



1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA
UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE



Objektově orientované modelování – použití pro Modelica knihovny

Mgr. Tomáš Kulhánek, Ph.D.

Doc. MUDr. Jiří Kofránek, CSc.



Objektově orientované modelování

- Zapouzdření
- Dědičnost
- Polymorfismus



Objektově orientované modelování

- Zapouzdření (encapsulation)
 - Vlastnosti, operace, rovnice jsou definované v rámci objektu (třídy, modelu)
 - Mohu omezit viditelnost vlastností mimo objekt (protected)



Objektově orientované modelování

- Zapouzdření (encapsulation)

```
connector HydraulicPort  
  flow Real q;  
  Real p;  
end HydraulicPort;
```



Objektově orientované modelování

- Zapouzdření (encapsulation)
 - protected (viditelné jen v třídě)

```
model HydraulicConductor
  parameter Real G;
  HydraulicPort qin;
  HydraulicPort qout;
  protected
    Real dp;
  equation
    dp = qin.p-qout.p;
    qin.q = -qout.q;
    qin.q = G * dp;
end HydraulicConductor;
```




Objektově orientované modelování

- Zapouzdření (encapsulation)

```
model HydraulicElastance
  Real V;
  parameter Real V0;
  parameter Real p0;
  parameter Real C;
  HydraulicPort qin;
equation
  // eq. (5)
  qin.p-p0 = if (V<V0) then 0 else (V-V0)/C;
  der(V) = qin.q; // eq. (6)
end HydraulicElastance;
```



Objektově orientované modelování

- Zapouzdření (encapsulation)

```
model arteriesveins
  HydraulicConductor RS "systemic resistance";
  HydraulicElastance A "arteries";
  HydraulicElastance V "veins";
equation
  connect(A.qin, RS.qin);
  connect(RS.qout, V.qin);
end arteriesveins;
```

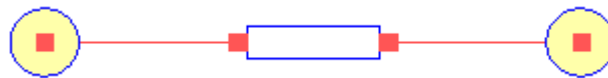


Objektově orientované modelování

- Zapouzdření (encapsulation)

```
model arteriesveins
  HydraulicConductor RS "systemic resistance";
  HydraulicElastance A "arteries";
  HydraulicElastance V "veins";
equation
  connect(A.qin, RS.qin);
  connect(RS.qout, V.qin);
end arteriesveins;
```

Nebo v diagramu





Objektově orientované modelování

- Zapouzdření (encapsulation)
- vede ke skládání komponent (composition)



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance) –
dovolí dědit vlastnosti, rovnice
- V Modelice klíčové slovo-
extends



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance) - motivace

```
model HydraulicResistor
  parameter Real R "resistance";
  HydraulicPort Qin;
  HydraulicPort Qout;
  protected
    Real dp;
equation
  dp = Qin.p-Qout.p;
  Qin.q = -Qout.q;
  Qin.q = dp / R;
end HydraulicResistor;
```



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance) - motivace

```
model HydraulicResistor
  parameter Real R "resistance";
  HydraulicPort qin;
  HydraulicPort qout;
  protected
    Real dp;
equation
  dp = qin.p-qout.p;
  qin.q = -qout.q;
  qin.q = dp / R;
end HydraulicResistor;
```

```
model HydraulicConductor
  parameter Real G;
  HydraulicPort qin;
  HydraulicPort qout;
  protected
    Real dp;
equation
  dp = qin.p-qout.p;
  qin.q = -qout.q;
  qin.q = G * dp;
end HydraulicConductor;
```



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance) - motivace

```
model HydraulicResistor
  parameter Real R "resistance";
  HydraulicPort qin;
  HydraulicPort qout;
  protected
    Real dp;
equation
  dp = qin.p-qout.p;
  qin.q = -qout.q;
  qin.q = dp / R;
end HydraulicResistor;
```

```
model HydraulicConductor
  parameter Real G;
  HydraulicPort qin;
  HydraulicPort qout;
  protected
    Real dp;
equation
  dp = qin.p-qout.p;
  qin.q = -qout.q;
  qin.q = G * dp;
end HydraulicConductor;
```

Neopakovat se – zdroj chyb a problémů s údržbou
Don't Repeat Yourself – DRY principle



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance)

```
model HydraulicResistor
  extends HydraulicConductor(final G = 1/R);
  parameter Real R "resistance";
end HydraulicResistor;
```

```
model HydraulicConductor
  parameter Real G;
  HydraulicPort Qin;
  HydraulicPort Qout;
  protected
    Real dp;
  equation
    dp = Qin.p - Qout.p;
    Qin.q = -Qout.q;
    Qin.q = G * dp;
end HydraulicConductor;
```

Neopakovat se – zdroj chyb a problémů s údržbou
Don't Repeat Yourself – DRY principle



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance)

```
class A
  parameter Real a, b;
end A;

class B
  extends A(b=2);
end B;

class C
  extends B(a=1);
end C;

class C2
  B bcomp(b=3);
end C2;
```

Úkol:

A.a = ?

B.b = ?

C.a = ?

C.b = ?

C2.bcomp.b = ?



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance)

```
class A
  parameter Real a, b;
end A;

class B
  extends A(b=2);
end B;

class C
  extends B(a=1);
end C;

class C2
  B bcomp(b=3);
end C2;
```

Úkol:

A.a = ?

B.b = 2

C.a = 1

C.b = 2

C2.bcomp.b = 3



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance)

Derived Class	Base Class								
	package	operator	function	operator function	type	record	connector	block	model / class
package	yes								
operator		yes							
function			yes						
operator function			yes	yes					
type					yes				
record						yes			
connector					yes	yes	yes		
block						yes		yes	
model / class						yes		yes	yes



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance)

Derived Class	Base Class								
	package	operator	function	operator function	type	record	connector	block	model / class
package	yes								
operator		yes							
function			yes						
operator function			yes	yes					
type					yes				
record						yes			
connector					yes	yes	yes		
block						yes		yes	
model / class						yes		yes	yes

```
record RecordA
  ...
end RecordA;

package PackageA
  ...
end PackageA;

package PackageB
  extends PackageA;
end PackageB;

model ModelA
  extends RecordA;
end ModelA;

model ModelB
  extends PackageA;
end ModelB;
```

Úkol, je povolena dědičnost?
PackageB ?
ModelA ?
ModelB ?



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance)

Derived Class	Base Class								
	package	operator	function	operator function	type	record	connector	block	model / class
package	yes								
operator		yes							
function			yes						
operator function			yes	yes					
type					yes				
record						yes			
connector					yes	yes	yes		
block						yes		yes	
model / class						yes		yes	yes

```
record RecordA
  ...
end RecordA;

package PackageA
  ...
end PackageA;

package PackageB
  extends PackageA;
end PackageB;

model ModelA
  extends RecordA;
end ModelA;

model ModelB
  extends PackageA;
end ModelB;
```

Úkol, je povolena dědičnost?

PackageB OK

ModelA OK

ModelB error, inheritance not allowed



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance) a modifikace

```
class C1
  parameter Real a;
end C1;
class C2
  parameter Real b,c;
end C2;
class C3
  parameter Real x1;           // No default value
  parameter Real x2 = 2;      // Default value 2
  parameter C1 x3;            // No default value for x3.a
  parameter C2 x4(b=4);       // x4.b has default value 4
  parameter C1 x5(a=5);       // x5.a has default value 5
  extends C1;                  // No default value for inherited element a
  extends C2(b=6,c=77);       // Inherited b has default value 6
end C3;
class C4
  extends C3(x2=22, x3(a=33), x4(c=44), x5=x3, a=55, b=66);
end C4;
```

Úkol, proměnné C4:

x1 = ?

x2 = ?

x3.a = ?

x4.b = ?

x4.c = ?

x5.a = ?

a = ?

b = ?

c = ?



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance) a modifikace

```
class C1
  parameter Real a;
end C1;
class C2
  parameter Real b,c;
end C2;
class C3
  parameter Real x1;           // No default value
  parameter Real x2 = 2;      // Default value 2
  parameter C1 x3;            // No default value for x3.a
  parameter C2 x4(b=4);       // x4.b has default value 4
  parameter C1 x5(a=5);       // x5.a has default value 5
  extends C1;                 // No default value for inherited element a
  extends C2(b=6,c=77);       // Inherited b has default value 6
end C3;
class C4
  extends C3(x2=22, x3(a=33), x4(c=44), x5=x3, a=55, b=66);
end C4;
```

Úkol, proměnné C4:

x1 = ?
x2 = 22
x3.a = 33
x4.b = 4
x4.c = 44
x5.a = x3.a
a = 55
b = 66
c = 77



Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance) - použití

```
model arteriesveins
  HydraulicConductor RS "systemic resistance";
  HydraulicElastance A "arteries";
  HydraulicElastance V "veins";
equation
  connect(A.qin, RS.qin);
  connect(RS.qout, V.qin);
end arteriesveins;
```

```
model arteriesveinshuman
  extends arteriesveins(
    RS.G =1,
    A(C=1, V(start=0.5)),
    V(C=2, V(start=2))
  );
end arteriesveinshuman;
```

```
model arteriesveinsmouse
  extends arteriesveins(
    RS.G =0.2,
    A(C=1, V(start=0.05)),
    V(C=2, V(start=0.2))
  );
end arteriesveinsmouse;
```




Objektově orientované modelování

- Dědičnost (inheritance)
 - Kopíruje parametry, proměnné, přístup k protected
 - Kopíruje rovnice
 - Vícenásobná dědičnost povolena



Objektově orientované modelování

- Polymorfismus – tvárnost, možnost měnit vnitřní vlastnosti při zachování vnější struktury
- V Modelice klíčové slova-
replaceable – dovolí měnit
redeclare – změni



Objektově orientované modelování

- Polymorfismus – motivace
 - Doplnit nové vlastnosti do existující komponenty
 - Počítání, zobrazení v různých jednotkách SI a non-SI



Objektově orientované modelování

- Polymorfismus

```
class A
  parameter Real x;
end A;

class B
  parameter Real x=3.14, y;    // B is a subtype of A
end B;

class C
  replaceable A a(x=1);
end C;

class D
  extends C(redeclare B a(y=2));
end D;
```



Objektově orientované modelování

- Polymorfismus

```
class A
  parameter Real x;
end A;

class B
  parameter Real x=3.14, y;    // B is a subtype of A
end B;

class C
  replaceable A a(x=1);
end C;

class D
  extends C(redeclare B a(y=2));
end D;
```

Úkol:
D.a.x = ?
D.a.y = ?



Objektově orientované modelování

- Polymorfismus

```
class A
  parameter Real x;
end A;

class B
  parameter Real x=3.14, y;    // B is a subtype of A
end B;

class C
  replaceable A a(x=1);
end C;

class D
  extends C(redeclare B a(y=2));
end D;
```

Úkol:

D.a.x = 1

D.a.y = 2



Objektově orientované modelování

- Polymorfismus - příklad

```
model arteriesveinsR
  replaceable HydraulicConductor RS "systemic resistance";
  replaceable HydraulicElastance A "arteries";
  replaceable HydraulicElastance V "veins";
equation
  connect (A.qin, RS.qin);
  connect (RS.qout, V.qin);
end arteriesveinsR;
```



Objektově orientované modelování

- Polymorfismus - příklad

```
model arteriesveinsR
  replaceable HydraulicConductor RS "systemic resistance";
  replaceable HydraulicElastance A "arteries";
  replaceable HydraulicElastance V "veins";
equation
  connect (A.qin, RS.qin);
  connect (RS.qout, V.qin);
end arteriesveinsR;
```

```
model arteriesveinshumanR2
  extends arteriesveinsR(
    RS.G = 1,
    A(C = 1, V(start = 0.5)),
    V(C = 2, V(start = 2))
  );
end arteriesveinshumanR2;
```



Objektově orientované modelování

- Polymorfismus - příklad

```
model arteriesveinsR
```

```
  replaceable HydraulicConductor RS "systemic resistance";
```

```
  replaceable HydraulicElastance A "arteries";
```

```
  replaceable HydraulicElastance V "veins";
```

```
equation
```

```
  connect(A.qin, RS.qin);
```

```
  connect(RS.qout, V.qin);
```

```
end arteriesveinsR;
```

```
model HydraulicElastanceMU
```

```
  extends MOS2015OOM.HydraulicElastance;
```

```
  Real p_mmHg;
```

```
equation
```

```
  p_mmHg = qin.p / 133.32 ; //1mmHg = 133.32 Pa
```

```
end HydraulicElastanceMU;
```

```
model arteriesveinshumanR2
```

```
  extends arteriesveinsR(
```

```
    RS.G = 1,
```

```
    A(C = 1, V(start = 0.5)),
```

```
    V(C = 2, V(start = 2))
```

```
  );
```

```
end arteriesveinshumanR2;
```



Objektově orientované modelování

- Polymorfismus - příklad

```
model arteriesveinsR
```

```
  replaceable HydraulicConductor RS "systemic resistance";
```

```
  replaceable HydraulicElastance A "arteries";
```

```
  replaceable HydraulicElastance V "veins";
```

```
equation
```

```
  connect(A.qin, RS.qin);
```

```
  connect(RS.qout, V.qin);
```

```
end arteriesveinsR;
```

```
model HydraulicElastanceMU
```

```
  extends MOS2015OOM.HydraulicElastance;
```

```
  Real p_mmHg;
```

```
equation
```

```
  p_mmHg = qin.p / 133.32 ; //1mmHg = 133.32 Pa
```

```
end HydraulicElastanceMU;
```

```
model arteriesveinshumanR2
```

```
  extends arteriesveinsR(
```

```
    RS.G = 1,
```

```
    A(C = 1, V(start = 0.5)),
```

```
    V(C = 2, V(start = 2))
```

```
  );
```

```
end arteriesveinshumanR2;
```

```
model arteriesveinshumanMU
```

```
  extends arteriesveinshumanR2(
```

```
    redeclare HydraulicElastanceMU A,
```

```
    redeclare HydraulicElastanceMU V
```

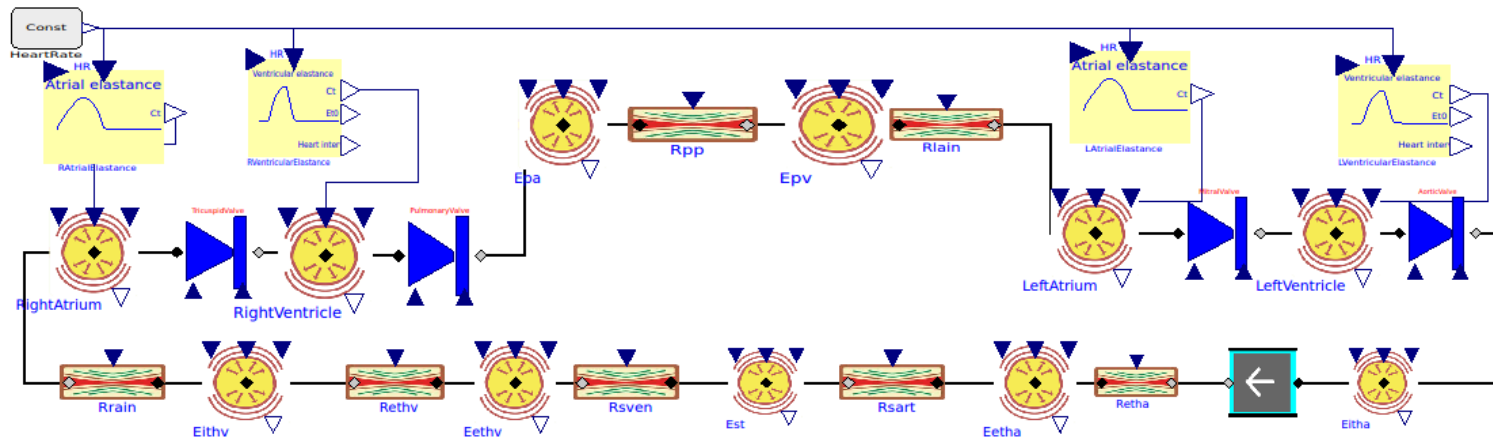
```
  );
```

```
end arteriesveinshumanMU;
```




Objektově orientované modelování

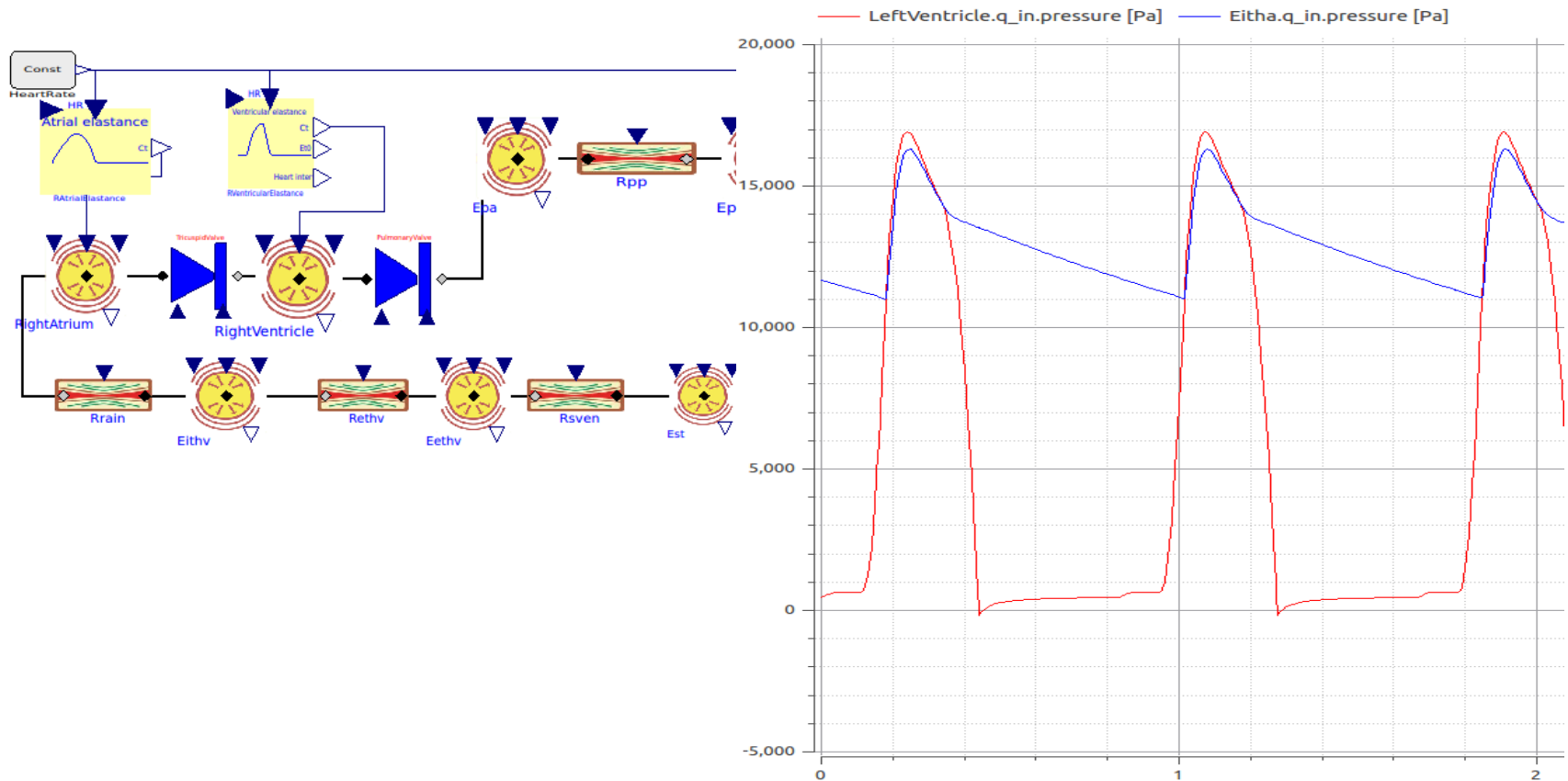
- Příklad PhysiLibrary.Hydraulic.Examples.MeursModel2011





Objektově orientované modelování

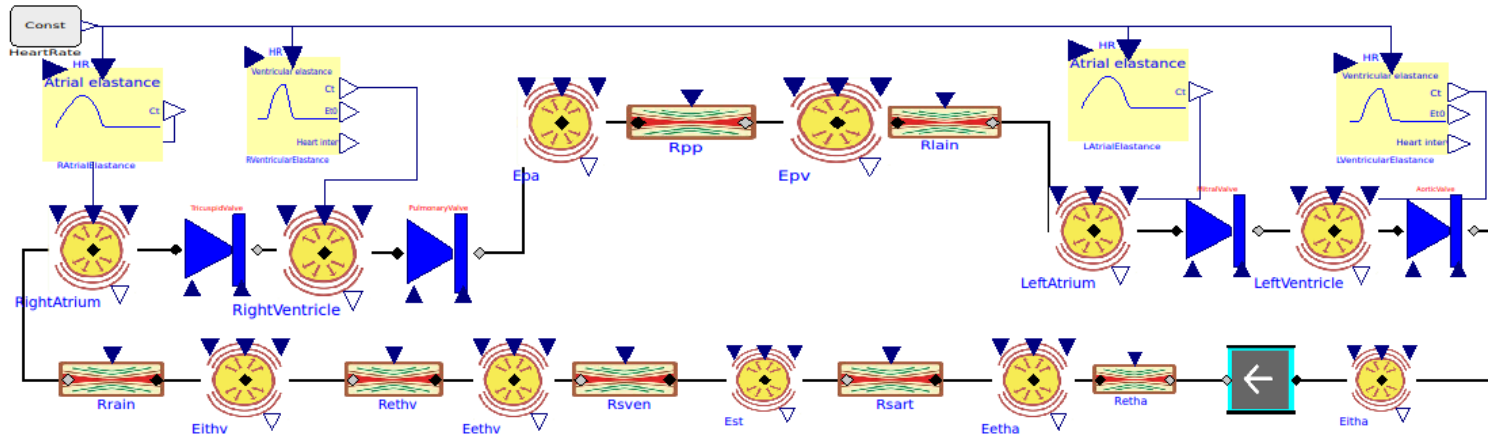
- Příklad PhysiLibrary.Hydraulic.Examples.MeursModel2011





Objektově orientované modelování

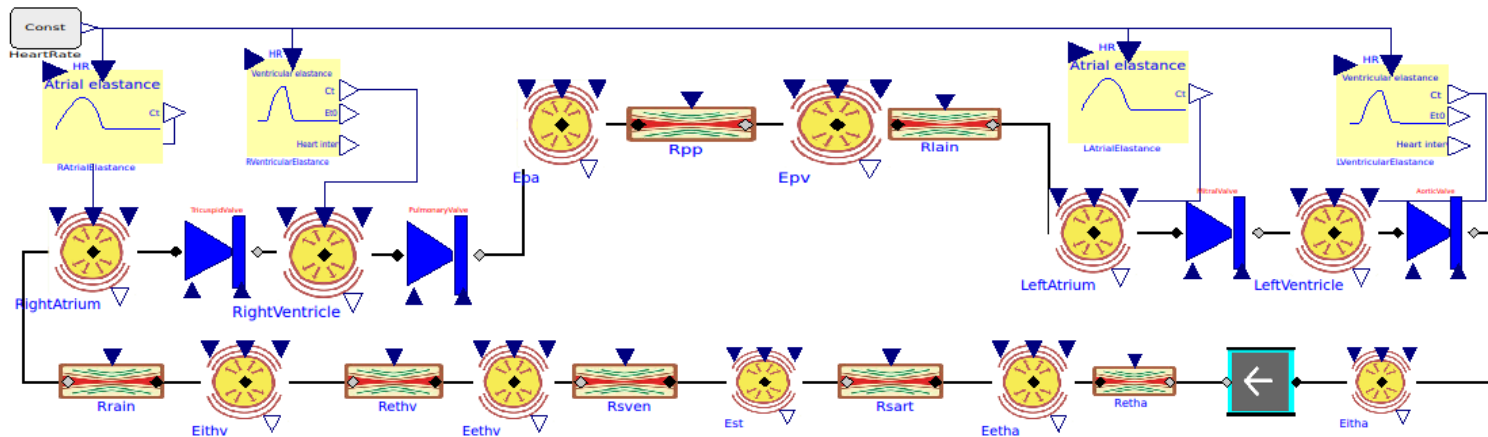
- Příklad PhysiLibrary.Hydraulic.Examples.MeursModel2011





Objektově orientované modelování

- Příklad PhysiLibrary.Hydraulic.Examples.MeursModel2011

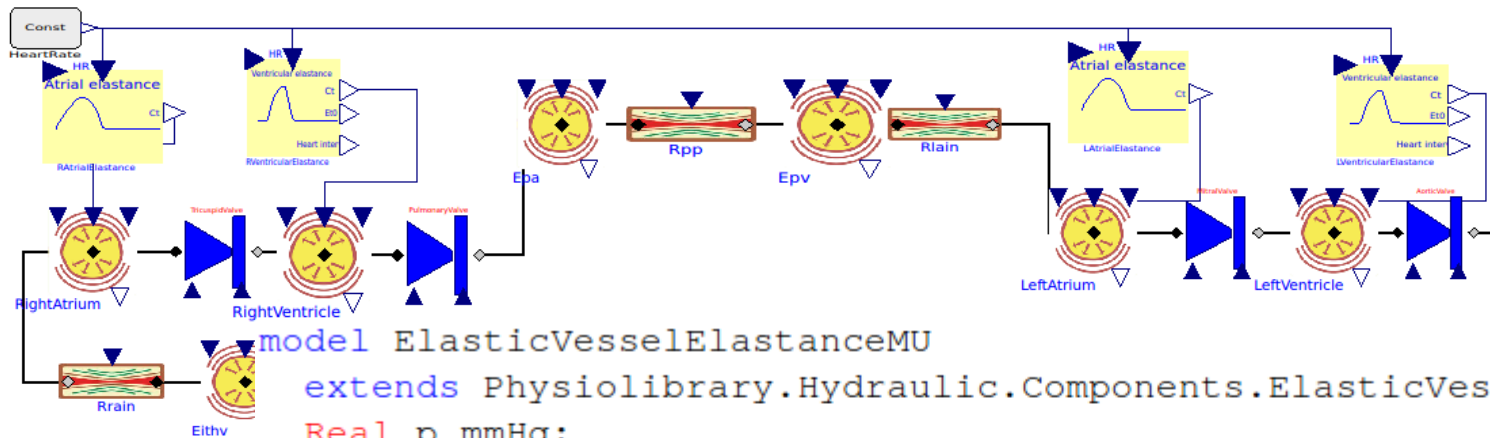


```
model ElasticVesselElastanceMU
  extends PhysiLibrary.Hydraulic.Components.ElasticVesselElastance;
  Real p_mmHg;
equation
  p_mmHg = q_in.pressure / 133.32 ; //1mmHg = 133.32 Pa
end ElasticVesselElastanceMU;
```



Objektově orientované modelování

- Příklad PhysiLibrary.Hydraulic.Examples.MeursModel2011



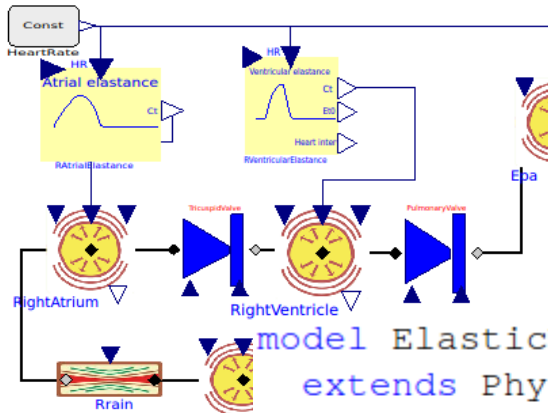
```
model ElasticVesselElastanceMU
extends PhysiLibrary.Hydraulic.Components.ElasticVesselElastance;
Real p_mmHg;
equation
  p_mmHg = q_in.pressure / 133.32 ; //1mmHg = 133.32 Pa
end ElasticVesselElastanceMU;

model HemodynamicsMeursMU
extends MOS2015OOM.HemodynamicsMeursR(
  redeclare ElasticVesselElastanceMU LeftVentricle,
  redeclare ElasticVesselElastanceMU Eitha
);
end HemodynamicsMeursMU;
```




Objektově orientované modelování

- Příklad Physiolibr

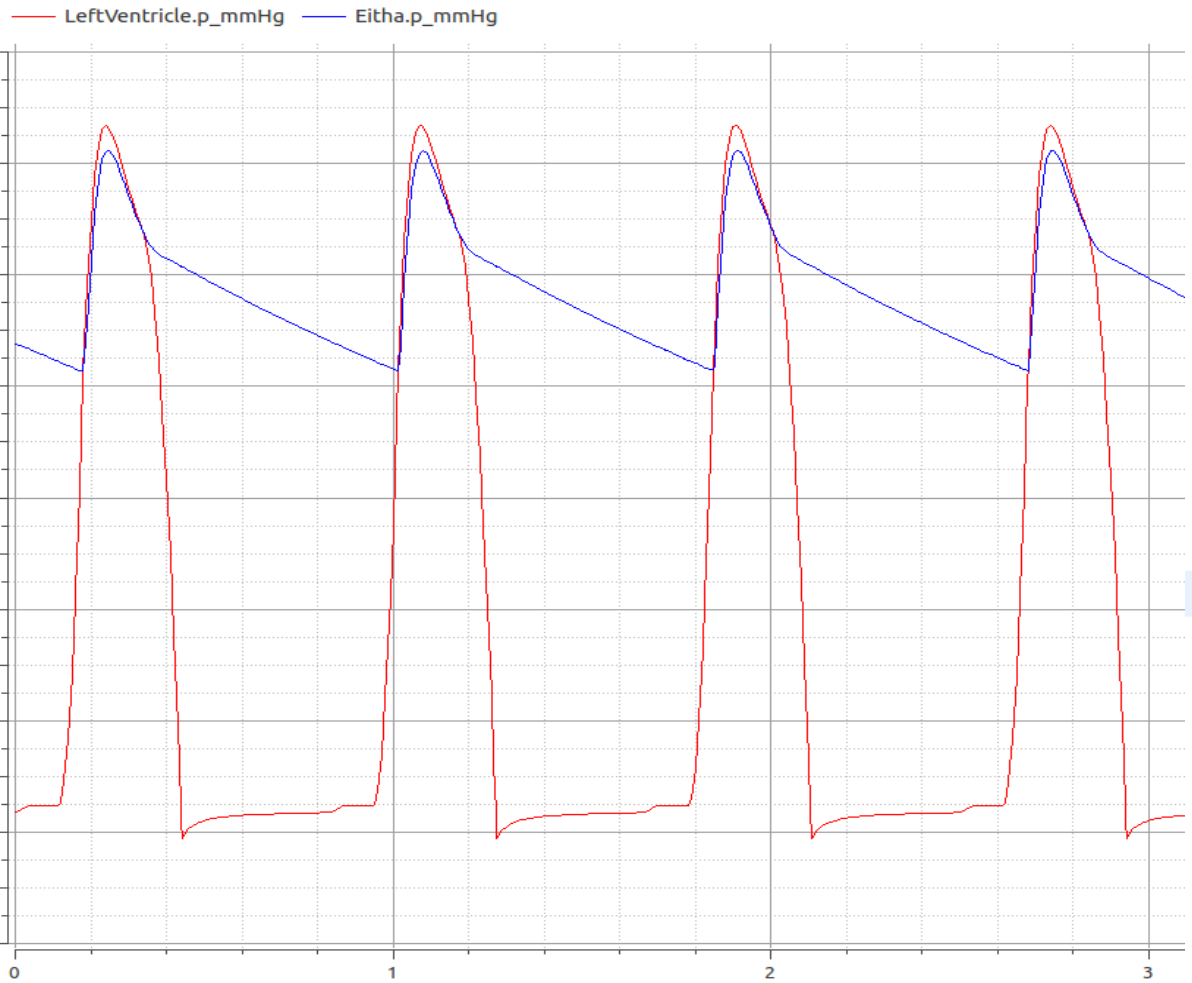


```

model Elastic
extends Phy
Real p_mmHg
equation
  p_mmHg = q_
end ElasticVe

model Hemodyn
extends MOS
  redeclare
  redeclare
);
end Hemodyn

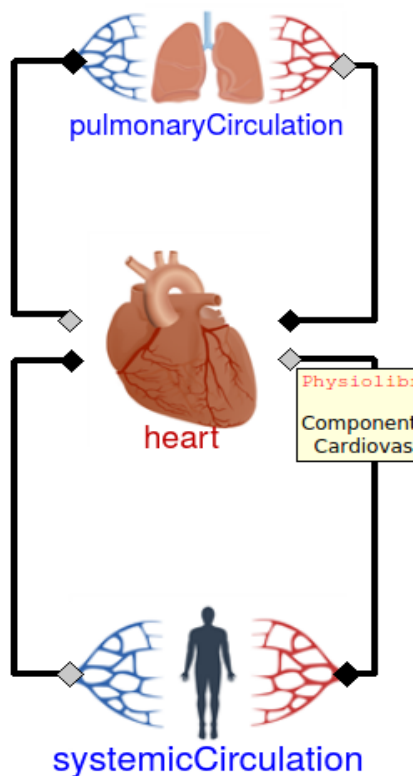
```





Objektově orientované modelování

- Příklad Cardiovascular



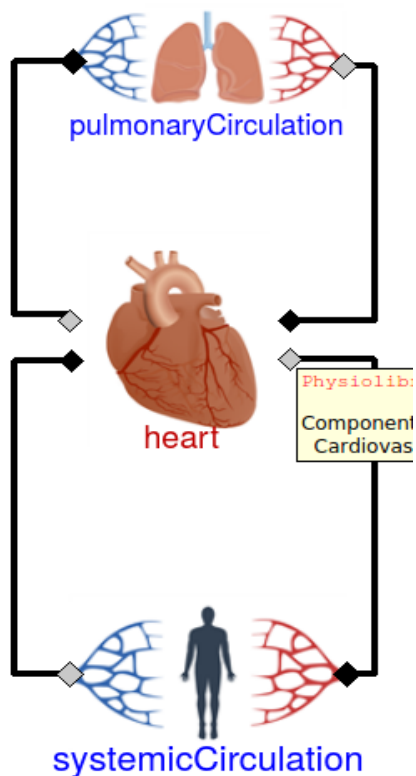
model System

```
replaceable Interfaces.Heart heart;  
replaceable Interfaces.Systemic systemicCirculation;  
replaceable Interfaces.Pulmonary pulmonaryCirculation;  
equation  
connect(systemicCirculation.q_out, heart.rightHeartInflow);  
connect(systemicCirculation.q_in, heart.leftHeartOutflow);  
connect(heart.leftHeartInflow, pulmonaryCirculation.q_out);  
connect(heart.rightHeartOutflow, pulmonaryCirculation.q_in);  
end System;
```



Objektově orientované modelování

- Příklad Cardiovascular



model System

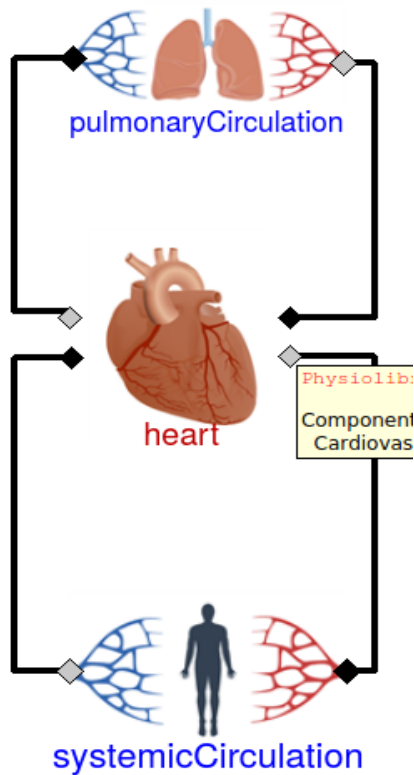
```
replaceable Interfaces.Heart heart;  
replaceable Interfaces.Systemic systemicCirculation;  
replaceable Interfaces.Pulmonary pulmonaryCirculation;  
equation  
connect(systemicCirculation.q_out, heart.rightHeartInflow);  
connect(systemicCirculation.q_in, heart.leftHeartOutflow);  
connect(heart.leftHeartInflow, pulmonaryCirculation.q_out);  
connect(heart.rightHeartOutflow, pulmonaryCirculation.q_in);  
end System;
```

Možnost zaměňovat modely plicní cirkulace, systémové cirkulace a cirkulace v srdci.



Objektově orientované modelování

- Příklad Cardiovascular



```
model System
```

```
  replaceable Interfaces.Heart heart;  
  replaceable Interfaces.Systemic systemicCirculation;  
  replaceable Interfaces.Pulmonary pulmonaryCirculation;  
  equation  
  connect(systemicCirculation.q_out, heart.rightHeartInflow);  
  connect(systemicCirculation.q_in, heart.leftHeartOutflow);  
  connect(heart.leftHeartInflow, pulmonaryCirculation.q_out);  
  connect(heart.rightHeartOutflow, pulmonaryCirculation.q_in);  
end System;
```

```
model HemodynamicsMeurs
```

```
  extends Cardiovascular.System(  
    redeclare Parts.Pulmonary pulmonaryCirculation,  
    redeclare Parts.Heart heart,  
    redeclare Parts.Systemic systemicCirculation);  
end HemodynamicsMeurs;
```



Objektově orientované modelování

• Zapouzdření

```
model arteriesveins
  HydraulicConductor RS "systemic resistance";
  HydraulicElastance A "arteries";
  HydraulicElastance V "veins";
equation
  connect(A.qin, RS.qin);
  connect(RS.qout, V.qin);
end arteriesveins;
```

• Dědičnost

```
model arteriesveinshuman
  extends arteriesveins(
    RS.G =1,
    A(C=1, V(start=0.5)),
    V(C=2, V(start=2))
  );
end arteriesveinshuman;
```

• Polymorfismus

```
model arteriesveinshumanMU
  extends arteriesveinshumanR2(
    redeclare HydraulicElastanceMU A,
    redeclare HydraulicElastanceMU V
  );
end arteriesveinshumanMU;
```




1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE

▮ Děkuji vám za pozornost.

▮ tomas.kulhanek@matfyz.cz