

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

***MECHANIZACE A AUTOMATIZACE***

(sylaby - zkrácené učební texty)

Zpracoval : Doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

V Brně září 2002

## Obsah :

Výpis kurzu předmětu "Mechanizace a automatizace" .....	3
1. Výrobní proces .....	6
1.1. Charakteristika výrobních procesů .....	6
1.2. Struktura výrobního systému .....	7
1.2.1. Řízený systém VP .....	8
1.2.2. Řídící systém VP .....	8
2. Význam automatizace strojírenské výroby .....	11
3. Základní prostředky automatizace .....	12
3.1. Základní prostředky informačního toku .....	13
3.1.1. Dvojkový číslicový systém .....	13
3.1.2. Optoelektronické prvky .....	14
3.1.3. Nosiče informací a paměti .....	15
3.1.4. Čtečky .....	15
3.1.5. Odměřovací ústrojí, snímače .....	16
3.1.6. Interpolátory .....	16
3.1.7. Mechanické prostředky .....	17
3.2. Základní prostředky hmotného toku .....	17
3.2.1. Automatizační zařízení, prvky a MAZ .....	18
3.2.1.1. Transportní zařízení, skluzy, dopravníky a tratě .....	18
3.2.1.2. Násypky, zásobníky a zařízení pro skladování součástí ...	18
3.2.1.3. Mechanizmy pro zachycení a orientaci součástí .....	18
3.2.1.4. Mechanizmy pro kontrolu správnosti orientace .....	19
3.2.1.5. Odměřovací a dávkovací mechanismy .....	19
3.2.1.6. Podavače a podávací zařízení .....	19
3.2.1.7. Vyhazovače, mechanické ruky, výkyvné skluzy .....	19
3.2.1.8. Mechanizačně-automatizační zařízení (MAZ) .....	19
3.2.2. Průmyslové roboty a manipulátory .....	19
3.2.3. Automatizované výrobní stroje, systémy a linky .....	26
4. Problematika automatizace výrobních procesů .....	27
4.1. Umělá inteligence v pružné automatizaci .....	27
4.2. Uplatnění automatizovaných procesních systémů .....	29
4.2.1. Výrobní moduly .....	29
4.2.2. Pružná výrobní buňka .....	30
4.2.3. Robotizované pracoviště .....	31
5. Stupeň automatizace a pružnost .....	32

# Výpis kursu VUT v Brně

**Obsah:** [Anotace kursu](#), [Doporučená literatura](#), [Zajištění výuky kursu](#), [Rozsah a hodnocení kursu](#).

---

**Fakulta** : Fakulta strojního inženýrství  
**Kód kursu** : Fmc  
**Název kursu** : **Mechanizace a automatizace**

*Datum poslední úpravy karty kursu fmc : 16/07/1998*

---

## Anotace kursu

**Školní rok** : 2002/2003  
**Datum anotace** : 01/09/98

**Prerekvizity:**

Fakulta kursu	Zkratka kursu	Název kursu
FSI	Bvt	Výrobní technologie I
FSI	Dzr	Základy automatizace a regulace

**Navazující kursy:** \*\* v databázi neuvedeno \*\*

### Anotace kursu:

*V rámci předmětu jsou studenti seznámeni se základními druhy automatizačních prvků, používaných v automatizovaných systémech včetně nezbytného teoretického základu. Je demonstrováno jejich využití v průmyslových aplikacích výrobních systémů technologie tváření, obrábění a svařování, a při konstrukčním řešení robotů a jednoúčelových strojů a zařízení.*

*Jsou vysvětleny oblasti využití mechanizačně automatizačních zařízení a popsány všechny typy zásobníků, podavačů, dopravníků, orientátorů a další druhy periférií, využívané při projektování automatizovaných systémů. Předmět seznamuje rovněž s vytvářením pružných výrobních systémů, automatizovaných výrobních linek, integrovaných úseků, robotizovaných pracovišť a přibližuje způsoby programování NC strojů a robotů včetně základů jejich konstrukce, pohonů a řízení.*

### Cíle a úkoly kursu:

*Cílem kurzu je přiblížení činnosti komplexních výrobních systémů od systémů klasických přes systémy mechanizované až po progresivní výrobní systémy pracující s využitím vyšších stupňů a úrovní automatizace.*

### Získané znalosti a dovednosti:

*Studenti v průběhu výuky kurzu pochopí především činnost základních prvků, MAZ, mechanizovaných podsystémů i způsoby vytváření komplexních výrobních systémů s uplatněním automatizovaných strojů a zařízení, využívaných ve všech běžných technologiích strojírenské výroby. Získané znalosti uplatní kromě konstrukčních a technologických útvarů i v projekční činnosti při zpracování všech typů technologicko-výrobních návrhů strojírenských výrob.*

---

## Literatura, na níž je předmět vystavěn:

*Maximálně tři knihy ( alespoň jedna zahraniční kniha, nikoli naše skripta) obecně akceptované a užívané na zahraničních a našich univerzitách, obsahující podstatnou část předmětu. Tyto prameny nemusí být k dispozici studentům.*

	Autor	Název	Vydavatel
1.	Chvála,B.:	Automatizace	SNTL Praha 1987
2.	Čop,V.:	Automatizácia	Alfa Bratislava 1985
3.	Kolektiv:	Příručka automatizace ve strojírenství	SNTL Praha 1970

## Literatura doporučená studentům:

*Literatura studentům k dispozici (např. materiály vydané fakultou).*

	Autor	Název	Vydavatel
1.	Rumíšek, P.:	Automatizace výrobních procesů II.	Ediční stř. VUT Brno 1990
2.	Urbánek, J.:	Automatizace výrobních procesů - obrábění	Ediční stř. VUT Brno
3.	Kamelande, I.:	Mechanizace a automatizace výrobních strojů	Ediční stř. VUT Brno

## Zajištění výuky kursu:

**Výuku zajišťuje :** ÚSTAV STOJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE( kód ústavu - 3310 ), Fakulta strojního inženýrství

**Garant kursu :** Doc. Ing. Pavel Rumíšek CSc. ,

**Tel.:** : 41142631

**E-mail:** : RUPA@form.fme.vutbr.cz

## Rozsah a hodnocení kursu:

**Způsob ukončení** : zkouška a zápočet

**Počet kreditů** : 7

**Semestr** : Letní

### Hodnocení:

*( požadavky pro zápočet a zkoušku, způsoby a termíny průběžné kontroly výuky, způsob výsledného hodnocení předmětu, vymezení povinné výuky. )*

*Průběžná kontrola výuky je zajišťována prověřováním samostatného přístupu studentů k řešeným dílčím projektům, zadávaným ve formě elaborátů.*

*V přednáškách je průběžná kontrola studia zajištěna způsobem 2 testů v průběhu semestru.*

*Výsledné hodnocení předmětu je prováděno prověřením účasti ve výuce, vyhodnocením zpracovaných testů a zhodnocením kvality vypracování dílčích projektů s následným udělením zápočtu, který je nezbytnou podmínkou možnosti absolvování zkoušky.*

*Zkouška, prověřující úroveň celkových znalostí sestává z části písemné a ústní - v písemné části jsou zadány otázky ve formě kombinovaného testu, v ústní části student zpracuje a vysvětlí 2 otázky, z nichž jedna se týká teoretických základů předmětu (informační, energetický a hmotný tok) a druhá uplatnění mechanizačních a automatizačních přístupů v konkrétní technologii (výrobním systému) strojírenské výroby.*

**Rozvrhové jednotky:**

Typ výuky	Časová jednotka	Počet hodin za čas.jednotku	Celkový počet hodin za semestr
Přednáška	týden	2	20
Laborat.cvičení	týden	2	20

**Osnova rozvrhových jednotek:****Přednášky:**

1. Úvod, tvarové členění součástí, klasifikace, MAZ, mechanizační zařízení
2. Objekty a řešení mechanizace a automatizace v oblasti tváření kovů
3. Objekty a řešení mechanizace a automatizace ve svařování a řezání
4. Mech. a autom. montáže, balení, kapilár. pájení a lepení, principy strojů
5. NC stroje a jejich aplikace v různých technologiích, principy, užití
6. Výrobní centra, JÚS, RTK, automatizované výrobní linky a dopravní systémy
7. Roboty a manipulátory - principy, struktura, konstrukce, pohony, řízení
8. Rozbor podmínek nasazení PRAM, interakce s okolím
9. Rotační a translační jednotky, hlavice, snímače a pomocné prostředky
10. Komplexní automatizace, projektování AVS, propočty KE a DÚ, sériovost

**Laboratorní cvičení:**

1. Automatizační prvky - principy činnosti, ukázka funkce
2. Automatizační prvky - užití, zapojování, zadání projektu
3. Mechanizačně automatizační zařízení (katalogové listy)
4. Klasické prostředky mechanizace ve vazbě na výrobní stroje
5. Mechanizace a automatizace v plošném tváření - návrh výr. komplexu
6. Mechaniz. a automatizační pracoviště objemového tváření - návrh řešení
7. Mechanizace a automatizace ve svařovně - projekt pracoviště
8. Progresivní způsoby řešení MA (diapozitivy, video, katalogové listy)
9. Zpracování AVS systému s využitím výpočetní techniky
10. Hodnocení projektů, testů a účastí, udělení zápočtu

Pozn.: Uvedený výpis kurzu předmětu platí pro řádné magisterské studium  
(Pro kombinované studium je pouze informativním podkladem o rozsahu celkové výuky uvedeného předmětu).

# 1. Výrobní proces

## 1.1 Charakteristika výrobních procesů:

Neustálý vývoj výrobních sil, jehož jedním z projevů je dělba práce má za následek, že právě působením dělby práce se výrobní proces rozkládá na celou řadu dílčích, specializovaných a kvalitativně odlišných procesů.

Podle prostorového hlediska výrobní proces členíme na soustavu pracovišť, která jsou vhodně sdružena do specializovaných vnitrozávodových výrobních útvarů. Během výrobního procesu dochází ke kvalitativním změnám pracovního předmětu, s cílem vytvářet požadované užité hodnoty. Tyto kvalitativní změny různého charakteru jsou tvořeny operacemi, které nazýváme technologickými a na základě toho proces, v němž dochází ke zvýšení užité hodnoty materiálu nazýváme procesem technologickým.

Pro zajištění plynulého chodu výroby, tedy i technologického procesu, je však třeba vykonat celou řadu různých operací netechnologických (obslužných), které sice předmět nepřetvářejí ani nezvyšují jeho užitnou hodnotu, ale které jsou z hlediska výrobního procesu nezbytné. Jsou to v první řadě operace manipulační, jež mj. zajišťují zejména pohyb pracovního předmětu.

Výchozím prvkem strukturálního členění výrobního procesu z prostorového hlediska je pracoviště. Je to prostor, ve kterém se provádí určité pracovní operace, který je vybaven potřebnými pracovními prostředky a organizován takovým způsobem, aby nutné práce bylo možno provést v co nejkratším čase, s nejmenšími náklady, nejmenším pracovním úsilím a v požadované jakosti.

Na základě výrobních znaků technických, organizačních a ekonomických a charakteru vyráběných produktů, jeho sortimentu a množství je dán některý z následujících typů výroby:

- výroba kusová – vyrábí se od každého druhu výrobku malé množství (řádově pouze několik kusů). Její výrobní proces se opakuje velmi nepravidelně, nebo se neopakuje vůbec. Vyrábí se výlučně na zakázku.
- výroba sériová - vyrábí-li se určitý druh výrobku v jistém množství, které nazýváme sérií, jež se ve výrobě opakují s větší či menší pravidelností. Při sériové výrobě (na rozdíl od výroby hromadné) je pracnost objemu příslušné série nižší než roční efektivní fond strojů, vykonávajících jednotlivé operace. Proto je vyloučeno, aby jednotlivá pracoviště byla vytížena jen jedním druhem práce. Pro využití efektivního fondu je tedy nevyhnutelné, aby se na každém pracovišti vykonávalo několik druhů operací na různých součástkách nebo výrobcích.
- výroba hromadná – vyznačuje se úzkým sortimentem výrobků, vyráběných ve velkém množství, což vede k vysoké opakovatelnosti a ustálenosti výrobního procesu.

Jak bylo uvedeno výše celý výrobní proces je souhrn činností, jehož cílem je požadovaný výsledek (produkt).

Při výrobě – ve výrobním systému probíhá řada procesů, při nichž se přetváří surovina do podoby finálního výrobku.

Souhrn všech těchto procesů, probíhajících ve výrobním systému se nazývá výrobní cyklus.

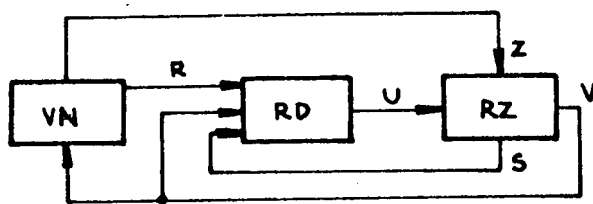
Výrobní cyklus má strukturu, která je schopna připravit a realizovat výrobu v uzavřeném výrobním cyklu.

## 1.2 Struktura výrobního systému:

Pro strukturu výrobního systému a jeho detailní vysvětlení je nejuvhodnější vycházet z kybernetického hlediska.

Základní schéma kybernetického systému je patrné z obr.č.1. Jak zadávané, tak měřené hodnoty jsou vektory, definované svými složkami. Počty složek určují prostory jednotlivých veličin.

- R ... vektor řídicích veličin, jehož složky jsou funkcemi času a jsou zadávány do řídicího systému jako referenční hodnoty
- S ... vektor stavových veličin řízeného systému, jehož složky jsou hodnoty, jichž nabývá v čase vnitřní stav systému
- V ... vektor výstupních veličin, jehož složky, závislé na čase, jsou hodnoty, jichž nabývají výstupy systému. Spolu s vektorem S tvoří soustavu zpětných vazeb, umožňujících automatické řízení.
- Z ... vektor poruchových veličin, působících na řízený systém, jehož složky, závislé na čase, mohou ovlivnit měřené veličiny
- U ... vektor akčních veličin, jehož složky, závislé na čase, jsou výstupy řídicího systému.



- VN .. vnější systém
- RD .. řídicí systém
- RZ .. řízený systém
- R ... vektor řídicích veličin
- V ... vektor výstupních veličin
- S ... vektor stavových veličin
- Z... vektor poruchových veličin
- U ... vektor akčních veličin

Obr.1 Schéma kybernetického systému

Řízení kybernetického systému je spjato s informačním tokem. Při jeho zpracování dochází vlivem poruchových veličin k jeho deformaci, která znamená snížení informačního obsahu.

Informace, obsažená ve vektoru řídicích veličin R je přenesena do řídicího systému, kde je porovnávána s vektorem výstupních veličin V, při znalosti parametrů řízeného systému, obsažených ve vektoru S. Odchyly jsou zpracovány řídicím systémem na vektor akční veličiny U, který působí na řízený systém tak, aby se žádané a skutečné veličiny co nejméně lišily.

Kybernetický systém komunikuje přes vstupy a výstupy se svým okolím, které nazýváme vnějším systémem.

Stavy a vztahy objektů jsou vyjádřeny veličinami, které mohou být nedefinovatelné (bez funkční závislosti), náhodné (vyjádřené mírou pravděpodobnosti) a nebo deterministické (popsané funkčními závislostmi).

V rámci přijatého kybernetického hlediska pro hodnocení výrobního procesu ve výrobním systému můžeme definovat dvě základní složky:

- 1.1.1. – řízený systém
- 1.1.2. - řídicí systém

### 1.2.1. Řízený systém výrobního procesu

Aby mohl být ve výrobním systému splněn cíl řízení, musí jím proudit tři základní operandy:

- informační tok
- hmotný tok
- energetický tok

Pro zajištění autonomní práce na základě plánu obsahuje výrobní systém:

- vnější systém výrobních středisek, které tvoří okolí, v němž se připravuje hmotný, informační a energetický tok, nutný k zajištění optimálního průběhu výroby.

Probíhají v něm přípravné procesy, které zajišťují stav připravenosti základních operandů. Struktura vnějšího systému výrobních středisek se skládá z útvarů technických, plánovacích, zásobovacích, přípravy materiálu, technické obsluhy výroby, kontroly a expedice. Zahrnuje v sobě systém vstupu, přípravy a výstupu.

Vnější systém výrobních středisek zajišťuje všechna střediska hmotným, energetickým a informačním tokem.

Členění výrobního procesu do výrobních středisek může být provedeno z různých hledisek podle uspořádání (předmětné, technologické, molekulární, buňkové atd.)

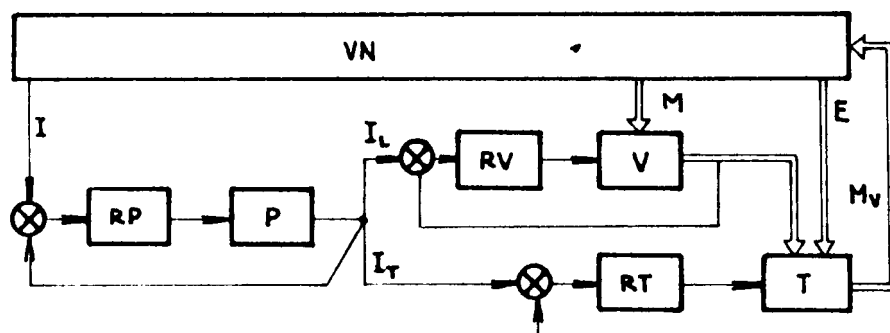
- výrobní středisko – tvoří relativně samostatnou výrobní jednotku, která je schopna zpracovat informační, hmotný a energetický tok ze systému přípravy na požadovaný výrobek. Výrobní středisko je tvořeno seskupením technologických pracovišť, obsluhovaných vnějším systémem, který obsahuje především systém mezioperační manipulace a dopravy. Dopravní systém výrobního střediska má tři okruhy, které zajišťují:

- tok materiálu, polotovarů a součástí
- tok výrobních pomůcek a přípravků
- tok odpadu

### 1.2.2. Řídicí systém výrobního procesu

V řídicím systému vycházejí základní příkazy z jednoho centra a jsou postupně zpřesňovány a předávány informačním tokem na satelitní podřízená centra.

Řídicí systém je podle základního členění procesů rozdělen do jednotlivých úrovní jak je patrné z dekompozice řídicího systému na obr. 2.



Obr. 2 Dekompozice řídicího systému



VN ... vnější systém výrobního systému  
 RP ... řídicí systém přípravy a vychystávání materiálu  
 P ... přípravný proces  
 RV ... řídicí systém výrobního procesu  
 V ... výrobní proces  
 RT ... řídicí systém technologických procesů  
 T ... technologické procesy  
 I ... informační tok  
 I<sub>L</sub> ... lhůtové a organizační informace  
 I<sub>T</sub> ... technické informace  
 M ... hmotný tok  
 E ... energetický tok  
 M<sub>V</sub> ... výrobek

Z dekompozice řídicího systému je patrné, že úrovně řídicího procesu jsou následující:

- příprava výroby – nosným operandem je informační tok
- výrobní proces – nosným operandem je hmotný tok
- technologický proces – nosným operandem je tok energie

Uvedené úrovně jsou uspořádány do třístupňové organizace, vzhledem k tomu, že řídicí systém pracuje v různých automatizačních úrovních podle technických prostředků, jimiž disponuje:

- s lidskou obsluhou
- s počítačem, pracujícím nezávisle - informace jsou přenášeny „off line“
- s počítačem, který pracuje v přímém hierarchickém spojení se svým nadřízeným i podřízeným systémem v zapojení „on line“

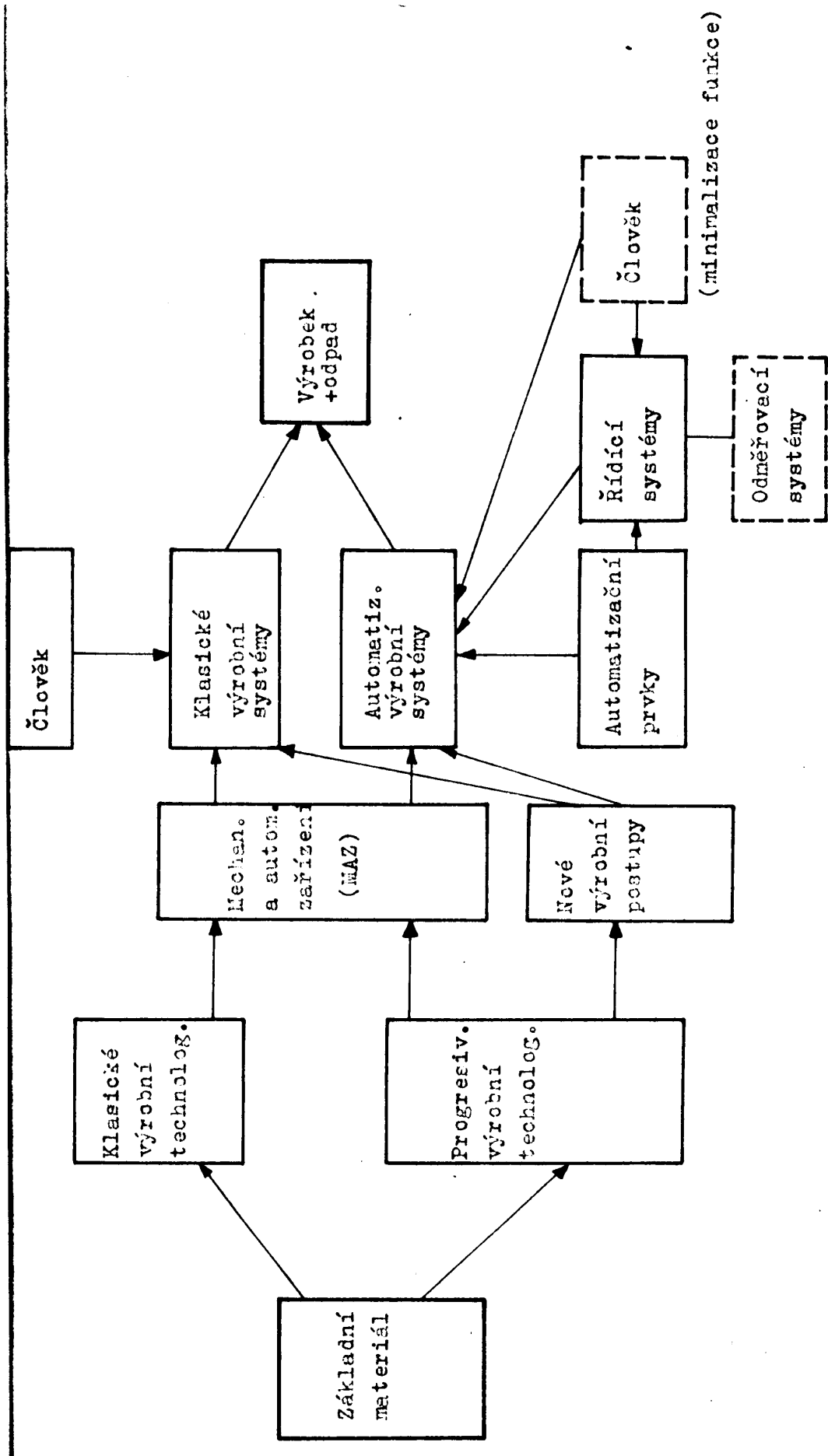
S rozvojem řídicí techniky byla nastoupena cesta integrace řídicího systému, jehož organizační úrovně zajišťují činnosti, uvedené na obr. 3.

Stupeň integrace řízení výrobního cyklu určuje stupeň vazby a návaznosti jednotlivých procesů uvnitř výrobního cyklu.

1. nultý stupeň určuje systém, složený ze samostatně řízených subsystémů, které nejsou na sebe vázány
2. mezistupně určují různé stupně vazby subsystémů na sebe a shlukování míst, odkud jsou řízeny
3. nejvyšší stupeň předpokládá řízení z jednoho centra (např. hierarchické uspořádáním počítačového systému, kdy jednotlivé subsystémy jsou řízeny satelitními počítači, napojenými na počítač centrální).

Úroveň	Řídicí subsystém	Řízený proces	Řízený proces	Nosný operand
III	Přípravný proces	Vnější systém výr. střed.	Příprava výroby	Informace
II	Výrobní proces	Vnější systém techn. pracoviště	Mezioperační doprava	Hmota
I.	Technolog. proces	Vnější systém pracovního místa	Operační manipul.	Hmota (energie)

Obr. 3 Řízené procesy ve výrobním systému



Stupeň automatizace a integrace řízení výrobního procesu ovlivňuje kvalitativní ukazatel - pružnost (kriteria pružnosti jsou uvedena rovněž v kap. 5)

Pružnost řízení výrobního cyklu vyjadřuje vztah mezi změnou přenosové funkce systému a nutnou změnou řídicí veličiny, která žádanou změnu přenosu vyvolá.

Pružnost výrobního systému znamená tedy zjednodušeně přizpůsobivost tohoto systému při změně výrobku změnou informačního toku (software). Přitom hmotné uspořádání systému strojů, zařízení a automatizačních prostředků (hardware) zůstává beze změny.

V tomto smyslu rozděluje právě pružnost automatizované prostředky a systémy na prostředky a systémy tzv. tvrdé automatizace – tyto systémy (řízené např. vačkami, nárážkami, mechanickými převody) vyžadují dlouhou přípravu při změně programu (přechodu na výrobu jiného výrobku).

Oproti tomu pružná automatizace, představovaná především číslicovým řízením, umožňuje přechod na výrobu jiného výrobku rychlou změnou programu bez náročné úpravy stroje, výměny a výroby nových přípravků a podobně.

## 2. Význam automatizace strojírenské výroby

Automatizace strojírenské výroby je nástrojem a projevem vědeckotechnického pokroku ve strojírenství, dokladem, že bylo dosaženo fáze v níž se aplikace vědy stávají pracovní silou. Současné výsledky vědy, zvláště technické kybernetiky a elektrotechniky dovolují dívat se na automatizaci daleko komplexněji.

Poslední přístupy k automatizaci opírají své přístupy především o kybernetické hledisko - pojetí automatu jako systému řízeného, jehož řízení a rozvoj provádí jiný systém, tzv. řídicí.

Charakterizují automaty jako systémy (stroje) ovládané opět systémy (stroji), jako dosud nejvyšší fázi, které bylo dosaženo v procesu vývoje od stroje, ovládaného člověkem.

Strojírenská výroba v nám známém pojetí je v současné době stále ještě i z více než dvou třetin prováděna v malých sériích (hlavně výroba základních prostředků a nástrojů) s velkou četností druhů a typů výrobků. Zvládnout tento typ automatizace se podařilo prakticky až v období posledních dvaceti let a to zvláště aplikací principu číslicového řízení pracovních strojů.

Automaty v tomto pojetí jsou v podstatě technické systémy, které integrují hmotně-energetické funkce stroje (funkce výrobní) se systémem, který je schopen přijímat, upravovat a uchovávat informaci, a využívat ji k řízení technologického procesu.

Tyto automaty pak mají charakter právě kybernetických systémů. Jejich nejnovější verze již mají schopnost kontrolovat svou běžnou činnost a korigovat ji podle předem stanovených pravidel v závislosti na dosahovaných výstupech.

Automatizace strojírenské výroby představuje především:

- naprostou spojitost provádění technologických a ostatních operací
- kvalitativní změnu úlohy lidského činitele ve výrobním procesu (viz obr.4)
- vysokou složitost a provázanost soustav pracovních prostředků (systémy PVS,IVU, tvářecí a obráběcí centra, robototechnologické komplexy, montážní systémy atd.)
- kvalitativně vyšší formy řízení výrobního procesu (DNC,MPST apod. včetně vlastního řízení vyr. systémů ASŘ)

V případě komplexního přístupu k řešení otázek automatizace jak v oblasti vytváření výrobních soustav, tak v oblasti zavádění plně automatizovaných systémů řízení jsou pak rozhodujícími zvláště následující přínosy automatizace:

- výrazný, prakticky řádový růst produktivity práce, promítnutý do úspory pracovních sil, doprovázený též přesunem lidí z bezprostřední výroby do sféry přípravy a kontroly výroby
- snížení až vyloučení vlivu lidského subjektu na množství a především na kvalitu produkce
- skutečnost a prokázaný fakt, že automatizovanou výrobu lze snadno automaticky plánovat, regulovat a vyhodnocovat.
- mimo uváděné zásadní přínosy jsou v neposlední řadě pomocí automatizovaných systémů řešeny i podmínky práce, odstranění namáhavosti a řešení technologických operací ve zdraví škodlivém a nebezpečném prostředí (využití PRaM)

Zásadní problémy automatizace naopak spočívají:

- ve značné technické složitosti integrovaných soustav výrobních a řídicích zařízení, charakterizované nutností uplatnit zcela nové a netradiční přístupy a metody v projekci, ve výstavbě i v provozování.
- ve vysoké ceně pořízení, s vysokými náklady na provoz, jež si vynucují prosazení zvláštních organizačních a sociálních opatření zajišťujících právě hospodárnost provozu
- změny v organizaci a přístupu k využívání a provozu nových složitějších výrobních systémů, vedoucí v mnoha případech k rekvalifikaci pracovníků a především k vyšší kvalifikovanosti obslužného personálu (problematika sociální, obtížnost při náboru a obsazování, růst mzdových nákladů, vázaných pro tuto kategorii pracovníků).

### 3. Základní prostředky automatizace

Vzhledem k tomu, že prakticky všechny druhy výrobních systémů s uplatněním automatizace jsou tzv. systémy strukturální, znamená to, že je můžeme rozdělit na dílčí stavebnicové jednotky, jež nám umožní celou skladbu a strukturu detailně specifikovat. Obecně lze tedy skladbu systémů, klasifikovaných jako systémy automatizované rozčlenit na uvedené skupiny:

- prostředky a zařízení hmotného toku (transportní zařízení, dopravníky, tratě, zakladače, zvedáky, zásobníky, násypky, oddělovací a podávací mechanismy, orientační a kontrolní zařízení, manipulátory, roboty atd.)
- prostředky a zařízení informačního toku (spínače, snímače, nosiče informací a paměti, odměřovací zařízení, měřicí zařízení, snímací dotyky, senzory atd.)
- prostředky a zařízení energetického toku (měniče, servomechanizmy, silové systémy atd.)
- řídicí systémy (vzhledem ke svému rozsahu jsou zde uvedeny samostatně - jinak jsou logickou součástí informačního toku)

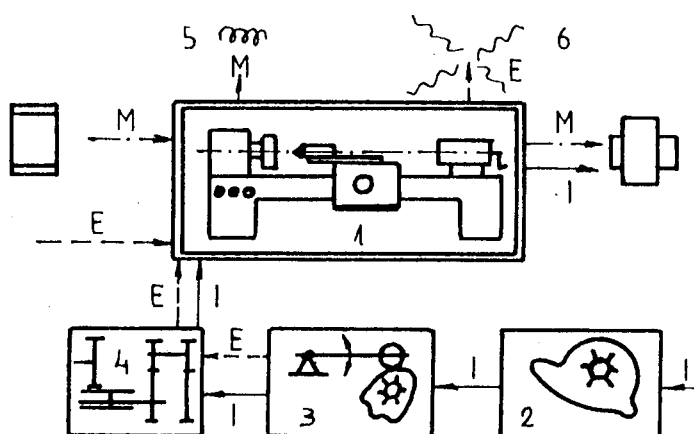
- ostatní pomocné automatizační prvky (kuličkové šrouby, valivá hnízda atd.)
- pomocné mechanizačně-automatizační zařízení a prostředky (MAZ)
- vlastní výrobní stroje a zařízení s různou úrovní automatizace

Jak je patrné z uvedeného přehledu, každý automatizovaný výrobní systém je vlastně stavebnicí s uplatněním uvedených prvků různého počtu, principu a konstrukce, propojený systémem řízení rozdílné úrovně a rozdílného rozsahu nebo členění.

### 3. 1. *Základní prostředky informačního toku:*

#### 3.1.1. *Dvojkový číslicový systém :*

Průběh pracovního procesu – řízení stroje má určitou časovou a prostorovou následnost v pohybu a spínání. Jedná se o předem stanovený pracovní cyklus – program, který je zabezpečován systémem programového řízení (viz obr. 5).



Obr. 5 Schéma automatizovaného výrobního procesu

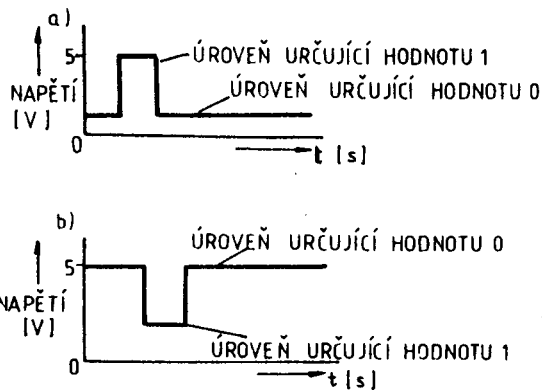
Ovlivnění průběhu spínání a pohybů je u neautomatizovaného průběhu procesu prováděno obsluhou. Při automatickém procesu má řízení samostatný sled instrukcí, přičemž řídicí ústrojí má za úkol právě zajištění automatického průběhu procesu.

To znamená, že řídicí zařízení určuje funkci stroje a relativní dráhu nástroje a polotovaru. Informace o funkci stroje mají charakter dvojhodnotový – dvojtavový (zapnuto, vypnuto) s případným zpětným hlášením nebo časovým omezením.

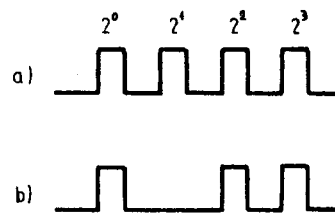
Dvojkový číslicový systém, který tuto informaci plně umožní vychází tedy ze dvou napětíových hladin pravoúhlého pulsu - horní a spodní, přičemž větší nepřesnosti ve velikosti těchto hladin jsou přípustné bez nebezpečí ovlivnění jedné hladiny druhou.

To znamená, že dvojkový číslicový systém užívá dvou napětíových hladin (úrovní) pulzu pro určení hodnoty binární jednotky - b i t u .

U tzv. pozitivní logiky reprezentuje horní úroveň hodnotu „1“, a dolní úroveň hodnotu „0“ (obr.6a) , u tzv. negativní logiky (obr. 6b) platí úroveň opačná.



Obr. 6 Úrovně pulzu pro hodnoty signálu



Obr. 7 Pulzy, určující binární čísla

Binární číslo (Binary Digit) je určeno kombinacemi pulzů – obr. 7a udává např. pulzy, vyjadřující binární číslo 1111, obr. 7b vyjadřuje binární číslo 1101.

Zde je nutno si uvědomit, že nižší řády jsou zaznamenávány dříve než řády vyšší, tj. vlevo (toto pravidlo je odlišné od zvyklostí, platících pro psanou nebo tištěnou formu).

Dvojkový číslicový systém je i základem všech elektronických výpočtových metod. Principy této dvojhodnotové logiky a základní elektronické obvody (tzv. logické obvody) jsou též základním předpokladem jakékoliv technické realizace.

### 3.1.2. *Optoelektronické prvky:*

Další skupinou moderních prvků, uplatňovaných v automatizaci jsou prvky, založené na principech optoelektroniky. Setkáváme se zde s prvky, které mění světelnou energii na elektrickou (fotonky) i prvky, umožňujícími tuto transformaci opačným směrem (svítící diody, tekuté krystaly, doutnavky atd.)

Fotodiody jsou prvky s jedním polovodičovým přechodem, jež mohou být buď hradlové, tj. po osvětlení se chovají jako zdroj elektrické energie, nebo odporové, měnící svůj odpor v závěrném směru v závislosti na velikosti dopadající světelné intenzity.

Fototranzistory jsou svou strukturou takové tranzistory, u nichž je osvětlením přechodu báze-emitor vyvolán v kolektoru tolikrát větší proud než v osvětleném přechodu, kolikrát větší je hodnota proudového zesilovacího činitele.

Svítící diody LED (Light Emiting Diode) mají tu vlastnost, že průchodem proudem emitují světelnou energii. Mohou být spínány přímo integrovanými obvody. Nejznámější je jejich použití pro sestavování segmentovek k zobrazování čísel – jsou sestavovány ze sedmi svítících diod podlouhlého tvaru eventuelně z diod bodových a sestavování maticových jednotek.

Tekuté krystaly jsou indikační prvky, obsahující látku, která vlivem přiloženého napětí mění své optické vlastnosti. Krystal pod napětím zabraňuje průchodu světla, bez napětí je téměř čirý. Zobrazení se dosáhne buď prosvětlením nebo využitím reflexe dopadajícího světla.

Optrony jsou dalším konstrukčním prvkem, který je v oblasti automatizace používán především k oddělování vstupů a výstupů od vlastního logického systému. Je to v podstatě kombinace LED diody a fototranzistoru, umístěná v jednom pouzdře.

### **3.1.3. Nosiče informací a paměti:**

Paměti jsou prostředkem k zachování určité informace buď trvale, nebo po určitou dobu, předem definovanou. Nejjednodušším paměťovým prvkem je bistabilní klopný obvod a zapojení, která jej používají, tj. čítače, registry apod. V posuvných paralelních registrech, které představují jednu skupinu pamětí, se obsah postupně přesouvá.

Další skupinu tvoří tzv. maticové operační paměti a patří sem paměti typu:

RAM (Random Access Memory) – paměti s možností měnit libovolně obsah informace v použitém zařízení. Přerušení napětí způsobí ztrátu paměti.

ROM (Read Only Memory) – permanentní paměti, kde obsah paměti je dán již výrobcem.

PROM (Program Read Only Memory) – paměti, u nichž si může potřebný obsah paměti bez možnosti změny naprogramovat uživatel sám.

EPROM, EAROM – paměti typu PROM s možností mazání obsahu ozářením ultrafialovým světlem, eventuelně působením elektrického nebo magnetického pole. Tímto zásahem je paměť připravena pro záznam další informace.

Vedle polovodičových pamětí jsou pro vnější zadávání informace používány jako nosiče informací zvláště děrné karty (štítky), děrné pásky a různé typy magnetických pamětí – nosičů jako magnetické karty, pásky disky, feritová jádra, či tenké magnetické vrstvy.

Ze starších typů pamětí a nosičů informací je možno uvést diodové matice a různé typy křížových voličů, narážkových bubnů nebo bubínků s vačkami. K pamětím se řadí též tlačítka a dekadické prepínače, které jsou zvláště při přímém použití u strojů velmi operativní.

### **3.1.4. Čtečky:**

Čtečky jsou zařízení informačního toku, určená ke snímání informací z nosiče informace (děrné pásky) a k předávání těchto informací ve vhodné formě dalším obvodům ke zpracování. Podle druhu snímání je dělíme na blokové a sérioparalelní.

Blokové čtečky snímají vždy celý blok informací z děrné pásky současně. doba snímání závisí na tom, jak dlouho probíhají na stroji v bloku programové funkce. V současné době jsou tyto typy používány již pouze v ojedinělých případech.

Sérioparalelní čtečky snímají informace z děrné pásky postupně po jednotlivých řádcích, tj. po jednotlivých funkcích a souřadnicích a předávají je do paměťových obvodů. Zde se informace uchovávají v celých blocích po dobu potřebnou k řízení příslušných funkcí stroje. Množství informací je zde omezeno jen kapacitou paměti a délkou pásky. Tímto způsobem pracuje většina čteček, používaných u NC strojů.

Z konstrukčního hlediska dělíme čtečky dále na mechanické a fotoelektrické. Mechanické čtečky jsou poměrně jednoduché a levné. Mají čtecí rychlost 20 až 60 znaků/s, takže se dají použít pouze tam, kde postačuje menší čtecí rychlost. Jejich nevýhodou je, že opotřebovávají více děrnou pásku a některé z nich mají i menší spolehlivost.

Fotoelektrické čtečky používáme všude tam, kde potřebujeme velkou rychlost snímání, např. při souvislém řízení. Docíluje se u nich rychlosti čtení 300 až 500 znaků/s i více. Děrná páska zde prochází intenzivním světelným paprskem, přičemž v místě vyděrovaných otvorů dopadá světlo na fotodiody. Výhodou fotoelektrických čteček je malé opotřebování děrné pásky.

Mimo uvedené typy existují rovněž čtečky pneumatické, které jsou však používány pouze výjimečně.

### **3.1.5. Odměřovací ústrojí, snímače:**

Odměřovací ústrojí tvoří důležitou část NC strojů, protože do značné míry ovlivňují jejich výslednou přesnost. Umísťují se buď na pracovních stolech nebo se připojují na posuvné kuličkové šrouby nebo na převody ozubeného hřebene s pastorkem.

Odměřovací principy jsou využívány buď pro odměřování přímé nebo nepřímé, dle způsobu uchycení rozeznáváme odměřování lineární nebo kruhové.

Měřicí principy se používají buď analogové nebo digitální. Dle charakteru informace dále digitální způsoby členíme na:

- přírůstkové (inkrementální), kde dráha je vyjadřována nespojitě počtem elementárních přírůstků (inkrementů)
- absolutní, kdy dostáváme pomocí kódovacích pravítek či kotoučů vždy absolutní údaj o poloze

Snímače číslcového odměřování jsou charakterizovány číslcovou kvalifikací měřené dráhy nebo úhlu.

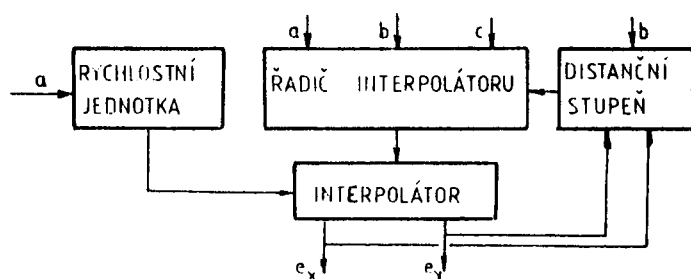
Snímače analogového odměřování se liší tím, že u nich probíhá odměřování spojitě a měřená dráha nebo úhlové pootočení se převádí na fyzikální veličiny (napětí, fázový posuv apod.)

### **3.1.6. Interpolátory:**

Technické prostředky k vytváření tohoto plynulého toku informací o generovaných dráhových přírůstcích – interpolátory jsou v podstatě jednoúčelové počítače, jejichž úkolem je vypočítávat plynule dráhu mezi dvěma body tak, aby byl zajištěn její stanovený průběh a dodržena rychlost pohybu.



O struktuře interpolátoru je možno říci, že v nejobecnějším smyslu sestává ze čtyř částí (obr. 8) a to z vlastního interpolátoru, řadiče, rychlostní jednotky a distančního stupně.



Obr. 8 Struktura interpolátoru

a,b - informace z paměti funkcí souřadnic

c - informace z „volby korekcí“

$e_x, e_y$  – povel, přenášené na diferenční členy x, y

### 3.1.7. Mechanické prostředky:

Do oblasti mechanických prostředků, zajišťujících přenos informačního toku automatizace je řazena celá řada narážkových a dorazových prostředků, vaček a křivkových bubnů a samostatné mechanické, hydraulické a elektrohydraulické kopírovací systémy.

### 3.2. Základní prostředky hmotného toku:

Jak je patrné z kapitoly, pojednávající o výrobním procesu – nejdůležitějším operandem, vstupujícím v rámci výrobního procesu do strojírenského podniku je hmotný tok. Výrobní proces je ve své podstatě realizací hmotného toku materiálu a výrobních pomůcek ve výrobním systému (při neopominutelné účasti toku informací a energie).

Prostředky a zařízení hmotného toku slouží v oblasti automatizace k přemísťování, transportu, posuvům, otáčení, zvedání, překlápění a dalším manipulačním úkonům, konaným s polotovary i hotovými výrobky, jakož i s nástroji a výrobními pomůckami.

Podle délky manipulačních drah a místa prováděné manipulace bývají tyto úkony děleny na :

- transport, dopravu a mezioperační manipulaci (uskutečňuje se mezi jednotlivými technologickými pracovišti v různých úrovních a délkách manipulačních drah)
- operační manipulaci (je vázána na konkrétní technologické pracoviště a je specifická podle druhu pracovní operace)

### 3.2.1. *Automatizační zařízení, prvky a MAZ:*

#### 3.2.1.1. *Transportní zařízení, skluzy, dopravníky a tratě:*

V této poměrně obsáhlé skupině je zařazena řada uvedených manipulačních zařízení a prostředků, spadajících především do oblasti základní mechanizace.

#### 3.2.1.2. *Násypky, zásobníky a zařízení pro skladování součástí:*

Jsou důležitou složkou automatizovaných systémů a jejich uplatnění je výrazné zvláště u tzv. tvrdé automatizace. Násypky slouží většinou pro vytváření zásoby prostorově neorientovaných polotovarů, zatímco v zásobnících jsou polotovary uchovávány již orientované. Dle konstrukčního řešení se zásobníky dělí na trubkové, kazetové, řetězové, deskové, třecí a další.

#### 3.2.1.3. *Mechanismy pro zachycení a orientaci součástí:*

Do této skupiny patří zařízení, která v násypce zachycují jednotlivé součástky, ustavující je do potřebné polohy a zavádějí je do navazujícího zásobníku nebo přímo do podávacího ústrojí. Podle způsobu zachycení je rozdělujeme do těchto skupin:

- mechanismy k zachycení za vnitřní povrch součásti
- mechanismy k zachycení za vnější povrch součásti
- mechanismy k zachycení do výřezů podle tvaru součásti

Výkon záchytného mechanismu lze určit ze vztahu:

$$Q = n \cdot \eta \cdot Z \quad \text{ks/min}$$

v němž  $Z$  značí počet součástí, které mohou být současně zachyceny jedním záchytným členem,  $n$  je počet dvojzdvihů nebo dvojkyvů záchytného členu za minutu a  $\eta$  je součinitel pravděpodobnosti zachycení (pohybuje se v mezích 0,15 až 0,4). Součinitel pravděpodobnosti zachycení lze též vyjádřit ve tvaru:

$$\eta = 1 - (1-p)^s$$

kde  $s$  je délka dráhy záchytného členu, vyjádřená počtem délek součásti, na níž má dojít k zachycení jedné součásti. Hodnota  $p$  je pravděpodobnost zachycení součásti na dráze, rovné délce součásti.

Orientační mechanismy – tzv. orientátory mají za úkol orientovat součást před vstupem do zásobníku, tj. uspořádat jej z libovolné do určité polohy a zajistit jeho setrvání v této poloze. Toto uspořádání se všeobecně děje postupně, přičemž prvním krokem je odstranění stupně volnosti předchozího pohybu.

#### 3.2.1.4. *Mechanismy pro kontrolu správnosti orientace:*

Aby se zabránilo poruchám v chodu stroje, eventuálně haváriím nástrojů, k nimž by mohlo dojít, kdyby byl některý z dodávaných polotovarů v zásobníku nesprávně orientován, zařazuje se většinou do zásobníku kontrolní zařízení.

Toto zařízení bývá dvojího druhu. První z nich kontroluje správnost orientace a dodatečně součást usměrní. Kontrolní zařízení druhé skupiny zastaví další chod stroje, zjistí-li v požadované orientaci závadu.

#### 3.2.1.5 *Odměřovací a dávkovací mechanismy:*

Slouží k oddělování, separování a event. dávkování součástí prostorově orientovaných do podávacích systémů stroje.

Slouží-li pouze k odměřování množství jednotlivých součástí, nazývají se oddělovače, jsou-li spojeny s podávacím mechanismem, převádějícím součást ze zásobníku nebo dopravního systému do pracovního prostoru stroje, nazývají se většinou podavače.

#### 3.2.1.6. *Podavače a podávací zařízení:*

Jedná se o širokou škálu zařízení, patřících především do oblasti mechanizace a manipulace s materiálem. Jejich členění je především z pohledu přenosu kusových polotovarů nebo kontinuálního materiálu. Hlavní představitelé jsou podavače háčkové, válečkové, sklíčidlové, kleštinové, savkové a dále řada podavačů šoupátkových a revolverových. Patří sem samozřejmě též různé druhy zakladačů (přístřihů a pruhů) a podávacích zařízení speciálních (pro kovací stroje, postupové nebo dvojitazné lisy).

#### 3.2.1.7. *Vyhazovače, mechanické ruky, výkyvné skluzy:*

Jedná se o skupinu zařízení, sloužících k vyjímání a vyvádění výrobků a polotovarů ze strojů, spadajících rovněž především do skupiny mechanizačních a manipulačních prostředků.

#### 3.2.1.8. *Mechanizačně – automatizační zařízení (MAZ):*

V uvedené skupině je zařazena řada pomocných prostředků a periférií, sloužících především ve spojení s průmyslovými manipulátory a roboty k zjednodušení jejich řídicích programů a zkrácení obslužných časů (elektromagnetické separátory, zvedače palet, křížové stoly a podobně).

### 3.2.2. *Průmyslové roboty a manipulátory:*

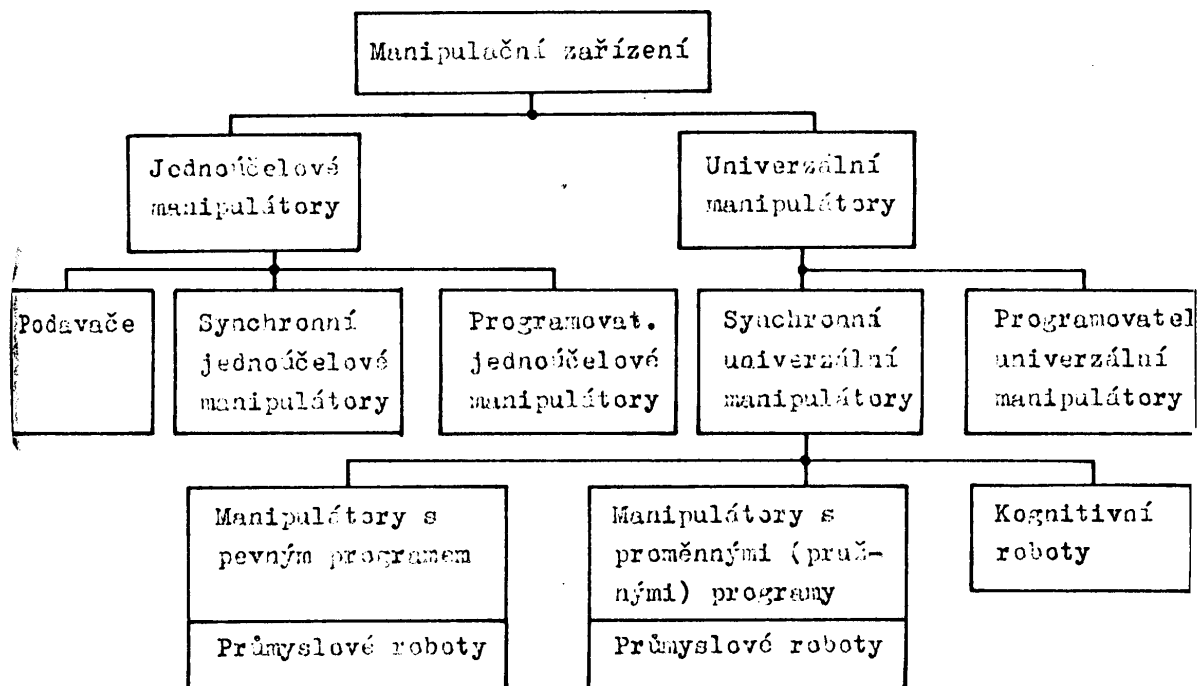
- Klasifikace a rozdělení PRaM

Průmyslové roboty a manipulátory jsou charakterizovány jako automatizační prostředky, sloužící k přenosu pohybu a sil, k transformaci jednoho druhu mechanického pohybu na jiný, nebo k vedení objektů po určitých, předem definovaných drahách.

Svým určením umožňují tyto automatizační prostředky mechanizovat a automatizovat výrobní i nevýrobní činnosti jako např. podávání, vkládání, vyjímání, předávání dílců a provádět přímé výrobní operace a manipulační úkony.

Od tradičních mechanizačních i automatizačních prostředků se však PRaM odlišují svým univerzálním charakterem, jsou pružné tj. lehce přestavitelné na výkon nejrůznějších operací s pohybovými i do jisté míry intelektuálními vlastnostmi a v případě adaptibilních a tzv. kognitivních robotů mohou reagovat na změněné a nepředvídané situace a prostředí.

Podle složitosti provedení a stupně či úrovně řízení dělíme celou uvedenou skupinu manipulačních zařízení, do nichž roboty a manipulátory patří, způsobem, zobrazeným v následujícím obr.č.9 :



Obr. 9 Rozdělení manipulačních mechanismů

Z uvedeného členění je patrné, že základní skupiny PRaM jsou tvořeny skupinou jednoúčelových manipulátorů a skupinou manipulátorů univerzálních.

Mezi manipulátory jednoúčelové patří jednak nejjednodušší typy podávacích mechanismů (podavače), jednak manipulační zařízení, přímo ovládané člověkem (skupina synchronních manipulátorů – teleoperátorů, balancerů) a do této skupiny jsou zařazeny též manipulátory, přímo řízené programovým ústrojím.

Jednoúčelovost těchto manipulátorů je nutno chápat především z pohledu omezení, tj. limitování jejich činnosti ve vztahu k dané aplikaci – zde se jedná především o omezení stupňů jejich volnosti, omezení rozsahu pohybových možností a možností řídicích systémů a navazující zjednodušení prostorového uspořádání, přizpůsobené jejich aplikaci.

Univerzální manipulátory jsou složitější oproti manipulátorům jednoúčelovým, což je dáno především jejich flexibilitou – pružností z hlediska možných aplikací a užití.

Jejich nejrozšířenější, ale též nejsložitější skupina se nazývá *průmyslové roboty*. Mechanizmy této skupiny se vyznačují především svou *manipulační schopností, autonomností v chování, univerzálností ve smyslu víceúčelovosti, existencí vazeb s prostředím a integrovanou funkcí svých složek*.

Špičkové provedení pak představují tzv. *kognitivní roboty*, schopné jistého „racionálního myšlení“ a vnímání.

- **Kinematické struktury robotů a manipulátorů**

Obecně lze konstatovat, že pro potřeby specifikace zadání a parametrů v základní technologické studii jsou uvedené typy mechanismů klasifikovány především:

- kinematickým uspořádáním
- způsobem pohonu
- úrovní řízení

Kinematické (nebo též strukturální) uspořádání je ve své podstatě vyjádřeno řetězcem několika vzájemně pohyblivých členů, z nichž jeden tvoří rám.

Dvojice pohyblivě spojených členů nazýváme *kinematickými dvojicemi* a více pohyblivě spojených členů je pak nazýváno *kinematickým řetězcem*. Kinematická struktura robotů je tedy dána jejich kinematickými řetězci.

*Počet stupňů volnosti* jedné dvojice je roven počtu nezávislých posuvů a rotací, jež mohou oba členy dvojice vzájemně vůči sobě vykonávat. Vazbová závislost, udávající počet stupňů volnosti kinematického řetězce je dána vztahem:

$$i = 6(n - 1) - \sum_{j=1}^5 j \cdot d_j$$

kde  $i$  značí počet stupňů volnosti  
 $n$  je počet členů mechanismu včetně rámu  
 $j$  je označení třídy dvojice  
 $d$  značí počet dvojic příslušné třídy

Z hlediska dosahu pro jednotlivé případy použití lze konstatovat, že pro polohování po přímce by měl dostačit obecně  $1^\circ$ , v rovině  $2^\circ$ , v prostoru  $3^\circ$ . Vzhledem k nutnosti orientaci by pak libovolná poloha obecného tělesa v prostoru byla dána  $6^\circ$  volnosti.

Vyžaduje-li to okolnost a nutnost manipulovat v těžce přístupných polohách a prostorech nebo se v průběhu polohování musíme vyhýbat překážkám (u svařovacích robotů je to např. obcházení žebrových výztuží), pak jsou konstrukčně roboty koncipovány s více stupni volnosti (až  $11^\circ$ ).

Kinematické řetězce obsahují vždy nejrůznější kombinace posuvně i rotačně spojených kinematických dvojic, jejichž počtu odpovídá, jak bylo řečeno, počet stupňů volnosti. Jejich uspořádání i počet není náhodný, nýbrž vyplývá z řady podmínek a požadovaných funkcí celého mechanismu – robota, jako jsou například :

- požadovaná dráha těžiště manipulovaného objektu
- přesnost polohování při přemísťování těžiště objektu
- natočení objektu kolem souřadných os unášeného souřadného systému
- druh pohonů, realizujících pohyb v jednotlivých dvojicích
- konstrukční provedení celého mechanismu
- přenášená a manipulovaná hmotnost
- vazba PRAm na jiné manipulační a pomocné mechanismy

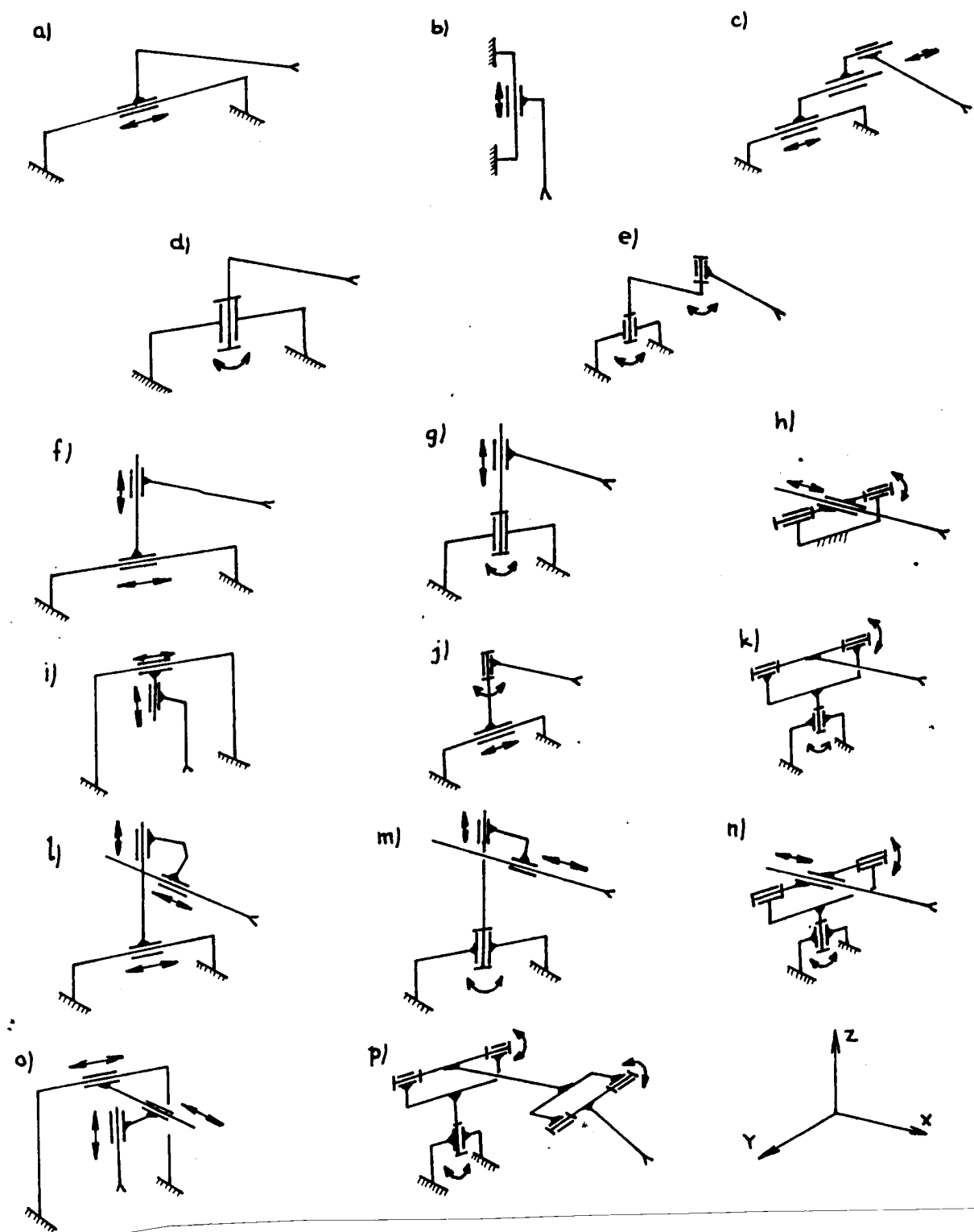
Příklady nejběžnějších typů kinematických řetězců mechanismů robotů, umožňujících pohyb po přímkových, kruhových, křivkových nebo prostorových drahách jsou uvedeny v obr.č.11 .

- **Bloková schemata a úrovně řízení robotů a manipulátorů**

Podle úrovně a způsobu řízení dělíme celou skupinu robotů a manipulátorů do 4 generačních stupňů:

Gen.	Program činnosti	Vnímání a analýza okolí
0	žádný	jednoduchá -(operační)zpětná vazba
	pevný (dán konstrukcí)	
	předem volitelný(člověkem)	k elementárnímu rozhodování (programová zpětná vazba)
1	samostatné přepínání několika programů	k účelům symbolického rozhodování (symbol.zpět.vazba) orientace v relat.neznámém prostředí
	samostatné vytváření programu k danému cíli (jednoduché)	
2	samostatné vytváření programu (složitě) -učení se ze zkušenosti -větvicí se programy - symbolická zpětná vazba a rozhodování v reálném čase - řešení úloh v proměnném prostředí	
3	samostatná volba cíle	orientace v neznámém prostředí

Obr. 10 Generační stupně úrovně řízení



Obr. 11 Příklady kinematických dvojic řetězců PRaM

Jak je patrné i z členění generačních stupňů, průmyslové roboty a manipulátory charakterizujeme jako nejsložitější manipulační mechanismy. S přihlédnutím k jejich vlastnostem je tedy možné tyto mechanismy definovat následujícím způsobem:

***„Robot je automaticky, nebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní, cílově orientované interakce s přirozeným prostředím podle instrukcí člověka. Tato interakce spočívá ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí a v manipulování s předměty a pohybování se v tomto prostředí“.***

Vzhledem k uváděným „možnostem“ a rozdílům v úrovni řízení robotů můžeme u jednotlivých typů stanovit tzv. *bloková schémata*, v nichž akční podsystém představuje jejich mechanickou stavbu, pohony a pojezdové ústrojí, vnímací podsystém je představován čidly a jejich obvody a řídicí podsystém řídicím a koordinačním ústrojím (supervizor).

Jak již bylo uvedeno v předchozí části, průmyslové roboty jsou zařízení, složené z :

- 1) pohonu,
- 2) řízení,
- 3) odměřovacího ústrojí a celého odměřovacího systému
- 4) kinematického mechanismu (systému)
- 5) chapadla nebo příslušné technologické hlavice

vybavené dílčími čidly a senzory. **Blokové schémata těchto zařízení (průmyslových robotů) potom znázorňují silové a informační vzájemné vazby těchto základních prvků robotu a vazby vůči pracovnímu, manipulačnímu předmětu, technologickému výkonu nebo prostředí.**

Pracovním orgánem, kterým robot působí na své okolí v souladu s požadovaným manipulačním nebo technologickým úkolem je chapadlo nebo technologická hlavice.

Všechny články ramena a chapadla či technologické hlavice jsou vybaveny pohony, jejichž činnost ovládá systém programového řízení. Ten tvoří buď otevřený, nebo uzavřený obvod, v druhém případě je robot vybaven snímači poloh.

Takto postavený robot již může pracovat, protože však nedostává informace o svém okolí, musí být opatřen poměrně rozsáhlým programem a popřípadě další orientační výbavou (čidly). Speciální čidla dále značně rozšiřují funkční schopnosti a schopnosti adaptability průmyslového robotu.

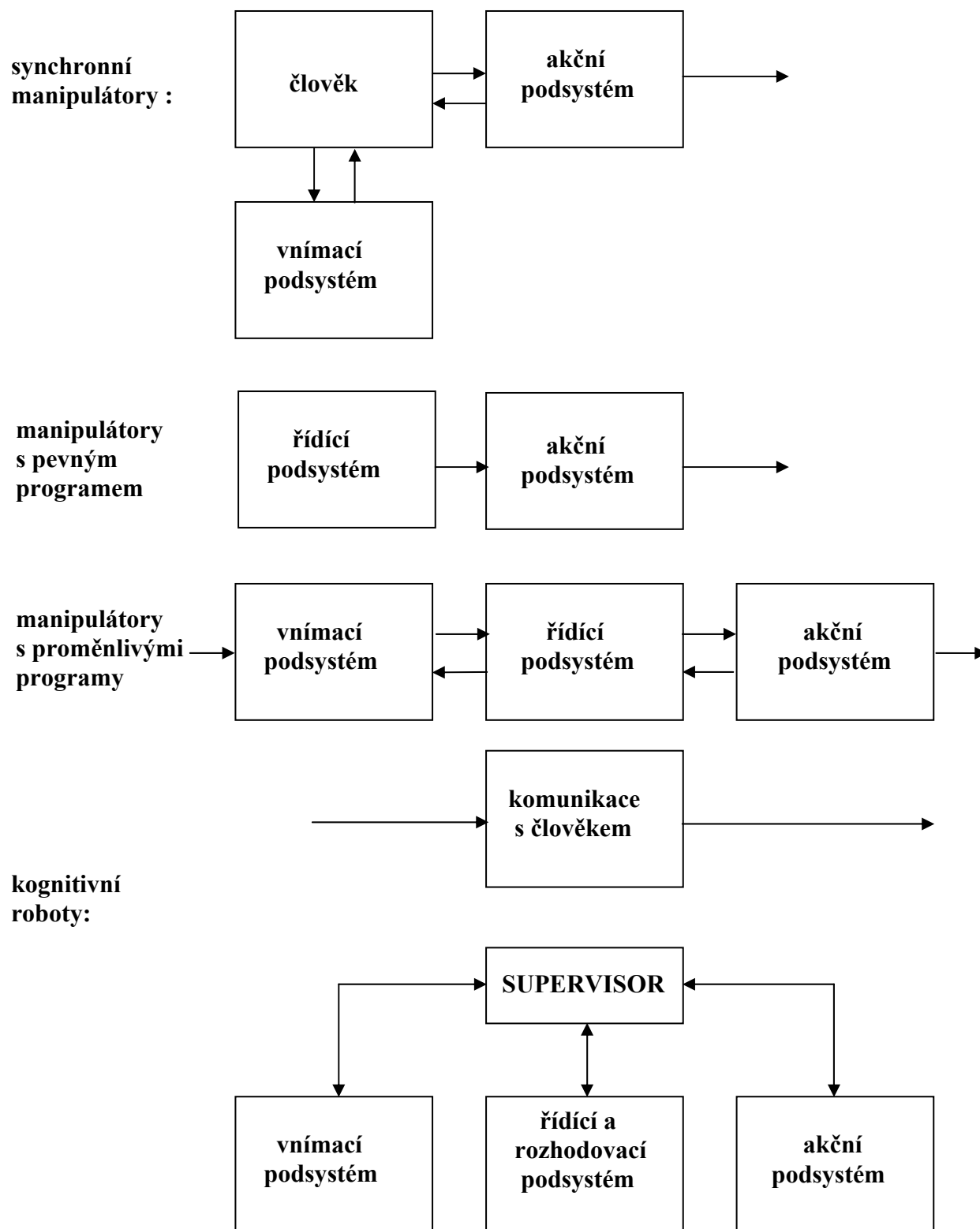
Koncepce pohybů a kinematika pohyblivých částí průmyslových robotů, dána příklady kinematických řetězců, uvedených na obr. 11 vychází ve své podstatě z umělé reprodukce motorických funkcí lidské ruky.

Rozdělení pohybů umožňuje vidět v kinematickém mechanismu robota dvě části s různou funkční úlohou

- chapadlo nebo technologická hlavice se svým kloubem, určující orientační schopnosti robotu
- zbývající část mechanismu, podmiňující tvar a rozměry operačního prostoru a manévrovací schopnosti robotu



Bloková schémata jednotlivých typů robotů a manipulátorů jsou spolu s vnitřními vazbami vyjádřeny následovně:



Obr. 12 Bloková schémata robotů a manipulátorů

### 3.2.1. *Automatizované výrobní stroje, systémy a linky:*

Způsoby a principy NC řízení a rozsáhlé uplatnění výpočetní techniky ve výrobních systémech vedly postupně nejen ke konstrukčnímu řešení automatizovaných výrobních strojů, ale i k vytváření celých výrobních systémů, výrobních seskupení a automatických výrobních linek.

Jejich nasazování do výrobního procesu je však ovlivňováno řadou ekonomických i mimoekonomických vlivů. Je to především seriovost výroby, její rozvrhování a též požadovaný stupeň pružnosti výroby. Za současných podmínek bylo stanoveno následujících 5 hlavních forem nasazování těchto automatizovaných systémů:

skupina	způsob nasazení	počet výrobků	
		druhů	za rok
1	jednotlivé NC stroje a skupiny z nich vytvořené	více než 200	50
2	pružné výrobní buňky	30 - 800	20 - 500
3	automatiz.výr.soustavy	4 - 100	50 - 2000
4	pružné transfer.výr.linky	3 - 10	1000-15000
5	tvrdé transfer.linky a účelové stroje s otočným transferem	1 - 3	více než 2000

Obr. 13 Způsoby nasazení automatizovaných výrobních systémů

Obecně lze konstatovat, že *jednotlivé NC a CNC stroje*, nasazované jako náhrada konvenčních výrobních strojů, nebo vytvářejících s nimi výrobní seskupení, nepřinášejí ve výrobním procesu takový efekt jako *NC a CNC stroje ve skupinovém nasazení*. Skupina těchto strojů představuje, zvláště při DNC řízení velmi pružný typ výroby, který je též současně vhodný i pro celkový počet vyráběných druhů.

*NC výrobní buňkou (cell)* je označován takový typ technologického pracoviště, které sestává z jednoho nebo několika NC strojů, vzájemně propojených automatickým manipulačním zařízením, manipulátorem nebo robotem. Změna vyráběných součástí je u takových výrobních systémů, vzhledem k jejich pružnosti velmi snadná.

Řešení automatizovaných výrob, založené na vytváření pružných výrobních systémů vede též k návrhům výrobních seskupení, vycházejících z tzv. předmětného uspořádání, plně odpovídajícího technologickému postupu, označovaných též jako *automatizované výrobní linky*.

#### 4. Aktuální problematika automatizace výrobních procesů

Chápe-li se automatizace jako širší proces, probíhající v jednotě vědecko-technického, ekonomického a sociálního aspektu, je nutno vidět, že jejím základem jsou progresivní změny výrobních sil a materiálně technické základny, kde je člověk aktivním činitelem při tvorbě automatizovaných výrobních systémů, avšak v procesu automatizované výroby funguje jako dozor a rozhodčí.

Donedávna se problematika automatizace ve výrobním procesu zužovala na aplikaci výpočetní techniky v následujících separátních oblastech :

- a) číslíkově řízené výrobní stroje,
- b) automatizace sestavování technologických postupů,
- c) automatizace logistiky zásob a řízení výroby,
- d) použití komunikačních zařízení a údajových bází,
- e) manipulace s materiálem a j.

Nejpodstatnější nevýhodou tohoto stavu byla vzájemná nekompatibilita systémů v jednotlivých oblastech, neintegrita toku informací, citlivost na lidský faktor, vznik chyb při programování a extensivnost testování. Je nutno si uvědomit, že úplná automatizace výrobních systémů na celé výrobní ploše je doposud utopií. Každý ucelený výrobní systém dosahuje zatím jenom určitého stupně automatizace.

Klíčovými pojmy v aktuální problematice automatizace výrobních systémů jsou **pružnost, integrace a umělá inteligence**.

##### 4.1 Umělá inteligence v pružné automatizaci

Významné kvalitativní zdokonalování systémů pružné automatizace (používající NC principů řízení) se dosahuje aplikací principů umělé inteligence. Hlavní průnik umělé inteligence do výrobních procesů se odehrává v souvislosti s počítači integrovanou výrobou - CIM. Na operační úrovni strojírenské výroby se za hlavní směry uplatnění umělé inteligence považují :

- rozpoznávací a učící se systémy,
- zpracování optické a akustické informace,
- řešení úloh a plánování činnosti,
- expertní systémy

Schopnost inteligentního systému přizpůsobit se změnám okolního prostředí se nazývá **adaptace**. Každý proces adaptace je spojen s vynaložením určité energie. Při vícenásobném opakování jsou schopné inteligentní systémy zmenšovat množství energie potřebné k adaptaci využitím postupně nahromaděných zkušeností.

Tento proces se nazývá **učení** a systémy schopné realizovat podobný proces nazýváme **učící se systémy**.

Prvotním předpokladem adaptace je schopnost vnímání a rozpoznání stavu a změn prostředí (ENV). Pod pojem „vnímání prostředí“ lze zahrnout rozpoznání jednoduchých předmětů a jejich klasifikaci, ale i popisy složitých scén, akustické signály a pod. Vyšší formy rozpoznávání prostředí jsou spojeny se zpracováním komplexní vizuální informace a taktéž se zpracováním akustických signálů, včetně řeči. Vzhledem k tomu, že se jedná o velmi složité procesy, zpracování informací je zpravidla dvojúrovňové. Na nižší úrovni v sejmutém obraze

se vyhledávají elementární obrazce, barvy siluety, hlásky, tóny, charakteristické zvuky atd. Výsledkem zpracování na nižší úrovni je při významné redukci obrovského množství informací symbolický popis snímku. Na vyšší úrovni se pokračuje analýzou scény nebo lingvistickou analýzou.

V procesech přípravy výroby a její operační úrovni provádění existují čtyři základní sféry aplikace umělé inteligence :

- A. Robotika a další strojové systémy
- B. Strojové vidění
- C. Komunikace v přirozeném jazyce
- D. Expertní systémy

**Ad A.** V roboto-technologie se umělá inteligence uplatňuje zejména pro montáž složitých výrobků, inspekci výrobků a procesů, složitou manipulaci s materiálem, svařování, nanášení vrstev a laků a další speciální technologie. Podobně jako u robotů je možno hovořit např. i o inteligentních obráběcích strojích. Reprezentují je stroje se symbolickým řízením, které jsou schopné na základě formulace požadavků na součást automaticky sestavit program její výroby a při výrobě upravovat tento program podle informací snímaných z procesu (AC – the Adaptive Control).

**Ad B.** Strojové vidění se uplatňuje zejména při

- inspekci výroby,
- měření součástí,
- testování výrobků,
- třídění součástí.

**Ad C.** Komunikace v přirozeném jazyce je orientována na následující aplikace :

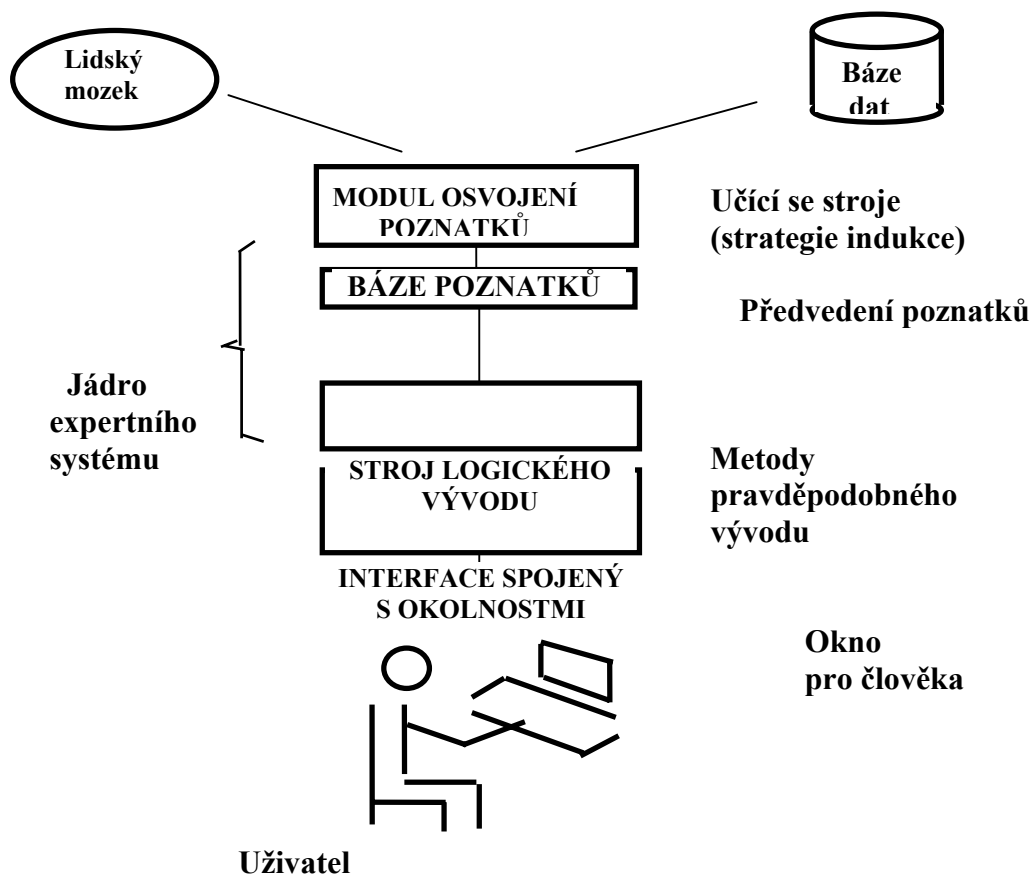
- NC programování,
- tvorba báze dat,
- komunikace na výrobní ploše a v inženýrsko-technických kancelářích,
- interakce člověk-stroj,
- bezpečnostní systémy.

**Ad D.** Za hlavní proud aplikací UI ve výrobě se však považují **expertní systémy**. Odlišují se od konvenčních počítačových systémů v následujících znacích :

- a) Expertní systém může využívat vědomostí člověka (experta), který např. určuje odpovídající vstupní údaje, provádí výběr variant atd.
- b) Úsudkový proces při řešení může být vysvětlen, tj. určuje se, proč konkrétní řešení je výhodné.
- c) Poznatky jsou zaznamenány ve formě pravidel a systém je adaptivní, tj. může se učit na základě experimentů a růstu expertních poznatků.
- d) Zatímco konvenční program pozůstává z dat a algoritmů, expertní systém obsahuje fakta, pravidla, atributy a inferenční stroj. I jeho rozhodovací procedura nemusí vždy probíhat dvojkově ano/ne, ale pomocí rozhodovacích „stromů“ a heuristik.

Celkově možno konstatovat, že expertní systém je v podstatě software, které je obohaceno o poznatky specialistů (expertů) a potom může být využíváno různými uživateli.

Všeobecná architektura expertních systémů je znázorněna na obr. 14.



Obr. 14 Všeobecná architektura expertních systémů

## 4.2 Uplatnění automatizovaných procesních systémů

Historická etapa individuálního nasazení prostředků pružné automatizace, zejména NC strojů a robotů v podstatě výrazněji nezasahovala do tradiční struktury konvenční výroby. Skutečný nástup pružné automatizace je spojen až s aplikacemi částečně integrovaných výrobních seskupení, realizovaných formou robotizovaných pracovišť a pružných výrobních buněk.

V současné době představují tyto formy pružné automatizace nejpočetnější proud aplikací s rychlým růstem úrovně automatizace až po úroveň bezobslužného provozu. Jejich hlavní význam je v tom, že představují základní prvky pro stavbu výrobních seskupení typu pružných výrobních systémů až automatizovaných podniků.

### 4.2.1. Výrobní moduly (Production Module)

Elementární strukturální typ výrobního seskupení, který je základní jednotkou, schopnou samostatné automatizace své funkční činnosti, se označuje pojmem **výrobní modul**. Zabezpečuje tři hlavní skupiny automatizovaných operací :

- a) **Technologický proces pomocí NC stroje nebo technologických robotů.** Při aplikaci CNC výrobních center se jako součást uvažuje automatizovaná příprava technologických programů, automatizovaná kompenzace polohy nástrojů a jejich výměna při opotřebování nebo poškození, automatické odstraňování třísek a pod.

- b) **Odebírání a vkládání součástí (případně i nástrojů) do strojů**, zásobníků a jiných zařízení pomocí robotů anebo speciálního manipulačního zařízení (podavače technologických palet a pod.).
- c) **Monitorizace výrobních funkcí**. Pružné výrobní moduly pracují v základním režimu bez lidské obsluhy. V případě neregulérní situace nebo nepřesné výroby ji monitorizační systém identifikuje a zastaví operace.

#### 4.2.2. Pružná výrobní buňka (Flexible P-cell)

Pružná výrobní buňka je základní strukturální entita superoperačních procesních systémů. Aby mohla být vnímána i jako základní element budoucích automatizovaných podniků, musí kromě obecných rysů soběpodobnosti, mít explicitní i implicitní dynamiku, sebeorganizaci a sebeoptimalizaci – neboli v podstatě rysy umělé inteligence.

Pružná výrobní buňka je strukturální typ výrobního seskupení, který vzniká zvýšením počtu výrobních strojů v modulu (vícestrojová obsluha), resp. seskupením více modulů do jednoho celku s integrací a automatizací funkcí. Podmínkou jsou technologické vazby mezi hlavními výrobními zařízeními. Jedná se tedy v podstatě o implicitně plně automatizovanou procesní buňku (Pcell ↑). Pružné výrobní buňky v důsledku implicitní integrace několika technologických, příp. i jiných funkcí (např. měření) umožňují realizaci i komplexnějších technologických postupů. Výhodou je úplná integrace mezioperačních a operačních manipulací a řízení v rámci buňky. Důsledek explicitní integrace jsou vztahy a působení buňky na okolní prostředí - environment (ENV) a naopak. Typickým příkladem pružné výrobní buňky je seskupení obráběcích center, přičemž materiálový tok je zabezpečován okružním zásobníkem palet. Z hlediska antroposofického je hlavním znakem pružných výrobních buněk jejich **bezobslužnost**. Ta však historicky i věcně prodělala několik etap:

- 1) **Automatický výrobní cyklus během výrobní dávky pod dohledem operátora.** Změna výrobní dávky vyžaduje jeho aktivní účast (výměna sad nástrojů, výměna programů, korekce nastavení a pod.). Během výrobní dávky operátor nemusí vykonávat žádnou činnost. Zasahuje při vzniku odchylek od regulérního stavu a při haváriích.
- 2) **Automatický výrobní cyklus včetně změny výrobní dávky pod dohledem operátora.** Nutné je zde zabezpečení automatické výměny nástrojů, dálkového přenosu programů a pod. Dohlíží se na změny výrobní dávky a kritické fáze výrobního procesu.
- 3) **Zcela bezobslužný provoz.** Během stanoveného času (zpravidla ve 2. a 3. směně) buňka pracuje bez lidské obsluhy. Dohled je na dislokovaném pracovišti v centru řízení celé výrobní soustavy jen pomocí technických prostředků. Automatická zařízení buňky jsou schopna odstraňovat běžné poruchy (identifikace zlomení nástroje a pod.). Bezobslužný provoz předpokládá, že pružná výrobní buňka musí být vybavena řadou automatických zařízení. Z hlediska bezobslužnosti je tedy nutno specifikovat, které nejnужnější (nezbytné) buněčné moduly např. u obráběcích strojů a systémů vyžadují plně automatický cyklus:
  - stroje pro automatický cyklus technologického zpracování,
  - zásobníky seřazených nástrojů a automatické výměníky nástrojů,
  - zásobníky součástí a manipulační systémy na výměnu součástí, resp. technologických palet se součástkami, včetně buňkové mezioperační dopravy;
  - zásobník měřidel a systém jejich nasazování v průběhu operací,

- zásobník chapadel, resp. jejich automatického seřazování pro manipulátory se součástkami,
- zásobník upínacích prvků, resp. jejich automatické seřazování,
- zařízení pro identifikaci součástí, nástrojů, přípravků a pod.,
- automatické manipulační a upínací zařízení pro vkládání a odebírání součástí ze stroje,
- zařízení na čištění a odstraňování třísek z nástrojů, součástí a upínacích přípravků,
- zařízení na měření polohy nástrojů, včetně zavádění korekcí,
- zařízení na měření polohy upnuté součásti, včetně automatického nastavování počátku souřadnicového systému stroje,
- zařízení pro sledování stavu nástrojů ve spojení s automatickou výměnou nástrojů,
- měřicí pracoviště pro pooperační kontrolu hotových součástí se zpětnou vazbou na korekci nástrojů,
- diagnostické zařízení pro sledování stavu výrobních zařízení a systému řízení,
- řídicí systém pro řízení shora uvedených zařízení a vyspělým programovým vybavením.

Z hlediska způsobu řízení pružné výrobní buňky jsou čtyři základní typy řídicích struktur :

- řízení buňky řídicí jednotkou NC stroje nebo robotu,
- řízení účelovým mikropočítačem,
- víceprocesorová řídicí struktura,
- řízení buňky v počítačové síti.

Z hlediska klíčového způsobu působení na materiál obrobku je možno strojírenské pružné výrobní buňky rozdělit na :

- buňka na obrábění (soustružení, výroba skříňovitých součástí atp.),
- paletizační buňky (definované polohování součástí),
- buňky pro tváření (plošné i prostorové tváření),
- buňky s technologickými roboty (sváření, povrchové úpravy a pod.),
- montážní buňky (automatizované montáže),
- buňky pro paprskové technologie (laser, plazma, vodní paprsek atd.),
- inspekční buňky (využití senzorů a souřadnicových měřicích strojů na snímání tvarů, rozměrů, polohy a funkce).

#### **4.2.4 Robotizované pracoviště (RTP)**

Je základní strukturální jednotkou robotizovaných systémů. RTP je analogií pružné výrobní buňky. Jedná se účelové seskupení technologických zařízení a průmyslového robotu, které autonomně a v automatickém cyklu vykonává manipulační a technologické operace daného výrobního procesu, případně jeho části. Na RTP jsou zpravidla seskupena alternativně následující výrobní zařízení :

- A. Jeden robot a jedno základní technologické zařízení.
- B. Jeden robot a několik technologických zařízení.
- C. Více robotů a jedno základní technologické pracoviště.
- D. Robot integrovaný s automatickým strojem se společným systémem řízení.

Charakteristickým znakem RTP je, že roboty zabezpečují integraci s procesním prostředím - environmentem, dále mezi subsystemy mezioperační dopravy a technologickými zařízeními a vytvářejí jejich automatickou vazbu. Rozhodujícím spojovacím prvkem je robot se svým řídicím systémem a doplňkové zařízení, rozšiřující funkci jednotlivých subsystemů.

## 5. *Stupeň automatizace a pružnost*

**Pružnost (flexibilita)** je jedním ze základních charakteristických znaků výrobních automatizovaných soustav a pro její vyjádření je nutno uvést následující kritéria:

- *Pružnost strojů* - jejich snadná seřaditelnost s ohledem na nástroje, přípravky, ustavování, NC-programy apod. pro obrobky a polotovary či výrobky dané skupiny součástí
- *Pružnost výrobního procesu* - schopnost vyrábět součásti daného sortimentu v různé posloupnosti (sledu operací a technologickém postupu)
- *Pružnost výrobků* - schopnost ekonomické a rychlé změny sortimentu vyráběných součástí
- *Pružnost směrování* - schopnost urychlené změny transportního směru polotovaru při výpadku některé části systému. Sem patří rovněž vzájemná zastupitelnost technologických pracovišť v daném výrobním systému
- *Pružnost objemu výroby* - schopnost systému hospodárně vyrábět při různých výrobních objemech
- *Pružnost rozšíření* - možnost dalšího modulárního rozšíření pružné výrobní soustavy
- *Operativní pružnost* - schopnost změny sledu výrobních operací pro každý typ součástí

**Stupeň automatizace** pružné výrobní soustavy musí respektovat především požadavek ekonomie výroby dané součásti. Zde je důležitým požadavkem zvláště míra využití techniky, a to jak extenzivně, tak i z hlediska intenzity využití vlastností moderní techniky - jde o tzv. technologičnost konstrukce součástí z hlediska možností jejího zhotovení především prostředky pružné automatizace - tj. technikou CNC.

Zde je důležitá především optimální volba součástkové základny . Mimořádný význam pro využití prostředků pružné automatizace má zvláště konstrukce výrobku jako celku i jeho jednotlivých součástí, poněvadž přímo předurčuje technologii a jejím prostřednictvím též pracovní prostředky a materiál.

- U standardizace materiálu se nepožaduje pouze co nejnížší počet druhů, rozměrů a jakostí výchozího materiálu, standardnost rozměrů a jakosti dodávaného materiálu, ale požaduje se i standardizace přepravních prostředků, v nichž je materiál do závodu dopravován a také způsob uložení materiálu v těchto prostředcích
- Standardizace technologie bude využívat vysokou úroveň technologičnosti konstrukce výrobku z hlediska jeho zhotovení optimálním výrobním postupem při využití jak skupinové, tak i typové technologie
- U pracovních prostředků ( technologických, dopravních a manipulačních, kontrolních, řídicích apod.) bude maximálně využito stavebnicovosti, přičemž stavebními kameny budou především standardní, snadno vyměnitelné prvky.
- Integrace dílčích technologických procesů je opět důležitým znakem pružné automatizace. Zaváděním víceprofesních strojů (jako např. obráběcí a tvářecí centra) se celkový počet operací, potřebných ke zhotovení určité součásti výrazně snižuje.
- Technologičnost konstrukce součástí hraje u pružných výrobních soustav velmi důležitou úlohu



