**Srdce jako pumpa**

**Milan Poláček**

# Zadání

Do řešení ze cvičení implementujete blok zdroje elasticity a blok srdečních intervalů.

Vyzkoušíte si:

* Tvorbu vlastního diskrétního konektoru
* Použití when
* Použití if
* Logicky přemýšlet

## Podotázky z instrukcí k řešení

* Jakého typu bude TPulse?
* Co vrací pre(TPulse)?
* Použijeme v bloku Heart Intervals if nebo when? Na co reaguje when? Jak bude vypadat podmínka? Dokážete popsat smysl operátorů pre()?
* Použijeme v implementaci vlastního bloku Rampa if nebo when?

## Simulace

* Pozorujte průběhy v Elastický kompartment (d), konkrétně elastanci. Čím je tento průběh omezen?
* Jak se mění proměnné ve zdrojích tlaku - Zdroj tlaku (a)?
* Jakým způsobem dochází k uzavírání a otevírání chlopní?
* Pozorujte vygenerovaný průtok a srovnejte tlaky a průtoky s realitou

# Řešení

Za pomocí instrukcí ze zadání jsem implementoval Heart elasticity (dále jen HE), který má nahrazovat elasticitu srdce. Implementace tohoto bloku zahrnovala jeden výstup a dva vstupy typu Real. Na vstupu jsem dal dle poskytnutého obrázku T0 (čas počátku systoly v sekundách) a Tsyst (délka systoly v sekundách). Na výstup bloku HE jsem dal Et. Dále jsem implementoval rovnice v podmínkách if podle instrukcí ze zadání. Blok HE jsem doplnil ještě od dva parametry konkrétně systolickou a diastolickou elasticitu a přednastavil je dle zadání.

Poté jsem implementoval za pomocí instrukcí ze zadání blok Heart intervals (dále jen HI), který jsem dle doporučení ze zadání opatřil diskrétními výstupy (T0 a Tsyst) typu Real a vstupem HR (heart rate v úderech za minutu) také typu Real. Při deklaraci proměnných nám byla v instrukcích položena otázka, jakého typu bude proměnná TPulse, kdy jsem zvolil, že tato proměnná bude typu *discrete Real* (proč to je zdůvodněno dále v textu). Další otázkou, co bude v pre(TPulse). U řešení této otázky, ale není nutno modelovat, stačí využít znalost operátoru *pre*. Tento operátor nám zajišťuje rozlišení minulé a stávající hodnoty, ale má smysl jen u diskrétních proměnných. Detekci náběžné hrany jsem vyřešil metodou *edge*, která je součástí knihoven OpenModelica. Této metody využívám v podmínce příkazu *when*, v které se spustí tzv. podprogram při splnění této podmínky (konkrétně je detekována náběžná hrana).

Jako poslední blok jsem vytvářel blok Rampa, který jsem sestavil pomocí podmínek if, které jsem využil k nastavení výstupu v daných časových úsecích. Tyto podmínky obsahují laicky řečeno tři rovnice přímky, které jsem analyticky („logicky“) odvodil.

|  |
| --- |
|  |
| 1. Upravené schéma ze cvičení pro základní zadání |

## Simulace

Z pozorování výsledků ze simulací jsem zjistil, že elastance je ovlivněna systolickou a diastolickou elasticí.

Proměnné (konkrétně průtok) ve zdrojích tlaku se mění podle zvyšující se tepové frekvence, jak je vidět na grafu 2. Kdy je vidět, jak od 10 vteřiny začíná průtok klesat a od 20 vteřiny se ustálí.

K otevírání a uzavírání chlopní dochází na základě změn tlaku, který se odvíjí od objemu krve v komoře. Pokud je před chlopní vyšší tlak, než za chlopní dochází k otevření chlopní.

Z pozorování je vidět, že od klasické křivky tlaku chybí v simulované křivce tlaku tzv. dikrotický zářez. Křivka průtoku krve je dle pozorování hladší.

|  |
| --- |
|  |
| 1. Výsledný graf velikosti průtoku v čase. |
|  |
| 1. Průběh elasticity v čase |

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\Tlakkomora.png |
| 1. Průběh průtoku v čase v bloku Tlak 2 a objem komory v čase |

## Bonus

V grafu 6 můžete vidět tlak v arteriální (červenou linkou) části a tlak v žilní (modrou linkou) části.

Tlaky odpovídají přibližně reálnému měření. Když si vzpomeneme na měření rtuťovým tonometrem (předmět a6m31let), normální tlak v krevním řečišti byl 120 na 80 (mmHg), což odpovídá grafu 6. Tento tlak lze naměřit neinvazivně jen na arteriálním řečišti. Ve venózním řečišti je vidět lehce zvýšený venózní tlak (9,2 až 9,6 mmHg). Normální venózní tlak by se měl pohybovat mezi 2 až 8 mmHg. Venózní tlak lze měřit jen invazivně. Jeho zvýšení je patrně způsobeno zanedbáním rezistencí některých periferií, které v modelu nejsou zahrnuty.

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\schema bonus.png |
| 1. Schéma zapojení podle bonusové úlohy |

|  |
| --- |
| C:\Users\Milhouse\AppData\Local\Microsoft\Windows\INetCache\Content.Word\bonus.png |
| 1. Tlak v arteriálním a žilním oběhu při 100 bpm |

# Závěr

V úloze jsme využili již nabyté znalosti z jiných předmětů. Jako například měření tlaku nebo poznatky ze základů lidské fyziologie.

I přes trochu rozsáhlejší a komplikovanější zadání se mi podařilo prezentovat výsledky nejen ze základního zadání, ale i z bonusové úlohy, která se blížila nejvíce reálnému fyziologickému modelu krevního oběhu.