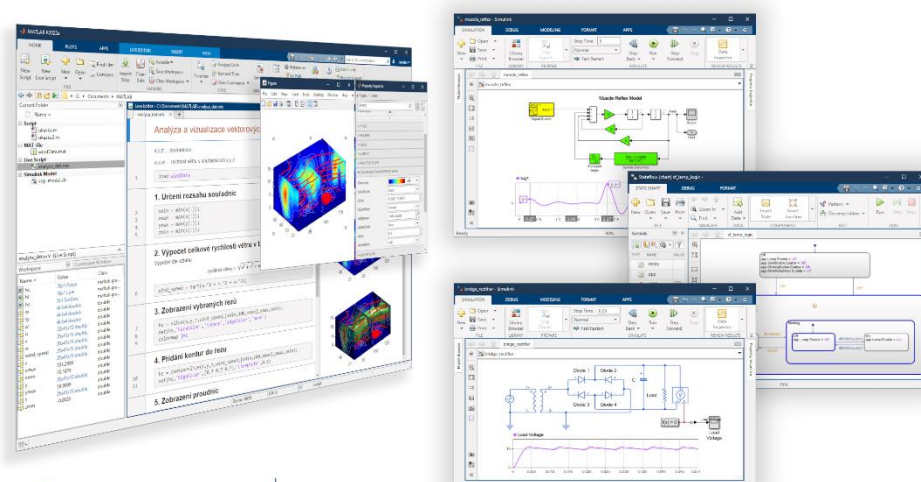


8.9.2022 Technical Computing Camp 2022

Virtuální vozidlo ve vývoji automobilových systémů a elektromobility



Jaroslav Jirkovský
jirkovsky@humusoft.cz

www.humusoft.cz
info@humusoft.cz

www.mathworks.com

Co je virtuální vozidlo?

- Funkční simulace chování vozidla



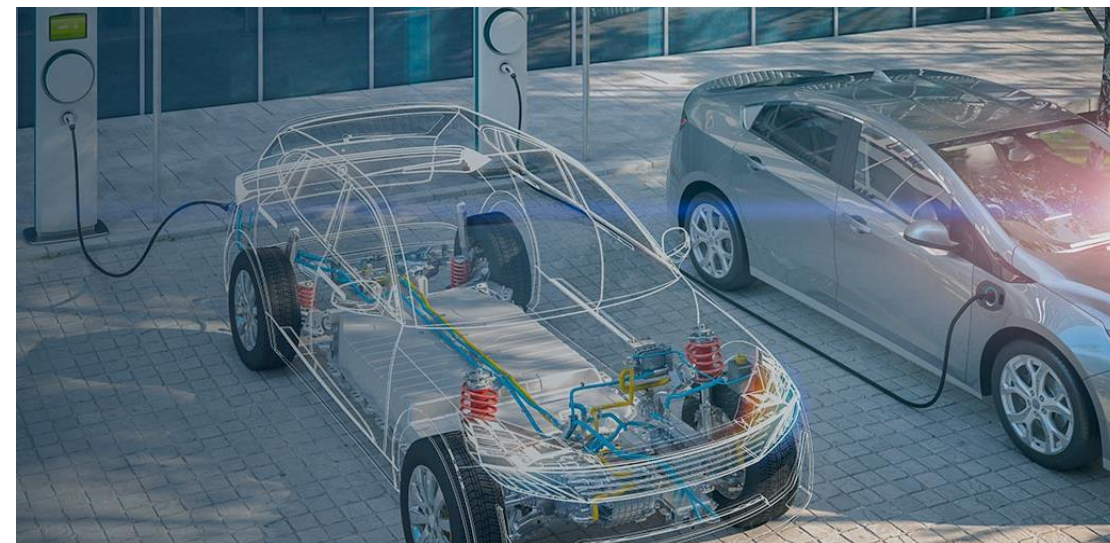
Tesla: využití metody Model-Based Design



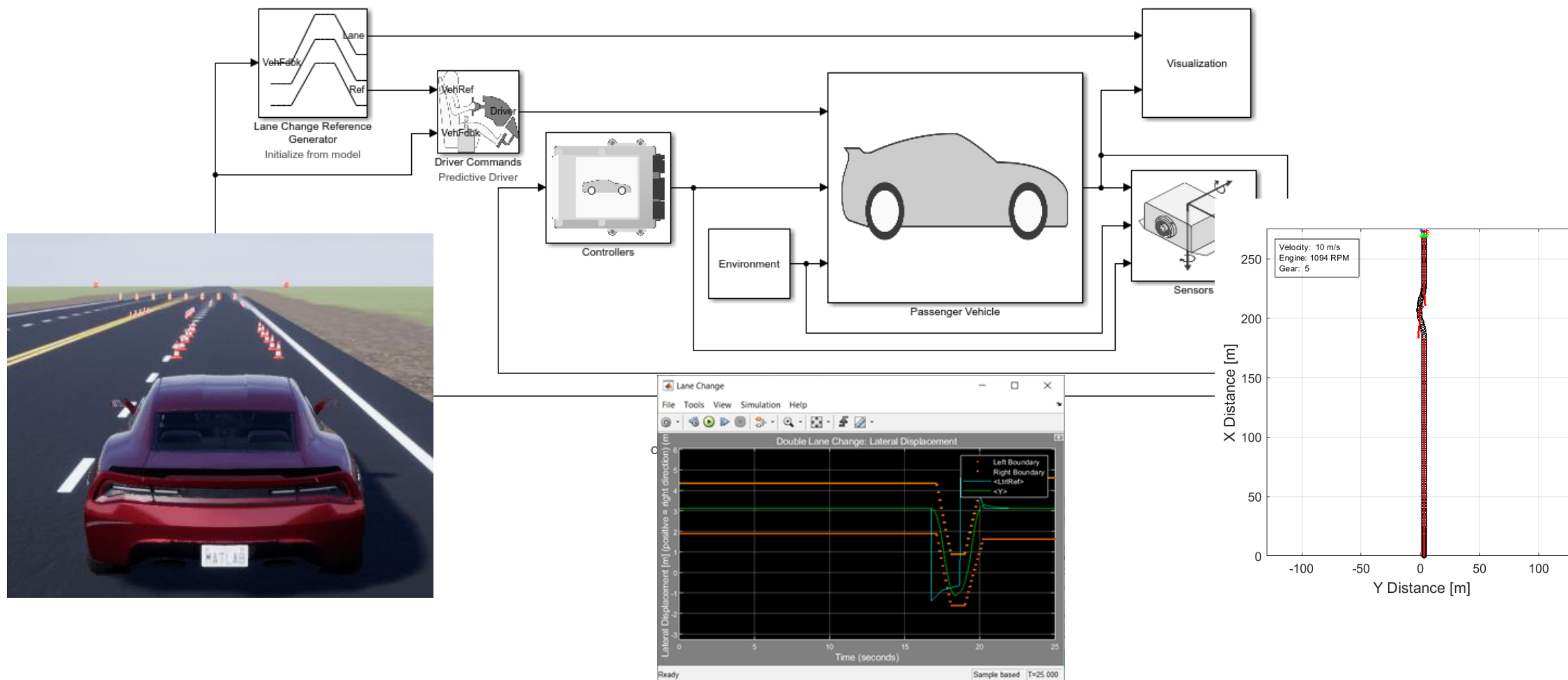
Ricardo: simulace pohodlí cestujících

K čemu se virtuální vozidlo využívá?

- Společnosti prohlubují využití virtualizace při vývoji systémů
 - vývoj založen na simulacích na systémové úrovni
 - použití fyzických prototypů pro potvrzení a konečnou validaci
 - zaměření na pohonné ústrojí, dynamiku vozidla a ADAS / AD
- Obvyklé otázky
 - integrace modelů fyzických komponent a software
 - přístup k modelům na „správné“ úrovni detailu napříč organizací
 - využití modelů uživateli, kteří nejsou specialisté na simulace



Ukázka: Stabilita při vybočení na různém povrchu vozovky



Úkoly při tvorbě a využití virtuálního vozidla

modelování vozidla

integrace software

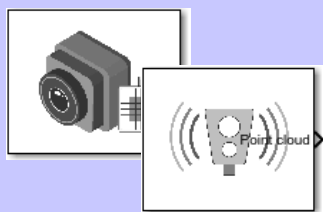
tvorba scénářů

simulace a analýza

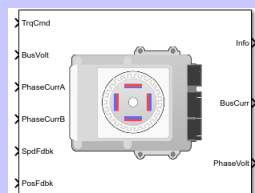
nasazení modelů

virtuální vozidlo

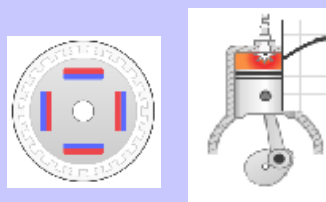
snímače



řídící systémy



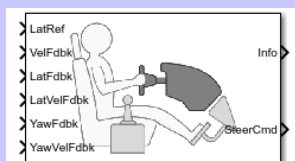
pohon



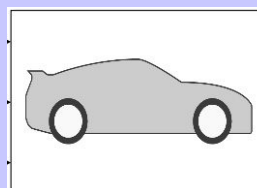
prostředí



řidič



vozidlo



Využití virtuálního vozidla pro testování integrace systémů v časných etapách vývoje může ušetřit **čas / náklady**

Co je třeba řešit?

Úkoly při tvorbě a využití virtuálního vozidla

modelování vozidla

integrace software

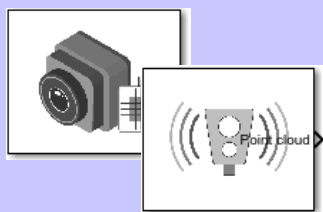
tvorba scénářů

simulace a analýza

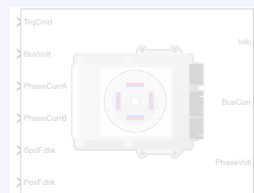
nasazení modelů

virtuální vozidlo

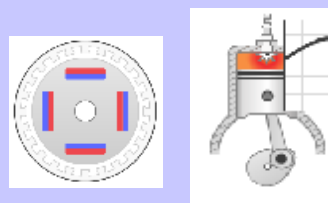
snímače



řídící systémy



pohon



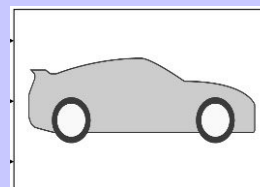
prostředí



řidič



vozidlo



- dostupnost modelu vozidla na systémové úrovni
- přístup k modelům komponent a senzorů na „správné“ úrovni detailů
- nastavení parametrů / kalibrace modelů

Úkoly při tvorbě a využití virtuálního vozidla

modelování vozidla

integrace software

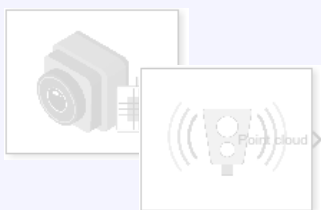
tvorba scénářů

simulace a analýza

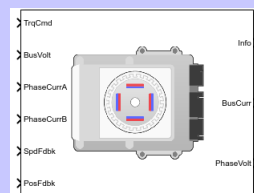
nasazení modelů

virtuální vozidlo

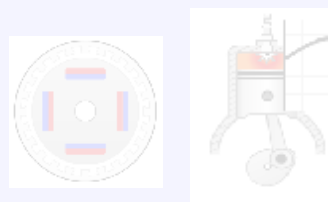
snímače



řídící systémy



pohon



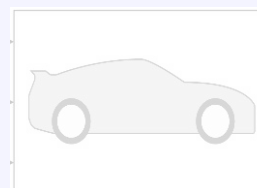
prostředí



řidič



vozidlo



- standardizace rozhraní a správy dat
- přístup k softwarovým komponentám různými týmy
- sestavení softwarových komponent z různých zdrojů

Úkoly při tvorbě a využití virtuálního vozidla

modelování vozidla

integrace software

tvorba scénářů

simulace a analýza

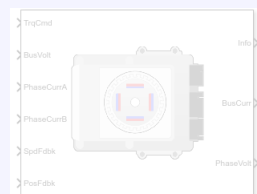
nasazení modelů

virtuální vozidlo

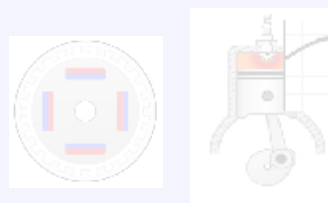
snímače



řídící systémy



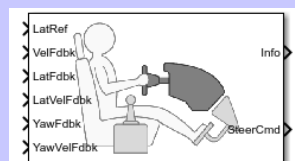
pohon



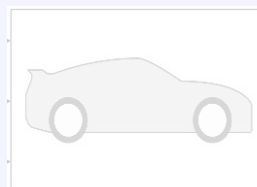
prostředí



řidič



vozidlo



- vytvoření virtuálního 3D prostředí
- definování scénářů pro testování
- provázání testovacích případů s požadavky

Úkoly při tvorbě a využití virtuálního vozidla

modelování vozidla

integrace software

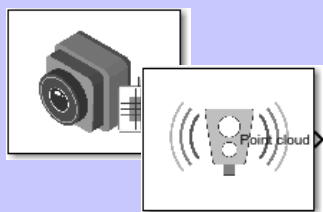
tvorba scénářů

simulace a analýza

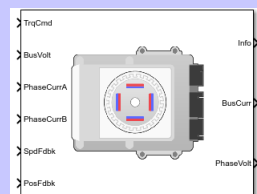
nasazení modelů

virtuální vozidlo

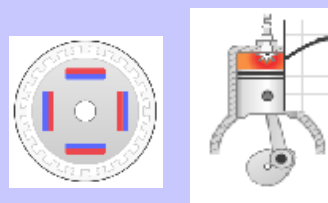
snímače



řídící systémy



pohon



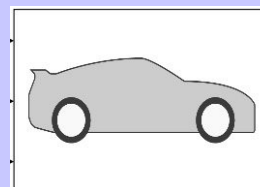
prostředí



řidič



vozidlo



- zpracování a vizualizace výsledků
- automatická tvorba reportů
- spouštění velkého množství simulací

Úkoly při tvorbě a využití virtuálního vozidla

modelování vozidla

integrace software

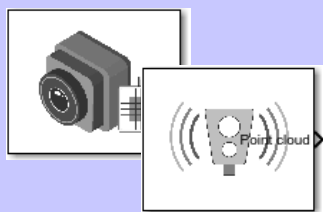
tvorba scénářů

simulace a analýza

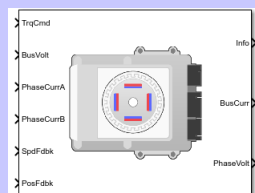
nasazení modelů

virtuální vozidlo

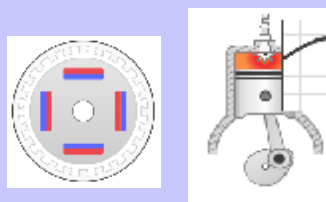
snímače



řídící systémy



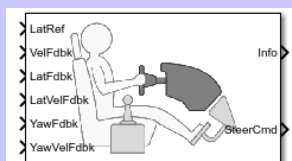
pohon



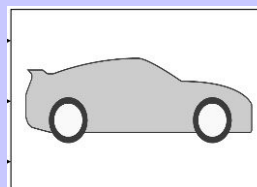
prostředí



řidič

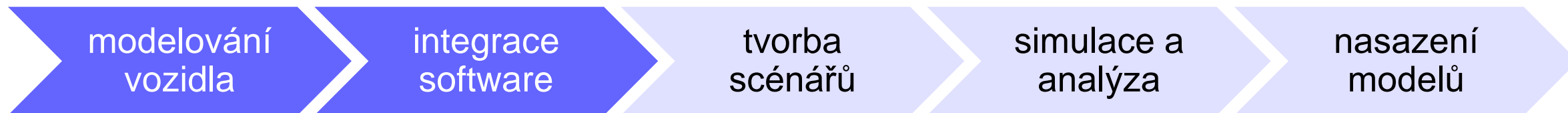


vozidlo



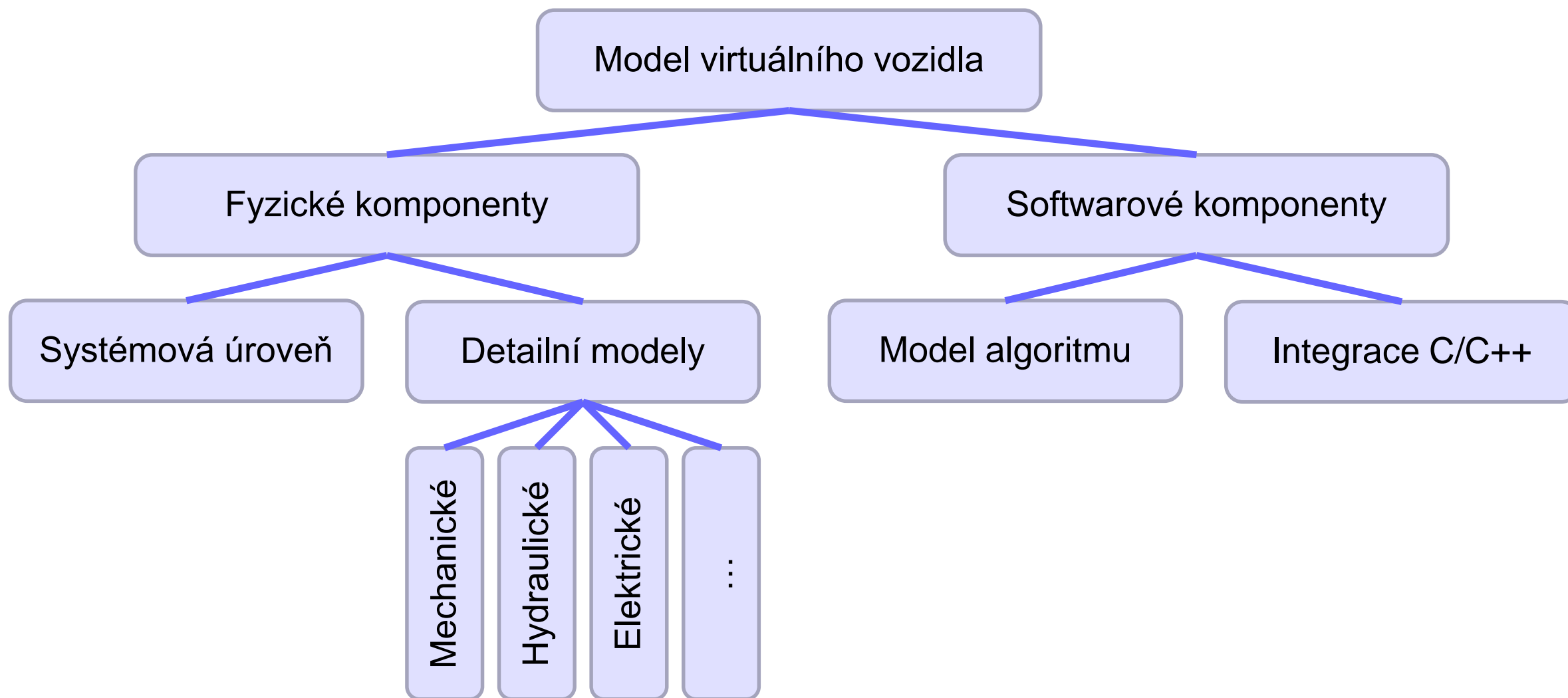
- sdílení modelů napříč organizací
- využití modelů uživateli, kteří nejsou odborníky na modelování a simulace
- nasazení modelů pro SIL, HIL, apod.

Tvorba virtuálního vozidla v prostředí MATLAB a Simulink

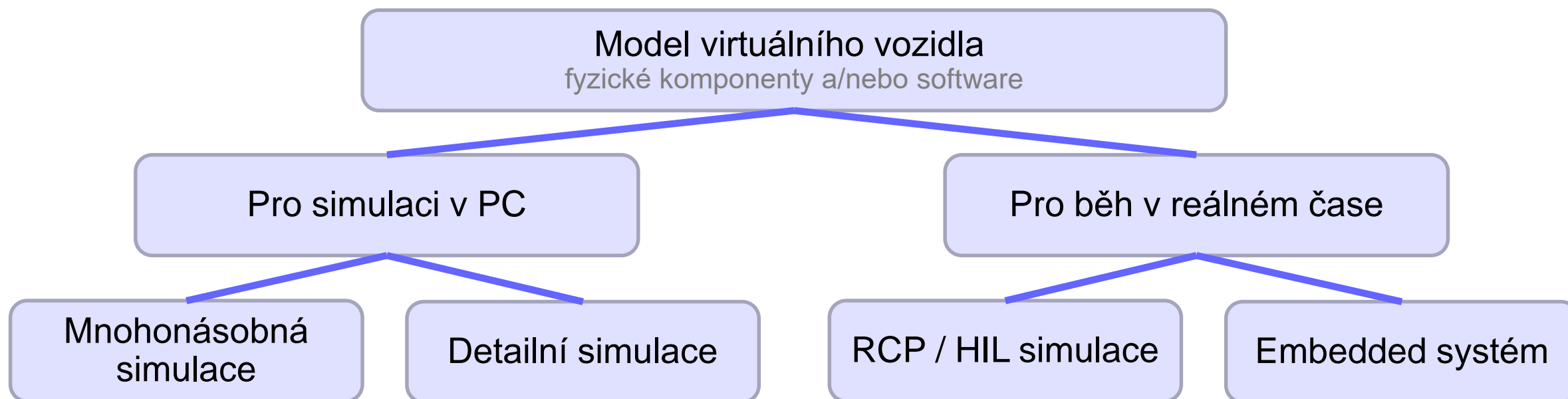


- Volba vhodného způsobu modelování závisí na různých faktorech
 - modelování vozidla z hlediska komponent, které budou modelovány
 - modelování vozidla z hlediska simulace a nasazení

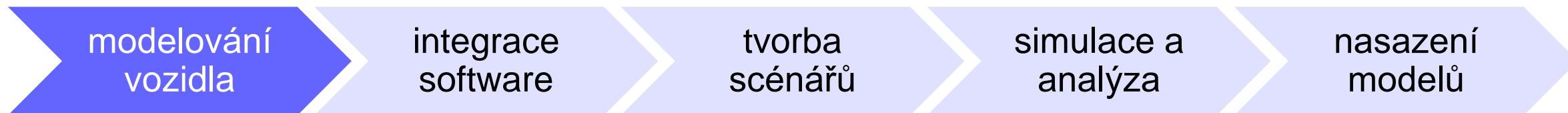
Modelování vozidla z hlediska komponent



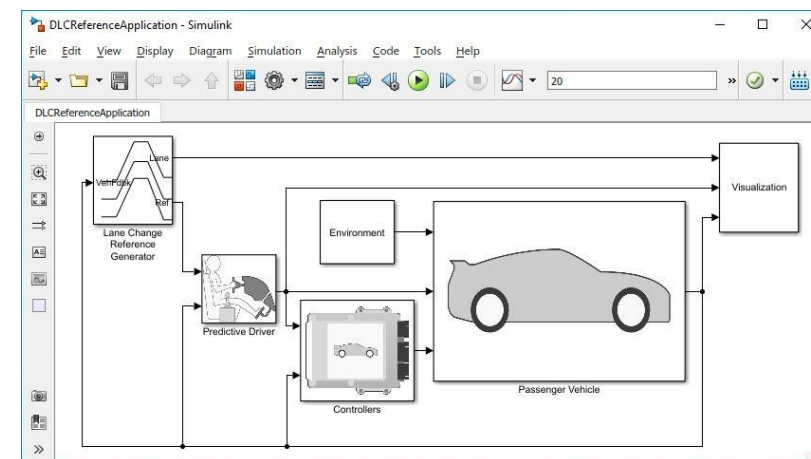
Modelování vozidla z hlediska simulace a nasazení



Tvorba virtuálního vozidla v prostředí MATLAB a Simulink



- Referenční aplikace
 - usnadní začátek s tvorbou modelu virtuálního vozidla
 - k dispozici jsou modely na úrovni systémů vozidla s různou úrovní detailu
 - pro pohonnou soustavu, dynamiku vozidla, ADAS a další aplikace
- Uživatelská úprava modelů
 - úprava nastavení
 - náhrada připravených komponent za vlastní prvky
- Modelování detailních komponent
 - Simulink, Simscape, ...



Tvorba virtuálního vozidla v prostředí MATLAB a Simulink

modelování vozidla

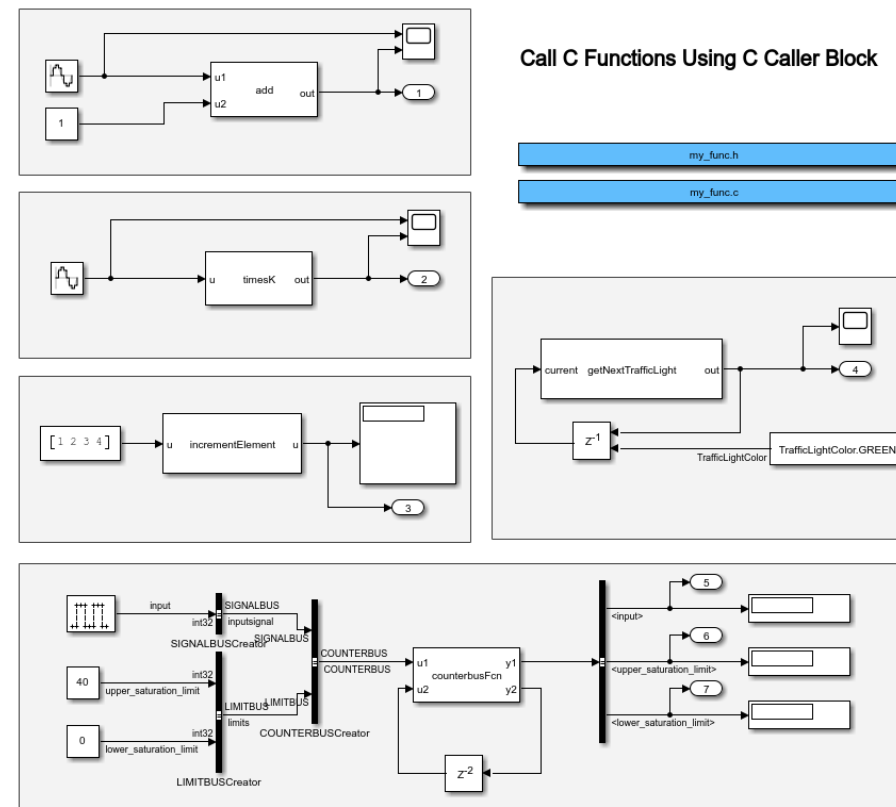
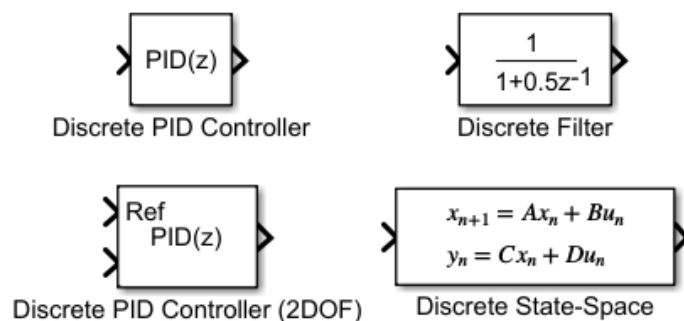
integrace software

tvorba scénářů

simulace a analýza

nasazení modelů

- Integrace s algoritmy pro řídicí systémy
 - z bloků Simulinku
 - jako s-funkce, FMU
- Integrace s kódem v jazyce C/C++



Tvorba virtuálního vozidla v prostředí MATLAB a Simulink

modelování
vozidla

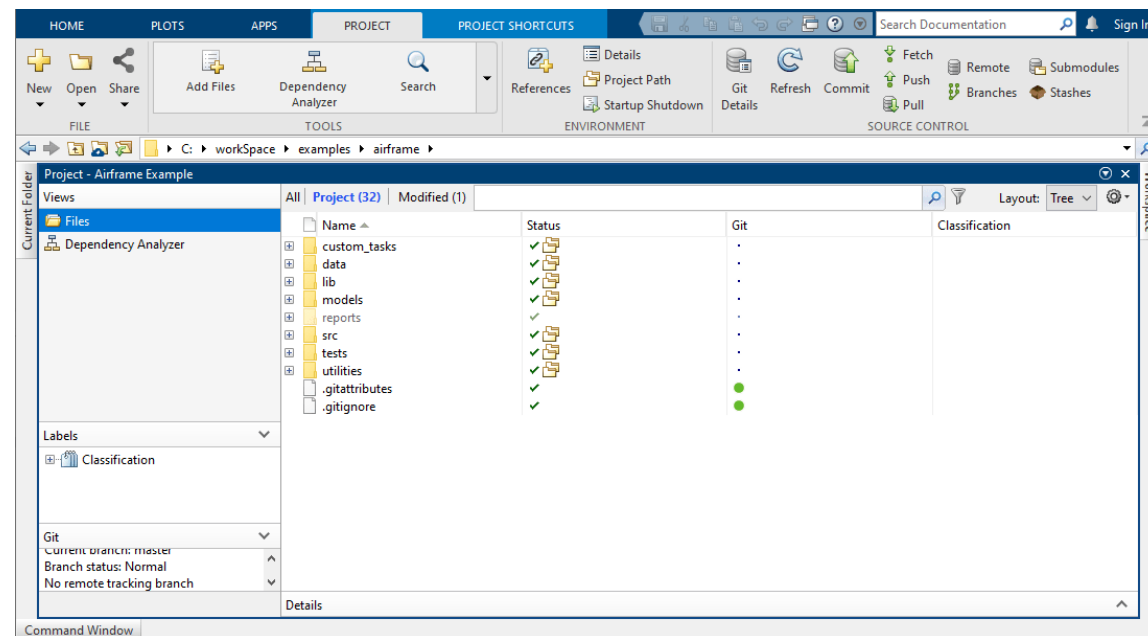
integrace
software

tvorba
scénářů

simulace a
analýza

nasazení
modelů

- Správa projektů
- MATLAB jako platforma pro:
 - spolupráci napříč týmy
 - sdílení souborů souvisejících projektů
 - správu verzí



Tvorba virtuálního vozidla v prostředí MATLAB a Simulink

modelování
vozidla

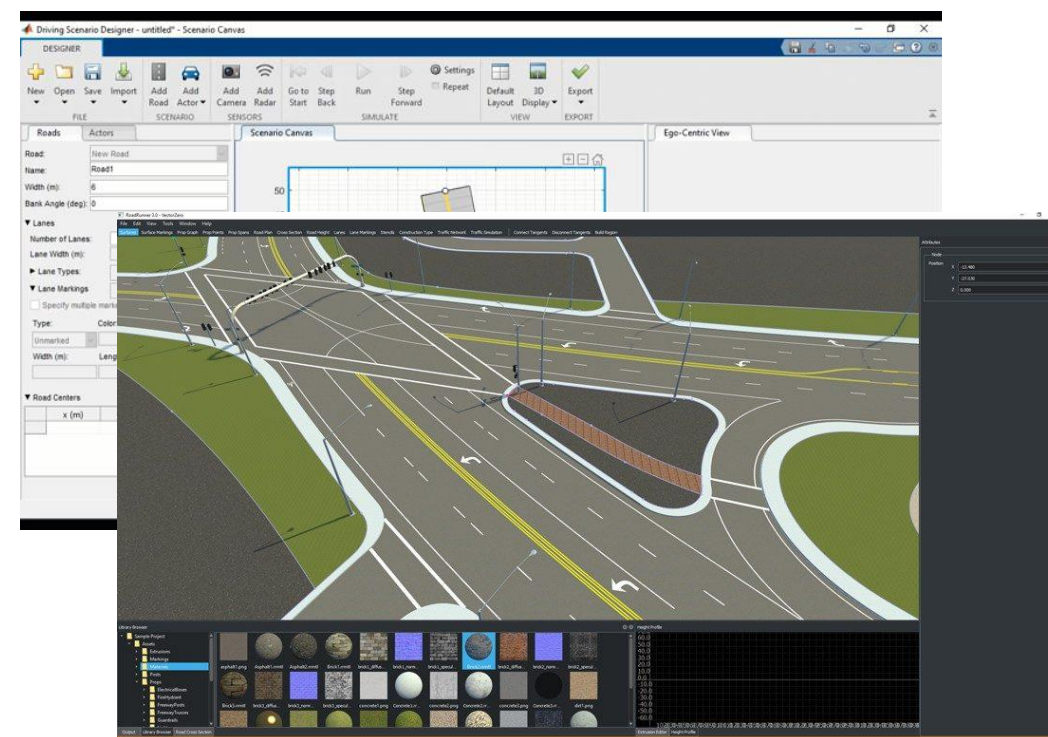
integrace
software

tvorba
scénářů

simulace a
analýza

nasazení
modelů

- Vytváření scénářů v grafickém prostředí
 - tvorba vozovky a značení
 - aktéři a trajektorie pohybu
 - rozměr aktérů a radarový průřez (RCS)
 - import z OpenDrive a HERE HD Live Map



Tvorba virtuálního vozidla v prostředí MATLAB a Simulink

modelování vozidla

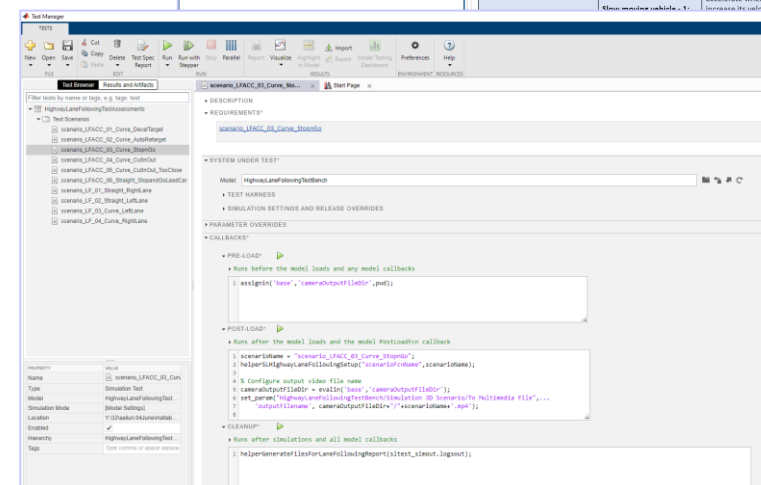
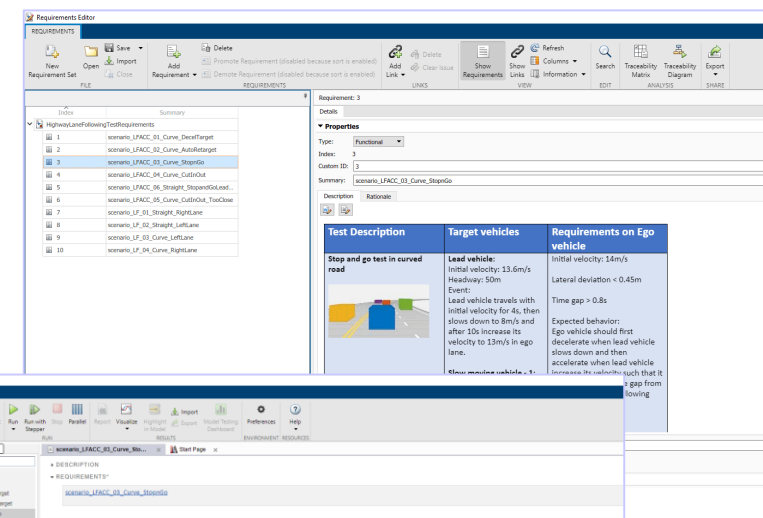
integrace software

tvorba scénářů

simulace a analýza

nasazení modelů

- Definice požadavků
- Nástroje pro V&V
 - zadání testovacích sekvencí pro spuštění simulací
 - definice požadavků pro tyto testy
 - definice šablon pro vlastní reporty



Tvorba virtuálního vozidla v prostředí MATLAB a Simulink

modelování vozidla

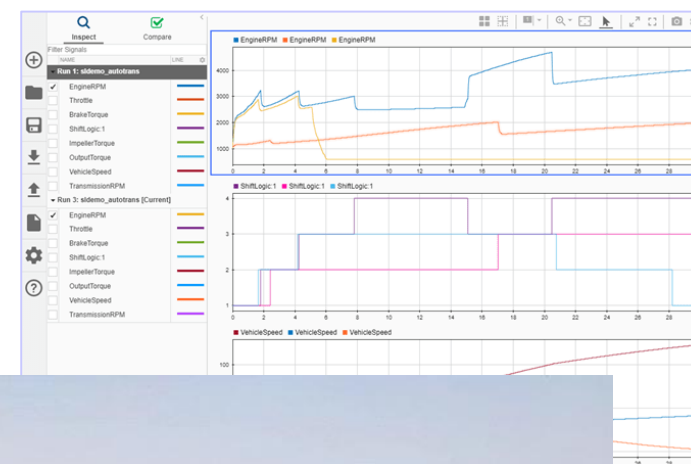
integrace software

tvorba scénářů

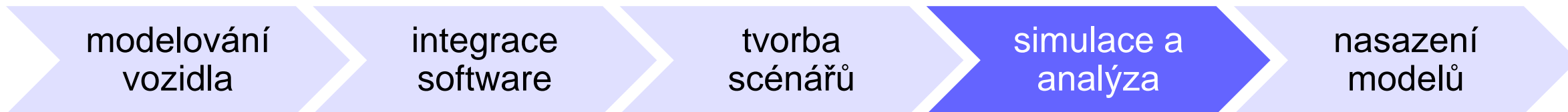
simulace a analýza

nasazení modelů

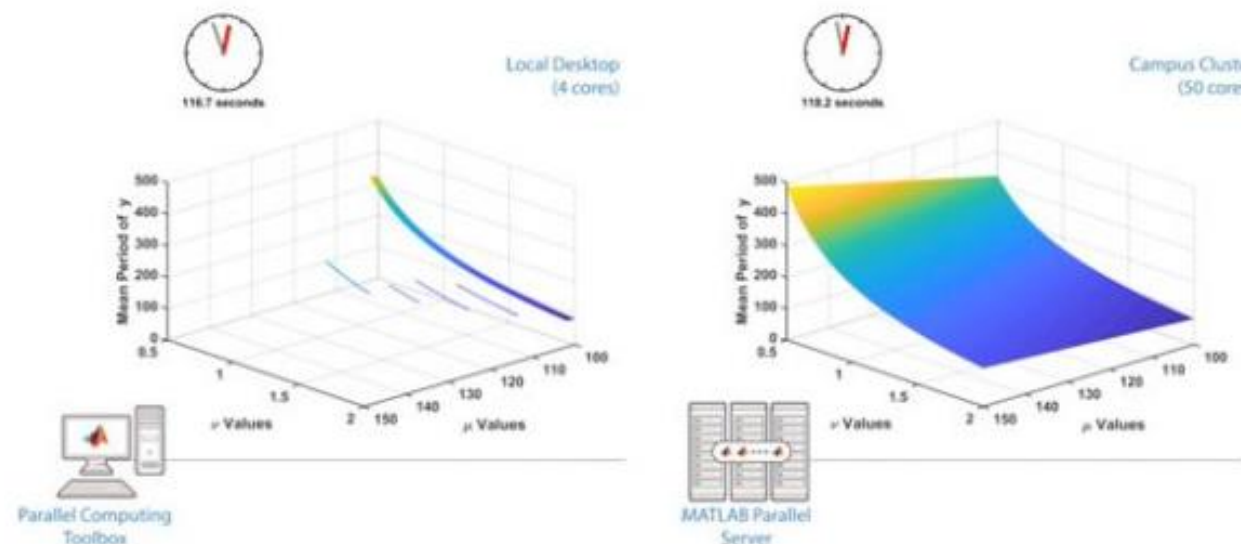
- Analýza výsledků simulací
 - Simulation Data Inspector pro interaktivní prohlížení simulačních dat
 - vizualizační prostředky MATLABu
- Live Script
 - uživatelsky přívětivé prostředí pro analýzu dat
- Automatická tvorba reportů
 - MATLAB/Simulink Report Generator



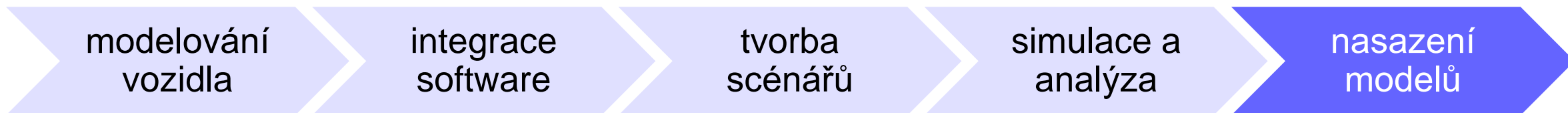
Tvorba virtuálního vozidla v prostředí MATLAB a Simulink



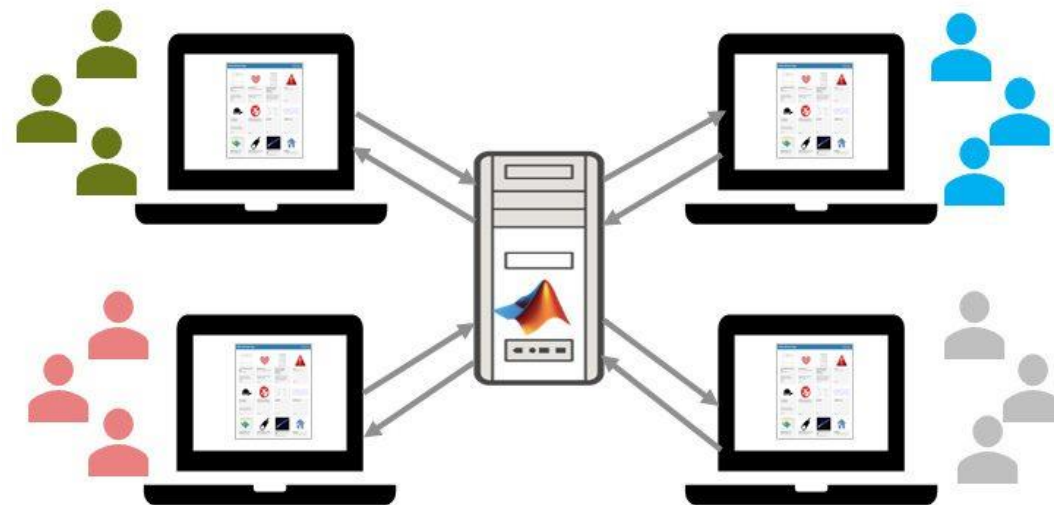
- Škálování výpočetního výkonu = spouštění simulací v rámci:
 - lokální více-jádrové stanice
 - GPU
 - výpočetního clusteru
 - cloudu
- Není třeba měnit modely či kód



Tvorba virtuálního vozidla v prostředí MATLAB a Simulink

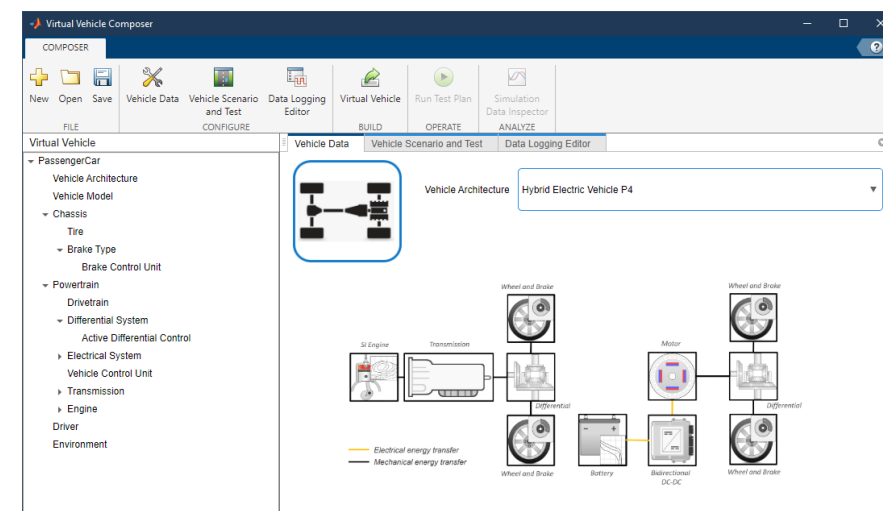
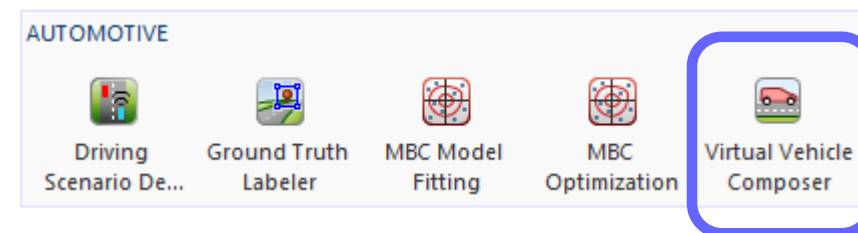


- Nasazení modelů do různých prostředí
 - vytvoření vlastního grafického rozhraní
 - nasazení modelů jako samostatně spustitelných aplikací, FMU nebo webových aplikací
- Generování kódu
 - SIL testování
 - RCP / HIL simulace v reálném čase
 - generování produkčního kódu



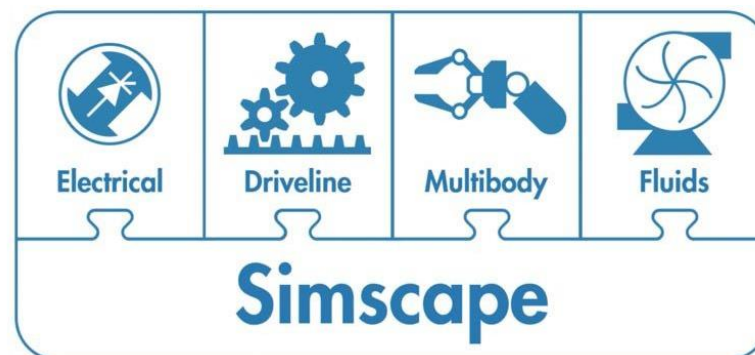
Ukázka: Model na systémové úrovni

- **Model pohonné jednotky a dynamiky vozidla na systémové úrovni**
- Sestavení referenční aplikace pomocí grafické aplikace
 - Virtual Vehicle Composer app umožní rychlou základní konfiguraci referenční aplikace
- Využívá knihovny připravených komponent
 - Powertrain Blockset, Vehicle Dynamics Blockset
- Využití
 - vhodné pro simulaci na PC
 - rychlé sestavení celé aplikace
 - možnost parametrizace a záměny komponent



Detailní modely komponent

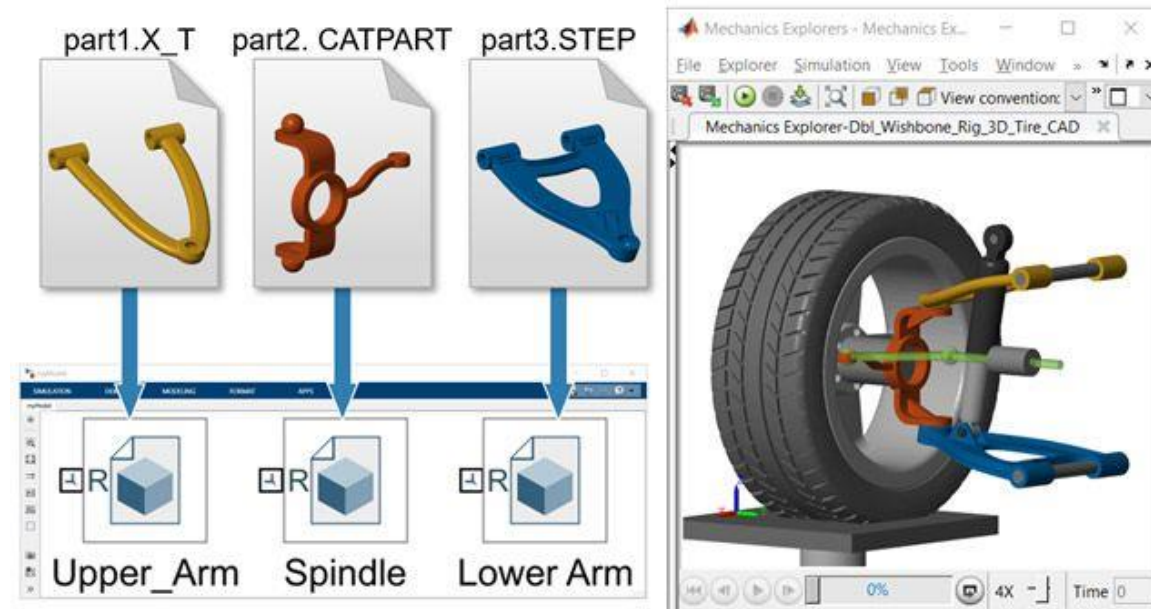
- Simulink – popis matematickými rovnicemi
 - vhodné pro simulaci na PC i pro simulace v reálném čase
 - spojité i diskrétní modely
- Simscape – platforma pro fyzikální modelování
 - připravené prvky z různých fyzikálních oblastí, skládání na základě fyzického uspořádání



- možnost definice vlastních prvků (Simscape Language)
- vhodné pro simulaci na PC

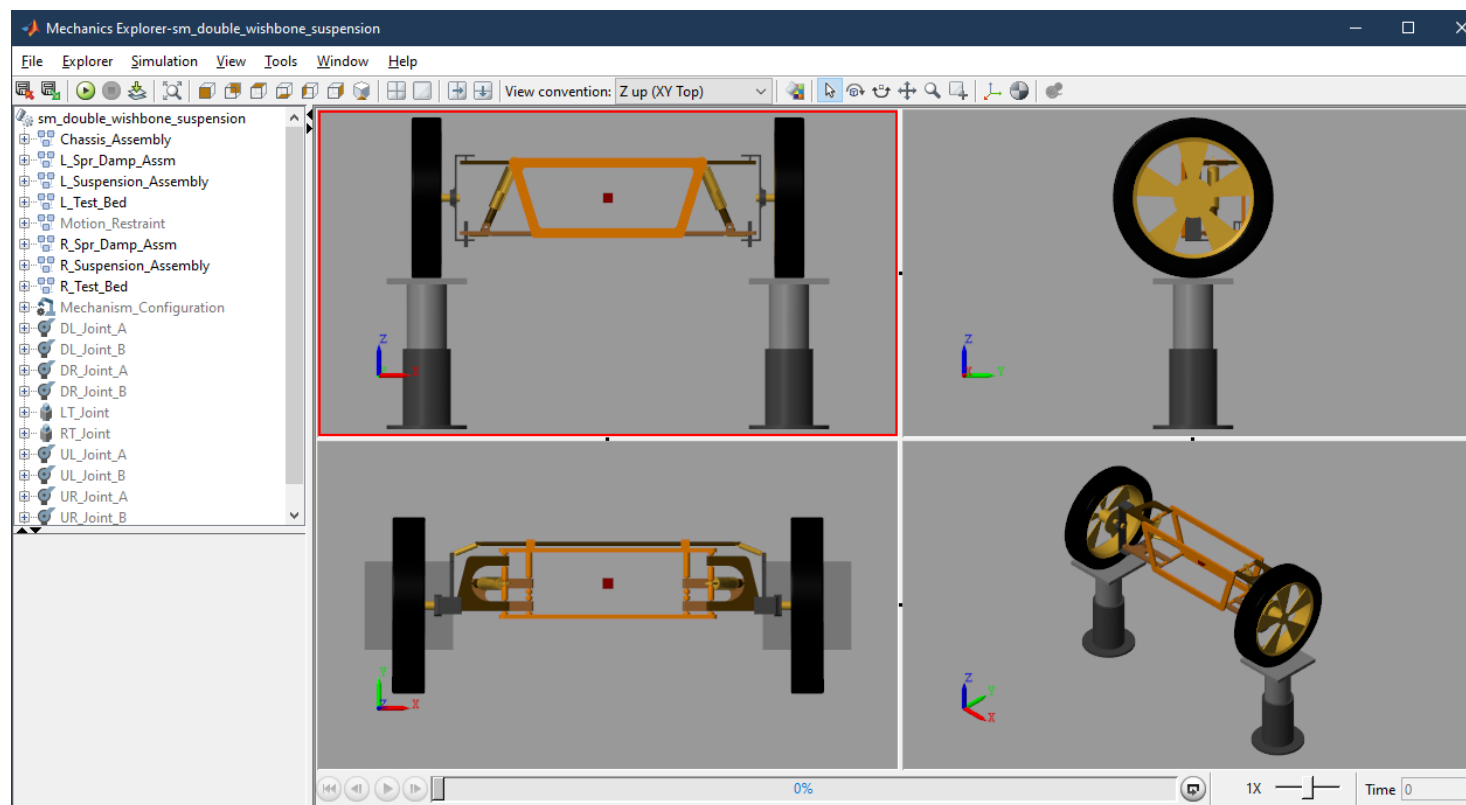
Využití Simscape v oblasti 3-D mechanických prvků

- Modelování mechanických prvků ve 3-D
 - multibody simulace
 - základní tělesa i definice vlastní geometrie, import z CAD
- Simulace pohybu systému
 - vzájemné působení těles, externí síly
 - simulace kontaktních sil a tření
- Typické komponenty a aplikace
 - modelování prvků karoserie a podvozku



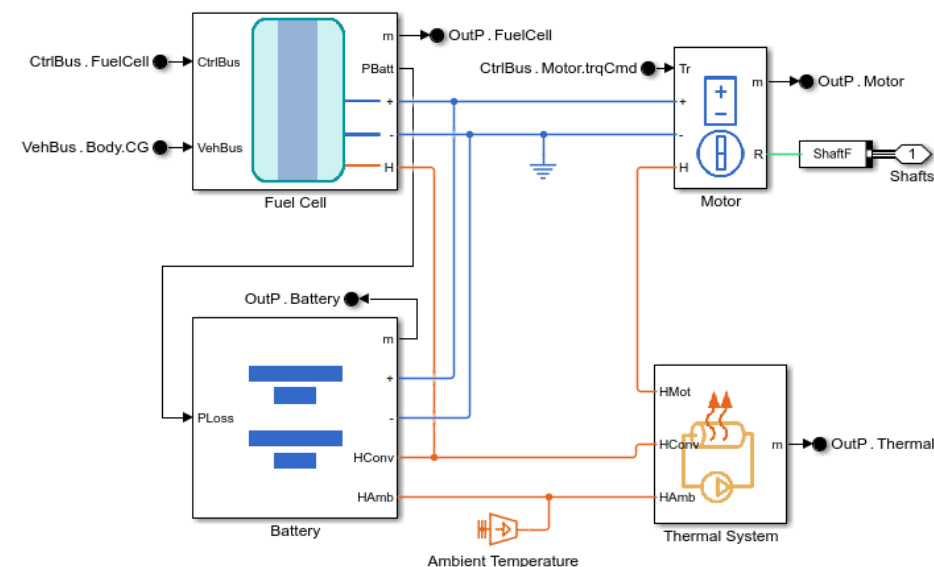
Ukázka: Modelování závěsu kola automobilu

- Model ve formě multibody simulace



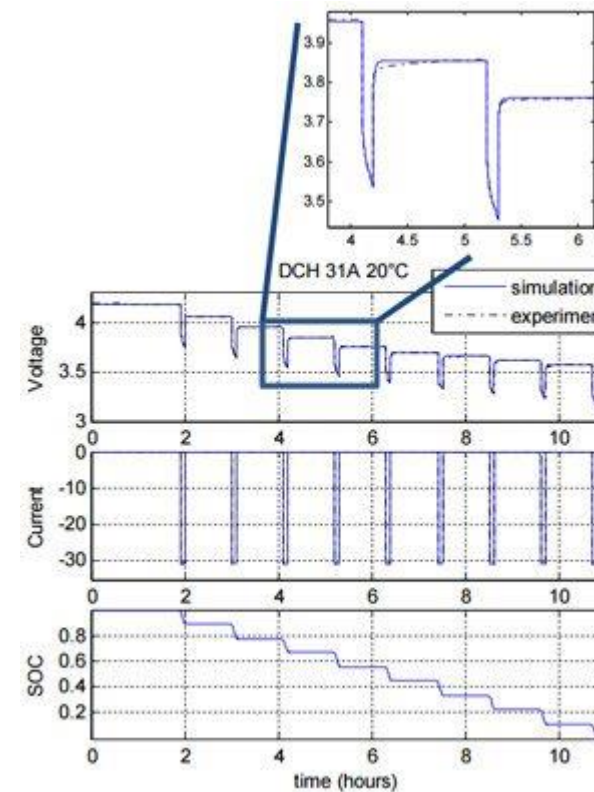
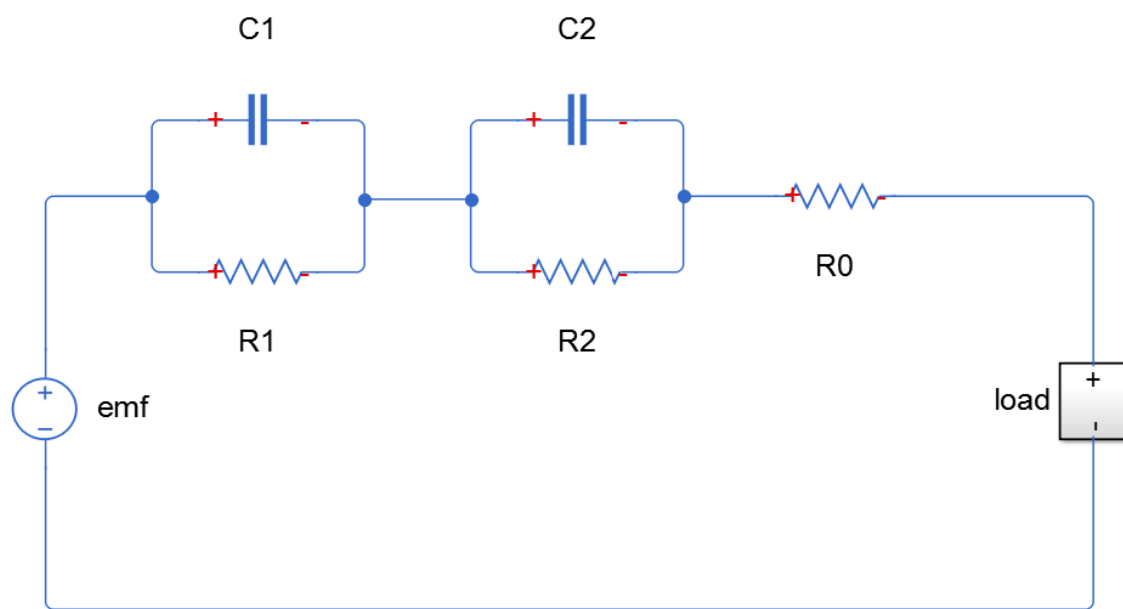
Využití Simscape v oblasti elektromobility

- Modelování elektromechanických prvků
 - zahrnutí termálních efektů
 - začlenění prvků do modelu virtuálního vozidla
- Typické komponenty a aplikace
 - baterie a BMS, palivové články
 - elektrické pohony a jejich řízení
 - výkonová elektronika



Modelování baterií

- Model ve formě ekvivalentního elektrického obvodu
- Odhad parametrů modelu aby chováním odpovídal reálné baterii (měření)
 - Simulink Design Optimization



Děkuji za pozornost