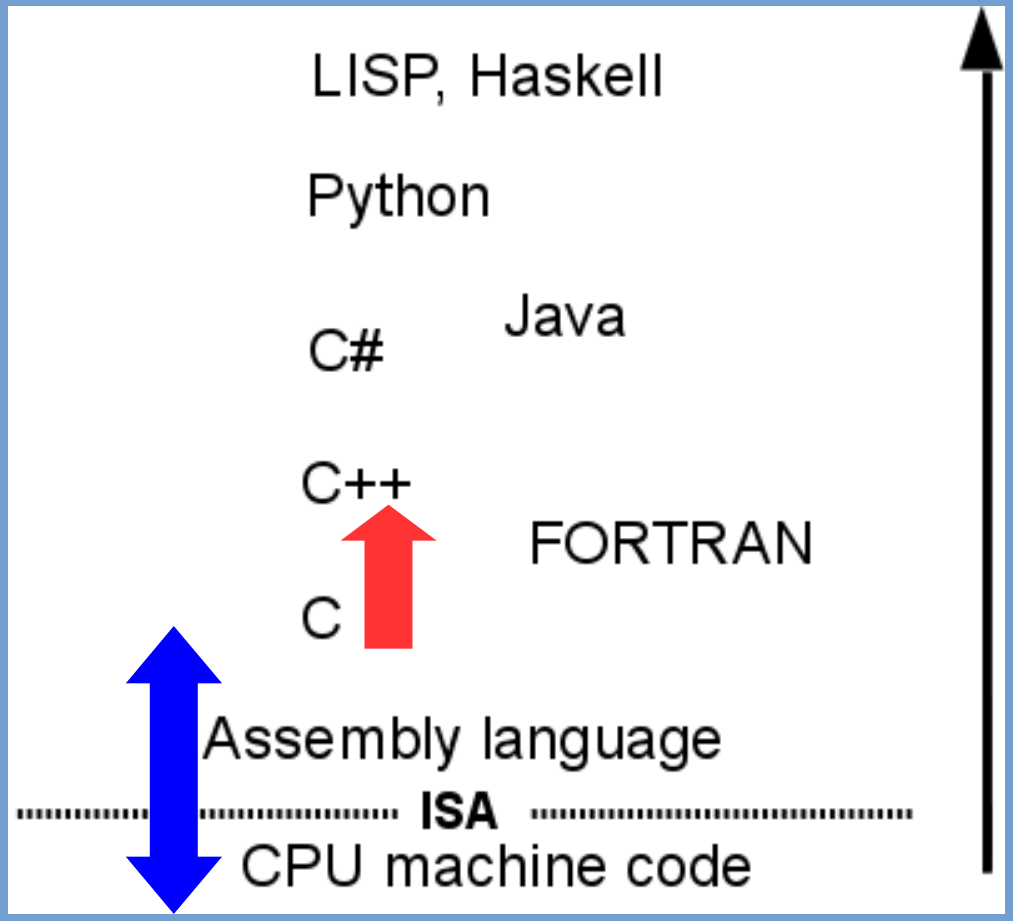
http://liacs.leidenuniv.nl/~rietveldkfd/courses/pt2016/

Universiteit Leiden
The Netherlands

Terug naar C++

- We hebben nu kort kennis gemaakt met de abstractielagen onder C++.
  - Machinecode.
  - Assembly.
  - C en de relatie tussen C en assembly.

Terug naar C++ (2)



Terug naar C++ (3)

- Met dat in het achterhoofd gaan we nu abstractielagen toevoegen.
- In het bijzonder: Object Georienteerd Programmeren.
  - Object Oriented Programming (OOP)
- In OOP worden programma's geschreven door objecten te definieren en objecten met elkaar te laten interacteren.
- Begin traceert terug naar eind jaren 60 - begin 70.

OOP

- Enige eigenschappen van objecten:
  - Een object is een instantiatie van een klasse.
  - Objecten bevatten data.
  - Objecten hebben "methoden" die kunnen worden aangeroepen.
  - Objecten kunnen weer andere objecten bevatten (compositie).
  - Een klasse kan de eigenschappen van een andere klasse "erven" (inheritance).

OOP in C

- In C wordt het al snel een hoop gedoe ...

```
struct MyObject { ... };

struct MyObject *myobject_new(void);
void             myobject_free(struct MyObject *obj);

int              myobject_get_int_field(struct MyObject *obj);
void             myobject_set_int_field(struct MyObject *obj,
                                        int value);
...
```

C++

- We willen ons bezighouden met objecten en niet allerlei andere details.
  - Abstractniveau gaat omhoog!
- C++ is ooit ontstaan als "C with Classes".
- De eerste C++ "compilers" genereerden eigenlijk C code.

C++ (2)

- Het plan: korte herhaling en verdere verdieping in C++.
- Tevens een introductie tot belangrijkste verbeteringen in C++11.
- Daarna maken we de sprong naar Java, en ...
  - ... leren we meer over concepten en ontwerk van OOP software.
  - ... beginnen we met kijken naar "standaard structuren" in OOP code (design patterns).
  - ... leren we werken met (grote) bestaande frameworks om software te schrijven (o.a. Android).
- Nu eerst: een korte "recap" van C++.

Klassen

```
class Persoon {
protected:
  std::string name;
  int age;

public:
  Persoon(const std::string &name,
          const int age);

  const std::string &getName(void) const;
  int getAge(void) const;
};
```

Klassen (2)

Definitie klasse met naam

```
class Persoon {
protected:
  std::string name;
  int age;

public:
  Persoon(const std::string &name,
          const int age);

  const std::string &getName(void) const;
  int getAge(void) const;
};
```

Klassen (3)

```
class Persoon {
protected:
  std::string name;
  int age;

public:
  Persoon(const std::string &name,
          const int age);

  const std::string &getName(void) const;
  int getAge(void) const;
};
```

Declaratie “data members”

Klassen (4)

```
class Persoon {
protected:
  std::string name;
  int age;

public:
  Persoon(const std::string &name,
          const int age);

  const std::string &getName(void) const;
  int getAge(void) const;
};
```

Declaratie constructor

Klassen (5)

```
class Persoon {
protected:
   std::string name;
   int age;

public:
   Persoon(const std::string &name,
           const int age);

   const std::string &getName(void) const;
   int getAge(void) const;
};
```

Declaratie “member functions” of “methoden”.

Klassen (6)

```
class Persoon {
protected:
    std::string name;
    int age;

public:
    Persoon(const std::string &name,
            const int age);

    const std::string &getName(void) const;
    int getAge(void) const;
};
```

"Access specifier"

- ***Public***: iedereen mag er bij.
- ***Private***: alleen methoden.
- ***Protected***: methoden & methoden van subklasse.

Klassen (7)

```
class Persoon {
protected:
  std::string name;
  int age;

public:
  Persoon(const std::string &name,
          const int age);

  const std::string &getName(void) const;
  int getAge(void) const;
};
```

Reference variabele: een verwijzing naar een object. C++-only!

Klassen (8)

```
class Persoon {
protected:
  std::string name;
  int age;

public:
  Persoon(const std::string &name,
          const int age);

  const std::string &getName(void) const;
  int getAge(void) const;
};
```

Hier komen we nog op terug!

Instantiatie

```
Persoon p("Joop Test", 23);

Persoon *r = new Persoon("Karel", 64);
...
delete r;
```

- `p` is nu een object van type `Persoon`.
- `r` is een pointer naar een dergelijk object.

Inheritance

```
class Student : public Persoon {
  private:
    int sid;

  public:
    Student(const std::string &name,
            const int age,
            const int sid);
};
```

Inheritance (2)

- Je kunt de constructor van de basisklasse (ouder) aanroepen in de member initialiser list.

```
Student::Student(const std::string &name,
                 const int age,
                 const int sid)
  : Persoon(name, age), sid(sid)
{ }
```

Virtuele functies

- Omdat een Student een Persoon is (is-a relatie), mogen we het volgende doen:

```
Persoon *s = new Student("Student 1", 20, 1234512);
```

- Vervolgens kunnen we methoden aanroepen met pointer `s`.
- Als de klasse `Student` een methode `getSID()` zou hebben, kunnen we deze zonder cast *niet* aanroepen via `s`.

Virtuele functies (2)

- Wat nu als we een functie `drukAf` willen hebben, welke voor een Student meer informatie afdrukt dan voor een Persoon.
- Dus als `s` wijst naar een Student, moet de `drukAf` van Student worden aangeroepen.
- De compiler weet van te voren ("at compile-time") niet naar wat voor object `s` zal wijzen, behalve dat het een Persoon is.

Virtuele functies (3)

- De oplossing is "dynamic binding", we bepalen tijdens het draaien van het programma ("at run-time") welke methode we precies gaan aanroepen.
- Om dit "aan te zetten" moeten we gebruik maken van het keyword `virtual`.
- (Men heeft het vaak over "polymorfisme", we komen daar later in de collegereeks op terug).

Virtuele functies (4)

```
class Persoon {
public:
  virtual void drukAf(void) const {
    std::cout << "Persoon " << name
              << " " << age << std::endl;
  }
};
class Student {
public:
  virtual void drukAf(void) const {
    std::cout << "Student " << name
              << " " << age << std::endl;
    std::cout << "   SID: " << sid
              << std::endl;
  }
};

Persoon *p = new Persoon("Jan Persoon", 63);
Persoon *s = new Student("Student 1", 20, 1234512);
p->drukAf(); // Roept Persoon::drukAf aan
s->drukAf(); // Roept Student::drukAf aan.
```

Virtuele functies (5)

```
class Figuur {
  public:
    virtual void zetOpScherm( ) const {
      std::cout << "Figuur!" << std::endl;
    }
};
class Rechthoek : public Figuur {
  public:
    virtual void zetOpScherm( ) const {
      std::cout << "Rechthoek!" << std::endl;
    }
};
class Vierkant : public Rechthoek {
  public:
    virtual void zetOpScherm( ) const {
      std::cout << "Vierkant!" << std::endl;
    }
};
class Cirkel : public Figuur {
  public:
    virtual void zetOpScherm( ) const {
      std::cout << "Cirkel!" << std::endl;
    }
};
```

```
Figuur *f1 = new
Rechthoek( );
Figuur *f2 = new Vierkant( );
Figuur *f3 = new Cirkel( );
f1->zetOpScherm( );
f2->zetOpScherm( );
f3->zetOpScherm( );
```

Namespaces

- Namespaces worden gebruikt bij het organiseren van grote projecten.
- Het is netjes om grote stukken van een module in een aparte namespace te zetten.
- De echte reden is dat men naamconflicten probeert te vermijden in grote projecten.
  - Wat gebeurt er als een klasse "Rechthoek" in meerdere componenten voorkomt?

Namespaces (2)

- Je kunt binnen een "namespace" variabelen, functies, klassen, enzovoort declareren.
- Deze vallen dan binnen een zogenaamde "named scope". Eigenlijk krijgt elke naam een prefix.
- Oplossing voor probleem vorige slide: meerdere klassen "Rechthoek" kunnen gewoon voorkomen als deze in verschillende namespaces zijn gedeclareerd.
- Stel we hebben namespaces "moduleA", "moduleB", kan kunnen we als volgt naar de verschillende klassen refereren:
  - `moduleA::Rechthoek`
  - `moduleB::Rechthoek`

Namespaces (3)

- Hoe zit dat dan met `using namespace std`?
- Alle zaken in de C++ standaard library zijn in de namespace `std` gezet.
- Officieel moet je dan schrijven `std::cout`, `std::endl`, `std::string`, enz.
- Teveel typewerk? Vertel de compiler dat hij standaard ook in de namespace met de naam "std" zoekt:

```
using namespace std;
```

- Nu volstaan `cout`, `string`, enz.

Namespaces (4)

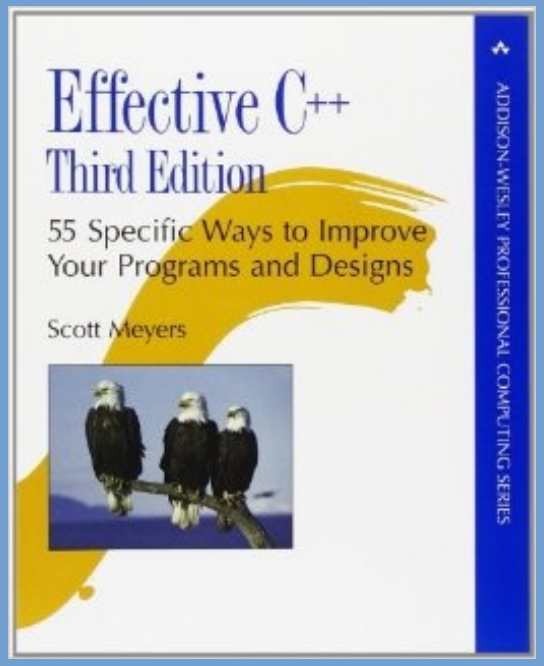
```
namespace mijnruimte {
  void zegHallo(void) {
    std::cout << "hallo daar" << std::endl;
  }

  static int A = 13;
}

int main(void) {
  //zegHallo();  // Fout!
  //std::cout << A << std::endl; // Fout!

  mijnruimte::zegHallo();
  std::cout << mijnruimte::A << std::endl; // Fout!

  using namespace mijnruimte;
  zegHallo();

  return 0;
}
```

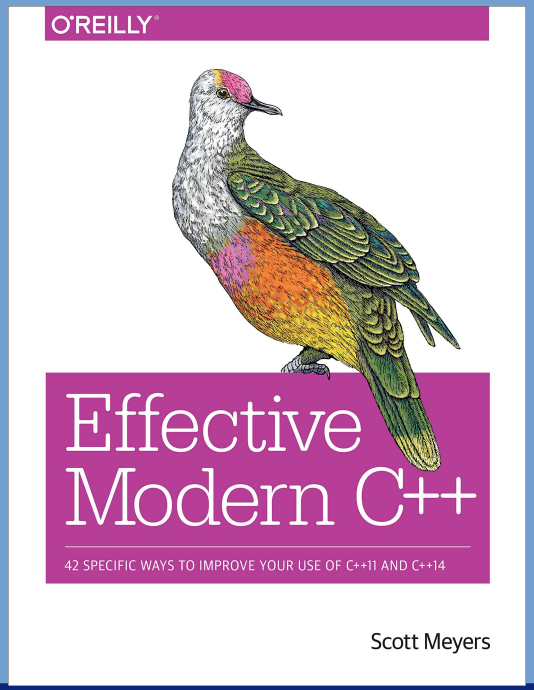
Advanced C++ Programming

- Als je een C++ boek hebt gelezen ben je nog geen C++ expert.
- Jezelf C++ aanleren kost meerdere jaren.
- Het helpt niet mee dat C++ in vele manieren te ge/misbruiken is…

Advanced C++ Programming (2)

- Er zijn daarom meerdere boeken geschreven met adviezen en vuistregels voor goed gebruik van C++.
- Vele programmeurs lezen deze boeken. gcc en Clang hebben zelfs een compileroptie voor waarschuwingen over sommige van deze vuistregels: "-Weffc++".





Multi-paradigm Programming Language

- "Item 1: View C++ as a federation of languages".
- C++ is een federatie van programmeertalen, ben je bewust van de subtalen en welke regels daar toe te passen.
  - C.
  - Object-Oriented C++.
  - Template C++. (Zie volgende week).
  - STL: Standard Template Library. Volgt speciale conventies.

Class design

- Item 4: "Make sure that objects are initialized before they're used".
- Copy constructor vs. copy assignment operator.
- Item 22: "Declare data members private".

Object initialisatie

- Bij het initialiseren van objecten moet je goed opletten welke velden wel en niet worden geinitialiseerd.
- De regels zijn ingewikkeld ...
  - Primitieve typen ("C typen": int, char, pointers) worden niet geinitialiseerd.
  - Voor klassen wordt de default constructor aangeroepen.
- Lezen van niet-geinitialiseerde data kan grote volgen hebben.
  - In het bijzonder wanneer dit pointers zijn!

Object initialisatie (2)

- Advies item 4: initialiseer alles in het object in de constructor.
- Maak gebruik van een "member initialiser list".
- Velden moeten in dezelfde volgorde staan als gedeclareerd in de klasse.

```
Persoon::Persoon(const std::string &name,
                 const int age)
  : name(name), age(age)
{ }
```

Initialisatie vs. assignment

- **Copy constructor**: initialiseer een object, met een ander object van hetzelfde type.
- **Copy assignment operator**: kopieer de waarde van het ene object naar het andere van hetzelfde type.
- Als je ze niet zelf definieert, genereert de compiler standaard versies voor je wanneer nodig (Item 5).
- Merk ook op dat pass-by-value een kopie maakt, in het geval van een object zal de copy constructor worden aangeroepen.

Copy constructor (2)

```
class Test {
public:
  /* default constructor */
  Test();
  /* copy constructor */
  Test(const Test &t);
  /* copy assignment operator */
  Test &operator=(const Test &t);
};

Test t;
Test r(t);  // copy constr.
t = r;      // assign
Test s = r; // copy constr.!
```

Copy constructor (4)

- We kunnen nu het voordeel van de member initialisation list beter begrijpen.

```
Persoon::Persoon(const std::string &_name,
                 const int _age) {
  name = _name;
  age = _age;
}
```

- In dit geval voor `name`: eerst default constructor, gevolgd door copy assignment!

Declare data members private

- Als de members van een klasse public zijn, kan iedereen er mee rommelen.
- Gebruik van methoden om de members aan te passen geeft je meer controle.
  - Je kunt read-only, write-only members maken.
  - We zagen al een voorbeeld van een "get" methode.
- We noemen dergelijke methoden "getters and setters" of "accessor functions".

Declare data members private (2)

- Een ander groot voordeel van methoden:
  - Je kunt de private members later veranderen.
  - De methode blijft in stand!
  - Of een berekening toevoegen, aanpassing ander veld toevoegen, aanroepen notificatie routine, etc, etc.
- Gebruikers van de methode hoeven niet te worden aangepast.
- We noemen deze conventie "encapsulation".

Declare data members private (3)

```
class Coordinaat {
  public:
    int x, y;

    Coordinaat(const int x,
               const int y)
      : x(x), y(y)
    { }
};



...
Coordinaat c(4, 5);
c.x = c.y;
```

```
class Coordinaat {
  private:
    int x, y;
  public:
    Coordinaat(const int x,
               const int y)
      : x(x), y(y)
    { }
    int getX(void) const {
      return x;
    }
    void setX(void);
    int getY(void) const;
    void setY(void);
};


...
Coordinaat c(4, 5);
//c.x = c.y;
c.setX(c.getY());
```

Gebruik van const

- Item 2: Prefer consts, enums, inlines to #defines
- Item 3: Use consts whenever possible
- Item 20: Prefer pass-by-reference-to-const to pass-by-value.

Geen magic numbers!

- Een eerste advies: laat nooit "losse getallen" slingeren in code. Geef getallen altijd een symbolische naam.

```
/* NEE */
char buffer[80];
...
fgets(buffer, 80, stdin);
```

- Wat als je een "80" vergeet te veranderen?

Geen magic numbers! (2)

- In C was het altijd gebruikelijk om "#define" te gebruiken.

```
/* OK */
#define BUF_LEN 80
char buffer[BUF_LEN];
...
fgets(buffer, BUF_LEN, stdin);
```

Item 2

- Nu zegt Item 2: in plaats van defines, gebruik, consts, enums, inlines.
- Waarom?
  - defines worden verwerkt door de processor en komen niet in de symbol table terecht (debugger zal de naam niet herkennen).
  - defines staan los van scope.
  - ...
- Bij gebruik `const` kun je ook een type meegeven.

Item 2 (2)

```
#define MODULE_NAME "My Module"


/* zowel string als pointer zijn const */
const char * const ModuleName
    = "My Module";


/* of misschien liever een C++ string */
const std::string("My Module");
```

Item 2 (3)

- Je kunt in C met "#define" ook macros definieren.
- Soms raar gedraag, oppassen met specifieren, geen type safety ...
- Advies: gebruik inline functies.

```
inline int maxValue(const int a, const int b)
{
  return a > b ? a : b;
}
```

- (En gebruik templates: zie volgende week).

Item 3

- Item 3: use consts whenever possible.
- Het mooie van const is dat je aangeeft dat een variabele niet mag worden veranderd. De compiler dwingt dit af!
- Maak het een gewoonte om zaken die niet mogen worden aangepast const te declareren.

Item 3 (2)

- Dingen die je ook als const kunt declareren:
  - Returnwaarde.
  - Functieparameters.
- Maar ook methoden!
- Een const methode mag niets aan een object veranderen.
- Als je een const object hebt, kun je alleen de const methoden aanroepen.

Item 3 (3)

```
class Persoon {
public:
   const std::string &getName(void) const
   {
      return name;
   }
};
```

Const correctness

- Er wordt vaak gesproken over "const correctness".
- Dit is het geval als je const gebruikt om "const methoden" aan te geven.
- En ook wanneer je const gebruikt bij functieparameters waar nodig.
- Herhaling: gebruik altijd const wanneer je kunt.

Pass by reference to const

- In C++ is "call-by-value" of "pass-by-value" standaard.
  - Net als in C.
- Functieparameters zijn dus kopieen.
- Voor objecten: aanroep copy constructor!
- Kopieren kost tijd!
  - Denk aan: grote objecten, welke meerdere strings bevatten, andere objecten, etc, etc.
- Voor een enkele functieaanroep, zouden dus vele functieaanroepen (constructoren, destructoren) kunnen worden aangeroepen.

Pass by reference to const (2)

- Kies voor "pass-by-reference-to-const", er wordt een reference naar het object doorgeven, welke niet mag worden veranderd.
- Snel!
- Hierdoor is const correctness zo belangrijk!

```
bool isGeslaagd(const Student &student);
```

C++-style casting

- We kwamen eerder in het hoorcollege al casting tegen:

```
int a = (int)3.45;
int *myarray = (int *)malloc(sizeof(int)*10);
void *some_data;
char *buffer = (char *)some_data;
```

- Casting wordt gebruikt om (expliciet) type conversies af te dwingen.

Casting & C++

- Voordat we verder gaan …
- Item 27: minimize casting.
- Het advies is om in C++ *zo weinig mogelijk* gebruik te maken van casting.
- Door expliciet te casten overstem je de type-engine van de compiler.
- Je kan de compiler dingen laten doen die geen goed idee zijn, soms gebeuren er door de casting dingen die je niet zou verwachten.

Casting & C++ (2)

- Als je vast zit met een compiler warning en je probeert deze op te lossen met een cast, denk dan tweemaal na!
- Is er wellicht iets mis met het ontwerp?
- Kunnen we het zonder cast oplossen?
- Als je moet casten, werk dan met de C++-style casts, omdat het duidelijker is wat er zal gaan gebeuren.
  - Daarnaast kun je er met grep makkelijker naar zoeken.

C++-style casting (2)

- `const_cast<T>(expr)`, kan de const qualifier van objecten wegcasten. Alleen gebruiken bij absolute noodzaak!
- `dynamic_cast<T>(expr)`, hiermee kan worden bepaald of een object van een bepaald type is. Bijvoorbeeld, is dit "Figuur" een "Cirkel"?
  - `Figuur *f; Cirkel *c = dynamic_cast<Cirkel*>(f);`
  - Als `f` niet van type Cirkel is, dan wordt `NULL` geretourneerd.
  - Heeft wel een run-time cost!
  - Als je dit moet gebruiken, duidt het vaak wel op een probleem in het ontwerp.

C++-style casting (3)

- `static_cast<T>(expr)`, kan worden gebruikt voor niet-const naar const conversies, int naar double, conversies van pointer typen zoals void pointer conversies. Oftewel, de meeste oude C-style casts kunnen als static cast worden geschreven.
- `reinterpret_cast<T>(expr)` wordt gebruikt voor low-level casts waarbij de waarde op bit-niveau opnieuw wordt geinterpreteerd. De resultaten zijn afhankelijk van het platform.
  - Denk terug aan de discussie over pointers van verschillende grootten en little vs. big-endian.
  - Dit type cast komt zeer weinig voor.

Operator overloading

- Stel we hebben een klasse om coordinaatparen op te slaan:

```
class Coordinaat
{
  private:
    int x, y;

  public:
    Coordinaat(void)
      : x(0), y(0)
    { }
    Coordinaat(const int x, const int y)
      : x(x), y(y)
    { }
};
```

Operator overloading (2)

- Laten we onze klasse gaan gebruiken.

```
Coordinaat a(3, 5);
Coordinaat b(5, 7);
```

- Het zou aardig zijn als we `a` en `b` bij elkaar konden optellen.
- Je zou een methode kunnen schrijven ...

```
a.telop(b);
```

Operator overloading (3)

- Zou het niet veel aardiger zijn als we gewoon de + operator konden gebruiken?
- Dat kan, als we de compiler vertellen hoe hij de + operator moet toepassen op objecten van type Coordinaat.
- Dit doen we middels "operator overloading".

Operator overloading (4)

- Een eerste poging ...

```
Coordinaat operator+(const Coordinaat &a,
                     const Coordinaat &b)
{
  Coordinaat c;
  c.x = a.x + b.x;
  c.y = a.y + b.y;
  return c;
}
```

- Probleem! x en y zijn private! operator+ is geen methode (geen member function).

Friend functions

- Om dit te oplossen maken we de non-member operator+ een vriend van onze klasse Coordinaat.
- Hierdoor krijgt deze functie toegang tot de private en protected velden.
- In de klassedefinitie:

```
class Coordinaat {
  ...
  friend Coordinaat operator+(const Coordinaat &a,
                              const Coordinaat &b);
  ...
};
```

Friend functions (2)

- Je kunt ook andere klassen een "friend" maken zodat zij toegang krijgen tot de private velden.
- BELANGRIJK: gebruik dit alleen met goede rendenen en niet om een slecht ontwerp werkbaar te maken.

Operator overloading (5)

- We kunnen nu schrijven:

```
Coordinaat a(3, 5);
Coordinaat b(5, 7);

Coordinaat c = a + b;
```

- We maken de oplossing wat mooier, we definieren operator+= als member functie en maken hier in operator+ gebruik van.
  - Gaat dupliceren van code tegen.
  - operator+ hoeft geen friend meer te zijn!

Operator overloading (6)

```
class Coordinaat {
  ...
  Coordinaat &operator+=(const Coordinaat &b)
  {
    this->x += b.x;
    this->y += b.y;
    return *this;
  }
};

Coordinaat operator+(const Coordinaat &a,
                     const Coordinaat &b)
{
  /* Gebruikt impliciete copy constructor */
  Coordinaat c(a);
  c += b;
  return c;
}
```

Operator overloading (7)

- We willen nu onze coordinaten afdrukken. Voegen we nu een methode "drukAf" toe?

- Of zouden we ook iets met overloading en "<<" van cout kunnen doen?

Operator overloading (8)

```
std::ostream &operator<<(std::ostream &out,
                         const Coordinaat &c)
{
  return out << "(" << c.x << ", " << c.y << ")";
}
```

- Deze functie moet wel als friend worden gemarkeerd!
- Kan niet als member functie worden toegevoegd, waarom niet?
- We kunnen nu doen:

```
Coordinaat a(3, 5);
std::cout << a << std::endl;
```

Operator overloading (9)

- We mogen al schrijven:

```
Coordinaat a(3, 5);
Coordinaat b(5, 7);

a = b;
```

- Hoe weet de compiler wat te doen voor "="?

Operator overloading (10)

- Wanneer mogelijk genereert de compiler zelf een "operator=" methode.
- Herinner de discussie over "copy assignment operator" van vorige week.
- Soms nodig dit zelf te doen, dit kan als volgt als member functie:

```
Coordinaat &operator=(const Coordinaat &c)
{
  /* ... kopieer c naar this ... */
  return *this;
}
```

Operator overloading (11)

- We zagen zojuist en ook al bij "operator+=" een returntype van "Coordinaat &", waarom is dit nodig?
- Dit komt omdat het mogelijk is om te schrijven:

```
a = b = c;
// en ook
a = b += c;
```

- Er wordt `b = c` uitgevoerd, het resultaat hiervan wordt gebruikt in de toekenning aan `a`.
- (Item 10: Have assignment operators return a reference to *this).

Operator overloading (12)

- Nog een advies voor assigment operators, zoals = en +=: houd er rekening mee dat `a = a` is toegestaan.
- Als hier geen rekening mee wordt gehouden kan dit in sommige gevallen leiden tot problemen. In het bijzonder wanneer er wordt gewerkt met pointers naar dynamisch gealloceerd geheugen.
- Oplossing:

```
Coordinaat &operator=(const Coordinaat &c)
{
  if (this == &c) return *this;
  /* ... normal operation ... */
  return *this;
}
```

- *(Item 11: Handle assignment to self in operator=)*

Operator overloading (13)

- Voor welke operatoren kunnen we nu precies een overload schrijven?
  - In principe alle gangbare unaire en binaire operatoren.
  - Ook kunnen er overloads worden geschreven voor () en [].
  - Je mag geen nieuwe operatoren definieren zoals bijv. **.

Operator overloading (14)

- Hoe zien de functies er dan uit?
  - De naam van de functie begint altijd met `operator`, gevolgd door de operator die je gaat overloaden.
  - Houd in gedachten: de overload functie moet op dezelfde manier functioneren als de operator. Dus laat "+" optellen.
  - Toegestaan is: `c = a + b`, je komt dan uit op:

```
Coordinaat operator+(const Coordinaat &a,
                     const Coordinaat &b)
{
   Coordinaat c(a);
   c += b; /* hergebruik += is een goed idee! */
   return c;
}
```

Operator overloading (15)

- Standaardvorm voor assignment operatoren zoals =, +=, enz.
- Altijd als memberfunctie.

```
Coordinaat &operator+=(const Coordinaat &b)
{
  /* ... copy b to this ... */
  return *this;
}
```

Operator overloading (16)

- We zagen ook al de standaardvorm voor een output operator:

```
std::ostream &operator<<(std::ostream &out,
                         const Coordinaat &c)
{
  return out << "(" << c.x << ", " << c.y << ")";
}
```

- Altijd als non-memberfunctie.

Operator overloading (17)

- Prefix increment zoals ++c als memberfunctie:

```
Coordinaat &operator++()
{
  /* Doe de increment */
  return *this;
}
```

Operator overloading (18)

- Postfix increment ook als memberfunctie.
- Opletten: wat doet `c++` precies? Eerst wordt de huidige waarde van `c` gebruikt in een expressie, daarna volgt pas de increment.
  - `A[c++]` benadert eerst `A[c]` pas daarna wordt `c` opgehoogd.
- Dit gedrag moet worden verwerkt in de implementatie van de operator.

Operator overloading (19)

- Gebruikelijk is om de implementatie van de prefix-variant aan te roepen.
- Het integer argument aan de functie blijft vaak ongebruikt.

```
Coordinaat operator++(int dummy)
{
  Coordinaat current(*this);
  operator++();
  return current;
}
```

Operator overloading (20)

- Relationale operatoren worden vaak geimplementeerd als non-member en worden friend gemaakt.

```
bool operator<(const Coordinaat &a,
               const Coordinaat &b)
{
   ...
}
```

Operator overloading (21)

- Voor een compleet overzicht:
  - (en allerlei subtiele details)

`http://en.cppreference.com/w/cpp/language/operators`

Templates en generic programming

```
int grootste(int a, int b)
{
  return (a > b ? a : b);
}

int a = grootste(2134, 34672);
double b = grootste(344.556, 56.2340);
long c = grootste(2314123412341234,
                  123412341234);
std::cout << a << " " << b << " " << c << std::endl;

// Uitvoer: 34672 344 -671776270
```

- Hmmm ...

Templates (2)

- Hoe lossen we dit op?
- C manier: zelf dan maar een zelfde functie schrijven voor double, long en wat er ooit nog gaat komen ...
- C++: we schrijven een ``function template'' aan de hand waarvan de compiler zelf de benodigde versies kan instantieren.

Templates (3)

```
template <typename T>
T grootste(T a, T b)
{
  return (a > b ? a : b);
}
```

- De compiler zal voor ons voorbeeld versies genereren met `T = int`, `T = double`, `T = long`.

Templates (4)

```
/* De compiler kiest automatisch de goede code */
int a = grootste(2134, 34672);
double b = grootste(344.556, 56.2340);
long c = grootste(2314123412341234,
                  123412341234);

/* Mag ook een variant forceren */
float d = grootste<int>(234.5, 7345.52);
```

Templates (5)

- Hier wordt ook wel naar gerefereerd als "generic programming" of "generics".
- Code wordt zoveel mogelijk generiek gemaakt.
- Hierdoor kunnen we code makkelijker hergebruiken.

Templates (6)

- Even terug naar onze Coordinaat klasse:

```
class Coordinaat
{
  private:
    int x, y;

  public:
    Coordinaat(void)
      : x(0), y(0)
    { }
    Coordinaat(const int x, const int y)
      : x(x), y(y)
    { }
};
```

Templates (7)

- Dit zagen we natuurlijk al aankomen:

```
template <typename T>
class Coordinaat
{
  private:
    T x, y;

  public:
    Coordinaat(void)
      : x(0), y(0)
    { }
    Coordinaat(const T x, const T y)
      : x(x), y(y)
    { }
};
```

Templates (8)

- Om te gebruiken, specifieer het type T in punthaken:

```
Coordinaat<int> a(1, 4);
Coordinaat<float> b(34.235, 363.2345);
```

Templates (9)

- En natuurlijk kunnen we operator overloading combineren:

```
template <typename T>
class Coordinaat
{
    ...
    /* Er verandert niets! De data members zijn
     * al gedeclareerd als T */
    Coordinaat &operator+=(const Coordinaat &b)
    {
      this->x += b.x;
      this->y += b.y;
      return *this;
    }
};
```

Templates (10)

- Voor non-member operatoren is het in dit geval wel makkelijker om die als friend non-member binnen de klasse te definieren:

```
template <typename T>
class Coordinaat
{
  ...
  friend std::ostream &operator<<(std::ostream &out,
                                  const Coordinaat &c)
  {
    return out << "(" << c.x << ", " << c.y << ")";
  }
};
```

Templates (11)

- Een ander voorbeeld: een generieke linked list.
- De C-manier is om een void pointer te gebruiken:

```
struct LinkedList
{
  struct LinkedList *next;
  void *data;
};
```

- Problemen:
  - Je zit vast aan pointers.
  - Niet type-safe! Wie geeft garantie dat er een pointer naar het juiste type wordt gezet?

Templates (12)

- In C++ gebruiken we templates:

```
template <typename T>
struct LinkedList
{
  struct LinkedList *next;
  T data;
};

LinkedList<int> *head = new LinkedList<int>();
head->data = 42;
head->next = new LinkedList<int>();
head->next->data = 235;
head->next->next = NULL;
```

Templates (13)

- Een template mag ook meerdere argumenten hebben:

```
template <typename T,
          size_t N>
struct FixedArray {
  T values[N];

  size_t size(void) {
    return N;
  }

  T &operator[](size_t offset) {
    return values[offset];
  }
};
```

Templates (13)

- Een template mag ook meerdere argumenten hebben:

```
template <typename T,
          size_t N>
struct FixedArray {
  T values[N];

  size_t size(void) {
    return N;
  }

  T &operator[](size_t offset) {
    return values[offset];
  }
};
```

```
int main(void)
{
  FixedArray<float, 10> array;

  for (int i = 0; i < array.size(); ++i)
    array[i] = i + 3;

  for (int i = 0; i < array.size(); ++i)
    std::cout << array[i] << " ";
  std::cout << std::endl;

  return 0;
}
```

Templates (14)

- `class` of `typename`?

```
template <typename T> MyType;
template <class C> MyType;
```

- Is er een verschil? Nee, in deze context niet.

Standard Template Library

- Templates zijn eigenlijk in C++ geintroduceerd zodat er een type-safe standard library kon worden geschreven.
  - Met daarin type-safe containers en generieke implementaties van algoritmen.
- Standard Template Library (STL).
- We nemen een kijken naar een aantal veelgebruikte functionaliteiten.

vector

- Een `vector` is in feite een array die automatisch meegroeit.
- Het type objecten dat we opslaan is het template argument.

```
#include <vector>
std::vector<int> integers;

integers.push_back(123);
integers.push_back(643);
integers.push_back(542);

/* Of initialiseer een vector met
 * 4 floats met waarde 3.14. */
std::vector<float> floats(4, 3.14);
```

vector (2)

- Een gebruikelijke manier om elementen in een STL container te bezoeken is door gebruik te maken van een iterator object.

```
for (std::vector<int>::iterator it = integers.begin();
     it != integers.end(); ++it)
  std::cout << *it << " ";
std::cout << std::endl;
```

- Iterators werken voor verschillende containers op dezelfde manier.

vector (3)

- In het geval van `vector` is subscription ook toegestaan.

```
std::cout << floats[2] << std::endl;
```

vector (4)

- Elk object wordt als template argument geaccepteerd, zo ook onze `Coordinaat` klasse.

```
std::vector<Coordinaat> coordinaten;
coordinaten.push_back(Coordinaat(3, 4));
coordinaten.push_back(Coordinaat(16, 1));
coordinaten.push_back(Coordinaat(1, 5));

for (std::vector<Coordinaat>::const_iterator it = coordinaten.begin();
     it != coordinaten.end(); ++it)
  std::cout << *it << " ";
std::cout << std::endl;
```

vector (5)

- We gebruikten een `const_iterator`: het object waar de iterator naar wijst mag dan niet worden aangepast.
- Bij een normale `iterator` kan dat wel:

```
int i = 0;
for (std::vector<int>::iterator it = integers.begin();
        it != integers.end(); ++it, ++i)
  *it = i;
```

vector (6)

- We kunnen ook een reeks figuren in een vector opslaan. We gebruiken pointers zodat de virtuele methoden correct worden aangeroepen.

```
std::vector<Figuur *> figuren;
figuren.push_back(new Rechthoek());
figuren.push_back(new Vierkant());
figuren.push_back(new Cirkel());
for (std::vector<Figuur*>::const_iterator it = figuren.begin();
     it != figuren.end(); ++it)
  (*it)->zetOpScherm();
```

list

- STL kent ook een doubly-linked list: `list`.
- Je kunt deze op precies dezelfde manier gebruiken.

```
#include <list>
std::list<int> getallen;
getallen.push_back(521);
getallen.push_back(213);
getallen.push_back(641);

for (std::list<int>::iterator it = getallen.begin();
     it != getallen.end(); ++it)
  std::cout << *it << " ";
std::cout << std::endl;
```

pair

- Met `pair` kun je een paar maken van twee verschillende typen waarden.
- De waarden zijn uit te lezen met `.first` en `.second`.
- `std::make_pair` is een hulpfunctie om paren te maken.

```
std::pair<std::string,int> leeftijd("Joop", 53);
std::cout << leeftijd.first << ", "
          << leeftijd.second << std::endl;
leeftijd = std::make_pair("Karel", 23);
```

pair (2)

- We kunnen natuurlijk ook een vector van paren maken!
- Let op! Klassiek C++ vereist een spatie tussen > en >.

```
std::vector<std::pair<std::string, int> > leeftijden;
leeftijden.push_back(std::make_pair("Joop", 53));
leeftijden.push_back(std::make_pair("Karel", 23));
leeftijden.push_back(std::make_pair("Ida", 32));

for (std::vector<std::pair<std::string, int> >::const_iterator it =
leeftijden.begin();
     it != leeftijden.end(); ++it)
  std::cout << it->first << ", " << it->second << std::endl;
```

typedef

- STL is niet altijd bevordelijk voor de gewrichten ...
- Met typedef kun je een soort "nickname" voor een type maken.
- Het is gebruikelijk typedefs op te nemen buiten functies.
- typedef mag ook binnen een klasse definitie worden gebruikt.

```
typedef std::vector<std::pair<std::string, int> > LeeftijdVector;

LeeftijdVector leeftijden;
leeftijden.push_back(std::make_pair("Joop", 53));
leeftijden.push_back(std::make_pair("Karel", 23));
leeftijden.push_back(std::make_pair("Ida", 32));

for (LeeftijdVector::const_iterator it = leeftijden.begin();
     it != leeftijden.end(); ++it)
  std::cout << it->first << ", " << it->second << std::endl;
```

map

- Ons vorige voorbeeld leent zich meer om te worden opgeslagen in een `map`.
- Een `map` is een associatieve container, een collectie van paren.

```
typedef std::map<std::string, int> LeeftijdMap;

LeeftijdMap leeftijden;
leeftijden.insert(std::make_pair("Joop", 53));
leeftijden["Karel"] = 23;
leeftijden["Ida"] = 32;

for (LeeftijdMap::const_iterator it = leeftijden.begin();
     it != leeftijden.end(); ++it)
  /* Iterator wijst naar een key-value paar in de map */
  std::cout << it->first << ", " << it->second <<
std::endl;
```

Algorithms

- De headerfile `algorithm` bevat allerlei generieke algoritmen.
- Deze kunnen worden toegepast op verschillende containers.
- We geven iterators mee om aan te geven op welke reeks van elementen een operatie moet worden uitgevoerd.

Sorting & Reverse

```
// Nodig: #include <algorithm>

std::vector<int> integers;

std::sort(integers.begin(), integers.end());
/* Waarden in container omdraaien */
std::reverse(integers.begin(), integers.end());
```

Zoeken

```
std::vector<int> integers;

std::vector<int>::iterator it =
  std::find(integers.begin(), integers.end(), 643);
if (it != integers.end())
  *it = 9234;
```

Kleinste element

```
std::vector<int>::iterator it =
  std::min_element(integers.begin(), integers.end());
std::cout << *it << std::endl;
```

- En er is ook een `max_element`.

En meer ...

- En zo zijn er nog veel meer algoritmen die klaar staan.
- Dit zijn allemaal "function templates".
- Dus toepasbaar op allerlei containers, ook containers die je zelf schrijft als deze aan de richtlijnen voldoen.

Naslag

- We zullen op de website een PDF-bestand zetten met complete codevoorbeelden in plaats van de losse stukjes die we op de slides plaatsen.
- Daarnaast zijn er goede websites met documentatie over de volledige STL:
  - [http://www.cplusplus.com/reference/]
  - [http://en.cppreference.com/w/cpp/container]

Over twee weken

- Exception handling.
- Modern C++ features.