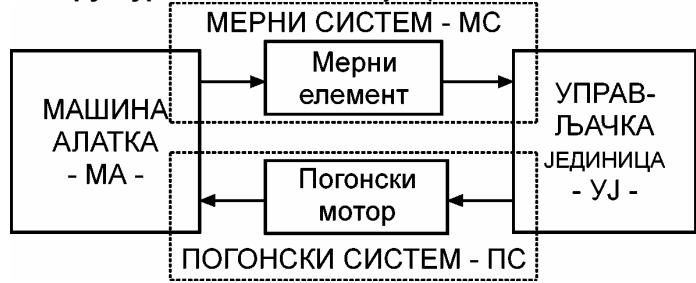


## НУМА СИСТЕМИ

Литература: М. Калајић „Технологија машиноградње” (стр. од 90. до 109.)

НУМА системи - NC systems (Нумеричко Управљање Машинама Алаткама - Numerical Control) су системи код којих је управљање кретањима извршних органа машина алатки оствариво на основу инструкција које се задају у алфанумеричком коду, што значи да се ток информација у оквиру управљачког програма састоји од дискретних бројних вредности.

Структура НУМА система је приказана на слици:



Управљачка јединица обезбеђује:

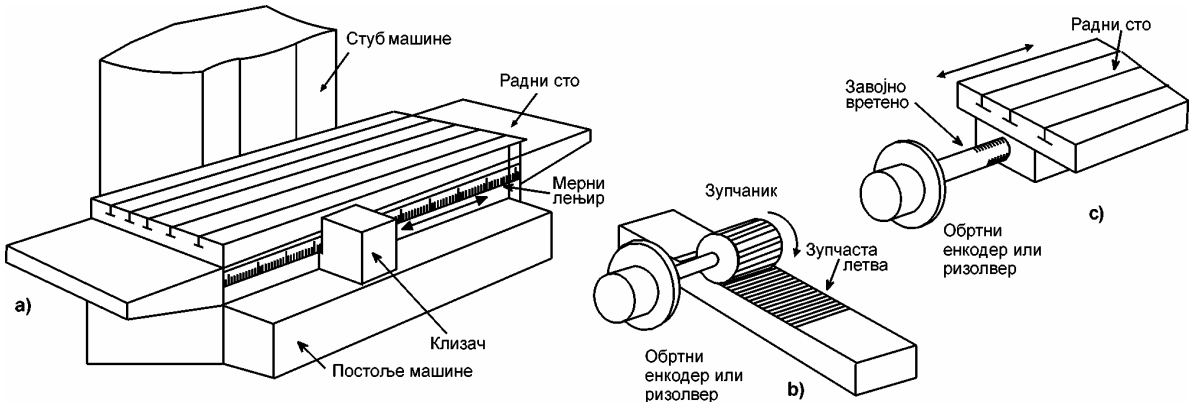
- ✓ управљање функцијама НУМА система које су задате управљачким програмом (уноси се преко тастатуре на УЈ или преко тастатуре другог рачунара повезаног са УЈ);
- ✓ интерполацију (линеарну, кружну или вишег реда);
- ✓ корекцију путање алата.

Погонски системи:

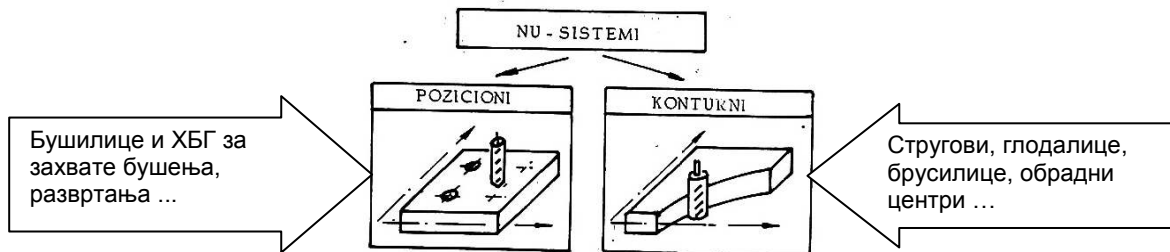
- ✓ обезбеђују ток информација и енергије у НУМА систему;
- ✓ деле се на системе: за главно кретање и помоћна кретања;
- ✓ састоје се од: појачивача, регулатора и актуатора;
- ✓ врсте: ЕКМ (код отворених система), ЕКХМ, DC (код затворених система), АС, хидромотори, хидроцилиндри.

Мерни системи:

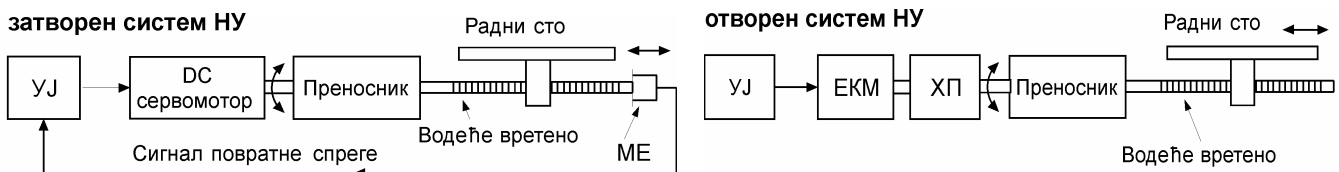
- ✓ транслаторни (непосредно мерење, доња слика под а) и
- ✓ угаони (посредно мерење, доње слике под б и с).



Према технолошком задатку управљања обрадом, НУМА системи се деле на: **системе позиционог НУ** и **системе контурног НУ**.



Подела система управљања – структурне схеме НУМА система у зависности од мерног елемента:

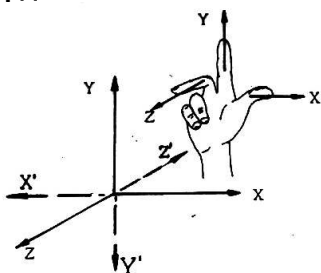


# ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ

## Врсте програмирања НУМА система:

- G-код – ручно програмирање проблемски оријентисаним језиком који „разуме“ машина. Потребни улази: план алата, план обратка, план стезања. Програм се може унети у УЈ коришћењем тастатуре на пулту УЈ (за краће програме и тестирања); други начин је уношење програма преко спољашњег медија (некад преко читача-бушене траке, па касније преко „флопија“; данас директном везом са рачунаром – CNC).
- Новији начин програмирања: коришћењем виших програмских језика (команде APT\_a, EXAPT\_a, ADAPT\_a, ...), а затим се врши постпроцесирање тако написаног програма за дотичну машину алатку.
- Данас: савремени CAD/CAM пакети (ProE, Catia, SolidWorks ...) – селекцијом површи обратка на екрану, док рачунар сам прорачунава параметре режима и путање алата коришћењем ових софтвера; технолог се бави само оптимизацијом режима, као и бројем и редоследом захвата (шта ће прво да се обради).

## Координатни системи НУМА су стандардизовани:



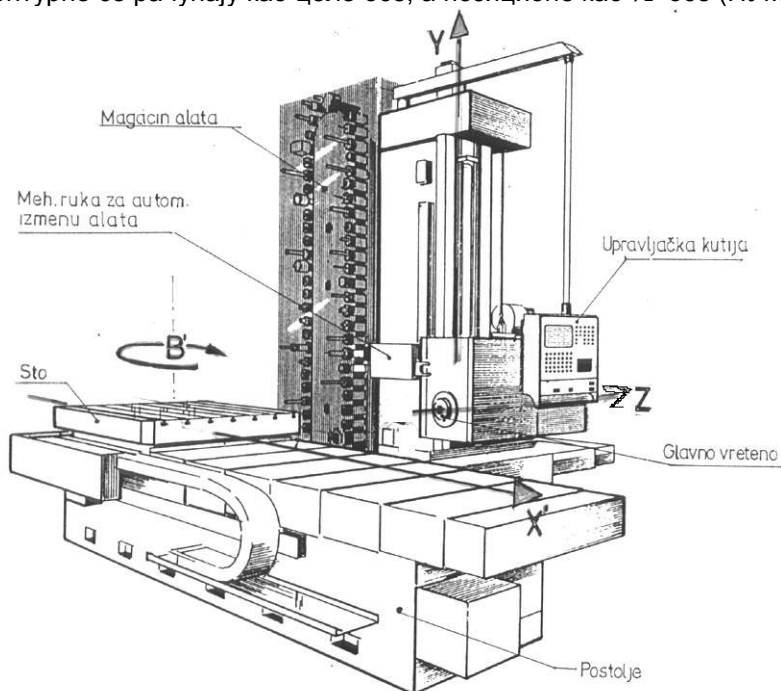
- X, Y, Z – транслаторна кретања која изводи алат
- X', Y', Z' транслаторна кретања која изводи обрадак
- A, B, C, A', B', C' – обртна кретања око оса X, Y, Z, X', Y', Z'
- Правила са одређивање оса машине:
  - оса Z – оса обртања обратка код стругова, односно алата код бушилица и глодалица – оса GB (главно вретено)
  - оса X је увек хоризонтална
  - смер осе је позитиван ако се алат и обрадак међусобно удаљују
  - смер осе Y се одређује према правилу десне руке

Свака покретна оса НУМА система поседује: електромотор, преносник, мерни систем.

НУМА системи подразумевају управљање и по позицији и по брзини, сходно типу мерног елемента;

## Одређивање броја оса врши се према следећим правилима:

- не урачунава се управљање главним кретањем,
- контурне се рачунају као целе осе, а позиционе као  $\frac{1}{2}$  осе (НУМА могу бити мин. 2-осни, макс. 5-осни).



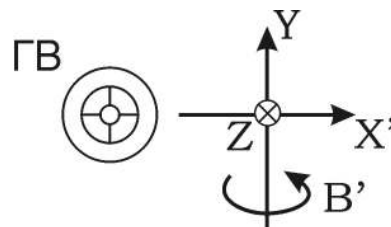
KOORDINATNI SISTEM OBRADNOG CENTRA  
(HORIZONTALNE BUŠILICE GLODALICE)

## НУ хоризонтална бушилица-глодалица НВГ 80

- главно кретање: обртно кретање алата;
- помоћна кретања:
  - хоризонтално примицање и одмицање стуба, оса Z;
  - хоризонтално кретање стола са обратком, оса X';
  - вертикално кретање алата по стубу, оса Y;
- обртање стола B' – само 4 положаја под углом  $90^\circ$  (позиционо кретање се не рачуна у број оса);
- $2\frac{1}{2}$  осе:
  - оса X' контурно управљана,
  - оса Y контурно управљана,
  - оса Z позиционо управљана, само за бушење;
- Мерни систем затворен, линијски мерни елементи;
- Преносници за све линеарне осе: EM – завојно вретено – навртка.

## НУ хоризонтални обрадни центар НМС500

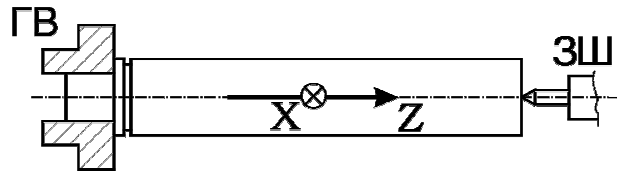
- хоризонтална бушилица-глодалица + простругивање;
- аутоматска измена алата (42 алата);
- аутоматска измена обрадака (два палетна места);
- аутоматско одвођење струготине, грабуљаста преносник;
- 4 осе: X', Y, Z, B' – обртање стола, управљиво и по позицији и по брзини  $\Rightarrow$  могу се обрађивати завојна вретена;
- УЈ FANUC не подржава управљање по 4 осе, већ само по 3, зато је машина ипак троосна;
- 3 управљиве осе имају затворени MC – непокретни део се везује за постолје, а покретни за клизач.



# ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ

## CNC револвер струг PH42-CNC

- ГВ – главно обртно кретање – Z правац;
- помоћни прибор: стезна глава, носач задњег шилка;
- магацин алата: револвер глава, максимално 13 алата;
- 2 осе (X и Z) контурно управљање;
- на свакој оси ЕМ+енкодер ⇒ полуотворен систем.



## НУ вертикална глодалица

- није универзална, не заокреће се сто;
- УЈ без тастатуре;
- има читач бушене траке и (потенциометре) за дефинисање броја импулса који се шаљу електрокорачном мотору;
- отворен НУ систем;
- 2-осна, контурно управљање, X и Y оса.

## НУ ерозимат са жицом EB.00.000. M4

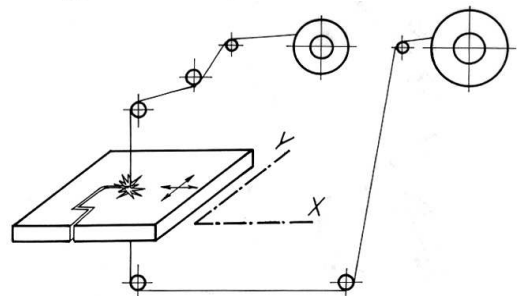
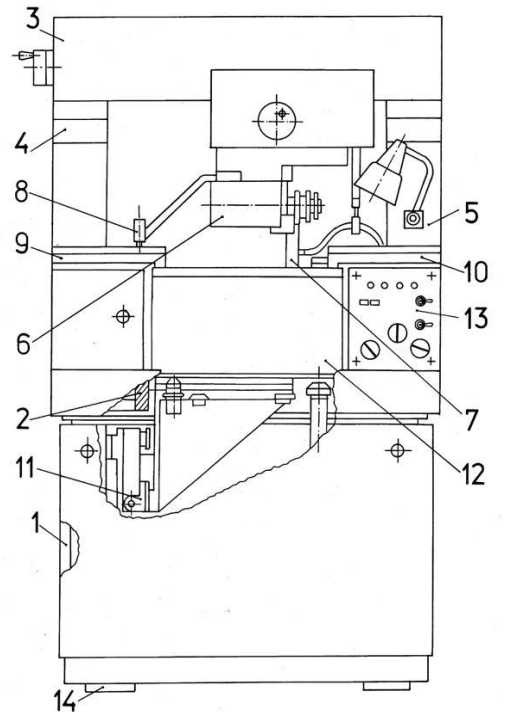
Принцип рада: кроз жицу тече струја чија јачина дефинише режим обраде – „баца“ варницу на метал у радном флуиду, диелектрикуму (овде је то  $H_2O$  из градске водоводне мреже). Дакле, тада долази до електричне ерозије на површини материјала обратка – скидање металних делова обратка дејством електричног пражњења између електрода (катоде-жице и аноде-обратка), у течной диелектричној средини.

Основне целине ерозимата:

- машина алатка – ерозимат,
- управљачка јединица,
- генератор.

Основни делови (на слици десно):

1. заварено кућиште,
  2. основа координатног стола,
  3. координатни сто,
  - 4,5. ослонци,
  6. блок за премотавање и затезање жице,
  7. рачва,
  8. цртач,
  - 9,10. конзолни носачи,
  11. механизам за дизање каде,
  12. када,
  13. пулт уређаја за управљање.
- Поступак: неконвенционална електроерозиона обрада.
  - Намена: обрада унутрашњих и спољашњих површина обратка од проводних и полупроводних материјала коришћењем електроде.
  - 2 варијанте електроде:
    - са жицом, (месинг, молибден, волфрам, пречника од 0.05 до 0.3 mm),
    - са бакарном електродом.
  - Погонски систем: 2 електрокорачна мотора.
  - Мерни систем: отвореног типа.
  - Контурно управљање по X и Y (на слици десно).
  - Управљачка јединица: нема дисплеј, нема симулацију обраде на екрану, већ има писач (налик малом плотеру) чије су осе повезане са осамашине.



# ТЕХНОЛОГИЈА МАШИНСКЕ ОБРАДЕ

## ИНДУСТРИЈСКИ РОБОТИ

### Дефиниција IP (ISO 8373)

„Индустијски робот је вишенаменска, репрограмабилна, манипулациона и аутоматски управљана машина, са више степени слободе, која може бити у фиксираном положају или мобилна, а користи се за аутоматизоване примене у индустрији”.

### RIA (Robotic Institute of America) дефиниција

„Индустијски робот је репрограмабилни, вишефункционални манипулатор пројектован да помера материјал, делове, алате и специјалне уређаје кроз различита програмирана кретања при извршавању постављених технолошких задатака.



### Значај IP

- аутоматизација производње
- подизање нивоа продуктивности
- одржавање константног нивоа квалитета
- хуманизација рада

### Подсистеми IP

Индустијски робот има 6 основних подсистема, који извршавањем својих функција и међусобном координацијом остварују укупну функционалност IP:

- 1. Механички систем** (механичка структура, механизам робота, манипулатор)
  - основна функција – успостављање просторних односа између енд-ефектора и радног објекта - нпр. обратка
  - састоји се из сегмената повезаних обртним или транслаторним зглобовима који су оснажени погонским системима
  - обично је фиксиран за подлогу, а може имати и додатне (мобилне) осе; индустријски роботи су и робоколица (аутоматизовани унутрашњи транспорт)
- 2. Енд-ефектори** (завршни уређаји, радни органи)
  - хватачи који имају задатак хватања и држања објеката, или
  - алати, који имају улогу обављања процеса (као што су заваривање, бојење, обрада, итд.)
- 3. Управљачки систем**
  - омогућава меморисање, одвијање тока програма, везу са периферним уређајима, управљање и надгледање извршавања појединих функција
  - управљање погонским системима је готово увек серво-системски регулисано, изузев у случају пнеуматског погона
  - по начину кретања, управљање може бити: „Point-to-Point” (тачка по тачка), или „Continuous Path” (управљање по трајекторији - контури)
- 4. Погонски систем**
  - има функцију претварања и преноса енергије до појединих оса робота
  - електрични (најчешће DC), пнеуматски или хидраулични мотори
  - са преносником (код DC електромотора обавезно) или без преносника (код DD „direct-drive” електромотора)

## 5. Мерни систем

- унутрашњи сензори који омогућавају мерење положаја и брзине појединих оса робота (потенциометри, енкодери, ризолвери, тахо-генератори, итд.)

## 6. Сензорски систем

- омогућава обухватање утицаја околине, мерење физичких величина и препознавање облика и положаја објеката у радном окружењу робота

## Техничке карактеристике ИР

### 1. број степени слободе (најчешће од 4 до 6)

- у општем случају потребно је 6 степени слободе кретања да би се тело слободно позиционирало и оријентисало у простору
- прва три степена слободе чине основну (минималну) конфигурацију руке робота и називају се степени слободе позиционирања или краће осе позиционирања
- друга три степена слободе одређују осе оријентације и остварују их зглобови енд-ефектора (најчешће хватача у виду шаке)
- тзв. *редундантни роботи* имају више од 6 степени слободе кретања ⇒ већа могућност заобилажења препрека – позиција у радном простору се може достићи на више од једног начина



### 2. радни простор

- *достизиви радни простор* је онај кога врх енд-ефектора може физички достићи
- *радни простор вештине* је део достизивог радног простора који енд-ефектор може физички достићи са произвољном оријентацијом енд-ефектора

### 3. носивост (мала - испод 1кг, средња, велика - преко 100кг)

### 4. тачност достизања крајње позиције (тачност позиционирања врха робота, аритметичка средина у Гаусовој криви)

### 5. понављајућа тачност (статистичка величина, мера расипања)

### 6. резолуција (програмска и управљачка, обично су једнаке)

- програмска ⇒ најмањи инкремент доступан програмеру
- управљачка ⇒ најмањи инкремент који мерни елемент пута може да региструје у повратној спрези са управљачком јединицом

### 7. брзина

- мањи габарити ⇒ веће брзине

### 8. управљачки систем (нпр. серво „РТР” или „СР”)

### 9. снага погонских мотора

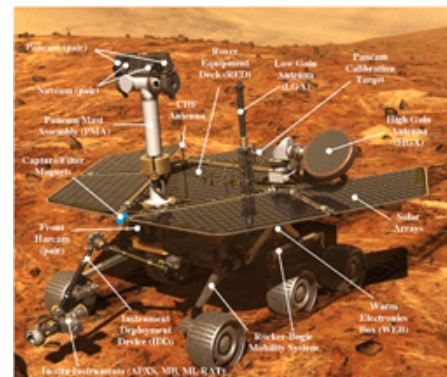
## Методe програмирања ИР

### 1. „on-line” (програмирање обучавањем)

- *предности*: једноставност, поузданост
- *мане*: машина је заузета док траје програмирање

### 2. „off-line” (програмирање употребом програмских језика)

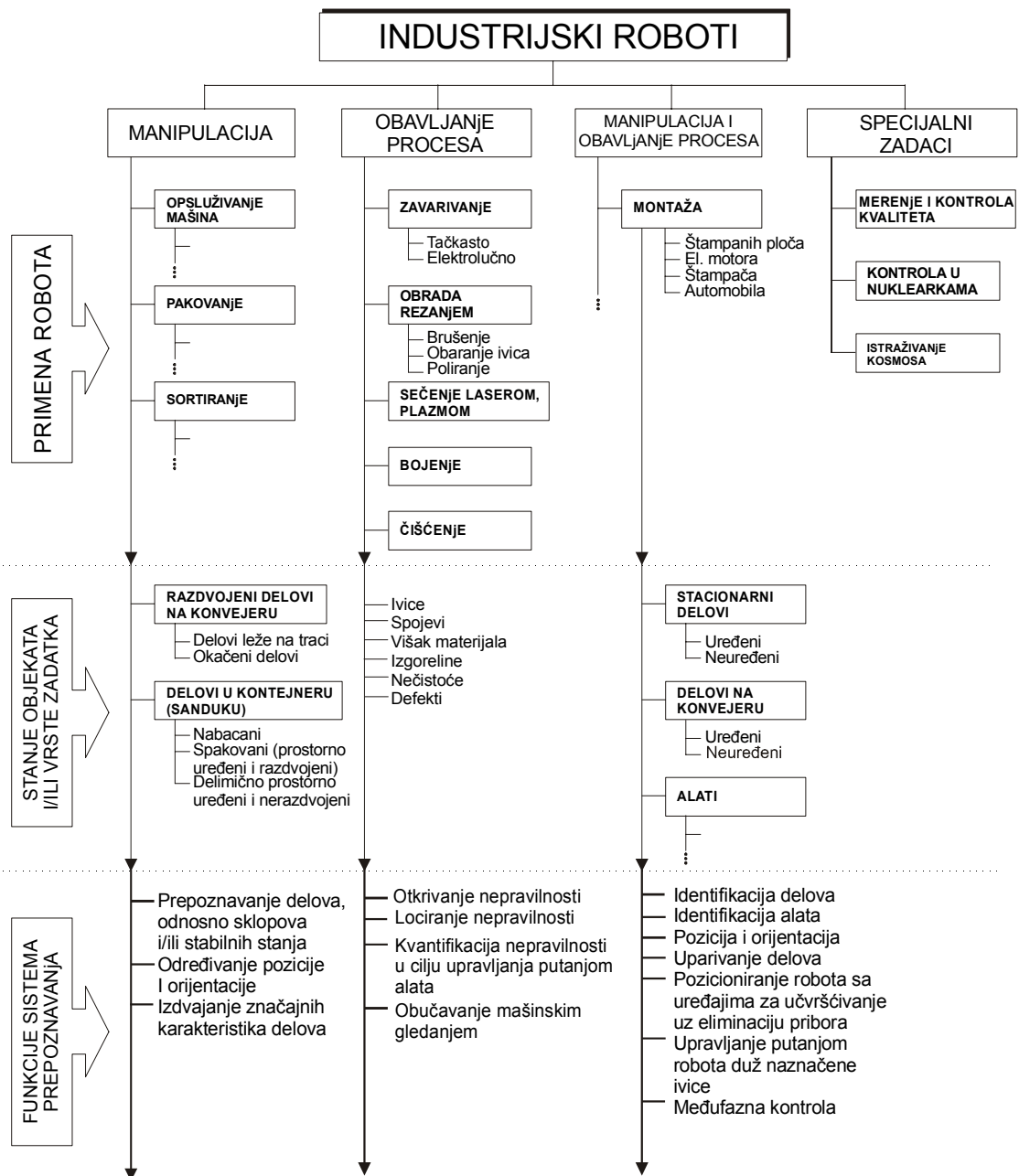
- *предности*: мањи губитак радног времена, могућност симулације
- *мане*: сложеност, потребан висок степен стручне спреме оператера



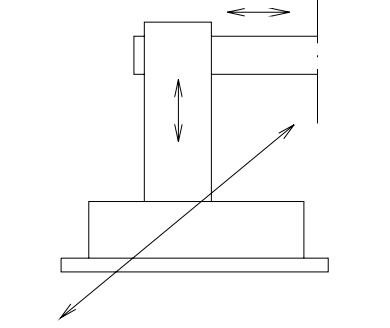
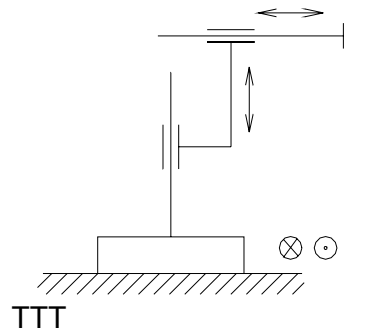
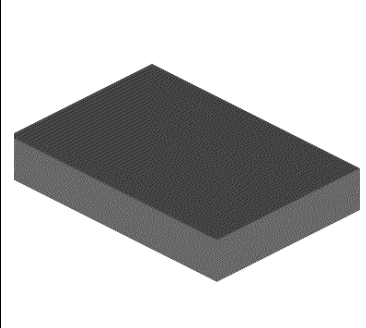
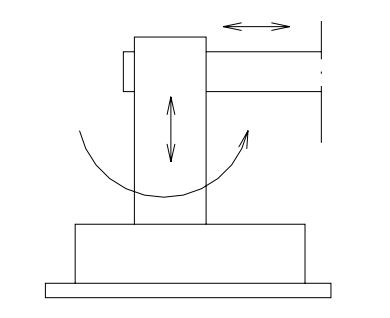
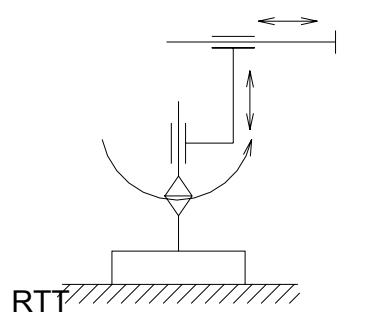

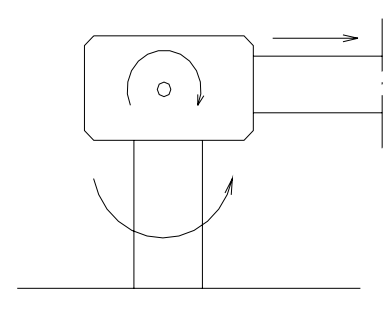
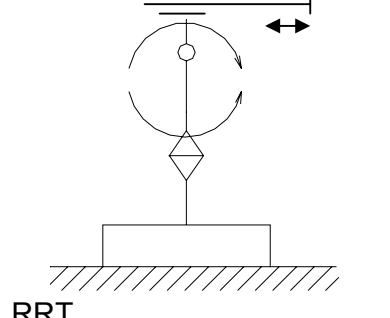
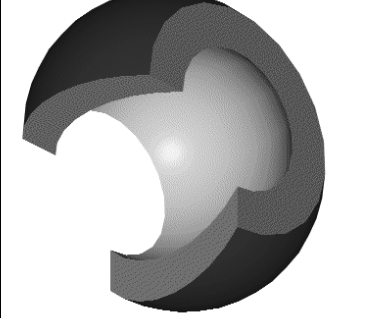
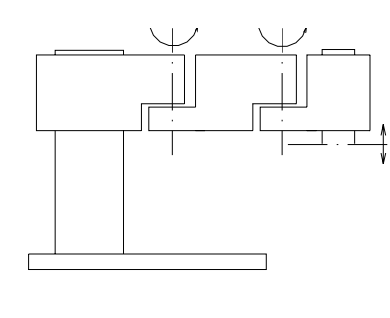
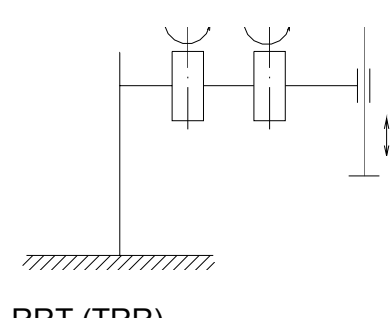
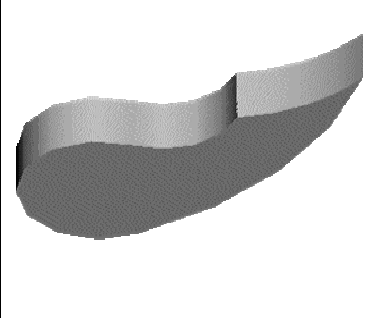
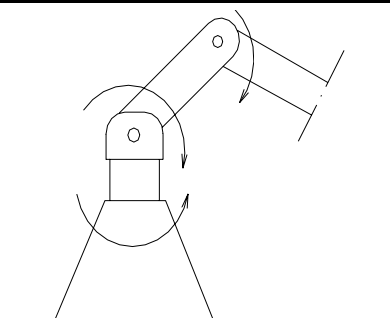
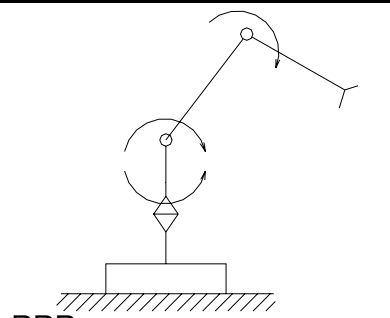
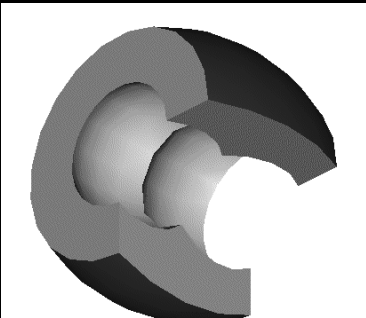
## Класификација ИР према нивоу управљања

1. **ручни манипулациони уређаји:** то су уређаји са неколико степени слободе кретања којима управља човек;
2. **секвенцијални роботи:** то су манипулациони уређаји са фиксним или променљивим секвенцијалним управљањем (тешко се програмирају);
3. **понављајући („play-back“) роботи:** оператер извршава задатак „вођењем“ енд-ефектора робота, уз меморисање трајекторија које се касније понављају;
4. **НУ роботи:** програмирају се текстуалним језицима слично као НУМА;
5. **аутономни мобилни роботи:** коришћењем сензорске информације и вештачке интелигенције (Artificial Intelligence) ови роботи разумеју задатак и околину, тако да могу да доносе одлуке самостално, захваљујући претходном машинском учењу, и то у реалном времену.

## Класификација ИР са становишта функције и примене



# Основне конфигурације индустријских робота

ТИПСКЕ КОНФИГУРАЦИЈЕ ИНДУСТРИЈСКИХ РОБОТА			
Тип	Распоред оса основне конфигурације	Кинематичка шема	Радни простор
Декартова (Картезијанска) конфигурација		 TTT	
Поларно-цилиндрична конфигурација		 RTT	
Сферна конфигурација		 RRT	
Хоризонтална зглобна (лактаста) SCARA		 RRT (TRR)	
Вертикална зглобна (лактаста) антропоморфна		 RRR	

## **Дворуки пнеуматски индустријски робот LOLA RPD-1.25 (види ppt презентацију!!)**

- робот прве генерације – немогућност задавања нивоа брзине и одређивања међупозиција енд-ефектора; позиционирање одређено помоћу граничника и граничних прекидача
- примена: намењен за опслуживање преса (до три пресе у једној роботизованој ћелији, ако је предвиђена обрада пластичним деформисањем у више операција - нпр. извлачење)
- носивост 1.25 daN
- поларно-цилиндрична конфигурација
  - радни простор – исечак шупљег цилиндра
  - 4 степена слободе
    - **транслација**: подизање и спуштање руку
    - **транслација**: извлачење и увлачење руку
    - **ротација** руку око вертикалне осе
  - +
  - **ротација** шаке
  - (степање/отпуштање обрадка се не рачуна у број степени слободе кретања)
- режими рада
  - ручно вођење
  - програмирање обучавањем (ручно одређивање секвенци које се меморишу)
  - циклично понављање више секвенци (непрекидно-аутоматски)
- има искључиво „Point-to-Point” (тачка по тачка) управљање
- пре програмирања робота („on-line”) могу да се подешавају брзине и „дужине” извлачења-увлачења руку робота физичким померањем граничника

## **Индустријски робот „ГОШКО” GOŠA RG-01 (види ppt презентацију!!!)**

- робот друге генерације – има могућност управљања по позицијама сегмената робота (и то по дужинским или угаоним променљивама) и по брзинама – има мерне елементе за сваки зглоб робота који се налазе у погонском серво електро-мотору одговарајућег сегмента руке
  - *енкодере*, за мерење угла ротације
  - *тахо-генераторе*, за мерење угаоне брзине
- мерни системи су интегрисани у склоп погонских електромотора
- примена: манипулација или електролучно заваривање
- носивост 5 daN
- вертикална зглобна (лактаста) антропоморфна конфигурација (RRR)
  - 5 степени слободе
    - **ротација** у бази
    - **ротација** у рамену
    - **ротација** у лакту
  - +
  - **ротација** пропињањем енд-ефектора (ротација око попречне хоризонталне осе)
  - **ротација** ваљањем енд-ефектора (ротација око уздужне осе)
  - додатна оса - степен слободе кретања транслацијом комплетне руке робота дуж пода
- сви ротациони зглобови (осим ротације базе) имају кочнице да би се спречио утицај гравитације на стабилност (равнотежу) робота у периоду када је искључен
- има серво-управљање по свим осама
- може да детектује само крајњу позицију при обучавању коришћењем „teaching box”\_a
- не постоји спољашњи сензорски систем (у смислу интеракције са окружењем)
- динамичко уравнотежавање се врши пнеуматским цилиндрима и зглобним четвороуглом, да би завршну позицију робот досегао без амплитуда вибрација, тј. „подрхтавања”
- управљање: „Continuous Path” (управљање по трајекторији - контури)
- програмирање: „on-line” – коришћењем „teaching box”\_a и наредби оперативног система