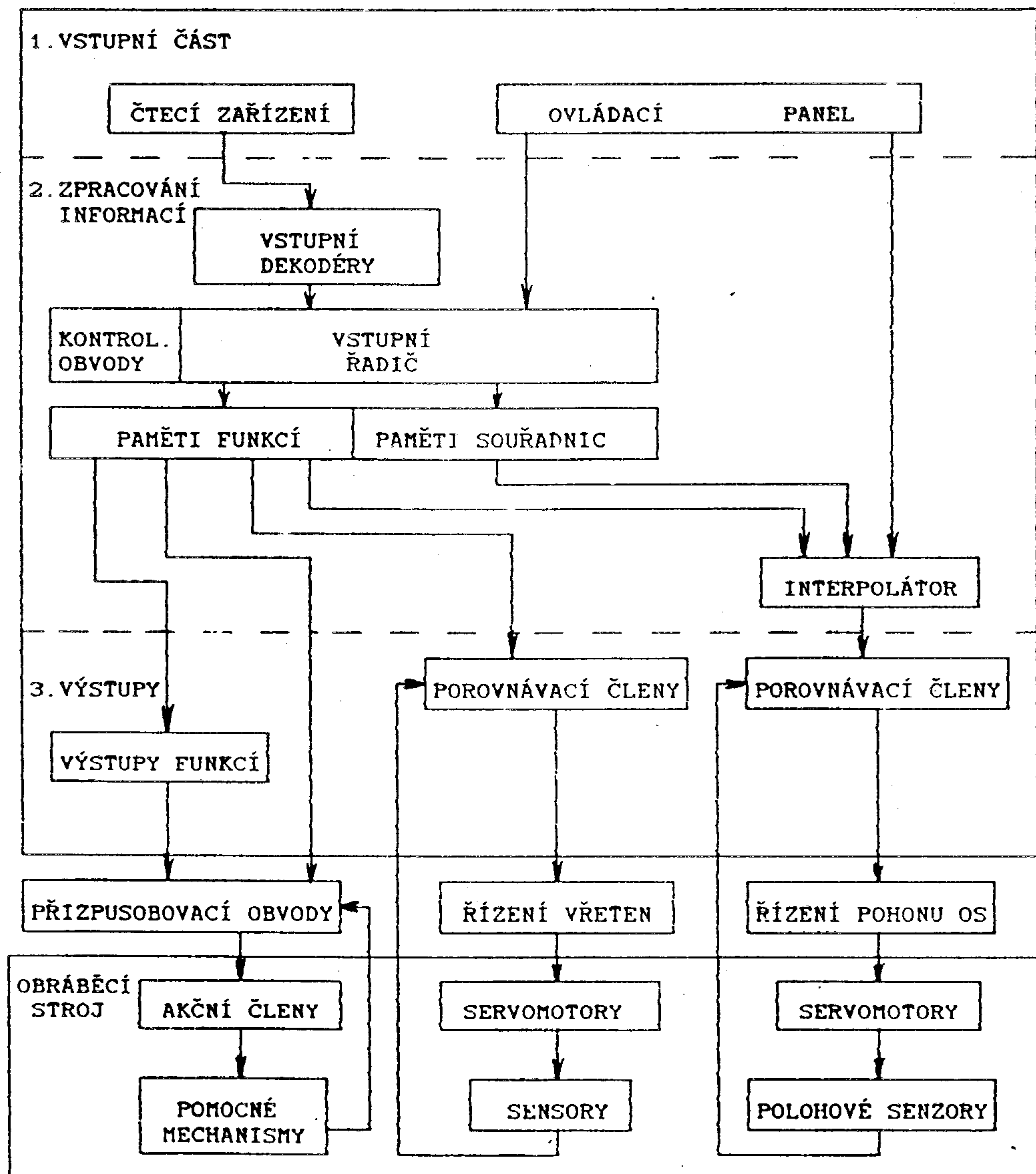
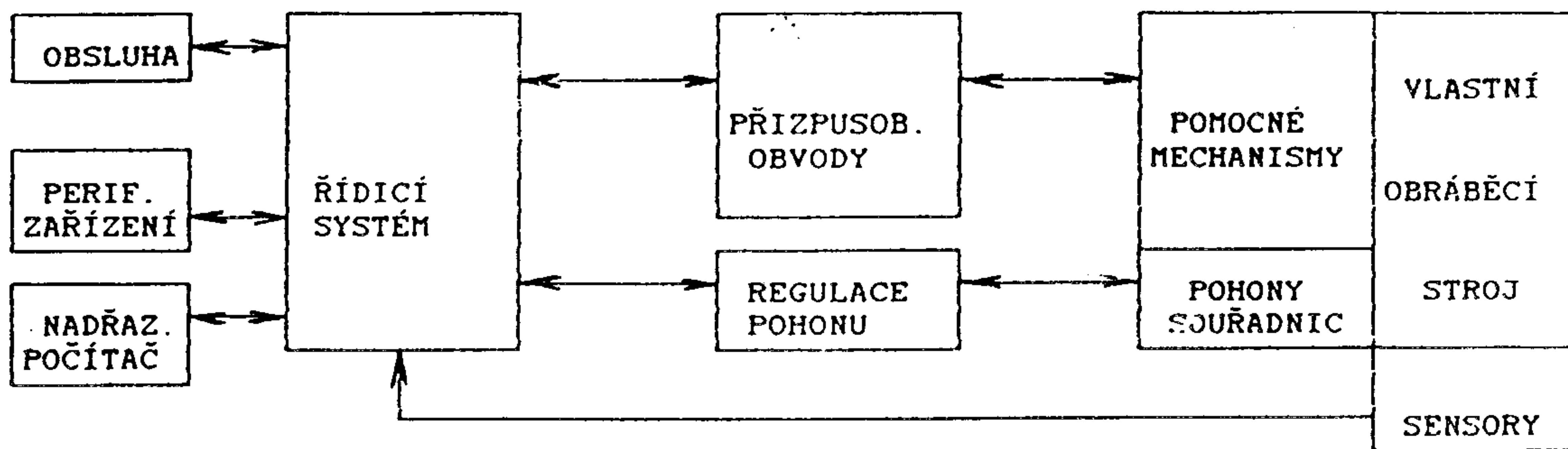
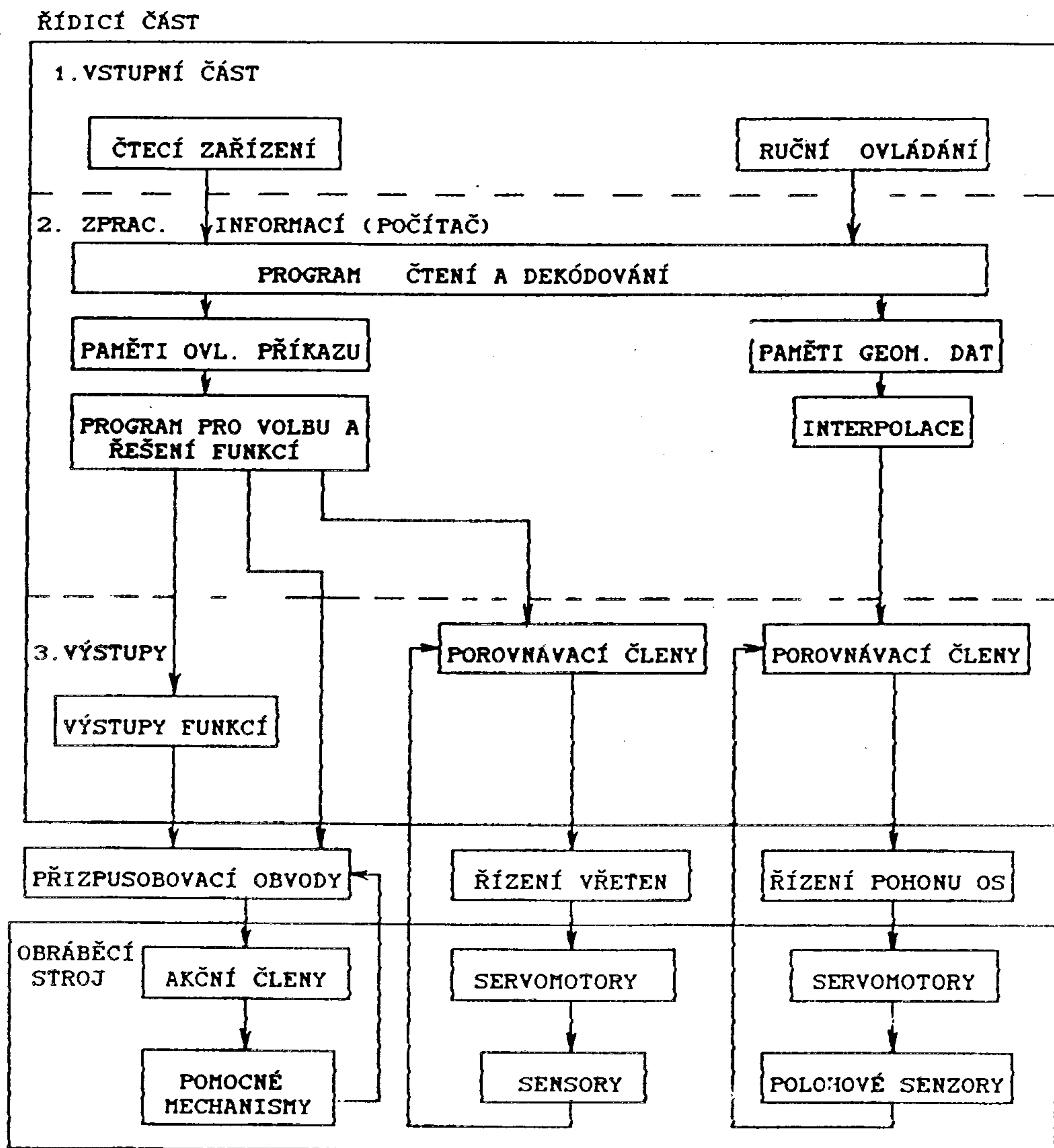


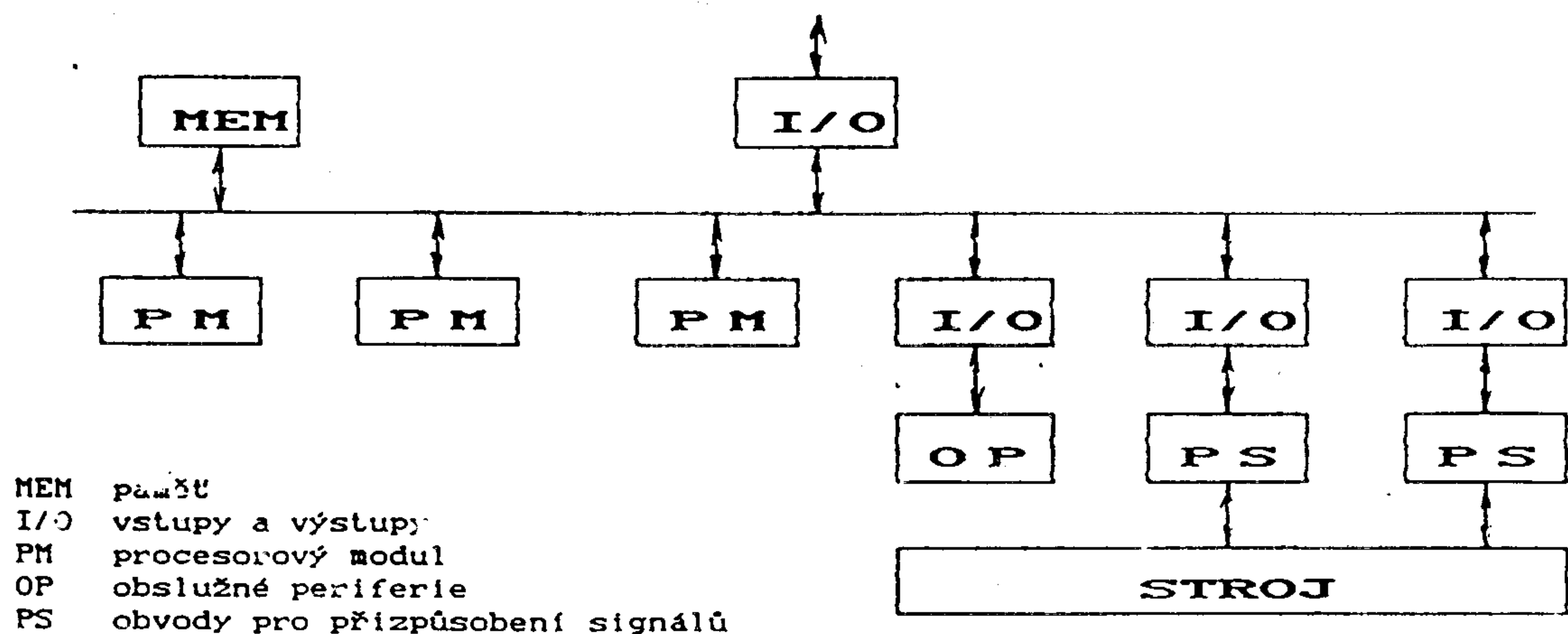
NC STROJE



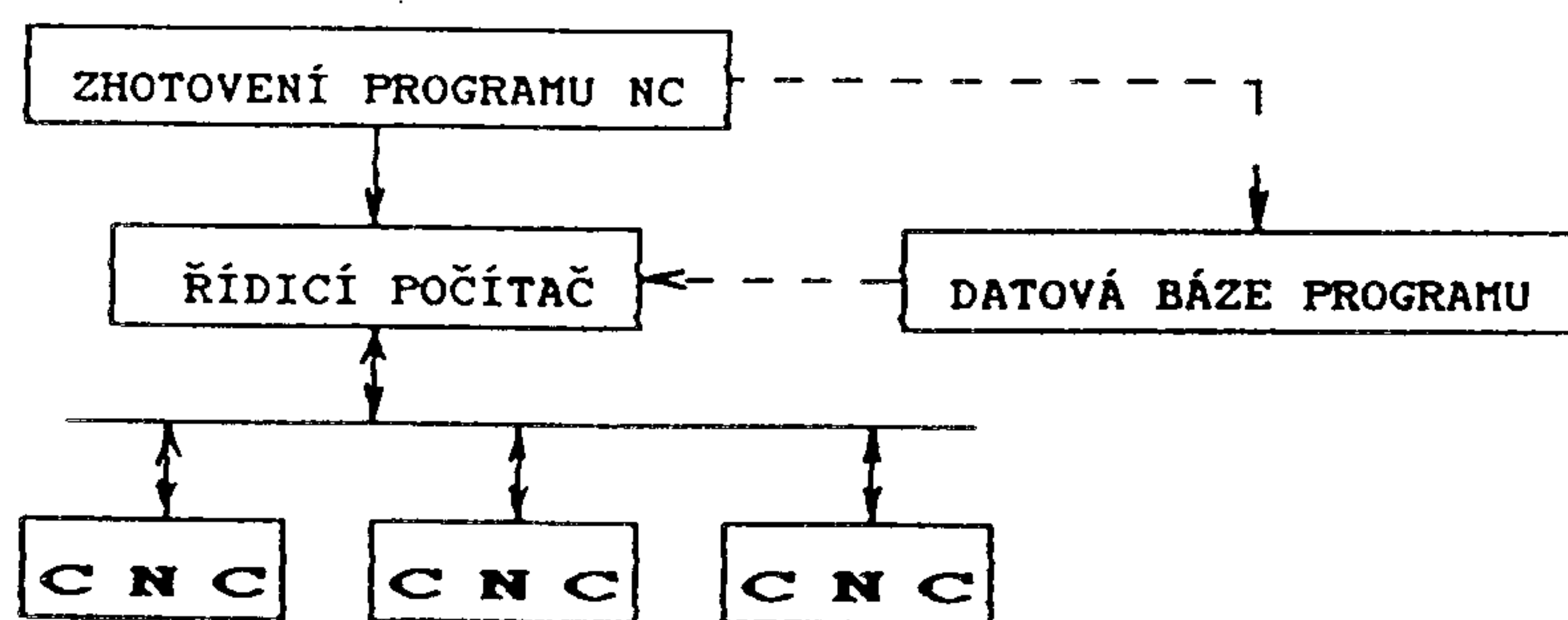
CNC STROJE



VÍCE PROCESOROVÝ SYSTÉM



DNC STROJĚ



2.4 Číslicové řízení výrobních strojů

Číslicově řízené výrobní stroje, dále jen NC (Numerical Control) stroje, jsou schopné podle zadaného programu provést automaticky určené technologické operace. Plně automatizovaný NC stroj vyžaduje minimální zásahy člověka do procesu výroby a pracuje přitom s vysokou produktivitou, dosahuje vysoké přesnosti a tím i kvality obrábění. Číslicové řízení se uplatňuje především u technologických operací obrábění, tváření, svařování, montáž, dále při manipulaci s materiálem, při měřicích, kontrolních a diagnostických operacích. Vyznačuje se vysokou pružností při nutnosti změny výrobních technologií.

Nejpropracovanější je v současné době číslicové řízení obráběcích strojů. Protože velkou většinu postupů a závěrů z číslicového řízení obráběcích strojů je možno použít i u jiných technologických operací, budeme se nadále zabývat číslicovým řízením obráběcích strojů.

V současné době jsou konstruovány tyto NC stroje:

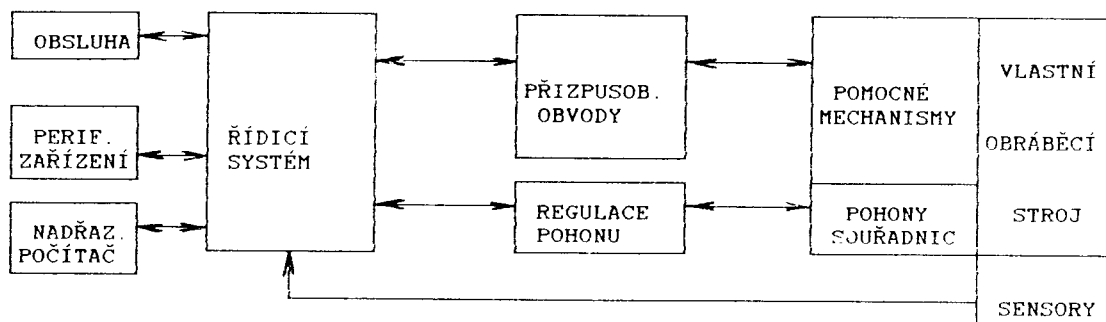
- a) Bezobslužné NC stroje - jsou obvykle obsluhovány v první směně, kdy pracovník naplní zásobníky materiálu a nástrojů. Ve druhé a třetí směně pracují bezobslužně.
- b) Univerzální obráběcí stroje a centra - provádějí na jedno upnutí buď kompletní obrobení dílce nebo alespoň co nejvíce technologických operací.
- c) Obráběcí NC stroje sdružené do vyšších celků - obráběcích hnízd, výrobních systémů. Tyto celky sdružují i přepravní a manipulační mechanismy, měřicí a kontrolní stroje, seřizovací pracoviště, roboty a manipulátory. Pracují zcela automaticky nebo jen s minimální obsluhou a kontrolou.

Uvedené směry konstruování NC strojů se vyvíjejí souběžně a navzájem se prolínají a kombinují. Aby mohl NC stroj pracovat bezobslužně, musí být schopen během technologického procesu provádět aktivní kontrolu a diagnostiku.

Aktivní kontrola předpokládá kontrolu průběhu obrábění, rozměrů dílce nebo nástroje. Výsledkem kontroly mají být případné kompensace zjištěných odchylek a hrubých závad, signalizace těchto závad a přerušení automatického režimu. Tím by se mělo zamezit opakované výrobě zmetků a případnému poškození nebo i havarii stroje.

Diagnostika má za úkol zajištění spolehlivosti všech částí a podsystémů, včasnou detekci závady a zabránění další činnosti vadného celku nebo podsystému, lokalizaci a rychlé odstranění závady a rychlý restart.

Zjednodušené blokové schéma NC stroje je na obr. 2.3. Blok obráběcího stroje zahrnuje vlastní obráběcí stroj, pohony souřadnic a včetně a pomocné mechanismy. Mezi číslicovým systémem a ovládacím panelem číslicově řízeného stroje je zařazen blok přizpůsobovacích obvodů.



Obr. 2.3 Blokové schéma NC stroje

Na řízení pohonů NC strojů jsou kladeny extrémně vysoké požadavky :

- rozsah řízených poloh je jednotky až desítky metrů,
- maximální rychlosti až desítky metrů za minutu,
- rozlišovací schopnost až 1 mikrometr.

Na splnění těchto extrémních požadavků závisí přesnost obrábění. Lze je splnit pouze číslicovým řízením pohonů. U obráběcích NC strojů lze rozlišit tyto režimy řízení pohonů posuvů :

- bodové řízení - pravouhlé
- stavění souřadnic (souřadnicové)
- souvislé řízení.

Při pravouhlém řízení je pohyb řízen pouze v jedné ose a celková dráha nástroje vzhledem k obráběné části je složena z pravouhle lomených přímkových úseků.

Při stavění souřadnic nezáleží na tvaru dráhy, podmínkou je co nejrychlejší dosažení žádané polohy; pohony v jednotlivých osách jsou řízeny současně a vzájemně nezávisle.

Tyto režimy se používají u jednoduchých strojů jako jsou vrtačky, soustruhy, lis, nůžky, pily, jednoduché manipulátory, přepravní a manipulační zařízení, mechanismy výměny nástrojů nebo obrobků, spojitě polohování stolu nebo vřetene.

Současné obráběcí stroje používají převážně souvislé řízení. To vyžaduje pohyb po spojitě křivce zadaného tvaru. Složením elementárních pohybů ve směrech jednotlivých řízených os vznikne výsledný tvar dráhy. Žádanou dráhu vytvoří řídicí systém tak, že složitější úseky dráhy jsou nahrazeny úseky přímek a kružnic pomocí lineární a kruhové interpolace. Tento způsob řízení vyžaduje zpětnovazební řízení polohy. Předchozí režimy řízení pohonů přitom představují zvláštní případy lineární interpolace.

Výchozím podkladem pro výpočet skutečné požadované dráhy je programovaná dráha, která je korigována různými vlivy. Výsledná korekce dráhy je pak souhrnem těchto kompenzací:

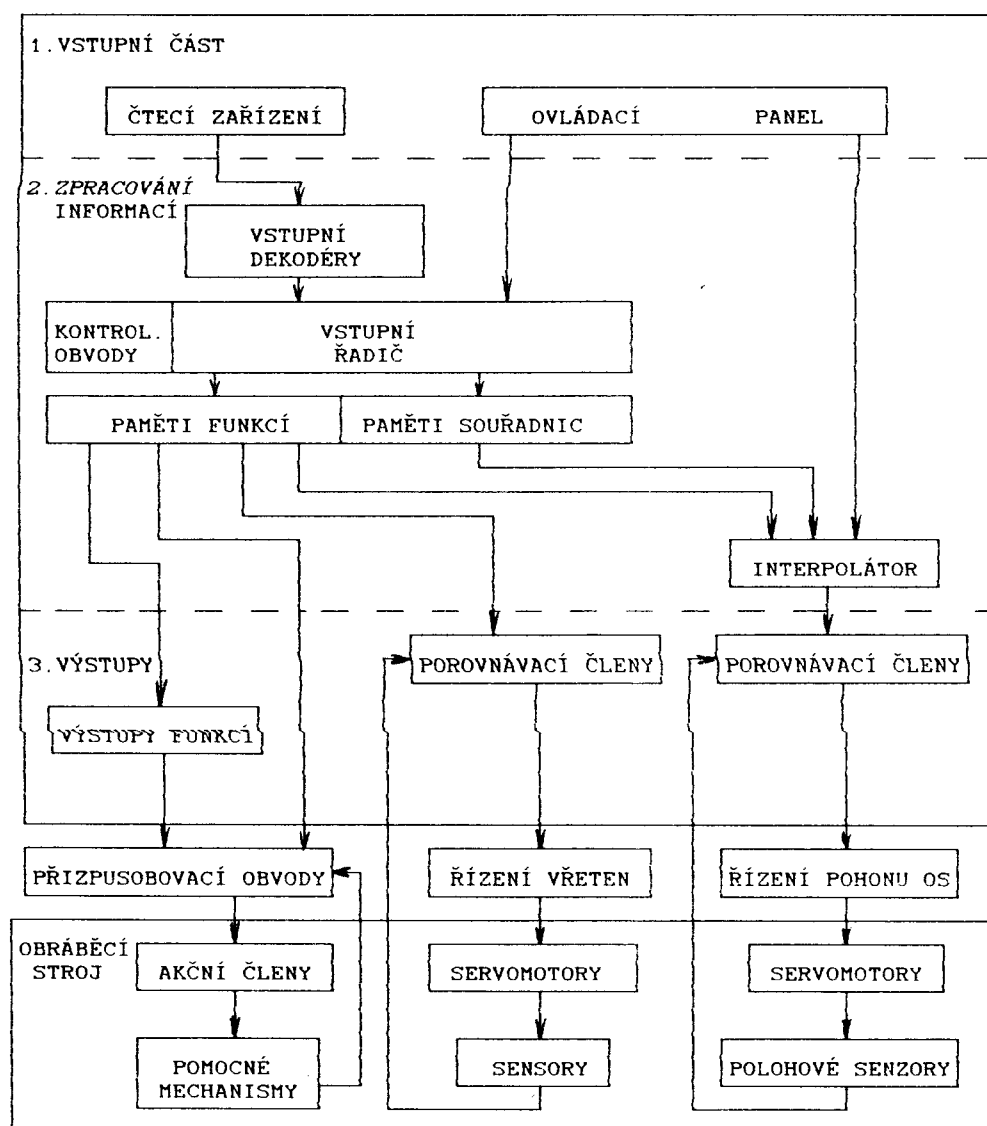
- změny rozměru nástroje,
- změny uložení použitého nástroje,
- stálé nepřesnosti stroje,
- tepelné dilatace posuvného šroubu,
- tepelné dilatace obrobku,
- vůle pohonných mechanismů.

U délkové korekce se programovaná dráha pouze posouvá o výsledné korekční údaje, u korekce poloměru nástroje se z programované dráhy nástroje generuje ekvidistanční křivka.

Požadavky na řízení pomocných mechanismů jsou podstatně jednodušší. Proto obvykle dostačuje řízení logického typu. Je požadováno zajištění jejich vzájemné vazby, vyloučení poruchových kombinací stavů, řešení posloupnosti příkazů pro bezpečný přechod z chybových stavů atd. Jsou to velmi proměnlivé požadavky. Tato proměnlivost se pak promítá do odlišných způsobů řešení ovládání pomocných mechanismů u jinak velmi podobných obráběcích strojů.

2.4.1 Struktura řídicího systému NC stroje

Postupem času se ustálila struktura řídicího systému NC strojů, která je ve zjednodušené formě uvedena na obr. 2.4.



Obr. 2.4 Schéma řídicích obvodů NC strojů

Číslicový řídicí systém se skládá ze tří hlavních částí :

1. Vstupní část
2. Část pro zpracování informací
3. Výstupní část

1. Vstupní část zajišťuje vstup a výstup informací do systému NC. Skládá se obvykle ze čtečky dodaného programu z a ovládacího panelu, který umožňuje obsluhu komunikaci s NC strojem a informuje ji o stavu stroje a rozpracovanosti programu.

2. Část pro zpracování informací je v podstatě výpočetní jednotka, která zpracovává, informace ze vstupní části na povely pro řízení stroje. Obsahuje vstupní dekodéry, kontrolní obvody a řadiče, které ukládají informace do paměti funkcí a paměti souřadnic. Systémy se souvislým řízením obsahují interpolátor, který může být zařazen do této skupiny obvodů. Interpolátor zajišťuje pohyb nástroje vzhledem k obrobku po požadované dráze a vytváří žádanou polohu nástroje.

3. Výstupní část svými porovnávacími členy vytváří regulační odchylky pro řízení pohonu os a vřeten. Dále provádí v bloku Výstupy funkcí třídění a distribuci signálů, které odpovídají funkcím požadovaným na pomocných mechanismech stroje.

Přizpůsobovací obvody v sobě zahrnují logický podsystém pro ovládání pomocných mechanismů. Vstupními signály logického podsystému jsou povely z číslicového systému a signály z pomocných spínačů, které nesou informace o stavu řízených mechanismů a celého stroje. Výstupními signály jsou ovládací signály akčních členů pracovních mechanismů a zhuštěné informace do číslicového systému o stavu stroje. Komunikace s obsluhou se zabezpečuje prostřednictvím ovladačů a signálů. Logický podsystém byl u starších strojů realizován pomocí pevně programované logiky, novější stroje používají programovatelný automat (PA).

Blok Řízení pohonu os vytváří akční veličiny pro pohon souřadnic a vřeten.

U moderních NC strojů jsou všechny celky soustředěny do prostoru obráběcího stroje.



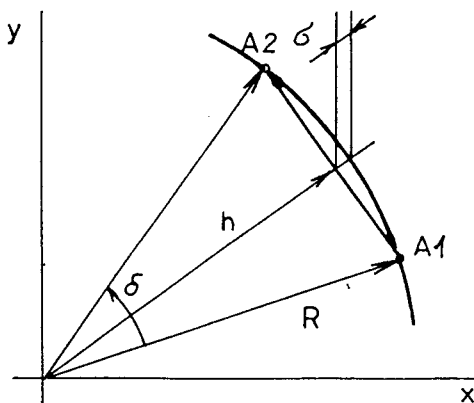
2.4.2 Skladba programu číslicového systému a jeho programování

Program pro číslicové řízení se vytváří ze skupiny informací o obrobku a skupiny informací o stroji. Obsahuje všechny potřebné údaje pro uskutečnění příslušné technologické operace. Uvedené informace jsou kódovány a zaznamenány na nosič informací.

Přímý výpočet dráhy programem

U klasických interpolátorů, o jejichž metodách výpočtu žádané dráhy bylo pojednáno v předchozím textu, bylo základem kvantování požadavků na změnu polohy po elementárních přírůstcích. Frekvence vytváření přírůstků je dána požadovanou rychlostí posuvu. Například pro požadovanou rychlost 3 mm/min a při rozlišovací schopnosti 1 μm je frekvence vytváření přírůstků $f = 3/60/10^{-6} = 50$ kHz.

Pokud generujeme požadovanou dráhu programově, určíme nejprve délku časového intervalu, který potřebuje počítač k tomu, aby s dostatečnou časovou rezervou realizoval poměrně složitý výpočet požadované dráhy. Jako dostatečný se ukazuje interval 10 až 20 ms. Pro tyto časové intervaly určujeme body na generované dráhové křivce a přírůstky na jednotlivých osách. Protože tyto přírůstky jsou poměrně velké, provádíme jejich lineární interpolaci a tím zjemníme velikost přírůstků dráhy pro jednotlivé osy, čímž je zajištěn netrhavý plynulý pohyb. Jde v podstatě o nahrazení zadaného úseku dráhy přímkovými úseky. Pokud jde o přímočarý pohyb a pokud neuvažujeme nepřesnost výpočtu, nedochází prakticky ke dráhovému zkreslení. Při vytváření kruhové dráhy je maximální odchylka od kruhové dráhy na vrcholu kruhové úseče dle obr. 2.10:



Obr. 2.10 Lineární interpolace kruhové dráhy

$$\sigma = R - h = R - R \cdot \cos(\delta/2) \approx R \cdot \delta^2/8$$

Prakticky je chyba $\sigma \leq 1 \mu\text{m}$.

2.4.4 Systém CNC

Systém CNC (Computerized Numerical Control) označuje číslicový řídicí systém, který umožňuje volně programovatelné řízení pomocí řídicího mikropočítače. Funkčně odpovídá klasickému systému NC, avšak rozdíl je v uložení a vykonávání programu. U klasického NC systému je program fyzicky zachycen na nosném médiu (záznamové pásky a pod.), které je při činnosti stroje průběžně a opakovaně čteno a proto musí být trvale přítomno. Případnou změnu programu je nutno provést mimo NC stroj na přípravném pracovišti. Naproti tomu u systémů CNC se celý program uloží z nosného média do paměti řídicího mikropočítače (součásti CNC stroje), který nadále řídí jeho opakované vykonávání. Úpravy, tvorbu a ladění programu lze provést v případě potřeby přímo na CNC stroji pomocí ovládacího panelu.

Volba koncepce mikroprocesorového systému CNC spočívá v určení objemu funkcí realizovaných programově a funkcí realizovaných dodatečnými technickými prostředky. Nesporné výhody programové realizace funkcí jsou tyto:

- systém řízení má menší rozměry, hmotnost, cenu, spotřebu energie a výrobní náklady,
- programové řešení je velmi flexibilní - změna programu nebo jeho varianta se realizuje pouze změnou obsahu paměťových obvodů popř. jejich rozšířením; samotné změny neovlivňují technologii výroby systému řízení, který může vykonávat úplně odlišné funkce dané programovým vybavením,
- změnu chování systému řízení podle požadavků uživatele je možno realizovat přímo v místě uživatele, bez změn zapojení.

Je proto snaha o co nejširší programovou realizaci funkcí. Dále je nutno stanovit, zda bude řízení CNC prováděno jedním nebo více mikroprocesory. Ke stanovení koncepce systému CNC také patří rozhodnutí, kde bude prováděna interpolace. Tato otázka je důležitá vzhledem k časové náročnosti interpolace a tím i k časovým možnostem mikropočítače. V podstatě jsou možná tato řešení:

- úplná interpolace v počítači,
- základní interpolace (první stupeň) programově, jemná interpolace (druhý stupeň) technickými prostředky,
- celá interpolace provedená jako u systému NC technickými prostředky.

2.4.4.1 Struktura systému CNC

Zjednodušené blokové schéma řídicího systému CNC je na obr.2.11. Řídicí systém CNC lze opět rozdělit na tři základní části. Na rozdíl od systému NC je vstupní část tvořena pouze čtecím zařízením a obvody ručního ovládání. Druhá část pro zpracování informací je tvořena vestavěným mikropočítačem. V našem případě jde o variantu systému CNC, kdy mikropočítač zpracovává uložená data, řeší řídicí funkce a provádí úplnou interpolaci. Výstupní části se u těchto systémů neliší.

2.4.4.2 Programování, režimy činnosti a obsluha systému CNC

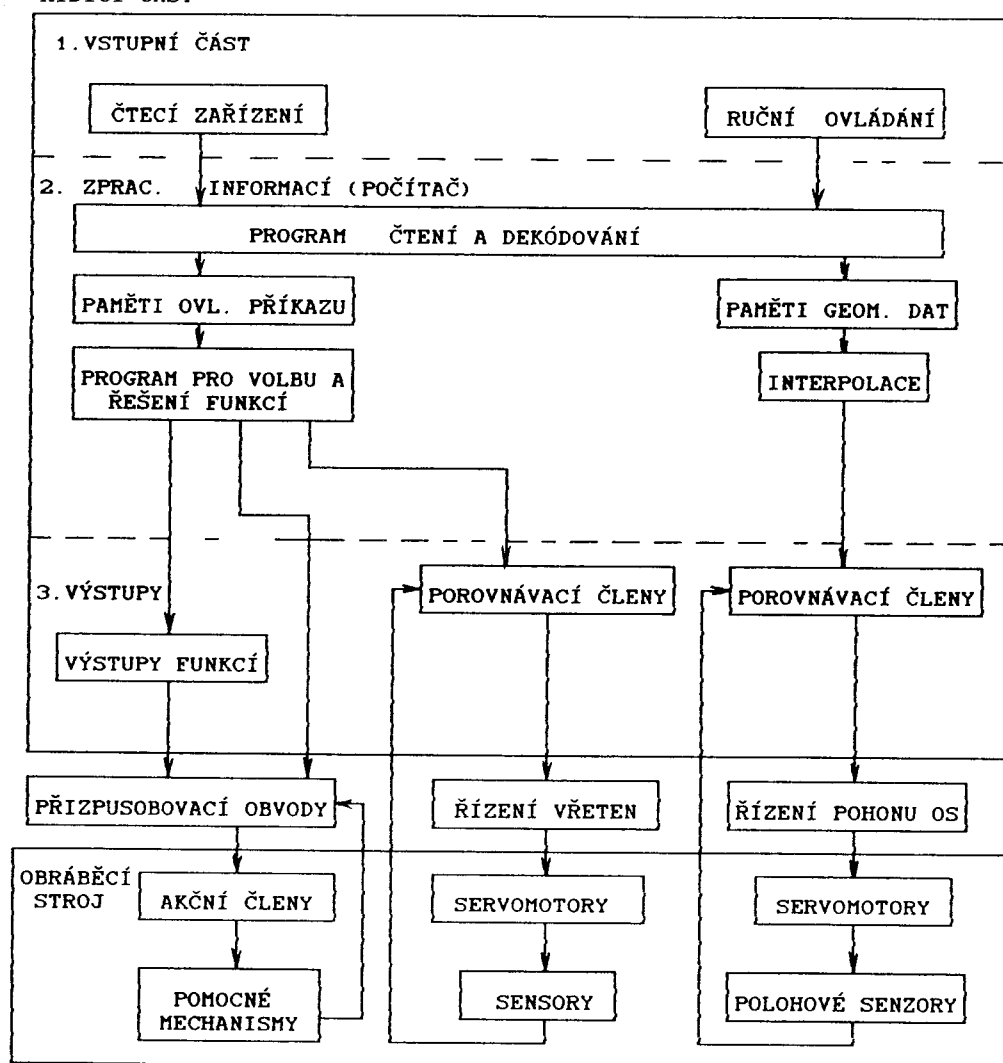
Programování systému řízení CNC

Systémový program a program dílce (partprogram) představují dvě úrovně programu řízení.

Systémový program určuje chování celého systému CNC, přičemž realizuje převážnou většinu jeho funkcí a zajišťuje vykonávání jednotlivých příkazů programu dílce. Zbývající funkce jsou realizovány technickým vybavením. Pro uživatele je nedostupný.

Program dílce je nadřazen systémovému programu a vytváří si ho sám uživatel. Pokud systém CNC vykonává program dílce, chová se spolu se systémovým programem jako počítač vykonávající příkazy podle programu dílce.

ŘÍDICÍ ČÁST



Obr. 2. 11 Schéma systému CNC

Nové systémy řízení CNC poskytují pro programování další možnosti, které podstatně zjednodušují programování a omezují požadavky na kapacitu uživatelské sekce paměti. Hlavní z těchto možností jsou uživatelské podprogramy, parametrické programování, pevné cykly a geometrické programování.

Uživatelský podprogram - popisuje operace a postupy, které se často opakují. Takové podprogramy lze vyvolat příkazem v odpovídajícím bloku.

Parametrické programování - dovoluje nahrazení číselných údajů v rozměrových a bezrozměrných příkazech proměnnými (parametry), které je možno během vykonávání programu měnit. Z parametrů a číselných konstant je možno sestavovat poměrně složité aritmetické výrazy, které mohou zahrnovat operace sčítání, odčítání, násobení, dělení, odmocniny, sin, cos, arctg. Do parametrů je možno např. přesunout současnou hodnotu polohy, korekci a posunutí počátku a naopak změny korekci a posunutí počátku, které jsou dány výsledky výpočetních operací. Podle výsledku programované operace je také možno podmínit provedení skoku v programu dílce nebo volání podprogramu.

Pevné cykly - často se opakující podprogramy je možno zapsat do pevné paměti systému CNC, čímž se stávají součástí jeho programového vybavení. Takto lze zapsat i poměrně složité postupy jakými jsou např. postupy automatického ubírání třísky k zadanému obrysu, postupy aktivní kontroly, diagnostické postupy a pod.

Geometrické programování - představuje mohutný aritmetický aparát. Aritmetické operace jsou realizovány geometrickým procesorem, který provádí:

- výpočet přesných poloh uzlových bodů obrysu,
- výpočet průsečíků zadaných úseků dráhy,
- hladké napojení přímkových a kruhových úseků,
- vkládání úkosů a zaoblení a pod.

Režimy činnosti systému CNC

Číslicově řízený obráběcí stroj může pracovat v několika režimech. Na rozdíl od klasických NC strojů, které lze provozovat pouze v režimu automatickém nebo ručním, mají CNC systémy mnohem více možností. Jsou to tyto režimy:

Automatický režim - je to hlavní a typický pracovní režim CNC stroje. Při něm jsou postupně vykonávány všechny bloky programu dílce a tím jsou automaticky provedeny všechny automatizované technologické operace daného stroje. U klasických NC strojů byl program soustavně a opakovaně čten z děrné pásky. U CNC strojů je program načten jednorázově do paměti číslicového systému stroje a nadále je čten a vykonáván z této paměti. Do paměti je přitom možno ukládat i více programů, soubory podprogramů, položky korekcí nástrojů, posunutí počátku a další údaje. Uživatelské programy a soubory dat jsou vkládány do energeticky nezávislé paměti RWM napájené ze záložního zdroje.

Modifikované automatické režimy - připouštějí modifikační zásahy do uvedeného automatického režimu činnosti, jakými jsou například zastavení vykonávání programu, vypuštění specifikovaných bloků programu a pod.

Poloautomatické režimy - vykonávají po každém nastartování pouze jeden blok programu.

Testovací režimy - vykonávají program dílce zrychleně, obvykle bez upnutí dílce nebo po bezpečné ekvidistantní dráze.

Ruční předvolba - je možno ručně zadávat příkazy jednotlivých bloků, vykonat je a popř. uložit do paměti programu dílce.

Ruční režimy - umožňují obvykle pouze řízení pohonů posuvů v jednotlivých osách. Mohou být souborem těchto dílčích režimů:

- režim trvalého pohybu - pohyb se děje pokud je stisknuto příslušné tlačítko nebo je sepnut spínač,
- režim trhavého pohybu - po stisknutí tlačítka se projede zvolený úsek dráhy (po přískocích, JOG - posuvy) 1 μm , 10 μm , 100 μm , 1 mm nebo 10 mm,
- ručně řízený pohyb - otočení kolečka se snímačem určuje pohyb ve zvolené ose,

- pohyb do referenčního bodu - přesun do referenčního bodu pro ocejchování vnitřních údajů o poloze se skutečnou polohou vůči referenčnímu bodu.

Ediční režimy - provádějí načtení programu dílce, jeho zápis, ruční zadávání, změny, opravy a doplňky programu.

Centrální anulace - po zrušení všech rozpracovaných operací uvede systém se strojem do klidového stavu.

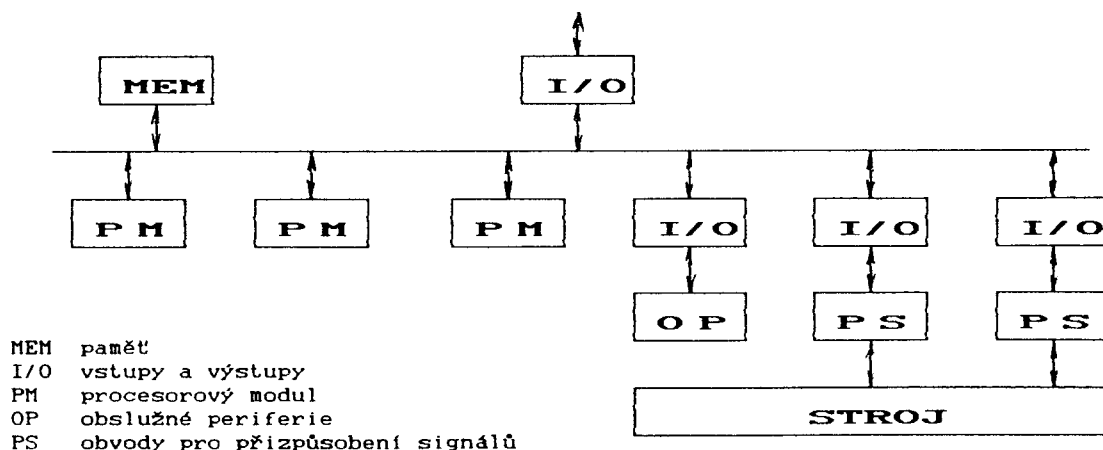
Servisní a diagnostické režimy - zajišťují kontrolu správné činnosti systému a lokalizují vzniklé závady.

Obsluha systému CNC

Obsluha systému CNC může zadávat program dílce, údaje o korekci nástroje, posunutí počátku a zadávat a měnit soubor údajů, které se nazývají konstanty stroje. Do konstant stroje patří kromě jiných údaje o velikosti rychloposuvu, o rychlosti posuvu při ručních posuvech, o poloze a směrech referenčních bodů a o jejich posunutí, údaje o převodových stupních vřeten a další údaje. Tento soubor vzhledem ke své náplni tvoří v podstatě přechod mezi systémovým programem a běžnými uživatelskými programy. Blíže bude o jednotlivých funkcích řídicího systému CNC pojednáno v další kapitole.

2.4.4.3 Víceprocesorové řídicí systémy CNC

Program předepisuje řídicímu systému vykonání velkého množství funkcí. Takového, že doba průchodu programu vychází několikanásobně větší, než je interval vzorkování počítače, jehož délka je určována požadovanou přesností výpočtu. Toto je v podstatě základní problém řízení každého reálného systému v reálném čase. V případě jednoprocessorového řídicího systému je nutno tento problém řešit pomocí dalšího, technického vybavení ve formě přídatných bloků.



Obr. 2.12 Modulární víceprocesorový systém

U moderních systémů CNC je charakteristické decentralizované zpracování informací. Toto zpracování provádějí volně programovatelné mikroprocesorové moduly. Každá z paralelně pracujících mikroprocesorových komponent, které jsou společně propojeny, obdrží programově pevně určený soubor funkcí. Rozdělení řídicích úkolů do těchto souborů umožňuje jejich paralelní zpracování. Principiální schéma modulárního víceprocesorového systému je na obr. 2.12.

Rozdělení řídicích úloh u systému CNC je možno z funkčního hlediska provést do čtyř bloků :

Blok č.1.: Soubory výstupních obslužných a řídicích funkcí a dat

Blok č.2.: Soubory číslíkového řízení, úpravy a distribuce dat

Blok č.3.: Soubory zpracování geometrických dat

Blok č.4.: Soubory zpracování technologických dat

Blok č. 1 může obsahovat tyto soubory:

- Uložení NC programu (s příslušnými řídicími pracemi)
- Obsluha a její řízení
- Kontrola smyslu vstupních dat
- Edice, rozdělení a pořizování dat
- Ediční funkce (pro změnu programu NC, pro zavádění korekčních hodnot, nastavení parametrů a pod.)
- Zpracování načtených zkušebních programů
- Provedení nerezidentních monitorovacích a edičních funkcí pro programování a nastavení programovatelných automatů.

Blok č. 1 v podstatě spojuje obslužný prostor a jádro číslíkového řízení. Obslužný panel je možno provést jako inteligentní terminál, t.j. že může disponovat vlastním mikropočítačem, který provádí jednotlivé úkony bloku č. 1. Zbývající část bloku je v jádru řídicího systému, se kterým je obslužný panel propojen sériovým rozhraním. Pokud není obslužný panel inteligentní, pak pouze shromažďuje data a posílá je na blok č. 1 do jádra řízení.

Blok č. 2 může obsahovat tyto soubory:

- Převzetí dat řízení NC (z programové paměti NC nebo z bloku č. 1.)
- Řízení programu NC
- Dekódování programu NC
- Pracovní cykly
- Podprogramy
- Výpočet ekvidistant
- Sledování pracovního prostoru
- Distribuce dat a synchronizace obrábění (mezi blokem č.3 a programovatelným automatem ve funkci přizpůsobovacího obvodu)
- Obměna aktuálních programových bloků programu NC.

Blok č. 3 může obsahovat tyto soubory:

- Interpolace
- Regulace polohy srovnáváním její žádané a skutečné hodnoty
- Řízení rozjezdu a brzdění
- Najetí do referenčního bodu

- Kontrola vlečné vzdálenosti
- Vytváření posuvu
- Korekce chyby stoupání vřetene
- Korekce měřicího systému
- Kontrola a kompenzace driftu
- Vyřazení systému z činnosti
- Aktivování skutečné hodnoty polohy (určení skutečné polohy, vzdálenosti posuvu a zbývající dráhy).

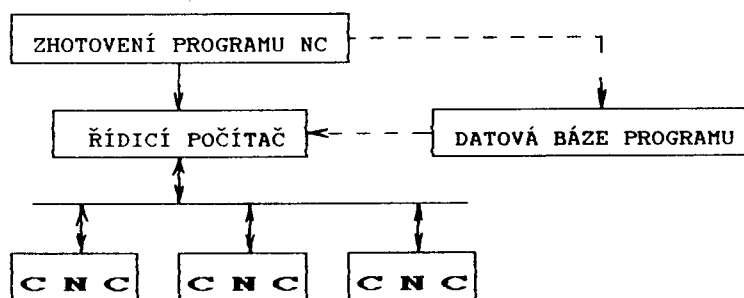
Blok č. 4 obsahuje tyto soubory:

- Propojení programových řídicích funkcí se zpětnými hlášeními pro vytváření nových řídicích signálů (např. signalizace pro vystřídání nástroje, upínacího stolu a pod.)
- Početní funkce (např. počet obrobků, počet provozních hodin a pod.)
- Udržování konstantní rychlosti řezu.

Uvedený seznam funkcí systému CNC názorně ilustruje složitost a množství funkcí systému. Ty také určují i rozsah programu, který bývá v rozsahu 100 až 200 kByte.

2.4.5 Systém DNC

Systém DNC (Direct Numerical Control) představuje systém přímého řízení většího počtu NC strojů číslicovým počítačem. Zavedení systémů DNC umožnilo zřízení a správu datové báze programů pro NC stroje, automatické rozdělování řídicích informací na řízené NC stroje a jejich řízení. Koncepte systému DNC při řízení CNC strojů je na obr. 2.13.



Obr. 2.13 Koncepte systému DNC

Po vytvoření programů pro řízení CNC strojů jsou tyto programy přehrány buď do paměti řídicího počítače, nebo do datové báze programů. Řídicí počítač zajišťuje distribuci těchto programů na jednotlivé CNC stroje ze své paměti nebo z datové báze programů.

2.4.6 Adaptivní řízení obráběcích strojů

Vstupní údaje technologického procesu obrábění lze rozdělit na dvě skupiny. Prvou skupinu tvoří údaje, které nelze během procesu programově nebo zásahem

obsluhy nastavovat. Do druhé skupiny řadíme údaje, které lze během obráběcího procesu měnit programově nebo obsluhou stroje.

Do první skupiny patří např. údaje o :

- obrobku (tvar, rozměry, kvalita povrchu apod.),
- nástroji (druh, ostření, rozměry, trvanlivost apod.),
- stroji (typ, výkon, pracovní rozsah, tuhost apod.)

Vstupní údaje této skupiny nazýváme vstupní konstanty.

Druhou skupinu tvoří vstupní údaje určující pracovní podmínky (posuv, hloubka třísky, řezná rychlost apod.). Jsou to tzv. vstupní proměnné, které zahrnujeme pod obecnou proměnnou x.

Výstupní údaje procesu obrábění tvoří např. tyto údaje :

- dosažená přesnost rozměrová i geometrická,
- dosažená kvalita povrchu obráběné součástky,
- výrobní náklady apod.

Během procesu obrábění se mohou vstupní konstanty měnit bez zásahu obsluhy (např. rozměry nástroje vlivem jeho opotřebení), což by bez dalších řídicích zásahů mělo za následek zhoršení výstupních parametrů obrobku. Ty jsou dány výstupními údaji procesu obrábění.

Princip adaptivního řízení spočívá ve změně pracovních podmínek (obecné proměnné x) tak, aby byly udrženy požadované výstupní parametry obrobku i při měnících se vstupních konstantách.

Vyšší stupeň adaptivního řízení představuje udržování zvoleného výstupního parametru na optimální hodnotě během celého procesu obrábění.

Adaptivní řízení je možno rozdělit do tří hlavních skupin:

1. Adaptivní programované řízení - řídicí program zahrnuje předpokládané změny vstupních konstant a podle těchto změn mění pracovní podmínky procesu obrábění.
2. Adaptivní optimalizační řízení - řídicí systém reguluje řezný proces tak, aby stanovený charakteristický ukazatel nabýval buď extrémních nebo optimálních hodnot. Podle toho se pak tato skupina dále dělí na podskupiny systémů :
 - a) limitních
 - b) optimalizačních.
3. Adaptivní systémy třetí generace - mohou během řezného procesu provádět programované testy a měření. Na základě jejich vyhodnocení samy určují optimální pracovní podmínky. Vyžadují dokonalé vybavení měřicí technikou a řízení pomocí mikropočítače.

V případě limitních adaptačních řídicích systémů se jako samostatných řídicích parametrů používá - složky řezné síly,

- krouticí moment,
- výkon.

Řízenými parametry jsou - řezná rychlost,

- posuv,
- hloubka třísky.

U adaptivních optimalizačních systémů jsou hlavními sledovanými a řízenými veličinami - přesnost obrábění,
- výkon obrábění,
- výrobní náklady.

Při adaptivním řízení přesnosti obrábění je nutno kompenzovat vliv všech poruch, které tuto přesnost ovlivňují. Jsou to především:

- změny způsobené mechanickými a tepelnými deformacemi,
- změny vůle v uložení a vedení,
- opotřebení nástroje,
- kolísání kvality materiálu a jeho nehomogenost.

Tyto veličiny je nezbytné během obrábění průběžně měřit pomocí měřicích systémů a na základě vyhodnocení měření provádět případné regulační zásahy pro udržení požadované přesnosti obrábění.

Výkon obrábění závisí na řezné rychlosti a velikosti posuvu. S jejich rostoucími hodnotami však rostou ztráty spojené s vyšším opotřebením nástrojů a jejich výměnou. Všechny tyto parametry zároveň ovlivňují výrobní náklady. Úkolem adaptivního řízení pak je určení velikosti řezné rychlosti a posuvu tak, aby bylo dosaženo minimálních výrobních nákladů.

Měřicí systémy adaptivního řízení nesmí :

- omezovat pracovní prostor a parametry obrábění,
- snižovat statickou a dynamickou tuhost stroje.

A naopak musí mít :

- vysokou citlivost,
- vysokou tepelnou stabilitu a širokou oblast pracovních teplot,
- možnost širokého využití,
- necitlivost na otřesy,
- necitlivost na rušivé signály,
- vyloučení vlivu opotřebení a obsluhy,
- ochranu před znečištěním.

Z uvedeného výčtu vlastností měřicích systémů je patrné, že tyto požadavky mohou splnit pouze speciální měřicí systémy, na jejichž přesnosti závisí jak produktivita výroby, tak i kvalita produkce.