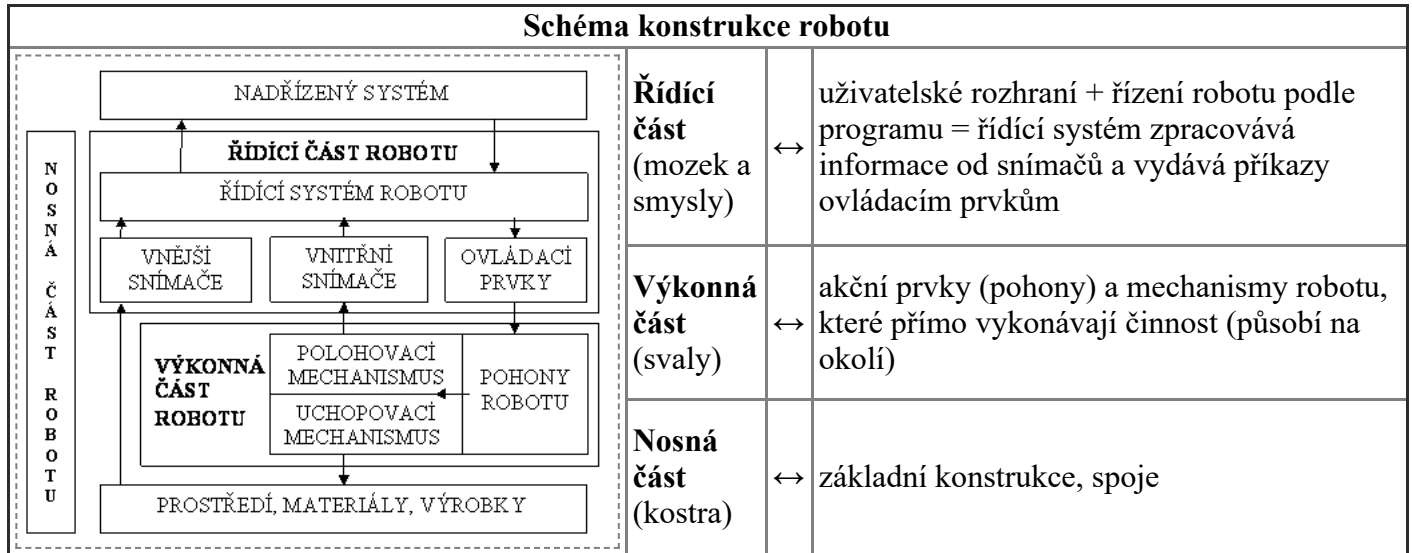


26. Konstrukce robotů



26.1. Pohony

Zajišťují hlavně:

↔	přesné polohování	↔	najetí do polohy v jednotlivých osách
↔	dynamiku pohybu	↔	plynulý rozjezd a dojezd (zrychlení na rychloposuv mezi polohami a brzdění do koncové polohy)
↔	zabrždění	↔	zajištění stabilní klidové polohy

a) Elektromotory

↔	nejrozšířenější pohony, mají velké úhlové zrychlení a zpomalení (vysokou dynamiku, malou setrvačnost), velký rozsah otáček
↔	stejnoseměrné (DC) pro menší výkony nebo střídavé (AC) pro větší výkony

Schéma elektromotoru s polohováním (servomotoru)

	SP ↔	snímač polohy rotoru - odměřování inkrementální nebo absolutní - zajišťuje zpětnou vazbu - např. opticky
	SO ↔	snímač otáček - spolu s SP tvoří celek - tzv. encoder
	B ↔	elektromagnetická brzda (zabrždění v poloze + zajištění klidové polohy)
	M ↔	vlastní elektromotor (stator+rotor) - princip přitahování a odpuzování elektromagnetů
	P ↔	převodovka pro snížení otáček a zvýšení momentu

Zvláštní případy elektropohonů

↔	krokové motory	↔	otáčí se po krocích (převádí impulsy na úhly pootočení - nepotřebují snímač polohy - poloha je dána počtem impulsů)
		↔	rychlost otáčení je dána frekvencí impulsů
		↔	jednoduché řízení, malé kroučící momenty
↔	lineární elektromotory	↔	pro přímočarý pohyb (stator rozvinutý do roviny) - podobně jako jádro v cívice

b) Hydraulické pohony

↔	využívají tlaku kapaliny (získaného čerpadlem) - umožňují dlouhý přímočarý (válce) i otáčivý pohyb (motory pístové axiální nebo radiální)
↔	velké síly při malých rozměrech (díky velkým tlakům) - pro roboty s velkou únosností
↔	menší rychlost , bezpečnost proti přetížení, bezpečné ve výbušném prostředí
↔	nevýhody – ztráty oleje netěsnostmi, náročné rozvody kapaliny přes pohyblivé klouby

c) Pneumatické pohony

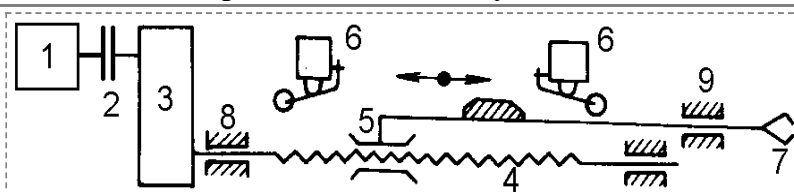
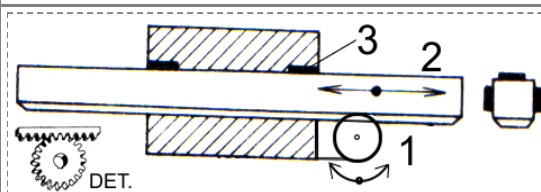
↔	využívají stlačeného vzduchu (vyrobeného kompresorem) - umožňují také přímočarý (válce) i otáčivý pohyb
↔	menší síly (menší tlaky vzduchu), velká rychlost (dynamika)
↔	čisté prostředí, jednoduchá údržba, bezpečné ve výbušném prostředí
↔	nevýhody – hlučnost, ztráty netěsnostmi, vyšší spotřeba energie, stlačitelnost vzduchu – pro menší a jednodušší zařízení, obtížně říditelná poloha

- **Hybridní pohony** (kombinované) – např. elektropneumatický, elektrohydraulický

26.2. Polohovací mechanismus

26.2.1. Posuvné jednotky

↔	slouží k realizaci posuvného přímočarého pohybu – u pohyblivých dvojic typu T - suport, smykadlo
↔	posuvný prvek musí mít kluzné nebo valivé vedení pro zajištění přesného pohybu s malým třením a zároveň s malými vůlemi

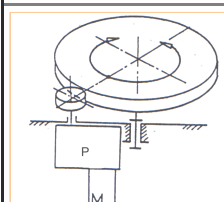
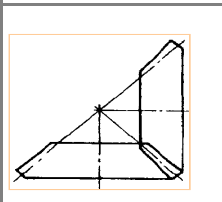
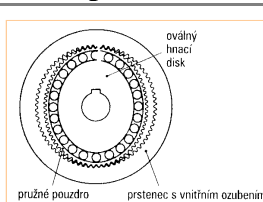

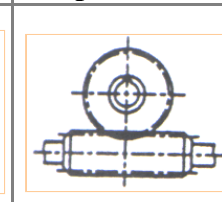
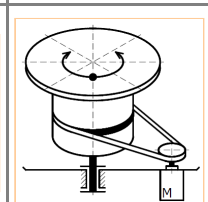
Ruka manipulátoru se šroubovým mechanismem	Hřebenové ozubení
	
1 - motor, 2 - spojka, 3 - převodovka, 4 - šroub, 5 - matice, 6 - koncové spínače, 7 - rameno s chapadlem, 8 - ložiska, 9 - vedení	1 - pastorek poháněný motorem, 2 - rameno s hřebenem, 3 - vedení

Realizace:

a)	pneumatickým nebo hydraulickým válcem, lineárním elektromotorem (přímá realizace)
b)	otáčivým motorem + mechanismem na přeměnu otáčivého pohybu na přímočarý (kuličkovým šroubem - pro střední zdvihy, hřebenovým ozubením - pro velké zdvihy, váčkami, ozubeným řemenem - jako např. u stolního scanneru)

26.2.2. Otáčivé jednotky

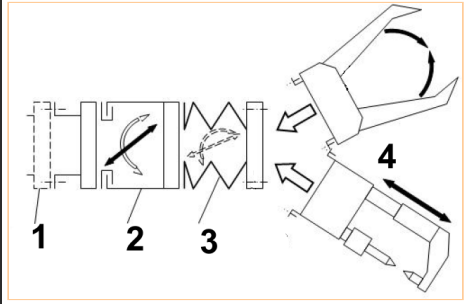
↔	slouží k realizaci rotačního pohybu (typ R) – u zkrutných nebo kývavých pohybových dvojic
↔	jednotky mívají převod dopomala = snížení otáček = zvětšení momentu (max. otáčky ramen jsou asi 0,5 ot./sek. = např. při otáčkách motoru 50 ot./sek.tzn. převodový poměr 100)
↔	jednotky musí mít co nejmenší vůle (kvůli mrtvému chodu při změně směru pohybu)

Čelní soukolí	Kuželové soukolí	Harmonický převod	Planetový převod	Šnekový převod	Řemen
		 <p>oválný liniovací disk pružné pouzdro prstěnek s vnitřním ozubením</p>			

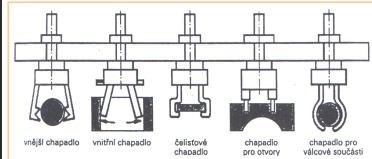
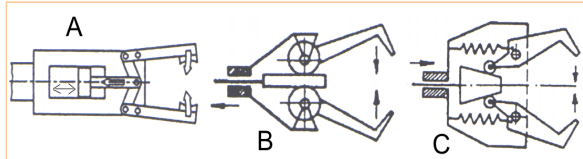
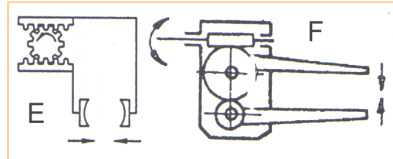
Prvky otáčivých jednotek:

a)	čelní ozubená kola	↔ s vnějším/vnitřním ozubením
		↔ používají se ve formě převodovek s velkým převodovým poměrem - převodovky harmonické, planetové (další typy - šneková, cykloidní převodovka)
b)	kuželová ozubená kola	↔ pro změnu osy otáčení (většinou jsou osy kolmé)
c)	ozubené řemeny	↔ pro přenos otáčivého pohybu na větší vzdálenost, např. mezi klouby (uvnitř ruky) - kombinují výhody řetězů a řemenů (neprokluzují a zároveň tlumí rázy)

26.3. Uchopovací mechanismus (efektor)

↔	Koncový prvek robotu - měl by být co nejlehčí – jeho hmotnost snižuje max. zatížení ramen		
Části koncového prvku (prvky být nemusí být obsaženy všechny)			
	1	standardní rozhraní (interface)	↔ ISO příruba nebo upínač + napojení kabelů + kapalina nebo stlačený vzduch
	2	pohon	↔ např. pro pohyb chapadel
	3	kompenzátor	↔ vyrovnává nepřesnosti při kontaktu s předmětem (nepoužívá se často)
	4	koncový prvek	↔ chapadlo nebo pracovní nástroj

26.3.1. Chapadla (úchopy, úchopné hlavice)

↔	slouží k bezpečnému uchopení a uvolnění předmětů		
↔	musí zaručit dodržení požadované polohy a orientace uchopeného předmětu (natočení)		
↔	bývají vybaveny snímači - např. optickými, ultrazvukovými pro detekci přítomnosti a tvaru předmětu (hmat), příp. jeho vzdálenosti		
Tvary chapadel		Mechanismy chapadel s lineárním pohonem	S rotačním pohonem
			
		A - pákový, B - hřebenový, C - s klínem	E - hřebenový, F - šnekový

Druhy úchopů:

a)	mechanické	↔ vzájemný pohyb čelistí bývá - paralelní (upínací síla se nemění s délkou ramen) nebo kyvný (s délkou čelistí se mění upínací síla - čím jsou ramena čelistí kratší, tím je upínací síla větší)
		↔ Pohon bývá rotační - elektromotorem nebo lineární - elektromagneticky, válcem - pneumatickým nebo hydraulickým
b)	pneumatické – přísavky	↔ využití podtlaku (vyráběného v ejektoru profukováním stlačeného vzduchu)
		↔ přenos lehčích předmětů s rovinným nepórovitým povrchem (plechy, desky, tabule – i sklo, plasty, papír)
		↔ přísavky jsou z pružného elastomeru, který se přizpůsobí povrchu
c)	magnetické	↔ pro menší předměty z feromagnetického materiálu, používají se elektromagnety nebo permanentní magnety

26.3.2. Pracovní (technologické) hlavice

↔	Slouží k uchycení nástrojů a vykonání operace – např. montáže šroubu, svařování (také mohou nést snímače)
---	--

↔	Jsou uchyceny ke konci robotu přírubou nebo rychloupínacím systémem
↔	Do upnutého nářadí musí být umožněn přívod elektrické energie nebo média (vzduchu, kapaliny)
↔	Pro složitější operace mohou být vícenásobné (se všemi nástroji upnutými v otočné hlavici) nebo výměnné (s automatickou výměnou ze zásobníku nástrojů podle programu)

26.4. Pojezd

↔	Používá se pokud se má robot pohybovat po delší dráze - např. pro obsluhu více pracovišť nebo pro opracování dlouhých obrobků
---	---

Varianty pojezdů

		A	horizontální posuvný
		B	vertikální posuvný
		C	rotační

Realizuje se:

a) po vedení	↔	např. koly po pozemní kolejové dráze, kolečky po závěsné dráze (ála kočka portálového jeřábu), ve vedení na stěně (ála konzolový jeřáb)
b) volně po povrchu	↔	kola, pásy, kráčecí ústrojí (nohy)

26.5. Snímací systém

a) Vnitřní snímací systém

↔	zajišťuje zpětnou vazbu pro regulační smyčku (řízení polohy a rychlosti prvků robotu) - skládá se z odměřování polohy a snímání rychlosti pohybu
↔	Odměřování polohy - slouží k zjištění skutečné polohy řízeného prvku (např. konce ramena), která se porovnává s požadovanou hodnotou - rozděluje se na:
↔	přírůstkové (inkrementální - princip přičítání a odečítání jednotek) nebo absolutní (každá poloha má na pravítku svůj kód)
↔	z jiného pohledu na přímé (přesnější - měří se přímo poloha koncového prvku) nebo nepřímé odměřování (poloha se měří u pohonu - ne na koncovém prvku - méně přesné díky vůlím v mechanismech)

b) Vnější snímací systém

↔	Slouží k snímání okolí - určování tvaru, rozměrů a aktuální polohy objektů - např. při uchopování výrobků z dopravního pásu a jejich uložení do přepravky, také ke snímání fyzikálních veličin - např. teploty
↔	Zahrnuje veškeré typy snímačů podle funkce robotu - např.
↔	Dotykové snímače (hmatové, kontaktní, taktilní) - tenzometry, piezoelektrické snímače, mohou být uspořádány do skupin (matic)
↔	Bezdotykové snímače - optické včetně kamer - schopnost rozpoznávání tvaru, ultrazvukové - vzdálenost, indukčnostní (detekce kovových předmětů), kapacitní (pro nekovové předměty)

- Pozn. Kolaborativní a kooperativní roboty (**cobots**) - jsou vybaveny snímači pro prostorově blízkou spolupráci s člověkem bez jeho ohrožení

27. Řízení robotu

Zahrnuje:

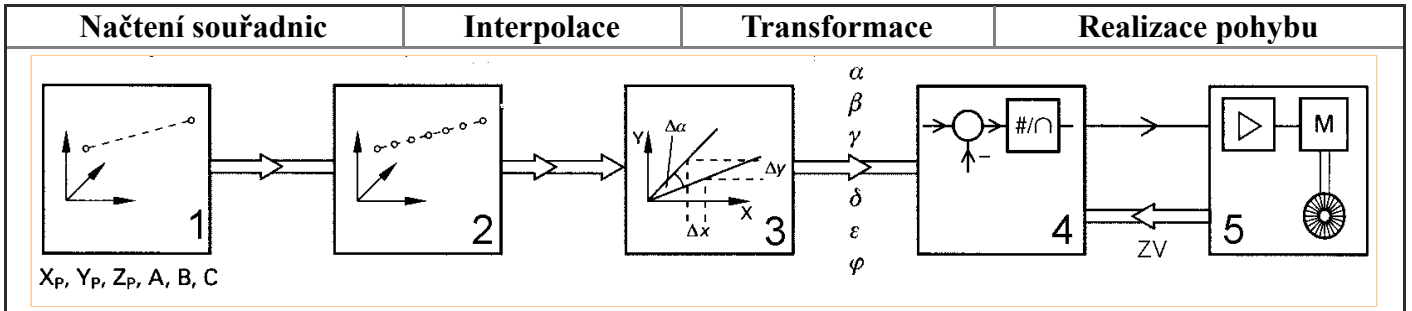
↔	řízení pohybu	↔	současné řízení jednotlivých os po zadané dráze (poloha + rychlost) = pohyb ramen a chapadel, příp. pojezd
---	----------------------	---	---

↔ komunikaci s okolím	↔ s obsluhou i s okolními zařízeními (nadřízenými/podřízenými - obsluhovaným strojem, dopravníky)
------------------------------	---

Řízení provádí řídicí systém:

↔ Hardware	↔ řídicí jednotka - přizpůsobený PA nebo průmyslové PC s příslušnými vstupy a výstupy - komunikující s robotem drátově/bezdrátově (rádiově, opticky – laserem)
	↔ uživatelské rozhraní - vestavěné nebo mobilní operátorské panely
↔ Software	↔ systémový - firmware/operační systém - daný výrobcem
	↔ uživatelský - prováděný program, připravený v programovacím prostředí na PC (s možností grafické simulace činnosti), další podpůrné funkce - např. vzdálená správa přes Internet

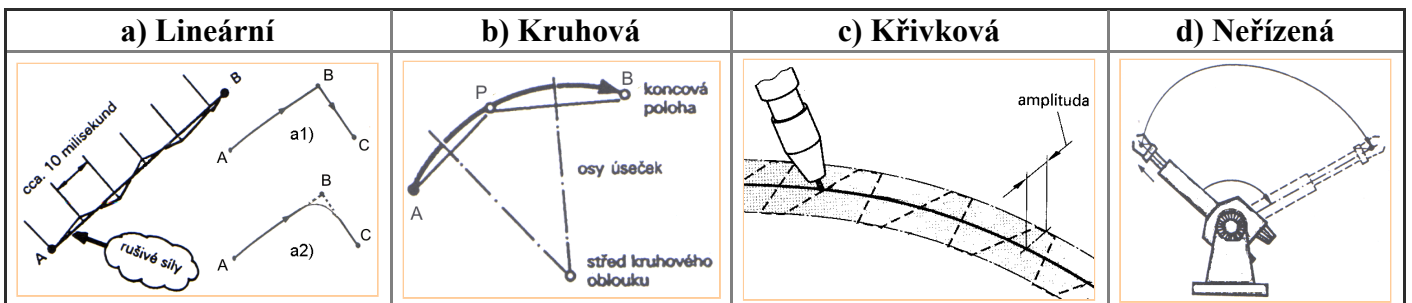
27.1. Řízení pohybu robotu



Fáze:

1	Načtení souřadnic koncového bodu	↔ 3 x souřadnice polohy XYZ + 3 x úhly natočení ABC - souřadnice jsou načteny z programu
2	Interpolace	↔ průběžné počítání souřadnic mezilehlých bodů (v intervalu v řádu milisekund)
3	Transformace (přepočít)	↔ průběžné souřadnice jsou přepočítávány na souřadnice jednotlivých pohonů ↔ u robotů s otočnými rameny ŘS přepočítává pravouhlé souřadnice na úhly natočení ↔ problém nejednoznačnosti - stejnou polohu koncového prvku lze dosáhnout více způsoby natočení ramen – způsoby Nahoře/Dole - ŘS systém se musí rozhodnout pro jednu variantu
4+5	Realizace pohybu	↔ Řízení jednotlivých os řídicím systémem (4) na základě porovnávání požadované polohy a aktuální polohy (získané odměřováním - 5)

27.1.1. Interpolace



a) Lineární interpolace

↔ požadovaná dráha mezi zadanými body je přímka
↔ skutečná dráha se od přímky mírně odchyluje vlivem rušivých vlivů (třením, setrvačností)
↔ ŘS průběžně řídí všechny osy tak, aby odchylka od ideální dráhy byla co nejmenší
↔ Průjezd míst s ostrou změnou směru pohybu může být
a1) přesný – pro montáže, svařování, nutná menší rychlost, při větší rychlosti dochází ve zlomu ke

	chvění a trhavému pohybu (hrozí ztráta uchopené součásti)
a2)	korigovaný průjezd – řídicí systém zaoblí přechod zlomu po oblouku – průjezd je plynulý, může být rychlejší, ale uzlový bod se neprojde přesně

b) Kruhová interpolace

↔	dráha mezi mezi zadanými body je kružnice
↔	musí být zadán třetí průchozí bod nebo střed kružnice nebo poloměr

c) Křivková interpolace

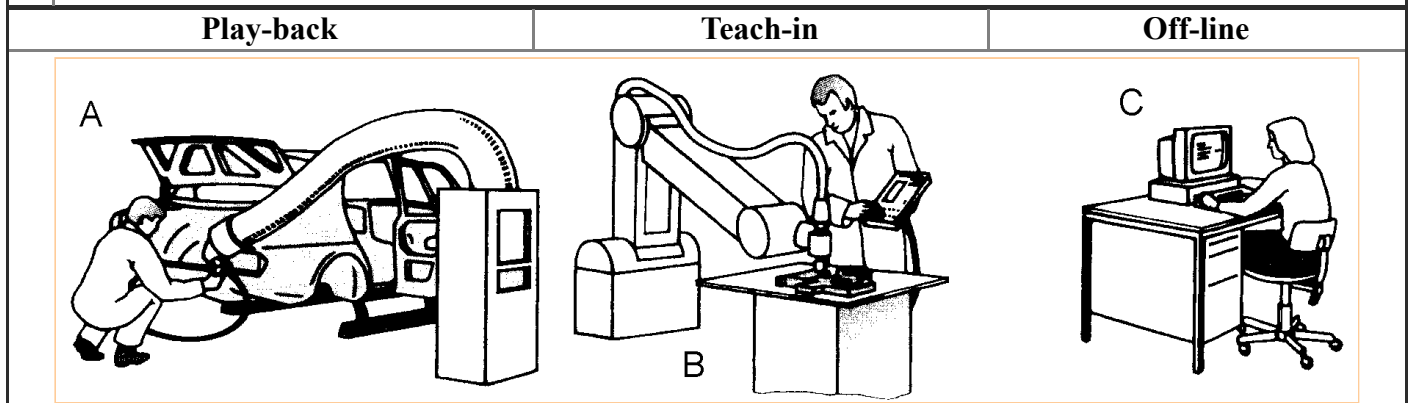
↔	dráha mezi mezi zadanými body je křivka (spline) s požadovaným průběhem
↔	používá se u specializovaných robotů pro složitější pohyby nástroje - např. kmitání při svařování

d) Pohyb z bodu do bodu (PTP = point to point)

↔	dráha mezi mezi zadanými body není řízená - je těžko předvídatelná - většinou křivka
↔	řízení je nejjednodušší, používá se pro rychlé přípravné pohyby ve volném prostoru, kde nehrozí kolize
↔	příklad dráhy koncového prvku při otáčení v jedné ose a zároveň výsuvu ruky

27.2. Metody programování robotu

↔	Programuje se koncový prvek robotu - časový průběh polohy a natočení, rychlost pohybu, svírání chapadel, spouštění operací, prodlevy apod.
↔	Metody se mohou kombinovat i v rámci jednoho programu



A) Metoda play-back (opakované přehrávání)

↔	Obsluha ručně vede koncový prvek robotu a řídicí systém v daném intervalu (např. 20 ms) zaznamenává průběh dráhy včetně rychlosti pohybu
↔	Robot podle zaznamenaného programu je schopen pohyby znovu přehrát = play-back
↔	Vlastnosti:
↔	rychlé vytvoření programu, použití při menších nárocích na přesnost - u stříkání barev
↔	opakování pohybu není zcela přesné – rameno je jinak zatíženo, části programu se mění obtížně (jednodušší je program znovu nahrát), obsluha se na nepřístupná místa nemusí dostat (ale sám robot by se tam dostal))

- Moderní systémy umožňují tento způsob programování i na PC ve virtuálním grafickém prostředí s možností následné simulace pohybu robotu

B) Metoda teach-in (postupné učení)

↔	Robot je postupně naváděn obsluhou prostřednictvím obslužného panelu nebo joysticku do požadovaných pozic – souřadnice přesně vyladěných poloh a orientace úchopu jsou ukládány do paměti
↔	Vlastnosti: vyšší přesnost, nižší rychlost programování
↔	při programování se programátor pohybuje v pracovním prostoru robotu – je nutno dodržovat bezpečnostní předpisy a stavět se tak, aby se dalo před ramenem uhnout; obslužný panel musí umožňovat rychlé nouzové zastavení robotu

C) Off-line programování

↔	Program je zapsán pomocí příkazů programovacího jazyka ve vývojovém softwaru - většinou na PC s možností grafické simulace pohybu - a pak přenesen do ŘS robotu
↔	Příkazy svými názvy vyjadřují požadované činnosti (např. MOVE) – každý výrobce používá svůj jazyk
↔	Pomocí off-line programování lze s výhodou upravit i programy vytvořené metodami Play-back a Teach-in

Opakování - Roboty

