# TDP004 - Objektorienterd programmering

Mallar Handout

Anpassat från material av Christoffer Holm

János Dani & Pontus Haglund

Institutionen för datavetenskap

LINKÖPING UNIVERSITY

1 Namnrymder
2 Funktionsmallar
3 Klassmallar
4 Exempel

1 Namnrymder
2 Funktionsmallar
3 Klassmallar
4 Exempel

# Namnrymder

Egen namnrymd

- Namnrymder är bra om man har många saker med samma namn
- `std` är den mest kända namnrymden
- men det går också att skapa egna namnrymder där man kan placera sina saker för att hålla det separerade från resten av programmet

# Namnrymder

Egen namnrymd

```
namespace NS
{
  class My_Class
  {
  };

  int my_fun(int x)
  {
    return x;
  }
}
```

# Namnrymder

Egen namnrymd

- Man kan även här separerar deklaration och definition
- Det fungerar som vanligt men man lägger till namnrymden innan namnet på det man definierar

# Namnrymder

Egen namnrymd

```
namespace NS
{
  class My_Class;
  int my_fun(int x);
}
```

```
class NS::My_Class
{
};

int NS::my_fun(int x)
{
  return x;
}
```

# Namnrymder

Egen namnrymd

- Allt man kan göra med `std` kan man även göra med sina egna namnrymder
- Inklusive att inkludera hela namnrymden
- Även här gäller det att man inte göra `using namespace NS` i en h-fil

# Namnrymder

Egen namnrymd

```
// main.cc


int main()
{
  NS::My_Class m{};
  cout << NS::my_fun(3) << endl;
}
```

# Namnrymder

Egen namnrymd

```
// main.cc
using namespace NS;

int main()
{
  My_Class m{};
  cout << my_fun(3) << endl;
}
```

1 Namnrymder
2 Funktionsmallar
3 Klassmallar
4 Exempel

# Funktionsmallar

Exempel

```
int sum(vector<int> const& array)
{
  int result{};
  for (int const& e : array)
  {
    result += e;
  }
  return result;
}
```

# Funktionsmallar

Exempel

```
double sum(vector<double> const& array)
{
  double result{};
  for (double const& e : array)
  {
    result += e;
  }
  return result;
}
```

# Funktionsmallar

Exempel

```
string sum(vector<string> const& array)
{
  string result{};
  for (string const& e : array)
  {
    result += e;
  }
  return result;
}
```

# Funktionsmallar

Exempel

- De alla är nästan samma kod
- jobbigt att behöva skriva det om och om igen
- Det vore bra om kompilatorn kunde lösa detta...

# Funktionsmallar

Mallar

```
template <typename T>
T sum(vector<T> const& array)
{
  T result{};
  for (T const& e : array)
  {
    result += e;
  }
  return e;
}
```

# Funktionsmallar

Mallar

- Detta skapar en *funktionsmall*
- Det är **inte** en funktion
- en funktionsmall är en funktions generator...
- ... en mall som berättar för kompilatorn hur en funktion ska genereras!
- `T` är ett namn som berättar vart kompilatorn ska fylla ut med typer som användaren anger
- `T` kallas för en *mallparameter*

# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum<int>(v1) << endl;
  cout << sum<double>(v2) << endl;
}
```

```
T sum(vector<T> const&)
int sum(vector<int> const&)
double sum(vector<double> const&)
```

# Funktionsmallar

Instansiering

- Vi fyller i vad `T` är inom `<...>`
- Detta kallas *instansiering*
- Kompilatorn kommer instansiera (skapa) 2 separata funktioner:
- `int sum(vector<int> const&)` och `double sum(vector<double> const&)`
- Vi kan även låta kompilatorn själv härleda vad `T` är...

# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum(v1) << endl;
  cout << sum(v2) << endl;
}
```

```
T sum(vector<T> const&)
```

# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum(v1) << endl;
  cout << sum(v2) << endl;
}
```

```
T sum(vector<T> const&)
```

# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum(v1) << endl;
  cout << sum(v2) << endl;
}
```

```
T sum(vector<T> const&)
```

# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum(v1) << endl;
  cout << sum(v2) << endl;
}
```

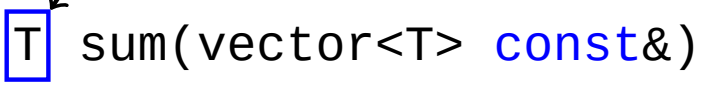
```
T sum(vector<T> const&)
```

# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum(v1) << endl;
  cout << sum(v2) << endl;
}
```



# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum(v1) << endl;
  cout << sum(v2) << endl;
}
```

```
T sum(vector<T> const&)
int sum(vector<int> const&)
```

# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum(v1) << endl;
  cout << sum(v2) << endl;
}
```

```
T sum(vector<T> const&)
int sum(vector<int> const&)
```

# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum(v1) << endl;
  cout << sum(v2) << endl;
}
```

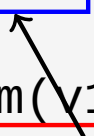
```
T sum(vector<T> const&)
int sum(vector<int> const&)
```

# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum(v1) << endl;
  cout << sum(v2) << endl;
}
```



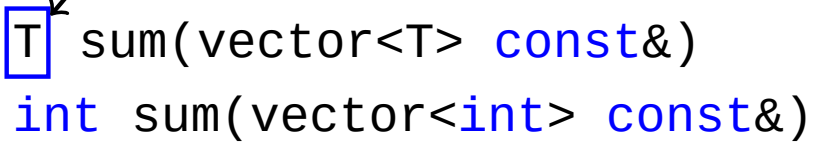
```
T sum(vector<T> const&)
int sum(vector<int> const&)
```

# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum(v1) << endl;
  cout << sum(v2) << endl;
}
```



# Funktionsmallar

Instansiering

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  vector<double> v2{4.5, 6.7};

  cout << sum(v1) << endl;
  cout << sum(v2) << endl;
}
```

```
T sum(vector<T> const&)
int sum(vector<int> const&)
double sum(vector<double> const&)
```

# Funktionsmallar

Instansiering

- Kompilatorn är väldigt smart
- Den kan härleda vad `T` är även om det är ”inbakat”i datatypen
- **MEN**: den kan endast härleda baserat på parametrar...
- I nästa exempel blir det omöjligt för kompilatorn att fastställa typen
- Vi kan ange en standard typ

# Funktionsmallar

Fungerar ej

```
template <typename T>
T create()
{
  return T{};
}

int main()
{
  // Vad ska den skapa här?!
  cout << create() << endl;
  // här kommer vi skapa en double
  cout << create<double>() << endl;
}
```

# Funktionsmallar

Standardtyp

```
template <typename T = int>
T create()
{
  return T{};
}

int main()
{
  // <...> saknas, så det blir standardtypen int
  cout << create() << endl;
  // här kommer vi skapa en double
  cout << create<double>() << endl;
}
```

# Funktionsmallar

Flera mallparametrar

- Självklart kan vi ha fler än en mallparameter
- Detta ger oss två olika typer som kompilatorn kan fylla i
- Alla mallparametrar som förekommer som funktions parametrar kan kompilatorn härleda...

# Funktionsmallar

```
template <typename T, typename U>
T add(T a, U b)
{
  return a + b;
}
int main()
{
  // skriver ut 4
  cout << add<int, int>(1.2, 3.4) << endl;
  // skriver ut 3
  cout << add(1, 2.3) << endl;
  // skriver ut 3.3
  cout << add<double>(1, 2.3) << endl;
}
```

# Funktionsmallar

Fler mallparametrar

- Eftersom att returtypen är `T` kommer det alltid returnera samma typ som första parametern
- Detta gör så att om vi inte är försiktiga med vilka typer vi skickar som parametrar så kan det bli väldigt fel
- Ett sätt vi kan lösa detta på är att tvinga användaren ange vad denne vill att returtypen ska vara

# Funktionsmallar

Fler mallparametrar

```
template <typename Ret, typename T, typename U>
Ret add(T a, U b)
{
  return a + b;
}
int main()
{
  // funkar ej!
  cout << add(1, 2.3) << endl;
}
```

# Funktionsmallar

Fler mallparametrar

```
template <typename Ret, typename T, typename U>
Ret add(T a, T b)
{
  return a + b;
}
int main()
{
  // ger svaret 3.3
  cout << add<double>(1, 2.3) << endl;
}
```

# Funktionsmallar

Fler mallparametrar

- Det är viktigt att mallparametern som representerar returtypen är först
- kompilatorn kan härleda alla parametrar som är funktionsparameterar
- Men när användaren anger mallparametrar explicit innanför <. . .> så kommer kompilatorn sätta dessa från vänster till höger
- Eftersom att vi vill att användaren anger returtypen måste den därför vara först

# Funktionsmallar

Finns ett bättre sätt...

# Funktionsmallar

`auto` som returtyp

```
template <typename T, typename U>
auto add(T a, U b)
{
  return a + b;
}
int main()
{
  // skriver ut 4
  cout << add<int, int>(1.2, 3.4) << endl;
  // skriver ut 3.3
  cout << add(1, 2.3) << endl;
}
```

# Funktionsmallar

`auto` som returtyp

- När vi anger `auto` som returtyp betyder det att kompilatorn ska härleda vad som returneras
- detta funkar endast om alla retursatser i funktionen alltid under alla omständigheter returnerar samma typ
  - `auto` tar inte bort typsäkerheten, den bara funderar ut rätt typ
- om vi har flera retursatser som returnerar olika kommer det inte att kompilera

# Funktionsmallar

`auto` som returtyp

```
auto do_stuff(int x)
{
  if (x < 0)
  {
    return false; // bool
  }
  return x; // int
}
```

# Funktionsmallar

`auto` som returtyp

```
auto do_stuff(int x)
{
  if (x < 0)
  {
    return false; // bool
  }
  return x; // int
}
```

Kompilerar ej

1 Namnrymder
2 Funktionsmallar
3 Klassmallar
4 Exempel

# Klassmallar

`optional`

- Ibland kan det vara bra att ha en datatyp som ibland innehåller ett värde
- denna datatyp kallas en `optional`, den har antingen ett värde, som man kan plocka ut
- eller så finns inget värde och då får man segmentation fault (eller liknande) när man försöker plocka ut det
- Detta innebär att man alltid måste fråga huruvida värdet finns innan man plockar ut det

# Klassmallar

`optional`

Optional skulle exempelvis kunna vara användbart om man skulle vilja implementera en funktion som söker efter ett värde som uppfyller ett kriterium i en databehållare. Om ett sådant värde hittas så returneras det men om värdet inte finns så returneras ingenting.
I exemplet använder vi en klass som har en `unique_ptr` som pekare till datamedlemen, detta är en smartpekare som är den enda pekaren som kan peka på resursen. Den sköter också tillbakalämning av resursen automatiskt.

# Klassmallar

## Exempel

```
class Optional_Int
{
public:
  // sätter data till nullptr
  Optional_Int() = default;

  Optional_Int(int x);

  int& get();

  bool has_value() const;

private:
  unique_ptr<int> data{};
};
```

```
Optional_Int::Optional_Int(int x)
  : data{make_unique<int>(x)}
{ }

// hämta värdet
int& Optional_Int::get()
{
  return *data;
}

// kolla om det finns ett värde
bool Optional_Int::has_value() const
{
  return data != nullptr;
}
```

# Klassmallar

## Exempel

```
class Optional_Double
{
public:
  // sätter data till nullptr
  Optional_Double() = default;

  Optional_Double(double x);

  double& get();

  bool has_value() const;

private:
  unique_ptr<double> data{};
};
```

```
Optional_Double::Optional_Double(double x)
  : data{make_unique<double>(x)}
{ }

// hämta värdet
double& Optional_Double::get()
{
  return *data;
}

// kolla om det finns ett värde
bool Optional_Double::has_value() const
{
  return data != nullptr;
}
```

# Klassmallar

Generellt?

- Vi kan fortsätta skapa en optional för varje datatyp
- Detta är ju dock oerhört tidskrävande, speciellt om vi vill att det ska fungerar för *alla* möjliga datatyper (inklusive typer skapade av andra)
- Nej, då är nog detta fel sätt att göra det på
- Vi använder *klassmallar* istället

# Klassmallar

## Klassmallar

```
template <typename T>
class Optional
{
public:
  Optional() = default;
  Optional(T x)
    : data{make_unique<T>(x)}
  { }

  T& get()
  {
    return *data;
  }

  bool has_value() const
  {
    return data != nullptr;
  }
private:
  unique_ptr<T> data{};
};
```

```
int main()
{
  // skapa en tom optional
  Optional<int> o1 {};

  // skapa en optional med 5
  Optional<int> o2 {5};

  // skapa en optional med 3.1
  Optional<double> o3 {3.1};

  if (o1.has_value())
  {
    cout << "Falskt!" << endl;
  }
  else if (o2.has_value())
  {
    cout << o2.get() << endl;
  }
}
```

# Klassmallar

Klassmallar

- *Klassmallar* fungerar som *funktionsmallar* med vissa skillnader
- En klassmall är en generator för typer
- Så `Optional` är inte en typ, medan exempelvis `Optional<int>` är det
- Fr.o.m. C++17 kan kompilatorn (för det mesta) härleda mallparametrarna från konstruktor anropen om varje mallparameter finns som parameter till konstruktorn

# Klassmallar

Instansiering

```
int main()
{
  // här måste vi ange typen
  Optional<int> o1 {};

  // funkar i C++17, ger T = int
  Optional o2 {5};

  // funkar alltid
  Optional<int> o3 {5};

}
```

# Klassmallar

Uppdelning i h och cc-filer då?

- Men när vi skriver klasser ska vi separera deklaration och definition i olika filer?
- Eftersom att klassen är en mall, så beror varje medlemsfunktion på en mall parameter
- Därför måste vi för varje funktionskropp som vi definierar utanför klassdefinitionen ange att detta *beror* på en mall
- **Notera:** medlemsfunktioner i en klassmall är inte *nödvändigtvis* funktionsmallar

# Klassmallar

Uppdelning i h och cc-filer då?

```
template <typename T>
class Optional
{
public:
  // sätter data till nullptr
  Optional() = default;

  Optional(T x);

  T& get();

  bool has_value() const;

private:
  unique_ptr<T> data{};
};
```

```
template <typename T>
Optional<T>::Optional(T x)
  : data{make_unique<T>(x)}
{ }

template <typename T>
T& Optional<T>::get()
{
  return *data;
}

template <typename T>
bool Optional<T>::has_value() const
{
  return data != nullptr;
}
```

# Klassmallar

Uppdelning i h och cc-filer då?

- Det finns ett problem...
- När kompilatorn kompilerar en fil som använder `Optional` måste den känna till *allt* om `Optional` utan att kolla i filer som inte har inkluderats
- Detta innebär att den kommer inte se innehållet i `optional.cc`
- Därför måste hela definitionen av klassmallen finnas tillgänglig i h-filen
- Men det finns en lösning...

# Klassmallar

```
// optional.h
#ifndef OPTIONAL_H
#define OPTIONAL_H
template <typename T>
class Optional
{
public:
  // ...
  T& get();
  // ...
};
#include "optional.tcc"
#endif
```

```
// main.cc
#include "optional.h"
int main()
{
  // ...
}

// optional.tcc0po
template <typename T>
T& Optional<T>::get()
{
  return *data;
}
// ...
```

# Klassmallar

Uppdelning i h och cc-filer då?

- Vi kan inkludera implementationen i h-filen
- Det är rekommenderat att använda filändelsen `tcc` för implementation filen så att vi inte förvirrar den med `cc` filer
- Om vi försöker kompilera `tcc` filer kommer vi att få flera definitioner av samma medlemsfunktioner
- En definition från `main.cc` och en från `optional.tcc`
- Se därför till att inte kompilera `tcc` filer

## Klassmallar

# Detta går såklart även bra med funktionsmallar

# Klassmallar

Uppdelning i h och cc-filer då?

```
// fil.h
#ifndef FIL_H

// deklaration
template <typename T,
          typename U>
auto sum(T a, U b);

#include "fil.tcc"
#endif FIL_H
```

```
// fil.tcc


//definition
template <typename T,
          typename U>
auto sum(T a, T b)
{
  return a + b;
}
```

1 Namnrymder
2 Funktionsmallar
3 Klassmallar
4 Exempel

# Exempel

Ännu mer generell sum ÖVERKURS

```
int main()
{
  vector<int> v1{1, 2, 3};
  cout << sum(v1) << endl; // funkar

  vector<string> v2{"h", "e", "j"};
  cout << sum(v2) << endl; // funkar

  array<int, 3> a{1, 2, 3};
  cout << sum(a) << endl; // funkar ej
}
```

# Exempel

Ännu mer generell `sum` ÖVERKURS

```
template <typename Container>
auto sum(Container const& c)
{
  /* värdetypen */ result{};
  for (auto const& e : c)
  {
    result += e;
  }
  return result;
}
```

# Exempel

Ännu mer generell `sum` ÖVERKURS

- Varje behållare har en inretyp som heter `value_type`
- detta är ett alias (ett annat namn) för den typ som behållaren innehåller
- för att komma åt värdetypen använder vi oss av detta

# Exempel

Ännu mer generell `sum` ÖVERKURS

```
template <typename Container>
auto sum(Container const& c)
{
  Container::value_type result{};
  for (auto const& e : c)
  {
    result += e;
  }
  return result;
}
```

# Exempel

Ännu mer generell `sum` ÖVERKURS

- Detta fungerar inte för att kompilatorn vet inte om `value_type` är en funktion, en variabel eller en datatyp. Den vet det först när vi har bestämt vad `T` är
- detta kallas att `value_type` är ett *dependent name*
- kompilatorn får inte acceptera detta, för att vad `value_type` är kan variera beroende på vad `T` är
- därför måste vi specificera att `value_type` är en datatyp med nyckelordet `typename`

# Exempel

Ännu mer generell sum ÖVERKURS

```
template <typename Container>
auto sum(Container const& c)
{
  typename Container::value_type result{};
  for (auto const& e : c)
  {
    result += e;
  }
  return result;
}
```

# Exempel

Ännu mer generell `sum` ÖVERKURS

- `typename Container::value_type` är även vår returtyp
- Därför kan det även vara bra att vara tydlig vad returtypen är genom att explicit ange det

# Exempel

Ännu mer generell sum ÖVERKURS

```
template <typename Container>
typename Container::value_type //returtyp
sum(Container const& c)
{
  typename Container::value_type result{};
  for (auto const& e : c)
  {
    result += e;
  }
  return result;
}
```

# Exempel

Inretyper

- Det finns mycket i C++ som har inreklasser
- Standardbiblioteket kryllar av inretyper
- Exempelvis så innehåller iteratorer alltid också en `value_type`
- D.v.s. vilken datatyp som iteratorn pekar på
- Det finns även andra inretyper som behållare och iteratorer har
- Titta på cppreference.com för att se alla

# Exempel

Iteratorer

```
template <typename Iterator>
auto sum(Iterator first, Iterator last)
{
  typename Iterator::value_type result{};
  for (auto it{first}; it != last; ++it)
  {
    result += *it;
  }
  return result;

}
```

# Exempel

Iteratorer

```
int main()
{
  set<int> s{1, 2, 3};

  cout << sum(s) << endl;
  cout << sum(s.begin(), s.end()) << endl;

  vector<int> v{1, 2, 3};

  cout << sum(v) << endl;
  cout << sum(v.begin(), v.end()) << endl;
}
```

# Exempel

Egen inretyp ÖVERKURS

- Självklart kan man skapa egna inretyper till sin klassmall
- Man kan antingen skapa alias m.h.a. `using`
- eller så kan man skapa inreklasser genom att deklarera en klass inuti i sin klass
- Notera att inreklasser inte riktigt är klassmallar
- Men de är unika beroende på `T` fortfarande eftersom att de beror på en klassmall

# Exempel

Egen inretyp ÖVERKURS

```
template <typename T>
class My_Class
{
  using type = T;
  class My_Inner
  {
  };
};
```

```
template <typename T>
auto create_inner()
{
  return typename My_Class<T>::My_Inner{};
}

template <typename T>
typename My_Class<T>::type create_type()
{
  return typename My_Class<T>::type{};
}

int main()
{
  My_Class<int>::My_Inner my_inner{};
  My_Class<int>::type my_type{};
}
```

www.liu.se

LINKÖPING UNIVERSITY