

Srdce jako pumpa

Na cvičení jsme si udělali

- Zdroj tlaku (a)
- Rezistenci (b)
- Chlopeň (c)
- Elastický kompartment (d)
- Model a-b-c-d-c-b-a

Vaše mise

Implementace bloku **zdroj elasticity** a bloku **srdečních intervalů**.

Vyzkoušíte si:

- Tvorbu vlastního diskrétního konektoru
- Použití when
- Použití if
- Logicky přemýšlet ☺

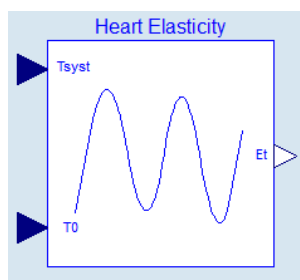
Heart elasticity

Výstup tohoto bločku E_t bude záviset na vyhodnocení podmínek.

Pokud $\text{time} - T_0 \geq 0$ a zároveň $\text{time} - T_0 \leq T_{\text{syst}}$ budou true, pak $E_t = E_{\text{dias}} + (E_{\text{sys}} - E_{\text{dias}})/2 * (1 - \cos(\text{Modelica.Constants.pi} * (\text{time} - T_0)/T_{\text{syst}}))$

Pokud $\text{time} - T_0 < (3/2) * T_{\text{syst}}$ bude true, pak $E_t = E_{\text{dias}} + (E_{\text{sys}} - E_{\text{dias}})/2 * (1 + \cos(2 * \text{Modelica.Constants.pi} * (\text{time} - T_0 - T_{\text{syst}})/T_{\text{syst}}))$

A pokud nebude podmínka ani jednou true, pak $E_t = E_{\text{dias}}$.



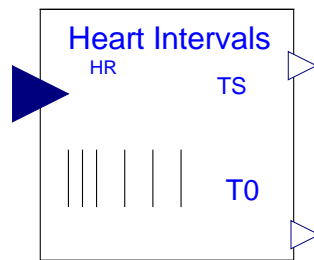
Obrázek 1. Ikona zdroje elasticity

Systolickou a diastolickou elasticitu parametrizujte a přednastavte na hodnoty 1/0,4 a 1/10. Rovněž nezapomeňte na jednotky (daná elasticita funguje pro [torr/ml]).

Heart intervals

Nyní se pokusíme zapojit zdroj skutečné elasticity do komory. Zdroj jej již hotov, nicméně chybí jeho ovládání – před každým beatem je nutné ho naplnit časem počátku následující systoly a její délkou.

Vytvořte si blok, který bude provádět výpočet srdečních intervalů. Bude opatřen jedním vstupem (*RealInput*) a dvěma výstupy (*DiscreteRealOutput*). Např. obrázek níže. HR je spojitá proměnná vyjadřující srdeční frekvenci. Na to musí bloček reagovat a neustále vypočítávat nové intervaly.



Obrázek 2: Ukázka možného vzhledu ikony HeartIntervals

- RealInput použijete ze standard Modelica Library
- DiscreteRealOutput vyrobíte z RealOutput z Modelica Library. Zkopírujte (*duplicate*) si ho do svého projektu a duplikát pojmenujte. V textovém režimu pak v něm doplňte klíčové slovo *discrete* před slovo *output*.
 - (To znamená, že si vyrobíme bloček, který je stejný jako RealOutput, akorát že jeho proměnná není *Real*, ale *discrete Real* a umístíme si ho do našeho package)
- Legenda:
 - HR "Heart rate (beats/min)"
 - TSyst "delka systoly v sec"
 - T0(start=0) "delka systoly v sec"

Dále je nutné provést deklaraci těchto proměnných:

- `discrete Real TPulsePrev "delka predchoziho srdecního cyklu v sec";`
- `Boolean b;`
- `XXX TPulse;`

Jakého typu bude TPulse? Doplňte správně místo XXX

Nyní se dostáváme k sekci inicializačních rovnic, která bude mít 3 rovnice:

- `TPulse=60/HR;`
- `TPulsePrev=TPulse;`
- `TSyst=0.3*(TPulse^0.5);`

Poznámka: nastavení počáteční hodnoty v rovnicích v sekci *initial equation* je ekvivalentní použití přímo v deklaraci, např. `discrete Real TPulsePrev(start = TPulse)`.

Než se pustíme do rovnic, tedy sekce *equation*, je důležité pochopit rozdíl mezi *if* a *when*.

Opakování z minulé přednášky ☺

- If používáme k rozhodnutí, kterou ze dvou (i více) alternativ programu vykonat. Vždy se ale vykoná jen jedna alternativa či jedna cesta.
- When používáme k jednorázovému vykonání části programu nad jeho rámec. Pokud je tedy splněna podmínka, vykoná se „obsah“ v této části.

První rovnice pro booleovskou proměnnou **b** bude vyhodnocovat podmínku:

- `time-pre(T0)` je větší než `pre(TPulse)`

Její výsledek bude `true` nebo `false`. Proto jsme použili `DiscreteRealOutput` → abychom mohli získat hodnoty `T0` v předchozím stavu (`pre(T0)`). Pomocí operátoru `pre` rozlišujeme minulou a budoucí hodnotu (stále to jsou rovnice).

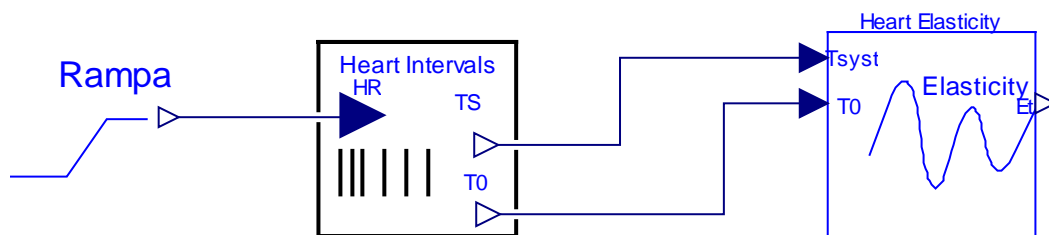
Co vrací `pre(TPulse)`? Odpověď uveďte do zprávy.

Nyní potřebujeme reagovat na událost, kdy dojde k přechodu proměnné **b** z `false` na `true` (z 0 na 1). Bude tedy **reagovat** pouze **na náběžnou hranu** proměnné **b** (čili použijete `if`, nebo `when`?). Viz číslicová technika a honění jedniček a nul... A pouze při této změně se vykonají tyto rovnice:

- `T0=time;`
- `TPulse = 60/HR;`
- `TPulsePrev=pre(TPulse);`
- `TSyst = 0.3*(pre(TPulse)^0.5);`

Použijeme `if` nebo `when`? Na co reaguje `when`? Jak bude vypadat podmínka? Dokážete popsat smysl operátorů `pre()`?

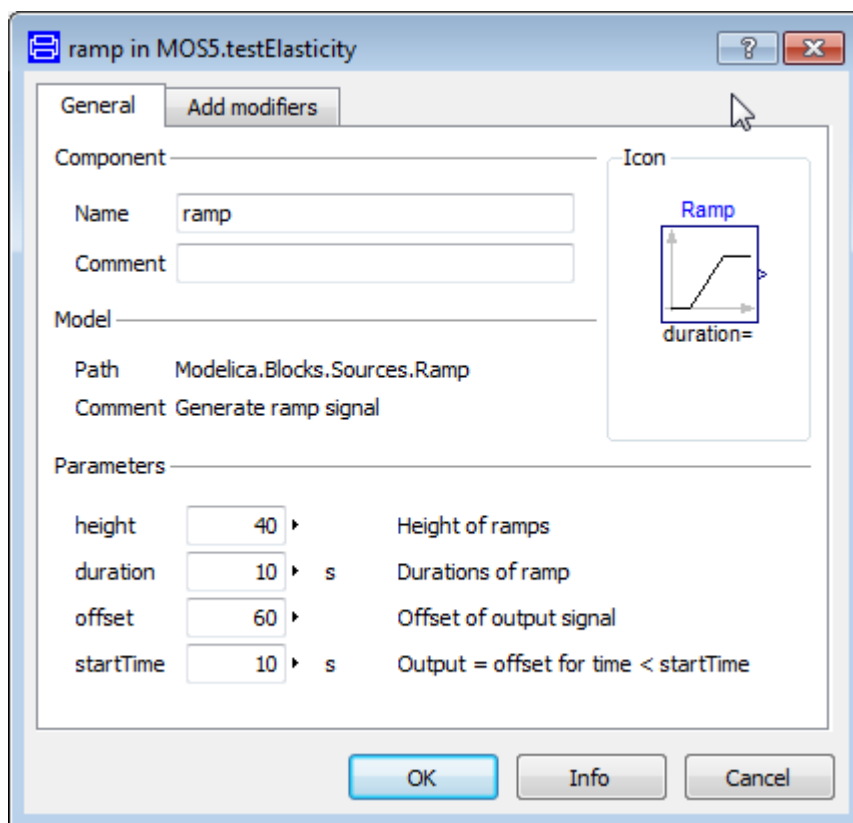
Blok je hotový a nyní jej zapojíme do systému.



Obrázek 3: TestHeartElasticity – před a po

Nezapomeňte na vstup vyrobeného bloku (`HR`) připojit zdroj rychlosti srdečního tepu. Budeme simulovat klidný tep 60 bpm, který se v 10 vteřině začne zvedat a ve 20 vteřině dosáhne 100 bpm, kde setrvá až do 30s.

Pro otestování můžete zpočátku použít konstantu, nebo rampu z `Modelica.Library`, pak bychom ale rádi viděli vlastní implementaci (zde použijete `if`, nebo `when`?) – pro upřesnění povinně.



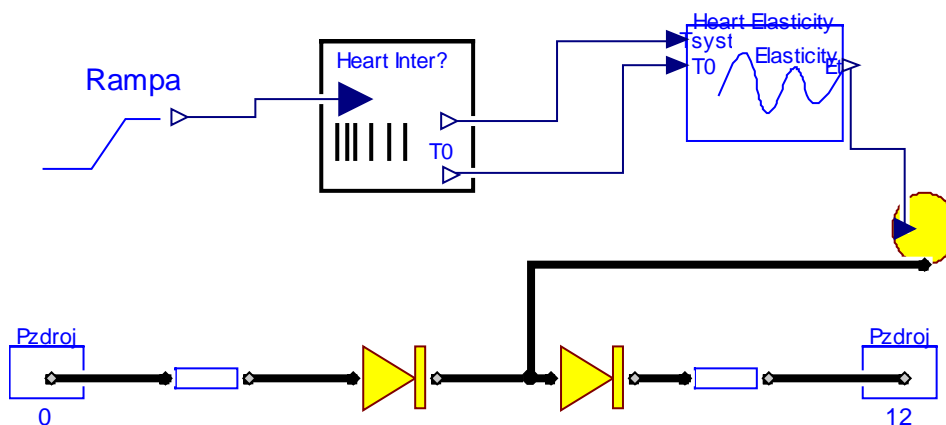
Obrázek 4: Parametry testovací rampy. Poté implementujte vlastní

Blok HR

Pomocí *if a time* si rozdělíte čas do intervalů 0, 10 a 20. V některých blocích bude hodnota konstantní, jinde bude určitou rychlostí (tu si spočtete, ať už předem, nebo dynamicky) stoupat (trik: místo derivace můžete použít znovu *time*, tentokrát ale jako hodnotu). Poté je opět fixována na určitou hodnotu.

Zapojení do obvodu

Nyní to všechno spojte dohromady, jako je na obrázku 4.



Obrázek 4: Finální diagram

Simulace

- Pozorujte průběhy v Elastický kompartment (d).
 - konkrétně elastanci. Čím je tento průběh omezen?
 - Objem. Okomentujte jeho průběh. Co když nastavím pExt na 1?
- Jak se mění proměnné ve zdrojích tlaku - Zdroj tlaku (a)?
- Jakým způsobem dochází k uzavírání a otevírání chlopní?
- Pozorujte vygenerovaný průtok a srovnajte tlaky a průtoky s realitou

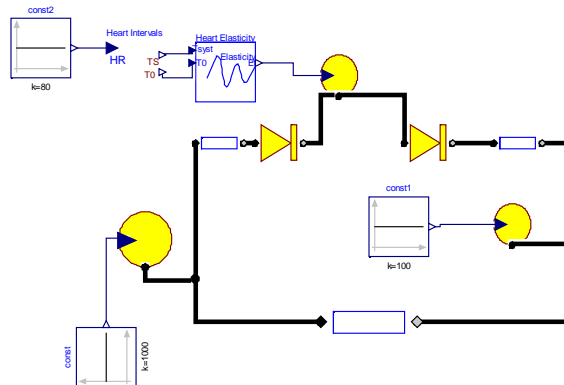
Pokud to není jasné..

ČTĚTE chybové hlášky – většinou se vám snaží něco sdělit!

Případnou potřebnou nápovědu můžete žádat na fóru, pokud myslíte, že to bude lépe probrat na konzultaci, obraťte se na filip.jezek@fel.cvut.cz.

Bonus (+1b)

1. Vytvořte model celého oběhového systému



Obrázek 5: Možné schéma nejjednoduššího modelu pulsatilního oběhu. Jako poddajnosti arterií (vpravo) a vén (vlevo) jsme použili objekt komora s naležitým vstupem elasticity.

2. Náležitě parametrizujte tak, aby venozní tlak byl cca kolem 4 mmHg (cca 500 Pa) a arteriální tlak se pohyboval kolem 100 mmHg (13 kPa). Nezapomeňte na initial Volume, systém nemá zdroj objemu, čili celkový objem se zachovává.
3. Prezентуйте průběhy arteriálního a žilního tlaku, diskutujte objevené závislosti.