Multimikroprocesorový riadiaci systém MMPRS 1
pre riadenie jednosuportového rotačného kovoobrábacieho stroja

Milan Gábik, Jozef Jarina, Zdenka Mikulová, Ľuboš Tůma

1. Úvod

V polovici 80-tych rokoch sa už v Československu vyrábali NC riadiace systémy (RS) pre obrábacie stroje, no všetko to boli RS na báze pevnej logiky. Pokiaľ výrobcovia chceli vybaviť (hlavne pre potreby exportu) svoje obrábacie stroje CNC RS, museli tieto nakupovať za devízové prostriedky zo zahraničia. Jeden slovenský výrobca rotačných kovoobrábacích strojov (ktorý už na export kompletoval svoje stroje CNC RS zo zahraničia) sa preto obrátil na VÚVT Žilina s požiadavkou vyvinúť porovnateľný CNC RS jednak pre ich výrobok a jednak pre výrobok zo ZSSR, ktorý tento výrobca importoval do Československa.

VÚVT Žilina v tej dobe už mal určité skúsenosti s CNC riadiacimi systémami. Pre magnetickú páskovú pamäť MPP45 – CM 5311 vyriešil mikropočítačom riadené ovládanie servopohonov riadiacich pohyb magnetickej pásky ako aj celého mechanizmu. Magnetickú páskovú pamäť vyriešil a odovzdal do výroby výrobcovi k.p. ZPA Prešov. Tomuto zariadeniu, ktoré vystavoval už výrobca, bola na medzinárodnom strojárenskom veľtrhu v Brne v r. 1983 udelená Zlatá medaila.

Podobne pre valcové kresliace zariadenie VZ 930 – CM 6411 vyriešil mikropočítačom riadené ovládanie servopohonov riadiacich pohyb papiera v jednej súradnici a pohyb vozíka s kresliacim perom v druhej súradnici ako aj celého mechanizmu. Kresliace zariadenie VÚVT Žilina vyriešil a odovzdal do výroby výrobcovi k.p. ZPA Prešov.

VÚVT Žilina preto akceptoval požiadavku na vývoj CNC riadiaceho systému pre rotačné kovoobrábacie stroje a v r. 1985 začal riešenie riadiaceho systému, porovnateľného s riadiacim systémom MELDAS fy Mitsubishi, ktorý slovenský výrobca používal na kompletovanie svojho stroja TND 360-CNC, ktorý sa potom predával v zahraničí pod označením TRAUB TX-8D.

2. Systémové riešenie RS MMPRS 1

Multiprocesorový riadiaci systém MMPRS-1 bol realizovaný na princípe distribúcie funkcií na jednotlivé mikroprocesory.

2.1. Hlavný 8-bitový mikroprocesor CPU1. Bol realizovaný na báze mikroprocesora U 880, vyrábaného v NDR (funkčný ekvivalent mikroprocesora Zilog Z80), mal vlastnú statickú pamäť RAM 18 KB a EPROM 80 KB, ktorá bola umiestnená na samostatnej doske plošného spoja.

CPU1 realizoval spoluprácu s nasledovným okolím riadiaceho systému:

- operátorský terminál CPU4, ktorý bol realizovaný na báze 8-bitového mikroprocesora U 880,

- snímač/dierovač diernej pásky, typ CM 6204, pripojený cez paralelné rozhranie IRPR 8, realizované obvodom typu 8255, alternatívne cez sériové rozhranie RS232C
- dielenský dispečing, pripojený cez sériové komunikačné linky typu CCITT V.24 (ekv. rozhrania RS 232 C), prípadne cez rozhranie IRPS.

CPU1 uchovával výrobné partprogramy na spracovanie obrobku (partprogram - aplikačne vytvorený program v metakóde pre obrobok, prenášaný z diernej pásky, alebo vytvorený a otestovaný priamo na stroji cez funkciu dry-run, teda suchý beh). Spracovaním partprogramu CPU1 zadával podriadeným procesorom príkazy z partprogramu a riadil spoluprácu s CPU2 a CPU3.
CPU1 zabezpečoval spoluprácu pomocou zápisu a čítania údajov do a z pamätí CPU2 a CPU3 cez dual-port pamäť a pomocou paralelného prenosu cez DMA obvod I8257.

2.2. Podriadený CPU 2 procesor pre riadenie servopohonov a polohovania suportu v osi X a Z a otáčok a polohovania vretena. Bol realizovaný na báze 16-bitového mikroprocesora, vyrábaného v ZSSR, (funkčný ekvivalent mikroprocesora Intel 8086), ktorý mal vlastnú statickú dual-port pamäť RAM 2 KB a EPROM 8 KB
CPU2 procesor pracoval v spojení s aritmetickým koprocesorom I8231 a realizoval:

- riadenie osí X a Z, realizoval výpočet dráhy lineárnou a kruhovou interpoláciou podľa zadaného partprogramu pre každú súradnicu cez digitálnu servoslučku, pomocou výkonových budiacich jednotiek ovládal priamo jednosmerné servomotory. Spätná väzba pre každú os bola zabezpečovaná cez samostatné vstupné bipolárne signály zo sekundáru resolvera +-12V. Spätnoväzobné vstupy sa spracovávali cez impulznú moduláciu, ktorá slúžila pre výpočet regulačnej odchýlky od požadovanej hodnoty v každom kroku pohybu,
- otáčky vretena sústruhu boli riadené pomocou 12-bitového DAC prevodníka. Spätná rýchlostná väzba bola zabezpečovaná cez tachogenerátor.

CPU2 realizoval tiež:

- odmeriavanie dráhy súradníc X a Z a ich ukladanie do vytváraného partprogramu v samoučiacom sa režime
- výpočet korekčného koeficientu, zohľadňujúceho nastavenie obrábacieho nástroja (nože a vrtáky) na referenčnú polohu a jeho opotrebenie, sa pred každým výrobným cyklom vykonalo tak, že obsluha každý obrábací nástroj pomocou kríža v optike mikroskopu nastavila do kvadrantu kríža a hrot nástroja sa zameral dotykovou sondou. CPU2 vypočítal potrebnú korekciu, ktorá predstavuje diferenciu medzi stredom kríža optiky a hrotom nástroja. Diferencia súradníc obrábacieho nástroja sa používala ako korekčná konštanta pre zadávanú polohu suportov z partprogramu počas obrábania, keď bol tento nástroj vybraný v obrábacom cykle.

2.3. Podriadený CPU3 procesor sekvenčného riadenia pre obsluhu rozhrania digitálnych vstupov a výstupov (IO). Bol realizovaný na báze 8-bitového mikroprocesora U 880, mal vlastnú statickú dual-port pamäť RAM 1 KB a EPROM 20 KB.

CPU3 zabezpečoval ovládanie a kontrolu zariadení sústruhu cez digitálne signály (IO) a riadil:

- motor vretena on/off a brzdu motora vretena
- podávač tyčí, upnutie a odmeriavanie obrobku
- skľučovadlo vretena – upínanie obrobku
- dvojstupňovú prevodovku motora, taktovanie vretena pri prevode
- koník s pinolou, ktorá opiera obrobok oproti revolverovej hlave

- lunetu 1 a 2, na základe voľby obsluhy podopierajú obrobok v strede – používa sa pre dlhé obrobky
- stanicu nástrojového revolvera a udávač uhlovej polohy s ôsmimi pozíciami, kde sú upnuté obrábacie nástroje, výber stanice nástroja
- hydrauliku na posuv materiálu cez vreteno
- dopravník na odvod triesok (vpred/vzad)
- chladenie nástroja pri obrábaní
- centrálne obehové mazanie
- odoberanie výrobkov
- prevíjanie diernej pásky

Ďalej kontroloval prevádzkové a poruchové stavy stroja, napr.:

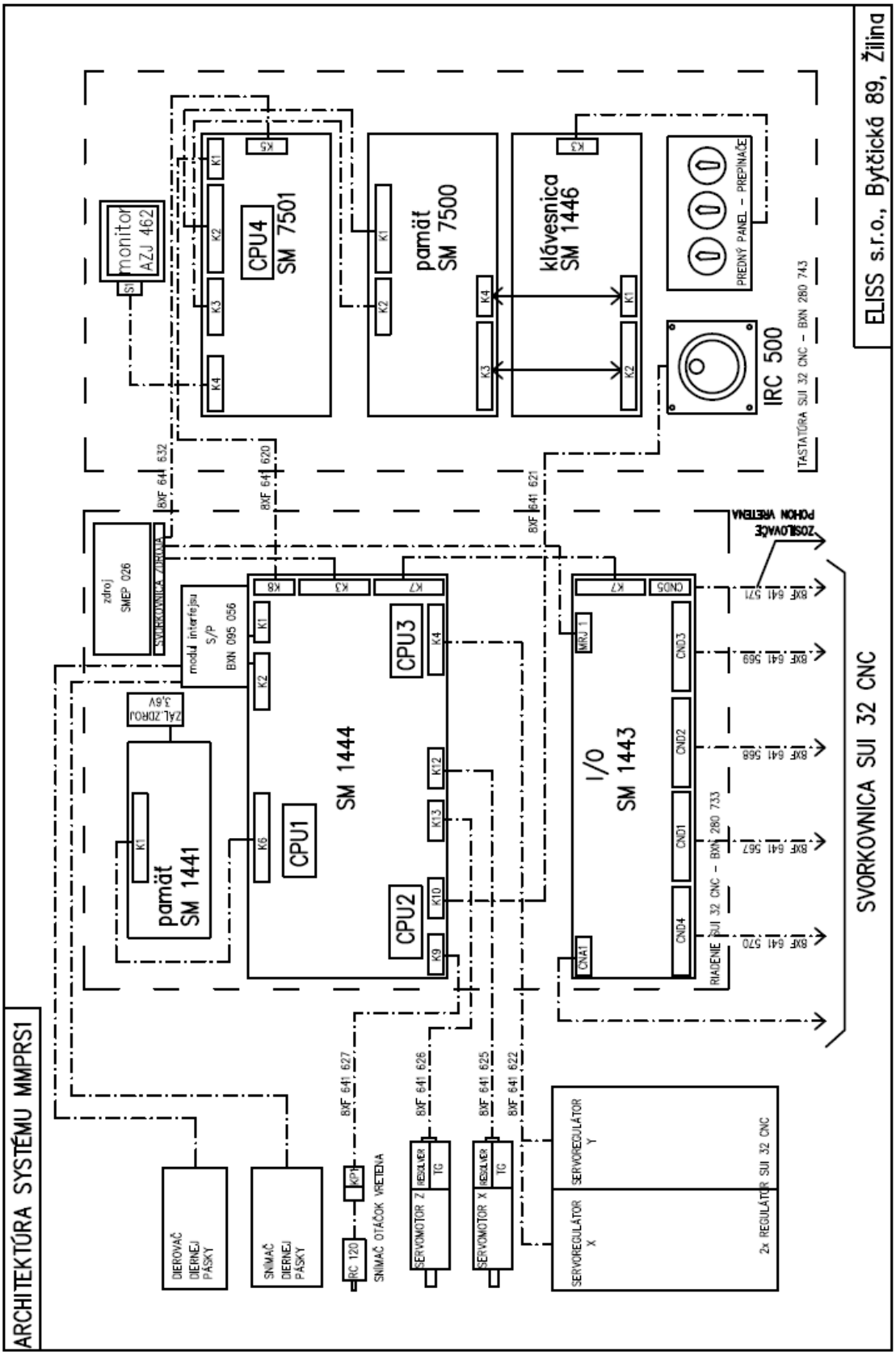
-voľba parametrov cyklu, voľby prepínačov a tlačidiel na ovládacom panely
-zatvorenie ochranných krytov pred spustením stroja a počas prevádzky
-stav pohonov
-upnutie materiálu, pracovný rozsah a koncová poloha materiálu
-núdzové zastavenie
-tlak pinoly
-preťaženie v osi X a Z
-hladina a tlak v centrálnom mazaní
-hladina a tlak v hydraulike
-kontrola filtrov
-stav prevodovky
-stav polohovania vretena
-núdzový stav regulátora pohonu
-test odmeriavania
-zadanie životnosti nástroja, ...

2.4 Procesor CPU4 bol súčasťou terminálu, pripojeného k riadiacemu systému cez sériový medzistyk CCITT V.24 resp. IRPS. Realizovaný bol na báze mikroprocesora U 880, mal vlastnú statickú operačnú pamäť RAM 4 KB, EPROM 32 KB pre FW, snímkovú statickú pamäť RAM 2kB, pamäť pre generátor znakov 2kB EPROM.

Slúžil ako užívateľský nástroj pre príkazy obsluhy do riadiaceho systému počas obrábania a v prípade mimoriadnych situácii a v režime vytvárania partprogramov v samoučiacom sa režime. Jeho súčasťou bola alfanumerická a funkčná klávesnica, pomocou ktorej bolo možné zadávať príkazy na obrábanie po krokoch a č/b CRT displej AZJ462 (výrobca TESLY Orava). Počas výrobného cyklu sa zobrazovali na termináli kroky obrábania.

Funkčná klávesnica obsahovala:
P1, P2, P3 – miniatúrne otočné prepínače s paketovou stavbou. Mali nasledovné funkcie:
P1 – prepínač pre rýchloposuv suportu, vonkajšia stupnica nastavuje násobky posuvu: 0.25, 50, 100% hodnoty zadanej v parametroch pre automatický režim, vnútorná stupnica pre ručný režim,
P2 – nastavenie otáčok vretena na 50 + 120% hodnoty otáčok, zadanej v partprograme,
P3 – prepínač pre posuv, vonkajšia stupnica nastavovala rýchlosť posuvu v mm/min v ručnom režime, vnútorná stupnica nastavovala násobky posuvu: 0 - 100% hodnoty zadanej v partprograme pre automatický režim.

Ďalej prepínače pre manuálnu zmenu rýchlosti suportu v osiach X a Z, ručné koliesko IRC500 pre manuálny posuv suportu, playback, ručné ovládanie,...a iné.



Obrázok 1. Architektúra systému MMPRS 1

Tieto terminály, doplnené o modul RS, mohli byť používané aj ako autonómne simulátory, pre off-line vytváranie partprogramov. Tie sa uchovávali buď na diernych páskach, alebo potom v centrálnom dispečingu dielne.
Iná možnosť tvorby partprogramu bola vo výrobe na termináli stroja, pracujúceho v režime stroja off-line.

3. HW realizácia.

Celý riadiaci systém MMPRS 1 bol realizovaný na doskách plošných spojov :

3.1. Doska SM 1444

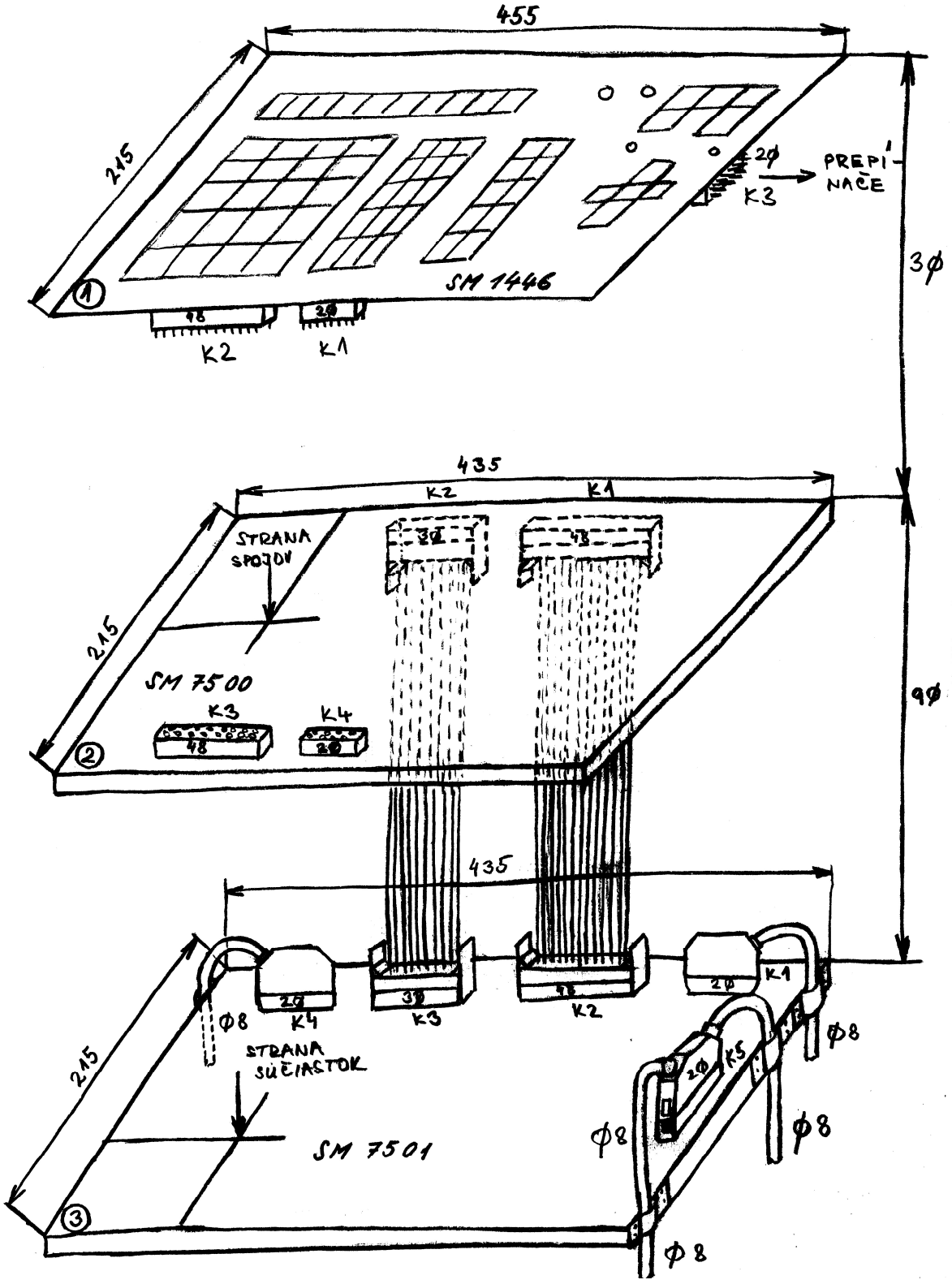
Doska procesorov s rozmermi 435x390 mm – tvorila jadro multimikroprocesorového riadiaceho systému (MMPRS), vhodné aj pre obecné aplikácie v strojárenskej výrobe, najmä pre riadenie CNC obrábacích strojov. Umožňovala riadiť pohyby v dvoch nezávislých osiach s možnosťou rozšírenia až na 4 osi. Pre pohon osí boli použité servopohony s rýchlostnou spätnou väzbou. Každá z osí bola vybavená odmeriavaním polohy a rýchlostnou spätnou väzbou, ktoré následne poskytovali analógový riadiaci signál, ktorého veľkosť bola úmerná požadovanej rýchlosti pohybu a polarita požadovanému smeru pohybu.
Okrem komplexného riadenia stroja umožňoval MMPRS komplexnú diagnostiku riadeného stroja, ovládaním niekoľkých samostatných funkčných celkov, vrátane manipulácie s materiálom a s nástrojmi pomocou priemyselných robotov a manipulátorov, s väzbou na ich vlastné riadenie. Toto komplexné riadenie zabezpečovala viacprocesorová zostava s vymedzením funkcií pre jednotlivé procesory 2x 8-bitový U 880, 1x 16-bitový 8086 a numerický koprocesor I8231 (Intel).
Funkčné rozdelenie HW dosky je nasledovné:
CPU1 (U880) centrálna riadiaca sekcia
CPU2 (I8086 + I8231) servopohonové riadenie
CPU3 (U880) sekvenčné riadenie
HW – časovanie a synchronizácia mikroprocesorov
Obvody dekódovania I/O zariadení
Obvody vstupov a výstupov
Ďalej doska obsahovala mikroprocesorové podporné obvody (Intel):
I8251 – programovateľný sériový vstup/výstup
I8253 – programovateľné časovače/čítače s predvoľbou
I8255 – programovateľný paralelný vstup/výstup
I8257 – radič DMA prenosov
I8259 – radič prerušenia

3.2. Doska SM 1443

Doska diskrétnych I/O (cca 80) na úrovni 24V s galvanickým oddelením cez optočleny. I/O sa zapisovali cez zbernicu a adresný dekóder do 8-bitových registrov (D-klopných obvodov).

3.3. Doska SM 1441

Doska pamäti pre CPU1, statická RAM 18 KB typu CMOS zálohovaná akumulátorom NiCd a EPROM 80 KB



Obrázok 2. Terminálová stanica

3.4. Terminálová stanica

Bola realizovaná na:

- **SM 1446** doska operátorskej klávesnice a LED
- **SM 7500** doska statickej pamäti RAM a pamäti EPROM
- **SM 7501** doska procesora CPU4
- **Modul CRT č/b displeja** - subdodávka
- **Modul funkčných tlačidiel** – subdodávka

3.5. Autonómny simulátor tvorí zostava terminálu s RS MMPRS 1 spolu.

3.6. Výrobná realizácia:

- Vo VÚVT bolo vyrobených (cca v r. 1988) 5 ks opakovaných prototypov (OPT)
  - jeden kus bol odovzdaný objednávateľovi, kde bol zabudovaný do obrábacieho stroja,
  - druhý kus bol upravený a zabudovaný do sústruhu produkcie ZSSR,
  - tretí kus bol dodaný do ZVT Námestovo ako plánovanému realizátorovi, odtiaľ však bol postúpený do ZPA Prešov ako náhradnému realizátorovi,
  - ostatné 2ks ?

4. SW realizácia

4.1. Systémový SW obsahoval:

- exekutívu reálneho času, taktovacia slučka 17,2 ms
- driver snímača a dierovača diernej pásky
- driver terminálu
- ošetrenie porúch a havarijných stavov od:
  - silovej časti
  - stavovej logiky
  - výpadku napájania a i.
- ošetrenie externých prerušení od.
  - Snímača a dierovača diernej pásky
  - CRT a i.

4.2. Aplikačný SW obsahoval:

- riadenie v dvoch osiach
- interpolátor – podľa počtu súčasne riadených osí
  - lineárna interpolácia v 3-rozmernom priestore
  - kruhová interpolácia v rovine
- uloženie snímky do snímkovej RAM pamäti terminálu
- prostriedky pre tvorbu, údržbu a vykonanie partprogramu:
  - editor textu
  - prekladač textu partprogramu
- diagnostika, vykonávaná hierarchicky od väčších celkov:
  - off-line

        - Programovej časti pamäte
    - on-line
        - Logiky – napr. správna funkcia obvodov
        - Programovej časti – napr. správnosť uloženia partprogramov
        - Silovej časti – tlak, teplota, pokles napätia – počas cyklu
        - Odmeriavanie dosiahnutej polohy a otáčok, opotrebovanie noža a i.

5. **Záver.**

Multimikroprocesorový riadiaci systém MMPRS 1 bol navrhnutý pre CNC riadenie jednovretenových, jednosuportových kovoobrábacích strojov. Bol úspešne vyskúšaný v CNC riadení sústruhov slovenskej výroby ako aj výroby ZSSR. Pre okolnosti súvisiace s ekonomickou tranformáciou čs. národného hospodárstva však k sériovej výrobe a hromadnému nasadeniu MMPRS 1 už nedošlo.