Bilder Vecka 3

TDA548/Joachim von Hacht

Grunderna

(som sagt, som sagt, repetera serien Grunderna)

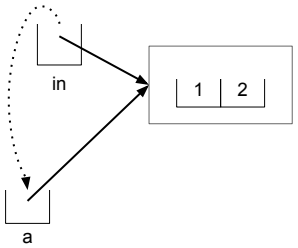
Styrande Satser

(inget nytt)

Metoder

Mer om Array-parametrar

```
void program() {
   int[] in = { 1,2 };
   zero(in);
    // in is now [ 0, 0 ]
}


void zero( int[] a ){
   for(int i = 0; i < a.length ; i++){
       a[i] = 0;
    }
}
```



Om en metod har en array-parametrar sker precis samma sak som vanligt men …

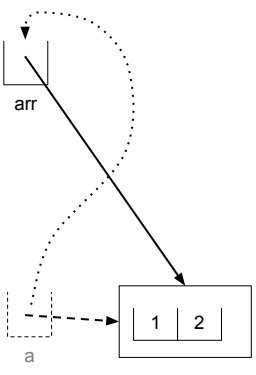
- … argumentet som kopieras är en referens!
- Parametern kommer därför att peka på samma objekt som argumentet!
- Metoden kan ändra på ett objekt utanför sig självt (variabeln “in” kan vi däremot aldrig ändra)

I koden ovan kommer array:en som variabeln in refererar att vara förändrad efter metodanropet

- Kallas **utparameter**
- Innebär en viss risk eftersom det kan vara svårt att inse att en metod har ändrat i objektet (eftersom den är void)

Mer om Array som Returtyp (1)

```
void program() {
   int[] arr = getArray();

}


int[] getArray(){
    int[] a = { 1, 2 };
    return a;
}  // a gone here
```



Om man returnerar en array sker samma sak som vid ett vanligt metodanrop

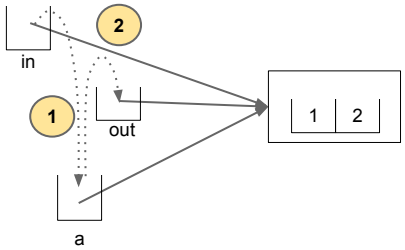
- Dock är <u>returvärdet en referens</u>

Vi kan skapa en array i en metod och skicka som returvärde.

- Den lokala variabeln a försvinner! …
- … men inte array-objektet
- För att kunna komma åt array-objektet måste vi spara den returnerade referensen

Mer om Array som Returtyp (2)

```
void program() {
   int[] in = { 1,2 };
   int[] out = zero(in);

}

int[] zero( int[] a ){
   for(int i = 0; i < a.length ; i++){
       a[i] = 0;
    }
    return a;  // Return parameter!
}
```

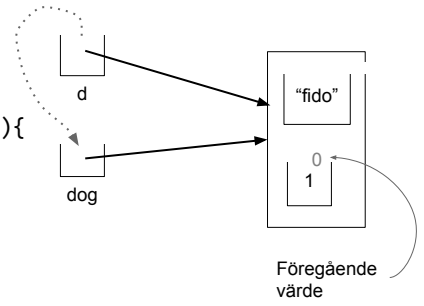


Här returnerar vi samma referens som vi skickar in.

- Kan i vissa fall ge smidigare kod.

Mer om Objekt som Parameter

```
Dog d = new Dog();
incAge(d);

void incAge( Dog dog ){
   dog.age++;
}

class Dog {
   String name;
   int age;    // 0 default
}
```



Eftersom referensen till objektet kopiera till metodens parameter kommer den åt objektet (utanför metoden)

- På samma sätt som för en array
- Samma problem som för en array

Gäller även strängar men dessa kan inte förändras (icke muterbara) så ingen risk.

Överlagrade Metoder

```
// Overloaded (from Math API)
// Get max of two values
double max( double d1, double d2){...}
float max( float d1, float d2){...}
int max( int d1, int d2){...}
long max( long d1, long d2){...}
```


Metoder inom samma synlighetsområde får ha samma namn …

- … men då måste parameterlistorna skilja sig åt!
  - Returtypen spelar ingen roll, bara parametrarna räknas.
- Kallas att metoderna är **överlagrade** (overloaded)
  - Innebär att redan vid kompileringen väljs vilken metod som skall anropas vid körningen.
  - Vilken metoden som väljs beror på parametrarna(s) deklarerade (statiska) typer.
    - Implicita typomvandlingar kan förekomma för att hitta matchande metod
  - Jämför +-operatorn vars beteende beror på operanderna!
- Tanken med överlagrade metoder är att man skall slippa hitta på nya namn på metoder som gör "samma sak" men med olika antal eller parametertyper.
  - Metoder som gör olika saker skall inte ges samma namn, mycket viktigt med bra namn (verb)!

Generiska Metoder

```
// T is the type variable NOTE: Method doesn't use the element objects
<T> int find(T[] arr, T value) {
   for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
       if (arr[i] == value) {    // Reference identity!
           return i;
       }
   }
   return -1;
}

// Will convert elements to wrapper type
Integer[] ints = {1, 4, 6, 2, 7, 0, -1};
String[] strs = {"aaa", "xxx", "fff", "ccc", "ddd"};
out.println(find(strs, "aaa") == 0);
out.println(find(ints, 7) == 4);     // Parameters boxed to Integer
```

10

Ibland blir det klumpigt med överlagring, ett alternativ är Generiska metoder.

Generisk metoder kan ta vilken referenstyp som helst som parameter och returtyp

- Haken är att man inte kan göra något med själva objektet, man kan bara arbeta med referenserna t.ex. flytta runt dessa på olika sätt.
    - Finns lösningar, mer i andra kurser.
- Man anger att metoden är generisk m.h.a. av en typparameter inom vinkelparenteser, normalt kallad T, först av allt i metodhuvudet (före returtypen)
- Generiska metoder kan inte ta primitiva typer
    - För att lösa detta kan man använda omslagstyper, se Typer

Typer

Varför Typer?

12

Typer används för att förhindra oss att använda data på ett felaktigt sätt, att blanda ihop saker och ting, att göra felaktiga (meningslösa) operationer.

- Typer är till för att hjälpa oss!
- … men nybörjare tycker ofta de är i vägen …

Analogi: Det skall vara salt i saltkaret och peppar i pepparkaret (och inget annat)!

Typsystem

$$\frac{x : \sigma \in \Gamma \quad \sigma \sqsubseteq \tau}{\Gamma \vdash_S x : \tau} \quad [\texttt{Var}]$$

$$\frac{\Gamma \vdash_S e_0 : \tau \to \tau' \qquad \Gamma \vdash_S e_1 : \tau}{\Gamma \vdash_S e_0\ e_1 : \tau'} \quad [\texttt{App}]$$

$$\frac{\Gamma,\ x : \tau \vdash_S e : \tau'}{\Gamma \vdash_S \lambda x\ .\ e : \tau \to \tau'} \quad [\texttt{Abs}]$$

$$\frac{\Gamma \vdash_S e_0 : \tau \qquad \Gamma,\ x : \bar{\Gamma}(\tau) \vdash_S e_1 : \tau'}{\Gamma \vdash_S \texttt{let}\ x = e_0\ \texttt{in}\ e_1 : \tau'} \quad [\texttt{Let}]$$

Exempel på "regler" för ett typsystem (inte Java's typsystem).

13

Java är ett statiskt typat språk

- Java har ett typsystem som skall eliminera **typfel** redan vid kompileringen (d.v.s. **statiskt**, innan vi kört programmet).
  - I kompilatorn (javac) finns en "type checker" som sköter typkontrollen i samband med att koden kompileras (det finns inbyggda regler).
  - Bryter vi mot reglerna för typer får vi ett kompileringsfel, ett typfel, från kompilatorn (typsäkerhet)
    - IntelliJ kommer att visa ett felmeddelande.
  - Igen: Det skall inte kunna bli några typfel då vi kör programmet!
- För att typsystemet skall fungera måste olika delar av programmet ha en känd typ vid kompileringen.
  - Literaler ges automatiskt en typ, 123 får t.ex. typen int och true får typen boolean.
  - Uttryck kommer automatisk att ges en "beräknad" typ utifrån de ingående delarnas typer (literaler, variabler, operatorer, …)
  - För variabler, arrayer och metoder måste vi explicit ange typen vid deklarationen, vi skriver helt enkelt int, boolean, Dog eller Player o.s.v. i koden.

En fördel med ett statiskt typsystem är också att typerna fungerar som en

dokumentation, man ser tydligare vad man arbetar med och ev. hur det är tänkt att användas.

Typer och Operationer

```
out.println(false > 1);  // Senseless
out.println(!45);        // Senseless

int i = 1;
double d = 1.0;

// Many operators applies for both int and double ...
out.println( i + 2 * i + d / 2.0);

// .. but not all
out.println( ~i);   // Bitwise flip for int, ok!
out.println( ~d);   // Bitwise flip for double, NO!
```


Det går inte att utföra alla operationer med alla typer!

- De olika typerna har olika uppsättningar av tillåtna operationer.
  - Eller ekvivalent: Operationerna kräver att operanderna har vissa typer
- Vilka operationer som är tillåtna för respektive primitiv typ är inbyggt i Java
  - Kompilatorn vet!

Subtyp

```
// Operations allowed with double's
out.println(4.0 + (5.0 * 3.0) > 6.0);

// No type error if replacing *all* with int's
out.println(4 + (5 * 3) > 6);

// Operations allowed on int's
out.println(5 * ~3 / (4 - 1) );

// Type error if replacing *all* with doubles.
out.println( 5.0 * ~3.0 / (4.0 - 1.0));
```

16

Om vi överallt i ett uttryck kan ersätta ett värde av typ T med en annat värde av typ S utan att något typfel uppstår säger vi att S är en **subtyp** till T, skrivs S <: T

- I bilden: Vi kan var som helst i ett uttryck där ett double-värde används ersätta detta med ett int-värde utan att typfel uppstår, d.v.s. int <: double (int är en subtyp till double)
- Däremot kan vi inte ersätta int-värden med double-värde eftersom vissa operationer inte är tillåtna, vi får ett typfel d.v.s. double är inte en subtyp till int, double är en **supertyp** till int.
    - Man kan alltså göra fler operationer med en subtyp än en supertyp.
- Super/subtyp relationen (<:) är en binär relation mellan typer som säger att en typ (subtypen), i alla sammanhang, kan ersätta en annan typ (supertypen).
- För värden av primitiva typer gäller bl.a.
    - char <: int,
    - int <: float
    - float <: double
- Super/subtyp relationen är transitiv
    - D.v.s. char <: int <: double, ger att char <: double

Genom att använda subtyper kan vi skriva koden på ett mer abstrakt sätt.

- Vi kommer att se många exempel senare

Subtyper vid Tilldelning

```
double d; int i;

// Right side is an expression
d = d + (d * d) / d - d;
// Replace with subtype right ok, int <: double
d = i + (i * i) / i - i;

// Can't replace left side, not an expression!
i = d + (d * d) / d - d;   // Assignment not accepted
out.println(~i);  // If allowed, use of ~ for double value

// Left side a location
i = i + (i * i) / i - i;
// Replace with supertype left side OK!
d = i + (i * i) / i - i;
out.println(~d);  // Operation not accepted by compiler
```

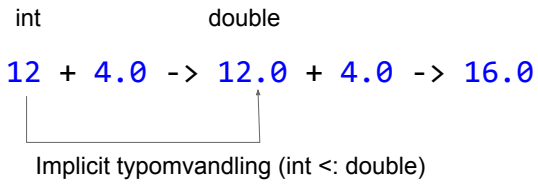

För tilldelning gäller

- Högersidan är ett uttryck (värden), ok att ersätta supertyp med subtyp enligt tidigare resonemang.
- Vänstersidan representerar inte ett värde, den representerar en plats.
    - Vi kan inte ersätta variabel till vänster med en variabel av någon subtyp!
        - Eftersom vi då skulle kunna göra otillåtna operationer med värdet (det finns ju fler operationer för subtypen)
    - Däremot kan den ersättas med en variabel av supertypen!
        - Eftersom det finns färre operationer för supertypen (en begränsning av vad vi kan göra med värdet).

Man kan se det som: Mängden av operationer för supertypen är en delmängd av operationerna för subtypen

- D.v.s. på högersidan ersätter vi med något som kan mer.
- På vänstersidan ersätter vi med något som kan mindre.

Implicita typomvandlingar för Primitiva Typer




```
// 1 converted to 1.0
double d = 1;
```

17

Implicita typomvandlingar innebär en automatisk typomvandling

- Sker alltid från från subtyp till supertyp
- Används för att göra det möjligt att blanda olika typer i t.ex. aritmetiska uttryck.
- För primitiva typer betyder det dessutom att bitarna i den binära representationen av värdet ändras.
- Värden byter alltså typ (variabler byter aldrig typ)!
- Om det kan ske en implicit omvandling säger vi att typerna är **kompatibla**

Explicit Typomvandling för Primitiva Typer

```
int width = 200;
double scale = width / 2 / PI;      //Built-in PI (double)
int x = width / 2 + (int) (scale * i); // Explicit cast

int a = ...;
int b = ...;
double d = (double) a / b;    //Explicit cast, fix real
                              //division


double n = (double) true;    // No super/sub relation!
```

18

Vi kan uttryckligen säga åt typsystemet att vi vill omvandla ett värde av en typ till en annan.

- Kallas **explicit typomvandling (typecasting, cast)**
- Kan bara ske om det finns en super/subtyp relation.
- Parenteser kan behövas för att visa vad (vilket uttryck) som berörs
- Explicit typomvandling har högre prioritet än samtliga aritmetiska operatorer.
- Om vi gör en explicit omvandling får vi själva ta ansvaret för ev. typfel, undvik!

Omvandling primitiva typer

- Om vi vill omvandla ett double-värde till ett int-värde skriver vi (int) framför
  - Innebär dessutom att vi kapar alla decimaler (ingen avrundning)
- Om vi vill omvandla en int till en double skriver vi (double) framför
  - Ingen information försvinner
  - I bilden gör vi det för att undvika heltalsdivision.

Primitiva typer: Min och maxvärden

```
// Overflow
int i = Integer.MAX_VALUE;
out.println(i + 1);

// Underflow
int j = Integer.MIN_VALUE;
out.println(j - 1);

// True
out.println(Integer.MAX_VALUE + 1 == Integer.MIN_VALUE);
```

19

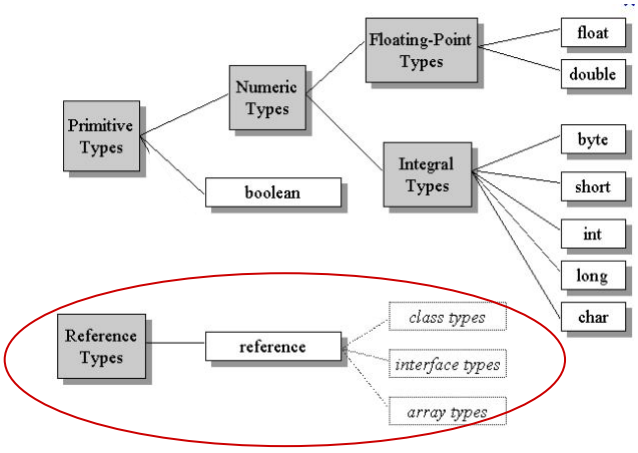
En mer implementationsmässig (teknisk) aspekt på primitiva typer är att de har olika storlekar i minnet och därmed min och maxvärden. För Java gäller:

- int (32 bitar) : -2147483648 - 2147483647
- char (16 bitar): 0 - 65,535
- double (64 bitar): 4.94065645841246544e-324d - 1.79769313486231570e+308d

Över eller underskrider vi max eller min värdena för en primitiv typ får vi overflow eller underflow.

- Innebär att värdet "slår över" från max till min och tvärtom.

Referenstyper



20

Referenstyper kan vara array-typer (t.ex. int[]), klasstyper (t.ex. String) eller gränssnittstyper (interface)

Man kan skapa nya referenstyper!

- Typsystemet är utbyggbart för array-, klass- och gränssnittstyper
  - Kallas också **egendefinierade typer** (vi definierar dem)
  - Genom att deklarera arrayer skapas nya typer utifrån en grundtyp.
  - Genom att deklarera klasser och gränssnitt skapas nya klass- respektive gränssnittstyper.

Referenstyper har alla samma min och maxvärden, de är alla lika stora

- 32 bitar för 32-bitars maskiner
- 64 bitar för 64-bitars maskiner
- Värdet (bitarna) i ett referensvärde ändras aldrig.

Klasstyper

```
// Class introduces new type
class Country {
 ...
}

// Variable with class type
Country c = new Country();
```

21

En klass introducerar en ny referenstyp

- Om vi skapar en ny klass kan vi deklarera variabler av denna typ!
- Om vi skapar klassen Country, kan vi deklarera en referensvariabel, c, av typen Country!
- Typen på värdet från uttrycket till höger (new-operatorn) är en referens till Country.

Ofta använder vi klass och typ som synonymer!

Subtyper för Klasstyper

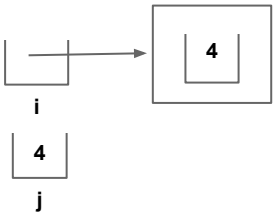
```
class Player { … }
class Dog { … }

Player p = new Player();

// No super/sub relation,
// i.e. no implicit or explicit type casting
Dog d = p;              // No
p = new Dog();          // No
Dog d = (Dog) p;        // No
```


Olika klasstyper har inte någon super/subtype relation

- Det finns ingen implicit eller explicit typomvandling mellan klasstyper.
- Det går att skapa en super/subtype relation , se vidare arv nedan.

Omslagstyper

```
// Wrapper type Integer
Integer i = 4;    // Boxing

int j = i;        // Unboxing

Double d1  = 5.32;   // Boxing
Character ch  = 'X';

d1 = i;            // No super/sub relation (class types)
Double d2  = 4;    // No, boxing goes to Integer

Number n = d1;   // Ok! Number is super type to Double
n = i;           // Ok! Number is super type to Integer
```



23

Omslagstyper är referenstypsversioner av primitiva typer

- Finns färdiga i Java
- De paketerar in ett primitivt värde i ett objekt, t.ex. int packas in i en Integer-objekt
  - Omvandling mellan omslagstyp och primitiv typ sköts automatiskt **(boxing/unboxing)**
- Objekt av omslagtyper kan inte ändras (icke muterbara)
- Omslagstyper är klasstyper
  - D.v.s det finns ingen super/subtyp relation mellan omslagstyperna.
  - Alltså ingen typomvandling mellan omslagstyper
  - För Integer och Double och finns dock en gemensam supertyp Number.
- Vi behöver omslagstyper t.ex. då vi använder samlingar (de kan bara lagra referenstyper), se Samlingar.

Det finns omslagstyper för alla primitiva typer, …

- T.ex. Boolean och Character.

Omslagstyper, Boxing och Likhet

```
Double d1 = 5.0;
Double d2 = 5.0;
out.println(d1 == 5.0);      // True, unboxing

out.println(d1 == d2);       // False! No boxing
out.println(d1.equals(d2));  // True, better use!

out.println(d1 == 0 + d2);   // True, unboxing
out.println(d1 == 1 * d2);   // True

Integer i1 = 99;
Integer i2 = 99;
out.println(i1 == i2);      // True! ... caching!
```


Omslagstyper håller referenser till objekt.

- `==` -operation ger referenslikhet för objekt av omslagstyper
  - Om jämförelsen görs mot en primitiv typ sker unboxing och värdena jämförs.
- För värdelikhet måste man annars använda equals().
  - Förutom för små heltal (< 128) finns det färdiga objekt, d.v.s. `==` fungerar
  - Kallas : caching (av effektivitetsskäl)

Array-typer

```
// Primitive arrays
int[] ia = {1, 2, 3};
double[] da = {1.0, 2.0, 3.0};
da = new double[]{1, 2, 3}; // Conversion

// Reference (wrapper) type arrays
Integer[] iia = {1, 2, 3};  // Boxing
Double[] dda = {1.0, 2.0, 3.0};
Double[] dda = {1, 2, 3};       // Bad boxing
```


Array-typer skapas utifrån någon existerande typ

- Primitiva eller …
- Referenstyper
  - OBS! Att vid initiering av variabler kan implicit typomvandling eller boxing förekomma.

Subtyper för Primitiva Arrayer

```
// No subtype relations for primitive arrays
int[] ia = {1, 2, 3};
double[] da = {1.0, 2.0, 3.0};

//int <: double but *NOT* int[] <: double[]
ia = da;      // No
da = ia;      // No
da = (double[]) ia;  // No!
```


Finns ingen super/subtyp relation mellan primitiva arrayer.

Förklaring:

- Leder till hål i typsystemet, se Subtyper för Referens-Arrayer

Subtyper för Referens-Arrayer

```
Integer[] iia = ...;
Double[] dda = ...;
iia = dda;  // No super/sub relation
dda = iia;

// If Integer <: Number then Integer[] <: Number[] !!!!!!
// Decided by Java designers
Number[] ns = iia;  // Ok!
ns[0] = 4;       // Ok! 4 is boxed to subtype Integer
ns[1] = 4.5;  // Will compile, runtime ArrayStoreException!!

iia = (Integer[]) ns;     // If not exception ...
out.println( ~iia[1] );   // ...this would be allowed! Bad!
```

"The array loop hole"

27

Mellan arrayer av primitiv typ finns inga super/sub relationer

- T.ex. int <: double innebär inte att int[] <: double[]

P.g.a. vissa omständigheter bestämda de som utvecklade Java att för referenstyper gäller …

- .. om S <:T så är S[] <: T[] !!!
- T.ex. Integer <: Number innebär att Integer[] <: Number[]
- Leder till ett "hål" i typsystemet (the array loophole)
  - Kompilatorn släpper igenom något som kan ge typfel under körning
- För att åtgärda detta gör Java under körning alltid en test vad man försöker stoppa in i en array av referenstyp.
  - Försöker man stoppa in ett värde av felaktig typ får man en ArrayStoreException.
  - D.v.s. det finns en del typinformation under körning

Uppräkningstyper

```
enum WeekDay {   // Enumeration type
   MON, TUE, WED, THU, FRI, SAT, SUN
}

WeekDay d1 = WeekDay.FRI;
WeekDay d2 = WeekDay.THU;
WeekDay d3 = WeekDay.FRI;

out.println(d1 != d2);   // == Works!
out.println(d1 == d3);  // Same object

// Loop through all days
for (int i = 0; i <  WeekDay.values(); i++) {
   // Do something
}
```


Ibland behövs ett begränsat antal värden av en viss typ (typen innehåller ett litet antal värden)

- T.ex. veckodagar, färger , etc
- VI skulle kunna använda String för dessa t.ex. “Mon”, “Tue” osv. men … (eller integer med Månd = 1, o.s.v.)
  - … detta blir inte typsäkert …
  - t.ex. om vi stavar fel, t.ex. “Tui”, så släpper kompilatorn igenom felet (felet kommer senare under körning)
  - Om vi använder int för dagar så kan någon av misstag tilldela en dag värdet -12, o.s.v. …
- Bättre att låta typsystemet se till att allt stämmer

Genom att deklarera en **uppräkningstyp** (enumeration**)** skapar vi en ny (egen) klasstyp med ett antal (uppräknade) värden (en enum är en slags klass).

- Vi kan därmed deklarera variabler av denna typ.
- Kompilatorn kan kontrollera att vi bara använder korrekta värden !

Deklarationen av uppräkningstyp görs men det reserverade order **enum**.

- De värden som tillhör typen räknas upp (vi skriver namnen på värdena)
  - I bilden: MON, TUE, … o. s.v. (stora bokstäver skall användas)

    - Värdena är av typen WeekDay (INTE String, inga citattecken runt)
    - Det finns exakt ett (icke-ändringsbart) objekt för varje namn vi räknar upp.
        - Likhet (==) fungerar därför mellan värden (eftersom det är identitet i detta fall)
- För att komma åt värdena måste vi använda **punktnotation** d.v.s. typnamn.värde
    - Går att förenkla genom att använda import static …. Weekday.* (som med System)

Subtyper för Uppräkningstyper

```
// Enumeration types
public enum WeekDay {
   MON, TUE, WED, THU, FRI
}
enum WorkingDay {
   MON, TUE, WED, THU, FRI;   // Same values ...
}

// No super/sub relation
WeekDay week = WeekDay.FRI;        // No
week = WorkingDay.FRI;             // No
week = (WeekDay) WorkingDay.FRI;   // No
```

29

En uppräkningstyp är en klasstyp d.v.s. ingen super/subtyp relation mellan uppräkningstyper

- En uppräkningstyp kan inte ha några subtyper, det finns inga implicita typomvandlingar från något typ till en uppräkningstyp.
- Däremot finns en supertyp, se Object senare.
- Explicit typomvandling kan endast ske till/från String, se Strängar.

Typen Object

```
// Type object is supertype to any reference type
Object o = null;
o = "Any";
o = new Dog();
o = WeekDay.MON;
o = new int[]{1, 2, 3};
o = 5;          // Boxing
o = false;      // Boxing
o = new Object();  // Use the class
```

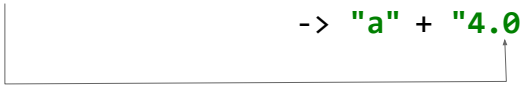
Det finns en “översta” referenstyp, typen Object. Object är supertyp till alla typer men har inte någon egen supertyp.

- D.v.s. det finns en klass Object (måste ha en klass för att introducera en typ).

null-värdet är enda värde i en namnlös typ som är subtyp till alla referenstyper.

Implicit Typomvandling med + - operatorn och String

```
"a" + 4.0 -> "a" + new Double(4.0).toString()
                          -> "a" + "4.0" -> "a4.0"
```



Implicit typomvandling

```
out.println(dog) -> out.println(dog.toString());
```

Sträng inte supertyp till någon typ d.v.s. inget kan implicit omvandlas till String …

- …förutom vid två tillfällen
  - Då + operatorn har minst en operand av typen String.
  - out.println(), … då egentligen metoden toString() anropas.

Explicit Typomvandling med String

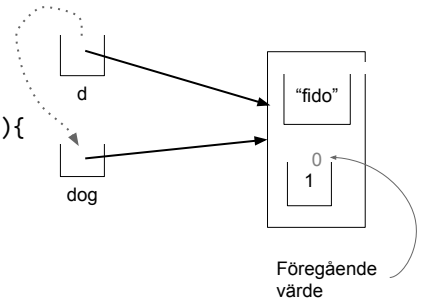
```
// From primitive to String
String s = String.valueOf(45); // String class methods
s = String.valueOf(1.45);
s = Integer.toString(45);   // Same using wrapper types
s = Double.toString(1.45);
// From String to primitive
int i = Integer.valueOf("678");
double d = Double.valueOf("4.57");

// From/to enum
String day = WeekDay.FRI.toString();
WeekDay w = WeekDay.valueOf("FRI");
```

Eftersom String inte har några subtyper måste all typomvandling ske explicit (förutom
föregående bild).

Referenser

Mer om Objekt som Parameter

```
Dog d = new Dog();
incAge(d);

void incAge( Dog dog ){
   dog.age++;
}

class Dog {
   String name;
   int age;    // 0 default
}
```



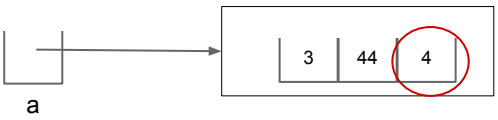
Eftersom referensen till objektet skickas till metoden kommer den åt objektet (utanför metoden)

- På samma sätt som för en array

Gäller även strängar men dessa kan inte förändras (icke muterbara) så ingen risk.

Konstanta referenser

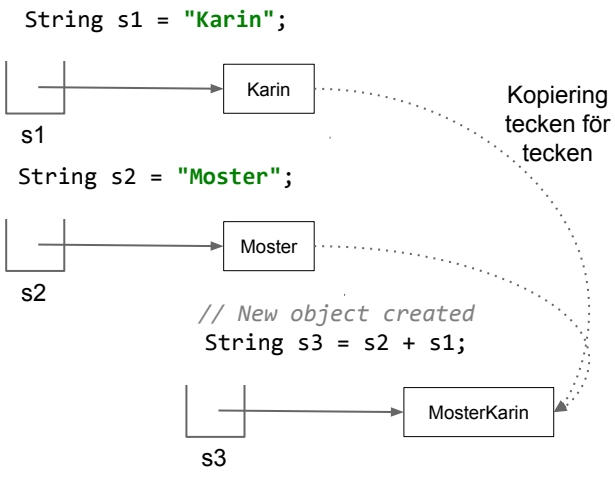
```
// Constant reference variable a
final int[] a = { 3, 44, 2 };

// Error! a is final
a = new int[5];

// Ok, variables in object not final
a[2] = 4;
```



En konstant referensvariabel kan inte ändras.

- Objektet den referera kan däremot ändras!

Strängar och +-operatorn



Konkatenering med +-operatorn innebär att ett nytt strängobjekt skapas och en referens till detta returneras.

- Eftersom strängar inte kan ändras (tecknen kan inte ändras)
- Tecknen från operanderna kopieras till det nya objektet.
- +-operatorn kan vara ineffektiv t.ex. i en loop med många varv (kopierar samma sak och mer och mer för varje varv)
-

Arrayer

(inget nytt)

Klasser

(inget nytt)

Arbetssätt

(inget nytt)