



System Malých Elektronických Počítačov /SMEP/ v Československu.

D. Rodina 16 bitových minipočítačov so Spoločnou zbernicou SMEP I

1. Architektúra

Rodina 16-bitových minipočítačov SMEP bola od počiatku koncipovaná ako rodina výkonovo odstupňovaných počítačov so základným inštrukčným súborom, realizovaným v každom počítači, ktorý by sa postupne rozširoval tak, ako si to vyžadovali požiadavky na výkon - s tým, že bola zaručená na úrovni HW tzv. kompatibilita zdola nahor a na úrovni SW vo väčšine prípadov aj kompatibilita zhora nadol (keď inštrukcie, ktoré daný model neobsahoval boli nahradené podprogramom, realizovaným v operačnom systéme).

1.1. Inštrukčný súbor

Inštrukčný súbor 16 bitových minipočítačov so Spoločnou zbernicou SMEP je možné charakterizovať ako ortogonálny systém zásobníkovo orientovaných CISC inštrukcií. Inštrukcie môžu byť dvojoperandové (aritmetické a logické), jednooperandové (posuvy, rotácie,...), riadiace (procesor, programy, prerušenia,...) alebo indikačné. Inštrukcie je možné ďalej členiť na:

- základný (Basic Instruction Set) súbor 76 inštrukcií, ktorý povinne realizuje každý procesor a ktorý sa postupne rozširoval o:
- rozšírený (Extended Instruction Set) inštrukčný súbor, obsahujúci inštrukcie násobenia, delenia a viacnásobných posuvov,
- inštrukcie podporujúce organizátor pamäti (ktorý rozširuje základný adresný priestor operačnej pamäti 64 KB na 256 KB, resp. 4096 KB a realizuje tiež ochranu pamäti), a mapovač Spoločnej zbernice (zabezpečujúci DMA prenosi z vonkajších pamätí do operačnej pamäti pri realizácii operačnej pamäti nad 256 KB),
- súbor 46 inštrukcií podporujúcich výpočty v pohyblivej rádovej čiarky v jednoduchej aj dvojitej presnosti, ktorý pracoval s prídavnými šiestimi 64-bitovými registrami,
- súbor 66 inštrukcií desiatkovej aritmetiky a práce so znakovými reťazcami, podporujúci programy napísané v jazyku COBOL (tzv. Commercial Instruction Set) obsahujúci 18 nových inštrukcií pre prácu

so znakovými reťazcami, 32 inštrukcií pre prácu v desiatkovej aritmetike a 16 inštrukcií pomocných,

- inštrukcie, podporujúce plné užívateľské mikroprogramovanie cez WCS, resp. ECS.

Procesor môže pracovať v režime užívateľskom alebo systémovom. Každý procesor obsahuje súbor 8 základných programovo prístupných 16-bitových registrov R0 až R7, z nich R7 sa používa ako PC a R6 ako SP (ukazovateľ zásobníka), ktorý je oddelený pre každý režim. Procesor podporuje celkom 12 adresných módov, čo výrazne uľahčuje programovanie. Procesor má realizovaný 4-úrovňový viacnásobný prerušovací systém, čo umožňuje efektívnu prácu v reálnom čase.

1.2. Spoločná zbernica

Spoločná zbernica je komunikačný systém 16 bitových minipočítačov SMEP, prostredníctvom ktorého komunikujú jednotlivé funkčné bloky počítača navzájom. Tieto môžu byť v komunikácii buď aktívne (napr. procesor), alebo pasívne (napr. operačná pamäť) alebo striedavo aktívne a pasívne (tzv. princíp master – slave). Aktívny status získava funkčný blok na základe žiadosti. Ak sa vyskytne súčasne viac žiadostí, rozhoduje sa medzi nimi na základe ich priority. Riadenie Spoločnej zbernice zabezpečuje procesor. Systém umožňuje jednoslovné (jednobytové) prenosy ako aj blokové /DMA/ prenosy (npr. medzi vonkajšou a operačnou pamäťou). Všetky funkčné časti počítača sa na Spoločnú zbernicu pripájajú paralelne jednoduchým zasunutím funkčného bloku do príslušného konektora Spoločnej zbernice. Funkčné bloky sú realizované vo forme dosky plošných spojov (napr. asynchrónny adaptér) alebo systémovej jednotky (napr. RJ KDP) alebo celého roštu (napr. RJ DASIO 600).

Spoločná zbernica obsahuje 56 paralelných signálových vodičov, ktoré obsahujú:

- 16 údajových bitov
- 18 adresných bitov
- 2 signály poruchy napájania
- 4 signály pre riadenie prenosu údajov
- 2 signály poruchy parity
- 14 bitov pre výber zariadenia a prenos žiadostí o prerušenie

Z nich je 5 (BG 7až BG 4 a NPG) jednosmerných, ostatné sú obojsmerné. Spoločná zbernica umožňuje adresovať bunky operačnej pamäti a registre funkčných blokov do rozsahu 128 KW alebo 256KB. Adresy registrov funkčných blokov (vrátane registrov procesora) sú umiestnené v priestore horných 4 KW 18-bitového adresného priestoru a teda v nich nepracuje (je blokováná) operačná pamäť aj ak je fyzicky prítomná.

Forma komunikácie cez Spoločnú zbernicu je pre všetky funkčné bloky zhodná. Každý funkčný blok obsahuje min. 2 registre – jeden dátový a jeden stavový/príkazový. Rovnaké inštrukcie je možné použiť pre spoluprácu s bunkami operačnej pamäti ako aj s registrami iných funkčných blokov.

Z definície časovania vyplýva maximálna priepustnosť Spoločnej zbernice 2,5 MW/s. Z fyzikálneho hľadiska je dĺžka Spoločnej zbernice obmedzená na 15 m a počet pripojených zariadení na 20. Spoločnú zbernicu je možné mechanicky (nad 15 m) aj elektricky (nad 20 zariadení) predĺžiť Opakovačom Spoločnej zbernice CM 4103.

Poznámka 1: S narastajúcim výkonom minipočítačov so Spoločnou zbernicou sa komunikácia medzi niektorými funkčnými blokmi uskutočňovala mimo Spoločnú zbernicu prostredníctvom vnútornej zbernice/zberník procesora a Spoločná zbernica plnila len úlohu komunikácie s pomalšími vonkajšími zariadeniami. Príkladom môže byť komunikácia procesora s podsystémom operačnej pamäti s kapacitou nad 256 KB a s pamäťou cache alebo s vonkajšími pamäťami aj keď v zahraničí bol zaznamenaný pokus o modifikáciu/predefinovanie Spoločnej zbernice na 24 bitovú adresu a na vyššiu priepustnosť.

Poznámka 2: Podrobnosti o architektúre PDP 11 je možné nájsť npr. v PDP 11 Processor Handbook 1979

1.3. Mechanická koncepcia

Mechanická koncepcia 16-bitových minipočítačov SMEP I vychádza z hlavných oblastí použitia a z dosiahnutého stupňa integrácie funkčných blokov.

Minipočítače SMEP I boli určené prevažne ako riadiace centrá elektronických/elektrických komplexov, ktoré sa inštalovali prevažne do štandardných 19“ stojanov podľa doporučenia IEC 297. Preto bolo prijaté rozhodnutie aj minipočítače SMEP I osadzovať do takýchto stojanov. **Štandardný 19“ stojan SMEP** má základné vonkajšie rozmery: šírka 600 mm, hĺbka 800 mm, výška 1800 mm .

Dosiahnutý stupeň integrácie umožňoval realizovať najmenšie funkčné bloky vo forme dosky plošných spojov. Aby bola umožnená modularita rôzne veľkých funkčných blokov, boli prijaté 3 základné rozmery dosiek plošných spojov, líšiace sa šírkou a počtom priamych konektorov.

- jednokonektorová **1/3 doska SMEP** (135 x 240 mm)
- dvojkonektorová **2/3 doska SMEP** (280 x 240 mm)
- trojkonektorová **3/3 doska SMEP** (425 x 240 mm)

Každá doska, realizujúca samostatný funkčný blok, mala predpísané rozloženie signálov Spoločnej zbernice. To umožňovalo pomerne voľne komponovať zákaznicke zostavy počítačov.

Ďalším stupňom funkčnej agregácie bola **Systémová Jednotka (SJ)** alebo **Univerzálny Blok Medzistyku (UBM)**. Základná systémová jednotka bola určená pre 4 doskové pozície, vyrábali sa však aj dvojité systémové jednotky pre 8 doskových pozícií. Prepojenia medzi konektormi v rámci systémovej jednotky realizovali rozvod Spoločnej zbernice a napájania medzi doskovými pozíciami a realizovali sa plošnými spojmi tzv. maticňou doskou. Prvý a posledný konektor systémovej jednotky v poli pre 1/3 dosky SMEP sa používal pre vzájomné prepájanie Spoločnej zbernice medzi systémovými jednotkami káblowymi prepojeniami. Napájania systémových jednotiek sa pripájali oddelene. Pre funkčné bloky, ktoré boli realizované na viacerých doskách plošných spojov (ako npr. procesory, riadiace jednotky vonkajších pamätí a pod.) sa vyrábali špeciálne systémové jednotky so špecifickými medzidoskovými prepojeniami, pričom spôsob ich zapojenia do systému Spoločnej zbernice cez prvý a posledný konektor v poli 1/3 dosiek bol zachovaný.

Posledným prvkom mechanickej integrácie bol **19“ rošt SMEP**. Vnútor-
ná šírka roštu bola v súlade s doporučením IEC 297 stanovená na 482 mm. Rošt sa osadzoval do 19“ stojanov SMEP pomocou výsuvných teleskopov, ktoré umožňovali npr. pri servisnom zásahu rošt zo stojanu vysunúť a odkryť. Do roštu sa montovali zmieňované systémové jednotky, napájacie zdroje a filtračné a ventilačné jednotky. S ohľadom na sortiment zariadení, ktoré sa do stojanov zabudovávali, bol zvolený predozadný systém vetrania/chladenia roštov. Z prednej (lícnej) strany bol rošt ukončený buď krycím panelom, alebo iným funkčným panelom (npr. u procesorov tzv. operátorským alebo programátorským panelom). Vo forme 19“ roštov pre zabudovanie do 19“ stojanov SMEP sa realizovali aj viaceré elektromechanické funkčné celky ako npr. mechanizmy kazetových diskových pamätí, alebo magnetických páskových pamätí.

2. Minipočítačový systém SM 3-20

Základný (minimálny) systém z rodiny 16 bitových minipočítačov so Spoločnou zbernicou SMEP I v Československu. Systém bol vyvinutý vo Výskumnom ústave výpočtovej techniky v Žiline v r. 1978 a bol dodávaný zo ZVT, závod Námestovo od r. 1980 v 19“ rošte, ktorý bolo možné zabudovať do 19“ stojanov SMEP, alebo iných štandardných 19“ stojanov pre elektronické zariadenia.

Minipočítačový systém SM 3-20 bol určený najmä pre riadenie strojov, prístrojov a zariadení a pre vývoj aplikácií.

2.1 Procesor systému SM 3-20 – CM 2301

Procesor CM 2301 zabezpečuje riadenie a pridelovanie Spoločnej zbernice jednotlivým funkčným blokom, dekoduje inštrukcie a vykonáva aritmetické a logické operácie. Pracuje s osembitovými slabikami alebo so 16 bitovými slovami. Umožňuje pracovať s operačnou pamäťou do 64(56) KB. CM 2301 má mikroprogramové riadenie, realizuje zásobníkovo orientované spracovanie údajov, realizuje základný inštrukčný súbor SMEP, umožňuje priamy prístup funkčných blokov do operačnej pamäti, realizuje 4-úroňový viacnásobný prerušovací systém a vektorové prerušenie, zabezpečuje ochranu pri výpadku napájania a automatický reštart systému. Procesor je realizovaný na jednej 2/3 a jednej 3/3 doske SMEP.

2.2. Feritová operačná pamäť autonómna 32K18/64K18 – CM 3103

Feritová operačná pamäť CM 3103 je riešená modulárnym spôsobom. Pamäť ako celok je umiestnená v autonómnom 19“ rošte SMEP, ktorý sa zasúva do 19“ stojanu SMEP. Pozostáva z dvoch samostatných funkčných blokov pamätí 32K18, z ktorých každý sa samostatne pripojuje na Spoločnú zbernicu a každý môže mať svoj samostatný modul kontroly parity. Zdrojová sústava, umiestnená v rošte, zabezpečuje napájanie oboch funkčných blokov 32K18. Pre systémy SM 3-20 sa pamäť dodáva s maximálnou kapacitou 32K18, pre systémy SM 4-20 je možné objednať maximálnu kapacitu dva kompletne rošty po 64K18.

Každý funkčný blok obsahuje jednu dosku riadenia, spoločnú pre všetky štyri pamäťové moduly 8K18 a jeden až štyri pamäťové moduly 8K18. Tento pamäťový modul obsahuje pamäťovú maticu feritových jadier v planárnom usporiadaní 18 x 8 192. Matica používa feritové pamäťové jadrá s vonkajším priemerom 0,55 mm. Pamäťová matica s výberovými diódami a snímacími zosilňovačmi je spojená s 3/3 doskou elektroniky, ktorá obsahuje výberové spínače. Základné parametre pamäti sú:

Cyklus pamäti	1 000 ns
Prístupová doba pamäti	400 ns
Kontrola paritou	voliteľná
Modul narastania kapacity	8K18
Kapacita funkčného bloku	32K18
Kapacita autonómneho roštu	64K18

2.3. Polovodičová operačná pamäť 16K18 – CM 3510

Základom pamäti sú dynamické pamäťové prvky 4Kbit MOS RAM. Riadenie pamäti zabezpečuje periodické obnovovanie obsahu pamäťových prvkov každé 2ms. Pamäť má zabudovanú kontrolu paritou. Systém napájania zabezpečuje tiež uchovanie dát v polovodičovej pamäti pri krátkodobých výpadkoch napájania (do max 2 hodín), pred vypnutím počítača treba však zabezpečiť uchovanie dát na vonkajšom médiu.

Pamäť je realizovaná na jednej 3/3 doske SMEP, ktorá sa zasúva do roštu procesora SMEP.

Kapacita pamäti	32 KB
Cyklus pamäti	500 ns
Prístup. doba pamäti	500 ns
Kontrola paritou	voliteľná

2.4. Podsystem snímača a dierovača diernej pásky – CM 6204 s CM 6001

Podsystem obsahuje paralelný adaptér PAD 8 – CM 6001, realizovaný ako jedna 2/3 doska SMEP, ktorý zabezpečuje pripojenie mechanizmov snímača a dierovača diernej pásky CM 6204 s medzistykou IRPR, zabudovaných do samostatného 19“ roštu, na Spoločnú zbernicu.

Rýchlosť snímania DP	500 zn/s
Rýchlosť dierovania DP	55 zn/s

Alternatívne sa dodával aj podsystem s mechanizmami CM 6208.

2.5. Podsystem vonkajšej kazetovej diskovej pamäti CM 5400 s riadiacou jednotkou CM 5105

Podsystem obsahuje riadiacu jednotku CM 5105, realizovanú ako dvojnásobná systémová jednotka zabudovaná do 19“ roštu procesora SMEP a 1 až 4 mechanizmy kazetových diskových pamätí CM 5400 v prevedení 19“ roštu výšky 6U, alebo CM 5403 v prevedení 19“ roštu výšky 7U.

Kapacita mechanizmu	2 x 2,5 MB
Prenosová rýchlosť	300 KB/s

2.6. Podsystem lokálnej mozaikovej tlačiarne CM 6301 s CM 6001

Podsystem obsahuje paralelný adaptér PAD 8 – CM 6001, realizovaný ako jedna 2/3 doska SMEP a mozaikovú tlačiareň CM 6301 s medzistykou IRPR.

Súbor znakov	do 128
Rýchlosť tlače	do 180 zn/s

2.7. Podsystem konzolového a/č videoterminálu CM 7202 a CM 6002

Podsystem obsahuje a/č videoterminál CM 7202 a asynchronný sériový adaptér ASAD CM 6002, realizovaný ako jedna 2/3 doska SMEP.

Súbor zobrazovaných znakov do 128

Formát zobrazenia : počet riadkov 24

počet znakov v riadku 80

Možnosť lokálnej tlače: cez lokálnu mozaikovú tlačiareň

Max. rýchlosť prenosu dát do 9600 bit/s

Max. vzdialenosť pripojenia cez styk IRPS do 500 m

2.8. Podsystem mozaikového a/č terminálu CM 7108 a CM 6002

Podsystem obsahuje mozaikový a/č terminál CM 7108 a asynchronný sériový adaptér ASAD CM 6002. CM 7108 obsahuje:

Tlačiareň Consul 211

Klávesnica Consul 258

Max. rýchlosť prenosu dát do 300 Bd

Max. vzdialenosť pripojenia cez styk IRPS do 500 m

2.10. Pre systém SM 3-20 bolo dodávané toto programové vybavenie:

- **TMOS** testmonitorovací operačný systém. Umožňuje vytvárať testovacie programy z videoterminálu, kopírovanie programov a vytváranie reťazcov testovacích programov. Umožňuje generovať testovacie programy pre aktuálnu konfiguráciu, ich modifikáciu a aktualizáciu.

- **LOS** malý diernopáskový operačný systém pre jedného používateľa. Umožňuje vytváranie a prevádzku programov v jazykoch Assembler, BASIC a FOKAL. Umožňuje ladenie, redakciu a udržiavanie užívateľských programov a ovládanie zariadení počítačového systému. Obsahuje tiež podprogramy pre násobenie a delenie a pre pohyblivú rádovú čiarku.

- **FOBOS** jednouchádzateľský jednoprogramový (pre prácu na popredí a na pozadí) diskový operačný systém. Vyžaduje vonkajšiu diskovú pamäť a 8K18 až 28K18 operačnej pamäti. Umožňuje vytvárať a prevádzkovať užívateľské programy v jazykoch Macroassembler, FORTRAN IV a BASIC. Pri jazyku VU BASIC umožňuje súbežnú prácu až 8 užívateľov prostredníctvom svojich videoterminálov.

3. Minipočítačový systém SM 4-20

Optimalizovaný systém z rodiny 16 bitových minipočítačových systémov so Spoločnou zbernicou SMEP I v Československu. Systém bol vyvinutý vo Výskumnom ústave výpočtovej techniky v Žiline v r. 1979 a bol dodávaný zo ZVT, závod Námestovo od r. 1980. Systém bol dodávaný v 19“ stojanoch SMEP a postupne sa rozširoval. Vzhľadom na optimalizovaný parameter výkon/cena sa stal najrozšírenejším 16 bitovým minipočítačovým systémom SMEP v Československu.

Minipočítačový systém SM 4-20 bol určený pre najširšie použitie v národnom hospodárstve. Na jeho základe boli realizované terminálové riadiace a informačné systémy v priemysle, poľnohospodárstve, energetike alebo vo výskume a v školstve. HW realizovaný FPP výrazne zrýchľil výpočty pre riadenia v reálnom čase a pre riadenie výskumných experimentov.

3.1. Procesor systému SM 4-20 – CM 2401

Procesor CM 2401 realizuje všetky funkcie ako procesor CM 2301 a navyše:

- vďaka zabudovanému organizátoru pamäti umožňuje pracovať s operačnou pamäťou až do kapacity 128(124) KW resp. 256(248) KB
- realizuje okrem základného inštrukčného súboru realizuje aj rozšírený inštrukčný súbor a inštrukcie organizátora pamäti
- voliteľne obsahuje HW realizovaný FP procesor pre urýchlenie výpočtov v pohyblivej rádovej čiarky v jednoduchej aj dvojitej presnosti, ktorý realizuje rozširujúci súbor 46 FPP inštrukcií (64 bitová aritmetika a šesť 64 bitových doplnkových pracovných registrov).
- celý základný procesor CM 2401 je realizovaný na dvoch 3/3 doskách SMEP, voliteľný FPP procesor je realizovaný na ďalšej 3/3 doske SMEP.
- pre podporu ladenia programov a servisu je procesor voliteľne vybavovaný tzv. programátorským panelom, ktorý má zabudovaný vlastný mikroprocesor.

3.2. Polovodičová operačná pamäť ECC 128KW – CM 3511

Polovodičová operačná pamäť CM 3511 má celkovú kapacitu 128 Kslov, je realizovaná na jednej zdvojenej 3/3 doske SMEP. Pamäť má namiesto klasickej kontroly paritou zabudovaný systém identifikácie dvojnásobnej chyby a systém autokorekcie jednoduchej chyby ECC, čo výrazne zvyšuje spoľahlivosť celého pamäťového subsystému.

Kapacita pamäti	128 KW
Počet bitov	16 + 6 pre ECC
Cyklus pamäti	600 ns
Prístupová doba	600 ns
Pamäť element	MHB 4116 -16 Kbit NMOS RAM
Kontrola	ECC

3.3. Súbor pripojiteľných zariadení

K systému SM 4-20 je možné pripojiť všetky zariadenia s možnosťou pripojenia na Spoločnú zbernicu zo systému SM 3-20, uvedené v bodoch 2.3 až 2.7. a tiež ďalej uvedené zariadenia:

3.4. Podsystem malej magnetickej páskovej pamäti CM 5300 resp. CM 5303 so záznamom NRZ I na štandardnú 1/2"magneticú pásku s pripojením na Spoločnú zbernicu

Hustota zápisu	800 bpi /32 bit/mm/
Kódovanie	NRZ I
Prenos rýchlosť	36 KB/s

3.5 Podsystem styku s technologickým procesom: JSP DASIO 600 – CM 9001 a pripojenie na Spoločnú zbernicu – CM 9004

Rýchlosť prenosu dát:	250 KW/s
Režimy činnosti:	-jednoslovný /programový prenos/ -blokový /DMA/ prenos -prerušovacie režim

Pozn.: Vývoj bol zabezpečovaný mimo VÚVT Žilina a výroba mimo ZVT, závod Námestovo.

3.6. Podsystem snímača diernych štítkov EC 6112 s pripojením cez PAD 12

Cez PAD 12 je možné k systémom so Spoločnou zbernicou pripojiť snímač diernych štítkov EC 6112 z výroby Aritma Praha.

3.7. Opakovač Spoločnej zbernice – CM 4103

3.10. Pre systém SM 4-20 bolo dodávané základné programové vybavenie zo systému SM 3-20 uvedené v bode 2.10 a ďalej:

- **DOS RV** stredný multiprogramový multiužívateľský diskový operačný systém pre prácu v reálnom čase. Môže byť vygenerovaný ako pre prácu malých jednoúčelových systémov v reálnom čase, tak aj pre relatívne veľké univerzálne aplikačné komplexy pre najrôznejšie činnosti. Pre prácu vyžaduje minimálne kazetový diskový podsystem a operačnú pamäť minimálne 16 Kslov. Dodávané boli prekladače z jazykov Macroassembler, Fortran IV, Fortran IV +, Basic a Basic +

- **DIAMS** diskovo orientovaný databázový dialógový operačný systém s pridelovaním času s prekladačom z jazyka MUMPS podľa normy AMS 76. Vyžaduje minimálne 16 Kslov operačnej pamäti a minimálne kazetový diskový podsystem - pre reálnu rutinnú prácu sa doporučuje operačná pamäť 124 Kslov
- **SYRPOS** programový systém pre vytváranie homogénnych počítačových sietí
SMEP

Porovnanie minipočítačov SMEP I navzájom a s porovnateľnými svetovými výrobkami

Model	SM 3-20	PDP 11/04	SM 4-20	PDP 11/34A
Architektúra	Porovnateľná	Porovnateľná	Porovnateľná	Porovnateľná
Počet súč. sprac. dátových bitov	16	16	16	16
Operačná pamäť (max.kapacita KB)	64	64	256	256
Operačná pamäť (cyklus ns)	500	700	600	775
Kontrola OP	Parita	Parita	ECC	Parita
Čas ADD /16 bit/ (ns)	3 330	3 330	2 160	2 160
Čas ADDD /FPDP/ (ns)	-	-	7 500	7 500
Počet inštrukcií	76	76	132	132
HW realizácia procesora (DPS)	3/3 + 2/3	1 x 6/6	3 x 3/3	3 x 6/6
Začiatok výroby	1980	1975	1980	1978



