Deklarativ programmering

TDP007 Konstruktion av datorspråk
Föreläsning 7

LINKÖPINGS UNIVERSITET

Pontus Haglund och Jonas Wallgren
Institutionen för datavetenskap
2022-02-14

Deklarativ programmering

- Programmet specificerar vad som ska göras snarare än hur det ska göras.
- Exempel på språk som har stöd för deklarativ programmering:
  - logikspråk, t.ex. Prolog
  - funktionellt språk, t.ex. Scheme
  - restriktionsspråk (eng. *constraint*)
- Jämför med *imperativ programmering* eller *objektorienterad programmering*.

Exempel: Prolog

Programmet består av regler och fakta.

```
syskon(X,Y) :- förälder(Z,X), förälder(Z,Y).
förälder(X,Y) :- far(X,Y).
förälder(X,Y) :- mor(X,Y).

mor(tina,sally).
far(tom,sally).
far(tom,erica).
far(mike,tom).
```

Att köra programmet innebär att ställa frågor som besvaras med utgångspunkt i de regler och fakta som gäller.

```
?- syskon(sally,erica).
Yes
```

Exempel: Scheme

Programmet består av ett antal funktioner som definierar problemet matematiskt.

```
(define (fakultet n)
  (if (= n 0)
      1
      (* n (fakultet (1- n)))))

(define (kvadrat x)
  (* x x))
```

Att köra programmet innebär att konstruera uttryck vars värde beräknas med hjälp av funktionsdefinitionerna.

```
> (+ (fakultet 5) (kvadrat 2))
124
```

Exempel: HTML

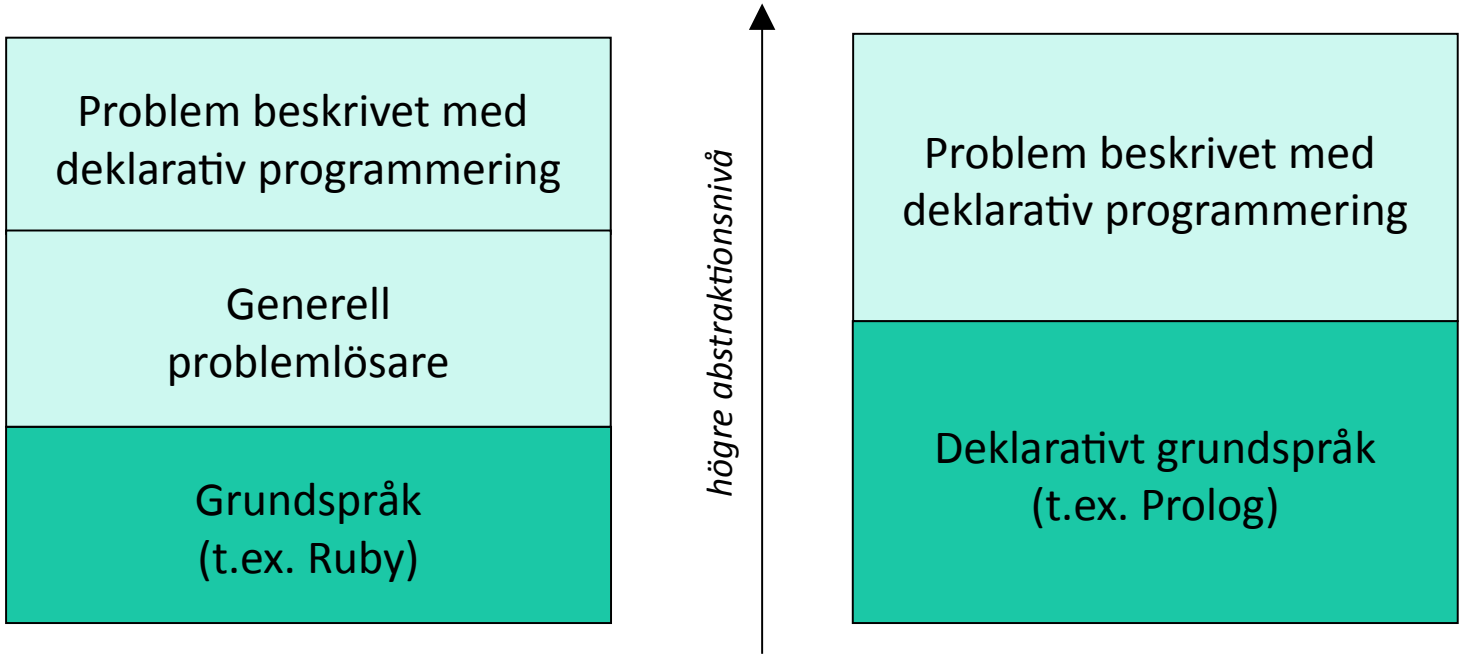
Även om HTML inte är ett programmeringsspråk är det ett bra exempel på hur man kan definiera data deklarativt. Med HTML definierar vi (åtminstone som det var tänkt från början) endast innehåll och inte utseende.

```
<h2>Exempel</h2>

<p>Det finns många bra exempel på frukter.
<a href=”banan.html”>Bananen</a> t.ex. är en avlång
frukt med gult skal som är ganska god.</p>
```

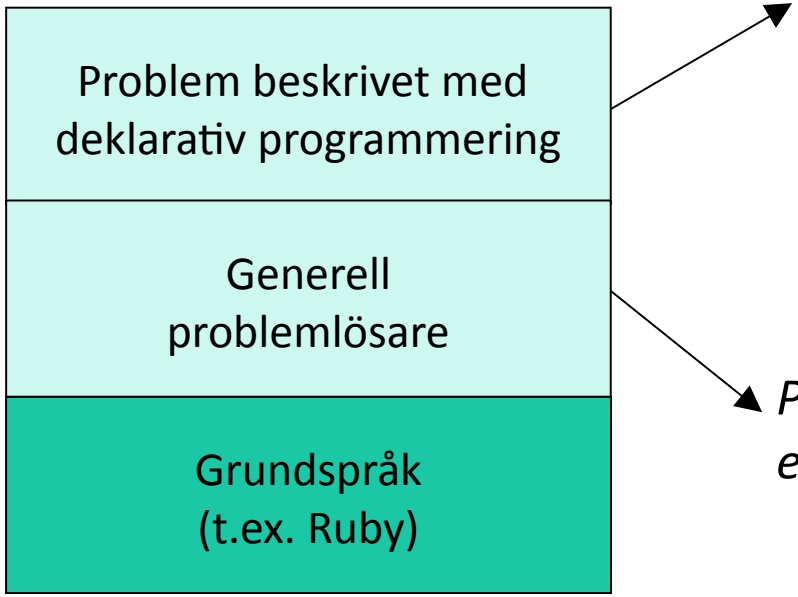
Vem gör grovjobbet?

Även om programmet uttrycks deklarativt måste ”någon” förr eller senare bestämma sig för hur problemet ska lösas.



Deklarativ programmering i Ruby

Problemets natur avgör hur generell lösning vi behöver.



Problemet kan t.ex. uttryckas med hjälp av ett nytt (domänspecifikt) språk.

Problemlösaren kan då ses som en interpretator för det nya språket.

Dagens föreläsning

- Vi ska idag titta på två tekniker för generella problemlösare som låter oss definiera problem deklarativt:
  - Icke-deterministisk programmering med hjälp av *continuations*
  - Restriktionsnätverk (eng. *constraint propagation networks*) för att modellera matematiska samband
- Målet är inte att förstå dessa tekniker i alla detaljer, utan att få en känsla för hur de kan användas.

1. Icke-deterministisk programmering

- Betyder egentligen att resultatet inte är förutbestämt.
- Exempel på problem:

  Kalle köper 20 saker i kiosken och betalar totalt 100 kr. Tuggummi kostar 1 kr, äpplen 7 kr och Coca Cola 12 kr. Hur många köpte han av varje?

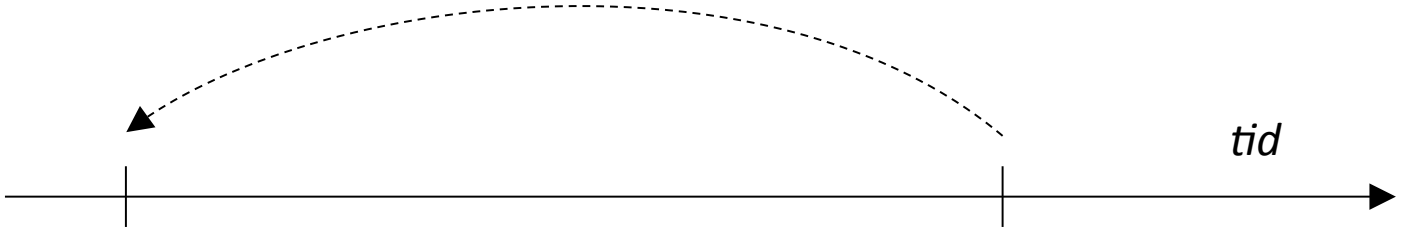
- Vi skulle vilja lösa detta t.ex. så här:

```
gum <- 1..20
apple <- 1..20
coke <- 1..20
gum*1+apple*7+coke*12=100
```

Generell problemlösare

- För att kunna deklarera problemen på det viset behöver vi en generell problemlösare som kan:
  - tilldela en variabel ett värde ur ett intervall
  - ta hand om särskilda villkor på variablerna
  - försöka igen om tilldelningen inte stämmer överens med villkoren

Backtracking



X får ett av värdena i intervallet 1..20

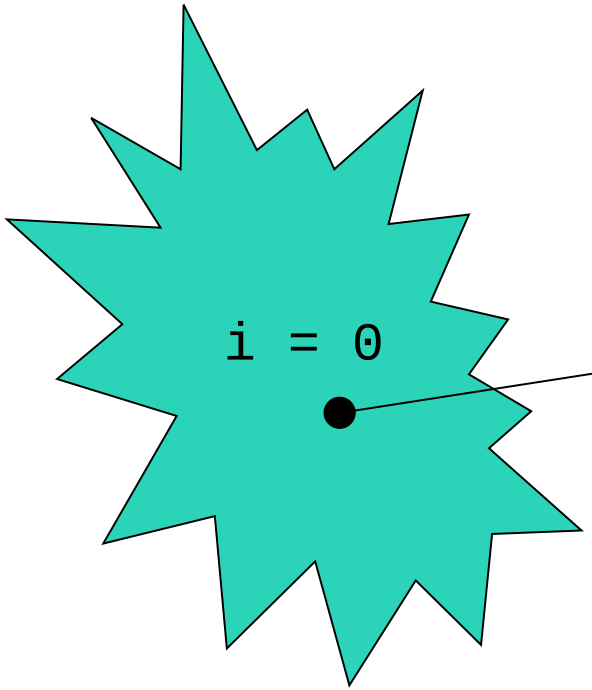
Programmet fortskrider.

Ett villkor på X gör att det valda värdet inte kan accepteras.

Continuation

- En *continuation* representerar ”resten” av en beräkning. Den innehåller all information som behövs för att fortsätta programmet från en viss punkt (som ett savegame).
- Man kan använda en continuation för att åsidosätta normala styrstrukturer, t.ex. för att hoppa ut ur eller upprepa kod.
- Continuations skapas i Ruby med konstruktionen **callcc**, vilket står för *call with current continuation*.

Exempel




```
require 'continuation'

def start
  i = 0
  callcc { |c| $again = c }
  i = i+1
  i
end
```

Övning

Skriv in koden ovan, eller kopiera från kurshemsidan i filen cont.rb.
Pröva att anropa **`start`** *och därefter* **`$again.call`** *några gånger.*

Backtracking med continuations

```
class Amb

  def initialize
    @backtrack_points = []
  end

  def choose(choices)
    choices_array = choices.to_a
    backtrack if choices_array.empty?
    callcc do |cc|
      @backtrack_points.push cc
      return choices_array[0]
    end
    choose(choices_array[1..choices_array.length])
  end

# ...
```

Backtracking med continuations

```
class Amb

  def backtrack
    if @backtrack_points.empty?
      fail ExhaustedError, "Can't backtrack"
    else
      @backtrack_points.pop.call
    end
  end

  def require(condition)
    backtrack unless condition
  end

# ...
```

Problemets lösning


```
def my_problem
  a = Amb.new
  begin
    gum = a.choose 1..20
    apple = a.choose 1..20
    coke = a.choose 1..20

    a.require gum*1+apple*7+coke*12 == 100

    puts "#{gum} tuggummi, #{apple} äpplen, #{coke} cola"

    a.next
  rescue ExhaustedError
    puts "Det var alla möjligheter."
  end
end
```

Övning

Hämta koden från amb_test.rb *och komplettera den med det villkor som saknas. Lägg också till en räknare som kollar hur många alternativ vi testar!*

2. *Constraint networks*

- Modellering av matematiska samband
- Exempel: Antag att vi ska bygga en spelmotor och på något sätt vill använda Newtons lagar om gravitation.
- Hur kan vi få in följande ekvation i vårt program?

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

Modellera matematiska samband

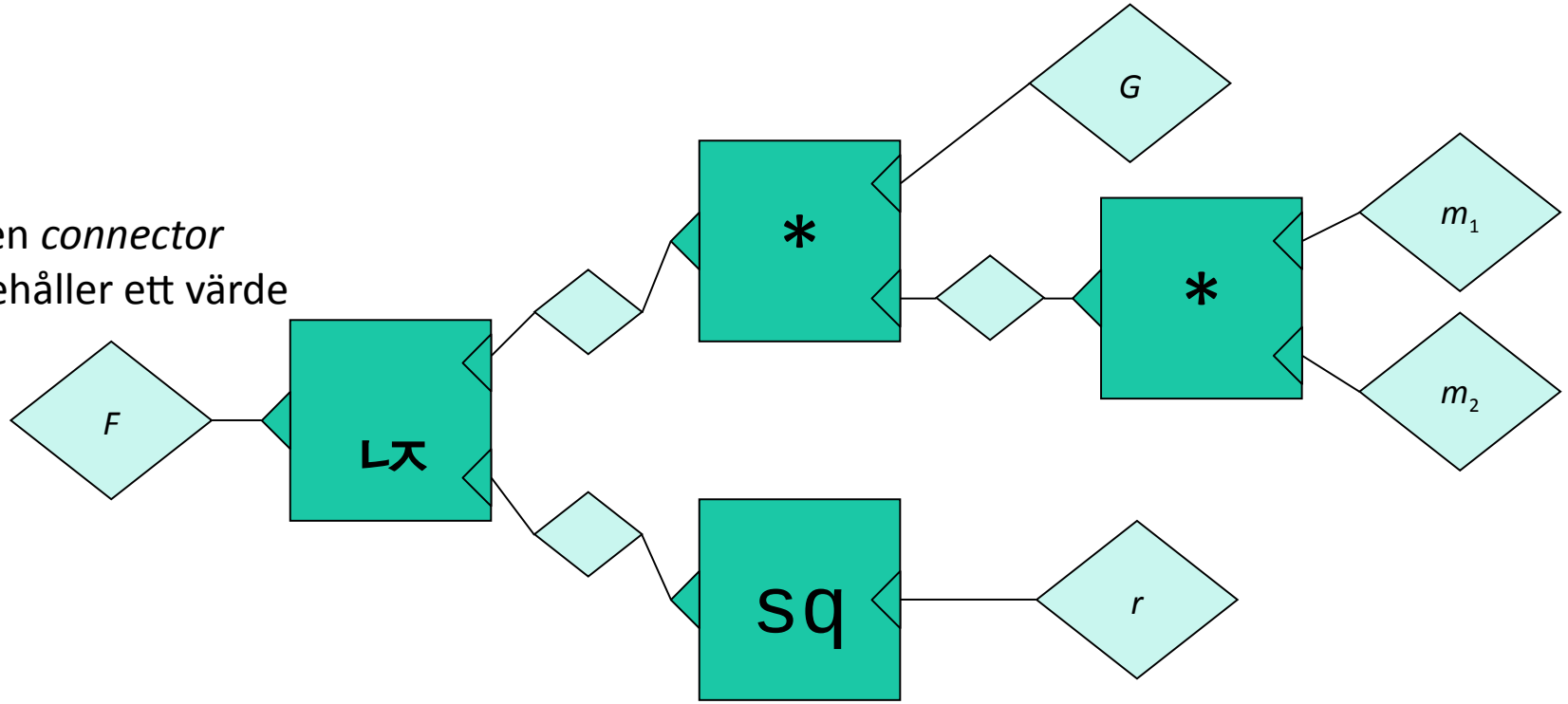
- *Som en ekvation:*

```
irb(main):107:0> f == g*m1*m2/r**2
true
```

- *Som ett antal metoder:*

```
def calculate_f(g,m1,m2,r)
  g*m1*m2/r**2
end
def calculate_m1(f,g,m2,r)
  f*(r**2)/(g*m2)
end
```

Ekvationen som ett *constraint network*

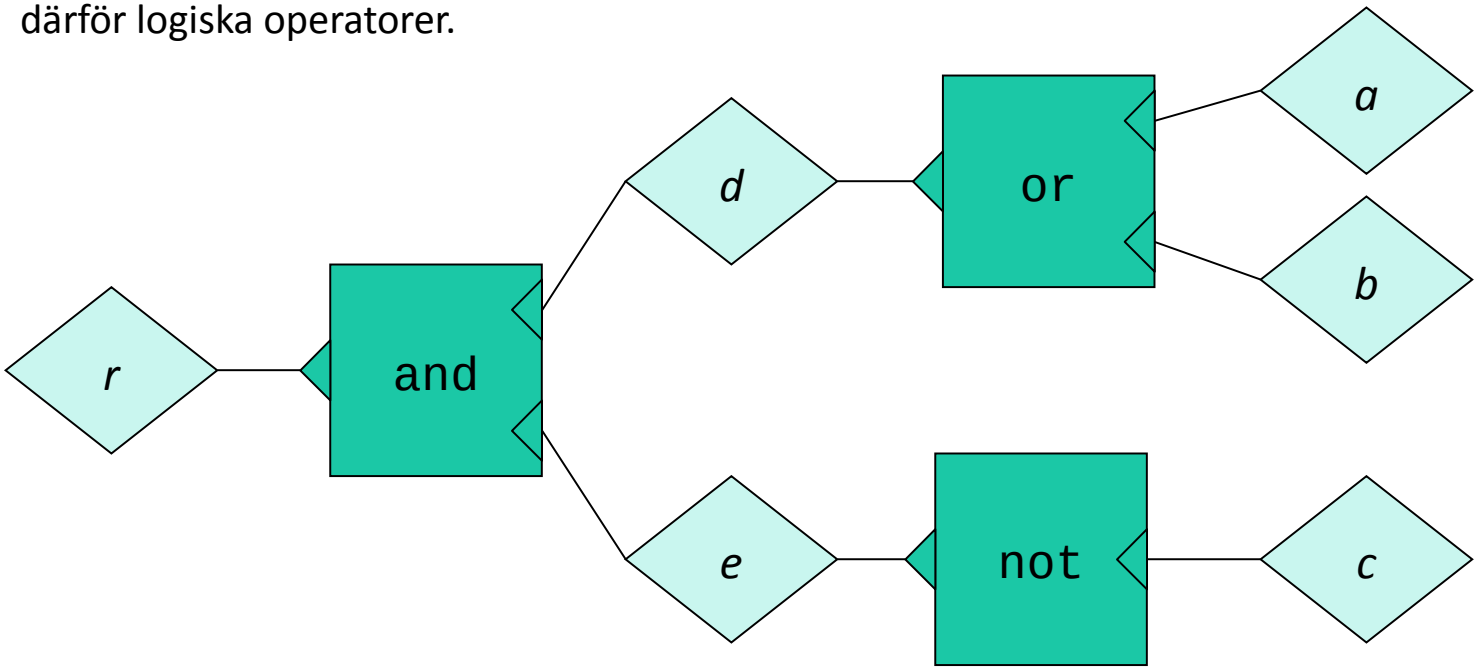


en *connector* innehåller ett värde

ett *constraint* uttrycker förhållandet mellan värden

Övningsexempel

Detta är ett constraint network som jobbar med logiska värden istället för tal. Alla constraints är därför logiska operatorer.



Definition av en *connector*

```
class Wire

  def initialize(name,value=false)
    @name=name
    @value=value
    @constraints=[]
  end

  def add_constraint(gate)
    @constraints << gate
  end

  def value=(value)
    @value=value
    @constraints.each { |c| c.new_value }
  end

end
```

För de logiska *constraint*-nätverken kallar vi *connectors* för *Wire*.

Definition av generell binär *constraint*


```
class BinaryConstraint

  def initialize(input1,input2,output)
    @input1=input1
    @input1.add_constraint(self)
    @input2=input2
    @input2.add_constraint(self)
    @output=output
    new_value()
  end

end
```

Implementation av *and* och *or*

```
class AndGate < BinaryConstraint

  def new_value
    sleep 0.2
    @output.value=(@input1.value and @input2.value)
  end

end

class OrGate < BinaryConstraint

  def new_value
    sleep 0.2
    @output.value=(@input1.value or @input2.value)
  end

end
```

Implementation av *not*

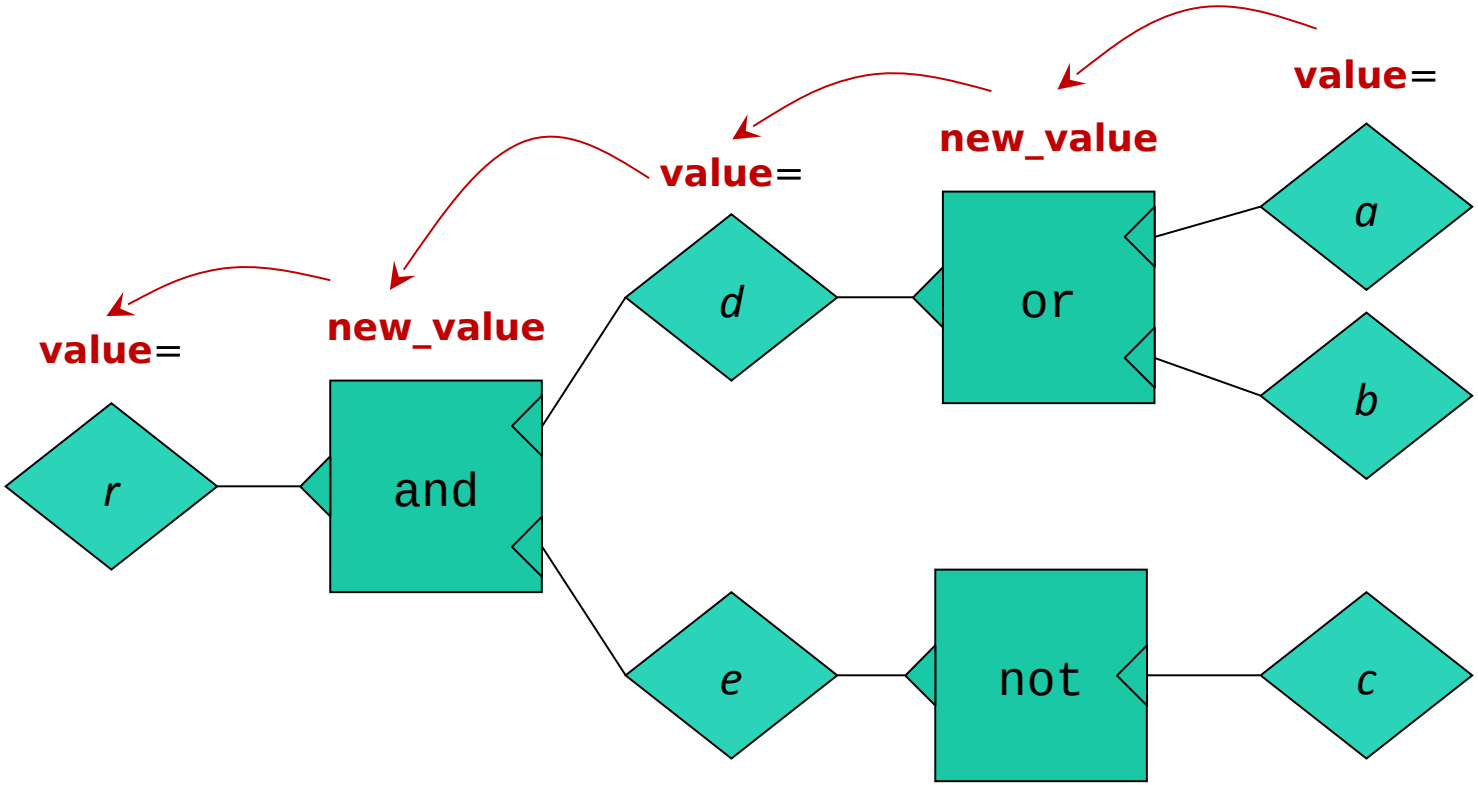
```
class NotGate

  def initialize(input,output)
    @input=input
    @input.add_constraint(self)
    @output=output
    new_value()
  end

  def new_value
    sleep 0.2
    @output.value=(not @input.value)
  end

end
```

Hur värden propageras genom nätet



Implementation av nätverk

```
def my_test
  $a = Wire.new('a')
  $b = Wire.new('b')
  $c = Wire.new('c')
  d = Wire.new('d')
  e = Wire.new('e')
  $r = Wire.new('r')

  ng = NotGate.new($c,e)
  og = OrGate.new($a,$b,d)
  ag = AndGate.new(d,e,$r)
end
```

Övning

Ladda in koden från constraint_test.rb *och kör metoden* my_test*.*
Vad händer om man ändrar a *till* true*? Och hur gör man det?*

Om uppgifterna inför seminariet

- Uppgift 1
  - Skriv tester för *constraints Adder* och *Multiplier*. Rätta eventuella fel som ni hittar.
  - Implementera ett nätverk för att konvertera mellan olika fysikaliska storheter
  - Skillnader gentemot logiska nätverket: Information ska kunna gå åt båda hållen och vi har inga default-värden.
- Uppgift 2
  - Gör färdigt en parser som kan läsa in en textuell beskrivning av *constraint*-nätverk och bygga upp ett sådant (inklusive tester).

www.liu.se

LINKÖPINGS UNIVERSITET