

# MODERN APPROACH TO EMBEDDED SOFTWARE DEVELOPMENT FOR ELECTRO-MECHANICAL SYSTEMS

**Jozef Šedivý**

Master Degree Programme (5), FEEC BUT

E-mail: xsediv06@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Blaha

E-mail: blahap@feec.vutbr.cz

**Abstract:** Aim of this text is to explain the benefits of model-based design as a tool of choice for system-level design of electro-mechanic systems. It uses common design environment for different engineering disciplines and simplifies the development process by simulation and automatic code generation. This method has been used at real target made from BLDC motor, gearbox and the torsion spring, which returns motor to initial position after power loss. As it turns out the successful use of model-based design may lead to economical and time-efficient approach in embedded software development.

**Keywords:** Model-based design, embedded systems, BLDC motor control

## 1. ÚVOD

V praxi sa tvorba softvéru pre embedded systémy začína vytvorením detailnej špecifikácie, ktorá zhŕňa požiadavky na funkcionálnu programovaného zariadenia. Samotná implementácia špecifikácie a neskoršia údržba kódu, sa obvykle vykonáva pomocou štandardných programovacích techník. Na zariadenie určené pre sériovú výrobu sú súčasne kladené prísne podmienky na cenu a to jak samotného vývoja, tak výroby. Preto je snaha už na začiatku zvoliť vhodný mikrokontrolér, ktorý by plne vyhovoval týmto podmienkam. Počas vývoja môže dochádzať k miernym úpravám špecifikácie. Nezriedka sa ale ukáže, že niektoré stanovené vlastnosti zariadenia nespĺňa, prípadne ich ani nemožno z rôznych dôvodov dosiahnuť. Či už z nedostatku pamäte, výpočtového výkonu, nedostatku periférií zvoleného mikrokontroléra, alebo nevhodným návrhom regulačných slučiek. Použitím techniky model-based design (MBD) sa dá viacerým týmto problémom vyhnúť, prípadne ich včas odhaliť.

## 2. MODEL BASED DESIGN

Model-based design (MBD) je technika, ktorá umožňuje rýchlejší a cenovo výhodnejší vývoj dynamických systémov, spolu s riadením, spracovaním signálov a komunikáciou. [1] Jedná sa o systémové modelovanie, kde hlavnou úlohou je vytvoriť model hlavných súčastí systému. Špecifikum elektromechanických systémov je v vzájomnej interakcii jednotlivých elektronických a mechanických súčastí. Matematicky popísať vzájomné väzby vyžaduje detailnú znalosť fyzikálnej podstaty jednotlivých dejov. Najviac, všetky reálne systémy sú nelineárne. Prejavujú sa tu napríklad hysterézie, trenia a rôzne teplotné efekty. Výhodou MBD je, že môžeme začať od jednoduchého modelu a postupne tvoriť komplexnejší model počas procesu vývoja. Model je tvorený jednotlivými funkčnými blokmi, obsahujúce vstupy a výstupy, ktoré spracovávajú, alebo generujú signály, úmerné reálnym fyzikálnym veličinám ako napätie, prúd, otáčky apod. Jedným z programov, ktorý podporuje túto techniku je Matlab/Simulink. Samotnú tvorbu modelu možno rozdeliť do nasledujúcich krokov:

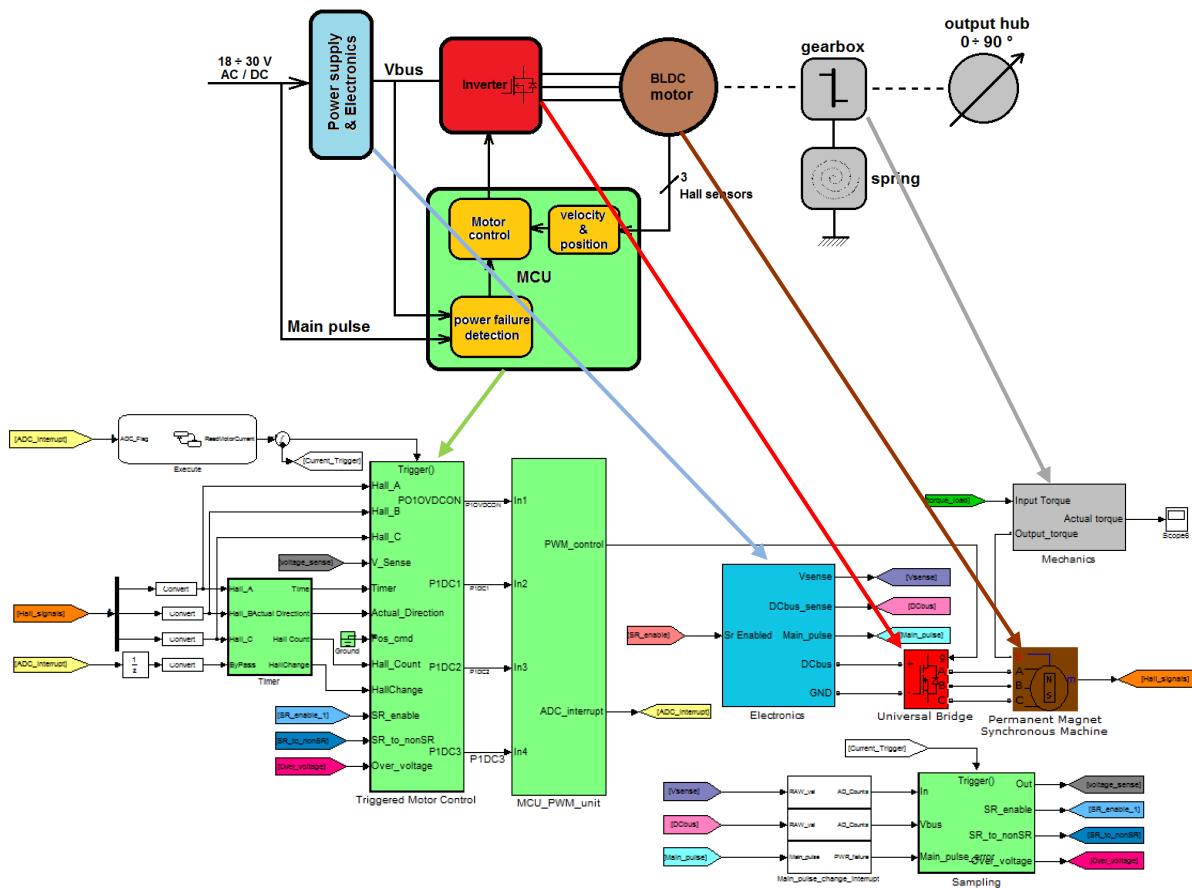
- Definovanie systémových požiadaviek

- Identifikovanie jednotlivých súčastí systému
- Modelovanie systému pomocou rovníc
- Vytvorenie jednotlivých funkčných blokov
- Simulácia
- Overenie výsledkov simulácie

Použitím toolboxov Simulink Coder a Embedded Coder možno automaticky generovať zdrojový kód, ktorý je optimalizovaný pre použitie v mikrokontrolérom riadených systémoch. Pre mikrokontroléry neobsahujúce FPU je možné generovať kód s použitím čísel s pevnou desatinnou čiarkou (fixed-point). Podľa [2], takto vytvorený kód je vykonávaný až o 30% rýchlejšie a zaberá menej miesta v pamäti, než ručne písaný kód.

### 3. PRAKTICKÁ IMPLEMENTÁCIA

Technika MBD bola použitá na vytvorenie bezpečnostnej funkcie pre elektrický servomotor. Do prevodového súkolia servomotora je pripojená torzná pružina, ktorá zabezpečuje návrat serva do počiatkovej polohy, v prípade výpadku napájania. V tomto stave krútiaci moment pružiny súčasne pôsobí na výstup serva a na hriadeľ motora, takže motor pracuje v generátorickom režime. Úlohou je včas detekovať výpadok napájania pomocou signálu Main pulse a regulovať návratovú rýchlosť motora tak, aby v momente dosiahnutia počiatkovej pozície nedošlo k nárazu, čím by hrozilo poškodenie prevodovky a iných súčastí servomotora.



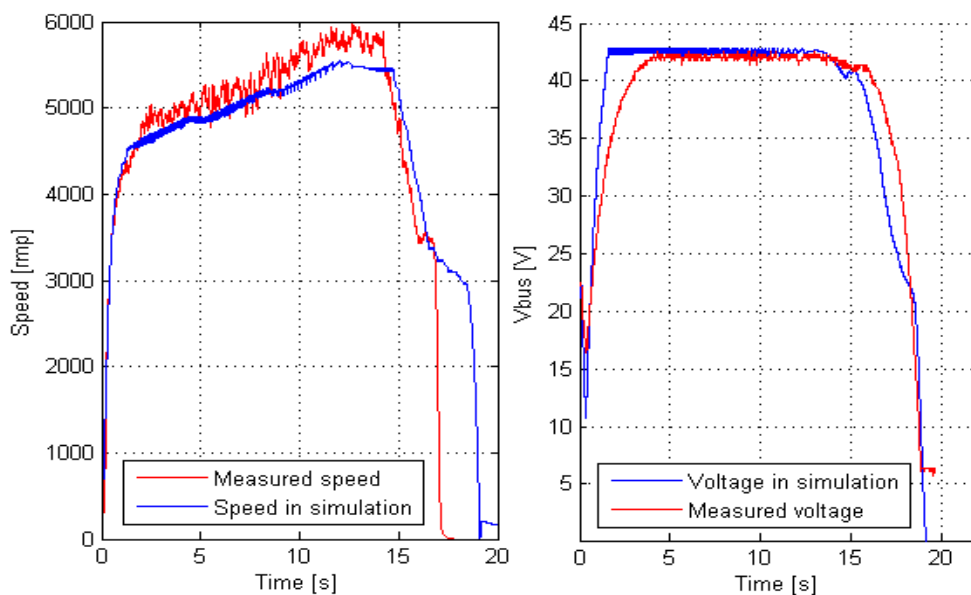
Obr. 1 Bloková schéma a model reálneho systému

V hornej časti Obr. 1 je zobrazená bloková schéma reálneho elektromechanického systému. V dolnej časti je vytvorený jeho simulačný model v prostredí Simulink, použitím toolboxu Simsca-

pe a štandardných blokov. Ako je možno vidieť, reálny model je principiálne zhodný s blokovou schémou. Zdrojový kód pre zvolený mikrokontrolér je generovaný z blokov Triggered Motor Control, Sampling a Timer. Výstupom z generátora kódu sú súbory, kde sú deklarované funkcie `Motor_Control_step()`, `Timer_step()` a `Sampling_step()` a hlavičkové súbory, v ktorých sú vo forme štruktúry definované vstupné a výstupné signály z jednotlivých blokov. V generovaných blokoch sú navrhnuté všetky požadované funkčné vlastnosti zariadenia. Ručné písanie kódu sa tak obmedzí na nastavenie jednotlivých periférií konkrétneho mikrokontroléra.

#### 4. PREZENTÁCIA VÝSLEDKOV

Vygenerované zdrojové súbory boli použité v aplikácii so signálovým procesorom rady dsPIC33. Nasledujúce obrázky zobrazujú skutočné priebehy rýchlosti motora a napätia na medziobvode spolu s priebehmi, ktoré sme dostali zo simulácie.



Obr. 2 Skutočné priebehy a priebehy so simulácie rýchlosti (vľavo) a napätia Vbus (vpravo)

#### 5. ZÁVER

V dnešnej dobe je počítačová podpora v procese vývoja zariadení prakticky nevyhnutná. Modelovanie a simulácia je neoddeliteľnou súčasťou pri vývoji dynamických systémov. Ako je ukázané, Model-based design je perspektívna technika na tvorbu programového vybavenia pre mikrokontroléry, riadiace elektro-mechanické systémy, ktorá umožňuje optimalizáciu a priamu implementáciu navrhnutých a odsimulovaných algoritmov do cieľového zariadenia, pričom vierohodnosť výsledkov simulácie závisí na miere dokonalosti samotného modelu. Použitím automatického generovania kódu sa výrazne skracuje čas potrebný na vývoj softvéru.

#### 6. REFERENCIE

- [1] Mathworks Inc. Model Based Design [online]. 2013 [cit. 2013-12-08]. Dostupné z: <http://www.mathworks.com/help/simulink/gs/model-based-design.html>
- [2] GINSBURG, Simon. Model-Based Design for Embedded Systems. [online]. 2008, č. 1 [cit. 2014-02-15]. Dostupné z: [http://www.embeddedcomputingconference.ch/download\\_sec/3B-Ginsburg.pdf](http://www.embeddedcomputingconference.ch/download_sec/3B-Ginsburg.pdf)