

Vložené řídicí systémy Pokročilé techniky návrhu ŘS

Pavel Balda
ZČU v Plzni, FAV, KKY

Osnova přednášky

- n Matlab Simulink, srovnání s FBD v IEC 61131-3
- n Real Time Workshop
- n Prototypová zařízení firmy dSpace
- n Technika Micro RexLib

2

Matlab Simulink

- n **Simulink** je software pro modelování simulací a analýzu dynamických systémů
- n Umožňuje práci s lineárními i nelineárními systémy
- n Simulace probíhá ve spojitém čase, diskrétním čase (s danou periodou vzorkování) nebo v kombinaci obou
- n Systémy se mohou skládat z částí aktualizovaných s různými periodami
- n Simulink může využívat silné matematické nástroj systému Matlab
- n Prostředí systému Simulink nabádá experimentování s modely: „Co se stane, když ... ?“
- n Existují i další nástroje, které lze kombinovat se Simulinkem:
 - n **SimMechanics** – simulace mechanických soustav
 - n **StateFlow** – simulace sekvenčních stavových automatů (podobné SFC)

3







Srovnání: IEC 61131-3 vs. Matlab

- n **Účel:**
 - n IEC 61131-3 je od svého vzniku normou pro standardizaci průmyslových aplikací řízení v reálném čase
 - n Matlab a jeho toolboxy byly původně nástroje pro technické výpočty offline.
 - n **Simulink** a **Stateflow** pracují v simulačním čase.
 - n V poslední době se masivně rozvíjí podpora řízení v reálném čase
 - n **Real-Time Workshop** (RTW) – generuje (a též optimalizuje) kód v jazyku C, který lze přeložit pro daný cílový hardware (samostatnou řídicí stanicí, desku se signálovými procesory, apod.)
 - n RTW je vhodný pro testování řídicích algoritmů (regulátorů) na prototypových zařízeních, tzv. technologie **Hardware-in-the-loop**
- n **Návrh:**
 - n V IEC 61131-3 kladen důraz na průmyslové požadavky, např. ošetření mezních stavů a selhání výpočtu funkcí a FB pomocí vstupů **EN** a výstupů **ENO**
 - n Algoritmy FB v Simulinku mají převážně akademický charakter, i když mohou být pokročilé, neřeší průmyslové požadavky a uživatel si je musí ošetřit velkým úsilím sám (např. vytvářením vlastních subsystémů s doplněnou logikou pro ošetření mezních situací)

4

Prototypová zařízení firmy dSpace

- n dSpace GmbH je špičková firma zabývající se vývojem HW i SW řídicích jednotek pro mechatronické systémy
- n Oblasti aplikací:
 - Automobilový průmysl
 - Letectví
 - Pohony
- n Hardware pro řídicí systémy

Single-Board Hardware  Kompaktní prototypové systémy s rychlými procesory a pokročilými vstupy/výstupy	RapidPro Hardware  Přizpůsobení signálů a výkonné pohony pro funkční prototypy
Modular Hardware  Výkonná platforma pro kompletní vývoj prototypů a jejich testování	Calibration Hardware  Modulární řešení úloh kalibrace a měření
MicroAutoBox Hardware  Kompaktní hardware pro testování pohonů a automobilů	Příslušenství  Konektory, panely, rozšiřující moduly pro testovací účely

9

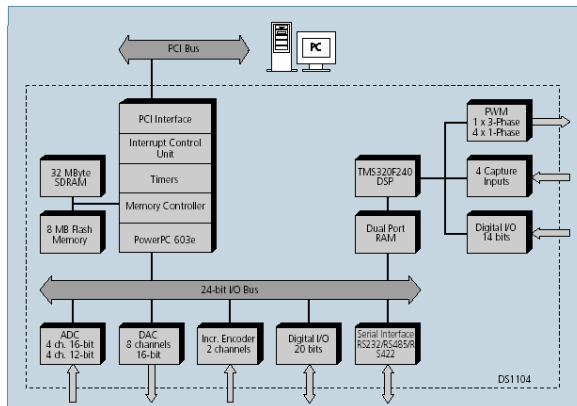
Jednotka dSpace DS1104

- n DS1104 R&D Controller Board
 - n R&D = Research and Development, do PCI slotu
 - n Plně grafické programování ze Simulinku/Stateflow
 - n Založeno na technologii Power PC (PPC 603E)
- n Vstupy a výstupy
 - n Časovače: 4 obecné, 1 pro periodu vzorkování, 1 časová základna
 - n A/D převodníky: 4 16 bitové multiplexované AI (2 us), 4 12 bitové paralelní AI (800 ns)
 - n D/A převodníky: 8 16 bitových AO
 - n Digitální I/O: 20 paralelních konfigurovatelných I/O
 - n Inkrementální převodníky: 2 kanály, 24 bit
 - n Sířková modulace pomocí signálového procesoru (DSP)
- n Zařazení do Matlab-Simulink
 - n Pomocí funkčních bloků z knihovny **Real-Time Interface** firmy dSpace



10

DS1104 – Blokové schéma



11

Micro Rexlib - Úvod

- n Trvalé zlevňování mikroprocesorů, mikrokontrolérů a signálových procesorů
- n => Stále více strojů a zařízení je vybavováno počítačovými řídicími systémy
- n Důraz kladen na dva zdánlivě si odporující faktory:
 - n **Kvalita** řídicího systému
 - n **Rychlost** vývoje
- n => Potřebnost nových vývojových nástrojů
- n Jedním z nich je Real-Time Workshop
- n Naš přístup je podobný, generuje zdrojový kód ze schémat složených z funkčních bloků knihovny **RexLib**
- n Technika je nazvána **Micro RexLib**, zkráceně **MReXLib**

12

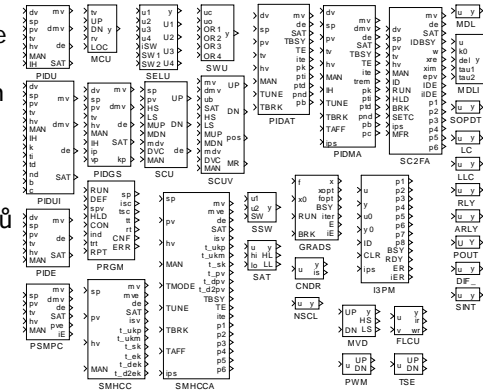
Vlastnosti techniky Micro RexLib

- n Grafický návrh řídicích systémů
- n Využití funkčních bloků z knihovny RexLib
- n Kompatibilita se simulačním systémem Matlab-Simulink
- n Automatická konverze navržených algoritmů do zdrojového kódu **jazyka C**
- n Překlad algoritmů v rámci programového vybavení cílového zařízení

13

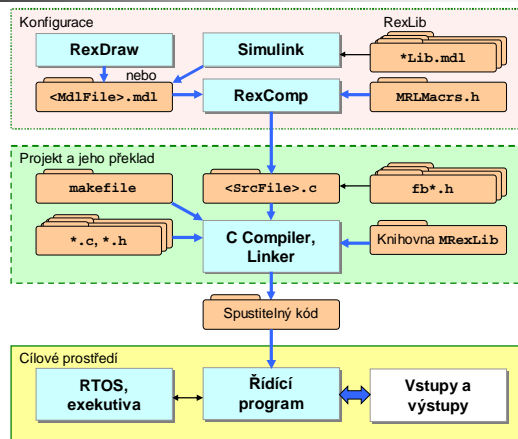
Podknihovna RegLib knihovny RexLib

- n **RexLib** – obsahuje více než 130 různých funkčních bloků (FB)
- n **Reglib** – podknihovna bloků pro průmyslovou regulaci



14

Architektura aplikací Micro RexLib



15

Micro RexLib podrobněji

- n Generována pro různé cílové platformy překladači jazyka C
- n **MRexLib.???** – statická knihovna s algoritmy funkčních bloků pro danou cílovou platformu
- n **MRLMacrs.h** – předdefinovaná makra pro automatickou konverzi ze souborů **.mdl** do souborů **.c**
- n **fb*.h** – hlavičkové soubory jednotlivých FB, např. bloku PIDU odpovídá soubor **fbPIDU.h**
- n **BlkMacrs.h** – hlavičkový soubor s makry používanými v kódu FB
- n **BlkSizes.h** – hlavičkový soubor s definicemi pracovních polí a bufferů jednotlivých FB

16

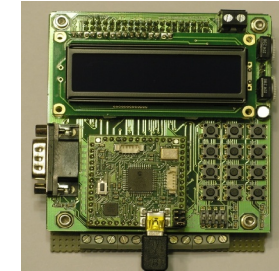
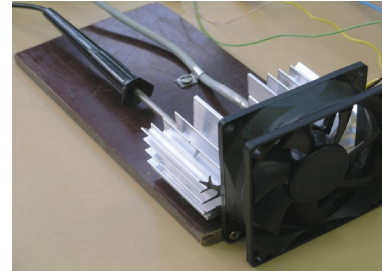
Automaticky vygenerovaný kód

- Úvodní direktivy `#include` pro soubory `BlkMacrs.h`, `BlkSizes.h` a `AppMacrs.h` (uživatelská makra aplikace)
- Direktivy `#include` souborů `fb*.h` všech použitých bloků
- Definice datových struktur instancí všech použitých bloků
- Funkce `InitControlAlgorithm()` – inicializace datových struktur všech použitých FB, nastavení parametrů a periody vzorkování FB, volání inicializační funkce FB
- Funkce `MainControlAlgorithm()` – nastavení vstupů a zavolání výpočetní funkce všech FB. Volání vstupních/výstupních funkcí pro bloky připojené ke vstupům/výstupům
- Funkce `ExitControlAlgorithm()` – ukončovací funkce všech použitých bloků (nemusí být použita)
- Pořadí volání funkcí jednotlivých bloků je určeno překladačem RexComp a je shodné s pořadím volání bloků v ŘS REX

17

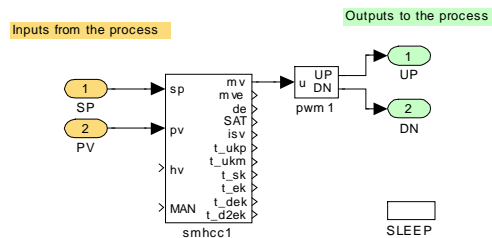
Příklad použití knihovny MRexLib

- Řízení teploty systému s topením a chlazením modulem `ICM4011` firmy Ingenia



18

Grafická konfigurace ŘS příkladu



- `smhcc1` – blok regulátoru teploty s klouzavým režimem `SMHCC` (Sliding Mode Heating-Cooling Controller)
- `pwm1` – blok šířkové modulace `PWM` (Pulse Width Modulation)
- `SLEEP` – blok určující periodu spouštění konfigurace
- `SP`, `PV` – vstupy řídicího systému
- `UP`, `DN` – šířkově modulované výstupy

19

Automaticky vygenerovaný kód

```
#include "BlkMacrs.h"
#include "BlkSizes.h"
#include "AppMacrs.h"
#include "fbsMHCC.h"
#include "fbPWM.h"

ds_SMHCC smhcc1;
ds_PWM pwm1;

memset(&pwm1,0x00,sizeof(pwm1));
pwm1._pertime=2;
pwm1._dtime=0.01;
pwm1._btime=0.01;
pwm1._offtime=0.01;
pwm1._asyfac=1;
pwm1._SYNCH=0;
pwm1._Ts = 0.1f;
init_PWM(&pwm1);

int InitControlAlgorithm()
{
    memset(&smhcc1,0x00,sizeof(smhcc1));
    smhcc1._ipwmc=50;
    smhcc1._ksi=0.8;
    smhcc1._cm=0.04;
    smhcc1._taup=60;
    smhcc1._taum=20;
    smhcc1._beta=0.1;
    smhcc1._hilim_p=1;
    smhcc1._hilim_m=1;
    smhcc1._u0_p=1;
    smhcc1._u0_m=1;
    smhcc1._sp_dif=5;
    smhcc1._tauf=0;
    smhcc1._Ts = 0.1f;
    init_SMHCC(&smhcc1);
}

int MainControlAlgorithm()
{
    smhcc1._sp=IN_MAIN_hcSMHCC_SP();
    smhcc1._pv=IN_MAIN_hcSMHCC_PV();
    main_SMHCC(&smhcc1);
    pwm1._u=smhcc1._mv;
    main_PWM(&pwm1);
    OUT_MAIN_hcSMHCC_UP(pwm1._UP);
    OUT_MAIN_hcSMHCC_DN(pwm1._DN);
}

int ExitControlAlgorithm()
{
    exit_SMHCC(&smhcc1);
    exit_PWM(&pwm1);
}
```

20

Ostatní kód projektu

- n Časování funkce `MainControlAlgorithm()`
- n Obsluha tlačítek na nosné desce, zadávání `SP`
- n Čtení regulované teploty `PV` pomocí A/D převodníku z čidla Pt100
- n Posílání výstupů `UP` a `DN` na relé ovládající topení a chlazení
- n Zobrazení `SP` a `PV` na dvouřádkovém displeji
- n Diagnostické výpisy na port USB

- n Celková velikost kódu: 8022 bajtů
- n Celková velikost dat: 552 bajtů
- n Přístup je vhodný i pro velmi „malé“ platformy

21

Micro RexLib – Shrnutí

- n Nová technika pro efektivní vytváření vložených řídicích systémů:
 - n Grafický návrh algoritmů složených z průmyslově orientovaných FB knihovny RexLib
 - n Možnost simulace v prostředí Matlab-Simulink
 - n Automatická generace kódu v jazyku C
 - n Začlenění algoritmu do projektu SW cílového ŘS

22