

První článek seriálu je věnován úvodu do problematiky návrhu časově kritických systémů, klasifikaci mezi odezev úloh a systémů RT a také základním pojmům a principům souvisejícím se specifikací a verifikací systémů RT. Při tvorbě článku byla upřednostněna ilustrativnost před teoreticky vyčerpávajícím obsahem, což platí o všech článcích seriálu.

Ve druhém článku jsou představeny základní pojmy související s modelem úloh RT a plánováním množin úloh RT. Je zdůrazněna klíčová role mechanismu přiřazování priorit, realizovaného v rámci plánovače, na chod systému RT.

Třetí článek je věnován základním mechanismům přiřazování priorit úlohám RT. Jsou představeny dva mechanismy statického (RM, DM) a dva mechanismy dynamického (EDF, LLF) přiřazování priorit, shrnuty jejich hlavní vlastnosti a naznačeny hlavní přednosti a nedostatky spojené s jejich použitím. Je ilustrováno, že mechanismy garantující plánovatelnost větší množiny úloh RT vedou k výpočetně náročnější konstrukci plánovačů. Jelikož volba vhodného mechanismu přiřazování priorit patří k nejdůležitějším úkolům návrháře systému RT, je nutné ji pečlivě zvážit. Z tohoto pohledu je nezbytné, aby návrháři časově kritických systémů měli dostatečný přehled v oblasti mechanismů přiřazování priorit – není možné spokojit se pouze se znalostí

mechanismů představených v tomto seriálu, ale je nutné studovat další mechanismy použitelné např. pro plánování závislých úloh, pro plánování při přetížení systému, pro plánování v síťovém či víceprocesorovém prostředí apod.

Závěrečný článek seriálu byl shrnující, s cílem zdůraznit vztah mezi tématy představenými v předchozích statích a naznačit základní problémy spojené s realizací systému RT. V seriálu bylo záměrně odkazováno pouze na produkty volně dostupné široké veřejnosti k nekomerčnímu využití (Uppaal, TimesTool, Cheddar,  $\mu$ C/OS-II) s tím záměrem, aby po přečtení jednotlivých článků seriálu měl každý možnost si vhodné produkty zdarma nainstalovat a vyzkoušet si s jejich použitím jednotlivé etapy návrhu systémů RT.

#### Poděkování

Článek vznikl za podpory výzkumného záměru MSM0021630528 *Výzkum informačních technologií z hlediska bezpečnosti* (agentura CEZ MŠMT) a projektu specifického výzkumu FIT-S-10-1 (VUT v Brně).

#### Literatura:

- [1] BEHRMANN, G. – DAVID, A. – LARSEN, K. G.: *A Tutorial on Uppaal*. In: *Formal Methods for the Design of Real-Time Systems*, 4<sup>th</sup> International School on Formal Methods

for the Design of Computer, Communication, and Software Systems. Springer-Verlag, 2004, pp. 200–236, LNCS 3185.

- [2] LABROSSE, J. J.: *MicroC/OS-II – The Real-Time Kernel*. CMP Books, 2002, 648 s., ISBN 978-1-57820-103-7.
- [3] SROVNAL, V.: *Operační systémy pro řízení v reálném čase*. VŠB TU, Ostrava, 2003, 218 s., ISBN 80-248-0503-0.
- [4] Micrium [online]. 2010 [cit. 2010-03-26]. Dokument dostupný z <<http://www.micrium.com>>.
- [5] STRNADEL, J.: *Návrh časově kritických systémů I: specifikace a verifikace*. Automa, 2010, roč. 16, č. 10, s. 42–44, ISSN 1210-9592.
- [6] STRNADEL, J.: *Návrh časově kritických systémů II: úlohy reálného času*. Automa, 2010, roč. 16, č. 12, s. 18–19, ISSN 1210-9592.
- [7] STRNADEL, J.: *Návrh časově kritických systémů III: prioritní úloh*. Automa, 2011, roč. 17, č. 2, s. 50–52, ISSN 1210-9592.

Ing. Josef Strnadel, Ph.D.,  
Fakulta informačních technologií,  
Vysoké učení technické v Brně  
([strnadel@fit.vutbr.cz](mailto:strnadel@fit.vutbr.cz))

Ing. Josef Strnadel, Ph.D., je odborným asistentem na Fakultě informačních technologií Vysokého učení technického v Brně. Svě vědeckovýzkumné i pedagogické aktivity dlouhodobě směřuje do oblastí vestavných systémů, systémů pracujících v reálném čase a testování číslicových systémů.

## V Norimberku se konal veletrh Embedded World 2011

V Norimberku (SRN) se 1. až 3. března 2011 konal veletrh s konferencí Embedded World 2011. Letošní účast vystavovatelů prolomila hranici 800 a ve srovnání s loňským rokem vzrostla o 10 %. Třináct procent vystavovatelů bylo letos na veletrhu poprvé. Vzrostl také podíl vystavovatelů ze zahraničí, a to na letošních 43 %. Veletrh, spojený s odbornou konferencí, je tak nejvýznamnější evropskou událostí v oboru vestavných systémů v Evropě.

Klíčová témata letošního veletrhu byla dvě. První téma bylo optimalizace energetické spotřeby vestavných systémů, nutná nejen z hlediska ohledu k životnímu prostředí (zde nejde o zařízení s příkonem v kilowattech, tudíž úspora není tak významná jako např. u elektrických pohonů), ale zejména pro lepší

využitelnost a větší komfort u mobilních zařízeních. Druhé téma bylo komunikace, a to ze dvou hledisek: zaprvé komunikace mezi jednotlivými zařízeními (M2M; společný stánek dvacitky vystavovatelů byl v hale 12) a zadruhé komunikace jako základ pro tzv. *cloud computing* v oblasti vestavných systémů.



Obr. 1. Návštěvníci veletrhu Embedded World 2011

Součástí veletrhu byla také specializovaná výstava displejů a komponent pro zobrazování.

#### Embedded Awards

První den veletrhu byly uděleny ceny Embedded Awards. V kategorii softwaru ji získala společnost Hítex za bezpečnostní balíček pro TriCore. Balíček umožňuje snadno a bez zásahů lidské obsluhy, která by mohla být zdrojem náhodných nebo i úmyslných chyb, plně certifikovat bezpečnostně kritické úlohy využívající mikroprocesory Infineon. V kategorii hardwaru získala cenu firma Freescale za MPC5646CMCU, mikroprocesor určený pro hardwarové šifrování dat v oblasti automobilové techniky. Speciální cenu získal Fraunhoferův ústav pro integrované obvody za miniaturní kameru s rozlišením HD a s integrovaným převodníkem DVB-T. Kamera je příkladem vysoce integrovaného vestavného systému.

## Konference

Významnou součástí veletrhu byla také doprovodná konference. Úvodní přednášku měl prof. dr. Yrjö Neuvo z Aalto University v Helsinkách. Prof. Neuvo byl dříve výkonným viceprezidentem a ředitelem pro technický vývoj ve společnosti Nokia.

Prof. Neuvo hovořil o růstu v oblasti vestavných systémů, který se týká nejen jejich počtu, ale i významu, složitosti, geografického rozšíření a výpočetního výkonu. Klebsající tendenci naopak mají cena, spotřeba energie a rozměry komponent. Ve výzkumu a vývoji vestavných systémů působí 25 % všech technických výzkumných a vývojových pracovníků.

Podle prof. Neuva se před vestavnými systémy otevírají mnohé nové oblasti využití. Jsou to např. automobily, kde počet vestavných řídicích jednotek v posledních několika letech roste zvláště rychle. Kromě jednotek řízení motoru a diagnostických systémů jsou to různé asistenční, bezpečnostní, navigační a informační systémy. To je současnost; v budoucnu se vestavné systémy v automobilech, zvláště v těch s elektrickým nebo hybridním pohonem, budou stále více prosazovat také v systémech pro správu a efektivní využití energie a pro využití automobilů jako míst k ukládání energie.

Další zajímavou oblastí použití vestavných systémů je podle prof. Neuva oblast *smart home*, *smart buildings*, *smart grids* a nově vznikající oblast *smart cities* – vestavné systémy se stávají nezbytnou součástí moderních zařízení v domácnostech, budovách, distribučních energetických sítích i v systémech pro řízení městské infrastruktury.

Vestavné systémy ovšem stojí před hranicí svých fyzických možností – jejich výpočetní rychlost již nelze příliš zvyšovat. I zde je ovšem řešení: paralelní výpočty, *cloud computing* a inteligentní alokace zdrojů. Hrubá výpočetní síla je nahrazována inteligentními výpočetními metodami a postupy.

Budoucnost vidí prof. Neuvo v tzv. internetu věcí. V něm spolu automaticky komunikují nikoliv uživatelé, ale jednotlivá zařízení, která si navzájem poskytují informace, zadávají si úkoly a společně plní zadané úlohy.

Jaké jsou podle prof. Neuva cesty vpřed pro evropské výrobce? K vestavným systémům je třeba přitáhnout pozornost veřejnosti, je nutné podporovat vzdělání v tomto oboru, vytvářet prostor pro společné mezinárodní výzkumné a vývojové projekty, podporovat standardizaci a otevřenost, vytvářet referenční platformy pro vybraná odvětví a úlohy a soustředit se také na oblast kybernetické bezpečnosti.

## Několik novinek z veletrhu

### Spolupráce firem Kontron a Softing

Veletrh je příležitostí uvést na trh nové produkty, ale také představit odborné ve-

řejnosti nově uzavřené strategické smlouvy a aliance. Například společnost Kontron na veletrhu oznámila uzavření smlouvy o spolupráci s firmou Softing Industrial Automation. Na základě této smlouvy budou moci zákazníci společnosti Kontron v produktech, které obsahují programovatelná pole FPGA, používat IP jádra a stacky od firmy Softing určené pro různé verze průmyslového Ethernetu (Profinet, EtherCat, EtherNet/IP a Modbus TCP). Licenci si zákazník koupí s při-



Obr. 2. Úvodní plenární přednášku na konferenci měl prof. dr. Yrjö Neuvo

slušným produktem od firmy Kontron, bez nutnosti obracet se s požadavkem na Softing. Výsledkem bude zkrácení doby potřebné pro uvedení produktu na trh, snížení počtu variant hardwaru a snazší správa příslušných stacků. Dalším krokem bude implementace algoritmů pro úlohy řízení polohy a pohybu do stejného pole FPGA, kde je implementován i příslušný stack pro real-time Ethernet. Lze tak dosáhnout mimořádně krátké doby odezvy, nutné zejména pro synchronizaci několika os.

### CompactPCI Serial

Sdružení PICMG oznámilo, že dalším vývojovým krokem sběrnice CompactPCI bude CompactPCI Serial, a zároveň představilo její stručnou předběžnou specifikaci. Compact PCI Serial je nový standard pro 19" systémy, založený na rychlém sériovém spojení jednotlivých komponent. Sestava se skládá z propojovací desky, systémového slotu a až 24 desek periférií. Podporovány jsou standardy PCI Express, SATA/SAS, USB a Ethernet (s topologií jednoduché hvězdy, kromě Ethernetu, který má volnou topologii – *mesh*). Přenosové rychlosti jsou až 8 Gb/s pro PCI Express, 6 Gb/s pro SATA a USB 3.0 a 10 Gb/s pro Ethernet. Mechanicky jsou jednotlivé komponenty kompatibilní s CompactPCI, a lze tedy vytvářet hybridní sestavy. CompactPCI Serial se může uplatnit při propojení několika vestavných sys-

témů nebo počítačových sestav, zejména tam, kde je třeba velký výpočetní výkon, flexibilita nebo jsou zvýšené požadavky na spolehlivost (lze realizovat redundantní systém).

Autoři nového standardu mu předpovídají velkou budoucnost a vzhledem k dostatečné rezervě výkonu využitelnost v následujících minimálně deseti letech. Jiní jsou k němu však poněkud skeptičtější – např. již zmíněná firma Kontron. Budoucnost tedy ukáže, nakolik se nový standard podaří prosadit.

### Nové produkty pro automatizaci

Společnost dSPACE představila nový nástroj pro simulaci metodou *hardware in the loop* (HIL). Nástroj s názvem SCALEXIO (odvozeno od *scalable and flexible I/O system*) kombinuje potřebný hardware a software pro testování mnoha elektronických řídicích jednotek. Obě části, hardware i software, lze snadno modifikovat a kombinovat. Například při simulaci řídicích systémů určených pro automobilovou techniku umožňuje testovat nejprve řídicí jednotku motoru, potom řídicí jednotku automatické převodovky a následně obě simulace spojit. Postup lze opakovat až do vytvoření celého virtuálního vozidla. Výhodou je také přehledné grafické uživatelské rozhraní a automatická dokumentace celé sestavy i všech jejích změn.

Společnost STMicroelectronics na veletrhu rozdávala registrovaným zájemcům kity pro vývoj prototypů zařízení s mikroprocesory STM8 a STM32. Jde o tzv. *Discovery Kits*, tedy nástroje, které mají umožnit všem zájemcům s minimálními náklady vyzkoušet si možnosti uvedených mikroprocesorů. Minimální náklady jsou v tomto případě, kromě mimořádných akcí, kde jsou kity rozdávány zcela zdarma, do deseti eur.

Jako novinku představila společnost STMicroelectronics na veletrhu procesor STM32L, rozšiřující skupinu 32bitových mikroprocesorů určených zejména pro vestavné systémy o verzi s ultramalým příkonem.

### České firmy na veletrhu

Časopis Automa byl na veletrhu zastoupen ve společném stánku odborného tisku. České firmy byly na veletrhu tři: Českomoravská elektrotechnická asociace EIA, výrobce skříní a krytů pro vestavné systémy Emko Case a společnost CN Group, která se zabývá vývojem softwaru zejména pro telekomunikace, finanční sektor, dopravu a veřejnou správu.

Zastoupení českých firem na veletrhu tedy nebylo nijak velké a jistě neodpovídá významu, který u nás obor vestavných systémů má. Že by se české firmy bály mezinárodní konkurence? Nebo jsou pro ně veletrhy příliš nákladné a hledají raději jiné cesty, jak získat zákazníky?

Petr Bartošík  
(foto: Nürnberg Messe)