

# Z Á S A D Y S L E D O V Á N Í S Y S T É M Ů P R A C U J Í C Í C H V R E Á L N Ě M Č A S E

Ing. Hynek KOČMAN  
KONŠTRUKTA Brno

## 1. Úvod

Uvažujme systém pracující mimo reálný čas. Tento systém zpracovává vstupní veličiny a produkuje veličiny výstupní. Poslednost vstupních hodnot a přenosové vlastnosti systému definují poslednost výstupní. Uvážíme-li konečnou vstupní poslednost, můžeme najít konečný počet zadání a zpravidla také konečný počet výsledků. Existuje zde tedy možnost konečné verifikace chování systému učiněné na základě porovnání vstupních a příslušných výstupních veličin.

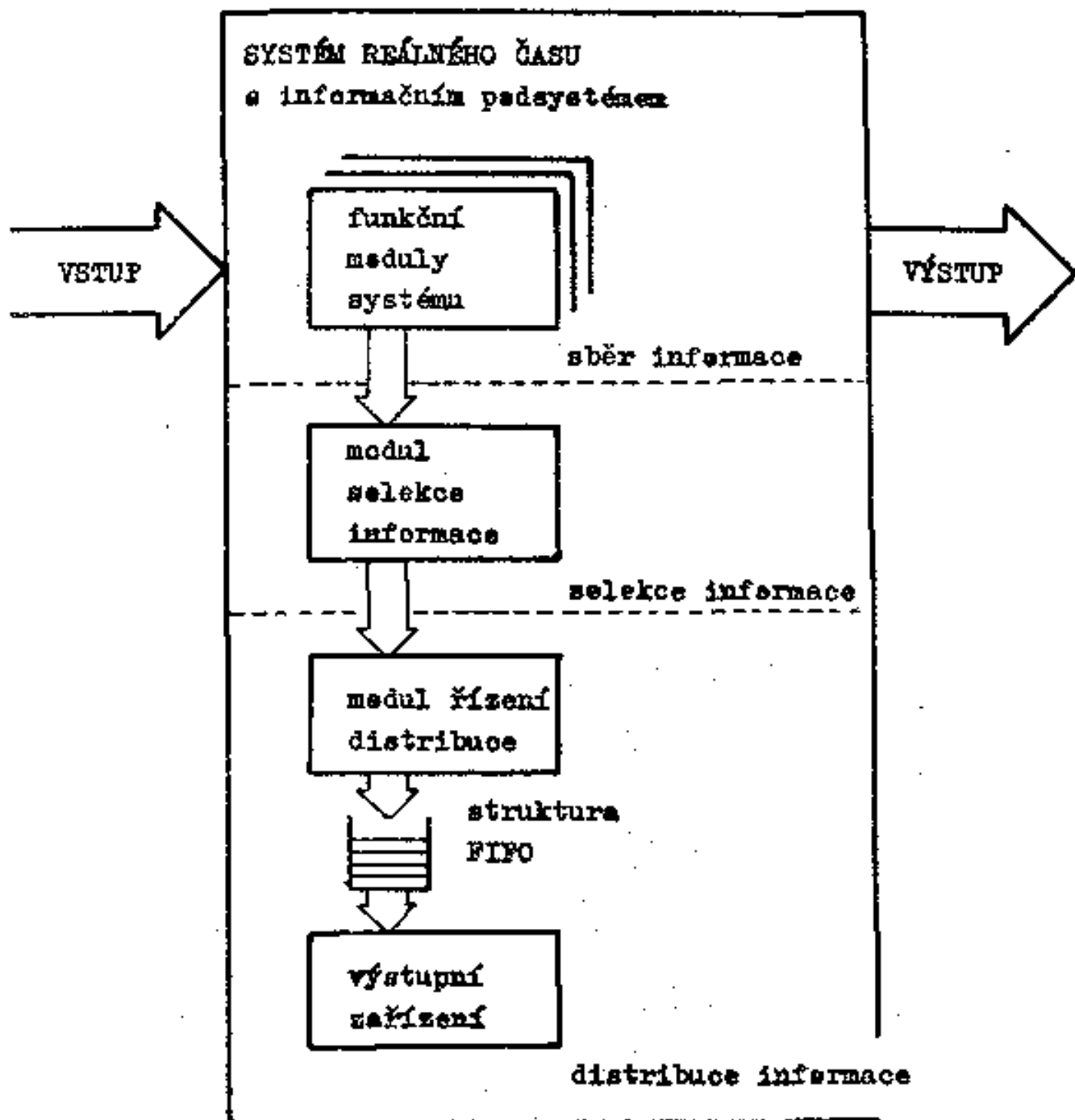
U obecného systému reálného času nemají vstupní a výstupní funkce charakter posledností, ale časových funkcí. Z toho vyplývá, že počet zadání i v omezeném časovém intervalu je nekonečný a verifikace vlastností systému získaná vyřešením vzorových testovacích úloh má zde mnohem nižší věrohodnost.

Effektivní ověření funkce stejně jako ladění systémů reálného času nutně vyžaduje znalost vnitřní struktury systému a dále možnost sledování jeho chování při provozní činnosti. Z těchto důvodů se při budování rozsáhlejších systémů reálného času neobejdeme bez vlastního informačního pod systému, který získává a indikuje informace o činnosti systému. Je to „investice“ která stejně jako například využívání zásad strukturovaného programování má velice rychlou ekonomickou návratnost a maximální efekt přináší při důsledném respektování od návrhu systému až po jeho provozní využití.

## 2. Základní funkce informačního pod systému

Informační pod systém plní tyto základní funkce:

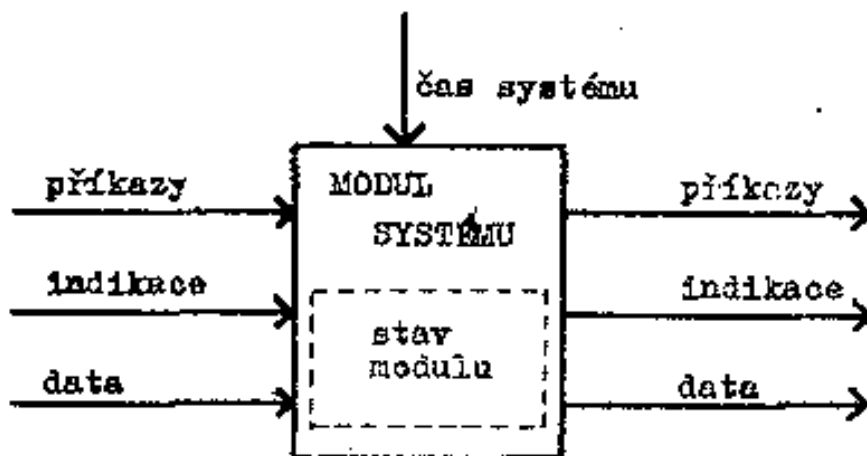
- 1) sběr informace
- 2) selekce informace
- 3) distribuce informace



Obr. 1 Základní struktura informačního podsystému

### 3. Sběr informace

Uvažujme systém reálného času jako soustavu modulů se vzájemnými interakcemi. Účelem sběru informace je získání maximálního množství informace o systému, respektive jeho modulech, využitelných pro posouzení funkce systému.



Obr. 2 Modul systému reálného času

Druhy informace v systému lze rozdělit na:

- 1 informace o interakcích modulů; a to
  - 1 příkazy (řídící pokyny pro činnost modulů)
  - 2 indikace (vybrané stavové informace využívané pro rozhodovací činnost modulů)
  - 3 data (základní zpracovávané údaje)

z hlediska konkrétního modulu se informace o interakcích dají rozčlenit na vstupní a výstupní.

- 2 vnitřní stavové informace modulu.

V systému reálného času je nedílnou součástí každé z uvedených informací časový údaj.

Zdrojem informací v systému musí být zákonitě funkční moduly. Je vhodné již od počátku vytváření modulů tuto funkci respektovat a vedle základních algoritmických prvků paralelně vytvářet informační část modulu. Identifikace zdroje (modulu) tvoří samozřejmě významnou informační složku využitelnou jak při selekci tak i při výsledném zpracování.

Aktivací vzniku informace je možné odvodit na základě řady podnětů, které v systému respektive modulu probíhají. Základní členění je možné provést například takto:

- 1 aktivace na základě události (příjem nebo předání příkazu, dat a podobně)
- 2 aktivace na základě změny (stavových veličin, indikací)
- 3 časová aktivace

Aktivace na základě události nebo změny stavové či výstupní hodnoty je obvykle jednoduše realizovatelná začleněním informačních výstupů do algoritmu modulu. Časová aktivace buď jednorázová nebo periodická vyžaduje externí úlohu spouštěnou časovým mechanismem. Stejně jako informaci o zdroji je účelné zahrnout do výsledné informace i druh podnětu, který vedl k jejímu vzniku.

#### 4. Selekce informace

Účinnost informačního subsystému vyjadřuje schopnost poskytnout právě takové informace jaké v dané fázi potřebujeme. Sběr zajišťuje velké množství redundantních informací, které bez účinného třídění nelze efektivně využívat. Aby bylo možné třídění provádět, je nutné informace kategorizovat. Kategorizaci lze provádět ze tří základních hledisek:

- 1 strukturální kategorizace
- 2 funkční kategorizace
- 3 hierarchická kategorizace

Strukturální hledisko respektuje již uvedené třídy informací v závislosti na jejich charakteru v rámci struktury systému a dělí je podle - druhu informace  
- zdroje (místa vzniku) informace  
- podnětu aktivace

Funkční hledisko třídí informace podle funkčních souvislostí prováděných činností.

Hierarchické hledisko umožňuje dělit informace nebo jejich části z hlediska důležitosti. Lze jej využívat jako doplňkové kritéria. Vhodně definovaná pravidla hierarchické kategorizace umožní informačnímu subsystému regulaci selekčního mechanismu. Jednoduchý a přitom velmi účinný mechanismus regulace předpokládá členění vlastního informačního sdělení tak, aby na začátku byla základní informace s nejvyšší informační hodnotou, která by v další části sdělení byla postupně zpřesňována. Regulační mechanismus na základě okamžitých možností informačního subsystému (pres-

tor v paměti, časové relace zpracování a podobně) redukuje maximální délku informačních sdělení.

Při návrhu selekční části informačního podsystému, zvláště u systémů s různorodou strukturou, je účelné stanovit více třídících hledisek. Základní kategorizace je možné provést jednotně v rámci celého systému, podrobnější třídění je vhodné přizpůsobit specifikům jednotlivých modulů.

Každá informace, která v systému vzniká, musí být podle uvedených hledisek opatřena kódem, určujícím její charakter. Uživatel informačního podsystému zadá selekční části kritéria výběru požadovaných informací. Selekční část hodnotí informace podle těchto kritérií, nežádoucí informace zani-kají, informace vyhovující kritériím zůstávají v informač-ním podsystému.

Z realizačního hlediska existují dva základní přístupy výběru informace, a to:

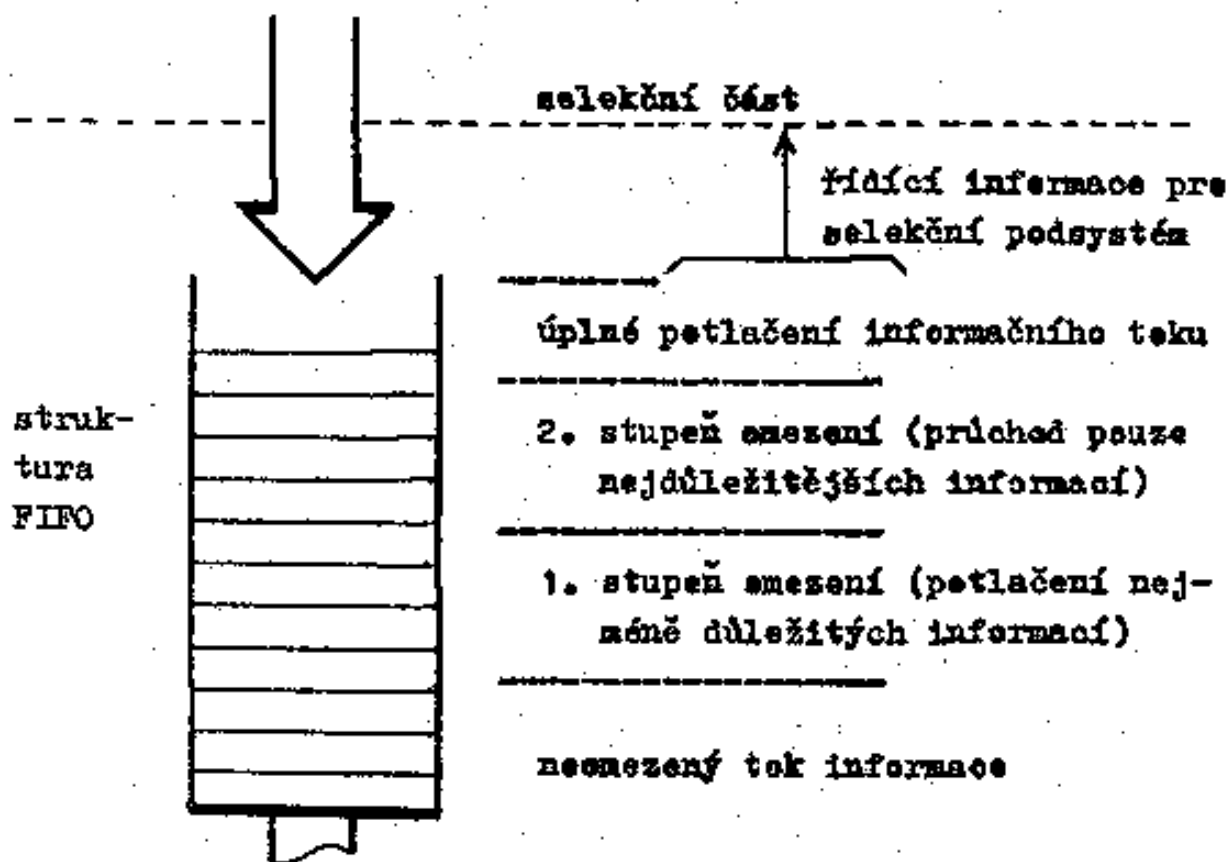
- 1 selekce informace ve funkčních modulech
- 2 centrální selekce informace v modulech informač-ního podsystému.

Selekce ve funkčních modulech je náročnější z hlediska výstavby a složitosti modulů, umožňuje však v zárodku potla-čit generaci nežádoucích informací a tím zamezit zbytečnému vytváření, předávání a likvidaci informací. Metoda je výhod-ná zvláště v případech omezených kapacitních rezerv proceso-ru. Centrální selekce informace je celkově jednodušší, vy-žaduje zpravidla větší kapacitu procesoru. I když je svýče-ní požadavků značně závislé na konkrétní programové reali-saci a požadavcích kladených na informační systém, může mít i relativně úspěšný způsob realizace a centrální selek-cí požadavky na procesor a jeden až dva řády vyšší, než os-tatní částí systému.

## 5. Distribuce informace

Vytříděné informace je třeba dle požadavků uživatele a možností technických prostředků buď uložit nebo zobrazit. Pokud je k dispozici více výstupních zařízení jeví se účelné zařadit do distribuční části podsystemu třídící mechanismy, které obdobným způsobem jako při selekci třídí informace k jednotlivým výstupním prostředkům. Uvedené opatření jednak zvyšuje rychlost distribuce, hlavně však umožňuje dle různých hledisek vytvořit několik výstupních sestav. Toto řešení je obvykle přehlednější než jeden souhrnný výpis. Vzhledem k relativně nízké rychlosti výstupních zařízení ve srovnání s rychlostí procesoru musí mít distribuční část k dispozici prostor pro vyrovnání toku informací - strukturu FIFO.

Bezpečná funkce informačního podsystemu nutně vyžaduje ochranné mechanismy, které zamezí zahlcení v důsledku špatně zvolených kritérií selekce vzhledem k možnostem distri-



Obr. 3 Mechanismus regulace informačního toku vycházející z délky fronty v distribuční části. Předpokladem je třístupňové hierarchické členění informace.

buční části. Ochranné mechanismy musí mít úzkou vazbu na systém selekce, jejich reakce vedou ke zpřístupnění kritérií výběru případně k úplnému potlačení výběru informací. S výhodou lze využít regulační mechanismy založené na hierarchické kategorizaci, které umožní průchod nejdůležitějších informací i ve složitých podmínkách nebezpečí zahlcení. (obr.3). Každá akce ochranných mechanismů musí být vhodnou formou indikována uživateli, nejlépe vložením doplňkové informace. Je vhodné, aby účinky ochranných mechanismů měly vratný charakter a se zánikem nebezpečí obnovily původní kritéria selekce.

Ve stadiu počátečního ladění systému reálného času prokáže neocenitelné služby distribuce OFF line. Z již uvedených mechanismů distribuce vyplývá, že v systému dochází ke zpoždování výstupní informace v distribuční části a část informace zůstává ve frontě na výstupní funkci. Při náhlém zastavení chodu systému například v důsledku havárie nejsou ve výstupních sestavách k dispozici informace s bezprostředně předcházející činnosti systému, které mají obvykle pro uživatele nejvyšší informační hodnotu. Proto je vhodné vybudit distribuční část prostředky, které umožní uživateli zpřístupnit také tyto informace. Zajištění je možné provést samostatnou distribuční částí, která pracuje zcela nezávisle na funkci ostatních částí systému. Toto řešení obvykle vyžaduje technickou podporu například samostatný procesor. Druhou možností zajištění je vytvoření samostatné externě aktivované součásti distribučního podsystemu, která OFF line dokončí distribuci informací uložených v informačním podsystemu.

## 6. Struktura informačního sdělení

Určujícími faktory pro vytváření struktury jsou charakteristické vlastnosti sledovaného systému reálného času, požadavky uživatele a technické možnosti. Informační záznam je vhodné vytvářet s ohledem na přehlednost a snadnou orientaci ve výsledných sestavách. Jednotlivé informační

sdělení by mělo respektovat také určité formální požadavky například možnost zobrazení informačního sdělení na jedné řádce výstupní sestavy. Struktura informačního sdělení musí umožňovat řazení do fronty distribučního podsystemu. Hlavní části informačního sdělení ilustruje obrázek 4.

služební část	formálně specifikuje informační sdělení, obsahuje například údaj o délce, ukazatele pro řazení do front a podobně.
kódové označení	obsahuje údaje pro selekční část podsystemu jako například: <ul style="list-style-type: none"> <li>- určení modulu</li> <li>- druh informace</li> <li>- pednět aktivace</li> <li>- funkční klasifikace informace</li> <li>- hierarchické začlenění informace</li> </ul>
časový údaj	definuje okamžik vzniku informace
vlastní obsah informačního sdělení	

Obr. 4 Informační sdělení

### 2. Realizační požadavky informačního podsystemu

Pokud se nejedná o elementární jednocelový systém je třeba brát snahu o vytvoření systému reálného času na osmibitovém počítači buď jako hrubé podcenění základních přírodních zákonitostí nebo jako projev zoufalství.



Požadavky informačního podsystemu zde demonstrují známé pravidlo, že výkonnější technický prostředek (pochopitelně s odpovídajícím programovým vybavením) zefektivní celkovou tvorbu systému reálného času. Moderní typy minipočítačů stejně jako mikropočítače založené na šestnáctibitových mikroprocesorech je mohou v případě realisticky zvolených požadavků efektivně uspokojit. Účelně koncipované požadavky na informační podsystem zvyšují přibližně o řád zatížení procesoru. Z toho vyplývá, že vytížení funkčními záležitostmi by nemělo překročit desetiny maximálně jednotky procent jeho kapacity. Uvedený údaj nijak nemaximalizuje požadavky na výpočetní prostředek, jelikož obdobné úvahy u systému reálného času které vychází z požadavků bezpečnosti systému, rezervy pro řešení shluků nebo kolizních situací případně počítají s perspektivou rozšiřování systému vyžadují kapacitu výpočetního prostředku srovnatelnou případně vyšší.

Budování informačního systému lze samozřejmě podpořit také technicky. Výhodné je například řešení v rámci multiprocessorového systému s možností sdílené paměti, kde se činnost funkčních procesorů v rámci informačního podsystemu může omezit jen na nezbytné řídicí podněty. Ostatní činnosti potom zajistí procesory informačního podsystemu.

Požadavky na kapacitu paměti pro data značně závisí na režimu využívání informačního podsystemu. Vhodně volená kritéria selekce sice mohou omezit na minimum hromadění informací v distribuční části, otázkou však zůstává, zda toto omezení nesníží příliš poskytovanou informační hodnotu. Ve stadiu ladění často vyžadujeme daleko více informací, než je distribuční část podsystemu schopna přenést na výstupní zařízení. Doba po kterou jsme schopni v tomto režimu činnost systému sledovat je samozřejmě úměrná paměti využitelné pro uschování informací. Lze doporučit, aby informační podsystem byl schopen uchovat minimálně 50 až 100 informačních sdělení.

Kapacita paměti pro uložení programu informačního pod-  
systému je pochopitelně závislá na objemu a složitosti pro-  
gramu. Lze ji odhadnout na jednotky, maximálně několik de-  
sítek procent celkového objemu systému. Tento poměr demon-  
struje přibližně také poměr v objemu prací a nákladů na  
vybudování informačního podsystemu.

### 8. Závěr

V příspěvku jsem se snažil shrnout a zobecnit některé  
zkušenosti a hlavně předložit myšlenku o tom, že snahu o  
získání nejnutnějších informací z nefungujícího systému  
je možné uplatnit daleko dříve a o to efektivněji než v zá-  
věrečném stadiu realizační etapy. Těm, kteří již uvedenou  
myšlenku sdílí, příspěvek snad pomůže při nejobecnějších  
úvahách na téma: „JAK NA TO“.

### Literatura

Hořejš J., Brodský J., Stauděk J.

Struktura počítačů a jejich programového vybavení